

3.2 雨水に関する災害と対策

3.2.1 ハザード評価

近年の災害では、流域開発による流出増と都市部における内水氾濫による被害や、氾濫水が地下空間へ流入することによる地下空間の浸水被害が課題となっている。都市部には、人口および資産が集中しており、氾濫による物理的・社会的・経済的影響は非常に大きくなる。また、都市部では地下空間の高度利用が行われており、人命・資産が大きな危険に晒される可能性がある。

従来の洪水氾濫危険区域図やハザードマップでは、主に大中河川の破堤による外水氾濫のみが扱われてきた。しかし、下水道・排水路からの溢水や排水不全に起因する内水氾濫などの局地的な現象は考慮されていない。都市型水害の特徴である局所的現象を考慮し、効果的な対策を実施するためには、氾濫水の挙動を把握し、市街地及び地下空間の浸水危険度を的確に評価する必要がある。

このような課題に対応するため、国土技術政策総合研究所では、下水道を考慮した氾濫解析技術の開発および地下空間における浸水危険度の評価の評価技術の検討を行った。

1) 市街地のハザード評価

・下水道を考慮した氾濫解析モデルの開発

上記課題に対応するために、国土技術政策総合研究所では、都市域の内水氾濫解析モデルであるNILIM (New Integrated Lowland Model) モデルの開発を行った。NILIMモデルは、図3.2-1に示す都市域における管路網モデル及び地表面の氾濫解析モデルが基礎となっており、以下のモデル群によって構成されている。

- ・地表面雨水流下モデル
- ・排水路内追跡モデル
- ・地表面湛水モデル
- ・地表面氾濫モデル

また、その特徴を以下に示す。

- ・流域内にある貯留・浸透施設など、流出抑制施設をモデル化している。
- ・下水道管路内の解析と地表面氾濫の解析を一体的に行うことができる。
- ・下水道管路内の水理解析は管路内水位に応じて開水路流れ・圧力流れの基礎式を選択する。
- ・計算モデルのプログラムソースが公開されているため、独自のモデル改良・付加が容易に行える。

図3.2-2に下水管路内の水位を解析した結果の一例を示すが、観測値と比較して精度の良い結果を得ることができている。

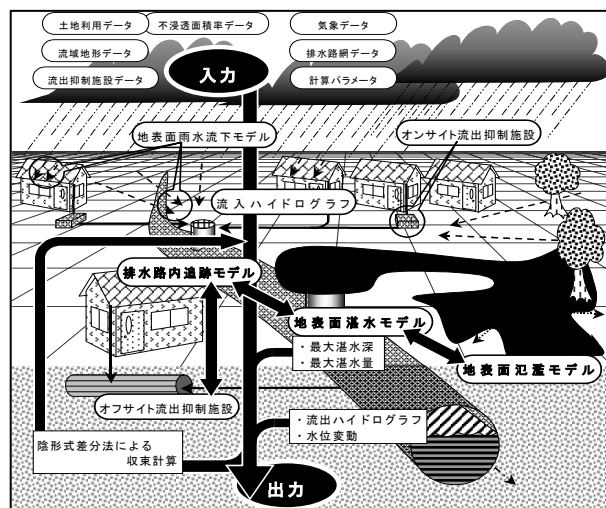


図 3.2-1 NILIM モデルの概念図

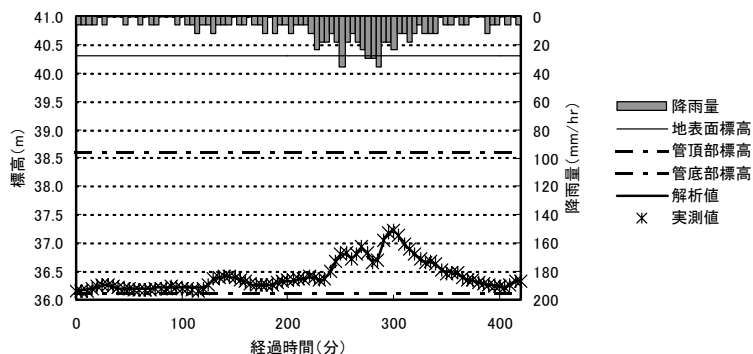


図3.2-2 下水道管路内の水位解析結果

（平成12年7月8日降雨 東京都桃園川幹線 JR阿佐ヶ谷駅付近）

2) 地下空間のハザード評価

・地下空間の浸水解析について

公共性が高く、浸水により被害が甚大となる大規模地下空間の中で、特に侵入経路が複雑な多層構造の地下空間に対し、簡易な浸水解析モデルを構築し、浸水危険度を評価するために必要な各個所での浸水深の変化を解析した。

まず、大河川の浸水想定区域内に存在する地下街をモデル化した(図3.2-3)。次に、外力条件として、想定浸水速度を与え、地下への流入量を算出するとともに、時刻毎の流入量を算出した。地下空間の浸水状況は、地上の想定浸水速度に大きく影響される。地上の浸水速度は、地形特性(くぼ地など)や氾濫特性(内水氾濫、外水氾濫など)によって異なるため、それらを十分に考慮した設定が必要である。本検討では、大河川の氾濫シミュレーション結果より、想定浸水速度

0.3mm/分、最大湛水深0.7mと設定した。最後に、地下への流入量の時間変化状況から地下の部屋、通路などの浸水深の時間変化を算出し、地下空間への浸水状況を想定した。なお、今回の解析では、浸水防止対策を行わなかったケースを想定して検討を行った。

氾濫水の流入構造や地上の浸水状況による流入量の移動関係から、地下2階への流入が少ないことによって地下1階の浸水が早い場合もあれば、本ケースのように地下3階のある空間の浸水が早い場合もあり、流入水の移動関係によって地下3階から一様に浸水していくわけではないことがわかる。

