

都市の脆弱性の把握とその対応方策のあり方に関する検討調査

A Study on Ascertainment of Urban Vulnerabilities and Design of Countermeasures

都市・住宅・地域政策グループ 上席主任研究員 朝日向 猛
都市・住宅・地域政策グループ 主任研究員 鈴木 圭一

大規模地震に伴う火災延焼から都市機能を保全し財産被害を防ぐためには、火災延焼を最小限にとどめるよう市街地を適切に区画することが重要である。我が国では、都市計画道路及び沿道建築物の不燃化を促進することによって市街地に延焼遮断帯を形成する都市防災総合推進事業（不燃化促進事業）を1980年度から実施している。

都市防災総合推進事業（不燃化促進事業）は、焼失危険性の高い市街地が広範囲に連担し、市街地大火に拡大する危険性の高い東京、大阪等の大都市部を中心に実施されてきたが、整備費用や建築規制等の制約条件から、地方都市における取組みは数例となっている。

本調査は、地方都市における事業実施上の課題を把握し、地方都市の特性を踏まえて、延焼遮断帯の性能等について再検討するとともに、特に対策すべき焼失危険性の高い市街地の整備のあり方について検討した。

結論として、対策1：地方都市の特性にあった対策を検討し、幹線道路のみならず主要生活道路による分節も効果的である等、多様で柔軟な対策が有効であることを示した。対策2：延焼遮断帯の検討プログラムを開発し、性能設計に基づき、本事業のスペックを引き下げることが可能であることを示した。対策3：対策に対応した計画手順を提案し、わかりやすい計画手順を示し、計画にかかる負担軽減を示した。

Key Words: 延焼遮断帯、都市防火区画、都市防災総合推進事業（不燃化促進事業）

1. 延焼遮断帯（都市防火区画）の背景

(1) 歴史的経緯

木造建築を伝統とする我が国においては、古くから、都市の防火対策に意が配られてきた。歴史的な対策としては、近世・江戸における広小路等の火除地の整備、明治5年の耐火建築物街として銀座の煉瓦街建設、明治14年の東京都市部の主要道路の防火路線指定、大正8年の都市計画法（旧法）及び市街地建築物法制定による防火地区指定及び木造建築の制限、等が上げられる。道路等の空地と沿道建築物の防火性能の向上による延焼遮断は、我が国における代表的な都市防災対策手法といえる。

(2) 都市防火総プロ

近代以降においても、関東大震災（大正12年）や第二次世界大戦時の都市空襲による大規模な市街地の焼失があり、戦後においても鳥取大火（昭和27年）、酒田大火（昭和51年）等の大規模な市街地大火が発生している。

建設省（現・国土交通省）は、総合技術開発プロジェクト「都市防火対策手法の開発」（昭和52～56年度、以

下、「都市防火総プロ」という。）により防火対策の科学的な研究を行うとともに、「都市防災不燃化促進事業」（昭和55年度～、現・都市防災総合推進事業）を創設し、延焼遮断帯周辺の建築物の不燃化を促進することとした。

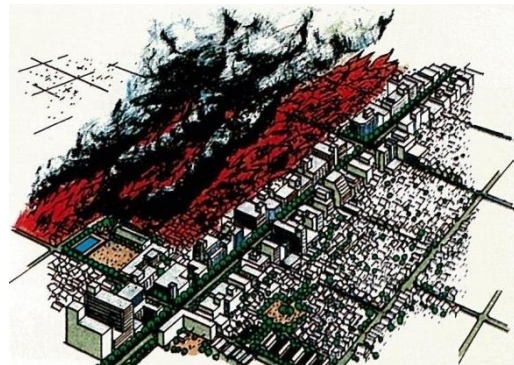


図-1 延焼遮断帯のイメージ

(3) 延焼遮断帯の考え方

延焼遮断帯は、風速、風向、火災前面長、市街地係数等を与条件とし、火災形状を想定して輻射熱計算を行うとともに、気流温度計算を行い、受熱点（受害側）における温度を200度C未満にまで低減する。これにより、市街地大火を防ぐことをねらいとしている（図-2 参照）。

