

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3279号

土 木 研 究 所 資 料

ア メ リ カ の 治 水 戦 略

—日米の治水対策の比較を通じて—

平成6年5月

建設省土木研究所
河川部都市河川研究室

Copyright ©1994 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

アメリカの治水戦略

—日米の治水対策の比較を通じて—

都市河川研究室 室 長 栗 城 稔
主任研究員 末 次 忠 司

要 旨

アメリカにおける治水の歴史は短い。しかし、ダムや遊水地といった流域対応の治水施設の導入は日本よりも早く、かつ治水思想は合理的で、日本の治水対策の参考となることが多い。末次は1993年1月より1年間、アメリカバージニア州にある内務省地質調査所に留学した。留学中にアメリカの治水対策に関する各種情報を収集するとともに、1993年7月に発生したミシシッピ川大水害の現地調査に参加した。本論文はこれらの情報を整理するとともに、アメリカにおいて現在考えられている「次世紀に向けての治水戦略」についてとりまとめたものである。

キーワード：アメリカ，共同研究，地質調査所，留学，治水，比較，ミシシッピ川，水害，氾濫原管理，戦略



レポートに掲載された主要都市等の位置図

注1) ●印：都市圏人口で見た5大都市を示している

注2) 州名は図-3 参照

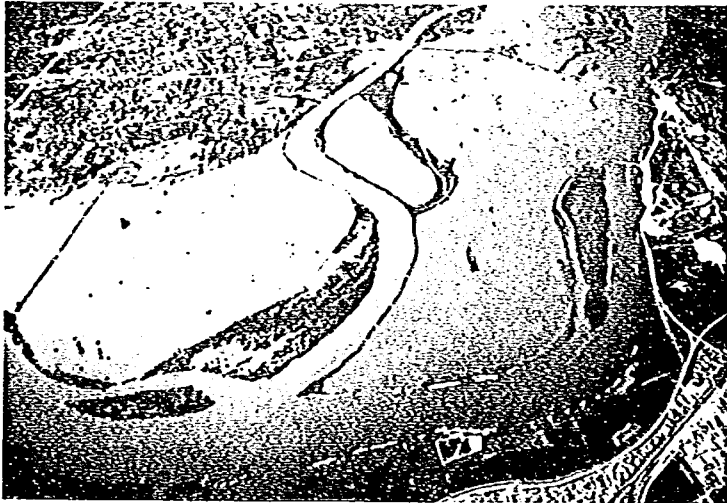


写真-A ミシシッピ川とミズーリ川との合流
点付近の氾濫状況（ミズーリ州）

河川沿川は広範囲にわたり浸水し、一部地域では小家が流出した。またミシシッピ川の破堤に伴う氾濫流がミズーリ川まで到達し、新たな流路となった箇所もある



写真-B Davenport 付近における破堤の様
子（アイオワ州）

本川のDavenport～Hannibal 間及びミズーリ川のKansas City～セントルイス間ではほとんどの区間で破堤または越水被害が発生した。通常越水後に破堤が生じた事例が多いが、写真のように越水を伴わない破堤も見られた

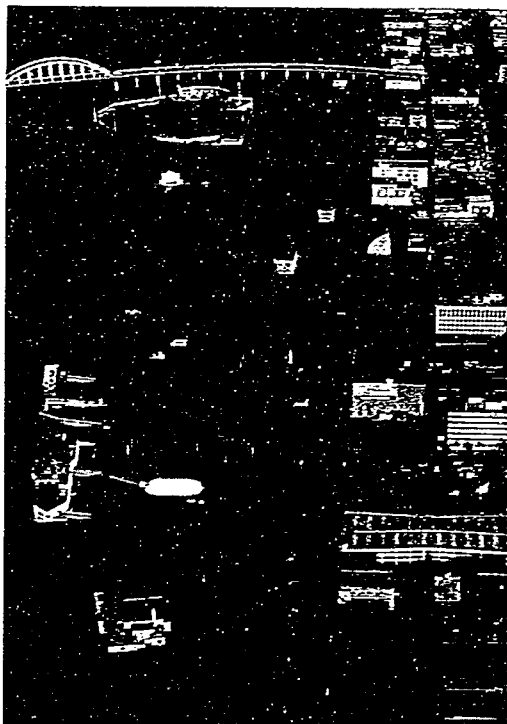


写真-C Davenport 市街地の浸水状況
（アイオワ州）

Davenport では John O'donnel スタジアム、屋外コンサートホール、レストランなどが浸水被害を受けた。市街地は1965年にも同規模の浸水被害を被り、当時の浸水深に対応して嵩上げを行っていた高圧受電設備などは被害を免れた



写真-D 自主避難の様子（アイオワ州）

洪水発生後も多くの事業所では営業を続けていたが、浸水深の上昇に伴い、木材などを用いて手製のラフトを製作し、避難を開始した

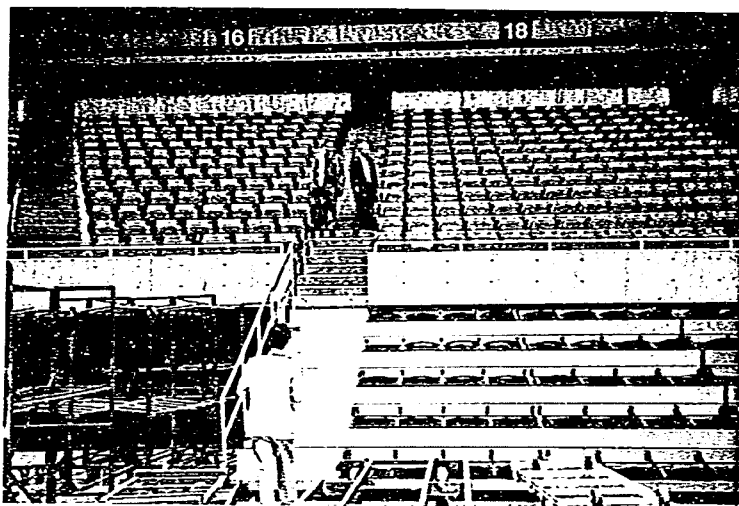


写真-E アイオワ大学の被災状況

床面が地階のスタジアムは約4mの浸水被害を受けた。スタジアム周辺には土のうが築かれたが、水圧により地下への搬入路（コンクリート製）下が洗掘され、コンクリートが沈下したためにスタジアムへ氾濫水が侵入した。今回の水害を教訓として土のうや防水壁などの対策は建物から離して設置する方がよいことが分かった

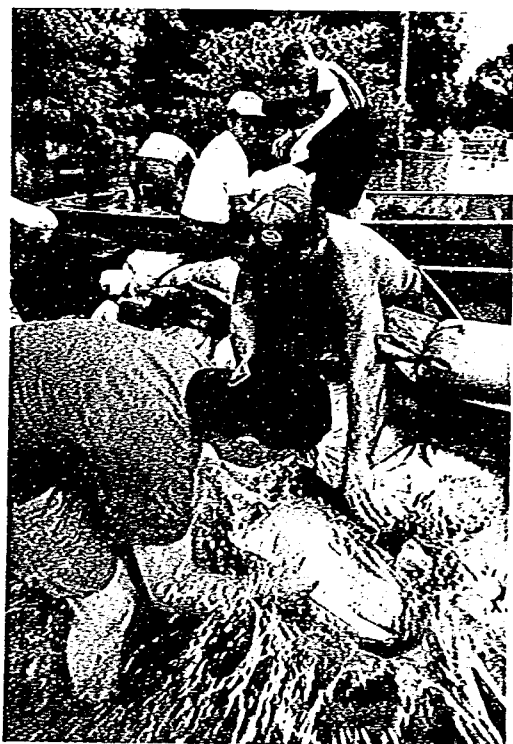


写真-F 水防活動の実施（イリノイ州）

水防活動は堤防からの越水を防いだり、堤内地において氾濫水が拡大しないように築かれる。通常は土のう積みが実施される。なかでもよく用いられる手法は土砂で山を築き、それをビニールシートで覆い、シートが氾濫水で流されないように氾濫水側に土のうをおく方法である

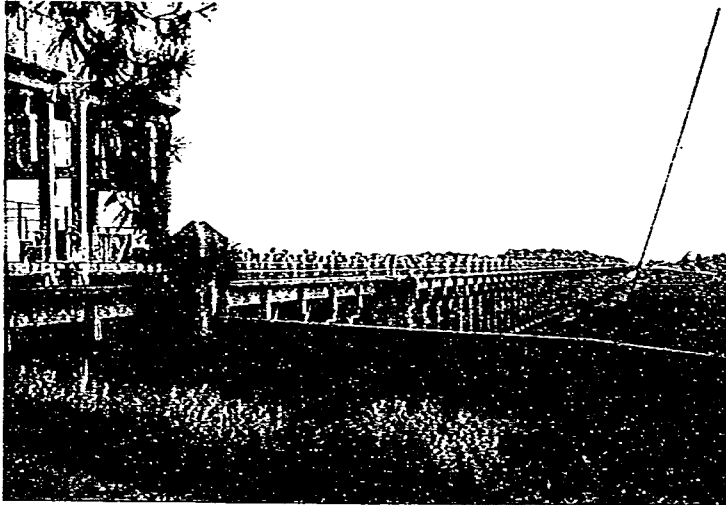


写真-G モルガンザ放水路（ルイジアナ州）
ミシシッピ川下流域には2つの遊水地と3つの放水路がある。モルガンザ放水路は幅8km、設計流量17,000 m³/sの最大規模の放水路で、ミシシッピ川の洪水をアチャファラヤ川へ分流する。1955年に完成したが、1973年にしか利用されていない。これは放水路内に貴重な動植物がいるため、相当大きな洪水がこない限り分流は行わないという思想である



写真-H 折りたたみ式洪水防護壁
（アイオワ州）

河道の拡幅や堤防の嵩上げが困難な都市域においてはコンクリート製の洪水防護壁がよく用いられる。Bettendorfには2段のコンクリート壁（1.2mと1.1m）及び1段のアルミ・パネル（1.1m）からなる洪水防護壁がある。これは堤防が景観を阻害するという住民の声に呼応して、通常は高さが1.2mの防護壁で洪水時に高さを上げることができる。壁の表面は周囲の河川公園に対応して配色、材質に工夫している



写真-I TARPプロジェクト（イリノイ州）
近年のアメリカを代表する治水プロジェクトの一つである。シカゴでは水質汚濁対策と浸水対策を兼ねた雨水下水排水用トンネルを建設している。これは下流の下水処理場の処理能力を越える下水（ほとんどが雨水）をトンネル（深度15～91m）内に貯留し、後日ポンプで処理場に排水するもので、同時に採石場跡を利用して約4千万m³の調節池を建設している

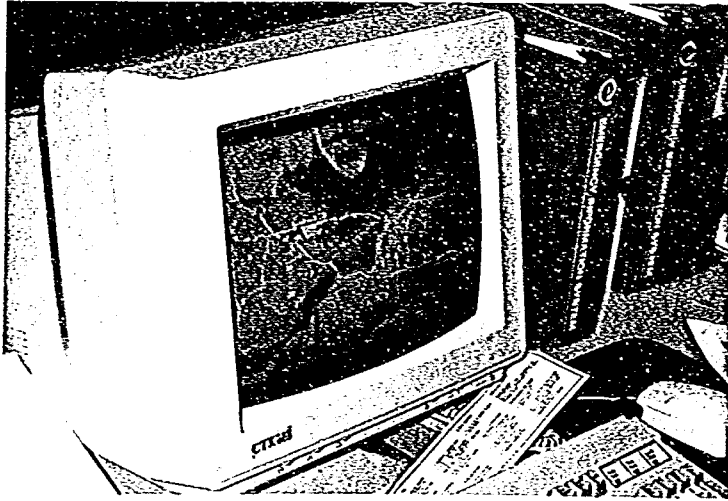


写真-J 緊急情報システム (ミズーリ州)
St. Charles 郡の Emergency Management Office ではパソコンのディスプレイ上に道路網、避難路、各種パイプラインなどを表示できる緊急情報システムを開発した。また他にアマチュア無線家からの通報を受信できる装置も設置されている



写真-K 被災者への食料品等の配布
(ミズーリ州)

赤十字やボランティアにより被災者に対して、飲料水、パン、クッキー、リンゴなどが配布された。活動は全米から集まったボランティアにより支援された。写真の運転手はミシガン州、車はアラバマ州から来たものである

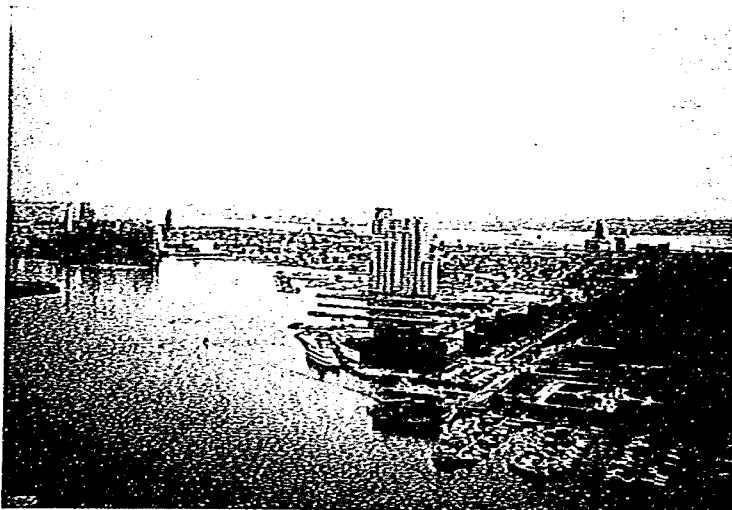


写真-L ウォーターフロント開発
(メリーランド州)

アメリカにおいては港湾、河川沿いのウォーターフロント開発が盛んである。なかでも有名なのがボルチモアにおける開発で、ヨットの係留施設や周辺の公園整備が行われている他、周辺には水族館や大規模モールが配置されている。本開発計画はボストンなどにも適用されている

は じ め に

著者のうち、末次は科学技術庁のパートギャランティ研究員制度に基づき、1993年1月13日より1年間、アメリカ合衆国バージニア州 Reston にある内務省地質調査所 (U.S. Geological Survey : USGS) へ長期出張する機会を得た。これは平成3年度より開始した USGS と土木研究所との「地球環境変化が流域規模の水文、水資源に及ぼす影響に関する共同研究」を実効的なものにするための最初の研究者の派遣であり、担当したテーマは「洪水（降雨）危険度解析」に関する研究であった。USGS における研究活動の概要に関しては第16章に記述している。

アメリカ滞在中は、USGS の関係機関はもとより陸軍工兵隊、国立気象局、TVA (Tennessee Valley Authority) などを訪問する機会を得た。またミシシッピ川水害の調査（調査結果は参考資料1に掲載）やコロラド川などを視察して、アメリカにおける様々な氾濫原管理手法について見聞することができた。そこで、共同研究に関する研究成果については別途整理することとし、アメリカにおける先導的な治水手法を戦略的な観点からとりまとめることとした。

アメリカにおける治水は舟運、利水、環境（湿地の保護、ウォーターフロントなど）を含んだ水資源開発政策のなかで展開されており、実際にはこれらを一体的に検討しなければならない。今回の長期出張でも治水対策だけでなく、水質問題やウォーターフロント開発などについても調査を行った。しかし、これらの調査はまだ十分なものではなく、また日本の治水対策と対比できるスタイルでのアメリカの氾濫原管理手法を紹介することを目的として、本論文ではアメリカの治水に焦点を絞って情報、話題を整理、分析した。

治水戦略については構造物、非構造物双方による洪水防御の観点から、また一般論に終始しないよう、なるべく具体的な施設、実例を参照しながら記述した。また従来明らかにされていなかったアメリカにおける21世紀に向けての氾濫原管理の展望に関しても第17章と参考資料2にとりまとめた。分析はまだ不十分な箇所が多いが、少しでも日本の治水対策に役立てられるのではないかと考えており、関係各方面において何らかの参考にして頂ければ幸いである。

なお本報告書における表記の仕方は州名、主要都市名などのうち、日本でもなじみのある英語名は日本語で表記し、それ以外は誤解を招かないように英語名のままで表現している。単位については、できる限り第1章の章末に示した換算表を用いて換算し、概ね有効数字3桁で表示しているが、アメリカの単位の方が理解しやすいものについては、そのままの形で表現している。

目 次

はじめに

1. 調査結果の概要	1
2. 気象・水文特性	6
2.1 降水量	6
2.2 降水の原因	7
2.3 水文サイクル	7
2.4 ハリケーンの発生, 上陸	7
2.5 ハリケーンのダメージ・ポテンシャル	8
3. 河道・流域特性	10
3.1 流域の地形	10
3.2 河道特性	10
3.3 洪水特性	11
4. 災害の現状	14
4.1 概要	14
4.2 各種災害の発生状況	15
5. 水害被害の現状	18
5.1 洪水想定氾濫区域	18
5.2 水害被害額の推移	18
5.3 水害による死者数の推移	20
5.4 記録的な大水害	22
5.5 州別に見た水害被害の状況	26
5.6 被災形態	29
6. 洪水防御に関する組織	30
6.1 水資源開発に関連する組織	30
6.2 特に洪水防御に関連の深い組織	32
6.3 連邦政府, 州政府, 地方政府の役割	36
6.4 その他の機関	37
7. 洪水防御の沿革	39
7.1 概要	39
7.2 施策の転換に向けて	39
7.3 洪水防御の歴史	40
7.4 治水対策への費用負担	43

8. 洪水防御のための設計外力の設定	44
8.1 概要	44
8.2 洪水保険のための設計外力	44
8.3 ミシシッピ川下流における設計外力	45
8.4 その他の設計外力	46
8.5 流出・洪水流等の計算モデル	49
9. 洪水防御計画の手順	50
9.1 概要	50
9.2 プロジェクトが建設に至るまでの手順	50
10. 洪水防御手法	51
10.1 概要	51
10.2 氾濫原管理について	51
10.3 洪水防御手法の分類	53
11. 氾濫原管理	54
11.1 氾濫原の規制・利用	54
11.2 建築物の耐水化	56
12. 危機管理施策	61
12.1 防災のための注意報、警報、予報	61
12.2 水防活動	64
12.3 避難、救助活動	66
12.4 災害時の対応で成功した例	68
12.5 洪水危険地図	68
13. 洪水保険	69
13.1 概要	69
13.2 2種類のNFIP	70
13.3 洪水保険の内容	71
13.4 洪水保険の問題点	77
14. 治水施設による洪水防御	79
14.1 概要	79
14.2 洪水防御のメニュー	79
14.3 ダム、貯水池	79
14.4 堤防、水制、洪水防護壁	81
14.5 水路変更	88
14.6 洪水流の分流	89

14.7	雨水管理	91
14.8	地表面処理	92
14.9	その他	92
15.	その他の洪水被害軽減策	97
15.1	防災演習	97
15.2	災害後の救済措置	97
15.3	防災のための啓蒙活動	99
16.	その他の参考事項	104
16.1	洪水被害の算定手法	104
16.2	水害裁判	106
16.3	洪水防御に関する調査・研究	107
17.	次世紀に向けたアメリカの治水戦略	110
17.1	戦略のキーワード	110
17.2	次世紀に向けての目標	111
17.3	その他の戦略	112
18.	日本の河川事業に参考となる事例	113
18.1	アメリカにおける先導的施策	113
18.2	参考事例	115
18.3	ミシシッピ川における河川事業に関するトピックス	116
	おわりに	119
	参考資料 1. ミシシッピ川における水害と治水（ミシシッピ川水害調査レポート）	121
	参考資料 2. 次世紀に向けてのアプローチ	138
	参考資料 3. 略語の正式名称	152
	参考資料 4. 各種データ集	154
	参考資料 5. 参考文献	160

1. 調査結果の概要

調査した結果の要点を整理すると、以下のようになる。

1) アメリカにおける洪水による死者数、実質的な水害被害額は日本とほぼ同じであるが、自動車に関連した死者が多く、また一般家庭の被害額のシェアが高い。経年的に見れば、水害による死者数は日本は減少傾向にあるが、アメリカは逆に1970年代に入って増加した。

2) ホワイト教授の提言(1942年に発表、1945年にレポートを出版)を端緒として氾濫原管理プログラム(日本の総合治水対策より更に幅広い内容)は開始されたが、なかでも氾濫原規制と洪水保険がその中心となっている。また適切かつ有効な氾濫原管理を実施している自治体内の加入者は保険料が減額される「自治体格付けシステム」が両者をリンクさせている。

3) 洪水保険では「①保険、氾濫原規制の対象を広げ、また加入者を増やして意識を高める、②フラッシュ・フラッドなど危険性の高い災害も氾濫原管理基準に含める、③耐水化などの個人の被害軽減策を保険料に反映させる」などが今後の課題となっている。

4) 非構造的洪水防御手法への転換は下院文書465号「洪水被害を制御するための国家的統一プログラム」(1966年)より開始し、国家洪水保険法や国家環境政策法(環境影響評価の実施に伴い、構造物の建設が困難となった)の制度により促進された。

5) 洪水防御事業は西部17州は内務省開拓局、テネシー州流域はTVA(テネシー川流域開発公社)、その他の河川は陸軍工兵隊により実施されている。ただし流域面積が約1,000km²以下の小流域については農務省土壌保全局が治水プロジェクトを担当している。堤防と洪水防護壁の延長で見れば、工兵隊と土壌保全局が各々全体の4割を建設している。

6) St. Francisダムの決壊災害(1928年)以降、カリフォルニア州を皮切りに各州でダム規制が行われた。連邦政府機関が責任を有する約53,000ダムのうち、約7%のダムが被害ポテンシャルが非常に高いとされている¹⁾。

7) 堤防の保護工としては、侵食原因に対応させてコンクリート・マットレス、石積み水制、アスファルトまたはコンクリートにより覆う方法が用いられている²⁾。

8) 1969年のハリケーンCamilleの際、上流域での災害発生直後直ちに下流域での災害の事前評価を行い、緊急計画をたてて避難活動、水門の閉鎖を行ったため、下流のRichmond(バージニア州の州都)では死傷者はほとんどなかった。このときの対応手法はハリケーンCelia(1970年)などの災害に幅広く適用された³⁾。

9) 陸軍工兵隊やTVA(テネシー川流域開発公社)は環境問題を重視して、環境対策のための人材、部署を配置し、対策の提言や環境に配慮したプロジェクトの進捗を図っている。

10) アメリカの次世紀に向けての治水戦略のキーワードは「統合化」、「横断的な組織」、「情報・教育」などである⁴⁾。

11) 1928年洪水防御法のなかで「いかなる場所における洪水または氾濫水によるいかなる損害に対し

ても、合衆国政府はいかなる種類の責任も負わないものとする」と明記されているため、連邦政府が敗訴したケース（一部敗訴は含まない）は1904年から1980年までに4例しかない。何れもダムや人為的行為によって生じた水害に関する裁判である⁵⁾。

12) ミシシッピ川にある河川管理施設としては、上流域に舟運、発電のためのロックと堰、下流域に堤防、水制などがある。堤防の嵩上げが困難な都市域などでは鉄筋コンクリート製の洪水防護壁が建設されている。

13) 洪水保険に対応しては100年（場所によっては500年）確率洪水流量に基づいて特別洪水危険地域が設定されているが、ミシシッピ川下流においては実績雨量を厳しい条件で組み合わせて流出計算した結果より洪水（計画設計洪水）流量を求めている。結果的には超過確率約1/500対応の計画となっている。

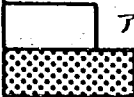
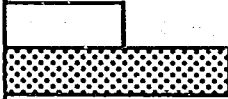
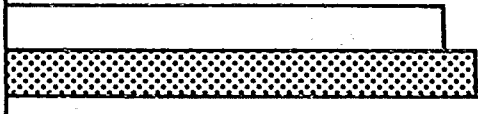
14) ミシシッピ川沿川の住民は河川に対する意識が高く、「堤防はリバーフロントの価値を下げるから不要である」、「これまでの経緯から見て、この水準まで堤防は整備されるべきである」、「今回の水害はカストロフィックなものだから、堤防を嵩上げする必要はない」といったはっきりした意見を持っている。

15) 水防活動の90%は土のう積みである。通常用いられる工法は土砂や土のうで山を築き、それをビニールシートで覆い、シートが氾濫水であおられないように氾濫水側に土のうをおく方法である。家屋や事業所を浸水から防御するために、建物の周囲を土のうで築く輪中堤の方式も採用される場合がある。

16) ミズーリ州のSt. Charles郡のEmergency Management Officeではパソコンのディスプレイ上に道路網、避難路、各種パイプラインなどを表示できる緊急情報システムを開発した。その他、アマチュア無線家からの通信を受信できる装置も設置されている。

17) 河道の拡幅や堤防の嵩上げが困難な都市域においては、コンクリート製の洪水防護壁が建設されている。またアイオワ州のBettendorfには2段のコンクリート壁と1段のアルミ・パネルからなる洪水防護壁がある。これは堤防が景観を阻害するという住民の声に対応して、通常は高さが1.2mの防護壁で洪水時には3.4mの高さまでの洪水に対処することができる。

18) アメリカでは1950年代より地下空間を利用した地下河川（調節池）を建設してきた。シカゴには近年の治水プロジェクトを代表するTARPプロジェクトが実施されている。これは水質汚濁対策と浸水対策を兼ねた雨水下水処理用トンネルの建設事業で、下流の下水処理場の処理能力を越える下水を深度15～91mの地下トンネル内に貯留し、後日ポンプで処理場に排水するものである。

想定氾濫 区域の割合	面積 (%)	 アメリカ 日本	
	人口 (%)	 50%	'73 調査 '85
水害被害額	年平均 (円)		'70 ~ '89
	最大 (円)	 2兆円	同 上
水害による死者 ・行方不明者数	年平均 (名)		同 上
	最大 (名)	 千名	同 上

〔ダメージ・ポテンシャル、水害被害状況の日米比較〕

〔洪水防御手法の日米比較(1)〕

項 目	ア メ リ カ	日 本
氾濫原規制	氾濫原規制法の制定・施行が地方自治体の国家洪水保険プログラムへの加入要件となっているため、氾濫原規制はかなりの地域で普及している。氾濫原規制のなかでは氾濫原における開発許可、耐水化の促進、洪水危険地域の周知などが含まれている。	都市計画法により市街化調整区域が設定されている、また建築基準法に基づいて条例により災害危険区域が設定されているが、通常土砂災害に関する区域が多く、出水に関する区域は少なく、実質的に規制は行われていないと言える。災害危険区域内では住宅の建築が禁止されたり、建築制限（構造、床面・地盤高）を受けたりする。
洪水保険	1968年の国家洪水保険法の制定に伴い、連邦危機管理庁により連邦の特別会計のなかで運営されている。実際の保険業務の約9割は民間保険会社が実施している。特別洪水危険地域内の17%の建物（260万人相当）が保険に加入している。850万円の補償に対して年間3万円の保険料を支払うのが最も標準的な洪水保険である。	昭和13年から民間保険会社により風水害保険が発売されたが、現在普及しているのは住宅総合保険や店舗総合保険の特約による災害補償である。保険に対する政府からの補助等はない。
堤 防	陸軍工兵隊、土壌保全局、TVAにより約4万kmの堤防・洪水防護壁が建設されているが、日本のような高い連続堤はミシシッピ川下流域など一部の河川だけである。洪水防護壁は日本の特殊堤に類似したものであるが、都市域（下流域とは限らない）に建設される高さの高いコンクリート製の堤防である。	高い連続堤で洪水防御することを基本にしているため、大河川はもとより、中小河川においても数多くの堤防が建設されている。建設省だけでなく、県や市などの地方機関も多数の堤防を建設している。
ダ ム	1928年の洪水防御法の制定以降、ダム・放水路を含む洪水防御対策が展開された。また1970年の国家環境政策法の制定以降、大規模構造物の施工に伴う環境影響評価が義務付けられたため、現在では連邦政府によるダムの建設は減少し、地方政府によるものがほとんどである。	1937年の河水統制事業以降、ダムの建設が開始され、1950年の国土総合開発法の制定以降、本格的にダムの建設が展開され、代表的な治水施設の一つとなっている。
放水路・遊水地	大規模洪水や流出量の増大に対応してミシシッピ川下流域に建設されている。放水路内には貴重な動植物が生息しているため、かなりの大規模洪水がこないかぎり、洪水を放流しないという考えがある。	洪水流下能力、遊水機能を確保するために中上流域に建設されている。放水路は通常の河川と同様に、洪水時に必ずその機能を利用している。
地下河川・調節池	1950年代より建設が開始された。代表的な施設としてはシカゴに建設されているTARPプロジェクトがある。これは下流の下水処理場の処理能力を越える下水をドロップシャフト、ディープトンネルを通じて貯留し、後日ポンプで処理場に放流するもので、延長174km、深度15～91mでトンネルの直径は2.7～10.1mである。	大深度地下空間を利用した地下河川・調節池の建設は最近になってからである。現在中川・綾瀬川流域に首都圏外郭放水路（延長6.3km、深度約50m）、環状7号線地下に東京地下河川（延長39km、深度40m）が建設されている。
流出抑制	地方政府の責任と権限で実施されている。施設は開発に伴う流出を抑制するために設置が指導されるもので、土地開発条例に基づいて流出抑制を行っている地方自治体もある。	新規開発に伴う雨水流出増に対処するための防災調節池設置の義務付け、また宅地開発指導要綱に基づき、都市河川流域を中心に設置された。流出抑制施設としては浸透マス・トレンチ、浸透性舗装、防災調節（整）池などがある。

〔洪水防御手法の日米比較(2)〕

項 目	ア メ リ カ	日 本
建築物の耐水化	耐水化の手法としては建築物の移転、嵩上げ、防水化など6タイプがある。連邦危機管理庁により耐水化のための詳細なパンフレットが発行されている。	現在実施されている耐水化手法は、建物の嵩上げ、防水壁・防水扉の設置などである。事業所、個人がこれらの施設を建設する場合は中小企業金融公庫や住宅金融公庫などから低利で融資を受けることができる場合がある。
洪水危険地図	洪水保険のために、特別洪水危険地域を対象にした洪水保険料率地図が発行されている。また一部の地域では浸水位や氾濫水の流向を示した詳細な浸水実績図も公表されている。	浸水実績図(476河川)、浸水予想区域図(4河川)、洪水氾濫危険区域図(11河川)などがこれまでに公表されてきた。洪水保険のための洪水危険地図はまだ作成されていない。
洪水予警報	国立気象局や陸軍工兵隊が洪水予警報の発表を行う。洪水予報結果(洪水ピークが発生する日)は新聞などで報道される。地域洪水警報システムを持っている地方自治体もある。	流域面積が大きな河川については気象庁と建設省が共同で洪水予報を行う。また1級水系については建設省または都道府県が水防警報を発表する。
水防活動	陸軍工兵隊が権限を有し、資機材の提供や技術的支援を行うが、実際の活動はNational Guardが地元ボランティアの支援を仰いで行う。実施されている工法の約9割が土のう積み工である。	消防団員と兼務の水防団員が水防活動を実施している。アメリカと比べて洪水による堤防侵食の被害が多いため、土のう積み以外に木流し工、表シート張り工などが実施されている。
避難活動	市や郡が中心となって、避難活動を行う。避難命令は国立気象局の気象ラジオを活用して行う。	市区町村が避難の勧告・指示を行う。水害時には水防団や町内会が避難命令を伝達したり、住民の救出を行う。
災害援助	災害援助としては助成金の支給、建物の補修・移築に対する低利融資、税金の減免などである。大統領の災害宣言のあと、連邦危機管理庁の調整に基づいて実施される。災害死亡者へ弔慰金は支給されない。	1973年の議員立法で災害死亡者への弔慰金が制度化された。災害救助法に基づいて、水害の程度に応じて食料品・飲料水の供給、住宅の応急修理、生活必需品の供与などが行われる。

表-1 単位の換算表

<長さの単位> ・1インチ = 2.54 cm ・1フィート = 30.48 cm ・1ヤード = 0.914 m ・1マイル = 1.609 km <容積、流量の単位> ・1立方ヤード = 0.764 m³ ・1エーカー・フィート = 1,233 m³ ・1ガロン = 3.785 × 10⁻³ m³ ・1 cfs = 0.0283 m³/s	<面積の単位> ・1エーカー = 4.047 × 10⁻³ km² ・1平方マイル = 2.589 km² <その他> ・1ドル = 100 円 ・1インチ(気圧) = 33.86 hPa ・1ポンド(重量) = 453 g
---	--

注1) ここ1年で1ドルは100円~115円の間で変動しているが、ドル表示に変換しやすいように1ドル=100円とした。

注2) 気圧の単位は1 hPa(ヘクトパスカル)=1 mbである。

2. 気象・水文特性

2.1 降水量

年平均降水量は760mmで、世界平均973mmの約8割で、日本平均1,788mmの約4割である。地域的には南東部及び北西部の一部が降水量が多く、中央平原には広大な乾燥地帯が広がっている。降雨の特性は

表-2 降雨継続時間別の最大降水量

期 間	降水量	観 測 地 点	発生年
42 分	305 mm	ミズーリ州 Holt	1947 年
2 時間10分	483 mm	ウエスト・バージニア州 Rockport	1889 年
2 時間45分	559 mm	テキサス州 D'Hanis	1935 年
4 時間30分	787 mm	ペンシルベニア州 Smethport	1942 年
1 日	1,092 mm	テキサス州 Alvin	1979 年
1 か月	2,718 mm	ハワイ州 Kukui	1942 年
1 年	18,771 mm	ハワイ州 Kukui	1982 年

世界最高記録
に匹敵

期 間	降水量	観 測 地 点	発生年
1 時間	187 mm	長与 (長崎)	1982 年
1 日	1,114 mm	日早 (徳島)	1976 年
1 か月	3,514 mm	大台ヶ原山 (奈良)	1938 年
1 年	8,214 mm	大台ヶ原山 (奈良)	1920 年

出典) 日本気象協会の気象年鑑及び国立気象局 (NWS) におけるヒアリング

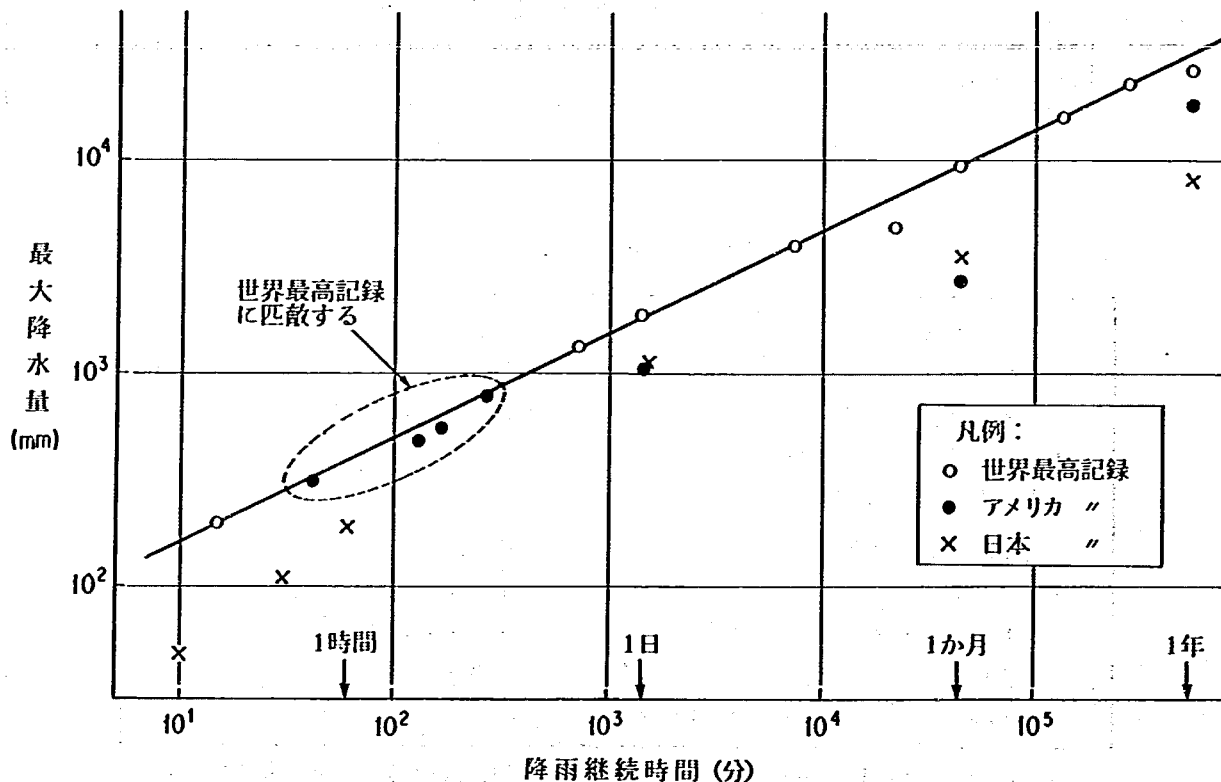


図-1 降雨継続時間別の最大降水量

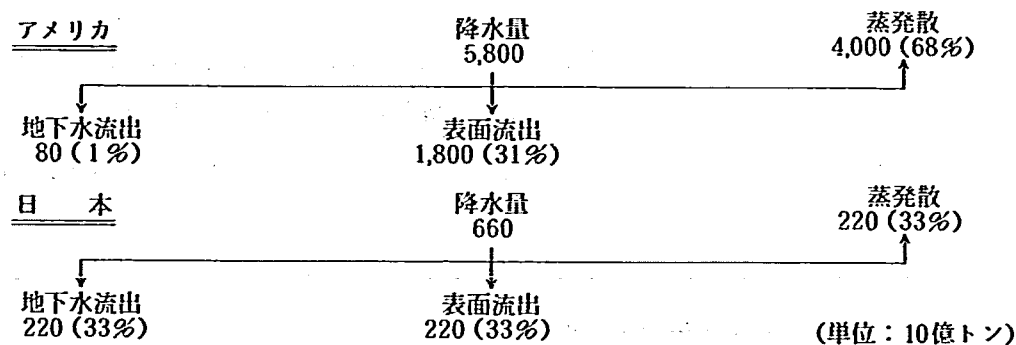
短時間に集中して降る地域はあるが長続きはしない。従って短時間降雨は世界記録に匹敵する記録となっているが、日及び月最大降水量はむしろ日本の方が多い。

2.2 降水の原因

降水をもたらすものには低気圧、前線、降雪がある他、集中豪雨をもたらすものにハリケーン、雷雨などがある。ハリケーン、竜巻（雷雨の一種）は水害の他に風害を発生させるし、雷雨に伴う落雷は多数の死者を出してきた。20～30年前まではもっとも死者数の多い災害は落雷であった。

2.3 水文サイクル

特徴的なのは国土が広い（日本の約25倍）、また乾燥地帯があるために非常に蒸発散量が多いことである。降水量の約2/3が蒸発散しており、その割合は日本の2倍である⁹⁾。このため、日本のように降雨量から計画洪水流量を求めているのは、ミシシッピ川及び流域面積の小さな河川（雨量データがない場合）ぐらいで、ほとんどの河川においては過去の流量から求めた計画洪水流量が、治水施設の設計や洪水保険における洪水危険地域の指定に利用されている。



図－2 1年間の降水量のサイクル

2.4 ハリケーンの発生、上陸

ハリケーンは熱帯サイクロンの一種で、熱帯サイクロンは次のように分類されている。以下の災害統計では基本的にはハリケーンと熱帯暴風雨をあわせて熱帯サイクロンとして表現し、ハリケーンのみを内訳として示している。従って、アメリカにおける熱帯サイクロンは日本の台風に相当するものである。

表－3 熱帯サイクロンの分類⁹⁾

名 称	域内の1分間平均風速の最大値	
ハリケーン	32.7 m/s以上	→ “国際分類による台風” に対応
熱帯暴風雨	17.2 m/s以上	→ “日本の分類による台風” に対応
熱帯低気圧	17.2 m/s未満	

1960年から1987年までの熱帯サイクロンの発生、アメリカへの上陸数は次のとおりで、平均値で比較すると発生数は台風が3倍と多いが、上陸数は台風と同じである。

表-4 熱帯サイクロンの発生数、上陸数(アメリカ)⁹⁾

	平 均	最 小	最 大
発生数	9.2個(5.4個)	4個(2個)	18個(12個)
上陸数	2.7個(1.4個)	1個(0個)	8個(6個)

注1) ()内はハリケーンのための発生数、上陸数

注2) データ期間は1960年から1987年である

表-5 台風の発生数、上陸数(日本)¹⁰⁾

	平 均	最 小	最 大
発生数	27.4 個	19 個	39 個
上陸数	2.7 個	0 個	5 個

注) データ期間は1960年から1987年である

コロラド州立大のW.Grayの研究によれば、アメリカでは西アフリカ地方(特にサハラ砂漠南のギニア湾沿い及び西サヘル地方)が平年より湿潤な年に、数多くのハリケーンがアメリカの東海岸やフロリダ半島に上陸している。ただし、これは統計的相関関係であって、気象・物理学的な解釈は未だなされていない¹¹⁾。

2.5 ハリケーンのダメージ・ポテンシャル

ハリケーンは気圧、風速、高波の規模により5段階に分類されている。この分類はSaffir-Simpsonのダメージ・ポテンシャルと呼ばれている。

表-6 ハリケーンのダメージ・ポテンシャル¹²⁾

項 目	カテゴリー1	カテゴリー2	カテゴリー3	カテゴリー4	カテゴリー5
気 圧 (hPa)	980 ~	965 ~ 979	945 ~ 964	920 ~ 944	~ 920
風 速 (km/hr)	119 ~ 153	154 ~ 177	178 ~ 209	210 ~ 249	249 ~
高 波 (m)	1.2 ~ 1.5	1.8 ~ 2.4	2.7 ~ 3.7	4.0 ~ 5.5	5.5 ~

最もダメージ・ポテンシャルの高いカテゴリー5は、これまで1935年のフロリダ州Keysにおける暴風雨、1969年のハリケーンCamilleの2回が観測されている。1899年から1989年までのハリケーン(148個)について見れば、カテゴリー4以上は全体の1割(15個)で、カテゴリー2以下で6割(89個)を占める^{13) 14)}。

トルネード（竜巻）についても、同様にシカゴ大の藤田教授により、風速や想定される被害の程度に応じて、Fujita Wind Damage ScaleとしてF-0からF-5まで6段階のカテゴリーが設定されている。

表-7 トルネードの Fujita-Scale¹⁵⁾

項 目	F - 0	F - 1	F - 2	F - 3	F - 4	F - 5
風 速 (km/hr)	～ 116	117 ～ 180	182 ～ 253	254 ～ 331	333 ～ 418	420 ～
被害の程度	軽被害	中規模被害	かなりの規模 の被害	激甚な被害	壊滅的な被害	想像を絶する 被害

3. 河道・流域特性

3.1 流域の地形

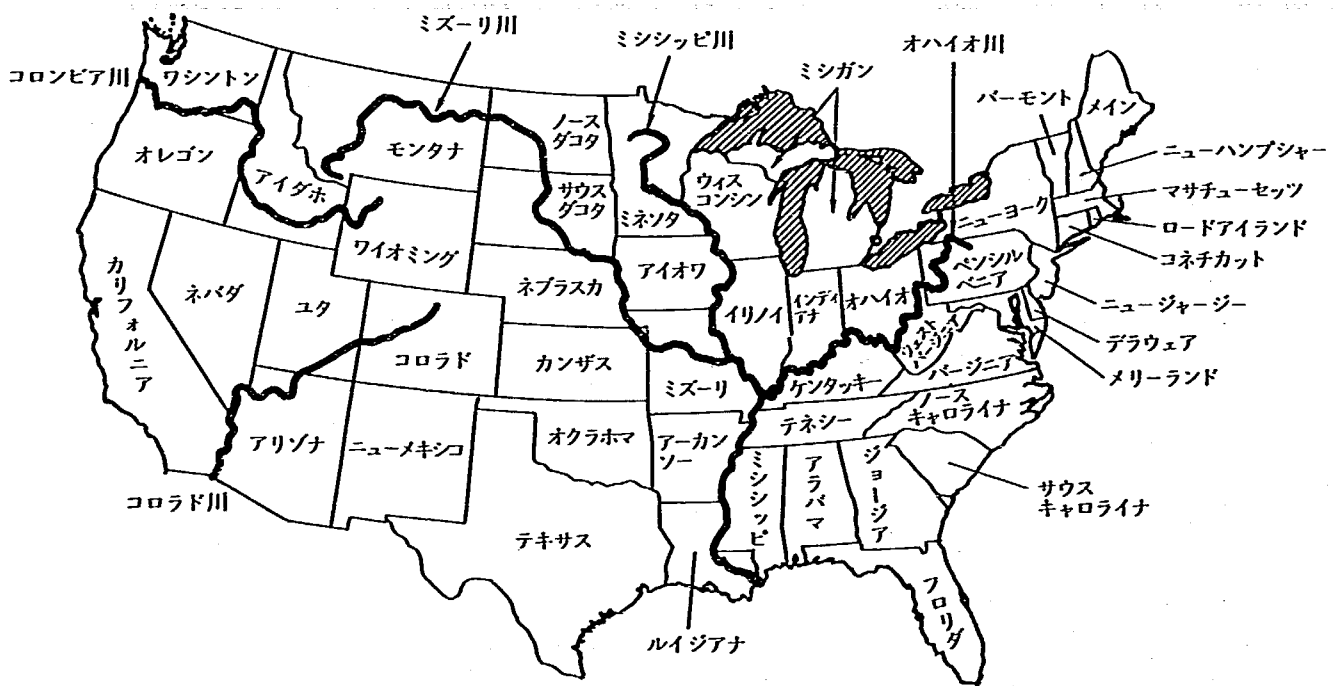
地質年代的に見て、アメリカ北部、例えばミシシッピ川上流域などは古い年代（氷河期）に形成された地形のため、河川は侵食河川で堀込河道が多く、流域は起伏に富んだ地形となっている。また南部には河川が運搬してきた土砂により形成された広大なデルタ平野が広がっている。一方アリゾナ、ネバダ、カリフォルニア州などの西部乾燥地帯には多くの沖積扇状地が広がっている。

ナイル川などは河口に扇型の弧状デルタ（Arcuate Delta）が広がっているが、ミシシッピ川河口は鳥の足の形をした鳥趾状デルタ（Birds'Foot Delta）となっている。これはミシシッピ川河口においては、海の波が弱い、また海水の密度が河川水の密度よりかなり大きいことにより、こうしたデルタが形成されるのである。デルタの先端は過去100年間で10～20kmも前進している。

3.2 河道特性

第3紀の褶曲山地であるロッキー山脈（西部）、古生代の褶曲山地であるアパラチア山脈（東部）などには急勾配河川があり、豪雨によりフラッシュ・フラッド（鉄砲水）が発生することもあるが、アメリカ全体からするとほんの一部である。基本的には緩勾配の堀込河道とミシシッピ川下流域のようなデルタ河川で構成されている。

*フラッシュ・フラッドとは山地など流域勾配の大きな河川で発生する流出時間の短い洪水で土砂を伴うこともある。日本の鉄砲水に近い現象である。ダムの決壊によって発生する洪水氾濫もフラッシュ・フラッドと呼ばれている。



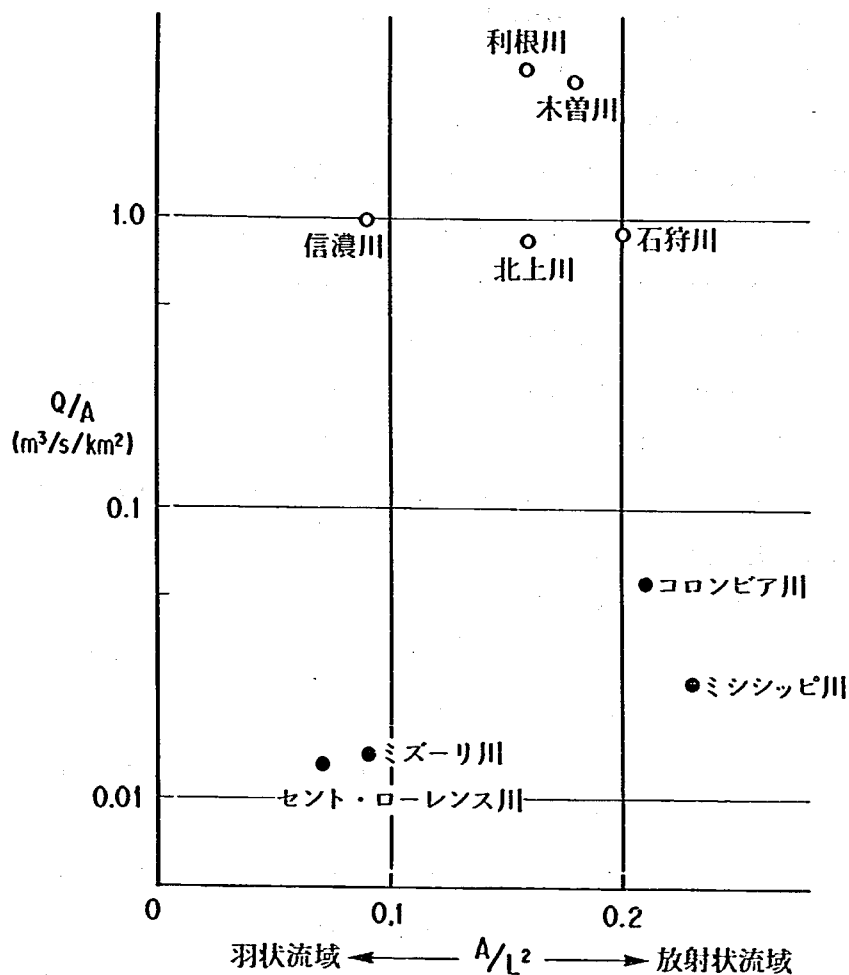


図-4 A/L^2 と Q/A の関係図

3.3 洪水特性

アメリカにおける洪水特性が日本と大きく相違する点は、アメリカの場合洪水の時間的・空間的スケールが比較にならないくらい大きいことである。洪水の立ち上がりは遅いが、流域規模が大きいために長期間継続する。アメリカで観測史上最大の流量は1927年ミシシッピ川水害のときのArkansas City地点（ミズーリ州）における74,000 m^3/s （氾濫戻しによる推定流量）であるが、今回の調査ではこのときの流量ハイドログラフを入手することができなかった。入手できた洪水ハイドログラフのなかで最大流量（61,100 m^3/s ：Arkansas City地点）が発生した1937年ミシシッピ川水害では洪水は3か月以上続いた。

また、ミシシッピ川の河道特性としては、Vicksburg（ミシシッピ州）とAngola（ルイジアナ州）との間に河床勾配の遷移点があり、遷移点より上流では1/1万、下流では1/3万という緩勾配の河道特性である。このため遷移点より下流では洪水ハイドログラフは偏平な形となっている。日本の大洪水時のハイドログラフと比較すると、既往最大流量同士で比較しても、日本における最大流量はアメリカの約1/4である。またアメリカの洪水に比較して、日本の洪水は最大流量が19,000 m^3/s （伊勢湾台風のときの新宮川洪水（推定値））で、流量が1万 m^3/s 以上の時間が7時間程度（カスリーン台風のときの利根

川洪水のときでも16時間程度である¹⁶⁾であり、日本の洪水ハイドログラフがいかにシャープな形状をしていて、対応が緊急を要するかが理解できる。

洪水の伝播状況は降雨の時間的・場所的な発生状況等により異なるが、主要洪水(1927年4～5月の洪水、1937年1～2月の洪水など)のハイドログラフから見てみると、以下のようになる。

Cairo (イリノイ州) ~ Memphis : $I = 1/10000$: 約320km/(2?～9)日 = (1.5～6.7?) km/hr

Memphis (テネシー州) ~ Arkansas : $I = 1/10000$: 約320km/8日 = 1.7 km/hr

Arkansas (アーカンソー州) ~ Vicksburg : $I = 1/10000$: 約260km/4日 = 2.7 km/hr

Vicksburg (ミシシッピ州) ~ Red川合流点 : $I = 1/30000$: 約220km/(8～13)日 = (0.7～1.1) km/hr

なお、観測地点間の距離は地図上で計ったため、厳密な値ではない。

一方、日本においては、例えば利根川では洪水の伝播状況を主要洪水(昭和22年9月のカスリーン台風による洪水、昭和57年9月の洪水など)について見ると、以下のとおりである。河床勾配 I はかなり異なるが、洪水伝播速度で比較すると、利根川の伝播速度はミシシッピ川の約2～14倍と、かなり伝播が早いといえる。ごくごく大まかに言うと、平均的な人間の歩行速度(4 km/hr)に対して、利根川の洪水伝播速度はその2倍、ミシシッピ川の洪水伝播速度はその1/2である。

八斗島(181km)～川俣 : $I = 1/700 \sim 1/2300$: 31 km/2hr = 16 km/hr

川俣(150km)～栗橋 : $I = 1/2700$: 20 km/(2～2.5) hr = (8～10) km/hr

栗橋(130km)～芽吹橋 : $I = 1/3300 \sim 1/4500$: 26 km/2.5hr = 10 km/hr

芽吹橋(104km)～神崎(49km) : $I = 1/5500 \sim 1/10100$: 55 km/10hr = 6 km/hr

流域面積上位5位までの河道の諸元、既往最大洪水流量は以下のとおりである。日本の大河川は、アメリカの大河川と比較して流域面積で2桁、流路延長では1桁小さい。比流量で見ると日本の大河川が0.8～3.3 m³/s/km²であるのに対して、アメリカの大河川は0.01～0.06 m³/s/km²と流域スケールに対して洪水流量が少ない。

表-8 大河川の諸元¹⁷⁾

河 川 名	流域面積 (1,000km ²)	流路延長 (km)	最大流量 (m ³ /s)	観 測 地 点 (観 測 年)
ミシシッピ川	3,229	3,780	74,000	Arkansas (1927年)
ミズーリ川	1,371	3,970	19,100	Hermann (1903年)
ユーコン川	848	2,900	31,100	Pilot Station (1985年)
セント・ローレンス川	820	3,460	10,000	Cornwall (1976年)
コロンビア川	772	1,930	35,100	The Dalles (1894年)

注) ミズーリ川水系はミシシッピ川水系に含まれるため、ミシシッピ川の流域面積にはミズーリ川の流域面積が含まれている。

河 川 名	流域面積 (km ²)	流路延長 (km)	最大流量 (m ³ /s)	観 測 地 点 (観 測 年)
利 根 川	16,840	322	17,000	八 斗 島 (1947年)
石 狩 川	14,330	268	11,330	石狩大橋 (1981年)
信 濃 川	11,900	367	9,638	小 千 谷 (1981年)
北 上 川	10,150	249	6,500	登 米 (1947年)
木 曽 川	9,100	227	14,000	犬 山 (1983年)

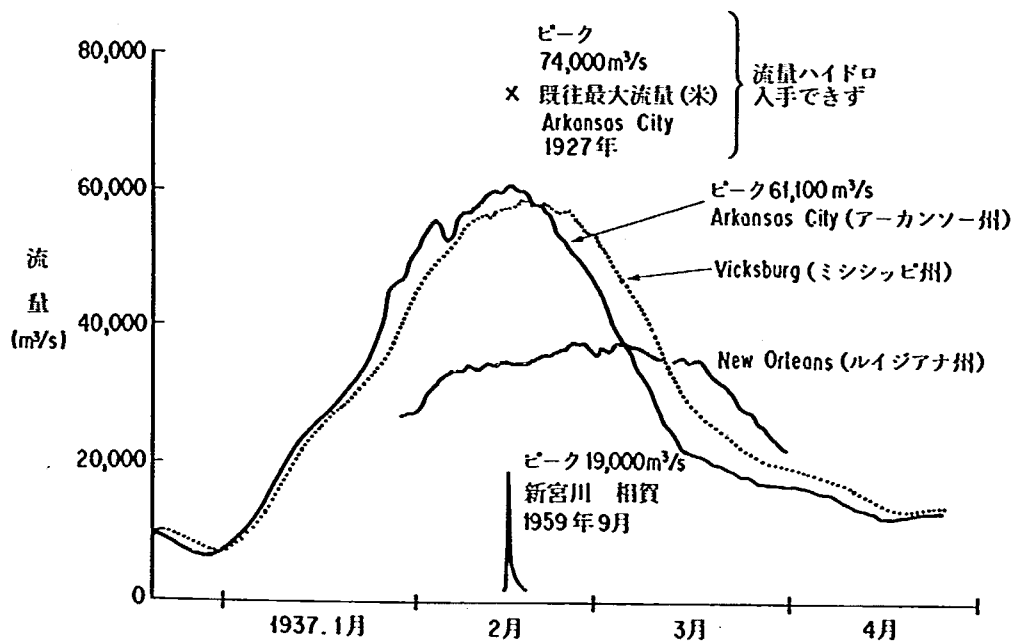


図-5 洪水ハイドログラフの比較

出典) USGS, Water-Supply Paper 838 "Floods of Ohio and Mississippi Rivers" Jan. - Feb. 1937, 1938 他

注) アメリカのデータはすべてミシシッピ川のデータである。×印及び新宮川のハイドロは Arkansas City 地点のハイドロピークに合わせて表示している。

なかでもミシシッピ川は広大な流域面積を有し、日本の面積の8倍以上である。比流量は日本の河川より、1～2桁小さいが、洪水流出量は莫大である。地域的に見た場合、アメリカ北部及びミシシッピ川中流域で春先の融雪出水が多く、ニューイングランド地方や南東部はハリケーンによる洪水が多い。また西海岸地域を除いて夏期の雷雨に伴う洪水は全米で発生する可能性がある。

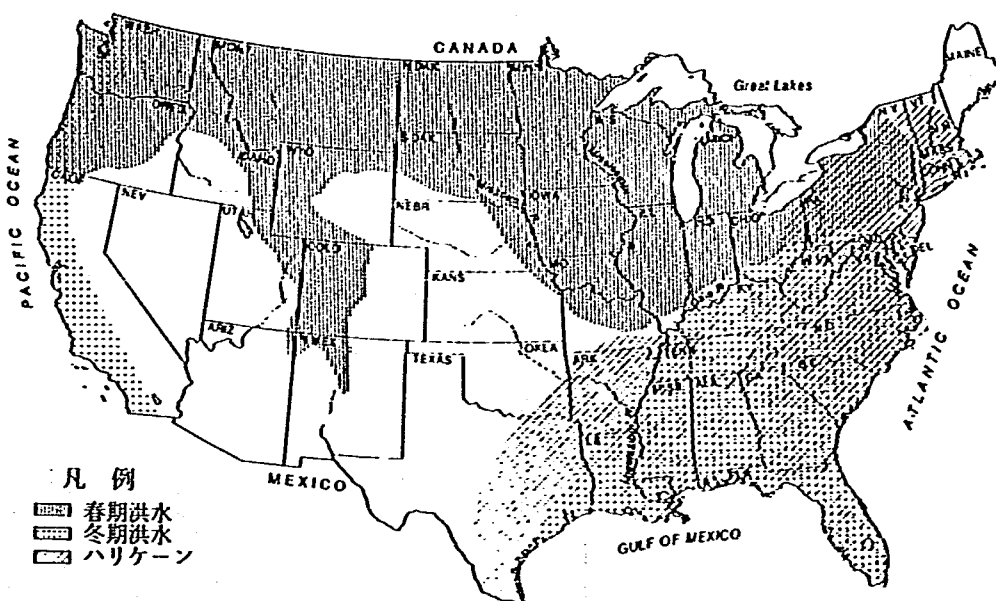


図-6 地域的に見た洪水発生原因

出典) P. Cohen, R. H. Bingham and E. D. Cobb, Monitoring Major Floods in the United States

4. 災害の現状

4.1 概 要

アメリカにおいては毎年、どこかの地域で様々なタイプの災害が発生している。災害の種類は洪水（外水氾濫、内水氾濫）、フラッシュ・フラッド（鉄砲水、ダムの決壊）、ハリケーン、泥流、地すべり、高潮、津波、竜巻、落雷、火山災害、地震、森林火災、冬の嵐など非常に多岐に及び、日本で発生してアメリカで発生しない災害は急傾斜地崩壊ぐらいではなかろうか。

表－9にはこれまでに発生した大災害のうち、死者数500名以上の災害を年代順にリストアップした。表から分かるように、7事例のうち5事例が水害関係の災害である。

表－9 死者数500名以上の災害

年	原 因	場 所	死 者 数
1889	ダム決壊	ペンシルベニア州 Johnstown	2,200名
1900	ハリケーンによる高潮	テキサス州 Galveston	6,000名以上
1906	地 震	カリフォルニア州サンフランシスコ	700名
1919	ハリケーン	フロリダ州 Keys, テキサス州 Corpus Christi	600～900名
1925	竜 巻	ミズーリ州、イリノイ州、インディアナ州	689名
1928	ハリケーンによる高潮	フロリダ州南部	1,836名
1938	ハリケーン	ニューイングランド地方	600名

アメリカにおける災害と言ったとき、多くの人は地震災害を想像する。そこで、実際にどの種類の災害がアメリカにおいて多く発生しているのかを調べることにした。全ての災害を体系的に網羅した統計がないため、災害全体のなかでの洪水被害の現状を明らかにすることはできない。ここでは災害が発生した際、州知事の要請に対してFEMA（連邦危機管理庁）が調査し、激甚災害と認められた場合に大統領が行う災害宣言についてみる。すなわち、災害宣言の数から大規模災害に占める洪水災害のシェアを調べようというものである。

下表は1965年から1989年にかけて、大統領によって宣言が行われた災害数とその災害に対する援助資金を示している。何れもハリケーンを含めた洪水被害が占める割合は約8割であり、アメリカにおける防災のテーマとして洪水問題がいかに大きいかが分かる。

地震災害後はマスコミにより印象的な地震災害の映像が各家庭に送られ、人々の脳裏に焼き付くからである。一方、洪水被害は被害が徐々に進行し、地震災害ほど劇的なシーンはあまり見られない。そのために、一般市民にとっては、洪水災害よりも地震災害の方が多いと感じているのである。

表－10 災害宣言数と災害援助資金¹⁸⁾

	全災害	洪水及びハリケーン による災害	割合(%)
宣言された災害数	657	508	77.3
災害援助資金(億円)	6,767	5,206	76.9

4.2 各種災害の発生状況

様々な災害のうち、洪水、ハリケーン、津波、竜巻の発生状況について見てみる。各々の発生原因、被災状況、特性等は表-11に示すとおりである。季節的には春から初夏にかけて洪水や竜巻が多く発生し、夏から初秋にかけてハリケーンやハリケーンに伴う高潮が多く発生している。特徴的なのはハリケーンの寿命が8～12日であるのに対して、竜巻の寿命は数分から数時間と短いことである。従って、降雨から災害発生までの時間が短い日本の洪水対策を考えるうえでは、アメリカにおける竜巻対策も参考になると考えられる。

これらの災害による年平均死者数を過去60年間にわたって調べると、熱帯サイクロン、竜巻はほぼ一貫して死者数が減少しているにもかかわらず、洪水による死者数は75名(60年代)→181名(70年代)→136名(80年代)と、逆に70年代に入って増加しており、日本の傾向とは対照的である。ただし、水害による死者数の絶対値は発展途上国などと比較するとそれほど多くなく、水害による死者数/水害被害額で見た場合、その値は漸減しており、日本と同様先進国型の水害被害の傾向となっている。

表-12 災害別の年平均死者数^{19) 20) 21)}

年 代	ア メ リ カ			日 本
	洪 水	熱帯サイクロン	竜 巻	水 害
1930～1939年	93名	111名	194名	338名
1940～1949年	62	22	179	—
1950～1959年	79	88	141	2,235
1960～1969年	75	59	94	460
1970～1979年	181	23	99	201
1980～1989年	136	9	52	130
1960～1989年の平均	131名	30名	82名	264名
年間最大死者数	554名 (1972年)	1,836名 (1928年)	794名 (1925年)	5,565名 (1959年)
データ期間	1916年～	1901年～	1916年～	1902年～

