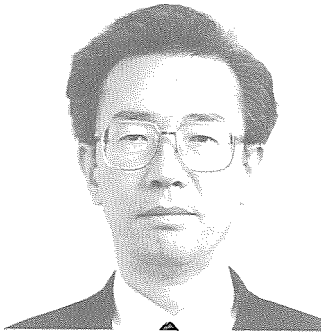


技術士からの提言  
**地震災害に備えて**



(社)日本技術士会北海道支部  
北海道技術士センター  
防災研究会



## 発刊にあたって

防災研究会会長

能 登 繁 幸 (建設部門)

平成5年1月に釧路沖、同年7月に南西沖、翌6年10月には東方沖と、北海道周辺で連続して大きな地震が発生した。これらによって道内の多くの施設・構造物に多大な被害が生じた。そして平成7年1月の阪神大震災である。多くの犠牲者と未曾有の大被害、長期にわたる都市機能の麻痺。国民おしなべて地震災害の恐怖を改めて思い知らされた。

地震はほとんど予告無しに発生する。しかも将来にわたって無限に発生する事象でもある。一方、社会の近代化は同時に災害に対する脆弱化をもたらしている。国土の開発、都市の発展、交通網の充実とともに災害もまた拡大し続けているとも言える。地震列島日本では、これまでも事前の防災対策、災害時の緊急対応、事後の復旧方策に多大な努力を積み重ねてきたが、今なお多くの課題が残されている。しかも社会の発展に対応して日々新たな課題が生み出されているのである。加えて、北海道では「積雪寒冷」で「広大」という地域特性が課題を一層複雑なものとしている。我々は、改めて周辺を見渡し、災害を未然に防止するための知恵を出し合わねばならない。不幸にして災害に遭遇しても迅速に適切な行動をとるために、過去の経験を教訓として十分な備えを怠りなく行わねばならない。

(株)日本技術士会北海道支部並びに北海道技術士センターは、平成7年5月末、「防災研究会」を設立した。北海道特有の地域特性を考慮した効果的な防災対策並びに危機管理のあり方についての検討、各方面に対する防災支援、そして防災型国土の構築に対する提言を行うためである。

防災研究会は以下の五つの専門部会で構成されている。

- ① 防災のための通信等を検討する情報系部会
- ② 地形、地質、土地利用等を検討する地盤系部会
- ③ 社会基盤施設やそのネットワーク等を検討する交通系部会
- ④ 都市の計画、施設、ライフライン等を検討する都市系部会
- ⑤ 河川、海岸、港湾、ダムの防災を検討する水工系部会

防災研究会では、各専門部会にそれぞれ20名前後、合計で約100名もの技術士が参集し、それぞれの分野の問題点について熱心な討議を繰り返してきた。

本報告書は、地震防災に的を絞り、各専門部会が2年間にわたって検討してきた成果を集大成したものである。今後の地震防災にあたって、本報告書が有効に活用されれば幸いである。

防災研究会は、今後とも会員の総力を挙げ、地震災害を含めた各種の災害の軽減に寄与すべく、最大限の努力をする決意であるが、関係各位におかれては、防災研究会さらには多才な人材が結集している(株)日本技術士会北海道支部並びに北海道技術士センターを、「防災のエキスパート」として積極的に利用して頂きたいと願うものである。

最後に、防災研究会会員には、2年間にわたる献身的な活動と本報告書のとりまとめに至るまでの労苦に対し、心からのねぎらいの言葉を贈りたい。さらには、今後とも豊かで安心して暮らせる社会の構築になお一層貢献し、信頼される技術士として活躍されることを期待するものである。



## 発刊に寄せて

(株)日本技術士会北海道支部

支部長 岡本成之 (水道部門)

この度、(株)日本技術士会北海道支部と北海道技術士センター共通の研究組織であります防災研究会から研究活動の成果として「技術士からの提言―地震災害に備えて」が発刊されることになりました。

誠に欣快の至りでありますとともに、研究討論ならびに発刊に際し精力的に取り組んでこられました防災研究会会員諸兄のご熱意とご苦勞に対し深甚の敬意を表するものであります。

過去から現在に至るまで、人類の発展は科学技術の発展に支えられてきたと言っても過言ではありません。しかし、21世紀を間近に迎え私達は、地球環境、資源、エネルギー、食糧問題あるいは健康、医療など、人類に共通する多くの課題を抱えている現状にあります。これらの課題を解決するためには、科学技術の進歩が不可欠であります。したがって、私達技術士の存在は、より重要な使命を持つものと考えられます。

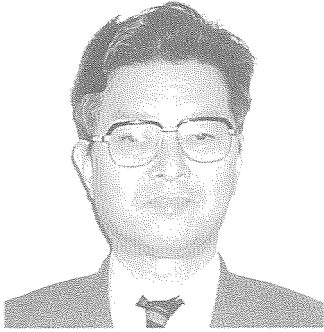
特に、地球を取り巻く自然環境と共生しつつ社会基盤施設の整備を進める建設事業では、私達技術士が直面する種々の問題を科学的な理論展開と経験工学によって問題を解決し、安全で快適な質の高い国民生活の確保を進めるための事業展開が、より一層期待されます。

先の阪神大震災以来、未だに日本各地で微震動が続いている昨今です。社会基盤整備につきましても、これらの震災を契機に、新規整備型から地域性を重視した防災型にシフトしていく傾向が伺われます。

「防災」とは、人類が地球上で生きる限りいかなる災害に対しても自然環境と上手につき合いつつ、快適に暮らしたいと願う「知恵」そのものではないでしょうか？

本書は、「地震災害」をテーマに、平成七年から二年間の研究活動の精華を取りまとめられたものです。本誌の編集に携われた方々は、建設部門をはじめ、電気・電子、水道、衛生工学、農業、林業、水産、経営工学、情報工学、応用理学部門等多分野から参集するという誠に刮目に値する行動力を示されました。

昨今では、日本の各地でこの種のシンポジウムの開催や論文集の発刊が見受けられますがひとつのテーマをこの様に多分野な視点からまとめられたものは数少なからうと思います。(株)日本技術士会の各部門、各支部の諸先輩並びに日本各地において、この北海道発信の本誌を読まれた方々からは、今後とも絶大なるご支援とご指導を賜りますよう、発刊に携わった方々にかわってお願い申しあげる次第でございます。



## 発刊に寄せて

北海道技術士センター会長

高橋 陽 一（建設部門）

わが国は、自然災害を受けやすい自然的にも社会的にも脆弱な国土条件を有している。一つの災害が生命、財産、社会秩序などに与える影響は極めて大きなものがあり、もし現在関東大震災規模の災害が発生すれば国際的な恐慌に繋がりがかねない。

現段階では地震など大規模な自然災害の多くは発生する場所、時間を特定し予測することは困難であるが、自然災害に対して安全で快適な国土を作り、それを後世に残していくためには継続的な調査と相応の投資が必要である。この点、多くの国民がやや無関心であるのは一面の驚異である。

北海道技術士センター防災研究会ではこのような問題意識をもって研究協議を重ね、「技術士からの提言―地震災害に備えて」を発刊することになった。

本書は応用科学技術の観点から地震のみではなく一般の自然災害における情報、地盤、交通、都市、水工などの各系における災害軽減に関する研究成果を取りまとめたものである。

前述のように地震や大規模な岩盤崩落などは予測が極めて難しい自然現象であるがその発生メカニズムの解明や対策工法など技術的諸問題の解決に向けて北海道から発信していく素地がここに出来たことの意義は大きい。

また近年、安定的な国土を形成するためにはリダンダンシー（余裕）を確保しなければならないという視点がますます重要なテーマになって来た。近年わが国は人工の国土の一部への集中が進み、DIDの居住人工は全人工の63%にも達した状況下、インフラストラクチャー（社会基盤）の整備に当たって効率性の追及のみでは自然災害等緊急時に機能が全う出来ないことがあることを留意すべきである。

この為交通網や交通、運輸、通信手段の多様化に応じて、ライフライン（生活関連施設）のバックアップ、代替機能の拡充、容量の増加など社会資本整備、維持に関する新たな視点が必要になっている。

この点国内でも特に地質、気象上過酷な自然条件をもつ北日本においては安全、快適な衣住環境を確保する上で忘れてはならない側面である。平成に入ってからだけでも北日本を襲った死、不明者の伴った地震は4回（平成5年、6年に集中）、風水害は17回を経験している（平成7年まで）

一方2020年にはわが国で65歳以上の高齢人工の割合が1/4になると予測され、社会基盤整備を担う労働力も極端に不足していくのは明らかである。我々が現在生活、生産に活用している社会資本の多くは先人たちが投じたコストの遺産であることを忘れてはならないであろう。わが国の将来の子孫の為に安全で快適な社会資本の整備を行い国土の活力を維持するためには、まだ幾分活力の残っている今が対策を講ずるチャンスである。

本報告書の内容に今後の技術課題として敢て発展的につけ加えることがあるとすれば、地球規模で見た災害対策と自然環境との整合、消防緊急医療対策など防災救急システムなどソフト面に係る技術研究もまた我々技術者の分野の課題となるといえよう。

更に災害発生後の応急的復旧工事、確実な相互情報対策、2次災害の軽減対応策など技術的にも未解決の問題が山積みしている。

平時における時こそ体系的、組織的な研究開発が絶対に必要である。

本書は上述のような視点を常に中心に置いて検討されている。本研究の成果はインターネットを介して世界からアクセスできるようになっている。科学技術情報のローカルからグローバルへ、北海道発の本書は技術者のみではなく、地域計画、都市計画の担当者にとっても参考になる一書であると確信する。

# 目 次

発刊にあたって	防災研究会会長 能 登 繁 幸 (建設部門)
発刊によせて	(社)日本技術士会 北海道支部支部長 岡 本 成 之 (水道部門)
	北海道技術士センター会長 高 橋 陽 一 (建設部門)

## 部会報告

第1章 防災研究会の概要	幹事長 松 井 義 孝 (建設部門) ……………	3
1. 技術士とは? ……………		3
2. 技術士及び技術士補の現状 ……………		3
3. 技術士の技術分野 ……………		4
4. 技術士の活動 ……………		6
5. (社)日本技術士会と北海道技術士センター ……………		7
6. 防災研究会 ……………		9
第2章 情報系部会報告	部会長 加治屋 安 彦 (建設部門) ……………	13
“災害情報の共有化に向けて”		
1. 災害時の情報の現状と課題 ……………		15
2. 防災情報の先進事例 ……………		24
3. 災害時における情報対応の今後の方向 ……………		30
第3章 地盤系部会報告	部会長 高 橋 輝 明 (応用理学部門) ……………	41
“地震による地盤災害の予防をめざして”		
1. 総論 ……………		42
2. ハザードマップ整備に関する検討 ……………		48
3. 地震地盤災害予測評価システムの検討 ……………		72
4. 地盤災害の予防・対策 ……………		87
第4章 交通系部会報告	部会長 花 田 真 吉 (建設部門) ……………	101
“災害に強い交通ネットワークへの提言”		
1. 北海道における札幌圏の役割 ……………		102
2. 防災面から見た札幌の道路の現状と課題 ……………		110
3. 市民の防災意識向上と公共交通機関の震災時運用システムに関するアンケート調査 ……………		121
4. 総合交通ネットワークへの提言 ……………		130

第5章 都市系部会報告	部会長 高橋 徹 男 (水道部門) ……………	141
“積雪・寒冷地における安全なまち (都市) づくり”		
1. 積雪寒冷地における安全・安心なまち (都市) づくり……………		141
2. 冬期防災におけるライフラインの課題とあり方……………		168
3. 住区防災計画づくりの実際=自律コミュニティ区モデルプランづくり……………		197
第6章 水工系部会報告	部会長 瀬川 明 久 (建設部門) ……………	207
“北海道における巨大地震と河川総合防災のあり方”		
1. 地震災害と河川……………		208
2. 積雪寒冷地における防災対策……………		219
3. 地震津波と防災対策……………		227
研修報告 (社)日本技術士会 北海道支部 北海道技術士センター30周年記念		
“米国西海岸研修旅行から学ぶもの” 3つの Why		
	北海道技術士センター副会長 大島 紀 房 (応用理学部門) ……	243
あとがき	防災研究会幹事長 松井 義 孝 (建設部門) ……………	247
執筆者並びに協力者一覧……………		248

# 第1章 防災研究会の概要

---

# 第1章 防災研究会の概要

## 1. 技術士とは

技術士制度は、技術コンサルタントの健全な発達を図るための国（科学技術庁）による技術者の資格認定制度です。

「技術士」は、「技術士法」に基づいて行われる国家試験（「技術士第二次試験」）に合格し、登録した人だけに与えられる称号です。国はこの称号を与えることにより、その人が科学技術に関する高度な応用能力を備えていることを認定することになります。したがって、所定の登録を受け、技術士の名称

を用いて、科学技術に関する高等の専門的応用能力を必要とする事項についての計画、研究、設計、分析、試験、評価または、これらに関する指導の業務を行う者をいう。（技術士法第2条）

一方「技術士補」は同じく「技術士法」に基づく国家試験（「技術士第一次試験」）に合格し、登録した人だけに与えられる称号です。技術士補は、技術士となるのに必要な技能を修習するため、技術士を補助することはなっています。

## 2. 技術士及び技術士補の現状

技術士制度ができて以来 30 有余年の間（技術士補は昭和 59 年度から）に「技術士」は、平成 7 年度迄の実績ですが延べ約 26 万人の人が技術士になるための技術士第二次試験に挑戦し、約 3 万 8 千人が合格しています。最近では合格率が 15～16% 程度となっており、かなり難しい試験といえます。この合格者のうち、これまでに約 3 万 2 千人の人々が登録し、技術士を名乗って専門的な業務に従事しています。概略な調査結果の内容を見ると、全体の約 15% はコンサルティング・エンジニアとして自営し、約 42% はコンサルタント会社に勤務して主として公共事業に従事し、約 44% は建設会社や製造業を営む企業に勤務して

主として上級の技術職員として活躍しています。また、技術士の資格は、例えば、建設省の建設コンサルタント登録規程、下水道法施行令、地質調査業者登録規程等の諸規程で、該当する技術部門等（機械部門の流体機械、建設、鉱山、荷役及び運搬機械又は機械設備、建設部門、水道部門の上水道及び工業用水道又は下水道、農業部門の農業土木、林業部門の森林土木、応用理学部門の地質等）が、制度的に活用されています。

一方、「技術士補」になるための技術士第一次試験には約 5 万人が挑戦して約 9 千 3 百人が合格し、このうち約 5 千 1 百人の人々が技術士補として登録し、活躍しています。

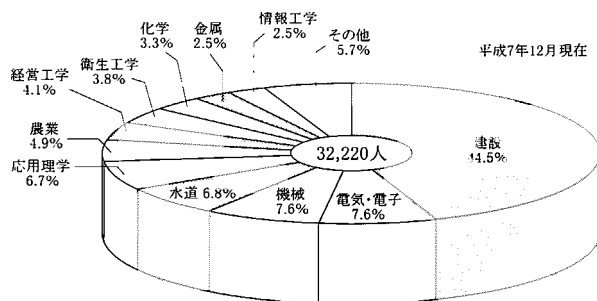


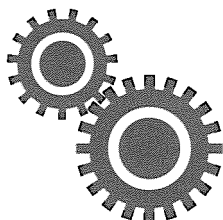
図 1.2.1 技術士の技術部門別分布（平成 7 年度現在）



### 3. 技術士の技術分野

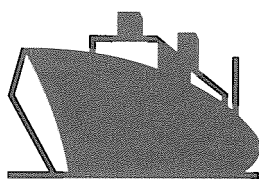
#### 機械部門

- ・機械加工及び加工機
- ・原動機
- ・精密機械
- ・鉄道車両及び自動車
- ・化学機械
- ・流体機械
- ・建設、鉱山、荷役及び運搬機械
- ・産業機械
- ・暖冷房及び冷凍機械
- ・機械設備



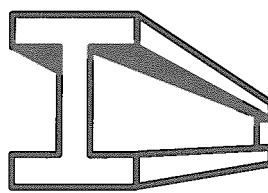
#### 船舶部門

- ・船体、造船工作及び造船設備
- ・船用機械



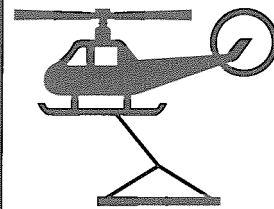
#### 金属部門

- ・鉄冶金
- ・非鉄冶金
- ・金属材料
- ・表面金属
- ・金属加工



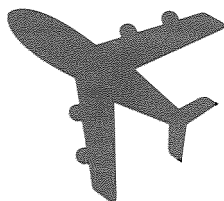
#### 資源工学部門

- ・金属鉱業
- ・石炭及び石油鉱業



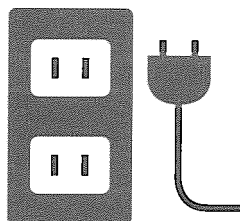
#### 航空・宇宙部門

- ・機体
- ・航行援助施設
- ・宇宙環境利用



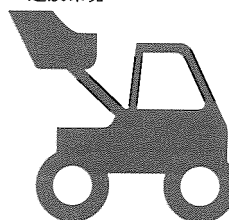
#### 電気・電子部門

- ・発送配変電
- ・電気応用
- ・電子応用
- ・電気設備



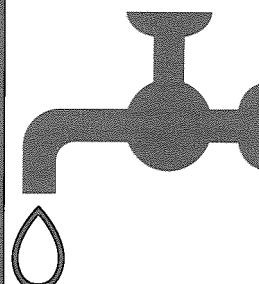
#### 建設部門

- ・土質及び基礎
- ・鋼構造及びコンクリート
- ・都市及び地方計画
- ・河川、砂防及び海岸
- ・港湾及び空港
- ・電力土木 ・道路
- ・鉄道 ・トンネル
- ・施工計画及び施工設備
- ・建設環境



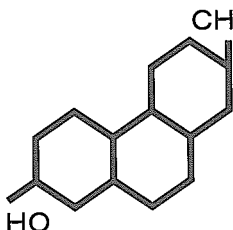
#### 水道部門

- ・上水道及び工業用水道
- ・下水道



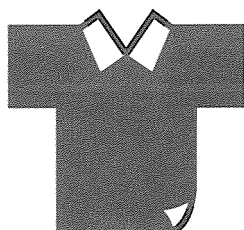
#### 化学部門

- ・セラミック及び無機化学製品
- ・有機化学製品
- ・燃料及び潤滑油
- ・高分子製品
- ・化学装置及び設備



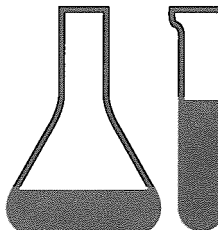
#### 繊維部門

- ・紡糸、製糸、紡績及び製布
- ・繊維加工
- ・縫製



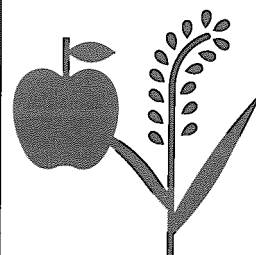
#### 衛生工学部門

- ・水質管理
- ・廃棄物処理
- ・空気調和施設
- ・建築環境施設



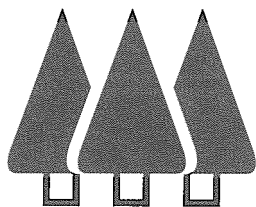
#### 農業部門

- ・畜産
- ・農芸化学
- ・農業土木農業及び蚕糸
- ・地域農業開発計画
- ・農村環境



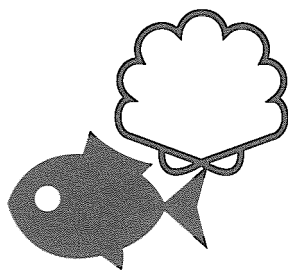
### 林業部門

- ・林業
- ・森林土木
- ・林産



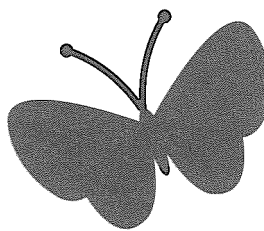
### 水産部門

- ・漁業
- ・増養殖
- ・水産加工



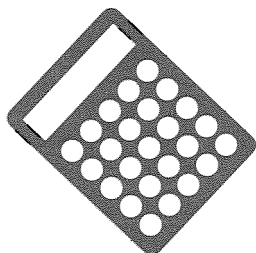
### 環境

- ・環境保全計画
- ・環境測定
- ・自然環境保全



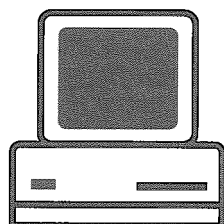
### 経営工学部門

- ・工場計画
- ・工場管理
- ・品質管理
- ・包装及び物流



### 情報処理部門

- ・情報システム
- ・情報数理
- ・電子計算機システム



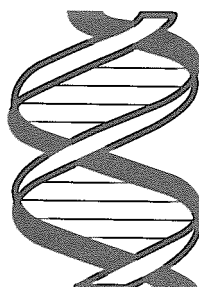
### 応用理学部門

- ・物理及び化学
- ・地球物理及び地球化学
- ・地質



### 生物工学部門

- ・生物利用技術
- ・生体成分利用技術



## 4. 技術士の活動

技術士は、公共事業あるいは企業の間で多角的に活躍しております。以下図 1.4.1、図 1.4.2 に示します。



図 1.4.1 公共機関に対して

### 公正な判断や技術支援が期待できます

1. 地域開発等の公共事業に対する事前調査、計画、設計、施工管理
2. 国際プロジェクト等に対する調査、提案、設計、施工管理
3. 地方公共団体の工事に係わる技術上の諸問題
4. 銀行等の融資対象に関する技術上の諸問題
5. 裁判における技術上の鑑定



図 1.4.2 企業に対して

### 技術戦略の大幅な強化が期待できます

1. 経営体質の改善、市場開拓、新製品開発などに対する技術支援
2. 新技術の導入に関する評価、支援、実務協力
3. 企業間の技術協力や技術交流の仲介及び支援
4. 中小企業に対する経営、技術相談
5. 経営、技術に対する技術者の育成

## 5. (社)日本技術士会と北海道技術士センター

社団法人日本技術士会では、コンサルティング・エンジニアとして自営する技術士及びコンサルタント会社や建設会社、一般メーカー等に勤務する企業内技術士を対象とする事業活動のほか、技術士の資格の活用の促進、調査研究の受託、技術士補の育成、普及啓発等の事業を行っています

### 5.1 日本技術士会北海道支部

当支部は、技術士登録された者によって、かつ日本技術士会に入会した者から成っています。北海道支部では図 1.5.1 にその活動内容を示し防災研究会もその中に組み込まれています。

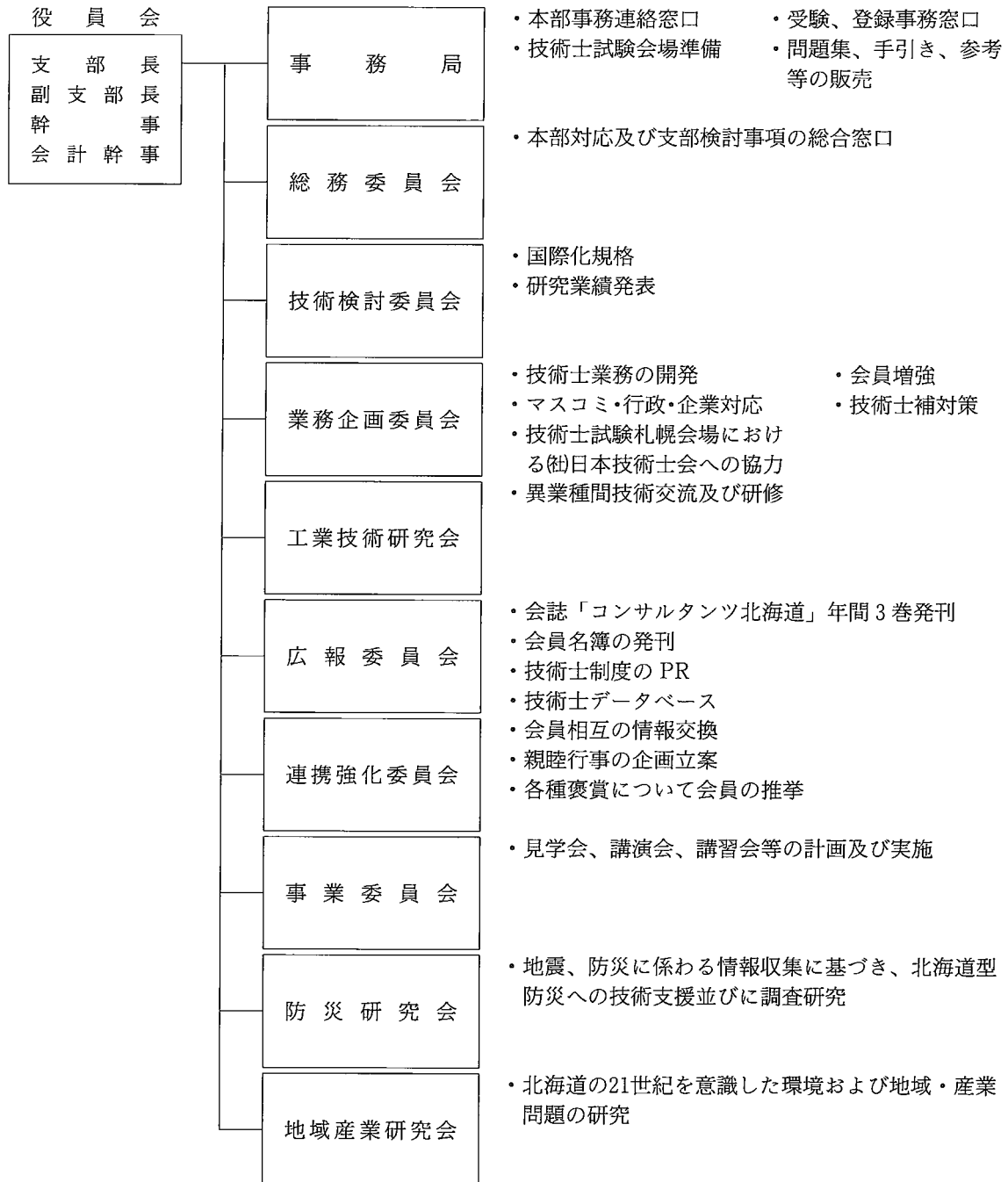


図 1.5.1 (社)日本技術士会北海道支部

## 5.2 北海道技術士センター

当センターは、北海道に住居又は勤務して技術士試験（第1次、第2次）に合格した者又は技術

士（補）に登録された両者から構成されています。  
その活動内容は図1.5.2に示し防災研究会もその中に組み込まれております

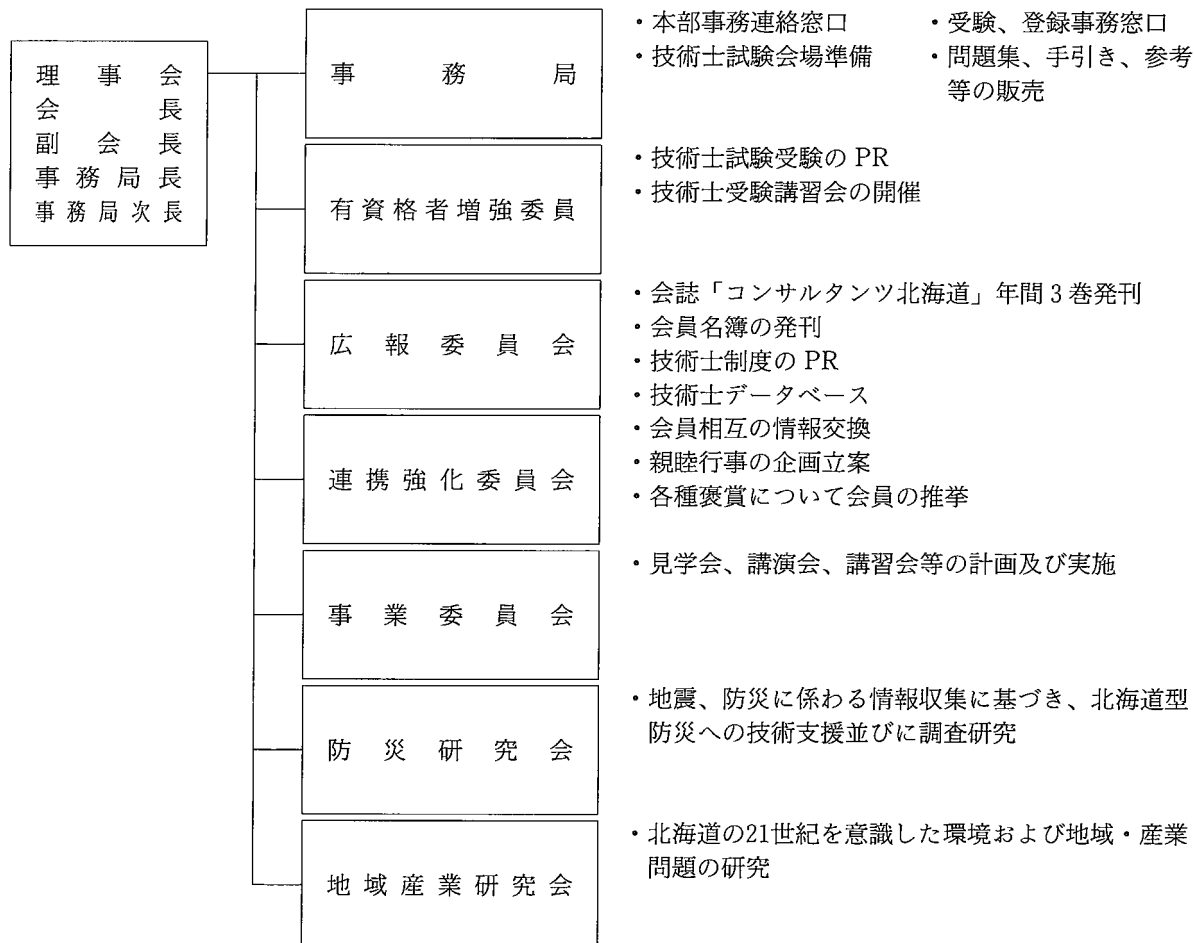


図 1.5.2 北海道技術士センター

## 6. 防災研究会

### 6.1 防災研究会の目的と活動

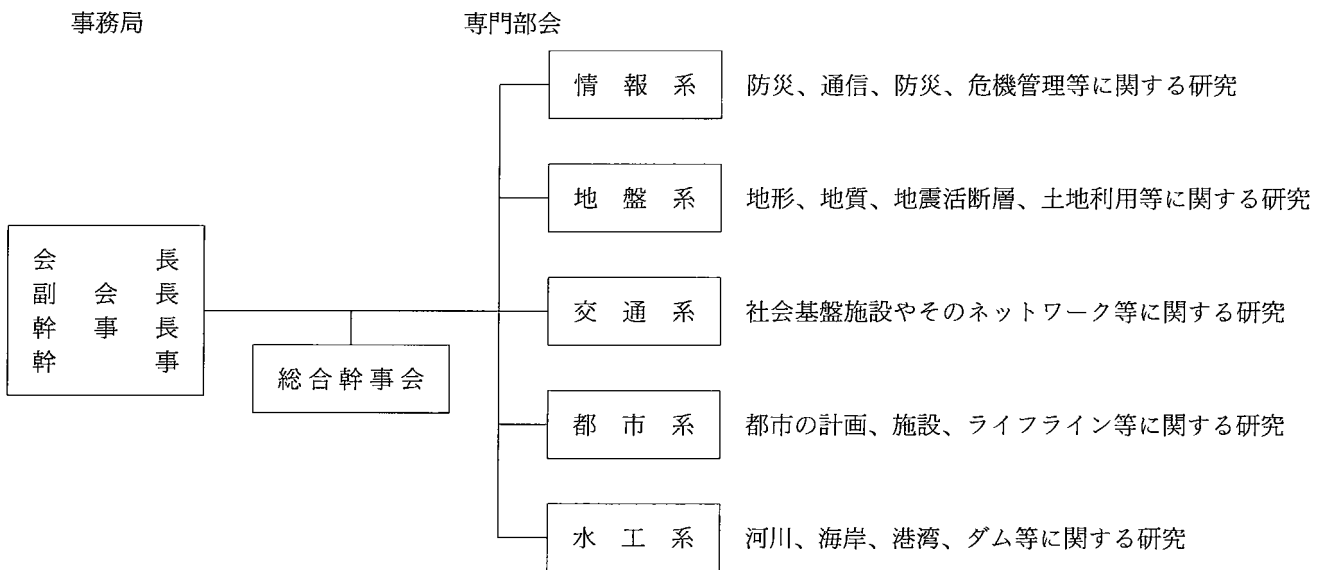
#### 1. 目的

科学技術者の集まりである(社)日本技術士会北海道支部・北海道技術士センター等の会員で、防災に関する諸問題を研究し、北海道の災害を最小限に食い止める防災体制のあり方、更には防災型国土のあり方などを提言することを目的とする。

#### 2. 組織

組織は以下のとおりとする。

- ① 事務局は会全体の運営事務を行う。
- ② 専門部会は、防災に関する各々の部会の専門事項を研究する。
- ③ 幹事会は、専門部会の関係及び調整及びとりまとめを行う。



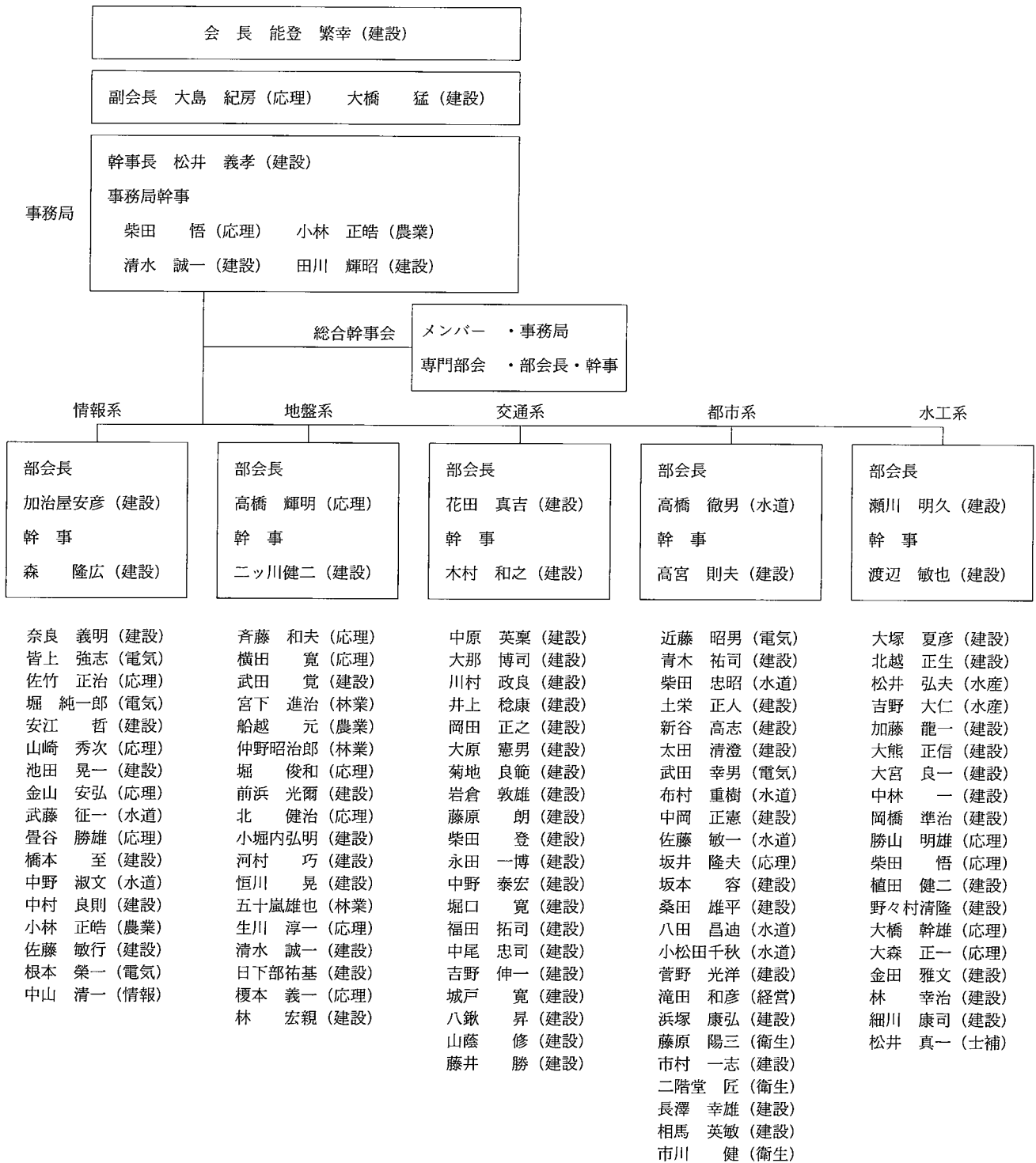
#### 3. 活動内容

- ① 防災に関する情報及び研究活動を行う。
- ② 技術発表会、シンポジウム等を札幌及び道内各地にて行う。H 9～10年にかけては、本書を用いて札幌は勿論の事、北海道内を4ブロックに分けて、道東ブロック(帯広市もしくは釧路市)、道北

ブロック(旭川市)、道央ブロック(室蘭市)、そして道南ブロック(函館市)単位にて講演シンポジウムを開催する予定である。

特に、各地域の市町村単位の自治体防災、都市計画担当者の方々にご聴講下さいます様期待いたしております。

## 6.2 防災研究会の組織及びメンバー



# 第2章 災害情報の共有化に向けて

## 防災研究会情報系部会

はじめに .....	13
1. 災害時の情報の現状と課題	
1.1 災害情報システムの構築に向けて.....	15
(1) 災害情報システムの現状と問題点 .....	15
(2) 災害情報システムの構築と課題 .....	16
(3) 災害時の情報伝達と初動体制 .....	17
(4) 防災情報システムの構築をめざして .....	18
1.2 通信機能（電話回線に着目）の現状と課題.....	18
(1) 阪神・淡路大震災における NTT 通信設備の被害状況 .....	18
(2) 被災地での情報不足をカバーするために （NTT の今後の対策） .....	19
(3) 災害時での NTT からのお願い .....	20
1.3 パネルディスカッションの結果を受けて.....	21
(1) 災害時の情報の収集や伝達・提供における現状について .....	21
(2) 災害時の情報に関する現状の諸問題 .....	23
(3) 情報の公開・共有と技術者との関わりについて .....	23
2. 防災情報の先進事例	
2.1 防災情報が抱える問題点と課題.....	24
2.2 インターネット技術を活用した防災情報システム.....	24
3. 災害時における情報対応の今後の方向	
3.1 インターネット技術の活用をめざして.....	30
(1) 災害時における情報について .....	30
(2) 災害と情報の関わり .....	30
(3) 電子メールの利用実態と将来の方向 .....	31
3.2 防災研究会のインターネット対応.....	33
(1) 防災研究会におけるインターネット利用の狙い .....	34
(2) 防災研究会のホームページ .....	34
(3) メーリングリスト .....	35
おわりに .....	38



# 第2章 災害情報の共有化に向けて

## 防災研究会情報系部会

### はじめに

情報系部会では、これまで数々の部会活動により、災害と情報の関わりについて議論を重ねてきた。情報系とはいうものの、情報を自身の専門分野にしている部会員は少なく、個人的に興味を持っている部会員が大半だった。そのため、インターネットの専門機関を訪ねて勉強する機会を設けたりもした。また、ある時には、災害ボランティアに参加された方を遠隔地からお招きし、お話を伺う機会を設けたりもした。

本章は、そうした地道な部会活動の積み重ねのもとに、情報系部会として今後の北海道の防災対策充実にいくらかでも貢献できればと、提言の形でとりまとめたものである。

防災と情報の関わりについては、災害の予知・予測、被害の想定など、災害発生前の準備段階におけるものから、災害発生直後の被災情報の収集・伝達・提供に関するもの、そして復旧段階における各機関のスムーズな連携のためのものなど、多岐にわたる。最近では、大規模な災害時などでパソコン通信やインターネットの活躍が数多く報告されている。

そうした中から、本部会では我々のようなボランティア集団が、災害と情報の関係について将来にわたって継続的な関わりを持ち続けるために、インターネットへの対応を活動の中心に据えることとした。これは、いろいろと見聞を広めるにつれ、公的機関からボランティア団体、個人に至るまで、さまざまなグループが、インターネットという共通のプラットフォームを舞台に、互いの連携の可能性を模索しているということを知ったからに他ならない。それはまた、我々自身がネットワーク社会と呼ばれる時代に入りつつあることを肌身で感じたことを意味している。

本章は、3つの節から構成されている(図2.0.1)。第1節では、「災害時の情報の現状と課題」と題して、阪神・淡路大震災をふまえた災害情報システムの現状と問題点についてレビューを行っている。

廣井氏\*の指摘にもとづき

- ① 災害情報システムの整備・充実
  - ② 情報システムの耐震化・二重化
  - ③ 電話の代替システムの必要性
  - ④ 被害予測システムの導入と実用化
- について論じている。

また、阪神・淡路大震災において、部会員の一人が所属するNTTの通信施設が受けた被害を例に、電話回線に着目した通信機能の現状と課題について分析している。これらの問題解決のため、通信衛星によるネットワーク確保やボイスメール、被災地ネットワークの提供などに通信事業者が取り組んでいることを紹介している。

加えて、一昨年秋に本部会で開催したパネルディスカッションの記録から、気象や放送の関係者、ネットワーク専門家、ボランティア経験者の方々から見た災害情報の現状と課題を論じている。これらの議論の中からは、災害時に個人や機関を越えて情報を共有することの重要性が浮かび上がっている。

第2節では、「防災情報の先進事例」と題して、特にインターネット技術を活用した防災情報システムの先駆的取組みの事例収集を行い、分析を試みている。産学協同プロジェクトである「WIDE」という組織が行っているインターネット災害訓練や、地方自治体や救急医療の専門機関等がインターネットで防災情報を提供したり、NHKが放送事業者の立場からボランティア支援のための情報をインターネットで提供している事例等を紹介している。

これらの事例の分析を通じて明らかになったのは、インターネットがまだまだ未成熟な部分があるとは言えるものの、確実に社会のインフラとして受け入れられつつあり、将来的には災害時にも大きな支えになる次世代の防災情報システムとして、大きな可能性を秘めているということである。

第3節では、前2節をふまえ、「災害時における情報対応の今後の方向」を整理した。

この結果、

- ① 災害に備えての情報
- ② 災害発生時の第一報受信後の緊急連絡
- ③ 災害発生直後の安否情報、被災情報
- ④ 復旧活動に役立つ情報

の各段階を通じて、防災研究会をインターネットに対応したものとすることが、研究成果や研究会自体を将来の防災に役立てるのに大きく貢献すると結論づけられた。そして、インターネットの代表的ツ

ルである電子メールが、道内技術者の間でどのように使われ、今後どの程度の速度で普及していくかを、アンケート調査から明らかにした。

また、本部会でも独自に北海道の地域に根ざした防災専門のインターネット・ホームページの開設を目指すこととした。これは、災害時はもとより平常時からノウハウのデータベースとして役立ち、研究成果を広める媒体としても活用可能であること、また、将来的にインターネットを通じていろいろな機関や団体、個人とネットワークを通じた連携が可能になることを願ったからである。

本部会の2年にわたる活動は、このような経過をたどり、ここに至っている。開設するインターネット・ホームページは、当初は稚拙で十分なものとは言えないかもしれないが、これからさらに成長をし、さまざまな形で北海道における防災対策の充実に貢献できるものと期待している。

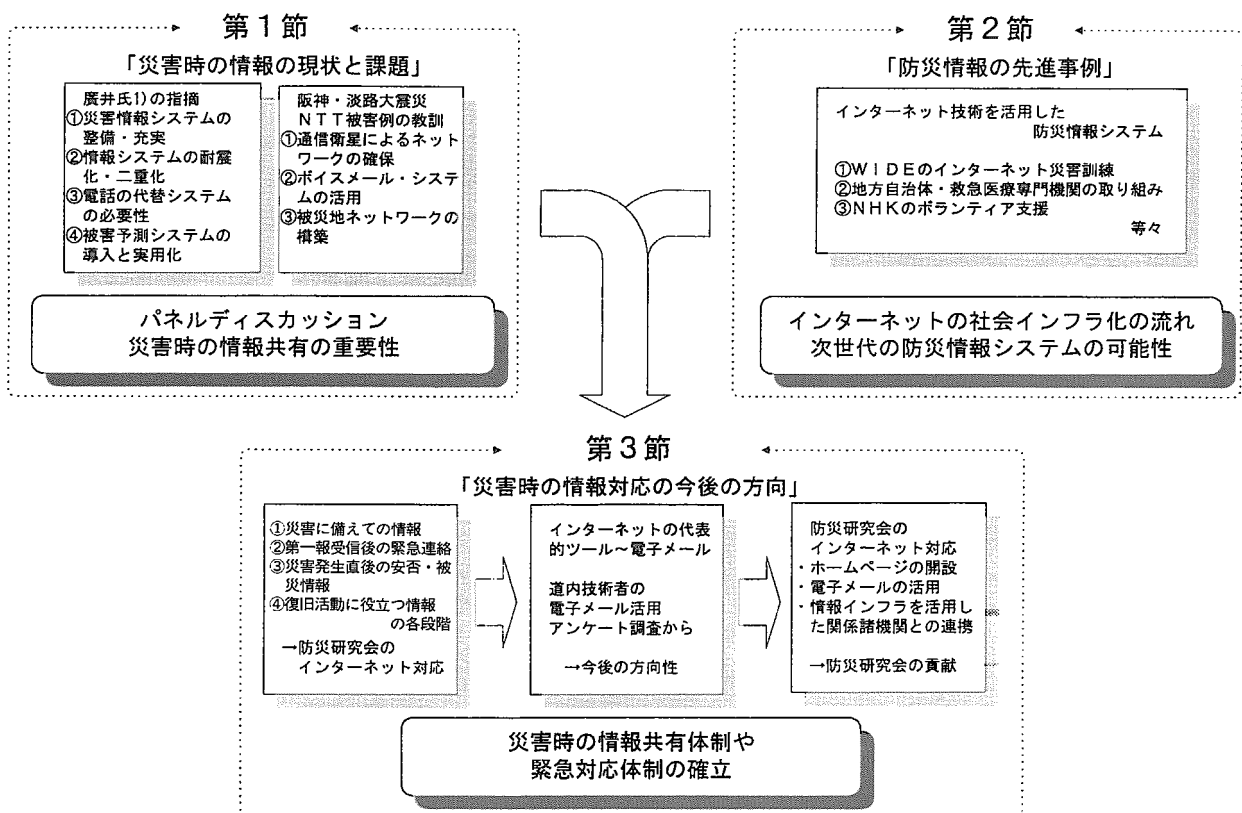


図 2.0.1 本章の構成

# 1. 災害時の情報の現状と課題

## 1.1 災害情報システムの構築に向けて

近年、釧路沖地震、北海道南西沖地震、阪神・淡路大震災、そして豊浜トンネル崩落事故等、大規模な災害が相次いで発生している。その中で、阪神・淡路大震災は、わが国の防災基本計画を根本的に見直しさせた。防災基本計画の中から災害情報に関するところを抜粋すると、以下のように整理される。

- ① 地震に強い国づくりとして、通信施設の耐震性の確保の必要性
- ② 迅速かつ円滑な災害応急対策、災害復旧・復興への備えとして、停電対策、情報通信施設の危険分散、通信路の多ルート化、通信ケーブル・CATV ケーブルの地中化、無線を活用したバックアップ対策、災害時通信技術及び周波数有効利用技術の研究開発、災害時の重要通信の確保に関する対策の推進等
- ③ 発災直後の情報の収集・連絡及び通信の確保として、支障が生じた施設の復旧、活用可能な通信システムを重要通信に充てるための調整等これを受けて各自治体でも「被害情報収集の迅速化」、「情報通信システムの整備」等防災情報の推進を強調し、重点取り組みの中に掲げている。

ここでは、阪神・淡路大震災を中心に、今日的なテーマでもある災害情報システムの構築に向けて、災害時の情報の現状と課題について全般的な話題を提供する。

### (1) 災害情報システムの現状と問題点

1996年の土木学会誌7月号で廣井氏\*は、災害情報について、20年前から研究しており、例えば、その頃発生した有珠山噴火では被災地の虻田町長が危険地域に向けて発令した避難勧告に多くの住民が従わなかったとか、伊豆大島近海地震では地震の3日後に静岡県が発表した余震情報が多くの住民に誤解されて、いわゆる「余震情報パニック」が発生したとか、災害情報に係わる多くの問題が注目された。

従って、適切な災害情報システムを確立することは即効的なコスト・ベネフィットの観点から非常に有効であるとしているが、しかし災害時にうまく機能しなかったという事実も多い。それはなぜか、廣井氏は災害情報に関わる問題を四つ述べており、それを集約して述べてみる。

#### 1) 災害情報システムの整備・充実の必要性

同報無線などの災害情報メディアが備わっていなかったために被害を大きくしたケースとして1982年の長崎水害、1983年の日本海中部地震、そして1995年の阪神・淡路大震災がある。

阪神大震災で被害が著しく大きくなった理由はいくつもあるが、その一つとして、救出活動や消防活動の前提となる被害情報の収集と伝達大幅に遅れ、それが犠牲者の増加につながっていったと指摘している。現地で救出する為の機具を持って、おそらく倒壊された家屋の中から人を救出するために、家屋を探しているだろうと思われる人達に出会ったことがあるが、せっかくの救出道具を持っていても被災にたいする情報がないのでは救出どころか目的地にさえ行くことも出来ないのである。

#### 2) 情報システムの耐震化・二重化の必要性

情報システムが整備されていたのに、肝心の災害発生時にそのシステムが十分機能しなかったケースとして日本海中部地震と阪神・淡路大震災がある。

阪神・淡路大震災の時、兵庫県庁には1993年に80億円の巨費を投じて導入した衛星通信による防災情報システムがあった。しかし、端末パソコンやファクシミリが床に落下して使用不能に陥った。また、自家発電装置が故障したバックアップ用の蓄電池も容量を使い果たしてしまった。西宮市やいくつかの市でも同様であった。したがって、防災情報システムの整備にあたってはシステム本体だけでなく、端末パソコンや自家発電装置・冷却用装置・パラボラアンテナなど周辺装置も含めた、システム全体の総合的な耐震化が必要であるとしている。廣井氏はさらにシステムを高度化することはもちろん大事であ

るが、システムが機能しなくなるような不測の事態を想定してバックアップ体制を充実させることも大事であると指摘している。

これについては、後述する「1.3 パネルディスカッションの結果を受けて」の中でも同様に指摘されている。

### 3) 電話の代替システムの必要性

災害によって電話が不通になったり、疎通が困難になったりしたため防災活動に支障が出たケースは過去に幾度かあるが阪神・淡路大震災では極端であった。電話回線に関しては、後述する「1.2 通信機能（電話回線に着目）の現状と課題」で詳しく述べられているので、ここでは要点のみを述べる。

震災の被災地域に144万の加入があったといわれる電話はほとんど使用不能になってしまったとされている。神戸市へのアクセス件数と市内からの発信件数の合計は、通常時が4万件台なのに、ピーク時には200万件にのぼった訳であるから、およそ50倍になった計算である。

現在、消防には消防無線、警察には警察無線、自治体には防災行政無線があるが、しかし例えば、警察と消防、消防と病院との間の連絡は電話に頼らざるを得ないのが現状で、今後災害時に電話に依存しないですむようなシステムの導入を図るべきと指摘している。

### 4) 被害予測システムの導入と実用化の必要性

初動態勢が適切に発動するためには、実際の被害情報を迅速に収集することが必要不可欠であるが、被害がまだ解らない時点で入手可能な断片的情報からおおよその被害状況を予測するシステムも必要である。例えば、JR東海の「ユレダス・システム」、東京ガスの「シグナル」があり、その他自治体でも火災、人的被害などを推測する被害予測システムを導入している。

また、後で述べる国土庁で開発している「地震防災情報システム (DIS)」等も災害対策に極めて有効な役割を果たすものと期待されている。

## (2) 災害情報システムの構築と課題

### 1) 情報化社会への時流

最近再び「高度情報化社会」という文字を目にするようになった。乗り遅れないように何とかしなければいけないという人が多いのではないだろうか。

高度情報化社会のキーワードの一つは「デジタル」であろう。デジタル化により従来のアナログでは対応できなかった情報の重ね合わせや、加工と言ったことが容易に出来るようになった。デジタル化には、膨大な情報量进行处理する能力をもつ計算機が必要であるが、パソコンを始めとする計算機の発達により、これを行うことが容易になってきた。こうしたことから、地図情報をデジタル化してしまう地理情報システム (GIS) なども急速に発達してきている。

高度情報化のもう一つのキーワードとしては「大容量の情報」がある。光ファイバーや通信衛星等の通信技術やコンピューター等のデータ処理技術の発達で大容量の情報が扱えるようになった。これにより、大量の地図データを容易に処理することが出来るようになり次に紹介する地震防災情報システムなどの開発も可能になった。

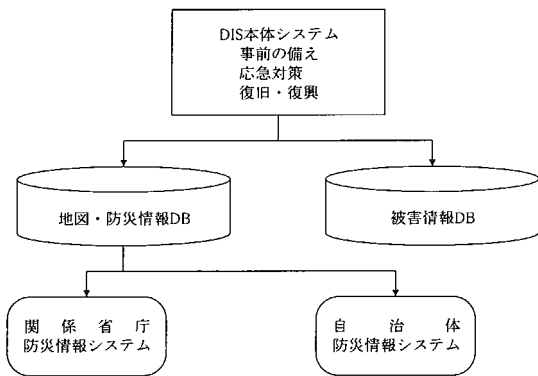
### 2) 阪神大震災でのインターネットの事例

1995年1月の阪神・淡路大震災におけるインターネットの適用事例を紹介する。

当日は、発災後間もなく、NTTによる公衆回線の発信制限が行われたため、域外からの電話による情報活動は困難を極めたが、これに対する、専用線を基幹としているインターネットは、施設が使用不可能に陥った個所を除き、電子メール、メーリングリスト、WWWが通常どおり使用でき、被害情報、安否情報など、具体的な情報交換・共有が行われ、復旧に向け有効に利用された。特にメーリングリストの同報性は情報伝達の速さという面で有効であったといわれている。また、メールの転送という方法により、地球の反対側のホワイトハウスが、村山首相(当時)よりも早く震災の一報を入手できていたという話は、インターネットを象徴的に物語る事例である。

### 3) 地震防災情報システム (DIS) の整備

国土庁(防災局震災対策課)では平成7年度より



**精細な表示機能**

- ・最大縮尺1/2500程度の地図データで建物1軒1軒を表示
- ・消防署、警察署、学校、物資備蓄場所などの防災に直結した施設も表示
- ・道路、空港、港湾等の緊急輸送関連施設も表示

**強力な分析機能**

- ・サブシステムが強力な分析機能を発揮
- ・サブシステムの追加により新たなニーズにも対応

図 2.1.1 地震防災情報システムのイメージ

数値化された地図（デジタル地図）と種々のデータ（地形、地盤状況、人口、防災施設、建築物等）を組み合わせて管理する地理情報システム（GIS）を利用することに着目して、「地震防災情報システム（DIS: Disaster Information Systems）」を整備している。

地震防災情報システム（DIS）は地震に対する災害対応体制として、地震発災後の「応急対策」、「復旧・復興」、また発災に先立つ「事前の備え」の三段階に着目して、それぞれの段階に対応したサブシステムを整備しこれを有効に活用して、迅速・的確な意思決定を支援することを目的としている。地震防災情報システムの詳しいことについては平成8年版の「防災白書」、「人と国土」（国土庁1996.9月号）に載っているので参照されたい。その中から地震防災情報システムのイメージを図2.1.1、防災関連施設情報のデータ類を表2.1.1に紹介する。

**(3) 災害時の情報伝達と初動体制**

災害情報の収集と伝達は、初動体制の一部を構成していると言っても過言ではない。

表 2.1.1 防災関連施設情報データ

	データ項目	主な属性
基本地図	・都道府県境界図 ※ ・行政区境界及び海岸線地図 ※ ・1/2,500ベクター地図 ・町丁目・大学界	・人口総数、世帯総数
自然条件	・表層地質 ※	・地質分類
社会条件	・人口・世帯 ※ ・事業所 ※	・氏名、家族等 ・事業所、従業員
地震	・過去の震源・規模 ※	・年月、規模、深さ等
地盤等	・活断層 ※ ・土砂災害危険区域 ※ ・液状化危険区域（メッシュデータ）	・ずれの方向、活動度等・種別、危険度ランク ・危険度ランク
建築物	・高層建築物 ・地下街・地下水路 ・特別防災区域（石油コンビナート等） ・危険物施設	・名称、住所、階数、高さ等 ・名称、住所、面積等 ・名称、管理者、面積等 ・箇所数等
公共土木施設	・道路 ※ ・鉄道及び駅 ※ ・港湾 ※ ・岸壁 ※ ・飛行場 ※ ・ヘリポート ※ ・海岸保全施設 ※	・路線番号、車線、幅員等 ・種別、名称、路線番号等 ・管理者、名称等 ・管理者、接岸可能トン数等 ・種別、管理者、滑走路線延長等 ・種別、名称、面積等 ・種別、延長、高さ等
ライフライン	・電力 ・都市ガス ・水道 ・下水道 ・電話 ・放送事業所	・供給区域、世帯数等 ・供給区域、世帯数等 ・給水区域、使用者数等 ・処理区域、人工等 ・管理区域、加入者数等 ・放送局名、住所等
防災設備	・警察署 ※ ・消防署 ※ ・自衛隊施設 ※ ・海上保安本部等 ※ ・病院 ※ ・保健衛生施設 ※ ・行政機関の庁舎 ※ ・指定機関 ※ ・学校 ※ ・教育施設等 ※ ・公共空地 ※ ・広域避難場所 ・避難施設 ・社会福祉施設 ※ ・緊急輸送道路 ・広域輸送拠点 ※ ・流通施設 ・備蓄場所 ・臨時ヘリポート ・非常用水	・名称、住所、車両数等 ※ ・名称、住所、車両数等 ※ ・名称、住所、車両数等 ※ ・名称、住所、船舶数等 ※ ・管理者、名称、ベッド数等 ※ ・名称、住所、管理者数等 ※ ・種別、名称、住所等 ※ ・名称、住所、TEL等 ※ ・種別、名称、住所、学級数等 ※ ・種別、名称、住所、管理者等 ※ ・種別、住所、面積、管理者等 ※ ・名称、総面積、避難人口等 ・地区名、構造、収容人員等 ※ ・種別、名称、住所等 ※ ・路線名 ・名称、管理者、面積等 ※ ・種別、名称、面積等 ・備蓄品目、数量等 ・名称、住所、発着場所面積等 ・箇所数、名称、容量等

※は国数値情報として整備されており、全国を網羅したものとなっている

阪神・淡路大震災では被災地への自衛隊の緊急出動の遅れなどに批判が集中していた。その最大の要因は官邸機能の立ち上がりの遅れや対応のまずさにあり、その背景に被災状況の情報把握に決定的な遅れがあったとされている。未曾有の大震災であるという事実を掴むのでさえ1日以上ついやしてしまっている。

阪神・淡路大震災からちょうど1年後の1996年1

月 17 日付け北海道新聞に首相官邸の危機管理体制で真っ先に整備されたのが情報伝達システムであったと述べられていた。その他に災害情報収集も 24 時間体制をとり、もし被災地の市町村が情報を都道府県に報告できない時は直接、首相に報告するよう改めるなど官邸への情報伝達の多重化も図られたと報じられていた。

しかし、現実にはまだ課題が多い。今年(1997 年) 1 月 2 日に島根県沖の日本海で沈没したロシアのタンカー「ナホトカ」から漏れた重油の量は 5 千キロリットルを越え、島根半島から能登半島にかけての沿岸に多大の被害を及ぼした事故は記憶に新しいところである。

最悪といわれるまでに被害が広がったのは、悪天候のせいもあるが、実は、流出する重油への対策が 2 日間何も取られなかった。これが「空白の 2 日間」である。

今年の 1 月 17 日の朝日新聞では官房長官の記者会見で「政府として十分な体制でなかったことを反省しなければならない」と述べ、危機管理体制を整える意向を示している。またもや、過去の教訓を生かせない危機管理対応の甘さが新聞で報じられていた。

現在、首相官邸と各省庁を結ぶ中央防災無線網と都道府県の間には防災専用通信回線が開通され、全国 47 都道府県と直結されている。これにより、大規模な災害が発生した時に首相官邸と知事を「ホットライン」で結び迅速な情報交換や意志決定を図ることが可能になっている。これは過去に災害現地の状況を、国で把握できず初動体制が遅れた教訓から整備されたもので、今後に期待したいものである。

#### (4) 防災情報システムの構築をめざして

混乱した発災時にはどこがどうなっているか、まず何をしなければならないのか。すべては情報収集から始まる。刻々と変化する状況に、情報は常に最新のものでなければならない。

現在、国や自治体はコンピューターを駆使した防災のための総合的な高度災害情報システムを開発あるいは既に活用している。

防災情報システムを構築していくためには、情報

通信インフラや新たなネットワークを整備していかなければならない。それがしいては災害に強い国造り、まち造りになるのである。それと同時に、阪神・淡路大震災後に重要視された「安心情報」がある。安心情報は、災害発生後の被害を伝える情報だけでなく、災害発生後の被災者の安全を確保したり、救援や人心の安定に役立つ情報で現在やっと研究の諸についたところであると聞いている。

また、昨年末、米国西海岸に 10 日間程、防災関係の視察に行ったとき、米国では、FEMA (Federal Emergency Management Agency) の下に危機管理大学校 (FMI) があり危機管理マネージャー (特別補佐官) を養成していると聞いている。日本では自治体や企業などにおいて、防災・危機管理のための専門家は少ないと思われるが、大規模な事故あるいは大規模災害時などに機敏に対応できる人間 (広報官) を養成する組織が今後望まれるところである。

## 1.2 通信機能 (電話回線に着目) の現状と課題

阪神・淡路大震災における NTT 通信設備の被害状況を例に通信機能の現状と課題について話題を提供する。

### (1) 阪神・淡路大震災における NTT 通信設備の被害状況

#### 1) 予備電源の損壊

NTT のネットワーク設備については、県間通信を受け持つ長距離系の主要交換設備や伝送装置は地震の被害をほとんど受けなかった。しかし、一般加入電話を接続する電話交換機は、地震と共に広域停電が発生し、多くの NTT ビルが停電、このうち数ビルで設置してある予備電源 (蓄電池、非常用予備発電装置) が被災し、約 30 万回線の電話交換、接続機能が停止した。

直ちに移動電源車の駆け付けにより、発生後約 1 日半で予備電源を確保、交換機能の回復を図った。

#### 2) 電話ケーブルの損壊

一般加入電話ケーブルの損壊により、約 20 万回線のサービスが中断したが、1 日あたり 7 千人規模の

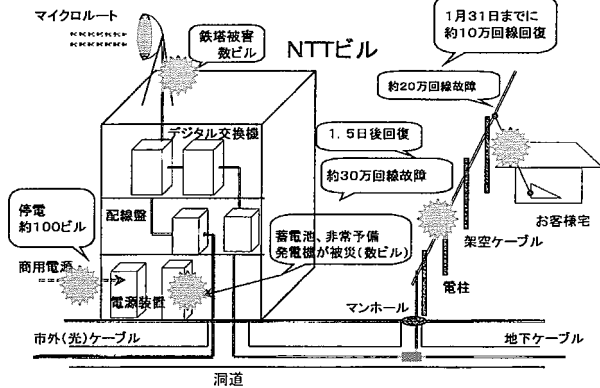


図 2.1.2 通信設備の被害状況

復旧作業により、1月31日までに約10万回線のサービス回復を行った。

### 3) アクセス(所外線路)系の損壊

NTT 電話交換ビルから加入契約者宅までを接続するアクセス系設備には、地震による家屋の損壊や火災などによる引き込み線や電話ケーブルの切断が発生した。

マンホールや地下管路については、管路の折損や離脱、マンホールのダクト損傷による地下ケーブルの損傷が発生したが、地下ケーブルは架空ケーブルに比べ、サービス中断に至る被害は軽微なものであった。

マンホール、管路の被害は液状化地域ほど、また、古い規格の管路ほど被害が大きく、新規規格の管路は耐震対策が導入されているため被害はほとんどみられなかった。

洞道(電話ケーブル用トンネル)については、地下の深いところに構築したシールド式洞道では被害はなく、比較的浅いところにある開削洞道では接続部(エキスパンション部)に損傷が認められたが、ケーブルへの被害はなかった。

### 4) 電話交換機のふくそう(輻輳)

電話交換機のふくそうは、災害発生当日において神戸地区の電話が平常ピーク時の50倍にもなり、翌日にも20倍となった。このため被災地の緊急通話と全国からの重用通話を確保するため、通話コントロールを行うほか、阪神方面への中継回線を増設した。

しかし、地震による電話機の受話器外れ(電話交

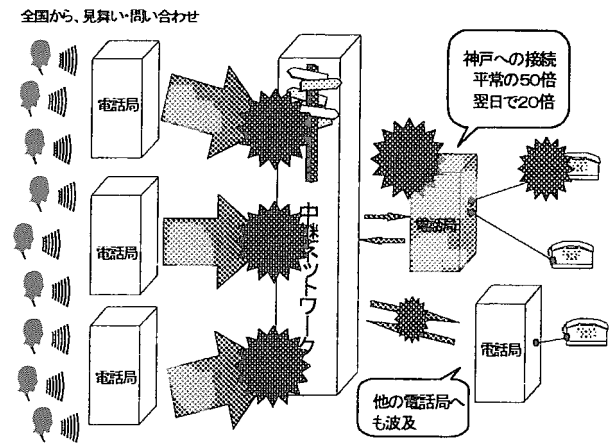


図 2.1.3 電話の輻輳

換機は発信したものとみなす)や殺到する通話、さらに緊急機関への電話の集中ははるかにこれを上回り、神戸へのふくそうが解消したのは1月22日以降となった。

### 5) 特設電話の設置

電話の不通、停電による公衆電話の停止などに対応するため、車輻搭載の通信衛星中継装置を配備し、避難所を中心に特設の公衆電話約3千台を設置し、緊急通話などの対応に備えた。

#### (2) 被災地での情報不足をカバーするために (NTTの今後の対策)

##### 1) 通信衛星によるネットワークの確保

今回の地震後の通信手段として、携帯電話に代表される無線通信の重要性が認識された。

そこで災害時にきわめて強いという衛星通信の特

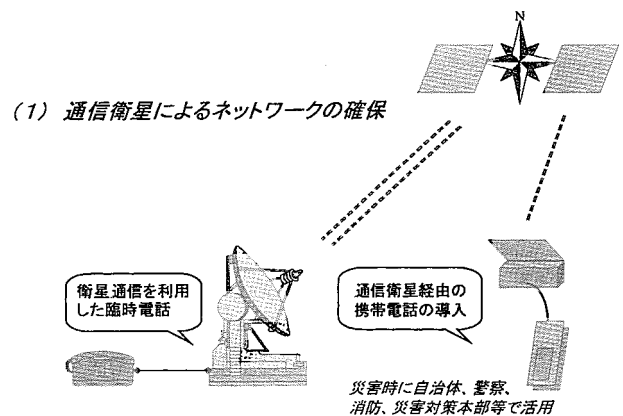


図 2.1.4 NTTにおける対策

質を生かし、重用通信の疎通と被災地における情報拠点の確保に通信衛星経由の衛星携帯電話等を活用する。

### 2) ボイスメールによるふくそう緩和の実施

地震後の通話の8割は被災地への安否確認通信だといわれている。この安否確認通話を、電話交換機を通さずに実施できればふくそうの大きな緩和策となる。

今後は伝言ダイヤルを応用して、被災地の安否など関心の強い情報の伝達、取り出しが可能なボイスメールサービスを提供し、ふくそう緩和を図る。

### 3) 被災地ネットワークの提供

被災地では、行政、ボランティアなどの連系が困難で、情報の伝達手段も物理的なものに頼らざるを得なく、情報収集、流通面で改善の余地がある。

現実には避難所の入口や臨時公衆電話の設置個所などに多くの張り紙がみられたが、その内容は検索

と新鮮さにかけた。

一方、パソコン通信やインターネットなどに多くの情報が書き込まれ、自由な閲覧が可能であったが、使えるのはごく一部の人に限られ、避難所の多くの人々に役立つまでには至らなかった。

そこで、NTTでは地方自治体、学校、公民館を核としたネットワークの構築を提案し、災害時には被災地情報ネットワークとして確立できるよう、電子掲示板、安否情報等の流通ソフトウェアを提供、サポートを行うこととした。

### (3) 災害時でのNTTからのお願い

#### 1) 電話のふくそうについて

例えば、災害が発生した場合、安否の問い合わせや御見舞の電話がその地域に殺到し、電話がかかりにくくなることもある。

これは、通話量が通信設備（電話交換機）の処理の許容量を超えてしまった場合に起きる現象で、このような電話の渋滞現象を“ふくそう（輻輳）”と呼んでいる。

災害時ばかりでなく、コンサートのチケット予約や通信販売の注文などによっても同様な現象が起こり、時にはその影響が各地の交換機にも波及し、全国的に電話がかかりにくくなることもある。

これは一般の電話に限らず、携帯電話やPHS、最近のインターネットに使用されているINSネット64でも同様に発生する。

#### 2) 災害時の電話の扱い方

災害時に電話がかかりづらくなるのは上記のふくそうが原因であり、これを防止するためにNTTでは次のことを加入者をお願いしている。

- ① ラジオ、テレビなどからの情報に注意し、緊急通話以外の電話はしばらく控えてください。
- ② 地震などで電話機の受話器が外れていないか、確認してください。外れていると電話交換機が電話をかけていると判断して動作し、ふくそうの原因となります。
- ③ 電話がかかりにくい場合、続けてダイヤルするのは避けてください。ダイヤルをするほどふくそうが大きくなり、ますますかかりにくくなります。

### (2) ボイスメールによるふくそう緩和

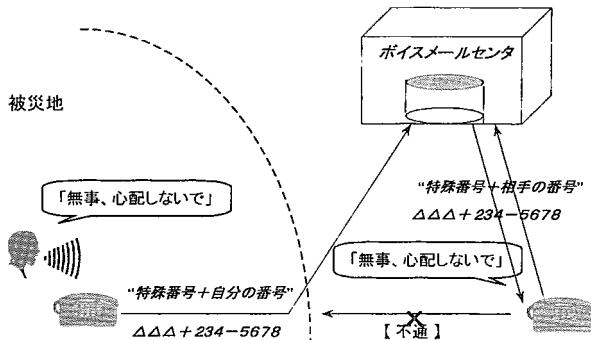


図 2.1.5 NTTにおける対策

### (3) 被災地情報ネットワークの提案

- ① 被災地からの情報整理、発信
- ② 共通情報をホームページへ
- ③ 安否情報や所在地登録は、ボランティアの介在でプリント出力
- ④ 情報ソフトはNTTが提供

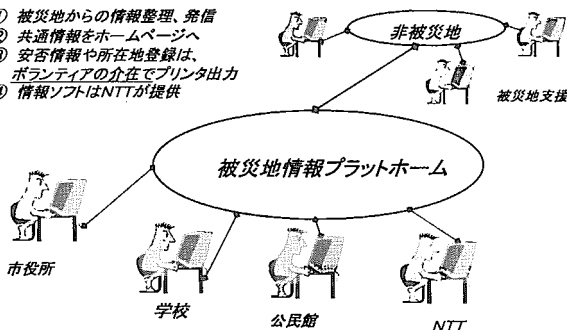


図 2.1.6 NTTにおける対策



- ④ 電話がつながった場合も、つながるのを待っている人のことを考え、話は出来るだけ手短かにしてください。

### 3) 今後に向けて

NTTでは、今回の阪神・淡路大震災を教訓に、より災害に強い通信インフラ、およびアプリケーションを実現するため、社内および関係会社により大都市激甚対策委員会を設置し、災害対策方針を決定、平成10年までの間に逐次実施を図ることとしている。

## 1.3 パネルディスカッションの結果を受けて

情報系専門部会では、パネルディスカッションを行った。本節ではここで議論された結果を受けて災害情報の現状と課題に関する事項をまとめてみた。

なお、詳細については、次の資料を参照されたい。  
資料-1：北海道技術士センター「コンサルタンツ北海道」、No.78、1996、Feb

### (1) 災害時の情報の収集や伝達・提供における現状について

#### 1) 自然災害情報の伝達システムの現状 (1995年当時)

##### 1) - 1 気象情報の収集伝達

全国の気象観測網は、気象官署が約175箇所(北海道27箇所)、各地域に地方中枢(LRS)があり(北海道では札幌管区気象台)、アメダスの観測所は全国で約1,300箇所、これらの全てのデータがオンラインで東京の中枢(大手町)に集まる形になっている。大手町(CRS)とそれぞれの地方中枢(LRS)とは専用回線で結ばれている。

アメダスは約17km四方に1つしか配置していないが、レーダーのデータとを組み合わせると5km四方の降水量が3時間先まで予測できるので、災害防止、短時間予報として利用されている。予報警報は、道内では数十箇所に区分しており、それぞれ災害気象基準が決められている。

##### 1) - 2 地震津波情報の問題

地震観測点は全国に約175箇所(地震+津波観測装置が全国に150箇所、小地震観測装置が同25箇所)、その他に東海地震を想定して海底地震計等があ

り、震度計の増設を含めて今年度(1995年度)末には震度観測点が25箇所増える予定である。

従来は、地震発生後5分以内に津波に関する情報を流すという事であったが、北海道南西沖地震の反省からそれを平成6年度からは3分以内に流すように運用されている。

震度の情報は現在2分以内に各情報機関を通じて出されるようになっている。震度2以下の地震だと津波の方は発表されない。震度2以上では、震源地と規模(マグニチュード)が設定されて初めて津波の大きさを予測推定できるシステムになっているので、震源地と規模の確定が行われた後、津波を予測するのに約1分かかるので、地震発生後3分以内に津波のあるなし大きさを判定し、各情報系統から伝達するようになっている。

気象台測候所の津波地震観測装置から、主に公衆電話回線を使って情報が流れているので、回線が不通になると全部のデータが札幌管区気象台に入らず、ある地方はデータがとれない場合も生じている。

#### 2) 報道の視点からみた災害時の情報について

##### 2) - 1 北海道南西沖地震が放送界に与えた影響

南西沖地震が教訓として放送界に与えた衝撃というものは非常に大きなものがあった。南西沖地震を契機にして、津波に対して1分1秒を争って放送を出すことが非常に大きな課題になってきている。

##### 2) - 2 災害情報(第1報)の重要性と難しさ

NHK内でも津波警報の第1報をいかに早く出せるかという努力をしている。気象協会では地震発生後3分で津波警報を出すようにしているが、放送が伝えるために実はさらに約2分位かかっているので、それを0に近づける努力をしている。

放送というのは装置産業であって、ボタンを押せばアナウンサーの声が出る仕掛けになっているなど、大部分が自動化されてきている。気象情報通信網「アデス」の情報を確認していると確実に2分の世界に入ってしまうので、現在は情報が来たら確認しないで出す方針でいる。

装置産業としての放送という現場では、人間の手をいかに省くかという事と、間違いとの瀬戸際の中に第1報があるのが実状である。

## 2) - 3 災害復興を支援する

報道を通して義援金などが誘発され、復興に役に立つという事がある。雲仙普賢岳で集まった時と同額の義援金（約 137 億円）が、南西沖地震ではわずか 1 カ月で集まったと聞いている。

また、放送のキャッチボール（放送するとすぐにリアクションが返ってくる事）というものがある。例えば、長野県西部地震では、放送の翌日に約 50 人位の稲刈り部隊が鎌を持って現地の手伝いに駆けつけたという話である。

報道は、救助・救援というレベルでかなり重要であると思う。行政機関は、緊急事態発生の時でも予算執行手続きが必要であるが、例えば、南西沖地震の時には、NHK の放送が影響して知事の判断を待つまでもなく午前 1 時頃に、緊急対策執行の GO サインが出されたという話を聞いている。

## 3) 現地ボランティア活動に必要な情報について

### 3) - 1 同じ様な災害報道では分かりづらい

神戸の地震の様子をテレビで観ていても何が必要なのかが伝わって来なく、どのチャンネルも似た様な報告ばかりでもどかしい思いがした。マスコミ全ての局が同じ様な報道をするのではなく地域を分けたり、或いは生活などきめ細かに対応してくれれば我々も情報を得やすいのではないかと感じた。

### 3) - 2 被災地における行政情報の混乱

情報の扱いで考えさせられる例があった。断水のため水を求める人であふれているが、給水車が間に合わず長時間待たされているという話だったので、話を聞くと「このグラウンドは団地から離れているので、団地の中で給水した方が住民にも良いし、学校も子供達がグラウンドを使えるので良いのだが、一回放送してしまったので変更できないので困っている」とのことであり、情報の混乱の典型という感じであった。また、大きな避難所には物資が行き渡っているようだったが、小さな所は忘れられている感じがした。行政そのものが縦割りの中でしか動いていないと言うのが実感であった。

### 3) - 3 被災地で役立つ通信機器等

今回の地震で大きく見直されたものの 1 つはパソコン通信の活躍である。テレビは時間的制約があるう

えに、後で必要な情報を読むことができないし、新聞は配達されるまでに時間のギャップができる。その点パソコン通信はタイムリーな情報が個別に登録され、必要とする人は検索してそれだけを読むことができるし、情報に対する返事を書くこともできる。震災発生直後ニフティーにつなぐと、既に地震というフォーラムが無料で出来ていておびただしい量の情報があった。

2 つ目として携帯電話が挙げられる。知らない人が集まる場所では呼び出しもままならず、臨時事務所では回線が圧倒的に少ないが、携帯電話は回線が混んでいても比較的つながりやすかったので、電車で移動中の人々が頻繁にかけている状況であった。

パソコンの利用にも障害がある。ボランティアを登録し、よりスムーズにグループ編成を行うためにパソコンの手配をお願いしたが、費用面で即決できないので時間が必要であった。さらに、パソコン導入決定後も、レンタルなので表計算ソフトの著作権の問題があり、加えて操作できる人が常時いるかという問題も解決しなければならなかった。

## 4) 災害情報と期待されるインターネットの役割

神戸市の職員に聞いた話では、現地で一番役に立った情報源は、インターネットでもなく、貼り紙だったそうである。阪神大震災の場合、インターネットは外の世界に対して被災情報を発信したりして有効であったが、被災者本人に対しては何も役に立たなかったということである。

一極集中型のパソコン通信に対し、相互接続による分散型のインターネットの方が災害に強い形態と言える。阪神大震災のような場合、最も近くのホストコンピューター（例えば神戸大学）にアクセスが集中してしまうと回線がパンクしてしまうので、ミラーリングという技法で神戸大学と同じデータを都内や北海道内（北大）のホストコンピューターにも分散して効率化を図ったのが一つの例と言える。

インターネット上では、国土地理院の情報、気象の情報、広島原爆の情報などの国内のデータベース情報を見たり、海外のデータベース情報を文字だけでなく、音声や映像も含めて見たりする事が簡単に行える（ハイパーリンク）というメリットがある。もう一つ、インターネットの特徴として、ハイパー

テキストがある。これは自動的な参照関係を使いやすくしたもので、利用者は画面上で見たい部分のキーワードやボタンをクリックするだけでその情報を持っているコンピューターに自動的に繋がり、見ることができる仕組みになっているのである。

## (2) 災害時の情報に関する現状の諸問題

□他機関との連携、情報の有効利用が必要

・気象庁のネットワークに入って来ない各地方自治体の情報（例えば、震度計）をどう取り込んで行くかが今後の課題である。

・例えば、1級河川では、3省庁連携により、気象庁にもリアルタイムで情報が入ってくるが、2級河川では、気象協会にリアルタイムで情報が入ってこない状況である。

・今後は各行政機関同士のネットワーク、すなわち、ネットワークのネットワークが必要になってくる。さらに、異なる技術機関との情報ネットワークも必要になってくる。

□情報システムの効用と限界について

・通信手段として紙にプリントしたものだとしてお終いだ、デジタル情報だとそのまま中継出来るのでうまく繋がっていく。草の根パソコン通信は、ローカル情報だけでなく、インターネットを介して外（全国、世界）と情報のキャッチボールも出来るので利用すべきである。

・最先端の技術（ハイテク）と現場（ローテク）をうまく結ぶ手段が必要である。

□被災地現場での情報伝達に関して

・パソコンが避難場所があれば、物資の取りまとめなど、情報伝達がスムーズに行くと思う。

・事前登録によるボランティア派遣システム（例えば、壊れかけた建物の危険度判定の人材登録など）も必要ではないか。

□災害報道の狙いと問題点について

・個人の安否情報では、NHKには名簿システムがあるが、阪神大震災の時は役に立たなかった。TVに映すのに一画面当たり7人表示で最低でも20秒前後かかるとすると\*、1時間で約千人、1万人を映すのにほぼ半日もかかってしまう。阪神大震災のよう

な10万人規模もの被災者情報、膨大な量をどう裁くのか、街がどのようになっているのかを知ることは不可能に近い。個人対応ではインターネットの台頭があり、可能性が問われるだろう。

・被災地（渦中）と周辺（後援）という2つに分けることが出来る。大事なのはむしろ後援であり、実態を如何に伝えるか、事態に如何に対応すべきか、冷静に対応すべきである。

## (3) 情報の公開・共有と技術者との関わりについて

□情報の公開と共有、そして有効利用について

・神戸市役所の6階が潰れて、水道の図面を見ることが出来ず、復旧に困ったそうだが、1箇所だけでなく離れた所にも情報のストックが必要である。

・プライバシーの問題があるが、国民背番号があれば災害時に検索、確認しやすいのは確かである。

・例えば、交通情報、トンネルや峠の状況などの情報は言葉で説明されるより、10秒でも画像で見た方が解りやすい。ただ、様々な管理形態があり、最後にはプライバシーの問題に突き当たる。

・110番の受鈴装置では、場所を告げると住宅地図が画面に出る。一部では家族の世帯構成、車のナンバー、保険の加入状況などが瞬時に分るようになっていて聞いている。一刻を争う防犯、防災上有効だが、プライバシーに関するデータがどこまで許されるのか、という問題に突き当たる。

・小学校にはパソコンがあるので、そこにネットワークを引いておけば、平時にはインターネットでパソコン学習を行い、非常時には通信手段として使うこともできる。

・災害時に防災研究会の技術者に出来ることには限度があるが、今後の準備には役に立てるのではないか。災害に関する専門分野のノウハウを集約して、それらを共有できる情報に集約、ストックし、公開できるものは公開していくべきである。

## 2. 防災情報の先進事例

### 2.1 防災情報が抱える問題点と課題

1995年の阪神・淡路大震災では、各種構造物の耐震性、電気、ガス等のライフラインの寸断など、自然災害に対する様々な問題が提起された。それらの問題の一つが、情報通信ネットワークの脆弱さであり、逆に言うと、災害時における情報の的確な把握と伝達の重要性が改めて浮き彫りになったと言える。

阪神・淡路大震災での情報伝達に関しては、これまで、以下に列挙するような様々な角度からの分析が報告されている(例えば、「情報が生死を分けた；土木学会誌\* (1996、7月号、55-89)」)。

