

都市災害の最小化にむけて

危機管理技術研究センター - 長
中野泰雄

1. はじめに

日本の国土は自然災害に対して脆弱な自然・社会的条件を有しており、水害、土砂災害、地震災害等の災害が発生すると被害は広域的かつ甚大なものとなることが多い。本稿では、近年における兵庫県南部地震(1995)、広島土砂災害(1998)、福岡水害(1999)、東海豪雨災害(2000)等を踏まえ、発展、変貌する都市が抱える自然災害に対する対策の重要性とその有効な対策および最近の研究の動向について論ずる。

まず、第2章において、我が国における近年の自然災害の特徴と今後めざすべき防災対策のあり方について概説する。第3から5章において、土砂災害、地震災害、水害について危機管理技術研究センターで行っている調査研究事例を紹介する。

2. 近年の自然災害の特徴と防災対策のあり方

2.1 近年の自然災害の特徴

(1) 自然災害の推移

はじめに昭和20年から現在までの50年余りにおける自然災害による死者・行方不明者数の推移を図-2.1に示す¹⁾。第2次大戦後10年余は国土の荒廃および大型の台風や地震が集中して発生したため、多くの人命が失われている。しかしその後は、犠牲者の数は着実に減少してきており、国土保全事業をはじめとする各種防災関係事業の進捗の賜と理解することができよう。しかし、最近でも平成7年(1995年)兵庫県南部地震(死者・行方不明者:6,435人)、平成5年(1993年)北海道南西沖地震(同:230人)のように一度に多数の犠牲者が生じる大規模災害が生じている。また、地震以外では、最近の傾向として土砂災害をはじめとした風水害による犠牲者が多い(図-2.2参照)。

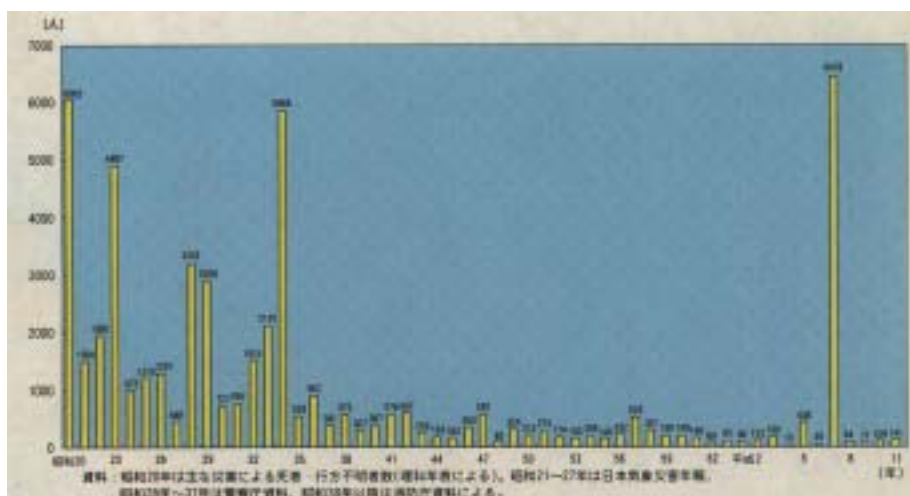


図-2.1 自然災害による死者・行方不明者(防災白書¹⁾による)

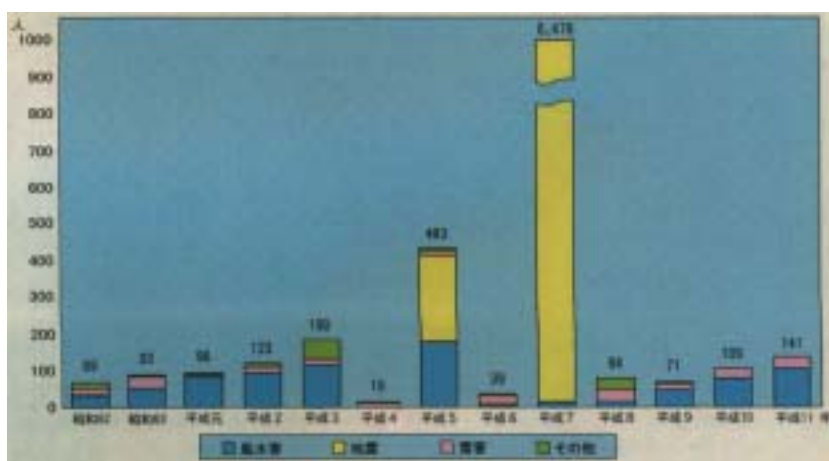


図-2.2 災害原因別死者・行方不明者の状況(防炎白書¹⁾による)

(2) 最近の水害・土砂災害の特徴傾向

最近の風水害(水害・土砂災害)について特徴を概観するとつぎのとおりである。

・平成11年梅雨前線豪雨(6月;死者・行方不明者39名)

広島市及び呉市で多くの土砂災害が発生。宅地開発の進展に伴い危険個所が増大していたことが指摘された。福岡市の地下街が浸水し、1人が溺死。

・平成11年弱い熱帯低気圧による大雨(8月;死者・行方不明者17名)

神奈川県玄倉川等で中州でキャンプ中のレジャー客15名が河川増水により犠牲。

・平成11年台風18号(9月;死者・行方不明者31名)

九州地方を中心に大雨。暴風と高潮が重なる。熊本県不知火町で高潮被害により死者12名。

・平成12年台風14号(9月、東海豪雨災害;死者・行方不明者10名)

東海地方で記録的な豪雨により、新川で破堤、庄内川・天白川で越水が起こり、伊勢湾台風以来の浸水被害。

これら最近の風水害について、以下のことが指摘できる。

- 1) 最近でも観測史上最大というような降雨が発生し、整備途上の防災関係施設のみでは災害を防ぎきれない。さらに、最近の「異常気象」については、地球温暖化との関連性が懸念されている。
- 2) 都市周辺の潜在的に災害を受けやすい地域に住宅地が拡大していき、被害を大きくしている傾向が認められる。
- 3) 都市部では、地下街の浸水被害など、新たな災害形態が発生している。
- 4) 災害発生時の避難指示・勧告などの情報伝達や迅速な避難が人的被害を最小化するのに重要である。