大規模な地下空間では、地上の流入口が異なる場所に複数あることから、流入口毎の想定浸水速度や地表の標高などによって地下各階、各空間への流入量が変化するため、地下空間の構造と水の流れのモデル化の際に注意が必要である。

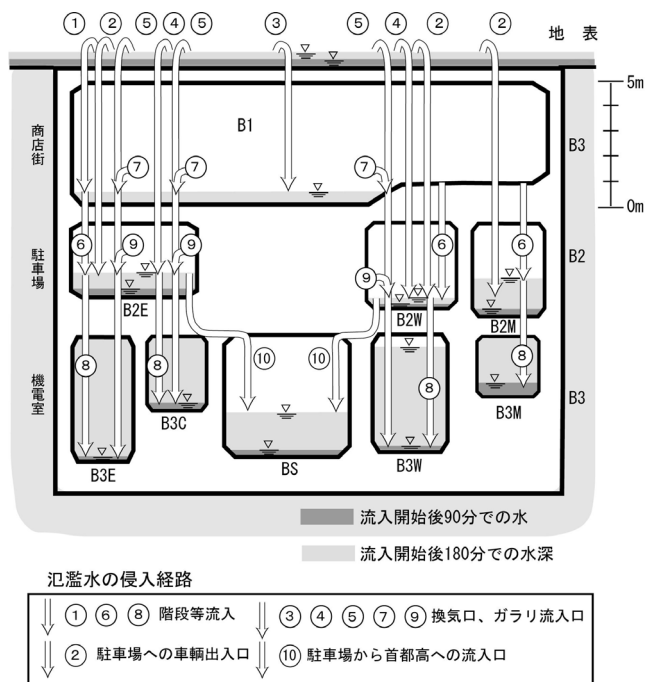


図 3.2-3 地下街の浸水解析モデル概念図

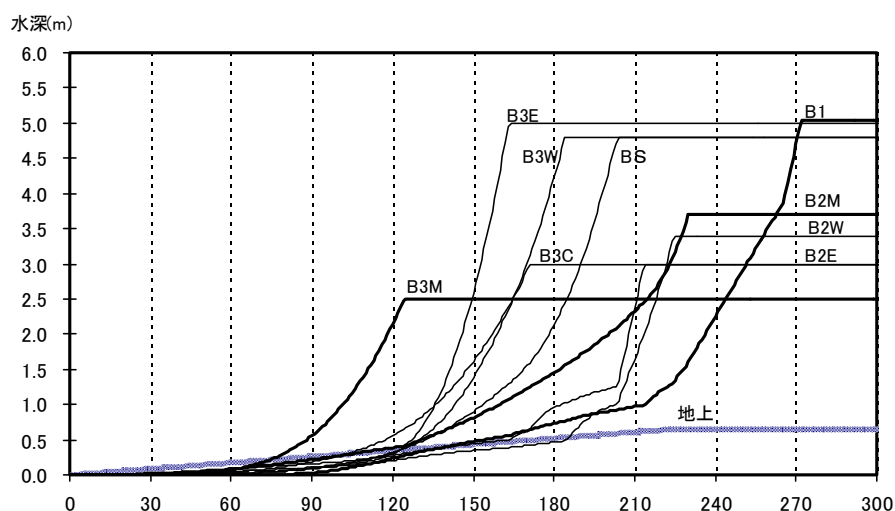


図3-2-4 各空間の水没までの浸水深変化

3) 破堤氾濫流によるハザード評価

破堤氾濫流の道については、破堤位置や家屋や樹木群の立地状況、道路の配置状況によって大きく変わることが知られている。また、氾濫流による家屋の流出により、氾濫流の主流の向きが変化し、被災危険度も変化する。一般的に用いられている氾濫シミュレーションは広域の浸水深さを予測することを目的としており、堤防決壊直後の洪水・破堤氾濫流れによる家屋流出被害の予測は対象としていない。そこで、国土技術政策総合研究所では、非定常の破堤氾濫流を精度よく再現できるFSD(Flux Difference Splitting Method: 流速差分法)による破堤氾濫流シミュレーターを開発した。

表3.2-1 FDS破堤氾濫流シミュレーションの仕様

モデル	2次元浅水モデル
計算方法	流速差分法
家屋流出	あり
メッシュ間隔	2メートル

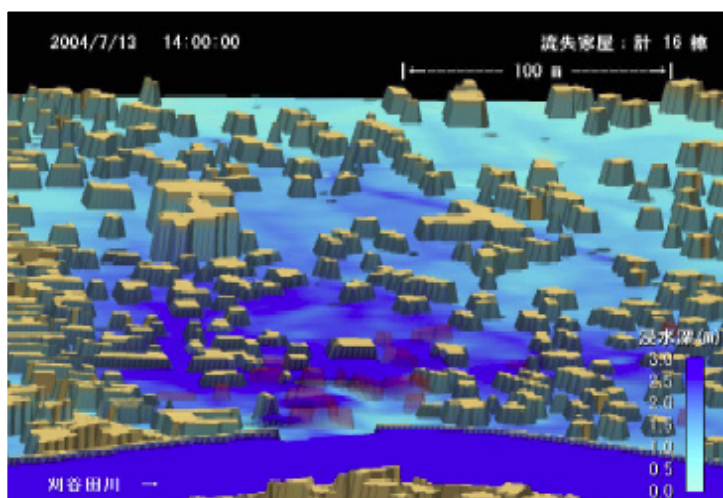


図3.2-5 FDS破堤氾濫流シミュレーター

FDSにより平成16年7月に起きた中之島(刈谷田川)の破堤氾濫のシミュレーション結果を示す。平成16年7月に起きた信濃川支流の刈谷田川の中之島地区で起きた破堤氾濫は、破堤部町内で、死者3名、全壊家屋15棟、半壊家屋37棟などの甚大な被害をもたらした。地図の色分けは赤い色ほど歩行が不可能(水深50cm, 流速50cm/sec)になった時刻が早く、青い色ほど遅いことを示している。破堤点近傍の道路沿いに赤い部分が広がっており、破堤氾濫流は道路に沿って広がったことを示している。左のグラフは、地図の番号を付けて位置における水位上昇を縮めている。各点とも氾濫流到達直後に急激な水位上昇が起こり、その後緩やかな水位上昇に移行していることがわかる。

