



イスタンブール市役所



国際協力事業団



株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル



応用地質株式会社

|        |
|--------|
| 社調一    |
| J R    |
| 02-173 |

国際協力事業団 (JICA)

イスタンブール市役所 (IMM)

トルコ国  
イスタンブール地震防災計画基本調査

ファイナルレポート

Volume VI

要約

2002 年 12 月

株式会社 パシフィックコンサルタンツインターナショナル

応用地質株式会社

## ファイナルレポートの構成

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Volume I</b>   | <b>Summary</b>  |
| <b>Volume II</b>  | <b>Main Report</b>  |
| <b>Volume III</b> | <b>GIS Maps</b>   |
| <b>Volume IV</b>  | <b>Summary (トルコ語)</b>   |
| <b>Volume V</b>   | <b>Main Report (トルコ語)</b>   |
| <b>Volume VI</b>  | <b>日本語要約</b>  |
| <b>CD I</b>       | <b>Summary と Main Report の PDF ファイル、<br/>Supporting Report および Data 集</b> |
| <b>CD II</b>      | <b>GIS Data</b>   |

本レポートにおいては次の外貨交換レートを適用した。

US\$1.00=TL1,650,000

## 序 文

日本国政府は、トルコ共和国政府の要請に基づき、同国の地震防災計画にかかる基本調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成 13 年 3 月から平成 14 年 9 月までの間、4 回にわたり、株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの池西登氏を団長とし、同株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルおよび応用地質株式会社から構成される調査団を現地に派遣しました。

また、平成 13 年 4 月から平成 14 年 3 月までの間、須藤研氏を委員長とし、平成 14 年 3 月から同年 9 月までの間は本蔵義守氏を委員長とする作業監理委員会を設置し、本件調査に関し専門的かつ技術的な見地から検討・審議が行われました。

調査団は、トルコ共和国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 14 年 12 月



---

国際協力事業団

総裁 川上 隆朗

## 伝 達 状

拝啓 時下益々御清栄のことと御慶び申し上げます。

さて、ここに「トルコ国イスタンブール地震防災計画基本調査」の最終報告書を提出いたします。

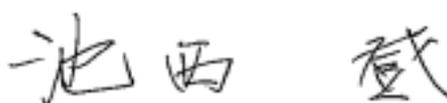
本報告書は、貴事業団との契約に基づき、平成 13 年 3 月より平成 14 年 11 月にかけて、日本国内およびトルコ国において(株)パシフィック コンサルタンツ インターナショナルおよび応用地質(株)により共同で実施した調査結果を取りまとめたものであります。

本最終報告書は、主報告書、要約とマイクロゾーニングマップの 3 部から成っております。

本調査報告書では、調査地域の社会的、自然的現状について調査し、予想される大地震の際の被害分析を実施いたしました。この被害分析を基に、対策に必要な提言についても言及いたしました。調査団は収集データを分析し、調査結果の図面表示を支援するために総合的な地理データベース(GIS)を開発いたしました。GISデータベースの出力結果をマイクロゾーニング図面集として取りまとめましたが、これらの図面集が、イスタンブール市の都市問題分析や、詳細な防災計画、都市研究等に十分利用されることを念願しております。

最後に、本報告書を取りまとめるに際しまして、貴事業団、作業監理委員会、在トルコ国大使館、貴事業団アンカラ事務所並びに外務省に心から感謝申し上げます。またカウンターパートであるイスタンブール市地盤・地震研究部、及びトルコ国政府の関係各位の御厚意、御協力を深く感謝の意を表します。

敬具



調査団団長 池西 登

トルコ国イスタンブール地震防災計画基本調査共同企業体  
(株)パシフィックコンサルタンツインターナショナル  
応用地質(株)

# 概 要

## 1. 調査の背景と目的

北アナトリア断層に沿って大地震の震源が東から西へ移ってきていることから、この断層の西端部に位置しているイスタンブールで近い将来大地震が発生することが懸念されている。さらに、イスタンブールは中東の大都市の一つであることから、ひとたび市あるいは周辺部で大地震が起こればトルコ国にとって国家的大災害となろう。

このような点を背景とし、トルコ政府は日本政府に対し、本件調査、即ち「トルコ国イスタンブール地震防災計画基本調査」の実施を要請し、日本政府はこの要請に基づいて本件調査を実施した。調査の目的は以下の4点である。

1) 地震防災計画策定のためイスタンブール市を対象とし、地震マイクロゾーニングを科学的、技術的基礎として統合、発展させる。2) 建物やインフラ被害軽減のための全市的な計画・プログラムを提言する。3) イスタンブール市の都市防災計画に対する提言を行う。4) トルコ国側カウターパートに対し、技術移転を実施する。

## 2. 現況分析

調査は地震被害分析実施のための自然条件、社会条件データを収集することから開始され、収集したデータはGISを用いてデータベース化した。現況分析の項目は以下のとおりである。

自然条件：歴史地震、地震カタログと波形、地質、断層分布、地形図、傾斜区分、既存ボーリング資料

社会条件：2000年センサス、建物統計、公共施設分布、土地利用、危険物分布、ライフライン、道路、マハレ境界、法制度と組織、防災計画

## 3. 地質調査とシナリオ地震

調査対象地域を500mの平方メッシュに分割し、地盤モデルを構築した。地盤モデルは、1076箇所の既存ボーリングデータ、地盤の動的特性把握のために実施した48箇所の新規ボーリングデータを、さらに新規に実施した物理探査の結果を用いて構築した。

シナリオ地震については、トルコ側サイエンティフィックコミッティーを構成する研究者や関連機関研究者との協議、および最近の北アナトリア断層活動研究等を考慮してモデルA、B、C、Dの4モデルを設定した。

これらのモデルを使って、地震防災計画策定のための被害分析を実施した。各モデル地震はマルマラ海底の北アナトリア断層に沿って設定し、断層延長についてはそれぞれ異なっている。

## 4. 地震被害分析

地震基盤での地震動は1999年のコジャエリ地震で観測されたデータと関連付けられる経験的減衰式を用いて計算した。地盤による増幅特性は地層構成を考慮した地盤の平均S波速度によって分類した。

地表地震動は基盤の地震動に対して表層地盤の増幅特性を掛け合わせることで計算した。モデルAは最も可能性の高い地震であり、モデルCは最大、最悪のケースと考えられる。最も起こり得るケースのモデルAと最悪のモデルCを用いて調査地域の被害状況の詳細を示すための分析を実施した。さらに、液状化危険度と斜面危険度についても分析・評価した。

## 5. 建物被害と人的被害分析

シナリオ地震による建物被害を分析するために建物を構造、階数、建築年別に分類した。タイプ別建物棟数は、2000年センサスを用いてマハレ別に集計した。

建物の被害状況と地震動の論理的関係はキャパシティースペクトルモデルを用いて構築し、トルコでの最近の地震で観測された実際の被害に合う様に調整した。このような方式で、建物タイプ別の被害数を被害状況別に計算した。

死者数は大破建物数を用いて計算した。計算に際しては、トルコでの最近の地震で観測された建物被害と人的被害の関係を検討して実施した。重傷者数の計算も同様手法で実施した。

## 6. 都市脆弱性分析

建物調査実施後、校舎建築基準に従って設計された学校、2箇所の耐震性評価を行った。その結果、1992年のエルジンジャン地震と同規模の地震で崩壊あるいは大破することが判明した。殆どの学校建物が、耐震性の点で問題があると考えられる。

公共施設被害、とくに主要公共施設被害率は建物被害と同様であることが判明した。

大火災発生の可能性は、木造家屋率がマハレ単位で最大でも10%以下であり、小さいが、地震後、火災は各所で発生する。消防隊が現場に到着するには瓦礫が障害となり相当の時間がかかると思われる。

水道、下水道、ガス、ガスサービスボックス、電線等のライフライン被害の分析も実施した。

橋梁については、480橋について第一次スクリーニング実施を目的として日本の方式を適用して落橋可能性評価を行った。評価結果に基づいて、詳細調査実施の必要な橋の優先度を決定した。

道路網については、ネットワーク機能と橋との関係から優先ルートを評価した。また、倒壊建物による道路閉塞については建物被害データを用いて分析した。

## 7. 脆弱建物と都市構造強化のための方策

地震被害想定を実施することで地震災害に対する都市脆弱性と改善課題が明らかとなった。マハレ別の土地利用可能性について市街地率と平均建蔽率を用いて分析を行った。

## 8. 地震被害対策のための提言

調査結果に基づいて、短期、中期、長期的観点から必要な対策案を提言した。短期的には、重要施設やインフラ施設について機能維持のための耐震補強実施が必要である。中・長期的には都市改造計画、市民の防災意識向上キャンペーン、人材育成等各種の施策が必要である。

都市構造改善のための基本的概念は高密度地域の都市再開発や狭隘道路の拡幅、土地利用見直しによるオープンスペースの確保等である。これらの都市防災対策を効果的に実施するためには、適切な法制度、組織、および実施システムの調整と改善を行うことが必要である。

## 調査のあらまし

### 1. 調査概要

#### 1.1 はじめに

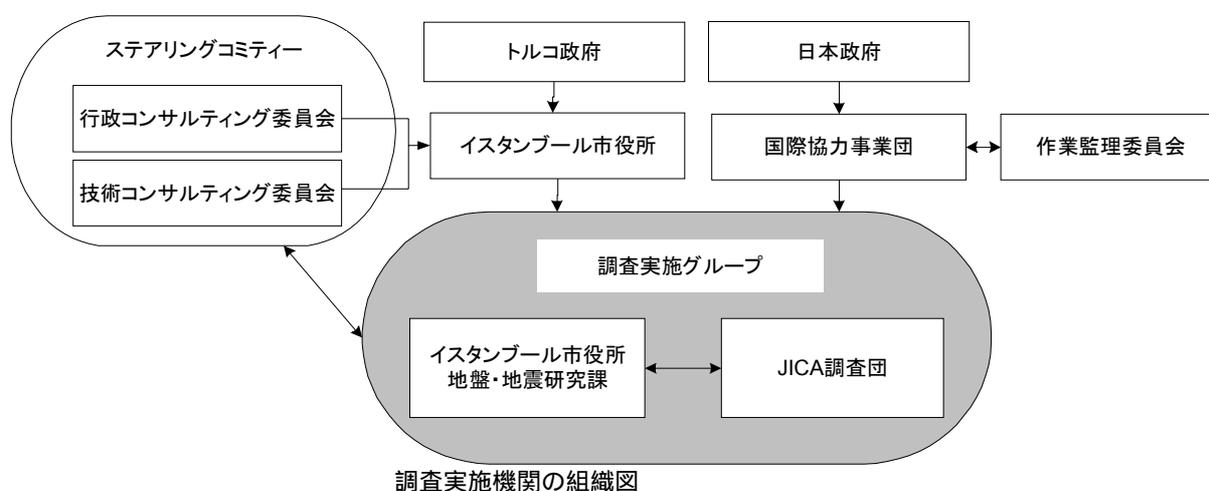
本調査の実施にかかる組織の概要を下図に示す。

調査件名: トルコ国イスタンブール地震防災基本計画調査

実施機関: 国際協力事業団

相手先機関: イスタンブール市地盤地震研究部

調査期間: 2001年3月～2002年11月



#### 1.2 調査の背景

1999年に2つの地震がイズミットとアダバザリで発生し、人的、物的に甚大な被害を及ぼした。これらの地震はトルコ国北部を1000km以上に渡って東西に分布する北アナトリア断層（NAF）沿いに発生した。歴史的には多くの大地震がこの断層沿いに発生している。

これら地震の震源はNAF沿いに東から西へと移動している明らかな現象があり、別の大きな地震がNAFの西端に位置するイスタンブールを襲うかもしれないと指摘されている。

イスタンブールは中東の大都市のひとつで、経済産業の中心で、現在のトルコにおける人気のある観光地でもある。したがって、もし大地震がイスタンブール周辺で発生した場合、トルコ国家にとって破局的な災害になる恐れがある。

イスタンブール市の潜在的な地震災害を管理するために、地震被災地の中長期的な地震防災または減災計画、緊急救助計画、復興計画を策定する必要がある。

#### 1.3 本調査の目的と内容

本調査の目的と内容は以下の通りである。1) イスタンブールの地震マイクロゾーニング調査を防災減災計画のために科学的、技術的な根拠で統合する 2) 建物、インフラの被害のために市全域の防災・減災計画を勧告する 3) イスタンブール市の都市計画に防災を考慮することを勧告する 4) トルコ人カウンターパートへの技術と都市計画テクニクの移転を目指す。

## 2. 過去の地震の教訓

1999年コジャエリ地震と阪神淡路大震災には学ぶべき多くの共通の教訓がある。両方の地震は大都市で発生したため、これらの経験と情報はイスタンブールに将来の地震に対しても教訓となると考えられる。

## 3. 地震防災行政の現状と課題

土地利用に関して、防災の考えを開発法に導入すべきである。災害法は、災害の発生前の災害を軽減する考えを導入すべきである。緊急対応規則は市民組織を含み、災害情報を一般に意識させるべきである。イスタンブールの防災のための特別な条例が必要である。地震災害発生の最初の数日は独自に対応できるように、区やマハレは権限委譲されるべきである。イスタンブール県知事災害管理センターは、構成員と相互依存関係にある業務を見直して、組織を再編すべきである。区長と区に自治体首長の連携を、各マハレの住民やボランティアを含む組織を作り強化すべきである。さらに、被害予測結果の市民への公開と、県災害管理センターや市災害調整局で収集した防災資源の情報の提供が、連携強化の鍵となるであろう。公共建物の耐震補強は最優先で行うべきである。この際、建築検査の民営化は効果的である。建物の被害調査への専門技術者の活用は、効率化の向上に役立つ。この他、マスメディアを情報の公開面で災害管理へ取り込むことと、国際救助の受入準備も重要である。

## 4. 市民社会の防災活動

イスタンブールの市民組織が災害管理組織として果たす役割について、Kadıköy区を特に調査した。様々な種類の組織に対し、災害の多くの段階における勧告を提案した。非営利組織の法体系の簡素化を行い、全ての市民組織は災害管理サービスの単一の種別に分類すべきである。資源の適切な利用と管理が、これら組織の持続性の鍵となる要素であろう。行政と市民組織の間で責任の適切な配分がなされるべきである。市民組織は建物の耐震性強化を促進する動機付けに重要な役割を果たすことができる。

