

# 防災に関する研究開発基本計画

## 参 考 資 料

平成5年12月22日

## 目 次

1. 「防災に関する研究開発基本計画」（昭和56年7月22日）に基づく研究開発の成果・進捗状況及び課題
2. 科学技術会議等構成員リスト
  - ・科学技術会議
  - ・科学技術会議政策委員会
  - ・防災科学技術部会
  - ・防災科学技術部会第一、第二及び第三分科会

(注) 『「防災に関する研究開発基本計画」（昭和56年7月22日）に基づく研究開発の成果・進捗状況及び課題』は、科学技術会議が「防災に関する研究開発基本計画」に関する意見（科学技術会議、平成5年11月24日付け）の策定に当たって取りまとめたものである。

1. 「防災に関する研究開発基本計画」(昭和56年7月22日)  
に基づく研究開発の成果・進捗状況及び課題

I. 自然現象の解明と予知・予測

1. 地震予知

- 1-1 地震発生機構の解明
- 1-2 長期的予知
- 1-3 短期的予知

2. 火山噴火予知

- 2-1 火山噴火予知

3. 集中豪雨の予測

- 3-1 集中豪雨の解明と予測技術の高度化

4. 豪雪の予測

- 4-1 豪雪の解明と予測技術の高度化

5. 台風等の予測

- 5-1 台風・温帯低気圧・竜巻等の解明と予測技術の高度化

III. 気象災害の防止技術

1. 洪水の防止技術

- 1-1 河川洪水防止技術の高度化
- 1-2 高潮洪水防止技術の開発
- 1-3 河道変動機構等の解明
- 1-4 堤防等の強化技術の高度化

2. 海岸の保全技術

- 2-1 異常波浪の予測技術の開発
- 2-2 海岸・海洋構造物の耐波技術の高度化
- 2-3 高潮災害防止技術の高度化
- 2-4 海岸侵食防止技術の高度化

3. 雪氷害の防止技術

- 3-1 豪雪時の雪氷処理技術等の高度化
- 3-2 豪雪時の交通等の機能確保技術の高度化
- 3-3 雪崩災害防止技術の高度化
- 3-4 林木等の雪害防止技術の高度化

4. 斜面崩壊・土石流の防止技術

- 4-1 傾斜崩壊・土石流の危険度評価技術の高度化
- 4-2 傾斜崩壊・土石流の予測及び防止技術の高度化

5. 異常気象等への対応技術

- 5-1 気候変動及び異常気象の予測技術の高度化
- 5-2 異常気象等への対応技術の高度化

## 「Ⅱ 重点を置くべき研究開発の分野と目標」

### Ⅱ. 地変災害の防止技術

#### 1. 耐震技術

- 1-1 地殻及び表層地盤内における地震波の伝播特性の解明
- 1-2 強震時の地盤及び構造物の振動性状の解明
- 1-3 建築構造物等の耐震技術の高度化
- 1-4 土木構造物の耐震技術の高度化
- 1-5 産業施設の耐震技術の高度化
- 1-6 実物大振動実験等の推進

#### 2. 津波災害の防止技術

- 2-1 津波予測技術及び危険度評価技術の高度化
- 2-2 津波災害防止技術の高度化

#### 3. 地震時における地盤災害の防止技術

- 3-1 軟弱地盤等の地盤改良技術の高度化
- 3-2 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

### Ⅳ. 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

- 1-1 都市構造の防災化技術の高度化
- 1-2 大都市災害の社会、経済に与える影響の予測・解析
- 1-3 都市復旧技術の高度化

#### 2. 地震時の輸送機関等の制御技術

- 2-1 早期検知警報技術の開発
- 2-2 輸送機関等の非常時の制御技術の高度化
- 2-3 危険物・有害物の取扱い施設の非常時の制御技術の高度化

#### 3. 二次的災害防止のための技術

- 3-1 都市の大火防止技術の高度化
- 3-2 都市の水害防止技術の高度化

#### 4. 災害時の人間行動への対応技術

- 4-1 災害情報伝達技術の高度化
- 4-2 群集の避難誘導技術の高度化
- 4-3 大災害時の救護システム及び生活機能維持技術の高度化

# I. 自然現象の解明と予知・予測

基本計画（昭和58年7月22日）		研究開発項目
1. 地震予知	<p>1-1 地震発生機構の解明</p> <p>岩石破壊実験、地殻応力測定、地殻構造調査、テストフィールドにおける総合観測等の手法を用いて造構運動、前兆現象の発現機構等の地震発生機構の解明を行う。</p>	岩石破壊実験
		地殻応力測定
		地殻構造調査
		テストフィールドにおける総合観測
	<p>1-2 長期的予知</p> <p>精密測地網測量、検潮等の測地測量、大・中・小地震観測、微小地震観測、地磁気測量等を行うとともに、関東・東海地域、その他必要な地域において、高密度な微小地震観測、海底地震観測、地震波速度変化の観測、移動観測班による総合精密観測を行う。</p> <p>また、地殻活構造調査、史料地震学的調査等の長期的予知に関連する調査研究を行う。</p> <p>更に、長期的予知のため人工衛星、電波星を利用して測量を行う技術、新方式による測距技術等の高精度測地測量技術の開発を行う。</p>	精密測地網測量
		検潮
大・中・小地震観測		

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・岩石破壊実験では、破壊時における様々な過程で、局所応力場の時間的変化、試料表面の歪の移動等の時間・空間的変化の測定が行われた。この結果、すべり破壊核が生成してこれが不安定すべりに成長する過程が実測され、また、前兆的微小破壊の発生数と水素・ラドンの放出量の相関、破壊に伴う電磁放射現象等が確認された。さらに、同一断層面上に脆性的領域と塑性的領域が混在する場合には、低速伝播の不安定すべりが発生し易いことも指摘された。これらの結果に基づき最終破壊の位置の予測等複雑な断層運動の解明が進められ、さらには、震源核の形成・成長過程のモデル化が試みられるなど地震の発生機構の理解が進んだ。
- ・応力解放法と水圧破碎法については、3次元地殻応力の測定が可能になった。その結果、測定されたせん断応力値は広域的にも地域的にも地震活動等とよく対応することが判明した。また、応力の時間的変化の測定や破碎帯近傍での地殻応力分布の調査も試みられつつある。
- ・微小地震観測、人工地震観測で得られた走時データの解析及び各種波形をマルチチャンネル反射法等の反射法的新手法で解析することにより、上部マントルまでの3次元速度及び減衰構造、プレート構造等が日本全域で明確にされた。局所的には火山の分布との密接な関係が見いだされた。また、地震学的データに加え、重力、地球電磁気等、地球化学的各種観測による構造解析が試みられている。
- ・日本の全磁力分布図と地磁気異常図の作成が行われた。
- ・内陸地震の重点観測地域では、応力集中域の存在や震源分布の下限と地震波反射面の一致、震源域の応力値と、断層変位量、余震活動度、熱流量等の分布との相関等が見いだされた。また、群発地震活動域では、波形データから地殻中・深部の溶融体の存在が示唆された。さらに、高精度・高密度観測が試みられ、地殻深部での熱的構造、溶融体の存在等が明らかにされた。
- ・昭和59年長野県西部地震の震源域では、高密度観測の結果、地殻の3次元的不均質構造が明らかにされた。
- ・全国的な1次基準点測量は昭和59年度に第1回目を終了し、過去100年間の地殻水平歪図が完成した。続く第2回目の測量及び水準測量の繰り返しにより、最近の各地における地殻水平歪と地殻上下変動の状況が明らかになった。地磁気測量では、全国の地磁気異常図が作成された。さらに、地上の観測・測量と宇宙技術を導入した観測・測量とによる高精度測地観測網の構築が考えられている。
- ・検潮所が増設され、海岸昇降検知センターに登録されている観測点は、総計118ヶ所になった。また、観測強化地域内の検潮所のテレメータ化はほぼ完成し、地殻変動や異常潮位の監視、津波の観測等に役立っている。また、検潮データの精度向上のため、気象、海象の影響を除去するための手法の開発が試みられている。
- ・小地震観測装置の改良更新及び都市ノイズを避けるための移設、並びに「地震津波監視システム」の構築などが進み、南西諸島域を除き、全国及びその沿岸海域に発生するマグニチュード3以上の浅い地震はほぼ漏れなく震源決定ができるようになった。これら全国的に均一化された地震観測データは、3次元速度構造、プレート構造、地震の発生機構の研究等の進展を促した。今後は、海域等における観測網の充実が必要とされる。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 地震予知(続き)	1-2 長期的予知(続き)	微小地震観測
		地磁気観測
		総合精密観測
		海底地震観測
		地殻活構造調査
		史料地震学的調査
	高精度測地測量技術の開発	
1-3 短期的予知 関東・東海地域、その他必要な地域において、精密測地測量、重力変化の測定等高	高密度短周期反復測地測量	

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・微小地震観測のオンラインネットワークは、地域毎にインテリジェント化など装置の改良が進み、観測の高精度化が図られつつある。これらのデータにより、震源の詳細な分布、精密な発震機構解、3次元速度微細構造、プレート構造等が明らかにされ、地震の発生機構に関する理解が飛躍的に高まった。さらに、地震の発生過程、地殻構造等種々の解析に即応できる高精度データを得るための努力が続けられている。
- ・プロトン磁力計による全磁力精密連続観測が全国の27ヶ所で実施されている。平成元年伊豆半島東方沖海底噴火に関連して、伊豆半島ではその数年前から全磁力異常の変化が認められた。なお、全磁力永年変化異常の検出方法の改善も実施されている。
- ・平成元年伊豆半島東方沖群発地震域での観測から、地震・噴火活動に関する多くの新知見が得られた。ほかに、鳥取・鳥根県境や西表島、鳥原など顕著な地震活動域において、詳細な地震活動の推移が調査された。今後は、総合観測の高精度化、処理の迅速化が求められている。
- ・自己浮上式海底地震計が実用化され、千島海溝から琉球海溝までの地域で海底地震観測と地下構造探査が組織的に行われた。今後、トラフ沿いの深海底活断層および地下構造や地震活動などの高精度観測のための観測手法の確立が必要である。
- ・ナローマルチビーム音響測深機を用いた海底地形調査、マルチチャンネル反射法による音波探査、地磁気、重力等の構造探査からプレート三重点付近等を含む海底活構造の分布が明らかにされた。また、2船方式のロングオフセット法及びエクспанディングスプレッド（ESP）法など、海底地殻の速度構造を明らかにする音波探査が実施された。
- ・活断層の広域にわたる調査がトレンチ調査、ボーリング調査、物理探査などの様々な手法で行われ、その分布、型、規模、活動度等活断層に関するデータが更新された。さらに、地球物理学、構造岩石学的手法等の総合化を図りつつ、地震と活断層の関連について研究することが求められている。
- ・過去の大地震に関する古文書などの史料を調査収集し、データベース化を行った。全国の有感地震に重点を置いた史料の集積により、元禄地震のメカニズム、過去の小田原の地震被害分布などが詳細に判明した。また、新たに導入された考古学的手法による遺跡における液状化跡の研究などから、過去の地震活動に関する新たな知見が得られ、情報の精度向上が期待されている。
- ・VLBI（超長基線電波干渉法）、SLR（人工衛星レーザ測距）、GPS（汎地球測位システム）などの宇宙技術を利用した観測が実験的段階から実用的段階へ移行し、観測の効率化が進み広域かつ連続的な地殻変動の検知に威力を発揮するようになった。今後の観測網の充実が望まれる。
- ・観測強化地域における精密基盤傾動測計、精密変歪測量などの結果、地殻変動の詳細が明らかにされつつある。また、東海地方や伊豆半島における精密重力測定については、水準測量の結果と良い一致が得られた。今後、こうした観測の精度の向上が望まれる。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 地震予知(続き)	<p>密度短周期反復測地測量、地殻歪、地殻傾斜・伸縮、潮位差等の地殻変動連続観測、広帯域観測を含む地震観測、地磁気、地電流、電気抵抗変化等の地球電磁氣的観測、地下水観測等の短期的予知に有効な観測研究を行う。</p> <p>また、海底地殻活動観測のための技術開発を進め観測研究を行う。とくに、首都圏においては深層観測施設を整備し、地殻活動の観測研究を行うとともに、各種観測による直下型地震の予知手法の開発を行う。</p>	地殻変動連続観測
		地球電磁氣的観測
		地下水観測
		海底地殻活動観測
		直下型地震の予知手法開発
2. 火山噴火予知	<p>2-1 火山噴火予知</p> <p>火山観測に適した地震計、体積歪計、空中赤外映像装置等を開発し、観測手法の高度化を図るとともに、特に活動的な火山等において、火山性地震、地殻変動、熱、地磁気等の観測研究を行い、火山噴火予知に有効な技術を開発する。</p>	観測手法の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・IBOS（孔井式複合観測装置）や多成分小型ボアホール歪計の開発、GPSの導入等により、地殻変動連続観測の精度向上が図られた。今後は、一層の高密度・高精度観測を進めるため、取扱いの簡便な機器の開発と降雨・気圧・潮汐等によるノイズ除去手法の開発が要求されている。
  - ・プレート境界地震の非地震性のすべりを示唆する異常変化が検出された。
- 
- ・観測精度の向上により、数年毎の全磁力変化は極めて局地的な地殻応力の変化の反映らしいこと、地電位、電磁放射、岩石比抵抗に群発地震などに対する前兆現象とも考えられる変化が現れることがわかってきた。こうした現象の空間的広がりや発生源の同定のために、高密度連続観測体制の整備と異常の発現機構の解明が必要とされる。
- 
- ・ラドン観測等の地球化学観測や地下水位観測では、年周変化の規則性、地域的特性、地震発生に対して応答感度のよい観測点があることなどがわかるとともに、信頼性の高い安定したデータの収録とノイズの除去を効果的に行う新しい解析プログラムの導入により、異常変化の検知能力が向上し、いくつかの地震活動に伴う前兆的变化や地震時の変化が観測された。今後、信頼性の高い観測のための新型機器の開発と異常発生機構を解明する必要がある。
- 
- ・東海沖に設置されているケーブル方式による海底地震常時観測システムが昭和56年度から房総沖にも設置され、観測が開始された。また、房総沖の周辺海域等で自己浮上式海底地震計による観測が実施されている。相模湾における光ケーブル式海底地震観測システムが開発された。
  - ・海底の地殻上下および水平変動観測装置等の開発が試みられている。
- 
- ・深層観測井を用いた高感度地震観測網の整備により、人工的ノイズの高い大都市の近郊においても、地震予知に有効な観測データが得られ、地震発生機構解明の基礎となる3次元プレートモデルが明らかになりつつある。首都圏でさらに効果的な観測をするために、深層観測網の充実と海底地震観測システムの設置が計画されている。深層観測、VLBI、SLR、GPS、光波測量などが、首都圏の異常地殻上下・水平変動の検知に効果的であることがわかり、観測網の一層の充実が必要とされている。
  - ・いわゆる直下型地震に関する地震前兆現象のデータベースが作られ、各種検索が容易となるとともに、前兆現象発現の多様性が明確となった。また、前震、大・中規模地震等地震活動の連続性を用いた確率的予測手法の開発が進んでいる。
- 
- ・火山用の長周期地震計、空振計、体積歪計、火山専用空中赤外映像装置、GPS等を用いた観測手法の開発やそれらを用いた観測が行われ、伊豆東部火山群、浅間山、阿蘇山、伊豆大島、桜島、雲仙岳等の火山活動において長周期振動の存在が確認され、火山活動活発化に伴う地殻変動進行状況、火口温度の上昇や火砕流の温度分布、火砕堆積物の分布の把握に役立った。また、そのデータの解析により火山噴火過程等の解明が進んだ。
  - ・航空磁気測量により、地磁気異常図を作成し、火山活動に係る基礎資料を整備するとともに、火山体地下構造の解明のための電磁気学的手法の研究が行われている。
  - ・火山の活動推移を効率よく把握するための遠隔データ自動収録・伝送システムが開発された。また、桜島においてリアルタイム火山活動総合判定システムが開発されている。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
2. 火山噴火予知(続き)	2-1 火山噴火予知(続き)	火山噴火予知 技術の開発
3. 集中豪雨の予測	3-1 集中豪雨の解明と予測技術の高度化 気象衛星、気象レーダー、地域気象観測システム等を利用して集中豪雨の発生、消滅機構等を解明し、降雨量、降雨域の移動等の予測技術の高度化を図る。	集中豪雨の発生、消滅機構等の解明
		降雨量、降雨域の移動等の予測技術の高度化

- ・活動火口や噴気口から放出される火山ガス、温泉水中のガス成分の観測が繰り返された結果、火山活動の変化に対応する有効なガス成分が特定できるようになった。また、地磁気や比抵抗の測定で捉えた火山体内部の温度や応力変化は、伊豆大島、阿蘇山、雲仙岳等の火山活動の変化を見いだす重要な手掛かりとなった。
- ・火山活動に伴う地殻変動の観測では、光波測量による観測が雲仙岳等の噴火予知に貢献した。また、伊豆半島東方沖の群発地震及び火山活動に際しては、光波測量、水準測量、GPS測量、傾斜観測、体積歪観測等による地殻変動データが統合され、一連の活動を解釈する定量的なモデルが提出された。また、桜島、阿蘇山及び十勝岳では、観測坑道や観測井による高精度観測によって噴火に前駆あるいは伴う地殻変動が捉えられた。
- ・精密重力測量と水準測量とを組み合わせることによって、火山活動に伴う重力変化が明瞭に検出され、活動の予測や機構を考察する上で重要な情報を提供した。

