

減 災 と 技 術

-災害の教訓を生かす-

(社)日本技術士会

目 次

監 修		
序 章	1
第 1 章	概説	3
	1.1 風水害	
	1.2 地震災害	
	1.3 津波災害	
	1.4 土砂災害	
第 2 章	気象と災害	5
	2.1 日本の気象災害の特徴	
	2.2 都市のヒートアイランド現象	
	2.3 風水害	
	2.4 津波災害	
	2.5 雪害	
第 3 章	地震	14
	3.1 地震活動	
	3.2 地震の予測	
	3.3 強震観測	
第 4 章	土木構造物と耐震	20
	4.1 地震災害の概要	
	4.2 道路橋における耐震設計法の変遷	
	4.3 耐震診断	
	4.4 土木構造物の耐震	
	4.5 ライフラインの耐震	
	4.6 耐震補強	
第 5 章	建築物・建築設備と減災	31
	5.1 建築物災害の概要	
	5.2 昭和以降の建築災害とその対策の変遷	
	5.3 建築減災対策と関連技術	
	5.4 建築設備における地震被害	
	5.5 建築設備の耐震	
第 6 章	土砂災害と防災	39
	6.1 地形発達史と土砂災害	
	6.2 斜面災害	
	6.3 大規模土砂移動	
	6.4 土砂移動の発生予知・予測	
	6.5 土砂災害の被害軽減と防止対策	
第 7 章	市街地火災と防火対策	45
	7.1 都市火災の歴史	
	7.2 市街地防火対策	
	7.3 避難計画	
	7.4 密集市街地対策	
第 8 章	震災と環境影響・廃棄物問題	53

8.1	環境影響	
8.2	生活環境対策	
8.3	災害廃棄物の発生状況	
8.4	災害廃棄物の処理対策	
第 9 章	災害情報と情報の伝達	61
9.1	災害情報管理の概要	
9.2	風水害情報	
9.3	土砂災害情報	
9.4	地震災害情報	
第 10 章	防災力の向上	72
10.1	国と自治体の防災体制	
10.2	地域防災力	
10.3	地域の安全・安心活動	
10.4	学会等の防災専門家集団の対応	
10.5	地域防災と企業	
10.6	臨海コンビナート地域の課題	
10.7	防災まちづくり	
10.8	地域防災力向上の戦略	
第 11 章	地域防災のフレーム	81
11.1	地域防災の論点	
11.2	地域防災計画	
11.3	災害応急対策	
11.4	災害復旧・復興対策	
11.5	地域災害のリスク管理	
11.6	都市基盤施設の防災対策	
11.7	地下施設の防災対策	
11.8	ライフラインの防災対策	
11.9	津波対策	
第 12 章	震災の教訓と復興まちづくり	95
12.1	震災復興の課題	
12.2	復興まちづくり	
特別編	「平成 16 年新潟県中越地震」(社)日本技術士会現地調査団報告	99
	(社)日本技術士会防災特別委員会の活動	109

序 章

近年の自然災害の特徴

わが国は、その地理的位置、地形、地質、気象などの自然的条件から、地震、台風、集中豪雨、火山噴火などによる災害が発生しやすい国土となっているため、世界と比べて災害の発生頻度が高い。

日本の国土面積は、世界の 0.25% であるが、世界全体に占める日本の災害発生割合は、マグニチュード 6 以上の地震回数では 20.5%、活火山数では 7.1%、死者数では 0.5%、災害被害額では 16.0% などであり、非常に高い状況にある。

近年における自然災害とその特徴をみると、阪神・淡路大震災のように頻度は少なくとも、都市を壊滅させる巨大災害があり、世界的に異常な集中豪雨の発生による洪水災害、土砂災害を頻発、激化させていることがある。頻発する集中豪雨は、地球温暖化の影響が関係しているといわれているが、被害拡大の要因は、多くの社会的状況が絡み、都市化の進展に対して、自然の異常な外力を制御しようとするハード対策の不備とともに、防災体制、避難勧告など防災対応の遅れ、土地利用計画の失敗などが指摘されている。

表－１ 近年の自然災害とその特徴

1991 年	台風 19 号災害：強風・塩害・高潮災害の併発と災害体験の風化
1993 年	鹿児島水害：集中豪雨予測困難、急激な都市化と河川改修遅れ
1993 年	北海道南西沖地震津波災害：地震、津波、火災の複合災害と避難・警報システム不備
1995 年	阪神淡路大震災：大都市直下型地震災害、人命被害の甚大さ、都市崩壊、復興の長期化
1998 年～現在	台風、集中豪雨災害頻発：記録的雨量頻発、強風災害、河川氾濫、地下空間等都市水害の多発

減災、その戦略は

突然襲いかかる地震や集中豪雨などの自然災害への対応で最も重要なことは、いのちやくらしを守るために事前に準備を整え、また、起った事態に対して、被害を最小限に抑え、被害の拡大を防ぎ、被災した社会を早急に安定させることである。

阪神・淡路大震災の経験を通して得られたのは、自然の外力に対しては耐震補強などにより建築物・構造物での被害をできるだけ抑えること、また、被害が出た場合には、その軽減と短期間での復興が重要性を増すという認識だった。すなわち、災害対応は、従来の防災中心の考え方から減災と総合防災の考え方に移行したのである。

これらのことは、大震災を契機とした行政対応の変化でも知ることができる。近年の行政による対応は危険情報の早期発表であり、被害軽減につながる点で重要である。たとえ、防災対策ができていなくても、住民が地域にある危険な状況を知ること、緊急時にどのような事態になるか想像できるようになり、被害軽減のために何をすべきか考えることができるからである。阪神・淡路大震災では、死亡者の 8 割以上が倒壊した家屋や家具によるものであり、行政、防災関係機関による防災対策、緊急対応の限界が明らかにされた。現に、救命・救助活動は、住民による自助、共助の割合が全体の 9 割を占め、消防・警察等の公助は、わずか 1 割であったことの公表がある。

減災に対する大震災の教訓は、次のような災害の 4 段階を考慮し、各段階を評価することで、サイクル化し、次の災害へのステップアップ(防災力向上)へ結び付けられることを示した。

災害への対応準備(予防・軽減)

被災時の緊急対応

社会機能の回復

復興

減災の戦略は、上記のサイクルを通して、「達成すべき目標を掲げる」、「目標達成の計画、フレームワークを持つ」、そして、「各段階の目標を具体的に示す」ことである。各段階における災害教訓の活用が共通の課題と考えられる。

本書のねらい

2005年1月、阪神・淡路大震災から10年を迎える。6,433人の犠牲者と10兆円以上に及ぶ甚大な損害、今なお、後遺症に悩む多くの被災者の存在がある。この災害を経験した我々には多くの貴重な教訓を共有し、今後の災害対応と減災へ活用することが求められている。

他方、新たな自然災害の心配も迫っている。東海地震や宮城沖地震等の切迫性、近年の集中豪雨被害の頻発、さらには2004年浅間山噴火など今後、発生しそうな自然災害への対応については、技術者の社会貢献の観点を含めて、技術士の多くが関心を持つところである。

本書の構成は、上記の災害の4段階を考慮したものとし、内容的には、技術者が知っておくべき都市防災に関する基礎知識を一通りカバーすることに重点をおくとともに、技術士として必要な技術の知識をより深めることへの一助となり得る内容とした。特に、現在の都市防災に関する最新状況を、客観的に分りやすく簡潔に整理し、記述することに努めた。

第1章 概説

キーワード：風、水害、地震、津波、土砂災害、減災、自助、共助、公助

我が国は狭い国土と急峻な傾斜地に多くの人々が住み、自然災害の発生率は非常に高い。災害には自然災害と人的災害があり、本書では自然災害を対象とするとともに、自然災害から二次的に発生するオイルタンクの火災等にも言及している。

我々は“災害は忘れた頃にやってくる”のではなく“災害は必ずやってくる”との認識の基に、その発生原因を理解し、災害に遭遇した場合にはどのように対処すべきかを常日頃から十分考え、訓練しておかななくてはならない。

災害を少なく（減災）するためにはハード的な整備（公助）は無論なこと、自分の命は自分で守る（自助）という積極的な行動、また、お互いに助け合う（共助）という精神が必要である。以下に代表的な自然災害である風水害、地震、津波、土砂災害などの概要を述べる。

1.1 風水害

風水害、特に水害は初春の融雪時から始まり、梅雨、台風、秋雨前線などによって起こされることが多く、なかでも台風は風害・高潮と重なって大きな被害を出している。

表 1.1.1 に昭和以降の主な台風と集中豪雨の年表を掲げているが、1959年9月の伊勢湾台風は死者5,098人と未曾有の被害である。また、2004年7月に発生した北陸豪雨では新潟県中越地方および福井県に記録的な豪雨をもたらし、堤防が決壊、15名の尊い人命が奪われている。

表 1.1.1 昭和以降の主な台風と集中豪雨災害

発生年月	名称	総雨量(mm)	時間雨量(mm) 瞬間風速(m/s)	死者他	被災地
1934.06	阪神大水害	神戸： 462	大阪： 48 mm	933	兵庫
1934.09	室戸台風	大分： 355	室戸： 60 m/s	3,066	大阪湾岸
1945.09	枕崎台風	広島： 219	枕崎： 63 m/s	3,130	広島、鹿児島
1953.07	近畿水害	前鬼： 666	： 77 mm	1,124	近畿南部
1957.07	諫早災害	大村： 785	西郷： 144 mm	992	長崎
1959.09	伊勢湾台風	政所： 503	津： 51 m/s	5,098	名古屋、三重
1982.07	長崎豪雨	長崎： 1,155	長崎： 448 mm	427	長崎
2004.07	北陸豪雨	笠堀ダム：507	笠堀ダム：73 mm	15	新潟中越

1.2 地震災害

地震が起きると津波、崖崩れ、土石流、天然ダム、液状化、火災など二次的な災害が発生し、被害を大きくすることが多い。

次ページ表 1.2.1 に関東大震災以降の主な地震災害を記す。

これらの地震災害の内、特記される地震災害は1923年9月に発生した関東大震災であり、142,807名と空前絶後の死者数である。

また、1995年1月に起きた阪神・淡路大震災は、科学・技術が進んだ現代でありながら6,433名の犠牲者をだしている。

2004年10月に発生した新潟県中越地震では、死者・家屋の被害数は上記に比べては小さいが、新幹線が走行中に脱線し、高速道路、国道、その他での不通ヶ所は数百ヶ所発生し、住民が一時的に放棄した村があり、インフラの被災・不通が広範に生じた。人口密度が低い農山村地帯であったので被害が小さかったが、社会的に大きな影響を与えた。

表 1.2.1 関東大震災以降の主な地震災害

発生年月日	名称	マグニチュード	死者・他	損失家屋
1923.09.01	関東大震災	7.9	142,807	576,262
1944.12.07	東南海地震	7.9	1,251	19,367
1946.12.21	南海地震	8.0	1,443	13,119
1948.06.28	福井地震	7.1	3,769	40,035
1964.06.16	新潟地震	7.5	26	2,250
1983.05.26	日本海中部地震	7.7	104	987
1995.01.17	阪神・淡路大震災	7.2	6,433	104,900
2004.10.23	新潟県中越地震	6.8	40	2,515

1.3 津波災害

津波は地震や海底地すべり、海底火山噴火などに依って起こされるが、地震によるものが圧倒的に多い。海上で発生した津波は沿岸に押し寄せ、海底地形や陸上地形の影響を受けて想像できない程の波高となり、人家に襲いかかる。津波被害の恐ろしさは一町村・一部落が一瞬にして水に飲み込まれ、その8割までが溺死という特異な災害である。

この典型的な例として1933年3月に発生した昭和三陸地震津波は岩手県三陸町(現在は大船渡市)綾里(りょうり)部落を襲い、その波高は32mにも達した。(この時の碑が綾里部落の丘に立っている。)津波被害からの減災には、現代においても津波情報をいち早く知り、高台に避難するより他にない。

1.4 土砂災害

土砂が移動して起こされる災害を土砂災害と言う。この土砂災害には、地すべり、土石流、崖崩れ、山体崩壊などがあり、その発生原因も地震、火山爆発、集中豪雨、台風など多種多様である。

地すべりのように緩慢に土砂移動する現象については、計器の設置や観測などで移動量を把握することは可能であるが、土石流、崖崩れ、山体崩壊などは急に起きるので、その予測も難しい。

2004年10月23日に発生した“平成16年新潟県中越地震”では山古志村にいくつかの河道閉塞(土砂ダム)が形成され、そこに堆積した土砂が、河道閉塞の決壊と共に下流に大被害をもたらす懸念が予想されている。

土砂災害には的確な情報把握と、早めの避難が有効であることから気象庁では市町村に向けて「土砂災害警戒情報」を出すことを決めた。これらの情報管理と不断の教育・訓練などが土砂災害の減災を達成する早道であろう。

(注)「平成16年新潟県中越地震」の情報は2004年11月22日現在の新潟県集計のものである。

第2章 気象と災害

キーワード：気候条件、地形条件、異常気象、地球温暖化、雪害、気象要因、交通障害、ヒートアイランド、夜間放射冷却、津波現象、津波予報 津波被害

2.1 日本の気象災害の特徴

気象災害は、雨や風、雪などの気象現象が直接的、間接的な原因となり、人々や社会・経済活動に影響を与える災害である。日本は気象災害の多い国であるが、これには日本の持つ複雑で多様な気候条件および地形条件が大きく関係している。四季の変化に富み、南北に細長い国土に多くの人が住む状況が、様々な気象災害につながっているのである。

(1) 気象災害から見た日本の気候

気象災害の発生という観点から見た日本の気候には次のような特徴がある。一つは、中緯度に位置し、周りが海洋に囲まれていることによる、頻繁な低気圧や前線の発生が、大雨や大雪をもたらす原因となっている。二つ目はアジア大陸の東岸に位置することによる、冬期の寒冷小雪、夏期の高温多湿という「東岸気候」である。また、日本付近は「季節風気候」に大きく影響を受ける。冬の北西季節風により日本海側は世界でも有数の多雪地となっている。夏の南東季節風は高温多湿の気候をもたらすが、南東季節風の吹き始めと終わりの時期には、梅雨と秋霖という2つの雨季がある。季節風気候は、豪雨、豪雪、酷暑、長雨等の災害をもたらしている。

「地域差と地形の影響」が大きいのも日本の気候の特徴の一つである。南北に長い国土の背骨に当たる部分に高い山地があり、地形が複雑であるため、日本海側と太平洋側、海岸と内陸、山地と平地など、狭い国土でありながら地形により気候は大きく異なる。この気候の局地性が、風害や雷害、降雪、霜害など多種多様な気象災害を引き起こす要因となっている。災害の視点から特筆されるべき気候の特徴の一つが「台風の常襲」である。日本の国土が熱帯で発生した台風の北上するコースに位置することから、被害規模の大きい台風による風水害が毎年のように発生している。

(2) 気象災害の種類

気象災害の分類は災害をどう捉えるかによって異なるが、気象が果たす役割によると大きく次の4つに分類される。

表 2.1.1 気象災害の種類

- 1) 気象がもっている直接の破壊力による災害：強風害、豪雪害、大雨害、季節はずれの低温害、高温害など
- 2) 気象に付随する現象の破壊力により間接的に起こる災害：大雨による洪水、気圧低下と強風に伴う高潮害、強風による高波など
- 3) 災害をもたらす現象が他にあり、気象によりその破壊力を集中または拡散させる災害：弱風時の大気汚染、強風で乾燥時の火災など
- 4) 気象によって起きた現象に伴う災害：海塩粒子が強風によって内陸部に運ばれることで発生する塩風害など

気象等要素	災害の種類	災害の概要
雨	水害	大雨の洪水による氾濫や浸水、土石流、地滑り等の斜面崩壊など
	干害	長期の水不足による農作物の生育不良、渇水など
風	強風害	強風や竜巻による建物や施設の倒壊、破損など
	塩風害	強風により運ばれた海塩粒子による植物や送電線などに起こる災害
雪	乾風害	乾燥した強風による植物の立ち枯れ災害、水稲被害など
	その他風害	風食、風じん、乱気流による航空への影響など
氷	雪害	風雪害、着雪害、積雪害、雪圧害、雪崩害など雪に起因する雪害。広義には雪と寒さに起因する凍害や凍上害なども含む。
	豪雪害	大雪害。大雪や暴風雪に伴う雪害
水	着氷害	船体着氷による航行障害など
	凍害	冬期の低温による水の凍結に伴う災害
気温	雨氷害	雨氷害による枝折れなど
	冷害	7~8月を中心とした暖候期の低温による農作物への被害
湿度	寒害	冬期に低温によって起こる災害
	高温害	夏期の酷暑害や日射病、冬期の暖冬害
雷	乾燥害	空気の乾燥によって起こる災害
	高湿害	高い湿度による腐敗や腐食
雹	落雷害	落雷や降雪によって起こる災害
	雹害	降雹によって起こる災害
霜	霜害	春期や秋期の降霜によって農作物に発生する災害
	高潮害	台風や発達した低気圧の来襲に伴い、海面が上昇し海水が陸地に浸入して起こる災害
波浪	異常潮害	台風などによる渦潮や津波以外の潮位の異常によって起こる災害
	波浪害	高波のために海岸や海上で起こる災害
その他	その他	大気汚染害、特定風向下の騒音害。強風下の火災害など

表 2.1.1 は、気象や水象、海象の各要因別に、主な気象災害をまとめたものである。

(3) 近年の気象災害の特徴

上記のように気象災害には様々なものがあるが、気象災害は人間活動と密接に関係するため、社会構造や経済活動の変化と共に、気象災害の様相も変化してきている。また、少量の降雪でも普段あまり雪の降らない地方では大きな災害になるなど、気象という外力に対する地域防災力の違いにより、気象災害の地域特性が生じている。近年の気象災害には、次のような特徴がある。

1) 都市化の進展と不適切な土地利用による災害の拡大

農地の宅地化等による保水・遊水機能の低下は洪水流量の増加をもたらし、中小河川の氾濫を招いている他、都市周辺の河川に急速に雨水が流れ込むことによる水害が増えている。また、一昔前であれば人が住まなかった場所に居住地が広がってきたため、土砂崩れなど斜面崩壊による災害が増加傾向にある。

2) 都市型水害

1999年6月の福岡水害では地下街に水が流れ込み死者が出た。また、2000年9月の東海地方での記録的な豪雨により、名古屋市内の地下鉄4駅が浸水し地下鉄路線が不通となるなど、地下空間への浸水災害が都市部での新たな災害形態として問題視されている。

3) 開発・国土改造による災害

道路網の発達に伴い、ひとたび豪雪により交通障害が起きると、道路ネットワーク全体に大きな影響が出るなど、インフラ整備に伴って災害規模の拡大するケースがある。

4) 都市特有の気象災害

ビル風と呼ばれる高層建築物による強風害や、ヒートアイランドによる都市部の気温上昇やこれに伴う雲の発生(東京都心で発生する環八雲が有名)など、都市の気象変化による新たな気象災害が報告されている。

5) 異常気象災害の増加

最近では、米を輸入するに至った1993年の大冷夏、翌年の猛暑、2002年の大暖冬など、異常気象が発生している。地球温暖化など人間活動に伴う環境問題に関係していると言われていたが、いずれにしても異常気象に伴う災害は増加する傾向にある。

(4) 異常気象

「異常気象」という言葉が良く聞かれるが、気象庁やWMO(世界気象機関)は、「一般には、過去30年間の気候から大きく外れた気象現象で、豪雨や暴風などの数時間の現象から数か月も続く干ばつ、極端な冷夏など」を異常気象としている。統計的には、過去30年間(10年ごとに更新)の平年値を基に、この30年間に観測されなかったような気象(平年値からの偏差が標準偏差の2倍以上となった場合)を異常気象としている(図2.1.1)。したがって、災害をもたらす気象が全て異常気象と言うわけではないが、異常気象を広義に解釈し、特に統計的な根拠を持たずに用語として使われるケースも多いのが現状である。

異常気象は社会や経済に及ぼす影響が大きいため重要視されるが、「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」によると、21世紀に予想される気候変化として、地球の平均気温の上昇、北半球中緯度などでの冬の降水量の増加、および極端な現象として、暑い日の増加、寒い日の

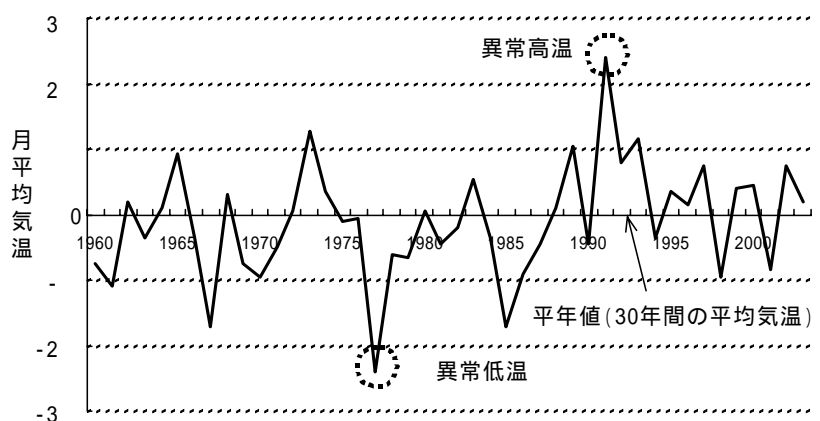


図 2.1.1 気温に関する異常気象の統計的イメージ

減少、強い降水現象の増加などを予想しており、対策の必要性を挙げている。

2.2 都市のヒートアイランド現象

近年、都市部に人口が集中することに伴う産業活動の集中、そこに生活する人間活動の活性化による人工的なエネルギーの放出などによって、本来その地域が持つ気候特性が崩れて、都市特有の気候が出来てしまうと言われている。この特有な気候が気温、例えば冬期間の都市部では郊外に比べて夜間放射冷却による気温の低下が少ないため、日最低気温が都市部では高くなる。このような時に等温線を描くと郊外から都市部に向かって高温となり、リング状の等値線が描け、その形状が島嶼の等高線に似ていることから、これを都市のヒートアイランド現象と称している。

図 2.2.1 は、大阪府の 8 月における 20 年前と現在の気温分布の状況を 15 時と 3 時について示したものである。夜間の 3 時に大阪市街域で気温が高くなっているのが顕著に現れている。

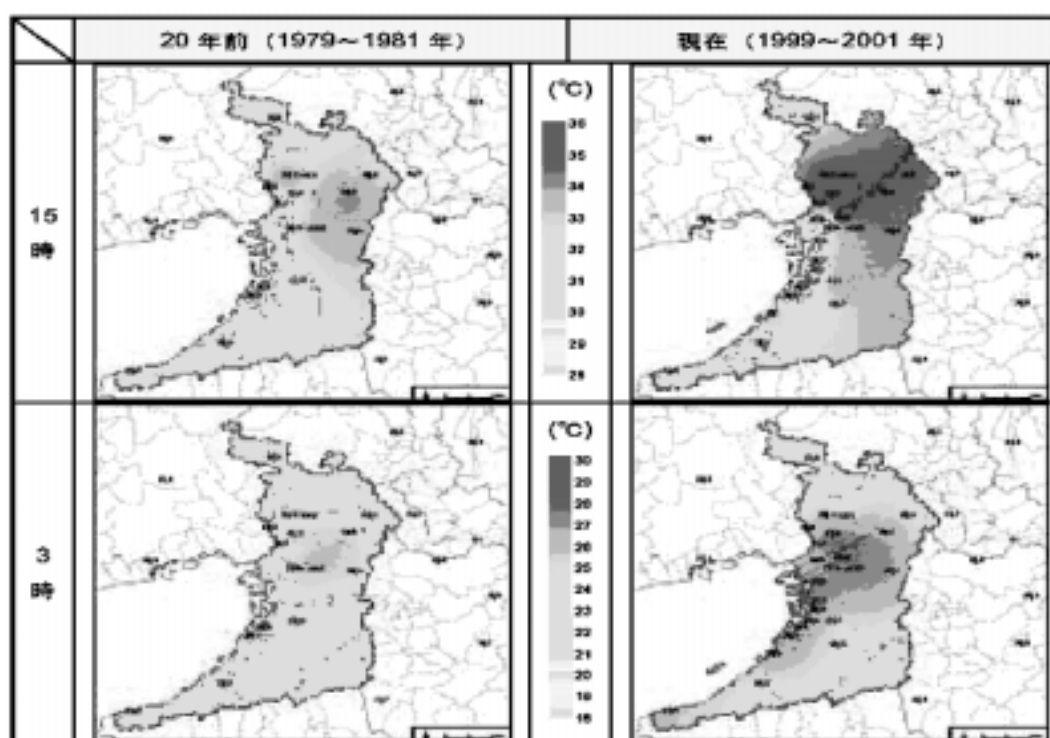


図 2.2.1 大阪府域の気温分布（8月の典型的な晴天日の平均値から作成）

一方、時間経過の中でどのようにヒートアイランド現象が顕在化しているかを、大都市と中小都市の年平均気温について比べてみた。（資料は 20 世紀の日本の気候：気象庁編 2002 年 5 月より）

人口が 90 万人以上の都市で長期にわたる均質な観測値が得られる地点として、札幌、仙台、東京、名古屋、京都、福岡を選び、中小都市としては網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、長野、水戸、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣の 17 地点を選んだ。次ページ図 2.2.2 は、棒グラフは各年の年平均気温の平均値（1971～2000 年の 30 年間平均値）との差、折れ線グラフはこれらの 5 年間移動平均を示した。

これらの結果、どの大都市でも上昇傾向を示し、中小都市でも弱いながら同様の傾向を示している。しかし、その変化量は中小都市が 100 年間で +1.0 であるのに対し、大都市の東京では 100 年間に +3.0 と大きくなって、ヒートアイランド化が顕著となっている。

実例として気温の上昇を示したが、その他に熱帯夜や真夏日の増加、冬日の減少等にヒートアイランド現象が顕著に現れている。

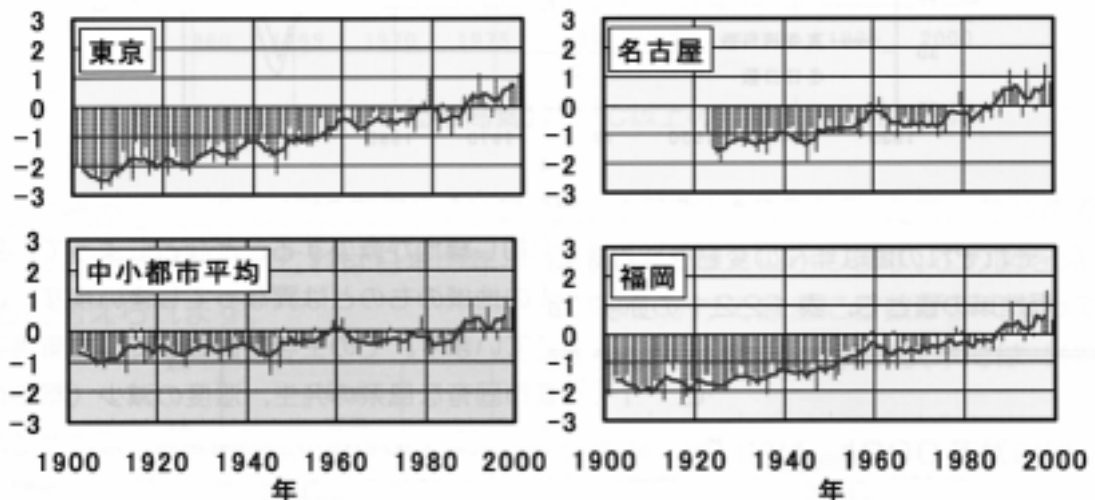


図 2.2.2 主な大都市及び中小都市を平均した年平均気温の経年変化（単位：℃）

（1）ヒートアイランド現象の原因

このようなヒートアイランド現象が起こる原因としては、

- ・ 産業活動の集中によるエネルギー需要の増加や、流通の拡大による車輛増加に伴う排熱
- ・ ビルなどでのエネルギー消化に伴う人工熱の増加
- ・ 緑化地域や水辺の減少
- ・ 道路や建築物の増加に伴う地表被覆物の変化による太陽輻射熱の増加
- ・ 建築物の障害による空気交換の減少

などがあげられる。

（2）ヒートアイランド現象の影響

このようなヒートアイランド現象による影響として、次のようなことがあげられる。

- ・ 気温の高温化や熱帯夜の増加による生活環境の変化（ストレスの増加）
- ・ 熱中症などの季節特有の病気の増加
- ・ 桜の開花や紅葉時期の早まりなど、植物生理の変化

（3）ヒートアイランド現象の対策

地球規模の現象として重要な課題となってきた地球の温暖化対策ともリンクしながら、局地的な気象現象であるヒートアイランド現象を減少・減速させるための対策として、

- ・ 人工熱の排出を低減させる工夫として、省エネルギータイプの電化製品の開発と導入
- ・ 夏季、クーラなどの適温利用の促進
- ・ 緑化事業の促進や水辺の回復
- ・ 地表被覆状況の改良
- ・ 自動車の都心部乗り入れの規制

などへの取組みが重要である。

しかし、いずれの場合も行政の積極的な指導と諸政策の実行、また都市に暮らす人々の環境に対する自己規制と理解が必要である。

2.3 風水害

（1）豪雨、台風等の状況

我が国では、毎年、6月下旬から7月中旬にかけての梅雨前線の活動や台風の接近・上陸等により、各地で豪雨が毎年発生している。

2002年は、13個の台風が日本列島に接近し、そのうち3個がいずれも東日本に上陸し大きな被害

を与えている。特に、関東地方に上陸した台風第6号は、死者・行方不明者7名、東日本を北に向かって縦断した台風第21号は、死者5名の人的被害を発生させている。

2004年は、過去最高の10個の台風が連続的に日本に上陸し、各地に記録的な雨量、風速をもたらし、甚大な被害を及ぼした。過去30年間で年間平均26.7個の台風が発生し、うち2.6個が北海道・本州・四国・九州のいずれかに上陸しているが、2004年は、その3倍以上の台風が上陸した。

表 2.3.1 2004年の記録的な風水害の状況

時期	台風等	総雨量、時間雨量、風速等の記録	死者・行方不明者数	家屋全壊 ()内は半壊	床上浸水 ()内は床下浸水
6月	6号	三重県宮川村 431mm	5	1 (2)	1 (41)
	10号 大雨	徳島県神山町 1243mm 高知県中村市 117mm/h	3	12 (15)	216 (2,418)
7月	福井 豪雨	福井県美山町 285mm	5	66 (135)	4,052 (9,674)
	新潟 豪雨	新潟県栃尾市 427mm	16	70 (5,354)	2,149 (6,208) 堤防破堤 11箇所
8月	15号 前線	愛媛四国中央市 610mm 宮崎県南郷村 123mm/h	10	17 (23)	695 (2,339)
	16号	宮崎県えびの市 821mm 鹿児島県枕崎瞬間最大風速 58m/s	17	29 (95)	16,799 (29,767)
9月	18号	宮崎県諸塚村 905mm 広島市瞬間最大風速 60m/s	45	109 (848)	1,598 (6,762)
	21号	三重県尾鷲市 904mm 鹿児島市瞬間最大風速 53m/s	27	66 (67)	5,703 (13,304)
10月	22号	静岡県御前崎 413mm 静岡県南伊豆町瞬間最大風速 68m/s	8	12 (32)	1,228 (3,361)
10月	23号	徳島県上勝町福原旭550mm 長崎雲仙岳瞬間最大風速 63.7m/s	84	71 (175)	16,708 (27,672)

資料：内閣府発表の被害状況（速報）より作成

(2) 水害の状況

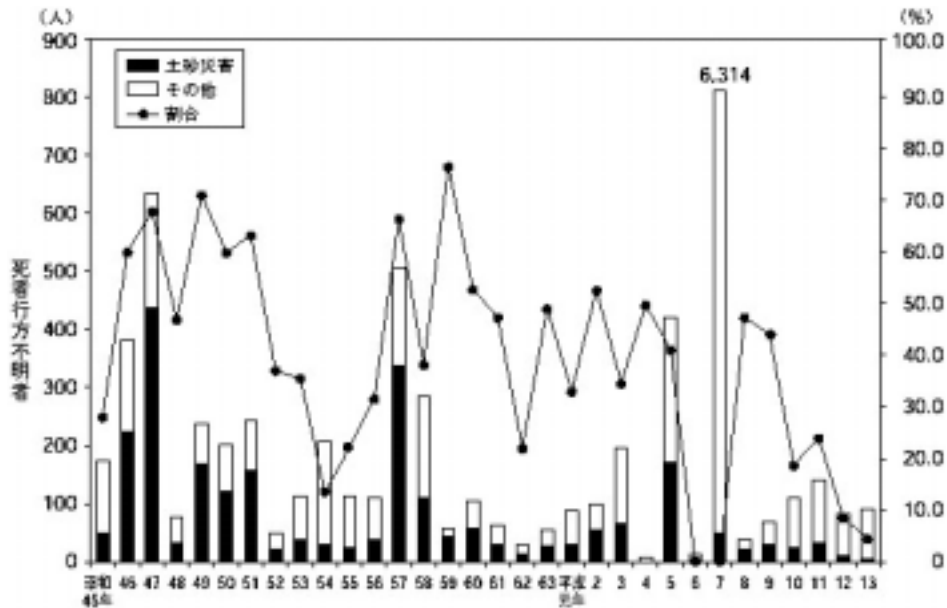
我が国においては治山・治水事業の推進等により、水害による浸水面積（水害面積）は、1982年～1986年の平均が77,420haであるのに対し、1997年～2001年の平均は35,360haと大幅に減少している。しかしながら、河川氾濫区域内への資産の集中・増大に伴い、近年、浸水面積当たりの一般資産被害額（水害密度）が急増している。2002年は、台風と梅雨前線の影響による豪雨で、東海地方から北海道にかけて、浸水などによる大きな被害が生じている。

原因別に見ると、河川流域内の開発の進展による流域の保水・遊水機能の低下に伴い、洪水や土砂流出が増大するとともに、河川氾濫区域への都市化の進展により被害対象が増加している。一方、都市河川、中小河川や下水道（雨水対策施設）等の整備水準は、未だ低いこともあり、全体の水害被害額に占める内水の割合が大きい。

(3) 土砂災害の状況

地すべり、土石流、がけ崩れといった土砂災害は、その原因となる土砂の移動が強大なエネルギーを持つとともに、突発的に発生することから、人的被害につながりやすく、また家屋等にも壊滅的な被害を与える場合が多い。

自然災害による犠牲者のうち、土砂災害による犠牲者の占める割合は、1984年に約80%に達したのをはじめとし、概ね50%前後の割合で推移しており、非常に大きな割合を占めている（図2.3.1）。



(財)砂防・地すべり技術センター「土砂災害の実態 2001」より内閣府作成

図 2.3.1 自然災害による死者・行方不明者の原因別状況の割合 (1970年～2001年)

一般に土砂災害は、土砂移動の発生形態により、大きく地すべり、土石流、がけ崩れに分類される。過去 20 年間の平均で、毎年約 840 件の土砂災害が発生している。発生件数の内訳は、がけ崩れが全体の約 64% を占め、死者・行方不明者もがけ崩れによるものが最も多い。

一方で地すべり・土石流は、がけ崩れに比べ発生件数は少ないが、阪神・淡路大震災に伴う西宮市での地すべり (34 名)、蒲原沢土石流災害 (14 名)、出水市の土石流災害 (21 名) など 1 件あたり多数の死者・行方不明者を出している。

(4) 風害の状況

風害は、飛来物による被害、建物・施設の損壊、高波、樹木の倒壊、フェーン現象による火災延焼などの形態がある。

1999 年には、愛知県の豊橋市、豊川市内を襲った竜巻により、365 名が負傷し、また、青森県で、強風と高波により入れ替え作業中の鉄道車輛が横転するなどの被害も発生している。

2001 年には台風第 16 号が 10 日あまり沖縄近辺に停滞したため、住家の破損や全半壊の被害が出ている。2002 年には、台風第 16 号が沖縄県を中心に、また台風第 21 号は関東地方から北海道にかけての広い範囲で、強風により多くの負傷者を出した。

2004 年には、台風 16 号が広島で最大瞬間風速 60.2m を記録するなど、沖縄、九州、中国、北海道で記録的な風、大雨、高潮による家屋倒壊、船舶座礁等で多数の死者・行方不明者を出している。

2.4 津波災害

(1) 津波の成因と特徴

津波のほとんどは、比較的浅い海域の断層破壊に伴う大地震(震源の深さ数 10km 以下、M6.5 以上)により広範囲に海底の隆起や沈降が起こることで発生する。このことに伴い海面の凹凸が生じそれが四方八方に伝わり海岸付近で異常な大波となる現象を津波という。

地震以外にも海底火山噴火や地震に伴う地すべり(海底を含む)により、大量の土砂が海底に滑り落ちることによって海水が大きく変動し津波となる事もある。

一般に、地震の規模が大きく、震源が浅く、縦ずれ成分が大きいほど津波は大きくなる。被害を伴う津波の発生は M6.5 程度以上の地震(浅い地震の場合)であり、特に M8.0 以上になると大きな被

害を伴う。震源の深さが 100km より深い場合は津波が発生することはまれである。

また、一般に津波の規模は地震の規模に比例するが、まれに規模が小さい割に大きな津波を伴う地震がある。このような地震を津波地震というが、津波地震は断層活動がゆっくりのため、震度も小さく地震の規模を過小評価する恐れがあるため、注意が必要である（1896 年の明治三陸津波等）。

最近、津波発生への恐れが指摘されている地震の発生確率を表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 津波発生への恐れのある地震の発生確率

地震名称	発生確率	発生規模
宮城沖地震	30 年以内 90%以上	M7.7
(三陸沖から房総半島まで)	30 年以内 30%	M8.2
東南海・南海地震	今世紀前半での発生が懸念	同時発生で M8.6
東海地震	いつ発生してもおかしくない	M8.0

津波の伝播速度は水深に依存するため、海岸に近づき水深が浅くなるにつれて、速度は遅くなるが波高は高くなる。海岸付近ではさらに水深が浅くなり、海底地形の影響を受け波高は急速に高くなる。特に V 字型の湾の奥や岬や島では波が集中するため、非常に大きくなることもある。

また、津波は河川を数 km も遡上し思わぬ箇所から浸水したり、陸上に達した後に斜面に沿って遡上現象を起こしたりする場合もあり、注意が必要である。さらに、津波は周期が長いため、他の護岸で反射したものが来襲するなど、一度押し寄せても再び第 2 波、第 3 波と繰り返し押し寄せ、必ずしも第 1 波が最大とは限らないため、留意する必要がある。

(2) 津波予報

気象庁が発表する津波予報は、各管内に設置した地震計データをオンラインリアルタイムの 24 時間体制で監視し、津波の発生への恐れがあると判断した場合に発表する仕組みが確立されている。

津波予報の種類を表 2.4.2 に示す。

表 2.4.2 津波予報の種類、解説、津波の高さ

予報の種類	解説	発表される津波の高さ
津波警報	大津波 高いところで 3 m 以上の津波が予想されますので、 嚴重に注意してください。	3m、4m、6m、 8m、10m 以上
	津波 高いところで 2 m 以上の津波が予想されますので、 警戒してください。	1m、2m
津波注意報	津波注意 高いところで 0.5m 程度の津波が予想されますので、 注意してください。	0.5m

注：津波の高さとは平常の海面から、津波によって高くなった高さをいう

(3) 津波の規模と被害

津波による災害は、陸上と海域における災害に大別出来る。陸上での災害は人的被害をはじめとして、家屋被害、防災構造物被害（護岸・岸壁・水門等）、火災延焼被害、経済被害（サービス停止）、ライフライン被害（上下水道、電力、ガス、通信）、交通被害（鉄道、道路、橋梁、港湾）、農業被害（耕作地への海水侵入）等がある。一方、海域での被害は防災構造物被害（防潮堤、津波防波堤等）、船舶被害、水産被害、地盤被害（土砂移動による洗掘）、油・木材流出（火災・延焼の原因、沿岸環境悪化）等があげられる。

津波現象の特徴を示すものの内、津波災害と密接な関係がある考えられる津波の高さと被害状況について示すと次ページ表 2.4.3 の通りである。

表 2.4.3 津波の波高と被害程度

津波強度	0	1	2	3	4	5
津波高 (m)	1	2	4	8	16	32
津波形態	緩斜面	岸で盛上る	沖でも水の壁 第二破碎波	先端に破碎を伴うものが増える	第1波でも巻き波破碎を起こす	
	急斜面	速い潮汐				
音響			全面破碎による連続音 (海鳴り、暴風雨)			
			浜での巻き波破碎波による大音響 (雷鳴、遠方では認識されない)			
			崖に衝突する大音響 (雷鳴、遠方、かなり遠くまで聞こえる)			
木造家屋	一部損壊		全面破壊			
石造家屋	構造的な損壊は受けない		資料なし		全面破壊	
鉄・コン・ビル	構造的な損壊は受けない			資料なし		全面破壊
漁船	被害発生		被害率 50%		被害率 100%	
防潮林被害 防潮林効果	被害軽微 津波軽減 漂流物阻止		部分的被害 漂流物阻止		全面的被害 無効果	
養殖筏	被害発生					
沿岸集落	被害発生		被害率 50%		被害率 100%	
打上高 (m)	1	2	4	8	16	32

(注) 表中、津波高 (m) は船舶・養殖筏など海上にあるものに対しては汀線における津波の高さ、家屋や防潮林など陸上にあるものに関しては地面から測った浸水深となっている。最下段は一集落全体を対象とした表現となっており、その集落の浸水域内で発生した最大遡上高 (最高打上げ高) (m) と、その浸水域内全体としての家屋被害率の被害程度となっている。

沿岸地域の地形特性やその利用形態によって津波被害の危険性は大きく異なる。以前に津波被害を受けた地域に於いても、ここ数十年の人口集中やインフラ施設の整備によりこれまでより大きな被害を受ける危険性が高く、特に人や施設が集中する商工業地域では津波による深刻な被害につながる可能性が高い。

また、海水浴や釣り、サーフィン・ヨット等の目的で観光客、レジャー客が集まる場所では、外来者が多いことから津波危険性や避難場所の認識が低く、避難行動が遅れるために、人的被害が増大する危険性がある。

このように津波対策は地域特性に応じたきめ細やかな対応が求められている。

2.5 雪害

雪害は、「雪が原因による災害」と位置付けられる場合もあるが、広義には「雪と寒さに起因する災害 (雪氷災害)」と定義される。雪害を原因から大きく分類すると、

- 1) 降雪時に発生するもの (風雪害、着雪害)
- 2) 降り積もった後の積雪が原因となるもの (積雪害、雪圧害、雪崩害)
- 3) 凍結によってもたらされるもの (凍害、凍上害、流水や結氷害)
- 4) 融雪時に発生するもの (融雪害)

に分けられる (図 2.5.1)。

雪害は、種類によって発生のタイミングが異なる。豪雪時や暴風雪時には、吹雪の視程障害や吹きだまりによる風雪害、送電線の切断等をもたらす着雪害、多量の積雪による交通障害等を引き起こす積雪害や雪崩害などが短期間に集中して発生する。雪の沈降力により施設の損傷等をもたらす雪圧害や、積雪害の一つである屋根雪に

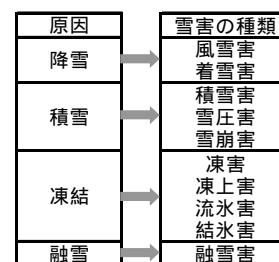


図 2.5.1 雪害の原因と種類

よる被害は、冬期間全般にわたって恒常的に発生する雪害である。このように、突発的に発生する一過性の動的性質と、徐々に積分されて被害が顕在化していく準静的性質の2つの性格を併せ持つのが、他の災害と異なる雪害の大きな特徴である。

雪害による被害規模は気象だけでは決まらない。例えば、同じ10cmの降雪量でも、元々降雪量の少ない太平洋側などの地域では社会・経済活動に大きな被害を与えるが、多雪地ではほとんど影響を与えないであろう。

雪害は、その発生原因、発生場所、被害対象によって様々な側面を持つ。他の自然災害と比べても、より社会・人間活動と関係が深く、日常性の強い災害と言える。

前ページ図 2.5.1 では雪害を降雪、積雪、凍結、融雪の大きく4つの原因で分類しているが、気象要因、これに伴う雪氷現象と、被害内容を掘り下げて整理したのが図 2.5.2 である。

雪害をもたらす気象要因は、降雪、風（強風）、気温（寒冷）の3つであり、これが積雪や吹きだまり、着雪氷、雪崩、融雪、凍上、凍結など様々な形を経て雪害をもたらす。

雪害の約半分以上は道路、鉄道、航空、船舶などの交通関係の障害であることから、図では交通障害と交通以外の障害の大きく2つに分けて整理している。

雪害は、社会システムや生活パターン等に敏感に関係するため、その内容は時代と共に変化し多様化すると共に、影響範囲も広域化している。雪害には社会条件が大きく関与するがゆえに、地域特性に応じた対応が求められている。

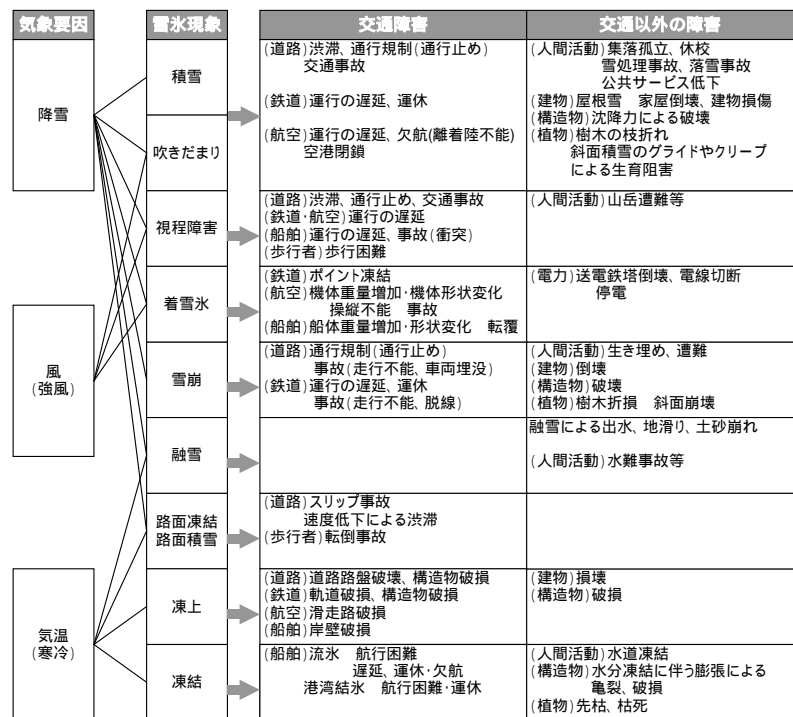


図 2.5.2 雪害の気象要因と雪氷現象及び被害内容

第3章 地震

キーワード：プレート、テクトニクス、モホ面、コンラッド面、強震観測、断層モデル、高密度強震計ネットワーク、K-NET、95型震度計

3.1 地震活動

(1) プレート活動

わが国の大地震の80%が太平洋の外縁に沿った、いわゆる「環太平洋ベルト」に集中する。日本列島は、このベルト地帯の上に乗っている(図3.1.1)。1960年代には、地球の表面は地殻とその下のマントル最上層部からなる厚さ数10~100kmほどの「プレート」によって包まれているという考えが、Morgan(1968)らによって提唱されていた。プレートとプレートの境界こそが、地殻の活動がきわめて活発で、たえず大地震や火山噴火を引き起こしている地帯と考えられるようになった。

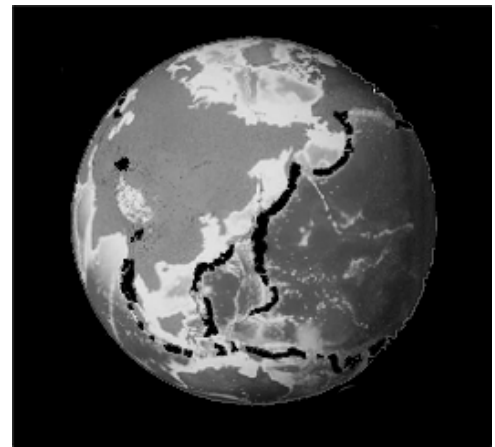


図3.1.1 世界の地震分布(吉井原図)

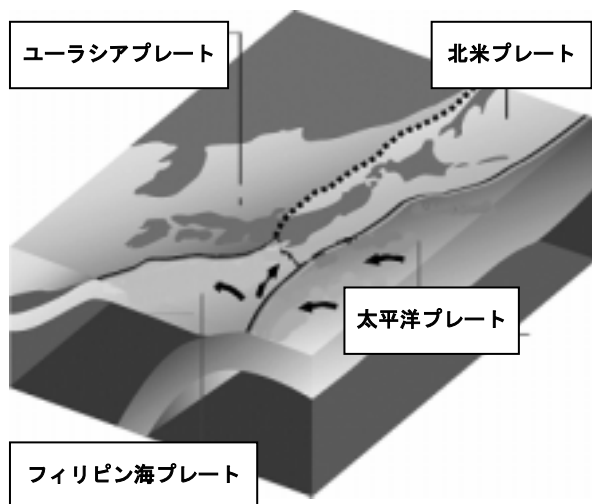


図3.1.2 日本列島近傍のプレート

海洋プレートはつねに大陸プレートの下に潜り込む。これは大陸プレートが軽く(密度が相対的に小さい)、他方、海洋プレートが重い(密度が大きい)ためだという。その潜り込む力がプレート境界にストレスを生じさせ、断層系が活動し、頻繁な地震の原因になっている。

日本近傍ではユーラシアプレート、北米プレート、太平洋プレートの3つの大きなプレートが会合し、それらに挟まれるように、フィリピン海プレートなどのやや小さなプレートが存在している。これらのプレート同士の相互作用が、日本列島とその周辺地域のテクトニクスを規定している(図3.1.2)。