なお、ワールドウォッチ研究所は世界の自然災害について報告²⁾しているが、それによれば、1990年代の自然災害による経済損失は1970年代の5倍、大規模災害の数も約2倍と、明らかに災害が拡大しており、1990年代は「国連防災の十年」よりはむしろ「災害の十年」であったと呼ばざるを得ない、と述べている。このように自然災害が増加傾向にある理由として、人口の増加と都市部への集中、そ

れに伴い劣悪な土地への居住が広がってきたこと、経済活動の高まりや環境破壊などにより気象変動傾向が強まってきたこと、などによるものと指摘している。

また、「気象変動に関する政府間パネル(IPCC)第3次報告書」によれば、21世紀中に地球の平均表面温度は1.4～5.8度上昇すると予測されている³⁾。このようなことから、異常気象と地球温暖化、自然災害の関係についても、今後長期的な視点から取り組んでいくことが必要とされる。

(3) 最近の地震・火山災害の特徴傾向

地象災害(地震、火山噴火)についての最近の主なものは以下のとおりである。

・平成12年有珠山噴火(死者・行方不明者なし)

火山噴火による地殻変動、降灰、泥流など。多くの住民が避難を余儀なくされたが迅速な避難誘導により人的被害なし。火山情報の発令、ハザードマップ、現地災害対策本部の設置等が有効に機能した。

・平成12年三宅島噴火(死者・行方不明者なし)

噴火により、噴石、火砕流が発生。火山地震も併発。三宅島の全島民が島外に避難、現在も続いている。

・平成12年鳥取県西部地震(死者・行方不明者なし)

兵庫県南部地震以来最大規模の地震。施設等の被害が広範囲に生じたが、人的被害はなかった。過去の震災経験および直前に鳥取県により実施された防災訓練・マニュアルの見直し等が迅速な災害対応に奏功したと評価されている。

火山災害については、平成2年の雲仙岳噴火災害(死者・行方不明者44名)以来、平成12年に上述の2つの大規模な噴火があり、地域に多大の損害を生じ、多くの住民が避難を余儀なくされたが、人的被害が出ていないのは不幸中の幸いである。この2つの災害では、住民の避難誘導が迅速になされたことが高く評価されている。

地震災害については1995年の兵庫県南部地震が大都市災害の甚大さを改めて認識させた。その後、地震調査研究推進本部⁴⁾が陸域の浅い地震、あるいは海溝型地震の発生可能性の評価を行っている。これまでに発表されたもののうち、比較的発生可能性の高い地震についての評価結果を示すと表-2.1のとおりである。このように、特に東海地方や宮城県では地震の発生確率は高く、大都市が控えていることもあり、今後も大都市地震災害の危険性が高いことが明らかとなってきた。

表-2.1 地震の長期評価(地震調査研究推進本部⁴⁾による)

		今後30年以内に発生する確率	マグニチュード
陸域の活断層	糸魚川-静岡構造線断層帯	14%	8程度
海溝型地震	宮城県沖地震	90%以上	7.5(あるいは8.0)前後
	南海地震	40%	8.4前後
	東南海地震	50%	8.1前後
	上記2つが同時発生の場合		8.5前後

(4) 都市災害の顕在化

以上、最近の自然災害をごく大まかに概観したが、1995年兵庫県南部地震、平成12年東海豪

雨災害あるいは平成 11 年梅雨前線豪雨災害のように都市部での災害が目立つのが特徴の一つである。これらは近年、「都市災害」と呼ばれるようになってきている⁵⁾。その特徴を主に素因の面からキーワードで述べると以下のようなよう。

- ・人口・都市機能の集中・高密度化
- ・土地の歴史を知らない住民の増加
- ・都市域の拡大による脆弱な土地の利用(山間部、軟弱地盤、低地、埋立地)
- ・土地利用の高度化(地下空間利用、建築物容積率の増加)

以上をまとめるとつぎのとおりである。

自然災害は昭和 20 年代以降、各種国土整備、防災事業の努力の進捗によりかなりの程度減少してきた。しかし、最近でも兵庫県南部地震や東海豪雨災害などのように大規模災害が発生するなど、大きな自然外力に対しては未だに脆弱性を有している。また、水害、土砂災害なども含めて、都市部およびその周辺部での災害が顕在化する傾向にある。

2.2 防災から減災へ

前節でも述べたように、従来我が国における防災対策は、戦後復興期以来、施設強化対策に重点を置いて実施されてきた。これらがその効果を発揮してきたことは明らかである。他方、近年の災害発生傾向を見れば拡大要因も顕在化してきている。施設強化対策(いわゆるハード対策)は抜本的な防災対策ではあるが、今後もこれに重点を置いて防災事業を進めていくことは必ずしも現実的でないことは共通の認識となりつつある。自然災害を防ぐ(防災)から軽減する・局限する(減災)という視点で防災対策を計画的に実施していくことが必要である。

防災から減災へという視点は次のような理由から正当性があると考えられる。

- ・自然外力は、発生確率は低いが極めて大きい外力が発生し得る。
- ・極めて大きい自然外力に対してまでハード対策で対応するのは、財政的にもきわめて困難であり、整備にも膨大な期間を要する。また、投資効率から見ても合理的でない。
- ・したがって、施設対策の整備水準はある程度のレベルに設定せざるを得ないことになる。
- ・この場合、超過外力による災害のリスクが存在し、また施設対策が整備されるまでの期間においてはより大きな災害リスクが存在する。
- ・この災害リスクを軽減するためには、ソフト対策を併用することが必要である。
- ・ハード対策とソフト対策を適切に組み合わせて災害を最小化する方策をとるのが合理的である。

次章以降では、地震災害、土砂災害、水害のそれぞれについて、危機管理技術研究センターで実施している上記支援技術に係る調査研究の具体例を紹介する。

3. 地震災害

3.1 1995 年兵庫県南部地震以後の地震対策の動向

我が国は、国土面積が世界の陸地面積の 0.25% であるにも拘らず、世界中の地震数の約 10% 程度が集中する世界有数の地震国である。20 世紀の 100 年間で M7.0 以上の地震を約 200 回経験し、このうち、15 回は犠牲者を伴う大規模災害となった。

