

防災に関する研究開発の推進方策について  
参考資料

平成15年3月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

## 目 次

1. 防災分野の研究開発に関するレビューの概要
  - (1) 防災分野の研究開発状況調査
  - (2) 防災関係機関に対するヒアリング
2. 分野別重要研究開発課題の選別
  - (1) 研究開発課題の分解
  - (2) 命題単位の評価
  - (3) 研究開発課題の統合・成文化

### 参考資料

・ 防災分野の研究開発状況調査：調査依頼文書

・ 防災分野の研究開発状況調査：調査票送付先と回答状況

・ 防災分野の研究開発状況調査結果

第1章 「防災に関する研究開発基本計画(平成5年12月)」第2章 重要研究開発課題」に掲げられた研究開発項目の現状	-1
1. 自然現象の解明と予知・予測	-1
2. 地変災害の防災技術	-5
3. 気象災害の防災技術	-40
4. 総合防災に関する科学技術	-62
第2章 「防災に関する研究開発基本計画」の「第2章 重要研究 開発課題」に掲げられていない研究開発項目の現状	-84
第3章 「防災に関する研究開発基本計画」の「第3章 研究開発 を推進するに当たっての重要事項」の実績・現状	-91
第4章 「防災に関する研究開発基本計画」の「第3章 研究開発 を推進するに当たっての重要事項」に関する国の施策等に 対する意見等(主なもの)	-97
第5章 今後の防災分野の研究開発の展望等	-105

・ 研究開発課題の命題化と整理

・ 研究開発課題の命題実施頻度解析結果

・ 研究開発課題の成文化方法

(注) 本資料は、「防災分野に関する研究開発の推進方策について」(平成15年3月)  
を策定するに当たって、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会防災分野の研究  
開発に関する委員会が取りまとめたものである。

## 1．防災分野の研究開発に関するレビューの概要

### (1) 防災分野の研究開発状況調査

#### 調査目的

平成5年に改訂された「防災に関する研究開発基本計画（以下「平成5年度計画」）」に沿って、その後の研究成果・進捗状況及び今後の展開について現状等を把握すること

#### 実施時期

平成14年2月に調査票を送付し、平成14年5月15日をもって回収を締め切った

#### 調査対象機関

大学、国の研究機関（国立研究所、独立行政法人）、地方公共団体、合計336機関に調査票を送付

調査票・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考資料

回答状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考資料

207機関から、研究開発課題調査票には1557件、横断的重要事項等の調査票には238件の回答を得た

調査結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考資料

平成5年度計画に掲げられた研究開発項目の現状等、国の施策等に関する意見、今後の防災分野の研究開発等の展望等についてとりまとめを行った

### (2) 防災関係機関に対するヒアリング

自治体（青森県、兵庫県）、研究機関（消防研究所、UNCRD、京都大学防災研究所）

## 2．分野別重要研究開発課題の選別

### (1) 研究開発課題の分解・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考資料

平成5年度計画に記述された課題を命題化（既存命題）

- ・ 命題：研究開発課題を構成する、研究開発の内容を記述する最小単位
- ・ 「平成5年度計画」中には343命題を認識（うち、地震・火山噴火の予知・予測に関する49命題を除く294命題が対象）

研究開発の形態と分野を再整理

- ・ 災害を防止・軽減することを目的とする研究開発の活動を5段階に分類（「実証データを収集する」、「データベース化する」、「災害のメカニズムを明らかにする」、「災害を予測する」、「防災力を向上させる」）
  - ・ 研究開発対象分野を外力等によって大きく3分野に分類（「気象災害」「地変災害」「災害に強い社会づくり」）
- 状況調査結果にみられた新規課題を命題化（新規命題）
- ・ 防災分野の研究開発状況調査で収集した1403件の研究開発課題のうち、平成5年度計画には記述されていない内容を含む126課題から、365の新規命題を認識

（2）命題単位の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考資料

既存命題の実施状況を定量的に評価

- ・ 防災分野の研究開発状況調査で収集した1403件の研究開発課題に対して、既存命題について各命題の実施頻度を解析し、3段階で評価
- ・ 命題レベルで1433件の研究開発課題を認識した（複数の命題に属する課題があるための重複を含む）

命題の重要度を評価

- ・ （2）の結果を受けて、既存命題294と平成5年度計画には記述されていない内容を含む126課題を対象に、各委員によって重要度を3段階で評価

（3）研究開発課題の統合・成文化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考資料

評価結果の重要度に応じて研究開発課題を成文化

- ・ （2）の評価結果によって、既存命題294、新規命題365、合計659命題の重要度を、既存・新規に分けて3段階に分類
- ・ 研究開発の活動5段階、研究開発対象3分野ごとに、重要度が高い290命題（既存命題100、新規命題190）を統合して研究開発課題として成文化案を作成

各課題を再検討

- ・ 成文化案に対して、重要度が中程度の222命題（既存命題78、新規命題144）及び防災分野の現況を考慮し、各委員によって研究開発課題を再検討

## 参考資料

- ・ 防災分野の研究開発状況調査：調査依頼文書
- ・ 防災分野の研究開発状況調査：調査票送付先と回答状況
- ・ 防災分野の研究開発状況調査結果
- ・ 研究開発課題の命題化と整理
- ・ 研究開発課題の命題実施頻度解析結果
- ・ 研究開発課題の成文化方法

平成14年2月14日

各 位

文部科学省研究開発局  
防災科学技術推進室

防災分野の研究開発状況調査について（依頼）

このたび、当省の科学技術・学術審議会の下での「防災の研究開発に関する委員会（主査：岡田恒男 芝浦工業大学教授）」において、「防災に関する研究開発基本計画」（平成5年12月内閣総理大臣決定）に沿って、国内の研究機関におけるこれまでの成果、進捗状況、今後の計画等について調査を実施することとなりました。

今回の調査は、内閣府（総合科学技術会議事務局及び中央防災会議事務局）との連携の下、実施されており、調査結果等は関係行政機関が共有できるものとなります。

下記の要領で調査を実施いたしますので、調査票の記入要領（3～6ページ）をご覧の上、調査票の「様式1」「様式2」（10～13ページ）に必要事項を記入し返送していただくよう調査へのご協力方よろしく申し上げます。

電子ファイルによるEメールでの返送も可能で、様式等本調査にかかる資料一式は次のサイトからダウンロードできます。

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/sonota/020201.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/sonota/020201.htm)

なお、お気づきの点などがございましたら、下記連絡先にお気軽にお問い合わせ下さい。

記

1. 実施期間

平成14年2月～

調査票提出期限：平成14年3月15日（郵送の場合は発送日）

ただし、事情により遅れる場合は、下記連絡先にあらかじめご連絡下さい。

2. 調査対象機関

- ・大学（国公私立）
- ・国の研究機関（国研、独立行政法人、特殊法人等）
- ・地方公共団体の研究機関 等

なお、国立大学及び独立行政法人については文部科学省から本調査依頼が個別に送付されます。

3. 対象とする研究開発の範囲

自然現象に起因する災害及びこれに伴う二次的災害に関する研究開発（人文、社会系の研究を含む。ただし、測地学分科会（旧 測地学審議会）において現在レビューを実施している領域（地震予知及び火山噴火予知関連）を除く（7～9ページ参照））。

4. 調査方法

研究機関等に対して調査票を発送し、回答を回収・整理する（今回調査：調査項目、調査票の記入要領等については、3～6ページに記載。）。また、必要に応じて主要な研究機関等からのヒアリングを実施する。

【問い合わせ及び資料提出先】

文部科学省 研究開発局 防災科学技術推進室  
（「防災分野の研究開発に関する委員会」事務局）

藤原、関口 bosai@mext.go.jp

〒100-8966 千代田区霞が関1-3-2

TEL: 03-5253-4134 FAX: 03-5253-4139

「防災分野の研究開発に関する委員会」での今回の調査に関する決定事項

防災分野の研究開発に関するレビューの実施について

平成13年12月  
防災分野の研究開発に関する委員会

当委員会において、文部科学省における防災分野の研究開発計画を策定するため、以下の要領で防災の研究開発に関するレビューを実施することとする。

1. レビューの目的は、我が国の防災に関する研究開発全体を俯瞰し、必要とされる研究開発の体系化を図り、その上で、学術研究、基礎研究及び基盤的研究開発を担う文部科学省として今後実施すべき研究開発を明らかにすることである。
2. このため、平成5年12月に策定された「防災に関する研究開発基本計画（内閣総理大臣決定）」に沿って、国内の研究機関におけるこれまでの成果、進捗状況、今後の計画等について調査を行う。また、防災関係行政機関における研究開発ニーズについても調査を行う。
3. レビューにおいては個別の研究課題等についての評価は行わない。ただし、各研究機関が大綱的指針に基づき実施・公開している評価結果も必要に応じて参照する。また、地震及び火山分野の研究開発の一部については、測地学分科会において実施しているレビュー等の結果を踏まえることとし、新たなレビューは実施しない。
4. また、今後の審議にあたっては、総合科学技術会議及び中央防災会議における方針等との整合性を確保するとともに、レビューの結果等は関係行政機関が共有できるようなものとし、防災科学技術に関する関係行政機関の調整に資するよう留意することとする。

## 調査票記入要領

### 調査の経緯・目的

今回の調査は、平成5年12月に改訂された現行の「防災に関する研究開発基本計画」(参考資料1)に沿って、その後の研究成果・進捗状況及び今後の展望についてその現状を把握するためのものです。

「防災に関する研究開発基本計画」は、

昭和56年	旧「防災に関する研究開発基本計画」策定
平成5年	上記、旧計画の成果・進捗状況調査
	「防災に関する研究開発基本計画 参考資料」(参考資料2)
平成5年	「防災に関する研究開発基本計画」(参考資料1)策定

の過程で作成されており、今回の調査においても「防災に関する研究開発基本計画 参考資料」(参考資料2)に相当する資料をとりまとめる予定としております。

今回の調査では、

- |   |
|---|
| (1) 現行の「防災に関する研究開発基本計画」の「第2章 重要研究開発課題」で掲げている研究開発項目のどの箇所がどのように進展しているのか、  |
| (2) 現行の「防災に関する研究開発基本計画」では必ずしも十分に記述されていない新しいニーズやシーズに基づくどんな研究開発が実施あるいは計画されているのか、                                |
| (3) 産学官連携を含め関係機関がどのように協力しながら研究開発を実施しているかなど、現行の「防災に関する研究開発基本計画」の「第3章 研究開発を推進するに当たっての重要事項」の記載事項に関する実態がどうなっているか、 |
| (4) 本分野の研究開発を進めるにあたって今後どのような施策等が必要と考えられているか、  |

などを整理することを目的としています。したがって、調査票への回答に際しては、これらの趣旨をご理解頂き、参考資料2も参考にしながら、できるだけわかりやすい表現で記載することをお願いします。また、自然科学系の研究及び開発のみならず、人文・社会系を含めた防災対策にとって重要な研究を幅広く対象とすることとしております。該当研究開発項目が見あたらない場合でも、記入者が防災の研究開発として重要と判断する場合は遠慮なく記入してください。

なお、調査の回答をそのまま公表することはありませんが、本調査のとりまとめ結果につきましては、関係者の了解を得た上で、関係行政機関等が共有できるものとして公表いたします。

以下、様式毎に各項目の記入上の注意を記しますのでよくお読みの上ご記入ください。



## 様式 1 . 研究開発課題調査票

各研究組織(者)が平成 5 年度以降に実施してきた、あるいは平成 1 4 年度から計画している研究開発課題毎に以下の項目を調査します。ただし平成 1 4 年度以降の課題でまだ確定していない課題については、回答頂かなくても結構です。

研究開発課題は、自然現象に起因する災害及びこれに伴う二次的災害に関する研究開発(人文・社会系の研究を含む)課題のすべてを対象とします。ただし、測地学分科会において実施している研究開発レビューにおいてすでに調査が行われている課題(地震予知のための新たな観測研究計画及び第 6 次火山噴火予知計画)については、回答の必要はありません(7 ~ 9 ページ参照)。

また、調査の対象とする研究開発課題は、原則として国もしくは地方自治体の予算を用いて実施された(ている)ものとし(補助金、委託費等により民間企業等が実施するものを含む)。研究課題の抽出にあたっては、所要経費の大小にかかわらず、現行基本計画のフォローアップとみなせるもの及び現行基本計画に必ずしも明確に位置付けられていないが重要と考えられるもの、を漏れなく挙げて下さい。(類似あるいは関連の強い複数の研究課題等については、現行基本計画の課題分類等に沿って、適宜大きくくりまとめて下さい。)

できるだけ多くの調査項目にご記入下さるようお願いいたしますが、平成 9 年度以前に終了した課題、あるいは、すでに終了しており詳細が不明になってしまった課題については、最小限、以下の調査項目のうち「 」印がついているものについてご記入いただき、特に項目「10 . 参考資料 1 「第 2 章 重要研究開発課題」のどの箇所がどの程度進展したのか」では簡潔で結構ですので「防災に関する研究開発基本計画」「第 2 章 重要研究開発課題」のどの部分がどの程度実施されたのか、ご記入下さるようお願いいたします。

### 1 . 実施組織(者)名

当該研究課題の実施組織あるいは実施者名を記入。

### 2 . 課題名

予算計上されている研究開発課題名そのもの、あるいは研究内容を表す適当な課題名を記入。

### 3 . 実施(予定)期間

課題の実施期間。まだ、進行中あるいは今後実施予定の課題の場合は、実施予定期間。計画が政府予算等で正式に決定していなくても現段階の予定で可。

例:「平成 1 0 年 ~ 平成 1 5 年」

### 4 . 研究開発項目

「防災に関する研究開発基本計画」の「第 2 章 重要研究開発課題」(本資料 7 ~ 9 ページ)中の該当研究開発項目から選択してください。複数回答可。該当する項目がない場合は、新規に適当な項目名をつけてください。

例:「1 . 自然現象の解明と予知・予測

( 6 ) 気候変動等の予測

気候変動及び異常気象の予測技術の高度化」

あるいは「1 . ( 6 ) 」

5. 予算額あるいは所要経費額の概算

毎年度ごと、または平成13年度までの総額。百万円単位。あくまでも概算で可。大学における経常研究等、少額でかつ所要経費を計算することが困難な場合は記載不要。

例： 10年間で 約45百万円 年平均・総額  
13年度まで5年間で 252百万円 年平均・総額

6. 共同研究機関(者)あるいは協力機関(者)(非研究機関(者)を含む)

共同研究機関(者)あるいは協力機関(者)がある場合、記入。非研究機関とは地方自治体などの防災対策実施機関を想定。

7. 研究の目的

8. 研究の内容及び計画と進捗状況

9. 平成5年度以降の成果及び今後見込まれる成果

上記3項目については、「防災に関する研究開発基本計画」の「第2章 重要研究開発課題」の該当箇所がわかるような記述をお願いします。

10. 参考資料1「第2章 重要研究開発課題」のどの箇所がどの程度進展したのか

当課題によって「防災に関する研究開発基本計画」(参考資料1)の「第2章 重要研究開発課題」のどの箇所がどのように進展しているのか、該当箇所に即した記述をして下さい。平成5年までの研究進捗状況・成果等が「防災に関する研究開発基本計画 参考資料」(参考資料2)にまとめられているので、参考にして下さい。

11. 成果の利用状況

研究成果が、どのように利用されているか、あれば記述して下さい。

12. 防災対策等への成果の利用状況

研究成果が、防災対策等に実際にどのように利用されているか、あれば記述して下さい。

13. これまでに実施された研究開発評価

これまでに行った自己評価又は外部評価の有無。受けている場合は、どのような評価方法か(個別課題評価か、機関評価の一部かなど)を記載。

例：実施されているか はい・いいえ

評価方法：「大綱的指針」に基づく外部有識者による事前課題評価を実施済、平成 年度の××研究所の外部機関評価の一貫として実施、等。

結果の公表方法：評価結果は「××研究所外部機関評価結果報告書」(印刷物)としてまとめられており、××研究所企画部より入手可能、研究所ホームページに掲載、等。

14. 今後の展望・課題

今後の当該研究開発課題に関連した展望や課題、当該研究開発課題との関連の有無を問わず国の研究開発施策に対する意見等を自由にご記入下さい。

平成5年当時の課題等が「防災に関する研究開発基本計画 参考資料」(参考資料2)にまとめられているので、参考にして下さい。

## 様式2 横断的重要事項等の調査票

できる限り研究機関毎に回答をとりまとめることをお願いしますが、研究機関内の研究センター、研究部門等の研究組織、あるいは個人単位の回答でも構いません。また、同一機関内で組織的な重複が出て構いません（例えば、「 研究所」としての回答と「 研究所 研究室」としての回答が両方出てくる場合など。ただし、その場合はできる限り双方の回答に重複や矛盾がないようにお願いします）。

### 1. 研究組織（者）名

国立試験研究機関、独立行政法人、地方公共団体の研究機関、等の場合。

例： 省 研究所  
県 研究所

大学の場合、どの単位での回答かわかるように、機関名以下研究室、研究分野、講座、部門、個人名等まで記入。

例： 大学 学部 研究室××太郎（研究者個人の場合）  
大学 学部 講座（講座単位の場合）  
大学 研究所 センター（センター単位の場合） 等

### 2. 研究開発を推進するにあたっての重要事項について、研究組織（者）としての取り組みの実績・現状及び国の施策等に対する意見等

「防災に関する研究開発基本計画」第3章において、効率的に研究開発を推進するための重要事項として、以下の項目をあげています。

- ・基礎研究の振興
- ・地域の特性に応じた研究開発
- ・国際協力
- ・関係研究機関の連携
- ・人材の育成・確保
- ・研究施設・設備の整備
- ・データベース等の整備

これらの事項について機関としての取り組みの実績・現状及び国の施策等に対する意見等を記入して下さい。

### 3. 今後の防災に関する研究開発の展望と国が実施すべき研究開発の内容

### 4. 国立大学及び独立行政法人防災科学技術研究所が実施する研究開発等に対する要望等

### 5. その他国の研究開発施策等に対する意見等

## 研究開発項目一覧

「防災に関する研究開発基本計画」(参考資料1)の「第2章 重要研究開発課題」に掲載されている研究開発項目を以下に示します。この中から選択して下さい。ただし、下記枠内で示している研究領域は、測地学分科会(旧 測地審議会)のレビュー対象となっているので、今回の調査対象から除くこととします(「地震予知」及び「火山噴火予知」)。また、該当項目が無い場合は、新たに適切な研究開発項目を記入して下さい。

### 1. 自然現象の解明と予知・予測

(1) 地震予知 地震予知の基本となる観測研究 地震発生のポテンシャル評価のための特別観測研究 地震予知の基礎研究 地震観測、地殻変動観測等のための観測機器及び観測手法の開発・高度化	今回の調査対象外
(2) 火山噴火予知 火山噴火予知の基本となる観測研究・調査 噴火機構解明のための基礎研究 火山活動を観測する機器及び観測手法の開発・高度化	

(3) 集中豪雨の予測

(4) 豪雪の予測

(5) 台風等の予測

(6) 気候変動等の予測

気候変動及び異常気象の予測技術の高度化

地球規模の気候変動に伴う新たな災害発生要因の解明

### 2. 地変災害の防災技術

(1) 地震動の特性の解明

地震基盤及び表層地盤内における地震動の伝播特性の解明

地震時の地盤の振動特性の解明

構造物の地震動による振動特性の解明

(2) 構造物の耐震技術

構造物・施設の耐震技術の高度化

構造物・施設の老朽化対策技術の高度化

被災した構造物・施設の被災度評価及び応急復旧技術の高度化

大型振動実験のための設備・手法の高度化

(3) 設備機器の耐震技術

(4) 津波災害の防止技術

津波の発生機構の解明

津波の予測及び危険度評価技術の高度化

津波災害防止技術の高度化

(5) 地震時における地盤災害の防災技術

地震時における軟弱地盤等の危険度評価及び対策技術の高度化

地震時における斜面崩壊の危険度評価及び防止技術の高度化

( 6 ) 火山災害の防止技術

火山体での高速流下現象の解明

火山災害防止・軽減のための観測手法及び観測機器の開発・高度化

火山災害の防止・軽減技術の高度化

3 . 気象災害の防災技術

( 1 ) 洪水氾濫災害の防止技術

洪水氾濫災害防止技術の高度化

河道変動等への対策技術の高度化

堤防の強化技術の高度化

浮遊砂・ウォッシュロードによる濁水・土砂堆積被害対策技術の開発

( 2 ) 土砂災害の防止技術

斜面崩壊及び土石流の危険度評価技術の高度化

斜面崩壊及び土石流の防止技術の高度化

河川上流部における土砂災害防止技術の高度化

構造的に発生する地すべりの発生機構の解明と予測及び対策技術の高度化

幹線道路等における大規模な落石の危険度評価及び対策技術の高度化

( 3 ) 沿岸域の保全技術

異常波浪の予測技術の高度化

高潮災害防止技術の高度化

沿岸構造物の耐波技術の高度化

海岸侵食防止技術の高度化

( 4 ) 雪氷害の防止技術

豪雪時の雪氷処理技術の高度化

豪雪時における交通等の機能確保技術の高度化

雪崩災害防止技術の高度化

雪泥流災害等の防止技術の高度化

林木の雪害防止技術の高度化

( 5 ) 強風災害の防止技術

強風の予測技術の高度化

強風災害の防止技術の高度化

台風等の予測から発生する被害を想定し対策を講ずる技術の高度化

( 6 ) 気候変動等への対応技術

異常気象への対応技術の高度化

地球温暖化等への対応技術の高度化

( 7 ) その他

雷災害防止技術の高度化

森林を利用した災害防止技術の高度化

生態系に配慮した防災技術の高度化  
酸性雨、酸性雪等に伴う災害の防止技術の高度化

#### 4. 総合防災に関する科学技術

##### (1) 都市の防災化のための技術

- 1) 都市構造の防災化技術の高度化
- 2) 都市の大火・水害防災技術の高度化  
都市の大火防止技術の高度化  
都市の水害防止技術の高度化

##### (2) 災害時の対応技術

- 1) 災害情報システムの開発・高度化
- 2) 地震早期検知による対応技術の高度化  
早期検知・警報技術の高度化  
地震早期警報による被害の防止・軽減技術の高度化
- 3) 災害時の人間行動への対応技術の高度化  
災害情報伝達技術の高度化  
群集の避難誘導技術の高度化  
流言の抑制や防災組織の構成に関する手法の高度化  
効果的な防災教育及び防災意識の啓発のためのツールの高度化
- 4) 大火災時の応急対応技術の高度化

##### (3) 災害の社会・経済的影響及び防災対策評価技術

- 大都市災害の社会・経済に与える影響の予測・解析  
被害の貨幣換算手法及びそれに基づく対策効果の評価解析  
防災における目標レベルの合理的な設定  
その他

以上

様式 1 . 研究開発課題調査票 ( 課題毎に作成願います )

問い合わせ先 所属・氏名

電話：

E-メール：

1 . 実施組織 ( 者 ) 名		
2 . 課題名	3 . 実施 ( 予定 ) 期間 平成 年度 ~ 平成 年度	
4 . 研究開発項目 ( 参考資料 1 「防災に関する研究開発基本計画」第 2 章より選択 項目名一覧は本資料 7 ~ 9 ページ参照。)		
5 . 予算額あるいは所要経費額の概算		
年間で 百万円 年平均・総額 ( どちらかに )		
6 . 共同研究機関 ( 者 ) あるいは協力機関 ( 者 ) ( 非研究機関 ( 者 ) を含む )		
7 . 研究の目的		
8 . 研究の内容及び計画と進捗状況		

9 . 平成 5 年度以降の成果及び今後見込まれる成果
10 . 参考資料 1 「第 2 章 重要研究開発課題」のどの箇所がどの程度進展したのか
11 . 成果の利用状況
12 . 防災対策等への成果の利用状況
13 . これまでに実施された研究開発評価
実施されているか はい・いいえ（どちらかに ） 評価方法：  結果の公表方法：
14 . 今後の展望・課題（国の研究開発施策に対する意見等を含む）

印の項目については必ずご記入下さるようお願いいたします



様式 2 . 横断的重要事項等の調査票（研究組織（者）毎に作成願います）

問い合わせ先 所属・氏名 \_\_\_\_\_

電話： \_\_\_\_\_

E-メール： \_\_\_\_\_

1. 研究組織（者）名		
2. 研究開発を推進するにあたっての重要事項（以下に挙げてある事項）について、研究組織（者）としての取り組みの実績・現状及び国の施策等に対する意見等		
	実績・現状	国の施策等に対する意見等
基礎研究の振興		
地域の特性に応じた研究開発		
国際協力		
関係研究機関の連携		
人材の育成・確保		
研究施設・設備の整備		
データベース等の整備		

3 . 今後の防災に関する研究開発の展望と国が実施すべき研究開発の内容
4 . 国立大学及び独立行政法人防災科学技術研究所が実施する研究開発等に対する要望等
5 . その他国の研究開発施策等に対する意見等

## 防災分野の研究開発状況調査：調査票送付先と回答状況

### ・調査票送付先

#### 大学

- ・国立大学（99）、公立大学（74）、私立大学（54）  
497校から土木学科・建築学科の大学院を有する大学を基本に選択

#### 国の研究機関

- ・国立研究所等（防災科学技術関係省庁連絡会を通じて依頼）
- ・独立行政法人（25）

#### 地方公共団体の研究機関等

- ・都道府県（全47）、政令指定都市（全12）

#### 民間企業等

- ・電力中央研究所、鉄道総合技術研究所、東京ガス、NTT、大手ゼネコン5社、応用地質株式会社

### ・調査票回収状況

- ・「政府系機関」には、内閣府、国立研究所、特殊法人を含む
- ・「都道府県等」には、都道府県・政令指定都市を含む
- ・「該当機関数」は、様式1または様式2に「該当あり」と答えた機関数
- ・「回答率」は回答依頼機関数のうちの回答機関数の割合

	回答依頼 機関数	回答 機関数	該当 機関数	様式1 回答数	様式2 回答数
独立行政法人	25	19	15	372	20
政府系機関	15	9	7	26	5
都道府県等	59	32	21	39	14
国立大学	99	78	61	1001	156
公立大学	74	32	11	35	8
私立大学	54	32	28	81	31
企業財団等	10	5	4	3	4
合計	336	207	147	1557	238

## 第1章「防災に関する研究開発基本計画（平成5年12月）」の「第2章重要研究開発課題」に掲げられた研究開発項目の現状

### 1. 自然現象の解明と予知・予測

#### (3) 集中豪雨の予測

##### 集中豪雨の観測手法の開発・高度化

- ・ ドップラーレーダー、ウインドプロファイラー等の地上リモートセンシング観測手法の開発を行い、集中豪雨や強風災害等の前兆探知技術の高度化を図った。
- ・ 解像度1kmのレーダーによって、反射強度と雨量強度の関係が明らかになり、豪雨・竜巻の発生予測可能になった。
- ・ 山岳地地滑り対策にむけた集中豪雨予測のため、九州南部においてGPS・MET観測を行った。
- ・ 先端的なレーダーシステムを開発し、雲の形成から発達、降水の形成、消滅までの一連の降水過程を明らかにすることで、集中豪雨をもたらすスコールラインのメカニズムを解明した。

##### 集中豪雨の発生機構の解明・予測精度の向上

- ・ 気象災害の発生機構と影響評価のために、衛星データを用いた中国准河流域での豪雨災害解析を行った。
- ・ 「やませ」等の形成メカニズムを解明するため、非静力学モデルをベースに、多重ネストの局地気候診断システムを構築し、現実的な条件下での超高解像度数値シミュレーションを行った。
- ・ GPS水蒸気量と気象ゾンデ観測によって、積乱雲の発生メカニズムと、降雪バンド実況監視へのGPSの適性を明らかにした。
- ・ ドップラーレーダー、GPS、ウインドプロファイラーのデータ解析と領域雲解像非静力学モデル数値実験による集中豪雨雪のメカニズムの解明によって、集中豪雨、豪雪、強風の予測精度が水平分解能10km以下に向上した。
- ・ レーダーにより立体的に観測される降雨情報を大気中の物理量として扱い、数値予報との間を開発した「降雨の概念モデル」で埋めることにより、山岳の影響を受ける降雨に関して、その予測可能性を1～2時間から3～4時間に向上させた。
- ・ レーダー等での観測とリモートセンシング解析を用いて、降水システムと重力波の関係、豪雨・豪雪メカニズムにおける水蒸気輸送と乾気貫入の役割を解明した。
- ・ 気象用RHIレーダーの観測により、長崎県において集中豪雨や持続型地形性ライン状降雨、雲仙・普賢岳での火山性土石流の発生メカニズム解析を行った。
- ・ 実測値の観測を多数行うことによってレーダー・アメダス解析雨量の精度向上を図り、集中豪雨の予測精度向上を行った。
- ・ 貯水池防御・洪水予測のために、定性的短時間降雨予測システムと次世代数値気象予測モデル

(NHM)を用いて、240 km × 240 kmの地域で6時間先までの降雨予測を可能にした。

- ・ 都心部のヒートアイランド対策研究と短期間集中豪雨降水メカニズムの解明を行った。

#### (4) 豪雪の予測

##### 豪雪の観測手法の開発・高度化

- ・ レーダーを用いた地上降雪量推定の手法の開発、雪崩危険度ナウキャストマップを作成することによる雪崩災害防止技術の高度化を図った。
- ・ ドップラーレーダー、ウインドプロファイラー等の地上リモートセンシング観測手法の開発を行い、集中豪雨や強風災害等の前兆探知技術の高度化を図った。
- ・ 建築構造物の設計加重適正化のため、積雪深未測定地域の積雪重量をアメダスデータから推定可能にした。

##### 豪雪の発生機構の解明・予測精度の向上

- ・ レーダー等での観測とリモートセンシング解析を用いて、降水システムと重力波の関係、豪雨・豪雪メカニズムにおける水蒸気輸送と乾気貫入の役割を明らかにした。
- ・ 「雪氷災害予測システム」へ統合するため、山地を含む微地形に応じた短期降雪予測を目指してメソスケールの雲モデルを取り入れた地域気象モデルを作成した。
- ・ 30年にわたる人身雪害データベースの構築により、社会的変化に伴い変化する雪氷災害の変化傾向を明らかにした。
- ・ ドップラーレーダー、GPS、ウインドプロファイラーのデータの同化、観測データの解析、領域雲解像非静力学モデル数値実験によって、集中豪雨雪のメカニズムを解明し、予測精度の向上を図った結果、集中豪雨、豪雪、強風について水平分解能10 km以下の予測が可能になった。
- ・ 積乱雲の発生メカニズムをGPS水蒸気量と気象ゾンデ観測により明らかにし、集中豪雨の予測精度の向上を図ることができたが、現在のGPS水蒸気の精度では降雪バンドの実況監視には適さないことが判明した。
- ・ 全国7カ所の山地を含む降積雪観測網の整備、雪崩のメカニズム解明を行った。

#### (5) 台風等の予測

##### 台風等の観測手法の開発・高度化

- ・ ドップラーレーダー、ウインドプロファイラー等の地上リモートセンシング観測手法の開発を行い、集中豪雨や強風災害等の前兆探知技術の高度化を図った。
- ・ 強風発生メカニズムの解析のため、気象観測データの詳細な解析で強風発生の時空間構造を明らかにし、数値モデルによる事例解析と理想化数値実験を行った。
- ・ 台風接近時に発生する竜巻に関して数値モデルを用いた詳細な解析を行い、レインバンドの構造と竜巻発生との関係を力学的に解明した。
- ・ 日本上陸前後の台風の力学的熱的構造を衛星データや観測データを用いて解析した結果、台風の強風域、レインバンドの微細構造が明らかになった。
- ・ 日本付近で急発達する温帯低気圧（爆弾低気圧）の性状と、それに伴って発生する気象災害を解明するため、現地調査、データ解析、数値シミュレーションを行った。

**台風等の発生・発達機構、外的変動要因の解明・予測精度の向上**

- ・ 海洋混合層モデル、衛星データを活用し高解像度台風モデル開発によって、台風の規模・変動・移動予測精度を向上した。
- ・ バングラディッシュにおけるレーダー等の観測資料から、サイクロンの詳細な構造や降水の地域性などを明らかにし、降雨の予測、短時間の降水予測を可能にした。
- ・ 高知で発生したダウンバーストの解析を行うことによって、発生予測の高度化を図り、強風が構造物に与える影響の一部を解明した。
- ・ 数値実験により、熱と粒子拡散のわずかな差によって Kelvin-Helmholtz 不安定の限界、K - H 渦の構造変化が重力流（密度流）のダイナミクスを大きく変化させることを明らかにし、豪雨や砂嵐、火砕流予測モデルの高精度化を行った。
- ・ 台風シミュレーションに地球温暖化の影響を組み込むことによって、長期間の日本各地での台風来襲頻度・強度の予測技術を高度化した。
- ・ 日本上陸台風の経年変動のモデル化と大阪における高潮・降雨の非定常同時生起確率の評価を行い、台風の予測技術、洪水氾濫・高潮災害防止技術の高度化を図った。

**(6) 気候変動等の予測****気候変動及び異常気象の予測技術の高度化****異常気象の観測・解析的研究と気候システムに関する実験**

- ・ 海洋混合層モデル、衛星データを活用し高解像度台風モデル開発によって、台風の規模・変動・移動予測精度を向上した。
- ・ バングラディッシュにおけるレーダー等の観測資料から、サイクロンの詳細な構造や降水の地域性などを明らかにし、降雨の予測、短時間の洪水予測を可能にした。
- ・ 衛星通信サービスを利用して極域での観測データを収集するシステムの構築・確立を行った。このシステムは、その後の極域観測プロジェクトに組み込まれ実用化されている。
- ・ 高知で発生したダウンバーストの解析を行うことによって、発生予測の高度化を図り、強風が構造物に与える影響の一部を解明した。
- ・ 数値実験により、熱と粒子拡散のわずかな差によって Kelvin-Helmholtz 不安定の限界、K - H 渦の構造変化が重力流（密度流）のダイナミクスを大きく変化させることを明らかにし、豪雨や砂嵐、火砕流予測モデルの高精度化を行った。
- ・ 台風シミュレーションに地球温暖化の影響を組み込むことによって、長期間の日本各地での台風来襲頻度・強度の予測技術を高度化した。
- ・ 日本上陸台風の経年変動のモデル化と大阪における高潮・降雨の非定常同時生起確率の評価を行い、台風の予測技術、洪水氾濫・高潮災害防止技術の高度化を図った。

**気候モデルによる数値シミュレーション**

- ・ 台風・梅雨前線を予測・評価するための基礎モデルを完成し、熱帯域の降水メカニズム・流域収支・熱収支、極域における大気 - 積雪 - 凍土の相互作用を明らかにした。
- ・ シベリアタイガ帯と湿潤温暖森林帯の水・エネルギー循環モデルパラメータを比較し、アジアモンスーンの発生機構を解明した。
- ・ 寒冷帯森林での大気 - 陸面相互作用と Big leaf model パラメータの大陸スケール分布を調査

し、Global data set による気候値とパラメータの関係を解明した。

- ・ 地球規模の気象・水象災害を予測するための災害ポテンシャル予測モデル等を利用して、日本とアジア域における、水循環と災害の長期変動評価を行った。
- ・ 異常気象と地域的な気候変動の関係解明のため、時空間的な気候変動情報処理にパターン認識を導入した結果、温暖化における月気温系列の変動特性が明らかになった。
- ・ 空間解像度を数 10 km から数 km に上げた全球大気大循環モデルに対応する陸面過程モデルを開発し、地表面状態の詳細な人工衛星データを反映することで、気候変動と短時間予測モデルの精度を向上させた。
- ・ 大気大循環モデル等の精緻化のために、大気と陸面・海面とのエネルギー交換過程の観測を行い、世界標準となる乱流輸送量の観測解析法を提案した。
- ・ 地球温暖化に伴う海面上昇などの気候変動シミュレーションにむけた全球気候モデル、地域気候モデルの開発・高度化を行った。
- ・ 地球温暖化の現象解明、影響評価、対策を行うために、炭素循環の解明、気候変動モデルの精緻化を行っている。

#### 地球規模の気候変動に伴う新たな災害発生要因の解明

##### 地球温暖化に伴う海面上昇、台風の形態変化等の解明

- ・ 地球温暖化に伴う降水量変動等の実態を雪氷コア、検潮データ等の解析から、日本の過去 30 年間の海面上昇と海面水温の関係を解明した。
- ・ ヒマラヤ氷河末端地域にて、リモートセンシング・現地調査を行い、決壊の危険度の高い氷河湖の位置の特定と危険予測を可能にした。
- ・ ブータンヒマラヤ氷河前面の氷河湖決壊洪水の予測・防止のため、現地調査と衛星によるモニタリングを行った。
- ・ 自然災害発生場所の地域特性を把握するため、GIS・リモートセンシングによって伊勢湾周辺低地域にて、海面上昇・豪雨災害などの予測を行った。

##### 気候変動予測と災害発生可能性予測モデルの開発

- ・ 地球規模の気象・水象災害を予測するための災害ポテンシャル予測モデル等を利用して、日本とアジア域における、水循環と災害の長期変動評価を行った。
- ・ 地球規模の気象観測・衛星観測データと大循環モデル数値シミュレーションから、過去 40 年間のモンスーン変動、エルニーニョ南方変動の実態を把握し、相互作用による東アジアの夏期の天候への影響が分かった。
- ・ 地球温暖化に伴う海面上昇などの気候変動シミュレーションにむけた全球気候モデル、地域気候モデルの開発・高度化を行った。
- ・ 地球温暖化の現象解明、影響評価、対策を行うために、炭素循環の解明、気候変動モデルの高度化を行っている。
- ・ 中国淮河・タイ国チャオブラヤ河を対象とした衛星データ・流出量観測・タンクモデル・シンアンチャンモデル等による流出解析・特性分析によって、河川流出量の基礎データセットを作成した。

## 2. 地変災害の防災技術

## (1) 地震動の特性の解明

## 地震基盤及び表層地盤内における地震動の伝播特性の解明

## 地震基盤及び表層地盤の構造、物性等の解明

- ・ 1995年兵庫県南部地震震源域の地震基盤及び表層基盤の調査成果を利用して、三次元構造をモデル化し、地震波動伝搬をコンピュータシミュレーションによって表すことに成功した。
- ・ 1999年の台湾・集集地震のアレイ強震記録から、地下構造の三次元的不均質性による周期10秒前後の波動場の乱れ（三次元効果）が明らかになった。
- ・ 2000年に異常震域が出現した鳥取県、弓ヶ浜半島の地下構造を調査し、地震時の震動挙動のデータベースを作成した結果、半島の地震基盤構造の大まかな形状が明らかになった。
- ・ インドネシア、ジャワ島において、GPS観測、重力測定、微小地震観測を行った結果、断層運動の基本的なパラメータを得ることができたので、地震時の地盤の震動特性、伝播特性を得られた断層の形状と基盤構造を用いて見積もることができるようになった。
- ・ 台湾・集集地震の観測強震動が、どの程度地盤構造が寄与したのかを観測データを基に把握し、被害の発生メカニズム、台中盆地の地下構造を明らかにした。
- ・ 亜熱帯島嶼地域における地震被害予測検討や耐震設計を行うための資料を造るために、沖縄における地盤についてのデータベースを構築し、地震基盤及び表層地盤内における地震動の伝播特性に関する基礎的な解明を行った。
- ・ 北海道の地震頻発地域について、地盤の特性や地形特性を加味した地震動分布、地震動増幅特性の検討を行った結果、地震動の推定精度が向上し、被害発生確率の精度も向上した。この結果は道路や河川管理者の初動体制の判断に取り入れられている。
- ・ 北海道周辺のプレート構造に大きく左右される広域な距離減衰の影響を広域地震動分布予測に反映させることが可能になった。
- ・ 既往の検討を基に北海道周辺のプレートの沈み込み形状をモデル化し、地盤の震度に与える影響を議論した結果、広域な距離減衰が、プレート構造に大きく左右しておりその影響を広域地震動分布予測に反映させることが可能になった。
- ・ 仙台市内の強震観測点から地震動特性、地盤特性を検討した結果、深部地盤構造が明らかになり、地域の地震動特性が高精度に予測できるようになった。
- ・ 仙台市内の多数回地震震動データより地盤特性、伝達特性が解明され、建築骨組用のパッシブ制御システムが実用化された。
- ・ 首都圏の自治体の観測装置から強震動波形データをオンラインで収集するシステムを整備した結果、強震動の伝播特性が明らかになり、表層の振動特性が定量的に評価することができた。
- ・ 伊豆半島群発地震においてアレイ観測を行うとともに、加圧剪断土槽の応答特性把握のための実験を行った。
- ・ 地震の揺れを明らかにするために、濃尾平野、三河地域堆積平野における基盤岩上の堆積層のS波・P波の地震波速度並びに基盤岩の深さ、形状および地震波速度など三次元地下構造モデルを把握した。



- ・ 濃尾平野における地震動特性と、深部・浅部の地盤構造の多岐にわたる観測・調査とシミュレーション解析等により地震動予測と被害予測が精度向上した。
- ・ 京阪神地区において強震動予測を可能とするため、大深度弾性波探査、大規模ボーリング、断層モデル等の構築を行うことで、地下深部構造、特に弾性波速度構造を解明している。
- ・ 京阪神地域において地質構造、破壊過程、3次元地下構造を考慮した地震波伝播・強震動計算手法の開発を行い、地震被害予測図を作成している。
- ・ 京都市において活断層、地下構造調査を活用し、3次元差分法の地震動シミュレーションによる被害想定を構築した結果、市域における地震動特性が詳細に分かった。
- ・ 京都市域の地震アレイ観測ネットワークを活用して、京都盆地の地震動特性や地盤震動特性を調べ、盆地地形が地震動特性に与える影響や、盆地周辺のエッジ効果などを確認した。
- ・ 京都盆地の強震観測点における地震動伝播特性を明らかにする基礎データを取得し、その特徴を分析した。得られたデータから京都盆地における強震動予測の1シナリオを実現することができた。
- ・ 理論的高精度強震動予測手法の開発のための基礎研究として、京都盆地における活断層情報を利用した震源断層のモデル化、複雑な堆積盆地地下構造モデルの作成と地震動との関係の定量的評価、地震動増幅と表層地盤との関係、構造物被害を及ぼす地震動特性を明らかにした。
- ・ 神戸・阪神間に生じた震度7の細長い領域生成の原因をモデルも用いて示した。この解明のために、震源インバージョン、二、三次元地下構造による地震動の増幅、それらを統合した強地震動シミュレーション、表層近傍の非線形特性などの研究成果が得られた。
- ・ 神戸市のボーリングデータ、地震被害状況、デジタル地形情報等から、任意の断面図も作成できるGISベースの高密度地盤データベースを構築した。
- ・ 神戸地域における地震時と地盤に関する情報を収集した結果、概略の表層地盤の構造・物性が解明され、地盤のデータベースとして各方面で活用されている。
- ・ 直下型地震であった阪神・淡路大震災において、居住空間被害の原因、被害と地盤特性、都市の変遷による人口の集中、高齢者居住地域と建設年代との関係を明らかにした。
- ・ 兵庫県南部地震において、表層地盤特性の計測と地震被害の検証を実証的に行った結果、現象の解明、被害の分析と解釈がなされ、その後の建造物の耐震技術や地震防災技術の高度化の方向付けがなされた。
- ・ 岡山県の地震防災のために、県内軟弱地盤地質の検証と予想地盤震の計算を行った結果、岡山平野における地震動特性をほぼ解明した。
- ・ 南海トラフから四国南部に至る地域の地震活動の実態を把握し、フィリピン海スラブの形状や地震メカニズムを明らかにするために観測を継続した。
- ・ 開発した距離減衰式と国土数値情報を利用した地盤の評価手法と組み合わせ、大都市圏を含む全国各地で信頼性の高い地震動強度予測が可能になった。
- ・ 大都市平野部地下の埋没谷の地質学的・地球物理学的調査手法の開発を行い、その強震動と地下水流動に与える影響の評価を試みる。
- ・ 厚い堆積層を有する都市地盤の三次元構造を明らかにして、地盤振動特性に基づいた都市域のマイクロゾーニングを行った。また、厚い土質堆積層のQ値の周波数依存性を見だし、Q値を考慮した振動特性評価法を実例により提示した。