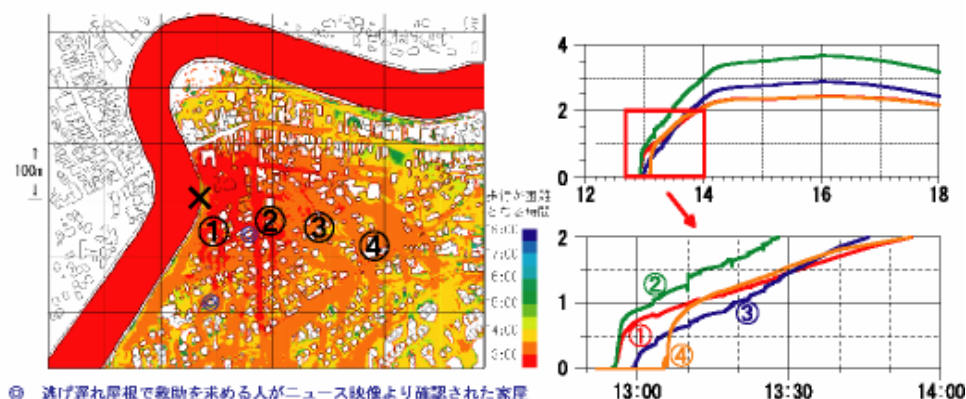


図 3.2-6 シミュレーション結果

図 3.2-7 にシミュレーション結果を検証するため、破堤氾濫の模型実験により比較したグラフを示す。模型実験の縮尺は1/40とし、家屋の流出も手動により行った。実線がシミュレーションで、破線が実験による値を示す。グラフ上の数字は、地図上の場所を示す。破堤氾濫流の到達直後の水位上昇が実験の方が大きな値を示しているが、その後両者の値は近づくことがわかる。また破堤点から遠いほど、水位上昇のカーブは両者で近い値になっている。破堤氾濫流の到達直後の水位上昇に差があるのは、実験とシミュレーションで、破堤のさせ方に差があったためであると考えられる。シミュレーションの値は、目撃証言ともほぼ一致しており、妥当な値を示していると思われる。

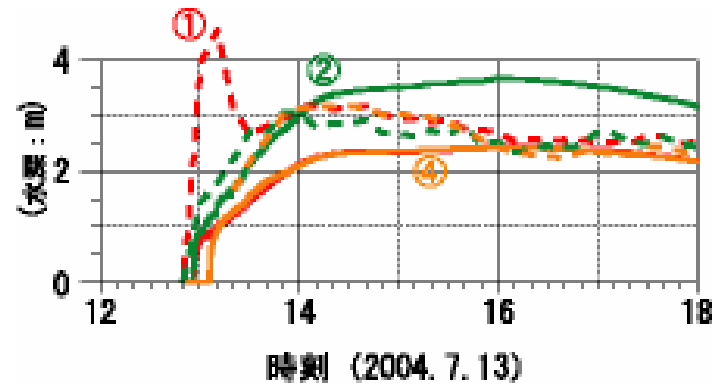


図3.2-7 シミュレーション結果と模型実験の結果

3.2.2 対象物の被災度評価

1) 地下空間

地下空間における浸水では、避難できずに閉じ込められて水死する事例も見られ、地上における浸水被害とは異なる被害特性が見られる。具体的には、以下のことが挙げられる。

- ・ 避難方向が地上へ向かう開口部に限定され、水の流入方向と人の避難経路が重なる可能性が高い。
- ・ 地上と隔絶されている状況下にあるため、状況判断が遅れ、避難行動の開始が遅れる傾向にある。
- ・ 一旦河口部からの浸水が始まると氾濫水が一気に流れ込むため、時間の猶予が少ない。
- ・ 機電施設の中核部分は地下にある場合が多く、設備機能が停止する可能性が高い。

このため、浸水が想定される地下空間では利用者の円滑かつ迅速な避難が確保されるよう適切な措置を講ずる必要があり、防災担当者による支援方策も重要となる。

河川、下水道等の治水排水施設整備に加え、地下空間管理者や防災担当者による浸水対策として、地下空間入口のかさ上げ、防水版の設置などハード対策や、ソフト対策についても検討・実施することが必要となる。

「浸水危険度の情報公表による管理者や利用者の防災・危機管理意識の啓発」や「地下空間における浸水対策技術の評価」を目的として、地下空間における浸水危険度評価技術について検討を行った。