- ・静止気象衛星画像により、集中豪雨の形態(スーパーセル、ライニングクラウド等)の把握が可能になるとともに、雲形及び雲高の判別から地上での降雨量を推定し、1時間毎の降雨量の変化を追跡する方法が開発された。
- ・地域気象観測システムの観測により局地前線と大雨の関係が注目されるようになり、また、地形による収束効果が把握可能となった。
- ・静止気象衛星5号(GMS-5)に搭載が計画されている水蒸気チャンネルを用いて、豪雨発生前の水蒸気移流過程の検出が可能となった。
- ・熱帯域の降水を衛星搭載のレーダで観測するための熱帯降雨観測衛星(TRMM)計画の推進、これに係わる科学的要求のまとめ、降雨量推定アルゴリズムの開発、グランドトゥースの具体化等の活動が行われている。
- ・間隔5km程度の観測網のデータを用いて地上での水蒸気収束量の状態を監視することにより、集中豪雨発生直前の可能性が示された。
- ・気象レーダ及び地上観測網を用いた梅雨末期の集中観測を実施し、豪雨発生機構についての知見の蓄積が出来た。
- ・10cm波ドップラーレーダによる擾乱発生前の風、気温、水蒸気場を検出するアルゴリズムが開発された。また、大気中の雨滴の粒径分布を直接観測するとともに、大気上層の平均風速を観測できる直交二偏波ドップラーレーダシステムが開発され、集中豪雨発生時の雨滴粒径分布の変化や上昇流・下降流の存在を捉えることが可能となった。
- ・複数台のドップラーレーダを用いた共同観測が九州・沖縄地方で実施され、豪雨をもたらすメソスケールの気流構造が明らかになった。現在、マルチパラメータレーダによる観測技術の開発、レーダ情報と数値モデルを組み合わせたりトリバー法による気温、水蒸気場の推定の研究が行われている。
- ・豪雨の発生機構に関する数値シミュレーションが開始され、発達する積乱雲に関する研究が可能となってきた。
- ・レーダとアメダス降水量データを用いて、詳細な1時間降雨分布が毎時間リアルタイムで精度良く求められ、雷雨のような小規模で激しい降雨についても定量的把握が可能になった。

- ・レーダ情報や雨量観測から高精度で降水分布を把握し、その移動を求め運動学的な1~3時間先の降水量予測が可能となった。この手法による短時間降雨予測の精度向上のため、レーダエコーや降水域の移動速度・発達衰弱を精度よく求める研究が行われている。また、同降水短時間予測の予測時間延長のため、数値予報モデルの予報結果の活用方法の検討が行われている。

基本計画(昭和56年7月22日)		研究開発項目
3. 集中豪雨の予測(続き)	3-1 集中豪雨の解明と予測技術の高度化(続き)	降雨量、降雨域の移動等の予測技術の高度化(続き)
4. 豪雪の予測	4-1 豪雪の解明と予測技術の高度化 広域的な降積雪観測のため、気象衛星、気象レーダー等を活用して、降積雪観測データ収集システム等を開発するとともに、豪雪発生機構を解明し、降雪量等の予測技術の高度化を図る。	降積雪観測データ収集システム等の開発
		豪雪発生機構の解明
		降雪量等の予測技術の高度化

- ・レーダ情報・雨量観測等空間的に密なデータを高分解能（水平分解能30km）の数値モデルの初期値に取り込むことにより、数時間程度の雨量予測精度の向上が図られている。
- ・ドップラーレーダにより降水時の上昇流をリアルタイムで捉えることが可能となった。これをメソ数値モデルに導入することにより短時間降雨予測の精度向上が期待できる。
- ・数値予報モデルの初期値へのレーダ・アメダスデータの導入及び初期値作成のためのデータ同化技術の開発により降水量の予測精度が大幅に向上した。また、数値予報モデルの分解能及び各種物理過程の改善により、降水量や降雨域の移動等の精度が向上し、集中豪雨をもたらすメソ低気圧や地形効果による降水の予測が可能となった。さらに、一層の改善に向けて10km程度の水平分解能をもつメソ数値モデルの開発が行われている。
- ・人工知能技術を用いて降水量、降水域を確率的に予測するシステムの開発が行われている。

- ・気象衛星・気象レーダ・地上降雪観測網を総合した積雪観測システムや、積雪深計を主体とした広域積雪観測システムが稼働している。また、気象レーダを使用した降雪量等の予測手法の研究が現在進行しつつある。
- ・直交二偏波ドップラーレーダにより、①降水粒子（雨滴、雪片、あられ、氷晶等）の形態識別が可能であること、②それを応用した降雪雲内部の構造の観測が可能であること、③上層風による雪片移流の評価が可能であることが示された。
- ・近年のソフト、ハードを含めた計算機環境の発展にともない、膨大な量の3次元レーダ情報の処理が可能となってきた。レーダ観測から得られた降雪域や強風域が3次元コンピュータグラフィックスにより、地形とともに表示されるようになった。現在、ドップラーレーダと組み合わせた、降雪域、吹雪領域等の監視システムとしての利用に関する研究がなされている。

- ・ドップラーレーダやゾンデ観測により、豪雪をもたらす降雪雲の組織化が大気境界層の熱的安定とシアア不安定に支配されていることが明らかにされた。地形による降雪量増幅作用が定量的に評価された。現在、複数台のドップラーレーダ観測による、山岳斜面上での降雪雲の気流構造についての研究がなされている。また、複数台のドップラーレーダ、偏波レーダ、航空機などによる総合観測が行われ、バンド状降雪雲や小低気圧の構造が明らかにされており、豪雪の原因となるメソ低気圧の発生、移動についても研究が進められている。
- ・降雪雲の総合観測によって、雲の構造とその時間的変化、空間的変化が把握され、また、開発された降雪力学モデルを用いた数値実験によって豪雪発生機構の解明が進展した。高分解能の非静力学数値モデルを用いて豪雪発生機構の研究が行われており、数値実験により日本海沿岸地方に豪雪をもたらす渦状雲列のシミュレートに成功した。
- ・現在、降雪の人工調節に関連して、航空機、レーダ、雲ゾンデを用いた降雪形成の初期過程の観測、数値実験に関する研究がなされている。

- ・数値予報モデルによる予測精度が向上し、降雪量の定量的予測が可能になりつつある。降水量と降雪量との関係を気温により階級分けすることにより、降雪量予測の改善が行われている。
- ・道路を管理するための局地的な降雪予測を行うため地上気象データ（気温、風速風向、降雪量等）及び高層気象データ（500hPaの等高度線、輪島上空の気温等）を用いて、国道沿線及び地方都市での降雪予測式が作成された。この手法は地上降雪深を1週間先、3日先、12時間先の長期、中期、短期間で予測するものである。これらの予測システムは、現在冬期道路管理にも用いられている。また、3時間先等の短期の降雪量予測技術については、二重偏波ドップラーレーダと併用した技術開発の可能性が検討されている。

基本計画(昭和56年7月22日)		研究開発項目
5. 台風等の予測	5-1 台風・温帯低気圧・竜巻等の解明と予測技術の高度化 気象衛星、気象レーダ等を活用し、台風・温帯低気圧・竜巻等の内部構造の解明を行うとともに、規模・変動・移動に及ぼす諸要因を明らかにし、予測技術の高度化を図る。	台風・温帯低気圧・竜巻等の内部構造の解明
		規模・変動・移動に及ぼす諸要因の明確化
		予測技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・気象レーダ、ドップラーレーダ、ラジオゾンデデータ、地上観測データ、地上での被害分布等の解析により、台風の強風構造が明らかにされた。
- ・スーパーセル型積乱雲に伴う竜巻と親雲の内部構造をルーチン観測データ、気象レーダ、ドップラーレーダを用い追跡・監視することで、ある種の場合には竜巻の前兆現象が数分～数十分前に現れることがわかりつつある。また、ドップラーレーダを用いた地上の発散風や、上空の収束風を検出することで、マイクロバーストの監視と直前予知を目指す道が開かれた。今後のケーススタディを蓄積することが必要である。
- ・大気中の雨滴の粒径分布を直接観測するとともに、大気上層の平均風速を観測できる直交二偏波ドップラーレーダシステムを開発し、集中豪雨発生時の雨滴粒径分布の変化や上昇流・下降流の存在を捉えることが可能となった。
- ・気象衛星データを用いた台風9119号等の発生から消滅までの台風構造の時間的な変化や、気象レーダ資料を用い、日本付近にある台風にもなう降雨帯が地形等の影響によりメソスケール擾乱として発達し関東地方等に大雨を集中させる過程が解析されている。

- ・日本を襲う台風の統計的性質について約50年間の解析が完成し、これにより日本を襲う台風のモデルを作成した。また、台風移動についても統計的に処理をして、統計による進路予測、それに伴って被害予測まで行える可能性が認められた。
- ・数値モデルにより、台風渦の3次元シミュレーション等を行うことにより、台風の渦の構造や強さが台風の進路に与える影響が理解されつつある。
- ・数値予報モデルに使われている積雲対流のパラメタリゼーションの方式の進路に与える影響が調べられ、対流のパラメタリゼーションの改良が行われている。

- ・多重格子台風数値モデルが作成され、モデル実験及び実際の台風について予報実験が行われ、その成果が得られた。また、台風の微細構造のメカニズムを調べるために、対流系のモデル実験が行われた。このような数値実験から台風の移動など予測技術の高度化が行われている。
- ・気象衛星等の観測資料の活用による数値予報モデル初期値、数値予報モデルの分解能及び各種物理過程の改善により、台風進路予想の精度が著しく向上し実用の域に達しつつある。また、全球数値予報モデルに埋め込まれた高分解能台風予報モデルによる進路予報の精度が著しく向上し、台風の強度や構造の変化の予測も可能になりつつある。100kmメッシュ・1年ランにより秋期の台風の発生が再現されることが分かった。さらに、数値モデルにより、台風時の地形性強風発生機構の解明が行われている。
- ・台風の立体構造の解明、発生・発達・衰弱過程の解明、さらに予測技術の高度化のためのレーダ・人工衛星の観測に加え、航空機観測を行うことが必要である。

## II. 地震災害の防止技術

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 耐震技術	<p>1-1 地殻及び表層地盤内における地震波の伝播特性の解明</p> <p>関東・東海地域、その他必要な地域において、人工地震、ボーリング等による地殻及び表層地盤の構造、物性の解明を行うとともに高密度な強震観測網を整備し、地震波の伝播特性の解明を行う。</p> <p>また、地震危険地域の評価技術の高度化を図る。</p>	地殻及び表層地盤の構造、物性の解明
		強震観測網の整備
		地震波の伝播特性の解明
		地震危険地域の評価技術の高度化

- ・深さ数百mから2km程度までの地盤構造については、人工地震、ボーリング、地盤調査や資源調査に用いられるバイブレータ等を利用した深部構造の推定技法が進歩し、また、強震の群列観測記録の解析から堆積層の速度構造推定技法が進歩した。これにより、東京や大阪の地盤の深部構造が決定されつつあるが、より浅い地盤の構造推定技法が必要である。また、調査検討が行われている地域はごく限られており、今後さらに広い地域での調査が望まれている。
- ・多くの機関の努力により、東京湾、駿河湾の港湾地域、仙台市等で高密度強震観測網が敷設され、大都市圏（東京・大阪）での強震観測網が充実した。また、我が国を200kmメッシュで一様にカバーする観測点で強震観測が実施されており、最近では、確実に強震記録が取得され、かつ、伝達されるようになった。また、アレー観測による不整形地盤の振動特性、地中埋設管に発生する地震時歪の特性、表層地盤内を伝播する波動データ等の観測記録のデータベース化も試みられ、研究や設計用入力地震動の策定に有効に利用されている。
- ・デジタル計測システム、電話回線によるデータ転送技術の導入が図られ、強震観測点の充実が行われている。しかし、これらの観測点は都市圏（特に首都圏）に集中しており、計画的なネットワークの拡充が必要である。また、今後は深層（数km）や岩盤での地震観測網の整備、予想される震源域や海域での地震観測網の整備、日本全国を50kmメッシュでカバーする観測網の整備、全国共通データベースの確立、共同利用のための強震観測全国リアルタイムネットワークシステムの構築が必要である。
- ・強震観測、仙台高密度強震アレー観測等の観測記録を解析・研究することから伝播特性を解明する技法が進歩し、大都市圏における表層地盤の構造とその物性に関するデータが集積されるにともなう、不整形地盤内を伝播する実体波や不整形境界で発生する表面波の伝播特性のほか、地震波の距離減衰、Q-特性の周波数依存性、長周期地震波の特性などが解明されつつある。しかし、埋立地盤、不整形地盤、斜面など特殊な地盤における伝播特性の解明などが地点としては限られ、また、非線形領域での波動伝播は不明のままとなっている。今後は、特殊な地盤条件下での波動伝播の定式化、非線形・不均質地盤の波動伝播の定式化に加えて、地震活動度の低い地域や地方において更なる研究が必要である。
- ・地震地帯構造区分毎に地震動特性を評価することにより、潜在的危険度の高い区分の特定と最大期待地震規模の地震に対するやや長周期地震動の予測が行われるとともに、対象建築物の規模、構造形態、その振動特性と周辺地域の地形・地質（崖地、造成地など）を考慮した地震危険度評価法の開発に向けた研究が行われている。
- ・地域の地震危険度評価は、確率的地震危険度評価技法の進歩により、最大値もしくは震度のみの評価から周波数領域での評価へ徐々にではあるが移行しており、ボーリングデータ、常時微動測定等を利用して100mメッシュでのマイクロゾーニング手法が研究されている。大都市圏におけるマイクロゾーニングについても、歴史地震や地震活動度のデータを用いてよりきめの細かい検討が行われており、都市における機能や施設に関するデータベースの充実にもともなう、個々の施設や建物・住宅等の地震危険度解析によってマイクロな地震危険地域の判定を行うことも試みられている。また、液状化判定技術がほぼ確立し、危険度マップも一部作成された。しかし、地形・

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 耐震技術(続き)	1-1 地殻及び表層地盤内における地震波の伝播特性の解明(続き)	地震危険地域の評価技術の高度化(続き)
	1-2 強震時の地盤及び構造物の振動性状の解明 各種地盤及び各種構造物の強震時の挙動を解明するとともに、このために必要な強震計の改良及び強震観測網の拡充を行う。	各種地盤及び各種構造物の強震時の挙動の解明
		強震計の改良
		強震観測網の拡充
	1-3 建築構造物等の耐震技術の高度化 強震時における鉄骨、鉄筋コンクリート構造物等の振動特性を解明する。 また、これに対応して耐震設計技術の高度化を図るとともに既存建築物に対する耐震点検技術及び補強、修復技術の高度化を図る。 更に設備機器等の振動特性を解明し、その耐震技術の高度化を図る。	強震時の振動特性の解明

地質と構造物の相互作用を考慮した精密な危険度評価法が未確立、限られた地域・機関でしか評価されていない等の問題もあり、今後はこれらの技術の精度を向上させるとともに、普及に向けての技術の普遍化の努力が必要である。

- ・強震観測によって得られた各種地盤の地震時挙動データを用いることにより、最大加速度、継続時間等と地盤種別、マグニチュード、震央距離との関係や応答スペクトル特性が解明されており、パイプライン、橋梁、港湾構造物、トンネル、原子力発電所、高層ビルなどを対象として、線形及び非線形範囲での地盤・構造物相互作用挙動解明の為の手法や解析プログラムの実用化が行われ、設計マニュアル等に活用されている。しかし、実証的研究・開発は一部の構造物に限られており、最も重要な非線形範囲での各種地盤の挙動は不明な点が多く残されている。
- ・港湾・海洋施設については、砂地盤、粘土地盤、軟弱地盤及びその改良地盤など地盤の違いにより、構造物の応答は異なる。そのため、基盤、地盤、構造物を一体として観測を行い地盤性状の相違と構造物の応答との関連を解明するとともに、その成果を設計法へ反映することが必要である。さらに、被災が定量化できるように、地震応答解析を高度化する必要がある。

- ・機械式強震計の時代からデジタル計測方式の強震計の時代へと移り、さらに12bit型から16bit型へ移行しつつある。また、サーボ型で広帯域・高感度の強震計が開発され、速度型換振器の改良も進んでいる。一方、従来使用していたSMAC型強震計の記録用紙の製造中止に伴い、ERS型等の新機種へ移行せざる得なくなっているが、新機種の強震計は従来のものに比べ高価であるため進捗していない。今後、長期にわたって安定した記録の採れる地中強震計、数秒から数十秒の周期領域での地震動特性を把握できる強震計、より広帯域、高感度の強震計等を開発するとともに、多点の展開を可能とする低コストな強震計の開発が必要である。

- ・構造物の振動特性解明のため、国レベルでの強震観測網としては、港湾では1港1箇所程度、道路施設177箇所、河川施設51箇所、ダム施設121箇所、下水道施設6箇所、建築物は数十箇所であり、その記録は耐震設計法の高度化に活用されている。また、近年空港の滑走路に3次元的に地震計アレーが設置されており、その結果は滑走路及び地中埋設構造物の耐震設計の高度化に活用されている。国以外の機関としては、特定の大学、民間が特定の地域を集中的に観測している。しかし、強震計の設置には資金及び体制の面から制約があって十分とは言えず、機器の老朽化、強震計配置の都市域への偏在等の問題点を抱えているので、今後とも計画的な配置拡充が必要である。また、アレー観測の実施地点も増加しているが未だ不十分であり、更なる拡充が必要である。

- ・静的、擬似動的、動的実験等手法の異なる実験が種々の構造形式に対して行われ、多くの成果が得られている。鉄骨については、大変位、塑性化による骨組みの挙動の解明が進んでいる。鉄筋コンクリートについては、部材の復元力特性について、脆性的破壊性状を示すせん断破壊を抑制するために横拘束筋の効果に関する研究が行われ、また、材料部材特性に対応した塑性抵抗と強度抵抗型の復元力特性について検討されている。木造については、中・大規模建築を対象とする柱-梁接合部、耐力部水平構面の履歴特性が実験的・理論的に求められるとともに、一部の抵抗要素については、仮動的応答実験を行ってその振動特性が解明されている。また、鉄骨部材、鉄筋コンクリート部材、木材を複合的に使用する構造物が開発され、その総合的な振動特性の解明が進められている。しかし、鉄骨・鉄筋コンクリート共、実大の挙動の実験的解明が資金面で進

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 耐震技術(続き)	1-3 建築構造物等の耐震技術の高度化 (続き)	強震時の振動特性の解明(続き)
		耐震設計技術の高度化
		既存建築物に対する耐震点検技術及び補強、修復技術の高度化
		設備機器等の振動特性の解明
		設備機器等の耐震技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

まず、接合部の挙動や破壊時の特性等についての研究は今後一層強力に推進することが必要である。また、解析手法として立体解析が容易に行える時代になってきているので、多軸載荷時の挙動解明が今後の大きな課題となっている。

- ・構造物の解析手法については、質点系から平面架構の弾塑性解析へと発展してきており、接合部や部材における地震エネルギー吸収性能（減衰性）の定量的な評価や、断面力間の相互作用を考慮した3次元地震動に対する立体架構解析も行われつつある。
- ・耐震設計法については、震度法から応答性状を考慮した準静的設計法へと改良され、高層建築では弾塑性地震応答解析も併用されており、研究成果が、中高層壁式ラーメン、高強度コンクリート、高強度鉄筋、プレキャスト造、限界状態設計法、木造三階建工法など各種の設計手法に取り入れられている。また、免震及び制震技術の大型構造物への適用が活発に行われている。
- ・今後は、塑性域・崩壊過程に注目した実証的研究の拡充、鉄骨、鉄筋コンクリート、木造全般にわたり塑性域での損傷、崩壊安全性を定量的に確定した信頼性のある設計手法の確立、地震入力、地盤、構造物を含めた研究が必要である。また、設計-施工-建物管理（機能維持）の間でのバランスのとれた耐震性能確保を指向した耐震技術の高度化が必要である。