- ・ 高分解能の地中レーダーを用いて、数10mの範囲で都市域の伏在活断層・欠陥場の正確な把握が可能になったことで、位置の精度が向上し、垂直変位量の解明も可能になった。
- ・ 最小限の観測機材で、従来のアレイ法と同程度の精度で地盤構造を推定するための方法を開発し、発展途上国にも技術提供した。
- ・ ライフラインへの入力地震動の特性を、局所的な地盤構造の不整形性と、断層の破壊過程に基づくものと分離し、面的に広がる社会基盤システムの耐震設計用の入力地震を設定する方法論の中で、地震動の位相特性を規定する方法を確立した。
- ・ 実地震と人工地震によって得られる地盤の動的物性定数の逆解析を行い、パラメータの比較検討を行った。
- ・ 震源断層モデルを想定し、その破壊様式が確定できれば、液状化地盤の水平移動量に関しても量的予測が可能なレベルに達した。
- ・ 堆積平野内では、地震動が増幅し、地震被害が拡大することが知られているが、地震観測や数値解析の結果、地震動は盆地内でも大きく特性が変わること、その原因として地下構造や地震波の入射方向が上げられることが分かった。
- ・ 耐震・免震・制震構造と地震防災システムの構築に際して、3次元平行成層地盤モデルを用いた波動伝播理論に基づく強震動予測法を開発し、地震信頼性マップを作成し、履歴型ダンパと弾塑性形非線形粘性ダンパなどの耐震技術の高度化への道を開いた。
- ・ 地震時に現れる地表地震断層の構造物被害の低減を目指し、そのメカニズム、特に未固結被覆層の影響を明らかにした。未固結被覆層が砂の場合の構造推定するモデルを作成した。未固結被覆層の変位分散効果を利用した被害低減方策を提案した。
- ・ 地盤を弾性体と仮定し、境界要素法を用いて100km<sup>2</sup>平方程度の平野域地盤の地震時挙動を解析した結果、地盤の地質学的構造を考慮した精密な地震動分布の予測が可能になった。
- ・ 動的モデルに基づく断層破壊過程の推定、活断層情報を利用した震源断層のモデル化についての可能性、地下構造モデルと地震動の関係、実地震記録に基づく表層地盤の非線形性の定量的評価から活断層の危険度評価と強震動予測を行った。
- ・ 反射法弾性波探査を用いて、沖積平野の活断層を含む基盤構造を明らかにし、地震波速度構造の解析により地震動の伝播特性と三次元的な空間的分布を把握した。
- ・ 国際的シンポジウム等を通じて、表層地質の地震動への影響を定量化するために足柄平野での観測、既存のデータの収集を行っている大学・民間の研究者の議論を行った結果、今後の研究方向が明らかになった。
- ・ 揺れが大きかった地震発生の後、住民にアンケート調査を行った結果、地震による揺れの分布が区域ごとに大きく異なり、その分布と地盤特性との整合性が明らかになった。
- ・ 理学から工学、さらに官民学の研究者を横断的に集め、データの蓄積、共同観測、解析を行い、地震動災害軽減のための定量的な強地震動評価を行った結果、断層破壊過程の推定、地下構造モデルとの地震動の関係、実地震記録に基づく表層地盤の非線形性の定量的評価、構造物被害を引き起こす内陸地殻内地震の強震動についての知見を得た。

#### 地震波動の震源特性及び伝播特性の解明

- ・ 1999年の台湾・集集地震のアレイ強震記録を使った研究では、地下構造の三次元的不均質性による周期10秒前後の波動場の乱れ（三次元効果）が観測面から明らかにされた。
- ・ 2000年鳥取県西部地震において、木造住宅の被害の大小は、固有振動数帯における地盤の

増幅度の大小によることが分かった。

- ・ 中国における地震災害の軽減・防御を目的に、中国大陸各地で観測を行った。その中で、サイト特性と震源パラメータの同時評価手法、ハイブリッドグリーン関数法が高周波数帯域における強震動の再現及び予測にとって有効であることが示された。
- ・ 関東平野の堆積層の三次元性を考慮した地下構造モデルを作成し、関東地域の地下構造の解明、地震波動の震源特性、伝播特性のモデル化を完成させた。
- ・ 近畿地方の各自治体、公益企業が整備した計測震度情報ネットワークや強震計ネットワークから強震動波形データをオンラインで収集し共通データベースとして整備した。
- ・ 日米の研究者でノースリッジ地震と兵庫県南部地震の相互比較を、理論的及び半経験的予測手法およびハイブリッドグリーン関数で行った結果、震源近傍の地震動には破壊指向性効果、兵庫県南部地震では盆地端部による地震動の干渉効果が強震動に大きく影響していたことが確認された。
- ・ 近年の巨大地震（兵庫県南部地震等）の被害が特定地域に集中した原因が、表層地盤の震幅特性の差異や液状化などの破壊現象と、それらによる地盤と建物の相互作用であることが解明され、地盤特性資料を有効に利用することにより建物被害を軽減できる可能性を示唆した。
- ・ 阪神・淡路大震災の元になった強震動生成メカニズムに関して、最新の成果を一同に集め、批判的に議論することによって、科学的な意味でのコンセンサスが得られた。
- ・ より高度な地震被害予測に向け、京阪神地域において地質構造を考慮した破壊過程の研究、3次元地下構造を考慮した地震波伝播・強震動計算手法の開発を行い、地震被害予測図を作成している。
- ・ 岡山県の地震防災のために、県内軟弱地盤地質の解明と予想地盤震の計算を行った結果、岡山平野における地震動特性をほぼ解明することができた。成果は、自治体、民間、問わずに利用されている。
- ・ 数H z程度の高周波地震動の伝播特性を解明することによって、南海トラフでの地震発生サイクルを明らかにするために、地球シミュレータ用のソフトウェア開発を行った。
- ・ K - N E Tなどの観測データの解析からの地震波伝播特性等のモデル化、すべり速度関数を同定により、これまでよりも高精度に震源特性・サイト特性を反映した強震動を予測できるようになった。
- ・ アレイ観測記録のデータベースを解析し、地震時における地震動の時空間分布から地震動の伝播特性を視覚化したことで時空間地震動分布が確率統計的に明らかになった。
- ・ グリーン関数計算の高精度化・効率化を図り、地震災害軽減のため地下構造モデルの多様性に即した実用的な計算手法を開発している。
- ・ シナリオ地震の強震動予測手法を高精度化するために、地震記録等の情報収集から震源モデルの構築を行い、歴史地震記録や既往の経験式との比較検討により、震源に関するパラメータの設定方法についての知見を得た。
- ・ 強震動の実用的数値計算法の調査・解析の情報を収集して、研究開発の方向を得た。
- ・ 強震動予測マスターモデルの構築を目指し、構造物の被害に直結する周期1秒前後のやや短周期域を含む広い周期帯域で強震動を高精度に予測するための手法の確立を行っている。
- ・ 構造物を支持する地盤の震動応答特性解明のため、砂や砂礫のような粒状物体に生じる非線形

性震動応答について明らかにするための各種実験を行っている。

- ・ 構造物を設計する際に想定すべき地震力を物理モデルに基づいて定量的に評価する地震入力評価を、高精度に震源特性・サイト特性を反映できるように発展させた。
- ・ 港湾、空港における継続的な地震観測により、各施設の地域特性を反映した強地震動の特性が明らかになった結果、耐震設計に反映され耐震性の向上に寄与した。
- ・ 三成分アレイ観測によって都市部の深部地下速度構造を、経済的かつ効率的に解析することにより、地震時の震動特性の解明に不可欠な地下情報が提供できるようになった。
- ・ 実測データでその有用性の高さを証明した地震動モデルを用いて、大きな地震被害が想定される断層に対する地震動予測を進め、全国規模での地震動データベースを構築している。
- ・ 実地震記録のモデリングを通して、地殻上部の構造とやや長周期地震動の伝播との関係を明らかにすることができるようになった。広域の理論的強震動予測に必要な計算手法を確立した。
- ・ 従来、一般的に軟弱な地盤ほど被害が大きいとされてきたが、これが地震動の増幅によるものではなく、軟弱な地盤に、その剪断強度を超えるような強震動が入射したとき、地盤が降伏破壊することによって、それより大きな剪断力を上部に伝えないことがあった。
- ・ 従来、経験的手法が多かった設計用入力地震動の評価法の開発を、剛性マトリックスや確率論的グリーン関数など、地震の物理に基づく理論的手法で行った。この成果は、宮崎県、長野県の地震防災アセスメントに活用されている。
- ・ 従来、水平1成分しか計算できなかった統計的グリーン関数法を3成分から計算できるように拡張した結果、メッシュ区分された都市域における高周波地震動の予測に適しており、耐震設計や地震防災対策に利用できることが分かった。
- ・ 数10メートルという揺れ方の地域特性を把握できる解像度で、3個の地震計を用いた微動のアレイ観測から推定されるレイリー波位相速度から簡単に表層地盤の平均的なS波速度を推定する方法を確立した。
- ・ 多数かつ最新の地震観測記録を解析し、従来に比べて精度の高い地震動強度の距離減衰式を構築した。
- ・ 地殻内における散乱特性をモデル化するために、波線理論に基づいて非等方散乱を解析する方法を開発した。その結果から散乱現象の影響を設計地震動に反映する基礎研究を行っている。
- ・ 地質学的・地球物理学的調査手法の高度化によって大都市平野部地下の埋没谷の強震動と地下水流動に与える影響の評価している。
- ・ 地震動予測や地震時被害予測のための動的解析には、解が発散する問題がしばしば生じてきたが、本研究で開発した周波数依存型の減衰を与える時間積分法を用いることにより、それを防ぎ、より正確で大規模な解析が可能になった。
- ・ 地震波伝播特性の正確な把握のために、計算量を大幅に軽減する手法の開発、経験的グリーン関数との統合も行い、強震動予測の精度向上を図った。
- ・ 平野部における強震動予測のため、データ収集しP-S変換波用の速度解析パネルの定式化から基盤に至るまでのS波の速度構造を求めた。
- ・ 日米の公開されている地震動データの情報収集と整理を行い、都市域における破壊的強震動の高精度予測に関する研究に必要な情報の収集を行い、大地震時の強震動予測に必要な震源及び地下構造モデルのパラメータの設定方法についての新たな知見を得た。

- ・ 平野部における強震動予測のためには、基盤に至るまでのS波の速度構造を精度良く求めることが必要であり、そのためにデータセットを収集し、P - S変換波用の速度解析パネルの定式化をした。

#### 地震時の地盤の振動特性の解明

##### 地震動・地盤データベースの構築

- ・ 2000年に異常震域が出現した鳥取県、弓ヶ浜半島の地下構造を調査した。その結果、半島の地震基盤構造の大まかな形状が明らかになり、地域ごとに地震時の震動挙動データベースの基礎も作成した。
- ・ 発展途上国の地震被害軽減を目指し、地震被害、地震観測、耐震設計基準、マイクロゾーニングなど地震防災技術のデータベースを整備し、コンピュータネットワークで連結した。
- ・ 亜熱帯島嶼地域における地震被害予測検討や耐震設計を行うための資料を造るために、沖縄における地盤についてのデータベースを構築し、地震基盤及び表層地盤内における地震動の伝播特性に関する基礎的な解明を行った。
- ・ 約40kmメッシュで北海道内に地震計を配置しオンラインでデータを一元管理し、表層区分に振動特性は反映することを利用して、地震早期警報や道路・河川堤体等の地震時被害発生確率を配信する北海道開発局の防災システム「地震情報伝達システム」を開発した。
- ・ 秋田、青森、名古屋、酒田等を対象として、地震地帯構造区分に基づく長周期震動特性および危険度の評価を行った。また、地震によるスロッシングに関して地域特性を周波数の関数で与えることにより危険度が容易に評価できるようになった。
- ・ 東京での地震の揺れ方を解明するために、S波速度や常時微動測定記録等を用いて各種解析を行った結果、地盤の振動特性のゾーニング化を図ることができた。
- ・ 神戸市のボーリングデータ、地震被害状況、デジタル地形情報等から、任意の断面図も作成できるGISベースの高密度地盤データベースを構築した。これは行政実務でも積極的に用いられており、市民の閲覧も可能である。
- ・ 神戸地域における地震時と地盤に関する情報を収集した結果、概略の表層地盤の構造・物性が解明され、地盤のデータベースとして行政、民間、大学の各面で活用されている。
- ・ 厚い堆積層を有する都市地盤の三次元構造を明らかにして、地盤振動特性に基づいた都市部のマイクロゾーニングを行った。また、厚い土質堆積層のQ値の周波数依存性を見だし、Q値を考慮した振動特性評価法を実例により提示した。
- ・ 三成分アレイ観測によって地震により被害を受けやすい都市部の深度地下速度構造を、経済的かつ効率的に解析することにより、地震時の震動特性の解明に不可欠な地下情報が提供できるようになった。
- ・ 各自治体・企業体が行っている強震観測網のデータを有機的に結合し、大都市圏の強震動研究を推進した。研究者は得られたデータにインターネット上で容易にアクセスすることができる。
- ・ 危険度評価や対策技術の高度化を図るためにも不可欠である大都市圏地下の構造把握、既存データの補完を行い、細密な大都市圏地下構造図の作成・出版を図る。
- ・ 実測データでその有用性の高さを証明した地震動モデルを用いて、大きな地震被害が想定される断層に対する地震動予測を進め、全国規模での地震動データベースの構築を行っている。複数の地震に対する予測結果は免震建物の構造設計に適用している。

- ・ 全国を概観した強震動予測、地震動予測地図作成手法の研究から、予測に必要なデータや計算結果等をデータベース化、インターネット等による公開を行い、地震調査研究推進本部地震調査委員会による地震動予測地図作成の支援を行っている。
- ・ 全国を概観した強震動予測に必要なデータや計算結果等をデータベース化、インターネット等による公開を行い、地震動予測地図作成の支援を行っている。

### 地震動の予測手法の高度化

- ・ 1999年の台湾・集集地震のアレイ強震記録を使った研究では、地下構造の三次元的不均質性による周期10秒前後の波動場の乱れ（三次元効果）が観測面から明らかにされた。
- ・ Excelベースでのリアルタイム長周期地震動予測システムを構築し、台湾・集集地震におけるスロッシングによる石油タンク被害に関し、地震記録に基づく定量的な解釈を試みた。
- ・ 中国における地震災害の軽減・防御を目的に、中国大陸各地で観測を行った。その中で、サイト特性と震源パラメータの同時評価手法、ハイブリッドグリーン関数法が高周波数帯域における強震動の再現及び予測にとって有効であることが示された。
- ・ 北海道の地震頻発地域について、地盤の特性や地形特性を加味した地震動分布の検討を行った結果、地震動の推定精度が向上し、被害発生確率の精度も向上した。この結果は道路や河川管理者の初動体制の判断に取り入れられている。
- ・ 既往の検討を基に北海道周辺のプレートの沈み込み形状をモデル化し、地盤の深度に与える影響を議論した結果、広域な距離減衰が、プレート構造に大きく左右しており、その影響を予測に反映させることが可能になった。
- ・ 従来、十分に解明されていなかった仙台地域の深部地盤構造を、既存のポイントデータと重力異常データと微動観測データとを組み合わせることによって面的に解明し、地域の地震動特性が高精度に予測できるようになった。
- ・ 観測地震動の逆解析に基づいて、福井平野周辺に設定した地震動予測領域の3次元動的な地盤特性を確定し、地震防災の基礎資料として提言している。
- ・ 首都圏において自治体等により高密度に設置された既存観測装置から、強震動波形データをオンラインで収集するシステムを整備し、衛星テレメータを使った強震動基準観測網の展開も併せ、関東平野の複雑な基盤構造を反映した強震動の伝播特性が明らかになった。
- ・ 京都市において活断層、地下構造調査を活用し、三次元差分法の地震動シミュレーションによる被害想定を構築した結果、市域における地震動特性がより詳細に分かってきた。この結果は地震被害想定改定の基礎データとしている。
- ・ 近年の巨大地震（兵庫県南部地震等）の被害が特定地域に集中した原因として、表層地盤の振幅特性の差異や液化化などの破壊現象、それらによる地盤と建物の相互作用に特徴づけられ、地盤特性を有効に利用することにより、建物被害を軽減できる可能性を示唆した。
- ・ 神戸・阪神間に生じた震度7の細長い領域生成の原因をモデルも用いて示した。この解明のために、震源インバージョン、2、3次元地下構造による地震動の増幅、それらを統合した強地震動シミュレーション、表層近傍の非線形特性などの研究成果が得られた。
- ・ 日米の研究者でノースリッジ地震と兵庫県南部地震の相互比較を、理論的及び半経験的予測手法およびハイブリッドグリーン関数で行った結果、震源近傍の地震動には破壊指向性効果、兵庫県南部地震では盆地端部による地震動の干渉効果が強震動に大きく影響していたことが確認された。

- これまで水平1成分しか計算できなかった統計的グリーン関数法を3成分から計算できるように拡張した結果、メッシュ区分された都市域における高周波地震動の予測に適しており、耐震設計や地震防災対策に利用できることが分かった。
- タンクサイトにおける広帯域地震観測とその解析、気象庁1倍強震計記録の解析により、地震動特性の評価を行い、全国のコンビナート地域を対象にタンクの座屈に影響する最大加速度を地震カタログ、活断層データに基づき推定した。
- マグニチュード、震源距離、局地地形条件から地震動強度を予測する式を地震観測データの統計解析から地殻構造区ごとに導いた。
- ライフラインへの入力地震動の特性を、局所的な地盤構造の不整形性と、断層の破壊過程に基づくものと分離し、面的に広がる社会基盤システムの耐震設計用の入力地震を設定する方法論の中で、地震動の位相特性と規定する方法が確立された。
- 異なるシステムにより構成される京阪神の3大学間で地震観測網ネットワークを構成し、地震動評価、構造物応答評価を行う上での課題を抽出し、得られた観測記録を用いて構造物の耐震化のための基礎データを蓄積し、分析を行った。
- 液状化解析計算での画期的な工夫により、地震時の地盤の震動特性を解明するにあたって、解析対象領域を小領域とすることを可能としたため、このような数値解析環境を高速化、発展させることができた。
- 活断層や地盤構造を考慮した地震動分布図(ハザードマップ)を作成するための起震断層としての活断層の評価法、深部地盤のモデル化手法を提案するため、現在、地盤モデルに基づく地震応答シミュレーションを進めている。
- 地変災害の防災技術には欠かせない地震動特性の解明に関して、地盤や地殻の不均質性に起因する散乱現象の影響を設計地震動に反映するための解析法を確立した。
- 巨大地震時の大変形を考慮した3次元液状化解析法を開発し、地震時振動特性の予測手法の高度化を図った。開発した解析法は、透水や構造物との相互作用などにも適用可能である。
- 強震アレイ観測のデータベースの一般的な解析方法を展開し、地震動の伝播特性を単純化・規格化し、時空間地震動分布を確率統計的に明らかにした。
- 強震動予測マスターモデルの構築を目指し、構造物の被害に直結する周期1秒前後のやや短周期域を含む広い周期帯域で強震動を高精度に予測するため、高精度化された地震波伝播特性を解明している。
- 限られた地点での観測記録を用いて未観測地点の地震波形をリアルタイムで推定する方法論を確立した。この手法はライフラインのような面的拡がりを持つ社会基盤システムの地震時挙動の予測や地震直後の被災予測に利用されている。
- 広域かつリアルタイムでの計測を実現する新素材を用いた高度端末センサ技術と光LANを用いた広域センシングネットワーク構築のための調査研究を行った。
- 次世代高速移動通信技術などの先端技術を用い、微動を少数の計測器を用いて、1次元アレイ観測することで、リアルタイムに地盤のS波構造を探查するシステムを開発するとともに、その地震動特性評価へ応用している。
- 実地震記録のモデリングを通して、地殻上部の構造とやや長周期地震動の伝播との関係を明らかにすることができるようになった。広域の理論的強震動予測に必要な計算手法を確立した。
- 住家・危険物施設の被害評価のための短周期地震動の予測・推定を行う上で、断層破壊過程と

断層から地表付近までの地下構造を考慮した地震波動場計算の高速化のための計算手法の検討とプログラム化等を進めている。

- ・ 常時微動観測を元に土質試験なしに表層S波速度分布を精度良く推定し、面的な耐震安定性分類（サイスミック・ゾナーション）を行うために、常時震動の安定性の判定システムプログラムを開発した。
- ・ 条件付確率場理論を構築し、離散的な観測地点で得られる強震記録から、面的な地震動分布を得る手法を開発した。
- ・ 全国に展開された観測網や過去の地震記録を活用し強震動予測に関する手法、モデルを考案し、平常時には震災リスク評価、地震時には防災行動の意志決定に必要な情報を提供する「リアルタイム地震防災システム」のプロトタイプを開発した。
- ・ 多数かつ最新の地震観測記録を綿密に解析し、従来に比べて精度の高い地震動強度の距離減衰式を構築した。国土数値情報を利用した地盤の評価手法と組み合わせることにより、地盤の影響を考慮した信頼性の高い地震動強度の予測が大都市圏を含む全国各地で実行可能となった。
- ・ 堆積平野内では、地震動が増幅し、地震被害が拡大することが知られているが、地震観測や数値解析の結果、地震動は盆地内でも大きく特性が変わること、その原因として地下構造や地震波の入射方向が上げられることが分かった。
- ・ 大地震時における地盤の非線形性および液状化過程における地盤の地震応答性の変化について、観測データおよび非線形解析により解明が進んだ。
- ・ 地震や地球潮汐による断層破砕帯の震動特性を解明するために、新規開発した相対変位計による観測や、資料収集を行っている。
- ・ 地震時に地盤ごとの地盤増幅率を算定し、地震動予測図を作成した。
- ・ 地震動の位相特性をモデル化するための方法論を完成させた。それに基づき開発した地震動シミュレーション法は、既に鉄道建造物の耐震設計標準の中に取り入れられている。
- ・ 地震動特性の解明と構造物の耐震技術の両方に適した地震動の表現方法として、振幅・位相フーリエスペクトルに基づいた設計地震動の表現法を提案した。
- ・ 地震発生時のFM波信号帯域への雑音レベル増加に対する相関が知られている。地震発生時におけるFM放送の未使用帯域の雑音レベルを測定し、地震波の検知、予知の実現性を明らかにするべく、現在測定中である。
- ・ 都市直下地震による入力地震動及び地震荷重の評価に際し、震源断層モデルを設定、破壊様式の確定を経た後、震動シミュレーション解析により、設定地震動の設定が短周期成分、長周期成分とも可能な技術レベルに達した。
- ・ 動的モデルに基づく断層破壊過程の推定、活断層情報を利用した震源断層のモデル化についての可能性、地下構造モデルと地震動の関係、実地震記録に基づく表層地盤の非線形性の定量的評価から活断層の危険度評価と強震動予測を行った。
- ・ 平野部における強震動予測のためには、基盤に至るまでのS波の速度構造を精度良く求めることが必要であり、そのためにデータセットを収集し、P-S変換波用の速度解析パネルの定式化をした。
- ・ 理論的高精度強震動予測手法の開発のための基礎研究として、京都盆地における活断層情報を利用した震源断層のモデル化、複雑な堆積盆地地下構造モデルの作成と地震動との関係の定量的評価、地震動増幅と表層地盤との関係、構造物被害を及ぼす地震動特性を明らかにした。



### 事例資料調査等に基づく地盤の振動特性の解明

- ・ 1996年の中国雲南省麗江地震とそれによる被害（人、建物、土木施設、斜面崩壊）中国における災害対応、救急救命活動、災害援助・復旧過程等について調査し、我が国山間盆地の地震対策の問題点を検証した。
- ・ 1999年トルコ・コジャエリ地震に関して、被害集中域のアダバザル地域のボーリング調査、微動観測、重力異常、貫入試験等を行い、粘土層の厚さと被害の形態や被害と断層の関係等を明らかにし、日本の将来の地震防災にも重要な情報を与えた。
- ・ 2000年鳥取県西部地震において、木造住宅の被害の大小は、固有振動数帯における地盤の増幅度の大小によることが分かった。
- ・ 中国唐山地震と阪神・淡路大震災を踏まえ、都市防災の視点から日本と中国で共通の課題を取り組んだ結果、相互比較研究が重要であるとの方向性が示され、実質的な研究協力体制の基礎が形成された。
- ・ 台湾・集集地震の震源域付近の地盤および構造物の動的挙動に関する実証的調査研究を行い、被害集中域発生 of 要因と被害の起こった原因が明らかになった。
- ・ 北海道の地震頻発地域について、地盤の特性や地形特性を加味した地震動分布の検討を行った結果、地震動の推定精度が向上し、被害発生確率の精度も向上した。この結果は道路や河川管理者の初動体制の判断に取り入れられている。
- ・ 帯広市内と近郊の震度予測のため、大地震時の住民震度聞き取り調査と地形・地質の関係を解析し、帯広地域の振動データを得た。
- ・ 福井地震のあった福井平野を共通のテストフィールドとして、微動測定を中心とする地盤調査を共同で実施し、当時の震害分布を説明する基礎資料を得て、他地域においても同様に地盤震動特性に新たな知見が加えられた。
- ・ 京都盆地の強震観測点における地震動伝播特性を明らかにする基礎データを取得し、その特徴を分析した。得られたデータから京都盆地における強震動予測の1シナリオを作成することができた。
- ・ 兵庫県南部地震において、表層地盤特性の計測と地震被害の検証を実証的に行った結果、現象の解明、被害の分析と解釈がなされ、その後の構造物の耐震技術や地震防災技術の高度化の方向付けがなされた。
- ・ 直下型地震であった阪神・淡路大震災において、居住空間被害の原因、被害と地盤特性、都市の変遷による人口の集中、高齢者居住地域と建設年代との関係を明らかにした。
- ・ 昭和初期・中期の詳細な震度分布図の作成から、地域的特性を見極めることによって、地域ごとの過去の地震動特性や災害を災害発生の初期段階で把握することが可能となりつつある。
- ・ 簡易な土の繰返し載荷構成モデルの提案等から、従来、ある程度予測可能であった地盤及び構造物の増幅特性に加えて、地震後の残留変形量や変形モードに関しても、設計に耐えうる精度での予測が一部可能になった。
- ・ 多数かつ最新の地震観測記録を綿密な解析し、従来に比べて精度の高い地震動強度の距離減衰式を構築した。国土数値情報を利用した地盤の評価手法と組み合わせることにより、地盤の影響を考慮した信頼性の高い地震動強度の予測が大都市圏を含む全国各地で実行可能となった。
- ・ 大都市の模倣では済まされない多くの課題を抱えている中小都市の地震防災に関して、地元の伝統的工法を活かした耐震性の検討や耐震補強、自主防災システムの高度化を進めている。

- ・ 大都市平野部地下の埋没谷の地質学的・地球物理学的調査手法の開発を行い、その強震動と地下水流動に与える影響を評価している。
- ・ 日米の公開されている地震動データの情報収集と整理を行い、都市域における破壊的強震動の高精度予測に関する研究に必要な情報の収集を行い、大地震時の強震動予測に必要な震源及び地下構造モデルのパラメータの設定方法についての新たな知見を得た。
- ・ 微動の2次元アレイ観測に基づいて地盤のS波構造を簡便に探査するシステムを開発、実用化した。実際の大地震の記録との比較によって、この手法に基づいて広域の地震動特性を簡便に評価する手法の有効性を確認した。
- ・ 揺れの大きな地震時に住民にアンケート調査を行った結果、地震による揺れやすさ、揺れにくさの分布が、細分化された区域ごとに大きく異なり、その分布と地盤特性との整合性が明らかになった。
- ・ 理学から工学、さらに官民学の研究者を横断的に集め、データの蓄積、共同観測、解析を行い、地震動災害軽減のための定量的な強地震動評価を行った結果、断層破壊過程の推定、地下構造モデルと地震動との関係、実地震記録に基づく表層地盤の非線形の定量的評価、構造物被害を引き起こす内陸地殻内地震の強震動についての知見を得た。

#### 構造物の地震動による振動特性の解明

##### 構造物の地震動による振動特性の解明

- ・ Excel ベースでのリアルタイム長周期地震動予測システムを構築し、台湾・集集地震におけるスロッシングによる石油タンク被害に関し、地震記録に基づく定量的な解釈を試みた。
- ・ 災害時における市街地の安全確保のための制度と技術の確立を目指し、トルコ、台湾の構造物について地震動による振動特性とその被害について実体的な解明に寄与した。
- ・ 理論的高精度強震動予測手法の開発のための基礎研究として、京都盆地における活断層情報を利用した震源断層のモデル化、複雑な堆積盆地地下構造モデルの作成と地震動との関係の定量的評価、地震動増幅と表層地盤との関係、構造物被害を及ぼす地震動特性を明らかにした。
- ・ 新潟県の地盤特性に立脚した建物の耐震性の評価を行うために、建築物のGL部、基礎部、最上層部に地震計を設置し、「断層のずれ - 地震動 - 建物の振動」を観測し、地域特性に立脚した適切なモデルを提案する予定である。
- ・ 仙台市内の強震観測点から地震動特性、地盤特性を検討した結果、深部地盤構造が明らかになり、地域の地震動特性が高精度に予測できるようになった。本成果は、仙台市の地震被害想定業務において利用されている。
- ・ 兵庫県南部地震において被災した、神戸港の鋼直杭式横棧橋において、直杭式棧橋の地震時の振動特性には、棧橋と棧橋背後の土留めとの相互作用の影響が強く関わっていることが明らかになった。
- ・ 異なるシステムにより構成される京阪神の3大学間で地震観測網ネットワークを構成し、地震動評価、構造物応答評価を行う上での課題を抽出し、得られた観測記録を用いて構造物の耐震化のための基礎データを蓄積し、分析を行った。
- ・ 液状化過程での鋼管杭の挙動を明らかにし、地震時の地盤、杭基礎、構造物系の振動特性に影響を与える基礎根入れ部に働く土圧、杭の水平地盤反力係数の定量化を試み、その結果を基礎構造設計指針における、液状化地盤の基礎杭の耐震設計法に反映させた。
- ・ 過去の被害データと再現強震動データとの対応関係等より、構造物の実耐力は設計耐力よりも

かなり大きいことが明らかにされたことで、構造物の被害をより定量的に予測できるようになり、それに基づいた耐震性能の高度化を図ることができた。

- ・ 解析信頼性向上のための工夫に取り組み、立体弾塑性骨組の地震時大変形挙動の解析に成功した。整形で偏心のない骨組であっても、一方向地震動で塑性化が進展すると、全体としてねじれ変形が生じることを捉えた。
- ・ 簡易な土の繰り返し載荷構成則の提案等から、従前よりある程度予測可能であった地盤及び構造物の増幅特性に加えて、地震後の残留変形量や変形モードに関しても、設計に耐えうる精度での予測が一部可能になった。
- ・ 球形シェル構造物のモードの連成作用効果及び動的安定限界地震動強度を明らかにした。その中で、伝播型モード採用の必要性を指摘し、非線形加速度応答比を得た。
- ・ 強震動予測マスターモデルの構築を目指し、構造物の被害に直結する周期1秒前後のやや短周期域を含む広い周期帯域で強震動を高精度に予測するための震源像を、高精度化された地震波伝播特性に基づいて行っている。
- ・ 橋梁及び河川構造物とその周辺地盤に強震計を設置し観測を行い、その記録を用いて構造物の伝達関数、有限要素法による地盤と構造物の動的解析、新手法による振動解析を行い、リアルタイム地震防災への活用を目指している。
- ・ 建築骨組構造物の耐震設計法に関して、入力地震動の空間変動が応答ひずみに及ぼす影響を分析し、平面骨組み構造物に対して入力地震動の空間変動の影響を考慮に入れた構造最適設計手法を構築した。
- ・ 建築物の振動特性を、強震観測と常時微動計測により、固有振動数・減衰定数の把握、相互作用による応答提言効果等を行い、「建築物 - 地盤系」の振動システムの解明を目指す。
- ・ 港湾、空港における継続的な地震観測、室内模型振動実験、現地実物大実験、非線形有限要素解析により、各構造物の非弾性領域での地震応答が明らかになってきている。
- ・ 鋼直杭式栈橋の地震被災状況と非線形動的応答解析結果との詳細な比較検討を行って、栈橋の非線形変形及び破壊状況を明らかにし、地震時保有耐力法の適合性についても同様の構造物を対象に検証した。
- ・ 最大加速度と家屋倒壊率との関係式を過去の地震の被害データから導き、既出の被害関係式も組み合わせ、地震被害を予測する方法を示した。
- ・ 周辺地盤の特性に強く影響される地震時の建物応答を、複数の地震計の設置によって、その理論モデルの地盤剛性及び減衰に寄与するパラメータの決定を試みた。
- ・ 体育館等に多用されている屋根型円筒ラチスシェル構造について、その振動性状を明らかにするために、解析法、数値的解析的に検討すると共に、既設体育館による振動実験、それに伴う実験・検証手法の開発を実寸部材による仮構模型により遂行した
- ・ 大規模地震動を受ける建築骨組構造物において、これまで一般の耐震設計では想定されていなかった崩壊挙動形式の存在を見出し、これを変形集中現象と名付け、それに伴う地震時崩壊挙動の発生を防止する手法を構築した。
- ・ 地震観測を行っているアースフィルダム、ロックフィルダムの観測記録から、農業水利施設の振動特性を解明し、防災上の留意点、安全点検での重要性の高い点検項目を明らかにした。
- ・ 地震時における球形シェル構造の動座屈現象は時系列数値解析により模擬できるが、その解析は地震波形・強度を仮定して行うほか無く、耐震設計時には考慮されていなかったため、定常

振動状態を詳細に調べ、不安定な定常振動状態を予測するための基礎的な式を提案した。

- ・ 鉄筋コンクリート造純ラーメン構造のモデル化する際の材端剛塑性バネの復元力特性高精度化を通して、地震応答解析精度の向上を図る。特に軸力変動と二方向からの曲げモーメントを受ける柱の復元力特性を高精度で表現しえるモデルの開発を行っている。
- ・ 鉄骨シェル構造を用いる剛接合ラチスドームの動的応答性状の解明、限界耐力設計法に基づいた空間構造物に対する設計用静的地震力の提案や、地震波の周期特性の違いが動的応答性状に与える影響を検討した。
- ・ 土質基礎及び硬岩上に築造されているフィルダムの地震観測を行い、それぞれの基礎地盤と振動特性や、N値50以下の土質基礎は堤体の一部と見なして設計及び地震観測を行う必要があることなどを明らかにした。
- ・ 東本願寺建物の振動特性や劣化状態などを調べ、非破壊による耐震性能評価を前提に建物の常時微動測定を行って耐震性能を明らかにした結果は、真宗本廟両堂等修復に反映された。
- ・ 軟弱地盤地域におけるサンドコンパクションパイル工法に関連して、地震時の地盤及び構造物の振動性状の解明が進み、特に地盤 - 杭 - 上部構造物を一体としてバランスよく設計し、ユニークな方法を提案した。
- ・ 普及型地震計の多数設置というアプローチで防災拠点として重要な構造物の耐震診断、入力地震動の予測、および地震後の応急復旧時に残余耐震性能推定などを行うシステムの開発を進めた。

## (2) 構造物の耐震技術

### 構造物・施設の耐震技術の高度化

#### 建築構造物・土木構造物及び産業施設の振動特性・破壊メカニズムの解明

- ・ ノースリッジ地震における鉄骨造建築物の柱梁仕口部の損傷原因として、骨組みの不静定度の低さ、応力集中等の要因が推定された。
- ・ 構造物を設計する際に想定すべき地震力を物理モデルに基づいて定量的に評価する地震入力評価を、さらに高精度に震源特性・サイト特性を反映できるように発展させた。ウランバートルでの地震危険度評価、福岡でのシナリオ型強震動予測に利用されている。
- ・ 兵庫県南部地震において被災した、神戸港の鋼直杭式横棧橋において、直杭式棧橋の地震時の振動特性には、棧橋と棧橋背後の土留めとの相互作用の影響が強く関わっていることが明らかになった。
- ・ 兵庫県南部地震時に沿岸埋立地において座屈損傷等の被害を受けた非特定屋外貯蔵タンクについて調査を行い、座屈強度解析を行った。
- ・ 免震橋が兵庫県南部地震相当の強震動を受けた場合の免震支承 - 橋脚間で生じる非線形地震応答の相互作用の問題についてメカニズムの解明と定量的評価を行った。
- ・ 鉄製橋脚橋における免震化の有効性と適応範囲について明らかにした。
- ・ RC柱の軸力維持性能評価法に関して、剪断破壊により軸力負担能力を失うメカニズムを実験的に解明している。
- ・ コンクリートの破壊進行領域の破壊メカニズムを明らかにした。
- ・ 水平動のみならず鉛直動の作用も考慮したことによって、フィルダムの破壊メカニズムの理解

がさらに深まり、農業用施設の耐震性見直しに反映された。

- ・ フィンガージョイントによるモーメント抵抗接合の破壊メカニズム、及び木質構造物における接合部の破壊メカニズムを解明するために重要である集成材同士のめり込み挙動を把握した。
- ・ プレキャストコンクリート構造の靱性確保型耐震設計法の確立に関して、接合部における塑性的変形である滑り変位にシアキー・接合筋・摩擦といった接合部構成要素が与える影響や構成要素の破壊過程を明らかにすることができた。
- ・ 応力制限機能を用いたハンチ付梁のエネルギー吸収能力などの繰り返し性状や、崩壊性状を調べることで、鉄筋品質と崩壊性状との関連を得ることが出来た、
- ・ 過大地震動を受ける建築構造物の崩壊挙動を解明するために、データの共有を行い、おのおの研究が最先端の解析法を用いて解析を行い、その結果も公開共有して検討を行った。
- ・ 開発した剪断帯を取り入れた三次元動的解析によってフィルダムの地震時における動的な破壊メカニズムとそれに基づいた変形量を予想できるようになった。
- ・ 各個材を完全弾塑性体として定式化した本解析手法を用いることにより、従来、解析困難であったトラス梁から成るドームなどの屋根架構の崩壊シミュレーションが可能となった。
- ・ 既設干拓堤防の保全工事に際して行う耐震工事のために、海浜の振動特性及び液状化メカニズムを明らかにした。
- ・ 球形シェル構造物のモードの連成作用効果及び動的安定限界地震動強度を明らかにした。その中で、伝播型モード採用の必要性を指摘し、非線形加速度応答比を得た。
- ・ 強震動による、鉄筋コンクリートの柱梁接合部の破壊メカニズムを大型振動台での破壊実験から検討し、コンピュータ解析でシミュレーションが可能になった。
- ・ 橋梁を上部構造、橋脚、地盤からなるシステムとして捉え、その上で地震時応答解析を行うための手法を開発し、それらを元に橋梁の変形挙動に関する検討を行う
- ・ 構成要素の振動系の拘束により力学特性を変化させて振動制御を行う新しいアクティブ制震工法を考案し、コンピュータシミュレーションと模型振動実験により、本工法の問題点を明らかにした。
- ・ 鋼構造物の脆性破壊を律する破壊靱性値に及ぼす高速載荷影響の定量的評価法を用いて、地震動レベルに応じた脆性破壊事故発生の可能性を定量的に推定できるようになった。
- ・ 鋼直杭式栈橋の地震被災状況と非線形動的応答解析結果との詳細な比較検討を行って、栈橋の非線形変形及び破壊状況を明らかにし、地震時保有耐力法の適合性についても同様の構造物を対象に検証した。
- ・ 実験を通じて、地震荷重を受けた減肉配管の破壊挙動を調査し、解析モデルを使用して危険度の定性的評価を行っている。
- ・ 実大試験体の動的破壊実験から鋼構造建築物の耐震性向上を図った。
- ・ 社寺建築などの伝統的木造軸組工法建築の特徴的な構造特性を実大試験体の振動台実験により検証し、これら構造要素の復元力特性と減衰性能の評価法と、動力学モデルの構築に基づく地震応答解析法の開発を進めている。
- ・ 人工バリア緩衝材の動的特性を実験的に確認及び検証し、地震動に対する安全評価手法の確立を目指す。
- ・ 多層建築物のねじれ振動を振動台実験、コンピュータを用いた地震応答解析によって解析した