近年のGPSによる地殻変動データの整備によって、プレート境界とプレート運動の不確定さは急速に改善されつつある。

(2) 地震断層(震源断層)の長さや深さの関係

プレート運動による引っ張りや圧縮の力が大地に歪を蓄積し、歪が限界に達すると地震が発生する。そのとき地下の岩盤が、断層面を境にして急速にずれ動くために地震が起こる。既存の断層を動かしたり、新たに断層を形成したりするような動きを断層運動と呼び、陸のプレート内部で断層運動が起こると陸域での震源の浅い地震が発生する。陸地では、断層運動を生じるような硬くてもろい岩盤があるのは、地下15~20km程度までで、陸域の地震は、せいぜい地下20kmまでの比較的浅い場所で起こる。それより深いところでは、温度が高いために岩盤が軟らかく、力がかかっても流動的に変形してしまうので、急激な破壊は起きないと考えられる。

地殻は、マントルに接しており、その境界面はモホ面と呼ばれている。また地殻は上部地殻と下部地殻の2層に分類される。その地殻同士の境界面はコンラッド面と呼ばれ、日本列島全体での平均深度は15km程度である。内陸地震を発生させるのはこの15km程度の内部に限られている。モホ面の下

部地殻では温度が高いために、岩盤が軟質となって流動し、地震を起こすような急激な破壊が生じない。そのため、中規模地震以上の地震では断層の破壊領域の深さは頭打ちとなる。したがって、地表面断層調査で震源断層の長さがわかれば、破壊領域（断层面）の面積を推定することができる（図 3.1.3）。

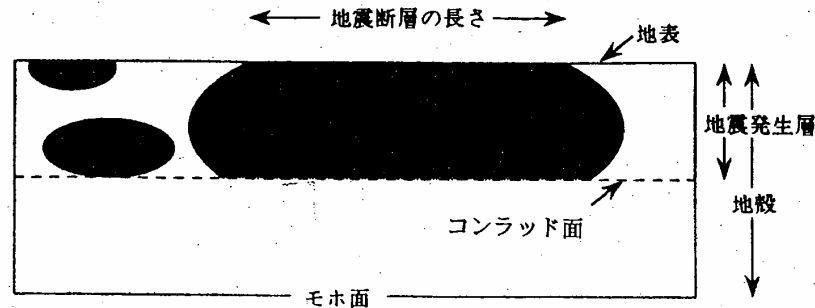


図 3.1.3 地震断層（震源断層）の長さと深さの関係

3.2 地震の予測

1976 年秋の日本地震学会で東海地震説が発表され、大規模地震対策特別措置法（大震法）が制定された。

2003 年には中央防災会議において、阪神・淡路大震災の教訓を踏まえ、近畿圏など大都市圏の地震防災対策を改善する必要性から「東南海、南海地震等に関する専門調査会」の調査に基づき、近畿圏と中部圏、西日本全域に関する計 3 つの地震防災対策大綱が策定されることとなった。

なお、初会合で、委員からは「内陸型に比べ、海溝型の地震は被害が広域で、応急対策がまったく違う。国の役割が重要」「予防だけでなく予知の取組みもすべき」などの意見が出された。それを踏まえ、2003 年 5 月と 12 月に東海地震および東南海・南海地震の「対策大綱」が相次いで発表された。

慶長地震から約 400 年、宝永地震から約 300 年、安政東海地震から約 150 年、昭和南海・東南海地震から約 60 年が経過した現在も地殻の歪みは着実に蓄積しており、また、昭和の地震では破壊を生じていない東海地震の切迫性は極めて高いとされている。

また、2004 年 8 月に発表された政府の地震調査委員会の報告では、関東地震を引起こした相模トラフの活動での、今後 30 年以内にマグニチュード 7 クラス程度の地震が起きる確率を 70 % と発表している。

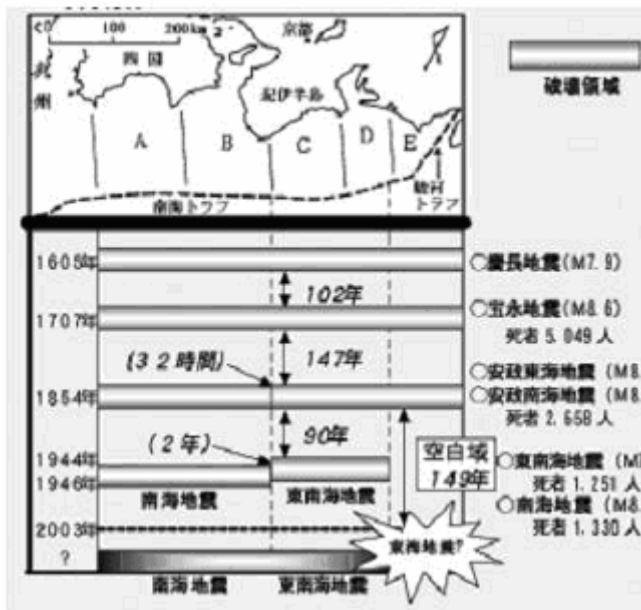


図 3.2.1 慶長、宝永、安政と昭和に起こった地震

(1) 東海地震



図3.2.2 2001年6月に公表された東海地震想定断層域に基づく震度分布

中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」は、よりの確な東海地震対策を講じるため、大震法制定後20数年間の観測データや科学的知見の蓄積をもとに、東海地震の地震像を再検討することとした。このような状況を踏まえ、2001年3月に同専門調査会が設置され、2001年12月、省庁再編後第3回目の中央防災会議で最終報告がなされた。

中央防災会議では、東海地震の想定震源域の見直しを行い、新たな想定震源域を設定した。この案では、これまでの想定域に比べ、静岡県西部までも含む地域が想定震源域に含まれている。これは、1944年の東

南海地震の未破壊領域を考慮した結果である。GPSが示唆するプレート境界面でのスリップは、主にこの新たに加わった想定震源域の部分で発生している。

(2) 東南海・南海地震

東南海地震、南海地震は、フィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界、中部日本から紀伊半島沖を通して四国沖に至る海溝(駿河トラフ、南海トラフ)で連動して発生する。江戸時代(慶長、宝永、安政)と昭和に起こった4度の地震の震源域を図3.2.1に示す。昭和の東南海・南海地震では、浜名湖周辺から足摺岬までの地域が震源域になっている。

東南海地震、南海地震は、今後30年以内に起きる確率が、前者は50%程度、後者は40%程度とされている。中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」の2001年12月の会合にて、この二つの海溝型巨大地震について震度予測が発表された。

それによると、東南海地震では、静岡県浜松市、愛知県知多市、三重県津市、奈良県五條市、和歌山県串本町が震度6弱以上、名古屋市、大津市、静岡市、大阪市、堺市が震度5弱～5強(場合によっては震度6弱以上)とされている。南海地震では五條市、串本町、和歌山市、徳島市、高知市、松山市が震度6弱以上、また津市、奈良市から宮崎県都農町までの主要都市が震度5弱～5強(場合によっては震度6弱以上)とされている(次ページ 図3.2.3)。

なお、2003年9月の会合では、「東海」「東南海」「南海」の3地震が同時発生した場合の被害想定が公表された。また、2004年9月5日に発生した東南海沖地震の発生に伴い、専門調査会はその翌日の9月6日の会合で、これまでの発生確率を50%から60%に引き上げている。

3.3 強震観測

日本における強震観測の歴史は、1951年に標準強震計を試作するための委員会が組織され、SMAC型(強震測定委員会(Strong Motion Accelerometer Committee)の頭文字)の強震計が作られて本格的観測に向け国内に広く設置されるようになった。

建設省(現国土交通省)が所管する公共土木施設の一般強震観測は、1957年に近畿地方建設局管内の猿谷ダムにSMAC型強震計を設置して開始された。2001年現在、建設省(現国土交通省)、北海道開発局、沖縄総合開発事務所(沖縄総合事務局開発建設部)が所管する河川、道路、ダム、砂防施設に敷設された880箇所の地震観測施設で観測が実施されており、観測された地震波は各種構造物の耐震設計や地震動特性の研究に活用されている。

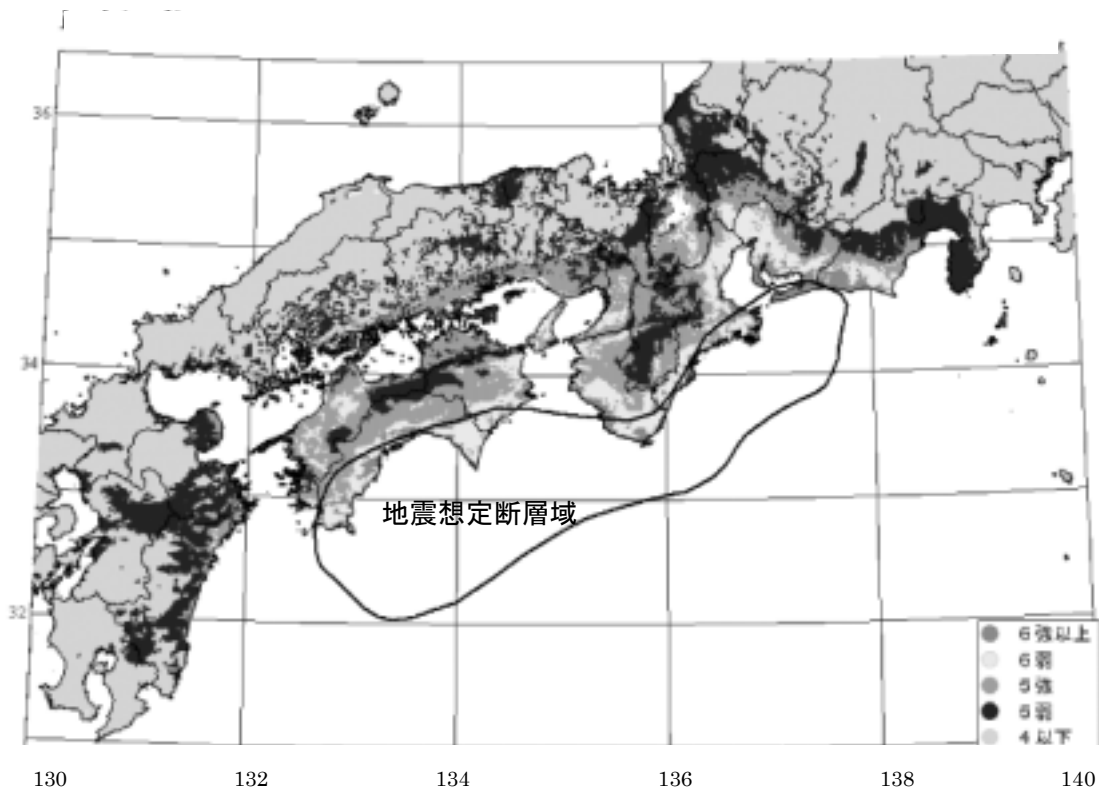


図 3.2.3 東南海・南海地震想定断層域に基づく震度分布

強震観測波形は耐震設計における入力地震動に用いられ、今では小地震の観測波は断層モデルに基づく大地震の種地震（経験的グリーン関数法）として用いられている。

高密度強震計ネットワークを構築した横浜市では、強震観測には大きく2つの目的があるとしている。1つは強震動を忠実に計測することにより強震動の発生要因の解明や地域の地震動特性の評価にデータを供給すること、もう1つは地震発生直後に地震動の状況を把握して災害対応機関などへ伝達する防災情報システムとしての役割を担うものとしている。

地震学会では、強震観測の最も重要な目的は、数十年から数百年に一回あるかどうかの地震動記録を捉え、地域による地震動特性の違いを明らかにし、震源や伝播媒質に関する情報を得る等の有効に利用することとしているが、阪神・淡路大震災から時を経るに従って、強震観測への社会的な関心が低くなり始めていることを危惧している。

(1) K-NET

K-NET (Kyoshin Net) は、1995年阪神・淡路大震災後に科学技術庁防災科学技術研究所（独）防災科学技術研究所）により全国1000地点（現在1001地点）に設置された強震計ネットワークであり、日本全国に約25km間隔で同一の加速度型強震計が設置されている。

記録は収録後直ちに公開されるとともに、自治体等の要請に応じて観測点から直接データを提供することができるよう、設計されたものである。観測点のデータ（気象庁震度で3以上）はホームページ(<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/quake>) に最大加速度値で公開され（次ページ 図3.3.1）、デジタル波形データもダウンロードが可能である。

(2) 気象庁による地震観測

気象庁におけるデジタル強震観測は、20kmを基本とした全国メッシュのうち約600箇所に95型震度計が設置されている。

それにより得られる波形データは、(財)気象業務支援センターを通じて提供されている。

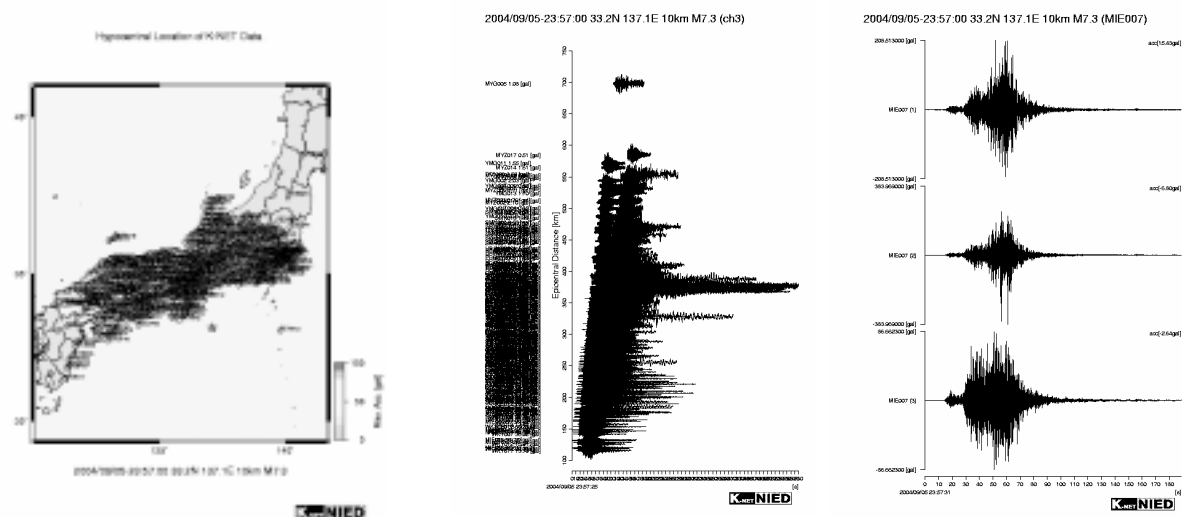


図 3.3.1 防災科学技術研究所 K-NET 観測波形データ例

(3) 国土交通省による地震観測

国土交通省では、所管の河川・道路施設の緊急点検の必要性や被災状況の予測評価など、初動体制における施設管理者の意志決定を支援することを目的として、全国に地震計ネットワークを整備している。

国土交通省の事務所、出張所あるいは道路、橋等の所管施設近傍の地盤（地表面）上に、20～40km 間隔で全国約 700 箇所の観測点を整備し、無線回線などによりオンライン化を図っている。国土技術政策総合研究所 地震防災研究室は、河川・道路施設等の地震計ネットワークで観測された最大加速度と S I 値（スペクトル強度値）の情報をホームページ(<http://www.nilim.go.jp/>)にて公開している。

(4) 港湾空港技術研究所による地震観測

独立行政法人港湾空港技術研究所では 1962 年より港湾地域において強震観測を実施し、1996 年末までに 5,223 個の強震記録が観測・蓄積されている。

1998 年 9 月現在では 60 港に 96 台の強震計が設置されている。これらの強震計で観測された記録は港湾施設の被害原因の究明や港湾構造物の耐震設計法の検討の基礎資料として利用されている。全国の港湾における強震観測の情報を掲載し、必要な情報を閲覧またはホームページ (<http://www.eq.ysk.nilim.go.jp/>) でダウンロードすることができる。

(5) 建築研究所による地震観測

独立行政法人建築研究所は耐震設計技術の向上に資することを目的に、地震動の特性と地震時の建物の挙動を観測する強震観測を実施している。

強震観測は 1957 年に始まり、現在全国で 70 を超える観測地点が稼働し、観測結果をホームページ (http://iisee.kenken.go.jp/smo/index_ja.html) で公開している。

(6) 横浜市

横浜市は、阪神・淡路大震災後以降の地震災害への対応策を検討する中で、地震発生直後に被害の状況を早期に把握する事を目的として、高密度強震計ネットワークを構築した。

このネットワークの震度分布はホームページ(<http://www.city.yokohama.jp>)で公開されている。

(7) 関西地震観測研究協議会

関西地震観測研究協議会は、阪神・淡路大震災後以前の 1994 年 4 月より観測を開始した会員制の任意団体であり、関西地域における組織的な強震観測体制の絶対的な不足を憂えた産官学の有志が、広周波数帯域および広動帯域の地震観測に適するように観測網を展開した。

地震直後の準即時的な情報伝達を狙った自動観測ソフトを運用し、会員には地震発生後、最大速度・計測震度情報等をホームページ(<http://www.ceorka.org>) およびメールにて配信している(図3.3.2)。

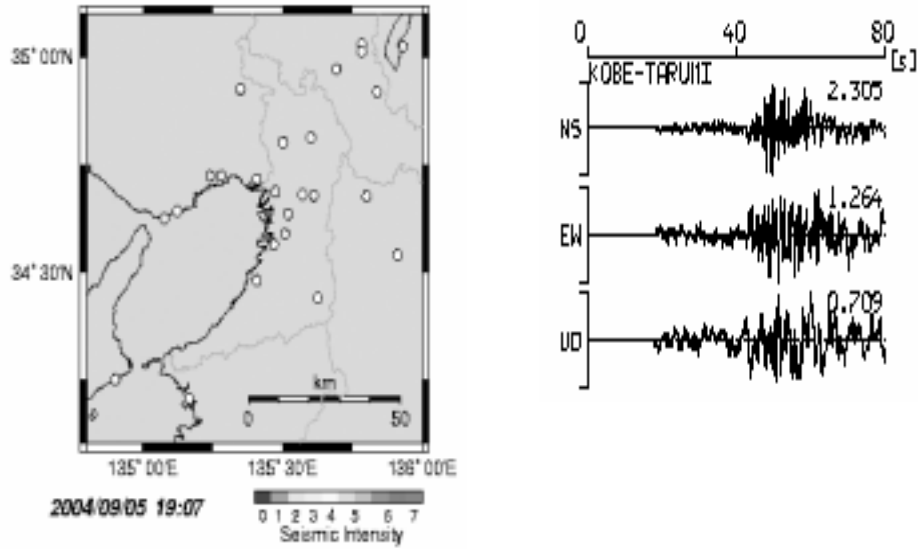


図 3.3.2

関西地震観測研究協議会でメール配信される地震発生後最大速度・計測震度情報例

第4章 土木構造物と耐震

キーワード：関東地震、兵庫県南部地震、モニタリング技術、応答スペクトル、じん性、塑性ヒンジ、非破壊検査、耐震補強工法、落橋防止システム

4.1 地震災害の概要

わが国における過去の主要な土木構造物の震災について述べる。明治以降の地震記録と耐震設計基準等の相互関係は、表 4.2.1 に示す。

(1) 濃尾地震 (M8.4)

1891年10月岐阜県内に震源をもつ大地震であり岐阜と福井両市を結ぶ地震断層が現れた。河川では、木曾川、長良川、揖斐川等の堤防亀裂が地盤面に達し、護岸施設及び樋門等の多数が大破した。揖斐川鉄道橋梁では、コンクリートを詰めた鑄鉄管杭の破損によりトラス橋3連が落橋した。木曾、長良川橋梁では、レンガ造アーチ型橋脚が井筒基礎の移動と沈下により破壊され落橋した。道路では、大断層が陸地に現れた初めての被災記録があった。根尾谷地区ではもっぱら水平すべりが大きく、水鳥村の大断層は横すべりはなく地盤沈下を呈し、その最大量は5.4m(18尺)であった。

(2) 関東地震 (M7.9)

1923年9月関東南部に発生し、そのエネルギーは大きく東京・横浜近隣で多くの死者と被害の大きいことは稀有のものであった。この地震を契機に、耐震技術が一気に見直された。河川の被害は、利根川をはじめとして主要10余河川を数え、堤防、護岸、水制、水門、樋門等の崩壊と土砂の流出による河床の埋設であった。港湾は、横浜、横須賀港の岸壁と棧橋の崩壊を見た。鉄道の被害は、切土部において、のり面や土留め壁の崩壊、盛土部では築堤の亀裂沈下により線路の埋設やレールの蛇行があった。橋梁は、下部構造の崩壊により落橋が著しかった。上水道では、水源山地の荒廃による河水汚濁が激しく浄化に多大な費用を要した。また取水堰の亀裂、導水路の崩壊、浄水池の亀裂崩壊及び配水管類の破損が著しく市民生活が困窮した。

(3) 福井地震 (M7.2)

1948年6月福井平野を震央として発生した。土木構造物の被害で特筆されるものは、橋梁の変状、堤防の陥没、線路の沈下と浮上、トンネルの変状であった。特に、橋梁下部構造の沈下、転倒が見られ、上部構造の落橋を招いている。鉄道においては、最大4.5mの沈下をうけ盛土の崩壊が目立った。道路においては、斜面崩壊、盛土崩壊およびコンクリート舗装の被害があった。上水道は、丸岡、福井、芦原において沈下等に伴い弁類管路が多数破壊した。

(4) 新潟地震 (M7.5)

1964年6月新潟県粟島南東を震源とし発生した。地震の特徴は、新潟市では信濃川の沖積層の締まっていない砂質層で地下水位の高い地盤をもつ流域がかなりあり、この地域の地盤から多量の噴水、噴砂現象があった。構造物の被害は、盛土の崩壊、橋梁の落下などがあった。また、製油工場の貯油槽からの出火があり数日間続いた。この地震より、耐震設計上では液状化問題と落橋防止構造が取り上げられ整理された。

(5) 十勝沖地震 (M7.0)

1968年5月、三陸沖でM7.0の地震が発生した。その被害領域は、北海道、青森及び岩手地方に及んだ。被害は死者49人、建物全壊673棟にいたっている。社会基盤施設の被害は、港湾の岸壁および防波堤、道路や鉄道の盛土などが目立った。鉄道においては、路盤亀裂、沈下、法面崩壊、レールや鉄橋のゆがみなどがあった。津波は、北海道、青森、岩手県に達し、岩手県湊では238cm、宮古では206cmに到達していた。

(6) 宮城沖地震 (M7.4)

1978年6月、宮城県金華山沖に深さ40kmを震源としたM7.4の地震が発生した。被害額は2,700億円に達し死者28名、1377棟の建物が全壊した。死者28名のうち、16名がブロックべいや石積みの崩壊によることで注目をあびている。社会基盤施設の被害としては国道346号中田町錦桜橋の第8

スパンゲルバー吊桁の落橋があった。白石市内の崖崩れでは土砂に埋まり行方不明者が発生した。また、迫町では、ビルの1階が圧壊した。

(7) 浦河沖地震 (M7.1)

1982年3月浦河沖震源深さ10kmで発生した。震害の特色は、静内橋橋脚の鉄筋段落部で著しいコンクリートの圧壊、剥離、鉄筋の露出が生じるとともに、これらに斜め方向にせん断クラックが発生していた。

(8) 日本海中部地震 (M7.7)

1983年5月能代市沖で発生した。本震の特色は、津波を伴っていたことと、砂地盤の液状化現象の規模の広がりが大きかったことであった。

(9) 釧路沖地震 (M7.8)

1993年1月釧路沖にて発生し、釧路、帯広方面にて震度6を記録した。道路の盛土区間の崩壊、橋梁の円柱橋脚のひび割れ、橋梁背面の陥没等が発生した。事後対応として、道東地域の道路網の耐震性の向上、既設構造物の安全基準の照査等が図られた。

(10) 北海道南西沖地震 (M7.8)

1993年7月に北海道南西沖、沖合100km、震源深さ約34kmの位置でM7.8の地震が発生した。震源地に近い奥尻島では震度6、北海道側江差、寿都では震度5、函館、青森、陸奥では震度4を記録した。この地震の特徴は、巨大津波の来襲であり大津波警報は地震発生5分後に北海道沿岸、その3分後に東北地方に出された。震源地に近い奥尻島では、発震後まもなく来襲しその被害は、甚大であった。津波による岸壁及び道路擁壁の被害もさることながら、大規模斜面崩壊や液状化による橋梁の被害があった。

(11) 北海道東方沖地震 (M8.1)

1994年10月に北海道東方でM8.1の関東大震災クラスの地震が発生した。本地震の特徴は一般の海洋型地震と異なりプレートのせん断破壊による形態であるといわれている。地震被害は、道路盛土の崩壊、橋梁背後の陥没、支承部付近の破損などであった。

(12) 兵庫県南部地震 (M7.2)

1995年1月、淡路島を震源とした六甲断層の活断層による内陸型地震が発生した。それらの代表的な被害を述べ、筆者の現場写真を図4.2.1、図4.2.2に示す。



図 4.1.2 阪神高速3号線 被災直後



図 4.2.2 ピルツ橋の崩落

橋脚の座屈、桁の移動等による落橋であり、この被害は当初設計で考慮した地震力よりはるかに大きい地震力が作用したと考えられる。

ライフライン：電柱の倒壊による送電線の断線や変電所の被災などで多くの停電が発生した。ガスは、834,000戸への供給を止めた。水道は、配水管の破損により60,000世帯が断水となった。

本地震は都市直下型大地震であり、社会基盤施設における耐震設計の根本的見直しを余儀なくされた。そして、防災幹線交通ネットワークの構築と安全な防災拠点の必要性が指摘された。

(13) 十勝沖地震 (M8.0)

2003年9月北海道十勝沖に深度42kmにM8.0の地震が発生した。釧路市、幕別町、浦河町などで震度6弱を記録した。道路は、路面陥没、盛土変状、法面崩壊、橋梁の損傷の被害を受けた。十勝川などの主要な堤防では亀裂の被害、十勝港、釧路港では岸壁の舗装部分の沈下による被害を受けた。

地震による津波ではエッジ波と呼ばれる海岸線に沿って押し寄せる波が発生し、これが原因となり例外的に長時間にわたり水平震動が継続したことが特徴のひとつであった。また河口から10km以上も河川を遡上したことも特徴である。苫小牧港では出光興産の原油貯蔵タンクが2日間にわたって炎上し、今回の長周期地震波の影響に驚愕した。

(14) 新潟県中越地震 (M6.8)

2004年10月新潟県中越地方の深度10kmでM6.8の地震が発生した。

新潟県中越地方は、人口密度が低く、高齢化が進む、日本の地方部の代表的な特色を持ち、その上に豪雪地帯であり、かつ全国でも有数の地すべり地域にある。

周辺地層は、信濃川とその支流が運ぶ土砂が厚く堆積し、地下の活断層の地震活動により、地面が波打つ褶曲帯をなし斜面はもろく、崩れやすい形態を呈している。本地震は、震源の浅い内陸直下型地震で震度7の激震が襲い、地すべりや斜面崩壊が至る所で発生した。直前に襲来した台風の大雨による地盤への影響も被害を拡大したと予想される。新幹線、関越自動車道等の広域交通基盤施設、地域の生活を支える道路、ライフラインへの被害は甚大である。10万人以上が避難生活を余儀なくされ、全壊・半壊の家屋が約7,435棟、公的施設の損壊12,000棟以上に及んだ。倒壊家屋等の撤去は、大半がこれからであり、強い余震で傾いた家屋や壁の崩落による、二次災害の危険性がある。ライフラインの復旧、宅地の危険地域や通行危険箇所の把握、土砂災害の実態把握とその復旧と安全対策、山村孤立問題など、積雪期に入る前に緊急に対応すべき課題が山積している。

4.2 道路橋における耐震設計法の変遷

我が国の耐震設計法は、明治以降の近代土木技術の進展により社会基盤整備が驚異的な速さで進められた反面、大きな地震を通じ、その尊い人命と大きな財産の損失を代償に進展してきたともいえる。

その大きなターニングポイントは、1923年の関東地震であり、もうひとつは1995年兵庫県南部地震である。

ここでは、明治以降の震害と基準類が比較的整理されている道路橋の耐震設計法を対象に次ページ表4.2.1により主な被害と耐震基準の変遷について述べる。

(1) 耐震設計指針の始まり

濃尾地震(1891)では、鉄道橋の鑄鉄杭基礎の破損や井筒基礎の変状に伴い落橋を含む被害を受けた。翌1892年、震災予防調査会が発足した。しかし、この段階ではまだ地震に関する取組みは為されていない。関東地震(1923)が発生し、首都圏では未曾有の大災害を被った。これを契機に、1926年「道路構造に関する細則(案)」として地震荷重が規定された。

1926年道路設計(内務省道路法)で初めて道路橋の耐震設計が公式に規定され、設計水平震度は0.1~0.4の範囲であった。1939年「鋼道路橋設計示方書」(内務省)が制定され、設計震度は、水平0.1、垂直0.1を同時に作用させるとした。

(2) 液状化問題対応と修正震度法の導入

南海（1946）、福井（1948）地震を経て、1956年「鋼道路橋示方書」が改訂され、設計震度を、水平0.1～0.35、垂直0.1を同時に作用させるとした。1960年新潟地震が発生し、砂地盤の液状化により下部工の沈下、傾斜により落橋や盛土の側方変形が目立った。1972年「道路橋耐震設計指針・同解説」を策定し、修正震度法の導入、落橋防止対策の規定や液状化の判定法を導入した。

表 4.2.1 主要地震と道路橋の耐震設計法の変遷

地震名	発生日月	マグニチュード	耐震設計指針の変遷
濃尾地震	1891, 10, 28	8.4	1892年に震災予防調査会発足
関東地震	1923, 09, 01	7.9	震災予防調査会は、関東大震災の震災報告後解散 1926年「大正15年道路構造に関する細則案(内務省道路法)」 ・地震荷重初めて規定された 1939年「昭和14年鋼道路橋設計示方書案」設計震度の標準化 ・設計震度は、水平0.1鉛直0.1を同時に作用させる
東南海(東海道)地震	1944, 12, 07	8.3	1956年「昭和31年鋼道路橋設計示方書」
南海地震	1946, 12, 21	8.1	・地域・地盤条件に応じた設計震度の補正
福井地震	1948, 06, 28	7.2	
釧路沖地震	1961, 11, 15	6.9	1967年本州四国連絡橋公団耐震設計指針において、「応答を考慮した修正設計法」が初めて指針の中に規定
十勝沖地震	1962, 04, 23	7.0	
新潟地震	1964, 06, 16	7.5	
十勝沖地震	1968, 05, 16	7.0	1972年「道路橋耐震設計指針・同解説」
伊豆半島沖地震	1974, 05, 09	6.9	・修正震度法の導入
宮城沖地震	1978, 06, 12	7.4	・落橋防止対策の規定 ・液状化判定法の導入
浦河沖地震	1982, 03, 21	7.1	1980年「道路橋示方書 同解説Ⅴ耐震設計編」
日本海中部地震	1983, 05, 26	7.7	・液状化に対する設計法の明確化 ・主鉄筋段落とし部の設計法の改良 ・動的解析法入力の規定・RC橋脚の変形性能照査
釧路沖地震	1993, 01, 15	7.8	1990年「道路橋示方書 同解説Ⅴ耐震設計編」
北海道南西沖地震	1993, 07, 12	7.8	・震度法と修正震度法の応答を考慮した震度法に統一
三陸はるか沖地震	1994, 12, 28	7.5	・液状化判定法の洗練化 ・設計振動単位の導入 ・RC橋脚の地震時保有体力法の明確化 ・動的解析の照査の明確化
兵庫県南部地震(阪神・淡路)	1995, 01, 17	7.2	1996年「道路橋示方書 同解説Ⅴ耐震設計編」 ・設計地震入力として内陸直下型地震を想定したものを追加 ・従来の震度法に加え、地震影響の大きい橋脚、基礎、支承部、落橋防止システム等の部材に地震時保有耐力法を適用 ・支承部、落橋防止システムの設計方法 ・その他非線形効果などの新規規定

土木構造物の耐震設計入門に一部加筆

(3) 変形性能照査と振動設計単位の導入

宮城県沖地震

(1978)では、支承部の被害が見られた。1980年「道路橋耐震設計指針・同解説」が改訂され、主鉄筋段落部の改良、RC橋脚の変形性能照査、動的解析用入力の規

定などを導入した。しかしながら、浦河沖地震(1982)では、RC橋脚の主鉄筋段落し部の損傷、日本海中部地震(1983)では、再度液状化による被害を受けた。

1990年「道路橋耐震設計指針・同解説」では更に改訂を行い、応答を考慮した震度法、液状化の判定法、振動設計単位の導入、RC橋脚の保有耐力照査法、動的解析による照査等の導入と見直しを図った。

(4) 直下型地震の考慮と動的振動解析の導入

1993年から1995年に至って、釧路沖地震(1993)、北海道南西沖地震(1993)、三陸はるか沖地震(1994)、兵庫県南部地震(1995)と大きな海洋型地震と未曾有の内陸直下型地震を受けた。それらの被害は、4.1で述べた。地震工学及び耐震工学は、ここで大きな岐路に立ったといえる。それまでの常識は完全にくつがえさせられた。地震動の評価や設計法は、これから動的問題へと移行した。

1996年「道路橋耐震設計指針・同解説 耐震編」では、設計地震入力として内陸直下型地震を追加し地震影響の大きい橋脚、基礎、支承を見直し、落橋防止システムの導入を図った。

4.3 耐震診断

土木構造物の多くはコンクリート構造で形成され、社会資本ストックとして長時間の使用に資するために維持管理が重要となる。昨今の高度なIT技術に伴う計測の高度化、あるいはモニタリング技

術の進展に伴い、既設構造物の安全性、使用性、環境適合性など性能の的確な把握が要求される。コンクリート構造物の劣化・損傷を予防・制御するためには、現状の構造物の状態を把握確認することが必要である。

ここでは、主としてコンクリート構造物の耐震診断について述べる。

(1) 保全のための診断

① 予防保全のための診断

事前保全のための診断は、モニタリング等のデータより劣化予測を行うものであり、その結果対策の必要がある場合は求められる耐久性能に応じた対策を検討することになる。事前対策事例として設計基準が改定され耐震強度をあげる場合、中性化の進行を抑制するための塗膜の塗布、塩害防止の遮塗装、エポキシ樹脂鉄筋の使用などがある。

② 事後保全のための診断

事後保全のための診断は、一般的に供用中の点検で劣化や損傷などの異常が発見され、初めて顕在化する。これらは、詳細な点検調査により評価・検討および対策が講じられる。コンクリート構造物の劣化、損傷としては、海岸部からの飛来塩分による鉄筋の腐食や塗装の剥離、建設時の塩分の含んだ海砂の使用による内的塩害、コンクリートのアルカリ骨材反応、凍結融解によるコンクリートの破壊などであり、鋼構造においては疲労と劣化がある。

図 4.3.1 鉄筋探査例

(2) 橋梁、トンネル、下水道施設の診断

① 橋梁

a) 橋の安全性の判定は、履歴データを用いた机上調査や現状寸法確認を行う。道路橋では活荷重、鉄道橋では列車の繰り返し回数と応力振幅により疲労などを検証するための載荷試験による応力、たわみを確認して橋の耐荷性能を評価する。その評価を基に、現状モデルに再現した構造解析や既往の研究成果を参考に破壊に至るまでの耐荷安全性を判定する。

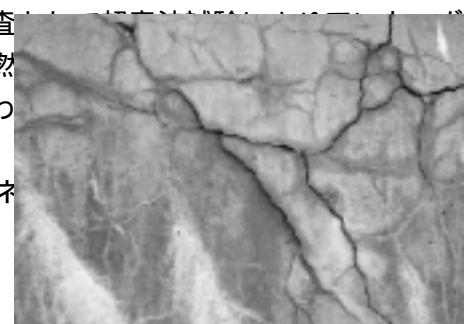
b) 橋の耐久性は、コンクリート構造では、中性化や塩害、コンクリートのひびわれおよび劣化、凍結融解による影響、アルカリ骨材反応、化学的腐食などある。鋼構造では、鋼材のさびと鋼材の剥離、溶接欠陥などの状況を把握し健全度を判定する。

c) 橋の変位等の計測は、走行安定性と乗り心地の確保という観点と整合性や下部構造の沈下、傾斜などを確認する。健全特性と性状を確認することにより、橋本体の耐震性、使用性を併せて、周辺環境との振動、騒音などの環境適合性も判断する。

d) 橋の点検事例は、主なものとして目視外観調査、寸法変状調査、上・下部工のコンクリートのひびわれ調査、支承の変状は寸法確認などがある。非破壊検査は、超音波探傷による位置確認(図 4.3.1)、自然

② トンネル

トンネルには、山岳トンネル、シールドトンネル、開削トンネルに関する調査は次のようになる。



- a) 地山と支保の安定に関する調査は、観察調査を主とし覆工の変状や地表の変化を確認する。
- b) 地山物性に関する調査は、地山試料試験により地山の物理的、工学的性質を確認する。
- c) 地山とトンネルの挙動に関する調査は、地山の挙動、内空変位、天端沈下、地中内変位、地滑り等を変位計や実施測量や航空測量などで確認する。
- d) 支保機能に関する調査は、覆工応力、覆工背面の空洞確認、覆工巻厚などをひずみレーダーや非破壊検査などで覆工コンクリート等の安全性を確認する。

③ 下水道施設

下水道施設における水処理水槽や地中埋設管などのような土木構造物は、一次診断のうち現地調査としては、荷重増分の確認、鉄筋コンクリートの劣化、地盤や地形の変状調査、伸縮継手の位置と状態調査からなる。一次調査の結果、性能低下により安全と評価されなかった場合、二次診断を行う。二次診断は、改築、改修を前提として構造計算を行うものであり、発生応力と現地調査から得られる材料強度の比較から安全性の評価・判定を行う。

4.4 土木構造物の耐震

土木構造物には、地上構造物、地中構造物、海洋構造物などがあり、材料的には土、コンクリート、鋼材がある。それらを設計するための耐震設計基準・指針類は、土木学会、J R、日本道路協会、首都高速道路公団、本州四国連絡橋公団、国土交通省、経済産業省などから発刊されている。

(1) 耐震設計

耐震設計の目的は、兵庫県南部地震の被災以前は、「いかに地震に対して抵抗できる構造物を造るか」とあった。しかし被災以降、土木学会コンクリート標準示方書では、「耐震設計は、地震時の安全性を確保するとともに、人命の損失を生じさせるような壊滅的な損傷の発生を防ぐこと、および地域住民の生活や生産活動に支障を与えるような機能の低下を極力抑制することを目標として行われなければならない」と条文に述べられている。

(2) 耐震設計の基本項目

耐震設計の流れは、図 4.4.1 の様に整理できる。土木構造物は地震によって揺れが発生し、そこを耐震技術としてどのように制御するかということになる。最近の設計手法は、静的解析法から動的解析法へと移行し、新たなキーワードとして動的解析と関連した入力地震動、塑性、じん性、スペクトルなどの基本的事項について要点を述べる。

① 静的解析と動的解析の違い

耐震設計では、静的解析と動的解析の2つに分けられる。

図 4.4.2 にみられるように、前者では、震度法や地震時保有耐力法のように地震時に相当する慣性力として静的な力で押した時に構造物に発生する変形や応力を計算する。これに対し、後者では地震

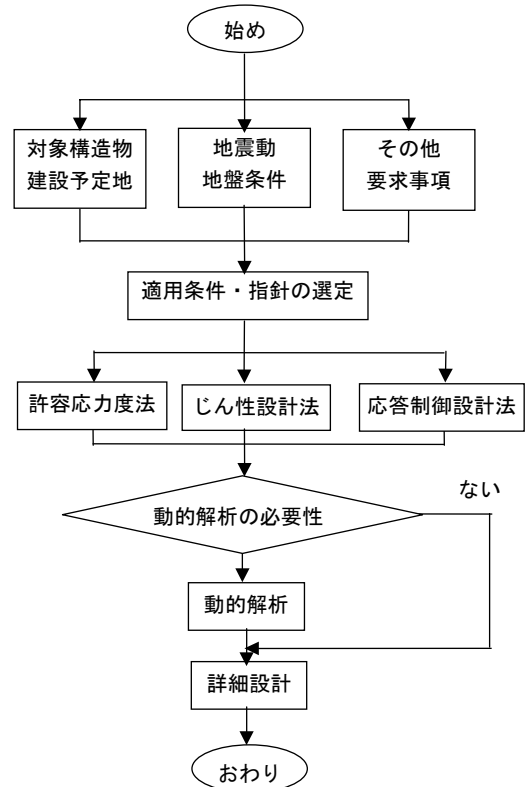


図 4.4.1 耐震設計の流れ

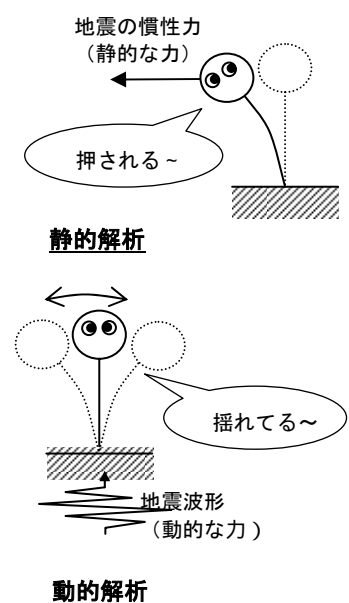


図 4.4.2 静的・動的解析

により発生する動的な地震波形により揺らされたときの構造物に発生する変形や応力を計算する。動的解析には、応答スペクトル法、直接積分法、複素応答法等がある。

② 耐震設計想定地震動

兵庫県南部地震の教訓により土木学会の提言を受けて、想定地震動として海洋型地震動に加え内陸型地震動が加わった。各機関の耐震設計基準として地震動がL1とL2に分化した。L1地震動は、従来の経験を有したものであり、すべての構造物が設計耐用期間中に数回程度受けるレベルの地震を想定している。L2地震動は、設計耐用期間中に発生する確率は小さいが非常に強いレベルの地震動であって、これまでに考慮されたM8クラスの海洋型地震や兵庫県南部地震に代表される内陸型地震も対象にしている。その応答スペクトルは、スペクトルとし、統計的海洋型地震動から得られ、は統計的内陸型地震動から得られた地震動である。

③ 構造物のじん性と塑性化

じん性とは、構造物が著しく耐力や剛性を失うことなく繰り返し作用する荷重に対して塑性的に変形できることを表し、与えられた応答変位と降伏変位の比をじん性率という。現基準ではそのじん性率を規定し安全の目安としている。

一方塑性化とは、力が大きくかかる事によって構造部材が歪み、応力が大きくなり、最初にもっていた特性（剛性、減衰性）が変化し戻らないことを言う。

一般に塑性化することによって剛性は低下し、減衰性は増大する傾向があり、簡単に言うと壊れる直前の状態と言える。そのため弾性域では、力をとりのぞけば元に戻るが、塑性域に一度入ってしまうとその変形や応力は元には戻らない状態となってしまう。

④ 応答スペクトル法と直接積分法

応答スペクトル法は、各節点の応答を固有ベクトルで表し、その影響の強さを地震入力に対し各固有モードごとに1自由度系としての応答（応答スペクトル）を求め、それらを重ね合わせて最大応答分布を求める方法であり、簡易的な動的解析として線形計算に用いられている。

これに用いられる応答スペクトルは、図4.4.3に示した地震波を固有周期の違う1自由度系の構造物に入力したときの応答値を表したもの(a)であり、応答スペクトルから解くことは、「入力した地震波がどのような固有周期を持つ構造物を一番良く揺らすか？」ということである。応答スペクトルは、1自由度（1節点で水平方向のみ変形）の固有周期の違った構造物を地震波で揺らし、その周期ごとに応答の最大値をグラフ化したものである(b)。つまり、応答加速度の最大値を使えば、加速度応答スペクトルとなる(c)。

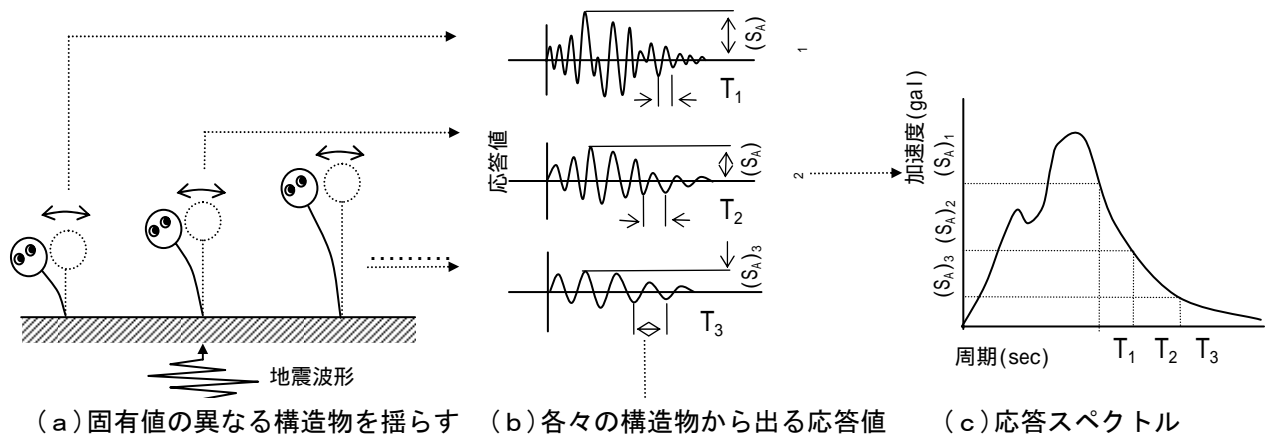


図 4.4.3 応答スペクトル

直接積分法は、ある時間において地震力から多自由度の運動方程式の釣り合いを求め、この微分方程式を直接積分する事によって逐次、時刻歴の応答を求めていく方法である。この方法の特徴は、応

答の経時変化を知ることが出来、非線形性を考慮して計算を行うことである。

(3) 耐震設計法

昨今の構造物の耐震設計法は、動的設計によりその構造物のニーズを満足し構造物の耐力限までの破壊状態を把握した設計となる。

ここに、減災のかかりとして新たな耐震設計の取組みを述べる。

① 耐震設計法の分類

土木構造物の耐震設計法は、図 4.4.1 に示すように許容応力度法、じん性設計法、応答制御設計法の様に分類される。

許容応力度法は、従来型であり想定する設計地震が小さい場合には要求耐震性能とその限界状態を照査するのに一定の妥当性をもつ簡便な設計法といえる。

じん性設計法は、地震活動度、材料強度の信頼性、施工誤差、解析誤差などを勘案するとともに、想定地震動レベルと限界状態に応じた構造物の弾塑性挙動や損傷メカニズムに配慮した計算法を用いる設計法(限界状態設計法)である。特にじん性設計法は、構造本体の損傷を前提とした耐震設計であり、地震後の構造物の復旧・補強は必要となる。応答制御設計法は、受動的に地震エネルギーを消費する免震支承、オイルダンパーなどによる免震機構技術と能動的に地震エネルギーを消費するシステムなどがある。さらに減衰装置などによる制震機構技術を用いたシステムなどがある。

② 制震・免震設計

構造物の耐震構造は、構造物の保有する耐力のみで地震力に対処する。ここで言う耐力とは、弾性設計で扱う強度と弾塑性設計法におけるじん性である。免震構造は、装置を用いて構造物と地盤のつながりを柔軟化や減衰を付加して応答を低下させる、地震動が構造物に伝わるエネルギー吸収機能により制御される。免震橋梁では、免震支承などを用い固有周期を長くして地震力を低減する事例がある。制震設計としては、吊橋や斜張橋等では制震装置を用いて振動制御を行っている。

③ 基礎～地盤を考慮した耐震設計

兵庫県南部地震にみられるように、基礎杭の破断、損傷や基礎を有する岸壁の被害、液状化などで周知のように地盤と構造物の動的相互作用も避けて通れないことがわかる。一般的には二通りの方法があり、ひとつは基礎を支持バネに置き換えする解析法である。もう一つは、地盤-基礎-上部構造物一体解析法である。これを精度よく算定し構造物の耐震性能を把握する場合には、地盤と基礎に関する設計諸定数の評価や境界条件などに大きく影響される。種々の解析手法とモデル化を適切に配慮する必要がある。

④ 性能設計における耐震設計

性能設計法とは、「自由な設計手法、設計手順で要求性能を満足する設計法」と定義される。ここで要求性能の明確さが重要である。橋梁を例に掲げると、その要求性能は、安全性、使用性、復旧性にある。さらに橋の耐震上の要求性能として、耐震性能 1 として、地震後にも機能は健全で補修をしないで使用できる。耐震性能 2 は、地震後に機能が短期的に回復でき補強を必要としない。耐震性能 3 は、地震によって構造物全体系が崩壊しないとなる。これらについて、どの地震動レベルで、どんな極限状態なのかを検討しなければならない。

4.5 ライフラインの耐震

ライフライン施設は、水道、下水道、ガス、石油、電気はじめ、道路、トンネル、共同溝さらに広義には下水道処理場、地下駐車場など幅広い地下構造物がある。

それらに関わる主な基準類を表 4.5.1 に示す。

表 4.5.1 主なライフライン関係指針類

基準名	発行先	制定時期
沈埋トンネル耐震設計指針(案)	(社)土木学会	1975
トンネル示方音・同解説	(社)土木学会	1996
水道施設耐震工法指針・解説	(社)日本水道協会	1997
下水道施設の耐震対策指針と解説	(社)日本下水道協会	1997
ガス管耐震設計指針	(社)日本ガス協会	1982
共同溝設計指針	(社)日本道路協会	1986
駐車場設計・施工指針・同解説	(社)日本道路協会	1992
石油パイプライン技術基準	現国土交通省他	1973

