

木造密集市街地の防災まちづくりの計画手法に関する研究

村上, 正浩
九州大学人間環境学研究科都市共生デザイン専攻

<https://doi.org/10.11501/3180803>

出版情報：九州大学, 2000, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

木造密集市街地の防災まちづくりの
計画手法に関する研究

平成21年

村上正俊

①

木造密集市街地の防災まちづくりの
計画手法に関する研究

平成 13 年

村 上 正 浩

木造密集市街地の防災まちづくりの計画手法に関する研究

目次

第1章 序 論

1. 1	研究の背景	1
1. 2	研究の目的	2
1. 3	論文の構成	3
1. 4	既往の研究と本論文の意義	6

第2章 消防水利の配置に基づいた道路空間の防災性能評価とまちづくり方策

2. 1	はじめに	11
2. 2	水利の適正配置手法	16
2. 2. 1	手法構築の方針	16
2. 2. 2	最少個数決定指標	19
2. 2. 3	適正配置手法の構築	20
2. 2. 4	適正配置手法の評価	20
2. 3	水利への消防車走行道路の評価手法	28
2. 3. 1	過去の地震災害に基づく評価指標	28
2. 3. 2	評価手法の構築	29
2. 3. 3	水利配置に基づいた道路空間の整備の必要性	32
2. 4	道路空間の防災性能向上とまちづくり方策	37
4. 1	防災性向上からみたまちづくり方策	37
4. 2	まちづくり方策と住環境向上策の関連	43
5.	まとめ	44

第3章 市街地の防災性に関する影響要因とまちづくりの方向性

3. 1	はじめに	48
3. 2	市街地状況からみた木造密集市街地の分類	51

3. 3	類型別にみた街区と道路の特徴	55
3. 3. 1	街区と道路に関する指標の作成	55
3. 3. 2	類型別の街区と道路の特徴	57
3. 4	類型別の防災性に影響する要因	64
3. 4. 1	街区に関する要因分析	64
3. 4. 2	道路に関する要因分析	66
3. 4. 3	防災性に関する影響要因分析の妥当性	70
3. 5	類型別のまちづくりの方向性と住環境整備の関連	78
3. 5. 1	類型別のまちづくりの必要性	78
3. 5. 2	類型別のまちづくりの方向性	83
3. 5. 3	まちづくりの方向性と住環境整備の関連	95
3. 6	まとめ	101

第4章 GISを用いた防災まちづくり支援システムの開発

4. 1.	はじめに	106
4. 2	システムの開発	108
4. 2. 1	GISとの統合	108
4. 2. 2	システムの構成	108
4. 2. 3	現況把握ツールの開発	110
4. 2. 4	防災性評価ツールの開発	111
4. 2. 5	計画立案ツールの開発	129
4. 3	システムの適用	130
4. 3. 1	現況把握ツールの適用	130
4. 3. 2	防災性評価ツールの適用	133
4. 3. 3	計画立案ツールの適用	135
4. 3. 4	システムの評価	146
4. 4	まとめ	152

第5章	総括	156
-----	----	-----

謝辞

発表論文

第 1 章

序 論

第1章 序論

1.1 研究の背景

戦後の経済復興期から高度経済成長期にかけ、我が国の都市には人口及び産業が著しく集中し、急激な人口増加とそれに伴う膨大な住宅需要により、都市はスプロール的に周縁部へ拡大していった。都市近郊では、基盤施設が未整備のままに、宅地の細分化や木造建築の高密度化、農地の宅地化などが進み、都心を取りまくように木造密集市街地が形成されていった。

木造密集市街地は、火災に弱い木造建物や接道不良宅地の密集、さらに基盤整備水準の低さなどから災害危険性が極めて高いだけでなく、オープンスペースの不足によって通風や日照が劣悪な状況にあるなど住環境面でも様々な課題を抱えている。また、高度経済成長期以降、急速に進行している高齢化社会の中、活力ある若い世代の住民がより良好な環境を求めて郊外へと転出していったことも拍車をかけ、住民の多くは資金力に乏しい高齢者や弱者となっている。そのため、良質なストック形成の経済的な動機づけが弱く、建替えや更新などが進んでいない。さらに、地域社会の活力の低下から、市街地の商店街では空き店舗や空きテナントが増加し、商店街の衰退が著しいなど、地域産業の不振も全国的な社会問題となっている。

阪神・淡路大震災では、このような現代の都市社会の問題が集約している木造密集市街地に被害が集中した。そして、資金力が乏しいため、老朽化した木賃アパートや間口の狭い戸建住宅に残された多くの高齢者や弱者が倒壊した建物や火災の犠牲となった。また、長田地区の木造密集市街地を中心に発生した大規模な市街地火災は、昭和51年の酒田大火を最後に市街地大火は決して起こらないという都市の防災対策に携わる研究者たちの思いこみを徹底的に打ち砕くとともに悲惨な都市災害として国民の胸に強烈な印象を残した。阪神・淡路大震災は、現代社会において何の措置も講じないまま放置しておくことは許されない、木造密集市街地に存在する多様で複雑な社会的問題を露呈したとともに、木造密集市街地の地震火災に対する脆弱さを再認識させた。阪神・淡路大震災以降、従来の縦割りの施策対応ではなく、総合的な施策を展開して、木造密集市街地の防災まちづくりを進め、地震火災に対する脆弱さといった木造密集市街地の諸問題を解決することが火急の課題となっている。

木造建築が主体の我が国では、古くから平常時に頻繁に発生する火災や大地震に伴う地震火災から都市を守ることが都市計画の中心課題であり、平常時に頻繁に発生する火災や大地震に伴う地震火災をテーマとした研究が多くなされ、様々な計画手法が提案されている。しかし、これらは主として広域な都市の防災問題の解決を目的としたものであることから、狭域な木造密集市街地の防災まちづくりに適用して、問題解決を図ることは難しい。そのため、地震火災に対する防災性の向上に目的を特化した密集法や都市防災構造化推進事業などに基づく施策が推進されているにもかかわらず、地震火災を対象とした木造密集市街地の防災まちづくりが全国的に遅れているのが実状である。このままでは、時間の経過とともに都市部に大量に残されている木造密集市街地が外縁部へとさらに拡大し、

地震時に都市は計り知れない被害を被ることになるであろう。

こうした中、地震火災を対象とした木造密集市街地の防災まちづくりを具現化していくには、地震火災の被害拡大に大きな影響を与える、地区レベルの空間要素をまちづくりの検討対象として、地震火災の被害軽減効果を明確に示しながら、具体的なまちづくり方策を科学的、客観的に導き出せる手法が不可欠である。また、地震火災の被害拡大に影響する地区レベルの空間要素には明らかになっていないものも多く、阪神・淡路大震災の被災実態だけでなく、既存の木造密集市街地の防災性をきめ細かく分析していくことも必要である。

だが、防災だけを考えた防災まちづくりは意味をなさない。防災面と住環境面で多くの課題を抱える木造密集市街地に対しては、防災まちづくりという視点から住環境を総合的に捉え直し、防災面と住環境面の双方の課題を解決していくことが必要である。それには、地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連を検証していく必要がある。さらに、木造密集市街地は問題市街地である一方で、下町的なよい雰囲気があるとか、ヒューマンな路地空間があるなどの長所も備えており、区画整理などの画一的な市街地整備だけを考えると、生き生きとした地域社会を壊すことにつながる。防災まちづくりでは、既存ストックを最大限活用し、それらを発展整備させていくという視点も大切である。

また、多くの市民の生活の場である木造密集市街地で防災まちづくりを展開するには、住民の協力が不可欠である。防災まちづくりでは、「まちが如何に危険か」、「まちづくりで如何に安全で快適になるか」といった防災まちづくりに関する様々な情報を住民に理解しやすい形で提供していき、まちづくりに対する住民の理解を深めていくことが重要である。住民がまちづくりの必要性を正しく認識できてはじめて、行政と住民の双方が協働で計画づくりに取り組むことができ、十分な合意形成に基づいてまちづくりを展開できる。高度情報化社会といわれる今日では、防災まちづくりに関する様々な情報を住民に分かりやすい形で示すため、また大量かつ多様なデータの収集・処理が要求される防災まちづくりを円滑に進めるため、コンピューターソフトウェアを用いたツールの開発も求められている。

1.2 研究の目的

本研究は、以上の観点から、阪神・淡路大震災以降、震災対策の火急の課題となっている、地震火災を対象とした木造密集市街地の防災まちづくりを具現化していくため、阪神・淡路大震災の被災実態や専門家の経験などに基づいた科学的な手法や統計解析の手法またコンピューターソフトウェアの技術開発により、地震火災を対象とした木造密集市街地の防災まちづくりの計画手法について新たな方法の提案をし、その有効性を検証することを目的としている。

具体的には、第1に、沿道を含む道路空間を対象とし、消防水利の配置と組み合わせた消防車の走行道路の評価を通して、地震火災の被害を最小限にとどめるための具体的なまちづくり方策を提示すること、第2に、道路空間を含む市街地全体を対象として、地震火災の被害拡大に影響する要因を

街区と道路について明らかにし、地震火災の被害を軽減するための具体的なまちづくりの方向性を提示すること、第3に、地震火災に対する市街地の危険性の評価とそれに基づいた計画案の作成及びその計画実施による火災被害の軽減効果の検討まで行えるエキスパートシステムをGISに統合し、高度な計画策定支援が可能な防災まちづくり支援システムを開発すること、を目的としている。

1.3 論文の構成

本論文は5章で構成される。

第1章は、序論として、研究の背景と目的、論文の構成を整理するとともに、既往の研究のレビューに基づいて本論文の意義を述べた。

第2章では、沿道を含む道路空間を対象とし、消防水利の配置に基づいた消防車の走行道路の評価を通して、地震火災の被害を最小限にとどめるためのまちづくり方を示した。

具体的には、消火活動が迅速に行える消防水利の整備場所をノード単位で確定でき、さらに、それらの消防水利まで消防署から消防車が最短距離で到達できる道路の防災性能をリンク毎に評価できる手法を構築した。道路の防災性能は、阪神・淡路大震災の被災実態を踏まえ、道路幅員、沿道木造建物の有無、沿道木造建物やブロック塀、石塀、生け垣、樹木の立地状況など、路上駐車の有無により評価した。こうして構築した手法を北九州市内の木造密集市街地に適用して、消防水利の整備や道路の防災性能の向上による火災被害の軽減効果を視覚的に示しながら、迅速な消火活動が可能な消防水利の具体的な整備場所や、地震時の防災性能が低い道路毎に、その防災性能に応じて、沿道木造建物の適正誘導やブロック塀の生け垣化などの既存ストックを効果的に活用した具体的な整備方を導き出せることを実証し、地震火災の被害を最小限にとどめるためのまちづくり方を示した。その結果、沿道改善といった既存ストックを効果的に活用した道路の防災性能の向上が、道路のアメニティ向上にもつながることがわかった。また、本手法はCADとの連携を図ったもので、本手法によって、具体的なまちづくり方を導き出せるだけでなく、まちづくりのイメージを視覚的に示せることがわかった。このような工夫により、計画者は明確な空間イメージをもって計画づくりに取り組めるとともに、住民はまちづくりの効果を視覚的に把握しながら、まちづくりへの理解を深めることができると考えている。

第3章では、道路空間を含む市街地全体を対象として、地震火災の被害拡大に影響する要因を街区と道路について明らかにし、地震火災の被害を軽減するためのまちづくりの方向性を示した。

具体的には、平坦地にある木造住宅密集市街地、傾斜地にある木造住宅密集市街地、木造商店密集市街地という、土地利用形態や地形が異なる3つのタイプの木造密集市街地が混在する地区を北九州市内から取り上げ、街区については建物及び土地利用の状況に関する指標、道路については道路及び沿道・消防水利の状況に関する指標を作成し、まず、土地利用形態や地形が異なる木造密集市街地毎に現況分析を行った。次いで、数量化Ⅱ類分析を用いて、土地利用形態や地形が異なる木造密集市街

地毎に、地区レベルの視点から地震火災の被害拡大に影響する要因を街区と道路について明らかにした。その結果、同じ木造密集市街地でも、土地利用形態や地形によって、地震火災の被害拡大に影響する要因が大きく異なることがわかり、それぞれ独自性のあるまちづくりを展開する必要があることを指摘した。そして、数量化Ⅱ類分析の結果に基づき、平坦地にある木造住宅密集市街地においては、商工業系建物の適正誘導、老朽木造建物の建替え、沿道建物の壁面後退を伴った道路の拡幅、電柱の地中化、ブロック塀・石塀の撤去又は生け垣化を一体的に行うこと、傾斜地にある木造住宅密集市街地においては、商工業系建物の適正誘導、建物の共同化に伴う公園や緑樹帯の創出、さらに建物の前面道路の拡幅と同時にブロック塀・石塀・石垣の撤去又は生け垣化を一体的に行うこと、木造商店密集市街地においては、建物の共同化や高度利用を促進し、公園などを確保するとともに、沿道建物の壁面後退に伴い道路を拡幅すること、などの地震火災の被害を軽減するための具体的なまちづくりの方向性を示した。さらに、これらと住環境整備を有機的に連携させていくことで、効率的かつ合理的な防災まちづくりが可能になることを指摘した。

第4章では、地震火災に対する市街地の防災性の評価とそれに基づいた計画案の作成及びその計画実施による火災被害の軽減効果の検討まで行えるエキスパートシステムを Visual Basic を介して GIS に統合し、容易な操作で高度な計画策定支援が可能な防災まちづくり支援システムを開発した。エキスパートシステムは、防災の専門家らに行ったヒアリング調査結果や阪神・淡路大震災の被災実態に関する既往研究成果、第2章と第3章で得た知見などからエキスパートシステムの構築に必要な知識を収集整理して、これらを知識ベースとしてまとめ、モデル化することにより構築した。こうして開発した本支援システムを第3章で研究対象とした地区へ適用して、まちづくりによる防災効果を視覚的に示しながら、消防水利・道路・街区毎に効率良く計画づくりが行えることを実証した。そして、本支援システムの適用結果について自治体の防災担当者と防災の専門家らにヒアリング調査を行い、本支援システムは、市街地の危険性やまちづくりの効果を分かりやすい形で示し、住民のまちづくりへの理解を促進することや住民とともにまちづくりを考えるツールとして機能すること、さらに計画づくりに有用な情報を計画者に分かりやすくまた計画へ反映しやすい形で提供して、計画者の意思決定を強力に支援するとともに計画者の負担を軽減することなどを確認した。本支援システムの中心となるエキスパートシステムは、現地調査や既存統計資料から簡易に得られるデータと専門家の経験や阪神・淡路大震災の被災実態などから得た知識をルール化して、市街地の防災性の評価や計画案の作成などを可能にしている。従って、全国の各都市に広く分布する木造密集市街地への適用が可能であり、本支援システムの汎用性は高いと考えられる。

第5章は、本論文の総括であって、各章の結論を整理し、今後の課題を述べた。

表 1-1 に各章の関係を示す。

表 1-1 各章の関係

章	分析対象	まちづくりの目的	用いた手法	地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連	理解しやすく示す工夫
2章	道路空間	地震火災の被害を最小限にとどめる	消火活動が迅速に行える消防水利の整備場所を1m単位で確定でき、さらにその消防水利まで消防署から消防車が最短距離で到達できる道路の防災性能を1m毎に評価できる手法	道路について考察	CADを活用
3章			数値化Ⅱ類分析	街区と道路の双方について考察	
4章	市街地全体	地震火災の被害を軽減する	地震火災に対する市街地の防災性の評価とそれに基づいた計画案の作成及びその計画実施による火災被害の軽減効果の検討が可能なエキスパートシステム	2, 3章の成果を活用	GISを活用

1.4 既往の研究と本論文の意義

木造建築が主体の我が国では、古くから平常時に頻繁に発生する火災や大地震に伴う地震火災をテーマとした研究が多くなされ、主に消防水利や道路の整備面から、都市の安全性の向上を図るための様々な計画手法が提案されている。消防水利の整備面から見た既往の研究としては、平常時を対象とした消防水利の配置計画に焦点をあて、建物火災の延焼と消火について検討を行い、新たな消防水利の計画手法について論じた保野他の研究¹⁾、地震火災の被害軽減のため、250mメッシュ毎に、経済性等を考慮した地震時有効水利の最適個数を算出する手法を構築して、実際の都市を対象に、地震時有効水利の整備方法について論じた KURODA 他の研究²⁾、地震時の火災被害を最小限に抑えるため、都市基盤の整備に合わせた多角的な地震時有効水利の整備の必要性を指摘し、地震時有効水利の具体的な整備方法や計画手法について論じた東京消防庁防災部水利課の論述³⁾などがあげられる。また、道路整備面から見た既往の研究としては、災害直後における初期消火活動を中心とした合理的な交通計画を対象として、消火、救急、治安、復旧関係車両が利用できる災害時の専用道路の計画、設定方法について論じた保野他の研究⁴⁾、平常時と地震時の消防力低下地域を解消するため、道路整備や消防署の増設等の消防力増強方法について論じた高山他の研究⁵⁾⁶⁾、地震時に消防活動等の緊急活動をスムーズに行うため、地震時に閉塞しにくい街路網の整備手法について論じた李他の研究⁷⁾、地震時の街路閉塞を想定した避難迂回に関するシミュレーションを用いて、街路拡幅による感度分析を行い、効果的な街路の拡幅方法について論じた青木他の研究⁸⁾、市街地形成、地価増進、防災性向上の視点から、スプロール市街地における中街路の適正な整備方法について論じた三谷他の研究⁹⁾、災害に強い街路網の計画に役立つ知見を得るため、街路網構成の視点から防災性に関わる指標を考察した李他の研究¹⁰⁾、ISM法とGISに支援された大地震時の緊急路整備計画策定支援システムを活用した、緊急路の整備順位の決定方法や効果的な緊急路の整備計画の立案方法について論じた林他の研究¹¹⁾などがある。