## 5. 市民の防災意識および防災教育

イスタンブールの地震に関する防災意識と防災教育の現状を評価し、以下の勧告を作成した。コミュニティのレベルでハザード、リスクアセスメントの情報、災害地図を共有するべきである。メディアは適切な情報を配布し、コミュニティを地震防災に気付かせる道具として使われるべきである。計画段階での市民参加を奨めるべきである。日常活動のためのコミュニティ空間を作るべきである。防災のための道具をコミュニティレベルで準備すべきである。建物の耐震性強化の振興と実施をコミュニティ主導で行うべきである。選出されたマハレの長であるムフタールは、県と市の中継として働く鍵となりうる。

## 6. 地震解析

### 6.1 シナリオ地震

関連機関と研究者との議論と最近の北アナトリア断層の研究成果に基づき、防災計画のための被害予測で考慮する4つのシナリオ地震を設定した。

これらのシナリオ地震はマルマラ海の北アナトリア断層沿いにあり、それぞれの地震の違いは断層長さである。

シナリオ地震のパラメーター

|                    | モデル A | モデル B | モデル C | モデル D |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| 長さ (km)            | 119   | 108   | 174   | 37    |
| モーメント・マグニチュード (Mw) | 7.5   | 7.4   | 7.7   | 6.9   |
| 傾斜角 (度)            | 90    | 90    | 90    | 90    |
| 上端の深度 (km)         | 0     | 0     | 0     | 0     |
| タイプ                | 横ずれ   | 横ずれ   | 横ずれ   | 正断層   |

## 6.2 地震動

断層モデルに基づいて、基盤での最大加速度、最大速度、加速度応答スペクトルを、1999年8月17日のIzmit地震の観測記録を説明できる経験的減衰式を選択して計算した。

表層地盤の地震動増幅度は、地表30mの平均S波速度によって分類した地盤種類に応じて評価した。地震動増幅度を上記基板上の各値に乘じ、地表最大加速度、地表最大速度、地表加速度応答スペクトルを得た。

## 6.3 液状化危険度評価

本調査では、 $F_L$ 法と $P_L$ 法を併用した方法を用いた。評価では人工地盤と第四紀堆積層を対象とした。地震動解析で用いた500mメッシュを作成した。Küçükçekmece、Eyüp、Avcılar、Beyoğluの4地域が、モデルCの場合液状化危険度が非常に高いと判定された40haの地域に属する。

## 6.4 斜面安定評価

各50mメッシュの斜面安定をSiyahiの式を使い、地表最大加速度と地盤強度から判別した。次に500mメッシュで、各メッシュの合計として安定性を評価した。合計点は各区で評価した。Büyükçekmece、Adalar、Avcılar区では、高い危険度、および非常に高い危険度の地区が広がっていることが分かった。Bahçelievler、Bakirköy、Güngören、Çatalca、Silivri区の中にも不安定な地域が存在する。

## 7. 建物被害想定

### 7.1 建築物被害

各マハラでの2000年度建物国勢調査を整理して、建物データベースを作成した。全ての建物種類について、大破、中破、小破建物数を計算した。これらの結果は下表の通りである。

建物被害

|       | 大破            | 大破 + 中破       | 大破 + 中破 + 小破  |
|-------|---------------|---------------|---------------|
| モデル A | 51,000 (7.1%) | 114,000 (16%) | 252,000 (35%) |
| モデル C | 59,000 (8.2%) | 128,000 (18%) | 300,000 (38%) |

### 7.2 死者、負傷者

建物被害と人的被害の関係を過去のトルコの地震災害記録について調べ人的被害の計算式を設定した。重傷者数は、死者数と重傷者数の経験的關係式から推定した。結果は次表の通りである。

人的被害

|      | 死亡     |        | 重傷      |        |
|------|--------|--------|---------|--------|
| モデルA | 73,000 | (0.8%) | 120,000 | (1.4%) |
| モデルC | 87,000 | (1.0%) | 135,000 | (1.5%) |

8. 都市脆弱性評価

8.1 建物

建物の個別診断を Üsküdar Ticaret Meslek Lisesi と Hazerfen Ahmet Çelebi İlköğretim Okulu の2つの学校で実施した。Isとして知られる地震指数をこれらの学校で評価し、これらの建物は1992年エルジンジャン地震と同程度の地震では倒壊するか大破することが推定された。他の多くの建物も、同じ基準で設計されているので、同様の耐震上の問題を持つと考えられる。よって全ての学校建物の個別の詳細診断を実施することを奨める。

8.2 公共施設

公共施設の被害想定を行った。これらは以下を含む。1) 教育施設 2) 医療施設 3) 消防施設 4) 保安施設 5) 行政施設 これらの被害率は他の建物とほぼ同様であった。

8.3 火災

木造建物の被覆率は10%以下である。これは大火に至る可能性は低いことを意味する。ただし、道路がガレキで覆われるため、消防活動には時間がかかることは注意すべきである。

8.4 ライフライン

水道、下水道、ガス管、ガスサービスボックス、電力ケーブルの被害を予測した。結果は下表のとおりである。

上水管路の被害

|      | 管路延長 (km) | 被害箇所数 |
|------|-----------|-------|
| モデルA | 7,568     | 1,400 |
| モデルC |           | 1,600 |

下水管路の被害

|      | 管路延長 (km) | 被害箇所数 |
|------|-----------|-------|
| モデルA | 6,174     | 1,200 |
| モデルC |           | 1,300 |

ガス管路とサービスボックスの被害

|      | 管路延長 (km) | 被害箇所数 | サービスボックス数 | 被害ボックス数      |
|------|-----------|-------|-----------|--------------|
| モデルA | 4,670     | 11    | 185,000   | 25,000 (14%) |
| モデルC |           | 13    |           | 29,000 (16%) |

### 電力線の被害

|       | 電線延長 (km) |        |        | 被害電線延長 (km) |        |     |        |      |        |
|-------|-----------|--------|--------|-------------|--------|-----|--------|------|--------|
|       | 地中        | 架空     | 合計     | 地中          |        | 架空  |        | 合計   |        |
| モデル A | 14,500    | 18,500 | 33,000 | 280         | (1.9%) | 540 | (2.9%) | 820  | (2.5%) |
| モデル C |           |        |        | 360         | (2.5%) | 710 | (3.8%) | 1080 | (3.3%) |

### 8.5 橋梁

落橋可能性の評価を 480 の橋について片山式を用いて行った。落下の可能性のある橋の数は次の通りである。

#### 推定落橋数

|       | 落橋可能性大 | 落橋可能性中 | 問題少 |
|-------|--------|--------|-----|
| モデル A | 18     | 3      | 459 |
| モデル C | 20     | 4      |     |

### 8.6 道路および道路交通

道路網の重要性評価を行った。評価は総合道路網を見直し、橋梁の被害が道路網と交通に及ぼす影響に基づく。橋脚の耐震補強の優先付けと道路開発計画とに関する総合調査を実施することを勧告する。

### 8.7 港湾

港湾施設は災害時には様々な機能を持つことを期待される。防災基地として、これら施設の耐震性を持たせるいくつかの提案をした。また、港湾の相互協力体系をはかることも提案した。さらに、防災基地と緑地地域の保持について議論し提案を行った。

## 9. 都市防災上の都市構造および建物の脆弱性の改善についての提案

### 9.1. 都市防災上の脆弱性の改善・「地震につよいまちづくり」の提案

イスタンブールの脆弱性について、以下の分析を行った。

- 拡大地震災害被害と都市と建築構造の脆弱性の関係
- 都市と建築の脆弱性解析フロー
- 建築物の被害予測
- 建物都市の更新の傾向
- 過剰な土地と建物の利用 厳格な都市土地利用
- 都市地域の道路密度
- 狭くて不適切な道路条件: 安全な避難と緊急対応活動の妨げ
- 住民の初期避難のための公園と空き地率
- 必要な改善対策の地区の識別

### 9.2. 応急・復旧対応計画の機能強化・見直しのための対応需要・フレーム

上記の議論に基づき、以下の対策を提案した

- 都市構造改善のための土地の入手可能性

- 建物と都市構造の改善
- 都市構造の改善
- 都市再開発と歴史都市保全地
- 建築構造改善地域

さらに、以下の勧告を用意した。

- 都市構造強化の勧告：都市再開発
- 都市構造強化の勧告：都市構造の改善
- 土地利用計画とゾーニングの再配置の勧告

## 10. 地震災害軽減のための対策に関する勧告

### 10.1 短期の対策

下記の項目を短期に実施する対策として薦める

- 病院の補修
- 学校建物の補修
- 公共施設、市役所、政府建物の補修
- 橋の補修
- 港湾施設の補修
- ライフラインの補修
- 災害管理センターの建設
- 防災意識の向上キャンペーン

### 10.2 中長期の対策

下記の項目を中長期に実施する対策として薦める

- 地震防災マスタープランの作成
- 地震に強い町づくりを目指した都市再開発計画作成
- 耐震建物の研究の振興
- 耐震建物のためのクレジットシステムの確立
- 災害管理体制の改善

## 目 次

|              |                             |            |
|--------------|-----------------------------|------------|
| <b>第 1 章</b> | <b>調査概要</b> .....           | <b>1-1</b> |
| 1.1.         | はじめに .....                  | 1-1        |
| 1.2.         | 調査内容 .....                  | 1-1        |
| 1.2.1.       | 調査の目的 .....                 | 1-1        |
| 1.2.2.       | 調査地域 .....                  | 1-2        |
| 1.2.3.       | 調査の工程 .....                 | 1-2        |
| 1.2.4.       | 調査実施機関 .....                | 1-3        |
| <b>第 2 章</b> | <b>過去の地震の教訓</b> .....       | <b>2-1</b> |
| 2.1.         | 1999 コジャエリ地震の教訓 .....       | 2-1        |
| 2.2.         | 1995 阪神淡路大震災の教訓 .....       | 2-1        |
| <b>第 3 章</b> | <b>地震防災行政の現状と課題</b> .....   | <b>3-1</b> |
| 3.1.         | 法律に関する勧告 .....              | 3-1        |
| 3.2.         | 防災組織に関する勧告 .....            | 3-2        |
| 3.3.         | 防災計画に関する勧告 .....            | 3-3        |
| <b>第 4 章</b> | <b>市民社会の防災活動</b> .....      | <b>4-1</b> |
| <b>第 5 章</b> | <b>市民の防災意識および防災教育</b> ..... | <b>5-1</b> |
| <b>第 6 章</b> | <b>地震解析</b> .....           | <b>6-1</b> |
| 6.1.         | シナリオ地震 .....                | 6-1        |
| 6.2.         | 地震動 .....                   | 6-2        |
| 6.3.         | 液状化危険度評価 .....              | 6-9        |
| 6.3.1.       | はじめに .....                  | 6-9        |
| 6.3.2.       | 解析の条件 .....                 | 6-9        |
| 6.3.3.       | 液状化危険度 .....                | 6-11       |
| 6.4.         | 斜面安定評価 .....                | 6-14       |
| 6.4.1.       | 斜面安定評価方法 .....              | 6-14       |
| 6.4.2.       | 斜面安定解析結果 .....              | 6-15       |
| <b>第 7 章</b> | <b>地震被害想定</b> .....         | <b>7-1</b> |
| 7.1.         | 建築物被害 .....                 | 7-1        |
| 7.2.         | 死者、負傷者 .....                | 7-7        |

|               |  |             |
|---------------|--|-------------|
| <b>第 8 章</b>  | <b>都市脆弱性の評価</b> .....                      | <b>8-1</b>  |
| 8.1.          | 建物 .....                                   | 8-1         |
| 8.2.          | 公共施設 .....                                 | 8-5         |
| 8.2.1.        | 公共施設に関するデータ .....                          | 8-6         |
| 8.2.2.        | 各施設の特徴 .....                               | 8-6         |
| 8.2.3.        | 被害想定結果 .....                               | 8-6         |
| 8.3.          | 火災 .....                                   | 8-9         |
| 8.4.          | ライフライン .....                               | 8-13        |
| 8.5.          | 橋梁 .....                                   | 8-24        |
| 8.6.          | 道路および道路交通 .....                            | 8-28        |
| 8.6.1.        | 道路ネットワークの重要度評価 .....                       | 8-28        |
| 8.6.2.        | 倒壊建物による道路の閉塞予測 .....                       | 8-31        |
| 8.6.3.        | 地震防災を勘案した道路整備のあり方 .....                    | 8-33        |
| 8.7.          | 港湾施設 .....                                 | 8-34        |
| 8.7.1.        | 緊急時における港湾の役割 .....                         | 8-34        |
| 8.7.2.        | 港湾施設の耐震性能の強化 .....                         | 8-34        |
| 8.7.3.        | 防災拠点としての港湾の強化 .....                        | 8-35        |
| <b>第 9 章</b>  | <b>都市防災上の都市構造および建物の脆弱性の改善についての提案</b> ..... | <b>9-1</b>  |
| 9.1.          | 都市防災上の脆弱性の改善・「地震につよいまちづくり」の提案 .....        | 9-1         |
| 9.1.1.        | 都市防災上の脆弱性と整備課題 .....                       | 9-1         |
| 9.1.2.        | 戦略的な建物や市街地構造の強化・整備策の提案 .....               | 9-4         |
| 9.1.3.        | 緊急輸送道路システムの見直しと事前対応策の提案 .....              | 9-8         |
| 9.1.4.        | 緊急避難システムの導入と事前対応の提案 .....                  | 9-11        |
| 9.1.5.        | 都市マスタープランの見直しと用途地域規制への提言 .....             | 9-13        |
| 9.2.          | 応急・復旧対応計画の機能強化・見直しのための対応需要・フレーム .....      | 9-14        |
| 9.2.1.        | 緊急輸送道路上の瓦礫処理・啓開活動需要 .....                  | 9-14        |
| 9.2.2.        | 被災者数と救助活動需要 .....                          | 9-15        |
| 9.2.3.        | 応急処置・災害医療救護と緊急医薬品備蓄需要 .....                | 9-15        |
| 9.2.4.        | 失火件数と消防・危険物対策需要 .....                      | 9-16        |
| 9.2.5.        | 被災者数と緊急飲料水・食料・生活必需品需要 .....                | 9-17        |
| 9.2.6.        | 住宅被災者数と応急テント村整備需要 .....                    | 9-17        |
| 9.2.7.        | 大破住宅と応急住宅整備需要 .....                        | 9-18        |
| 9.2.8.        | 死亡者数と遺体の処理・墓地整備・埋葬需要 .....                 | 9-18        |
| 9.2.9.        | ライフライン被害と応急・復旧対策需要 .....                   | 9-18        |
| 9.2.10.       | 建物被害と総瓦礫処理需要 .....                         | 9-19        |
| <b>第 10 章</b> | <b>地震災害軽減のための対策に関する勧告</b> .....            | <b>10-1</b> |