(1) ライフラインの震害

ライフラインの震害は、4.1で述べたように関東地震や福井地震を契機に水道管の被害が地盤の歪みに関わるものであることがわかった。さらに、新潟地震や日本海中部地震では、砂地盤の液状化による被害が顕著となった。さらに兵庫県南部地震においては、それらを包括する大被害を被った。

(2) 耐震設計法

ライフラインにおける耐震設計法は、震度法、応答変位法および動的解析法がある。応答変位法は地中部構造物の耐震設計のために考え出された方法であり、応答変位法の概要について述べる。

応答変位法は、地震時に地盤に生じる変位や変形を主たる地震荷重とみなして計算する設計法である。地下構造物は、地震時に地盤に生じる変形にともなって変形する。このため、地震時に地盤に生じる変形を推定し、これを設計外力として地盤バネを介して静的に地下構造物に作用させて構造物に生じる変位、変形等を算出し、これを許容値と比較して耐震性を照査する。

有限要素法による地下トンネルと周辺地盤との安全確認の方法として、表4.5.1にその事例を示した。

(3) 各種ライフラインの耐震

① 埋設管の耐震

埋設管は、石油パイプライン、ガス管および上下水道管に用いられている。

地中部における埋設管は、地震時に地形や地質条件が複雑に変化する領域で被害を受けやすく、また液状化地域における被害率が高い。これらは、地盤の歪みと埋設管の歪みが相似状態にあることが過去の震害で明らかになっている。

過去の多くの被災経験や研究から、埋設管の耐震性能の検討は、地震時の地盤歪みに基づいて行うのが適切と判断されている。

さらに、細部設計においては、地盤条件が変化する場合の断面力の割り増しや継手を設けた場合の断面力の低減などが配慮されている。

② シールドトンネルの耐震

シールドトンネルは、シールド掘削機で地中を掘り進みながら覆工部材を組み立ててトンネルを構築する。最近では地下鉄、道路トンネル、上下水道幹線、電力線や通信線の洞道などの都市内トンネルに多く施工されている。

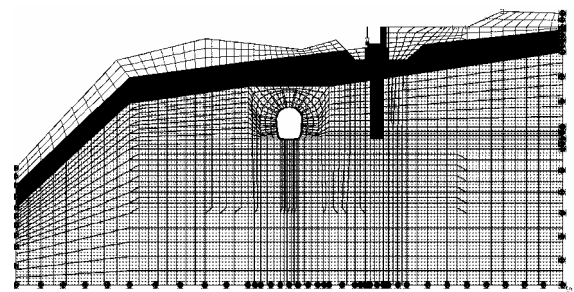
トンネル長手方向の耐震設計は、力学モデルの作成としてセグメントと継手で組み立てられた覆工の長手方向の剛性を適切に評価を行い、はりモデルに置き換える。二次覆工のある場合には、一次覆工との接合条件を考慮して剛性を評価しモデル化する。

耐震計算として、応答変位法または動的解析法により解析する。動的解析においては、等価剛性ははりモデルの際に地盤バネを介する考慮が必要である。横断方向解析は、応答変位法においてトンネル横断面に生じる地震時増分断面力を静的解析によって算定する。

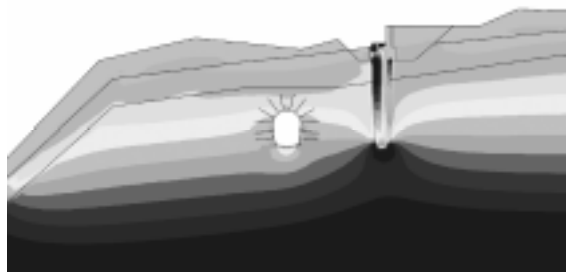
動的解析は、図4.5.1に示したようにトンネルと周辺地盤を一体として解析する。

③ 地下構造物に向けた免震技術

先に、述べたように地下構造物は地盤の変形に追随する特徴がある。そのため、構造物の剛性が高まると地震時断面力が増分することになる。そのために、地震時増分断面力の低減を図ることが必要



解析モデル



主応力図

図 4.5.1 地下トンネルの有限要素解析

となる。

その方策として、地震時の地盤の変形が地下構造物に伝わりにくくすることや、地下構造物のみかけの剛性を小さくして、地震時の地盤の変形の増大をさけることが考えられる。

免震技術の事例は、可とう性継手を配置する構造、シールドトンネルのリング継手の剛性を低減させる構造、シールドトンネルのリング継手にプレストレスを導入する構造、免震材を用いる方法などがある。

4.6 道路橋の耐震補強

兵庫県南部地震の土木構造物の震害は、地盤の液状化、橋梁構造物の崩壊、特に橋脚基部の曲げ破壊、主筋段落し部破壊、せん断破壊などが代表的であり、脆性的破壊を防止してねばり強い構造にする補強の考え方が要求される。

(1) 耐震補強の基本

耐震補強の考え方と主たる補強工法について概説するが、詳細については(社)日本道路協会「道路橋示方書・同解説」などの関係指針および参考資料を参照いただきたい。

既設橋梁の補強では、橋梁全体系のじん性を向上させてねばり強い構造とすることが重要である。たとえば鉄筋コンクリート橋脚では

固有周期の算定における基礎地盤の変形の影響の取扱いについて、耐震安全性上、既設橋では新橋の場合と異なることがありその影響を配慮して扱う

塑性ヒンジの取扱いとして、既設橋脚を鋼板や鉄筋コンクリートで巻き立てると新橋と比較して塑性ヒンジ長が短くなることが明らかになり、実験の結果補正係数を0.8として塑性ヒンジ長が算定される

既設橋脚で構造細目を満足していない帯鉄筋について、鋼板や鉄筋コンクリート巻き立ての場合、既設断面内の帯鉄筋を横拘束として考慮される

などについて留意されたい。

(2) 耐震補強工法例

ここに、橋脚の耐震補強例として図4.6.1に示す。本例は、軸方向力、曲げモーメントおよびせん断力をうける橋脚であり、脚柱に鉄筋コンクリート巻き立てと鋼板巻き立てを施した事例である。次に、耐震補強工法事例として図4.6.2を用いて概説する。

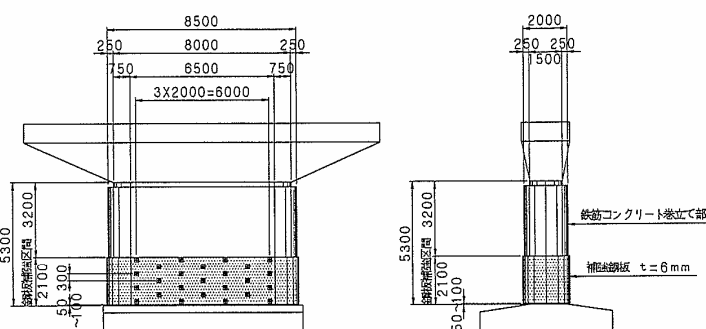


図 4.6.1 橋梁耐震補強例

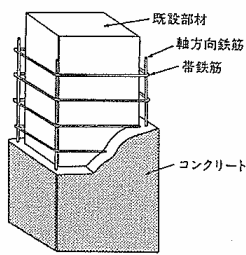
a) **コンクリート巻き立て工法**
コンクリート巻き立て工法は、既設構造物との接合面をチップング等の表面処理を行い、曲げ耐力、せん断耐力およびじん性を満足し、既設断面と一体化した補強工法である。

b) 鋼板巻き立て工法

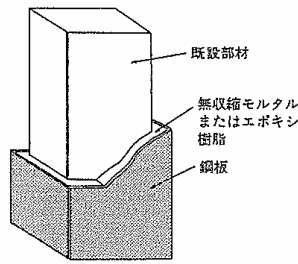
鋼板巻き立て工法では、鋼板で囲まれたコンクリート断面は既設部材断面と一体化しているとして断面形状が増加したRC断面として仮定し設計する。

c) 繊維シート巻き立て工法

繊維シート巻き立て工法には、炭素繊維とアラミド繊維の2通りがある。補強せん断耐力をコンクリートの分担分、せん断補強鉄筋分および繊維シートの分担分の総和として算定し補強に用いられる。これらは、JRの電化区間や地下鉄函体RC柱などに用いられている。



(a) コンクリート巻き立て工法



(c) 繊維シート巻き立て工法

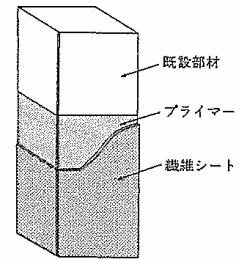


図 4.6.2 耐震補強工法図

(3) 落橋防止システム

兵庫県南部地震では、阪神高速3号線や西宮大橋の落橋にみられるように、隣接する橋の桁間に生じた衝突や桁間連結装置を介して一方の桁から隣接する桁に伝達された地震力によって被害を受けた橋が多く存在した。

橋梁に代表されるように、いくつかの部位の耐震性能の保有も重要であるが、それらを含む全体系の耐震構造システムにおける支承、変位制限構造および落橋防止構造の耐震性能も重視しなければならない。

① 橋梁の耐震性能

橋梁における目標とする耐震性能は、供用中に発生する確率の高い地震動に対して健全度を損なわないこと、また確率は低い地震動には標準的な橋では落橋等を防止し重要度の高い橋では早期復旧可能な損傷にとどめる。

落橋防止システムは、橋の重要度、構造および立地条件などから検討する。

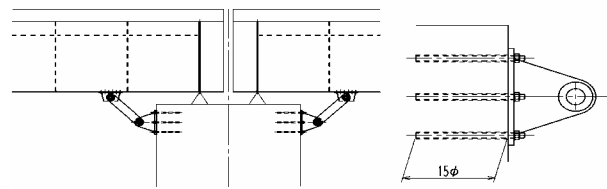
② 橋梁の落橋防止システム

落橋防止システムに要求される性能は、変位制限、落橋防止構造、桁かかり長および段差防止構造から構成される全体系に及ぶため、各々の必要な機能を生かした配置とする。

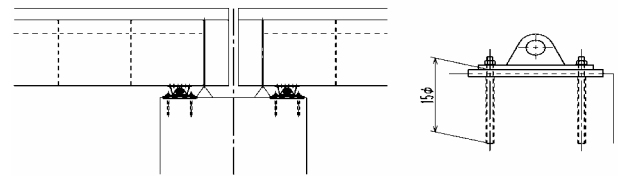
③ 落橋防止装置

落橋防止装置の種類として、図 4.6.3 に緩衝ピン型として

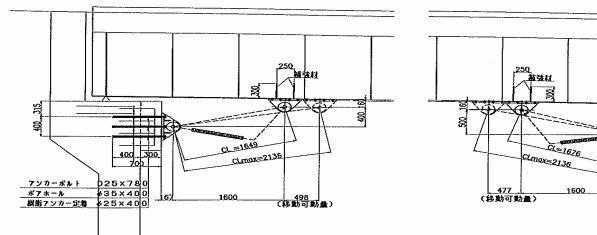
- (a) 沓座定着型緩衝ピン、
 - (b) 柱全面定着横型緩衝ピン
- また緩衝チェーン型として
- (c) 緩衝チェーン
- を示した。



(a) 沓座定着型緩衝ピン



(b) 柱全面定着横型緩衝ピン



(c) 緩衝チェーン

図 4.6.3 落橋防止装置

第5章 建築物・建築設備と減災

キーワード：建築基準法、新耐震設計法、性能設計、耐震構造、免震構造、制震構造、耐火設計、耐風設計、耐震補強、設備耐震、排水貯留、フェールセーフ、自立性能

5.1 建築物災害の概要

(1) 建築と災害

建築物は、生存の原点である。その基本的な機能は、災害から身体・生命を護るための容器(Shelter) である。適度なアメニティを確保しつつ、建物の健全な機能の維持と保全は、昔も今も将来も変わらない人類共通の課題である。

技術者は、これまでの諸災害の記録から余すことなく「真実と教訓」を読み取り、学問や技術の向上に努め、不幸な同じ轍を踏まない合理的な対応が望まれる。

(2) 建築に潜在する災害のリスク

① 事故(人為的)災害

事故災害は、火災(失火、漏電、放火、地震後の発火又は類焼)、ガス爆発、空爆、違反建築等、その原因は、現在の技術基準に適合しないか、または、使用方法が適正でないためである。

火災は、被害経験が多く、予め被害原因と被害程度が予測されるので適切な対策が講じられる。社会的には消防体制の整備が進み、ハード、ソフトの面で住民の火災安全保護が図られている。

② 自然災害

自然災害は、現在予知が相当難しい地震と竜巻を除いて、観測網の整備によって発生原因の解明が即座になされ、災害の発生から来襲までの時間差を利用して災害に向き合える準備が可能である。

(3) 減災への着眼と課題

建築に関する減災は、建築および建築物に関わる特性、問題点を把握することが第一歩である。

① 建築基準法について

法の目的は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、以って公共の福祉の増進に資することとしている。

建築基準法が改正されると以前の建築物は違反となるものが続出する事態となる。法は、原則的に遡って適用されない。耐震補強については、適用例外が認められる。

② 公共建築物、法人、団体、個人等の広範な建築主

最近では1つの建物も区分所有化されたものもあり、権利関係が複雑である。また、所有者と建物の利用者は一致していないものが多い。

③ 多種多様な建物用途と安全上の分類

ア．施設の用途による重要度からの分類

- ・災害応急対策活動に必要な施設：市庁舎、町村役場、消防署、病院
- ・避難所として位置付けられた施設：学校、公民館等、その他公共施設
- ・人命および物品の安全性確保が必要な施設：放射線物質、各種危険物等の使用・試験研究施設、学校、社会教育施設、社会福祉施設等
- ・通常の建物：共同住宅、独立住宅

イ．構造体の耐震安全性の分類、目標及び保有すべき性能

- ・耐震性能の向上を図るべき施設
- ・建築基準法に基づく耐震性能を確保する施設

ウ．安全性の分類

- ・主体構造(柱、床、梁、耐力壁) 類、類、類
- ・非構造材(間仕切壁、建具) A類、B類
- ・建築設備(電気、機械設備) 甲類、乙類、丙類

④ 自然材と人工材の利用

材料は組み合わせられて数千種になる。それぞれに固有の性能があり経年劣化する。耐用年数は環境条件によって大きく異なる。

⑤ 空間構成は工法（施工方法）、構法（建物の実態部分の構成方法）が多種多様

類型化・標準化されたものは、部品レベルではあるが少ない。一般の建物でも画一的ではなく、個性を有している。

⑥ 家具、事務機器、電化製品、ガス器具などの付加

これらは、重量や容量がかさむものや、適正な扱い方、据え付け方への配慮が必要である。

⑦ 社会情勢による規制と影響

都市には、新旧の法規制を受けた建築物が混在している。

建築基準法 第12条第1項で、特殊建築物（国、都道府県及び建築主事を置く市町村の建築物は除く）の5階以上で延面積が1,000㎡を超えるものの建物の所有者又は管理者は、敷地及び構造建築設備について、有資格者に調査させ、定期的に特定行政庁に報告する義務が課せられている。

⑧ 複数の条件が絡む耐用年数

耐用年数は、適切なメンテナンスの実施によって異なる。法定耐用年数（減価償却、課税）は、国税庁通達で改正延長された。学校、共同住宅で鉄筋コンクリート構造（60年）、住宅木造（24年）である。

以上、これらに共通する問題は、不確定な要因、要素が多すぎることである。建築の減災は、都市のスケールで考えるものと、個人のレベルで考える個々の建物の現状の評価が重要である。

大地震の切迫が予測されており、地方自治体では組織・制度を新たに設けたり、耐震診断・改修に対して、支援制度、助成策を講じている。

都市を構成する建築物は、スクラップアンド・ビルドを繰り返しながら少しずつ更新されて行くが、1サイクル回るまでは、50～100年位の時間を要する。新しく建築する時は、過去の災害から学んだ知恵を活かすことが出来る。

人口の構造が変革し、人口減少傾向が明らかなか中で、ストックされた建築物の合理的な活用が求められている。

5.2 昭和以降の建築災害とその対策の変遷

表 5.2.1 建築災害とその対策の変遷

年	災害	法規制等対策（報告）
1932	白木屋デパート火災、東北三陸大地震 M8.5	市街地建築物法施行令、施行規則の改正
1934	函館市大火、室戸台風瞬間風速 65m/s	耐風規定の基
1943	鳥取地震 M7.4	市街地法建築物法戦時特例公布
1944	東南海地震 M8.0	建築疎開規定に入る
1945	三河地震 M7.1 枕崎台風	
1946	南海道沖大地震 M8.1	戦災都市 115 都市を指定、戦災復興院「建築法起案」
1948	福井地震 M7.2	消防法、日本建築規格 3001、建築物の構造計算制定
1950		建築基準法改正 木造壁量規定
1952	十勝沖地震 M8.2	建築基準法一部改正（建蔽率緩和）、耐火建築促進法
1960	チリ地震 M9.5 観測史上最大の地震と津波	
1964	新潟地震 M7.5 液状化の被害多数	宅地造成事業に関する法律
1965		「東南海および南海道両地震調査報告」建築学会
1966		「震害建物復旧の記録」新潟地震の被災建物、「耐震建築構造要綱」
1968	十勝沖地震 M7.9	新「都市計画法」
1972	大阪千日デパート火災（死者 118 人）	「新都市基盤整備法」公布、建設省総合技術開発プロジェクト「新耐震設計法の開発」
1976	酒田市大火	「建築基準法一部改正」日影制限他

表 5.2.1 建築災害とその対策の変遷（続き）

1978	宮城県沖地震 M7.4	「宮城県沖地震災害調査報告」建築学会 「新耐震設計法」総プロの新耐震設計法が終結。
1980	新潟地震、十勝沖地震、宮城県沖地震の連続	「建築基準法、同法施行令」改正
1981		「改正建築基準法（新耐震設計法）」施行
1983		「建築士法及び建築基準法一部改正」学校建物の安全性の検討方法を全国的に適用
1985	日本海中部地震 M7.7	
1986	千葉県東方地震 M6.7	「建築基準法一部改正」木造建築物等規制合理化等
1993		「都市計画法及び建築基準法一部改正」、誘導用途地区の導入、木造建築物・伝統的建築物に対する規制の見直し
1994	ノースリッジ地震 M6.7	「建築基準法一部改正」地下室の容積緩和等、ハートビル法
1995	阪神淡路大震災 M7.2	「被災市街地復興特別措置法」、「建築物の耐震改修の促進に関する法律」
1998		「建築基準法の一部改正」建築行政民間解放、性能規定化
1999		「住宅の品質確保の促進等に関する法律」公布
2000		「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の促進に関する法律」、「都市計画法及び建築基準法の一部改正」準都市計画区域制度、特定用途制限地域性導入、「建設工事に関わる資材の再資源化等に関する法律」通称「建設リサイクル法」、「マンションの管理の適正化の促進に関する法律」
2001	新宿歌舞伎町ビル火災（死者 44 人）	
2002		「密集市街地での耐震補強助成制度」制定、「マンションの建て替えの円滑化等に関する法律」、「建築基準法の一部改正」容積率、建ぺい率、日影規制の選択肢拡充

5.3 建築減災対策と関連技術

（1）建築計画と法規制の遵守

建築行為に対して主として以下の法律の遵守義務がある。

表 5.3.1 建築行為に関連する法規

法律	政令	規則・告示	関連する事項
①建築基準法	同法・施行令	国土交通省・告示（国土交通省）	1. 建築手続き（日本全国に適用） 2. 集団規定（都市計画地域のみ適用） 3. 単体規定（全国に適用される）
②消防法	同法・施行令	同法・施行規則（総務省令）	1. 消防設備設置基準等（日本全国に適用） 2. 危険物貯蔵施設の基準（日本全国に適用）

この他に、地方自治体では独自の「条例」、規則、行政指導などを定め常に行政側の関与がある。最近は「法令の改正」にあたり、パブリックコメント制が実施される。専門家としての意見を述べる機会が設けられている。

（2）建築・減災（安全）設計

① 「新耐震設計法」の基本的な考え方

a) 普通に建築される建物は、従来の静的設計法を改善した設計法による。

b) ピロティ形式等余力の少ない建築物、構造計画が複雑な建築物、高層の建築物などの建築物は、a) の設計法に加え、保有耐力を検定する設計法とする。建築物の構造特性等により、設計を1次と2次に分けて行う。

これら基本的な考え方に基づき、建築物の変形制限、建築物の形状、地盤、基本的な構造計算方法、屋上からの突出物、建築設備など構造耐力上主要な部分以外の耐震性能などが決められた。

② 性能設計

2000年に「建築基準法」は、仕様設計（材料、工法、寸法などを指定）から性能設計へと改正された。新しく建築されるものは、曖昧さをできるだけ排除して、従前よりは、明確な高性能（安全性、居住性、耐久性）のものが造られる仕組みが出来上がった。（表 5.3.2 参照）

表 5.3.2 性能設計のポイント

性能項目	評価対象項目
①使用性能 居住性・機能性確保（振動や変形の制限）	①地盤・基礎地業
②修復性能 財産の保護・機能復帰（ひび割れ、変形制限）	②構造部材
③ 全性能 人命保護（倒壊、圧壊防止）	③非構造部材
④耐久性能・耐火性能（錆び、腐食、中性化、ひび割れ）	④建築設備 家具・什器・備品

④ 耐震構造

阪神・淡路大震災以降、新しく建設される建物には、全て耐震構造が必要である。これには3つの構造形式がある。

- ・耐力構造：地震動の性質に拘泥せず、構造物の耐力を大きくし耐えて損傷させない。
- ・免震構造：地震動の性質を考慮して、地盤・基礎の間にゴムや発条などで弾性支持し、固有周期を長くして上部構造へのエネルギーの伝達を小さくする。変形制御の為には、ダンパーを併用する。既存の建物、特に文化財的な建物は、耐震補強が困難であり、免震化が有効である。
- ・制震構造：地震動の揺れを人為的に制御する装置を組み込み、耐震性を高める。わが国は、伝統的に木造建築文化が定着している。

⑤ 減災の考え方

減災の考え方として、損傷のレベルを想定して社会的に合意できるレベルを設定している。

- ・人命の損傷は絶対に避ける（倒壊又は崩壊 大破 柱、梁、耐力壁、鉄筋露出・座屈）
- ・修復可能な損傷（中破 柱、梁、耐力壁、ひび割れ、二次部材に大きく損傷）
- ・機能維持・即使用可（小破 柱及び耐力壁に軽微な損傷）

(3) 耐火設計

建物の耐火・不燃化については、建築基準法、都市計画法、消防法など法整備で、仕様設計が示され普及している。

問題になるのは、新築竣工、消防検査の後に当初と異なる建物の使い方によって、トラブルが発生するケースである。個人の戸建住宅以外は、殆どが耐火建築、ないしは不燃建築である。学校建築は、木造校舎がほとんどないが、最近では木造が再評価され低学年の教育施設に採用されている。

(4) 耐震補強について

前段として、建物の耐震診断がある。耐震診断は、新築と異なり、先に述べたように関係する要素が多く、厳密には困難である。建物の現存価値を正に評価して、対応することが望まれる。補強工事は、建物を供用しながらなされるケースが多い。補強の目的は、主として建物の倒壊、大被害の防止であり、何がしかの被害は、避けられない。近年補強技術が開発され、補強実施事例も多くなっている。

耐震診断と補強のポイントおよび耐震診断の考え方と補強の例を、表 5.3.3 と表 5.3.4 に示す。

表 5.3.3 耐震診断と補強のポイント

・調査・診断：	現場の十分な調査。要点は、壁量、偏心、接合部、建物の狭小性とバランス、腐朽、床構面
・補強：	補強の明確目標。例えば、強度、偏心、ねばり、コスト等。特に、接合部が重要

特に、個人の木造住宅では、所有者の高齢化と建物の老朽化が並行的に進行する。このため、診断・改修有工事には、費用の負担が問題になる。

建物全部を改修することが困難な場合は、最低部屋単位で改修する。または、建物の中に安全カブ

セルを設置するなどの考え方もある。

木造住宅については、改修工事の情報が(財)日本建築防災協会のインターネット上で無料公開されている。建物減災対策には、正しい知識を持つことが必要である。

表 5.3.4 耐震補強の考え方と補強の例

目標の分類	目 的	補強の例
地震入力の低減	<ul style="list-style-type: none"> ・建物重量の軽減 ・振動特性の変更 ・固有周期変える ・免震、制震 ・減衰性 ・基礎の一体化・強化 ・剛床 ・偏心避ける 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根→ 軽い葺材使用と葺材の緊結強化 ・小屋→ 小屋筋かい、雲筋かい ・壁→ 壁材軽く、接合部金物、筋かい、面材釘打ち増し、大断面筋かい、鉄筋筋かい、適正配置、壁新設、免震装置 ・骨組→ 接合部金物、ラーメン化、取り替え、追加
補強	<ul style="list-style-type: none"> ・補強 ・補強・取替え ・追加新設 	<ul style="list-style-type: none"> ・床→ 合板打ち、天井火打ち、梁の接合部金物 ・土台→ 土台取り替え、アンカーボルト ・基礎→ 布基礎、べた基礎化、基礎打ち増し、有筋化、免震装置取り付け ・家具→ 転倒防止
変形性能改善	<ul style="list-style-type: none"> ・じん性化 ・補強・取替え ・追加新設 	<ul style="list-style-type: none"> ・外部→ ベランダ補強、外階段補強、ブロックベイ補強
その他落下等危険防止	<ul style="list-style-type: none"> ・非構造体の落下防止、破損防止 	

5.4 建築設備における地震被害

建築設備は、建物というハードの内外に装置・機器、配管、ダクト、配線などが組み込まれて機能するシステムである。地震による建築設備の被害は、その損傷が一部であっても総合的なダメージとなり、人の生活維持に大きな影響をもたらす。

1995年1月の兵庫県南部地震に代表される建築設備の被害の顕著なものとして、下記のような事項が挙げられる。



図 5.4.1 設備機械のずれ移動



図 5.4.2 建物外周部配管破損

① 建物内部

設備機器のずれ移動が多く見うけられ、それにともなう本体の損傷とともに接続配管の破損が大きく、特に水槽周りの配管損傷が多大であった。これは配管破損部からの水の漏出となり、貴重な生活

用水の損失につながった（図 5.4.1）。

電気設備の自立型操作盤の転倒による機器電源切断も多く見られ、それにより停電時の非常電源も有効に利用できなかった。一方、非常電源としての自家発電機自体の損傷、同装置駆動のための燃料供給遮断、同装置用冷却水配管破損など、自立電源システムにも多くの被害が輻射し、設備機能維持に対する被害を大きくした。

② 建物外周部

公共上・下水道の損傷、寸断による影響も大きい。建物と上・下水道本管までの敷地内配管の被害が建物内の水に関わる機能を不能にした。これは配管の建物導入部において建築構造体と地盤の地震動周期、位相のずれ、あるいは地盤面不等沈下が、配管の可撓能力の限界以上となり、管の切断破損に至ったものである（前ページ図 5.4.2）。

5.5 建築設備の耐震

（1）建築設備の耐震基準変遷

1995 年 1 月の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）以降、諸機関、諸団体において耐震基準の見直しが行われ、建築設備に対しても耐震性の再検討とともに、設計基準や施工指針が改定、新訂された。近年の法整備や指針などの経緯を表 5.5.1 に示す。

（2）設備耐震の技術

阪神・淡路大震災以降の諸基準見直しにより、設計用標準震度も次ページ表 5.5.2 に示されるように改定された。設備機器材およびその支持・固定部の耐震強度は次の①を基本として設計、検討する。システムとしてのダメ - ジを軽減するためには、さらに②～⑤に示すような事項にも留意しなければならない。

表 5.5.1 設備耐震に関する法律、指針などの整備経緯

年	事 項	発行/所管
1981	「建築基準法施行令」（通称、新耐震設計法）	—
1982	建築設備耐震設計・施工指針 1982 年版	(財) 日本建築センター
1985	建築設備耐震設計指針・同解説	(社) 空気調和・衛生工学会
1995	〔阪神・淡路大震災〕	—
〃	「建築物の耐震改修の促進に関する法律」	—
1996	建築設備・昇降機耐震診断基準及び改修指針	(財) 日本建築設備・昇降機センター
〃	官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説(平成 8 年版)	建設省営繕局
〃	官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説(平成 8 年版)	同上
〃	FRP 水槽耐震設計基準 (1996 年版)	(社) 強化プラスチック協会
1997	建築設備耐震設計・施工指針 1997 年版	(財) 日本建築センター
〃	新指針 建築設備の耐震設計施工法	(社) 空気調和・衛生工学会

(注) 高さ 60m を超える建物、免震構造及び制振構造の建築物では構造設計において動的解析が行われ、建物各階の最大水平加速度が設計者より示されるが、ここではその詳細は除く。

① 局部震度法による設備機器の地震力

動的解析が行われない通常建築物においては、設計用地震力の計算は局部震度法で行なう。すなわち、設備機器とその設置・固定部に対して耐震強度を保持させるためには、設計用標準震度（表 5.5.2）をもとに、その部位に作用する地震力を計算しなければならない。

作用点は、原則的に機器重心として、地震力は以下の要領で求める。

$$\text{設計用水平地震力〔N〕} = \text{設計用水平震度} \times \text{機器質量〔kg〕} \times \text{重力加速度〔} = 9.8\text{m/sec}^2 \text{〕}$$

$$\text{設計用水平震度} = \text{設計用標準震度} \times \text{地域係数（通常 1）}$$

$$\text{鉛直方向に対しては、設計用鉛直震度} = \text{設計用水平震度} \times 1/2$$

表 5.5.2 局部震度法による建築設備機器の設計用標準震度

	建築設備機器の耐震クラス		
	耐震クラスS	耐震クラスA	耐震クラスB
上層階、屋上及び塔屋	2.0	1.5	1.0
中間階	1.5	1.0	0.6
地階及び1階	1.0 (1.5)	0.6 (1.0)	0.4 (0.6)

- ・ () 内の値は地階及び1階（地表）に設置する水槽に適用。
- ・ 設備機器の応答倍率を考慮して耐震クラスを適用（防振装置付きの機器は耐震クラスAまたはS）。
- ・ 地震時や地震後の用途を考慮して耐震クラスを適用（防災拠点、重要度など）。

② 設備機器類と配管接続部の可撓措置

装置・機器と配管とで地震による揺れ周期、振動位相が異なり、各種応力が機器・配管接続部に集中する。この破損被害を避けるため、機器類近傍の配管に可撓継手を配置する（図 5.5.1 参照）。

この場合、配管固定部と可撓継手との位置関係に注意する。

③ 水槽内の保有水確保

地震時に配管が損傷した場合、水槽内の保有水まで漏出してしまうことになる。

この損失の防止処置、災害直後の水源確保措置として、水槽本体と槽出口側配管との接続部に感震機構付き緊急遮断弁の設置が有効である。

④ 配管と建物導入部の可撓措置

地震時、建物と周囲地盤とで揺れ周期が異なり、また、地盤の不等沈下によって建物導入部の配管は多大なせん断応力を受け、破断に至るものと考えられる。従って、建物導入部配管には管断面、管軸各方向に変位を吸収できるように対処する（図 5.5.2 参照）。

⑤ 劣化部位の点検

設備機器やその固定部、接続配管、およびその支持部などの経年劣化などを調査点検し、劣化による残存強度を検討のうえ、交換、補強などの処置をおこなっておくことも重要である。

(3) 設備耐震の基本とリスク回避

建築設備は人の生活に直結したシステムであり、災害発生時、災害直後においても設備が機能を維持することはすなわち、建物が損壊しないかぎりハ - ド的側面においてもソフト的側面においても、システムとして総合機能を維持する必要がある。

設備耐震を検討、計画する場合はこの基本概念を十分認識し、リスク回避としてフェ - ルセ - フ的対処を考慮し、実施しておくことが大切である。

これまで記したこととも重複するが、その例として次ページ表 5.5.3 のような事項が挙げられる。これらの他、建物の立地条件や地域の防災機能、背景に応じて柔軟に思考することがより良い設備耐震を実現できる。

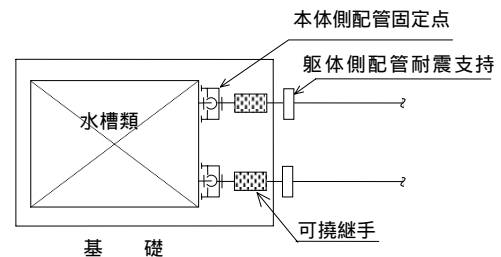


図 5.5.1 水槽周り配管接続部の例（平面）

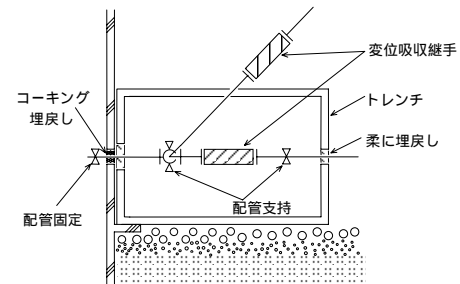


図 5.5.2 建物導入部の配管措置（断面）

表5.5.3 設備耐震におけるフェールセーフ的事例

	処 置	具 体 例
a	水源の分散化、二重化	受水槽・高置水槽の複数分散設置etc.
b	水源損失の最小化	部位別仕切弁配置、感震機構付き遮断弁設置 etc.
c	給水系統の複数化	給水ゾーン単位で系統独立etc.
d	受水槽からの臨時送水手段検討	緊急時用の取水口設置etc.
e	飲用水確保	簡易ろ過装置配備etc.
f	他用途水源の転用	井水、雨水貯溜槽、蓄熱槽、プール水 etc.
g	一時的排水貯留のための手段想定	地下ピット利用etc.
h	点検・復旧作業が迅速、容易となる計画	交換機器・部材のストックetc.

耐震強度設計・耐震施工技術を基本技術とすることはいうまでもないが、最近の設備耐震性検討の傾向として、災害直後のインフラ遮断、建物の孤立状態などにおける生活状況を想定し、短期間のひとの生活をサポートできるようにするため、上記内容とも共通する「設備の自立性能」を検討するようになってきている。

第6章 土砂災害と防災

キーワード：土砂移動現象、地形発達史、活断層、一次災害、二次災害、天然ダム、ハザードマップ

6.1 地形発達史と土砂災害

山地での崩壊や地すべり、溪流における土砂移動や堆積といった土砂移動（土砂災害）は、見方を変えれば、地形の変化・形成過程の一断面である（井上，1993）。

このような地形変化は、数十年～数千年に一度という間隔で繰り返されてきたし、今後も同様に繰り返されるであろう。

土砂移動現象は、その土地の持つ環境要素、すなわち、地形・地質・土壌・植生・気候・水理などの諸要素を反映して発生する（大規模土砂移動ほど関連因子は多く、現象は複雑）。中でも、地形要素は、その土地の持つ自然的性質と変化の歴史を総合的に表現しており、現在の地形は、地表を構成する地質状況を素因として持ちながら、地震や火山活動等を含めた外的営力によって長い地学的時間の中で形成されてきた。つまり、現在の地形は、過去の様々な環境要素が働きかけて形成してきた歴史的産物であると言える。

従って、突発的に発生する土砂災害を防止・軽減するためには、その土地が持つ環境要素、特に地形特性を十分に理解した上で、自然の変化に調和的で、しかも防災の目的にかなう対策が実施されなければならない。

特に、人為的な地形改変の激しい日本では、このような観点から防災対策を見直す必要がある。つまり今後、豪雨や地震・火山噴火時に、如何なる土砂移動現象が起るのかという地形変化の見通しを持つ必要がある。

このためには、土砂移動現象と関連する地形因子を抽出し、それらが形成されてきた経過や機構を地形発達史の中で総合的に解析することが重要である。

6.2 斜面災害

斜面には常に重力が働いている。その斜面を構成している物質が降雨や地震動などによって、不安定になると斜面下方に移動する。土砂移動を起こした斜面下部に人や人家・構造物などの保全対象が存在し、被害を受けると災害と呼ばれる。

次ページ図 6.2.1 は、地震によって表層物質が土砂移動を起こして、被災した事例の模式図である。地震だけでなく、豪雨によっても同じような土砂移動が起る。次ページ図 6.2.1 のようなケースは、斜面表層部に不安定な物質が存在すれば、どこでも発生する可能性がある土砂災害である。

次ページ図 6.2.2 は、表層土の下に断層破碎帯が存在する場合で、表層の不安定物質だけでなく、斜面下部の破碎物質を含めて大規模な土砂移動を起こし、下部斜面の保全施設に甚大な被害をもたらす。

日本列島には、このような断層破碎帯などの地質的な弱線が無数に存在する。このような地質的背景を受けて、日本列島には無数の斜面変動の痕跡地形がある。痕跡地形の存在する斜面は、土砂移動を繰り返し起こしやすい性質を持っている。

まさに、日本列島の地形は、地震や火山活動、及び豪雨などによって、繰り返し発生した土砂移動の結果、形成されてきたものであると言っても過言ではない。

このような斜面の地形発達史をきちんと把握することによって、当該斜面での土砂移動の形態と規模を知ることができ、今後襲ってくる地震や豪雨時の斜面変動に伴う災害を予測する手掛りを得ることができる。

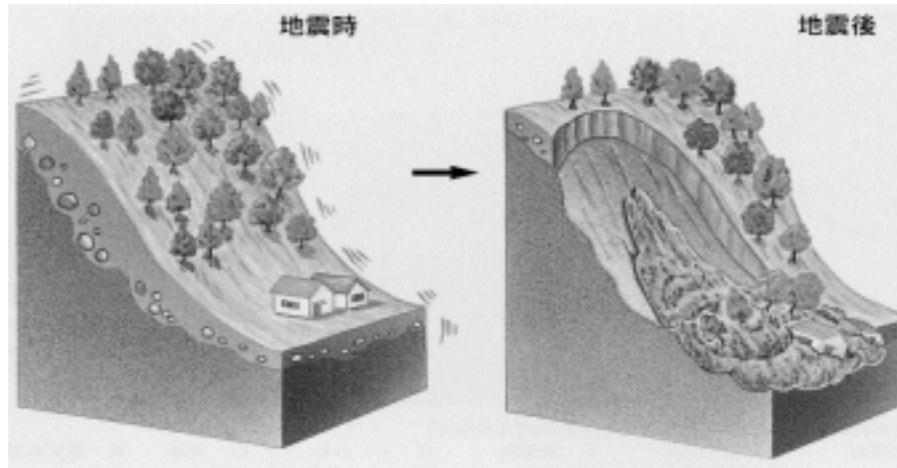


図 6.2.1 地震時の土砂移動のモデル (NIRA, 1988) 一般斜面での土砂移動

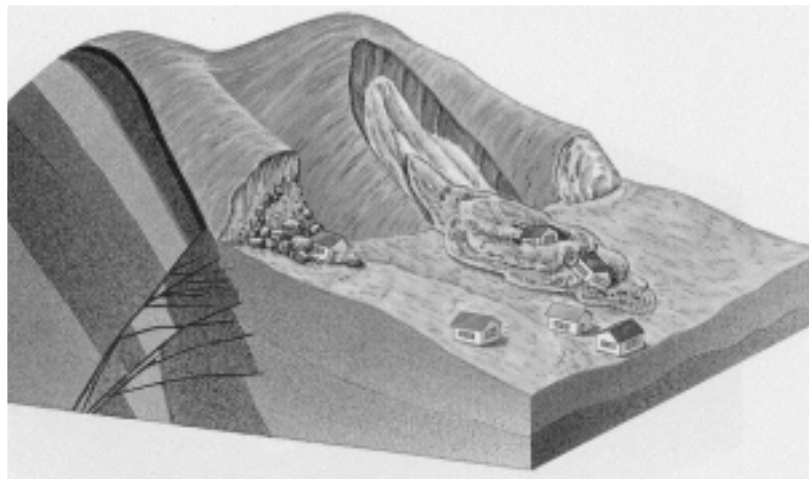


図 6.2.2 地震時の土砂移動のモデル (NIRA, 1988) 活断層による急斜面付近

6.3 大規模土砂移動

土砂移動の規模は、 10^2m^3 以下を微小、 $10^2 \sim 10^4\text{m}^3$ を小規模、 $10^4 \sim 10^6\text{m}^3$ を中規模、 $10^6 \sim 10^8\text{m}^3$ を大規模、 10^8m^3 以上を巨大と呼ばれることが多い(藤田・山岸など, 1993)。

規模の違いによって、土砂移動の形態が異なり、受ける被害の規模・形態を左右する。

大規模土砂移動による災害の事例を 1 例紹介する。

次ページ図 6.3.1 は、長崎県の島原半島中央部において、国土地理院の沿岸海域地形図(1998 年改定版)の上に、1998 年撮影の航空写真で判読した結果を立体表現した地形分類鳥瞰図である(井上, 1999, 雲仙復興事務所, 2003)。

1792 年(寛政四年)の雲仙普賢岳噴火による新焼溶岩と眉山の山体崩壊、及び平成噴火の状況が詳細に表現されている。

眉山崩壊以前の海岸線と比べて、現在の海岸線は流れ山の流出によって、1km 近く海側に出ている。この巨大崩壊は、崩壊前後の絵図の比較・分析によって、 3.2 億 m^3 程度と見積もられるほど大規模なものである。

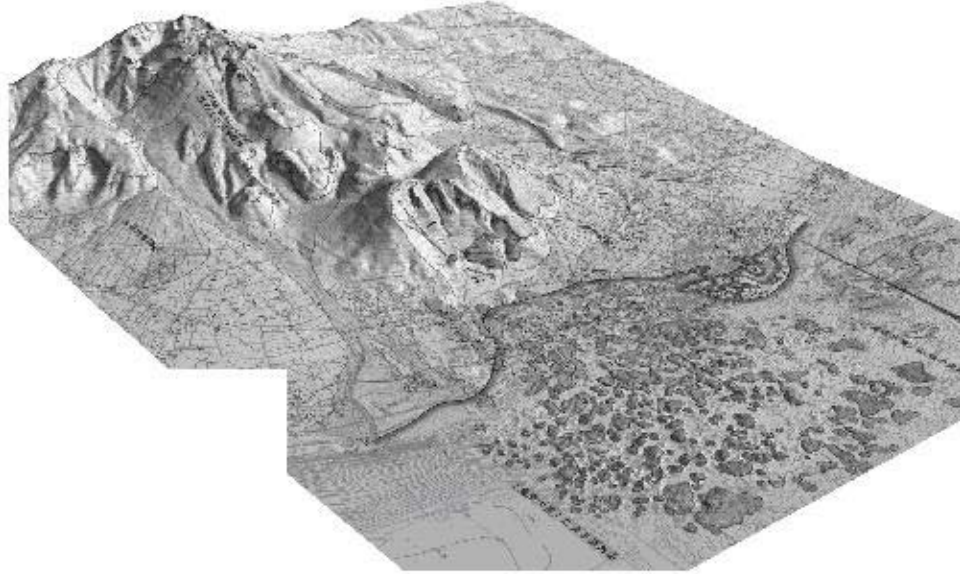


図 6.3.1 雲仙普賢岳および眉山周辺の地形分類鳥瞰図

日本列島は、内陸部・海洋部を問わず、活断層が集中している地区である。また、現在は活動していなくても、地中深く破砕作用が進んでいる古い断層が何本も存在する。

活断層によって起こされる直下型地震によって、大規模な土砂移動（大規模崩壊・地すべり・土石流）が発生する危険性が高い。個々の活断層の周期は、数百年から数千年に一度の活動であるが、日本列島の山地部にはこのような活断層が多いので、数十～数百年に一度、激甚な地震災害を繰り返し受けている。

また、日本列島は、梅雨前線や台風による集中豪雨を毎年受け、豪雨を直接の誘因として、毎年どこかで大規模土砂移動が発生している。

土砂移動による直接被害は、一次災害と呼ばれる。緩慢な狭義の地すべり変動などを除き、このような土砂移動を予知し、避難することはほとんど不可能である。

大規模な移動土砂が河谷を閉塞させて天然ダムが形成されると、上流部は次第に湛水する。天然ダムが満水になって、越流により閉塞している土砂が決壊すると、下流には段波や大洪水となって、洪水と土砂と一緒に流下して、甚大な被害を与える場合がある。このような災害を二次災害と呼ぶ。

天然ダムはほとんどの場合、満水になるまで決壊しないので、満水まで対応策を検討する時間的余裕がある。しかし、このような二次災害が発生すると極めて甚大な被害が発生するので、天然ダムの決壊予測は極めて重要である。

6.4 土砂移動の発生予知・予測

先にも述べたように、一次的な土砂移動を事前に予知することは難しいが、狭義の地すべりのように、比較的緩慢な変動であれば、地すべり地形（頭部滑落崖や亀裂、押出し地形）などを航空写真判読や現地踏査によって識別することができる。地すべり地形を正しく認識し、新たに発生した頭部滑落崖や亀裂を挟んで伸縮計などの観測機器を設置することにより、地すべり変動を観測すれば、土砂移動の発生予知・予測が可能である。

次ページ図 6.4.1 は、宝永地震(1707)によって高知県室戸市で発生した加奈木崩れ周辺の地質状況を示したものである（千木良・他，1998）。

加奈木崩れは泥岩と砂岩からなる地層が斜面下方に倒れかかるようにクリープ変形していた岩盤

が大崩壊したもので、1707年の地震以前の当地区には、岩盤クリープによって地形上部に線状凹地と多重山稜が形成されていた。その後、宝永地震によって崩壊し、岩屑流堆積物となり1746年（延享三年）の豪雨時にはこれらの一部が流失して土石流堆積物となった。

その後も、豪雨の度に土砂流出が続き、1907年（明治40年）の旧版地形図や歴史記録によれば、下流の佐喜浜川は荒廃した河川であったが、1917年（大正6年）以降の治山事業の進捗によって、現在は崩壊現象も収まり、安定した流域となっている。

しかしながら加奈木崩れ北側の地区は、クリープ変形による線状凹地と多重山稜が発達した斜面であり、現在でも小規模な崩壊地が複数認められる。次の南海・東南海地震が発生した場合、北側のクリープ変形斜面が大規模崩壊を起こす危険性がある。

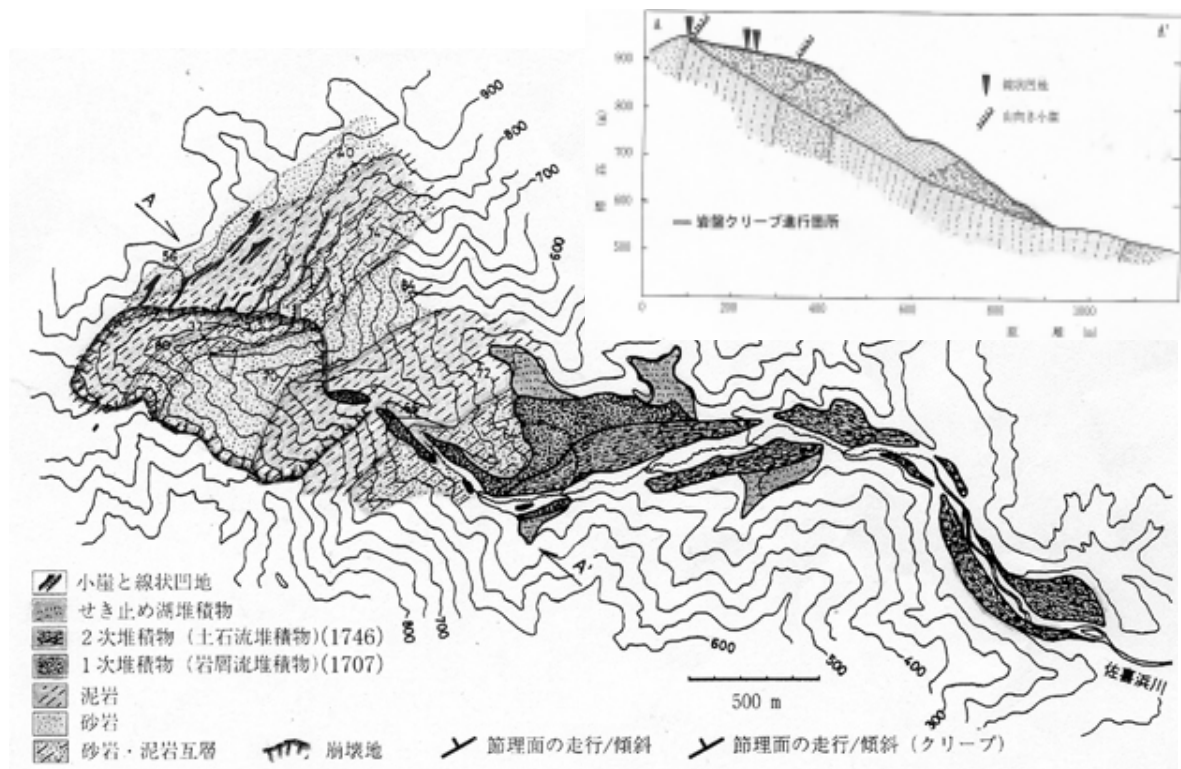


図 6.4.1 加奈木崩れ周辺の地質図と岩盤クリープ斜面

このようなクリープ変形地形をリストアップしておくことなどが、大規模地震や集中豪雨時の大規模土砂移動の発生予知・予測にとって重要なことである。

土砂災害の実態を把握するため、地形分類図（土地条件図）、地すべり・崩壊地形分布図、災害実績図が作成されている。これらを総合的に融合して、土砂災害の危険地を予測するために、災害予測図やアボイドマップが作成されている。各行政機関が作成している急傾斜地崩壊危険箇所や地すべり危険箇所、土石流危険渓流の分布図や砂防施設などが記載された管内図も一種のハザードマップである。このようなマップの上に、避難場所や避難経路を記した総合的な防災マップも作成され始めている。

2004年5月に完成した「富士山火山防災マップ」は、内閣府が組織した「富士山ハザードマップ検討委員会」が3年間の審議と現地調査などをもとに、作成したものである。このような防災マップを地元市町村や地域住民がどのように警戒・避難活動に役立てるかが、現在問われているところである。