以上のような、これまでに提案されている計画手法は、広域な都市の防災性の向上を図ることが主要な目的であり、地区レベルの空間要素を対象とした、木造密集市街地の防災まちづくりにこれらの計画手法を適用して、木造密集市街地の防災性を向上させることは難しい。

現状では、木造密集市街地の防災まちづくりの計画手法について論じた研究は少なく、既往の研究としては、地震時の消防活動困難区域解消の観点から、数量化Ⅲ類分析を用いて、街区と道路の安全性を評価し、その結果から具体的なまちづくり方策を明らかにした日高の研究¹²⁾、平常時における小規模な地区の安全性の向上を目的として、消防活動困難区域解消の観点から、木造密集市街地での消防水利と道路の整備手法について論じた三船他の研究¹³⁾、狭隘道路の問題を、周辺街区を含めたまちづくりでの解決を目的として、平常時の消防活動等の条件を加味して、道路狭隘地区の整備手法について論じた三船他の研究¹⁴⁾などがある。

これらの研究は、木造密集市街地の防災まちづくりに対して有用な知見を得たものである。しかし、三船他の研究は平常時火災を対象としたものであり、さらに、道路と消防水利にのみ着目したもので、木造密集市街地の総合的な計画手法について論じたものではない。また、三船他が提案している、消

防水利の整備手法では、具体的な整備場所を確定することは難しい。日高の研究は、地震火災を対象として、木造住宅が密集した市街地の総合的な計画手法について論じたものであるが、数量化Ⅲ類分析により類型化された、3タイプの街区群と、3タイプの道路群の防災性能に応じて、具体的な方策を提示したものであり、街区や道路毎の防災性能に応じて具体的な方策を提示したものではない。

街区や道路毎の防災性能に応じて具体的な方策を導き出していくには、街区や道路毎に的確に防災性能を評価できる手法が必要である。特に、道路に関しては、阪神・淡路大震災での道路閉塞の実態を踏まえ、道路閉塞という視点から道路の防災性能を評価していく必要がある。阪神・淡路大震災での道路閉塞の実態について論じた既往の研究としては、阪神・淡路大震災での街路閉塞現象の実態と、それによる機能障害について論じた家田他の研究^{15) 16)}、宇和田他の研究¹⁷⁾、阪神・淡路大震災での道路ネットワークの通行不能状況と沿道条件等の関連性について論じた山田他の研究¹⁸⁾、地震直後の航空写真を読みとり、消防活動からみた通行障害の実態について論じた関沢他の研究¹⁹⁾、阪神・淡路大震災での火災の延焼状況及び消防活動の阻害要因について論じた熊谷他の研究²⁰⁾、阪神・淡路大震災での瓦礫被覆による交通障害に着目し、震災前後での都市街路構造のフラクタル次元を求め、道路交通損傷の影響について論じた碓井他の研究²¹⁾などがある。そして、阪神・淡路大震災での道路閉塞の実態を踏まえ、道路の防災性能の評価手法について論じた既往の研究としては、阪神・淡路大震災で構造物被害の大きかった神戸市東灘区の実態データを基に、道路閉塞によって車両で通り抜け不能となる道路を確率的に予測する手法について論じた今泉他の研究²²⁾、阪神・淡路大地震時の閉塞状況を基に、倒壊した建築物等の瓦礫の発生に起因する道路閉塞の予測方法について論じた望月他の研究²³⁾、家田他の研究^{24) 25)}、パーコレーション理論を用いた、道路閉塞からみた道路網の防災性能の評価手法について論じた久貝他の研究^{26) 27)}、地震動の強さと道路幅員により道路閉塞状況を予測できる簡易なモデルについて論じた高橋他の研究²⁸⁾、兵庫県南部地震による道路閉塞状況の実測結果を再現するモデルと地震動強さを算定するモデルを組み合わせた、大規模地震時の街路閉塞の予測手法について論じた赤倉他の研究²⁹⁾、幅員4m以上8m以下の道路を対象として、老朽木造建物の割合と地盤状況を用いた閉塞率の算定手法について考察した建設省のもの³⁰⁾などがある。

以上のように、道路に関しては、阪神・淡路大震災の被災実態を基に、道路閉塞と地区レベルの空間要素との関係が明らかにされ、また、道路閉塞という視点から、道路の防災性能を評価する手法が多く提案されている。しかし、道路の防災性能を評価する手法については、道路網としての防災性能を評価したものが多いため、そして地区レベルの空間要素を評価の対象としていないため、適用結果から、道路毎に、その防災性能に応じた具体的な方策を導き出すことは難しい。加えて、上述した既往研究では、道路閉塞という視点から道路の防災性能を評価するにとどまり、道路閉塞の発生状況と市街地の防災性の関係については論じられていない。道路閉塞からみた道路の防災性能評価を防災まちづくりに反映させていくには、地区レベルの空間要素を評価の対象として、道路閉塞の発生を予測できるだけでなく、阪神・淡路大震災では、道路閉塞に伴う消火活動障害が地震火災の被害を拡大させた大きな要因となったことから¹⁶⁾、道路閉塞に伴う消火活動障害が市街地の防災性にどの程度影響するのか、道路閉塞に伴う消火活動障害の解消が市街地の防災性の向上にどの程度つ

ながるのかを明確に示せる手法が必要である。

街区に関しては、地区レベルの空間要素を対象として、街区単位での防災性能を評価する手法について論じた既往の研究はないが、地区防災の視点に立った既往の研究としては、建物の配置と延焼過程をパーコレーションモデルによりモデル化して、市街地の防災性能を詳細に評価する手法について論じた加藤他の一連の研究^{31) 32) 33)}が代表的である。また、阪神・淡路大震災や過去の火災事例を基に、町丁目や区といった広域レベルから地域特性と火災被害の関係について論じた既往の研究として、兵庫県南部地震における神戸市各区の火災被害と地域特性との関連を論じた村田の研究^{34) 35)}、斜面都市を対象として、地域特性と地震被害の関連から評価指標を明らかにし、地震危険度評価を行っている長崎の研究³⁶⁾、阪神・淡路大震災での焼け止まりの要因について論じた関沢の論述³⁷⁾、過去の市街地火災の事例を基に延焼拡大の要因を論じた谷口他³⁸⁾の研究などがある。

さて、防災まちづくりを具現化していくには、防災まちづくりという視点から総合的に住環境を捉え直し、防災面と住環境面の双方の課題を解決していくこと、また、「まちが如何に危険か」、「まちづくりで如何に安全で快適になるか」といった防災まちづくりに関する様々な情報を住民に理解しやすい形で提供していき、まちづくりに対する住民の理解を深めていくことが求められる。そのため、地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連を検証していくこと、そして、防災まちづくりに関する様々な情報を住民に理解しやすい形で示すためのツールの開発が必要となる。

しかし、地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連について論じた既往の研究は少なく、地震火災の被害軽減策と景観形成との関連について論じた日高の研究¹²⁾、また、地震火災を対象とした研究ではないが、市街地の安全性の向上策と住環境形成について論じた内田の研究³⁹⁾などがあり、これらを踏まえながら、地震火災の被害軽減と住環境整備の関連を検証していく必要がある。

そして、防災まちづくりでの様々な情報を理解しやすい形で示すためのツール開発に関しては、GISを活用したシステム開発について論じた研究が主流であるが、その殆どがデータの管理や単純な分析に留まっており、高度な計画策定支援が行えるシステムにまでは至っていない。防災まちづくりを対象としたGISシステムの開発について論じた既往の研究ではないが、関連する研究としては、地域防災計画及び地震被害想定に関する課題を解消する手段として、計画策定支援機能をもつ地震被害想定システムを開発し、被害状況に応じた計画づくりを可能にしたヤルコン・ユスフ他⁴⁰⁾、自治体における計画業務支援をねらいとし、計画者の経験的知識と判断による意思決定を支援する機能としてエキスパートシステム等を統合した土地利用計画策定支援ツールを開発した大貝他⁴¹⁾、電子地図をベースにして地区整備計画における計画支援システムを開発し、その中でパーソナルコンピューターを中心としたシステム構成を提案した吉川他⁴²⁾の研究などがある。

さらに、防災まちづくりを展開していくには、地震火災に対する市街地の防災性を客観的、科学的に評価し、そして、それに基づいて計画案を作成し、さらに、その計画実施による火災被害の軽減効果を検討しながら、計画案を評価していかなければならない。このような計画者の専門的で経験的な知識と判断を支援する機能としては、エキスパートシステムがある。しかし、防災の分野では、上述したことを可能にするエキスパートシステムの開発例はない。エキスパートシステムについて論じた

既往の研究は、その多くが土地利用への適用に関するもので、用途地域指定作業の作業効率の向上や、指定済みの地域のチェックや今後の用途地域指定見直し作業の支援を目的としたエキスパートシステムの開発について論じた呉他の研究⁴³⁾、国土計画策定支援システムのサブシステムとして、土地利用構想図の立案作業の支援を目的としたエキスパートシステムの開発について論じた大貝他の研究⁴⁴⁾、都市計画技術が乏しく、データも不十分な開発途上国での土地利用構想図を描くことを目的としたエキスパートシステムの開発について論じた大島の研究⁴⁵⁾、開発途上国における総合的な工業地開発計画策定のための環境管理支援を目的としたエキスパートシステムの開発について論じた渡辺他の研究⁴⁶⁾などが代表的であり、これらの既往研究で論じられているエキスパートシステムの構築手法を踏まえ、地区レベルの空間要素を対象として、地震火災に対する市街地の防災性の評価とそれに基づいた計画案の作成及びその計画実施による火災被害の軽減効果の検討等を可能とするエキスパートシステムを構築していく必要がある。

以上が本研究に関連する既往の研究であるが、阪神・淡路大震災から5年が経過した今日においても、木造密集市街地の防災まちづくりの計画手法が明確に示されているとは言い難い。こうした中、阪神・淡路大震災の被災実態や専門家の経験などに基づいた科学的な手法や統計解析の手法またコンピュータソフトウェアの技術開発により、木造密集市街地の防災まちづくりを具現化していくための客観的な計画手法を提示することは意義あるものと考えられる。

参考文献

- 1)保野健治郎, 難波義郎, 大森豊裕(1991): 市街地の建物火災に対応した消防水利計画に関する基礎的研究, 土木学会論文集第 425 号, IV-14, pp145-154
- 2)Katsuhiko KURODA, Yoshimi NAGAO, Kenjiro YASUNO, Yoshiro NAMBA(1985), DECISION THEORETIC APPROACH TO PLANNING OF ASEISMIC FIRE CISTERNS, PROC. OF JSCE No.353/IV-2, pp.119-129
- 3)東京消防庁防災部水利課(1996): 震災時消防水利の整備, 火災 224 号 Vol.46 No.5, pp.22-25
- 4)保野健治郎, 難波義郎, 高井広行(1983): 都市防災道路計画に関する一考察, 土木学会論文報告集第 333 号, pp147-154
- 5)高山純一, 黒田昌生(1999): 火災出火地点への消防車の走行時間信頼性からみた消防力評価に関する研究, 第 4 回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.339-342
- 6)高山純一, 飯坂貴宏, 黒田昌生(1999): 地震時の同時多発火災を想定した消防力低下地域の評価と消防出動計画に関する研究, 第 34 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.709-714
- 7)李燕, 塚口博司(1997): 街路網の防災性指標及び街路網構成に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.14
- 8)青木英輔, 石田東生, 大野栄治(1996): 震災時の街路閉塞による避難迂回からみた街路網の安全性, 土木計画学研究・講演集 No.19(2), pp.47-50
- 9)三谷哲雄, 山中英生(1998): 中街路整備計画の評価とその適正整備水準, 土木学会論文集 No.597/IV-40, pp.87-98
- 10)李燕, 塚口博司(1996): 阪神・淡路大震災からみた街路網の防災性指標に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集 No.19(1), pp.65-72
- 11)林良嗣, オマール・オースマン, 木俣順(1996): ISM 法と GIS に支援された大地震時の緊急路整備計画策定支援システムの構築, 土木計画学研究・講演集 No.19(1), pp105-108
- 12)日高圭一郎(1998): 地方公共団体における景観形成の手法に関する研究, 九州大学博士論文
- 13)三船康道, 山田学, 小出治(1991): 低層高密度市街地の「計画最小単位」に関する研究-消防活動困難区域の解消に向けて-, 第 26 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp589-594
- 14)三船康道, 山田学, 小出治(1988): 道路狭あい地区整備に関する研究-墨田区を事例として-, 第 23 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp367-372
- 15)家田仁, 上西周子, 猪俣隆行, 鈴木忠徳(1996): 阪神大震災における街路閉塞現象の実態とその影響, 第 1 ■都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.285-288
- 16)家田仁, 上西周子, 猪俣隆行, 鈴木忠徳(1997): 阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響, 土木学会論文集 No.576/VI-37, pp.69-82
- 17)宇和田和, 家田仁, 加藤浩徳(1998): 街路の機能的障害の視点からみた地区の防災危険度指標, 第 3 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.497-500
- 18)山田晴利, 田中靖資, 畠中秀人, 西川昌宏, 水上眞澄(1996): 地理情報システムを用いた兵庫県南

- 部地震による道路ネットワークの被災状況分析, 土木計画学研究・講演集 No.19(1), pp.37-40
- 19)関沢愛, 吉原浩(1997): 阪神・淡路大震災における道路通行障害に関する研究, 地域安全学会論文報告集 No.7, pp.32-35
- 20)熊谷良雄(1996): 阪神・淡路大震災の火災と消防活動, 第1回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.249-252
- 21)碓井照子, 小長谷一之(1995): 阪神・淡路大震災における道路交通損傷の地域的パターン, 地理学評論 68A-9, pp.621-633
- 22)今泉恭一, 浅見泰司(2000): 震災時の道路閉塞推定に関する研究—防災街づくりのための密集住宅市街地整備方策の定量的比較分析—, 日本建築学会計画系論文集第529号, pp.225-231
- 23)望月拓郎, 家田仁, 上西周子(1996): 地震に伴う街路閉塞現象の発生予測方法とその危険度評価への応用可能性, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.427-430
- 24)家田仁, 望月拓郎, 上西周子(1998): 地震時に建築物の倒壊等によって生じる街路閉塞の危険度評価法, 国際交通安全学会雑誌 Vol.23/No.3, pp.6-13
- 25)家田仁, 宇治田和, 望月拓郎, 小川逸作(1997): 街路閉塞の予測及び危険度評価手法の東京市街地への適用, 第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.501-504
- 26)久貝寿之, 加藤孝明, ヤルコン・ユスフ, 小出治(1999): 道路閉塞からみた地区レベル街路網の防災性能評価手法の提案, 地域安全学会論文集 No.1, pp.25-34
- 27)久貝寿之, 加藤孝明, 程洪, 小出治(1999): 地区レベル街路網の防災性能評価の試み, 第4回都市直下地震総合シンポジウム, pp.203-206
- 28)高橋宏直, 赤倉康寛, 中本隆, 吉村藤謙(1998): 兵庫県南部地震による被害を踏まえた街路閉塞シミュレーションに関する研究, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集
- 29)赤倉康寛, 高橋宏直, 中本隆(1999): 大規模地震による街路閉塞予測シミュレーションの構築, 土木学会論文集 No.632/IV-45, pp.77-92
- 30)建設省都市局都市防災対策室(1997): 都市防災実務ハンドブック地震防災編, ぎょうせい
- 31)加藤孝明, 小出治(1999): 市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察-可燃領域率による性能基準の一般化-, 日本建築学会計画系論文集第516号, pp.185-
- 32)加藤孝明, 久貝壽之, 小出治, 南部世紀夫, 出原至道(1999): 市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察(その2)-有限領域への展開-, 日本建築学会計画系論文集第525号, pp.241-248
- 33)加藤孝明, 久貝壽之, 小出治, 南部世紀夫(2000): 市街地延焼からみた市街地整備のための性能基準に関する基礎的考察(その3)-建物配置の現実化『逐次充填間引き分布』についての考察-, 日本建築学会計画系論文集第534号, pp.163-170
- 34)村田明子(1997): 兵庫県南部地震における神戸市各区の火災被害と地域特性の関連, Bulletin of Japanese Association of Fire Science and Engineering Vol.46 No.1・2, pp.13-25
- 35)村田明子(1998): 兵庫県南部地震における地域特性と火災被害, 損害保険料算定会地震保険調査研

