

国土交通省総合技術開発プロジェクト

循環型社会および安全な環境形成のための
建築・都市基盤整備技術の開発

まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発

(防災まちづくり総プロ)

報 告 書

平成15年3月

国土交通省

まえがき

本報告書は、国土交通省の総合技術開発プロジェクトの一環として、平成 10 年度に着手し、平成 14 年度に終了した「まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発」(通称、防災まちづくり総プロ)の研究開発成果をとりまとめたものである。

総合技術開発プロジェクトは、建設技術に関する重要な研究課題のうち、特に社会的要請が強く、各方面の研究分野にまたがり、かつ大規模な研究をする課題について、産・学・官の緊密な協力体制のもとに研究開発を推進するために設けた制度である。平成 13 年度までに 45 課題が終了し、これらの成果は、建設行政を始めとして、各方面に広く活用されているところである。

さて、わが国は、関東大震災、阪神・淡路大震災をはじめ有史以来多くの地震による被害を経験してきた世界でも有数の地震国である。今日も東海地震、東南海地震、南海地震を始めとした大地震発生の可能性が指摘されている。このような中で、わが国の都市は木造家屋の密集などにより、大地震による大火、建物倒壊等に対して脆弱な都市構造をなしている。

このような防災上危険な密集市街地は全国に 25,000ha あると言われており、大地震の発生に備えてこれら市街地を改善し、地震時の国民の生命、財産を守ることが強く求められている。こうした要請に応えるために、防災まちづくり総プロは、密集市街地を対象とした地区の防災性能評価手法をはじめ、防災まちづくりを進める上で必要な諸技術を開発したものである。

市街地を改善するためには、行政の取り組みだけでなく、地域住民の主体的な取り組みが必要不可欠になる。そのためには、地区の防災上の危険性を行政や住民が理解すること、行政と住民がともに市街地の改善案を検討すること、行政と住民の合意形成を図ることが求められる。防災まちづくり総プロは、これらに総合的に応えることを目的としたもので、大きく「地区の防災性能の評価手法」、「地区の防災性能向上のための効果的対策技術」、「防災まちづくり等のための計画作成支援技術・防災対策推進方策」の 3 課題を設定して、研究開発を行ったものである。

大地震の発生が指摘される現在、様々な都市防災対策が検討されているが、防災まちづくり総プロの成果がこれらの検討の中で幅広く活用されていくことが期待される。

最後に、研究開発を進めるにあたって、「防災まちづくり総プロ全体委員会」の伊藤滋委員長をはじめ、委員会の委員各位、研究実施機関となった建築研究所及び国土技術政策総合研究所の担当者、多大な協力をいただいた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

平成 15 年 3 月

国土交通省大臣官房技術審議官
門松 武

国土交通省総合技術開発プロジェクト
循環型社会および安全な環境形成のための建築・都市基盤整備技術の開発

「まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発」

目次

| | |
|------------|-----|
| 研究の目的と構成課題 | v |
| 検討体制 | vii |
| 報告書の構成 | x |
| 成果の概要 | xi |

< 本編 >

| | |
|----------------------------------|-----|
| 第1部 地区の防災性能評価技術の開発 | |
| 第1章 防災上危険な地区の抽出手法 | 1 |
| 1.1 延焼危険性の評価手法 | 1 |
| 1.1.1 既存の市街地防火性能評価指標の問題点 | 1 |
| 1.1.2 CVFの導入と基本的概念 | 2 |
| 1.1.3 CVFに関する理論的背景 | 4 |
| 1.1.4 CVFを用いた防火性能評価 | 15 |
| 1.1.5 実市街地におけるCVFと市街地防火性能の関係の検討 | 19 |
| 1.2 アクティビティの評価手法 | 37 |
| 1.2.1 アクティビティ評価の体系 | 37 |
| 1.2.2 マクロ評価の理論 | 46 |
| 1.2.3 各アクティビティに係る場面・対象施設の設定等について | 74 |
| 1.2.4 区画道路網モデル | 76 |
| 1.2.5 マクロ評価における道路幅員帯区分の設定について | 93 |
| 1.2.6 評価体系に至る経緯 | 94 |
| 1.3 幹線系道路の機能障害危険度評価手法 | 99 |
| 1.3.1 研究の枠組み | 99 |
| 1.3.2 幹線系道路の地震時機能障害に関する事例調査 | 100 |
| 1.3.3 地震時交通状況の評価フローの構築 | 105 |
| 1.3.4 幹線系道路のネットワーク評価モデルの検討 | 113 |
| 1.3.5 地震時交通需要の予測手法 | 124 |
| 1.3.6 地震時の交通状況の評価手法 | 128 |
| 1.4 総合的評価手法の検討 | 138 |
| 1.4.1 地区の抽出イメージ | 138 |
| 1.4.2 既存の地震被害予測手法の整理 | 140 |
| 第2章 地区の防災性能の詳細評価手法 | 155 |
| 2.1 延焼危険性の評価手法 | 155 |

| | | |
|--------------------------|----------------------------|-----|
| 2.1.1 | 評価手法の概要 | 155 |
| 2.1.2 | 市街地火災の物理モデルの概要 | 156 |
| 2.1.3 | モデルを構成するサブモデル | 158 |
| 2.1.4 | シミュレーションによる評価方法 | 176 |
| 2.1.5 | ケーススタディ | 197 |
| 2.1.6 | まとめと課題 | 198 |
| 2.2 | アクティビティの評価手法 | 200 |
| 2.2.1 | ミクロ評価の理論 | 200 |
| 2.2.2 | 到達困難性についての既存検討 | 213 |
| 2.2.3 | リンク閉塞モデル | 216 |
| 2.2.4 | 主体別通過幅員設定について | 240 |
| 2.2.5 | 最短経路検索モデル及び原始評価値 | 245 |
| 2.2.6 | 評価値の考え方とモンテカルロシミュレーション | 253 |
| 2.2.7 | 評価値と施策の対応 | 259 |
| 2.2.8 | 延焼（延焼シミュレーション等）と併せた評価について | 267 |
| 2.2.9 | 全壊確率について | 273 |
| 2.3 | 詳細評価時における評価条件設定 | 276 |
| 2.3.1 | 必要な入力パラメータの整理 | 276 |
| 2.3.2 | シミュレーションに必要なパラメータ設定方法 | 277 |
| 第2部 地区の防災対策技術の開発 | | |
| 第3章 防災性向上のための地区の整備計画策定手法 | | |
| 3.1 | 地区の整備計画策定の考え方 | 281 |
| 3.1.1 | 計画モデルの概要 | 281 |
| 3.1.2 | 地区及び街区の延焼・避難上の独立性 | 282 |
| 3.1.3 | 制度モデルの概要 | 283 |
| 3.2 | 地区施設等の計画策定手法 | 285 |
| 3.2.1 | 計画モデル別の計画策定手法の検討 | 285 |
| 3.2.2 | 地区防災軸の計画策定手法 | 286 |
| 3.2.3 | 地区防災拠点周辺エリアの不燃化等の計画策定手法 | 291 |
| 3.2.4 | 生活道路ネットワークの計画策定手法 | 292 |
| 3.2.5 | シミュレーションを通じての計画案の検討における留意点 | 294 |
| 3.2.6 | 評価方法に関する留意点 | 295 |
| 3.3 | 街区内の建築物の建替え手法の検討 | 296 |
| 3.3.1 | 共同建替え | 296 |
| 3.3.2 | 協調型計画建替え | 300 |
| 3.3.3 | 協調型計画建替えのケーススタディ | 304 |
| 3.3.4 | 計画建替えを支える制度イメージ | 323 |