① 情報は電気、ガスなどと並ぶ重要なライフラインである。

② 情報システムの耐震化・二重化

③ 電話の代替えシステムの必要性

安否の問い合わせによって電話回線がパンクしたことで代表されるように、ふくそう(輻輳)による情報伝達障害の回避が今後の重要な課題となる。

④ 災害情報の個別ネットワークから総合ネットワーク系へ

行政からのトップダウン情報やマスコミ情報だけでは不十分である。また、地方自治体等の中央集中型の情報収集では、入手が困難なときは身動きがとれなくなる。被災情報等は末端分散系で収集し対応するなどの、システムの柔軟性が必要である。

⑤ 膨大かつ多様な情報の選別と安全管理

必要な情報間の関係性を瞬時に客観的に見いだすようなソフト開発が必要である。

⑥ 被災者側からの草の根レベルの情報と伝達

ボランティア活動に代表される生活者レベルの情報発信と伝達も重要である。

⑦ 被害推定システムの導入

災害発生初期での断片的な情報しかない状態では、ハザードマップあるいは概略でも被害状況を面的に予測できるシステムの開発が重要である。

⑧ 支援・関連情報の提供

被災地で活動する警察、消防等の各組織及びボランティアなどの情報交換を組織的にし、統括、調整するシステム作りが救援活動では重要な役割を担う。

⑨ 日常での防災情報の広報・普及

災害に対する対策が不十分で、予知、予測が困難であるという現況下では、日常、避難場所、避難経路等の防災情報を住民に的確に浸透させ、非常時への心構えを訓練しておく防災教育や訓練のシステム作りが重要である。

以上、災害・防災情報システムへの課題は大きいですが、高度情報化社会が推進していく中で、先進的な情報メディアを有効に活用し、一つ一つ問題を克服していけば、情報の力によって災害による被害を最小限に軽減できる大きな可能性が秘められている。

現時点でも、次世代の災害情報システムとして、いくつかの試みが実践されあるいは試験的に進められているが、インターネットを活用した情報システムの事例を以下でいくつか紹介する。

### 2.2 インターネット技術を活用した防災情報システム

阪神・淡路大震災では、従来の情報伝達手段に加えて、インターネットに代表される電子ネットワークの威力が再認識された、と言われている。国内の情報が混乱している中、インターネットを通じて安否情報(生存者情報)や被災状況が世界中に公開された。これは、インターネットが本質的に自律的に協調して作られているネットワークの集合体であるため、どこかに障害があったり混雑が起ころうと、その部分を迂回するような自動的なメカニズムを潜在的に持っていることによる。

(1) インターネット災害訓練

こうした災害時におけるインターネットのライフ

ラインとしての可能性を検証する目的で実施されたのが、WIDE プロジェクト（オペレーティングシステム技術と通信技術を基盤とした新しいコンピュータ環境の確立を目指す産学協同の研究プロジェクト）による、インターネット災害訓練である。

1996年1月17日に第1回の訓練が実施されたが、その主要な目的は、IAA 訓練（「私は生きています」=「I am Alive」からのネーミング）と呼ばれる、生存者情報データベースへの登録および検索訓練である（図 2.2.1）。IAA システムでは、電子メールまたは WWW で生存情報を登録し、また、同じく登録された情報から必要な情報を検索して入手するが（図 2.2.2, 3）、阪神・淡路大震災での電話での生存確認から生じた諸問題（電話回線のパンク等）の解決の一つとして考えられたものである。

第1回目の訓練では、42時間の訓練期間中、3,000以上の IAA 情報の蓄積処理と 6,000 以上の IAA 情報の検索処理が遂行でき、検討課題はあるものの、システムとしての有効性が検証された。特に評価すべき点は、別々のデータベースが動作し、同一の生存者情報を蓄積しながらほぼ均一な検索結果を提供できたという、分散アーキテクチャの採用である。これは、データベースのどれか一つでも生き残っていれば、利用者へのサービスを提供し続けるという、インターネットのメリットを生かした非常時に強いシステムと言える。

同様なインターネットでの防災訓練に関しては、

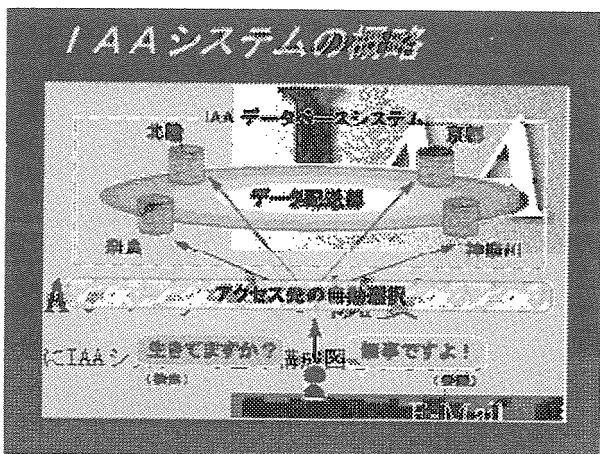


図 2.2.1 IAA システムの概略図

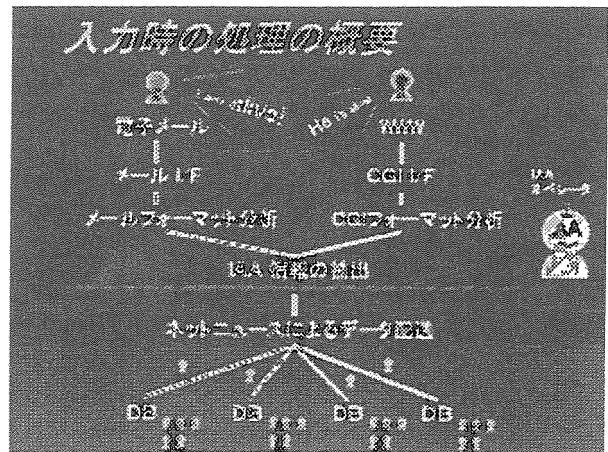


図 2.2.2 IAA システム入力時の処理の概要

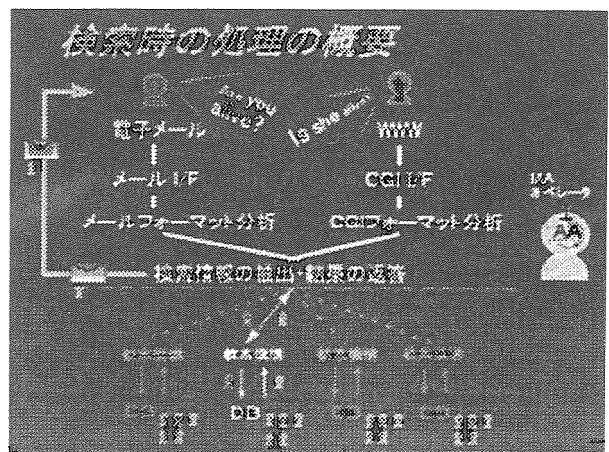


図 2.2.3 IAA システム検索時の処理の概要

東京都新宿区防災課により、『平成9年1月18日、午後1時頃、大久保地域で大規模災害が発生、建物倒壊や火災により多数の死傷者が出た』という想定のもとに、住民から被害・安否等の災害情報や区に対する要請情報を収集し、区からは逆に被害、避難場所、安否の各情報をフィードバックする実験が行われた。

WIDE プロジェクトでは、この他、地上のバックボーンに障害が発生した際に衛星を利用して補完する WISHborn 訓練と呼ばれる実験（図 2.2.4）も進められているが、災害に強いインターネットにするための重要な試みとしてその成果が期待される。

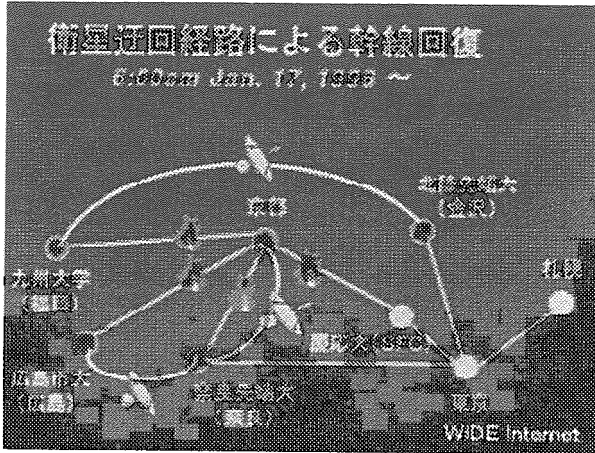


図 2.2.4 衛星によるインターネット補完訓練 (WISH-bone)

(2) 地方自治体、自治会等における防災情報システム

インターネットのホームページを利用した、住民への防災情報の提供、情報の収集等の試みは、すでにいくつかの自治体で始まっている。図 2.2.5 は静岡県、図 2.2.6 は川崎市の防災に関するホームペー



液状化危険度

地震でゆすられることで、水分を多く含んだ砂の層など柔らかい地盤が液体状になり、建物の沈みこみ、地面から泥水・砂のふき出し、地中のガス管等のうきあがりなどの現象が起こります。これを液状化といいます。

この液状化で危険度が高いのは、沼津市～三島市の低地、富士市付近の低地、清水市～静岡市の低地、藤枝市～浜津市などの一部、大東町～小笠町の低地、浅羽町～袋井市の低地、および浜名湖周辺などです。いずれも、過去の地震で液状化被害の実績のあるところです。

凡例

- 液状化危険度 大
- ▨ 液状化危険度 中
- ▤ 液状化危険度 小
- 液状化危険度 なし
- 岩盤

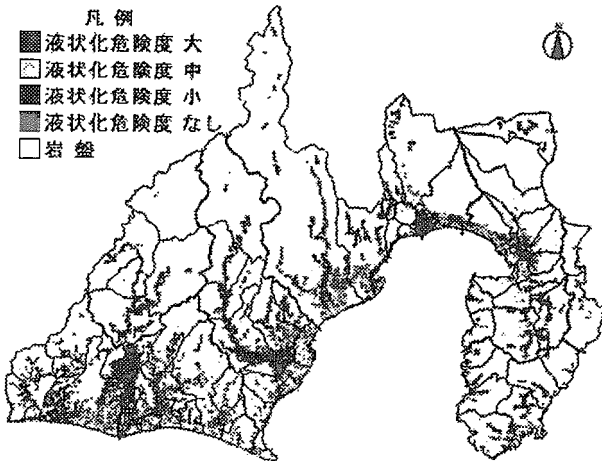


図 2.2.5 東海地震で想定される液状化危険度推定マップ (静岡県のホームページ)

東海地震—震度 6—市内震度分布

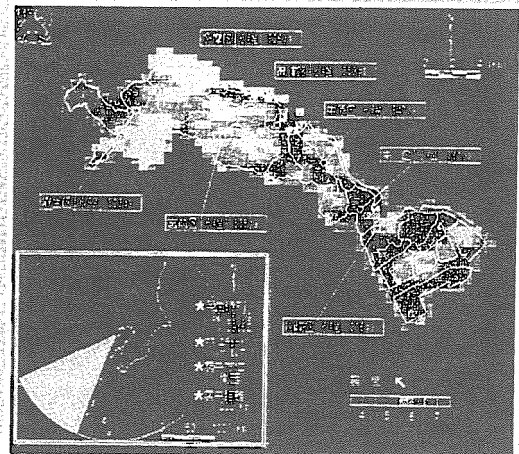


図 2.2.6 東海地震で想定される市内震度分布 (川崎市のホームページ)

ジであるが、それぞれ東海地震を想定したハザードマップを掲示し、住民への防災意識の普及を図っている。

図 2.2.7 は、埼玉県の鳩山ニュータウン自治会のホームページの一部である。防災と医療と題して、「災害への心構えと準備」、「避難場所の一覧」、「医療施設の案内」等の災害時に必要とされる各種情報が掲示されている。このように行政より下の住民レベルでも、自発的に WWW を利用した防災情報の広報普及活動が開始されている。

図 2.2.8 は、山梨県富士吉田市のホームページである。即時性のある行政サイドからの災害情報とし

名称	住所	電話番号	収容人数
亀井小学校	原野323-1	96-1948	300人
鳩山中学校	原野2024-1	96-1944 (代)	500人

図 2.2.7 埼玉県鳩山ニュータウン自治会による防災と医療のホームページ

◎災害の種類  
: 現在起きている災害の種類の処に○印がきます。

災害の種類  台風  地震  土砂崩  火災  その他 ( )

◎主要道路の被災状況  
: 主要道路の現況に○が付き、さらに被害原因の項目にも○がきます。道路の被災場所は下記の概略図を縦横の座標で特定できます。

主要道路の状況	現況	被災原因
国道137号	<input type="checkbox"/> 異常無 ( ) <input type="checkbox"/> 片側通行 ( ) <input type="checkbox"/> 通行止め ( )	<input type="checkbox"/> 火災 ( ) <input type="checkbox"/> 浸水 ( ) <input type="checkbox"/> 陥没 ( ) <input type="checkbox"/> 倒樹 ( ) <input type="checkbox"/> 倒木
国道138号	<input type="checkbox"/> 異常無 ( ) <input type="checkbox"/> 片側通行 ( ) <input type="checkbox"/> 通行止め ( )	<input type="checkbox"/> 火災 ( ) <input type="checkbox"/> 浸水 ( ) <input type="checkbox"/> 陥没 ( ) <input type="checkbox"/> 倒樹 ( ) <input type="checkbox"/> 倒木
国道139号	<input type="checkbox"/> 異常無 ( ) <input type="checkbox"/> 片側通行 ( ) <input type="checkbox"/> 通行止め ( )	<input type="checkbox"/> 火災 ( ) <input type="checkbox"/> 浸水 ( ) <input type="checkbox"/> 陥没 ( ) <input type="checkbox"/> 倒樹 ( ) <input type="checkbox"/> 倒木
市道昭和通り	<input type="checkbox"/> 異常無 ( ) <input type="checkbox"/> 片側通行 ( ) <input type="checkbox"/> 通行止め ( )	<input type="checkbox"/> 火災 ( ) <input type="checkbox"/> 浸水 ( ) <input type="checkbox"/> 陥没 ( ) <input type="checkbox"/> 倒樹 ( ) <input type="checkbox"/> 倒木
富士見バイパス	<input type="checkbox"/> 異常無 ( ) <input type="checkbox"/> 片側通行 ( ) <input type="checkbox"/> 通行止め ( )	<input type="checkbox"/> 火災 ( ) <input type="checkbox"/> 浸水 ( ) <input type="checkbox"/> 陥没 ( ) <input type="checkbox"/> 倒樹 ( ) <input type="checkbox"/> 倒木
中央高速道路	<input type="checkbox"/> 異常無 ( ) <input type="checkbox"/> 片側通行 ( ) <input type="checkbox"/> 通行止め ( )	<input type="checkbox"/> 火災 ( ) <input type="checkbox"/> 浸水 ( ) <input type="checkbox"/> 陥没 ( ) <input type="checkbox"/> 倒樹 ( ) <input type="checkbox"/> 倒木
東富士五湖道路	<input type="checkbox"/> 異常無 ( ) <input type="checkbox"/> 片側通行 ( ) <input type="checkbox"/> 通行止め ( )	<input type="checkbox"/> 火災 ( ) <input type="checkbox"/> 浸水 ( ) <input type="checkbox"/> 陥没 ( ) <input type="checkbox"/> 倒樹 ( ) <input type="checkbox"/> 倒木

図 2.2.8 山梨県富士吉田市による防災情報のホームページ

て、災害発生時に、現在起きている「災害の種類」、  
「主要道路の被災状況と被害の原因」、  
「ライフライン（電気、ガス、水道）の現況と復旧状況」、  
「人的被害場状況」が揭示され、ブラウザ上で住民がいつでも  
知ることができる。

以上、末端組織といえる地方自治体、自治会での  
インターネットのホームページを用いた防災情報伝  
達システムの事例を紹介したが、他にも、津波に対  
する郷土の歴史、災害記録、地区別の避難場所を掲  
示している岩手県山田町のホームページなど、各地  
域でもっとも懸念される災害の特徴を生かしたホーム  
ページ開設が進んでいる。

(3) 救急医療関連

医療関係でも WWW を利用したネットワーク作  
りが始まっている。図 2.2.9 は、愛媛大学医学部救  
急医学教室が担当している、GHDNet (Global  
Health Disaster Network) と呼ばれる救急・災害  
医療ネットワークのホームページである。GHDNet  
は、元々阪神・淡路大震災においてインターネット  
による情報伝達が非常に有用であったという認識か  
ら発足したもので、米国ピッツバーグ大学から発信  
される GHNet (Global Health Network) の姉妹  
web site に位置する。

活動を広く呼びかけ、将来の日本あるいは東アジ  
アにおける大災害に際して、被害者の救助や復旧に

GHDNet  
救急・災害医療ホームページ

救急・災害医療ホームページへようこそ！

このページは愛媛大学医学部救急医学教室が担当しています。インターネットを通じて、市民の皆様をはじめ医療従事者、消防関係者、災害行政担当者の方々に、多くの人々の役に立つ救急・災害医療の情報を発信してゆきたいと考えています。皆様からのご助言や様々な情報をぜひお寄せ下さい。また、私どもの活動に参加をご希望の方は国籍、居住地、職業を問わず、ご連絡をお願いします。

ホームページ設置の趣旨については「救急・災害医療ホームページがめざすもの」をご参照下さい。

発信開始 1996年7月9日、最終更新 1997年4月16日

救急・災害医療ホームページ 目次

1. 救急・災害医療 文庫集
2. 大規模災害時の医療協力に関する協定
3. 救急衛生ホームページ
4. 全国救急医療関係者のページ
5. 救急医療関係者のメールアドレス・リスト
6. 日本救急医学会ホームページ
7. 救急・災害医療情報

図 2.2.9 GHDNet 救急・災害医療ホームページ

直接役立つ情報の発信・中継を活動の大きな目的の  
一つとしている。国外まで広げたネットワークは、  
まさにインターネットの有用性をフルに生かしたも  
のと言える。

(4) ボランティア活動ネットワーク

阪神・淡路大震災では、ボランティアによる救援  
活動が大きな力になったと言われている。その一方  
で、『ボランティアとして参加したいが連絡先や手段  
がわからない』あるいは『横の連絡がないため無駄  
な時間が多い』など、せっかくの協力を的確に生か  
せないという、情報伝達のまずさからくる不満も多  
く聞かれたのが事実である。

図 2.2.10 は、そうした災害時のボランティア活動  
の連携をはかるのを目的に作られた、NHK による  
「NHK ボランティアネット」のホームページであ  
る。マスメディア（テレビ・ラジオ放送）とパソコ  
ン通信を利用して、ボランティア募集情報等の各種  
情報を交換しあい、その活動を幅広く支援しようと  
するものである。ネットへのアクセスはパソコン通  
信を核に、インターネットからは telnet でログイン  
する（図 2.2.11）。

(5) インターネットを活用したビデオ画像の伝送

防災情報の一つとして、災害地の様子を画像で入  
手できれば状況把握に大きく役立つ。必要な時にど  
こからでも遠隔地の画像をみれるようにしよう、と

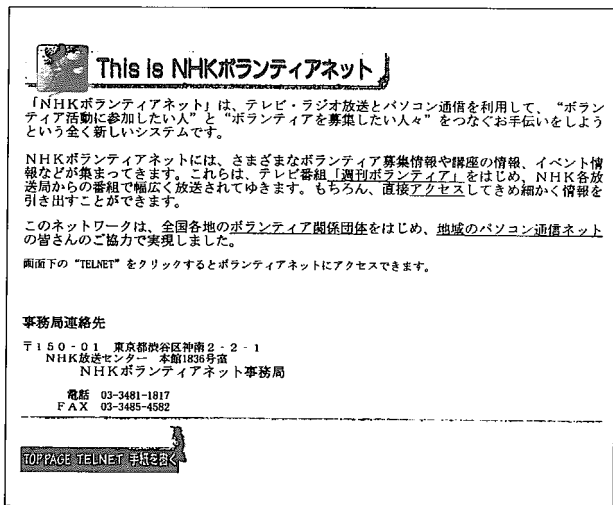


図 2.2.10 「This is NHK ボランティアネット」のホームページ

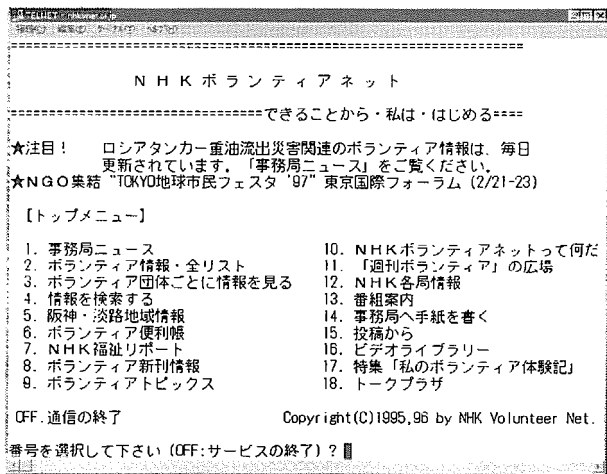


図 2.2.11 「NHK ボランティアネット」へのtelnetでのログイン画面

いうインターネット技術を活用したビデオ画像伝送は、様々な分野で開始されている。

図 2.2.12 は、冬期道路の情報提供の高度化の一つの試みとして、北海道開発局開発土木研究所が行っている峠画像の伝送実験のページである。気象条件の厳しい冬期の峠部の 1 時間毎の静止画像およびそこでの道路・気象情報（天候、気温、風速、路面状態、視程、通行規制）を、インターネットを通じて常時確認できるようにしたもので、一連のデータ更

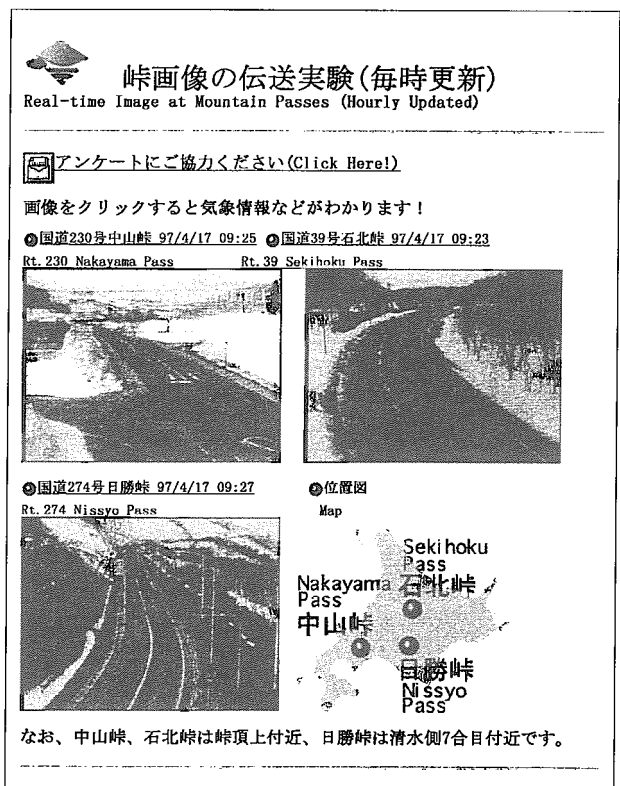


図 2.2.12 インターネットによる峠画像の伝送実験(北海道開発局開発土木研究所；平成 8 年度冬期はモニターを対象にした限定実験)

新処理はパソコンにより 24 時間自動制御されている。

従来、ビデオ画像の伝送は光ファイバーの敷設などコストがかさむため、その利用は一部の管理者等に限定せざるをえなかった。インターネット技術を利用すると、どこからでもアクセスできる柔軟なビデオ画像伝送システムが安価で構築できることから、防災情報の手段として今後、多方面で活用されることが期待される。

以上、阪神・淡路大震災を教訓として、今まさに変わりつつある次世代の防災情報システム、ネットワークの一端を、インターネットの利用を中心に紹介した。インターネットに関しては、広く家庭レベルまでその利用が普及した際には、災害時の重要な支えとなる大きな可能性を持っていると言える。



## 防災情報に関するホームページリスト

### 【インターネット災害訓練】

#### ■ IAA PROJEDCT

<http://www.iaa.wide.ad.jp/>

#### ■ 東京都新宿区防災課

<http://www1.nttinfo.ntt.jp/tbn/branch/shinjuku/ku/ku/bousai>

### 【地方自治体、自治会等における防災情報システム】

#### ■ 静岡県

<http://www.pref.shizuoka.jp/Jisin/index.html>

#### ■ 神奈川県川崎市

<http://ipftm02.kawasaki.tao.or.jp/kawasaki/city/menu/bosamenu>

#### ■ 埼玉県鳩山ニュータウン自治会

<http://www.asahi-net.or.jp/az3y-ktu/index.html>

#### ■ 山梨県富士吉田市

<http://www.city.fujiyoshida.yamanashi.jp/message/message.html>

#### ■ 山形県

<http://www.city.yamagata.yamagata.jp/faq/saigaim.htm>

#### ■ 仙台市

<http://www.City.Sendai.jp/information/life-daily/index.html>

#### ■ 茨城県

<http://www.pref.ibaraki.jp/life/protec/protec.htm>

#### ■ 東京 23 区

<http://www.nihon.net/tokyo23/bousai/bousai.html>

#### ■ 神奈川県藤沢市

<http://www.city.fujisawa.kanagawa.jp/kouhou/bousai.html>

#### ■ 岩手県山田町

<http://www.echna.or.jp/yamada/>

### 【救急医療・災害関連】

#### ■ GHDNet (救急・災害医療ホームページ)

<http://hypnos.m.ehime-u.ac.jp/GHDNet/japanese/>

#### ■ 広域災害救急医療情報インフォメーション

<http://www.emis.or.jp/>

#### ■ 消防・防災メーリングリスト (FDP)

<http://apollo.m.ehime-u.ac.jp/fml/fdp>

### 【ボランティア活動ネットワーク】

#### ■ NHK ボランティアネット

<http://www.nhk.or.jp/nhkvnet/outline.html>

#### ■ World NGO Network

<http://www.osaka-u.ac.jp/ymca-os/index.html>

#### ■ VAG (ボランティア支援グループ)

<http://www1.meshnet.or.jp/vag/index.html>

#### ■ インターVネット

<http://www.suehiro.nakano.tokyo.jp/interv/>

### 【交通関連】

#### ■ 東京メトロポリタンネットワーク

<http://www.tokyo-teleport.co.jp/tokyo-metronet/index.html>

#### ■ 建設省岡山国道工事事務所 <ビデオ静止画像>

<http://www.okayama-moc.go.jp/index.htm>

### 【メディア】

#### ■ www 版、地震情報新聞

<http://www.rim.or.jp/ci/jjs/>

### 【国 外】

#### ■ FLOODCAST (米国) <洪水予報マップ>

<http://www.earthsat.com/flood/brochure.html>

#### ■ シアトル、道路交通情報 (米国)

<リアルタイム交通情報、渋滞状況、工事、事故等>  
<http://www.wsdot.wa.gov/regions/northwest/NWFLOW/>

#### ■ Honolulu's Traffic Camera System (米国)

<http://www.eng.hawaii.edu/csp/Trafficam/>

### 3. 災害時における情報対応の今後の方向

#### 3.1 インターネット技術の活用をめざして

##### (1) 災害時における情報について

災害、例えば地震が発生した時その第一報を受け取ることができるか、受け取った時に直ちに取るべき行動を知っているか、または避難情報を得ることができるか、これが「情報が生死を分ける」大事な点であり、災害と情報の関わりの第1歩ではないかと思う。

一方、咄嗟の時には普段から訓練を行っていないことには正しい行動がとれないものである。そのため防災訓練なり、防災に関する広報活動、啓蒙活動が必要であり、平常時において防災に関する情報を入手しやすい環境づくりが必要である。

また、災害が発生した渦中にいて幸いに一命を取り留めた時から、自分自身の生存情報の発信、家族や親戚、社員、友人、知人の安否情報、生活情報、修理・復旧のための情報が必要になってくる。それらの情報の共有化を図る仕組みが必要である。

今まで述べてきたように、結論を言えば、情報系部会では、災害と情報の関わりの中で、情報対応の今後の方向の1つをインターネット技術を用いたものに求めることを考えている。第一報の仕組みは当分の間まだ開発時間を要するとしても、インターネット技術を用いればほとんどこれらの情報の扱いが効率的に可能と考えられるからである。

活動の第1歩として、情報系部会ではホームページの開設を主体的に進めている。また、電子メールを利用した情報交換も進めている。

ここでは、災害と情報の関わりをもう一度整理し、それらに対してインターネット技術が有効であることを確認すべく、アンケート調査結果も交えて話題提供を行う。

##### (2) 災害と情報の関わり

災害と情報の関わりとしては大きく分けると以下の4つのケースに分類される。

- ① 災害に備えての情報
- ② 災害発生第一報受信後の緊急連絡
- ③ 災害発生直後の安否情報、被災情報
- ④ 復旧活動に役立つ情報

##### 1) 災害に備えての情報

災害に備えての情報としては、以下のようなものが考えられる。

- ・災害への心構えと準備
- ・避難場所に関する情報
- ・被害を知る目安となる情報(ハザードマップなど)
- ・医療施設に関する情報

例えば、避難場所に関する情報等を自治体の広報や町内会の回覧版などで見たとしても、1回見て覚えることがなかなかできるものでもなく、そうかといって、用心のために回覧版のコピーをとっている人もほとんどいないものと推測されることから、後で思い出したり、確認することが難しい。また、情報内容が変わる度に回覧版を回していかなければならず、情報の更新に多くの労力が必要となる。

一方、これらの情報がインターネット上にあれば、一度に多くの人がいつでも最新情報をマルチメディアで見ることが可能である。記録を残しておくことができるため、過去に遡ってのデータを見ることも可能である。また、電子メールで関係機関に問い合わせすることも可能である。但し、普段から操作や検索方法に慣れておくことが必要である。

さらに、パソコン通信のフォーラム(電子会議室)、メーリングリストなどを利用することができれば、手間をかけずに同報通知、情報の共有化が図れるメリットも持ち合わせている。

第2節「防災情報の先進事例」でも紹介したが、インターネット上でハザードマップの提示や防災訓練も実際に行われている。

インターネットは今後災害に備えての情報の場として、その活用が増えていくものと推測される。

##### 2) 災害発生第一報受信後の緊急連絡

災害発生第一報の難しさは前述1.3で述べた

が、一旦第一報を受信した後は、関係者に緊急連絡をし、招集をかけなければならない。神戸市役所では震災後、関係職員に携帯電話やポケベルを持たせて緊急召集をかけるシステムを作っている。

今後はこのようなポケベルによる一斉召集や電子メールや携帯電話とリンクした緊急連絡システムが整備されていくものと予想される。

### 3) 災害発生直後の安否情報、被災情報

第1節「災害時の情報の現状と課題」でNTTを例に安否確認の電話によるふくそう（輻輳）について述べたが、災害発生直後には、家族や親戚、社員、友人、知人の安否を知ることが何よりも大事であり、安否確認のための電話が殺到する。

つまり、災害発生直後に必要な情報としては、安否情報、被災情報が第一に考えられる。

阪神・淡路大震災では加入電話はふくそうでかかりづらかったが、携帯電話は比較的にかかりやすく有効であったと聞いている。しかし、最近の携帯電話の普及を考えれば、今後は災害発生直後には携帯電話による安否確認通信が主になり、ふくそうするものと予想される。

電話の輻輳を回避するためには、伝言ダイヤルを利用して安否確認通話ができる「ボイスメールサービス」が有効と思われる。NTTなどの通信機関の今後の対応に期待したい。電話利用以外の安否確認通信については、貼り紙、新聞(号外)、マスメディア、パソコン通信やインターネットなどが考えられる。

TVでは死亡者名簿を1画面で7人伝えることができるので、安否をTVで確認するには、その画面を眺め続け、自分が探している氏名が画面に流れなかったことで初めて生存の可能性を知ることができるが、ダイレクトに特定個人の安否を知るには効率的でない。また、ラジオでの安否情報もあるが、これもTV同様、オンデマンド的な情報とはなっていない。さらに大きな課題として、放送時間という物理的制限があり、阪神・淡路大震災のような大きな災害の場合はデータが多すぎて、TVは実用にならなかったと聞いている。また、見落としや聞き間違いというエラーが伴うこと、そしてその確認がしづらいことも課題として残る。

パソコン通信、インターネットなどのように電子メールあるいはWWWを使って生存情報を入れておく方法がある。これについては、第2節「防災情報の先進事例」で紹介した「IAA訓練」のように生存情報データベースを構築することが可能である。これらの最大のメリットは、データベースを構築できるので、検索が可能であることが挙げられる。検索ができるということは、個人名等で目的の人を検索して安否を確かめることができることを意味している。また、単に安否だけでなく、避難先など必要な連絡事項も組み込むことが可能である。「ミラーリング」によってサーバおよびアクセス回線への負担を分散することも可能である。

### 4) 復旧活動に役立つ情報

復旧活動に必要な情報は、災害発生から時間が経つにつれ、多様化・増加していく傾向が一般的である。インフラ（電力、上下水道、ガス、通信）や公共物をはじめとした様々な施設の管理データ、医療施設や医薬品のデータ、建築資機材情報など、情報の種類が多様化・増加し、さらにそれらの情報の形態・内容が地図データであったり、数値データであったり、写真データであったりと、多様化する。

WWWなどのインターネット技術はまさにこのようなマルチメディア情報を扱うことが得意であり、さらにこれらの情報をリンクして関連づけしてデータベース化することも可能である。

以上、1)～4)で整理した結果をまとめると、インターネット技術を活用した情報化が進展していく社会動向を踏まえれば、災害時における情報対応の今後の方向の1つとして、インターネット技術を活用する方向をめざすことに大きな間違いがないものと判断される。

次に、それら技術の一部であり、有効な通信連絡手段の1つとして活用を想定している電子メールについて、現状を調査した結果を示す。

### (3) 電子メールの利用実態と将来の方向

前述のように、情報系部会では、防災に関する情報を交換したり、共有するための連絡手段の1つとして、今後は電子メールの活用が有効と考えている。

そこで電子メールの現況利用実態と今後の有効性を推測するために、主として技術士の方々を対象にアンケート調査を行った。

以下にそれら調査結果をとりまとめたものを示す。

① 調査概要

調査期間……平成8年11月～平成9年1月

調査方法……手渡し配布、FAX 回収

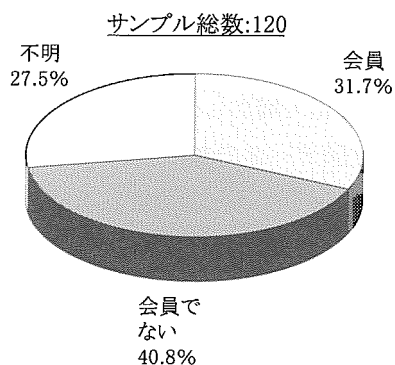
有効回答票数……120票

② 調査結果

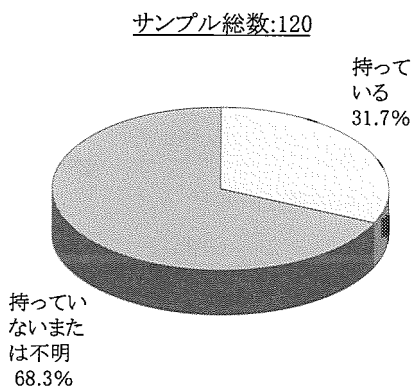
a. 回答者の概要

回答者の概要を見ると、電子メールアドレスを保有している人はまだ約3分の1程度であるが、電子メールの使用状況を見ると既に半数の人が現在使用しており、意外に普及が進んでいる状況がうかがえる。

a-1. 防災研究会所属の割合



a-2. 電子メールアドレス所有状況



b. 電子メールの使用状況について

現在電子メールを使用している人が半数を超えて

サンプル総数:120

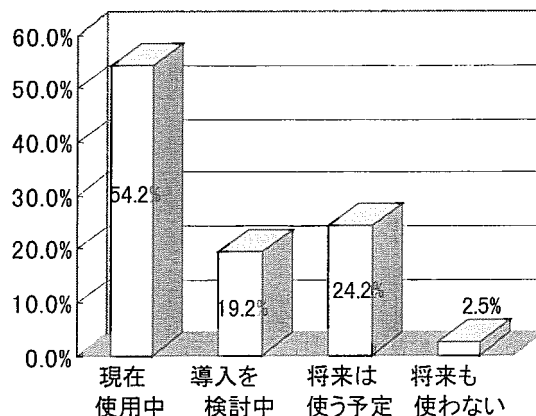


図 2.3.1 電子メールの使用状況

おり、今後の予定状況を加味すると、通信手段として電話やFAXと同様に普及していくことが予想される。

c. 電子メールの使用目的別評価について

現在電子メールを使用している人に、使用実感として目的別の有効性についてどのように感じているか調べたところ、全体的に有効性の評価が高かった。

使用目的別では、大きな差は見られないが、社外より社内での連絡の方が、技術情報より日常的な事

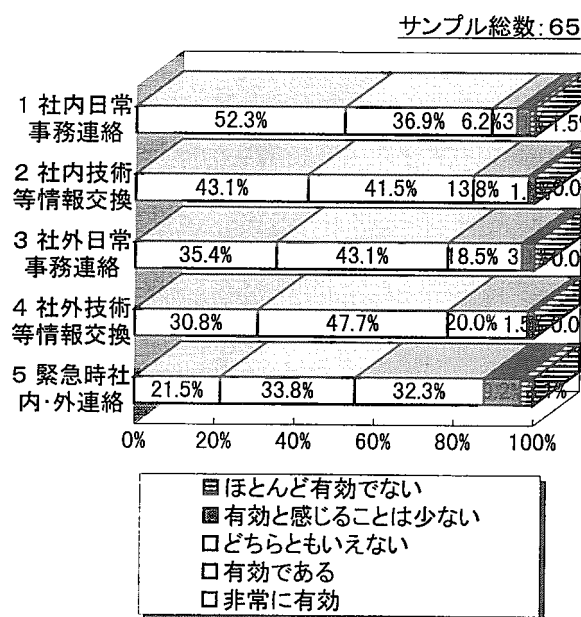


図 2.3.2 電子メールの使用目的別評価

務連絡情報の方が評価が若干高い結果となっている。緊急時の連絡利用については、使用機会が少ないこともあって、有効性への評価が分からない状況と推測される。

d. 電子メールの将来使用予定目的について

現在まだ電子メールを使用していないが、今後使用する予定のある人にどのような目的で電子メールを使う予定であるか調べた結果、前項と同様、社内での日常事務連絡としての使用予定も多いが、社外との技術情報交換に使用して役立たせたいとする期待感が一番多いことに注目される。

回答総数: 108(回答者数52名の複数回答)

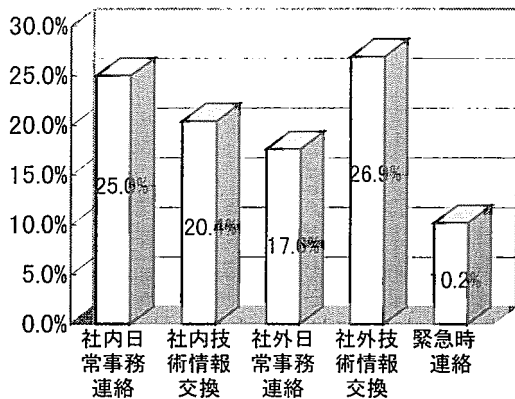


図 2.3.3 電子メールの使用予定目的

e. 技術士の半数以上の人電子メールで連絡可能になる時期の予想について

情報系部会では、近い将来電子メールでの技術情報等の交換が一般的になるのものと予想しており、それを前提に防災研究会としての情報基盤整備づくりを進めている。我々部会員の予想が大きすぎていないかどうか調べてみた。

結果として、回答者の約半数近くの人がかん世紀中にかんり実現すると予想しており、加えて遅くともこの先10年以内には電子メールでの連絡がかんり一般的になっているのものと予想している。

f. 防災研究会メーリングリストの利用ニーズについて

電子メールでの情報交換を前提とした場合、メー

サンプル総数: 107

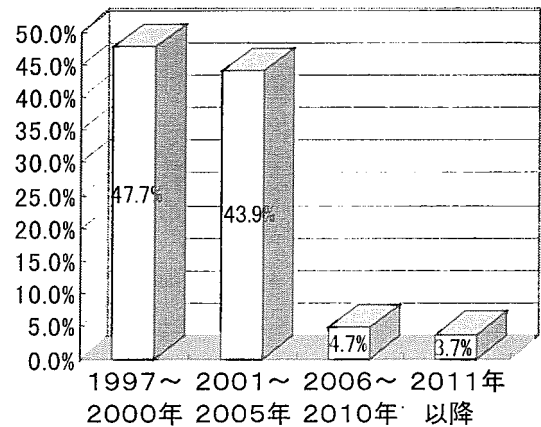


図 2.3.4 技術士の半数以上の人電子メールで連絡可能になる時期の予想

リングリストを利用する事によって、効率的な情報交換、情報の共有化が図れることになるものと期待される。情報系部会では、今後の電子メール利用環境整備の一環として、防災研究会メーリングリストの利用も検討しており、今後の利用ニーズ動向を調べてみた。

調査の結果、回答者の8割弱の人が利用する意向のあることが分かった。

サンプル総数: 109

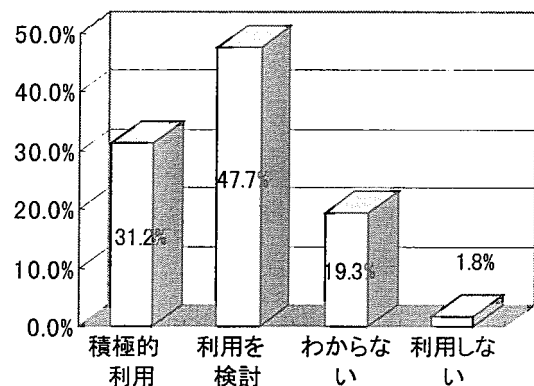


図 2.3.5 メーリングリスト登録への意向

### 3.2 防災研究会のインターネット対応

これまで述べられたように、インターネットは、防災に関連する多くの局面で利用され、関連諸活動の基本である情報活動を強力に支えている。

近年の情報通信技術の進歩には目覚ましいものがあるが、中でも、インターネット関連技術は、これまで専門家のものであったネットワーク型情報システムの構築あるいは利用を、一般利用者の手にも届くものとした点で、注目されている技術である。従来技術との融合もさかんに行われており、現在、最も求心力を持った技術あるいは環境となっている。

1996年4月現在、インターネットには、160カ国9400万人以上、国内には260万人以上の利用者がいると言われており、日々増加の一途をたどっている。

このインターネットの利用面の特徴は、下に示すような、知的活動を効率よく行うための機能を備えている点にある。

- ① ネットワーク内に情報を蓄積できる
- ② ネットワークを利用したコラボレーション（協同作業）を支援できる
- ③ 広域での自由な情報の共有・交換が行える

すなわち、インターネット環境は、情報空間を介しての情報の流通、共有化により、従来からの組織形態、その運営を改善、あるいは改革させる可能性をもっている。

防災研究会情報系部会では、これらの特徴を一早く認識し、部会活動を有効かつ効率的なものとするため、インターネットの利用に向けての努力を続けているところである。

以降、防災研究会におけるインターネット利用の狙い、開設予定の防災研究会のホームページ、メーリングリストの活用予定などについて紹介する。

#### (1) 防災研究会におけるインターネット利用の狙い

当部会のインターネット利用に関するこれまでの活動は、災害対応情報の公開あるいは啓蒙を行うことを中心に進めてきた。ここにおける技術面の着眼点は、これまで述べた特徴から得られる、メディアとしての可能性である。その理由は、

■個人を尊重し、草の根的な協力で全体が構成されるインターネットの文化が、北海道内の防災分野における社会貢献を目指したボランティア集団としての防災研究会の活動趣旨に合致している。

■防災分野の情報化に関して、災害時はもとより、平常時から役立つノウハウのデータベースとしてシステム構築ができる仕組みを基本としてもっている。

■情報の的確性、適時性を備えることにより、その存在が認知されたなら、紙を媒体とする以上に継続して利用される。

■研究成果や提言を知ってもらうメディアとして有効である。

■防災研究会、あるいは北海道技術士センターの情報化に寄与し、会員のよりどころとして機能すると思われる。

■情報生成過程のデジタル化が一般化し、システム構築に関わるハード・ソフトのインフラが整っていることから、現状からの移行、早期実現が容易である。

■総じて、従来の紙を媒体とする方法よりも運営の負荷・費用を抑えられる。といった点に要約できる。

#### (2) 防災研究会のホームページ

防災研究会情報系部会では、1997年6月の公開を目指して、ホームページ作成作業を進めている。防災研究会のホームページは、最初に表示される、下記「c. 北海道技術士センターのホームページ」の中の、「防災研究会について」をマウスでクリック（以下、クリック）することにより閲覧することができる。

以下に、閲覧のイメージと掲載内容を紹介する。

##### a. 防災研究会ホームページ（図2.3.6）

このページは、防災研究会の活動を概観できるインデックスのページである。

アンダーラインの項目をクリックすることにより、その実体のページを閲覧することができる。各部会の会員と活動状況、防災ライブラリ、防災関連サイト、親元のページである北海道技術士センターのホームページを閲覧可能としている。なお、防災ライブラリは、全体、共通および圏域に分け、検索の利便性に配慮した。

## b. 防災ライブラリ (図 2.3.7、8)

このページは、各機関が作成した防災関連パンフレットなどを、当該機関了承の下に、要点を紹介するものである。どの機関で、どのような検討がなされているか、より詳しい資料はどこから入手可能か、を知ることができるように配慮したものである。この情報が地方自治体などの防災検討のきっかけを与えることができれば幸いである。

## c. 北海道技術士センターのホームページ (図 2.3.9)

このページは、防災研究会のホームページの親元である、北海道技術士センターのホームページであり、技術士の定義、技術士試験・講習会、北海道技術士センター、支部活動、防災研究会、関連サイトなどの目次を掲載している、言わば北海道技術士センターの顔としてのページである。ホームページのアドレス (URL:Uniform Resource Locator) は、「<http://www.docon.co.jp/jcea-hokkaido/>」で準備を進めている。

## (3) メーリングリスト

メーリングリストは、テーマごとに固有のグループ (名) を設け、当該グループ員がグループ (名) 宛てに送信したメールをグループの全員に同報することにより、多対多のコミュニケーションを実現しようとする、言わば電子メールの機能を拡張したものである。

災害に関する適用事例については、既に紹介済みであるが、当部会活動においても、平常時、災害時ともに、ある程度の機能を発揮できるものと判断している。しかし、メーリングリストも便利さ故に誤送信や不適切なメールによって当該グループ員に迷惑がかからないよう、一方では日常的な管理が必要であると考えられる。

当部会においては、まず電子メールによる技術情報等の交換を一般化し、次に電子メールの高度利用化を図っていく予定である。そして、その延長上にメーリングリストの具体的利用を考えており、今後の検討課題として位置づけている。

## 防災情報システムに関する最近の話題

■ 「衛星を利用した簡易型無線設備」… (国土庁)  
従来の防災無線が被災して使用出来なくなった場合に利用するもので、これは組み立て式で場所もとらず携帯性を重視している。  
(道新 95.8.21)

■ 「北海道総合行政情報ネットワーク」…北海道  
いままでに地震・津波情報は管区气象台から道に送られる警報をファクスで市町村に送信していたがこのシステムは气象台から専用線で直接市町村にも届く方式で 10 秒以内でテレビよりも早く伝達できる仕組み。  
(道新 95.8.30)

■ 「地震・津波情報システム」… (利尻町)  
通信衛星などを利用し、地震や津波の情報を利尻町独自でいち早くキャッチできる防災システム。同町はこれまで、気象庁の地震情報を入手するのに 5 分以上かかっていたがこのシステムだと 2 分以内に全町民に伝達できる。  
(道新 95.11.27)

■ 「画像伝送システム」… (札幌市)  
大規模災害が発生したときに、刻々と変化する市内の被害状況を即座に映像で確認できるシステム。平成 8 年 3 月から共用開始している。これは、地上 130 m 上に高所監視カメラを二台設置しその映像を光ファイバーで送信する仕組みで札幌市街の約 90%を見渡せるシステム  
(日経 96.3.8)

■ 「地震情報伝達システム (wise)」… (開土研)  
これは釧路沖地震をきっかけに開発をすすめてきたもので地震が発生した際、従来は道内各地に設置された地震計のデータを職員が現地に向いて集めなければならず、データ分析にも数ヶ月かかっていた。当システムでは、地震計に内蔵されたコンピューターがデータを即時に分析し通信網で送信するため被害の推測に要する時間が大幅に短縮される。  
(道新 96.5.6)

■ 「統合防災情報システム」… (開発局)  
気象情報や地震情報伝達システム等の外部からの情報を取り込み、ボットベル等による一斉同報通報方式の職員非常参集を自動的に行うとともに、災害対策機械・要因・資機材備蓄等をデータベース化し応援の出勤指示等を支援するなど、災害発生に関する早期警戒や応急対策のオペレーションを支援するシステム。さらに、開発局内の LAN や車に搭載されたパソコンをもネットワークでき、また、防災やヘリコプターから送信された画像等の情報伝達もはかることができる。  
(北海道通信 96.7.26)

■ インターネット上では東京よりワシントン DCの方が神戸に近い!?  
インターネットによる情報は物理的距離、国境の概念を意識することなく瞬時に伝わる。  
1995 年 1 月の阪神・淡路大震災では、インターネットの電子メールの転送という方法で、地球の反対側のホワイトハウスが、村山首相 (当時) よりも早く震災の一方を入手できたという事実は、インターネットを象徴的に物語る事例である。

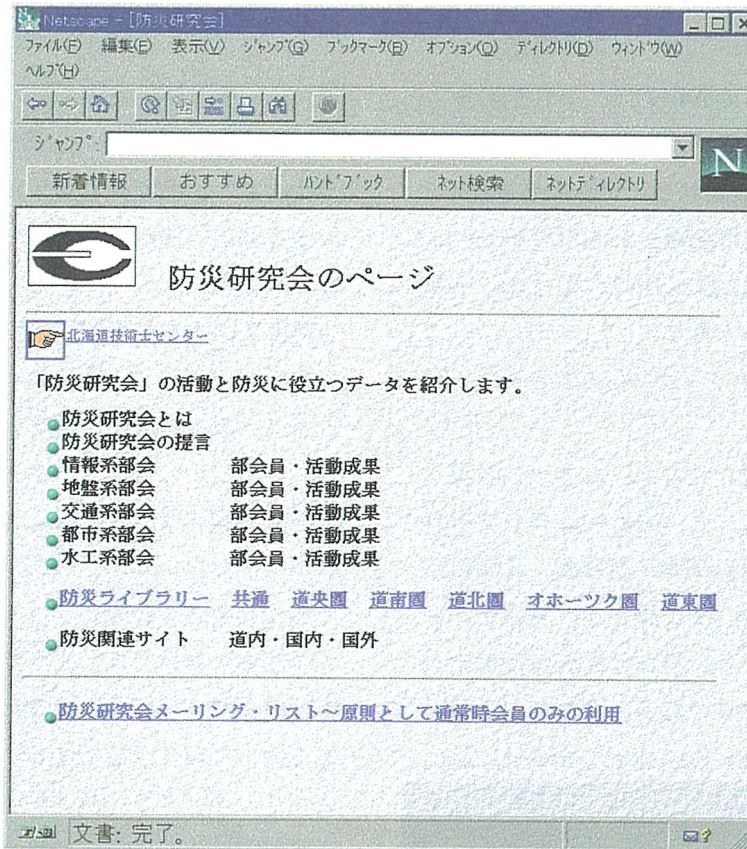


図 2.3.6 防災研究会のインターネットホームページのイメージ (案)

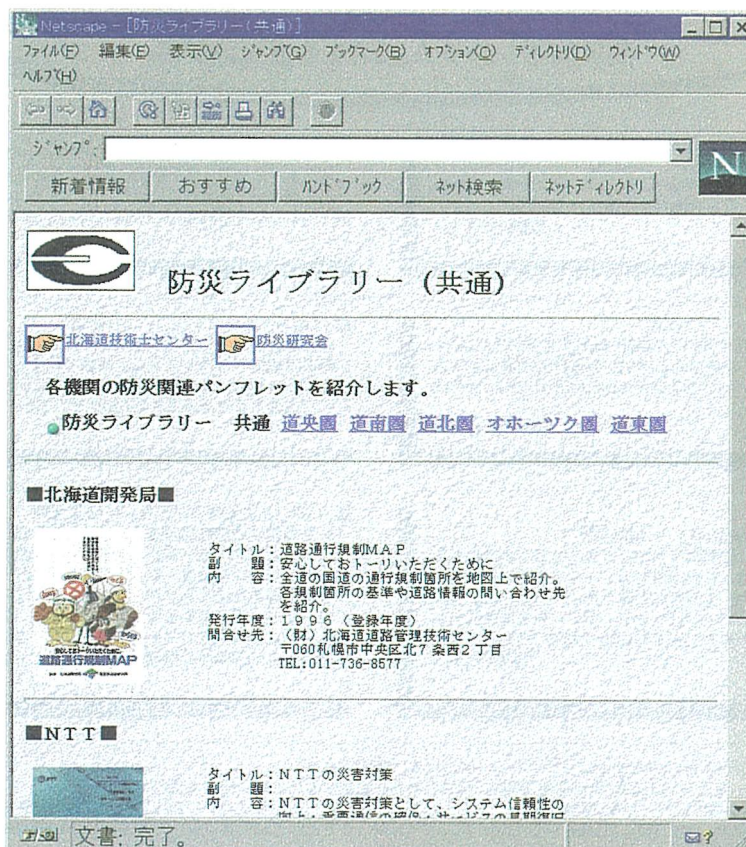


図 2.3.7 防災ライブラリー (共通) のイメージ (案)



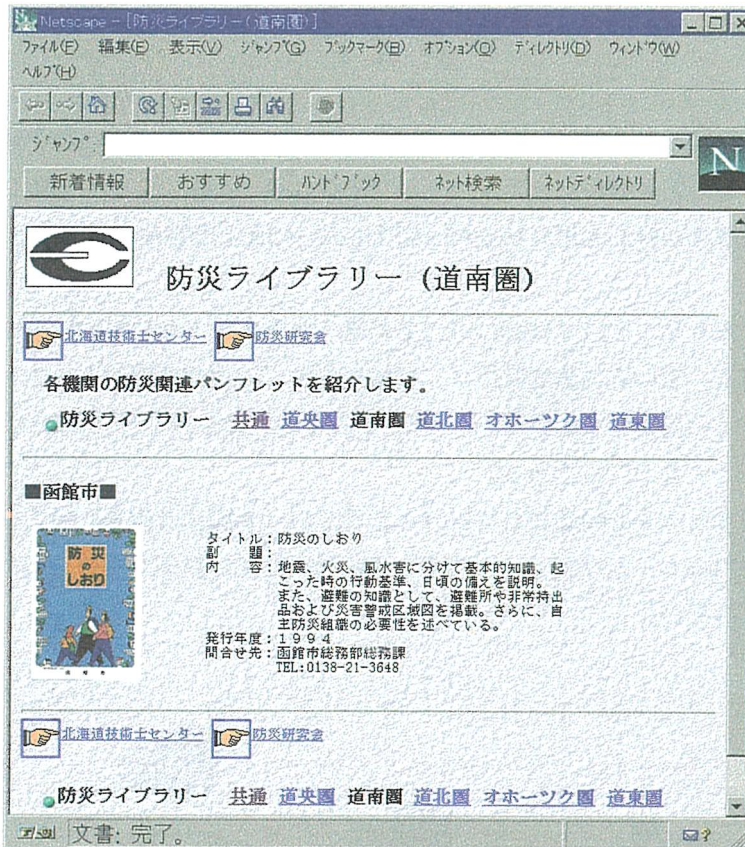


図 2.3.8 防災ライブラリー (道南圏) のイメージ (案)

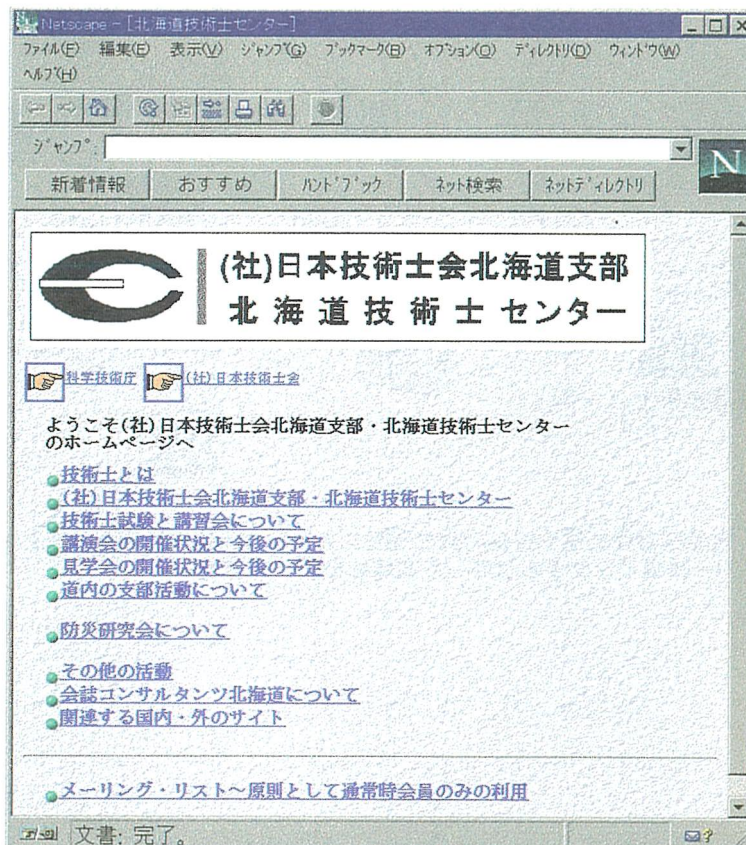


図 2.3.9 北海道技術士センターのインターネットホームページのイメージ (案)

## おわりに

本部会がこの2年間で検討した、防災研究会のインターネットへの対応は、社会を構成する一員としての技術士の集まりが、将来の防災情報システムづくり（それは単に情報システムの域を越えて災害に強い社会システムづくりの領域まで行くと思われるが～図2.0.2）に大きな貢献ができるようにするための布石になると考えている。

防災は、技術者だけで成り立つものではないが、まず第一にさまざまな分野の技術者の連携と協力が必要であることも事実である。幸い防災研究会には、技術士に多くの専門分野があることを反映して、多才な人材が参加している。この総合力を結集して、安全・安心な地域社会づくりに貢献することができれば、参加者一同の望外の喜びとするところである。

最後に、パネルディスカッションに参加された方々をはじめ、本部会の活動に多大なご協力をいただいた方々、また各種防災資料のホームページへの掲載をご快諾いただいた各機関の方々に心からお礼申し上げます、本章の締めくくりとしたい。

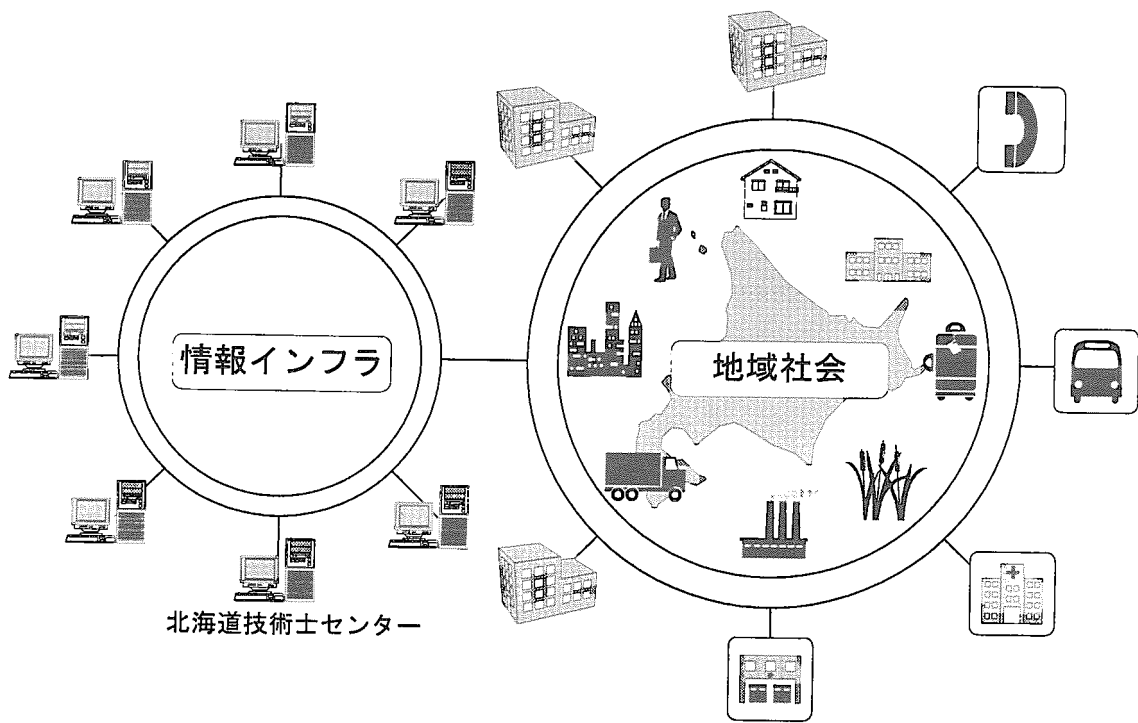


図 2.0.2 情報系部会が描く将来の防災情報システムと北海道技術士センターの貢献  
— 情報インフラを活用した関係諸機関との連携 —

### <参考文献>

1. ミニ特集「情報が生死を分けた」土木学会誌、55-89、1996 Vol.81
2. 吉村秀實：「災害時、情報はどうあるべきか」土木学会誌、46-53、1995 Vol.80

# 第3章 地震による地盤災害の予防をめざして

## 防災研究会地盤系部会

はじめに .....	41
1. 総論	
1.1 北海道の地震活動.....	42
1.2 北海道の地盤災害史.....	42
1.3 生活基盤整備と地震災害.....	46
2. ハザードマップ整備に関する検討	
2.1 ハザードマップの定義.....	48
2.2 ハザードマップの目的と意義.....	48
2.3 ハザードマップの種類.....	51
2.4 ハザードマップ作成について .....	51
(1) 液状化危険区域 .....	51
(2) 軟弱地盤地帯 .....	55
(3) 急傾斜危険区域 .....	59
(4) 地すべり危険区域 .....	63
(5) 土石流危険区域 .....	67
2.5 ハザードマップに関する課題.....	69
2.6 ハザードマップ整備にむけての提言.....	70
3. 地震地盤災害予測評価システムの検討	
3.1 地盤災害予測のための調査技術.....	72
3.2 北海道における強震動観測の現状と今後の展望.....	78
(1) 道内観測システムの実態 .....	78
(2) 観測結果の有効利用に関する検討 .....	79
(3) 地震動による地盤災害予測評価システムの展望 .....	82
3.3 調査観測体制に関する課題と提言.....	83
4. 地盤災害の予防・対策	
4.1 予防・対策の調査試験.....	87
4.2 予防・対策技術の現状と技術開発の動向.....	89
おわりに .....	98

# 第3章 地震による地盤災害の予防をめざして

## 地盤系専門部会

### はじめに

1995年（平成7年）1月17日の阪神・淡路大震災の記憶がまだ生々しい同年5月29日、北海道技術士センター防災研究会が発足した。地盤系部会は五つの専門部会の一つとして設置されたもので、高橋輝明部会長（応用理学部門）のもと建設・応用理学・農業・林業部門の技術士20名によって第一期二年の間、地盤災害防止に関する研究をすすめてきた。部会活動日誌は表3.1.1にまとめるとおりであり、延べ19回の会合をもった。

本部会の第一期の研究対象は、発足の経緯からして「地盤災害のうち地震災害に限る」という確認から出発したが、地震以外の災害も間接的に原因として関与しているため、ある程度地盤災害の対象を広めて研究をすすめた。

また地震そのものについては「地震による被害の予測・評価」を研究対象とし、「地震がいつ起こるか」という「地震の予知」は対象としていない。

第一期の活動方針は次のとおりである。

① 現段階での情報を収集し、現状を分析した上で「現状での提言」をとりまとめる事を第一段階とする。現状分析を基本目標とする。

② 今後の具体的な作業課題も整理し提言する。

平成7年度は主として会員の個人研究報告と、研究課題の検討を行い、第5回部会において第一期の研究課題を次のように決定した。

① 予防計画の観点から、ハザードマップの現状と今後必要とされる成果について検討し、作成方法に関する提言を行う。

② 初動対応の観点から、強震計などによる早期被害把握システムの現状を調べ、今後に向けての提言を行う。ただし研究を進める中で、強震計のデータを利用した災害予測システムの展望

についても検討する。

平成8年度は、研究課題に従って実務的な研究をする検討グループを次の2つに分け、夫々に研究をすすめた。

ハザードマップ検討グループ

齊藤和夫 幹事（建設部門）

地盤災害予測システム検討グループ

北 健治 幹事（応用理学部門）

この報告書は、総論で北海道の地震と地盤災害の特徴にふれた上で、両グループの活動成果をまとめたものである。第一期の到達点は現状分析と問題点をまとめたところであり、対象によっては今後への提言まで進めている部門もあるが、提言の具体的な内容については、今後の研究へ引き継がねばならない部門も残している。

表3.1.1 地盤系部会活動日誌

部会	開催日	参加者	議 題
平成7年度	第1回部会 6.16	10名	研究対象の検討
	第1回講演会 7.3	65名	山岸宏光、ニッ川健二、齊藤和夫による講演
	第2回部会 9.29	11名	活動方針について意見交換 高橋輝明、日下部祐基の報告
	第3回部会 10.27	5名	活動方針の骨子検討
	第4回部会 12.14	15名	活動方針の決定 堀俊和、横田寛の報告
幹事打合せ 1.31	5名	活動方針の具体化	
第5回部会 2.5	11名	研究課題と検討グループの決定 仲野昭治郎、榎本義一の報告	
平成8年度	第1回部会 5.10	10名	平成8年度の活動計画 船越元の報告
	第2回部会 6.10	9名	グループ別に研究課題の具体化
	第3回部会 7.8	12名	グループ別に活動計画の検討
	第4回部会 8.26	13名	報告書目次の検討
	第5回部会 10.14	13名	執筆分担
	ハザードG.会 11.15	8名	執筆内容の検討
	第1回講演会 12.2	43名	齊藤和夫、北健治による講演
	第6回部会 12.9	14名	執筆内容の調整
	強震計G.会 1.10	7名	原稿内容の検討
	ハザードG.会 1.21	8名	原稿内容の検討
	第7回部会 2.17	13名	最終原稿の検討
幹事打合せ 4.7	4名	冊子最終原稿の検討	

# 1. 総 論

## 1.1 北海道の地震活動

### 1) 北海道における被害地震

北海道に被害を与えた被害地震は、1611年(慶長16年)の三陸沖地震以来、50を数える。主なものとして、1952、1968年の十勝沖地震、1973年の根室半島沖地震、1982年の浦河沖地震、及び1993年1月の釧路沖地震と連続して発生した北海道南西沖地震(1993年7月)、北海道東方沖地震(1994年10月)などである。表3.1.2には北海道に影響を与えた主要被害地震を示した。表において近年になるほど被害地震の数が増えているのは、調査精度が向上し、小さな地震まで記録が残せるようになったことが理由である。

### 2) 被害地震の震源分布

表3.1.2の被害地震の震源分布の状況を図3.1.1に示した。図3.1.1より北海道、及びその周辺に発生する地震の震源は以下のようにまとめることができる。

#### ① 太平洋沖合の地震

プレート理論によれば、太平洋プレートの沈み込みにより発生するものとされ、 $M \geq 7$ の地震でなければ大きな被害は出ないとされている。したがって、 $M = 8$ 程度の地震も稀ではなく、このような巨大地震では津波による大被害を誘発することがある。

#### ② 日本海の地震

太平洋沿岸の地震に比べ、頻度、規模とも小規模になるが沖合で $M = 6 \sim 7$ 級の地震が発生し津波を伴うことがある。北海道南西沖地震が記憶に新しい。札幌市周辺では1834年(天保5年)石狩川河口付近を震源とする $M = 6.4$ の地震があり、地割れや家屋倒壊があったとされている。

#### ③ 北海道内陸部の地震

北海道の内陸部に発生する地震は極めて少なく、 $M = 6$ 級の地震はいずれも南部、西部の海岸線付近に発生する。ただし、南部海岸線沿いの地域は $M =$

5～6の直下型となって発生する可能性がある。東部地区(弟子屈、屈斜路湖)は群発地震となって発生している。

### 3) 北海道における想定地震と推定震度

北海道防災会議において北海道における想定地震は表3.1.3、および図3.1.2のとおり設定されている。太平洋側の北海道東部域と日高中部、内陸の釧路北部、日本海側に留萌沖と後志沖、さらに札幌市近郊の石狩に $M 6.75$ が設定されていることが注目される。

また、図3.1.3は気象庁震度階に従い、全道の気象官署における各震度階の発生頻度を統計的にまとめたものである。この関係は直線がより上方にあるほど高い震度の地震に頻繁に遭遇することを意味しており、広尾、釧路、浦河、帯広は厳しい地震環境にあることがわかる。この地域においては震度V以上の地震を約10年に一回、それ以外の地域においても約50年に一回の割合で経験することになる。また、地震の少ない地域とされている道北地域(雄武、稚内、枝幸)においても、震度IIIクラスの地震については10～20年に一回の割合で経験することになる。このように北海道全域が地震危険地帯とみる必要があるとあり、地域による差異はあれ、いずれの地域においても地震防災に関する配慮が必要であることを示している。

## 1.2 北海道の地盤災害史

明治以降に北海道において発生した代表的な地盤災害を表3.1.4に示す。

この報告書では、大規模地震が直接的あるいは間接的に発生要因となった地盤災害を対象としている。そこで、北海道における主な地震被害の概要について、以下述べる。

表 3.1.2 北海道における主要被害地震（文献<sup>1)</sup>より編集）

西 曆 年 月 日	日本暦	震央地名	M	概 要
1611.12. 2	慶長16	三陸沖	8.1	大津波、死者多し
1640. 7.31	寛永17	北海道駒ヶ岳	—	噴火湾津波、死者700余、駒ヶ岳噴火
1741. 8.29	寛保元	渡島大島	6.9	大津波、死者1,467
1792. 6.13	寛政 4	北海道西方沖	6.9	積丹半島東側津波、死者あり
1834. 2. 9	天保 5	石狩川河口付近	6.4	地割れ、家屋全壊若干
1839. 5. 1	天保10	釧路沖	7.3	厚岸国泰寺で小被害、津波あり
1843. 4.25	天保14	釧路沖	8.4	根室、釧路地方で被害、大津波死者多数
1856. 8.23	安政 3	三陸はるか沖	7.8	函館より日高沿岸まで津波被害
1894. 3.22	明治27	根室半島南東沖	7.9	根室、厚岸、釧路被害、死傷あり、中津波
1896. 6.15	明治29	三陸はるか沖	7.6	十勝、日高から函館まで津波被害、死者あり
1900.12.25	明治33	根室半島南東沖	7.1	根室地方、渡島半島で軽い被害あり
1901. 1.14	明治34	十勝沖	6.8	広尾で軽い被害
1902. 5.28	明治35	釧路沖	6.5	釧路地方小被害
1907. 7. 6	明治40	国後島付近	6.7	根室、厚岸地方で小被害
1907.12.23	明治40	根室支庁北部	6.9	釧路地方で軽い被害
1909. 9.17	明治42	浦河沖	6.8	浦河、広尾地方で小被害
1910. 7.24	明治43	有珠山	6.5	有珠山周辺で家屋半壊若干その他
1910. 9. 8	明治43	北海道北西沖	5.9	留萌郡鬼鹿、苫前で家屋破壊
1913. 2.20	大正 2	浦河沖	6.9	帯広、浦河等で軽い被害
1913. 8. 1	大正 2	浦河沖	5.7	浦河地方で軽い被害
1915. 3.18	大正 4	広尾沖	7.0	芽室村と戸蔭村で家屋倒壊、死者各1
1916. 3.18	大正 5	根室半島南東沖	7.0	釧路で小被害
1918. 9. 8	大正 7	千島列島中部	7.9	大津波、ウルップ島で死者24
1926. 9. 5	大正15	十勝沖	6.8	帯広地方小被害
1931. 3.30	昭和 6	釧路支庁西部	6.6	釧路、白糠、音別方面小被害
1932.11.26	昭和 7	日高支庁中部	7.0	日高地方一帯小被害
1938. 5.29	昭和13	釧路支庁北部	6.1	震央地方で小被害、死者1
1940. 8. 2	昭和15	北海道北西沖	7.5	日本海岸大津波、死者10
1947.11. 4	昭和22	北海道西方沖	6.7	小津波、軽い被害
1952. 3. 4	昭和27	十勝沖	8.2	十勝、日高、釧路地方で大津波、十勝沖地震
1953. 7.14	昭和28	桧山支庁中部	5.1	熊石で強震、地すべり等あり
1956. 3. 6	昭和31	北海道北東沖	6.3	網走地方で小被害
1959.11. 8	昭和34	北海道西方沖	6.2	小樽などで軽い被害
1961. 8.12	昭和36	根室半島南東沖	7.2	釧路地方で小被害
1962. 4.23	昭和37	十勝沖	7.0	十勝、日高、日高地方で小被害
1963. 1.28	昭和38	根室支庁中部	5.3	中標津町養老牛で壁等破損
1964. 1.20	昭和39	根室支庁北部	4.6	羅臼町で軽い被害
1965. 8.31	昭和40	釧路支庁北部	5.1	弟子屈で軽い被害
1967.11. 4	昭和42	釧路支庁北部	6.5	弟子屈、阿寒で小被害
1968. 5.16	昭和43	三陸はるか沖	7.9	太平洋沿岸部を中心に大きな被害、1968年十勝沖地震
1968. 5.16	昭和43	三陸はるか沖	7.5	上記地震の余震、軽い被害
1970. 1.21	昭和45	日高山脈	6.7	震源が近いこと被害発生
1971. 8. 2	昭和46	十勝沖	7.0	小津波発生
1973. 6.17	昭和48	根室半島沖	7.4	あらかじめ発生の可能性が指摘されていた、根室半島沖地震
1981. 1.23	昭和56	日高支庁西部	7.1	日高、胆振地方に被害が発生
1982. 3.21	昭和57	浦河沖	7.1	浦河～静内に被害が集中、浦河沖地震
1983. 5.26	昭和58	秋田県沖	7.7	津波と液状化による地盤被害が特徴、日本海中部地震
1993. 1.15	平成 5	釧路沖	7.8	死者2名を記録、太平洋プレート内部で発生した深さ100km
1993. 7.12	平成 5	北海道南西沖	7.8	地震に加え津波による被害が大きかった、奥尻島の被害甚大
1994.10. 4	平成 6	北海道東方沖	8.1	北方四島に大きな津波が発生
1994.12.28	平成 6	三陸はるか沖	7.5	八戸で震度6を記録、弱い津波があった

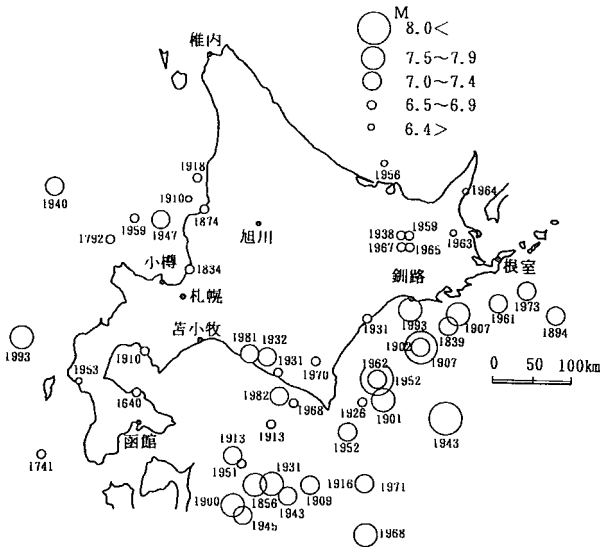


図 3.1.1 北海道周辺部における主要被害地震分布図<sup>1)</sup>

表 3.1.3 想定地震の位置および規模

地域名	位置		規模
北海道 東部	北緯42.5度	東経146度	M8.25
釧路 北部	北緯43.5度	東経144.5度	M6.5
日高 中部	北緯42.25度	東経142.5度	M7.25
石狩 狩	北緯43.25度	東経141.25度	M6.75
留萌 沖	北緯44度	東経141度	M7.0
後志 沖	北緯43度	東経139度	M7.75

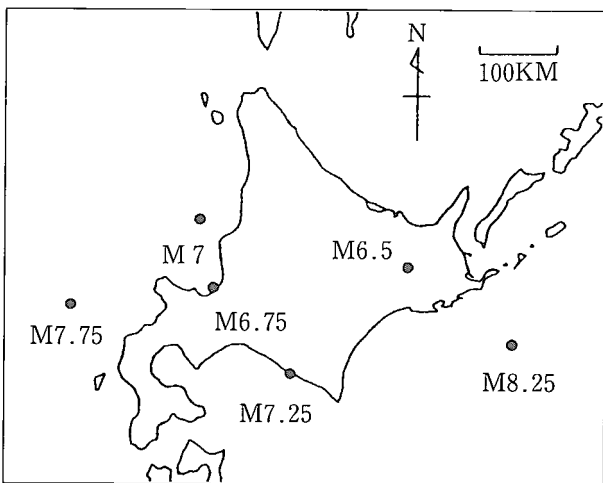


図 3.1.2 想定地震の震央分布

1) 十勝沖地震

この地震による死者は 28 名、行方不明者 5 名であり、多くの土木、建築構造物などに被害が生じた。

地盤災害に着目すると、太平洋沿岸部である日高、十勝、釧路地方の沖積低地帯で被害が大きく泥炭地盤上に築造された河川堤防（十勝川、利別川、釧路

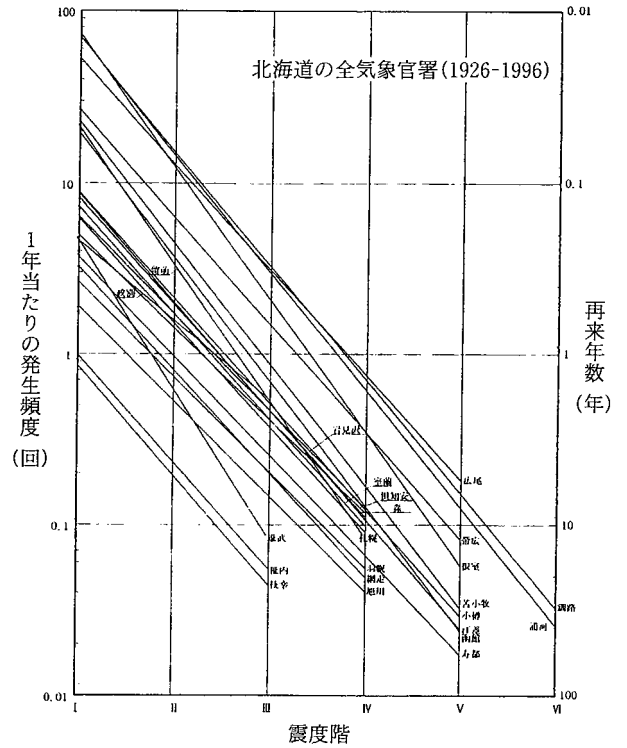


図 3.1.3 気象庁震度階に対応した北海道全域の地震発生頻度

川) に大きな沈下、亀裂などの被害が生じたのが特徴的である。このうち、釧路川の堤防において被害が大きかった。釧路川堤防は、大規模泥炭地帯である釧路湿原内に築造されている。泥炭地内を通る部分の総延長 27 km のうち、55%にあたる 14.9 km において、沈下、亀裂が生じた。築堤の高さは最大約 6 m であるが、最大沈下量は 2 m にも及んでいた。

2) 1968 年十勝沖地震

この地震の被害規模は、1952 年の十勝沖地震に次ぐ大きなものとなった。

地盤災害における特徴的なものは、鷗川下流部での基礎地盤の液状化による堤防被害と札幌市内における火山灰による造成盛土の沈下が挙げられる。このうち、造成盛土の沈下は、札幌市南東部に位置する火山灰丘陵地帯(第四紀洪積世支笏火山噴出物層)を造成した清田団地にて発生し、地盤沈下による家屋の沈下、傾斜などの被害が発生した。この被害の特徴として、切土地域では無被害だったのに対し、盛土地域では 56%の家屋に被害が生じたことが指摘できる。

表 3.1.4 北海道における主な地盤災害（文献<sup>3)4)</sup>より編集）

年 月 日	直接原因	概 要
1874. 6.13		久遠郡日方泊村土砂崩れ、死亡5名
1910. 7.25	火山噴火	有珠山噴火に伴う泥流、埋没家屋20戸あまり
1926. 5.24	火山噴火	十勝岳噴火に伴う泥流、死亡・行方不明144名
1947. 8.15	豪 雨	忠別川の土石流による旅館（天人峡温泉）の流失
1952. 3. 4	地 震	十勝沖地震、河川堤防などに被害
1955. 7. 2	豪 雨	中札内村農協発電ダムが土砂で埋塞
1961. 7.24	豪 雨	道央地方において崖崩れ230箇所
1961.10. 5	豪 雨	道南地方において崖崩れ50箇所
1962.10. 1		乙部郡において地すべり、バス海没し、死亡14名・行方不明2名
1968. 5.16	地 震	1968年十勝沖地震、太平洋沿岸部を中心に大きな被害
1968. 8.20	豪 雨	道南地方において崖崩れ124箇所
1973. 6.17	地 震	根室半島沖地震、太平洋沿岸部において盛土に被害
1973. 9.23	豪 雨	小谷石において土石流（68千m <sup>3</sup> ）、家屋2戸全壊
1975. 8.22	台 風	全道で崖崩れ75箇所、河道埋塞・氾濫
1978.10. 2	豪 雨	有珠山泥流により死亡・行方不明3名
1980. 8.29	豪 雨	胆振地方において崖崩れ130箇所
1981. 8. 4	台 風	土砂流出に伴い家屋被害13戸、そのほか畑、河川などの被害
1981. 8.22	台 風	札幌市南区に土砂流出
1982. 3.21	地 震	浦河沖地震、浦河から静内にかけて河川堤防、道路盛土に被害
1987. 6. 9		層雲峡天城岩崩落、3名死亡
1993. 1.15	地 震	釧路沖地震、約900galもの地震動を観測
1993. 7.12	地 震	北海道南西沖地震、死者・行方不明者200名以上
1994.10. 4	地 震	北海道東方沖地震、釧路沖地震での復旧対策に効果
1996. 2.10		古平町豊浜トンネル岩盤崩落、バスの乗客20名が死亡

### 3) 根室半島沖地震

この地震の発生は、太平洋沿岸沖合部における過去の地震活動経過より、地震発生前にあらかじめ指摘されたものとして知られている。この地震においても土木構造物などに被害が生じている。

地盤に起因する被害のうち特徴的なものは、国道44号および272号の沖積地盤地帯で発生した盛土の沈下、路肩崩壊である。被害地域の一部において、被害箇所と無被害箇所との比較が行われている。それによると、表層軟質層が2mより厚く堆積する地点が被害箇所とよく対応するとされている。また、被害箇所の盛土材は火山灰質土であり、その粒度構成から飽和状態であれば容易に液状化し、地震動に対して極めてもろい性状であることも報告されている。