## 図表一覧

|         |   |      |
|---------|---|------|
| 図 1.2.1 | 調査工程表 .....                               | 1-2  |
| 図 1.2.2 | 調査実施機関の組織図 .....                          | 1-3  |
| 図 3.3.1 | コミュニティ防災活動戦略 .....                        | 5-1  |
| 図 3.3.2 | ムフタルを中心とするコミュニティの組織化 .....                | 5-3  |
| 図 3.3.3 | 地域組織のタイプ .....                            | 5-4  |
| 図 6.1.1 | シナリオ地震 .....                              | 6-2  |
| 図 6.2.1 | 地盤分類図 .....                               | 6-4  |
| 図 6.2.2 | 最大加速度分布：モデル A .....                       | 6-5  |
| 図 6.2.3 | 最大加速度分布：モデル B .....                       | 6-6  |
| 図 6.2.4 | 最大加速度分布：モデル C .....                       | 6-7  |
| 図 6.2.5 | 最大加速度分布：モデル D .....                       | 6-8  |
| 図 6.3.1 | 液状化危険度評価の流れ図 .....                        | 6-9  |
| 図 6.3.2 | モデル C の場合の液状化危険度解析結果と液状化可能性のある地域の割合 ..... | 6-12 |
| 図 6.3.3 | 液状化危険度分布図：モデル C .....                     | 6-13 |
| 図 6.4.1 | ディストリクト別斜面不安定率 .....                      | 6-16 |
| 図 7.1.1 | 大破建物棟数の分布 (モデル A) .....                   | 7-5  |
| 図 7.1.2 | 大破建物棟数の分布 (モデル C) .....                   | 7-6  |
| 図 7.2.1 | 死者数の分布 (モデル A) .....                      | 7-9  |
| 図 7.2.2 | 死者数の分布 (モデル C) .....                      | 7-10 |
| 図 8.1.1 | Is 値と実際の被害率との関係 (1992 年エルジンジャン地震) .....   | 8-3  |
| 図 8.2.1 | 公共施設の特徴と被害想定結果 .....                      | 8-8  |
| 図 8.3.1 | 消失面積率と木造面積率の関係 .....                      | 8-10 |
| 図 8.3.2 | 危険物施設からの出火危険度ランク (モデル A) .....            | 8-11 |
| 図 8.3.3 | 危険物施設からの出火危険度ランク (モデル C) .....            | 8-12 |
| 図 8.4.1 | 上水道管路の被害分布 (モデル C) .....                  | 8-18 |
| 図 8.4.2 | 下水道管路の被害分布 (モデル C) .....                  | 8-19 |
| 図 8.4.3 | ガス管路の被害分布 (モデル C) .....                   | 8-20 |
| 図 8.4.4 | ガスサービスボックス被害の分布 (モデル C) .....             | 8-21 |
| 図 8.4.5 | 電力線被害の分布 (モデル C) .....                    | 8-22 |
| 図 8.4.6 | 光ケーブルの経路と最大加速度、液状化危険度 (モデル C) .....       | 8-23 |
| 図 8.5.1 | 評点の分布 .....                               | 8-25 |
| 図 8.6.1 | 道路ネットワークの重要度評価検討フロー .....                 | 8-28 |
| 図 8.6.2 | 道路ネットワークの重要度と落橋危険度に基づいた耐震対策の優先度 .....     | 8-30 |
| 図 8.6.3 | 道路閉塞による孤立危険度 .....                        | 8-32 |
| 図 9.1.1 | 都市防災上の脆弱性分析・「地震につよいまちづくり」計画フロー .....      | 9-3  |

|         |  |      |
|---------|--|------|
| 図 9.1.2 | 戦略的建物・市街地構造の強化・整備策位置図                                  | 9-5  |
| 図 9.1.3 | 緊急輸送道路網提案  | 9-10 |
| 表 1.2.1 | 行政助言委員会 ( ADMINISTRATIVE CONSULTING COMMITTEE ) のメンバー表 | 1-3  |
| 表 1.2.2 | 科学助言委員会 ( SCIENTIFIC CONSULTING COMMITTEE ) のメンバー表     | 1-4  |
| 表 1.2.3 | カウンターパートのメンバー  | 1-4  |
| 表 1.2.4 | 国際協力事業団担当者   | 1-5  |
| 表 1.2.5 | 作業監理委員   | 1-5  |
| 表 1.2.6 | JICA 調査団のメンバー  | 1-5  |
| 表 6.3.1 | 液状化危険度評価のための土質物性値                                      | 6-10 |
| 表 6.3.2 | 液状化危険度評価のまとめ   | 6-11 |
| 表 6.4.1 | 500Mグリッドにおける斜面不安定リスク評価の定義                              | 6-15 |
| 表 7.1.1 | 被害想定のための分類毎の建築物棟数                                      | 7-3  |
| 表 7.1.2 | 建築物被害の定義   | 7-4  |
| 表 7.1.3 | 建築物被害のまとめ  | 7-4  |
| 表 7.2.1 | 人的被害の定義  | 7-8  |
| 表 7.2.2 | 人的被害のまとめ   | 7-8  |
| 表 8.1.1 | Is 値まとめ  | 8-2  |
| 表 8.2.1 | 公共施設に関するデータの特徴   | 8-6  |
| 表 8.4.1 | 上水道管路被害の定義   | 8-13 |
| 表 8.4.2 | 上水道管路被害のまとめ  | 8-14 |
| 表 8.4.3 | 下水道管路被害の定義   | 8-14 |
| 表 8.4.4 | 下水道管路被害のまとめ  | 8-14 |
| 表 8.4.5 | ガス管路とサービスボックス被害の定義                                     | 8-15 |
| 表 8.4.6 | ガス管路とサービスボックス被害のまとめ                                    | 8-15 |
| 表 8.4.7 | 電力線被害の定義   | 8-16 |
| 表 8.4.8 | 電力線被害のまとめ  | 8-16 |
| 表 8.5.1 | 片山の方法によって落橋可能性大または中と途評価された橋梁                           | 8-26 |
| 表 8.5.2 | 橋脚の高さが 10M 以上で地表面最大加速度が 300GAL 以上の橋梁                   | 8-27 |
| 表 9.1.1 | 緊急輸送道路及び関連拠点施設   | 9-9  |

# 第 1 章 調査概要

# 第1章 調査概要

## 1.1. はじめに

JICA により組織された調査団は、2001年3月13日に本調査「トルコ国イスタンブール地震防災基本計画調査」を開始した。調査実施には、2002年12月の最終報告書の正式提出までに約19ヶ月を要した。調査は以下の7つのステップからなる。

ステップ1: 既存データ収集の解析と評価を通じた調査問題点の識別

ステップ2: 地盤条件、人口、建物条件等の現地調査

ステップ3: GIS データベース開発とデータの分析

ステップ4: 地震動の分析

ステップ5: 地震ハザードと被害の想定

ステップ6: ハザードマップと地震マイクロゾーニングマップの作成

ステップ7: 都市防災・減災計画の詳細な検討

本要約報告書は最終報告書の概要を示す。

## 1.2. 調査内容

### 1.2.1. 調査の目的

本調査の目的は、1) イスタンブール市と県の地震防災・減災計画の基本となる地震マイクロゾーニング地図を作成すること、2) 地震に強い都市づくりへの勧告を作成すること、3) 適切な都市計画技術の効果的な技術移転を行うこと、である。特に本調査は以下を目標とした。

- 1) イスタンブールで実施されている地震マイクロゾーネーション調査を科学的および技術的な根拠に基づき統合する。
- 2) 地震マイクロゾーネーション調査と調査地の建物の脆弱性評価に基づき、建物およびインフラの被害を軽減するための防災計画を勧告する。
- 3) 土地利用計画、耐震設計基準などイスタンブール市の都市計画に含まれるべき防災対策を勧告する。
- 4) 調査の中でトルコ側のカウンターパートへ都市計画の技術移転を行う。

### 1.2.2. 調査地域

調査地域はイスタンブール市の 27 区と追加された 3 区（Büyükcçekmece, Silivri, Çatalca）の市街化地域からなる。

### 1.2.3. 調査の工程

図 1.2.1は調査の各段階の実施工程と論理的流れを示す。

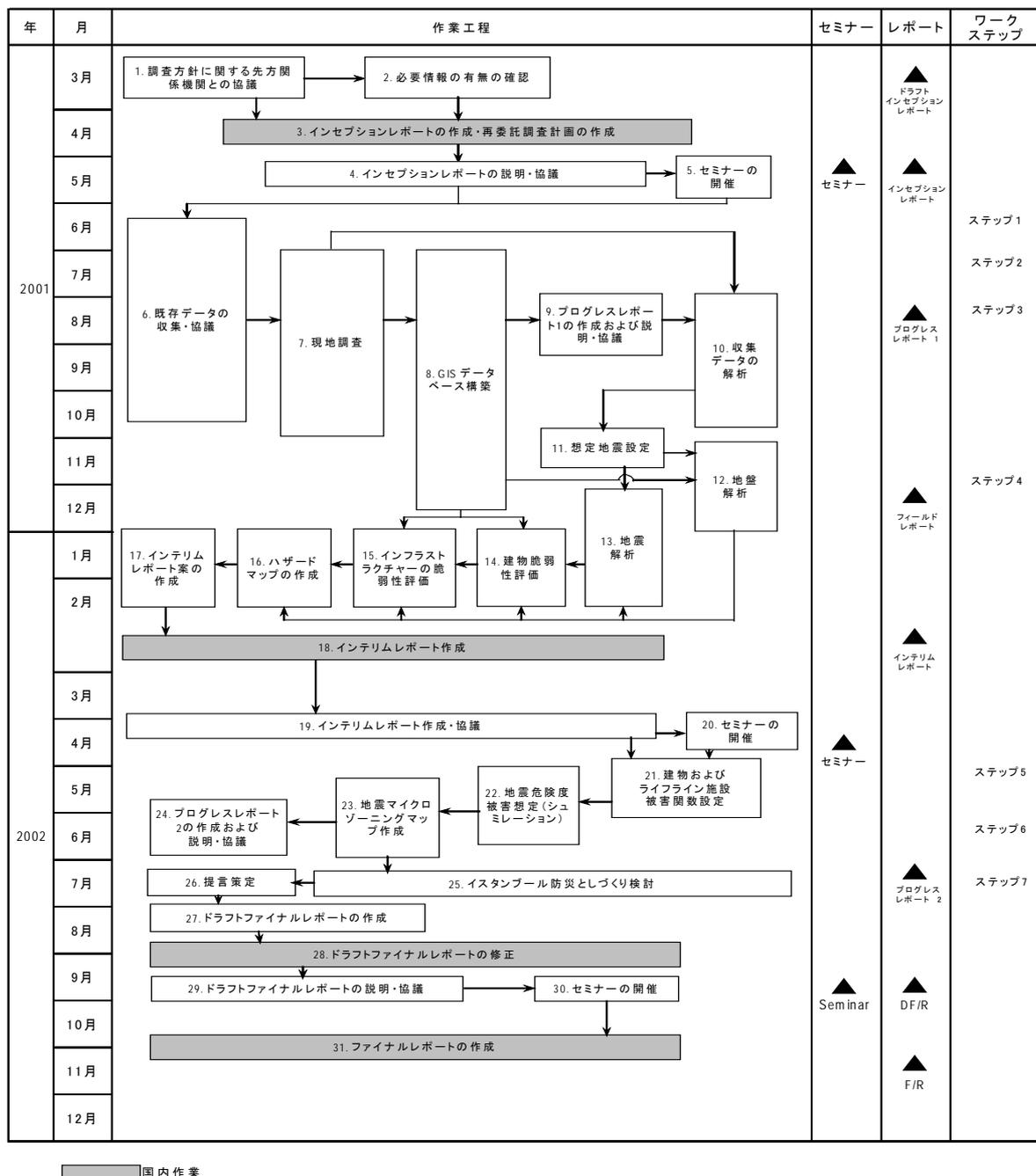


図 1.2.1 調査工程表

### 1.2.4. 調査実施機関

本調査のトルコ国側のカウンターパートは、調査の円滑で有効な実施を助けるため、図 1.2.2に示す行政助言委員会（Administrative Consulting Committee）と科学助言委員会（Scientific Consulting Committee）の 2 つの委員会を設置した。行政助言委員会はイスタンブール市とイスタンブール県両方の代表からなり、具体的には、イスタンブールの 2 代表機関をより円滑に調整することが目的である。委員は表 1.2.1に示すとおりである。

科学助言委員会は、本調査で扱う様々な分野の大学教授を主として構成された。委員は表 1.2.2に示すとおりである。

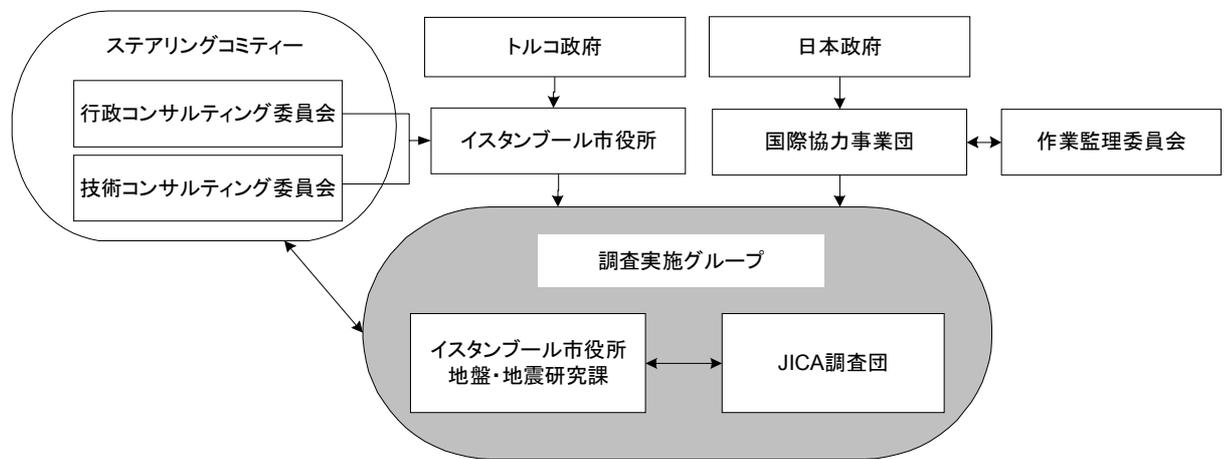


図 1.2.2 調査実施機関の組織図

表 1.2.1 行政助言委員会（Administrative Consulting Committee）のメンバー表

| 氏名             | 所属                       | 職位  |
|----------------|--------------------------|---|
| Alicafer AKYÜZ | Governorship of Istanbul | Deputy Governor                                 |
| İrfan UZUN     | IMM                      | Head, Department of Planning and Reconstruction |