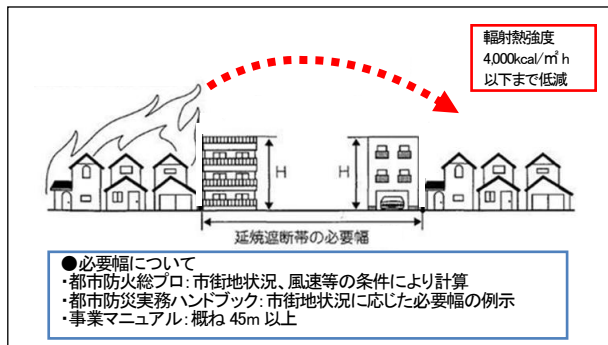


図-2 延焼遮断帯の必要幅等の考え方

2. 都市防災総合推進事業の取組み動向

(1) 事業の概要

延焼遮断帯の形成を進めるためには、都市防災総合推進事業（不燃化促進事業）を活用することになる。この事業は、幹線道路等の沿道建築物の建築に当たって、耐火建築物等の防災性能の高い建築物にすることに対して、建築費との差額の一部等について助成を行うことによって、不燃化を促進する。

(2) 取組みの効果等

①延焼遮断帯の形成による安全性の向上

墨田区は区北部に密集市街地が広がり、過去に関東大震災等の災害を受けており、災害に対して脆弱な市街地であった。そのため、市街地の不燃化を促進し「逃げないですむ、燃えないまちづくり」を実現するために、昭和54年より「不燃化促進事業」を実施。主要な幹線道路沿道において、目標不燃化率70%を達成、延焼遮断帯が形成されたことにより安全性が高まった。

②広域避難地に至る道路の整備と沿道の不燃化

東京都荒川区では、広域避難場所（都立尾久の原公園一帯）への避難路として、区の事業として都市計画道路（補助306号線）を整備した。現道もない密集市街地の中を貫くように計画されたが、道路整備と沿道の不燃化によって安全性が向上した。街路事業とあわせて都市防災総合推進事業（不燃化促進事業）を実施することにより、沿道区域の耐火・準耐火建築物への建替を促進し、不燃化が図られ、広域避難地に至る安全な避難路が形成された（図-3 参照）。



図-3 都市計画道路(補助306号線)(荒川区内)

(3) 取組み動向

都市防災総合推進事業（不燃化促進事業、調査のみの地区を含む）は、昭和55年度～平成21年度までの過去30箇年度において、全国34都市、111地区で取組まれている。このうち、東京都区部での実績が85地区と全体の3/4を占めている。また、大阪市、名古屋市、その他の政令指定都市の実績はあるが、政令指定都市以外の取組みは6地区である。

3. 地方都市における事業実施上の課題

(1) 課題1：地方都市の市街地特性

①焼失危険性の高い市街地の把握(ケーススタディ)

市街地の焼失危険度を評価する代表的指標に、不燃領域率及び木防建ぺい率がある。不燃領域率は耐火建築物等の不燃領域が70%以上のとき焼失率がほぼ0となり、木防建ぺい率は木造建築物等の密度が20%未満のとき焼失率がほぼ0となる。

本調査では、地方都市のうち、必要なGISデータが整備され、かつ、入手可能であった人口30万人規模の2都市を対象に、不燃領域率70%未満、又は、木防建ぺい率20%以上の地区を焼失危険性の高い地区（以下「焼失危険区域」という。）として抽出した。

（ケースA：臨海部に位置する工業都市）

市街化区域内（工業専用地域に係る地区を除く）において、焼失危険区域は図-4 になる。焼失危険区域は、中心市街地の周囲、漁村等から発展した市街地、旧街道の沿線、スプロール市街地等に点在している。

