

## 7. 洪水リスク評価と洪水地図

### 7-1 アメリカにおける洪水地図

アメリカの洪水地図の歴史は、1950年代初頭のTVAによる洪水地図作成プログラムに遡る。TVAに刺激され、1960年代初頭には、陸軍工兵隊（USACE）も幅広い水害情報関連のプログラムを開始した。そして、1968年の洪水保険プログラム（NFIP）によって、全国規模の地図作成が開始された。洪水保険料率地図（Flood Insurance Rate Map：FIRM）である。

日本における洪水地図（ここでは洪水ハザードマップを想定）とアメリカのそれ（FIRM）には、その作成目的と記載項目に違いがある。

まず、日本のハザードマップの作成、配布の主目的は住民避難の支援である。したがって、洪水ハザードマップには、浸水域や浸水深に加え、避難所や避難経路、さらには、災害時の心得のような情報が示されている。平成13年の水防法改正による浸水想定区域図の作成の開始も、まずは住民の避難の支援や防災活動の支援（例えば、地下施設等の被害が予測されるところ）を念頭に行われた。もちろん、地図を利用した氾濫原管理（土地利用対策等）も目的に含まれているものの、直接的に土地利用施策等に結びついているわけではない。したがって、現在のところ、洪水ハザードマップに示された浸水リスクの違いが、保険価格や資産価値を左右したという話は聞かれない。これは、現在のところ、ハザードマップで示されたからといって、リスクに基づいた土地利用が行われているのではないことを表している。

一方、アメリカの洪水保険利用率地図（FIRM）は、住民の洪水保険の保険料率の設定や土地利用、建築規制のもとになっている。氾濫原管理の対象となるのは、FIRMに示された1/100洪水による浸水域である。FIRMに示された浸水リスク区分は、直接的に自治体の施策や住民の財布に影響することになる。FIRMは、まさにアメリカの氾濫原管理の基礎となっているといえ、そこで示されたリスク区分が与える影響は大きい。

今後、日本の洪水地図が一般化し、場所毎の浸水リスクの差異が一目で分かるようになれば、自然と浸水リスクに基づく対策が行われるようになる可能性もある。例えば、保険業界が保険料に差をつけるようになることも考えられ、浸水リスクによって資産価値に差が出てくるかもしれない。このようなことが起こるためには、まず、信頼性の高い地図が作成されることが前提となる。洪水地図は、そのような可能性を秘めており、浸水リスクの評価方法や表示方法が与える影響は大きいと考えられる。

日本に先んじて浸水リスクに基づく対策を講じているアメリカの洪水地図について知ることは、日本の洪水地図のあり方を考えるうえで極めて参考になるものと考えられる。し

かし、アメリカの洪水地図の作成手法については、一般的にはあまり知られていないのが実状であると考えられる。そこで、この章では、洪水地図（主に FIRM）を取り上げて紹介する。

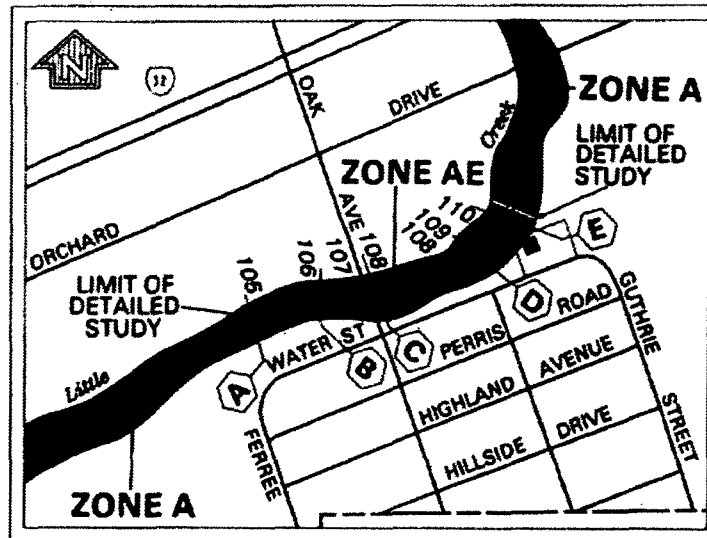
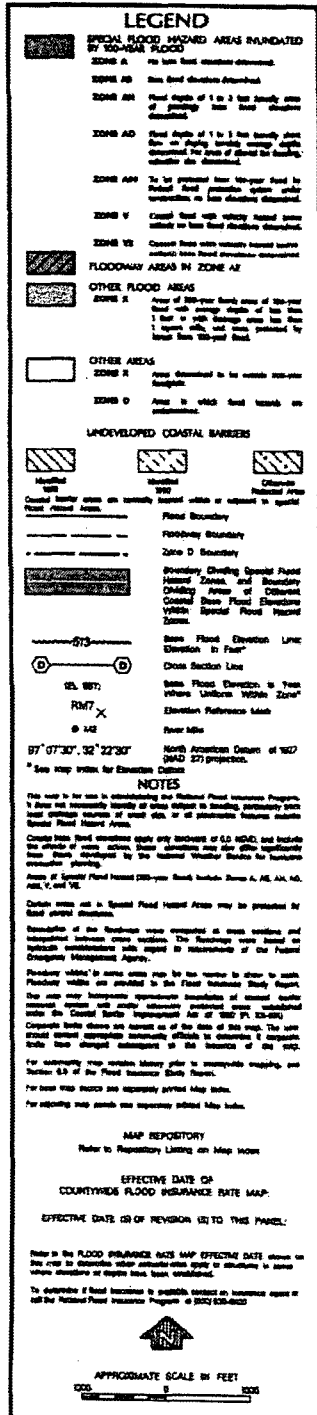


図 7-1 洪水保険料率地図の例 29)

## 7-2 洪水保険料率地図

### (1) 洪水保険料率地図とは 1)、2)ほか

浸水のリスクに応じた保険料率設定を行うため、連邦政府は洪水保険料率地図（Flood Insurance Rate Map：FIRM）を作成、提供している。

洪水保険プログラム開始当初は、全国的に氾濫解析を実施して浸水リスクを詳細に提供することができなかつたため、概略のデータに基づく簡易的な地図が用いられた。この地図は洪水危険区域地図（Flood Hazard Boundary Map）と呼ばれている。この地図では、1/100 洪水による浸水が予想される特別洪水危険区域（Special Flood Hazard Area：SFHA）が確定され、緊急プログラムにおける氾濫原管理と洪水保険適用に使用される。この地図には、表 7-1 に示すリスク区分の ZONE A が示される。

浸水リスクに応じた保険料率設定を行う（通常プログラム）ために作られるのが洪水保険料率地図（FIRM）である。緊急プログラムから通常プログラムへの移行に際して実施される洪水保険調査（Flood Insurance Study：FIS）あるいは洪水危険度評価（Flood Risk Assessment）を経て発行される。FIRM は自治体の氾濫原管理事務所や FEMA の地図サービスセンターで入手可能である。

### (2) 地図の表示項目とリスク区分 1)、2)9)

FIRM には、年最大洪水ピーク流量に基づく 100 年洪水境界が示されており、場合によっては 500 年洪水境界が示されている。浸水する地域の他、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 1)である。