### 4) 浦河沖地震

この地震の特徴は、地震動の大きさに比較して構造物の被害が少なかったことである。これは、軟弱

な沖積低地の分布が小規模であったこと、既に耐震的な配慮がなされていたことなどによるものといわれている。

地盤災害としては、静内町で発生した道路のり面の崩壊と橋梁取付け部の段差、クラックである。静内町のり面崩壊箇所の地質は、新第三世紀鮮新世の泥岩頁岩による軟質岩から構成されており、いずれも前年の台風12号による豪雨災害を受けたところであった。また、段差、クラックが生じた橋梁取付け部の地盤は、泥炭地盤であるか、あるいは周辺に砂の液状化による噴砂跡が確認されている。

### 5) 釧路沖地震

この地震においては、約900galもの地震動が観測されたにもかかわらず構造物の揺れによる被害は少なかった。しかし、各地で液状化などの地盤災害が発生し、港湾施設、ライフラインなどの土木施設および家屋などに被害が生じた。



## 6) 北海道南西沖地震

この地震は、渡島半島の沖合いという大地震があまり発生していなかった地域で発生した。地震の揺れにより、奥尻島および北海道南西部では地すべり、崖崩れ、地盤の液状化による亀裂、段差、盛土の崩壊、建物の損壊が随所で発生した。主として津波と崖崩れによる死者・行方不明者は二百数十名にものぼり、北海道における自然災害としては近年にない大災害となった。

## 7) 北海道東方沖地震

この地震の震央に近い根室、釧路では震度Ⅵ（烈震）を観測しており、前年1月の「釧路沖地震」で震度Ⅵを記録した釧路は、わずか2年で2度の烈震に見舞われた。

釧路、根室地方において道路、堤防、港湾などの土木施設にかなりの被害が生じた。また、釧路沖地震での復旧対策が今回の地震に対し十分な効果を発揮したことは興味深い。

### 1.3 生活基盤整備と地震災害

環太平洋地震帯に位置するわが国は、全国いたるところで大地震発生の可能性があることは言うまでもなく、近代国家づくりを始めて以来これまで、最新の耐震技術を活用して、地震に強い国土づくりを目指してきた。しかし、地震による被災の規模は必ずしも減少してきたとは言い切れず、先般の阪神・淡路大震災に見られるように、大地震に対する都市圏の脆弱性が今なお大きな不安材料となっている。

地震発生を正確に予知する技術は、高度な科学技術が発展した現代においてもなお不可能に近く、それが完成する目途も立っていない現状である。しかも、都市への人口集積や社会機能の一極集中は今後もなお進んでいくものと予測されることから、都市型地震災害によって引き起こされる影響は、単に被災地域内だけに止まらず、都市圏が大きくなるにつれ都市機能・情報中枢の壊滅によって国内はもとより世界的規模にまで広がる可能性を秘めている。

このような都市型地震の影響は、全国の地方都市

においても同様であり、都市から地方、地方から都市へと日々大量の物資・情報が交流している今日、被災による影響の範囲は1地域から更に広域的範囲へと拡大する傾向にある。

地震常襲地帯を抱える他国の地震対策を見ると、わが国のように構造物の耐震設計に万全を期すことを防災の基本理念とする国がある一方で、大地震発生の可能性の高い活断層地帯等を高度な土地利用区域から除外する、いわゆる都市計画と一体となった防災基本理念を確立している国も見掛けられる。

構造物の耐震性向上が重要であることは当然であるが、今後は生活基盤整備における土地利用計画においても防災に対する視点を積極的に取り入れていく必要があるのではなかろうか。

地震動が構造物に及ぼす影響は基礎地盤の種類によって大きく異なり、大地震が発生した際の被害程度に大きな差が生じることは、過去の被災事例を見るまでもなく明らかであることから、わが国の安定的経済発展とともに豊かな国民生活を実現するための生活基盤整備においては、従来の耐震性重視の地震対策に加えて、地震発生時の影響を最小限とするための土地利用計画を併せ持った防災対策づくりが必要であろう。

そうした意味で本研究会が提唱しているハザードマップや地盤災害予測評価システムの構築は、これからの町づくり、特に生活基盤整備を進めていく上での土地利用に関する重要な指針となり得ると同時に、地域地盤の特性から地震時の挙動を予測し、地震に強い国土づくりに向けた事前対策を講じていくうえで多大な貢献ができるものと期待される。

#### 参考文献（第一節）

- 1) 札幌管区気象台：北海道の地震活動，1985
- 2) 北海道防災会議：北海道地域防災計画，1990
- 3) 新谷融，中村太士：北海道における自然災害と土質工学・北海道における土砂災害，土と基礎 Vol.37.No.9 pp.53-58，1989年9月
- 4) 三浦清一，三浦盛夫，斉藤和夫：北海道における自然災害と土質工学・北海道における地震災害，

土と基礎 Vol 37.No 9 pp 59-64, 1989 年 9 月

5) 北海道開発局開発土木研究所：1993 年釧路沖地震被害調査報告, 開発土木研究所報告第 100 号, 1993 年 9 月

6) 北海道開発局開発土木研究所：1993 年北海道

南西沖地震被害調査報告, 開発土木研究所報告第 101 号, 1994 年 1 月

7) 北海道開発局開発土木研究所：1994 年北海道東方沖地震被害調査報告, 開発土木研究所報告第 108 号, 1995 年 3 月

## 2. ハザードマップ整備に関する検討

### 2.1 ハザードマップの定義

ハザード (Hazard) を直訳すれば「危険、危険の原因となるもの」や「偶然、運」であり、その語源はアラビア語のサイコロを意味する“Azzahr”から発していると言われている。

わが国における「ハザード」の使用事例を見れば防災上の危険地帯を予測した「ハザードマップ」の存在で知られるように、「危険区域」の意味で捉えられているケースが一般的であるが、近年ではゴルフ場におけるハザードや自然環境問題の議論の中で見られるように、湿地原野など人間が踏み込み難い「障害地」の意味としても利用されている。

既存のハザードマップの多くは、火山噴火・地震・津波などの自然災害時における緊急避難体制の整備に向けた基礎資料として、専ら人的被害の軽減という視点を重視しているが、本研究会の議論の中では、災害に強い国土づくりを目指すためには人的被害はもとより社会資本全体に対する被害をも含めたより広義な視点からの災害発生危険予測図を作成することが重要であるとの認識に立ち、その前提となる「ハザード」を、『社会資本の建設にとって障害となりうる自然事象』と捉え、それらを図化したハザードマップを、

自然災害によって、人的被害または社会資本に対する被害発生の原因となり得る自然事象を記載した「災害危険区域予測図」

と定義する。なお今回、本研究会で取り扱う具体的な自然災害として「震度6弱以上の大規模地震」を対象とする。(表3.2.1参照)

また、地震発生時において社会資本が被害を被る原因となり得る自然事象(ハザード)としては、

- ① 液状化危険区域
  - ② 軟弱地盤地帯
- } 平野地域

- ③ 急傾斜地危険区域
  - ④ 地すべり危険区域
  - ⑤ 土石流危険区域
- } 山岳地域

の5事象(区域)とする。

なお、これら事象の中には大規模地震が直接的原因となって災害に至るものの他、地震以外の自然事象(降雨、融雪など)や人為的行為が主たる原因で引き起こされ災害に至るものが含まれているが、地震がこれら事象に与える影響は少なからずあることを考慮し、本研究会としては地震発生による地盤への影響が直接的、間接的を問わず、将来の災害の誘因になり得るとの前提で今回の対象事象に含めることとした。

---

※ 地震以外の自然災害、例えば大型降雨や火山噴火等々に関するハザードマップについては今後の研究テーマとする。

### 2.2 ハザードマップの目的と意義

ハザードマップの目的は、予防計画の観点から見た場合と初動対応の観点からの場合とで、活用の方法が異なる。社会資本に対する被害予測など、予防計画の観点からは次のような活用法が考えられる。

- ① 都市計画の策定用資料
- ② 市町村開発計画の検討用資料
- ③ 地域防災計画の検討用資料
- ④ 耐震設計のための技術的資料
- ⑤ 事業予算化のための参考資料

緊急避難体制の整備など、初動対応の観点からは次の利用法がある。

- ⑥ 災害応急対策の検討用資料
- ⑦ 住民への広報・啓発活動用資料

当研究会では、主として予防計画の観点から見た場合に役立つ基礎資料としての、ハザードマップのあり方について研究を進めた。これを初動対応の観点から見て運用するためには、避難場所や避難経路

表 3.2.1 象庁震度階級関連表

計測震度	震度階級	人 間	屋内の状況	屋外の状況	木造建物	鉄筋コンクリート構造物	ライフライン	地盤・斜面
0.5	0	人は揺れを感じない。						
	1	屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。						
1.5	2	屋内にいる人の多くが、揺れを感じる。眠っている人の一部が、目を覚ます。	電灯などのつり下げ物が、わずかに揺れる。					
2.5	3	屋内にいる人のほとんどが揺れを感じる。恐怖感を覚える人もいる。	棚にある食器類が、音を立てることがある。	電線が少し揺れる。				
3.5	4	かなりの恐怖感があり、一部の人は、身の安全を図ろうとする。眠っている人のほとんどが、目を覚ます。	つり下げ物は大きく揺れ、棚にある食器類は音を立てる。座りの悪い置物が、倒れることがある。	電線が大きく揺れる。歩いている人も揺れを感じる。自動車を運転していて揺れに気付く人がいる。				
4.5	5弱	多くの人が、身の安全を図ろうとする。一部の人は行動に支障を感じる。	つり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い家具の多くが倒れ、家具が移動することがある。	窓ガラスが崩れて落ちることがある。電柱が揺れるのが分かる。補強されていないブロック塀が崩れることがある。道路に被害が生じることがある。	耐震性の低い住宅では、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い住宅では、壁などに亀裂が生じるものがある。	安全装置が作動し、ガスが遮断される家庭がある。まれに水道管の被害が発生し断水することがある。[停電する家庭もある。]	軟弱な地盤で、亀裂が生じることがある。山地で落石、小さな崩壊が生じることがある。
5.0	5強	非常に恐怖を感じる。多くの人が、行動に支障を感じる。	棚にある食器類、書棚の本の多くが落ちる。テレビが台から落ちることがある。タンスなど重い家具が倒れることがある。変形によりドアが開かなくなることがある。一部の戸が外れる。	補強されていないブロック塀の多くが崩れる。据え付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。多くの墓石が倒れる。自動車の運転が困難となり、停止する車が多い。	耐震性の低い住宅では、壁や柱がかなり破損したり、傾くものがある。	耐震性の低い建物では、壁、梁(はり)柱などに大きな亀裂が生じるものがある。耐震性の高い建物でも、壁などに亀裂が生じるものがある。	家庭などにガスを供給するための導管、主要な水道管に被害が発生することがある。[一部の地域でガス、水道の供給が停止することがある。]	
5.5	6弱	立っていることが困難になる。	固定していない重い家具の多くが移動、転倒する。開かなくなるドアが多い。	かなりの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものがある。耐震性の高い住宅でも、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では、壁や柱が破損するものがある。耐震性の高い建物でも、壁、梁(はり)、柱などに大きな亀裂が生じるものがある。	家庭などにガスを供給するための導管、主要な水道管に被害が発生する。[一部の地域でガス水道の供給が停止し、停電することもある。]	地割れや山崩れなどが発生することがある。
6.0	6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。	固定していない重い家具のほとんどが移動、転倒する。戸が外れて飛ぶことがある。	多くの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものが多い。耐震性の高い住宅でも、壁や柱がかなり破損するものがある。	耐震性の低い建物では、倒壊するものがある。耐震性の高い建物でも、壁や柱が破損するものがある。	ガスを地域に送るための導管、水道の配水施設に被害が発生することがある。[一部の地域で停電する。広い地域でガス、水道の供給が停止することがある]	
6.5	7	揺れにほんろうされ、自分の意志で行動できない。	ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある。	ほとんどの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されているブロック塀も破損するものがある。	耐震性の高い住宅でも、傾いたり、大きく破壊するものがある。	耐震性の高い建物でも、傾いたり、大きく破壊するものがある。	広い地域で電気、ガス、水道の供給が停止する。	大きな地割れ、地すべりや山崩れが発生し、地形が変わることもある。

気象庁震度階級関連解説表(平成8年2月)より

の明示など、住民対応を主眼においた検討が加えられる必要がある。

次節に示す北海道のハザードマップは、主とし初動対応の観点からまとめられたものが多く（火山災害など）、予防計画に役立つ基礎的な資料として整備されていないように思われる。

図 3.2.1 は技術士センター設立 30 周年記念米国西海岸研修旅行で、合衆国地質調査所 (U.S. Geological Survey) から提供された Seismic Hazard Map (動的災害予測図)<sup>2)</sup> の一部を示したものである。活

断層の分布調査、活動歴調査から震源断層と地震動特性を詳細に予測解析し、ロサンゼルス区域の水平加速度分布を図化したものである。図では伏在活断層がある場合とない場合での、詳細な違いも示されている。このマップは、カリフォルニア州全域に配備された強震計データを、リアルタイムで取り込み、解析する CUBE システム (Caltech/USGS Broadcast of Earthquakes) によって常時補完され、災害時の初動対応にも連結するシステムとなっている。さらにこの図をもとにして、行政的にも建築規制、

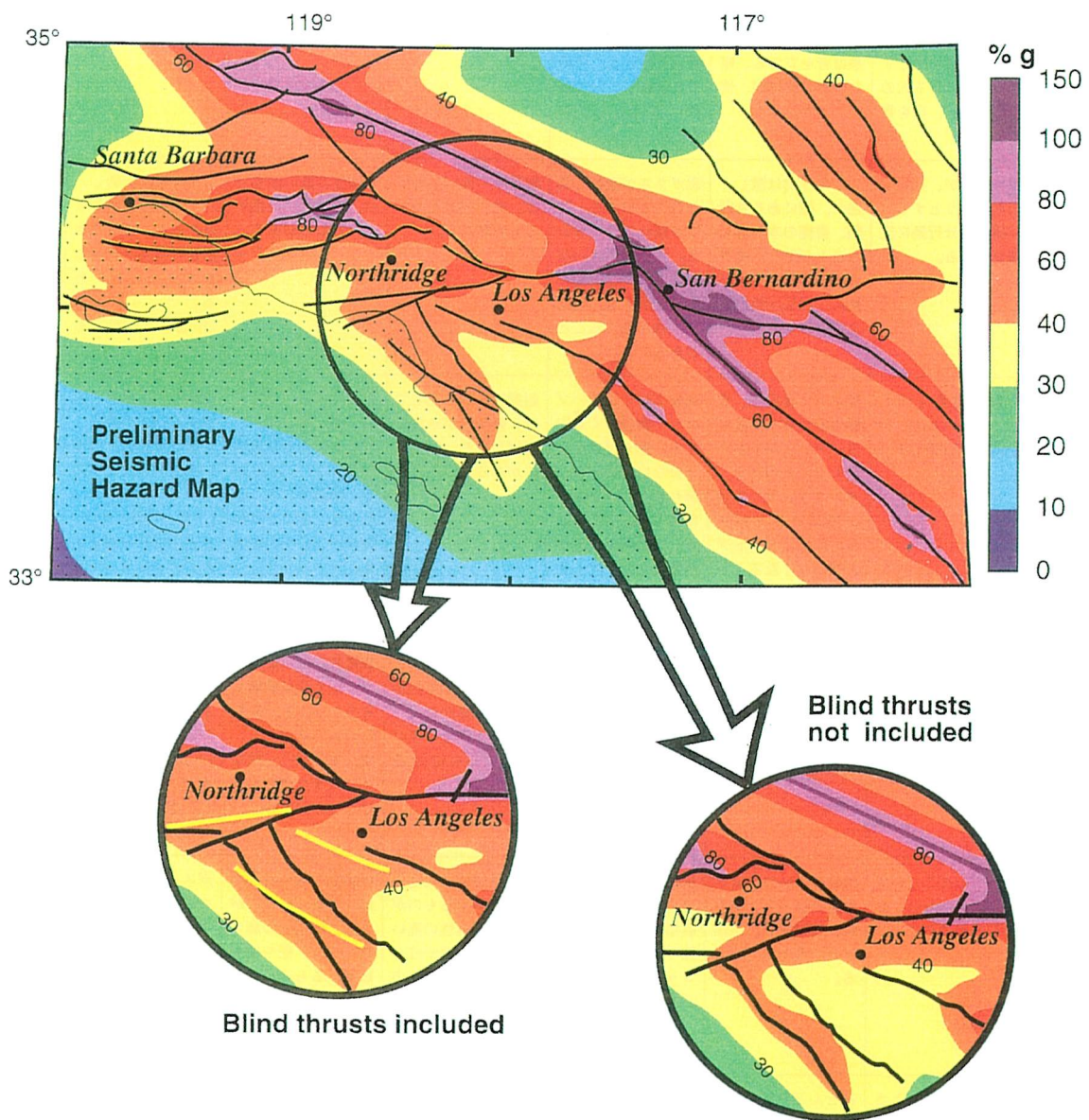


図 3.2.1 ロサンゼルス近郊の動的災害予想図

カリフォルニア州のハザードマップは活断層の分布と地震動解析をもとに作られている。図では伏在断層の存在によって水平加速度分布が微妙に異なることが示されている。USGS Response to an Urban Earthquake<sup>2)</sup> より引用

設計仕様などで実際的な指導が行われている。

日本の場合、技術的にはこのようなマップを作成し、観測データで補完システムを作る水準にある。

しかし行政的には、横断的な情報交換や共同システム構築が難しいこと、社会的には、危険度を公表する土壌が育っていないことなどがあって、ハザードマップの実用的な水準は大きく遅れている。

前節で述べたように、本研究会では5つの自然事象が対象となる区域について検討したが、夫々の事象に関するハザードマップの作成方法を追求するとともに、最終的にはここで述べたような実用的なハザードマップを目標としなければならない。

## 2.3 ハザードマップの種類

危険度マップ、ハザードマップは以下の分野で大別される。

- 1) 洪水・高潮
- 2) 土砂災害
- 3) 地震災害（地盤災害）
- 4) 地震災害（地震火災）
- 5) 津波

- 6) 火山災害
- 7) 雪害
- 8) 火災
- 9) 危険物災害
- 10) 原子力災害
- 11) その他（竜巻、雷、海岸侵食……）

以上の各分野を総合すると500以上のこの種の防災関連の予測地図が日本には存在することになる。表3.2.2は北海道に関連する主な予測図を示した。これをみると北海道には火山災害と雪害に関するものが主体を占めており、地震に関するこの種の予測図は少ない。総論で述べたとおり、北海道の地震環境を勘案すると早急に地震関連の防災地図の整備が望まれる。

## 2.4 ハザードマップ作成について

### (1) 液状化危険区域

#### 1) 液状化とは

液状化現象とは水で飽和した砂地盤が、地震動により急激に泥水のような状態になり、地盤の支持力低下や大きな沈下を伴う現象である。図3.2.2には

表 3.2.2 北海道に関連するハザードマップ（防災地図）<sup>3)</sup>を編集

分 野	ハザードマップ（防災地図）	適 要
火山災害	十勝岳1926年の火山泥流の流路	多田文雄他 1927
	十勝岳1926年5.24の噴出物の分布および泥流の流路	北海道防災会議 1988
	上富良野町が十勝岳山麓の町内全戸に配布している緊急避難図	上富良野町 1986
	上富良野町地区別避難区域図	上富良野町 1987
	十勝岳火山泥流監視装置の設置図	上富良野町 1988
	緊急避難図(1)、(2)	上富良野町 1986、1989
	かみふらの町防災計画 — いざというときのために — 緊急避難図	上富良野町
	駒ヶ岳火山噴火地域防災計画	駒ヶ岳火山防災会議協議会 1985
	駒ヶ岳火山噴火災害危険区域および区域図	駒ヶ岳火山防災会議協議会 1988
	北海道駒ヶ岳火山地質図	1989
	1977年有珠山噴火による健康障害	酒井良男編 1978
	洞爺湖温泉における泥流災害	虻田町
	有珠山周辺の崩壊、ガリー、土石流分布	虻田町
雪 害	北海道の1978年～79年総降雪水量	山田知充 1983
	石狩平野の積雪深度分布図	北海道 1971
火 災	函館火災の延焼動態図	函館市、建築学会
地震災害	北海道地域防災計画（地震防災計画編）	北海道防災会議 1990
	北海道地盤液状化予測地質図	北海道 1994

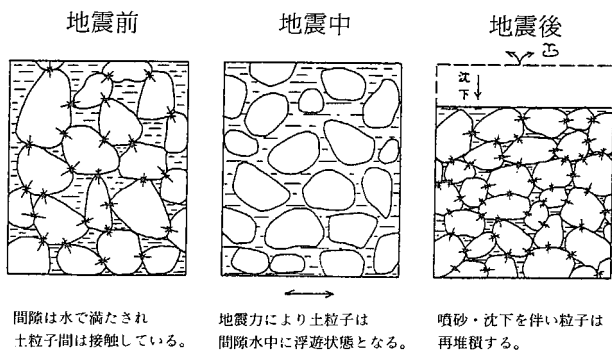


図 3.2.2 液状化のメカニズム

そのメカニズムを示した。液状化現象は地震力が一定以上の地震力と継続時間が発生的前提となるが、地盤に着目すると以下の3つの条件が同時に満たされなければならない。

1. 水で飽和していること。
2. 粒径のそろった砂であること。
3. 緩く堆積していること。

地盤が液状化すると、地表では噴砂、噴水が生じ、鉄筋コンクリート等の重量構造物には沈下し、地中の埋設管、マンホール等は浮上する。また、盛土や河川堤防等の土構造物は沈下に加えて、亀裂、段差が生じ、すべり破壊に至ることも少なくない。

北海道に発生した地震においても、液状化現象で多くの被害が生じたが、特に埋め立て地に建設された港湾構造物、軟弱な低地に埋設された下水管渠およびマンホール等には液状化による被害が集中して発生した。

2) 液状化予測法と液状化マップの作成方法

液状化マップの作成には検討対象地の液状化予測が前提となる。液状化の予測法には一般に以下の3種類の方法がある。

- a) 地形、地質や液状化履歴をもとにした概略予測法 (微地形分類)
- b) 一般の土質調査、試験をもとにした簡易な予測方法 (N値、粒度、地下水位)
- c) 室内液状化試験や地震応答解析を行う詳細な予測方法 (動的物性把握)

以上3つの方法以外に特殊な予測方法として振動台実験、原位置試験による方法があるが液状化マップ作成には用いられない。

① 概略予測方法と定性的なマップ

a) 概略予測方法

液状化地点を総合的にみると、地形により液状化しやすい地点とそうでない地点が区分される。表3.2.3には一般的に提案された液状化しやすい地形としにくい地形を示した。これによれば、埋立て地や旧河道、自然堤防、砂丘間低地が液状化しやすい地形に分類され、逆に台地、山地丘陵は液状化しにくい地形に分類される。

当方法は、広範囲の予測が簡単にできることが特徴となっている。ただし、幅の広い範囲を対象としているため、地下水位の位置や地震力の大きさが反映されないこと、土の締まり具合や細粒分の影響が反映されないことなどの欠点がある。

b) 定性的なマップ作成方法

対象検討地の微地形分類図や液状化履歴資料を収集し、地図を作製するものである。表3.2.3の液状化しやすい地形の他に、過去の地震で確認された液状化履歴地点<sup>4)</sup>を参考にして精度の向上が図られる。作成にあたっては、各機関で作成されている微地形分類資料が利用できるほか、空中写真を観察することにより、詳細な微地形分類をすることが可能になる。簡単に入手可能となる資料は(3)で後述する。なお、国土庁防災局より「表層の液状化被害可能性予測図作成指針に関する調査<sup>5)</sup>」が示されており、具体的な方法が紹介されている。北海道地盤液状化予測地質図<sup>6)</sup>はこれに沿って作成された。

② 簡易な予測方法と定量的なマップ

a) 簡易な予測方法

当方法は冒頭で示した液状化しやすい土の3条件を一般の土質調査、試験をもとに検討するものであり、大きく分類すると、限界N値を用いる方法と、

表 3.2.3 液状化しやすい地形

液状化しやすい地形	埋立て地 旧河道、原河道 自然堤防 砂丘間低地
液状化しにくい地形	丘陵地 台地 山地

液状化抵抗率  $FL$  を求める方法の2種類がある。限界N値法は土の締まり具合を表すN値と、液状化する限界N値とを比較することによって推定するものである。最近、後者の液状化抵抗率  $FL$  を求める方法が一般的な方法となっている。液状化抵抗率  $FL$  は次式で定義される。

$$FL = \frac{R}{L} \dots\dots\dots (1)式$$

R：土の液状化強度比

L：地震時の繰返しせん断力比

ボーリング調査では地下水の位置と砂質土か粘性土かの土の種類を把握し、土の締まり具合をN値で把握する。さらに、細粒分の含有量を粒度試験で把握し、定量化されたそれらの数値を用いて予測式によりRを計算する。一方、地震時繰返しせん断力比Lも標準震度（加速度）に対して地域別に決められた補正と地盤別の補正を行い、予測式により深度毎に計算する。RとLが求まると両者からFLを計算するが、一般にFLが1.0を境に液状化するか否かを判定する。当方法により、液状化の可能性と併せて、液状化の深度方向の分布等も予測できる。

これらの方法は、各機関でいろいろな提案式が提案されておりそれらの説明は割愛するが、中でも道路橋示方書（耐震設計編）における検討法が用いられることが多い。図3.2.3には実際に道路橋示方書により検討した結果を示した。

b) 定量的なマップ作成方法

実施したボーリング調査毎に前述のFLを求めると、液状化の可能性の有無と、土層が明らかになる。ただし、その地点での液状化に対する危険度は評価できない。危険度評価は、その地点における液状化の激しさと液状化被害に対する施設の被害の受けやすさが基本となるが、前者のみを考慮することが一般的となっている。液状化の激しさを表す指標は液状化指数PLが用いられる。PLは図3.2.4に示したがFLが<1.0となる部分について、深度毎の重みを考慮した面積に対応するものであり、この数値が大きくなるほど、液状化の程度は激しくなる。

マップは500 mあるいは250 mメッシュに分割されるが、1メッシュにボーリングが落ちない場合

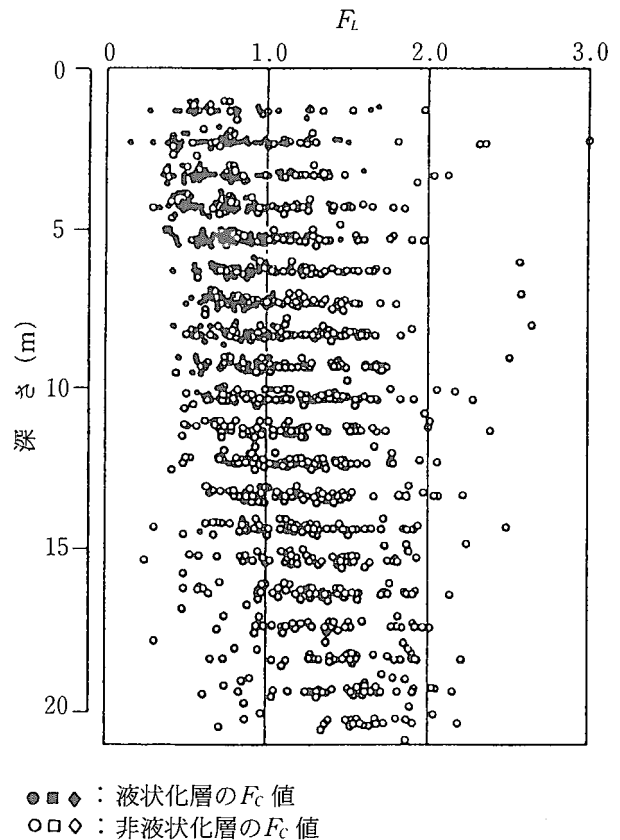


図 3.2.3 FL 計算結果（道路橋示方書）<sup>7)</sup>

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot W(z) dz \dots\dots\dots (2)式$$

ただし、 $W(z)$ ：深さ  $z$  に対する重み係数 (=  $10 - 0.5Z$ )

F：FL < 1.0 のとき  $1 - FL$

FL ≥ 1.0 のとき 0

FL：各深度の液状化抵抗係数

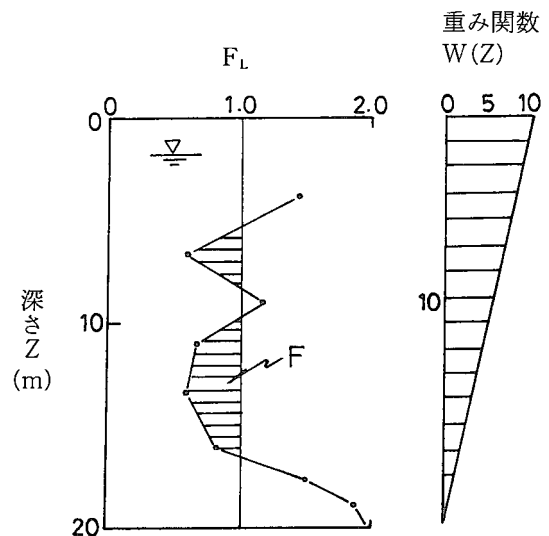


図 3.2.4 FL 計算結果と重み関数



や不足する場合は、1) による定性的な方法を考慮しながら精度を高めることが必要となろう。

③ 室内液化試験や地震応答解析を行う詳細な予測方法（動的物性把握）

詳細な予測法では前述の(1)式に示されたRとLについて、それぞれ室内試験や地震時応答解析により求めることになる。Rについては不攪乱試料を採取し、振動三軸試験による液化試験を実施して詳細な液化強度を求めることになる。一方、Lについては実際の土層構成をモデル化した断面について応答解析を行って地震時せん断強度を求めることになる。応答解析に用いる地震波は、実際に記録された時刻歴を使用する。また、入射する地震の大きさは、その地域で想定される地震や、過去の被害地震の震央位置などから、検討地域までの距離を求め、別に提案された距離減衰式により検討する。なお、応答計算は、一次元が一般的であるが、構造物の重要度等により、二次元で行われる場合もある。

当方法は費用と時間がかかることから、限られた地点において実施し、詳細な液化予測と併せて、(1)式で提案された予測式の妥当性を検討し、その地域に適合する予測式に適宜補正することが一般に行われる。

3) マップ作成に必要な情報と作業

具体的な作成作業において必要な作業と情報を以下にまとめた。

① 地形情報による定性的な方法

a) 微地形情報による分類

- ・地質図幅（地質調査所・北海道開発庁・道立地下資源調査所） 1/50,000
- ・地質図（地質調査所・道立地下資源調査所） 1/200,000
- ・特定地域報告書（市町村地質図）
- ・土地分類図（国土庁土地局） 1/200,000
- ・液化履歴資料（日本の地盤液化履歴図、若松）

b) 空中写真の判読

c) 現地踏査

d) マップ（微地形分類図）の作成

② 地盤情報による定量的な方法

a) 想定地震の設定（加速度、震度の予測）

d) 地震動予測（距離減衰式による最大加速度、震度の予測と統計解析）

c) 地盤調査資料とそのとりまとめ（多量の既存ボーリング資料と室内試験）

- ・土層構成（N値、あるいは、繰返しせん断強度）
- ・地下水位
- ・土質試験（粒度試験）

d) 液化判定 液化抵抗率FL、液化指数PLの算定

e) マップ（液化予測地図）の作成（500 m or 250 m メッシュ）

なお、地盤調査資料については地盤工学会などから特定市町村の地盤データベースが発表されており、精度の向上や作業の効率化の面でそれらの利用価値は大きいものと考えられる。

なお、図 3.2.5 には具体的な事例を挙げた。

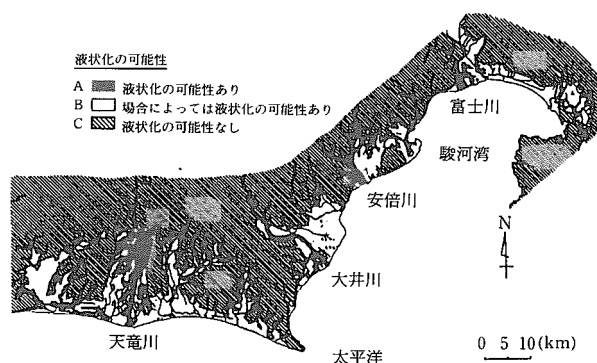


図 3.2.5 (a) 液化化予測図（微地形による）<sup>8)</sup>

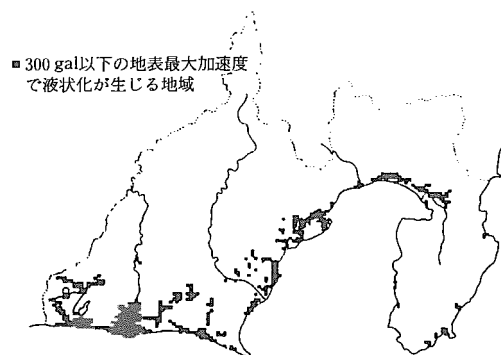


図 3.2.5 (b) 液化化予測図（PLによる）<sup>8)</sup>

## (2) 軟弱地盤地帯

### 1) 軟弱地盤とは

軟弱地盤とは「建造物の基礎地盤として十分な耐力を有しない地盤で、一般に軟らかい粘土、シルト、有機質土、あるいは緩い砂質土などの土層で構成される」と定義される(地盤工学会<sup>9)</sup>)。

一般にはN値が10以下程度の地盤を言うが、軟弱地盤であるか否かの判別は建造物の種類や大きさによって異なり、地震動をも考慮する場合は、N値20程度の砂までも軟弱地盤に含める。

軟弱地盤を構成する土層は、地質時代では一番新しい第四紀完新世に堆積したものである。第四紀更新世の末期(3~2万年前)は、氷河の作用によって海水準が最も低下していた時代であり、この時に侵食された谷を埋めて、更新世から完新世に亘って堆積した土層を沖積層と呼び、大部分は軟弱地盤を構成する土層である。

沖積層に埋立てられた更新世の谷は、現在は沖積平野、沼沢地、山間の谷部などの平坦地となっているので、軟弱地盤が分布する地帯と平地の地形は密接な関連を持っている。従って平地の地形を解析することによって軟弱地盤の分布を予測できる。

北海道の軟弱地盤は、その表層に5~8m程度の厚さで分布する泥炭層によって特徴づけられる。泥炭は、完新世の6000年ないし4000年前から現在までのやや冷涼な気候下で、平野部に残存した潟湖や沼沢地を埋立てた植物遺骸である。泥炭の含水比は500~1000%と高く、密度は1.0~1.05 g/cm<sup>3</sup>であるから水に等しい。極めて軟弱な土層であり、平常時においても土木的な取扱いが難しいことに加え、地震時に大きな変形を生じ易い。

### 2) 阪神大震災における軟弱地盤の災害特性

北海道の地盤災害史の節で述べたように、過去の地盤災害は沖積低地、造成盛土、泥炭地、緩い砂地盤など、軟弱層の分布と密接に関連して発生している。

兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災は、軟弱地盤の動的特性について大きな問題を投げかけた。構造物被害の調査から、気象庁震度7以上の区域が帯状に分布することがわかり、いわゆる「震災の帯」と呼ばれた(図3.2.6<sup>10)</sup>)。帯は震源断層と考えられ

る六甲山系の活断層から、海側へ平行に2~3kmもずれて連なっている。この帯に被害が集中した原因について、日本応用地質学会<sup>11)</sup>は次の3つの仮説にまとめている。

- ① 地下に伏在断層が存在しそれらが活動した。
- ② 老朽化した構造物が集中していた。
- ③ 直下の断層運動による軟弱層の振動による。

現在までの研究によると、①と②の仮説については否定的である。③の仮説についても、当初は軟弱層による単純な振動の増幅と見られていたが、調査が進むに従って、震災の帯は軟弱層の厚い海岸区域ではなく、更新世後期から完新世の緩い砂礫地盤の緩扇状地に沿っていることがわかり、単純な増幅とは言えないことがわかった。

地震動を含めた最近の研究では、図3.2.7<sup>11)</sup>に示すように基盤から入射した地震波が地層境で屈折し、震災の帯の位置に集中・増幅するとする説(フォーカシング現象)が有力である。

大局的には、軟弱層ないしは上部大阪層群(新第三紀鮮新世)を含めた表層の軟らかい地盤が、地震動を増幅していることは認められるが、その動的な特性は単純でない。活断層そのものよりも活断層が形成する不整形地盤に原因があると考えられており、深部における地質構造と表層地質構造の両者が大きく関わっていると考えられている。

阪神大震災の経験は、基盤の地質構造をも含めた軟弱地盤の分布・構造を明らかにする必要があることを教えている。

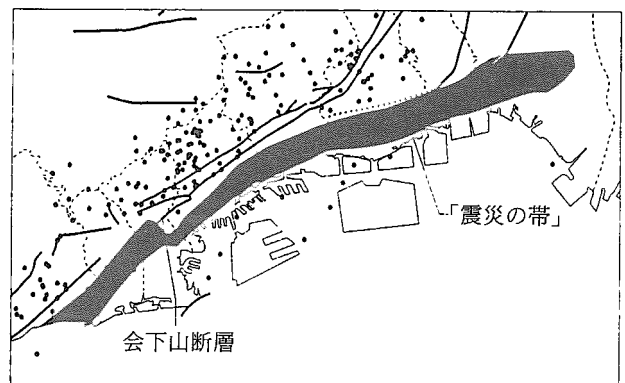


図3.2.6 余震分布と活断層及び「震災の帯」  
阪神大震災の初期に発表された帯の図。  
文献<sup>10)</sup>をもとに編集。

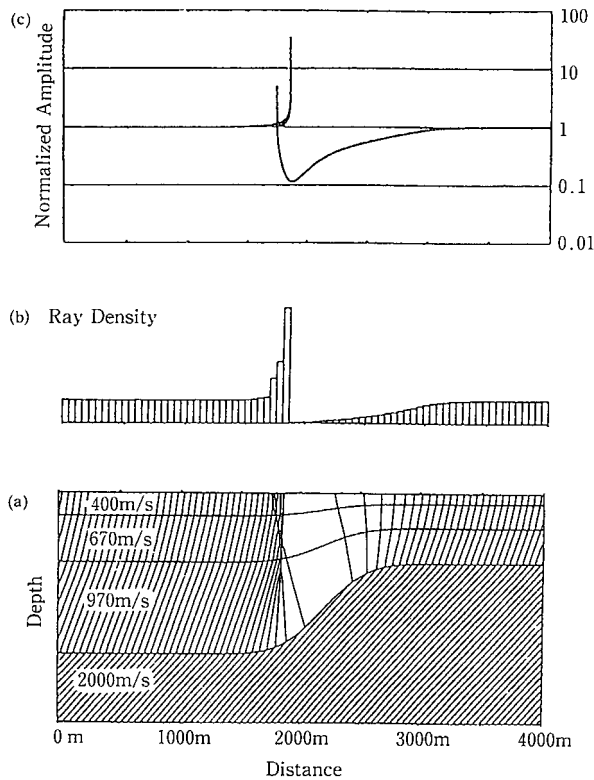


図 3.2.7 地震波の屈折による増幅作用  
(a): 波線経路、(b): 波線密度、(c): 正規化された振幅。  
文献<sup>11)</sup>より引用。

### 3) 札幌市の地盤構造と地震動特性

1993年から1994年に北海道を襲った三つの大きな地震のうち、北海道東方沖地震の札幌市における体感震度分布を図3.2.8(森裕<sup>12)</sup>)に、北海道南西沖地震の震度分布を図3.2.9(岡田成幸<sup>13)</sup>)に示す。前者は高校生を対象に、後者は札幌市職員3,000人を対象としてまとめたものであり、精度の差はあるが次の特徴が共通点として見られる。

- ① JR 函館本線を境に札幌市北部低地では強い震動、南部では弱い震動を感じており、その差は震度階にして1ランク以上ある。
- ② 中央区が最も震度が低い。
- ③ 東区の伏籠川沿いに弱い震度の帯がある。
- ④ 厚別区大谷地に強い震度の帯がある。
- ⑤ 南区真駒内以南で強い震度を感じる地点が散在する。
- ⑥ 南西沖地震では手稲区北部に強い震度域が集中している。

図3.2.10は二ツ川ほか<sup>14)</sup>の札幌表層地盤図の概

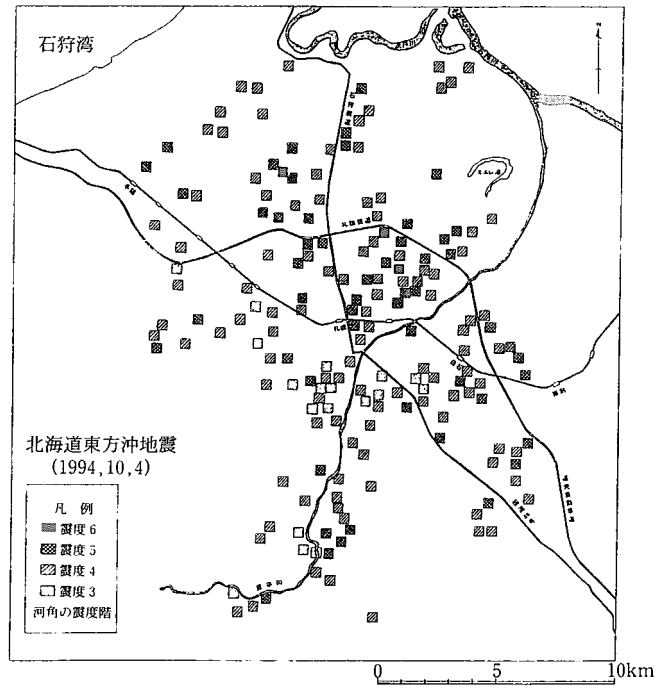


図 3.2.8 北海道東方沖地震の震度分布図  
北海道有朋高校森裕氏の生徒を対象としたアンケート  
による未公表資料<sup>12)</sup>をもとに編集。

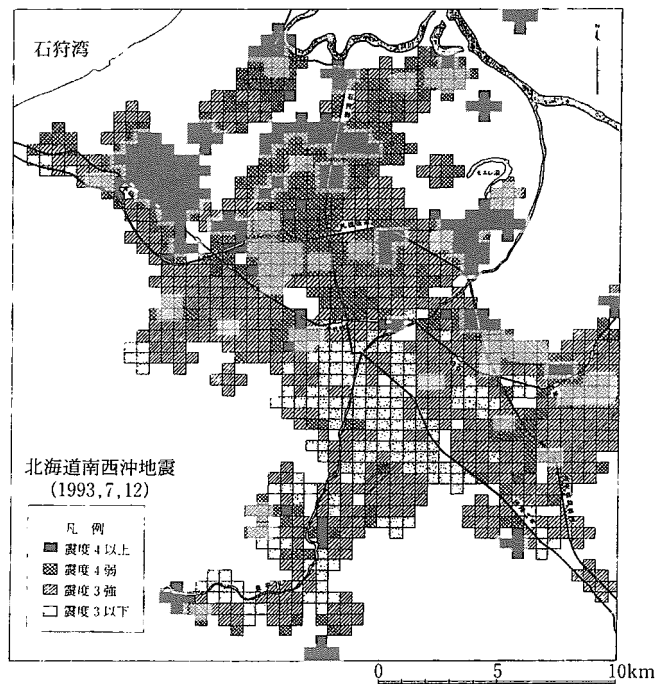


図 3.2.9 北海道南西沖地震の震度分布図  
北海道大学工学部耐震工学研究室岡田成幸氏のデータ<sup>13)</sup>をもとに編集。

要をまとめたものである。札幌市北部低地と南部(特に中央区)との震度の差は、第一義的に浅層の地盤構造の差が影響している。即ち北部低地は粘土や泥炭が分布する軟弱地盤地帯であり、基盤から伝達する地震動を増幅する要因となっている。一方、中央区や豊平区の豊平川扇状地および洪積台地(月寒台地)は、この種の地震動に対しては安定した地盤である。

東区旧伏籠川沿いの低い震度帯は、伏籠川に沿って規模の大きな自然堤防地形が発達し、北部低地では比較的安定した砂地盤を形成していることが要因

である。その逆に、厚別区大谷地から南へつながら強い震度帯は、周辺が月寒台地や野幌丘陵など安定した洪積層からなるのに対して、厚別川沿いに幅数100 mの狭い「おぼれ谷」地形があり、この区間だけ泥炭や火山灰質砂などの軟弱地盤が分布することと良く対応している。

以上①～④の特徴は、地盤構成によって地震動特性が敏感に変化している例である。

南区に見られる強震度地点は、高層住宅などの構造物特性または火山灰の造成盛土など人為的な影響も考えられるが、一方、札幌周辺山地では最も大き

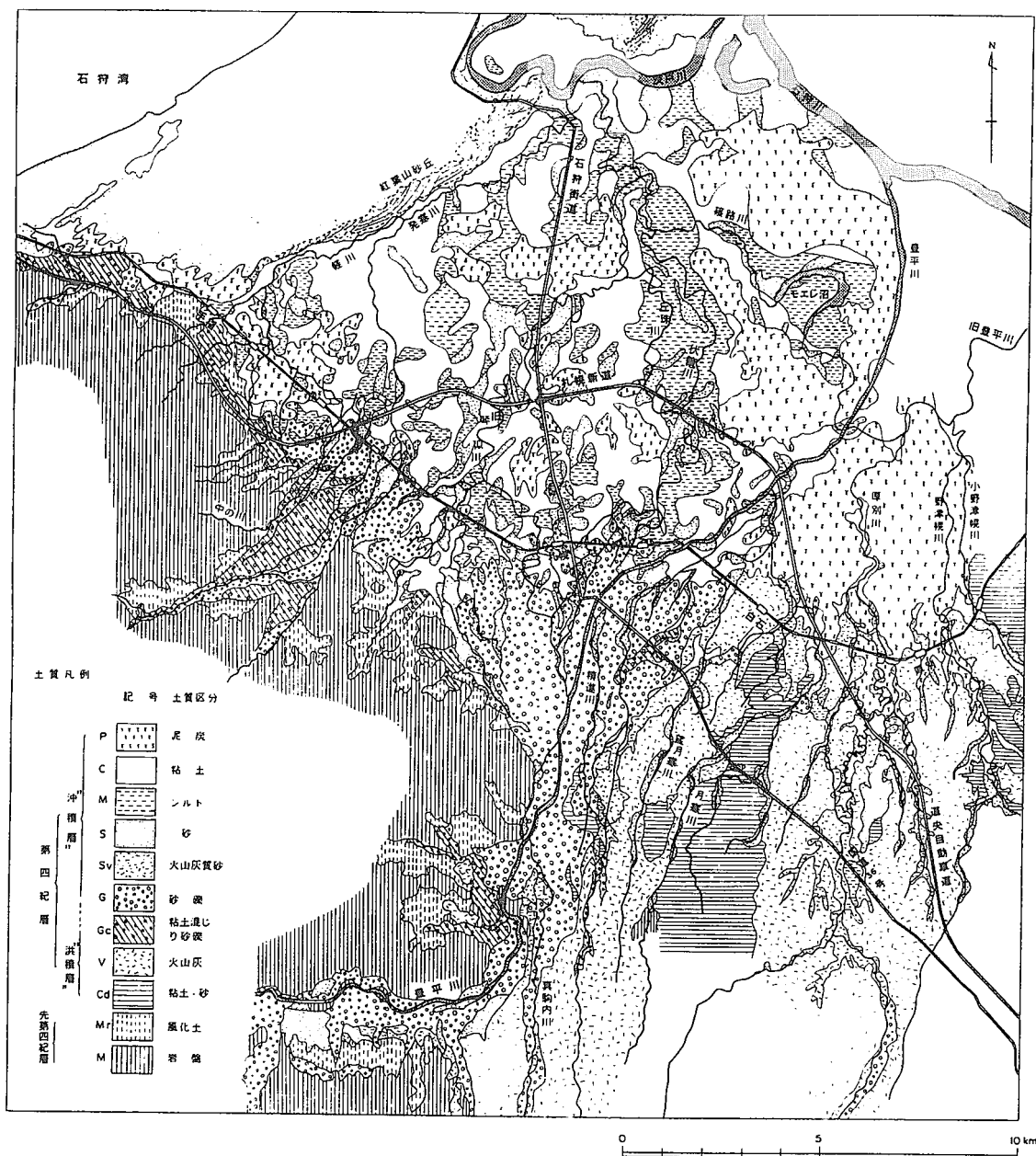


図 3.2.10 札幌表層地盤図(2 m 深図) 25,000 分の 1 の原図、文献<sup>14)</sup>、の概要を編集。

な谷地形部であることから、岩盤内の大きな不整形構造の影響も考えられる。手稲区北部の強震度域については、南西沖地震の地震波が北西側から侵入したため、震源に一番近い軟弱地盤地帯で強い震動を感じたと見るのが一般的である。しかし、手稲山麓の崖錐地形または段丘地形から急速に軟弱地盤へと移行する区域であり、浅層地盤の不整形構造による波動の集中現象が生じている可能性もある。

札幌市の地盤構成は神戸市のものとは異なるが、⑤⑥などの特徴は阪神大震災の調査で研究されている「地盤の不整形構造による波動の集中」説を参考にして検討すべき課題である。

#### 4) 北海道における地盤図作成への取り組み

地震災害を対象とした軟弱地盤のハザードマップを作成する上で、基礎となる資料は地盤図である。北海道内で発行されている地盤図の主なものを表3.2.4にまとめてみた。これらはみな基礎データとして重要なものであるが、それらが総合的な地盤図として十分な検討を加えられているとは言えない。

全国の地盤図のうち総合的に検討された成果の例を以下に示す。

##### A) 東京地盤図(東京地盤図研究会, 1956)

大阪地盤図(土質工学会関西支部ほか, 1966)

名古屋地盤図(名古屋地盤調査研究会, 1969)

##### B) 新編大阪地盤図(土質工学会関西支部ほか, 1987)

最新名古屋地盤図(土質工学会中部支部, 1988)

Aグループの地盤図は、都市の基本的な地盤構成を明らかにするという点で、先駆的な役割を果たした成果である。

東京地盤図では3,421本、大阪地盤図では3,481本と、たまたまほぼ同数の精選されたボーリング柱状図を分析し、地域の地盤全体の地質学的な構造概念をまとめるとともに、構造物の基礎を置こうとする地盤の工学的な性質も具体的に把握できるよう企画されている。この地盤図の体系は総合的な地盤情報データベース・システムの要素を備えている。

Aグループを社会のニーズにあわせて改訂することは容易でなかった。Bグループの地盤図はAグループの改訂版にあたるが、改訂までに20年を要し

表 3.2.4 北海道の地盤図一覧表  
北海道土木技術会土質基礎委員会の技術小委員会報告(1991)に加筆

1962	札幌地域地耐力調査概要報告書 札幌経済協議会, 真井耕象
1964	北海道水理地質図幅「札幌」 北海道立地下資源調査所, 山口久之助ほか
1968	北海道における特異地盤に対する地質緊急対策に関する研究(3)、札幌周辺地質図, 北海道防災会議, 湊正雄ほか
1974	札幌地盤地質図 北海道立地下資源調査所, 小山内照ほか
1979	北海道空知支庁東部耕地出張所管内地盤調査報告書 北海道空知支庁東部耕地出張所
1979	函館市土質柱状図集 (社)北海道建築士会函館支部
1982	釧路市の地盤 (社)北海道建築士会釧路支部
1983	苫小牧市土質柱状図集 (社)北海道建築士会苫小牧支部
1983	苫小牧市土質柱状図集No.2(鶴川、厚真、早来、追分) (社)北海道建築士会苫小牧支部
1986	札幌市の地盤資料集(札幌市及び札幌近郊) 北海道立寒地建築研究所
1988	帯広市の地盤 (社)北海道建築士会十勝支部帯広分会
1989	岩見沢市の地盤調査資料 (社)北海道建築士会空知支部岩見沢分会
	釧路市の地質調査台帳 釧路市道路下水道部下水道建設課
	新愛国住宅団地地質台帳 釧路市住宅建築部団地開発部
1991	札幌及び周辺部地盤地質図 地質調査所, 村瀬正ほか
1994	札幌表層地盤図(2m深図) 北海道土質コンサルタント株式会社, ニツ川健二ほか
1996	北海道(道央地区)地盤情報データベース 地盤工学会北海道支部

ている。この間電子計算機の発達に伴い1970年代から地盤データベース構築の必要性が提起されて、1983年以降急速にシステム化が進んだ。

Bグループは地盤データベースの構築を基礎として編集された地盤図であり、改訂作業はデータベースの支援があって初めて成し遂げられたと言っても過言ではない。最新名古屋地盤図の場合は、約12,000本のボーリング資料から精選された柱状図がデータベース化された上で、資料編・地質断面図集・地盤図の解説編が編集されている。

表3.2.4のうち地盤工学会北海道支部(1996)のデータベースは、道央区域を対象に11,000本のボーリングデータを集録している。一枚のCD-ROMと表示ソフトでデータを検索・表示できるだけでなく、オリジナルなプログラムを組むことによって、データを自由に解析したり図化したりできる型式で提供されている。今後ハザードマップの基礎データとして十分に活用できる条件を備えた地盤データである。

#### 5) ハザードマップの作成に向けて

軟弱地盤の動的特性を解析して、地震時の災害を予測するハザードマップの例としては、マイクロゾーニングマップや動的地盤図が挙げられる。

東京都土木技術研究所では、東京都23区の地盤地質図をもとに、マイクロ・ゾーニングの手法を用い、1kmごとの格子点816地点について、基盤から地震波が入射する場合の重複反射の計算を行い、地盤のレスポンスを求めている。これによって区域毎の細かい増幅比や速度比が求められ、「東京低地の液化化予測」図(東京都土木技術研究所, 1987)を完成させた。

日本応用地質学会<sup>11)</sup>が提言する動的地盤図は、先の阪神大震災の教訓に学び、反射法等による深部の地質構造調査、レーダー探査や電気探査による浅部の地質構造調査、ボーリング調査による動的物性試験などを駆使して、深部と浅部の地盤構造と動的特性を明らかにしつつ、地震波の基盤における波動特性から伝達経路、表層での増幅現象までを一貫して解析しようとするものである。

また動的地盤図の考え方を先取りした検討は、北

海道においても、室蘭地域を対象として武藤章<sup>15)</sup>が実施している。

これらの例は、北海道において軟弱地盤に関するハザードマップを作成する上で、基本的な指標となる。前節で述べた基礎的な地盤図をもとに、次の点での総合的な解析が必要である。

- ① 主として地質学的手法を用い、都市周辺の洪積層や沖積層の三次元的堆積構造を明らかにする。
- ② 各土層毎の物性値、特に動的性質を調査し、まとめる。
- ③ 阪神大震災で使用された前述の調査法などを使用し、基盤の基本的な構造を調べる。
- ④ 各地区毎にマイクロ・ゾーニングの手法を用いた動的解析を行いマップとしてまとめる。

### (3) 急傾斜危険区域

#### 1) 地震時の斜面崩壊

わが国では、地震による巨大な崩壊や地すべりの記録があちこちに残っている。古い記録による顕著な土砂災害としては、明治24年(1891年)の濃尾地震(M7.9~8.4)で1万カ所以上、嘉永元年(1848年)の善光寺地震(M7.4)で4万カ所以上の山崩れがあったとされている。また、大正12年(1923年)の関東大地震(M7.9)では火災による被害がきわ立っているが、斜面崩壊も多発しており、特に丹沢~箱根地方ではおびただしい数の崩壊が発生している。

それ以降は大きな被害を伴う巨大な地震は発生していなかったが、また近年になって地震時の斜面崩壊による被害が目立つようになってきている。これは、戦後の日本が「奇跡」といわれる復興と経済的發展を成し遂げ、それに伴って平地部の住宅地区が山間部へ進出していったことや、道路・鉄道などの交通網が発達していったこと、などにより地形・地質的に複雑なわが国の山間部の開発が急速に進んだことがその一因として考えられる。この傾向が顕著になってきたのは、昭和53年1月の伊豆大島近海地震からであり、最近では、平成5~6年にかけて連続して発生した「釧路沖」、「北海道南西沖」、および

「北海道東方沖」の各地震、平成7年に発生した「兵庫県南部地震」などで多くの斜面崩壊が発生し、様々な被害を及ぼした。

このように、地震による斜面災害は人的にも、また社会資本に対しても大きな被害を与えるものである。特に斜面災害は発生してからの時間的な余裕が極めて少ないため、普段の意識の向上も含めた予防対策や、災害時の応急対策を実施するための準備が重要である。そのためにもハザードマップ（災害危険区域予測図）の作成は大きな意義があるといえる。

## 2) 本項でとりあげる急傾斜危険区域

斜面崩壊が発生した場合の影響は大きく分けて、

- a) 不安定土砂の供給源となり、山地の荒廃および河道の安定上問題となる場合
- b) 直接人家、公共施設を破壊するなどの影響を及ぼす場合
- c) 道路・鉄道・港湾・漁港等の施設を破壊する場合

などがある。

上記a)～c)を考慮し、本項において「急傾斜危険区域」として以下に示すものをその対象とした。

- a) 山地での斜面崩壊  
— 山地の荒廃、河道の安定上の問題 —
- b) 急傾斜地崩壊危険区域  
都道府県知事指定、傾斜度 30°以上、 $H > 5\text{ m}$   
崩壊による危害が生ずる恐れのある人家が5戸以上  
— 人家、公共施設等が対象 —
- c) 急崖斜面  
主に海岸部の岩盤斜面  
— 道路、鉄道、港湾、漁港等の施設が対象 —

## 3) 急傾斜地危険区域の地震災害特性

地震時の斜面安定は素因（地形、地質、土質）と誘因（地震力）に支配される。したがって、急傾斜危険区域の地震災害特性は上記a)～c)のいずれも地形・地質的な要因に大きく左右されることになる。

過去の事例から、一般的に地震時の斜面崩壊には次のような特徴があることが言われている<sup>16)</sup>。

- ① 一般にのり面・斜面の表土、風化層が盤状に

崩壊する表層の小崩壊が多い。

- ② 降雨時と比べて落石の発生が多く、特に亀裂が発達していたり、オーバーハングのある箇所での崩壊が多い。
- ③ 傾斜が急なほど崩壊を起こしやすく、崩壊源は比較的斜面の高い位置にある。
- ④ 斜面の形状では、凹型より凸型の所の方が崩壊を起こしやすい（降雨時には凹型斜面が多い）。

ハザードマップの作成のためには、上に示したようなこれまでの傾向を参考にし、現地踏査、地盤調査結果により斜面の安定度を検討していくことが必要である。

地震時の危険度を判定するための要因を系統的にまとめた基準はあまり多くないが、その一例を表3.2.5に示す。

## 4) 急崖斜面（特に岩盤斜面）での崩壊要因

急傾斜危険区域のうち、北海道三大地震で大きな問題となった急崖斜面、特に岩盤斜面での耐震安定性にかかわる要因について以下に述べる。

岩盤斜面によって形成されている急崖斜面に面しては道路、鉄道などが走っており、また特に海岸部ではこれらのほかに港湾、漁港等の施設がある。

急崖斜面、特に海岸部の岩盤斜面における斜面災害が顕著だったのは北海道南西沖地震であり、主に日本海沿岸の火山岩類から成っている急崖斜面での落石・崩壊により多くの被害が発生した。

釧路沖地震では、釧路西方の海岸沿い、および白糠丘陵内での第三紀～第四紀にかけての堆積岩分布地域内で自然斜面の崩壊が多く発生したが、道路その他の施設にはあまり被害を与えていない。

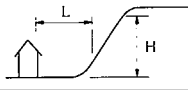
北海道東方沖地震では、釧路～根室半島にかけての先第三紀堆積岩分布域、知床半島の火山岩類分布域で斜面災害が発生し、道路に影響を与えている。

日本海沿岸において岩盤斜面の崩壊が多発した北海道南西沖地震の例をみると、崩壊の発生箇所は凸型斜面、特に急傾斜の斜面頭部に集中しているのが大きな特徴である。これは、地震による斜面災害についてこれまで言われてきた特徴と一致している。

以下に、主に北海道南西沖地震の被災例をもとに

表 3.2.5 斜面危険度判定表 (文献<sup>17)18)</sup> より引用)

(a) 斜面危険度採点基準

要素	番号	調査項目	項目区分	配点	備考
素因要素	①	斜面高 $H$ (m)	$50 \leq H$ $30 \leq H < 50$ $10 \leq H < 30$ $5 \leq H < 10$	10 8 7 3	のり尻 (Q) から20°近傍の勾配変換点 (P) までの比高とする。 なお、斜面に構造物があっても、それは対象外とする。 
	②	斜面勾配 $\alpha$	$1:0.6 \leq \alpha$ $1:1.0 \leq \alpha < 1:0.6$ $\alpha < 1:1.0$	7 4 1	①のP-Q間の平均勾配とする。 なお、①、②の項目は事前に大縮尺の地形図等で読んだ値を参考にして、現地では測距儀やクリノメーター、ハンドレベル等を用いて正確に測定する。
	③	オーバーハング	構造物のない斜面のオーバーハング 構造物のある斜面のオーバーハング オーバーハングなし	7 4 0	岩の斜面などで一見してオーバーハングとみられるものを指す。土の斜面ではまずないと思われる。 なお、構造物のある斜面とはモルタル吹付け等で表面が覆われている斜面を指す。
	④	斜面の地盤	斜面の表面に転石、浮石が多い 切土のり面に玉石が多い 風化、変質、亀裂の発達した岩 礫混じり土砂 風化、変質した岩 亀裂の発達した岩 土砂 粘質土 亀裂の発達していない岩	10 7 6 5 4 4 4 1 1 0	斜面の地盤とは、表層土の下の2~4m程度の深さの地盤を指す。 転石、浮石とは表面からはみ出しているものとする。なお、転石、浮石の大きさは、斜面表面での転石や浮石の密度が低い場合は直径50cm以上とし、密度が高い場合には20cm程度以上のものとする。 該当するものが2つ以上あると思われる場合は上位のもので採点する。例えば概略が土砂からなり、表面に転石、浮石が多いものは10点とする。 例えば、長大斜面で表面が植生に覆われて転石、浮石が見えない場合でも、防止工の工法で落石に対する待受工などが施工されているような場合、その工法からして転石、浮石が多いと判断する。
	⑤	表土の厚さ $t$ (m)	$t \geq 0.5$ $t < 0.5$	3 0	表土とは表面の腐食土、有機質土を指す。ただし、表土下に非常にルーズな崩壊土等があれば、それも含めた厚さとする。
	⑥	湧水	あり なし	2 0	常時みられる湧水を指す。
	⑦	落石、崩壊頻度	年1回以上 年1回未満 なし	5 3 0	家屋等に損傷を与えない程度の軽微な落石、はだ落ち、崩れ等を指す。なお、防止工が施工されている場合、防止工の完成以前の履歴は対象外とする。 なお、⑦、⑧、⑨に関しては、地区住民への聞き取りを行い、被害記録等の既往資料と現地諸因を合せて判断する。
管理要素	⑧	斜面の異常、変状	あり なし	a c	この場合の斜面とは表面が構造物(ネット工、植生工を省く)で覆われていない無保護斜面を指す。異常、変状とは、クラック段差等の家屋などに直接重大な被害を与える崩壊につながるもの。
	⑨	斜面安定工の異常、変状	あり なし	a c	異常、変状とは、クラック段差、はらみ出し等、家屋などに重大な被害を与える崩壊に直接つながるもの。
	⑩	家屋等に被害を与えた落石、崩壊	あり なし	a c	過去に落石、崩壊等により家屋などに重大な損傷を与えた経緯のあるもの。なお、その後満足な防止工が施工されていれば対象外。
	⑪	斜面上の有害行為	顕著である 若干みられる なし	a b c	斜面高の範囲で盛土、水の放流、停部、浸透等家屋などに重大な被害を与える崩壊を助長させるような行為。
	⑫	斜面安定工による斜面の安定度	やや低い 普通 高い	a b c	設計図書、施工後の老朽化等を考慮して判断する。
参考要素	崩土の到達距離と家屋の配置	$L = m, H = m, L/H =$	 LおよびHの距離は左図のとおりとする。		
	その他特記事項		判断の根拠や斜面安定工の種類および「簡易な対策工で危険度の軽減が期待できる」のコメントを記入する。		

(b) 急傾斜地耐震判定基準

表-I

		素因要素点		
		13点以下	14~23点	24点以上
管理要素 ⑧~⑪	aが1つ以上	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ
	bが1つまたはc	Ⓑ	Ⓐ	Ⓐ
	全部がc	Ⓒ	Ⓑ	Ⓐ

表-II

		表-Iの判定		
		Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ
管理要素 ⑫	a	A	A	B
	b	A	B	C
	c	B	C	C

表-III

ランク	表-IIの判定		
	A	B	C
内容	危険度が高い	やや危険	危険度が低い

- 注1) 自然斜面で全く斜面安定工がない場合は、管理要素の⑨を除いて表-Iで判定する。他の場合はすべて表-Iと表-IIにより判定する。  
 2) C判定された場合で、①降雨に対する52年度総点検でもCランクだった場合、②家屋とのり尻の距離が斜面高の半分以上ある場合、のいずれかを満足すればほぼ安全(C\*)とみなす。  
 3) 防止工完了斜面でも、周辺の状況等で判断し、素因要素の①~⑦の項目はすべて採点する。





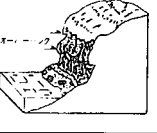
地形の様式	特徴	模式図	備考
尖塔張り出し尾根	比較的硬質な岩石が侵食に抵抗して残ったり、沢の浸食に取り残された尾根部など斜面上の凸部。地震による振動が最も増幅される。		●落石 ●岩石崩壊
海食崖頭部(還急線)	海食崖の頭部が平坦地、あるいは緩傾斜となっていて、落石又は崩落が海食崖の地形変換点(還急線)で発生。		●落石 ●岩石崩壊
オーバーハング	硬質な岩盤の下部にやや軟質な岩盤が分布する場合、もしくは亀裂が発達している場合、下部の侵食や抜け落ちなどでオーバーハングとなった箇所での崩落や落石。		●落石 ●岩石崩壊 ●斜面崩壊

図 3.2.11 斜面崩壊の地形的要因 (文献<sup>19</sup>)より引用




地質的要因	特徴	模式図	備考
岩相の組み合わせ	硬質な岩盤の下部にやや軟質な岩盤が分布する場合、下部が侵食されたオーバーハング地形を形成しやすく、崩壊や落石が発生する危険性が高い。		●岩石崩壊 ●落石
浮石・転石	火山角礫岩、崖堆積物など浮石状になりやすい地質の斜面からの落石。		●落石
亀裂傾度	亀裂が発達し、かつ密着していない場合、亀裂に囲まれた岩塊、岩片が浮いた状態になり、剝離型の落石が発生しやすい。		●落石

図 3.2.12 斜面崩壊の地質的要因 (文献<sup>19</sup>)より引用

表 3.2.6 安定度調査表 (文献<sup>20</sup>)より引用

様式 - 6 安定度調査表 (落石・崩壊)

[要因] (A <sub>i</sub> )		のり面		自然斜面	
項目	装	評点区分	配点	評点区分	評点
地形	G1 崖頂地形	G1に該当する	3	G2の内 複数地形該当	3
	G2 崩壊地	G1に該当せず	0	G2の内 1地形該当	2
	G3 谷地の傾斜、脚部侵食	G3の内 複数地形該当	3	G3の内 複数地形該当	3
	G4 崖頂部、集水型斜面、土石流跡地など	G4の内 1地形該当	2	G4の内 1地形該当	2
土質・地質	G1 浸食に弱い土質	該当する	3	G1に該当する	3
	G2 水を含む、強度低下しやすい土質	該当する	3	G2に該当する	3
	G3 割れ目や層理が密着しない	該当する	3	G3に該当する	3
	G4 侵食に弱い軟弱土質	該当する	3	G4に該当する	3
傾斜	H1 傾斜が急峻	H1に該当する	3	H1に該当する	3
	H2 傾斜が急峻	H2に該当する	3	H2に該当する	3
	H3 傾斜が急峻	H3に該当する	3	H3に該当する	3
	H4 傾斜が急峻	H4に該当する	3	H4に該当する	3
構造	J1 不整合面	J1に該当する	3	J1に該当する	3
	J2 不整合面	J2に該当する	3	J2に該当する	3
	J3 不整合面	J3に該当する	3	J3に該当する	3
	J4 不整合面	J4に該当する	3	J4に該当する	3
表土	S1 表土が崩壊しやすい	S1に該当する	3	S1に該当する	3
	S2 表土が崩壊しやすい	S2に該当する	3	S2に該当する	3
	S3 表土が崩壊しやすい	S3に該当する	3	S3に該当する	3
	S4 表土が崩壊しやすい	S4に該当する	3	S4に該当する	3
帯	B1 帯が崩壊しやすい	B1に該当する	3	B1に該当する	3
	B2 帯が崩壊しやすい	B2に該当する	3	B2に該当する	3
	B3 帯が崩壊しやすい	B3に該当する	3	B3に該当する	3
	B4 帯が崩壊しやすい	B4に該当する	3	B4に該当する	3
代	D1 代層が崩壊しやすい	D1に該当する	3	D1に該当する	3
	D2 代層が崩壊しやすい	D2に該当する	3	D2に該当する	3
	D3 代層が崩壊しやすい	D3に該当する	3	D3に該当する	3
	D4 代層が崩壊しやすい	D4に該当する	3	D4に該当する	3
形	F1 形状が崩壊しやすい	F1に該当する	3	F1に該当する	3
	F2 形状が崩壊しやすい	F2に該当する	3	F2に該当する	3
	F3 形状が崩壊しやすい	F3に該当する	3	F3に該当する	3
	F4 形状が崩壊しやすい	F4に該当する	3	F4に該当する	3
次	C1 次層が崩壊しやすい	C1に該当する	3	C1に該当する	3
	C2 次層が崩壊しやすい	C2に該当する	3	C2に該当する	3
	C3 次層が崩壊しやすい	C3に該当する	3	C3に該当する	3
	C4 次層が崩壊しやすい	C4に該当する	3	C4に該当する	3
変	V1 変位が崩壊しやすい	V1に該当する	3	V1に該当する	3
	V2 変位が崩壊しやすい	V2に該当する	3	V2に該当する	3
	V3 変位が崩壊しやすい	V3に該当する	3	V3に該当する	3
	V4 変位が崩壊しやすい	V4に該当する	3	V4に該当する	3
状	Z1 状態が崩壊しやすい	Z1に該当する	3	Z1に該当する	3
	Z2 状態が崩壊しやすい	Z2に該当する	3	Z2に該当する	3
	Z3 状態が崩壊しやすい	Z3に該当する	3	Z3に該当する	3
	Z4 状態が崩壊しやすい	Z4に該当する	3	Z4に該当する	3
合計			(A1)		(A2)

【対策工】(B<sub>i</sub>) = (A<sub>i</sub>) + α または (A<sub>i</sub>) × 0

対策工の種類	配点	評点
想定される落石・崩壊を十分に予防している。もしくは、それが発生したとしても十分に防護している。	α < 0	のり面 斜面
想定される落石・崩壊をかなり予防している。もしくは、それが発生した場合、かなり防護しているが完全ではない。	-10点	
想定される落石・崩壊を一部予防している。もしくは、それが発生した場合、かなり防護しているが、その他に守る効果がない。	-10点	
対策工がなされていない。もしくは、なされていても、効果が全くない。	±0点	

【履歴】(C)

\*最近の対策実施以降、落石・崩壊が当該のり面・斜面等で発生していない場合には、履歴からの評点は其数とする。-(C)を0点とする。

履歴の種類・程度区分	配点	評点
最近の対策以降、道路交通への支障が生じたことあり (対策工の効果なし)	100点	
交通への支障はないが路面に達する比較的大きな落石・崩壊の履歴あり (対策工が完全ではない)	70点	
のり面・斜面等に小さな規模な落石・崩壊の履歴あり (対策工の効果はあるが、追加対策工が必要と思われるもの)	40点	

(D) = MAX(B, C)

要因からの評点 (B) = MAX(B1, B2)

履歴からの評点 (C)

(E) と (C) の内、(D) = MAX(B, C) 点

【総合評価】

対	応	判定
対策が必要と判断される。		
防災ルネを作成し対応する。		
特に新たな対応を必要としない。		

【地震時の安定性】

安定	不安定
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*地形でG4または浮石・転石が不安定な場合は、不安定側に○印をつける

タイプ分けした斜面崩壊の地形・地質的要因を示す。  
また、平成8年度に全国で実施された道路防災総点検において用いられた落石・崩壊に関する安定度調査表を表3.2.6に示す。これは、特に地震に対する安定性のみに着目しているわけではないが、これ

までに示したような地震時の斜面安定にかかわる要因も網羅されていることから、斜面の耐震安定性を評価する上で参考になるものと思われる。  
5) 地震の後遺症  
地形・地質的に地震動に対して弱い要因を有して

いる斜面については、たとえ地震時に崩壊しなかったとしても、地震動による影響は少なからず受けているものと考えられる。

その代表的な例が国道 229 号岩内町刀掛の岩盤斜面崩壊である。また、北海道南西沖地震の約 1 カ月後の降雨時に発生した道道奥尻島線での崩壊、1 カ月半後に発生した国道 231 号厚田村太島内での岩盤斜面の崩壊なども地震による緩みの影響の可能性が高いものと考えられている。

さらに、平成 6 年および 7 年には数度にわたって北海道南部地域で集中豪雨に襲われ、斜面崩壊・盛土崩壊・土石流などの土砂災害に見舞われたが、それらについても北海道南西沖地震による緩みが強く影響したケースが少なからずある可能性が考えられている。

このように、地震による急傾斜地への影響としては、直接地震時に崩壊を発生させるほかに、地山を緩ませた状態に至らしめるというものがある。

地山の緩みは強い地震動を感じた広い範囲にわたって引き起こされていると考えられ、そのような箇所では、融雪時期や豪雨時、あるいは軽微な地震によっても容易に災害に結びつく可能性が高くなる。

したがって、直接的に地震の被害を被らなかつた箇所でも、ある程度の期間をおいた後に災害が発生することがある。このような「地震の後遺症」とでもいうべき現象もやはり地形・地質的に地震動に弱い箇所で発生するものと考えられるところから、地震に対するハザードマップで要注意箇所として抽出された箇所は地震時はもちろん、常時（特に融雪期や豪雨時）にも注意する必要がある。

#### 6) ハザードマップ作成に向けて

これまでに示したように、過去の事例から、急傾斜地の地震に対する安定性にかかわる要因についてはかなり明らかになってきている。上記の要因に加え、さらに今後の地震による被災例を集積してこれらの要因を検証し、新たな知見も加え、それぞれの特性についてまとめることが必要である。

なお、地震時の斜面安定にかかわるものとして、地震のメカニズム・規模など地震そのものの性質や地震動特性などからの検討も必要となろう。

そして、それらの検討結果をもとに被災発生の予測を行い、ハザードマップを作成することになる。

#### (4) 地すべり危険区域

##### 1) まえがき

地震が地すべり発生または移動に直接影響を与えるかについては、自然斜面か人工斜面かによって異なるようである。すなわち、

(i). 自然斜面においては、山くずれによって初生地すべりの素地がつくられる。その後、地すべり発達プロセス(図 3.2.13)のように繰り返され、多く見られる典型的な地すべり地形(図 3.2.14)がつくられるのである。わが国における代表的な初生地すべり発生を見ると、豪雨・地震によるものがほとんどである。素因として地形および地質があげられる。

(ii). 経済活動の一環として、施設等をつくるために地形改変を行い人工斜面が生ずる。すなわち、高いところを削り、低いところに盛って平坦化するのである。やがて、削られた地盤はむき出しになって風雨等に対する抵抗力が著しく脆弱し、風化が深く進みやすくなる。このため、浸食によって地盤が不安定化して山くずれの原因となっていく。

一方、盛土と原地盤とは土性が異なり、当然  $c$  -  $\phi$  の違いによる土の強度が異なる。さらに、地下水の分布状態と浸透量係数の差異もあって、特に原地盤との境界付近が不安定になり滑りやすい条件が生じる。このため、豪雨・地盤による滑りが多く発生している。

##### 2) 自然斜面

##### (i). 地震と地すべり

前項で述べたように、地震時には山くずれが多く発生する。この山くずれも、地震直後に発生するものよりも、2 日後乃至 5 日後に発生するのが多い。そして、山くずれが初生地すべりの誕生となる。その後、豪雨・融雪などで移動を継続または断続的に地すべり地形(図 3.2.14)を発達させていく。地すべり発達過程において地震が発生しても、地すべり移動にはあまり関係がないようである。わが国の地すべり地指定区域において、地震による地すべり移動報告がほとんど皆無の点からも肯定される。

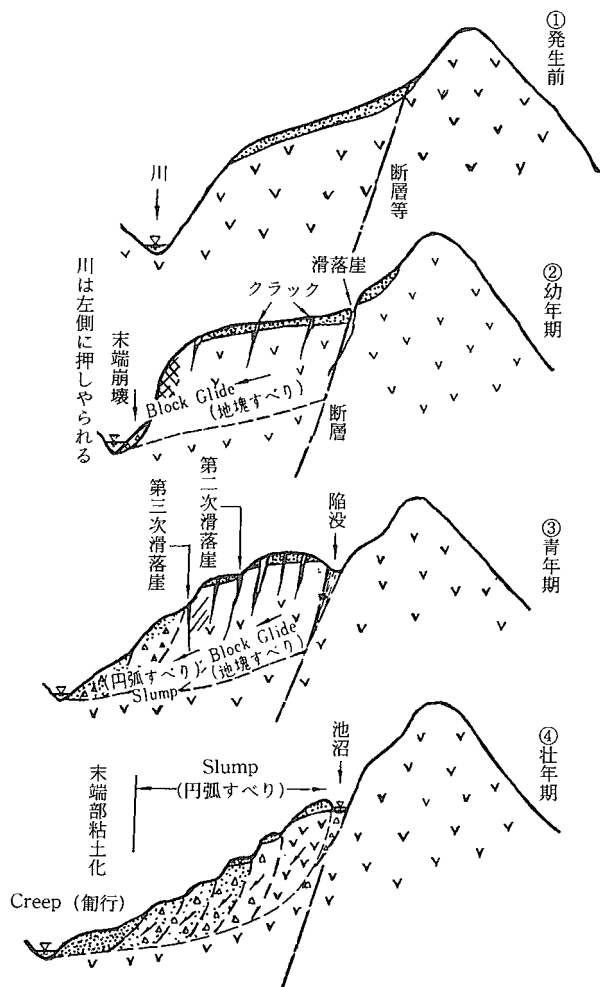


図 3.2.13 地すべり発達プロセス (文献<sup>21)</sup> より引用)

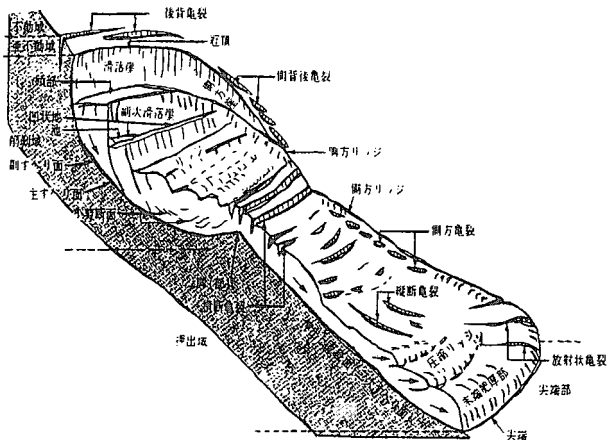


図 3.2.14 典型的な地すべり地形

しかし、能登半島沖地震・阪神大震災において一部の地すべり地の変状が、地震から3日乃至5日後にあったといわれている。これは、地震直後に地すべりの要因である異常間隙水圧が短時間しか作用し

ないのに関わらず、一部の移動を見たのは、観測された先行降雨が原因ではないかと推察される。

### (ii). 地震とクラック地形

地震による山くずれが、初生地すべり発生まで発達しないで、稜線付近にクラック地形をつくったまま安定化することがある。これは、図3.2.15のようにすべり面が滑落崖直下付近にせん断面を部分的に生じたが、全面せん断面破壊まで成長しなかったからである。その裏づけとして、クラック地形が、その後の地震で地すべり移動を開始していないようである。この例は積丹半島等の日本海岸に多く見られる。しかし、群発地震では地すべり移動の危険性を監視する必要があるだろう。

### 3) 豪雨と地すべり

豪雨による地すべり発生は多く見られる。このことは、長時間にわたり異常間隙水圧が継続するため、地すべりの安全率が下がり、土塊が不安定化して移動することになる。この時の移動速度は緩慢な

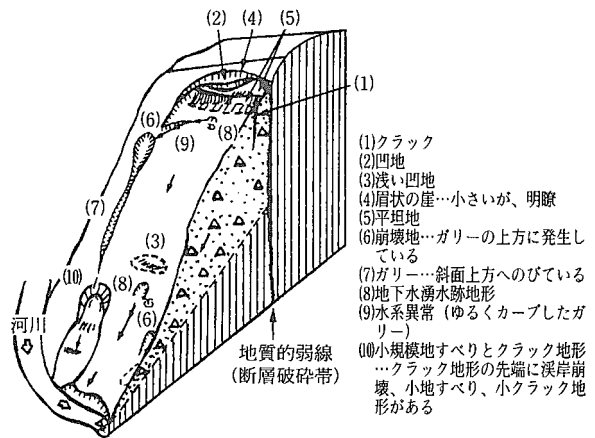


図 3.2.15 クラック地形

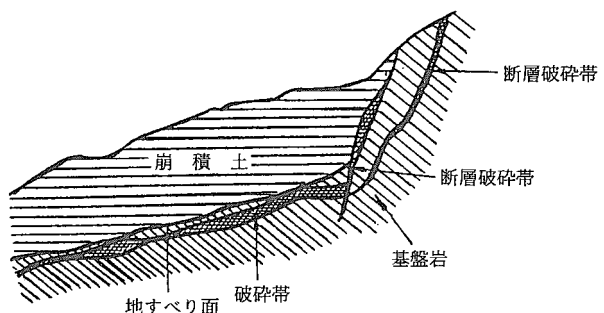


図 3.2.16 風化岩の間隙水圧モデル (文献<sup>25)</sup> より引用)

のが特徴である。一方、山くずれの場合は、移動速度の大きいことが地すべりとの大きな違いである。

#### 4) 人工斜面

##### (i). 茅部地内すべり

1993年1月15日に発生した釧路沖地震についていろいろ報告されているが、図3.2.17は標茶町茅部地区における宅地造成の盛土すべり例である。

泥炭地盤上に造られた長さ200m程度の宅地造成地が、湿地帯に向かって滑り、その上に建てられていた9棟の住宅が倒壊、傾き、陥没したり大きな被害を受けたのである。

その造成地は、シラルトロエトロ湖につながる湿地帯に面した斜面(図3.2.17(a))を(b)のように造成されたものである。造成は、湿地帯に面した北側の地山斜面を切り取り、残土を湿地帯に向かって盛土し、宅地を広く整地したものである。盛土材料は適合したものを選択していない上、最大盛土厚さは10

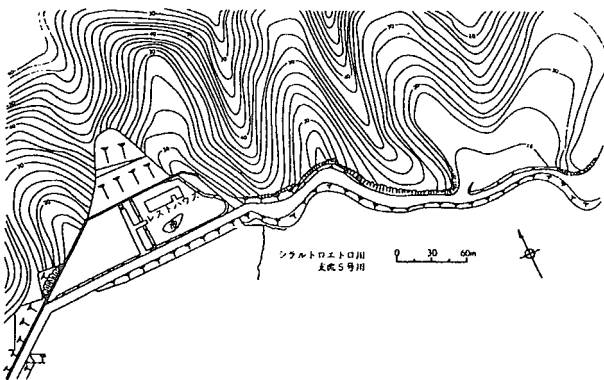


図3.2.17(a) 茅部地内すべり前(文献<sup>22)</sup>より引用)