ところ、その基本特性を明らかにすることができた。

- ・ 大地震による開削トンネルの崩壊を防ぐために中柱に取り付ける免震装置の開発を行った。
- ・ 地震により流動化した地盤と構造物の相互作用に関して、既に液状化した後でも地盤流動中の振動の有無や流動速度と地盤の透水性が流動力に大きく影響すること、液状化範囲の違いにより杭基礎構造物被害が大きく異なることを明らかにした。
- ・ 地震時における建築構造物のねじれ振動性状を詳細に観察したところ、最大水平変形量と最大ねじれ回転角との間に高い相関性があることが分かった。
- ・ 地震時における土木構造物の振動特性及び破壊メカニズムの解明において、長大吊橋主塔の振動特性、破壊特性、耐荷力特性などを明らかにした。
- ・ 地震時のねじれ振動が建築構造物の破壊に及ぼす影響を実験によって検討し、ねじれ応答の大きさは偏心率の関数として関連づけられる。
- ・ 地震時の円形鋼製橋脚の振動特性、破壊メカニズムを明らかにし、縦補鋼材により補鋼された円形鋼製橋脚の力学的挙動を明らかにし、耐震設計技術の高度化を図った。
- ・ 地震時の鋼構造建築物の崩壊過程における亀裂や破断に伴う劣化型破壊挙動の解明に貢献した。
- ・ 地震時の鋼製ラーメン構造物の振動特性、破壊メカニズムを明らかにし、隅角部の塑性率向上に適した補鋼形式提案のためのデータ収集を行った。
- ・ 地震時の動的な応答挙動において、鋼構造物の脆性的破断に関わる材料特性、溶接、温度、歪速度の影響を実験的に調べ、その破壊挙動を解明する基礎資料を得た。また、破断を伴う骨組みの応答解析手法を開発した。
- ・ 地震時を想定した鉄骨鉄筋コンクリート造柱の静的加力実験により、その復元力特性、変形特性、ならびにエネルギー吸収特性に関する基礎的データの蓄積を図ることができた。
- ・ 地震時挙動再現実験により耐震接合部の破壊防止設計の高度化を図った。
- ・ 鉄筋コンクリート造連層耐震壁と基礎杭の地震時相互作用を考慮した終局時破壊機構の解明を行い、中高層鉄筋コンクリート構造物の耐震設計技術の高度化に貢献した。
- ・ 鉄筋コンクリート柱の曲げ破壊と剪断破壊の判定精度を向上させ、塑性論を利用して、軸方向変形と水平方向変形との関連も実験結果と大きく異なることがないような、鉄筋コンクリート柱の三軸非線形復元力特性の高精度定式化に成功した。
- ・ 東本願寺建物の振動特性や劣化状態などを調べ、非破壊による耐震性能評価を前提に建物の常時微動測定を行って耐震性能を明らかにした結果は、真宗本廟両堂等修復に反映された。
- ・ 動的荷重下におけるボルト接合部の基本的特性を得ると共に、地震時のボルト接合部の破壊挙動を解明したことで、鋼構造建築物の耐震設計の高度化を図る。
- ・ 日欧間の基準の比較を通じて、ソフトストーリーを有する建築物の地震時挙動が把握され、構造的な性能評価のための新たな構造指標が開発された。
- ・ 非線形地震応答解析・応力解析を用いて、阪神・淡路大震災のような高レベルの地震動を受けた際の隅肉溶接部の疲労強度を実験により求めた。
- ・ 浮き上がりを生じる小規模タンクの三次元応答解析、側板及び底板溶接部近傍の変形及びひずみの検討を行った。

- ・ 部材の破壊特性を細部の幾何学的形状素材の特性との関数関係としてとらえることの可能性を明らかにした。
- ・ 免震建物にとって最も危険とされる断層近傍強震動に対する応答特性を定量化した。また、擁壁との衝突時に起こりうる損傷を評価する手法を考案しつつある。
- ・ 木造建築物に耐震性能を大幅、かつ確実に向上させることが期待できる、極低降伏点鋼等を用いた耐震用エネルギー吸収システムの基礎研究を行った。
- ・ 木造住宅の耐震強度向上のため、その破壊メカニズム、補強技術を加振実験から検討した。

#### 耐震設計技術の高度化と高強度・高品質材料・高性能構造システムの開発

- ・ 構造材料の動的破壊力学特性に関して、標準試験法、モデル化、評価法の成果を踏まえ、岩盤内応力計測、崩壊検知、補強工評価などに関して国内4件の特許を申請した。
- ・ 21世紀の諸インフラを支える、強度2倍、寿命2倍の超鉄鋼材料の開発を行っている。
- ・ コンクリート系杭基礎の安全度余裕度の確認ができるようになった。
- ・ コンクリート系杭基礎の損傷過程を明らかにし、耐震性能を向上した。
- ・ すべり摩擦型免震支承装置を基本に、レベルに応じた機能を持つ部材を組み合わせ、装置全体としてマルチレベル地震動に対応できる装置の提案を目指した。
- ・ 圧延変厚鋼板の活用によって鋼板構造物の耐震性能を向上が見込まれることが分かった。
- ・ 異なるシステムにより構成される京阪神の3大学間で地震観測網ネットワークを構成し、地震動評価、構造物応答評価を行う上での課題を抽出し、得られた観測記録を用いて構造物の耐震化のための基礎データを蓄積し、分析を行った。
- ・ 応答解析ソフトによるモデル計算を行い、高層RC造建物の柱・梁接合部の静的・動的載荷実験から、その性能を明らかにした。
- ・ 横拘束筋の高施工性定着機構、プレファブ横拘束筋、新材料を活用した横拘束筋構造の導入により高性能な鉄筋コンクリート橋脚の構造システムの開発が進展している。
- ・ 欧州の共通の耐震基準案であるユーロコードを入手し、内容の分析を実施し、日欧双方の研究の現状を報告し討議した。
- ・ 加力装置を用いて張力導入型トグルダンパー及び亀壁制震壁の実験を実施、伝統的木造建築物の制震改修のダンパとして実用化させた。
- ・ 確定付加質量がもたらす共振振動数の変動特性に着目した構造物の実剛性モニタリングを行い、耐震設計と実耐力評価に極めて重要な実剛性と実質量を把握する方法が確立された
- ・ 角形鋼管によるコンクリート充填角形鋼管柱を有する十字部分骨組みについて、繰り返し載荷実験を行い、優れた耐震性能有していることが明らかになった。
- ・ 環境・防災都市の社会・経済・歴史、構造物の地震防災技術、土木・建築構造物のリサイクル製品を含む新構成部材に関する研究を行い、安全で防災性の高い都市を実現するための研究を行っている。
- ・ 基礎構造改修による建物全体の耐震強度向上のため、実験を行い、地盤内有効応力に対応し、かつ杭・地盤系の弾塑性状態を考慮した新しい杭基礎の設計法を開発した。
- ・ 機器配管の動的・振動破損実験を行い、耐震安全裕度評価方法に必要なデータを取得した。

- ・ 漁港及び海岸施設の耐震設計法と漁港地盤の液状化に対する予測・判定法及び対策工法の選定基準と液状化対策範囲の合理的な決定法に関して大きな進展が見られた。
- ・ 強震動に対する液体 - 地盤 - 構造物系の動的相互作用に関して、高地震活動域における防波堤等の海岸構造物に対する耐震性能評価の重要性を指摘した。具体的には、耐震性能設計に必要な基礎基盤の地震時塑性沈下量の予測を可能にする解析コードを開発した。
- ・ 橋脚、橋梁等をシステムとして捉え、高度耐震設計法の確立を目指した。
- ・ 橋梁の支承や原子力発電施設の支持機構に使用可能なバリアブルダンパーを対象として、鉄道車両で使用されている回生ブレーキを用いて、DCサーボモーターを利用した電磁型バリアブルダンパーを開発した。
- ・ 橋梁の耐震性向上に関して、構造部材の変形性能を確保する重要性が兵庫県南部地震以降認識され、研究が大幅に進展したRC橋脚に対する変形性能の評価法、変形性能のメカニズムも大きく進展した。
- ・ 激震動をうける建築構造物および機器・装置の耐震性能向上化のために、ダンパ、制震装置の開発を行っている。
- ・ 建築杭基礎構造の損傷制御耐震設計に関して、建築構造物の重量を支持することを目的とした杭構造と地震時に上部構造に生じる水平力を地盤に伝達するための杭構造をそれぞれ独立に設置する方法についての合理性が明らかになった。
- ・ 建築鋼構造に生じた柱梁接合部の被害を再現し、柱梁接合部の強度を把握し、耐震設計のデータとしている。
- ・ 建築骨組構造物の耐震設計法に関して、入力地震動の空間変動が応答ひずみに及ぼす影響を分析し、平面骨組み構造物に対して入力地震動の空間変動の影響を考慮に入れた構造最適設計手法を構築した。
- ・ 光ファイバーを用いて、地震時に発生する地盤 - 構造物系のひずみを多点で計測できるシステム、その記録を保存し地震後にデータロガーからの指示信号により無線でデータ転送が可能なシステムを開発した。既に各種の実務で使用されている。
- ・ 構造部材の耐震性能評価のために鋼板載荷実験、振動台実験等の実験手法に関して、ISO規格への提案も視野に入れた国際的な標準ガイドラインの作成を行っている。
- ・ 構造物・施設の耐震技術の高度化において、地盤 - 基礎系を対象にしたハイブリッド振動実験の制御技術の確立を行うと共に、構造物全体系を考慮した地震時挙動についても明らかにした。
- ・ 構造物・施設の耐震技術高度化のうち、特に石油タンクのような既設構造物に対して、液状化被害対策や直下地盤に薬剤を注入するなどの地盤改良により、既設構造物を立て替えることなく安全に使用できるようになった。
- ・ 構造物のうち、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、プレキャストコンクリート部材構造建物の耐震設計技術の高度化を図った。
- ・ 構造物の重要度、耐震設計上の要求性能を整理し、設計に必要な限界状態、および照査指標を示し、性能照査型耐震設計基準の試案を作成している。
- ・ 構造物の耐震技術について、超弾性合金という新しい機能材料の利用可能性に関して基礎的な検討を数値解析的に行った。
- ・ 構造物の耐震技術に関して、特に木質耐力壁形式構造の耐震技術、有開口耐力壁のせん断耐力



評価に関して、基本評価となる手法の確立を行った。

- ・ 構造力学的観点から木構造を明らかにし、耐震性評価・設計法を構築するための研究を行った。
- ・ 鋼橋の耐震設計を性能照査型設計に移行するためのガイドライン作成を目指す。
- ・ 鋼構造建築物の梁端接合部に関して、材料の靱性、溶接施工等による変形能力の保有値と骨組形式等による必要値を明確にすることができた。
- ・ 鋼構造柱梁接合部の破壊防止に効果的な改良型接合法を提案し、この接合部においては動的荷重によっても変形能力が低下しないことを示した。
- ・ 鋼構造部材の塑性変形能力に及ぼす各種鋼素材が有する機械的性質の影響を調査したところ、現在広く使用されている鋼材の全種類にわたり本研究で提案する規定応力度を用いることで統一的に部材の塑性変形能力が評価できることが明らかになった。
- ・ 鋼構造物が被る最大変形に基づく耐震信頼性設計法の構築に関して、骨組みと等価な完全弾塑性1質点系の動的応答とモーダルアナリシスによる最大変形の簡便な評価手法の精度について検討した。
- ・ 鋼構造物の耐震性能向上に関して、変厚鋼板を利用した耐震性能向上策では、現在の鋼製橋脚の制作方法とほとんど変えることなく採用することが可能であり製作コストの増加を抑えることができる。
- ・ 鋼構造物の部材継手、柱梁接合部、柱脚等の各種接合部を対象に実大試験体を用いた構造実験を実施し、それらの力学特性の把握、実構造物への応用技術の開発から、鋼構造建築構造物の耐震技術の高度化を図った。
- ・ 鋼製橋脚など鋼板構造物の耐震性能向上のため、鋼材特性の変化により、鋼板構造物の極限強度と塑性変形能がどのように改善されるかを、有限要素法による数値計算により明らかにした。
- ・ 高い耐震性能と施工信頼性を両立させる構造システムの構築のため、構造物の耐震技術の高度化と当該設計に有効な新しい高強度、高品質材料を活用した高性能な構造システムを開発し、直ちに実現可能な形で提示した。
- ・ 高層ビルで多く用いられているアクティブマスダンパは、従来大地震時には機能停止せざるを得なかったが、今回は、アクチュエータ構造制約を考慮しているため、レベル2地震にも対応できるようになった。
- ・ 高速道路ランプ部等の曲線橋の耐震設計法を確立するために、地震時保有耐力に関する検討を行い、適切な照査法の確立に向けた基礎的データを収集した。
- ・ 今後、その変形能力により、基礎に多く用いられると考えられる鋼管杭の限界状態における保有耐力と変形性能を詳細に把握し、基礎の性能設計法を確立するための資料としている。
- ・ 今後の合理的な耐震設計法を構築する基礎となる、地震外乱の不確定性・不規則性と設計の対象となる構造物系の動力学特性の不確実性を考慮した確立論的地震応答解析法および信頼性評価法を導出した。
- ・ 災害拠点としても有効な体育館等の大規模な空間構造の地震荷重物の免震工法と耐震設計用地震荷重算定法の高度化、提案を行った。
- ・ 在来、軸組み工法による木造構造住宅の構造材接合部に、新しく提案されたスーパージョイントを用いて耐震性向上を図る。金融公庫仕様金物との比較、形状の最適化もした。

- ・ 産業廃棄物の有効利用の一環として、椰子の皮を利用した木造住宅用の耐震壁を開発した。
- ・ 実験から得たデータに基づいて、載荷速度が部材の曲げ座屈耐力および復元力特性に及ぼす影響を定量的に評価した。この結果から柱や耐震ブレースなどの大きな軸力を受ける部材の座屈耐力が、地震時の動的作用によって受ける影響を解明した。
- ・ 実験ならびに弾塑性動的応答解析法によって鋼製橋脚の耐震性能を明らかにし、その性能向上のために補剛鋼板の構造パラメータの制限値を決定した。
- ・ 実験により、様々な制振制御の動的挙動を検討し、時刻歴解析のための詳細モデルおよび近似モデルを開発し、制振構造の包括的な性能評価と設計法の検討をおこなった。
- ・ 社会生活を守るライフラインを守るため、液状化地盤における地中埋設管耐震技術の向上を図った。
- ・ 主要構造材を破壊させずに地震エネルギーを散逸させうる、柱を最下層柱脚部ピン支持の全層に渡る通し柱とし、梁を柱にピンで接合するシステムを提案し、付加デバイスの必要性能を解明している。
- ・ 従来の梁柱を主体としたフレーム架構から履歴ダンパを組み込んだ制振ブレース架構への構法技術の転換を図るため制振ブレース架構の性能向上を目的とした研究を行った。
- ・ 少子高齢化社会においても高品質で耐震性能の高い建築物・施設を安定的に供給できるための構造システムを構築している。
- ・ 新しい耐震設計技術である損傷制御構造の有効性を明らかにした。実大構造物の振動台実験を通じて、既存の鋼構造建築の耐震構造を明らかにする上で重要な資料を得た。
- ・ 深層地下空洞及び内部構造物の振動挙動の解明を目指し、試験体による振動実験を行いオーバーパック、ベントナイトの地震動における影響を明らかにし、地層処分場の安全評価法の確立を目指す。
- ・ 先端技術、先端材料を用いて、地盤及び基礎構造の飛躍的な耐震技術の向上を目指す。
- ・ 他のダンパとの比較、シミュレーションを利用して、バリアブルダンパーを用いた土木構造物の振動制御機構の開発を行った。
- ・ 耐震基準統合化に対する我が国の戦略を考慮するため、諸外国の基準と我が国の基準を相互比較し、耐震設計を含む建築のグローバル化への備えとして相互認識に関する定量情報を提供した。
- ・ 耐震杭の基礎工法が検討され、多くのタイプの基礎杭が開発された。
- ・ 耐震性能確認の手法として、全体架構のシミュレーション解析とクリティカルな部位に対する構造実験を平行して行うサブストラクチャー実験手法を確立している。
- ・ 耐震設計の国際標準化を睨み、日米の耐震性能高度化技術の比較検討を行った。
- ・ 耐震設計技術の高度化について、耐震設計において無視しえない入力地震動の不確定性と構造特性の不確実性を考慮しうる信頼性耐震設計法のプロトタイプを掲示した。
- ・ 耐震壁が比較的少なく、主に梁及び柱端部の曲げ降伏後の靱性能にその耐震安全性を求める鉄筋コンクリート造ラーメン構造物の耐震安全性を飛躍的に向上させた。
- ・ 大規模地震動を受ける建築骨組構造物において、これまで一般の耐震設計では想定されていなかった崩壊挙動形式の存在を見出し、これを変形集中現象と名付け、それに伴う地震時崩壊挙

動の発生を防止する手法を構築した。

- ・ 大地震時にも適用し得るアクティブ構造制御システムの理論的開発と模型および実大構造物を用いた振動実験による検証を実施し、制震システムの技術開発を進めて、制震構造システムの実用化を図った。
- ・ 大地震被害の主要原因の一つとして挙げられた「品質不良」を対象に、「品質不良」を起こす主要因を同定すると共に、「品質確保」のための施工技術と施工環境の変遷とあり方を検討した。
- ・ 断層変位に対する交通施設の地震被害を軽減し、機能を保持するために断層変位が3 m程度までの横ずれ、正・逆断層に対する交通施設の地震被害低減技術の開発に着手した。
- ・ 地震時における球形シェル構造の動座屈現象は時系列数値解析により模擬できるが、その解析は地震波形・強度を仮定して行うほか無く、耐震設計時には考慮されていなかったため、定常振動状態を詳細に調べ、不安定な定常振動状態を予測するための基礎的な式を提案した。
- ・ 地震時に交換可能で落橋防止構造を兼ねるエネルギー吸収型桁連結装置の鋼桁橋脚構造への適応化への検討を行った。
- ・ 地震被害の低減を目的とした制震デバイスの開発によって、耐震技術の幅、精度が向上。
- ・ 地震予測情報を受けて産業システムのアクティブ耐震保全技術の実現を図るために、センサとアクチュエータが一体化したスマートストラクチャーについての予備的調査研究の実施ならびにネットワーク地電流情報の収集による地震予兆のセンシングの可能性を検討している。
- ・ 地震力を受けた場合に、梁曲げ破壊する建物の鉄筋コンクリート内部梁・柱接合部の接合部補強筋量が明らかになって、設計で利用可能である。
- ・ 低降伏ダンパが持つ顕著な歪硬化特性を同定するとともに、この硬化特性を適切に模擬しうる履歴モデルを提案した。また、最適な応答制御を実現するために、ダンパに付与すべき剛性と耐力をエネルギー法に基づく考察から定式化した。
- ・ 低降伏点鋼をせん断塑性リンクとして用いた構造システムの高性能化等の、高品質材料及び高性能な構造システムの開発を行った。
- ・ 鉄筋コンクリート柱の耐震挙動評価における寸法効果による強度低減含む諸性能の変化を実験により検証した。
- ・ 鉄筋コンクリート部材における剪断機構、鉄筋とコンクリートの付着挙動の解明を行った。
- ・ 都市型地震災害の実態と復興に関し、耐震診断建物データによる構造耐震指標の分布から、耐震技術の向上に貢献する基礎的知見を示した。
- ・ 都市地震災害の軽減のための日米共同研究の一つとして、構造物・施設の耐震技術の高度化を性能基盤型設計法の立場から実現しつつある。
- ・ 土塗り壁、特に京壁の仕様や施工法について材料力学や構造力学の観点から調査し、各種土塗り壁の耐震性能実験を実施して土壁の耐力、変形性能などの復元力特性を調査した。
- ・ 東海地震による家屋倒壊から就寝中の県民の命を守るため、低価格の防災ベッドの開発・普及を推進している。
- ・ 二次壁や柱梁接合部の耐震性能の解析から既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断評価の高度化を図った。

- ・ 日欧共同でピロティを1階に有する建築構造物の耐震性能の相互比較を行った。
- ・ 日米それぞれの耐震基準で設計した同一プランの鉄筋造建築物の耐震性能を地震応答解析等によって比較検討した結果、構造上の相違点、耐震性能の相違点、類似点が明らかになった。
- ・ 日本全国の木造住宅の耐震性能評価方法に関して調査し、静的・動的耐震性能評価方法を開発している。
- ・ 疲労亀裂の発生と伝播を統一的に評価する次世代型疲労寿命評価手法の開発を行っている。
- ・ 被災した建物基礎への詳細調査から、地盤変形が基礎杭の耐震性能に与える影響を明らかにし、耐震設計技術を向上させた。
- ・ 被災都市域の木造住宅の被害状況を調べ被害要因について検討した。また、耐震性の調査のために既存建物の微動観測や静的水平力載荷実験を行った。
- ・ 被災復旧した、溜め池に関して、原位置試験・室内試験・動的応答解析の結果を統合して、溜め池の耐震性を評価する処方明らかにした。
- ・ 複合組積造建築物の耐震性向上のための設計・成功手法の確立を目的とした。
- ・ 兵庫県南部地震での被災建造物の調査から、各種材料の耐震性能、各種工法の普及程度が把握できたので、非構造部材の耐震工法の開発や普及を図るための基礎資料が整備された。
- ・ 兵庫県南部地震において、表層地盤特性の計測と地震被害の検証を実証的に行った結果、現象の解明、被害の分析と解釈がなされ、その後の構造物の耐震技術や地震防災技術の高度化の方向付けがなされた。
- ・ 兵庫県南部地震におけるピロティの被害の影響によって、設計・施工の自由度がかなり狭小なものとなっているので、この状況を打開するために、この種の建築物を耐震上より高性能かつ合理的に建設可能にする工法の開発を行っている。
- ・ 兵庫県南部地震による共同溝の被災分析を行い、解析シミュレーションと被災結果の整合性を確認し、大規模地震を考慮した地中構造物の変形量に基づく耐震計算法の開発を行った。
- ・ 兵庫県南部地震時における道路橋橋脚の被災の重大性に鑑み、鉄筋コンクリート橋脚の耐震設計法についての高度化を行った。
- ・ 免震橋を構成する桁 - 免震支承 - 橋脚 - 基礎の構造要素間における地震時損傷配分の最適化問題について検討を行った。
- ・ 免震効果を考慮した地盤改良範囲・改良率の合理的決定法に関して、上部構造物の地震時応答を目的関数とし、これを最小化する改良範囲および改良率を求める最適化問題を定式化した。
- ・ 免震積層ゴムの引張負荷によってボイドが生成するメカニズムを明らかにし、変形挙動シミュレーションから地震によって生じる引張変形に対して、実機の免震積層ゴムの許容変位決定を目指している。
- ・ 木質建築物の耐震診断ソフトの開発、高度化を進め、電力供給システムや機械機器等の配管系の耐震性向上と保全技術の確立を目指した。
- ・ 木造建物の耐震技術の高度化として、構法は地域によって多岐に渡るため、地域の特性を盛り込んだ耐震性能評価と耐震設計に関する研究を行っている。
- ・ 木造建物の耐震性向上のためのハード面、ソフト面を合わせて社会システムとして問題点を抽出した。

- ・ 木造建物の変形性能に着目して、既存木造住宅の静的載荷実験や微動計測から、動力学モデルの構築と地震応答解析による木造住宅の耐震性能評価を試みた。今後、木造建物全体の耐力・変形性能の適正な評価法と振動実験による検証が必要となる。
- ・ 木造軸組住宅構法の高性能化・耐震化を図るための接合部および架構システムの開発に取り組み、その成果として軸組のみで耐震性能を有する木造住宅ラーメン架構の実現の可能性が示された。
- ・ 木造住宅に用いられる土壁の耐震性能を実験的に調べ、現行の建築基準法で定められている壁倍率よりも大きな値となることが分かった。
- ・ 溶接に比べ剛性や耐性は低くなるが、靱性は高くなり経済的で取り替え可能な接合部を作ることができる、ボルトのみで鉄骨梁と柱を接合する方法を提案した。
- ・ 落橋防止装置への衝撃的な荷重の実態が明らかにされ、従来統一されていなかった設計荷重の標準値を与えることが出来た。複雑な構造部材レベルの衝撃挙動解析技術が高度化された。
- ・ 臨海部の構造物や空港土木施設の耐震性において、その変形・ひずみを考慮した許容被害程度の概念を導入した合理的な設計法を導入している。
- ・ 連続橋梁間における桁間及び桁 - 橋台間の衝突現象の解明を数値解析および実験を通して試み、衝突を緩和するための新しい落橋防止システムの提案を行った。
- ・ 曖昧さを含む地震予知情報に基づき人工構造物の免震システムを起動して構造物の地震崩壊に伴う被害の拡大を最小限にとどめるアクティブ耐震保全技術の構築に必要なスマートセンシング技術の基礎が得られた。
- ・ 靱性を有する鋼構造物の耐震設計法に対し、エネルギー吸収等についての知見を得、耐震設計法の高度化を図り、振動台を用いた部分実験法を提案した。
- ・ 都市型地震災害の実態と復興に関し、耐震診断建物データによる構造耐震指標の分布から、耐震技術の向上に貢献する基礎的知見を示した。

#### 既存構造物・産業施設に対する耐震点検技術及び補強、修復技術の高度化

- ・ 既存建築物の耐震補強の推進を目的として、免震技術等の新しい技術を利用しつつ経済的な手法の開発を目指した。
- ・ FRPシートによる補強工法においてのFRPシートとコンクリートとの界面における付着メカニズムを定量的に評価することができた。
- ・ FRP接着工法において、赤外線サーモグラフィによりFRPシートとコンクリートとの接着界面の1mm程度の内部欠陥を検出することが可能になった。
- ・ アンボンド型アンカーボルトを用いた露出形式の柱脚と鉄筋コンクリート基礎ばりとの接合部位において、補強鉄筋の入れ方の違いと応力伝達の変化との関係を明らかにした。
- ・ ウォーターフロント施設 - 地盤系の耐震補強に関して、遠心力載荷試験装置を活用した一連の震動実験を共有したことにより、従来データの乏しかった海岸構造物の地震時変形挙動や矢板による重力式護岸構造物の耐震補強効果に関する理解が深まった。
- ・ 屋根型円筒シェル・ラチス構造の地震応答特性に関して、既存構造物の固有振動数帯域および減衰性を実測、振動モードの数値解析による同定、応答解析による応答断面力特性を明らかにした。
- ・ 既存建築物の耐震補強の推進を目的として、免震技術等の新しい技術を利用しつつ経済的な手

法を開発した。

- ・ 既存建築物の耐震補強設計施工基準の設定を検討した。
- ・ 建物の耐震性を地域的に分類し、従来、全国平均の被害関数を用いた被害評価に、地域ごとの建物の脆弱性を評価した関数を用いることによって、より実態に近い被害評価ができるようになった。
- ・ 構造物・施設の耐震技術の高度化において、基礎構造との連成を考慮した橋脚の合理的な補強法に関する提案を行った。
- ・ 構造物・施設の耐震技術高度化のうち、補強土構造物の地震時安定性の向上に関し、地震時安定性をさらに向上させるのみならず、補強材特性などを考慮して設計法の高度化を図った。
- ・ 構造物のうち、既存の鉄筋コンクリートラーメン構造建物を耐震補強する技術の1手法としてジャッキングを用いた場合の、有効かつ経済的な方法が示された。
- ・ 構造物の耐震技術の高度化において、アクティブ、セミアクティブ等、最新の技術を駆使することによって、振動を抑制する技術を達成しつつあり、先端材料を用いて既存橋梁の耐震補強を行う技術も開発した。
- ・ 地震に強い構造や補強方法を確認するシステムを構築する事を目的として、構造力学、振動工学的な挙動が解明されていない伝統木造建造物の骨組み構造の地震時における力学的挙動を解明している。
- ・ 災害時における市街地の安全確保のための制度と技術の確立を目指し、発展途上国における建物耐震補強に関する基礎的な知見の獲得に寄与した。
- ・ 阪神・淡路大震災による木造建物の被害原因を明らかにして、構造的な耐震補強を含めて設計・施工・維持管理に至る耐震対策を導くと共に、都市域の木造建物を主とする被害予測と耐震計画を立てることを目的とした。
- ・ 軸方向鉄筋の配置等に工夫を施すことにより、横拘束筋の量を増やさずに塑性変形性能や修復性を向上させることができる橋脚構造を提案した。
- ・ 従来の精密耐震診断法に比べ、診断精度も同程度で診断時間が数10分の1に短縮できる、微動を利用した建物簡易耐震診断法を開発した。
- ・ 仙台市において、表層地盤における地震動の増幅特性を考慮した耐震診断用構造判定指標の検討を行った。
- ・ 耐震性能の乏しい既存鉄筋コンクリート建物に対する地震エネルギーを吸収する補強要素を開発している。
- ・ 地震時に被害を受けた構造物や経年劣化を伴う構造物の健全度をモニターする計測・解析システムの開発と構造物の信頼性向上のための次世代システムを開発している。
- ・ 地震力を受けた場合に、梁曲げ破壊する建物の鉄筋コンクリート内部梁・柱接合部の接合部補強筋量が明らかになって、設計で利用可能である。
- ・ 泥炭性軟弱地盤、火山灰地盤内の杭基礎の地震時における挙動を、遠心力載荷装置での加振実験、数値シミュレーションなどで再現し、杭基礎にかかる応力を推定した結果、既存構造物のうち、橋梁基礎構造の地震時挙動、状況把握手法例が明らかになった。
- ・ 鉄筋コンクリート造柱と壁の応急および恒久的な耐震補強法を開発している。
- ・ 鉄筋コンクリート造有孔梁の合理的な剪断補強に関して、プレストレスト力を孔周囲に作用さ

せる補強方法を提案した。

- ・ 鉄骨系建物の耐震性能を制御するために、建物に取り込み、比較的簡便な装置で設置方法も簡単で、修復や破損後も容易に取り替え可能な制振装置の開発を試みた。
- ・ 木質建築物の耐震性能向上のため、すじかい金物や釘打ち面材貼りについて、単体耐力壁の加力実験を基に、耐震点検技術、耐震性向上技術の高度化を図った。
- ・ 木質構造接合部の柱・基礎梁接合部を引き抜き成型FRP管横拘束による耐震補強方法を提案し、各種実験から有効性を確認し、FRP管形状の最適化を行った。
- ・ 木造軸組み構造および商店に供される2、3階の鉄骨系建築の耐震補強工法について、具体的な工法を提案すると共に、この工法に基づいて、耐震補強を研究として実施している。
- ・ 木造住宅の動的崩壊挙動の解明と制御に関する研究を日米共同で行い、構造性能評価がより精密に行えるようになった。

### 構造物・施設の老朽化対策技術の高度化

#### 既存構造物・施設に対する経年劣化の影響の解明

- ・ 原油環境に含まれる各種腐食性物質が石油タンク材料の疲労破壊強度に与える影響を調べるため、石油タンクを構成する各種鋼材で作成した試験片を原油に浸し、その状態で疲労荷重を疲労試験機により作用させ、亀裂の発生及び伝播寿命等を実験的に求めた。
- ・ 既存建物の改修前後における振動試験のデータを用いたシステム同定により、改修前の構造物の損傷度評価と改修後における補強効果の評価を行っている。
- ・ 経年劣化を伴う既存構造物の実用的な信頼性評価法の開発から、初期耐力に対する劣化の割合の時間変化を表す劣化関数を確率的に等価な定数である劣化影響係数に置き換えることができ、時間の要素を排除することができ、AFOSMや荷重・耐力係数を用いた従来の簡便な信頼性解析法を適用することが出来る。
- ・ 阪神・淡路大震災によって被災した溜め池を主に兵庫県播磨地域において、地形、地質、池の構造、老朽度との関連で特色を明らかにした。
- ・ 疲労亀裂の発生と伝播を統一的に評価する次世代型疲労寿命評価手法の開発を行っている。
- ・ 木造建物の耐震設計に関して木材劣化のデータ収集を行っている。

#### 経年劣化状況の点検技術の開発

- ・ AE法による構造部材の腐食モニタリング技術の開発を行った。
- ・ 経年劣化の激しい堤防等の海岸構造物に対する補修、改良事業の円滑な実施のために耐震性なども考慮した、老朽化度、補修必要性の評価手法の開発を行っている。
- ・ 構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の地震防災性向上のために既存構造物の腐食状態、劣化状態や耐震性調査法開発を行った。
- ・ 最先端IT技術を利用した鋼橋の自己診断型健全度モニタリングシステムを構築するために、損傷事例のデータベース化、実橋の挙動把握とメカニズムの明確化、各種センサの開発、モニタリングシステム、判断支援システムの構築を行った。
- ・ 社会基盤施設の維持・防災・再生に関するリアルタイム・マネジメントシステムを可能にする新技術、新理論の構築を行った。構造物・施設の老朽化対策の高度化における経年劣化状況の点検技術の高度化を図った。

- ・ 大阪府の行政資料として、宅地の自己診断法や防災性向上ガイドラインをまとめた。
- ・ 地震時に被害を受けた構造物や経年劣化を伴う構造物の健全度をモニターする計測・解析システムの開発と構造物の信頼性向上のための次世代システムを開発している。
- ・ 直下型地震であった阪神・淡路大震災において、居住空間被害の原因、被害と地盤特性、都市の変遷による人口の集中、高齢者居住地域と建設年代との関係を明らかにした。
- ・ 日韓共同で条件付き時空間場のシステム同定とそれを用いた構造物の自動損傷検出システムの開発を行った結果、構造物の劣化度の検証や、損傷位置の同定に利用されている。

### 耐震点検技術及び補強、修復技術の高度化

- ・ 阪神・淡路大震災による木造建物の被害原因を明らかにして、構造的な耐震補強を含めて設計・施工・維持管理に至る耐震対策を導くと共に、都市域の木造建物を主とする被害予測と耐震計画を立てることを目的とした。
- ・ 社会基盤施設の維持・防災・再生に関するリアルタイム・マネジメントシステムを可能にする新技術、新理論の構築を行った。被災した構造物・施設の被災度評価および応急復旧技術の高度化における被災度評価技術に関する基礎的、かつ革新的な研究を行ったことで、点検・診断技術の新しい発展方向を開いた。
- ・ R C 高層建物の柱・梁接合部の性能確認実験、既存 R C 建物の耐震補強用摩擦ダンパを偏心配置した場合の性能確認実験を行った。
- ・ リサイクル材を用いた建物連結によって、改修のための十分な投資が見込みにくい都市部の老朽住宅群に可能な限りの耐震化を施す方法を提案した。
- ・ 既存の構造物の劣化度を、開発した構造同定アルゴリズムや構造ヘルスマニタリング技術、常時微動や微小な起振器を用いた構造物応答の計測から判定し、構造物の補強や改築等の時期を決定するための資料として利用する方法論を確立した。
- ・ 既存建築物における地震被災度評価とその低減のために、限られた予算内での、建物群の耐震改修計画の作成方法を提案した。
- ・ 既存建築物の耐震補強の推進を目的として、免震技術等の新しい技術を利用しつつ経済的な手法の開発を目指した。
- ・ 既存柱の四隅に配置したコーナブロックを利用して、外帯筋状に P C 鋼棒を掛け渡し、次いでプレストレスを導入して横補強する耐震補強法を研究開発した。このアイデアをアラミド繊維ベルトに応用し、かつ地震被災後の応急補強にも研究を展開中である。
- ・ 吹きつけ F R P ・連続繊維利用によるコンクリート系構造物の耐震補強・補修技術の開発、耐震性能の向上を図った。
- ・ 数枚の金網を重ね、その間および周辺をセメントあるいはモルタルで固めた材料であるフェロセメントを、鉄筋コンクリート柱の震害補修および耐震補強材として用いた場合の効果を明らかにした。
- ・ 大都市の模倣では済まされない多くの課題を抱えている中小都市の地震防災に関して、地元の伝統的構・工法を活かした耐震性の検討や耐震補強、自主防災システムの高度化を進めている。
- ・ 地震力を受けた場合に、梁曲げ破壊する建物の鉄筋コンクリート内部梁・柱接合部の接合部補強筋量が明らかになって、設計で利用可能である。
- ・ 東本願寺建物の振動特性や劣化状態などを調べ、非破壊による耐震性能評価を前提に建物の常



時微動測定を行って耐震性能を明らかにした結果は、真宗本廟両堂等修復に反映された。

- ・ 標識柱や照明柱に紫外線硬化樹脂を貼り付けて補強効果を生み出すのみならず、亀裂が生じ始めると白く変色することで、疲労亀裂の早期発見にも役立つ。

### 被災した構造物・施設の被災度評価及び応急復旧技術の高度化

#### 構造物・施設の被災度評価技術の高度化

- ・ 北海道南西部地震によるアースダム、溜め池、パイプライン、頭首工、用水路等の被害は、現地調査、模型震動実験及び動的解析から、地盤の液状化が原因であるということが分かった。
- ・ 阪神・淡路大震災による木造建物の被害原因を明らかにして、構造的な耐震補強を含めて設計・施工・維持管理に至る耐震対策を導くと共に、都市域の木造建物を主とする被害予測と耐震計画を立てることを目的とした。
- ・ 擁壁・土留め構造物の被災度判定被災度を判定する手法を開発し、復旧技術の高度化を図った。
- ・ 建築物被害データから、建物被害状況の多面的記載を行い、また、復旧におけるボトルネックは何だったかの解明を行っている。
- ・ 建物被害の程度判定の調査者主観による曖昧さを、被害パターン図の作成で客観的評価が行えるようになった。
- ・ 鋼構造建築物の損傷分布と熱分布の関係を定式化し、ヘルスマニタリング技術に貢献した。
- ・ 鋼構造物の脆性破壊を律する破壊靱性値に及ぼす高速載荷影響の定量的評価法を用いて、地震動レベルに応じた脆性破壊事故発生の可能性を定量的に推定できるようになった。
- ・ 熟練者の目視で行われてきた被災構造物の被災度評価を、センサで得られる信号を解析することによって系統的で高度な被災度評価技術に発展させた。
- ・ 地下構造物の芸予地震による被害状況の調査を行った。
- ・ 掘削を行わない安価で簡単な手法で、地震動を受けた橋梁基礎の損傷度・形状を調査することが可能になり、災害度評価技術の高度化に寄与した。
- ・ 鉄筋コンクリート柱のひび割れデータを詳細に分析し、残留損傷面積率という構造物・施設の被災度評価指標を提案した。
- ・ 被災した港湾構造物の残存耐力の評価手法として、重力式、矢板式岸壁に関しては地震直後の被災変形データより、その残存耐力を直ちに評価できるプログラムを開発した。
- ・ 被災した鉄筋コンクリート造建築物を材料・施工面から調査したところ、基準高度に達していないコンクリート、含有塩化物量が多く、それによって鉄筋が腐食しているなどの不具合が発見された。

#### 被災構造物・施設の応急強度・性能回復技術の高度化

- ・ 災害時に破壊されたエネルギーライプラインの復旧技術に関して、音響的手法を用いて埋設ガス導管の破損箇所を早期に検知可能な技術開発の可能性を示した。また、応急復旧技術で爆轟圧着技術の可能性を示した。
- ・ 既存柱の四隅に配置したコーナブロックを利用して、外帯筋状にP C鋼棒を掛け渡し、次いでプレストレスを導入して横補強する耐震補強法を研究開発した。このアイデアをアラミド繊維ベルトに応用し、かつ地震被災後の応急補強にも研究を展開中である。
- ・ 建築行政、震災対策行政の円滑な実施のために、震災における被災建築物の応急危険度判定業

務と関連諸問題について記録を整理し、実際の実施経験を踏まえ分析した。

- ・ 数枚の金網を重ね、その間および周辺をセメントあるいはモルタルで固めた材料であるフェロセメントを、鉄筋コンクリート柱の震害補修および耐震補強材として用いた場合の効果を明らかにした。
- ・ 鉄筋コンクリート造柱と壁の応急的および恒久的な耐震・応急補強法の開発を行っている。
- ・ 被災構造物・施設の応急復旧技術としてカーボンシート補強の衝撃加力の耐震安全性を確認した。
- ・ 普及型地震計の多数設置というアプローチで防災拠点として重要な構造物の耐震診断、入力地震動の予測、および地震後の応急復旧時に残余耐震性能推定などを行うシステムの開発を進めた。

### 大型振動実験のための設備・手法の高度化

#### 大型振動実験施設及び実験手法の開発・高度化

- ・ 兵庫県三木市に実大三次元振動破壊実験装置の設計・製作・据付・調整を行い、試験体の動特性および破壊を考慮した加振手法、大規模破壊実験における大変位計測技術、人体被災計測手法、大型地盤模型作成法および地盤特性計測技術の開発、破壊現象のシミュレーションを可能にするシステムを製作している。
- ・ 三次元大型振動台を用いた実大構造物の破壊実験において、建物倒壊の下敷きとなった場合を想定した人体被災を計測するためのダミー製作に資する知見を得た。
- ・ 実大三次元震動破壊実験装置を用いた実験の準備展開として、比抵抗計測技術を用いて大型土層内に作成された砂地盤の三次元相対密度評価技術の開発を行っている。
- ・ 震動台を造って実物大ダンパの性能試験等を行った。
- ・ 大型振動台の制御方法と加振方法の開発を行うため、小型振動台を用いて構造物破壊による台の動きの乱れを補償する制御手法の向上法の開発を行った。
- ・ 大型振動台の性能を最大限に活用し、部分架構を用いて大型構造物の実時間に即した振動台実験を行う新しい方法を確立した。
- ・ レベル2地震動に対する土質材料の模型の震動実験において、極めて大きな加振加速度における、堤体外部の変形、堤体内部の変形および滑り等の変状を的確に捉えることが可能になった。
- ・ 遠心模型実験用の水平・鉛直方向2自由度地震動シミュレータの開発は、世界初の試みであり、比較的小さな模型を用いて実地盤で見られる被害を再現可能な遠心模型実験において、土構造物の地震時安定性に対する鉛直地震動の影響を詳細に調べることが可能にした。
- ・ 鋼構造部分骨組みの実大振動台実験を行い、実地震荷重下における破壊特性の解明を行った。
- ・ 寺社仏閣にみられる伝統木造建築物に組み込まれた大工棟梁の巧みの技法を、実大試験体による震動実験から構造力学的なメカニズムを解明した。
- ・ 人命保護のための安全性定量化のため、「完全崩壊再現装置」を構築し、この装置にオンライン応答実験手法を導入することによって、強震動下で構造骨組が完全に崩壊するまでの挙動を再現する実験手法を提案した。
- ・ 水理構造物水平強震動実験装置および遠心力載荷装置を用いて、抗土圧構造物模型に対する高精度な加振実験を系統的に実施した。

- ・ 制御システムの制御アルゴリズムや設計法などの理論を実験的に検証するために必要な模型及び実大構造物を用いた振動実験技術の開発を進めた。
- ・ 地震動における構造物の崩壊現象を3次元的に解析するために、画像解析を応用した3次元震動実験における高精度3次元位置測定システムを開発している。
- ・ 非線形サブストラクチュア法に基づき、構造物 - 地盤系の震動実験を上部構造だけの試験体をフィードバック可能な振動台に乗せ、いろいろな地盤に設置された状態を再現する実験法の開発を行った。

### (3) 設備機器の耐震技術

#### 設備機器に対する地震動の影響の解明

- ・ 道路高架橋上の照明柱と高架橋との共振現象が明らかにあり、その被害原因と対策が提言された。
- ・ 阪神大震災での自家用発電設備に関する被害調査を基に、設備機器と被害と地震動の関係を調べた結果、概略的な被害予測を立てることが可能になった。
- ・ 大型模型実験により、コンテナクレーン等の港湾荷役施設の地震時挙動、各種面震装置の脱輪効果、耐震性向上の効果が明らかになった。
- ・ 地震時における消防水利施設（防火井戸・防火水槽）の被害判別モデルを作成した。
- ・ 防火水槽の被害予測手法作成のために、阪神・淡路大震災時の、防火水槽の被害と耐震性、地盤、震度との関係を検討した。
- ・ 体育館、ドーム等の設備機器をつり下げているワイヤーに、地震時に発生する応力を数値シミュレーションによって明らかにした。

#### 設備機器の耐震技術・抑震技術の高度化

- ・ 設計パラメータ等を変えてもFRP製円筒形耐食貯槽のバルジング周波数を求められるようになったことで、耐震強度を補償することが可能になった。
- ・ 災害拠点としても有効な体育館等の大規模な空間構造の地震荷重物の免震工法と耐震設計用地震荷重算定法の高度化・提案を行った。
- ・ 配管系に搭載し、支持装置の削減を図ることの可能な地震用ダンパを開発し、その有用性を確認した。
- ・ 発展途上国の地震被害軽減を目指し、地震被害、地震観測、耐震設計基準、マイクロゾーニングなどの地震防災技術のデータベースを整備し、発展途上国とのネットワーク化を図ったことにより、双方向で最新情報を交換することが可能になった。