1995年の兵庫県南部地震では、約6500名の生命が失われるとともに、社会基盤の損失により住民生活や経済活動に深刻な影響がもたらされた。これを契機に、我が国の地震防災技術開発は転機を迎え、地震被害を未然に防除する従来の「防災技術」に、地震被害が発生した場合の影響を軽減する「減災技術」を組み合わせ、 「危機管理技術」への取組みが強く要請されることとなった。最近の地震防災・耐震設計に関する研究開発の視点の変化については、表-3.1のように概観できる⁷⁾。

表-3.1 地震防災・耐震設計の視点の変化⁷⁾

従来	新たな視点(付加・変更)
想定大地震: 関東地震級(プレート境界型地震)	兵庫県南部地震級(内陸直下型地震)
対象地震: 点震源	線・面震源: 断層
地震動: 加速度・速度	断層変位
耐震性評価: 仕様規定	性能規定
応力度・安全率	変位・塑性率・変形量(沈下量・浮き上がり量)
各部材	構造全体系
静的照査	動的照査
地震防災: 単一施設	施設間
危機管理: 事前防災	直後リアルタイム防災・情報公開(IT化)
社会ニーズ: 安全性	コスト縮減

3.2 研究事例

(1) 想定地震に基づく地震動の推定

現在、土木構造物の耐震設計においては、建設地点周辺において将来発生が予想される大地震を想定地震としてモデル化し、その地震が発生した場合に建設地点で生じる地震動を推定することにより設計地震動を設定するという方向が指向されている⁸⁾。また、想定地震の発生時における地震動強度の分布を予め推定しておくことは、合理的な地域防災計画の立案にも欠かせないものである。

想定地震の特性を考慮して精度良く地震動を推定するためには、地震の規模だけでなく、個々の断層の位置や破壊過程を考慮することが重要であり、その手法の一つとして断層運動を数値的に表現した断層モデルを用いた地震動の推定手法がある。図-3.1はその概念を示したものである。

国土技術政策総合研究所では、この断層モデルを用いた地震動推定手法や、将来発生する地震の断層モデルの設定手法等に関する研究を行っている⁹⁾。図-3.2は、1923年関東地震を想定した断層モデルに基づいて地震動を推定した例を示している。

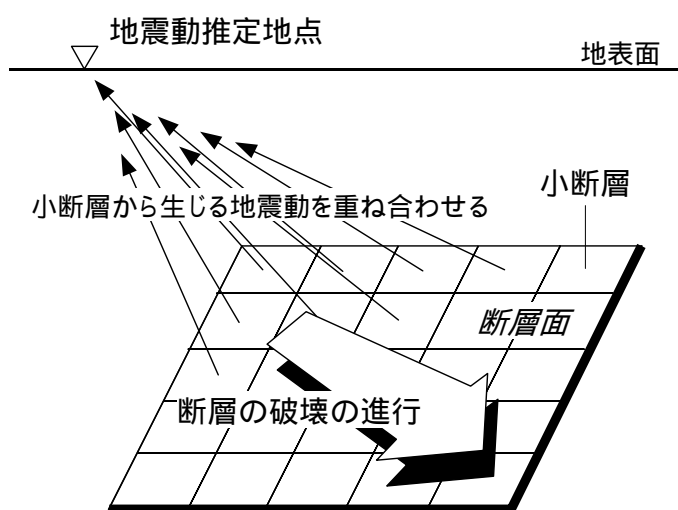


図-3.1 断層モデルを用いた地震動の推定

また、推定した地震動に基づいて設計地震動を設定する手法についても検討を進めているところであり、今後、海峡横断道路プロジェクトのための設計地震動の設定や改訂される道路橋示方書のフォローアップのための研究を実施することとしている。

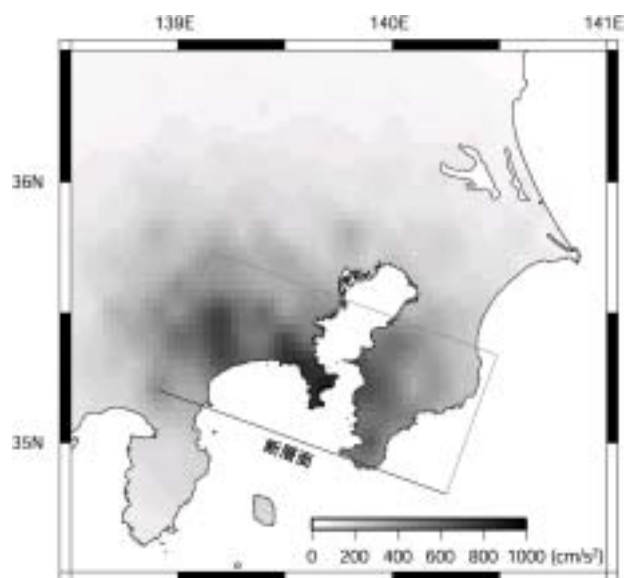


図-3.2 関東地震を想定した工学的地盤における推定地震動の最大加速度

(2) 地震ハザードマップの作成手法

我が国では、過去千数百年程度の地震記録が整理されており、それらの記録に基づいて作成された地震ハザードマップが、各種の耐震設計基準類における地域性を考慮した設計地震動の設定に活用されている。しかし、活断層に起因する地震の発生間隔が数百年から数千年以上であることを考慮すれば、十分に長い期間の地震記録が地震ハザードマップの作成に用いられてきたとは言えない。また、過去の地震記録を考慮した既往の地震ハザードマップの作成では、ランダムな位置及び時間に発生する地震が一般に想定されてきたが、活断層やプレート境界では、固有のマグニチュードの地震が固有の場所及び発生間隔で発生することが指摘されている。

このような過去の地震の記録期間に関する実状や、活断層及びプレート境界における地震の発生特性を踏まえれば、地震ハザードマップの作成には、過去の地震記録に加えて活断層やプレート境界で発生する地震を別途考慮することが合理的であると考えられる。

そこで、国土技術政策総合研究所では、過去の地震記録、活断層及びプレート境界地震を同時に考慮して地震ハザードマップを作成する手法の開発を行っており、これまでに基礎的な地震ハザードマップの作成手法を提案している¹⁰⁾(図-3.3)。