- ・耐震診断技術に関する研究により、短期間に耐震診断の可能な第一次診断、順次手数は増すが信頼性の高まる第二次診断、第三次診断の3つの診断法からなる耐震診断技術が作成され、耐震診断基準・指針として整備されている。また、被災した建築物に対する被災度判定基準が作成され、被害レベルに応じて、補修・補強に対するプライオリティを定める手法に関する研究も盛んになっている。
- ・地震被害を受けた建築物の耐震安全性を回復・向上させるために、強度向上、じん性向上、両者の混合という3種類の補強方法が提案され、それぞれの方法に適した具体的な補強法が各構造種別毎に研究されている。また、改修設計及び補強工事・施工の指針、さらに被災した建築物に対する復旧技術指針が作成された。
- ・今後は、既存木造住宅の耐震性判断法の確立、上部構造だけでなく基礎、杭などの下部構造を対象とした研究など、更に高度化していくとともに、簡便にして確実な手法についても開発することが必要である。また、これらの成果をどのように実行に結び付けていくかという検討も必要である。

- ・従来からある水槽、配管等については振動特性の解明が進んでいるものの、複数箇所支持されるエレベーター機器等の機器や、建物との連成効果が無視し得ぬ程の大重量機器等について、建物との干渉は考慮されていない場合が多く、また、ハイテク機器等振動に対して鋭敏な設備機器が多く出現してきており、現在の設備機器についての地震対策は十分とはいえない。今後は、振動台による機器・装置の実証試験、多入力振動系としての機器・装置の耐震研究を行い、これらに対する振動挙動を解明することが早急に望まれている。

- ・機器の破壊や機能喪失が重大な一次あるいは二次被害を引き起こす恐れのある重要機器においては、機器の機能保持の観点から機器への地震入力を低減させるため、防振ゴムなどを用いた支持機構や滑り支承を用いた免震床など免震・制震技術が導入されるようになったが、全ての設備・機器が安全装置をもっている訳ではない。今後は、建物-設備の動的相互作用を考慮した設計法

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 耐震技術(続き)	1-3 建築構造物等の耐震技術の高度化 (続き)	
	1-4 土木構造物の耐震技術の高度化 強震時におけるダム、盛土、橋梁、トンネル、港湾構造物の振動特性を解明する。 これに対して耐震設計技術の高度化を図るとともに既存土木構造物に対する耐震点検技術及び補強、修復技術の高度化を図る。	強震時における振動特性の解明
		耐震設計技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

と耐震点検技術、機器そのものの耐震性の向上、機能維持のためのライフライン系からの受け渡し部分の耐震性の確保と維持管理等について、研究開発が必要である。

- ・重力式、アーチ式等のコンクリートダムの研究は十分実施されており、耐震性にも問題はない。しかし、フィルダムについては地震時挙動の解明は完全ではない。
  - ・道路盛土、河川堤防等の不整形な地盤の規模・構造と動的応答特性の関係が明らかにされた。
  - ・橋梁の上部構造の振動特性は解明されており、一般橋梁、長大橋梁については、強震観測及び実橋振動実験が行われ、固有振動特性及び減衰特性等の振動特性が明らかにされるとともに、減衰定数の推定法が開発された。また、免震橋梁や中間支間2,000mを超える超長大吊橋の振動特性についても検討が行われている。しかし、地盤との動的相互作用に関してはなお不明な点も残されている。
  - ・地盤中のトンネルの地震時における変形には長手方向に沿う軸力と曲げモーメントが支配的となること、地盤条件や構造条件の変化部で地震時断面力が大きくなることが明らかにされ、地中埋設管の変形状況が解明されつつある。
  - ・港湾構造物の地震時の応答は、その構造が動式・杭式・浮体式のいずれであるかによって異なり、各構造物の特性を考慮して解析を行う必要がある。近年、遠心力载荷装置における振動実験手法が開発され、従来のIG場での実験手法の不備を補い、より精度の高い解析ができるようになった。しかし、液状化時の挙動に関しては、不明な点が多い。
  - ・今後は、高精度な実験等による地盤との相互作用の解明、地盤の液状化等による変形時挙動の解明等が必要である。
- 
- ・盛土については、ジオテキスタイルにより補強した耐震設計法がとりまとめられ、また、液状化対策工法として、深層混合処理工法の効果が実験的に検証され、設計法の試案が作成された。
  - ・一般橋梁については、鉄筋コンクリート橋脚、連続橋に対する耐震設計法の開発、飽和砂質地盤の液状化判定法の改良を行い、設計基準に反映された。また、一方向に張り出しを有する鉄筋コンクリート橋脚、鋼製橋脚、異なる振動特性を有する構造物が近接・複合化した構造物等の新しい構造物に対する耐震設計技術、基礎構造物の動的安定照査法の開発、地盤の液状化、流動化対策技術の高度化に関する研究が進められている。
  - ・長大橋梁については、剛地盤上及び弾性地盤上の大規模剛体基礎の地震時回転振動の解析手法が開発され、大規模基礎が地震時に転倒しないことが明らかにされた。さらに、剛体基礎の転倒に対する照査法、超長大橋梁、長大4径間吊橋の耐震設計法が開発されている。また、横断歩道橋については、一般橋梁の耐震設計法を基本とし、地震時振動特性を考慮した耐震設計法が開発された。
  - ・橋梁の制震技術については、アクティブ・マス・ダンパーやパリアブルダンパー装置が開発され、解析及び振動実験を通じて効果が検証された。また、橋梁用免震装置及びその設計方法、免震設計法、免震橋用落橋防止構造が開発され、免震橋梁の設計に活用されている。
  - ・地盤中のトンネルについては、動的载荷実験等を通じて沈埋トンネルやシールドトンネルの耐震設計の高度化が図られた。また、共同溝についても耐震設計法が開発され、都市の軟弱地盤中での建設が可能になった。さらに、地下駐車場等地中構造物の耐震設計法も開発されている。
  - ・港湾の動式構造物については、地盤の非線形性を考慮した有限要素法に基づく地震応答解析手法が開発され実用化されている。また、杭式構造物では多自由度の地震応答解析がなされている。

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 耐震技術(続き)	1-4 土木構造物の耐震技術の高度化 (続き)	耐震設計技術の高度化(続き)
		既存土木構造物に対する耐震点検技術及び補強、修復技術の高度化
	1-5 産業施設の耐震技術の高度化 石油プラント、高圧ガスプラント等の産業施設の振動特性を解明する。 また、これに対応して既存産業施設に対する耐震点検技術、補強、修復技術の高度化及び新規施設に対する耐震設計技術の高度化を図る。 とくに、大型産業施設に特有な逐次破壊現象等の地震被害のメカニズムを解明し、その防止技術の高度化を図る。	産業施設の振動特性の解明
		既存産業施設に対する耐震点検技術、補強、修復技術の高度化
		新規施設に対する耐震設計技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

・土木構造物については、耐震技術の高度化が図られているもののごく限られた条件下でしか実施されておらず、今後も地盤の液状化・流動化対策技術の高度化、埋立地・造成地を対象とした液状化・流動化対策の工法の開発、廉価な盛土工法の開発等、更なる高度化への努力が必要である。

・耐震点検技術については、既往の被害事例及びこの解析に基づき、橋梁、橋梁基礎地盤の液状化、トンネル、共同溝、盛土に対する耐震点検法及び実施手順が開発され、既存構造物の耐震点検に活用されている。

・地震動を受けた構造物の定量的な解析が可能となり、適切な補強及び修復を行うことが可能となってきた。補強技術については、橋梁、液状化、盛土、トンネル、共同溝、ため池に対する標準的な耐震補強工法が整理され、具体的な補強設計法に関する研究が進められている。橋梁に対しては、鉄筋コンクリート橋脚の巻立て工法による補強設計法が開発が行われている。盛土構造物の液状化対策工法として、矢板締切工法の効果の検証、設計法の試案の作成が行われた。また、地中構造物の液状化対策工法として、注人工法の開発が行われている。修復技術については、橋梁、トンネル、盛土等が被災した場合の判定方法、緊急措置法、応急復旧法、本復旧法が開発されたが、復旧に時間がかかる等の問題がある。

・多種の土木構造物全てが同じレベルに達しているわけではなく、また、設計建設の時期にも大きな差異があり、使われている技術も異なる。今後、更に各種土木構造物への耐震診断、補強、補修技術の高度化を行うとともに、地災の予測と復旧シナリオの策定法の開発が必要である。

・産業施設は多岐にわたっており、その耐震対策は主としてそれぞれの事業主体で対応してきている。高圧ガスや石油プラントなどは、多くの関連施設から成り立っていることから、システム全体の耐震安全性については未だ十分に解明されていない。主たる施設である石油タンクの地震時挙動に関しては古くから研究が行われており、タンクのスロッシングと地震動の同時観測が行われ、3次元応答解析により観測値が良く説明される等、ほぼ明らかになっている。

・個々の施設については、振動現象の解明がかなり進んでいるが、非線形特性については更に解明を進める必要がある。また、地盤と施設と流体などの連成系について更に解明を進める必要がある。

・産業施設の被災の事例は極めて少なく、企業の独自性に期待されているのが現状であり、各事業主体毎にマニュアルを作成しつつあるが、個々の施設は工作物として扱われ耐震基準の適用が整合していない等の問題がある。動特性計測手法など各種技術の高度化・一般化、建築・土木との耐震概念の共通化等、今後更なる高度化及び普及が必要である。

・石油パイプラインの耐震設計法が開発され、沈埋トンネル、シールドトンネル及び電気・ガス・水道等地中埋設管路の耐震設計法に広く反映されている。また、電線類を地中化できるキャブシステムの耐震設計法が開発され、都市の軟弱地盤中においてキャブシステムの建設が可能になり、共同溝や地下駐車場等の耐震設計法に反映されている。

・日本列島縦貫パイプライン計画などに対応して、大口径の地中管路が敷設された場合の地震時挙動やそれに基づく耐震設計に関する研究を行う必要がある。地中管路の耐震問題に関しては、石油パイプラインの基準が基本となっているが、その考え方や地震時の取扱い方が古く、最新の知

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 耐震技術(続き)	1-5 産業施設の耐震技術の高度化(続き)	新規施設に対する耐震設計技術の高度化(続き)
		地震被害のメカニズムの解明
		地震被害の防止技術の高度化
	1-6 実物大振動実験等の推進 大型耐震実験装置による実物大又は大規模な耐震実験を行うとともに、より高度な振動実験装置を開発し、各種構造物の振動過程・破壊過程を解明し構造物の耐震性を実証する。	大型耐震実験装置による耐震実験
		より高度な振動実験装置の開発
		各種構造物の振動過程・破壊過程の解明

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

見を取り入れたプラント耐震設計法、パイプライン設計法の確立が必要である。また、個々の要素についての耐震設計法の成果をベースに、関連する機器、建物等の動的挙動の予測精度を向上させ、システムとしての耐震設計技術を構築する必要がある。

・大型タンクのスロッシングについては相当高いレベルで挙動解明が行われており、個々の機器の耐震性能はある程度解明されている。また、大型の臨海産業コンビナートなどでは隣接する各種施設は隔離距離をもって設置されていることから大きな被害が発生することはないと考えられているが、コンビナート等における被災経験がないので大地震時の予測がつかないという問題がある。このため、既存資料等の掘り起こしを進め、体系化を図るとともに、振動破壊実験なども合わせて、解明を進める必要がある。また、システムとしてプラント全体をとらえ、その上でメカニズムの解明を図ることが必要である。

・地震被害の関連分析が各種規模モデルについて進められてきているが、これらの予測、分析手法の信頼性の検証が少ない。今後、個別機器・プラント全体システムの耐震性能の検証、信頼性工学に基づくプラント被害防止技術の開発が必要である。

・コンピュータ制御による油圧アクチュエータを利用した大型耐震実験が可能となり、大型振動台、動的加振装置、疑似動的実験装置、3次元振動実験装置等を用いて、静的、疑似動的、動的といった異なる実験的手法による実験が実施されるようになった。また、オンライン地震応答実験手法も整備され、建築構造物の地震時応答を実大規模で再現するための標準的な実験手法の一つとして定着している。しかし、実験が資金面・体制面で限られているという問題があるため、地震被害の再現、破壊機構の解明実験を今後一層進める必要がある。

・3軸6自由度の大型振動台、海洋構造物を対象とした水中振動台、模型地盤内の応力状態を実物と同程度にすることが可能な遠心力解析装置、振動台実験による構造物模型や地盤の変状を追跡できる画像解析装置等が設置され実験が高度化された。これらの各種の実験装置、制御装置の高機能化、改良等は、実験装置そのもののハードの改良と併せてコンピュータ技術とのリンクによって積極的に実施されてきている。

・今後とも、高能力の実験装置の開発は耐震技術の高度化のために是非とも必要であり、複雑な形式を有する構造物の動的耐力・変形特性を研究するための多点同時載荷装置、地震時の挙動を再現可能な動的加振装置とその制御システムの高度化や地盤-構造物連成系などの実験を可能とするハイブリッド方式の装置、超大型3次元振動台・大型波動シミュレータ等革新的なハードウェアの開発が要望されている。

・地盤が液状化した場合の、地盤流動の変形特性、構造物の下方の液状化層及び構造物脇と浮き上がりの関係、盛土形状・地盤密度・加振波形と盛土構造物の沈下量の関係が明らかにされた。また、地盤内の過剰間隙水圧の測定結果を用いて算定した円弧滑りに対する安全率が、盛土構造物の沈下の有無及びその進行状況と良く対応していることがわかった。しかし、液状化関連実験は影響因子が多く、困難が多い等の問題がある。

・動的載荷実験、振動台実験、動的遠心力載荷実験等の各種実験が行われ、鉄筋コンクリート橋脚、鋼製橋脚、ラーメン橋脚、シールドトンネル、盛土等の各種構造物の振動挙動、破壊過程のデ

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 耐震技術(続き)	1-6 実物大振動実験等の推進(続き)	<p>各種構造物の振動過程・破壊過程の解明(続き)</p> <p>構造物の耐震性の実証</p>
2. 津波災害の防止技術	<p>2-1 津波予測技術及び危険度評価技術の高度化</p> <p>海洋における観測研究により、津波特性の解明を行い、津波の大きさを予測する技術の高度化を図るとともに、津波の危険地域に関する調査を行い、海岸線における津波危険度評価技術の高度化を図る。</p>	津波特性の解明

- ータが蓄積されている。また、地震計の普及により、構造物の地震応答が各地・各種建物で観測され、構造物—地盤連成系としての振動過程に関する貴重な情報が提供されている。
- ・しかし、実験手法の差異によるデータ間の調和、実験室での模型と現実の構造物—地盤といった系との挙動の差異への明確な説明付け等残された課題も多い。また、破壊過程については、部材レベルでの解明が主であり、今後、実物形状モデルの各種入力での破壊過程の解明が必要であり、応答解析と静的実験を合体したハイブリッド方式の開発、液状化過程の定式化のための実験の累積が必要である。
- ・小型の構造物の耐震性の実証については、直接振動実験を行うことにより進められている。盛土構造物と地中構造物の液状化対策の効果の実証については、対策を実施した箇所に加速度計と間隙水圧計を埋設し、地震時の挙動を計測する作業が進められている。また、高減衰層ゴム支承を始めとする各種の免震装置については、載荷実験により、その復元力特性、減衰特性が明らかにされ、その実験結果をもとに免震装置の設計方法及び標準的な試験方法が開発されている。
- ・実際に発生した被害地震に対して、被害を受けた構造物と被害を受けなかった構造物との比較研究により、耐震技術の実証が行われており、部材レベルでの破壊までの耐震性は各種実験で実証されてきた。また、被害を実験により再現する試みも多く行われ、その被害過程が解明されつつある。しかし、実構造物の破壊までの耐震性の実証は、実験技術や資金面・体制面でまだ不十分で解析範囲に止まっている場合が多く、また、土構造物の耐震対策工法の実証が待たれている。社会の発展と共に被害の様相も変化しているので、今後は、観測、実験、解析を通じたトータルな耐震性研究の努力が必要であり、特に土構造物の地震時挙動の計測の累積が必要である。また、大型構造物や連成系の実証については、コンピュータと振動実験の複合技術の開発を更に進めるとともに、精度向上のために大型振動台等の整備・拡充が必要である。
- ・全国数十箇所の検潮所の検潮儀の津波に対する水理的応答特性が調査され、真の津波波形を求める評価方法が明らかとなった。また、時間的な解像度を改善するため、現行のアナログ記録と並行してデジタル的に記録する方法への改良も進みつつある。しかし、大津波来襲時に発生する、検潮儀位置を上回る浸水や検潮井戸の露出に原因するスケールアウトへの対策は全く為されて居らず、沿岸での津波観測方法の見直しが必要である。
- ・御前崎、房総沖に設置されている海底地震計・津波計システムにより、1990年マリアナで発生した津波が観測されている。これは、我が国としては初めての深海での津波の観測である。波源域の寸法が小さかったことが原因して、数値計算との適合度は満足すべきものとなっていない。平成5年北海道南西沖地震においては、全国港湾海洋波浪情報網の深浦、秋田、酒田、輪島において、津波による海底の流速が観測されている。また、空中発射式の超音波水位計により津波を計測する装置が開発され、二地点に設置された。
- ・適切な断層モデルが与えられれば、精度が15%以内の数値計算方法が確立された。この場合、海底地形情報の精粗が問題となるので、数値計算における格子間隔と津波特性との関係を明らかにする必要がある。また、沿岸境界条件の設定方法に検討の余地がある。
- ・現在では、地震に対応する断層パラメータに基づいて、波源域や海底地盤の鉛直変位を計算する方法が採用されているが、こうして求められた初期波形から出発しても、計算された沿岸での津波が痕跡値と良い一致を見ることはほとんどなく、常に2ないし3倍程度に海底地盤変位を修正する必要があり、津波研究の大きな問題となっている。