### (4) 津波災害の防止技術

#### 津波の発生機構の解明

#### 津波の発生機構の解明

- ・ マグニチュード7クラスの地震であったにもかかわらず、津波の最大高が15mに達した1998年のパプアニューギニアにおける地震津波の発生メカニズムの解明を行った。
- ・ 断層パラメータを使用した推定法以外での津波発生の仕組みの一端を明らかに、例えば、1992年ニカラグア津波は津波地震であることが分かった。

- ・ 南海トラフで発生する地震津波の被害想定に関して、瀬戸内海に注目した数値シミュレーションを行い、水産業被害、潮流による津波エネルギー増幅メカニズムを明らかにした。
- ・ 津波のメカニズム解明のため、津波数値シミュレーション技術を開発した。
- ・ 現地調査と文献調査からの津波の挙動を明らかにし、それをコンピュータグラフィックで表現することで、港湾における津波挙動をわかりやすく説明できるようにした。
- ・ 従来の計算手法では考慮されていない陸上地形に影響される海上風や高潮と高波の相互干渉、陸域近くにおける台風の気圧・風場の変形を考慮した高潮推算手法を構築した。
- ・ 大規模崩壊が水域に突入する際の段波あるいは津波災害現象を説明できる数値化解析法の開発を目的として、イタリアのバイオントダム災害の実態を調査整理した。
- ・ 火砕流、山腹崩壊土塊の流下現象モデル化の成功により、それによって引き起こされる津波の数値シミュレーションが可能になった。

### 津波の予測及び危険度評価技術の高度化

#### 津波の観測機器の開発・高度化

- ・ 1923年の関東地震および1946年の南海道地震時を例として津波の数値計算を実施してデータベースを整備し、各地の津波高等が短時間に表示できるシステムを構築し、1996年のイリアンジャア地震津波においてシステムの検証を行った。
- ・ 岩手県宮古市、静岡県熱海市、愛知県赤羽根町で導入された早期津波予測システムの改良を行った。
- ・ RTK-GPSを用いた津波計測システムを開発し、これを津波災害のおそれのある地方自治体の津波防災システムと連携し、効率的な津波防災システムを構築している。

#### 津波予測・危険度評価技術の高度化

- ・ 遠地津波の予測精度向上に関して、南本州海嶺が導波管の役割をしていることを明らかにし、予測に必要な海底地形の分解能も検討した。
- ・ 四国において歴史地震の再調査から数値シミュレーションの高度化を図り、次の南海地震津波に対する危険度評価を行った。
- ・ 沖縄における、1960年のチリ沖地震津波の波高と浸水域を調査し、遠地津波の被害地域性を部分的に明らかにした。
- ・ 南海トラフで発生する地震津波モデルにおいて、豊後水道によりエネルギーが流入するモデルを用いて危険度評価の高度化を行った。
- ・ 近地震波に対して、既往のものとは異なった津波シミュレーション手法を開発・提案し、津波を早期に検知し、適切な警報を有効に発信するための実用的手法を開発している。
- ・ 実際の津波堆積物と水理実験による形成過程、津波外力との対応を基に、津波堆積物から歴史津波の規模を定量的に評価した。
- ・ 数値シミュレーションにより、高潮および津波の最大到達標高と陸地地形・海底地形との関係と危険域を明らかにした。
- ・ 地震動を伴わない津波発生に関してとしての、火山活動に伴うカルデラ陥没などによる津波発生に対する数値計算手法を確立した。

- ・ 津波のメカニズム解明のため、津波数値シミュレーション技術を開発した。
- ・ 津波被害予測のために、沿岸における津波堆積物・海岸変動に基づく古地震学的研究、地震・地殻変動・津波などに基づく地球物理学的研究を行い、数値シミュレーションにより津波被害予測図を作成している。
- ・ 日米両国で行われている古地震研究の実例や方法を比較研究し、双方の特長を活かした地震・津波危険度の評価手法の開発を行っている。
- ・ いくつかの想定地震を日本海沿いに設定し、それらによる東日本の太平洋沿岸での津波危険度評価を実施し、津波エネルギーの集中度を表すTCDを提案した。

#### 津波災害防止技術の高度化

##### 津波の伝播機構・遡上時の変形特性と構造物の破壊機構の解明

- ・ 津波が大陸棚を伝播して分散した状態を考慮した津波シミュレーションを行い、津波が繰り返して構造物に襲撃する状態を再現した。また、それによる海洋構造物の応答特性についても検討した。
- ・ Green関数法を用いた波の場の解析法を改良し、津波等の長波に伴う湾水共振問題を厳密に解析するツールを提供している。
- ・ 沿岸構造物に作用する津波力の特性を明らかにするために、津波外力の評価および津波による水流圧力について数値実験および模型実験において検討した。
- ・ 国際防災十年の取り組みにおける津波浸水域数値モデル移転プロジェクトのセンターとして、津波被害を受けた、または予想される地域への数値モデルの技術移転を行っている。
- ・ 津波の数値計算モデルの標準化を行い、遡上高や津波力の計算精度を高めることで、環太平洋の遠地津波発生域での津波防災技術の発展に貢献した。
- ・ 津波時の遡上に伴う土砂移動を水理実験により再現し、陸域での土砂の移動を明らかにするとともに、歴史地震によって形成された津波堆積物からその規模を推定する指標を求めた。
- ・ 津波遡上の水理実験を実施し、陸域に運ばれる土砂の挙動を明らかにした。

##### 津波防護施設等の耐波設計技術の開発・高度化

- ・ 岸壁や防波堤を対象として、建設コストの縮減を図りつつ、より災害に強い構造物の設計手法、護岸を越波した水塊等の特性を明らかにするとともにヒューマンスケールの越波対策の低減を目的とした構造物の設計手法を確立している。
- ・ 津波により護岸を越えて都市部に侵入した水塊の浸水高、浸水時間等を模型実験と数値計算により明らかにするため、非線形数値解析モデルを開発した。

##### 津波事前情報伝達技術の高度化

- ・ 高感度地震観測網、広帯域地震観測網、強震観測網等から得られる地震情報を関係行政機関、民間企業、一般住民など最終的ユーザが防災対策上有効に利用できるような形態で、地震発生後から即時かつ経時的に伝達するためのシステムを構築し、試験的に提供した。
- ・ 三陸沿岸において、行政の防災対応や住民の啓蒙を深めるための津波による浸水域マップが整備された。
- ・ 津波防災対策の策定と意識・知識向上のために、10例の歴史地震の数値モデルによる再計算、コンピュータグラフィックを用いて可視化を行った。

- ・ 津波防災対策推進のため、津波観測データの共通化、津波防災情報の高度化のためのガイドライン作成を行っている。
- ・ 南海地震に伴う津波発生に伴う被害に対しての対策案を掲示したマニュアル化を進めている。

#### (5) 地震時における地盤災害の防災技術

##### 地震時における軟弱地盤等の危険度評価及び対策技術の高度化

##### 粘性土・軟弱地盤の挙動及び砂質土の液状化機構の解明

- ・ 1996年中国雲南省麗江地震において地下水位と建物被害および地盤の液状化との関係を調べ、マッピングを行った。
- ・ 芸予地震での液状化地盤の調査から、スターラー効果というメカニズムを提案した。
- ・ 北海道十勝港において発破による地盤液状化実験の手法の確立を行った。
- ・ 飽和砂地盤の間隙率が比抵抗計測結果から求められることを示し、液状化現象および側方流動現象の解明と安全基準作成のための基礎データを提供した。
- ・ A E 計測器を組み込んだ液状化試験装置を開発し、液状化過程における砂の粒子構造異方性、応力誘導異方性の重要性を確認した。
- ・ オンライン液状化試験により、排水性を向上させる液状化対策を施した地盤や、透水性が高い礫質地盤など、部分排水条件と考えられる地盤における液状化機構が、排水性能の程度を示す排水効果係数により説明できることを示した。
- ・ 液状化した地盤の懸濁流体としての挙動、境界変形時の強度回復メカニズム等が明らかになった。
- ・ 液状化危険度を靱性の観点から評価する方法を開発した。
- ・ 液状化発生後の過剰間隙水圧の消散過程、側方流動量の関係、限界歪みのメカニズムなどを実験およびシミュレーションを用いてマイクロメカニクス立場から解明している。
- ・ 既往地震における液状化・非液状化事例の収集、データベースの作成および分析を行い、液状化抵抗に及ぼす細粒分・礫質土の影響、地震動外力特性の影響を解明した。
- ・ 砂以外の土壌液状化メカニズムを解明するため、要素実験、現地調査、数値実験を行っている。
- ・ 三軸試験、中空ねじり試験など小型剪断装置に A E 計測器を組み込んだ液状化試験装置を開発し、液状化過程における一般的な降伏曲面の変化が明らかになり、その変化には砂の粒子構造異方性、応力誘導異方性が重要であることが分かった。
- ・ 数mのオーダーで水平変位を生じる液状化地盤の側方流動のメカニズムを解明し、地盤変形の予測手法を構築することで、より合理的な耐震設計法を確立している。
- ・ 粗粒粒子を含む埋め立て材の液状化機構の解明に取り組んだ。
- ・ 地盤の液状化した場合の R C 杭基礎の挙動と破壊状況が大型剪断土槽を用いて詳細に計測できた。
- ・ 超緩詰め砂、過圧密状態の砂、礫質土の液状化強度特性、液状化と加重の不規則性、埋め立てシラスの液状化特性を検討した。

##### 各種地盤の地震危険度評価技術の高度化

- ・ 東京低地において液状化・地盤流動特性の把握、モデリング、動的解析システム開発によって

河川堤防、護岸、橋梁基礎への影響評価を行い、対策技術の高度化を図っている。

- ・ 房総半島北部における、自然環境や社会環境の変化、微地形、表層地盤を考慮したハザードマップの作成、時間依存性を考慮した災害予測の実施を行った。
- ・ 地震発生時における、松山平野での基盤深度および軟弱地盤の物性に応じての地震動増幅メカニズムを解明した。
- ・ 鳥取地盤図での、地震時の液状化、豪雨時の斜面災害ハザードマップを拡充した。
- ・ 活断層の空中写真判読に関して、鞍部から線状模様を抽出するという客観的認定法を開発し、線状模様と地震災害の関係、沖積層下の断層の評価を行った。
- ・ コーン貫入試験を利用して、迅速に地盤の液状化危険度を評価する手法を確立した。
- ・ 海成粘土地盤は塩分溶脱作用を受けると、圧縮性が高くなるとともに、地震による繰り返し荷重の影響で強度・剛性が著しく低下し、地震時残留変形量が増加することが明らかになった。
- ・ 活断層や液状化跡のように地質構造として残されている過去の地震現象から、過去の地震活動の規模とその履歴を解明し、将来の地震危険度を評価している。
- ・ 巨大地震における断層変位が建物被害と人命に与えた影響を現地調査から明らかにした。
- ・ 今後の基礎の性能設計に必要となる、激震時における地盤および建物基礎の変形量を予測する手法の開発を行っている。
- ・ 従来、極めて困難な技術上の課題とされてきた液状化の影響を考慮した地盤 - 構造物系の数値解析手法、被災程度予測が開発され、その有用性を確認した。
- ・ 断層変位に伴う地表の変形が地震断層の特徴と地盤・地質条件によって変化することに注目し、過去の地震断層のデータベース作成を通して断層の出現形態（地表の変形）と地盤条件の関係の定量化を試みた。
- ・ 地下水揚水などによる地盤沈下に伴う杭基礎の地震時耐力低下に着目した危険度評価を行い、広域地盤複合災害危険度評価と地下水管理手法の提案を行った。
- ・ 地震による液状化や土砂崩壊等の地盤災害危険度評価を例として、多次元GISによる地理情報解析技術の多次元化を図った。
- ・ 地震時の軟弱地盤の挙動に関して、補強構造物を含めた複合体の力学的挙動を明らかにし、大深度までの地盤応答を解析できるようになった。
- ・ 地盤の液状化発生の有無、液状化発生時の地盤の挙動を的確に予測するために、液状化解析の対象域の周辺地盤を時間領域境界要素法によりモデル化する手法を開発した。
- ・ 地表面の大加速度、大ひずみが地盤の多相性、不整形性と入力地震動との兼ね合いからメカニズムの検討を行った。
- ・ 地方自治体等のボーリングデータから地点ごとの軟弱率を求め、被害予測を試みた。
- ・ 軟弱地盤自身が強い振動を伝えないという免震効果を持つことが分かった。

#### 軟弱地盤等の地盤改良技術の高度化

- ・ 地震時および平常時の、擁壁や補強材などの剛性、変位を考慮した土圧の計算方法を提案した。
- ・ レベル2地震に対しては、液状化発生の可否のみならず浮き上がりなどの変形量を設計の目標値として採る必要があることが分かった。

- ・ 砂地盤の部分的な締固めによる液状化対策施工における、ライフライン構造物の浮き上がり防止策の開発を行った。
- ・ 地震時の液状化災害を防止するための工法を選定するための動的有限要素法プログラムを開発し、その機能の高度化を図った。
- ・ 軟弱地盤改良用再生セメント固化材、廃タイヤを用いた地盤改良体の試験、開発を行った。
- ・ 免震効果を考慮した地盤改良範囲・改良率の合理的決定法に関して、上部構造物の地震時応答を目的関数とし、これを最小化する改良範囲および改良率を求める最適化問題を定式化した。

#### 軟弱地盤等に設置する各種構造物の構造設計技術の高度化

- ・ 新潟県柏崎市において、地震時における軟弱地盤、液状化等の危険度評価を行い、建物用燃料電池等導入の際に使用される可能性のある都市ガス管の安全性と今後の防災強化策について検討した。
- ・ 兵庫県南部地震において、新法石油タンクは周辺地盤に対し、旧法タンクより移動が小さいことが判明した。
- ・ コンクリート地中構造物の耐震性向上策と、地盤の液状化、流動化に対する対策法を開発した。
- ・ 漁港及び海岸施設の耐震設計法と漁港地盤の液状化に対する予測・判定法及び対策工法の選定基準と液状化対策範囲の合理的な決定法に関して大きな進展が見られた。
- ・ 構造物・施設の耐震技術高度化のうち、特に石油タンクのような既設構造物に対して、液状化被害対策や直下地盤に薬剤を注入するなどの地盤改良により、既設構造物を立て替えることなく安全に使用できるようになった。
- ・ 地震により流動化した地盤と構造物の相互作用に関して、既に液状化した後でも地盤流動中の振動の有無や流動速度と地盤の透水性が流動力に大きく影響すること、液状化範囲の違いにより杭基礎構造物被害が大きく異なることを明らかにした。
- ・ 地中埋設管路の伸縮可とう継手の耐震有効性を大型模型振動台実験で確認した。
- ・ 地盤材料の力学特性を考慮する際に、連続体ではなく微視的な粒子間の運動として数値解析をすることで、その精度を向上させた。

#### 地震時における斜面崩壊の危険度評価及び防止技術の高度化

##### 斜面崩壊の発生機構の解明

- ・ 1707年宝永地震における五剣山崩壊の実態と発生メカニズムを解明した。
- ・ 台湾・集集地震における斜面崩壊の分布、崩壊面積・率の大小を支配する主要因子を抽出している。
- ・ 兵庫県南部地震時の六甲山系での崩壊発生位置と地形条件を明らかにし、地震後の降雨により多発した表層崩壊のメカニズムを求めた。
- ・ 六甲山地において、斜面や谷地形の宅地化に際しての地形の人工改変が崩壊危険度を大きくしている実態が明らかになった。
- ・ 六甲山地の自然斜面において、植生、表層土、斜面崩壊や土壌クリープ等の要因で崩壊危険度の時間変化に独自のパターンがあるので、それに基づいた崩壊危険度予測法を提案した。
- ・ 地震によって発生した地すべり事例の解析から、第三系および第四系の砂岩、泥岩、凝灰岩の分布地に多い、結晶片岩地域では少ない、複数の深度に変状が現れる事例もあることが明らか



になった。

- ・ 岩盤内の孔井を用いて不連続面の三次元挙動を計測する手法を開発した。
- ・ 地震により発生した崩壊が、その後の降雨によりどの程度土石流化するかを、過去の事例から推定した。
- ・ 地震に伴う斜面崩壊においては、特に水平加速度と方位と大きさが関連し、特定方位の斜面の安定性が著しく低下することなどが明らかになった。
- ・ 地震時に発生している、土砂災害について、海外事例のレビューを行った。
- ・ 地震時の地すべりを再現できる試験機を開発し、「すべり」から「高速流動」へ移行するメカニズムの解明と予測技術開発が進展した。

#### 斜面崩壊の危険度評価手法及び防止技術の高度化

- ・ 1996年中国雲南省麗江地震において斜面崩壊と積雪との関係の調査、融雪時の被害拡大予測、ダム堰堤崩壊の原因究明を行った。
- ・ 台湾・集集地震で発生した土砂災害の実態調査から、地震時の地すべり、崖崩れの発生機構の解明と地震危険地域の評価方法、その後の降雨による拡大作用の検討を行った。
- ・ GISとNewmark法とを結びつけ、斜面崩壊の規模と分布とを予測するシステムを構築し、主に西日本地域での広領域斜面崩壊ハザードマップを作成している。
- ・ 大阪府において、急傾斜地崩壊危険箇所、地すべり危険箇所、土石流危険渓流の地震による危険度判定基準を策定した。
- ・ 鳥取地盤図での、地震時の液状化、豪雨時の斜面災害ハザードマップを拡充した。
- ・ 傾斜地域農地での営農的管理を考慮した斜面災害発生予測の物理モデルを開発し、防災機能の維持、強化を行った。
- ・ レベル2地震動にも対応する、盛土耐震設計に用いる地盤材料の物性評価を行った。
- ・ 再活動型の地すべりはメカニズムも明らかになり、発生場所予測は地形的特徴によって可能になってきている。
- ・ 山地横断型のライフラインの斜面崩壊に対する安全性の調査を行い、管理運営面での安全意識の向上に努めた。
- ・ 地震による斜面崩壊の発生と活断層・震央との関係、地盤の強度、斜面勾配の関係がある程度明らかになり、事前の危険度判定の精度が向上した。
- ・ 地震時の斜面災害軽減技術として補強土擁壁の適用が有望であることが分かってきた。
- ・ 地震時の宅地盛土斜面において、建築構造物の許容変異量、許容傾斜量を活用した新しい危険度評価手法を提案している。
- ・ 地震時斜面崩壊の防止のために、植生を切らず、ロックボルトの挿入、ワイヤーで斜面を覆う工法を開発した。
- ・ 地震波による斜面の累積塑性変位が、その斜面固有のある変位に到達したときに斜面は崩壊するという仮説を実証することで、新たな斜面安定性評価法を開発している。

## (6) 火山災害の防止技術

## 火山体での高速流下現象の解明

## 火山体における高速流下現象の発生機構の解明

- ・ 噴煙柱崩壊型火砕流の流動現象の数値計算手法を開発し、火砕流の流下から火砕物の堆積分布までの計算が可能になった。
- ・ 古地磁気方位、炭化木炭のH/C温度計などから三瓶火山で火砕流 - サージ堆積物、石屑なだれ堆積物の供給源、定置温度を明らかにした。
- ・ 高速固気混相流の流動機構をモデル化したことで、火砕流に関する力学的説明を可能にし、火砕流危険範囲予測技術の提案を行った。

## 火山災害防止・軽減のための観測手法及び観測機器の開発・高度化

## 早期検知システムの開発・高度化

- ・ 衛星リモートセンシングを用いた活火山の表面温度モニタリングにおいて、大気の影響を考慮することでその精度を向上させた。
- ・ インドネシア、ジャワ島のメラピ火山において、傾斜計の多点観測により直前予測が可能であることが示された。
- ・ 火山において高分解能の空中物理探査を行い、山体の脆弱部を定量的に評価する手法の開発を行った。
- ・ 薩南諸島花山において、水蒸気爆発が発生する火山での前兆現象の捕捉手法、活動の評価手法の検討を行った。
- ・ 熱赤外衛星リモートセンシングで火山ガスに含まれるSO<sub>2</sub>の放出量の推定を行った。

## 火山噴出物の観測技術の開発・高度化

- ・ 富士山をモデル火山とした火山灰災害軽減のためのGPSリアルタイム観測手法を確立した。
- ・ 衛星画像、地上映像、地表での火山ガス・浮遊粒子の連続測定データ、数値シミュレーション、模型実験から火山ガスと噴煙の移流拡散のダイナミクスを解明している。
- ・ 火山灰被害の事例約500について、分布や年代のデータベースを作成した。

## 火山災害の防止・軽減技術の高度化

## 火山災害の危険評価技術・災害防止軽減技術の高度化

- ・ 火山防災対策が皆無であった岩手山の活動に対応するため、火山防災マップ、火山防災ガイドラインなどを作成し住民意識の啓蒙を行い、観測体制も強化した。
- ・ 火山と火山地域で生活する人間との共生を模索することによって、ハード・ソフト両面における火山災害の防止技術を提案する火山工学を確立させる。
- ・ 三宅島噴火による地形・環境変化の実態を現地観察、観測作業から把握し、自然環境変化の実態を地図上に図示した防災マップを作成している。
- ・ 新観測手法の開発から、スケーリング則を確立させたことで、火山爆発のエネルギー量・深度評価が可能になり、随伴する噴石や火砕サージなどの到達区域などの災害予測も可能になった
- ・ 火山灰が各大都市に影響を及ぼす可能性について、過去のデータから推定するための予測手法

を確立した。

#### 早期検知とその推移予測技術の開発

- ・ 火山噴火による被害を防止軽減するために、噴火等の発生時に、GISを活用して実際の噴火形態に対応した火山ハザードマップを選択、表示できるようにするシステムを構築している。
- ・ 雲仙普賢岳において航空写真から、火砕流の堆積、その後の侵食といった地形の変化を追跡し、火砕流による地形変化の傾向、速度が把握され、今後の地形変化の予測を行っている。

#### 航空機への影響予測技術の高度化

- ・ 火山ガスの拡散を、大気汚染シミュレーション技術を用いて解明し、安達太郎山については詳細な地形データから、火山ガス災害を発生させる気象・地形条件の抽出を行った。
- ・ 火山ガス等の有毒ガスの移流、拡散の数値的予測が可能な計算コードを開発している。
- ・ 噴火予測、爆発探知システムが火山灰の拡散予測技術とリンクすることで、航空機運行管理者が火山情報に容易にアクセスが出来るようになった。

### 3. 気象災害の防災技術

#### (1) 洪水氾濫災害の防止技術

##### 洪水氾濫災害防止技術の高度化

##### 河川流入量予測の精度向上

- ・ 兵庫県南部地震後の六甲山系での降雨と崩壊の関係を解明するために、山地斜面中の表土層での雨水の動きを把握するために、高密度電気探査法を導入した。
- ・ 都市近郊の低平農地の持つ洪水防止機能を、農地面積あたりの洪水緩和量として評価した。
- ・ 雨、蒸発、地形など平面的な情報、地質などの立体的な情報を併せた3次元メッシュモデルを作成し、流域単位での災害予測を行った。
- ・ 沖積平野を流れる河川を対象として、流れの三次元構造とその作用を解明するための水理実験を行った。
- ・ 河川流路形態と植物群落との相互関係を調べた結果、樹林帯を伴う河道における計画高水位の予測信頼性を向上させ、樹林帯における水衝部の発生や局所洗掘の予測もある程度可能になった。
- ・ 丘陵地の土地造成、宅地造成に伴う降雨流出特性の変化を反映した流出モデルを構築し、豪雨時の洪水ハイドログラフ予測を行った。
- ・ 山岳地域の観測流域において、洪水氾濫および土砂流送に伴う溪流生態系の攪乱と回復過程の観測、検討を行った。
- ・ 山地内、山麓谷底において家屋の全壊、流出を引き起こす山地河川洪水を発生させる限界降雨強度を地形条件から求める式を導いた。
- ・ 数値地理情報、降水レーダー情報を利用し、流域地理特性や降水の空間分布を詳細に考慮した洪水流出モデルを開発したことで、洪水流量予測が精緻化された。
- ・ 中山間地の農山村地域における出水形態特性に、植生・地目・地形等の流域数値情報を取り込

んだ分布型洪水流出モデルを開発し、流出予測への応用を図った。

- ・ 分布型流出モデルにレーダー雨量計で観測されるデータを組み込むことで、集中豪雨の予測、台風の移動予測と連携した流出量予測の検討が可能になった。
- ・ 流域に繁茂している植生の諸元を測定し、流れに与える影響を数値解析することで、洪水予測が可能になった。

### 洪水氾濫災害防止技術の高度化

- ・ 山腹斜面における不飽和浸透流式と植生の水分吸収、蒸発散作用を加味した流出基本モデルの構築を行った。
- ・ あらかじめ全国の降水量を用いて確率推定式の係数を定めておき、これを用いることで任意の観測点における確率降水量の推定法を開発した。
- ・ 下水道マンホール蓋の飛散現象とその防止対策に関するシミュレーションモデルの開発を行った。
- ・ 過疎化が進んでしまった中山間地域の農業用水路管理の防災機能を維持するための操作の自動化を図る。
- ・ 洪水が多発する岡山県の中小河川において、岐阜県の輪中地帯に匹敵する高度な水害予防組合が存在することが分かった。
- ・ 洪水対策システムにインターネット等の新しい情報基盤を組み入れ、その他の防災システムと連携した総合的な危機管理システムの検討を行った。
- ・ 市街地を対象に高精度風上解法に基づいた氾濫数値シミュレーションモデルの構築を行った。
- ・ 水害時の避難計画に関し、避難所設置、避難情報の時期と伝達手段、住民の危機意識の持ち方などが避難成否に与える影響を定性的に明らかにした。
- ・ 低水域において、数値地形情報とリモートセンシングから洪水、氾濫シミュレーションの作成を行い、氾濫予測図（ハザードマップ）の作成が可能になった。
- ・ 都市域における氾濫流に関する模型実験と数値モデルから、水防災街づくりや避難経路・方法などの危機管理策とその評価を行った。
- ・ 都市域の多様な地下空間、地形、建物等を考慮した水害の氾濫解析手法の開発と避難誘導のあり方を検討した。
- ・ 都市洪水対策として、地表河川や下水道から地下河川に分流水を流入させる立坑の構造および減勢機能について水理実験により検討している。
- ・ 動画、静止画を活用し、都市河川の氾濫危険度評価と浸水被災域予測のためのシステム開発を行った。

### 河川洪水の危険度評価技術の高度化

- ・ 石狩平野開拓時における洪水氾濫、地下水位を低下させるための捷水路工事を定量的に評価した。
- ・ GISやリモートセンシングデータを利用し、伊勢湾周辺低地における降雨、土砂災害の発生場所の地域的特性をより明確に把握できるようになった。
- ・ 河川内樹木が大量に流木化する箇所は、洪水主流部が低水河岸を侵食する箇所であることが明

らかになった。

- ・ 沿岸域での大規模埋立事業に関し、水防災工学の立場から水域の変化を予測し、沿岸都市の洪水高潮対策を考察した。
- ・ 河口デルタについて数値モデルシミュレーションから初期形成メカニズムを検討した。
- ・ 河口閉塞対策における、密度流の解析技術として水位変化に伴って表層の層厚が変化する場合の多層モデルの解析精度を向上できる解析モデルとして多層移動境界法を提案した。
- ・ 広域地表攪乱によりもたらされた土砂移動の変化を把握し、近未来における地表浸食量、滞留土砂量、水域への流出土砂量を予測している。
- ・ 水面波動、圧力、流速を計測し、平均流特性、乱れ特性、圧力特性等の流れの内部構造を検討することによって急勾配階段状流れのエネルギー減衰機構が明らかになった。
- ・ 複断面河川での流れの3次元構造を計測し流れと河床形状との関係、流れと高水敷上の植生との関係について検討を行った。
- ・ 複断面蛇行河道における流れ場と河床形状の領域区分化とそれらの特性と形成機構、洪水流の非定常性の影響と貯留効果について明らかにした。
- ・ 溜め池の防災や溜め池を有する地域の環境保全に重要な役割を果たす、溜め池の保全の要件、地震による被害、洪水の原因を明らかにした。

#### 河道変動等への対策技術の高度化

##### 河道変動機構の解明

- ・ 衛星画像を用いてバングラディッシュ河川の経時的な河道変動を把握した。
- ・ 熊本、白川における、新規火山灰（ヨナ）の流動特性を流量と土砂量の観測により土砂流送特性が明らかになった。
- ・ 那珂川の洪水堆積物は、逆級化層理によって特徴づけられることが分かった。
- ・ 斐伊川の洪水時の現象に関して、河床波の階層構造や洪水時のうろこ状砂州の挙動、流砂量の時間変化特性、河床形態と洪水流の構造との関連、砂堆の発達に伴う粗度係数の時間減下特性などが明らかになった。
- ・ 斐伊川の洪水流乱流構造の非定常特性および河床形状の変化特性と洪水流の乱流構造との関連性が明らかになった。
- ・ 構造物による河道変動機構の解明とその対策技術の高度化に対して、洪水水衝部を安定化させる対策技術の一つを提供した。
- ・ 河川の河岸の土砂堆積が流れの乱流構造と密接な関連を持つこと、河床形状の形成と変化が洪水流の非定常特性に強く依存していることが明らかになった。
- ・ 河川の土砂の流送機構を解明するとともに、水制などの構造物が土砂の輸送堆積におよぼす影響や河岸浸食防止に及ぼす効果について解明した。
- ・ 河道内に繁茂した植生が、洪水時の流水や流路変動に与える影響を明らかにするとともに、それにより生じた地形変化を元に植生の動態を予測する手法を確立している。
- ・ 河道内樹木が流れや河床変動に与える影響について検討し、樹木群が水制として利用可能なこと、自然河岸やヨシ原の河岸の侵食機構、耐侵食力を明らかにした。

- ・ 開水路流れにおける壁面剪断力の分布特性の計測から局所洗掘や侵食などの堤防災害被害の予測を行った。
- ・ 洪水による河口部における二次元河床変動の数値シミュレーション法の高度化を図った。
- ・ 貯水池での年々の土砂堆積実績を各年の降雨実績を与えて、数値シミュレーションにより再現できるモデルを作成した。
- ・ 低水路が蛇行する複断面開水路の流れの水理に関し、流れの可視化と河床変動量測定を行い、流れの構造を総合的に把握した。
- ・ 流れの可視化と画像処理による開水路乱流の三次元計測法に関する研究を行った。

#### 流域全体の土砂管理技術の高度化

- ・ 複雑な流れを再現可能なモデルの開発を行い、蛇行や樹木特性を考慮した河道設計技術の検討が可能になった。
- ・ 河岸侵食と河床変動との関係を明らかにし、それに基づいて河岸侵食を防止する護岸構造物の機能を把握して、効率的に河道変動を制御して洪水災害の防止・軽減を目指した。
- ・ 河口デルタ海岸の海底地形変化予測モデルの構築から、河口デルタにおける流砂、漂砂系の管理技術の高度化を図った。
- ・ 鬼怒川の河床低下に伴う諸問題に対して、現地観測、数値シミュレーションから予測システムを構築し、今後の河川管理、護岸設計を行っている。
- ・ 自然環境を考慮した護岸工法の開発を行うとともに河道内植生の水理学的影響を把握する手法の開発を行った。
- ・ 水と土砂の境界条件と河道幅が決定したとき形成される河床形態とその動態を数値解析によって予測可能になった。
- ・ 貯水池堆砂の排除に関して、副ダムとバイパストンネルで排砂するシステムを考案し、数値シミュレーションによって有効性を確認した。

#### 堤防の強化技術の高度化

##### 堤防の強化技術の高度化

- ・ 豪雨災害等によって破壊された堤防の復旧工法として、補強土工法による多自然型河川堤防の開発を行った。

#### 浮遊砂・ウォッシュロードによる濁水・土砂堆積被害対策技術の開発

##### 浮遊砂・ウォッシュロードによる濁水・土砂堆積被害対策技術の開発

- ・ 石狩川河道内の任意地点を通過する土砂量、粒径やその時の河床高を予測できるシステムを構築し、実測値で検証した。
- ・ 有明海の排水樋門ミオ筋における浮泥堆積を、干満差を利用してフラッシュ水で除去する方法を開発した。
- ・ 琉球地方において、基礎的な赤土流出シミュレーションを構成し、これをベースにより高度なモデルを構成し、赤土流出を軽減する手法を開発している。
- ・ GPSを利用して河口沿岸域の流況および水中地形観測手法の確立を目指す。
- ・ 開水路における浮遊砂量の定量的な算定法と洗掘、堆積を同時に評価するための数値計算法を

提案し、数値シミュレーションと室内実験で妥当性を確認している。

- ・ 湖沼、貯水池に流入した濁水によって誘起される乱流混合現象について基礎的知見を得た。
- ・ 農業用ダムで堆砂量を計測し、年間平均流入量を指標とした予測式を作成した。
- ・ 農地小流域内の傾斜農地から流出する土砂を制御する農地配水系において、下流域の水環境へのインパクトが大きいと考えられる土砂について、その移動や滞留の動態を解明している。

## (2) 土砂災害の防止技術

### 斜面崩壊及び土石流の危険度評価技術の高度化

#### 地すべり、崩壊、土石流等の発生機構の解明

- ・ 1993年鹿児島豪雨災害では、斜面崩壊・土石流はしらす斜面のほか、しらす以外の火山地質から成る斜面、火山地質とは無関係の地質から成る斜面でも多数発生したことや、地下水が関与した崩壊が多数発生したことが分かった。
- ・ 1997年の九州における豪雨の針原土石流災害において、災害の実態や発生メカニズム、防災体制等が明らかになった。
- ・ 1999年の土砂災害の解析から、土石流、流木による災害の発生実態、土地利用の土砂災害の関係が寄り詳細に明らかになった。
- ・ GISとモンテカルロ法を用いた三次元斜面安定評価システムを開発し、中国三峡ダム両岸の斜面不安定箇所崩壊危険度を予測している。
- ・ 地すべり災害の予知のため、北海道、東北、中部の一部の地すべり地形の分布を明らかにした。
- ・ 新潟平野東方の山麓部において、遺跡の被害調査によって土石流発生の再来間隔を解明した。
- ・ 横浜地域において、斜面崩壊に影響する斜面の属性がある程度明らかになったことで、雨量と崩壊の関係もある程度明らかになった。
- ・ 美濃帯地域において、堰止め湖堆積物と文献、古文書から大規模斜面崩壊の周期性を明らかにしている。
- ・ 広島豪雨災害において、雨量データベースを作成し、災害をもたらした降雨特性を明らかにし、斜面崩壊の危険度を時間的および空間的に把握できる雨量指標を開発した。
- ・ 島根県における調査区域では、山地における地形遺急線沿いに表層崩壊が集中すること、降水特性と崩壊現象の発生形態の関連性が明らかになった。
- ・ 姫川水系における継続的な調査解析により、火山噴出地域内の流域における大規模崩壊の発生とそれに続く土石流の発生の頻度・規模について知見が得られた。
- ・ 南九州における土砂災害発生時の雨量を分析した結果、その大半が24時間半減期で求めた実効雨量が200mmを越えたときということが判明した。
- ・ 雲仙普賢岳山腹斜面において火山灰の堆積厚と浸透能を測定した結果、火砕流が頻発した1993年には火山灰の増加に伴い、浸透能は急激に低下し、その後の火砕流の減少、停止に伴い浸透能は回復した。
- ・ クラックの伸張や地面状のマーカ移動などの定量的データによる崩壊時期予測、10分雨量の予報に基づく土石流発生の警報発令の実用化を行った。
- ・ GISを用いた道路斜面リスクマネジメントシステムの開発を行った。



- ・ しらす斜面において、新しい崩壊地と古い崩壊地を植生の違いによって判別ができることが判明し、その方法で危険斜面の抽出を行った。
- ・ シラス斜面において、遅い雨量移動による崖錐地下水位の高い状態と大雨時の速い雨水移動による地下水位の急上昇が重なると崖錐崩壊の危険が高まることが分かった。
- ・ シラス台地周辺の崖錐部崩壊には台地内からの地下水の流出が深く関与していることが明らかになった。
- ・ チャンネルネットワークの自己形成機構に関する理論的・実験的研究を行った。
- ・ 花崗岩、火砕流凝灰岩地域での風化帯構造のモデル化、降雨浸透の解析によってそれぞれの崩壊発生メカニズムの違いが明らかになった。
- ・ 過去の崩壊箇所事例から崩壊に影響を与える要因を抽出し、斜面の崩壊危険度を予測した。
- ・ 簡易貫入試験による斜面の物理性を検討した。
- ・ 景域生態学の理論に基づき、地域環境の構造を解明し、地域環境との調和した砂防計画を創出している。
- ・ 降雨による地盤内の含水比の変化、晴天時の温度の変化を計測し、かつ、コンピュータでシミュレートすることが可能になった。
- ・ 降雨に伴う斜面崩壊の解析に必要な不飽和土の剪断強度パラメータを精度良く求める試験方法の開発を行っている。
- ・ 降雨時の斜面表層崩壊の機構を雨水の鉛直浸透過程等の三過程モデルで表現し、危険度評価技術の基礎が完成した。
- ・ 国全体を流域単位に分割しそれぞれ水系構造と流域動態の差異を定量化し、水・土砂流出機構に与える影響を明らかにし、国土の災害環境の変貌を予測している。
- ・ 山地、河川、海岸における土砂移動現象は地形の影響を受けるため、地形を考慮した土砂移動現象の検討を行った。
- ・ 山地道路に接する急斜面では、特定位置で崩落現象が繰り返しおこるケースが多いことが見出され、パトロールの強化とGISデータベースの活用により、人命被害を飛躍的に減らすことができる可能性があることを示した。
- ・ 自然排水条件下での応力制御リング剪断試験を実施することで、地震時あるいは豪雨時にすべりから高速流動に移行するか否かの推定が可能になった。
- ・ 斜面、河床勾配が15度以上の不安定堆積物の特定法について技術的な進歩が認められ、危険度の相対的評価が可能になった。
- ・ 斜面崩壊の中でも土砂が高速流下するものがあるが、現在、予測が不可能な現象であるので、模型実験を行いメカニズムの解明を行っている。
- ・ 斜面崩壊時の前兆的変位の物理的な解明のために一面剪断試験機中の底板に作用する応力を5カ所で測定し、すべり面の形成過程について検討した。
- ・ 従来、別個に研究が行われてきた第三紀層地すべりと結晶片岩地すべりについて比較検討を行い、地すべり発生の予測・対策の高度化を図った。
- ・ 深層崩壊地における地下水の流出が降雨のピークから数時間後にピークに達すること、低水時の河川流量、電気伝導度、シリカの濃度が急激に変化することが明らかになった。



- ・ 数力所を対象に、現地調査、現地観測、土質試験を行い、地すべり挙動を検討するとともに、その発生機構の解明を行っている。
- ・ 前兆現象の実時間解析による崩壊時刻の予測の効果が実証的に示され、流動性崩壊や土石流の影響範囲が評価できるようになった。
- ・ 対象流域において、植生、火山灰層序、土砂堆積年代等から、土砂移動履歴の時空間把握を行い、土砂災害防止の基礎情報とした。
- ・ 大規模岩盤崩壊の発生に至る極めて遅いクリープ現象の実態が明らかになった。
- ・ 大規模斜面崩壊の発生機構の解明、主要活火山傾斜分級図の整備と公開を行った。
- ・ 宅地において、行政のチェックの甘いミニ開発において、斜面安定の評価とそれに基づく工事設計が行われないことに起因する災害が、地震時にも豪雨時にも極めて多いことが明らかになった。
- ・ 地震に対する林地の安定性と山地災害に関して、斜面上・下部における地震動同時観測によって斜面上部の地震加速度の拡大増加が確認された。
- ・ 地震時地すべりの高速流動、豪雨時の斜面崩壊から高速土砂流動への移行メカニズムが明らかになりつつある。
- ・ 地盤への降雨浸透および降雨に伴う斜面崩壊をシミュレートするための数値力学モデルを確立した。
- ・ 土砂災害の発生限界を降水量などで指標化し、降雨量に空間分解能の高いレーダー雨量と精度の高い地表雨量の両方を用いることでリアルタイム危険度が予測可能であることを示した。
- ・ 土石流の流速観測において、従来用いられてきたワイヤーセンサー方式に代わって、動画による画像解析と空間フィルタを用いる方法を開発した。
- ・ 土石流の力学的観点からの分類が行われ、粘性型土石流では斜面崩壊土の液状化が重要であることが判明し、崩壊から土石流に遷移するプロセスが明らかになった。
- ・ 土石流を撮影した映像の解析から、表面速度分布を詳細に計測可能になったことにより、従来よりも正確なハザードマップを作成できる。
- ・ 土石流観測（穂高）、GPSによる地すべり観測（徳島）などを行った。
- ・ 風化した花崗岩や変成岩地域で発生する斜面崩壊は斜面内部に潜在するすべり面に沿って発生することが多く、少量の雨でもその要因となりうることが分かった。
- ・ 崩壊再来周期解析の準備として、斜面崩壊危険度評価の基本単位となる斜面の区分をスケールに応じて厳密な基準で行えるようになった。
- ・ 飽和浸透流解析モデルを組み込んだ三次元斜面安定解析により、危険位置および三次元崩壊危険形状を求める。
- ・ 落石頻度の増加傾向に基づく、大規模崩壊の切迫度と現象規模の予測について具体的な提案を行えるようになった。
- ・ 類似の地形においても、崩壊挙動に差異があることから、地下のパイプに注目し、崩壊発生のメカニズムを検討した。
- ・ 歴史的山地災害の統一ドキュメンテーションに関する国際ワークショップを開催した。