| | |
|------------------------------------------|-----|
| 第4章 空地・緑被地及び都市河川の防災活用手法 | 335 |
| 4.1 空地・緑被地の防災活用手法 | 335 |
| 4.1.1 研究の概要 | 335 |
| 4.1.2 オープンスペースの防災的活用技術の検討 | 336 |
| 4.1.3 樹木等の防災的効果 | 340 |
| 4.1.4 延焼シミュレーションにける緑被地・空地等の評価 | 341 |
| 4.2 都市河川の防災的活用 | 343 |
| 4.2.1 延焼シミュレーションを用いた都市河川などの消防水利の活用手法の検討 | 343 |
| 4.2.2 延焼シミュレーションを用いた都市河川などの消防水利の利用可能性の把握 | 343 |
| 4.2.3 都市河川の消防利用に関する現地調査 | 346 |
| 4.2.4 消防力運用モデルを有する延焼シミュレーションモデルの構築 | 350 |
| 4.2.5 実態に基づく条件設定の検討 | 354 |
| 4.2.6 シミュレーション・システムの構築 | 358 |
| 4.2.7 延焼シミュレーションによる検討 | 359 |
| 4.2.8 実フィールドを対象とした河川等を活用した防災整備手法の検討 | 362 |
| 4.2.9 河川等の防災活用手法の整理 | 371 |
| 4.2.10 防災まちづくり計画における都市河川等の活用手法 | 372 |
| 第3部 計画策定支援技術の開発 | |
| 第5章 計画策定時の合意形成手法 | 377 |
| 5.1 合意形成手法の現状と将来ニーズ | 377 |
| 5.1.1 対話型アンケート調査 | 377 |
| 5.1.2 防災まちづくりで必要となる支援ツールに関する調査概要 | 382 |
| 5.2 計画策定過程に応じた合意形成手法の考え方 | 388 |
| 5.2.1 支援ツールを位置付ける軸 | 388 |
| 5.2.2 支援ツールの必要条件 | 389 |
| 5.2.3 実用性を与える選択項目（分類軸）の設定 | 390 |
| 5.2.4 項目の抽出 | 391 |
| 5.2.5 項目の分類項目の抽出 | 392 |
| 5.2.6 地方公共団体の実績とニーズからの分析 | 393 |
| 5.2.7 防災まちづくりカタログ項目の検証 | 394 |
| 5.2.8 カタログ項目の有効性を確かめる評価軸の仮説づくり | 396 |
| 5.3 AHPを用いた合意形成手法の提案 | 402 |
| 5.4 防災性能評価にもとづく合意形成手法 | 405 |
| 第6章 地区整備における費用・便益算定手法 | 407 |
| 6.1 費用便益の考え方 | 407 |
| 6.1.1 費用便益分析の目的 | 407 |
| 6.1.2 費用便益分析の概略手順 | 408 |
| 6.1.3 費用便益分析の前提条件と検討内容 | 409 |

| | | |
|-------|----------------------------|-----|
| 6.2 | 費用・便益の要素の整理 | 414 |
| 6.2.1 | 被害に関する項目 | 414 |
| 6.2.2 | 事業実施費用に関する項目 | 421 |
| 6.2.3 | 被害・費用の推定方法と原単位設定のまとめ | 427 |
| 6.3 | 簡便な費用便益分析算定手法 | 430 |
| 6.3.1 | マクロ評価指標を用いた便益算定手法 | 430 |
| 6.3.2 | 延焼シミュレーションに基づく便益算定手法 | 439 |
| 6.4 | CVM手法の適用に関する検討 | 445 |
| 6.4.1 | 防災まちづくり事業の評価手法としてのCVM手法の意義 | 445 |
| 6.4.2 | CVM手法適用の際の空間スケールと時期 | 449 |
| 第7章 | 防災性能評価システムの構築と運用 | 451 |
| 7.1 | 評価に必要なデータの入手と管理方法 | 451 |
| 7.1.1 | 地図に関する検討 | 451 |
| 7.1.2 | GISデータ整備の問題点 | 452 |
| 7.2 | 防災性能評価システムの構築手法 | 456 |
| 7.2.1 | 防災性能評価システムの開発 | 456 |
| 7.2.2 | 対象地区に関するGISデータの定義 | 456 |
| 7.2.3 | 個別のシミュレータ・エンジンとのデータ入出力の定義 | 458 |
| 7.2.4 | ケーススタディ地区におけるサンプルデータの作成 | 458 |
| 7.3 | 防災性能評価システムの構築手法 | 462 |
| 7.3.1 | 評価に必要なデータの入手・管理 | 462 |
| 7.3.2 | 防災性能評価システムの運用手法 | 477 |
| 7.3.3 | 防災性能評価システムの活用 | 478 |

＜参考資料＞

| | | |
|-------|-------------------------|------|
| A | 延焼シミュレーションモデル構築のための火災実験 | |
| A-1 | 発熱速度に関する実験的検討 | A-1 |
| A-2 | 有風下の建物模型周囲に形成される火炎性状 | A-12 |
| A-3 | 火炎合流条件の実験的検討 | A-19 |
| A-4 | 有風下の火炎気流の温度分布に関する実験的検討 | A-23 |
| A-5 | 火炎近傍の樹木の防火性に関する実験的検討 | A-36 |
| B | 計画内容の実現に資する制度等 | B-1 |
| 第1章 | 地区防災軸の整備について | B-1 |
| 第2章 | 地区防災拠点周辺エリアの不燃化等について | B-20 |
| 第3章 | 生活道路ネットワークの整備について | B-22 |
| 第4章 | 計画的な建替えについて | B-27 |
| C | 合意形成手法の一覧 | C-1 |
| 委員会名簿 | | (省略) |

研究の目的と課題構成

1. 研究の目的

平成7年の兵庫県南部地震で発生した火災は、延焼遮断帯と言われる広幅員の道路、公園、連続した不燃建築物等によって焼け止まり、都市レベルの防災対策効果が改めて認められた。しかしながら、地区内部では火災等による被害が甚大であった。加えて、建物が倒壊して多くの死者や生き埋め者が発生し、建物倒壊による道路閉塞とあいまって救出・救護活動にも支障が生じた。

迅速な復興という観点からは、平常時からの住民参加による防災まちづくりの必要性が指摘され、住民と行政の対話、住民の合意形成を平常時から支援する手法の開発が求められた。

以上のような観点から、今後の木造密集市街地等における地震時の被害を地区レベル(10~30ha)で軽減する技術の開発を目的とし、平成10年度から平成14年度まで本研究プロジェクトを実施した。

2. 課題構成

本プロジェクトでは以下に示す3つの課題を設定して研究を推進した。

[課題Ⅰ．地区の防災要素の影響評価手法の開発]

I-1 市街地火災を抑制する諸要因の抑止効果の分析

放射・接炎、気流、火炎形状、火炎合流等に関する火災実験を実施し、地震後の出火から市街地火災に拡大する延焼拡大の物理モデル、および防火性能を評価する手法を構築する。

I-2 地区施設等の救出・救護への効果分析

地区内オープンスペース等、地区施設等の活用実態・道路閉塞の状況等に基づく、被災後の救助・救出活動に関する防災上の安全性を評価するモデルを構築する。

I-3 地区施設等の避難問題への効果分析

避難路の確保、地区内オープンスペース等の地区施設等の活用実態や道路閉塞の状況に基づく、被災後の避難活動に関する防災上の安全性を評価するモデルを構築する。

I-4 地区の防災要因の総合評価手法の開発

市街地の防火安全性、救出・救護、避難等に関する安全性の評価を総合的な観点から評価するための手法を構築する。

[課題Ⅱ．地区の防災対策技術の開発]

II-1 各種市街地整備事業・計画技術等の防災対策への活用に関する研究

地区の防災性能を高めるために、効果的な計画案の検討と、同計画案を実現する事業、規制誘導などの制度の導入の検討とを行う。

II-2 地区施設等を活用した防災対策技術の開発

道路・空地・緑地・都市河川等、個々の要素が防災上果たす役割を明らかにするとともに、効果的な対策に結びつけるため、地区施設等を用いた防災対策技術を開発する。

[課題Ⅲ．計画支援技術・防災対策推進方策の開発]