今後は、活断層やプレート境界地震に関する最新の調査研究成果を踏まえて地震の発生特性の評価方法を高精度化し、地震ハザードマップの作成手法を取りまとめる予定である。本研究の成果については、道路橋示方書等の耐震設計基準類における地域性を考慮した設計地震動の合理化や、今後の地震防災計画等に有効に活用されることが期待されている。

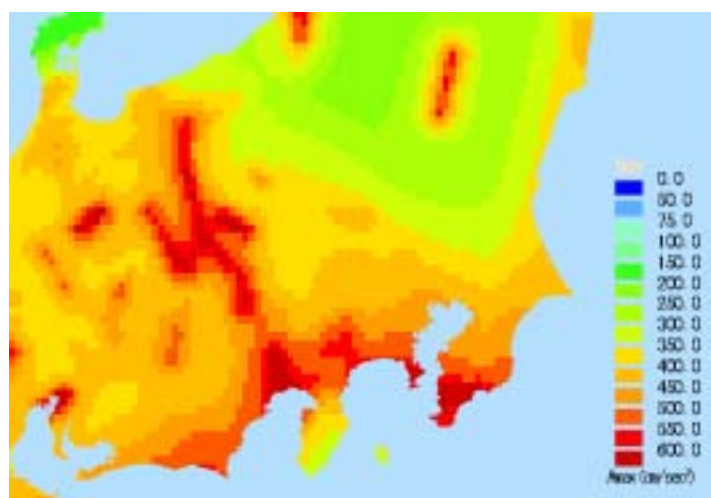


図-3.3 地震ハザードマップの試算例
(500年超過確率40%の最大加速度)

(3)リアルタイム地震災害情報収集と被害予測：地震計ネットワークシステムと震害予測システム

1995年の兵庫県南部地震の経験から、地震直後における被災地域の特定や被災状況の把握が、道路・河川等公共土木施設管理者の初期対応に極めて重要であることが強く指摘された。この教訓を受けて、国土交通省(当時の建設省)では、河川・道路等施設管理者の初動対応における意志決定を支援するために、平成7年度から所管施設近傍に地震計の整備を開始し¹¹⁾、それらのネットワーク化を進め、現在、全国約700箇所の観測点を整備し、オンライン化を図っている。観測された地震動情報の一部については、2001年3月より研究所ホームページ¹²⁾上で公開している。国総研(当時の土木研究所)では、関東地方整備局(当時の関東地方建設局)と共同で、地震計ネットワークで観測された地震動情報をもとに所管施設の被災可能性を地震後15分程度で推定するリアルタイム震害予測システム(SATURN: Seismic Assessment Tool for Urgent Response and Notification)のプロトタイプを開発を行っており、平成10年3月より関東地方整備局において試験運用中である。現在、地震動予測手法(図-3.4)の検証等を行っているが、本システムは、関東地方1都8県を対象に、管内の112箇所の地震計の観測データ(最大加速度、SI値)を活用して、直轄国道約600区間(約2,300km)の液状化危険度、河川堤防の液状化危険度約550区間(約170km)、河川堤防の沈下量予測約550区間(約170km)及び約330箇所の道路橋被害を推定できるようになっている¹³⁾。図-3.5に地盤の液状化危険度、道路橋被害の推計例を示す。推定された被災可能性は、“大(復旧に数週間を要する)”、“中(復旧に数日間を要する)”、“小(復旧に数時間を要する)”、“なし”の4段階で画面上に表示される。

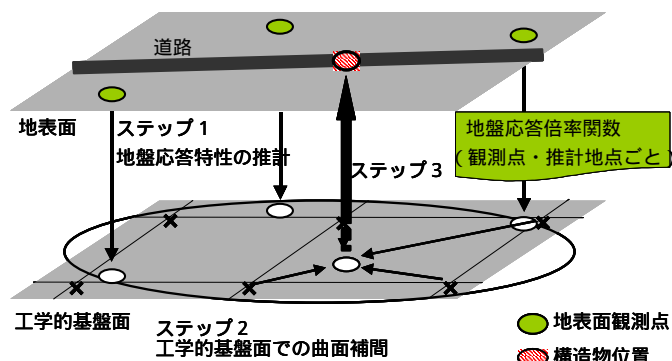


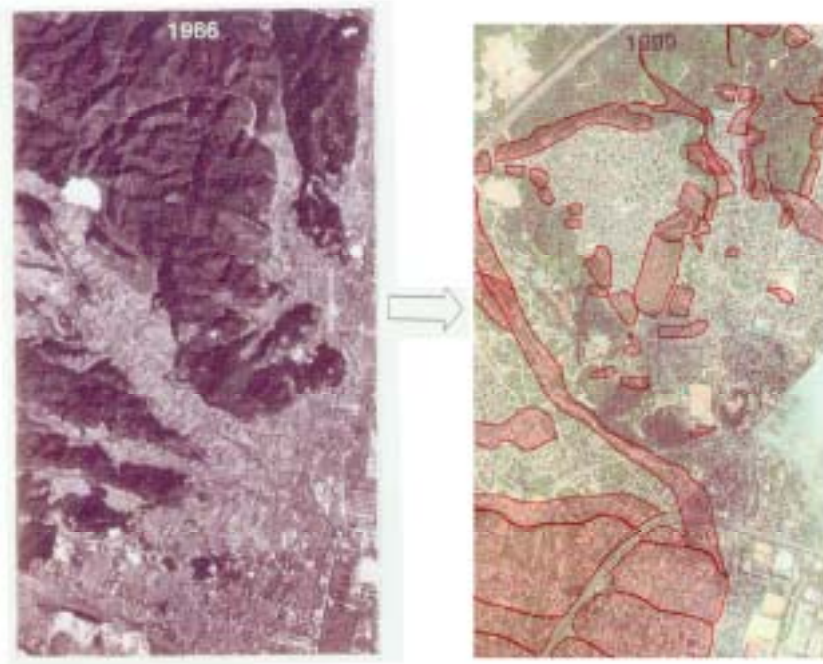
図-3.4 地震動の推定手法



図-3.5 道路橋の被害予測結果例

4. 土砂災害

防災・減災のために雨の降り方や地形・地質的条件を人為で変更することは不可能だが、住宅の立地場所は人為で変更できるものである。このような認識が高まるなか、1998年に発生した広島土砂災害は、山麓への無秩序な市街地の拡大(写真-4.1及び図-4.1)の危険性を改めて示唆するものとなり、この災害を契機に次に示す「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律(平成12年法律第57号)」(以降、「土砂災害防止対策法」)が制定され、平成13年1月から施行されている。