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
2. 津波災害の防止技術(続き)	2-1 津波予測技術及び危険度評価技術の高度化(続き)	津波特性の解明 (続き)
		津波予測技術の 高度化
		津波危険地域に 関する調査
		津波危険度評価 技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・断層パラメータを使用した推定法では、断層面内での断層運動の均一性を仮定しているが、不均一性を基本とした推定法の確立が望まれる。これに関しては、地震波を使用する方法と津波記録を使用する方法とが、開発されているが、まだ十分でない。
  - ・地震が弱いにもかかわらず津波の大きい明治三陸大津波のような、いわゆる津波地震による津波発生の機構は全く解明されておらず、重要なテーマである。特に1992年9月のニカラグァ津波がこの形式であったことから、全世界的に問題として強く意識されるようになってきた。また、過去の眉山崩壊による津波のような地震以外の火山活動や大規模地滑りによる津波発生の機構には不明の問題が数多く残されている。
- 
- ・津波数値計算技術は急速な進歩を遂げ、遠隔地で発生した遠地津波に対しては、球面座標系を用いた外洋伝播計算手法が開発され、大量の格子点を対象とし、長時間の計算が可能となった。また、海洋上での近地津波の計算法もほぼ確立され、近地津波の数値計算は、断層モデルが適正であれば、打ち上げ高に関しては、平均して誤差15%以内に収めることが出来るようになった。
  - ・地震動データをリアルタイムで処理し、津波数値計算を利用して津波来襲直前に量的予報を行う津波情報検知システムが開発された。津波伝播図作成プログラムの津波予測システムへの組み込みにより、津波来襲時刻の予測精度が大幅に改善された。また、津波地震に伴う海震（第3期波）を早期に探知することにより、地震波の到達の数10秒～数分後に津波の発生を検知する方法が理論的に確かめられ観測研究が実施されている。
  - ・大型計算機による津波予測に限られているという問題があり、今後、数値計算上の精度向上、津波の危険地域での多地点予測システムの開発、津波来襲時の音を利用した監視システムの開発等を推進する必要がある。
- 
- ・津波危険地帯でのアンケート調査結果から、津波災害に対する意識の風化現象が明らかとなった。津波のような低頻度災害に対して、都市化による新住民の流入は将来の災害ポテンシャルの増大に結びつき、大きな問題となっている。津波防護施設に対する過度の信頼による、津波の危険性の無視の風潮があるため、今後、住民意識の啓発が必要である。
  - ・現況における津波の危険地域の推定を容易にするために、過去と現況の地形、来襲した津波の痕跡や津波発生源での断層モデルの諸元等のデータベース化を進めている。また、歴史津波の存在を地質調査から発見・確認する方法が開発され、数地点で貞観の津波、興国の津波、慶長の津波等の発掘が行われた。
- 
- ・津波のような低頻度巨大災害では、一生の間に遭遇しない確率が高く、地震ハザードマップと比較すれば、津波の方が安全と評価されることになるため、頻度の相違する異種の自然災害間の危険度評価方法を検討する必要がある。また、氾濫危険地域の建物配置・構造や道路網等が近年大幅に変わっており、その情報がGIS（地理情報システム）等として数値化されていない。
  - ・現在の海岸には、5メートル程度の高さを持つ防潮堤のあるところが多く、中規模津波なら、その氾濫を防ぐことが可能である。大津波の襲来に対し、これがどの程度の津波低減効果を示すかを評価する技術を確立する必要がある。津波の変形、陸上への遡上高が構造物に与える影響について検討が開始された。

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
2. 津波災害の防止技術(続き)	2-2 津波災害防止技術の高度化 津波の浅海域における伝播機構、遡上時の変形特性及び構造物等の破壊機構を解明し、海岸施設の耐波設計技術を確立する。	浅海域における伝播機構、遡上時の変形特性の解明
		構造物等の破壊機構の解明
		海岸施設の耐波設計技術の確立

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・浅海域における津波の伝播や陸上遡上については、非線形理論の一つである浅水理論の適用で、適切な地震断層モデルが設定できるとかなり精度良く再現できるようになった。波長と空間格子寸法との関係など、計算誤差に関する議論も進んだ。その結果、少なくとも、最終的な打ち上げ高に関する限り、浅水理論によって実用に供するに十分な結果が得られるようになった。また、津波防波堤の津波低減効果も、この理論によって十分な精度で推定できるようになった。ただし、複雑な湾形の場合、多重反射が発生するので、局所的な水位上昇・下降現象の機構を明らかにしなければならない。また、津波の遡上では家屋群を粗度要素として取扱う方法はほぼ確立した。護岸や防潮林の効果に対する流体力学的な検討が必要である。
- ・数値計算の誤差に関しては、海底地形表現精度の問題が未解決で残されている。これは、数値計算上の格子間隔の取り方の問題のみならず、海底地図作成の精度の問題でもある。
- ・ごく浅い場所では、発達した段波は砕波・再生・再発達を繰り返す。これに関しては、若干の水理実験が行われたのみで、モデル化や数値計算の試みは為されていない。波力としては大きいものを生ずる可能性があるため、今後の重要な課題の一つである。また、津波による最大打ち上げ高の推定は、実用上必要な精度で可能となったが、波形の詳細を推定することは未だ不可能であり、津波による流速、波力の推定も、まだ十分な精度で行うことが出来ない。
- ・日本海中部地震に関して、津波の発生、伝播などに関する数値シミュレーション及び浅海域における津波の変形実験が行われている。これらにより、津波の変形、陸上への遡上高及び構造物に作用する津波力などの予測、評価重要法の開発、改良が行われた。

- ・津波が防波堤、その他構造物にもたらす波力の一部は解明されたが、津波による構造物法先洗掘のような局所的な地形変形、砂州崩壊や海浜滅失あるいは海砂による田面埋没のような地形変形を推定する方法は、まだ確立していない。また、水産施設の流失等に関する実験は多少あるものの、実用に供せられるには到っていない。今後津波を受けた防波堤、その他重要構造物の破壊機構や大水深部分等の津波の力の影響について解明する必要がある。
- ・津波防災対策の一つである湾口防波堤については、その設計に必要な、地震時動水圧に対する安定性、マウンド被覆ブロックの津波流速に対する安定性等に関し、水理模型実験及び振動実験が実施され、実際の設計に使用されている。
- ・氾濫水の流体力による家屋の破壊機構についての研究が進行しつつあるが、最終的な結論を得るには至っていない。特に、木造家屋にあっては、津波の流水力のみならず、漂流物の衝突力の影響がきわめて大きい。この実験的理論的研究は始まったばかりで、実用になるものは存在しない。

- ・比較的水深の大きな場所に建造される防波堤直立部に働く津波波力については、水理模型実験を行い波力の算定法が提案されており、段波とならない限りかなりよく推定でき、耐波設計技術が確立されている。この算定法では、防波堤前後における水位差によって生じる堤体浮力（揚圧力）の変化についても考慮されている。
- ・水深の浅い場所に建造される孤立構造物については、津波波形や流速の推定が不十分なことが原因で、設計方法が明確とはなっていない。特に、砕波段波や波状段波となる場合には、理論も実験もきわめて少ない。今後、実験での縮尺効果の評価、波力と構造物の抵抗を総合的に評価した耐波設計技術を確立する必要がある。
- ・汀線近くの防災施設は、軟弱地盤に建造されることが多く、時間とともに不等沈下などの影響で

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
2. 津波災害の防止技術(続き)	2-2 津波災害防止技術の高度化(続き)	海岸施設の耐波設計技術の確立(続き)
3. 地震時における地盤災害の防止技術	3-1 軟弱地盤等の地盤改良技術の高度化 地震時における粘性土、軟弱地盤の挙動及び砂質土の液状化機構を解明し、地盤改良技術の高度化を図る。	地震時における粘性土、軟弱地盤の挙動の解明
		砂質土の液状化機構の解明
	地盤改良技術の高度化	
	3-2 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 地震時における地すべり、がけ崩れ、山崩れの発生機構を解明するとともに、個別斜面等の危険度評価手法の確立をはかり、防止技術の高度化を図る。	地震時における地すべり、がけ崩れ、山崩れの発生機構の解明

劣化して行く。特に、三面張りの海岸堤防では、被覆工と堤体盛り土との間に空隙が生じ、外力作用時に初期の効力を発揮出来ないことが懸念されている。こうした弱点を発見する技術の開発が必要である。また、これらの施設は中規模津波を防ぐには足る高さであるが、大津波はこれを数メートルの厚さで乗り越えてしまう。この時、施設が破壊されるか否かは全く判っていない。

- ・地震時の粘性土及び軟弱地盤の弾性範囲での挙動は、振動実験や、振動3軸試験等により決められた土質定数を用いた有限要素法による数値解析によって解明されている。また、軟弱地盤での地中地震観測が行われ、軟弱地盤での地震動変調の様相が明確になってきている。しかし、非線形を考慮した解析法は未確立であり、地盤定数の定式化が完全ではない。今後は、強震時における塑性化地盤の解析法の確立が必要である。
- ・非排水動的せん断試験を歪制御等で行うことにより、細粒分を含んだ砂土質の液状化強度、地震時の過剰間隙水圧の発生特性について検討が行われた。また、沖積砂層の地震時液状化機構はほぼ解明され、発生過程追跡用汎用解析プログラムや、良質なデータ採取のため現位置凍結サンプリング技術が開発された。さらに、限界N値に基づき液状化判定法が改良され、砂層の深さ方向の液状化の範囲が予測できるようになった。
- ・地盤条件は千差万別であるが、実験的研究・実証的研究は資金面・施設面における制約が多く、限定されている。また、水と砂質土の2相構造のデータの定式化は困難な場合が多い。今後は、液状化過程として、土粒子の骨格構造が破壊されていない初期過程から、完全液状化状態時を経て土粒子の骨格構造が再現するまでの地盤の変化を追跡できる統一モデルを構築するとともに、液状化した地盤中の構造物や施設の挙動ならびに地盤の側方流動の発生過程を解明する等、技術の高度化を進めるとともに、その適用範囲の拡大に向けた努力が必要である。
- ・締固め工法、排水工法、深層混合処理工法、注入工法等の液状化対策工法が開発され、原位置における地盤調査技術もエレクトロニクスの発展にともなって高度化されている。また、新しい液状化対策工法として、都市内において低騒音、低振動で施工ができる低公害締固め工法や、既存の地中構造物に適用できる注入工法が開発が行われている。
- ・しかし、コスト高のため実施困難な工法があり、また、改良効果の確認実証も限られている。これらの対策を必要とする地域は広大な面積となるので、今後は、例えば低置換率サンドコンパクション工法などの開発のほか、高分子化学材料の活用、地盤の軽量化など新たな工法を開発するなど、より簡便・低価格で有効な新しい地盤改良技術を開発するとともに、地盤条件に対応する工法の有効性の実証の確認が必要である。
- ・長期間にわたる間隙水圧挙動の観測の結果、地震による地すべり発生にはすべり面付近の動的な間隙水圧の変化が関係していること、地震動の特定成分が過剰間隙水圧の生成に大きく寄与すること等の成果が得られた。また、崩壊土量が  $10^6 \text{m}^3$  を超えるような大規模な地すべりは地震が誘引となる場合が多いことがわかった。
- ・がけ崩れの発生機構は、シミュレーション等によりある程度は明らかになっている。また、地震による斜面の崩壊の実態調査および降雨による斜面崩壊との比較により、地震時の斜面崩壊の傾向が把握されるとともに、斜面形状とがけ崩れの間に規則性があること、また、特に尾根部においてがけ崩れが多発していることが判明しつつある。

現行の基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
3. 地震時における地盤災害の防止技術(続き)	3-2 地震時における斜面前壊の危険度評価及び防止技術の高度化(続き)	地震時における地すべり、がけ崩れ、山崩れの発生機構の解明(続き)
		個別斜面等の危険度評価手法の確立
		防止技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・山崩れの発生機構については、過去の大規模山体崩壊について、3次元の弾性モデルを用いた地震応答解析等を実施し、特定の部分に崩壊が発生するメカニズムが明らかにされた。
- ・このように、地震動、間隙水圧を含む地盤定数、地形条件等の情報をもとに斜面崩壊の予測法はほぼ確立された。また、境界要素法、有限要素法等を利用した振動解析、ジョイント要素法等を利用した非線形解析等、各種シミュレーション解析による成果も得られつつある。
- ・しかし、個々のケースについて詳しい実証がされておらず、個々の斜面のすべての情報が得られる体制となっていない。今後は、降雨と地震との複合災害を想定した予測法の開発、予測精度向上のための諸要因の定式化が必要である。

- ・地すべり土塊の運動をシミュレーションするモデルを作成し、地すべり発生地の土塊の到達危険範囲が推定できるようになるとともに、ファジイ理論を用いた研究により、地震時の斜面崩壊の要因のうち、重要度の高い崩壊、植生の状況、斜面の震度が抽出された。また、有限要素法等による個別斜面のシミュレーション技法が進歩し、安定計算に外力としての地震加速度や間隙水圧の効果などを考慮することで、より現実に即した安全率を算出することが可能となった。
- ・地形、地質及び地震時の最大加速度を電算機で重ね合わせ、各格子要素ごとに安定計算を行い、危険斜面を抽出する方法が考案されるとともに、斜面の地震時における危険度をマクロに評価するため、国土数値情報と地震危険度解析の結果を利用して、危険度マップを作成する試みが行われている。また、個々の研究者ベースで斜面の安定性を対象としてかなりの斜面が長期的にモニターされており、その崩壊機構のモデル化も行われ、崩壊の予知も可能になってきているが、地震時における個別斜面の安定性に関する研究はほとんど行われていない。
- ・山体内部の地質構造や構成する材料の強度特性など、安全率をより正確にするための斜面の諸情報の的確な把握や、斜面崩壊危険度評価のシミュレーションのためのモデル化にあたっての入力データの決定法の確立を行い、マクロな危険度評価からミクロな危険度評価に向けての手法の高度化を図るとともに、全国的な危険度マップの作成が必要である。

- ・広域斜面では、3次元の山体モデルを用いて地震応答解析を行うことにより、尾根部や斜面下部などに大規模な地すべり、崩壊が発生することが予測されている。従って、これらの結果をもとに、大規模排土工法などの対策工事を行うことにより崩壊防止の効果が期待できる。また、特定の斜面については、地震加速度を考慮した安定計算を行うことにより、より現実的な地すべり防止対策工事が可能となる。
- ・斜面崩壊の防止技術は地震時対策単独では存在し得ないので、降雨対策への上乗せの形で推進すべきであり、特定の斜面については前述のシミュレーションが実施されつつある。今後は、降雨等常時の防止対策と地震時防止対策の総合立案計画が必要である。

### III. 気象災害の防止技術

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 洪水の防止技術	1-1 河川洪水防止技術の高度化 流域条件、特に流域開発等の人間活動が降水の河川への流出に与える影響を解明するとともに、豪雨予測と連係した流出量予測の精度の向上を図り、貯水方式・流下方式等の各種手法の最適組み合わせによる河川洪水防止技術の高度化を図る。	人間活動が降水の河川への流出に与える影響の解明
		流出量予測精度の向上
		河川洪水防止技術の高度化
	1-2 高潮洪水防止技術の開発 大型台風時における沖積平野デルタ等の河道内の風による高潮の増幅、強風下の洪水の異常伝播、波浪と洪水流の相互作用等の解明を行い、高潮洪水の防止技術を開発する。	河道内の風による高潮の増幅の解明
		強風下の洪水の異常伝播の解明
	1-3 河道変動機構等の解明 流出土砂量の子測及び土砂の流送の機構の解明を図るとともに、構造物による河道	波浪と洪水流の相互作用の解明
流出土砂量の子測		

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・流域の開発にともなう森林の裸地化、ゴルフ場の設置、住宅建設・舗装道路の増加等のそれぞれがその程度に応じて洪水流出に与える影響が定量的に把握できるようになり、洪水流出時間の短縮、ピーク流量の増大が精度よく予測できるようになった。洪水流出システムの素過程の観測研究が進められ、物理モデルによる洪水流出予測の精度向上が図られている。
- ・農山村地域の人間活動（林業、農業、観光開発等）が雨水流出過程に与える影響について研究が行われている。さらに、熱帯に位置する開発途上国では、森林伐採、都市域の拡大に伴い洪水流出水害の激化が予想されるので、研究の必要がある。

- ・レーダアメダス合成値と降水短時間予報を用いて、各河川毎の流域雨量（実況と予測）を算出し、河川の流出量を予測する洪水位予測の高精度化が進められている。
- ・マイクロ波散乱計を用いて、人工衛星搭載の合成開口レーダによる流域内の乾湿度（土壌水分）分布や積雪量分布を把握するためのアルゴリズムが開発されている。これにより、洪水の初期損失量や中小洪水での洪水流出量の予測精度の向上、あるいは融雪洪水の予測精度の向上が期待される。
- ・小流域における流出解明が進展してきており、これにより小流域を結合させた大流域の流出計算が行われている。

- ・洪水の処理を堤防で行うか、貯水池で行うか、段階的工事をも考慮した考え方が示された。
- ・降雨予測による貯水池の実時間操作の方法とその精度に関する研究が行われ、予測の不確実性を考慮した洪水調節のエキスパートシステムの運用が考案されている。
- ・浸透型流出抑制施設の流出抑制効果に関する研究が実施され、地盤の性質により浸透能力を推定することが試みられている。
- ・河川洪水防止技術の高度化ははかかなり進んでいるが、河川の特徴、そして地域社会の文化、経済状況、環境に適合するような洪水防止技術の応用の仕方について、特に開発途上国や山間部の中小河川について研究する必要がある。

- ・水面に作用する風の力を不定流計算に組み込むことにより、空間的、時間的に平均された増高量が予測できるようになった。
- ・高潮の計算を行う場合には風の予測が必要であるので、河道内に高潮が進入した場合の水面に作用する風に対する河岸地形等の影響の解明が必要となる。

- ・理論的・実験的研究は多くない。また、強風下の洪水の観測例も少ない。今後さらに研究が必要とされる。

- ・伊勢湾岸の河川を中心として、波浪と洪水流の相互作用について研究が行われ、洪水位の増加等について実測値との比較を含めかなり解明が進んだ。

- ・貯水池の堆砂資料の解析と土砂の流送機構を考慮した方程式系の組合せによる新しい土砂流出量予測式が示された。
- ・斜面侵食、河道の側岸侵食機構の解明による土砂発生量の把握が進められている。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 洪水の防止技術(続き)	変動機構の解明とその対策技術の高度化を図る。	流出土砂量の予測(続き)
		土砂の流送の機構の解明
		構造物による河道変動機構の解明と対策技術の高度化
	1-4 堤防等の強化技術の高度化 降雨、浸透水、漏水、越水等による堤防等の破壊機構を解明し、堤防等の強化技術の高度化を図る。	堤防等の破壊機構の解明
		堤防等の強化技術の高度化
2. 海岸の保全技術	2-1 異常波浪の予測技術の開発 人工衛星、航空機等の搭載用マイクロ波散乱計を開発するなどの沿岸波浪の観測研究を行うとともに、波の不規則性を考慮した湾岸部における異常波浪の予測技術を開発する。	沿岸波浪の観測研究