III-1 防災まちづくりを支える住民の意識形成に関する研究

防災まちづくりを推進する中で最も重要な要素の一つである合意形成を円滑に図るために、効果的な合意形成支援手法の活用について検討する。

III-2 地区施設等の整備における防災投資に関する研究

各種防災対策に関して簡便な投資効果の概念を導入し、計画案を選択あるいは評価する際の指標とする。

III-3 防災まちづくり計画作成支援技術に関する研究

地方公共団体、NPO、住民、民間コンサルタント等が防災まちづくりに関する計画を、改善効果を把握しながら立案出来るようにするシステムを開発する。

研究の開発イメージのポンチ絵を下图に示す。

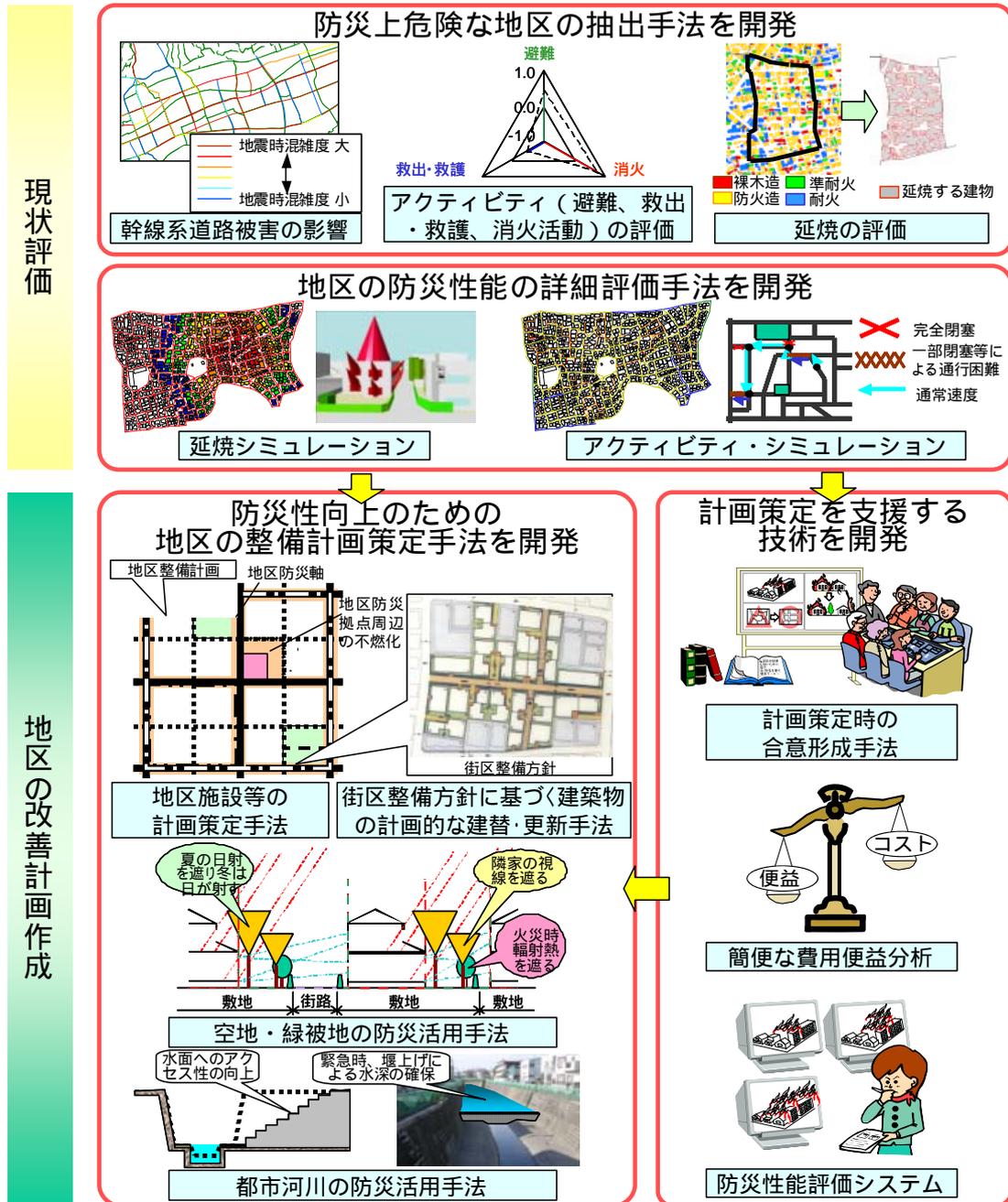


図1 まちづくりに関する防災評価・対策技術の開発の研究内容イメージ

研究体制について

研究の実施に当たっては、財団法人国土技術研究センター内に「防災まちづくり総プロ研究開発委員会全体委員会」(委員長：伊藤滋早稲田大学教授)、「防災性能評価分科会」(委員長：室崎益輝神戸大学教授)、「技術開発分科会」(委員長：塚越功慶応義塾大学教授)、「技術活用分科会」(委員長：熊谷良雄筑波大学教授)を設置し、全体委員会による総合調整のもと、防災性能評価分科会において、課題Ⅰ(地区の防災要素の影響評価手法の開発)を、技術開発分科会において課題Ⅱ(地区の防災対策技術の開発)を、技術活用分科会において課題Ⅲ(計画支援技術・防災対策推進方策の開発)について、委員の方々に研究内容の検討・評価をお願いした。

また、これらの委員会・分科会のもとに「防災性能評価分科会」においては「防火幹事会」(主査 辻本誠 名古屋大学教授)、「地区施設等効果分析幹事会」(主査 家田仁 東京大学教授)を設置した。「技術開発分科会」においては、「計画・制度モデル検討ワーキング」(主査 大村謙二郎 筑波大学教授)を設置した。また、「技術活用分科会」においては「住民参加WG」(主査 伊藤雅春 大久手計画工房東京事務所所長)、「防災投資検討幹事会」(主査：中林一樹 東京都立大学教授)を設置し、その指導のもとに検討を行った。

これらの委員会、ワーキングの関係を示したのが図2である。委員会、各分科会、各幹事会、各WGの委員は巻末の名簿を参照されたい。

また、一方で、総合技術開発プロジェクトの基本理念である産官学の共同研究体制を担保するために、地方公共団体、都市基盤整備公団、(財)都市防災研究所による自主研究組織「共同研究推進会議」(事務局 財団法人国土技術研究センター)ならびに、都市防災研究に関心の高い民間企業による自主研究組織「防災まちづくり研究会」(事務局 財団法人都市防災研究所)と連携を取り、相互に役割分担をしつつ研究を推進することとした(図3)。その他、関係省庁、大学等とも連携を取りながら研究開発を進めた。