注) 日本における水害による死者数は1930～1941年は「戦後水害被害額推計」、1946～1952年は「災害統計」、1953年以降は警察庁調べにより調査した。

表-11 各種災害の発生原因及び特性等

種 類	発 生 原 因	被 災 状 況	移 動 速 度 寿 命 他	年間あたりの被害状況		備 考
				死 者 数	被 害 額	
洪 水	ハリケーン、サイクロン、低気圧による豪雨や融雪、氷塊による川のせき止め、ダム決壊などに伴う浸水 他	4～7月が多い。ニューイングランド、カリフォルニア、コロラド、テキサスなどで多く発生している	—	平均 159 名 最高 554 名 (1972 年)	平均 3,700 億円 最高 1.4 兆円 (1972 年)	・ハリケーンを含めると自然災害に占める割合は約 8 割 ・6 割の人が車内または浸水した車から脱出しようとして死亡 (1980 年代)
ハリケーン サイクロン	ハリケーンは域内の風速が 74 マイル/時以上の熱帯低気圧、サイクロンの場合、風速は 39～74 マイル/時。上空の高気圧が吸い込みポンプの役をして、陸上の低気圧に吹き込む吸かくて湿った空気を上空に吸い上げる。この時豪雨と大量の熱エネルギーが放出される	8～10 月が多い。メキシコ湾沿岸、東海岸がよく被災する。1～10 個/年。 西アフリカが湿潤な年ほどよく来襲する	速度は 10～20 km/時 寿命は 8～12 日 勢力ではフロリダの Keys Storm (1935) とハリケーン Camille (1969) が最大級	平均 16 名 最高 1,836 名 (1928 年)	平均 2,000 億円 最高 2～3 兆円 (1992 年)	・ハリケーンによる風より、豪雨による洪水や高潮に伴い被害が生じやすい。また高圧電線の落下に伴う感電死も多い ・1 日に放出する凝結熱は 20 メガトンの水爆 400 個分に相当する
電 巻： トルネード	メキシコ湾からの暖かく湿った空気による上昇気流と北（北西）からの冷たく乾いた空気による下降渦流との対流に伴い生じる	4～6 月が多い。中南部、特にテキサス、ミシシッピがよく被災する 600～1,000 個/年	速度は 40～64 km/時 寿命は数分～数時間 平均幅 300 m（膨張 1.6 km 以上） 平均移動距離は 6 km	平均 76 名 最高 794 名 (1925 年)	— —	・約 1/3 の人がトレーラー内で死亡（1985 年～1990 年） ・建築物の破片が建築物に被害を与え、また新たな破片を発生させる ・83 トンの列車を上空 24 m まで持ち上げた例もある ・海上での水煙は海水ではなく、水蒸気が凝結した雲である
津 波	地震または海底の変動、地すべりに伴う海面波の伝播。特に狭さくな湾、入り江で波高が高くなる	西海岸、ハワイ、アラスカがよく被災する 7、8 年に 1 回被災	$C = \sqrt{gh}$ h = 1,000 m の時、C = 360 km/時 h = 100 m の時、C = 110 km/時	平均 — 最高 173 名 (1946 年)	平均 — 最高 530 億円 (1964 年)	・アラスカのリッパ湾では地すべり土塊により約 500 m の津波が発生した（1958 年） ・大西洋では地震帯が海岸線に沿って走っていないため、津波はあまり発生しない
高 潮	ハリケーンの風により、海洋で 15 m 以上、沿岸で 5 m 以上の高波となる	8～10 月が多い メキシコ湾沿岸、東海岸	—	平均 — 最高 6,000 名 (1900 年のテキサス・Galveston)	—	・テキサス州の Galveston の高潮災害は全米で最も死者が多い自然災害で 6,000 名または 7,200 名以上が死亡したとされている。Galveston は最も標高が高い地点でも 3 m 以下で、そこへ 6 m のハリケーンに伴う高潮が襲来した。

注 1) 被害の平均値は 1970 年～1989 年の平均値である

注 2) 被害額は 1990 年価格に換算している

更に、今世紀に入ってから発生した死者数の多いハリケーン、被害額の多いハリケーンは以下のとおりである。特に「南部のニューヨーク」と呼ばれたテキサス州 Galveston を襲ったハリケーンによる高潮災害は日本の伊勢湾台風災害（1959年）と同様、史上最高の死者数を記録する水害となった。

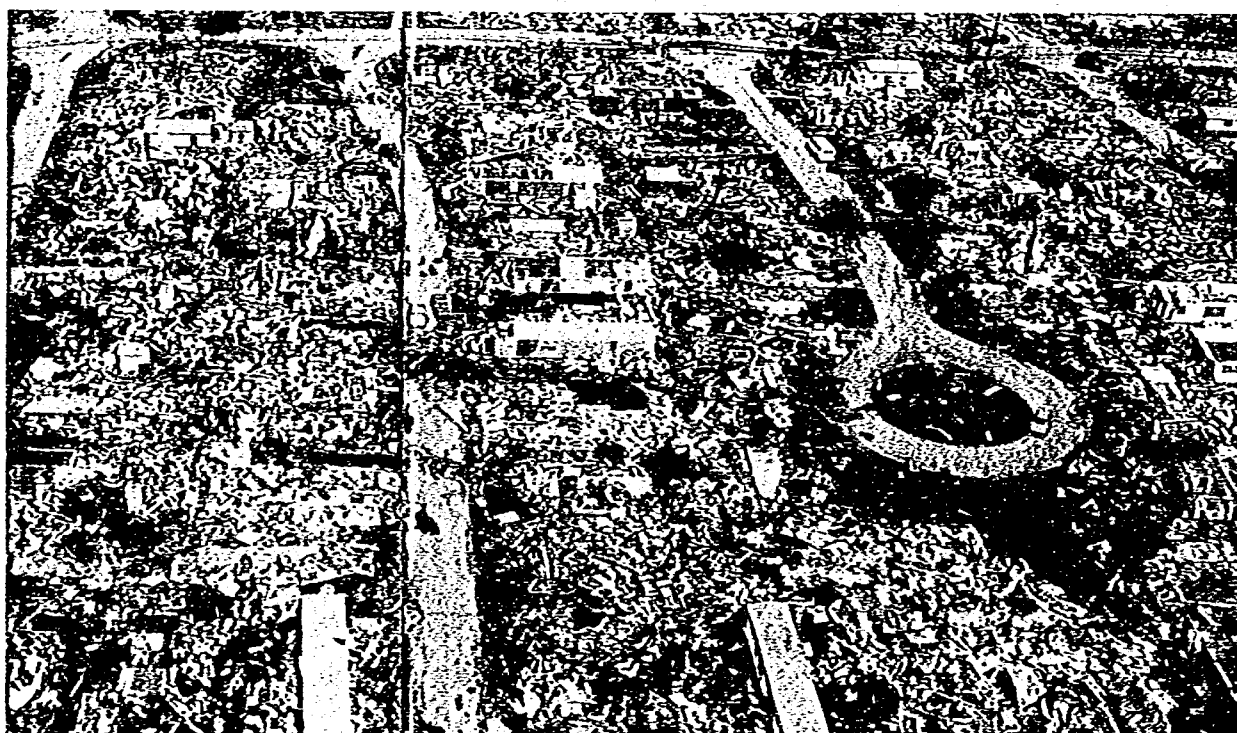
表－13 死者数の多いハリケーン²²⁾

順位	被災地	年	死者数
1	テキサス州 Galveston	1900	6,000 名以上
2	フロリダ州南部	1928	1,836 名
3	フロリダ州 Keys 及びテキサス州 Corpus Christi	1919	600～900 名
4	ニューイングランド地方	1938	600 名
5	フロリダ州 Keys	1935	408 名

表－14 被害額の多いハリケーン²³⁾

順位	名称	年	被害額(名目)
1	Andrew	1992	2～3 兆円
2	Hugo	1989	7,000 億円
3	Frederic	1979	2,300 億円
4	Agnes	1972	2,100 億円
5	Alicia	1983	2,000 億円

注) ハリケーン Andrew による被害は風による被害が多い



写真－1 ハリケーン Andrew による被災状況

出典) 国土開発技術研究センター、米国の Hurricane「Andrew」災害
現地調査報告書、1992

5. 水害被害の現状

5.1 洪水想定氾濫区域²⁴⁾

日本と同じように、超過確率 1/100 の洪水位より低い地域の面積を評価している。ただし第 8 章で示すように超過確率に対応した洪水位の計算手法は日米で異なっている。水資源審議会 (Water Resources Council : WRC) の調査結果 (1977 年) によれば、プエルトリコ、バージン諸島を含めて、72.4 万 km² の洪水想定氾濫区域があり、これは全体の面積の約 7 % に相当する。都市域について見れば、その割合は約 16 % である。日本における想定氾濫区域面積の割合は約 10 % であるので、その割合は日本とほぼ同じであるが、面積的にはかなり広い。

5.2 水害被害額の推移 (1970 年～1989 年)

以下、水害被害の現状として過去 20 年間の被災状況について考察する。水害被害とは洪水による浸水、ダム決壊による被害などであり、熱帯サイクロンによる被害は含まれていない。これまでの水害関係の統計によれば、熱帯サイクロンによる被害は洪水による被害と同程度である。また農業被害、源流域や局所的な水害は統計に含まれていないので、日本の水害被害額と比較する場合、被害額を 2 倍以上に換算して考える必要がある。なお被害額は消費者物価指数 (Consumer Price Indexes : CPI)^{25) 26)} を用いて、1990 年価格に換算している。

- ・年平均水害被害額 3,700 億円 <アメリカ>
7,100 億円 <日本>
- ・最大水害被害額 1.4 兆円 …… 1972 年 <アメリカ>
1.5 兆円 …… 1982 年 <日本>



写真-2 ハリケーン Agnes に伴う洪水被害

出典) U.S.G.S., National Water Summary 1988-89
—Hydrological Events and Floods and Droughts—, 1991

以上のように年平均水害被害額は日本がアメリカの約2倍であるが、前述のことより実質的な被害額は同程度であると言える。アメリカにおける1972年の水害はハリケーン Agnes に誘因されて発生した大洪水により、北東部などが大きな被害を受けたものである。

* 1993年のアメリカにおける水害被害額は未集計であるが、1972年を上回るものと予想される

水害被害額の推移を長期的（1930年～1989年）に見ると、年率4.1％で増加している。この増加率はGNPの増加率に匹敵するものであり、GNPに対する水害被害額はほぼ横バイである。水害被害額の詳細な内訳は不明であるが、水害被害の約1/3は越水または破堤に起因するものである。公共土木施設の被害額は全体の19％、都市域で25％を占めるが、日本では70～80％なので、はるかに少ない。

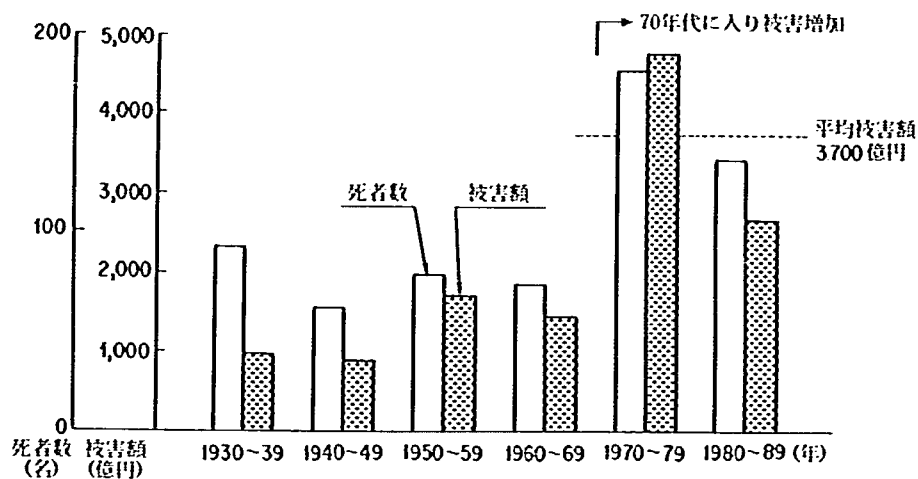


図-7 10年毎に見た水害被害状況（年平均）

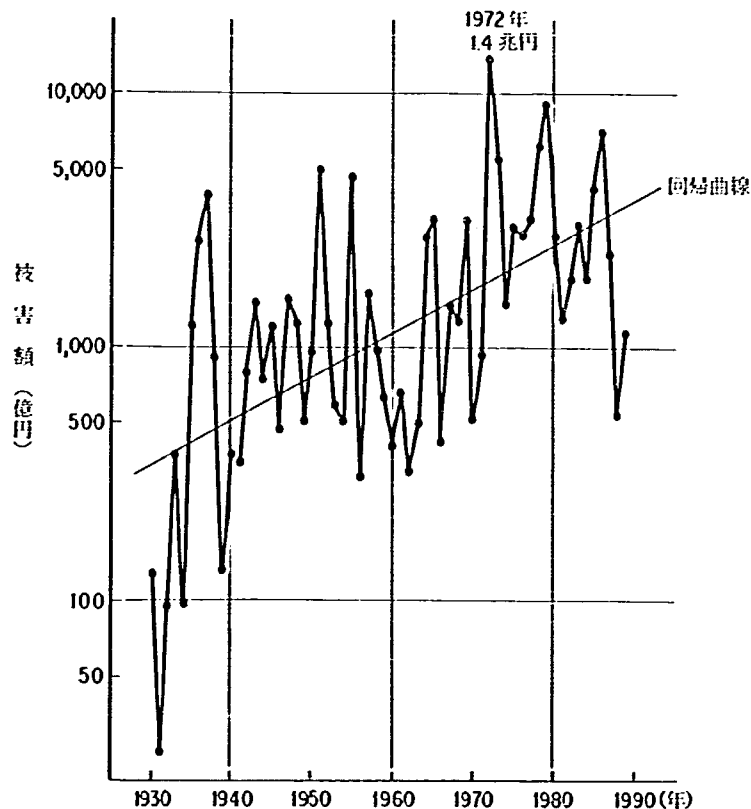


図-8 水害被害額のトレンド

5.3 水害による死者数の推移（1970年～1989年）

洪水、熱帯サイクロンによる死者数は次のとおりである。なお、（ ）内は洪水のみの死者数を表わしている。死者数は日米で同程度である。

- ・年平均死者数 175名（159名）……… <アメリカ>
163名 …………… <日本>
- ・最大死者数 675名（554名）……… 1972年<アメリカ>
593名 …………… 1972年<日本>

アメリカは日本と違って土砂災害が少なく（日本の場合、約6割が土砂災害により死亡：大規模な土砂災害が発生した年は更にそのシェアが高くなる）、どのような原因で洪水時に死亡するのか、かねてより疑問に思っていた。そこで1993年のミシシッピ川水害の際の死亡原因について、新聞記事（USA Today）を利用して調べてみたら、

- ・洞窟内を探検中にフラッシュ・フラッドにより流された
- ・車で橋を横断している時、フラッシュ・フラッドにより車もろとも川に転落した
- ・車が雨で増水した小川に入り、流された
- ・高速道路を横断する氾濫水により、車同士が衝突し、死亡した

といった局地的なフラッシュ・フラッドや乗車中の事故が原因となっていることが多いことが分かった。ちなみに、1980年代の洪水による死者の約6割が乗り物の中、あるいは増水中に車やトラックから脱出しようとして死亡しており²⁷⁾、車社会のアメリカならではのことである。アメリカにおいては、このような自動車災害を防止するために、FEMAより“Disaster Driving²⁸⁾”という小冊子が発行され、洪水だけでなく、地震、ハリケーン、竜巻、ブリザード、熱波、などの災害が発生したときの緊急時対応、緊急時の必需品などについて記述されている。

日本においても同様に、近年水害時に自動車に関連して死亡する事例が増加している。土木研究所総合治水研究室（現都市河川研究室）の調査結果によれば、日本では1982年から1991年までの10年間で265名（判明分のみ）が水害時に洪水により死亡している。死亡者の死亡場所別の内訳は以下のとおりである。

- ・屋内 39名
- ・屋外 163名
- ・自動車内 38名
- ・その他の乗物内 9名
- ・不明 16名

すなわち、洪水による死亡者のうち約14%（38名）の人が自動車内で死亡している。更に特徴的なのは、38名中30名（約8割）の人が夜間に自動車内で災害に遭遇している、また10～20歳代の死亡者が多い（16名）ことである。



Flood GET OUT OF THE CAR



Never attempt to drive through water on a road. Water can be deeper than it appears, and water levels can rise very quickly. Most cars will float dangerously for at least a short while. A car can be buoyed by floodwaters and then swept downstream during a flood. Floodwaters also can erode roadways, and a missing section of road—even a missing bridge—will not be visible with water running over the area. Wade through floodwaters only if the water is not flowing rapidly and only in water no higher than the knees. If a car stalls in floodwater, get out quickly and move to higher ground. The floodwaters may still be rising, and the car could be swept away at any moment.

Tornado GET OUT OF THE CAR



A car is the least safe place to be during a tornado. When a warning is issued, do not try to leave the area by car. If you are in a car, leave it and find shelter in a building. If a tornado approaches and there are no safe structures nearby, lie flat in a ditch or other ground depression with your arms over your head.

Blizzard STAY IN THE CAR



Avoid driving in severe winter storms. If you are caught in a storm and your car becomes immobilized, stay in the vehicle and await rescue. Do not attempt to walk from the car unless you can see a definite safe haven at a reasonable distance. Disorientation during blizzard conditions comes rapidly and being lost in the snow is exceedingly dangerous. Turn on the auto engine for brief periods to provide heat, but always leave a down-wind window open slightly to avoid deadly carbon monoxide poisoning. Make sure the exhaust pipe is clear of snow. Exercise occasionally by clapping hands and moving around. Do not remain in one position for long, but avoid overexertion and exposure from shoveling or pushing the car. Leave the dome light on at night as a signal for rescuers. If more than one person is in the car, sleep only in shifts.

5.4 記録的な大水害

<最も多くの死者を出した水害²⁹⁾>

1900年にテキサス州 Galveston に襲来したハリケーンによる高潮は 6 m の高波を伴って、スプロール現象で広がった低平地（最も高い地点で 2.7 m）を襲った。この高潮により 6,000 名以上が死亡した。テキサス州で最も富裕だったこの地域は高潮により荒廃地と化した。現在は長さ約 5 km、高さ・幅とも約 5 m の海岸堤防により守られ、また場所によっては約 5 m 盛土され、盛土上に新しいビルも建てられ、繁栄をとり戻しつつある。

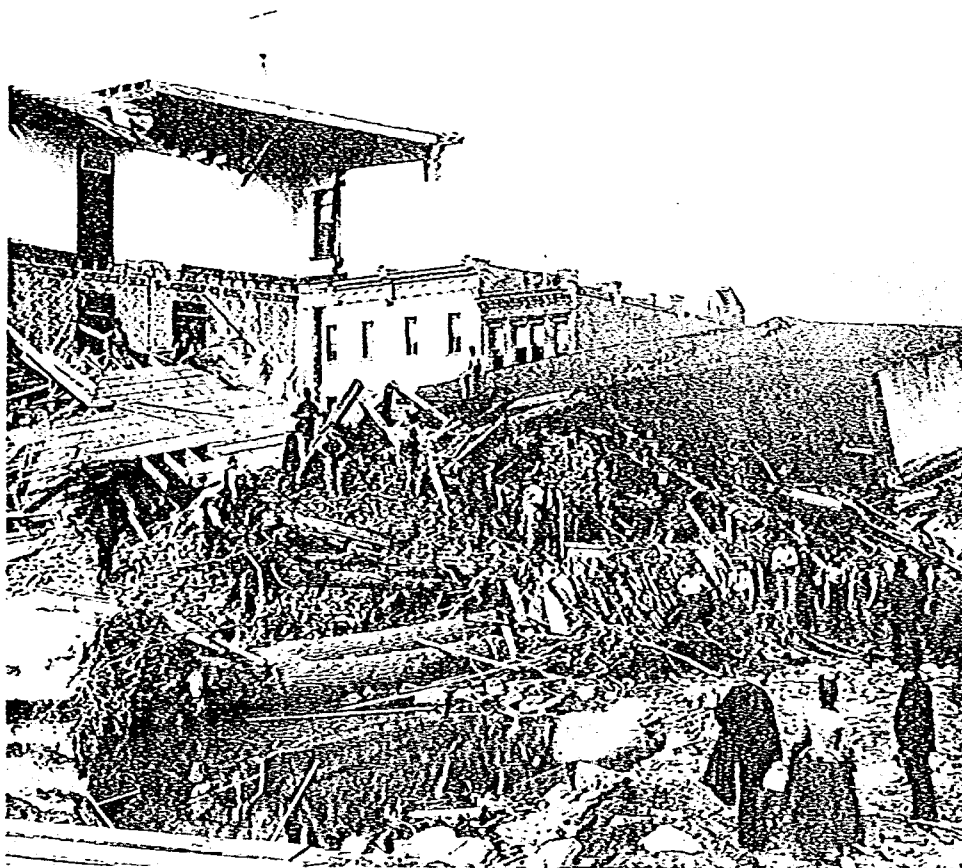


写真-4 ハリケーンに伴う高潮被害（テキサス州 Galveston）

出典) J. Williams, The Weather Book, Vintage Books, a division of
Random House Inc., NY, 1992

<最も多くの死者を出したフラッシュ・フラッド³⁰⁾>

1889年、高さ約 22 m、幅約 280 m のダムが決壊し、約 38 km 下流のペンシルベニア州 Johnstown を襲った。ダム決壊に伴って発生した洪水波は約 7 m（場所によっては約 23 m）の段波となり、2,209 名の命を奪った。このダムは 1852 年に完成し、欠陥があることが分かっていたが放置されていた。また 1879 年に実施された補修工事も不十分であった。アメリカではこの他にもダム決壊による大規模な水害が度々発生しているが、その状況については「第 14 章 治水施設による洪水防御」で記述している。



写真－5 ダム決壊に伴うフラッシュ・フラッドによる被害
(ペンシルベニア州 Johnstown)

出典) J. Williams, The Weather Book, Vintage Books, a division of
Random House Inc., NY, 1992

<ミシシッピ川における水害の記録³¹⁾>

ミシシッピ川においては、1879年以降主要な洪水だけで22の洪水を記録している。なかでも1913年、1927年、1937年、1973年、1983年、1993年に発生した洪水は流域に大きな被害をもたらした。死者数で見れば1913年水害の415名または1927年水害の250～500名（正確な死者数は不明）、浸水面積及び被害額（名目）で見れば、1993年水害が各々約14万㎥、約1.1兆円と最も被災規模が大きい。

特に1927年水害はミシシッピ川水害のなかでも、史上最悪の水害と言われた。この水害は1926年秋からの豪雨によるもので、本支川で120箇所にわたり堤防が破堤した。水害による被災者数は実に60万人以上であった。ミシシッピ川下流域（Arkansas City, Vicksburg, Red川合流前）においては、この水害の際に記録した最大流量（氾濫戻した推定流量）が現在でも既往最大流量となっている。

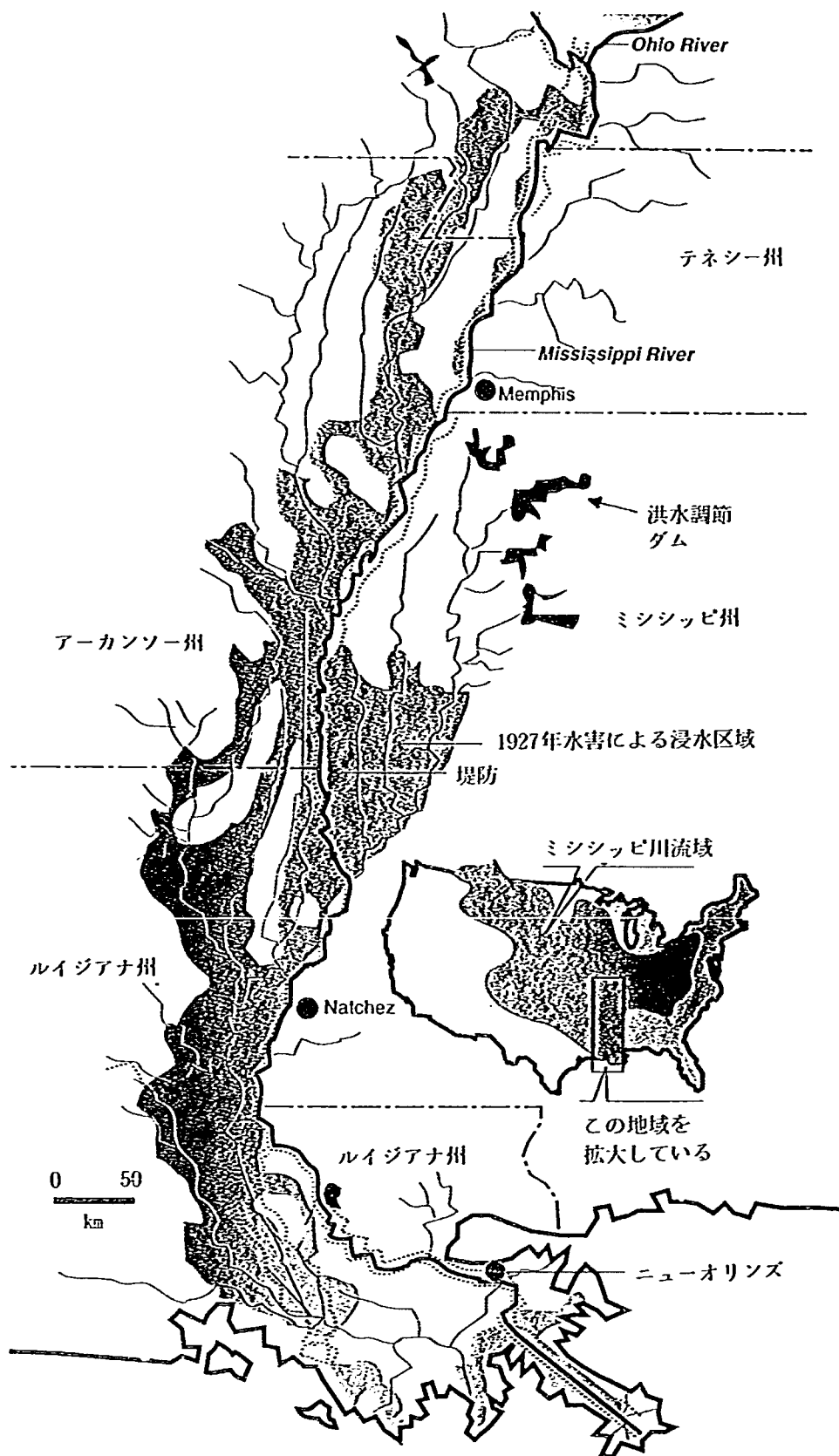


図-9 1927年ミシシッピ川水害による浸水区域

出典) J. Williams, The Weather Book

表-15 ミシSSIP川における水害記録³²⁾

発生年	発生流域	死者数	浸水面積 (km ²)	被害額 (億円)
1882	本川下流域			
1892	本川下流域			
1903	オハイオ川、本川上流域			
1912	本川下流域			
1913	オハイオ川流域	415		200
1916	本川下流域			
1922	本川下流域			
1927	本川下流域	250 ~ 500	67,000	236
1929	本川下流域			
1937	オハイオ川、本川		32,000	7
1945	本川下流域			
1947	本川上流域			
1950	本川下流域			
1951	本川上流域	28		22
1952	ミズーリ川、本川上流域	2		37
1965	本川上流域	15		225
1969	本川上流域	400 以上		
1973	ミズーリ川、本川上流域	28	67,000	1,000
1975	本川下流域			
1979	本川下流域			
1983	本川下流域	15	59,000	530
1993	ミズーリ川、本川上流域	48	139,000	11,400

注) 下流域とはイリノイ州 Cairo より下流の流域を指す

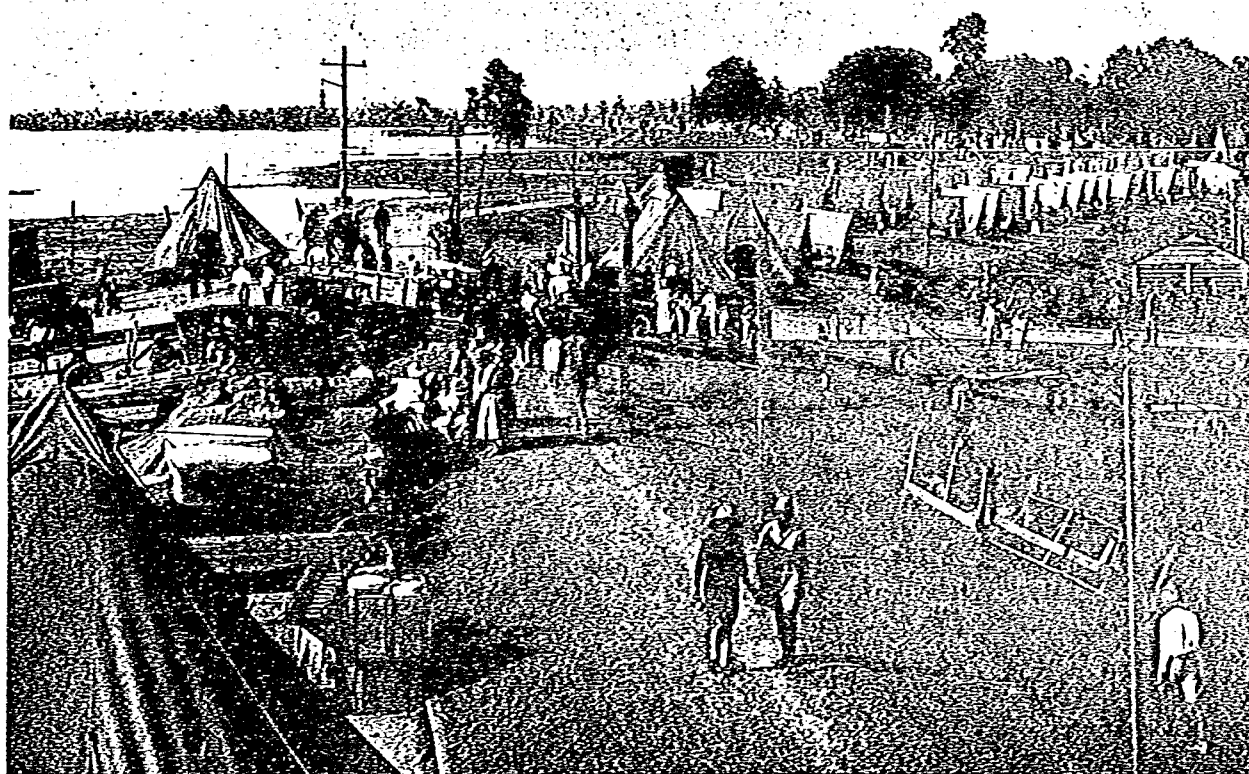


写真-6 1927年のミシSSIP川水害の状況
(ミシSSIP州 Greenville の避難キャンプ)

出典) MRC and Corps, The Mississippi River
Commission - An American Epic -

5.5 州別に見た水害被害の状況

FEMAは洪水保険のために、地方自治体（市町村）を対象にして洪水保険調査を実施した。FEMAは調査結果に基づいて、17,500枚の洪水危険地図を作成するとともに、対象地域（916万 km^2 ）のうち、100年確率水位以下の氾濫原が38万 km^2 であることを推定した。すなわち、氾濫原の占める割合（ダメージ・ポテンシャル）は全米で4.1%³³⁾で、水資源審議会の調査結果である約7%（5.1 洪水想定氾濫区域）よりは小さい数値となっている。ダメージ・ポテンシャルの高い上位5州は以下のとおりであり、ミシシッピ川デルタに位置する3州が上位を占めている。

- | | |
|----------------|--------|
| 1) ルイジアナ州 | 27.4 % |
| 2) フロリダ州 | 18.5 % |
| 3) アーカンソー州 | 17.7 % |
| 4) ミシシッピ州 | 17.4 % |
| 5) サウス・キャロライナ州 | 13.0 % |

* アメリカでは50州の下に地方自治体（19,296：1992年時点）と郡（3,043）がある。ここで地方自治体とは日本と同様市町村を意味するが、郡とは市町村の行政区画に属さない地方を指す。すなわち、日本では何れの地域も市町村に属するが、アメリカでは国土が広いため、ある程度人口が集中した地域を地方自治体とし、それ以外の地域は郡としているのである。なおルイジアナ州では郡のことを宗教区と呼んでいる³⁴⁾。

一方、1955年から1975年まで（これより新しい年代の州別水害被害額のデータは不明）の名目水害被害額の合計を州別に見ると³⁵⁾、

- | | |
|-------------|----------|
| 1) ペンシルベニア州 | 3,296 億円 |
| 2) カリフォルニア州 | 1,003 億円 |
| 3) ニューヨーク州 | 903 億円 |
| 4) コロラド州 | 588 億円 |
| 5) テキサス州 | 582 億円 |

となり、1972年にハリケーン Agnes に伴う洪水の発生により2,786億円の被害を被ったペンシルベニア州が圧倒的に多い。意外なことにミシシッピ川本川沿いの州が上位に入っていない。この地域は全米のなかでも産業振興が遅れている過疎地で、かつ所得水準が低い地域であり、例え大きな水害が発生しても、水害被害額はそれほど大きくならないのである。

陸軍工兵隊の資料³⁶⁾より、死者数については、1983年度（暦年ではない）から1992年度までの過去10年間の合計で、しかも高潮災害による死者が含まれていないが、

- | | |
|----------------|-------|
| 1) テキサス州 | 184 名 |
| 2) カリフォルニア州 | 54 名 |
| 3) オクラホマ州 | 45 名 |
| 4) ウェスト・バージニア州 | 44 名 |
| 5) オハイオ州 | 41 名 |

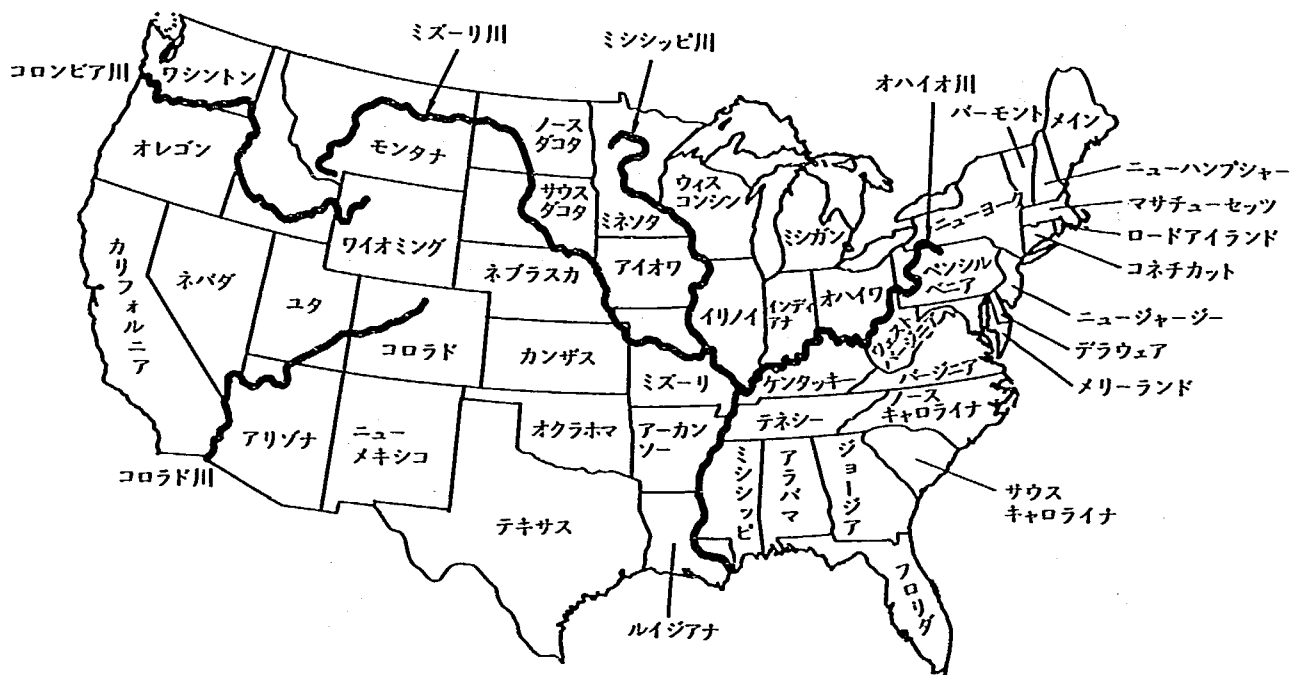


図-10 州名及び主要幹線流路

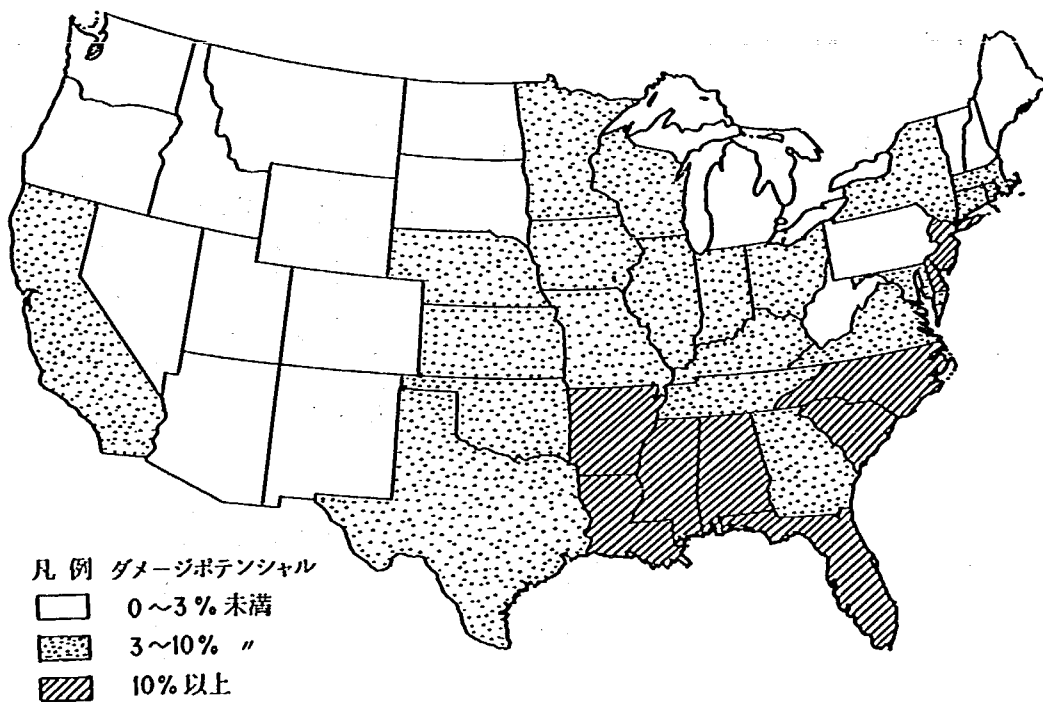


図-11 州別に見たダメージ・ポテンシャル (洪水)

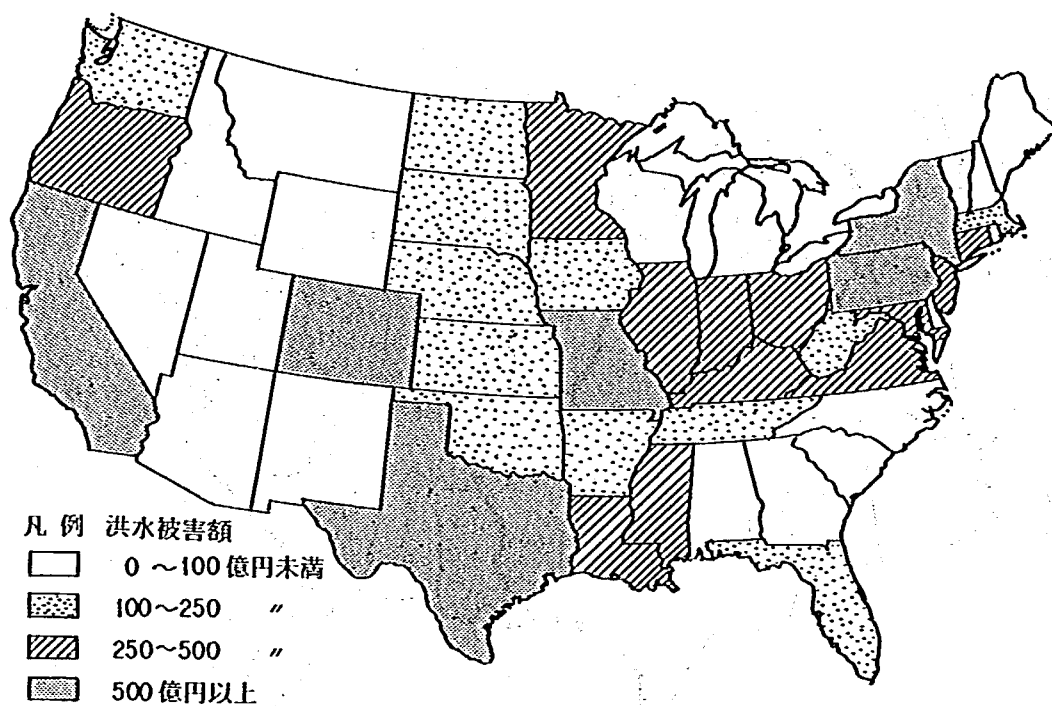


図-12 州別に見た名目洪水被害額（1955-75年の合計）

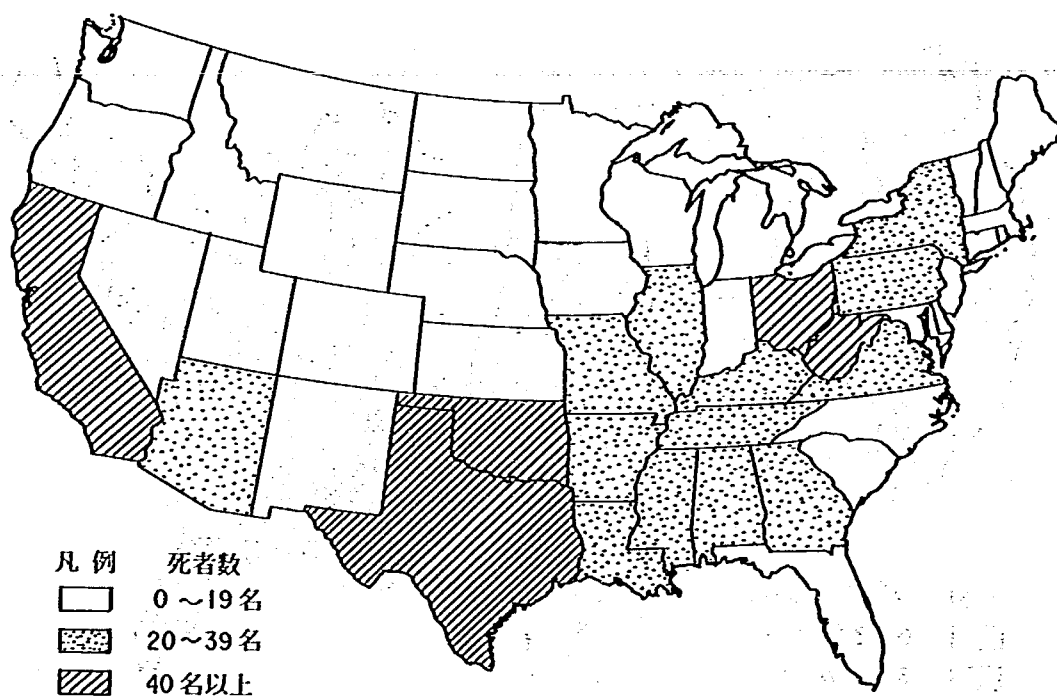


図-13 州別に見た洪水による死者数（1983-92年度の合計）

となり、テキサス州が圧倒的に多い。ちなみに竜巻による死者数もテキサス州が最も多い。50州以外ではプエルトリコ及びバージン諸島で水害により101名が死亡している。

5.6 被災形態

1966年度から1980年度までの洪水、ハリケーン、暴風雨による住宅の被災状況は次の様になっている。

表-16 災害による破損住宅数

	壊れた住宅数：A	被災した住宅数：B	A/B×100 (%)
洪水	23,330	603,777	3.9
ハリケーン	22,029	408,356	5.4
暴風雨	3,626	113,464	3.2

出典) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report Volume 2 : Full Report, 1992

3種類の災害のうちでは、ハリケーンの破壊力が最も大きい。“壊れた”の定義は不明であるが、もし日本で言う“全壊、流出、半壊”であるとすれば、日本では被災住宅のうち、水害により“壊れた”のは1.1%（半壊と床上浸水が区分されたのは1975年のため、1975～1990年のデータである）であるので、アメリカの方が数倍大きくなっている。

6. 洪水防御に関連する組織

6.1 水資源開発に関連する組織

アメリカにおいては水資源開発事業の一貫として洪水防御事業が実施されており、洪水防御と水力発電、水質管理などとは密接に関係しているので、洪水防御及びそれに関連する組織をリストアップしている。連邦政府関係機関だけでも、以下に示すように大統領府と10省46機関に及んでいる。表-17に示す項目は(1)水関係プロジェクトの設計、(2)同 施工、(3)同 操作、運用、(4)水力発電の調整、(5)公共利用のための予測、(6)洪水のための準備、緊急時対応、復旧、(7)水質のモニタリング、(8)水質汚濁のコントロール、(9)氾濫原管理サービス、(10)氾濫原情報の調査・報告、(11)土地・水資源計画のための技術的支援、(12)災害救済、(13)データ収集、調査、研究の13項目である。

また、洪水保険調査はFEMAの連邦保険部（Federal Insurance Administration：FIA）により実施されている。

これらの水資源開発に関連する機関のうち、洪水防御に中心的な役割を果たしている機関について、洪水時系列で見ると、表-18のようになる。なお水防活動の実働部隊はNational Guardである。

表-18 時系列的に見た水防災機関

時 期	項 目	省庁名	機 関 名	英 語 の 機 関 名 (略称)
洪水発生前	洪水防御計画	国防総省	陸軍工兵隊	Army Corps of Engineers (Corps)
	堤防・ダムの建設 水文データの収集	国防総省 内 務 省	陸軍工兵隊 地質調査所	U. S. Geological Survey (USGS)
洪水発生時	予警報サービス	商 務 省	国立気象局	National Weather Service (NWS)
	水防活動 避難活動	国防総省 —	陸軍工兵隊 連邦危機管理庁	Federal Emergency Management Agency (FEMA)
水害発生後	水防活動 避難活動 救助活動	国防総省 — 運 輸 省	陸軍工兵隊 連邦危機管理庁 沿岸警備隊	Coast Guard
	被害調査 復旧活動 災害救済 税金の減免	— 国防総省 — 財 務 省	連邦危機管理庁 陸軍工兵隊 中小企業庁 国税局	Small Business Administration (SBA) Internal Revenue Service
そ の 他	洪水保険	—	連邦危機管理庁	

表-17 水資源開発に関連した連邦組織^{37) 38) 39) 40)}

組 織 名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	略 称
大統領府 ・緊急計画局 ・環境諮問委員会						○							○	
農務省 ・農業調査局 ・協同州調査局 ・経済調査局 ・林野局 ・土壌保全局 ・農業安定保全局 ・農業家庭管理庁	○ ○	○ ○	○ ○		○	○ ○		○	○	○	○ ○	○ ○	○ ○	SCS FmHA
商務省 ・センサス局 ・国立海洋調査所 ・国立気象局 ・経済開発庁 ・経済分析局					○ ○		○				○ ○ ○	○	○ ○ ○	NWS
国防総省 ・陸軍工兵隊	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○		○	Corps
エネルギー省 ・ポネビル電力庁 ・エネルギー省 ・連邦電力委員会			○	○ ○		○		○			○		○	
厚生福祉省 ・公衆衛生局 ・食料薬品庁 ・消費調査局						○ ○ ○						○ ○		
住宅・都市開発省 ・地域計画開発局 ・連邦住宅庁						○				○	○	○	○	HUD
内務省 ・インディアン局 ・土地管理局 ・鉱物局 ・開拓局 ・魚・野生生物局 ・地質調査所 ・国立生態調査所 ・国立公園局 ・炭鉱局 ・水政局	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○	○ ○ ○	○ ○	○ ○ ○		○ ○	○ ○		○ ○ ○ ○ ○ ○	DOI BOR USGS NBS
運輸省 ・沿岸警備隊 ・連邦航空庁 ・連邦道路庁 ・連邦鉄道庁	○	○ ○	○			○		○			○ ○ ○			FHWA
国務省 ・国際境界・水委員会	○	○		○	○	○		○					○	
財務省 ・国税局												○		
独立機関 ・環境保護庁 ・連邦危機管理庁 ・国際合同委員会 ・国立航空宇宙庁 ・原子力委員会 ・中小企業庁 ・テネシー川流域開発公社	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○		○ ○ ○	○ ○	○ ○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○ ○ ○	EPA FEMA SBA TVA

注) ・国立海洋調査所と国立気象局は国立海洋大気局(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)の下部組織である。
 ・国立生態調査所(National Biological Survey: NBS)は1993年に新設された組織で、湿地保全及び生態系の調査などを行う予定であるが、詳細については不明である。
 ・国際境界・水委員会はアメリカとメキシコの二国間委員会、国際合同委員会はアメリカとカナダの二国間委員会である。

6.2 特に洪水防御に関連の深い組織

洪水防御施策を担っている最大の連邦政府機関は陸軍工兵隊であり、建設省河川局にもっとも近い機関であるといえる。概略的には内務省開拓局が西部17州、TVAがテネシー川流域を管轄し、その他の流域のうち大流域の河川（航行可能な支川流域までを含む）を工兵隊、小流域の河川・水路を農務省土壌保全局が管轄している。一方、洪水保険や緊急対策などのソフトな対策はFEMAが実施している。

6.2.1 陸軍工兵隊（U.S. Army Corps of Engineers : Corps）



写真-7 陸軍工兵隊の本部

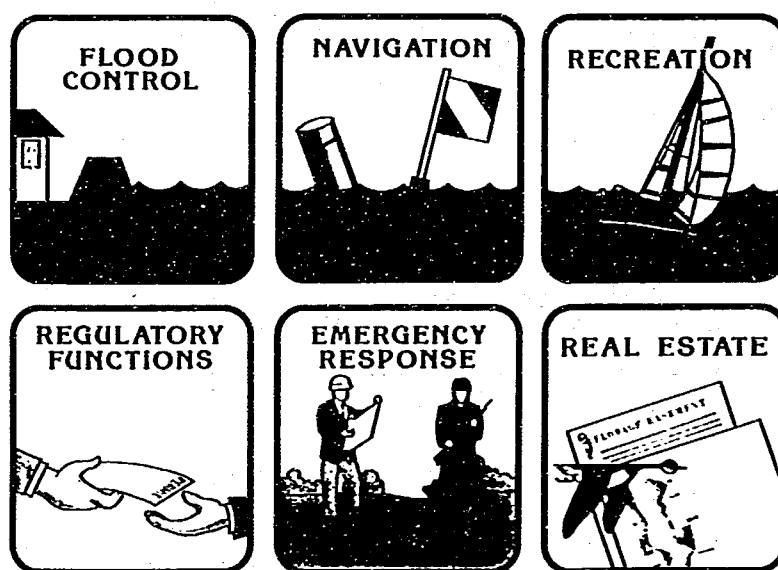


図-14 陸軍工兵隊の使命

出典) U. S. Army Corps of Engineers, Rock Island District Office のパンフレット

- ・国防総省の陸軍省に属し、本部はワシントンDCにある。1802年に恒久的な機関として設置され、1893年より洪水防御事業に関与し始めた。
- ・環境、軍事、公共土木、用地、研究開発の5部で構成され、職員数は2万人以上で、うち約1%が軍人士官である。陸軍工兵隊の使命は図-14に示した様に①洪水防御、②舟運、③レクリエーション、④規制（舟運、湿地などに影響を与える活動の規制、浚渫の許可など）、⑤緊急対応、⑥用地（プロジェクト関連用地の取得、管理、処理）である。
- ・公共土木のプログラムは河川流域により分割された13管区司令部と38地区事務所により遂行されている。
- ・水資源に関しては舟運、洪水防御、水供給、レクリエーション、水力発電、水質管理を含めた様々な水資源関連施設の計画、設計、施工、運用、維持管理を行っている。
- ・1986年時点で水資源プロジェクトに関連する予算の内訳は舟運（46%）、洪水防御（39%）、ミシッピ川及び支川開発プロジェクト、通称MR & T（11%）、その他（4%）となっている。
- *MR & TとはMississippi River and Tributariesの略語で、1928年の洪水防御法に基づく総合的な洪水防御、舟運プロジェクトである。年間約300億円の予算で浚渫、維持管理などが実施されている。

6.2.2 農務省土壌保全局（Soil Conservation Service：SCS）

- ・1935年に設置され、1936年より洪水防御事業に参画した。
- ・小流域（約1,000km²以下）を対象として事業を実施している。
- ・目的は洪水防御、レクリエーション、水供給のためのプログラムを実施したり、技術的・財政的支援を行うことである。
- ・中小河川流域を対象にして降雨量から流出量、洪水流量を計算できるTR-20、TR-55などのコンピュータプログラムを開発してきた。

6.2.3 内務省開拓局 (U. S. Bureau of Reclamation : BOR)

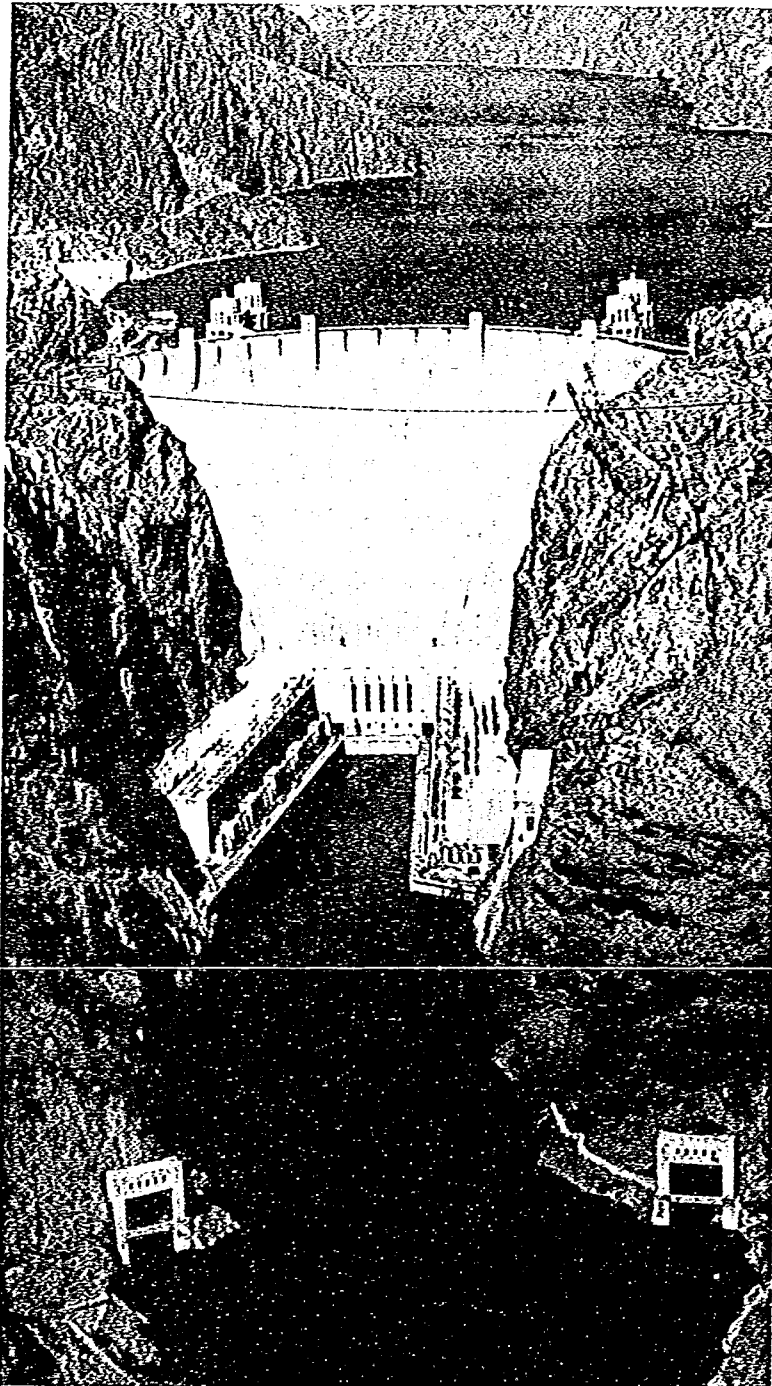


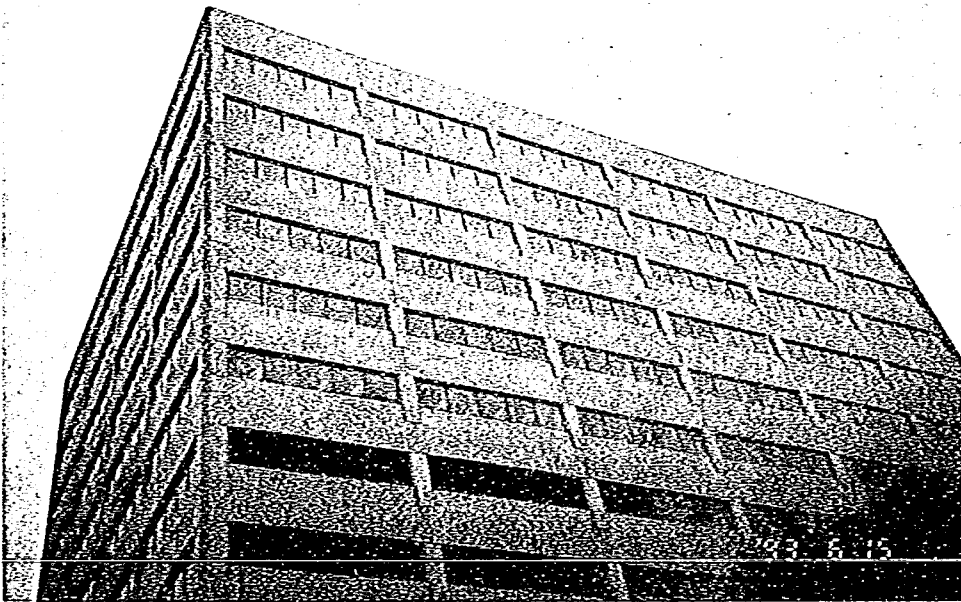
写真-8 フーバーダム

- 1902年の開拓法の制定に伴い、地質調査所内の開拓部 (Reclamation Service) として設置され、1923年に開拓局と名称を変更し、1930年代より洪水防御事業に参画した。
- 西部17州の開拓事業を担当している。西部17州とはノース・ダコタ州及びテキサス州を結ぶエリアより西部の地域である。
- 目的は設置当初はかんがい事業であったが、現在のかんがい、洪水防御、発電、レクリエーション、

魚・野生動物の保全、都市用水の供給のための施設の計画、設計、施工、運用、維持管理である。
なお、1993年秋に環境対策を強化するため、内務省開拓局、魚・野生生物局、国立公園局から環境問題の専門家及び生態関係者を結集したNational Biological Survey（コロラド州デンバー）が設置されるなど、開拓局もハードからソフトへの転換を余儀なくされている。

- ・過去の代表的なプロジェクトにコロラド川のHooverダム（総貯水池容量349億トン）、コロンビア川のGrand Couleeダム（同 118億トン）などがある。

6.2.4 テネシー川流域開発公社（Tennessee Valley Authority：TVA）⁴¹⁾

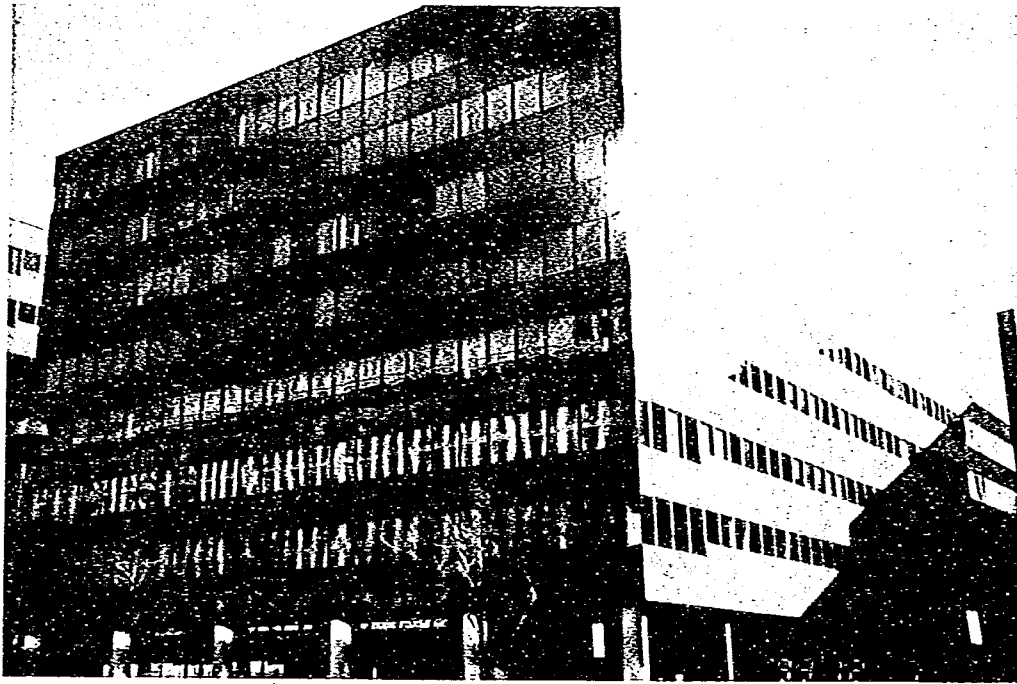


写真－9 TVAの本部

- ・ネブラスカ州選出の議員で上院農林委員会の議長であったGeorge Norrisの提案に端を発し、1933年ニューディール政策の一貫として設置された。
- ・本部がテネシー州Knoxvilleにある連邦独立機関である。行政改革のため、日本のTQC（Total Quality Control）にならって、1988年の3.4万人から現在の約2万人へと職員数の削減を実施してきた。
- ・管轄区域はテネシー州のほぼ全域とケンタッキー州、バージニア州、ノース・キャロライナ州、ジョージア州、アラバマ州、ミシシッピ州の一部で、その区域の面積は23.6万km²、人口830万人に相当する。該当地域における政策・事業だけでなく、例えば氾濫原管理においては氾濫原のマップ化を最初に開始したり、管理手法を開発するなど、先進的な氾濫原管理にも影響を与えている。
- ・目的は舟運、洪水防御、発電のためにテネシー川流域において関連施設の計画、設計、施工、運用、維持管理を行うことである（40の洪水防御ダムを有する）、土地・水資源の開発・管理に関する全ての権限を行使できる全米で唯一の機関である。

- ・発電量32,000メガワットの全米一の電力会社で、年間予算は1991年時点で発電収入による5,300億円と連邦政府からの補助金135億円である。発電収入の内訳は石炭68%（11プラント）、水力19%（29ダム）、原子力13%（4プラント）である。連邦政府からの予算は地域開発、経済開発、水資源開発などの特定プロジェクトのためのものである。

6.2.5 連邦危機管理庁（Federal Emergency Management Agency : FEMA）



写真－10 FEMAの本部

- ・連邦政府の独立機関で、1979年に災害対策の窓口を一本化するために設立された。1993年の秋にタテ割り行政の弊害をなくすために組織の改正が行われた。
- ・本部はワシントンDCにあり、全米に10の地方事務所を有する。災害対策や洪水保険の他に核戦争やテロ対策までを含めた広範囲な緊急対策を所管している。
- ・目的は災害軽減対策としての連邦保険調査、ダム安全検査、地震予知、緊急計画としての避難、物資貯蔵、警報伝達その他、被害評価、復旧、危機管理を行っている。

6.3 連邦政府、州政府、地方政府の役割

道路事業を実施する場合、連邦政府が州政府に補助金を交付し、州政府が事業を執行するのに対して、洪水防御事業においては歴史的な経緯もあり、連邦政府が関与している部分が多い。しかしながら、1970年代（本格的には1980年代）以降、洪水防御に関連するプロジェクト、計画の権限、責任が連邦政府から州政府、地方政府へと移行されてきた。この状況を例えば公共事業関係予算で見れば、州・地方政府の予算シェアは1960年度で68%であったが、1984年度には73%に増大している。なお財政支出全体に占める公共事業関係予算のシェアは1960年度の12.3%から1984年度の6.8%へと低減している⁴²⁾。

6.3.1 連邦政府の役割

- ・データの収集、普及
- ・ダム、堤防などの治水施設の設計、施工
- ・施設の維持管理
- ・被災者の救助、救済
- ・災害準備
- ・洪水予測、洪水警報
- ・技術的サービスの提供
- ・補償プログラムの管理、監督
- ・地方の洪水防御事業のための資金の支援