6.5 土砂災害の被害軽減と防止対策

(1) 事前把握

大規模な土砂移動の兆候となる微小な斜面変動を地質調査や地すべり観測計器によって事前に把握できれば、土砂災害の軽減に繋げることができる。

重要な交通施設や人家などの背後斜面にこのような斜面監視体制ができれば、土砂災害の軽減のための警戒・避難対策や対策工事が可能となる。

事後対策としての復旧工事であれば、土砂移動の形態と範囲・規模が判明しているため、比較的容易に対策工の設計が可能である。

土石流などのように、上流部で発生した崩壊や地すべりで生産された土砂が流下して、下流の保全対象を襲う場合には、砂防ダムや流路工によって、移動土砂を上流部で制御し、下流に無害で流下させる復旧工事も可能である。

(2) 突発的な土砂移動

突発的な土砂移動の発生を予測できなければ、予防対策としての対策工事を実施することができない。

また、土砂移動の規模が対策工事の設計許容範囲より大きければ、ハード対策としての防止対策工事が破壊されたり、流路工から外に氾濫したりしてしまい、大きな被害が発生する。

このような場合、土地利用に余裕があれば、保全対象を安全な場所に移転させることが可能である。しかし、日本のように、土地利用が高度化して土地に余裕がなければ、このような対策は困難である。

砂防事業の進捗は、洪水氾濫区域を減少させることであり、洪水氾濫想定区域は土地利用の高度化が進んでいる。このため、設計許容範囲外に氾濫すると、今まで以上に被害が大きくなる事が容易に想像できる。

(3) 集中豪雨

集中豪雨などが予想される場合には、安全な避難場所に一時的に避難するソフト対策が重要になってくる。このためには、急傾斜地崩壊危険箇所や地すべり危険箇所、土石流危険渓流などの土砂災害危険箇所を地域住民に周知させ、危険な状態が想定される場合には、すみやかに避難させる必要がある。2000年に制定された「土砂災害防止法」も上記の趣旨にそって制定された法律である（国土交通省河川局水政課，砂防部砂防計画課，2003）。

(4) 避難訓練

前項でのべたように天然ダムの形成・決壊のような二次災害の場合には、一次的な土砂移動の次に発生する天然ダムの決壊までに時間的余裕があるため、警戒・避難対策の一環として、避難訓練の実施が有効である。

ここでは、2002年10月5日に北陸地方整備局・富山県・富山市・立山町・大山町・舟橋村などが共同で実施した「平成の鳶崩れに備える防災訓練」の概要を紹介する（国土交通省立山砂防事務所，2002）。

図6.5.1は、1858年（安政5年）4月9日の飛越地震（M7.0～7.1）に伴って発生した鳶崩れの発生前後の想定鳥瞰図である（田畑・他，2000）。

飛越地震は、富山県南部を走る跡津川断層の東端で発生した。鳶崩れは、 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上の巨大崩壊で大鳶・小鳶の尾根部分が大きく崩れ、右図のように崩壊土砂は岩屑流となって流下し、真川（湛水量 $3.75 \times 10^7 \text{ m}^3$ ）と湯川（同 $4.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）に大きな天然ダムを形成した。大鳶・小鳶の下には立山温泉があったが、流出土砂で埋まってしまった。

当地区は豪雪地帯であるため、すぐには決壊しなかったが、融雪期になって、この天然ダムは14日後の4月23日と59日後の6月7日に決壊して、大土石流となって、常願寺川を流下した。

そして、常願寺川扇状地に達すると扇面の広い範囲に氾濫した。この氾濫状況は多くの文書や絵図に残されており、図6.5.2はそれらの記録を整理して作成した洪水氾濫図である。2回目の天然ダムの決壊による氾濫は、常願寺川扇状地の扇面一杯に広がり、大きな被害を出した。

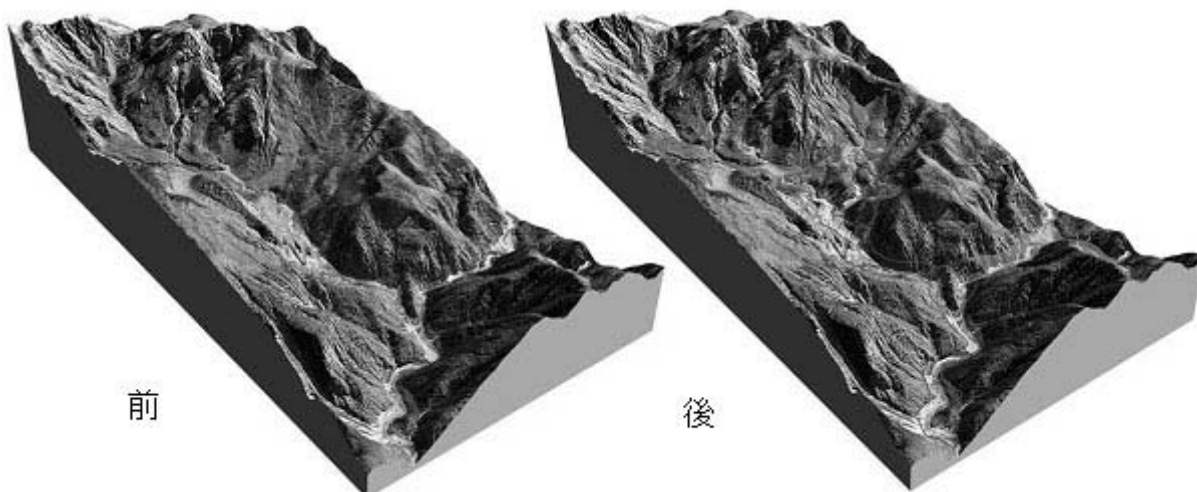


図 6.5.1 飛越地震（1858）に伴う鳶崩れの発生前後の想定鳥瞰図



図 6.5.2 常願寺川扇状地の 1858 年災害の土砂災害状況図

このような氾濫が現在のように高度化した土地利用条件下の富山平野で発生したらどうなるであろうか。2002 年に実施された防災訓練は、上記のような天然ダムの形成・決壊による大規模氾濫を想定したものである。

飛越地震と同規模の直下型地震が発生し、常願寺川左岸の斜面が大崩壊し、天然ダムが形成され、台風の襲来で天然ダムが決壊・氾濫する可能性があるという想定で避難訓練が実施された。

訓練の状況は、立山砂防事務所や立山カルデラ砂防博物館のホームページなどで閲覧できる。3,000 人以上の地域住民が避難計画に従い、整然と防災訓練に参加した。150 年前の大災害の教訓を風化させないためにも、このような防災訓練などによる啓蒙活動が今後とも必要である。

同じような防災訓練は 2004 年 10 月 24 日には、最上川左支・立谷沢流域で、東北地方整備局新庄河川事務所・山形県・立川町などによって実施された。

上記文中「天然ダム」は、平成 16 年新潟県中越地震より河道閉塞（土砂ダム）と呼称されている。

第7章 市街地火災と防火対策

キーワード：都市火災 防火区画 延焼遮断帯 密集市街地

7.1 都市火災の歴史

鉄筋コンクリート造や鉄骨造による耐火建築物が増加したとはいえ、木造建築は我が国の中心的な建物である。そのため、都市火災は重要な課題である。江戸期には都市は大火を重ねその度に都市は復興と火災対策を講じてきた。ここでは、これまでの都市火災の歴史を概観する。

(1) 江戸期

わが国の都市は木造建築を主体としており、火災は切っても切り離せない災害であった。

特に江戸時代においては「火事は江戸の華」とまで言われたように、一度火事が発生すると、燃え広がり大火になることが多く、約 2 万戸を消失した明暦の大火をはじめ、毎年のように焼失棟数が 1,000 戸を超える市街地大火が発生し、大火は社会現象であった。そのため、火除地（約 3ha）などの対策を講じてきたが、木造主体の都市は有効な対策を講じるまでにはいかなかった。

そしてその結果、大火の度に市街地の消失と復興が繰り返されてきた。

(2) 明治期

明治時代に入ると、文明開化の象徴として、西欧文明による煉瓦造の建物が建設されるようになった。そして 1872 年に銀座の大火があり、これを契機に銀座の煉瓦街が建設された。銀座煉瓦街の建設は明治政府が行った最初の都市計画事業であり、その目的は、我が国の外交の舞台装置として洋風の街並みに整備することと、度重なる大火から首都を守る防火対策であった。

これは、それまでの火除地を確保し、鎮火神社を祭るという江戸時代からの伝統的な施策を転換させたものであった。これにより都市の不燃化が始まり、江戸時代に見られたような大火の件数が減ることになった。

いわば、明治期は耐火建築の始まりであり、耐火建築による延焼遮断帯の形成という火災対策が始まった時期であった。

(3) 大正期から昭和戦前

1923 年には、関東大震災が発生した。市街地の焼失による損害は大きく、それまで、防火地区が指定され不燃化が規制・誘導されていたが、関東大震災を契機に不燃化助成が実施されることになった。これが今日実施されている不燃化助成の始まりである。

昭和に入ると、1934 年に函館の大火が発生した。折からの強風で火勢は強まり、加えて倒壊した建物が消防活動を妨げることとなり、延焼が拡大し大火となった。

この時期は関東大震災を教訓として、不燃化助成が始まり、都市の不燃化が推進された時期であった。

(4) 戦後から現在まで

その後第二次世界大戦を経て、消防力の向上、初期消火の徹底、建築基準法制定などの法整備、鉄筋コンクリート造などの不燃建築物の増加などにより大火は著しく減少することになった。

しかし、1976 年の酒田市の大火は、強風にあおられて火災は広がり中心部約 25ha を焼失した。そして 1995 年の阪神・淡路大震災では、長田区の火災に見られるような二次災害として広範囲の火災が発生した。それはそれまでも訴えられてきた密集市街地の危険性が露呈し、また地震のためライフラインが分断され、ホースからは水が出ず消防活動が十分に出来ないという都市の全体的な脆弱性が浮き彫りにされ、我が国の都市が依然として火災に弱い状況にあるということを再認識することになった。

戦後は建築基準法などの法整備から始まり、消防力の向上などが図られた時期である。その後半世紀を経過したが、阪神・淡路大震災における長田地区の大火のように、密集市街地の問題がクローズアップされ、都市の脆弱性が再認識された時期であった。

(5) これからの課題

消防白書による1946(昭和21年)年以降の大火の記録(表7.1.1)死者数、負傷者数、焼損面積は徐々に減少している。大火にあっても死者数、負傷者数は少なくなり、1955年以降負傷者数が1,000人以上の大火は酒田市の大火のみである。火災のみでは被害は減少しているが、阪神・淡路大震災のように、二次災害としての火災、及びライフラインの断絶や狭あい道路による消防活動の不十分さなど、密集市街地の問題と都市全体の脆弱性を克服することがこれからの課題である。

表 7.1.1 昭和21年以降の大火記録

出火場所	出火年月日及び時刻	死者数	負傷者数	世帯数	り災人員数	り災人員数	焼損棟数	焼損面積(m ²)	損害額(千円)	気象状況			
										天気	風向	平均風速(m/S)	最大風速(m/S)
新潟県村松町	21年5月8日18時30分	2	59	1,208	4,000	1,337	135,231	16,541	晴	SE	8.0	15.0	50
北海道三笠町	22年5月16日10時20分	2	4	977	5,081	488	40,260	1,060,891	晴	SW	13.0	20.0	42
北海道喜茂別村	23年5月11日2時5分	1	2	317	969	180	35,805	300,000	晴	ESE	3.0	12.0	64
能代市	24年2月20日0時30分	3	874	2,239	8,790	2,238	210,411	3,025,590	晴	NW	15.7	15.7	59
北海道古平町	24年5月10日11時30分	2	52	521	—	721	103,274	1,119,050	—	SW	15.0	30.0	30
長野県上松町	25年5月13日23時50分	18	153	619	2,797	615	85,000	801,870	晴	NW	10.0	15.0	26
鳥取市	27年4月17日15時頃	33	963	5,714	20,451	7,240	449,295	19,324,390	薄曇	SSW	10.8	22.5	28
北海道岩内市	29年9月26日20時20分	33	551	3,398	17,223	3,299	321,311	3,914,110	曇	SSE	21.7	33.0	82
大館市	30年5月3日13時25分	1	20	264	1,226	345	38,211	710,572	晴	ENE	13.0	13.0	39
新潟市	30年10月1日2時50分	1	275	1,193	5,901	892	214,447	6,987,069	曇	WSW	20.2	33.6	59
福井県芦原町	31年4月23日6時40分	1	349	348	1,653	737	建物 72,498 林野 32ha	建物 5,088,259 林野 143,000	曇	SSE	14.8	25.0	50
魚津市	31年9月10日19時45分	5	170	1,597	7,078	1,677	175,966	1,590,140	晴	SSW	9.3	17.0	53
岩手県新里村 (三陸大火)	36年5月29日13時39分	5	97	1,078	4,310	1,062	建物 53,047 林野 40,366ha	建物 2,155,350 林野 3,784,596	晴	WSW	30.0	—	—
酒田市	51年10月29日17時40分	11	1,003	1,023	3,300	1,774	152,105	40,500,000	雨	WSW	12.2	26.3	68
神戸市長田区	平成7年1月17日5時47分	8	—	474	861	441	75,840	2,308,787	曇	NW	5	—	54
神戸市長田区	平成7年1月17日5時47分	60	—	685	539	750	57,459	872,253	曇	NNE	1	—	70
神戸市長田区	平成7年1月17日5時47分	73	—	765	805	996	89,099	1,279,608	曇	NE	5	—	54
神戸市兵庫区	平成7年1月17日5時50分	40	—	1,021	764	699	94,787	1,494,081	曇	NE	5	—	54
神戸市長田区	平成7年1月17日9時頃	48	—	1,453	3,326	1,130	142,945	2,700,061	曇	NNE	1	—	70
神戸市長田区	平成7年1月17日10時頃	5	—	434	908	404	72,295	2,284,388	晴	NNE	4	—	58

(注) 大火とは、建物の焼損面積が3万3,000m²(1万坪)以上の火災をいう。

7.2 市街地防火対策

市街地防火対策において重要なことは、延焼遮断帯による都市防火区画の形成である。この計画の目的は、火災を極小化し都市大火を防ぐことである。ここでは都市防火区画計画、延焼遮断帯、防火区画の方法を概観する。

(1) 都市防火区画計画

市街地の大火を防ぐため、延焼遮断帯をつくって大火を防ぐという手法は、江戸時代にその発生を見ることができる。明暦の大火後、幕府は延焼防止のために、火除地、火除土手づくりの整備を進めている。そして明治時代に入ってから、銀座の煉瓦街計画に見られるように、不燃建築物による防災計画が立案された。そして、現代では鉄筋コンクリート造などの耐火建築物による不燃建築物により延焼遮断帯が計画されている。

そしてこのように延焼遮断帯により区画を構成し、火災を区画外に延焼させず被害を極小化する区画を防火区画と呼び、このような計画を防火区画計画と呼んでいる。

つまり、都市防火区画計画とは、木造住宅などが密集する市街地で、火災が発生すると大火になる危険性の高い市街地に、不燃建築で構成される延焼遮断帯のネットワークにより市街地に多数の区画を形成することをいう。

この方法は、火災が大火になることを防ぎ、また大地震時の同時多発火災による延焼被害を局所的に抑えようとする都市計画的な手法と位置付けられている。

従って、この手法は全ての市街地を対象に計画されるものではなく、都心部の商業・業務地などのように、既に不燃化された地区や近い将来不燃化が見込まれる地区、あるいは市街化調整区域や都市の縁辺部などで市街地大火の危険性の少ない地区には防火区画を計画する必要はない。

(2) 延焼遮断帯

延焼遮断帯とは、火災の延焼を遮断するために構成した帯状の領域のことである。その構成は、河川、道路、鉄道、公園などの公共施設を軸として、耐火建築群や空地などによってつくられる。延焼遮断帯により、都市を防災区画（東京都は防災生活圏と呼んでいる）する（図 7.2.1）ことにより、次の機能が確保され、都市防災の総合的な課題に対応することができる（図 7.2.3）。

① 延焼防止・延焼遮断機能

区画の外から火をもらわず、区画の外へ火を出さない。

② 災害への独立対応機能

消火活動などが、外部からの影響を受けずに独立して対応できる。

③ 出火拡大防止機能

出火と火災の拡大を防止することができる。

④ 生命・財産の保全機能

区画の中から延焼火災を出さなければ生命と財産が保全される。

⑤ 避難地・避難路機能

延焼遮断帯の避難路利用が可能であり、燃えない区画への避難が可能。

(3) 防火区画の方法

都市防火区画計画は、河川、道路、鉄道、公園その他公共施設などの都市施設の持つ延焼防止機能を利用し、建物の不燃化及び緑化を組み合わせる延焼火災を防止する方法である。ここで、不燃化とは、沿道建築物を耐火構造あるいは準耐火構造の不燃建築物化することにより延焼遮断帯を形成する方法であり、緑化とは、緑化計画の推進に関連して耐火樹種や防火樹種で構成される植樹帯による防災緑地網計画により延焼遮断帯を形成する方法である。

墨田区では、全域不燃化の実現が困難である以上、延焼遮断帯による 25 の防火区画（50ha 程度）をつくり（図 7.2.2）、各区画の中にある小学校などの周辺を不燃化して地域防災活動拠点とするとともに、区画内の防災体制の整備と強化を図ることとしており、これらの防災区画と防災活動拠点を整備するため、不燃化促進事業を実施している。

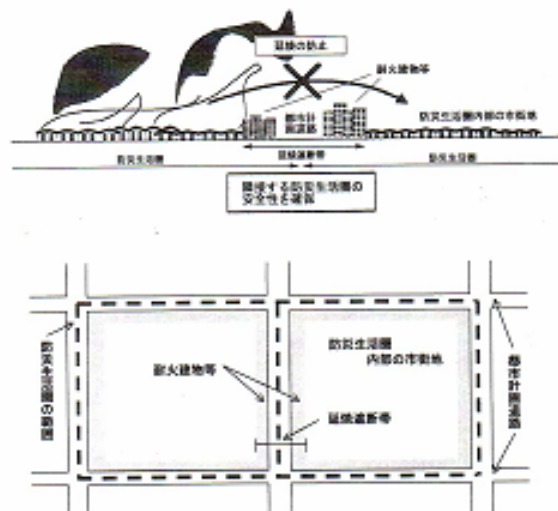


図 7.2.1 延焼遮断帯と防災生活圏



図 7.2.2 墨田区の防火区画

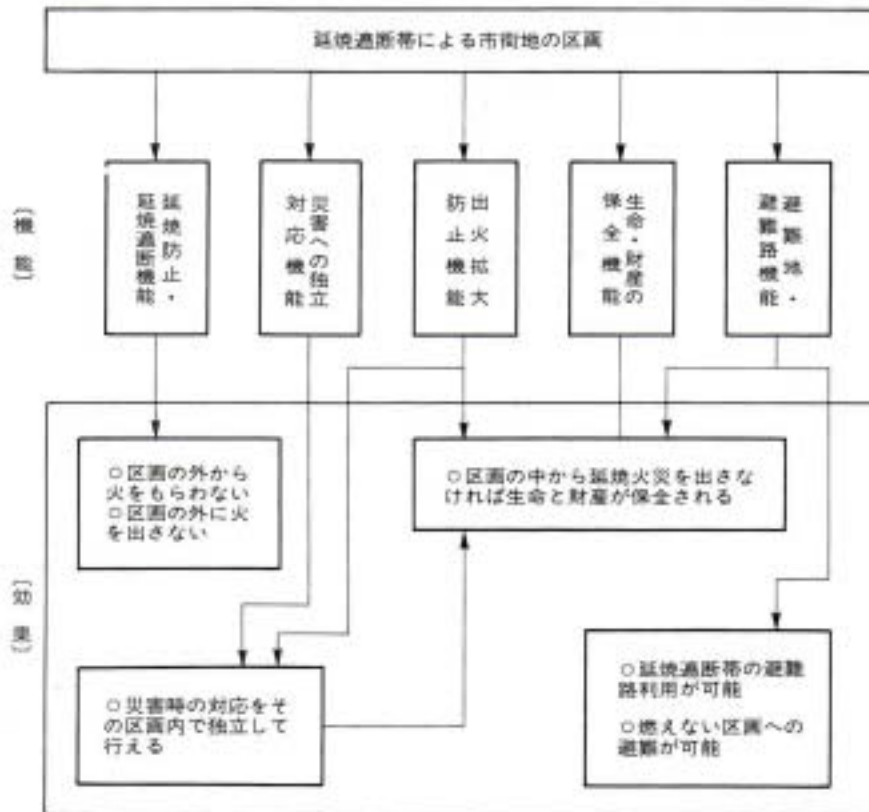


図 7.2.3 都市防火区画の防火機能

7.3 避難計画

災害時には安全な場所への避難が必要である。そのため、予め避難計画を立て、住民に周知することが必要である。避難計画には、避難圏域の設定、避難場所、避難路、避難所の計画がある。

避難場所については、火災からの危険性の無いオープンスペースが求められる。関東大震災では当時の東京市の人口の7割以上が公園などのオープンスペースに避難し助かったと言われている。

また、避難路については、避難者が安全に避難できるように、特に防災性の高い道路が要求される。放置自動車が避難障害とならないように、また火災の輻射熱から守られることが求められる。

ここでは避難計画について概観する。

(1) 避難場所

避難は二段階に考えられ、そのため、避難場所には2種類の避難場所がある。

まず第一段階は、発災後一時的に集合するため居住地の近くの場所としての避難場所である。避難者はここで集団を形成し、第二段階は警察官や市民リーダーの誘導で避難する避難場所へ行く。

① 一時集合場所（一時避難所）

第一段階の避難場所のことである。呼び方は自治体によって異なり、一時集合場所とか一時避難所と呼ばれる場合が多く、その意味からして「一時」と表現される。該当する要件も様々であるが、居住地の近くの街区公園や児童公園、寺社の境内、団地の広場などが指定されている場合が多く、複数の町会単位の避難場所である。面積的には1㎡当たり2人程度である。

② 避難場所（広域避難場所）

第二段階の避難場所のことである。これも自治体によって呼び方は異なり、避難場所とか広域避難場所と呼ばれる場合が多い。最終的な避難場所であり大規模な公園などの大きなオープンスペースが該当する。該当する要件も自治体により異なる。ここでは東京都の例を示す。東京都では面積要件を1人当たり1㎡としているが、多くの自治体では1人当たり2㎡としている。

<東京都の避難場所の要件>

- ・周辺市街地大火による輻射熱(2,050 kcal/㎡h)から安全な有効面積を確保する。
- ・避難場所内部には、震災時に避難者の安全を著しく損なうおそれのある施設が存在しないこととする。
- ・有効面積は、避難場所内の建物、道路、池などを除き、利用可能な避難空間とし、1人当たり1㎡を確保することを原則とする。
- ・避難場所ごとの地区割当計画の作成にあたっては、町・丁、町内会、自治会区域を考慮する。
- ・候補地選定の目安として、短辺300m、面積10haよりもそれぞれ大きな値をとるものとする。

(2) 避難路

① 避難路の配置

避難路の配置は、2kmの格子状配置が理想形である。そして、避難場所相互、中継基地及び避難場所に準ずる安全な空地とを結びネットワークを構成するように配置する(図7.3.1)。

実際の計画では日常生活圏を考慮する。原則として幅員20m以上の道路(緑道、歩行者道路にあっては15m以上)とし、沿道両側の建築物を不燃化する。基本的には避難路の幅員は避難人口に見合った有効幅員を確保することが望ましいが、実際には避難場所の位置、地形、幹線道路の配置、鉄道、河川などにより変わってくる。

② 避難路の幅員

避難路は、災害時の混乱した状況下でも迅速にかつ安全に避難場所に到達できるような十分な幅員とルートが必要になる。

街路事業として、避難路を採択する場合、東京都及び政令指定都市では幅員20m(図7.3.2)以上、その他の都市では15m以上(歩行者専用道路は10m以上)の都市計画街路としている。

しかし、東京都の避難場所・避難道路の指定事業では、避難路の指定を受ける道路幅員について「原則として15m以上、ただし、該当する道路がない場合には7.5m以上」と定めており、現実的な対応

をしている。

(3) 避難所

住宅の焼失や倒壊により、生活の本拠を失った人や避難が長期間になり宿泊を必要とする場合などには、収容保護する必要がある。そのための施設として避難所（収容避難所と呼ぶ自治体もある）がある。一般的には耐震・耐火構造の学校や体育館など公共施設が避難所として開設される。阪神・淡路大震災でも小学校をはじめとして、多くの公共施設が避難所として使われた。

開設期間は、発災後1週間など自治体により異なるが、大規模災害の場合、応急仮設住宅が建設されるまでの期間が目処となる。

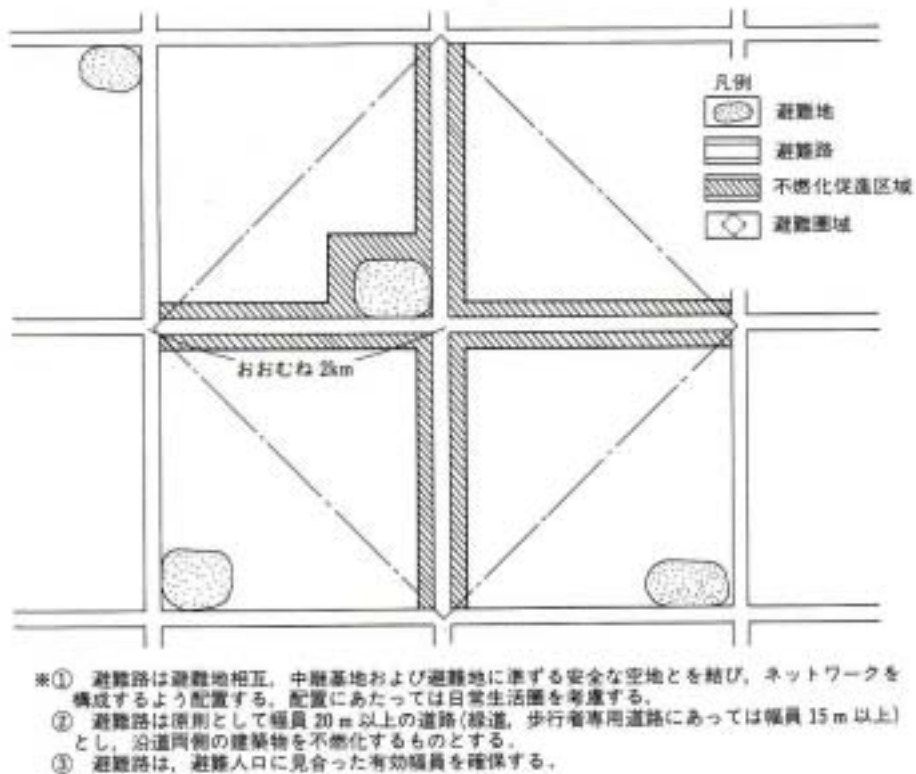


図 7.3.1 避難場所、避難路の配置

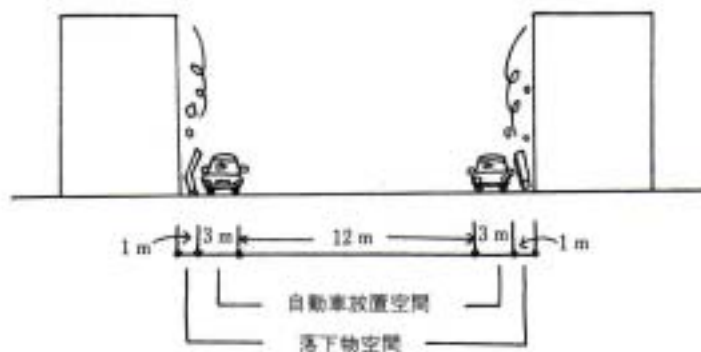


図 7.3.2 避難路の幅員

7.4 密集市街地対策

阪神・淡路大震災における長田区の大火に見られたように、密集市街地の問題は都市政策の上でも重要な問題となっている。それまでも密集市街地対策として全面的クリアランス型から改善型(修復型)など、様々な手法が展開されてきた。しかし、遅々として整備は進まない状況である。ここでは密集市街地の主な問題を概観する。

(1) 密集市街地の問題

密集市街地は、現在の都市計画において解決するべき重要な問題となっている。現在、大都市を中心に全国で約 25,000ha の防災上危険な密集市街地が広範に存在するとされている。

狭小敷地が多い、幅員が 4m 未満の狭あい道路が多い、そのため違反建築が多く、建替えをするとセットバックすることにより敷地規模がさらに小さくなるため、なかなか建替えず市街地の更新が進まず老朽住宅が多いなど、多くの問題を抱えている。

そして土地の所有者と建物の所有者、そして居住者が異なるという権利者の 3 層構造、加えて最近では独居老人が多いということが、ますます問題を複雑にしている、というのが現状である。

防災上の問題点は、木造老朽建物が多く、また狭あい道路が多いため消防ポンプ車の進入が出来ず、一旦火災になると消防活動が困難を極め、そのため火災は延焼火災となり、高齢者が多く避難活動が迅速に出来ず死傷者が大勢出ることが予想される、ということである。

従来からこのようなことが指摘されてきたが、有効な解決策が見つからず遅々として整備は進まなかった。しかし、1995 年に発生した阪神・淡路大震災における長田区の惨状は、それまでの指摘が正しかったことを証明し、各自治体は密集市街地対策に力を入れることになった。

(2) クリアランス型から改善型(修復型)へ

密集地区の問題は古く、特に劣悪な住環境の地区においては、1960 年制定の住宅地区改良法による住宅地区改良事業により改良を行ってきた。この事業は、新しい土地利用を一挙に実現する手法として、全面的にクリアランスを実施し、新たな住宅地を形成するという手法であった。

しかし、このように全面的なクリアランスが適切と思われる地区も少なくなり、何らかの環境上の欠陥の改善が望まれるが、クリアランスが現実的ではない地区を対象に、小さな改善行為を積み重ねて徐々に環境の改善を図る手法として改善型(修復型)の手法が主流となり定着してきた。

また、まちづくりにおいては住民参加方式が定着するようになると、全面クリアランス型では合意は形成されず、住民の合意を得やすい手法としても改善型(修復型)が採用されるようになってきたのである。再開発を除く現在行われている各種事業や地区計画も改善型(修復型)である。

(3) 密集法

1997 年、阪神・淡路大震災の教訓から、密集市街地における防災街区の整備の促進に関する法律(略して密集法)が施行された。

それまで、密集市街地の整備は、木造賃貸住宅密集地区整備事業や住環境整備モデル事業、街並み環境整備事業など各種事業で整備されてきたが、ここにおいて法律により防災上危険な密集市街地を都市計画において明確化し、防災施策と連携し整備するようになったのである。

内容は、都市計画において防災再開発促進地区を設定した上で、耐火性能の高い建築物への建替えの促進、延焼等の恐れがある危険な建築物の除却、防災街区整備地区計画の作成、土地に関する権利の移転の促進、建築基準法の接道の特例、地域住民による市街地整備の取組みを支援する仕組みの構築などとなっている。今後の展開が期待されている。

(4) 狭あい道路(細街路)問題

狭あい道路問題は密集市街地の根本的な問題の 1 つである。建築基準法は 1950 年に制定されたが、その時に、道路の最低幅員が従来の 4 間(3.6m)から 4m に変更された。そしてこの 4m 幅員が、消防活動をする際の最小幅員(図 7.4.1)とされたのである。そのようなこともあって幅員が 4m 未満の狭あい道路問題が発生したのである。



図 7.4.1 活動可能幅員

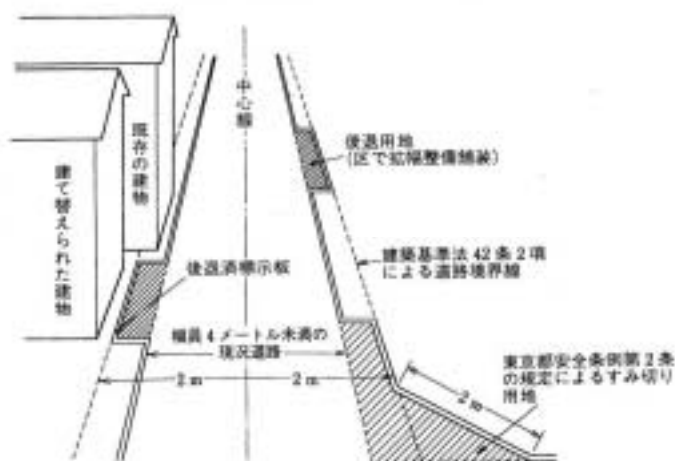


図 7.4.2 整備の方法

狭あい道路は、戦災で焼け残った密集市街地に多く、建築基準法が制定されて以来 50 年以上経過し、建替えが一通り終了したと思われるにもかかわらず、狭あい道路問題は依然として解決出来ない都市問題として残されている。それは、冒頭でも述べたように、建替えにより狭小敷地がますます狭くなり、建築面積が減少するからである。

東京都の特別区では、この問題を解決しようと 1983 年より各区で狭あい道路拡幅整備事業を始めた。建築基準法では、建替えの場合、建物のセットバックは義務付けているが、道路の整備までは義務付けていない。そのため、行政が建替え時に道路整備を行うという事業である。

整備実績は各区により様々であるが、事業の継続により道路を 4 m に拡幅しなければならないということに住民に浸透させることについては成果があった。また阪神・淡路大震災の長田区の例により、その後整備率の上がった区もあった。

(5) これからの課題

密集市街地の問題は、狭あい道路問題を道路の問題として、あるいは老朽住宅を建替えの問題としてそれぞれ単独に解決するのではなく、街区単位で見た場合の安全性というように地区の総合的な安全性の確保という視点での解決が求められている。

表 7.4.1 東京都区部の狭あい道路拡幅整備事業

開始年月	区名	現在の名称
S58. 12	大田区	大田区狭あい道路拡幅整備助成規則
S59. 4	荒川区	荒川区細街路拡幅整備要綱
S59. 4	中野区	中野区生活道路の拡幅整備に関する条例
S59. 10	世田谷区	世田谷区狭あい道路拡幅整備条例
S60. 12	足立区	足立区細街路整備助成条例
S61. 4	北区	東京都北区狭あい道路拡幅整備要綱
S61. 10	江東区	江東区細街路拡幅整備要綱
S61. 12	葛飾区	葛飾区細街路拡幅整備要綱
S62. 12	墨田区	墨田区細街路拡幅整備要綱
S62. 12	目黒区	目黒区狭あい道路の拡幅整備に関する条例
S63. 4	豊島区	東京都豊島区狭あい道路拡幅整備要綱
S63. 7	品川区	品川区細街路拡幅整備要綱
H 1. 4	杉並区	杉並区狭あい道路拡幅整備条例
H 2. 4	板橋区	東京都板橋区細街路拡幅整備要綱
H 2. 10	江戸川区	細街路整備方針
H 2. 10	文京区	文京区細街路拡幅整備要綱
H 4. 4	渋谷区	渋谷区狭あい道路拡幅整備助成金等交付要綱
H 4. 5	台東区	台東区狭あい道路拡幅整備要綱
H 4. 10	新宿区	新宿区細街路拡幅整備要綱
H 7. 7	練馬区	練馬区狭あい道路拡幅整備助成要綱

(千代田区、中央区、港区は事業を実施していない)

第8章 震災と環境影響・廃棄物問題

キーワード：地震による環境影響、環境影響調査、大気汚染、水質・土壌汚染、浮遊粒子状物質、ライフライン、仮設トイレ、災害廃棄物、野焼き問題

8.1 環境影響

(1) 地震による環境影響の概要

地震によって直接的にあるいは間接的に、環境に大きな影響を及ぼす。特に被災地域においては著しい。地震及びその後の対応によって汚染物質が環境に負荷されると、その回復には長い時間と多額の費用を要することとなる。また環境保全の観点からも迅速で適切な状況把握の調査が必要となる。環境影響の要因には直接影響と間接影響の他、緊急対策による影響、地震時に休止していた工場等の操業再開によるもの、復旧工事による影響もある。

地震によって生ずるであろう環境影響の要因・要素を表8.1.1に示す。

表 8.1.1 地震による環境影響の総括表

環境影響要因/環境影響要素	大気汚染	水質汚濁	騒音	振動	悪臭	土壌汚染	地盤沈下	生活衛生
直接影響								
地盤・水脈変化		○				○	○	
間接影響								
公共公害防止施設の破損								
下水道		○				○		○
廃棄物処理システム		○			○	○		○
工場等の公害防止施設の破損	○	○				○		
工場・事業場等からの漏洩	○	○				○		
日常品の破損	○	○				○		
水道の給水停止								○
火災	○	○				○		
緊急対策による影響								
廃棄物の蓄積・貯蓄		○			○	○		
解体作業・瓦礫の運搬	○		○	○				
廃棄物の野焼き等	○				○			
緊急・復旧車両等	○		○	○				
工事等の操業再開に伴うもの	○	○	○	○	○	○	○	
復旧復興工事・事業	○	○	○	○	○	○	○	

(2) 環境影響調査

被災地域が環境的に良好で、汚染等に敏感な場所であり、また住居地域であれば地震の発生直後から環境影響の把握のための緊急調査、広域調査また影響の可能性のあるものの調査、追跡等が必要である。

以下に阪神・淡路大震災時に行われた調査を参考に主な調査項目及び調査すべき要因について示す。

表 8.1.2 大気汚染関係

調査項目	調査すべき要因
硫酸化物、窒素酸化物の濃度	緊急車両の通行、交通渋滞、迂回交通等交通事情の変化
浮遊粒子状物質、粉じん・アスベストの濃度	建物の解体、瓦礫の運搬
その他有害物質の影響	工場や事業場からの漏洩、廃棄物の野焼き、簡易焼却炉での焼却

表 8.1.3 水質・土壌汚染関係

調査項目	調査すべき要因
生活環境項目、有害物質等の影響 (水質調査、土壌調査)	工場・事業場からの漏洩、貯留物質の流出、下水処理場等の廃水処理施設の被災、地下地盤の変化による湧出、工場操業再開、廃棄物の野焼き

(3) 震災後の環境影響調査

震災による環境影響の具体例として以下に阪神淡路大震災時の調査結果を記す。

以下各節における数値等は特に断りがない場合は阪神・淡路大震災によるものである。

① 大気環境への影響

a) 硫黄酸化物、窒素酸化物、浮遊粒子状物質

地震の発生した1995年1月から5月の大気環境濃度を例年と比較すると、一部に交通事情の変化と考えられる影響が見られるが、全体的に変動範囲内であり震災による顕著な影響は表れていない。ただし、NO₂の月平均濃度、及び浮遊粒子状物質(SMP)の1995年2・3月の被災地域の濃度は被災地域外より高めである。これは交通渋滞や他道路への迂回による交通状況の変化及び建物の解体、瓦礫の運搬に伴う影響によるものと考えられている。(図8.1.1)

b) 有害物質の環境調査

工場・事業場からの有害物質による環境汚染状況と把握するため、1995年2月及び7月に50地点で調査が行われたが、有害物の漏洩等による二次汚染は認められていない。

c) 災害廃棄物による環境影響調査

震災後、災害廃棄物の野焼き及び簡易焼却炉による焼却処理が行われた。周辺調査の結果、野焼き周辺について一部地域で濃度の高い所も見つけられ、野焼きの影響が考えられるがいずれの有害物質も概ね通常観測される範囲内であった。

なお、野焼き現場における全焼却灰7,900トン(西宮, 尼崎, 宝塚の3市分)の中にはかなりの量のダイオキシン類が含まれており、

その総TEQ量は約60gで神戸市内を含めると400~500gになると推定されるとの調査結果もある。

d) アスベスト調査

アスベストの環境濃度は震災直後から概ね日本の都市地域の環境濃度の範囲に入っており、1995年2、3月時において一部地域で高い地点が見られたが4月以降は改善されてきた。

② 水質・土壌への影響

a) 河川、海域、地下水への影響

被災地域において、二次にわたり水質モニタリング調査が行われた。

一次(緊急)、二次調査とも環境基準という健康項目、環境項目は一部地域で前年同期と比して高い傾向がみられたが全体的には変動の範囲であり、特に地震による影響は見られなかった。

b) 土壌への影響

調査は野焼き跡地及びクリーニング事業場で行われた。

野焼き跡地はいずれの箇所においても溶出量は土壌環境基準を、含有量においても基準参考値を下回っていた。クリーニング事業場では調査の7事業場のうち6事業場でテトラクロロエチレン等が、同基準を上回って検出された。

(4) 震災時の環境影響を減ずるための対策

地震発生時においては環境影響を最小限に止めるよう努力することが重要であり、万一被害が生じた時は環境汚染の状況を的確に把握し、速やかに緊急措置を講じることにより二次災害を未然に防止することが必要である。

そのためには平常時より震災時の緊急事態に備えた環境測定のための人員及び資・機材の確保と運

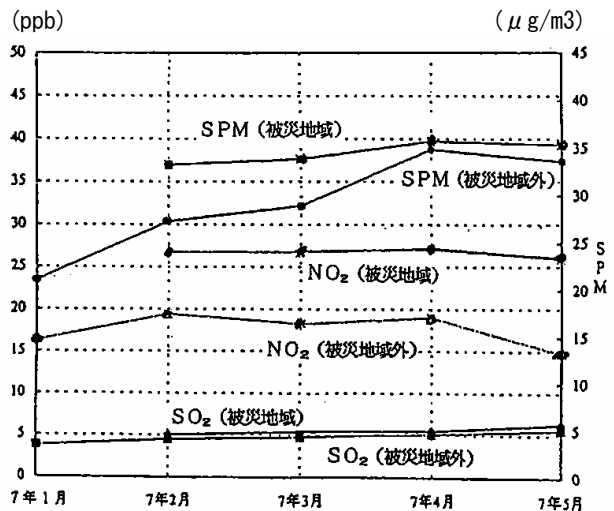


図 8.1.1 震災後の環境濃度

営体制づくり、環境を汚染する可能性のある工場等の立地状況など発生源の把握や、応急措置の体制の整備も必要である。

8.2 生活環境対策

(1) 阪神・淡路大震災 ライフラインの被害と生活環境への影響

① 電力施設

火力発電所のうち運転中の8ユニット、起動中の4ユニットが地震の影響で自動停止した。また送変電設備、配電設備の被害により、兵庫県南部、大阪府北部、淡路島を中心に260万戸で停電が発生した。その後切り替え送電により、2時間以内に100万戸まで減少した。6日後の1月23日には応急送電を完了した。

② 通信施設

電話については、交換機において商用電源の停止や予備電源の損壊等により28万5千回線の交換機能が停止したが、半日から1日半で復旧した。またケーブルの損傷等により約20万回線のサービスが中断したが、1月31日までにサービス回復を希望するユーザーの10万回線が回復した。

兵庫県と県内市町村や消防庁等とを結ぶ衛星通信ネットワークも、停電の後非常用電源装置が容量の限界でダウンし、自家発電機も地震で故障したため、停電復旧までの6時間連絡できなかった。

地震当日の神戸地域への電話は通常ピーク時の50倍に達し、翌日も20倍を記録した。神戸への通話輻輳が解消したのは5日後以降であった。発信規制対象とならない緑公衆電話は、テレホンカードリーダー部分が商用電源に依存するので、停電で利用できなくなり、またコインもすぐに詰まり、使用不能が長引いた。

③ 都市ガス施設

ガス製造所、高圧導管には被害がなかった。中圧導管での被害はドレッサー継手等の緩み漏れが大半であるが、導管本体の溶接部で1962年以前に施工の非裏波溶接に破損を生じた。低圧導管については、約2万6千箇所被害を生じた。被害の大半は各家庭への引込み管（供給管）屋内管で発生しており、ねじ継手に集中している。耐震メカニカル継手はねじ継手と比較すると、被害率が1桁以上小さかった。現在導入促進中のポリエチレン管については被害がなかった。

地震発生後時間の経過とともにガス漏れ通報が殺到し、十分な個別対応が困難と判断されたため、地震発生6時間後の午前11時半から当日夕方までに、神戸市、西宮市など被害の大きかった5箇所のブロックで供給遮断が行われた。このため約86万戸が供給停止となった。地震による被害の多かったシステム末端の低圧導管は、地中埋設であり復旧が長引いた。

ガス停止中の代替熱源としてカセットガスこんろが利用された。また早期に復旧した電気により、電熱器、電子レンジ、などの電気機器が利用された。

④ 上水道

施設のうち特に被害の大きかったのは配水管、給水管であった。導水管、配水管等で多く用いられているダクタイル鋳鉄管では一般継手に抜け出しが多発したが、メカニカル耐震継手では被害はなかった。水道網末端にあたる給水管では多く硬質ビニル管が使用されているが、変位に追従できず管体部、継手部で多数箇所破損した。

地震発生の直後、兵庫県下の10市7町の戸数の90%にあたる126万6千戸で断水した。地震による被害の多かったシステム末端の給水管は、地中埋設であり復旧が長引いた。また震度7地域において消火栓の大半が使用不能になったため、消火活動は困難をきわめた。神戸市長田区の火災発生地域をみると、ここに管路被害が集中していたことがわかる。

断水の間、飲料水は、ペットボトルで入手でき給水車などの救援もあり何とか間に合ったが、問題はトイレ、洗面、洗濯などの生活用水の確保であった。プールの水、川の水、井戸水なども利用された。ある被災地域の調査では、ライフラインの停止中に最も困ったものとしてトイレ洗浄水があげられている。

⑤ 下水道

兵庫県下 8 市で 18 箇所の下水処理場が被害を受けた。処理場、ポンプ場の被害形態として共通しているのは、流入渠、放流渠、送水管の構造物への取り付け部での被害、沈砂池のクラックなどである。また下水道管渠には、マンホールのズレ、管路の破損・閉塞、土砂の流入などが生じ、管渠の被害件数は約 2 万 3 千箇所に及んだ。

震災後各所の避難所で仮設トイレ設置の遅れ、し尿の処分が問題となった。

被災地域は下水道整備が進んだ地域であるが、多くの地域で断水となったため水洗トイレが利用できず、仮設トイレの設置が求められた。神戸市の例では、ピーク時避難所を含む 546 箇所に 3012 基の仮設トイレを設置している。種々の混乱のためし尿の計画的収集が早期にできなかったことで、非水洗、汲み取り式の仮設トイレに対する苦情も多かった。

⑥ ライフライン相互の影響

停電後、交通信号が麻痺し、被災地一帯の交通渋滞を激化させる要因のひとつになった。

被災地域の病院では自家発電機を設置していたが、断水のため潤滑油の冷却水が得られず、作動しなかった例が数多く報告されている。

地震発生後 3 日間に阪神間 7 市で発生した火事 182 件のうち、半数以上がガスまたは電気に関わっており、約 10% が両者の複合と考えられるものであった。断水と交通支障は、被災直後からの消火活動に大きな障害となり、同時多発火災は拡大してトータルで約 70 万 m² を焼き尽くす大火となった。

表 8.2.1 ライフラインの被害総括

ライフライン	震災日(1995年1月17日)	1月末	2月末	復旧完了
電気	260万戸(直後) → 100万戸(2時間後)	復旧	復旧	応急送電完了1月23日
電話	28万5千回線(交換不調) 20万回線(断線)	約10万回線 (断線)	復旧	1月31日(倒壊家屋等を除き復旧)
ガス	85万7千戸(16時間後)	約82万戸	約40万戸	4月11日(倒壊家屋等を除き復旧)
上水道	約130万戸	約50万戸	約4万戸	4月17日

(2) 今後の課題と対策

最も被害が大きく補修にも長時間を要したのは地下埋設配管であり、ガス、水道は復旧に約 3 ヶ月を要している。地盤の変形に管の変形が追従できなかったため配管中で最も弱い管継手で破損したと考えられる。都市ガスについては低圧導管にポリエチレン管の使用推進を図っている。神戸市では、水道の耐震化として、大容量送水管の増設、給水の早期回復を図るため 500m、200m の格子状に配水管網の整備、給水管にポリエチレン管や伸縮可撓管の採用などを進めている。また消防水利の整備として、耐震性防火水槽の大幅な増設等を進めている。

公衆電話では、停電のためテレホンカードが使えないような事態を考慮して、災害時における停電時に公衆電話を無料化することになった。また、被災地内の家族、知人等の安否確認ができる災害用伝言ダイヤル()が導入された。

仮設トイレについては、神戸市では災害時のし尿収集の困難さを考慮し、下水道のマンホールの上に組み立てる仮設トイレを整備している。

() 大災害発生時(震度 6 弱以上の地震発生時など)に、被災地へ安否確認のための通話等が爆発的に増加し、被災地へ向けての通話がつながりにくい状況になった場合、NTT などにおいて、被災地内の電話番号をメールボックスとして、安否等の確認を音声により伝達するボイスメール。「171」をダイヤルし、利用ガイダンスにしたがって、伝言の録音・再生を行うことにより安否確認が行える。

8.3 災害廃棄物の発生状況

(1) 瓦礫及び可燃性廃棄物

① 廃棄物処理法の規定

廃棄物の処理は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(以下「廃棄物処理法」という)に従って実施しなければならない。この法律が規定している廃棄物は、「一般廃棄物」と「産業廃棄物」の2種類である。「一般廃棄物」の処理責任は市町村にあり、「産業廃棄物」の処理責任は排出事業者にある。「災害廃棄物」という言葉は、この法律の中には見当たらないが、震災や水害などの災害で生じた廃棄物の処理も廃棄物処理法の適用を受ける。

② 災害時における廃棄物処理に関する規定

廃棄物処理法第22条及び施行令第22条に、「災害その他の事由により特に必要となった廃棄物の処理に要する費用の2分の1以内の額」を、国は「市町村に対して補助できる」と規定されている。厚生労働省は、「災害廃棄物」という用語の意味を、「災害に伴って発生した廃棄物」としているが、この概念は廃棄物処理法第22条の規定を踏まえていると考えられる。