・過去の顕著な土砂災害時の統計データ分析により、最大日雨量と流域面積との関係からマクロな流出土砂量の数値を推定することが可能となった。しかし、流出土砂量の予測の精度に関しては、まだ不十分な段階であり、今後の進展が必要である。

・砂粒子運動の確率過程、河床付近での水流の乱れ特性と浮遊砂、河川横断方向の流砂量と河床変動、複断面河道での流砂等詳細な研究がなされ、それらをモデル化する方法が提案されている。  
 ・均一粒径、粒径範囲の狭くない混合粒径については、理論的・実験的手法により数多くの研究が行われ、流砂量を予測する手法が見出された。しかし、粒径範囲の広い混合粒径に対しては、未解明の問題が多い。

・貯水ダム、砂防ダムによる堆砂の研究が進み、堆砂対策としての排砂法の水理学的な究明に力が注がれている。  
 ・水当り箇所の固定のための砂州移動の制御、湾曲部の深掘れ予防のための構造物の考案と配置法の研究、河口砂州の形状制御による洪水防止の研究も進められている。  
 ・流れについて静水圧分布を仮定できる場合には、構造物が流れに与える影響を平面2次元河床変動計算に組み込むことにより、構造物による河床変動予測とそれに基づく対策法の設計が可能になりつつある。水制、床止、橋脚等の構造物周りの3次元流況・河床洗掘機構の把握によるシミュレーション計算法が研究されている。  
 ・新たな問題として流木が土砂堆積に与える影響についての実験的研究が着手された。

・堤防の越流決壊過程の詳細な実験的研究がなされた。  
 ・堤防の浸透破壊の解明、とくに不飽和浸透解析の重要性が示された。  
 ・急流河川の護岸決壊の実態把握と、機構の究明がなされている。自然の低水路側岸の決壊機構の研究が実際の河川と模型河川の両方でなされている。  
 ・河川水位変動による堤防法面の崩壊については理論的・実験的研究が進んでいるが、樋管等の堤防を横断する構造物等がある場合については、研究中である。

・越水が生じても容易に破壊されないように堤防表面を保護する技術が開発された。

・地球探査衛星などのレーダによる海洋波の計測は、波高1m程度までの計測精度が達成されており、今後合成開口レーダ搭載の衛星打ち上げに伴って、全天候で1オーダー高いデータの取得が可能となる。

・定点における波浪観測は、その多くが超音波式波高計による波形観測であり、また、波向については数は少ないが、水平2方向流速計によって行われている。これらの観測機器は海底に設置されるため、水深が深い場所では波による流速が小さく、波向の観測が困難になる問題があった。そこで、斜め3方向に発射する超音波によって設定した海面下における超音波発射方向の流速を測定し、測定波形と組み合わせ、波浪の方向スペクトルを観測する装置が開発された。

・水圧式波高計は欠測の少ない波浪観測装置であるが、表面波に換算する手法に問題があった。波の非線形干渉を考慮することによって精度よく表面波に換算できるようになった。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
2. 海岸の保全技術(続き)	2-1 異常波浪の予測技術の開発(続き)	異常波浪の予測技術の開発
	2-2 海岸・海洋構造物の耐波技術の高度化 波の不規則性を考慮し、臨海空間利用形態に応じた湾岸施設、海岸保全施設等の設計手法を開発し、耐波技術の高度化を図る。	湾岸施設の設計手法の開発
		海岸保全施設の設計手法の開発

- ・気象データを用いた我が国の台風及び冬期季節風による異常波浪の予測技術が確立された。今後複雑な埋め立て地周辺海域や沿岸・海岸構造物による波浪変形の予測技術を波浪推算に導入することが重要になっている。
- ・計測された波浪データの比較検討を行い、異常波浪出現の実態と波の特性が明らかにされた。このデータをもとにして、現象を支配する多様な因子を統計的に分析することによって、実海域における異常波浪の発生確率が決定され、さらにその予測法が開発されている。
- ・台風や季節風によって生じる異常波浪をパーソナルコンピュータで推算するため、沖波を対象にしたスペクトル法による単地点出力型波浪推算システムが開発された。本推算モデルがスペクトル法による従来の面的推算法とほぼ同様な精度を有することが実証された。また、波浪予測の精度向上のため、波の非線形効果を取り入れた第3世代波浪モデルの開発が進められている。
- ・構造物の設計では設定した再現期間の異常波浪を用いて行われるが、設計波として推定した波の推定精度を算定する技術の開発が必要となっている。また、波浪推算において重要な要素となる風の推算では、移動性低気圧によるものの算定精度が悪いので、この精度を向上させることが重要である。

- ・比較的大水深での設置が見込まれる人工島建設における耐波護岸の設計法はほぼ完成段階にあり、護岸の被覆ブロックの安定性や許容越波量が高い精度で推定できるようになった。しかし、大水深での防波堤被災が続いており、その原因について十分検討しておく必要がある。また、軟弱地盤に対応した軟着定式防波堤が設計・施工されるようになってきた。
- ・現行の設計法では、すべての値が確定値として算定されているが、実際には、沖波の設定や波浪変形計算、波力公式には算定誤差が含まれるとともに、堤体の抵抗力を算定する摩擦係数についても経験的に用いられている値からばらつく可能性がある。このような不確定要素を考慮した防波堤の確率設計法について現在検討されている。
- ・新しい波浪制御構造物である二重円筒ケーソン堤や長大ケーソン堤の耐波設計法を水理模型実験に基づいて提案するとともに、現地実証実験によってその妥当性が確認されている。
- ・防波堤を市民に開放するに当たっては、転落防止等の安全施設の設計が重要になってきており、安全施設に作用する波力や越波に対する市民の安全性に関する検討が行われている。

- ・海岸保全施設の水理学的機能に配慮した設計法はほぼ確立されてきている。砂地盤上での施設の安定性については、波圧による地盤の液化が理論的・実験的に検討されている。
- ・実海域で極限波といった非線形性の強い現象の存在が明らかにされ、実験とシミュレーションによって海洋構造物等が極限波から受ける力及び挙動が解明された。それによって、新しい復原性基準の作成に資する国際的に共通の知見が得られた。
- ・親水性の高い護岸構造の開発と越波特性の検討が行われている。また、従来の線的防護から粘り強さを発揮する面的防護への移行に伴って、潜堤の越波低減効果や海浜安定効果に関して水理模型実験による検討が行われている。
- ・防波堤の合理的な部材設計のために、模型実験による部材の応力と歪分布特性の把握及び衝撃砕波の作用時におけるケーソン前壁の応力・歪分布のシミュレーションプログラムが開発されている。また、基礎地盤に対する防波堤の安定性を解明するために、捨石マウンド・地盤系の変形や地盤反力などの計算用の現地係数の決定及び有限要素法によるプログラム開発が行われた。
- ・大波浪に対する捨てブロック堤の設計方法として、ブロックの部材強度を考慮する必要があるこ

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
2. 海岸の保全技術(続き)	2-2 海岸・海洋構造物の耐波技術の高度化(続き)	海岸保全施設の設計手法の開発(続き)
	2-3 高潮災害防止技術の高度化 潮位の観測研究を推進し、発生確率の概念を導入した高潮の推定技術を開発するとともに、高潮災害防止技術の高度化を図る。	潮位の観測研究
		高潮の推定技術の開発
		高潮災害防止技術の高度化
	2-4 海岸侵食防止技術の高度化 砕波帯内における砂の移動機構と漂砂現象の解明を行うとともに、海岸侵食による海岸変形を予測するための技術の開発及び海岸侵食防止技術の高度化を図る。	砂の移動機構と漂砂現象の解明
		海岸変形予測技術の高度化
		海岸侵食防止技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

と、並びに高比重ブロックによる大波浪への対処についてはハドソン公式の適用を再検討する必要があることが分かった。

- ・半円筒ケーソン堤のような新しいタイプの離岸堤が設計・施工されるようになってきた。
- ・地球温暖化に伴う海面上昇によって生じる海岸保全施設の機能低下に関する検討が行われてきている。

- ・全国各地の検潮所のデータが収集され、平均海面の季節的な変化、長期的なトレンドについて検討された。
- ・当該地点の東西のいずれを台風が通過するかによって、潮位の極値統計が変化することがわかった。高潮と洪水、あるいは津波との同時生起確率が検討されている。
- ・地球温暖化に伴う海面水位の上昇の実態を把握し、将来の予測精度を高めるため、GPSやVLBIによる水準測量を組合わせた高精度の海水位観測が行われている。

- ・多層モデルによる高潮の数値計算法の開発が行われている。しかし、従来の高潮推算では、波浪による水位上昇の影響が考慮されていないので、これが算定できるように推算法の改良が開始された。
- ・台風に伴う高潮に関しては、リアルタイムで高潮を予測する手法の精度向上を目指して、力学的な高潮予測モデルの開発が着手された。

- ・高潮防波堤は高潮のみならず波浪も低減する効果を有しているため、これらの効果が同時に算定できる計算法の開発が行われている。
- ・直下型あるいは海洋性巨大地震による高潮施設の安定性や大都市臨海低平地における浸水に対する検討が遅れており、従来の高潮防止技術の空洞化が顕著である。

- ・任意の海浜勾配での沿岸及び岸沖方向漂砂量則が理論的に取り扱えるようになっているが、いまだ十分な検証がなされていない。シートフロー状態での力学特性とシルテーションの研究が行われるようになってきている。
- ・波崎海洋研究施設においてパー・トラフ地形上での岸沖方向の流速の変化を観測すると同時に、この流速の推定法について検討されている。

- ・3次元海浜変形モデルが提案されているが、航路埋没のようなある程度の水深がある海域での海浜変形には適用できるが、海浜侵食に適用できるまでには至っていない。また、構造物周辺の波浪・流速場及び碎波後の波浪変形のモデル化が重要課題となっている。
- ・長期間にわたる深浅測量結果に基づいて、経験的固有関数を用いた3次元的海浜変形予測手法が開発された。
- ・波崎海洋研究施設付近の海岸における海浜が暴風時に侵食され、静穏時に回復する過程を観測し、汀線の変化を予測する経験的な手法が提案された。

- ・波崎海洋研究施設における海浜変形の観測から、遡上した長周期波が砂浜に浸透して地下水位を上昇させ、長周期波が後退したときにこの地下水が流れ出すことによって浜が侵食されることが

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
2. 海岸の保全技術(続き)	2-4 海岸侵食防止技術の高度化(続き)	海岸変形防止技術の高度化(続き)
3. 雪氷害の防止技術	3-1 豪雪時の雪氷処理技術等の高度化 雪の流体輸送及び機械輸送技術、太陽熱、地熱、風力等の自然エネルギー及び各種排熱を利用した融雪技術、除雪技術等による大量の雪氷処理技術の高度化を図るとともに、積雪寒冷地における住宅設計技術及び生活環境改善技術の高度化を図る。	流体輸送技術
		機械輸送技術
		自然エネルギーを利用した融雪技術・除雪技術
		各種排熱を利用した融雪技術・除雪技術
		住宅設計技術の高度化
	生活環境改善技術の高度化	

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- 明らかにされた。このことは、長周期波の遡上による地下水位の上昇を抑えることによって海浜の侵食が防止できることを示している。そこで、地下水位の上昇をポンプで強制的に下げるサブサンドフィルター工法の効果が現地実験によって調べられた。また、砂浜に透水層を設けることによって地下水位の上昇を抑える工法についても水理模型実験が行われ、この工法によっても海浜の変形が防止できることが示された。
- 人工リーフ工法、緩傾斜護岸工法、安定海浜工法等の開発と施工が行われ、それぞれの工法の長短所が明らかにされつつある。ウォークフロントの開発に伴い、景観護岸も施工途上にある。
  - 雪と水を混合しポンプにより管路輸送する水力輸送システムの開発研究が実施され、現在2ヵ所で実用化されている。また、送風機により発生させた空気力により雪を管路輸送するシステムについても開発研究が実施され、実用化が図られている。
  - 流雪溝での流れの固液混相流としての機構究明、流雪溝の複断面化や合流部での閉塞防除の方法等輸送能力の研究等が行われている。
  - 除雪機械の自動化、ロボット化等高度化技術の開発研究が実施され、除雪グレーダのブレード押付操作の自動化機構や、ロータリー除雪車の投雪位置を制御できる自動化機構を組み込んだ機械が実用化されている。
  - 地下水熱を利用するにあたり、現在の地下水利用状況の調査が実施されている。将来的には豊富な熱源としての地下水を利用したヒートポンプ、ヒートパイプ等の熱交換器による消、融雪技術の開発の可能性が高いことがわかった。また、地下数10mの地熱をくみ上げて、融雪の熱源とする試みがなされている。
  - 積雪を冷熱源として通年的に利用した、農産物の貯蔵や高付加価値化することにより、雪氷を積極的に活用していく試みがなされている。
  - 畜舎の排気を利用して軒下の雪を解かす技術が検討され、排出熱量と降雪量とから融雪量を推定する回帰式が作成された。また、コンクリートブロックを用いた融雪ダクトの融雪量が大きいことが明らかにされた。
  - 工場排熱を利用した融雪が、多雪地帯の企業体において実用されているのが散見される。また、温泉地熱の排湯熱による道路融雪も実施されている。
  - 豪雪時でも快適な生活を過ごすことができる様な高床式住宅設計がなされ、当方式が普及しつつある。しかし、密集市街地に多い雪下ろし方式の高床式住宅では、今なお屋根雪下ろし作業中の転落死傷事故が発生している。また、融・耐雪建築物設計技術が検討されている。
  - 多雪都市の生活行動の安全・快適化を目指して、雪や寒さを避ける都市空間の屋内化や流雪緑道の設置などの歩行ネットワーク整備、交通空間の整備が行われつつある。雪害発生動向の研究から雪に関係する人身事故の発生場所として生活空間内の水路の重大性が検証され、流雪溝の普及等に伴う多雪地域の水環境の安全・快適化が新たな課題となっている。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
3. 雪氷害の防止技術(続き)	3-2 豪雪時の交通等の機能確保技術の高度化 風雪・地吹雪等の発生機構を解明するとともに、豪雪地に用いる緊急輸送車両、除雪車両等の開発を行い、道路、鉄道、海路、空港等の交通輸送機関の機能確保技術の高度化を図る。	風雪・地吹雪等の発生機構の解明
		緊急輸送車両、除雪車両等の開発
		交通輸送機関の機能確保技術の高度化
	3-3 雪崩災害防止技術の高度化 降積雪の地域特性及び各種雪崩の発生機構を解明するとともに、雪崩警報システムを開発し、雪崩発生予測技術、及び雪崩防止技術の高度化を図る。	降積雪の地域特性の解明
		各種雪崩の発生機構の解明

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・これまで吹雪（風雪、吹雪、地吹雪）については、北海道等の乾き雪地域における発生機構は解明されている。しかしながら、北陸地方等の湿り雪地域における発生機構については解明されていない。これについて、吹雪時に現地調査を行い、気温と風速の関係から吹雪発生時の下限条件が解明され、この下限条件をもとに吹雪発生危険分布図の作成が行われた。
- ・地吹雪の発生要因となる突風前線のドップラーレーダによる検出表示方法、吹雪の原因となる雪雲の立体構造の時間変化をドップラーレーダのデータから広域的立体的かつ量的に表示する画像処理技術、地吹雪量を自動記録できるSPC（スーパーティモカウンター）、地吹雪変動解析装置等が開発され、あわせて地吹雪の広域発生機構が解明された。ドップラーレーダによる地吹雪の広域予測の可能性が判明した。また、地吹雪時雪粒子の雪面上の跳躍運動の基礎的研究も行われている。
- ・豪雪時に道路交通の障害となる雪堤や雪底の処理を行うための雪堤処理用ロータリー除雪車、雪底処理車、あるいは道路交通を阻害することなくスムーズに運搬排雪を行うための一車線積込式ロータリー除雪車等の開発研究が実施され、それぞれ実用化されている。
- ・SPCの利用あるいは車載型視程計の開発により、道路構造や防雪対策施設の有無による吹雪量の違いが顕定された。また、吹雪と車両による雪煙の雪粒子の粒径の違いが調べられ、雪煙の規模と車両構造の関係等が明らかにされた。防雪対策の充実で、吹雪による通行止めは北海道の一般国道で減っているが、雪による視程障害が大規模交通事故の要因になっている。このため、吹雪、雪煙、車、道路、ドライバーの生体反応相互の研究から、雪道でも安全な交通を確保する総合的研究を行う必要がある。
- ・降積雪量の平年値からの偏差の変動の時系列変化特性を、我が国の積雪地帯全域にわたって調査し、任意の地域の降積雪量の予測等を可能にするために、10地点の積雪基準観測点の展開が現在進行している。また、積雪の定時観測、積雪断面観測が長期的に実施され、これらのデータにより降積雪の地域特性の解明が進められている。
- ・北海道の北部と東部では積雪深、雪質ともに大きく異なっており、東北地方の冬期気象環境は10数箇所地域区分できることが示された。
- ・宮古から秋田まで東北地方を横断する厳冬期の積雪分布調査を行い、1～2月の平均気温と当日の積雪深という比較的単純な気象値の組合せに対応して、各地点の雪質の分布が説明できることが明らかにされた。
- ・雪崩の発生機構に関して、気温上昇による表面の一部融解によってすべり面が形成され、その後の積雪によるすべりの発生というシナリオがアメダス記録から実証された。
- ・斜面積雪のグライド（緩やかな移動）の連続観測により雪崩発生前のグライドの挙動の変化や機構が解明され、雪崩発生地で測定されるグライドや歪の推移から全層雪崩が予測可能であることがわかった。天然斜面では、衝撃力の波形信号から雪崩の内部構造を探る試みがなされている。
- ・各地域の表層雪崩の発生条件や発生機構が明らかにされ、これらを用いた表層雪崩予測のパラメータとなる新積雪密度の地域特性の解明が進んでいる。表層雪崩の発生原因の一つとして、積雪内部の脆弱化によるものが調査された。層境界が脆弱化する条件は、積雪表面の温度勾配が大きい場合、すなわち、供給熱量が多い時と夜間の放射冷却による熱輸送が行われる時であることがわかった。この調査結果をもとに雪崩発生予測式が作成された。また、斜面積雪を構成するある