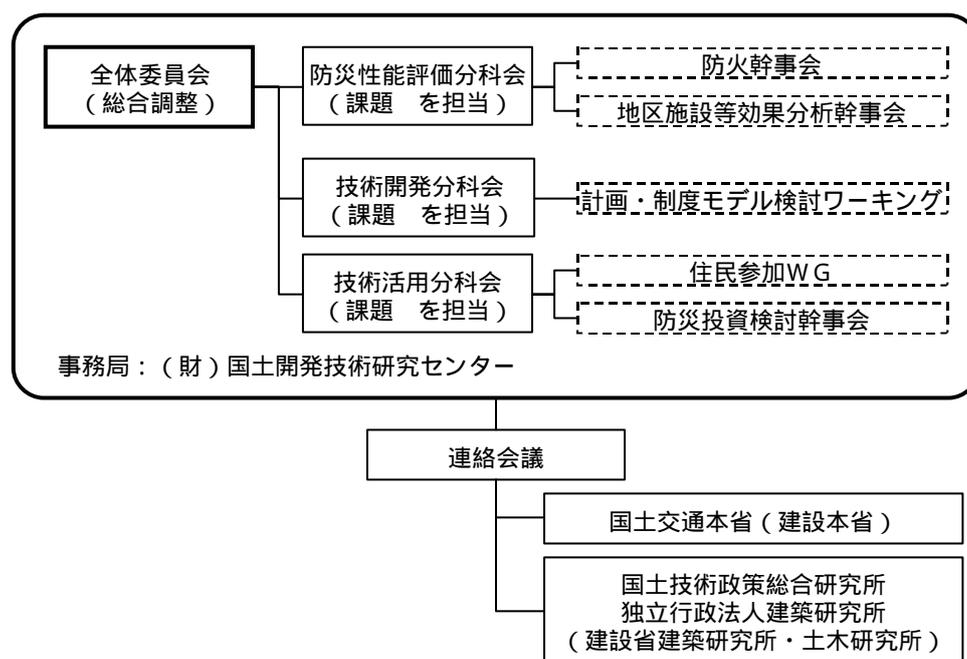


図2 防災まちづくり総プロ研究開発委員会の体制

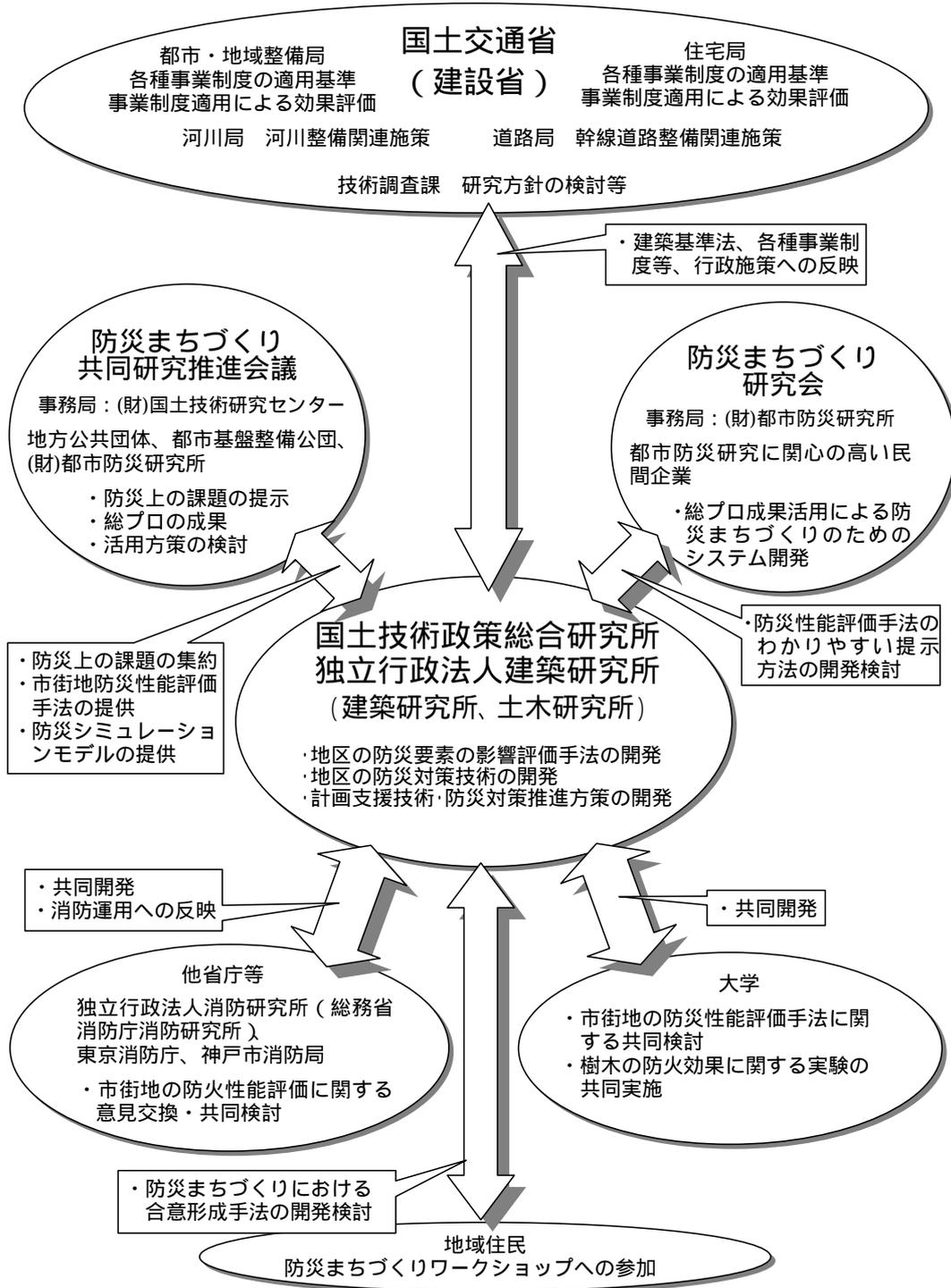


図3 関係機関との連携図

研究を開始した平成10年度から平成12年度までの3ヶ年は、建設本省のもと、建設省建築研究所および建設省土木研究所が共同で技術開発に取り組んだ。建設省土木研究所は課題Ⅰの救出・救護、および避難問題に関する検討のうち幹線系道路部分の評価、さらに、課題Ⅱのうち都市河川に関する地区防災施設の活用について担当した。それ以外の課題については、建設省建築研究所が担当した。

また、省庁再編及び国立試験研究機関が独立行政法人化された平成13年度以降は、国土交通本省のもと、独立行政法人建築研究所との密接な連携および分担とともに、新たに発足した国土交通省国

土技術政策総合研究所が技術開発に取り組んできた。

研究実施機関である国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所（平成 12 年土間では建設省建築研究所、建設省土木研究所）における研究分担を、図 4 に示す。

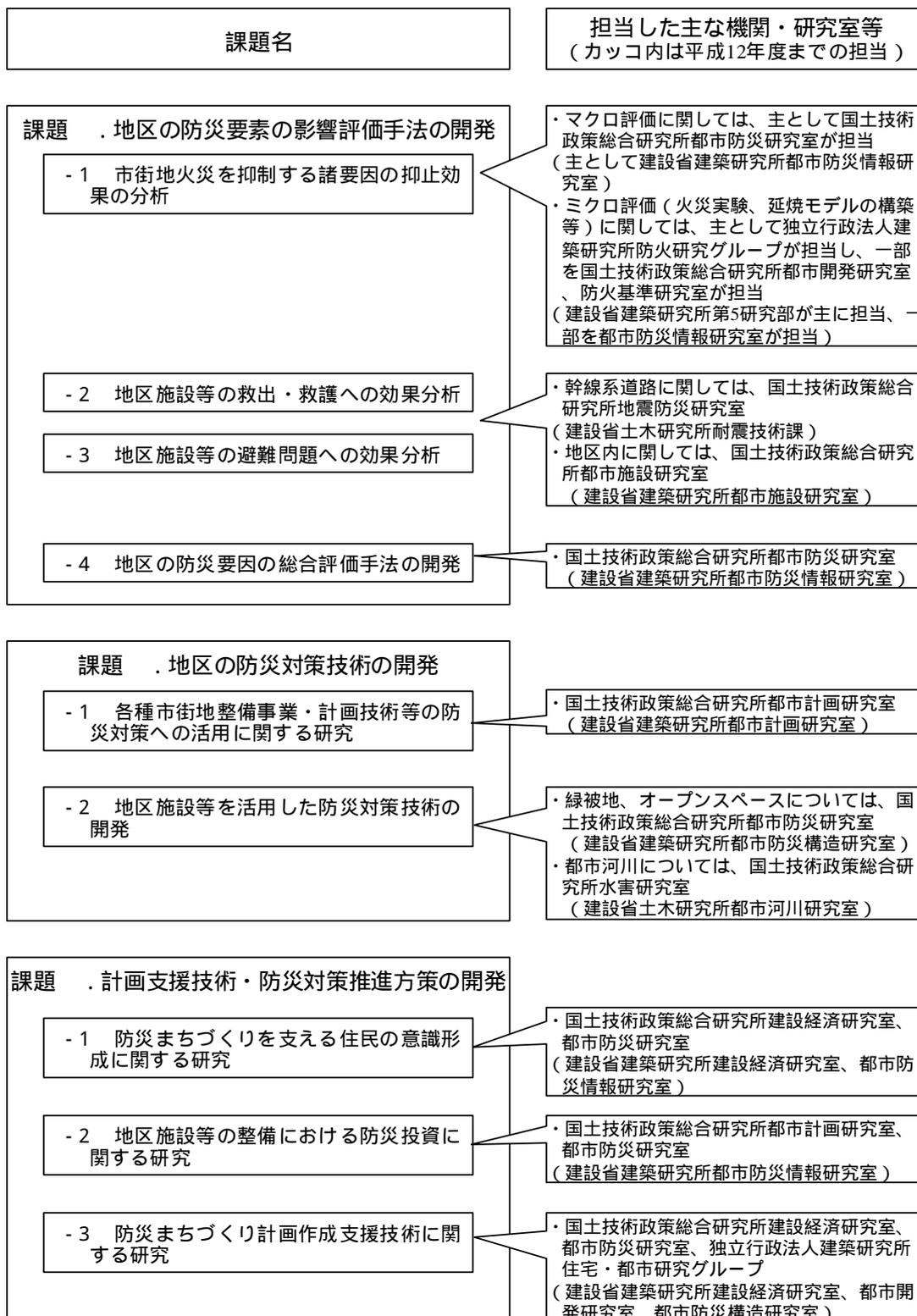


図 4 研究実施機関における各課題の分担状況

報告書の構成

本研究の課題構成と、本報告書の目次とは概ね下図のような関係になっている。ただし、実際にはこの図に示した以外の対応も多々あるが、猥雑になるため割愛し、代表的な対応関係のみを記載している。