洪水保険調査（Flood Insurance Study：FIS）の結果は、氾濫原管理に用いるための技術文書としてまとめられ、洪水保険調査報告書（Flood Insurance Study Report）と呼ばれる。この報告書と一緒に、洪水境界と洪水路地図（Flood Boundary and Floodway Map：FBFM）という別の地図も示される。これは、規制洪水路（Regulatory Floodways）や他の氾濫原管理情報が載った地図である。

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 の縮尺の地図が良く用いられる 1)。

洪水危険等級ゾーンは、表 7-1 に示すように区分されている。氾濫原管理の対象となる特別洪水危険区域（SFHA）は、1/100 以上の浸水確率がある地域で、大きく分けて A ゾーン（河川による浸水域）と V ゾーン（海岸災害による浸水域）がある。それよりも浸水確率が低い地域は、1/100～1/500 の浸水確率の中位洪水危険区域（Moderate Flood Hazard Area）、1/500 以下の浸水確率の最小洪水危険区域（Minimal Flood Hazard Area）に分けられている（B、C、Z ゾーン）。これらの地域では、保険購入の義務は生じない。

洪水危険度（flood hazard factors, FHF）とは、1/10 洪水と 1/100 洪水の水位の差を 0.5 フィート刻みで表現し、3 桁の数字にした値である。例えば、水位の差が 0.7 フィートなら

005、1.4 フィートなら 015 となる。浸水リスクを再現確率による水位変化量で表しており、水位変化が大きい方が危険としている。この数値（005-200）が浸水リスクを表している。以前は、FHF に応じてリスク区分（河川による浸水の場合は ZONE A1～A30）され、保険料率に差がつけられていたが、差が小さいため、現在は統一されている。

FIRM では完成堤防の破堤を想定していない。構造物が 1/100 洪水に対して十分に機能すると認められた場合、防御地域は SFHA から除外される。このことは、築堤により絶対的な安全が保証されるという誤解を招くし、保険購入の義務も生じなくなってしまうという問題がある。

表 7-1 洪水危険等級ゾーン (Insurance Risk Rate Zone) <sup>30)ほか</sup>

|  |  |
|--|--|
| <b>ZONE A</b>                                    | 1/100 確率の洪水による浸水が生じる地域。簡易な調査に基づいており、詳細な水理解析が行われていないため、基本洪水位 (BFE) や浸水深は示されていない。  |
| <b>ZONE A0</b>                                   | 1/100 確率の洪水で平均浸水深が1～3フィートの浅い浸水 (扇状地など勾配があるところでの浅く速い流れ) が生じる地域。解析により求められた平均浸水深が示されている。水理解析手法は、文献 30)に示されている。                      |
| <b>ZONE AH</b>                                   | 1/100 確率の洪水で平均浸水深が1～3フィートの浅い浸水 (水面が一様な湛水: Ponding) が生じる地域。BFE が示されている。水理解析手法は文献 30)に示されている。                                      |
| <b>ZONE A1-A30 (AE)</b>                          | 1/100 確率の洪水による浸水が生じる地域。洪水保険調査 (FIS) により、BFE および洪水危険度 (FHF) が求められている。かつては FHF に基づいて A1-A30 に区分されていたが、新しい地図では AE にまとめられている。        |
| <b>ZONE A99</b>                                  | 1/100 確率の洪水で浸水するが、治水構造物により守られる予定で、工事がほぼ完成している地域。BFE や浸水深は示されていない。  |
| <b>ZONE AR</b>                                   | 1/100 確率の洪水に対応できるよう改修中の治水構造物による防御地域。施設の完成により解除される。   |
| <b>ZONE AR/AE, AR/AH, AR/AO, AR/A1-A30, AR/A</b> | 治水構造物の防御対象の浸水に加え、それ以外の原因による浸水可能性もある地域。施設完成後も浸水の可能性がある。   |
| <b>ZONE B (X)</b>                                | 浸水可能性が中程度の地域 (1/100～1/500 確率で浸水が生じる地域、1 平方マイル以下の排水面積で 1/100 洪水で1 フィート以下の浸水がある地域、1/100 洪水に対し堤防により守られている地域)。新しい地図では X とされている。      |
| <b>ZONE C (X)</b>                                | 浸水可能性があるが最小の地域。新しい地図では X とされている。   |
| <b>ZONE D</b>                                    | 未調査で浸水の危険性が不明だが、浸水の可能性がある地域。   |
| <b>ZONE V</b>                                    | 1/100 の確率で流れの速い浸水をする地域 (海岸沿い)。簡易な調査に基づき、詳細な水理解析が行われていないため、BFE や浸水深は示されていない。  |
| <b>ZONE V1-V30 (VE)</b>                          | 1/100 の確率で流れの速い浸水をする地域 (海岸沿い)。洪水保険調査 (FIS) により、BFE および洪水危険度 (FHF) が求められている。かつては FHF に基づいて V1-V30 に区分されていたが、新しい地図では VE にまとめられている。 |

表中の網掛けは特別洪水危険地域 (SFHA) に含まれることを示す。

### (3) 地図の作成手順

実際の地図製作作業は、コンサルタント会社に発注されている。全国を3地区に分け、3つのコンサルタント会社がそれぞれの地区を一手に引き受けている。

通常、氾濫解析には一次元モデルを用いる。河道と氾濫原が一緒になった断面データを縦断方向に作成し、そのデータを用いて計算する。ごく一部の拡散型氾濫原に対してのみ二次元モデルが用いられる。

作成作業の大まかな流れを示す<sup>2)</sup>。

① 調査方針作成

調査対象範囲を確定する。

② 予備調査

陸軍工兵隊 (USACE) あるいは地質調査所 (USGS) に照会し、既往調査結果を整理する。

③ 概略図の作成

開発の程度が軽微など、被害が比較的小さい地域に対しては概略調査で終了する。通常「ウィンドシールド調査」(自動車で行って車から眺める)と簡単な計算による。

④ 機器による測量

⑤ 水理水文解析

洪水流量と洪水位 (H-Q) 関係を求めておく。年最大洪水ピーク流量を収集、地域に対応した係数を用いてデータを確率統計処理し、100年、500年確率流量を算定する\*。それらの流量を用いた不等流計算 (通常は一次元) により洪水位の縦断図を作成する。

⑥ 洪水危険区域の設定

⑦ 地図の作成

\*参考 米国地質調査所 (USGS) の洪水頻度解析ソフト<sup>31)</sup>ほか

米国地質調査所 (USGS) では、水資源計画・管理・許認可、水質や生態の管理、水力発電所・工場・貯水池などの設計や取水許可、道路・橋・堤防等の設計に用いるための水文統計資料を提供している。蓄積されたデータをもとにして、洪水ピーク流量、ハイドログラフを求めるための回帰式を提示している。回帰式は、水位計測が行われていない場所での使用を想定しており、流域特性、気象特性から流量を推定する式となっている。回帰式は、例えば、 $Q = F(A, E, SH)$  の形をとる (A: 流域面積、E: 平均流域標高、SH: 形状係数)。

USGS では、1994年より、上記の回帰式を用いて容易に流量を求めることができる NFF (National Flood Frequency Program) というソフトウェア (ウィンドウズ版) を開発、提供している。対象ユーザーは、氾濫原管理者、構造物の設計担当者等である。全米 289 地域の 2,065 のピーク流量回帰式をもとに、任意の確率の洪水流量を推定できる。回帰式は都市部 (Urban) 及び地方部 (Rural) に分けられている。