- ・地下空間浸水対策の促進を図るための簡易で分かりやす

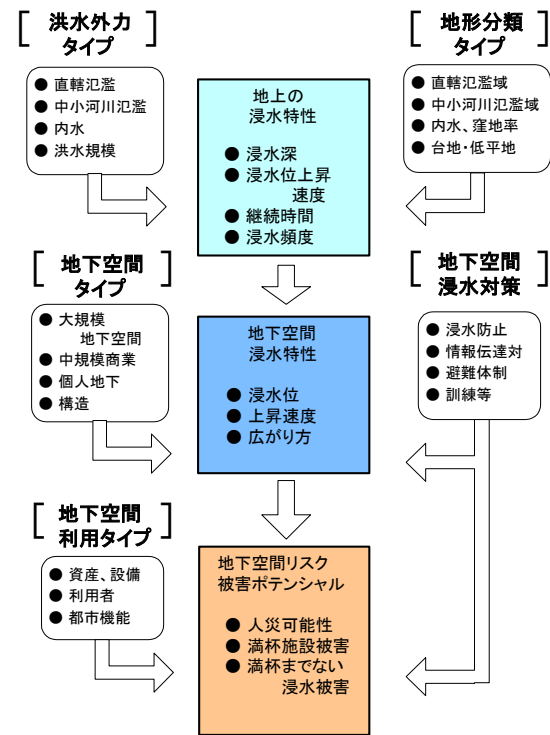


図 3.2-8 地下空間浸水リスクに係わる要因

い 水害リスク評価指標の提案

地下空間の水害リスクを評価する為に考えられる水害リスク評価指標の整理を行った。地下空間の浸水被害のリスクを規定する要因としては、イ) 地表の浸水特性、ロ) 地下空間での浸水特性、ハ) 地下空間のリスクのポテンシャル、に分類できる(図3.2-8)。さらに、これらの要因は、次のように細かく分類することができる。

イ) 地表の浸水特性(最大湛水深, 浸水上昇速度, 継続時間, 浸水頻度)

〔洪水外力タイプ〕	〔地形分類タイプ〕
・直轄河川の氾濫域 ・中小河川氾濫域 ・内水氾濫域 ・上記複合域 ・別途降雨外力の規模	・直轄氾濫域 ・中小河川氾濫域 ・内水氾濫域 ・台地, 低平地 ・地形の指標としての窪地率

ロ) 地下空間での浸水特性(地下空間での浸水位, 浸水速度, 地下空間での広がり方・方向)

〔地下空間タイプ〕	〔地下空間浸水対策〕
・大規模地下空間 ・中規模商業施設 ・個人地下空間 ・地下空間構造	・浸水防止施設(浸水防止板, マウンドアップ) ・情報伝達体制, システム ・避難誘導體制 ・防災教育, 訓練

ハ) 地下空間のリスクのポテンシャル(人災, 資産被害, 間接被害)

- ・地下空間利用タイプ
- ・資産, 設備状況
- ・利用者状況
- ・都市機能などの社会機能

3.2.3 被災低減のための対策

1) 自己診断型ハザードマップの作成

近年, 水害, 地震, 火山等の災害に対し, 住民意識の向上, 的確な防災体制確立等のためにハザードマップの整備が進められており, 洪水に関しては, 東海豪雨後, 水防法が改正され整備促進が図られている。洪水ハザードマップは, 水害による被害を軽減できるような情報を住民に分かりやすい形で公表・普及し, 住民に自分の住む地域の水害に対する危険度を認識してもらい, 住民の自主的な防災・被害軽減活動を促すという目的で整備が進められている。しかし, 洪水ハザードマップの認知率は決して高いとは言えず, 政策評価の業績目標として, H18の認知率を70%まで向上させることとしており, ハザードマップの整備を推進していくとともに, 認知率向上のための各種の方策を実施していくことが課題となっている。

洪水ハザードマップを対象として, 認知率を向上させるための各種方策の検討や, 住民等にわかりやすい浸水危険度等の情報内容について, 地方公共団体ヒアリングやアンケートを実施するとともに, 情報のわかりやすさ等の社会的・心理学的な効果について検討した。また, 住民のハザードマップの認知・理解度を確認できるようなチェック項目を抽出し, 実際に住民自身がインターネット上でチェック可能なウェブサイトを構築した。

行政担当者は, そのログを解析することによって, 住民の思考の傾向・対策や, 今後のハザードマップの認知率の向上を検討するための基礎とすることが可能となる。

① 自己診断項目例

・防災知識に関する設問

洪水、水害に対する基本的な知識及び、水害対策に関する設問.

＜ことば＞

・「洪水」とは？

・水害が発生するケースとは？

など

＜水害対策に関する知識＞

・水害時の避難場所を知っているか？

・非常持ち出し品に何があるか知っているか？

など

・防災意識

水害の恐ろしさを正確に理解しているかについての設問.

＜居住地の危険度認識＞

・居住地の浸水履歴を知っているか？

・居住地の浸水可能性を知っているか？

など

＜水害への関心＞

・近年における水害でどの程度の被害が出ているか知っている？

など

・普段からの備え(平常時における被害軽減行動)

平常時から、水害に備えた行動を的確にしているかについての設問.

＜避難に向けた準備＞

・避難場所・避難ルートの確認をしているか？

・非常持ち出し品の準備をしているか？

など

＜その他の配慮＞

・地域での防災訓練へ参加したことがある？

・近隣の人と日常的にコミュニケーションをとっているか？

など

・水害時の対応行動(非常時対応力)

洪水が発生した時や避難命令発令時において的確な行動をとれるかについての設問.