**斜面崩壊及び土石流の危険度評価技術の高度化**

- ・ 三重県森林GISのデータベースに対する組込みを前提とした、支流単位の危険度評価を行った結果、これまで行政が森林施業を目的として作成していた、支流を電子化して表現した森林GISを、防災対策という実務面で利用できる可能性が示唆された。
- ・ 六甲山系の流域ごとに防災構造物の機能を評価する多重ロジスティック関数を求め土砂氾濫危険度を評価したところ、危険度は減少していることが分かった。
- ・ 高知県の調査地域で、農地における表層崩壊発生実態を現地調査に基づいて明らかにし、農地の土地利用や管理水準に対応した表層崩壊危険度の評価手法の高度化を図った。
- ・ 地盤調査、現地計測、室内土質実験、数値力学モデルによる斜面の含水状態のシミュレーションが可能なプログラムを開発し、南九州シラス地帯における土砂災害予知システムを製作している。
- ・ 地すべり地形分布図のデジタル化を図り、地形（DEM）、地質、植生などと共に空間情報データベースの作成を行った。
- ・ GISを用いた道路斜面リスクマネジメントシステムの開発を行った。
- ・ スキャン式レーザ測距儀を用いて、斜面崩壊による災害に対し、発生地あるいは発生のおそれのある斜面状況の面的で迅速な把握と監視を行う技術の実用化を目指した。
- ・ リモートセンシングを用いた潜在的崩土層厚の推定手法の開発を行った。
- ・ レーザスキャナ計測技術を導入することで、航空写真では検出できなかった斜面の微地形を把握することが出来ることから危険斜面抽出システムの高度化を図った。
- ・ 安価な1周波受信機を用い、計測時間が短い短縮スタティックGPSの地すべり観測への適用性を検討し、従来の方法と同精度の観測が出来ることを確認した。
- ・ 斜面崩壊危険度手法を確立するため、衛星リモートセンシングを用いて、山間地における土砂災害の調査の迅速化を図っている。
- ・ 音響センサと計算機対話型空間フィルタ速度計測法の実用化から土石流監視システムの開発を行った。
- ・ 火山斜面地において固定測線を多数設置し、多時期の空中写真から精密な標高データを作成し、火山斜面地の解析方向と方向性を定量的に把握している。
- ・ 過去に災害の発生した中山間地の水田団地や圃区の持つ特性を統計学的に検討し、農業施設危険度評価のための指標を明らかにした。
- ・ 危険度評価を行うための斜面状況を把握する技術として、地上型スキャン式レーザ測距儀による三次元形状の計測の可能性を確認した。
- ・ 光ファイバセンサー、GPS等を用いた、危険斜面および土木構造物の変状監視システムの高度化を図った。
- ・ 構成則に忠実に応力構造を反映したシミュレーションモデルを作成し、掃流砂を含む流れまでシームレスにカバーする高精度の土石流数値計算法を開発している。
- ・ 降雨強度を指標とした土砂災害危険地判定手法を開発するため、GISおよび物理則を用いて、崩壊に関連する諸因子の抽出およびGISデータの構築を行っている。
- ・ 合成開口レーダーを用いて、地すべり・雪崩を検知するシステムの開発を行った。

- ・ 豪雨による土砂災害を防止、軽減するため、地すべり斜面の危険性評価技術、流下堆積域推定技術、降水量推定技術を向上させ、表層崩壊危険域予測手法を開発している。
- ・ 国内外の観測資料を整理し、土石流による危険区域の設定や対策の合理化のために発生する土石流の規模を推定する手法の開発を行った。
- ・ 災害危険度地図の作成のために上高地の地形災害危険度調査を行った。
- ・ 室内模型実験や現場実験を行い、変位や構造物の剛性を考慮した斜面安定性評価法の開発を行った。
- ・ 実斜面における野外実験や室内実験により崩壊土砂の流動化現象を再現し、そのメカニズムを解明すると共に、土砂移動シミュレーション技術の開発を行った。
- ・ 斜面変動の素因を地形、地質、水文的な見地から把握すると共に、斜面変動の発生機構、土砂の移動機構を力学的に把握し、発生場所と被害の予測手法の向上に取り組んでいる。
- ・ 斜面崩壊や地すべりを風化侵食過程の一部として捉えることで、災害発生ポテンシャルの評価、災害発生形態の予測を行い、ハザードマップを作成している。
- ・ 植生、地質、地形などとフラクタルやGISを利用した斜面崩壊、地すべり危険箇所並びに斜面安定土調査手法の開発を行った。
- ・ 深層崩壊、地すべりに起因した土石流危険溪流抽出手法を地形、地質条件と現地調査から開発した。
- ・ 積雪寒冷地において、降雨、融雪、地質、凍結融解などの斜面崩壊要因の影響度を考慮した危険度評価法を確立した。
- ・ 測定器を簡易化、自動化し、電磁法の測定項目を増やすことで、地すべり地等の危険地帯における電磁探査法の探査精度を向上させ、地質構造の把握が正確で容易になり、危険度評価が高度化した。
- ・ 太陽光反射率スペクトルやおよび熱画像を計測することによりリモートセンシングのみを用いて斜面安定性を調査する方法を開発している。
- ・ 対策工の効果をFEMによって合理的に評価することが出来るようになった。
- ・ 第三系軟岩地域の地すべり危険箇所の判定法を体系化した。
- ・ 地すべりなどの危険箇所の地下構造を調査するため比抵抗解析手法の向上から、地下構造の推定精度が向上し、危険度評価が高度化した。
- ・ 地すべり危険箇所調査手法のレビューを行い、調査手法体系化への事例調査例を作成した。
- ・ 地すべり地およびその周辺地域において、融雪水の浸透および流動特性を解明し、地下水の地すべり発生に及ぼす影響を評価している。
- ・ 土の低圧領域における剪断強度の測定精度の向上により、農地造成における法面の表層崩壊の大きな要因となる土の粘着力成分の評価が可能になったことで、危険度評価技術が向上した。
- ・ 東京都の急傾斜指定斜面において、斜面崩壊の発生機構の解明、危険度評価を行った。
- ・ 等高線データを用いて落水線を発生させて傾斜や斜面方向を直接計測すると共に、地形を分類する手法を開発している。
- ・ 道路に面した岩盤斜面の崩壊危険度を適切に評価するために、エアトレーサー試験等の新しい

調査方法を開発した。

- ・ 内部境界に着目した土石流の二層流モデルの改良を進め、土石流危険区域の推定手法の高度化を図った。
- ・ 不確実性を明示することで防災対策の選定に資する、道路近辺の岩盤斜面ハザード評価技術を高度化した。
- ・ 防災カルテをGIS上に入力し、地形・地質情報に基づいた検索機能を持たせ、危険度上位箇所についてはデジタルカメラ撮影による詳細検討を行う、道路防災GISのプロトタイプを作成した。
- ・ 融雪に起因した土砂災害の危険度評価および防止技術を検討する上で不可欠な高標高域での積雪・融雪の推測方法、積雪水量の再現性において精度向上が図られた。

### 斜面崩壊及び土石流の防止技術の高度化

#### 危険斜面の動的挙動の観測・実験手法の開発・高度化

- ・ 地すべり土塊内の応力の全成分を測定するための手法の開発を行っている。
- ・ 遠心模型実験により盛土斜面崩壊現象のシミュレートが可能になり、崩壊の観察、補強材の挙動観測、対策の評価が行えるようになった。
- ・ 数値標高モデルを用いて、地すべり地形の自動抽出技術から、危険度評価、開発行為の適正な誘導技術への開発を行った。
- ・ 土石流の源頭部における湧水は、表層近くの地下水と、地下深くからきている地下水の2種類があることが分かり、後者が土石流の引き金になっている場合があることが分かった。
- ・ 磐梯山において山体崩壊と岩屑流の発生機構、発生条件などを明らかにするために、ボーリング調査、化学分析、磁化測定、電磁探査、重力探査等を行った。
- ・ 力学的不静定内力を考慮した斜面安定解析法の開発を行った。

#### 斜面崩壊・土石流発生の検知機器等の開発・高度化

- ・ 土石流等による労働災害防止のために土石流検知センサ等の高信頼性を推進するための関連技術を開発した。
- ・ ケーブルセンサと移動通信網を利用した落石検知システムの開発・実用化試験を行っている。
- ・ 危険な岩盤斜面のレーザ観測等に、地下水位の上昇や降雨などの計測データを組み合わせた岩盤崩落監視警戒システムの構築を行った。
- ・ 土石流の発生予測にレーダー雨量計を活用した短時間降雨予測を利用したことで、予測精度は向上し、警戒避難体制の整備が進んだ。
- ・ 土石流検知センサの中でも、よりメンテナンスフリーで検知できる振動センサに注目し、トリガーレベル等の検討を行った。

#### 被害発生の防止技術の高度化

- ・ 従来、経験的に配置していた地すべり抑止杭、地すべりアンカーの効果的な配置法の確立のための試験、調査を行った。
- ・ ボーリングコアによる少ない試料で、三次元的なすべり面の強度定数分布を調査し、安定解析、適応手法の確立、地すべり安定度評価の精度向上を図る。

- ・ 災害時、地すべり開始時以降において、迅速に地すべり斜面変動量の計測を行うためのレーザー計測技術の構築を行っている。
- ・ 大変位地すべりの発生場の条件、移動速度、距離と地形条件等の把握を行い、警戒避難体制を検討した。
- ・ 地すべり面の強度変化特性を二次鉱物含有量によって把握する手法を、形状記憶ケーブルによって移動量を特定する手法を提案した。
- ・ 地球温暖化にともなう降水パターンの変化から地すべりの多発が懸念されるため、危険斜面の把握と危険度予測、被害の軽減について検討している。
- ・ 地震、豪雨時などに発生する崩壊により形成される天然ダム形成と結果の機構を明らかにし、対策を検討している。
- ・ 鉄道沿線の盛土と切取について豪雨時の斜面の危険度評価法を開発し、法面被覆工の効果などを含めた評価法の高度化を図っている。
- ・ 都市に接する山麓部樹林の土砂移動抑制効果を検討し、崩壊土砂の移動に関するモデル化を試みた。

#### 河川上流部における土砂災害防止技術の高度化

##### 土砂移動現象における土砂の流動・堆積機構の解明

- ・ 明らかになりつつある、河川上流部での土砂の2次流出の機構と降雨流出とを結合させて、様々な時間スケールの土砂流出量予測を行っている。
- ・ 荒廃溪流上流において、降雨を因子として堆積した砂礫が土石流化するケースを観測事例から明らかにしている。
- ・ 従来、土石流の突然の高速化(土石流サージ)は水量の増加が原因という見方がなされていたが、急勾配循環式土石流実験装置による実験によって、土砂の欠損によって発生することが明らかになった。
- ・ 土石流の流動機構は、その底面付近に粒子間力層が、その上には慣性力層が存在し、2層構造を示していることが明らかになった。

##### 土砂コントロール技術等の開発・高度化

- ・ ネパールヒマラヤの河川上流部での土砂侵食機構や河岸の侵食過程を解明し、その結果からネパールヒマラヤに適合した土砂コントロール技術を提案している。
- ・ ダム排砂の河川環境への問題点を観測、実験から検討し、また、土砂移動に関していくつかのモデルを提案した。
- ・ 土砂災害防止技術に関し、土砂の移動や溪流の擾乱を極力抑止するというこれまでの方針から、ある程度の擾乱を許容する、溪流環境の保全と調和的な技術のあり方を検討した。
- ・ 土砂氾濫と森林攪乱の相互作用する場を河川空間と定義すると、河川空間は「攪乱許容量」と「擾乱時間」によってゾーニングを行うことが出来た。
- ・ 穂高砂防観測所の山地試験流域において、水の流出や土砂移動に関するイベントが実際にどのような形態で発生しているのかをビデオ撮影などを駆使して調査し、山地流域の降雨流出特性を明確にしている。

## 構造的に発生する地すべりの発生機構の解明と予測及び対策技術の高度化

### 構造的に発生する地すべりの発生機構の解明と予測及び対策技術の高度化

- ・ 数値地図情報とリモートセンシングを用いて、東北地方地すべり分布地形の統計処理と気象データからの積雪情報を併せ、地すべりの危険性を7段階で評価した。
- ・ 守門村（新潟県）の地すべり地をフィールドとして、約5万年前に発生した巨大地すべりの実態と現在の活動の関連を追及した。
- ・ 松之山町（新潟県）の地すべり地において、塩化ナトリウム型の地下水を排除するように下方に向けた排水ボーリングにより塩化ナトリウム型地下水を排除し、地すべり安定化に貢献した。
- ・ 火山灰のESR年代から群馬県榛名町で大規模地すべりの発生期と再活動期を明らかにした。
- ・ GISを用いて長崎県北部の第三紀層地すべりの安定評価ハザードマップを開発した。
- ・ GPSを用いて1cm単位の移動を捉え、斜面変動観測、危険斜面の監視あるいは斜面健康診断に活用するための開発を行った。
- ・ 混合型地すべり崩土の三次元解析により荷重と変形の関係、斜面の限界荷重を求めることで信頼性の高い安定度評価を可能にした。
- ・ 斜面崩壊の発生予測に関して、クリープから崩壊に至る過程（slide方程式）を力学的な面から誘導し、slide式を用いた予測法を示した。
- ・ 人工改変による、地すべりの活動助長現象等を20年以上にわたり観測を行った。
- ・ 地すべりの核は地すべり斜面の数カ所で発生していることが分かり、土圧計からは地すべり上部で必ずしも主動土圧になっておらず、末端部でも受動土圧になっていないことが明らかになった。
- ・ 地すべり地域の水の化学分析データにより弱線沿いに深い地下水位が上昇することを明らかにし、排水工事の着目すべき地域を指定できるようになった。
- ・ 地すべり地内の地下水の挙動および経路を推定し、地下水が地すべり移動に及ぼす影響を明らかにした。
- ・ 中央構造線沿いの大規模地すべりの発生機構として、熱水貫入に伴う膨張性粘土鉱物の生成、風化の進んだ受盤でのトップリンク崩壊の発生、大規模断層帯の影響などを明らかにした。

## 幹線道路等における大規模な落石の危険度評価及び対策技術の高度化

### 幹線道路等における大規模な落石の危険度評価及び対策技術の高度化

- ・ GISを用いて大分県における急崖の分布や危険度を評価し、表示するシステムを開発している。
- ・ 崩壊メカニズムを区分し、道路法面に対して複数の想定メカニズムを想定した危険度評価手法を開発している。
- ・ ジオシンセティックスなどを用いた補強土工法により構築した落石防護擁壁工法を開発している。
- ・ 寒冷地で多発する落石、岩盤崩壊をケーブルセンサと移動通信網を活用して予知する方法を開発した。
- ・ 落石の兆候、可能性、規模などの把握のために常時急崖斜面のひずみ等を計測し、その計測デ



ータをもとに落石の兆候等を推測する手法について検討を行った。

### (3) 沿岸域の保全技術

#### 異常波浪の予測技術の高度化

##### 異常波浪の観測技術の開発・高度化

- ・ 海洋波の非線形相互作用の計算精度が向上し、波浪の推算精度が総合的に向上した。

##### 異常波浪の発生機構の解明

- ・ 異常波浪の数値予測技術を開発した。
- ・ 浅海域に発生する超長周期波とそれに伴う現象に関する基礎研究を行った。
- ・ 波浪推算で課題となっていた「うねり」について東日本沿岸に冬季に來襲する高波浪の推算精度を向上させ、出現・持続確率についての推定式も提案した。

##### 異常波浪の予測技術及び危険度評価技術の高度化

- ・ 従来の波浪予測法よりも簡便で、かつ必要十分な精度を持つ予測モデルの開発を目的として、観測データのカオス性に基づく予測法の波浪予測への適用について検討した。
- ・ 確率的台風モデル、確率的低気圧モデルを利用した、我が国周辺海域および任意地点における波浪極値の推定システムを開発した。
- ・ 強風および極限的な波浪の発生メカニズムとその中における構造物に加わる流体力の予測法の開発を行った。

#### 高潮災害防止技術の高度化

##### 高潮の予測技術及び危険度評価技術の高度化

- ・ 東京湾を対象として、港湾域のように小スケールで複雑な海域における高潮を短時間で予測するリアルタイム高潮予測手法の開発が行われる。
- ・ 東京湾を対象に高潮とそれに伴う高波との同時生起率について明らかにし、高潮災害発生防止術の高度化を図った。
- ・ 伊勢湾周辺の各地点において発生しうる最大の高潮潮位とその発生確率を算定した。
- ・ 九州各県の大学で協力し津波、高潮の予測を行い、住民への警戒伝達法等を検討した。
- ・ 台風接近時など、高潮と高波が同時に來襲するので、それらの相互作用も考慮して予測のための計算法を統合した結果、台風の経路や速度によっては2つのピークが重なることが判明した。
- ・ 現状で、高潮、高波被害を防御施設のみでカバーするのは不可能なため、避難で人命を救う方法の支援としてハザードマップを作成した。
- ・ 高潮の数値計算モデルを改良すると共に、地球温暖化によって生じる台風の強大化や平均海面の上昇が高潮に及ぼす影響を明らかにした。
- ・ 高潮が発生する可能性を予測し、それに基づいて早期に避難に関する情報を提供するための意志決定支援システムを開発している。
- ・ 高潮現象を大気、波浪、海水流動の相互作用系として捉え、これを再現する数値モデル、現象

間のダイナミックなインターフェイスを記述する数学モデルを開発している。

- ・ 数値シミュレーションにより、高潮および津波の最大到達標高と陸地地形・海底地形との関係を明らかにした。
- ・ 台風に対する高潮予測モデル、波浪の影響を考慮した高潮モデルの開発により、高潮予想の精度向上が見込まれる。
- ・ 地球温暖化に伴う平均海面の上昇や巨大高潮災害の発生の懸念が高まっていることを鑑みて、太平洋沿岸構造物の設計潮位の再検討と異常潮位の出現状況解析を行った。
- ・ 風域場および吸送流場の3次元計測を行い、高潮時の気象・海象の総合的観測研究を実施した。

#### 高潮と河川洪水の複合災害の防止技術及び危険度評価技術の開発・高度化

- ・ 規模や加工処理方法の異なる複数の河口を対象として水位の変動特性を検討し、河川流量、波浪条件、河口地形の変化に伴う高潮時の河口水上昇量の定量的評価を行った。
- ・ 台風性降雨と高潮の同時生起性、内水問題と高潮の関連、高潮が洪水の水位に与える影響を明らかにした。
- ・ 湾口あるいは港口に設置して高潮の危機に際して稼働して防護機能を発揮する新形式の防護施設の一形式であるフラップ構造について、その性能および構造的安定性について検討を行った。

#### 沿岸構造物の耐波技術の高度化

##### 消波性能・耐波安定性に優れた新しい構造の開発

- ・ 瀬戸内海の景観を重視する海域に於いて、離岸堤に代わる消波構造物として人工リーフを用いるための構造と有効性を確認した。
- ・ 波による消波ブロックの移動に関して、耐用期間中の移動量を予測すると共に、移動量の新しい指標として被災度を用いた設計法を確立している。
- ・ コンクリート護岸に代わる環境調和型、景観配慮型の親水護岸構造物としてジオシンセティックスによる補強土壁工法と地盤改良工法を組み合わせたハイブリッド型の高規格で新しい護岸構造物を開発している。
- ・ ポテンシャル理論に基づいた時間領域での非線形浮体動揺数値シミュレーション法を開発し、その妥当性を水槽実験との比較で確認した。
- ・ 海岸構造物周辺地盤の脆弱化等の高波被災発生機構を実験的かつ理論的に検討したところ、構造物災害の発生機構が明らかになり、その防止策を提示することが出来た。
- ・ 多方向不規則波造波装置を用いて非定期的な暴風時波浪を実験室内に再現する手法を開発した。
- ・ 超大型浮体式海洋構造物（メガフロート）を海上空港として利用するために、波浪中の弾性挙動、係留方法など、浮体の安全性について検討した。
- ・ 波の不規則性のうち、消波被覆材の耐波安定性に及ぼす波の方向分離性の影響として、特に堤体堤頭部における消波被覆材重量の割増の必要性を実験および数値計算により明らかにした。
- ・ 波の不規則性のうち、不規則波の造波信号長が構造物の耐波安定性を検討するときの1つの条件要素になりうる可能性を示しつつある。
- ・ 波浪による海岸構造物周辺地盤の液化化・洗掘過程に関して、土の繰り返し塑性を考慮した波



浪による液状化解析コードの開発と予測能力の検証等を行った。

- ・ 防災機能にも優れ、周辺環境に配慮した形状となっている新形式の波浪制御構造物を開発した。

#### 耐波技術及び応急復旧技術の高度化

- ・ 暴風時における現地波浪の特性を調べた。その結果、日本海側と太平洋側で暴風時の特性が異なることが分かった。
- ・ 親水性防波堤など天端の高い防波堤の耐波設計法が提案、適用され、高波警報システムが開発された。
- ・ 混成防波堤直立部の滑動安定性に関して、耐用期間中の滑動量を予測し、許容滑動量を指標として設計する手法を確立している。
- ・ 従来型の透過波の低減効果のみに着目するのではなく、反射波の低減、さらには港内の水循環を促進するような水環境改善型の防波施設を発展させる。
- ・ 中小漁港の埋没防止に関して、漂砂シミュレーションによって漁港内部ならびに港口部での砂移動量を計算し、恒久的漁港埋没防止工法の提案を行っている。

#### 海岸侵食防止技術の高度化

##### 砂の移動機構と漂砂現象の解明

- ・ 新潟県、大潟海岸をサイトとして漂砂およびこれを引き起こす波や流れの総合的な観測により、砕波帯内における砂の移動機構、漂砂現象を解明している。
- ・ 新潟県、野積海岸の海岸地形には、信濃川の流量が卓越した影響を持つことが分かった。
- ・ 仙台海岸を対象に綿密な現地調査を行い、沿岸漂砂と岸沖漂砂による汀線変化が重畳している実態を明らかにし、両者を分離するための手法を開発した。
- ・ 海岸侵食機構の数値モデルを用いて、波の場、海浜流の鉛直方向の分布を算定し、浮遊砂泥の鉛直分布と組み合わせることで底質移動量の算定が可能になった。
- ・ 3次元海浜流の駆動力を実験により明らかにし、沿岸域の海水の運動量保存を満たした3次元海浜流モデルを確立した。
- ・ 沿岸流データ、数値シミュレーションにより、パー（沿岸砂州）型海岸における地形特性、水理特性を明らかにした。
- ・ 海域への土砂供給源としてみた河川流送土砂のあり方に関して、河川から海域への土砂移動の実態の解明、水系一環の多様な有機物、無機物の移動プロセスの実体解明を行った。
- ・ 海浜変形予測を行う際に、砕波帯内における戻り流れ、構造物周辺の波と流れの再現性の問題があったが、高精度3次元海浜変形予測モデル、乱流モデルの導入によって海浜流場の予測精度が向上した。
- ・ 大規模水理模型や平面水槽を用いた実験的手法により、閉鎖性水域として知られる湖沼や湾域の流動特性、海水交換特性に関する検討を行った。
- ・ 波による海浜地形の変化を数値モデルにより予測するための波浪および漂砂量の算定式の高度化を行った結果、養浜を行ったときの地形変化を数値的に予測することが可能になった。
- ・ 飛砂量公式に植生の効果を導入するなど一部修正し、気流解析モデルと組み合わせることによ

って飛砂解析の数値モデルを構成した。

- ・ 風洞実験や室内実験結果により、海域における波浪を考慮した海面抵抗の評価法の検討を行った。
- ・ 夜間、荒天時にも海底地形のモニタリングを可能にする、Xバンドレーダーを用いて浅海地形モニタリングシステムの開発を行った。

#### 海岸侵食防止技術の高度化

- ・ 測深データからの侵食域、堆積域と漂砂方向、量を把握し、3次元海浜流モデルと組み合わせ、河川からの土砂供給モデルを開発し中長期的な海浜変化の予測を行っている。
- ・ 河岸、湖岸、海岸の成り立ちに及ぼす生物の影響を水路実験と現地調査によって明らかにし、生物の働きを活かした土砂災害防止技術を開発している。
- ・ 河口デルタ海岸の海底地形変化予測モデルの構築を行い、河川流出モデルによるシミュレーション結果と併せ、流砂、漂砂系の管理技術の高度化を図った。
- ・ 前浜に透水層埋設をすることにより、前浜の地下水位と低下させ、海浜の安定を図る工法を開発した。
- ・ 養浜と安定海浜工法を組み合わせ、海岸侵食制御から海浜管理を考慮した海浜工学を発展させた。

### (4) 雪氷害の防止技術

#### 豪雪時の雪氷処理技術の高度化

##### 都市部の積雪処理と利雪技術の開発・高度化

- ・ 雪の冷熱を利用する農産物の雪中貯蔵施設や建物の雪冷房施設へ雪を効率的に輸送するための吸引式、空気力輸送実験装置の実用化を目指した。
- ・ 市街地において積雪荷重、雪の処理量を軽減する手法について検討を行った。
- ・ 自然エネルギーを利用した地下貯水槽蓄熱システム、掘削坑熱交換システムという無散水融雪システムの評価、解析を行った。

##### 建造物の耐雪設計技術の高度化

- ・ 光ファイバブラッググレーディングを用いた、屋根の雪下ろしを知らせるシステム、落雪警報システム等を製作した。
- ・ アンケート、実大柱の座屈実験等から木造構造架構の崩壊機構解明と限界性能予測式の実用化を行った。
- ・ 荷重、材料、構法がもつ各特異性の相乗効果を導入した積雪時の木造架構挙動解析法を構築した。
- ・ 南極昭和基地主要部を構成する建物群の周辺に形成されるスノウドリフトの発生メカニズムとその発達過程の基本的性状を解明し、その成長を抑える工学的な方策を検討している。

#### 豪雪時における交通等の機能確保技術の高度化

##### 豪雪時における交通等の機能確保技術の高度化

- ・ 福井に於いて、豪雪発生時等のライフライン、交通、通信網の被害を予測したハザードマップ

を作成し、通信手段の確保、危機管理の問題に取り組んだ。

- ・ 吹雪観測用ドップラーレーダーを開発し、吹雪などの視程障害についての面的短時間予測等のための吹雪広域ウォーニングシステムの開発を行った。
- ・ 冬期間において、避難施設の現状を調査し、その設計法、維持管理手法について検討した。
- ・ 冬季条件下での重大事故防止のために、防雪施設の機能向上や除雪、凍結防止剤の散布、凍結路面の粗面化など、冬季道路管理技術の開発を行った。
- ・ 道路情報をインターネットで公開し、アンケートやヒアリングからシステムの高度化を図った。
- ・ 地吹雪による道路の視程距離の減少に伴う交通機能の不全防止技術を開発するための地吹雪の発生と流動機構の解明を行った。

### 雪崩災害防止技術の高度化

#### 降積雪の観測技術の開発・高度化

- ・ 1996年豪雪の資料調査、現地調査を行った。

#### 雪崩の発生機構の解明

- ・ 黒部峡谷志合谷における現地観測とモデル実験により、乾雪・湿雪雪崩や雪泥流などの多様な雪崩の発生機構を解明し、汎用性のある雪崩危険予測システムの開発を行った。
- ・ ピンポン玉を用いた模擬雪崩実験により雪崩の速度、密度分布の測定が実際に行われたことで、雪崩のダイナミクスの解明が進展した。
- ・ 過去の発生地上と高層の気象データ、雪崩種類別の発生しやすい条件から、雪崩発生地点分布図、雪崩発生危険度予測法を開発した。
- ・ 高密度雪塊のシュート落下実験によりブロック雪崩を初めて調査し、その速度、到達時間等のダイナミクスを明らかにしている。
- ・ 積雪構造変化予測モデル、山域積雪分布シミュレーションモデルと雪崩発生広域モニタリングの比較検討から、雪崩発生予測システムの開発を行った。
- ・ 積雪深、雪密度、剪断強度、積雪安定度を推定し、ドカ雪時の表層雪崩の発生危険度を評価するモデル、装置を開発した。
- ・ 粘性圧縮モデルをもとに積雪深と降水量のデータよりリアルタイムに融雪量を推定するシステムを開発し、湿雪雪崩発生時の気象条件を解析し、発生危険度を評価する手法を開発している。
- ・ 表層雪崩の予知法について、積雪の剪断強度の測定、発生危険度指標の発案、新世代ゾンデの開発がなされ、衝撃力について雪塊の衝撃波形の予測が可能になった。

#### 雪崩災害の防止技術の開発・高度化

- ・ 光ファイバブラッググレーディングを用いた、雪崩防止システムを製作した。
- ・ 一度に100m程度の広範囲な計測が可能な合成開口レーダーによる雪崩検知システムの開発を行った。
- ・ 縦断方向の地形データを用意するだけで流動解析と図形処理が実行可能な、煙型雪崩数値シミュレータの開発を行っている。

- ・ 地形データに加え、植生をも考慮した雪崩危険度マップ作成手法を開発した。

#### 雪泥流災害等の防止技術の高度化

##### 雪泥流災害等の防止技術の高度化

- ・ 融雪に起因した土砂災害の危険度評価および防止技術を検討する上で不可欠な高標高域における積雪・融雪の推測手法、積雪水量の再現性において精度向上が図られた。
- ・ 降雪量の変動特性が雪氷災害へ与える影響を、最大積雪深、冬季気温という観点で検討した。
- ・ 雪泥流となる溪流内の雪のタイプ、そのタイプ別の雪泥流発生に必要な降雨量などの雪泥流発生機構、発生条件が明らかになった。
- ・ 雪泥流の凝集過程を粘度計の改良等から解析した。
- ・ 雪泥流の流動特性、衝撃力測定と事例収集から、流動的特性として非ニュートン流体で凝塑性構造を有することが明らかになった。

#### 林木の雪害防止技術の高度化

##### 林木の雪害防止技術の高度化

- ・ (該当なし)

#### (5) 強風災害の防止技術

##### 強風の予測技術の高度化

##### 強風の予測技術の高度化

- ・ 岡山県の「広戸風」と愛媛県の「やまじ風」の発生機構を解明し、気象台での局地予報に活かされている。
- ・ 高知で発生したダウンバーストの解析を行うことによって、発生予測の高度化を図り、強風が構造物に与える影響の一部を解明した。
- ・ 非静力学モデルの導入で、強風予測を水平解像度10km以下で行うことが可能になった。
- ・ GISを利用することで任意地点の地形因子を自動的に求め、それを利用して予想される最大風速等の強風特性を求めるシステムを製作している。
- ・ ドップラーレーダー、ウインドプロファイラー等の地上リモートセンシングシステムを使用して突風、強風の予測技術の高度化を図った。
- ・ 台風来襲時の強風、竜巻被害の発生メカニズムを、被害状況調査、気象資料、数値気象予測計算等に基づき考察、モデリングを行い、被害状況調査結果と比較しその有効性を確認した。
- ・ 地形因子解析、風洞実験、現地風観測、数値流体解析によって任意地点に作用する強風を精度良く推定する手法の開発を行っている。
- ・ 地表面粗度や局所地形の影響を考慮したことで、台風による強風を従来より精度良く予測することが可能になった。

#### 強風災害の防止技術の高度化

##### 強風被害予測技術及び対応技術の開発・高度化

- ・ メトロマニラという実在の都市を対象に数値シミュレータで強風予測を行い、高層ビルが林立する都市域における、局所的な風の非正常性に注目した強風災害のリスク評価手法を検討し

た。

- ・ 住宅の形状や部材耐力を考慮することで、より普遍性のある被害予測モデルが提案され、被害低減対策の効果を定量的に評価することが可能になった。
- ・ ダウンバーストと親雲や一般場との関係を明らかにし、その被害領域の状況について模擬実験を行っている。
- ・ 海上都市に立つ巨大建造物の強風時の挙動を観測、模型実験により明らかにした。
- ・ 強風による樹木への被害発生機構の解明について、根系の樹体支持機構と樹体の破壊機構を分離して議論することを可能にした。
- ・ 強風による植生、特にソルガムの耐風性を実測し、その被害発生メカニズムを解明した結果、作物の被害防止、予測の高度化について定量的な観測事実を提供することが出来た。
- ・ 強風災害被害の中でも、屋根瓦等の飛散メカニズムを検討した。
- ・ 森林樹木が受ける荷重を実測値と、森林の葉面積、樹高との関係式から九州北部のスギ林の抵抗係数分布図を作成した。
- ・ 台風時の果樹被害を調査し、強風の果樹への被害発生機構、被害を受けた樹勢回復技術が解明され、ハウス構造の指針を得た。
- ・ 大スパン円筒形屋根面において、風外力が構造物の屋根面に作用することで生じる振動依存風力の発生メカニズムを解明し、流体と構造物の連成挙動を明らかにした。
- ・ 都市の細密情報を充実させたモデリングにより、都市部の地表近傍での強風を瞬間的な突風を含めて高精度に予測できるようになった。

#### 構造物の耐風設計技術及び応急復旧技術の高度化

- ・ 複雑形状を有する建築建造物の設計用風荷重予測システムを提案した。
- ・ 強風による鉄梁の振動防止において、アクティブテンドコントロールの有効性、突風応答の制御での2次元的な計算による有効性が確認された。
- ・ 橋梁の縮尺模型を用いた風洞実験によって耐風安定性が調査されておらず、所定の安定性が確保されていない場合の空気力学的な耐風安定化対策を提案した。
- ・ 高層建物の空力制振技術に関して、実験とシミュレーションで様々な形状効果を明らかにし、また、三角楔などの取り付けで横渦の発生を止める方法などを考案した。
- ・ 合理化少数主桁、斜張橋ケーブルの耐風安定化について、安全性と経済性を追求したケーブルの開発を行った。
- ・ 最近試みられている新しい風洞と風洞実験法に焦点を当て、今後の風洞実験利用の展望と可能性を探った。
- ・ 送電鉄塔の現場施工による高効率で廉価な、耐風補強工法の開発を行った。
- ・ 耐震技術としての履歴減衰機構は、空力不安定振動領域まで考慮すると必ずしも有利になるとは限らないので、そのバランスを検討した。
- ・ 中央支間長約1 kmの吊橋の耐風設計法を、ほぼ倍の約2 kmに適用できる設計法・技術を開発した。
- ・ 超高層建築物の崩壊機構に関して、弾塑性空力不安定振動予測モデルを構築し、強風災害の防

止技術の高度化を図った。

- ・ 任意形状の風速分布を発生できる風洞装置を製作し、任意の風速鉛直分布状況下で受ける住宅の風圧力の実験検証を行った。
- ・ 風荷重を低下させることで強風に強い送電線、配電線の開発を行い、断線事故を激減させた。
- ・ 風洞実験や、日米での評価方法比較から低層建築物の設計用風圧力の適正化を行った。
- ・ 本州四国連絡橋の風洞実験、数値解析等から耐風性調査から安全性に問題がないことを確認した。
- ・ 並列計算機を用いて、流れの3次元性に着目した数値流体解析による並列構造物の耐風制振対策を計算するプログラムの開発を行った。

台風等の予測から発生する被害を想定し対策を講ずる技術の高度化

#### 大気下層の風の立体分布観測技術の開発・高度化

- ・ 九州全域で高密度風観測ネットワークを利用して、瞬間的な突風の発生状況の定量的解析を台風、季節風との相違、地形との関連で検討し、地域強風防災の対策資料や地勢影響による突風発生の特性を解明する資料として使用されている。
- ・ 巨大台風の接近に際し、数地点の風データをモニタリングしながら、強風シミュレーションを実施し、都市部の建築構造物への危険度情報提供に対する可能性を検討した。
- ・ 自治体の気象観測を広域ネットワーク化し、台風来襲時のきめ細かな大気環境の把握と防災対策立案のための情報収集システムの構築を可能にする技術的基礎が確立した。

#### 台風等による風速分布及び被害を予測する技術の開発・高度化

- ・ これまでの強風被害状況から、風向別の突風率に着目した九州地区での強風災害危険度マップを作成した。
- ・ 過去50年間に上陸した台風のデータを分析し、台風の規模、時期、上陸の時刻、地域等から、被害を予測する式を導き、要因の被害への定量的評価を行った。
- ・ 巨大台風下の大規模構造物の動的挙動に関し、台風の特殊な性状のモデル化を行い、その条件下での大規模構造物の応答と風荷重の予測を行った。
- ・ 強い台風の本土接近中に、その後の進路と風速分布を確率的に予測して、住家の予測被害率の地理分布を計算し、災害発生予報を行うリアルタイム・システムを作成した。
- ・ 台風による農林被害は風の強さだけでなく、継続時間にも関連し、作物の生育時期、台風の来襲時期によって被害の程度が異なることが分かった。
- ・ 台風モデル、樹幹の力学モデルの解析、揺れ特性、樹形の関係性を解析して強風域の区分を行い、林相別に耐風性を判定し、風害に危険な森林を抽出している。
- ・ 台風災害における流木の発生、Woody Debrisの形成、河道土砂の滞留、河道閉塞と行ったプロセスを明らかにし、流木による土砂滞留災害発生予想マップを作成した。

### (6) 気候変動等への対応技術

異常気象への対応技術の高度化

#### 農作物・造林の寒冷害・干害等防止技術の高度化

- ・ 石狩、空知地域での、任意地点において冷害危険期に低温に遭遇する確率を1kmメッシュ上

で表現した。

- ・ 水稻冷害早期警戒システムの開発を行い、インターネット上で公開した。
- ・ アメダスの観測に基づき水稻の障害不稔を推定するモデルの開発、1 kmメッシュ単位の冷却量および冷害危険度のマップの作成を行った。
- ・ 異常小雨時に、大気中の水蒸気を凝結し回収した水を農業利用する技術の開発を行っている。
- ・ 凹凸形状の不均一水稻群落と均一水稻群落では日射利用効率には差が認められなかったことから、群落形状の操作では寡日照など、変動気象の負の影響を克服できないことが示された。
- ・ 気象未観測地の夜間気温降下量を推定するモデル、パラメータを提案し、冷害回避のための詳細な温度状況を推定する手法を検討した。
- ・ 電波、音波遠隔探査装置を利用して、既存の気象官署での気象観測では捉えにくいメソ気象現象大気境界層における標準的な観測方法を確立した。

#### 異常気象予測に基づく生産予測手法の高度化

- ・ 中国黄河流域で、リモートセンシングおよびGISを用いて、降水量の減少や周辺農業地域の水利量の変化から干ばつ被害を評価し、被害の最小化につながる流域管理、農業形態の提案を行っている。
- ・ リモートセンシングから日射量の実験式、水稻の生育・収量の推定モデルが作成され、「やませ」等の異常低温や長雨が農作物に与える影響評価が進んだ。
- ・ 湖沼堆積物を用いて過去10000年間の気候変動を詳細に復元することで、現在進行している温暖化の実態把握や影響予測を合理的に行うことが出来る。
- ・ 人工知能を利用して、気象、水文データを解析し、必要な管理情報を提供する、水資源システム管理支援の構築を行っている。

#### 地球温暖化等への対応技術の高度化

##### 地球温暖化に伴う海面上昇、台風の形態変化の予測技術の開発・高度化

- ・ 伊勢湾周辺の低地域において、地球温暖化に伴う海面上昇、豪雨災害などの災害被害予測をGIS、およびリモートセンシングによって行った。
- ・ 全球水文過程における災害予測として、異常気象の長期変動の評価と推移予測、洪水・渇水災害中期危険度変化の予測、沿岸災害長期危険度変化の予測を行った。
- ・ 炭素循環と吸収源変動要因の解明に取り組み、地球温暖化のシナリオ分析とアジアを中心とした総合的対策研究を行った。

##### 気象形態変化に伴う災害予測技術の開発・高度化

- ・ 福井県大野市に湧き出る名水の化学データの酸性化、地下水位の低下が小雨化の影響を受けていることが明らかになった。
- ・ 平地に比べて気温の低い山地の積雪の変動は、平地と異なることが明らかになった。
- ・ 温暖化の影響のうち、農地海岸の高潮被害、海面上昇、台風の規模が変化する影響を評価、予測するモデルを構築している
- ・ 寒冷地河川において、降雪量の減少、雪ダムの機能が水資源の有効活用に占めるウエイトが大きかった。

- ・ 地球温暖化における海面上昇による脆弱な地域の面積、被害を受けるインフラの量の予測値を明らかにした。
- ・ 地球温暖化に伴う平均海面の上昇や巨大高潮災害の発生の懸念が高まっている中で、太平洋沿岸構造物の設計潮位の再検討と異常潮位の出現状況解析を行った。
- ・ 二酸化炭素吸収と有効利用に関して、液晶ディスプレイの導光板と微細生物の光合成を組み合わせたシステムの検討を行った。

## (7) その他

### 雷災害防止技術の高度化

#### 雷災害防止技術の高度化

- ・ (該当なし)

### 森林を利用した災害防止技術の高度化

#### 森林を利用した災害防止技術の高度化

- ・ 空中写真判読により、斜面崩壊箇所の植生回復過程を調査し、人工緑化の必要性を検討した。
- ・ 溪畔林、樹林帯による土砂移動防止機能が明らかになり、砂防事業、治山事業に利用されている。
- ・ 荒廃緑地を緑化するための基礎的資料として、既に植林された地域の成長度合、活着度合の調査を行った。
- ・ 松くい虫被害による海岸クロマツ林衰退による塩害防止のために、常緑広葉樹、クロマツ混交林化によって防風効果を補完できることが分かった。
- ・ 植栽コンテナや植生シートを用いることで、裸地状態と比べ、土砂発生量が10分の1以下に減少した。
- ・ 森林は洪水氾濫における抵抗力だけでなく、土砂流送のコントロールや回復過程における多様性増進なども河川災害および河川環境の修復に大きな影響力を持っていることが分かった。
- ・ 低位生産荒廃林地を健全な森林へ誘導するため、現実林分の実態に即した樹種選定、除間伐方法等の技術について検討し、施業技術指針を作成している。
- ・ 防災施設として、砂防ダムを造るよりも、樹林との相乗効果をねらったゾーンとして防災のあり方を推進するのが効率的であることが分かった。
- ・ 防風林の防風効果を高める維持管理法の検討を行った。

### 生態系に配慮した防災技術の高度化

#### 生態系に配慮した防災技術の高度化

- ・ 岐阜県の河川において、水生生物の生育環境に関する調査を実施した結果は、自然共生型工法の認定等に活かされている。
- ・ 京都、久見浜湾において、生態系に配慮した防災技術の高度化のために、水理模型実験、現地観測、数値計算を併用し、汽水湖の流れ、外海との海水交換特性について検討した。
- ・ 農地海岸管理者を対象に、海岸堤防建設時において必要な自然生態系への配慮事項のニーズを調査し、明らかにした。



- ・ GISを利用して流域流出モデルを構築し、域内排出、域外流入の化学物質の動態をモデル化し、流域、河道での化学物質濃度を基に生態系の変化を解明している。
- ・ ヘドロや廃棄物などで構成される環境的にも力学的にも問題を引き起こす地盤の改良技術を大きく進展させた。
- ・ 水域生態学および多自然型工法の指針とするため、河川微地形の変動と生物群集の動態を調査している。
- ・ 外構用剤の腐朽による材質劣化と強度との関係を、暴露用供試材を実際に劣化させ、実大材の強度を調べることにより、劣化診断基準を作成している。
- ・ 環境保全、循環型社会に寄与する、間伐材を利用した木製治山堰堤、砂防堰堤を製作し、各種試験の後、計画、設計、施工、維持管理手法を公表した。
- ・ 治水と環境のバランスを取りながら河道内植物群落の管理計画に資する樹木群落分布予測がある程度可能になった。
- ・ 自然河岸、ヨシ原の侵食機構、耐侵食力、侵食速度等の計測から、河道内の樹木群などの植生が有する浸食保護機能が流れに与える影響を定量的に評価した。
- ・ 水質汚濁指標の高い都市河川の水質浄化と河川環境保全のために、実河道内において原型実験施設を設置し、水質浄化手法の確立を図った。

#### 酸性雨、酸性雪等に伴う災害の防止技術の高度化

##### 酸性雨、酸性雪等に伴う災害の防止技術の高度化

- ・ 九頭竜川流域において、欧米、南米、中国等と同程度の酸性雨が降っているにもかかわらず、被害が少ない原因を調査した。
- ・ 石川県、白山麓において定期的な積雪断面観測により、降雪の酸性化の実体、積雪層の消長過程に伴う化学成分の移動の実体を明らかにした。
- ・ 酸性降下物の森林への影響に関して、降水、林内雨、樹幹流、土壌水などの水質分析を行い、立地環境条件や林分の状況との関連を調査している。
- ・ 雨水を採取し、8種類の代表的なイオンを長期的、継続的に分析し、物質がどこから輸送されているのかをL-band radarを用いて観測した。