また、流量推定をより簡単に行えるようにするため、Web アプリケーション (StreamStats Web Application) の開発が行われている。NFF ソフトでは、地域の流域・気象特性を調べたりする手間があったが、これを用いることで、Web 上で容易に流量推定ができるようになる。以下の3つから構成される。

- ・ 出版されている流量統計、流域・気象特性等を Web 上で提供するデータベース
- ・ 流量の推定プログラム (NFF に相当する部分)
- ・ GIS データベース (GIS 機能により流域特性の計測を容易に行える)

#### (4) 地図の修正手続き<sup>14)</sup>

FIRM および洪水保険調査報告書 (Flood Insurance Study Report) の修正のため、いくつかの手続きが用意されている。手続きは、地図そのものの変更と、地図の改訂を伴わず、地図の変更を認める証書によるものに分けられる。

##### ○物理的な地図改訂 (Physical Map Revision : PMR)

構造物の建設等にもなう洪水位、氾濫原境界、洪水路 (Floodway) などの変更。自治体の要請により解析が行われ、地図が改訂される。基本洪水位 (BFE) が変更された場合には、90 日間の Appeal 期間が設定され、さらに6ヶ月してから正式に認定される。

##### ○地図変更証書 (Letter of Map Change : LOMC)

地図の改訂を伴わず、証書で地図の変更を認める。以下の3種類に分類される。

##### 1) 地図修正証書 (Letter of Map Amendment : LOMA)

所有者や借家人による請求により、科学的、技術的に特別洪水危険地域 (SFHA) 外であることが示された場合に出される。

##### 2) 盛土による地図修正証書 (Letter of Map Revision based on Fill : LOMR-R)

盛土により建物や区画が BFE 以上であることが証明された場合に、SFHA から除外されることが示される。

##### 3) 地図改訂証書 (Letter of Map Revision : LOMR)

現在有効な地図の浸水域などの変更を示す。

### 7-3 地図作成マニュアル

#### (1) 解析モデルの規定

FEMA により、地図作成のための具体的な解析手法が示されたマニュアルが用意されている。また、解析に使用できるモデルの要件が明示されており、この要件を満たしたモデルを用いて解析が行われる。要件は以下のとおりである。

1. モデルは、治水や氾濫原管理事業を実施している省庁によって、調査、検証され、認証されていないといけない。
2. モデルには、ソースコード、ユーザーマニュアルを含む説明書が提供されていないといけない。
3. モデルは、FEMA ならびに洪水保険地図に関係する現在及び将来の関係者による使用が可能で、使用を通じて開発、改良がされていないといけない。

このように、モデルに要求される要件を明らかにし、使用可能なモデルを指定しておくというアプローチは、河川事業の計画や氾濫原管理への水理解析の適用において非常に重要なことであると考えられる。水理解析結果の妥当性については、パラメータの設定等を巡って水掛け論に陥る可能性がある。しかし、モデルの仕様が明らかにされていれば、計算結果の妥当性が議論となったとしても、モデルの妥当性に関する議論を排除することが

できるからである。

表 7-2 洪水保険料率地図作成での使用が認められているモデル<sup>15)</sup>

○水文モデル (ハイドログラフを求める)

| 種類     | プログラム                      | 開発者   |
|--------|----------------------------|---|
| 単発イベント | HEC-1 4.0.1-               | 陸軍工兵隊 (USACE)   |
|        | HEC-HMS 1.1-               | 陸軍工兵隊 (USACE)   |
|        | TR-20                      | 農務省自然資源保全局 (NRCS)   |
|        | TR-55                      | 農務省自然資源保全局 (NRCS)   |
|        | SWMM (RUNOFF)<br>4.30/4.31 | 米国環境保全局 (EPA) / オレゴン州立大   |
|        | MIKE 11 UHM                | DHI Water and Environment   |
|        | DBRM 3.0                   | Bernard L. Golding, P.E. Consulting Water<br>Resources Engineer Orlando, FL |
|        | HYMO                       | 農務省自然資源保全局 (NRCS)   |
| 連続イベント | PoundPack v.8              | Haestad Methods, Inc.   |
|        | DR3M                       | 米国地質調査所 (USGS)  |
|        | HSPF 10.10                 | 米国環境保全局 (EPA) / 米国地質調査所<br>(USGS)   |
|        | MIKE 11 RR                 | DHI Water and Environment   |
| 内水解析   | HEC-IFH 1.03               | 陸軍工兵隊 (USACE)   |

○統計解析モデル (洪水頻度解析)

| 種類 | プログラム       | 開発者            |
|----|-------------|----------------|
|    | HEC-FFA 3.1 | 陸軍工兵隊 (USACE)  |
|    | PEAKFQ 2.4- | 米国地質調査所 (USGS) |
|    | FAN         | 連邦危機管理庁 (FEMA) |



表 7-2 洪水保険料率地図作成での使用が認められているモデル (続き) 15)

○水理モデル (河川の水位を求める)

| 種類                | プログラム                        | 開発者  |
|-------------------|------------------------------|--|
| 一次元定流モデル          | HEC-RAS 2.2                  | 陸軍工兵隊 (USACE)  |
|                   | HEC-RAS 3.0                  | 陸軍工兵隊 (USACE)  |
|                   | HEC-2 4.6.2                  | 陸軍工兵隊 (USACE)  |
|                   | WSPRO                        | 米国地質調査所 (USGS) / 連邦道路局 (FHWA)  |
|                   | FLDWY                        | 農務省自然資源保全局 (NRCS)  |
|                   | QUICK-2 1.0                  | 連邦危機管理庁 (FEMA)   |
|                   | HY8 4.1                      | 連邦道路局 (FHWA)   |
|                   | WSPGW 12.96                  | ロサンゼルス治水事業体 / Joseph E. Bonadiman & Associates, Inc.                     |
|                   | StormCAD v.4                 | Haestad Methods, Inc.  |
|                   | PondPack v.8                 | Haestad Methods, Inc.  |
| 一次元不定流モデル         | Culvert Master v.2.0         | Haestad Methods, Inc.  |
|                   | HEC-RAS 3.0                  | 陸軍工兵隊 (USACE)  |
|                   | FEQ 8.92 / FEQUTL 4.68       | Delbert D. Franz, Linsley, Krager Associates / Charles S. Melcing (USGS) |
|                   | ICPR 2.20 / 3.02             | Streamline Technologies, Inc.  |
|                   | SWMM 4.30 / 4.31             | 米国環境保全局 (EPA) / オレゴン州立大  |
|                   | UNET 4.0                     | 陸軍工兵隊 (USACE)  |
|                   | FLDWAV                       | 米国気象局 (NWS)  |
|                   | MIKE 11 HD                   | DHI Water and Environment  |
| 二次元不定流 / 定流モデル    | FLO-2D v.2000.11             | Jimmy S. O'Brien, Ph.D., P.E.  |
|                   | TABS RMA2 v.4.3 / RMA4 v.4.5 | 陸軍工兵隊 (USACE)  |
|                   | FESWMS 2DH 1.1               | 米国地質調査所 (USGS)   |
| 洪水路 (Floodway) 解析 | FLO-2D v.2000.11             | Jimmy S. O'Brien, Ph.D., P.E.  |
|                   | SFD                          | 陸軍工兵隊 (USACE) / 連邦危機管理庁 (FEMA)   |
|                   | PSUPRO                       | ペンシルバニア大 / 陸軍工兵隊 (USACE) / 連邦危機管理庁 (FEMA)                                |