究 43, pp.4-53

36)長崎純男(1994):斜面都市を対象とした地震危険度評価, 第9回日本地震工学シンポジウム, pp.2251-2256

37)関沢愛(1995):阪神・淡路大震災における火災の発生と焼け止まりの状況, 火災 217号 Vol.45 No.4, pp.11-18

38)谷口仁士, 飯田汲事(1985):都市における地震時出火・拡大延焼に関する被害予測, pp.52-61

39)内田晃(2000):市街地の住環境整備における計画立案手法に関する研究, 九州大学博士論文

40)ヤルコン・ユスフ, 加藤孝明, 神谷秀美, 久貝壽之, 小出治(1999):自治体における「計画策定支援型」地震被害想定システム, 地域安全学会論文集 No.1, pp.111-117

41)大貝彰, 渡辺公次郎, 五十嵐誠(1999):パーソナルコンピュータ上で稼働するGISを用いた土地利用計画支援ツールの試験的開発, 第34回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.751-756

42)吉川耕司, 天野光三(1992):電子住宅地図を用いた計画支援システムの開発と地区整備計画への適用, 第27回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.193-198

43)呉愚如, 萩島哲, 大貝彰, 鶴心治(1998):メッシュデータによる新用途地域指定における支援エキスパートシステムの開発に関する研究, 日本建築学会計画系論文集第512号, pp.191-198

44)大貝彰, 萩島哲, 金俊栄, 文泰憲(1990):土地利用構想立案支援エキスパートシステムの開発-福岡市への適用を通じて-, 第25回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.337-342

45)大島孝治(1995):開発途上国における地方都市の開発計画の手法に関する研究, 九州大学博士論文

46)渡辺公次郎, 大貝彰(1999):人口衛星データを用いた都市環境管理支援エキスパートシステムの開発と開発途上国への適用, 日本建築学会計画系論文集第523号, pp.203-210

第 2 章

消防水利の配置に基づいた道路空間の防災性能評価と
まちづくり方策

第2章 消防水利の配置に基づいた道路空間の防災性能評価とまちづくり方策

1. はじめに

地震火災の特徴は、同時多発火災の発生と消防力の低下によって、平常時火災に比べて火災規模が大きくなることである。そのため、地震火災を対象とした防災まちづくりでは、まず、同時多発的に発生する火災を初期段階で消火し、地震火災の被害を最小限にとどめることが中心課題となる。それには、地震時にライフラインが寸断した場合でも使用できる、地震時有効水利の整備が必須であるとともに、その整備により消防活動困難区域を解消することが有効とされる¹⁾。しかしながら、それだけでは不十分である。限られた消防力で、同時多発的に発生する火災に対応するには、消火活動の迅速さにも着目する必要があると考えている。即ち、消火活動が迅速に行えるように、地区レベルで地震時有効水利を適正に整備して、消防活動困難区域を解消すると同時に、消防署から適正に整備した地震時有効水利へ迅速に消防車が到達できる道路（以下、消防車走行道路）の整備を進める必要がある。また、地震時には沿道木造建物や電柱、ブロック塀等が消火活動の障害となることから²⁾、沿道を含めた道路空間内の地区レベルの空間要素を対象に、地震火災の被害の軽減効果を検討しながら、住環境上の課題の解決も視野に入れ、消防車走行道路を整備していくことも必要である。だが、現状では、これらの観点から、具体的なまちづくり方策を提示することは難しい。

その理由として、第1に、地区レベルでの消防活動困難区域の評価手法が提案されていないことがある。現行の評価手法には全国统一のものはないが、幅員6.5m（液状化の可能性のある地区は7.5m）に面する地震時有効水利から280mの範囲以遠を消防活動困難区域とする東京消防庁のもの³⁾が一般的である。これは、都市レベルの観点から消防活動困難区域を把握するもので、地区レベルを対象としたものではない。

第2に、地区レベルで地震時有効水利を適正に整備する手法が提案されていないことがある。現行の整備手法としては、250mメッシュ毎の特性に応じて100m³又は40m³の地震時有効水利を整備する東京消防庁のもの⁴⁾、半径140mの範囲内に最少限1個（できれば2個程度）は地震時有効水利を整備する消防庁のもの⁵⁾がある。また、既往の研究としては、地震火災の被害軽減のため、250mメッシュ毎に、経済性等を考慮した地震時有効水利の最適個数を算出する手法を構築して、実際の都市を対象に、地震時有効水利の整備方法について論じたKURODA他の研究⁶⁾がある。これらはいずれも都市レベルの観点から水利整備を捉えたもので、地区レベルで適正な整備場所を的確に決定できるものではない。

第3に、地震時の道路の防災性能評価に関する問題である。地震時の道路の防災性能評価については、阪神・淡路大震災での道路閉塞の実態を踏まえ、道路閉塞という視点から道路の防災性能を評価する手法が数多く提案されている。既往の研究としては、阪神・淡路大震災で構造物被害の大きかった神戸市東灘区の実態データを基に、道路閉塞によって車両で通り抜け不能となる道路を確率的

に予測する手法について論じた今泉他の研究⁷⁾、阪神・淡路大地震時の閉塞状況を基に、倒壊した建築物等の瓦礫の発生に起因する道路閉塞の予測方法について論じた望月他の研究⁸⁾、家田他の研究⁹⁾¹⁰⁾、パーコレーション理論を用いた、道路閉塞からみた道路網の防災性能の評価手法について論じた久貝他の研究¹¹⁾¹²⁾、地震動の強さと道路幅員により道路閉塞状況を予測できる簡易なモデルについて論じた高橋他の研究¹³⁾、兵庫県南部地震による道路閉塞状況の実測結果を再現するモデルと地震動強さを算定するモデルを組み合わせた、大規模地震時の街路閉塞の予測手法について論じた赤倉他の研究¹⁴⁾、幅員4m以上8m以下の道路を対象として、老朽木造建物の割合と地盤状況を用いた閉塞確率の算定手法について考察した建設省のもの¹⁵⁾などがある。このように、多くの的確な評価手法が提案されているが、道路網としての防災性能を評価したものが多いため、そして地区レベルの空間要素を評価の対象としていないため、適用結果から、道路毎に、その防災性能に応じた具体的な方策を導き出すことは難しい。加えて、上述した既往研究では、道路閉塞という視点から道路の防災性能を評価するにとどまり、道路閉塞の発生状況と市街地の防災性の関係については論じられていない。道路閉塞からみた道路の防災性能評価を防災まちづくりに反映させていくには、地区レベルの空間要素を対象として、道路閉塞の発生を予測できるだけでなく、阪神・淡路大震災では、道路閉塞に伴う消火活動障害が地震火災の被害を拡大させた大きな要因となったことから²⁾、道路閉塞に伴う消火活動障害が市街地の防災性にどの程度影響するのか、道路閉塞に伴う消火活動障害の解消が市街地の防災性の向上にどの程度つながるのかを明確に示せる手法が必要である。

第4に、地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連について論じた既往の研究が少ないことがある。多くの文献⁴⁾¹⁵⁾²²⁾では、一般論として、防災まちづくりにおいては、防災の視点から住環境を捉え直し、日常性の中に安全性を確立していくことが必要としているが、実際に地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連を検証し、具体的な方向性を明らかにしたものではない。現状で地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連について論じた既往の研究としては、地震火災の被害軽減策と景観形成との関係について論じた日高の研究²³⁾、また、地震火災を対象とした研究ではないが、市街地の安全性の向上策と住環境形成について論じた内田の研究²⁴⁾などがあり、これらを踏まえながら、地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連を検証していく必要がある。

以上の観点を踏まえ、本章では、地震時有効水利の適正な整備場所をノード単位で確定でき、さらに消防署からそれらの地震時有効水利までの消防車走行道路の防災性能をリンク毎に評価できる手法を構築して、地震時有効水利の整備や消防車走行道路の防災性能の向上による火災被害の軽減効果を明確に示しながら、地震火災の被害を最小限にとどめるための具体的なまちづくり方策を提示することを目的とする。さらに、その方策を基に、地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連を検証する。

本章の対象地区としては、北九州市内から、図2-1に示す、地震火災による被害が懸念される木造密集市街地を選定した。当該地区は約20haで、北九州市消防局が地震時有効水利として指定している河川に接している。また、当地区内には、消防水利は48基整備されている。地質、地盤の特徴としては、地区全体が地質学的区分でいう沖積層でおおわれ、軟弱地盤である。さらに、近接して活断層

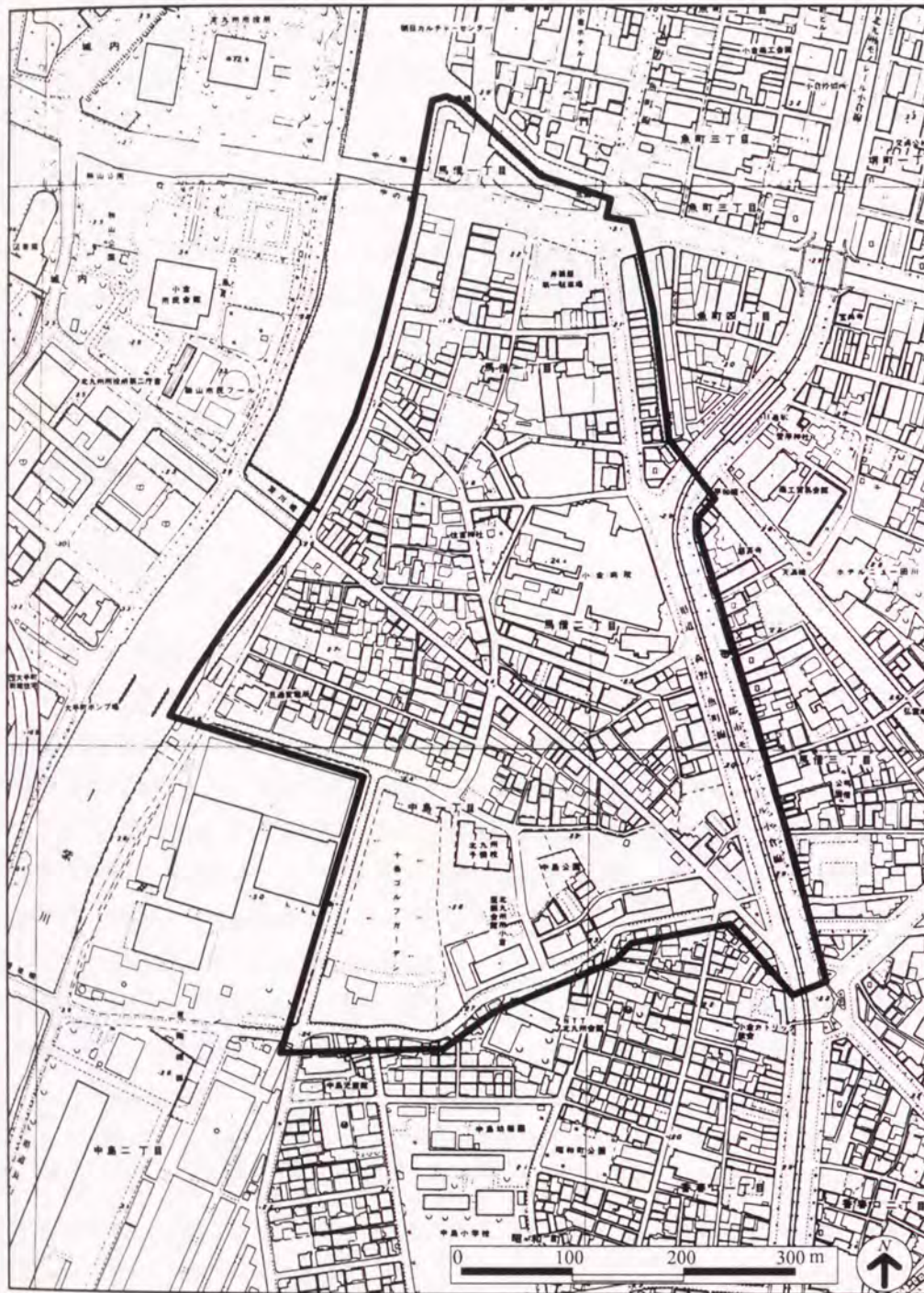


图2-1 对象地区

が存在しており、地震時には家屋倒壊や道路閉塞に伴う消火活動障害等、様々な被害が予想される。

まず、2.2では、対象地区内の道路網をリンクとノードにグラフ化したうえで、道路網形態の現況と消防ホース延長を考慮したマイクロな消火活動に着目して、地震時有効水利をノード単位で適正に配置する手法を構築する。次いで、2.3では、阪神・淡路大震災での道路閉塞の実態を踏まえ、消火活動に大きな影響を与えた地区レベルの空間要素を対象として、地震時における、適正に配置された地震時有効水利までの消防車走行道路の通行可能性をリンク毎に評価する手法を構築する。そして、2.4では、これらの手法を用いて、地震火災の被害軽減効果を明確に示していきながら、地震火災の被害を最小限にとどめるための具体的なまちづくり方策を示す。さらに、地震火災の被害軽減策と住環境整備の関連について考察を行う。2.5は、以上の総括である。

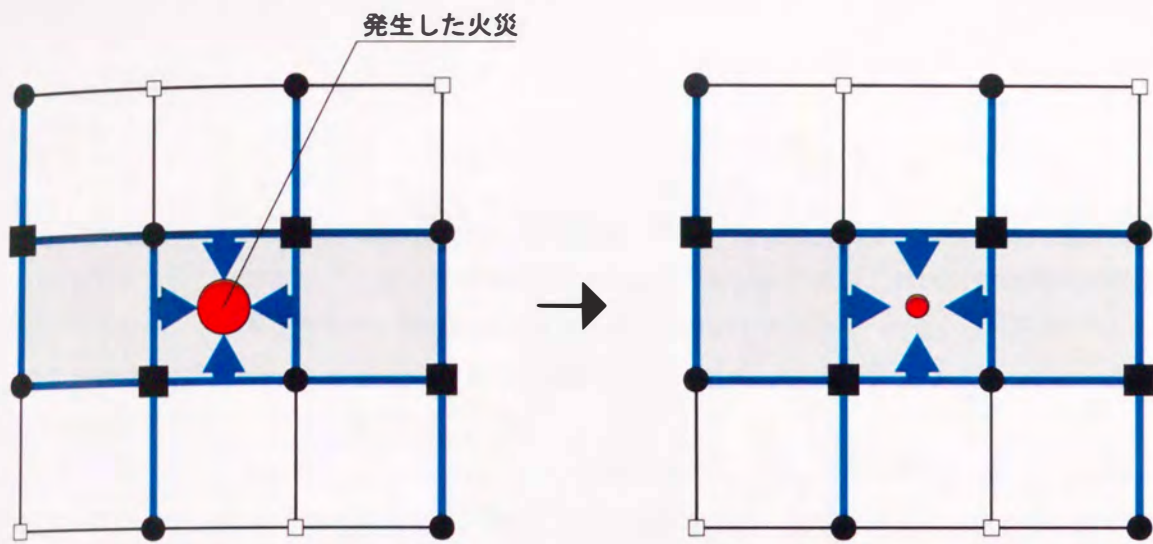
2.2 水利の適正配置手法

2.2.2 手法構築の方針

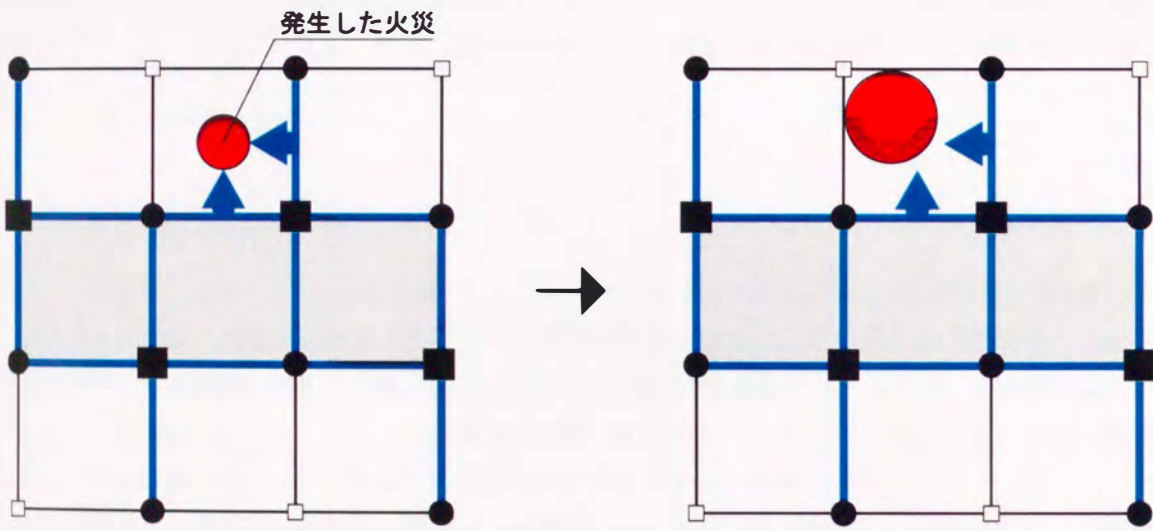
地震時有効水利の適正配置手法の構築は以下の方針に従って行う。

第1に、限られた消防力で、同時多発的に発生する火災に迅速に対応するため、対象地区内において、消防活動困難区域の解消に必要な地震時有効水利の個数が最少で、かつ、対象地区に最も近い消防署から地震時有効水利までの到達距離が最短となる配置を適正配置とする。