表 1.2.2 科学助言委員会 ( Scientific Consulting Committee ) のメンバー表

| 氏名                           | 所属  | 専門分野                               |
|------------------------------|---|------------------------------------|
| Prof. Dr.Nafi TOKSÖZ         | Massachusetts Institute of Technology,<br>USA                                       | Risk Analizes and<br>Microzonation |
| Prof. Dr. O. Metin İLKIŞIK   | Istanbul University (Retired)   | Geophysics                         |
| Prof. Dr. Aykut BARKA        | Istanbul Technical University   | Geology                            |
| Prof. Dr. Fazlı Y. OKTAY     | Istanbul Technical University (Retired)   | Geology                            |
| Prof. Dr. M. Hasan BODUROĞLU | Istanbul Technical University   | Structure                          |
| Prof. Dr. Ömer ALPTEKİN      | Istanbul University   | Seismology                         |
| Prof. Dr. Mustafa ERDİK      | Boğaziçi University   | Earthquake Engineering             |
| Prof. Dr. Kutay ÖZAYDIN      | Yıldız Technical University   | Geotechnique                       |
| Prof. Dr. Cengiz ERUZUN      | Mimar Sinan University  | Urban planning/Architect           |
| Prof. Dr. Nuray AYDINOĞLU    | Boğaziçi University   | Structural                         |
| Mr. Ekrem DEMİRBAŞ           | General Directorate of Disaster Affairs,<br>Ministry of Public Works and Settlement | Engineering Geology                |
| Mr. Hüseyin IŞIK             | Construction and Real Estate<br>Department  | Civil Engineer                     |
| Mr. Gökmen ÇÖLOĞLU           | İGDAŞ   | Seismology                         |

2002年2月1日に、Prof. Dr. Aykut Barka が事故により急逝した。JICA 調査団はこの事実をここに記録し、彼の本調査への貢献を深く感謝したい。

### (1) カウンターパートの配置

表 1.2.3に示す専門分野の合計 8 名がカウンターパートとして配置された。

表 1.2.3 カウンターパートのメンバー

| 氏名                       | 専門分野                        |
|--------------------------|-----------------------------|
| Mr. Mahmut BAŞ           | Disaster Management         |
| Dr.Ali İSKENDEROĞLU      | GIS Development             |
| Mr. Hikmet KARAOĞLU      | Geophysics                  |
| Mr. Mehmet AKTAŞ         | Geology                     |
| Mr. İskender AKMEŞE      | Geology                     |
| Mr. Öner TAYMAZ          | Geophysics                  |
| Ms. Mine Nilay ÖZEYRANLI | Urban Planning              |
| Mr. Mustafa Özhan YAĞCI  | Building and Infrastructure |

(2) 日本側のメンバー

表 1.2.4 国際協力事業団担当者

| 氏名     | 職位  |
|--------|---|
| 平井 敏男  | 社会開発調査部 社会開発調査第一課 課長 (平成 13 年 3 月 - 平成 14 年 7 月)  |
| 成瀬 猛   | 社会開発調査部 社会開発調査第一課 課長 (平成 14 年 10 月 - 平成 14 年 8 月) |
| 角前 庸道  | 社会開発調査部 社会開発調査第一課 課長代理                            |
| 譲尾 進   | 社会開発調査部 社会開発調査第一課                                 |
| 田中 顕士郎 | 社会開発調査部 社会開発調査第一課                                 |
| 田中 伸一  | 社会開発調査部 社会開発調査第一課                                 |

表 1.2.5 作業監理委員

| 氏名    | 所属                          |
|-------|-----------------------------|
| 本蔵 義守 | 東京工業大学大学院 理工学研究科 地球惑星科学科 教授 |
| 須藤 研  | 東京大学 生産技術研究所 教授             |
| 福山 洋  | 独立行政法人 建築研究所 上席研究員          |
| 中林 一樹 | 東京都立大学 都市研究所 大学院 都市科学研究科 教授 |
| 水谷 明大 | 国土交通省 中部地方建設局 建設部 都市調整官     |
| 田中 政幸 | 内閣府 地震・火山対策担当参事官付 参事官補佐     |

表 1.2.6 JICA 調査団のメンバー

| 氏名     | 担当                   |
|--------|----------------------|
| 池西 登   | 総括 / データベース          |
| 角田 隆司  | 副総括 / 都市防災計画         |
| 小池 豊   | 地盤工学 / 動土質           |
| 瀬川 秀恭  | 地震工学                 |
| 西井 理   | 地質工学                 |
| 林 亜紀夫  | 建築構造 / 耐震工学          |
| 盛本 靖人  | 耐震構造                 |
| 井出 修   | インフラ (道路・橋梁)         |
| 高橋 亮司  | インフラ (ライフライン) / 建物調査 |
| 伊藤 金雄  | 都市計画                 |
| 前田 浩之  | GIS 構築               |
| 鈴木 均   | GIS 構築 (2)           |
| 山崎 吉高  | 防災行政                 |
| ショウ 智子 | 業務調整 (1)             |
| 中野 美穂  | 業務調整 (2)             |

## 第2章 過去の地震の教訓

## 第2章 過去の地震の教訓

1999年のコジャエリ地震と1995年の阪神淡路大震災からの教訓を列記した。両地震は都市型の地震災害として類似しており、これらの地震の教訓は、将来のイスタンブールにおける地震災害の参考として、再評価されるべきである。

### 2.1. 1999 コジャエリ地震の教訓

- 巨大地震が工業化した人口密集地を襲った。
- 公共建物とインフラは耐震性に問題があった。
- 政府の建物は被災し、防災責任者も被災者でもあった。
- 地震直後の通信は不可能であった。
- 地震直後の数日間は、行政は混乱し、救助活動は主に現地住民によって行われた。
- 捜索救助は組織的でなく、効率的ではなかった。
- 倒壊した建物からの救助活動は困難であった。
- 建物の被害評価は組織的には行われなかった。
- 復旧活動は組織的ではなかった。
- 未経験者による負傷者の緊急手当ては、むしろ問題を引き起こした。
- 被災者や救助活動者の多くに心理的な問題が認められた。
- 国際救助の受入は通訳なしでは困難だった。
- 社会的インフラを欠いた新しい恒久住宅は、問題であった。

### 2.2. 1995 阪神淡路大震災の教訓

- 都市地域で発生した地震は戦後最悪の被害を引き起こした。
- 通信に問題があったため、初期の被害情報は収集困難であった。
- マスコミの情報は早かったが、報道は被害の顕著な場所に集中した。
- 政府も被災者であったため政府の最初の対応は遅かった。
- 交通管制が不十分だったため、交通渋滞が発生し対応活動は遅れた。
- 初期のガレキの除去には、小型の重機が有効だった。
- 救助活動で最も困難なのは、建物の鉄筋を切断することだった。
- 現地での犠牲者の選別がされなかったため、病院に患者が殺到した。
- 避難所では衛生の維持、限られた食料の分配、死体と排泄物処理が必要だった。
- 外部からのライフライン復旧援助団体には、適切な駐車場、住居、資材、復旧状況の情報提供が不足していた。
- 外部からの援助の受入は、作業施設、経験、組織化を欠いたため、困難だった。

## 第3章 地震防災行政の現状と課題

## 第3章 地震防災行政の現状と課題

トルコ国、特にイスタンブールにおける防災に係る法規、組織および計画について概観し、トルコ国、日本国および米国の防災制度を比較した。イスタンブール自治体に対する法、組織、計画上の勧告を以下に述べる。

### 3.1. 法律に関する勧告

#### (1) 開発法

- 開発法は建設の全ての過程を扱うべきである。
- 開発法は防災への配慮を含むべきである。
- 開発法は資産管理に統合的な手法を取るべきである。
- 開発法は土地利用を総合的に管理すべきである。
- 複数機関の間での権限の分散を避けるため、開発規制は統合されるべきである。
- 開発計画の策定過程と内容を統一的に管理するために、単一の機関が開発を監督すべきである。

#### (2) 建築法規の執行

##### a. 開発事業の監督

- IMMの公共事業会社の技術者を設計の監督に活用すべきである。
- 高位の権威機関が担当の監督機関を監督すべきである。
- 上位の機関が開発事業の監督担当機関を監査すべきである。
- 設計の瑕疵により損失をこうむった場合、消費者が設計技術者、検査技術者、承認機関を訴えることを可能にする法を整備すべきである。
- 一定の基準を超える開発事業には現場技術者を雇用しなければならない法整備がなされるべきである。
- 通常の単純な設計用の簡便な検査方法を開発するべきである。
- 通常の開発事業と特別の開発事業を区別するべきである。

##### b. 建築の監督

- 検査技術者の資格を制度化するべきである。
- 検査技術者に権限を持たせ、責任保険を持たせるべきである。
- 検査技術者は請負人と分離させ、最低賃金を設定すべきである。
- 請負人の資格審査を行うべきである。
- 建築物の検査手続きを公共事業会社に開放するべきである。
- 耐震基準は外観や配置などの面も含むべきである。
- 監督機関が是正を効果的に行うために、法的手続きを簡素化すべきである。

**(3) 不法建築物に関する法律**

- 災害基金や災害保険基金を、災害前の不法建築の移転や改善に充当すべきである。
- 新規開発の規制には小規模開発の規制が必要であろう。

**(4) 災害法**

- 災害軽減の努力を、国家戦略の一環として法に入れるべきである。
- 特例措置を減らし、災害から学習するために、危機管理の標準化が必要である。
- 開発法を遵守しなかった者への災害対応は災害法で区別されるべきである。
- 基金の政治的な拡大利用を避けるために、災害に特化した基金が必要である。

**(5) 緊急援助組織と計画に関する規則**

- 被害軽減の努力や長期的復興、教育、防災訓練も規則に含めるべきである。
- 規則は異なる種類の災害は個別に扱うべきである。
- 災害対応で最近課題となった事項を規則に含めるべきである。
- 大都市の地震防災のための特別な法律を制定すべきである。

**(6) 火災に関する法律**

- 火災に関する法体系を整備するために、火災を限定した法を制定すべきである。

**(7) 地震保険**

- 耐震補強の努力を保険料率に反映させるべきである。
- より多くの県が地震保険に参加すべきである。

**3.2. 防災組織に関する勧告**

**(1) 災害管理は分散型で下から上への体系で行うべきである。**

災害時での過去の経験からは、行政側の災害管理センターへの集合は時間を要し、通信や交通は制限されることが予想される。災害発生当初の数日間は、現地事務所が外部からの補助がなくとも独自で行動できるようにするべきである。現地事務所の担当者は防災資源、情報、権限を与えられるべきである。

**(2) 中央政府と地方政府の関連を明確にすべきである。**

県知事、中央政府の各省、県の各省事務所間の調整を適切に行うべきである。広域災害管理センターの役割を十分に定義すべきである。

**(3) 指揮系統を十分に定めておくべきである。**

首相危機管理室、公共事業省災害局、県災害管理センター、公共事業省県事務所の間の指揮系統を定めるべきである。また、イスタンブール市の公共事業会社の幾つかは、県と市の防災センター両方に所属する一方、残りは市の直属であるので、これらの間の指揮系統を簡素化すべきである。

**(4) 組織間の連携を強化すべきである。**

県とイスタンブール市の災害管理センターの連携、および中央から任命された区長と選挙で選ばれた市長との連携は必ずしも強くない。一般的に、県の防災担当者はその土地の出身者ではないため、現地事情に詳しくない。しかし、初期段階の災害対応は本質的には現地で行わなければならないため、これらの間の連携は重要である。さらに、現在県の災害管理センター経由でのみなされているイスタンブール市と各市の連携は、公共事業の災害管理の面で重要である。

**(5) 市民とボランティアを全面的に災害管理に取り込むべきである。**

市民は被災地に最も近く現地事情に通じているため、適切に訓練され組織化された場合には、災害対応に重要な役割を果たせる。しかし現在の災害管理の中では活用されていない資源である。公的な救助活動者の数は大規模地震災害においては十分ではない。なぜならば救助活動者自身も被害者になり、通信や交通の障害のために被災地へ到着することは困難となるからである。

### 3.3. 防災計画に関する勧告

**(1) 各組織において防災計画を作成すべきである。**

災害対応に関わる各組織はそれぞれ防災計画を作成すべきである。さらに各サービスグループの代表組織か又は県災害管理センターは各組織の防災計画とサービスグループおよび全体との整合性を確認すべきである。各作業と各組織の責任関係を示す責任分担表の作成は、この作業を促進させるはずである。この作業は責任の明確化と関連機関の間の連携強化に必要である。

**(2) サービスグループ内での連絡を行うべきである。**

各サービスグループの首長機関と下位サブグループの首長組織、サブグループ内での所属各機関の間の連絡を取るべきである。平常時にグループで定期的会合を開く場合、災害管理についても議題に入れるべきである。これにより、組織間で

個人的な面識ができ、災害発生時に円滑な連絡がとれることが期待できる。

**(3) 異組織間の協力を考えるべきである。**

災害管理センター関連組織をサービスグループに分割することによる縦割りを排するために、異組織間の協力を考えるべきである。

**(4) 市民への情報提供方法を研究すべきである。**

サービスメンバーおよび市民への情報提供は、災害管理で重要な役割を果たす。このため、既存の手段の利用した情報提供を検討すべきである。県災害管理センターのFMラジオ局は知名度を向上させるべきである。県災害管理センターのウェブサイトは、他の政府機関サイトとのリンク、被害状況を知らせるページ、国外向けの英文ページを持ち、センター内で更新ができるようにすべきである。

**(5) 教育者の訓練と、簡略化した教育課程を考えるべきである。**

現状の訓練で共通して見られた問題は、訓練者の数が限られていることである。訓練者の数が増加すれば、訓練はより広範に実施されるはずである。また、現在の訓練は20時間以上を要しており、十分ではあるが通常の人には長すぎるきらいがある。訓練生の数を増加させるにはより簡素化した訓練が必要であろう。

**(6) ヘリコプターの利用は十分に考えておくべきである。**

多数の機関が所有するヘリコプターの総台数、その利用目的、能力、運用支援策を計画し、関連機関相互に知らせておくべきである。航空管制や、犠牲者の捜索活動のための静寂確保などの点も考慮すべきである。