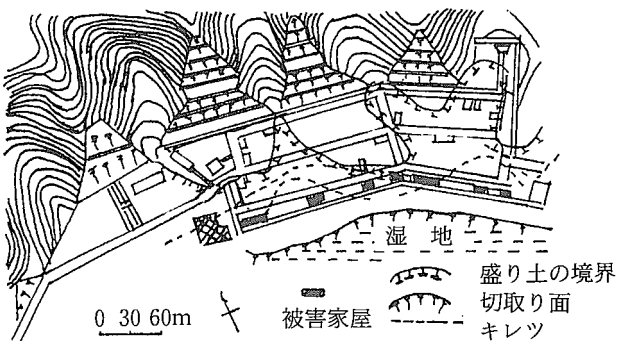


図3.2.17(b) 茅部地内すべり後(文献<sup>22)</sup>を一部修正)

m程度であった。土質は、火山灰性のシルト質砂あるいは砂質シルトである。また、盛土部分でも地下水対策の排水施設は特に設けていなかった。以上の条件が、地震による側方移動を激しくさせ大きい被害を生じたものである。

##### (ii). 緑岡6丁目地内すべり

釧路市緑岡6丁目12番地で発生した盛土すべりである<sup>23)</sup>。(図3.2.18(a))は、斜面上に盛土しない時のもので、(b)は盛土して宅地を造成し家屋が建てられたものである。1993年1月15日の釧路沖地震で、高さ11m、幅90mの斜面すべりが発生したのである。家屋1棟が崖下に転落、その他家屋に損傷があった。

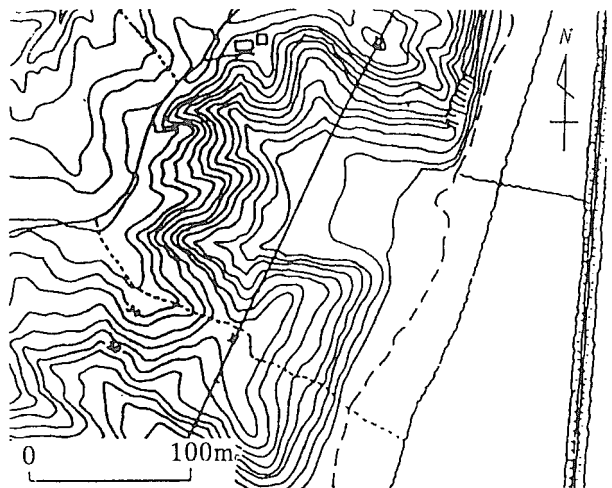


図3.2.18(a) 緑岡地内すべり前(文献<sup>23)</sup>より引用)

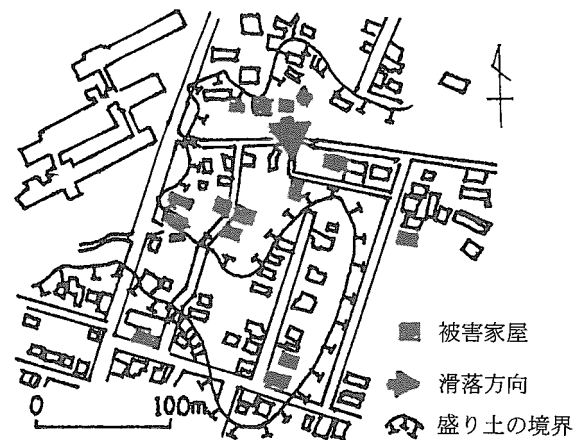


図3.2.18(b) 緑岡地内すべり後(文献<sup>23)</sup>を一部修正)

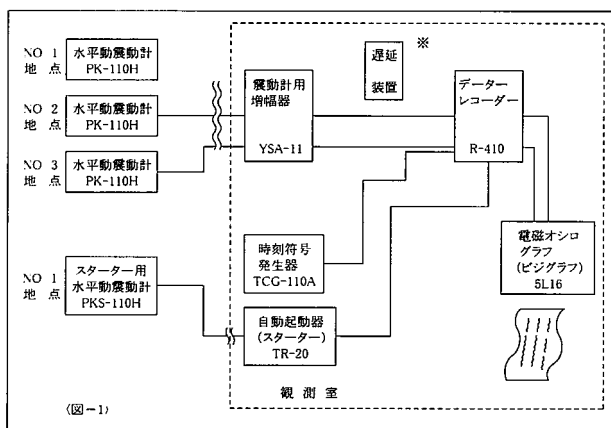
以上の事例のように、人工斜面は地震に対してはすべり易く、その被害もすこぶる大きいことが、阪神大震災やその他の地震においても実証され、社会的問題点を抱えているものと推察される。

建物などの施設に、耐震・免震構造を取り入れても、地盤が側方移動、円形すべり、斜面滑り等が発生すれば、倒壊、全半壊の被害、ひいては人命にもかかわることは明白である。

### 5) 地すべり地の地震加速度例

北海道平取町振内地すべり地内で、1977 から 84 年の 8 年間、各種地すべり変動の自動計測を実施した例がある<sup>24)</sup>。この計測の中で強震計(水平) 3 点を導入して、地震移動時の微震動を調べ、浦河測候所の地震観測記録と対比したのである。当地区の常時微動は、0.0002~0.0008 KINE の範囲内であることが判明。概要観測結果についてふれてみる。

- (i). 地すべり移動による振動速度は 0.02~0.6 KINE、加速度 0.2~9 gal と夫々示し、震度 0 ~III の範囲内であった。
- (ii). 測候所の地震観測結果と対比すれば、地震の場合においては、3 点の強震計の震動波形は同一の波形を示している。
- (iii). 地すべり移動に伴う場合は、各点の震動波形は夫々異なったものとなっている。
- (iv). 地震時の各計器は微小の動きをしめすが、その時間は非常に短いのが特徴である。



※遅延装置は昭和57年1月18日設置。

図 3.2.19 地すべり自動観測システム (文献<sup>24)</sup> より引用)

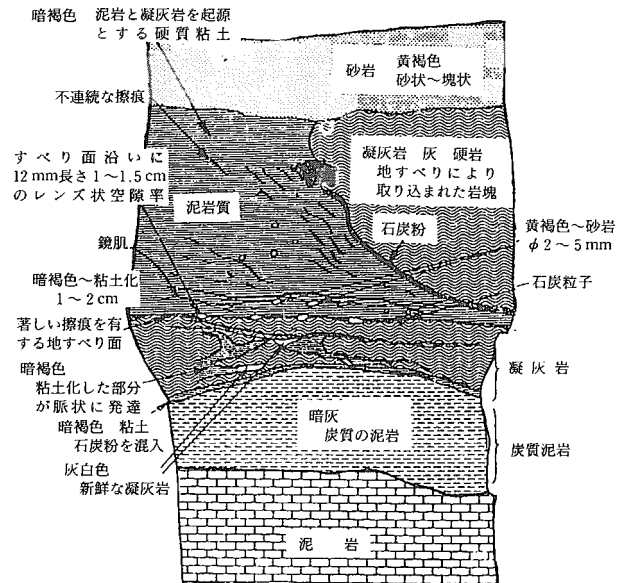


図 3.2.20 風化岩地すべり面構造 (文献<sup>25)</sup> より引用)

- (v). 降雨または融雪時における各計測値の過程は大小にかかわらず時間の消長が長いようである。
- (vi). 以上の観測結果または経験上から、自然斜面において、地震による地すべり移動についての相関関係を見出すことは困難である。さらに、厚さ 10 mm 程度の地すべり面の複雑な構造から推察すると、地震によるせん断力が、容易に消散する性状<sup>25)</sup> になっている点からも肯定できるようである。

### 6) 地震時の初生地すべり発生試算

地震水平加速度を  $A_H$ gal とし垂直加速度  $A_V$ gal を  $A_V = \frac{3}{4} A_H$  と想定する。

$$\text{更に } \frac{A_H}{g} = \alpha_H, \quad \frac{A_V}{g} = \alpha_V \quad g=980 \text{ gal}$$

(重力の加速度)

$\alpha_H$ ; 水平震度、 $\alpha_V$ ; 垂直震度

図 3.2.21 の地形断面に各震度 ( $\alpha_H$ ) 0.4 から 1.6 まで付加があったとして F.S を試算した。図 3.2.22 によると F.S = 1 で  $\alpha_H = 1.07$  となり地震加速度は  $A_H = 1,049$  gal が付加されて、はじめて初生地すべりが発生することになる。誤差等を加味し若し凸地形部で、山の深部から 500 gal の地震加速度が付加されれば、地形的増幅現象も加わり当然 980~1,100 gal に増幅することが考えられる直下型地震

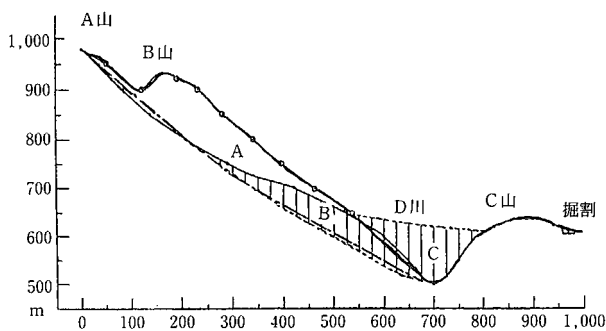


図 3.2.21 A山初生地すべり発生推定 (文献<sup>26)</sup> を一部修正)

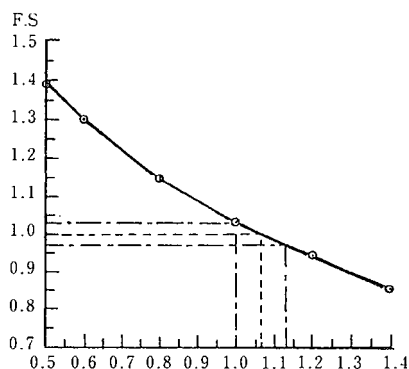


図 3.2.22 F.S から推定される地震加速度 (文献<sup>27)</sup> を一部修正)

になる。

#### 7) ハザードマップ作成の要点

地震による地すべり危険区域ハザードマップについてまとめると、

##### (i). 自然斜面

- ①. 地震によって初生地すべりの発生しやすい地形・地質に着目してチェックしておく。
- ②. 微地形上のリニヤメント(線状模様)を調査し、その付近をマークして、過去の地震による変動有無をチェックしておく。
- ③. クラック地形を調査し、地震時の変動の有無を確認しておく。

##### (ii). 人工斜面

- ①. 自然斜面に比べて地震に対する抵抗力は小さいといわざるを得ないので、一応すべり危険地域とすべきであろう。しかし、盛土の土質性状、排水施設、施工管理等によって、十分に安定条件が満たされていれば、地震による滑動度は小

さいものと思われる。

- ②. 盛土の沈下、クラックの発見、異常湧水、建物の変状等について住民がハザードマップと照合して、関係機関へ直ちに通報できるようなコミュニケーション体制づくりが、ハザードマップ実用化への第一歩であり、且つ信頼を得るものとなる。

#### (5) 土石流危険区域

##### 1) 土石流とは

溪流に堆積した土砂礫は、豪雨の場合等にいつきに流出することがある。これは土砂、岩塊、樹木等と水が粥状に混流し、溪流を削り、山腹を掘り崩し水だけの場合の数十倍のエネルギーを有するものになるが、この現象を土石流といっている。

土石流は溪床勾配の急なところに発生し、その直進性と破壊力から古来恐れられ、山津波といわれてきた。また、土石流は狭い溪間を流動する間は、そのエネルギーを減じないが、川幅が広がり流深が浅くなると急速に掃流力が減殺され、分流堆積する。

##### 2) 土石流災害

わが国は平地が少なく山岳地帯が多いため、道路鉄道等の公共施設も集落や田畑も、古来から溪流沿いに発達してきた。また、さらに大都市周辺では、宅地や公共施設が山地に向かって開発される傾向にあるため、土石流による災害は全国各地に発生し、多くの生命財産が失われている。

この災害の防止、被害の軽減を図るために、これら溪流に対して防災設備および警戒避難体制の整備等の、土石流対策を総合的に推進することが緊急の課題となっている。これらの土石流対策を樹立するに当たっては、土石流の危険範囲を定め、その状況に応じた検討をしなければならない。

土石流の危険な範囲を定めるに当たっては、まず土石流が発生流下する土石流危険溪流を選定し、次いで、この溪流で想定される最大規模の土石流が発生した場合の氾濫範囲を、危険区域として設定する。

以下、土石流危険区域設定の要点について、建設省河川局の「土石流危険溪流及び土石流危険区域調査」に基づき説明する。

なお、土石流の発生機構における降雨の占める領域は極めて大きいので、雨量の想定は大切である。この土石流の発生予測に用いる降雨量は、過去の実績から想定した崩壊発生基準雨量とされている。土石流は、この基準雨量を超える雨量によって発生を予測するものとされるが、ここでは、降雨以外の土石流発生要因についてのみ説明する。

### 3) 土石流危険渓流の選定

#### (a) 対象渓流

対象渓流としては、公共施設または集落等の保全対象に流入する渓流とする。

渓流は谷型の地形をしているところで、一次谷を形成している地形を起点とし、溪床勾配が3度(1/20)までを終点とする。

#### (b) 土石流発生の要因

渓流において、土石流が発生し流下するかどうかを、以下の土石流発生の要因について調査し危険度を評価する。

##### ① 溪床勾配

( $\theta$ : 溪床勾配)

区 分	参 考
$0^\circ \leq \theta < 3^\circ$	土砂流堆積区間
$3^\circ \leq \theta < 10^\circ$	土石流・土砂流堆積区間
$10^\circ \leq \theta < 15^\circ$	土石流流下堆積、土砂流流下区間
$15^\circ \leq \theta < 20^\circ$	発生区間、流下区間
$20^\circ \leq \theta$	発生区間

##### ② 溪床堆積物

土石流が発生するためには、発生源となる土砂の存在することが第一条件である。この溪床堆積土砂の存在する位置、および渓流全体としての土砂量、平均堆積土砂厚等を調査する。

##### ③ 流域面積

氾濫開始点上流および溪床勾配15度地点より上流の流域面積(発生流域面積)を計測し、これにより土石流の流出土砂量の客観的大小を把握する。

##### ④ 地質・地形条件

地質としては、土層発達状況、崖錐堆積物、地すべり崩土、温泉余土等の崩れ易いものか、シラス、ローム、火山岩屑等火山性のものか。

地形の状況としては、崩壊面積が流域面積に占め

る割合、流域内の最高地点と渓流の起点の勾配を計り、その平均値(これを山腹勾配とする)。

その他、活断層からの関係位置、常時湧水箇所の有無、崩壊履歴等のほか地被状況、積雪状況についても調べる。

#### 4) 土石流危険区域の設定

##### (a) 区域の定義

土石流危険区域は、想定される最大規模の土石流が発生した場合の、土砂の氾濫が予想される区域である。そしてその区域は、土石流危険渓流の土石流氾濫開始点から終息点に到る、堆積の広がり範囲とする。

##### (b) 区域の設定

土石流危険区域は、地形、土石流堆積物の分布、過去の土石流氾濫実績、さらに隣接する土石流危険渓流や、地質的に類似した土石流危険渓流の土石流氾濫状況等を参考にして総合的に定める。

区域の設定は、土石流の発生する地点から溪床勾配が3度になる地点までの溪床、および溪床からの比高数メートル程度以内の平坦部(谷底平野と扇状地)を原則とする。

##### (c) 設定手法

###### ① 谷底平野

谷底平野とは、山間部の谷底平野や盆地地形のように、沖積平野のうち周囲が原地形によって固定されていて、想定される土石流の堆積範囲が限定されるような地形をいう。

区域の設定に当たっては、支流の合流点、狭さく部出口、勾配変化点等の氾濫開始点から溪床勾配3度になる堆積終息点までの間において、氾濫土砂厚に対する地盤面までを全て危険区域とする。(図3.2.24)

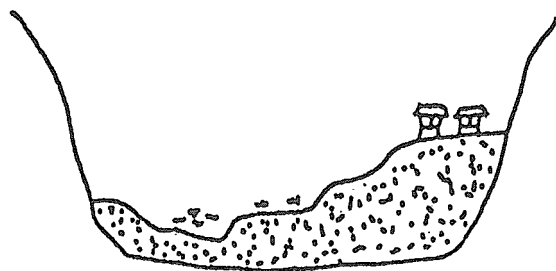


図 3.2.23 谷底平野の概念図

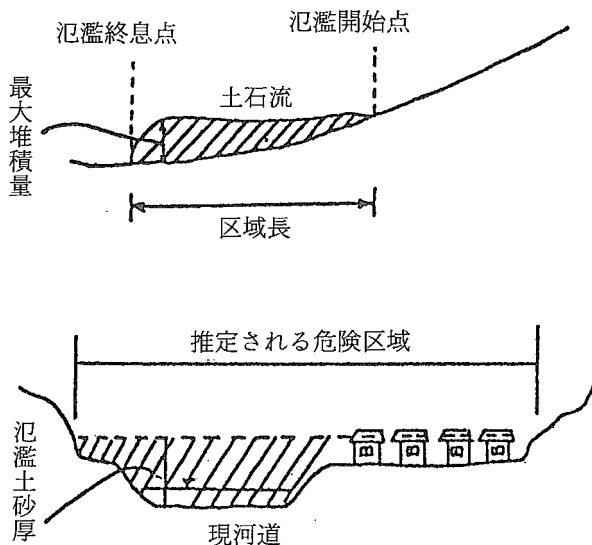


図 3.2.24 谷底平野の危険区域想定図

## ② 扇状地形

区域の設定に当たっての縦断方向は、沢の出口、扇状地頂部、勾配変化点等の氾濫開始点から渓床勾配 $3^\circ$ になる堆積終息点までの間を、危険区域とする。

横断方向は、谷底平野における設定手法と同じ地形的な規正によって横断方向の範囲（広がり）が決まる。一般的には、扇状地面全域が危険区域となる場合が多い。（図 3.2.25）

また、土石流の流下幅が判明している場合は、地形的な規正により横断方向の範囲の設定が明確になる。

横断方向の範囲は、土石流流下幅 $B$ （類似流域からの推定）に対し $10B$ をとる。この場合、土石流についての危険区域は、過去の災害事例からの氾濫土砂厚と地形条件から設定する。（図 3.2.26）

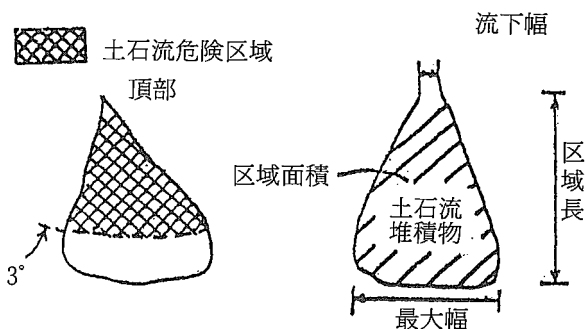


図 3.2.25 扇状地の危険区域想定図

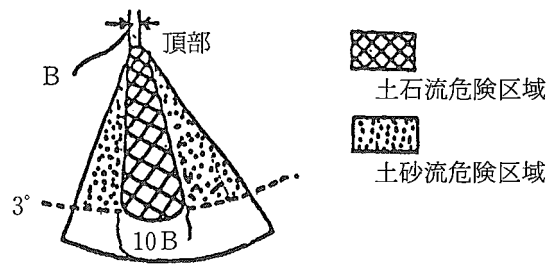


図 3.2.26 流下幅の判明している危険区域想定図

## 5) 被災危険度の判定

各危険区域については、調査された要因についての危険度を検討し、これに人家、公共施設等の社会的な現況を加味して、被災危険度を判定する。

## 2.5 ハザードマップに関する課題

前節ではそれぞれのハザードマップの概要が示されたが、当節では作成過程での技術的課題と、ハザードマップを運用する場合の課題について触れる。

### 1) 技術的課題

作成上の技術的課題はそれぞれの分野での予測解析手法の精度と読み替えることができる。すなわち、災害の発生をいかに予測し、被害の程度を可能な限り定量的に予測することができるかがポイントになる。以下には個々の分野について技術的課題をまとめた。

- ① 液状化、軟弱地盤は低地帯に分布しており必然的に人口密集地が対象となることから、日本の液状化に関する研究や地震時における地盤挙動の研究は世界的にみても最高水準にあるものと考えられる。ただし、北海道の開発地域は日本の特殊土とされる泥炭、火山灰が広く覆っている。これらの液状化特性や固有周期特性をはじめとする振動特性は北海道独自で研究して行くことが必要となる。また、阪神大震災での教訓を生かして直下型に関する基盤も含めた地盤の動的特性の検討が必要となる。
- ② 急傾斜地災害については、貴重な過去の事例や新しい解析法の開発などから、地震についての安定性に関わる要因がかなり整備されてきて



おり、危険箇所を抽出することはある程度可能となってきた。今後はさらに被災事例の集積や新たな知見の検討が必要である。

- ③ 地すべり災害について自然斜面と人工斜面について考えると、自然斜面のうち初生的な地すべりの予知は現状では困難な状態にあると言わざるを得ない。現時点では(1)凸型地形で周辺が侵食地形である区域、(2)クラック地形の区域、(3)多重山稜地形の区域、あたりを留意しておくことが必要となるが、地震も含めた滑動時期の予測には限界がある。なお、人工斜面については現時点においても予測はある程度可能であり、ハザードマップの有用性は高いものとなる。
- ④ 土石流災害も急傾斜地と同様に過去の経験や事例などから危険地域をある程度予測することが可能となってきた。今後は個々に豪雨と土石流発生の履歴を調べて予測の向上に努めることになろう。ただし、予測には限界があることから、センサー等の補助手段を整備することにより最小限に押さえることも必要となろう。なお、土石流災害は地すべりとともに直接的には豪雨によるものであり、前述したとおり地震は二次的な誘因であることを示した。ただし、災害は人間の予想を遥かに越えた現象が現実的な姿になることを教訓としてとっておくべきである。

## 2) 運用面での課題

ハザードマップは、過去の被災事例や地形、地質情報をベースに作成される。被災事例が少ないところやほとんどないところは地盤情報からある解析手法を用いて予測をすることになるが、予測精度を向上させるための解析手法にも解決しなければならない技術的な課題があることは1)で示したとおりである。したがって、ハザードマップには精度上の限界がでてくることを十分認識することが必要であり、作成上の仮定条件や適用範囲、精度の限界を十分に理解することと合わせて、住民に十分な説明を事前に行っておくことが必要となる。

## 2.6 ハザードマップ整備にむけての提言

ハザードマップ整備にむけての提言を以下にまとめる。

### 1) 情報の共有化と運用面での連携

ハザードマップは過去の被災事例や地盤情報など情報量に比例して予測の精度が向上する。したがって、各機関の情報をできる限り共有化し、作成時から運用に至るまで有機的な連携をとることが必要である。地盤情報の面では2.4節で紹介された地盤工学会の地盤情報データベースの整備がある。これは産官学の共同で札幌市とその周辺都市のボーリングデータ11,000本をCD-ROMに納めたものである。詳細な紹介は避けるが、このような連携がより一層進むことが今後期待される。

### 2) 目的の明確化

防災地図は最終的に人の命と財産を守ることが最終目的であることを念頭に置くことが必要である。使用目的を誤ると住民に混乱を招くおそれがあり、無用な社会不安の原因となる。

### 3) 住民への啓蒙と周知

都市化の波により、種々の危険地帯に生活基盤が近づきつつあるが、危険区域で生活していることを住民に十分説明が必要である。

### 4) ハザードマップの限界

ハザードマップは人間が作ったものであり予測精度の限界がある。したがって、ハザードマップにのみ依存するのは危険であり、災害予測手段のひとつであることを十分認識する必要がある。

## 参考文献（第二節）

- 1) 気象庁震度階級表：1996.2.
- 2) USGS：USGS Response to an Urban Earthquake, 1994.
- 3) 財消防科学総合センター：地域防災データ総

- 覧, 1990
- 4) 若松: 日本の地盤液化履歴地点, 東海大学出版会, 1992
  - 5) 国土庁防災局: 表層の液化化被害可能性予測図作成指針に関する調査, 1993
  - 6) 北海道立地下資源調査所: 北海道地盤液化化予測地質図 (1995)
  - 7) 井上, 安田: 液化化判定法の選択および適用性に関する研究, 第7回日本地震工学シンポジウム講演集 pp.667~671, 1986
  - 8) 岩崎・常田・龍岡・渡辺・安田・佐藤: Microzonation for Soil Liquefaction Potential Using Simplified Method 3<sup>rd</sup> Int Earthquake Microzonation Conf., Vol.3, 1982
  - 9) 地盤工学会: 土質工学用語辞典, 1985.
  - 10) 朝日新聞社: 科学朝日臨時増刊, 地震科学最前線, 1995.3.
  - 11) 日本応用地質学会: 兵庫県南部地震——応用地質学からの視点, 応用地質, 第37巻第4号, 1996.
  - 12) 森 裕: 北海道東方沖地震の震度図, 1994.
  - 13) 岡田成章: 1993 北海道南西沖地震震度分布, 1994.
  - 14) ニツ川健二・池田晃一・加藤誠: 札幌表層地盤図 (2 m 深図), 1994.
  - 15) 武藤 章: 地域特性に立脚した防災対策の取り組み, 北海道応用地学合同研究会論文集, No.7, pp 139-149, 1996.
  - 16) 山田智弘, 横田寛: 北海道三大地震における道路災害の教訓, 地盤工学会北海道支部技術報告集第36号, 1996.2
  - 17) 建設省河川局砂防部監修・全国治水砂防協会: 「斜面崩壊防止工事の設計と実例」急傾斜地崩壊防止工事技術指針, 1982.12
  - 18) 北海道土木部砂防災害課: 傾斜地保全技術指針 (地すべり・急傾斜地), 1981.3
  - 19) 株式会社構研エンジニアリング: TECHNICAL REPORT 1993年北海道南西沖地震——「道路災害」一年をむかえて——, 1994.7
  - 20) 財団法人道路保全技術センター: 平成8年度道路防災総点検要領 [豪雨・豪雪等], 1996.8
  - 21) 渡 正亮: 地すべり斜面崩壊の実際と対策. 山海堂. 1971.10
  - 22) 土質工学会: 1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書. 1994.6
  - 23) 土質工学会: 1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書. 1994.6
  - 24) 北海道林務部: 振内地すべり調査報告書. 1989~1994.
  - 25) 玉田文吾・福田順二: 地すべり面の転位現象を考慮した防止対策. 西日本工業大学地盤工学研究所. 1993.8
  - 26) 山口黛雲: 「山」破壊の挽歌と森林の美学. 治山 (1). 1996.10
  - 27) F.E. リチャート, Jr., J.R.R.ホール, Jr., R.D. ウッズ: 土と基礎の振動. 鹿島出版会. 1981.5
  - 28) 東三郎監修, 高谷精二編著: 砂防学概論, 1991年1月
  - 29) 建設省河川局砂防部砂防課: 土石流危険渓流および危険区域調査要領, 1978年11月

### 3. 地震地盤災害予測評価システムの検討

#### 3.1 地盤災害予測のための調査技術

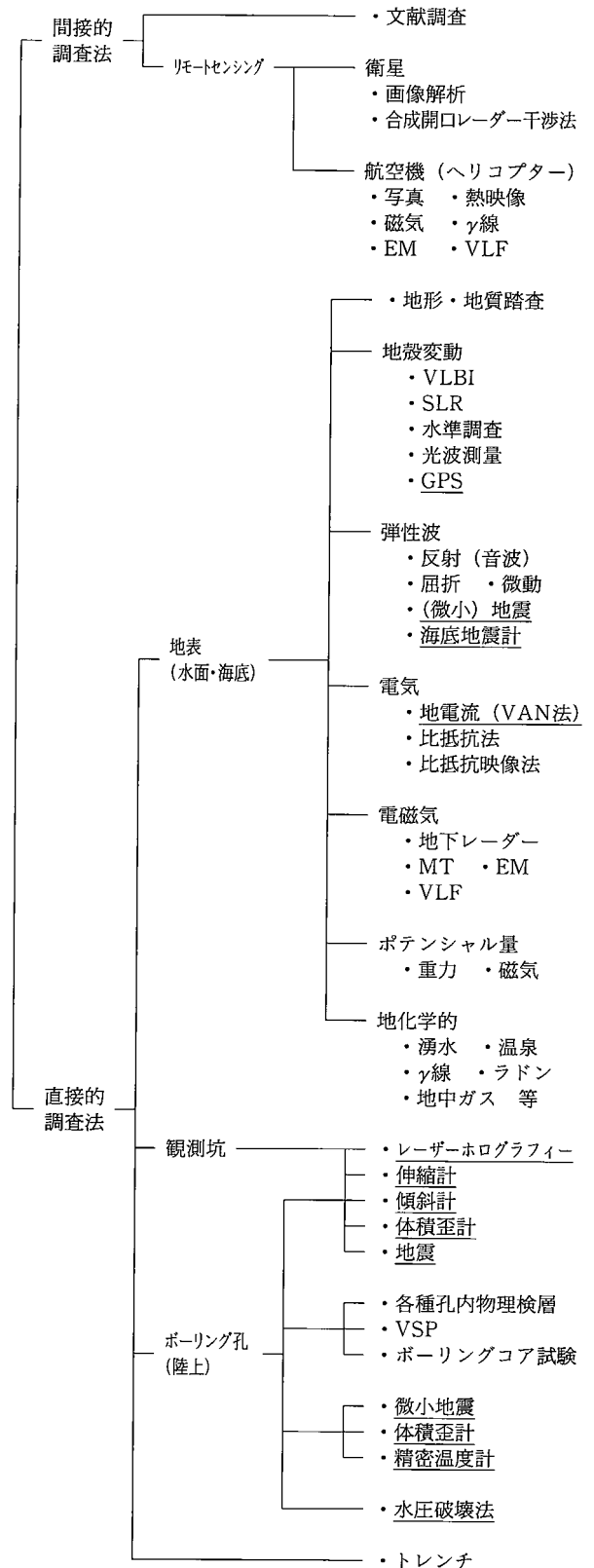
地震をその発生場所（震源域の位置）で分類する場合、大ざっぱには、「海洋性」と「内陸直下型」の2区分とするのが一般的であり、その直接的な原因は、マグマの貫入等による火山性地震のようなケースを除くと、ほとんどがプレート境界やプレート内における「断層運動」であるとされている。

従って地震の大局的・長期的予測のためには、断層の有無・規模・分布・活動履歴などに関する事前調査が不可欠であり、その結果、発生場所をある程度限定した上で地震観測を始めとする各種のモニタリング的計測により短期的予知や地震発生直後の「初動対応」に必要な情報を得るのが一般的である。

表 3.3.1 にこれら調査観測技術<sup>1)2)</sup>の内、主な手法を間接的手法と直接的手法に大別し、各々をさらに細分化して示す。これら手法の多くは、従来、基礎的調査研究や学術的観測・石油・天然ガス等の地下資源探査を目的として実施されるケースはあったが、北海道においてはその頻度や調査箇所は限られていた。

今後は北海道内においても地震防災を目的としてこれらの手法が適用される機会が多くなると予想されることから、各手法の目的・原理・概要・(地震防災を目的とする)道内での適用状況・問題点・地元(自治体・地権者等)で必要となる調査・観測への対応や協力内容等について既存資料を参考にとりまとめ、表 3.3.2 に示す。

表 3.3.1 活断層と地震に対する調査技術体系の例



(      : 状態を推定する手法)

表 3.3.2 北海道内における活断層と地震に関する調査観測技術と適用状況

〔間接的手法：費用負担を別にすれば原則として地元側の対応は不要〕

	手法名	目的・原理・概要	道内での適用状況・問題点
	文献調査	被害地震に関する歴史・記録から、発生場所・規模・発生期間間隔などを推定し、今後の予測に役立てることを主目的とする。 文献がなければ適用不可。解説には専門知識必要。	19世紀以前の地震被害に関する文献は、本州に比較し極めて乏しい。 この間に道内と周辺で発生した被害地震は10個程度あるが、被害規模等については断片的な記録しかない。
	衛星画像解析	断層地形に起因する広域的な線状構造（リニアメント）の検出を目的とする。白黒ではあるが高分解能（0.8～1m）のデータが海外より入手可能となりつつある。	現状では、航空写真判読を上回るものとは言えないが将来的には三次元レーダー画像の高分解能化等により新たな発見・検出の可能性も考えられる。 道内に分析の専門家は少ない。
	合成開口レーダー干渉法 <sup>3)</sup>	同一地域に対し、2つの時期に取得したレーダー画像から得られる「干渉縞」がこの間に生じた地形変動と高精度に対応する、という原理を利用して、地表地震断層とその周辺の地形変化を詳しく把握する目的で実施され始めている。	道内では適用例がまだないようであるがデータとしては国産の地球資源探査衛星のものが利用可能であり、対象として火山の山体変形把握等も可能であることから、今後の適用が期待できる。
リモートセンシング	航空写真・熱映像	航空写真（の立体視）判読はリニアメント検出の中心的手法であり、また、断層に起因する地表面温度の違いや変化があれば（赤外線）熱映像探査により地下浅部の状況もある程度推定可能である。	道内の活断層（地形）の大部分も航空写真判読と後述の地形・地質踏査を主体として検出されたものであるが、伏在するものについては検出困難である。
	空中磁気・γ線・EM・VLF探査	〔磁気〕：磁気センサーにより一定高度における地球磁場の状況を測定することにより、地下1,000m程度までの局部異常を含む広域的な地質構造の概略を把握する。	地震防災を主目的とする探査例はない？局部異常把握のためには、ヘリコプター利用など低空・高密度の飛行が必要となる。
		〔γ線〕：岩石に含まれる、ウラン・トリウム・カリウムなどの放射性同位元素から放出されるγ線を測定することにより、断層・破砕帯等の検出に利用する。	地震防災のための断層破砕帯検出を主目的とする探査例はない？ γ線異常帯がどのような断層・破砕帯の性状に対応するか？については、地表探査との対比やデータの蓄積が必要。
		〔EM〕：人工的に発生させた磁場による、地下の電磁誘導作用による二次磁場の検出により、比較的浅部の地下構造を比抵抗分布として推定把握する。	地震防災を主目的とする探査例はない？ 断層・破砕帯との性状対比については、地表探査との対比やデータ蓄積が必要。
		〔VLF〕：米軍が対潜水艦通信用として世界9箇所（日本は愛知県）に設置した送信所からのVLF（3～30KHz）電波を利用する受動的調査法で、これによる二次的な電場・磁場を測定することにより深部地下構造を比抵抗分布として推定把握する。	広域的概査に適するが、地震防災を主目的とする探査例はない？

〔直接的手法：費用負担・土地立ち入り・土地利用等について地元側の協力が必要〕

	手法名	目的・原理・概要	道内での適用状況・問題点
地表	地形・地質踏査	航空写真判読とともに、断層（地形）検出の基本的な手法で、地形や地質の露頭観察などから断層やその分布・連続性を判定する。	地表で観察可能なものについてはほぼ把握され、「新編日本の活断層」にも表示されている。 局部的詳細調査の場合、積雪時は原則的に不可能。現地立ち入りに関しては、地権者の了解・許可が必要。

	手法名	目的・原理・概要	道内での適用状況・問題点
地表 (水面・海底)	VLBI・SLR <sup>3)</sup>	{VLBI}: 極めて遠方の星からの電波を地球の各地に設置した電波望遠鏡で測定し、その到達時間差を原子時計により求めることにより、プレート相互間の動きなど設置地点間の広範囲の距離変化を高精度で把握する。	道内では国土地理院が、新十津川町に VLBI 専用アンテナを設置している。
		{SLR}: 表面を反射鏡で覆われた球面状人工衛星に向け、地上の観測所からレーザー光線を発射しその往復時間を精密に測定することにより、観測所と衛星間および各観測所間の距離を高精度で測定する。	地震防災面では、プレート運動や広域の地形変化など VLBI と同様目的に利用されるが、道内での適用例不明。
	水準測量・光波測量	{水準測量}: 高さの基準となる点(水準点)・望遠鏡・標尺などにより、地表の各地点の標高変化を高精度で測定し、これを繰り返すことにより、歪蓄積(開放)による広域的な地形面上下変動を把握する。	著しい労力・作業時間が必要なため、既往測定結果は有効に生かしていく必要はあるが、今後は道内においても特別な場合を除き、後述の GPS に代わっていく可能性が高い。
		{光波測量}: 赤外レーザー光と反射鏡により、前述の SLR と同様の原理で 2 点間の距離(変化)を高精度で求める。	測定点(発・受光点)と反射鏡間が見通せること・反射面(汚れや凍結等がないよう)の管理必要・天候不順の場合使えない、などの問題点があるため、水準測量と同様、道内でも今後は GPS と併存又は代わられる可能性がある。
	GPS <sup>4)</sup>	高度 2 万 km の軌道を周回する米軍の 24 個の衛星から発せられる精密な軌道(位置)情報と時刻情報を地表で受信することにより、受信点の位置(緯度・経度・高度)を高速且つ高精度で測定する。(但し米軍がコントロールする軌道情報の精度を軍事上の都合で意図的に低下させる場合もあり、その際には測量精度も低下する。)	道内においても、国土地理院による多ポイントリアルタイム連続観測が(平成 7 年度までに既設 72 点、8 年度までに 100 点以上になる予定)開始され、従来の測量(水準・光波)では数年以上かかった結果算出までの期間が数日以内で可能になった他、必要に応じて数秒以内の測定間隔も可能であり、地震前後の急激な地殻変動も詳細に把握できる可能性がある。 また、北大理学部でも平成 8 年より 12 点の連続観測開始。
	反射法地震探査・音波探査	地表面に発破や油圧式のバイブレーターなどで人工的振動を与えると、それによる弾性波が地下の不連続面で反射して地表に戻ってくるが、これを受振器で検出しその反射波記録を解析することにより地下構造が推定できる。 また、水面付近でエアガンやスパーカーなどを作動させると、水を介して水底から弾性波が伝播し、同様にして反射波記録より、水底以深の地下構造が推定でき、このような水面からの反射法は音波探査と称する。	陸上・海上とも、石油や天然ガス・石炭など地下資源を対象とする探査の実績は多いが、地震防災(断層構造検出)を主目的とする適用例はほとんどない。 都市部で実施する場合は、道路沿いに測線を設定することになるが、交通規制・夜間作業などノイズ対策が必要となる。音波探査については、沿海部のみならず首都圏で実施されているように、河川を利用することも検討課題である。 いずれも断層探査の有力な手法であるが、数百～数千 m 以上の探査深度を対象とする場合は作業・費用とも大規模となる。道内に十分な実績を有する業者はほとんどない。
屈折法地震探査 <sup>5)</sup>	発破等により発生した弾性波が、地下の速度境界付近を伝播し地表へ戻ってくる(屈折波)現象を利用し、地下構造(弾性波速度分布)を推定する手法である。	小規模な探査は、土木構造物の基礎性状把握用として多数実施されており、また学術目的でいくつかの深部探査例もあるが、地震防災目的(断層構造を含む広域的地下構造推定)で実施された例はほとんどない。 振源・観測とも探査深度に応じて大規模な作業となるが、砕石発破等適当な振源が利用できれば費用はある程度軽減される。 観測技術に関しては、海底地震計も含め、北大理学部を主体に道内で対応可。	

	手法名	目的・原理・概要	道内での適用状況・問題点
地表 (水面・海底)	微動探査	自然状態における微小な地盤振動(常時微動)の内、表面波長周期成分の伝達特性(周期・速度など)が地下数千m程度までの速度(S波)構造を反映することを利用して、地盤振動の受動的観測データの解析から、地下深部までの構造を推定する。	北大理学部(岡田廣教授他)が中心となって実用化された手法で、石狩低地帯や十勝平野で適用実績がある。測定箇所付近の平均的な点としての構造しか得られないが、測定作業自体は比較的簡便であるため、多数点を対象とすれば、屈折法に代わって広域的深部探査として有効である。
	微小地震 <sup>5)</sup> 、 <sup>6)</sup> 地震(強震) 観測	{微小地震}: ほぼM3以下の地震を高感度・短周期の地震計で観測することにより、対象地域の地震活動度・(発震機構解析による)大局的な応力状況・場合によっては被害地震の前震などが把握可能である。	道内では北大理学部(地震予知観測地域センターと火山観測所)が後述の坑・孔を含め約40箇所以上、札幌管区気象台が27箇所の常設観測点からのデータをリアルタイムモニターしている他、データの相互交換や必要に応じて臨時観測点も設定される。 但し、これら観測点は都市部から遠いものも多く、近傍での地震活動把握には有効であるが、都市部や空白部については手薄な状態である。観測点の条件としては、人工的ノイズが少ない・電源や電話線が近いことなどが必要である。
		{強震観測}: 3.2に詳述する。	同左
	海底地震計 <sup>5)</sup>	前述の微小地震観測を海底で実施するもので、陸上部と同様の目的の他、適当な人工振源と組み合わせることにより、海底下の(屈折法)地震探査も可能である。	この分野は北大理学部(島村教授)が世界をリードしており、近年の海洋性被害地震直後の余震観測や地殻構造探査で多くの実績がある。 なお、本格的な適用のためには専用の海洋観測船が必要であるが、理学部では保有していないため、その都度漁船等をチャーターしなければならないという問題がある。
	海地電流(VAN)法 <sup>3)</sup>	2地点間の自然電位差は一般には極めて微小であり、その時間変化には各種の人工的ノイズも含まれるが、ギリシャのVAN法では電極配置の工夫などにより、予想される地震の位置や規模に応じた地電流信号を選択的に検出し、短～中期的予知を行なっている。	本手法について、日本では地殻歪の蓄積に伴う地電流変化のメカニズムが不明だとして懐疑的な意見が多く道外数箇所で試行されているものの、道内での本格的適用例はない。
	比抵抗法・比抵抗映像法	地表に設置した電極から人工的に電流を流し、これによる電位を別の電極で測定することにより、地下構造を比抵抗分布として推定する。 映像法は、上記測定を高密度に、且つ逆解析手法も適用して高精度で実施するもので、深度400～500m程度までの比抵抗の2次元分布が推定可能と言われている。	地震防災(断層探査)を主目的とした適用例はほとんどない? (伏在)断層構造の探査とともに、浅部ほど高分解能が期待されることから、後述のトレンチ調査箇所の選定用としても有効と考えられる。調査の痕跡はほとんど残らないが、地権者に対する一時的な立ち入りの承諾は必要である。
	地下レーダー	地中へ向けて数十メガ～1ギガHz程度のパルス状電波を放射し、地下の電氣的境界からの反射波を解析することにより、地下浅部の微細構造を把握する。	地震防災目的の断層探査への適用例なし? 探査深度は地下数m以浅に限定されるため、トレンチ調査箇所の選定・精査用として利用可能。高含水率(低比抵抗)の地盤では、電波の減衰が著しく、適用困難。
MT法	自然の地磁気変化・雷放電・又は人工的信号源(CSAMT法)により生じる地中の誘導電磁場を、地表面のコイルと電極で測定し、地下構造を比抵抗分布として推定把握する。	地震防災目的の断層探査としての適用例はほとんどない? 比較的小規模な作業で最大探査深度は数千mまで可能であり、地震防災用としては広域的概査としての利用が考えられる。	
EM・VLF	航空機(空中)からの探査と同様。	地震防災(断層破碎帯検出)を主目的とする適用例はない?	

	手法名	目的・原理・概要	道内での適用状況・問題点
地表 (水面・海底)	重力・磁気	<p>各々、高感度のセンサーにより平均的値からのズレを「異常」として検出し、この観測データを解析することにより、広域的には堆積物を含むプレートや火山内部の状況を推定する。</p> <p>局地的には、逆解析手法により、比較的浅部の詳細な探査も可能である。</p> <p>なお、磁気探査については前述の空中からの探査が広域用、陸上からの探査が局地用として適用されることが多く、重力探査についても、広域や海上の場合は、航空機や船舶が使用される。</p>	<p>広域的には、国土地理院や地質調査所等により調査が実施され、結果も公表されている。</p> <p>但し、伏在を含む特定の断層構造検出目的の調査例はほとんどない？</p> <p>定点観測としては、気象庁が女満別に、国土地理院が赤井川村にそれぞれ地磁気観測所を設置しており、磁気探査や地震予知などの基準値としても利用されつつある。</p>
	湧水・地下水・γ線・ラドン・地中ガス等	<p>地震前後に、地下の応力や歪状態の変化を反映して、これら各種「地球化学的」指標が変化することが期待されるが、これから逆に断層の状態や地震の前兆を把握しようとするものである。</p>	<p>道内における本格的な連続観測例は少ないと考えられるが、地震前後で温泉の湧出量や温度が変化したとの報告等はいくつかある。</p> <p>全国的にも明確な変化を事前に検出し被害地震を予知した例はなく、(後追い予知の例は多数ある) 実用的予知のためには連続モニタリングによるデータ蓄積とその検討が必要である。</p>
観測坑	レーザーホログラフィー <sup>7)</sup>	<p>前述の「合成開口レーダー干渉法」と似ているが、観測坑壁面にレーザー光を連続的に照射し、壁面に地球潮汐に対応する程度のわずかな変動があれば干渉縞がホログラフィーとして記録可能であるという原理を利用し、地震の前兆としての地殻変動を超高感度で観測しようとする方法である。</p>	<p>道内では適用例なし？</p> <p>(海外及び京大で研究事例・若干の後追い予知例はあるが、実用化のためには長期的データ蓄積が必要)</p>
	伸縮計 <sup>5),6)</sup>	<p>石英管やインバル合金など、温度変化に対して伸び縮みが極めて小さい材質の棒の一端を岩盤に固定し、他端と岩盤の基準点との間の間隙を精密に測定することにより、地殻変動に伴う岩盤の伸縮・歪を高精度で把握するもので、地震予知にも適用し得ると言われている。</p>	<p>北大理学部が数10箇所連続観測を実施しているが観測坑の地盤(岩盤)が良好ではない箇所もあり、以下に示す傾斜計や体積歪計も含め、必ずしも満足すべき結果が得られていないケースもある。</p>
	傾斜計 <sup>5),6)</sup>	<p>数十～百m程度離れた管の両端に容器をつけ、内部に入れた水の容器間での水位差から、観測箇所の傾斜変化を高精度で求めるのが「水管傾斜計」、水平振り子の支点軸の傾斜に応じて振り子位置が相対的にずれることを利用するのが「振り子式傾斜計」である。</p>	<p>道内の状況は、伸縮計の場合と同様である。</p>
	体積歪計 <sup>5),6)</sup>	<p>ステンレス製の円筒容器が周囲の岩盤の膨張・収縮に伴い体積変化し、その内部に封入されたシリコン油面も変化することを利用して地球潮汐に対応する<math>10^{-9}</math>程度の極めて微小な岩盤歪の変化を検出する。</p>	<p>道内の状況は、伸縮計・傾斜計の場合とほぼ同様である。</p>
	地震 <sup>5),6)</sup>	<p>地表観測の項で述べた「微小地震観測」と基本的に同じであるが、近年は世界的に「広帯域地震計」も併設される傾向があり、このデータを地震直後にインターネットで収集し、振源断層の諸元を数時間内に推定することも可能となっている。</p>	<p>道内の状況は、伸縮計・傾斜計・体積歪計の場合と同様であるが、広帯域地震計併設観測坑も3～4箇所以上(いずれも北大理学部による)となっている。</p>
ボーリング孔	各種孔内物理検層・VSP・ボーリングコア試験	<p>[各種孔内物理検層]: 電気・温度・孔径・音波(P・S波)・密度・反射・ポアホールテレビ・ポアホールレーダーなど各種手法を掘削途中又は終了後、必要に応じて実施し観測孔の深度方向微細構造を把握する。</p>	<p>資源探査・温泉探査用のボーリング孔では実績があるが、地震防災対応ボーリング孔については、一部(北大・開発局・後述の札幌市等)を除き実績は少ない。</p> <p>なお、以下同様であるがボーリング箇所地権者の了解が必要となる他、掘削・調査・機器設置までの作業期間は長期になり、費用も多大なものとなる。</p>

	手法名	目的・原理・概要	道内での適用状況・問題点
ボーリング孔 (陸上)	各種孔内物理 検層・VSP・ ボーリングコ ア試験	[VSP]: 前述の反射法地震探査の受振をボーリング孔の中でも実施することにより、通常の反射法より詳細な地下構造を推定する。	地震防災用のボーリング孔での適用例なし?
		[ボーリングコア試験]: 深層ボーリングにより得られる岩石コアに関しては、直接的には地質判定の他、通常の各種室内試験の適用が可能であるが、地震防災の観点からは、コアディスク <sup>8)</sup> (採取時に円盤状に割れたり、亀裂が入ったりする)の観察から地殻応力状態を推定する研究が行なわれている。	同上。
	微小地震・体積歪計・精密温度計 <sup>5)</sup>	[微小地震]: 前述の地表での観測と基本的には同様であるが、都市部やその周辺では各種人為的ノイズが深度に応じて低下するため、高感度観測が可能となり地下状態のモニタリング法として有効である。	北大理学部による、地殻変動観測用及び火山観測用ボーリング孔はあるが、都市部を対象とする(伏在)断層の活動に伴う微小地震観測を主目的とする観測孔はほとんどない。 なお、札幌市では北大理学部の協力を得て、深度500~550mのボーリング孔3孔を含む観測を平成9年4月より開始している。
		[体積歪計]: 観測坑における場合と同様であり、深度に応じて相対的に高感度となるため地震前兆把握のための重要な手法である。	微小地震の場合と同様で、都市部を対象とする観測孔はほとんどないが、上記札幌市のシステムでは、2孔に孔内傾斜計も含め設置を予定している。
	[精密温度計]: 地殻の歪状態変化に応じて岩盤内地下水も流動するが、この微小な動きを直接的に測定する手段がないため、ボーリング孔内に設置した精密地下水温計(水晶発振式)により千分の1°C(分解能10万分の1°C)という超高精度で水温変化をモニターし、前兆を把握する。	この測定機器は現在北大理学部教授の島村により1978年に開発され、道内数箇所のボーリング孔に設置されているが都市部にはない。	
	水圧破壊法 <sup>9)</sup>	ボーリング孔の一定区間の両端にパッカー(止水栓)を設置し、この区間内に地表から水を圧入することにより、孔壁付近の岩盤を破壊する。その際の水圧や破壊状況(ポアホールテレピュアーなどの手段で観察)から、試験箇所に加わっている応力の大きさや方向が推定可能である。震源に近い地下深部の応力状態を把握する有力な手段である。	本手法については、科学技術庁防災科学技術研究所が主体となり、首都圏や阪神地域で地震防災用大深度観測孔の掘削過程で多数の測定を実施しているが、道内での実績はない。
	トレンチ	活断層が地表付近に現れている場合(地表地震断層)や伏在していると判断される場合、その箇所を直接掘削し露出した地層の分析から過去の地震(断層活動)履歴を推定するものである。地震履歴から、断層活動の周期性や最終活動時期などが判明すれば、その活断層に起因して将来発生する可能性のある地震の規模や時期について長期的な予測が可能となる。	道内では、道立地下資源調査所が主体となり、平成7年秋から9ヶ年計画で、人口密集地に近い5箇所の活断層について順次調査を行なうことになっている。 平成8年には1箇所目として「樺戸断層群」についてトレンチを含む調査が実施されている。 また、これに先立って平成7年には「函館平野西縁断層群」において、道内最初のトレンチ調査が実施されている。(北海道教育大・道立地下資源調査所等による) 本手法については、掘削箇所や付近の地権者の承諾が必要なことはもちろん、調査後の復旧作業なども含め作業・費用とも多大なものとなる。 また、露出した地層を分析する(第四紀学等の)専門研究者・技術者が少ないことも問題である。



### 3.2 北海道における強震動観測の現状と今後の展望

強震動観測に使用される強震計とは、有感地震以上の強い揺れに対しても振り切れることなく、設置箇所の振動状況（一般に加速度又は速度波形＝時刻歴）を忠実に記録する地震計である。

計測震度計は、上記機能に加え、気象庁（計測震度階<sup>10)</sup>（平成8年10月より8階級から10階級へ改訂）についても演算・表示するものである。

現在、有感地震発生の場合には、気象庁より震度分布等の情報がマスコミを通して提供されており、このような広域的な即時情報伝達システム自体、世界的にもほとんど例のないものと言われている<sup>11)</sup>。しかしながら、個々の構造物や特定の地盤における地震動は各地点の強震動観測による以外把握する方法はない。

兵庫県南部地震においては、いわゆる「震災の帯」の内部における強震動観測地点がなかったことに代表されるように観測地点数や密度は不十分であり、初動対応には役立たなかったが、阪神地域に各種機関が設置していた強震計のデータが被害状況評価や震動増幅メカニズム解明<sup>12)</sup>などの面で極めて有効であった事が明らかとなった。

このような理由から、現在、国・自治体・民間等の多数の機関により全国的に強震計(ネットワーク)の新・増設が進められている<sup>13)</sup>。

本検討では、北海道内に強震計を設置している又は設置を計画中の組織・機関を対象とし、まず道内における観測の実態・今後の動向についてとりまとめ、さらに観測データの有効利用の可能性や地震地盤災害予測評価システムなどについても展望するものである。

#### (1) 道内観測システムの実態

道内の観測システムについては、近年頻発した被害地震（1993年釧路沖・北海道南西沖・1994年北海道東方沖・三陸はるか沖、1995年兵庫県南部）などを契機として急増しつつあり、常時観測を実施している主な組織・機関を対象として実施した聞き取り

(アンケート)調査結果によれば、表3.3.3のように観測箇所の合計は500を越え、組織によってはさらに増設・ネットワーク化が進行している。

これら新・増設システムの内特筆すべきものを以下に列挙する。

① 気象台では、従来の「体感等」に基づく震度階を計測震度計による10段階の自動観測<sup>14)</sup>に改め、観測（震度発表）地点数も75点（全国で約290点から約600点へ）と大幅に増加させた。

このような、きめ細かな震度情報は震源や津波情報とともに主要マスコミに短時間で伝達表示されるようになってきている。

② 科学技術庁防災科学技術研究所（茨城県つくば市）が展開している「強震ネット」は、道内185点・全国1000点と世界でも最大級の強震計ネットワークシステムであり、最大加速度分布や観測地点毎の地震動履歴・地盤物性値などをインターネットを通して発信・公開しているのが特徴である。

従って、インターネット端末が使用可能であれば、誰でも一定規模以上の地震発生の場合、全国の強震動情報を得ることができる。

③ 北海道開発局では、従来から地盤や構造物(ダム・橋梁・盛土など)に強震計を設置していたが、これらに築堤や岩盤斜面などの新設箇所も加え、その大部分のオンラインシステム化(WISEシステム<sup>15)</sup>、Warning Information System of Earthquake)が進行中である。

容量的には200～300点のネットワーク化が可能であり、土木構造物の地震動被害予測システムと組み合わせることにより、将来的には先進的且つ道内最大級の地震時初動対応システムが構築される予定である。

④ 消防庁は、各都道府県の防災消防関連部署を通して全国市町村(3,257箇所)における震度を即時に把握する「震度情報ネットワーク<sup>16)</sup>」を、前記①・②の観測点も含めて構築中であり、道内でも平成9年度から212の全市町村(内新設69点、①の気象台19点、②の防災研124点)がネットワーク化されることになっている。

表 3.3.3 北海道内における強震計（常時観測）の設置実態（平成 8 年 12 月現在）

（組 織）	（設置箇所数）	（備考・管理部門・連絡先）
札幌管区气象台	75	計測震度主体 H 8 / 4 ~ 札幌管区气象台 地震火山課
科学技術庁防災 科学技術研究所	185	インターネット等で公開 H 8 / 6 ~ 防災科学技術研究所 強震観測センター、ホームページ http://www.bosai.go.jp/
北海道開発局	168+13農業ダム	構造物にも設置、大部分をオンラインシステム化(300箇所程度 まで可) H 8 ~10 開発局開発土木研究所構造研究室・農業土木研究室
北海道(消防庁)	69(新設)+10(ダム9、橋1)	消防庁の震度情報ネットワークとして他組織設置分(气象台19、 防災研124)を含め全市町村予定(212箇所) H 7 ~ 9 (市町村分) 道庁総務部防災消防課・土木部河川課・土木部道路整備課
J R 北海道	41	在来線部33箇所、青函トンネル8箇所(内、北海道側4箇所) H 7 /12 ~ JR 北海道工務部工事課
北海道ガス	6 + 2 (将来)	工場(札幌中央区・石狩新港・小樽塩谷・函館万代町)、 ガスパイプライン(北広島) H 7 /11 ~・H10~(札幌東区・石 狩新港) 生産部生産技術室(各工場)
日本道路公団	1	地中2点含む4点(札幌市白石区東米里) S 58/10 ~ 道支社千歳工事事務所試験課
北海道電力	16	ダム・発電所 H 7 / 3 ~ 土木部建築建設グループ
N H K	8	主要放送局・速報用計測震度計 各設置放送局
札幌市	2	本庁舎4点、消防局庁舎1点(札幌市中央区) S 47 ~・S 62 ~ 総務部庁舎管理課施設係
他民間会社	2 (予定含む)	北海道開発コンサルタント(H 9 年札幌市厚別区新札幌、3点 予定)、上山試錐(札幌市中央区、3点) 開発コンサルタント:地質部・防災対策室 上山試錐:地下開発部技術課

(聞き取り調査結果の詳細:「センサーの設置位置」・「計測の仕様」・「データの公開可能性」等に関する資料は検討グループ幹事が保管)

図 3.3.1、3.3.2 に、主要 5 組織の強震計設置位置を示す。

## (2) 観測結果の有効利用に関する検討

地盤災害に限らず強震動観測を有効利用する方法は、大規模地震が発生する前と直後および、直後以降で異なる。大規模地震前では、その前に発生した中規模地震の強震動観測結果を用いて震災予測シス

テムの精度の向上を図ることや、予測システムを用いて震災対策としての既設構造物耐震強化計画や設計施工に利用することが考えられる。地震発生直後では、観測結果を用いて震災の程度を推定し初動対応や迅速な復旧に、またそれ以降では、破壊した構造物の破壊形態の解明や今後の耐震設計法の確立に利用されることが考えられる。強震動観測をする最も重要な目的は、大地震から人命と財産を守ること、

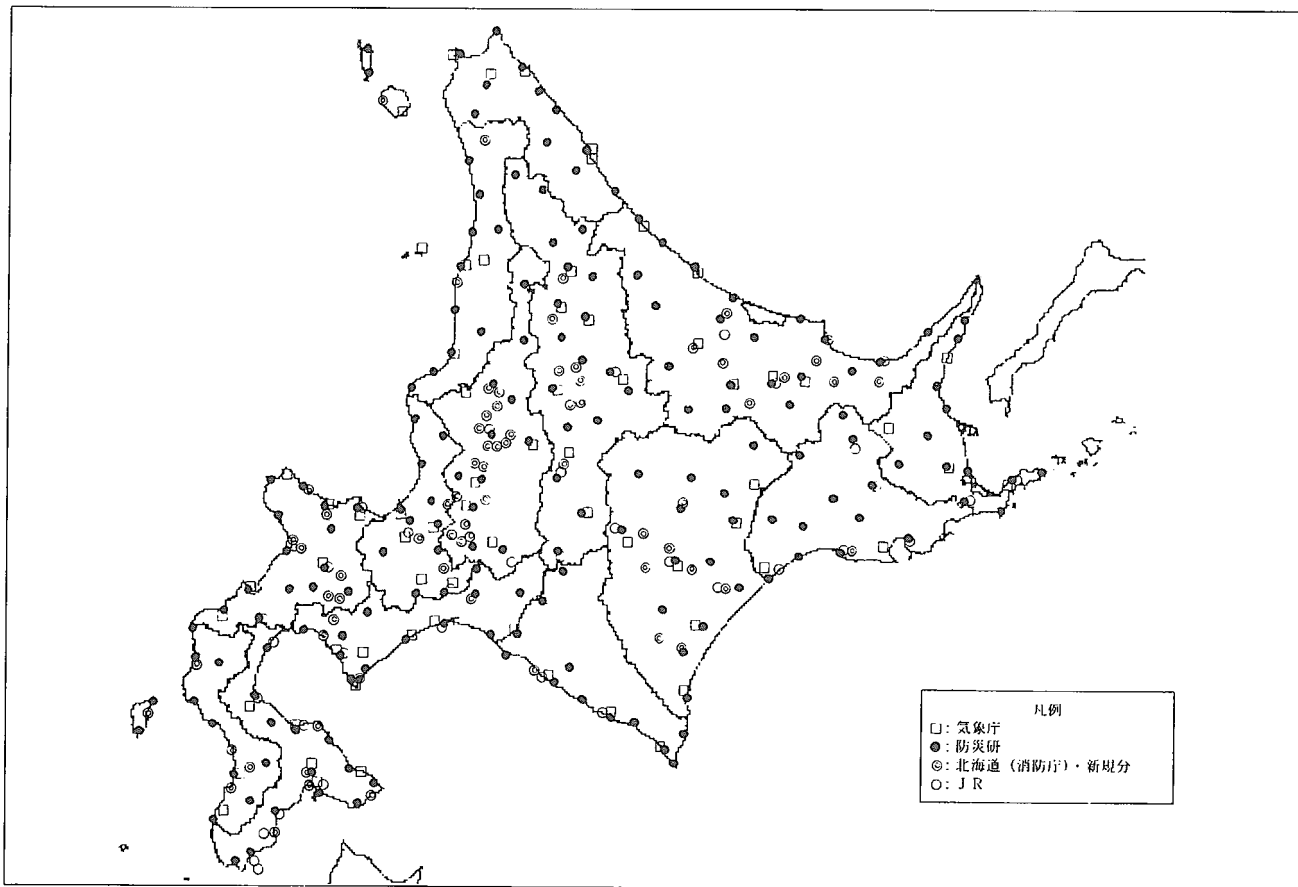


図 3.3.1 北海道内における主要強震計ネットワーク①

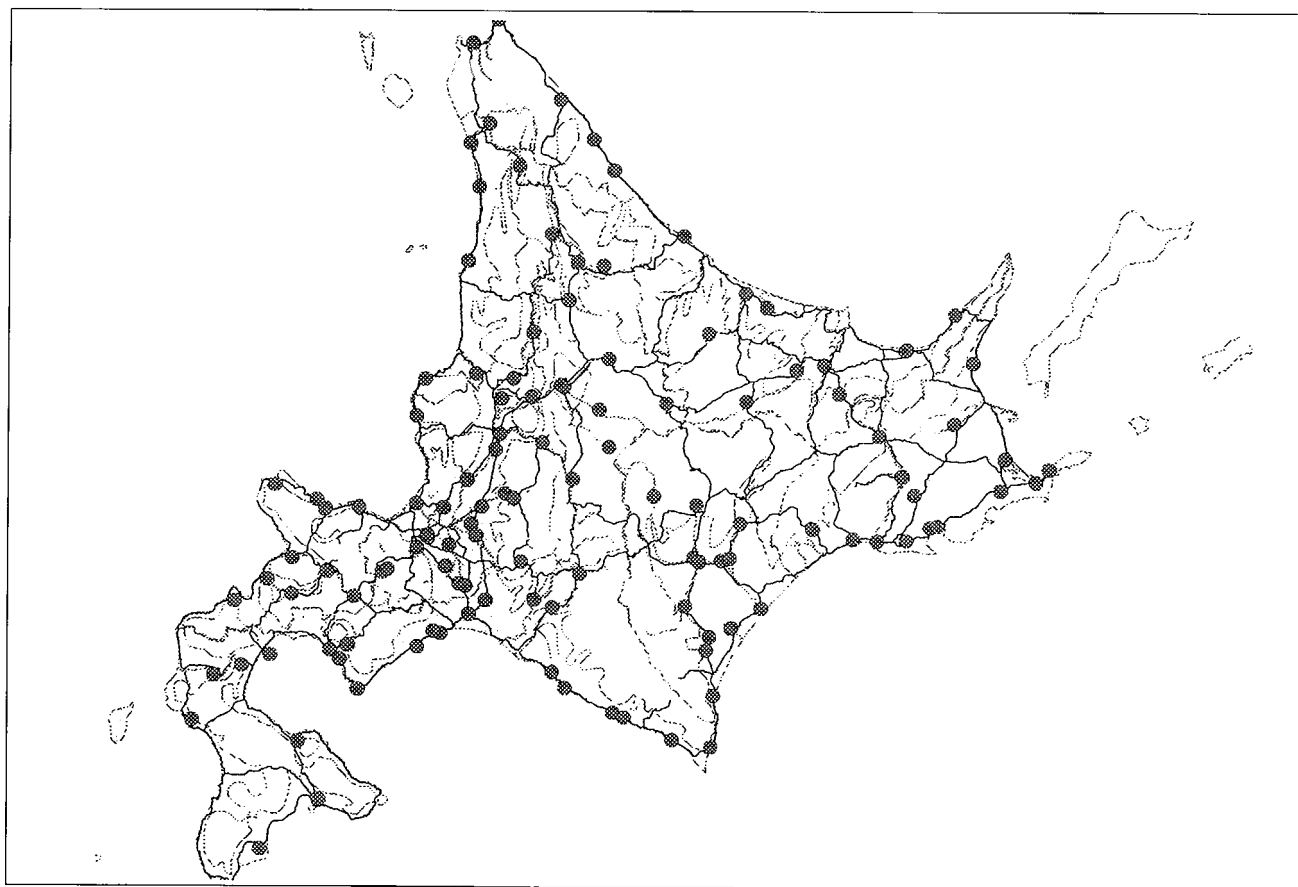


図 3.3.2 北海道内における主要強震計ネットワーク② (北海道開発局 WISE システム)

あるいは不幸にして被害が生じたときでもその被害を最小限に食い止めることにある。このことから考えると、震災を予測して初動対応や復旧に利用することは、最も有意義なことと言える。

地盤災害に限ってその予測手法を検討すると、震災前に対象とした構造物がどの程度の地震に耐え得るか、換言すると破壊する限界地震とはどの程度の規模かということを知る必要がある。ここで扱う地盤災害とは、橋梁や建築構造物の基礎、自然斜面、ダム・盛土（道路盛土や堤防）、トンネルなど土木建築構造物の地盤に関係する災害である。

橋梁基礎の設計では、現在地震時保有水平耐力法による耐震設計が行われている<sup>16)</sup>。この設計では、水平震度と変位量あるいは塑性率（応答変位と降伏変位の比）の関係が求められ、この関係から基礎降伏時の水平震度が算出される。したがって、対象橋梁上で強震動観測が実施されている場合には、観測された最大加速度から水平震度を求め、基礎の降伏時の震度と比較することにより基礎の破壊を予測することができると思われる。ただし、耐震設計では、対象としている地震動に大正12年の関東大震災と平成7年の阪神大震災の二つの地震タイプを考えている。これは、その地震により生じる最大加速度のほかに、地震の継続時間を考慮にいたったものである。今後、これらの地震タイプを震災予測手法にどのように取り入れるかが課題となる。

対象橋梁上で強震動観測が行われていない場合には、近隣で観測された地震動より対象構造物に生じる水平震度を推定する必要がある。水平震度を推定する手法の一つに、前述した現在北海道開発局が実施している WISE<sup>17)</sup> で検討されているものがある。この手法は、過去の強震記録と気象庁震度階を用いて確立統計的に分析した結果をもとに、地震動の大きさを推定するものである。比較的広範な地域を対象に、その地域の水平震度がどの程度かといった推定に有効な手法となることが期待される。この他にも各機関が調査検討中であり、それらの推定結果はかなり良い精度で実測値と一致していることが報告<sup>18)19)</sup> されている。今後、強震動観測から瞬時に得られる最大加速度、卓越周期、継続時間と、対象構

造物の固有周期などの関係から水平震度を推定する手法が開発されると考えられる。

自然斜面や盛土については、現時点では破壊する限界の地震動の大きさを定量的に求めることができない。したがって、今後の研究が待たれるところであるが、ここでは現在実施されている研究<sup>20)</sup> を紹介する。北海道開発局開発土木研究所では、盛土の動的安定性に関する研究を行っている。この研究では、室内模型実験として遠心力載荷装置が用いられている。実際の盛土を震動させて、地震時の挙動を調査することは不可能である。また、盛土の崩壊は地震時・常時とも、盛土自体の自重で起こる。したがって、縮尺模型を用いて実験する場合には、盛土材の強度も縮尺にあったものが必要になる。換言すると、縮尺模型の盛土材に、実際現場で盛られている土を使ったのでは実験が成り立たない。そこで、実際と同一材料を使った模型に、重力場の縮尺倍の遠心加速度を与えて、実際の応力状態を再現した実験をしようとしたものが遠心力載荷実験である。この研究では、遠心力場で縮尺模型を加振するといった高度な実験を実施中である。今後の研究成果が期待される。

トンネルについては、過去の被害例をみても地震動による破壊は少ない。これは構造物そのものが、揺れが少ない地下に建設されているためである。しかし、兵庫県南部地震では、地下鉄駅の被害<sup>21)</sup> がみられた。したがって、今後はトンネルのような地下構造物についても耐震性に関する研究が進むものと予想される。

現在、一部を除いたほとんどの土木構造物の設計法には、許容応力度法が採用されている。この設計法では、ある荷重に対してその構造物が十分安全であるといった計算がされるため、構造物が崩壊する限界の荷重が曖昧になっている。このことが、阪神大震災によって日本の土木構造物に対する耐震性の神話が崩れた一要因になったと考える。土木構造物の今後の設計法としては、限界状態設計法の導入が検討<sup>22)</sup> されている。限界状態設計法では、構造物の終局限界状態や使用限界状態といった形態が用いられる。これらの形態と地震時の水平震度の関係が明

らかになると、これらの水平震度が震災予測システムの基準値として採用できると考えられる。したがって、各種土木構造物に対するこの設計法の確立が大いに期待されることである。

以上のように、現状では強震動観測結果を用いて精度の良い震災予測を行うには、今後の研究を待つものが多い。大震災による人的・物的被害を最小にするためには、これらの問題を解決して、より精度の良い震災予測評価システムの確立が必要である。

### (3) 地震動による地盤災害予測評価システムの展望

強い地震動の観測が重要であって、強震計による観測システムの整備が防災の観点から急務であることをあらためて強調したい。強震計による観測の有効利用については前節で述べたように、〈初動対応〉、〈被害の予測〉、〈地震学的な調査・研究〉にあるが、システムとしての運用は複数の目的を重複するのが実際である。

本節では強震計観測とそれを用いた地盤災害予測評価システムといったものの今後の展望について述べたい。

まず、強震計による地震動観測が有効であることは、1995年1月17日に発生した阪神・淡路大地震であらためて確認されたと言える。たとえば、京都大学防災研究所の入倉孝次郎教授は「科学」(1995<sup>23)</sup>、1996 a<sup>24)</sup>で、また朝日新聞大阪科学部編「都市崩壊の科学」の中(1996 b<sup>25)</sup>でこれまでの地震予知偏重主義を批判しつつ、この地震での強震計観測で明らかになった事例を述べて、防災対策としての観測の重要性を力説している。例えば、

- a. 地震動の詳細なデータを用いた減衰曲線式(横軸に断層破壊域からの最短距離、縦軸に最大加速度)の解析から過去のモーメントマグニチュード7クラスの経験式と非常によく一致しており、ごく普通の内陸地震で異常に地震動が大きかったとはいえなかったとこの地震を評価した。
- b. なぜ“震災の帯”が形成したかなど、地震波記録と余震観測から地盤構造と強震動の発生の

関係を推定することができた。

- c. 被害集中が単に建物が古いからというのではなく、地盤の卓越周期0.5秒付近で、木造住宅や中低層住宅の固有周期に一致することが一因であると推定されるに至った。
- d. 神戸市開発局によってポートアイランドでの強震動が地表、深さ12 m、28 m、79 mで同時に記録されており、一般には地表近くで増幅されるが、軟弱地盤では地盤が液状化し、水平方向の揺れの増加が抑えられたらしい(非線形挙動)。
- e. 地震後早期に断層破壊域を推定し、地盤条件を考慮することにより大きな揺れを推定して緊急救援活動に生かすことができること、また破壊域先端で発生する最大余震の予測にも生かすことができる。

そして、まとめとして、強震動を正しく理解し、重要性を認識すること、精密なデータ解析に使用できるデジタル強震計の充実とデータを公開することなどをあげており、地震発生の可能性の高い活断層の近傍域で地震動観測を実施し、日常的に得られた小地震の記録を用いて強震動予測を行ない、その結果を基に防災対策を進めていく必要性を提案している。

また、菊地正幸(1995)<sup>26)</sup>は、一つの事例として横浜市の強震計ネットワークシステムを紹介している。このシステムは、市の防災関連部局と大学(横浜市立大)が協力しあって作り上げたものであり、強震計を高密度に(1.5 km<sup>2</sup>に1箇所)張り巡らしていること、数分内に最大加速度、卓越周波数、継続時間、計測震度、SI値の各データを、15~20分後には地震波形データをセンターに流すことができることなど非常に優れたものである。この中でも、周期別潜在的な地震動マップなどの作成には、震度だけでは地震動の特徴は表せないことを述べている。

さらに、金森博雄(1995)<sup>27)</sup>は、カリフォルニア州で行われている実験的リアルタイム情報システム(CUBEシステム: Caltech/USGS Broadcast of Earthquake)の背景にある防災のあり方を述べているが、防災特に連鎖的被害を食い止める意味から、

観測ネットワークに速いスピードと高い信頼性を求めている(現在、CUBE システムは Caltech、USGS、CDMG (州 鉱山 地質部) の 協 同 プロジェクト「TriNET」としてグレードアップされている。なお「TriNET」の概要はインターネットのホームページ <http://www.gps.caltech.edu/calren/abstracts/TriNet.html> に示されている)。

ここで、今後求められる地盤災害予測評価システムを〈初動対応〉と〈被害の予測〉の観点から一言でいえば、それぞれの地域の地盤特性、建物などの諸施設の種類と分布、都市部については人口分布の時間変化、交通量の時間変化などのデータベースと地震動観測の情報と組み合わせ、被害分布の推定をリアルタイムにかつ事前予測するものである。実際には観測網の整備と活用であり、防災意識の高いうちに基盤システムをつくること、日常的に活用させることが緊急時に役立つこと、自治体自ら観測ネットを整備することが非常に大切であり、データ等の公開は防災システムにとって最も基本的なことから考えられる。

自治体自ら観測ネットを整備することの意義は、それが北海道という単位なのか、市町村なのかは別にして、現実には防災最前線に立たなければならないところにある。その意味から北海道という地方自治体を中心となって、各部局の担当施設に限定することなく市民を守るという観点から、防災システムづくりに取り組んで頂きたい。現在試験的に運用されている北海道開発局の WISE は全道を網羅しているネットワークシステムではあるが、結局は直轄道路・河川だけが対象となっている。科学技術庁の強震ネットも全国ネットワークの一部に北海道があるだけで、自治体のためのシステムではない。今回北海道内にある強震計を調査したが、全部で 500 を超える強震計が設置されている。しかしながら、これらはおおのこのシステム内での利用に限定されており、データの公開については可能としながらも、積極的利用までには至っていないのが現実である。例えば、人口 170 万人をこえる札幌市の場合、札幌市域内に、札幌市自体が設置・管理している強震計は 2 箇所に過ぎないが、ほかの機関を含めるとその数

倍におよぶ。都市防災の重要性が叫ばれている昨今、これらを利用しない手はない。既存の観測施設などを十分生かすことを考えるべきではないか。したがって、これらのデータが公開され、利用できる体制、例えば連絡協議会といったものをつくり一定のルールづくりを行うのも一方法である。また、システムの規模、範囲としては当面限定されたものにならざるを得ないが、それぞれの垣根にこだわることなく、広い視野に立った構築計画が望まれる。

### 3.3 調査観測体制に関する課題と提言

戦後、我が国は継続して公共事業の投資を行ってきたが、国土の防災インフラは欧米に比較して立ち遅れているのが現状である。一方で社会資本の整備によって社会環境が時代とともに変化しており、阪神・淡路大震災を契機として即応した防災システムの構築が求められるようになった。世界的にも有数の地震国である我が国では、これまでに多額の観測研究費が大都市を中心とした地震予知関連に注ぎ込まれている。過去 2 年間の国関係予算を表 3.3.4 に示す<sup>28)</sup>。

表 3.3.4 の事業に係わる調査観測手法の一部を表

表 3.3.4 '95 '96 年度の国の予算に計上された主な地震観測・研究<sup>28)</sup>

	テ ー マ	所管省庁	予算額(億円)
地震予知	地震観測データの気象庁への一元化	気象庁など	16
	首都圏直下型地震予知のための 深井戸地震観測施設整備	科学技術庁	35
	大阪、名古屋での深井戸地震観測施設整備	科学技術庁	17
	大阪、名古屋での微小地震観測施設整備	科学技術庁	24
	近畿西部における地震予知観測	地質調査所	26
	地球測位システム (GPS) 観測点の整備	国土地理院	86
	超長基線観測 (VLBI) 施設整備	国土地理院	37
	VLBI などによる 首都圏広域地殻変動観測施設整備	通信総合研究所	66
	四国沖の南海トラフでの 海底地震総合観測システム整備	科学技術庁	29
	三陸沖での日本海溝での海底観測施設整備	文部省	33
活断層の調査	有馬-高槻-六甲断層系の調査	地質調査所	33
	活断層解剖計画	文部省	11
	全国の主要な活断層調査	地質調査所	24
	地方自治体の活断層調査への交付金	科学技術庁	35
防災関連	全国574カ所に計測震度計を設置	気象庁	49
	全国に計1,000台の強震観測点を設置	科学技術庁	47
	全市町村に計測震度計を設置するための補助金	消防庁	37
	地方自治体の地震観測施設整備の補助金	科学技術庁	17

3.3.1、3.3.2 に列記している。これらの手法は地下深部、とくに地震断層の探査とその特性の解明に向けられているが、個々の活断層における地震発生ポテンシャルを定量的に評価することは現在のところ不可能である。地震災害の軽減には、時系列的に段階予知が的確になされることが理想だが、そのためにはこれまでの調査、観測、研究を継続していく必要がある。現時点では地震災害の最小化に向けて地震発生後の初動対応に重点を置くべきと思われ、そのための調査観測体制の整備が緊急の課題になると考えられる。

地震災害の判断を早急に、かつ定量的に評価するには地震計から地震の規模を知ることが何よりも明確な手法であろう。事前の地盤情報、地理情報などより被害の程度を階層的に評価することが被害を軽減し、必然的に災害復旧（費）の算定（適正な規模の早急な事業の執行）にも寄与できる。表 3.3.5<sup>29)</sup> の防災マネジメントの構成は「防災」として減災を指向する立場から提起している。これは本稿の主旨と同義で、防災マネジメントのリアルタイム情報として、強震計ネットワークによる強震データが挙げられる。

地震発生後における災害を最小とするには被災情報を面的に知ることである。初動対応はまず“地震の規模”を“地盤の動態”から判断し、被災の程度を推測することになる。強震計を高密度に設置し情

表 3.3.5 防災マネジメント<sup>29)</sup>

マネジメント	エマージェンシーマネジメント	
	リスクマネジメント	危機マネジメント
ハードウェア・マネジメント	再現期間、フェイルセーフ、リダンダンシー	応急判定、補強、機能回復
ソフトウェア・マネジメント	予・警報、防災教育、地域計画	リアルタイム情報、各種生活情報
ヒューマンウェア・マネジメント	ケースワーカー等のネットワーク	各種メンタルケア、治療

報ネットワークを形成・活用することによって、他の災害評価システムと有機的に機能することが可能となり将来の地震発生予測にも寄与できると考えられる。

#### 1) 地震規模評価システム

地盤災害に即応して予測・評価する可能な手法としては強震計ネットワークによる観測と地震危険地図を重ね合わせ的に評価・判定することが挙げられる。この判定結果をもとに初動対応の災害復旧構想と予算化を進めるためのソフトウェアの開発が重要である。

以下に概念的な地盤災害の評価システムと復旧システムについて列記する。

#### (i) 強震計ネットワーク

各公的機関で現在実施している強震計ネットワークのシステムを表 3.3.6 に示す。

表 3.3.6 公的機関の強震計ネットワーク

機関名	システム、またはネットワーク名	主な設置場所	強震計の数量
軌道総合研究所	ユレダス (UreDAS)、ヘラス (HERAS)	青函トンネルなど	北海道内 41基
科学技術庁・防災科学技術研究所	全国強震ネットワーク K-NET <sup>30)</sup>	自治体	北海道内 185基 全国 1,000カ所
横浜市 <sup>29)</sup>	高密度強震計ネットワーク	市内	150基
米国 <sup>21)</sup> カリフォルニア州	CUBE システム (地震広報システム) REDI システム (早期地震データ集約システム)		
北海道開発局	地震情報伝達システム WISE (ワイズ)	ダム、道路盛土など	北海道内 181基
消防庁 <sup>22)</sup> (震度計)	震度情報ネットワークシステム	全市町村	北海道内 212基 気象台防災研との合計 H9 予定
気象庁 <sup>23)</sup> (震度計)	防災システムの一部		北海道内 75基 全国 574基
その他 北海道、北ガス、道路公団 北電、NHK、札幌市	ネットワークが未整備または未公開		表3.3.3

(ii) 地震危険地図（地理情報（GIS）の活用）

強震計データと複合的に活用する情報として以下のものが挙げられる。

- ・活断層図
- ・液状化図
- ・地すべり図
- ・地盤振動特性図

(iii) 地震災害組織体制と復旧システム<sup>31)</sup>

米国では災害復旧の行政的ソフトウェアとして以下のものがある。

- ・アメリカ連邦政府：

HAZUS（損失推定の標準化手段）

地理情報システム（GIS）と呼ばれるソフトウェアを利用した地震における経済的・人的損失の定量的な予測のためのソフトウェア・ツールを作成する。

- ・カリフォルニア州：

SEMS（標準緊急管理システム）

標準的な組織を作り、連絡および調整の方法を確立して、相互援助手段の動員、展開、追跡、利用、解散についての改良や各機関調整を行う。

2) 強震計ネットワーク確立の重要性

現時点において地盤災害を予測評価するには、高密度の強震計ネットワークの活用が挙げられる。

以下に特徴的な項目を示す。

(i) 定量的評価

- ・加速度、速度、変位、SI 値（エネルギー値）震央、地震規模、周波数特性
- ・データの蓄積 地震発生確率のロングスパン

(ii) 定性的評価

- ・複数の情報ネットワークの活用（気象情報等との連携）
- ・継続観測による震災の分析と予測
- ・津波予測、液状化予測
- ・次世代情報ネットワークへの対応（試験研究、妥当性検証の継続化）

強震計データの技術的活用における課題は、たとえば災害後の被災予測を前項の地震危険地図と関連させて評価し、地盤災害から耐震設計に反映させる工学的な検討などが考えられる。米国カリフォルニ

ア州における CUBE システムの目的<sup>27)</sup>のように、大地震の震源の近くでの地震動を数多く記録し、その記録を将来の耐震設計に有効に使えるような観測体制が望まれる。

今後、表 3.3.6 に示した強震計ネットワークを有機的に活用するためには、情報を共有し、一元的にデータベースを統括・管理して情報を発信する新たな防災システムの枠組みを構築する必要がある。

参考文献（第三節）

- 1) 物理探査学会：図解物理探査，物理探査学会，1989.4
- 2) ㈮全国地質調査業協会連合会：〔小特集〕活断層の調査，地質と調査，93，4号，1993.12
- 3) 矢沢サイエンスオフィス編：最新地震論，学習研究社，1995.8
- 4) 多田，橋本，鷺谷：1994年北海道東方沖地震地殻変動と断層モデル，海洋出版，月刊地球，vol.17，No.5，pp 329～337，1996.5
- 5) 島村，森谷：北海道の地震，北大図書刊行会，1994.3
- 6) 北大理学部地震予知観測地域センター：<http://hkdrcep.eos.hokudai.ac.jp>（インターネットホームページ）
- 7) 竹本修三：レーザーホログラフィと地震予知，共立出版，1987.10
- 8) 小村，池田，塚原：コア・ディスクングによる地殻応力方位の推定，第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp 409～412，1994.1
- 9) 池田隆司：地殻応力測定のための水圧破壊とその応用，海洋出版，月刊地球，vol.2，No.9，pp 648～655，1980.9
- 10) 気象庁監修：震度を知る，ぎょうせい，1996.9
- 11) パリティ編集委員会編：地震の科学，丸善，1996.9
- 12) 入倉孝次郎：強震動および地盤震動の特徴，第32回自然災害科学総合シンポジウム要旨集，1995.10
- 13) 菊地正幸：大都市における高密度強震計ネット



- ワーク, 岩波書店, 科学, vol.66, No.12, pp 841~844, 1996.12
- 14) 額額一起: 体感震度から計測震度へ, 岩波書店, 科学, vol.66, No.10, pp 658~661, 1996.10
- 15) 島田, 岩渕, 西, 佐藤: 新しい地震情報伝達システムの開発について, 土木学会北海道支部論文報告集第 52 号(A), pp 202~205, 1996.7
- 16) 日本道路協会: 道路橋示方書 V 耐震設計編, 1996.11
- 17) 畑一洋, 佐藤昌志, 岩淵武, 吉田紘一: 地震地域を想定した任意地点の確立加速度推定システムについて, 土木学会北海道支部論文報告集題 52 号(A), pp 220~223, 1996.2
- 18) 入倉孝次郎: “震災の帯” をもたらした強震動, 阪神・淡路大震災と地震の予測, 岩波書店, pp 32~38, 1996.8
- 19) 菊池正幸: 強震計ネットワークを防災に生かす, 岩波書店, 科学, Vol.66, No.12, pp 841~844, 1996.12
- 20) 林宏親, 西川純一, 谷口啓二郎: 遠心模型実験による盛土の地震時挙動, 平成 8 年度地盤工学会北海道支部年次技術報告会論文集, 1997.2
- 21) 田村重四郎: 地盤と地震被害, 山海堂, pp 155~167, 1996.3
- 22) 日下部治: 限界状態設計への動きに思うこと, 地盤工学会, 土と基礎, Vol.42, No.9, pp 3~8, 1994.9
- 23) 入倉孝次郎: 兵庫県南部地震の強震動解析, 岩波書店, 科学, Vol.65, 200-201, 1995
- 24) 入倉孝次郎: 予知よりも地震動観測の充実を, 都市崩壊の科学 (朝日新聞大阪科学部編), 250-254, 1996 a
- 25) 入倉孝次郎: “震災の帯” をもたらした強震動, 岩波書店, 科学, Vol.66, 86-92, 1996 b
- 26) 菊地正幸: 大都市における高密度強震計ネットワーク, 岩波書店, 科学, Vol.66, 841-844, 1996
- 27) 金森博雄: 地震学の現状と防災への応用, 岩波書店, 科学, Vol.66, 605-616, 1996
- 28) 泊 次郎: 国はどう対応したのか, 岩波書店, 科学, Vol.66, No.11, PP 771~774, 1996.
- 29) 河田 恵昭: 自然災害の教訓に学ぶもの, 地盤工学会, 土と基礎, Vol.43, No.6, PP 5~8, 1995.
- 30) 科学技術庁  
防災科学技術研究所: *Kyoshin Net*
- 31) 応用地質(株): カリフォルニアの地震防災対策, 第 23 回 OYO 展, 技術セミナー, 1996.
- 32) 気象庁監修: 震度を知る 基礎知識とその活用, ぎょうせい, 1996.