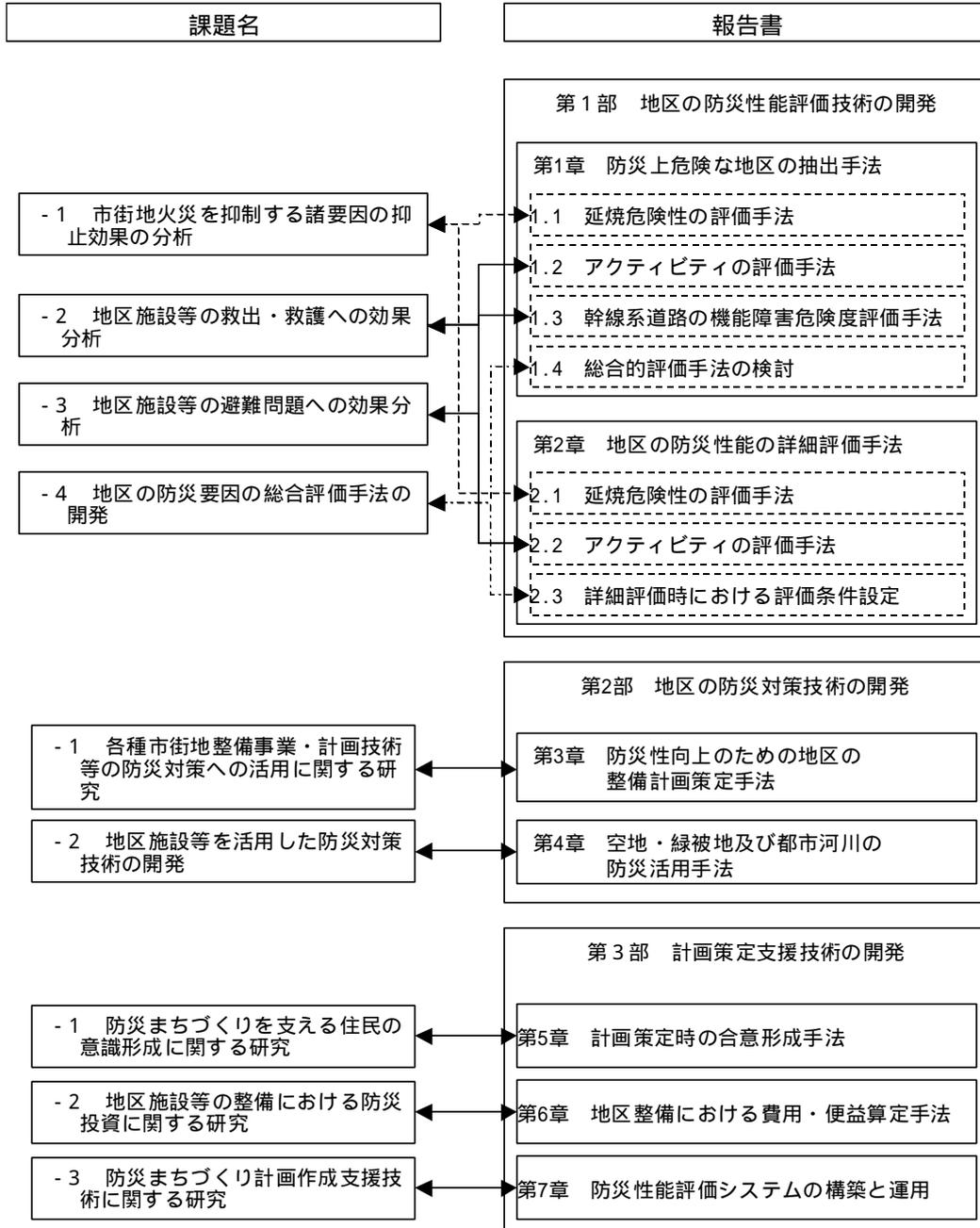


図5 研究課題と報告書の対応

まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発 研究開発成果の概要

1.研究の目的

平成7年の兵庫県南部地震で発生した火災は、延焼遮断帯と言われる広幅員の道路、公園、連続した不燃建築物等によって焼け止まり、都市レベルの防災対策効果が改めて認められた。しかしながら、地区内部では火災等による被害が甚大であった。加えて、建物が倒壊して多くの死者や生き埋め者が発生し、建物倒壊による道路閉塞とあいまって救出・救護活動にも支障が生じた。

迅速な復興という観点からは、平常時からの住民参加による防災まちづくりの必要性が指摘され、住民と行政の対話、住民の合意形成を平常時から支援する手法の開発が求められた。

以上のような観点から、今後の木造密集市街地等における地震時の被害を地区レベル(10~30ha)で軽減する技術の開発を目的とし、平成10年度から平成14年度まで本研究プロジェクトを実施した。

2.研究内容

本プロジェクトでは以下に示す3つの課題を設定して研究を推進した。

[課題Ⅰ．地区の防災要素の影響評価手法の開発]

I-1 市街地火災を抑制する諸要因の抑止効果の分析

放射・接炎、気流、火炎形状、火炎合流等に関する火災実験を実施し、地震後の出火から市街地火災に拡大する延焼拡大の物理モデル、および防火性能を評価する手法を構築する。

I-2 地区施設等の救出・救護への効果分析

地区内オープンスペース等、地区施設等の活用実態・道路閉塞の状況等に基づく、被災後の救助・救出活動に関する防災上の安全性を評価するモデルを構築する。

I-3 地区施設等の避難問題への効果分析

避難路の確保、地区内オープンスペース等の地区施設等の活用実態や道路閉塞の状況に基づく、被災後の避難活動に関する防災上の安全性を評価するモデルを構築する。

I-4 地区の防災要因の総合評価手法の開発

市街地の防火安全性、救出・救護、避難等に関する安全性の評価を総合的な観点から評価するための手法を構築する。

[課題Ⅱ．地区の防災対策技術の開発]

II-1 各種市街地整備事業・計画技術等の防災対策への活用に関する研究

地区の防災性能を高めるために、効果的な計画案の検討と、同計画案を実現する事業、規制誘導などの制度の導入の検討とを行う。

II-2 地区施設等を活用した防災対策技術の開発

道路・空地・緑地・都市河川等、個々の要素が防災上果たす役割を明らかにするとともに、効果的な対策に結びつけるため、地区施設等を用いた防災対策技術を開発する。

[課題Ⅲ．計画支援技術・防災対策推進方策の開発]

III-1 防災まちづくりを支える住民の意識形成に関する研究

防災まちづくりを推進する中で最も重要な要素の一つである合意形成を円滑に図るために、効果的な合意形成支援手法の活用について検討する。

III-2 地区施設等の整備における防災投資に関する研究

各種防災対策に関して簡便な投資効果の概念を導入し、計画案を選択あるいは評価する際の指標とする。

III-3 防災まちづくり計画作成支援技術に関する研究

地方公共団体、NPO、住民、民間コンサルタント等が防災まちづくりに関する計画を、改善効果を把握しながら立案出来るようにするシステムを開発する。

研究の開発イメージを図1に示す。また、防災まちづくりの流れと、それぞれのステージにおける活動を仮定し、研究成果がどの場面で活用されるかを示したフローを図2に示す。