(注:右図中の細線で囲んだ区域が土砂災害危険区域)



図-4.1 急傾斜地崩壊危険箇所数と整備箇所数の推移

4.1 土砂災害防止対策法の概要

ここではこの法律の目的と内容を簡単に述べる。

4.1.1 法律の目的と措置の内容

法律においては、「土砂災害から国民の生命及び身体を保護すること」を目的に、以下の措置をとることとしている。

- 1) 都道府県知事は、土砂災害が発生するおそれがある土地の区域(土砂災害警戒区域:通称イエローゾーン)をあらかじめ明らかにし、その区域における警戒避難体制の整備を図る。
- 2) 都道府県知事は、土砂災害警戒区域(イエローゾーン)のうち、著しい土砂災害が発生するおそれがある土地の区域(土砂災害特別警戒区域:通称レッドゾーン)において、

・特定の開発行為に対し許可制とする(対象:住宅宅地分譲、社会福祉施設等のための開発行為)。

・建築物の構造規制(居室を有する建築物の構造基準の設定で、都市計画区域外も建築確認の対象とする)。

・土砂災害時に著しい損壊が生じる建築物に対し移転等を勧告できる。

・勧告による移転者へ融資を行い、またその資金を確保する。

3)特定の開発行為においては、都道府県知事の許可を受けた後でなければその宅地の広告、売買契約の締結は行えない。また、宅地建物取引業者には、その宅地または建物の売買等にあたり特定の開発行為の許可について重要事項説明を行うことを義務づける。

4.1.2 区域の指定

都道府県が「基礎調査」を行って指定する。基礎調査では、溪流や斜面及びその下流など土砂災害により被害を受けるおそれのある区域の地形、地質、土地利用状況などが把握され、以下の条件を満たすところが指定される。

1)土砂災害警戒区域(イエローゾーン)(たとえば図-4.2)

急傾斜地の崩壊(傾斜度が30度以上である土地が崩壊する自然現象)

イ 傾斜度が30度以上で高さが5m以上の区域

ロ 急傾斜地の上端から水平距離が10m以内の区域

ハ 急傾斜地の下端から急傾斜地の高さの2倍(50mを越える場合は50m)以内の区域

土石流(山腹が崩壊して生じた土石等又は溪流の土石等が水と一体となって流下する自然現象)

土石流の発生のおそれのある溪流において、扇頂部から下流で勾配が2度以上の区域

地すべり(土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象)

イ 地すべり区域(地すべりしている区域または地すべりするおそれのある区域)

ロ 地すべり区域下端から、地すべり地塊の

長さに相当する距離(250mを越える場

合は、250m)の範囲内の区域

2)土砂災害特別警戒区域(たとえば図-4.2)

急傾斜地の崩壊に伴う土石等の移動等により建築物に作用する力の大きさが、通常の建築物が土石等の移動に対して住民の生命または身体に著しい危害が生ずるおそれのある損壊を生ずることなく耐えることのできる力の大きさを上回る区域。

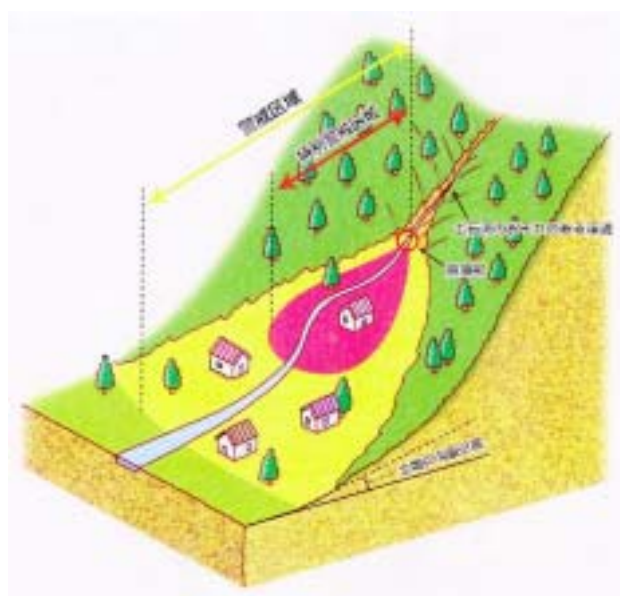


図-4.2 警戒区域と特別警戒区域の範囲(土石流の場合)

4.2 法律への研究成果の反映

4.2.1 区域の指定

2種類の区域指定、つまりレッドゾーンとイエローゾーンの両者の指定の違いは土砂災害の発生形

態にある。つまり、現状で想定される規模のがけ崩れや土石流、地すべりの発生により家屋が著しい損壊を受けるおそれの有無である。これは、土砂の移動により建築物に作用する力と建築物の耐力との比較によって判断される。上記 4.1.1 で述べた法律に基づく措置の中には国民の財産権を制限するものがあることから、運用が適正かつ公平であることが重要である。そのため、区域の指定においては 4.1.2 に挙げた内容に基づくことが基本となっている。特に、区域の範囲設定のための最も重要な項目である「土砂が市街地のどの範囲まで流出するのか(土砂の流下距離)」、「流出してくる土砂が建物にどのような力を与えるのか(土砂の移動により建築物に作用する力)」については、建設省土木研究所によるこれまでの数万件以上に及ぶ土砂災害の被災実態のデータ解析、土石流などの土砂移動現象を捉えるためのビデオカメラなどによる現地観測、現地を再現した数々の実験などによって導き出されたものである。