＜避難すべきタイミング＞

・洪水が予想される時の行動？

・避難勧告が出た時の行動？

・避難のタイミングは？

など

＜避難方法と注意点＞

・避難時の服装, 携帯品, 避難時の交通手段は？

・避難経路の選び方は？

など

・回答者の属性項目

・性別, 年齢, 居住歴, 職業, 住居の階数

・水害体験の有無, 避難体験の有無

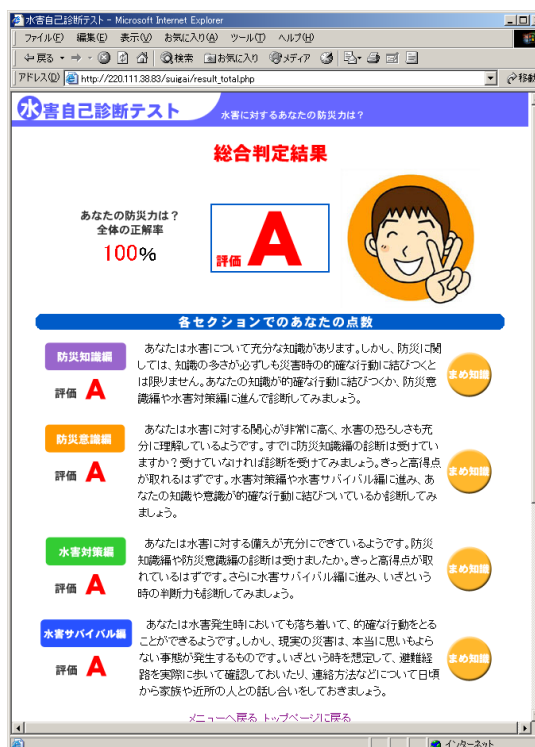
・ハザードマップの認知状況

など

② ホームページ掲載例



(a) 各セクションにおけるアウトプット



(b) 総合判定時のアウトプット

図3.2-9 ホームページ掲載例

2) 地下空間の浸水被害軽減対策について

・地下空間の浸水リスクの公表手法の検討

地下空間の浸水被害防止・軽減のための対策については、以下の2つの観点から考えられる。

①外力の低減:治水施設整備(ハード対策)

地表の浸水被害軽減と同様の対策

- ・内水(下水道施設), 中小河川, 直轄河川の治水安全度の向上

②ソフト的な危機管理施策

浸水を受ける地下空間としての被害軽減対策

- ・危険情報のオンライン, オフラインでの入手
- ・地下空間侵入防止の対策
- ・浸水時の避難方法,
- ・防災体制等の確立

ここでは、上記②の地下空間管理者、地下空間保有者が行うべき対策を促し、啓発するためのリスク指標、公表資料とすることを目的として公表手法についての整理を行い、以下に示すA～Fの6つの手法を提案した。

A案:外力の確率年毎の被災可能性マップ

A1:地下空間の確率年毎の被災可能性マップ

A2:地下空間で確率年毎の人災発生可能性マップ

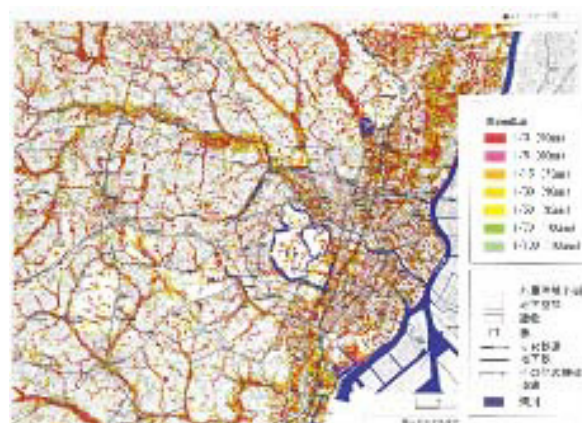


図 3.2-10 外力の確率年毎の被災可能性マップ

B案:地下空間タイプ別年平均被害想定額

地下空間のタイプ別にメッシュ毎での被害想定額の分布を整理したマップの作成

C案:地点別、区間別の地下空間浸水リスク及び対策の効果マップ

代表地点、代表地下空間に対しての確率年毎の被害規模と対策を行った場合の差を表現して対策を促す。

D案:CGを用いた地下空間浸水リスク、浸水状況の表現、公表インターネット等で、CG、動画を公表し、解りやすい被災の状況と対策の効果を周知する。

E案:地下空間の浸水リスクカーブによる表現

地下空間の浸水の発生確率を含めたリスクカーブを表現することで、そのリスクの程度を適切に公表出来る可能性がある。

F案:地下空間の浸水リスクを自己診断出来るシステムの開発

自分の地域、地下施設のリスクが、インターネット上で簡易に自己診断出来、その適切な対策も理解出来るシステムの構築は効果的である。

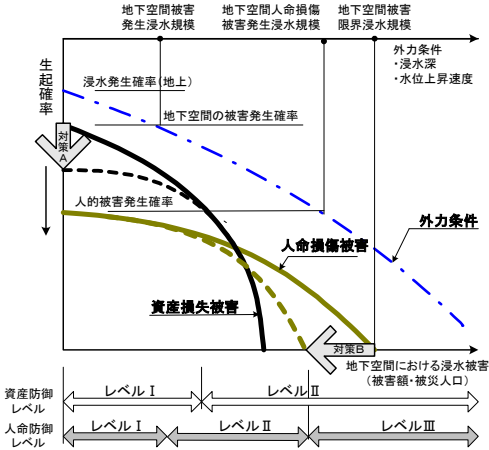


図 3.2-11 外力の確率年毎の被災可能性表現イメージ【C】

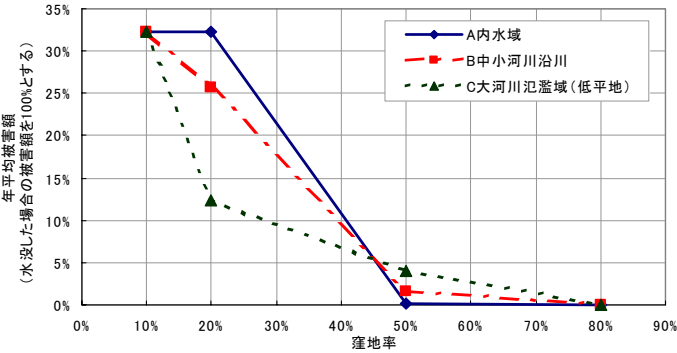


図 3.2-12 地下空間の浸水リスクカーブによる表現イメージ【E】



図 3.2-13 地下空間の浸水リスクを自己診断可能なシステムの開発イメージ【F】

上記のような情報を住民・地下空間管理者に提供することにより、その地域での地下空間における浸水被害リスクを十分に理解してもらい、その人災、資産の被害の防止・低減の施策を自主的に行ってもらうための啓発資料とする。