6.3.2 州政府の役割

- ・氾濫原管理法の管理
- ・自然災害緊急対応計画の策定
- ・地方政府の計画、プロジェクトへの財政的支援

6.3.3 地方政府の役割

- ・氾濫原管理法の制定
- ・自然災害緊急対応計画の策定
- ・避難命令の発表、避難活動
- ・地域の計画、プロジェクトへの財政的支援
- ・国家洪水保険プログラムの採択と実施
- ・雨水及び排水管理
- ・水防活動

* 地方政府とは州の下で行政事務を司る郡、地方自治体（市町村）などを指す。

6.4 その他の機関

1) 河川流域委員会（River Basin Commission）とミシシッピ川管理委員会（Mississippi River Commission：MRC）

- ・1965年の水資源計画法の制定に基づき、河川流域が複数の州にまたがる場合に河川流域委員会が設置され始めた。これは河川管理基本計画を作成することを主務としたが、連邦政府からの予算削減に伴い、1982年より組織は解散され、現在残っているのは Delaware, Susquehanna 川流域委員会だけである。
- ・一方、MRCは1879年に舟運のための河川改修を目的として設置された。大統領より任命され、議会で承認された7名のメンバーで構成されている。1927年の大洪水を契機に洪水調節、MR & Tに着手した。対象はイリノイ州 Cairo より下流のミシシッピ川本川と8支川（St. Francis, Tensas,

Yazoo, Atchafalaya, Lower Red, Lower Arkansas, Lower White, West Tennessee川) である。

2) 民間セクターの活動

- 学協会や非営利団体などの民間セクターもまた洪水被害の軽減に重要な役割をはたしてきた。これらの機関は政府機関とともに、または政府機関への情報提供という形で、研究開発を行ってきた。参考資料4に関係機関のリストを掲げた。

• 学協会

1964年の水資源研究法に基づき、各州に水資源研究所が設立された。これらの機関は洪水関連の研究に幅広く貢献してきた。

その他特筆すべき機関にコロラド大の付属機関である Natural Hazards Research and Applications Information Center 他がある。これらの機関は災害に関する学際的研究を強化するため、全米科学財団 (National Science Foundation : NSF) の後援により設立されたものである。特に自然災害に伴う経済的損失、人間に及ぼす影響、社会的影響に関する情報の発信・交換基地として機能している。

• 非営利団体

多くの団体が政府機関、学協会、民間会社からメンバーを募り、各種会議・シンポジウムの開催、書籍・雑誌・ニュースレターの発行などを通じて連邦政府、州政府の政策、法律の制定に大きな影響を与えてきた。

7. 洪水防御の沿革

7.1 概 要

アメリカにおいては元々河川事業と言えば、舟運またはかんがいのための事業であり、洪水被害の軽減は地方または個人の責務とされてきた。しかし度重なる水害の発生とそれに伴う地域の疲弊に対して、連邦政府が一部の河川で洪水防御事業を開始したのが1917年で、その後1936年に洪水防御の対象が全米の河川に広げられ、かつダム・放水路などを含む総合的な洪水防御手法が導入されてから本格化するのである。

洪水防御施設の整備にもかかわらず増え続ける水害被害に対して、1966年の国家的統一プログラムの公表、1968年の国家洪水保険法の制定、それに1970年の国家環境政策法の制定に伴い、一転して非構造的洪水防御手法への転換が図られるのである。この転機を誘因したものに大別して2つのプロセスがある。一つは治水施設に対する反省であり、もう一つはコロラド大ホワイト教授による新しいアプローチの提案であった。

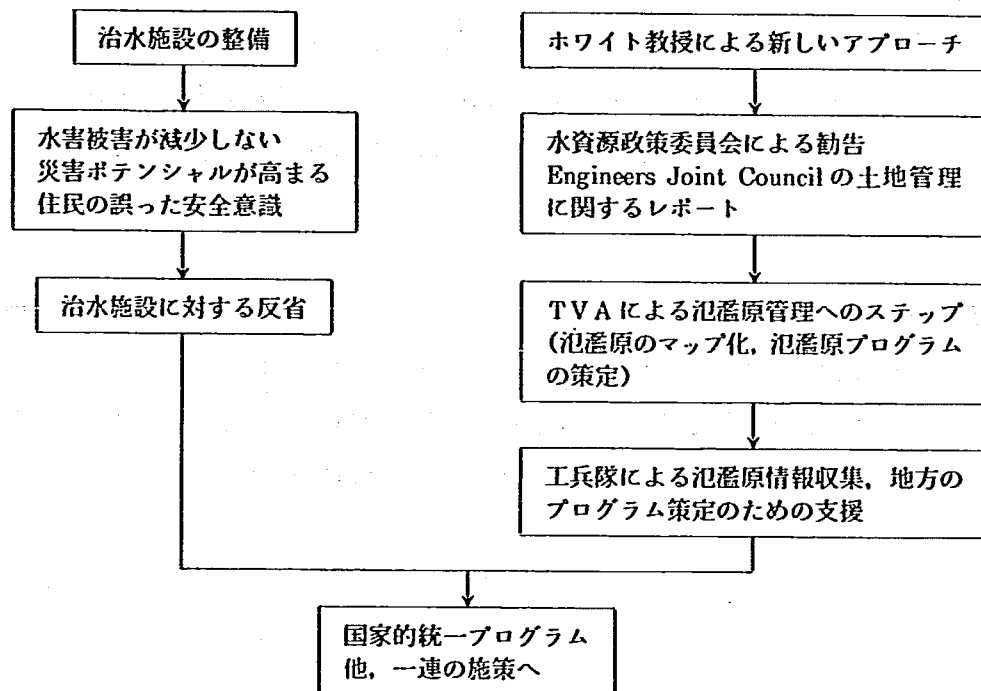


図-15 洪水防御施策の転換

7.2 施策の転換に向けて

これらのなかでも特に影響が大きかったのがホワイト教授による提言であろう。1945年に発刊された“Human Adjustments to Floods⁴³⁾”のなかには洪水問題に対処するためには8つの方法を組み合わせることが必要不可欠であると書かれている。8つの方法とは、

- ① Land Elevation : 土地の嵩上げ

- ② Flood Abatement : 洪水の低減
- ③ Flood Protection : 構造物による洪水防御
- ④ Emergency Measures : 緊急時の対応
- ⑤ Structural Adjustments : 建物・街路の構造・配置など
- ⑥ Land-Use Readjustments : 土地利用の再検討
- ⑦ Public Relief : 救済
- ⑧ Insurance : 保険

であり、この提案に端を発して水資源政策委員会により氾濫原のゾーニング、洪水予報が連邦に勧告されたのである。一方、実務的にはTVAが氾濫原のマップ化、氾濫原管理プログラムを提示し、これに基づき氾濫原管理に関する権限の一部が工兵隊に認可されたのである。

更に国家的統一プログラムをはじめとする一連の施策を促進させたのは、1974年の水資源開発法と1978年の大統領による「水資源政策の改善のためのメッセージ」であり、メッセージのなかでは非構造的洪水防御手法の促進と水保全が唱えられた。また興味深いのは1970年の国家環境政策法の制定により、プロジェクト実施前に事業が環境に与えるインパクトの評価が義務付けられ、影響が大きい場合には野生生物が生息するための代替地を確保しなければならないなどとなっており、構造物の施工が困難になったことである。アメリカでは今後連邦政府により大規模な洪水防御プロジェクトが実施される可能性は少ないと言われている（実際、現在計画されているダム事業の多くは地方政府による小規模ダムである）。

7.3 洪水防御の歴史

アメリカにおける洪水防御の歴史を年表にすると、以下のとおりである。日本と比べて洪水防御の歴史は浅いものの、早い時期から水文データを収集し、また洪水防御に有効な様々な対応（流域処理、洪水保険など）を展開してきており、その柔軟かつ早い対応は注目に値する。

表-19 洪水防御の沿革⁽⁴¹⁾⁽⁴⁵⁾ (I)

年	内 容
1717	フランス人移住者でニューオーリンズの創建者である Sieur Jean de Bienville などの土地所有者たちが自費でミシシッピ川下流域に最初の堤防を築いた
1802	陸軍工兵隊が恒久的な機関として設置された
1803	州政府、地方政府、民間機関が災害に十分対応できない場合に限り、連邦政府が救済を行うことが承認された
1819	ミシシッピ州で河岸の土地所有者から集めた堤防税により堤防を建設する法律が制定された
1824	陸軍工兵隊により公共事業が開始された。工兵隊は船舶が河川を航行できるよう、沈木を除去した
1831	Henry Shreve は航行距離を短縮するために、はじめてショートカットを行い、Old 川を作った
1848	最初の流量観測が工兵隊によりミシシッピ川で行われた
1849,50	湿地及び浸水地域法の制定。湿地における農業生産性を向上させるため、ミシシッピ川沿いの湿地、浸水地域を州へ移譲し、州は水を排除した土地を売却し、その予算により洪水防御を実施した。
1870	商務省に気象局が設置された
1878	ミシシッピ川のニューオーリンズ港ではじめて治水施設の護岸（柳に重しの石をつけたもの）が建設された
1879	陸軍省の1機関として、ミシシッピ川管理委員会が設置された
1889	USGSにより定期的な流量観測がニューメキシコ州の Rio Grande 川で始められた
1890	河川港湾法が制定され、工兵隊は航行可能な水域における建設を管理する責任をもつことになった。また気象局（現在の NWS）が洪水予測、洪水警報の業務を開始した
1893	河川港湾法において舟運だけでなく、洪水防御のためだけでも築堤できることとなった。また工兵隊に総合的な河川の調整に関与する権限が認められた。これは鉱物洗浄の際、岩くずや土が川へ入り、河床を上げ航行の妨げとなったり、洪水の原因となるため、この問題を取り扱う California Debris Commission の設置とともに、工兵隊にこの権限が認められた
1900	テキサス州 Galveston でハリケーンに伴う高潮により、6,000名以上が死亡した（アメリカでもっとも死者数の多い水害）
1902	内務省に Reclamation Service（現在の Bureau of Reclamation）が設置された。また内務省地質調査所が水資源プログラムの一貫として、ニュージャージー州の Passaic 川を対象に洪水に関する研究を開始した
1905	アメリカ赤十字が緊急時の食料品・衣服、復旧のための財政的支援を提供することが認可された
1914	Hazen が確率モデルを用いて洪水ピーク流量を解析した
1917	1912, 13年のミシシッピ川水害を契機として、最初の洪水防御法が制定された。法律に基づき、陸軍工兵隊がミシシッピ川下流域、Sacramento 川の洪水防御のため、護岸を建設した。この洪水防御法は、その後1928, 1936, 1938, 1960年に改訂された
1927	被害が及んだ範囲ではアメリカ史上最大と言われたミシシッピ川水害が発生した。これは1926年秋からの豪雨によるもので、本支川で堤防が120箇所にわたり破堤し、浸水面積は6.7畧以上、死者数200名以上、被害額は200億円以上（当時）に及び、被災者は60万人以上の大水害となった
1928	1927年のミシシッピ川大水害を契機として、下流域の改修計画がたてられた。これは14箇所のショートカット及び舟運用水路、放水路の建設を含めた Jadwin 計画と称され、翌年認可された。また1928年洪水防御法が制定され、工兵隊が MR & T を開始した。またボールダー・キャニオン法の制定により、大規模な多目的水資源プロジェクトがはじめて認可された
1936	1936年洪水防御法が制定され、連邦政府が全ての治水計画に参画することになった。また1928年洪水防御法における治水思想を受け継いで、流域処理及びダムによる流量調節を含めた総合的な洪水防御が本格化した。 また連邦政府が治水計画に参画する条件として、プロジェクトの便益が費用を上回ること、及びプロジェクトが国民の生命及び社会的安全に多大な影響を及ぼすことが明記された
1930年代	TVA（1933年設置）、農務省土壤保全局（1935年設置）、内務省開拓局（1902年設置）が洪水防御事業へ参画してきた
1945	コロラド大ホワイト教授（当時シカゴ大）が“Human Adjustments to Floods”のなかで、洪水問題に対処するためには、土地の嵩上げ、緊急時の対応、救済、保険など8種類の手法を組み合わせることが必要であるとした（論文の発表は1942年）

表-19 洪水防御の沿革^{(4) (5)} (2)

年	内 容
1947	国立海洋大気局 (NOAA) は約36kgのドライアイスを散布し、ハリケーンの破壊力を弱める実験 (CI RRUS計画) を行った
1950年代	J. NeumannとNWSがコンピューターを用いて、気象予測を始めた。また地下空間を利用した地下河川 (地下調節池) が建設され始めた
1950	最初の総合的な災害救済法として、1950年連邦災害法が制定された。また水資源政策委員会は政府が洪水管理の一貫として氾濫原のゾーニングと洪水予測を行うよう勧告した
1951	Engineers Joint Councilは持続的な土地の活用のための土地管理について勧告した
1953	TVAは氾濫原のマップ化を開始するとともに、地域の氾濫原プログラムをはじめて策定した。この経験に基づいて作成された「洪水被害ポテンシャルを軽減するためのプログラム」が1959年に上院議会に提出された
1956	連邦洪水保険法の制定により、連邦洪水保険制度等が制度化されるとともに、住宅・家屋金融庁内に連邦洪水災害保障局が新設されたが、予算措置が講じられなかったために、洪水保険は実施されなかった
1960	1960年洪水防御法が制定され、工兵隊が氾濫原管理のサービス (氾濫原情報の収集、地方政府がプログラムを策定する際の支援など) のための国家的プログラムを作成することとなった
1965	南東部ハリケーン災害救済法に基づいて、住宅・都市開発省が国家洪水保険プログラムに関する研究を始めた。この調査レポートが現在の洪水保険プログラムのベースとなった。また水資源計画法に基づいて、水資源審議会、河川流域委員会の設置が認められた
1966	1965年のハリケーンBetsyの水害を契機として、Task Force on Federal Flood Control Policy Managing Flood Lossesが最初の氾濫原管理のための国家的統一プログラムとして、下院文書465号「洪水被害を制御するための国家的統一プログラム」を発表し、非構造的洪水防御手法を勧告した。また大統領令11296号「洪水危険度の評価」は連邦機関が氾濫原管理プログラムのために洪水危険度を評価することを指示した
1967	水資源審議会が洪水流量の確率評価に対数ピアソンⅢ型分布を使用することを推奨した
1968	国家洪水保険法が制定された
1970年代	水資源に関するプロジェクト、プログラムの権限、責任が連邦政府から州、地方政府へと移行された
1970	国家環境政策法が制定され、プロジェクトの実施前に環境に与えるインパクトを評価することが義務付けられ、これも実質的に非構造的洪水防御を促進させる結果となった
1973	ハリケーンCamille (1969) とAgnes (1972) の大水害及び1969年国家洪水保険法の改正、1973年洪水災害防止法の制定に鑑み、洪水保険の内容が改正され、急速に普及が進んだ
1974	水資源開発法が制定され、連邦の水資源プロジェクトに、非構造的アプローチを取り入れることをうながした
1976	水資源審議会が「氾濫原管理のための国家的統一プログラム」を発表した。1979年にも同タイトルのプログラムを発表した
1977	大統領令11988号「氾濫原管理」が発表された
1978	大統領が「水資源政策の改善のためのメッセージ」を発表した。メッセージのなかでは非構造的洪水防御手法の促進と水保全が強調された
1979	行政改革の一貫として災害対策の窓口を一本化するため、連邦危機管理庁 (FEMA) が設置された。洪水保険業務は住宅都市開発省からFEMAへ移管された
1982	USGSが洪水流量を確率的に評価するためのガイドライン (Bulletin #17B) を発行した
1983	連邦政府の指導の下、民間保険会社による保険サービスが再開される (Write Your Own Program)
1986	FEMAは他の機関と協力して「氾濫原管理のための国家的統一プログラム」を発表した
1992	フロリダ州及びルイジアナ州などに来襲したハリケーンAndrewにより、2～3兆円の被害が発生した (アメリカで最も被害額の大きいハリケーン)
1993	ミシシッピ川上流及びミズーリ川における氾濫被害により、1兆円以上の被害が発生した (アメリカで最も被害額の大きい洪水)

7.4 治水対策への費用負担

連邦、州、自治体他の治水対策への費用負担は、その時々社会・経済状況及び水害発生状況により、歴史的に変遷を繰り返してきた。基本的には連邦政府の負担割合を減らし、州、市町村の負担割合を増やす傾向にある。内訳で見ると、ダム、貯水池などの大規模プロジェクトに関しては連邦政府に責任の重点をおき、他の事業については地方政府に費用負担の多くを求めるという図式になっている。

1986年の水資源開発法の制定以降、現在ではプロジェクトの調査については当初調査は全額連邦政府が負担するが、その後のフィージビリティ・スタディでは連邦と非連邦で費用を50%ずつ分担することとなっている。また治水対策に関しては建設事業の場合は、地方政府が最低30%の費用を負担するのに対して、治水施設の維持・管理に関しては地方政府が最低25%の費用負担を行うこととなっている。なお、ハリケーン対策については、1950年代までは連邦政府が全額費用を負担していたが、1960年代以降は、地方政府が最低30%の費用を負担することとなっている。

表-20 費用負担の経緯

年	内 容
1936以前	連邦政府が治水プロジェクト費用を全額負担
1936	州、市町村も治水事業のための費用を一部負担。治水事業の評価に費用便益分析を用いた
1938	航行可能水域及びその支川に建設されるダム、貯水池の建設、維持管理費は全て連邦政府が負担した
現 在	その後局所的な治水工事、治水事業のための用地・地役権、維持管理費を州、市町村が負担することになった。更に最近では多目的ダムや堤防などの建設に対しても地方政府に費用負担を求めている。また連邦政府が築堤はB/C（便益/費用）分析から見てフィージビリティではないと判断した地域に地方政府が築堤する場合、連邦と州に許可を求め、地方政府の負担で築堤している

* アメリカでは治水事業を実施する際、例えば堤防の施工箇所や順位などはB/C分析により決定するよう連邦法（1928年洪水防御法）で規定されている。ただし、このやり方に対しては事業効果が低く評価される地方の事業の切り捨てにつながるという指摘もある

* アメリカでは日本以上に治水事業の効果として被害軽減額がよく用いられる。これは治水事業を実施した場合と実施しなかった場合の水害被害額の差額で、例えば過去10年間の陸軍工兵隊による治水事業効果は以下のとおりで、治水施設等により79～96%の水害被害が防御されたことになる

表-21 洪水被害の軽減効果

年度	洪水被害額（100億円）			軽減効果 B/A × 100 (%)
	治水事業を実施しなかった場合 (A)	治水事業を実施した場合	被害軽減額 (B)	
1983	271	37	234	86
1984	203	35	168	83
1985	112	4	108	96
1986	333	60	273	82
1987	66	14	52	79
1988	23	2	21	91
1989	94	11	83	88
1990	192	16	176	92
1991	183	8	175	96
1992	102	21	81	79

出典) U. S. Army Corps of Engineers and National Weather Service, Annual Flood Damage Report to Congress for Fiscal Year 1992, 1993

8. 洪水防御のための設計外力の設定

8.1 概要

アメリカでは大別して3種類の設計外力の評価手法がある。すなわち①洪水流量を確率的に統計処理する方法、②SPF (Standard Project Flood)、③PMF (Probable Maximum Flood) である。ここでは代表的なものとして、洪水保険のための基準流量(①)、ミシシッピ川における設計外力(②、③)と同種のものであるが、ミシシッピ川の場合、特別にPDF (Project Design Flood) と呼ばれている)について記述する。SPF, PMF, PDFについては8.3の最後に概説している。

8.2 洪水保険のための設計外力

8.2.1 データ収集

解析に用いるデータは年最大洪水ピーク流量で、場合によってはHistoricデータも用いる。Historicデータとは主として観測施設設置前の推定洪水ピーク流量で木の年輪や樹木についた痕跡(洪水による傷跡)、河床に堆積した礫などから推定されたものである。7,492の流量観測所のうち、7,363観測所においてUSGS (U.S. Geological Survey) が他の機関と協力してデータ収集している。データはUSGSのWATSTORE (Water Data Storage and Retrieval System) と呼ばれるデータベースのうちのPeak Flow Fileに格納されている。なおUSGSでは全米のUSGS事務所で効率的にデータベースが運用されるように、USGS本部職員が地方事務所の職員を対象に講習会を実施している。

* WATSTOREは下記の5つのファイルで構成されている⁴⁶⁾。

- 1) Station Header File: 観測地点の特性データ (320,000データ)
- 2) Daily Values File : 流量, 地下水位, 比伝導度, 水温に関する日データ (240,000,000データ)
- 3) Peak Flow File : 年最大流量, 年最高水位 (460,000データ)
- 4) Water Quality File.: 生物的・化学的・物理的な水の特性の分析結果 (2,300,000データ)
- 5) Ground-Water Site-Inventory File: 地下水特性など (850,000データ)

8.2.2 データ解析

データは確率密度関数として極値分布, 3変数対数正規分布, 対数ピアソンⅢ型分布などの何れか, また確率密度関数のパラメータ評価手法として最大尤度法, L-モーメント法, モーメント法の何れかを用いて確率統計的に解析される。公報17Bで水文特性に対応した歪み係数を用いた対数ピアソンⅢ型分布(パラメータはモーメント法で評価)を利用することが推奨されているため, この分布形の利用が多い。公報17BはHydrological Subcommittee of Interagency Advisory Committee on Water Dateの責任のもとにUSGSが発行した洪水流の発生頻度を決定するためのガイドラインである。

8.2.3 超過確率

解析では通常1/10, 1/50, 1/100, 1/500などの超過確率に対して計算が行われるが, 洪水保険で用いられるのは1/100(場合によっては1/500も用いられる)の超過確率に対応した計算値である。

8.2.4 決定までの手順

- ① 予め洪水流量と洪水位との関係を調べておく
- ② Historicデータと年最大洪水ピーク流量を確率統計的に解析し、100年確率流量、500年確率流量を求める→洪水位も分かる
- ③ 日本の不等流計算手法に相当する Step-backwater computer model（例えば工兵隊の HEC-2 や連邦道路庁の WSPRO など）の手法により洪水位の縦断図を作成する
- ④ 水位縦断図より洪水危険地域をマップ化する。

*設計外力を設定する際、日本では降雨データ、アメリカでは流量データを確率統計処理している。なぜ降雨量ではなく流量を用いるかを USGS の W.H.Kirby に尋ねたところ、次のような回答が来てきた。

- 1) 流域面積が広いので、蒸発散量が多いため
- 2) 流域面積が広いので、降雨量から流出量を計算するのに、非常に手間と予算がかかるため
- 3) 流量データはデータ数、利用しやすさの点で降雨データと遜色がないため

8.3 ミシシッピ川下流における設計外力

8.3.1 データ収集

これまで大きな洪水を発生させた豪雨のデータを本川、主要支川流域の観測所データより数パターンを抽出する。

8.3.2 データ解析⁴⁷⁾

各年、各観測所の豪雨データを組み合わせ（複数の洪水時の豪雨を同時生起させる）、何通りかの降雨パターンを設定する。そして、ユニット・ハイドログラフ法を用いて、ダムがある場合（現状及び今後の予定を含めた場合）、ダムがない場合について洪水流量を計算する。

8.3.3 超過確率

これらの手法は確率統計処理によらないため、超過確率に対応した外力の設定ではないが、外力の超過確率を計算すると、結果的にはおよそ 1/500 の超過確率に対応した外力となっている。既往最大流量（1927年洪水）と比較すると、計画設計流量（調節流量は含まない）は Arkansas 地点で 11% 増し、Vicksburg 地点で 19% 増しとなっている。

8.3.4 設計洪水流量

ミシシッピ川本川の既往洪水流量と計画設計流量（Project Design Flood：PDF）を主要地点について示すと、以下のとおりである。なお調節流量とは観測地点の上流域のダムによる調節流量である。

表-22 計画設計流量

(単位: m/s)

	既往洪水流量			計画設計流量	
	1927年	1937年	1973年	調節流量を含む場合	調節流量を含まない場合
Memphis	49,400	55,800	46,200	78,400	68,200
Arkansas	74,000	61,100	53,200	90,800	81,800
Vicksburg	64,500	58,900	55,500	83,800	76,700
Red川合流前	66,400	41,600	64,000	94,000	85,800

* ミシシッピ川のようにダム、ロックと堰などにより流量が人為的に調節されている河川では洪水保険の場合のように実績流量から設計流量を評価することはできない。更に、ミシシッピ川をはじめとして、大規模な洪水防御施設の破壊（例えばダムの決壊）により多大な被害、数多くの死者が出ることが予想される場合には、上述したような手法などにより、標準計画洪水（SPF）や可能最大洪水（PMF）が計算され、構造物の設計に採用される。

* SPF（Standard Project Flood）では気象・水文特性（Depth-Area-Duration（DAD）と等雨量線パターン）を最も厳しい条件（極端にまれな組み合わせは除く）で組み合わせてSPS（Standard Project Storm）を求めてから流出計算によりSPFを求める。これに対してPMF（Probable Maximum Flood）では限界となる気象・水文特性を最も厳しい条件で組み合わせて求めたPMP（Probable Maximum Precipitation）から流量を求めている。

通常SPFは若干のリスクは許容されるが、下流域の人命・資産を防御するため、通常より高い安全度の施設を設計する際に用いられる。またPMFは大ダムの余水吐、人口密集地域の直上流のダムなど、リスクが極力少なくなるように施設を設計する際に用いられる。

8.4 その他の設計外力

8.4.1 一般的な設計外力

過去の災害、経験などから総合的に判断してChowらはApplied Hydrology（1988年）⁴⁸⁾のなかで、各々の施設の外力（再現期間）を表-23のように整理した。なおダムの設計外力はNational Academy of Sciencesが定めたものである。

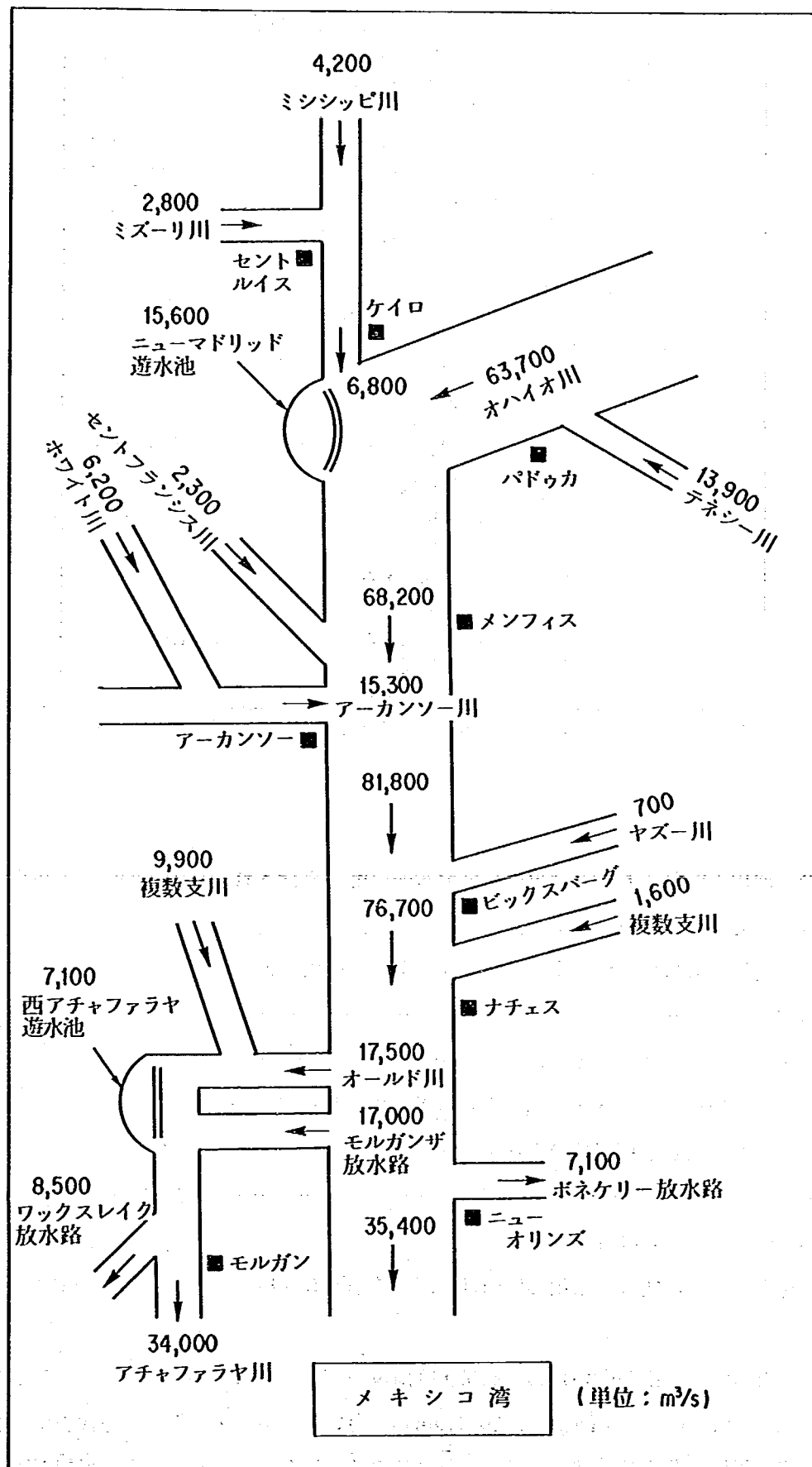


図-16 ミシシッピ川における流量配分図

表-23 水資源関連施設の設計外力⁴⁹⁾

施 設 名	構造物のタイプ	再現期間
道路のカルバート	交通量が少ない道路	5～10年
	交通量が中規模の道路	10～25年
	交通量が多い道路	50～100年
道 路 橋	影響が少ない道路橋	10～50年
	影響が大きい道路橋	50～100年
農 業 排 水 施 設	カルバート	5～50年
	側 溝	5～50年
都 市 排 水 施 設	中小都市の雨水排水施設	2～25年
	大都市の雨水排水施設	25～50年
空 港	離着陸数が少ない空港	5～10年
	離着陸数が中規模の空港	10～25年
	離着陸数が多い空港	50～100年
堤 防	農村域の堤防	2～50年
	都市域の堤防	50～200年
人命に被害の及ばないダム	小規模ダム	50～100年
	中規模ダム	100年～
	大規模ダム	—
人命に被害の及ぶ可能性のあるダム	小規模ダム	100年～
	中規模ダム	—
	大規模ダム	—

注) 人命にかなりの被害の及ぶ可能性のあるダムについては再現期間で表示されていない

8.4.2 ダムの設計外力

ダムの場合、河川と同じ、もしくは更に高い治水安全度で設計されている。Kite (1988年)⁵⁰⁾ によれば、ダムの設計外力は次のとおりである。

- ・決壊した場合に多数の死者が発生する可能性のある大規模ダム

アースダム 1/1,000

ロックまたはコンクリートのダム 1/500

- ・死者は発生しないが、大きな被害額が生じる可能性のあるダム 1/500

- ・中規模の被害額が生じる可能性のあるダム 1/100

- ・小規模ダム 1/20

8.4.3 小規模な堤防の設計外力

緊急用の堤防または小規模な農業用の堤防は、超過確率1/5～1/25の洪水から防御できるよう設計されている場合が多い。

一方、アメリカは国土面積が広いと、流量・降雨量のデータのない小流域も多い。そこで多変量回帰分析 (Multiple-Variant Regression Analysis) を用いて、流域・水文特性を代表するファクターの影響度を類似の類性を有する流域のデータより評価する方法が用いられている。再現期間 $T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 500$ 年に対する流量を回帰式

$$Q_T = a \cdot X_1^b \cdot X_2^c \cdot X_3^d \cdot \dots\dots\dots$$

ここで、a, b, c, d, …… は係数である。

で表す。ファクター X_i としては流域面積、河床勾配、年平均降水量、水面積の占める割合、Y時間降雨量（Yには任意の時間が入る）、流域の平均標高、森林面積の占める割合、河川延長、1月の最低気温、河状係数などがよく用いられる。

8.4.4 ハリケーン対策

ミシシッピ川河口のニューオリンズ地区など洪水よりも防御基準が厳しいハリケーンに対して設計外力を定め、対策を実施している地区もある。この対策では100年確率のハリケーンによる高潮を防御できる堤防を築堤している。余裕高は約1mである。具体的な対策の内容は「14.9.3 ハリケーン対策」で記述している。

8.5 流出・洪水流等の計算モデル

ミシシッピ川下流の設計外力を決めるにあたっては、ユニット・ハイドログラフ法を用いて流出計算を行っている。また小流域においても流量データがないため、降雨より流出計算を行い、流量を算定している。表-24に示したように、アメリカにおいては様々な解析モデルが用いられている。なかでも流出解析のためにHEC-1、TR-20が、また洪水流の解析のためにHEC-2がよく用いられている。

表-24 流出・洪水流等の計算モデル

項 目	モ デ ル	考案した機関	モ デ ル の 内 容
流 出 解 析	HEC- 1 HEC: Hydrologic Engineering Center	陸軍工兵隊	洪水防御施設を設計する際のハイドログラフを計算するモデルで洪水ピーク流量・ボリューム・流速などがパラメータとなる。TR-55は中小流域また都市域における流出を計算するために開発されたモデルである
	TR-20 TR: Technical Release	農 務 省 土壌保全局	
	TR-55		
	SWMM:Stormwater Management Model	環境保護庁	
洪水流解析	HEC- 2	陸軍工兵隊	洪水が障害物などにより背水を生じる場合でも計算できる背水モデルで最もよく用いられる
	WSP- 2	農 務 省 土壌保全局	
	WSPRO	連邦道路庁	
高 潮	SPLASH: Special Program to List : Amplitudes of Surges from Hurricane	国立気象局	ハリケーンに伴う高潮を解析するためのモデルで、NFIPのための海岸氾濫地区のマップ化などに利用されている。更に洗練されたモデルに SLOSH (Sea, Lake, and Overland Surge from Hurricane) がある
	Coastal Flooding Hurricane Storm Surge Model	連 邦 危 機 管 理 庁	海岸氾濫の危険性を解析するのに最近よく用いられる
ダムの決壊	DAMBREAK	国立気象局	ダム決壊による氾濫流の追跡、浸水予測に用いられるモデルである

9. 洪水防御計画の手順

9.1 概 要

設定された外力に対応する場合、洪水保険で対応するにしろ、洪水防御施設で対応するにしろ、事業の執行までには様々な手続きが必要となる。洪水保険については別途説明することにし、本章では洪水防御施設計画を進める場合の手順について示す。

9.2 プロジェクトが建設に至るまでの手順

事業が認可され、建設に至るまでの手続きは表-25のとおりであるが、なかでも特徴的なのは複数回の住民からの意見聴取が設定され、地方政府、地域住民、各種団体に事業内容を説明し、また広く意見を聞く機会が設けられていることである。日本においては都市河川事業の都市計画決定の段階で説明会等が実施されているが、一般水系の本川のような大河川における事業実施の際には住民参加の機会が少ないのが現状であり、アメリカと大いに異なっている。建設に至るまでの手続きを示すと、以下のとおりである。なお現在では更に環境に与える影響を評価するため、下表以外のプロセスが必要となっている。

表-25 建設に至るまでの諸手続き

段階	内 容
1	議会代表を通して、地方住民の要望を聞く
2	公共事業委員会での審議及び議会への勧告、調査開始の認可
3	認可調査の最初の予算措置
4	実施可能性及び経済性を決めるための調査の実施、目的達成のための代替案の検討及び技術的、環境的、社会的側面の検討、住民の意見聴取ならびに他の連邦、州、市町村機関との調整
5	河川、港湾技術評議会またはミシシッピ川管理委員会による報告書審査、必要に応じて住民の意見聴取
6	関係州及び連邦機関と技監の提案報告書との正式調整
7	州及び連邦機関の意見書の検討及び管理財政局への提出
8	陸軍省長官による議会への報告書提出
9	議会での審議、必要に応じて更に住民の意見聴取、議会法によって最終認可
10	認可事業の予算措置
11	細部計画、仕様書、経費積算、協同事業者としての地方当局の委託状、契約書の授与

注) 陸軍工兵隊による大型洪水防御事業(1億円以上)に関する諸手続きを示している

出典) 米大統領府災害対策局編、防災計画研究会編訳、防災体制—その分析と対策—、山海堂、1975

* 洪水防御事業は工兵隊、土壤保全局、開拓局、TVAのような連邦機関をはじめ、様々な機関により実施されてきている。しかし工兵隊には河川港湾法(1890年他)、洪水防御法(1917年他)などにより、洪水防御に関する絶大な権限が付与されており、工兵隊以外の機関が洪水防御事業を実施しようとする場合、必ず工兵隊の許可を受けなければならないこととなっている。

10. 洪水防御手法

10.1 概 要

洪水防御のメニューについて述べる前に、アメリカにおける氾濫原管理について、その内容を整理しておきたい。氾濫原管理の概念については「第7章 洪水防御の沿革」で多少ふれたが、その考え方は時代とともに変わってきており、当初1930年代から1950年代にかけては洪水防御を意味したし、1960年代には非構造的洪水防御を表し、現在では更に幅広い内容を取り込んだ概念となってきた。日本で実施されている総合治水対策は基本的にはアメリカで打ち出された1960年代の非構造的洪水防御手法を踏襲したものであると言える。

10.2 氾濫原管理について

アメリカの氾濫原管理に関しては、これまで4種類の「氾濫原管理に関する国家的統一プログラム（Unified National Program for Floodplain Management）」が公表されている。表-26に示した様に、最初のプログラムは1966年にTask Force on Federal Flood Control Policy Managing Flood Lossesから発表されたA Unified National Program for Managing Flood Lossesである。その後、1976年及び1979年に水資源審議会（Water Resources Council）からA Unified National Program for Floodplain Managementが発表された。

表-26 氾濫原管理に関する国家的統一プログラムの変遷⁵¹⁾

公表年	プログラム名	作成機関	対応
1966	A Unified National Program for Managing Flood Losses	Task Force on Federal Flood Control Policy Managing Flood Losses	行政府の要求に応じて大統領が議会へ提出した
1976	A Unified National Program for Floodplain Management	Water Resources Council (水資源審議会)	国家洪水保険法に対応するため
1979	A Unified National Program for Floodplain Management	Water Resources Council (水資源審議会)	大統領令11988号など新たな施策に対応するため
1986	A Unified National Program for Floodplain Management	FEMA (Interagency Floodplain Management Task Force)	法律及びその他の状況の変化に対応するため

最も新しい氾濫原に関する国家的統一プログラムは1986年にFEMAから発表された。プログラムに掲載されている項目を抽出すると、以下のとおりで、A. 防災機関による水防災のための規制、計画、設計、災害時対応手法、B. 構造物による防災手法、C. 個人や自治体に対する啓蒙及び被災した個人・自治体の災害復旧手法、D. 氾濫原における天然資源の管理のための戦略及び手法（この項目は1976年に発表されたプログラムでは「氾濫原における天然資源や文化資源の保存と復元」となっていたが、本プログラムでは改称され、また独立の項目の取扱いとなっている）の4項目に大別できる。

A. Modify Susceptibility to Flood Damage and Disruption	: 洪水被害及び混乱による影響を軽減する
1. Floodplain Regulations	: 氾濫原規制
a. State Regulations for Flood Hazard Areas	: 州による洪水危険地域の規制
b. Local Regulations for Flood Hazard Areas	: 地方自治体による洪水危険地域の規制
2. Development and Redevelopment Policies	: 開発・再開発施策
a. Design and Location of Services and Utilities	: 設備・施設の設計・配置
b. Land Rights, Acquisition, and Open Space Use	: 地役権, 用地の取得, オープンスペースの利用
c. Redevelopment	: 再開発
d. Permanent Evacuation	: 永久的な移転
3. Disaster Preparedness	: 災害準備
4. Disaster Assistance	: 災害援助
5. Floodproofing	: 耐水化
6. Flood Forecasting and Warning Systems and Emergency Plans	: 洪水予測・警報, 緊急計画
B. Modify Flooding	: 洪水の軽減
1. Dams and Reservoirs	: ダム, 貯水池
2. Dikes, Levees, and Floodwalls	: 水制, 堤防, 洪水防護壁
3. Channel Alternations	: 河道変更
4. High Flow Diversions	: 洪水流の分流
5. Land Treatment Measures	: 地表面処理対策
6. Onsite Detention Measures	: 流域貯留対策
C. Modify the Impact of Flooding on Individuals and the Community	: 洪水氾濫が個人・自治体に及ぼす影響を軽減する
1. Information and Education	: 情報, 教育
2. Flood Insurance	: 洪水保険
3. Tax Adjustments	: 税金の減免
4. Flood Emergency Measures	: 洪水緊急対策
5. Postflood Recovery	: 災害後の復旧
D. Floodplain Natural Values, Strategies and Tools for Management	: 氾濫原における天然資源の管理のための戦略及び手法

現在議論されている氾濫原管理が具体的にどのような内容を含んでいるかを以下に示す。なるべく原文に即して表現しているため、分かりにくいと思われる用語は（ ）内に注釈を加えた。

10.2.1 洪水被害及びその影響を軽減する手法

- ・氾濫原規制（土地利用規制）
- ・氾濫原の利用，再開発
- ・災害準備（防災計画，防災演習，避難など）
- ・洪水予測，洪水警報，緊急計画
- ・耐水化，嵩上げ

10.2.2 氾濫被害を軽減する手法

- ・ダム，貯水池
- ・堤防，水制，洪水防護壁
- ・水路変更（ショートカット，拡幅，浚渫などの河道縦横断形状の変更）
- ・洪水流の分流（放水路，遊水地）
- ・雨水管理（流出抑制）
- ・沿岸域防御
- ・地表面処理（森林・植生・農地の保全，等高線農耕）

10.2.3 洪水氾濫の影響を軽減する手法

- ・情報，教育
- ・洪水保険
- ・税金調整（税金の減免）
- ・洪水への緊急対策（水防，避難，救助活動）
- ・災害救済
- ・災害後の復旧

10.3 洪水防御手法の分類

対象を分かりやすくするため，氾濫原管理は氾濫原の規制等の狭義の意味で用い，洪水防御手法を次のように再分類した。

- 1) 氾濫原管理 …… 氾濫原の規制・利用，建物の耐水化
- 2) 危機管理施策 …… 洪水予測，洪水警報，洪水への緊急対策
- 3) 洪水保険
- 4) 治水施設による洪水防御
- 5) その他の洪水被害軽減策

11. 氾濫原管理

11.1 氾濫原の規制・利用

11.1.1 氾濫原規制法

氾濫原規制は氾濫原管理プログラムのなかで最も普及している手法である。なぜなら、地方自治体による氾濫原規制法の制定・施行は国家洪水保険プログラムへ参画するための最低要件となっているからである。氾濫原規制法に含まなければならない最小限の要件は以下のとおりである。

- ① 提案された全ての新規開発に関する許可
- ② 洪水被害を確実に最小限にするために、細分割した地域毎の提案を再検討する
- ③ 洪水の危険性が判明した地域に建設される建物を洪水により流されないようにし、かつ耐水化を施す
- ④ 新たな上下水道やライフライン施設を洪水から守る
- ⑤ 洪水保険料率地図が利用可能になったら、危険区域、100年確率洪水位、放水路の必要要件を周知させる

図-17、表-27に示した氾濫原規制を行う区域は、100年確率洪水位よりも標高の低い地域である。一方、該当地域は下記のように Floodway と Flood (way) Fringe に分けられる。Flood (way) Fringe の決定方法は州により異なるが、100年確率洪水位を大幅に (30cm 以内) 上昇させることなしに、100年確率洪水を流下し得る最低の範囲を Flood (way) Fringe としている。許容される水位上昇量は、例えばマサチューセッツ州の場合は 0cm (Flood (way) Fringe は設定されない)、ウィスコンシン州の場合は 3mm、ミネソタ州及びモンタナ州の場合は 15cm である⁵²⁾。

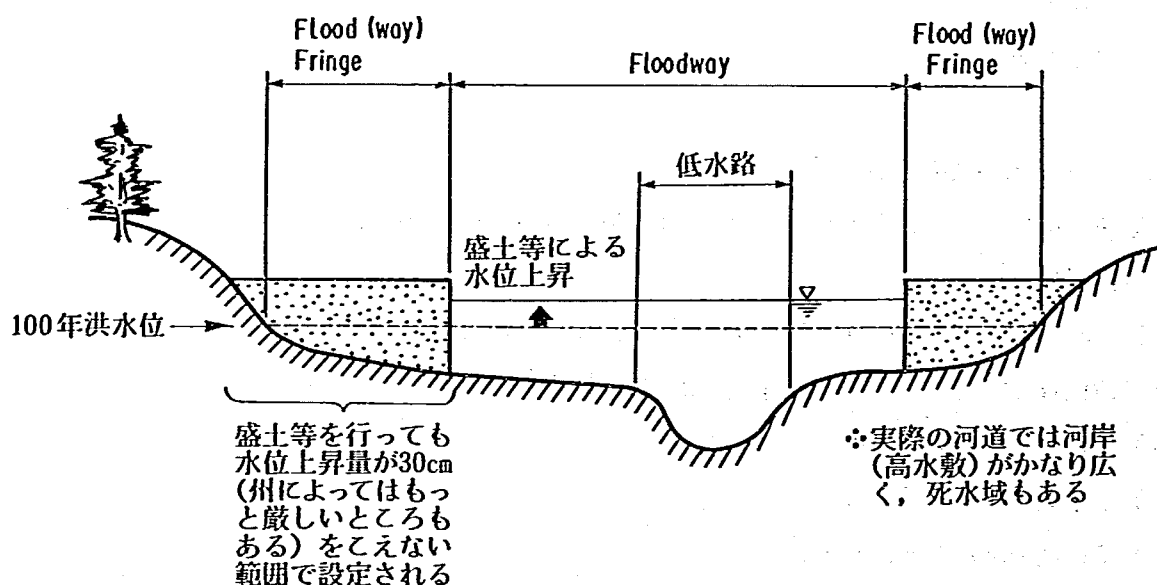


図-17 氾濫原規制の概念図

表-27 特別洪水危険地域における氾濫原規制

	Floodway	Flood (way) Fringe
禁止されている項目	建築、盛土	毒性物質の保管、 病院、生命に関係する施設
許可が必要な項目	農耕、放牧、植林、オープンスペース レクリエーション、野生生物の保護	盛土を行った施設、 被害防止策を講じた施設

11.1.2 氾濫原の規制・利用

氾濫原規制法に示したように、特別洪水危険地域に新たに住宅を建てたり、住宅を半分（インディアナ州では40%）以上改築する場合、ピロティ式建物または盛土により地下室を含む最低床面高を100年洪水位以上に嵩上げすることが義務付けられる。Flood (way) Fringeにおいて盛土する場合、盛土に伴う水位上昇量は30cm以下に抑えなければならない。また非住居用の建物の場合、付属施設や衛生施設を含めて100年洪水位以下の建物は耐水化の設計をすることとなっている。更に洪水保険に関しては、連邦政府より補助金が支給されないために高い保険料を支払わなければならない、これらの条件が実質的に土地利用規制を促している。

連邦、州政府、地方自治体は全て氾濫原における不適切な土地利用及び再開発を防止する権限を持っている。多くの地方自治体は国家洪水保険プログラムより更に厳しい規制要件を持っている。

日本で土地利用を規制することは私権の制限であるとして、現実的には非常に困難である。しかしアメリカでは土地所有に対する意識が強くないため、住民の合意が得られれば、土地利用規制を行うことはそれほど困難ではない。

他に洪水危険性が高いため、土地利用を完全に排除するためにとられる方法として永久的な立退（移転）がある。アメリカ人は日本人に比べて土地に固執しない、また国土面積が広いために、こうした手法が可能となる。これは歴史的に見て、アメリカ人には開拓の歴史があり、また牧畜や狩猟により生計を営んでいたため、土地に固執しない移動性の高い国民性だったからである。この手法は土地所有権や地役権を設定するのに多くの予算を必要とするが、長期的に見た場合、洪水被害の軽減、天然・農業資源の保全などの点でメリットがある場合がある。ミシシッピ川の沿川、放水路などで適用されている。しかし、こうした土地利用規制は私的財産を制約するため、合衆国憲法に反するのではないかという意見を持っている人もいる。

一方、規制により住民が居住しなくなった地域は天然・農業資源の保全のためだけでなく、場合によっては地方政府がオープンスペースとして、公共の利用に供する場合もある。

* 州によっては特別洪水危険地域内での建物の新設を認めない州もある。例えばモンタナ州、ウィスコンシン州では建物の新設を全く認めていないし、インディアナ州、ミシガン州、ワシントン州では住居の新設を認めていない。

11.1.3 街の移転の例

上記したようにアメリカにおける究極的な土地利用規制は移転であるが、日本においても小規模であ

るが、防災のための移転事業が行われている。これは国土庁の防災集団移転促進事業（「防災のための集団移転促進事業に係る国の財政上の特別措置等に関する法律」による）及び建設省のがけ地近接危険住宅移転事業で通常土石流、急傾斜地崩壊などの土砂災害に対して移転が数多く実施されているが、洪水防御の観点からも、例えば青森県黒石市黒森及び石名坂地区においては河川氾濫による災害に対して、昭和51年に全戸にあたる44戸が移転を行った⁵³⁾。

街の移転はアメリカにおいても社会的に受け入れられ難い場合があるが、水害危険性が非常に大きい、または水害の発生が頻繁な地域に対して、その他洪水防御のための費用が多大な場合に行われる。

＜例1＞ウィスコンシン州の Soldiers Grove⁵⁴⁾

ミシシッピ川支川 Kickapoo 川の氾濫から村を守るために工兵隊はアースダムの建設を始めたが、村が莫大な建設予算の一部を負担しなければならないなどの理由で建設に反対した。村は洪水防御策として中心市街地を氾濫原の外側へ移転させることを決定した。1978年の洪水による被災がこの動きを加速させ、商務省経済開発庁、住宅都市開発省などの資金を得て6.6億円の予算（うち2/3が連邦政府からの資金）により1983年に移転を完了した。

＜例2＞ウィスコンシン州の Prairie du Chien

街はミシシッピ川洪水により度々浸水した、特に1965年に大水害が発生した。街は工兵隊に洪水防御調査を要求した。調査の結果、構造物による洪水防御には非常に多大な費用を要することが分かった。そこで、工兵隊は10年洪水位以内の全ての住居と2箇所の事業所を移転させる計画をたて、計画は議会により認められた。街は移転前の土地をオープンスペースまたは歴史観光地として再利用を図る責任を担わされた。

今回のミシシッピ川水害でも、ミシシッピ川左岸のイリノイ州 Valmeyer は350世帯の約6割が大きな被災を受け、浸水しなかったのはわずか4世帯であった。この街は1904年に建設され、退職者やセントルイスに通う若いカップルが多く住んでいる。水害後の住民投票では投票者239名のうち、66%の人が移転に賛成したため、街の移転計画がたてられた。計画によれば、新しい街は約16億円の予算をかけて東へ1.6kmの高台に2、3年以内に建設される。FEMAの試算によれば、この予算は洪水保険の請求額を支払うより安価であるとのことである。

11.2 建築物の耐水化

耐水化には以下の5タイプが考えられている。住民が自主的に耐水化を進めるために、FEMAなどの水防災機関からは図-19のような各種のパンフレットが住民に配布されている。日本で発行されている水防災関係のパンフレットとの相違点は内容がかなり具体的かつ分かりやすく記述されていて、パンフレットに従って住民が自発的に対応できる（建築業者に発注する場合も注文・指示ができる）スタイルになっていることである。

① 建物の移転

標高の高い土地または洪水位より高い土地へ建物を移動させる



Relocation: Moving a building to high ground, above flood levels.



Elevation: Raising a building so that flood waters will go under it.



Floodwalls: Building a wall of concrete or earth to keep flood waters from reaching a building.



Dry Floodproofing: Making building walls watertight and sealing openings so flood waters cannot enter.



Wet Floodproofing: Altering a building to minimize damage when flood waters enter.

図-18 耐水化手法の分類

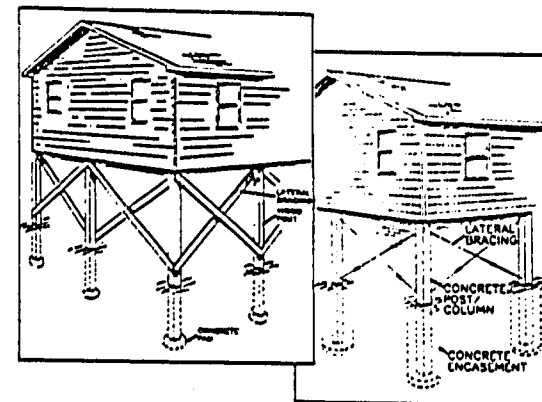
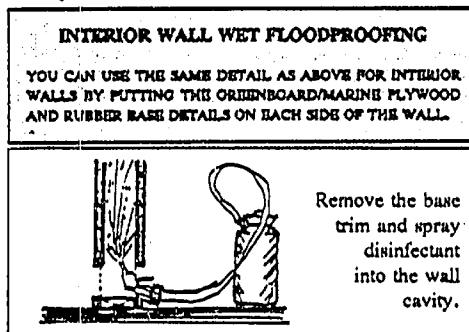
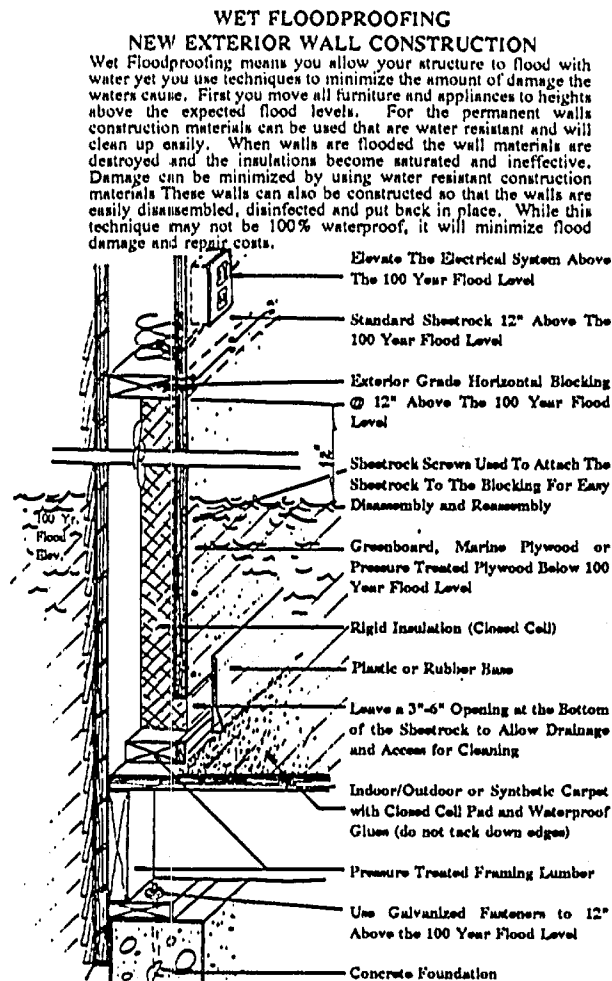
出典) Floodplain Management in the United States
: An Assessment Report, Volume 2



写真-11 耐水化した建物の事例

出典) U.S.G.S., National Water Summary 1988-89

WATER RESISTANT BUILDING MATERIALS	
Marine Plywood	The most water resistant plywood. Use for floor sheathing and exterior wall sheathing.
Pressure Treated Plywood	A close second in water resistant capabilities to marine plywood.
Exterior Grade Plywood	A plywood that is meant to resist low level moisture and humidity, not adequate for water saturation conditions.
Greenboard	Water resistant wallboard for interior use. Use instead of drywall.
Rigid Insulation	Will not deform or lose its insulative properties when wet. Can be dried out and reinstalled in wall or floor cavity. Use instead of fiber glass insulation.
Rubber or Plastic Base	Use instead of wood base.
Galvanized Nails	Will not rust after being saturated with floodwaters. Use at all locations at flood level.
Metal Doors Metal Windows	Will not warp if saturated. The in spots but this can be sanded out and repainted. Metal doors and windows will need cleaning and oiling after a flood.
Sheet Vinyl Floor or Tile	Adhere to marine grade or pressure treated plywood underlayment with water proof adhesive.
Indoor/Outdoor Carpet	Use with synthetic carpet pad and do not fasten down.
Aluminum Drywall Screws	Will not rust and will allow easy removal and reassembly of interior walls. Use instead of standard drywall nails.
Brick, Concrete	Not damaged by water saturation but must be used in conjunction with a waterproof membrane. Use as a base for the flood zone.
Plastic Wood	Made of recycled plastics in matching shape of dimensional lumber. Waterproof and dimensionally stable. Use for foundation and wall framing members.
Pressure Treated Lumber	Relatively stable in water saturation conditions. Will not sustain heavy damage, although it may show some warpage. Use at all flood level areas.



ELEVATING YOUR HOME

Elevating your home or mobile home can offer a lasting solution for flood situations involving as much as 8 feet of water. It is especially cost effective if you experience frequent floods, long standing water, or high water. Elevating requires a good, solid concrete foundation, well braced foundation walls and the expertise of an experienced house raiser. If there is excessive river current, you will also want to carefully design the foundation walls to allow the water to flow under your structure during a flood event. Elevating can be costly but if you intend to rebuild your home in the same location it may be a very cost effective method of preventing future damage.