土砂の流下距離においては、これまでの被災実態調査から把握されている被災範囲(たとえば図-4.3)から、そのほとんどが包含される範囲として設定することとしている。土砂の移動により建築物に作用する力においては、がけ崩れ、土石流の流下現象(図-4.4)を実際に捉えたことにより、ともに作用する力の大きさを流体力で算定することとしている。そのための流速算定式には、がけ崩れの場合崩壊土砂底面の摩擦抵抗と崩壊土砂内の流動抵抗を考慮した質点系の流速式を用いることとしており、土石流の場合には土石流の土砂濃度と流量を考慮した流体の式(マニング型の式)を用いることとしている。このようにして試算された結果によると、建築物が損壊する危険性が特に高い範囲は、被災実態の傾向と概ね整合する結果となっている。

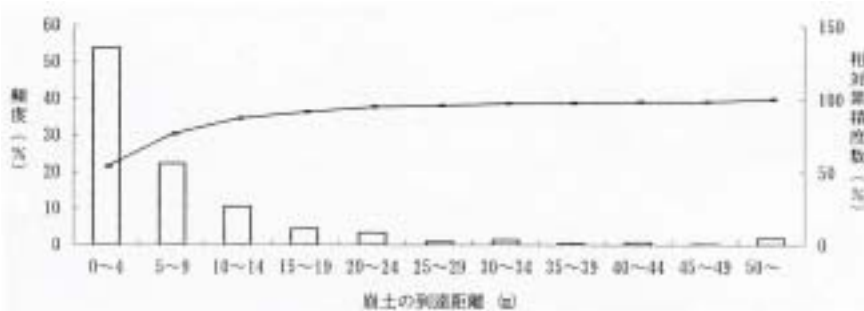


図-4.3 崩土の到達距離 (S47~H9 データに基づく)⁷⁾

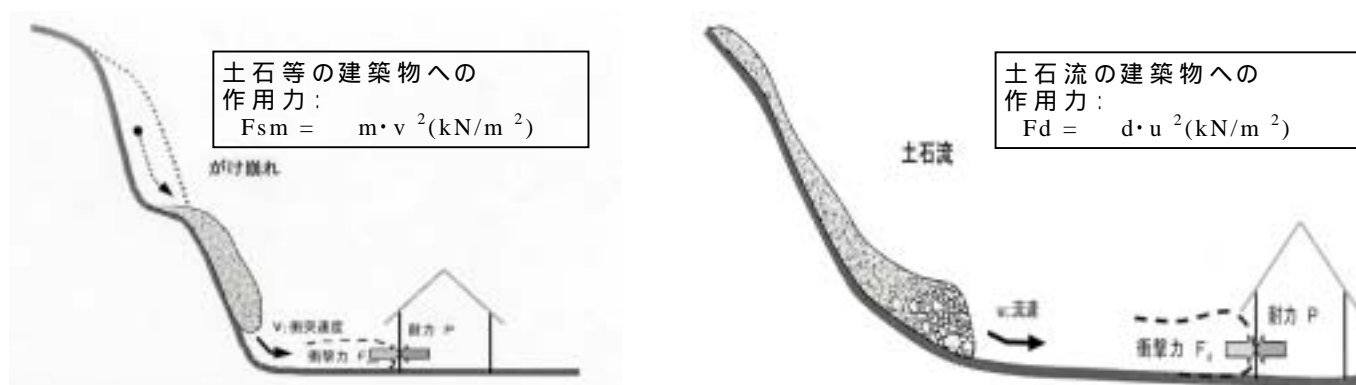


図-4.4 がけ崩れ、土石流の建築物への作用力

4.2.2 今後の研究課題

今後、精度の向上が必要とされている主な技術的課題として、「住民の避難行動を支援するための「避難基準雨量の設定精度の向上」と「有効な情報伝達システムの開発」がある。

5. 水害

5.1 近年の水害の特徴

近年猛烈な豪雨がしばしば観測されるようになってきている。平成 11 年の福岡水害では、福岡市内を流れる御笠川の氾濫と内水被害により JR 博多駅周辺が浸水し、地下鉄、地下街にも浸水が及び死亡者が発生するという災害が起こった。また、平成 12 年 9 月の東海豪雨では、8 河川 10 箇所において県管理河川が決壊するとともに内水による被害が発生し、床上浸水約 27,000 棟、床下浸水約 44,000 棟におよぶ甚大な被害となった。この豪雨の被害の背景には、都市化の進展による流出増や、水害に対する危険性を十分に考慮、認識しないまま開発が進められてきたことなどダメージポテンシャルの増大が原因として考えられる。

5.2 防災から減災へ

近年の災害において顕在化してきた課題として、外水、内水を含めた浸水危険度の的確な評価、これを踏まえた流域内の安全度バランスの考え方、地下空間対策、洪水時の情報の収集・伝達、避難体制の充実といったことがあげられる。

また、これらの集中豪雨等による災害後、平成 12 年 11 月に「都市型水害対策に関する緊急提言」及び 12 月に河川審議会中間答申「流域での対応を含む効果的な治水の在り方について」の提言、答申が出されている(図-5.1)。

5.3 研究事例

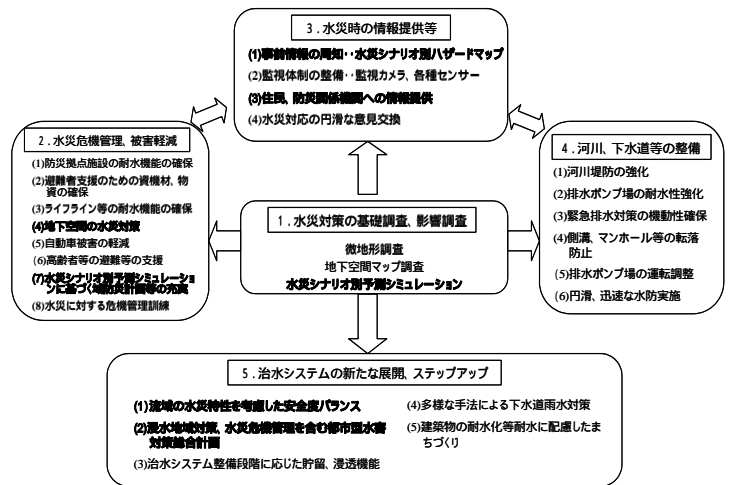
上記のような課題に対し、国土技術政策総合研究所では、外水、内水による浸水被害の危険性・安全度を評価するための技術開発として、都市域における内水氾濫シミュレーション技術の開発とあわせて、外水と内水をあわせたシナリオ別の氾濫シミュレーション技術の研究開発及び統合的な水防災支援システム(リアルタイム氾濫予測システム、避難誘導解析システム等)の研究開発を行なっている。また、地下空間の危険度評価に関する研究や防災樹林帯や二線堤といった氾濫流制御施設の効果、整備に関する研究等を行なっている。