第2に、地震時有効水利の適正配置は、街区内の火災焼失面積や火災規模に応じた所要消火水量、消火活動に投入される消防車数・消防隊員数の関係とは別に、消防活動困難区域の解消という観点から、道路網形態と消防ホース延長を考慮したマイクロな消火活動に着目して検討する。そこで、消防ホースを使った消火活動を地区レベルで検討するため、5つの言葉を定める。1)「消防ホース到達点」とは、消防水利から道路沿いに消防ホースを最大延長となる200mまで伸ばした経路上にある全てのノード、2)「消防ホース到達道路」とは、消防ホースの経路上にあり、消防ホース到達点に挟まれているリンク、3)「消防活動困難街区」とは、消防ホース到達道路に全周を囲まれていない街区とし、街区内で火災が発生した場合、周囲の全ての道路から消火活動が行えないことから、街区内で発生した火災を鎮火できる可能性が低い街区、4)「消防活動有効街区」とは、消防ホース到達道路に全周を囲まれている街区とし、街区内で火災が発生しても、周囲の全ての道路から消火活動が行えることから、街区内で発生した火災を鎮火できる可能性が高い街区、5)「消防活動困難区域」とは、消防活動困難街区の集合体とする。この概念図を図2-2に、消防活動困難街区と消防活動有効街区の考え方を図2-3に示す。ここで、図2-2の1, 2, 3, 7, 8, 9の集合体が消防活動困難区域である。また、消防ホースの最大延長200mとは、「20m(消防ホース1本の長さ)×10本(ホース延長本数)」により算出されたもので、この距離は消防車で長時間にわたり無理のない放水を継続でき、かつ、ホースを延長する時間において妥当な最高限を考慮した値である⁵⁾注1)。



消防活動有効街区は、消防ホース到達道路に全周を囲まれていることから、街区内で火災が発生しても、周囲の全ての道路から消火活動が行え、街区内で発生した火災を鎮火できる可能性が高い



消防活動困難街区は、消防ホース到達道路に全周を囲まれていないことから、街区内で火災が発生した場合、周囲の全ての道路から消火活動が行えず、街区内で発生した火災を鎮火できる可能性が低い

- : ノード
- : 消防ホース到達点
- : 消防水利
- ◻ : 消防活動有効街区
- : 消防ホース到達道路
- ◻ : 消防活動困難街区

図2-3 消防活動有効街区と消防活動困難街区の考え方

第3に、消防ホースをもった消防隊員の消火活動経路については全て使用できるとする。地震時に道路が閉塞した場合、消防ホース1本の重量が約60kgもあるため、消防隊員の消火活動の効率が低下する可能性があることを考慮すれば、消防隊員の消火活動経路についても検討すべきである。しかし、消防隊員は瓦礫上も通行でき、活動経路の通行可能性を判定するのは困難であるので、ここでは全て道路が消火活動経路として使用可能できるとする。

第4に、地震時に消火栓は全て使用できないとし、地震時に使用できる水利は河川や池、防火水槽、耐震性貯水槽などの地震時有効水利とする。阪神・淡路大震災では、水道の送配水施設が故障したこと等から、消火栓がほぼ全域にわたって使用できなかった³⁾事例を踏まえ、地震時に使用できる水利は地震時有効水利としている。

第5に、地震時有効水利はノード上に配置する。道路沿いに消防ホースを延ばして消火活動を行う場合、地震時有効水利をリンク内ではなく、ノード上に配置した方が効果的に消防ホースを延ばすことができる。

第6に、既設地震時有効水利の設置場所や導水施設をノードとする。上述したように地震時有効水利をノード上に配置することから、既設地震時有効水利の設置場所や導水施設についてもノードとして考える。

2.2.3 最少個数決定指標

水利の適正配置は、火災焼失面積や所要消火水量等の関係とは別に、道路網形態と消防ホース延長を考慮したミクロな消火活動による消防活動困難区域の解消に重点をおく。そこで、道路網により形成される街区を最小単位として、消防活動困難区域解消の観点から、本章で定義した消防活動困難街区を用い、消防活動困難街区の面積に応じた地震時有効水利の個数の算定を行う^{注2)}。

以上のことから、地震時有効水利の整備により解消される消防活動困難街区の面積、即ち、消防活動有効街区の面積を変数とした「消防活動困難街区解消率（以後、解消率）」という指標を設定し、下式を用いて地震時有効水利の最少個数を決定する。

$$\alpha = \frac{\sum F}{\sum A}$$

α : 複雑な道路網により形成された既成市街地の中で、地震時有効水利を配置することで解消される消防活動困難街区の面積割合

$\sum A$: 対象地区内の全街区の面積総和

$\sum F$: 消防活動有効街区の面積総和

2. 2. 4 適正配置手法の構築

図2-4の概念図は、リンクとノードを考慮し、消防ホースの最大延長である200mを基準に構成されたグリッドモデルである。(1)は、地震時有効水利の配置前の状況を示したものである。このモデルの全ノード数は20個、既存の地震時有効水利が存在しているノード数を2個(S_0)と設定している。2. 2の手法構築の方針に基づき、解消率は0%となる。

まず、(2)に示すように、全ノード数から、既存の地震時有効水利が存在しているノード数を除いた18個のノードに地震時有効水利を1個ずつ配置していく。この場合、 S_1 、 S_2 、 S_3 のような地震時有効水利の配置が考えられるが、 S_1 は解消率が0%、 S_2 は8.3%、 S_3 は16.7%であり、最大の解消率が得られる S_3 に配置する。

次に、(3)、(4)、(5)、(6)に示すように、 S_3 を固定し、 S_3 を除いた17個のノードに地震時有効水利を配置していくと、 S_4 、 S_5 、 S_6 、 S_7 のような解消率が25.0%となる4つの配置パターンが得られる。そして、得られた配置パターン毎に同様の作業を繰り返していく。その結果、解消率が100%となるいくつかの配置パターンが得られるが、このモデルの場合は、(7)に示すような配置パターンとなり、地震時有効水利の最少個数は8個となる。

このように、対象地区内に地震時有効水利を配置していき、地震時有効水利の最少個数を決定する。

ここで、同じ最少個数でも、配置パターンはいくつか抽出されるため、それらの配置パターンの中から地震時有効水利の適正配置を決定する。

まず、最少個数となる全ての配置パターンについて、消防署から、配置された地震時有効水利までの最短経路を求める。次に、配置パターン毎に最短距離の総和を算出して、最短距離の総和が最小となる配置パターンを抽出し、地震時有効水利の適正配置を決定する。

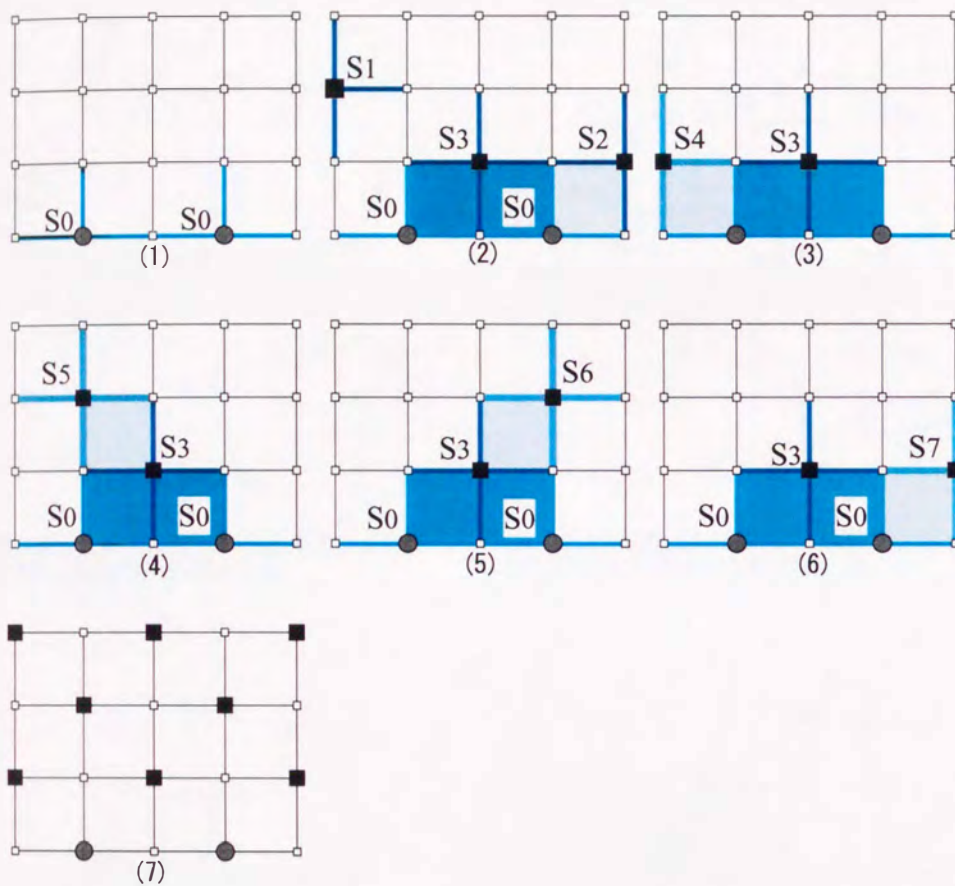
2. 2. 5 適正配置手法の評価

対象地区にはノードが78個、その内、既存の地震時有効水利があるノードは河川に面している9個のみである。現状では、当該地区の解消率は27.4%^{注3)}とかなり低い。

そこで、構築した適正配置手法を当該地区に適用し、シミュレーションを行った。まず、地震時有効水利の最少個数を算出した結果、当地区での地震時有効水利の最少個数は7個となり、図2-5に示すように地震時有効水利が配置され、16の配置パターンが得られた。

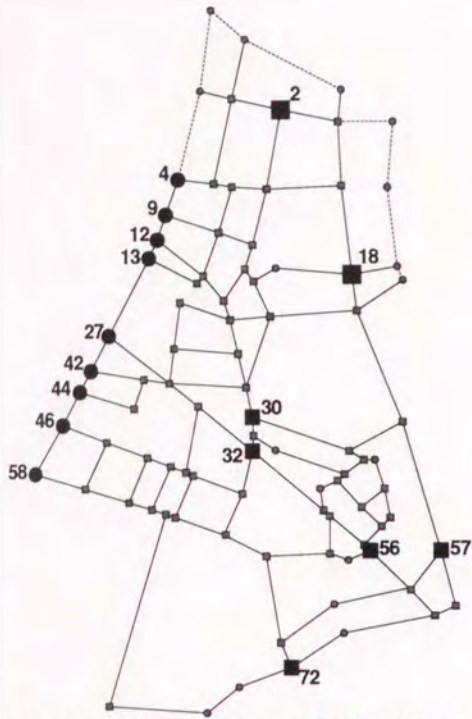
次に、16の配置パターン毎に、消防署からの最短距離^{注4)}の総和を求めていった結果、パターン4が2,097mで16パターンの中で最小となり、当地区での地震時有効水利の適正配置はパターン4となった。適用結果を表2-1、図2-6、図2-7に示す。

このように、地震時有効水利の適正配置手法を用いることで、既存の地震時有効水利を効果的に活用しながら、迅速に消火活動が行え、かつ、最少の水利数で、消防活動困難区域を効果的に解消で

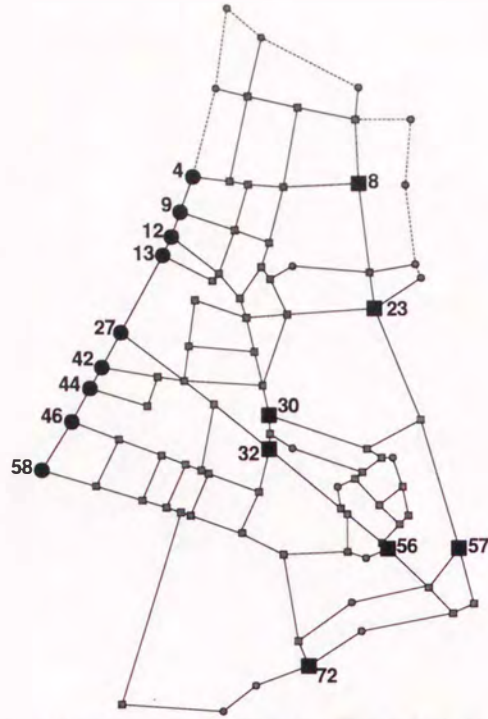


- : 既存の地震時有効水利
- : 新規配置する地震時有効水利
- (thin blue line) : 消防ホース到達道路(S0)
- (medium blue line) : 消防ホース到達道路(S1~S3)
- (thick blue line) : 消防ホース到達道路(S4~S7)
- (white) : 消防活動有効街区(S2)
- (dark blue) : 消防活動有効街区(S3)
- (light blue) : 消防活動有効街区(S4~S7)

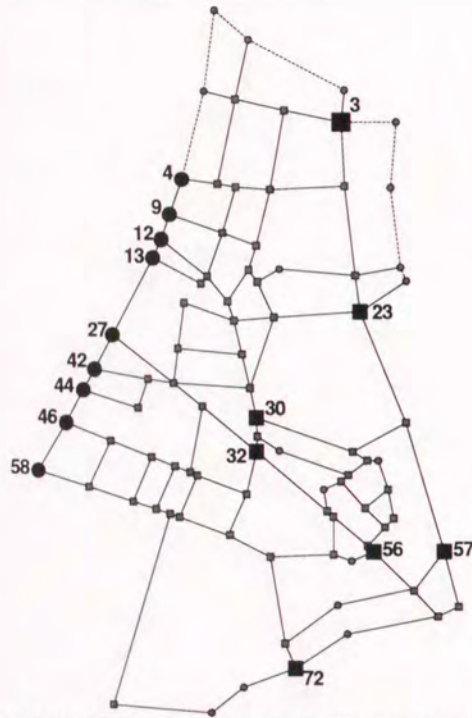
図2-4 地震時有効水利の最少個数決定の概念図



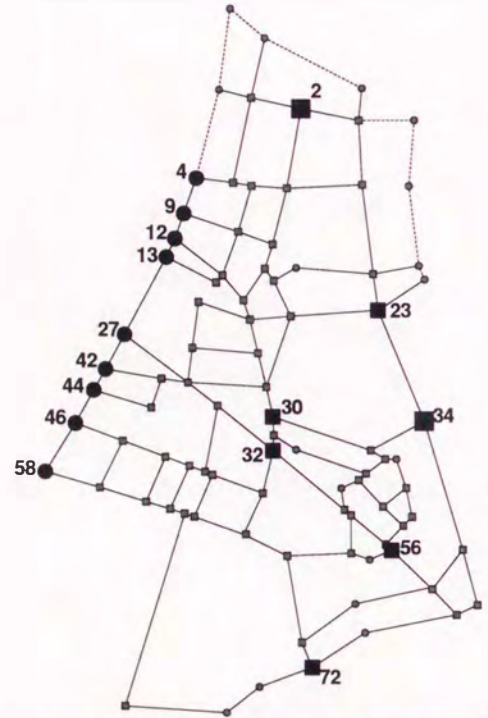
Node32,56,72,23,30,57,2に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 1)



Node32,56,72,23,30,57,8に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 2)



Node32,56,72,23,30,57,3に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 3)

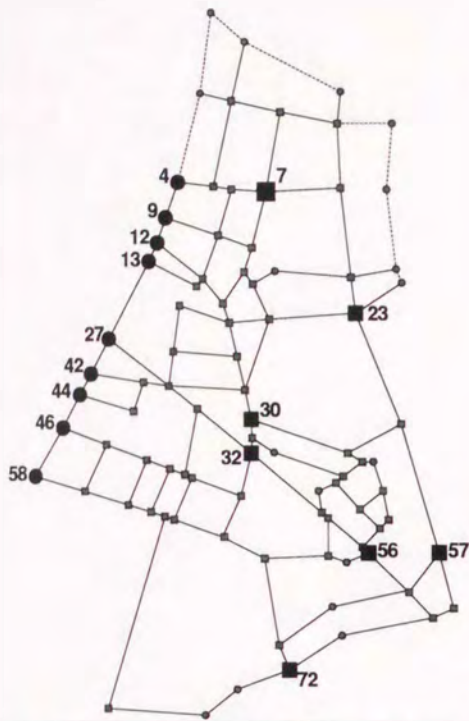


Node32,56,72,23,30,34,2に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 4)

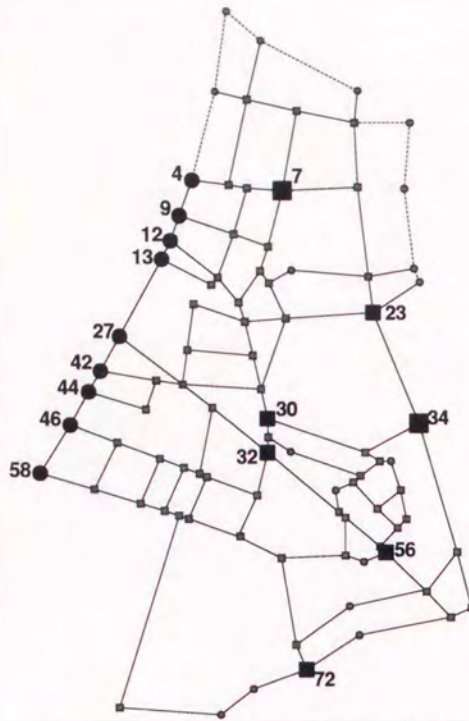
(図中の番号は、ノード番号を表す)