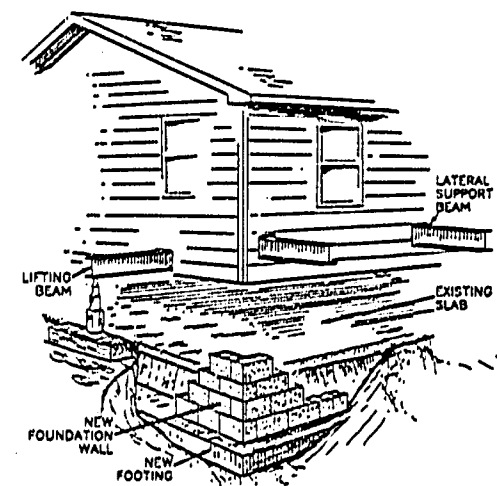


図-19 建物の耐水化に関するパンフレット

出典) FEMA のパンフレット "Protecting Your Home from Flood Water Damage"

② 建物の嵩上げ

建物の床面が洪水位よりも高くなるよう、パイルまたは盛土により嵩上げする

③ 洪水防護壁の建設

洪水流から建物を保護するために、コンクリートまたは土砂で洪水防護壁または輪中堤を築く

④ 建物の防水化

洪水が建物内に侵入しないように、壁を防水性にし、また開口部を防水シールなどで密閉したり、下水に逆流防止装置をつけたりする

⑤ 建物の耐水化

耐水材を使用したり、内部設備を嵩上げしたりして、被害を最小限に抑える

* これらの耐水化技術は民間セクターにより幅広く開発されてきたものである。問題はたとえ建物が耐水化されたとしても、洪水保険の保険料率は変わらないため、住民があまりメリットを感じない

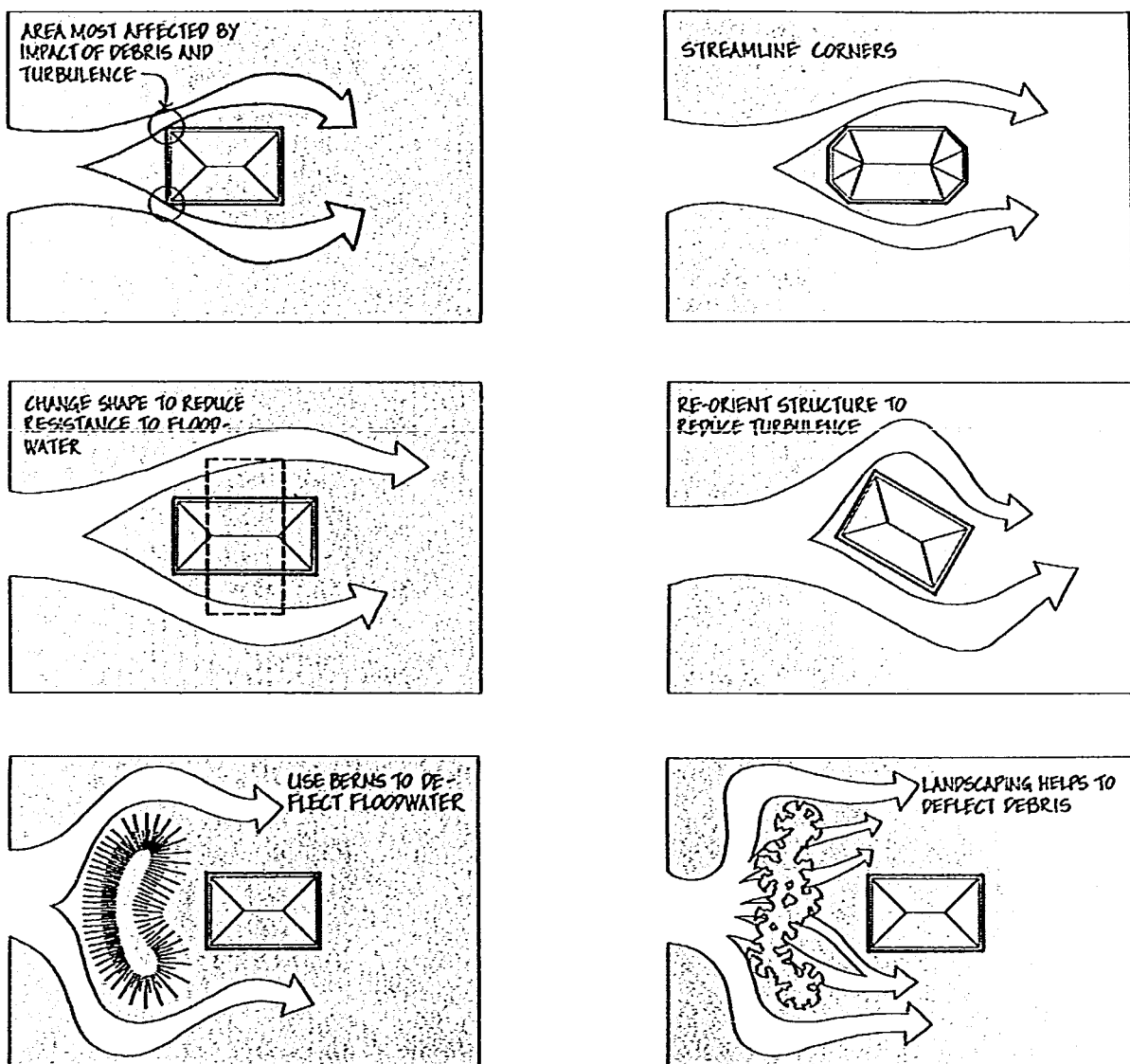


図-20 洪水被害を軽減するための家屋等の設計方法
出典) FEMA, Elevated Residential Structures

ことである。

- * また FEMA は洪水流による家屋の被災を軽減するために、洪水流に対する家屋の配置、形状、周囲の地物についてもアドバイスした小冊子⁵⁵⁾も発行している。このなかでは、氾濫流に伴う流下物や氾濫流の乱れの影響を受ける住宅の隅角部を抵抗が少ない形状にしたり、氾濫流が住宅に与える抵抗を少なくなるような配置について紹介したり、氾濫流やそれに伴う流下物による影響をそらすための周辺樹木や造園の方法を示している。

12. 危機管理施策

12.1 防災のための注意報、警報、予報

12.1.1 種類と内容

商務省のNOAAの下部組織である国立気象局(National Weather Service : NWS)が注意報、警報、予報に関する主たる責任を負っている。洪水予測は陸軍工兵隊でも実施されている。NWS本部のNational Centerはメリーランド州にあり、全米に52の気象サービス・予報事務所(Weather Service Forecast Office : WSFO)と13の河川予報センター(River Forecast Center : RFC)を有している。また全米にわたって降雨量、風速、温度などを観測する約400のステーションを持っている。そのうち、230は有人観測所、165は自動観測所である。その他、警報や予報のために暴風雨の範囲、高度、強度、移動状況に関する情報を把握できる128の気象レーダーを配備している。

① NWSによる注意報の提供

・フラッシュ・フラッド注意報

発生している豪雨または発生が予測される豪雨がやがてフラッシュ・フラッドを発生させると予測される場合に発表される

・ハリケーン注意報

ハリケーンが発達し続け、海岸域または陸地に迫っている場合に発表される

・津波注意報

津波により危険となる可能性がある場合に発表される

② NWSによる警報の提供

・洪水警報

洪水が堤防を越水するのに十分な豪雨がもたらされた時、また融雪が降雨と一緒にになり同様な状況をもたらす場合に発表される

・フラッシュ・フラッド警報

ある河川、ある地域でフラッシュ・フラッドが発生、またはその危険が迫った場合に発表される

・ハリケーン警報

ハリケーンが24時間以内に到達、または時速119km以上の風速の発生が予測される場合に発表される

・津波警報

地震の規模が津波を発生させるのに十分大きい場合、または潮位観測所で津波を発見した場合に発表される

③ NWSによる予報業務

NWSは洪水、雷雨(竜巻など)、水供給、降雨、気温、気圧などに関する予報を行っている。

*ハリケーン注意報・警報はマイアミ、サンフランシスコ、ハワイなどにある国立ハリケーンセンタ

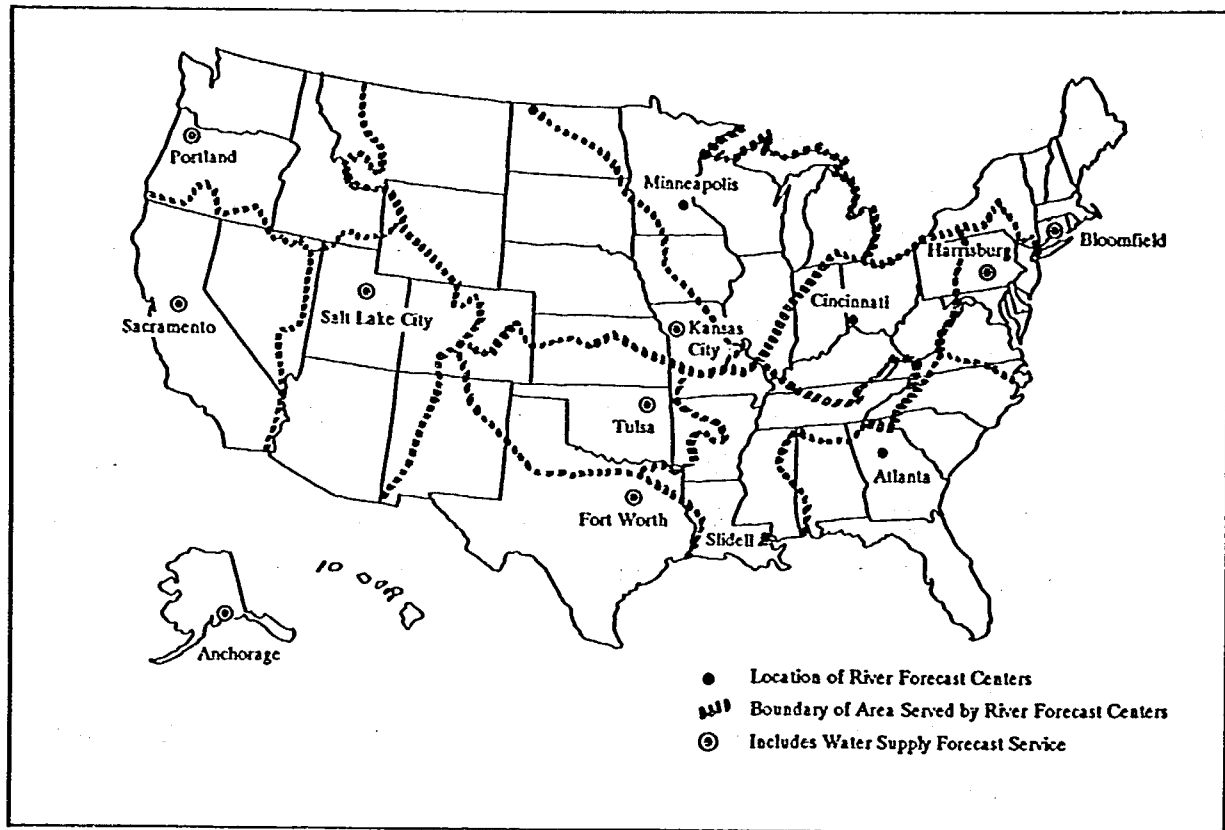


図-21 RFCの配置図

出典) Floodplain Management in the United States: An Assessment Report, Volume 2, 1992

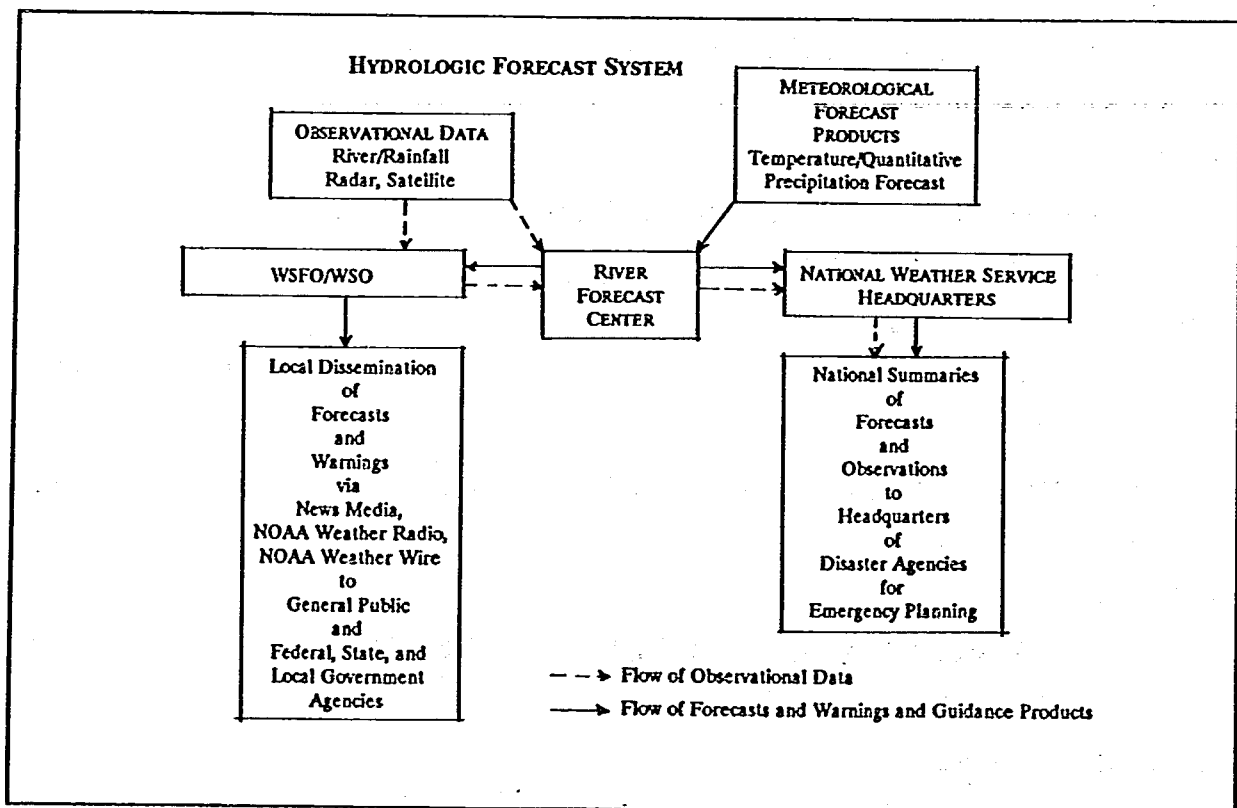


図-22 予測情報等の伝達ルート

出典) 同上

ーにより発表される。

- * ミシシッピ川水害（1993年）ではNWS、陸軍工兵隊により洪水予測（〇〇地点で△月×日に洪水ピークが発生する）が連日新聞やテレビで報道されたが、予測結果は実際の発生日時と大きくはずれた。これは各所で越水・破堤したという状況であったものの、関係者や一般市民から洪水予測モデルの精度が低いと指摘された。これに対してNWSと陸軍工兵隊はレーダーを用いて気象予測精度を上げることを考えている。

12.1.2 洪水警報の伝達

洪水警報は収集された情報に基づいて、WSFOが警報を発令するか否かの詳細な検討を行い、その結果は図-22に示す様に、河川予報センター（RFC）から2つのルートを通じて伝達される。一つはNWSの本部を経由して各種防災機関に伝達されるもので、他の一つは気象サービス・予報事務所（WSFO）または気象サービス事務所（Weather Service Office：WSO）を経由して連邦、州、地方自治体、マスメディアの各機関に伝達されるものである。河川予報センターでは水文プログラムに対する技術指導や地方の洪水準備のための計画策定をサポートしている。

洪水警報のなかでは洪水が到達する時刻（大河川では日付）と洪水規模が発表される。洪水がいつ到達するかは大河川では到達の2週間以上前に、また小河川では到達の数時間前に伝達される。

- * 地方政府のなかには地域洪水警報システム（Local Community Flood Warning Systems）を持っているところもある。システムは2種類あり、手動システムではボランティアの観測者が電話で地域の洪水コーディネータにデータを送り、自動システムではデータ収集・送信・処理、警報の発表が全て自動的に行われる。1985年時点で手動システムが約540箇所、1987年1月時点で自動システムが1,200箇所以上ある。

<地域洪水警報システムの例⁵⁶⁾>

- ・カリフォルニア州のALERT（Automated Local Evaluation in Real Time）System

NWSにより開発されたボランティアの観測者からの情報によらない警報システムである。本システムは雨量計、水位計、無線送信機・受信機、データ入力・出力機、小型計算機などで構成されている。システムは事前に決められた危険雨量・水位になるとベース基地及び個人に警報が発令される。特にフラッシュ・フラッドに対して有効である

- ・アパラチア地域のIFLOWS（Integrated Flood Observing and Warning System）

本システムはALERTシステムよりローカルな範囲を対象にした警報発令システムである。フラッシュ・フラッドを考慮した洪水予測システムを用い、洪水の30分～3時間前に警報を出せるよう試行されている

12.1.3 その他のシステム

- ① アメリカでは半径約200km以内の気象情報（ダウンバーストを発生させる降雨や雷雨）を追跡できる次世代型の新しいドップラーレーダ（Next Generation Weather Radar：NEXRAD）が研究段階から実用段階に入り、1994年のなかばまでに連邦航空庁により主要な45の空港に配備される

予定である⁵⁷⁾。

- ② 竜巻は非常に局地的な災害で既存の観測網でキャッチすることは困難であったが、1969年に特別観測システムが開始された。これは何千人という市民、アマチュア無線家、団体などで構成され、NWSから竜巻注意報が発令されると、気象警戒にあたる。竜巻や激しい雷雨が認められたら、そのタイプ、位置、強さ、移動状況について直ちに最寄りのNWS事務所あるいは地域警報センターに電話で通報するシステムである⁵⁸⁾。

12.2 水防活動

12.2.1 一般的な水防活動

緊急水防活動法の下で、工兵隊が水防活動の権限を有し州政府、地方関係機関からの要請に基づいて、土のう袋やビニールシート等の資材を提供したり、排水ポンプ等の機材を貸し出したりする。水防活動に関しては地方政府が責任を担っているが、実際の活動はNational Guardなどが地元のボランティアなどと協力して地元レベルで行われる。水防活動で実施される工法は日本とほぼ同じで、

- ・越水防止工法

土のう積み、盛土、mudboxあるいはフラッシュ・ボード工法（木でできた型枠のなかに土砂を詰める）

- ・堤防の侵食防止工法

暫定的な堤防、護岸の建設

- ・施設の防衛

輪中堤

などであるが、日本と比べて時間的に余裕があるため、かなり大規模な対策も可能である。土のう積みは写真-12に示すように砂または土のうを凸状に積んで、その上をビニールシートで覆い、氾濫水によってビニールシートがあおわれないように、その上に重しとして更に土のうを積む方法がもっとも多い。一方、写真-13に示したように、1993年ミシシッピ川水害の際には鋼板を用いてかなりの水圧に耐えられる越水防止工法も見られた。

日本においてはほとんどの水防団員が消防団員と兼務で水防活動を実施している。水防活動に関しては若干の手当がでるが、アメリカではまったく無給のボランティアが多数水防活動に参加している。そうすると、アメリカでは、なぜボランティア活動が盛んかが疑問になってくる。これは両国の歴史・文化の発展に関係する問題である。すなわち、アメリカの元祖であるヨーロッパの歴史はまさに侵略し、侵略されの連続であった。そして自然と遊牧生活も自分を守るのは自分でしかないという哲学を生んだ。

その結果、日本では近隣の者とは同化を理想としながら、かえって対立する（対立構造）のとは違って、欧米では対立を前提として、共同を不可欠の要素とする（同化構造）。すなわち、友人でもいつかは敵になると予定して、なおかつ互いに協力する必要を考えるために、相手を助けるボランティア活動に協力的になるということになるのである。

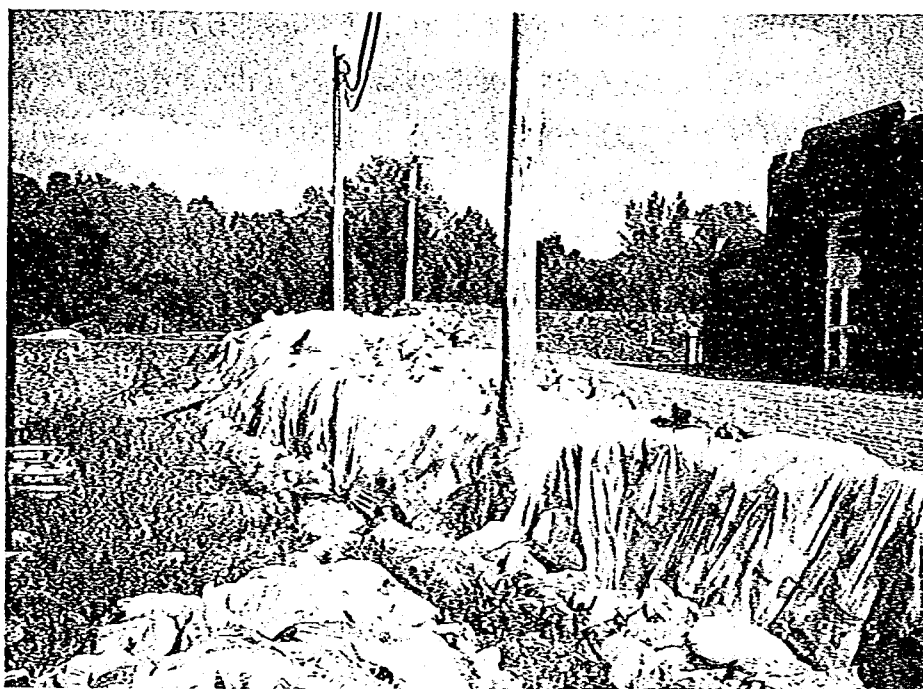


写真-12 1993年ミシシッピ川水害時の土のう積み工
(アイオワ州 Des Moines 市の浄水場)

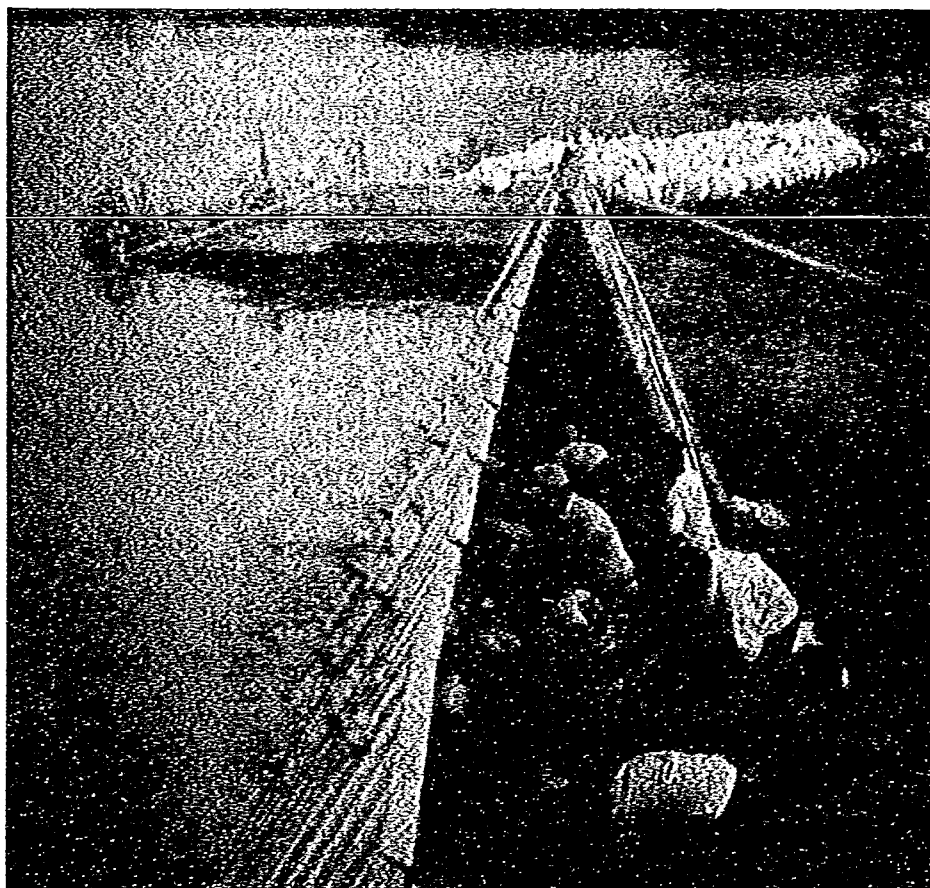


写真-13 1993年ミシシッピ川水害時の越水防止工
(ミズーリ州 Canton)

* National Guard とは陸軍、空軍の権限下にある最低限の訓練を受けた市民ボランティアからなる州単位の組織で、自然災害などの緊急時に州知事の要請を受けて出動する。衣服、装備などは政府が提供するが、兵器庫などの施設は州が責任を持つ。洪水時には土のう積み、堤防巡視、その他の技術的支援を行う。

* 水防工法の約90%は洪水から堤防、家屋、施設を防御するための土のう積みである⁵⁹⁾。一方、土木研究所の調査結果（1986年）⁶⁰⁾によると、日本では水防工法の43%が積み土のう、37%が木流し工や表シート張りなどの洗掘防止工法である。

12.2.2 ミシシッピ川における水防活動

ミシシッピ川には大規模な堤防が延々と続いているため、堤防の維持管理のための組織として堤防委員会（Levee Board）が結成され、担当する管轄区域が決められている。洪水時にはこの堤防委員会や Levee District などが地元のボランティアの協力を仰ぎながら水防活動を実施する。ミシシッピ川下流域には日本と同じ様に水防活動のための資器材を収納する水防倉庫が設置されている。

12.3 避難・救助活動

12.3.1 避難活動

地方政府、特に市域は市、市域外は郡が中心となって避難活動を実施する。洪水の危険が切迫した時、市や郡の本部はNWSの気象ラジオを活用して住民に安全な場所へ避難するよう呼びかける。避難所は事前に指定され、小学校や教会などがあてられている。避難活動をはじめとする防災計画は例えばコロラド州 Boulder 市の場合、市、郡、大学が共同で計画を策定している。

ミシシッピ川水害調査の際、ミズーリ州 St. Charles 郡の Emergency Management Office を訪問し、ヒアリングを実施した。事務所内にはアマチュア無線家からの通報を受信できる装置や緊急情報システムが導入されていた。緊急情報システムとは、GISシステム（地理情報システム）を用いたコンピュータマッピングシステムで、パソコンのディスプレイ上に道路網を示した地図が表示され、その上に水害による浸水区域を表示したり、天然ガス、液体アンモニア、航空用燃料などの危険物質のパイプラインを表示したり、避難路を表示したりすることができるシステムである。

* 気象ラジオとはNWSが自然災害、核戦争に関する情報を一般市民、学校、病院、マスコミに伝達するための高周波数帯のついた特殊なラジオで、テープによるメッセージが4～6分毎に繰り返される。情報は1～3時間毎、または必要に応じて更新される。特殊な周波数帯である162.475 MHzを利用しているため、通常のラジオで情報を聞くことはできないが、一部の気象ラジオ、また「気象バンド」のついたラジオでは情報を受信できる。約400のネットワーク局を通じて2種類の方法で伝達される。一つはアラームにより非常事態を知らせるもので、もう一つはスイッチが入ってなくても、情報が伝達されると自動的にスイッチが入り、メッセージが流れるものである⁶¹⁾。

12.3.2 救助活動

激甚な災害が発生したとき、州知事の要請に応じてFEMAが出動態勢をとる。また沿岸警備隊はボ

ートやヘリコプターを利用して被災地の住民を救助し、避難させる。

またアメリカには国による都市域搜索・救助システム (National Urban Search and Rescue System : US & R System) がある⁶²⁾。このシステムはメキシコ・シティ (1985年)、アルメニア (1988年) で発生した大規模地震の教訓として1991年にできたシステムで、FEMA が後援する地域として全米より25の地域を選んでいる。US & Rの機動部隊は総数56名で4チームからなる：リーダー (2名)、搜索チーム (8名)、救助チーム (26名)、医療チーム (6名)、技術チーム (14名)。

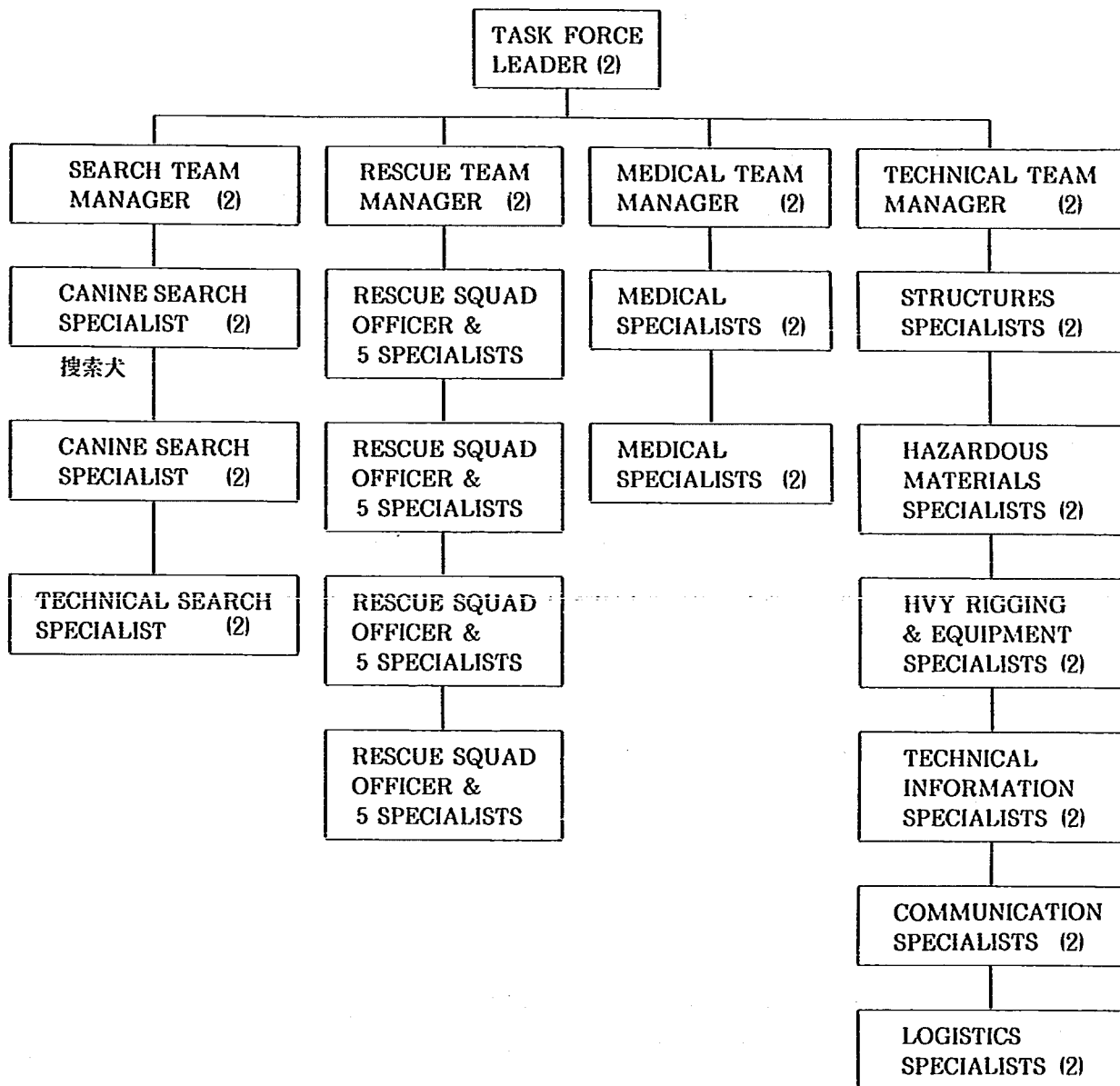


図-23 US & R Task Force のメンバー構成

出典) L. G. Canton, M. Ghilarducci and C. Mills, The National Urban Search and Rescue System

12.4 災害時の対応で成功した例ーハリケーン Camille の場合ー⁶³⁾

- ・1969年、ハリケーン Camille がもたらした豪雨がバージニア州中西部の Blue Ridge 山系を流れる James 川に大洪水を発生させた。渓谷及び上流域で発生した洪水は4～8時間のうちに水位を約6m上昇させた。また同時に7mを越える高波が海岸地域を襲った。
- ・約1,400億円の被害が発生した。しかし、約140km下流の州都 Richmond では死傷者はほとんどいなかった。なぜなら、大統領府の災害対策局 (Office of Emergency Preparedness : OEP) が直ちに関係機関を集め、災害後評価を行い、適切な対策を迅速に行ったためである。洪水のピークが Richmond に到達するのにまだ36時間の時間的余裕があったため、OEP は災害発生後直ちに防災システム、防災対策を再検討し、緊急計画をたて、避難活動、水門の閉鎖、土のうの準備を行った。
- ・その際実施された避難活動は南北戦争以来の大規模なものであった。気象学者の G. P. Cressman は、もし避難活動がスムーズに行われなかったら、1万人オーダーの死者が出たであろうと推定している。
- ・このハリケーン Camille での経験に基づいて、OEP は災害対応、災害復旧に関する新たな仕組みを打ち出した。その戦略は、その後テキサス州で発生した竜巻、ハリケーン Celia や San Fernando 地震などに適用され、効果を発揮した。

12.5 洪水危険地図

最も普及している洪水危険地図は言うまでもなく、洪水保険料率地図であるが、本節ではアメリカにおける洪水危険地図の事例として、ワイオミング州の道路局の協力により、USGS が発行した “FLOOD OF AUGUST 1, 1985, IN CHEYENNE, WYOMING” を紹介する。この地図は洪水時の航空写真や聞き込み調査結果を利用して調査した浸水の状況等を縮尺 1/6,000 と 1/48,000 の地形図上に表現した2葉の洪水危険地図である。

洪水危険地図に掲載されている項目は以下のとおりである。

- ① 浸水実績 (浸水域、浸水位、氾濫水の流向)
- ② 気象図 (等雨量線図)、累積雨量グラフ
- ③ 既往洪水の発生原因及び概要
- ④ 河床高、洪水ピーク水位・流量の縦断図
- ⑤ 洪水状況の写真
- ⑥ 解説 (概要、流域、降雨、洪水、浸水域、洪水の歴史)

日本の浸水実績図と異なり、浸水域だけでなく、浸水位、氾濫水の流向、気象状況、洪水ピーク水位・流量など数多くの情報が掲載されている。

13. 洪水保険

13.1 概要

日本、アメリカ、スイス他の地震保険などを除いて、単独の災害を対象にした保険は世界的にもあまり例がない。洪水災害に関する保険は日本の他、フランス、イギリス、スイス、スペイン、ベルギー、イタリア、ギリシャなどにおいて通常火災保険の拡張担保または総合保険として運営されている。

洪水保険、正確には全国洪水保険プログラム（National Flood Insurance Program：NFIP）はコロラド大の Gilbert White 教授（当時シカゴ大）らの提案に端を発し、南東部ハリケーン災害救済法（1965年）に基づく洪水保険プログラムのフィージビリティ・スタディを経て、1968年に国家洪水保険法に従って創設された。洪水保険は特別洪水危険地域における開発を抑制し、既存の建物を洪水から防衛し、そして被災者には保険金を支払うことにより、洪水被害の軽減、救済及び氾濫原の適切な管理を行うものである。また対象となる被害は洪水だけでなく、内水、高潮、地すべり、泥流、土石流による被害も含まれる。資金管理は連邦政府の洪水保険専用の会計で行われ、1986年に黒字となり、準備金を確保できた。実際の保険業務は連邦政府の事務的負担を減らし、民間のノウハウを活用するため、基本的に保険会社が行っており（1977年までは連邦政府のみで販売していた）、現在では88%が200社以上の保険会社により行われている。1990年末で約240万の保険証書が発行され、約20兆円の建物・資産がカバーされている。証書の発行はフロリダ州（発行数全体の1/3）が最も多く、次いでルイジアナ州、テキサス州が多い。1978年から89年まで見て、約38万のケースに約3,100億円の保険金の支払いが行われた。約6割が建物、約4割が資産に対して支払われた。

当初プログラムに参画する自治体は少なかったが、1973年に①住宅・都市開発省が全米の洪水多発地域を確認し、②洪水多発地域において建物を建設、取得する際、連邦政府または連邦政府が関与する貸付を受ける条件として洪水保険の購入が義務付けられ、また③NFIPに加入していない自治体に対しては洪水多発地域での連邦関係の貸付を禁止してから、プログラムは急速に普及した⁶⁴⁾。1991年11月1日

表-28 加入自治体数等の推移

年度	加入自治体数	保険証書数	年度	加入自治体数	保険証書数
1970	158	5,550	1980	16,931	1,896,707
1971	637	75,864	1981	17,095	1,878,271
1972	1,174	95,123	1982	17,297	1,858,273
1973	2,271	272,448	1983	17,542	1,911,316
1974	4,090	385,478	1984	17,640	1,861,213
1975	9,625	539,888	1985	17,705	1,904,948
1976	14,829	793,779	1986	17,723	2,057,824
1977	15,678	1,156,481	1987	17,742	2,231,954
1978	16,092	1,342,892	1988	17,797	2,103,149
1979	16,661	1,650,000	1989	17,832	2,242,171

出典) U.S. Geological Survey, National Water Summary 1988-89
 - Hydrological Events and Floods and Droughts -, 1991

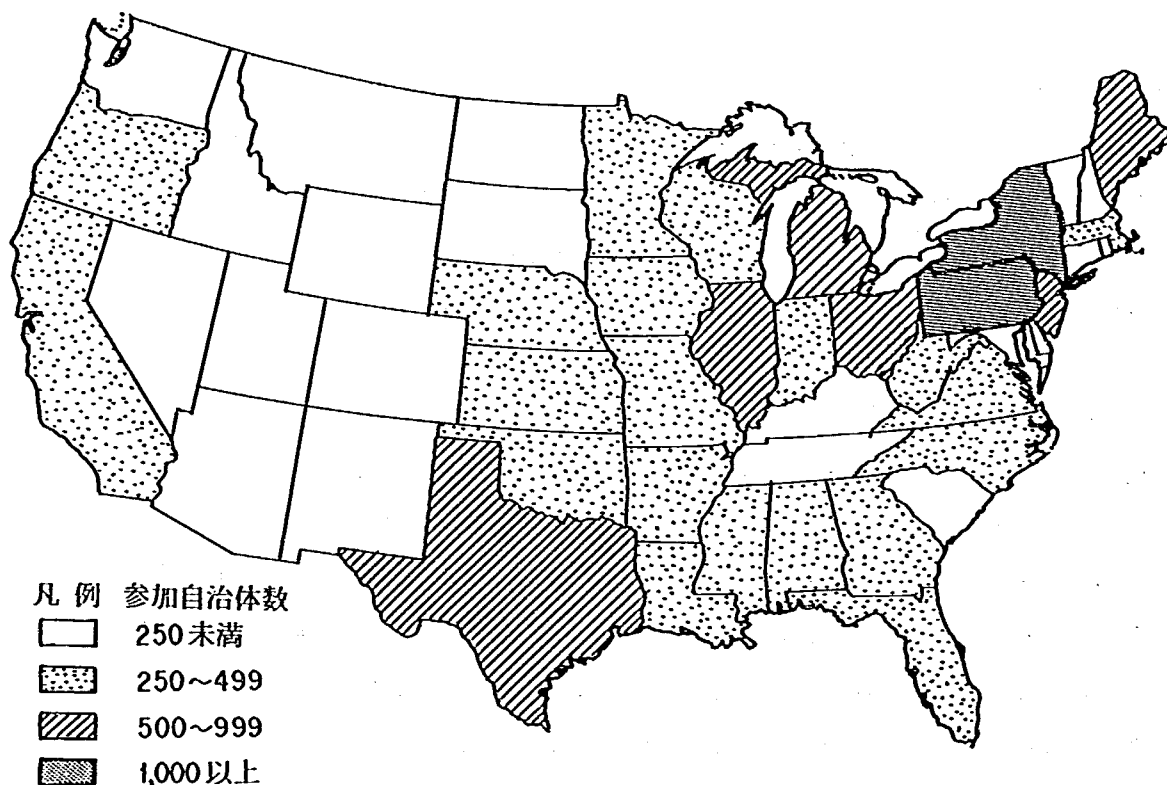


図-24 NFIPの参加自治体数（1989年9月時点）

出典）USGS, National Water Summary 1988-89

時点で特別洪水危険地域に位置する21,926自治体のうち、その8割以上の18,173自治体がNFIPに参画している。参画している自治体の約8割がプログラム修正（1973年）後の5年以内に加入しており、また概して北東部の自治体の加入率が高い。

13.2 2種類のNFIP

NFIPはFEMA（FEMA設立以前は住宅都市開発省）の連邦保険部（Federal Insurance Administration：FIA）によって管理されている。NFIPは洪水保険料率地図（Flood Insurance Rate Map：FIRM）が発行される前後で緊急プログラムと通常プログラムに分類される。

13.2.1 緊急プログラム（Emergency Program）

自治体が「第11章 氾濫原管理」で述べた最低限の氾濫原管理基準を採択すると、緊急プログラムに参画することができる。ただし、当初はFIS（洪水保険調査）が実施された自治体に限定されていた。

緊急プログラムでは連邦補助の料金で限定された保険が提供される。このプログラムに参画した自治体には概略のデータに基づいて特別洪水危険地域（超過確率が $Pr > 1/100$ の地域）を示した洪水危険境界地図（Flood Hazard Boundary Map：FHBM）が与えられ、将来の氾濫原の利用を制限する施策を採択することが義務付けられる。緊急プログラムの際の保険料率は全国的に平均化された料率で、その保険料は通常プログラムの保険料よりも安価である。

13.2.2 通常プログラム (Regular Program)

自治体の要請に基づいてFIA他（例えば工兵隊、地質調査所、土壌保全局、TVA、NOAA、開拓局）が特別洪水危険地域を確定するための詳細な洪水保険調査を行い、その結果を2度にわたって地方紙に掲載する。2回目の公表から90日間は自治体、個人は異議申し立てをすることができる。FIRMが発効された段階で自治体は通常プログラムに移行する資格が与えられる。

1990年11月30日時点で、18,023自治体が通常プログラムに参画し、280自治体が緊急プログラムにとどまっている（小規模な自治体が多い）が、近いうちに全自治体が通常プログラムに移行すると見られている。従って以下の記述は、特に注釈がないかぎり、通常プログラムに関するものである。

13.3 洪水保険の内容

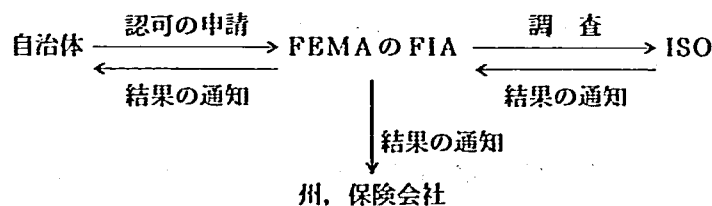
13.3.1 自治体のNFIPへの参画

個人、団体が洪水保険に加入するためには、その資産がNFIPに参画している自治体内になければならない。また自治体は洪水危険性が確認され、洪水危険地図が完成してから1年以内にNFIPに参画するかしないかを選択しなければならないし、参画するためには氾濫原規制法の制定が必要条件となる。一方自治体が自治体格付けシステム (Community Rating System : CRS) に申請することにより、保険加入者は洪水保険の掛け金を減額される場合がある。

13.3.2 CRS

以下の手順に従って、自治体が洪水被害を軽減するために適切な氾濫原管理を実施していると認められた場合に、洪水保険の掛け金の減額率が設定されるもので、1級 (45%)、2級 (40%)、……、9級 (5%)、10級 (0%) の10ランクがある。1990年に導入されたシステムである。

CRSは自治体の洪水被害軽減策により防災体制が強化されると同時に、洪水保険の掛け金が安くなると、個人の加入率が高くなり、更に被害救済が進むという自治体と個人の対策を同時進行させるシステムとなっている。1993年10月現在で706自治体が保険料引き下げ許可を得ている。うち約8割の自治体 (583) が9級の適用となっている。なお4級以上の適用を受けている自治体は現時点ではまだない⁶⁵⁾。



* ISO (Insurance Services Office) とは1,300以上の保険会社で株を所有する非営利団体で、保険会社に依頼されて、CRS申請のレビュー、確認及び計画の改善などを行い、レビューした結果をFEMAのFIAに送っている。

13.3.3 ゾーニング、マッピング

① 氾濫原は大別して次の3種類にゾーニングされる。

- ・特別洪水危険地域 (Special Flood Hazard Areas) $1/100 < Pr$
- ・中庸洪水危険地域 (Moderate Flood Hazard Areas) $1/500 < Pr < 1/100$
- ・最小洪水危険地域 (Minimal Flood Hazard Areas) $Pr < 1/500$

ここで、Pr とは年最大洪水ピーク流量の超過確率を表わす。

洪水危険地域は洪水位の調査法、流域の地形、平均浸水深などにより、9ゾーンに分類される。これらのうち、AからVEゾーンまでの7ゾーンが特別洪水危険地域のゾーニングである。

表-29 洪水危険地域のゾーニング⁶⁶⁾

ゾーン	ゾーンを規定する 洪水位	該 当 す る 特 性			BFE の表示	浸水深 の表示
		地形(地域)	平均浸水深	そ の 他		
A	概略調査に基づく 100年洪水位				×	×
AE	詳細調査に基づく 100年洪水位				○	
AH	同 上		30～90cm		○	
AO	同 上	傾斜地又は 沖積扇状地	30～90cmの 拡散流		○	○ 平均値
A99	概略調査に基づく 100年洪水位	治水施設によ る防御地域			×	×
V	同 上	海岸地域			×	
VE	詳細調査に基づく 100年洪水位	同 上			○	
X	概略調査に基づく 100年洪水位又は 500年洪水位	治水施設によ る防御地域	30cm以下の 拡散流	流域面積が 2.56km ² 以下 の地域	×	×
D	未調査だが、洪水 の危険性がある				×	×

注) ・BFEとはBase Flood Elevationの略語で、特別洪水危険地域内のFlood (way) Fringeにおいて盛土等によるサーチャージが発生する前の100年確率洪水位(基準洪水位)を表わす

・新規の、または改訂された地図ではV1-30地区はVE地区に、A1-30地区はAE地区に、B及びC地区はX地区に含まれている

② マッピング⁶⁷⁾

洪水保険料率地図(FIRM)の公表は保険料率を住民に周知するのほもとより、洪水の危険性を喚起し、防災意識を高揚させるものである。FIRMの諸元は以下のとおりである。

- ・年最大洪水ピーク流量に基づく100年洪水位(場合によっては500年洪水位も併記)で浸水する地域その他、ゾーン名、洪水位、浸水深、主要な建物が表示されている。計算精度は±15cm程度である。
- ・地図の縮尺は1/4,800, 1/6,000, 1/9,600, 1/12,000, 1/24,000の5通りで、このうち1/6,000, 1/12,000, 1/24,000の縮尺の地図がよく用いられる。

NATIONAL FLOOD INSURANCE PROGRAM

FIRM FLOOD INSURANCE RATE MAP

CITY OF
TULSA, OKLAHOMA
TULSA, OSAGE AND
ROGERS COUNTIES

PANEL 35 OF 100

(SEE MAP INDEX FOR PANELS NOT PRINTED)

COMMUNITY-PANEL NUMBER
405381 0035 E

MAP REVISED:
OCTOBER 15, 1982



Federal Emergency Management Agency

KEY TO MAP

500-Year Flood Boundary	—————
100-Year Flood Boundary	—————
Zone Designations* With Date of Identification e.g., 12/2/74	
100-Year Flood Boundary	—————
500-Year Flood Boundary	—————
Base Flood Elevation Line With Elevation In Feet**	~~~~~513~~~~~
Base Flood Elevation in Feet Where Uniform Within Zone**	(EL 987)
Elevation Reference Mark	RM7x
Zone D Boundary	—————
River Mile	•M1.5

**Referenced to the National Geodetic Vertical Datum of 1929

*EXPLANATION OF ZONE DESIGNATIONS

ZONE	EXPLANATION
A	Areas of 100-year flood; base flood elevations and flood hazard factors not determined.
A0	Areas of 100-year shallow flooding where depths are between one (1) and three (3) feet; average depths of inundation are shown, but no flood hazard factors are determined.
AH	Areas of 100-year shallow flooding where depths are between one (1) and three (3) feet; base flood elevations are shown, but no flood hazard factors are determined.
A1-A30	Areas of 100-year flood; base flood elevations and flood hazard factors determined.
A99	Areas of 100-year flood to be protected by flood protection system under construction; base flood elevations and flood hazard factors not determined.
B	Areas between limits of the 100-year flood and 500-year flood; or certain areas subject to 100-year flooding with average depths less than one (1) foot or where the contributing drainage area is less than one square mile; or areas protected by levees from the base flood. (Medium shading)
C	Areas of minimal flooding. (No shading)
D	Areas of undetermined, but possible, flood hazards.
V	Areas of 100-year coastal flood with velocity (wave action); base flood elevations and flood hazard factors not determined.
V1-V30	Areas of 100-year coastal flood with velocity (wave action); base flood elevations and flood hazard factors determined.

図-25 FIRMの事例 (オクラホマ州 Tulsa) その1

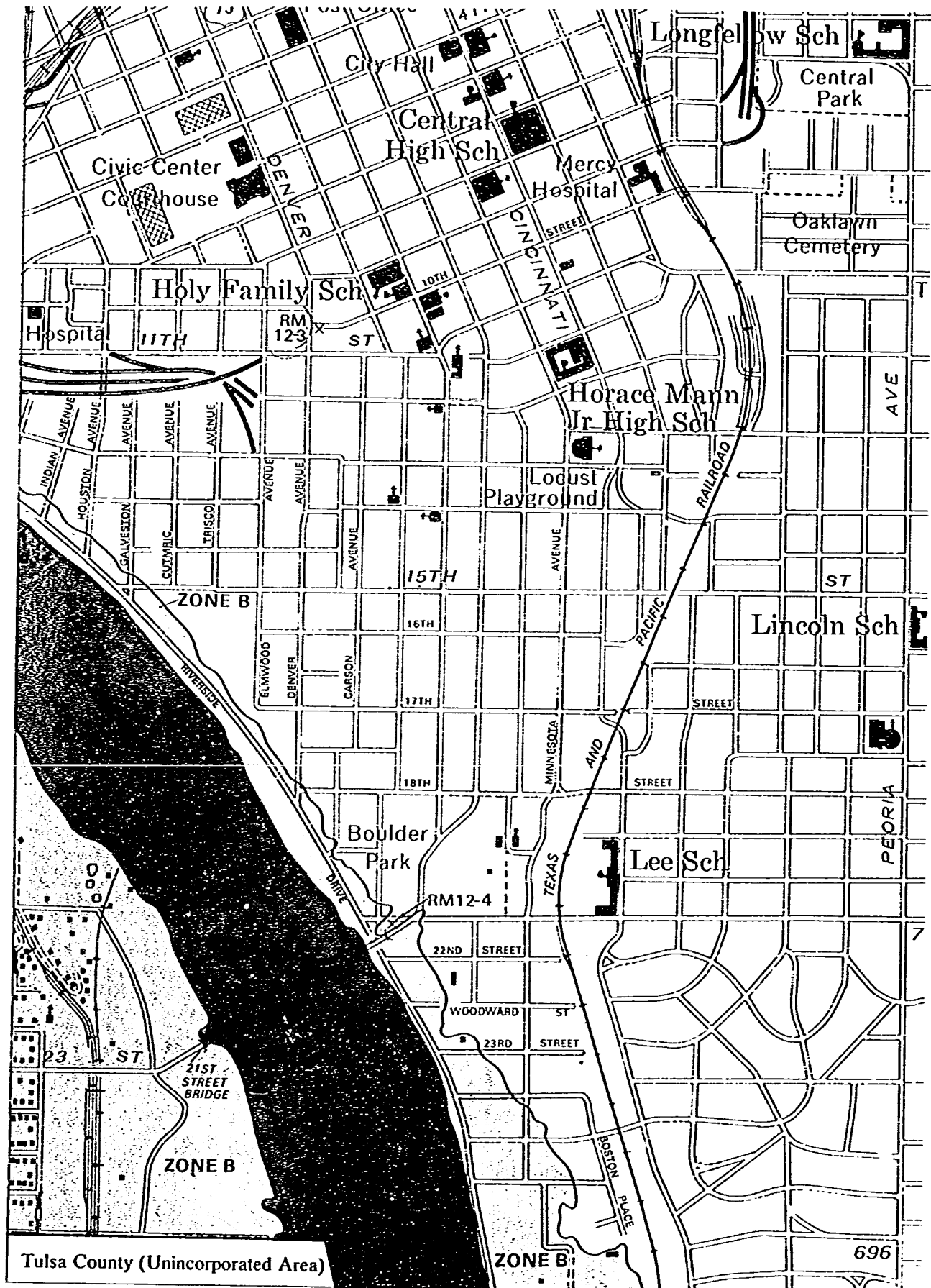


図-25 FIRMの事例（オクラホマ州Tulsa）その2

- ・地図はFEMA, 工兵隊, 土壤保全局, TVA, 地質調査所他が作成し, FEMAが発行している。
- ・1990年9月30日時点で18,638枚のFIRMが公表されている。その内訳は251枚が緊急プログラム, 15,904枚が通常プログラム, 2,483枚が未加入自治体用の地図である。
- ・地図に示された浸水位の精度は±15cmであるが, 州や地方政府ではこれより精度の高い地図を作成している所も多い。

* 水資源審議会は病院, 療養所, 緊急サービス施設, 危険物質の貯蔵所のような緊急活動に関与している施設のある地域には500年洪水位を示すよう要求している⁶⁹⁾。

13.3.4 個人の保険への加入

NFIPに参画している地方自治体内にある建物・資産の所有者(借家人を含む)すべてが洪水保険に加入することができる。

また, A, Vゾーン内の建物を購入, 改良または建設する際は加入が義務付けられる場合がある。例えば貸付機関が抵当ローンの取り決めに先立ち加入を義務付けたり, 連邦に関係する財政援助(災害救助等)を受ける条件として加入を義務付けたりすることが法律で要求されている。

13.3.5 保険の対象となる資産⁶⁹⁾

① 建物

主要部分が地表面上にあり, 壁と屋根のついたあらゆるタイプの建物(プレハブ住宅を含む)が対象となる。ただし水上や主に地下にある建物及び地下室, トレーラーハウス, 貯蔵タンクなどは対象外である。

② 建物内の資産

洪水保険の対象となる建物内の資産にも保険をかけることができるが, 土地, 作物, 家畜, 自動車, 飛行機, 露天の機械・設備, 灌木, 動物, 鳥, 魚などの資産は対象外である。

13.3.6 洪水保険料

様々なタイプがあり, 保険料を示すのは難しいが, 850万円の補償に対して, 年間3万円の保険料(建物+資産)を支払うのが最も標準的な洪水保険である(アメリカにおける物価は日本の1/2~1/3なので, 割高感がある)。保険料を決定するファクターは保険金額, 建物の所在地, 築年数, 家族の人数, 建物のタイプ, 更に特別洪水危険地域の場合, 建物のある地点の標高が含まれる。

保険料を決定する手順は以下のとおりである。

1) 建物の使用状況の確認

- ・住宅用, 非住宅用, 商業用
- ・1世帯用, 2~4世帯用, その他

2) FIRMにより建物の所在する洪水危険ゾーンを決定する

3) 保険が請求された数量の確認

4) 建物のタイプの確認

- ・建物が固定されているかどうか
- ・一戸建、アパート、分譲マンション

5) 建物の担保あたりの年間費用（料率）の決定

6) 建物内資産

7) 控除割引、CRS割引の適用の確認

8) 必要経費（保険証書作成費、連邦政策料など）の加算

FEMAが発行したパンフレットには、いくつかのタイプの保険に対する保険料が示されている。

表-30 洪水保険の保険料

単位：百円

年間の 洪水保険料	補償額（地下室あり）		年間の 洪水保険料	補償額（地下室なし）	
	建物	資産		建物	資産
100	20,000	5,000	75	20,000	5,000
125	30,000	8,000	100	30,000	8,000
150	50,000	12,000	125	50,000	12,000
165	75,000	18,000	140	75,000	18,000
175	100,000	25,000	150	100,000	25,000

13.3.7 担保額の限度額

限度額はプログラムまたは建物の使用状況により異なる。なお建物内資産の限度額は1ユニットあたりの金額である。標準的な通常プログラムの1世帯住宅では、建物の限度額が1,850万円、建物内資産が1ユニットあたりで600万円である。

表-31 担保額の限度額

単位：万円

区別	建物のタイプ	建物	建物内資産
緊急プログラム	1世帯住宅	350	100
	他の住宅	1,000	100
	非住宅	1,000	1,000
通常プログラム	1世帯住宅	1,850	600
	(2~4)世帯住宅	2,500	600
	他の住宅	2,500	600
	商業用建物	2,500	3,000
	他の非住宅	2,000	2,000

13.4 洪水保険の問題点

洪水保険の目的の一つは特別洪水危険地域における開発の抑制であるが、実際には1968年の国家洪水保険法の制定以降、特別洪水危険地域内の建物は約40%増加（全米では約50%）し、氾濫原と知っていて居住している人も多く、そうした目的とは逆の現象のためにも保険の普及は重要となってきた。

① 自治体の加入率は高まったが、個人の加入率は依然として低い。特別洪水危険地域内の約17%の建物（全米で約260万人相当）にしか保険がかけられていない。普及しない理由は

- 1) 1974年以来、洪水保険に対する連邦政府からの補助金が削減されたために、保険料率が数回にわたり引き上げられた。特に1980年代前半に保険料率は数10%の割合で3回にわたり引き上げられた
- 2) 特に通常プログラムへの移行に伴い、保険料が高くなった
- 3) 建物を抵当として融資を受ける場合、金融機関から洪水保険に加入することを要求されるが、融資が返済されると、加入する必要がなくなり、保険をキャンセルしてしまう人が多い。
- 4) 特別洪水危険地域に居住していても、これまで洪水被害にあったことのない住民は洪水危険意識に乏しい。地域外の居住者はなおさらである。
- 5) 保険の更新期に更新を怠ってしまう。
- 6) 保険に加入していなくても被災すれば、災害援助を受けられるという期待感がある。

などのためである。

* 3), 5) に対しては議会に「銀行に対する罰則規定を含んだ法案」が提出されている。この法案は家屋の所有者が洪水保険を購入しなかった責任として、銀行に保険金の支払いを肩代わりさせるというものである。

② 洪水保険に加入している人は特別洪水危険地域 ($Pr > 1/100$) 内の居住者が多く、今後大水害で被災する可能性のある特別洪水危険地域外の居住者も保険の購入が必要にする

③ 更に現在保険の対象となっていない地下室も対象に加え、購入層を拡大するように努める

④ 最低限の氾濫原管理基準のなかに雪氷による閉塞、フラッシュ・フラッド、海岸域での氾濫、海岸侵食、泥流、地すべり、沖積扇状地、湖面変動、安全でない堤防背後の地域、安全でないダム下流の地域のような危険性の高い洪水問題のための管理テクニックも含める。

⑤ 自治体格付けシステム (CRS) などにより、自治体の氾濫原管理に関する努力は認められるが、例えば個人が洪水被害軽減のために建物を耐水化したとしても、洪水保険料は変わらないため、個人の防災に対する貢献が認められるシステムとなっていない。

⑥ 洪水被害を被って保険金を受け取っても多少の修理で済ませることにより、再度被害を被った場合に、多額の保険金を入手するなどして、洪水保険を悪用している人もいる。これは建物の改築は全体の50%以下だと許可が不要なため、前回被った被害を新たに被った被害であると偽って、保険金を多く入手するものである⁷⁰⁾。

* 同様な保険として1938年に開始した作物保険 (Crop Insurance) がある。この保険プログラムは農務省の Federal Crop Insurance Corp. によって管理され、現在全米の約40%の作物に保険が

かけられている。対象としている被害は害虫、病気、火災、ひょう、干ばつ、洪水、霜、風害による被害である。1980年までは被災農家に資金の供与、貸付による災害援助を行うだけであったが、1980年連邦作物保険法の制定によりその範囲が広がり、多くの作物、3千以上の郡に適用されるようになった。

- * 民間保険会社が提供している保険がカバーする災害は大体強風、またはひょうなどによる被害である。また車の保険では総合的な補償に入っていれば、洪水被害に対して保険金が支払われる場合がある。ちなみに、これまでの災害において民間保険会社に対して請求された保険金額は以下のとおりであり、ハリケーンによる被災が民間の保険によりカバーされているのとは対照的に、洪水による被災は国家洪水保険プログラムにより多くが運営されているため、民間の保険に依存していない。

表-32 民間保険会社への保険金請求額

年	災 害 名	被 害 額	請 求 額
1989	ハリケーン Hugo	7,000億円	4,200億円
1989	ロマ・ブリエタ地震	4,000億円	960億円
1992	ハリケーン Iniki	1,700億円	1,600億円
1992	ハリケーン Andrew	2～3兆円	1.6～1.8兆円
1993	ミシシッピ川水害	1.1兆円以上	1,000億円以内

出典) 新聞 "The Kansas City Star", 1993.9 より

- * 日本において、1991年9月に発生した台風19号水害では死者62名、全壊1,058棟、半壊13,462棟という大きな被害となり、損害保険の支払額は約5,700億円に及び、一国の一災害の支払額としては世界の保険史上で最高額となった。この水害の特徴は台風の上陸時気圧が940hPaと、伊勢湾台風(1959年)や第二室戸台風(1961年)に次ぐ低い気圧であったため、全国の気象台測候所26箇所で観測史上最大の風速を記録するなど、記録的な風台風となった。その結果、全国34道府県で家屋が約14,000棟全半壊した他、高潮により約23,000棟が浸水した。また西日本を中心にして、全国的に風による倒木(杉が多い)の被害が相次いだ。

しかし、1992年にアメリカで発生したハリケーン Andrew による風害、水害は台風19号水害を上回る2～3兆円の被害となり、損害保険による支払額も過去史上最高額を上回る1.6～1.8兆円となった。台風19号による保険金支払額は現在のところ、史上第2位である。

- * ハリケーン Andrew による被災を経験して、1993年ミシシッピ川水害後、同年8月に井上議員により上下院に自然災害防止法が提出された。このなかでは、保険を全ての自然災害(ハリケーン、地震、洪水)を含むプログラムへ発展させる提案がなされている。

14. 治水施設による洪水防御

14.1 概 要

アメリカにおいては地形的に掘込河道が多いのと、1950年代以降の一連の氾濫原管理施策の実施に伴い、今後大規模な洪水防御プロジェクトが実施される可能性は少ないと言われている。しかしながら、ミシシッピ川などのような低平地河川（デルタ河川）における治水施設の重要性は変わっておらず、氾濫原管理のための一戦略としてレビューすることは非常に重要なことである。

日本で見られる様々な治水施設が展開されているのはミシシッピ川ぐらいであるが、ミシシッピ川以外の治水施設も含めて全米における治水施設及びその工法について紹介する。

14.2 洪水防御のメニュー

「第10章 洪水防御手法」で列挙したメニューのうち、沿岸域防御以外のメニューについてとりあげると、以下のとおりである。

- ① ダム、貯水池
- ② 堤防、水制、洪水防護壁
- ③ 水路変更
- ④ 洪水流の分流
- ⑤ 雨水管理
- ⑥ 地表面処理
- ⑦ その他

14.3 ダム、貯水池

アメリカには数多くのダムがあるが、1979年以降その数は微増しているにすぎない。ダムの数については様々な統計があり、日本のダムと比較するのにどの統計が適切なのかは不明なため、いくつかの統計値を示す。

14.3.1 ダムの数、目的

- ① 約110万のダムがあるが、そのほとんどが pond dam（ため池）である
- ② 貯水池容量約6.2万 m^3 以上かつ高さが約1.8m以上、または貯水池容量約1.8万 m^3 以上かつ高さが約7.6m以上のダムが66,000ある
- ③ 政府関係機関が責任を持っているダムは53,167ある（FEMA）

このように数多くのダムが建設されているが、それらのほとんどは洪水調節よりもむしろ、レクリエーション、水供給（生活用水、農業用水）のために建設されたものである。例えば、連邦政府以外の機関が建設した63,341ダムのうち、約1/3にあたる21,890ダムの主目的はレクリエーションである。

14.3.2 ダム災害

これまで数多くのダムが決壊して、大きな災害をもたらしている。主要なダム災害を以下に列挙する。

表-33 大規模なダム災害¹⁾

年	ダ ム 名	被 災 地	死 者 数 他
1889	Dam on South Fork 川	ペンシルベニア州 Johnstown	2,200名
1928	St. Francis ダム	カリフォルニア州 Santa Clara Valley	420名
1963	Baldwin Hills ダム	カリフォルニア州 Los Angeles	5名
1972	Black Hills ダム	サウス・ダコタ州 Rapid City 他	236名
1972	(Coal Waste ダム)	ウエスト・バージニア州 Buffalo Creek	125名, 546戸破壊
1972	Canyou Lake ダム	サウス・ダコタ州 Rapid City	33名
1976	Teton ダム	アイダホ州 Teton	11名, 771戸破壊
1977	Dam on Laurel 川	ペンシルベニア州 Johnstown	40名
1977	Kelly Barnes ダム	ジョージア州	39名



写真-14 Teton ダムの決壊

出典) U.S.G.S., National Water Summary 1988-89

1963年の Baldwin Hills ダムによる災害は死者数は少ないが、ダムの決壊前にその兆候が発見され、迅速な避難活動が行われたために死者数を最小限にできた事例として列挙した。

災害の原因は表-34 に示すように、コンクリートダムの場合、基礎の不良、フィルダムの場合、パイピングや浸透、越流による原因が多い。

表-34 ダム災害の発生原因¹²⁾

	越 流	基礎の不良	パイピング、 浸透	そ の 他
コンクリートダム	29%	53%	0%	18%
フ ィ ル ダ ム	35	21	38	6
合 計	34	30	28	8

注) 1900～1975年のデータで堤頂15m以上のダムを対象としている。

供用年数が長いほど、越流によるダム災害が増加している。

14.3.3 ダムの規制

1928年のカリフォルニア州 St. Francis ダムの決壊災害以来、各州でダム規制が行われた。カリフォルニア州のダム規制がその最初で、その後の他のダムにおける災害に鑑み、数回規制が強化された。また1984年にはその後のダム規制に影響を及ぼす Association of State Dam Safety Officials が組織された。FEMAによれば、連邦政府機関が責任を持っている53,167ダムのうち、調査により被害ポテンシャルが判明しているダムが53,140ある。このうち、ダムの決壊により死者が数名以上で、かつ広範囲の自治体、産業、農業に影響を及ぼすと推定される非常に被害ポテンシャルの高いダムが3,956 (7.4%) がある¹³⁾。

14.4 堤防、水制、洪水防護壁

14.4.1 堤防 (Levee)

規模、延長で見て日本の連続堤と同様な堤防が建設されているのは、ミシシッピ川下流域である。歴史的に見て、ミシシッピ川の堤防の記録は1717年まで遡ることができる。

現在、全米には約4万kmの堤防と洪水防護壁が建設されている。このうち、大河川については工兵隊

表-35 ミシシッピ川下流域における堤防の変遷

年	高 さ	敷 幅	断 面 積	延 長
1717	1.2 m			
1727				1.6 km
1735				67 km
1803				160 km
1858	2.4 m以上			3,200 km
1882	2.7 m	16.2 m	25.2 m ²	
1896	4.7 m	36.7 m	88.4 m ²	
1914	7.3 m	61.0 m	228.1 m ²	
1928	8.2 m	79.3 m	338.6 m ²	
現在	9.3 m	96.0 m	460.4 m ²	

出典) MRC and Corps, Levees on the Lower Mississippi /
玉光他, 新体系土木工学74, 堤防の設計と施工

が約1.8万km、中小河川については国土保全局が約1.7万kmの堤防（水路を含む）を築堤してきた。ミシシッピ川には本川沿いに約3,540kmの堤防（うち約2,590kmが本川堤で、残りはアーカンソー川やレッド川の南側堤防）があり、そのうち約2,590km（73%）は設計洪水位に対応したものである。アーカンソー川右岸の Pine Bluff からミシシッピ川本川を経て、河口のルイジアナ州の Venice まで続く堤防は世界一長い連続堤で960km以上ある⁷⁴⁾。実に利根川本川の3倍の距離で堤防が延々と続いている。日本と同様、時代とともに嵩上げが行われ、下流域では高さは最高12m以上、平均7～8mである。区間によっては1.6kmあたりの土量が38万m³の区間もある⁷⁵⁾。

堤防の建設は西部17州とテネシー川流域を除いて、主として工兵隊により行われているが、建設した堤防の維持は Local Interests、維持のための定量的な調査は Local Levee District と Drainage District が行っている。法勾配は川表が（3～5）割、川裏が（4～7）割と緩い。築堤土砂は高水敷の Borrow Pit（堤防と平行に掘られた溝）からとる。Pit にはやがて樹木が繁茂し、洪水から堤防を保護するバリアとなる。

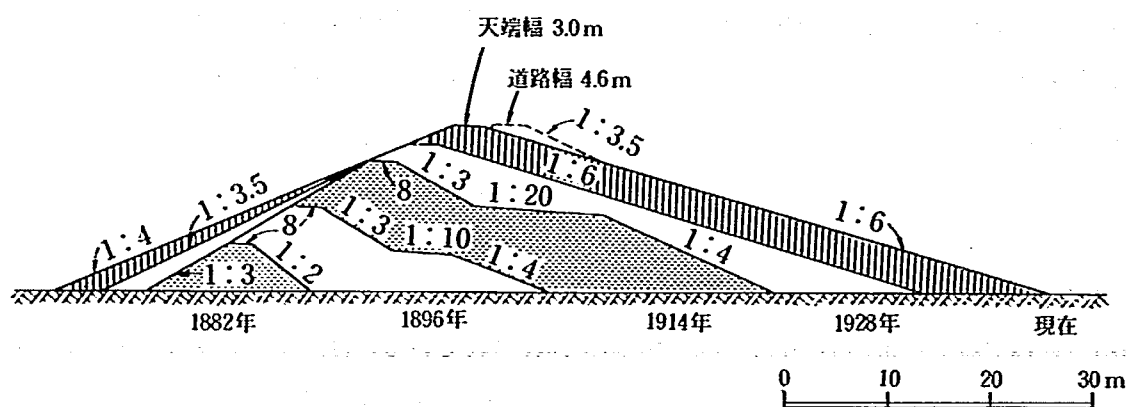


図-26 ミシシッピ川の堤防断面図

出典) 玉光他, 新体系土木工学74, 堤防の設計と施工, 1991

堤防の保護工としては、以下の3通りの工法がある⁷⁶⁾。

① 洪水による湾曲部（高水敷の水中部）の侵食に対して

水中部は可とう性のコンクリート・マットレス（経済的工法として古タイヤを利用する場合もある）からなる護岸で保護し、水上部はアスファルト、コンクリートまたは捨て石でおおう。

*コンクリート・マットレスは1ブロックが1.2m×7.6m×7.6cm（厚さ）で20ブロックで1ユニットとなっている。堤防にアンカーしたワイヤにつなげてから、徐々に水中部におろして敷いていく