ここでは、特に以下の研究内容について紹介する。

5.3.1 外水・内水などのシナリオ別氾濫シミュレータ

従来の洪水氾濫危険区域図やハザードマップでは、主に大河川の外水氾濫のみが扱われてきた。しかし、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外水、内水による被害といった課題が顕在化している。

このような課題に対応するためには、既存の外水のみを扱っていた氾濫解析技術に加え、内水氾濫を定量的に解析する技術が必要とされる。都市部では氾濫により、ライフラインへの被害等社会・経済に甚大な影響を与える可能性が大きく、地下空間への浸水が人命へ与える危険性も大きいことから、浸水危険度を的確に評価し、効果的な対策を実施するこ



とが必要である。このため、外水および下水道を含めた内水の双方を考慮した解析技術の開発が必要かつ重要となっている。

上記に対応して、内水氾濫の解析が行える各種のモデル構築が進められている。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PWRI (Precipitation Water Routing and Inundation) モデルの研究開発を行っている。PWRIモデルは、図-5.2 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、以下のモデル群より構成される。

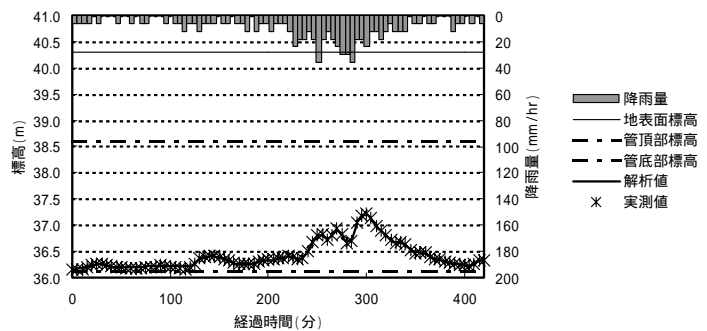
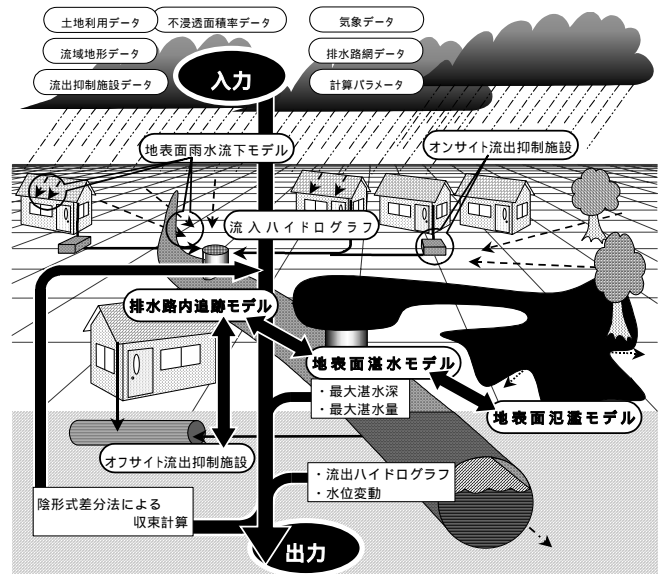
- 1) 地表面雨水流下モデル
- 2) 排水路内追跡モデル
- 3) 地表面湛水モデル
- 4) 地表面氾濫モデル

また、その特徴を示すと以下のとおりとなる。

- 1) 解析の際には膨大な下水道データが必要になるため、デジタル化された下水道のデータベースとリンクできるようになっている。
- 2) 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。
- 3) 都市排水・下水道の解析を行う既存のパッケージモデルと異なり、地表面の氾濫モデルにより氾濫水の移動を考慮している。

図-5.3 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。

現在、ループ管や下水道管内貯留等のより詳細な下水道構造を取り込むよう改良を行うとともに、このPWRIモデルと河道モデルを組み合わせることにより、外水、内水一体となった氾濫解析モデルの開発を行っている。



5.3.2 氾濫解析に基づく水防災支援システム

洪水時の情報収集・共有・提供体制には改善すべき点も多いが、インターネットをはじめとするITやGIS技術は急激な発達を遂げており、リアルタイムに情報把握して緊急対応を図ることも可能となってきた。これらの先端技術を氾濫解析技術に結びつけることにより、行政機関の防災担当者や水防団員、一般住民に対して、予測情報も含めたビジュアルな情報提供を行うことが出来れば、洪水時の被害軽減に大いに役立つものと考えられる。

そのような水防災活動を支援するツールとして、氾濫解析に基づく統合的な水防災支援システムが考えられる。浸水予測結果に基づき、被害推定や、避難勧告・指示情報の発令等の緊急対応を支

援する情報が出力されるシステムであり、水害研究室で研究開発を進めている。

図-5.4 は、鶴見川流域を対象として開発された「ハザード・シミュレータ」であるが、氾濫水理量（浸水域、浸水深、流速・流向）の時間変化、時間毎の被害状況（浸水世帯数、被害額等）、防災支援情報（避難所・重要水防箇所等）の表示が行なえる。このような技術をベースとして、平成10年よりホームページ等での洪水氾濫シミュレーション情報の提供が行われている¹⁶⁾。

また、これまでに、サブシステムである避難解析システム（洪水災害を対象として、最適な避難所や避難路の選定、避難勧告・指示の伝達方法等の判断を支援するためのシステム）を構築した¹⁷⁾。これは、現在整備が進められている各種GISデータを活用して、住民の避難行動を予測するシステムである（図-5.5 参照）。