**(7) 防災資源データベースは、組織化し確認しておくべきである。**

GISを使った有用な防災資源データベースを作成するために、場所の他に種類、能力など各種の属性を入力しておくべきである。さらに、各組織から集めたデータは位置情報を始めとして、まず同一の基準で相互確認すべきである。

**(8) 市民を含む合同防災訓練を行うべきである。**

防災訓練は県と市の関係者、ボランティア、市民を含むべきである。訓練は同時に複数の場所で実施すべきである。異なるサービスグループの間での相互運用を訓練で確認すべきである。ヘリコプターや無線など基本となる機器の運用を確認すべきである。現状の防災システムの改善のために、訓練により問題点を見つけ

出すことを目標にすべきである。

**(9) 地震後の建物の被害診断は、短期間で行える準備をすべきである。**

被害診断をより迅速に行うために、技術者協会の技術者は被害診断に関与すべきである。緊急な必要性のために技術者のボランティアでなされた被害診断結果も参考にされるべきである。行政側によってなされた診断結果は、市側にも復興のための情報資料として供与されるべきである。

**(10) 地盤調査とその結果は適切に行うべきである。**

マルマラ地震後、建設の前に地盤調査を行うことが必要に応じ義務付けられた。しかし、調査結果の解釈は任意性が残っている。妥当な工学的判断を下すために、地盤調査に関係する建設技術者、物理探査技術者、地質技術者の間の連絡は十分になされるべきである。

## 第4章 市民社会の防災活動

## 第4章 市民社会の防災活動

市民社会とは、ボランティア団体、企業、家庭、大学、学識者等の自主的活動を実施する社会単位、社会組織である。

1999年8月17日および11月12日にマルマラ海沿岸を襲った2つの地震を契機として、新たな市民組織が結成され、既存の市民組織も活動を活発化した。海外緊急支援活動や海外の市民組織との活動を通じて、トルコの市民社会は規模的にも質的にも成長した。

マルマラ海沿岸の地震後、既に3年が経過しており、震災直後に増殖した市民組織も現在では、人的規模を減らし、活動も縮小化したところも多く見られる。イデオロギーの違いにより、分裂した組織もある。しかし、震災の緊急対応、復旧・復興活動を通じて、トルコの市民社会は全体として成長し続けている。

市民組織には、法的根拠の異なる幾つかの種類がある。それぞれの組織は、法の制約はあるものの、活動趣旨や目的に応じた活動を展開している。防災活動を展開する市民組織に対する提言を下記に示す。

### (1) 市民組織に対する法制度の柔軟性

防災活動は、社会の幅広い分野からの参画からコミュニティでのネットワーク強化に至るまで、包括的な手段を必要とする。協会（デルネッキ）は、2種類以上の活動を同時に行えないことが法律で規定されており、市民組織が防災活動を行う上で制約になっている。

トルコでは、市民組織は複雑で、組織の円滑な活動に支障が生じている。非営利の市民団体、特に災害関連の団体に対しては、同一の法律の適用など、活動の制約条件を緩和するような法制度の確立が求められる。

### (2) 市民社会に対する資源の配分

ほとんどの市民社会は、時間、労力ともにボランティアベースで成り立っている。多くの市民組織のメンバーは、他に主となる職業を持っており、市民活動はボランティア活動の一部として片手間で関わらざるを得ないのが現状である。しかし、防災活動を担う市民組織活動の成功のためには、専門的な知識やノウハウを普及し、人的・物的資源を投入することも必要となる。従って、これらの市民組織の

育成や持続的な発展には、適切な資源の配分やマネージメントが鍵である。

### (3) 責任の適切な配分

防災活動に限った市民組織の中でも救命救助に関わる NGO は非常に多い。また、政府機関である消防、シビルディフェンス、軍など救命救助の役割を担う機関も錯綜しており、これに救命救助を専門とする市民組織が加わる。市民組織の救命救助は、ハードな救命救助は担えないので、ソフトな救命救助に重点を置いた明確な役割分担の範囲を決定することが必要である。

### (4) 建物の安全性強化に向けた市民意識の向上

近年のトルコや他国での地震被害の実態から、根本的な被害の軽減は、建物の強化にあることが明らかである。建物の強化に直結するコミュニティレベルでの市民意識の向上にあたっては、行政のみの努力だけでなく、市民社会の力を最大限に活用することが必要である。

## 第 5 章 市民の防災意識および防災教育

## 第5章 市民の防災意識および防災教育

イスタンブールでのコミュニティ防災活動にあたっては、コミュニティの参加、多方面からなる関係者の参加に着目した、以下のような戦略や具体的活動が求められる。

基本的な戦略としては、情報の共有、資源の管理、組織化の3つが挙げられる。

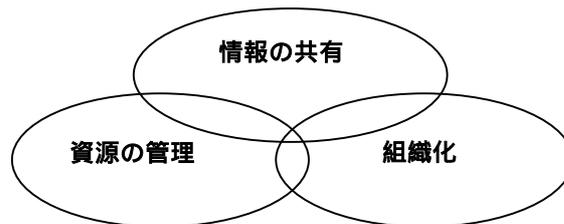


図 3.3.1 コミュニティ防災活動戦略

### 戦略1：情報の共有

効果的な防災活動の実施にあたっては、情報の共有、特に官民間の協力が不可欠である。特に市民に対する身の回りの地域の危険の周知、危険を把握した上での防災計画の策定が必要である。過去の地震に学ぶ教訓は、政府機関や地域の住民の間だけでなく、被災地全体の大学、学会、専門家集団等にも拡大して共有することが重要である。以下の具体的な防災活動を提案する。

- 防災活動 1.1：市民に対する地域の危険性評価結果の周知
- 防災活動 1.2：コミュニティレベルでの防災マップ、防災情報の伝達
- 防災活動 1.3：過去の地震の経験、教訓の防災計画への反映
- 防災活動 1.4：市民レベルでの参加型地域防災計画の推進
- 防災活動 1.5：メディアを活用した災害・防災情報の周知及びコミュニティの防災意識の向上

### 戦略2：資源のマネジメントとネットワーク化

ある程度の人的資源、財政、活動の場などがコミュニティでの防災活動には必要である。地域活動を支えるオープンスペースやコミュニティ拠点は不可欠である。このような活動の場も地域社会の防災力の構成要素である。各市に設置されている防災センターは、広域行政の観点からも、他市との連携や、地域組織との連携が求められる。

現在は、コミュニティ防災活動の中でも、特に救命救助活動が注目されている。災害時の救命救助の重要性は当然であるが、地震被害の根本原因である建築物の耐震性向上に配慮し、さらにこれらに注力する努力も必要である。

また、通常時と緊急時の行動を切り離さずに、通常時から緊急時の行動にスムーズに移行できるような仕掛けや工夫が求められる。以下に推奨される防災活動を挙げる。

- 防災活動 2.1：日常時からのコミュニティスペースの創出
- 防災活動 2.2：コミュニティのレベルでの防災資機材の配備
- 防災活動 2.3：コミュニティ主導による建築物耐震化の推進
- 防災活動 2.4：防災マネジメントセンターを核とするネットワークの強化

### **戦略3：組織化**

コミュニティを中心とした防災活動を浸透させるには、地域の市民グループ、市民リーダーの育成が非常に重要である。ムフタールと呼ばれる最小の行政単位（マハレ）の長は、選挙によって選ばれるが、地域防災活動の組織化を図る上で、非常にポテンシャルが高い。すなわち、県、地域の市役所、地区の組織、学識者、地元企業などとの接触の機会が多く、これらを結びつける地域の中継役として非常に重要な役割を担うことが可能である。特にイスタンブールでは、ムフタールは県の出先機関と市をつなぐことのできる可能性を秘めた公的な役職である。

マハレは、イスタンブール旧市街のように数千人の規模のものから、新興住宅地の数万人規模まで様々である。防災活動は、住民が地域としての共有認識を持って、住民同志が共通の関心事に向かって活動できる比較的小さな規模で行うことが有効である。従って、マハレ以下の近隣、通り、集合住宅等のそれぞれの単位においてそれぞれに見合った活動をコミュニティ防災活動の枠組みとして位置付け、実施することが必要である。特に、イスタンブールでは、集合住宅が主流であり、アパートが最小のコミュニティ活動のユニットと考えられる。

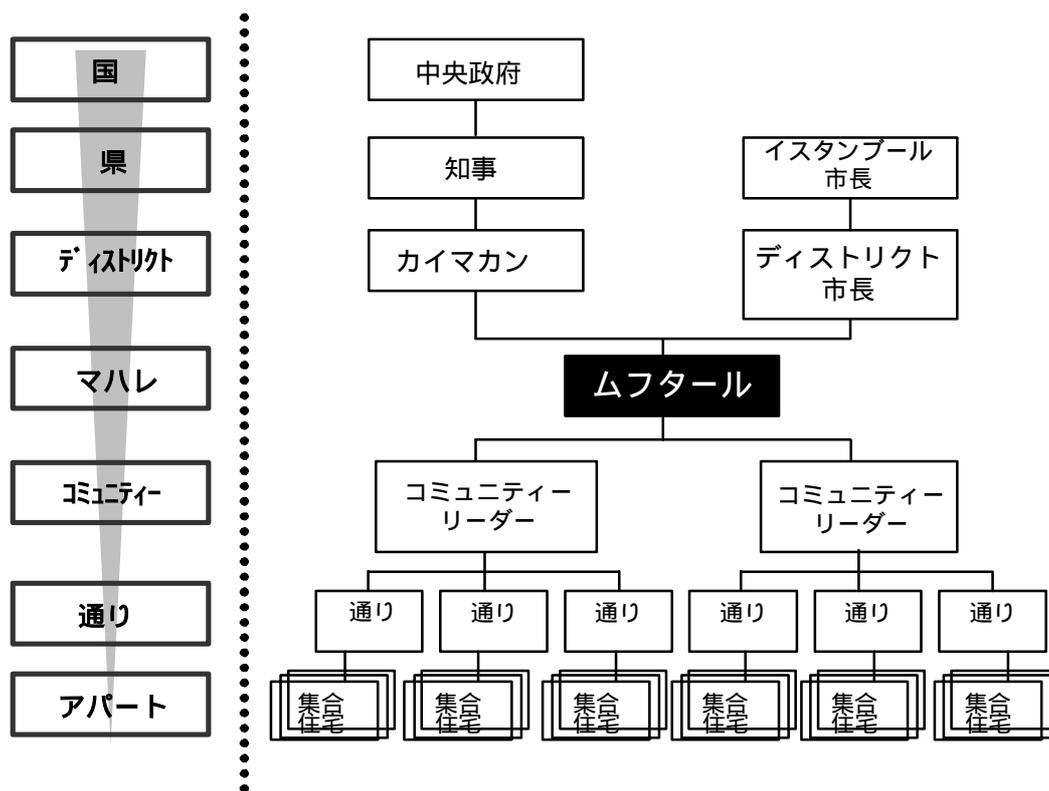


図 3.3.2 ムフタルを中心とするコミュニティの組織化

地域の間人関係を基本とする自主的な社会組織は、活動の重要な鍵である。これらの組織が防災活動を行う上で重要なことは、地域に根ざして地道に活動することであり、社会福祉や地域の生活の質の向上を目指すことも視野に入れ、防災活動の守備範囲を広く考えることである。

コミュニティベースの自主防災組織の組織化には3つのタイプがある。すなわち、一つの地域を代表する組織が全体を束ね、縦の指揮系統がはっきりしている傘タイプ、階層性はないが、全ての組織はお互いに連携しているネットワークタイプ、さらに核となる組織が全ての組織のハブとして結びついている中間的なハブタイプがある。コミュニティ組織の種類は、既存の組織の形態によるところが大きく、各地域の市役所のコミュニティへの関与の度合いによっても異なる。上記のようなコミュニティの形態を踏まえて、地域活動のネットワーク化を図る。しかし、重要なのは、地域組織と公的機関をいかにして有機的に連携させつつ、コミュニティ防災活動を実施するかである。

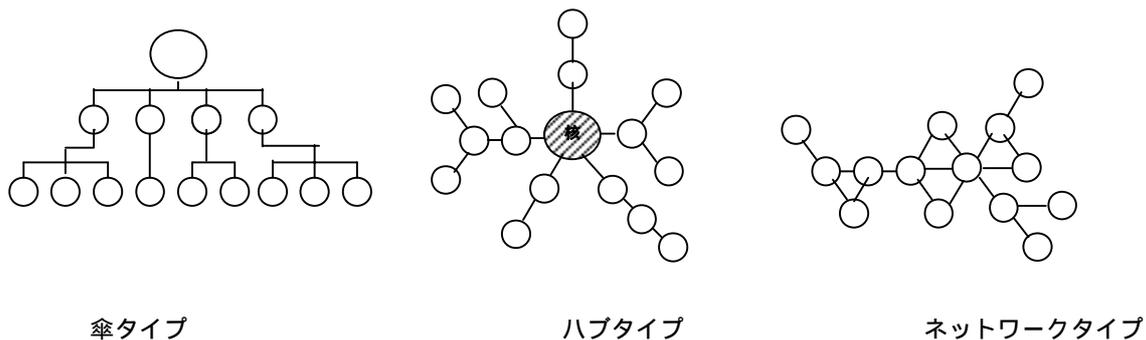


図 3.3.3 地域組織のタイプ

また、学識者や土木、建築、都市計画学会等のメンバーをコミュニティ活動のアドバイザーとして活用することを提案する。各自治体がこれらの人材を、防災活動を実施する地域からの要請に基づいて提供する仕組みを構築するなどである。

- 防災活動 3.1: 近隣、通りなどのマハレレベル以下の小さな単位の設定
- 防災活動 3.2: マハレの中のさらに小さなユニットでの防災活動の促進
- 防災活動 3.3: コミュニティでの関係者の特定とネットワークの強化
- 防災活動 3.4: 関係者各々に関わる役割および責任の明確化
- 防災活動 3.5: コミュニティの組織化および計画立案に関わる専門家の投入

## 第 6 章 地震解析

## 第6章 地震解析

### 6.1. シナリオ地震

北アナトリア断層(NAF)に関する最新の研究成果および関係諸機関や研究者との議論に基づいて、地震防災計画の前提となる地震被害想定に適したシナリオ地震を設定した。図 6.1.1に、以下の4シナリオ地震モデルを示した。

モデル A : 1999 年コジャエリ地震断層の西端から Silivli の沖に至る約 120km の区間。NAF での地震活動が西進していることから、4シナリオ地震モデルの中で最も蓋然性が高い。モーメントマグニチュード(Mw)は 7.5。