この規定に基づいて、補助の対象になる廃棄物が「災害廃棄物」である、とも言えよう。

③ 災害廃棄物処理の特例

阪神・淡路大震災では、長年にわたって築かれてきた構造物や建築物の多くが、一瞬の間に破壊されて、多量の瓦礫と廃棄物とが発生した。被災地内の廃棄物処理施設も被害を受けて機能を停止し、道路網の損壊とあいまって、その処理は極めて困難になった。人命の救助や、被災地の復旧・復興のためには、早急な廃棄物の処理が必要と判断された。

従来、損壊家屋の「解体」は所有者の責任で行うことになっていた。しかし、阪神・淡路大震災においては、特例として、個人や中小事業者などの倒壊家屋等の「解体」を、災害廃棄物処理事業として、所有者の承諾のもとに市町村の事業として行い、その費用の2分の1を国が補助する特別措置を講じた。

(2) 災害廃棄物処理計画

兵庫県は震災発生約半月後に災害廃棄物処理計画作成マニュアルを提示して、市町における計画策定の基準とした。これに基づいて各市町が策定した処理計画と、公共・公益系の処理計画とをまとめて「兵庫県災害廃棄物処理計画」を1995年4月14日に作成した。その中では瓦礫の総発生量を1,850万ト、リサイクル率の目標を62.5%としていた。その後、処分の状況の推移と共に見直しがおこなわれて、発生量を2,000万トに、リサイクル率の目標を50.1%に修正した。

表 8.3.1 災害廃棄物の発生源別内訳（兵庫県：平成7年11月30現在）

住 宅	・ 建 築 物 系	1450万ト	(1760万m ³)
公 共 公 益	道 路 鉄 道 等	480万ト	(300万m ³)
施 設 系	公団・公社・公営住宅等	70万ト	(50万m ³)
合 計		2000万ト	(2110万m ³)

表 8.3.2 兵庫県における災害廃棄物の発生量とリサイクル目標（平成7年11月30日現在）

種類	発生量	リサイクル量	発生源	リサイクルの用途	量
不燃物	1,673万ト	コンクリートガラ 943万ト	住宅・建築物系	土地造成（新規海面埋立等）	466万ト
			公共公益施設系	建築資材	34万ト
		金属くず 31万ト	住宅・建築物系	土地造成（新規海面埋立等）	381万ト
			公共公益施設系	建築資材	62万ト
可燃物	285万ト	木屑 7万ト	住宅・建築物系	製鋼原料等	12万ト
			公共公益施設系	製鋼原料等	19万ト
合計	1,958万ト	981万ト	リサイクル率	チップ化後、パルプ原料等	7万ト
					50.1%

：不燃物の残りはフェニックス等で、また可燃物の残りは焼却等を経て内陸処理場、フェニックス等で最終処分する。

(3) 住宅・建築系災害廃棄物の状況

1996年2月末現在の住宅・建築物系の災害廃棄物の発生量とその処理状況を以下(表8.3.3)に示す。兵庫県・大阪府あわせて、116,666棟が解体処理され、1,457万トンの災害廃棄物が排出された。

不燃物の「再生」の内訳は、海面埋立資材としての活用が約8割である。

可燃物の処理内訳を見ると、2/3が焼却で、ついで埋立が多い。再生は6%弱である。焼却のうち約1/4は仮置場での野焼きで、当初、処分方法に行き詰まってやむをえず行われた。可燃物の埋立は、不燃物との分別が不可能な物が対象となった。市町の中には再生率20%を達成している所があるが、困難な状況の中で解体現場での分別を徹底させたことが大きな要因と評価されている。

兵庫県の記録によると、瓦礫のうち411万トンは解体を伴わないもの(落下した瓦や倒壊したブロック塀等)で、総発生量の約3割となっている。

表 8.3.3 住宅・建築系の災害廃棄物の発生量推計と処理状況(平成8年2月末現在)

府 県 名	処理対象家屋(棟)	種 類	発生量の推計(千トン)	処分量(千トン)				仮置場保管量(千トン)
				焼 却	再 生	埋 立	合 計	
兵 庫 県	113,386	不燃物	11,238	0	3,454	5,342	8,796	1,343
		可燃物	2,840	1,010	69	449	1,528	1,073
大 阪 府	3,280	不燃物	397	0	2	372	374	1
		可燃物	97	72	23	0	95	0
合 計	116,666	不燃物	11,635	0	3,456	5,714	9,170	1,344
		可燃物	2,937	1,082	92	449	1,623	1,073

(4) まとめ

阪神・淡路大震災で発生した災害廃棄物の総量は約2,250万トンで、処理内訳は埋立(不燃物再生のうち海面埋立資材を含む)が61.7%、再生が27.8%、焼却が10.5%であった。

処理計画を作成する際には、災害廃棄物の量を把握する必要がある。各自治体とも、家屋の解体に伴って発生する廃棄物量を、当初は既存資料をもとに想定して対応していたが、被災家屋の調査結果を基に調整を加えて計画を修正していった。

兵庫県が県下の市町の資料から得た家屋解体に伴い発生する廃棄物量の原単位は、木造家屋の場合で可燃物0.194トン/㎡、不燃物0.502トン/㎡、鉄筋コンクリート造の場合では可燃物0.120トン/㎡、不燃物0.987トン/㎡、鉄骨造では可燃物0.082トン/㎡、不燃物0.630トン/㎡となっている。

8.4 災害廃棄物の処理対策

(1) 災害廃棄物処分に対する国の基本方針

国では、震災で大量に発生した倒壊家屋等災害廃棄物を迅速且つ円滑に処分するため、1月23日に「災害廃棄物対策三省庁連絡会(厚生省、運輸省、建設省)」を設置し、災害廃棄物発生量、現存処分空間及び基本的な考え方について取りまとめることとした。

ついで、倒壊家屋の解体促進のための「損壊家屋等の解体処理に対する特別措置(厚生省、1月28日)」、「その他災害廃棄物の円滑且つ適正な処理の為の措置(厚生省)」、「...建築物の解体撤去に係るアスベスト飛散防止対策について(関係8省庁、石綿対策関係省庁連絡会議)」、阪神・淡路復興委員会からの提言 3「瓦礫等の処理」として、「瓦礫等の処理・倒壊家屋の処理については緊急・応急対策として当分の間、解体・収集・中間処理・運搬・処分に亘る全ての過程において、国・県・市町の3者が協力して進められており...」として災害廃棄物処分のための総合的管理のあり方が提言された。

阪神淡路復興対策本部では「倒壊家屋処理推進部会(国、県、神戸市他6市)」の設置と「全体処理計画の進行管理」等を定め、国は「本部会の助言・指導のほか、市町、県の災害廃棄物処理計画の円滑な実施に向けての支援を行う」こととした。

(2) 現場処理対策の現状

① 兵庫県行政対応

兵庫県では災害廃棄物の処理は経験者が無く手探りの状態ではあったが、2月3日に県下関係市町村による「災害廃棄物処理推進協議会」が発足し、処理制度の確立 災害廃棄物発生量の推計 市町災害処理計画の策定 仮置場及び最終処分場の確保等処理体制の確立について策定実施したが、その大要は災害廃棄物 特に発生量の質・量的な把握、解体順序、仮置場の確保等の具体的な問題であった。とくに交通障害ともなる倒壊家屋等の速やかな処理推進が課題となった。

② 臨時の措置

臨時の廃棄物処理システムとしては、コンクリートがらの破砕処理 緊急的野焼きの実施 チップリサイクル、分別処理等木屑の処理 処理業者への委託等を定め推進した。兵庫県下では、パンク状態の仮置場で木屑等の野焼きを始める自治体が続出し、芦屋市では2月15日から4月30日までの間に、やむを得ず35700トンの野焼きが行われた。少し落ち着いてからは、木屑等は可能な限り分別破砕して、全てチップ化等のリサイクルを図る事とし、結果として兵庫県下では、災害廃棄物中の木屑等可燃物285万3千トン中の6万9千トン(再生率2.4%)を再生した。

③ 神戸市行政対応

神戸市では、処理対象家屋は65,000棟以上に及んだが、先ず、交通ルートの早期整備のための道路上倒壊建物の公園への撤去 木質系被災家屋の環境センターへの搬入(布施畑、淡河) コンクリートがら(瓦礫)はフェニックス処分場への搬入(尼崎、泉大津) または神戸港内埋立処分とした。一方、神戸クリーンセンターの余剰焼却炉の活用、仮設焼却炉や選別破砕機設置による機械処理が順次進められた。また、内陸部の伊丹市や宝塚市では、自衛隊の支援による倒壊家屋(宝塚市4868棟)の解体撤去、仮置場・処分場への運搬搬出、また産業廃棄物処理業者への委託(3,000m³/日)として対応した。

④ 大阪府行政対応

大阪府下では、大阪市、豊中市、吹田市、池田市、箕面市などで建物被害が約3,200棟以上に及んだ。大阪府では震災直後に、瓦礫等処理対策の基本方針を以下のように決めた。可燃物・不燃物の現地分別の徹底 アスベスト飛散防止対策の実施 仮置場での可燃物・不燃物の分別の徹底 可燃物は自地域施設で焼却 再利用可能な廃木材の可能な限りの資源化 神戸市等被害甚大地域への支援策 不燃物はフェニックス、堺第7 3区において最終処分する方針等である。最終処分の可能な容量については、尼崎、和泉大津処分場で合計1,500万m³が処分可能な事を確認した。また、可燃物9万7千トン中の2万4千トン(同24.7%)を再生した。また不燃物の瓦礫等は路盤材などに約2,000トン以上を再生した。

⑤ 最終処分

フェニックス処分場の泉大津(全容量3,000万m³中受け入れ可能量430万9,100m³)及び尼崎(全容量1,500万m³中受け入れ可能量1,130万5,000m³)では、発生した災害廃棄物の埋立処分の対応が充分可能であった。その結果、瓦礫及び燃え殻等の最終処分場への搬入総量は、1996年2月まで、250万トン(156万m³)であり、(内燃え殻13万851トン)、埋め立て量全体の約44%に及んだ。

災害廃棄物処理事業費の総費用は、兵庫県下では、総額2,751億円、大阪府下(5市)では約91億8千万円に達した。

(3) 処理対策上の課題

一時に2,000万トン以上にも及ぶ、災害廃棄物の速やかな処理処分には様々な課題が浮上した。

損壊家屋の解体には、国の特別措置による行政側の努力により一面では速やかに進行したが、家屋解体時の多量の粉塵発生、さらに建築物によっては、当初予期せぬままに、解体に伴う使用アスベストの飛散の問題が生じた。

また、多量の解体建物の運搬体制確保や車両交通の渋滞問題も生じた。さらに、震災直後の阪神諸都市では府県の指導の下に、先ず災害廃棄物の仮置場の確保、可燃物不燃物の分別の徹底、減量化リ

サイクルの方針で臨んだが、仮置場に廃木材等が多量に溜まってしまい、やむなく「野焼き」を始めた所もあったが、周辺住民からの苦情が殺到した。また解体家屋の野焼きには、粉塵発生だけでなく、カドミウム、アスベスト、ダイオキシン発生等の大気環境汚染が懸念された。このため神戸市では3月末に野焼き禁止の通達を出し、以後急速に野焼き行為は減少した。

神戸市では、地震直後に内陸部の布施畑・淡河最終処分場を災害廃棄物の仮置場に活用したが、多量の災害廃棄物の処理は困難であり、また搬入車両の交通渋滞が生じた。そのため、造成中のポートアイランド 期の一部を仮置場として確保せざるを得なかった。ただし、瓦礫・燃え殻等の最終処分は、一般廃棄物として最終処分場に搬入される事になり、関西地区には泉大津沖と尼崎沖に海面埋立処分場があり、多量に発生した災害廃棄物の処分に大きな貢献を果たした面もあった。

(4) 今後の災害廃棄物処理システムの確立に向けて

1度に発生する多量の災害廃棄物の速やかな処理処分には、様々の技術的行政的な問題が生じ、この震災でも多くの教訓を残した。災害に強い廃棄物処理システムの確立に向けて、処理システムの機能や能力等の改善システムの推進策として、以下のような提言が述べられている。

処理システム全体としての廃棄物保管容量を増加させる対策(一次保管場の設置、可燃廃棄物の分別とその焼却、有価物の分別・リサイクル等)

廃棄物の最終処分量を減少させる対策(仮設焼却炉の設置、仮設選別機や臨時分別場の設置等による分別・リサイクルの強化、埋立地材料としての利用等)

廃棄物の発生量を減少させ、またその発生の集中を防ぐ対策(分別・リサイクルの強化、廃棄物受け入れ優先順位の設定等)

輸送能力の増強、環境質の悪化対策

廃棄物処理システムの複合化と域外からの支援システム

事後対策から予防的対策へ

廃棄物処理システムの重層化・複合化

兵庫県南部地震は、災害廃棄物処理システムのリスク対策を抜本的に吟味する契機となった。量の側面から災害廃棄物対策の経験が効果的に整理されつつあり、さらに、災害廃棄物対策の経済的側面や法制的側面からの検討等が今後期待される。

第9章 災害情報と情報の伝達

キーワード：災害情報管理、台風情報、大雨情報、洪水情報、土砂災害警戒情報、地震災害情報課題、地理情報システム、地震防災情報システム

9.1 災害情報管理の概要

(1) 災害情報管理体制

災害を防止し、あるいは減災するためには、災害情報管理の整備と機能する仕組みが必要である。災害情報管理は、災害を引起こす現象や災害事象に関する情報の探知とそれらの情報を関係機関や住民に迅速、的確に伝達すること、そしてそれらが機能するための体制である。

地震や津波、集中豪雨などの自然災害が発生し、犠牲者が出るたびに情報伝達の遅れ、不足、あるいは欠落などの情報管理体制上の問題が指摘されており、また、住民の防災情報に対する認識不足あるいは誤った災害情報知識などが問題となっている。

このため、過去の災害の教訓を活かしたIT技術の活用による災害情報管理機能の整備とそれらが機能するための、関係機関、地域住民の連携、情報の共有化が必要である。

災害情報管理の体制の概念図を以下に示す。

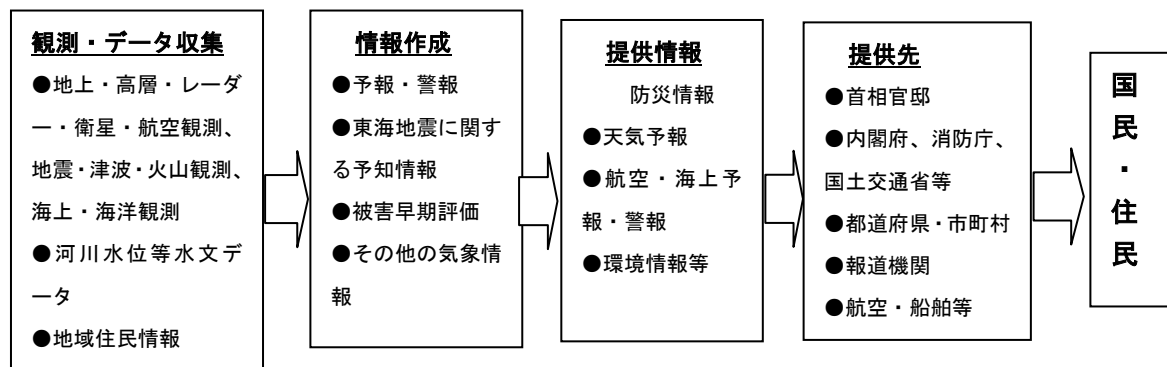


図 9.1.1 災害情報の収集・管理・伝達体制の概念

(2) 探知・情報伝達システムと技術

毎年、わが国に災害を引起こす台風は、その発生と進路の予測が大変重要である。台風は人工衛星や気象観測により、発生後すぐに探知され、時々刻々の進路や速度を知ることができる。これらの探知・情報伝達システムには、最先端の研究が行われ、高度化が図られており、台風の進路の予測は、まだ完全なものではないものの、豪雨、強風、高潮の発生は、数時間単位、数 km 単位の精度で行われている。

災害事象の大きさ、発生場所、時間を的確に把握する探知・情報伝達システムは、次ページ表 9.1.1 に示すように多種多様な技術が活用されている。

災害事象の探知には、関連現象の観測・計測技術、対象事物の検査技術がある。それらの技術を活用するための観測・計測機器を搭載する自動車、船舶、航空機、人工衛星等のプラットフォーム技術とそれらのプラットフォームを大気中や宇宙に運ぶロケット、エンジンなどの航空宇宙技術が必要である。また、プラットフォーム技術は離れたところからの遠隔操作・自動制御の技術が必要となる。探知した情報の伝達は、電話回線、インターネット回線、防災行政無線、人工衛星などが利用可能である。同時に、災害現場における緊急情報の伝達には、半鐘やサイレン、ケーブルTV、広報車など単純な方法も高度な情報伝達システムを補完するものとして不可欠である。

表 9.1.1 探知・情報伝達システムに関連する各種の技術

	航空宇宙技術・プラットフォーム技術	観測計測技術・リモートセンシング技術	情報通信技術
探知システム	人工衛星、航空機、ヘリコプター、飛行機、船舶、気球、潜水艦、自動車	アメダス、超音波、弾性波、写真、測量、工学センサ、赤外線、レーザー、放射線	自動伝送システム、汎地球測位システム (GPS)、地理情報システム (GIS)、画像処理
情報伝達システム	人工衛星、宇宙ステーション、航空機、船舶、自動車		拡声器、e-mail、テレメータ、サイレン、ラジオ、TV、有線電話、防災無線、移動通信システム、光ファイバー、インターネット、衛星通信、記憶媒体、データベース、防災情報システム

(3) 気象情報

① 観測情報

現在の降雨状況は、気象庁のアメダスで確実に知ることができる。これは全国に設置された無人の気象観測所（降水量：全国 1,300 箇所、気温/風向・風速/日照時間：全国 840 箇所）から 10 分毎に観測された降水量、気温、風向・風速などを 1 時間ごとに電話回線を通じて自動集配信される地域気象観測システムである。これにより、時々刻々変化する気象状況を即時に把握でき、注意報・警報などの防災気象情報の発表に役に立っている。

② 気象レーダー観測

気象レーダーは、半径 100km 程度の領域の空中に向けてアンテナから電波を発射し、上空の降水粒子の集合体で散乱される反射波を受信し、その強さで降水の分布や強さを観測する。レーダー情報は、上空の降水粒子の情報であり、海上を含めアメダスで得られない立体的な降雨の分布が短い時間間隔で得られる。このため集中豪雨の雨雲の立体的な構造も観測できる。

気象庁は、全国 20 基の気象レーダーによる全国 2.5km 四方の格子毎の分解能、10 分間隔の雨域・雲域の存在と移動を監視している。これにアメダスの観測 1 時間雨量を用いて、前 1 時間雨量の推定（レーダー・アメダス解析雨量）を行う。これは、6 時間先の 1 時間雨量を予測する降水短時間予報の実況値として用いられている。一方、国土交通省のレーダー雨量計は、降水量の把握を目標に日本全国をカバーし、5 分間隔で広域の降雨状況と移動状況を的確に把握できるため、洪水予報や河川管理、道路管理など防災に貢献している。

③ 衛星による観測

台風の動きなど雲の動きが分かる観測画像は、東経 140 度の赤道上空 36 千 km にある静止気象衛星から送られてくる情報である。通常 1 時間に 1 回送信され、雲の分布、高さ、風や水蒸気、海面温度を知ることができ、台風や前線、強雨域の監視や天気予報、機構の監視に欠かせない。なお、2003 年 5 月 22 日現在、静止気象衛星「ひまわり」による雲の観測は、米国の「ゴーズ 9 号」によって引き継がれている。

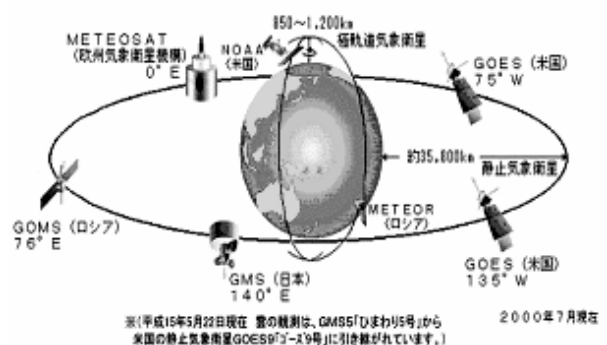


図 9.1.2 衛星による気象観測

(4) 情報伝達システム

① 事前と事後の防災情報

伝達すべき情報は、2 つある。第 1 は、地域住民に、予め伝えておくべき被災履歴、土砂災害危険区域、広域避難場所や被災予測等による各種のハザードマップなどの事前の防災情報（次ページ表 9.1.2 参照）であり、第 2 は、被害発生後のリアルタイムの災害情報、被災情報、応急対策情報（次ページ表 9.1.3 参照）である。

表 9.1.2 事前に伝えるべき主な防災情報の例

項目	例	項目	例
被災履歴	洪水・土砂災害跡、洪水氾濫実績図、浸水実績図、断層位置、	ライフライン	電力・ガス・水道・下水道・通信回線・電話等
建築物	木造住宅密集地域、地下街、特別防災区域、危険物取扱い施設	地理情報	活断層、土砂災害危険区域、液状化危険区域、危険物取扱い施設、広域避難場所・避難施設、非常用水
公共土木施設	道路・鉄道・堤防・遊水地・水門・ダム・港湾・空港等	予測情報	洪水氾濫予測の範囲・浸水深さ・避難場所・避難経路等を示す各種ハザードマップ、

表 9.1.3 事後のリアルタイムに必要な主な防災情報の例

項目	情報の内容	発信・伝達等
災害情報	台風・集中豪雨・地震・火山噴火・津波	気象庁情報
	土砂災害、竜巻など局地的情報	地域住民情報
予測情報	洪水予測（河川流量の確率的予測）	
	土砂災害予測（先行雨量と短時間雨量の組み合わせ等） 地震被害推計（発災後、30分以内で被害の概要の自動推計）	基準値を上回れば、予警報、避難勧告、避難指示 内閣府の地震被害早期評価システム（EES）は気象庁情報で被害規模の概要を短時間で推計、緊急対策本部設置の判断、関係機関発信を行う
被害情報	現地住民、現地踏査による被害状況の報告、映像情報、ヘリコプターの収集等による短時間の情報収集・伝達	モバイル地理情報システム、携帯電話回線、衛星通信、防災無線・回線等の利用
応急対策情報	災害の進行時間と実施された応急対策の状況（建物倒壊・火災の進行状況と人命救助、消火等応急活動の進捗状況、投入した時間、人員等	全体的に防災活動を効果的に実施するために重要で、避難所の不足品、入手予定情報なども含む

9.2 風水害情報

（1）強風の注意報・警報

気象庁は、大雨や強風、大雪などによって災害が起る恐れがあると予想した場合は「注意報」を、重大な災害が起る恐れがあると予想した場合には「警報」を発表する。一般に、強風注意報は「平均風速がおおむね 10m/s を超え、主として強風による被害が予想される場合に行う」。また、暴風警報は「平均風速がおおむね 20m/s を超え、重大な災害が予想される場合に行う」。これらの注意報・警報の発表基準は、管轄する気象官署によって異なる。

表 9.2.1 に風の強さと吹き方を示す。瞬間風速は、平均風速の 1.5～3 倍となるため、風速 20m/s を超えると非常に危険な状況になる。このため、暴風警報が発令されると、自治体の指示で学校は臨時休校となる。

（2）台風情報

① 台風の特性

台風は、北西太平洋で発達した「熱帯低気圧」で最大風速が 17m/s 以上になったものを呼ぶ。台風の特性を以下に示す。

表 9.2.1 風の強さと吹き方

平均風速 (m/s)	概算時速 (km/h)	予報用語	人への影響	樹木の状況	建物への影響
10～15	～50	やや強い風	傘がさせない	樹木全体が揺れる	トタン板が飛び始める
15～20	～70	強い風	風に向かって歩けない。転倒者も出る		ビニールハウスが壊れ始める
20～25	～90	暴風	しっかり確保しないと転倒する	小枝が折れる	鋼製シャッターが壊れ始める。風で飛ばされた物でガラスが割れる
25～30	～110		立ってられず、屋外行動は危険	樹木が根こそぎ倒れ始める	ブロック塀が壊れ、取り付けの不完全な屋外外装材がはがれ、飛び始める
30～	110～	猛烈な風			屋根が飛ばされたり、木造住宅の全壊が始まる

- ア．台風は、上空の風に流され、地球の自転の影響で北へ向かう。低緯度では西へ流されながら北上し、偏西風が吹く中・高緯度に来ると速い速度で北東へ進む。
- イ．台風は、暖かい海面からの水蒸気が雲粒になるときに放出される熱をエネルギーとして発達し、海面や地上との摩擦でエネルギーを失い、その供給がなければ2～3日で消滅する。
- ウ．日本付近に接近すると寒気が流れ込み、温帯低気圧に変わる。しかし、最大風速のピークが過ぎて強い風の範囲が広がるため低気圧の中心から離れた場所で大きな災害を起こす。
- エ．台風は、30年間の平均で年間約27個発生し、最多は39個(1967)、最少は16個(1998)である。年平均3個が日本に上陸する。2004年は、23号台風で10個目の上陸となった。
- オ．台風は、8月は上空の風が弱いために不安定な経路をとる。9月以降になると南海上から放物線を描くように日本付近を通り、秋雨前線の活動を活発にして大雨を降らせる。大災害をもたらした室戸台風(1934)、伊勢湾台風(1959)など多くの台風はこの経路をとる。

② 実況と予報

台風が発生した場合、気象庁は、台風の位置に合わせて、適時に、位置、大きさ、強さの実況と進路予測を行う。予報情報は、予報円を用いて発表する。(表9.2.2、9.2.3)

表 9.2.2 台風情報の発表

状況	発表情報	発表時間
台風発生後	台風の実況：位置、大きさ、強さ	3時間毎
	24時間先の進路予報	3時間毎
	72時間先の進路予報	6時間毎
300km以内接近	台風の実況：位置、大きさ、強さ	1時間毎
	台風の予報	3時間毎

表 9.2.3 台風の予報情報

予報	12・24・48・72時間後の予報
予報円	台風の中心が70%の確率でその中に進むと予想される範囲
暴風警戒域	台風の中心が予報円内に進んだ場合に暴風域に入るおそれのある範囲で予報円に予想される暴風域の半径を加えた円になる。

③ 台風情報の伝達

台風情報は、気象官署から国、地方自治体、鉄道、報道機関に伝えられ、各自治体ではその情報をもとに住民の避難や学校への指示がなされる。これらの関係を図9.2.1に示す。

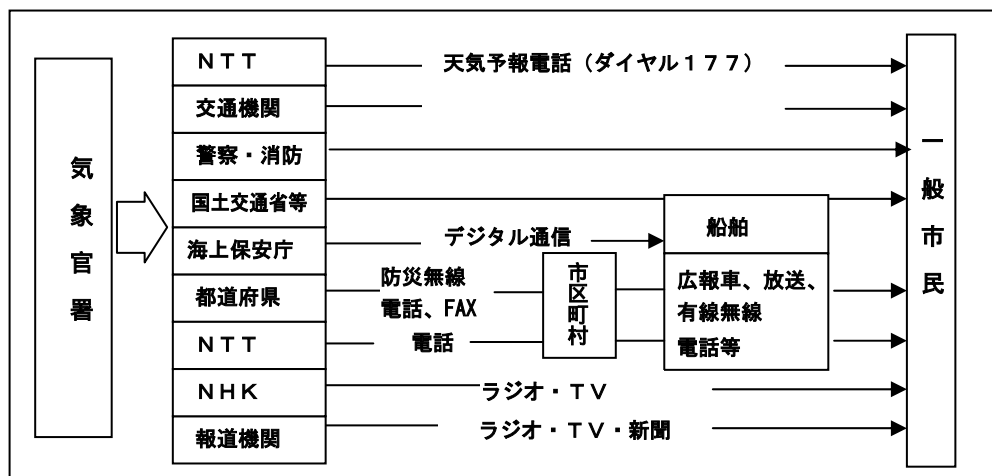


図 9.2.1 台風情報の伝達体制

(3) 大雨情報

気象庁は、大雨によって災害が起る恐れがあると予想した場合は「大雨注意報」を、重大な災害が起ると予想した場合には「大雨警報」を発表する。大雨警報・注意報は、1時間・3時間・24時間の雨量及び総雨量によって基準が定められている。表9.2.4に大雨に関する警報・注意報の事例を示す。これらの基準は、都道府県等の防災機関との協議により定めており、災害履歴や自然的、社会的な災害発生状況の変化や防災対策の進展を考慮して適宜見直される。

大雨警報・注意報の基準は、地震などによる地盤状態の変化によって災害の危険性がある時には防災機関との調整のうえ、一時的により低い基準で警報・注意報が発表されることがある。

① 記録的短時間大雨情報等

大雨が予想される場合、注意報や警報に先立って気象状況に今後の推移

の解説を加えた「気象情報」を発表し、防災機関へのアラーム的機能と、防災上必要な事項を補う機能を持たせる。また、大雨警報発表中に短時間の局地的に極めて厳しい雨を観測した場合には「記録的短時間大雨情報」が発表される。これは、1982年の長崎豪雨（時間雨量187mm）、1983年の山陰豪雨（時間雨量91mm）を契機に数年に一度しか起らないような短時間の非常に激しい雨を観測もしくは解析した場合に一層の警戒を呼びかけるために発表される。観測雨量は、1994年から「レーダー・アメダス解析雨量」（全国2.5km格子毎の1時間雨量推定）や地方公共団体の観測値も活用している。

表 9.2.4 大雨に関する警報・注意報の事例

	時間	東京都東京地方* (気象庁本庁)	大阪府 (大阪管区气象台)	高知県 (高知地方气象台)
大雨 注意報	1時間	30mm以上	20mm以上でかつ 総雨量50mm以上	平地30mm以上 山地40mm以上
	3時間	50mm以上	40mm以上	平地50mm以上 山地40mm以上
	24時間	90mm以上	平地70mm以上 山地100mm以上	平地100mm以上 山地200mm以上
大雨 警報	1時間	50mm以上	40mm以上でかつ 総雨量100mm以上	平地50mm以上 山地70mm以上
	3時間	80mm以上	70mm以上	平地90mm以上 山地130mm以上
	24時間	150mm以上	平地150mm以上 山地200mm以上	平地200mm以上 山地400mm以上

表 9.2.5 雨の強さと降り方

1時間 雨量 (mm)	予報用語	人の受ける イメージ	人への影響	屋外の様子	災害発生状況
10~20	やや強い雨	ザーザーと降る	地面からの跳ね返りで足元がぬれる	地面一面に水溜りができる	長く続けば注意が必要
20~30	強い雨	どしゃ降り	傘を差してもぬれる		側溝、下水、小さな川が溢れ、小規模の崖崩れ
30~50	激しい雨	バケツをひっくり返したように降る		道路が川のようになる	山崩れ、崖崩れが起き易く、危険地帯は避難準備必要、都市で下水管から雨水が溢れる
50~80	非常に 激しい雨	滝のように降る	傘は全く役に立たなくなる	水しぶきであたり一面が白っぽくなり、視界が悪い	多くの災害が発生する。都市部の地下街への雨水流れ込み、土石流が起りやすい
80~	猛烈な雨	恐怖を感じる			大規模な災害発生の恐れが強く、嚴重な警戒必要

② 大雨情報の収集・伝達体制

気象庁は、警報発表の場合、NHK、国土交通省、都道府県等の法定伝達機関への通知が義務づけられている。広島県山間部の局所的降雨災害（1999年）への対応の反省から、気象庁は、都道府県等に緊急防災情報システムや各種防災気象端末の活用を図るほか、局所的な豪雨災害に対応できるように、レーダー・アメダス解析雨量及び降水短時間予報を入手できる体制を整備しつつある。必要に応じて、山間部の雨量計増設とテレメータ化によるリアルタイムの情報入手や気象情報を有する防災機関、自治体等との連携により、タイムリーできめ細かい気象情報の収集体制の構築、情報共有化を

図るものである。

情報伝達では、豪雨災害時に地域住民から大量の情報が集中し、回線輻輳、情報混乱、防災行政無線の音声が届かないなどの問題が指摘されており、多様な方法でリアルタイムの情報伝達の方策が必要である。

(4) 洪水情報

① 一般を対象とする洪水予警報

洪水予警報は、予め区分した予報区を単位とし、その予報区の降水量がある基準値を超えると予想される場合に発せられる。基準値の例を表 9.2.6 に示す。

表 9.2.6 大阪府の洪水注意報・警報の基準値

洪水注意報			洪水警報		
1 時間雨量	3 時間雨量	24 時間雨量	1 時間雨量	3 時間雨量	24 時間雨量
30mm	50mm	100mm	40mm*	70mm	平地 150mm 山地 200mm

なお、基準値は、予報区により異なる。洪水注意報・警報は、大雨などで河川が増水し、河川敷内の施設や堤防・ダムなどに損害を与えるなどによって災害の起るおそれがある場合に発せられる。

② 水防活動を対象とする洪水予警報

2 つ以上の都府県にわたる河川、または流域面積が大きく洪水により国民経済的に重大な損害を及ぼすおそれのある河川については、予め決められた河川基準点での水位または流量を示した洪水注意報・警報を発表する。注意報は、対象地点の河川水位が警戒水位（水防活動開始の基準水位）を超えることが予想される場合に発表され、警報は、対象地点の河川水位が警戒水位を超えて計画水位に達することが予想される場合、または破堤など重大な被害が予想される場合に発表される。

③ 水防警報

水防警報は、洪水または高潮によって災害が起るおそれがあるときに、水防活動を行う必要があることを警告する発表である。これは、国民経済上大きな損害が生じるおそれがあると認められる河川を対象に、国土交通大臣または都道府県知事が水防管理者（市町村長）に対して発表する。

④ 情報伝達体制

洪水予警報の情報伝達体制は、気象業務法、水防法、災害対策基本法にもとづく防災計画、地域防災計画によって定められている。注意報は、周知に努めることになっているが、警報は、伝達が義務づけられており、伝達先も定められている。これらの情報伝達体制は、表 9.2.7 に示す。

表 9.2.7 洪水警報・水防警報の伝達体制

情報	伝達体制			
一般を対象とする 洪水警報	気象庁	⇒ 都道府県	⇒ 市町村	⇒ 住民、所在官公署
		⇒ NHK	⇒ 直ちに放送	
		⇒ NTT	⇒ 市町村	⇒ 住民、所在官公署
水防活動を対象とする 指定河川洪水警報		⇒ 警察庁	⇒ 市町村	⇒ 住民、所在官公署
	国土交通省	⇒ 都道府県	⇒ 市町村	⇒ 住民、所在官公署
	と気象庁	⇒ NHK	⇒ 直ちに放送	
水防活動を対象とする 一般の洪水警報	気象庁	⇒ 国土交通省		
		⇒ 都道府県	⇒ 市町村	⇒ 住民、所在官公署
		⇒ NHK	⇒ 直ちに放送	
水防警報	国土交通省	⇒ 都道府県	⇒ 水防管理者	
	都道府県	⇒ 水防管理者		

⑤ 防災情報の課題

2004 年 7 月梅雨前線豪雨災害では、局所的豪雨の予測、防災情報の伝達・提供、避難勧告判断、防災行政無線の未整備など防災情報に関する多くの問題が指摘された。第 1 に、豪雨災害時の防災情報の伝達・提供の迅速化・確実化、第 2 に、局所的集中豪雨に係る観測・予報体制等の充実強化である。（次ページ表 9.2.8）

表 9.2.8 豪雨災害対策推進の課題と対策

着手済	速やかに着手	一定準備期間を経て着手
豪雨災害時の防災情報の伝達・提供の迅速化・確実化に関すること		
<ul style="list-style-type: none"> ・防災行政無線の普及促進 ・地上デジタル放送の携帯端末活用 ・ハザードマップ作成・活用 ・重要水防箇所情報の周知 ・土砂災害情報相互通信システム事業実施 ・電気通信サービスの障害等の迅速な情報収集 	<ul style="list-style-type: none"> ・要員派遣を含む国と自治体の連携強化 ・避難勧告・指示、避難行動マニュアルの整備 ・評価指針策定を含む市町村の防災力強化推進 ・多様な手段を用いた避難支援情報提供の強化 	<ul style="list-style-type: none"> ・地図表示等による分かりやすい防災情報の提供・共有化 ・洪水時の水位危険度や浸水等情報のリアルタイム提供 ・地上デジタル放送等を活用した防災情報提供手法の検討 ・土砂災害警戒情報の提供の本格実施
局所的集中豪雨に係る観測・予報体制等の充実強化に関すること		
<ul style="list-style-type: none"> ・防災気象情報の精度の向上 ・市町村防災対応を支援する防災気象情報の提供 ・洪水予報河川の指定の推進 	<ul style="list-style-type: none"> ・水害に対する住民等の理解の向上 ・小流域の河川における実用的な洪水予測の検討 ・浸水予測情報提供の検討 	

参考資料：平成 16 年 7 月梅雨前線豪雨災害関係省庁局長会議資料

9.3 土砂災害情報

(1) 土砂災害防止法施行によるソフト対策推進

土砂災害は、風水害の一部として捉えられることが多いが、河川の氾濫とはかなり異なる。河川の場合は、水位が徐々に上昇し、越水、破堤に至る。目に見えて現象が進行するので、住民も自ら危険が高まっていくのが実感できる。そこに勧告避難が出れば、多くの人は避難する。土砂災害では、危険度の変化が地中で進み、確認することが困難である。変化が現れたときには、がけ崩れ、土石流が発生する時である。したがって、降雨の状況からの土砂災害発生を予測することが重要となる。しかし、土砂災害の予測技術は、まだ十分ではない。

1999 年 6 月の広島県西部、呉市の局地豪雨災害を契機にいわゆる「土砂災害防止法」が施行された。これにより土砂災害の危険のある区域の指定が都道府県に義務づけられ、さらにその区域内で情報伝達及び警戒避難体制の整備と警戒避難に関する事項の住民周知が市町村長に義務づけられた。

(2) 土砂災害情報の提供・収集

都道府県は、表 9.3.1 に示すように市町村と連携して、土砂災害の危険性のある地域の住民との間で次のような土砂災害情報の提供及び収集を行っている。

表 9.3.1 土砂災害関係情報の周知状況

年度	ハザードマップ公表市町村数	表示看板設置の土砂災害危険箇所	DM(ダイレクトメール)実施市町村数	連携郵便局数	土砂災害危険箇所点検参加者数
1999	800	42,000	1,200	150	14,000
2000	1,100	49,000	1,500	1,100	16,000
2001	1,300	50,000	1,800	1,300	20,000
備考	全国 65,000 箇所				全国 15,000 箇所

情報の提供・収集の方法

土砂災害危険箇所や避難場所・経路等の土砂災害ハザードマップ作成と公表

土砂災害危険箇所への標示板設置

地域住民へのダイレクトメールによる危険箇所情報の通知

土砂災害危険箇所及びその周辺地域での郵便局における土砂災害関係情報提供

防災知識の普及のためのイベント、講習会開催

砂防ボランティア等による土砂災害危険箇所の点検と公表

地すべり危険箇所や急傾斜地崩壊危険箇所における「斜面カルテ」の作成と公表

「土砂災害 110 番」の設置

(3) 土砂災害情報システムの整備

都道府県は、以下のような施策を通じて、土砂災害情報を地域住民に提供するとともに警戒避難体制の整備を進めている。

① 情報基盤整備事業

過去に土砂災害による被害を受けた地区、または被害を受けるおそれ大きい保全対象地区において、当該区域の警戒避難のための土砂災害予警報情報を提供するため、テレメータ雨量計やワイヤーセンサなどの観測機器やこれらのデータを収集・処理する監視装置及び付随する中継、傍受、伝達、応答に関する機器を設置し、これらを統合する土砂災害監視システムの構築を行う。

② 土砂災害情報相互通報システム整備事業

緊急時に備え、平常時から土砂災害情報を住民と行政機関が相互に通報するシステムを整備する。これは、災害情報の共有化の観点からも重要である。市町村が都道府県から伝達された雨量情報を加工して、住民へ提供するための処理装置や住民から土砂災害の前兆現象や災害発生情報を都道府県、市町村に通報するための端末機器等の整備である。

③ 土砂災害防災情報システム整備の課題

過去の教訓から、今後の土砂災害防災情報システム整備の課題は、次のとおりである。

- ア. 複数の防災関係組織、部局で共有できるシステムであること
- イ. 既存の河川情報システム、消防防災部局の情報システム及び土砂災害情報システムとの情報交換が必須であること
- ウ. 突発的、局地性豪雨による土砂災害の頻発を考慮し、降雨開始時からリアルタイムで情報が得られること及び突発的な土砂災害の予警報情報を伝達できること
- エ. 情報伝達の迅速性、災害耐性に優れたシステムであること
- オ. より分かりやすい情報の提供、操作性と確実性など、高齢者にも対応したものであること
- カ. 住民と行政が同じ量・質の防災情報をできるだけ分かりやすいかたちで共有すること

④ 広島県防災情報システムの事例

広島県は、1999年6月末の梅雨前線豪雨で生じた甚大な土砂災害の経験から土砂災害防止のために防災情報を住民に提供する「広島県防災情報システム」を2001年に導入している。

当該システムの特徴は、次のように住民が容易に雨量情報を入手できることである。

- ア. 防災部局が統括し、県全体の防災情報システムの一環として位置付けられている
- イ. 扱う情報は、気象庁関係官署の気象情報、県観測の雨量、水位、潮位等情報
- ウ. 県情報で雨量、水防、砂防、治山情報を市町村等の防災機関に配信する
- エ. 住民、一般市民等へインターネット、携帯電話で直接情報提供する一般公開である
- オ. 雨量情報は、音声で電話応答する

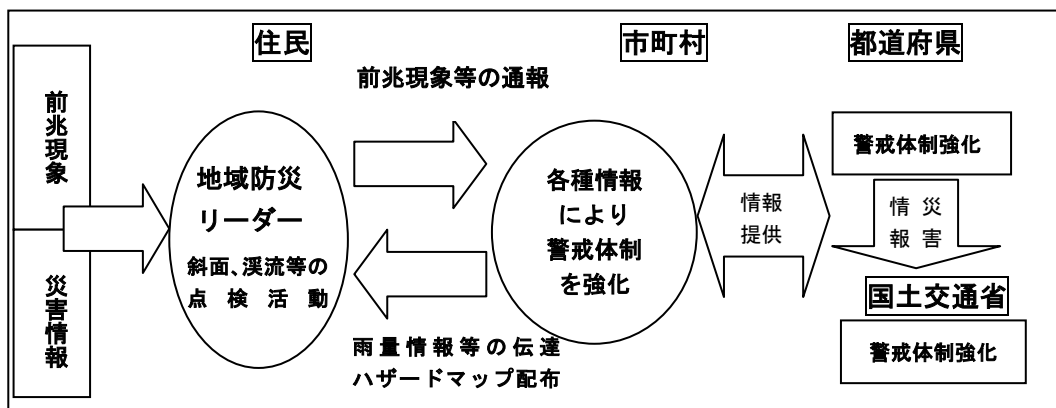


図 9.3.1 土砂災害情報相互通信システムのイメージ

表 9.3.2 提供されている広島県防災情報システムの情報

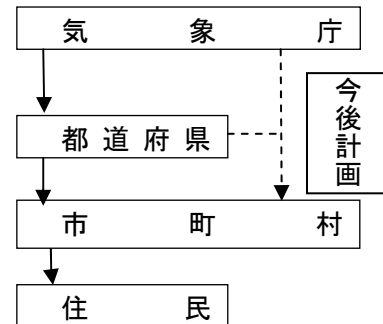
伝達手段	項目	内容
インターネット	■気象情報	注意報・警報、台風・地震・津波情報、天気予報、アメダス、降水予報、ひまわり、降水状況分布
	■県観測情報 (水防、砂防、治山)	雨量、水位、潮位、土砂災害発生監視、山崩れ発生観測情報
	■土砂災害危険箇所	土石流危険渓流・急傾斜地崩壊危険箇所・地すべり危険箇所
携帯電話	■気象情報	注意報・警報、雨量、河川水位、潮位
	■県観測情報	
雨量表示板	■県雨量情報	雨量等

⑤ 市町村単位の土砂災害警戒情報の提供

2004年の相次ぐ台風、集中豪雨に対する、市町村の避難勧告の遅れと被害拡大の指摘がある。このため、気象庁は都道府県と連携して土砂災害の危険が迫る市町村を対象に「土砂災害警戒情報」を伝え、迅速な避難を促すことを計画しており、2005年度から実施する予定である。

新たな警戒情報は、次のような手順となる。

- 各地の気象台と都道府県河川部局が共同で情報作成
- 事前の降水量と今後の予想される雨量情報の分析
- 対象地域の地盤の緩みの推定
- 土砂災害危険度の推計
- 対象市町村長への情報提供
- 避難勧告の発令



(4) 火山砂防情報システム

火山噴火に起因する火山泥流、火砕流、溶岩流等の突発的かつ大規模で広範囲に及び異常な土砂流出による減災に、火山活動の状況、土砂の動きの監視、情報伝達のために、ワイヤセンサ、雨量計、監視カメラ等を設置し、火山災害シミュレーションをもとにハザードマップが作成されている。(http://www.thr.mlit.go.jp/iwate/bousai/sonae/kazan_map/map01.html)

図 9.3.2 土砂災害警戒情報の提供

9.4 地震災害情報

(1) 地震災害後の情報課題

阪神・淡路大震災の経験から地震災害後の情報システムの対応課題は、被災後の段階とともに次のように整理できる。これらの段階に応じた的確な情報システムの構築が必要となる。

表 9.4.1 地震災害後の情報課題

段階	期間	情報関連の状況	情報課題
混乱期	発災後から数日	情報空白期、情報システム、関連インフラが壊滅、情報網寸断	被災情報、安否確認、救助支援、避難場所割振り
初動期	～数週間	無線通信、衛星通信等の仮設通信網と仮設電源による情報拠点設置	家屋、道路、ライフラインの被災状況整理、ボランティア支援体制確立、復旧計画策定支援
災害対応活用期	～数ヶ月	電源、通信網等の情報システム環境の復旧	倒壊家屋解体撤去申請受付、罹災証明等の各種証明書の発行支援、道路、ライフライン復旧状況のモニタリング、復旧計画支援
復興支援期	～年		被災状況、復旧状況の整理分析、災害分析、再開発計画立案支援、被災地区再測量基礎データ収集
リスク対応活用期	～数年以上		住民移動の把握、家屋・土地等の固定資産管理、道路・公共施設の維持管理支援、地域情報分析による防災基礎データの構築

(2) リアルタイム防災情報システム

阪神・淡路大震災での発災直後の情報空白期の混乱を教訓として、リアルタイムに地震動をモニタ

リングし、その情報に基づいて被害防止、減災のための活動を迅速に行う重要性が指摘された。このために、強震動の計測と即時に必要な伝送、情報処理ができるリアルタイム防災情報システムの整備が重要である。これには、地震による大きな揺れがやってくる前に防災対策を行うための「地震早期検知システム」と、被害が生じた後にその状況をいち早く正確に把握し、応急対策に役立てるための「リアルタイム防災情報システム」とがある。

「地震早期検知システム」は、危険な地震波発生の検知後、直ちに制御すべきシステムへ警告通信を出して、自動制御することにより減災を図るものである。JRが新幹線の地震対策の一環として1985年から採用している「地震動早期検知警報システム」(通称ユレダス)が世界初のリアルタイム地震防災情報システムである。

また、地震時に都市ガスの供給導管が被害を受けると2次災害防止のためガスの供給停止の事態となるが、一旦停止すると、修理後の再開には全ての導管の気密性の確保が必要となるため、作業が長期となる。実際の被害の状況を的確な情報に基づき判断することになる。東京ガスは、リアルタイム地震防災システム「SUPREME」を2001年から稼働させている。これは、供給エリアにある地区ガバナ(ガスの圧力を中圧から低圧に下げる整圧器)の全てにセンサを配備し、地震時遠隔監視装置と遠隔遮断ユニットを投入し、一般回線(災害時優先)を用いて、多数の地区ガバナを迅速に一斉遮断するものである。

(3) 地理情報システムの活用と課題

地震等大規模な自然災害の影響は、空間的、時間的変化でとらえることが重要である。阪神・淡路大震災後、地理情報システム(GIS)を用いた防災システムの構築、災害情報処理活動が活発に行われた。GISの基本的問題として、時間軸を持たないこと、空間データの構造が共有化されていないことがあり、これらは震災後の緊急対応に必要となる大量の廃棄物撤去申請などの行政対応型システムの観点から課題を残す部分である。

新潟県中越地震では復旧・復興GISプロジェクトが立ち上がった。これは、関係機関、企業の枠を超えた協力により、被災状況やライフライン復旧情報などをGISを用いて一元的にデジタルマップ上に集約し、住民やボランティア団体、防災関係機関等の間での情報共有を図るものである。また、災害対応や復興活動を支援するための情報提供を行うとともに、住民に身近な情報を提供することを目的としている。

表 9.4.2 GIS等を活用した防災情報システム

(注：アンダーラインはGIS上の展開を前提としたもの)

段階・機能	震災前の既存システム	阪神・淡路大震災後の実践・開発
リアルタイム期：発災～分 (地震動モニタリング期/震源推定)	UrEDAS (JR)、CUBE (米国)、 <u>SIGNAL</u> (東京ガス)、気象庁、関西強震観測協議会	大阪ガス地震動モニタリング 強震ネット (k-net：科学技術庁)
順リアルタイム期：～時間 (被害推定/早期把握)	HERAS (JR)、EPEDAT、(米国)、 <u>川崎市</u> 、 <u>神奈川県</u> 、 <u>東京都</u> 、消防局	航空写真データ処理 (国土地理院) 防災情報システム (フェニックス：兵庫県) 大阪府など 地震被害早期評価システム (ESS：内閣府) 電力供給量情報利用災害モニタリングシステム
緊急対応期：～日、月 (災害対応情報処理・管理)	水道、ガス、電力などライフライン事業者の施設管理システム	被災家屋解体情報処理 (京大防災研) <u>RARMIS</u> (神戸市長田区)
安定達成期：～年 (復興支援・研究・災害データベース)		地震防災情報システム (DIS：内閣府) 建物被害データベース (建築研究所) 瓦礫撤去・建物復興データベース (奈良大学) 建物被災情報GIS (神戸大学) ライフライン復旧過程 (関西ライフライン研究会) 西宮 Built Environment データベース (防災研究所)