焼失危険区域は、面的に連担せず、単独で形成されていることがわかる。また、その大きさは、都市防火区画の標準的な配置である1kmメッシュの中に収まるものである。

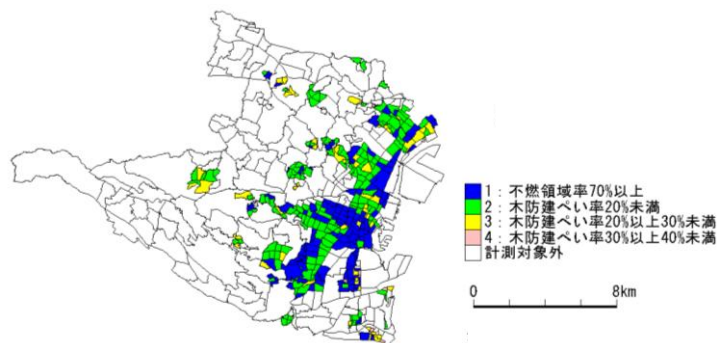


図-4 焼失危険度(ケースA)

（ケースB：内陸部に位置する県庁所在都市）

焼失危険区域は図-5 になる。焼失危険区域は、中心市街地の周囲、スプロール市街地等に点在している。

焼失危険区域は、面的に連担せず、単独で形成されていることがわかる。また、その大きさは、都市防火区画

の標準的な配置である 1km メッシュの中に収まるものである。

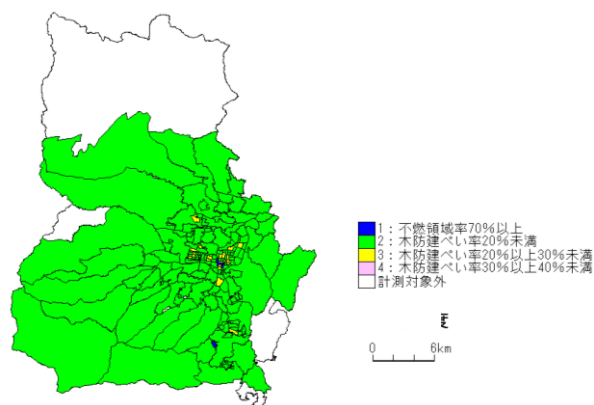


図-5 焼失危険度(ケースB)

②地方都市の特徴(大都市との違い)

ケーススタディから、人口 30 万人規模の地方都市においては、焼失危険区域が存在するが、面積規模が小さく連担もしていないことがわかる。

大都市の東京都区部では、密集市街地など焼失危険区域が広範囲に連担し、地震による多数の出火が見込まれ、各方面から火災が発生し、これらが延焼拡大することで市街地大火にいたる危険性があり、実際に過去に被災を経験していることから都市防災に対する認識が高い。

一方、地方都市では、市街地大火の危険性は低く、被害は限定的と考えられることから、都市防災に対する認識が高まらなると考えられる。

(2) 課題 2：事業の要件等

①都市防災総合推進事業(不燃化促進事業)の要件

都市防災総合推進事業(不燃化促進事業)における延焼遮断帯のスペックは、表-1 のように示されている。幹線道路等の幅員と合わせて 45m 以上の延焼遮断帯の幅が必要とされ、沿道区域においても相当の奥行きの不燃化が必要になる。前面道路の幅員が 15m の場合、不燃化の奥行きは 15m 以上(1 宅地分以上) 必要になる。また、建築物の高さは 7m(3 階建てに相当) 以上必要になる。木造、戸建て住宅の多い地方都市の実情に合わない要件といえる。

表-1 都市防災総合推進事業における延焼遮断帯の技術基準

不燃化のねらい	①各所から発生する火災の拡大を防止し、避難行動の安全性を確保、②隣接するブロックへの延焼拡大を防止し市街地大火に対する安全性を確保
安全性の検討	耐火建築物の高さが 7m の場合、延焼遮断帯の骨格となる幹線道路等の幅員とあわせて概ね 45m 以上の不燃帯が必要(輻射熱強度 $\leq 4,000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$: 耐火建築物の遮蔽効果及び距離減衰で確保)
不燃化の目標	不燃化促進区域の指定から概ね 10 箇年で、対象区域内の不燃化率(建築面積ベース)について概ね 70% を達成(した場合と同程度の安全性を達成)
検討の前提条件	①市街地は非木造率 30% 程度の平均的なものを想定、②輻射熱計算は関東大震災規模の火災(幅 200m、奥行き 140m、高さ 30m) を想定