(2) 洪水保険料率地図の作成マニュアル

ここでは、提供されているマニュアルに示されている項目等を簡単に紹介する。これらのマニュアルは FEMA の Web サイトを通じてダウンロードできる。

**Managing Floodplain Development in Approximate Zone A Areas – A Guide for Obtaining and Developing Base (100-year) Flood Elevations<sup>32)</sup>**

多くの自治体の特別洪水危険区域 (SFHA) は、概略調査による ZONE A であり、基本洪水位 (BFE) が示されていない。しかし、浸水被害軽減事業 (BFE 以上への嵩上げ等) のためには BFE が必要となる。このマニュアルは、自治体の洪水保険プログラム参加要件である氾濫原管理の実施のため、自治体等が BFE の特定を行う場合に用いられる。

既存の BFE 情報の取得および解析による BFE 情報の取得の二つの方法が示されている。それらの方法は、一様な流れの河川、湖沼域を対象としており、流れが急変するところや扇状地等には適用できない。

#### IV章 既存の BFE 情報の取得

FEMA、工兵隊、USGS 他の情報提供機関が示されている。

#### V章 解析による BFE 情報の取得

簡易手法と詳細手法が示されている。

##### ➤ 簡易手法

簡易的に BFE を求める方法で、「保険料率の決定のための標高証明 (Elevation Certification) には使えない」と断りが示されている (精緻な解析が必要なレベルの保険料率設定には適用できない)。

- コンター内挿による方法

コンター間隔の半分の精度を有する。

- \*データ外挿による方法

数値計算された結果のある領域から 500 フィート上流以内の場合に適用できる。

##### ➤ 詳細手法

1)地形標高取得、2)流出・流量 (水文) 解析、3)水位 (水理) 解析の3項目に分けて説明されている。

- 地形標高取得

氾濫原および河道の断面形状の取得方法について説明している。

- 水文解析

流量一流域面積の関係を用いる方法、回帰式、NRCS TR-55 モデル、合理式、その他の計算モデル (NRCS の TR-20、HEC-1) が紹介されている。

- 水理解析

等流水深、限界水深を用いる簡易な方法、次元不等流解析 (Step-backwater Analysis) などが紹介され、数値計算モデルとして、QUICK-2(FEMA)、HEC-2(USACE)、HEC-RAS(USACE)、WSPRO(USGS)、WSP2(NRCS)、SFD(FEMA)、PSUPRO(FEMA)が紹介されている。

#### **Guidelines and Specifications for Flood Map Production Coordination Contractors**<sup>33)</sup>

地図作製の技術的な要求性能、調整・文書化作業、成果物の仕様等を定めたガイドラインであり、細かい技術的内容は載っていない。

付録 (Appendix B Specification for Preparing Maps and Graphics) として、地図の情報表示のための仕様等が示されている。

## **Guidelines and Specifications for Study Contractors**<sup>30)</sup>

洪水保険調査 (Flood Insurance Study : FIS) において、受注者が従うべき技術方針と手順のガイドラインである。具体的な水文・水理解析手順についても記述されているので、これを見れば、洪水保険料率地図 (FIRM) の作成手法が一通り理解できる。

1999年4月には、付録4bにLiDARによるDEM作成についての項目が追加された。

### **2章 調査方針の決定 (Determining scope of study)**

ウィンドシールド調査を含む事前の概略調査や、FEMA・地域の代表による会議について記載されている。

### **3章 データ収集と整理 (Data Collection and Coordination)**

詳細な文献・現地調査等について記載されている。

標高の参照点、氾濫原横断面、水理構造物等の把握手法について記載されている。標高データとして、National Geodetic Vertical datum of 1929(NGVD)もしくは、可能なら新しいデータである North American Vertical Datum of 1988(NAVD)を用いる。

氾濫原横断面は、4フィート間隔コンター地図で作成する。地図が入手できないなら写真測量を行う。

### **4章 詳細水文学解析 (Detailed Hydrologic Analysis)**

1/100洪水(多くの場合1/10、1/50、1/500も)を対象に解析する。

水位計データより解析するが、水位計がない場合、USGSの地域毎の洪水頻度解析結果<sup>31)</sup>を用いる。洪水調節、貯留施設の存在、急激な流域開発、その他の流域特性のため、上記の方法が適用できない場合には、単位図法や降雨-流出モデル(HEC-1やTR-20等)を用いる。

予備検討には、USGSが提供する回帰式(都市化も考慮)を用いることができる。

### **5章 詳細水理解析 (Detailed Hydraulic Analysis)**

水理モデルの検証は、痕跡水位との誤差が0.5フィート以内になるという基準で行う。特に粗度係数の設定には注意が必要としており、既往の調査事例との照合などを求めている。

通常は、背水を考慮した不等流モデル(Backwater-computer Model)で計算する。使用するモデルは、HEC-2、WSPRO、WSP-2などである。

二次元モデル(Two-Dimensional Water-Surface Computer Models)は、一次元解析では困難な場合に使用する。しかし、複雑でコスト高なので推奨はされていない。適用が考えられるのは、浅い浸水(Shallow Flooding)が生じる地域、堤防を越えて流れが分岐する場合(Split Flow Situations)、複雑な橋梁の場所である。また、扇状地でも使用可能としている。

一次元モデル(One-Dimensional Unsteady Flow Models)：堤防背後の浸水域、逆流、複雑な管路・水路・池・調節池等がある場合に使用する。境界条件とする水深

には等流水深を用いるが、射流が生じたときの対応についても言及している。

浅い浸水 (Shallow Flooding) の解析方法は付録 2、扇状地 (Alluvial Fans) の解析方法は付録 5 に記載されている。

## 6章 洪水境界の線引きと簡易手法 (Approximate Floodplain Boundary Delineation and Simplified methods)

## 7章 堤防等の治水施設の評価 (Evaluation of Levee Flood Control Systems)

堤防 (コンクリート堤防、洪水壁、海岸堤防、その他)、農業堤防が 1/100 洪水を防御している場合の施設の評価手法について示されている。考慮すべき堤防 (すなわち、十分な高さ、強度がある堤防) の判定条件として、次の項目を挙げている。

- ◇ 余裕高 (Freeboard) は、3 フィート以上、橋梁等の阻害前後 100 フィートではさらに 1 フィートの余裕がある。
- ◇ 堤防の護岸、基礎の安定性等が基準を満たしている。
- ◇ 1/100 洪水を防御する堤防がある場合、内水排除 (Interior Drainage) も評価する (貯留域、重力排水、ポンプ場、その複合)。
- ◇ 人為的な要素を考慮する。一般には、土嚢積み等は考慮しないが、水門操作等は考慮する。
- ◇ 維持管理についての基準を満たしている。
- ◇ 要求性能を満たしている証明書がある。

上記の条件を満たし、堤防で守られているとみなされた地域は、ZONE X あるいは ZONE AH (内水解析により適切に定められる) となる。条件を満たしていない堤防は、存在しないものとして 1/100 洪水が計算される。