## 4. 地盤災害の予防・対策

### 4.1 予防・対策の調査試験

地震被害を最小限にするために、数々の対策工法が行われているが、ハザードマップに示される地質災害想定地域だからと云って、どこでも災害対策工法を同じ規模で行うことは、種々の問題を含んでいる。危険と云われる地域でも、地盤の特性値はわず

かな距離の違いによって、相違することは普通である。よって、より効果的・経済的な対策工法を選定するには、地盤の精度の高い情報を得ることが不可欠である。地盤の精度の高い情報は既存資料の収集や対象地点の詳細な調査・試験を行って得ることが最善の方策と考えられる。表3.4.1に主な原位置試験、表3.4.2に主な室内試験を示した。ただし、表

表 3.4.1 主な原位置試験における調査試験と適用

試験項目	内容目的・利用法・問題点	液化化	軟弱地盤	急傾斜	地すべり	土石流
地表踏査	ハザードマップ、地形図などによって、災害の懸念のある地域を実際に踏査し、地質構造・亀裂などを観察する、地表や露頭が主で地下構造は推定となる。			○	○	○
弾性波探査	一定測線中の地下構造が速度から解析できる屈折法、反射法があり屈折法が普通である。破碎帯など明確にすることができる。あくまでも速度であり、他調査と併用。			○	○	○
ボーリング調査	実際に地中を掘削し、地質構造などを正確に把握できる。地盤調査の基本的な調査である。1ポイントの情報であり数ヶ所が望ましく、他調査との併用が必要。	○	○	○	○	○
標準貫入試験	ボーリング調査に併行して一般に行われる。基本的な地盤強度を把握できる。過去からのデータの蓄積が多く概略的な地盤強度の比較可能。土質構成や深度によって数値の相違がある。	○	○	○	○	○
横方向载荷試験	ボーリング孔を利用して、該当区間の静的地盤定数が得られる。軟弱用から岩盤用まで種々の方法がある。あくまでも横方向のデータであり、他調査との併用が望ましい。		○	○	○	○
速度検層 (P・S)	ボーリング孔を利用して行われる。地盤のP波・S波速度を知ることによって、地盤構造や地盤の初期剛性率など動的解析に必要な定数が得られる。	○	○		○	
密度検層	ボーリング孔を利用して行われる。地盤の密度が得られる。連続的な検層が長所である。土層の地下水位などによる誤差が生じるため、概略的な密度であり正確にはサンプリング試料との比較が必要。	○			○	
常時微動測定	振幅0.1~1 (μm)、周期0.05~2 (sec)程度の地盤の継続的微振幅を測定するもので、卓越周期や卓越振幅が得られ、結果は動的解析や地盤分類に用いられる。	○	○			
不攪乱試料採取	ボーリングなどによって直接対照層の乱れていない試料を採取するもので、観察や各種試験に供することが可能である。	○	○	○	○	○
地下水測定及び透水試験	土層中の状態の把握や、地盤の水の動きを知ることができる。地すべりでは特に重要。			○	○	○
三成分コーン貫入試験	qc値・周辺摩擦・間隙圧・セン断波速度のほか、傾斜・温度も測定可能であり、連続的な測定が行える。比較的新しい方法であるが数々の実績もあり、今後有効な情報を得る手段である。	○	○			

表 3.4.2 主な室内試験と適用

試験項目	内容・目的・利用法・問題点	攪乱	不攪乱	液状化	軟弱	急傾斜	地すべり	土石流
物理特性	土粒子の密度	土粒子の基本的物性で土の状態、間隙比や飽和度等を得るための他、粒度試験にも用いられる。	○	○	○	○	○	○
	含水比	土の構成要素のうち、水と土粒子の質量比を得るもので基本的なものである。	○	○	○	○	○	○
	粒度	土の粒度構造を得るもので、基本的な試験である。液状化発生の可能性の簡易的判定にも用いられる。	○	○	○	○	○	○
	液性・塑性	主として細粒土のコンシステンシー特性として基本的なもので、土の物理的・力学的性質の推定にも用いられる。	○	○	○	○	○	○
	強熱損失量	土の有機質分や化合水・結晶水の量を知ることができる。北海道では、主として泥炭に対して用いられ圧密履歴や物理的性質の指標が得られる。	○	○	○	○	○	○
土の力学性	土の湿潤密度試験	土の単位体積当りの重量を把握する。地盤の解析にごく一般に用いられる。密度検層と比較することで精度向上。	○	○	○	○	○	○
	透水	土中における自由水の移動のしやすさを測定する。土質工学や地盤工学で多くの問題にかかわっており重要な特性。	○	○	○	○	○	○
	圧密	地盤の変形問題（沈下など）を解析する重要な特性で基本的なものである。	○	○	○	○	○	○
	土の一軸圧縮	土の一軸圧縮強さを求めるものである。実用的に最も多く行われるが力学試験で静的安定解析に用いられる。	○	○	○	○	○	○
	土の三軸UU	比較的地盤の透水性が小さく、排水が生じない急速載荷時の圧縮強さの把握に用い、静的安定解析に用いられる。	○	○	○	○	○	○
	土の三軸CU	地盤が載荷重によって、圧密され強度増加した後に排水が生じない状態での圧縮強さの把握に用い動的安定解析に利用。	○	○	○	○	○	○
	土の三軸CD	地盤が載荷重によって、圧密され強度増加した後に、透水性の良い地盤で地盤内に過剰間隙水圧が発生しない状態での圧縮強さを把握する。砂地盤などの安定解析に用いる。また礫質材料にも同様の方法が用いられ、このときは供試体の直径を礫径にあわせて大きくすることがなされている。	○	○	○	○	○	○
	土の三軸CU	CU試験と同様であるが、剪断時の間隙水圧の測定を行うため載荷速度は緩速である。間隙水圧を測定することによって地盤の有効応力を考慮した、より精度の高い解析が行うことができる。近年は圧密を等方圧密だけではなくkoCUCや引張を行うkoCUE試験も行われ、弾塑性有限要素解析などに利用され精度の高い定数として用いられる。	○	○	○	○	○	○
	土のくり返し三軸	通常「液状化試験」と呼ばれている試験で、供試体に対して地中応力状態で、くり返し剪断応力を加え、液状化の発生を把握する試験で、地盤の液状化判定や解析に用いられる重要なものである。一般に縦振動で行われるが、まれにねじり振動で行うこともある。	○	○	○	○	○	○
	動的変形特性	供試体に小さな剪断ひずみから大きな剪断ひずみまで多段階で加え、地盤の剛性率や減衰定数のひずみ依存性を得るための試験である。地盤中の地震波の増幅、減衰特性を把握する地震応答などの解析に主として用いられる。	○	○	○	○	○	○
動的圧密特性	供試体に動的応力を加え、載荷後の圧密変位量や排水量を得て、動的mvなどを得る試験である。地盤の地震による圧密沈下などの、把握を行うために用いる。	○	○	○	○	○	○	
岩石特性	一軸圧縮	基本的には土の一軸と同じく、圧縮強さを得るが、ダイヤルゲージによる間接ひずみや、ひずみゲージによる直接ひずみを測定することにより、静的弾性係数や静ポアソン比を得ることができる。	○	○	○	○	○	○
	三軸圧縮	基本的には土の三軸圧縮と同様、設計や解析に必要な条件に応じてUUからCUまでを選定して行う。近年は静的弾性係数のひずみ依存性を得るためLDTを用いてひずみ測定も行われている。	○	○	○	○	○	○
	一軸引張	岩の引張り強さを把握する。一軸圧縮強さと併用することにより、簡易的に剪断強さを得ることができる。一般には圧裂引張試験を行う。	○	○	○	○	○	○
	超音波伝播速度	岩片のP・S波の速度を測定し、動的弾性係数や動的ポアソン比を得る。地山の弾性波踏査と併用し、現地での亀裂の度合いを知り得る。	○	○	○	○	○	○

3.4.1・表3.4.2中の適用については、ごく一般的なもので、状況によって調査・試験を適宜選定する必要がある。この他にも液状化危険地域や軟弱地盤地帯・地すべり危険域・土石流危険地帯では地震時に地盤内で発生する間隙水圧によって地盤の有効応力が減少する問題などに対する調査試験や解析を行う必要もある場合がある。また岩石については試験には記していないが、乾湿くり返しに対する抵抗性の検討や北海道の場合、特に岩盤の凍結融解現象が岩盤崩壊につながる災害事例が報告されており、岩石の凍結融解に対する抵抗性を調べ、岩の凍結融解試験も必要となる場合もある。さらに、岩の破壊時に発生する弾性波(AE)や電流など将来岩盤崩壊予防などに有用と考えられる技術について研究開発が着々となされているおり、これらの利用も必要となるであろう。

#### 4.2 予防・対策技術の現状と技術開発の動向

地震災害は、地震動による災害を起こさせる力が、地震に抵抗する力を上回った場合に生じるという観点から、対策技術は

- ① 地震動を低減させる技術
- ② 地震に抵抗する力を増大させる技術

とに大別できよう。

①については、現状では強震計による地震動の調査・把握が主であり、人工軟弱地盤による免震等の地震動を低減させる技術については、まだ研究途上である。

したがってここでは、②に関する地震地盤災害の予防・対策技術の現状および技術開発の動向について述べる。

地震地盤災害とは、地震時に地盤が不安定化することによって変状が生じ、構造物あるいはその基礎に変状をきたして、構造物あるいはその機能が損なわれることである。このような地盤災害は、表層地盤が振動伝達の媒体であることから、その地域の地盤の地質学的な特徴(振動伝達特性)に大きく影響され、被災の形態にその特徴が強く現れる。

地盤災害を山地、山間、沖積平野における被害例

としてあげると、山地における被害の多くは、自然斜面の崩壊、切取斜面の崩壊あるいは落石による被害である。

山間部における被害は、地すべり、山腹崩壊、崖崩れ・山崩れ、道路盛土の沈下・崩壊、砂防関係の土石流等による構造物被害などである。

沖積平野における地盤災害は、有機物を多く含んだ軟弱粘土層に起因する例と軟弱な砂地盤に起因する液状化災害の二つの典型に分けられよう。

以上のこととハザードマップとの関連を考慮し、地盤災害危険区域における耐震対策技術の現状を

- ① 液状化危険区域
- ② 軟弱地盤地帯
- ③ 急傾斜危険区域
- ④ 地すべり危険区域
- ⑤ 土石流危険区域

の五つの地盤区域に分けて、以下に述べる。

##### (1) 液状化危険区域

###### 1) 予防・対策技術の現状

液状化危険区域では、地震動が生じた場合、直接的に影響を受ける可能性が大きい。

ただし、液状化の結果生じる地盤の変状が、そこにある構造物や施設に構造的あるいは機能的な損傷をもたらしたとき初めて被害となるのであって、液状化に伴う現象が生じてもそれが直ちに被害になるわけではない。

実際の地盤では地表まで飽和されていないことが普通である。最表層の不飽和層はその厚さが厚いときには構造物の被害を軽減する効果をもたらすこともある。

このように、液状化現象や、これに伴う被害の発生の方は、液状化の程度や液状化した土層の広がりによって異なり、また構造物の特性によっても異なったものになる。このため液状化を考えるときには、被害の発生機構や形態を想定し、これに応じた効果的な方法を選定することが大切である。

液状化対策には原理によって、代表的な工法がいくつかある。

- ① 地盤の空隙に薬液やセメントを充填して固結

し、地盤の強度を増大させる。

- ② 砂杭を振動締固めしながら打設したり、地盤に振動を与えて締固めたりして、砂の相対密度を上昇させ、液状化抵抗を増大させる。
  - ③ 地盤中に碎石や人工材料を使った排水機構を設けて、液状化時に発生する過剰な間隙水圧を早期に逃がす。
  - ④ 対象とする構造物の回りに遮断壁を設けて、過剰間隙水圧の伝播やせん断変形を防止する。
- 等である。

液状化の被害の防止のためには大きく地盤の液状化そのものを起こらないように地盤改良してしまおうという考え方と、仮に液状化が起こったとしても被害を防げる対応を工夫しようという二通りの考え方に大別できる。それらの代表的な液状化対策工法と対策計画の流れを図 3.4.1・図 3.4.2 に示す。

## 2) 技術開発の動向

サンドコンパクション工法に代表される密度の増大を図る工法については、現状よりもさらに高いエネルギーで広範囲の緩い砂を効率的に締め固める工法の開発が進められている。

またこれとは逆に、既存施設の周辺を改良するケースへの対応として、周辺施設に及ぼす影響の小さい締め固め機械の開発やグラベルドレーン等の排水工法の改良が進められている。

固結工法の1つである深層混合処理工法は、処理能力の向上を目指した開発とともに、地盤全体のせん断変形を低減させることで未改良部分の液状化を防ぐ工法の開発、硬化速度の遅い特殊な安定材や確実に低強度の処理を行う工法の開発が進められている。<sup>3)</sup>

既存施設への影響低減対応として、排土型の深層混合処理工法も実用化されている。

比較的新しい工法としては、事前に微量の安定材で固化処理した土で土地造成を行う事前混合処理工法の開発も進められている。

また、環境にやさしい新しい地盤改良工法として地盤改良効果が必要な期間のみ作用して、それ以後は地盤中からなくなってしまう材料（微生物で分解される天然材料等）を用いる改良工法等の実用化が

望まれている。<sup>4)</sup>

## (2) 軟弱地盤地帯

### 1) 予防・対策技術の現状

地震時における土のせん断や圧縮などの特性についてはまだ未解決な要素も多いが、道路や沿道に致命的な打撃を与え、かつ復旧の困難な構造物については、地震時に付加される外力と支持力低下を考慮して、対策を行わなければならない。

一方、盛土の場合は、一般の構造物に比べて復旧が比較的容易であること、盛土後の時間経過に応じて地盤の強度が増し安定性に余裕が得られるなどの理由から通常は地震に対する配慮を行わない。

しかし重要な構造物に接した高盛土部、あるいは道路交通や沿道諸施設に大きい被害を与えると予想される道路の部分で、基礎地盤が地震時に液状化の予想されるゆるい砂質土層に富む地盤や特に軟弱で地震時に著しい変状を生ずる可能性のある粘土質地盤では、地震時に対する検討を行い、対策を講ずることが望ましい。<sup>5)</sup>

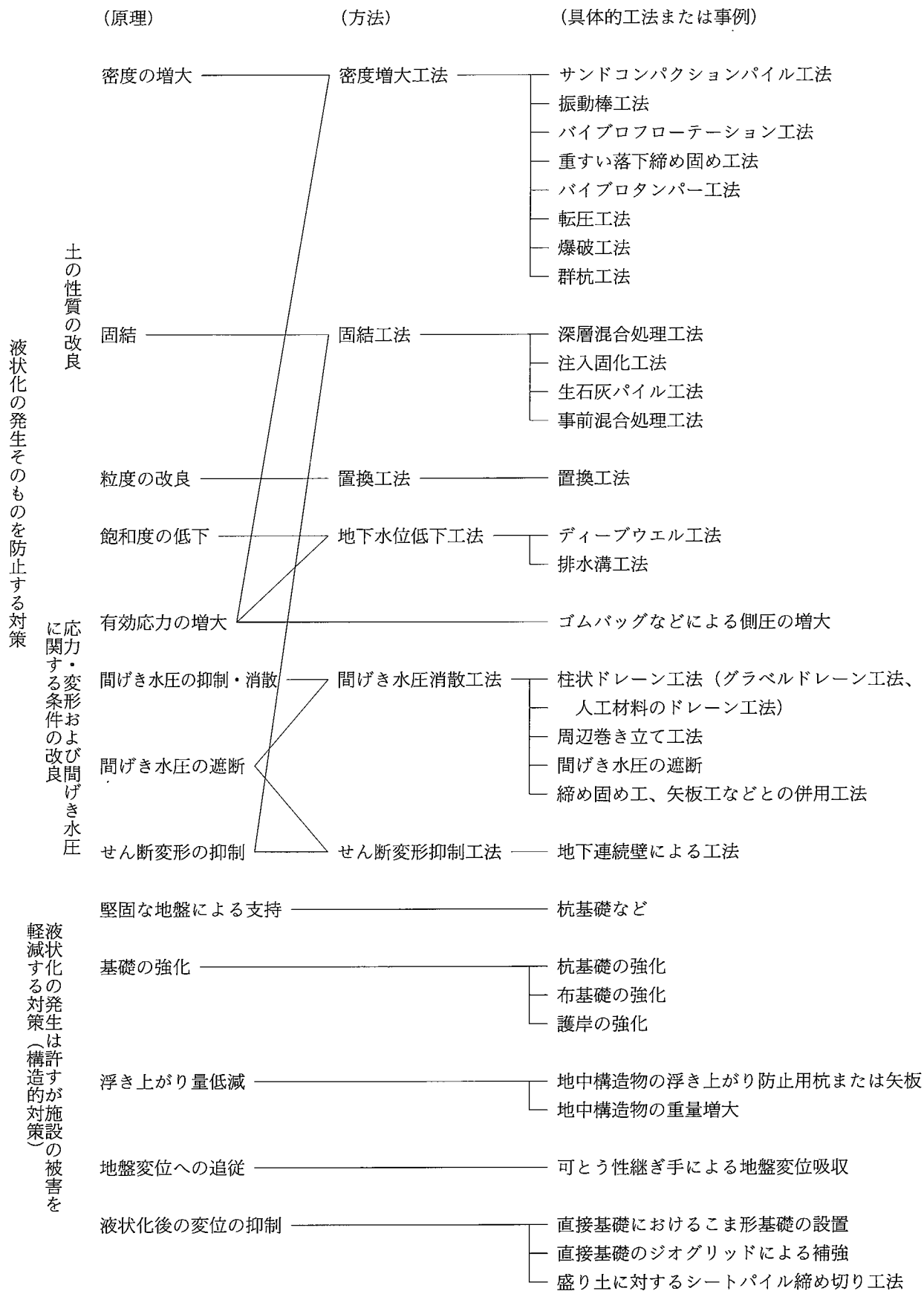
軟弱地盤における対策工の選定手順を図 3.4.3 に示す。

地震時における地盤の有害な挙動を事前に除去または軽減させるために、土の工学的な性質を積極的に改善する工法を地盤の強度特性と動的特性に着目して整理すると表 3.4.3 のようになる。

### 2) 技術開発の動向

排水を原理とする工法では、超軟弱地盤対応としてネットで砂杭を包んだ形の袋詰めサンドドレーンやプラスチックドレーンのウェルレジスタンスの低減を目的としたドレーン材の大型化等の開発がある。

最近では地盤改良以外の軟弱地盤対策工法や、それらと地盤改良との複合工法の開発が進められている。その1つが、軽量材による盛土あるいは埋土で、発泡スチロールを用いた EPS 工法、発泡スチロールビーズを微量のセメントとともにヘドロに混合する発泡ビーズ混合軽量土工法、および気泡そのものをセメントとともに混合する気泡混合処理工法等がある。



土の性質の改良

液状化の発生そのものを防止する対策

に  
関  
連  
す  
る  
変  
形  
お  
よ  
び  
間  
げ  
き  
水  
圧

液状化の発生は許すが  
軽減する対策(構造的対策)  
の被害を

(資料：土質工学会「液状化対策の調査・設計から施工まで」)

図 3.4.1 液状化対策工法の原理と分類

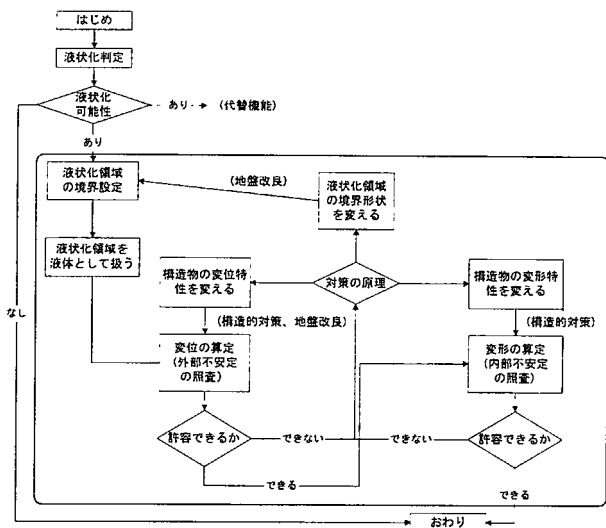


図 3.4.2 液状化対策の計画<sup>2)</sup>

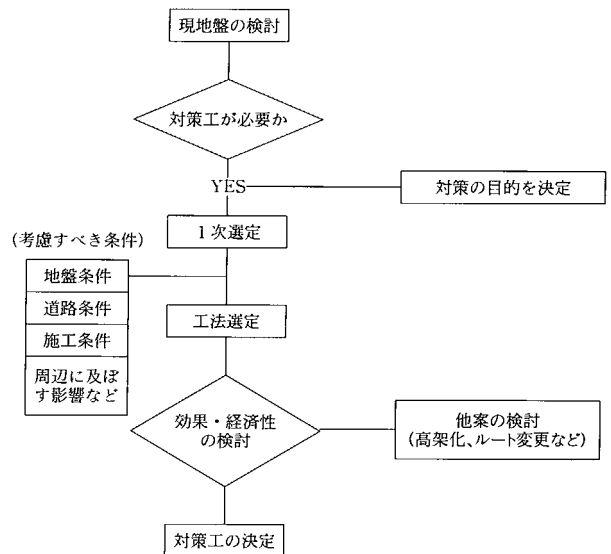


図 3.4.3 対策工選定手順<sup>5)</sup>

表 3.4.3 地盤改良工法の主な目的と効果<sup>6)</sup> 一部割愛

改良原理	改良手段		代表的な工法名	改良目的			適合土質		
				せん断強度増大	動的 特性		砂質土	粘性土	
					液状化抵抗増大	振動性改善			
置換え	軟弱土の除去	掘削	掘削置換工法	○		○	○	○	
		破戒	破壊置換工法 (爆破置換工法)	○		○		○	
		強制置換	強制置換工法 サンドコンパクション パイル工法	○		○		○	
密度増大	脱水主体	載荷重	プレローディング工法	○		○		○	
		排水路設置	バーチカルドレーン工法 サンドドレーン工法 カードボードドレーン工法	○				○	
		吸水膨張性物質挿入	生石灰杭工法	○		○		○	
		強制排水	地下水位低下工法 ディープウェル工法 ウェルポイント工法	○			○	○	
	締固めと	動的荷重の載荷	排水路設置						
			棒状物の貫入・振動 (または衝撃)	サンドコンパクションパイル工法	○	○	○	○	○
			棒状物の貫入・鉛直振動	ロッドコンパクションパイル工法	○	○		○	
棒状物の貫入・水平振動 (ウォータージェット併用)	バイプロフローテーション工法		○	○		○			
衝撃	動圧密工法		○	○		○	○		
固結	硬化性物の供給		攪拌混合	深層混合処理工法	○		○	○	○
		間隙注水充填	薬液注入工法	○			○		
	分の土の硬化	冷却	凍結工法	○			○	○	
		焼結	(焼結工法)	○				○	

注) 代表的な工法名の ( ) 書きは、我が国での適用事例が少ない

また、シートやネット等を用いた補強土工法の開発も盛んに行われている。<sup>7)</sup>

### (3) 急傾斜危険区域

#### 1) 予防・対策技術の現状

急傾斜危険区域や後に述べる地すべり危険区域、土石流危険区域における地盤災害は、地震動が直接引き金となり誘発する場合と地震動により危険区域を作ってしまう場合とがある。

いずれにしても、これら斜面に関する災害では、事前に対策工を完全に実施することは難しく、崩壊危険度の把握と動態観測・管理体制の確立と共に、対策工の実施に係わらず、有事の場合の退避システムを構築しておくことが、災害を防止するためには最重要の課題である。

本題の急傾斜危険区域における斜面崩壊では、一般に活断層の上あるいはその隣接地で多いことが知られている。また、主要な地震による斜面崩壊の特性として、崩壊面積は降雨によるものと比べて全体的に小さく、斜面の肩部でかつ平面形状が平衡型(直線型)や尾根型で発生しやすいこと、縦断形が凸型(上昇型)であり斜面の勾配が急なほど(40度以上)発生しやすいこと等が報告されている。<sup>8)</sup>

これらの既知事項を基に斜面の点検、維持管理体制の強化を行い、潜在的な危険区域を洗い出すと共に、活断層の洗い出しを行い、それらの重複したヶ所から、人口密度や重要構造物の有無等を考慮して、直接的対策を順次実施していくことが望まれる。

以上のように斜面災害を防止するには、ハード的な整備と共に、ソフト的な整備も必要である。斜面災害を防ぐための手段を図3.4.4に示す。

次に急傾斜危険区域におけるハード的対応策の種類と代表例を表3.4.4に挙げる。

以上は、斜面全体の崩壊対策であるが、地震動や降雨、風化等に伴い、局部的な落石による災害も考慮する必要がある。落石危険地域において一般に取られている対策工を表3.4.5に示す。

#### 2) 技術開発の動向

ソフト面では、地震時の斜面や構造物の挙動把握あるいは崩壊予知について、AEセンサー(Acoustic Emission)や赤外線センサーの適用性についての研究が進んでいる。<sup>11)</sup>

環境と景観へ配慮した工法として、既存の樹木を残した法枠工法等、本来の目的を損なわない範囲で、より豊かで多様性のある新工法の開発が求められている。<sup>12)</sup>

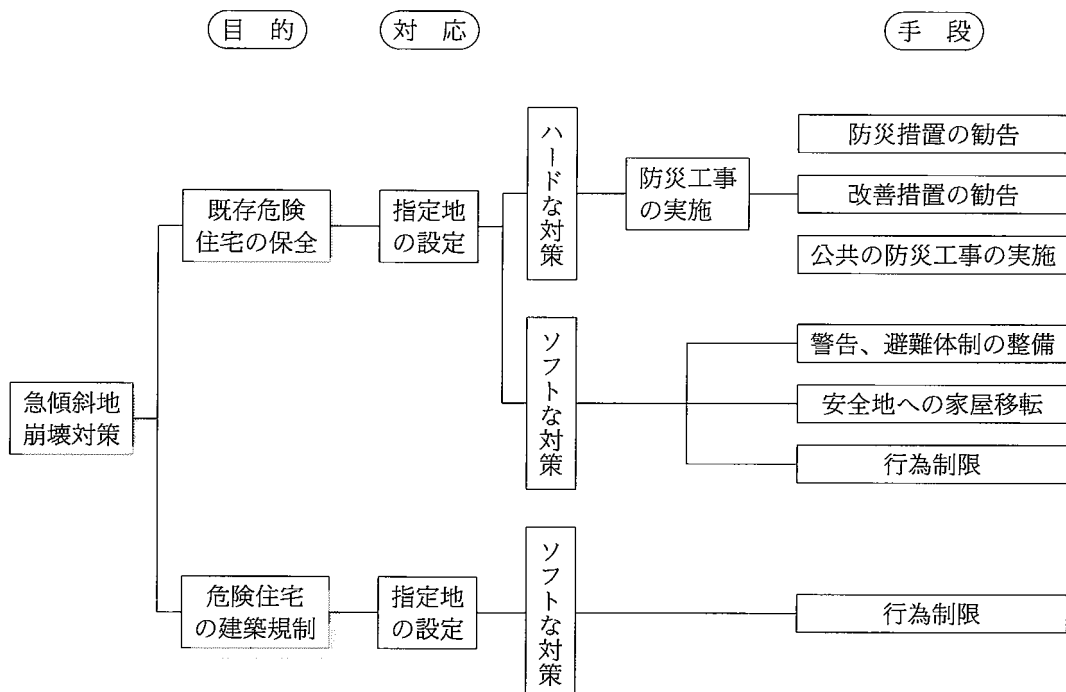


図3.4.4 崩壊対策<sup>9)</sup> 一部割愛



表 3.4.4 対策工法の種類<sup>9)</sup>

分類		主な目的	工種		工種細分
抑制工	(1)	雨水の作用を受けないようにする。	排水工		地表水排除工
					地下水排除工
			植生による法面保護工		植生工
			法 面 保 護 工 に よ る	吹 付 け 工	モルタル吹付け工
					コンクリート吹付け工
				張 り 工	石張り・ブロック張り工
			コンクリート張り工		
	法 枠 工	プレキャスト法枠工			
		現場打ち法枠工			
	その他		その他の法面保護工		
(2)	雨水の作用を受けて崩壊する可能性の高いものを除去する。	不安定土塊の切土工	切土工A		
抑 止 工	雨水などの作用を受けても崩壊が生じないように力のバランスを取る。	斜面形状を改良する切土工	切土工B		
		擁壁工	石積み・ブロック擁壁工		
			もたれ・コンクリート擁壁工		
			重力式コンクリート擁壁工		
			コンクリート枠擁壁工		
		アンカー工	アンカー工		
杭工	杭工				
その他	落石を防止する。	落石防止工	落石予防工		
			落石防護工		
	雪崩を防止する。	雪崩防止工	雪崩予防工		
			雪崩防護工		
抑制工と抑止工の両方の目的を持つ工種			柵工	土留め柵工	
				編柵工	
			蛇かご工	蛇かご工	
崩壊が生じても被害が出ないようにする工種			待受け工	待受け式擁壁工	
防止工施工時の防護工			仮設防護工	仮設防護柵工	

(4) 地すべり危険区域

1) 予防・対策技術の現状

地震によって地すべりが発生した例は多く記録されているが、大部分は地震時の山崩れの現象で発生する初生的な岩盤地すべりである。

初生地すべり発生に絡む地震時の山崩れは、地震後2～5日後に発生する例が多いということを考慮すると、地すべり危険区域の洗い出しと動態観測の実施、有事の場合の退避システムの確立を実施しつ

つ、危険区域において危険度の高い順に地すべり対策工を実施していくことが望まれる。

地すべり防止対策工法は、その目的効果から抑制工と抑止工に大別でき、前者は地すべりの原因の除去・改良に主眼がおかれ、後者は構造物によって地すべり力に抵抗しようとするものである。

通常は、抑制工を先行して、地すべり現象を緩和し、後に抑止工によって期待する安定度を確保していくことが望ましい。また原因の除去工法とならな

表 3.4.5 落石対策の適用に関する参考表<sup>10)</sup>

分類	特徴 凡例	落石対策工の効果					耐久 性	維持 管理	施工 の難 易	信 頼 性	経 済 性
		風化 浸食 防止	発 生 防 止	方 向 変 更	エ ネ ル ギ ー 九 州	衝 撃 に 抵 抗					
工 種	◎	非常によい					非常に よい	手がか からない	容 易	非常に よい	安 い
	○	よい					よ い	やや手 がかかる	やや容 易	よ い	場 合 に よ る
	△	場合によりよい					落 石 で 破 損	手 が か か る	難 しい	場 合 に よ り よ い	高 い
落 石 予 防 工	切土工		◎				◎	○	△	◎	○
	浮き石除去工		◎				○	○	△	○	○
	排水工	◎	◎				○	○	○	○	◎
	吹付け工	◎	○				○	◎	◎	○	◎
	編柵工	○	○				○	○	◎	△	◎
	植生工	○	○				○	◎	◎	△	◎
	根固工	○	◎				◎	○	○	◎	○
	コンクリート張り工	◎	○				◎	◎	◎	○	◎
	現場打コンクリート枠工	○	◎				◎	◎	○	◎	○
	ロックアンカー工		◎				○	◎	○	◎	○
	ワイヤーロープ掛け工		◎				○	○	△	○	◎
落 石 防 止 工	落石防止網		○		○		○	○	◎	○	◎
	落石防止柵			△	◎	○	○	○	◎	○	◎
	落石防止擁壁				○	◎	◎	○	◎	○	◎
	落石覆工			◎		◎	◎	◎	△	◎	△
	落石防止堤			△		◎	◎	○	◎	○	○

い抑止工単独の施工は避けるのが原則であり、抑制工との併用工法を選択するべきである。地すべりの

危険がある個所には、対策工法の適用と共に伸縮計設置や地下水位観測計を備え、地盤の挙動を観測することが重要である。<sup>12)</sup>

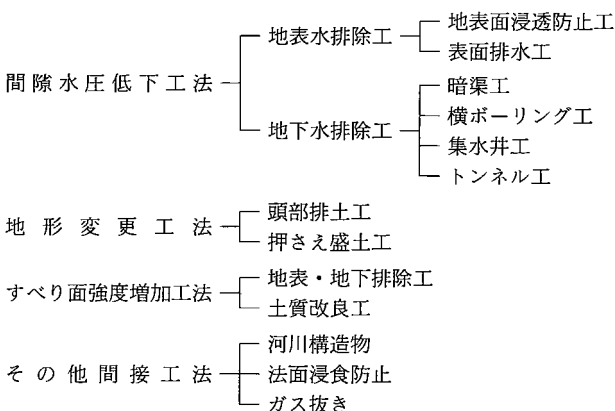


図 3.4.5 (a) 抑制工の種類<sup>9)</sup>

図 3.4.5 に抑制工と抑止工の種類を示す。

2) 技術開発の動向

ソフト面では、GPS を活用した地すべり移動量の計測や、ボーリング孔内に設置したケーブルのイン

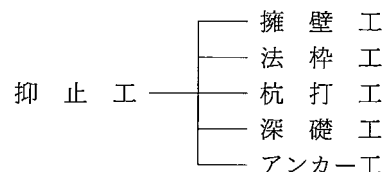


図 3.4.5 (b) 抑止工の種類

ピーダンス変化によってすべり面の深度を計測する技術等の開発が進められている。<sup>11)</sup>

ハード面では、地下水排水工としての大口径集水横孔（直径 500 mm 程度）や、抑止工としての深礎工の大規模化（直径 5 m、深さ 100 m 程度）が進められており、同時に施工時の安全性向上や省力化としての自動化、ロボット化が進められている。

対策工が環境へ及ぼす影響として地下水の流況変化による動植物への影響検討、景観への配慮等についても今後重要視されると考えられる。<sup>13)</sup>

### (5) 土石流危険区域

#### 1) 予防・対策技術の現状

地震動が土石流発生に関係するとすれば、潜在的要因のある区域において水の急激な供給となる溪岸の崩壊や一時的天然ダムの決壊、あるいは山崩れなどが誘因となることが考えられる。

土石流に対する直接的な対策としては、溪流堆積物の供給を防ぐための山腹砂防工事および溪流堆積物の下流への移動を防ぐための溪流砂防工事が行われるが、土石流の発生が予想される溪流全域にわたっての防止工事は困難な場合が多い。したがって、土石流が発生した場合に流動体を変質させたり、岩塊のみの部分的阻止方法や、土石と水を分離する方法等が試みられている。

表 3.4.6 に、土石流対策工法の例を示す。

#### 2) 技術開発の動向

溪流、河川における土砂流出を効果的にコントロールするために高機能砂防ダム（ゲート付き砂防ダム）およびスリット砂防ダム、また、溪流上流部における土石流対策として溪流上の不安定土砂の移動を抑制するための杭工を用いた対策工法の開発が行われている。また、土石流とともに大量の流木が河川を流下し橋梁等に詰まって氾濫を助長する場合があるので、流木を補足する構造の砂防ダム等を含めた効率的な対策施設の開発も行われている。<sup>11)</sup>

いずれにしても、土石流危険区域での砂防ダム等の新規建設あるいは復旧作業は、危険にさらされた状態での作業になるため、雨量観測を含めた観測システムの確立と共に、工期短縮のための工法（重力

表 3.4.6 土石流の現象と工法の機能<sup>9)14)</sup>

	現象	対策工の機能(必要)	具体的工法
発生部 1) 砂礫型土石流	渓床堆積物の流動 崖錐の変動 地すべり性崩壊 斜面崩壊 天然ダムの決壊	流動・崩壊の防止	床固め工 ダム・床固め工 山腹工
	2) 泥流型土石流	火山噴出物等の流動 地すべり性崩壊 斜面崩壊	ダム・床固め工 山腹工
流下部 1)、2) 共通 *は主に砂礫型 **は主に泥流型	フロントの衝突	土石流の石礫の分級 (大径礫の補足) 流速の減勢 フロントの停止* フロントの分散**	スクリーン 立体格子 スリットダム すのこ ダム工 ダム工
	フロントの氾濫	ピーク流量のカット フロントの氾濫防止	貯砂容量の確保
	土石流の増加	土石流の拡散 洗掘の防止 (特に後統流)	低ダム群、床固め工 床固め工、ダム工
	後統流の氾濫	土石流量のカット 後統流の氾濫防止 導流**	ダム工(容量) 導流堤、流路工 導流堤、流路工
	流木による災害	流木の補足	スクリーンなど
堆積部 1)、2) 共通 *は主に砂礫型 **は主に泥流型	停止、堆積による埋没	堆積範囲の限定 土砂量のカット	遊砂地、樹林帯 遊砂地、大ダム
	フロントの直撃	フロントの停止*	ダム、遊砂地
	後統流の氾濫	導流 流路内堆積防止 流路外への氾濫防止	導流堤、流路工 流路工 流路工
	再侵食	流路外への氾濫防止 河床変動の幅の減少	流路工 床固め工群

式の砂防ダムではなく、鋼製杵石詰め式ダムによる施工等)の技術開発が望まれる。また、避難態勢等も考慮した間接的な防御対策も重視した、災害防止システムを検討していく必要がある。

環境と景観への配慮については、溪流や魚種の特性に応じた魚道、瀬と淵の創造、溪畔林の育成および濁水対策等のための技術開発が行われている。<sup>11)</sup>

### 参考文献（第四節）

- 1) 日経コンストラクション：地震に強い土木——巨大地震に打ち勝つ最新技術マニュアル——

pp 117

2) 地盤工学会：液状化対策の調査設計から施工まで，pp 131，1993.2

3) 寺師昌明：地盤改良のニューフロンティア，地盤工学会，土と基礎，Vol.42，No.2，pp 1～6，1994.2

4) 嘉門雅史：地盤改良技術の現状と課題，(株)山海堂，土木施工，36巻12号，pp 11～16，1995.11

5) 日本道路協会：軟弱地盤対策工指針，pp 9，pp 94，1986.11

6) 苗村正三：地盤改良技術による地盤の安定，(株)山海堂，土木施工，35巻8号，pp 17～24，1994.7

7) 奥村樹郎：地盤改良技術——最近の傾向と課題，(株)総合土木研究所，基礎工，Vol.24，No.7，pp 2～5，1996.7

8) 山田 孝：土砂災害防止工事，(株)山海堂，土木施工，37巻6号，pp 4～8，1996.6

9) 地盤工学会：土砂災害の予知と対策，1985.6

10) 日本道路協会：落石対策便覧，1983.7

11) 矢澤昭夫：土砂災害対策に関する技術開発，(株)山海堂，土木施工，36巻7号，pp 4～7，1995.6

12) 門間敬一：最近の急傾斜地対策と今後の展望，(株)総合土木研究所，基礎工，Vol.24，No.6，pp 14～20，1996.6

13) 中島彬：最近の地すべり対策と今後の展望，(株)総合土木研究所，基礎工，Vol.24，No.6，pp 8～13，1996.6

14) 池谷浩：土石流(II)——対策のための調査(動態観測を主として)——，土木技術資料，1981

## おわりに

釧路沖地震に始まる、近年の相次ぐ大地震は、プレート間(太平洋側の海溝型地震、日本海側の島弧内地震)やプレート内(兵庫県南部地震)で、短期間に様々の異なる条件下で発生した。このことに伴って、被害の様態も近代的都市域直下での地震による都市型災害や津波による被害など、様々であった。このように短期間に、様々な大被害を被った例は過去に例をみない。北海道では、これらの大地震後に駒ヶ岳や雌阿寒岳などの火山活動もみられ、太平洋沿岸島弧域での活動期の始まりとみる解釈もある。防災対策上は、このような解釈を無視することはできないであろう。

“災害は進化する”ともいわれる。過去の被害の教訓から得るものは勿論多いが、将来に生きる現代人にとって、眼前で発生した災害の実態から学ぶものは、最も貴重である。その意味で、相次ぐ震災から学ぶべき教訓は非常に多いと言える。これらの教訓から今後の防災対策に対して、学術研究にまつもの、行政的解決にまつものなど克服すべき課題はあるものの、現状の技術レベルで成し得ることはかなり多いといえよう。

一方、建物の被災状況が、建設時の技術の時代的背景を反映して、近代ほど耐震性に優れ、被災程度が少ないことに象徴されるように、都市域に残る古い社会相の示す“非耐震性”ないし“脆耐震性”とも言うべき諸相(施設を含む)が被災時の弱点となることは、どのような条件の地震に対しても共通する点であろう。このような弱点を有する社会の諸相に対して、耐震性の向上を図る方策を進めつつ、多面的に予防的対策を行うことが重要である。対策の視点としては、特に耐震性に脆い諸相の被害を軽減し得る予防策を如何に講ずるか、また発災後の早期復旧を可能とする支援システムを如何に構築するかが基本的な重要課題と考えられる。

地盤系部会の検討課題として掲げた「ハザードマップの作成」と「即時被害予測システムの構築」に関するテーマは、このように考察された結果である。

防災対策上の課題の検討は、地域の社会的事情を踏まえて行うのが基本である。そのためには、その地域に於ける現状認識を深く行うことが必要であり、北海道では明治期以降の社会的発展の経緯や広大な泥炭性軟弱地盤の発達、三つのプレートの会合する地震発生環境など、地域固有の特性を分析し、把握することが必要である。当報告書では、阪神淡路大震災後、2年を経過して防災計画の見直しに向けての行政・学術レベルの慌ただしい動きをも踏まえて、できる限り新しい情報を取り入れながら現状把握を行い、それに基づく提言を行った。しかし、この2カ年の期間では十分な検討を尽くせないことも実状であり、今後、継続中の大震災の分析の成果や北海道地域の新しい調査・観測データから得られる知見の蓄積などを踏まえて、質的分析、考察を深めて行くことが重要である。

最後に、今回のテーマの検討にあたって、現状の最新情報をできるだけ収集し、考察を進めることが重要と考え、関係機関にアンケート協力をお願いしましたところ、貴重なデータの提供、ご回答を頂きましたことを紙上をお借りして、厚く御礼を申し上げます。

# 第4章 災害に強い交通ネットワークへの提言

## ～札幌圏を例とした、大都市周辺の交通ネットワークのあり方～ 防災研究会交通系部会

1. まえがき .....	101
2. 北海道における札幌圏の役割	
2.1 北海道経済に占める札幌圏の位置づけ .....	102
2.2 札幌市への一極集中と交通網整備の課題 .....	103
2.3 札幌圏の交通網寸断が北海道経済に与える影響 .....	107
2.4 今後の防災計画の方向性 .....	109
3. 防災面から見た札幌の道路の現状と課題	
3.1 都市防災における緊急輸送路について .....	110
3.2 緊急輸送路の現状（内環状） .....	112
3.3 緊急輸送路の問題点と課題 .....	119
4. 市民の防災意識向上と公共交通機関の震災時運用システムに 関するアンケート調査	
4.1 震災時の交通モラル .....	121
4.2 震災時の公共交通機関の活用 .....	124
4.3 冬期間の地震を想定した場合の交通確保 .....	127
4.4 まとめ .....	129
5. 総合交通ネットワークへの提言	
5.1 総合交通ネットワークを考えるにあたって .....	130
5.2 交通ネットワーク施設の機能・位置付けと防災時の留意点 .....	131
5.3 防災を前提とした札幌都市圏の総合交通ネットワークのあり方 .....	133
おわりに .....	138

# 第4章 災害に強い交通ネットワークへの提言

## ～札幌圏を例とした、大都市周辺の交通ネットワークのあり方～ 交通系部会

### 1. まえがき

1997年1月17日で阪神・淡路大震災から満2年を迎えた。神戸における公共交通機関の復旧は今も続けられているが、市民の足としての機能はほぼ回復してきている。交通系専門部会はこの震災から学んだ教訓を基に、技術者として「何をすべきか何が出来るか」を念頭に置き活動を続けてきた。

防災研究課題として地震、津波、風水害、雪崩、地滑り、落石等その範囲は広いが、その中でも地震に関しては北海道は世界でも有数の地震地帯であり、阪神・淡路大震災が起きる2年間の間に3つの巨大地震が発生している。北海道を取り巻く地震環境は、太平洋プレートが千島海溝と日本海溝で日本列島の下に潜り込んでいたり、日本海沖のプレートが日本列島の下に潜り込んでいるのではないかと言われたりしており巨大地震が発生しても当然な環境にあり、前者によるものは1993年1月15日の釧路沖地震(M=7.8)と1994年12月28日の三陸はるか沖地震(M=7.5)であり、後者によるものは1993年7月12日の北海道南西沖地震(M=7.8)である。札幌付近では1834年石狩地震(M=6.4推定、石狩河口付近)があり、最近札幌市北区で液状化現象の跡が発見され震度6の烈震に達していたのではないかと推定されている。更に最近の研究で札幌直下に地震帯の存在が明らかにされており、札幌の地下に活断層？ が有るのでないかとの報道(H8.6.3北海道新聞)がされている。これらの状況を踏まえて当面のテーマは地震に関する事とし、その後その他の災害を考慮した災害全般に対する防災システム作

りに取り組む事とした。

交通系専門部会の防災システムの主対象は社会資本であり、その中でも面的に広がり大きい道路交通系を主体にした交通ネットワークの検討を主テーマとし、これに人流・物流に関する交通系全般を含めて検討を行う事とした。特に救援物資等の輸送において重要な役割を果たす異種交通体系の結束点についての検討は重要である。更に避難・救援等の活動体制の整備についての検討を含めて行う事とした。社会資本が対象となる事より、研究成果の提言先や地域を明確にする必要があり、阪神・淡路大震災が都市災害であった事と、北海道の人口の約1/3が集中し経済の中心である札幌市と近隣市町村を含んだ札幌圏が、もし災害を受けた場合北海道の経済および道民の日常生活活動に大きな影響を与える事が十分に予想される事から、札幌圏をを対象地域として、災害に強い交通ネットワークの検討を行う事とした。

研究を進めるに当たり、阪神・淡路大震災の経験から学んだ教訓を基本とし、それに神戸には無い「寒さと雪」と言う積雪寒冷地の地域性を組み合わせて行う事とした。その為に地域特殊性調査として、札幌市内環状線を自転車で一周する札幌市緊急輸送路点検現地調査と市民の防災意識向上と公共交通機関の震災時運行システムに関するアンケートを実施した。更に現在札幌市で進めている札幌市地域防災計画緊急対策'95(ポパイ計画)の中の幾つかを参考にした。

## 2. 北海道における札幌圏の役割

### 2.1 北海道経済に占る札幌圏の位置づけ

札幌市の総人口は全道が横這い傾向にあるなかで年々増加傾向を辿り平成6年の国勢調査では175万人を突破、北海道全体の約3割を占めるに至っている。

最近では、札幌市周辺の石狩市や北広島市、恵庭市、千歳市等で人口の増加が著しく、これら周辺都市も含めると全道の4割強を占める。

この結果、札幌都市圏では工業、商業、金融・保険サービス業、文化・教育、医療・福祉等各種機能が集中する傾向にあり、その集積度合いは同程度の政令指定都市である仙台市や福岡市に比べ2～3倍ほど高い値を示している。

この背景としては『短期間で進めてきた北海道開発が札幌市への集中的な投資からなっていたこと』や『炭坑の閉山等資源型産業の構造不況が地方部の多くの労働力を札幌市へ流出させた』といったこと更には『冬期オリンピックにおける都市基盤整備の充実強化』といったことが挙げられる。

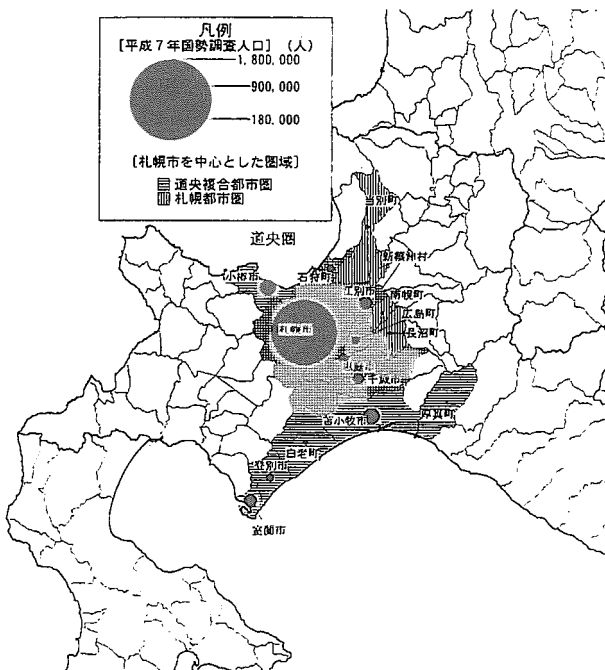


図 4.2.1 札幌市周辺の人口分布

札幌市の北海道経済における位置付けを卸売業から見ると全道一円あるいは本州マーケットの生産・生活物資の移出入の窓口として数多くの卸売り市場が配置されており生産額では全道の約6割のシェアを占める。

このように大消費地であり、卸・小売業が集中する札幌市には運輸・通信業なども必然的に集まり、全道の5割近い事業所が拠点を置いているなど北海道経済は札幌圏を中心として活動している。

このような中で札幌都市圏は、全道の航空利用客の7割以上を占める新千歳空港や港湾貨物の約5割を占める重要港湾小樽・苫小牧港等広域流通拠点をほぼ1時間圏内に控える恵まれた立地条件下にある。

今後これら空港、港湾の国際化が進むにつれ、道内や北海道・本州間の物流拠点としてのみならず国際的な物流拠点としてその重要性がますます高まるものと予想される。

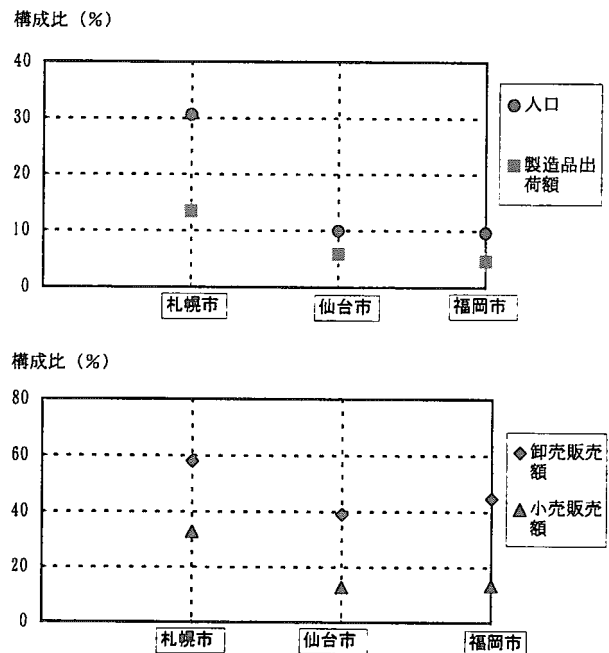


図 4.2.2 制令指定都市の集積度



## 2.2 札幌市への一極集中と交通網整備の課題

### (1) 札幌市の交通基盤の整備状況

#### 1) 道路網

##### ① 道路整備状況

平成5年現在、札幌市の一般道路の実延長は約5,032 kmで、その内訳は一般国道151 km、道道221 km、市道4,670 kmである。

また、改良率は一般国道100%、道道98.1%、市道62.1%、舗装率は一般国道100%、道道98.1%、市道64.7%と、全体に市道の整備が遅れている(表4.2.1)。

一方、都市計画道路に限ってみると、計画延長814 kmのうち改良延長は611 kmで、改良率は75.0%、また、舗装済延長は567 kmで舗装率は69.6%となっている(表4.2.2)。

表 4.2.1 札幌市の道路現況(平成5年3月)

地域名		一般国道	道 道	市町村道	合 計	道路密度
札幌市	実延長(km)	150.5	211.1	4,670.0	5,031.6	km/km <sup>2</sup> 4.49
	改良率(%)	100.0	98.1	62.1	64.7	
	舗装率(%)	100.0	98.1	62.1	64.7	
北海道	実延長(km)	6,289.2	11,357.5	66,205.6	83,852.3	1.01
	改良率(%)	99.0	89.7	53.5	61.9	
	舗装率(%)	99.1	89.7	40.7	51.6	

資料：札幌市

表 4.2.2 都市計画道路現況(平成5年3月)

地域名	計画延長(km)	改良済延長(km)	改良率(%)	舗装済延長(km)	舗装率(%)
札幌市	814.16	610.60	75.0	566.73	69.6
北海道	4,727.63	2,910.88	61.6	2,573.81	54.4

資料：北海道の都市計画

#### 2) 公共交通機関

##### ① 輸送機関別輸送状況

札幌市における輸送機関別輸送状況は図4.2.3に示すとおりである。すなわち、平成4年実績で地下鉄、電車、バス、JR、ハイヤー・タクシーによる日平均の輸送人員は約1,500千人であり、このうち地下鉄が600千人(40.0%)、バスが市営、その他合計で452千人(30.1%)、ハイヤー・タクシーが269千

人(17.9%)、JRが153千人(10.2%)の順で、電車も26千人(1.7%)のシェアを持っている。

昭和51年からの利用状況の推移を見ると、地下鉄が1.52倍、JRは1.72倍の伸びを示している一方で、バス0.82倍、ハイヤー・タクシー0.85倍と鉄軌道で輸送が増加している。

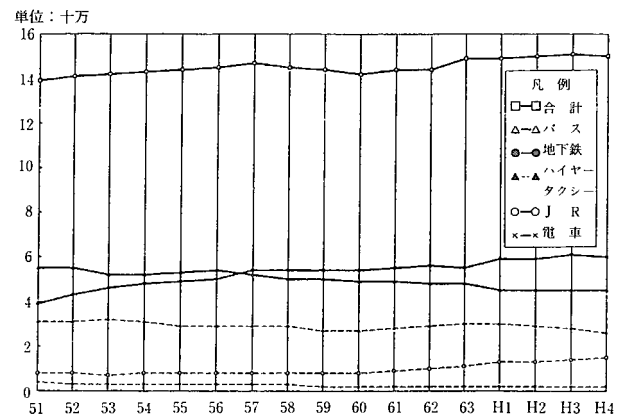


図 4.2.3 札幌市内各種輸送機関別輸送状況の推移

##### ② 鉄道

鉄道関連では、戦後から高度成長期にかけて旧来からの鉄道幹線である函館本線、千歳線が、札幌市の北西・南東部の市街地拡大に大きく貢献した。

その後、昭和44年から48年にかけて新札幌駅周辺の高架事業をはじめに、函館本線の電化、千歳線の路線変更及び複線化による利便性の向上により、各沿線周辺に新規住宅地が急速に集中していった。

昭和53年以降、JR沿線に10の新駅が設置されたが、それらは、函館本線小樽方面と学園都市線(旧札沼線)に集中している。また、昭和56年から平成2年にかけての札幌駅等の鉄道高架事業(連続立体交差)は、南北方向の交通円滑化と既成市街地の整備水準や質の向上に大きく貢献した。また、現在は学園都市線の高架事業が行われており、平成12年に完成予定である。

鉄道施設設備とともに札幌市全駅の乗降客数も年々増加しており、昭和61年以降利用者の増加が顕著である。

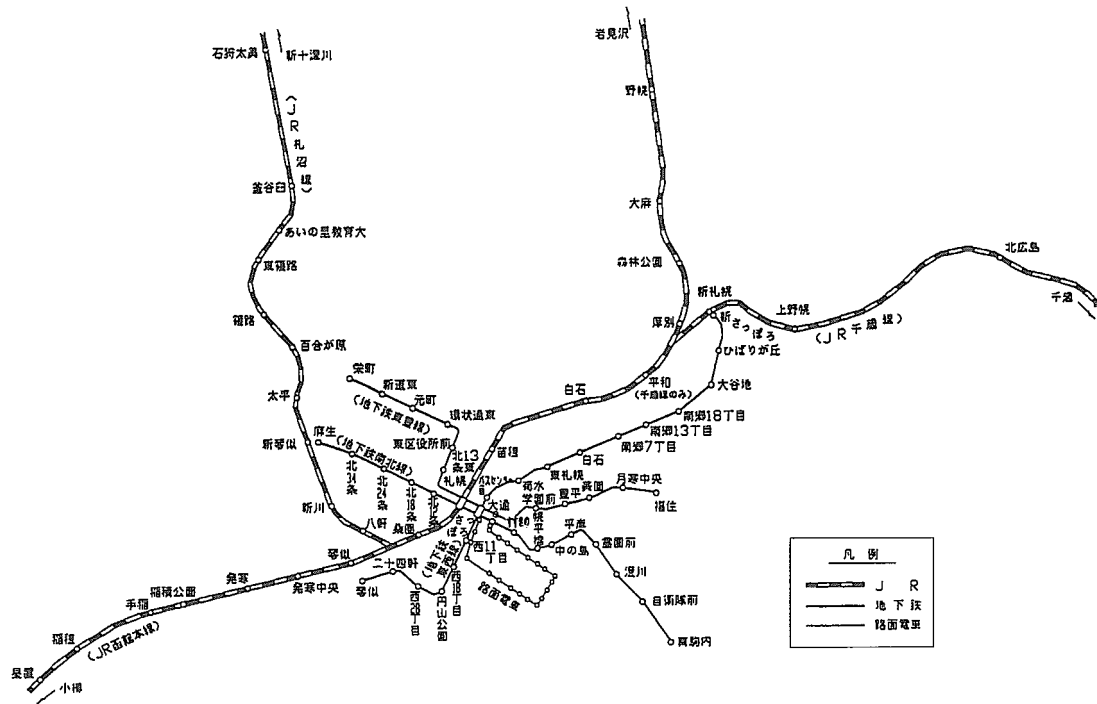


図 4.2.4 札幌市周辺大量公共輸送機関網図

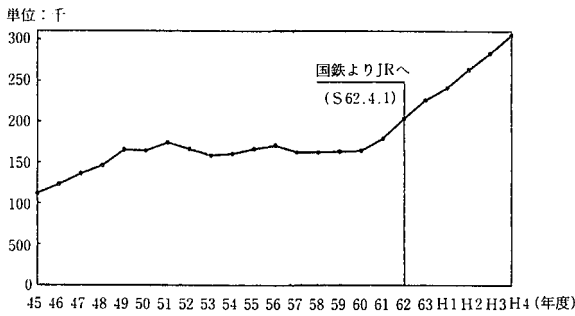


図 4.2.5 札幌市全駅の乗降客数の推移

表 4.2.3 道内主要駅乗降人員

(1) 上位10駅

位	駅名	人員(人/日)
1	札幌	144,536
2	手稲	27,752
3	小樽	21,416
4	新千歳空港	19,490
5	新札幌	19,050
6	北広島	16,360
7	大森	16,176
8	琴似	15,670
9	旭川	15,002
10	白石	12,102

(2) その他主要駅

岩見沢	10,630
函館	9,952
千歳	10,782
苫小牧	8,710
東室蘭	6,158
釧路	5,908
帯広	6,046
北見	3,248

平成6年10月の東豊線「豊水すすきの～福住」間5.6kmの開業まで、東西線の「琴似～新さっぽろ」間を含め3路線45.3kmの営業延長となった。

また、東西線の「琴似～手稲東」間2.8kmの事業免許も平成6年5月に取得し、平成11年完成予定で現在事業中である。

これら地下鉄の開業は、市街地の拡大に大きなインパクトを与えてきており、地下鉄乗車人員も年々漸増化の傾向にある。

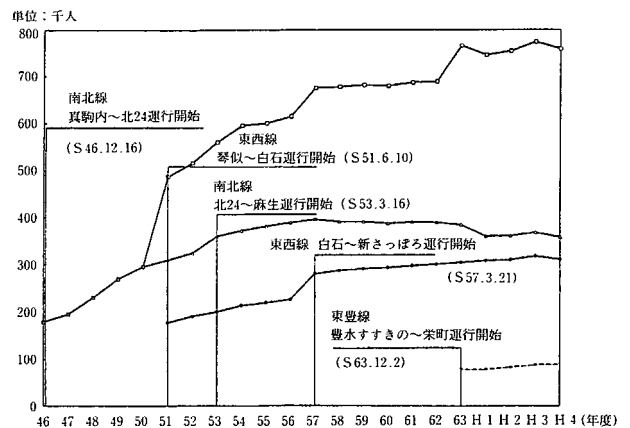


図 4.2.6 地下鉄の輸送人員

### ③ 地下鉄

札幌市の地下鉄は、昭和46年12月に南北線の「北24条～真駒内」間12.1kmが営業を開始して以来、

### 3) 空港

新千歳空港の年間の乗降客数は1,400万人を超え、国内線の乗降客数では、全国第3位の輸送実績を有している。また、国際線も定期便7路線（平成7年12月末現在）が就航するなど、わが国の拠点空港の一つである。

同空港は、平成4年6月に24時間運用が開始され、国際的な物流拠点としての整備を行う国際エアカーゴ基地構想の推進もはかられている。

また、丘珠空港は、本市と函館や釧路など道内5地域と結ぶ民間定期便の道内拠点空港として、さらには、防災監視、報道取材などを行う小型機の基地としての機能を果たしている。定期便の乗降客数は増加の一途をたどっており、平成6年度において約38万人と、ここ10年で3倍以上の伸びを示している。しかし、離島を除く道内他空港がすべてジェット化に対応してきている状況にあって、丘珠空港においても、ジェット化問題が大きな課題となっている。

### 4) 港湾

港湾は、物流、産業、生活等の諸活動を支える重要な社会基盤であるが、北海道は周囲を海で囲まれているため、域外との物流はほとんど海上輸送に依存している。北海道の港湾取扱量は、平成6年度に約2億3千万tとなっており、全国取扱貨物量の6.4%を占めている。

北海道の港湾の取扱貨物量のうち約6割が苫小牧港と室蘭港で取り扱われており、貨物量は、苫小牧港76,056万t、室蘭港52,554万tとなっている。また、札幌市に隣接する石狩湾新港では、苫小牧港の2.3%にあたる1,748万tの貨物が取り扱われている。なお、緊急輸送に利用され则认为られる苫小牧港と石狩湾新港の取扱貨物が札幌圏に向かう比率はそれぞれ19.6%、83.6%である。

#### (2) 札幌市の一極集中と交通網整備の課題

札幌都市圏には道内主要都市間を連絡する高速道路網、鉄道網が集中するとともに新千歳空港、小樽港、石狩湾新港等北海道を代表する空港、港湾を擁し交通の要衝地となっている。

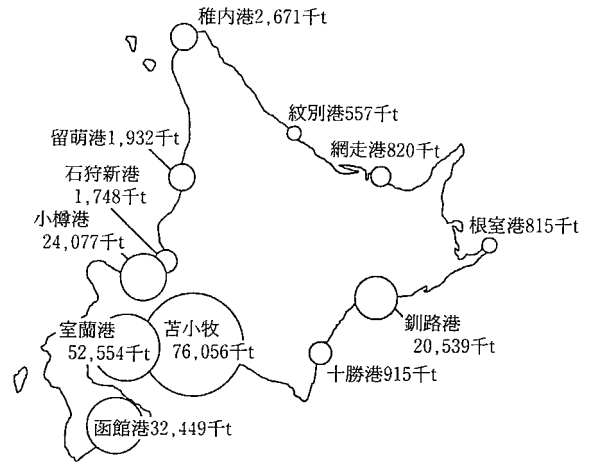


図 4.2.7 道内港湾別取扱貨物量 (平成6年度実績)

このような中で、札幌都市圏及びその周辺部には北海道の都市サービス機能（行政サービス機能、消費サービス機能、医療・福祉サービス機能、教育・文化サービス機能）の約3割が集積しているほか、主要な先端企業や流通施設等数多くの施設が集積している。

この結果道内主要都市間の物資流動は、札幌都市圏を中心として放射状の流動が卓越する傾向にあり、札幌市内ではここ数年交通需要の増加が著しい。

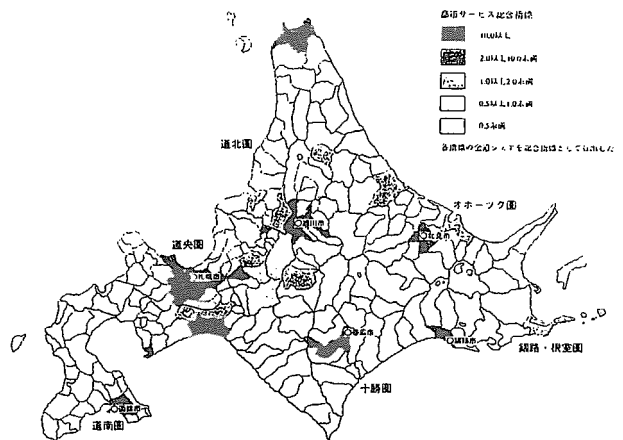


図 4.2.8 都市サービス機能の集積度

平成2年度実施した札幌市内を対象とする自動車起終点調査によると札幌市における自動車交通量は約230万トリップで、昭和52年の1.62倍と高い伸びを示している。特に貨物車の需要が増大しており昭和60年から平成2年にかけては北海道全体が横

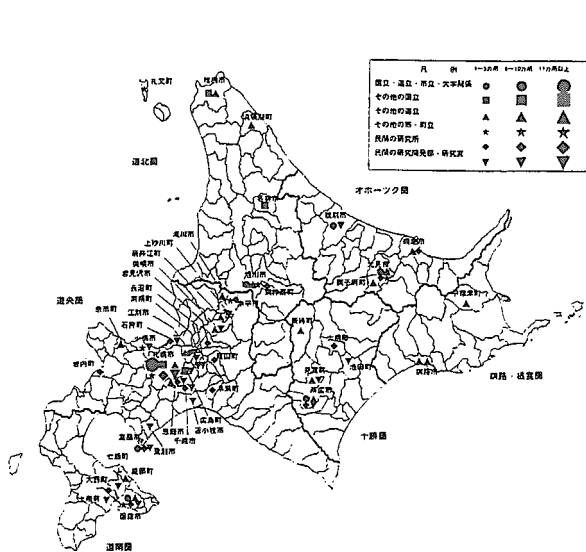


図 4.2.9 研究機関の分布状況

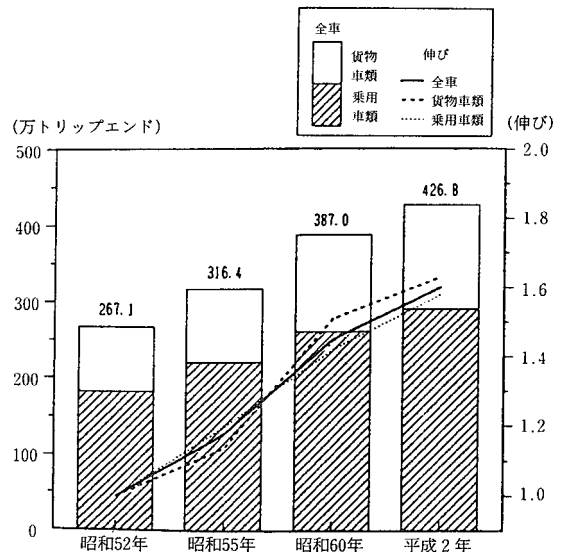


図 4.2.11 札幌市の発生集中交通量の推移

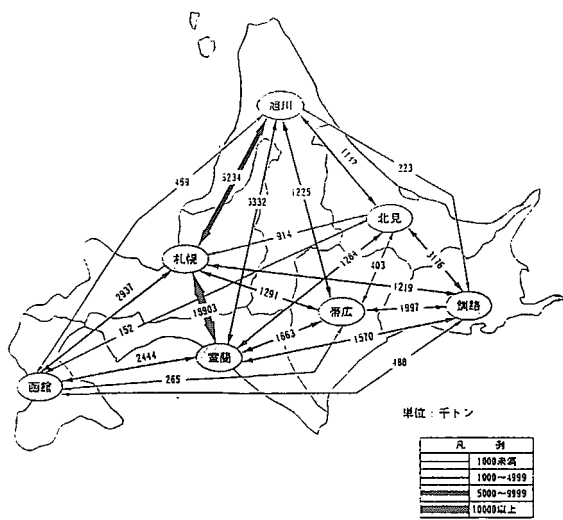


図 4.2.10 北海道の域内総貨物流動

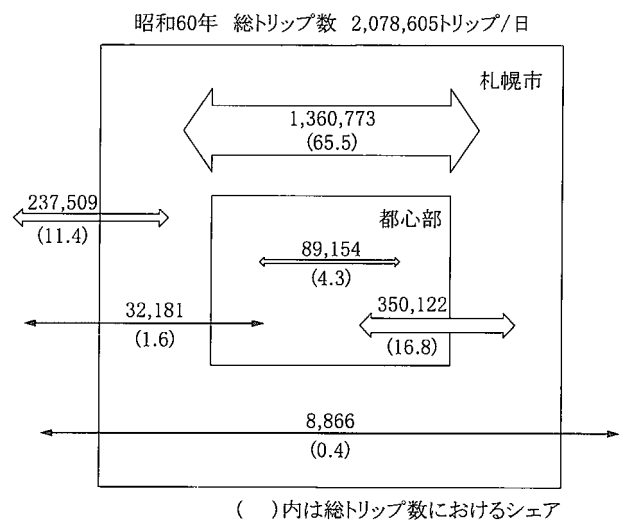


図 4.2.12 地域別交通形態の比較 (S 60)

高い傾向となっているなかで、札幌市では急激な伸びを示している。

交通需要の内訳としては、市内々交通量が総トリップ数の66.5%、内外交通量は14.3%、通過交通量は0.4%となっており、ここ5年間では札幌市と他地域とを連絡する内外交通需要の増加が著しい。

平成6年度に実施している全交通機関を対象とした道央都市圏パーソントリップ調査においてもこの傾向は顕著に現れており約43万トリップが札幌市と周辺都市との間で流動、そのうち約1/4に当たる10万トリップが業務目的の交通流動である。

札幌市では、「2バイパス2環状13放射道路を基

本」として幹線道路網の整備を進めてはいるが、各種機能の1極集中による交通需要の増大から、市内、特にDID地区内での旅行速度が低下している。交通需要は、札幌市の都心部に対し小樽方面及び千歳方面の主要幹線道路(国道)や中央区を中心に南北方向の主要幹線道路に集中しており一般国道36号豊平橋が49,667台/12h、一般国道230号の石山通が47,016台/12hと交通需要が著しい。

この結果都心地区内の混雑度が著しく、図4.2.16に示すとおり、一般国道36号、230号、豊平川沿いの真駒内篠路線、丘珠空港線で混雑度2.0を越えている。

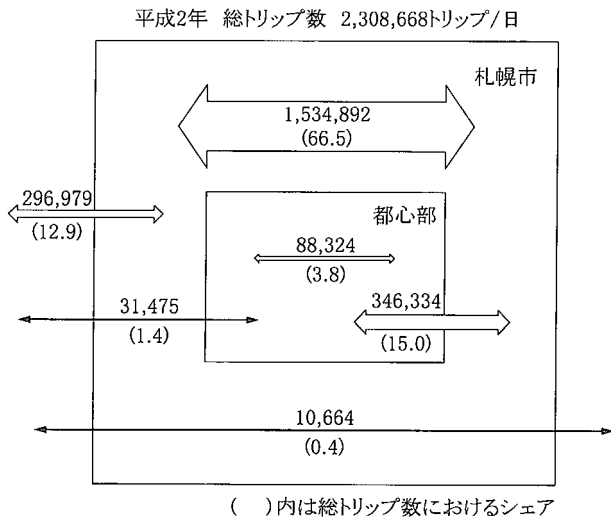


図 4.2.13 地域別交通形態の比較 (H 2)

なかでも、国道 230 号 (北 1 条西 6 丁目) では 2.57、丘珠空港線で 2.45 と混雑度が高い。

最近では、スタッドレス化の普及とともに冬の交通環境の悪化も著しく、北海道開発局の調査によると札幌市内の冬の国道の旅行速度は秋期に比較し約 3 割程度低下、朝のピーク時には更に 4 割まで低下していると報告されている。

このように、北海道経済の台所を預かる札幌市では社会・経済活動を維持、向上させるうえで 1 極集中がもたらす交通渋滞など幹線道路の整備と維持管理水準の確保が大きな課題となっている。

### 2.3 札幌圏の交通網寸断が北海道経済に与える影響

平成 7 年 1 月 17 日発生した兵庫県南部地震は大阪市とともに阪神圏の中核都市機能をにやう神戸市のインフラを壊滅的に破壊し、近畿圏の社会・経済活動に多大な被害をもたらした。

国土庁の試算結果によると阪神地域の主要産業を支えてきた造船、鉄鋼等の大企業を中心とする重厚長大産業においては約 2 千億円程度、大規模小売店舗においては約 1 千億円程度の被害総額をもたらしたと言われている。これは、年間の北海道開発予算の約 1/3 程度に当たる。

被害の総額の中には、建物施設の損壊によるもの

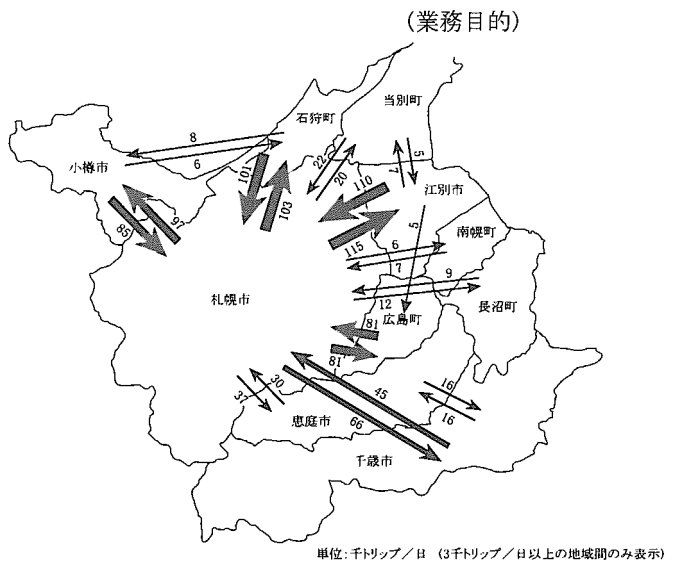
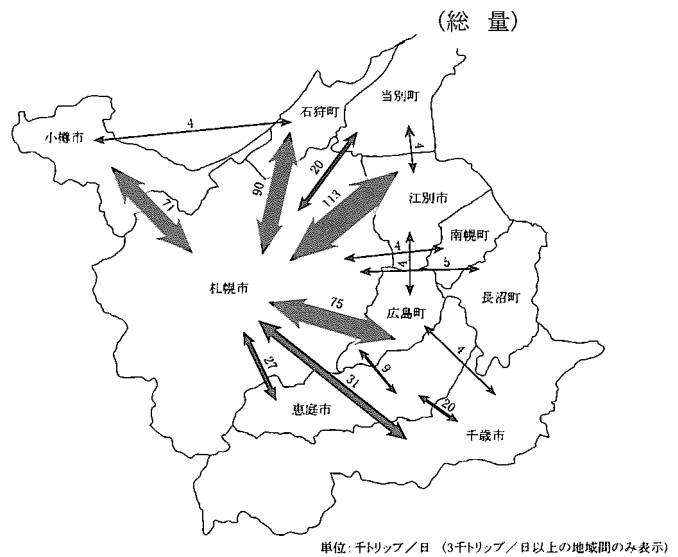


図 4.2.14 札幌市を取巻く隣接市町村間の動き (H 6)

が多くを占めるが、高速道路、国道等 27 路線 36 区間の幹線道路での交通止めといったことも大きな要因となっている。

横浜港、東京港など日本の 5 大港湾といわれ外貨コンテナ貨物取扱量の約 1/3 を占める神戸港においては、岸壁などの損壊はあったものの 1 月末までには復旧、その後の回復が期待された。しかし、港湾とアクセスする幹線道路の通行止めや高速道路倒壊等による陸上輸送の停滞が 1 つの要因となり取扱い貨物量の回復を遅らせ、ひいては隣接国、韓国の釜

山港に東南アジアの国際貿易港としての地位も奪われようとしている。

札幌市においても直下型の大型地震をもたらす火山性プレートが南北に走っているといわれており、今後兵庫県南部地震と同様な事態が発生することも予想される。

仮に、このような地震が発生した場合には、札幌市に主要な施設や諸機能を集中させている北海道経済は壊滅的な影響を被ることが懸念され、過去100年来国土政策の中で投資されてきた多額の公共財が無になる可能性がある。

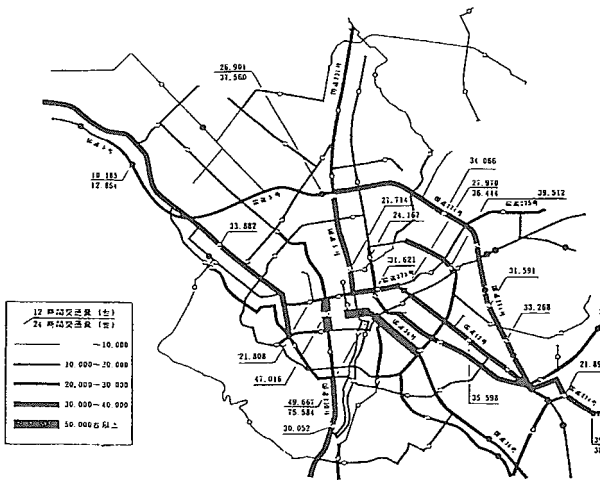


図 4.2.15 札幌市内の自動車交通量 (H2 センサス結果)

表 4.2.4 阪神・淡路大震災の被害総額の内訳

項目	被害額
建築物等 (住宅・店舗・事務所・工場・機械等)	約 6 兆 3 千億円
交通基盤施設 (道路、港湾、鉄道)	約 2 兆 2 千億円
ライフライン施設 (電気、ガス、水道、下水道、通信・放送等)	約 6 千億円
その他	約 5 千億円
総計	約 9 兆 6 千億円

※被害額は復旧に見込まれる額をもって計算している。  
また、2月14日現在で把握された被害状況を基に概略を推計した額である。

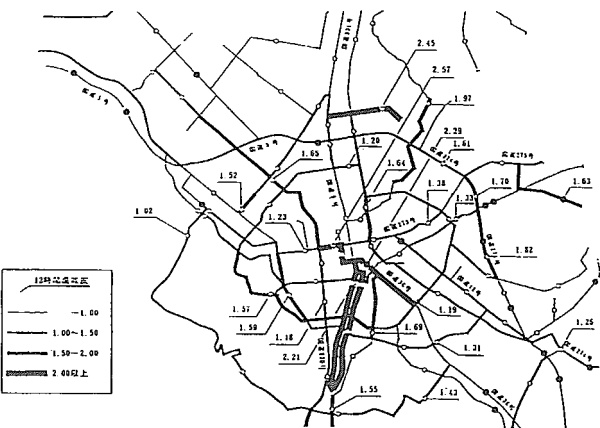


図 4.2.16 札幌市内の道路混雑度 (H2 センサス結果)

表 4.2.5 5大港の実績

港名	総入港船舶数 (隻)	総取扱貨物量 (千t)	外貨コンテナ貨物取扱量 (千t)
神戸	83,359	168,694	39,844
大阪	67,064	92,327	11,449
名古屋	46,121	134,381	20,446
横浜	66,691	123,700	31,592
東京	50,213	73,690	17,646

一方、雪害といった視点からみると平成8年1月上旬道央を中心に発生した大雪による経済的影響について北海道運輸局では、貨物列車や高速道路網、国道等幹線道路網の通行止めにより外食、百貨店・スーパー、運輸業を合わせ約43億円の被害総額をもたらしたと試算している。

特に札幌市に隣接し経済活動面でも多く依存している小樽市では、高速道路、国道、鉄道の陸上輸送手段全てが通行止めとなったことから札幌市に配送センターのあるスーパーでは商品が納入されず店舗によっては商品がほとんど無くなるなど市民生活に