- : 既存地震時有効水利
- : 新規配置した地震時有効水利

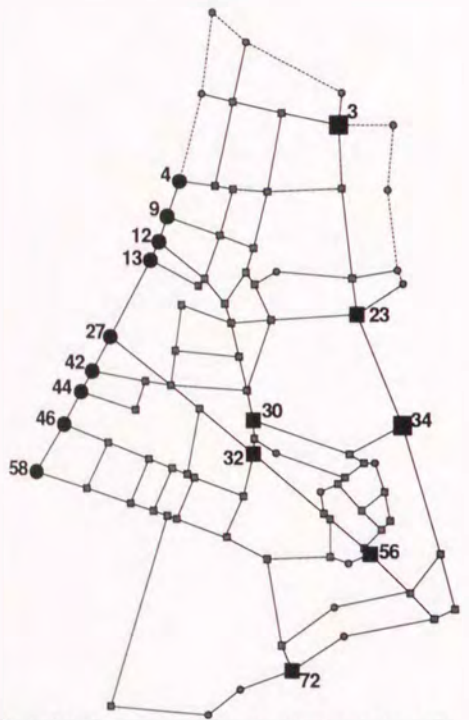
図2-5 地震時有効水利の最少個数配置パターン



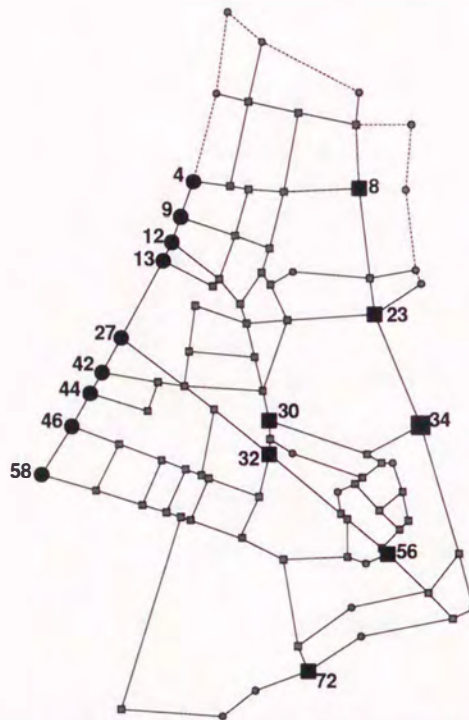
Node32,56,72,23,30,57,7に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 5)



Node32,56,72,23,30,34,7に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 6)



Node32,56,72,23,30,34,3に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 7)

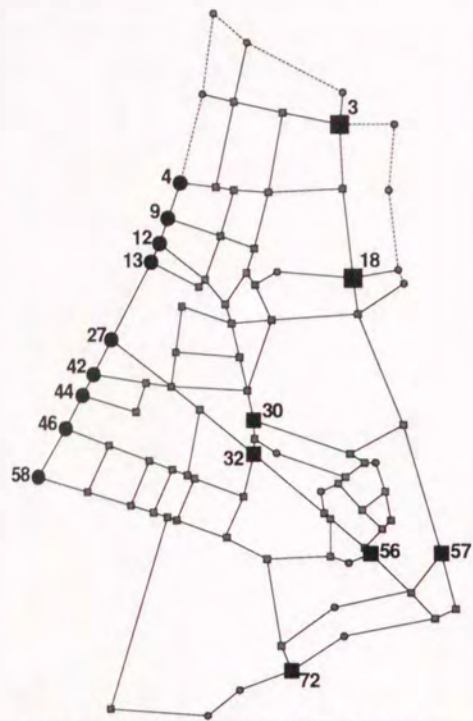


Node32,56,72,23,30,34,8に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 8)

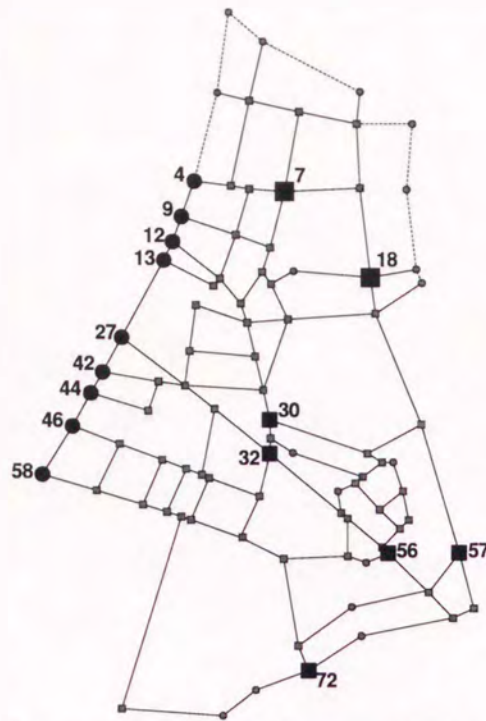
(図中の番号は、ノード番号を表す)

- : 既存地震時有効水利
- : 新規配置した地震時有効水利

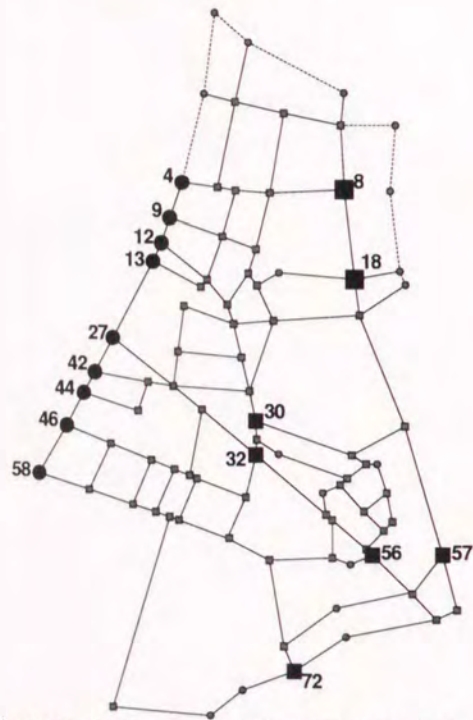
図2-5 地震時有効水利の最少個数配置パターン



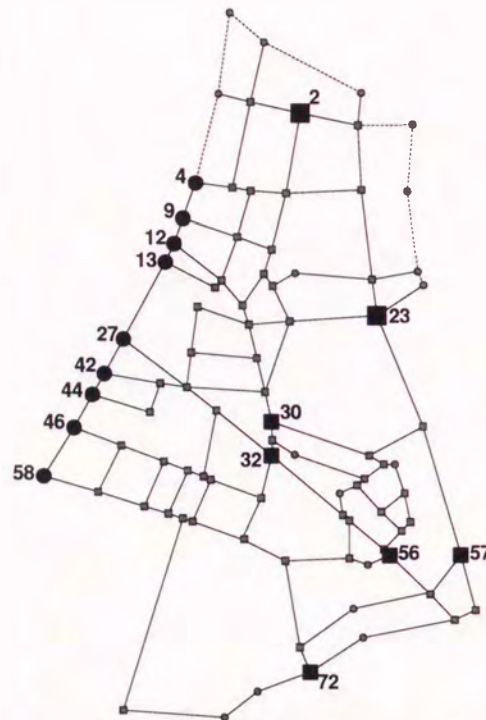
Node32,56,72,18,30,57,3に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 9)



Node32,56,72,18,30,57,7に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 10)



Node32,56,72,18,30,57,8に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 11)

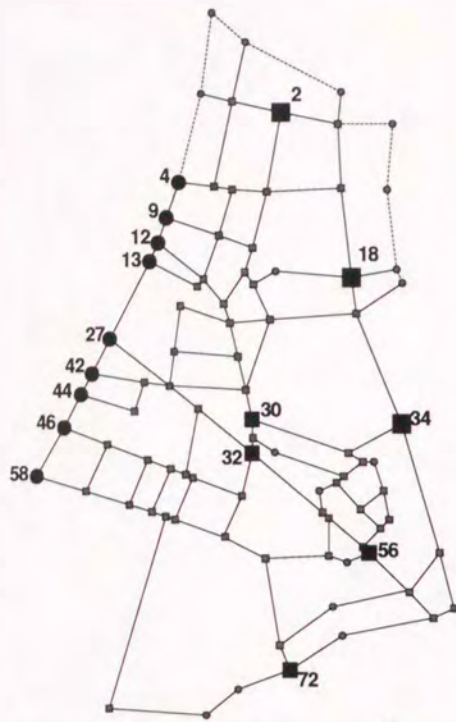


Node32,56,72,18,30,57,2に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 12)

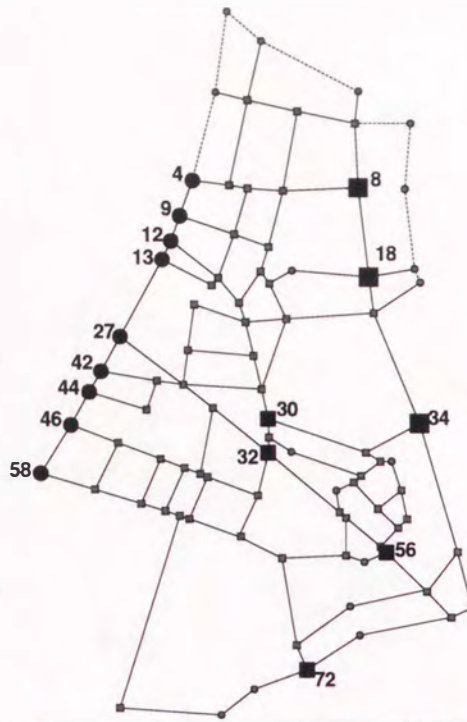
(図中の番号は、ノード番号を表す)

- : 既存地震時有効水利
- : 新規配置した地震時有効水利

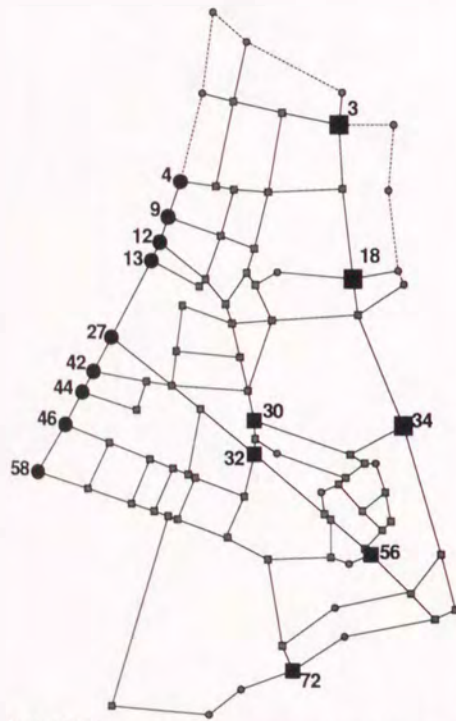
図2-5 地震時有効水利の最少個数配置パターン



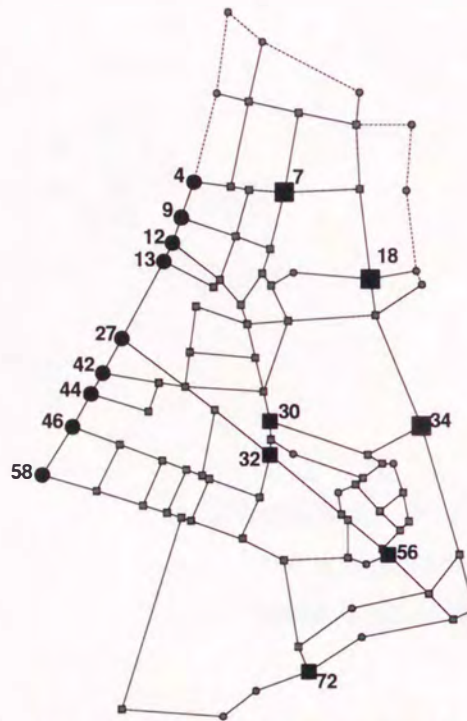
Node32,56,72,18,30,34,2に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 13)



Node32,56,72,18,30,34,8に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 14)



Node32,56,72,18,30,34,3に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 15)

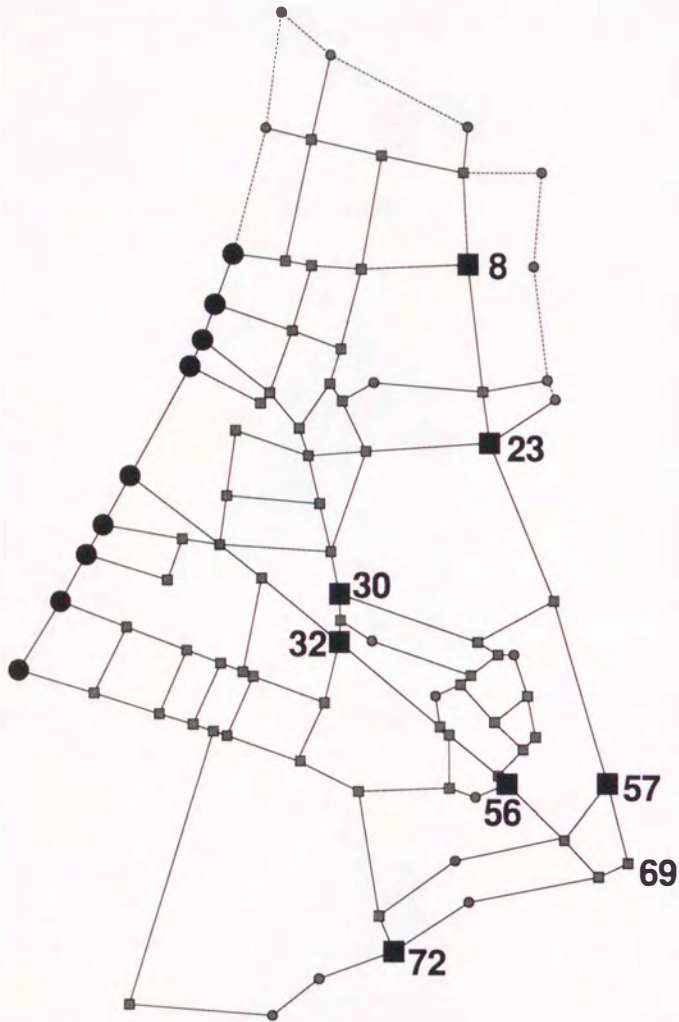


Node32,56,72,18,30,34,7に地震時有効水利が配置された場合(PATTERN 16)

(図中の番号は、ノード番号を表す)

- : 既存地震時有効水利
- : 新規配置した地震時有効水利

図2-5 地震時有効水利の最少個数配置パターン



(図中の番号は、ノード番号を表す)

- : 既存地震時有効水利
- : 新規配置した地震時有効水利

図2-6 地震時有効水利の適正配置

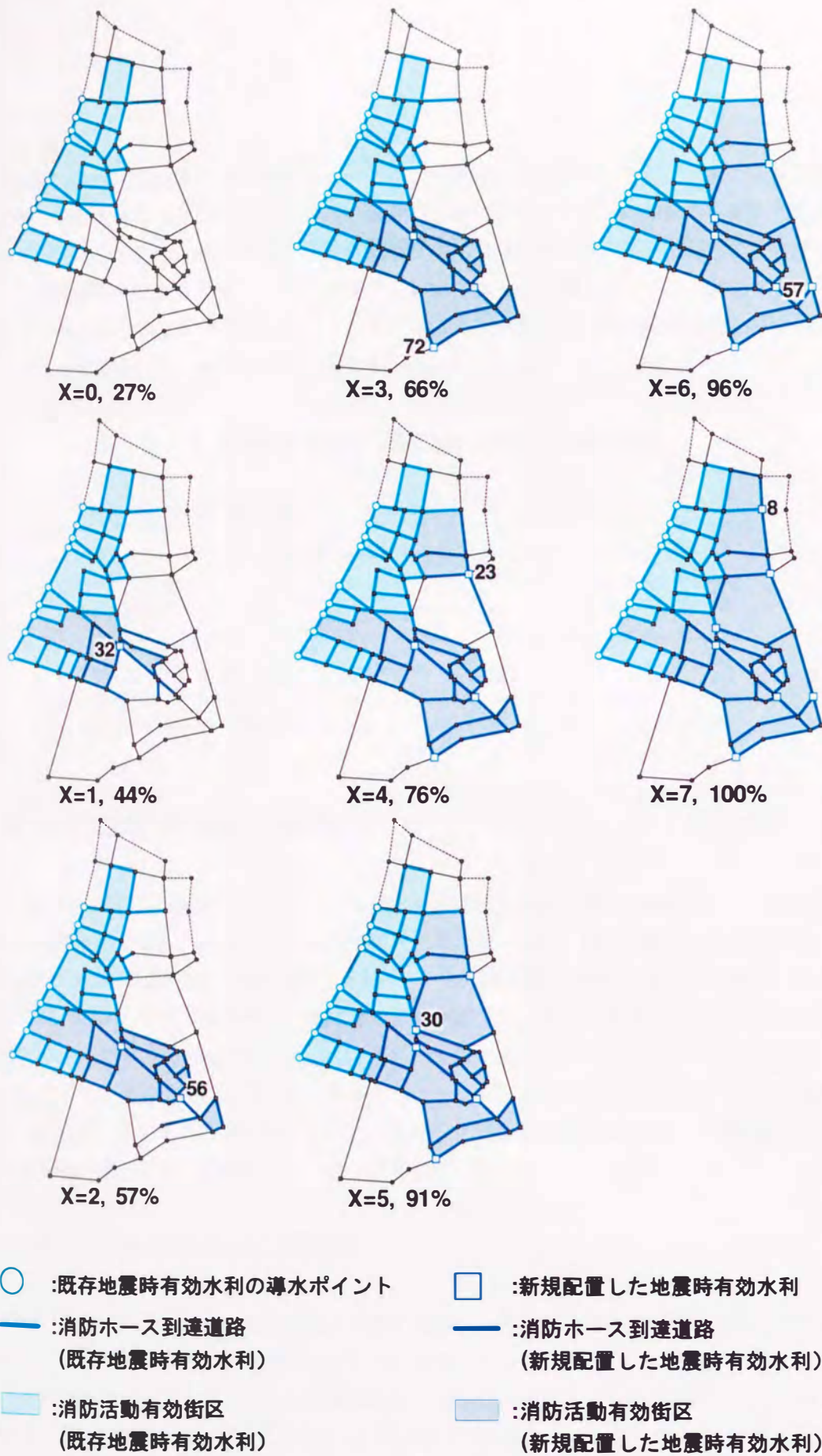


図2-7 地震時有効水利の適正配置の配置順序

きる、地震時有効水利の適正な整備場所をノード単位で確定することができた。通常、従来の整備手法では的確な整備場所を決定できないため、計画者が現場にいき、計画者の経験や直感的判断で整備場所が決定されているのが実状である。地震時有効水利の整備計画の策定現場において、計画者の経験や直感による意思決定を支援するという意味でも、また無駄な投資を省くという意味でも、複雑な道路網により形成される既成市街地に対し、水利整備による地震火災の軽減軽減効果を視覚的に示しながら、適正な整備場所を的確に決定できる本手法の必要性は高いと考えている。