② 風、船舶の波浪による堤防前面の侵食に対して

堤防と平行に堤防から一定の距離において石積みの水制（Rock dike）を設け、波浪が堤防を直撃しないようにする。水制と堤防との間には、やがて河川が運んできたシルトなどの土砂が沈積堆

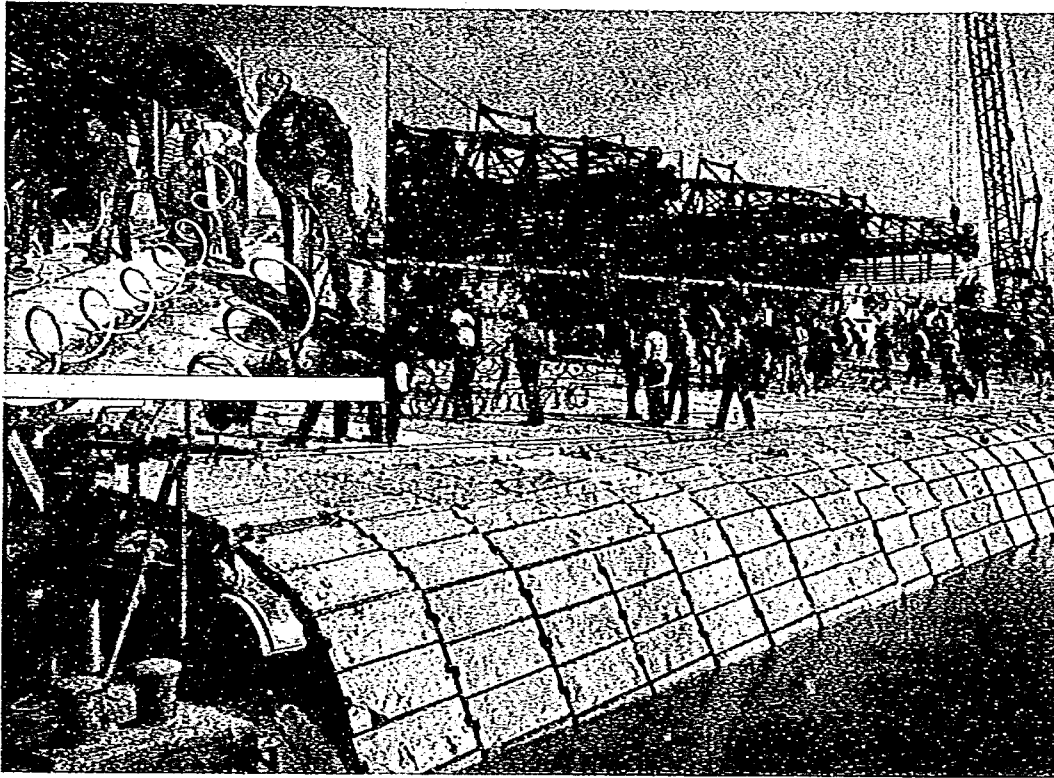


写真-15 コンクリート・マットレスの敷設状況

出典) MRC and Corps, The Mississippi River Commission
— An American Epic —

積して堤防を保護するようになる。

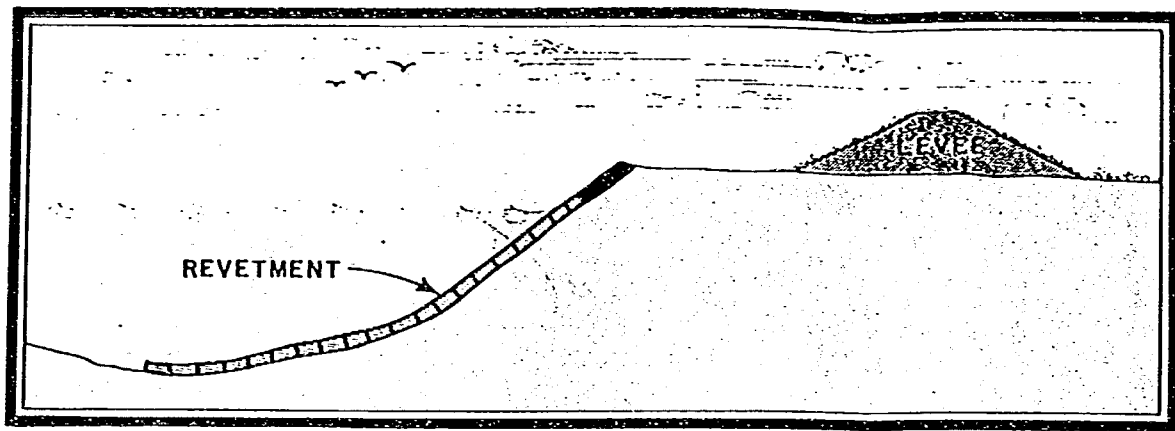
③ 堤防の侵食に対して

堤防が洪水波により侵食されないように、川表をアスファルトやコンクリートでおおってしまう

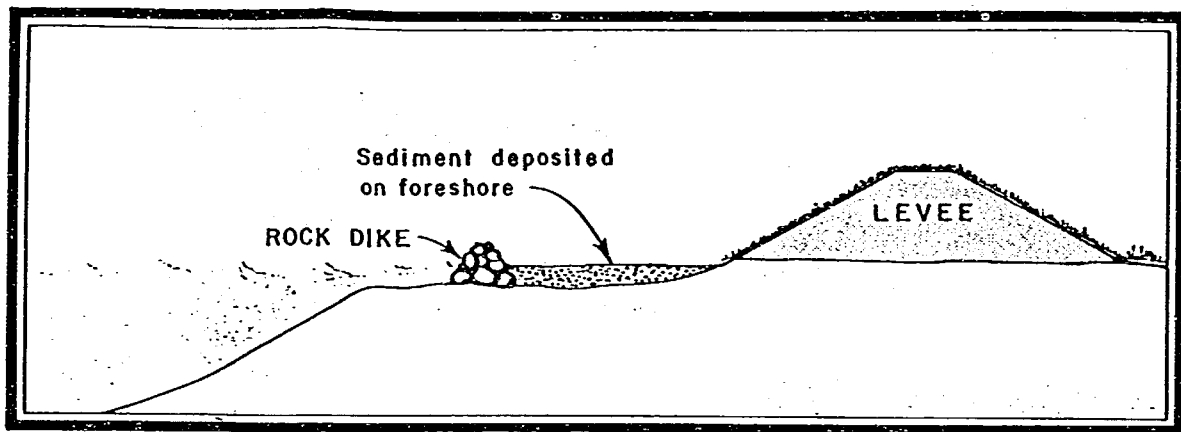
* 侵食問題を抱えている堤防・河岸の延長は約92万km（特に重大な問題となっているのは約23万km）で侵食の約78%がミシシッピ川本川西側流域の河川の河岸で発生している⁷⁹⁾。

* ミシシッピ川においては洪水が長期間継続するため、漏水による被害も多い。特にパイピングは多く、洪水後には数多くの噴出した土砂によるボイリングの跡が見られる。パイピングは堤体基礎地盤の表層に半透水性の地層があり、その下が厚い砂・礫層からなる地域で多く発生する。MRCではパイピング防止のために堤外地にブランケット、堤内地に裏法押さえ盛土を設ける基準を作成した⁷⁸⁾。

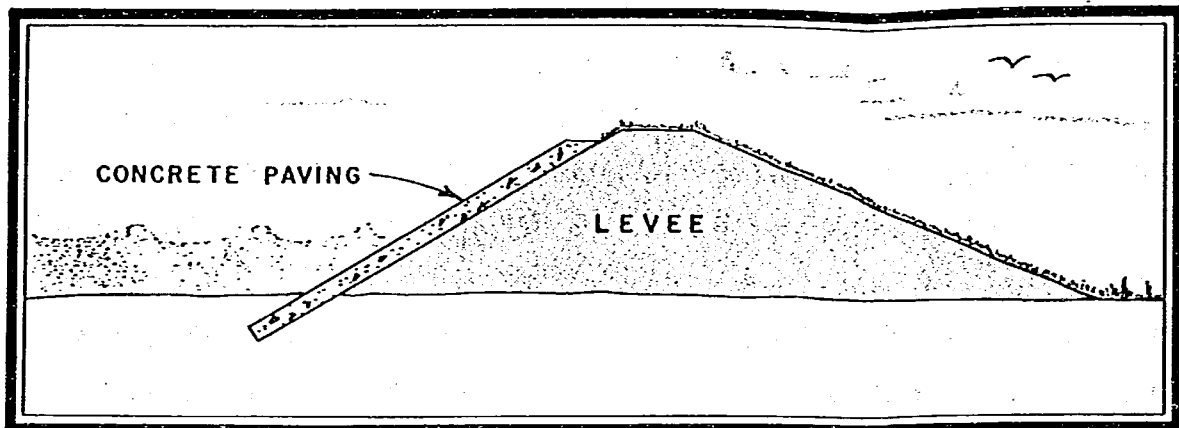
* 日本の場合、堤防の余裕高は洪水時の風浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇や巡視・水防のための安全確保、流木等流下物への対応などのために設けられ、計画高水流量が増加するとともに余裕高も大きくしている。一方アメリカにおいては、堤防の余裕高は計画高水位の精度、河床変動等に対する余裕であり、最低余裕高は通常約90cmである。堤外地に構造物があり対岸の堤防まで30m以内の場合、また流れが阻害されている区間には更に約30cmの追加が要求される⁷⁹⁾。



BANK REVETMENT



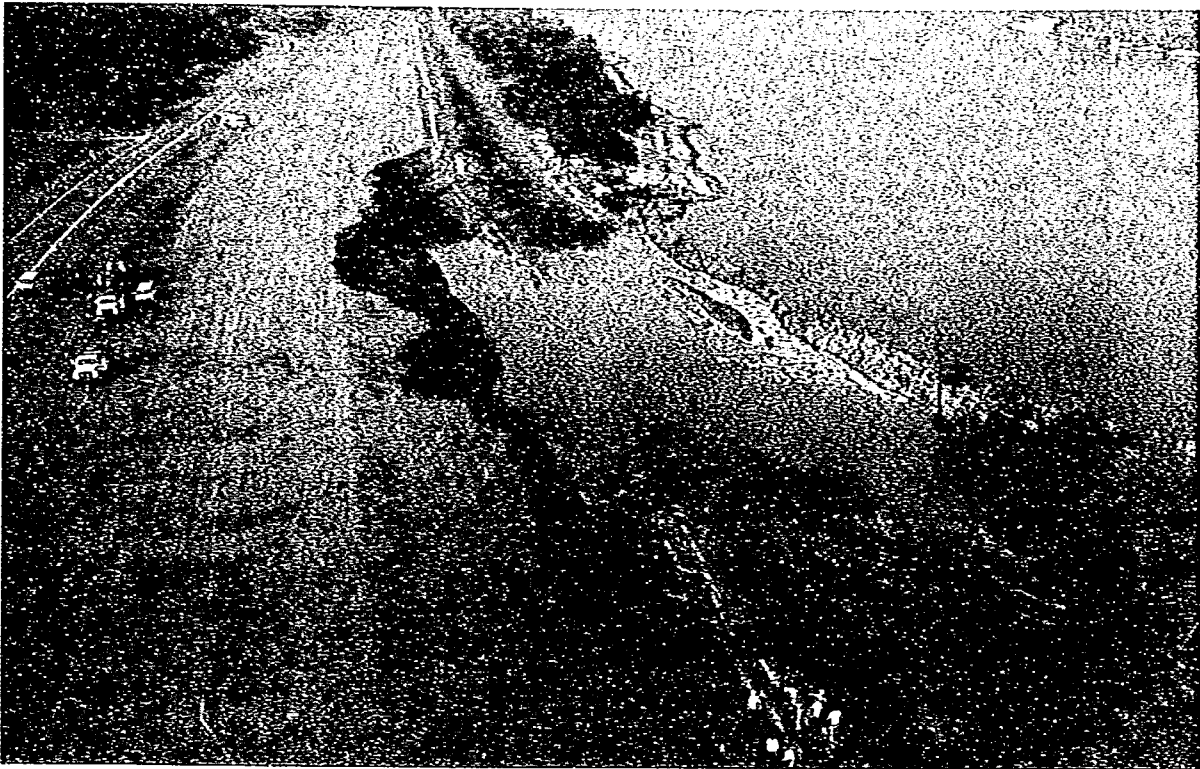
FORESHORE DIKE



LEVEE PAVING

図-27 堤防の保護工

出典) Corps, Levees on the Lower Mississippi, 1970



写真－16 堤防の侵食事例

出典) MRC and Corps, The Mississippi River Commission
— An American Epic —

14.4.2 水制 (Dike)

Dike とは洪水を閉じてめる施設を表す一般的な用語で、広い意味では levee, floodwall も dike の一種とみなされている⁸⁰⁾が、通常は水制の意味で使われることが多い。水制が設置される目的は、次の3つである。

- ① 水流を適切な方向へ導く
- ② 河道の安定 (流路の固定)
- ③ 洪水疎通、舟運のために適切な河道幅、水深を維持する

通常石積みで、堤防から垂直方向に築かれることが多いが、堤防の保護工として堤防と平行に築かれる場合もある。何れも洪水流の障害とならないよう、高さを低くおさえている。

14.4.3 洪水防護壁 (Floodwall)

都市域において堤防近くまで住宅や商業地が密集している場合、堤防を嵩上げするための堤防敷幅を確保することが困難なので洪水防護壁を用いる。経済性から見ても、建物を移転させて土堤を築くよりも経済的である。

セントルイスには高さ約 5 m、延長約 11 km の鉄筋コンクリート製の洪水防護壁が堤防の代わりとして建設されている。ミシシッピ川下流の左支川 Yazoo 川にも高さ約 (5 ~ 7) m の同様の洪水防護壁があり、壁には既往洪水位 (1927, 29, 37 年など 8 洪水) 及び予想洪水位 (1927 年と同規模の洪水が発生し、

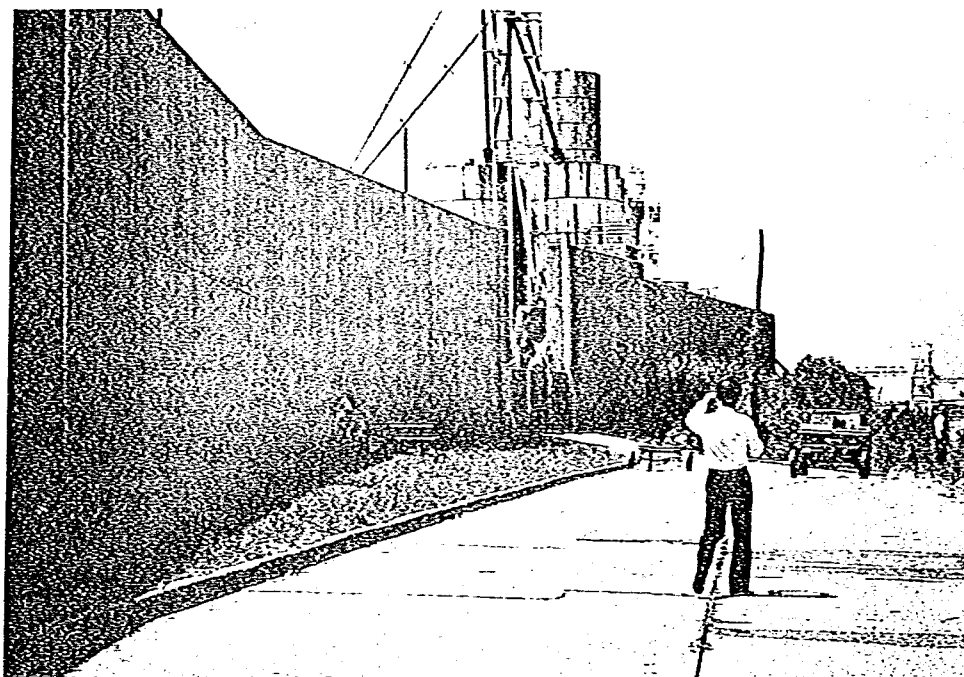


写真-17 Yazoo川の洪水防護壁 (1)

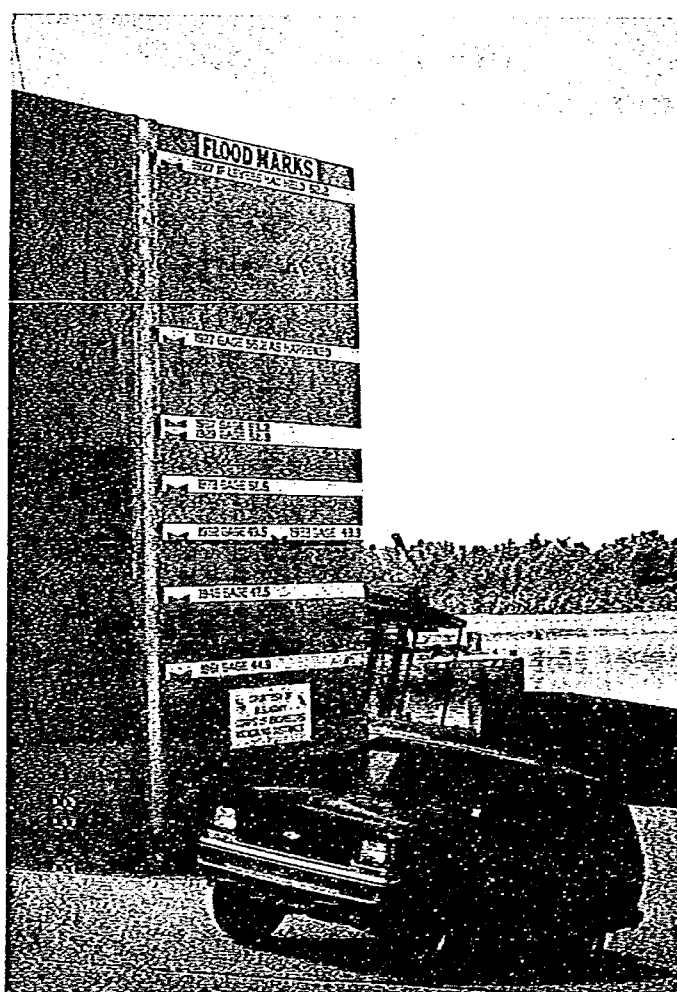


写真-18 Yazoo川の洪水防護壁 (2)

かつ洪水防護壁がある場合の水位) が示されている。角落としては木製の板がはめられるようになっている。一方、ニューオリンズには堤防の背後地に堤防と同じ高さの洪水防護壁があり、洪水が堤防を越水したとしても、一時的に防御できるようになっている。アクセス用にあけられたスペースは鋼鉄製の扉（主にスライド式）で閉鎖することができる。

洪水防護壁の構造は6タイプある⁸¹⁾。

- ① 単純梁&鋼矢板タイプ
- ② 重力タイプ

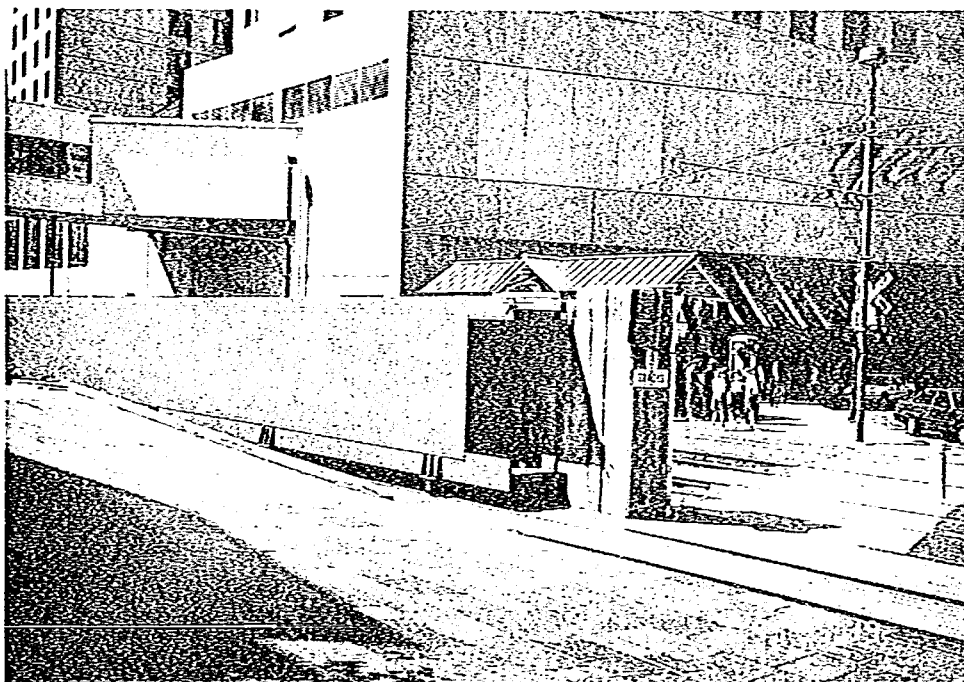


写真-19 ニューオリンズの洪水防護壁

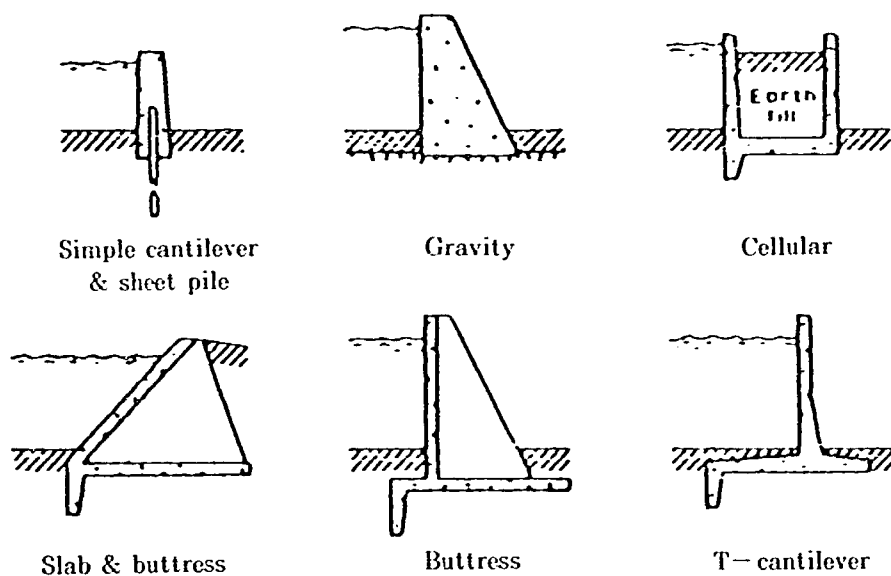


図-28 洪水防護壁のタイプ

- ③ セルラータイプ
- ④ スラブ&バットレス・タイプ
- ⑤ バットレス・タイプ
- ⑥ T型梁タイプ

このうち、⑥のT型梁タイプ（正確には逆T型梁タイプ）が最もスペースをとらないのでよく用いられる。

特徴的な洪水防護壁として、アイオワ州の Bettendorf に折りたたみ式の洪水防護壁がある。これは高さの高い土堤により河川景観が悪化しないように、また河川敷に設置された公園とマッチするように、景観に配慮して設けられた施設である。これは通常時は高さが1.2mのコンクリート壁で、河川水位の上昇に伴い、更に1.1mのコンクリート壁、1.1mのアルミパネルが嵩上げされ、最高3.4mの洪水にまで対応することができる。

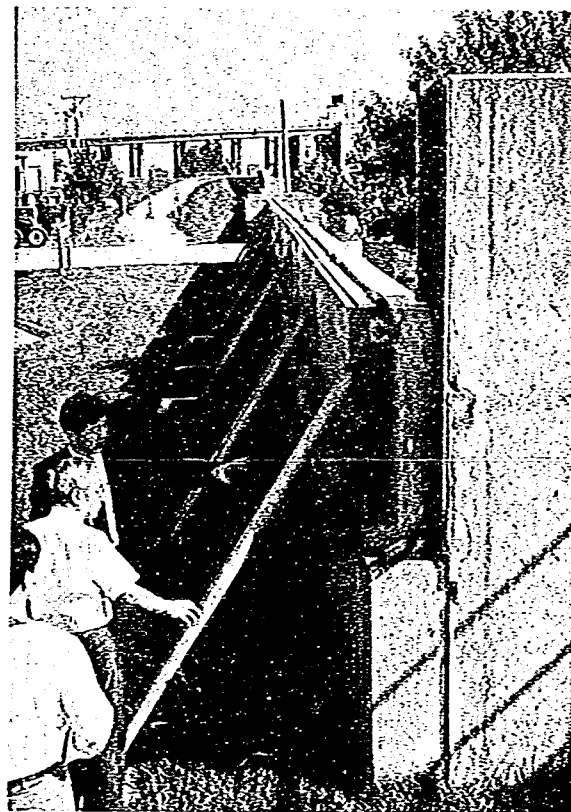


写真-20 折りたたみ式洪水防護壁
(アイオワ州 Bettendorf)

14.5 水路変更 (Channel Alteration)

水路変更とはショートカット及び拡幅・浚渫などによる河積確保のことである。目的は流下能力を増やすとともに、洪水位を下げることである。

ショートカットは古くは1831年に Henry Shreve により Old 川において実施された。例えば、ミシシッピ川においては特に蛇行の著しい区間については1930年代及び1940年代の前半に16箇所他(計274

km) で実施された。各々の河道には特有の河道特性があり、ショートカットした区間で元の特性に戻ろうと再蛇行を始めている区間もある。ワシントン州の Walla Walla 川がその顕著な例である⁸²⁾。

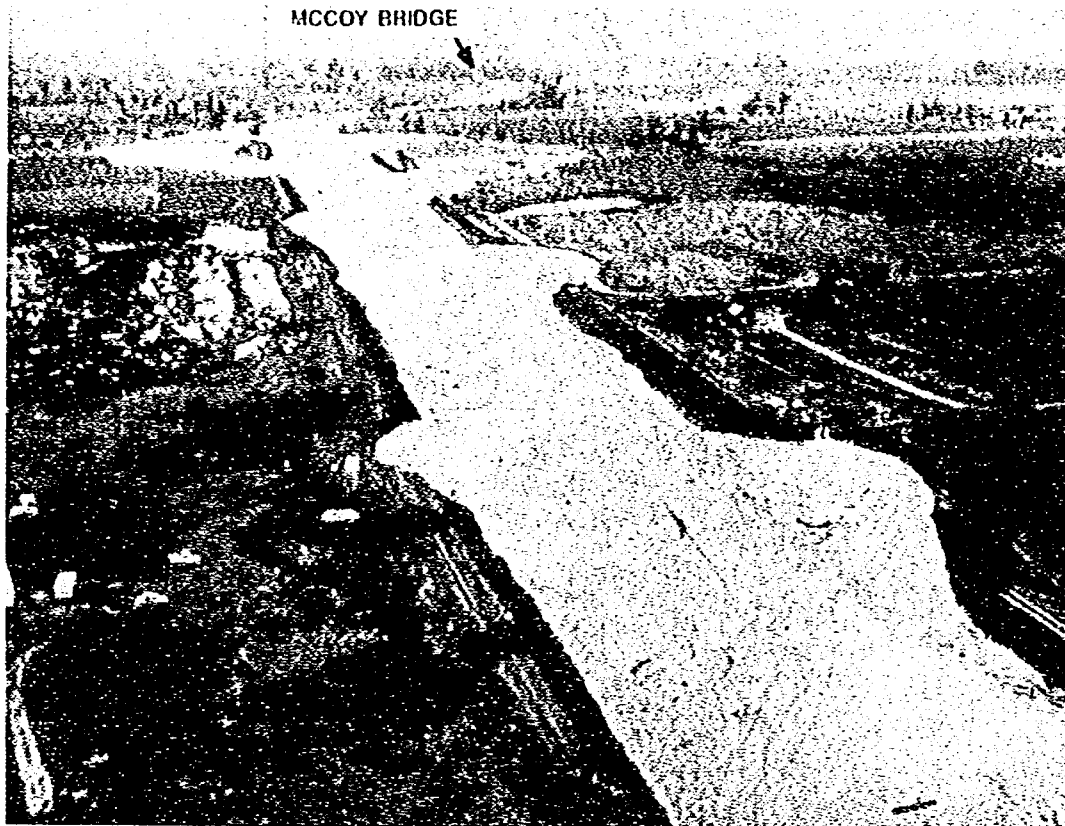


写真-21 Walla Walla 川における再蛇行

しかし、近年ショートカットや拡幅などにより、従来河道でなかった区間が河道になると、自然や生態系に大きなインパクトを与えるという理由でこの工法は見直されてきている。最近では河道は直線の線形ではなく緩く湾曲させた線形を採用したり、コンクリートで水路を覆うのではなく、自然の植生やリップラップ（捨て石）を採用し、魚や野生生物の生息、水質の維持を図っている。

14.6 洪水流の分流 (High Flow Diversion)

High Flow Diversion とは Floodway または Spillway のことであるが、日本で言う放水路、遊水地を意味する。ミシシッピ川下流域にある大規模放水路、遊水地について説明する。

14.6.1 放水路

放水路と言っても、対岸の堤防が見えないぐらい幅の広いもので、ミシシッピ川下流域に3箇所設けられている。最も大規模な放水路は Morganza Floodway で幅約 8 km、設計流量約 17,000 m³/s である。放水路内は市場価格の 90% の価格で地役権が設定され、居住は禁止されている。1955 年に完成したが、1973 年洪水のときにしか利用されていない。

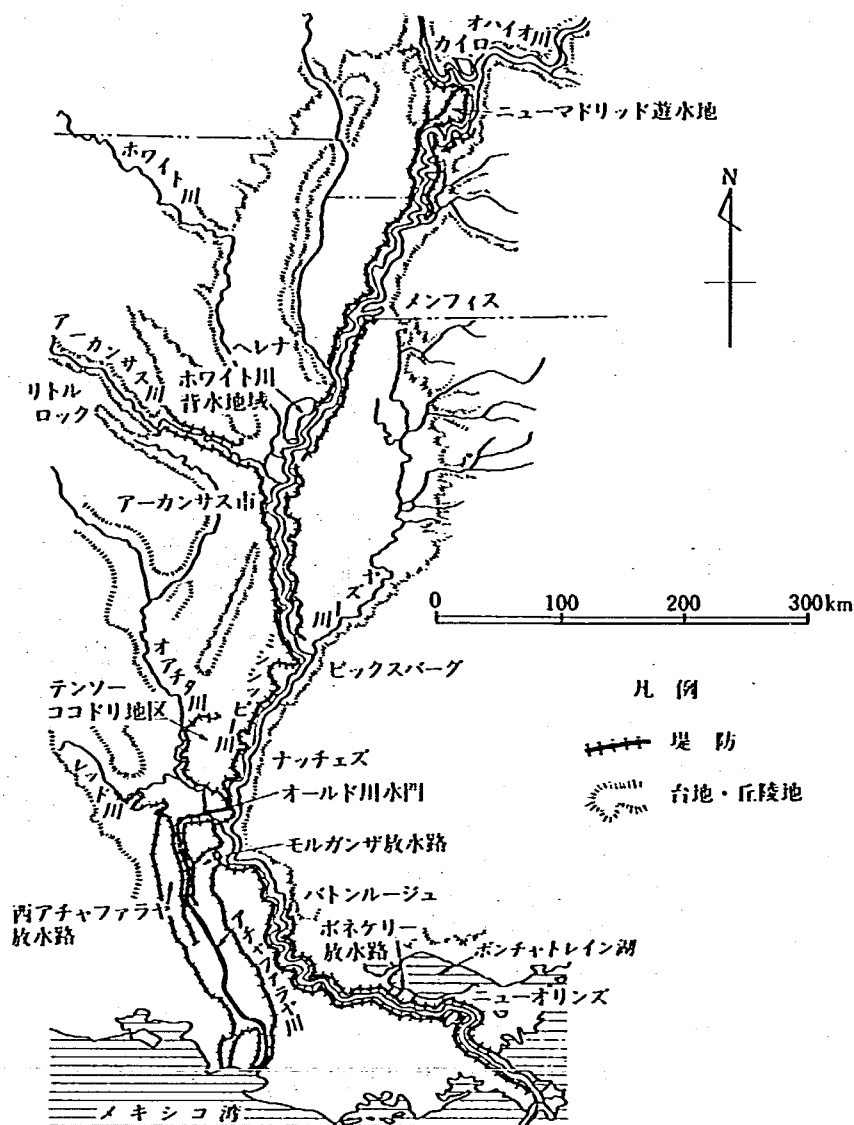


図-29 ミシシッピ川下流域における治水施設
出典) 玉光他, 新体系土木工学74, 堤防の設計と施工, 1991

表-36 ミシシッピ川下流域における放水路, 遊水地

名 称	完成年	使用実績	諸元及び設計流量	目 的
Birds Point-New Madrid 遊水地		1937	幅5~16km, 長さ56km 15,600 m ³ /s	ミシシッピ川, オハイオ川の洪水を一時貯留する。Cairo市の防御
West Atchafalaya 遊水地		未使用	幅10km, 長さ241 km 7,100 m ³ /s	オールド川, レッド川の洪水を一時貯留する
Morganza 放水路	1955	1973	幅8 km 17,000 m ³ /s	本川洪水をアチャファラヤ川へ分流する
Bonnet Carre 放水路	1936	'37, '45, '50, '73 '75, '79, '83	幅2.4~3.2 km 7,100 m ³ /s	本川洪水をボンチャトレイン湖を通じて, メキシコ湾へ分流する
Wax Lake 放水路	1942	—	幅91m~122 m 8,500 m ³ /s	アチャファラヤ川の洪水をメキシコ湾へ分流する

なぜ利用頻度が少ないのかを担当者に質問したところ、「通常はレクリエーションや農地などに利用され、また多くの動植物が生息しているので、洪水流下に伴い自然、生態系に悪影響を与えないため、(Bonnet Carre Spillwayを除いて) 相当大きな洪水がこない限り洪水を分流させない」という答えがかえってきた。日本ならば、治水施設を治水のために使うのは当たり前であるが、アメリカではたとえ治水施設であっても環境に配慮して施設を利用するという環境重視の姿勢が感じられた。

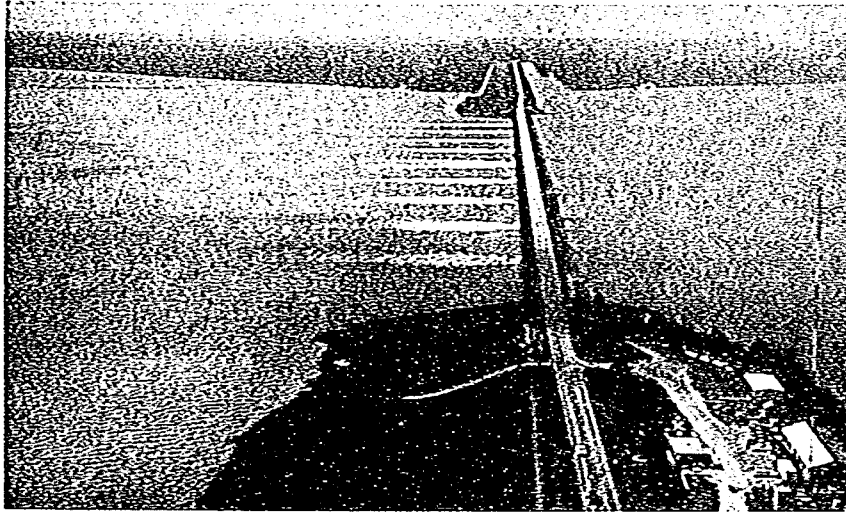


写真-22 Morganza 放水路

14.6.2 遊水地

ミシシッピ川下流域には2箇所の遊水地がある。オハイオ川（中流域より下流の流量を支配している）の洪水を一時貯留する Birds Point-New Madrid Floodway には3箇所の流入箇所と2箇所の排水箇所があり、遊水地内には2, 3千人の農民が居住している。一方、Old川、Red川の洪水を一時貯留する West Atchafalaya Floodway は政府の永久放流権が保証されている。今のところ、使用実績はない。

* 洪水時に分流を開始させる順序は以下のとおりである。

- ① Bonnet Carre Spillway
- ② Morganza Floodway
- ③ Birds Point-New Madrid Floodway
- ④ West Atchafalaya Floodway

14.7 雨水管理

洪水ピーク流量を減少させるには、雨水流出を少なくする、または流出するまでの時間を長くすることが必要である。雨水管理は地方政府の責任と権限で実施されるものであり、都市域の自治体では土地開発条例を制定して流出抑制を行っているところもある。実施されている典型的な雨水管理は以下のとおりである。

- ・数多くの規制が新規に開発プロジェクトを実施する場合、流出増ゼロになるよう要求している
- ・多くの自治体が都市開発や大規模再開発を行う際、貯留施設を設置するよう指導している
- ・水路をコンクリートではなく、土で作って浸透性をもたせることも行われている

今回、アメリカの各地を視察してみて、例えばコロラド州デンバーなどでは流出抑制のための浸透・貯留施設が数多く見られたが、アメリカ全体で言えば、このような対策が実施されている自治体は数少ないという印象を持った。従って、雨水管理は氾濫原管理手法のなかでは相対的に重要度が低い手法と考えられていると思われる。

14.8 地表面処理

一方、農村域においては都市域よりも広範囲に流出抑制が行われている。自然の土地や植生を利用した手法（地表面処理手法）がよく用いられる。

- ・森林、植生、農地の保全 …… 保水・遊水機能の保全
- ・斜面の安定 …………… 侵食による表層土壌の流出防止
- ・等高線農耕 …………… 水田のあぜを等高線に沿って設ける。あぜ高を越えるまで雨水を貯留できるので、河川への流出時間を長くすることができる

14.9 その他

14.9.1 TARPプロジェクト

アメリカでは1950年代より地下空間を利用した地下河川（調節池）を多数建設してきた。代表的な施設としては以下のものがあるが、何れも湖または河川の水質汚濁対策と浸水対策を兼ねた雨水下水排水用地下トンネルである。

表-37 地下空間を利用した洪水防御施設

所在地	延長	直径	深度
シカゴ	174.7 km	2.7～10.1 m	15～91 m
ボストン	6.3 km	3 m	85m
ミルウォーキー	30.5 km	5.2～9.2 m	80～100 m

シカゴ雨水下水排水用トンネル（Tunnel and Reservoir Plan：TARP）については計画中の諸元も含んでいる。以下に最近の土木事業としては最新の技術を用いた大規模プロジェクトであるTARPについて紹介する。

シカゴでは1885年に伝染病により9万人が死亡したのに対して、ミシガン湖からシカゴ川へ水を取り入れ、川の流れを変更するプロジェクトを開始したが、下水道管路及び下水処理場の建設が人口の増加に追いつけなかった。そこで1950年代より下水、洪水問題を解決するため、Metropolitan Sanitary

District of Chicago により TARP の策定が開始された。

この計画は下流の下水処理場の処理能力を越える下水（ほとんどが雨水）をドロップシャフト、ディープトンネルを通じて貯留し、後日ポンプで処理場に放流するものである。計画は汚染対策（フェイズ 1）と浸水対策（フェイズ 2）からなる。フェイズ 2 では表に示した Mainstream System への 56km のトンネル（将来的には 96km）の建設及び約 4 千万 m^3 （将来的には約 1 億 m^3 ）の採石場跡を利用した調節池（ディープトンネルへ接続される）により洪水被害の防止を図ることとしている。

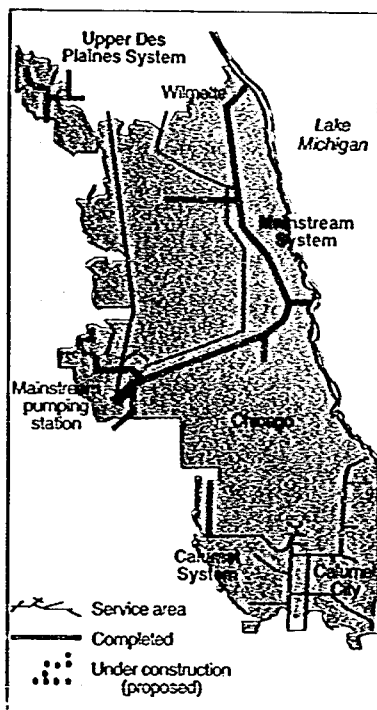


図-30 TARPプロジェクト(1)

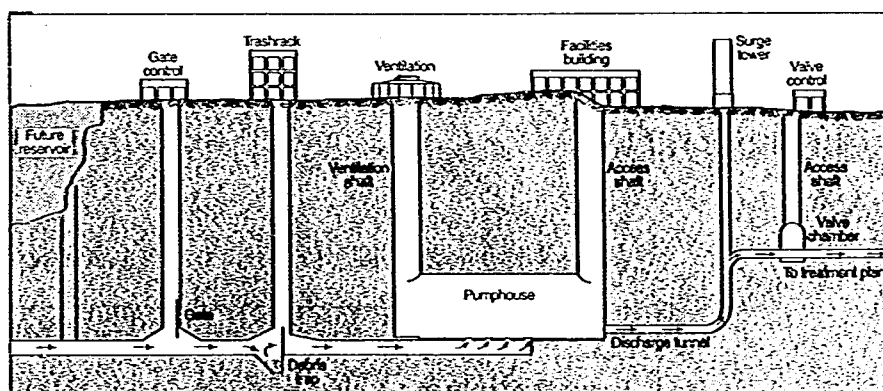


図-31 TARPプロジェクト(2)

表-38 TARPプロジェクト（フェイズ1）

名 称	完成年	集水面積	ディープトンネル			備 考
			延長	直 径	深 度	
Mainstream System	1985	528 km^2	50 km	4.3 ~ 10 m	46 ~ 91 m	226のドロップシャフト 全米最長のロックトンネル
Upper Des Plaines System	1980		11 km	2.7 ~ 6.1 m		パイロットシステム
Calumet System			18 km			

表-39 TARPプロジェクト（フェイズ2）

名 称	完成年	集水面積	ディープトンネル			備 考
			延長	直 径	深 度	
North Branch System			14 km	6.1 ~ 9.1 m	61 ~ 76 m	何れも Mainstream System のディープ・トンネルに接続 するものである
Des Plaines System			42 km	3.7 ~ 10 m	15 ~ 91 m	

14.9.2 Old川の制御施設

Old川はミシシッピ川から Atchafalaya川へ洪水等を分派する河川である。Old川自体は規模も小さく問題はないが、Old川を通じた水の流れはミシシッピ川と Atchafalaya川における洪水、舟運、用水の確保に大きな影響を及ぼす。

従来、平常時はミシシッピ川から Atchafalaya川へ、洪水時は時々反対の方向へ流れていたが、Atchafalaya川と Old川の合流点付近に堆積していた流木を除去したところ、ミシシッピ川の水が大量に流入し始めた。これにより、①ミシシッピ川流域の生活・工業用水の確保、舟運、② Atchafalaya川流域の洪水氾濫の問題が浮上し、Old川のコントロールが行われ始めた。現在年間ベースで Atchafalaya川へ全体の約30%を流下させることとしている。

Old川の制御施設は Low Sill Structure, Overbank Structure, Auxiliary Structureからなる。このうち、Overbank Structureはこれまで7回(1973, 74, 75, 79, 83, 84, 85年)使用された。また1973年の高潮により Low Sill Structureの基礎が洗掘し、翼壁1か所とスラブの一部が崩壊した。復旧は1982年に終了したが、洪水時の分流処理には問題があるため、Auxiliary Structureが建設されている。

表-40 Old川における制御施設

施設名	完成年	ゲート数	ピア間の距離	全体幅
Low Sill Structure	1959年	11	13 m	173 m
Overbank Structure	1959年	73	13 m	1,023 m
Auxiliary Structure	建設中	6	19 m	135 m

14.9.3 ハリケーン対策

ミシシッピ川の最下流部においては、従来洪水防御プロジェクトが先行していたが、ハリケーン災害の方が激甚のため、1962年よりハリケーン・プロジェクトを優先して行うようになった。ハリケーン対策が実施されているのはニューオリンズ地区やMorgan市などである。ハリケーン対策の経緯は以下のとおりである⁸³⁾。

1962年：陸軍工兵隊長の報告において、既設堤防の嵩上げ及び必要な被害箇所の修復によって、ハリケーンによる被害を防止するため、ミシシッピ川沿いの整備を行うよう推奨した。同年10月公法によって事業が認可された

1964年：100年洪水位に対して防御されるように提言が行われた

1970年：種々の代替計画が評価された

1986年：ブラクマン郡の要請により、事業が再評価された

ニューオリンズ地区においては、Phoenix～Venice(左岸)と City Price～Venice(右岸)の延長137 km、高さ4.6～5.2 mが計画区間であるが、既に建設が終了している区間は Phoenix～Bohemia(左岸：延長26 km)と Tropical Bend～Venice(右岸：延長34 km)である。

本対策の目的は100年確率のハリケーンによる高潮に対する防御（余裕高約90cm）であり、計画では2013年に事業は完了する予定である。建設にあたっては、環境を配慮して築堤に用いる土砂は周辺湿地からではなく、河口から採取する、また放水路は設けないこととなっている。そして堤防、洪水防護壁、水門、ポンプで対処し、堤防は蛇籠で保護している。以前、1950年代までは陸軍工兵隊が100%予算を支援していたが、現在では陸軍工兵隊70%に対して、地元自治体が30%を負担している。

一方、ルイジアナ州のMorgan市においては15kmの堤防を新設し、既存堤防35kmの嵩上げを行うとともに、排水設備・水門の建設、既存ポンプ・ステーションの改造（5箇所）、排水カルバートの改造（11箇所）を行うというものである。

ソフトの対策として、洪水時の避難は市（ニューオリンズ）、州などの地方政府が責任をもち、赤十字などが支援することになっている。日本と同じように河川沿いに水防資機材を収容するための水防倉庫が配置されている。

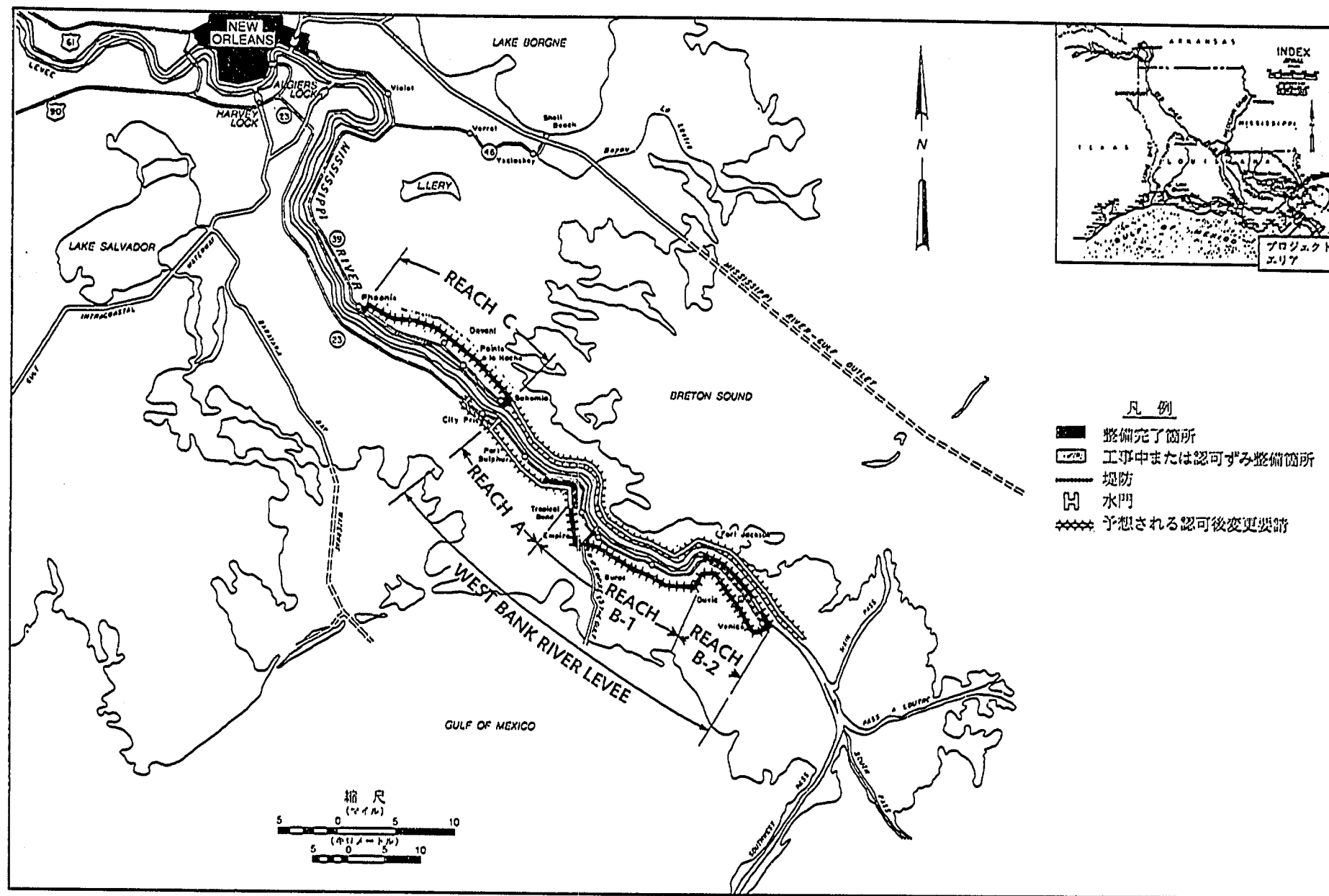


図-32 ニューオリンズ地区のハリケーン対策

15. その他の洪水被害軽減策

15.1 防災演習

数多くの自治体が自然災害防止計画を策定している。計画は災害軽減対策、災害時の警報・出動、防災演習、災害後の復旧活動・査定などを含むものであるが、洪水災害についての詳細な計画はあまり含まれておらず、またプログラムは効果的に利用されていない。その理由としては、

- ① 計画を策定するのに必要な知識、資金が不足している
- ② 洪水被害は洪水防御施設により軽減されるという期待感がある
- ③ 災害が発生したとしても、連邦政府により財政的支援が行われるという期待がある

などが考えられる。

いくつかの州は竜巻やハリケーンがよく襲来する時期にあわせて防災演習を実施している⁸⁴⁾。

15.2 災害後の救済措置

15.2.1 救済措置

大統領により災害宣言が後われた後、Disaster Application Center (DAC) が開設され、被災者への情報提供を行ったり、災害援助のための手続きを行う。通常、センターは学校か公共の建物に設置される。アメリカ赤十字が発行した小冊子“Repairing Your Flooded Home⁸⁵⁾”によれば、実施される救済措置は以下の6通りの方法がある。

① 被災家屋への援助

建物の修理が完了するまで貸家、モバイルホームが提供され、完了後は修理費用に対する援助が行われる

② ローン

建物、事業所、農地及び関連資産が被災したとき、中小企業庁(SBA)や農業家庭管理庁(FmHA)が低利でローンを貸し出す(大統領による災害宣言はなくてもよい)。SBAからのローンは洪水保険未加入者の場合、建物の補修等に対して1千万円(一般家屋)、5千万円(事業所)、資産に対して200万円まで4~8%の低利で資金を借りることができる。しかし、NFIPに参画していない自治体内の特別洪水危険地域における居住者はたとえ大統領による災害宣言が行われても、建物の恒久的修繕と建て替えに関して連邦政府から財政支援を得ることはできない⁸⁶⁾。

③ 個人及び家族への助成

水害に伴う治療、移動、建物の修理、緊急対策費用などの支出への助成(洪水保険未加入者に限る)

④ 所得税の減税

保険をかけていない資産の被災に対して、所得税が減税される

⑤ 耐水化への援助

建物の耐水化のための援助がSBAなどにより行われる

⑥ 相談（カウンセリング）

復旧、失業、Food Stamps、保険の請求など

15.2.2 災害援助

災害援助は連邦、州、地方政府及び民間セクターにより行われるが、最も広範囲な災害援助は、災害救済法の下で大統領による災害宣言のあと、FEMAの調整に基づいて実施される。連邦政府機関によって実施される災害援助は次のとおりである。例えば、1993年に発生したミシシッピ川水害の場合、洪水保険への未加入者に対しては①被災期間中の食事代等相当の助成金として、1世帯あたり平均25万円、最高で119万円の災害援助が行われた他、上記したように②建物の補修・移築等に対しては、最高で1千万円（個人の家屋）、5千万円（事業所）、③個人の資産損失に対しては最高で200万円の連邦ローンを低利で借りることができた。

表-41 連邦機関による災害援助⁸⁷⁾

省名	庁・局名	内 容
農 務 省	農業安定保全局	・災害時の緊急食料の供給 ・被災農地を復旧するための補助金交付（最高64%まで）
	農業家庭管理庁	・畑、牧場、水田を復旧するための資金貸付（最高80%まで）
商 務 省	経 済 開 発 庁	・失業者の多い自治体へ洪水防御・排水施設建設のための補助金交付または資金の貸付
住宅都市 開 発 省	地域計画開発局	・都市住民の生活環境が悪化している自治体へ洪水防御・排水施設の建設及び移転のための補助金を交付する
独立機関	中 小 企 業 庁	・洪水被災者に補修、改築または住宅、事業所などの移転のために低利で融資を行う

* 災害直後の被災者への対応としては赤十字が最も早い。赤十字は食料、衣料、仮設住宅を提供したり、復旧のための財政的支援を行う。

* 日本では1973年の議員立法で災害死亡者への弔慰金が制度化され、現在では例えば世帯主が死亡した場合に300万円以内の弔慰金が市町村から支給される。アメリカにはそのような制度はない。しかし近年同様な制度を立法化しようという動きがある。

15.2.3 税金の減免

- ・被災者は連邦及び州の所得税を減税される
- ・被災者は固定資産税を免除される
- ・更に洪水が大きな被害をもたらしたとき、被災者は不動産税及び事業所税を減税（または一時留保）される

* 上記の被災者とは被害額が1万円以上または実質所得額の10%以上の者をいう

15.3 防災のための啓蒙活動

氾濫原管理のための教育・啓蒙活動は1960年代以降急速に拡大していった。活動は書籍、専門的マニュアル、パンフレット、会議、ワークショップなどを通して、専門家はもとより広く一般市民に広められた。連邦、州政府は防災関係職員のトレーニングを行うとともに、各種会議、セミナー、ワークショップに財政的または技術的支援を行ってきた。

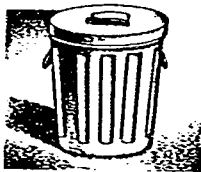
水防災のために行われた啓蒙活動の事例は以下のとおりである。

- ・メリーランド州の天然自源局では“Farley Floodhound”という漫画本を製作し、主人公が“Flood Pups (小犬)”を助けるという話を通じて、洪水に対する安全な身構えを学んでもらおうとしている
- ・アリゾナ州では地方の不動産学校で洪水に関する講座を設けている
- ・テネシー州のMemphisにあるミシシッピ川博物館には河川工事の歴史、水防活動などがパネル、実物で展示され、またミシシッピ川でこれまで発生した災害、事故の映画も上映されている。屋外にはミシシッピ川の模型もある
- ・テネシー州ではリクエストに応じて、地域のプランナーが現地の氾濫原を訪れ、適切な洪水への対応策を紹介するとともに土地所有者に情報提供、援助を行っている
- ・FEMAと赤十字は“Family Disaster Supplies Kit⁸⁹⁾”と称するパンフレットを作成し、ハリケーン、洪水、地震、火災などに適切に対応するために予め準備しておくものを示し、また家族で防災計画をたてるための指針を示している
- ・NWSは洪水、フラッシュ・フラッド、ハリケーンなどの災害へ個人が対応するルールを発表している。例えば洪水に対する“Safety Rules⁸⁹⁾”では洪水前、洪水警報発表後、洪水時、洪水後に分けて、行うべきまたは守るべき基本ルールを示している

SUPPLIES



here are six basics you should stock in your home: **water, food, first aid supplies, clothing and bedding, tools and emergency supplies and special items.** Keep the items that you would most likely need during an evacuation in an easy-to-carry container—suggested items are marked with an asterisk(*). Possible containers include



a large, covered trash container,



a camping backpack,



or a duffle bag.

Water

Store water in plastic containers such as soft drink bottles. Avoid using containers that will decompose or break, such as milk cartons or glass bottles. A normally active person needs to drink at least two quarts of water each day. Hot environments and intense physical activity can double that amount. Children, nursing mothers and ill people will need more.

- ☐ Store one gallon of water per person per day (two quarts for drinking, two quarts for food preparation/sanitation)*
- ☐ Keep at least a three-day supply of water for each person in your household.

Food

Store at least a three-day supply of non-perishable food. Select foods that require no refrigeration, preparation or cooking and little or no water. If you must heat food, pack a can of sterno. Select food items that are compact and lightweight.

*Include a selection of the following foods in your Disaster Supplies Kit:

- ☐ Ready-to-eat canned meats, fruits and vegetables
- ☐ Canned juices, milk, soup (if powdered, store extra water)
- ☐ Staples – sugar, salt, pepper
- ☐ High energy foods – peanut butter, jelly, crackers, granola bars, trail mix
- ☐ Vitamins
- ☐ Foods for infants, elderly persons or persons on special diets
- ☐ Comfort/stress foods – cookies, hard candy, sweetened cereals, lollipops, instant coffee, tea bags

First Aid Kit

Assemble a first aid kit for your home and one for each car. A first aid kit* should include:

- ☐ Sterile adhesive bandages in assorted sizes
- ☐ 2-inch sterile gauze pads (4-6)
- ☐ 4-inch sterile gauze pads (4-6)
- ☐ Hypoallergenic adhesive tape
- ☐ Triangular bandages (3)
- ☐ 2-inch sterile roller bandages (3 rolls)
- ☐ 3-inch sterile roller bandages (3 rolls)
- ☐ Scissors
- ☐ Tweezers
- ☐ Needle
- ☐ Moistened towelettes
- ☐ Antiseptic
- ☐ Thermometer
- ☐ Tongue blades (2)
- ☐ Tube of petroleum jelly or other lubricant
- ☐ Assorted sizes of safety pins
- ☐ Cleansing agent/soap
- ☐ Latex gloves (2 pair)
- ☐ Sunscreen

Non-prescription drugs

- ☐ Aspirin or nonaspirin pain reliever
- ☐ Anti-diarhea medication
- ☐ Antacid (for stomach upset)
- ☐ Syrup of Ipecac (use to induce vomiting if advised by the Poison Control Center)
- ☐ Laxative
- ☐ Activated charcoal (use if advised by the Poison Control Center)

Contact your local American Red Cross chapter to obtain a basic first aid manual.

図-33 家庭における防災への備え (1)

出典) FEMA and American Red Cross, Your Family Disaster Supplies Kit

Tools and Supplies

- | | |
|---|---|
| ☐ Mess kits, or paper cups, plates and plastic utensils* | ☐ Needles, thread |
| ☐ Emergency preparedness manual* | ☐ Medicine dropper |
| ☐ Battery operated radio and extra batteries* | ☐ Shut-off wrench, to turn off household gas and water |
| ☐ Flashlight and extra batteries* | ☐ Whistle |
| ☐ Cash or traveler's checks, change* | ☐ Plastic sheeting |
| ☐ Non-electric can opener, utility knife* | ☐ Map of the area (for locating shelters) |
| ☐ Fire extinguisher: small canister, ABC type | |
| ☐ Tube tent | |
| ☐ Pliers | |
| ☐ Tape | |
| ☐ Compass | |
| ☐ Matches in a waterproof container | |
| ☐ Aluminum foil | |
| ☐ Plastic storage containers | |
| ☐ Signal flare | |
| ☐ Paper, pencil | |

Sanitation

- | |
|--|
| ☐ Toilet paper, towelettes* |
| ☐ Soap, liquid detergent* |
| ☐ Feminine supplies* |
| ☐ Personal hygiene items* |
| ☐ Plastic garbage bags, ties (for personal sanitation uses) |
| ☐ Plastic bucket with tight lid |
| ☐ Disinfectant |
| ☐ Household chlorine bleach |

Clothing and Bedding

*Include at least one complete change of clothing and footwear per person.

- | | |
|--|--|
| ☐ Sturdy shoes or work boots* | ☐ Hat and gloves |
| ☐ Rain gear* | ☐ Thermal underwear |
| ☐ Blankets or sleeping bags* | ☐ Sunglasses |

Special Items

Remember family members with special needs, such as infants and elderly or disabled persons.

For Baby*

- | |
|--|
| ☐ Formula |
| ☐ Diapers |
| ☐ Bottles |
| ☐ Powdered milk |
| ☐ Medications |

For Adults*

- | |
|---|
| ☐ Heart and high blood pressure medication |
| ☐ Insulin |
| ☐ Prescription drugs |
| ☐ Denture needs |
| ☐ Contact lenses and supplies |
| ☐ Extra eye glasses |

- | |
|--|
| ☐ Entertainment — games and books. |
| ☐ Important Family Documents
Keep these records in a waterproof, portable container. |
| • Will, insurance policies, contracts, deeds, stocks and bonds |
| • Passports, social security cards, immunization records |
| • Bank account numbers |
| • Credit card account numbers and companies |
| • Inventory of valuable household goods, important telephone numbers |
| • Family records (birth, marriage, death certificates) |

SUGGESTIONS AND REMINDERS

- Store your kit in a convenient place known to all family members. Keep a smaller version of the Disaster Supplies Kit in the trunk of your car.



- Keep items in air tight plastic bags.
- Change your stored water supply every six months so it stays fresh.
- Rotate your stored food every six months.
- Re-think your kit and family needs at least once a year. Replace batteries, update clothes, etc.
- Ask your physician or pharmacist about storing prescription medications.



図-33 家庭における防災への備え (2)

出典) FEMA and American Red Cross, Your Family Disaster Supplies Kit

FLOOD SAFETY RULES

BEFORE THE FLOOD:

1. Become familiar with local flood areas and dams; know if flood waters might affect your home and property.
2. Learn flood warning signals and community evacuation routes and shelters.
3. Keep a stock of food that requires no cooking or refrigeration; electric and gas services may be interrupted.
4. Keep a portable radio, emergency cooking equipment, lights and flashlights in working order.
5. Keep first aid supplies and any medicines your family may need on hand.
6. Store materials like sandbags, plywood, plastic sheeting and lumber to protect your house from flood waters and to make quick repairs.
7. Keep your car fueled; in an emergency, filling stations may not be operating.
8. Contact your insurance agent or local government to discuss flood insurance coverage.
9. Install check valves in building sewer traps to prevent flood water from backing up in sewer drains.
10. Arrange for auxiliary electrical supplies for hospitals and other operations which are critically affected by power failure.

WHEN YOU RECEIVE A FLOOD WARNING:

11. Store drinking water in clean bathtubs and in various closed containers; water service may be disrupted.
12. In coastal areas, board up windows or protect them with storm shutters or tape to prevent flying, broken glass.
13. Put sandbags or other protection in place, but away from outer walls. In the case of deep flooding you may opt to flood a basement with clean water.
14. If forced to leave your home and time permits, move essential items to safe ground or to upper levels of the house; turn off utilities at main switches but do not touch electrical equipment if you are wet or standing in water; fill tanks to keep them from moving away; grease immovable machinery; leave a note on your house to advise authorities that you have evacuated.
15. Move to a safe area before access is cut off by flood water. Watch for mud slides, downed electrical lines and areas with high or rising water levels.

DURING THE FLOOD:

16. Avoid areas subject to sudden flooding.
17. Do not drive into flooded areas; if flood waters do rise around your car, abandon it and move to higher ground.
18. Do not swim or dive into the water.

AFTER THE FLOOD:

19. Do not visit disaster areas; your presence might hamper rescue and other emergency operations.
20. If you have flood insurance, contact your agent that you have a loss.
21. Tune in to local radio and television for advice on where to obtain medical care and other assistance.
22. Do not enter structures if flood waters covered the first floor; seek expert advice to tell if the building is safe to enter.
23. Use battery-powered lanterns or flashlights (not oil or gas lanterns); if the building may have a gas leak, do not use any kind of light.
24. Flood waters may have swollen doors tightly shut; use windows or other openings.
25. Check with local authorities before using any water; wells should be pumped out and water tested before drinking.
26. Do not use fresh food that has come into contact with flood waters.
27. Do not handle live electrical equipment in wet areas; have an expert check all equipment before returning to service.
28. Pump water out of basements gradually (one-third of the water per day) to lessen damage to walls and foundation.
29. Report broken utility lines to appropriate authorities; have the gas company check for leaks and to turn the gas back on.
30. Watch out for poisonous snakes in previously flooded areas.