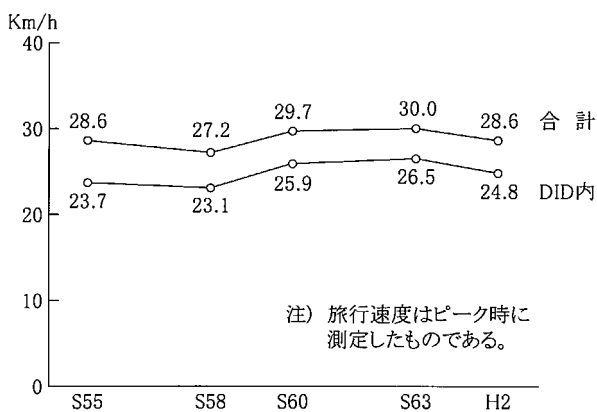


図 4.2.17 札幌市の幹線道路の旅行速度

表 4.2.6 阪神・淡路大震災による国際海上コンテナ貨物量の変化（1/17～2/4）

（単位：TEU）

地区名・港名	1995年1月17日～ 2月4日の取扱量 A	1994年の同期間の 取扱量 B	取扱量の変 化 A-B
大阪湾	54,503	162,917	▲108,414
神戸港	0	124,711	▲124,711
大阪港	54,128	38,206	15,922
堺泉北港	375	0	375
東京湾	198,638	154,128	44,510
東京港	92,477	55,475	37,002
横浜港	106,161	98,653	7,508
伊勢湾	87,709	64,177	23,532
名古屋港	86,431	63,068	23,363
四日市港	1,278	1,109	169
福岡	30,431	22,504	7,927
北九州港	18,342	12,015	6,327
博多港	12,089	10,489	1,600
その他	19,095	12,244	6,851
清水港	15,236	8,647	6,589
その他	3,859	3,597	262

大きな影響を与えた。

また、関西方面と連絡する唯一のフェリー港小樽港が陸上の輸送手段の停滞等から機能せず生乳や鮮魚の搬送といった道内から道外への物資流動を遅滞

させる等経済活動においても大きな影響を与えた。

このように、札幌圏においては震災のみならず雪害も社会経済活動を停滞させる大きな要因と考えられる。

## 2.4 今後の防災計画の方向性

札幌市は地震に加え雪害といった災害の可能性もあり、3大都市圏を除く全国の政令指定都市の中ではリスクの多い都市といえる。このような中で、全道の主要な機能の多くが集積しているため、兵庫県南部地震と同程度の災害が発生すると、札幌市のみならず北海道全体の地域産業の雇用や産業活動を大きく停滞することが懸念される。従って、今後とも北海道経済を維持確保してゆく上では、シビルミニマムな視点はもとより、広域経済活動の確保といった視点から札幌圏を中心として防災計画を検討してゆく必要がある。

### 3. 防災面から見た札幌の道路の現状と課題

#### 3.1 都市防災における緊急輸送路について

##### (1) 阪神大震災における道路の状況と緊急輸送路の重要性

阪神大震災は、高度に集積した都市文明が、日本で初めて地震に対する備えを試される災害となった。被害は専門家や行政の予測をはるかに超え、都市システムは脆さをさらけ出す結果となった。

とりわけ、高架橋や建築物の倒壊・損傷による道路機能の低下は、被災地へ向かう救助・救援隊および救援物資・復旧資材を運搬する車輛の行く手を阻み、人的物的被害を増大させたときえ言われている。

この道路機能がマヒした原因については、次のように考えられる。

- ① 高架橋や建築物の耐震性が不足していた。
- ② 代替ルートが不足していた。
- ③ 緊急車輛を優先的に通行させる道路の指定や、被災地とその周辺の住民への情報伝達システムが整っていなかった。
- ④ 人々に自家用車の使用を差し控えるという意識が乏しかった。

これらの状況や原因に学べば、「緊急輸送を確保するため必要な道路」、つまり緊急輸送路としての条件が見えてくる。それは、「高い耐震性を備え、代替ルートも考慮された緊急輸送路を、災害発生前から指定・確保し、有事にそれが機能するよう事前に住民への告知をしておくこと」が重要であると言える。

この緊急輸送路は、防災拠点と結節し、多重性、代替性を考慮して選定する必要があるが、法的には、平成7年6月16日に一部が改正された「災害対策基本法」において、災害時の道路管理に係る事項が謳われ、公務に当たる職員の権利等が示されている。

##### (2) 札幌市の「ポパイ計画」について

札幌市では平成7年12月、新しい地域防災計画の策定が終了するまでの間、緊急に取り組むべき課題をまとめた「緊急対策95」を策定した。この中で、

災害時の輸送・移動ルートとなる緊急輸送路を確保するための対策として以下の4点を挙げ、消防・医療・物資輸送の活動を支援できるよう、準備している。

##### ① 第1次緊急輸送路の選定

消防、救急などの緊急車輛の専用路線として使用し、一般車輛の通行禁止、交通障害物の除去・除雪を最優先とする。国道、高速道路など、総延長253kmを指定（図4.3.1参照）。

##### ② 第2次緊急輸送路の選定

第1次緊急輸送路の代替道路として使用し、救援物資輸送などを考慮し、交通障害物の除去・除雪を優先する。主な幹線市道など総延長453kmを指定（図4.3.1参照）。

##### ③ 緊急輸送車輛の指定

##### ④ 災害時の交通規制・誘導

##### (3) 積雪寒冷地としての道路交通の現状

札幌市の道路交通の混雑状況、とくに冬期間においては、平成8年1月9日の豪雪は別にしても、積雪、スパイクタイヤの使用規制とスタッドレスタイヤによるミラーバーンの問題等に加え、事業所・住宅等の郊外化に伴い、混雑の度合いは年々増加している。

前項に述べた緊急輸送路の選定・指定はあっても、冬期の道路状況を定量的にとらえたデータは少なく、いざというときに機能するものなのか、あるいはどんな問題が考えられるか、議論のための材料は不足しているのが現状であろう。

下條らの研究<sup>1)</sup>によると、札幌市における道路交通の旅行速度は、無雪時の朝ピーク時で20km/hと、関東、東海、近畿の三大都市圏とほぼ同程度である。しかし、有雪期になると11km/hと、約1/2に低下する。このことは図4.3.2に示すように、降雪量、スタッドレス化には関係がないようである。また、交通渋滞の面的分布は、無雪期では都心部を中心に郊外に広がっており、渋滞長も無雪期に比べて長くなっているのがわかる（図4.3.3）。



# 緊急輸送路線図

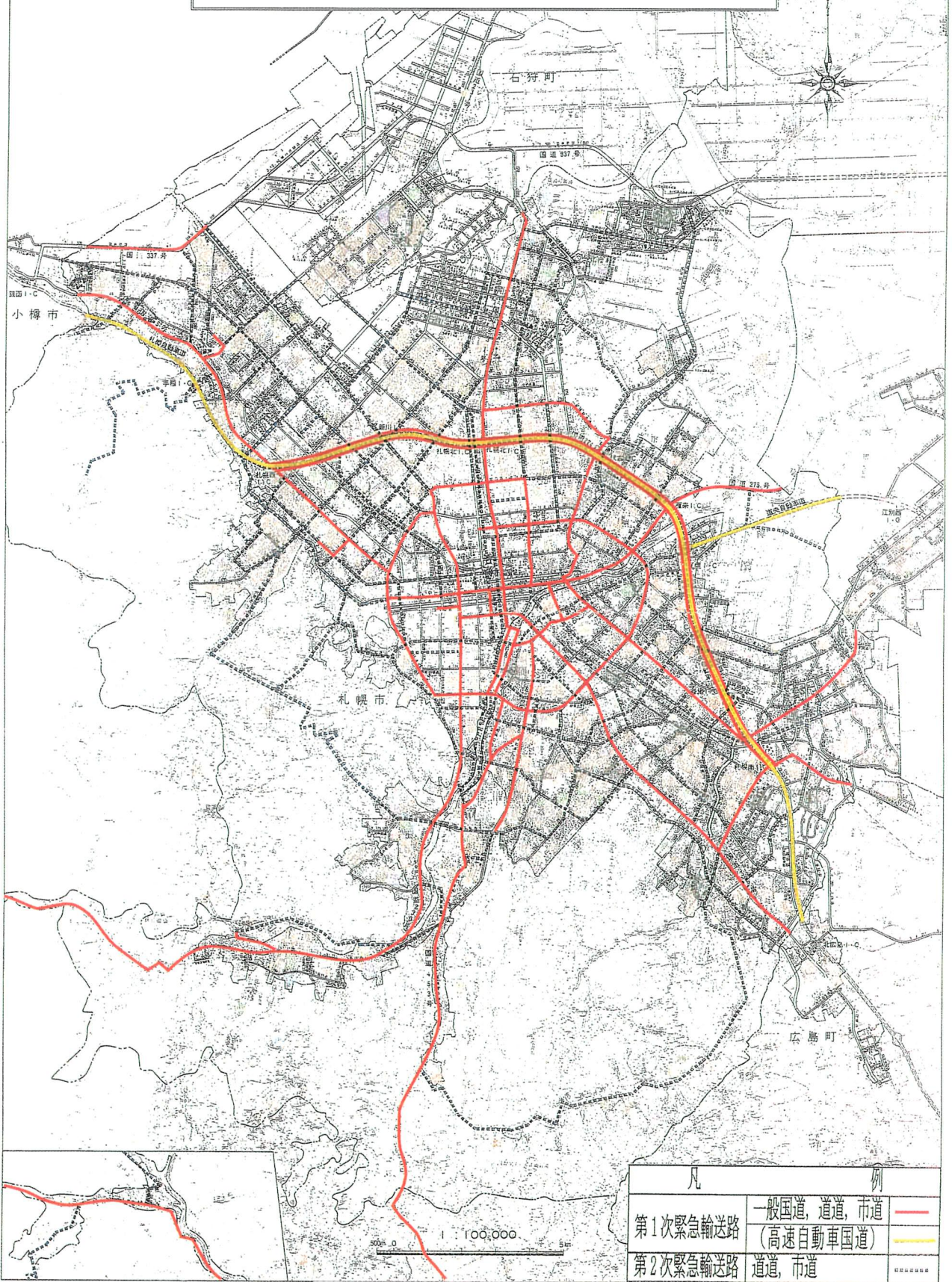


図 4.3.1 緊急輸送路線図（「緊急対策 95」より）

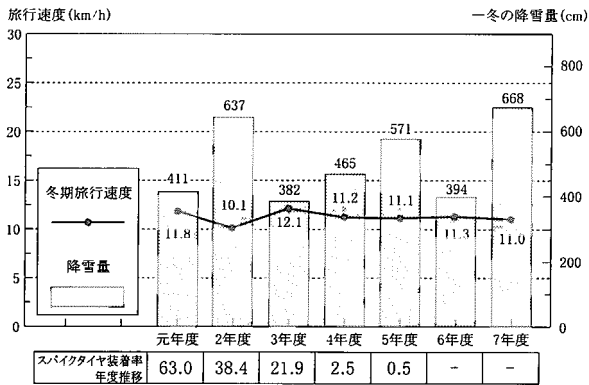


図 4.3.2 札幌市内 (DID) の積雪期における旅行速度の推移<sup>1)</sup>

これらのことは、札幌圏の事務所および住宅立地の郊外化に伴い、幹線道路の街路化によるボトルネック部に起因した交通混雑が生じていること、国道を含めた幹線道路網の機能上の問題が考えられる。また、都心部の違法駐車・除雪した雪の一時堆雪等による都心部縦貫道路の交通混雑も生じている。

平常時でも旅行速度の低下・渋滞が起きている状況であり、こうした中、大きな地震による災害の発生を想定すると、緊急輸送路としての機能障害は必至であるため、対策を検討し、計画的に実施していくことが必要である。

#### 引用文献)

- 1) 下條、高木ほか：航空写真に基づく札幌市内における冬期交通混雑の面的特性に関する考察、北海道開発局技術研究発表会発表概要集、平成8年度

### 3.2 緊急輸送路の現状 (内環状)

#### (1) 調査の経緯

「緊急対策95」では、国道、道道、市道など数多くが緊急輸送路に指定されている。この中で札幌市において防災上最も重要であると思われる内環状について、議論が机上のものとならないように、個人の目を通し、建物も含めてどこにどのような危険が存在するのか現地調査を行い、確認した。

調査に際しては、「緊急対策95」の中で、緊急調査

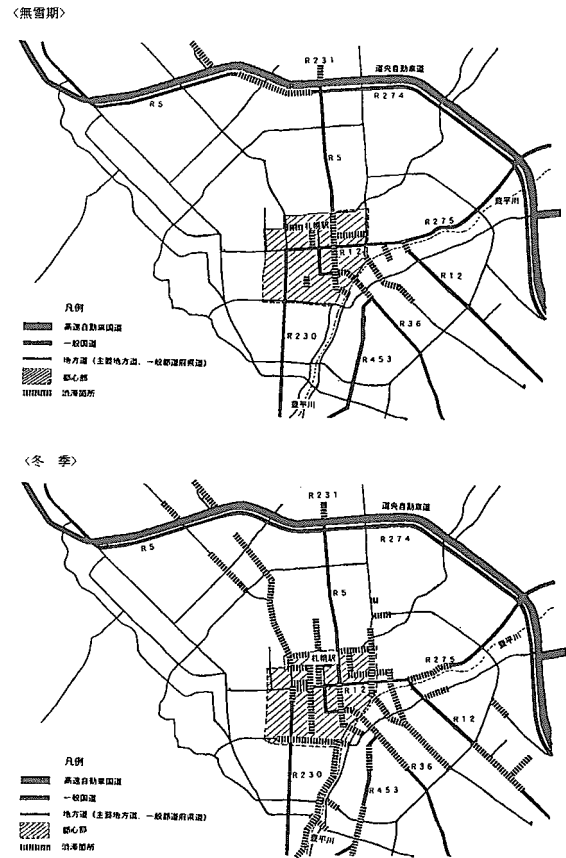


図 4.3.3 無雪期および冬期の渋滞長の面的分布<sup>1)</sup>

時の留意点として、バイク、自転車の利用が非常に有効であるとの提案もあることから、自転車の有効性の確認も含め、内環状を一周した。

#### (2) 内環状の役割

札幌市では「2バイパス2環状13放射道路」を道路網整備の基本として、現在整備を進めている。

内環状は札幌市地域防災計画(道路編)で第1次緊急輸送路に指定されており、その中でも災害時の交通体系における要であると位置づけられている。

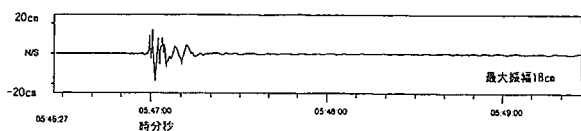
さらに内環状は、近隣の地方自治体、港湾、空港との連絡路である国道等と交差しており、災害時に周辺地域から流入してくる人・物を効率よく札幌市全域に分散輸送する上で重要な役割を担う道路である。

また、内環状沿いおよびその内側には、主要な病院、行政機関そして警察、消防等の中枢機関、情報の伝達基地である新聞社、放送局も位置しており、災害時における内環状の役割がいかに重要であるかが分かる(図4.3.4)。



(3) 内環状の現状

構造物その1 (橋梁)



第1次緊急輸送路である内環状線に架けられている橋梁には、落橋防止工が無い構造もある。高速道路や新幹線が寸断され「安全神話」が崩れたのを教訓に、防災上重要な道路では橋桁の落下など、致命的な被害を避けるため、橋梁の耐震性能を向上させる等、早急な対策が望まれる。

◆ 橋桁の落下

高速道路では、阪神高速道3号神戸線に大きな被害が集中し、名神高速道路、中国縦貫自動車道でも橋桁が落下した。鉄道では、新幹線、JR在来線、阪急電鉄、阪神電鉄に被害が集中し、山陽新幹線は新大阪～姫路間でラーメン構造の橋台の損壊により橋桁が落橋した。



ダブルデッキ桁の落橋  
[神戸市中央区]



[JRA 馬道橋]



[19条大橋]



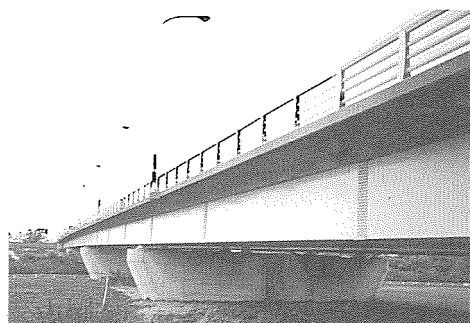
[白石サイクリングロード]



[JR環状通り架道橋]

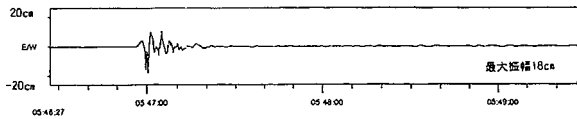


[白石跨線橋]

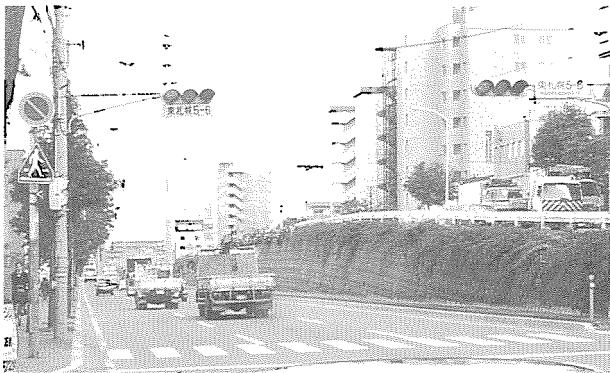


[環状北大橋]

## 構造物その2 (土留)



内環状線には、コンクリート擁壁・石積み擁壁などの抗土圧構造物もあるが、石積み擁壁は、通常耐震設計がなされていない。防災上重要な道路での被害を避けるため、抗土圧構造物の耐震性能の向上が急がれる。



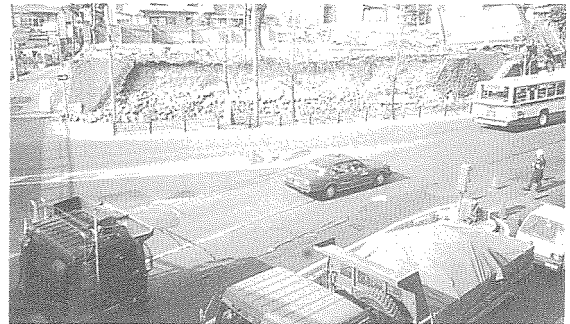
【東札幌 5 - 6 付近】



【南 6 西 27 付近】

### ◆ 擁壁の損壊

道路・鉄道でも擁壁の倒壊・亀裂に至る所で発生した。



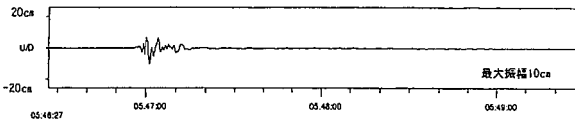
石積みブロックの崩壊【神戸市灘区】



のり面格工の破壊  
により路面にクラック発生（シートで保護）  
【神戸市東灘区】



## 道路構造

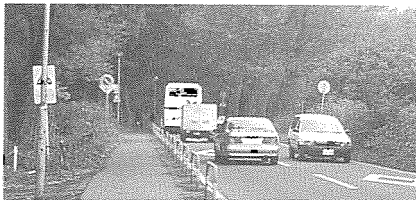


内環状線は、道路としての高い機能を持つ区間もあるが、緊急輸送路として機能しない区間もある。災害に強い内環状となるよう早期の改良を行う必要がある。



[美園9-7]

片側3車線に加え、幅員の広い中央緑地帯・歩道があり、さらに道路に面して高層建築も無く、防災上阻害要因の少ない道路である。

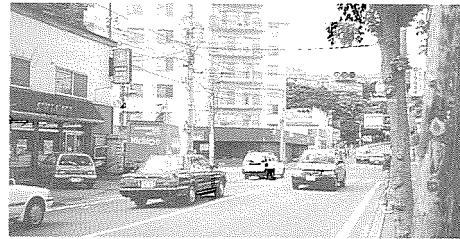
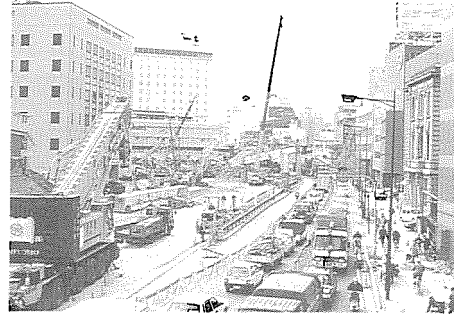


[北大裏]

狭隘片側1車線の環状線

## ◆ 交通渋滞

幅の広い道路でも災害復旧のため車両使用出来るのは片側1車線ずつとなり、物資の輸送、経済・社会活動のマヒを引き起こした。

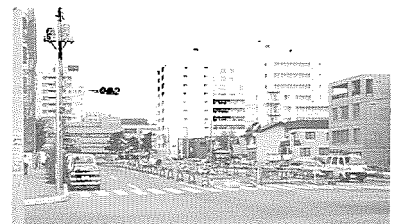
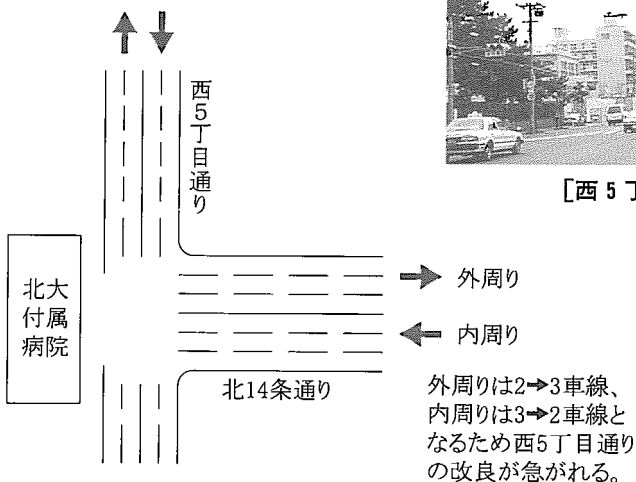


[南19西16交差点]

南19条西14~16丁目まで片側1車線であるため、大型車両の内周りが困難である。緊急輸送路としての機能を確保するため、早急な改善がのぞまれる。

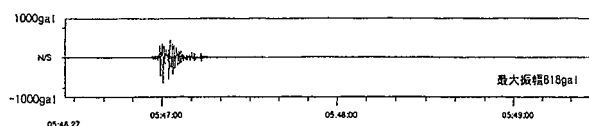


[西5丁目通り]



[北14条通り]

## 救援施設



内環状線沿線には、被災者の避難場所または、救援活動の中心となる施設が数多くある。救護施設への車両の出入りを円滑にし、緊急輸送路の通行を支障しない配慮が必要である。



札幌小 [伏古1-3]



向陵中 [北5西28]

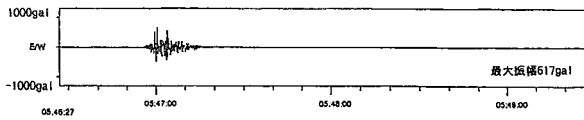


[地下鉄東西線白石駅前駐車場]

環状線と地下鉄東西線結節点である白石駅前の交差点には、駐車場として利用されている土地がある。このような空間は、災害時の利用価値が高いため、災害時に公的機関による借り上げの取り決めを利権者と結ぶなどの、民間の休有地の利用や公有地として取得することが必要である。



## その他（交通障害）



内環状の道路には、電柱・送電線等がある。これらは災害時の安全性を高めるために、共同溝等による地下化を計り、道路に対する阻害要因を少なくすることが必要がある。一方、違法駐車など市民のモラルによる交通障害も少なくない。

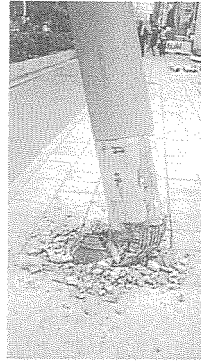


〔美園 11 条～白石中央〕



〔豊平区役所前〕  
林立する電柱、高圧電線の鉄塔、広告塔

## ◆ 電柱の倒壊



電柱が軒並み倒壊して車道の通行が妨げられている。ライフラインの被害が交通網を分断し消防・救急活動が阻害される。



〔神戸市兵庫区〕



〔南 9 西 22〕  
歩道の通行を妨げる歩道橋



〔西宮市甲子園〕      〔東豊線美園駅〕  
無秩序に止められた自転車と整然と止められた駐輪場



駐車場となっている歩道



### 3.3 緊急輸送路の問題点と課題

#### (1) 緊急輸送路としての機能確保

阪神・淡路大震災における道路の被害状況は、おおまかに次のように整理できる。

- ① 橋梁・高架橋の桁落下や、橋脚の損傷による通行止めと通行障害。
- ② 道路に面した建築物の倒壊、および高架橋の倒壊に伴う道路空間の遮断による通行障害。
- ③ 路面変状（段差、陥没）等による通行障害。

さらに、同様の都市型災害として比較される「ノースリッジ地震」では、損傷したガス管から漏れるガスに引火したり、破裂した水道管から水が吹き出すなど、ライフライン施設の損傷による道路機能の阻害例もある。積雪寒冷地域である北海道においては、溢れ出た水が道路上で凍結することを想定した対策の準備も必要であろう。

上記のような被災経験を踏まえ、「災害時にも機能する」内環状線として、十分な耐震性を確保しておくことが重要であり、以下に示す項目への取り組みが望まれる。

- ① 各種構造物の特性に応じた耐震診断と耐震補強。
- ② 電柱が倒壊して道路を遮断することのないよう地中化する。
- ③ 水道管、ガス管など地中に設置されているライフライン施設の耐震性強化。
- ④ 地域における空間・施設の適切な配置による地域としての“面的”な耐震性の向上。
- ⑤ 構造物・施設等の耐震性、補修補強履歴に関するデータベースの整備。

#### (2) 情報伝達手段の整備

緊急輸送路のルートがいかに効率よく選定されていても、また非常警備員の配置が計画どおりなされたとしても、被害の状況や緊急輸送路の規制状況が人々に伝わらなければ、それらは機能するとは考えられない。

人々の行動は、入手した情報が裏付けとなり決定される。災害発生直後に満足な情報も入らず、物理

的にも行動がとりにくい状況においては、心理的な混乱も増し、集団パニックの発生も懸念される。

こうした事態を避け、人々の気持ちや行動をいかに落ち着かせるかが、緊急輸送路の機能確保を大きく左右する。そのためには、迅速で確実な情報提供が必要不可欠であり、とくに道路をはじめとする交通機関の被害状況・運行状況などを細めに知らせることが重要となる。

しかしながら交通機関には道路交通、JR、空港、港湾などがあり、管理者も開発局、道、市、道路公団と多岐に渡っており、非常事態においては情報の錯綜による混乱も予想される。

そこで、たとえば「交通情報管理センター」を設置し、すべての交通機関・管理者の情報を一元管理し、被災地の住民から周辺市町村に至るまで、広く情報配信を行えるようなシステム構築は有効と考えられる。

この「センター」からの情報配信は、即時性と正確性を高めるために、30分間隔で提供する情報を更新していくこととする。情報の配信手段として期待できるのは、将来的にはインターネットであると考えられるが、道路500m毎に1カ所の情報提供モニターを道路脇に設置するとか、大型情報板を設置する（現在、内環状通りには情報板なし）などの伝達方法が考えられる。

一方、電気系統がダウンした場合も想定すると、応急的な三角コーンの設置や、掲示板による情報伝達など「ロウテク（ハイテクに対して）」ものの活用は有効である。こうした道具は、緊急輸送路に指定した道路に面して収納小屋等を設置し、災害発生時にはすぐ使えるよう準備しておくのが良い。

#### (3) 行政と住民（地域、周辺市町村）との連携

災害時に緊急輸送路の管理を行い、その機能を確保するのは行政側であるが、道路利用者である住民側の理解と協力なくして、緊急輸送路が機能するとは考えられない。これは、阪神・淡路大震災の際に車を使用した人の内、安否確認、出勤、状況把握、物の運搬等を目的としたものが全体の44%もあり、これも緊急輸送路の機能低下の一因となったために

言えることである。

札幌市とその周辺市町村を含めた札幌圏における人の流れ、物の流れは北海道全体の経済を支えるものと言っても過言ではないだろう。だからといって、災害時にも平時と同様な活動を求めるわけには行かないし、またある程度の行動・活動制限も、被災地救援のための緊急輸送路確保を確保するためにはむを得ないと考えなくてはならない。そのために、緊急輸送路圏域の周辺市町村をも含めた、行政と住民の連携が重要となる。

警視庁が東京都民8,000人を対象に行ったアンケート調査によると、大地震後の全面車両通行禁止措置を正確に知っていた人は20%で、どんな規制があるのか全くわからないと答えた人が37%いたといことである。

札幌圏域にも同様のことが言えるのではないだろうか。そのためには緊急輸送路の通行制限に伴う迂回道路の利用・自家用車の自粛等のPRを徹底して行い、場合によっては抜打ちの防災訓練を実施するなどして、地域住民の防災意識の向上を図ると同時に、計画の不備をチェックし改善して行くことが肝要である。

防災は行政のみが行うという認識をなくし、行政と地域の連携により安全な都市づくりをして行かなければならない。そのためには、安全のためのコストがいかにかかるかについての議論や、第1次・第2次緊急輸送路に対して実際に交通規制をかけた住民参加型の防災訓練が必要である。災害時の交通・流通のマヒによるリスクを平常時に身をもって行政と地域社会が学習することが重要である。

#### (4) 冬期路面の機能確保・向上策（車道・歩道）

冬期特有の問題として雪害がある。これには、降雪・吹雪による視程障害、路側堆雪による幅員減少、凍結路面による走行性の著しい低下等が挙げられ、次のような対策が考えられる。

路側堆雪については幹線ルート上に堆雪ヤードを確保することと、流雪溝を整備すること等が挙げられる。凍結路面については、融雪剤の散布方法を充実させる、また主要部分、たとえば交差点周辺など

の車道・歩道のロードヒーティング化が挙げられる。

#### (5) ボトルネックの解消

内環状の整備状況としては、全体的には良く整備されていると評価できる。現在、ボトルネックとなっている北大の北側道路については、既に計画が完了し、後は南19条西14～16丁目については、まだ実施段階にはなく早期改善が必要である。

また、内環状を国道5号と230号（石山通り）が東西に分けており、平成7年10月の交通量調査の結果をみると、西側は東側に比べて交通量が少ないわりには混雑度は大きな値を示している（図4.3.5）。これは、西側の整備が遅れているか、または不十分であることを示していると思われる。

内環状が災害時の交通体系の要であることを考えると、早期にボトルネックとなっている箇所を解消し、本当の意味での内環状を完成させる必要がある。

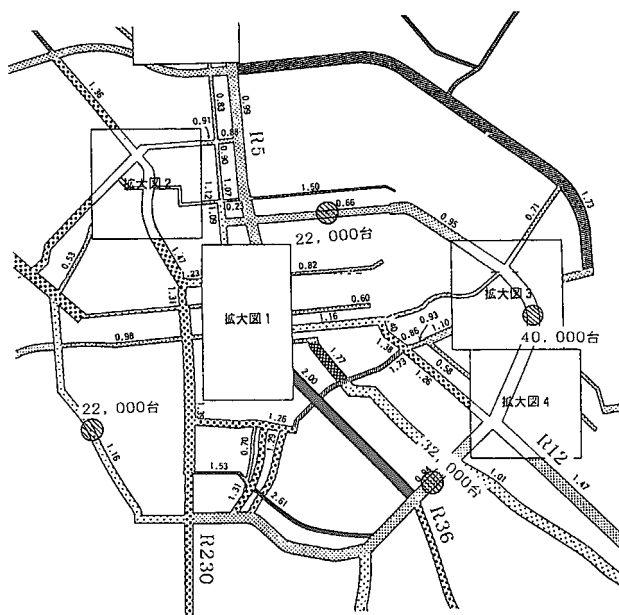


図 4.3.5 交通混雑度図 (24 H)

さらに、災害が冬期間に発生した時を考えると、代替性の面で大きな期待のかかる、外環状の整備も早急に完成させる必要がある。

札幌市の道路網整備の基本である「2バイパス2環状13放射道路」の完成があって初めてそれぞれの道路のもつべき機能が最大限に発揮されるはずで、道路網計画の早期完成が望まれる。

## 4. 市民の防災意識向上と公共交通機関の 震災時運用システムに関するアンケート調査

平成7年1月17日に発生した阪神淡路大震災では、地震直後からしばらくの間、阪神間の道路交通に大渋滞を生じ、救援活動や緊急物資輸送に大きな障害となった。

ここでは、札幌市に震度6の地震が発生した場合を想定し、災害時の市民の交通モラルに関するアンケートと、冬期間を含めた公共交通機関の震災時の運用システムについてのアンケートを行ったのでその結果を報告する。

アンケートの概要は次のとおりである。

- (1) 対象者 北海道技術士センター  
防災研究会会員 105名
- (2) 回答者 北海道技術士センター  
防災研究会会員の内 35名
- (3) 質問内容

市民の防災意識向上に関する提案・公共交通機関の震災時運用システムに関するアンケート

I. 震災時（震度6の地震を想定）の市民のモラルについて、そのための対策も含めてお考えをお書き下さい。

A. 震災時の交通機関（マイカーも含む）の利用について避けなければならないと考えられる行動と、そのための対策についてお書き下さい。

B. 震災時の交通機関（マイカーも含む）の利用において協力することが望ましい事項とそのための対策についてお書き下さい。

II. 公共交通機関の震災時（震度6を想定）の活用方法について、またそのための対策についてお考えをお書き下さい。

A. 震災時の地下鉄の活用方法について、またそのための対策についてお考えをお書き下さい。

B. 震災時の地下鉄以外の公共交通機関の

活用方法について、またそのための対策についてお書き下さい。

III. 冬期間の地震（震度6を想定）を想定した場合、交通を確保するために考えられる問題とその対策についてお書き下さい。

### 4.1 震災時の交通モラル

(1) 震災時交通機関の利用について避けなければならないと考えられる行動（質問I-A）

1) アンケート結果

アンケートの結果を図4.4.1に示す。またその内容を要約すると以下のとおりである。

- ① マイカーやタクシー等の車両の使用や、その路上放置、違法駐車を避けるべきとの考えがもっとも多い。
- ② 渋滞や交通障害、交通混乱に拍車をかけるような行動は避けるべきという意見が多い。
- ③ 被害程度の想定に個人差があることと、発災直後は点検等で運行されないことおよび救災・支援活動への優先利用などから、公共交通機関の利用についても差し控えるべきとの意見が1割以上ある。

2) 震災時車両の使用を避けるための対策

1) でもっとも回答の多かった「車両の使用を避ける」行動に対する対策として回答された事項を「教育・訓練・広報」、「行動」、「施設」、「システム・情報」、「法的規制等」に層別し、対策の実行主体になると考えられる団体・組織などとの関連をマトリクスで表示したものを表4.4.1に示す。表より、

- ① 全体的な傾向ではシステム・情報系に関する対策についての回答が多い。
- ② もっとも回答の多い対策は、震災時の行動の日常的な教育と広報である。  
ことが分かる。

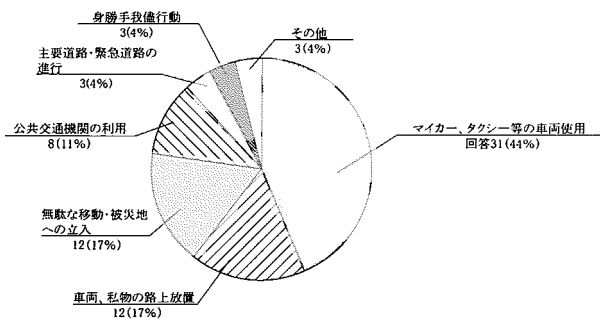


図 4.4.1 震災時の交通機関の利用について避けなければならないと考える行動

表 4.4.1 震災時の車両の使用を避けるための対策

層別	震災時の市民の車両使用自粛に関する対策 (走行中車両の路上放置禁止対策等も含めて) 回答者数32名	回答数	対策実行主体(協力)					
			国 自治体	公 的企業	一 般企業	地 域	家 庭	個 人
教育・訓練・広報	震災時の行動の日常的な教育と広報	16	◎	○	○	○	○	○
	集団(全市)避難(防災)訓練の実施	6	◎	○	○	○	○	○
	日常的な公共交通機関利用促進策	4	◎	○	○	○	○	○
	震災時シミュレーションによる対応訓練	2	◎	○				
	自転車利用企画と家庭配備のPR	1	◎					○
行動	震災時の公共交通機関の利用	11	◎	○	○			◎
	水・食料品・非常用携帯品の備蓄	8	○				◎	◎
	震災時の徒歩による避難	4					◎	◎
	震災時の自転車・バイクの利用	2					◎	◎
	ソリを非常用携帯品に	1					◎	
施設	一般走行車両の待避措置および施設の整備	10	◎					○
	緊急車両専用路線の整備	9	◎					○
	避難所の確保とその施設整備	7	◎				○	
	公共交通機関ターミナル駅の駐車場整備	3	◎	○				
	震災時公共交通機関確保のための構造物補強対策	2	◎					
	地下鉄駅を情報ステーション、避難所として整備	2	◎	○		○		
	代替交通網の整備	1	◎	○				
	公共交通機関の駅に自転車置場を	1	◎					
	郊外からの進入防止措置と反転・駐車広場の整備	1	◎					○
公共ビル屋上のヘリポート化	1	◎						
地下幹線道路トンネルの整備	1	◎						
システム・情報	発災時の交通情報システムの整備	11	◎	○				
	発災時の情報通信施設の確保	10	◎	○				
	避難所の周知徹底とその活用および安心情報のPR	7	◎			○		○
	緊急優先車両・一般車両の通行区分とその情報	4	◎					○
	安否確認情報システムの整備	3	◎	◎	○			○
	避難所リーダーの確保	2	◎			○		
	住民組織を活用した避難所運営	2	◎			◎		
	走行中車両の災害時の措置の広報	2	◎					○
	公共交通機関の駅でのレンタルサイクルシステム	1	◎	○				
	発災時交通集中管理システム	1	◎	○				
法的規制等	公共交通機関の交通弱者優先利用とその広報	1	◎	○				○
	被害状況・交通状況に応じた段階的交通規制	1	◎	○				
	法的(強制的)な災害時車両規制	6	◎					
	緊急自動車登録制度(ボランティアも)	6	◎		○			○
	違法駐車強制排除措置	3	◎					
渋滞車両の強制排除措置	1	◎						
動物・ペットの公共交通機関での避難移動禁止措置	1	◎					○	

注) 公的企業とは、交通、通信、電力、ガスなどのインフラ関係と報道、生活必需品を扱う企業、医療関係、救災・防災関係の企業とする。

## (2) 震災時交通機関の利用について協力することが望ましい事項(質問I-B)

### 1) アンケート結果

アンケートの結果を図 4.4.2 に示す。またその内容を要約すると以下のとおりである。

① 「マイカーの使用自粛」という意見がもっとも多く次に回答の多い「徒歩・自転車による避難と移動」およびその次に回答の多い「公共交通機関の利用」も、マイカーの使用自粛が前提となっていると考えられるので、これらを含むと「マイカーの使用自粛」は(1)の避けるべき行動の「マイカー等の使用」の回答数に近いものとなる。

② 「公共交通機関の利用」は、緊急輸送を優先すべきとする考えから、(1)の設問の「避けるべき行動」にも 1 割以上の数で挙げられており、相反する考え方が同数程度存在する結果となっている。

③ 「緊急輸送路確保」、「地域防災組織への参加協力」、「被災情報と交通情報の提供」など個人的な面ばかりでないボランティア的な事項も多数挙げられている。これについては身の安全が保たれた後の行動を示したものと考えられる。

### 2) 震災時の車両使用自粛のための対策

1) で回答の多かった「マイカーの使用自粛」、「徒歩・自転車による避難と移動」、「公共交通機関の利用」に関する対策として、回答に挙げられたものを(1)と同様に層別し、実行主体との関連をマトリック形式として表 4.4.2 に示す。表より次のことが言える。

① 1) と同様震災時の行動の日常的な教育と広報が必要という回答がもっとも多い。

② 対策の内容が細く具体的であるが、全体的な傾向としては教育・訓練についての回答がもっとも多い。

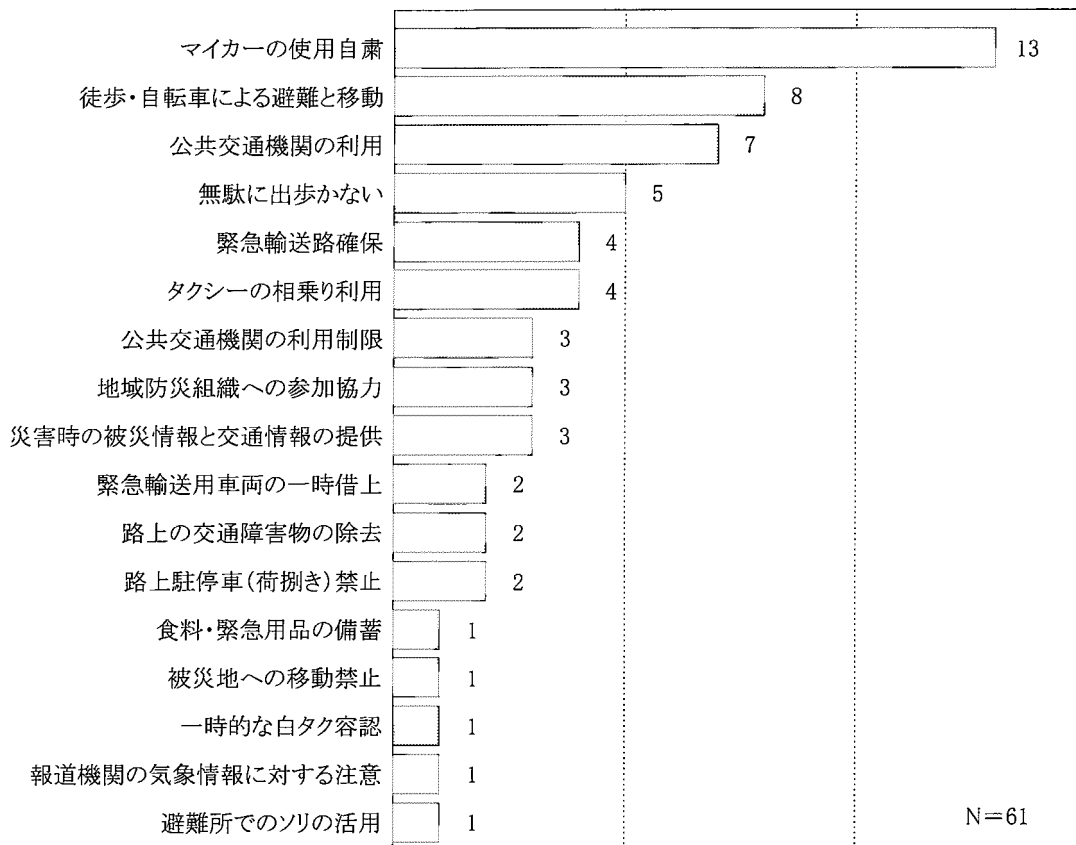


図 4.4.2 震災時の交通機関の利用について協力すべき事項

表 4.4.2 震災時マイカーの使用自粛等に協力するための対策

層別	マイカー使用自粛 徒歩・自転車による避難と移動 公共交通機関の利用 に関する対策 回答者数28名	回 答 数	対策実行主体◎(協力○)					
			国 自 治 体	公 的 企 業	一 般 企 業	地 域	家 庭	個 人
教育・訓練・広報	震災時の行動の日常的な教育と広報	7	◎	○	○	○	○	○
	日常的な公共交通機関利用促進策	6	◎	○				
	市民・行政一体の(地下鉄を利用した)防災訓練	4	◎	○	○	○	○	○
	震災時交通規制要員の教育	1	◎					
	自転車利用のPR	1	◎					
行動	一般営業活動の自粛と地域救災活動への協力	2			◎			○
	マイカー・タクシーの相乗り利用	1						◎
	日常生活圏内の諸施設の把握	1				○	◎	◎
	避難所での自転車の共同利用	1				○	◎	◎
	各家庭での自転車必要台数の確保	1					◎	
施設	発災時の情報表示施設の整備	2	◎	○				
	公共交通機関施設の耐震性・機能性確保	1	◎					
	地下鉄駅に自転車置場の設置	1	◎					
	公共交通機関の緊急時ターミナルの確保	1	◎	○				
システム・情報	発災時の(避難用)交通情報システムの整備	4	◎	○				
	震災時の公共交通機関の増便	4	◎	○				
	安否情報通信システムの整備	2	◎	○				
	震災時交通状況空中映像受信システムの整備	1	◎	○				○
	交通機関連携の緊急時搬送システムの確立	1	◎	○				
法的規制等	緊急時交通規制の法整備	2	◎					

注) 公的企業とは、交通、通信、電力、ガスなどのインフラ関係と報道、生活必需品を扱う企業、医療関係、救災・防災関係の企業とする。

## 4.2 震災時の公共交通機関の活用

### (1) 震災時の地下鉄の活用方法（質問Ⅱ-A）

#### 1) アンケート結果

アンケートの結果を図 4.4.3 に示し、概要を以下に示す。

- ① 緊急輸送（物資、医療、救急要員）の回答が多い。
- ② 24時間運行については回答者数の4割程度を占める。
- ③ 駅について緊急時の多目的利用、交通管制室など管理施設としての利用の回答が多い。

#### 2) 震災時の地下鉄活用のための対策

対策を「運行ダイヤ」、「輸送品目」、「駅施設」に

層別して、表 4.4.3 に示す。

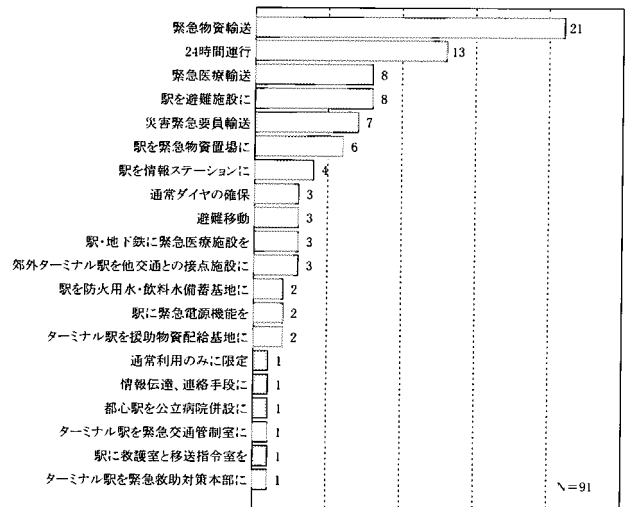


図 4.4.3 震災時の地下鉄の活用方法

表 4.4.3 震災時の地下鉄活用のための対策

層別	活用方法	回答数	そのための対策 (日常・施設・発災後措置等)		回答数
			番号		
A 運行時間・ダイヤ	24時間運行	13	A 1-1	災害時ダイヤの編成	12
			A 1-2	災害時運行組織体制確保	5
			A 1-3	震災時点検システムと日常訓練	3
			A 1-4	地下鉄施設の耐震性の向上	3
			A 1-5	発災時運行ダイヤ等交通情報の伝達訓練	3
			A 1-6	無料運行	1
			A 1-7	一般客利用時間制限	1
	通常ダイヤの確保	3			
	通常利用のみに限定	1			
B 輸送品目	緊急物資（復旧資材）輸送	21	B 1-1	緊急用品輸送用車両の編成	8
			B 1-2	荷捌き施設の整備	6
			B 1-3	備蓄基地との連絡体制の確保	1
			B 1-4	運行規定改正	1
			B 1-5	輸送人員確保	1
			B 1-6	緊急用品輸送ダイヤの編成	1
	緊急医療輸送	8	B 2-1	医療輸送用車両の編成	4
			B 2-2	医療輸送に適した駅構造の整備	2
			B 2-3	運行規定改正	1
	災害救急要員輸送	7	B 3-1	災害救急要員指定カード	1
		B 3-2	救急要員輸送車両の編成	1	
	避難移動	3			
	情報、連絡手段	1			
C 駅やターミナル・地下街等の施設	(中核) 駅を避難施設（シェルター）	8	C 1-1	避難者収容スペースの確保	3
			C 1-2	延焼防止策	1
	(ターミナル) 駅を緊急物資（仮）置場に 〃 復旧資材（仮）置場に	6	C 2-1	緊急物資（復旧資材）ストックヤード確保	5
			C 2-2	物資・資材の搬出入口の確保	2
	駅を情報ステーションに	4			
	駅・地下街に緊急医療施設を	3	C 4-1	緊急医療処置室の確保	2
			C 4-2	緊急電源の確保	1
	郊外ターミナル駅を他交通との接点施設に	3	C 5-1	斜路の設置（搬出入口）	3
			C 5-2	鉄道や高速道路ターミナルとの連結	1
			C 5-3	JR、トラックとの連絡路線	1
			C 5-4	非常用照明	1
	駅を防火用水・緊急飲料水備蓄基地に	2	C 6-1	大規模地下水槽	1
駅に緊急電源機能を	2	C 7-1	自家発電、災害時特需契約	2	
ターミナル駅を援助物資配給基地に	2	C 8-1	小型カーゴ車利用施設	1	
都心駅を公立病院併設に	1				
ターミナル駅を緊急交通管制室に	1	C 10-1	災害用通信衛星回線の設置	1	
駅に救護室と移送指令室を	1	C 11-1	救急移送システム（病院との連絡体制も）	1	
ターミナル駅を緊急救助施設本部に	1	C 12-1	駅周辺地域に公共広場の増設	1	

- ① 災害時ダイヤの編成、緊急用品輸送用車両の編成、駅の緊急物資ストックヤード確保についての回答がもっとも多い。
- ② 地上からのアプローチ施設、荷さばき施設など駅構造の改善対策の回答も多い。

(2) 地下鉄以外の公共交通機関の活用方法 (質問 II-B)

1) アンケート結果

アンケートの結果を図 4.4.4、4.4.5 に示す。またその内容を以下に要約する。

- ① 各交通機関の活用例の回答数をそれぞれの交通機関への期待度と見てまとめると、飛行機・ヘリコプターなどが最も多い (図 4.4.4)。
- ② 個別の活用方法では、ヘリコプターなどによる緊急物資、救急医療の輸送などがもっとも多い (図 4.4.5)。
- ③ 阪神淡路大震災では実現しなかったヘリコプ

ターによる消火活動も挙げられている。

- ④ 鉄道とバスによる避難、緊急物資輸送も同数程度挙げられている。遠隔地からの大量輸送と市内～郊外間の小回り輸送という役割分担と思われる。
- ⑤ 札幌市の地理的な環境からか、船舶の活用に関する回答は少ない。

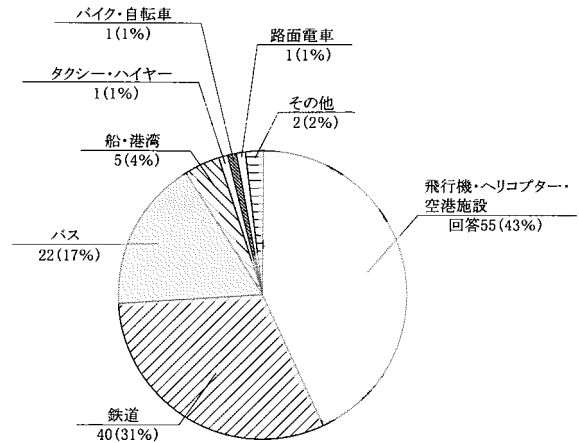


図 4.4.4 地震時の地下鉄以外の公共交通機関への期待度

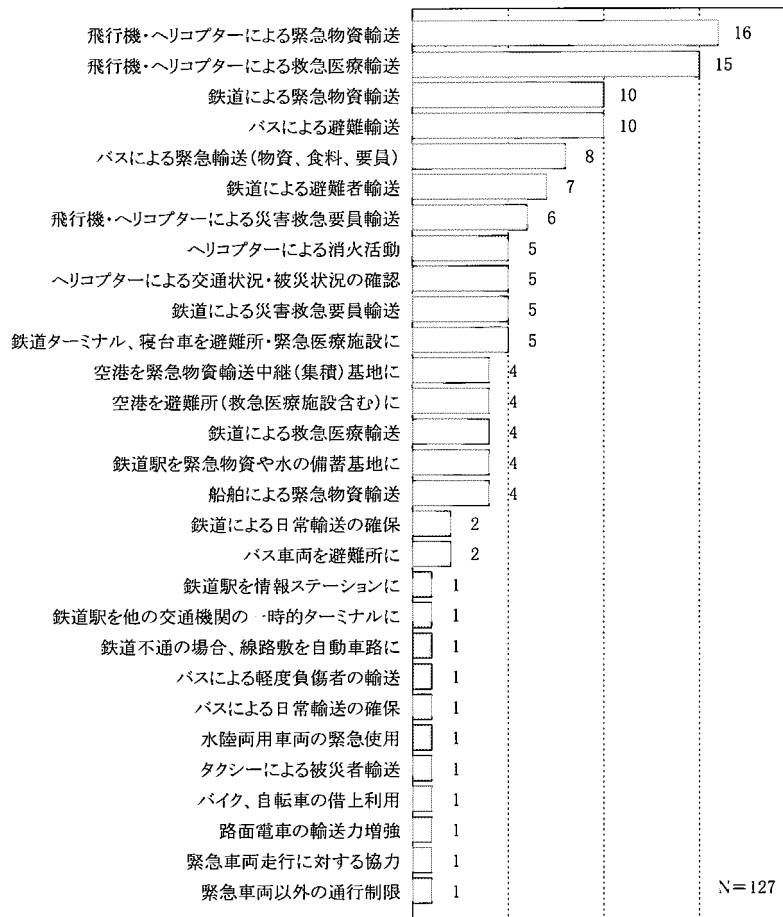


図 4.4.5 地下鉄以外の公共交通機関の活用方法

表 4.4.4 震災時、地下鉄以外の公共交通機関（飛行機・ヘリコプター、鉄道、バス）活用のための対策

層別	活用方法	回答数	そのための対策 (日常・施設・発災後措置等)		回答数		
			番号				
飛行機・ヘリコプター	飛行機・ヘリコプターによる救急用品輸送	16	AH1-1	開放水面での離発着許可	1		
			AH1-2	電柱等障害物排除	1		
			AH1-3	自衛隊との緊急連絡体制強化	1		
			AH1-4	緊急時の機材確保	1		
			AH1-5	新千歳～丘珠間の輸送幹線	1		
	飛行機・ヘリコプターによる救急医療輸送	15	AH2-1	緊急輸送ルートとの連絡体制確保	2		
			AH2-2	医療機関との連携システム	1		
			AH2-3	関連市町村との連携	1		
			AH2-4	防災用ヘリコプターの配備	1		
	飛行機・ヘリコプターによる救援要員(隊)輸送	6	AH3-1	ヘリポート施設確保	6		
			AH3-2	緊急管制司令部設置	2		
	ヘリコプターによる消火活動	5	H4-1	ヘリコプターを利用した消火訓練	2		
	ヘリコプターによる交通状況、被災状況確認	5					
	空港	空港を緊急物資輸送中継(集積)基地に	4	AP1-1	丘珠空港緊急時利用協定の締結	2	
				AP1-2	情報連絡体制強化	1	
AP1-3				緊急活動用スペース確保	1		
AP1-4				緊急輸送ルート市町村との連絡体制確保	2		
AP1-5				空港施設の耐震性確保	1		
空港を避難所(緊急医療施設含む)に		4	AP2-1	緊急活動用スペース確保	1		
			AP2-2	情報システム強化	1		
			AP2-3	空港施設の耐震性確保	1		
			AP2-4	緊急時施設利用体制の確立	1		
			AP2-5	簡易ベッド等の緊急用品配備	1		
			AP2-6	医療施設との連携システムの確立	1		
鉄道		緊急物資輸送	10	J1-1	鉄道施設の耐震性補強	2	
				J1-2	バス等他交通との連携システム	1	
	J1-3			震災時点検システムと日常訓練	1		
	J1-4			緊急用品搬出入設備	1		
	J1-5			非常用電源の確保	1		
	J1-6			駅前広場の確保	1		
	J1-7			緊急物資輸送車両の編成	1		
	J1-8			災害時ダイヤの編成	1		
	J1-9			運行規定改正	1		
	避難者輸送	7	J2-1	災害時交通情報システムの確立	2		
			J2-2	バスとの連携で避難輸送	1		
	災害救急要員輸送	5	J3-1	自衛隊等緊急要員大量輸送システムの確立	1		
	ターミナル(操車場)、寝台車を避難所、緊急医療施設に	5	J4-1	遊休地の無償貸与	1		
				休止列車を避難施設に利用	1		
			緊急医療輸送	4	J6-1	備蓄施設としての機能拡充	1
						日常輸送の確保	2
			駅を情報ステーションに	1	J7-1	災害時運行システム	2
駅を他の交通機関の一時的ターミナルに			1				
交通不能の場合、線路敷を自動車道路に			1				
バス			避難輸送	10	B1-1	災害時交通情報システム	6
	B1-2	市街地から郊外への避難輸送システム			5		
	B1-3	災害時の民間バスの協力体制確保			1		
	B1-4	災害時運行ダイヤ			1		
	B1-5	高齢者・身障者用バス			1		
	緊急輸送(要員、資機材、食料)	8	B2-1	緊急時バス路線網確保	2		
			B2-2	緊急時バス路線他車線化	1		
			B2-3	郊外と地下鉄間の限定運行	1		
	バス車両を避難所に	2	B3-1	緊急用品整備	1		
	軽度負傷者輸送	1	B4-1	医療機関との連携システム	1		
日常輸送確保	1	B5-1	災害時運行ダイヤ	1			



2) 震災時地下鉄以外の公共交通機関利用のための対策

「飛行機・ヘリコプター・空港」、「鉄道」、「バス」の活用に関する対策に対しては表4.4.4に示すとおりの回答が多岐にわたっており複数回答が少ないため、それぞれについて数件ずつ回答を紹介する。

- 共通：① 震災時交通情報システムの整備  
 ② 施設の耐震性強化  
 ③ 緊急活動用スペースおよび施設の整備  
 ④ 医療機関との連携システムの整備  
 ⑤ 災害時運行システムの整備  
 ⑥ 他交通との連携確保

飛行機・ヘリコプター・空港：

- ① ヘリポート施設の確保と飛行障害物の排除  
 ② ヘリコプターによる消火訓練  
 ③ 丘珠空港緊急時利用協定の締結  
 ④ 緊急輸送ルート市町村との連絡体制の整備

- 鉄道：① 遊休地、休止車両の避難所としての活用  
 ② 緊急物資・救急要員大量輸送システムの整備

- バス：① 市街地から郊外への避難輸送システムの整備  
 ② 緊急時バス路線網の整備

4.3 冬期間の地震を想定した場合の交通確保

(1) 冬期震災時の交通確保における問題点(質問Ⅲ)

1) アンケート結果

アンケートの結果を図4.4.6に示す。またその内容を要約すると以下のとおりである。

- ① 雪害による道路交通障害を挙げた回答がもっとも多く6割近くを占める。雪害としては、降雪、吹雪、路側の堆積、路面凍結などが考えられる。  
 ② 路上駐車による弊害は夏季も同様に車線の減少を生じるが、冬季はさらに除雪作業にも支障がある点で影響度は増大するといえる。  
 ③ 路面凍結によるものの回答数は少ないがこれによる交通処理能力の低下には著しいものがあり、特に注目しなければならない要因の一つと考えられる。  
 ④ さらに、除雪基地そのものの被災をあげる回答も見逃せないものといえる。

(2) 冬期震災時の交通確保において考えられる対策

アンケート結果は表4.4.5のとおり多岐にわたるためそれらを冬期間のみに絞って整理すると以下のとおりである。

① 除・排雪体制の整備

a) 災害時除排雪体制の確立

マルチゾーン除雪体制、市民の協力体制整備、重要道路優先除雪体制

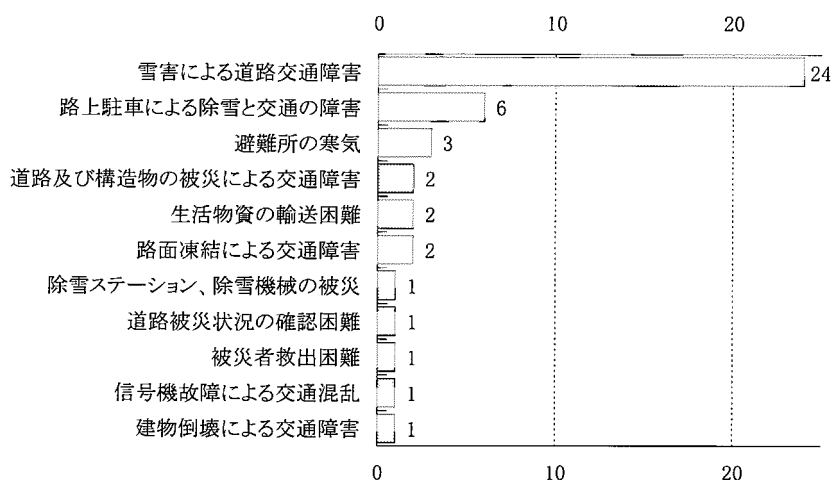


図4.4.6 冬季震災時の交通確保における問題点

- b) 堆雪場所の確保
  - 幹線ルート付近でのスペース確保
- ② 路上駐車排除
  - a) 広報の徹底
  - b) 違法駐車取締強化
  - c) 強制排除と免責方策の確立
- ③ 融雪剤散布方法の充実
- ④ 冬期道路構造の見直し
  - a) 堆雪スペース確保
  - b) 多車線化
  - c) 歩道網の整備
- ⑤ 融雪システムの強化
  - a) 主要道路のロードヒーティング整備

- b) 主要道路の融雪溝整備
- ⑥ 多様な交通手段の活用
  - a) 雪上車、スノーモービル等の活用
  - b) 大型車による大量輸送の徹底
  - c) 交通規制

#### 4.4 まとめ

##### (1) 震災時の交通モラル

###### 1) 震災時の市民の交通モラル

阪神淡路大震災の時、毎日新聞が神戸市長田区で  
 自家用車を所有する被災者50名に聞き取り調査を行  
 った結果、半数の人が地震直後から車を利用し、

表4.4.5 冬期間の地震を想定した場合の交通確保に関する対策

番号	考えられる問題点	回答	その為の対策	回答
1	雪害による道路交通障害	24	1-1 災害時除排雪体制の確立	10
			1-2 一般車両使用禁止	8
			1-3 一般市民の除雪協力	6
			1-4 幹線ルート常時除雪体制	6
			1-5 除排雪から融雪へのシステム強化	5
			1-6 ヘリコプターによる状況監視と情報伝達システム	4
			1-7 地下鉄等公共交通機関の利用	3
			1-8 雪上車、スノーモービル等の活用	3
			1-9 緊急道路優先除雪体制	3
			1-10 排雪場所の確保	3
			1-11 迅速な交通規制	3
			1-12 民間除雪機械緊急時借上制度(事前登録)	2
			1-13 滑り止め器具携行の広報	1
			1-14 公共交通機関と連絡する歩道網の確保	1
			1-15 降雪予測システムと除雪体制の連携	1
			1-16 救急車両の交通規制方法の広報	1
			1-17 除雪幅確保の為の道路構造見直し	1
			1-18 緊急道路の市民広報の徹底	1
			1-19 避難経路除排雪の徹底	1
			1-20 緊急道路全線融雪溝の設置	1
			1-21 優先除雪幹線の広報の徹底	1
			1-22 主要道の多車線化	1
			1-23 緊急時通行区分の広報の徹底	1
			1-24 緊急車両優先走行の徹底	1
			1-25 幹線ルート沿いの広場配置	1
			1-26 地震に強い通信インフラの整備	1
			1-27 圧雪歩道網の整備	1
2	路上駐車による除雪と交通の障害	6	2-1 路上駐車禁止の広報の徹底	4
			2-2 路上駐車強制排除と免責方策の確立	3
			2-3 違法路上駐車取締強化	3
			2-4 冬期間路上駐車移動方策の徹底	2
			2-5 モータープール、駐車場の確保	2
			2-6 ヘリコプターによる状況監視と情報伝達システム	1
3	避難所の寒気	3	3-1 避難所の暖房確保策	2
			3-2 速やかな屋内避難所の確保	1
			3-3 避難所誘導手段の整備	1
			3-4 冬季歩行到達範囲の避難所確保	1
4	道路及び構造物の被災による交通障害	2	4-1 緊急輸送路確保への市民の協力	1
5	生活物資の輸送困難	2	5-1 生活用品備蓄基地への広報	1
			5-2 生活物資輸送車両確保	1
			5-3 生活物資供給状況の広報	1
6	路面凍結による交通障害	2	6-1 融雪剤の散布	2
			6-2 緊急車両スパイクタイヤ装着	1
			6-3 主要道路のロードヒーティング	1
7	除雪ステーション、除雪機械の被災	1	7-1 除排雪の頻度の増加	1
			7-2 建設業者の緊急時除雪体制強化ガイドライン	1
8	道路被災状況の確認困難	1		
9	被災者救出困難	1	9-1 雪上車、スノーモービル等の活用	1
10	信号機故障による交通混乱	1	10-1 非常用信号機の設置	1
11	建物倒壊による交通障害	1	11-1 災害集中地域への除雪車重点配備	1

その目的は「避難」、「会社の様子見」、「安否確認」が大半を占めていた。

市民のモラルとして、普段から地域の防災に関心を持ち発災時救災活動や物資輸送の妨げになるような行動を避けることがもっとも望まれる。

- ① マイカーの使用を自粛する。
- ② 違法な駐停車や道路占有をしない。
- ③ 安全が確保出来たら無駄な外出を控える。
- ④ 防災訓練や地域防災組織への参加、発災時の緊急輸送路確保などに協力する。

## 2) そのための対策

震災時に個人的な理由に基づく車両使用や外出を制限するためには、数日間身の安全が保たれることと、安心情報の得られる状況を整えておくことが必要である。以下にその対策を示す。

- ① 震災時の安否情報確認システムの整備
- ② 震災時の避難所の確保とその施設の整備
- ③ 各家庭における救急用品と数日間の食料の備蓄、並びに自治体における備蓄策
- ④ 震災時の企業活動や個人の行動についての日常的な教育と広報の徹底
- ⑤ 定期的な防災訓練の実施
- ⑥ 被災情報・交通情報収集伝達システムの整備

## (2) 震災時の公共交通機関の活用

陸海空の各交通機関の特性（輸送量、輸送速度、輸送距離、機能性など）を考慮した役割分担による基本的なネットワークを整備し、被害の状況に応じた臨機応変な緊急輸送態勢を取ることが望ましい。このため、以下の対策が必要となる。

- ① 地下鉄は特別ダイヤによる市内域の緊急輸送と、駅施設の避難・備蓄・情報を含めた緊急の防災センターとしての利用、そしてそのための屋外からのアプローチや緊急施設スペースの確保
- ② バスは市内から郊外を結ぶ避難を主とする緊急輸送と、そのための路線網の確保
- ③ 鉄道は遠隔地からの大量緊急輸送

- ④ ヘリコプターは市内防災拠点への緊急スポット輸送と消火活動
- ⑤ 各交通機関の結節点強化と緊急時連携輸送体制の整備
- ⑥ 各交通機関における施設の耐震性強化
- ⑦ 震災時の公共交通機関利用方法の広報

## (3) 冬期震災時の交通確保

### 1) 冬期交通確保における問題点

北海道において震災時の交通確保を考える上では、積雪寒冷という大きな影響要素を考慮した別途のシミュレーションを作成する必要がある。

- ① 降雪、吹雪、路側の堆雪、凍結路面などの雪害による交通障害。
- ② 路上駐車による車線の減少と除雪作業への支障
- ③ 路面凍結（ツルツル路面）による速度低下
- ④ 除雪ステーションおよび除雪機械の被災

### 2) そのための方策

冬期道路において安定した交通を確保するために求められるものは、車線数の確保と路面状態の整備といえ、以下の方策が必要となる。

- ① 除・排雪体制の整備
- ② 路上駐車排除
- ③ 融雪剤散布方法の充実
- ④ 冬期道路構造の見直し
- ⑤ 融雪システムの強化
- ⑥ 多様な交通手段の活用

さらに、積雪寒冷をシミュレーションとして考慮する上では以下のように雪況現象を区分してとらえる必要がある。

- ① 豪雪時：激しい吹雪と吹溜り
- ② 吹雪時：視程障害（交通障害と作業遅延）
- ③ 堆雪時：路側の堆雪（車線減少）

冬期間の道路交通確保を考える場合には震災時の冬期状況が上記のどのケースにあてはまるかによって、対策手段のプライオリティーを決定することが重要といえる。

## 5. 総合交通ネットワークへの提言

### 5.1 総合交通ネットワークを考えるにあたって

#### (1) 総合交通ネットワークを考える上での 基本認識

阪神淡路大震災は、経済社会機能が高度に集積する都市を直撃した初めての直下型地震であり、死者6,300余名、負傷者43,000余名にのぼる甚大な被害をもたらした。

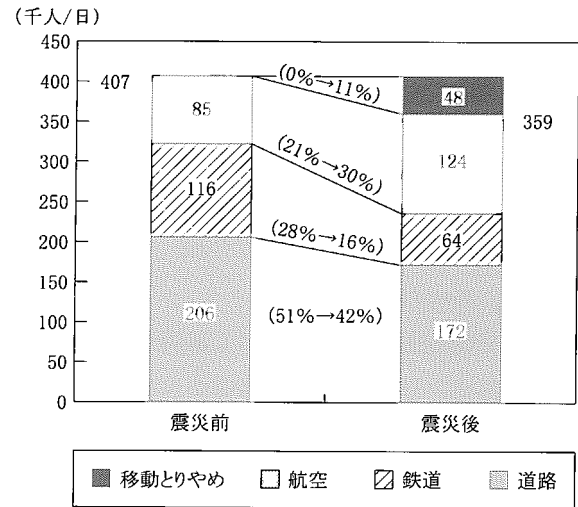
幹線交通基盤も阪神高速道、山陽新幹線、神戸港などが著しい被害を被り、被災地では救急医療や物資運搬など緊急交通の確保にまで支障が生じた。

また、被災地以外の地域においても、被災地を目的地としない東西間の広域的な交通や国内各地と世界を結ぶ交通までもが大きな影響を受けた。

- ① 兵庫県断面を東西に移動する幹線旅客交通では1日あたり5万人もの人が移動をとりやめたと推計される。
- ② 神戸港の国際コンテナ貨物の7割が横浜港、東京港へ迂回し、更に残りの一部は釜山港にまで迂回する事態となった。
- ③ 我が国の主要企業のうち4割近い企業が物流・輸送ルートの変更を余儀なくされた。

こうした広域的な交通の混乱により、全国的なネットワークのもとに成り立つ製造業や流通業への影響は大きく、被害額は月間数百億円に及んだという推計もなされている。さらには国際社会における我が国の信用を損なうなど、国内外の経済社会に与えた影響は計り知れないものとなった。

阪神淡路大震災は、我が国に甚大な影響をもたらしたが、国土を支える幹線的な交通基盤が著しい被災を受けた地区は10km×30kmと全国の国土面積からみるとごく限られた範囲であった。その局所的な交通の途絶が、国として国際的な信用までも損ないかねない非常に大きな影響をもたらした。阪神・淡路大震災は、こうした「国土リスク」の存在とそれが集中する「リスクポイント」といえる地点が我



注1：震災後の交通量は、震災前の幹線旅客交通量に断面交通量の震災前後比率を各モード毎に乗じて推計した。  
注2：兵庫県内及び「大都市圏内（兵庫県一大阪府、京都府、奈良県）の移動を除く。

図 4.5.1 兵庫県断面における幹線旅客交通量の震災前後の変化 (国土庁調べ)

が国の国土構造に存在するというのを改めて認識させる契機となった。

これを北海道にあてはめると、札幌圏が北海道のリスクポイントであるといえる。

札幌都市圏には道内主要都市を連絡する高速道路網、鉄道網が集中し、加え新千歳空港、小樽港、石狩湾新港等北海道を代表する空港、港湾を擁し交通の要衝地となっている。また、北海道の都市サービス機能（行政、消費、医療・福祉、教育・文化）の約3割が集積しているほか、主要な先端企業や流通施設等数多くの施設が札幌圏及びその周辺部に集積している。

さらに、札幌市は年間累計降雪量が約5mにも及ぶ積雪寒冷地であり、世界的にみても人口が170万人を抱え、年間累計降雪量が約5mに達する都市は、他に類の無い特殊な地域といえる。

このような状況の中で、仮に札幌で直下型の地震が発生した場合、札幌市に主要な施設や諸機能を集中させている北海道経済は壊滅的な影響を被ること

が懸念され、過去 100 年来の国土政策の中で投資されてきた多額の公共財が無になりかねない事を認識する必要がある。

## (2) 総合交通ネットワークの重要性

阪神淡路大震災の示唆および「札幌圏が北海道のリスクポイントである」という認識を踏まえて、今後の交通政策においては、交通システムのリダンダンシーの向上を目指すべきである。そのためには、代替性の高い多重・多様な交通ネットワークの整備や余裕の確保が重要となる。

すなわち、代替性の高い交通システムとするためには、一度の災害で全てのルート、施設が同時に機能を停止する事態を防ぐ観点から、拠点間を複数のルートで連結する多重なネットワークを整備することに加え、道路、鉄道といったリンク系交通機関と海運、航空といったノード系交通機関を組み合わせるなど異なる耐災特性を持つ多様な交通基盤を組み合わせ、それらの相互の結節性を確保する必要がある。

具体的には、道外からの緊急物資輸送の拠点となる空港・港湾・JR 駅や札幌市内の人流・物流の緊急輸送を担う地下鉄等の公共輸送施設と内環状道路や国道等を始めとする幹線道路とが有機的に結ばれて初めて代替性の高い交通ネットワークの確保がされる。

さらに、最近の研究で札幌の地下にも地震帯の存在が明らかにされているが、やむを得ずそのような

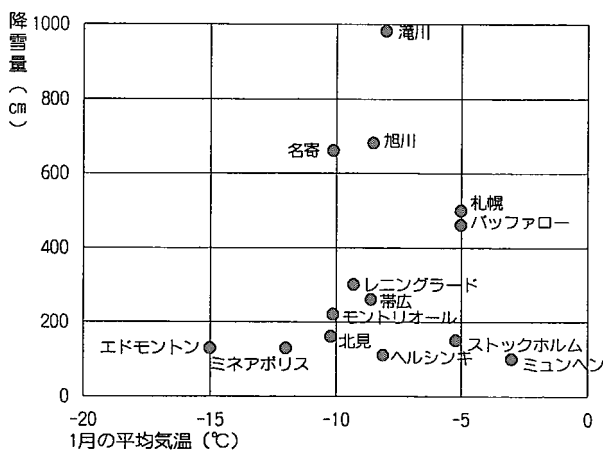


図 4.5.2 世界の都市の 1 月の平均気温と降雪量 (札幌市調べ)

地点に交通基盤を整備する場合には、致命的な破壊を招くことのないように他の地域より強度を割増しする必要がある。また、交通容量については、災害時の迂回等による一時的な需要の増加に対応できるような余裕を持たせるべきである。

特に、緊急輸送道路として重要な役割を担う内環状道路は、一部区間に存在するブロック積擁壁や、道路幅員の狭小区間 (2 車線) の存在、電柱・送電線、放置自転車の解消等、早急な対策が必要になる。

また、多重で多様な交通ネットワークは、平常時には都市圏全域のモビリティの向上や利用者の選択性の向上につながり、今後ますます多様化する利用者のニーズに答えた高度な交通サービスの提供が可能となる。

さらに、余裕の確保がもたらすゆとりある交通環境が北海道の大自然を背景とした地域性豊かな都市形成につながることも十分に認識する必要がある。

## 5.2 交通ネットワーク施設の機能・位置付けと防災時の留意点

### (1) 災害時における輸送体系の機能・位置付け

災害時の緊急輸送物資の搬送は、道外からの搬入と札幌市内の避難所に水、食料、生活用品等の生活物資の搬送に大別される。

札幌市内の搬送では、道路と比較的地震に強いとされる地下鉄が主要なルートになると考えられる。

このうち、道路は「札幌市地域防災計画緊急対策'95」において、消防・救急などの緊急車両の通行を確保し、交通障害物の除去や除雪を優先する第一次及び二次緊急輸送路の選定がされている。この緊急輸送路の中でも、沿線に主要な病院、行政機関や警察、消防等の中枢機関、情報の伝達基地でもある新聞社や放送局等が位置している内環状道路は特に重要な路線である。

また、道外からの搬入では、四方を海に囲まれているという北海道の場合、空路、海路及び青函トンネルを利用する JR が中心となる。

空路の場合は、新千歳空港や丘珠空港の利用が最も可能性が高く、それらを補完する空港として旭川

空港、函館空港、帯広空港の可能性も考えられる。また、海路の場合は、苫小牧港や石狩湾新港の利用が最も可能性が高く、小樽港の利用も考えられる。

一方、JR については線路の被災状況により、最寄りの駅まで軌道上を搬送した後、トラック輸送となるが、図 4.5.3 のとおり鉄道とトラックを結節するコンテナ基地では、札幌貨物ターミナル駅を中心に、周辺の苫小牧、滝川のコンテナ基地を利用することになる。

以上のように、道外からの災害援助物資を札幌に運ぶ場合、いずれの輸送機関を利用しても石狩、小樽、苫小牧あるいは千歳との道路ネットワークが重要であり、特に、

- 高速道路ネットワークを構築する北海道縦貫自動車道、北海道横断自動車道
- 小樽方面を連絡する一般国道 5 号
- 石狩方面を連絡する一般国道 231 号
- 苫小牧や千歳方面を連絡する一般国道 36 号

について、災害時の交通確保を最大限に重視する必要があり。

## (2) 災害時における各交通機関の役割及び留意点

### 1) 道路ネットワーク

道路は物資の輸送や人の移動に欠かすことのできない最も基本的な社会資本であり、道路交通の機動性、戸口性、経済性などの諸特性を増進し、経済社会の発展を促し、もって国民生活の向上に大きく寄与してきたところである。

また、道路の公共空間としての機能も重要であり、その体系的ネットワークが各種の公共公益的施設の収容スペースとして活用されるほか、市街地においては良好な居住環境の形成、防災空間の確保のため、重要な役割を果たしている。

一方、災害時における道路は、都市内の消防活動、救急搬送、生活物資の輸送等や空港・港湾からの緊急輸送物資の搬送等最も重要な交通施設として位置づけられる。また、道路は阪神・淡路大地震で比較的被害が少なかったキャブや電線共同溝等ライフラインの収容空間としての重要性も認識する必要がある。

### 2) 軌道系ネットワーク

軌道系ネットワークの特徴は、安全、大量、高速、定時制であり、特に安全性や定時制で優れている。また、その位置付けとしては、新幹線に代表される中距離都市間旅客輸送、大都市及び地方主要都市で

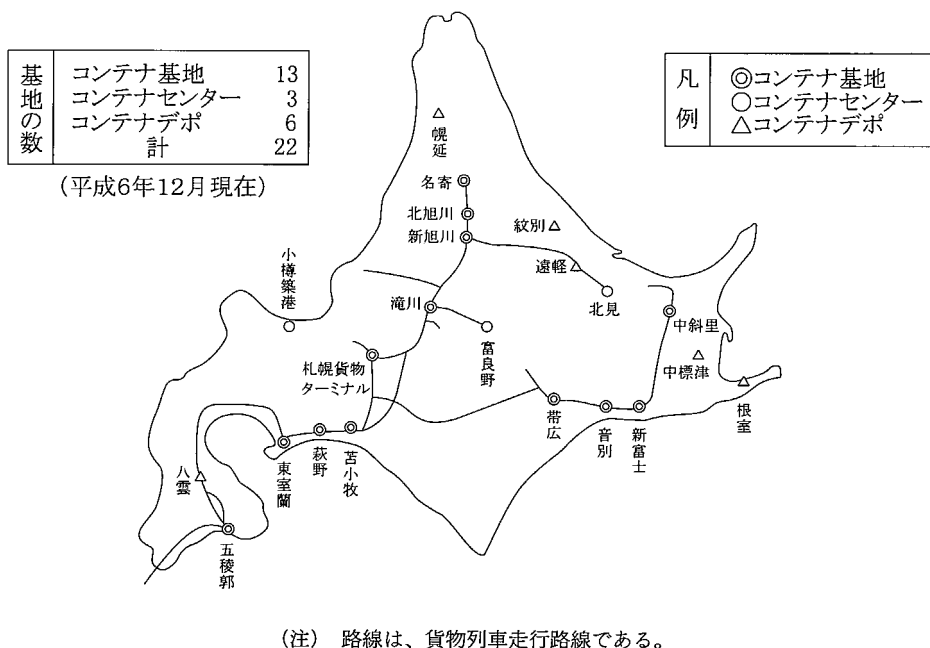


図 4.5.3 北海道のコンテナ基地（「北海道物流便覧」より）

の都市内旅客輸送やコンテナを主体とした直行・定型の貨物輸送の3点に分けられる。

このうち、鉄道は、上記した軌道系ネットワークの位置付けを全て満たすのみだけでなく、災害時には、道外からの青函トンネルを経由しての緊急輸送物資の輸送手段や空港・港湾施設を連絡する交通施設となる。また、積雪時には、道路に比べて比較的交通確保が容易であるという特徴を持つ。

一方、地下鉄は、札幌都市内での生活物資の輸送手段や救急搬送等道路を補完する役割を担う。特に、積雪時においてその役割は大きい。

また、JRと一体的に機能させることも可能であり、大都市圏では、JRや各私鉄との相互乗り入れもされている。災害時にJRが直接地下鉄に乗り入れられた場合、空港・港湾等の物流拠点から運ばれた緊急物資等が積み替えをせずに札幌都心内に搬入されるメリットは計り知れない。しかし、地下鉄はゴムタイヤであることから、相互乗り入れには、今後構造的な問題も含めて、十分検討する必要がある。

### 3) 空港・港湾

物、人の輸送手段としては、自動車、鉄道などの陸上交通によるもの、船舶などの海上交通によるもの、航空機などの空を利用する方法がある。このうち、航空輸送及び海上輸送のノードである空港、港湾施設は、航空及び海上交通と陸上交通の結節点としてのターミナル機能を有している。

災害時には、道外からの緊急輸送物資の中継拠点となることから、空港・港湾施設の整備においては、十分耐震性を考慮した構造性が求められる。

(以上、表4.5.1参照)

表4.5.1 防災時における各交通機関の役割

交通施設		人流	物流	備考
道路	札幌市内	○	○	内環状道路
	防災拠点連絡路	△	○	一般国道等
軌道系	JR	△	○	
	地下鉄	○	○	
空	港	○	△	苫小牧港等
港	湾	△	○	新千歳空港等

## 5.3 防災を前提とした札幌都市圏の総合交通ネットワークのあり方

阪神淡路大震災は、「大都市」における直下型地震の貴重な教訓となった。

特に、自動車交通に依存した都市における震災の影響は、多様な側面での交通問題を我々に提起し、橋梁等公共施設の耐震性や交通システムの代替性・多重性等リダンダンシーの確保、あるいは、地区交通計画や交通需要マネジメントの導入など新たな総合交通ネットワークのあり方を求めることになった。

札幌市の場合も、緊急輸送路に指定された主要幹線道路や豊平川橋梁及びJR線立体交差施設などの防災対策、一点集中の交通体系を補完するバイパス・環状的路線など代替路の整備、既成旧市街地における交通隘路地区の解消など、道路防災の課題は少なくない。

ここでは、これまでの検証を踏まえて、札幌市のみを対象とするのではなく、近隣市町村を含めた札幌圏を想定し、また、道路のみではなく、人流・物流に関する交通体系全般を考慮し、復旧活動や救援物資等の輸送において特に重要となるであろう交通施設の結節点までを考慮した総合的な交通対策として以下の3点に集約し提案する。