表 2-1 地震時有効水利の配置順序と累積解消率の変化

地震時有効水利の配置順序	ノード番号	累積解消率の変化
1	32	44.0%
2	56	56.5%
3	72	66.3%
4	23	76.1%
5	30	91.2%
6	57	96.4%
7	8	100.0%

2.3 水利への消防車走行道路の評価手法

前節では、道路網形態の現況と消防ホース延長を考慮したマイクロな消火活動に着目して、地震時有効水利を適正に配置する手法を構築し、実際の既成市街地を対象に、水利整備による火災被害の軽減効果を視覚的に明示しながら、地震時有効水利をノード単位で適正に整備できることを示した。続いて、本節では、阪神・淡路大震災での道路閉塞の実態を踏まえ、地震時の消火活動に大きな影響を与えた地区レベルの空間要素を検討対象として、適正に配置された地震時有効水利への消防車走行道路の通行可能性をリンク毎に評価する手法を構築する。ここで、消防車走行道路とは、同時多発的に発生する火災に迅速に対応するため、対象地区に最も近い消防署から適正に整備した地震時有効水利及び既存の地震時有効水利まで最短距離で到達できる経路とする。

2.3.1 過去の地震災害に基づく評価指標

ここでは、阪神・淡路大震災の道路閉塞の実態を把握し、消防車走行道路の通行可能性を評価する指標を設定する。阪神・淡路大震災での道路閉塞の実態について論じたものは数多くあり、代表的なものとしては、阪神・淡路大震災での街路閉塞現象の実態と、それによる機能障害について論じた家田他の研究^{21) 25)}、宇和田他の研究²⁶⁾、阪神・淡路大震災での道路ネットワークの通行不能状況と沿道条件等の関連性について論じた山田他の研究²⁷⁾、地震直後の航空写真を読みとり、消防活動からみた

通行障害の実態について論じた関沢他の研究²⁸⁾、阪神・淡路大震災での火災の延焼状況及び消防活動の阻害要因について論じた熊谷他の研究²⁹⁾、阪神・淡路大震災での瓦礫被覆による交通障害に着目し、震災前後での都市街路構造のフラクタル次元を求め、道路交通損傷の影響について論じた碓井他の研究³⁰⁾などがある。

以上の既往研究の成果を基に、阪神・淡路大震災で、消火活動に与えた影響が最も大きかった地区レベルの空間要素を抽出してみると、狭隘な道路となっており、次いで、沿道木造建物、さらに、ブロック塀、電柱等のポール類となっている。また、消火活動に影響を与えた一要因として駐車車両もあげられている。

そこで、これらを踏まえて、「幅員」、「沿道木造棟数」、「通行障害誘発要因^{注5)}」、「駐車車両台数」の4つを評価指標として設定した^{注6)}。

まず、「幅員」については、阪神・淡路大震災では沿道の木造家屋や工作物の倒壊等により、地区によっては幅員4m未満の道路のほぼ全てが閉塞し、幅員8mを超える道路はほぼ自動車の通行が可能であった¹⁵⁾という報告がなされていること等から、4m未満、4m以上6m未満、6m以上8m以下、8m超の4つのカテゴリーを設定した。

次に、「沿道木造棟数」については、倒壊した木造建物が消火活動に与えた影響は大きく、消防車走行道路の通行可能性を評価する際、沿道木造建物の存在が問題となるため、0棟、0棟超の2つのカテゴリーを設定した。


そして、「通行障害誘発要因」(表2-2、図2-8)については、幅員4m以上8m以下の道路は沿道両側の老朽木造家屋が倒壊した場合に閉塞するとし、片側のみ、もしくは、交互に倒壊した場合には通行が可能とする建設省の閉塞確率算定モデル¹⁵⁾の考え方を参考にして、まず、沿道の木造建物のみに着目して、両側木造型、片側・交互木造型を設定した。次に、同様の考え方として、沿道の木造建物とブロック塀に着目して、両側又は交互木造・ブロック塀型を設定した。続いて、ブロック塀のみに着目して、図2-8に示すように、ブロック塀の後方にある木造建物の倒壊影響を考慮し、木造建物が存在する場合を木造・ブロック塀型、存在しない場合をブロック塀型として設定し、同様に、生け垣・樹木^{注7)}のみについても、木造建物が存在する場合を木造・生け垣・樹木型、存在しない場合を生け垣・樹木型として設定した。

続いて、「駐車車両台数」については、駐車車両による幅員減少が $2\text{m}^{31)}$ であることと、消防車の通行に必要最低限の幅員が $3\text{m}^{8)}$ であることから、駐車車両による通行障害に着目すると、駐車車両台数の多少よりも、駐車車両台数の有無の方が消防車走行道路の通行可能性を評価するには適切であると考えられる。そこで、「駐車車両台数」は、0台、0台超の2つのカテゴリーを設定した。

2.3.2 評価手法の構築

設定した4つの評価指標を用いて、地震時に消防車走行道路が「通行可能」であるのか、又は「通

表 2-2 通行障害誘発要因の分類毎の通行障害の度合と内容

通行障害誘発要因	通行障害の度合	内容
両側木造型	 <p>大</p>	道路を挟んで対面している両側の木造建物が倒壊するもので、消火活動の有効幅員を最も減少させるものである。
片側・交互木造型		道路を挟んで片側又は交互に並んだ木造建物が倒壊するもので、両側木造型とは異なり、片側又は交互に木造建物が倒壊するので、ある程度幅員が確保されている道路においては、瓦礫を避けるように走行すれば、消防車は通行できる。
両側又は交互木造 ・ブロック塀型		道路を挟んで対面している両側又は交互に並んだ木造建物とブロック塀が倒壊するもので、一方がブロック塀であることから、前述の2つの通行障害誘発要因に比べ、倒壊によって生じる瓦礫の遮蔽幅は小さい。
木造・ブロック塀型		道路を挟んで対面している両側又は片側又は交互に並んだブロック塀が倒壊するもので、両側又は交互木造・ブロック塀型よりも、さらに瓦礫による遮蔽幅は小さいが、狭隘な道路においては、大きな障害となる。
ブロック塀型		木造・ブロック塀型と同様の考え方であるが、沿道に木造建物がないことから、木造・ブロック塀型より消火活動に与える影響は少ない。
木造・生け垣・樹木型		沿道に木造建物はあるが、庭等の後背地が存在しているため、木造建物の倒壊影響を多少は受けるものの、生け垣や樹木自体は倒壊する可能性が低く、さらに、建物倒壊による道路上への瓦礫発生を生け垣や樹木は防ぐ役割も果たすことから、消火活動に与える影響は少ない。
生け垣・樹木型		木造・生け垣・樹木型と同様の考え方であるが、沿道に木造建物がないことから、木造・生け垣・樹木型より消火活動に与える影響は少ない。
	小	

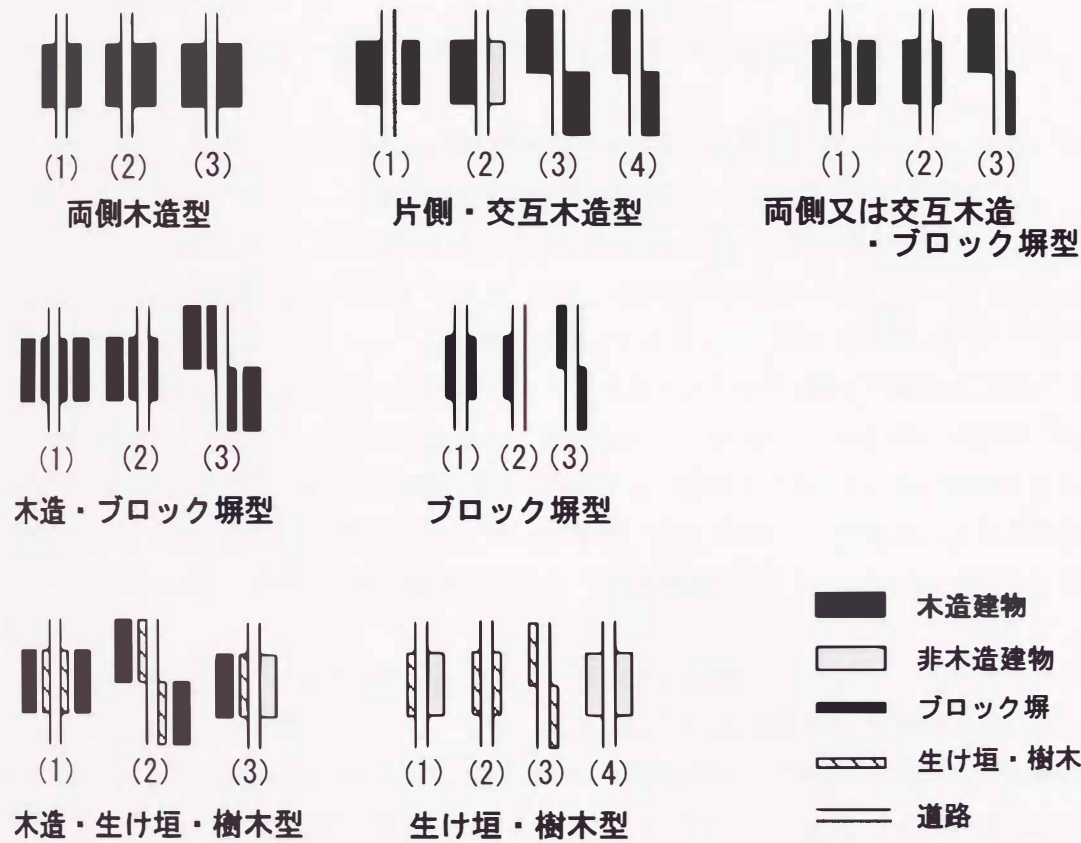


図2-8 通行障害誘発要因の分類事例

行不可能」であるのかをリンク毎に評価する。

適正に配置された地震時有効水利への消防車走行道路の評価フローを以下に述べる。また、評価フローを図 2-9 に示す。

①まず、地震時有効水利の適正配置から、新規に配置した地震時有効水利及び既存の地震時有効水利への消防車走行道路を抽出する。

②次に、阪神・淡路大震災で、地震時の消火活動に与えた影響が大きかった「沿道木造棟数」の有無により評価する。

③そして、「幅員」については、前述の閉塞率算定モデルの仮定に基づき、幅員 4m 未満の消防車走行道路は全て使用できずとし、幅員 8m 超の消防車走行道路は全て使用できるとする¹⁵⁾。

④さらに、「沿道木造棟数」が 0 棟を超える幅員 4m 以上 8m 以下の消防車走行道路は、木造建物等の倒壊物により通行不可能となる可能性が高い¹⁵⁾ ので、「通行障害誘発要因」を用いて、まず、幅員 4m 以上 6m 未満の消防車走行道路については、通行障害の度合いが大きい両側木造型、片側・交互木造型、両側又は交互木造・ブロック塀型は通行不可能とし、木造・ブロック塀型も消防車の通行に必要最低限の幅員を考慮して、通行不可能とする。次に、幅員 6m 以上 8m 以下の消防車走行道路についても、通行障害の度合いが最も大きい両側木造型は通行不可能とし、両側木造型よりも通行障害の度合いが小さい片側・交互木造型、両側又は交互木造・ブロック塀型、木造・ブロック塀型は、駐車車両による幅員減少と消防車の通行に必要最低限の幅員を考慮し、「駐車車両台数」が 0 台を超える場合には通行不可能とする。

また、「沿道木造棟数」が 0 棟の幅員 4m 以上 8m 以下の消防車走行道路は、木造建物等の倒壊物により通行不可能となる可能性が低いので、まず、幅員 4m 以上 6m 未満の消防車走行道路については、「駐車車両台数」が 0 台を超える場合は、駐車車両による幅員減少と消防車の通行に必要最低限の幅員を考慮し、ブロック塀型は通行不可能とする。そして、幅員 6m 以上 8m 以下の消防車走行道路は全て通行可能とする。

2. 3. 3 水利配置に基づいた道路空間の整備の必要性

まず、評価指標として設定した「幅員」、「沿道木造家屋棟数」、「通行障害誘発要因」、「駐車車両台数」について、当該地区の現況をみてる。単純集計結果を表 2-3 に示す。また、通行障害誘発要因の分布状況を図 2-10 に示す。「幅員」については、消防車走行道路として通行不可能である幅員 4m 未満が 44 リンク (36.1%) と最も多いが、逆に通行可能である幅員 8m 超が 35 リンク (28.6%) と多いのが特徴である。また、「通行障害誘発要因」については、通行障害の度合いが小さい生け垣・樹木型が 56 リンク (45.9%) と最も多いが、その一方で通行障害の度合いが大きい両側木造型が 37 リンク (30.3%)、片側・交互木造型が 38 リンク (31.1%) と多い。