※出典:「都市防災総合推進事業マニュアル」(国土交通省都市・地域整備局)

表-2 都市防災実務ハンドブックの延焼遮断帯必要幅(単位:m)

	平均的市街地	やや密集地	密集地
空地のみ	57	62	67
片側耐火	32	36	44
両側耐火	31	33	36

注) 風速 12m/秒を想定し、市街地係数は「密集地」0.5、「やや密集地」0.45、「平均的市街地」0.4 で設定、不燃化高さは 7m の場合で算定している。
※出典:「改訂 都市防災実務ハンドブック」(都市防災実務ハンドブック編集委員会)

②防火地域の指定状況

都市防災総合推進事業(不燃化促進事業)は、事業を担保するために、都市計画に防火地域を指定する必要がある。幹線街路沿道において防火地域指定を決定する場合、多くの都市では、「防火地域指定について」(建都発第 651 号 昭和 27 年 6 月 17 日 通達)に基づき、奥行き 11m としている。都市計画決定状況(防火地域指定)と事業の要求スペックの間にずれが生じている。

③財政制約等

都市防災総合推進事業(不燃化促進事業)は、地方公共団体を通じた間接補助(補助率 1/2)であることから、取組みを推進するためには、地方公共団体の財政的な裏づけが必要になる。事業の推進を目的として地方公共団体が組織する「都市防災推進協議会」が平成 17 年度において会員 48 団体に対して行ったアンケート調査では、事業実施上の課題の第 1 位として「財源の確保」が上げられている。

また、木造に比べて割高な耐火建築に更新する沿道の地権者等にとっても経済的な負担増につながる。アンケート調査では「高齢者居住家屋の建て替えは経済的・肉体的・精神的にも厳しいこと」が課題の第 2 位になっている。

(3) 課題 3：調査・計画の手順等

①調査・計画手順について

「都市防火総プロ」では、市街地状況調査から対象市街地選択、都市防災目標設定、区画の設計を行う演繹的な計画手法を採用していた。一方「都市防災実務ハンドブック」に示される「災害危険度判定」では、都市防火区画の形成を前提とし、都市防火区画整備率を算出し、整備率の低い箇所は危険度が高いため区画を整備する帰納法的な計画手法を採用している。

都市防火区画整備率は、都市防火区画としてみなした都市計画道路の沿道の建築物の耐火率、現況道路幅員を用いて計算され、沿道の建築物の疎密は加味されずに、耐火率で判定されることになる。都市防火区画整備率は、都市防火区画が整備されることを前提とした指標であり、調査・計画手順が理解しにくいことも課題といえる。

②調査手法について

災害危険度判定調査では、指標として不燃領域率を用いることとしている。不燃領域率の算定には統計等の情報が得がたい建築物の防火上の構造や一定規模の空地面積を必要とし、作業に多大な時間と労力を必要とする。

また、不燃領域率には密度概念がなく、低密度で空き地や農地等が点在する市街地の場合、これらを除外するなどの利用上の注意が必要になる。

4. 地方都市の取組み促進対策の検討

(1) 対策1：多様な対策の検討

① 地方都市の焼失危険区域の実態

地方都市における焼失危険区域は、小規模であり1町丁目の範囲や連担しても延長1km程度の範囲に収まる程度のものである。

延焼遮断帯は道路等により市街地を物理的に分節するものであり、道路は幹線道路を主な対象とする。危険な地区を分節する場合、地区を二分するように分節することが最も効果が高いが、幹線道路等は必ずしも地区の中心を通っていない（図-6 参照）。