上記の条件を満たしていない堤防については、以下に述べる方法で解析する。堤防の存在を考慮して計算された 1/100 洪水水位が堤防より高い場合、河道側では、計算された 1/100 洪水水位が用いられる。堤内地側については、堤防が存在しないとして 1/100 洪水水位が再計算される。つまり、堤防からの越流や破堤をモデル化した計算は行わない。堤防からの越流・破堤の影響は、堤外地は堤防あり、堤内地は堤防なしの条件で計算することで考慮している。

1/100 以外の確率 (1/10、1/50、1/500) の洪水水位が堤防高より高い場合も同様に、河道側の水位は堤防高と同じとする。堤防高より洪水水位が低い場合、計算されたとおりの値で示される。1/100 以下の頻度の洪水については、堤防がないものとした解析は行わない。

最低限の条件を満たしていない堤防については、最大で 5 つの計算条件での浸水分布が示される。堤防がある場合の 1/10、1/50、1/100 水位、堤防がない場合の 1/100、1/500 水位である。“堤防あり” の基本洪水水位 (BFE) が “堤防なし” の BFE より高い場合、FIRM には堤防中央に沿った線が引かれ、異なる BFE であることを明示する。そうでない場合は、“堤防なし” の BFE のみが示される。

堤防が両岸にある場合、堤防の評価には、同時破堤、左岸のみ、右岸のみの破堤を考慮する。

## 付録2 浅い浸水 (Shallow Flooding)

水表面の高さが一様な湛水 (Ponding) や浅く速い流れ (Sheet Flow) を対象とする。浅い浸水に区分される可能性のあるのは、ZONE X、ZONE A、ZONE A0、ZONE AH である。Ponding は ZONE AH (BFE 表示あり)、Sheet Flow は ZONE A0 (BFE 表示あり) に区分される。1 平方マイル以下の排水域は局所的排水不良とみなされ、一般的に詳細調査されない。

### Ponding の解析方法

過去の浸水データ、地方の聞き込み、地盤高地図の調査、現地調査を行い、流入、流出量を求めて解析する。ハイドログラフ、経験式、カルバート他の人工物の設計式を考慮する。H-V 関係式を用いて水位を決定する。

### Sheet Runoff の解析方法

過去の浸水データ、地方の聞き込み、補助的に現地調査、地図に示された標高、航空写真を用いて対象地域を決める。適切な方法で (具体的には示されていない)、地域の上流への流入量を決める。構造物等がない場合には、地域を均一に流れる浅く速い流れ (Sheet Flow) となる。地域の横断面をいくつか求め、それぞれの平均浸水深を求める。ZONE A0 の横断面の平均浸水深を求めるには、加重平均を用いる。1.0 フィート以下の浸水深なら ZONE X、1.0~1.5 フィートなら ZONE A0 の depth 1、1.5~2.5 なら ZONE A0 depth 2、2.5~3.0 なら ZONE A0 depth 3 に区分される。

都市域で、建物、下水や排水システム、道路形状の影響を受ける場合、下水や道路は設計外力を対象とした排水のみ可能である。これらの施設の設計外力より低頻度 (1/100 も含む) の洪水に対し、施設の影響を考慮した解析を行うことは費用がかかる。したがって、洪水保険調査 (FIS) の範囲外としている。既往浸水や地域の技術者や住民の報告、現地調査や技術的判断でそのような地域を決定する。

## 付録4 航空測量の仕様 (Aerial Mapping and Surveying Specifications)

### 付録4b 航空測量 LiDAR

- ① 5m 以下の間隔、鉛直 30cm の精度が求められる。
- ② 浅い水深に対しては、水を透過する波長域を扱える LiDAR に対応可能。
- ③ TIN を用いた事後処理で DEM に変換する。
- ④ RMSE(Root mean square error)で 15cm 精度 (これは、95%の信頼度で 30cm 精度に相当)。
- ⑤ 基本仕様は付録4の航空測量の仕様に基づく。

## 付録5 扇状地の洪水 (Studies of Alluvial Fan Flooding)

扇状地で発生する流れで、扇頂 (Apex) に発し、高速流、侵食、土砂輸送、体積に特徴づけられ、流路が予測不能な流れを対象とした解析手法である。地図には水深

と流速が示される。

扇頂での流量を求めてから、FEMA の FAN というプログラムで解析する。

### (3) 堤防の評価について

洪水氾濫解析においては、破堤のモデル化方法が懸案となっている。破堤発生の有無は局所的な土質の不均一性や施工条件に大きく左右されるが、これらを定量的に把握するのは不可能である。破堤について決定論的なモデル化をするのは難しい。

洪水保険料率地図 (FIRM) での築堤部の破堤による浸水の取り扱い方法は、日本で通常行われている方法と異なっている。日本の氾濫解析では、洪水水位が破堤開始水位 (完成堤防では計画洪水水位) に達すると同時に破堤が生じるとし、破堤幅及び破堤敷高を与えて堤内地への流入量を算定するという作業が行われる。破堤幅および破堤敷高の設定は、過去の破堤事例から求められた計算式を用いて行われる。一方、FIRM では、堤防がある条件での解析、堤防がない条件での解析の両方が行われ、堤防内外の洪水水位が示される。

洪水による浸水域や被害額を予測するうえで避けて通れない破堤を、より確率的に扱おうという試みもなされている。破堤の可能性を確率的にあつかった信頼性モデル (Reliability Model) である。ここでは、そのような試みの例として、カリフォルニア州での検討事例を紹介する<sup>34)</sup>。

陸軍工兵隊 (USACE)、カリフォルニア州水資源局 (Department of Water Resources : DWR) は、同州を流れるサクラメント川及びサンホアキン川を対象とした総合的検討 (Sacramento and San Joaquin River Basins Comprehensive Study : Comp Study) を実施している。この検討の目的は、治水システム (治水、利水、環境) を総合的に取り扱い、事業を総合的に評価することにある。そのため、水文モデル (降雨—流出)、水理モデル (流量—水位)、地盤工学的モデル (水位—破堤確率)、さらには治水経済モデル (浸水深—被害額) を組み合わせることで、洪水被害額を確率的に予測することが試みられている。

陸軍工兵隊 (USACE) の地盤工学的信頼性モデル (Geotechnical Reliability Model) では、堤防と水位の関係より、破堤可能性が高い点 (Probable Failure Point : PFP) 及び破堤可能性が低い点 (Probable Non-failure Point : PNP) を定義している<sup>35)</sup>。前者は破堤の確率が 85% とされる水位であり、後者は破堤の確率が 15% とされる水位である。さらに、破堤確率と洪水水位の関係を示す曲線 (Risk-Frequency Curve) を作成することで、破堤の年超過確率が求められるようになり、年平均の浸水被害額の予測に用いることが可能となる<sup>36)</sup>。図 7-2 に曲線の例を示す。

Comp Study では、堤防の土質 (砂、粘土) に応じて、破堤確率を横軸、水位を縦軸にとったグラフ (破堤確率曲線) を作成している。現地調査、過去の堤防の安定計算、工学的判断、近年 (1997 年、1998 年) の洪水での堤防実績を参考に PNP および PFP が決められ、それをもとに破堤確率曲線が作られたという。