☒— 34 Flood Safety Rules (2)

出典) F. E. Bair, The Weather Almanac (6th edition)

16. その他の参考事項

16.1 洪水被害の算定手法

被害の評価の仕方はまだ不明な点もあるが、判明した範囲でその概要を示す。

16.1.1 一般家庭の被害

1970年以降、工兵隊によって調査された浸水深～被害率の関係と部分的には一連の洪水後のインタビュー調査結果に基づいた浸水深～被害率の関数により被害は算定される。被害率は下表に示すように住宅のタイプ、地下室の有無、建物、建物内資産により区分される。被害率は（-8～10）フィートの範囲を1フィートきざみで求めているが、表にはその一部を示す。

表-42 浸水深毎の被害率（%）

階 数	地下室	建 物							建 物 内 資 産					
		浸 水 深（フィート）							浸 水 深（フィート）					
		-2	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
1 階 の み	無	-	8	21	29	40	44	46	11	32	37	45	55	60
	有	-	-	20	28	38	49	53	0	22	33	44	55	60
中2階あり	無	-	3	13	27	33	41	45	0	32	47	53	56	69
	有	3	6	19	27	35	44	50	0	44	58	63	66	73
2 階 以 上	無	-	5	13	20	-	-	38	7	18	28	39	50	58
	有	4	11	21	28	38	49	53	0	22	33	44	55	64

出典) U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center, Institute for Water Resources, Catalog of Residential Depth-Damage Functions used by The Army Corps of Engineers in Flood Damage Estimations, 1992

また、事業者では一般家庭よりも高い被害率が設定されているが、詳細な被害率等は不明である。

16.1.2 業種毎の被害⁹⁰⁾

ホワイト教授はテネシー州 La Follette において2種類の住宅と6業種を対象に浸水深～被害額を調べた。被害曲線を描くにあたっては、1950年水害、最大可能洪水（MPF）などのデータを利用している。調査結果によれば、例えば1.2mの浸水深に対して①食料品店、②雑貨商、③薬局、④住宅（低所得者のうち所得の高い者）、⑤家具商、⑥レストラン、⑦住宅（低所得者）、⑧美容室の順番で被害率が高くなっている。

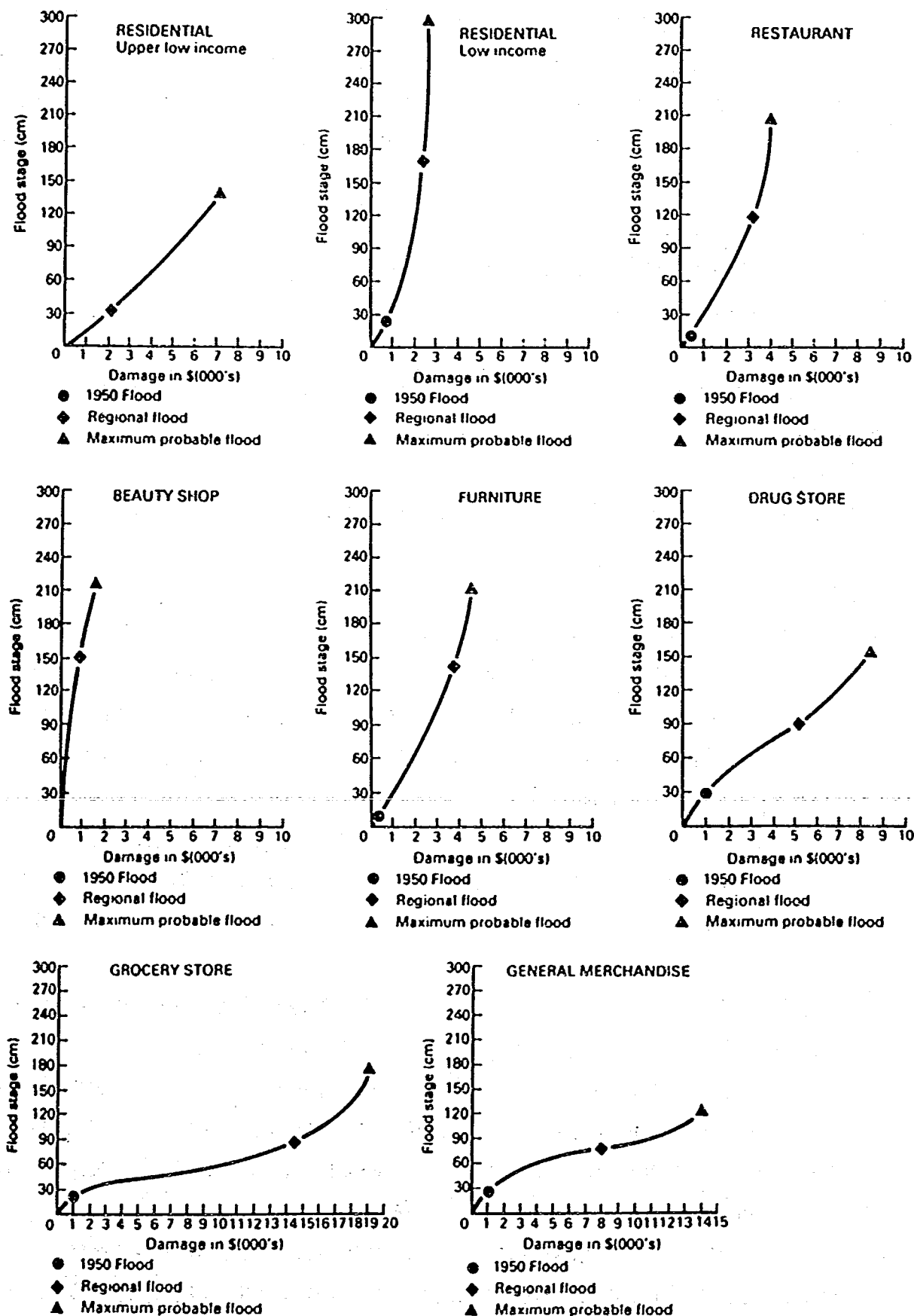


図-35 浸水深～被害額の曲線

出典) K. Smith and G. A. Tobin, Human Adjustment To The Flood Hazard

16.1.3 治水事業による効果⁹¹⁾

アメリカでは治水事業に伴って軽減される洪水被害の他に以下のような間接効果を効果として評価する場合がある。アメリカでは連邦法のなかでB/C（便益／費用）分析に基づいて事業の優先順位を決めるよう明記されているが、便益のなかにこれらの間接効果が含まれているかどうかについては不明であった。

① レクリエーション効果

例えば、多目的ダムが建設され、周辺環境整備が行われた場合にレクリエーション施設が年間何日間利用されるかで効果を表す。

② 土地利用増大効果

治水施設が整備されることで、流域の治水安全度が向上し、土地の利用価値が向上することを地価の上昇で表す。

③ 間接効果

営業停止損失、経済活動の停止による損失を直接被害にある係数をかけて求める。

16.2 水害裁判

関東地建の「米国における水害訴訟事例⁹²⁾」によれば、アメリカでは1904年から1980年にかけて、洪水被害に関して38ケースの提訴（判決で見れば42ケース）が行われた。しかし、1928年洪水防御法のなかで「いかなる場所における洪水または氾濫水によるいかなる損害に対しても、いかなる種類の責任も合衆国政府に関与または存しないものとする」などと明記されているため、連邦政府にとって不利な判決結果が言い渡されたのは次の4事例のみである。

- ① 陸軍工兵隊はカリフォルニア州を流れる American 川に Folsom ダムを建設していた。工兵隊は水をせきとめ、分水するために原告である建設会社の用地の上流に防水堰を建設していたが、洪水により破堤した。その後新たな防水堰を建設したが、再び破堤し原告に損害を及ぼした（1954年）
- ② アラスカ州を流れる Chena 川で発生した雪氷を空軍基地に勤務する技術者がダイナマイトで爆破させた所、洪水が発生し、川に浮かんでいた船舶等に被害を与えた（1966年）
- ③ 陸軍工兵隊はルイジアナ州においてミシシッピ川の航行距離を短縮するプロジェクトを実施していた。しかし建設に伴い、下流の水路において越流・決壊を引き越し、家屋を浸水させた（1969年）
- ④ ミズーリ州のミズーリ川に Ft. Randoll ダム及び Gavins Point ダムが建設された後、洪水の背水が先じ、河川沿いの土地や作物に被害を与えた（1976年）

一方日本⁹³⁾では1970年代に入って水害裁判の提訴が増加した。特に昭和47年に発生した47年7月豪雨による水害以降、江の川（江の川水系）、谷田川（淀川水系）、平佐川（川内川水系）など数多くの水害訴訟が提訴された。水害裁判の判決結果について見れば、特に1980年前後に判決件数はピークとなった。アメリカは被告である連邦政府及び関係機関が訴訟で敗訴したのが38ケース中4ケース（10.5%）であ

るのに対して、法律で自然災害に関する免責が規定されていない日本では32ケース中13ケース(40.6%)で敗訴している。なお、これらのケース数には一部敗訴は含まれていない。

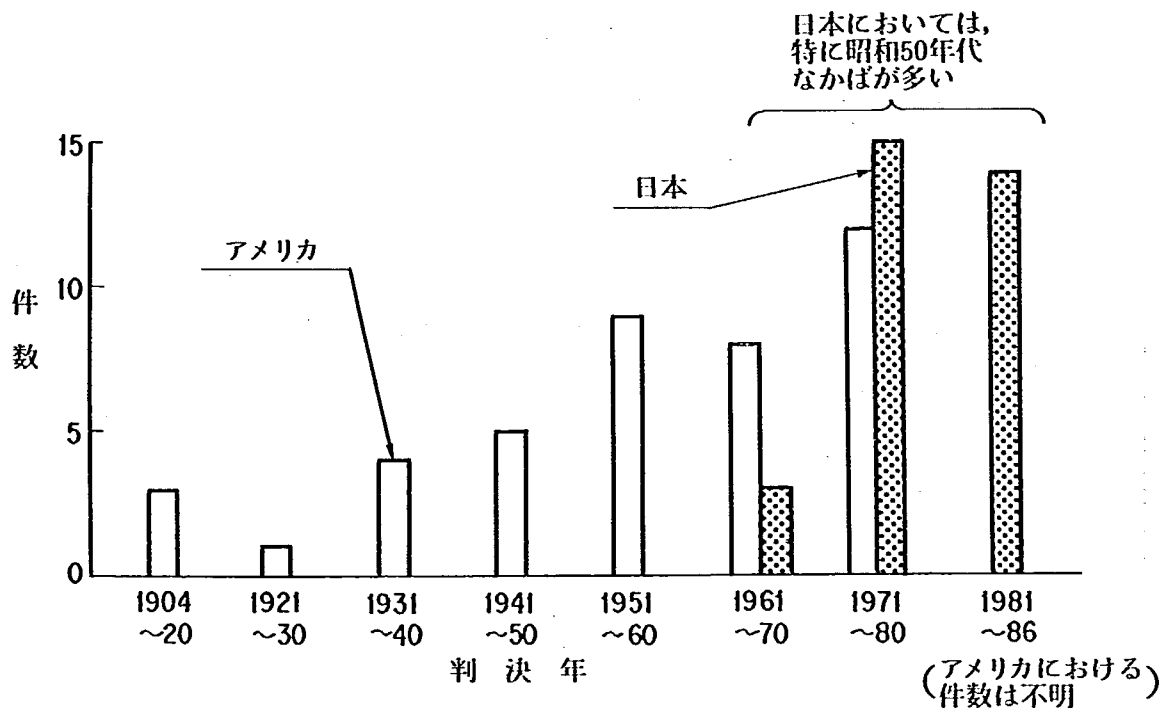


図-36 判決年で見えた水害訴訟件数

注) 日本の水害訴訟は昭和61年3月の石神井川水害訴訟(一審判決)までの件数である

* 越水や破堤に伴って発生した水害に関して連邦政府に責任はないが、上記の例のようにダムや人為的な行為によって生じた水害被害に関しては連邦政府は必ずしも免責される訳ではない。氾濫原管理に関しては、FEMAが氾濫原地図の正当性について提訴されたことがあるが、地域の判決全てに勝訴した。判決では「土地利用者は氾濫原地図に記載されている特別洪水危険地域を利用すべきでない」としている。

16.3 洪水防御に関する調査・研究

今回の派遣期間中に訪問することができた洪水防御に関係している研究所の概要、構成、テーマ等は以下のとおりである。

末次は1993年1月より1年間、科学技術庁のパートギャランティ制度によりアメリカ合衆国バージニア州 Reston にある内務省地質調査所へ留学した。派遣期間中、末次は洪水(降雨)危険度解析の共同研究として、日米で184観測所の年最大ピーク流量、年最大日雨量(極値)及び観測所の水文・地形特性のデータを収集し、各々の特性に応じて極値に最もよく適合する頻度分布形の選択システムの開発を実施した。また自主研究のテーマとして、「アメリカにおける治水戦略」の調査を行うとともに、アメリカで史上最高の洪水被害となったミシシッピ川水害の実態調査も行った。

表-43 研究所の概要^{94) 95) 96)}

	地 質 調 査 所 U.S. Geological Survey : USGS	水 路 実 験 所 Waterways Experiment Station : WES	セント・アンソニー・フォールズ 水理実験所 St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory : SAFHL
所 属	内 務 省	国防総省陸軍工兵隊	ミネソタ大の付属機関
設立年	1879 年	1929 年	1938 年
所在地	バージニア州 Reston	ミシシッピ州 Vicksburg	ミネソタ州 Minneapolis
職員数	8,600 名 (地方事務所を含む)	1,500 名 (うち 10 名が軍人士官)	70 名
予 算	700 億円	200 億円	1 億円
主要な 目 的	各種データの収集、解析、地図 の作成、更新	各種実験、解析	水理関係の実験、解析 (ダム関 係が多い)
構 成	・水資源部 ・国土地理部 ・地質部 ・情報システム部 他計 5 部	・水理部 ・地質部 ・環境部 ・海岸工学研究センター 他計 6 部	—
主要な テーマ	・水文統計解析 ・水文計測技術 ・洪水危険地図 ・橋梁周辺の洗掘	・湾曲部の堤防安定 ・堤防侵食メカニズム ・災害後の堤防復旧 ・ダム余水吐	・蛇行特性 ・雪氷による洪水阻害 ・経済的な河岸保護工 ・ダム余水吐

注) 職員数、予算 (人件費を含む) は研究所全体の数値である

末次の所属した地質調査所は図-37に示すように、名称は地質調査所であるが、研究の対象はあらゆる資源 (内務省全体でも人・土地・資源が対象)、例えば水、地質、鉱物資源などで、各種データの収集・解析をグローバルな観点で行っている。また各種地図 (例えば縮尺 1/24,000 の地形図をアラスカ州及びハワイ州を除く 48 州で 57,000 枚発行している) の作成・更新、地震・火山災害などの危険性の調査など、研究内容は多岐に及んでいる。研究を実施した建物内には本部職員の他、北東地区事務所の職員も在所しており、職員数は 2,500 名である。

所属した水資源部は予算、スタッフとも USGS 全体の約 4 割を占め、最も規模が大きい。水資源部では水文データ (河川の流量・水位・水質、水資源、地下水) の収集・解析、有害物質の分析、水質アセスメントなどを実施し、データは National Water Summary として毎年公表されている。最近のトピックスとしては、1993 年のミシシッピ川水害時に水文・水質調査を行い、調査結果は新聞・テレビで報道されるとともに、最終的に 8 冊のレポート (流量、降雨量、水質他) が発刊される予定である。

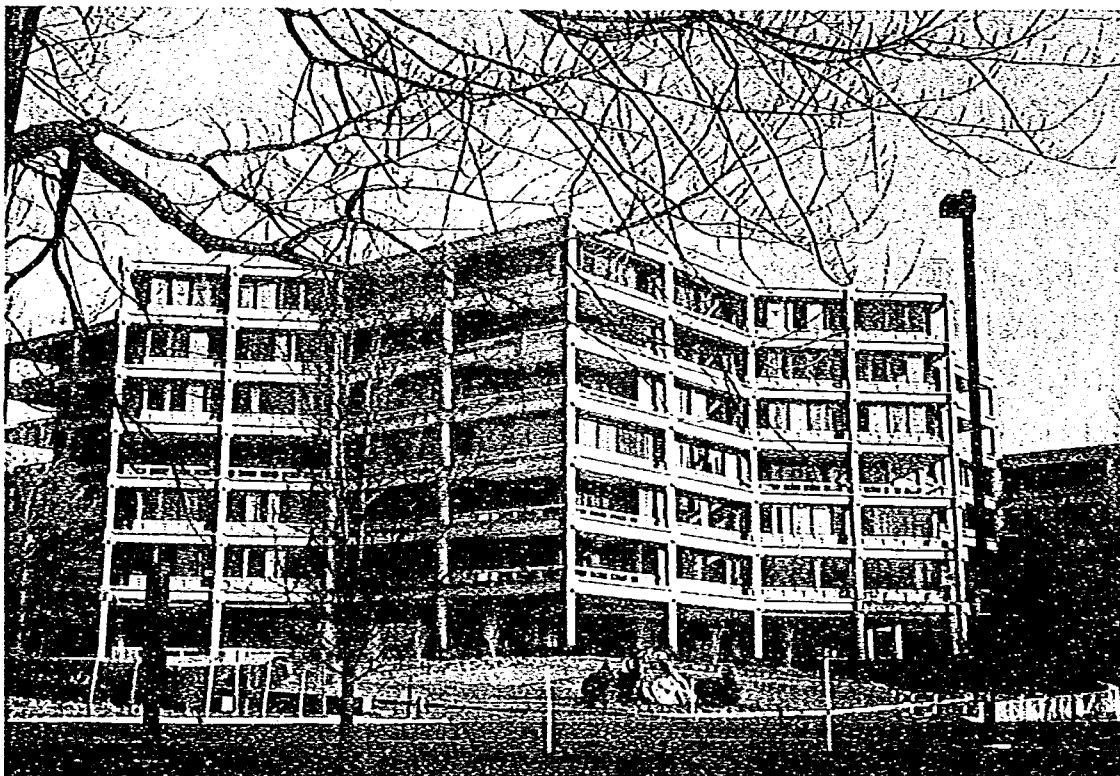


写真-23 地質調査所の本部

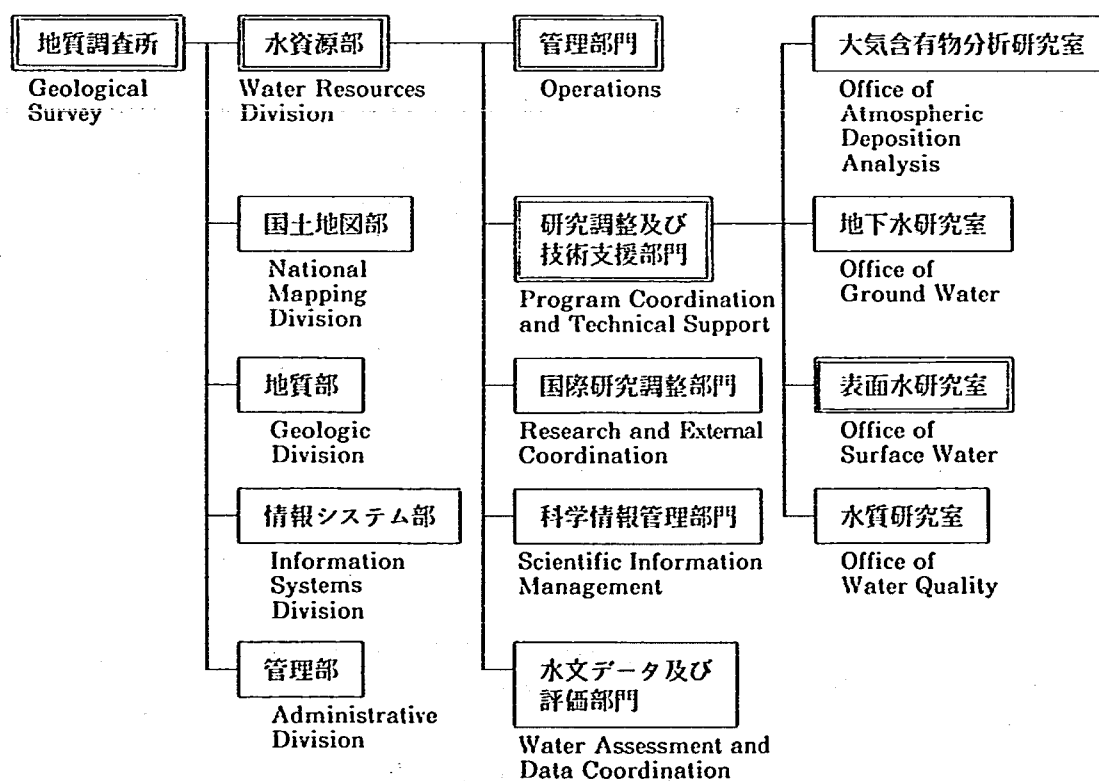


図-37 地質調査所の組織図
(所属した研究室の位置付け)

17. 次世紀に向けたアメリカの治水戦略

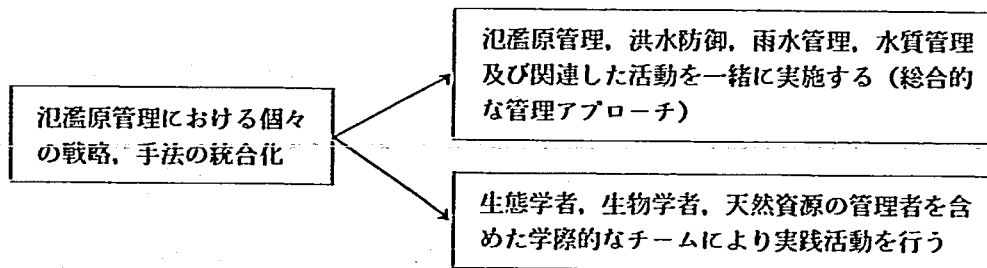
1966年にアメリカではじめて氾濫原管理のための国家的統一プログラムが発表されたが、1992年にこの間の活動を振り返って最初の総合的な評価レポートが発表された。「アメリカ合衆国における氾濫原管理：評価レポート⁹⁷⁾」のなかでは、これまでの氾濫原管理活動の沿革、戦略、手法についてレビューするとともに、氾濫原管理の有効性を手法毎に評価している。

本章では評価レポートのなかの「次世紀へのアプローチ：氾濫原管理の効果を増大させる方策」の記述を中心に、アメリカが次世紀に向けてどういう戦略を構想しているかを整理している。なお全訳文は参考資料2に掲載している。

17.1 戦略のキーワード

次世紀へのアプローチとしてよく用いられているキーワードに「統合化」、「横断的な組織」、「情報・教育」などがある。治水戦略の骨子を整理すると図-38のようになり、活動・組織のタテ割りの弊害を極力少なくすること、及びできる限り多くの情報を収集し、収集するだけでなく、効果的に活用できるようデータベース化すること、更にこれらを有機的にリンクさせるための職員の教育、経済効果の評価手法の開発を行うことなどに重点をおいている。

① 統合化



② 横断的な組織

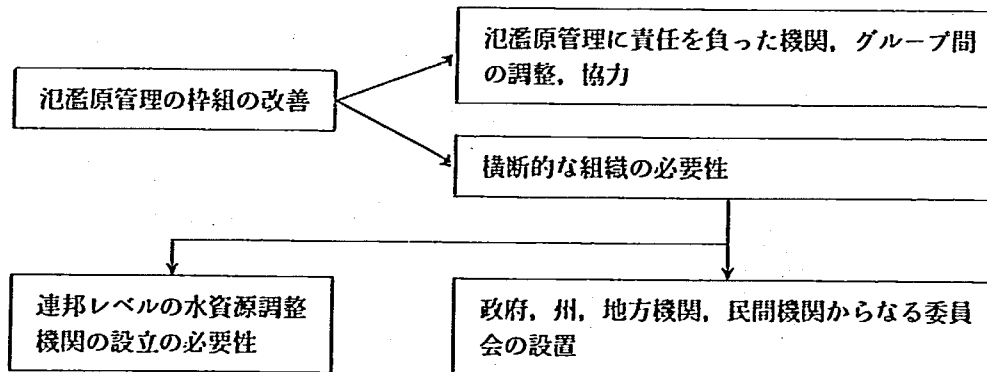


図-38 治水戦略のフロー (1)

③ 情報、教育

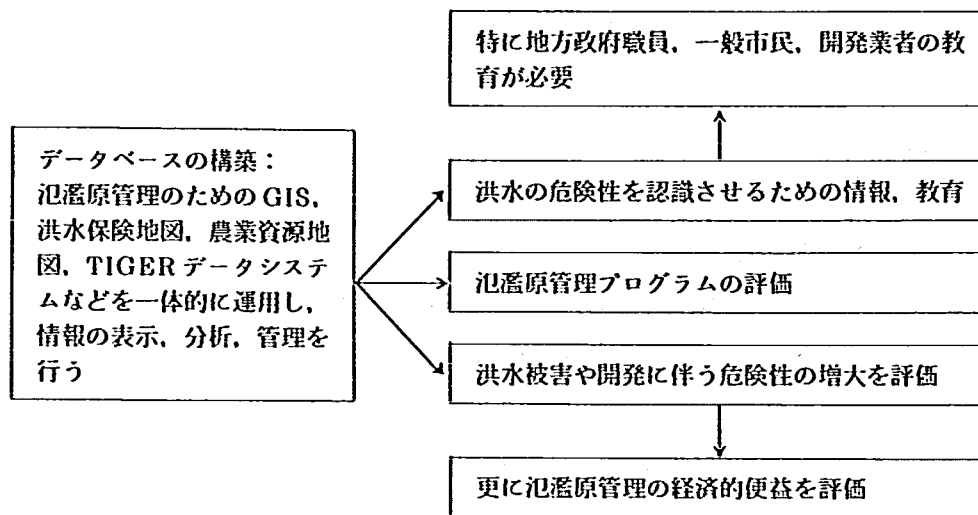


図-38 治水戦略のフロー (2)

注) GIS …… 当初大学が研究に着手し、その後連邦機関と民間会社により開発された Geographical Information System の略語で地図情報がデジタル化されたデータベースである。自然災害が発生したときの緊急対応や湿地の検索などに用いられる

TIGER データシステム …… 商務省センサス局が開発した氾濫原管理のためのデータシステムである

17.2 次世紀に向けての目標

またレポートのなかでは防災に関する機関毎に次世紀に向けての目標が記述されている。

17.2.1 陸軍工兵隊

- ・ バランスのとれた氾濫原管理プログラムに直接貢献する連邦プログラムの予算を増やす
- ・ 一般市民の認識、社会的な意識を高め、氾濫原管理の概念をうまく世間に打ち出す
- ・ 土地と水資源の利用に関して、利害関係のバランスを保つ

17.2.2 FEMA の FIA (アメリカの防災10年のための目標)

- ・ 保険証書の対象としている地域を広げ、強制加入要件の実施を強化する
- ・ 繰り返し被害及び大きな被害を被った建物に対する被害軽減評価システムを導入して、現状の危険性を軽減する
- ・ 効果的、総合的な自治体格付けシステムを広く展開する
- ・ 洪水被害軽減指針の各種危険性への適合性を確保する
- ・ 洪水危険地図をデジタル化する
- ・ 沖積扇状地や海岸侵食地域のような特別な地域のための管理プログラムを作成する
- ・ 氾濫原管理のための国家的統一プログラムを強化する
- ・ カタストロフィックな洪水に対応した国家洪水保険プログラムの財政ベースを強化する

17.2.3 アメリカ赤十字

- ・ 継続的に洪水の危険にさらされている地域から人々を移動させる

- ・建築物の耐水化のような、すぐれた洪水被害軽減プログラムを用意する
- ・個人、家族の安全及び一般的な洪水危険性に関する地域教育を用意する

17.3 その他の戦略

① 現在の洪水保険プログラムを以下のように修正する。

- ・地下室も保険の対象とする
- ・特別洪水危険地域 ($Pr > 1/100$) 以外の地域も保険の購入が必要にするとともに、氾濫原規制を実施することにより洪水の危険性の認識を高める
- ・そのためにも保険料を低く、購入しやすいレートにするための市場拡大も必要となる
- ・最低限の氾濫原管理基準のなかに雪氷による閉塞、フラッシュ・フラッド、海岸域の浸水、海岸侵食、泥流、地すべり、沖積扇状地、湖面変動、河床変動、安全でない堤防背後の地域、安全でないダム下流の地域のような危険性の高い洪水問題のための管理テクニックも含める

② 洪水の発生、洪水が及ぼす影響は行政上の境界ではなく、水文ユニットの単位で生じるので、流域管理委員会、環境保護庁 (EPA) の国家河口保護プログラム、国立公園局による州・地方の河川保全支援プログラムのような水文ユニットに基づき、かつ全流域を含んだ総合的な管理アプローチが必要である

③ 洪水被害の軽減策に関する新たな傾向は洪水被害軽減プロジェクトのなかに環境にも配慮したデザインを組み込むことについてのワークショップやマニュアルにより補足することである

④ アメリカ計画協会は氾濫原管理がどのように自治体の他の計画目標にフィットするかを示すため、デモンストレーション・プロジェクトを提案した

⑤ 特別洪水危険地域内のインフラの洪水によるインパクトは継続的に評価され、インフラや施設が移転、復旧、交換、補修されるのを機会に将来起こり得る被害の軽減策が講じられねばならない

18. 日本の治水事業に参考となる事例

18.1 アメリカにおける先導的施策

現在日本で実施されている河川関係の施策のなかには、アメリカで実施されて（10～20）年経てから導入されたものも多い。アメリカで実施されて、まだ日本に導入されていない施策は氾濫原管理プログラム、洪水保険である。

特徴的なのは、アメリカにおいては堤防による線の防御ではなく、ダム・遊水地などを利用した拠点的な洪水処理の手法が早くから導入されたことである。更に治水施設だけによる防御に限界を感じるとすぐ、貯留・浸透などの面的な流域処理及び洪水保険の導入など、施策の転換が極めて早い。

表－44 河川関係施策の開始年の比較

	アメリカ	日本	開始年の差
・定期的な流量観測	1889年 (Rio Grande川)	1938年 (利根、雄物川)	49年
・ダムによる洪水調節	1928年	1937年	9年
・災害救助法	1950年 (連邦災害法)	1947年	△3年
・氾濫原管理プログラム	1953年	—	—
・浸水予想区域図	1953年 (氾濫原地図)	1987年 (中川、綾瀬川)	34年
・非構造的洪水防御手法	1966年	1979年 (総合治水対策)	13年
・政府が関与した洪水保険	1968年	—	—
・環境庁（EPA）の設置	1970年	1971年	1年
・環境影響評価	1970年	1984年 (要綱)	14年

* 氾濫原管理を狭義の意味で考えれば、日本では1960年より建築基準法第39条による災害危険区域が設定されており、その差は7年となる。災害危険区域は通常急傾斜地崩壊などの土砂災害に対して指定されている。出水に関しては佐賀県、札幌市・名古屋市・長野県飯田市・青森県岩木町・岩手県川崎村・島根県大和村の一部など、指定されている区域数は非常に少ない⁹⁸⁾

アメリカにおいて氾濫原管理の中心的役割を担っている洪水保険については、日本においてこれまでも各種機関により検討が行われてきた。本節においては著者の私見として、同種の保険を日本に適用するにはどのような段階があるのかを記述することにする。

① 洪水危険地域の特定

現在日本においては浸水実績図（476河川：平成4年末現在）、浸水予想区域図（4河川）、洪水氾濫危険区域図（10水系11河川）などで洪水危険区域を示している。今後洪水保険プログラムを実施するとすれば、更に正確な浸水予想区域を示した洪水危険地図を作成する必要がある。正確な浸水区域を特定するためには現在以上に氾濫解析手法の精度を向上させるとともに、多数の流域において氾濫解析を行わなければならないため、河道・流域情報の多角的収集及び収集手法を簡易にす

るためのデータベース化を行う必要がある。

② 氾濫原規制の適用

洪水保険を実施するには保険単独の検討だけではなく、保険が適用される洪水危険地域における氾濫原規制についても検討しておかねばならない。ただし、日本の場合、アメリカと異なって可住地面積が狭いため、アメリカよりも規制は緩くせざるをえないが、水防災の観点から見て実効的な対策となるよう誘導する方策を検討しなければならない。また同時に氾濫原規制は私有権の制約であるという主張に対しては、洪水危険地域に居住する住民に洪水危険に関する認識を周知徹底することも必要となる。

③ 保険への加入者を増やす

洪水保険の適用にあたって、最も問題となるのは逆選択の問題である。すなわち、日本においてはアメリカ以上に洪水被害を被る住民が特定されるため、洪水保険に加入する住民が水害発生頻度の高い地域に限定される、すなわち被災に対する請求額が保険料収入を上回り、会計上赤字となる可能性が高くなる。この場合、アメリカと同様に洪水保険に加入しない住民に対しては、災害弔意金や建物の補修などへの財政支援が不利となる条項を設けなければならない。

④ 保険と治水対策とのバランス

たとえ洪水保険プログラムが導入されたとしても、日本においては依然として堤防・ダムなどのハードによる治水対策が主流であり、その場合洪水保険への投資と治水対策への投資についてのバランスを検討することが必要である。そのためには、例えば段階施工の順位を決定するための客観的な指標を設定する必要がある。従って事業効果の把握手法を確立するとともに、B/C（便益／費用）分析等の指標に基づく改修箇所の決定を行わねばならない。

⑤ その他

③に関係する項目として、大水害が発生した場合を想定して、万一洪水保険への請求額が洪水保険料を大幅に超過した場合の対策として、地震保険と同様な再保険の制度を導入することである。アメリカにおいても大水害の際には住宅・都市開発省長官がFEMAの連邦保険部を通じて、保険金の支払を分担するために超過損害再保険を提供することとなっている⁹⁹⁾。

また水防災対策は国、地方、住民が一体的に対処してはじめて効果を発揮するものであるので、アメリカにおいて実施されている「自治体格付けシステム」を導入することは非常に重要なことである。システムの導入により、地方政府が水防災対策へ重点をおくことになるとともに、対策が十分行われているかどうか住民の保険料へ反映されるため、住民が水防災対策に注目するようになり、お互いの考えが有機的にリンクすることが期待される。

以上のように、アメリカ型洪水保険を日本に適用する場合の問題点を列挙してきたが、やはり日本とアメリカにおける決定的な違いは国土面積であり、この違いが氾濫原規制の適用を困難にするとともに、規制とリンクした洪水保険の適用を困難にしている。従って、私見としては現状の保険制度（住宅総合保険、店舗総合保険など）をより実効的なものにし、かつ普及させることを第一目標として、例えば再

保険制度を導入して、保険会社の支払能力を越えるような大水害が発生した場合には、国庫から助成を行うことが有効である。また保険とは異なる観点からは、地方自治体の水防災対策への貢献を反映させるために、例えばある水防災対策の目標を達成した自治体の補助率を高める、またはそのような自治体内の居住者の保険料を割り引いて、その差額を補助するといった方法が効果的であると考えられる。

18.2 参考事例

- ① ハリケーン Camille における災害対応を成功例として紹介したように、アメリカでは上流域での災害発生直後に下流域での災害の事前評価を行い、機動的な対応を図り、被害の軽減を果たしてきた。日本ではアメリカのように洪水時に時間的余裕がないため災害時の評価は難しいが、次の災害への危機管理施策として、水害の後、水防のための情報伝達、避難所の安全度評価などを一層柔軟に検討することは可能であり、そうした機動的な水防災システムのチェックは被害の軽減に効果的である。
- ② ミシシッピ川においては6か月毎に、また洪水後にマスタープランの再評価を行い、プランが適切でなければ、例えば計画高水位を修正するなどしてきた。計画を頻繁に修正する是非は別として、絶えず工事实施基本計画の評価を行うことは防災上の弱点を知ることになり、ひいては効果的な計画改訂に結びつくと考えられる。
- ③ 日本においても従来可能最大降雨量 (Probable Maximum Precipitation : PMP) に関する研究等が行われたが、ミシシッピ川の計画洪水に採用されている計画設計洪水 (Project Design Flood : PDF) について、更に詳細に検討し、日本の大都市を流下する大河川に適用して、流域全体で見ても必要の治水安全度が保たれているかどうか、また問題となる箇所はどこかなどを検討することは長期的に見た治水安全度の確認となる。
- ④ アメリカでは堤防の保護工の一種として高水敷の低水路寄りに低水路と平行に石積みの水制を設け、堤防が波浪により侵食しないようにしている。この水制は他にも水制と堤防との間に土砂を堆積させる機能をもっているため、例えば侵食傾向にある高水敷の維持工法として有効である。
- ⑤ アメリカでは竜巻注意報が発令されると、市民、アマチュア無線家、各種団体などが警戒にあたり、その位置、強さなどを国立気象局に通報し、効果をあげている。日本においても例えば水防災機関 (水防団など) のOB等が堤防オブザーバーとして、月1回程度工事事務所の職員とともに堤防巡視を行うとともに、洪水時に破堤に至りそうな漏水などを発災前に検知できれば、水防団が目の届かないような危険箇所もカバーすることができる。
- ⑥ 陸軍工兵隊には環境問題に対応するため多数の環境、生態学の専門家がいる。また工兵隊のニューオリズ事務所には環境対策のためのプロジェクト・マネジメントの部署が設けられ、プロジェクトの進捗の迅速化が図られている。日本の治水関係の事務所においても環境問題の専門家の採用、部署の創設が早晚必要になると考えられる。
- ⑦ ミシシッピ川では沿川の用地を買収して、環境創造地域 (Environmental Demonstration Area

：EDA)を設定し、貴重な動植物の生息の場としている。例えば陸軍工兵隊のセントルイス地区事務所では管内に445km²に及ぶEDAを開発している。こうした環境保全を更に一步進めた環境開発の考え方を導入するにはまだ様々なコンセンサスが必要であるが、流域と一体となった環境空間の創造には不可欠な方法である。

18.3 ミシシッピ川の河川事業に関するトピックス

末次はアメリカ派遣期間中に、ミシシッピ川流域を2度訪れることができた。即ち、昨年7月から本格的なミシシッピ川水害が発生したが、その前後に訪問することができたのである。以下に調査スケジュールの概要を示す。

6月10日～6月21日：ミシシッピ川における氾濫原管理等の調査として、以下に示す機関・施設等を訪問した。

- 1) 陸軍工兵隊シカゴ地区事務所 (イリノイ州)
- 2) TARPプロジェクト (イリノイ州)
- 3) St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory (ミネソタ州)
- 4) TVAの本部 (テネシー州)
- 5) 陸軍工兵隊Memphis地区事務所 (テネシー州)
- 6) 陸軍工兵隊水路実験所 (ミシシッピ州)
- 7) ミシシッピ川管理委員会 (ミシシッピ州)
- 8) オールド川管理施設 (ルイジアナ州)
- 9) 陸軍工兵隊ニューオリンズ地区事務所

9月13日～9月17日：ミシシッピ川洪水被害調査として、以下の機関等を訪問した。

- 1) アイオワ州
- 2) Pork郡 (アイオワ州)
- 3) Ames市 (アイオワ州)
- 4) アイオワ州立大学
- 5) Des Moines市浄水場 (アイオワ州)
- 6) St. Charles郡 (ミズーリ州)
- 7) 連邦危機管理庁セントルイス地区事務所 (ミズーリ州)
- 8) Devenport市 (アイオワ州)
- 9) 陸軍工兵隊Rock Island地区事務所 (イリノイ州)

これらの機関等を訪問した際にディスカッションした話題のなかより、特徴的な話題、日本の河川事業に参考となるような話題を以下に列举する。

18.3.1 洪水防御について

- ・計画設計洪水は流域をカバーして決められているが、流域全体の観点からミシシッピ川を管理して

いる機関は存在しない

- ・ 6 か月毎に、また洪水後にマスタープランの再評価を行っている。プランが適切でなければ修正する。例えば計画高水位を変えることもある
- ・ 本川流量に大きな影響を及ぼす可能性のある支川はオハイオ川だけである。従って、通常の洪水時には上下流または本支川間の治水バランスを考えて流量調節を行ったりはしない。大洪水時には関係する管理者間で協議する場合もある
- ・ 1928年洪水防御法のなかで「いかなる場所における洪水または氾濫水によるいかなる損害に対しても、いかなる種類の責任も合衆国政府に関与または存しないものとする」とあり、連邦政府は水害裁判では有利な立場にある
- ・ 流域における都市化、上流側の築堤が多少進んでもミシシッピ川はそれらの影響を十分吸収できる余裕を持っている。洪水流量の増加に対しては放水路で対処している
- ・ 堤防法面の植生のうち、草は波浪による堤防侵食を防止するので良いが、樹木は根が問題を起こすのでダメである
- ・ 浚渫は主として舟運のために行われるが、流下断面を拡大し、結果的に治水安全度を向上させている
- ・ 内水は蒸発、浸透するためニューオリンズのような一部の低湿地を除いて内水排除の樋門はほとんどない
- ・ 1986年以降、工兵隊による築堤が行われなくなった区間は地域住民が自分達で築堤し、「工兵隊の設計条件に合致している」ことが確認された後、連邦政府から補助が行われる。補助率は築堤で75%、災害復旧で80%である
- ・ 放水路内の土地所有者には毎年「放水路内に土地を所有している」ことを通知するとともに、洪水を放流する際には事前に新聞などを通じて情報を流す
- ・ アイオワ州 Des Moines 市では氾濫により堤防へのアクセスの方法がなくなったのでヘリコプターにより資材を投下した。氾濫水の水深が下がってからはアクセス用の道路を新たに作り、トラックにより資材の運搬を行った
- ・ アイオワ州 Davenport では蛇行した河川に囲まれた農地を洪水被害から守るため、農家が自分達でショートカットした高い水路を築いた所もあった

18.3.2 環境対策について

- ・ TVA には Audit Group (監査グループ) と称される組織があり、現地調査を行い、レクリエーション・漁業等への環境対策を提言している
- ・ 工兵隊のニューオリンズ地区事務所には環境対策のためのプロジェクト・マネージメントの部署が設けられ、プロジェクトの進捗の迅速化を図っている
- ・ 沿川の環境保全の観点も含めて、洪水保険等により氾濫原管理が行われているが、ミシシッピ川の場合用地を買収して環境創造地域 (Environmental Demonstration Area : EDA) を設定し、貴

重な動植物の生息の場とするといった環境保全より更に積極的な方策を打ち出している箇所もある。例えばセント・ルイス上流のロックと堰No26は老朽化のため、1978年から新しい施設の建設に着手したが、閘門が大きくなると河川交通の増大により、動植物の生息地が破壊されると環境団体が建設に反対した。これに対し、左岸に8㎞に及ぶEDAを開発し、わしなどの生息地としている。工兵隊のセントルイス地区事務所管内には全体で445㎞のEDAがある

- ・放水路、遊水地内は通常魚つりやピクニックなどのレクリエーション機能をはたしている。従って、たとえ治水施設であっても洪水流下・貯留に伴う自然環境、生態系の破壊を懸念して相当大きな洪水がこない限り、洪水を分流させない考えである（Bonnet Carre Spillwayを除いて）
- ・日本でダムを建設する場合、周辺環境整備を行うことが多いが、これはダム建設に伴う副次的な効果である。アメリカでは当初から発電と同じレベルでレクリエーション施設としての効用が考慮されている場合もある（多目的ダムの場合でも、レクリエーションが第一の目的となっていることが多い）

18.3.3 その他（利水など）

- ・ミネソタ州とルイジアナ州を結ぶエリアより東の州ではイギリスのシステムに基づいて、湖・河川の水はそこに面する土地所有者が権利を持ち、上流優先で取水できる。この取水権はRiparian Rightsと呼ばれている。取水量に特に制限はない
- ・一方、上記の州を除く西部17州では開拓時代、鉱業や農業が盛んでこれらの産業は大量の水を必要とし、また開発は必ずしも水に近接した場所で行われなかった。こうした経緯より、取水権は早くから取水し、取水した水が経済的に有益に利用される場合に限り専有権（Appropriation Rights）が認められる
- ・上流に設置されているロックと堰は舟運、発電用の施設であり、洪水時に洪水流を阻害しないように高さの低い構造となっている
- ・堤防上の交通等の影響により堤防が沈下し、左右岸で高さが異なっている区間がある。またミシシッピ川支川では本川からの氾濫水を流下させるために、本川側の堤防高を低くした、いわゆる「受け堤」も見られた

お わ り に

今回の長期出張は出張先である米国地質調査所より滞在費等の一部を支給してもらうという条件で認められたもので、科学技術庁からは往復の渡航費を負担して頂いた。また渡航のための各種書類、パスポートなどの手続きに関しては企画課、人事厚生課の皆様に御世話になり、渡米の運びとなった。

アメリカにおいては共同研究のテーマである「洪水（降雨）危険度解析」を研究すると同時に日米の治水対策を比較検討するため、アメリカの氾濫原管理についての調査を開始した。氾濫原管理プログラムは非常に関連分野が多く、また内容が多岐にわたるものであり、完全に理解するには工学以外に政治、経済、社会学といった人文科学的なバックグラウンドが要求される。従って、著者の学識の及ばないところであり、少なくとも関連する書籍、報告書、パンフレットなどを読解し、またその分野の専門家に質問することにより理解を深めたつもりである。

また、アメリカの治水の一般論についてかなり把握できた段階で、ちょうど（財）国土開発技術研究センターのミシシッピ川調査団に同行させて頂き、具体的にアメリカの治水の現状や問題点などを見聞することができた。更に、その直後からミシシッピ川において本格的な水害が発生したが、この水害に関連して、土木学会の洪水被害調査団に同行して水害の実態及び対応も調査することができた。調査の際には調査メンバーの方々より貴重な意見、示唆を頂き、本報告書にその一部を掲載させて頂いた。

以上の様に数多くの方々にとりまして御世話になったり、便宜を図って頂いた。最後に特に御指導、御鞭撻頂いた方々の氏名、所属を示して、ここに謝意を表する次第である（敬称略）。

Wilbert.O.Thomas Jr. : USGS, Office of Surface Water, Hydrologist : 共同研究のCo-leader

Harry.F.Lins : USGS, Assistant Chief Hydrologist for Research and External Coordination, 今回の留学にあたっての窓口であるとともに、「地球環境が流域規模の水文、水資源に及ぼす影響に関する共同研究」のアメリカ側代表でもある

William.H.Kirby : USGS, Office of Surface Water, Hydrologist : 共同研究の支援者

吉 野 文 雄 : (財)河川情報センター 研究第一部長 (元 土木研究所 河川部長)

岡 山 和 生 : 兵庫県土木部河川課長 (元 (財)国土開発技術研究センター 調査第一部長)

元 永 秀 : (財)国土開発技術研究センター 調査第一部 副参事

<ミシシッピ川調査>

小 坂 忠 : (財)国土開発技術研究センター 理事長 : 調査団の団長

玉 井 信 行 : 東京大学 土木工学科 教授

木 下 誠 也 : (財)国土開発技術研究センター 調査第一部 次長

沖 大 幹 : 東京大学 生産技術研究所 助手

竹 谷 公 男 : (株)パシフィックコンサルタンツ 企画部 次長

<ミシシッピ川洪水被害調査>

高橋	裕	：芝浦工業大学 土木工学科 教授：調査団の団長
村上	處直	：横浜国立大学 建設学科 教授
肥田野	登	：東京工業大学 社会工学科 教授
佐土原	聡	：横浜国立大学 建設学科 助教授
為国	孝敏	：(社)土木学会
竹谷	公男	：(株)パシフィックコンサルタンツ 企画部 次長

◆ 報 文 ◆

ミシシッピ川における水害と治水

末次 忠司*

1. はじめに

筆者は1993年1月より1年間、アメリカ合衆国バージニア州レストンにある内務省地質調査所(USGS)へ長期出張し、洪水危険度に関する研究を実施した。同年7月よりアメリカで史上最高の被害額となる水害が発生し、同年9月に芝浦工大の高橋教授を団長とするミシシッピ川洪水被害調査団に同行する機会を得た。本論文ではミシシッピ川における治水対策を踏まえたうえで、今回の水害被害の調査結果を考察することとした。

2. ミシシッピ川の概要

ミシシッピ川の諸元は以下のとおりである。

- ・源流: アイタスカ湖～河口: ニューオリンズ
- ・流域面積: 323万km²……アラスカ、ハワイを除く48州の約41%を占め、一部カナダにもまたがる
- ・幹線流路延長: 3,780 km
- ・既往最大流量: 74,000 m³/s……アーカンソー地点で1927年に記録

ミシシッピ川は上流域は氷河により形成された起伏のある地形である。下流域は流送土砂により形成された広大なデルタで、氾濫原には自然堤防が発達している。ミシシッピ川は大量輸送の動脈として活用され、上流には舟運の水深を確保するために29箇所のロックと堰が建設されている。上流へは石炭、石油、下流へは穀物、鉄(合計で年間約4億トン)の物資が輸送されている。

3. ミシシッピ川における治水対策

3.1 治水の沿革

上記のような地形特性のため、上流域は山付きか掘込河道、盆地は低い堤防で防御され、下流域は日本と同様高い連続堤が延々と続いている。しかし、アメリカにおける治水の歴史は浅く、従来治水は地域・個人の問題で行政機関に責務は

ないとされていた。ミシシッピ川上流域を含め、連邦政府の責務で本格的に治水を開始したのは1936年からである。また、現在のような洪水保険(個人単位で加入し、連邦政府が洪水被害の程度に応じて保険金を支払う)、氾濫原管理のシステム(土地利用規制、建物の耐水化などを含めたハード、ソフトの治水対策)を導入したのは1960年代後半に入ってからである。表-1に治水の沿革を示す。

3.2 治水計画と治水施設

洪水保険のための特別洪水危険地域の設定及びミシシッピ川上流域の施設設計基準は、年最大ピーク流量を確率統計処理した100年確率洪水流量である。一方、下流域では既往洪水時の各観測所の豪雨データを気象学的に厳しい条件で組み合わせ、ユニットハイドログラフ等を用いて、流出量と流下量の計算を行っており、結果的には約1/500の超過確率の治水計画となっている。このようにして計算された計画設計流量(日本の計画高水流量に相当)は図-1のようになり、ミズーリ川合流前での本川流量4,200 m³/sは日本の中河川並みであるが、流量の約8割を占めるオハイオ川が合流した後は、例えばアーカンソー地点で81,800 m³/sと大河川の様相を呈する。

治水施設としては堤防、洪水防護壁、遊水地・放水路、ダムなどがある。堤防は主として陸軍工

表-1 治水対策の沿革

年	治 水 対 策 の 内 容	
1717	フランスから移住した沿川の土地所有者たちが自費で築堤した	
1819	ミシシッピ州では河岸の土地所有者から集めた堤防税により堤防を建設できる法律が制定された	
1879	ミシシッピ川下流域の治水計画を担当するミシシッピ川管理委員会が設立された	
1917	最初の洪水防除法に基づき、陸軍工兵隊が治水事業を行うようになり、ミシシッピ川下流域に護岸を建設した	←1912, 13年洪水
1928	1928年洪水防除法が制定され、陸軍工兵隊がMR&T(ミシシッピ川及び同支流開発プロジェクト)を開始した	←1927年洪水
1936	連邦政府が全ての治水計画に参画するとともに、流域処理及びダムによる流量調節を含めた総合的な洪水防壁が本格化した	
1930年代	TVA、農務省土壤保全局、内務省陸軍工兵隊も洪水防壁事業へ参画した	
1966	最初の氾濫原管理のための国家的統一プログラム“Task Force on Federal Flood Control Policy Managing Flood Losses”が発表された	
1968	国家洪水保険法の制定に伴い、洪水保険業務が開始された	
1970年代	国家環境政策法(1970)、水資源開発法(1974)などにより、非構造的洪水防壁が促進された	←1973年洪水

兵隊により建設され、特にアーカンソー川からミシシッピ川河口までの堤防(1,050 km)は世界最長の連続堤防である。堤防の嵩上げが困難な地域には洪水防護壁(日本の特殊堤に相当:写真-6参照)が建設される場合がある。セントルイスには高さ5 m、総延長11 kmの洪水防護壁がある他、ニューオリンズには堤防の背後地に洪水防護壁が建設されている。

下流域で実施されている対策に遊水地・放水路がある。通常はレクリエーションや農業に利用されている。興味深い話として、担当者は「これらは治水施設であるが、動植物の宝庫となっているため、洪水流下に伴う生態系の破壊を懸念して相当大きな洪水が発生しないかぎり、洪水を分流させない」という考えを持っている。

一方、1960年代後半から一連の非構造的(ソフト)なアプローチが推進されたり、国家環境政策法の制定により事業の実施前に環境へ与える影響を評価することが義務付けられたことなどにより、ダムなどの大規模なプロジェクトを実施することが非常に困難となり、現在連邦政府が建設しているものは数少ない。

4. ミシシッピ川水害の原因および概要

4.1 アメリカにおける水害の実態
全ての災害を体系的に記述した統計がないため、大統領によって災害宣言が行われた災害数について見てみると、水害は全災害の、

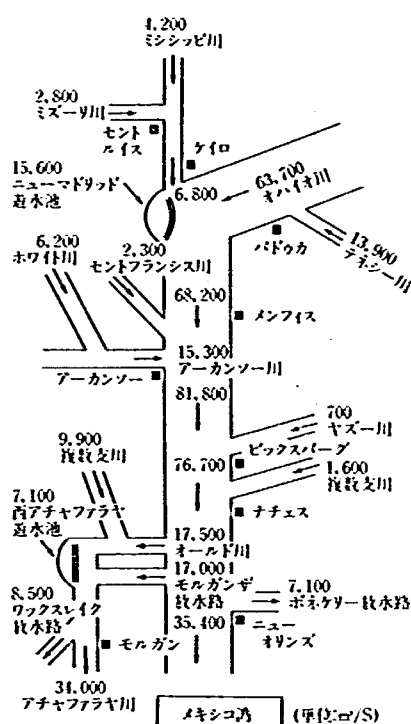


図-1 ミシシッピ川の計画設計流量の配分図

実に約8割を占めている。一方、水害被害額は過去60年間で年率4.1%で増加しており、これはGNPの増加率に匹敵するものである。過去20年間の被害実態は以下のとおりである。

- ・年平均水害被害額 3,700億円(1990年価格)
- ・年平均死者数 159名

ただし、上記被害にはハリケーン、土砂害、農業被害は含まれていないため、日本の水害被害と比較するためには、これを2,3倍に換算して考える必要がある。

4.2 ミシシッピ川水害¹⁾

1992年11月からの断続的な長雨により、ミシシッピ川上流域における1993年1月から7月までの総降雨量は1895年以来の観測史上最高となった。7月には南東部の高気圧により、前線域の雷雨群が停滞したために集中豪雨となり、特にアイオワ州などでは平年の2倍以上の月雨量となった。長雨で地表の土壌が飽和状態となっていたため、7月の豪雨が一気に河川に流出する結果となった(図-3)。

100年確率洪水を基準として氾濫原管理が実施されていたミシシッピ川上流及びミズーリ川では10年確率洪水を超過した154流量観測所のうち、56箇所では既往最大流量を上回った。また100年確

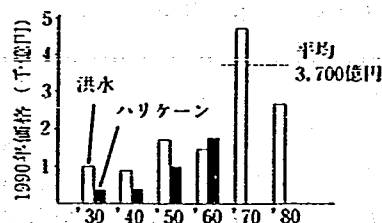


図-2 年代別の年平均被害額

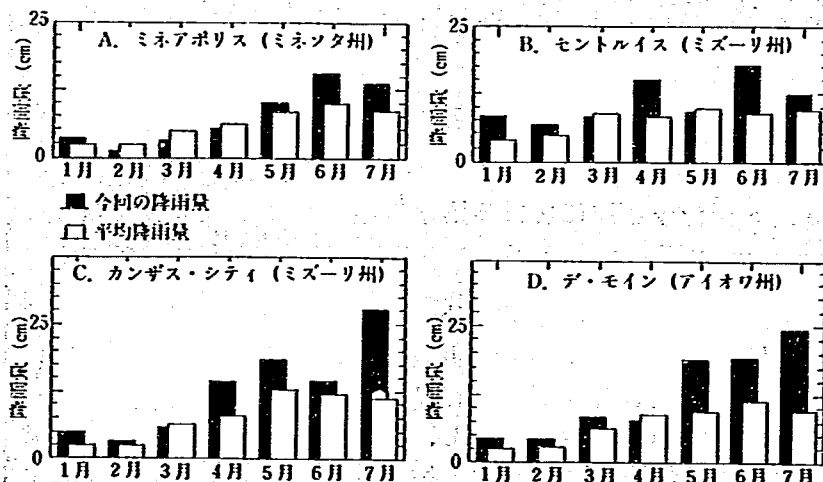


図-3 1993年1~7月の降雨量と過去30年間平均降雨量との比較(観測地点は図-5に表示)

率洪水を上回った観測所が45ある。その結果、小規模な水害は春先から始まり、7月より中西部全体に及ぶ大規模な水害となった。洪水は図-4に示す様に、ミシシッピ川上流のPrairie du Chienで6月30日に、また中流のセントルイスで8月1日にピーク水位になった。アメリカでは洪水が長期間に及ぶため、上流での洪水の様子を見てから下流での対応を考えたり、駆け込みで洪水保険に加入する住民もいた。

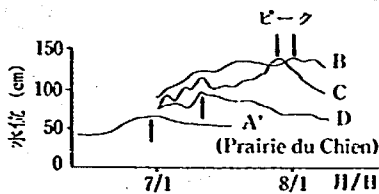


図-4 洪水の流下状況(観測地点は図-5に表示)

図-5に示すように、本川のダベンポート～ハニバル間及びミズーリ川のカンザス・シティ～セントルイス間ではほとんどの区間で破堤または越水被害が発生し、被害は9州に及んだ(表-2)。被害額で見れば、ハリケーン・アンドリューの約2兆円には及ばないものの、洪水被害としては史上最高の1.1兆円以上の水害被害となった。なお、1ドルは100円として換算している。

ここで注目には値するのは、本川のデモイン川合流前のキーコック地点での流域面積が約30万km²であるのに対し、既往最大となった今回の洪水ピーク流量が約12,000 m³/s (比流量0.04 m³/s/km²)に過ぎないという点である。ミズーリ川においてもカンザスシティ地点上流の流域面積は120万km²以上であるが、今回の洪水ピーク流量

表-2 州別に見た被災状況

州名	死者	被害額(億円)	避難者	被災家屋(戸)	浸水面積(km ²)
イリノイ	1	1,000以上	15,000名	7,200	3,500
アイオワ	7	3,500	12,610家族	13,335	8,900
ミネソタ	4	1,000	1,100家族	10,000	20,200
ミズーリ	26	3,000以上	19,000名	12,000	12,100以上
ネブラスカ	1	377	247名	2,000	23,500
サウス・ダコタ	4	738	2,600名	745	14,600
ウィスコンシン	2	800~1,000	2,500名	4,700	不明
カンザス	1	475以上	13,000名	3,414	18,600
ノース・ダコタ	2	520	100名	4,500	38,000
合計	48	11,400以上	51,847名 + 13,710家族	57,894	139,400以上

は15,300 m³/s (比流量0.01 m³/s/km²)である。流域面積が約80分の1の利根川における昭和22年の洪水時のピーク(17,000 m³/s (比流量1.01 m³/s/km²))より小さい。しかし、今回のミシシッピ川の洪水では、ある箇所では破堤・氾濫しても上流域から大量の洪水がミシシッピ川に流入して、下流へ伝わり、次々に破堤を起こすという現象が長期間継続した。この点がある箇所では破堤・氾濫すると、他の箇所の危険性が回避されるというわが国の河川との決定的な違いであろう。

またミズーリ川合流後のセントルイス地点では既往最大流量が36,800 m³/s (今回は30,600 m³/s)であるが、図-1に示すように、オハイオ川合流点上流のミシシッピ川本川の計画流量が6,800 m³/sに過ぎない点も注目には値する。日本の河川とは規模・特性が異なる外国の大河川において河川計画を立案する場合に参考となる点があると思われるので、今後詳しく検討していきたい。

5. 水害被害の特徴¹⁾

・ハリケーン・アンドリューの被害と比較して、浸水の長期化(長い地域で4か月)により大豆やとうもろこしなどの農作物が広範囲にわたり、大きな被害を受けた。被災に伴い、価格が上昇したが投機による影響が大きいと見られている。

・図-5に示したミズーリ川を含む約1,800 kmに及ぶ商業航行の閉鎖や沿川の列車による貨物輸送(全米の貨物輸送量の約30%)の停止により、流通に莫大な被害が生じた。

・ライフライン関連では、上水道施設(デモイン及びアルトン)が被災し、特にアイオワ州の州都デモイン

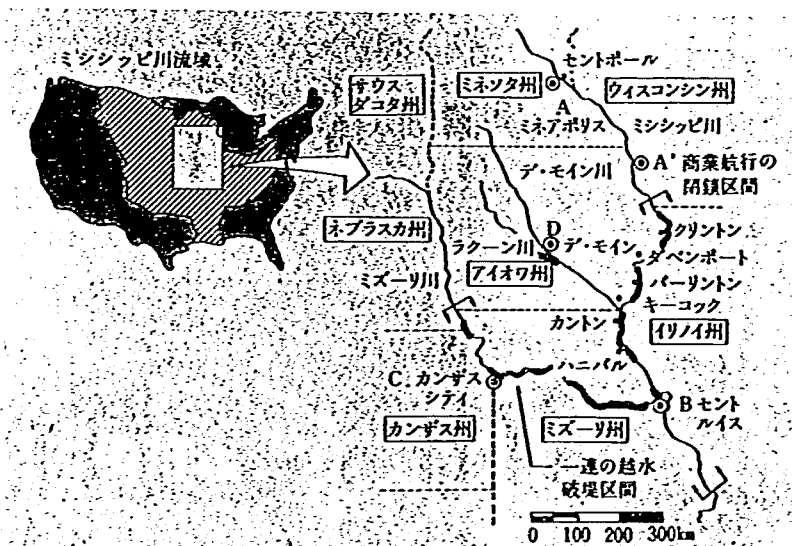


図-5 ミシシッピ川水害の被災概要

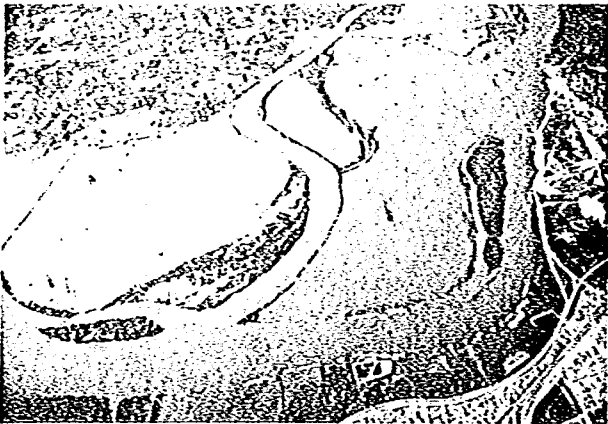


写真-1 ミシシッピ川とミズーリ川との合流点付近の氾濫状況
河川沿川は広範囲にわたり浸水し、一部地域では家屋が流出した。ミシシッピ川の破堤に伴う氾濫流がミズーリ川まで到達し、新たな流路となった箇所もある



写真-4 被災者への食料品等の配布
赤十字により飲料水、パン、クッキー、リンゴなどが配布された。活動は全米から集まったボランティアによって支援されている。写真の運転手はミシガン州からやってきた



写真-2 セント・チャールズ郡（ミズーリ州）における被災状況
当地区はミシシッピ川とミズーリ川にはさまれた氾濫常襲地帯である。流速の早い氾濫流により多数の家屋が流出、破損被害を受けた。最大浸水深は約3mである

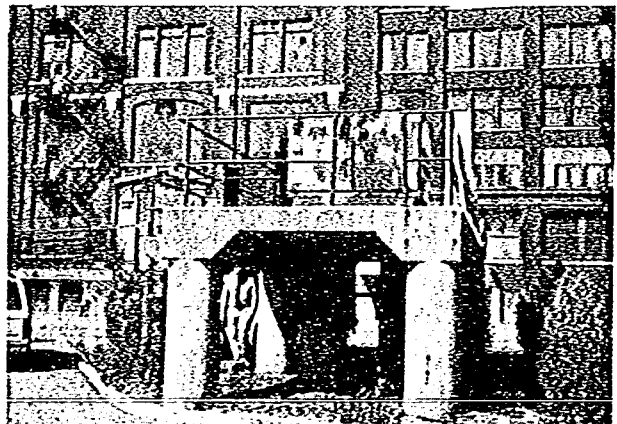


写真-5 対策により被災を免れた例(1)
アイオワ州ダavenportは1965年に水害被害を被った。この高圧受電装置はこの時の浸水位を基準にして嵩上げていたために機能停止を免れた