## 4 . 総合防災に関する科学技術

### (1) 都市の防災化のための技術

#### 1) 都市構造の防災化技術の高度化

##### 都市災害の事例解析・危険度評価

- ・ 1993年のネパール豪雨災害の経過、被害分布、降水量の観測体制、情報伝達網やインフラの設計における想定の問題など、発展途上国における災害対策の問題点を指摘した。
- ・ 19世紀のドイツの都市化と住宅問題の中から、都市計画的発想の誕生やライフラインの整備などの、現代の都市社会誕生の諸様相を解明している。
- ・ メトロマニラという実在の都市を対象に数値シミュレータで強風予測を行い、高層ビルが林立する都市域における、局所的な風の非正常性に注目した強風災害のリスク評価手法を検討し

た。

- ・ 台湾・集集地震被害とそれに関する資料を現地に滞在して収集し、兵庫県南部地震と相互比較をすることによって、我が国の地震防災対策に貢献することを目的とする研究であり、既に成果の一部は台湾の防災対策に利用されつつある。
- ・ 米国世界貿易センタービル周辺での災害に関して、物理的被害と都市機能、人命救助活動、被災者行動と危機管理等の観点で実証的な調査を行った。
- ・ 八戸市において1968年十勝沖地震と1994年三陸はるか沖地震との被害の違いの要因を明らかにし、都市スケールで配置される導水管における耐震的ジョイントの有効性を示した。
- ・ 富田林市、岸和田市において土地利用現況調査、土地条件調査、土地保全調査等を行った。
- ・ 京都市域の地震アレイ観測網を活用し、地震動強度と木造建物被害の評価を行った。
- ・ 関西において、ボーリングデータを収集しデータベース化したものに、地質、災害分布などの付加的情報を併せ、液状化抵抗のハザードマップを作成した。
- ・ 大阪府の行政資料として、災害に強いまちづくり促進区域の設定、検討や防災性向上ガイドラインをまとめた。
- ・ 阪神・淡路大震災における賃貸住宅での死亡リスクを分析することで、都市構造のうち防災上脆弱な部分を明確にした。
- ・ 阪神大震災において、上水道システムにおける物的被害と機能被害を関連づけ定式化する等から、ライフライン災害の評価手法の高精度化を図った。
- ・ 阪神・淡路大震災において、出火約1時間以内の水道管の破壊状況を考慮した排水能力の推定を行うなど、水道と消防の初期対応を調査した。
- ・ 阪神・淡路大震災における、交通システムの崩壊と生活機能障害、交通ネットワークの信頼性、災害時の交通管理システム、通信システムの防災機能を調査した。
- ・ 阪神・淡路大震災における被害と地盤特性、都市の変遷による人口の集中、高齢居住者と建設年代との関係を明らかにした。
- ・ 兵庫県南部地震において、地盤の液状化、斜面崩壊、施設・構造物の被害、防災システムなど幅広い観点からの実態調査・分析から、今後の研究の方向付けを行った。
- ・ 兵庫県南部地震における木造住宅の被害調査および、振動計測、倒壊実験を行った。
- ・ 災害リスクマネジメント施策の評価手法、災害に対する社会的備えの構造評価法、低頻度巨大災害リスクに対する、社会経済的施策の評価法に対する実用的なモデル、方法論を開発する。
- ・ GISの自然災害の脆弱性評価に適用、医療施設へのアクセシビリティ評価、自動車交通による空間的评价への適用事例について検討を行った。
- ・ より高度な地震被害予測に向け、京阪神地域において地質構造を考慮した破壊過程の研究、3次元地下構造を考慮した地震波伝播・強震動計算手法の開発を行い、地震被害予測図を作成している。
- ・ 愛媛県内企業の災害対策と芸予地震による被害調査を行った。
- ・ 近年の代表的な被害地震データを収集、蓄積、整理を行って、地震被害データベースの構築を行っている。

- ・ 近年の被害地震に基づいた建築物地震被害予測手法について検討を行い、問題点を明らかにした。
- ・ 現地調査と人工衛星画像に基づく市街地マクロモデルの構築、航空機SARデータを用いたミクロ市街地モデルの構築を行った。
- ・ 構造体被害程度と修復可能性、地震保険の支払いとの関係や構造的被害程度と税金減免の支払い基準との関係が明らかになることで、被災者の復旧ボトルネック要因が明らかになる。
- ・ 災害による損失を受ける客体である人間の行動を明示的に考慮することの重要性を指摘し、その時間、空間スケールの違いから生じる種々のハザードの形成過程と社会基盤整備の状況、その手法等との関係进行分析しうる枠組みを提示した。
- ・ 災害時の避難路、救援路となるネットワークが形成される上で、現状での課題が明らかになり、防災線状緑地の計画のあり方について方向性が示された。
- ・ 自然災害を考慮し、道路の交通途絶のしやすさを数値化すると共に、代替性評価と組み合わせで道路の整備方針を示した。
- ・ 震源モデルが被害の予測結果に及ぼす影響を評価し、精度・信頼性の高い被害想定・推定のためには、断層破壊過程をどの程度まで詳細に考慮すべきか調べ、また、GUI環境下で地震動シミュレーションを行うためのソフトウェアを開発した。
- ・ 震災後の仮設住宅における居住者の住み替えや震災住宅の補修、建て替えにおける問題点を探り、多くの課題を指摘した。
- ・ 損傷事例のデータベース化、実橋の挙動把握とメカニズムの明確化、各種センサの開発、モニタリングシステム製作等から鋼橋の自己診断型健全度モニタリングシステムの構築を行った。
- ・ 多数の地震国の研究者と共同して、各地域の地震危険度を評価し、地震災害予測詳細区分地図を作成した成果を持ち寄り、それらの相互比較によって地域ごとの地震防災上の課題、解決方法を論じ合った。
- ・ 大規模地震発生時のスムーズな被災状況把握と被災情報の的確な活用のために、GISデータベース等の被災情報把握、提供、活用システムの開発を行っている。
- ・ 地震時の同時多発火災に対する消火活動戦略と消防水利整備をシミュレーションによって検討した結果、河川は震災時の有効な消防水利となることが明らかとなった。
- ・ 地震動の地域分布を理論的に推定し、交通、下水道、通信、港湾などの被害分析、損傷評価、と復旧対策を提言した。
- ・ 地震被害現地調査に近年技術開発の著しい電子記録化方式を導入するための開発、検討を行った。
- ・ 地盤振動特性を微動によって評価する手法を確認し、問題点を含めて方法論を提供した。
- ・ 伝統的建造物群保存地域における防災は、災害時の観光客の存在が重要であること、保存運動の高揚が防災意識の向上につながるということが分かった。
- ・ 都市のモデルとして京都市域を対象に、都市構造の時代的变化を調査し、建物特性を考慮した地震災害予測を実施して、都市変遷が地震被害に及ぼす影響を調べた。
- ・ 都市域において土砂災害と土砂を混入した氾濫災害を組み合わせ、山麓における土砂災害の総合的な被災危険度を評価した。
- ・ 都市計画的な防災計画に加え、延焼防止効果を有する構造物の評価手法の整備等から、地区の

防災性能を向上させる推進方策について研究開発を行った。

- ・ 日米共同研究による都市地震災害の軽減を目指し、大型施設の共同利用、実験・観測データやコンピュータコードの共用によって研究を推進し、自然災害科学と社会科学の融合した新しい研究領域を創生した。
- ・ 冬期通勤交通、豪雪災害時、海岸部道路、観光地危険区域、医療交通、地下街空間、熱供給システムにおけるリスクマネジメントを行った。

### 都市構造の防災化・計画技術の高度化

- ・ 建設省からの地震防災診断マニュアルを受け、大規模地震に伴う火災の危険性の評価を行い、柏崎市防災都市計画構想を策定した。
- ・ 阪神・淡路大震災で亡くなった約6000人の遺族に対するヒアリングと資料収集活動から、その死亡原因を都市および建物さらには社会構造との関わりから考察し、死者を出さないための方策の手がかりとしている。
- ・ 総合防災学の理論構築へ向けて、阪神・淡路大震災の実証的研究を実施し、物理的、社会的、情報課題からなる都市地震防災対策の総合研究の構造的方向を示した。
- ・ 医療施設などの分散化により道路網の寸断で都市全体が機能不全に陥る可能性もあることから、都市のトポロジカルな構造からリスクを診断する手法を開発する。
- ・ 「都市農地」の有効性、市民の自主的な防災対策としての「防災診断地図」の作成とその有効性や「防災まちづくり」の実現について検討した。
- ・ GISを活用した木造密集市街地の防災まちづくり支援システムを構築したことで、具体的に地方自治体の意志決定に有効な技術が提供できた。
- ・ これまでの地震災害をケーススタディに防災GISの開発による地震災害情報システムの構築を行った。
- ・ リアルタイム地震動ゾーニング法を開発し、ライフラインのような面的広がりを持つ社会基盤システムの予測や地震直後の被災予測に利用した。
- ・ 災害時の水道の機能停止によって火災に対する消防用水が確保できなくなる問題を解決するために、下水処理水を都市内に循環させる水辺創成水路を提案した。
- ・ 災害対策はハード面だけではカバーしきれないので、ボランティア組織の育成、災害時情報網の複数整備、広域支援協定などソフト面の事前対策を提案した。
- ・ 社会基盤システムの地震時性能を、都市地震災害の複雑な様相の実態分析等、被害項目と地質、地盤条件等から把握した。
- ・ 震災緊急対応型危機管理支援システムの基本構成を構築し、シナリオシミュレーションシステムの開発を行った。
- ・ 大規模ライフラインシステムの地震時相互依存性とシステム安全に関して、従来不可能であった、構成要素数が数百万となるようなライフラインの地震時信頼性解析法を開発した。
- ・ 大都市の模倣だけでは対応できない部分の多い、中小都市の密集地域における防災対策の手法として道路拡張に頼らない耐震補強対策を提案した。
- ・ 大都市域での減災対策の課題を明示して、その解決策を講じると共に、洪水災害ポテンシャルを評価し、氾濫災害対応シミュレータを構築している。

- ・ 断層近傍あるいは横断する道路、鉄道、パイプラインの被災状況を把握すると共に、防災対策技術について提案を行っている。
- ・ 地域社会の中心である住宅建設に関する問題点を、建築構造学、建築計画学、建築設計、建築施工の観点から抽出し、設計・施工・管理システムの構築に向けた新たな展開を提言した。
- ・ 地震フロンティア研究の一環として、建物3次元地震応答解析モデルの改善、改良および、そのモデルを適用した地震応答解析手法の開発を行った。
- ・ 地震発生時に、高感度、広帯域地震、強震観測網等から得られる地震情報を、関係行政機関、民間企業、一般住民などが防災対策上有効に利用できる形態で、即時的、経時的に伝達するためのシステムを構築している。
- ・ 都市の骨格を形成する街路網形態を幾何学的パターンに分類し、その特徴と防災特性の評価を手法の導入により、都市計画レベルでの防災能力診断が可能になった。
- ・ 都市の細密情報を充実させたモデリングにより、都市部の地表近傍での強風を瞬間的な突風を含めて高精度に予測できるようになった。
- ・ 都市の防災計画を策定する上で、設計、品質管理、施工検査の各システムの改善が都市の防災対策に重要であることを指摘した。
- ・ 都市災害の事例研究を行う上で都市形成過程を考慮して進めることで、新しい問題点を指摘できることが明らかになった。
- ・ 都市全体の安全性向上のためには、都市内インナー地域における木造老朽家屋の計画的更新を促進するなどの施策提言を行った。
- ・ 都市部における総合的な地震防災対策の一環として、高い都市防災機能を持つ公園緑地の計画手法および市街地火災対策を明らかにした。
- ・ 複数の都市直下型地震を題材に、GISを活用した、避難危険度を考慮した地域の脆弱性評価と都市構造防災化の評価手法を発展させた。
- ・ 防災まちづくり推進のために、問題点の把握、総プロの研究成果の簡便な活用方策の開発、簡便な掲示方法の開発を行った。
- ・ 都市の電力流通設備を取り上げ、災害リスクの軽減と対策コストの軽減の両方を満足するような設備計画の方法論をリスクマネジメント手法として構築する。

#### 大規模施設における生活機能維持技術の高度化

- ・ 災害時のプラント機器の被害最小化、災害時の機能保持能力向上のために、被害を最小にする材料の選択や使用方法を提示する、材料リスク情報プラットフォームが開発された。
- ・ GIS技術を用いた都市空間の安全整備に関して、地域安全性、既設都市施設、既設建築物の評価法向上、密集市街地の再開発、防災条例の可能性等を検討した。
- ・ 港湾における岸壁の耐震性向上のために、重力式岸壁の崩壊機構をある程度明らかにしたことで、栈橋式構造などによる軽量化、複合的な基礎構造が取り入れられた。
- ・ 大水深海域における埋め立て人工島建設に伴う更新統地盤の長期大変形の予測手法を開発した。
- ・ 日中共同で科学的な地震予知手法、新耐震技術、高性能都市施設・ライフライン施設、都市地震災害マネジメントの比較研究の重要性を示した。

### 複数要因による災害発生の危険度評価手法の開発

- ・ 敦賀湾で核事故が発生した場合での、周辺地域の医療施設の対応力について調査した結果、広域搬送を前提とすれば現状でもある程度可能であることが判明した。
- ・ 福井県において地震、豪雪などの災害に対して、被害を予想したハザードマップの作成など、ソフト面からの防災対策を行っている。続いてハード面からも立案する福井地方の災害時の地域動的危機管理に関する総合研究を取り組みはじめた。
- ・ 開発した強震動予測法、地盤振動解析法と各自治体が所有する地盤メッシュデータを統合し南海トラフにおける巨大地震に対する高精度、広域深度分布予測を行った。
- ・ 防災に対する「都市診断」科学の構築として、人間の行動を考慮した人的被害発生危険度、都市の安全、社会基盤の安全性、災害に対する備え、複合災害を想定した都市の脆弱性の評価技術に関する方法論を提示した。
- ・ マイクロ波による災害・地球環境変動等の地球観測情報解析手法に関するデータベースの開発を行った。
- ・ 寒冷地で多発する落石、岩盤崩壊をケーブルセンサと移動通信網を活用して予知する方法を開発した。
- ・ 共通のインターフェイスを持つシミュレータのエンジンを中心に、個々の予測を行うパーツを組み合わせるにより、総合的な防災シミュレータを構築している。
- ・ 冬期通勤交通、豪雪災害時、海岸部道路、観光地危険区域、医療交通、地下街空間、熱併給システムにおけるリスクマネジメントを行った。

## 2) 都市の大火・水害防災技術の高度化

### 都市の大火防止技術の高度化

#### 都市における出火・延焼拡大機構等の解明

- ・ 兵庫県南部地震における全火災のデータベースを作成し、建物構造や被害状況を調査し、出動必要対象数と活動可能消防力のバランス等を検討した。
- ・ 阪神・淡路大震災において火災の発生件数と時間経過、地域的分布、集団火災の割合などを調査し、同時多発火災の実体を明らかにした。
- ・ 阪神・淡路大震災における出火と延焼状況を、現場調査から明らかにし、現代の木造密集市街地における火災のメカニズムの解明を図った。
- ・ 強風下における市街地火災の延焼メカニズムについて、火災風洞実験を多用し物理的解明を進め、市街地火災延焼拡大モデルを構築し、建物密度の火災拡大への影響を評価した。
- ・ 市街地火災と森林火災の延焼拡大機構は共通する物理現象も多いので、日米共同でこれらの解明にあたり、住宅、建築、都市の防火性能向上を目指した。
- ・ 市街地火災の延焼メカニズムについて、比較的低風速ながらも木造密集地域においては、飛火を主要因として、火災拡大が顕著になりうることを明らかにした。
- ・ 市街地上に発達した接地境界層内における火災源を含む高温熱気流場の性状を明らかにするため、風洞実験によって火災源下流の速度、温度変動や、地表面・建物表面の温度分布を測定するための計測システムを構築した。
- ・ 実験的に石油ストーブにガソリン等の燃料を注油した際の火災の発生機構を明らかにした。
- ・ 大火災の拡大を阻止し、避難地の安全性を確保し、住民の生命と安全を守る緑地の機能を究明

するため、樹木の防火機能の調査、実験を行った。

- ・ 都市大火における延焼に関する伝熱、着火機構を解明し、植物の延焼抑止効果の検討を行い、助長するものと抑止するものを明らかにした。
- ・ 防災設備の機能損傷予測モデルの考察を行い、平常時の火災リスク評価手法の拡張型として、地震火災リスク評価手法のフレームワークの提案を行った。

#### 都市における火災拡大防止・消防技術の開発・高度化

- ・ 中高層集合住宅模型を利用して、中高層建物の空間構造と延焼性状の関係の解析を行った。
- ・ 延焼遮断帯避難地、避難路対策といった都市計画的防災対策に加えて、防火性能のある構造物と延焼防止効果、住民参加とまちづくりについて検討を行った。
- ・ 火災時を想定した高熱源を有する乱流場の数値解析を行った結果、地震直後の建築物延焼を予測する精度が向上した。
- ・ 火災性状予測モデルと仮想現実空間シミュレータの統合化モデルの開発、仮想現実空間における建物火災時の避難状況、煙伝播、火害状況等の事象の予測手法を検討した。
- ・ 過去の大火で火災延焼中の風下側気流温度の推定を行って、都市避難性状予測と併せ、避難状の安全を確保するための都市計画等の検討を行っている。
- ・ 過去の林野火災、地形、樹林、気象データから林野火災の発生危険度を算出し、消防活動を支援できるシステムの開発を行っている。
- ・ 建築材料の燃焼性状モデルを開発したことにより都市大火や地震時の建築物の燃焼予測が可能になり、火災の拡大や延焼防止に効果的な建築材料の使用が可能になった。
- ・ 市街地火災に関して、現存する延焼シミュレーション関連情報を収集し検討を行った。
- ・ 市街地火災に関して、阪神・淡路大震災時の市街地火災を分析し、建築物単位の延焼拡大シミュレーションモデルを開発した。
- ・ 市街地火災延焼予測をより適切に行うための物理的基盤に立った予測モデルの定式化とコンピュータプログラムを開発した。
- ・ 樹木と水幕の併用による熱気流の遮断効果の模型実験、コンピュータシミュレーション、実大実験から、地域防災活動拠点の火災安全性評価方法とモデルを提示した。
- ・ 樹木の防火性を検討するために、実際の燃焼実験から従来の防火性基準を確認した。
- ・ 文化財建築物の屋根としてよく見られる、茅葺、檜皮葺等について模型実験を行い、延焼性状や火災感知手法、消火方法の検討を行った。
- ・ 模型実験の画像解析、コンピュータシミュレーションの結果から、火の粉、火災熱気流の温度や飛散性状を把握した。
- ・ 防災設備の機能損傷予測モデルの考察を行い、平常時の火災リスク評価手法の拡張型として、地震火災リスク評価手法のフレームワークの提案を行った。

#### 都市の水害防止技術の高度化

##### 都市の水害防止技術の高度化

- ・ フィリピンでのRSデータ・地形気象データ、実災害情報・現地調査データをGIS技術により統合して、水害の危険判定基準の定量化を可能にした。

- ・ フィリピンにおける調査による情報をデータベース化し、汎用型洪水モデルを構築し、同様にハザードマップを造ることで、災害軽減対策を行った。
- ・ 都市部の建築物の屋根おさえを改良し、貯水機能を付加することで、雨水排水遅延効果を創出し、都市型水害の防止を図る屋根押さえ工法を確立している。
- ・ GISを用いて鉄砲水が発生しやすい条件を満たした地域を抽出し、雷雨の発生頻度を重ね、鉄砲水発生確率の高い地域のマップを作成した。
- ・ 宇部において、雨量計からの10分間データから各河川に流入する水量を算出し、市街地浸水を予測するシステムを開発した。
- ・ 街路ネットワークモデル、貯留槽モデルにより、地下空間の浸水を解析できるようにすることで都市の水害防止技術の高度化を図った。
- ・ 街路や建造物などの都市特性を考慮した氾濫解析モデルを展開し、地下空間へも応用した。避難計画における要因分析を行い、効果的な避難のあり方を考察した。
- ・ 災害体験データベースを基礎に風水害の危険性が高まったときに、災害発生危険度の変化を地形や土地利用等の環境を考慮して定量的に評価する技術を開発している。
- ・ 災害地図の作成、危険度評価モデルの構築から、地域の災害危険ポテンシャルをあらかじめ把握することで被害軽減を図った。
- ・ 水害に関する最高裁判決の法理と「流域政策」を強調する近時の河川管理政策との関係を「自然」と「人工」というキーワードで析出した。
- ・ 都市において、低平地あるいは傾斜地など都市の地形的特徴、および各種の都市施設を考慮して氾濫解析法を提示した。
- ・ 都市域における高潮や洪水、内水氾濫を一体的に取り扱う手法を開発し、都市の災害防止技術の高度化を図った。
- ・ 都市域雨水排除システムを構成する雨水管網、雨水貯留施設、雨水流出抑制施設の合理的な設計法ならびに雨水排除システムの総合的かつ高度な運転管理法を提案している。
- ・ 氾濫解析モデルに下水道モデルを組み合わせることで、より高度な都市での氾濫挙動解析が実行できるようになった。

## (2) 災害時の対応技術

### 1) 災害情報システムの開発・高度化

#### 災害情報システムの開発・高度化

- ・ 横浜市において、150カ所に設置された地震計のデータと市域各地の地盤条件の違いを考慮して50mメッシュの細かさで市域の細密な震度分布を即座に計算する手法を開発した。
- ・ 地域情報システムとして機能するサイバー都市、サイバー日野を実現し、この中に防災情報を迅速かつ正確に伝達可能な防災情報システムの構築を試みている。
- ・ 渡良瀬川流域で、住民が自らの周辺で生じうる事態を具体的にイメージでき、適切な危機感を持って迅速な避難決意を行うことができる河川情報のあり方を検討した。
- ・ 阪神高速の被害・復旧状況のデータから、災害発生時の交通システムの機能性能を評価するシステムを構築した。
- ・ 阪神・淡路大震災の緊急対応のために構築した神戸市長田区における倒壊家屋撤去の情報処理



に用いたシステムを発展・拡張させ、平常時にも非常時にも連続して稼働する情報システムを構築した。

- ・ 災害エスノグラフィーの構築やパネル調査から阪神・淡路大震災からの復興過程の究明を研究の中心においた災害情報システムの研究を行った。
- ・ 消防隊用携帯無線機に対して、デジタル通信技術を導入し、輻輳に強く、ハンズフリー、双方向通話などの操作性を改善した携帯無線機器の原型機を開発・試作した。
- ・ 洪水は防げないので被害を最小限に、多点観測で到達時刻の正確予測、リアルタイム画像の沿革転送、という発想に基づいた観測システムを開発した。
- ・ 3つのエリアからなる地域の各エリアのサーバにモニタデータを収集し、最大で1つのエリア全体が罹災した時に障害規模を自動認識し、伝送路切り替えによる緊急情報網確保を行うシステムを実現している。
- ・ GPSを用いて1cm単位の移動を捉え、斜面変動観測、危険斜面の監視あるいは斜面健康診断に活用するための開発を行った。
- ・ ガレキ内要救助者を早急に発見したり、危険状況等の情報を収集したりするためのセンサ、通信機器を搭載するプラットフォームとしてガレキ内を移動可能な移動機構を開発している。
- ・ リモートセンシング研究のレビューを行い、高分解能陸域観測衛星を防災の研究と実務に有効利用するシステムを提案している。
- ・ 火山活動は沈静化した安全宣言は出されていない火山において、事態の急変時に入山者へ確実に情報を提供し安全確保を目指す緊急警報装置の開発やその体制の構築を、岩手山を例として行った。
- ・ 画像処理により土石流を検知することで、下流にいち早く通報することが可能になった。
- ・ 各レベルでの被災状況、緊急対応の記録を情報の流れに着目し時系列で整理し、被災事象ごとに情報管理のあり方を示し、統合して都市直下地震発生後の情報の収集、利用の具体的なシステムの提言を行った。
- ・ 既存の地震計に取り付ける、液状化、液状化に伴う地盤流動、断層運動に伴う地盤変状をそれぞれ検知することのできる地盤破壊センサが開発され、一部実用に供されている。
- ・ 気象パターンごとの土砂災害の警戒避難システムはインターネット上で公開されており、双方向型通信システムが台湾で利用されている。
- ・ 携帯電話のGPS機能を活用して、現場で調査した被災状況を位置情報と共にホストコンピュータに送信することで、初動期の被害状況を把握するシステムを開発した。
- ・ 高分解能SARを用いて差分解析法で浸水水域抽出が可能になり、噴煙下での地形変化の状況把握に有効であることが明らかになった。
- ・ 災害現場において効率的情報収集が可能な携帯端末と輻輳の起こらないデジタル無線システム等の消防活動支援情報システムの構築を行った。
- ・ 災害情報システムの実態把握を実施し、ITSとアクティブシティ構想の基本理念を整理して災害情報システムへの活用について検討した。
- ・ 災害人命救助のために、壊れ方、取扱法等のガレキの工学的特性を調査した。
- ・ 災害対応マニュアルのハイパーテキスト化によって、情報共有の環境下で災害対応と被害予測

を組み込んだ情報システムの可能性を示した。

- ・ 災害発生の時間別、経過時間別に災害実況を認識するための災害実況イメージングツール、ユニバーサル地震災害環境シミュレータを開発した。
- ・ 災害発生時の政府や防災関係機関における迅速・正確な情報収集および的確な初動対応を実現するため、航空機や人工衛星等から得られた画像等の被害早期把握システムの整備を行っている。
- ・ 新県庁舎を防災拠点と位置づけ、多様な情報を一元集約しつつ、出先機関、市町村と情報を共有し、的確な意志決定を支援する総合的な防災システムを構築している。
- ・ 震災直後に自治体が迅速に被害情報を収集するための、携帯型情報収集端末とホストコンピュータからなる被害の早期収集システムを開発した。
- ・ 数地点の風観測データをモニタリングしながら、強風シミュレーションを実施し都市域での強風性状、建造物が被害を被る危険度について、リアルタイムで情報を提供することの可能性を検討した。
- ・ 全国展開の観測網や地震記録から強震動予測手法、モデルを考案し、平常時には震災リスク評価、地震時には防災行動の意志決定に必要な情報を提供するシステムを開発した。
- ・ 総合防災情報システムとして地震防災情報システムが構築され、防災情報データベースの整備も進められている。
- ・ 大規模災害救助を対象にリアルタイム実況の自動生成システムの開発を行っている。
- ・ 大地震時に正確かつ迅速な地震情報を伝達し、自治体や事業者の防災担当者の初動対応を支援するための多次元地理情報システムを利用した地震防災システムの開発を行った。
- ・ 大地震時の都市構造物群の被害推定に際し、ニューラルネットワークに基づく自己組織化手法を用いて、地震後に得られる地震動と被害に関する少ない情報を有効に活用して、地震動 - 被害関係としてシステム同定を行った。
- ・ 地震直後での有効な対策、判断を支援するための地震直後の市町村向けインタラクティブ型被害想定システムを構築した。
- ・ 地震等の災害時における被災状況等の把握にリモートセンシング技術を利用することを念頭に置いて、人工衛星のプラットフォームやセンサ、画像の仕様等を明らかにした。
- ・ 地震動モニタリングシステム構築のために、条件付き確率場の理論を確立し、定常過程のみについて定式化されていた同理論を非定常過程に対しても使用可能なように拡張した。
- ・ 地震発生時に、高感度、広帯域地震、強震観測網等から得られる地震情報を、関係行政機関、民間企業、一般住民などが防災対策上有効に利用できる形態で、即時的、経時的に伝達するためのシステムを構築している。
- ・ 都市型地震災害の実体と対策に関して、災害情報と住民対応および住民組織の対応に関する討議から、情報システムにおける受け手の住民特性を明らかにした。
- ・ 平常時には地域の震災リスク評価に利用し、地震時にはリアルタイムに被害情報を収集し、防災行動の意志決定に必要な情報を提供するシステムの開発を行った。
- ・ 平常時には自治体窓口業務支援システムとして使用可能な、災害時に利用する情報システムを開発した。
- ・ 別個のシステムになっている消防機関の固定系無線と移動系無線を統合したシステムの開発

を行った。

- ・ 防災行政機関に災害情報が集積する制御要因を時系列的に明らかにした結果、関連する災害情報システム構築に対して貢献した。

### 地域情報のデータベース化推進

- ・ 小縮尺の東アジア地質災害図の編纂、出版および関連情報のデータベース化を行った。
- ・ 東京直下地震被害予測システムを開発し、水道配管被害予測、道路橋耐震性の検討、港湾地区の液状化等を行い、防災訓練等も実施した。
- ・ 横浜地域において、斜面崩壊に影響する斜面の属性や、雨量と崩壊との関係もある程度明らかになったことで、雨による崩壊危険をリアルタイムで提示するシステムの骨格が提示された。
- ・ 広島デルタの地盤モデルを作成し、広島市地震情報ネットワークシステムとして運用していたが、芸予地震においていくつかの問題点が明らかになった。
- ・ リモートセンシングデータ、数値地形データから土地被覆分類手法、地形分類手法を提案し、推定された地震動分布を基に阪神地区の地震被害想定を行った。
- ・ GIS や GPS を用いた地震時の危険度評価法と波形記録を活用した実時間災害制御システムの開発を行った。
- ・ ユーザと災害情報センターとの双方向情報伝達機能を持つ多次元地理情報システムを利用した地震防災システム概念を提案した。
- ・ 医療機関の規模や位置、周辺道路の液状化危険度などを入力した災害拠点病院間ネットワークシステムを構築した。
- ・ 衛星データ解析手法のデータベースフォーマットの開発、データベースの作成、物理量アルゴリズムの比較、評価研究を行った。
- ・ 衛星搭載の合成開口レーダーから雲を透過して、斜面崩壊、土壌流出、洪水等を合わせて、地形災害危険度評価を行う手法の開発を行った。
- ・ 河川氾濫域の数値地図化に加え、氾濫域の地形特性や既存住宅地との関連性を分析し、衛星データから算出した含水量と併せ、氾濫域抽出可能性を検討した。
- ・ 建物被災情報の効率的集約システムのプロトタイプを開発し、建物関連情報GISデータベースシステムの基本的要件を整理した。
- ・ 航空画像による大局的な被害把握と無線アドホックネットワークの活用による局所的な被害把握を併用し、的確な被害把握、住民救護、応急復旧等を支援するGISの開発、高度化を行っている。
- ・ 行政 - 住民の双方向で結び、都市情報だけでなく、地震発生源や地盤状況も含めた総合的な地震防災GISを開発した。
- ・ 市民の安心を確保し、安全な市街地を創出するための総合的な地震防災に関する研究の中で、GIS対応のデジタル地図データ等の整備を行った。
- ・ 自然災害の脆弱性評価、医療施設へのアクセシビリティ、自動車交通による大気汚染におけるGISの適用事例について検討を行った。
- ・ 地形図、土地条件、土地利用図などの既存の地図的情報を取り込んで比較的簡便に都市域の傾斜地の災害危険度分布を示すGIS技法を開発した。

- ・ 地震被害予測システムを市民にも使いやすいように改良し、細かな地盤情報や地域情報を組み込んだマイクロスケールの被害想定を行い、それを地震防災マップとして配布した。
- ・ 地理情報システムを災害状況把握や防災対策に活用するための応用技術の開発や問題点を明らかにした。
- ・ 中小都市の地震による上水道途絶対策として、ハード面の耐震化のみならず、河川や井戸などを代替水源として利用する安価なシステムの可能性を示した。
- ・ 都市の防災化を進める上で重要な建物等のインベントリー情報を簡易に構築するための手法を提案した。
- ・ 都市防災データベースを構築し、GISにより都市の構造や土地の利用形態を事前に把握すると共に、災害発生状況の的確な把握・情報収集、対処方針の検討・判断、情報伝達・対策の支持等を支援するシステムの基礎を構築した。
- ・ 道路斜面の崩壊危険度の一斉調査とデータベース化を行った。
- ・ 日中が中心となったアジア版GISの構築を目的として、時空間地理情報記述方式としてKIWI+フォーマットを提案し、基盤ソフトウェアと応用アプリケーションのプロトタイプを開発した。
- ・ 防災GISを用いた総合的な空地管理の必要性が認識され、各自治体の防災計画に採用されると共に、この機能を有する災害情報システムが多数開発された。
- ・ 防災地理情報システムをプレート境界型巨大地震災害に対応できるように拡張し、津波被害の発生域と人的被害の大きさを推定できるようにした。

## 2) 地震早期検知による対応技術の高度化

### 早期検知・警報技術の高度化

### 地震早期警報による被害の防止・軽減技術の高度化

#### 地震早期警報による被害の防止・軽減技術の高度化

- ・ 仙台市内で重力場擾乱の常時監視によって、内外の地震による電磁波変動を捉らえた。
- ・ 地震発生時に、高感度、広帯域地震、強震観測網等から得られる地震情報を、関係行政機関、民間企業、一般住民などが防災対策上有効に利用できる形態で、即時的、経時的に伝達するためのシステムを構築している。
- ・ DMSP/OLS夜間可視画像を用いて24時間以内に世界のあらゆる地震に対して地震被災地の早期推定システムの実用化を行っている。
- ・ GPS観測データと地震観測網から決定される地震諸元データをGIS上で統合することで、予知能力の向上を試みた。
- ・ 岩盤内孔井における断層変位の三次元断層挙動監視装置の実用化に向けた技術開発を行った。
- ・ 災害による地表の変化を干渉SARによって抽出する手法を開発し、SARデータから得られた変化量と建物被害の関係のモデル化を行った。
- ・ 社会基盤システムの震害を実時間で軽減するために、予想される地震動の時空間特性を実時間で同定し、被害の把握を行い、震害制御に役立つシステムを開発した。
- ・ 早期被害推定と実被害情報の逐次処理に基づいた地震時意志決定支援システムの開発を行った。

- ・ 地震観測網の未整備や破壊による情報の欠落を考慮し、不十分条件下においても地震動入力評価制度が補償される頑健性の高いアルゴリズムを提案した。
- ・ 地中埋設物の被害把握のために、サーボ型速度計を用いた地盤永久変位センサを開発している。
- ・ 道内40kmメッシュで配置した地震計データの一元管理と地盤情報のデータベース化により、地震早期警報、地震被害発生確率を配信するシステムを構築した。
- ・ 被害の軽減のため、強震計、GPS等センサからの即時情報とGIS等の地盤データベースから地震動を予測し、構造物の応答予測や社会基盤システムの制御を行うシステムを開発している。

### 3) 災害時の人間行動への対応技術の高度化

#### 災害情報伝達技術の高度化

##### 災害時における効果的な情報伝達技術の高度化

- ・ インドネシア、ジャワ島における火山災害、洪水時における警報の伝達状況と住民の避難行動を明らかにし、この地域の警報、避難システムの高度化に必要な知見を得た。
- ・ 芸予地震を題材に、災害時に情報・通信システムに人々が求めたものと、提供できたものを調査し、災害に備えたシステム強化の提案を行った。
- ・ 原子力災害等の事例において、住民への情報伝達状況やそれに対する住民反応の実態を明らかにした。
- ・ 複数スピーカーの音声競合や、周囲騒音などによる屋外防災スピーカーの明瞭度低下を少なくする手法を開発した。
- ・ 携帯電話のGPS機能を活用して、現場で調査した被災状況を位置情報と共にホストコンピュータに送信することで、初動期の被害状況を把握するシステムを開発した。
- ・ 広報用拡声装置であるスピーカーの明瞭度の改善を行った。
- ・ 行政や住民側に災害時の行動に関する素地がある場合には、災害対応行動が的確に行えることから、災害体験シミュレーション等を通じた素地づくりの重要性が再認識された。
- ・ 災害時に、個人や組織が「情報を持つ」体制から「情報を獲得できる」体制に移行するための、インターネットなどを用いた情報の共有化を提案した。
- ・ 災害時における救急医療施設の適性配置に関して、web GIS、GPSを用いた救急医療における新しいシステムの効果や救急医療などのモデル設定等を行った。
- ・ 災害直後の情報インフラが不安定な時期にも利用できる情報技術確立のため、自立分散協調型システムを開発し、検証を行った。
- ・ 時空間GISの開発と利用方法の揭示によって平常時と災害時とを連結する情報技術の基礎基盤が確立され、日中双方のケーススタディで適用性が検証されている。
- ・ 自然災害におけるGISを用いた警戒避難評価法、災害予測、危険度評価等の危機管理体制の向上と防災文化の育成法を検討した。
- ・ 大規模自然災害において省内での被害管理、情報伝達をスムーズに行うためのシミュレーション訓練モデルの開発を行っている。
- ・ 地震発生時に、高感度、広帯域地震、強震観測網等から得られる地震情報を、関係行政機関、

民間企業、一般住民などが防災対策上有効に利用できる形態で、即時的、経時的に伝達するためのシステムを構築している。

- ・ 土石流警報の空振りをできる限り少なくするために、タンクモデルを用いた土砂災害の予測法と設定値の検討を組み合わせたシステムを開発している。
- ・ 非常時の情報伝達手段として有効と考えられる無線系通信ネットワークを介した携帯型端末による地図データベースシステムの開発を行った。
- ・ 防災情報システム開発に際し、携帯端末を利用した情報の再構成を検討した。
- ・ 防災地理情報システムをプレート境界型巨大地震災害に対応できるように拡張し、津波被害の発生域と人的被害の大きさを推定できるようにした。
- ・ 河川洪水による被害軽減策として、地域特性や個人属性に応じた情報提供技術を開発している。
- ・ 長期的な復興過程の定量的な研究と防災各分野の成果を統合し市民実務者との協働を推進するためのプラットフォームを構築した。

#### 群集の避難誘導技術の高度化

##### 集団心理等による混乱の発生機構等の解明

- ・ 群馬県榛名町において、近年、土石流警報装置のサイレンに対しても住民が避難しないケースが増えたので、住民参加の勉強会を開いて、共同で避難計画の再設定を行った。
- ・ 明石の群衆事故の解析から、群衆混乱、群衆雪崩が発生するメカニズムを解明し、群衆避難誘導での安全対策の方向付けがなされた。
- ・ 緊急時の人間行動を動力的に捉え、不連続変形法と地理情報システムを組み合わせる人間行動をシミュレートできるシステムを開発している。
- ・ 建築物、都市空間における災害時の人間行動予測から、既存および計画中の避難安全性の改善を図るために、2次元および3次元の群衆流動シミュレーションモデルを開発した。
- ・ 個人特性や災害状況、避難誘導などの影響を考慮しうる避難行動シミュレーションモデルを作成し、都市施設の総合安全評価手法の確立と適切な施策を提案した。
- ・ 広域避難場所の効率的な配置と必要な設備の確保に関する調査、検討を行った。
- ・ 視覚情報が避難時の行動に与える影響を明らかにするために、視覚シミュレーションに動的な要素を加えた。
- ・ 被災者の個別事情を考慮した詳細な水害時避難行動シミュレーションモデルの開発によって、避難行動特性を解明した。
- ・ 歩行者同士が押し合う高密度状態の群衆歩行モデルを、粒状態モデルを用いてシミュレーションを行った。
- ・ 防災情報システム開発に向けて、歩行者一人一人のダイナミクスに注目し、ミクロな立場から群衆の挙動モデル化を試みた。

##### 災害時における避難誘導システムの高度化

- ・ 施設の避難経路の改善や、災害時の人間の避難誘導計画、災害弱者の効果的な保護計画のために、より現実に近い人間の避難行動シミュレーションモデルを開発した。

- ・ 火災性状、在館者把握システムから火災拡大シミュレーション手法を開発し、建物外への効果的な避難誘導が可能なシステムの施策を行った。
- ・ 高層、大規模火災における要避難者の避難誘導のために、建物内の熱、煙、ガスの流動状況を3次元グラフィック表示し、危険領域を明示するシステムを構築した。
- ・ 北国の避難誘導技術に関連して、避難施設に指定されている施設の運用実態について調査した。
- ・ リスク下における人間行動を分析し、事故発生時の被害を最小限にとどめるために有効な、「リスク下でのソフトなインフラ」の整備方式を検討した。

#### 早期警報・避難・救護支援技術や防災シェルターの開発・高度化

- ・ 火災気流の危険評価手法の進展によって、都市住民避難性状の予測評価のための避難モデルの開発が進展した
- ・ 起震機の振動台上で、地震時において人が立ち上がるのに要する時間の遅れ、歩行速度の低下等の調査、実験を行った。
- ・ 地震発生および津波警報発令時の避難行動予測モデルの開発を行い、対象地域での交通渋滞の危険性とそれによる避難時間の遅れを確認した。

#### 流言の抑制や防災組織の構成に関する手法の高度化

##### 流言の抑制や防災組織の構成に関する手法の高度化

- ・ 有珠山噴火災害を例に、市町村単独が基本になっている地域防災計画で、広域災害時にいかなる問題が生じるか、組織間調整の問題に絞って検討した。
- ・ 福井地震における記録を基に、人間や行政の行動を、避難期、救援期、復興期に分けて考察し、適切な対応策、防災を考慮したまちづくりについての提案を行った。
- ・ 阪神・淡路大震災以降の地方自治体の防災への取り組みについて、情報伝達システムに焦点を絞り検討したところ、住民への情報伝達体制はあまり系統立てて行われていないかが分かった。
- ・ 災害対策に関わる組織が平常時からどのようなコミュニケーションを行うべきか、災害時にはどのような関係に立ち、意志決定、行動指示をどこが出すべきかの指針を確立しつつある。
- ・ 災害対応機関が事前に定められた防災計画に基づいて行う災害対応高度をシミュレートし防災計画の問題点を抽出している。
- ・ 災害対応に欠落していた復旧および復興対応の必要性およびその戦略のあり方を、住宅再建などのプロセス解明の中から明らかにした。

#### 効果的な防災教育及び防災意識の啓発のためのツールの高度化

##### 効果的な防災教育及び防災意識の啓発のためのツールの高度化

- ・ 芸予地震において通学路沿いの被害状況調査や、父母へのアンケートから地震災害に対する備えや防災教育を考えるの基礎データを蓄積した。
- ・ 三重県において災害時の地域ケア意識啓発を目的に住民に災害図上訓練(D I G)を実施し、避難所における救護活動の手引きにメンタルケアの要素を追加し改定した。
- ・ 三重県藤原町において、継続的な防災学習会を実施し、防災教育、意識啓発ツールとして、情