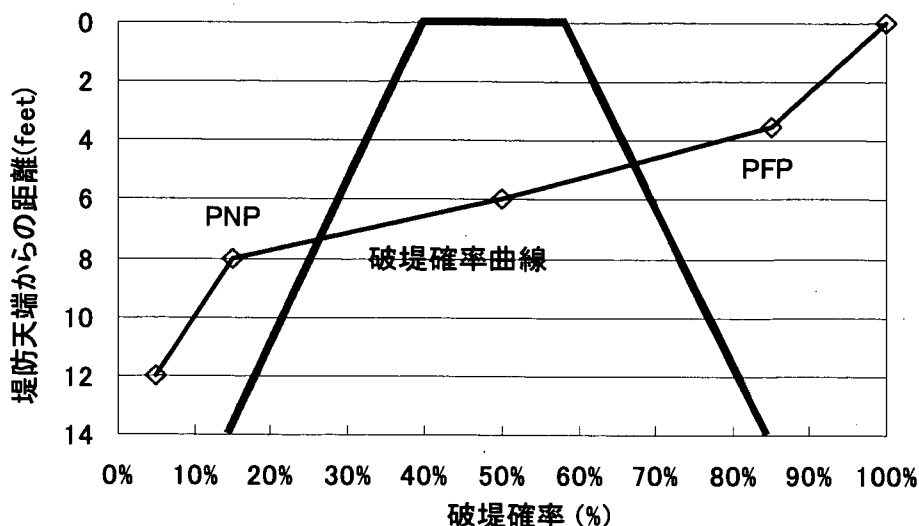


図 7-2 破堤確率と洪水位の関係を表す曲線の例

#### 7-4 将来に向けて

##### (1) 洪水地図に関連する技術革新

第5章において述べたとおり、洪水保険料率地図(FIRM)にはいくつかの問題点がある。

まず、洪水保険の支払い要求の1/3が1/100洪水の浸水域外で発生していることから、氾濫原管理の対象域として1/100洪水の浸水域を用いることの妥当性についての議論がある。

また、地図が古く不正確という問題もある。地図の作成は1968年の洪水保険法降に始められ、1970年代後半に大きな予算が投じられた。1997年時点では、100,000の地図パネルが作成されており、そのうち45%の地図が10年以上前に作成され、70%の地図が5年以上前に作成されている<sup>37)</sup>。

これらの問題に対処するため、1994年の洪水保険法改正により洪水保険料率地図の作成技術に関する諮問委員会(Technical Mapping Advisory Council)が設立された。現在、地図の近代化プロジェクト(Map Modernization Project)により、地図の更新の推進、作成技術の改良が行われている。このプロジェクトでは、洪水データの更新、地図の維持管理、デジタル形式への変換などが行われるとともに、新しい技術を取り入れることで費用対効果が高い地図作成技術を適用する。計画<sup>38)</sup>では、2002~2008年度の7年間に、7億5000万ドル以上を従来の投資レベル(5200万ドル/年)以上に投資するというものである。内訳は、メーター法及びNAVD 1988(新しい標高データ)への変換:6200万ドル、管理費:1300万ドル、進行中の作業:3億4400万ドル、地図の管理とデジタル化:1億9100万ドル、地図化されていない浸水常襲地域及びネイティブアメリカン地域:1億1800万ドル、洪水データの最新化:3億8500万ドルである。

近年の技術的進歩を反映し、氾濫解析、洪水地図作成の技術面で新たな試みがなされて

いる。技術革新には、例えば次のようなものがある。

- ・ コンピュータの能力や解析技術の向上により、高精度かつ高速度の氾濫解析が行えるようになってきたこと。
- ・ GISにより、地図情報の取り扱い能力が飛躍的に向上したこと。また、GISやコンピュータの画像処理技術により、浸水域等の多様な表示が可能となってきたこと。例えば、浸水域の動的な変化を紙で表現することは難しいが、コンピュータの画面上では可能である。
- ・ インターネット等の媒体により、一般の人も容易に情報にアクセスすることが可能になったこと。洪水地図に関する情報もインターネットを通じて配布されるようになっていく。インターネット上で地図情報を取り扱う Web GIS 技術の進歩は、インターネットでの洪水地図の表示性能を向上させている。この技術により、一般ユーザーも浸水に関する多様な情報にアクセスし、標示項目を自由に変えたりすることが可能となっている。
- ・ LiDAR (Light Detection And Ranging) 等の標高計測技術により、より高精度な地形データを取得・活用することが可能になったこと。

上記の技術革新により、地図のデジタル化とインターネットを通じた情報発信が進められている。現在行われている最も先端的な取り組みは、洪水時にリアルタイムで予測される浸水域をリアルタイムで表示するシステムの開発である（リアルタイム洪水地図）。

ここでは、最近行われている洪水地図関連プロジェクトを紹介する。FIRMに関連するプロジェクトに加え、後半では FIRM 以外の洪水地図、氾濫解析に関する技術開発動向も扱っている。

## (2) FEMA によるプロジェクト <sup>15)</sup>ほか

FEMA が実施している洪水保険料率地図 (FIRM) に関連するプロジェクトには、以下に示すものがある。

### デジタル洪水保険料率地図 (DFIRM)

洪水保険料率地図 (FIRM) のデジタル化データで、CD-ROM、インターネットによって配布される。基図情報、図、文字、図の網掛け及びその他の地形や図形データが入っている。1:24,000 縮尺に相当しており、郡単位で整備される。

基盤地図と洪水テーマ図がデジタル化の対象であり、洪水テーマ図には、浸水境界、洪水路 (Floodway)、基本洪水位 (BFE)、横断面図が含まれる。また、水文・水理モデル、浸水断面図、洪水路データ表、DEM、標高証明 (Elevation Certificate)、構造物の写真など各種データベースにリンクされている。

基盤地図には、USGS の デジタル地形図 (Digital Orthophoto Quads : DOQs) が用いられる。



### **Q3 Flood Data**<sup>33)</sup>ほか

洪水保険料率地図 (FIRM) をGISで利用するためのデータ形式である。地図の一部のレイヤーのみが扱われている。基図データ等はない。計画、自治体格付けシステム (CRS)、保険マーケティング、抵当・証券の確認、FEMA の緊急対応・復旧活動、地方の氾濫原管理などに使われる。縮尺は 1:24,000 に相当する。精度の問題から、FEMA では氾濫原境界に 250 フィートのバッファを発生させて用いることを推奨している。

ESRI 社が整備に関係しており、Public domain data transfer format(DLG), ARC/INFO、MapInfo フォーマットで整備されている。これらは ESRI のホームページ、CD-ROM で入手可能である。

含まれているレイヤーは以下のとおりである

- 1) 1/100、1/500 洪水による浸水域の境界 (海岸災害を対象した V ZONE も含む)、洪水路 (floodway)
- 2) 法で指定された海岸域 (Coastal Barrier Resources System areas : CBRS)
- 3) 行政界 (州、郡、自治体)
- 4) FIRM パネルの境界
- 5) 洪水保険のゾーン指定
- 6) 自治体及び地図パネルの番号
- 7) USGS 7.5-minute (1:24,000 scale) series topographic map (地形図) の境界

### **LIDAR(Airborne Light Detection And Ranging) systems**

地図作成手法に関するガイドライン (Guidelines and Specifications for Study Contractors) <sup>30)</sup>の付録 4B として仕様が示されている。