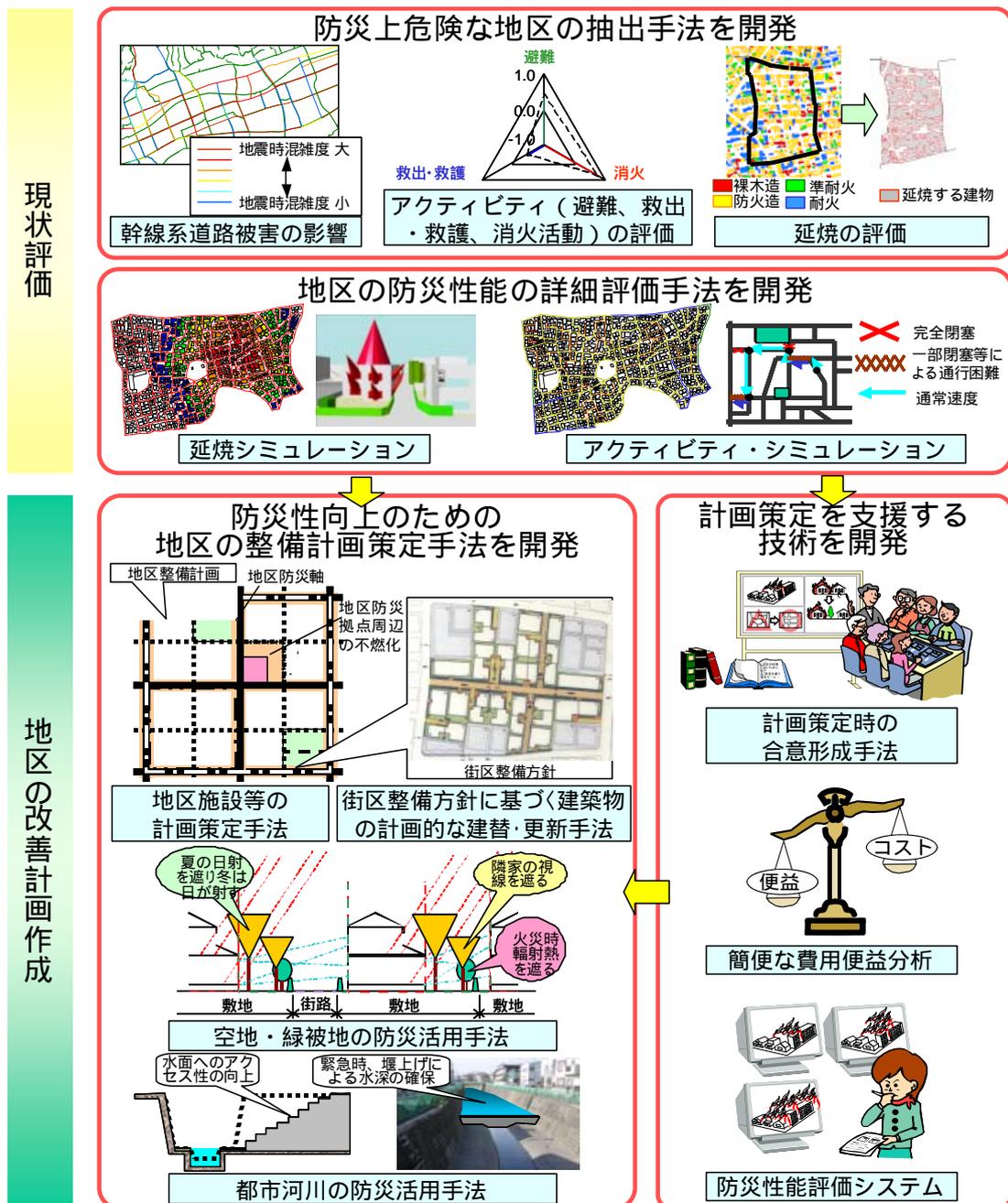


図1 まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発の研究内容イメージ

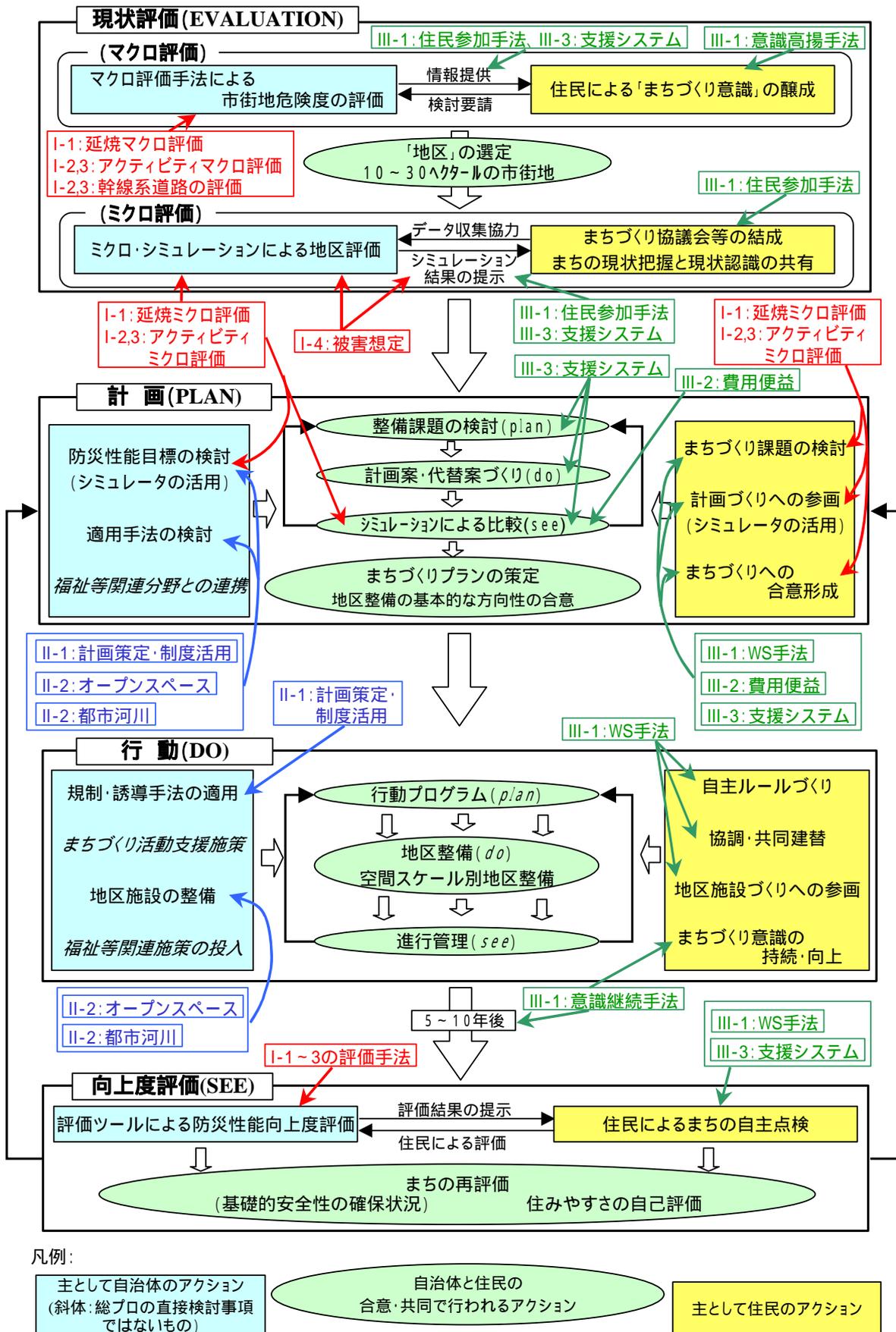


図2 成果の適用プロセスイメージ

3.研究成果

3.1 防災上危険な地区を抽出するための手法

都市の中でどの地区が危険なのかを町丁目単位で把握するために、延焼危険性、アクティビティ（避難、救出・救護、消火活動等の緊急活動）さらに、幹線系道路の機能障害に関する評価手法を開発した。