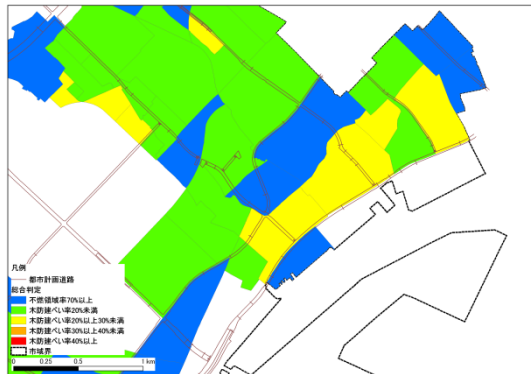


図-6 焼失危険区域と幹線道路の重ね合わせ

- ・面的な広がりには長手方向に1km程度の範囲にとどまる。
- ・延焼遮断帯の分節は、焼失危険区域を大きく2分することが有効であるが、幹線道路は地区の中に偏在している。

② 地方都市における多様な対策の考え方

地方都市の小規模な焼失危険区域での対策検討のため、次のような分節方法を検討した。

- ・幹線道路と沿道不燃化による分節（従来型）
- ・主要生活道路と沿道不燃化による分節

③ ケーススタディ

（幹線道路と沿道不燃化による分節（従来型））

分節の考え方は図-7のとおりであり、2つある幹線道路の1を整備する場合、地区は3分割できる。

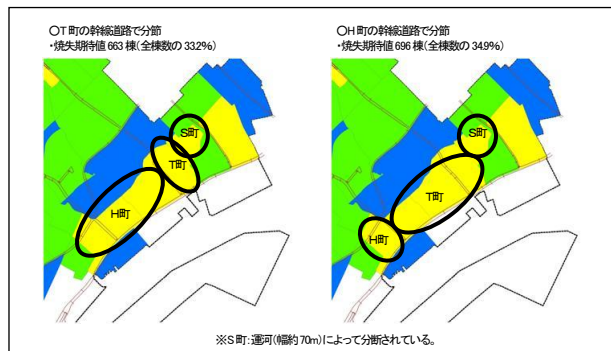


図-7 分節の考え方1（幹線道路による分節）

幹線道路により分節した場合の焼失期待値（阪神・淡

路大震災における出火率を想定し全焼確率と棟数との関係から算定）は、表-3のようになる。

表-3 延焼遮断帯による分割の効果

分割数	街区	木造（木防）棟数	出火確率 0.000219 のときの全焼確率	出火確率 0.000219 のときの焼失期待値	出火確率 0.00042 のときの全焼確率	出火確率 0.00042 のときの焼失期待値	備考
0	1	1,996	0.3541	707	0.5676	1,133	分割しない
3	1西	420	0.0879	37	0.1617	68	H町を2分割
	2東	1389	0.2623	364	0.4421	614	
	S町	187	0.0401	8	0.0756	14	
	合計	1,996	—	409	—	696	
3	1西	1,309	0.2493	326	0.4230	554	T町を2分割
	2東	500	0.1037	52	0.1895	95	
	S町	187	0.0401	8	0.0756	14	
	合計	1,996	—	386	—	663	

※出火確率 0.000219：阪神・淡路大震災における神戸市内の出火確率

※出火確率 0.00042：阪神・淡路大震災における長田区内の出火確率

（主要生活道路と沿道不燃化による分節）

地区の中心付近の生活道路を延焼遮断帯に位置づけた場合、地区は3分割できる。

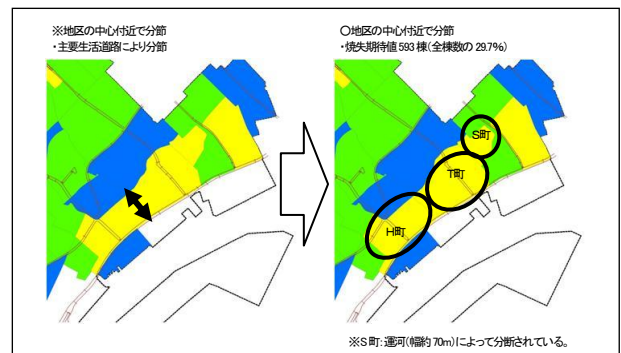


図-8 分節の考え方2（主要生活道路による分節）

焼失危険区域の中心付近で分節した場合の焼失期待値（阪神・淡路大震災における出火率を想定し全焼確率と棟数との関係から算定）は、表-4のようになる。幹線道路で分節する場合と比較して、焼失期待値を5%程度低減することが可能になる。