### **Interactive Hazard Map (Online Hazard Map)**

洪水保険料率地図をインターネットで提供している。ESRI 社と共同で実施している。地図データには Q3 Flood Data が用いられている。

### **HAZUS (GIS-Based Loss Estimate Software) <sup>39)</sup>**

全米を対象として標準化された災害被害推定システムである。マルチハザードの被害推定を行い、被害軽減、準備、緊急対応、復旧の計画を支援することを目的とする。また、地方公共団体職員の訓練ツール (FEMA の緊急対応訓練コース) にも用いられる。洪水、地震、ハリケーン風害、マルチハザード、緊急対応モジュールから構成され、PC ベースの GIS ソフトで稼働する (現在開発中)。

1992 年、国家地震危険軽減プログラム (National Earthquake Hazards Reduction Program : NEHRP)の一環として、National Institute of Building Sciences(NIBS)が HAZUS の開発を開始した。最初に作られたのは地震モジュールである。

HAZUS の戦略目的は以下のとおりである。

- ① 政府の全レベルでの HAZUS 利用を制度化し、リスクに基づく合理的な政策策定を促進する。
- ② 米国で利用可能な自然災害リスクの評価手法とする。
- ③ 全米洪水保険基金の長期的な支払い能力確保に活用する。
- ④ 効率的、効果的なマネージメント、パートナーシップにより、HAZUS への公共投資の効果を最大化する。
- ⑤ 効果的な官民のパートナーにより、HAZUS への投資を行う。
- ⑥ HAZUS のリスク評価能力を全米の災害対応、評価、訓練と統合する。

洪水モジュールは3つのツールから構成される。建物に関するデータを HAZUS に取り込むためのデータ収集ツール、洪水危険性に関する既存のデータを処理するツール、洪水被害推定モジュールである。

洪水モジュールの浸水域には、既往のもの洪水保険料率地図 (FIRM)、デジタル洪水保険料率地図 (DFIRM) 等を利用する。地盤高と重ねるなどの加工をしてから被害推定する。洪水保険プログラム (NFIP) の被害発生予測にも活用できる。現在は、既往被害や統計による被害発生確率を考慮しているが、HAZUS により将来開発のトレンドも考慮できるようになる。また、民間セクターによるモデル改良も活用することで、開発、改良作業を効率的に行うことを目指している。

### (3) リアルタイム洪水地図

洪水氾濫の危険性を事前に予測することで、住民の避難をはじめとする緊急対応に役立てようという試みは、これまでも長く行われてきた。現在では、降雨予測、流出予測等の解析技術をもとにして、洪水予警報というかたちでの情報発信が行われている。

洪水予警報では、河川の基準地点の水位予測値や、浸水の危険性に関する指標などが示される。このような情報提供形式では、「どこが、いつ浸水する可能性があるのか」まで具体的に示される訳ではないので、地域の防災担当者や住民にとって分かりにくいという問題点がある。しかし、これまでの解析技術や情報提供方法では、氾濫原の任意地点の浸水予測結果を示すことは難しかった。

近年では、氾濫解析技術の進歩、コンピュータの処理能力の向上により、洪水発生時のリアルタイムでの氾濫解析が可能となっている。また、インターネット通じた情報発信をすることで、浸水域の時間的、空間的な分布を表示することが可能となっている。これらの技術を組み合わせることで、洪水氾濫による浸水域をリアルタイムで予測し、提供するシステムの開発が行われている。

### AHPS(Advanced Hydrologic Prediction Services)<sup>40)</sup>

日本の気象庁に相当する米国気象局 (National Weather Service : NWS) によるプロジ

エクトで、洪水予測サービスの向上を目的としている。

NWSは洪水予測を行い、予測情報を一般に提供する役割を担っている機関である。現在、13に区分された流域に対して、全米122の予報事務所が洪水予測を行っている。洪水予測は、継続時間が長い洪水であるFlood（6時間以上）及びFlash Flood（6時間以内）に分けて行われている。Flash Floodについては、土壌水分量及び降雨量をもとにFlash Flood Guidance（洪水の起こり易さについて示したもの）を出している。また、NWSの技術支援のもと、自治体はALERT（Automated Local Evaluation in Real Time）と呼ばれるシステムを運営している。これは、水位、降雨データに基づく警報システムである。

NWSの洪水予測は、NWSRFSというモデル（モジュールの組み合わせ）を用いている。これは、降雨の計測値（レーダー雨量計、地上雨量計、衛星データ）をもとに、将来の降雨、流出量を予測し、河川の基準地点の水位を予測するというものである。現在、予測技術



写真7-1 米国気象局（NWS）

を改良するとともに、精緻な洪水予測情報をインターネットで提供するための技術開発プロジェクトAHPS（Advanced Hydrologic Prediction Services）が行われている。

このプロジェクトが対象とする技術開発は多岐にわたる。洪水（低水も含む）予測技術については、実際の洪水予測業務でも運用可能な分布型流出モデル（すなわち、一般的な流域で入手可能なデータでパラメータ設定等が可能なモデル）の開発や河道の一次元不定流解析モデル開発を行っている。また、予測値を確率的に取り扱うためのモジュールも開発している。

同時に、精緻な洪水予測情報をインターネットで提供するための技術開発が行われている。基準点の水位予測結果だけでなく、氾濫水の到達範囲を示すというものである。現在、North Carolina州でパイロット的な事業が進められている。今後は、LiDAR（Light Detection And Ranging）等により計測されたDEMの入手可能な場所でシステム構築を進めるといふ。

## USGSのリアルタイム洪水地図プロジェクト

米国地質調査所（U.S. Geological Survey：USGS）は、河川の水位など水文情報の計測

と提供、水文統計資料のデータベース化などを担当している機関である。USGSではリアルタイムの氾濫解析とインターネットによる情報提供技術に関する研究プロジェクトを実施している<sup>41)</sup>。

システムは、米国気象局（NWS）の予報センターによる基準点の河川流量予測を自動的に取り込み、氾濫解析により浸水域を予測する。解析結果は、GISを用いることで浸水範囲、水深、氾濫水の到達時間、浸水ピークの生起時間の地図として表示される。これらの地図は、IMS（Internet Map Server）技術を用いて、インターネットで提供される。現在、ワシントン州シアトル市近郊のSnoqualmie川でシステムの構築が行われている。

氾濫解析、解析結果の処理には、LiDAR（Light Detection And Ranging）によって取得された高精度、高密度な地盤高データが用いられている。また、氾濫解析には半陰形式の二次元水理モデルTrimR2D42)が用いられており、高速度かつ安定した計算が可能となっている。

これまでの解析区間は23kmで、一辺16m直交格子による二次元氾濫解析が行われている。現在、解析速度をさらに高速化するため、非構造メッシュでの解析が可能なモデルへの改良が進められている。使用するモデルはUnTRIM<sup>43)</sup>である。

UnTRIMの概要と氾濫解析への適用については、本報告書の付録2に示してあるので、参考にされたい。

#### (4) 洪水地図の作成事例

ここでは、近年行われている洪水地図作成事業を2つ紹介する。事例1は、最新の技術を取り入れた洪水保険料率地図（FIRM）の更新事業の事例である。事例2は、氾濫原開発を抑制する目的で、FIRMとは別に地図を作成している事例である。この事例がユニークなのは、安価かつ迅速に地図を提供することを第一に掲げ地図化を進めていることである。