- ・震災時における内環状通の確実性を図る
- ・人流拠点となる地下鉄主要駅の機能強化を図る
- ・物流拠点である港湾・空港の機能強化を図る

### (1) 震災時における内環状通の確実性

典型的な単一都心構造である札幌市は、都心部求心型の交通需要に対応した「2バイパス2環状13放射道路」を基本に都市圏道路網を整備している。

その交通体系の要となるのが内環状通であり、震災時においては、特に、人流・物流を含めた総合的な緊急輸送路として最も重要な路線であることは前章までに述べてきたとおりである。

このため、環状通的な代替路線の確保や外環状通及びバイパス路の整備促進などは主要な防災対策ではあるが、それ以上に震災時においても内環状通

が全線にわたって確実に供用出来ることこそが重要であり、そのための防災対策を実行することが必要であるとする。以下は主な道路対策であるが、これらは、他の主要な緊急輸送路においても検討すべきであろう。

- ① 道路及び付帯構造物の耐震化
- ② 特に、橋梁や立体施設の耐震性能強化
- ③ 沿線建造物の耐震化
- ④ 電線類の地中化（共同溝）
- ⑤ 地下埋設物の耐震化、代替機能の確保
- ⑥ 道路管理情報システムの整備

また、現在、内環状通の一部区間について未整備となっているが、早期の完成が求められるのは言うまでもない。

そして、外環状通やバイパス路の整備促進及びそれらからの内環状通あるいは都心部へのアクセス強化は重要である。さらに、札幌新道のIC部の機能改善や南回り環状については防災上も重要な目標であろう。

## (2) 人流拠点となる地下鉄主要駅の機能強化

札幌の地下鉄は、昭和46年12月16日に南北線「北24条～真駒内」間、12.1kmの営業を開始した。

その後も、輸送需要の増大と道路交通の渋滞、冬季の交通障害に対応した公共輸送機関として着実に整備を進め、これまでに3路線45.3kmの運転を実施している。

さらに、現在、東西線「琴似～手稲東」間2.8kmの延長工事を進めており、平成10年度中に開業される見込みで、総延長は48.1kmとなる。

地下鉄については、札幌市交通局の経営危機の問題を背景に都市インフラとしての重要性を過小評価されがちであるが、総合交通ネットワークの観点からもその有用性については論を待たない。

特に、地上交通の制約が著しい冬季間における地下鉄の輸送能力は、最も確実性のある交通手段として札幌市の都市活動を担っている。

一般的に、地震による影響は地上構造物よりも地下構造物が少ないと考えられている。阪神・淡路大震災においても一部地下鉄駅舎等の被災はあった

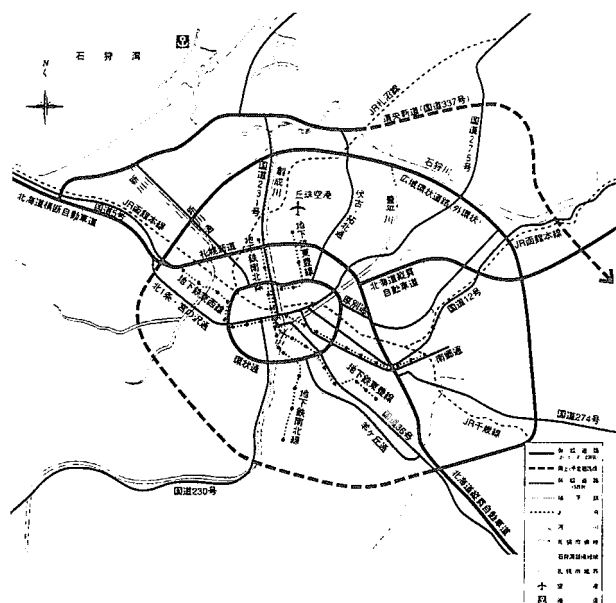


図 4.5.4 札幌市総合交通体系構想図  
(パンフレット「さっぽろ土木」より)

が、地上の道路、軌道とは比較対象にならないほど軽微であったと言える。

すなわち、地下鉄は、震災時においてこそ、都市内の基幹交通として、あるいは、自動車交通の代替施設として利用出来る可能性がある。もちろん、地下鉄の基本施設についての耐震性を十分に確保した上である。

そこで、地下鉄の有効利用を前提とした、防災対策について以下のとおり提案する。

- 1) 主要地下鉄駅の機能強化
  - ・各線終点駅の結節機能及び広場機能の確保
  - ・内環状通駅のターミナル機能の強化
- 2) 地下鉄利用の多機能化
  - ・都市内の物資輸送機関としての活用
  - ・移動手段としての自転車活用（サイクルトレインの導入）
  - ・JR線との相互乗り入れ化

具体的な方策としては、南北線の麻生・真駒内駅、東西線の新さっぽろ・手稲東駅、東豊線の栄町・福住駅の各終点駅について、駅施設及び周辺建造物の耐震化、周辺道路の電線類の地中化、さらに近隣にオープンスペースの確保を図る。また、内環状通に接続する南北線の北18条駅、東西線の白石・円山駅、東豊線の環状通東駅についても同程度の防災対策を



実施する。

このことで、地下鉄各駅が、震災時における実質的な防災拠点として、人流あるいは物流のネットワークを形成することが可能となる。

機能が大幅に低下した道路網は、必要最大限の緊急車両が十分に活動できなければならない。そのためには、その他の人流・物流は逆に最低限でなければならないわけで、地下鉄網はそれらを補完する代替機能を最大限発揮することが要求される。

震災後の車両規制がどれほど重要かは阪神・淡路の例を見るまでもない。地下鉄利用が十分に多機能化できれば、市街地の車両制限、とりわけ、内環状通の都心側の交通規制が担保される。このことが、復旧・復興活動にいかん有効か、特に、震災後の初期対策を緊急に実施する上で、重要であることは言うまでもない。

また、震災後の移動手段として、自転車や自動2

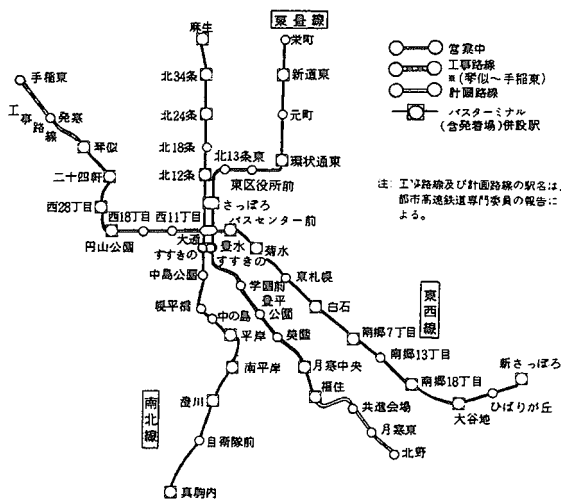


図 4.5.5 地下鉄路線図

輪車が非常に有効であり、これらをロングトリップの交通手段として活用することが求められる。そのためには、地下鉄との連携が必要であり、駐輪施設の確保、あるいは、軽量の自転車であれば地下鉄への乗り入れを検討する必要がある。

### (3) 物流拠点である港湾・空港の機能強化

震災発生後、的確な復旧活動と早期の復興を進めるためには、必要十分な物資を確実に搬送することが重要である。そのためには、物資の輸送路及び中継基地の確保が必要となる。

輸送路については、平時においては道路が最も一般的であるが、震災時においては、最も不確実な経路となることは言うまでもなく、この場合、海路及び空路が重要な選択肢となる。

そこで、次の2点について提案する。

#### 1) 石狩湾新港の機能強化

- ・港湾施設及び周辺施設の整備促進
- ・連絡路の代替性及び多重性の確保



写真 4.5.1 発展を続ける札幌都心部

#### 2) 丘珠空港の機能強化

- ・滑走路整備及び管制機能の充実
- ・ターミナル機能の充実
- ・連絡路の代替性及び多重性の確保

石狩湾新港については、小樽、苫小牧など道内の主要港湾に比較すると現在、港自体の整備水準及び付帯施設や周辺施設の開発が遅れている。しかし、札幌圏における震災時の物流拠点として、あるいは、他の港湾が被害を受けた場合の道内における主要な

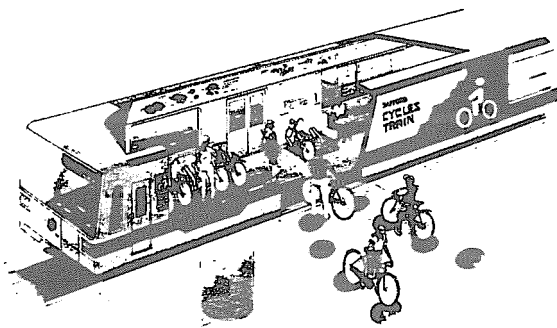


図 4.5.6 サイクルトレインイメージ図

代替施設として位置づけられる。

また、丘珠空港については、震災時の物流拠点としてのみでなく、ヘリコプター等が多用されるであろう復旧の活動拠点として、人流・物流両面での機能が大きく期待される。さらに、千歳空港の代替施設としても重要な施設となる事は言うまでもなく、滑走路整備や管制機能等のいわゆる空港機能のみではなく、関連施設の耐震化や救援物資の保管倉庫や搬送車両のための駐車スペースなどターミナル機能の充実が必要である。

#### (4) まとめ

提案した交通対策は、単なる防災対策ではなく、現在の札幌市が抱えている交通問題や道路整備の課題など都市問題そのものを解決するための施策でも

あり、一朝一夕に進められるものではない。

しかし、平時における都市問題を解決しておかなければ、震災後の緊急時に適切な交通対策を対処出来るはずもない。

もちろん、提案した施策が必要十分であるかどうかは異論もあろう。今後、こうした具体的な対策についての議論が早期に始まることを期待したい。

最後に、震災時における交通対策の基本は、交通管制であり、いかに交通需要をマネジメントするかである。そろそろ札幌市民も交通需要を制御する訓練を始めなければならないことを強く提案したい。

地震は起きるもの、被災は確実にあることを前提に考える必要がある。

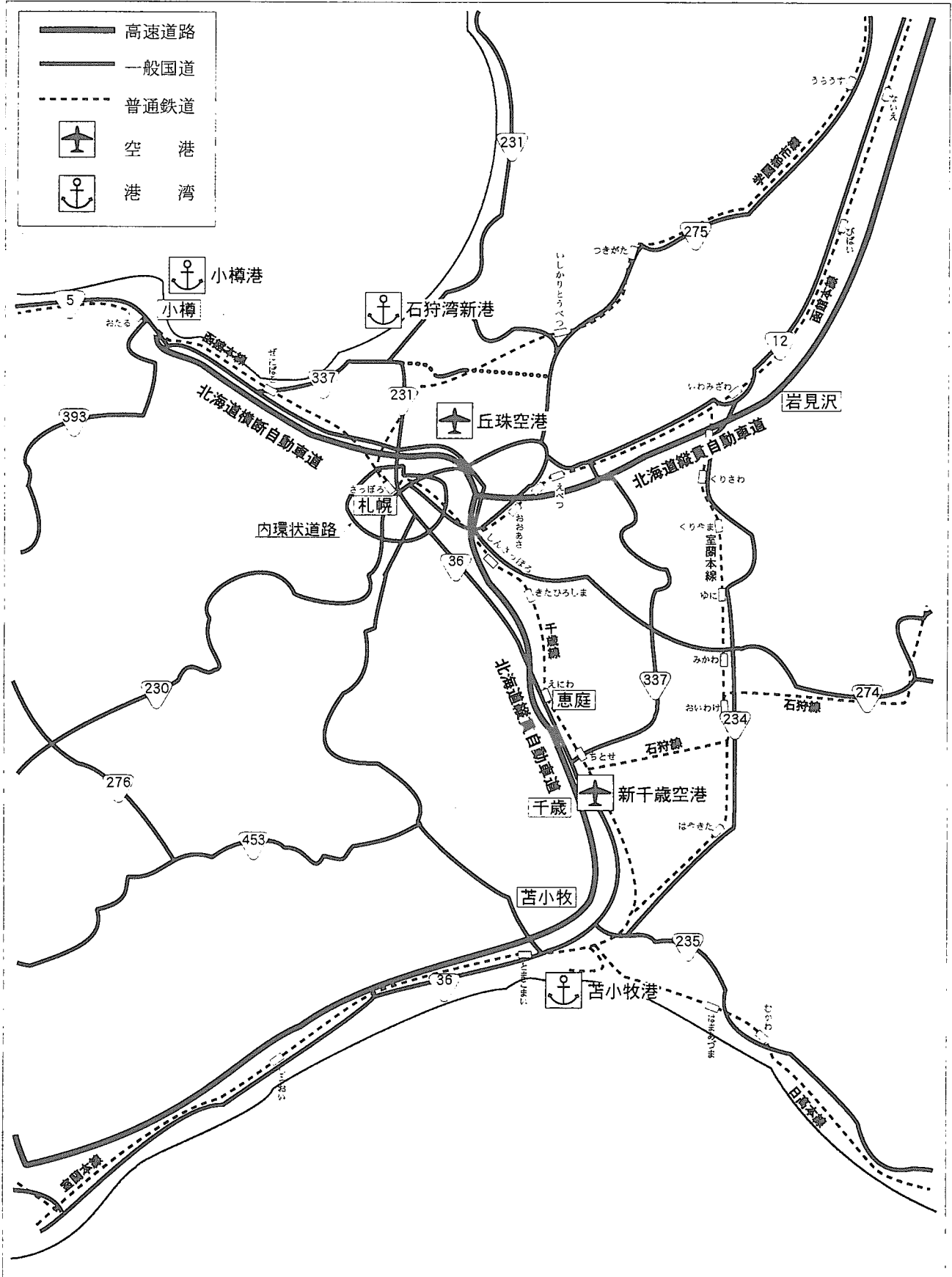


図 4.5.7 札幌周辺の総合交通ネットワーク (現状を示す)

## おわりに

本報告は対象地域を札幌圏と限定したので「札幌圏の役割」「札幌の道路の課題」「市民の防災意識」等について具体的検討を行うことが出来、これらの検討を受けて「総合交通ネットワークのあり方」をまとめることが出来た。これは、日常業務で忙しい中十数回の分科会を開催し、内環状線の自転車による現地調査、市民意識・公共交通機関に関するアンケート調査と分析・取りまとめを行った交通系専門部会会員の技術士としての責務に基づく情熱と努力によるものである。

約2年間の議論の中の幾つかの提案が札幌市の防災システムの中で取り上げられており、さらに本編中の提案が札幌市および近隣市町村の今後の防災計画の参考になれば幸いである。

最後に、アンケートに回答して頂いた多数の防災研究会会員には紙面を借りてお礼申し上げるとともに、アンケートが記入者の能動性に任せすぎた記述式であり回答しづらかったとの指摘に対しましては紙面を借りてお詫び申し上げます。

# 第6章 北海道における巨大地震と河川総合防災のあり方

## 防災研究会水工系部会

はじめに .....	207
1. 地震災害と河川	
1.1 地震災害時の都市と河川のかかわり .....	208
(1) 防災機能 .....	208
(2) 災害復旧機能 .....	208
1.2 河川が都市防災に果たす役割 .....	209
(1) 河川水 .....	209
(2) 河川空間 .....	212
1.3 防災対策 .....	213
(1) 用水確保のための対策 .....	213
(2) 空間確保のための対策 .....	216
1.4 記憶風化防止のために .....	217
2. 積雪寒冷地における防災対策	
2.1 厳冬期・融雪期の河川状況 .....	219
(1) 主要河川の結氷状況 .....	219
(2) 厳冬期の積雪状況 .....	220
(3) 厳冬期の河川利用状況 .....	221
2.2 防災拠点として積雪寒冷地河川が果たす役割と 問題点 .....	222
(1) 用水確保に関して .....	222
(2) 避難空間 .....	222
(3) 輸送空間 .....	222
(4) 防火空間 .....	223
2.3 積雪寒冷地河川における防災対策 .....	223
(1) 用水確保のための対策 .....	223
(2) 空間利用のための対策 .....	224
(3) 二次災害防止対策 .....	225
3. 地震津波と防災対策	
3.1 津波のメカニズム .....	227
(1) 地震と津波 .....	227
(2) 津波の発生頻度 .....	227
(3) 地震と津波の規模 .....	227
(4) 津波の伝播特性 .....	230
(5) 海岸地形と津波高 .....	230
3.2 津波と海岸地形 .....	230
(1) 海岸地形と地質 .....	230
(2) 津波被害のパターン化 .....	235
3.3 津波に強い町づくり .....	236
(1) 津波予報 .....	236
(2) 津波に強い町づくり .....	237
3.4 記憶風化防止のために .....	239
(1) 津波を知る .....	239
(2) 津波は起こるべくして起こる .....	239
(3) 人々の暮らしの中に .....	240
(4) まとめ .....	240



# 第6章 北海道における巨大地震と河川総合防災のあり方

## 地震津波被害に対する河川の果たすべき役割と厳寒地の留意点 水工系部会

### はじめに

北海道の地震津波災害は、渡島、日高を主とした1968年(昭和43年)5月16日の十勝沖地震、その後の奥尻島、桧山、渡島を襲った1983年(昭和58年)5月26日の日本海中部地震と比較的発生間隔があり、被災地とその周辺以外は記憶も対策も薄れてきた頃の1993年(平成5年)1月15日、正月気分も覚めないうちに釧路沖地震が発生し、直後の同年7月12日の北海道南西沖地震、1994年(平成6年)10月4日には北海道東方沖地震と、巨大地震が相次ぎ発生し、多数の貴い人命と莫大な財産が失われた。

これら災害に対する各セクションにおける種々の活動や復旧事業が行われている最中の1995年(平成7年)1月17日、兵庫県南部において大都市直下型の阪神・淡路大震災が発生し、わずか数十秒のうちに広範かつ重篤な破壊をともし、6千人以上の人命喪失と近代文明生活の諸活動を根底から停滞させたことは、未だ鮮明に記憶されているところである。

本研究は、近年の巨大地震災害とその対策を概観

し、高度情報化と情報公開が凄まじく進展している現代社会に相応しい対応を行えるよう、北海道の特性を踏まえた上で、今後の「地震津波と河川総合防災対策」の一層の発展のために活用されることを考慮して、以下の広範な問題点を取り込みながら最先端の成果を取りまとめたものである。

- ① 地形地質・土地利用等と災害形態の変化及び地理的特性を考慮した防災対策の概要
- ② 河川と生活・社会の関わり及び河川施設と防災機能のあり方
- ③ 季節と河川状況及び河川の防災拠点としての役割
- ④ 積雪寒冷地における人間の生存条件と防災対策のあり方
- ⑤ 津波のメカニズムと海域別発生パターン
- ⑥ 津波に強い町づくりのための方策
- ⑦ 防災に対する日頃の備え及び記憶風化防止のあり方

# 1. 地震災害と河川

## 本章におけるポイント

- ・阪神・淡路大震災では河川が都市災害に際して重要な役割を果たしうることがわかった。
- ・河川が都市防災に果たす役割について、河川水と河川空間の視点からとりまとめた。
- ・災害時に河川水を用水として利用・確保するための対策をまとめた。
- ・災害時に河川空間を利用するための対策をまとめた。

## 1.1 地震災害時の都市と河川のかかわり

### 阪神・淡路大震災復興計画から学んだこと

わが国の国土面積のおよそ20%を占める北海道は、人口約570万人を有している。人口の集中する都市部はほとんどが河川近傍に立地し、河川と密接なつながりを持っている。治水事業は古くから行われてきているが、土地が広大なこともあって自然河川が多く存在する。

一般に河川防災あるいは治水という言葉からは、どうしても「洪水」災害が着目される。このため、これまで地震災害に際して、「河川」が語られることは比較的少なかった。ところが、阪神・淡路大震災は、足下の断層が震源断層として動き、一瞬のうちに構造物が破壊されるという、近年わが国でほとんど経験のなかった大都市直下型震災であったために、普段話題になることのなかった「河川」が都市災害に際して重要な役割を果たしうるのではないかということが、しきりに語られるようになった。具体的には地震災害時において、河川は次のような役割が明らかになってきた。

#### (1) 防災機能

##### 1) 河川水の持つ防災機能

防火水槽・池といった貯留型水源に比べて流水型

水源である河川水は、水量の確保といった観点から明らかな優位性を有している。また、堤防や護岸の一部が損壊したとしても、河川水そのものは残るため、この点で耐震性も高いといえる。

##### 2) 河川空間の持つ防災機能

河川は道路とともに、都市空間を連続的に分断する効果を持ち、市街地の火災発生の際には延焼防止の効果を持つ。しかし、都市域の道路の場合、慢性的に車両交通量が多く、渋滞した車両が延焼を促進する可能性も高い。この点、河川による延焼防止効果は高い。すなわち、広い高水敷のある河川では、一時的な避難空間として機能するとともに、河川はその特徴から縦断的連続性を有しており、避難経路として利用することが可能である。

#### (2) 災害復旧機能

##### 1) 河川水の持つ災害復旧機能

河川水は、そのままでは飲用はできないが、簡易浄化器等を利用して、飲料水や医療用水を供給することが可能である。また、給水や水道の仮復旧等によってある程度の水供給が行われるようになっても、その水は飲料用・医療用に優先的に回されるため、洗浄用水やトイレ用水、跡片づけのための防塵散水に十分な水を確保できるまで、かなりの日数を有する。このように、災害発生数日後から給水施設が本格的な復旧をするまでの間、河川水が有効な水源となりうる。

##### 2) 河川空間の持つ災害復旧機能

避難路として機能する河川内の縦断ネットワークは、緊急車両（警察・消防・自衛隊等他都市からの応援車両）の被災都市中心部へのアクセスルートとして利用できる。防災機能の項で整理したのと同様、一般道路が混雑により機能が失っているような状況でも、河川内に整備された各種通路は利用できる場合が多い。特に平面交差がないことから、時間短縮効果も高いといえる。また、高水敷の広い場所では、車両の通行だけでなく、臨時のヘリポートや物資の



中継・集散基地、物資の運搬ルートとしても活用できる。

以上のような認識から、兵庫県は河川の復興に際して「川から水をくめる防災拠点を面的に配置する」という方針を打ち出し、地域のシンボルとしての親水護岸の点的な配置を超えて、防災都市作りのための面的配置を基本構想とした。兵庫県が打ち出した「防災河川整備」のイメージ図では、水辺に下りられる階段や、水をせき止める堰を配した防災拠点を面的に配置することによって、都市全体の防災性を高める構想が明瞭に描かれている。

ひるがえって、北海道における自治体レベルでの河川に関わる防災計画論議をを概観すると、基本的には以下のスタンスで具体計画を立案するスタートライン上にあるものと考えられる。

#### ① 緊急輸送路

市街地の幹線道路の被害が甚大な場合、緊急用河川敷道路を利用する。

#### ② 緊急避難地

被災時における一時的な避難地としての、河川敷の利用。

#### ③ その他の利用

震災後の復旧活動に伴う多種多様な河川区域使用の要請に対応する

今後の具体的な震災時における、河川利用の計画策定に当たっては、具体的な状況を想定しての、河川空間・河川用水の利用について、平常期、厳冬期を区別した形で、検討・立案しておくことが重要と考える。

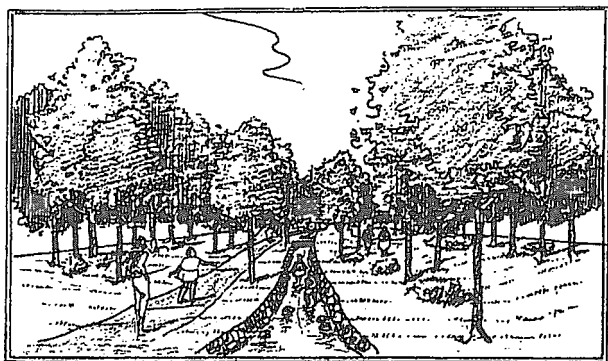


図 6.1.1 「防災ふれあい河川整備」のイメージ図 (兵庫県)

以上、これまでの研究・討論の成果を次章より提言としてまとめる。

## 1.2 河川が都市防災に果たす役割

### (1) 河川水

都市生活における用水は、消火用水、生活用水(飲料水、雑用水)、医療用水に分けられる。生活用水中の雑用水には、トイレ用水、洗濯用水、風呂用水等が含まれる。

災害発生後の用水の必要度を緊急順に並べると

消火用水→医療用水→生活用水

となろう。ただし、生活用水中のトイレ用水は、災害後すぐに必要性が顕在化する。

飲料水以外は、水質的に特に清澄である必要はない。場合によっては中水※～下水(雨水)をもって代用することも可能である。

ここでは、河川水が都市防災に果たす役割について、札幌市を例として検討する。

※中水：水資源の不足等から、一度使用した水を再使用する水道。原水は、トイレ、湯沸場、空調冷却水である。生物処理、砂ろ過、塩素殺菌された水で、衛生的には問題ないが飲料には不適である。

#### 1) 消火用水

札幌市の計画では出火の危険度と延焼の危険度とを合成して作成された火災危険度という指標で、大～小まで5段階にランク付けしている。

また、高密度な市街地の形成が予定される区域においては、建築物等の不燃化(耐火または簡易耐火構造)を促進し、都市の防災性を高めるために、防火地域・準防火地域を指定している。

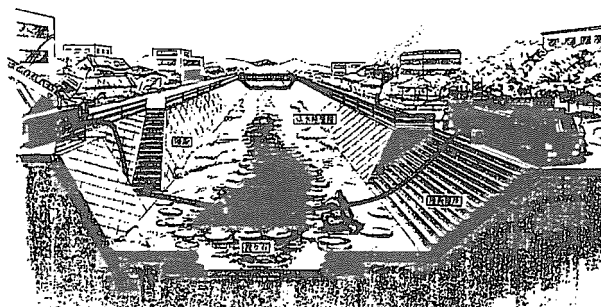


図 6.1.2 河川整備メニューと災害時の利用方法 (兵庫県)

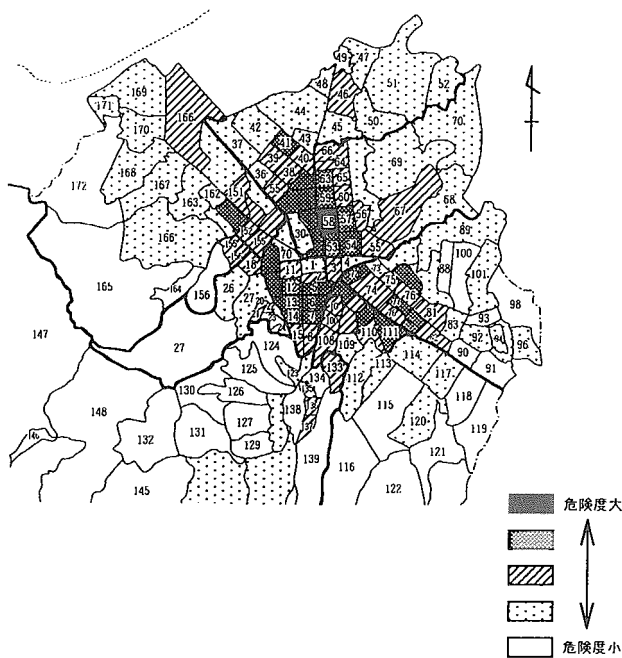


図 6.1.3 札幌市の火災総合危険度

消火用水の水源としては消火栓や防災調整池等があるが、震災時には通常の使用が不可能になることが予想される。神戸市では地震発生後、消火栓は早い時期に使用不能となり、初期段階の消火水利としては、防火水槽の水が利用された。なお、神戸市で使用されている消防車の放水能力は1分間に1m<sup>3</sup>である。防火水槽容量は40m<sup>3</sup>が一般的であるが、これは標準的な木造構造物1件当たりの延焼を防ぐ場合を想定している。40m<sup>3</sup>の貯水槽は消防車1台40分の消火活動で空となる。神戸市ではこれを使い果たした場合には、河川水、プール、海水を利用した消火活動が行われている。消火用水が確保されなければ、消防車輛を増車しても消火能力の増大は望めない。

## 2) 生活用水

大震災の発生により断水した場合、札幌市では、応急給水の方法として、輸送車による給水、応急給水施設(約45万人分を確保済み)からの給水、集団に対する給水、仮設の配管による給水を予定しており、応急給水量は災害発生から3日目まで、1人1日3ℓ(飲料水)を基準としている。集団に対する給水は、札幌市の指定避難場所(広域避難場所:全49箇所、一般避難場所:1301箇所)に避難した人々が対象となる。

水洗トイレの普及により、生活用水の中にトイレ用水が占める割合は非常に大きくなっている。応急給水量は1人1日3ℓを基準としており(飲料水のみ)、一般的な男女兼用水洗トイレ(大使用時:10ℓ小使用時:8ℓ)は使用不能となる。阪神大地震時は、風呂の汲み置きがあった家では、当日のトイレ用水には困らなかったようであるが、災害時のトイレ用水は今後の大きな課題である。

神戸でのヒアリング結果では、断水が4~5日程度では、洗濯用水の需要が顕在化することはないものと考えられている。また風呂は貯水槽としての役割を担っていたため、断水中に自宅の風呂を利用した人はいなかったようである。

## 3) 医療用水

医療機関は大量の水を必要とし、その性質上、節約することが難しい。断水にともない、医療器具の滅菌不能、人工透析の不能、トイレ用水の不足、調理への影響などの支障をきたす。緊急の治療・手術が実行不能となり、人命に関わる可能性がある。トイレ用水にしても病人に健康者と同様の我慢を強いることは困難である。また断水により自家発電装置の冷却水が不足となり、電気系統に支障をきたす場合もある。神戸市の医療施設は、上水道以外の給水施設を持っていなかった。

札幌市では、病院等の重要施設に対しては、緊急度を勘案して適宜給水することとしている。資料によれば、市内で市水道以外の専用水道を設けている施設は15箇所、このうち病院が10箇所となっている。いずれも深井戸※を併置している。

※深井戸:一般には10m以上の深さから取水する井戸をいう。水中ポンプにより汲みあげる。

災害時の用水確保には、水源(原水)と給水(配水)の2つの問題がある。災害が軽微な場合には、上水道を水源とし水道管や車両で給水する方法が可能であるが、甚大な場合には水道管の損壊、交通渋滞・交通マヒが発生し、用水確保が困難になる事態が予測される。阪神・淡路大震災時には、水道の50%復旧は12日後、100%復旧は42日後(4万4千戸は物理的に復旧困難)と報告されている。

災害により配水管に支障をきたすと、断水し、被

表 6.1.1 札幌市の専用水道の設置状況

(平成 8 年 3 月 31 日現在)

区分	水道名	設置場所及び設置者	原水の種別	計画給水人口	現在給水人口	施設能力(日最大) (m <sup>3</sup> /日)
中	札幌競馬場 専用水道	北16西16他 日本中央競馬会 札幌競馬場長	市水道水 受水	人 605	人 70	m <sup>3</sup> 1,800
	岡本病院 専用水道	北7西26 正心会岡本病院	深井戸 1井	426	426	306
	札幌花園病院 専用水道	南15西15 医療法人慶愛会	〃	300	300	130
央	平松病院 専用水道	南22西14 医療法人 慈藻会平松病院	〃	425	425	218
北	北海道大学 医学部付属病院 専用水道	北14西5 北海道大学医学部付属病 院長	深井戸 2井	267	161	1,740
	中江病院 専用水道	北22西7 医療法人中江病院	〃	600	360	240
東	丘珠駐とん地 専用水道	丘珠町161 陸上自衛隊 丘珠駐とん地業務隊長	市水道水 受水	900	852	396
白石	札幌トロイカ病院 専用水道	川下577-8 札幌トロイカ病院長	深井戸 1井	299	309	131
	札幌ロイヤル病院 専用水道	米里2221-44 医療法人社団幸仁会 札幌ロイヤル病院理事長	〃	230	230	93
厚別	札幌報恩学園 専用水道	厚別町上野幌822 社団福祉法人 札幌報恩会	〃	250	250	100
	大谷地病院 専用水道	大谷地東5-7-1 医療法人重仁会 大谷地病院	〃	235	235	95
南	豊羽鉦山 専用水道	定山溪849他 豊羽鉦山(株)	表流水	2,023	450	1,200
	医療法人ときわ病院 専用水道	常盤3条1丁目 医療法人 ときわ病院理事長	深井戸 1井	143	144	57
	札幌エルム病院 専用水道	石山1048 札幌エルム病院長	深井戸 2井	120	120	28
	北海道ハピニス 専用水道	石山933-3 社会福祉法人 北海道ハピニス	〃	195	295	91

害の拡大につながる。また多数の市民の日常生活に大きな影響を与える。こうした事態を避けるためには、1系統の用水系統だけではなく、複数の系統を準備し、緊急時に対応する必要がある。また機能が集中することを避け、分散させることで、致命的な被害を生じないようなシステム配備が求められる。すなわち、ヒエラルヒー的なシステムからホロニック的なシステムへの変換である。

上記の用水の補助水源として、河川水の利用が考えられる。地震によって河川水が枯渇する可能性は

低く、広い区間からの取水が可能である。

札幌市の河川は、1・2級河川が60河川、345.4 km、準用河川が55河川、106.99 km、普通河川が260河川、510.85 km、用排水路が184水路、270 kmである。水質的には良好な河川も多く、補助水源としての活用が望まれる。

この他の水源として、地下の河川とも言うべき地下水がある。札幌市は豊平川によって形成された札幌扇状地の上に発達しているが、この扇状地が賦存する地下水量は約3億m<sup>3</sup>と見込まれており、これ

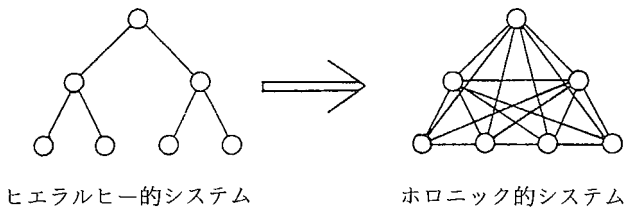


図 6.1.4 システムの変換

は豊平峡ダムの有効貯水量 3 千 7 百万  $m^3$  の約 8 倍の量に相当する。こうした水に恵まれた地盤の上に展開している都市にあって、緊急時に用水不足となれば事前の対応策の不足とみなされざるを得ない。水質的には地下水汚染の進行は小さく、清澄な水といえ、そのままあるいは簡便な浄化により飲料水として利用することも可能である。

応急給水も表流水を水源とした給水も、上水管の通水が不能の場合には車輛による給水となる。神戸市の震災の際にも車輛による給水が行われたが、交通渋滞・交通マヒにより給水活動に大きな支障をきたしたことが報告されている。しかし、地下水（井戸）を水源とした場合には、水源からの給水距離が大幅に減少し、交通事情の影響を受けにくいいため、スムーズな給水活動が可能である。この他、地下水を水源として利用した場合の利点として、水質が比較的良好で厳寒期でも取水できること、河川沿いや扇状地では賦存量が豊富なことがあげられる。

## (2) 河川空間

都市防災における河川空間は、避難空間・輸送空間・防災空間としての利用と大きく 3 つに分けられる。

災害発生後の河川空間は、第 1 に避難場所としての利用、第 2 に消火活動・救助活動の陸路・空路・水路としての利用、かつ、空間確保が十分可能な河川空間自体、災害時の延焼遮断帯となりうる。

### 1) 避難空間

都市災害時において、空地が避難空間または防火空間として有効であることは、関東大震災時に明らかとなり、その後、戦前まで公園の確保、学校と公園の隣接による学校防災公園のような計画も実施された。しかし、現在では公園の防災上の意味が忘れられてきたが、阪神・淡路大震災における避難場所には、公園、学校(グラウンド含む)などの緑地やオープンスペースが利用され、防災的な視点からオープンスペースがいかに有効かが明らかとなった。

現在全国の都市状況は、都市開発及び産業の集中に伴い緑やオープンスペースが減少し、ゆとりのない都市空間となっており、災害に対してはより危険な方向にある。また、地方都市への人口集中、高度な土地利用状況から緑やオープンスペースの拡大には相当な年月と莫大な費用を要する。

このような意味合いから、都市におけるオープンスペースとして“水と緑に恵まれた自然豊かなオー

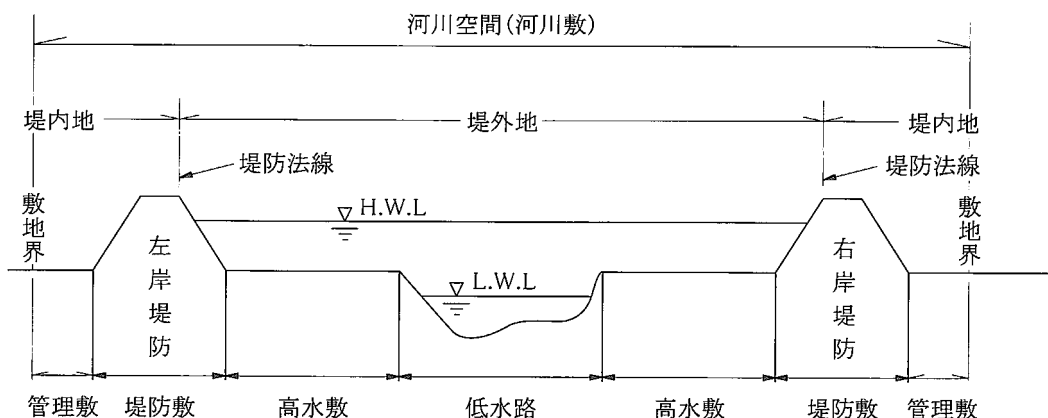


図 6.1.5 河川空間模式図

「オープンスペース・水辺空間」いわゆる都市河川の空間を有効利用することが挙げられる。具体的には河川敷を一時的な避難場所、避難経路として利用するほか、堤内地における河川敷地も安易に住宅地とせず、空間として有効利用するべきである。

## 2) 輸送空間

阪神・淡路大震災発生後の陸路による消化活動や救助活動状況は、各所での道路が寸断し、交通渋滞が発生しマヒ状態に陥り、一向にはかどらないのが現実であった。

これに対し、空路による救助・救援活動状況は、市街地にヘリコプターの離発着場所に適した場所が限られていた問題点は残されるものの、ヘリコプターによる救助・救援活動は陸路に比べ有効な状況であった。

災害発生時の陸路の対応として、中国では1967年の唐山大地震の際の教訓から、都市道路を二系統でアクセスする方法がとられている。

しかし、日本の都市状況を考慮すると、現時点でこの方法は多大な費用と時間を要するが、河川のオープンスペースを利用した緊急輸送道路の配置は可能であり、既設河川管理道路等を有効に利用することも可能である。

また、河川のオープンスペースはヘリコプターの離発着に必要とされる広さを確保することは可能である。さらに、日本では輸送手段としての利用が少ない河川そのものを使用した水路輸送も有効な手段として挙げられる。

このように、災害時の輸送手段として、陸路・空



江別川汽船発着場

路・水路の三系統で利用可能となる河川の水辺空間をより有効に生かすべきである。

## 3) 防火空間

関東大震災では、「大規模公園に避難しなければ助からない」との教訓を得て、緊急時の避難場所の設定と避難経路の確保という災害都市計画のコンセプトができており、この確保のためには十分なスペース確保が可能な河川の水辺空間の有効な利用が考えられる。

また、防火に対して活力のある樹木は「水の壁」として機能することが実証されているが、防火帯としての効果を上げるにはある程度の面積が必要なことも分かっている。

これに対し、十分なスペースが確保可能な河川の水辺空間は、災害時の延焼遮断帯としてより有効と考えられ、今後防火空間としての役割を十分に認識しておく必要がある。

しかしながら、防災上有効となる河川空間を利用するには、人命上並びに河川管理上から事前に解決しなければならない問題が数多くあるのも現実である。

今後は官民一体となって、空間利用時の安全性確保及び秩序ある体制等を確立し、災害時に河川空間をより有効に活用して都市防災機能と災害復旧機能の充実をはかるべきである。

## 1.3 防災対策

### (1) 用水確保のための対策

災害時に河川水を各種の用水として利用・確保するための対策について、ここでも札幌市を例として検討を加える。

札幌市の上水道の日最大給水量は66万3千5百 $m^3$ /日であるが、震災によって、給水量の大幅な減少や断水の恐れがある。したがって、用水の水源としては上水道のみでなく、他の水源や給水方法も確保して、災害に強い都市を構築する必要がある。この場合、既設の上水道の他に専用水道を整備する方法もあるが、ここではその方法は取り上げない。また、各家庭での自衛手段についても言及しない。

災害時に用水源としての河川水(表流水、地下水)を確保し、活用するための対策としては以下があげられよう。なお厳冬期・融雪期の対策については後述する。

1) 表流水

(ア) 堤外地への取水ピット、貯水槽、階段護岸の設置・整備

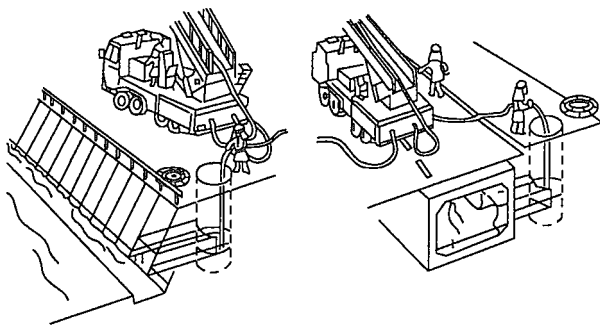
- 取水用ホースを設置し、水深を確保するための取水ピット、貯水槽を設置する。
- 安全に取水ができるような護岸工を設置する。

(イ) 河川、流路へのアクセスの確保

- 給水車その他災害救急車の流路へのアクセスを確保する。
- 給水車の駐車施設を整備する。

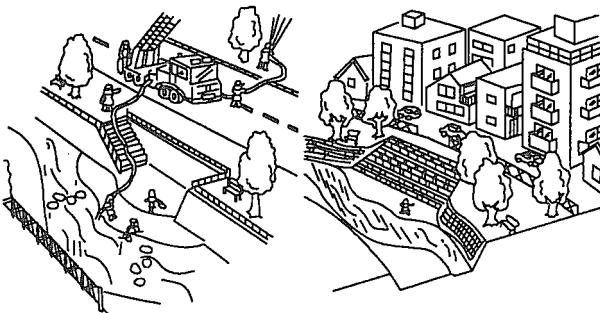
(ウ) 暗渠化された小河川の復活を含めたせせらぎ水路等の整備とネットワーク化

- 暗渠化された小渓流を復活させ、取水しやすい状況をつくる。
- 河川、水路、水路兼用河川を設置・整備を図る。
- 山沿いから流下して来る小河川、渓流の活用を



取水ピット

貯水槽



階段護岸等

図 6.1.6 取水ピット等

図る。

- 水源を消失した河川には、他の河川、下水道高度処理水、地下水等からの導水を図る。
- 災害時には、必要であれば近傍の水量の豊富な河川から、揚水ポンプにより用水を供給する。
- 水路をネットワーク化し、分流施設を設け、広い範囲への用水の供給を図る。

(エ) 河川水質の定期検査と用水源としての利用可能性の実態把握

- そのままで利用できる河川、簡易な浄水により利用できる河川等を用途別に分類する。
- 負荷を減じ、浄化により水質の向上を図っておく。
- 利用可能な小渓流をリストアップする。

(オ) 河川別、利用可能性別のマップを整備し開示する。

(カ) 複合機能を有する河川沿いの河川防災ステーションの設置

- 治水、利水に関する防災ステーションを設置する。
- 揚水ポンプ、ホース、浄水装置、動力装置、燃料等、災害時の必要備品を備蓄する。

(キ) 雨水貯留施設等の設置

- 雨水や下水(分流式)の一部を貯留する地下施設を整備する。
- 戸建て住宅、集合住宅の雨水貯水槽の設置を支援する。

(ク) 暗渠等への取水ピットの設置

- 暗渠内に水溜めを設け、取水可能な構造とする。
- 雨水・下水(分流式)からの引水も検討する。

(ケ) 他の施設との連携

- 例えば、下水管(分流式)に取水ピットが設けられていれば、緊急時に河川水を揚水ポンプにより下水管へ放流し、下流側で利用することも可能である。ただし、下水管が被災していないことが前提。

2) 地下水

(ア) 水理地質の把握

- 河川伏流水、帯水層分布、賦存量、水質等、地下水の利用可能性を把握する。

- (イ) 現在の井戸の分布状況の把握
  - ・札幌市では平成9年3月までに飲用井戸（504箇所）を指定し、「応急井戸マップ」が作成される予定である。
  - ・井戸所有者との協定を締結する。
- (ウ) 必要箇所への井戸の設置
  - ・井戸の空白地区や地区の拠点、災害時指定避難場所等の公共施設への井戸の設置を図る。
  - ・都市公園、河川公園等に井戸を設置し、通常は防塵、植生保護等に利用する。
  - ・水質によっては、浄水設備を併置する。
- (エ) 災害時のための動力の確保
  - ・電動ポンプ運転のための自家発電装置等を設置しておく。
  - ・緊急用井戸掘削装置及び携帯発電機、手押しポンプ、ストレーナ等の器具の備蓄。
- (オ) 地下水賦存量の増加を図る
  - ・1928年（昭和3年）の大通り南側の地下水位は-4~-5m、平成5年では-10m程度である。
  - ・道路、駐車場等の透水性舗装への転換を促進する。水質汚染につながらないような対策が必要である。
  - ・住宅屋根からの雨水の地中への還元を図るとともにこれを支援する制度を確立する。
  - ・強制的リチャージ施設の配備。
- (カ) 管理体制の確立
  - ・地下水利用についての規定を整備する。
  - ・井戸施設の定期点検及び水量、水質についての長期観測体制を確立する。

- ・既存建造物に対する水位上昇の影響を予測しておく。
- (キ) 温泉等の開放
  - ・生活用水の復旧に長期間を要する場合、温泉施設等を開放する。
  - ・温泉所有者との協定の締結を図る。
- (ク) 住民への周知徹底
  - ・決定事項についての周知徹底を図る。

### 3) 地下水と表流水の組み合わせ

1968年（昭和43年）5月16日の十勝沖地震時には青森市中心街の2万6千世帯が断水し、給水車はまたたく間に空となった。同市水道部では、市役所前にある噴水池を16日の夜に清掃し、約500m先の青森銀行本店新築現場から湧きでた地下水を消防ポンプのホースで注入、さらし粉で消毒して市民に分けている。上記の表流水、地下水対策と重複する部分もあるが、両者を組み合わせる方法も考えられる。

#### (ア) 井戸（地下水）を水源とした水路の設置

- ・各地区に配置された井戸を水源（人工のメム※）とした水路を整備する。
- ・災害時には井戸からの余剰水を水路を通じて他地区へ供給する。
- ・水路はできるかぎり開水路として取水ピット、貯水池、貯水槽を設置する。
- ・開水路の設置が困難な場所は暗渠とするが、フレキシブルな構造とし、被害発生を防止する。
- ・当初は地区の拠点、避難場所、公園等の公共施設に設置された井戸周りに水路を併用し、多数の人間への給水に応じられる態勢とする。
- ・常時は、公園等の水景施設として位置付ける。

※メム：アイヌ語。扇状地下部で地下水が自然湧出する地点。かつてメムを水源とした小河川が多数市内に見られた。北大植物園、北大構内のメムが有名。

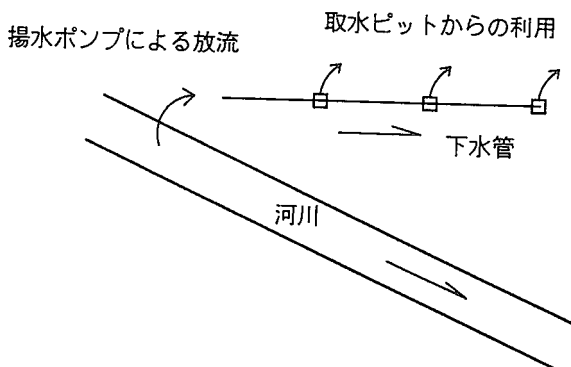


図 6.1.7 他施設との連携

#### (イ) 水路のネットワーク化と空間の確保

- ・将来的には、こうした水路をネットワーク化する。
- ・徐々に水路空間を拡幅し、河川空間としての機能を果たせる様にする。

都市は高度に人工化された空間である。空間が過密で狭小であるため、一度災害を受けると、被害が拡大する可能性が非常に高い。様々な人工装置の整

備により被害の拡大を防止し、災害に強い都市づくりを目指すのも一つの方法である。しかし、これはあくまでも対症療法としての災害対策と言わざるを得ない。

河川は、地中に埋設される管渠に比べると、地震に対して格段に耐力が大きい。こうした特性を最大限に活かした防災対策が望まれるところである。

開拓当初の札幌市には「札幌扇状地古河川図」に見られるように、多数の小河川が分流していた。都市化にともない、これらの河川は統合され、暗渠化され、排除される方向に向かっていきつつある。河川が、都市防災に果たす大きな役割を考えると、現在かろうじて残された河川の有効な活用方法の検討もさることながら、新たな河川（水路）の創設、旧河川（水路）の再生も視野に入れておきたい。札幌市で進められている「水と緑のネットワーク」に対応した「水路のネットワーク」の創設・再生等も今後の重要な課題である。阪神・淡路大震災後のアンケート結果では、水利用のための限界移動距離は500mとされており、身近に用水が確保される必要がある。今後は「水網都市」づくりが重要なキーワードとなろう。

また、地下水の利用についての管理を強化するとともに、道路、駐車場等の舗装の透水性舗装への転換、屋根への雨水の地下への還元などにより、地下水の賦存量を高めたい。雨水の地中への涵養により下流の治水安全度も上昇する。地下水水位が上昇すれば、人力による汲水も可能となる。外部からのエネルギー供給が断たれた時に、最終的に頼りになるのは人力である。場合によっては地下ダム構想も浮上するであろう。河川系、道路系、都市系という分類を越えた、大きな観点からの防災都市計画が望まれるところである。

水に満ち溢れた都市は、必然的に豊かな緑に包まれる。このような河川空間は、常時は市民の憩いの場所となり、豊かな市民生活を保証する。そして災害時には、用水や防災空間を提供する緩衝帯（バッファゾーン）として機能する。困難ではあるが、都市の中に河川という自然空間（公園・緑地を含む）をできるだけ取り込み、「自然と一体化した都市」を

目指すことこそが、体質強化をともなった、真に「災害に強い都市」づくりにつながるものである。

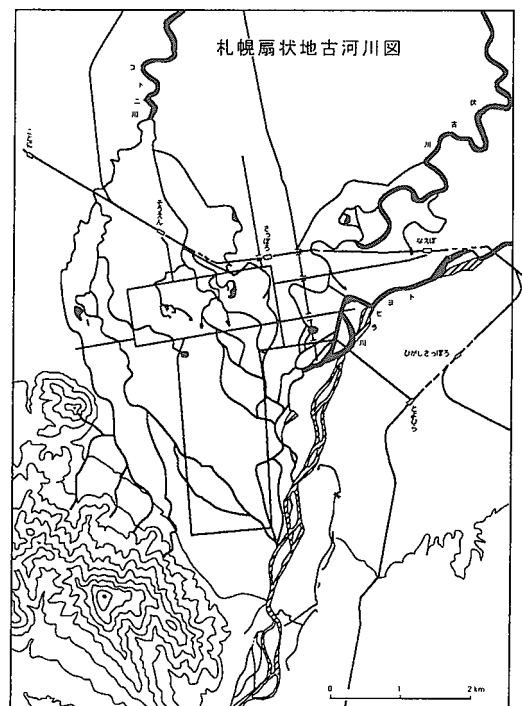
## (2) 空間確保のための対策

### 1) 避難空間の利用のための対策

国土庁の防災基本計画では、「避難場所として都市公園、公民館、学校等公共的施設等を対象に、そのオープンスペースについては安全な空間とすることに努める」としているが、この他に河川の水辺空間、特に河川敷を利用した避難場所、避難経路を整備していくことが、都市の防災機能を向上させる上で重要である。特に、災害時の緊急避難の安全性を確保するという観点から、これらの避難空間に至る経路をいかに確保するかが重要になる。災害時にはより細かなネットワークが必要であり、道路網の整備とあわせ、中小河川も含めた避難経路のネットワーク作りが必要と考える。

大河川では高水敷を利用し、避難場所、避難経路となる大規模な避難空間の確保が可能である。

中小の河川においては、十分な避難空間の確保は困難であるが、広域避難場所や大河川の避難場所へのアクセス路と位置づけ、避難路として整備するこ



札幌扇状地古河川図（札幌市「政治行政図」より・昭和28年発行）

図 6.1.8 過去の札幌市の水網



とが望まれる。中小の河川は、川幅も狭く、河川に近づきにくい場合も多い。このため、

- ・小段を設け人の通行を確保する。
- ・河川を含めた緑地帯の中に避難路を整備する。
- ・低水路を設け水路内に避難路を設ける。

などの対策が必要となる。

また、橋が被害を受けた場合には、河川は避難路として障害となる場合もあり、渡河の可能な施設を確保する必要がある。堰や頭首工などの河川横断施設の災害時の利用方法についても検討しておく必要がある。

## 2) 輸送空間の利用のための対策

災害により道路網が寸断された場合には、河川空間特に大河川の空間が、災害発生時、災害復旧時の避難路、輸送路等として有効に機能することが期待され、ここでは、このような河川の空間利用の方法について述べる。

### (ア) 陸 路

- ・堤防天端や高水敷きを利用して緊急輸送路を整備する。
  - ・道路の緊急輸送路網とのネットワーク化をはかる。
  - ・アクセス路の耐震化をはかる。
  - ・橋梁などの破損に備え、渡河できる施設、たとえば、床土工配置による渡河道路の設置をはかる。
- また、自衛隊の渡河設備の利用方法について、検討しておく。

### (イ) 空 路

- ・河川敷にヘリポートを設置する。札幌市の場合い豊平川の河川敷に4箇所のヘリコプターの臨時着陸場所を指定している。最近のヘリコプターは重量が重くどこでも離着陸できるとは限らない。このため、ある程度（舗装、芝張り）の整備をしたヘリポートの整備が必要
- ・水上飛行機の利用をはかる。河川は比較的直線化しており、水上飛行機の離発着が可能である。海外では、日常生活の足として水上飛行機が広く用いられていることから、緊急時の輸送手段として有効活用が可能である。都市中心部では橋梁が多く実際的ではないが、今後の都市計画の中でもそのような空間を確保するよう建設計画の規制も

含めて検討すべきである。

### (ウ) 水 路

- ・船舶の通行が可能ないように河道を整備する（水深の確保、船着き場の整備）。
- ・輸送手段を確保しておく。災害時に利用可能な、低床の船、水陸両用車輻などの実態の把握するとともに、避難場所にはゴムボートのような簡単な輸送手段を設備する。

災害時において、これら河川空間内の水路・陸路を有効に利用するためには、ネットワーク作りが必要で、その中心には拠点となる河川防災ステーションの設置が望まれる。

## 3) 防火空間の利用のための対策

大河川の持つ空間は、災害時の延焼遮断帯として有効であり、中小の河川においても河川沿いに樹林帯を設けることにより延焼防止効果がある。

札幌市等で進められている「水と緑のネットワークづくり」では水路のネットワークのみならず、緑地帯の整備をうたっており、このように広く水辺空間を整備することにより都市の防火機能を向上させることが可能となる。具体的には、次のような利用方法が考えられる。

### (ア) 河川空間を見直す

河川空間の狭い中小の河川においては、河川敷地を見直し、防火に必要な空間を法的に確保する。

また、堤内側の河川敷地は、用途廃止をして関係自治体に払い下げられる場合がある。一般的にこのような河川敷は樹林帯となっており、公園等に整備し、防火空間として残しておくことも可能である。

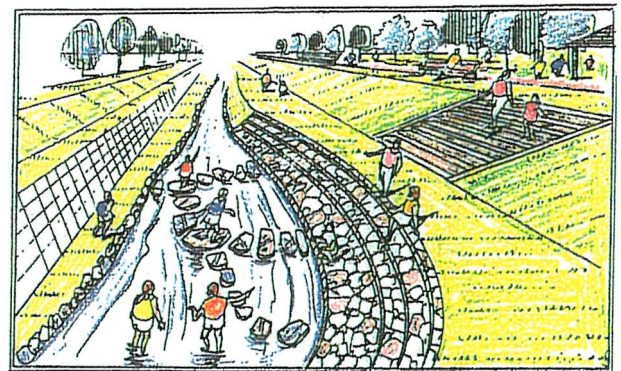


図 6.1.9 中小河川の利用のイメージ

(イ) 燃えにくい樹木の活用、研究を進める

針葉樹は樹脂が多く、いったん着火すると燃え広がる場合もあり、防火樹としては適さない。

また、木造2階建て家屋の延焼防止を想定すると、6m以上の樹高が必要である。樹木の種類・高さなども踏まえた防火帯としての検討が必要である。

(ウ) 河川を含めた都市防災を検討する

中小河川で十分な河川空間がとれない場合には周辺の建物を耐火構造にする等して防火機能を向上させる。河川を含め災害に強い街づくりを考える。

#### 1.4 記憶風化防止のために

わが国の地震災害等に対する対策は、主に行政機関が建設技術、情報通信技術を駆使したハード面での整備を展開している。

しかし、一般社会や国民大衆の中に入ったり、地域社会の自発的行動を援助するようなソフト的な施策は立ち遅れているのが現状である。

防災対策の根幹の一つは、施設の整備とこれの効果を発揮させるための運用計画である。

もう一つは、各々の防災関係機関や団体等を有機

的に連動させることとともに、被害を最小限に押さえ込むために必要な防災意識の発揚及び教育学習等のきめ細やかなソフト面からの施策である。

このソフト面の施策を充実させるためには、各種の災害実態を調査研究することはもとより、各々の防災関係機関をはじめ、国民大衆が「災害(被災)記憶を風化」させることなく、防災に常に関心を持っていられるような施策を継続的に実施していくことが肝要である。

「記憶風化防止」が防災対策の多元的な展開を一般社会からも認識され、援助すべき基本的活動として捕らえる必要があり、その具体的施策は図6.1.9のフロー図のとおりである。

#### 【参考文献】

- ・大震災に見る河川の緊急用水・防災空間としてのポテンシャル  
島村幸広・萱場祐一・房前和朋・保持尚志  
河川 No.594号
- ・[追跡] 阪神大震災  
日経コンストラクション 1995.8.11号

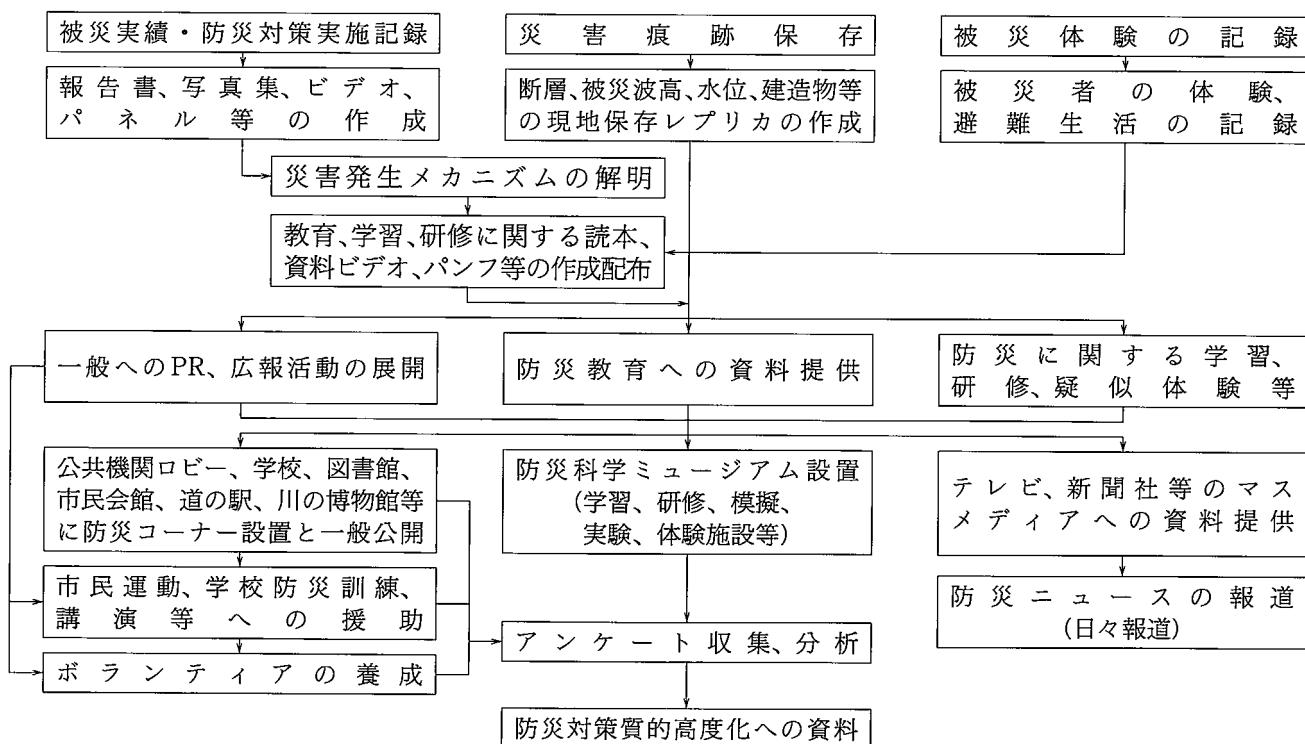


図 6.1.10 記憶風化防止のためのフローチャート

## 2. 積雪寒冷地における防災対策

### 本章におけるポイント

- ・地震災害と河川とのかかわりを、北海道の気候風土を考慮して、特に冬季における対策を提案した。
- ・河川の持つ機能として、用水、避難・輸送・防火の観点から、問題点を整理した。
- ・冬期間の課題を踏まえて、事前・被災時・被災後を念頭に、用水確保、空間利用の観点から防災対策を提案した。

前章では地震災害時の河川の果たす役割と防災対策について述べたが、ここでは積雪寒冷地である北海道の特性を踏まえた対策について述べる。

最近の地震発生事例を見ても、釧路沖地震 1993 年(平成 5 年) 1 月 15 日、三陸はるか沖地震 1994 年(平成 6 年) 12 月 28 日、そして阪神・淡路大震災 1995 年(平成 7 年) 1 月 17 日と、毎年のように冬季に地震が発生している。このような冬季に発生する地震では、積雪寒冷地における被災時の救援・応急対策も、多くの面で暖候期とは異なった対応が必要となる。

本章では、これらを踏まえた冬季の河川の役割と防災対策について整理する。

### 2.1 厳冬期・融雪期の河川状況

#### (1) 主要河川の結氷状況

北海道には一級水系 13 水系をはじめ、二級水系を含めると 203 水系がある。このうち一級水系全体の流域面積は約 42,105 km<sup>2</sup> で、北海道全体のおよそ 54% にあたり、流域内人口も 330 万人を越え、6 割近くの人が居住している。

これらの河川では、厳冬期には結氷する箇所が多く、全道 175 観測所の完全結氷率(一冬に 1 回は川幅全体が凍る状況)は表 6.2.1 のようになっていて、この数値は地域を代表するものと推定できる。

また、地点毎の結氷状況の変化は図 6.2.1 のようであり、2 月に最も多くの地点で結氷する。

自然河川での結氷は気象要因(気温)と地形要因(流速、水深等)によって左右され、その関係として山口<sup>2)</sup> は以下の式を提案している。

$$T_3 < (1.8/Fr) - 15$$

ここで、 $T_3$  : 結氷前の 3 日平均気温、 $Fr$  : フルード数である。フルード数は流速  $v$  と水深  $h$  の関係で以下のように定義される。

$$Fr = v/\sqrt{gh}$$

岸<sup>3)</sup> らはフルード数が 0.4 を越えると結氷しないとしている。

したがって、河川の結氷状況は気温と河道状況(流速、水深等)を知ることにより、推察することができる。

結氷厚は種々の条件により河川毎に異なり、数 cm から 1 m 近くまで達する。

また、融雪期には急激な気温の上昇や降雨が重なることによって氷のブレイクアップ(ダムアップ)現象が発生し、時として計画高水位以上に達する恐れがある。これと同様に地震による氷板破壊でダムアップし、洪水を引き起こすことも考えられる。

表 6.2.1 水系別完全結氷率<sup>1)</sup>

水系名	地点数	結氷数	結氷率
湧別川	5	5	100%
渚滑川	5	5	100
留萌川	5	5	100
鵠川	6	6	100
天塩川	25	24	96
常呂川	10	9	90
沙流川	6	5	83
後志利別川	5	4	80
網走川	6	4	67
尻別川	5	3	60
十勝川	28	15	54
石狩川	52	24	46
釧路川	9	3	33

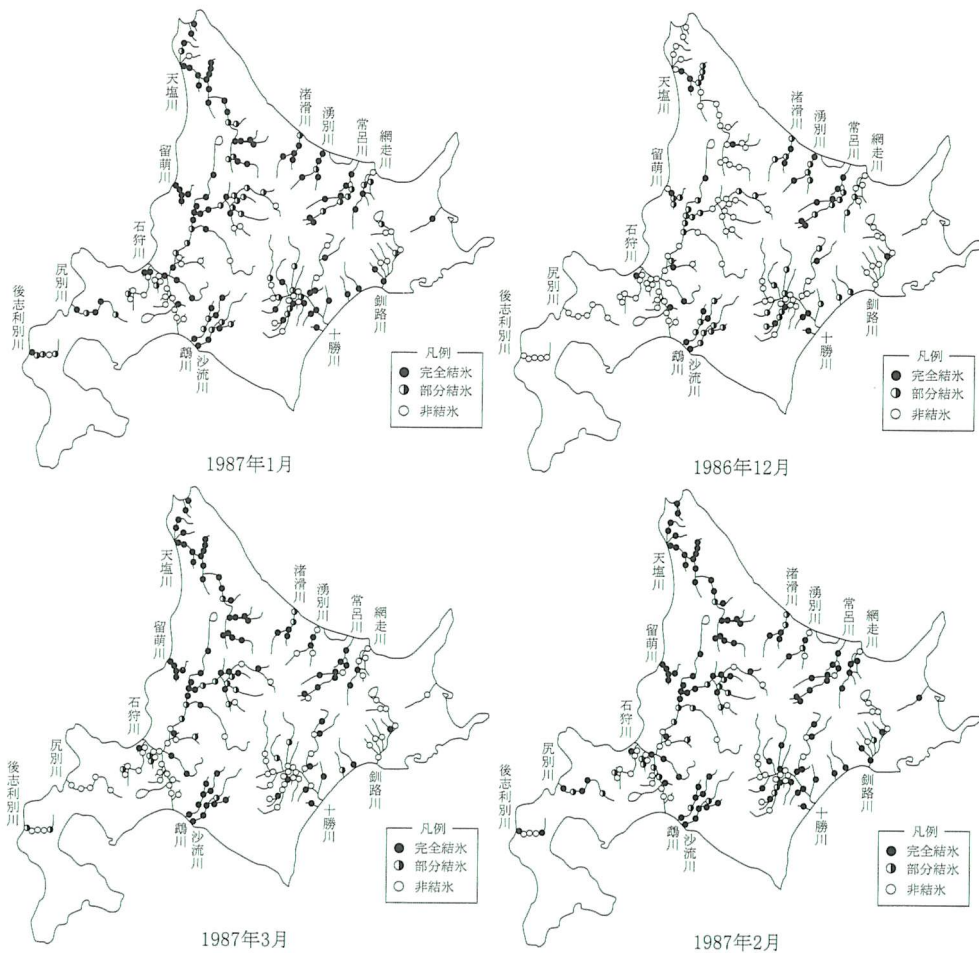


図 6.2.1 主要河川の結氷状況

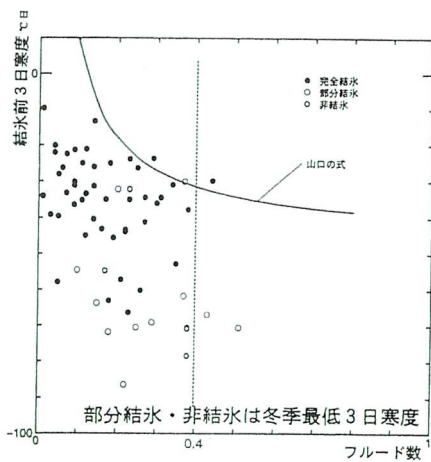


図 6.2.2 河川結氷条件の関係



写真 6.2.1 アイスブレイクアップ例

(2) 厳冬期の積雪状況

北海道は全域が積雪地域（積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法という積雪地域）に属し、上川地方や後志地方などでは最深積雪が2mを越える地域もある。（図6.2.3<sup>4)</sup>）

積雪期間は平野部では11月下旬から翌年4月上旬までに及び、積雪深階級別の日数<sup>5)</sup>は表6.2.2のとおりであり、道北地方では年間140日を越え、道東地方でも約3カ月にも達する。

また、積雪厳冬期の気温は全道で真冬日となり、平成5年釧路沖地震が発生した1月15日の釧路地方の気温も、日平均で $-7.4^{\circ}\text{C}$ と冷え込んだ一日であったことから、北海道における積雪厳冬期の地震対策は、耐雪防寒を意識したものでなければならない。

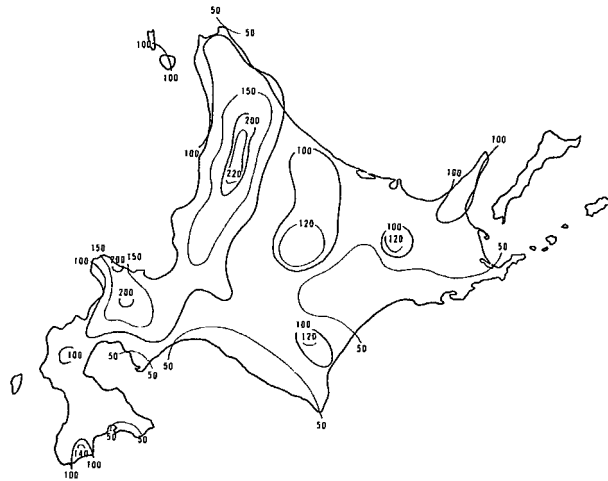


図 6.2.3 最深積雪の累年平均分布 (1954~1990 年)



図 6.2.4 1月の月平均気温分布図 (1979~1990 年)

### (3) 厳冬期の河川利用状況

厳冬期・融雪期の河川利用はあまり多くは見られない。かつては結氷上を徒歩で渡る道ができた、アイススケートリンクとして利用されていたが、湖上リンクを除いて現在ではほとんど見かけない。

最近では都市部を中心に除排雪の堆積場としての利用が多くなり、雪祭り等のイベントにも利用され

表 6.2.2 積雪深の階級別累年平均日数

(1961~1990 年)

地点	0 cm 以上	10cm 以上	20cm 以上	50cm 以上	100cm 以上
稚内	143	116	100	61	5
留萌	141	119	105	71	21
旭川	146	128	115	71	4
網走	136	102	82	15	—
札幌	131	108	93	55	3
寿都	128	96	76	39	1
函館	110	69	44	5	—
帯広	114	76	49	12	1
浦河	84	18	76	—	—
釧路	94	46	22	3	—
根室	98	36	17	1	—

ている。

しかし、雪堆積場は地震災害時の河川敷利用を考える場合、障害になる。また、中小河川への排雪は融雪期にダムアップによる洪水を引き起こす恐れがあり、地震時には空洞化した流水断面が崩壊することによる洪水も心配される。

河川敷を利用した雪堆積場は、札幌市を例にとると図 6.2.5 のように豊平川だけでも石山地区から雁来地区まで 10 箇所及び、厚別川、新川を含めると 20 箇所近くにも及ぶ。<sup>6)</sup> これらの堆積場は地震災害時の障害対策や防災計画に盛り込む必要がある。

冬期間に河川敷あるいは湖水面を利用した主なイベントには以下のようなものがある。

- ・旭川冬まつり (石狩川 2月上旬)
- ・層雲峡水瀑まつり (石狩川 2月上旬~下旬)

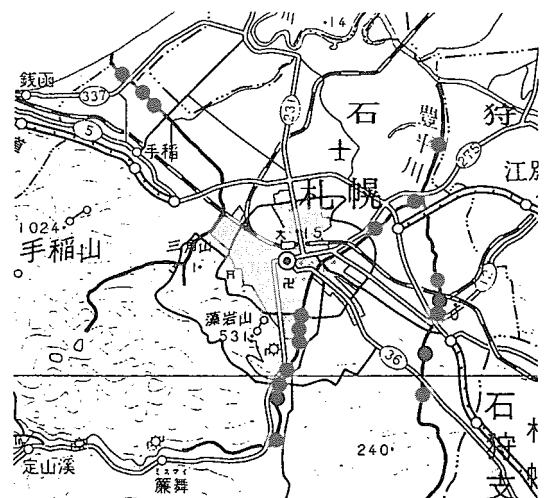


図 6.2.5 札幌市の河川敷雪堆積場 (●印)

- ・千歳支笏湖水濤まつり（支笏湖 1月下旬～）
- ・然別湖コタンまつり（1月～3月）
- ・大沼函館雪と氷の祭典（2月上旬）
- ・阿寒湖水上演フェスティバル（2月上旬）
- ・クッチャロ湖水原まつり（2月下旬）

## 2.2 防災拠点として積雪寒冷地河川が果たす役割と問題点

前章では、消火、生活、医療等の用水として、河川及び地下水の有効性について述べた。また、避難、輸送、防火等のための空間として、河川空間の有効性についても述べている。

ただし、北海道の河川は、冬季の積雪寒冷により、夏季と比べ大きく状況を変える。ここでは、厳寒期・融雪期に限定し、用水確保、空間確保という河川の役割について、もう一度考察し、防災拠点としての問題点を整理する。

### (1) 用水確保に関して

厳寒期の河川流量は少ない。特に都市内の中小河川、排水路の大部分は、地域住民による排雪とあいまって、雪氷による閉塞状態になる。

ただし、現在、都市用水の水源になっているような主要河川については、そのような問題はなく、災害時の補助水源としての役割を十分果たすことが可能である。消火用水として、現在の用水量を大きく上回る水量が必要となっても、「一時的に河川正常流量を下回ることを許せば、水量確保は可能と考えられる。

ただし、都市内中小河川、排水路を用水供給ルートとして考えた場合、現在のような結氷による閉塞状態は致命的な欠陥となる。「水のネットワーク」等、中小河川への水配分を計画する場合、夏季に限定せず、通年的な水のネットワークを必要とする。このことにより、厳寒期にも流路、流水が確保され、環境機能のほかに防災機能も兼ね備えた、多機能水のネットワークを創出することができる。

なお、用水確保に関して、積雪寒冷による恩恵もある。札幌市を例にとると、降雪量は年平均約5m

である。水に換算すると1m<sup>2</sup>当たり500ℓと少なからぬ量になるが、これが固体として保存されている訳である。都市内でも、高水敷の広い河川（札幌市では豊平川など）に存在する雪は比較的清潔であり、簡易な浄化処理で飲料水として利用が可能と考えられる。

### (2) 避難空間

河川空間、特に高水敷の広い河川は避難空間として有効である。厳寒期、融雪期には避難空間の除雪が必要となるが、これは大きな問題ではない。

問題は、その避難空間に至る除雪車両や住民の移動ルートが整備されていないことである。都市部の堤防は、幹線道路として利用されていたり、壁状の特殊堤になっている場合も多く、元々河川に近づきづらい状態になっている。災害時の河川堤防の崩壊なども考えあわせ、アクセスをいかに確保するか十分な検討が必要である。

たとえば、まず除雪車を河川空間に搬入させ、アクセスを円滑にすることにより、除雪車両に引き続き、地域住民、輸送用車両等の移動が可能となり、その設置数に応じ河川の避難空間、輸送空間としての機能は向上する。

さらに、防災機能以外にも夏季イベント（花火、イカダ大会、精霊流し、綱引き等）や冬季イベント（雪まつり、氷まつり、スケート、スノーモービル、たこ上げ等）における河川への地域住民のアクセス施設としても、有効活用が可能である。

### (3) 輸送空間

積雪寒冷が輸送空間としての機能に支障を及ぼすことはさほどない。避難空間としての利用と同様に除雪を伴うことだけである。

むしろ、積雪寒冷が輸送空間機能を向上させる。河川が結氷し、氷厚が5cm以上あれば人が歩くことができ、60cm以上では乗用車、1m以上であればトラックの走行も可能とされている。外国の例ではカナダ北部のマッケンジー川が結氷した河川を交通路として利用している。また、ロシアのサンクトペテルブルク（旧レニングラード）近くのラドガ湖

でも湖上を車両が走行しており、バイカル湖では汽車を通したほか、飛行場としても利用している。中国の松花江でも、かつて汽車を通す実験を行っている。

既述した道内主要河川の結氷状況等を基に「河川の時期別結氷厚」と「結氷厚に応じた通行可能車両」をあらかじめ整理し、防災計画に資するべきである。

結氷しない河川については、輸送手段として船舶の活用が考えられるが、このために「河川の時期別水深」と「水深に応じた通行可能船舶」を整理する必要がある。

また、河川空間内の陸路を走行する車両、水路を走行する船舶各々について、アクセスの確保を検討しておく必要がある。

なお、都市内の高水敷は、雪捨場として利用されている場合が多いが、輸送機能に支障を与える要因となりうる。従って、雪捨場を他の雪処理施設へ転換が望まれる。

#### (4) 防火空間

厳寒期・融雪期には、既述の防火に対する河畔林の「水の壁」としての機能は低下するが、その機能を雪が代替えし、防火空間としての機能が低下することはない。河川空間は、通年的に防火空間として極めて有効である。

### 2.3 積雪寒冷地河川における防災対策

阪神・淡路大震災は、北海道では厳冬期にあたる1月17日に発生している。もし北海道の都市部でこのような時期に同程度の地震が起こった場合は、さらに人的被害が拡大すると予測される。

ここでは北海道の冬期間の課題を踏まえ、事前・被災時・被災後を念頭に、積雪寒冷地河川における防災対策をあげる。

#### (1) 用水確保のための対策

##### 1) 消火用水対策

消防水利では、常時貯水量が40 m<sup>3</sup>以上、または取水可能量が1 m<sup>3</sup>/s以上、かつ連続40分以上の給水

能力を有するものでなければならない。

また、消防水利の構造は

- ・地盤面からの高さが4.5 m以下であること
- ・取水口の水深が50 cm以上であること
- ・吸管投入孔はその1辺が0.6 m以上または直径が0.6 m以上であること
- ・消防ポンプ車が容易に行けること

となっている。

近年の河川行政においても、防災対策の面から消防水利の取水設備を改修計画の中に取り込むことが多くなってきているが、冬期間における対策としては以下のことが考えられる。

#### ① 取水地点の結氷防止対策

取水施設には「水のネットワーク」に関わるような恒久的な施設、あるいは取水ピットを利用するような簡易なものなど、種々考えられるが、取水施設の規模に応じて取水地点の結氷防止対策を講じる必要がある。

具体的には以下のものが考えられる。

- ・水中ミキサー、ヒーターによるもの
- ・高水敷の直下まで暗渠構造により水を引き込み、取水口を設ける
- ・低水路に取水口を設けた場合は、常時流水があり、結氷しない水理構造(フルード数0.4以上)を検討する。
- ・積雪により取水口の確認ができないことが予想されるため、位置標識を設置する。

#### ② 暗渠河川の整備

暗渠河川は冬期間でも凍結に関する問題が少ないことから、都市河川ではせせらぎ水路や流雪溝として併用できる2層構造による整備も検討に含めることが望ましい。ただし、地震により破壊されやすいので、十分な耐震設計を施す必要がある。

#### ③ 道路に面した河川における路側帯の排雪

掘込河道の小河川で、道路が隣接しているところは、容易に取水が可能な箇所である。しかし、冬季は雪が堆積し、容易に近づけないのが現状であるため、排雪システムの完備は必要である。

#### ④ 伏流水汲み上げ用の井戸の整備

高水敷に、伏流水汲み上げ用の井戸を整備し、緊急時に使用できるようにする。伏流水は冬季結氷の心配が少なく、水質的にも表流水より清澄なため、雑飲料水等、利用価値は高いものとなる。

#### 2) 生活用水

生活用水は主に飲料水、トイレ用水、洗濯用水、風呂水などがあげられる。阪神・淡路大震災においても、飲料水を除いて河川水が大いに利用された。これらの供給は、消火用水の給水施設からの確保や、前述の伏流水などが考えられる。

##### ① 水量・水質調査及び用途水量の把握

災害に備え、自治体ごとに近傍河川の冬季(渇水期)における水量・水質調査を事前に実施し、どの用途水に使用できるか、またどのような処理(煮沸、ろ過、消毒等)を施せば適用可能かを把握しておく必要がある。さらに、地区毎の必要水量も把握して、冬季の災害時における供給計画を策定しておく必要がある。

##### ② 簡易浄化装置の配備

北海道の河川は水質が比較的良好であり、かつ冬期間は年間で最も汚濁負荷の小さな時期である。したがって、簡易浄化装置による飲料水の供給も十分に可能と考えられることから、これらの機材を適切な箇所に配備しておくことが必要である。

##### ③ 下水事業と連携した河川整備における水質浄化対策

一方、冬季は河川水量が少ないため、大量の生活用水が排水された場合は、水質の悪化が促進される。このことから、平時においてもきれいな水を確保するために、下水事業と連携した水質浄化対策を推進する必要がある。

#### 3) 医療用水

医療用水は大量に使用するものであり、阪神・淡路大震災でも給水車による間接的な水供給システムが、大量の水供給に適していないことが露呈した。

したがって、河川水よりは地下水を利用した方が、大量供給・冬季対策で有効である。

#### (2) 空間利用のための対策

##### 1) 冬期間における河川空間の利用

北海道における冬期間の空間利用は、ほとんどが雪堆積場として使われているのが現状である。高水敷を利用した緊急用道路や避難場所として有事に機能するためには、冬期間における河川空間をオープンスペースとして確保しておく必要がある。また、高水敷の縦断利用(輸送路等)の上からも障害となることが考えられるため、雪堆積場は別途確保することが望ましい。

##### 2) アクセス路の整備

##### ① 河川管理用道路と周辺地域間のアクセス整備

冬季に除雪車や緊急用車両が河川空間への進入を円滑に行うためには、アクセス路の整備が重要である。アクセス路としては、一般的な堤防上への進入路を増やすことのほかに、堤防を横断する連絡通路の設置も考えられる。(耐震設計の施された施設)

また、アクセス路の進入標識の設置や、普段からの広報活動、ならびに河川情報掲示板の設置などによる呼びかけも必要である。

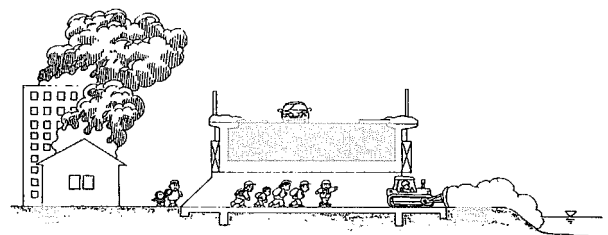


図 6.2.6 堤防を横断する連絡通路

##### ② 除雪ステーションの配備

近傍に緊急除雪ステーションを再配備し、河川堤防を含めた除雪ルートの設定を行う。

##### ③ 特殊車両への対応

緊急災害時には自衛隊の発動が可能であることから、これらの特殊車両が渡河できる護岸形態や、アクセス路を確保しておく。また、雪上車の配備により、除排雪が進んでいない場所でも、迅速な対応が可能となる。