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
3. 雪氷害の防止技術(続き)	3-3 雪崩災害防止技術の高度化(続き)	各種雪崩の発生機構の解明(続き)
		雪崩警報システムの開発
	3-4 林木等の雪害防止技術の高度化 豪雪による林木の被害の発生状況と環境立地条件の関係を解明するとともに、林木の雪害防止技術及び被害木処理技術の高度化を図る。	被害の発生状況と環境立地条件の関係を解明
		雪害防止技術の高度化
		被害木処理技術の高度化

雪層の安定度は、その雪層の剪断強度とそれに作用する応力の比として与えられる。このことを利用して雪の初期密度、降雪強度、斜面傾斜度を与えると雪崩の発生を予測できる「遠藤モデル」が開発された。

- ・雪崩シミュレーターや力学実験装置、あるいは人工斜面を用いた雪崩の流動化や動摩擦係数、衝撃力等の測定を基に、雪崩の動的かつ基礎的な性質の解明が進んでいる。
- ・雪崩危険ゾーニングを算定するため、雪崩の運動をうまく表現するためのコンピュータモデルがいくつか開発され、これらの雪崩モデルによるシミュレーションに必要なパラメータの実験観測が実施されている。今後は、土石流・火砕流・雪泥流・雪崩を含めた混相流として雪崩モデルを構築することが必要である。

- ・雪崩発生予測システムとその情報伝達システムが必要である。予測システムは積雪内部の安全率を考えたシステムと各種気象情報を統計的に取り扱うシステムとエキスパートシステム（フェジーモデル）によるものが開発された。また、伝達システムは気象計測およびその伝達、解析処理を組み合わせた雪崩発生監視システムが開発された。
- ・表層雪崩は突発的で予知が難しいが、地震計によって雪崩が有効に検知されることが観測によって実証された。また、雪崩発生機構の成果を踏まえて、気象レーダー情報を用いた表層雪崩の短時間予測システムの開発が進められている。また、高解像度人工衛星データによる雪崩発生のオンライン監視の可能性についての研究が開始されている。
- ・降水量と積雪深が連続的に観測されていれば、雪崩予測（遠藤モデル）に必要な降雪の深さと新雪の密度が求められることが分かったので、降雪深計の開発が進められている。

- ・56年豪雪を機に冠雪害の研究が進み、被害木の林内分布の特徴が解明された。また、冠雪害発生の気象条件には無風豪雪型、強風濡れ雪型、中間型の3種があること、被害木折損の力学的条件等が明らかにされた。
- ・全層雪崩の常襲地の低木広葉樹林において、積雪移動抵抗力は積雪とともに樹体が埋まって数日後まで増加して、融雪期にかけて漸減し、消雪前に急減することがわかった。また、スギ林では個体サイズの小さいほど冠雪被害を受け易いことが明らかになった。

- ・柵栽培の果樹を対象に、雪害発生の危険度を予測するソフトウェアを開発した。このソフトは個々の果樹柵の特徴を登録したデータとそのデータ及び気象条件を入力したときに積雪荷重を計算するプログラムより構成されている。
- ・寒地における農耕地の消雪日を早める方法として、雪面黒化法が効率的であることが理論的に明らかにされ、実証された。また、根雪消雪日や融雪促進可能日数が定量化された。
- ・冠雪害被害木の分布パターンを解析結果を応用して、直径級の異なる材木をランダム分布させる施策が理論的に提案された。また、複層林施業による雪害回避、軽減効果が検討された。

- ・雪害木、風害木のような被害木でも、原料として使用可能な次世代木材（SST）の製造技術の開発が行われている。
- ・被害木の外傷の程度から材内劣化を予測する試みが行われているが、一般化するまでに達していない。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
4. 斜面崩壊・土石流の防止技術	<p>4-1 傾斜崩壊・土石流の危険度評価技術の高度化</p> <p>降雨・融雪に伴う地すべり、がけ崩れ、山崩れ、土石流に関する地形・地質・土質力学的調査研究を進め、評価技術の高度化を図る。</p>	地形・地質・土質学的調査研究を進め、評価技術の高度化
	<p>4-2 傾斜崩壊・土石流の予測及び防止技術の高度化</p> <p>観測・調査・実験等により地すべり、がけ崩れ、山崩れ、土石流の発生機構の解明を行うとともに、雨量、融雪量及び危険傾</p>	発生機構の解明

(現地における発生条件の究明)

- ・降雨と斜面内部の飽和帯の消長、集中流の発生過程が現地観測によって把握された。土層を代表する透水係数の値は通常の透水試験によるものよりも大きいことが分かった。実測結果をよく説明する2次元飽和・不飽和浸透流解析手法が示された。
- ・昭和47年以降のがけ崩れ発生データを収集・分析により、がけ崩れ災害の発生しやすい斜面の地質条件、傾斜や規模、形状が抽出された。また、斜面中の崩壊発生位置、崩壊土砂の到達範囲についてもまとめられた。
- ・既往の土石流の発生に関する地形・地質学的データの解析および実験的な検討により、土石流の発生に及ぼす河床勾配、流域面積、地質等との関係がある程度明らかになった。
- ・地すべり発生危険度の高い斜面を地すべり斜面の発生過程の地形学的解析から検討した結果、大規模な地すべり地形の中に階層的に中、小規模の地すべりブロックが形成されることがわかり、背後に地すべり地形の存在する斜面は地すべり発生が高いことがわかった。
- ・地すべりのすべり面の把握手法として、ボーリングデータから推定される地すべり地盤中の地質構造のズレに着目すると、的確にすべり面が把握されることがわかった。

(実験的手法による発生実態の究明)

- ・人工降雨を用い比較的規模の大きな室内崩壊実験を行い、崩壊発生時の静的・動的間隙水圧の変動と崩土の運動が観測され、崩壊発生時における土層の急速せん断の状況が実験的に明らかにされた。また、砂質土斜面について降雨の斜面内への浸透モデルが検証され、同モデルと極限平衡法による斜面安定計算式を組み合わせた斜面の安定度評価手法の妥当性が確認された。
- ・通常斜面崩壊は飽和地下水深の増加により基盤上の有効応力が減少して発生すると考えられているが、斜面勾配が大きくなると飽和地下水位が発生しなくても崩壊が発生することが崩壊実験により確認された。また、このタイプの崩壊を力学的に説明するためには、単に土中の水分量増加だけでなく、不飽和土の水分量増加に伴う破壊強度の変化を考慮する必要があることが示された。
- ・非常斜面浸透流解析と斜面安定解析を組み合わせた崩壊解析モデルが開発され、土層の透水性・土層厚・斜面長・土質強度等のパラメータを変えた数値実験が行われた。これにより、崩壊発生降雨量を評価基準とした、それぞれのパラメータが崩壊に与える影響について検討された。
- ・地すべり斜面の危険度評価(安全率の算出)を行うために、大変位後のせん断強さが測定できるリングせん断試験が実施され、土質強度定数が求められている。また、この土質強度定数を物理試験結果から推定する方法が提案された。

(土砂氾濫の究明)

- ・斜面崩壊の流下距離予測については地形数値データにより概略予測の方法が開発された。侵食遷急線付近に表層崩壊が集中することが明らかにされた。
- ・過去のがけ崩れ災害事例より崩壊土砂の流動化の条件とその到達範囲について整理・検討された。これらの成果は崩壊土砂の到達距離予測手法の基礎となっている。

- ・代表的類型の土石流の発生機構、流動中の発達過程、流速と土石流規模、構成材料・濃度、谷の地形条件との関係、停止・堆積の機構が明らかにされ、降雨または水流量を与えて発生・流下する土石流を予測するシミュレーションがある程度可能になった。
- ・降雨・融雪に伴う地すべりの発生機構を解明するために、地すべり地において動態観測が実施され、移動は間隙水圧の上昇によるものであることが明らかになった。その結果、地すべりの発生

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
4. 斜面崩壊・土石流の防止技術(続き)	斜の動的挙動の観測により、地域的、個別的な予測技術及び防止技術の高度化を図る。 。	発生機構の解明(続き)
		予測技術の高度化
		防止技術の高度化

- 原因は、すべり面粘土の有効応力の低下によるせん断抵抗の低下であることが判明した。
- ・土石流の現地観測、室内実験および不飽和浸透解析手法を用いた検討等により、降雨による山腹斜面崩壊およびそれによる土石流発生機構がある程度明らかになった。
  - ・大規模崩壊実験を通して崩壊に至るまでの斜面内部の応力状態が明らかになりつつある。土石流・崩壊に伴う流木災害の発生機構についての実験が開始された。
  - ・流動化した崩壊土砂の運動が粒子流の流体モデルで説明された。また、その妥当性が実験により検証された。そして流体モデルをもとに崩壊土砂の二次元的な到達・堆積を予測するシミュレーション手法が開発され、実験と実際の事例に適用された。
- 
- ・既往の土石流の発生雨量の統計的解析および流域の地形、地質調査結果から、降雨時系列、地表面移動量の観測等により、斜面崩壊および土石流の発生危険時刻を予測し、警報を発する手法の開発が進められた。また、シミュレーション計算手法により土石流の氾濫範囲を精度良く推定できるようになった。
  - ・20km<sup>2</sup>程度の領域を対象として、タンクモデルを用い、雨による斜面崩壊の危険度を示す指数が開発された。この指数による発生予測精度は積算雨量に比べて良いことが分かった。
  - ・斜面調査の専門家により斜面崩壊の危険性を判断する思考プロセスを再現するためのシステムであるファジー理論を用いた崩壊発生危険度判定手法が開発された。この手法では、斜面の崩壊発生危険度が判定されるが、崩壊発生・非発生の境界値を過去の崩壊事例をもとに設定すれば、崩壊の発生する要因を備えた斜面が抽出される。また、流動化した崩壊土砂の到達距離について流体モデルをもとにした簡易な力学モデルと、ファジー理論による予測手法とが開発された。
  - ・A E (アコースティック・ミッション)を用いた砂質土斜面の崩壊発生予測の可能性について室内崩壊実験により検討された。その結果、崩壊発生時間の定量的な予測は現段階では困難であるが、崩壊発生の前段階である斜面変位が急増する時期を捉えることができ、複数のA Eセンサーを使用することにより、すべり面の位置を捉え、それにより崩壊発生規模が推定できる可能性が実験により示された。
- 
- ・土石流発生機構を考慮した土石流危険渓流の抽出法が与えられた。土石流および斜面崩壊規模を与えて、その氾濫堆積危険範囲を予測する方法が示された。土石流の調節・制御のためのいくつかの新しい構造物が考案され、その機能の評価がなされた。
  - ・流動化した崩壊土砂が剛構造物に与える衝突荷重が流体力を表す式で説明された。式中には運動速度と運動時の土砂の単位体積重量が主なパラメータとして入っているが、前者は崩壊土砂の運動モデルにより求められるが、後者の設定方法が未だ確立されていない。
  - ・土石流対策工として従来の砂防ダムに加えて底面水抜きスクリーン工等の新工法が開発され実用化された。さらに土石流の衝撃力を考慮した構造物設計法が開発された。
  - ・のり棒工・アンカー工などの在来工法の計画・設計手法についても研究されてきたが、新工法として鉄筋挿入工法による斜面補強の計画・設計手法が確立された。
  - ・傾斜地における農地造成の低コスト・安定化技術の開発として、新素材（ジオテキスタイル等）による斜面安定化工法が開発が行われている。また、草地に発生する侵食を防止または修復する技術を確立するために、簡単なソグゼキ（欄）の設置や牧草追播による草地保全効果について検討された。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
5. 異常気象等への対応技術	5-1 気候変動及び異常気象の予測技術の高度化 大規模な寒冷害、干害をもたらす長期的気候変動及び異常気象について、広域かつ立体的な観測及び資料収集を推進し、解析的研究を進め、予測技術の高度化を図る。	観測及び資料収集
		解析的研究

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・海面温度、海氷、大気水分等を観測することを主目的とする海洋観測衛星1号-b (MOS-1b) が平成2年2月に打ち上げられた。日本近海の海面温度を定常的に観測し、海流等の動向の監視が可能となったほか、オホーツク海及び南極における海氷の観測が可能となった。
- ・雲分布を観測することを主目的とする静止気象衛星4号 (GMS-4) が平成元年9月に打ち上げられ、静止気象衛星5号が、平成6年度冬期に打ち上げることを目標に開発が進められている。静止気象衛星は、台風や集中豪雨の監視、気象予報等我が国の気象業務に利用されており、さらに東南アジア、西太平洋域の多くの国々に利用されている。
- ・地球環境のグローバルな変化の監視を主目的とする地球観測プラットフォーム技術衛星 (ADEOS) を平成7年度冬期に打ち上げることを目標に開発が進められている。海色及び海面温度、海上風の風向、風速、大気中のオゾン、温室効果ガス等の海洋と大気の観測が可能となる。
- ・地球規模の気候変動の解明や環境変化の監視に重要な熱帯地域の降雨強度や分布を観測するための熱帯降雨観測衛星 (TRMM) を米国との協力により、平成9年度夏期に打ち上げることを目標に開発が進められている。
- ・マイクロ波散乱計を用いて、人工衛星搭載の合成開口レーダによる流域内の乾湿度 (土壌水分) 分布や積雪量分布を把握するためのアルゴリズムの開発が進められている。これにより、乾燥・半乾燥地域や水資源賦存量、積雪水量等の変動の監視を行い、気候変動の実態・影響評価を行うことが可能となる。
- ・過去約100年間の日本全域の地点日降水量、日平均気温のデータから温暖期と寒冷期の選定を行い、この時期の降水特性が分析された。これにより温暖化すると豪雨が強まり、渇水が長引くことが予想された。
- ・地球温暖化の原因とされる高CO<sub>2</sub> 条件、あるいは高温条件が牧草・飼料作物の生理・生産力に及ぼす影響が明らかされ、変動が予測されている。また、草地におけるN<sub>2</sub>O およびCH<sub>4</sub> の発生実態とその変動要因が明らかにされつつある。
- ・気候変動に関する資料収集については世界的規模で行う必要があり、国際的な協力の下に、長期予報や気候変動予測研究のために、世界各地の各種の気象観測データが収集されデータセットの作成が進められている。
- ・氷床コアの解析により過去の気候の変遷を明らかにする研究が進められている。

- ・全球の水循環過程の再現を目指した大気及び海洋大循環モデルの研究が進み、温室効果気体CO<sub>2</sub> の漸増実験を行い地球温暖化の予測が行われ、この過程で多く発生する災害の長期的予測が試みられている。
- ・地球温暖化時のシナリオとして年平均の降水量変化、気温変化を作成し、蒸発散量、降融雪量のサブモデルをもった長期分布型流出モデルに人力して温暖化時の流出量変化予測が行われた。さらに温暖化時の日降水量時系列を作成するモデルが検討されている。
- ・土壌乾湿の評価手法について検討され、乾湿指標の大小が干ばつ被害程度と一致し、この手法を干害の推定に用いることが可能であることが明らかにされた。
- ・大規模火山噴火が北半球冬期の気候に及ぼす影響が数値シミュレーションにより解析され、極地で低温化、ユーラシアで昇温化することが分かった。また、エルニーニョ予測のためのモデルの改善、高度化が行われている。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
5. 異常気象等への対応技術 （続き）	5-2 異常気象等への対応技術の高度化 農作物及び造林木等の寒冷害、干害を防止する各種対応技術の高度化を図るとともに、異常気象予測との関連に基づく生産予測手法の高度化を図る。 また、濃霧、ひょうなどの対応技術の高度化を図る。	寒冷害、干害を防止する各種対応技術の高度化
		生産予測手法の高度化
		濃霧、ひょうなどの対応技術の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・異常低温、異常少雨についての解析を進め、その発生機構についての研究が進められている。
- ・北海道の冷害発生の主因である偏東風に対して、防風林や防風網による減風が水温や植物体温の上昇に効果のあることが明らかにされ、被害軽減に大きく役立つことが明らかにされた。また、北陸地域における越冬野菜の雪害機構が研究されている。
- ・中山間地の気候資源の評価を地形因子解析法に基づいて行うソフトウェアが開発され、その高化のための簡易施設の導入の適否を検討するシミュレーションプログラムも開発された。あわせて、中国野菜の気象生態反応から栽培適地を判定する手法が開発された。
- ・寒冷で積雪が少ない地域が寒害危険地帯であることが明らかにされた。特にスギに関しては地形や気象条件との関係が判明したので、今後の造林法が検討されている。
- ・スギ凍害被災木の凍傷痕起源の材内劣化過程が実験及び実態調査から明らかにされた。また、凍傷痕の周囲の変色部に、穿孔性害虫を誘因する物質が見いだされた。
- ・大麦の雪腐病抵抗性機構の解明を生態的特性と生理的特性の両面から行うとともに、雪腐病抵抗性系統の探索を行い、有望な17品種・系統の選定が可能となった。
- ・陸稲新品種の開発のために酸性害と干害の実態を根の生理・生態的調査から明らかにし、上記ストレスに対する陸稲の抵抗性遺伝資源の評価と抵抗性機構の解明を目的とした研究が行われている。

- ・異常気象を予測し、それによって生育予測及び被害の軽減を計るために、現象とそれに対する農作物の応答の研究との両方からの研究が必要であり、基礎研究が進められている。
- ・59寒波によるスギ・ヒノキの寒害について、10年周期の再現期間を予測し、被害木の全面改植よりも被害部分のみを切除する方法が、耐寒性林分の早期育成に寄与することが実証された。
- ・ダイズの発育・生長予測モデルの開発が進められており、高精度な予測が可能になりつつある。これにより、予測される異常気象条件下での生産予測が行われるようになった。
- ・気象環境と樹木のストレス発現機構の関係解明と、その診断、測定法の検討が行われている。

- ・濃霧、ひょう等への対応について研究が進められ、特に0℃以下の過冷却霧に対しては既に人工消散の基本的な技術が確立された。しかし、温暖な霧に対しては、ひょうに対すると同様、実用的な技術的進歩は見られない。
- ・直交二偏波レーダによる降水粒子の形態識別手法が開発された。これにより、降ひょう域のリアルタイムでの監視が可能となった。
- ・キャベツの凍害の発生に植物体内の糖濃度が、またキュウリの高湿障害の発生に土壌水分と空気湿度が関与していることが明らかにされた。