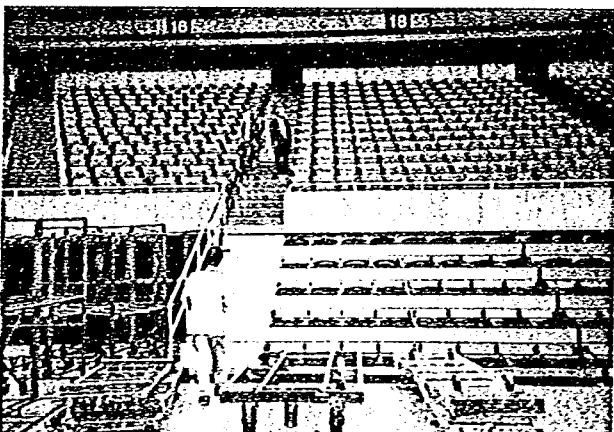


写真-3 アイオワ州立大学の被災状況
床面が地階のスタジアムは約4mの浸水被害を受けた。スタジアム周辺には土のうが築かれたが、水圧により地下への搬入路(コンクリート製)下が侵食され、氾濫水が侵入した。



写真-6 対策により被災を免れた例(2)
アイオワ州ベテンドルフにある折りたたみ式の洪水防護壁はコンクリート壁(1.2mと1.1m)とアルミ・パネル(1.1m)からなる景観に配慮したものである

では7月11日に機能が停止し、約25万人分の給水がストップしたため、約3万人が避難した。National Guardと市職員により、急遽125箇所の臨時給水所が設置された。8月1日には給水が再開された。

・水害による2次災害として、危険物災害がある。セントルイス南のLPGプラントでは、氾濫水の浮力を受けていた連結バルブが氾濫水位の低下時にはずれて、ガスが流出した。LPGガスは空気に接触するとガス化し、引火するとかなり広い範囲の家の窓を破損させる可能性があるため、半径約1.6 kmの約9千人の住民が避難した。

・破堤箇所から流出した氾濫水により落堀が形成された他、ミズーリ川に2箇所、ミズーリ川とミシシッピ川との合流点に1箇所、新たな大規模流路が形成された。特に合流点付近のイリノイ州アルトン上流では、総流量の20%以上が新たな流路に流入した。

・洪水防護壁は洪水に対して絶対安全であると言われていたが、セントルイスでは8月1日のピーク時に洪水防護壁の上端まであと約80 cmの所まで洪水が迫り、水圧のために堤体（防護壁下の土堤部分）から漏水が生じた。漏水箇所へは土砂や礫を投入したため、幸いにして破堤は免れた。

・氾濫水に高濃度の化学物質（化学肥料など）が検出された。USGSの調査結果によれば、例えば硝酸塩類化学肥料はピーク時に2~2.5 mg/lという値を示した。氾濫水に化学物質が混入していたため、浸水したコンクリート建物の壁が白色化するという現象が見られた。

・未処理の下水が街へ流出し、水道水が汚染したり、停止したため、チフスや破傷風などの発生が心配された。これに対しては各所にミネラルウォーターの配布所を設けるとともに、予防注射を実施した。

6. 水害への対応

治水施設の設計・施工に関しては陸軍工兵隊が航行可能水域の支流まで含めてこれを実施し、また許可を与える権限を付与されている。内務省開拓局は西部17州、TVAはテネシー川流域を管轄している他、小規模流域については農務省土壌保全局が治水を行っている。

一方、水害発生前・中・後においては、水文データの収集・解析は主として、地質調査所、陸軍工兵隊、国立気象局によって行われる。これらのデータに基づいて実施される水防活動はNational Guardが市民ボランティアの支援を仰いで展開される。National Guardは陸軍または空軍の権

限下にあつて最低限の訓練を受けた市民ボランティアからなる州単位の組織である。

また水害発生後はFEMA(連邦危機管理庁：連邦政府の独立機関)の役割が大きい。FEMAは被害状況の調査、地方政府・住民への援助、洪水保険などを所管する災害対策の窓口となる組織である。日本と異なるのは水害発生直後プロジェクトチームを結成して対応にあたることである。例えば、FEMAはミズーリ州に退官した防災のベテランを結集して、仮設の事務所を設け、水害の事後対応にあたった。何れの対応にしても非常に機動的かつ柔軟であり、地域や組織の壁をこえた対応への結束は見習うところが多い。

7. 水害の教訓

今回の水害については専門家、マスコミ、市民から様々な意見、提案が出された。日本の治水対策の参考とするため、水害の教訓として列挙する。

7.1 洪水予測が適切でなかった

国立気象局等により、連日新聞やテレビに洪水位のピークがどこで、いつ発生するかが報道された。しかし、予測がかなりはずれたために、専門家や一般市民から予測モデルの精度が低いと指摘され、今後予測モデルを改善していくことが求められている。

7.2 洪水保険への加入率が低い

水害被災地の居住者の洪水保険加入率は15%と低かった。この原因は他の地域同様、主として以下の2つの理由によるものである。

①保険料が高い

1974年以来連邦政府からの補助金削減に伴い、保険料率が引き上げられた。またFIS(洪水保険調査)後、多数の自治体が暫定的な緊急プログラムから通常プログラムへ移行した。これらの理由により、保険料が高くなったために、洪水保険への加入率が低くなった。通常プログラムでは1世帯住宅(建物)で補償の最高額は1,850万円である。平均的な洪水保険は年間3万円の保険料に対して、850万円の補償を得るタイプである。

②対象範囲が狭い

特別洪水危険地域(年最大洪水ピーク流量を解析して、超過確率が1/100となる洪水位よりも標高の低い地域)以外で、大水害の時のみ被災する地域は現在一部の地域を除いて洪水保険の対象とはなっていないが、今後は保険の購入を義務付けるとともに、自治体の加入要件である氾濫原管理

基準のなかにフラッシュ・フラッド(鉄砲水)、海岸域における氾濫、海岸侵食、地すべりなどの危険性の高い洪水問題の管理テクニックも含める必要がある。

7.3 総合的な管理が行われていない

ミシシッピ川の特に上流域は堤防がツギハギ状に建設されている。すなわち、ミシシッピ川全体を管理する機関がないため、堤防が建設されている区間と建設されていない区間、行政機関が建設した堤防と民間企業が独自に建設した堤防など、様々な基準の堤防が建設されている。

例えば、アイオワ州のダベンポートでは陸軍工兵隊が数回堤防の建設を提案したにもかかわらず、住民は「堤防は観光資源としてのウォーターフロントを台なしにする」として反対し、今回の水害で被災するという結果になった。

7.4 水害の危険性の少ない地域に居住する

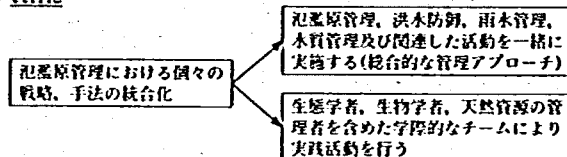
アメリカでは水害頻度の高い地域では水害地域からの「移転 (Relocation)」が実施されることがある。今回の水害でも、イリノイ州パルマイヤーは350世帯の約6割が大きな被害を受け、浸水しなかったのはわずか4世帯であった。水害後の住民投票では投票者239名のうち、66%が移転に賛成したため街の移転計画がたてられた。計画によれば、新しい街は約16億円の費用をかけて、東へ1.6kmの高台に2、3年以内に建設される予定である。FEMAの試算によれば、この予算は水害被害に対する洪水保険の請求額を支払うよりも安価であるとのことである。

8. アメリカにおける今後の治水戦略

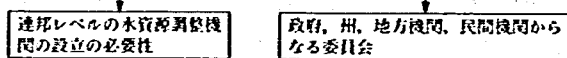
アメリカでは氾濫原管理を開始して25年になる1992年に、それまでの治水対策についてのアセスメントを行うとともに、“Floodplain Management in the United States : An Assessment Report”のなかで、次世紀に向けての治水戦略を発表した。戦略のキーワードは「統合化」、「横断的な組織」、「情報・教育」などである。

治水戦略の骨子を要約すると図-6のようになり、活動・組織のタテ割りの弊害を極力少なくすること、およびできる限り多くの情報を収集し、収集するだけでなく、効果的に活用できるようデータベース化すること、更にこれらを有機的にリンクさせるための職員の教育、経済効果の評価手法の開発を行うことなどに重点をおいている。

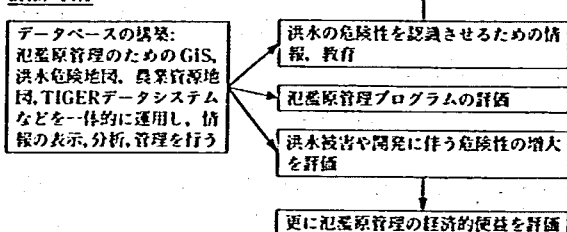
統合化



横断的な組織



情報、教育



注)GIS…Geographical Information System(デジタル化された地図情報)
TIGER データシステム…内務省センサス局が開発した氾濫原管理データシステム

図-6 治水戦略のフロー

9. おわりに

ミシシッピ川以外も含めたアメリカにおける治水対策については、現在「アメリカの治水戦略」(土木研究所資料)に執筆中であり、詳細についてはそちらを参照して頂きたい。

最後に、本調査にあたっては、芝浦工大の高橋教授、横浜国大の村上教授、東工大の肥田野教授をはじめとする多くの方々に御指導、御鞭撻頂いた。紙面を借りて謝意を表します。

参考文献

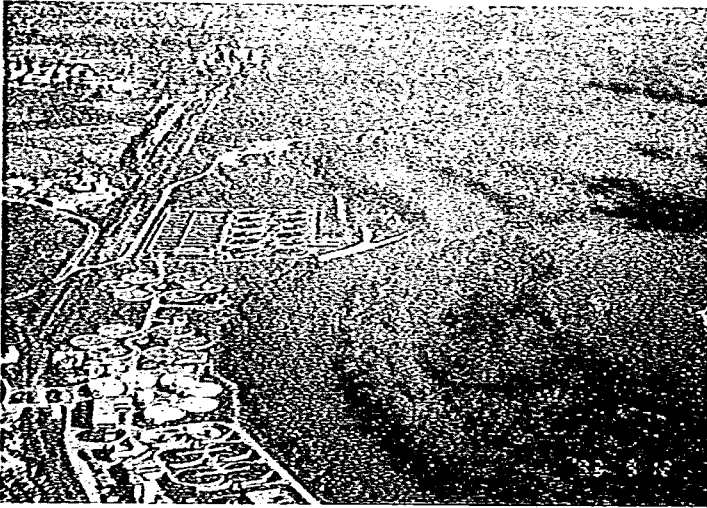
- 1) 末次忠司: ミシシッピ川大水害—アメリカ最大の水害 “The Great Flood of '93”—河川, 1993. 8

末次忠司*



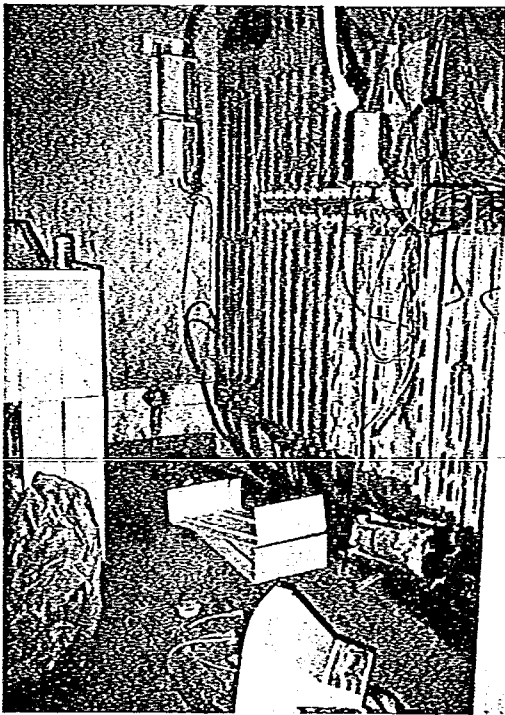
建設省土木研究所河川部
都市河川研究室主任研究員
Tadashi SUETSUGI

《 写真で見るミシシippi川水害の記録 》



写真－a Des Moines市郊外の浸水状況
(アイオワ州)

河川沿いには下水処理場等のプラント施設があるが、幸い地盤高が高かったために浸水被害は免れた。これ以外にも河川沿いには各種プラント施設があるため、水害により被災する可能性が高い



写真－b 事務所の入った民間ビル
(アイオワ州 Des Moines市)

ビル横を流下する Des Moines 川(ミシシippi川支川)が橋梁付近でダムアップし、越水が生じ、身障者用のスロープから大量の水が侵入した。浸水に伴い、地下1階に設置されていた電気、ボイラー施設等が停止したため、電気、電話、セキュリティ、エレベータの施設が機能停止した。ライフライン施設がすべて復旧するのに約3週間を要した



写真－c Squaw 川横の家屋被害
(アイオワ州 Ames市)

この付近では Squaw 川(ミシシippi川の2次支川)はかなりの曲率半径で湾曲しており、河川は側岸侵食されるとともに、越水した氾濫水は家屋に大きな被害を与えた。この家屋は1m程度の浸水を受け、全体の半分を改築していた

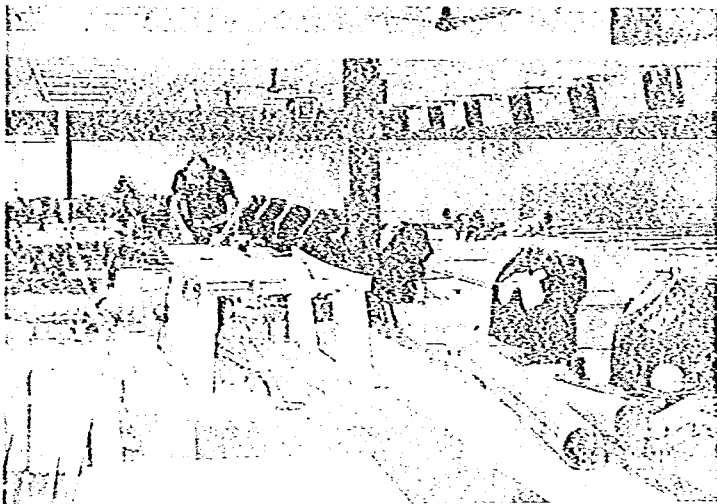


写真-d ボーリング場の被災
(アイオワ州 Ames市)

Squaw 川からの越水により、ボーリング場が浸水した。当該地は周囲より比高が1～1.5 m高かったため、浸水深は20～30cmであったが、浸水により床のレーン、ピンを並べる機械などが被災し、すべてを新品にとりかえている。洪水時に土のうにより輪中堤を築いたが、最終的には浸水被害を免れなかった。土のうの築き方は日本と異なり、盛った砂をビニールでおおい、ビニールが氾濫水により流されないように、氾濫水側に重しとして土のうをおいている

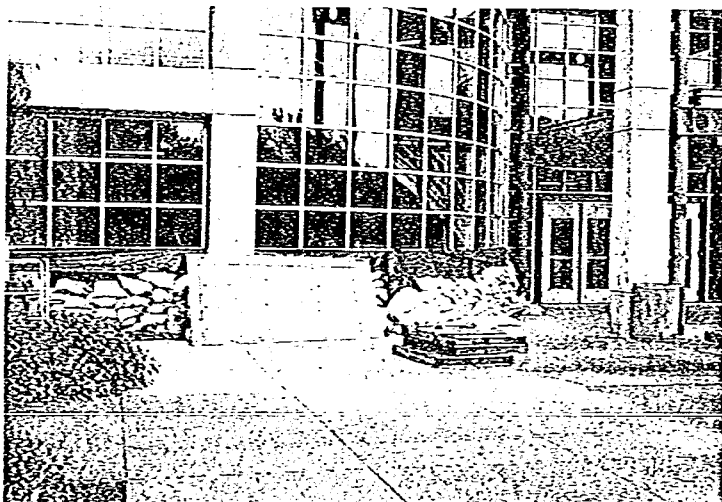


写真-e アイオワ大学体育館の被災状況
(アイオワ州 Ames市)

Squaw 川からの越水により、浸水深は10cm程度であったが、体育館内には特殊材料で製作されている陸上用トラックや耐火材などを使用しているため、プラスチック、土のうなどで防水活動が実施された

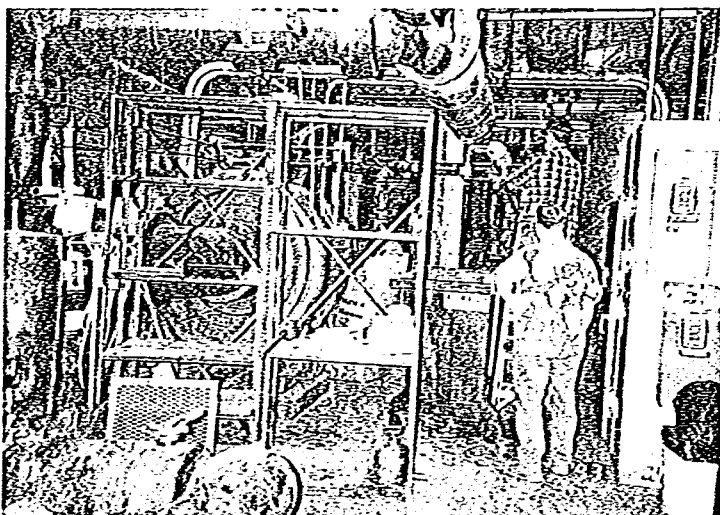


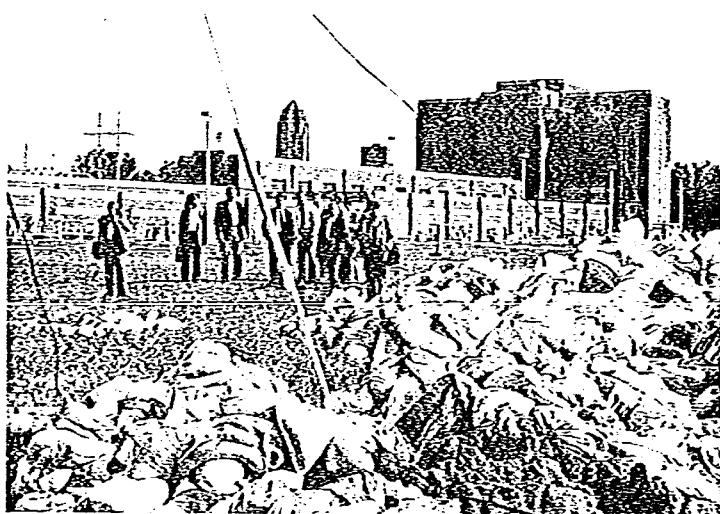
写真-f アイオワ大学スタジアムの被害
(アイオワ州 Ames市)

地下の機械室への搬入路には角落としが設置されており、最初はこちらにより氾濫水に対処していた。しかしその後氾濫水位の上昇により、搬入路下のコンクリートが洗掘され、沈下し氾濫水が地下室へ侵入した。最大浸水深は4 mにも及び、機械、ボイラー、自家発電機、製氷器などが被災した



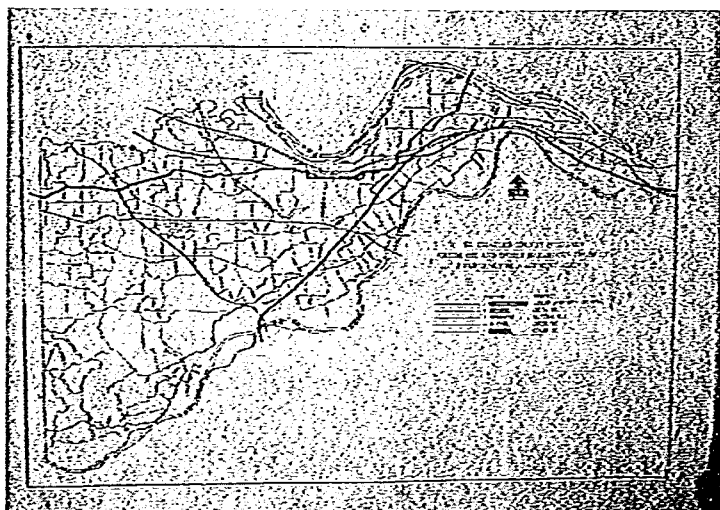
写真－g 氾濫水中の化学物質の検出
(アイオワ大他)

氾濫水に高濃度の化学物質（化学肥料など）が検出された。USGSの調査結果によれば、例えば硝酸塩類化学肥料は洪水ピーク時に2～2.5 mg/lという値を示した。日本では浸水すると、浸水箇所は濁色化するが、今回の水害では氾濫水に化学物質が混入していたため、写真のように浸水したコンクリート建物の壁が白色化するという現象が見られた



写真－h 上水道施設の被害
(アイオワ州 Des Moines市)

ライフライン関連では Des MoinesとAltonにおいて上水道施設が被災した。Des Moinesでは Des Moines川からの越水により、7月11日に機能が停止し、約25万人分の給水がストップしたため、約3万人が避難した。National Guardと市職員により、急遽125箇所の臨時給水所が設置された。8月1日には給水が再開された



写真－i St. Charles郡における防災体制
(ミズーリ州)

St. Charles郡のEmergency Management Agencyでは様々な災害への対応を実施しているため、写真に示すような液体アンモニア、天然ガス、天然オイルなどのパイプラインにも着目した防災体制をしいている

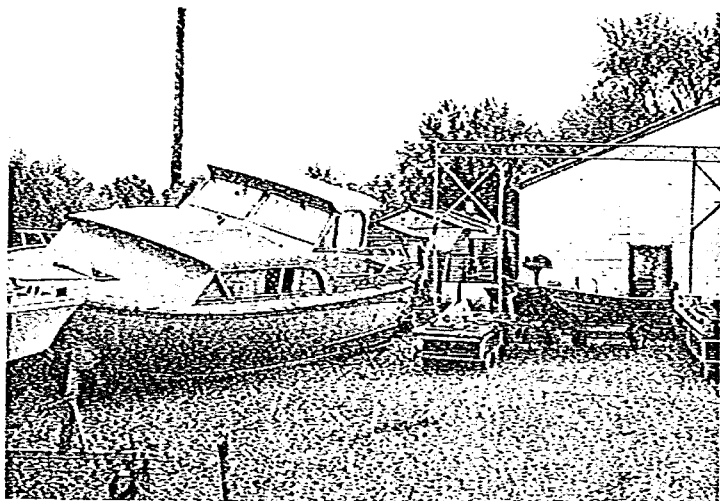


写真-j St. Charles 郡における被災状況
：1（ミズーリ州）

当地区はミズーリ川とミシシッピ川に挟まれた氾濫常襲地帯で、本川との合流点から50kmのミズーリ川左岸に面する。今回の水害においても、浸水深は最高で2～2.5mを記録し、小家屋が転倒したり、多くの家で住民が避難した

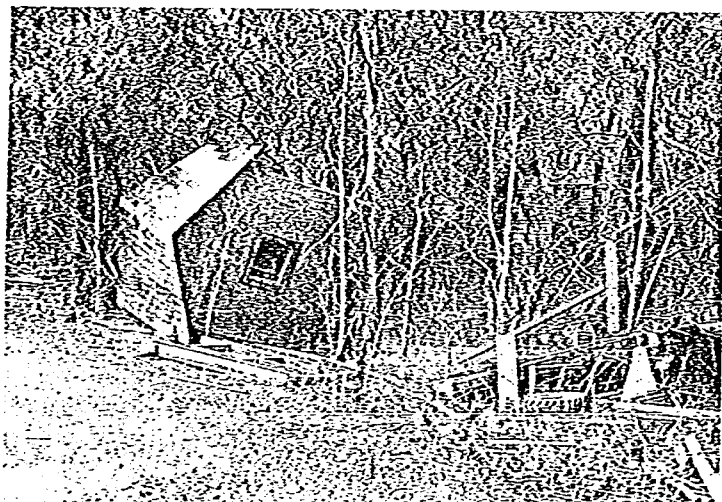


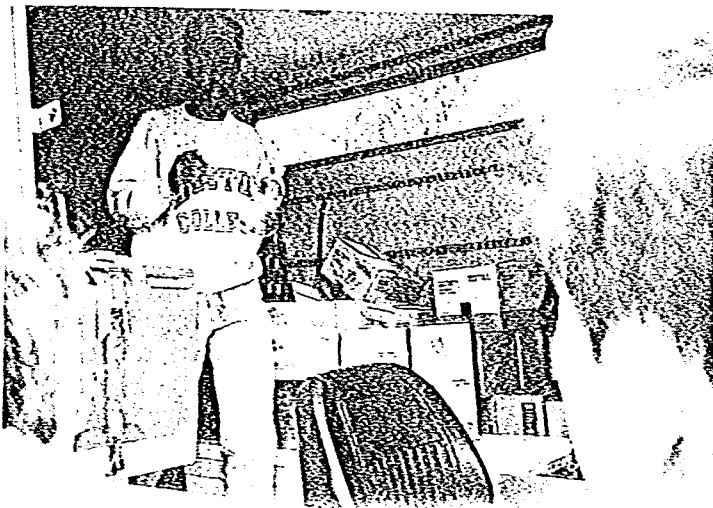
写真-k St. Charles 郡における被災状況
：2（ミズーリ州）

当地区は堤防により防御されていないため、氾濫水の流速はかなり早く小家屋は流出したり、転倒したりした。また破壊された家屋の建材等が付近一帯に散乱し、水害発生当時の状況を物語っていた



写真-l St. Charles 郡における被災状況
：3（ミズーリ州）

写真から分かるように、2階の窓付近まで浸水した。浸水により玄関が流出したり、家財や電気製品が大きな被害を被った。各家屋の玄関先にはこれらの資産が粗大ゴミとして、高く積み上げられていた



写真－m St.Charles郡における援助活動
(ミズーリ州)

水害発生後、赤十字や各地のボランティアにより、援助活動が実施された。写真の女性セントルイスから来たが、運転手はミシガン州、車はアラバマ州からきたものである。赤十字からは食パン、リンゴ、コーヒー、ボトルウォーター、缶ジュース、ポテトチップス、ビスケット（クッキー）が配布された



写真－n セントルイスにおける浸水状況
(ミズーリ州)

セントルイス市より上流ではミシシッピ川が至る所で越水または破堤し、低地となっている氾濫原は一面浸水し、氾濫が地形特性に対応している様子がよく理解できる



写真－o ミシシッピ川からの氾濫に対する受け堤
(アイオワ州 Davenport 市)

ミシシッピ川の右支川には本川からの氾濫を受け入れられるよう、本川側(写真右側)の堤防高が低い堤防(受け堤)が設置されていた。左岸側の堤防高は右側に比べて2 m以上低くなっていた

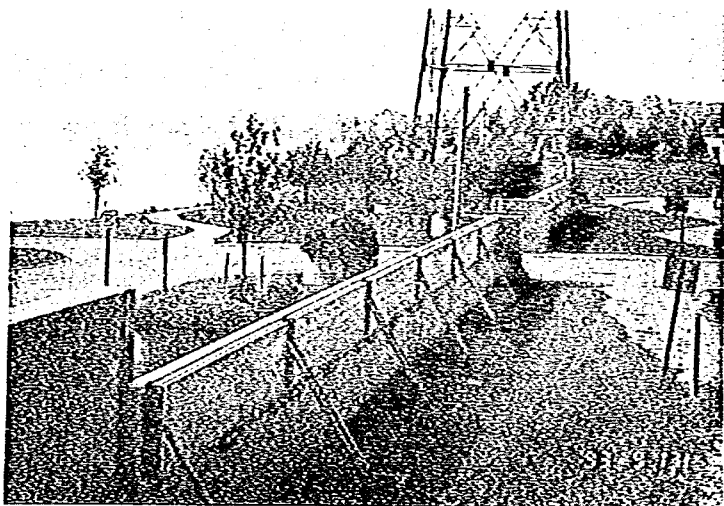
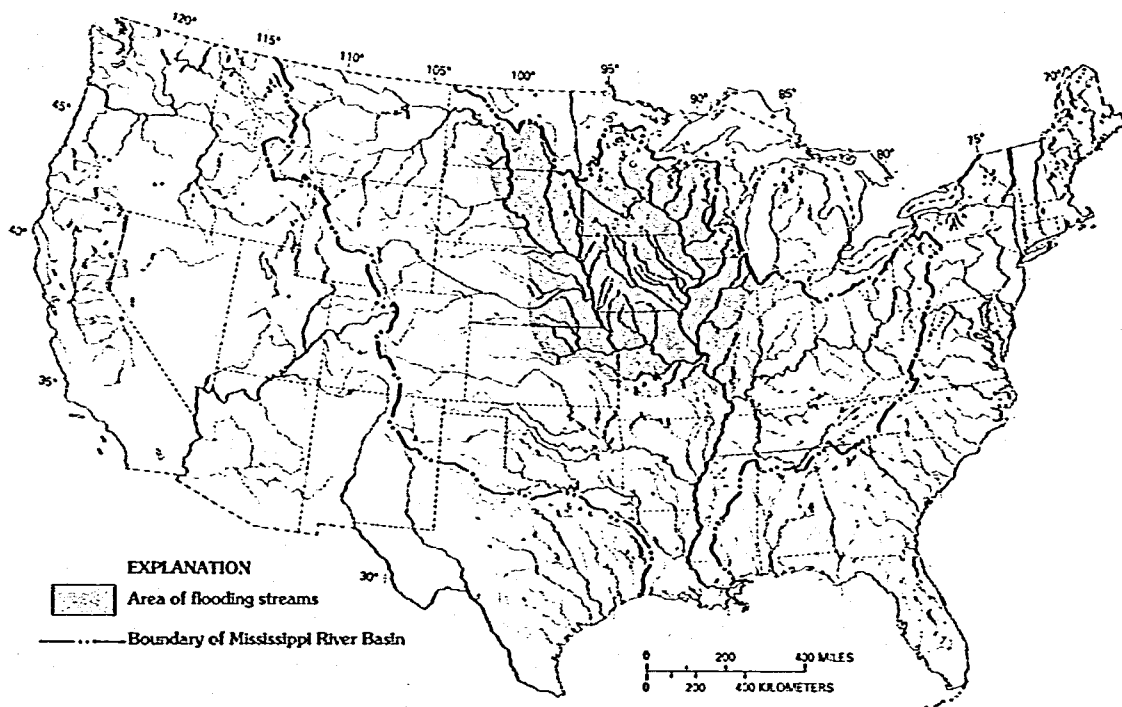


写真-p 折りたたみ式洪水防護壁
(アイオワ州 Bettendorf)

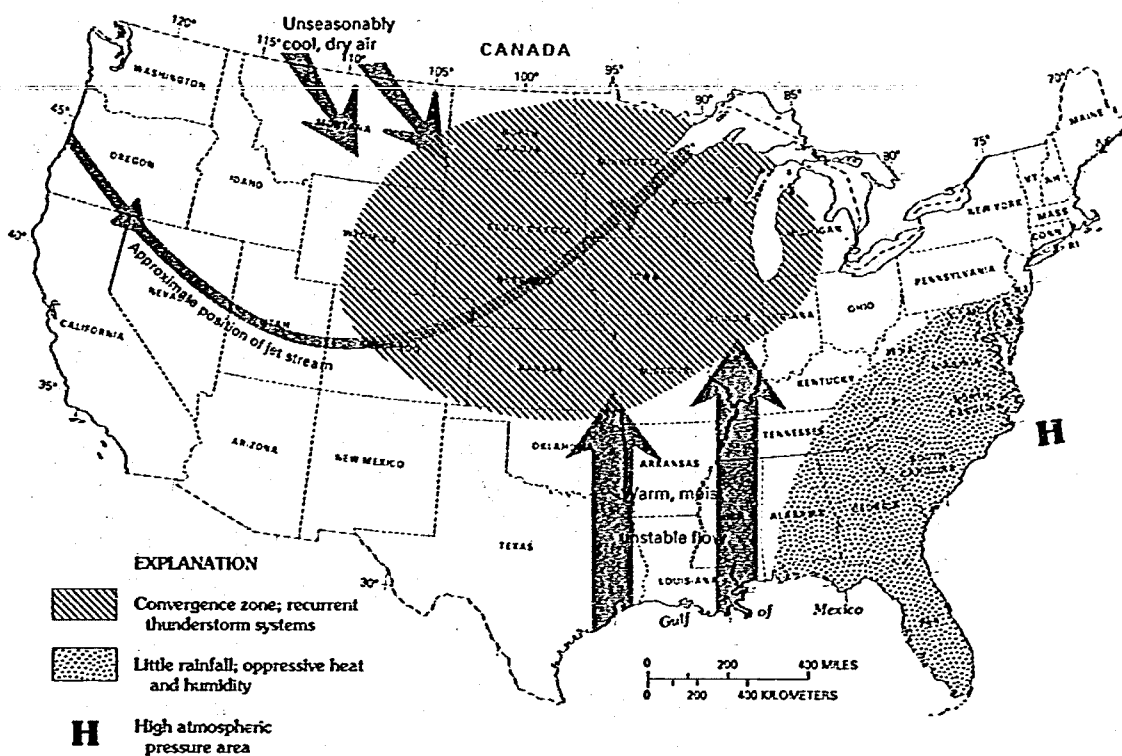
当地区の河川沿いには河川公園があり、また住民が堤防は景観を損なうという理由で反対しているため、高さを変えられる洪水防護壁が建設された。これは2段のコンクリート壁(1.2 mと1.1 m)と1段のアルミ壁からなり、通常時は1.2 mの壁で景観阻害とはならないようになるし、また壁の表面は周囲の景観とマッチするように配色や材質が工夫されている

《ミシシッピ川水害時の気象・水文状況》



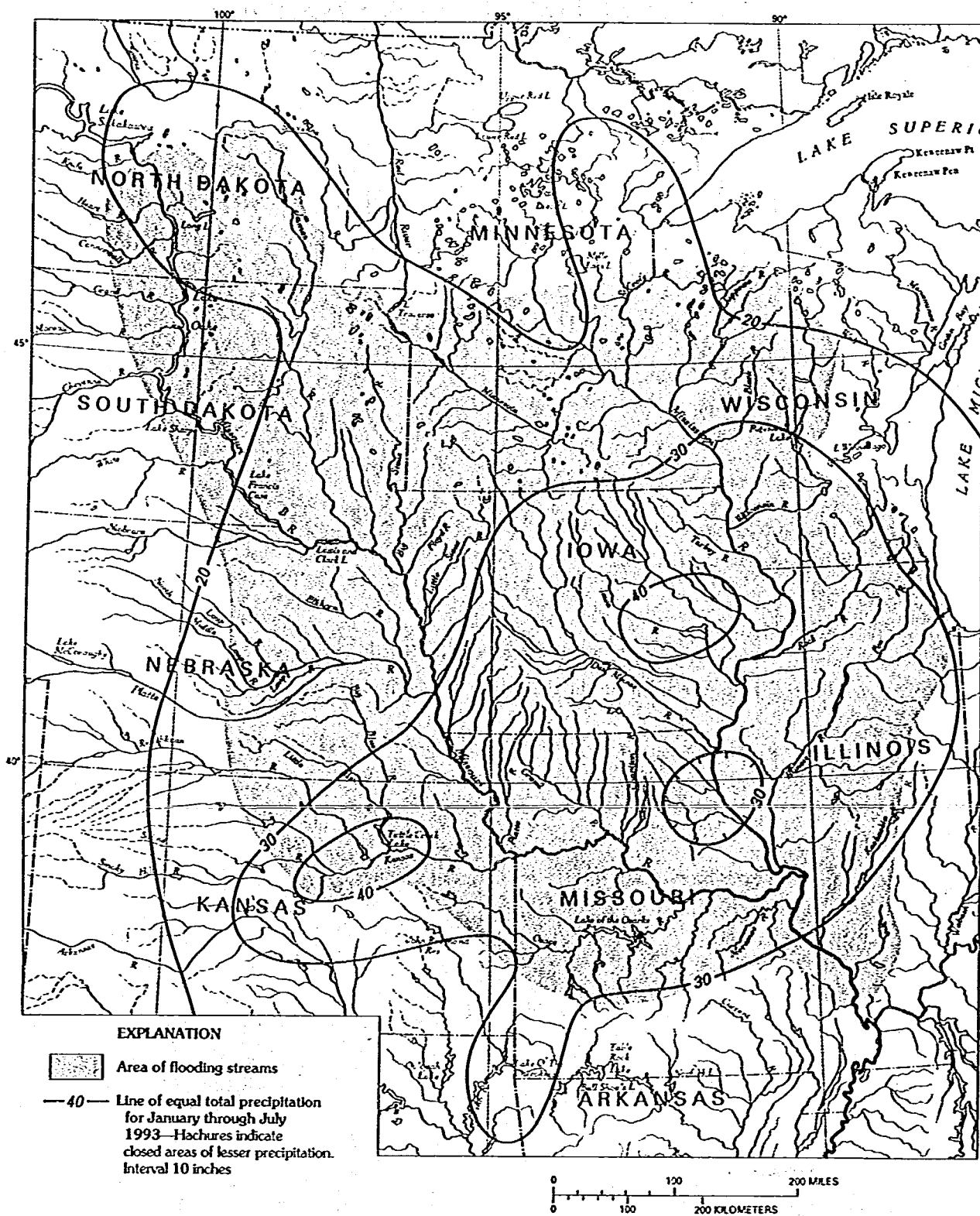
ミシシッピ川流域と洪水発生地域

出典) USGS, Precipitation in the Upper Mississippi River Basin, 1993



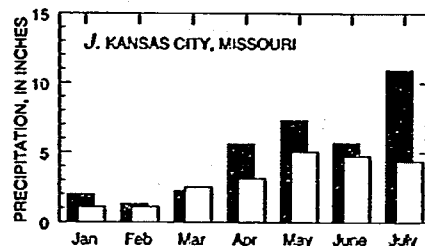
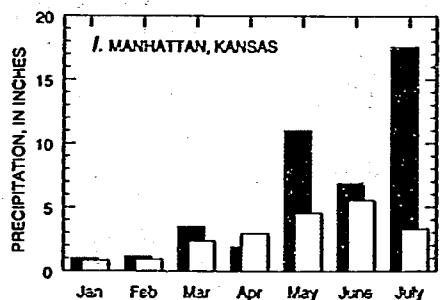
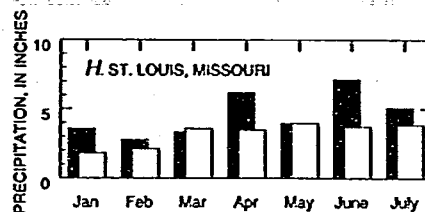
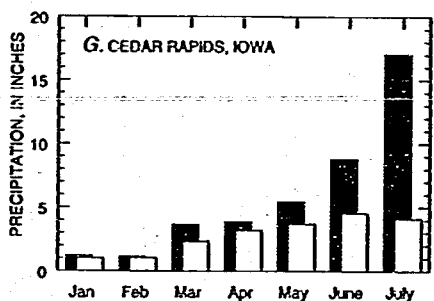
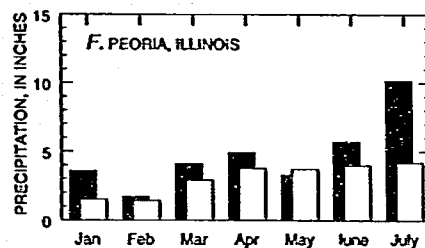
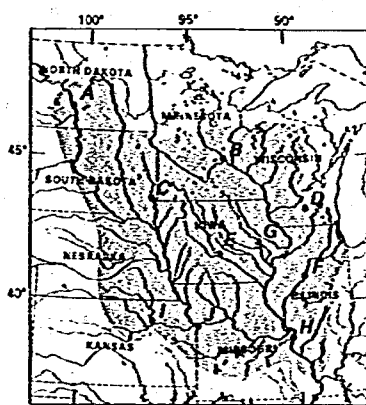
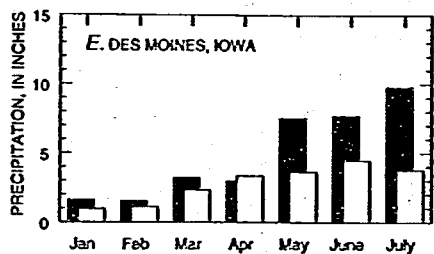
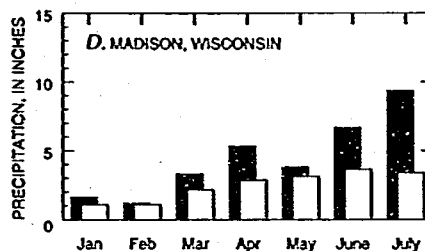
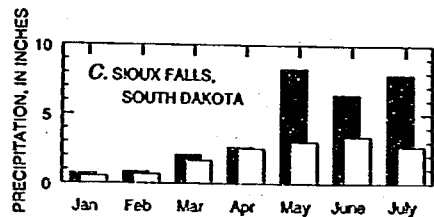
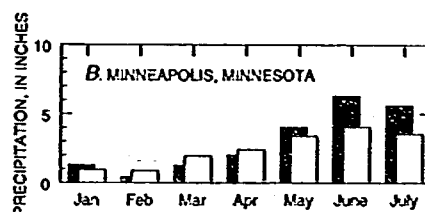
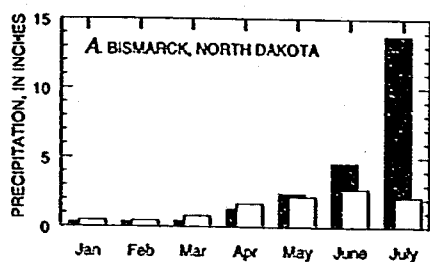
1993年6～7月の気象パターン

出典) 同前

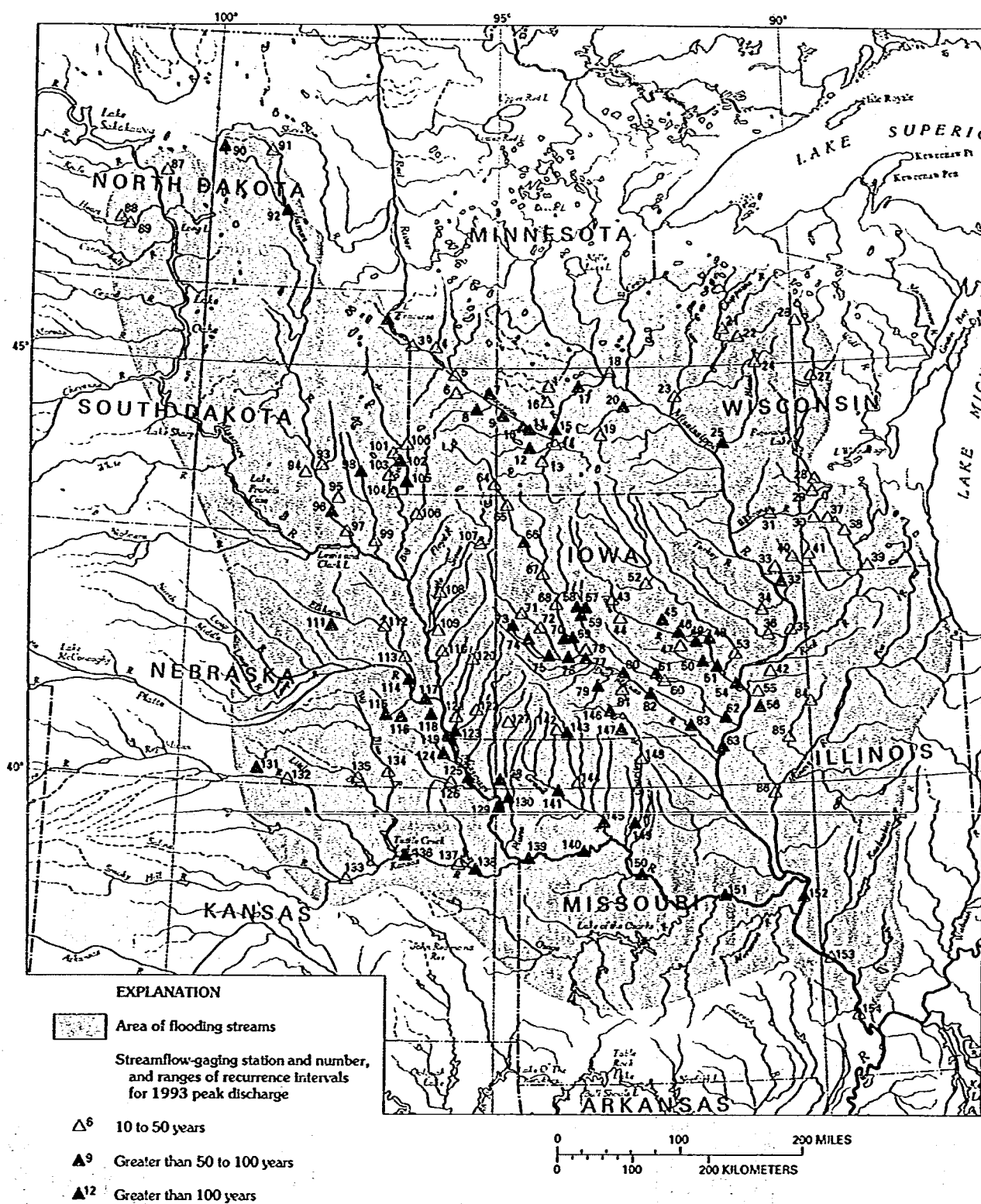


1993年1～7月の総雨量線図

出典) 同前

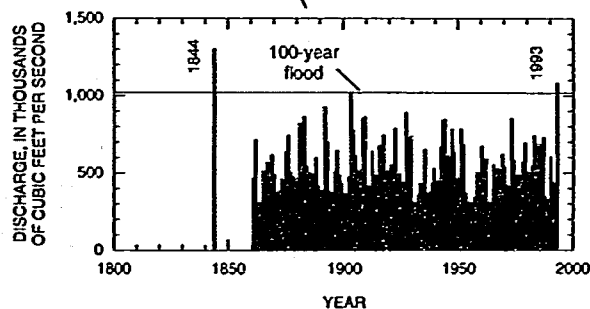
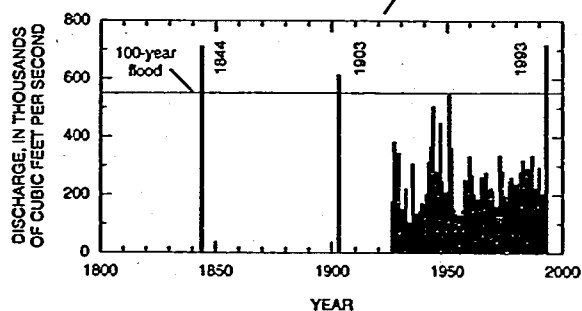
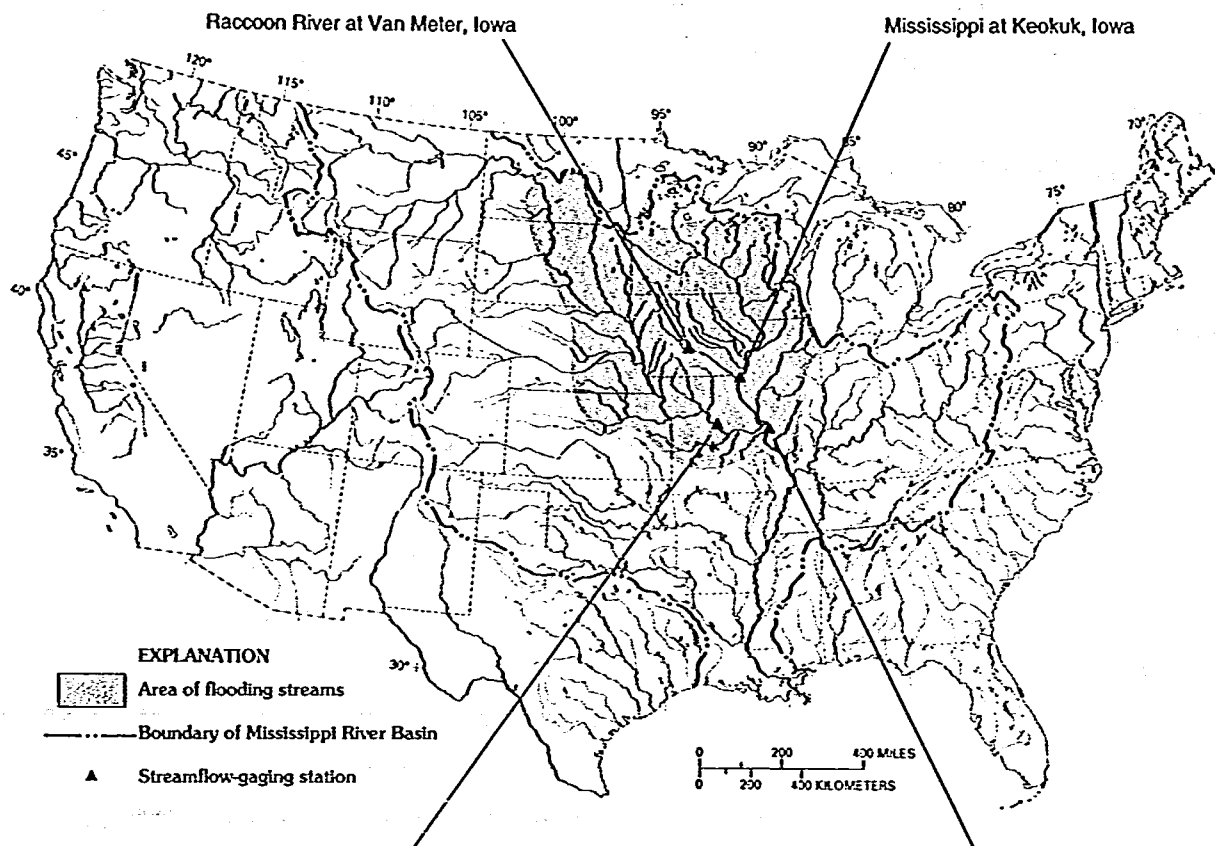
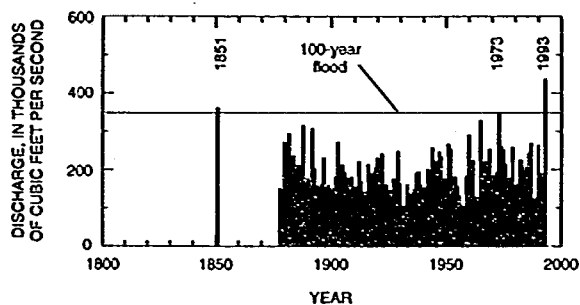
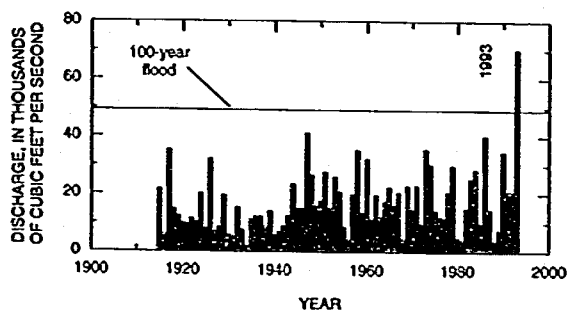


1993年1～7月の月雨量と過去30年間の月雨量
出典) 同前



1993年洪水時のピーク流量の再現期間

出典) USGS, Flood Discharge in the Upper Mississippi River Basin, 1993



Missouri River at Boonville, Missouri

Mississippi River at St Louis, Missouri

1993年洪水時のピーク流量と既往年最大ピーク流量

出典) 同前

参考資料 2. 次世紀に向けてのアプローチ

今回アメリカにおいて、洪水防御に関する様々な報告書等を調査したが、なかでも最も詳細に水害被害、氾濫原管理手法、洪水防御手法などの現状、問題点、今後の展望について記述しているのはFederal Interagency Floodplain Management Task Forceによって検討され、Natural Hazard Research and Applications Information Centerによって発行された“Floodplain Management in the United States: An Assessment Report, Volume 2 (Full Report)”である。本報告書の巻末には“PART V: APPROACHING THE NEXT CENTURY”と銘打って、アメリカの次世紀に向けての治水戦略（アプローチ）が記述されている。そのなかで第16章の“OPPORTUNITIES FOR INCREASING THE EFFECTIVENESS OF FLOODPLAIN MANAGEMENT”に今後の日本における治水対策に参考となる内容が記述されている。「第17章 次世紀に向けたアメリカの治水戦略」において、その概要を示したが、本参考資料では本文の全訳文を掲載した。なおポイントになるとと思われる箇所については下線を引いて強調した。

第16章 氾濫原管理の効果を増大させる動き

国家レベルで見て、氾濫原管理を複雑にしている状況が数多く存在するため、柔軟な手法が必要となっている……国家プログラムはその全体が次々に発生する新たな状況に対し、機敏でかつ柔軟に対処できるものでなければならない

“Action Agenda”, National Review Committee, 1989

本章では今後氾濫原管理を改善していくいくつかの方法が強調されている。具体的な勧告はしていないが（勧告のためには更に調査・研究を実施する必要がある）、氾濫原管理をより効果的にするために行われる行動及びイニシアチブの例が与えられている。これらの行動及びイニシアチブの多くは政府機関や他の氾濫原管理に関する有識者たちによって提案されてきた。このなかには1986年に改訂された連邦危機管理庁のレポート「氾濫原管理のための国家的統一プログラム」のなかで示されている既往の戦略及び手法の実施方法を改善するという作業が含まれている。一般的なものから、個々具体的なものへと議論を進めることとする。

＜達成度が測定できる目標の設定＞

氾濫原管理は特定の期日までに達成され、かつその達成度が測定される一連の目標を設けることにより有効なものになるだろう。強力で、明確で、達成度が測定できる目標は、それが誘導するプログラムの支持者を増やすのを助ける（環境保護庁、1990）。1972年の水浄化法のなかで設定された目標—全米のすべての川や湖を1983年までに「魚つりができて、泳げる」ものにするというもの—は達成されなかったが、それは過去20年にわたる多額の予算の確保、著しい水質改善に寄与してきたと考えられる。他

の例は国家湿地フォーラムが展開し、ブッシュ大統領が承認した「湿地の純減の防止」の目標である (Sheaffer, 1989)。いくつかの機関は国家的氾濫原管理に関する作業を良い方向に導き、これを集中的に実施するための具体的な目標（以下に示す）を提案している。提案された全ての目標の達成度が必ずしも簡単に、また正確に測定できるものではないことに注意して頂きたい。

内務省開拓局は、2000年以降に向けての目標は洪水被害の軽減とともに氾濫原における天然資源の管理も含むこと、またこの目標を達成するためには、政府が民間機関とパートナーシップを築いていくことが「必要であり、望ましい」と提案した（開拓局、1989）。

アメリカ赤十字は以下の目標を推奨した、即ち 1) 継続的に洪水の危険にさらされている地域から人々を移転させること、2) 建築物の耐水化のような、すぐれた洪水被害軽減プログラムを用意すること、3) 個人、家族の安全及び一般的な洪水危険性に関する地域教育を用意することである (Vessey, 1989)。

国家審査委員会は現在の2つの国の目標 …… 1) アメリカ人すべての洪水危険性、洪水被害に対する脆弱性を軽減すること、2) 氾濫原の自然の機能を保全し、かつ高めること …… を明確にし、たとえ困難な作業であっても、これらを調和させる必要があることを述べた。委員会は「測定できる手法に関係した機関によっても管理を適切に分担すること」が、2つの目標の調和と達成を果たしうると述べている (National Review Committee, 1989)。

アメリカ陸軍工兵隊によって提案された目標は以下のことを含んでいる、即ち 1) バランスのとれた氾濫原管理プログラムに直接貢献する連邦プログラムの予算を増やすこと、2) 一般市民の認識、社会的な意識を高め、氾濫原管理の概念をうまく世間に打ち出すこと、3) 土地と水資源の利用に関して、利害関係のバランスを保つことである (陸軍工兵隊、1989)。

有識者たちは既存の建物や公共施設の被害軽減の必要性を認識している。既存の施設を防御するのに構造物による手法を用いること、既存の建物の耐水化を促進させることが強く支持されている。農務省土壌保全局は個人住宅、事業所における洪水対応計画とともに予測、警戒に力を入れることを提案している（土壌保全局、1990）。国家審査委員会は連邦の施設及び連邦の援助により建設された州、地方政府の施設の洪水に対する脆弱性をすべて連邦機関が評価することを必要とする新たな大統領令の発令を提案している。連邦の施設を洪水から防御するための適切なステップを勧告するレポートが大統領と議会に提出されることとなる。Federal Interagency Floodplain Management Task Forceはそのような大統領令を勧告し、起案することができる (National Review Committee, 1989)。国家洪水保険プログラムの自治体格付けシステムが完全に履行されれば、氾濫区域内の建物などの資産の被害を軽減するのに役立つに違いない、洪水保険証書の条項を変えて、大部分の地階の資産をカバーしないことにしたため、繰り返し被害を請求するのは減少したが、更なる対応が必要とされている。この問題に取り組む方法の一つとして、連邦危機管理庁は国税庁の被災者条項を修正することを勧告している（連邦危機管理庁、1989）。その方法としては、条項を指定された「100年」氾濫原（著者注：100年確率洪水位より低い地域）の外側の地域に限定するか、もしくは繰り返される被害に対する控除額を減らす、またはなくすことが考えられる。

連邦危機管理庁の連邦保険部はアメリカの防災10年のために8つの目標をかかげた、即ち1) 保険証書の対象としている地域を広げ、強制加入要件の実施を強化すること、2) 繰り返し被害及び大きな被害を被った建物に対する被害軽減評価システムを導入して、現状の危険性を軽減すること、3) 効果的、総合的な自治体格付けシステムを広く展開すること、4) 洪水被害軽減指針の各種危険性への適合性を確保すること、5) 洪水保険地図のデジタル化、6) 沖積扇状地や海岸侵食地域のような特別な地域のための管理プログラムの作成、7) 氾濫原管理のための国家的統一プログラムの強化、8) カタストロフィックな洪水に対応した国家洪水保険プログラムの財政ベースの強化である(連邦危機管理庁, 1990)。連邦危機管理庁の目標はアメリカの防災10年の目標と一緒にあって、アメリカにおける自然災害のインパクトを最小限にする活動を促進することとなる。

氾濫原規制区域の外側の地域やそこに位置する建物の被害を軽減するための目標も発表された、「100年確率」の氾濫原の外側の地域で豪雨による洪水被害を軽減する方法は洪水保険が利用可能な全地域において氾濫原規制を義務付けることである。このアプローチは豪雨に伴う洪水危険地域の確認及び規制を勧めている州氾濫原管理者協会(ASFPM)により支持されている。豪雨によって氾濫した地域の建物を規制せずに保険をかけるのみではほとんど意味がないということは議論の対象になりうる(Larson, 1989)。

＜データベースの改良＞

氾濫原管理のためにもっと完璧で信頼性の高いデータベースができれば、プログラムの有効性を評価する機関の能力を増大させるだろうし、そうならばFederal Interagency Floodplain Management Task Forceのようなグループは国全体の氾濫原管理プログラムを評価できるようになり、また地方自治体の指導者たちは氾濫原の開発に伴う一般市民の危険、コストを明らかにできるようになる。

適切なデータベースを展開し、維持していくのに障害となるものがかなりある。収集されるデータの種類、収集頻度、収集する機関、どのような基準を使って収集するかについて重要な決定がなされなければならない。適当な予算も探す必要がある。

連邦危機管理庁の洪水保険データベースからの情報を国の洪水被害評価に加えることもできる。農業被害を他の洪水被害と区別すること、海岸域の浸水被害を河川沿いの被害と区別することが重要である。洪水被害データに関する省際間のセミナーでの認識は、データのカテゴリーが多くあればあるほど、別の利用者にとってその情報はより意味深いものになるということであった(von Wolffrad, 1990)。

地理情報システム(GISs)の発展と応用に関する最近の進歩によって、データベースの改善が可能となった。洪水保険地図、文化資源地図、センサス局のTIGERデータシステムのような多様な情報とGISシステムを結び付けると、表示、分析、管理のための利用に供することが可能となる。GISの使用は、地方の氾濫原管理の決定をも促進し、かつこれを支援する。

アメリカ計画協会は氾濫原の開発が公共機関の投資に及ぼす非経済的インパクトを証明するため、連邦政府がデータ収集を支援することを提案している(Smith, 1989)。このことは民間の開発を規制する責にある地方政府職員が氾濫原の占有に伴う一般市民の危険とコストを明らかにする際の助けとなる。

＜新たな研究＞

データベースを改良するには、2、3の重要な事柄に関して新たな研究がなされねばならない。

いくつかの自治体を例にとって、氾濫原の占有及び氾濫原管理手法の官民両方の全ての利益とコストを調査する予算に配慮するよう全米科学財団に要求すべきである。その調査は国の生産力、自然の価値に対するインパクト、そして費用・便益の平等な配分に十分配慮して行うものである（National Review Committee, 1989）。

関連した研究の話題は氾濫原管理の経済的便益の評価であろう。このなかには氾濫原を自然のままに利用することにより得られる金銭的便益—洪水被害の軽減、レクリエーション機会の増大、水質管理費用の軽減を含む—が含まれるだろう（環境保護庁, 1989）。

洪水危険性が最も高く、かつその危険性が最も大きな影響を及ぼす地域を10～20明らかにすべきであり、またこれらの地域に影響を及ぼす大洪水のダメージ・ポテンシャルを軽減するために必要とされるステップを決めるための特別な研究をすべきであることも提案されている。

洪水の危険性に関する情報は1平方マイル以下の流域も含めて洪水の危険にさらされている全ての地域を地図化することにより、またピーク流量を増大させる将来の土地利用変化を洪水危険地図に加えることにより改良される可能性がある。

州氾濫原管理者協会は州、地方の氾濫原管理の作業を改善するのに必要な研究リストを作成し、これを公表している（Larson, 1989）。氾濫原管理の研究のための国のプランが展開され、実行されるよう、また研究資金を集め、研究を実施する方法を工夫することが特に強調されるようにという提案もなされている（Owen, 1989）。

＜管理の枠組の改善＞

Federal Interagency Floodplain Management Task Force のメンバーは1976, 79, 86年に発行されたレポートのなかで、氾濫原管理のための国家的統一プログラムを発展させ、又改善してきたが、現在のプログラムのなかには示されている概念的アプローチは依然途上段階であり、まだ実際に達成されていないと考えるべきであることを示している（連邦危機管理庁, 1989）。同様の事が他の管理の枠組み—法律、機関の政策、司法の支援、調整、経済的制約とインセンティブ、及び他の要素—についても言える。枠組みを改善するには氾濫原管理の定義、一連の目標、目標を達成するのに実行可能な計画をもって国家的努力の焦点を絞ることから始めるのが良いであろう。そのような基盤があれば、改善するのに必要な他の要素は容易に見出されるし、実行可能である。いくつかの具体的な動きは以下のページに述べられている。

＜洪水被害の軽減及び天然資源の回復、保全のための戦略の総合化＞

洪水被害の軽減及び天然資源の保護は氾濫原管理を真に効果的なものとするため、理論的及び实际的にうまく統合されねばならない。このためには次のことが必要となる、即ち1) 2つの概念についてもう一度考え、それらがお互いにどのように関連づけられ、また関連づけられなければならないかを考えること、2) 「氾濫原管理のための国家的統一プログラム」のなかで述べられている各々の目標をでき

る範囲で再構築すること、3) それらが実際の状況に適用される場合に、2つの戦略間の実際の、また潜在的矛盾を最小にするよう、あらゆるレベルで作業を行うことである。

連邦機関は既存のプログラムの範囲内で氾濫原にある天然資源をよりよく維持する手段を明らかにすることによって、これを押し進めることができる。州や地方機関も同様にできる(環境保護庁, 1989)。野生生物管理協会(WMI)は洪水防御と自然保護の間の競合は「総合的な管理のアプローチや生態学者、生物学者、天然資源の管理者を含めた学際的なチームにより企画された実践活動により」解決されることを提案している(Jahn, 1989)。WMIはまた「行動の必要性及び手段を強調する」ため、「白書」を用意し、全国の議員に配付することを提案している。