表-4 幹線道路（都市計画道路）によらずに分割した場合の効果

分割数	街区	木造（木防）棟数	出火確率 0.000219 のときの全焼確率	出火確率 0.000219 のときの焼失期待値	出火確率 0.00042 のときの全焼確率	出火確率 0.00042 のときの焼失期待値	備考
3	H町	784	0.1578	124	0.2806	220	H町、T町の境界を分割
	T町	1,025	0.2011	206	0.3499	359	
	S町	187	0.0401	8	0.0756	14	
	合計	1,996	—	338	—	593	

④ 対策1の効果

ケーススタディによれば、焼失危険区域を分節する場合、幹線道路によらず、地区の中心付近で主要生活道路により分節することの効果が高いことがわかる。また、本調査で作成したコンピュータ支援プログラムを用いて、延焼遮断帯の要求スペックを算定すると、必要幅は約23mになる。道路が幅員6m程度の主要生活道路の場合、沿道の不燃化幅は8.5m（沿道宅地一列程度）あれば足りることになる。

こうした柔軟な延焼遮断帯の計画により、地方都市の特徴に合った整備が可能になり、地方都市の取組みの促進につながると考えられる。

(2) 対策2：延焼遮断帯の検討プログラムの開発

①課題と対応の整理

延焼遮断帯の必要幅や建築物の高さ等の要件は、地方都市の市街地の実情に照らした場合、事業導入にあたっての課題があるといえる。それらの課題状況への対策の方向性を表-5のように整理する。

表-5 延焼遮断帯検討上の課題と対策

課題	対策の方向性
事業の要求スペックが高い	性能を確保できる場合にはスペックを引き下げ
技術基準やハンドブックに示されている数値が限定的で使いにくい	多様な数値によりスペックが定めたい
都市計画(防火地域)の奥行き指定との不整合	性能を満たせば既往の防火地域でも可とする

上記の課題は、不燃化幅や建築物高さといった事業の要件が、都市防火総プロの研究によっており、その計算には高い専門知識を必要とする一方、技術基準やハンドブック等に示されている数値が限定的で利用しにくいという点による。また、要求スペックが高いために都市計画(防火地域指定)と合致しないという点もある。

こうした課題を改善するため、都市防火総プロの理論に基づき、地方公共団体において、各種条件をもとに平易に必要スペックを検討し、計画・設計できるよう、本調査においてコンピュータ支援プログラムを作成した。

②コンピュータ支援プログラムの作成

都市防火総プロの研究当時(昭和53～57年度)とは異なりコンピュータの普及した現在では、延焼遮断帯の理論を汎用のコンピュータ及び汎用のソフトウェアで計算することが可能となっている。

そのため、地方公共団体等において、延焼遮断帯の計画・設計を容易に行えるよう、本調査において、汎用的な計算ソフトにおいてマクロプログラムにより稼動するプログラムを作成した。作成に当たっては、国土交通省国土技術政策総合研究所都市研究部都市計画研究室の支援を仰いだ。

③プログラムによるスペックの確認

プログラムでは、変数(パラメーター)として、風向、風速、不燃領域率、建ぺい率、耐火率、遮断壁の高さを入力することにより、各パラメータに応じた延焼遮断帯の必要幅が算定される。

	初期値	ピッチ	数	
風向	a	0	90	1°
風速	U	4	4	3 m/s
不燃領域率	F	0	0.1	1
延焼距離	l	1800	-500	1 m
建ぺい率	m	0.3	0.05	12
耐火率	c	0	0.1	1
遮断壁1の高さ	h1	7	m	
遮断壁2の高さ	h2	0	m	
遮断壁3の高さ	h3	7	m	
遮断壁1の透過率	T 1	0.331		
遮断壁2の透過率	T 2	0		
遮断壁3の透過率	T 3	0.331		
受熱点の高さ(6m固定)		6	m	