##### 【事例1】洪水保険料率地図（FIRM）の更新 テキサス州ハリス郡<sup>44)、45)、46)</sup>

###### ○ハリス郡の概要と熱帯性豪雨アリソン

テキサス州ハリス郡（Harris County）は、ヒューストン市とその近隣自治体から構成されている。昔からハリケーンや集中豪雨による浸水に悩まされてきた地域である。ヒューストン市は人口300万人を越える全米第4位の大都市である。スプロール的に都市化が進行しており、洪水氾濫による被害は深刻である。

この地域の治水事業は、1935年に設立されたハリス郡治水事業体（Harris County Flood Control District）によって進められてきた。その管轄範囲は1,756平方マイル、22流域に及ぶ。この事業体は、住民から治水目的税を集めて運営されている。事業体は、Bayouとよばれる河川（水路）の改修や維持管理を通じて治水安全度を高めてきたが、近年では、危険な場所の建物を買う上げるバイアウト事業も積極的に推進している。

2001年6月、熱帯性豪雨アリソン（Tropical Storm Allison）による豪雨で、ハリス郡は

甚大な被害を受けた。ヒューストン市内の観測地点では12時間で28インチの降雨が記録されるという記録的な豪雨であった。郡内の死者は22名（全米で41名）、95,000台の自動車被害を受け、73,000の家屋が浸水した。資産被害は50億ドルにのぼるといふ。ヒューストン市内では地下駐車場や大規模医療施設（Texas Medical Center）等の地下空間の浸水も発生した。



写真7-2 ヒューストン市内のBayou（河川）

73,000の建物の浸水のうち、65%は特別洪水危険地域（SFHA）の外とされる地域で発生した。2,800以上の建物が実質的な被害（市場価格の50%以上）を受けた。FEMAとハリス郡治水事業体は、SFHA内に位置していて実質的な被害を受けた2,400の家屋を対象としたバイアウトプログラムを開始した。バイアウトにかかる費用は2億4800万ドルである。

#### ○洪水保険料率地図の更新事業

また、ハリス郡治水事業体では、洪水保険料率地図（FIRM）の更新を目的とするプロジェクトを開始した。Tropical Storm Allison Recovery Project（TSARP）である。FEMAと事業体が費用を分担し、2001年からの3カ年で全域の地図の更新を終える予定である。

事業費は概算で2000万ドルである。FEMAでは、地図の近代化プロジェクト（Map Modernization Project）を実施しており、TSARPもそのプロジェクトの一環として投資対象になっている。従来の手続きでは、ハリス郡の地図の改訂には20年かかるところだが、熱帯性豪雨アリソンの災害復旧予算によって大幅に短縮されることになる。



写真7-3 一次元水理解析のための横断面の設定

プロジェクトでは、既に地

図化されている22流域の約1,100マイルの河川の地図の更新に加え、新たに100マイルを地図化する。地図の初版が完成したら、1年の縦覧（住民のAppealと修正）期間を経て、その後6ヶ月で自治体が氾濫原管理計画の修正を行う。地図が有効となるのはその後である。

地図の作成には、14の会社関与している（水文解析：3社、水理解析：4社、新たな水路断面計測：4社、技術コンサルタント：1社、総合マネジメント：2社）。

プロジェクトで適用されている新技術には、次のようなものがある。

- ・従来は、USGSの地形図（5～10フィートコンター）より断面形状データを作成していたが、このプロジェクトでは全域でLiDARによる計測を行った。
- ・マルチパルス計測するLiDARを用いた。これによって、川の近くの植生除去が正確になった。
- ・LiDARに加え、河道内の断面を測量（約1,000フィート毎）し、比較して精度を確認した。川岸の樹木除去等は手作業で行ったので、作業に6ヶ月かかった。
- ・使用した流出モデルは、HEC HMS（HEC-1）で、一次元水理モデルはHEC-RASである。これらへの入力データとして、ハリス郡で使用しているGIS計画ツールにある土地利用等のデータを用いた。

## 【事例2】安価かつ迅速な洪水地図の提供 カリフォルニア州<sup>47)</sup>

### ○啓発氾濫原地図

カリフォルニア州の水資源部（Department of Water Resources：DWR）では、洪水保険料率地図（FIRM）では地図化されていない場所を対象として、州独自に洪水地図を作成するプロジェクトを実施している。このプロジェクトは、啓発氾濫原地図（Awareness Floodplain Mapping）と呼ばれており、FIRMのように氾濫原の規制とはリンクしていない。浸水の危険性のある場所について情報提供することで、将来的な開発を抑制することを目的としている。

### ○事業実施の背景

カリフォルニア州には総延長172,000マイルの河川があるとされているが、FEMAがこれまでに洪水保険料率地図（FIRM）を作成したのは10%以下の15,000マイル強である。FEMAは、5年後の人口増予測をもとにして優先的に地図化する地域を決めているが、開発圧力の高い場所をカバーできていないのが現状である。カリフォルニア州は、今後25年間に1400万人の人口増を予測しており、河川延長の1/3が開発されることになることを予測している。このことから、未だに地図化されていない35,000マイルの河川延長に対して地図の作成が必要としている。また、FIRMでは中小の河川までは解析対象とされていないため、中小河川沿いの浸水の危険性がある地域が、「危険性は不明（ZONE D）」あるいは「安全（ZONE X）」とされているという。

そこで、州では25年先の人口予測で開発が予測される場所を対象として、FIRMがカバ

一していない中小河川も含めた洪水地図を整備することにした。この地図は、将来的な開発の可能性のある地域に対して、洪水の危険性を周知することを目的としているおり、開発抑制のためのガイドとして用いられる。

地図化対象河川は、人口増ポテンシャル、開発の容易さ、洪水リスクの大きさ、洪水危険性に関する他の資料がないこと、川が堤防や崖で囲まれていないことなどを条件に選定された。

#### ○地図の表示内容

GIS を活用して、さまざまなデータを地図データとして取り扱っている。

洪水保険料率地図 (FIRM) の浸水域 (GIS 形式の Q3 データ) に州の啓発洪水地図による浸水域の GIS データを重ねている。作成された地図は、ホームページ上でデジタル形式で提供されている。

#### ○地図の作成手法

FIRM の作成は、水理・水文解析を実施しなければならず費用と時間がかかるが、この地図は、可能な限り安価で短期間に作成することをめざしている。短期間で広範囲の地図を整備するためである。FIRM のように氾濫原規制とはリンクしていないため、要求される精度が緩やかであり、このような作成手法をとることが可能となっている。

作成の基本は、簡易調査をもとにした手作業での洪水境界線の描画である。

まず、USGS が提供している洪水頻度解析手法を用いて流量を予測する。この流量に対して予測される水位に対して、USGS 提供の地形図 (7.5 minute quadrangle map) を用いて、等高線を参考に浸水の境界線を手作業で引く。さらに、現地調査 (Windshield 調査) で確認する。

地図の作成にかかる費用は、河川延長 1 マイルあたり 200 ドルである。FIRM には概略調査で 1 マイルあたり 10,000 ドル、詳細調査で 1 マイルあたり 50,000 ドルかかるといわれており、それに比べると非常に安価であることが分かる。