(4) 総合的地震防災情報システム

阪神・淡路大震災の経験から、発災時における応急対策活動を円滑に行うための課題は、被災状況

を迅速に把握するとともに、事前対策、応急対策及び復旧・復興対策の各段階における情報を統合化し、総合的な意思決定を行うことであると指摘された。

この経験から、内閣府は、地形、地盤状況、人口、建築物、防災施設などの情報をコンピュータ上の数値地図と関連づけて管理する地理情報システム(GIS)を活用した「地震防災情報システム(DIS)」の整備を進めている。

DISは、震災後全国3,000の市町村に設置された震度計から得られる計測震度を消防庁経由で受信し、被災地の震度分布や被害状況のシミュレーションを行うシステムである。地震被害早期評価システム(EES)、応急対策支援システム(EMS)を備えており、地盤・地形、道路、行政機関、防災施設などの情報を予めデータベース登録し、これをベースにGISの機能の活用により、事前対策、応急対策、復旧・復興対策の各段階に応じて、次のような対応が情報の統合的活用により可能となる。

地震発生時の早期被害想定の実施によるまちづくり計画作成支援

震度情報による被害規模の把握

被害情報による緊急輸送、救助・医療、避難、ライフライン等の応急対策計画の策定支援

復旧・復興に有用な情報の提供や復旧・復興計画の進捗状況の適切な管理等

なお、DISの今後の課題は、次の2点である。

- ・ 連携可能な行政区域を越えた広域的な情報システム構築
- ・ 基盤情報の最新情報への更新システム

9.5 情報伝達のまとめ

2004年は台風、集中豪雨の連続的な激甚災害の発生、そして新潟県中越地方を襲った大地震への対応で、あらためて、災害情報の伝達の重要性が確認された。被災後の情報空白の発生、被災規模の把握、被災情報入手の困難、情報の混乱、避難勧告の遅れなどが生じた。これらの大災害で犠牲になるのは、いつも高齢者、障害者などの災害弱者に集中するのである。これは、自分の住んでいる場所の危険性、災害履歴などの事前情報が正しく伝わっていないことや伝えることが簡単ではないという問題があり、緊急時に備えた普段からの事前準備ができていないことなどに原因がある。災害情報の住民への伝達は、自治体に大きな責任がある。メディア等を活用し、情報発信を平時から行うこと、同時に住民それぞれが、普段から天気予報を気にするように、災害に関する情報に注意する習慣をつけることが重要である。

災害情報の適切な伝達方法のポイントをまとめてみる。

普段から使われていない情報システムや体制は、緊急時には機能しない。

自治体、地域住民、NPO、専門家等による普段からの仕組みづくりが必要である。

大規模災害の被災規模の把握には航空写真、GISの活用が効果的である。

住んでいる地区の軟弱地盤、斜面崩壊、河川洪水等の危険箇所を普段から周知する。

降水量、積雪等に伴う時間的な危険度が分かるように情報の共有化を進める。

情報管理システムが災害時の確実に機能するように多重化し、耐震化等を行う。多重化にはITとローテクの活用をうまく組み合わせる。

災害弱者への情報提供、避難誘導體制を整備する。

第10章 防災力の向上

キーワード：地域防災力、自主防災活動、企業と防災、BCP、コンビナート地区、防災まちづくり、地域防災力向上戦略、防災教育、DIG

10.1 国と自治体の防災体制

(1) 防災体制強化の動き

阪神・淡路大震災時には、政府及び防災関係組織の被災状況の把握能力や応急活動等の対応の遅れなど、国の危機管理機能能力の問題が露呈した。その後の地下鉄サリン事件の発生、在ペルー日本大使公邸占拠事件、ナホトカ号遭難・原油流出事故などが続き、国の防災体制の整備は、喫緊の課題となり、表 10.1.1 に示すように初動体制を中心に強化された。

中央防災会議は、国の防災関係機関である 24 の指定行政機関と 60 の指定公共機関が行う災害対策の総合性を図り、防災に関する重要事項を審議する組織として機能するが、中央防災会議の防災基本計画専門調査会において、国の防災体制に対して、次のような施策提言を行っている。これらのフォローが順次行われる予定である。米国 FEMA の危機管理官は、日本の防災体制を調査した結果から、防災体制の組織について、次のように指摘している。

米国と比べて国の防災組織の人数が少なすぎる

災害管理当局責任者は、内閣と総理にアドバイスするだけで、権限が小さい
各省庁が独自の防災予算を持ち、一元化していない

(2) 地方公共団体の防災体制の現状

地方公共団体の防災体制、危機管理体制についてみると、例えば、兵庫県、静岡県、鳥取県などは、その推進が評価されている。兵庫県は、震災後、特別職級の防災監を設置し、防災局を配下に置いた先進的な防災対策を進めている。静岡県は、東海地震を想定して、部長級の防災局長による体系的な対策を重ねてきている。また、鳥取県では、部長級の防災監を設け、防災組織を充実させて防災対策を強化している。実践的な防災訓練の実施、防災関係機関の情報共有化を進めている。

しかし、全国の多くの地方公共団体の現状は、防災体制強化の必要性は感じているが、応急体制に移行する頻度が少ないため、危機管理体制整備の優先順位が低く、十分な体制にはなっていない。

(3) 首長の責任と権限の実態

災害対策の憲法にあたる災害対策基本法によると、地方公共団体の首長には、応急対応に関して、広範な権限と責務が与えられている。その権限は、他の団体への職員派遣要請、放送事業者への災害放送の要請、避難指示、警戒区域の設定、住民への従事命令、自衛隊災害派遣要請の知事への要求など災害時に必要と考えられる権限が全て網羅されている。

これに対して、2003 年に行った人口 8 万人以上の全国 303 市区に対する防災・危機管理体制の強化に関する調査によると、防災危機管理専門の幹部職員を有する団体は、半分に満たないし、必要な非常時の応急対策本部設置要領等のレクチャーもきわめて不十分な状況にある。

10.2 地域防災力

(1) 自助・共助・公助

大地震では、公的救急・救助システムの機能がダウンし、救急・救助の要請が同時多発するため、

表 10.1.1 国の防災体制強化の動き

・1996年	内閣情報集約センター(24時間体制)の設置
・1998年	内閣危機管理監の設置
・2001年	内閣府への防災総合調整機能の移管・強化 防災担当大臣新設、中央防災会議機能強化
・2002年	官邸危機管理センター設置(内閣の危機管理機能の強化)

表 10.1.2 国の防災体制に対する施策提言

・初動体制での官邸危機管理センター機能の最大活用
・各省庁災害情報の収集・集約と官邸連絡体制の充実
・平時の災害関係省庁の実務レベルの打合わせ場の設置
・現地災害対策本部の活用
・広域防災体制の確立、広域防災ネットワークの整備
・災害時の応急対策に必要な資金確保

自分の身は自分で守る（自助）か、近隣住民等の助け合い（共助）が必要である。

実際に阪神・淡路大震災では、要救助者 35,000 人のうち 77%が家族や隣近所の人に救出され、警察・消防等の救出（公助）は 23%しかなかった。この大震災の教訓から、救助における自助、共助および公助の割合は、7:2:1 といわれている。このように地震災害への対応は、自助・共助の果たす役割が大きい。

平時から住民、企業、NPO等様々な主体が地域の防災対策に参画し、様々なコミュニティ活動を行うことで地域防災力を高めることが重要である。

（２）地域防災力の構造

① 地域防災力とは

地域防災力は、被災直後に素早く対応して被害の拡大を防止し、被災地域の多くのいのちを守り、くらしやまちを守る力であり、被災への応急対応力と被災から立ち上がり、新たなくらしやまちを復興する地域の力と考えられる。

しかしながら、その地域に防災力がどの位あるのかを把握することは簡単ではない。地震、風水害など災害は、予測なく突然、襲いかかるわけで、地域が持つ災害への基本的な耐力と柔軟な対応力が必要である。このため、地域防災力は、ハードと、ソフトの両面から強化される必要がある。

② ハード面の地域防災力

ハード面では、その地域が、襲いかかる災害に十分対応できる街区構造や建物構造になっているのか。例えば、消防活動や救助活動ができる道路や公園、緑地空間が十分にあるのか。建物の耐震化が進んでいるのか。あるいは、老朽木造住宅が密集している地区など防災上の問題箇所を多く抱えているのか。これらが、ハード面の地域防災力の問題となる。これらの整備は、自治体が責任を持って、計画的に進める事項（公助）である。

③ ソフト面の地域防災力

ソフト面では、突然、襲う災害に対して、柔軟に対応できる仕組みや体制が必要である。普段から機能していれば、被害を最小限に抑えることができる。その主体は、住民、自主防災組織、企業・団体、NPO、自治体である。各々が自助、共助、公助の役割に応じて相互に連携し、緊急時に機能することが必要である。官民パートナーシップがうまく機能することである。そのためには普段から継続的なコミュニティ活動が行われているかどうかがかギを握る。地域が抱える防災上の問題だけでなく、交通、環境、福祉、教育、地域行事など、いわばまちづくりや地域の活性化につながるような活動が活発に行われている地域は、防災力が高い。

例を上げれば、神戸市真野地区は、「コミュニティまちづくり」が震災前から機能していた。これは、自分たちのことは自分たちで決められるという自律した、コミュニティの意思決定組織があり、普段の活動の中で人間関係ができていたため、被災直後の救援活動や高齢者など災害弱者避難、誘導などに大いに力となった。また、その後の真野地区の復興まちづくりを迅速かつ効率的に進める上で一番重要であったと指摘されている。これらの活動を推進する地区リーダーや活動を支援する専門家やNPOの存在が非常に重要である。

④ 地域防災力の評価項目

地域防災力に関係する主要項目は、次に示すものである。

ア．地域防災力の評価：ハード面、ソフト面の両方からの検討が必要

イ．防災活動の主体：住民、企業・団体、NPO、自主防災組織、自治体等とその連携

ウ．活動の人材：多様なリーダーや支援する、NPO、専門家等の存在

エ．活動のステージ：平常期の活動がベースで、その力を災害発生期、復興期に活用

オ．活動目標の優先的重要度：いのちを守る、くらしを守る、まちを守る

カ．緊急時対応：自主防災組織等の組織率

キ．活動の継続性：防災を含む日常的な地域活動の活発度、継続性

ク．活動事項：準備事項（地域の危険度・危険箇所の把握、災害予測関連、被害軽減対策、応急対

策準備、復興準備)、応急対策事項、復興事項

ケ．防災情報の共有化：地域の危険箇所など基礎的な情報、知識および最新情報の共有化状況

コ．災害対応への柔軟性：災害経験度、緊急対応への重層構造、平常時からのコミュニティ活動の積み重ね

⑤ 地域防災力向上のための検討

図 10.2.1 に示すように対象地域の災害想定を行い、定量的に被害推計を行った結果と地域の災害対応能力を比較検討することで不足するハード・ソフトの災害対応能力を検討することで、地域防災力を向上するための必要な施策が明らかになる。

10.3 地域の安全・安心活動

(1) 消防団の活動

火災や台風・豪雨などの風水害への対応活動は、地域の消防団や自主防災組織が中心になる。

消防団は、消防組織法の規定により設置された市町村の消防機関で、すべての市町村に設置されており、2003年4月1日現在、全国で3,598団となっている。消防団員は、通常は各自の職業に従事しながら火災等

の災害が発生したときは「自らの地域は自らで守る」という精神に基づき活動している特別職の地方公務員（非常勤）で、2003年4月1日現在全国で93万人となっている。

消防団は、常備消防と連携しながら消火・救助等の活動を行い、大規模災害時等には、住民生活を守るために重要な役割を果たしている。日常においても、各家庭の防火指導や防火訓練、巡回広報等住民生活に密着した活動を行っており、地域の消防防災の要となっている。

課題は、団員数の減少、団員の高齢化、サラリーマン団員の増加等の進行である。10年前の1993年と比べて団員数は5.6%減少し、平均年齢は1.6歳上昇して37.2歳となっている。こうした中で女性団員が着実に増加しており、12,440人が地域の防災活動で活躍している。

(2) 自主防災組織の活動と連携

自主防災組織は、地域住民が「自分たちの地域は自分たちで守ろう」という連帯感に基づき自主的に結成する組織で、2003年4月1日現在、全国3,213市区町村のうち2,536市区町村で設置され、その数は10万9,016組織で、組織率(全国世帯数に対する組織された地域の世帯数の割合)は61.3%(前年比1.6ポイント増)となっているが、静岡県98.4%、東京都75.3%、大阪府58.3%、長崎県28.1%など地域によって結成状況に大きな差がみられる。

自主防災組織が重層的に構成されると、地域の防災力は、向上すると考えられる。例えば、東京練馬区における重層構成を見ると、次のような形になる。これらが、効果的に連携し、日常的にネットワーク化されることが必要である。

- ・一段目 いわゆる自主防災組織 町会・自治会、管理組合などで構成(約300)
- ・二段目 避難拠点運営連絡会(避難所単位、PTAなど103組織)
- ・三段目 地域全域から、防災の目的で集まる有志で構成(多くは第二段や、別の地域や広域防災活動団体に所属する区民。現状は2組織)

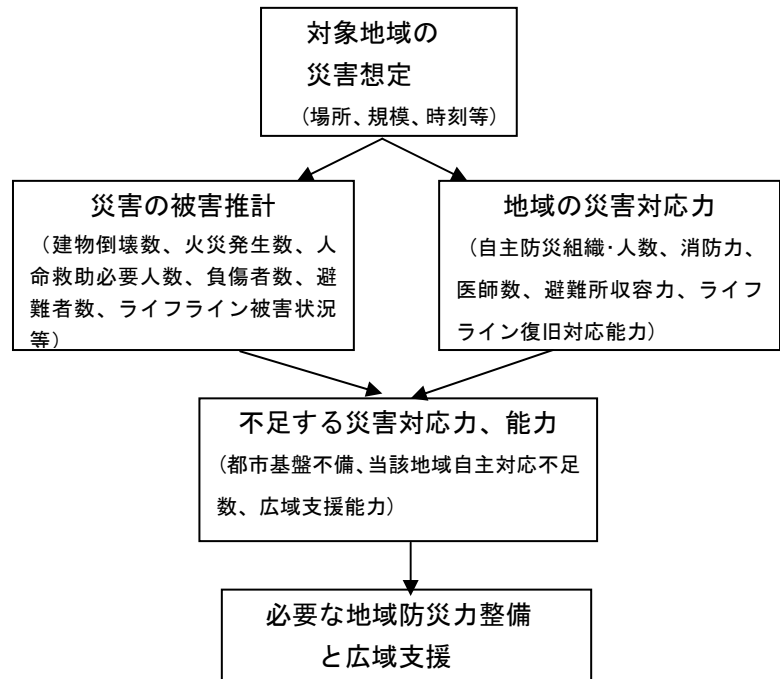


図 10.2.1 地域防災力向上のための検討の流れ

自主防災活動が効果的かつ組織的に行われるために、災害時における情報収集伝達・警戒避難体制の整備，防災用資機材の備蓄，大規模な災害を想定しての防災訓練の積み重ねなどが必要である。

また，自主防災組織の育成強化を図るため，リーダーの育成、組織運営のノウハウの研修の開催や、組織相互間の情報交換を進め交流を図る場として、自主防災組織の連絡協議会の設置などを検討していくことが重要である。

10.4 学会等の防災専門家集団の対応

(1) (社)土木学会

(社)土木学会では、将来の巨大地震による災害の軽減に向けて、「巨大地震災害への対応特別委員会」を2003年11月に設置した。以下の7つの課題に関して約2年間で調査、検討を行い、調査結果を提言としてまとめ、社会に公表していく予定である。

1) 地震動の予測

長周期地震動およびマグニチュード8クラスの震源近傍域での地震動の予測を行う。

2) 耐震診断と耐震補強技術の総合化

兵庫県南部地震後に開発されてきた構造物の診断技術と補強技術を総合化する。さらに、長周期構造物の補強方法、基礎構造の補強方法等を開発する。

3) 大都市圏の地震防災性向上の方策の提言

東海地震では名古屋市が対策強化地域に、また東南海・南海地震では大阪府や京都府などが防災対策推進地域に指定されたことから、大都市圏の地震防災の在り方について土木学会としての提言をまとめる。

4) 自治体および民間事業者との連携強化

自治体および民間事業者等の地震防災対策を支援するとともに、防災対策実務者から地震防災対策立案のための要望を聞き、これを学会の活動に反映する。

5) 地震防災分野の研究開発の方向性に関する提言

地震防災分野の国主体としての研究の在り方、組織、研究費等について提言をまとめる。

6) 災害情報の共有化の方策の検討

各省庁、自治体などの協力を得て、災害情報を多機関で広域にわたって共有化するシステムについて提言をまとめる。

7) 地震防災教育

一般市民向けの防災教育のための教材作りや講習会などを行う。

土木学会の特別委員会の課題のうち、長周期地震動に関しては日本建築学会と共同研究を実施している。東京、静岡、名古屋、大阪などを想定し、これらの地域で代表的な長周期構造物すなわち超高層建物、免震建物、長大橋梁および免震橋梁等を選定し、これらの構造物の動的応答、損傷の有無、損傷があるとすればその度合、残留変位等を推定する。耐震補強の必要性があれば補強方法を提案する。また本共同研究では、構造物の耐震性照査に用いる土木分野と建築分野共通の標準地震動の策定も予定されている。

(2) (社)日本技術士会

(社)日本技術士会の災害対応は、2002年7月に大規模災害発生に際して、組織的に災害対応活動を行い、社会貢献に寄与することを目的とする防災特別委員会の設立を決め、同年12月から活動を開始した。防災特別委員会は、大規模災害の軽減を目指して、日本技術士会の21の技術部門の組織的活用と全国の技術士会支部に設置を進めている防災研究会等のネットワークによる災害対応活動を行い、社会貢献に寄与することを目的としている。

技術士会の防災専門家データベースは、2001年に作成し、全国で約960人の会員が109の専門項目に登録した。しかし、登録者の異動および会員の増加などでデータの更新が必要であり、課題は、DB更新の簡略化、e-メールの活用、技術レベルに合った専門家の活用などがある。

防災や減災を進めるには、関係する分野の多くの専門家の技術的協力が欠かせない。実践的に進めるには、次のような課題もある。技術士の意識の問題、企業内技術士の活動制約、費用上の問題などである。また、専門家による日頃からの地域への日常的な活動がなければ、緊急時にはほとんど動けない。地域との人的ネットワークや防災に関する基本的な研鑽の継続も重要な課題である。

(3) (社)全国防災協会

(社)全国防災協会では、アドバイザー制度（大規模災害時の専門家派遣制度）を運営している。

これは、大規模な地震や地すべり等の災害発生時に、二次災害の危険性の有無について迅速かつ的確に判断を行い、被害の拡大や社会不安の増大を防止する事が重要であるため、災害に対して知見を有する専門家により、アドバイスを行うことのできる制度である。

アドバイザーは、災害に関し学識経験を有する方々にあらかじめ委嘱している。平常時には二次災害について事例研究を重ね、災害時には要請により速やかに現地に赴くことになっている。

この他に、災害の状況や地域の特性に応じて新しくアドバイザーを委嘱する事も出来る。

(4) その他

地方整備局、都道府県の技術職員OBで組織するボランティア組織が多くの府県で組織されている。防災エキスパート会（各地方整備局ごとに展開）、砂防ボランティア協会等は全国組織となっている。

10.5 地域防災と企業

(1) 企業の課題と方向

企業における防災・危機管理活動は、都市部における地域防災力を向上させる重要な課題である。

内閣府は、2002年10月、防災担当大臣主宰による「企業と防災に関する検討会議」を設置、次のような「企業と防災～課題と方向性～」が取りまとめられた。

地域防災と企業

- ・災害時における地域社会への貢献
- ・行政との連携による災害時対応
 - 企業連携による防災まちづくり
- ・近隣企業の相互協力による地域防災力の向上
- ・企業が積極的に参画する防災まちづくりの推進
 - 市場の力を活かした防災力の向上
- ・防災マークやデザインの普及
- ・防災会計導入の提案
 - 企業のリスクマネジメント
- ・業務継続計画（BCP：Business Continuity Planning spellout）策定のための環境整備
- ・防災リスクマネジメントに関する日本発国際規格の提案

(2) 地域防災力向上への企業課題

内閣府と日本経団連の共催で「企業と防災に関するシンポジウム」（2003年7月）が開催され、企業の防災対策やリスクマネジメントの徹底が国際競争力強化につながる、行政と企業の平時からの連携を強化すべき等の意見が出された。こうした議論を通じて明らかになった課題は、次の点である。

地域の視点による連携

商店街や住宅地などで商店会や町内会、PTAなどが主体となって、環境、福祉、教育等の切り口で自分たちの「まちづくり」に関わっている事例が増えてきている。こうした取組みがやがて「防災まちづくり」につながる事が期待できる。このように、「地域」という視点で、企業など民間主体に相互の連携を進めることで地域の防災力向上にどのようにつなげるのか、検討の具体化が重要である。

平時の暮らしに防災力向上の仕組みを

大きな災害発生から時間がたつと、「防災」意識が低下しがちになる。このため、可能な限り平時

の社会システムの一部として、防災を定着させていくことが、社会の防災力を向上させる上で重要である。例えば、建築物の耐震化が市場で評価される、あるいは防災性能を持った商品が日常的に販売されるという形で、平素からの消費活動や企業の投資活動の中に災害に備えるという意識が根付くような社会の仕組みを構築することが重要である。

(3) 企業の取組み事例

- ある家電メーカーでは、阪神・淡路大震災の翌年から、テレビの転倒防止策について、地震発生機で実際に耐震試験を行うなど効果測定も行いながら対策を推進している。また、地震によりテレビが落ちプリント基板が割れても火災につながりにくい安全回路も設計している。

- ある引越サービス事業者は、大型家具等の転倒防止器具設置を始めた。引越が防災対策を行う契機となることに着目したサービスで、多数の申し込みがあるという。また、引越をしない顧客からの申し込みもある。

- ある瓦メーカーは、耐風性、耐震性に優れ、かつ、重量による住宅への負荷を考慮した防災性の高い瓦を開発し、販売している。

- 携帯電話への情報提供サービス事業者は、多様な形で災害情報提供のシステムを開発している。

10.6 臨海コンビナート地域の課題

(1) 液状化の危険性

阪神・淡路大震災では、臨海部の広範囲で液状化と側方流動現象により、ライフラインや産業施設に甚大な被害が生じた。神戸市などの臨海埋め立て地区では、石油製品や高圧ガスの危険物の貯槽が傾斜し、危険な状態になった。神戸市御影浜のタンクヤードでは、全域が液状化し、配管系のバルブ損傷で大量のプロパンガスが漏洩し、付近住民を避難させる事態となった。しかし、幸いなことにタンク類は、1基も倒壊しなかった。これは、地震動の継続時間が15秒程度と短かったことにあると考えられる。

2003年9月の十勝沖地震では、長周期震動で浮屋根式貯槽のスロッシング振動の発生で、2基のタンクが炎上した。このような貯槽火災は、1964年の新潟地震や1983年の日本海中部地震でも発生し、その後も十分な対応がなされていない。長周期地震動の予測技術が不十分であり、有効なスロッシング防止対策がなかったためである。

東京、大阪、名古屋など大都市圏の地盤は、厚さ2~3kmの軟弱堆積物で構成され、東京湾沿岸地域のコンビナート地区には、浮屋根式貯槽が600基以上存在する。このため、海溝型のM8クラスの大地震による長周期地震動により、スロッシングに起因した災害発生の危険性が高い。

(2) 耐震性向上の課題

コンビナートの耐震性の課題は、液状化、側方流動、貯槽内容のスロッシング振動である。液状化と側方流動への対策は、地盤改良と重要施設・構造物の基礎補強及び老朽護岸の補強・改修が必要である。コンビナート地区被災による隣接埋立地への影響、近隣の商業地域、住宅地域への波及を検討し、重点的な耐震補強を促進すべきである。このための財源確保が課題となる。一方、浮屋根式貯槽のスロッシング防止対策は、有効な対策はない。当面は、液面揺動の波で油がタンクから溢流しないように地盤条件を考慮し、その変動を吸収できる必要空間高さをとることである。

10.7 防災まちづくり

(1) できることから始める

防災を直接の目的とする対策（住宅の耐震化推進等）が即効性のある対策だとすると、「まちづくり」は、必ずしも防災を直接の目的としないが、地域の人と人のきずな、支えあいを大切にする活動がまちの体質改善につながり、災害に強いまちづくりにつながる。「防災まちづくり」は、短距離走ではなく、息長く続ける長距離走のようなもので、自分たちで楽しみながらできることから始めるのがよいという指摘もある。

(2) 防災まちづくりのモデル条件

内閣府は、国土交通省と共同で、「官民の協調による災害に強いまちづくりに関する検討調査」等の民間主導による「防災まちづくり」に関する調査を実施した。具体的には、防災まちづくりに先進的に取り組んでいる地区をモデルに選定し、官民が協調して地域の防災力向上に向けた取り組みを行うための課題等について検討した。

モデル調査地区の選定にあたっては、下記の点に着目した。

- 防災のプロやセミプロではない民間における取り組み
- 必ずしも防災から始めた取り組みではないもの
- 地域の人々の参画への取り組み方
- 地域防災力の脆弱性等の自己評価
- 活動における自主性
- 取り組みにおける連携（パートナーシップ）

(3) 先進事例の紹介

① 早稲田地区

早稲田地区は、空き缶のリサイクルからスタートした地域活動が、環境だけでなく福祉や防災などより広い対象にまで拡大していったユニークなまちづくりに取り組んでいる。商店街や学生を中心にして、まちで暮らす者でなければできない震災対策を、「遊び心と本音で行う防災プロジェクト」として実施している。例えば、学生ボランティアによる独居高齢者宅への「ガラス飛散防止フィルム張り」や商店街における耐震診断の実演等の取り組みが行われている。「頑張らない」、「楽しく」、「儲かる」をキーワードに独自の活動を行っている。

小学校での避難体験宿泊、防災マップづくり、耐震化調査など、「自分たちのまちは、自分たちで守る」活動を続けている。「楽しくて、儲かる」をキーワードとする「震災疎開パッケージ」商品は、加入者が年間5千円を払い、震災に遭ったときには、温泉地や提携した地方の疎開先に一定期間疎開ができ、震災に遭わない場合には、疎開先の特産品を受け取れるもので、震災時の助け合いは、日常からの交流で築かれるという仕掛けである。

② 目白地区

JR目白駅を中心に、目白通りに沿った駅周辺整備等を進めてきたNPO「目白まちづくり協議会」が中心となって、「緑陰の街目白：魅力・環境・防災のまちづくり」をテーマに様々な活動を行っている。自分たちのまちを知ることが重要と考え、街歩きを実施したほか、インターネット上で掲示板機能をもつGIS（地理情報システム）である「カキコまっぷ」を活用し、防犯・防災上の課題を探った。目白では、「まちは我が家の延長、わたしたちの生活空間！」を合言葉に、行政に対し街区改善等の提案を行うとともに、防犯訓練の実施、近隣の大学等と連携した駅前イベントの開催等、地域コミュニティの再生に向けた多様な取り組みを実施している。

③ 大手町・丸の内・有楽町地区

東京駅周辺地域には、わが国のトップ企業本社群が集積しており、その社会的、経済的役割はきわめて大きい。そこで、同地区の再開発協議会の中に「安全・安心まちづくり研究会」を設置し、それと連携する形で「東京駅・有楽町駅周辺地区帰宅困難者対策地域協力会（防災隣組）」を2004年1月に設立した。

同会では千代田区と協調し、帰宅困難者（従業員、顧客、通学者、買い物客など）を想定した避難訓練、被害状況や避難指示の受発信をする防災情報システムの開発、備蓄倉庫の整備、区内大学との防災応援協定の締結等の取り組みを行っている。また、それに加え、避難訓練以外にも地域防災力を高める仕組み作りを検討することとし、その検討項目をBRP（ビジネス・ルーリング・プラットフォーム）という形で整理・提示している。

④ 平塚地区

平塚地区は、以前から福祉関係等、NPOによるコミュニティ活動が盛んに行われてきた地区で、

NPOのメンバーが阪神・淡路大震災の再現映像を見たことなどが契機となって、さまざまな市民活動、小中学校PTA、自治会などが連携して「ひらつか防災まちづくりの会」が設立された。これらのグループは、「自分たちのまちは自分たちで守ろう」として、まちは壊さない まちを燃やさない 互いに助けあう を共通テーマとする、ゆるやかな連携を保ちながら、次のような活動を精力的に実施している。

被災者体験者による講演会

小学生・保護者の防災探検まち歩き

モデル家屋による耐震診断と補強工事の実施

ケーブルTVによる防災情報発信と防災意識啓発

災害弱者等災害時要援護者への支援検討

⑤ 多摩田園都市地区

民間開発企業が50年にわたって開発を続けてきたニュータウン地区において、今後さらに50年、安心・安全に住み続けるまちという視点から、当該企業及びNPO、地域住民が共同で防災力の向上に取り組む活動が進められている。

ニュータウン特有の「人と人の地縁的ネットワークが薄い」点を克服するため、地域FMを活用した防災知識普及のための番組提供や、災害時の情報提供の検討、地域住民を対象にした防災シンポジウムの開催等の活動を推進している。これに加えて、実際に地域住民と直接の交流を行える防災情報提供の場である「サロン・ド・防災」をハウジングセンター内に設置した。また、建設業者等の協力を得て、発災時の機動的な人命救助や瓦礫処理等に活用できる「重機ネットワーク」の仕組みも検討している。

10.8 地域防災力向上の戦略

(1) 防災意識向上のポイント

読売新聞の調査によると、「南海・東南海・東海の三地震で、津波の甚大な被害が予想される地域に暮らす住民約5百人から「津波への危機意識」を探る、聞き取り調査を実施した。強い揺れを感じても、すぐ避難しない人が3割を占め、特に若い世代では、半数に及ぶことがわかった。」地域の人々の一人一人の防災意識が向上すれば、地域の防災力は高まるが、どのようにしたら防災意識は高まるだろうか。基本的なポイントは、次の2つである。

地域の備えるべき災害に関する情報を知ること

いのち、財産、暮らしを守るためにすべきことを知ること

(2) 戦略

防災まちづくりの事例研究から、次の5ステップで地域防災力を向上させることができる。

- ・第一段階：地域の人々が持つ共通の日常的な課題（環境、福祉、防犯など）を取り上げ、自主的な活動を、できることから始める。
- ・第二段階：各種のイベントを通じて、広域的な広がり、連携を進める。
- ・第三段階：地域に災害上の課題があれば、他の地域の被災などを契機に防災への関心が高まる。
- ・第四段階：防災を意識した活動を日常的に展開する。この段階では、防災行政とも連携し、防災情報が共有化される。
- ・第五段階：防災の具体的な目標を作り、活動を日常のネットワークでさらに展開する。

(3) 防災教育の進め方

① 防災教育の視点と効果的なツール

防災教育の視点は、2つあり、誰を対象とするか。そして、どのように効果的に行うかである。

第1の対象者については、子供か、高齢者か、外国人かによって防災教育の方法が異なる。

子どもには、ゲーム感覚で進めるのが良い。運動会やイベントなどで、土嚢積み・運搬競争、家屋下敷き安全救助(採点方式)ゲーム、まち歩き防災探検隊のようなDIG(災害情報ゲーム)を行うこ

とが考えられる。Eラーニングによる防災ゲームも効果的である。

高齢者は、各人の価値観があり、自分の家は大丈夫、あるいは自分の住んでいるところは災害に襲われたことはないという意識や無駄な金は使わないという感覚がある。このため、防災教育は、簡単ではない。高齢者の住む老朽住宅の耐震補強や耐震改修が進まない要因でもある。被災状況の実態を知らせ、実像を示すような映像やCDを見せることが効果的である。また、被災時の警戒・危険区域については、ハザードマップ作成だけでなく、過去の洪水高さや津波高さなどの記録を分りやすく、現地に表示することが減災上重要である。

② 大切な人を守る

アメリカのCARD(災害対策連絡機構)は、防災弱者を対象とした防災教育を推進するNPOであるが、人が怖がる方法では、防災意識が続かないため、大切な人や大切なものを失わないということを訴えながら推進している。防災に関する絵本は、まだ、日本では少ないが、最近、NPO法人東京いのちのポータルサイトが制作した「防災絵本 地震のこと はなそう」も、CARD流の方法で「愛する人を守る耐震補強の重要性」を伝えており、防災教育の重要なツールである。

日本では、「堤防を固めるために、桜を植え、人々が花見に集まり、自然に土手が踏み固まる」という「土手の花見」の方法は、人が知らないうちに防災が進むという点で、効果的である。



図 10.8.1 耐震補強を考える防災絵本

第11章 地域防災のフレーム

キーワード：自助・共助・公助のバランス、防災・減災計画、総合的なリスク管理、ハード・ソフトの防災対策、都市基盤施設、地下施設、ライフライン、津波

11.1 地域防災の論点

わが国は、その自然条件から、地震、台風、豪雨、豪雪、火山噴火などによる災害が発生しやすい国土となっており、これまで、各自治体は地域特性に則した防災計画を整備してきた。

近年、阪神・淡路大震災を契機に、多くの自治体が主に地震災害の対策の充実・強化を中心とした見直し修正を行ってきているが、これまでの防災計画は行政主導による行政の行動計画が主軸となっていることは否めない。深刻化する地球環境問題、今後の経済情勢や高齢社会の進展などを踏まえると、これまでのインフラ整備を前提にした防災から被害を最小化する仕組みとしての減災へ、また、行政中心から住民主体に向けた自助・共助・公助のバランスある取組みなど防災対策の転換が迫られている。

本章では総合的な技術監理の観点から、地域防災計画のあるべき方向に向けた課題を整理する。

11.2 地域防災計画

(1) 地域防災の現状

地域防災計画は、災害対策基本法に基づき、住民の生命、財産を守るため、災害に強い街づくりを進めるとともに、災害発生時における組織体制の確立を目指し、各自治体における災害に対する業務を行政計画として策定したものである。

総務省消防庁が公表した「都道府県の地域防災力・危機管理能力についての自己評価結果」(2004年6月21日)では、災害発生時の体制整備に関する調査結果が、図11.2.1のとおりとなった。

全ての都道府県において地域防災計画は策定されているものの、約3割は災害別の計画になっていない状況であり、専門家との連携や民間ボランティアとの応援・協力体制については極めて不十分となっている。

阪神・淡路大震災を契機に、各自治体は被害想定や自主防災などの観点から地域防災計画の見直しを進めてきてはいるが、この調査結果は更なる取組みを求めている。

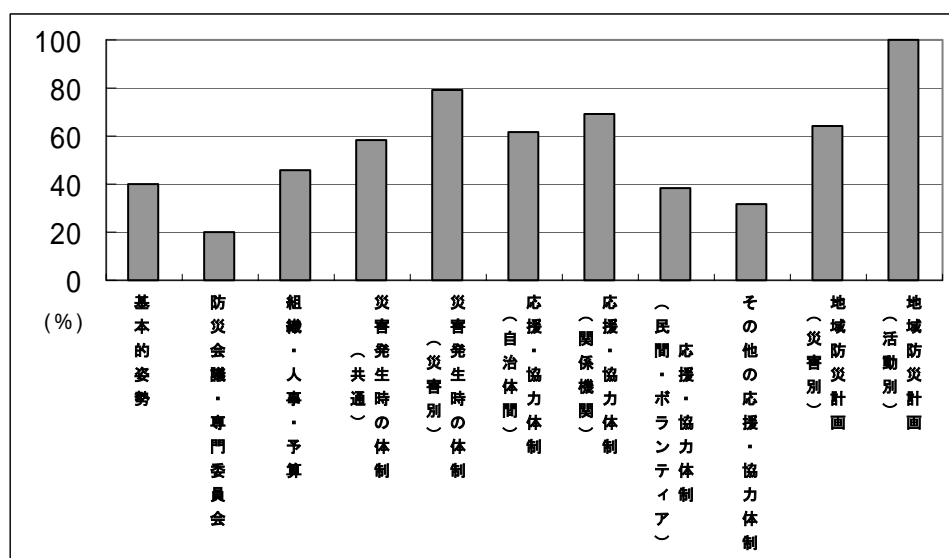


図 11.2.1 都道府県の地域防災力・危機管理能力についての自己評価結果

(2) 防災から減災へ

災害対策基本法における防災の定義は、災害を未然に防止し、災害が発生した場合における被害の拡大を防ぎ、及び災害の復旧を図ることとしている。

このため、わが国における防災計画及び防災体制の基本は、インフラ整備を中心とした構造物による被害防止を前提としてきた。

一方、災害の発生は避けられないものとした上で、被害の拡大を抑え、被災した社会の復旧・復興を早期に進める、といった、FEMA（連邦危機管理庁）に代表される米国の防災体制のような被害管理による減災対応の考え方がわが国では遅れている。

ハードの防災対策は、一般に多額の費用と完成までに長期間を要し、想定を超えれば甚大な被害が発生する。一方、ソフト中心の減災対策は、ハードに比べれば費用はかからないものの、できるだけ詳細なシミュレーションによる被害想定とともに、幅広い組織体制の構築と情報連携、そして、本格的な訓練の継続などが求められる。

阪神・淡路大震災以降、災害に立ち向かい被害を出さないための確実な防災対策の限界を目の当たりにし、効果的な災害対応に向けて、ハード対策としての防災とソフト対策としての減災のバランスある総合的なリスク管理が求められている。

(3) 住民役の計画づくり

施策面の災害対策の基本は防災・減災であるが、担い手面においては、自助・共助・公助である。

表 11.2.2 の阪神・淡路大震災における被救助者数にあるとおり、行政による防災・減災対策、いわゆる「公助」には限界があり、防災・減災の主役は住民であり、まず一人一人の住民が自らの生命、身体、財産を守るべきであることが再認識された。街のインフラ整備を進める「公助」、地域の安全を協働して守る「共助」、そして、自らの命は自分で守る「自助」、これらのバランスが、特に、減災対策においては重要となる。

これまで、地域防災計画は行政が主体となって作成してきたが、地域住民が計画の内容を十分に理解し、主体となって実行しなければ、どのように優れた計画をつくったとしても、「自助」、「共助」には繋がりにくい。

このため、地域住民がわが事として防災、減災を考えることが必要であり、行政と住民が、地域に潜在する災害の危険性、地域の脆弱性あるいは防災力、被害予測、そして、被害抑止・被害軽減を図るための対策など災害に対する十分な知識を共有し、その上で住民

表 11.2.1 防災と減災の関係

防災	—	被害防止（ハード対策）
disaster prevention		mitigation
減災	—	被害管理（ソフト対策）
disaster reduction		preparedness

表 11.2.2 阪神・淡路大震災における被救助者数

家屋に閉じ込められた者	約 164,000 人
内 公的機関による被救助者	7,900 人 (4.8%)
内 民間団体による被救助者	27,100 人 (16.5%)
内 自力による脱出者	129,000 人 (78.7%)



図 11.2.2 ワークショップによる計画づくり



図 11.2.3 災害弱者対応マニュアル

が主体となった防災計画づくりを進めることが求められる。

住民の生命を守るために必要な実効性の高い計画は、地域の実情を最も詳しく把握している住民自身に他ならない。こうしたことから、ワークショップ形式による防災計画づくりなども始まっている。

(4) 自主防災とコミュニティ

阪神・淡路大震災における被救助者数（表 11.2.2）にあるとおり、減災対策としては、いざという時、自分の身を自ら守る「自助」が最も重要であり、住民各自が積極的に自主防災に取り組むことが必要である。また、近年の被害状況を見ると、死亡者の多くが高齢者で、災害発生時に自力による避難行動が取れなかったり、判断が遅れたりした結果によるものと考えられる。

こうした手助けを必要とする高齢者、障害者、乳幼児、妊婦など災害時要援護者への対応については、地域住民によるコミュニティやコミュニケーションなど、「共助」の仕組みづくりが重要である。

大規模災害の発生後、行政、すなわち「公助」による救援活動が開始されまでの間、地域住民は、自分の身を自ら守る「自助」と同時に、災害時要援護者などに対してできる限りの「共助」に取り組むことが求められる。

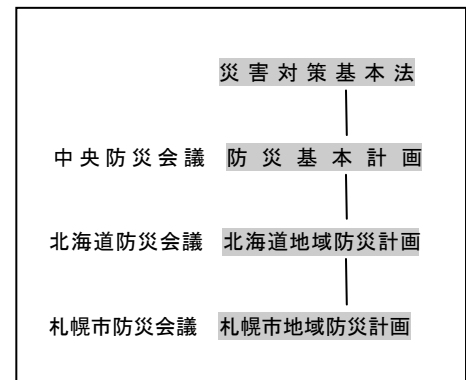
地域防災計画は、これまでの行政計画から「自助・共助・公助」をバランス良く取り入れた住民主体の計画への転換が求められている。

(5) 計画の構成と概要

札幌市を例に、地域防災計画の構成と概要について概括し、今後の課題について整理する。札幌市の地域防災計画は、阪神・淡路大震災を契機に、主に地震災害を中心に 1998 年に見直し修正が図られている。

災害対策基本法第 42 条の規定に基づき、札幌市における災害に対する業務及び今後の方向性を札幌市防災会議が策定し、計画の目的は、「市民の生命、財産を守るため、災害に強いまちづくりを進め、大災害にも対応する防災体制の確立をめざす。」としている。また、札幌市地域防災計画は、表 11.2.3 のとおり、「災害対策基本法」のほか、国の防災指針を定めた「防災基本計画」、「北海道地域防災計画」などと密接な整合性・関連性を有しており、これら上位計画に沿って、適宜見直しを行い、必要に応じて修正を加えるとしている。

表 11.2.3 札幌市地域防災計画の位置付け



① 計画の構成

計画書は図 11.2.4 のとおり、使用者及び使用目的によって、体系を整理し、各使用レベルに対応するよう分冊化している。本編及び資料編は、市民を対象にしたもので、地区別防災カルテは特に、自主防災組織や町内会などに向けた防災情報の提供と地域での防災計画作成のフォーマットが記載されており、ハザードマップ（2004 年作成）などが含まれる。

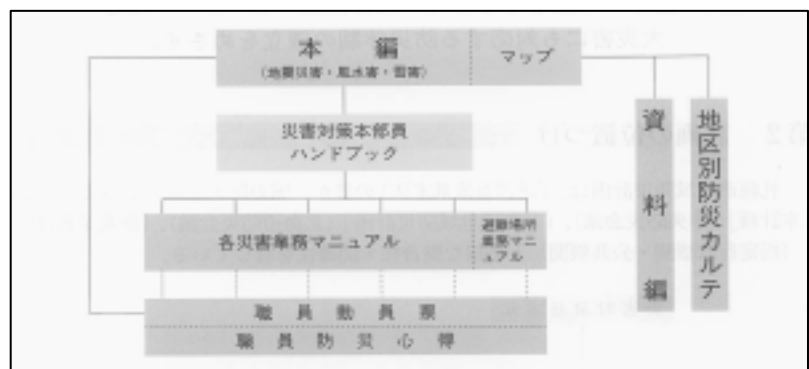


図 11.2.4 札幌市地域防災計画の構成

② 計画の概要

札幌市の地域防災計画は、被害が市全域にわたるおそれがあり、全市をあげた防災体制が必要な地震災害に対する「地震災害対策編」を中心としている。局地的災害で事前の警戒や準備行動が地震災害に比べて可能である「風水害対策編」「雪害対策編」は、「地震災害対策編」に準じた内容としてい

11.3 災害応急対策

(1) 災害応急対策の概要

図 11.3.1 は、阪神・淡路大震災を教訓とした災害対策を時系列に示したものである。

この中で、発災後の即時対応、緊急対応、応急対応までの約 1 ヶ月間が災害応急対策として位置付けられる。応急対策の留意点は、以下のとおりである。

人命救助を優先する

地域防災計画の目的は、住民の生命・身体・財産を災害から守ることである。災害直後はあらゆる対策が必要であるが、特に、倒壊家屋・火災現場等から住民を救出することを最優先とする。

情報ネットワークを確保する

的確な応急対策をいち早く行うためには、正確かつ迅速な情報収集が不可欠である。そのため、情報収集体制を確保し、災害情報の収集と分析を行う

災害経過・ニーズに応じた対策実施

発災後の時間経過に沿って、優先される対策が変化する。それぞれの時点で、最も必要な対策を適切に実施することが求められる。

その他、災害医療、二次災害の防止、物流など交通輸送の確保とライフラインの確保などが重要である。

(2) 災害応急対策の課題

図 11.3.2 は、阪神・淡路大震災時の人命救助における生存者数の変化を示したものである。欧米では「黄金の 72 時間」と指摘されているが、わが国では、地震後 24 時間以内の早期救出が生死を大きく分けた。

京都大学防災研究所の河田教授は、災害応急対策においては、人命救助が最優先であり、発災直後の即時対応が最も重要で、実現可能な「自助・共助・公助」による「防災・減災」対策を求めている。

「災害は起きる」事を前提にした、事前の対策とともに、「防災・減災」に向けた教育や訓練の継続が必要であると提唱している。

「平時にできないことは、災害時にもできない。」

帝京大学の志方教授は、危機管理対策としての大規模な訓練の必要性を提唱している。

スパン 10m の橋を 10 回架けても、100m の橋を架ける訓練にはならないことや、5 機や 6 機のヘリコプターしか使わない小訓練では、阪神・淡路大震災時の 200 機に及ぶノウハウは見出せないとしている。

時間経過	ステージ	対象項目	個人の取り組み
発災	-1 (事前対応)	被害抑止 (ハードウェア中心) 被害軽減 (ソフトウェア中心)	家の補強
	0 (即時対応)	生命の安全の確保 自治体職員の非常招集 災害医療 二次災害の防止 (消化など) 概括被災情報の収集・解析・対応	備蓄食料・水の消費 ↑ 3日間 ↓
1日	1 (緊急対応)	避難所の開設・高機能化 幹線道路の啓開と流入交通量の制御 情報ネットワークの確保 ロジスティックスの立上げ 災害医療の継続と救急医療の開始	ボランティア活動の開始・受入れ
3日			
1週間	2 (応急対応)	仮設住宅の建設と入居 復旧計画の策定、社会基盤施設、 ライフライン復旧進捗情報の共有化 ロジスティックスの安定継続 生活支援とボランティア、NPO の活躍	
1ヶ月	3 (復旧対応)	心的外傷後ストレス障害のケアの開始 ガレキの撤去 都市復興計画 まちづくり組織の結成	都市・まちづくりへの参加
6ヶ月			
	4 (復興対応)	教訓の整理、災害文化の形成 都市環境の回復・創造 生活再建、地域コミュニティの結成 都市機能の回復・強化	

図 11.3.1 都市地震災害の危機管理の時間的变化

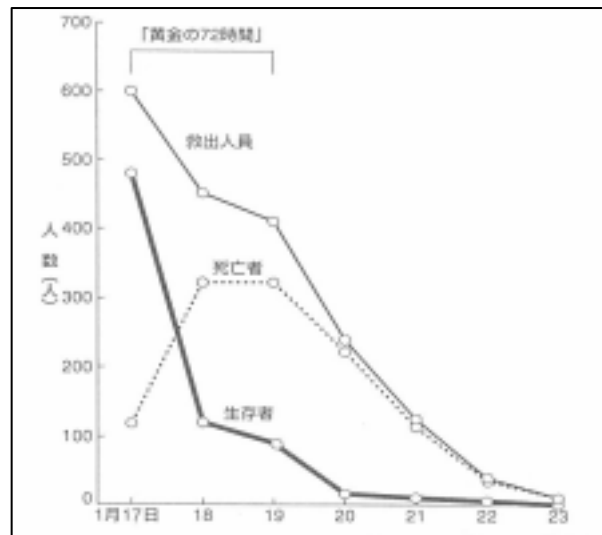


図 11.3.2 阪神・淡路大震災の生存者数の変化 (神戸市消防レスキュー隊による)

また、救命救急活動におけるトリアージの重要性、都市基盤施設やライフラインなどの緊急時におけるルール化など、減災に向けた災害応急対策の取組みを求めている。

11.4 災害復旧・復興対策

(1) 災害復旧・復興対策の概要

災害復旧は、生活安定への支援と社会基盤の再建の両輪で進めることになる。前者は、被災した住民がいち早く自力で生活ができるための生活の再建であり、避難所や仮設住宅の確保や職業のあっせん、中小企業への融資など経済的な復旧支援も必要となる。

後者は街の再建であり、甚大な災害が発生した場合には、地方公共団体の経費負担の軽減を目的として制定された「激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律」(1962年)により、国による特別な財政措置を受けて、公共施設などの復旧事業を進めることになる。

復旧は原形復帰が目標であるが、災害復興の目標は被災前よりも「災害に強い街づくり」に向けて、円滑かつ計画的な復興都市計画を地域住民との合意形成を図りながら策定することにある。

災害復旧・復興対策の留意点は、以下のとおりである。

- 被災者の生活再建を優先する
- 経済復旧に向けた地元中小企業への支援
- 住民・企業・行政の協働により災害復興計画を策定する

(2) 災害復旧・復興対策の課題

阪神・淡路大震災以降における災害復旧および復興過程においては、民間ボランティアの活動が注目されている。応急対策の段階では自ら守る「自助」のウエイトが高いが、この段階では地域のコミュニティや広く民間ネットワークによる「共助」が期待される。

一方で、行政による復旧事業など「公助」によるハード対策、ソフト対策としての行政サービスによって、復興計画を推進しなければならない。その際には被災後のメンタルケアなどハート面を含めた総合的な取組みが求められる。