3) 災害時要援護者への対応

a. 背景と目的

災害時において情報収集や避難等に困難を伴うことが多いために依然として被災者に占める割合の高い高齢者等の災害時要援護者に焦点を当て、水害、土砂災害、地震等の各種災害においてその被災者数を大幅に減少させることを目的(図 3.2-14)として検討を行った。本検討は、平成 15 年度から平成 17 年度の 3 箇年をかけて行われたが、折しも平成 16 年に日本へ上陸した台風は史上最多の 10 個を数え、新潟・福島豪雨や福井豪雨、台風 23 号等の被害が相次ぎ、減少傾向にあった風水害による死者・行方不明者数は 235 人に達し(図 3.2-15)、その約半数を 65 歳以上の高齢者が占める(表 3.2-2)という事態となったことを受け、災害時要援護者に視点をのけた支援策の実現に向けた検討が行われ、支援方策を具体化するための手順書「災害時要援護者の避難支援策の具体化のための手引き(案)」をとりまとめた。本手順書は、洪水時を対象として、要援護者の支援方策の具体化について、「要援護者支援検討マップ」を用いた検討手順等を解説したものである。

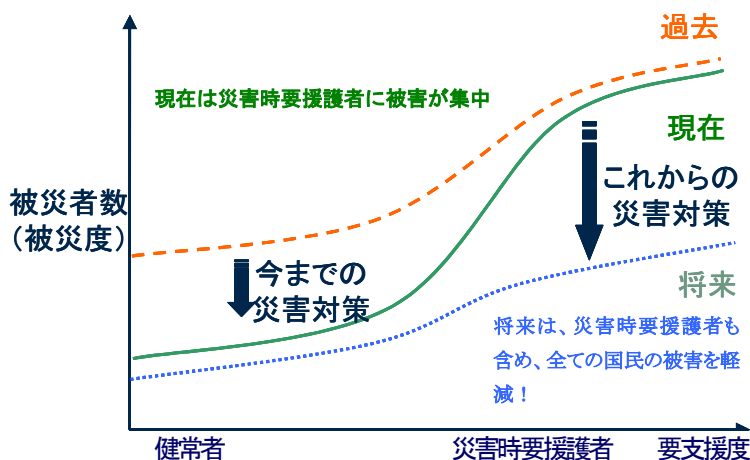


図 3.2-14 これからの災害対策のイメージ

表 3.2-2 平成 16 年に発生した主な水害

名称	上陸日・豪雨日	上陸地点	死者	行方不明者	合計	うち高齢者	備考
台風 6 号	6 月 21 日	高知県	2	3	5	1	平成 16 年 7 月 6 日現在
新潟・福島豪雨	7 月 12～13 日	-	16	0	16	13	平成 16 年 9 月 10 日現在
福井豪雨	7 月 17～18 日	-	4	1	5	4	平成 16 年 8 月 27 日現在
台風 10 号	7 月 31 日	高知県	3	0	3	3	平成 16 年 10 月 19 日現在
台風 11 号	8 月 4 日	徳島県					
台風 15 号	8 月 20 日	青森県	10	0	10	9	平成 16 年 8 月 27 日現在
台風 16 号	8 月 30 日	鹿児島県	14	3	17	7	平成 16 年 9 月 15 日現在
台風 18 号	9 月 7 日	長崎県	41	4	45	15	平成 16 年 9 月 16 日現在
台風 21 号	9 月 29 日	鹿児島県	26	1	27	9	平成 16 年 10 月 19 日現在
台風 22 号	10 月 9 日	静岡県	7	2	9	3	平成 17 年 2 月 25 日現在
台風 23 号	10 月 20 日	高知県	95	3	98	55	平成 17 年 2 月 25 日現在
合計			218	17	235	119	合計には年齢が不明の 39 名を含む

出典:内閣府資料より作成

高齢者は 65 歳以上を言う

平成16年台風経路と台風・集中豪雨
による死者・行方不明者数分布図

凡例	名称	上陸日・豪雨日	上陸地点	死者	行方不明者	合計	備考
●	台風6号	6月21日	高知県	2	3	5	平成16年7月6日現在
●	新潟・福島豪雨	7月12～13日	—	16	0	16	平成16年9月10日現在
●	福井豪雨	7月17～18日	—	4	1	5	平成16年8月27日現在
●	台風10号	7月31日	高知県	3	0	3	平成16年10月19日現在
●	台風11号	8月4日	徳島県	—	—	—	—
●	台風15号	8月20日	青森県	10	0	10	平成16年8月27日現在
●	台風16号	8月30日	鹿児島県	14	3	17	平成16年9月15日現在
●	台風18号	8月7日	長崎県	41	4	45	平成16年9月16日現在
●	台風21号	9月29日	鹿児島県	26	1	27	平成16年10月19日現在
●	台風22号	10月9日	静岡県	7	2	9	平成17年2月25日現在
●	台風23号	10月20日	高知県	95	3	98	平成17年2月25日現在
	合計			218	17	235	