図-9 プログラム入力例

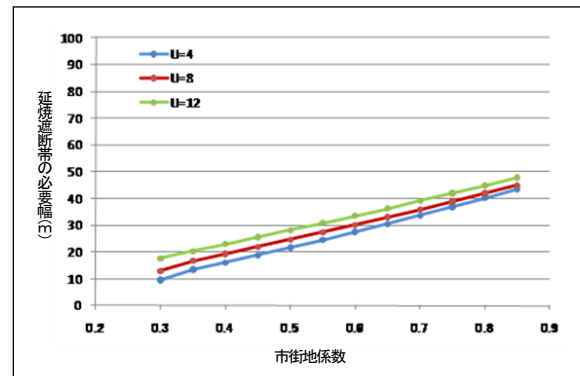


図-10 プログラム計算例

例えば、市街地係数0.4、風速12mのとき、延焼遮断帯の必要幅は約23mと算定される。これまで、安全側を考慮して「概ね45m以上」等として示されてきた数値が、条件によっては緩和できることがわかる。一方で、市街地係数が高い、設計風速が大きいなどの場合には、従来の45m以上のスペックが求められることもわかる。

④対策2の効果

コンピュータ支援プログラムを用いることによって、市街地の特性に応じた延焼遮断帯の必要幅、建築物の高さを簡易に計算することが可能になる。

これにより、地方都市の市街地状況に応じて、必要なスペックを算定し、場合によっては、現在の事業要件よりもスペックを引き下げ、都市計画(防火地域指定)と整合して延焼遮断帯を計画・設計することが可能になり、地方都市の取組みの促進につながると考えられる。

(3) 対策3：多様な対策に対応した調査手順の提案

①多様な指標の活用提案

不燃領域率の他に、様々な指標により、都市防火区画の検討を行えることが望ましい。例えば、木防建ぺい率の場合、20%未満であれば焼失率0%になることが知られている。また、近年では、より地区レベルの防災性能の評価に向けた「延焼抵抗率」といった指標も提案されている。こうした多様な指標を活用して、市街地の焼失危険性を計測できることを示した。

②都市レベル、地区レベルの対策の連携

阪神・淡路大震災の火災は道路等で焼け止まり、都市防災対策の効果が検証されたが、一方でアンコの市街地が焼失し、その対策の重要性も課題となった。延焼遮断とアンコの対策の両面での対策の必要性が認識され、以降の防災まちづくりの対策の両輪となっている。延焼遮断帯がなくても大火に至らないようにするアンコの対策(=地区レベルの対策)も含めて、多様な対策を取り得ることを提案した。

③多様な対策に対応した計画手順

安全性が判断できるのであれば、地方公共団体に存在する統計データ等の状況により、様々な指標を活用できるようにすることが望ましい。様々な指標により、市街地火災の危険性があると判断されれば、都市防災対策を

講ずる必要がある。例えば、次のように対策の幅が広がると考えられる。

- ・危険性の高い市街地が1km以上等で連担し広がりがある場合は、幹線道路等で延焼遮断を計画
 - ・広がりが無い場合は、主要生活道路の整備、その沿道の不燃化等、地区レベルの延焼抑止等の対策を計画
- これらの調査に係る提案について、新たな計画手順(案)を検討し、その流れをフローチャートに示した。