延焼危険性の評価では、他の建物へ加害性を与える空間として建物の延焼限界距離の半分の範囲の面積と、大規模な空地を除いた地区面積との割合であるセミグロス CVF 値から町丁目の防火性能を評価する手法を提案した（図 3,4）。このセミグロス CVF 値と平均焼失建築面積割合（全建築面積に占める焼失する建築面積の割合）との関係は次式で表すことができる（図 5）。

$$\text{平均焼失建築面積割合} = 1 - \exp\left(-\frac{0.01497}{(1 - \text{CVF})^{2.67}}\right) \quad (1)$$

セミグロス CVF 値は建物形状や防火上の構造等から GIS 上で計測するものであるが、GIS データが整備されていない場合を想定し、町丁目ごとの集計データから導くことが可能な以下の推測式を提案した。

$$\begin{aligned} \text{セミグロス CVF} = & 3.293 \times \text{セミグロス裸木造建ぺい率} \\ & + 2.136 \times \text{セミグロス防火造建ぺい率} \\ & + 1.340 \times \text{セミグロス準耐火建ぺい率} \quad (2) \end{aligned}$$

アクティビティの評価では、地区施設、道路、建物等の町丁目ごとの集計データから、避難（二次被害からの避難、罹災避難）、消火（消火活動、延焼阻止活動）、救出・救護（救出活動、重傷者移送、軽傷者対応、避難所における救護活動）の活動困難性を評価する手法を提案した。具体的には、評価対象とする移動単位を決めた後、(a)起終点間の距離を設定する、(b)起終点間の道路ネットワークをグリッドモデルとして設定する、(c)道路ネットワークの構成単位である 1 リンクあたりの閉塞確率を計算する、(d)道路ネットでの通過困難性を計算する、という手順で計算を行う。加えて、これらの評価結果に基づき、現状での防災性能の把握と、改善による防災性向上を検討することが出来るよう、簡易なプログラムを作成した。併せて評価結果と改善施策との関係も整理を行った（表 1）。

また、被災地区を起終点とする各種緊急活動を支える幹線系道路の機能障害危険度評価手法を構築した。具体的には道路施設や道路占用・沿道施設の地震被害に起因する道路機能障害を評価する幹線系道路の障害危険度評価手法の提案、避難活動、救助活動、消防活動、物資輸送活動、復旧活動等の地震時緊急活動に伴う交通需要の評価手法の提案、幹線系道路の信頼性を評価するためのシミュレーションモデルの提案を行っている。これら評価の流れを整理したものを図 6 に示した。

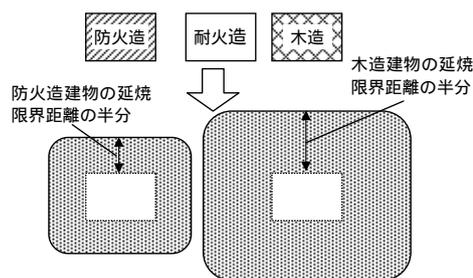
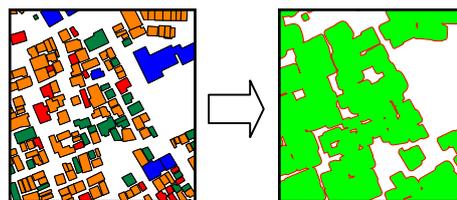


図 3 他の建物に及ぼす加害性の範囲



(a)建物構造分布 (b)建物バッファ

図 4 市街地における CVF の計測例

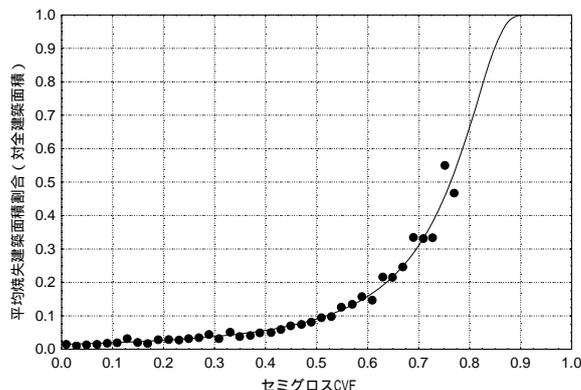


図 5 セミグロス CVF と平均焼失建築面積割合の関係

表1 アクティビティの困難性評価結果と改善施策の関係

| 評価の視点 | グラフ表示 | 要素指標 | 指標の内容・意味 | 対策の方向性 | | | | データの関連図 | | |
|-----------------|----------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | 広域対策 幹線道路の整備 | 施設整備 避難場所の追加 街並み、線的公園等の整備 | 消防 消水の追加 | まちづくり 区画道路の整備 良好な建築物の整備、老朽建築物の更新・除却 | 構成指標 | 対策の方向性 | |
| 避難 | 罹災避難の必要性 | 建物罹災(率) | 罹災証明による居住困難となった倒壊建物の状況(倒壊率) | | | | | 幹線道路までの距離 防火帯となる施設(幹線道路等)で囲まれた面積 避難場所数 消防水利数 区画道路・沿道建物の良好性 建築物の構造・建築年代 堅牢建築物率・建築年代 棟木造・耐火・準防火面 | 防火帯となる街並み、線的公園等の整備 避難場所の追加 消防水利の追加 区画道路の整備 良好な建築物の整備、老朽建築物の更新・除却等 | 広域の観点からの検討 ミクロコミュニティ等での適正位置の検討 ミクロコミュニティの利用による詳細評価 地区施設整備計画、街区整備計画の立案 |
| | 二次被害からの避難の困難性 / 罹災避難の困難性 | 避難地到達(距離) | 避難者の避難地への到達困難性(距離) | | | | | | | |
| | 二次被害からの避難の困難性 / 罹災避難の困難性 | 避難地到達(困難率) | 避難者の避難地への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | |
| | 二次被害からの避難の困難性 | 幹線道路到達(距離) | 避難者の幹線道路への到達困難性(距離) | | | | | | | |
| 消火 | 二次被害からの避難の困難性 | 幹線道路到達(困難率) | 避難者の幹線道路への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | |
| | 消火活動の必要性 | 出火(率) | 倒壊による出火棟数割合 | | | | | | | |
| | 延焼防止活動の必要性 | 延焼(面積) | 大火が発生した場合に燃え広がる恐れのある建物面積 | | | | | | | |
| | 消火活動の困難性 / 延焼防止活動の困難性 | 水利圏外(率) | 消防水利圏外面積の割合 | | | | | | | |
| 救出・救護 | 消火活動の困難性 / 延焼防止活動の困難性 | 消防車取水(困難率) | 消防自動車の消防水利への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | |
| | 消火活動の困難性 / 延焼防止活動の困難性 | ホース到着(困難率) | 消防士の火災地点への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | |
| | 救出活動の必要性 / 重傷者移送の必要性 / 軽傷者対応の困難性 / 救護所における救護活動の必要性 | 全壊(率) | 全壊する建物の割合 | | | | | | | |
| | 救出活動の必要性 | 堅牢建物全壊(率) | 堅牢(非木造)全壊棟数の割合 | | | | | | | |
| | 救出活動の困難性 | 救出車到着(困難率) | レスキュー車の全壊建物への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | |
| | 重傷者移送の困難性 | 救急車到着(困難率) | 救急車等の救出対象への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | |
| 軽傷者対応の困難性 | 救護所到達(困難率) | 負傷者の救護所への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | | |
| 救護所における救護活動の困難性 | 救護所兵站(困難率) | 小型車の救護所への到達困難性(非最短到達率) | | | | | | | | |