内閣府資料による

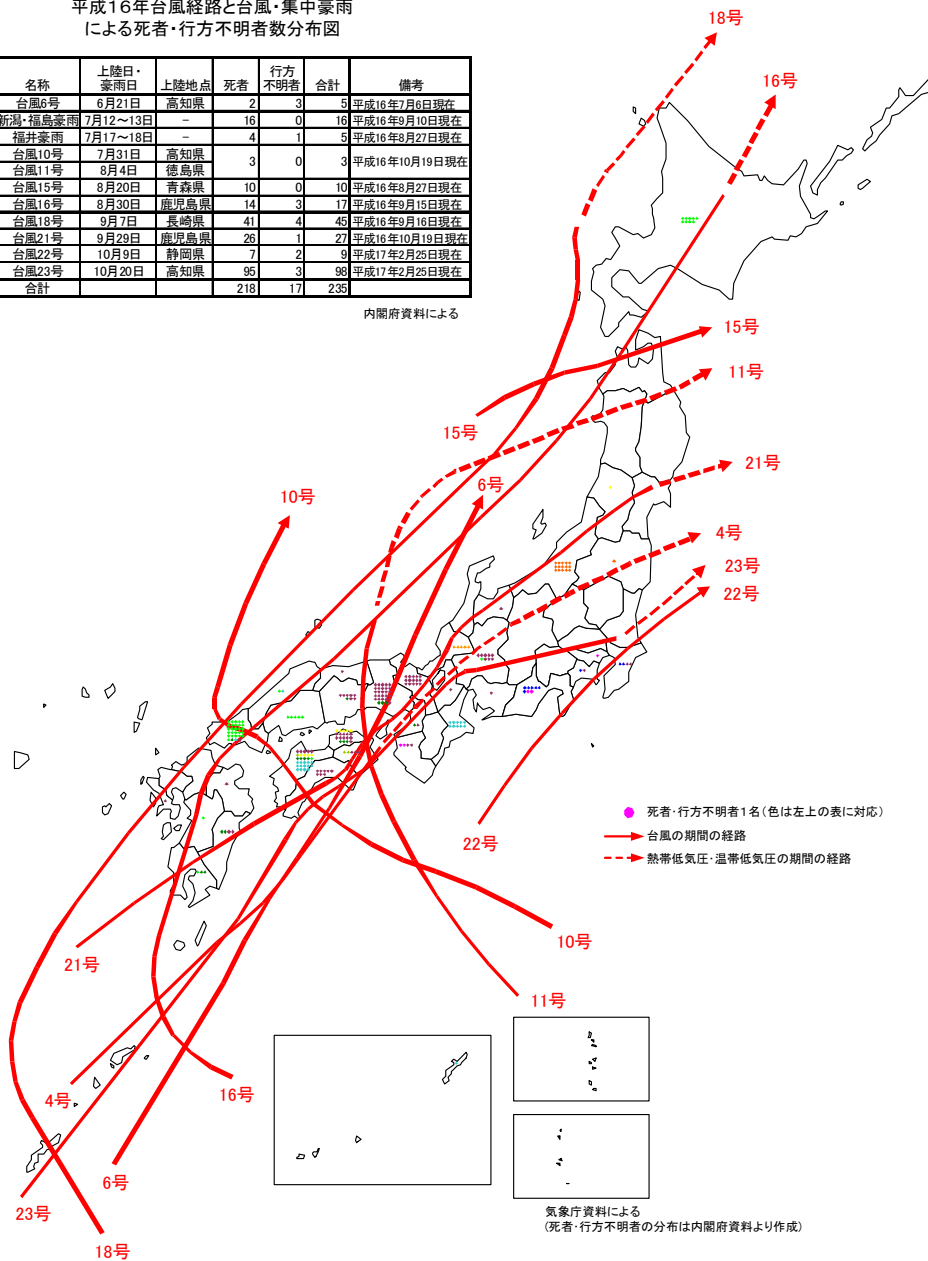


図 3.2-15 平成 16 年の台風・集中豪雨被害状況

b. 支援策の検討フロー及び検討内容

支援策の検討フローを図 3.2-16 に示す。また、具体的な検討内容については、「災害時要援護者の避難支援策の具体化のための手引き(案)」を参考にされたい。

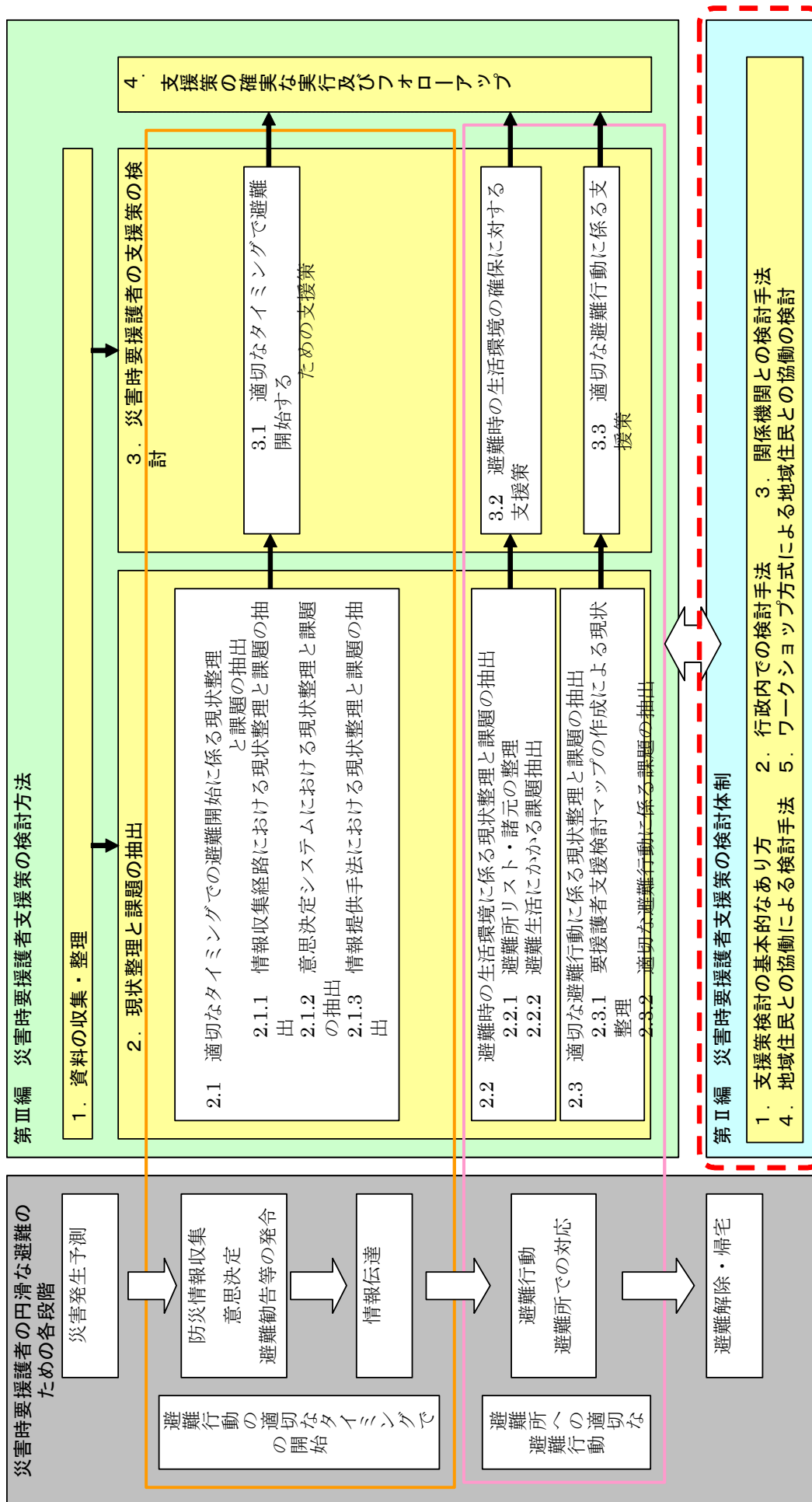


図 3.2-16 支援策の検討フロー

c. 災害全般に対する基本的な検討事項の適用性について

さらに、洪水以外の高潮、土砂災害、地震、津波、火山災害に対する手引き(案)の適用性について検討し、また先行事例についても収集整理した。詳しくは「災害時要援護者避難支援策の具体化のための手引き(案) 参考資料」を参考にされたい。

3.2.4 行政施策への対応

1) 都市域氾濫モデル活用ガイドライン(案)の作成