今後は、IT技術を用いることにより、リアルタイムで水文情報を入手して氾濫予測情報を提供するリアルタイム氾濫予測システムの構築を進めていく予定である。

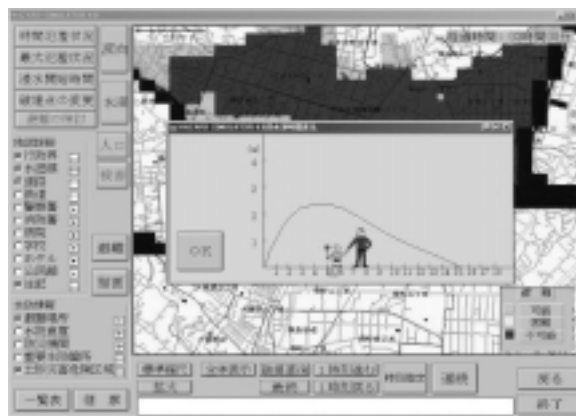


図-5.4 ハザード・シミュレータの表示画面

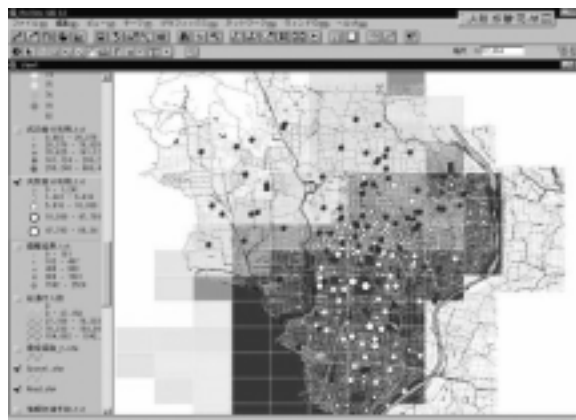


図-5.5 GISを利用した避難解析システムの画面例

6. おわりに

表-6.1 は自然災害を防止あるいは軽減するために取られる対策手段について、災害種別にとらわれずごく大まかにまとめてみたものである。ここでは、対策手段を予知・予測、予防防災（ハード対策、ソフト対策）、災害時対応等に分けて整理してみた。また、具体的な対策手段・技術については、いくつかを例示した。防災対策は非常な多岐にわたっていることがわかる。これらは行政サイドの施策として取り組まれているところであるが、将来の災害に適切に備えるために

表-6.1 自然災害防止・軽減のための対策手段

種別	対策	対策の例
全般	総合防災計画 リスクマネジメント	・防災計画策定・運用 ・防災整備水準の設定 ・防災対策優先度の設定
予知・予測	短期予測 ハザードマップ	・短期気象予測、地震動予測 ・地震、洪水氾濫、土砂災害ハザードマップ
予防防災	ハード対策 施設強化対策 防災施設整備 複合的施設対策	・構造物設計法、設計外力 ・堤防、ダム、斜面防護工、等々 ・総合的な治水（二線堤、防災樹林帯、高規格堤防等）
	ソフト対策 土地利用規制・誘導 防災教育 地域防災	・防災を考慮した都市計画 ・遊水機能確保のための河川区域指定 ・災害、防災教育・防災担当者人材育成 ・地域防災体制、水防団
災害時対応	災害情報収集伝達 警戒避難システム 初動体制 救急救命 消火 避難誘導 交通規制 緊急物資輸送	・リアルタイム地震被害予測システム ・リアルタイム災害情報収集伝達システム ・警戒避難基準の設定 ・意志決定支援技術、危機管理マニュアル
復旧・復興	施設等復旧 復興支援	・構造物等の健全性診断、補修・補強 ・まちづくり
制度的対応	財政金融措置	

は、それぞれの対策手段を実行するための支援技術が必要とされる。また、それらは災害の種別、形態によっても異なる。さらに、災害の発生は自然的・社会的条件等に支配される。地球規模の環境の変化や少子高齢化、都市への人口・資産・各種都市機能の集積等の変化と災害の態様との関係を見極め適切に対応すべく、支援技術等の開発に今後より一層取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1)国土庁編：防災白書(平成13年版)、pp. 4-6, 2001.
- 2)Abramovitz, J.N.: Unnatural Disasters, Worldwatch Paper 158, Worldwatch Institute, October 18, 2001.
- 3)IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change): The Third Report, <http://www.ipcc.ch/>, 2001.
- 4)地震調査研究推進本部：ホ - ムペ - ジ(<http://www.jishin.go.jp/>), 2001.
- 5)たとえば、河田恵昭：都市大災害、近未来社、1995.
- 6)佐々淳行編著：自然災害の危機管理、ぎょうせい、2001.
- 7)常田賢一：平成12年度土木研究所講演会講演集 地震防災・耐震技術の新たな視点、土木研究所資料第3773号、pp.61-80、2001.
- 8)土木学会レベル2地震動研究小委員会：レベル2地震動の明確化に向けて、土木学会論文集、No.675/1-55、pp.15-25、2001.
- 9)片岡正次郎、田村敬一：想定地震に基づくレベル2地震動の試算、第26回地震工学研究発表会講演論文集、pp.405-408、2001.
- 10)中尾吉宏、田村敬一：過去の地震及び活断層情報に基づいた地震ハザードマップの試算、第26回地震工学研究発表会、2001.
- 11)杉田秀樹：リアルタイム地震対応を目指した地震計ネットワークの整備、土木技術資料、Vol.40、No.2、1998年2月
- 12)「国土交通省河川・道路等施設の地震計ネットワーク情報」のホームページ公開、土木技術資料、Vol.43、No.4、2001年1月
- 13)大谷康史：建設省地震計ネットワークの活用、土木研究所資料第3760号、pp.9-12、2000年12月
- 14)杉田秀樹、大谷康史：地震時危機管理の近未来像 - リアルタイム地震防災 - 、土木技術資料、Vol.43、No.1、2001年1月
- 15)建設省河川局砂防部傾斜地保全課、土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室：がけ崩れ災害の実態、土木研究所資料第3651号、1999.
- 16)末次忠司：洪水シミュレーション結果がインターネットで公開、土木技術資料 40-11、p.4、1998.11
- 17)舘健一郎、武富一秀、吉谷純一、金木誠：GISを用いた洪水時の避難行動解析システムの開発、土木技術資料 43-8、pp.44-49、2001.8