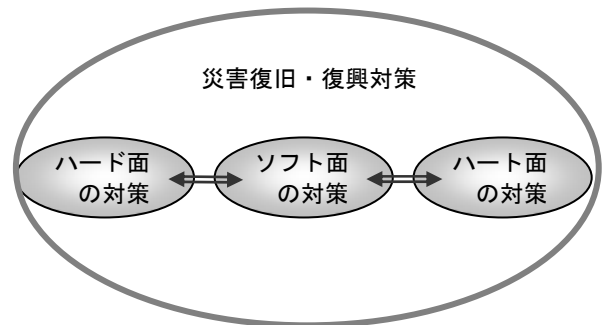


図 11.4.1 災害復旧・復興対策の方向性

11.5 地域災害のリスク管理

(1) リスク管理と危機管理

21世紀は災害多発時代になると言われており、世界各地で大雨による洪水の被害が広まっている。2002年夏のヨーロッパの大雨は、記憶に新しい。この年は、ほぼ同時期に中国、韓国などでも集中豪雨による被害が相次いだ。わが国でも2004年、記録的な台風上陸も相まって、各地で豪雨災害が発生している。また、海溝型巨大地震は、いつ発生してもおかしくないとされている。

「災害は、忘れた頃ではなく、必ずやってくる」という観点で、地域防災計画の重要性を再認識することが必要である。

地域防災計画は、災害に向けた事前の対策としての防災対策と発災後における応急対策、復旧対策、そして、復興対策に大きく分けられる。総合的な技術監理の観点から、前者はリスク管理、後者は危



図 11.5.1 地域防災のリスク管理と危機管理

機管理として分類できる。

① リスク管理

図 11.5.2 のリスク管理システムフローに基づき、総合技術監理の観点から、地域防災計画のポイントを点検する。

a) リスク対応方針の策定

防災計画策定にあたっての基本方針であり、人命の最優先だけではなく、防災（被害防止）と減災（被害管理）や「自助」「共助」「公助」のあり方など、全ての活動がこの方針に基づき、進められることになる。

b) リスク特定

危険要因(hazard)の特定であり、可能性のある災害及びこの段階では判断できない重要事項などを把握する。今後は、想定される自然災害のみならず、テロ事件などの事故発生についても含める必要がある。

c) リスクアセスメント

特定したリスク、可能性のある災害などに対し、阪神・淡路大震災など過去の事例（シナリオ分析）も考慮し、被害想定を行う。

発生確率と被害規模により、それぞれの災害についてどのような対策が適切かを把握するリスクの算定を行い、弱点分析やリスク管理のサイクルの中で必要とした対策の効果算定もあわせて、それぞれの災害に対する評価により対策を決定する。

対策には、被災が避けられないとする「保有」、被災をできるだけ防止する「削減」、そして、保険などに加入する「移転」がある。

d) リスクコミュニケーション

これらの検討は、行政が中心となり専門家や技術者が主体でまとめることになりがちであるが、具体の対策実施段階でその主体となる地域住民とのコンセンサス（社会的受容：public acceptance）が必要不可欠である。このため、リスクの伝達や説明責任に向けたリスクコミュニケーション(risk communication)はリスク管理の重要な項目として位置付けなければならない。

e) リスク対策

対応方針に基づき、対策として可能性のある中から最適な対策を選定しなければならない。対策には、そのために必要となる費用や人的資源を投入することになり、経済性と安全性のトレードオフの問題や社会環境におよぼす影響など総合的な技術監理の視点が必要である。

選定される対策は、いわゆるハード対策による被害防止による防災だけではなく、減災に向けたソフト対策としての被害管理がある。

その中には、地域住民と協働で減災対策を検討し、行政機関のみではなく、住民主体による行動マニュアルの作成やそれに基づく防災・減災訓練の励行なども挙げられる。

② 危機管理

次ページ図 11.5.3 のとおり、発生確率は高いが被害規模が小さい領域にある小規模な災害、被害規模は大きいが発生確率が低い領域にある大規模な災害は、リスク保有領域となる。これらの災害に

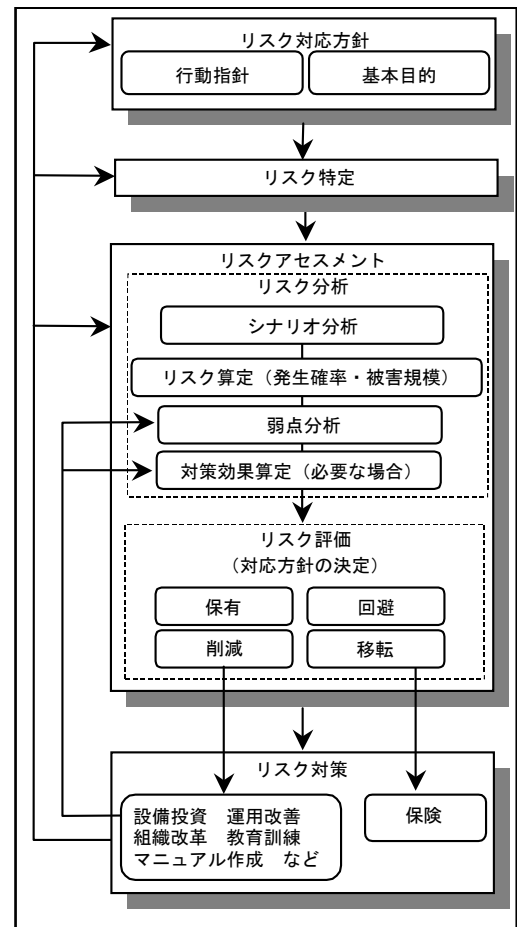


図 11.5.2 リスク管理システムフロー

対して被害防止策を講じることは、巨額の費用と長期の時間が必要となり、投資の採否に関わらず結果として、リスクは「保有」されることになる。

「保有」される災害のうち、大規模災害に対しては、特に、危機管理対策としての応急対策、復旧・復興対策の的確な検討が求められる。

危機管理活動の具体的なステップとしては、

準備段階

事前作業段階

- ・災害種別ごとに時系列シナリオを作成する。
- ・組織（タスクフォース）を明確に定める。
- ・各対策をマニュアル化する。

緊急事態対応段階（災害応急対策）

事後復旧段階（災害復旧・復興対策）

の4つの段階がある。

また、災害対策活動の基本要素としては、

最悪の事態に備える

二次災害や災害連鎖の防止

平時まで復帰させる

など、迅速かつ効果的に実施する必要がある。

（2）地域防災の方向性

これまでの地域防災計画は、災害対策基本法に基づき各自治体が行政計画として着実に整備が図られてきた。しかし、実際の災害発生時に、目標通りに機能してきたかどうかについては厳しい評価を受けることになるであろう。

その原因としては、1点目に、これまでの計画が被害防止を前提にしており、発災後の危機管理について十分な検証や準備が行われてこなかったことが挙げられる。2点目は、これまでは行政中心の計画となっており、災害発生時において主体となる住民の参加や官民協働が不十分であったこと、最後に地域計画であるにも関わらず、地域のコミュニティ形成、コミュニケーションがなおざりになってきたことが挙げられる。

このため、これまでの行政計画から「自助・共助・公助」をバランス良く取り入れた住民主体の「防災・減災」計画への転換を図る必要があり、ハード対策としての防災（被害防止）とソフト対策としての減災（リスク管理）のバランスある総合的なリスク管理としての地域防災計画に向けて、技術士による総合技術監理手法の導入が期待されている。

第31回技術士全国大会第4分科会において、技術士が、住民と同じ目線でコミュニケーションを進め、行政に対して積極的に提案、助言を行い、行政と住民の橋渡しとなり、住民主体による災害に強い社会構造の形成に繋げていくことができるとした地域防災の方向性と技術士の社会貢献のあり方について、前ページ図11.5.4のとおり北海道支部防災研究会から提案されている。

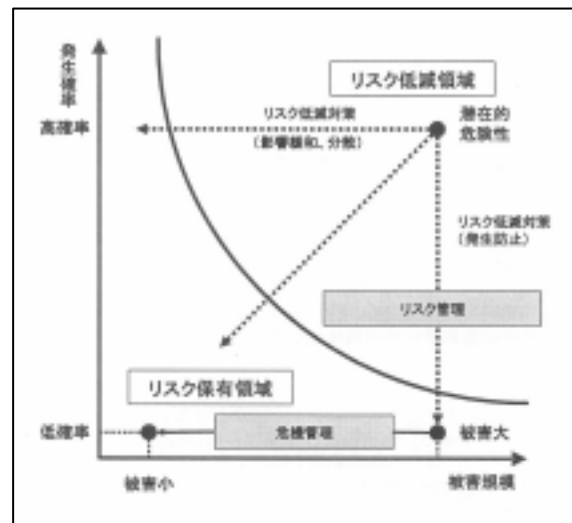


図 11.5.3 リスク管理と危機管理の関係図



図 11.5.4 地域防災の方向性と技術士の役割
(第31回技術士全国大会第4分科会より)

11.6 都市基盤施設の防災対策

(1) 都市基盤施設の防災上の課題

我が国は、戦後目覚ましい成長を遂げ、特に昭和30年代から40年代にかけて高度成長期には急速に都市基盤施設が整備された。都市基盤施設は社会生活や経済活動を支える重要な施設であるが、防災の観点では課題も内包する。都市施設の防災上の主な課題を表11.6.1に示す。

表 11.6.1 都市施設の分類と防災上の課題

基盤施設の分類	被害形態	防災上の課題
道路	<ul style="list-style-type: none"> 道路の破壊、分断 交通機能の分断、麻痺 ロジスティックス（物流）の麻痺 	<ul style="list-style-type: none"> 脆弱な道路構造 道路ネットワーク不足、ルート代替性の欠如
河川	<ul style="list-style-type: none"> 堤防の破壊 治水機能の低下 	<ul style="list-style-type: none"> 治水対策の遅れ 河道の樹木などによる流下能力の低下
都市公園	<ul style="list-style-type: none"> 施設の破壊や倒木被害 	<ul style="list-style-type: none"> 管理基準と管理体制
建築物	<ul style="list-style-type: none"> 建物の破壊、浸水、焼失 	<ul style="list-style-type: none"> 耐震、耐火構造建築物への更新の遅れ 木造密集市街地への対応の遅れ
港湾施設	<ul style="list-style-type: none"> 港湾施設の破壊 港湾の機能不全 	<ul style="list-style-type: none"> 高潮、津波、厚い軟弱地盤、液状化等の災害を受けやすい地理的条件
公共交通（空港、鉄道、地下鉄、バス、タクシー等）	<ul style="list-style-type: none"> 施設の破壊 ネットワークの分断 	<ul style="list-style-type: none"> 代替性の欠如 利用者へ周知（情報伝達）の遅れ

(2) 都市基盤施設の防災対策

都市基盤施設の防災対策を考える場合、これまで災害の被害状況を分析して、過去の教訓を十分に反映するとともに、高齢社会の進展など社会の変化や技術の進展なども踏まえることが重要である。都市基盤施設の防災対策について「ハード面」、「ソフト面」から表11.6.2に整理する。

表 11.6.2 都市基盤施設の防災対策

基盤施設の分類	防災対策	
	ハード面	ソフト面
道路	<ul style="list-style-type: none"> 道路施設の災害への耐性強化 災害時の代替性ルート確保 道路ネットワーク強化 	<ul style="list-style-type: none"> 施設の遠隔管理や制御の仕組みの充実 防災ネットワーク、連携体制の構築 災害ボランティアの登録
河川	<ul style="list-style-type: none"> 治水対策の推進 水門、樋門やポンプ施設の管理強化 	<ul style="list-style-type: none"> NPOとの協働体制の構築 防災情報の公開と共有化、および発信
都市公園	<ul style="list-style-type: none"> 都市公園（防災公園）の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ハザードマップ、防災マップなどの作成
建築物	<ul style="list-style-type: none"> 建築物の耐震、耐火性強化 木造密集市街地への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 防災訓練、防災教育の推進 防災ワークショップの開催による意識の向上など
港湾施設	<ul style="list-style-type: none"> 港湾施設の耐震性強化 	
公共交通（空港、鉄道、地下鉄、バス、タクシー等）	<ul style="list-style-type: none"> 交通施設の災害への耐性強化 代替性のあるネットワーク構築 	

(3) 都市基盤施設の防災上の機能

都市基盤施設は、災害時に復旧・復興活動を支える防災インフラとして機能するため、その活用方を事前に明確にすることが重要である。都市基盤施設の防災上の機能について表11.6.3に示す。

表 11.6.3 都市基盤施設の分類と防災上の機能

基盤施設の分類	防災上の機能
道路	火災の延焼防止や輸送路、避難路
河川	火災の延焼防止や輸送路、避難場所、避難路
都市公園	避難地、火災の延焼防止、仮設住宅用地、自衛隊やボランティアの救済活動拠点
建築物	避難場所
港湾施設	輸送路、復旧資材備蓄基地
公共交通（空港、鉄道、地下鉄、バス、タクシー等）	物資の輸送路や避難路

(4) まとめ

都市基盤施設の防災対策を講じるにあたって、施設や構造などによるハード的な対策とともに、情報伝達や地域コミュニティとの協働などのソフト的な対策をバランス良く考える必要がある。また、防災対策を考える際にリダンダンシー（冗長性）は経済性や効率性とトレードオフの関係になるが、リダンダンシーは余裕やゆとりとして大切である。

11.7 地下施設の防災対策

(1) 地下施設の特性と防災上の課題

都市の地下空間は、建物の地階、地下街、地下駐車場、地下軌道など多くの地下施設が建設されており、今後もさらに深層化、大規模化、複合化していく傾向にある。一般的に、地下空間は外部の自然環境の影響が少なく、地震時の影響も少ないことから安全であると言われている。

しかし、地下空間は人間の生活空間としては経験が少ない部分であることや、地下空間の閉塞性は火災時や浸水時に特殊な状況を招くことなど、安全性について慎重な配慮が必要である。

地下施設の防災上の主な課題を表 11.7.1 に整理する。

表 11.7.1 地下施設特有の防災上の課題

地下施設の分類	被害形態	防災上の課題
生活基盤施設 <ul style="list-style-type: none"> 上下水道、ゴミ処理施設、電力供給施設、熱供給施設、通信施設、共同溝等 	<ul style="list-style-type: none"> 消火用水、飲料水、生活用水の不足、下水処理不能 煮炊き不能による食事困難、ガス暖房不能、電気暖房不能や照明不能、緊急医療不能 電話、インターネット、メールなどの通信困難 	<ul style="list-style-type: none"> 施設の耐震性の限界 地下埋設物の被害状況把握の困難性 被災時における迅速な復旧の要請
商業施設 <ul style="list-style-type: none"> 地下街 	<ul style="list-style-type: none"> 施設の破壊 集団パニックによる被害の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 施設の閉塞性、迷路性、遮光性などによる避難の困難性 浸水性状、火災性状の特殊性による被害予測の困難性 復旧、救助活動の困難性
その他 <ul style="list-style-type: none"> 都市ビル等一般建築物地下階等 	<ul style="list-style-type: none"> 施設の破壊 	

(2) 地下施設の防災対策

地下街・地下駐車場などの地下空間において、火災については、その対応方法が建築基準法、消防法で規定されている。しかし水害などの災害に対する規定はないことや、地下空間における人間心理など未解明の部分もある。地下空間の防災性の向上を図るための対策について「ハード面」、

「ソフト面」からの方向性を次ページ表 11.7.2 に示す。

表 11.7.2 地下施設の防災対策の方向性

地下施設の分類	防災対策	
	ハード面	ソフト面
生活基盤施設 ・ 上下水道、ゴミ処理施設、電力供給施設、熱供給施設、通信施設、共同溝等	・ 供給系統の多重化・自立化 ・ 被災時の応急機器、設備の整備	・ センシング技術の研究、活用 ・ シミュレーション技術の活用 ・ 災害弱者に配慮した避難、誘導対策の検討 ・ 地下災害時の人間心理・行動の研究
商業施設 ・ 地下街	・ 地下空間の浸水対策技術の研究 ・ 地下施設への火災、浸水防止施設の整備促進（防火・防水扉）	・ 地下空間の管理・防災体制の充実、および関係機関との連携体制の構築
その他 ・ 都市ビル等一般建築物地下階等	・ 消火、避難設備等の高度化	・ 地下空間での火災、豪雨及び洪水に対する危険性の事前の周知、啓発

(3) 地下施設の防災上の機能

地下空間は、地震動に対する減衰効果、火災に対する耐熱効果、爆発などの緩衝効果、外部環境への隔離効果があるとされている。また地下施設は防災物資、備品の大規模な貯蔵・貯留空間として機能するため、地下施設を防災施設と位置付けて活用することが重要である。地下施設の防災上の機能について表 11.7.3 に示す。

表 11.7.3 主な地下施設の防災上の機能

地下空間の分類		防災上の機能
生活基盤施設	上下水道、ゴミ処理施設、電力供給施設、熱供給施設、通信施設、共同溝など	・ 一時避難場所、避難路
商業施設	地下街	・ 貯蔵・貯留空間
その他	都市ビル等一般建築物地下階等	

(4) まとめ

高度な土地利用が進む都市部において、地下空間の開発は今後も進展することが確実であり、地下空間の特徴を積極的に防災対策に利活用していくことが重要である。

地下空間で災害が発生した場合、人間心理、行動にどのような影響を与えるかなどについて、今後とも研究も深めていく必要がある。

11.8 ライフラインの防災対策

(1) ライフラインの防災上の課題

1995年1月17日早朝、淡路島を震源とする阪神・淡路大震災が発生し、建築物の倒壊と市街地の延焼、高速道路・新幹線等の公共施設の損壊、電気・ガス・水道・下水道等のライフラインの寸断による混乱が起るなど、戦後最悪の大災害になった。

かねてより、大都市で大地震が発生した場合、経験したことのない複雑な被害が生じかねないと指摘されていたが、阪神・淡路地域を襲った直下型の地震は、ライフラインの機能停止による市民生活へ予想を上回る大規模な被害をもたらした。この震災の経験を踏まえ、ライフラインの防災上の課題を次ページ表 11.8.1 に示す。

(2) ライフラインの防災対策

ライフラインシステムは、階層的なネットワーク構造を呈しており、上位の階層にある基幹施設や供給幹線の破壊は、システム全体に大きな影響を与える。このため発電・送電・変電施設、都市ガス製造・貯蔵施設、電話局、浄水場・排水場、下水処理場、ポンプ場などの核施設の耐震性強化など防災対策が求められる。ライフラインに必要な防災対策について「ハード面」、「ソフト面」から次ページ表 11.8.2 に示す。

表 11.8.1 ライフラインの分類と防災上の課題

ライフラインの 分類	被害形態		防災上の課題
	直接的被害	間接的被害	
上下水道	・ 管の破壊、分断、給排水機能の不全	・ 消火用水、飲料水、生活用水の不足 ・ 下水処理不能	
ガス	・ 供給管の破壊 ・ ガス漏れ、火災・爆発の誘引	・ 煮炊き不能による食事困難 ・ ガス暖房不能	・ 施設の耐震性 ・ 代替性の欠如
電力	・ 電力供給機能の不全 ・ 火災の誘引	・ 電気暖房不能や照明不能 ・ 緊急医療不能	・ ライフライン収容空間 の限界
通信	・ 通信ケーブルの破壊 ・ 通信の断絶	・ 電話、インターネット、メールなど の通信困難	

表 11.8.2 ライフラインの防災対策

対策分野	ハード面	ソフト面
上下水道	・ 既存施設の補強、改築などの耐震性向上 ・ 幹線管渠や処理場のネットワーク化	
ガス	・ コージェネレーションの普及、中圧供給管の震災時の供給維持と 中圧施設からのハウスレギュレーターによる整圧供給、ガスのボン ベ供給などの応急体制の構築	・ センシング技術の研究、活用 ・ シミュレーション技術の活用
電力	・ 供給系統の多重化・自立化、設備の耐震性向上、発電機車の装備 拡充などの応急体制の整備 ・ 情報ネットワークによる監視・制御の充実	・ 広域的、横断的な応援体制の整備 ・ 緊急時の周知・広報方法の確立
通信	・ 通信設備ビルの風水害防護、火災防護、耐震性の強化 ・ ダブルルート化、ループ化、大量通信ケーブルの地下化 ・ 衛星回線機器や移動電源車などの災害対策機器の配備	

(3) まとめ

ライフラインの整備は、民間事業者がその運営の大きな部分を占めることや、経済性・機能性を重視した施設となっていることから、災害に対して脆弱な面も見られる。災害に強いライフラインを構築するには、膨大な費用と長い年月を要するため、過去の被災と復旧過程で得られたデータを共有し、防災ノウハウとして生かしていくことが重要である。今後は、ライフライン施設の堅牢化など防災インフラへの投資、ソフト面の充実、さらに行政とライフライン事業者と市民の三者が、責任と役割を分担して実行性の高いライフライン防災対策の強化を進めていくことが重要である。

11.9 津波対策

(1) 津波被害の防災上の課題

津波被害は浸水による溺死、家屋の流出や倒壊、船舶の損傷などがあげられるが、最近では高度成長期以降の都市化の進展と社会インフラの整備に伴い、過去の津波被害とは違った新たな被害が起る可能性が大きい。また、近年の技術進歩に伴い、津波の予測精度が向上し、既往設計値を越える津波による外力が発生する危険性が明らかになってきた。1993年の奥尻島（北海道南西沖地震津波）の被災例が示すように、過去の被害からは予想し得ない大規模な津波の発生により、津波防災対策のハード面が実施されている箇所においても被害が拡大する危険性がある。

このように、津波災害に対するハード面の対策が実施されている箇所においても必ずしも安全とはいえない場合があり、津波防災対策はハード対策のみで対応する事は実質的に無理なことから、被災地域の被害を最小限に押さえるための総合的な防災対策が重要となってくる。

津波被害と、その防災上の課題を表 11.9.1 に示す。これらの被害は津波の発生した季節や時間、地震の規模、沿岸地域の地形や利用特性、都市形態などの違いによっても被害の形態や規模が大きく違うことに留意する必要がある。

表 11.9.1 考えられる津波被害と防災上の課題

対 象	被 害 形 態	原 因	防 災 上 の 課 題
人的被害	溺死、怪我、病気等	無防備、避難遅れ	情報伝達・避難計画の遅れ
家屋被害	流出、破壊、浸水、家具等	波力、漂流物衝突	木造密集市街地対応の遅れ
防災構造物被害	破壊、倒壊、変位	洗掘	経済性の限界
交通障害	鉄道、道路、橋、港湾の機能障害	施設破損、漂流、堆積物	代替ルートの欠如 道路網のネットワーク不足
ライフライン被害	水道、電力、通信、下水道機能被害	施設破損、浸水	耐震性の限界、経済性の要請
水産業被害	養殖筏、漁船、魚網流出・破壊	波力、漂流物衝突	津波防災施設整備の遅れ
商工業被害	製品や商品価値の損失	浸水、破損	
農業被害	作物被害、農地・用水路埋没	海水浸水 流入堆土砂	津波防災施設整備の遅れ
森林被害	幹折れ等の破損、塩害	波力、海水	津波防災施設整備の遅れ
火事	家屋、漁船、石油タンク等の出火	漂流物衝突 漏電	木造密集市街地対応の遅れ 津波防災施設整備の遅れ
石油流出	石油タンクの破損、環境汚染	漂流物衝突	津波防災施設整備の遅れ
地形変化	河川や港の堆砂、砂浜変形	波力、土砂移動	災害を受け易い地理的条件
発電所	建物・施設の破壊、 取水・放水の困難	波力、水位低下	耐震性の限界 経済性の限界

(2) 津波防災対策

津波防災対策を考えるに当たっては、過去の津波による被害から得られた教訓と津波災害の特殊性を十分に踏まえ、総合的な観点から津波防災対策を進めることが必要である。特に津波災害は、その発生や規模の予測が難しく、ごく近海で発生した場合には極めて短時間で来襲する等の特殊性を有していることから、海岸堤防や水門等の海岸保全施設による津波制御・被害抑制を目的としたハード対策だけでなく、災害発生の事前、直前、直後、事後の情報提供や、いざというときの避難を想定しての避難地・避難路の確保、及び津波災害に強いまちづくり等のソフト対策が極めて重要である。また、海岸及び背後地の地形や海岸保全設備の整備状況等の地域特性を踏まえ、津波防御効果及び被害軽減効果が最大限に発揮されるよう、防災施設、津波防災の観点からのまちづくり、及び防災体制の3分野の対策を有機的に組み合わせた、地域防災計画の一環としての総合的な津波防災対策を講じる事が必要である。

次ページ表 11.9.2 に津波防災対策の今後のあり方を示す。

(3) まとめ

津波防災対策は、これまで防災施設の整備を中心に行なわれてきたが、津波の発生や規模を想定することが難しく、また想定を上回る外力への対応など、ハード面の対策には限界があり、津波防災の観点からのまちづくりや、防災体制の整備などのソフト面の対策を有機的に組み合わせた地域防災計画を講じる必要がある。

中でも地域住民の津波災害に対する自衛力向上・充実(自助・共助)を目指し、行政と住民とが一体になって推進することが重要である。

表 11.9.2 津波防災対策の今後のあり方

分類	対策	具体的項目	考慮すべき事項	
防災施設	津波防災施設整備	防潮堤	・防潮堤背後地の内水排除対策	
		津波防波堤	・耐震化・耐浪化	
		津波水門・陸閘	・水門・陸閘の遠隔操作	
		河川堤防・護岸	・維持・管理	
津波防災の観点からのまちづくり	既成市街地等における土地利用の誘導	高地移転、防浪地区、緩衝地区 計画的な土地利用誘導	・災害危険区域 ・宅地造成工事規制区域	
	防災上必要な施設等の保全、整備	防潮林の保全 旧堤の保全	・背後地の家屋被害の軽減 ・漂流物の侵入防御	
	拠点公共施設の整備	地域の土地利用誘導 避難・救援の拠点	・庁舎・学校・病院・公民館・公園等の配置、構造配慮	
	交通施設等の都市基盤施設の整備	地域の土地利用誘導 避難路・救援路の整備 災害時の海上交通網の確保	・幹線道路、地区内道路、鉄道の配置・構造 ・漁港・港湾の防災機能向上	
	臨海部の土地利用特性に応じた施設の安全性向上	建築物の耐浪化 危険物品への対策	・津波災害危険区域の建築制限 ・重要施設の移設	
	地域特性に応じた安全性向上	防災意識啓発・防災訓練 避難場所・避難路、誘導方法	・居住地域、商業・業務地域 産業・物流関連地域	
	水産関連地域の安全性確保	堤外地建築物の耐浪化 係留施設の耐震化・耐浪化対策	・防浪ビル ・増養殖施設・漁具類	
	ライフライン機能の安全性向上	通信施設の地下埋設、耐浪化 供給施設の耐浪化	・重要施設の移設 ・補助的な供給施設	
	防災組織の整備	自主防災組織の整備	・避難訓練、防災意識の向上	
	予報等の伝達、情報通信体制の整備	ハザードマップの作成 津波予報の伝達	・有線・テレビ・ラジオ放送 ・防災無線	
	防災体制	避難	避難勧告体制の確立	・住民への周知徹底
			避難路・避難場所の整備	・防災知識の普及啓発
			避難誘導標識、避難ビルの整備 地域コミュニティとの協同	・災害弱者への配慮 ・外来者対策
		水門・門扉の開閉	監視・遠隔操作化の整備	・住民への周知徹底
防災知識の普及		過去の津波災害記録の発掘・表示	・防災意識の啓発	
		防災教育の推進 マニュアル等の作成と防災広報	・自主防災組織の活動活性化 ・地域住民への周知徹底	
津波防災訓練		津波監視訓練	・行政と住民の連携	
		情報伝達訓練	・応急体制	
		住民への広報訓練	・住民協力体制	
		避難訓練 被災時の訓練	・ボランティア組織	

第12章 震災の教訓と復興まちづくり

キーワード：復興計画 事前復興計画 復興まちづくり

12.1 震災復興の課題

我が国は関東大震災そして最近では阪神・淡路大震災の二つの大震災を体験し復興してきた。しかし、これらは時代が違い復興状況も異なっている。ここでは大震災からの復興、復興計画を概観する。

(1) 大震災からの復興

1923(大正12)年に発生した関東大震災は、14万人以上の死者をもたらした。1995(平成7)年に発生した阪神・淡路大震災は6千人以上の死者をもたらした。それぞれ、発災時期が約70年隔てられ、市街地の状況など時代的な差は大きく、それは復興のあり方においても現れている。

関東大震災からの復興は、帝都復興院が創設され国家的プロジェクトとして、後藤新平のリーダーシップにより帝都復興計画が作成された。その後の経過で帝都復興計画は計画縮小となったが帝都復興事業が遂行された。特に焼失区域では約9割に及ぶ区域で土地区画整理事業が行われ、幹線道路と街路が整備された。この幹線道路と街路の整備はそれまでの都市計画上の問題を解決し、現在の東京の道路網の骨格を形成することとなった。またオープンスペースの整備も行われ、小学校の不燃化、河川の改修と橋梁の新設なども行われ、今日の東京の都市基盤を形成することとなり、日本の都市計画史において重要な意味を持つことになった。

一方、阪神・淡路大震災からの復興は、国の支援のもと自治体を中心となって復興計画の作成が進められた。市街地の復興は都市計画事業が行われる地域と、そうでない地域の二つに分けて進めることを基本とした。前者は被害の大きい地域で強力な財政支援が行われたのに対して、後者は個別再建を中心とする自助努力を基本としている。神戸市の場合、被災地を重点復興地域と震災復興地域に分け(図12.1.1)重点復興地域では一部地域を除いて市街地再開発事業や土地区画整理事業を行うことを都市計画決定している。そしてこのような都市計画事業が行われる地域では、最初に都市計画決定を行い、その後まちづくり協議会等による住民参加方式により事業計画の内容を詳細に検討する2段階方式による復興が進められた。そして都市計画事業が行われない地域では、まちづくりを協議する場がつくられたが、個別再建のみ行われた地域も多い。

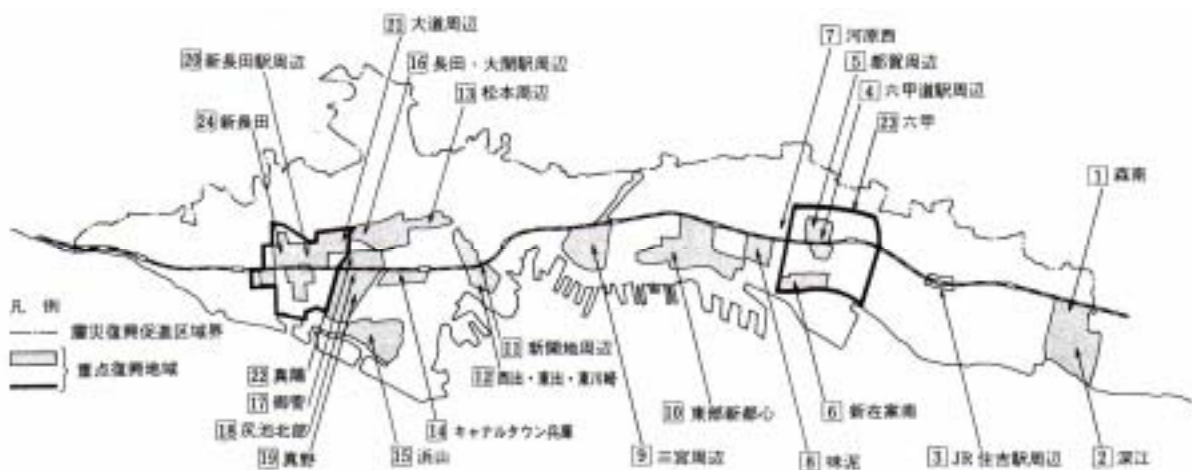


図 12.1.1 震災復興促進区域と重点復興区域

(2) 復興計画

復興計画には、災害に備えて予め復興の手順、方針等を定めておく事前復興計画と、災害後に復興のために策定される復興計画がある。

事前復興計画は阪神・淡路大震災の教訓として提言され、自治体の地域防災計画に位置づけられる

が、具体的に記述されているわけではない。そのため、自治体では別に復興マニュアルを作成する例が見られている。具体的に東京都では1999年に「震災復興マニュアル」をそして2001年に震災時の東京全体のマスタープランと位置づけられる「震災復興グランドデザイン」を策定している。

東京都の復興マニュアルは行政が迅速にかつ円滑に都市復興するための行動手順と計画立案の指針を示すことを目的とし、この中の都市復興スケジュールでは、発災直後から都市復興基本計画策定までを6カ月とし、その間を「復興初期体制の確立」「都市復興基本方針の策定」「都市復興基本計画等の策定」の3段階に分け、復興基本計画策定後を「復興事業の推進」としている(図12.1.2)。

また、震災復興グランドデザインは、平常時の都市計画に加えて東京の都市構造上の問題を抜本的に解決し、「被災を繰り返さない、環境と共生した国際都市東京の形成」を目標と掲げ、環境が良好な質の高い都市空間を創造することを目的としている。

(3) 復興計画の課題

復興計画を作成する場合、震災を新たな都市づくりの機会と考えるべきである。関東大震災の帝都復興計画は、今日の東京の都市基盤となるべく、道路、オープンスペース等の社会基盤の整備を行った。阪神・淡路大震災では、現代の都市の中で問題地域と指摘されていた密集地域が壊滅的な被害を被り、結果的に密集地域が安全な街へと復興している。

被害の大きい都市は全体的に脆弱な都市である。従って復興計画はこれを機会として脆弱な部分を強化し、また大規模災害の場合は社会基盤を整備するなど、長期的な視点からより良好な都市環境の創造を目的として復興計画を策定することが課題である。

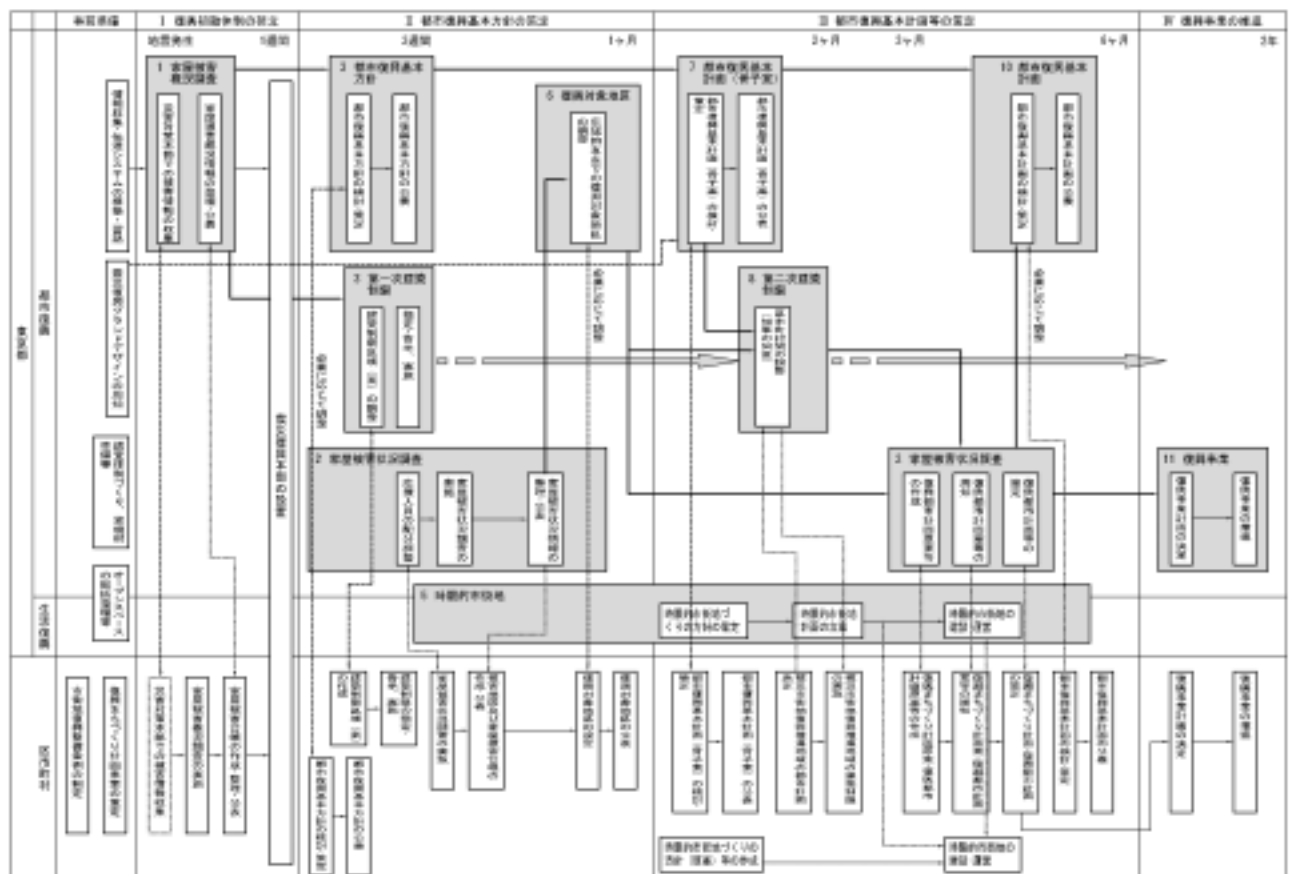


図 12.1.2 都市復興のスケジュール

12.2 復興まちづくり

復興まちづくりで重要なことは、住民参加方式により計画を策定することである。阪神・淡路大震災では、平常時のまちづくりにおいてまちづくり協議会が形成されている地区の復興が早かった。

このような教訓から平常時におけるまちづくりの住民参加のあり方が復興まちづくりに重要な意味を持つ。ここでは復興まちづくりについて概観する。

(1) 復興まちづくりのあり方

復興まちづくりには「都道府県レベル」と「市町村レベル」そして「地区レベル」がある。

都道府県では都道府県復興方針が策定され、都道府県復興計画(都道府県復興マスタープラン)が策定される。同様に市町村では市町村復興方針が策定され、市町村復興計画(市町村復興マスタープラン)が策定される。地区レベルの復興は市町村復興計画(市町村復興マスタープラン)に位置づけられる。そして、これら都道府県レベルと市町村レベル、及び地区レベルの復興が、ほぼ同時並行的に進んで行くこととなる。

また、阪神・淡路大震災では、復興方式に2段階方式が採られた。具体的には、復興のために市街地再開発事業や土地区画整理事業のように都市計画事業が必要な地区にあっては都市計画決定を早めに行い、その後住民参加によるまちづくりを行うという方式である。

これからの復興まちづくりを行うためには、住民参加が大きな課題であり、地区の条件を踏まえてどのような方法で住民参加を行い復興まちづくりにつなげるのが課題となる。

(2) 復興まちづくりのプロセス

復興まちづくりのプロセスは概ね次ぎの5つの段階に分けられる。そして、それぞれの時期に要する期間は災害の状況により異なる。しかし、応急仮設住宅の期間は2年であり、第五期はそのことが目安となる。

① 第一期：混乱から自立へ

震災直後の混乱する時期である。住民による救助活動、避難所の開設、食料の確保などの活動は推進される。コミュニティの力が発揮され安心感がもたらされ、自立していく時期である。

② 第二期：復旧と連帯

まだライフラインが復旧されない時期である。多くの住民が避難所生活をしている時期で、避難所の運営が安定する時期である。ボランティアの活動が重要な役割を占める時期である。

③ 第三期：応急仮設住宅期

避難所生活から解放され応急仮設住宅で生活する時期で、避難所は縮小される。ライフラインは復旧し自宅に戻る人もおり、被災者により差が出始め、まちづくり協議会が設立される時期である。

④ 第四期：住宅再建期

住宅の新築、改造が行われる時期で、まちづくり協議会の活動が活発に行われる時期である。被災地ではそれぞれの地区のテーマ毎のまちづくりが検討され、まちづくり案が承認され、事業展開が行われる時期である。

⑤ 第五期：事業完了期

若干の応急仮設住宅が残るものの、個人の住宅再建や、公的住宅の建設が完了し、応急仮設住宅が撤去される時期である。この段階で、震災復興という大きなテーマでの復興まちづくりは終了する時期である。これ以後は平常時のまちづくりに転換する時期である。

(3) まちづくり協議会

阪神・淡路大震災ではまちづくり協議会は住民の合意形成という意味で大きな役割を果たした。

これらのまちづくり協議会は、復興のために新しく出来たまちづくり協議会が多いが、大震災以前の1981年に神戸市では、まちづくりに関する条例により、12地区で平常時におけるまちづくりのために、まちづくり協議会を設置していた。そのまちづくり協議会が震災時に有効に機能することになり、その後多くの地区で続々とまちづくり協議会が形成されることになった。これら緊急に出来たまちづくり協議会は条例による認定団体でもなく、代表性は曖昧であるが、震災後、必ずしも住民は全員が集えるわけではなく、他に代わる有効な手段もなく、このようなまちづくり協議会が合意形成のための機関として働くことになったのである。

行政と住民の協議はまちづくり協議会の場で行われ、そこで様々な問題を検討しながら復興まちづ

くりが検討された。そして、まちづくり協議会以外にも、専門家としてのコンサルタントもまちづくり計画をまとめる上では大きな役割を果たした。

以上のように、阪神・淡路大震災においては、平常時におけるまちづくり協議会の重要性が再認識されることになった。

(4) まちづくり協議会の設立時期とまちづくり計画の承認期間

阪神・淡路大震災において、被災した地区はそれぞれまとまりやすい単位でまちづくり協議会が設立され、復興まちづくりが協議されることになった。早いものは発災後約2カ月で設立されたが、設立時期は発災後6カ月前後が多く、1年以上経過してから設立した地区もあった。

それぞれの地区でまちづくり協議会方式により住民との合意形成を図りながら、まちづくり計画の策定へ協議を重ねて行ったが、合意形成が出来、まちづくり計画が承認されるまでの期間は、地区ごとに様々であった。1月に発災したが、早い地区では同年の12月に合意形成が出来た地区もあり、また翌年の3月に合意形成された地区もあった。しかし、地区によっては発災後2年以上経過しても合意形成できない地区もあった。

まちづくり協議会が早期に設立した地区はまちづくり計画の承認も早かった。

合意形成（図 12.2.1）のための期間は、地区の状況によると思われるが、時間がかかりすぎることと、地区によって差がありすぎるのは被災者の心理という面からみれば問題であろう。適切な期間を設定し、まちづくり計画（図 12.2.2）合意形成の目標を定めて協議することも課題である。

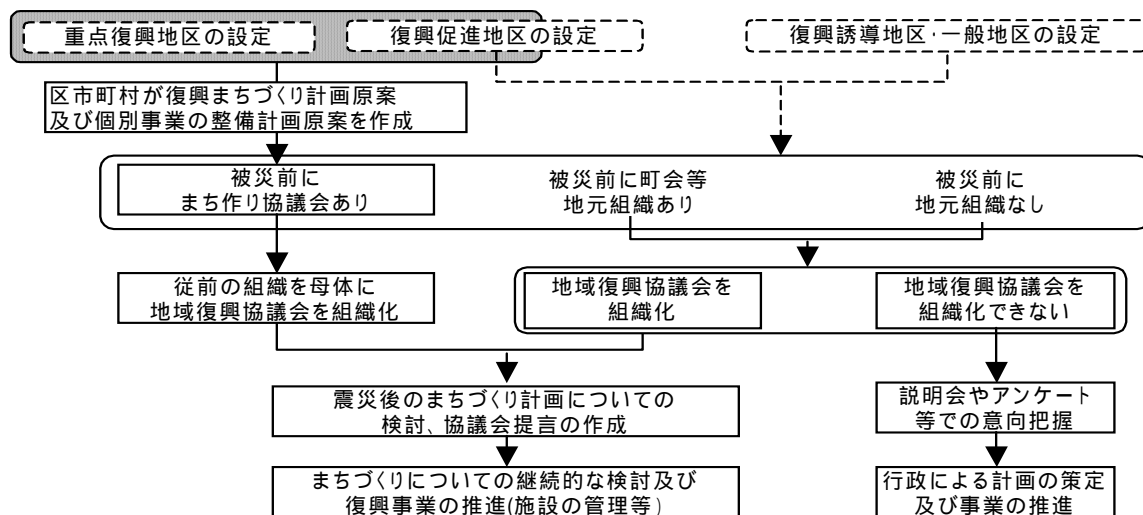


図 12.2.1 合意形成の流れ



12.2.2 復興まちづくり計画図の例

特別編 「平成 16 年新潟県中越地震」(社)日本技術士会現地調査団報告

2004 年 10 月 23 日(土)17 時 56 分新潟県中越地方で M6.8、震度 7 の内陸直下型地震が発生した。技術士会は、現地調査団を派遣し、調査結果を 11 月 29 日にまとめ、公開した。以下は、その概要をまとめたものである。

1. 現地調査の概要

(1) 目的

現地の被災状況を把握し、対応すべき課題の把握・整理を行い、緊急に実施すべき事項についての提言を行うことを目的に行った。現地調査は、情報収集の一貫であり、並行して、全会員への緊急アンケートを実施している。これらと合わせて、関係学会等の情報の活用、防災機関の情報収集等により、総合的な課題整理を行う。

(2) 地震発生後の対応経緯

- 10 月 23 日 (土) 17 時 56 分新潟県中越地震発生。国は非常災害対策本部設置。
- 10 月 25 日 (月) 18 時 緊急防災特別委員会を開催。「技術士会防災会議」開催準備
- 10 月 27 日 (水) 13 時 第 1 回「技術士会防災会議」を開催し、現地調査団派遣を決定。
- 10 月 29 日 (月) 技術士会 HP で会員への緊急アンケート実施
- 11 月 4 日 (木) 第 2 回「技術士会防災会議」開催し、現地調査団の実実施計画、団員決定
- 11 月 6 日 (土) ~ 8 日(月) 現地調査
- 11 月 25 日 (木) 「新潟県中越地震」緊急報告会開催

2. 地震の概要

- ・本震 10 月 23 日(土)17 時 56 分、震源は中越地方の深さ 13km M6.8 最大加速度 1,715gal
- ・各地の震度 震度 7 : 川口町、震度 6 強 : 小千谷市、新潟小国町、震度 6 弱 : 長岡市、十日町市、栃尾市、新潟中里村、越路町、新潟三島町、堀之内町、広神村、入広瀬村、新潟川西町、刈羽村、守門村
- ・余震 11 月 13 日までに、震度 1 以上 756 回、うち震度 4 が 40 回、5 が 13 回、6 弱が 2 回
「新潟県中越地震は、メカニズム的には北西、南東方向に圧力を受けたもので、概ね北西下がりの地震。地震の分布は非常に複雑で、少なくとも 3 枚の断層があったと思われる。引き続き大きな余震が起きる可能性があり、続々と違う断層で起きる可能性がある。地質的にはかなり複雑な場所」11 月 4 日地震予知連絡会議情報。

3. 被害の概要

(1) 被害総数把握の推移(新潟県集計のみ)

表-1 新潟県集計の被害概要

日	人的被害(人)		家屋被害(棟)		公共施設等	その他(箇所)		
	死者	負傷者	全壊	半壊		道路	河川	がけ崩れ
11/22	40	2,859	2,515	4,920	12,237	6,062	229	442

備考 : 1. 死者のうちストレス、ショック等が 22 人 2. 国土交通省の発表は斜面崩壊箇所数 1,662

(2) 避難者数

避難者数は、10 月 26 日に 103,178 人が最高であるが、余震が続くため、10 月 29 日まではあまり変わらず、余震の治まりに伴って減少し、11 月 21 日現在で 6,900 人。

- ・避難所として報告のあった学校数 118校（最大避難者数 40,315人 10/27）

（3）孤立集落

- ・山古志村全域と6市町村計58地区（10月25日現在）

（4）公共土木施設の被害額

平成16年11月10日現在のものでも被害の全貌は確定できていない。また、小千谷市、川口町、栃尾市、山古志村等で調査中であり、現時点では砂防、地すべり、急傾斜等で67箇所、約168億円となっている。

表-2 県、市町村関係の被害額（単位百万円）

工 種	県		市町村		計	
	箇所数	金額	箇所数	金額	箇所数	金額
道 路	1,452	76,614	2,184	54,069	3,636	130,683
橋 梁		265	8	480	14	745
河 川	368	7,023	102	4,821	470	11,844
砂防設備	12	406			12	406
急傾斜地崩壊 防止施設	18	1,015			18	1,015
下水道	13	8,030	46	28,408	59	36,438
公 園	3	100	30	882	33	982
合計	1,872	93,453	2,370	88,660	4,242	182,113

4. 国の非常災害対策本部設置と対応状況

- 10/24 災害対策基本法に基づき非常災害対策本部設置
- 10/24 9:30：第1回本部会議 対応基本方針決定
- 10/24 12:45：第2回本部会議 被災地への物資等供給等に係る方針決定
- 10/25 17:30：第3回本部会議 海外支援受入れ方針決定、被災地毛布支援・現地対応強化
- 10/26 19:00：第4回本部会議 ライフライン復旧討議
- 10/27 16:00：第5回本部会議 地元からの緊急要望討議
- 10/28 18:00：第6回本部会議 生活物資の避難所等配送円滑化
- 10/29 17:00：第7回本部会議 住居確保等災害復旧に関する今後の対応
- 10/30 15:00：第8回本部会議 課題別プロジェクトチーム設置決定
- 自衛隊の災害派遣対応
- 10/23 18:32：情報収集開始
- 19:30：偵察部隊30人を長岡市、十日町市に派遣
- 21:05：新潟県知事要請で情報収集に関する災害派遣 人員110名、航空機20機
- 10/24以降 情報収集、救助救出活動、給水支援、救援物資輸送、避難民輸送等実施

5. 現地の調査結果

（1）農山村地域を襲った直下型大震災

人口密度が低く、高齢化が進む新潟県中越地方は、日本の代表的な地方部の特色を持つ。その上、豪雪地帯であり、かつ全国でも有数の地すべり地域にある。信濃川とその支流が運ぶ土砂が厚く堆積し、地下の活断層の地震活動により、地面が波打つ褶曲帯をなし、斜面はもろく、崩れやすい。震源の浅い内陸直下型地震で震度7の激震が襲い、地すべり、斜面崩壊が至る所で発生した。直前に襲来した台風の大雨による地盤への影響も被害を拡大したと予想される。