特定都市河川浸水被害対策法の施行により、特定都市河川流域の全部又はその一部をその流域に含む市町村の長、当該市町村を包括する都道府県の知事、及び特定都市下水道の下水道管理者は、共同して都市浸水の発生を防ぐべき目標となる降雨が生じた場に、都市浸水が想定される区域を都市浸水想定区域として指定する必要がある。また、その浸水区域及び浸水した場合に想定される水深等を公表しなければならない。

本ガイドラインは、都市浸水想定区域の検討、都市浸水想定区域図の作成等において必要とされる氾濫解析モデルの利活用に関する標準的な技術的事項を示すものである。

図 3.2-17 に都市浸水想定区域図作成の標準フローと本ガイドラインの活用範囲を示す。

都市浸水想定区域図作成において、構築された氾濫解析モデルは、下水道管路等と地表面の浸水状況の解析だけでなく、雨水流出抑制効果の評価や対策施設の機能の評価など、流域管理の観点から流域全体の対策効果判定にも活用することが期待される。

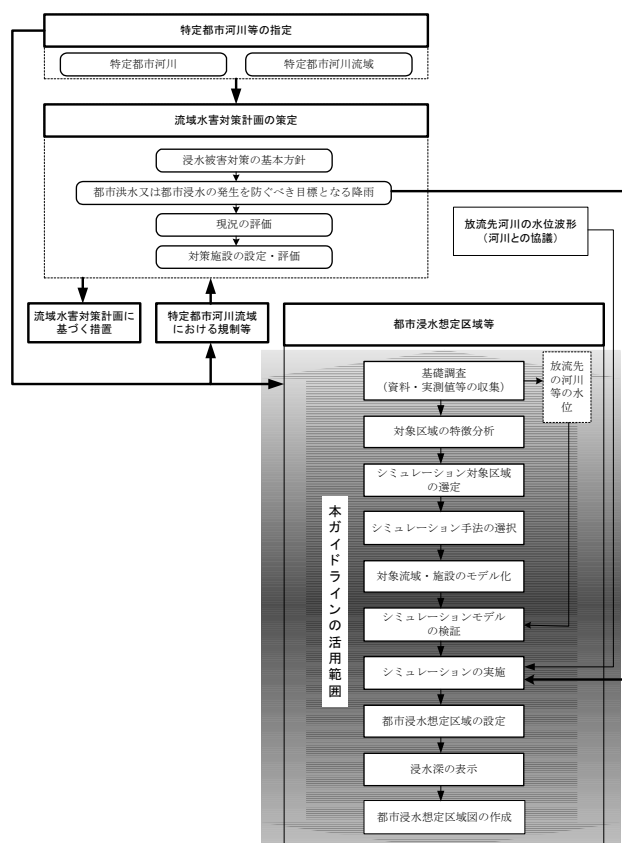


図 3.2-17 都市浸水想定区域図作成の標準フローと本ガイドラインの活用範囲
(参考:特定都市河川浸水被害対策法施行に関するガイドライン)