#### IV. 総合防災に関する科学技術

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 都市の防災化のための技術	1-1 都市構造の防災化技術の高度化 都市災害の事例解析、災害危険度の地域別評価手法の高度化、ライフラインの被害分析手法と防災化手法の高度化、工場地区及び臨海地域における都市災害の分析と対策手法の開発などを進めることにより、都市構造の防災化技術の高度化を図るとともに、都市計画、施設配置計画等の計画技術の高度化を図る。	都市災害の事例解析
		災害危険度の地域別評価手法の高度化
		ライフラインの被害分析手法と防災化手法の高度化

- ・都市河川の氾濫・丘陵地帯の開発地における斜面崩壊・軟弱地盤地域の地震災害等、都市の新しい災害事例の科学的な調査が精力的に行われ、災害の連鎖性、災害からの復旧状況等の解析がなされ、防災対策の見直しに利用されている。しかしながら、災害の様相は社会の進展に伴い変化していくので、今後ともこの種の解析は解析手法の新たな展開、精度の向上を含めて継続することが必要である。
- ・具体的な事例としては、大正12年関東大震災、昭和39年新潟地震、昭和53年宮城県沖地震等の被害事例をもとにしたライフライン機能に及ぼす災害の影響についての調査の他、昭和58年の日本海中部地震、昭和59年の世田谷ケーブル火災、平成元(1989)年のロブリーク地震、平成2(1990)年のフィリピン地震、平成5年の釧路沖地震等の際の都市災害状況についての現地調査が行われた。これらの調査結果の一つとして、特に都市開発における地盤条件の重要性が指摘され、これを考慮にいたした都市開発方策の研究が大きな課題であることが明らかになった。
- ・地盤特性が異なる支持地盤に跨がる、すなわち異種支持地盤状態にある高架橋や橋梁、建物等の被害事例分析が進められ、構造物の地震時の変形形態が地盤構造と密接に関係していることが明らかになりつつある。
- ・地震災害については我が国の都市防災を検討する上で有益な被害事例が乏しく、都市計画や地域開発の在り方にまで言及した調査が少ない。また、各々の災害を調査するに当たって、共通の調査フォーマットを整備する等をして、それぞれの災害における調査結果の比較検討が可能なように今後していく必要がある。

(応急対策を目的とした被害想定手法開発)

- ・都市の災害危険度評価は、災害の要因である都市構造の災害脆弱性と誘因である外力の発生を確率的に評価することにより行われているが、都市構造の複雑化により考慮すべき要素が質・量ともに増大し、その内容も変化しつつあるため、これまでの設計モデル中心から物理モデル中心へ、構造物の強度評価中心から都市機能の障害評価中心へと、より現実的で信頼度が高い手法への改善の努力が行われている。
- ・物理的被害想定において社会的ファクターが考慮されるようになったが、地域によって基本的な社会情報に精粗があり、各地域における被害想定を行う上で基礎となる手法が構築できない点は解消していない。

(中長期的視点に立った防災計画策定を目的とした地域危険度評価手法開発)

- ・災害が都市機能に及ぼす影響を調査し、都市部と都市部以外の災害の影響度合の相違について検討し、地域に応じた災害危険度の評価手法を作成する研究が実施されつつある。
- ・マイクロゾーニングやハザードマップの技法が多種開発されているが、災害事例研究と並行してこれらの技法の実証、高度化が必要である。特に都市域における液状化判定、都市の災害ポテンシャルの研究開発(高度化を含む)が必要である。

- ・都市のライフライン系は、広域ネットワークを構成することから、災害時には単体の構造物からなる施設と比較して種々の複雑な挙動を示す。ライフライン防災工学の発達とともにライフラインの被害分析手法も高度化され、個々のライフライン施設の強化、ネットワーク構成の強化、早期復旧戦略の策定といった、独自の防災化の手段が体系化されてきた。現在は、個々のライフラインの防災に加え、ライフライン間の相互連携を考えた都市ライフライン全体系の防災が重要課

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 都市の防災化のための技術 （続き）	1-1 都市構造の防災化技術の高度化 （続き）	ライフラインの被害分析手法と防災化手法の高度化（続き）
		工場地区及び臨海地域における都市災害の分析と対策手法の開発
		都市計画、施設配置計画等の計画技術の高度化

題となっている。しかし、それらを構成している各部分の設計手法、建設時期の差等により、確定論的アプローチでは被害予測が難しく、確率論的手法での解析が行われ始めているが、その精度については議論があり、データに依存しているのが現状である。

- ・防災対策としてキーとなる部分の対策の高度化が中心に進められ、順次拡大されている。今後とも、被災する可能性を有しているため、被災復旧手法の高度化とリンクした災害防止手法の高度化が必要である。また、都市ライフライン全体系の防災体系化は重要な課題であるが、現実にはこの問題に強力なリーダーシップをとれる実務機関がないとの問題がある。
- ・複数のライフラインの同時ダメージに的確に対応できる方針を明確化し、補助システムを実用化しておくことが、非常時にきわめて有効である。具体的例として、①各ライフラインが自立的に果たすべき最低限の非常時機能、②電力や通信のような各ライフライン及び社会復旧活動に必須な要素の抽出と各ライフライン間の相互依存関係の明確化、③どのライフラインをどの地域で優先的に回復させるのかというようようなライフライン間の優先順位関係、④地域的に分断された時の連携方法等がある。
- ・大規模地震による都市ガス導管の被害状況を推定し、緊急措置判断を支援する「地震時被害推定システム」が開発された。また、これに関連した液状化センサ、SIセンサ（SI値：地震によって一般的な建物がどのくらい大きく揺れるかを表す値）が開発されている。
- ・ライフラインの機能損失と復旧予測プログラムについては、モデルが提案されている事例が少なく、企業内では問題解決した事例はおおむね機密に属するため非公開性が高く普及を阻害している。平成3年の台風19号による大規模停電の都市機能への被害波及について調査がなされているが、その結果はあまり公開されていない。

- ・この問題は、工場地区と臨海地区がかかえる軟弱地盤対策の問題と、工場プラントにおける個別防災問題に分けられる。
- ・軟弱地盤対策については、地震時の液状化対策工法の発達は著しいが、なお大地震時の軟弱地盤の側方流動の定量的評価は重要な研究課題であり、側方流動がもたらす構造物への影響についても理論的・実験的研究が精力的に行われている段階である。側方流動、不整形地盤の動的解析技法等について早急に検討する必要がある。また、液状化対策が点として実施されており、今後は面としての対策法の開発が望まれているが、コストの問題もあり実現化が困難な状況にあり、特に復旧工法の開発を含め多くの問題が残されているため、研究の進展が望まれる。
- ・個別防災問題では、個々のプラントの対策信頼度評価手法とともに、発災時の対応技術の研究が盛んであり、火災ロボットの開発などはその例である。火災対策、ガス対策等残された課題は多い。
- ・ウォーターフロント、埋立地に産業基盤を持つ企業では、水防対策が重要課題であるが、対応の仕方はまちまちでその実態を網羅的に把握することが難しい。

- ・火災拡大、煙流動延焼拡大等の解析手法が開発され、解析対象領域の拡大、解析精度の向上等により地域計画等への利用が可能なレベルに達しつつある。今後とも各種災害形態を考慮した総合災害予測手法の開発を行い、計画技術の高度化を行うことが必要である。
- ・実用的な市街地延焼拡大予測システムが開発され、この結果に基づいて効果的な避難誘導情報を計算するシステムが構築されたことにより、広域避難地の配置計画を比較評価するための基本的環境が整った。

基本計画（昭和56月7月22日）		研究開発項目
1. 都市の防災化のための技術 （続き）	1-1 都市構造の防災化技術の高度化 （続き）	都市計画、施設配置計画等の計画技術の高度化 （続き）
	1-2 大都市災害の社会、経済に与える影響の予測・解析 巨大地震等によって大都市災害が発生した場合の国全体の経済及び国民生活に与える影響を予測・解析する手法を開発するとともに、中枢管理機能等の保全、代替に関する技術及び手法の高度化を図る。	影響を予測・解析する手法の開発  中枢管理機能等の保全、代替に関する技術及び手法の高度化

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・マイクロゾーニングに基づく合理的な土地利用計画策定手法が検討されている。現行の法令・基準等では、「地盤に応じた技術基準」（基礎、工法等）が中心となっている。建築物や都市施設の構造上の基準の改善等の対策は重要であるが、これを補完する形で、マイクロゾーニングの成果を活用して、地盤性状に応じて土地利用計画等の立案を行い、最も安全かつ経済性の高い土地利用計画へ規制・誘導して個々の建造物の耐震設計に役立てることが重要である。このためにはマイクロゾーニングを考慮した土地利用計画の策定が不可欠であるが、現在のところ研究的な蓄積は少なく基礎的な検討から始める必要がある。
  - ・地下空間の高度建設技術の発展を予想し、地下空間での火災時の火災拡大挙動、煙の流動挙動の解明に関する研究が行われている。また、現在は地下やトンネル内は漏洩同軸ケーブルで電波空間を実現しているが、増幅器等を使用しているものは電源がなくなると十分機能しなくなり、携帯無線は構造物内の広い範囲での通信ができなくなる。このため、地下空間における防災面を考慮した、無線電波を通す地下構造物とそれに適した無線通信方式の開発が重要である。
  - ・都市計画に防災問題を系統的に組み込む手法については今後の研究に待つ点が多い。特に、環境問題と同時に防災問題についても「環境アセスメント」のように「防災アセスメント」というべき分野が重要となっている。それは、個々の防災研究成果を集大成する中で枠組みが作られるべきものであり、多くの分野の協力が必要である。防災アセスメントは既に一部で取り込まれつつあるが、その手法について開発・高度化を図る必要がある。
- 
- ・災害の工学的予測手法は過去において次第に発達を遂げ、今後なお多くの努力を要するとはいえ、都市の変貌に即した被害予測手法への脱皮も図られつつある。また、発災から、災害状態からの回復までを災害状態として把握、その間の連鎖や社会的影響についての研究が端緒をついた。
  - ・地震・豪雨等の自然現象に基づく一次的な被害の予測については、これまでの着実な研究により相応の成果があげられ、被害想定等行政的なレベルでの活用が図られている。一方、社会・経済的な影響の予測手法については、産業連関表を活用した経済的被害波及の予測等の研究努力がなされているが、実用的な成果が得られているとはいえない。また、そもそも影響をどの範囲でとらえるかということで結果が大きく変わることもある。社会・経済的影響に関する領域の範囲を明確にする必要がある。単なる被害予測ではなく、災害発生時から復旧終了に至るまでの各ステージに応じた予測モデルの構築が必要である。また、被害予測モデルの経済的側面が十分とは言えない。この分野に関しては、建築・土木的な観点だけではなく、他分野の専門家を含めた学際的な対応が必要である。
- 
- ・中枢管理機能の防災対策の基本は、中心施設の防災強度の向上、被災時のバックアップ機能の確保、及び中枢施設に対する振動制御技術の適用、バックアップ施設の設置、ライフラインネットワークの冗長化等の手法がある。これらはいずれも多くの費用を要するため、低コスト化の研究とともに、施設の最適化の手法の研究が必要である。
  - ・日本では危機管理に対するコンセンサス、中枢管理機能の果たすべき機能に対する要求の明確化が図られておらず、また、危機管理に当たっての優先度・重要度判定には、利害得失も関係するため、研究面・学術面での成果と実務にはギャップがある。コンセンサス作りの場が必要である。今後の研究開発に期待するところが大きいですが、明確な成果は得られていない。

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
1. 都市の防災化のための技術 （続き）	1-3 都市復旧技術の高度化 巨大地震時の被災施設等に関する被災 度判定手法を確立するとともに、各種構 造物及びライフラインの復旧技術の高度 化を図る。 また、都市機能を早期に復旧させるた めの資機材、人員等の配備・供給システ ム及び各種ネットワークの分割・統合化 手法の高度化を図る。	被災度判定手法 の確立
		復旧技術の高度 化
		資機材、人員等 の配備・供給シ ステムの高度化
		各種ネットワー クの分割・統合 化手法の高度化
2. 地震時の輸送機関等の制御 技術	2-1 早期検知警報技術の開発 海溝型巨大地震の発生を震源近くの海 底で検知する信頼性の高い地震計を開発 するとともに、伝送技術を確立し、これ らを用いて、瞬時に地震規模を判定し、 早期警報を発する技術を開発する。	震源近くの海底 で検知する信頼 性の高い地震計 の開発  伝送技術の確立

- ・橋梁等の公共構造物や都市の建物の地震直後の被災判定法については、耐震設計のための研究の蓄積を基礎にさらに損傷を受けた構造部材への耐力に関する実験的研究を加えて、判定法の基本は確立されつつあり、そのマニュアル化も行われている。ただし、判定をする者の立場、構造物の違い等により判定結果に差が生ずる等、統一的な判定手法の研究開発が必要である。それらを災害後の混乱期に実際に適用するための技術的事項の整備、そのためのデータの蓄積が必要とされている。
- ・大震災時の緊急対応を考えると迅速大量の調査判定活動が必要となるが、人的・物的資源の有効な活用手立てがまだ確立されていない。

- ・ライフラインの復旧技術は、個々の構造要素のハードな復旧技術に加え、被害の早期発見のためのモニタリング技術、復旧スケジュールの管理等、ソフト面の技術開発が重視されており、そのための基礎研究が進んでいる。このような制御管理技術を被災後の緊急時の問題として位置づける研究の進展が期待される。
- ・災害時情報の早期収集・解析システムの開発により、早期復旧対策を講ずる道が拓けている。また、復旧技術も応急復旧と恒久復旧にわけて実施されており、今後はこれらをより有効に運用し、災害期間短縮化への努力が必要である。
- ・地震災害の発生に伴い二次災害防止のためにガスの供給停止を行った場合、安全かつ速やかなガス供給が再開できるよう、導管の被害予測、復旧計画の支援及び実作業の支援を行う復旧支援システムが開発されている。また、発生した自然災害によって、どこの構造物にどれだけの被害がもたらされたかを速やかに自動推定する災害・復旧支援システム「ヘラス」が開発されつつある。ヘラスは将来的にはさまざまな自然災害に伴う被害に対応できるよう機能向上が図られるが、ユレダスから地震情報を受け取った地震部分のプロトタイプは完成している。

- ・道路施設の復旧技術に関して、震災の程度に応じて必要とされる復旧資機材の配備方法及び早期展開を目指した復旧戦略を解析できる道路ネットワーク解析手法を開発した。本手法を用いて、道路ネットワーク特性に応じた復旧戦略の最適化等について検討されている。

- ・ライフライン系の防災では、早期復旧に必要なネットワークの重要性の評価手法の開発、重要度に応じた耐震性レベルの設定技術等に関する研究が実施されている。ネットワークの冗長化による被害波及の回避、ブロック化による被害の局所化の手法が開発され、大都市のライフラインシステムに適用されてきた。今後はその一層の普及を図るため、これらのネットワーク処理の最適化手法の研究が要請される。ネットワーク解析等ライフライン地震工学の成果は必ずしも防災の実務に適用されているとはいえ、ギャップがある。

- ・海底地震計は微小地震計としては開発がなされており、今後も敷設が予定されている。しかし、強震計については1例の開発が試作されたのみであり、今後更なる開発が望まれる。

- ・無線、有線、人工衛星利用のいずれについても技術はほぼ確立されている。ただし、深度によっては経済性の問題が大きく、消費電力の低減や高信頼化、低価格化等実用技術の完成度を上げる

基本計画（昭和56月7月22日）		研究開発項目
2. 地震時の輸送機関等の制御技術（続き）	2-1 早期検知警報技術の開発（続き）	瞬時に地震規模を判定し、早期警報を発する技術の開発
	2-2 輸送機関等の非常時の制御技術の高度化 地震時における新幹線、地下鉄、高速道路などの制御技術、エレベーター、コンピューターなどの制御技術、及び病院等の生命維持機能の制御技術の高度化を図る。	制御技術の高度化
	2-3 危険物・有害物の取扱い施設の非常時の制御技術の高度化 地震時における大量危険物、有害物の取扱い施設の制御技術の高度化を図る。	大量危険物、有害物の取扱い施設の制御技術の高度化

開発がさらに必要である。

- ・リアルタイムで地震規模を判定しようとする研究は最近大きな注目を集め、都市域全体の地震防護システムとして研究の対象にとり上げられつつある。また、地震学の分野でも、リアルタイム地震学なる表現で、新しい領域として提唱されている。これについては、通信衛星を利用したモニタリング技術等、今後の進展が大いに期待される。
  - ・揺れ始めの小さな振動で即座にその地震の規模を推定し、地震の危険性と警報を出すべき地域を判定し、必要な所だけに警報を出すインテリジェント地震警報システム「ユレダス」が開発されている。これは、地震に対する新幹線の防護システムとして利用されている。現在、ユレダスは東海道新幹線のための14検知点、青函トンネルのための4検知点が実用化されたものであるが、研究開発用として、首都圏には5検知点等が稼働している。
  - ・川崎市でも独自の早期警報システムの開発を行っている。民間においても早期警報システムの有用性・社会への影響調査等を行い、受け入れの可能性について検討が行われている。早期警報の技術的可能性については既に開発済みと判断されるので、今後はこれらのシステムを社会に適用していく方法及び警報そのものの質の向上に向けた研究開発が重要である。
  - ・早期警報に対する社会の要請、影響等についての研究が行われている。誰がどのような資格で情報を流すのか、予測が的中しなかったときの補償はどうするのか、予測した結果をどう迅速に社会に知らせるのが課題である。また、リアルタイム予測情報が流れた時の社会的インパクトについても大きなテーマである。
  - ・耐力評価や災害発生ポテンシャルの評価に用いる計測器のひとつとして携帯型振動計測器が試作された。また、有効土圧/間隙水圧計、水位計、地中音集音管、2次元マイクロホンアレイによる音像可視化装置の新しいセンサが開発された。
- 
- ・地震時の交通施設の制御の要点は、交通施設自身の地震の被害による安全性阻害の回避と、緊急時の輸送機能の確保の2点にある。前者については、各種センサー技術、計算機の制御手法の導入により、技術的には相当高度に対応可能となっている。しかしながら、交通網のように広範囲に対応を迫られるシステムにあっては、今後とも多くの開発課題を残している。後者については被害の早期発見の支援システム（エキスパートシステム）の開発が進められているが、まだ基礎研究段階にある。都市系交通システムにおけるモニタリング、情報処理、情報伝達、影響の総合的な防災システムの提案は、今後の重要な研究開発課題である。
  - ・首都圏に構築している研究用ユレダスからの地震情報を、一般のユーザに対してもファクシミリを通じて自動発信する試験的な業務が実施されている。これを通じて、防災情報の有効活用法について検討が始められた。地震の早期検知警報技術の他の機関・施設の制御への活用が期待される。
- 
- ・必要性の割には新たな展開の図られなかった技術分野の一つである。また、研究者もほとんどいない現状である。国等が中心となったプロジェクトの設立が望まれる。