報提供システムの整備と住民自身が作成する地域型防災マップの導入の有効性を検討した。

- ・ 地域防災対策の検討のため、阪神・淡路大震災の被災の全容を時系列的に整理した。
- ・ 阪神・淡路大震災被災地域住民の対象に、生活復興の度合、復興施策がここの住民に与えた影響等の把握からの生活再建過程の定量的検討を行う。
- ・ 阪神・淡路大震災での弱者支援の実態を踏まえ、高齢者の生活支援の体系化、移動支援技術の向上、高齢者の健康を維持する衛生環境の保持システム等の検討を行った。
- ・ 阪神大震災の地盤条件とその震動特性及び構造物の振動特性とその被害状況を調査し、被災の全容を時系列的に整理し地域防災対策の検討を行った結果、都市復興への課題を整理し、事前の復興計画を準備することの重要性を指摘した。
- ・ 鳥取県西部地震時の小学校における災害対応を調査し、今後の学校防災対応改善を提言している。
- ・ 地球温暖化における伊勢湾岸低地における気象災害の危険性評価を、GIS等を利用して公開することで、一般市民にもわかりやすく災害予測等が公開できるようになった。
- ・ 福井市とサンフランシスコ市の地震被災から復興までの経過をレビューし、被災経験と市民の防災意識や行政の防災体制の関係を調査し、より有効な防災体制の提言を行っている。
- ・ 南海地震の規模予測を行い、トリアージ、周辺道路の被害、医療機関のライフライン被害などを被害予測に即し医療救護を中心とした防災訓練技術の高度化を図った。
- ・ 新南海地震に備えた減災・防災教育と学校の役割に関して検討している。
- ・ いかなる災害が発生したときでも危機管理体制の技術的または人的対応を理解し、緊急対策を組み立てることができる人材を育成、訓練するための演習システムの構築を行った。
- ・ インターネット上に、防災に関する多様な知を体系的かつ直感的に体験でき、誰もが防災問題の全容についての理解を共有する場としての博物館を構築している。
- ・ バーチャルリアリティ技術を防災の分野に導入し、地震災害過程を個人の認識のレベルで再現できるシミュレーションシステムを構築した。
- ・ 一般住民に正しい自然科学的知識を持ってもらうためのCD-ROMメディアを利用した教材の開発、提案を行った。
- ・ 洪水避難に関して、水位予測手法を具体的に示し、その予測結果をどのような形で市民に提供すべきかの調査を行った。
- ・ 国内外の震災事例から、避難や帰宅困難者のへの対応災害時の対応行動と防災意識の啓発に関する基礎的な知見を得た。
- ・ 災害、復興時に地域コミュニティが大きな役割を果たすことから、行政、専門家とのパートナーシップを含めて、その支援を検討している。
- ・ 災害科学に関連する各種データベースの現状把握と総合化を行った。
- ・ 災害救急で患者の治療優先度を決定する行為であるトリアージの訓練を効果的に行う教育プログラムの電子化を図った。
- ・ 災害時における看護の役割を看護職に啓発するために、災害看護教育モデルの作成を行った。
- ・ 災害体験やヒヤリハット体験を収集し、災害体験をデータベース化したもの基に風水害シナリ



オを作成し、防災担当者、一般市民に提供できるシステムを開発している。

- ・ 災害体験をデータベース化したものを基に疑似体験シナリオの作成およびサイバー空間災害体験システムの基本設計を行っている。
- ・ 自治防災の組織結成率は高いが、活動の実態が伴っていないことが明らかになった。
- ・ 弱者対策を含めた地震防災対策提言を行い、豪雪地帯住民の積雪期における地震防災意識の向上の寄与した。
- ・ 小学校における防災教育を自然、人文、社会科学的角度から多彩に検討し、総合学習としての活用を提起している。
- ・ 小学生への調査により、児童の知識は断片的であり、防災リテラシーの形成につながっていない状況が明らかになった。
- ・ 小中学校における防災教育教材として、双方向性があるパーソナルコンピュータを用いた防災知識提供、災害体験ができるソフトウェアの開発と防災意識変化の評価を行った。
- ・ 情報処理を行う自治体職員に平常時から柔軟性の高いマニュアルを使用してもらうことで、災害時の「想定外」の作業に対応する方法を提案した。
- ・ 日常から地域住民が接することで啓発効果をもたらすため、双方向災害情報システムの核となる災害情報基地を避難所になるコミュニティセンター等に配置する事を検討している。
- ・ 地域の地図を使い、災害が発生したときに自分たちはどのような行動をとればよいのかを訓練する、災害図上訓練は防災意識の啓発に役立つことが明らかになった。
- ・ 地域の防災・防犯上の課題や災害時に役立つ資源などを共有するためのコミュニティ安全マップづくりに、一体となって主体的に取り組むコミュニティを支援することで、効果的な防災教育、防災意識の啓発を図った。
- ・ 地域住民にとって重要な安全に関する情報として、防災情報や災害危険度の公開のあり方について検討し、web GISを用いた防災情報の提供システムを構築している。
- ・ 地震による学校施設の被災による児童、教育現場、保護者への影響を調査した。
- ・ 地震時の家具転倒等の室内散乱に起因する負傷の提言を目的として、現状における住家空間の危険度を診断し、人間行動能力を加味した適正な家具配置計画、避難計画を誘導するシステムを開発した。
- ・ 地震防災の実務と教育研究の両面で有効に活用できる強震観測関連のデータベースの国際的ネットワークを構築したことで、総合防災に関する科学技術、災害時の対応技術、効果的な防災教育及び、防災意識啓発のためのツールの高度化に関して国際的に寄与した。
- ・ 中規模地震発生時の被災地の学校教育実践法、地震に対する教材開発、学校や通学途上で地震に遭遇したときの対応マニュアル等の製作を行っている。
- ・ 津波数値モデルを用いて、10例の歴史津波をCGによって可視化したことにより、一般市民への知識向上に役立った。
- ・ 的確な復旧、復興戦略を立案するために必要な情報を新しいコンセプトの教訓集としてまとめた。
- ・ 被災住民へのアンケート調査から、台風接近時の危機管理意識の大小が強風被害の低減につながる事が明らかになった。

- ・ 避難と家財保全活動のトレードオフの中で、それらの行動選択と属性との関係を明らかにした結果、女性層の避難誘導等に対する意識の高さが分かった。
- ・ 防災意識を育み、いのちの尊厳と価値を学ぶ教育の在り方を検討している。
- ・ 防災教育の効果を高めるためには、日常生活に防災を意識する仕組みが必要であることが分かった。
- ・ 防災研究成果の社会還元を行う一環として、自治体における防災関係者の災害時対応能力向上のためのセミナーやシンポジウム、市民の防災意識啓発のための講演会等を開催した。
- ・ 社会現象としての災害について総合的な研究を行い、災害発生から復興に至るまでに被災者と災害対応者が直面する課題を災害過程として体系化した。

#### 4) 大災害時の応急対応技術の高度化

##### 効率的な資機材、人員等の配備・供給システム等の選定手法の高度化

- ・ 芸予地震に対する地域、自治体の対応を、地域防災計画を手がかりに検証した。
- ・ 都市臨港部の被害予測と併せ、それらを連結する道路の被災程度、利用可能状況をリアルタイムで明らかにするためのGISベースシステムを開発した。
- ・ 災害後の社会における多様な災害対応例を吸収し、対応策を政策化した。
- ・ 実証的問題点の抽出、シミュレーションから災害復旧時の災害組織のロジスティクス・マネジメントを検討した。
- ・ 大都市の緊急防災システムを構築するために、国内、国外の地震のみならず水害等の災害を調査し、地盤特性と地震動、地震動特性と震度分布、ライフライン等の社会資本へのダメージ、帰宅困難者の研究など人間の行動と対応等にも検討を行った。

##### 各種ネットワークの分割・統合化手法の高度化

- ・ 災害時の看護支援ネットワーク構築し医療、福祉施設や避難所等へ効率的な看護職の配備、供給のあり方を検討した。

##### ライフラインを早期に復旧する技術及び人命救助・救護システムの高度化

- ・ 1996年の中国雲南省麗江地震とそれによる被害（人、建物、土木施設、斜面崩壊）中国における災害対応、救急救命活動、災害援助・復旧過程等について調査し、我が国山間盆地の地震対策の問題点を検証した。
- ・ 地震などの災害で倒壊した家屋などに閉じこめられた人の探索のために、人の声などの音源方向に向くマイクとカメラを開発した。
- ・ 軽量高強度金属を用いた高機能レスキュー工具の試作開発を行った。
- ・ 広範囲を一度に観察することができる、救助用探索装置の研究開発を行った。
- ・ 災害時のガレキの下に埋まっている人の救援活動高度化のために、CO<sub>2</sub>センサ、マイク等がついた棒状カメラ、電波式探知機、人力エネルギー抽出機、ジャッキの開発を行った。
- ・ 集団災害における病院前救急医療体制について検証し、警察、消防、救急と医療との連携が不十分で、傷病者取り扱い手順が確立されていない地域が多いことを明らかにした。
- ・ 地震時の建物倒壊に伴う死者発生のメカニズムを究明し、死に至らない住家構造のあり方、瓦礫内からの救出、救命方法を提案している。

- ・ 都市の安全確保と安心システムの構築に際し、油圧式瓦礫除去装置を開発し、製品化を行った。
- ・ 被災を前提に、早期修繕と応急対応をあらかじめ準備する手法と、耐震設計をしっかりと行っておく手法に明確に分けておくことで大災害時の混乱を少なくする方法を提案した。

#### 構造物等の被災度判定手法等の確立

- ・ (該当なし)

### (3) 災害の社会・経済的影響及び防災対策評価技術

#### 大都市災害の社会・経済に与える影響の予測・解析

##### 大都市災害が社会・経済に与える影響の予測・解析

- ・ 淀川大都市域を対象に、府県の枠を超えて震度推定を行い、水に関わるライフラインに対する影響を具体的に分析、考察した。
- ・ 兵庫県南部地震に伴う、阪神・淡路大震災の防災科学的問題点をできる限り速やかに整理し、提言するためのワークショップを実施した。
- ・ 阪神・淡路大震災とその後の復旧過程で蓄積された文献、遺品、資料等の記録化を行い、その資料から震災の背後にある都市社会の問題点を引き出し、脆弱性の克服と災害に強い社会構造のあり方を追求している。
- ・ 西宮市において阪神・淡路大震災が平均余命に与えた影響を調査したところ、震災後に短くなっていることが明らかになった。
- ・ 西宮 Built Environment Database の拡充を行い、阪神・淡路大震災での被害発生機構、復興機構を解明する。
- ・ ライフラインの停止による生活支障、地域経済への影響などの地震の間接的被害を定量的に評価する手法を確立するための検討を行った。
- ・ 過去50年間に上陸した台風のデータを分析し、台風の規模、時期、上陸の時刻、地域等から、被害を予測する式を導き、要因の被害への定量的評価を行った。
- ・ 大地震災害データの分析により被災規模から地域人口減少数を求める式を導いた。
- ・ 災害時の帰宅困難者への対応手法の検討を行った。
- ・ 都市のダメージ、都市の被害軽減能力、アクセシビリティ、サポートビリティ、都市の回復力、と言うマクロな視点で、都市の地震災害を総合評価する手法を提案した。
- ・ 老朽建物や高齢者とその居住地、ホームレスや災害弱者の日常行動と被災実態の分析と危険度調査を行った。
- ・ 自然災害において、自然科学的な変化だけでなく、避難ストレスや経済、生活問題など人間や地域に関する問題に注目し、復興と地域変化について考察した。
- ・ 避難生活を送る災害被災者の身体的、心理的ストレスを分析し、そのストレスを軽減させるための対策の検討を行った。
- ・ 震災による「こころの傷」を負った被災者に対する長期的ケアを継続させるための人材育成に寄与するトレーニングプログラムの開発を行った。

##### 災害予知・被災状況等の情報提供が社会・経済に与える影響の予測・解析

- ・ 阪神・淡路大震災の対応過程を意志決定過程としてみた災害対応シミュレーションシステムを

開発している。

- ・ 阪神・淡路大震災を直接経験していない都市居住者の災害文化が、阪神・淡路大震災を間接的に経験したことによって高まったかどうか検討した。
- ・ 阪神地域（日本）と、天津・唐山地域（中国）において都市内の社会システムを多階層システムと考え、災害都市リスク評価とマネジメント施策の設計、評価技術を検討した。
- ・ 斜面の崩壊確率、斜面災害の経済的インパクトの導出から、地震と降雨を誘因とする斜面崩壊の危険度判定にリスクマネジメント手法を導入し、斜面の潜在的な危険度をコスト次元でリスクとして定量的に評価する。
- ・ 都市空間のリスクマネジメントに関わる性能評価モデルの構築と、それを支援するGIS活用型情報支援システムの提案を行う。

#### 被害の貨幣換算手法及びそれに基づく対策効果の評価解析

##### 被害の貨幣換算手法及びそれに基づく対策効果の評価解析

- ・ 兵庫県南部地震の建物被害データから建物被害率曲線群を構築し、被害予測手法を損失額予測手法へと発展させた。
- ・ 個人レベルの被災状況を、構造物被害、都市被災と困窮度や苦痛度といった従来定量化が困難だったファクターとを結びつけた。
- ・ 既往の地震における港湾の貨物流動の変化と経済被害の評価、震災直後における海上からの輸送モードの対応状況調査、港湾施設の液状化対策効果に関する費用便益分析が行われた。
- ・ 大規模災害による間接被害や人命の社会的価値評価、貨幣価値への変換などを行い、金銭的価値を統一的な指標として社会的影響の全体像を定量的に把握する方法論を確立した。
- ・ 大雪による交通分断が地域に及ぼす経済的損失について、道路交通災害の視点から貨幣換算でみた場合に損失額を推定する方法の提案を行った。
- ・ 費用便益分析を防災投資事業の評価に適用するための体系化に基づいて、耐震対策や治水事業などの防災投資を実際に計量評価するための手法を開発している。
- ・ 水災害事象あるいは水災害危険度が地価に与える影響を分析し、住民の水災害に対する意識の変遷を分析することで、治水施設の便益を評価している。
- ・ 大都市平野部での強震動予測に基づく交通網の被災予測から、物流の遮断、迂回などのシミュレーションを行い、人々の苦痛、困窮度と経済損得の定量的評価を行った。

#### 防災における目標レベルの合理的な設定

##### 防災における目標レベルの合理的な設定

- ・ 北海道における実態調査から、過疎地における地震災害の特徴と防災課題の整理を行った。
- ・ 阪神・淡路大震災における社会基盤施設の被災状況に関する多重GISデータベースを構築し、その結果に基づき被災状況を視覚的に明瞭な形で提示した。
- ・ 鳥取県西部地震において、景観と生活という側面から被害と影響を調査したところ、災害調査法の考え方に新たな認識が必要であることが判明した。
- ・ 日本型災害管理システムの開発と防災対策のための具体的な選択肢の提示を行っている。
- ・ 河川的环境保全を含む共同整備事業の費用配分制度の検討を行った。

- ・ 過疎居住地で山地崩壊から人命を守るために必要な防災力の評価、傾斜地での宅地開発において最低限保証されるべき安全性レベル、軟弱地盤上の都市域での地盤破壊、土砂移動に対して必要な防災力の評価を行った。
- ・ 建築材料の燃焼性状モデルを開発したことにより都市大火や地震時の建築物の燃焼予測が可能になり、火災の拡大や延焼防止に効果的な建築材料の使用が可能になった。
- ・ 建物被害認定システムの整備とその訓練方法を開発している。
- ・ 構造物被害率を一定範囲に収め、地震による社会的混乱を防ぐために、都市の規模に応じた構造物の設計地震荷重の割り増し基準を検討した。
- ・ 災害ポテンシャルの考え方に基づいて、過去の災害履歴がよく分かっていない扇状地の土石流危険度を、社会的に受け入れられる程度の精度で予測する手法を開発した。
- ・ 自治防災の組織結成率は高いが、活動の実態が伴っていないことが明らかになり、問題点解決のための指針を提言した。
- ・ 総合防災システムがハードウェアによる「被害抑止」とソフトウェアによる「被害軽減」によって構成されることを示すことで、防災対策を明示した。
- ・ 地震外乱の不確実性、不規則性と設計の対象となる構造物系の動力学特性を考慮した確率論的地震応答解析法および信頼性評価法を導出した。
- ・ 都市地震災害の軽減に関する日米の研究を比較検討し、相互の利点と問題点を明確にして、新しい地震防災技術を共同で開発している。
- ・ 土砂災害の警戒避難システム実用化のために目標レベルの設定に基づく評価システムを組み入れた。
- ・ 道路災害の発生形態と今後の発生可能性を客観的に把握するために、GISとデジタルカメラ映像を用いた、3次元および時間軸を含む道路防災システムを開発している。
- ・ 発生確率は低いが極めて激しい地震動(レベル2地震動)の設定水準を選定するための方法論を開発している。
- ・ 被害評価シミュレーションを行い、直下地震で不確実性が問題となる震源パラメータの評価結果への影響を数量的に明らかにした。
- ・ 被災者への支援と自立、危険・防災教育の現状の把握を行った。
- ・ 文化財の防災対応状況調査を行った結果、地震に対する備えが遅れており、予算も不足していることが明らかになった。
- ・ 災害のあらゆる被害を金銭的被害に換算する方法論の確率を通して被害を統一的に把握し、被害最小化のためのプログラムを社会に対して提供し、社会が許容すべき損失について合理的な議論を行う基盤を提供する。
- ・ 地震リスクの認識の向上に伴い、建築物の耐震性の向上対策を促進すると共に、地震時の被害認識を正確にすることによって被害復旧が容易になるので、そのためのリスク評価、表示ツールを開発し、インターネット上で公開する。
- ・ 保険を災害リスクファイナンスの手段として捉えるのではなく、できるだけリスクを反映する仕組みに改善し、立地選択しようとしている土地や建物等の安全性が正しく認知されるような仕組みを作ることを提言した。

## その他

**災害時における情報通信機能の維持および中枢管理機能等の保全・代替に関する技術の高度化**

- ・ 阪神大震災の被災の全容を時系列的に整理し、地域防災対策の検討に資する知見を提供した。
- ・ 激甚災害地に対し、他市町村、他機関からの人的、物的、施設供与支援を円滑にし、復旧、復興を早期に実現するための後方支援的な施策戦略を行政防災指揮官に代わってオペレートするコンピュータシステムを提案している。
- ・ 従来法では正しく評価できなかった、都市直下地震に対する被害評価法を確立した。防災対策において、多数の被害シナリオのうちからどれを選択すべきかを、意志決定法により決定する手法を展開した。
- ・ 地震時における防災行政の最適対応決定を迅速に行うために、情報集積のメカニズムを時系列的に解析し、情報集積速度・適切性等の情報特性を規定する要因を解析した。
- ・ 防災担当者や個人が防災対策を選択する際に、長期的広範な視点から、具体的で多元的なリスク情報を分かりやすい形で提示し、合理的で社会コストを意識した意志決定ができる災害管理システムを開発している。
- ・ 激甚災害地に対し、他市町村、他機関からの人的、物的、施設供与支援を円滑にし復旧、復興を早期に実現するための後方支援的な施策戦略を行政防災指揮官に代わってオペレートするコンピュータシステムを提案する。

**その他**

- ・ 日本、トルコ、台湾における地震災害からの復旧、復興過程を比較し、それぞれの背景の下での特徴を明らかにし、都市の地震災害からの復旧復興のあり方を提案する。
- ・ 被災都市の復興計画の策定過程を解明し、復興の準備対策として事前復興の考え方を整理し、復興対策の高度化に寄与した。

## 第2章 「防災に関する研究開発基本計画」の「第2章 重要研究開発課題」に掲げられていない研究開発項目の現状

### 5. 消防に関する研究

#### (1) 物質の燃焼機構に関する研究

- ・ 舞台幕火災の発生条件を照明灯の種類や舞台幕の種類を替えて調査した結果、パーライトや防災加工済の貫八別珍の危険性を指摘した。
- ・ 原油火災実験のデータ解析から、大規模石油タンク火災からの放射熱の推定等を行い、消防活動に供しうる放射モデルを作成した。
- ・ 熱可塑性プラスチックの溶融に伴う火災拡がりを、燃焼面積の拡大を考慮した上で評価した。
- ・ 表面が毛羽立った繊維類の燃焼に関して、着火のしやすさ、拡大する速度の表面の状態への依存性を実験によって把握した。
- ・ 海上流出石油火災実験から、煙粒子の大きさの火災規模依存性やその放射熱が、同一規模の石油タンクの約20%であることが分かった。
- ・ 粒子画像計測法により火災室の開口部から噴出する火炎や熱気流等の風速分布を計測する技術の検討を行った。
- ・ 脱脂綿の密度、厚さを広い範囲で変化させた場合における燃焼拡大の挙動の変化を観察し、そのモデル化を行った。
- ・ 金属ナトリウムの燃焼形態、着火誘導時間、燃焼時間について調べ、二種類の着火形態が存在することを明らかにした。
- ・ 加熱時に溶融、収縮する繊維に対する防災性能を評価するための燃焼性試験法の検討を行った。
- ・ コーンカロリメータを利用して、代表的な防災材料の発熱速度の測定及び燃焼性状の評価を行った。
- ・ リチウムイオン電池の発火に関して、高速の酸素の放出に伴う災害を予防しながら実験を行う装置の機能確認が完了した。
- ・ リチウム塩を用いた新機能材料の挙動について火災実験を行い、燃焼速度、火災温度、燃焼生成物の計測を行った。

#### (2) 材料の難燃化に関する研究

- ・ 木造文化財に対する防災処理技術を調査し、その火災予防、延焼拡大防止効果や、経年変化による外観の変化、物性、燃焼性を実験的に明らかにした。
- ・ プラスチックパレットに対して難燃化を行い、燃焼試験を実施した。
- ・ 各種市販カーテンのコーンカロリメータ試験、実大試験を行いカーテンの難燃性を調べた。

#### (3) 林野火災に関する研究

- ・ 全国の林野火災について統計分析を行い、地域特性を明らかにすると共に、林野火災件数を予

測するモデルを提案した。

- ・ 強風下の大規模森林火災の状況、飛び火の飛散と飛び火着火などの拡大状況を調査し、数値シミュレーションから森林火災の基礎的な火災特性を検討した。
- ・ 林野火災発生当日までの先行降雨量と林野火災の発生拡大との関係を調査し、カナダで利用されている干ばつ指数の日本への適用を検討した。
- ・ 地域別、季節別の林野火災発生件数と実効湿度、最小湿度、土壌雨量指数等との関係を調べ、火災発生率の変化する条件を見出した。
- ・ 林相別の火災危険度、季節別の林内可燃物の含水率測定を行い、火災危険度の高い森林の抽出方法を検討した。

#### (4) 特殊な環境における火災に関する研究

- ・ トンネル模型を用いた火災実験により、火源近傍における温度分布への断面形状の影響および水平、傾斜条件下での火源風上への煙の遡上阻止に必要な換気速度について明らかにした。
- ・ 実験により、地下施設内の熱気流の温度分布、差圧分布、風速分布等を測定し、加圧排煙による煙流動性および防排煙効果について明らかにした。
- ・ 災害時の地下空間での安全性確保のために、給気側に新鮮空気を継続的に供給することが可能になる加圧煙制御システムを開発した。
- ・ 地下施設の火災特性に及ぼす深さの影響に関して、地下階数による竪坑からの換気量の予測法を開発した。
- ・ 地下施設、大断面トンネル、小断面トンネルの数値シミュレーションと実験結果の比較を行った。
- ・ 実験火災による地下空間模型内の気流の状態を解析し、実験の煙の流れを再現できる条件を見出すなど、地下空間での火災性状をシミュレートするための基礎的知見を得た。
- ・ 深層地下駐車場を想定し、自然排煙シャフトの大きさと煙伝播特性、火源と酸素濃度、燃焼速度との関係を調べた。
- ・ 実験データを基に、日米で各々開発された予測モデルを用いて煙流動シミュレーションを実施し、その妥当性と適用範囲について検討を行った。
- ・ 吹き抜け空間内の火災気流の挙動を明らかにするために、小型模型実験を行い、吸気がない場合での換気量の推定式等を明らかにした。
- ・ 原子力施設において使用されているアルカリ金属類の着火、燃焼特性を検討し、得られた知見を基に安全確保のための火災事故対策技術を提案した。
- ・ 原子力施設内の消防防災活動のためのロボットの開発、アルカリ金属の消火に関する研究を行った。
- ・ 化学プラントにおけるタンク内容物の流出、拡散から爆発、火災までの一連の災害連鎖危険性を考慮したシミュレーションを開発し、リスク評価手法を確立した。

#### (5) 各種危険物及びこれらに類するものの危険性評価と安全対策に関する研究

- ・ 消防法と国連勧告書の試験方法の差異、結果の整合性、危険度評価の差異等の検討を行った。
- ・ ヒドロキシルアミン等の危険性があまり知られていないにも関わらず使用量が増加している



物質について、必要に応じてその危険性評価を行った。

- ・ 種々の酸化性液体および固体酸化性物質水溶液の燃焼試験を行い、燃焼時間を求めた。また、基準物質の候補となる物質について、燃焼試験を行い適切な基準物質を選定した。
- ・ 国際連合の酸化性固体の試験方法には問題があることを指摘し、酸化性液体の試験方法は消防法の試験方法と大差がないことが分かった。
- ・ 自己反応性物質の危険性評価方法標準化のために、改良型密閉式圧力容器試験結果と熱分析試験結果との相関性等の検討を行った。
- ・ 難引火性液体の引火点に関して、クリーブランド解放式引火点試験器とセタ式試験器との差異を検討した。
- ・ 土壌中に漏洩した石油の漏洩範囲推定、土壌汚染防止のために、地下水の土壌中の通りやすさに相当する「透油係数」を実験的に求めた。
- ・ ガソリン等の引火性物質の蒸気圧と引火温度との関係を、密閉式試験器と解放式試験器において検討した。
- ・ 自己加速分解温度、熱感度、暴走爆発威力の確定方法、エネルギー物質の火炎伝播評価方法に関して調査を行った。
- ・ ウォーターハンマーの原理と過熱液体の蒸発現象に基づき、ブレイビー現象においてタンク内に発生する高圧力の生起メカニズムを解明した。
- ・ 引火性危険物、自己反応性危険物の火炎伝播速度、反応暴走性、発火性状、燃焼性状等に関して、各種試験法の比較検討を行った。
- ・ 流動する石油による絶縁性配管材の絶縁破壊実験を行い、破壊機構の解析、絶縁性能試験、劣化試験の評価実験を行った。

#### (6) 危険物施設等の安全確保のための技術に関する研究

- ・ 数値計算モデルから液面上の対向流拡散火災の燃焼性状、消炎限界のシミュレーションを行い、消炎限界を決定する諸因子の関係を検討した。
- ・ 帯電した石油とタンク内部の静電場のモデルを作成し、表面電荷が形成される場合の、タンク内油面電位の減衰速度と、タンクの規模や形状、油の充填率等の関係を検討した。
- ・ 同軸型、平行平板型などの代表的な対象性を持った電極の設計と製作を行い、灯油など石油燃料の導電率測定結果が異なる機構の解明と測定指針の作成を行った。

#### (7) 消防に関する研究

- ・ 不活性ガス、フッ化炭化水素系消火剤の消火性能の有用性を確認した。
- ・ 消火設備に長年貯蔵されたハロン2402の品質劣化には期間よりも貯蔵状態による影響が大きく、消火性能自体はほとんど低下していないことが分かった。
- ・ 新消火剤と他の消火剤の複合利用による消火性能の実験を行った結果、混合した場合に相乗効果が成立することが確認された。
- ・ ハロンに替わる新消火剤を用いた全域放出型消火設備の消火剤設計濃度の有効性を大規模模型実験により確認した。
- ・ 新ハロン系消火剤により消火する際に発生する熱分解ガスの急性の毒性を調べたところ、フッ

化水素と同水準であることが分かった。

- ・ 消火用の蛋白泡の改良を行い、その消火性能を調べた。
- ・ 代替ハロン消火剤の消化性能と毒性安全の評価方法を確立した。
- ・ 代表的なハロン消火剤と新消火剤の燃焼抑制反応の性質を比較し、効果的な気相燃焼抑制を達成するために必要な条件を検討した。
- ・ 消火剤候補物質の迅速なふるい分け、および既存消火剤との性能比較のために、各種消火性能評価方法を利用し消火剤の基本的な消火性能の解析を行った。
- ・ 火災防護区画内に放出されたガス系消火剤の流動と混合過程についてシミュレーションを行った。
- ・ 代替ハロン新消火剤の負触媒的炎抑制機構を明らかにするための数値計算を行った。
- ・ 微少重力空間における火災シミュレーションを行うための、対向流ノズルバーナーの試作とガス系消火剤の燃焼抑制効果を数値計算によって比較した。
- ・ ウォーターミスト消火設備の実用化に向けてノズル放水量等の基礎実験や、ビジネスホテル客室を想定した閉空間内での消火実験を行った。
- ・ ウォーターミストの小規模消火実験とシミュレーション結果の比較、検討を行い、ウォーターミストのダイナミクスを解析した。
- ・ 種々の火災とウォーターミストの混合気体が非平衡的に水の蒸発によりどのような影響を与えるのか解析を行った結果、消火条件が明らかになり、スプリンクラーに代わる消火方法であることを確認した。
- ・ ウォーターミストの粒子と火災流に関するシミュレーションを行い、ウォーターミストが火災の消火にどのような形で関与するのかを解明した。
- ・ 位相ドップラー粒子測定装置により、粒径、粒子密度、粒子速度を測定する際の諸条件の把握と調整方法について習熟した。
- ・ 80 のメタンまたはプロパンの空気混合気の燃焼限界に及ぼす水蒸気の影響とそのピーク濃度などの水の消火性能を調べた。
- ・ 管状火災バーナー法による水蒸気添加混合気の燃焼限界の測定、不活性ガス添加混合気の燃焼範囲を下にした水蒸気添加混合気の燃焼限界の推定を行った。
- ・ 火災中の一酸化炭素生成に関する素反応過程の解析と火災中で燃料及び消火剤の分解により生じる全炭素量に対する一酸化炭素生成量の検討を行った。
- ・ 炭化程度を変えた木材に水、塩類などの阻止剤を付着させ、乾燥させた状態での阻止効果を測定した。
- ・ 消火設備用配管として、管内壁に波状面を持つフレキシブル管を利用した場合の流体特性について実験を行った。
- ・ 少量の水で延焼をくい止めるために、水に少量の化学薬品を添加し、消火領域の再燃を遅延化、阻止する技術の開発を行った。
- ・ 液化二酸化炭素の気化エネルギーを利用して水を微噴霧化させる装置を試作・開発し、消火実験を行って、その消火効果を確認した。
- ・ 合成樹脂系配管材料の流体性能を調査し、消防設備用配管として使用する際の問題点の把握を

行った。

- ・ 大型の木製クリブを用いて延焼阻止剤である燐安の濃度範囲や散布条件を拡張して延焼阻止性能を確認した。
- ・ 可燃性液体と減煙剤等の混合物について、減煙効果、燃焼特性を調べた。

(8) 消防用機械、器具および車輛に関する研究

- ・ ベランダ昇降ロボットの動作安定のために、制御系の再設計、スライド機構、制御プログラムの改良を行った。
- ・ ベランダの手すりを把持して昇降するロボットの開発を行い、非線形制御系の有効性を検討した。
- ・ 消防用救助ロボットの開発のために、要救助者を救助する際に必要となる技術に注目し、調査を行った。
- ・ 高層マンションの火災発生位置に迅速に到着し、消防活動を支援するためのベランダ昇降ロボットの実物大模型を設計、試作した。
- ・ 小型特殊はしご車に装備されている、はしごの線形数値モデルを作成し、各はしご長さにおける振動の解析を行った。
- ・ ホストシステム無しでも長距離送水ができるようコンピュータ制御消防ポンプシステムの協調制御、自立制御機能部分を強化した可搬式長距離送水ポンプシステムを再構築した。
- ・ 消防活動時に、長距離送水ライン中に大型ポンプ車を組み込むことを想定した、消防ポンプ群による長距離送水ラインを形成できるシステムを作成した。
- ・ 模型を用いて、水囊(すいのう)のフラッター現象に関する実験を行い、その防止方法を見出した。
- ・ 消防、防災用に整備が進む中型ヘリコプターに適した空中消火用水の開発を行った。
- ・ 狭隘な道路に面し、送電線、電話線等の架線や街路樹などが直近に存在する建物に対しても支障なく架梯できる小型特殊はしご車の開発、試作を行った。
- ・ 動力消防ポンプ操作の瞬間的な反応、微調整、長時間作業などの領域を自動化させるための、システム開発を行った。
- ・ 防火服の統一的な基準を確立するために、各地の消防署で使用している防火衣、作業服の防火性能等の調査を行った。

(9) 航空消防、林野消防等特殊消防の技術及び機材に関する研究

- ・ 消防防災ヘリコプターからの空中消火の火災抑止効果、延焼阻止効果や散水分布特性とダウンウォッシュの強さを調査した。
- ・ 空中消火用水利としての海水利用法、水のうの飛行安定性、落水時の地上衝撃力等の実験的検討を行った。

(10) 火災の感知、通報、及びこれらの情報処理に関する研究

- ・ 市販の機器に組み込まれている、温度センサー、湿度センサー、赤外線センサー等の火災感知への適用可能性を調査検討した。
- ・ 各種煙感知器、熱感知器、炎感知器にたいしマイクロ波を照射した際の誤作動の発生状況を検

討した。

- ・ 受信機、中継器、感知器などの自動火災報知設備の各機器に対して、電磁波ノイズに対する誤動作の検証を行った。
- ・ 複数のセンサーから得られる通常時の温度データ等から、火災等の異常状態を判別する手法について検討を行った。
- ・ 煙濃度測定、温度測定、ガス分析、pH測定などのエネルギー測定を実施し、新たな初期火災感知手法について検討を行った。
- ・ 火災実験および事例解析等により、住宅火災の特徴を明らかにするとともに、出火拡大防止、早期発見、消火及び避難対策について検討を行った。
- ・ 熱画像カメラを用いて各種薫焼(くんしょう)状況を画像処理装置に入力し、薫焼火災を的確に感知するための画像処理方法を検討した。

#### (11) 電気火災に関する研究

- ・ 火災現場で見出される電気ケーブルの溶融痕が、着火を引き起こした際のものか、火炎にさらされたものかを判別する方法を提案した。

#### (12) 消防に関する統計分析

- ・ 火災報告の項目に関連した調査、人口動態と火災発生状況の相関分析に用いる項目の検討を行った。
- ・ 全国の住宅火災データを用いて、消火器、自動火災報知設備等の防災設備の設置有無、使用有無による火災規模、火災覚知時間への影響等を分析した。
- ・ 出火源から見た火災に関する統計的研究を行った。
- ・ 既存建築物の業種別火災リスクに関して、事業所、企業統計調査、火災報告のデータベースを試作した。

## 6. その他

- ・ 250mメッシュで精度が格段に向上した霜予測システムを開発した。
- ・ 建築物群、特に住宅を対象に建物、建物室内および居住者の観点から被害のリスク評価を行い、企業等のリスクマネジメント、住宅性能保証と保険制度についても検討した。
- ・ 火災時の鋼構造物の変形挙動シミュレーションを行うために、韓国で生産されている建築構造用鋼材の高温時における力学特性を明らかにした。
- ・ 各種建築構造用鋼材を用いた鋼柱の高温下における座屈強度を実験によって明らかにした。
- ・ 建築技術の進歩に併せ、それら新技術の防火、耐火性能を評価するために、より合理的な試験法の開発を行った。
- ・ 高温時、冷却時におけるシリカヒュームを使用した高強度コンクリートの耐火性、力学的特性を明らかにした。
- ・ 高温時における、普通強度から高強度までのコンクリートの長期材令時の力学特性を明らかにした。

- ・ 鉄筋コンクリート構造物の耐火性に関して、高温時、冷却時における高強度コンクリートの耐火性、力学的特性を明らかにした。
- ・ 災害復旧を予め想定した震災リスクアセスメントの構築のために、震災などによる災害規模と復旧時間をデータベース化した。
- ・ 自然災害の記録や文献、約7万点に関するデータベースを作成し、インターネット上で公開した。
- ・ 自然災害文献データベースの解析によって、災害における地域性と歴史性がさらに明らかになった。
- ・ 都市型大規模災害に際して、倒壊した家屋に閉じこめられた住民を安全かつ早急に救助するための非熟練者でも操作可能なパワーアシスト型レスキューロボットの開発を行った。
- ・ 地球周辺空間の電磁氣的擾乱の把握、予測を行うために、地上磁場観測データのリアルタイム収集システムの開発、電磁場擾乱の定量的モデルの構築を行った。
- ・ 地形、地質、泥質噴出物、地下水、ガスの検討等から、泥火山、マッドダイアピルの発生場所や噴出メカニズムを解析することで、ハザードマップを提案する。
- ・ 心理学的援助を含む災害救護のための要員養成のために、赤十字が行っている救護訓練内容、これまでの災害救護法の調査を行った。

## 第3章 「防災に関する研究開発基本計画」の「第3章 研究開発を推進するに当たっての重要事項」の実績・現状

### 1. 基礎研究の振興

#### (1) 独立行政法人

応用研究主体の機関もあるが、多くの機関では、中期計画に基礎研究振興を盛り込んでおり、データ収集などがおおむね順調に行われている。一方で、工学分野での基礎研究振興は手薄であり、また、最近の効率・評価を重視する環境のもとでは基礎研究振興は厳しくなることが懸念されている。

#### (2) 政府系機関

基礎研究を研究開発五カ年計画に位置付けて実施されているほか、プロジェクト研究・受託研究などを通じて基礎研究の推進が図られている。

#### (3) 都道府県等

文部科学省の交付金による地下構造調査および、自主財源によるGIS利用地震被害予測システム、地域地盤特性解明、地震活動・地下水位観測、地殻構造解明のほか、ロボットプロジェクトにおける要素技術研究なども実施されている。

#### (4) 国立大学

工学・理学系とも基礎研究が重視されており各分野で盛んに研究が進められている。また、科学研究費補助金、科学技術振興調整費など、外部資金を積極的に活用し、研究が実施されている。なお、人文・社会学系においても、地震時の人的被害発生要因の把握、災害時避難図上訓練、防災投資の経済評価などの新たな分野の研究も積極的に進められつつある。

#### (5) 公立大学

工学・理学系とも各分野で幅広く基礎研究が進められている。さらに、災害時の群衆挙動モデルの研究や災害現地調査に基づく人の安全性を確保する研究などが行われているが、研究費が年々削減されているため、基礎研究の推進が厳しくなっている大学もある。

#### (6) 私立大学

学内、学外の資金を活用し、津波災害や関連技術開発に係る研究、鉄筋コンクリート内部の梁・柱接合部の力学的挙動の研究など工学・理学系とも各分野で盛んに基礎研究が進められている。さらに、人文・社会科学系においても、防災基礎研究に対する取り組みが検討されている。

#### (7) 企業財団等

埋設ガス導管の耐震性研究など、本業の振興に必要な基礎研究が行われているが、近年は、基礎研究よりも受注に結びつく応用研究が推奨されている傾向にある。

## 2. 地域の特性に応じた研究開発の推進

### (1) 独立行政法人

地域の大学、自治体の研究機関とも連携をとって地形、気象、社会的条件等に対応した研究も進められている。また、地震・火山研究については、特に地域の特性に重視した研究が行われている。

### (2) 政府系機関

地域特性に応じた研究は、あまり実施されていないが、研究機関の業務に応じて、地域の特性を踏まえた研究が実施されている。

### (3) 都道府県等

基本的に地域特性に応じた研究が最も重視されている。地震被害が予想される地域では、M7級の地震を想定した予知研究が実施されており、地殻変動・地下水位観測と解析研究が実施されている。また、東海地震被害予測調査、地震被害想定調査、さらに直下型地震被害予測システム開発などが実施されているほか、ゼロメートル・液状化地盤が広く分布しているところでは、液状化予測法等を開発し、低地防災の適正化も図られている。また、海岸線が近いところでは、海岸防災林の造成法・維持管理法などの研究開発、養殖海産物の台風被害軽減化技術開発などが行われている。

### (4) 国立大学

各研究領域における最新の研究成果を地域特性に合わせて紹介・導入するとともに、その成果を地域住民に還元・啓発を行うほか、地域の企業や自治体等との共同研究も実施されている。

### (5) 公立大学

成果を地域に還元できる研究として、木造軸組住宅構法の耐震性向上技術の開発というような、県産木材の有効利用と県内産業の振興を目指した研究などを行っている。また、地域防炎会議の専門委員や火災予防審議会委員、関連研究調査委員会の委員などを務め、地域防炎対策の策定に寄与している。

### (6) 私立大学

地方公共団体の協力を得て研究を行い、その成果を地域住民に還元する動きが進められている。さらに、環境・防災を意識したまちづくり手法の開発、避難場所に指定される公園などの安全性の把握、地震災害などの深刻な災害時の住民の避難体制作り、遺跡の保存・防災等への提言も盛んに行われている。

### (7) 企業財団等

基本的に受注に結びつく研究が中心となっているが、隣接地域の地域の地震観測及び地盤調査が実施されているほか、地域の特性を考慮した液状化予測手法などの研究が進められている。

## 3. 国際共同研究開発の推進

### (1) 独立行政法人

国際シンポジウム・ワークショップの開催・出席や、研究者招へい、留学・研修の受入れ及

び人材派遣といった人事交流など、国際的な研究活動支援もおおむね強化されている。二国間の共同研究も進められており、その中で海外の短期研究者を受け入れている。また、JICA などの要請に基づく調査・指導なども実施されている。

#### (2) 政府系機関

実績は比較的少ないが、国際共同観測・研究、国際研究集会、海外からの研究者の招へいなどが実施されている。

#### (3) 都道府県等

防災林造成技術等の修得を目的とした海外からの研修生の受入れや、国際協力プロジェクト（地震対策）として、中国遼寧省地震局との相互交流を実施し、その中で地震予知に関する共同研究を計画している例がある。

#### (4) 国立大学

国際学会、国際シンポジウム・ワークショップの開催・出席や、研究者招へい、留学・研修の受入れ及び人材派遣といった人事交流、JICA プロジェクトへの協力などのかたちで国際共同研究開発が活発に進められている。海外で大災害が起こった際には、海外の研究機関等と協力し、国際調査団の派遣などが実施されている。

#### (5) 公立大学

発展途上国への研究協力及び留学生の受入れ、国際会議への参加、JICA プロジェクトへ協力などの形で、国際協力が進められている。

#### (6) 私立大学

海外の地方政府や大学との液化化地盤の側方流動に関する共同研究や、情報交換などが実施されている。

#### (7) 企業財団等

科学技術振興調整費（多国間型国際共同研究）への参加や JICA 専門家として職員の派遣等も実施されている。

### 4. 関係研究機関の連携の強化

#### (1) 独立行政法人

大学、企業との共同研究や、国・自治体との共同観測体制の構築、IT 技術を利用した情報の共有など、おおむね産学官の連携は強化されている。さらに、研究コンソーシアムなどの防災分野の研究開発に係る機関の連携の枠組みを目指した動きもある。また、大学を含む他機関から、研究者の受入れ・派遣なども実施されている。