##### ④ 河川施設の開放

避難路として、河川横断構造物に付帯した管



理橋や堤防上の管理用道路などを開放するシステムを構築しておくことも重要である。

### 3) 避難場所としての対策

河川空間は、広域避難場所、一般避難場所（一時避難場所）として指定されている箇所もある。しかし、冬季の避難場所としては積雪寒冷を考慮しておくことが必要である。

平成7年に実施した奥尻町の住民アンケート調査の結果では、冬季の避難について不安を感じることで、次のことが挙げられた。

- ・避難先での冬の生活は無理
- ・雪道での避難

この意識は、高齢者ほど強い傾向が見られたようである。したがって、北海道の冬季災害の避難場所としては、防寒対策が必須である。

これらの対策として、次のことが考えられる。

#### ① 建 物

河川堤防に拡幅部分を設け（冬季は高水敷でも可能）、防寒設備を持った簡易上屋棟を設置する。また、排水機場などの既設の大型な河川管理施設などを、緊急時に開放することによって、災害時の避難場所として機能させることもできる。

#### ② 暖房設備

阪神・淡路大震災での避難所では、火災を警戒したため、暖房器具の持ち込みが禁止された。しかし、北海道では暖房設備は必要不可欠のものであり、二次災害を防止する意味でも、暖房設備の設置方法、使用方法について検討しておく必要がある。また、燃料の備蓄にも限界があるため、上屋の保温性を確保しつつ、火災に至らない暖房設備を、自家発電設備とともに付帯させることが望ましい。

### 4) 物資輸送路とストックヤードとしての対策

#### ① 河川防災ステーションの設置

河川防災ステーションの建設は、陸・海・空からの輸送に対応した物資の集積地・ストックヤード及び避難所として機能させるため、緊急用河川敷道路と幹線道路とのアクセスが容易な箇所を選定することが望ましい。また、この近

傍には備蓄施設として、堤防の一部を耐震構造物とし、物資の貯蔵庫とするなども有効である。ただし、土堤との継ぎ目は地震時に弱部となるので、処理方法を検討する。

#### ② 水上輸送路としての対策

水上輸送路は、陸上交通輸送が困難になった場合、用水となる氷の運搬や、物資などの運搬に有効な手段となる。ただし、冬季は渇水期にあたり、河川流量が少なくなるため、水深確保、航路の結氷防止、河川横断構造物での舟通し、低水路での係船設備などを整備する必要がある。また、氷上を利用したホーバークラフトや、簡易な手段としてのスノーモービルなども、輸送手段としては有効である。

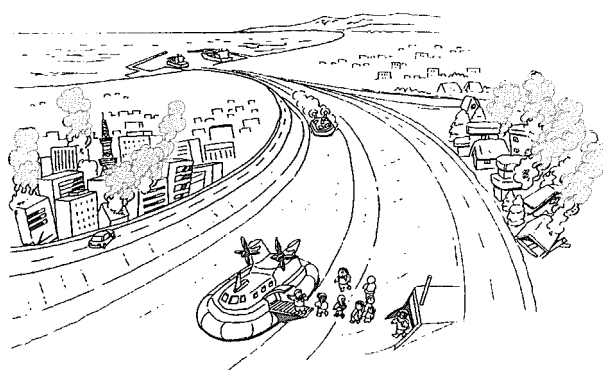


図 6.2.7 河道や高水敷を利用したホーバークラフト輸送

### (3) 二次災害防止対策

震災後の二次災害のうち、冬季に限定すると以下のことが考えられる。

- ① アイスブレイクアップ（河川氷の破壊・堰上げ）による水位上昇（洪水）
- ② 火災による中小河川の融雪洪水

震災発生後の火災による被害は甚大であるが、1火災の焼失面積は数千 $\text{m}^2$ 程度のものが多く、大きい火災では5万 $\text{m}^2$ にも達する。大火災は周辺の気温を急激に上昇させ、融雪を促進する。前述した札幌市を例にとると、降雪量を水に換算した場合1 $\text{m}^2$ あたり500 $\text{l}$ であるから、融雪による流出量も大きなものとなる。特

に、中小河川で雪捨て場となっている箇所では、この可能性が高い。

これらの対策として、河川改修時に余裕を持った計画高水流量や断面を設定し、通常の洪水対策として地下貯留施設の建設が有効である。また、平時からのパトロールと、流水断面の雪による閉塞防止のための除排雪の徹底が重要である。

#### 【参考文献】

- 1) 山下彰司；寒冷地河川の結氷特性，水文水資源学会誌 Vol.7. No.6 (1994) pp 562-565
- 2) 山口 甲，西村 豊；河川の水温と結氷に関する研究，土木試験所月報 No.238 (1973)
- 3) 岸 力，中尾欣四郎；北海道における河川結氷と冬季渇水量について，土木学会第 16 回年次学術講演会講最大演集，(1961)
- 4) 北海道アメダス統計，(財)日本気象協会北海道本部 (1992)
- 5) 理科年表，国立天文台編，丸善出版(株) (1996)
- 6) 札幌市道路維持部雪対策課 資料 (1996)
- 7) 島谷幸広，萱場祐一，房前和朋，保持尚志；大震災に見る河川の緊急用水・防災空間としてのポテンシャル，河川 Vol.587 (1995.6)
- 8) 吉田裕敏，中村学，大角健一；豊平川における河川防災施設に関する検討，第 39 回北海道開発局技術研究発表概要集，(1996.2)
- 9) 南 真一；積雪寒冷地の被害想定，北海道立寒地住宅都市研究所

### 3. 地震津波と防災対策

#### 本章におけるポイント

- ・津波のメカニズムを解説した。
- ・北海道沿岸の海岸地形、地質及び海底地形の特性から津波被害の形態をパターン化した。
- ・津波に強い町づくりのための防災施設、防災体制の提案した。
- ・防災対策とは別の視点から津波被害の風化防止を考えた。

#### 3.1 津波のメカニズム

##### (1) 地震と津波

津波の津とは港のことを意味しており、津波とは古くは港を急激に襲う大波のことであったが、暴風時に発生する高潮のように気象変動によって生じる大波と区別して、地殻変動等によって発生する大波を津波と呼ぶことが一般的になっている。今日では、国際語として Tsunami という言葉が用いられている。津波を起こす地殻変動としては、地震、噴火、地すべり、崖崩れがあるが、このうちで地震によるものが最も一般的である。

##### (2) 津波の発生頻度

記録にあるわが国で生じた著名な津波は表 6.3.1 に示すとおりである。

一方、わが国の特徴としては海外で発生した地震によっても、津波が来襲することであり、これの最も有名なのが昭和 35 年に発生したチリ大地震津波である。表 6.3.2 には海外で発生し、わが国に大きな影響を及ぼした津波の例である（波源域は図 6.3.1、図 6.3.2 参照のこと）。

##### (3) 地震と津波の規模

###### 1) 津波の規模階級

津波の大きさを表す尺度として、地震の場合と同

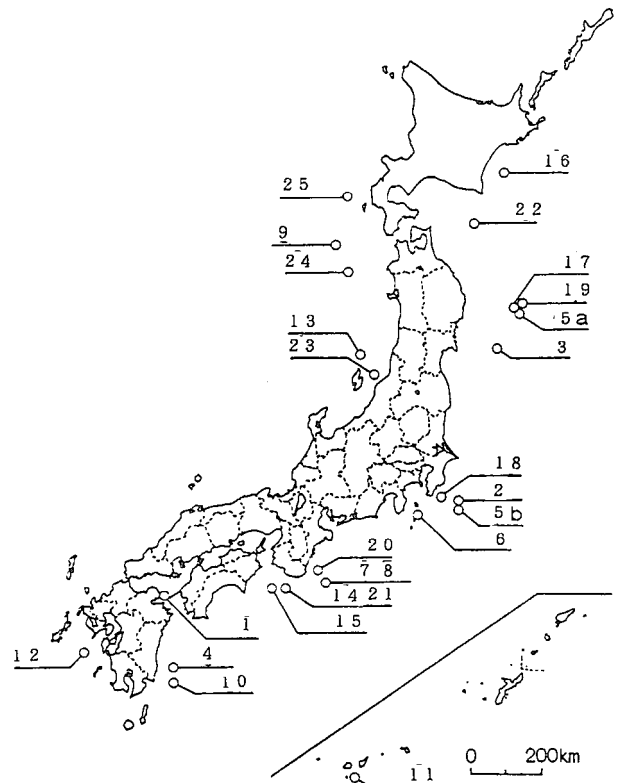


図 6.3.1 わが国で発生した著名な津波の波源域

じような規模階級が表 6.3.3 のように定められている。

図 6.3.3 は、津波のマグニチュード（規模階級） $m$  と地震のマグニチュード  $M$  との関係を示したものである。

図 6.3.3 は  $M$  が 6 以下の地震でも  $m = -1$  程度の津波を起こす可能性があるが、 $M > 6.5$  でないと被害を伴う津波は発生しないことを示している。

###### 2) 震源の深さと津波

地震の震源が深いと、断層による地盤変動が海底面まで達しにくいいため、津波の規模は震源の深さに関係する。

###### 3) 震央における水深と津波

津波の規模は地震の規模にも大きく依存するけれども、水深が深いところで起こった地震ほど大きな津波になる可能性がある。

表 6.3.1 わが国で生起した著名な津波の一覧

No.	既 住 津 波	発 生 年		被 害 地 域	発生間隔 (年)	
1	別府湾地震	1596年	慶長元年	九州地方	9	
2	慶長津波	1605年	慶長9年	房総～九州地方	6	
3	慶長の三陸津波	1611年	慶長16年	三陸地方	57	
4	日向灘津波	1662年	寛文2年	九州地方	15	
5	延宝津波(2回)	1677年	延宝5年	宮城～房総沖	26	
6	元禄津波	1703年	元禄16年	南関東地方	4	
7	宝永津波	1707年	宝永4年	伊豆～九州地方	0	
8	南海道津波	1707年	宝永4年	南海道地方	34	
9	渡島大島津波	1741年	寛保元年	日本海沿岸	28	
10	日向灘津波	1769年	明和6年	九州地方	2	
11	八重山大地震	1771年	明和8年	沖縄地方	21	
12	島原眉山津波	1792年	寛政4年	九州地方	41	
13	山形沖津波	1833年	天保4年	日本海沿岸	21	
14	安政東海津波	1854年	安政元年	東海・東南海地方	0	
15	南海道津波	1854年	安政元年	南海道地方	40	
16	根室沖地震	1894年	明治27年	北海道～三陸地方	2	
17	明治の三陸津波	1896年	明治29年	三陸地方	27	
18	関東大地震による津波	1923年	大正12年	関東・伊豆地方	10	
19	昭和の三陸沖津波	1933年	昭和8年	三陸地方	11	
20	東南海津波	1944年	昭和19年	東海・東南海地方	2	
21	南海道津波	1946年	昭和21年	南海道地方	6	
22	十勝沖津波	1952年	昭和27年	北海道地方	12	
23	新潟地震津波	1964年	昭和39年	日本海沿岸	19	
24	日本海中部地震津波	1983年	昭和58年	日本海沿岸	10	
25	北海道南西沖地震津波	1993年	平成5年	北海道日本海地方		
					平均 15.5	明治以降 9.9

表 6.3.2 海外で発生しわが国に被害を及ぼした津波の一覧

No.	既 住 津 波	発 生 年		日本の被害地域	発生間隔 (年)
①	アリューシャン大津波	1946年	(昭和21年)	鮎川、油津、串本	6
②	カムチャッカ大津波	1952年	(昭和27年)	北海道沿岸、三陸沿岸、福島沿岸、串本	8
③	チリ大地震津波	1960年	(昭和35年)	北海道東岸、三陸沿岸、関東以南の沿岸	4
④	アラスカ地震津波 (Prince Willam Sound)	1964年	(昭和39年)	花咲、大船渡、串本	4
⑤	ペルー沿岸地震津波	1966年	(昭和41年)	八戸、大船渡	2
⑥	フィリピン・ルソン島 北東部沿岸地震津波	1968年	(昭和43年)	沖縄地方、串本、布良	平均 4.0

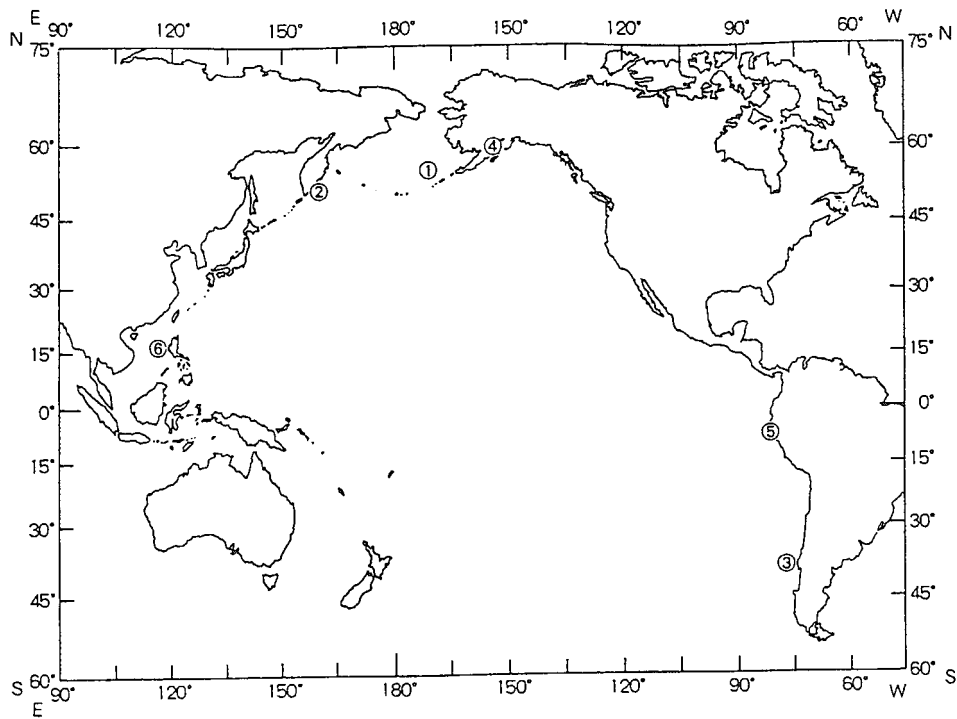


図 6.3.2 海外で発生しわが国に大きな影響を及ぼした津波の波源域

表 6.3.3 津波の規模階級

m	記 事
-1	波高50cm以下。無被害。
0	波高1m前後で、ごくわずかの被害がある。
1	波高2m前後で、海岸の家屋を損傷し、船艇をさらう程度。
2	波高4～6mで、家屋や人命の損失がある。
3	波高は10～20mで、400km以上の海岸線に顕著な被害がある。
4	最大波高30m以上で、500km以上の海岸線に顕著な被害がある。

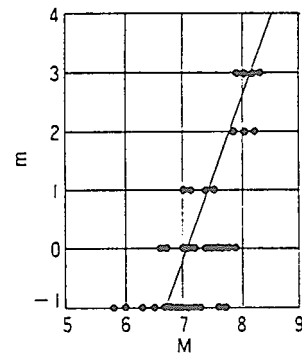


図 6.3.3 地震の規模Mと津波の規模階級mとの関係

#### (4) 津波の伝播特性

海底の地盤変動によって発生した津波は、発生直後においては数多くの周期成分によって構成されている。一般に津波は、波長が水面に比して非常に長いので、位相速度は水深のみの関数になり、津波の位相速度  $C$  は次式で与えられる。

$$C = \sqrt{g \cdot h} \dots\dots\dots(i)$$

ここに、 $g$  は重力加速度、 $h$  は水深である。伝播中の津波の波長  $L$  は次式で与えられる。

$$L = C \cdot T = T \sqrt{g \cdot h} \dots\dots\dots(ii)$$

ここに、 $T$  は津波の周期である。

さらに、一様水深中に進行する津波の流速  $u$  は、

$$u = C \cdot \eta / h = \eta \sqrt{g \cdot h} \dots\dots\dots(iii)$$

で与えられる。ここに  $\eta$  は普通潮位を基準とした津波の水位である。津波の流速は水面から水底まで一様で、津波の山の部分では流速は津波の進行方向に進み、谷の部分では逆方向に進む。

#### (5) 海岸地形と津波高

##### 1) 沿岸部の津波

沿岸部で、波高と水深の比が小さい場合には、水深及び地形の変化に伴う波の高さの変化は次式で求めることができる。

$$H/H_0 = (b_0/b)^{1/2} (h_0/h)^{1/4} \dots\dots\dots(iv)$$

ここに、 $H_0$  及び  $b_0$  は、水深  $h_0$  における津波の高さと波向線の幅であり、 $H$  および  $b$  は水深  $h$  における津波の高さと波向線の幅である。

式(iv)はグリーン (Green) の公式と呼ばれており、津波の高さは波向線幅及び水深が浅くなるほど大きくなる。ただし、この式では岸や海底からの反射や減衰を無視しており、進行波に対してのみ適用できる。

グリーンの公式からわかるように、沿岸部の地形によって波向線の幅がせばまる場合、例えばV字の湾においては湾奥において、津波は大きくなる。

例えば  $h_0 = 3,000$  m、 $b_0 = 500$  m で  $H_0 = 0.2$  m であった津波が、 $h = 10$  m、 $b = 100$  m に達したとすると津波の高さ  $H$  は約9倍増幅され、1.9 m になる。

#### 2) 津波のそ上高

津波のそ上高は、既往の津波の痕跡高から求めるか、数値計算等により算定するものとするが、津波の起こった過去の地形と現在の地形が埋立地の造成等によって大きく異なっている場合、また、湾口部に津波防波堤を建設して津波を防止しようとする場合などでは、痕跡高をそのまま用いることができないので、数値シミュレーション等を行う必要がある。数値シミュレーション等の入力条件としては、湾口部に検潮記録がある場合にはこの検潮記録波形を入力することもできる。津波の波形記録がない場合には、津波を起こした地震の断層条件を設定して入力値とし、津波の発生・伝播および沿岸部の津波高を計算する方法がとられる。

津波のそ上高を求める方法としては、一定水深の水路に一定勾配の斜面が接続しているという単純化された地形でのそ上高を求める式が、首藤、富樫らなどによって提案されている。

津波の数値シミュレーションによれば、津波の発生・伝播からそ上までを一連のものとして計算することができる。津波の数値シミュレーションにおいて、差分法、有限要素法あるいは移動座標系による方法があるが、どの手法がどの場合に最適であるかについて十分な比較検討がなされていない。そのため、津波の数値シミュレーションを行う場合には、過去の津波の痕跡高との比較を行って、手法の妥当性を検証しておくことが必要である。

### 3.2 津波と海岸地形

#### (1) 海岸地形と地質

##### 1) 概要

北海道は太平洋、日本海、オホーツク海の三海洋に囲まれており、海岸線の総延長は 2,950 km (北方領土を除く) である。日本海側、オホーツク海側、太平洋側それぞれマクロ的には基盤地質の相違により、海岸線の形状が規制されている。日本海側の留萌から南の海岸は、新第三系の火山岩類が多く分布するところで、急峻な海食崖をもち、平面的には複雑な入り組んだ地形である。留萌から北およびオ

ホーツク海側は、主に侵食に比較的弱い新第三系の堆積岩類が分布し、砂の堆積した弧状の海岸線を形成している。太平洋側は日高山脈の変成岩類の分布するえりも岬を中心軸に東と西に大きな弧状の海岸線を形成している。

津波の大きな被害発生域の地形的な特徴としては、次のタイプがある。

- A：河川を遡上した波が内陸で内水氾濫を起こすタイプ
- B：沖積低地の海岸など海岸平野を広く遡上するタイプ
- C：小河川の河口付近や小規模の湾など内陸で狭くなった谷地形のタイプ
- D：海岸段丘の崖下など狭い海浜に遡上し、段丘崖を這い上がるタイプ

これらの特徴の相異が海岸の地形に反映しているが、マクロ的にみると日本海側の西南部、太平洋側東部には上記のタイプのすべてがあてはまる。

それぞれの地域の海岸地形、地質の特徴は次のとおりである。

## 2) 日本海側の地形・地質

大きく分けると松前から留萌に至る岩礁が多く入り組んだ海岸線をもつ区域と、留萌より北方の単調な海岸線をもった区域に分けられる。

### ① 松前半島地域（知内～白神岬～江差）

基盤岩は主に先新第三系の硬質な砂岩、粘板岩か

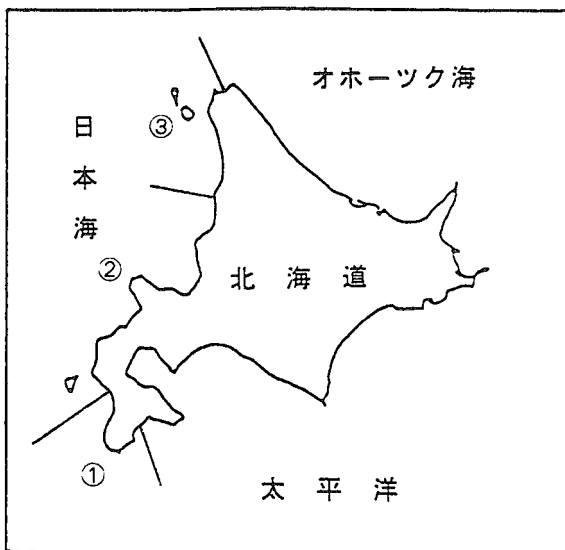


図 6.3.4 当該海域の位置

ら構成される地域で、斜面は海岸に迫り、低地は少ない。岩礁・岩石海岸である。

津波被害のタイプ：D

### ② 北海道西南部地域（江差～留萌）

基盤岩は主に新第三系の分布域である。火山岩類の分布する熊石から積丹半島にかけて及び増毛山地の海岸線は急峻で、海岸線に沿った低平地はほとんどみられない。岩石・岩礁海岸であり、海岸線は複雑な平面形状である。

江差から熊石付近、厚田付近には新第三系の堆積岩類が分布し、明瞭な海岸段丘が発達する。その段丘崖の下に幅の狭い低平地が連続し、海岸線は直線状ないし弧状の平面系で砂質海岸が多い。

厚沢部川、後別利別川、朱太川、尻別川、堀株川、余市川、石狩川などが日本海に流入しており、その河口付近には沖積平野が形成されている。沖積平野は石狩川をのぞき比較的急勾配の河川によって形成されたため、面積は小さく砂、礫質の堆積物が多い。海岸は砂、礫質である。

これらの河川に沿った沖積平野は、津波の遡上による内水氾濫の可能性をもち、また日本海に流入する急勾配の小河川は、海岸から谷奥に向かって急激に幅を迫めるところが多く、津波などの影響を受けやすい地形となっている。

石狩平野は日本海に面して約 27 km の弧状で、粒径が均質な砂質海岸線を形成している。この海岸は海底地形が緩勾配で、汀線が主な波向に対し直角方向にあり、安定した海岸地形を保っている。

一方、石狩平野内は汀線より内陸側 5～6 km の地帯に、現在より高海水準期に形成された旧浜堤列が現汀線に平行に数 10 条ある。最も内陸側には紅葉山砂丘があり、その内陸側は後背湿地として厚い泥炭層、粘土層などで特徴づけられ、地盤沈下地帯となっている。また、洪水氾濫が度々発生する低平地でもある。

津波被害のタイプ：A、D

### ③ 北海道西北部地域（留萌～稚内・増幌川）

基盤岩は新第三系の砂岩、泥岩の分布域で、海岸線は半径の大きい弧状ないし直線状の平面形をなす。留萌から遠別にかけて海岸段丘が発達し、その

段丘崖下と現汀線の間幅狭く、断続的な砂質の海浜が発達する。岩盤の露出区域も多い。低平地は日本海に流入する小河川の河口付近のみである。主な流入河川は留萌川、小平薬川、古丹別川、羽幌川、初山別川、遠別川などである。

遠別から抜海にかけては天塩平野が広がり、その海岸線は半径の大きな弧状の平面形をなす。そこでは現汀線とほぼ平行に数列の砂丘が連続し、背後はサロベツ原野など低湿地、泥炭地が広がっている。海岸は南部では礫質、北部では砂質であるが、漂砂によりあまり安定せず、人工構造物の影響を受けやすい区間である。津波、高波に関しては、汀線の単調な構造、砂丘列の発達などにより影響の受けにくい区間と考えられる。

野寒布岬周辺及び宗谷岬周辺は岩石海岸が多いが、局地的に侵食が進んでいる。

津波被害のタイプ：D

### 3) オホーツク海側の地形・地質

大きな半径の弧状の海岸線が連続する宗谷岬から知床半島までの区間、知床半島及び標津、別海海岸に区分される。

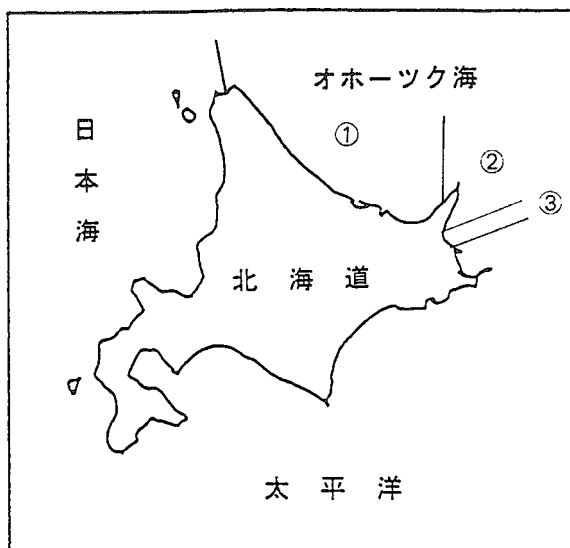


図 6.3.5 当該海域の位置

#### ① 北海道東北部地域（宗谷岬～宇登呂）

基盤岩は主に先第三系の砂岩、粘板岩類、変成岩類で構成され、斜内から紋別にかけて断続的に海岸に露出し岩礁海岸をつくっている。

海岸段丘が連続して発達し低平地は少ないが、浜鬼志別から浜頓別、湧別から斜里にかけて海跡湖をもった沖積平野が広がっている。

浜鬼志別から斜内の区間は、新第三系を基盤とした段丘及び猿払川、中頓別川のつくる沖積平野が比較的広く、海岸線は単調で安定している。汀線は砂質～泥質海岸である。

斜内から紋別間は、先に述べたように海岸段丘が発達するが、その崖下と汀線までの低平地は狭い。汀線は単調で安定している。段丘崖には基盤岩が露出し、岩石、岩礁海岸を形成しているところが多い。

主な流入河川は幌別川、幌内川、雄武川、興部川、渚滑川などで、この谷に沿って細長く沖積低地が広がる。

紋別から常呂までの北見沿岸は、延長 65 km の長大な砂浜海岸を形成している。

この海岸は途中でサロマ湖をオホーツク海と区切る約 15 km の砂洲（幅 300～800 m）を含み連続する。沿岸漂砂があり、部分的に侵食や堆積が生じてはいるが、海岸としては動的安定の状態にある。

常呂から藻琴間は、海岸に新第三系の堆積岩、火山岩類の露出域が多く、入り組んだ海岸線を持ち、能取湖、網走湖などの海跡湖を含む。

藻琴から宇登呂にかけて約 30 km の砂浜海岸が続き、その後背地は斜里川、止別川、藻琴川が流下する沖積低地及び低湿地である。

津波被害のタイプ：B

#### ② 知床半島地域

知床半島は、新第三紀から第四紀の火山岩類の分布域で、海岸線はそれらの岩石類が露出するところが多く、低地はほとんどない。

津波被害のタイプ：D

#### ③ 別海・標津地域

標津から別海、風蓮に至る間は根釧台地の東縁にあたり、第四系の段丘地形、沖積低地が広く分布する地域である。海岸線は比較的単調で、野付半島より北では礫質、南では砂質の海岸である。野付半島をのぞき安定している。

標津川、当幌川、春別川、西別川、風蓮川が流入し、汀線の背後には広い低湿地、泥炭地を形成している。



津波被害のタイプ：B

#### 4) 太平洋側の地形・地質

太平洋側の海岸は、平面形状や横断形に変化が富んでいる。大区分としては、えりも岬より東側の十勝・釧路地域、西側の日高・苫小牧地域、内浦湾及び亀田半島周縁部に分類される。

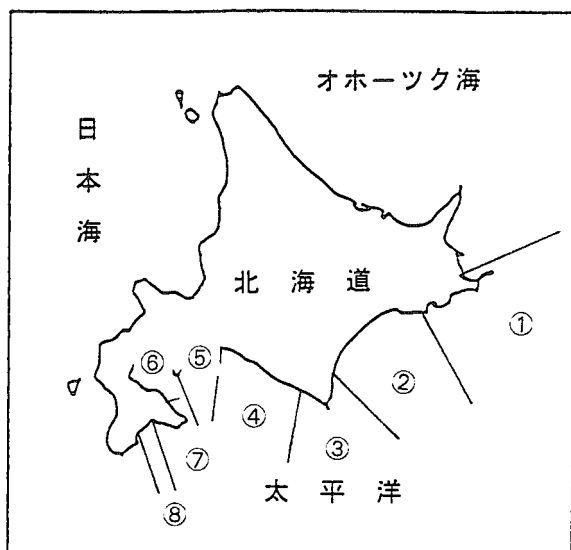


図 6.3.6 当該海域の位置

#### ① 根釧地域（風蓮～釧路）

先新第三系の硬質の砂岩、頁岩及びそれらに挟まれる粗粒玄武岩から構成され、海岸線は岩礁、岩石海岸である。太平洋に面して、花咲、浜中、厚岸など湾入部が多く、リアス式の海岸である。湾奥は幅の狭い沖積低地が形成され、汀線は泥質である。この付近の海岸線は津波の波高を増幅するような形状のところが多く、花咲、霧多布、などでは津波災害の経歴がある。

津波被害のタイプ：C

#### ② 十勝地域（釧路～広尾）

基盤岩は新第三系の堆積岩で、海岸段丘が連続的に発達する。海岸線には段丘崖の下に細長く低平地があり、釧路川、阿寒川の流入域、十勝川の流入域には、それぞれ釧路平野、十勝平野が広がる。海岸は主に砂質であるが、庶路から浦幌にかけて一部基盤岩が露出する。

汀線は釧路から広尾まで 120 km の長さで緩弧を描く、長大な砂浜を形成し安定した海岸である。釧

路港、十勝港（広尾）がこの長大な砂浜海岸の両端にあり、その間は大樹、大津、厚内、白糠の小漁港があるのみで、大部分自然の状態である。

また、生花苗、湧洞、長節などの海跡湖が長大な砂洲により太平洋と境されている。

釧路平野（湿原）は、海岸線に平行に発達する浜堤列と砂丘、内陸の泥炭地で特徴づけられ、軟弱地盤が広く分布する。津波に関しては釧路川など河川を遡上したものが内水氾濫を発生させるような状況が考えられる。

津波被害のタイプ：A

#### ③ えりも地域（広尾～浦河）

先新第三系の変成岩類の露出する急峻な斜面をもった海岸地形である。段丘は発達するが、比高が高く段丘崖に岩盤が露出し、岩礁海岸に連続している。また、汀線は巨礫質の区間が多い。

津波被害のタイプ：D

#### ④ 日高地域（浦河～鶴川）

基盤岩は、新第三系、古第三系の堆積岩類（砂岩、頁岩など）から構成され、海岸段丘が連続する。段丘崖と汀線の間には半径の小さい弧状の砂礫浜が分布する。基盤岩の岬とポケットビーチの連続で平面的にかなりの凹凸があるが、マクロ的にはほぼ北西～南東方向の直線状の海岸である。

元浦川、静内川、新冠川、厚真川、沙流川、鶴川などの急流河川が流入し、それに沿って細長い沖積低地が形成されている。堆積物は礫、砂が多く、泥質分は少ない。

津波被害のタイプ：A

#### ⑤ 勇払地域（鶴川～室蘭）

基盤岩は新第三系であるが、第四系の未固結堆積物が広く、厚く分布する地域である。鶴川河口から苫小牧の西、社台付近までは 44 km 間砂浜が続き、平面的には半径の大きな円弧形状の苫小牧海岸である。自然の安定した砂浜海岸であったが、近年では港湾施設等人工的な構造物により、一部不安定の傾向にある。

海岸線には標高の高い砂丘が連続し、津波に対する防波堤の役割をもつが安平川河口付近では後背湿地が広がり内水氾濫の可能性をもつ。

大都市苫小牧市を含む勇払平野の表層は、勇払川より東側には主として粘土、泥炭層が広がり軟弱地盤地帯であり、西側は数10列の浜堤列を形成する砂層が堆積し、液状化の可能性をもっている。

胆振幌別海岸は、安定した砂浜海岸であったが、近年は人為的な影響により不安定化しつつある。主な河川は東より厚真川、安平川、白老川、登別川、幌別川が流入し、狭い沖積低地を形成している。

津波被害のタイプ：A

⑥ 内浦湾地域（室蘭～鹿部）

湾奥には静狩から八雲にかけて主要な波向に直角方向に砂質海岸が連続し、背後には細長く低湿地が広がる。近年では土砂供給量の減少のためか海岸侵食が進んでいる。他の区間は新第三系～第四系の火山岩類、凝灰岩類の分布する急峻な海岸地形が多い。

津波被害のタイプ：A

⑦ 亀田半島地域（鹿部～函館）

基盤岩は主に新第三系の火山岩類の分布する急峻な地形で、海岸線には低地はほとんどない。岩石及び礫質の海岸である。

津波被害のタイプ：A

⑧ 津軽海峡地域（函館～知内）

基盤岩は主に新第三系の堆積岩類から構成される。海岸段丘が発達し、低平地は函館平野と知内付近である。この区間は砂質海岸である。函館の西から木古内にかけての区間は、段丘崖と汀線間に低平地はない。岩石及び礫質の海岸である。主な流入河川は有川、知内川である。

函館平野の表層は、沿岸部には砂層、内陸部には泥炭層が堆積し、軟弱地盤、液状化可能性地盤を形成している。

津波被害のタイプ：A

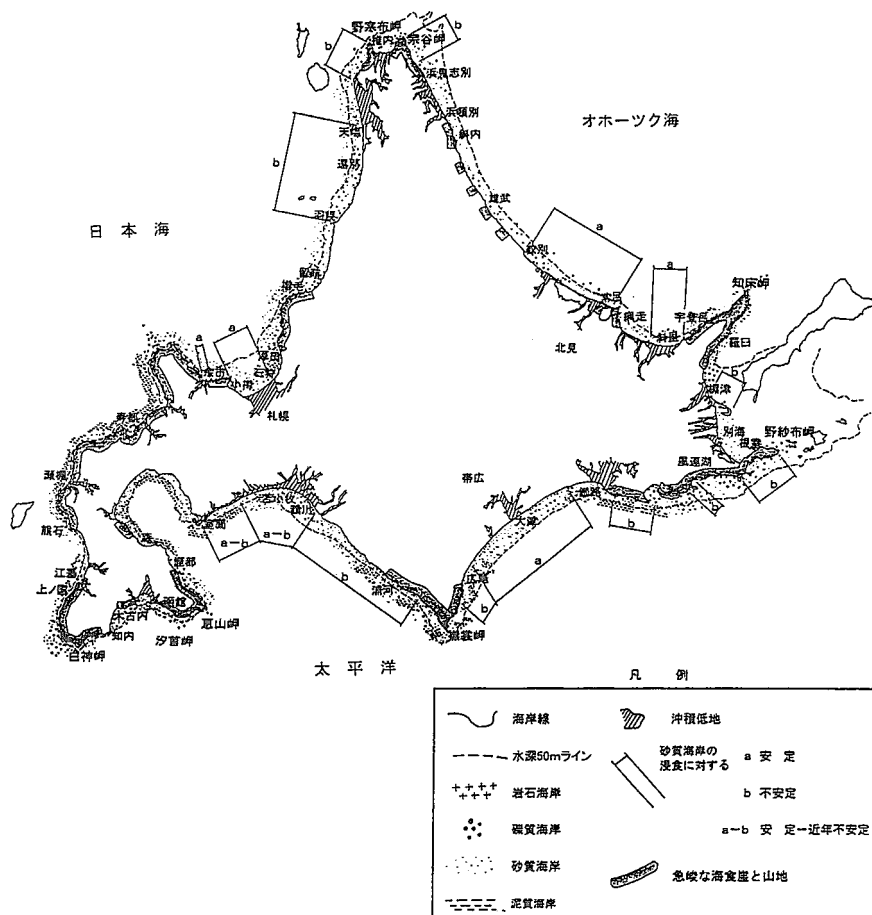


図 6.3.7 北海道の海岸地形と地質

※安定海岸の地理的条件（尾崎 晃，1981，土木学会水理委員会），日本第四紀地図，日本第四紀学会編 1987年をもとに作成

(2) 津波被害のパターン化

前述のように、北海道をとりまく太平洋、日本海、オホーツク海の海岸構造は異なっていることがわかった。これは、海岸の構造ばかりでなく、海底の構造も大きく異なっている。

津波の到達する位相速度は、前項(3)に示したように(i)式で表される。

$$C = \sqrt{g \cdot h} \dots\dots\dots(i)$$

ここに、g は重力加速度、h は水深である。

今、各海域の代表的な断面を図 6.3.8 に示す位置に設定し、水深 150 m の海底において地震が発生したと仮定して、津波が到達するまでの時間を各海域毎に求めたものが図 6.3.9 である。

水深 150 m の海底で地震が生じ、津波が発生した際に、オホーツク海では 20 分、太平洋で 8 分強で到

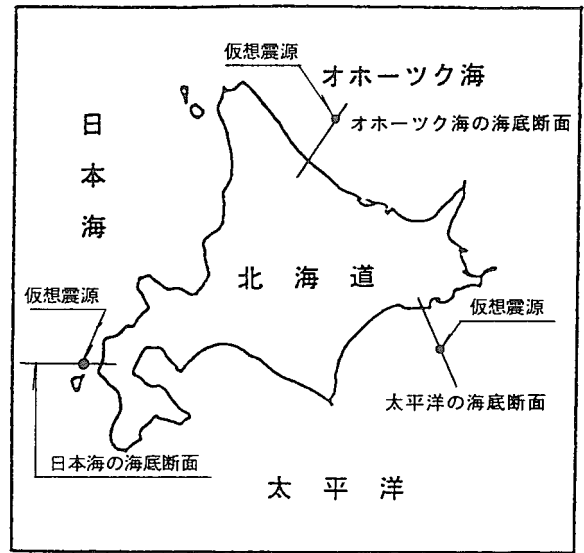


図 6.3.8 各海域の代表断面

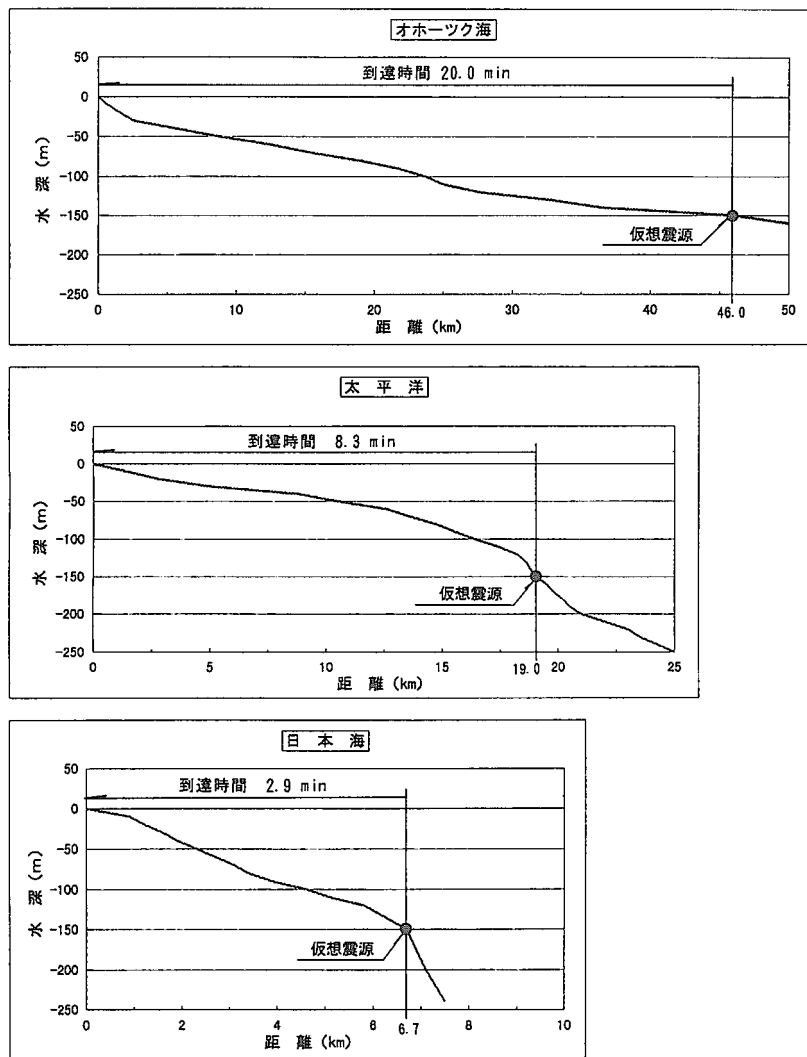


図 6.3.9 各海域の海底断面と津波の到着時間

達するが、日本海の場合には3分弱で到達することになる。これは各海域の海底勾配の違いによる。陸から水深150mまで距離をみると、オホーツク海が46kmであるのに対して、太平洋は19km、日本海はわずか6.7kmである。位相速度は水深によってのみ決定されるため、到達する時間は陸までの距離によるのである。したがって、同じ水深であっても日本海側では震源地は陸からすぐ近くであることを認識しなければならない。

また、オホーツク海の場合はほぼ一定勾配で深くなっているのに対して、日本海の場合は水深150m付近から急激に深くなっている。このため、日本海では長周期の津波が急激に水深が浅くなることによって進行が阻まれそのエネルギーが上方に盛り上がり大きな波高になって来襲するのである。これは太平洋についても同様のことがいえる。この現象を日本海を例にとって模式的に示したものが、図6.3.10である。

### 3.3 津波に強い町づくり

北海道沿岸はユーラシアプレートと北米プレートの接点であり、地震津波の発生が今後とも予想され

る地域であることを再認識する。

また、北海道は日本海、太平洋、オホーツク海に囲まれており、水深、対岸距離、海底勾配がそれぞれ異なっている。日本海側のように海底勾配が急峻な海域では進行してきた津波が水深が急に浅くなることによって非常に高い津波高となって来襲する。一方、太平洋では対岸距離がほぼ無限大であるため、長周期の津波が大きなエネルギーを損失することなく来襲する。このような海岸特性を十分に把握して津波対策構造物による防災対策を立案することが肝要である。

#### (1) 津波予報

気象庁は津波予報を迅速化して、発震後3分以内に警報を出せることを目指している。地震が弱くても津波が大きいことは、深海に設置した津波計での計測がなくては判定はできない。こうした深海津波計は御前崎・房総沖にはあるが、津波常習地帯とされる三陸地方にはないのが実態であり、ましてや北海道には設置されていない。

1983年(昭和58年)の日本海中部地震では、「オオツナミ」警報が発表されたが、一部の地域では、発表前に津波が来襲した。また、1993年(平成5年)

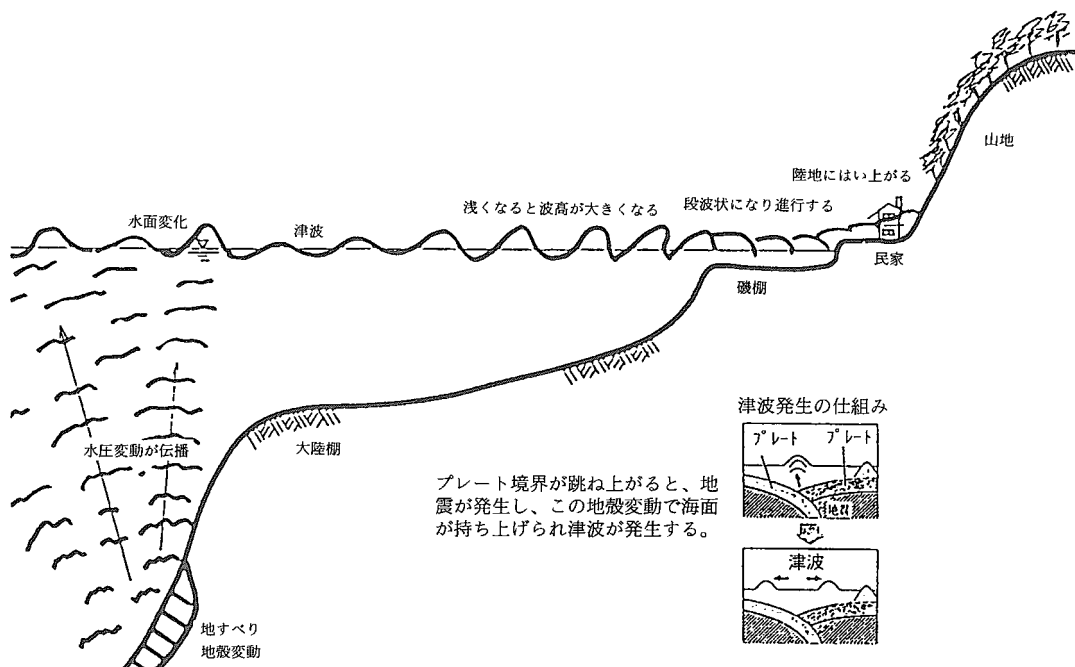


図6.3.10 津波来襲の模試図

の北海道南西沖地震の場合、津波警報が発表されたのは地震後5分、NHKが放送したのは地震後7分であったといわれている。その時はすでに奥尻島青苗などでは、津波が来襲していた。このようなことから、気象庁では津波地震早期検知網及び緊急情報衛星警報システムを、平成6年4月から運用開始しており、北海道の高潮対策事業では津波情報管理システムを策定中である。(図6.3.11)

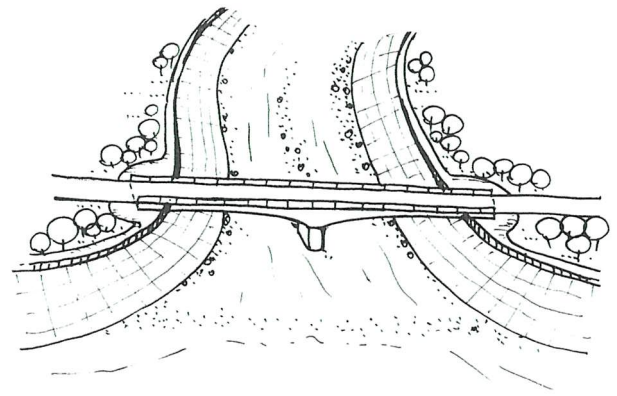
しかしながら、正確な情報は発震後数分では得られないと考えるべきである。海辺で地震があれば、まず津波を想定して避難することを常識とし、津波が予想されるとTVで情報を得ようとするが、これは危険である。TVなどで流れる情報は、広がりを持った平均的な情報である。命に関わるのはその人の居る、その場所での局地的な津波なのである。30m離れると津波高が数メートル違うことは希ではない。自分のいる場所の海を自分の目で見て判断することこそが重要である。

## (2) 津波に強い町づくり

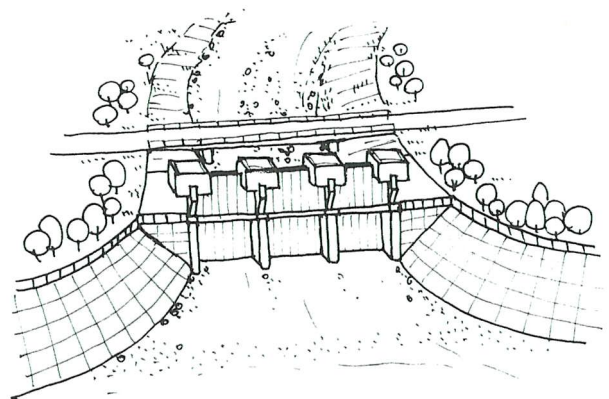
### 1) 防災施設

津波対策は、海岸で津波防波堤、防潮林、人工地盤、町づくりと連動した地上げ、避難道路等、河口部で防潮堤、防潮水門、(図6.3.12)を建設し、津波災害を防止するものである。

日本海沿岸で発生した南西沖地震津波は、奥尻島をはじめ大成町、北檜山町、瀬棚町、島牧村の河口付近で特に多大な被害をもたらした。特に、河川への津波遡上による高潮被害を防止するために1994年(平成6年)、北海道で始めて高潮対策が採択された。



防潮堤建設した時のイメージ



防潮水門を建設した時のイメージ  
図6.3.12 防潮堤と防潮水門のイメージ

ここでは、今後の防災対策に参考となることを期待して、高潮対策事業の一部を紹介するものである。

この高潮対策事業は、構造物の維持管理が容易な防潮堤方式を基本とするが、表6.3.4のように工事費の比較、高潮対策施設が背後地の土地利用に及ぼす影響などについても検討し、総合的に決定している。

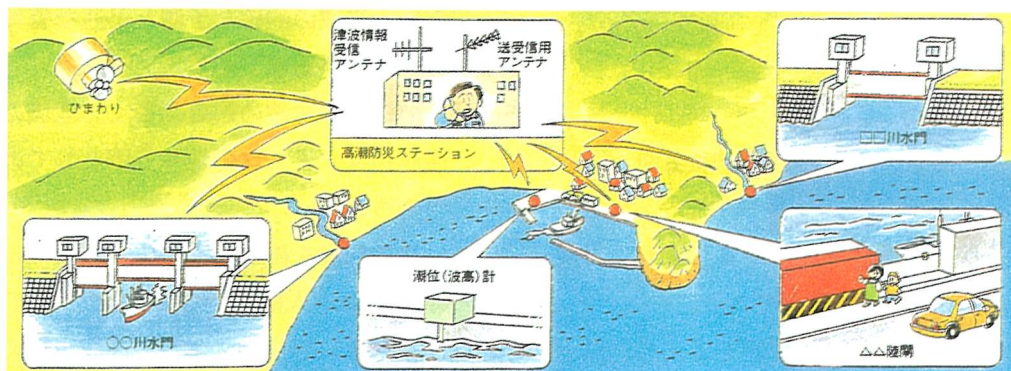


図6.3.11 津波情報管理システムの一例

表 6.3.4 高潮対策事業の検討表

	防潮堤方式	防潮水門方式
1. 地域に対する影響	●補償物件、橋梁の架換、堤防の築造などにより、地域の生活に変化を及ぼすことがある。	○河口近くに設置する機会が多く、地域生活に影響を与えることが少ない。
2. 維持管理 ①操作 (地震発生時) ②補修・点検 (通常時)	○必要ない	●水門の監視・操作体制を確立する必要がある。 ●水門の劣化による点検・補修が必要である。
3. 建設費 維持管理費等	○通常の維持補修費程度	●維持のためのランニングコストがかかる。
4. 河川環境 景観親水性	●コンクリート護岸を施した堤防は、生態系、景観、親水性に対して影響が大きい。	●水門建設による海岸景観の変化が考えられる。
5. 技術的課題	河口付近の地盤が悪い地域では、地震に対する配慮が必要である。	

表 6.3.5 高潮対策事業対象河川一覧表

町村名	河川名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	計画津波高 T.P (m)	対策方式
奥尻町	1 赤石川	4.0	5.4	防潮水門 防潮水門 放水路
	2 青苗川	16.6	11.7	
	3 ワサビヤチ川	2.0	11.7	
島牧村	4 歌島川	10.0	5.6	防潮堤 //
	5 折川	43.9	5.6	
	6 本別川	10.7	5.9	
	7 泊川	101.1	5.9	
	8 千走川	75.8	6.3	
瀬棚町	9 新甫川	4.1	6.3	防潮水門
	10 馬場川	32.0	7.4	
大成町	11 砥歌川	9.5	7.0	防潮堤 // 防潮水門
	12 上古丹川	5.2	7.0	
	13 小川	16.3	7.4	
	14 白別川	48.4	7.4	
	15 平田内川	2.7	7.4	

※○数字は、平成7年度実施河川

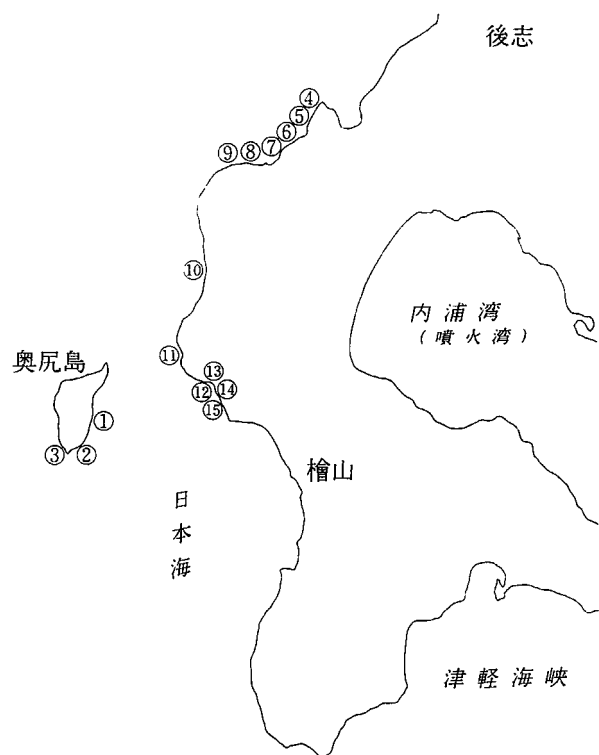


図 6.3.13 高潮対策事業対象河川位置図

対象河川は、図 6.3.13、表 6.3.5 に示すが、対策方式は 1996 年 (平成 8 年) 現在である。

以上の対象河川から、技術的課題を抽出し、以下に示した。

- ・阪神・淡路大震災からの教訓として、防潮水門がトップヘビー (不安定) 構造にならないように配慮し、加えて上屋を日本海沿岸の自然景観と調和させる。

- ・防潮水門の維持管理システムを構築するために、監視、自動操作体制を確立するとともに、海岸から打ち上げられる土砂対策を検討する。
- ・防潮堤の水理的基礎となる津波遡上解析の進展を図る。

2) 今後、新たな地域への取り組みとして

- ・津波危険地域の評価、緊急避難地と避難経路の策定、避難所計画を策定する。
- ・そのために、その地域の津波の高さや浸水区域などの過去のデータと津波の浸水挙動や避難経路の人間の流れなどに関するシミュレーションを検討する。
- ・また、津波の的確な予測と迅速な警報の発令、避難の誘導が重要である。
- ・その結果、津波の起こりやすい地域の居住制限、住居移転、または緑地や公園としての使用などが考えられる。

3) 津波防災を確かなものにするために

津波による人的被害を最小限にとどめるためには、ただ単に構造物によって津波を抑えるのではなく、津波の及ばない場所にまで避難することが第一

である。

このように、100%被災を防ぐことより、自分たちの住んでいる町の中で、被災するかもしれない場所、絶対に安全な場所というように区分してその場所を町民がみんな認識するといった町づくりを行っていくべきである。

全国の事例でも、津波対策構造物の進展の反面、時間がたつにつれて防潮堤の沖側へ人が住み着く、最近増えた危険物の所在を防災担当者さえ見逃す、津波の記憶が薄れつつあるなど、懸念される素地が見受けられる。そのためわが町の津波対策についての水準まで整備され、どの部分が未整備なのかを認識しておく必要がある。

### 3.4 記憶風化防止のために

「災害は忘れた頃にやってくる」とはいうものの、突然の災害は人々の暮らしに経済的打撃を与えるのみならず、精神的にも深刻なダメージを与えることになる。

とくに、阪神・淡路大震災の場合、一部の有識者から「活断層」の存在が指摘されていたにも拘わらず、人々に地震の空白地帯と信じられていたことから、その衝撃は計り知れないものとなった。

津波被害については、1896年(明治27年)の「明治の三陸津波」、1933年(昭和8年)の「昭和の三陸津波」、1960年(昭和35年)の「チリ大地震津波」が、その人命被害の大きさから著名なものとなっているが、ともすれば、その記憶は風化しがちである。

1993年(平成5年)に発生した「北海道南西沖地震」の悲劇を再び繰り返さないために、また、その被害を最小限に食い止めるために、津波被害の特性を踏まえた上で、主に行政機関が実施する防災対策とは別の視点から津波被害の風化防止を考える。

#### (1) 津波を知る

津波は通常の地震によるものと、近年のニカラグア地震(1992年7月、死者170人)に見られる「津波地震」に分けられる。

前者は震源の断層の動きが数十秒で終わるような

地震の場合であり、北海道南西沖地震が、それに該当する。一方、後者は100秒を超えるような非常にゆったりとした地震によるもので、地震の揺れは比較的小さい。しかし、地震発生後に不意打ち的に津波被害をもたらすもので、三陸津波やチリ津波がこのケースである。

津波地震の場合は、その発生メカニズムが断層のずれのほか、マグマの水平堆積層への貫入、巨大海底地すべりなどの要因で起こるといわれ、現在、その予報及び観測体制の強化が急がれているところである。

このように、津波には2つのパターンがあることを、まず認識しておく必要がある。また、津波の形態を知っておくことも重要である。

- ① 潮の満干に似て、水面がゆっくり上昇するもの
- ② 沖では認められない津波が岸にきて急に大きくなるもの
- ③ 沖でも津波が認められ岸でさらに大きくなる、堤防の土手のような津波
- ④ 波の先端が巻いてくだけるもの

#### (2) 津波は起こるべくして起こる

日本近海には、日本海側にユーラシアプレート、太平洋側には北米、太平洋、フィリピン海の各プレートが存在し、これに加えて中小の断層が複雑に入り組んでいる。これらがずれることで引き起こされる津波は、有史以来、180回を数えるといわれているが、この中には地震津波も含まれている。

最近の日本近海での津波発生の状況を、図6.3.14に示す。(実線は断層の位置を示し、矢印は断層の動いた方向とずれの大きさを示す)

このように、日本列島は、まさに、いつ地震や津波が発生してもおかしくない状況にあるといえる。このことを統計処理し、日本各地の津波危険度に表したものが図6.3.15である。

これは、2,000年から10年の間に1m以上と5m以上の津波が来襲する確率を示したもので、Aが100~80%、Bが80~60%、Cが60~40%、Dが40~20%、Eが20~0%の確率を意味している。



図 6.3.14 日本近海の津波の発生状況

これらのことに加えて、わが国は、今なお地殻活動の活発な地域であり、火山動や地震動に伴う津波の発生は、歴史的に見ても必然性を持ったものとして受け止めていかなければならない。いわば、気象条件による風水害等と同列の事象として認識していく必要がある。

### (3) 人々の暮らしの中に

津波被害は、風水害に比較して発生頻度が少ないために、ともすれば、その記憶が風化しがちである。とくに、防災対策が終了すると途端に人々の暮らしから遊離したものとなっていく傾向が強い。

日本列島の特殊性から考えると、暮らしの中の防災がいかに重要なものか、多くの人々が知っているのにも拘わらずである。

その顕著な事例が、三陸地方での「集落の高所移転」である（時代と共に低地に住むようになってしまった）。

津波被害の記憶を風化させないためには、人々の暮らしの中に、その記憶が身近なものとして存在していることが大切なのである。

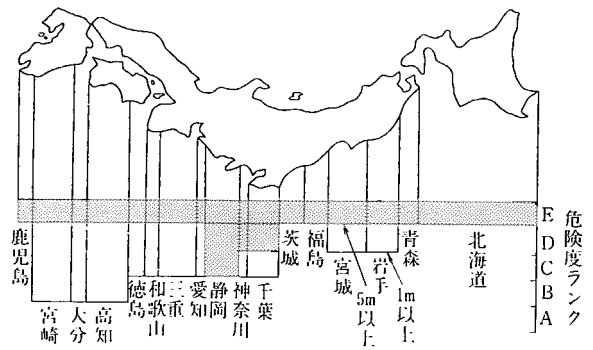


図 6.3.15 津波の危険度ランク

例えば、以下のような工夫である。

#### ① 津波痕跡の保存

公共施設をはじめとして、建物等に津波の痕跡を記録・保存しておく。

#### ② 津波被害の伝承

津波災害の記録や被災体験、避難生活を後世に伝えるために、報告書や写真集を残すほか、そのことを語り継ぐ慣習を復活させる。

#### ③ 避難先と経路

地震による津波は、津波予報を上回る速度で来襲する可能性がある。地震が起きた場合、安全地帯への避難を最優先に、避難先とその経路を確保しておく。

#### (4) ま と め

災害の記憶は3、40年程度で、100年経過すると忘れ去られるといわれている。とくに、津波の場合は、三陸津波で明らかのように、人心の変化による災害の記憶風化が、結果的には被害を助長することになったのである。

ここでは、一般の生活者が取りうる自己防衛としての、災害の記憶を風化させない方策を記述することとした。

その前提として、第一に津波を知ること、第二に津波発生の可能性を知ること、そして、災害の記憶を風化させない努力、と整理した。



【参考文献】

- 「海岸保全施設築造基準解説」  
(昭和 62 年, (社)全国海岸協会)
- 「海岸保全計画の手引き」  
(1994 年, (社)全国海岸協会)
- 「北海道後志・檜山沿岸高潮対策事業推進協議会第 2 回協議会資料」  
(1995 年, 北海道)
- 「地震予知がわかる本」  
(1995 年, オーム社, 力武常次監修)
- 「安定海洋の地理的条件」  
(尾崎 晃, 1981, 土木学会水理委員会)
- 「日本第四紀地図」  
(日本第四紀学会編, 1987)
- 「日本地形論」  
(吉川 虎雄他, 1973, 東京大学出版会)
- 「1993 年北海道南西沖地震における港湾・漁港の被害」  
(水野 雄三他, 土と基礎, 1993.11. 報文-2284)
- 「1993 年北海道南西沖地震における被害の概要」  
(土岐 祥介他, 土と基礎, 1993.11. 報文-2282)
- 「1993 年北海道南西沖地震における道路・鉄道・河川堤防の被害」  
(西川 純一他, 土と基礎, 1993.11. 報文-2283)
- 「1993 年釧路沖地震における港湾・漁港・空港の被害」  
(水野 雄三他, 土と基礎, 1993.6. 報文-2259)
- 「内浦湾海岸浸食成因調査報告書」  
(昭和 42 年 2 月, 北海道開発局土木試験所)
- 「北海道における地震災害の地域特性に関する調査研究 I 想定地震策定のための基礎調査」  
(昭和 62 年 3 月, 北海道)
- 「応用地学ノート」  
(武田 裕幸他, 1996, 共立出版(株))
- 「日本の地質 1 北海道地方」  
(加藤 誠他, 共立出版(株), 1990)
- 「北海道の地質 60 万分の 1 北海道地質図」  
(北海道立地下資源調査所, 1980)



## 「米国西海岸研修旅行」から学ぶもの

# 3つの Why

北海道技術士センター副会長・研修団団長

大島 紀房 (応用理学部門)

防災研究会の発足時から会員の誰とはなしに「防災の危機管理、情報伝達システムの先進都市であるサンフランシスコ、ロスアンゼルスを訪ねてみたい」という願いのもとに、1996年10月22日から10日間現地研修に励みました。正直いって肉体的にはスーパーハードな工程でしたが、それをはるかに越える情報収集量の多さ(?)からすがすがしい疲れで戻られたのは私だけではないと自負しております。

24名の団員が参加し、研修から学び得たことはそれぞれに違うでしょうが、私なりに学び得た「教訓」は現地の講師たちに問われた「3つの Why」でした。

Why 1 ; 「なぜ阪神大震災ではあんなに犠牲者が  
でたのか」

Why 2 ; 「日本ではなぜハザードマップをつくり

公開しないのか」

Why 3 ; 「日本では防災の取り組みがなぜ縦割りで、横のネットワークがないのか」

Why 1 ; 「なぜ阪神大震災ではあんなに犠牲者が  
でたのか」

裏を返すと「日本の国民の危機管理意識、防災意識はどうなっているのか」という質問です。

この質問の前に、米国西海岸の地震の源であるサンアンドレアス断層について述べてみます。

図-1に世界の主なプレートの分布を示します。このプレートの動きにより発生する地震のタイプは大きく3つに分けられます。「1つは日本の太平洋沿岸で発生する地震のように、海洋プレートがユーラ

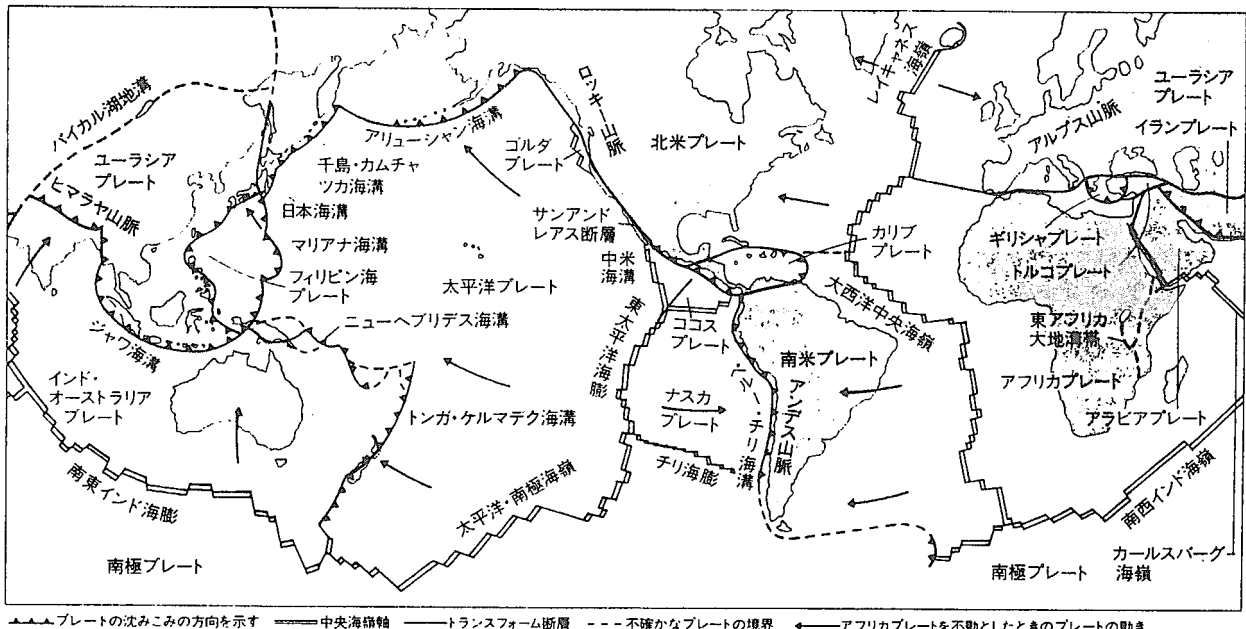


図-1 世界の主なプレートの分布 (「情報・知識 imidas」1997より)

シアプレートのような大陸のプレートにもぐり込むことにより発生するタイプ(図-2)」「2つめはヒマラヤ山脈のように大陸プレートと大陸プレート(インドプレートとユーラシアプレート)のぶつかり合いのように力と力の均衡の破綻により生じるタイプ」「3つめは地球内部物質の噴き出す海嶺、海膨周辺と、サンアンドレアス断層(トランスフォーム断層)のようにこれを切る断層のタイプ(図-3)」です。

サンアンドレアス断層は、サンフランシスコとロスアンゼルスを通り南北に1,400 kmにおよぶ世界最大級の活断層です。この断層に平行するハイワード断層、ロジャースクリーク断層など約270の断層からなり、地上に現れず地下に潜む「伏在衝上断層」を入れるとその数はまだまだ増えるといわれています。サンアンドレアス断層は年間3~5 cmの速度他の断層群も2~5 mmの速度で動いています。

1989年のサンフランシスコ湾地震(ロマプリータ地震)、1994年のロスアンゼルス近郊地震(ノースリッジ地震)は私達の記憶に新しい大地震ですが、この恐ろしい断層群の上にたくさんの都市が形成されているのです。

さて、話題を最初に戻します。現地での研修で我調査団の1人が「なぜサンアンドレアス断層のような危険地帯に町をつくり生活するのか」との質問に、即座に「そこには水があるから」そして「大地震は数10年に1回、水は毎日の生活必需品」との返答でした。

断層地帯は地質が脆弱となり侵蝕され、低地帯をつくります。そして地下水が豊富です。水があり、地形が平坦な低地帯には人間だけではなく、家畜を育て農作物をつくるにも最適です。開拓の当初から地震による災害の恐ろしさを知りながら、そして恐ろしさと闘いながら歴史を重ねてきたのです。だから、『災害を克服するのは国民の義務』と堂々と胸を張るのです。

また、アメリカにはFEMA(連邦危機管理庁)があります。阪神大震災の直後に、「もし日本にこのような政府組織があったなら……」と話題にのぼりました。

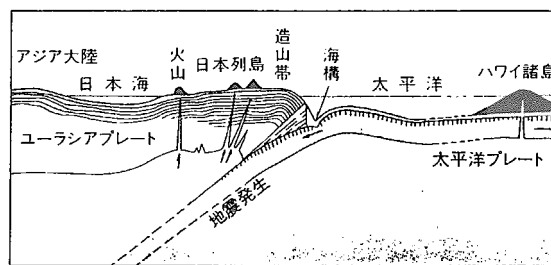


図-2 日本のように海洋プレートが大陸プレートにもぐり込むタイプ

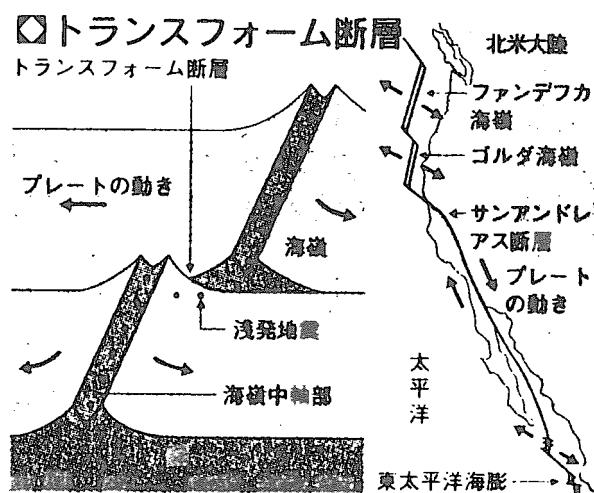


図-3 サンアンドレアス断層のように横ずれを起すタイプ(「情報・知識 imidas」1997より)

しかし、FEMAはいつでも出動するものではありません。そして緊急事態も多岐にわたります。最も恐ろしい緊急事態は暴動、続いてハリケーン、洪水、地震……と続くようです。人種差別、武器の所持が認められるアメリカにとって、日本では考えられないようなことが緊急事態の第1の対象になっているようです。ここでも国民は、自分で自分を守ることを自覚し、そして義務と考えているようです。

「なぜ、阪神大震災ではあんなに犠牲者がでたのか」答えは、おのずと明らかです。

## Why 2 ; 「日本ではなぜハザードマップをつくり公開しないのか」

CDMG (カリフォルニア鉱山地質局)、USGS (連邦地質調査所)、Caltrans(カリフォルニア州政府交通局)などは、地震による被害軽減のためにハザードマップをつくり、関係機関や住民に公表しています。

例えば、USGSの都市域におけるハザードマップを見ると

- ① サンアンドレアス断層、ハイワード断層、伏在衝上断層などは、断層毎に挙動が異なり、災害域、災害形態などが異なる。
- ② 地震波の伝播は地下や地表付近の地質の種類により異なり、同じ地震でも地域によって被災規模、形態が異なる。

など、住民にそこで起きるであろう災害の種類や、被災規模特定の難しさを理解するように努めている。

また、GIS (Geographic Information System) を用いたハザードマップでは

- ① 危険範囲の明示。
- ② 構造物をつくる場合には、地質構造を良く理解すること。
- ③ 地震が発生した場合、構造物にどのような影響を与えるか。

などの情報を与えることを主としており、断層危険地帯に構造物をつくることを禁止するのではなく、自らが良く理解して、自らがつくるかどうかを判断するよう義務づけているようである。

したがって、国民(住民)は、地震発生に伴う規模、被災範囲などの予測の難しさを十分理解しており、ハザードマップが多少間違っている、また、自らが判断してつくった構造物が壊れてもほとんど官側の責任を問うことはないとのこと。

地価の影響、建物が壊れると官側へ責任を押しつけがちな日本の国民性からして

「日本ではなぜハザードマップをつくり公開しないのか」の課題も答えは明らかである。

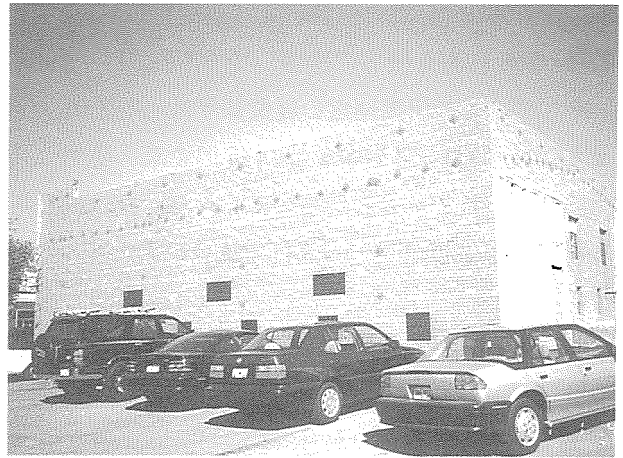


写真1 断層の直上に建てられているレンガの建物  
本人の意思によりアンカーによる補強を施し生活している

## Why 3 ; 「日本では防災の取組みがなぜ縦割りで、横のネットワークがないのか」

カリフォルニア工科大学 (Caltech) の地震工学センターの世界的にも名の知れた Dr.T.Heaton の質問である。

カリフォルニアにはキューブ(CUBE)システムがある。1994年のノースリッジ地震でも非常にその効力を発揮し、阪神大震災の時に日本にもその必要性が説かれた。Caltech/USGS Broadcast of Earthquakeの略称である。

地震が発生した時に

1. 地震の種類、震源の位置、マグニチュード
2. 緊急対応
3. 発生直後の被害情報
4. 初期被害予測

などをユーザーにポケットベルで伝えるシステムである。地震発生後2分以内 (Near Real Timeと説明してくれた) に震源と3.5以上のマグニチュードが認定される。

その目的は、「地震観測システムを地震災害軽減に役立たせる」ことで「その一部が地震で被害を受けても被害地域外の他の観測点で被害地域下の情報を得る」としており、Caltech、USGSの他にCDMGやOES(カリフォルニア州危機管理局)などが共同研究体制を組みネットワークを構築している。現在この中心人物は、同大学同センターの所長である日

本の金森博士(元東大地震研究所教授)であると Dr, T, Heaton は胸を張って説明してくれた。

そして、この研究運営の経費はガス・鉄道・電力・ゼネコン・電話・自治体などの 25 の企業、地方公共団体で賄われていると説明してくれた。各企業の年会費は約 25,000 ドル(日本円で約 300 万円)とのことである。

実にユニークで効率的な組織である。

「日本では防災の取り組みがなぜ縦割りで、横のネットワークがないのか」には Dr, T, Heaton がニヤリとしながら自ら答えを出してくれた。

「日本の企業は金持ちである。電力会社もガス会社も JR も。しかし、アメリカは貧乏だから皆でお金を出しあい共同研究をしているのさ」

『頑張ろう、日本!! 3つの Why にむけて』

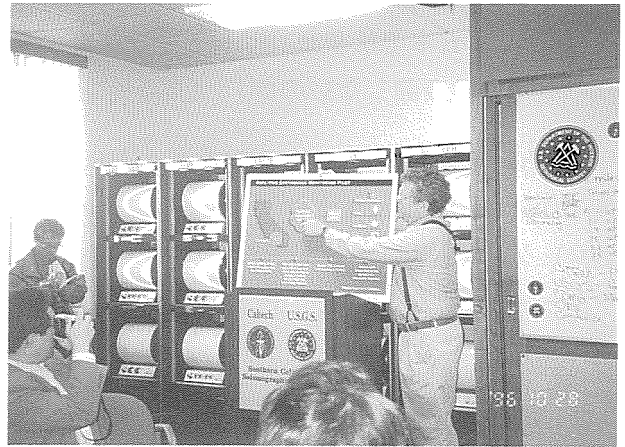


写真2 カリフォルニア工科大学地震工学センター  
・ CUBE システムの説明  
・ 地震が発生するとユーザーにポケットベルで情報を伝えてくれる。右は Dr, T, Heaton

## あとがき

防災研究会 幹事長

松井 義孝 (建設部門)

「技術士からの提言—地震防災に備えて」を発刊致します。防災研究会会員各位におかれましては、2年間に  
およぶ研究討論、そしてボランティアでありながら日常の業務多忙という環境下の中、本書の作成作業に対し  
まして、そのご苦勞に心より感謝申し上げます。

ここに、本書を読まれる皆様には、防災研究会を知っていただく為にこれまでの行動を若干述べさせていた  
だきます。

防災研究会は、平成7年5月に阪神大震災を契機に発足致しました。日頃、高度な科学技術集団と自負して  
いたはずの技術士たちは、この類をみない阪神大震災では、はたして何が出来たのであろうか？。そして、私  
たちの技術はいかにして社会に貢献しなければならないのか？、などの思いめぐらしながらここに、北海道発  
信として防災研究会が走り出しました。

当研究会は、(社)日本技術士会北海道支部、北海道技術士センター共通の研究組織であり、その会員は建設部  
門をはじめ、電気・電子、水道、衛生工学、農業、林業、水産、経営工学、情報工学、応用理学部門等と多岐  
にわたるメンバーから構成されています。その年令層も40歳代が主流であり、実務第一線の本格技術者集団で  
あり、まさに「防災のエキスパート」として自負したいところです。

防災研究会の委員の任期は、2年を基本としており、今回は、第1期(H7.5~H9.3)にあたります。第1  
期~2期迄の活動テーマとして、「地震災害」を選択し、各部会の特性を生かした分野ごとに幅広く研究をして  
参りました。そして、この2年間の間に2カ月毎にもち廻り各部会講演会を開催し多数の方々との討論を重ね  
研究の密度を高めて参りました。その間、委員の中から官庁あるいは民間を問わず多数阪神大震災復旧作業へ  
と出向され、現地からのレポートも生かされております。これらの現場経験や討論は勿論、多くの技術士の知  
識やノーハウとして蓄積されて来た訳です。そこで、とりまとめられた資料を我々技術士だけの内部資料とし  
て埋もれてしまうのは、「技術士としての社会貢献」に値しないのではないかとこの意見も高まり本書の発刊に  
至った次第です。本書は、「技術士からの提言—地震災害に備えて」の本報告集(約250ページ)と「地震災害  
に備えて—技術士からの27の提言」の概要版冊子(36ページ)の2分冊としました。前者の本報告集は、有料  
販売と致しますが、冊子は社会に幅広く浸透しご理解していただきたく無料配付と致します。是非とも、皆様  
には双方共、お手元にそろえていただきますようお願い申し上げます。特に本書は、多数の専門技術士の豊富  
なノーハウとして北海道の地震防災の問題を提言しております。

平成9年~10年は、札幌は勿論の事、道内を更に帯広(釧路)、旭川、室蘭、函館の4ブロックに分けて講演  
シンポジウムの開催を予定しております。又、防災研究会では、本PR冊子など関連データをホームページの  
中で公開するべき準備作業も進めているところです。日本各地はもとより、世界に向けて北海道発信からの交  
流の場でもありたいと考えております。

本書は、各地方自治体行政担当者の地震対策、防災計画、そして都市、地域計画等の一助になればという思  
いで提言を構成しております。

そんな筆者らの熱意を本書の中から、行政の方々、研究者、学生そして防災あるいは、それらの技術分野に係わ  
る技術者の方々により多く購入され利用されることを期待しております。最後に、本書を読まれ、種々お気付き  
の点や御意見、御要望等がございましたら何なりと当研究会事務局あてにお申し付け下さい。(1997.4.20記)

## 執筆者並びに協力者一覧

注) 氏名はアイウエオ順 (\*印は執筆者)

### 総合編集 (総合編集責任者 松井 義孝\* (建設))

大島 紀房\* (応理) . 大橋 猛 (建設) . 小林 正皓 (農業) . 柴田 悟 (応理)  
清水 誠一 (建設) . 能登 繁幸\* (建設) . 松井 義孝\* (建設)

### 情報系部会 (部会編集責任者 森 隆広\* (建設))

池田 晃一 (建設) . 加治屋安彦\* (建設) . 金田 安弘\* (応理) . 小林 正皓 (農業) .  
佐竹 正治 (応理) . 佐藤 敏行 (建設) . 豊谷 勝雄 (応理) . 中野 淑文 (水道) .  
中村 良則 (建設) . 中山 清一\* (情報) . 奈良 義明\* (建設) . 根本 榮一\* (電気) .  
橋本 至 (建設) . 堀 純一郎 (電気) . 皆上 強志 (電気) . 武藤 征一 (水道) .  
森 隆広\* (建設) . 安江 哲 (建設) . 山崎 秀次 (応理) .

### 地盤系部会 (部会編集責任者 二ツ川 健二\* (建設))

五十嵐雄也\* (林業) . 榎本 義一\* (応理) . 小堀内弘明\* (建設) . 河村 巧\* (建設) .  
北 健治\* (応理) . 日下部祐基\* (建設) . 斉藤 和夫\* (応理) . 高橋 輝明\* (応理) .  
仲野昭治郎\* (林業) . 前浜 光爾\* (建設) . 林 宏親\* (建設) . 二ツ川健二\* (建設) .  
船越 元\* (農林) . 堀 俊和\* (応理) . 宮下 進治\* (林業) . 横田 寛\* (応理) .

### 交通系部会 (部会編集責任者 木村 和之\* (建設))

岩倉 敦雄\* (建設) . 大那 博司\* (建設) . 大原 憲男\* (建設) . 岡田 正之\* (建設) .  
川村 政良\* (建設) . 菊池 良範\* (建設) . 城戸 寛\* (建設) . 木村 和之\* (建設) .  
柴田 登\* (建設) . 中野 泰宏\* (建設) . 中原 英稟\* (建設) . 花田 真吉\* (建設) .  
藤井 勝\* (建設) . 藤原 朗\* (建設) . 堀口 寛\* (建設) . 山蔭 修\* (建設) .

### 都市系部会 (部会編集責任者 高宮 則夫\* (建設))

伊藤 広路 . 市川 健 (衛生) . 太田 清澄\* (建設) . 小田 直正 .  
桑田 雄平 (建設) . 小林 宏史 . 近藤 昭男\* (電気) . 新谷 高志\* (建設) .  
高橋 徹男\* (水道) . 高宮 則夫\* (建設) . 武田 幸男\* (電気) . 布村 重樹\* (水道) .  
服部 新吉\* (水道) . 藤原 陽三\* (衛生) .

### 水工系部会 (部会編集責任者 渡辺 敏也\* (建設))

植田 健二 (建設) . 大熊 正信\* (建設) . 大塚 夏彦 (建設) . 大橋 幹雄\* (応理) .  
大宮 良一\* (建設) . 大森 正一 (応理) . 岡橋 準治 (建設) . 加藤 龍一\* (建設) .  
金田 雅文\* (建設) . 北越 正生\* (建設) . 柴田 悟\* (応理) . 瀬川 明久\* (建設) .  
中林 一\* (建設) . 野々村清隆\* (建設) . 林 幸治\* (建設) . 細川 康司\* (建設) .  
松井 真一 (土補) . 松井 弘夫 (水産) . 吉野 大仁\* (水産) . 渡辺 敏也\* (建設) .



## 技術士からの提言 地震災害に備えて

---

1997年5月28日発行

(社)日本技術士会北海道支部  
北海道技術士センター  
防災研究会

(事務局)

〒004 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1  
北海道開発コンサルタント(株)内  
TEL (011)801-1617  
FAX (011)801-1618

---

印刷 (株)アイワード