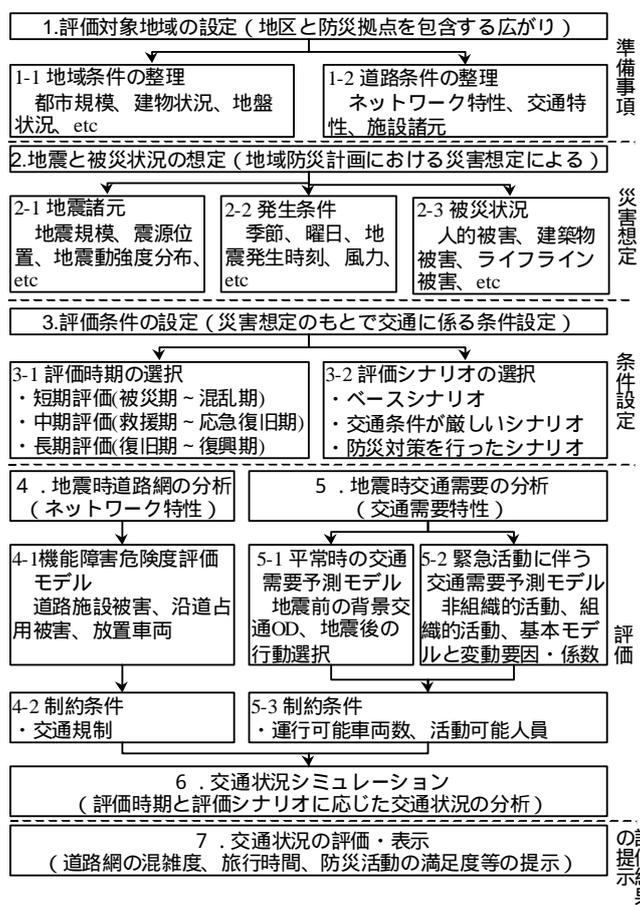


図6 地震時の幹線系道路における交通状況評価

らは道路閉塞が起きやすい場所、避難困難箇所の有無等を把握することが出来るため、計画案策定時におけるシミュレーション利用方法に関しても検討を行った。

一方、街区スケールでは(a)~(c)の整備に加え、(d)街区単位の計画的な建替え、を行って街区単位の防災性の向上と住環境の向上を進めるものであり、共同建替え、さらに特に計画的な協調建替えについては重点的に検討を行い、自主更新した場合のケースを含めて、ケーススタディを行った。

以上、地区及び街区それぞれを防災構造化するモデルと、それらの実現に必要な事業、都市計画、規制誘導手法のモデルとについて提案を行った。

3.4 地区施設等の防災的活用技術

地区の防災性能向上に寄与する地区施設のうち緑被地・オープンスペースについては、その機能や役割を体系的に整理するとともに、どのような条件の場合に防災的な効果を発揮するのかを解明した(図10)。

また、都市河川については、兵庫県南部地震における消防水利確保上の問題点を整理し、現状における消防利用のための河川等の整備事例をとりまとめた。さらに、消防力運用を考慮して延焼シミュレーションモデルを構築し、河川水利を追加した場合の延焼状況について検討を行い、河川等の防災活用手法について提案を行った(表2、図11)。

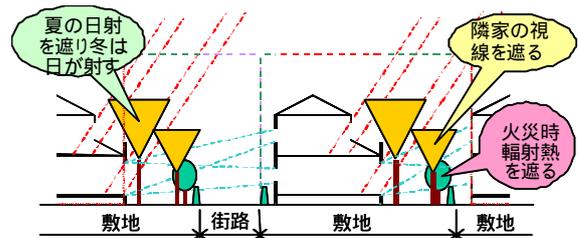


図10 オープンスペースの防災的活用例

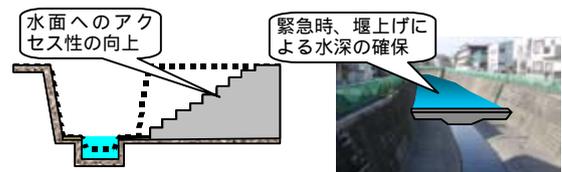


図11 都市河川の防災的活用例

表2 河川水の取水に関する問題点と解決法

| 問題点 | 問題発生の原因等 | 解決方法 |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|
| 水深不足(0.5m以下)による吸水不能 | 勾配が急なことや河道幅が広いことにより生じる水深不足 | 河床への取水ビット掘削 |
| | | 堰板、堰柱の設置 |
| 水量不足(消防水利の基準では毎分1m ³) | 流量の絶対的な不足 | 他の水源からの導水、河川ネットワークによる水量の増加 |
| | 貯留能力が十分に利用されていない | 河道・水路内貯留 |
| 水際へのアクセス不能(消防車) | 広い高水敷、大きな堤防の存在などによる阻害 | 低水路へのアクセス道路(スロープ)の整備 堤内地や高水敷への導水路及び取水施設の設置 |
| | 河岸への家屋の立て込み、狭幅員道路 | 川沿いの車輛通行可能道路整備 |
| | | アクセス可能な地点を拠点整備 |
| 水面へのアクセス不能(消防隊員、消防団員、住民) | 洪水疎通能力確保のための急勾配の護岸(及び転落防止用フェンス) | 階段護岸、緩傾斜護岸、スロープなどの整備 アプローチ施設(梯子、フェンスへのドア設置など) |
| | 高い特殊堤(及びフェンス) | 導水管、導水ピット等の整備 |
| | 暗渠、地下河川 | 取水マンホールの整備 |
| 高すぎる落差(消防水利の基準では4.5m以下)による吸水不能 | 洪水疎通能力確保のための深い掘込河道 | 堰上げ、貯留による水位上昇 |
| | | ポンプの設置、可搬ポンプ整備 |

3.5 計画策定時の合意形成手法

地区の整備計画を作成するには住民が主体的に参加して検討することが望ましいが、参加者が多様になるほど合意形成が難しいという側面がある。そのため、計画案策定の段階に応じて行政や住民が検討する課題を整理し、検討課題ごとにどのような合意形成支援手法が効果的かについて、これまでの事例を基に検討・整理を行った。また、合意形成に向けて、住民が現状での危険性や、計画案に

よる改善効果を理解するために、シミュレーションの効果的な活用方法についても併せて検討を行った。

3.6 地区整備における費用・便益算定手法

計画案を評価する際の一つの指標として、費用対効果を確認する必要もある。そこで、現状と計画案に基づいてシミュレーション実行によって得られる被害量から計画案の便益を推計する手法について提案を行った。併せて計画案に係る費用の概算値を簡便に算出する手法も提案した。

一方、シミュレーションは様々なデータがGIS上で管理されている必要があり、具体的、詳細な検討を始める以前の段階では適用が難しい場合が多い。そこで、限られたデータだけで被害量をおおまかに推定する手法についても併せて提案を行った。

3.7 防災性能評価システムの構築と運用方法

シミュレーションによる防災性能の評価は、地区の現状や計画案が持つ防災性能を数値的のみならず視覚的に把握することが可能である。しかしながら、シミュレーションを行うためには、様々なデータ（地図データ、建物の属性、道路の属性等）が必要となる。そのため、地方公共団体等がシミュレーションを実施することを念頭に、データの入手方法、作成方法、管理方法を提示した。また、シミュレーションによる評価結果を理解するためには、分かりやすい形で視覚化が必要があるため、評価結果に応じてどのように視覚化すれば良いのかについて検討した上で、延焼等のシミュレーションプログラムを用いたシステム構築の方法について提案を行った。

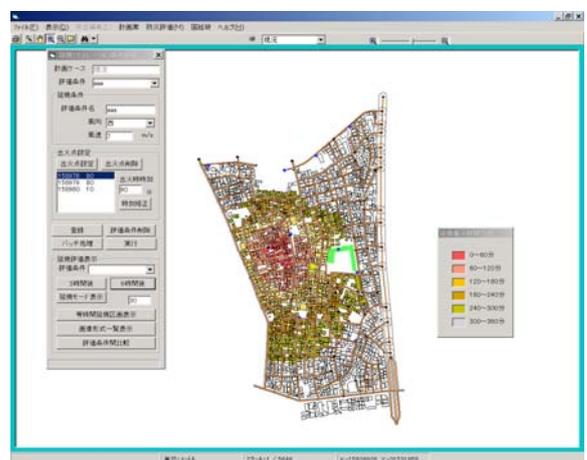


図 11 防災性能評価システムの例

4.おわりに

本プロジェクトで開発した防災性能を詳細に評価するシミュレーションプログラムは、今後のまちづくりに大いに寄与すると考えられるが、その運用に必要なデータ整備が大きな課題となる。また、今回開発した成果の多くはまちづくりの現場で用いられて始めて役に立つものであるため、今後、地方公共団体等を中心に成果の普及を図っていく予定である。なお、延焼およびアクティビティに関するシミュレーションプログラムや、防災性能評価等のマニュアル類については、Web上での公開を予定している。