#### (2) 政府系機関

科学技術振興調整費及び国土交通省総合技術開発プロジェクトなどを通じた共同研究を実施するほか、地震予知連絡会・海岸昇降検知センターを運営し、関係機関と地震予知に関する情報交換等が実施されている。



## (3) 都道府県等

大学、気象庁、独立行政法人と地震観測データの相互利用及び消防庁との共同研究が進められているが、関係研究機関との連携はおおむね低調となっている。

## (4) 国立大学

関連学会、共同研究などを通じて、大学間だけでなく、独立行政法人・自治体・関係公益法人・民間企業との連携が進められているほか、自然科学系の研究機関だけでなく人文・社会科学分野の研究機関との連携も検討されている。

また、科学技術振興調整費及び科学研究費補助金など競争的資金を通じて大学、民間企業が連携し、それぞれの能力・特徴を生かしながら、高い成果を生みつつある。

## (5) 公立大学

近隣大学、研究機関との連携を取りながら、研究の効率化・高度化が進められている。また、同一自治体が設置した研究機関に対する非常勤研究員の派遣など、人事的な連携も進められている。

## (6) 私立大学

学術フロンティア推進事業や自治体の産学共同研究センターによるプロジェクトを活用し、他大学・関係公益法人・民間企業との共同研究を行うなど、産学官の連携が進められている。また、大学間の共同研究についても積極的に実施されている。

## (7) 企業財団等

大学・独立行政法人と連携し、共同観測・研究などを行っている。

## 5. 人材の育成・確保

## (1) 独立行政法人

産学官の人事交流、官庁での行政研修、留学の促進、研究集会への参加などを通じた人材の育成を行っている。

新規人材については、おおむね任期付き研究員の採用によって確保されているが、防災分野の研究開発に関連した教育機関が少ないため、概して人材の確保は難しい状況にある。

## (2) 政府系機関

長期在外研究員の派遣・国際研究集会への参加等について積極的に対応するほか、他機関からの研究員受入れ等により、専門家の確保・育成が推進されている。

## (3) 都道府県等

任期付き特別研究員の配置や独立行政法人の「受託研修制度」の活用等を行っているが、研究専門職制度がなく、行政事務職員に近い人事異動が行われることから、長期間をかけての人材育成や研究者の確保が難しいといった課題がある。

## (4) 国立大学

学生・大学院生の論文指導や、各種プロジェクトに参画させることによって人材育成に務めている。また、若手研究者・留学生・社会人入学者・各種外部機関からの共同研究者の受入れ

のほか、中高生・社会人を対象にした公開講座の実施など、幅広い領域での人材育成も行われている。

しかしながら、博士、修士の育成は進んでいるものの、学生の就職先が少ないといった課題も生じている。

#### (5) 公立大学

大学院の定員増・社会人課程等の新しいコースを設置することにより人材の育成・確保に努めるほか、学外での研修、他大学大学院への派遣などが実施されている。

#### (6) 私立大学

私立大学においては、若い研究者の確保が難しいといった課題もあるが、海外からの研究生・オーバードクターの受入れ、企業からの社会人大学院生受入れなど、実務経験者との協力関係が築かれつつある。また、人材は育ってきたが、大学・研究機関などの就職先が少ないなどの課題が出ている。

#### (7) 企業財団等

人材の確保は、これまで主に新卒に依存していたが、ポスドクの短期雇用もあわせた人材確保が実施されている。

### 6. 研究施設・設備の整備

#### (1) 独立行政法人

各種予算要求及び中期計画等に基づき、研究推進に必要な研究施設等はおおむね整いつつある。しかし、つくば地区では、移転時に作られた施設・設備が一斉に耐用年数を迎えており、その修繕・更新が必要であるという問題が生じている。

#### (2) 政府系機関

各分野の研究に必要な設備等についてはおおむね整備が進められている。

#### (3) 都道府県等

研究施設・機材等について修繕・更新が必要なものが不定期に発生し、対応に苦慮している場合が多く見られる。

#### (4) 国立大学

現状の実験・観測機器・スペースは不足し、実験室等の老朽化も進んでいる。経常的資金では整備が困難であるので、民間からの奨学寄付によって修繕・改修を行っている例もある。また、共同研究によって他機関の施設を利用することもある。一方、近年施設整備に関する予算が確保され相応の整備が進んでいる大学もある。

#### (5) 公立大学

個別施設の整備は進められているが、一般的に施設の総合的活用が進まず、不足している状況である。

#### (6) 私立大学

現状の実験・観測機器は不足していることが多い。また、科学研究費補助金など研究資金が

不足しているため、特別研究費、私学助成等を通じて基本的研究設備の整備・充実が行われている。また、国立大学・研究機関などの施設を利用していることも多い。

## 7. 災害事例データベースの整備

### (1) 独立行政法人

全国における地震活動の状況や推移を判断するため、地震観測データや調査データの蓄積が行われているほか、研究ネットワークを通じた各種のデータベースの利用環境の整備も進められている。また、防災関連のハザードマップも整備されつつある状況である。

### (2) 政府系機関

災害時の住民への情報伝達と住民の行動に関する事例研究の結果のデータベース構築、地殻変動データベース構築などが進められている。

### (3) 都道府県等

地震活動、地殻変動、地下水位等のテレメータ観測データのデータベース化や地盤・地形・震災履歴・柱状図・行政データなどの情報をGISによってデータベース化するなどの取り組みが行われている。また、これまで取り組んだ課題一覧については、毎年度公開するとともに、研究課題・成果については、冊子形式で保存されている。

### (4) 国立大学

GISを利用するなど、研究上必要性の高い個別のデータベース構築を行うほか、関連データ・研究成果のデータベースを保有するとともに、ホームページ上での公開も進められている。また、データベースの維持については、管理を個々の教官や学生に頼っている場合もみられるため、転任・卒業などでのデータベース管理の継続性に関して問題を抱えている。

### (5) 公立大学

GISデータを自治体や地図メーカーの協力を得て整備を行っているほか、研究成果データベースをインターネットで公開するなどの取り組みが行われている。

### (6) 私立大学

防災GIS（地盤ボーリングデータ、地形データ、施設データ等）の整備や岩盤上強震動観測データベースの構築などが行われている。

## 第4章 「防災に関する研究開発基本計画」における「第3章 研究開発を推進するに当たっての重要事項」に関するの国の施策等に対する意見等（主なもの）

### 1. 基礎研究の振興

#### （1）独立行政法人

- ・ 研究開発全般に評価や調査にかかる事務が増大している。評価等が負担とならないように配慮願いたい。
- ・ IT 関連技術環境の急速な発展に伴う観測システム機器の更新ニーズ、集積が進むデータベースのメンテナンスに対する継続的な国の取組が必要である。

#### （2）政府系機関

- ・ 科学技術政策として競争的資金の確保や研究者の流動性が強調されすぎることにより、これらの基礎研究が阻害されることがないような配慮が必要である。

#### （3）都道府県等

- ・ 国機関で実施した基礎研究を自治体レベルでどのように応用分野で反映させればよいか示して欲しい。
- ・ 国立大学等の研究者が実施する災害研究について公開するとともに、自治体とのテーマが一致すれば互いに参画できるよう、予算や助成制度を一元化して欲しい。

#### （4）国立大学

- ・ 災害研究開発の基礎研究は、産業界の支持を得られないことが多く、必要と判断されるものについては、今以上に国の積極的支援が必要である。
- ・ 研究成果が社会に貢献することは非常に重要であるが、近年短期間での実用性が強調されるあまり、基礎的な研究の理解が得られにくいようにも感じられる。
- ・ 目に見える成果を短期間で挙げにくい基礎研究に対しても応分の資金を継続的に投資し続ける姿勢を堅持して欲しい。また、将来役立つと考えられる良質な基礎研究を見抜き育てることができる良識ある研究体制・評価体制の構築が望まれる。
- ・ 基礎研究が行えるよう、国の情報公開、研究機関との連携促進、5年を越える長いスパンの基礎研究の促進をお願いしたい。

#### （5）公立大学

- ・ 大学あるいは研究機関等を経済論理に基づいて評価しようとする風潮が強い。目先の利益だけに注目した評価は将来的に問題を生む可能性がある。

- ・ 社会科学分野からの防災研究を促進すべきである。

#### (6) 私立大学

- ・ 社会科学・人文科学関連での防災基礎研究に関する位置付けと特別枠の予算化が必要である。
- ・ TOP30にみられるような、差別化による研究の活発化も必要であるが、一方でTOP30に所属しない大学の優れた基礎研究にも補助できるようなシステムを作る必要がある。
- ・ 基礎研究の充実・振興を図るために大学等が行っている役割が極めて大きく、その一層の整備充実を図ることが重要である。そして多岐にわたる基礎研究の分野の成果に対する総括と厳しい外部評価システムの確立が必要となる。

#### (7) 企業財団等

- ・ 特に防災研究は、国が率先して行う研究と位置付けており、民間の力が必要な場合には、十分な予算と将来の研究の実現性を持って誘っていただきたい。

## 2. 地域の特性に応じた研究開発の推進

### (1) 独立行政法人

- ・ 大規模なプロジェクトに資金配分が偏ることなく、また地域の特性に応じた研究に係る競争的資金等もより充実していくことが必要である。
- ・ 地域特性を代表するような特定フィールドの研究に対しては、交付金配分にあっては、旅費、調査研究費などの特別な措置が必要である。

### (2) 政府系機関

- ・ 複数の機関が連携して研究を行うには、科学技術振興調整費のような予算的・制度的枠組みの活用が必要である。

### (3) 都道府県等

- ・ 地域毎に実状に応じてどのように研究を応用すれば良いか相談できる窓口機関等の設置を望む。

### (4) 国立大学

- ・ 大きな災害に関する防災研究を行う場合、中央機関による調査研究が進められ、地元の機関への調査依頼が来ないことがある。地元機関は、地域特性に関する知見を長期に渡る基礎研究によって蓄積しており、今後の防災システムを開発する上でも参加は必要である。
- ・ 国立機関と地方大学そして地方行政が相互に研究開発のネットワークを築くことで、地域に根付く防災ネットワークが構築できるものとする。国の施策としてこのネットワークの推進を強力に支援していただきたい。
- ・ 大学等に蓄積した防災の研究成果を地方行政が積極的に活用出来るような、国の施策に期待する。

- ・ 地方国立大学が中心となって各地域に根ざした公募型の中規模総合研究が望まれる。
- ・ 基礎研究の成果を自治体の調整に反映させていく段階において、現状では研究機関側にも多くの時間と労力が必要になる。先端的研究だけでなく、このような社会的連携にも対応した多様な教職員の雇用や多様な評価の視点が望まれる。

#### (5) 公立大学

- ・ 地域特性を考慮した防災対策を推進するために、地域の大学等専門機関と地域自治体との防災連携研究の促進方を拡大すべきである。

#### (6) 私立大学

- ・ 研究成果の育成のために、産学官による共同研究の実施が必要となる。各地域での特徴を生かすためには、まず現場での地道な技術交流が必要とされる。

### 3. 国際共同研究開発の推進

#### (1) 独立行政法人

- ・ 自然災害は開発途上国において甚大な被害をもたらしており、自然災害に関する国際協力のための資金の充実が必要である。
- ・ 指定公共機関が行う防災関係の海外共同研究経費、海外研究者の招へい、海外への派遣ならびに海外シンポジウム開催等に対して、特別の研究支援制度の創設を希望する。

#### (2) 都道府県等

- ・ 県レベルの国際協力プロジェクトに基づく研究を推進させるため、国際的な共同研究促進の支援制度を整備して欲しい。

#### (3) 国立大学

- ・ 海外からの研究者受入れ、国際シンポジムの開催など、情報交換の場を提供するべきである。
- ・ 一方的に知識を輸出するのではなく、相手地域の実情にあった研究が必要であり、そのためには留学生教育などの人材育成・奨学金などの支援が必要である。
- ・ 災害対策先進国であることを自覚して、防災を通じた国際貢献に関する施策を強力に進めて欲しい。開発途上国に対しては専門家を迅速に多数派遣するとともに、継続的な研究協力をを行い、息の長い協力体制を整えて欲しい。
- ・ 災害大国である日本が国際的なイニシアティブを取って防災対策の国際基準を作ることを目指して進めるべきである。
- ・ 大規模な国際協力だけでなく、小規模でも技術者同士の真の情報交換や技術移転が行えるワークショップの開催支援など、きめ細かな施策が望まれる。
- ・ 国際共同研究についてもどれだけ成果が出たのか、詳細に評価することが必要である。

## (4) 公立大学

- ・ 国際交流においても地域固有の災害ティアップを考慮し、かつ大学と行政の関連を強める必要が感じられる。
- ・ 国外との情報交換、連携、研修を行うための補助金等の支援を要望する。

## (5) 私立大学

- ・ 各種、各レベルでの国際共同研究、技術協力に対してその成果を問う厳しい外部評価の導入が必要である。

## (6) 企業財団等

- ・ 国外での地震災害調査については、文部科学省をはじめ学会など派遣元が複数ある。緊急時に派遣される研究者等らの混乱や、調査先での重複などを避けるためにも、災害派遣に際しての危機管理体制の構築が望まれる。

## 4. 関係研究機関の連携の強化

## (1) 独立行政法人

- ・ 重要な研究課題の推進については、大学や複数の独立行政法人が連携して情報交換を進めるとともに、防災に関する課題について特別研究を実施していくことが効果的と思われる。そのために防災関係を特定した特別研究制度の充実やネットワークづくりが必要である。

## (2) 都道府県等

- ・ 関係機関との共同研究のルールづくりや体制づくりが必要である。

## (3) 国立大学

- ・ 民間企業からの研究機関への派遣に対して、もっと積極的な援助を行うべきである。
- ・ 大学と独立行政法人との間で積極的な人材交流ができる制度の創設をお願いしたい。
- ・ 国の施策に見られるような大規模プロジェクトに関する連携ばかりではなく、それぞれの地域に関する問題に対処するための機関連携が重要となっている。
- ・ 地方中核大学と県レベルの行政が中心となり、地元の研究機関の連携を促進することが望まれる。国レベルでは、地方連携組織が全国的な研究機関と連携できる準備が必要である。
- ・ 災害に関する研究は地域性が強く、地域の防災機関との連携が不可欠である。このような連携を推進するためには財政的な支援がぜひ必要である。

## (4) 公立大学

- ・ 研究機関同士の連携に加えて、地域の自治体との連携支援が必要である。
- ・ 特定地域を中心とした総合性を考慮し、防災研、地震研などにおいて特定大学と直結した地域担当部門的なものを今後考えていく必要がある。

## 5．人材の育成・確保

### (1) 独立行政法人

- ・ 分野間の縦割りを排除するため、大学に防災学科を新設するなどして、学際的な立場から自然災害を研究することのできる人材を養成することが必要である。
- ・ 研究者が常に新しい分野の知識を吸収できるよう、国の政策として、防災関係の学会やシンポジウム参加への予算制度、国内外への留学や研修制度等の一層の充実が望まれる。

### (2) 政府系機関

- ・ 研究者が少数に限られる分野にあっては、研究者の流動化にも限界があるので、長期的展望のもとに研究者を養成できるような人材育成政策について配慮願いたい。

### (3) 都道府県等

- ・ 独立行政法人、大学等の機関における研修受入れの充実化を図って欲しい。また任期付の研究員を雇用した場合の研究費等の助成について、地方公共団体の試験研究機関も対象として欲しい。
- ・ 国において、防災の広い領域や研究結果を取得できる自治大のような防災大学を整備し、人材の育成・確保を図ってはどうかと考える。

### (4) 国立大学

- ・ 博士課程学生への経済的保証がなされない限り、学生の進学・研究意欲が減退すると思われる。
- ・ 産業界とは必ずしも結びつかない災害技術者の確保は、国あるいは地方自治体しか行い得ないので、今後も継続的に人材の確保が必要である。
- ・ これまでは大学院生が主流であったが、今後はポスドクなどの優秀な人材を国際的に集められるような枠組み整備が一層必要と思われる。
- ・ 防災科研、防災研など基幹となる研究機関において研究者・技術者の育成をより一層進めてもらいたい。
- ・ 大学における技術者の継続的な専門能力開発を奨励し、かつ技術者の研鑽と技術成果を客観的に評価し得る制度の創設が望まれる。
- ・ 自然災害・人文社会科学の融合をさらに進めることが防災研究の新分野の開拓、更なる発展のために必要。特に人文社会系の防災学研究者の増員が望まれる。

### (5) 公立大学

- ・ 公務員制度に「防災職」を創設するくらいの需要喚起することが、防災への人材育成を底上げする動機になるのではないか。
- ・ 災害科学として文系・理系あるいは工学・農学・理学の枠をこえた部局間あるいは大学間の相互乗り入れ的な研究システムが必要である。



## (6) 私立大学

- ・ 「社会人学生」を派遣する企業への助成、研究開発プロジェクトへの若手研究者の公募制導入・促進が必要である。
- ・ 流動研究員が私学で研究に従事できるようなシステムづくりが望ましい。

## 6. 研究施設・設備の整備

## (1) 独立行政法人

- ・ 研究施設の老朽化が進んでいるため、新しい時代のニーズに対応した研究が遂行できるよう、新設や更新・改修のための予算を計画的に確保する必要がある。
- ・ 大型実験施設については、同様の施設を複数の研究目的で持つことは非効率な場合もあるので、目的を明確に分けて課題を分担する形で、実験施設の共同利用化を進めることが必要である。また、必要な実験補助員や維持管理費の十分な確保も必要である。

## (2) 政府系機関

- ・ 研究機器は高価なものがあり、毎年ほぼ一定額の予算の中では購入できないものがある。競争的資金の枠組みでこれらに対応できるような措置を検討願いたい。

## (3) 都道府県等

- ・ 研究施設・設備の修繕・更新に関して年度単位の予算ではなく、柔軟に対応できる対応策があれば良いものと思われる。

## (4) 国立大学

- ・ 大学を越えた研究施設・設備の共同利用の促進を強く望む。そのためのデータベース整備が必要である。
- ・ 独立行政法人の研究所が有する施設を利用できるよう予算措置をお願いしたい。
- ・ 建物の老朽化、面積の不足を解消し、若手研究者に魅力ある研究環境を整備する必要がある。
- ・ 災害は地域性の強い現象であり、地域ごとに災害を防止するための施設・設備を整備して欲しい。
- ・ 実験装置等設備を長期にわたって維持していくためには、長期的利用計画に基づいた維持管理費の充実と更新が必要である。
- ・ 施設や設備には維持管理業務が伴うが、その任をおう人材の継続的雇用が必要である。これらの人材を柔軟に任用できる制度の整備が必要である。

## (5) 公立大学

- ・ 特定の先端機器とその活用のため、ハード、ソフトを含めた統一的相互利用を考えるべきかと思われる。

## (6) 私立大学

- ・ より研究成果を挙げるためには、各研究機関が、同じような実験装置を持つのではなく、各課題に対して、必要に応じて共用できるような対応と、予算処置を講じて欲しい。
- ・ 国立大学等、国家機関の充実した設備を、私立大学の者も少しは使えるようなシステムについて検討して欲しい。

## 7. 災害事例データベースの整備

## (1) 独立行政法人

- ・ 研究の効率的な推進のため、気象、地震、波浪、さらには衛星画像、航空写真等についてもデータベース化を進め、研究機関が共用できるようにする必要がある。また防災対策の効果的な実施のためにも、防災関連情報のリアルタイムのネットワーク整備が重要である。
- ・ ハザードマップの作成等を通じて集められた情報を普遍的に利用されるようなデータベース構築が望まれる。

## (2) 政府系機関

- ・ 文献検索にJICSTを活用しているが、研究の基盤を支えるために、利用しやすい文献データベースの構築に引き続き国としても取り組んで欲しい。

## (3) 都道府県等

- ・ 情報提供の要請に当たっては、相互に置かれている立場を尊重し、ルール化する必要がある。

## (4) 国立大学

- ・ 大学や国の研究機関ばかりでなく、実際に防災を担当する国、県、市町村の部局とのデータベース整備が急がれる。
- ・ データベースを有効に生かすためには、作成開発と共にそのメンテナンスを行うための、人材と予算の確保が不可欠である。
- ・ 各機関で独自にデータベースが構築されつつあるが、分散しているため、利用が難しい、これらのデータベースを統括的に把握し、利用者に対して目的に沿ったデータベースを推薦できるような、データベースのデータベースが必要。
- ・ データベース構築に必要なデータを観測・収集する努力とその成果を評価するシステムが必要である。
- ・ 国および地方レベルの横断的防災情報センターを設置し、共同利用できる体制を整備していただきたい。
- ・ データベースの作成・維持・管理には多大な労力を要するが、その労力は論文という形に結びつかず、評価が得られにくいいため、あえてその労を請け負う研究者は少ない。

(5) 公立大学

- ・ 研究のためのデータベースと防災行政のためのデータベースは区別されないので、研究推進のためには、地方自治体と研究機関との連携研究として、データベースの構築を推進し、公開を支援する必要がある。

(6) 私立大学

- ・ 国の機関で行われている調査・研究に関する情報公開だけでなく、私立大学において行われている調査・研究のデータベース化にもより積極的な支援をお願いしたい。

(7) 企業財団等

- ・ ハザードマップの情報開示の促進（インターネット上での公開）、地震情報など研究機関で観測した情報の相互流通の促進を支援して欲しい。

## 第5章 今後の防災分野の研究開発の展望等

### 1. 今後の防災に関する研究開発の展望と国が実施すべき研究開発の内容

今後の防災に関する研究開発の展望と国が実施すべき研究開発の内容に関して、以下のような展望と研究課題が示された。

#### (1) 今後の防災に関する研究開発の展望

- ・ 自然現象の研究は対象のスケールが大きいため、広域での調査観測などに長期継続的に取り組むべき
- ・ 研究開発における広域連携の必要性が増大する
- ・ 「防災における確保すべき目標レベル」の設定
- ・ 防災対策には研究開発同様の基盤整備が必要
- ・ 現在の社会問題を分析し、災害研究として取り組むべき課題の実施
- ・ 都市災害の脆弱性軽減のための複合的施策の評価方法
- ・ 国レベルの研究成果を都市レベルにフィードバックし、都市防災施設の計画理論研究を推進
- ・ 自然現象の解明は広域的な範囲が対象となるので、基礎的な研究開発は国が行い、詳細な研究は都道府県が分担する
- ・ 生活科学の分野での研究成果を防災に生かす方策が必要
- ・ 総合防災に関する研究技術の適切な位置付け
- ・ 地球規模・アジア規模など、大規模観測の実施
- ・ たとえば富士山を10年間数10名の研究者で徹底的に研究するなどの総合研究の試行

#### (2) 今後国が実施すべき研究開発の内容

##### 地変災害に関する研究

- ・ 海域における地殻活動観測・活断層調査
- ・ 地震情報や、被害把握応急復旧などの解析情報をリアルタイムで伝達する技術の開発
- ・ 地盤改良・地盤の震動エネルギー吸収システムの開発
- ・ 簡便な地震動予測手法の開発
- ・ 既存構造物の防災性向上や耐震改修に向けた低コストの改修技術に関する研究
- ・ 構造物・施設の簡易で安価な耐震技術の研究と導入
- ・ 民間住宅耐震化のための安価な改修工法の開発
- ・ 社会基盤の高経年化、社会環境・都市環境の変化に伴う過去に実施された研究の再検討
- ・ 広域的な火山噴火災害に対応する火山防災マップの作成

**気象災害に関する研究**

- ・ 都市の短時間集中豪雨による都市型水害対策の研究
- ・ 干害を含む異常気象に関する研究
- ・ 全国の沿岸侵食の実態調査
- ・ 水災害に関して、農地・林地・都市部を含めた流域全体を考慮した研究
- ・ 都市部だけでなく、農地や林、中小河川を含めた洪水の防止技術の開発
- ・ 地球温暖化など環境の変化に応じた防災対策に関する研究
- ・ 濃霧に関する研究

**都市の防災化に関する研究**

- ・ 突発的な自然災害だけでなく、日常的な事故なども防災研究対象とすることで、平常時から非常時につながる生活環境の安全性確保を目指す研究
- ・ 社会的防災力の向上と地域特性に応じた複合的災害危険度の評価方法と把握
- ・ 防災のための社会基盤の再構築戦略に関する研究開発
- ・ 自然地形と流水作用を考慮した合理的人工構造物の配置研究
- ・ 自然要因及び社会要因を結合した総合的都市災害システムの検討
- ・ 液状化への対策を含む臨海部における陸海空域での緊急交通網・防災体制の整備

**災害対応と市民生活に関する研究**

- ・ 人・組織の活動による防災対策の重点化
- ・ 総合的ハザードマップの作成
- ・ 災害の事前対応（リスクアセスメント）災害教育・情報伝達（リスクコミュニケーション）災害事対応（リスクマネジメント）の研究
- ・ 危険度の高いプラントにおけるリスクマネジメントとシミュレーションに基づく防災アセスメント
- ・ 被災者が経済的・社会的に自立可能な集団を形成するモデルの研究
- ・ 防災担当者を含めた社会科学研究
- ・ 市民の立場を尊重した総合技術としての研究開発
- ・ 身近な構造物危険度チェックや危険回避のための行動マニュアルの研究
- ・ 住民への心理的影響など、人的被害発生メカニズム
- ・ 心理学・人間科学的アプローチを取り入れた情報伝達手段の開発
- ・ 被災者のメンタルヘルスと被害からの復興過程や社会制度のあり方
- ・ 災害に対する意識に関する研究
- ・ 持続的な防災教育に関する研究
- ・ 防災の意識を教育に反映させる研究

- ・ 効果的な防災教育の方法論の確立や防災教育の実践・普及など、地域社会に直接的に貢献できる研究
- ・ 災害保険制度のあり方に関する研究

#### 災害に関する技術開発等

- ・ 特に初期段階における災害調査
- ・ IT技術・衛星を活用した情報収集・伝達技術開発
- ・ 人工衛星などを利用した災害現況モニターシステムの開発
- ・ 複数の災害に対応できるGIS利用の統合型災害情報システムの開発
- ・ 災害ポテンシャル予測技術・最適防災広報選定システムに関する研究
- ・ 災害応急対策に有効な新素材等の開発（石油精製副産物の硫黄サルフィックス等）
- ・ 危機管理支援システムの開発
- ・ 危険地域作業に対応したロボット技術の開発
- ・ 人工衛星等の落下災害に関する研究
- ・ 研究開発により高度化した技術を実用化するための研究

## 2. 国立大学及び独立行政法人防災科学技術研究所が実施する研究開発等に対する要望等

国立大学及び独立行政法人防災科学技術研究所が実施する研究開発等に対する要望等として、以下のようなものがあげられた。

### (1) 国立大学が実施する研究開発などに対する要望

#### 総合的な防災科学の進展

- ・ 実験施設・機材などの防災に関する研究資源のデータベース構築
- ・ 防災分野に関する基礎研究のより一層の充実
- ・ 自然科学・工学的研究と、社会科学・人文科学的研究とのバランス
- ・ 工学・人文社会学間の学際的な研究チームを組織
- ・ 学部間を跨いだ大学内での共同体制の確立
- ・ リアルタイム地震情報活用に向けた地震観測・地震情報解析・情報伝達・被害推定など多岐にわたる専門分野間の融合・協力を旨とした国立大学間のネットワーク構築

#### 防災分野における教育と人材育成

- ・ 学際的分野における人材育成
- ・ 防災への意識や行動、災害の心身・コミュニティへの影響など、医療・心理学系の研究

- ・ 災害科学の総合的な教育方法の研究と実践

#### 地域に適した防災研究

- ・ 基礎的成果を現場で活用するための指導・相談や啓発の充実
- ・ 地域の特性・特殊性に応じた災害現象の解明
- ・ 防災対策の充実、技術者の教育、住民の啓発、地域特性を活かした研究など、地域に根ざした活動の推進
- ・ 地域の行政機関との密接な連携を持った研究開発
- ・ 自治体の地域防災拠点づくりの協力

#### その他

- ・ 観測データ・研究成果のより積極的な公開
- ・ 京都大防災研、神戸大都市安全研究センターなど、防災研究者が分散しているので、横断的な再編成が必要
- ・ ほぼ旧帝大ごとに設置されている地震・火山の観測施設、防災研究センターの役割分担・連携、及び防災科学技術研究所との関係の位置付けの検討
- ・ 地震多発開発途上国との共同研究プロジェクトの推進

### (2) 独立行政法人防災科学技術研究所が実施する研究開発等に対する要望

#### 研究連携ネットワークの拠点形成

- ・ 災害対策全般における研究開発の中心としてのリーダーシップとロードマップの提示
- ・ 全国の研究者が共通で利用する観測データ整備・公開
- ・ 防災分野における研究成果の積極的公開・技術普及
- ・ 防災研究の文科理科研究の融合化を図るコーディネーターとして共同研究の推進の場を提供
- ・ 産学官連携研究プロジェクトの導入と促進
- ・ 災害研究に関するデータベースの充実

#### 大型施設の整備と大規模研究の推進

- ・ 大型実験施設・大規模データベース構築など大学の個別研究室になじまない事業の推進
- ・ 1 / 2 . 5 万地すべり危険箇所分布図の作成
- ・ すべての活火山における高品位の地震・地殻変動などの基盤観測
- ・ リアルタイム地震情報の有効活用
- ・ S 波速度構造の調査の推進
- ・ 災害時・平常時に供用できる災害システムの開発
- ・ 基礎的研究施設の整備及び応用技術・システムの開発
- ・ 建物内地震観測データ収集に向けた民間の地震計の把握
- ・ 地震動の特性解明への重点的な研究

- ・ 豪雨災害の多い地域における気象観測装置の充実

#### 人的交流の拠点

- ・ 共同利用施設としての充実と研究公募
- ・ 全国大学が参加するような大規模共同研究プロジェクトのコーディネート
- ・ 指導的役割を果たす研究員として民間研究者を採用することを望む
- ・ 防災科学技術研究所内設備に対してバランスのとれた人員の増員・配置
- ・ 研究プロジェクトへの大学院生の受入れ

### 3. その他国の研究開発施策等に対する意見等

その他国の研究開発施策等に対する意見等として、以下のようなものがあげられた。

#### 大学等における研究開発の推進と研究支援体制の見直し

- ・ 防災専門学部、とくに社会科学部門の設置
- ・ 複数の分野にまたがる共同研究開発体制の維持
- ・ 全国共同研究機関における気象調査・災害調査に用いる研究観測用航空機の導入
- ・ 研究分野の特質にあわせた柔軟な枠組みを備えた研究開発施策の実施
- ・ 特定の機関等による研究開発課題の遂行ではない、研究分担による効率的な研究
- ・ 災害実態調査は災害時にしか行えないので、緊急かつ重点的な予算措置が必要
- ・ 防災分野・社会基盤分野は商業化されにくいからこそ重点的な配分が必要
- ・ 組織に資金を回すという発想から、アイデアに資金を回すということも考えるべき
- ・ 透明性の高い評価の実施

#### 防災体制の強化と災害に強いまちづくりの推進

- ・ 国の緊急防災対策は、大地震の発生に偏りすぎているが、強風災害も忘れてはならない
- ・ 研究が行政に反映できるように、危機管理担当部局と研究技術開発との有機的な結合
- ・ 人為災害に対しての防災体制の強化
- ・ 各種建造物の耐震化の促進
- ・ ライフラインの代替性や多重性の確保対策
- ・ 迅速な防災活動を可能にし、都市の災害安全性を高める研究開発施策の充実

#### 戦略的な研究施策の推進

- ・ 防災研究に係る国の優先順位、研究戦略の明確化
- ・ 総合科学技術会議事務機能などの充実



- ・ 長期的な展望から立案するシステムの構築
- ・ 国土作りのビジョンに対する防災の位置付け
- ・ 国の研究開発施策の研究者に対する認知の徹底
- ・ 国の研究開発施策は、多くの専門多種から提案や、意見を取り入れられるよう、機会の設置、検討メンバーの増員をするべき
- ・ 防災は本来国家的事業であるので、国が全体計画を具体的にもち大学を含めた研究機関が部分の分担をするという考え方が必要
- ・ 民間企業が技術開発投資しやすい、税制などの環境整備
- ・ 各省庁ごとの観測網の統合
- ・ 省庁・機関の壁を取り除いた総合的な都市防災研究

#### **研究成果の社会への還元**

- ・ 研究成果の説明会等を開くなど、国民がより身近に研究成果に触れることができる環境作り
- ・ 独立行政法人・大学で行っている研究成果の広報・普及
- ・ 災害対策の事業化の検討
- ・ 専門的・概括的で理解しにくい研究成果をわかりやすく解説し、具体的な防災対策に反映することができるような公表
- ・ 地震防災研究の成果を耐震設計基準や防災計画に反映させる必要性
- ・ 国民に、防災対策において、理解されていない専門用語を事前に教育、啓蒙していくべき

## 研究開発課題の命題化と整理

### (1) 既存命題の整理(例)

平成5年度計画に記述された課題を命題化：既存命題

### (平成5年度計画中の記述)

#### (3) 集中豪雨の予測

集中豪雨については、雲の構造や降雨セルの把握ができるようになったことにより、降雨域の移動及び短時間の降雨量の分布予測がかなり進んでおり、その研究成果は日常の予報業務に取り入れられつつある。しかし、集中豪雨が発生する時間や場所を的確に予測することは困難であり、さらに現象の解明や予測技術の高度化に関する研究が必要である。

人工衛星、気象レーダ、地域気象観測システム等を利用した各種観測手法の開発・高度化を図る。それらを基に、集中豪雨の発生機構を解明するとともに、降雨量及び降雨域の移動の予測精度の向上を図る。

上記の文章を、以下のように研究内容とその達成目標によって命題に分解

観測手法：(集中豪雨)；人工衛星、気象レーダー、地域気象観測システム等：開発・高度化

観測手法(集中豪雨)の開発高度化 集中豪雨の発生機構：解明

観測手法(集中豪雨)の開発高度化 降雨量及び降雨域の移動の予測：精度の向上

既存命題の整理の仕方

重要研究開発項目・本文	命題	目的	外力・災害	中タイトル	大タイトル	節タイトル	実施件数
人工衛星、気象レーダ、地域気象観測システム等を利用した各種観測手法の開発・高度化を図る。それらを基	観測：（集中豪雨）；人工衛星、気象レーダ、地域気象観測システム	開発・高度化	05豪雨	01観測	1実証データを収集する	1予知予測	2
に、集中豪雨の発生機構を解明	観測（集中豪雨）の高度化 集中豪雨の発生機構	解明	05豪雨	06物理現象	3災害のメカニズムを明らかにする	1予知予測	2
	観測（集中豪雨）の開発高度化 降雨量及び降雨域の移動の予測	精度の向上	05豪雨	06物理現象	4災害を予測する	1予知予測	3

重要緊急開発課題・本文：

平成5年度計画第2章「重要研究開発課題」上の記述

命題：

重要研究開発課題・本文を命題として要素化したもの

目的：

上記命題の達成目標

外力・災害、中タイトル、大タイトル：

命題解析による研究タイプの分類

節タイトル：

平成5年度計画「重要研究開発課題」の4分類（予知予測、地変災害、気象災害、総合防災）

実施件数：

参考資料3第1章の課題から、当該命題に分類された課題数

(2) 新規命題の整理(例)

防災分野の状況調査結果にみられた、平成5年度計画に記述されていない内容を含む課題を命題化：新規命題

平成5年度計画に記述されていない内容を含む課題と新規命題の抽出の仕方

大分類	中分類	小分類	参考資料3第1章の課題本文(下線が新しい部分)	新展開
地震動の推定	地質構造を考慮した地震被害予測		<u>より高度な地震被害予測に向け、京阪神地域において地質構造を考慮した破壊過程の研究、3次元地下構造を考慮した地震波伝播・強震動計算手法の開発を行い、地震被害予測図を作成している。</u>	
			濃尾平野における地震動特性と、深部・浅部の地盤構造の多岐にわたる観測・調査とシミュレーション解析等により地震動予測と被害予測が精度向上した。	

大分類、中分類、小分類： 命題解析による研究タイプの分類

参考資料3第1章の課題本文： 下線が現行計画に記述がなく、今回の状況調査で新たに認識された部分。この部分について、既存命題と同様の命題化を行う。

新展開： 現行計画に記載があるものの、そこから新たに派生・展開した課題については を振っている。派生・展開した部分について、既存命題と同様の命題化を行う。

## 研究開発課題の命題実施頻度解析結果

防災分野の研究開発状況調査で収集した研究開発課題に対する既存命題の実施頻度解析結果について、平成5年度計画中の記述に合わせて各既存命題に該当した課題の件数を整理した。(ただし、測地学分科会(旧 測地学審議会)において現在レビューを実施している領域である1.(1)(2)(地震予知及び火山噴火予知関連)を除く(1-7~1-9ページ参照))

1. 自然現象の解明と予知・予測		課題 件数
(3) 集中豪雨の予測		18
(4) 豪雪の予測		7
(5) 台風等の予測		10
(6) 気候変動等の予測	気候変動及び異常気象の予測技術の高度化	17
	地球規模の気候変動に伴う新たな災害発生要因の解明	13
合計		65

2. 地変災害の防災技術		課題 件数
(1) 地震動の特性の解明	地震基盤及び表層地盤内における地震動の伝播特性の解明	108
	地震時の地盤の振動特性の解明	99
	構造物の地震動による振動特性の解明	4
(2) 構造物の耐震技術	構造物・施設の耐震技術の高度化	284
	構造物・施設の老朽化対策技術の高度化	33
	被災した構造物・施設の被災度評価及び応急復旧技術の高度化	29
	大型振動実験のための設備・手法の高度化	11

(3) 設備機器の耐震技術		4
(4) 津波災害の防止技術	津波の発生機構の解明	8
	津波の予測及び危険度評価技術の高度化	18
	津波災害防止技術の高度化	22
(5) 地震時における地盤災害の防災技術	地震時における軟弱地盤等の危険度評価及び対策技術の高度化	71
	地震時における斜面崩壊の危険度評価及び防止技術の高度化	14
(6) 火山災害の防止技術	火山体での高速流下現象の解明	6
	火山災害防止・軽減のための観測手法及び観測機器の開発・高度化	9
	火山災害の防止・軽減技術の高度化	24
合計		744

3. 気象災害の防災技術		課題 件数
(1) 洪水氾濫災害の防止技術	洪水氾濫災害防止技術の高度化	34
	河道変動等への対策技術の高度化	18
	堤防の強化技術の高度化	3
	浮遊砂・ウォッシュロードによる濁水・土砂堆積被害対策技術の開発	11
(2) 土砂災害の防止技術	斜面崩壊及び土石流の危険度評価技術の高度化	100
	斜面崩壊及び土石流の防止技術の高度化	39
	河川上流部における土砂災害防止技術の高度化	26
	構造的に発生する地すべりの発生機構の解明と予測及び対策技術の高度化	34
	幹線道路等における大規模な落石の危険度評価及び対策技術の高度化	7
(3) 沿岸域の保全技術	異常波浪の予測技術の高度化	4
	高潮災害防止技術の高度化	13

	沿岸構造物の耐波技術の高度化	1
	海岸侵食防止技術の高度化	1 1
(4) 雪氷害の防止技術	豪雪時の雪氷処理技術の高度化	3
	豪雪時における交通等の機能確保技術の高度化	3
	雪崩災害防止技術の高度化	2 2
	雪泥流災害等の防止技術の高度化	4
	林木の雪害防止技術の高度化	0
(5) 強風災害の防止技術	強風の予測技術の高度化	2 1
	強風災害の防止技術の高度化	2 5
	台風等の予測から発生する被害を想定し対策を講ずる技術の高度化	7
(6) 気候変動等への対応技術	異常気象への対応技術の高度化	6
	地球温暖化等への対応技術の高度化	1
(7) その他	雷災害防止技術の高度化	0
	森林を利用した災害防止技術の高度化	1
	生態系に配慮した防災技術の高度化	3
	酸性雨、酸性雪等に伴う災害の防止技術の高度化	3
合計		4 0 0

4. 総合防災に関する科学技術		課題 件数	
(1) 都市の防災化のための技術	1) 都市構造の防災化技術の高度化	6 5	
	2) 都市の大火・水害防災技術の高度化	都市の大火防止技術の高度化	3 9
		都市の水害防止技術の高度化	3
(2) 災害時の対応技術	1) 災害情報システムの開発・高度化	2 2	
	2) 地震早期検知による対応技術の高度化	早期検知・警報技術の高度化	0
		地震早期警報による被害の防止・軽減技術の高度化	1
	3) 災害時の人	災害情報伝達技術の高度化	1 7

	間行動への 対応技術の 高度化	群集の避難誘導技術の高度化	9
		流言の抑制や防災組織の構成に関する 手法の高度化	5
		効果的な防災教育及び防災意識の啓発 のためのツールの高度化	28
4) 大火災時の応急対応技術の高度化			13
<b>(3) 災害の社会・経済的影響 及び防災対策評価技術</b>		大都市災害の社会・経済に与える影響 の予測・解析	3
		被害の貨幣換算手法及びそれに基づく 対策効果の評価解析	14
		防災における目標レベルの合理的な設 定	0
		その他	5
<b>合計</b>			<b>224</b>



## 研究開発課題の成文化方法

### [ 記述例 ]

1. 実証データを収集する		<b>5種類の活動</b>
(1) 気象災害		<b>大分類</b>
豪雨・豪雪災害		<b>災害・外力</b>
観測による研究		<b>研究のスタイル</b>
<b>研究開発項目</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>人工衛星、航空機、気象レーダ、地域気象観測システム等を利用した豪雨・豪雪等の観測手法、データ収集システムを開発・高度化する。</li> </ul>		
<b>命題文</b>		
01観測	05豪雨	人工衛星、気象レーダ、地域気象観測システム等を利用した各種観測手法を開発・高度化する
01観測	06豪雪	人工衛星、気象レーダ、地域気象観測システム等を利用した降積雪データ収集システムを開発・高度化する
01観測	06豪雪	人工衛星、気象レーダ、地域気象観測システム等を利用した各種観測手法を開発・高度化する
01観測	06豪雪	<a href="#">天然・人工雪崩の観測を行う</a>
01観測	06豪雪	<a href="#">雪崩の検知技術を開発・高度化する</a>
02調査	06豪雪	<a href="#">降積雪の地域特性及び気象変化に伴う積雪の変態と雪崩の発生についての調査研究を実施する</a>
03実験	06豪雪	<a href="#">天然・人工雪崩のモデル実験を実施する</a>

**5種類の活動**

「実証データを収集する」、「データベース化する」、「災害のメカニズムを明らかにする」、「災害を予測する」、「防災力を向上させる」の5種類の活動。

**大分類**

外力・災害に応じて分類。1. 気象災害、2. 地変災害、3. 災害に強い社会づくり

**災害・外力**

約15種類の災害、外力に分類

**研究のスタイル**

約22通りに研究の型を分類

**研究開発項目**

重要度[高]の命題を各研究の型ごとにまとめ成文化。**重要度[中](下線)の命題は、対象としていない。**

**命題文**

重要度[高](黒字)、重要度[中](下線)の命題を抜き出した。