次に、構築した評価手法を適用するため、当該地区の地震時有効水利の適正配置から、新規に配置

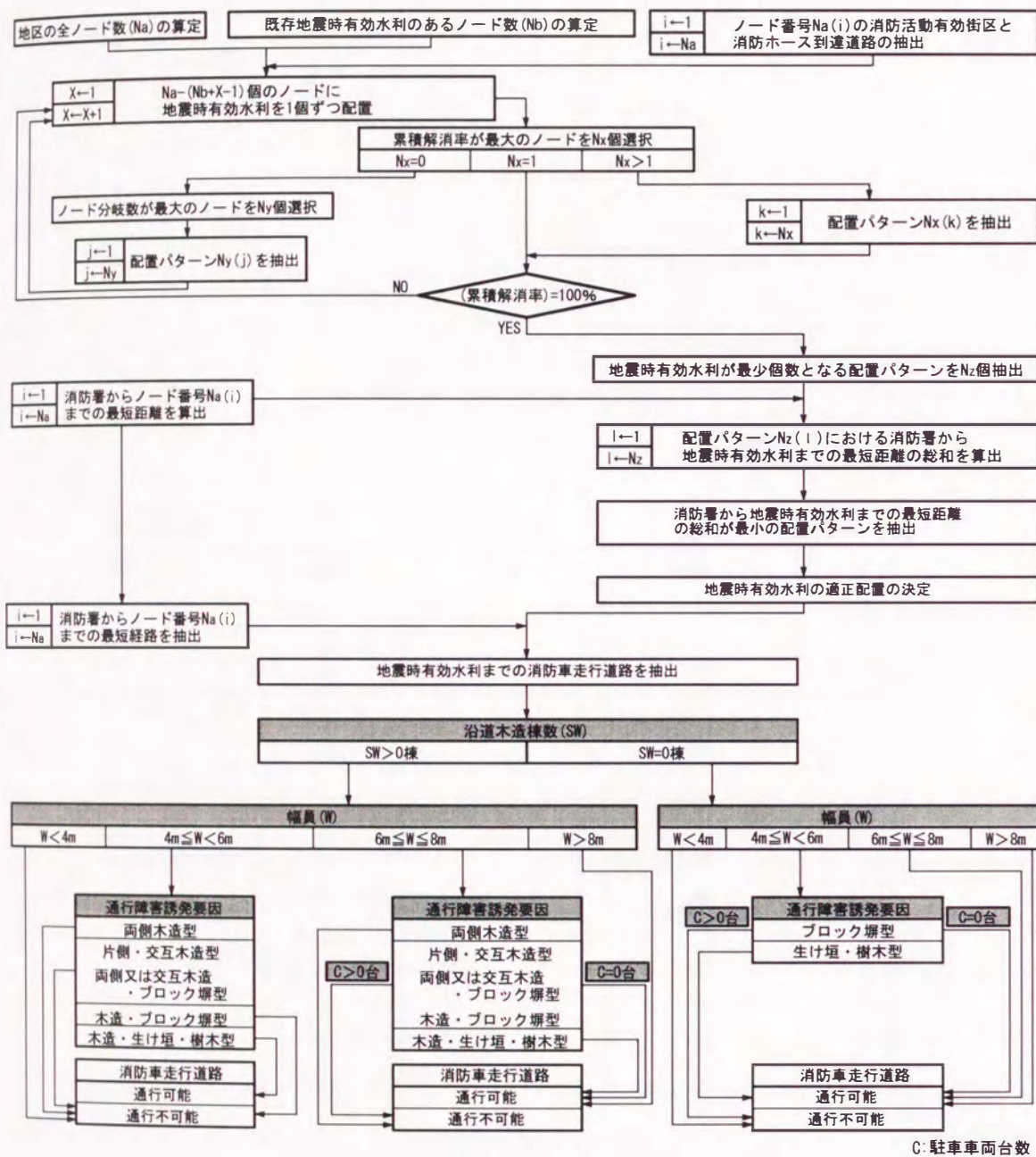
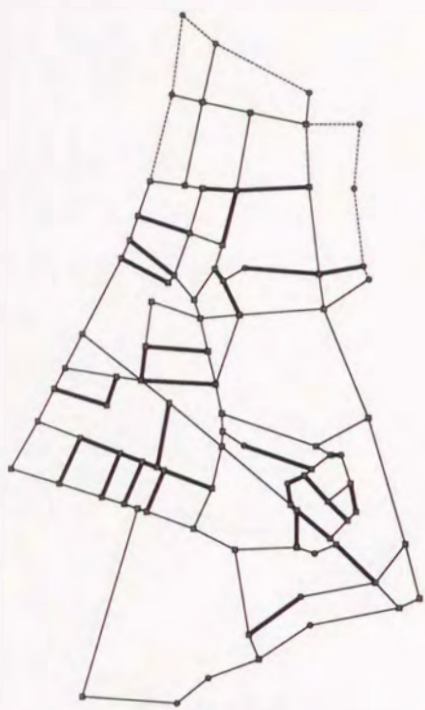


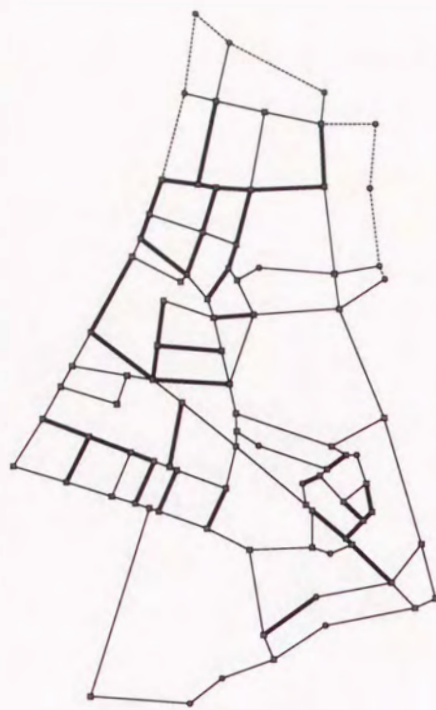
図2-9 地震時有効水利の適正配置に基づく消防車走行道路の評価フロー

表 2-3 評価指標の単純集計結果

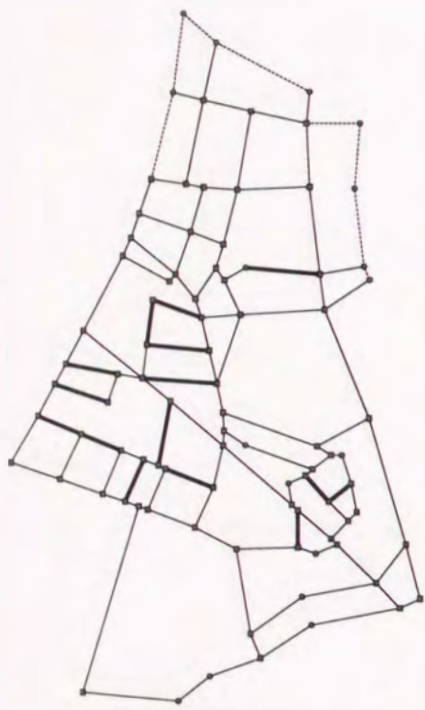
評価指標	カテゴリー	リンク数	構成比
幅員	4m未満	44	36.1%
	4m以上 6m未満	24	19.7%
	6m以上 8m以下	19	15.6%
	8m超	35	28.6%
沿道木造棟数	0棟	61	50.0%
	0棟超	61	50.0%
駐車車両台数	0台	58	47.5%
	0台超	64	52.5%
通行障害誘発要因	両側木造型	37	30.3%
	片側・交互木造型	38	31.1%
	両側又は交互木造・ブロック塀型	15	12.3%
	木造・ブロック塀型	7	5.7%
	ブロック塀型	12	9.8%
	木造・生け垣・樹木型	13	10.7%
	生け垣・樹木型	56	45.9%



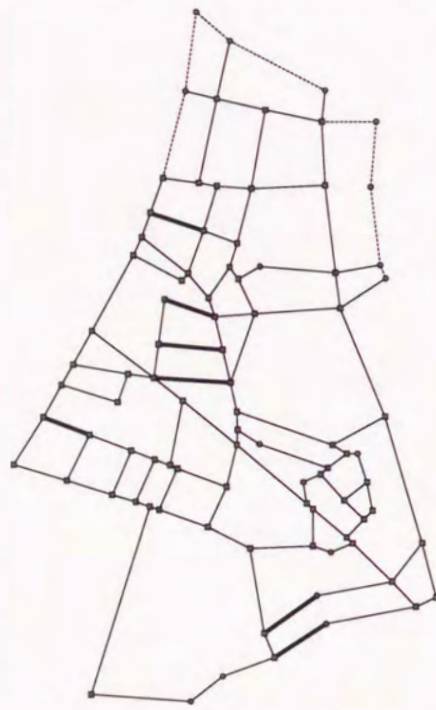
両側木造型



片側・交互木造型

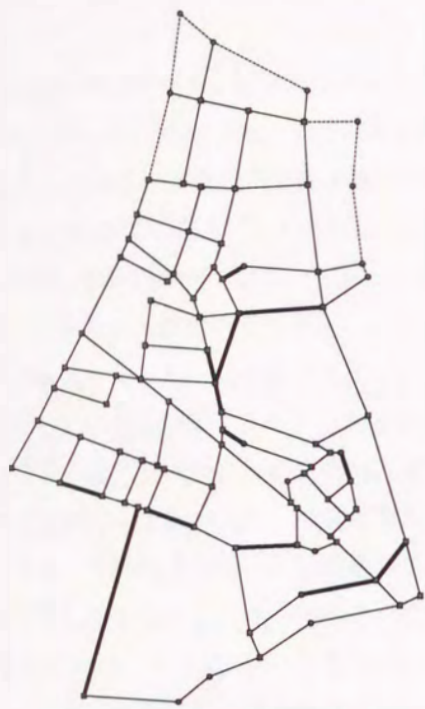


両側又は交互木造・ブロック塀型

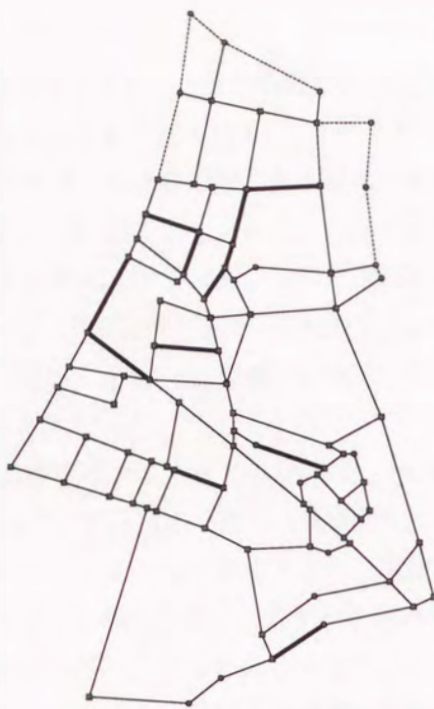


木造・ブロック塀型

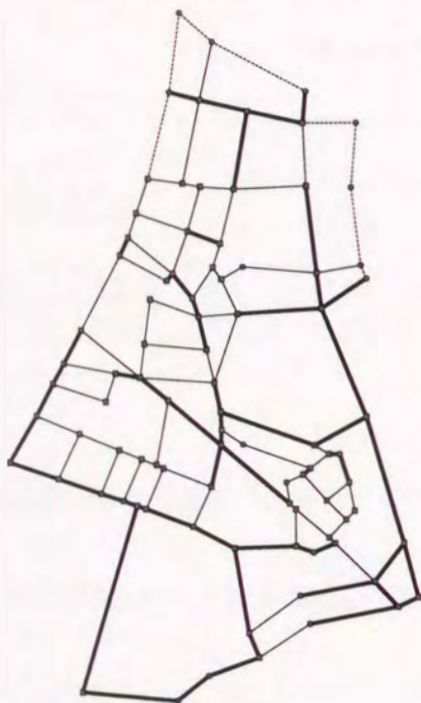
図2-10 通行障害誘発要因の分布状況



ブロック塀型



木造・生け垣・樹木型



生け垣・樹木型

図2-10 通行障害誘発要因の分布状況

した7個の地震時有効水利と、既存の河川に面した9箇所の導水ポイントへの消防車走行道路を45リンク抽出した。そして、抽出された消防車走行道路の通行可能性を評価すると、13リンク(28.9%)で総延長615m(24.7%)が通行不可能と判定された。そのため、新たに配置した3個の地震時有効水利と既存の9箇所の導水ポイントまで消防車が最短距離で到達できないことから、これらの水利が使用できず、現状では解消率が10.9%と低い。評価結果を図2-11に示す。また、消防車走行道路として通行不可能と判定された道路の阻害要因を表2-4に整理した。この結果をみると、幅員が4m未満であることが阻害要因となっている道路が4リンク(30.8%)、幅員4m以上6m未満で両側木造型の存在が阻害要因となっている道路が4リンク(30.8%)と多いことがわかる。

このように、迅速に初期消火活動を行い、地震火災の被害を最小限にとどめるには、その解決策を消防力にのみ求めても限界があり、地震時有効水利の整備だけでは有効な防災効果は得られないことがわかる。また、それは逆においても同様である。地震火災の被害を最小限にとどめ、木造密集市街地の防災性を向上させていくには、消防力の整備とともに都市計画的対策、つまり、地震時有効水利の適正整備とともに、それに合わせた消防車走行道路の整備が必要といえる。また、それを実現していくには、都市計画行政と消防行政が連携を図り、縦割りに行われている都市防災行政を総合化していく必要がある。

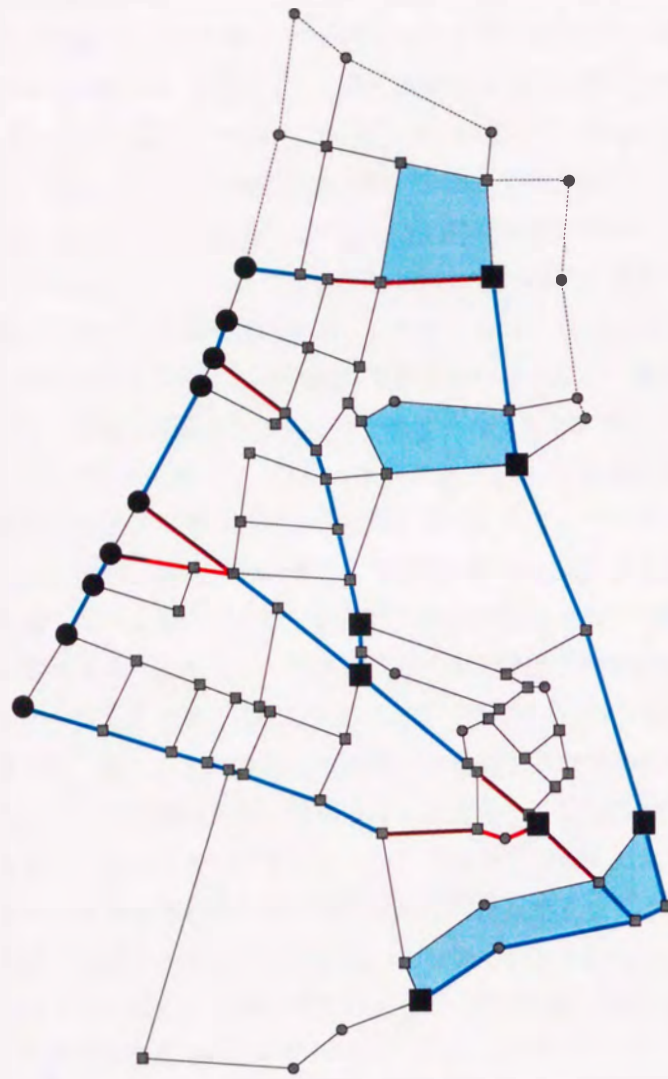
表2-4 消防車走行道路の阻害要因の集計結果

阻害要因		リンク数	構成比	
幅員4m未満		4	30.8%	
両側木造型	幅員4m以上6m未満	4	30.8%	
	幅員6m以上8m以下	2	15.4%	
片側・交互木造型	幅員4m以上6m未満	路上駐車車両	2	15.4%
ブロック塀型	幅員4m以上6m未満	路上駐車車両	1	7.7%
合計		13	100.0%	

2.4 道路空間の防災性能向上とまちづくり方策

2.4.1 防災性向上からみたまちづくり方策

前節の適用結果をみると、通行不可能となる消防車走行道路が多いため、解消率が非常に低く、現状では地震火災の被害を最小限にとどめることはできない。そこで、解消率を向上させ、地震火災の被害を最小限にとどめる具体的なまちづくり方策を導き出すため、まず、設定した4つの評価指標を基に、消防車走行道路の整備方策を検討した。次いで、その整備方策に基づき、通行不可能である消防車走行道路を順次整備していき、地震火災の被害軽減効果についてシミュレーションを行った。また、評価指標からみた消防車走行道路の整備方策としては、道路の拡幅、もしくは、沿道状況の改善



- : 既存地震時有効水利 ■ : 新規配置した地震時有効水利
- : 通行可能な消防車走行道路 — : 通行不可能な消防車走行道路
- : 消防活動有効街区

図2-11 評価結果

が有効であると考えられるが、ここでは、既存ストックを効果的に活用していくため、道路拡幅ではなく、沿道状況の改善に着目した。

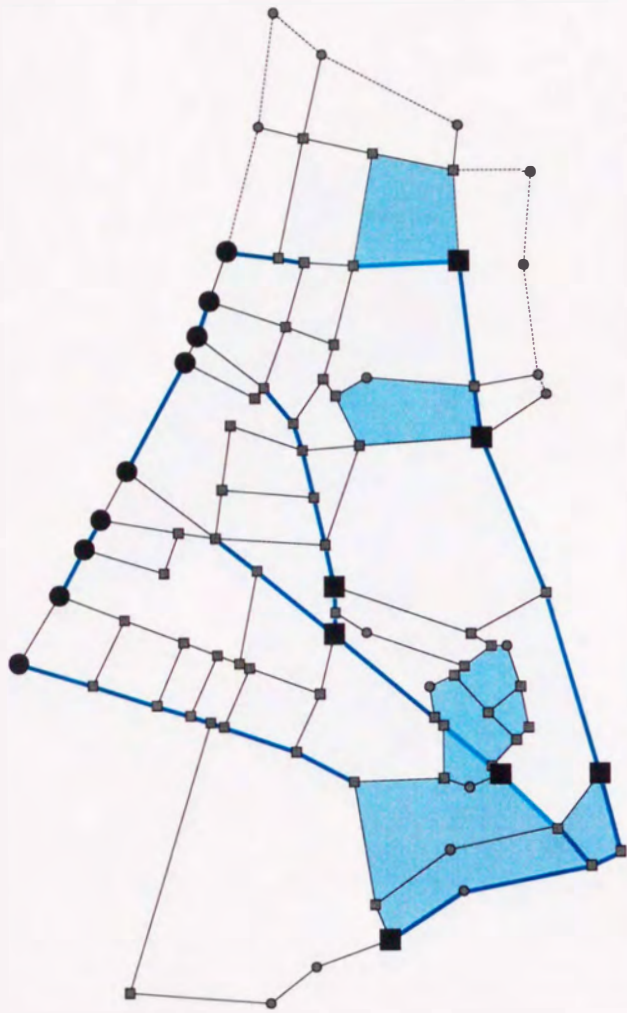
通行不可能である消防車走行道路の整備方策については、阻害要因となっている箇所を図 2-9 の評価フローに基づき導き出していく。例えば、幅員 4m 以上 6m 未満で両側木造型の存在が阻害要因となっている消防車走行道路は、図 2-9 の評価フローから、両側木造型となっている箇所を木造・生け垣・樹木型に整備すること、即ち、道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の両側の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくること、もしくは道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の片側の木造建物を耐震性の高い非木造建物に建替え、そしてもう一方の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくることで通行可能にすることができる（図 2-8 を参照）。同様に、幅員 6m 以上 8m 以下で両側木造型の存在が阻害要因となっている消防車走行道路は、両側木造型となっている箇所を片側・交互木造型、両側又は交互木造・ブロック塀型、もしくは木造・ブロック塀型に整備し、路上駐車を禁止する措置をとること、即ち、通行障害となる路上駐車を禁止する措置をとり、道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の片側を耐震性の高い非木造建物に建替えるか、もしくは通行障害となる路上駐車を禁止する措置をとり、道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の両側又は片側をセットバックすることで通行可能にすることができる（図 2-8 を参照）。または、木造・生け垣・樹木型に整備すること、即ち、道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の両側の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくること、もしくは道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の片側の木造建物を耐震性の高い非木造建物に建替え、そしてもう一方の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくることで通行可能にすることができる（図 2-8 を参照）。阻害要因別にみた消防車走行道路の整備方策を表 2-5 に示す。