新幹線、関越自動車道の広域交通基盤施設、地域の生活を支える道路、ライフラインへの被害は甚大である。10万人以上が避難生活を余儀なくされ、全壊・半壊の家屋が約7,435棟、公的施設の損壊12,000棟以上に及ぶ。倒壊家屋等の撤去は、大半がこれからであり、強い余震で傾いた家屋や壁の

崩落による、二次災害の危険性がある。ライフラインの復旧、宅地の危険地域や通行危険箇所の把握、土砂災害の実態把握とそれの復旧と安全対策、山村孤立問題など、積雪期に入る前に緊急に対応すべき課題が山積している。

(2) 地形・地質について

被災地の地形を概観すると、地形单元としては南東から北西に向かって越後山脈、魚沼丘陵、越後平野、東頸城丘陵、日本海の順で配列しており、いずれの地形单元も、北北東 南南西方向に延びている。今回の地震の震源地となり、そのため被害が著しく大きかったのは魚沼丘陵地域であり、この魚沼丘陵は、越後山脈の西側を、これと平行する方向に延長する標高 700m 前後の丘陵地で、信濃川支川の魚野川や黒又川と信濃川本川とにはさまれた幅 15km、長さ 80km の地域である。また、信濃川中流域は活褶曲構造が明瞭に認められる地域で丘陵地と平野の境界部には、多数の活断層が存在しているとされる。

魚沼丘陵地を構成する地質は、新第三紀中新世～鮮新世の地層で山古志村中心部付近には、鮮新世前期のシルト岩を主体とする堆積岩類が分布する。これらの地層はシルト岩やシルト質砂岩より構成される。シルト岩はいわゆる土丹状（一軸圧縮強度 $1,000\text{KN/m}^2 \sim 2,000\text{KN/m}^2$ ）で固結しているが、シルト質砂岩は、指圧でコアがつぶせるほどに固結度は低い。これらの地層を被覆して、段丘礫層と火山灰質粘土で構成される段丘が分布し、段丘崖には崖錐堆積物が分布している。

(3) 活断層

被災地域は活断層の発達した地域であるが、調査した中でここが活断層でないかと思われた場所は、長岡高等工業専門学校高志寮の側で、縦変位約 20 cm、横ずれ約 20cm の変位を確認した。この変位の発生により水道管や鉄筋が切断されていた。長岡高等工業専門学校は長岡市悠久町の小高い丘陵地に建設され、丘陵の縁を悠久山活断層が走っている。盛土と切土のバランスをとるため斜面に盛土したものと思われ、盛切の境界付近から崩壊が発生したものと考えられる。

(4) 斜面崩壊（地すべり等）

1) R-17 川口町牛ヶ島（うしがしま）

国道 17 号川口町牛ヶ島地区、地質的には崖錐堆積物。被災直後に斜面が崩壊したが、崩壊した土砂は国道までせり出していなかった模様。その後の雨で崩壊土砂が国道までせりだした。現在、斜面に自動観測機器を設置、24 時間監視を行いつつ昼夜兼行で対策工事を実地中。対策工事は H 鋼を埋め込み、頭部を 6m ほど出して土砂止めとする予定。10 月 29 日 20 時に片側通行で交通確保。

2) R-17 川口町天納（てんのう）

被災箇所は沢地形を呈しており、水が集まり易い地形となっている。地質は崖錐堆積物で国道 17 号と J R 上越線が被害にあった。国道は道路幅の半分から崩壊し、J R は線路下の盛土部分が流失し、線路が宙吊りになった。国道復旧に長時間を要すると判断され、緊急に迂回路を設置し 10 月 31 日 22 時頃 2 車線で交通確保したが、J R は未だ不通である。

3) 県道川口塩殿線 川口町西倉地区

被災箇所は急カーブの登坂車線区間で、カーブ終点は切り立った崖の上に建設されている。道路下部は魚沼層に分類される泥岩・砂岩の互層、岩石そのものは軟岩に分類される。地震により、登坂車線側が岩盤崩壊した。おそらく被災以前には岩盤そのものに相当数のクラックが入っていたものと想像される。崩壊した岩石を観察すると急斜面を構成する岩盤に吹き付けなどの処理が施されていた形跡はない。多分、長年の間に凍結・融解などにより岩盤表面近くにクラックが入ったものであろう。

4) 川口町裏手の大崩落

川口町の越後川口駅裏側の斜面が大崩落した。崩落箇所の直上部には NTT などのアンテナが建設されており、崩壊がこれ以上上部に延びていけば、これらの建設物も危うい状況となる。また、崩落箇所下部には大量の土砂が堆積しており、至急除去の必要性が痛感される。もし、雪の降る前に除去しなければ融雪に伴い土石流などの二次災害が懸念される。

5) 小千谷市浦柄地区～栗山地区（朝日川沿い）

山古志村に向かう浦柄地区の国道 291 号には、土石流で運ばれた流木や土砂が厚く堆積し、人家の水跡から判断するにおおよそ 1.5m 程度の高さまで水がきたことがうかがえる。また、朝日川の左岸側はいたるところで地すべりを起こし、川道を変え、地すべりによって押しだされた土砂が人家を襲い、朝日川が家の中を流れるというありさまである。

栗山地区に入ると朝日川両岸はいたるところで地すべりや岩盤崩落を起こしている。特に雪崩防止柵の上部に土砂が積もり今後、積雪による荷重の増加により雪崩防止柵の倒壊も懸念される。

東山トンネル(L=220m)内には変状は見当たらなかったが、朝日川から持ち運ばれた土石流の一部が急勾配の道路を下りトンネルで勾配がほぼフラットになるため、トンネル内に土石流の一部が約 1.5m の厚さで堆積していた。

6) 長岡市妙見(みょうけん)町白岩

今回の新潟県中越地震でもっとも悲劇的な事故現場となった地区で、新聞、テレビ等で報道されていた。現場は信濃川の右岸に位置し、切り立った岩盤(魚沼層の砂岩・泥岩互層)が信濃川にせり出してその直下に県道 589 号が走る。崩落した岩石のクラック面は酸化鉄で汚染された形跡があり茶褐色に変色している部分も見られた。また崩落形態を見ると岩盤崩落であり、地震直後すぐに岩盤表面に発達していたクラック面から一気に崩壊し悲惨な事故を引き起こしたものと考えられる。このような岩盤崩落箇所は我々が観察した限り数は少なかったが、この現場より約 500m 上流側にきれいな岩盤すべり(ケスタ地形)が観察された。

(5) 液状化現象

液状化現象の現場は川口町、小千谷発電所、長岡市などで多数観察できた。川口町では魚野川と信濃川が合流する直上流にあたり、国道 17 号が魚野川に沿って走っている。この国道の液状化被害は観察されず、国道より約 50m 程入った町道には、いたるところで液状化現象が見受けられた。この被害の差は国道にはマンホール類のインフラ設備がないのに対して、町道には地中埋設物があるためと推量できる。

マンホールの浮き上がり被害は、地震の揺れで間隙水圧が高まり、地盤が流動化する液状化現象によって発生したとみられる。その原因はマンホール等の設置工事後に埋め戻した土砂の締め固めが不十分なことや魚野川による地下水位が高いことなどであろう。

復旧にあたってはセメントなどを混入した改良土で埋め戻すなどの液状化防止対策が望まれる。

(6) 被害の特徴

関越道の盛土区間は橋台背面および横断BOX等の前後が沈下し、特にその路肩部の沈下が著しい。場所によっては、横断構造物との間に段差が発生し、路面が波を打ち、うねって走行に支障を来した。震源地に近い、小千谷IC、越後川口IC、堀之内IC附近で盛土部の路肩に縦断方向のクラックが発生している。盛土法面の崩壊により、路肩が落ちて、遮音壁版の崩壊が多く見られた。関越道では段差の応急復旧が行われ、仮復旧区間は、50km規制で開放された。一部の区間が車線規制されているが、11月5日に全線開通した。新幹線の開通が遅れる中で、関越道の全線開通は、本格的復旧や復興活動に向けて、その効果が大きいものと予想される。

国道、県道における被害の特徴は、法面崩壊等による道路決壊と斜面崩壊(土砂崩れ)等による道路埋没である。道路決壊は、国道17号川口町天納地内、道路埋没は県道小千谷長岡線長岡市妙見地内が代表例である。原因は、盛土材料、排水性、施工上などにあると考えられるが、至る所で路肩の沈下や崩壊、道路陥没を起こしている。

また、関越道と同様に横断構造物の前後の盛土部の沈下は各所で多数発生している。

現地調査の時点(被災後2週間)では、県道、市町村道の陥没、亀裂箇所への雨水侵入防止の対応が遅れている状況にあった。

盛土工の耐震性、補強の対応は、既に土木学会で検討されており、今回の既存の重要な路線、危険箇所を活用される予定である。橋台に関しては平成14年道路橋示方書からは耐震設計が組み込まれているが、橋台背面の埋め戻し土に関する設計、施工法の検討も必要と思われる。

(7) 地中埋設物被害

下水道、消雪施設等の地中埋設物の埋め戻し土の液状化は、あらためて阪神・淡路大震災の教訓が確認されたことになる。国交省は、下水管やマンホールなどの地中埋設部の耐震基準を見直すことを決定した。復旧作業には、新たな基準で対応する予定である。

水道の復旧は、約4千世帯が残されており、市街地から離れた集落の復旧が遅れている。川口町はほぼ全域で断水状態にある。

消雪パイプの破損は、接続部を中心に多いと予想される。豪雪地帯ゆえに重要なライフラインであり、積雪前の復旧が大きな課題である。

(8) 橋梁の被害

小千谷市山本地区の国道117号の山辺橋(鋼アーチ橋)は、急傾斜地にJR小千谷発電所の高圧水管があり、その上を跨ぐように架けられている。地震により斜面の表面未固結層が崩れ落ち、斜面のすべりなどによる沈下により、全体が下方に押し流されている。それに伴い橋脚回りは、地盤が平均約0.5m、最大約1m下がり基礎杭が浮上り状態を呈している。この現象により、斜面における深礎杭としての安定が損なわれる。また、ラーメン橋脚は、ラーメン構造特有の隅角部と柱基部に塑性ヒンジの損傷が見られた。側径間部の橋台において、支承部ソールプレートの破断や橋台と深礎杭との破断も発生していた。アーチ部と側径間部掛違い部橋脚においては、橋脚部脚柱においても鉄筋が露出による損傷もみられた。本橋においては、橋脚の耐震補強と深礎杭の補強は詳細調査や検討結果を見なければならぬが深礎杭基礎の補強対策が新たに提起されたように思われる。

(9) 発電所の被害

JR東日本所有の小千谷発電所は認可出力123,000kW、有効落差48.0m、使用水量300t/sec、フランスス水車5台設置の水力発電所としては、大きな発電所で、信濃川によって形成された低位段丘と高位段丘との標高差を利用して発電している。この発電所は、現在休電中で鉄管路、アンカーブロックのコンクリートが一部はげ落ちている箇所が一箇所見受けられた。発電所建屋は液状化の影響によりやや傾いているように見受けられ、玄関口の窓ガラスは割れてこなごなになっていた。屋内に入って見ることはできなかったが、発電機の基礎がどうなっているのか心配のところである。

(10) 宅地の危険性

川口町役場の北側の河岸段丘にある、ホテル蒼丘の裏側斜面は盛土の崩壊が著しく、危険な状態にある。雨水防止のため、ビニールシート張りを行い、伸縮計により変動を監視している状況である。相次ぐ余震で宿泊棟(3階建て)は斜面側に傾き、山側の駐車場にも多数の亀裂が生じた。このため、町は25日朝、斜面下の約40世帯に対し、避難勧告をより強い避難指示に切り替えた。

長岡市、小千谷市、川口町など11市町村の被災地で11月4日までに、周辺に斜面や盛土のある宅地の危険度判定が実施された。建物とは別に、斜面崩壊など土地の危険性を評価するもので、その危険性を3段階で評価する。延べ200人の宅地危険度判定士が調査した2999箇所のうち、「危険」が420箇所、「要注意」が250箇所と判定された。小千谷市内の急傾斜地を3箇所視察したが、1箇所は、亀裂による雨水防止のビニールシートが張られ、建物が傾き危険な状態にあり、急傾斜地の下にある住宅も含めて「危険」ラベルが貼られていた。

(11) 急傾斜地被害

小千谷市の市街地の急傾斜地を3箇所視察した。山崩れなどの山間部の傾斜地の被害に比べ目立たないが、市で指定している急傾斜地には被害が見られた。山止めが崩壊したのもあれば、膨らんだものもあった。急傾斜地の上部の崩壊で斜面上の住宅が傾き、住宅に「危険」ラベルが貼られていた。同時に、急傾斜地の下の民家も危険のため、立ち退きの指定行われた。急傾斜地の崩壊したところで、建物が斜面より少し離れていたため被害がなかったものもあったが、今後の余震の如何では、何時崩壊し住宅に被害を与えてもおかしくないという状況が多い。

(12) 建物被害

川口町における建物被害を見ると、鉄筋コンクリート造による公営住宅の被害は少なかったようで

あるが、木造住宅の被害は目立った。特に古い建物に被害が多く、新しい建物については被害が少なかったようである。

1階を鉄筋コンクリート造で駐車場や物置とし、2階、3階を木造の居室とする雪害対策の住宅があるが、これについては被害が少なかったようで、倒壊した古い建物の中に、そのような住宅が残っていたのが見られた。土壁による住宅にあっては、土壁が剥がれているものが多かった。これは蔵や寺にあっては同様である。

特に、公共施設の被害は少なかったようである。鉄筋コンクリート造の建物被害を見ると、新耐震以降の建物については問題が無いように思われ、建物の脆弱性というよりは、地盤の脆弱性による被害であった。川口町では、応急危険度判定土による貼り紙がほとんどの建物に貼られており、迅速な対応が見受けられた。

山古志村に隣接する小千谷市浦柄地区、小栗山地区では、土石流による被害が見られた。避難勧告のため、現在は無人であり建物のみが残された状況であるが、建物は土石流や流木で使い物にならない状況であった。道路より少し高いところに建てた建物は土石流を免れていた。

(13) オープンスペースの活用

今回の視察では少なくとも、小千谷市役所、川口町役場には避難者はいなかった。阪神・淡路大震災において神戸市役所などは被災者を受け入れた。しかし、被災者が多量に避難してきたため、その後の行政の復旧活動に問題があった。今回は市役所には避難させないということが徹底されたようで、阪神・淡路大震災の教訓が生かされたようである。体育館やオープン・スペースが避難所(テント村)として利用された。

避難所には、幼稚園の園庭や町の中にある小さなオープン・スペースがテント村として使われた。それも自衛隊のテントを使ったテント村があちこちに見られた。当初、自衛隊の宿営地に隣接して魚野川の河川敷も避難所として利用されたが、土石流により川が増水した場合を考え、移転したとのことである。

緊急車両やマスコミの車両は川口町役場前のスペースを利用した。これは、町役場前のスペースが避難者やボランティアのテントスペースにならなかったから出来たことである。

特に、マスコミの拠点が町役場に近接して確保されたことは、報道の重要性を考えると、正解だったと思われる。これは小千谷市の例でも同様であった。

川口町におけるボランティアの拠点は、魚野川の役場から対岸の土手の上が利用された。ここには、ボランティアのテント村、及び駐車場が確保されるだけの十分なスペースがあった。被災地から対岸とはいえ、近くに橋があり、活動上の利便性は良い。

(14) 地震対策と広域支援

新聞報道から見ると、川口町を含む被災地域の自治体の地震対策は、十分ではなかったことが懸念される。庁舎の耐震診断や耐震補強は行われていなかったようである。また、地域防災計画で地震対策の項が抜けていることが指摘されている。このような中で、事前に結んだ自治体相互の広域支援協定は、迅速にかつ、効果的に機能したようだ。

川口町には、友好都市で防災協定を締結している狛江市が、備蓄していた仮設トイレ20基、毛布720枚、ポンプ車3台を準備して27人を送り込んだ。24日の午後7時に到着、仮設トイレを設置した。27日にテント11張を運び込んだ。また、練馬区は同町へ職員50人を派遣するなど、防災準備の進んでいる自治体の対応活動は、画期的である。これらの活動を通して、被災自治体の経験を学び、その貴重な経験をそれぞれの自治体で活かすことができる。川口町役場広場とその周辺では、県外の支援自治体やボランティア関係者が整然と支援活動を行っていた。

大規模災害時には、県外を含む自治体相互の広域支援が不可欠である。幹線道路の途絶で一時、陸の孤島となった川口町では、被災後の緊急対応活動にはどのような困難があったであろうか。情報通信の整備状態はどうであったろうか。住民の被災状況の把握、住民への避難勧告、県への救援要請、支援自治体の受け入れと連携活動、被災者救助・救援等の活動など、対応上苦労したことが多いと予

想される。これらは、今後、他の地方都市にとって貴重な経験事例になると考えられる。

(15) コミュニティについて

今後の被災者の避難生活の長期化、生活再建、復興には、地域住民のコミュニティの力が重要となる。厳しい自然環境の中で自分たちの力でトンネルを掘り、水田を開拓し、伝統的な文化、生活を築いてきた山古志村の人々には、強い結束力がある。川口町西倉地区で30人ほどの集落の住民からお話を伺った印象からも、被災されたにもかかわらず都会にはない、集落のコミュニティの結束力を感じた。これは、今後の復旧、復興活動の強い原動力になると考えられる。

6. 「新潟県中越地震」の専門分野の観点から見た問題点について

技術士会会員に緊急アンケートを行った結果、100人から回答を得た。その中で災害段階別の技術的問題点をキーワード的にまとめたものを以下に紹介する。

表-3 アンケートによる災害段階別の技術的問題点

緊急度：●最も急ぐ、◎できるだけ早く、○今後対応すべき

災害段階	緊急度	問題事項	問題内容	
事前	◎	土木構造物	<ul style="list-style-type: none"> ● 今後は耐震化より復旧に重点 ● 複合災害、災害同時生起への対応 ● 土構造の耐震設計推進、既存構造物対策、埋め戻し土の締め固め不足、造成盛土の擁壁の排水対策工の不十分 	
	●	耐震化	<ul style="list-style-type: none"> ● 地震、地すべり安全率の設定に問題 ● 学校・病院公共施設、家屋等の耐震化の遅れ、廃棄物処理施設の損壊 ● 水道、電気の衝撃や曲げへの脆弱性 ● 機械設備の耐震性不備、 	
	◎	土地・宅地	<ul style="list-style-type: none"> ● 診断の実施不十分、一般への周知 	
	◎	道路	<ul style="list-style-type: none"> ● 迅速な復旧計画作成、地盤内の浸透水排除による補強対策 	
	◎	防災計画	<ul style="list-style-type: none"> ● 国土防災危機管理マネージメントの実施、経済性・コスト優先で防災の配慮不十分 ● 複合災害、災害同時生起への対応、 ● 自治体リスク管理不足、地震編不備、防災マニュアル不備、ハザードマップの実用化 	
	●	新幹線転覆	<ul style="list-style-type: none"> ● 東海道新幹線などの転覆問題、危険地帯限定でレール ● 内側に護輪軌条設置による脱線防止 	
	○	自治体支援	<ul style="list-style-type: none"> ● 県外含む広域支援体制、応援職員の活用 	
	◎	事業	<ul style="list-style-type: none"> ● 自治体、企業のデータ保管、事業継続計画 	
	被災直後	◎	情報空白	<ul style="list-style-type: none"> ● 被災情報把握困難、防災無線の未整備、機器の耐震化
		◎	緊急体制	<ul style="list-style-type: none"> ● 自治体職員の体制、トップの危機管理体制
●		孤立集落	<ul style="list-style-type: none"> ● 情報空白問題、アクセス道路の寸断 ● 防災無線不備と電源設備脆弱性 	
避難	◎	救援物資	<ul style="list-style-type: none"> ● 避難時の要望と配給のミスマッチや偏り、ロジスティクス問題 	
	◎	避難施設	<ul style="list-style-type: none"> ● 食料、毛布の準備不足、施設耐震化、自家発電、トイレ、風呂等の水、熱源、電力整備、教室活用 ● 避難生活の長期化対策等 	
	○	トイレ	<ul style="list-style-type: none"> ● 絶対的な不足、し尿処理 	
	●	二次災害	<ul style="list-style-type: none"> ● 山体崩壊による河道閉塞による土石流の危険性 ● 救出活動のより安全性確保、復旧活動時の二次災害防止のための情報管理システム ● 安全確認まで積雪時・雪解け期の被災地立入り制限 	

表-3 アンケートによる災害段階別の技術的問題点（続き）

被災状況把握	◎	土木施設	<ul style="list-style-type: none"> 大規模災害への事前準備不足、専門家の体制不備、災害査定官・コンサルタント等の不足、関連組織の連携問題 広域災害の衛星監視、法面崩壊の危険度
	●	宅地・建物危険度	<ul style="list-style-type: none"> 建物、宅地危険度判定員不足
	●	地すべり危険度	<ul style="list-style-type: none"> 積雪期までの家屋毎、集落毎、山村毎、地域毎の危険箇所の危険度評価、現地調査の長期化
	●	危険物	<ul style="list-style-type: none"> 化学物質危険箇所の被災
	●	情報	<ul style="list-style-type: none"> 被災情報の共有化・一元化、発災初期における情報入手、連絡手段を強化 判明した各種危険情報の住民周知
応急復旧	●	復旧推進	<ul style="list-style-type: none"> 復旧対策の遅さ、中心的な推進機関 複数の災害復旧道路が必要 積雪期の復旧問題、積雪による二次災害防止
	●	ライフライン	<ul style="list-style-type: none"> 簡易水道設置基準、水供給前の水質検査 積雪前の消雪施設復旧 積雪による下水道復旧の長期化、 電柱破断問題
	●	廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> アスベスト問題とその処理の困難 飛散防止に必要な大量の水確保、環境衛生問題
	●	道路	<ul style="list-style-type: none"> 法面崩壊多発による道路復旧の遅れ、積雪前の実施
	●	積雪対策	<ul style="list-style-type: none"> 積雪前に実施すべき多くの課題把握と応急対応 積雪による地すべりクラック箇所、災害箇所、破損箇所等危険箇所の不明
	◎	土構造物	<ul style="list-style-type: none"> 積雪期の実施困難、耐震化推進、埋戻し土対策
本格復旧	◎	崩落土砂	<ul style="list-style-type: none"> 概算7千万㎡の処理・活用
	○	ライフライン	<ul style="list-style-type: none"> 水道復旧の他の復旧計画との関連性
	●	企業	<ul style="list-style-type: none"> 事業継続計画、早期事業復旧

7. 緊急提言

（1）斜面崩壊の危険箇所と住民への周知

先ず、危険箇所の早急な実態把握を行い、降水量、積雪量に応じた危険度を把握し、危険箇所では、間隙水圧を測定して監視するなどにより、状況の変化に対応した立ち入り規制、通行規制を行うことが必要である。特に、川口駅裏手の住宅地が接近しているような斜面崩壊箇所では、堆積した大量崩土の撤去が急がれる。雪の降る前に除去しなければ融雪に伴い土石流などの二次災害の発生が懸念される。

専門家と地域住民の参加による、地域の危険箇所を検討し、震災後のハザードマップを早急に作成することが必要である。作成されたハザードマップは、地域の住民一人一人に周知する必要がある。また、現地の危険箇所には、誰にでも分かりやすいように案内、表示を行うことも重要である。

（2）復旧のための緊急道路網の確保

今後の復旧に向けて、被災地で何より必要なことは、道路交通の確保である。山間地域で二次災害が発生した場合、全ての道路が決壊や崩土により埋没して道路交通が遮断されることを予測して、重要路線は、緊急用道路としての機能強化が必要である。山間地域の道路は、壊れない道路の確保も必要であるが、壊れても直ぐに復旧し易い道路づくりを進める。

（3）緊急事態の情報システムの整備

被災後の孤立集落の情報空白は、大きな問題であった。自衛隊のヘリが地形形状の制約、悪天候下であれば、被災者のSOS発信の発見が大幅に遅れた可能性がある。今後も、余震、降雨、積雪に伴う土砂崩壊、地すべりの可能性が高いことから、復旧活動や日常生活における安全・安心の確保は重要である。二次災害発生の危険性を知らせたり、緊急事態への対応には、防災無線等の緊急情報システ

ムの整備が緊急を要する課題である。今回の震災の反省から、防災行政無線の有効使用のために、耐震性のある場所への設置、非常用電源設備の保守点検や的確な操作、防災行政無線を使った通信訓練などを確実に実施することである。

(4) 住宅、公的施設の耐震化の推進

建物の耐震性の重要性は、今回の地震でも明らかになった。住宅については、宅地の地盤によるものを除いて、雪国仕様の鉄筋コンクリート基礎構造で太い柱と壁の多い建物は、損壊を免れているようである。問題は、公共施設の耐震化の遅れである。12,000以上に被害が出ている。学校、避難所、病院を含めて、公共施設の耐震補強を自治体の義務とし、3年以内などの期間を制限して、耐震化の推進することが不可欠である。このため、一部では、耐震補強の簡易方策などの技術開発、法的整備の対応が重要である。

(5) 廃棄物処理への対応

すでに廃棄物処理の問題は、発生していると予想される。家屋解体に伴う多量の粉塵発生、建築物によるが使用アスベストの飛散問題、飛散防止のための大量の水の確保と散水が必要となる。また、周辺住民の健康問題が重大であり、対応できる病院も限られる。野焼きによるカドミウム、アスベスト、ダイオキシン発生等の大気汚染、周辺住民の苦情殺到、多量の廃棄物運搬による交通問題、廃棄物仮置き場確保等多くの課題がある。全体的な廃棄物処理制度の確立、廃棄物発生量の質と量の推計、市町村別災害廃棄物処理計画、解体の手順、廃棄物の発生量の減少と発生を集中を防ぐ方策の検討、分別・リサイクル処理方法、仮置き場の確保、最終処分量の減少対策、運搬対策、域外支援体制等が必要となる。これらの廃棄物処理に関する総合計画の作成が急がれる。関連する経済的、法制的な支援の整備も欠かせない。

(6) 積雪対策

被災地域は豪雪地帯である。冬期に道路の確保ができない地域が生まれ、再び孤立集落が発生しないように、生活道路の除雪対策を進める。このため、斜面崩壊により、雪崩防止柵が巻き込まれて飛んだり、雪崩防止策の耐荷力が低下している道路の復旧対策を早急に進めることが肝要である。また、市街地のマンホールの浮上がり等や段差による除雪車の走行に支障が出ることが予想されることから、これらに対する早急な対処が必要である。冬期の生活道路確保のために応急復旧道路の区間の優先順位による、消雪・融雪施設、流雪溝を含む復旧対策の実施が急がれる。

(7) 地域住民の生活再建、経済再建に向けた情報発信

被災地域の住民ができるだけ早く立ち直れるように多くの国民が願っている。学校が再開し、被災地の子供たちが登校することで以前の日常生活の一部が動き出した感じがする。地域住民の生活再建の原動力は、地域のコミュニティの結束、全国的な支援の和を広げることである。同時に、被災事業所の事業活動のできるだけ早い立ち上がりが必要である。全国民に向けて、地域の状況を継続的にできるだけ多く伝えることが「ガンバレ新潟」の支援の輪を広げることが重要である。そのため、各種のメディアの活用や地域のホームページ等で生活再建や経済再建における具体的な課題、トピックス等を継続的に発信することが重要である。このためには、被災地域の全体的な情報が一元化されると分かりやすい。

8. 今後の復旧と復興に向けて

(1) 地域の新たな将来像

今回の被害を原状に復旧させるためには巨額の費用が想定されている。

しかし、今回のような自然災害に直面した時、巨額の費用を負担してまで現状に復旧することについては住民とも十分に協議をする必要がある。

その場合、被害が甚大ということも含め、すぐに復旧対策とするのではなく、被災した町や村の地域の将来像を描くべきである。

今回の地震を契機として新たなコミュニティや地域の創造を目指すべきであろう。

(2) 地域毎の復旧・復興計画

地域の将来像が描けたら、その方向に向かって復旧・復興地域を検討するべきである。

その場合、土地利用を踏まえた復旧の程度による復旧・復興地域の検討が課題になろう。具体的には、原状復旧する地域と地域構造を変えて復旧する地域、そして住民は移転し復旧せず全く手をつけず自然保全地域に指定する地域などが考えられる。

(3) 復旧・復興活動の冬期対策

これから厳寒期に入り、雪の問題が出てくる。積雪時も融雪時も復旧・復興活動は慎重に行われなければならない。雪が二次災害をもたらさないように検討するべきである。

具体的には、傾いた建物の積雪による倒壊、斜面の雪崩止めが現在土砂止めとなり雪崩に効かない状況、融雪時における斜面崩壊なども二次災害として対応策の検討が必要となろう。また、被災者対策として応急仮設住宅に対する冬期対策に加えて、テント利用のボランティアの冬期対策も重要課題である。

巻頭の写真は、(社)日本技術士会現地調査団による。

日本技術士会 防災特別委員会の概要

1. 委員会設立の経緯

日本技術士会は、平成 14 年 7 月の理事会で防災特別委員会の設立を決め、同年 12 月 3 日に第 1 回の委員会を発足した。阪神・淡路大震災では、災害対応に必要な科学技術分野の専門家を数多く擁する日本技術士会が実質的に何もできなかった反省から、設立準備会、および災害対策調査委員会を経て災害特別委員会として改組した。

2. 委員会の目的

防災特別委員会は、大規模災害発生に際して、日本技術士会として組織的に災害対応活動を行い、社会貢献に寄与することを目的とする。

3. 委員会の事業内容

- 1) 大規模災害発生に際し、防災会議の設置運営
- 2) 大規模災害の被害状況の調査と防災提言
- 3) 防災専門家データベースの維持・更新と運用
- 4) 支部防災組織の設立支援と全国的な組織づくり
- 5) 防災ネットワークとの交流
- 6) 広報
- 7) その他

4. 委員会の運営と活動

4.1 防災専門家データベース

防災専門家データベースは、2001 年に作成し、約 960 人の会員が 109 の専門項目に登録した。しかし、登録者の異動および会員の増加などでデータの更新が必要で、課題は、DB の更新が簡便にできる仕組み、e メール連絡、技術

レベルに合った専門家の活用などがある。現在、技術士会ホームページ内のパーソナルDB を利用する、「防災専門家DB」の改訂・構築を検討作業中である。

4.2 防災会議の設置と運営

「技術士会防災会議」は、大規模災害発生地域に対する被災状況調査および防災提言を行うための組織である。対象とする災害は、当面は、災害対策基本法第 23 条の災害対策本部が設置される大規模な自然災害とする。

- 1) 防災会議は、防災特別委員長が招集し、開催する。
- 2) 防災会議の構成は、防災特別委員会委員と技術士会防災会議議長および現地防災会議議長が委嘱した防災専門家などである。
- 3) 防災会議議長および現地防災会議議長とが、共同で現地派遣調査団を編成する。現地派遣調査団は、被災地で情報の収集・分類・評価並びに緊急対策・復旧対策(復興対策を含まず)の技術提言(案)を策定する。
- 4) 防災会議および防災特別委員会によって、「提言」を審査・承認し関係先に提出する。さらに、「提言」についての説明会および広報などを行う。

4.3 支部組織による災害対応

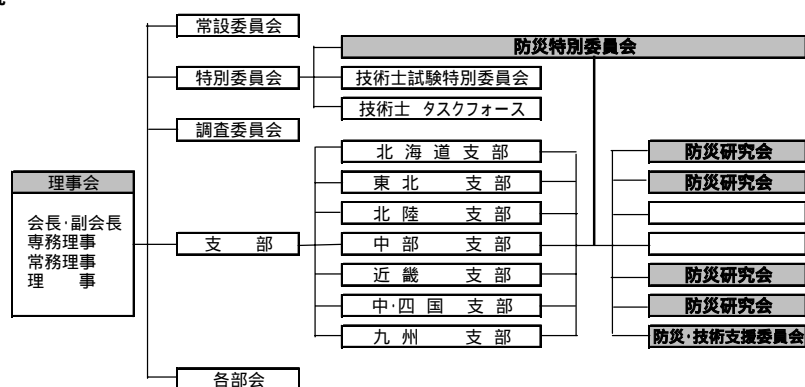


図-1 防災特別委員会と防災研究会の位置関係

技術士会の災害対応は、支部毎(地域毎)に対応するのが現実的である。このため、本委員会は、支部防災組織の設置および活動を支援する。支部防災組織の目的は、災害発生時に、本部防災会議と共に組織的な災害対応活動を行い、平常時は、地域防災の諸課題を研究し、地方自治体などへの防災計画の提言・シンポジウム・セミナー等の開催により、地域の防災意識の向上・啓蒙を図って、地域社会に貢献する。

4.4 地域防災ネットワークおよび関連する官公庁・学会・協会との連携

国および地方の防災組織が多方面に取り組んでおり、技術士会は、これらの組織と連携する。

4.5 防災会議積み立て預金

防災会議の現地派遣調査団の活動費用として、旅費・交通費・現地滞在費・保険加入費・保安用具費・報告書作成費・報告会の開催費用等が必要である。平成 16 年 3 月の臨時総会で平成 16 年度予算特定預金支出として「防災会議積立預金 300 万円」が承認された。

4.6 事務局の対応

平常時は、防災専門家人材 DB の維持・管理、地域防災ネットワークおよび官公庁・学会・協会の窓口、防災会議積立預金の管理、広報活動などを事務局が分担する。

災害発生時は、「防災会議」の招集・開催、情報連絡窓口、現地派遣調査団の派遣に伴う保険等の実務を本委員会、事務局が対応する。

5. 今後に向けた課題

実践的な活動を行うには多くの課題がある。会員技術士の意識の問題、企業内技術士の活動制約、業務活動による制約、費用上の問題などである。また、専門家が日頃から地域への日常的な活動がなければ、緊急時にはほとんど動けない。地域との人的ネットワークや防災に関する基本的な研鑽の継続も重要な課題である。

防災特別委員会委員リスト (2004 年 10 月現在)

委員長	大島 久(建設)	伊藤和美(中部/建設)	戸村政雄(経営工学)	水野 哲(総合、建設)
副委員長	山口 豊(建設)	神田重雄(東北/総合、建設)	内藤重信(機械)	宮原 宏(建設)
幹事長	湯沢晃典(応用理学)	国弘直信(中四国/建設)	原田 茂(上下水道)	山本晃司(資源工学)
	大元 守(総合、建設)	清水博和(九州/建設)	福岡 悟(近畿/建設)	米田千瑛夫(衛生工学)
	犬伏裕之(情報工学)	下垣光太郎(電気・電子)	松井義孝(北海道/建設)	

参考・引用文献

【第1章】

内閣府中央防災会議,我が国の震災対策「日本の地震」,内閣府HP

<http://www.bousai.go.jp/kazan/shinkasai/s102.htm>

京都大学防災研究所編集,防災学ハンドブック,朝倉書店,2001年4月

【第2章】

宮沢清治,防災と気象,朝倉書店

饒村 曜,気象災害の予測対策,オーム社

気象庁編,20世紀の日本の気候,2002年5月

大阪府,大阪府ヒートアイランド対策推進計画(案),平成16年4月

近年の風水害の特徴,内閣府HP

<http://www.bousai.go.jp/index.html>

内閣府編,平成16年版 防災白書

地震調査研究推進本部 地震調査委員会

気象庁HP

http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/index.html

首藤伸夫,津波強度と被害,津波工学研究報告第9号,1992年

高橋博・中村勉編,雪氷防災,白亜書房

山田知充他,雪氷災害の地域特性の研究,低温科学,物理編

【第3章】

Morgan, W.J., Rises, trenches, great faults, and crustal blocks, Journal of Geophysical Research, Vol.73, No.6, 1968年

金折裕司・他,最新地震論,学研,1995年

武村雅之,日本列島における地殻内地震のスケーリング則 - 地震断層の影響および地震被害との関連,地震, 51, No.2, 1998年

Shimazaki, K Small and large earthquakes: The effect of thickness of seismogenic layer and the free surface, Earthquake Source Mechanics, Am.Geophys.Union, Geophys. Monogr.37, Maurice Ewing 6, 209-216, 1986年

池田安隆・島崎邦彦, 山崎晴雄,活断層とは何か,東大出版会,1997年

内閣府中央防災会議,東海地震対策大綱,平成15年5月

内閣府中央防災会議,東南海・南海地震対策大綱,内閣府中央防災会議HP

http://www.bousai.go.jp/chubou/9/shiryoku_2.pdf,平成15年12月

内閣府中央防災会議,東海地震に関する専門調査会,内閣府中央防災会議HP

http://www.bousai.go.jp/chubou/9/shiryoku_2.pdf,平成13年12月

内閣府中央防災会議,東南海・南海地震等に関する専門調査会,内閣府中央防災会議HP

<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/14/siryoku1.pdf>,平成13年12月

入倉孝次郎・久田嘉章・工藤一嘉・横井俊明・青井 真,「強震観測の最新情報」連載にあたって,地震学会HP

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/ssj/ssjinfo/kyosin/saisin/saisin00.html>

中央防災会議,今後の地震対策のあり方に関する専門調査会の設置について,内閣府HP

<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku/houkoku/index.html>,平成14年7月

中央防災会議,地震防災体制の現状に関する全国調査(最終報告)について,内閣府HP

<http://www.bousai.go.jp/oshirase/h15/030528tyousa.html>,平成15年5月

濱田政則・巨大地震災害への対応,土木学会第90回総会特別講演,土木学会誌,Vol.89, No.9, 2004年

【第4章】

(社)土木学会,コンクリート標準示方書
(社)日本道路協会,道路橋示方書・同解説 耐震設計編
(社)日本道路協会,既設道路橋の耐震補強に関する参考資料
(社)日本橋梁建設協会,既設橋梁落橋防止システム
安江朝光他,浦河沖地震における土木関係被害速報、土木技術資料
(社)建設コンサルタンツ協会,阪神・淡路大震災被害調査報告書
陶野郁夫他,日本海中部地震による液状化,基礎工,1983年9月
(社)土木学会,土木構造物の耐震設計入門
(社)土木学会,ライフライン施設,技報堂
(社)土木学会,振動モニタリングのガイドライン
(社)日本コンクリート工学協会,コンクリート診断技術2004 応用編
(社)日本コンクリート工学協会,コンクリート構造物の災害復旧・災害補強技術と事例
岡本舜三,耐震工学,オーム社
小山田欣祐,日本における耐震設計の歴史,北海道開発局開発土木研究所
鹿島建設土木設計本部編,耐震設計法/限界状態設計法,鹿島出版会
朝永則雄他,性能時代の橋梁下部構造の設計・施工,山海堂
川島一彦,地下構造物の耐震設計,鹿島出版会

【第5章】

文部科学省 国立天文台編,理科年表(平成16年版),丸善(株),2003年
日本建築学会,「建築雑誌」他
(財)日本建築防災協会編著,20世紀の災害と建築防災の技術,建築防災
建設大臣官房官庁営全部監修,建築構造設計基準及び同解説,(社)公共建築協会
建設省大臣官房技術調査室監修 (社)建築研究振興協会編,建築構造における「性能指向型設計法のコンセプト」仕様設計から性能へ,技報堂出版,2000年
内閣府編,平成15年版 防災白書
平成16年版 防災白書
国土交通省編,平成16年版 国土交通白書
国土交通省住宅局建築指導課監修,特殊建築物等定期調査業務規準,(財)日本建築防災協会
国土交通省住宅局建築指導課監修,建築防災必携 関連指導通達及び資料
宮澤健二,震災9年・木造住宅は強くなったか,防災耐震セミナー資料
建設省住宅局監修,「建築設備・昇降機耐震診断基準及び改修指針」1996年版,(財)日本建築設備・昇降機センター,1996年4月
建設省住宅局監修,「建築設備耐震設計・施工指針」1997年版,(財)日本建築センター,1997年7月
建設大臣官房官庁営繕部監修,「官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説」平成8年版,(社)公共建築協会
(社)空気調和・衛生工学会,新指針「建築設備の耐震設計・施工法」,丸善(株),1997年10月
日本建築設備診断機構編,建築設備の診断・リニュー-アル,(株)オーム社,2004年1月
(社)空気調和・衛生工学会編,災害時の水利用,丸善(株),2002年11月

【第6章】

千木良雅弘・長谷川修一・村田明広, 四国の四万十帯にある加奈木崩れの地形・地質特性, 日本応用地質学会研究発表会講演論文集, 1998年
富士山ハザードマップ検討委員会監修, 富士山火山防災マップ, 企画: 富士山火山防災協議会, 調査・制作: (財) 砂防・地すべり技術センター, 2004年
藤田崇・山岸宏光, 地すべりの構成物質, 地すべり学会地形・地質用語論文集, 1993年
井上公夫, 地形発達史からみた大規模土砂移動に関する研究, 京都大学農学部学位論文, 1993年
井上公夫, 1792年の島原四月朔地震と島原大変後の地形変化, 砂防学会誌 52巻4号, 1999年
伊藤和明監修, 世界の富士山, 山海堂, 2004年
地すべりに関する地形地質用語委員会編, 地すべり Landslides 地形地質的認識と用語, 社団法人日本地すべり学会, 2004年
建設省河川局砂防部, 地震と土砂災害, 財団法人砂防・地すべり技術センター, 1995年
国土交通省河川局水政課・砂防部砂防計画課監修, 土砂災害防止条例の解説(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), (社) 全国治水砂防協会, 2003年
中村浩之・土屋智・井上公夫・石川芳治, 地震砂防, 古今書院, 2000年
NIRA、総合研究開発機構, 東京圏丘陵地の防災アセスメント、宅地災害カタログ, (株) 地域開発コンサルティング NIRA 研究開発機構 NO. 880016, 1988年
田畑茂清・水山高久・井上公夫, 天然ダムと災害, 古今書院, 2002年
田畑茂清・水山高久・井上公夫・杉山実, 鳶崩れ(飛越地震, 1858)による天然ダムの形成と決壊に伴う土砂移動の実態, 砂防学会誌 53巻1号, 2002年
国土交通省立山砂防事務所, 平成の鳶崩れに備える 天然ダムによる大土石流を想定した防災訓練「21世紀IT防災」, 2002年
国土交通省雲仙復興事務所, 島原大変 寛政四年(1792年)の普賢岳噴火と眉山山体崩壊, (財) 砂防フロンティア整備推進機構, 2003年
宇佐美龍夫, 新編日本被害地震総覧「増補改訂版 416-1995」, 1996年

【第7章】

消防庁編, 平成15年度消防白書
東京都資料
東京都墨田区資料
東京都荒川区資料
三船 康道, 地域・地区防災まちづくり, オーム社

【第8章】

阪神・淡路大震災調査報告編集委員会(土木学会, 地盤工学会, 日本機械学会, 日本建築学会, 日本地震学会), 阪神・淡路大震災調査報告書 社会経済的影響の分析 第2章 環境影響, 1998年
阪神・淡路大震災調査報告編集委員会(土木学会, 地盤工学会, 日本機械学会, 日本建築学会, 日本地震学会), 阪神・淡路大震災調査報告書 建築設備・建築環境 第5章 地域環境への影響, 1998年
阪神・淡路大震災調査報告編集委員会(土木学会, 地盤工学会, 日本機械学会, 日本建築学会, 日本地震学会), 阪神・淡路大震災調査報告書 ライフライン施設の被害と復旧, 1998年
岩壺卓三, 阪神・淡路大震災におけるライフラインの機械施設の被害, 日本機械学会誌, 1996年10月
神戸市, 阪神・淡路大震災 神戸復興誌
朝日新聞社編, 阪神・淡路大震災誌 1955年 兵庫県南部地震, 朝日新聞社,
ガス事業新聞社, ガス復旧85日間の全記録
(財) 兵庫県環境クリエイトセンター, 災害廃棄物の処理の記録

【第9章】

京都大学防災研究所編集, 防災学ハンドブック, 朝倉書店, 2001年4月

池田駿介他編集, 新領域土木工学ハンドブック, 朝倉書店, 2003年3月

防災情報通信システム研究会編著, 防災情報通信システム, 山海堂, 2003年6月

(社)土木学会地震災害マネジメントセミナー, GISを利用した地震防災情報管理の最前線, 2004年3月

内閣府HP <http://www.cao.go.jp/kanbou/dis-s.html>

気象庁HP <http://www.kishou.go.jp/know/index.html>

広島県HP <http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/index.html>

東京ガスHP <http://www.tokyo-gas.co.jp/signal/index.html>

朝日新聞 2004年10月23日朝刊記事

【第10章】

務台俊介・レオ・ボスナー共著, 高めよ! 防砂力, ぎょうせい

鍵屋一著, 地域防災力強化宣言, ぎょうせい

内閣府編, 平成16年版 防災白書

内閣府HP <http://www.cao.go.jp/kanbou/dis-s.html>

濱田政則, 臨海コンビナートの耐震性消防防災 2004 春季号, 東京法令出版

民間と市場の力を活かした防災力向上に関する専門調査会, 内閣府中央防災会議HP

http://www.bousai.go.jp/MinkanToShijyou/2004/08/2004_08_25_SenmonShiryou.pdf

【第11章】

京都大学防災研究所, 防災計画論 (防災学講座4)

総務省消防庁, 都道府県の地域防災力・危機管理能力についての自己評価結果

重川希志依, 地域住民が主役の防災まちづくり, (社)土木学会 Vol.88.No9

札幌市, 災害弱者対応防災マニュアル

札幌市防災会議, 札幌市地域防災計画

河田恵昭, 阪神・淡路大震災の教訓の総合化, 都市問題研究会第49巻第1号

河田恵昭, スーパー広域災害に対処できるか, 月刊建設 2002年9月号 Vol.46

志方俊之, 近隣自治体が協力して大規模防災訓練を, 月刊建設 2003年9月号 Vol.47

(社)日本技術士会, 技術士制度による総合技術監理部門の技術体系

(社)日本都市計画学会, 安全と再生の都市づくり～阪神・淡路大震災を超えて

東海・東南海・南海地震津波研究会, よくわかる津波ハンドブック

国土庁、気象庁、消防庁, 地域防災計画における津波対策強化の手引き

監 修

室崎 益輝 工学博士 独立行政法人消防研究所 理事長

編集委員

大島 久 技術士（建設部門）防災特別委員会委員長 日本工営(株)顧問
山口 豊 技術士（建設部門）防災特別委員会副委員長 (株)福山コンサルタント常勤監査役
松井 義孝 技術士（建設部門）工学博士 (株)開発工営社 交通事業本部理事部長
三船 康道 技術士（建設部門）工学博士 (株)エコプラン代表取締役
内藤 重信 技術士（機械部門）内藤技術士事務所
湯沢 晃典 技術士（応用理学部門）日本工営(株) 事業統括部理事
（編集責任者）
水野 哲 技術士（建設・総合技術監理部門）(有)水野テクノロジー取締役

執筆及び執筆協力者

序章 山口 豊 技術士（建設部門）(株)福山コンサルタント常勤監査役
第1章 大島 久 技術士（建設部門）日本工営(株)顧問
湯沢 晃典 技術士（応用理学部門）日本工営(株)事業統括部理事
第2章 足立 俊三 技術士（応用理学部門）(株)気象工学研究所
金田 安弘 技術士（建設・応用理学・総合技術監理部門）(社)北海道開発技術センター
山口 豊 技術士（建設部門）(株)福山コンサルタント常勤監査役
神田 重雄 技術士（建設・総合技術監理部門）日本工営(株) 仙台支店専門部長
清水 博和 技術士（建設部門）日鉄鉱コンサルタント(株)九州支店技術顧問
第3章 大角 恒雄 技術士（応用理学部門）・工学博士 日本工営(株)中央研究所プロジェクトリーダー
第4章 松井 義孝 技術士（建設部門）・工学博士 (株)開発工営社交通事業本部理事部長
第5章 山口 豊 技術士（建設部門）(株)福山コンサルタント常勤監査役
米田千瑛夫 技術士（衛生工学部門）須賀工業株式会社 流山技術研究所所長
宮原 宏 技術士（建設部門）ミヤハラ・コンサルティング・エンジニアーズ
第6章 井上 公夫 技術士（応用理学部門）日本工営(株)コンサルタント国内事業本部
第7章 三船 康道 技術士（建設部門）・工学博士 (株)エコプラン代表取締役
第8章 福岡 悟 技術士（建設・総合技術監理部門）(株)ハイウェイ技研取締役相談役
長 博夫 技術士（機械部門）長技術士事務所代表
関川 詞之 技術士（建設部門）関川建築研究所所長
石川 浩次 技術士（建設・応用理学部門）中央開発(株)大阪事業部技術顧問
第9章 山口 豊 技術士（建設部門）(株)福山コンサルタント常勤監査役
清水 博和 技術士（建設部門）日鉄鉱コンサルタント(株)九州支店技術顧問
第10章 山口 豊 技術士（建設部門）(株)福山コンサルタント常勤監査役
戸村 政男 技術士（経営工学部門）戸村技術士事務所
第11章 城戸 寛 技術士（建設部門）札幌市企画調整局都心交通担当課長
正岡 久昭 技術士（建設部門）(株)シーイーサービス企画開発部次長
神田 重雄 技術士（建設・総合技術監理部門）日本工営(株)仙台支店専門部長
第12章 三船 康道 技術士（建設部門）・工学博士 (株)エコプラン代表取締役
特別章 山口 豊 技術士（建設部門）(株)福山コンサルタント常勤監査役
(社)日本技術士会 平成16年新潟県中越地震現地調査団

技術士 CPD 教材

減 災 と 技 術

-災害の教訓を生かす-

平成 17 年 1 月 初版

編集 防災特別委員会

発行 社団法人 日本技術士会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 4 丁目 1 番 20 号
田中山ビル(8 階)

電話 ; (03) 3459-1331(代) FAX ; (03) 3459-1338

URL : <http://www.engineer.or.jp/>

※本誌記事の無断転載(コピー含む)を禁じます