モデル B : 1912 年 Murefte-Sarkoy 地震断層の東端から Bakılköy の沖に至る約 110km の区間。モーメントマグニチュード(Mw)は 7.4。

モデル C : NAF のうち北マルマラ海の海底に位置する約 170km の全区間が一度に破壊することを想定したモデル。モーメントマグニチュード(Mw)は 7.7。合理的に想定できる地震モデルのうちで最大の規模である。

モデル D : 北マルマラ海で見つかった海底断層は Çınarcık 海盆の急峻な北斜面の裾に沿うように走っている。この北斜面付近で正断層地震が多数発生していることが最近の研究で指摘されていることを受けて、正断層地震モデルを設定した。モーメントマグニチュード(Mw)は 6.9。



モデル A

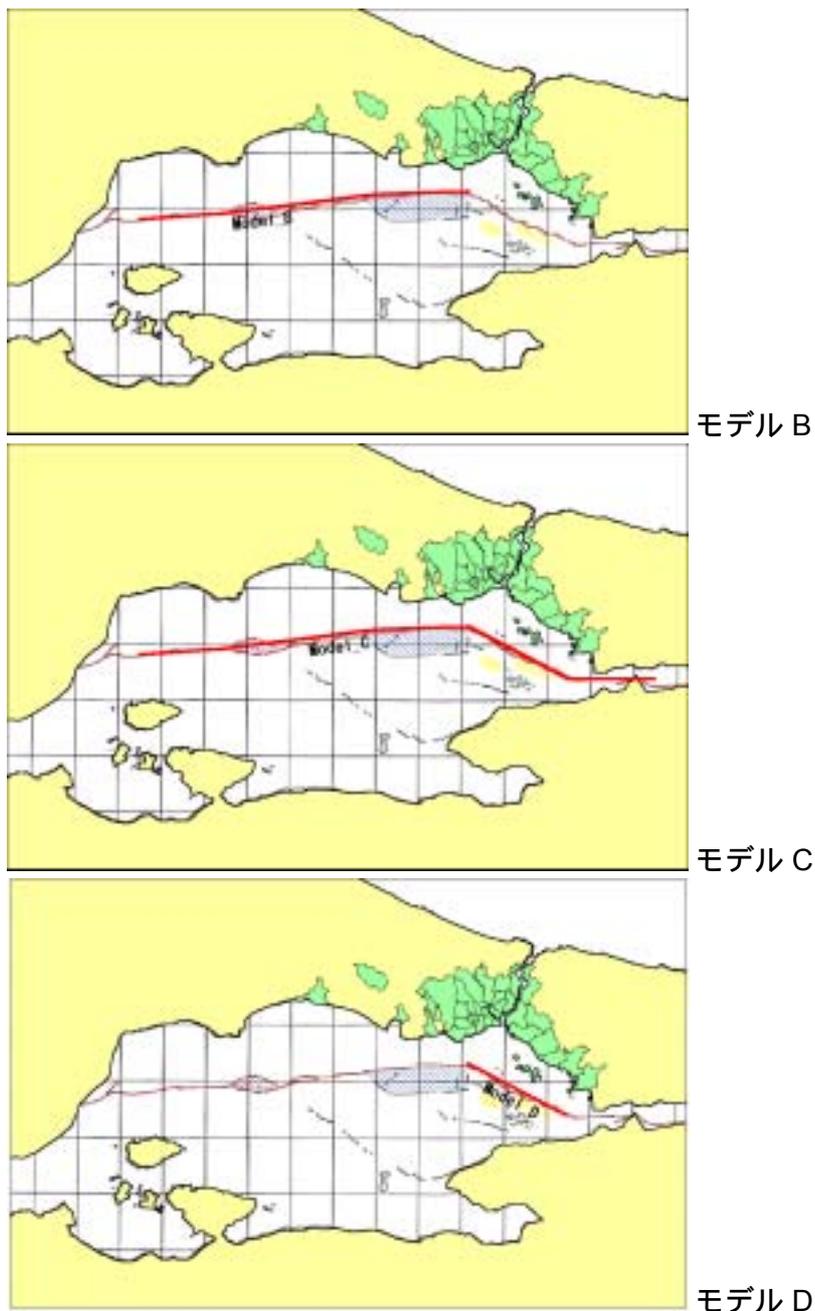


図 6.1.1 シナリオ地震

## 6.2. 地震動

地震動解析においては、500m 正方メッシュを解析単位として採用した。各メッシュの地盤モデルを地質図、地質断面図、ボーリング調査結果と S 波速度に基づいて設定した。地盤分類図を図 6.2.1 に示す。

断層モデルに基づいて、既存の距離減衰式を用いて工学的地震基盤における加速度、速度および加速度応答スペクトルを算定した。距離減衰式は、1999 年コジャエリ地震における観測値を最もよく説明できるものを選定して使用した。

表層地盤の増幅は、地表から 30m 区間の平均 S 波速度に基づいて評価されたサイトクラスとこれに対応する増幅度係数を用いて評価した。さらに、基盤地震動に表層地盤の増幅度係数をかけて、地表における最大加速度(PGA)、最大速度(PGV)および加速度応答スペクトル(Sa)を算定した。得られた PGA 分布を図 6.2.2から図 6.2.5に示した。PGV 分布、Sa 分布についてはメインレポートを参照されたい。

#### a. モデル A

ヨーロッパ側の海岸付近と Adalar に 400gal を越える地域がある。Haliç の北に続く谷沿いにも 400gal を越える地域が見られる。Eminönü から Büyükçekmece にかけては 300gal から 400gal を示す。新市街の大部分と Çatalca、Silivri は 200gal から 300gal となる。アジア側の海岸付近を除く大部分は 300gal 以下である。

#### b. モデル B

ヨーロッパ側の PGA 分布はモデル A とほぼ同じである。アジア側の Adalar, Kadıköy と Üsküdar を除く多くの地域では 200gal 以下である。

#### c. モデル C

Bakırköy の海岸部と Adalar の一部では 500gal 以上に達する。400gal 以上に達する地域は Tuzla, Fatih から Avcılar にかけてと Haliç の北に続く谷に見られる。400gal から 500gal になる地域はモデル A に比べてやや北に広がっている。全てのメッシュで 4 シナリオ地震のうち最大の PGA を示す。

#### d. モデル D

Adalar と Bakırköy の一部で 400gal 以上となる。Bakırköy の大部分と Tuzla の一部は 300gal から 400gal となる。Eminönü から Avcılar にかけてとアジア側の海岸線付近で 200gal から 300gal を示す。

### 謝辞

本章の地震解析は、Mustafa Erdik 教授をはじめとするボアジチ大学カンディリ地震観測所地震工学教室の研究者との多くの議論のもとに実施された。特に表層増幅特性の評価手法は Mustafa Erdik 教授の助言に基づいている。ここに深く謝意を表す。











### 6.3. 液状化危険度評価

#### 6.3.1. はじめに

液状化危険度評価は「地震による地盤災害に関するゾーニングマニュアル」第4技術委員会、国際土質工学会(1993)のグレード3の方法に従った。この手法は日本で一般に広く実用的に用いられている手法で、 $F_L$ 法と $P_L$ 法を組み合わせたものである。対象地盤としては造成地と第四紀の堆積層を取り上げ、地震動解析で用いたのと同じ500mメッシュシステムを採用して解析を行った。図6.3.1に液状化危険度評価の流れ図を示した。

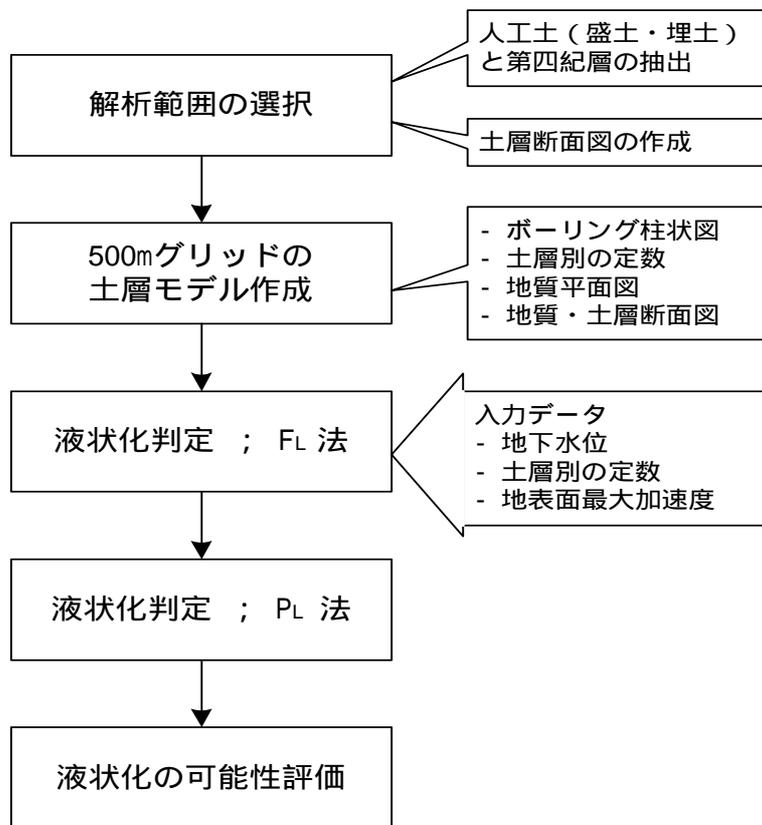


図 6.3.1 液状化危険度評価の流れ図

#### 6.3.2. 解析の条件

##### (1) 解析対象地域

粒度分布から、地層記号 Yd、Qal、Ksf、Cf、Sbfの各層が砂質土あるいは砂質土を含む土層と判定された。しかし Cf、Sbfは第三紀の堆積層であり、続成作用のために固結度が比較的高いところから液状化の可能性は低いものと考えられる。ま

た、また造成地(Yd)や第四紀地盤(Qal, K<sub>s</sub>f)より明らかにN値が高い。以上から液状化危険度判定の対象としては造成地(Yd)、と第四紀地盤(Qal, K<sub>s</sub>f)が分布する地域を選定した。

## (2) 土質物性値の設定

解析にあたって必要な土質物性値は、N値、単位体積重量、細粒分含有率、10%粒径、50%粒径、塑性指数である。各物性値は、以下のデータを土質分類毎に統計的に処理した上で決定した。

- 調査団が実施したボーリングのうち、対象地域内に位置するもの(No. C1-C5, D1-D5, E1-E5)と室内土質試験結果(46 試料)
- 対象地域内の既存ボーリング(480 本)と既存室内土質試験結果(93 孔の 214 試料)

表 6.3.1に設定された物性値を示した。

表 6.3.1 液状化危険度評価のための土質物性値

| 土質分類                 | FC<br>(%) | PI | D <sub>10</sub><br>(mm) | D <sub>50</sub><br>(mm) | N  | γ <sub>t1</sub><br>(tf/m <sup>3</sup> ) | γ <sub>t2</sub><br>(tf/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|-----------|----|-------------------------|-------------------------|----|---|---|
| 造成地                  | 22        | 4  | 0.15                    | 2.7                     | 17 | 2.1                                     | 1.9                                     |
| Qal-粘性土              | 59        | 23 | no data                 | 0.036                   | 21 | 1.8                                     | 1.6                                     |
| Qal-砂質土              | 10        | 1  | 0.12                    | 0.58                    | 26 | 2.0                                     | 1.8                                     |
| Qal-礫質土              | 11        | 3  | 0.11                    | 1.3                     | 26 | 2.0                                     | 1.8                                     |
| K <sub>s</sub> f-粘性土 | 67        | 43 | 0.006                   | 0.037                   | 12 | 1.8                                     | 1.6                                     |
| K <sub>s</sub> f-砂質土 | 6         | 0  | 0.12                    | 0.50                    | 17 | 2.0                                     | 1.8                                     |
| K <sub>s</sub> f-礫質土 | 9         | 0  | 0.69                    | 4.2                     | 27 | 2.1                                     | 1.9                                     |

FC : 細粒分含有率

PI : 塑性指数

D<sub>10</sub> : 10%粒径

D<sub>50</sub> : 50%粒径

N : N 値

γ<sub>t1</sub> : 地下水位面より上での単位体積重量

γ<sub>t2</sub> : 地下水位面より下での単位体積重量

## (3) 地下水位

地下水位は季節的な変動を考慮して、地表面下 1m と仮定して解析を行った。これは調査団によるボーリング調査孔や、地下水位観測孔における最浅の地下水位を採用したものである。

#### (4) 地盤のモデル化

造成地と第四紀地盤分布地域を網羅するように、7種類の土質区分（造成地、Qal-粘性土、Qal-砂質土、Qal-礫質土、Ksf-粘性土、Ksf-砂質土、and Ksf-礫質土）に基づいた土質断面図を作成し、これらの断面図と地形から3次元的な土質構成を推定した。次に、500mメッシュ（地震動解析と同じメッシュシステム）毎に各メッシュでの平均的土質構成による土質柱状モデルを、地表から20m以内の範囲で作成した。液状化危険度解析は、土質データが得られた179メッシュで実施した。

#### (5) 地表最大加速度

地震動解析で得られた地表最大加速度値を解析に用いた。液状化危険度解析はモデルAとモデルCの2ケースについて行った。

### 6.3.3. 液状化危険度

各メッシュでの液状化危険度評価シートはサポートレポートに添付した。結果の概要を表6.3.2に示す。

図6.3.3に示したのはモデルCにおける液状化危険度分布である。

表 6.3.2 液状化危険度評価のまとめ

| 液状化危険度 | 評価基準                  | 解説                                  | メッシュ数 |       |
|--------|-----------------------|-------------------------------------|-------|-------|
|        |                       |                                     | モデル A | モデル C |
| 非常に高い  | $15 \cdot P_L$        | - 地盤改良が必要                           | 38    | 40    |
| 高い     | $5 < P_L \cdot 15$    | - 地盤改良がのぞましい<br>- 重要構造物に対しては詳細調査が必要 | 35    | 42    |
| 比較的低い  | $0 \cdot P_L \cdot 5$ | - 重要構造物に対しては詳細調査が望ましい               | 36    | 28    |
| 非常に低い  | $P_L \cdot 0$         | - 特段の対策は必要ない                        | 70    | 69    |
| 不明     | -                     | - 必要な地盤情報が得られていない                   | 1,313 | 1,313 |

図6.3.2に区毎の液状化危険度評価を示した。液状化危険度評価を行った地域の割合は全体の約17%である。Adaral、Büyükçekmece、Bayrampaşa、Sarıyer、Şişli、Esenler、Çatalca、Silivriでは解析を行っていない。モデルCのケースで「非常に