National Association of Conservation Districtsは、潜在的な問題を明らかにし、それらを解決するための計画と優先度を定める政府、州、地方、民間グループの委員会を設立すべきであると提案している(Sprague, 1989)。

National Association of Flood and Stormwater Management Agenciesのメンバーは提案している、即ち「洪水被害の軽減及び天然資源の維持をうまく達成するための政府、州、地方レベルでの組織的なアプローチに関しては、多分最も有効なのは様々な機関のもつ各々のニーズをお互いによりよく理解するとともに、同じレベルにある政府機関の判断基準を整合させることであろう」(Tidemanson, 1989)。

National Association of Water Instituteの会長はもっと幅広いアプローチを提案している。

氾濫原管理を他の土地・水資源管理の目的から切り離して、これだけを達成する組織的な構造を特定することはできない。むしろ、氾濫原管理、洪水防御、雨水管理及び関連した活動は総合的な水資源管理戦略と一緒に実施されなければならない。そのような戦略にとって国レベル・地方レベルの役割、又水管理に責任のある様々な組織ごとの役割をはっきりと定義することが必要である……氾濫原管理のため、組織的な構造についてだけ述べるのは単純すぎるのであって、他の水資源に関する活動と氾濫原管理を統合させることに対して注意する必要がある(Grigg, 1989)。

<調整と総合化の改善>

多くの有識者たちは氾濫原管理に関するあらゆる局面の総合化及び氾濫原管理の責務をおった機関やグループ間の調整・協力を進める必要性を指摘している。Federal Interagency Floodplain Management Task ForceとAssociation of State Floodplain Managersが一緒に活動したり、これらが他の機関と一緒に活動すれば、これらの目的を達成するための活動を広げることができる。

連邦のプログラム間の競合には行政措置により減少又は解消することができるものもある。いくつかの競合は洪水問題に対処する最終的な責任と予算措置に関する姿勢、期待が異なっていることから生じている。この多くは氾濫原管理の責任をもった様々な機関の法的しほりに根ざしている、従ってその解決はより難しいであろう。国家的プログラムに影響を及ぼす重複、ギャップ、競合だけでなく、重要なプログラムの不整合性も減少又は解消すると考えられるいろいろなタイプの法律、制度の変更を追求する機関の能力、インセンティブには限りがある。競合を減らすのに必要な変更はASFPM, Association

of State Wetlands Managers, the Coastal States Organization, Association of State Dam Safety Officials (ASDSO) のような外部機関の圧力によるところが多いだろう。

<協力の改善>

有識者のなかにはあらゆるレベルの氾濫原管理機関の間にすでにある協力関係を高めることが氾濫原管理を有効にしていく最良の方法であると思っている人もいる（農務省，1989）。州や郡にまたがる水系計画により複数の権限に関する問題に対処することができる（環境保護庁，1989）。Federal Interagency Floodplain Management Task Force は特殊なリーダーシップの役割を担っている，そしてバラバラの戦略と手法を首尾一貫した国家のアプローチへ最大限に統合することができる（連邦危機管理庁，1989）。ある有識者は「権限争い」がしばしば本部よりも激しい地方レベルで政府機関はより強力な調整が必要であることを示唆している。この改善を進めるための提案は様々な氾濫原管理の利害関係の統合を進めるために，地方レベルで委員会，シンポジウム，ワークショップを省をこえて後援することを含んでいる。

陸軍工兵隊はコメントしている。即ち連邦レベル又いくつかの州で適切に機能する組織的な構造があるが，「1 組織がすべての氾濫原管理の目標を達成する責任がある訳ではない。国家の政策は明白で簡潔な文書としてとりまとめられるべきである。その文書は連邦，州，地方政府レベルでの責任のあらましを述べ，また活発な関係をうながすオープンで参加しやすいプロセスを構築する高度な調整を確実なものとするものである」（陸軍工兵隊，1989）。

しかし，ある工兵隊の代表者は提案している，「連邦レベルで氾濫原管理の便益を十分実現するためには，現在はない水資源審議会の線に沿って，これらの問題に対処する使命をもった水資源調整機関が設立されなければならない。その活動にむらはあったものの，省や局の上におかれた水資源審議会は，議会の役割も含めたより「大きな」問題を取りあげることができた。Federal Interagency Floodplain Management Task Force はこうした問題を避けている。州のレベルで，州と州の調整を適切に行うためには，同様のアプローチが行われなければならない（Galloway，1989）。

省及び政府間の積極的な調整例は Association of State Floodplain Managers, Association of State Dam Safety Officials のような専門家グループを形成し，機能させたことである。国家洪水保険プログラムに関係している州のコーディネーターたちは，新たに設立された連邦危機管理庁と関係するなかで州の氾濫原管理の利益を代表するため，1970年代に ASFPM を創設した。連邦危機管理庁は当時氾濫原管理活動に比較的關係のない市民のための災害防御，準備に対応した機関と見られていた。当初の敵対関係から氾濫原管理を10年で非常に進歩させた協力と調整の重要な精神が育ったのである（Accurti，1988）。Interagency Committee on Dam Safety (ICODS) のメンバーとしての連邦，州，地方政府職員の協力活動は氾濫原管理にとって有益であった。ASDSO と ICODES は公式的には年1回会合を開き，そして小委員会活動を通じて1年中調整を行っている（Spragens，1989）。

<別のアプローチを認める>

国家プログラムを考え，実行しようとする場合，時々特別な状況が見落とされる。氾濫原における被

害の多くは「教科書的なアプローチ」では簡単に対応できないものである。氾濫原管理の枠組みは十分柔軟であり、以下に示すような有効なアプローチを受け入れるものでなければならない。

＜非常に危険性の高い洪水危険地域の管理＞

NFIP（国家洪水保険プログラム）の最低限の氾濫原管理基準のなかには雪氷による閉塞、フラッシュ・フラッド、海岸域の浸水、海岸侵食、泥流、地すべり、沖積扇状地、湖面変動、河床変動、安全でない堤防背後の地域、安全でないダム下流の地域のような危険性の高い洪水問題のための管理テクニックは含まれていないので、たいいていの地方プログラムではこれらの危険に簡単には対応できない。全米科学財団及び関係する連邦機関は洪水危険性の高い地域を明らかにし、地図上に表示し、規制する方法を開発するためのプログラムを共同で資金提供することが提案されている（National Review Committee, 1989）。この種の洪水前の計画は、将来の洪水氾濫を減らし、氾濫原の天然・文化資源を保護するため、自治体が利用できる方策を明らかにするだろう。

そのようなプログラムがなかった過去何年間においても、これらの地域に対処することに関する進展がみられた。これらの危険に直面したいくつかの州—特に乾燥した西部地域の州—は連邦危機管理庁と協力して危険性をよく把握し、明確にするため、また有効な管理のための柔軟かつ先進的なアプローチを展開してきた。Association of State Floodplain Managersの1988年定期会議の間に開催されたワークショップの参加者たちは、危険性の高い洪水に対応するため、「……自然のプロセスを理解することをねらった多くの研究が必要であるが、今ある情報を用いて州や地方の戦略を展開することに焦点をあてるべきである」と結論づけた（Association of State Floodplain Managers, Workshop #10, 1988）。

地方自治体が非常に洪水危険性が高い地域を地図化し、規制するインセンティブは現在国家洪水保険プログラムの自治体格付けシステムによって与えられている。これらの地域を地図化し、管理するための信頼性の高い方法を明らかにする研究が進行中である。新たなマッピング、管理、規制の基準を展開するには多くの時間と作業が必要となるだろうが、それまでの間は比較的簡単で、より暫定的な基準が有効であるかもしれない（Bond, 1990）。

＜より広範囲な管理アプローチ＞

洪水を発生させ、洪水のインパクトに影響を及ぼす状況は大部分の氾濫原管理手法が適用されている行政上の境界とは関係なしに起こるものである。多くの専門家たちは特に水文ユニットの天然資源の保護を考える場合には、水文ユニットに基づき、かつ全流域を含んだ総合的な管理アプローチを先ず考えなければならないと考えている。流域管理委員会、アメリカ環境保護庁の国家河口保護プログラム、内務省国立公園局による州・地方の河川保全支援プログラムがこの種の総合的な流域管理アプローチの例である。

他に氾濫原管理計画を幅広く展開するには州や自治体に連邦のガイドラインに沿った計画を作る機会を与える法律が必要であると提案している人もいる。連邦の沿岸域管理法はそのようなプログラムのモデルとして打ち出された。そのようなアプローチの大きな利点としてはボランティアの参加、参画して

いる州が州や地方の氾濫原管理計画を用意する予算に対する連邦の財政支援、および連邦、州政府機関の行動が承認された地方の氾濫原管理基準に従わねばならない「整合性のとれた」規定があげられる(Burdy, 1989)。

1988年のASFPMの年次総会中に開催されたワークショップの参加者たちは経済開発及び水質に係した自治体のプログラムは洪水被害軽減の事業と一緒に始めて実行可能性が高まることを示唆した。「経済の再開発プロジェクトは雇用創出と税収増という明らかな自治体の利益をもたらすので、重要であると判断された。特に面的コントロールプロジェクトによる水質管理と氾濫原管理を組み合わせれば、この種の多くのプロジェクトは費用のかかる管理を必要としない理想的な組み合わせと見なされる」(Association of State Floodplain Managers, Workshop # 5, 1988)。

より広範囲な管理アプローチを進めるためには、州政府は地方または流域管理のための法律、河川管理のための法律、行政上の管轄区域よりむしろ水文や他の自然条件から決まる境界に基づいた他の地域の事業のための法律を制定することもできる。そのような地域のアプローチのための権限は州または地域の機関、更には郡や協力する自治体に与えることもできる。

・流域管理

流域管理は2, 3の自治体を含む地域から、ある場合には大都市圏までにわたり適用されている。様々な開発パターンを表現する精密な流域モデルは計画及び有効な管理に分析的基礎を与える。これらのモデルを開発するにはお金と時間がかかるが、急速に開発されている地域に対してはしばしばその使用が正当化され、それらはおそらく将来も続けて使われるだろう。流域全体の洪水危険性・脆弱性に係わる開発や他の行動をより正確に明らかにすれば、オンサイトの貯留流域から更に幅広い流域に及ぶ管理アプローチを考えるのに役立つ。流域管理プログラムのなかで作業している氾濫原管理者にとって、水質問題の重要性が増加することが予測される。

・河川管理

河川区域内にある文化・天然資源を明らかにし、記録として残したり、またこれらの資源に対する潜在的インパクトを分析したりするすぐれた措置が過去20年間展開されてきた。過去20年間環境関係法令は学際的、及び政府間の協力と同様に河川管理を支持するようになっている。たいていの河川沿いの湿地は氾濫原内にあるので、湿地管理者、氾濫原管理者、他の天然資源の管理者は自分達が多くの共通した便益、ニーズを持っていることを理解しつつある。加えて大統領のCommission on Americans Outdoorsは野外レクリエーションにとって河川区域が重要であることを特記した。すぐれた多目的な河川計画・管理を進めるために提案された法令は、先の議会で紹介されたが、これは河川管理への興味と支持がこのレベルまで高まっていることを示している。

<地方の状況を考慮する>

National Review Committee及び他の有識者たちは地方の状況に対する認識を国のプログラムに組み入れる重要性を示した。地方レベルでの氾濫原や他の危険地域の保全、利用、開発を一律の国家基準で規定したならば、資源の配置の効率及び社会的公平性を損なう可能性がある。National Review Committee

は氾濫原管理の目標を達成するための実施基準一国の基準に基づき、地方の流域、氾濫原管理プログラムによって実施される一を使うことの妥当性を連邦機関が検討することを提案した。しかし、もしこの実施基準を適用するとしても、これが氾濫原で許している脆弱性に関する現在の連邦の制約を緩和しないよう注意を払う必要がある。

自治体は特に地方の状況にフィットした洪水被害の軽減対策の採用を促進すべきである（National Review Committee, 1989）。国家洪水保険プログラムの自治体格付けシステム（CRS）を採択し、施行すれば、自治体がこのことを進んでやるかもしれない。CRSにより自治体に洪水被害の軽減、一般市民の安全性、環境目的を調和させる必要性を認識させることができる。

＜地方の、または経済的に不利な地域への支援＞

小さな田舎の自治体や経済的に不利な地域の氾濫原管理（天然資源の保護を含む）を改善していく特別な手法を見いだすことがますます重要になっている。現在の氾濫原管理手法の多くはかなり生活水準の高い自治体に適用すべきものである。天然資源を優先的に保全することは住民が洪水時または洪水後飲料水や公衆衛生施設さえも使えない低所得の自治体では実際ありえない。法律、機関の政策、連邦のガイドラインにより連邦の予算が構造物、または非構造物による洪水防御プロジェクトに投資される以前に、明確な費用便益率が示されることが義務付けられている。これにより、小さな田舎の自治体や所得の低い家庭の家主がこれらのプロジェクトに参加することが排除されることがよくある、なぜなら低い資産価値しかない地域ではたとえ社会的便益が高くても、洪水防御プロジェクトが建設、取得または他の費用を埋め合わせるのに十分な経済的便益を発生させることを証明するのは非常に難しいからである（Galloway, 1989）。

土壤保全局は自治体格付けシステムは主として必要な書類事務を行い、最低限の国家洪水保険プログラムの必要条件をクリアする事業を実施するための人材と予算をもっている自治体に住む住民に利益をもたらすものであるとしている（土壤保全局, 1989）。多くの小さな、かつ田舎の自治体は限られた人材と予算のため、このシステムを利用できないかもしれない。

田舎の経済的に不利な自治体、特に1人あたりの洪水被害額の高い自治体には特別な注意が払われなければならない。州は連邦危機管理庁の自治体援助プログラム（CAP）からの資金によりそれらの自治体に氾濫原管理のサービスを提供できる。州は地方の組織または契約協定のもとで2、3の自治体に奉仕する「巡回」職員に対し氾濫原管理のサービスを与えることもできるだろう。田舎の地域の非常勤ボランティア、無給のスタッフや公務員に必要なレベルの援助を提供するには独創的な方法を採用する必要がある。

加えて、特に農村域において最も一般的な氾濫原の土地利用である農業・森林資源の洪水被害を軽減することに新たなイニシアチブを向けなければならない。1982年の天然資源の一覧データによれば、リストアップされた非連邦の氾濫原の90%以上が農地、牧場、動植物の生息地、森林であった。第2回目のNational Water Assessment（水資源審議会, 1975）（利用可能な最新のデータ）は洪水被害の50%が農業被害であることを示した。作物の成長期に氾濫が起きたら、野菜、綿・とうもろこしのような

労働集約型の農地利用はかなりの被害を被るだろう。たいていの場合、森林や草地のような集約型でない土地の利用が農村域の氾濫原の土地利用として適している。

<氾濫原管理手法の「最適な組み合わせ」を促進する>

いくつかの機関と有識者たちは氾濫原管理手法の最適な組み合わせを得るインセンティブの必要性を明らかにしている。

例えば、環境保護庁は「氾濫原の価値を保全し、資産・人命の潜在的被害を最小にし、更に氾濫原における自然の価値及び便益と対立する開発を抑制する連邦、州、地方のインセンティブについての計画」を望んでいる（環境保護庁、1989）。Association of State Floodplain Managersはこの考え方を一歩進めて、もしいくつかの連邦の活動がプログラム間の矛盾をなくし、適切なインセンティブを与えるために行われなければ、いくつかの地方プログラムでうまく使われてきた多目的なアプローチは、発展しないだろうとしている（Larson, 1989）。

Federal Interagency Floodplain Management Task Force は、非構造物による被害軽減活動を行っている機関に関する情報及びそのような活動に利用可能な予算に関する情報をわかちあうことにより、「最適組み合わせ」に貢献することができる（National Review Committee, 1989）。

<氾濫原管理の戦略と手法を改善する>

国家的な氾濫原管理のための4つの戦略（著者注：以下戦略1, 2, 3, 4と記述する）とこれらの戦略を実行するための手法は氾濫原の被害を増えないようにする、または軽減するという全般的な目標への新しい、可能なアプローチの範囲をカバーしていると思われる。もし、今後新たな目標が設定されれば、更に別の戦略と手法が必要であるかどうかを決めるための再検討が必要となるかもしれない。一方、現在の戦略と手法をもっとよく、更に幅広く応用すれば、氾濫原管理は更に発展することが一般的に認められている。いくつかの改善された実施例は以下に記述されている。

<戦略1：洪水被害及び混乱による影響を減らす>

結局、できる限り氾濫原被害を防止することが、洪水の危険性に対処する最も効果的で、かつ十分な方法である。このため、洪水被害による影響を減らすことが今後数十年間は最も賢明で、かつ最も幅広く用いられる戦略であることが明らかにされるだろう、そしてこの戦略を実行するために、新たな手法が開発されそうである。一方、現存の手法の有効性を改善する数多くの方法がある。

<規制>

地方政府による氾濫原規制の実施方法の改善については、氾濫原管理に関する地方の無関心と否定的な態度を減らすことができるかどうかにかかっている。地方の規制を州、自治体が支援すること及び規制の不履行に対する罰則が重要である。実施を改善するためのインセンティブは強化され、インセンティブを妨害するものはのぞかれねばならない。実施の改善策を促進するには、連邦政府、州政府は地方政府の職員にデータの必要性和氾濫原管理を行う際に従うべき手続きを理解させなければならない。

厳密な氾濫原規制が個人資産を非合法的に「搾取」するものとして問題となるのではないかという州、地方政府職員がいだいている通常は根拠のない心配を減らすのに役立ついくつかの対策がある。州、地

方政府の職員や彼らにアドバイスする弁護士に対し、搾取していると思われそうなタイプの行動、またはそうは思われぬタイプの行動が良く理解できるようにもっと情報を提供しなければならない。連邦危機管理庁、Association of State Floodplain Managers や他の機関は州や自治体に情報を配布することができる。

<開発及び再開発施策>

既存のインフラの洪水被害を最小限にすれば、重要な自治体サービスが確実に継続して行われるだろう。氾濫原における新規のインフラ整備は危険地域の利用、開発を進めるので、氾濫原またはその近くに整備されなければならないインフラを適切に設計し、規制することが特に重要である。

インフラ整備が洪水脆弱性に対して持つ潜在的な悪影響は最小限にされなければならない。既存のインフラの運用と維持管理は氾濫原の利用に対する潜在的インパクトに関して継続的に評価されなければならない。洪水被害を受けたインフラや施設の移転、復旧、交換、補修にあたっては将来起こり得る被害を最小にする様にしなければならない。

<戦略2：洪水の軽減>

洪水を軽減するという戦略は環境を保護する目的と対立することがあるかもしれないが、構造物による対策は総合的な氾濫原管理プログラムにおいて依然重要な役割を果たしている。氾濫原の天然・文化資源を保全し、回復する重要性を認める方向で、この戦略を今一度体系立てる動きがある。地表面処理や現地貯留のようなこの戦略を実施する手法のいくつかは総合的な氾濫原管理、資源保護プログラムの重要な要素であるし、強調されねばならない。

構造物による沿岸域の防御手法は氾濫原管理に関する国家的統一プログラムのなかで洪水を軽減する手法に含まれていないが、この戦略のなかに含んで考えられるものである。海岸地域へ人口が移動していること、既存のプログラムのなかに侵食によって引き起こされた洪水が含まれたこと及び予想される海面上昇など、今が総合的なプログラムにおいてそのような手法の可能性を検討する良い機会である。

<戦略3：洪水氾濫が個人、自治体に及ぼす影響を軽減する>

洪水氾濫の影響を軽減するための動きの多くは地方政府職員、あらゆるタイプの専門家、一般市民に幅広く洪水危険性を知らせる方向に向いており、そのことは驚くべきことではない。幅広い認識、継続的に更新される情報がなければ、氾濫原管理のためのどのような手法、戦略も有効に実施されない。

<戦略4：一般市民の認識、教育>

情報、教育の改善の必要性は氾濫原管理に関連する幅広い分野の機関、グループの以下のようなコメント、提案によく表われている。

- ・National Committee on Property Insurance は「一般市民の教育と認識のためのプログラムが……重要である」と述べている (Cogswell, 1989)。
- ・アメリカ計画協会 (APA) と All Industry Research Advisory Council (AIRAC) は地方レベルでの教育についてコメントしている。APA は洗練された教材を地方の職員、氾濫原管理の影響を受ける市民に提供しなければならないと考えている。これらの教材は地方の氾濫原管理の作業に

必要な市民の支援を生み出すのに役立つ (Smith, 1989)。AIRAC は地方の意志決定者や一般市民に氾濫原管理の重要性について知らせる教材の価値を強調している (Unnewehr, 1989)。

- 土壌保全局は地方職員、一般市民、特に開発業者に対し氾濫原地域を開発することの危険性についてもっとよく教育する必要があることを述べている。この目的のために、土壌保全局は水深、流速、想定被害の詳しい画像情報を含めて、洪水氾濫の危険性と被害を周知させることを推奨している。例えば、過去の洪水の最高水位を公共の場所に目立つように示して、洪水の危険に注意を喚起することもできる (土壌保全局, 1989)。
- 土壌保全局はまた洪水の危険に関する認識を増すため、よく調整された複数の機関による公共情報プログラムの必要性を指摘している。もしより多くの洪水危険情報が利用可能となれば、多くの自治体、特に農村域の自治体は地域を防御するために追加の対策をとることが期待される。情報交換を増やすには、複数の機関によるパンフレットを使い、テレビや地方のグループ・組織での発表のためのビデオを用意すべきである (土壌保全局, 1991)。
- 連邦危機管理庁は誤った期待に基づく訴訟をなくすため、保険のレート、応諾などの情報は資産証書と一緒にファイルし、氾濫原の資産の現在の所有者、将来の購入者の洪水の危険に対する認識を高めるべきであると提案している (連邦危機管理庁, 1989)。
- National Review Committee は情報、教育を増やすため、連邦機関が適切な行動をとることを提案している。例えば、「…… 複数の機関からなる作業グループとそのメンバーとなっている機関は洪水危険性の特性、氾濫原の自然価値そして総合的な氾濫原管理に利用可能な様々な戦略と手法を一般市民に知らせ、また教育する作業を続け、拡大し、評価すべきである」 (National Review Committee, 1989)。
- Association of State Floodplain Managers は増加する情報、教育を支援しているが、また一方では洪水被害の軽減に関して市民や自治体の賛同を得るには、多くの他の地方の問題にも対処する幅広い概念あるいはパッケージの一要素として氾濫原管理の価値を示すことが重要であると考えている (Larson, 1989)。
- アメリカ計画協会は氾濫原管理がどのように自治体の他の計画目標にフィットするかを示すためデモンストレーション・プロジェクトを提案している。これらのデモンストレーションは自治体がどのように氾濫原管理手法を使えば、オープンスペースの保護プログラムを実施し、良質の地下水の供給を確保するのを助け、レクリエーション施設を提供し、また他の目標に合致することができるかを示すことができる (Smith, 1989)。
- 環境保護庁は氾濫原管理問題の革新的な解決例を幅広く広める必要性を述べている。更に環境保護庁はデベロッパー、プランナー、氾濫原管理者の間でアイデア、解決策を定期的に交換することが重要であり、また連邦機関が出版、訓練プログラム、会議を通じて情報交換を進め、また認識を高めるために多くのことを行うことができると考えている (環境保護庁, 1989)。
- 国立公園局はその地方事務所及び州の河川保全管理者が既存の、また潜在的な自然河川、景色の良

い河川、レクリエーションにびったりの川に関する情報提供、相談に継続して応じることを提案している。この情報は連邦、地方、州、地方事務所そして氾濫原管理に影響を与えるプログラムに提供される。

＜政府職員の訓練、教育＞

議員や公務員がすぐ変わってしまうことにより地方の氾濫原管理が妨げられることに對抗するのを支援するため、氾濫原管理のための定期的なトレーニング、教育の機会が提供されねばならない。たいいての場合、州の機関は連邦危機管理庁との同意により及び州独自で地方職員の訓練の大部分を現在提供しているし、またおそらくこの役割を続けていくだろう。連邦機関と連邦プログラムは教育と訓練に関連した州への支援を増やしていくこともでき、また州は地方政府に同様の支援を提供するのに非常に積極的になりうる。氾濫原管理に直接関係した法律行政官、プランナー、検査官、公共事業監督官、他の地方政府職員に対する訓練プログラムを改善する必要がある (Smith, 1989)。工兵隊は州が教育を行い、認識を高め、氾濫原管理を促進するために州、地方、連邦の代表者からなる委員会を作ることを提案している (陸軍工兵隊, 1989)。「搾取」と判断されそうな規制行為のタイプ、そうでないタイプについての情報も州、地方の職員に提供されなければならない。

連邦レベルでは Federal Interagency Floodplain Management Task Force が政府職員用に訓練プログラムを開発し、また適正な費用で地方での訓練を実践することが提案されている (National Review Committee, 1989)。

＜洪水保険＞

保険料ベースを広げ、また国家洪水保険プログラムを完全に保険計理ベースに近づけるために市場を拡大し、氾濫原外の建物も保険に入れ、保険の義務的購入を確実に実施し、洪水危険性の認識を高め、保険料を低く、購入しやすいレートにすることも含めて、いくつかの行動を組み合わせることにより、保険に入る建物の数を増やさなければならない。

＜災害後の復旧＞

洪水後に被害軽減対策を実施するのに、あらゆる利用可能な予算をすぐに用いれば一被災者は依然変更を求めるかもしれないが一縷返し被害を防ぐのに役に立つ。このためには災害前の計画が重要である。そのような計画は自治体が繰り返し浸水する建物を確認すること、または地方の建築職員が災害後、建物の被害を評価したり、改築を監督するのを助ける専門知識をもった個人、会社のリストを作成することを含むだろう。州は災害時に動員がかけられ、各地に派遣されて被害を軽減する機会を明らかにし、行動を促すような様々な州機関の代表者からなる技術支援チームを確立することもできる。

1988年の Disaster Relief and Emergency Assistance Amendments によって了解された災害後の被害軽減用の予算やその他の予算は創造的に、また正しく使われるよう十分注意されねばならない。州、連邦機関は地方政府が、予算を申請するのを支援することができる、また複数の機関からなる災害後の被害軽減チームはその勧告によってこの予算の利用を指導するべきである。

＜氾濫原の天然・文化資源の回復と保全＞

（レポートの）第15章で述べられているように、この戦略の実施は限定されており、概念的また実務面からの再検討が必要となっている。氾濫原管理のための国家的統一プログラムのなかに記述されているように本当は2つの戦略—回復することと保全すること—なのだろうか？ もしそうなら、同じ手法が両方にあてはまるのか？ これらの戦略は本当は目標ではないのか？

より効果的なアプローチ—例えば総合的な河川管理、危機に瀕している種の保護、水質管理アプローチ—がすでに氾濫原管理の枠外で実施されていることを考えれば、この戦略にあてはまる手法のいくつかは今実施するのには不十分かもしれない。もし、それが実状なら他の有効なプログラムの手法をよく調べて、借りてきて氾濫原管理のニーズにあうように仕立てる必要がある。とにかく、この戦略は他の手法や戦略、また他の分野の同様の活動と、もっと全面的に総合化することができる。例えば、災害後の復旧や湿地の保全プログラムと氾濫原における天然・文化資源を回復し、保全する計画を調整するという可能性も大きいかもしれない。

連邦危機管理庁は次のように提案している：

〔氾濫原の天然資源に関する認識が不足している〕ことに対する解決策は環境に対してもっと敏感になるような法律を作るのではなく、意志決定者や実務者に氾濫原の自然の機能のこと、独創的な解決の必要性を教えることである。すなわち、解決策は彼らに原理を修正させ、彼ら自身を治めさせることである。例えば被害の軽減策に関する現在の傾向は軽減プロジェクトのなかに環境にも配慮したデザインを組み込むことについてのワークショップやマニュアルにより補足することができるだろう。情報として促進させるための情報、便益費用データ、規制の技術的支援が含まれるだろう（連邦危機管理庁、1989）。

＜まとめと結論＞

数多くの重要な動きがアメリカの氾濫原管理の有効性を改善するために表われてきている。もし、最近の傾向が続けば、近い将来雨水管理、森林・河川管理、それに流域管理のような活動を含めて氾濫原管理は一層その範囲を広げるだろう。更に個々の戦略、手法がさらに総合化されることが予想され、より統一されたプログラムが表われ、目標と行動との間の矛盾はなくなるであろう。氾濫原管理の要素ができる限り適切で、整合性があり、よく調整されるように、氾濫原管理の枠組自体は継続して検討され、仕立てられるだろう。技術の進歩が既存の戦略、手法の適用性を改善する大きな可能性をもっている。地盤沈下、ダムの決壊、地震、ハリケーンのような他の自然災害を管理するように考えられた対策と洪水被害軽減のための戦略、手法を将来統合することが予測されるが、これもこうした動きの一つである。

国の氾濫原管理活動に関するこの報告書—25年間ではじめての総合的な評価レポート—は、氾濫原管理に関する重要な改善を来たる数十年の間に行おうとした場合に実施しなければならない非常に多くの行動を明らかにした。これらのうち、2つが非常に重要である。一つは氾濫原管理の概念を単純化する必要があるということ。二番目は一連の特定の目標を実行計画表を伴う国の予定として位置付ける必要があるということである。Federal Interagency Floodplain Management Task Forceが氾濫原管理のための国家的統一プログラムをより洗練する際には、これらの2つのニーズに注目すべきである。

参考資料3. 略語の正式名称

本文中で用いた略語の正式名称は次のとおりである。

＜組織関係＞

- AIRAC : All Industry Research Advisory Council
- APA : American Planning Association
- ASCE : American Society of Civil Engineers
- ASDSO : Association of State Dam Safety Officials
- ASFPM : Association of State Floodplain Managers
- BOR : Bureau of Reclamation
- Corps : Corps of Engineers
- EPA : Environmental Protection Agency
- FEMA : Federal Emergency Management Agency
- FHWA : Federal Highway Administration
- FIA : Federal Insurance Administration
- FmHA : Farmers Home Administration
- ICODS : Interagency Committee on Dam Safety
- ISO : Insurance Services Office
- MRC : Mississippi River Commission
- NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration
- NSF : National Science Foundation
- NWS : National Weather Service
- OEP : Office of Emergency Preparedness
- RFC : River Forecast Center
- SBA : Small Business Administration
- SCS : Soil Conservation Service
- SAFHL : St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory
- TVA : Tennessee Valley Authority
- USGS : U.S. Geological Survey
- WES : Waterways Experiment Station
- WMI : Wildlife Management Institute
- WRC : Water Resources Council
- WSFO : Weather Service Forecast Office
- WSO : Weather Service Office

<その他>

- ALERT : Automated Local Evaluation in Real Time System
- CAP : Community Assistance Program
- CPI : Consumer Price Indexes
- CRS : Community Rating System
- DAC : Disaster Application Center
- DAD : Depth-area-duration
- EDA : Environmental Demonstration Area
- FHBM : Flood Hazard Boundary Map
- FIRM : Flood Insurance Rate Map
- GIS : Geographical Information System
- HEC-1, 2 : Hydrologic Engineering Center No 1, 2
- IFLOWS : Integrated Flood Observing and Warning System
- NEXRAD : Next Generation Weather Radar
- NFIP : National Flood Insurance Program
- PDF : Project Design Flood
- PMF : Probable Maximum Flood
- PMP : Probable Maximum Precipitation
- SLOSH : Sea, Lake, and Overland Surge from Hurricane
- SPF : Standard Project Flood
- SPLASH : Special Program to List : Amplitudes of Surges from Hurricane
- SPS : Standard Project Storm
- SWMM : Stormwater Management Model
- TARP : Tunnel and Reservoir Plan
- TR-20, 55 : Technical Release 20, 55
- US & R System : National Urban Search and Rescue System
- WATSTORE : Water Data Storage and Retrieval System
- WSP-2 : Water Surface Profile 2
- WSPRO : Water Surface Profile Model

参考資料 4. 各種データ集

1) 自然災害の経年変化

年	洪水			熱帯サイクロン				竜巻		消費者物価指数 (CPI)
	死者数	被害額 (名目)	被害額 (1990)	上陸数	死者数	被害額 (名目)	被害額 (1990)	発生数	死者数	
1925	36	10	75	2 (1)	6	—	—	119	794	13.4
1926	16	23	169	4 (4)	269	107	787	111	144	13.6
1927	423	348	2,617	1 (0)	0	0	0	163	540	13.3
1928	15	45	344	3 (2)	1,836	25	191	203	92	13.1
1929	89	68	519	2 (2)	3	1	8	197	274	13.1
1930	14	16	125	1 (0)	0	—	—	192	179	12.8
1931	0	3	26	2 (0)	0	0	0	94	36	11.6
1932	11	10	96	5 (2)	0	0	0	151	394	10.4
1933	33	37	374	7 (5)	63	47	475	258	362	9.9
1934	88	10	97	5 (3)	17	5	49	147	47	10.3
1935	236	127	1,210	2 (2)	414	12	114	180	70	10.5
1936	142	283	2,670	7 (3)	9	2	19	151	552	10.6
1937	142	441	4,046	4 (0)	0	—	—	147	29	10.9
1938	180	101	935	4 (2)	600	300	2,778	213	183	10.8
1939	83	14	132	3 (1)	3	—	—	152	87	10.6
1940	60	40	374	4 (2)	51	5	47	124	65	10.7
1941	47	40	357	4 (2)	10	8	71	118	53	11.2
1942	68	99	792	3 (2)	8	27	216	167	384	12.5
1943	107	200	1,515	4 (1)	16	17	129	152	58	13.2
1944	33	101	748	4 (3)	64	165	1,222	169	275	13.5
1945	91	166	1,203	4 (3)	7	80	580	121	210	13.8
1946	28	71	477	4 (1)	0	5	34	106	78	14.9
1947	55	272	1,591	7 (3)	53	136	995	165	313	17.1
1948	82	230	1,250	4 (3)	3	18	98	183	140	18.4
1949	48	94	516	4 (3)	4	59	324	249	212	18.2
1950	93	176	957	4 (3)	19	36	196	199	70	18.4
1951	51	1,029	5,171	1 (0)	0	2	10	272	34	19.9
1952	54	254	1,251	2 (1)	3	3	15	236	230	20.3
1953	40	122	598	7 (3)	2	6	29	437	516	20.4
1954	55	107	519	4 (3)	193	756	3,670	549	35	20.6
1955	302	995	4,854	5 (3)	218	985	4,805	593	125	20.5
1956	42	65	313	2 (1)	21	27	130	532	83	20.8
1957	82	360	1,674	5 (1)	395	152	707	864	191	21.5
1958	47	218	986	2 (1)	2	11	50	565	66	22.1
1959	25	141	632	6 (3)	24	23	103	589	58	22.3
1960	32	93	412	4 (2)	65	370	1,637	618	47	22.6
1961	52	154	672	3 (1)	46	331	1,445	682	51	22.9
1962	19	75	325	1 (0)	4	1	4	658	28	23.1
1963	39	118	504	1 (1)	11	13	56	461	31	23.4
1964	100	652	2,751	5 (4)	49	515	2,173	713	73	23.7
1965	119	788	3,270	2 (1)	75	1,446	6,000	899	298	24.1
1966	31	117	427	2 (2)	54	15	60	570	99	24.8
1967	34	375	1,465	2 (1)	18	200	781	912	116	25.6
1968	31	339	1,274	3 (1)	9	10	38	661	131	26.6
1969	297	901	3,206	3 (2)	256	1,420	5,053	604	66	28.1
1970	135	157	529	3 (1)	11	454	1,529	649	73	29.7
1971	74	287	926	5 (3)	8			888	156	31.0
1972	554	4,465	13,953	3 (1)	121			741	27	32.0
1973	148	1,894	5,571	1 (0)	5			1,102	87	34.0
1974	121	566	1,501	2 (1)	1			947	361	37.7
1975	107	1,248	3,029	1 (1)	21			920	60	41.2
1976	193	1,240	2,851	4 (1)	9			835	44	43.5
1977	210	1,482	3,194	1 (1)	0			852	43	46.4
1978	143	3,150	6,313	2 (0)	35			788	53	49.9
1979	121	5,279	9,512	5 (3)	22			852	84	55.5
1980	82	1,774	2,816	2 (1)	2			866	28	63.0
1981	84	906	1,304	2 (0)	0			783	24	69.5
1982	155	1,377	1,866	2 (0)	0			1,046	64	73.8
1983	204	2,388	3,134	2 (1)	22			931	34	76.2
1984	126	1,543	1,941	2 (1)	4			907	122	79.5
1985	304	3,536	4,296	8 (6)	9			684	94	82.3
1986	206	6,007	7,160	2 (2)	0			764	15	83.9
1987	130	2,084	2,398	2 (1)	0			656	59	86.9
1988	37	500	552	3 (1)	0			702	32	90.5
1989	32	1,100	1,159	3 (3)	56			856	50	94.9
1990					13			1,133	53	100.0

出典) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States: An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992 他

注 1) 被害額 (1990) とは消費者物価指数 (CPI) を用いて、名目被害額を 1990 年価格に換算した実質被害額のことである。被害額の単位は 1 億円である

注 2) 熱帯サイクロンの上陸数のうち、() 内の数値はハリケーンのための上陸数を表す

2) 死者数の多いハリケーン (1900～1989年)

名 称	主 要 な 被 災 地	発生年	カテゴリー	死 者 数
1.	テキサス州 Galveston	1900年	4	6,000
2.	フロリダ州 Okeechobee湖	1928年	4	1,836
3.	フロリダ州 Keys, テキサス州南部	1919年	4	600
4.	ニューイングランド地方	1938年	3	600
5.	フロリダ州 Keys	1935年	5	408
6. AUDREY	ルイジアナ州南西部, テキサス州北部	1957年	4	390
7.	北東部	1944年	3	390
8.	ルイジアナ州 Grand Isle	1909年	4	350
9.	ルイジアナ州ニューオリンズ	1915年	4	275
10.	テキサス州 Galveston	1915年	4	275
11. CAMILLE	ミシシッピ州, ルイジアナ州	1969年	5	256
12.	フロリダ州マイアミ	1926年	4	243
13. DIANE	北東部	1955年	1	184
14.	フロリダ州南東部	1906年	2	164
15.	ミシシッピ州, アラバマ州, Pensacola	1906年	3	134
16. AGNES	北東部	1972年	1	122
17. HAZEL	サウス・キャロライナ州, ノース・キャロライナ州	1954年	4	95
18. BETSY	フロリダ州南東部, ルイジアナ州南東部	1965年	3	75
19. CAROL	北東部	1954年	3	60
20.	フロリダ州南東部, ミシシッピ州, ルイジアナ州	1947年	4	51

出典) F. E. Bair, The Weather Almanac (sixth edition), Gale Company, 1992

注1) ハリケーンは1950年から命名され、それ以前は名称がつけられていなかった。現在毎年21の名称(Q, U, X, Y, Z以外の文字で始まる)を用意し、6年サイクルで使用している。一旦ハリケーンが大きな被害を生かざると、その名称は使われなくなる

注2) 3. フロリダ州 Keys, テキサス州南部における水害では600～900名が死亡したと推定されている

3) 被害額の多いハリケーン (1900～1992年)

名 称	主 要 な 被 災 地	発生年	カテゴリー	被 害 額
1. ANDREW	フロリダ州, ルイジアナ州	1992年	?	2～3兆円
2. HUGO	サウス・キャロライナ州	1989年	4	7,000億円
3. FREDERIC	アラバマ州, ミシシッピ州	1979年	3	2,300億円
4. AGNES	北東部	1972年	1	2,100億円
5. ALICIA	テキサス州北部	1983年	3	2,000億円
6. JUAN	ルイジアナ州	1985年	1	1,500億円
7. CAMILLE	アラバマ州, ミシシッピ州	1969年	5	1,420億円
8. BETSY	フロリダ州南東部, ルイジアナ州南東部	1965年	3	1,420億円
9. ELENA	アラバマ州, ミシシッピ州, フロリダ州北西部	1985年	3	1,250億円
10. GLORIA	東海岸地域	1985年	3	900億円
11. DIANE	北東部	1955年	1	831億円
12. ALLISON	テキサス州北部	1989年	—	500億円
13. ELOISE	フロリダ州北西部	1975年	3	490億円
14. CAROL	北東部	1954年	3	461億円
15. CELIA	テキサス州南部	1970年	3	453億円
16. CARLA	テキサス州	1961年	4	408億円
17. CLAUDETTE	テキサス州北部	1979年	—	400億円
18. DONNA	フロリダ州, 東海岸地域	1960年	4	387億円
19. DAVID	フロリダ州, 東海岸地域	1979年	2	320億円
20.	ニューイングランド地方	1938年	3	306億円

出典) 同上

注) ALLISON と CLAUDETTE は熱帯暴風雨のため、カテゴリー分類されていない

4) 州別に見た被災状況

州 名	洪水想定 氾濫区域面積 の割合 (%)	洪水による 死者数の合計 (1983-92 年度): 名	名目洪水被害額 の合計 (1955-75) : 億円	竜巻 (1953-89)		落雷による 死者数の合計 (1959-90)
				総発生数	総死者数	
アラバマ	10.3	30	78.3	788	237 (3)	79
アラスカ	0.1	2	109.8	1	0	0
アリゾナ	2.3	38	52.7	123	3	50
アーカンソー	17.7 (3)	31	240.5	743	163	105
カリフォルニア	4.4	54 (2)	1,002.9 (2)	148	0	18
コロラド	1.5	0	587.5 (4)	771	2	86
コネチカット	5.8	1	407.5	49	4	13
デラウェア	10.3	3	0.2	35	2	14
フロリダ	18.5 (2)	5	103.1	1,650 (3)	70	313 (1)
ジョージア	6.1	20	23.0	743	78	75
ハ ワ イ	0.9	10	10.6	27	0	0
アイダホ	0.7	5	95.7	77	0	19
イリノイ	8.2	20	460.2	960	147	75
インディアナ	7.3	8	253.5	744	206 (5)	67
アイオワ	4.1	10	169.6	1,105	60	61
カンザス	4.6	7	162.5	1,532 (4)	168	55
ケンタッキー	5.3	36	270.0	304	102	75
ルイジアナ	27.4 (1)	31	454.6	841	96	111
メ イ ン	2.9	7	15.9	76	1	20
メリーランド	6.9	8	257.7	89	2	111
マサチューセッツ	7.0	11	197.4	124	99	24
ミシガン	1.2	10	57.7	611	236 (4)	88
ミネソタ	3.5	5	406.4	652	77	51
ミシシッピ	17.4 (4)	20	408.3	870	343 (2)	85
ミズーリ	7.5	37	538.6	996	133	74
モンタナ	0.7	11	88.8	162	1	19
ネブラスカ	4.0	5	123.9	1,296 (5)	51	37
ネ バ ダ	1.7	8	22.3	38	0	5
ニューハンプシャー	2.7	1	24.9	68	0	6
ニュージャージー	12.8	8	457.2	84	0	54
ニューメキシコ	1.5	16	16.2	299	3	74
ニューヨーク	3.3	30	902.6 (3)	163	18	124 (4)
ノース・キャロライナ	10.8	15	88.1	461	79	159 (2)
ノース・ダコタ	2.1	0	231.2	669	21	11
オハイオ	4.7	41 (5)	277.9	514	170	109
オクラホマ	4.5	45 (3)	167.0	1,939 (2)	200	85
オレゴン	1.5	3	311.6	33	0	6
ペンシルベニア	2.3	25	3,295.3 (1)	325	73	99
ロード・アイランド	6.9	0	38.4	6	0	4
サウス・キャロライナ	13.0 (5)	16	14.6	335	42	69
サウス・ダコタ	2.7	0	227.7	925	8	18
テネシー	5.7	33	124.2	410	82	117 (5)
テキサス	6.4	184 (1)	580.9 (5)	4,599 (1)	446 (1)	148 (3)
ユ タ	1.0	7	11.5	56	0	26
バーモント	2.4	2	68.2	31	0	13
バージニア	5.0	38	343.5	211	16	43
ワシントン	2.5	15	123.0	49	6	1
ウェスト・バージニア	1.7	44 (4)	134.6	72	2	18
ウィスコンシン	5.5	2	33.2	714	75	44
ワイオミング	1.1	12	4.6	349	2	21

出典) J. A. Ruffner and F. E. Bair, The Weather Almanac (fifth edition), Gale Research Company, 1987 他

注) ワシントンDC, プエル・トリコ, バージン諸島のデータは除外している

5) 年度別、災害別に見た被災形態の比較

	洪水による被災		ハリケーンによる被災		暴風雨による被災	
	破壊家屋数	被災家屋数	破壊家屋数	被災家屋数	破壊家屋数	被災家屋数
1966	91	9,131	2,059	148,607	8	1,226
1967	108	22,353	6	316	23	1,723
1968	84	14,224	388	29,405	298	1,214
1969	71	17,674	1	705	276	11,331
1970	83	33,769	6,046	48,734	21	3,950
1971	105	6,993	1,887	34,442	117	1,207
1972	7,346	133,805	36	24,258	424	9,287
1973	3,229	81,467	0	0	104	4,687
1974	1,417	31,309	0	0	113	1,589
1975	803	25,008	45	2,514	238	7,600
1976	1,377	26,179	4,642	31,670	610	28,080
1977	3,581	35,942	15	498	106	2,662
1978	1,489	48,508	6	142	476	17,105
1979	2,659	56,646	1	3	144	1,892
1980	887	37,439	6,897	65,033	668	16,285
合計	23,330 (3.9%)	580,447	22,029 (5.4%)	386,327	3,626 (3.2%)	109,838

出典) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992 他

自然災害、危機管理に関係する大学、研究所

- Arizona State University, Office of Hazard Studies
School of Public Affairs, Tempe, AZ 85257
Joanne Nigg, Director, (602) 965-4505
- Baptist College, Earthquake Education Center
P.O. Box 1009, Charleston, SC 29411
Joyce Bagwell, (803) 797-4028
- Brown University, Alan Shawn Feinstein World Hunger Program
P.O. Box 1931, Providence, RI 02912
Robert W. Kates, Director (401) 863-2700
- Clark University, Center for Technology, Environment, and Development (Center)
Worcester, MA 01610, Jeanne Kasperon, Research Librarian, (617) 793-7133
- Colorado State University, Hazards Assessment Laboratory
204 Aylesworth Hall, Fort Collins, CO 80523
Deneis Milet, Director, (303) 491-5951
- Cornell University, Cornell Institute for Social and Economic Research/Program in Urban and Regional Studies
Natural Disasters Project, 106 West Sibley Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853
Barclay G. Jones, Director, (607) 255-6846
- Memphis State University, Center for Earthquake Research and Information
3890 Central Memphis, TN 38152
Arch Johnston, Director (901) 678-2007
- New York Medical College, Center for Psychological Response in Disaster Emergencies (PRIDE)
Valhall, NY 10595
Michael Blumenfeld, Director, (901) 678-2007
- New York University, Industrial Crisis Institute
649 East 19th Street, Brooklyn, NY 11230
Paul Shrivastava, Director, (718) 859-3435
- State University of New York at Buffalo, National Center for Earthquake Engineering Research
Red Jacket Quadrangle, Buffalo, NY 14261,
Dr. Robert Ketter, Executive Director,
(716) 636-3391, 342 Capen Hall, SUNY-Buffalo,
Buffalo, NY 14260, Patricia Coby, Manager for Information Services, (716) 636-3377
- Texas A & M University, Hazard Reduction and Recovery Center
College of Architecture, Texas A & M University,
College Station, TX 77843-3137
Dennis Wenger, Director (409) 845-7813
- Texas Tech University, Institute for Disaster Research, Wind Engineering Research Center
P.O. Box 4089, Lubbock, TX 79409
James R. McDonald, Director (806) 742-3476
- University of Arizona, Office of Arid Lands Studies (OALS), and Arid Lands Information Center (ALIC)
College of Agriculture, 845 North Park Avenue, Tucson, AZ 85719
Robert Varady, Manager, (602) 621-7897
- University of California, National Information Service for Earthquake Engineering
Earthquake Engineering Research Center, 404 Davis Hall, Berkeley, CA 94720
Jeanette Zerneke, (415) 642-8718
- University of California, California Earthquake Education Project and Chemical Education for Public Understanding Project
Lawrence Hall of Science, Berkeley, CA 94720
Herbert Thier, Director, (415) 642-8718
- University of Central Florida, Florida Sinkhole Research Institute
University of Central Florida, Orlando, FL 32826
Barry Beck, Director, (407) 281-5644
- University of Colorado, Natural Hazards Research and Applications Information Center (NHRAIC), Institute of Behavioral Science
IBS #6, Campus Box 482, University of Colorado, Boulder, CO 80309-0482
Dave Morton, Librarian, (303) 492-6818
- University of Colorado, U.S. World Data Center for Glaciology, National Snow and Ice Data Center
Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES), University of Colorado, Campus Box 449, Boulder, CO 80309-0449 Anne Brennan, Professional Research Assistant, (303) 492-1846
- University of Delaware, Disaster Research Center
Newark, DE 19716
Marge Simmons, Office Coordinator, (302) 451-6618
- University of Hawaii, Pacific Islands Development Program, Disaster Preparedness and Rehabilitation Project
East-West Center, 1777 East-West Road, Honolulu, HI 96848
Charles Lepani, Director, (808) 944-7745
- University of Maryland-Baltimore County, Emergency Health Services Program
Baltimore, MD 21228, James Eastham, Department Chairman, (301) 455-3223
- University of Massachusetts, Land and Water Policy Center
Department of Geology and Geography, Amherst, MA 01003
Rutherford Platt, Director, (413) 545-2499
- University of North Carolina, Center for Urban and Regional Studies
Campus Box 3110, Chapel Hill, NC 27599-3410
Raymond J. Burby, (919) 962-3074
- University of North Texas, Emergency Administration and Planning Degree Program
School of Community Service, P.O. Box 13438, Denton, TX 76203
Robert R. Reed, Director, (215) 898-4589
- University of Pennsylvania, The Wharton School, Risk and Decision Processes Center
Philadelphia, PA 19104
Howard Kunreuther, Director, (215) 898-4589
- University of Pittsburgh, Center for Social and Urban Research
1617 Cathedral of Learning, Pittsburgh, PA 15260
Jeanette Trauth, Association Director, Risk and Emergency Management Program, (412) 624-5442
- University of Wisconsin-Extension, Disaster Management Center
Department of Engineering Professional Development, 432 North Lake Street, Madison, WI 53706 Don Schramm, Director, (608) 262-2061

出典) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States: An Assessment Report, Volume 2

洪水防御施策に関係する団体等

American Institute of Architects (AIA)	National Association of Flood and Stormwater Management Agencies
American Planning Association (APA)	National Association of Home Builders (NAHB)
American Rivers Conservation Council	National Association of State Conservation Agencies
American Society of Civil Engineers (ASCE)	National Association of State Recreation Planners
American Water Resources Association (AWRA)	National Audubon Society (NAS)
Association of Conservation Engineers	National Hazards Research and Applications Information Center (NHRAIC)
Association of State Dam Safety Officials (ASDSO)	National League of Cities
Association of State Floodplain Managers (ASFPM)	National Organization for River Sports
Association of State River Managers	National Recreation and Parks Association
Association of State Wetland Managers (ASWM)	Natural Resources Defense Council, Inc. (NRDC)
The Coastal Society	National Trails Coalition
Coastal States Organization (CSO)	National Waterways Technical Council
The Conservation Foundation (CF)	National Water Resources Association
Council of State Governments (CSG)	National Wildlife Federation
Emergency Managers Association (EMA)	The Natural Areas Association (NAA)
Environmental Defense Fund (EDF)	The River Conservation Fund
Environmental Law Institute (ELI)	Sierra Club
Environmental Policy Center	The Trust for Public Land
Friends of the River, Inc.	Urban Land Institute (ULI)
Interstate Council on Water Policy	Wetlands for Wildlife
National Association of Conservation Districts (NACD)	
National Association of Counties	

参考資料 5. 参考文献

○以下に参考文献を列挙した。しかし、実際には数多くの文献のなかの記述を統合する形で情報を整理したため、そのままの形式で参考にしたものは少ない。従って、参考文献中に全く同様な図表または文章が掲載されていない場合もある。

○報告書の執筆にあたって、特に参考になった文献、資料

今後アメリカにおける氾濫原管理等について、調査・研究を行う場合、最初文献 1) の Summary Report (その他の文献、資料に記載) により氾濫原管理の概要を理解した上で、文献 45) によりこれまでの施策の動向を把握し、文献 1) と 38) により詳細部分について調べるという方法がよい。なお更に歴史的に遡って氾濫原管理を調べるには文献 43) で調べるのがよいし、気象・水文に関する各種データ (降雨量、ハリケーン、気象被害) を調査するには文献 9), 11), 35) が詳しい。

○参考文献リスト

- 1) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 2) Mississippi River Commission and U.S. Army Corps of Engineers (Lower Mississippi Valley Division), The Mississippi River Commission — An American Epic —, 1989
- 3) 米国大統領府災害対策局編, 防災計画研究会編訳, 防災体制 — その分析と対策 —, 山海堂, 1975
- 4) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 5) 関東地建河川部, 米国における水害訴訟事例, 1984
- 6) V. T. Chow, D. R. Maidment and L. W. Mays, Applied Hydrology, McGraw-Hill, Inc., 1988
- 7) 柴崎達雄, 地下水利用・保全の新局面, 「ジュリスト増刊総合特集 現代の水問題」, 1981
- 8) 米国大統領府災害対策局編, 防災計画研究会編訳, 防災体制 — その分析と対策 —, 山海堂, 1975
- 9) F. E. Bair, The Weather Almanac (sixth edition), Gale Research Company, 1992
- 10) 日本河川協会, 河川便覧 (平成 4 年版), 国土開発調査会, 1992
- 11) 12) J. Williams, The Weather Book, Vintage Books, a division of Random House Inc., NY, 1992
- 13) F. E. Bair, The Weather Almanac (sixth edition), Gale Research Company, 1992
- 14) National Climatic Center, National Hurricane Center and National Hurricane Research Laboratory, NOAA, Tropical Cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871 — 1980, 1981

- 15) J. Williams, The Weather Book, Vintage Books, a division of Random House Inc., NY, 1992
- 16) 建設省, 利根川改修計画資料 V (治水調査会編), 1957
- 17) USGS のパンフレット, “The Big Five”
- 18) 19) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 20) F. E. Bair, The Weather Almanac (sixth edition), Gale Research Company, 1992
- 21) 建設省河川局, 平成 2 年度 水害統計, 1992
- 22) 23) F. E. Bair, The Weather Almanac (sixth edition), Gale Research Company, 1992
- 24) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 25) U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, Historical Statistics of the United States, Colonial times to 1970, 1975
- 26) U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, Statistical Abstract of the United States, 1992
- 27) J. Williams, The Weather Book, Vintage Books, a division of Random House Inc., NY, 1992
- 28) FEMA, Disaster Driving — Safety Tips for Motorists in Emergency —, 1981
- 29) 30) 31) J. Williams, The Weather Book, Vintage Books, a division of Random House Inc., NY, 1992
- 32) (財) 国土開発技術研究センター, アメリカにおける氾濫原管理 — ミシシッピ川を中心として —, 1994
- 33) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 34) (財) 国土開発技術研究センター, アメリカにおける氾濫原管理 — ミシシッピ川を中心として —, 1994
- 35) J. A. Ruffner and F. E. Bair, The Weather Almanac (fifth edition), Gale Research Company, 1987
- 36) U.S. Army Corps of Engineers and National Weather Service, Annual Flood Damage Report to Congress for Fiscal Year 1992, 1993
- 37) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992

- 38) 荒井 治, アメリカ合衆国における総合治水政策—とくに洪水氾濫原管理と土地利用規制について, 1982
- 39) Warren Viessman, Jr. and Claire Welty, Water Management : Technology and Institutions, Harper & Row, Publishers, Inc., 1985
- 40) Interagency Advisory Committee on Water Data, Surface Water Quantity Information : Needs, Constraints and Recommendations for Action, 1992
- 41) Tennessee Valley Authority, ANSWERS to Your Most Frequently Asked Questions About TVA, 1991
- 42) National Council on Public Works Improvement, Fragile Foundations : A Report on America's Public Works — Final Report to the President and the Congress —, 1988
- 43) Gilbert F. White, Human Adjustments to Floods — A Geographical Approach to the Flood Problem in the United States —, Univ. of Chicago, 1945
- 44) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 45) Jamie W. Moore and Dorothy P. Moore, The Army Corps of Engineers and the Evolution of Federal Flood Plain Management Policy, Institute of Behavioral Science, University of Colorado, 1989
- 46) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 47) 荒井 治, アメリカ合衆国における総合治水政策—とくに洪水氾濫原管理と土地利用規制について, 1982
- 48) 49) V.T. Chow, D.R. Maidment and L.W. Mays, Applied Hydrology, McGraw-Hill Inc., 1988
- 50) G.W. Kite, Frequency and Risk Analysis in Hydrology, Water Resources Publications, 1988
- 51) 52) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 53) (財) 消防科学総合センター, 地域防災データ総覧—風水害・火災編—, 1985
- 54) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 55) FEMA, Elevated Residential Structures, 1984
- 56) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management

- in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 57) J. Williams, The Weather Book, Vintage Books, a division of Random House Inc., NY, 1992
- 58) 米国大統領府災害対策局編, 防災計画研究会編訳, 防災体制—その分析と対策—, 山海堂, 1975
- 59) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 60) 浜口, 末次, 桐生, 全国水防管理団体の実態調査, 土木研究所資料第2407号, 1986
- 61) F.E. Bair, The Weather Almanac (sixth edition), Gala Research Company, 1992
- 62) L.G. Canton, M. Ghilarducci and C. Mills, The National Urban Search and Rescue System
- 63) 米国大統領府災害対策局編, 防災計画研究会編訳, 防災体制—その分析と対策—, 山海堂, 1975
- 64) 65) (財)国土開発技術研究センター, アメリカにおける氾濫原管理—ミシシッピ川を中心として—, 1994
- 66) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 67) Federal Emergency Management Agency, Guide to Flood Insurance Rate Maps, 1988
- 68) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 69) Federal Emergency Management Agency, Answers to Questions about the National Flood Insurance Program, 1989
- 70) 荒井 治, アメリカ合衆国における総合治水政策—とくに洪水氾濫原管理と土地利用規制について, 1982
- 71) 72) 73) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 74) U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Development in Louisiana 1987, 1987
- 75) Mississippi River Commission and U.S. Army Corps of Engineers (Lower Mississippi Valley Division), Levees on the Lower Mississippi, 1970
- 76) Mississippi River Commission and U.S. Army Corps of Engineers (Lower Mississippi Valley Division), The Mississippi River Commission—An American Epic—, 1989
- 77) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural

Hazard Research and Applications Information Center, 1992

- 78) 玉光, 中島, 定道, 藤井, 新体系土木工学74 堤防の設計と施工—海外の事例を中心として—, 技報堂出版, 1991
- 79) 80) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 81) 建設省土木研究所総合治水研究室, 非構造の治水対策に関する米国の実態調査報告書, 1981
- 82) St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory (University of Minnesota)
- 83) (財)国土開発技術研究センター, アメリカにおける氾濫原管理—ミシシッピ川を中心として—, 1994
- 84) 米国大統領府災害対策局編, 防災計画研究会編訳, 防災体制—その分析と対策—, 山海堂, 1975
- 85) American Red Cross and FEMA, Repairing Your Flooded Home, 1992
- 86) (財)国土開発技術研究センター, アメリカにおける氾濫原管理—ミシシッピ川を中心として—, 1994
- 87) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 88) Federal Emergency Management Agency and American Red Cross, Your Family Disaster Supplies Kit, 1992
- 89) F.E. Bair, The Weather Almanac (sixth edition), Gale Research Company, 1992
- 90) K. Smith and G.A. Tobin, Human Adjustment To The Flood Hazard, Longman Inc., 1979
- 91) 建設省土木研究所総合治水研究室, 非構造の治水対策に関する米国の実態調査報告書, 1981
- 92) 関東地建河川部, 米国における水害訴訟事例, 1984
- 93) 吉本, 末次, 桐生, 水害裁判における治水安全度に関する資料集, 1988
- 94) U.S. Geological Survey, USGS Yearbook Fiscal Year 1990, 1991
- 95) U.S. Army Corps of Engineers, "Waterways Experiment Station", 1991
- 96) St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory (University of Minnesota)
- 97) The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 2 (Full Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- 98) 末次, 総合治水関連データ集, 土木研究所資料第2158号, 1985
- 99) (財)国土開発技術研究センター, アメリカにおける氾濫原管理—ミシシッピ川を中心として—, 1994

○その他の文献、資料（順不同）…… 図表や表現の一部を参考にしたもの

- The Federal Interagency Floodplain Management Task Force, Floodplain Management in the United States : An Assessment Report, Volume 1 (Summary Report), the Natural Hazard Research and Applications Information Center, 1992
- Committee on Water Resources Research of the Federal Council for Science and Technology, Federal Water Resources Research Program for 1973 & 1974, National Science Foundation, 1976
- Wilbert O. Thomas, Jr., The Role of Flood-frequency Analysis in the U.S. Geological Survey, Application of Frequency and Risk in Water Resources, D.Reidel Publishing Company, 1987
- U.S. Geological Survey, National Water Summary 1988 - 89 - Hydrological Events and Floods and Droughts -, 1991
- U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center, Institute for Water Resources, National Economic Development Procedures Manual - Urban Flood Damage -, 1988
- U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center, Institute for Water Resources, Catalog of Residential Depth-Damage Functions used by The Army Corps of Engineers in Flood Damage Estimations, 1992
- National Advisory Committee on Ocean and Atmosphere, The Nation's River and Flood Forecasting and Warning Service, 1983
- U.S. Army Corps of Engineers (St. Louis District), St. Louis Flood Protection Project, 1974
- USGS, Water - Supply Paper 838 "Floods of Ohio and Mississippi Rivers" Jan. - Feb., 1937, 1938
- (財)国土開発技術研究センター, 米国のHurricane「Andrew」災害現地調査報告書, 1992
- Mississippi River Commission and U.S. Army Corps of Engineers (Lower Mississippi Valley Division), Mississippi River and Tributaries Project, 1986
- Mississippi River Commission and U.S. Army Corps of Engineers (Lower Mississippi Valley Division), Channel Improvement and Stabilization on the Lower Mississippi River, 1979
- Federal Emergency Management Agency, Flood Insurance Rate Map, "City of Tulsa, Oklahoma", 1982
- Bureau of Reclamation, Hoover Dam, 1993
- U.S. Army Corps of Engineers (St. Paul District), Navigation on the Upper Mississippi River "Locks & Dam No. 1", 1983

- U.S. Army Corps of Engineers (New Orleans District), Project Fact Sheet "New Orleans to Venice, LA - Hurricane Protection", 1991
- Victor Miguel Ponce, Engineering Hydrology Principles and Practices, Prentice - Hall, Inc., 1989
- National Oceanic and Atmospheric Administration, National Implementation Plan for the Modernization and Associated Restructuring of the National Weather Service, 1991
- P.Cohen, R.H.Bingham and E.D.Cobb, Monitoring Major Floods in the United States
- FIA of FEMA, Flood Insurance Study "Guidelines and Specifications for Study Contractors", 1991
- FIA of FEMA のパンフレット "Is there a piece missing from your homeowners protection ? ", 1993
- 日本気象協会, 気象年鑑 1991年版, 1991
- U.S. Army Corps of Engineers, Rock Island District Office のパンフレット, 1991
- FEMA のパンフレット, "Protecting Your Home from Flood Water Damage"

アメリカの治水戦略

—日米の治水対策の比較を通じて—

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第3279号

平成6年5月(1994)

要旨

栗城 稔, 末次 忠司

アメリカにおける治水の歴史は短い。しかし、ダムや遊水地といった流域対応の治水施設の導入は日本よりも早く、かつ治水思想は合理的で、日本の治水対策の参考となることが多い。末次は1993年1月より1年間、アメリカバージニア州にある内務省地質調査所に留学した。留学中にアメリカの治水対策に関する各種情報を収集するとともに、1993年7月に発生したミシシッピ川大水害の現地調査に参加した。本論文はこれらの情報を整理するとともに、アメリカにおいて現在考えられている「次世紀に向けての治水戦略」についてとりまとめたものである。

キーワード: アメリカ, 共同研究, 地質調査所, 留学, 治水, 比較, ミシシッピ川, 水害, 氾濫原管理, 戦略



郵便はがき

五十円切手
をはって下
さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

河川部都市河川研究室
行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 3279 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印