そこで、表 2-5 に整理した整備方策に基づき、まずは、阻害要因として多かった幅員 4m 以上 6m 未満で両側木造型が存在する消防車走行道路を整備した結果、図 2-12 に示すように、解消率は 20.3% に向上した。さらに、通行不可能となっている消防車走行道路を順次整備していった結果、最終的には、図 2-13 に示すように、解消率は 87.4% となった。このことから、既存ストックを効果的に活用して、消防車走行道路の防災性能を向上させていくことで、十分に迅速かつ効率的な消火活動が実現でき、地震火災の被害を最小限にとどめることができることがわかった。地震火災の被害を最小限にとどめるための 1 つのまちづくり方策として、地震時有効水利を適正に整備し、さらに既存ストックを最大限活用しながら、消防署から適正に整備した地震時有効水利と既存の地震時有効水利までの幅員 4m 以上 8m 以下の消防車走行道路の防災性能を向上させていくことが有効と考えられる。

対象地区のまちづくり方策を整理すると、第 1 に、既存の地震時有効水利、つまり河川を効果的に活用し、迅速に消火活動が行え、かつ、最少の水利数で、消防活動困難区域を効率良く解消できるよ

表 2-5 阻害要因別にみた消防車走行道路の整備方策

阻害要因		道路の整備方策
両側木造型	幅員 4m 以上 6m 未満	<p>整備方策タイプ 1: 道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の両側の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくる</p> <p>整備方策タイプ 2: 道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の片側の木造建物を耐震性の高い非木造建物に建替え、そしてもう一方の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくる</p>
	幅員 6m 以上 8m 以下	<p>整備方策タイプ 1: 通行障害となる路上駐車を禁止する措置をとり、道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の片側を耐震性の高い非木造建物に建替える</p> <p>整備方策タイプ 2: 通行障害となる路上駐車を禁止する措置をとり、道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の両側又は片側をセットバックする</p> <p>整備方策タイプ 3: 道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の両側の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくる</p> <p>整備方策タイプ 4: 道路を挟んで両側に木造建物が対面している箇所の片側の木造建物を耐震性の高い非木造建物に建替え、そしてもう一方の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくる</p>
片側・交互木造型	幅員 4m 以上 6m 未満	<p>路上駐車 車両</p> <p>整備方策タイプ 1: 沿道の片側のみに木造建物が存在している箇所は、その木造建物を耐震性の高い非木造建物に建替える、もしくは木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくる</p> <p>整備方策タイプ 2: 道路を挟んで交互に木造建物が並んでいる箇所は、それらの木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくる、もしくは片側の木造建物を耐震性の高い非木造建物に建替え、そしてもう一方の木造建物をセットバックして、さらに家屋が倒壊した場合でも道路上への瓦礫の発生を防げるように、敷地の周囲に樹木などを植樹し、生け垣をつくる</p>
ブロック塀型	幅員 4m 以上 6m 未満	<p>路上駐車 車両</p> <p>整備方策タイプ 1: 路上駐車を禁止する措置を講じる</p> <p>整備方策タイプ 2: ブロック塀を生け垣化する</p>



- : 既存地震時有効水利 ■ : 新規配置した地震時有効水利
- : 通行可能な消防車走行道路 — : 整備した消防車走行道路
- : 消防活動有効街区

図2-12 4m以上6m未満の両側木造型の消防車走行道路を整備した結果



- : 既存地震時有効水利 ■ : 新規配置した地震時有効水利
- : 通行可能な消防車走行道路 — : 整備した消防車走行道路
- : 消防活動有効街区

図2-13 4m未満を除く全ての消防車走行道路を順次整備していった結果

うに、地震時有効水利を適正に整備すること、第 2 に、消防署から適正に整備した地震時有効水利と河川までの幅員 4m 以上 8m 以下の消防車走行道路の沿道改善を行うことと路上駐車禁止の措置をとること、即ち、幅員 4m 以上 8m 以下の消防車走行道路の「通行障害誘発要因」と「駐車車両台数」に着目し、既存ストックを最大限活用しながら、消防車走行道路の防災性能を向上させていくこと、である。

以上のように、地震時有効水利の適正な整備場所をノード単位で確定でき、さらに消防署からそれらの地震時有効水利までの消防車走行道路の防災性能をリンク毎に評価できる手法を用いて、地震火災の被害軽減効果を視覚的に示しながら、迅速な消火活動が可能な地震時有効水利の適正な整備場所や、地震時に通行不可能となる消防車走行道路毎に、その防災性能に応じて、沿道木造建物の適正誘導やブロック塀の生け垣化等の既存ストックを効果的に活用した具体的な整備方策を導き出せることを実証し、地震火災の被害を最小限にとどめるためのまちづくり方策を示した。本手法は CAD との連携を図ったもので、本手法によって、地区レベルの空間要素を対象として、具体的なまちづくり方策を導き出せるだけでなく、まちづくりのイメージを視覚的に示せることがわかった。このような工夫により、計画者は明確な空間イメージをもって計画づくりに取り組めるとともに、住民はまちづくりの効果を視覚的に把握しながら、まちづくりへの理解を深めることができる。本手法の妥当性は計画者により検証されたものではなく、現状では多くの課題を抱えているが、このような手法、工夫の必要性は示すことができたと考えている。

2. 4. 2 まちづくり方策と住環境向上策の関連

2. 4. 1 では、地震火災の被害を最小限にとどめるという立場からまちづくり方策を示した。このような既存ストックを効果的に活用したまちづくり方策は、住環境を向上させることにもつながっている。具体的には、幅員 4m 以上 6m 未満で両側木造型又は片側・交互木造型の消防車走行道路を木造・生け垣・樹木型に改善することは、道路空間に緑を増やすことになる。また、幅員 6m 以上 8m 以下で両側木造型の消防車走行道路を片側・交互木造型、両側又は交互木造・ブロック塀型、もしくは木造・ブロック塀型に改善することは、道路空間の日照や通風をよくすることになる。そして、路上駐車を禁止する措置をとることは、道路空間の見通しをよくすることになる。

以上のように、「通行障害誘発要因」と「駐車車両台数」に着目して、既存ストックを効果的に活用しながら、消防車走行道路の防災性能を向上させていくことで、道路空間のアメニティも向上できることがわかる。従って、「通行障害誘発要因」と「駐車車両台数」に着目して、既存ストックを効果的に活用しながら、適正に配置した地震時有効水利までの消防車走行道路のアメニティ向上を図っていけば、地震火災の被害を軽減することにつながると考えられる。

5. まとめ

本章で得た知見を以下にまとめる。

(1) 通常、従来の地震時有効水利の整備手法では的確な地震時有効水利の整備場所を決定できないため、計画者が現場にいき、計画者の経験や直感的判断で整備場所が決定されているのが実状である。地震時有効水利の整備計画の策定現場において、計画者の経験や直感による意思決定を支援するという意味でも、また無駄な投資を省くという意味でも、水利整備による地震火災の被害軽減効果を視覚的に示しながら、地震時有効水利の適正な整備場所をノード単位で的確に決定できる適正配置手法の必要性は高いと考えている。

(2) 地震火災の被害を最小限にとどめるには、その解決策を消防力にのみ求めても限界があり、地震時有効水利の整備だけでは有効な防災効果は得られない。また、それは逆においても同様である。地震火災の被害を最小限にとどめ、木造密集市街地の防災性を向上させていくには、消防力の整備とともに都市計画的対策、つまり、地震時有効水利の適正整備とともに、それに合わせた消防車走行道路の整備が必要である。また、それを実現していくには、都市計画行政と消防行政が連携を図り、縦割りに行われている都市防災行政を総合化していくことが必要である。

(3) 地震時有効水利の適正な整備場所をノード単位で確定でき、さらに消防署からそれらの地震時有効水利までの消防車走行道路の通行可能性をリンク毎に評価できる手法を用いて、地震火災の被害軽減効果を視覚的に示しながら、迅速な消火活動が可能な地震時有効水利の適正な整備場所や、地震時に通行不可能となる消防車走行道路毎に、その防災性能に応じて、沿道木造建物の適正誘導やブロック塀の生け垣化等の既存ストックを効果的に活用した具体的な整備方策を導き出せることを実証し、地震火災の被害を最小限にとどめるためのまちづくり方策を示した。本手法はCADとの連携を図ったもので、本手法によって、地区レベルの空間要素を対象として、具体的なまちづくり方策を導き出せるだけでなく、まちづくりのイメージを視覚的に示せることがわかった。このような工夫により、計画者は明確な空間イメージをもって計画づくりに取り組めるとともに、住民はまちづくりの効果を視覚的に把握しながら、まちづくりへの理解を深めることができる。本手法の妥当性は計画者により検証されたものではなく、現状では多くの課題を抱えているが、このような手法、工夫の必要性は示すことができたと考えている。

(4) 地震火災の被害を最小限にとどめるための1つのまちづくり方策として、地震時有効水利を適正に整備し、さらに既存ストックを最大限活用しながら、消防署から適正に整備した地震時有効水利までの幅員4m以上8m以下の消防車走行道路の防災性能を向上させていくことが有効であることがわかった。

(5) また、既存ストックを効果的に活用しながら、消防車走行道路の防災性能を向上させていくことで、道路空間のアメニティも向上できることがわかった。従って、既存ストックを効果的に活用しながら、適正に配置した地震時有効水利までの消防車走行道路のアメニティ向上を図っていけば、地震火災の被害を軽減することにつながると考えられる。

補注

- 1) 現実には中継車を置く等して、消防ホースをさらに長くすることは可能であるが、本研究では、消防水利の基準にある消防活動困難区域の考え方にに基づき、消防ホースの最大延長を200mとした。
- 2) 火災規模等の考察から、水利個数を算定する場合、街区内の建物の建築面積等が有効な指標と考えられる。しかし、本研究は、道路網形態と消防ホース延長を考慮したミクロな消火活動に着目しているため、街区内にオープンスペース等があった場合でも、街区が消防ホース到達道路に全て囲まれてなければ、その街区は消防活動困難街区となることから、街区内の建築面積ではなく、消防活動困難街区の面積を用いた。
- 3) 河川に接している街区と、道路延長が200mを超える道路により構成されている街区を除いた全街区の面積総和で除した値である。
- 4) 消防署から地震時有効水利までの最短距離は、便宜上消防署からケーススタディ地区までの最短距離にあるノード69から計測した値である。
- 5) 地震時においては、沿道状況によって、消防車等の通行可能性が異なる。そこで、阪神・淡路大震災での事例を踏まえ、地震時に通行障害を引き起こす可能性が高い木造家屋、ブロック塀と、その可能性が低い生け垣、樹木等について、実際の既成市街地内の沿道状況を調査し、その調査結果に基に、通行障害の度合を表す「通行障害誘発要因」という指標を設定した。調査内容は、全ての沿道について、①道路と敷地の境界上に家屋があるのか、②ブロック塀があるのか、③生け垣や樹木等があるのか、また、①道路と敷地の境界の後ろに庭等の後背地が存在しているのか、②後背地が存在しないのか、を調査した。
- 6) 電柱等のポール類についても考慮すべきだが、ケーススタディ地区には全体的に分布しているため、本研究では考慮しない。地震時の交通量や交通渋滞については、予測することが困難であることと、都市整備等の事前対策を主な研究対象としていることから、本研究では考慮していない。
- 7) 生け垣や樹木については、阪神・淡路大震災で消防活動に与えた影響についての報告例は少ない。そこで、倒壊影響の少ないものとして考えた。

参考文献

- 1) 関沢愛(1995): 阪神・淡路大震災における火災の発生と焼け止まりの状況, 火災 217号 Vol.45 No.4, pp.11-18
- 2) 家田仁, 上西周子, 猪俣隆行, 鈴木忠徳(1996): 阪神大震災における街路閉塞現象の実態とその影響, 第1回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.285-288
- 3) 東京消防庁防災部防災課(1996): 震災対策の現況, 財団法人東京防災指導協会
- 4) 三船康道(1995): 地域・地区防災まちづくり, オーム社

- 5)消防庁消防課(1995)：逐条問答消防力の基準・消防水利の基準，ぎょうせい
- 6)Katsuhiko KURODA, Yoshimi NAGAO, Kenjiro YASUNO, Yoshiro NAMBA(1985)：DECISION THEORETIC APPROACH TO PLANNING OF ASEISMIC FIRE CISTERNS, PROC. OF JSCE No.353/IV-2, pp.119-129
- 7)今泉恭一，浅見泰司(2000)：震災時の道路閉塞推定に関する研究—防災街づくりのための密集住宅市街地整備方策の定量的比較分析—，日本建築学会計画系論文集第529号，pp.225-231
- 8)望月拓郎，家田仁，上西周子(1996)：地震に伴う街路閉塞現象の発生予測方法とその危険度評価への応用可能性，第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.427-430
- 9)家田仁，望月拓郎，上西周子(1998)：地震時に建築物の倒壊等によって生じる街路閉塞の危険度評価法，国際交通安全学会雑誌 Vol.23/No.3, pp.6-13
- 10)家田仁，宇治田和，望月拓郎，小川逸作(1997)：街路閉塞の予測及び危険度評価手法の東京市街地への適用，第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.501-504
- 11)久貝寿之，加藤孝明，ヤルコン・ユスフ，小出治(1999)：道路閉塞からみた地区レベル街路網の防災性能評価手法の提案，地域安全学会論文集 No.1, pp.25-34
- 12)久貝寿之，加藤孝明，程洪，小出治(1999)：地区レベル街路網の防災性能評価の試み，第4回都市直下地震総合シンポジウム，pp.203-206
- 13)高橋宏直，赤倉康寛，中本隆，吉村藤謙(1998)：兵庫県南部地震による被害を踏まえた街路閉塞シミュレーションに関する研究，第10回日本地震工学シンポジウム論文集
- 14)赤倉康寛，高橋宏直，中本隆(1999)：大規模地震による街路閉塞予測シミュレーションの構築，土木学会論文集 No.632/IV-45, pp.77-92
- 15)建設省都市局都市防災対策室(1997)：都市防災実務ハンドブック地震防災編，ぎょうせい
- 16)日本建築学会・兵庫県南部地震特別研究委員会(1998)：木造密集市街地の防災街づくり方策報告書
- 17)建設省住宅局市街地住宅整備室：密集市街地のまちづくりガイドブック，社団法人全国市街地再開発協会
- 18)建設省(1995)：建設白書（平成7年版），大蔵省印刷局
- 19)建設省(1996)：建設白書（平成8年版），大蔵省印刷局
- 20)建設省(1997)：建設白書（平成9年版），大蔵省印刷局
- 21)建設省(1998)：建設白書（平成10年版），大蔵省印刷局
- 22)建設省(1999)：建設白書（平成11年版），大蔵省印刷局
- 23)日高圭一郎(1998)：地方公共団体における景観形成の手法に関する研究，九州大学博士論文
- 24)内田晃(2000)：市街地の住環境整備における計画立案手法に関する研究，九州大学博士論文
- 25)家田仁，上西周子，猪俣隆行，鈴木忠徳(1997)：阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響，土木学会論文集 No.576/VI-37, pp.69-82
- 26)宇和田和，家田仁，加藤浩徳(1998)：街路の機能的障害の視点からみた地区の防災危険度指標，第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.497-500
- 27)山田晴利，田中靖資，畠中秀人，西川昌宏，水上眞澄(1996)：地理情報システムを用いた兵庫県南

部地震による道路ネットワークの被災状況分析, 土木計画学研究・講演集 No.19(1), pp.37-40

28) 関沢愛, 吉原浩(1997): 阪神・淡路大震災における道路通行障害に関する研究, 地域安全学会論文報告集 No.7, pp.32-35

29) 熊谷良雄(1996): 阪神・淡路大震災の火災と消防活動, 第1回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.249-252

30) 碓井照子, 小長谷一之(1995): 阪神・淡路大震災における道路交通損傷の地域的パターン, 地理学評論 68A-9, pp.621-633

31) 社団法人日本交通計画協会(1995): 都市防災に資する都市内道路のあり方に関する調査報告書