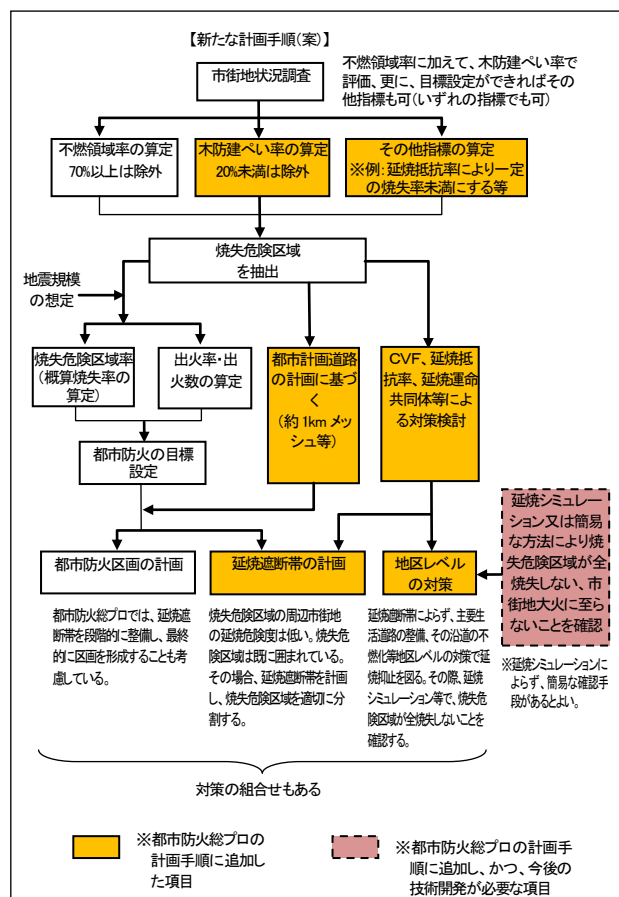


図-11 新たな計画手順(案)の提案

④対策3の効果

指標を見直すことによってデータの収集等の調査に係る負担を軽減することが可能になる。さらに、計画手順を見直し、多様な計画・整備の筋道を示すことで、地方都市の対策の選択が可能になり、地方都市の取組みの促進につながると考えられる。

5. まとめ

(1)本調査における検討と提案

①多様な対策の検討と提案

都市防災総合推進事業(不燃化促進事業)は、市街地に延焼遮断帯を形成していく事業である。地方都市の市街地は、一部に密集市街地等の焼失危険区域を有するものの、その範囲は小規模であり、当該地域の対策を講ずることが効率的となっている。このため、本調査では、幹線道路に限らず、主要生活道路等も含めて市街地を分

節する対策と効果を検討した。こうした地区レベルの対策も推進していくことにより、地方都市の特徴にも合った幅のある整備が可能になる。

②防災性能の的確な評価

都市防火総プロの研究は専門性が高く、専門家のいない場合等では理解が難しく取組みにつながらない。延焼遮断帯のスペックは、市街地の特性に応じて、性能を評価して決定できることが望ましい。このため、本調査ではコンピュータ支援プログラムを作成し、平易に、性能評価に基づく必要スペックの計算を可能にした。これにより、性能が満たされる場合には、従来の要求スペックより緩和されたものとすることが可能になり、地方都市における課題(技術的課題、財政制約等)に対応することが可能になる。

③多様な対策に対応した調査手順の提案

従来の都市防災総合推進事業(不燃化促進事業)実施のための調査は、計画手順が難しく、地方都市の実情を反映したものではなかった。また、計画する対策についても幹線道路を中心としたものに限定的であった。このため、本調査では、都市防災総合推進事業(不燃化促進事業)実施のための計画手順の見直しを検討し、多様な指標を用い、幹線道路に限定せず、地方都市の特徴にあった多様な対策への見直しを提案した。

(2) おわりに

本論文は、平成22年度国土交通省委託調査「都市の脆弱性の把握とその対応方策のあり方に関する検討調査」の結果をとりまとめたものである。本調査の実施にあたっては「都市防火区画の基準等に関する検討会」(委員長:糸井川栄一(筑波大学大学院教授))の指導を受けた。

本調査は、まちづくり行政の観点からは、延焼遮断帯による市街地の安全性向上を地方都市において推進していくことを狙いとしているが、そのためには、都市レベルの対策と地区レベルの対策の連携が重要であることが確認できた。技術研究の観点からは、都市レベルの延焼遮断帯の計画論と地区レベルの延焼抑止の計画論をつなぐところであり、継続的に研究の余地が残されている。延焼シミュレーション等、高度なツールによる技術研究の一層の発展が必要であるとともに、高度なツールをまちづくり行政の場面において使い勝手の良いものにしていく必要がある。

(財)国土技術研究センター都市・住宅・地域政策グループは、延焼シミュレーション等の開発・普及をはじめ、今後も都市防災対策に係る研究に取り組んでいく。

参考文献

- 1) (財) 国土技術研究センター: 都市防火対策手法成果集成版, 1982
- 2) 都市防災実務ハンドブック編集委員会: 改訂都市防災実務ハンドブック, 2005