高い」と判定された地域が 40ha 以上存在する区は Küçükçekmece、Eyüp、Avcılar、Beyoğlu である。

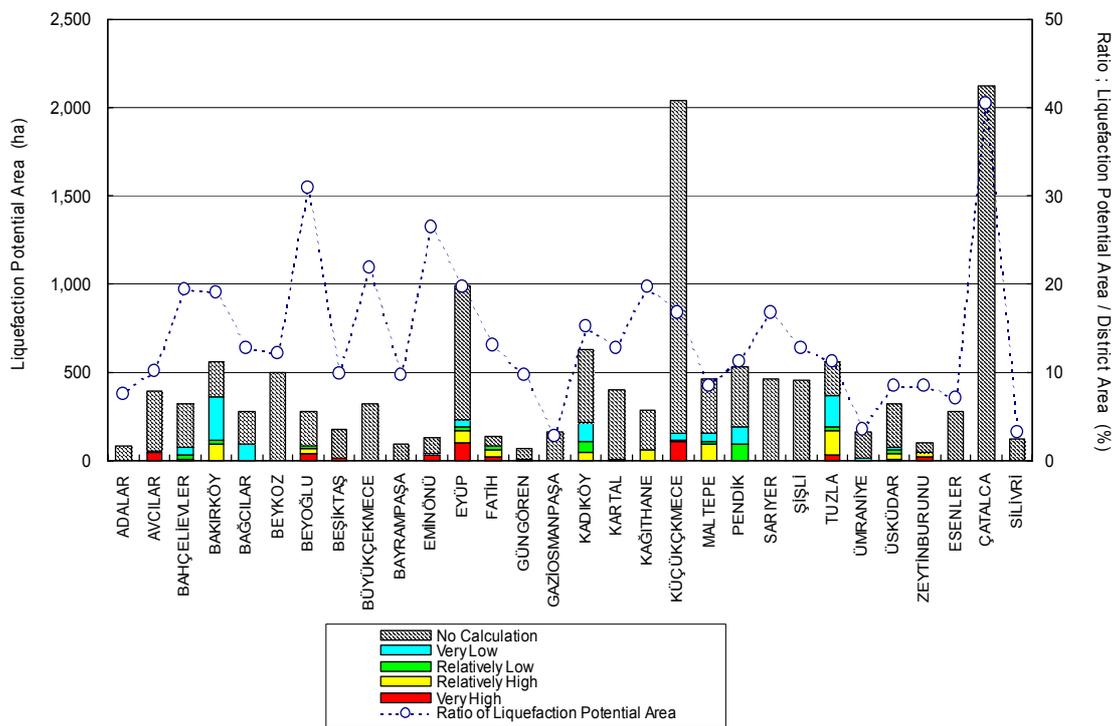


図 6.3.2 モデルC の場合の液状化危険度解析結果と液状化可能性のある地域の割合



## 6.4. 斜面安定評価

### 6.4.1. 斜面安定評価方法

#### (1) 斜面の地形的特徴・斜面安定状況

調査地の斜面状況は地質ごとに以下のように分類できる。

##### 岩盤地帯

風化層と崖錐に表層崩壊が認められる。数百メートル規模の大規模斜面崩壊については、個々の斜面ごとに詳細調査に基づく評価が必要なため、本調査では扱わない。

##### 第三紀層分布地帯

Güngören 層、Gülpnar 層では常時より地すべり現象が認められる。すべり面は残留強度状態にあると考えられる。その他の第三紀層については、風化層と崖錐において表層崩壊が認められる。

##### 第四紀層・盛土埋土分布地域

一般的な円弧すべりが認められる。

#### (2) 斜面安定解析手法

Bilge Siyahi (1998) は地震マイクロゾーニングのための斜面安定解析手法を提案している。斜面の安全率  $F_s$  は次式で定義する。

$$F_s = N_1 \tan \phi \quad (\text{eq.6.4.1})$$

ここで  $N_1$ : 安定指数

$\phi$ : 内部摩擦角

安定指数  $N_1$  は斜面の形状とすべり面の形状を変化させて最も安全側の値になる場合のものを採用し、斜面勾配と地震動としての地表面最大加速度の関数として定めている。本調査ではこの手法を前提として、以下の手順で評価した。まず 50m ごとに安全率  $F_s$  を求める。調査地全体に対して 50m グリッドで斜面勾配を求める。地表面最大加速度はシナリオ地震モデル A とモデル C に対して定める。地盤強度は地質ごとに斜面崩壊の特徴を反映するように定める。安全率が 1 以上ならば斜面は安定と評価されるので、不安定指数として 0 点、安全率が 1 未満ならば斜面は不安定と評価されるので、不安定指数として 1 点をつける。

次にこの不安定指数を 500m グリッドで集計する。500m グリッドには 50m グリッ

ドが 100 個あるので、すべてが不安定と評価されれば、不安定指数は 100 となる。最終的に、表 6.4.1 に示すように斜面不安定リスクを定義する。

表 6.4.1 500mグリッドにおける斜面不安定リスク評価の定義

| 500mグリッド不安定指数 | 500mグリッドの斜面不安定リスク |
|---------------|-------------------|
| 0             | きわめて低い            |
| 1-30          | 低い                |
| 31-60         | 高い                |
| 61-100        | きわめて高い            |

## 6.4.2. 斜面安定解析結果

### (1) 斜面不安定リスク

シナリオ地震モデル A の場合には、「きわめて高いリスク」となる場所が Adalar と Silivri に見られる。ただしいずれも急崖であり居住地区ではない。「低いリスク」となる場所は、Avcılar、Küçükçekmece、Büyükçekmece に認められる。ここは居住地区にあたる。シナリオ地震モデル C の場合には、「きわめて高いリスク」地区は Avcılar まで広がる。「高いリスク」となる場所は Büyükçekmece に広がる。いずれも居住地区にあたる。「低いリスク」となる場所は Bahçelievler、Bakirköy、Güngören まで拡大する。いずれも居住地区となっている。

### (2) ディストリクトごとの斜面安定状況

斜面安定状況をディストリクト別に詳細に検討した。ディストリクトごとに、不安定と評価される 50m グリッドの占める割合を求めたものである。すなわち各ディストリクトにどの程度不安定な場所があるかをしめすディストリクト別不安定率としてまとめた。結果を図 6.4.1 に示す。Büyükçekmece では「低いリスク」「高いリスク」地区が広がっており、不安定率はモデル A で約 3%、モデル C で約 7% である。Büyükçekmece 湖の東岸の地すべり地帯に相当し、斜面勾配は低いものの、低強度の Gülpnar 層が卓越する。Adalar では特に Büyükada 島の南岸に「高いリスク」「きわめて高いリスク」地域が広がっている。ここは最も震源断層に近い。不安定率はモデル A で約 2%、モデル C で約 5% である。Avcılar では「高いリスク」「きわめて高いリスク」地域がディストリクトの南側に広がっている。



## 第7章 地震被害想定

## 第7章 地震被害想定

地震被害想定は、最も蓋然性の高いケースとしてのモデル A と、最悪ケースとしてのモデル C について実施した。

### 注意

サイスミックマイクロゾーニング(地震被害想定)は、将来発生する地震および地震被害の予言ではない。シナリオ地震は次の地震の予知ではない。シナリオ地震のうちいづれかが次に発生する被害地震であることを保証するものではない。

解析は最新の科学的研究成果に基づいて行われているが、結果には避けがたい誤差が含まれている。本報告書で示された被害量、被害分布は、イスタンブール市における地震防災計画の立案に際してのみ利用することができる。

### 7.1. 建築物被害

建築物現況データベースは、マハレ毎に集計された 2000 年建物統計調査を編集して作成した。11 分類毎の建物の棟数を表 7.1.1 に示した。また、建築物の被害をマハレ単位で想定するため、500m メッシュ毎の地震動を建物分布密度を考慮したうえでマハレ単位の地震動に換算した。

建築物被害の定義を表 7.1.2 に示した。2000 年建築物統計調査に含まれている全ての建物を対象に大破、中破、小破建物棟数を算定した。大破とは、倒壊または構造部材が大被害を被り、壁や屋根が残ったとしても危険なため修理や建て替え無しでは住むことのできない建物被害である。中破は、被災直後においては緊急避難として一時的に使用可能ではあるが居住のためには修理が必要な程度の被害を意味する。小破はそのまま居住可能であるが構造部材の一部が被害を受けており、耐震性能が低下しているため、補修が望ましい。被害の要因としては地震動のみを考慮し、液状化や地すべり、火災は含まれていない。これは、イスタンブールでは液状化や地すべり、火災は被害の主要な原因とはならないことを考慮したためである。

被害は、マハレ毎、建物分類毎に算定した。被害算定結果のまとめを表 7.1.3に示した。同表にはコジャエリ地震の再現計算結果もあわせて示してあるが、一部のマハレにおける被害が不明であるため被害率のみが表示されている。被害想定手法はコジャエリ地震と 1992 年エルジンジャン地震の被害で較正されたものであり、再現計算結果は実際の被害と良く一致している。マハレ毎の被害算定結果を図 7.1.1と図 7.1.2に示した。

シナリオ地震による被害の特徴を以下に示す。

### モデル A

大破被害棟数は合計で 51,000 に達する。これは調査地内の建物総数の 7.1%にあたる。大破と中破の合計棟数、すなわち住むためには補修が必要な建物は 114,000 棟である。イスタンブールの南部は地震動が大きいために北部よりも激しい被害となる。ヨーロッパ側の南海岸は最も激しい被害に見舞われ、いくつかのマハレでは大破率が 30%以上に達する。ヨーロッパ側のいくつかのマハレの他、アジア側でもいくつかのマハレで 200 棟以上が大破する。Şilivri と Büyükçekmece においても 300 棟以上が大破することは注目に値する。

### モデル C

建物被害は 59,000 棟に達する。これは調査地全域の建物棟数の 8.2%である。大破棟数と中破棟数の合計、すなわち居住するために建て替えや補修が必要な建物の数は 128,000 である。被害分布はほぼモデル A と同じ傾向である。ヨーロッパ側の海岸沿いのあるマハレでは大破率が 40%以上に達する。ヨーロッパ側のいくつかのマハレの他、アジア側でもいくつかのマハレで 200 棟以上が大破する。Şilivri と Büyükçekmece においても 400 棟以上が大破することは注目に値する。

### 謝辞

建物被害想定にあたってはボアジチ大学カンディリ地震観測所地震工学教室の Nuray Aydinoğlu 教授と多くの議論を行った。特に建物分類と被害評価の方法論は Nuray Aydinoğlu 教授の助言によるところが大きい。ここに深く感謝する。

表 7.1.1 被害想定のための分類毎の建築物棟数

| 分類番号 | 構造                    | 階数     | 建築年              |                  |                    | 合計                  |
|------|-----------------------|--------|------------------|------------------|--------------------|---------------------|
|      |                       |        | - 1959           | 1960 -<br>1969   | 1970 -             |                     |
| 1    | 鉄筋コンクリート<br>フレーム+レンガ壁 | 1 - 3F | 7,120<br>(1.0%)  | 13,757<br>(1.9%) | 200,950<br>(27.7%) | 221,827<br>(30.6%)  |
| 2    |                       | 4 - 7F | 6,280<br>(0.9%)  | 15,449<br>(2.1%) | 280,231<br>(38.7%) | 301,961<br>(41.7%)  |
| 3    |                       | 8F -   | 481<br>(0.1%)    | 886<br>(0.1%)    | 18,468<br>(2.5%)   | 19,835<br>(2.7%)    |
| 4    | 木造フレーム                | 1 - 2F | 4,755<br>(0.7%)  | 697<br>(0.1%)    | 1,583<br>(0.2%)    | 7,035<br>(1.0%)     |
| 5    |                       | 3F -   | 3,611<br>(0.5%)  | 222<br>(0.0%)    | 358<br>(0.0%)      | 4,191<br>(0.6%)     |
| 6    | 鉄筋コンクリート造             | 1 - 3F | 1<br>(0.0%)      | 0<br>(0.0%)      | 13<br>(0.0%)       | 13<br>(0.0%)        |
| 7    |                       | 4 - 7F | 0<br>(0.0%)      | 0<br>(0.0%)      | 200<br>(0.0%)      | 200<br>(0.0%)       |
| 8    |                       | 8F -   | 0<br>(0.0%)      | 0<br>(0.0%)      | 564<br>(0.1%)      | 564<br>(0.1%)       |
| 9    | 組積造                   | 1 - 2F | 25,967<br>(3.6%) | 24,881<br>(3.4%) | 83,215<br>(11.5%)  | 134,063<br>(18.5%)  |
| 10   |                       | 3F -   | 16,952<br>(2.3%) | 8,208<br>(1.1%)  | 8,877<br>(1.2%)    | 34,037<br>(4.7%)    |
| 11   | プレハブ                  |        | 20<br>(0.0%)     | 12<br>(0.0%)     | 864<br>(0.1%)      | 896<br>(0.1%)       |
| 合計   |                       |        | 65,188<br>(9.0%) | 64,113<br>(8.8%) | 595,322<br>(82.2%) | 724,623<br>(100.0%) |

表 7.1.2 建築物被害の定義

|         |  |   |
|---------|--|---|
| 対象      | 2000 年建築物統計に含まれる全ての建物                  |   |
| 評価単位    | 個々の建物の被害確率を評価し、これを集計してマハレ単位での被害棟数を算定する |   |
| 被害の原因   | 地震動                                    |   |
| 被害程度の定義 | 大破                                     | 倒壊または構造部材の大被害<br>一時避難：使用不可、危険<br>居住：建て替え、修理無しでは使用不可<br>(EMS-98 におけるグレード 4 , 5 ) |
|         | 中破                                     | 構造部材の中被害<br>一時避難：使用可<br>居住：要修理<br>(EMS-98 におけるグレード 3 )                          |
|         | 小破                                     | 構造部材の部分的被害<br>一時避難：使用可<br>居住：使用可、修理が望ましい<br>(EMS-98 におけるグレード 2 )                |

表 7.1.3 建築物被害のまとめ

|             |       | 大破            | 大破 + 中破       | 大破 + 中破 + 小破  |
|-------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| モデル A       |       | 51,000 (7.1%) | 114,000 (16%) | 252,000 (35%) |
| モデル C       |       | 59,000 (8.2%) | 128,000 (18%) | 300,000 (38%) |
| コジャエリ<br>地震 | 再現計算  | (0.15%)       | (0.50%)       |               |
|             | 実際の被害 | (0.06%)       | (0.33%)       |               |