基本計画（昭和56月7月22日）		研究開発項目
3. 二次的災害防止のための技術	3-1 都市の大火防止技術の高度化 巨大地震時における出火機構、延焼拡大機構及び大火現象の解明を行うとともに、都市における延焼遮断帯の配置手法の研究、不燃難燃建築設計技術の改良、火災気流の性状解析などにより火災拡大防止技術及び消防技術の高度化を図る。	出火機構の解明
		延焼拡大機構及び大火現象の解明
		都市における延焼遮断帯の配置手法の研究
		不燃難燃建築設計技術の改良
		火災気流の性状解析など

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

- ・巨大地震時における出火率には統計的な手法が使われる一方、火気の使用環境を考慮し、個別火源からの出火メカニズムに基づく出火率算出の方法が開発された。
- ・これにより、地震後1時間以内における多発火災の時間的発生分布を求めるとともに、これを利用して地震後初期の火災発生状況を推定する方法が考察された。
- ・火災事例が少ないので、現代生活における地震時の出火プロセスの解明が不十分である。また、高齢化社会や高度情報化社会等、社会構造の変化に追従できる予測手法の構築が不可欠である。
- ・地震発生時の出火状況に鑑み、着火物となるような物品の難燃化に関する研究が行われている。

- ・これまでに浜田式や堀内による改良式等の提案により、木造家屋地域での延焼問題の扱い方法は確立している。また、近年、コンクリート構造物が混在する場合の焼け止まりの構造等が解析された。しかし、火災旋風等が関連するような複雑な場合については未解明の点が残し、また超高層ビル等では立体的延焼が個別問題として扱われている。
- ・近年の火災事例及び飛び火を考慮した延焼拡大予測手法が開発された。現在の市街地構造を反映した延焼拡大機構を解明するためには、事例研究が有効な手段であるが、昭和51年の山形県酒田市大火以来、市街地大火が発生しておらず、提案されている各手法が検証できていない。通常火災と市街地火災の大きな差の一つに炎の合流現象があり、市街地大火に至る過程で炎が合流し、大きな輻射熱発散源として火災の進展に大きな役割を果たしている。「大火に至るか否か」を判定する場合には、この点が重要な判断基準になるのであるが、上記モデルを含めこれを客観的に評価したものがない。また、市街地の中で耐火建築物が火災時にどのような役割を果たすのかについてもすみやかに検討する必要がある。さらに、火災旋風、飛び火の挙動についても研究を推進していく必要がある。
- ・都市の近代化とともに、燃料が固形燃料から液体・気体燃料を主とする都市構造となり、これにより大火の形態が共同溝や建物、地下街における爆発連鎖等が無視できなくなっている。

- ・樹木と水幕設備を併用して市街地大火の延焼を防止する方法の延焼防止効果について検討し、この方法が乾燥強風下の火災に対して有効であることが示された。
- ・都市防火区画計画の策定手法ならびにその区画を囲む延焼遮断帯の設計の策定手法が作成され、その成果が例えば東京都防災生活圏構想等に活かされている。代表例である東京白鷺地区は、用地手当の困難さや住宅環境の改良への要請という観点から、公園整備、河川堤防の整備等と組み合わせる手法へと重点が移行しつつある。都市の社会事象の変化に対応するように都市防火区画の必要性も含め見直しを図っていく必要がある。

- ・木造建築の防火構造化は、ツーバイフォー構造の開発と並行して進められ、一定の成果を挙げてきた。また、大規模ビルについてはかなり満足すべき水準に達している。問題はむしろ現在も多数残る老朽・不良住宅や昭和35年頃までのRC建物で、これらのリハビリテーションのための技術開発が重要課題となっている。

- ・火災旋風の発生機構についての基礎実験が実施された。地形、燃焼物の配置等の個々の環境条件下で、発生する火災旋風の特徴が明らかにされた。
- ・飛び火、火災旋風等が今後の大火対策の要の一つであるが、科学的データの不足が課題になっている。また、建物内の火災気流の問題は主としてシミュレーション手法により扱われ安全装置の

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
3. 二次的災害防止のための技術（続き）	3-1 都市の大火防止技術の高度化（続き）	火災気流の性状解析（続き）
	3-2 都市の水害防止技術の高度化 巨大地震時における都市のゼロメートル地帯等の水害発生と拡大との過程を解明するとともに、その防止技術の高度化を図る。	都市のゼロメートル地帯等の水害発生と拡大との過程の解明  防止技術の高度化
4. 災害時の人間行動への対応技術	4-1 災害情報伝達技術の高度化 予知・予測及び災害情報の社会・経済に及ぼす影響の評価、予知情報等に対する個人、家族、地域組織の対応の心理学的、社会学的反応とその最適化方式などに関する研究を行い、緊急時におけるこれらの情報の伝達技術の高度化及び非常緊急体制への切替えの最適化手法の高度化を図る。	社会・経済に及ぼす影響の評価に関する研究
		心理学的、社会学的反応とその最適化方式などに関する研究
		緊急時における災害情報の伝達技術の高度化
		非常緊急体制へ

- 設計の基礎として用いられる。
  - ・地下利用空間で火災が発生した場合の火災気流の研究が行われている。
- 
- ・2次元不定流氾濫シミュレーションモデルによる氾濫解析が一般的となり、精度向上、入力データ作成の簡略化が図られている。
- 
- ・地下空間と河川を利用するための技術的課題の解決に向けて、地下河川の流下能力についてリスクの観点から評価がなされた。しかし、宅地・造成地の防災基準が明確化されていない。
- 
- ・アンケート調査が一時的でその後の追跡がなされていないように思える。被災後数年間にわたって地域の社会構造に与えた影響の調査が必要である。平成3年の台風19号の際に、九州北部4県の住民を対象とした災害時の行動アンケート調査は貴重な情報を包含している。
- 
- ・避難警報の発令や伝送技術等、災害情報の制御と伝達に関する心理学的、社会学的研究についてはこれまで顕著な蓄積が行われている。送り手と受け手の間のギャップとその改善のための情報内容の吟味は、現在も重要な研究課題として議論されている。また、災害時に発生する輻輳による情報ネットワークの障害については、輻輳に対する各種の制限を設ける場合の心理的影響と社会的許容度や総合メリット等の定量的研究が必要である。
  - ・いままでは東海地震の警戒宣言発令時の社会的影響や人々の対応に焦点を当てた研究が多かったが、今後はこうした直前予知ばかりでなく、予知技術の発展段階に応じて、中長期予知の影響や曖昧な形の予知情報が出された場合の人々の行動等、複雑な問題が出現することが予想される。また、人々に対して地震予知・火山噴火予知の現状をどう理解してもらうか、社会的混乱を最小にとどめ、なおかつ災害発生時の被害を極小にするには、予知情報をいかに伝えるべきかということについても検討する必要がある。
- 
- ・地方公共団体における災害情報収集の実態を整理するとともに、災害情報の内部伝達、他の防災関連機関との情報交換、住民への情報伝達等の手段の在り方についての検討がなされた。地方公共団体の決定する対策・指示は最終的には職員・関係機関、住民への情報伝達が確実・迅速に行われる必要があり、フィールドテスト、防災訓練で試されているが、今後個々の現場に合わせる等改良する必要がある。また、突発的な災害に対して担当職員の処理能力を超えるような対応を迫られた場合に支援できる情報処理システム（防災エキスパートシステム）の開発等も必要である。
  - ・大規模災害時の広報手段としての防災スピーカーの聴取障害改善に関する研究が行われている。
  - ・主に高齢者を対象として、震度5以上の地震が発生したときに自動的にスイッチが入り地震時の心得を放送し、次いで自動的にラジオに切り替わり、なおかつ避難が必要などときには容易に持ち運びができて、懐中電灯も付いているという防災情報機器が試作された。聴覚障害者のために振動で情報を送る装置もついており、いずれ市販が予定されている。

基本計画（昭和56月7月22日）		研究開発項目
4. 災害時の人間行動への対応技術（続き）	4-1 災害情報伝達技術の高度化（続き）	の切り替えの最適化手法の高度化
	4-2 群集の避難誘導技術の高度化 災害時における集団心理などによるパニックの発生機構の解明を行うとともに被害の拡大予測を行いつつ避難誘導を行うシステムの高度化を図る。さらに、避難困難な者を保護するための防災シェルターの開発を行う。	パニックの発生機構の解明
		被害の拡大予測を行いつつ避難誘導を行うシステムの高度化
		防災シェルターの開発
	4-3 大災害時の救護システム及び生活機能維持技術の高度化	救護システム及び生活機能の維

- ・ターミナルやデパート等、不特定多数の大群集が高密度で存在する公共空間は、災害時にパニック発生の潜在要素をかかえている。個々の施設における災害シミュレーションやそれに基づく避難計画・訓練等は普及しつつあるが、大都市ではこのような空間が管理区域を超えて連続的に存在するところから、これから複合空間の管理の問題を解明する研究が今後の課題である。
- ・諸外国の例では、大地震等災害時のパニックは地下街等不特定多数の集合する施設で、地震と同時に火災が発生するとか、地震によって構造物が倒壊しかけるといった条件のもとで発生するようである。我が国の例では、小規模な社会混乱は起こっており、外が見えない等施設の閉鎖性が強く、かつリーダーがいない場合に混乱が強くなるようである。
- ・ラッシュアワーのターミナル等の災害事例が少ないので科学的検討が加えにくい。

- ・地震後の出火を迅速に検知するシステム、市街地火災の延焼予測をするシステム、延焼拡大予測結果を用いて人的被害を最小とする動的な避難誘導支援システムの開発が行われた。この内「地震後の出火を迅速に検知するシステム」は基礎的検討段階であり、迅速な情報処理等の検討が残されている。また、実際の現場に延焼拡大予測システムや避難誘導支援システムを導入していくためには、同システムの精緻化や使い易さを推進していく必要があるが、この他、これらのシステムへの入力条件となる災害関連情報をどのように合理的に入手するか、また処理された結果に基づく意志決定を住民・関係機関にどのような手段で確実、迅速に伝達していくかが大きな問題である。
- ・ホテルやオフィスビル等大規模建築物の火災時の避難誘導を行うために必要な火災性状把握システムが開発されている。
- ・人文・社会系の研究では、一般に警報に対する人々の反応は鈍く避難は遅れがちであること、増水や火災の煙等災害現象が見える時、過去に大きな災害を経験した地域を除けば、人々の避難率は一般に低いことが明らかになっている。また、地震火災を中心に工学系では避難行動のシミュレーションが盛んに行われ、災害発生時の群集流動の予測に一定の成果をあげている。今後は、人文・社会系と工学系を総合した研究が必要である。
- ・複合用途大規模構造物では、避難計画をたてても避難訓練が実施されにくいという問題があり、これを解決する工夫が必要と思われる。また、水害については浸水実績図や神奈川県アボイドマップ等、一般に入手しやすい形で公開されているが、今後避難誘導を行うためのシステムの更なる高度化が望まれる。

- ・都市大火時に防災シェルターが備えるべき性能（主として防火性能）について分析が行われた。
- ・避難困難な者とそうでない者を混乱時にどのように仕分けるのか。ハード技術以前にそのような議論が必要であり、その上で防災シェルターの必要性を考える必要がある。

- ・大都市の中心市街地では地震により大量の帰宅不能者がでることが予想され、そのような場合に都市公園を有効に活用するための方策が検討された。特に、昼間人口が集中する地域での公園・

基本計画（昭和56年7月22日）		研究開発項目
4. 災害時の人間行動への対応技術（続き）	大災害時における救護システム及び生活機能の維持技術の高度化を図るとともに、食料、飲料水、医薬品等の確保と供給システムに関する研究を進める。	持技術の高度化
		食料、飲料水、医薬品等の確保と供給システムに関する研究

## 研究開発の成果・進捗状況及び課題

広場等の施設の管理面での問題を含めた対応が必要である。また、防災公園をはじめとする広域避難者の受け入れ体制を確立するとともに、交通手段の途絶による帰宅困難者の徒歩による帰宅の支援、地震により住居に留まることができなくなった住民の収容等を円滑に進めるために、広域避難地の管理運営体制を確立する必要がある。

・緊急車両についてインテリジェント化が進みつつある。

・地震等の大規模災害時における飲料水の確保については、緊急用貯水槽の設置や配水池容量の増強、水道事業体間の連絡管の整備等による給水拠点機能の確保と、応急給水用資機材等の備蓄が進められている。また、大規模災害時の供給システムについては、地震に対する給水の安定性を向上させるため、配水管網のブロック化や大深度地下空間を利用した水道施設の整備等の研究開発が進められている。今後は、水道施設の耐震化をなお一層進めるとともに、応急給水体制の確立に向けて積極的に施設整備を進めていく必要がある。

## 2. 科学技術会議等構成員リスト

# 科 学 技 術 会 議

議 長 内 閣 總 理 大 臣 細 川 護 熙

議 員 大 藏 大 臣 藤 井 裕 久

同 文 部 大 臣 赤 松 良 子

同 經 濟 企 画 庁 長 官 久 保 田 真 苗

同 科 学 技 術 庁 長 官 江 田 五 月

同 日 本 学 術 会 議 会 長 近 藤 次 郎

同 ( 常 勤 ) 森 亘

同 ( 常 勤 ) 大 澤 弘 之

同 (日本電信電話(株)顧問) 北 原 安 定

同 (日本電気(株)社長) 関 本 忠 弘

同 (関西電力(株)副会長) 森 井 清 二

## 政 策 委 員 会

委員長	森 巨	科学技術会議議員（常勤）
委員	大澤 弘之	科学技術会議議員（常勤）
同	近藤 次郎	科学技術会議議員（日本学術会議会長）
同	北原 安定	科学技術会議議員（日本電信電話株式会社顧問）
同	関本 忠弘	科学技術会議議員（日本電気株式会社社長）
同	森井 清二	科学技術会議議員（関西電力株式会社副会長）
同	飯田 庸太郎	三菱重工業株式会社会長
同	飯塚 幸三	株式会社クボタ専務取締役
同	伊藤 昌壽	東レ株式会社会長
同	猪瀬 博	学術情報センター所長
同	岸 國平	東京都立立川短期大学学長
同	高原 須美子	経済評論家
同	田中 郁三	学位授与機構長
同	宮崎 弘道	株式会社第一勧業銀行顧問

## 防 災 科 学 技 術 部 会

部会長	大澤 弘之	科学技術会議議員
議員	近藤 次郎	科学技術会議議員
同	森井 清二	科学技術会議議員
専門委員	浅井 富雄	広島大学総合科学部教授
同	伊藤 和明	文教大学国際学部教授 (日本放送協会解説委員)
同	伊藤 滋	慶応義塾大学環境情報学部教授
同	猪瀬 博	学術情報センター所長
同	植原 茂次	科学技術庁防災科学技術研究所長
同	岡部 慶三	帝京大学文学部教授
同	小川 克郎	通商産業省工業技術院地質調査所長
同	片山 恒雄	東京大学生産技術研究所教授
同	門脇 俊一郎	運輸省気象研究所長
同	小林 俊一	新潟大学積雪地域災害研究センター教授
同	坂田 俊文	東海大学情報技術センター所長
同	佐藤 邦昭	鹿島建設(株)顧問
同	白石 英彦	前農林水産省農業工学研究所長
同	住吉 幸彦	建設省土木研究所長
同	高木 章雄	東北大学名誉教授
同	高橋 裕	芝浦工業大学工学部教授
同	田村 喜子	作家
同	椿原 正博	セコム(株)副社長
同	寺本 和子	住宅・都市整備公団関連施設・交通部調査役
同	奈須 紀幸	放送大学教授
同	萩原 幸男	日本大学文理学部教授
同	谷野 信義	東海大学開発技術研究所教授 (前郵政省通信総合研究所長)
同	光田 尊	京都大学防災研究所教授
同	宮脇 陸	日本電信電話(株)常務取締役研究開発本部長

## 第一分科会

主査	高橋 裕	芝浦工業大学工学部教授
専門委員	浅井 冨雄	広島大学総合科学部教授
同	太田 猛彦	東京大学農学部教授
同	古賀 晴成	運輸省気象研究所予報研究部長
同	合田 良実	横浜国立大学工学部教授
同	小林 俊一	新潟大学積雪地域災害研究センター教授
同	首藤 伸夫	東北大学工学部災害制御研究センター長
同	高橋 保	京都大学防災研究所教授
同	高山 知司	運輸省港湾技術研究所水工部長
同	竹田 厚	科学技術庁防災科学技術研究所 総括地球科学技術研究官
同	中尾 忠彦	建設省土木研究所河川部長
同	萩野 静也	農林水産省水産工学研究所水産土木工学部長

## 第二分科会

主査	萩原 幸男	日本大学文理学部教授
専門委員	飯田 裕	建設省土木研究所地震防災部長
同	石田 瑞穂	科学技術庁防災科学技術研究所 地圏地球科学技術研究部地震活動研究室長
同	伊藤 和明	文教大学国際学部教授 (日本放送協会解説委員)
同	上田 茂	運輸省港湾技術研究所構造部長
同	岡田 弘	北海道大学理学部助教授(有珠山観測所長)
同	北川 良和	建設省建築研究所国際地震工学部長
同	佐藤 邦昭	鹿島建設(株)顧問
同	高木 章雄	東北大学名誉教授
同	村上 雅也	千葉大学工学部教授

### 第三分科会

主査	伊藤 滋	慶応義塾大学環境情報学部教授
専門委員	井上 友二	日本電信電話(株)通信網総合研究所ネットワーク アーキテクチャ研究部長
同	大谷 圭一	科学技術庁防災科学技術研究所防災総合研究部長
同	梶 秀樹	国際連合地域開発センター所長
同	片山 恒雄	東京大学生産技術研究所教授
同	小出 治	東京大学工学部教授
同	西郷 武	損害保険料率算定会常務理事
同	佐藤 公雄	自治省消防庁消防研究所研究企画官
同	澤田 義博	(財)電力中央研究所我孫子研究所上席研究主幹
同	竹内 正明	(社)日本ガス協会常務理事
同	椿原 正博	セコム(株)副社長
同	廣井 脩	東京大学社会情報研究所教授
同	松浦 章夫	(財)鉄道総合技術研究所施設研究部長
同	村上 處直	横浜国立大学工学部教授
同	横山 浩	建設省建築研究所第6研究部長