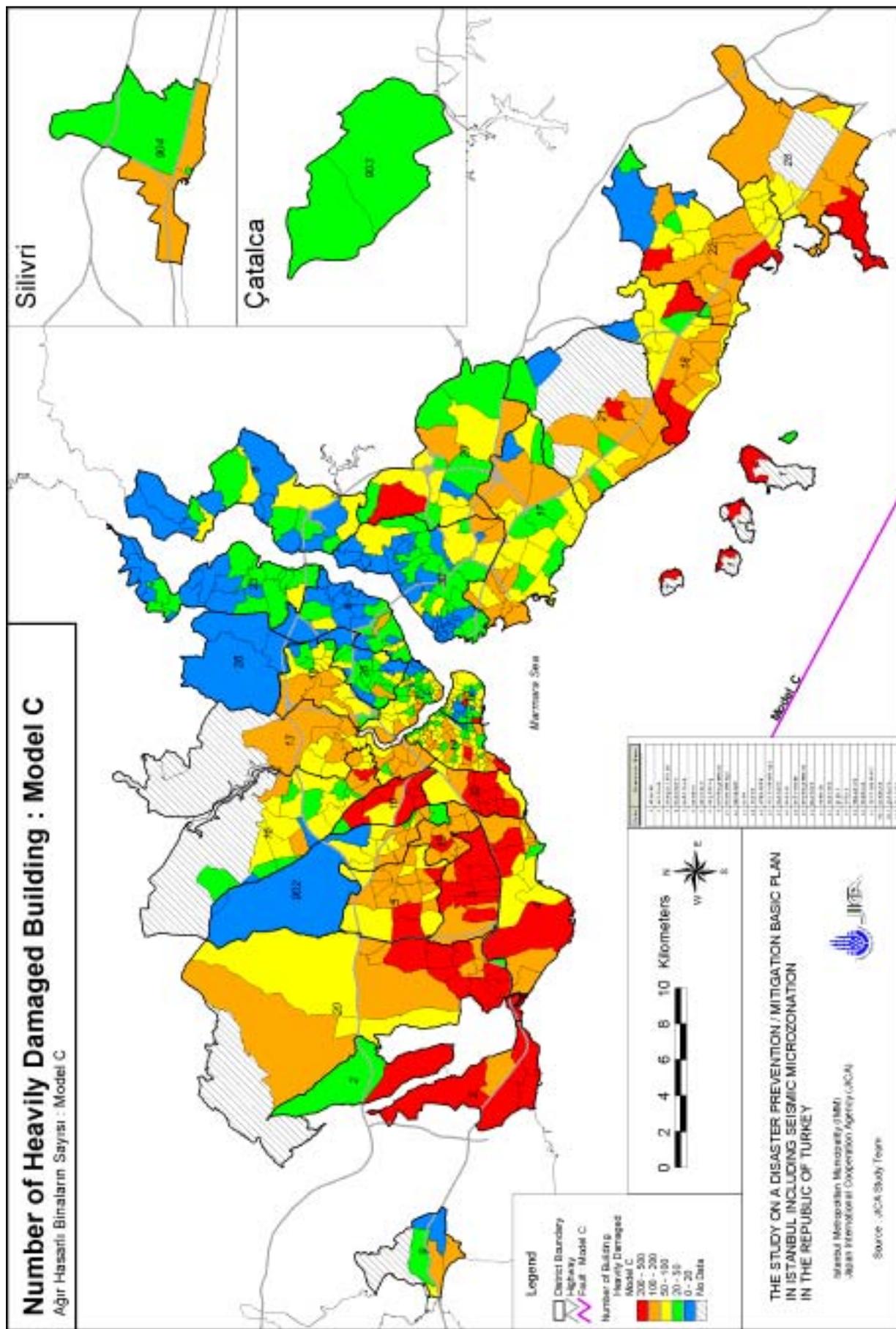


図 7.1.2 大破建物棟数の分布 (モデル C)

## 7.2. 死者、負傷者

地震による人的被害の直接要因には建物の倒壊、火災、津波、崖崩れ、地すべりなどがあるが、イスタンブールにおいてはその建物構造の脆弱性から建物被害が主たる要因となると判断される。そこで、死者数を算定するにあたって、まずトルコ国内の地震被害データから死者、負傷者数と建物被害の相関関係を調べ、この結果から死者、負傷者に関する被害関数を導いた。シナリオ地震における死者数と負傷者数は、この被害関数を用いて建物被害から算定した。なお、この被害関数は主に午前 3 時に発生したコジャエリ地震による被害から導かれたものであるため、夜間の時間帯に対して適用できるものである。

人的被害の定義を表 7.2.1 に示した。地震発生の時間帯としては夜間が想定されている。被害の原因は主に建物の崩壊である。特に大規模災害の場合、避難施設において病気になって死亡する場合もあるが、このような被害は含まれていない。多くの死者は即死あるいは数日以内の死亡と想定される。

被害の算定は、ディストリクト毎に行った。算定結果のまとめを表 7.2.2 に示す。同表にはコジャエリ地震の再現計算結果も示されている。人的被害の想定手法はコジャエリ地震、エルジンジャン地震などの過去の被害地震から設定されたものであり、再現計算結果は実際の被害をよく説明している。各ディストリクトの被害を図 7.2.1 と図 7.2.2 に示した。

シナリオ地震による被害の特徴を以下に示す。

### モデル A

死者数の合計は 73,000 人で、全人口の 0.8% にあたる。重傷者数は 120,000 である。Fatih では 6,000 人以上が亡くなると想定される。最も死亡率が高いのは Adalar で 8.4% である。

### モデル C

死者数の合計は 87,000 人で、全人口の 1.0% にあたる。重傷者数は 135,000 である。Bahçelievler、Fatih、Küçükçekmece では 6,000 人以上が亡くなると想定される。最も死亡率が高いのは Adalar で 9.3% である。

表 7.2.1 人的被害の定義

|         |          |   |
|---------|----------|---|
| 時間帯の設定  | 夜間       |   |
| 評価単位    | 個々人      |   |
| 被害の原因   | 主として建物被害 |   |
| 被害程度の定義 | 死亡       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 崩壊した建物部材の下敷きになったの即死</li> <li>・ 崩壊した屋根材や壁材による窒息死</li> <li>・ 崩壊した建物に閉じこめられ、救出されずに死亡など</li> </ul> |
|         | 重傷       | ・ 骨折、内臓破裂、クラッシュ症候群など、入院加療が必要な程度の負傷  |

表 7.2.2 人的被害のまとめ

|         |       | 死亡            | 重傷             |
|---------|-------|---------------|----------------|
| モデルA    |       | 73,000 (0.8%) | 120,000 (1.4%) |
| モデルC    |       | 87,000 (1.0%) | 135,000 (1.5%) |
| コジャエリ地震 | 再現計算  | 700           | 1,200          |
|         | 実際の被害 | 418           | 1,838          |

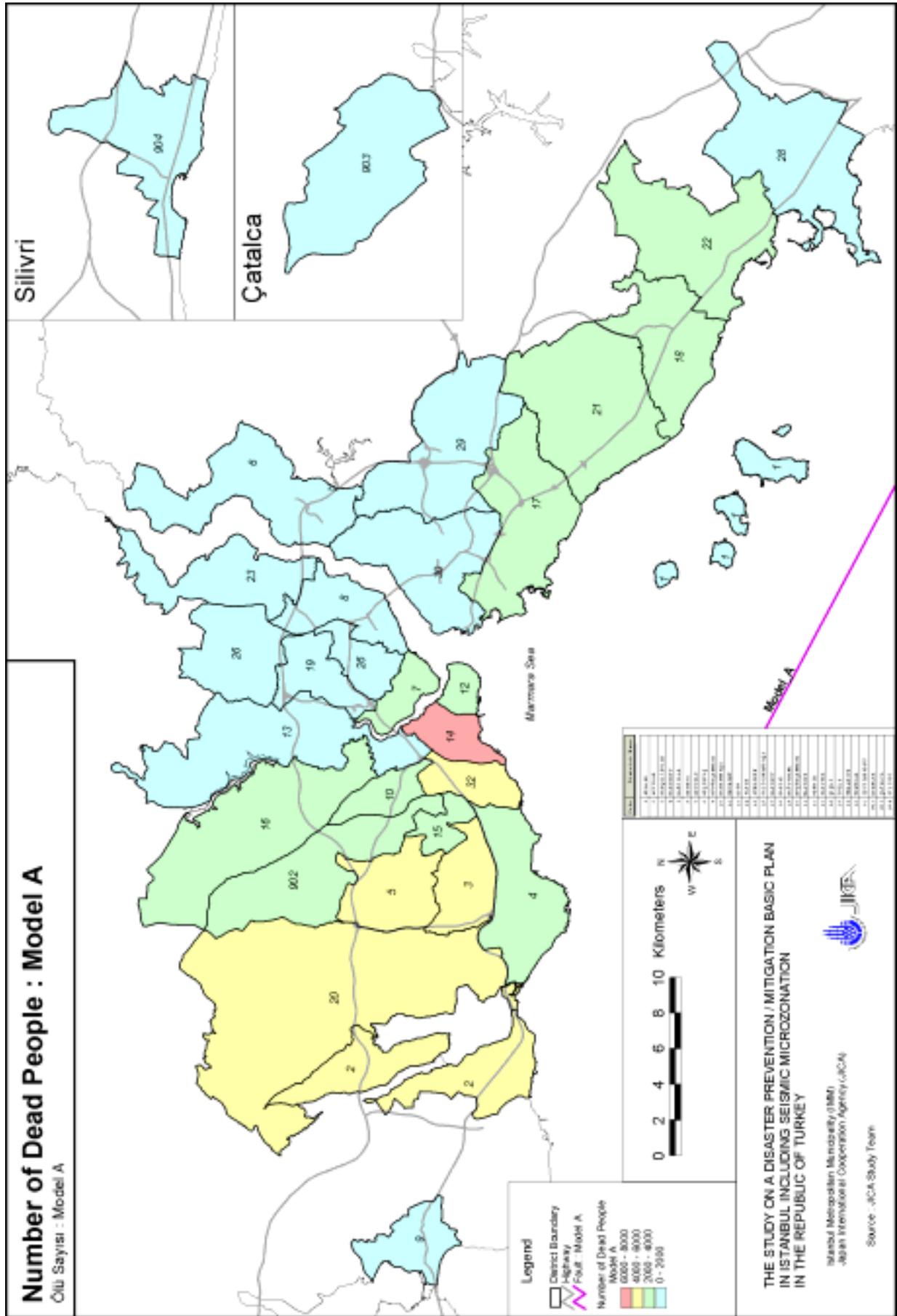


図 7.2.1 死者数の分布 (モデル A)

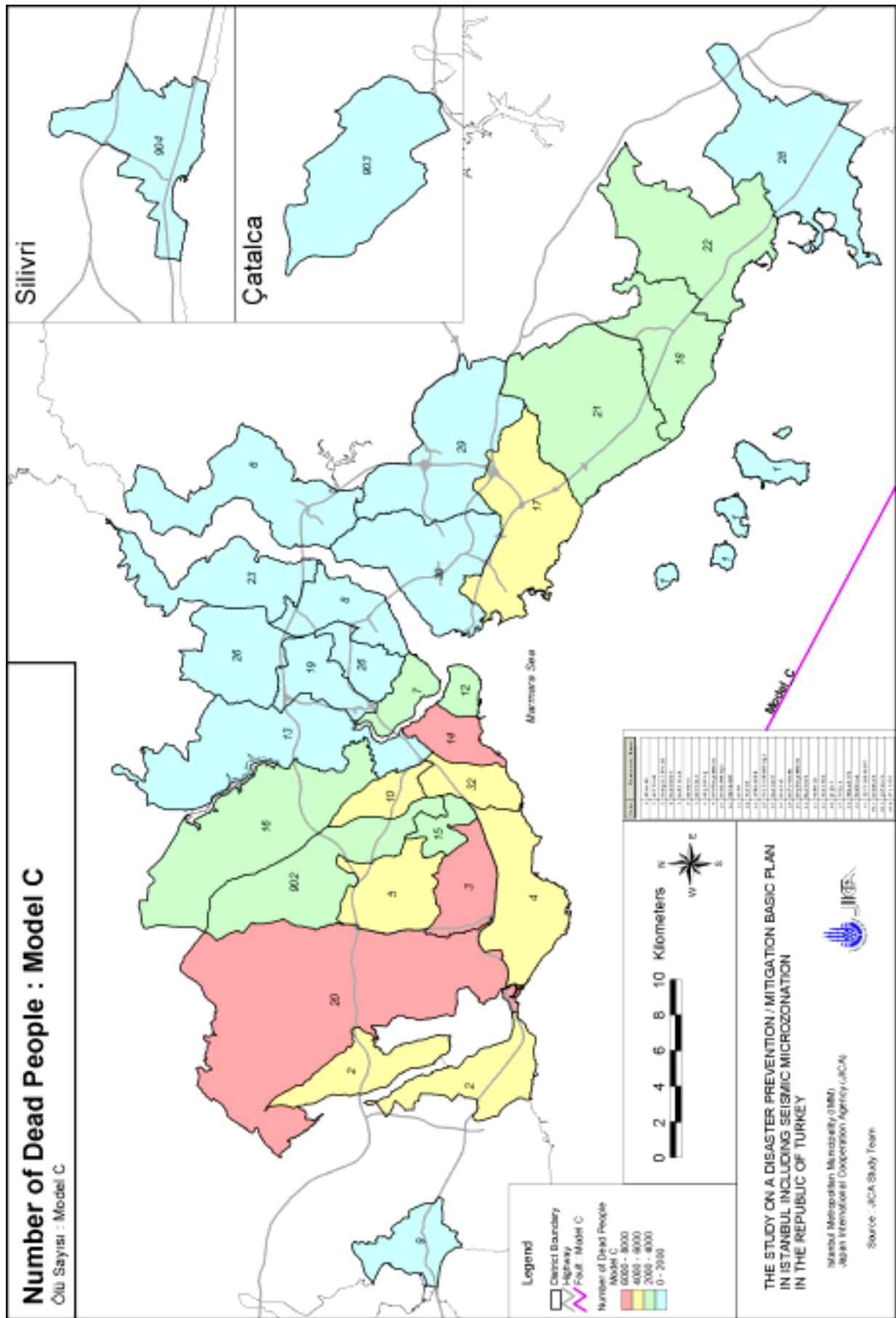


図 7.2.2 死者数の分布 (モデル C)