

研究報告

防災街区整備地区計画作成技術指針について



朝日向 猛

研究第一部
主任研究員

研究の背景と目的

本研究は、防災上危険な密集市街地の改善のために都市計画決定される防災街区整備地区計画の計画作成技術指針の作成を目的として実施したものである。

防災上危険な密集市街地は全国に約 25,000ha あるとされ、その内、特に危険な「重点密集市街地」は全国に 400 地区、約 8,000ha が把握されている。国は平成 23 年までに重点密集市街地を解消するとしており（都市再生プロジェクト第 3 次・第 12 次決定）、「密集市街地における防災街区の整備の促進に関する法律」（平成 9 年法律第 49 号）（以下、「密集法」という。）の改正をはじめとして様々な対策を講じている。

防災街区整備地区計画は、都市計画法（昭和 43 年法律第 100 号）上の地区計画等の一であり（都計法第 12 条の 4 第 2 項）、密集法第 32 条に規定される密集市街地の整備のための特別の地区計画である。

重点密集市街地の整備にあたっては、最低限の安全性能を確保する水準の計画が、防災街区整備地区計画として都市計画に定められていることが望ましい。その計画に沿って、各種事業や地権者等の建築行為がなされることによって、最低限の安全性が確保されることになる。

一方、最低限の安全性については、様々な考え方があり、どのような水準で計画を作成すればよいかは必ずしも明確ではなかった。そのため、最低限の安全性水準を再定義した上で、その水準を満たす計画を作成できる技術指針が必要になっていた。

本研究では、最低限の安全性の再定義、最低限の安全性を確保する計画水準を検討の上、それらの結果を技術指針として取りまとめている。

本論では、技術的な検討内容について紹介するものとす

る。取りまとめた「防災街区整備地区計画作成技術指針」は、平成 19 年 6 月に国土交通省から通知（国都計第 30 号）として発出されるとともに、国土交通省 HP（http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/nyouyou_shishin/index.htm）に掲載されているので、必要に応じて参照頂きたい。

なお、本研究は国土交通省都市・地域整備局からの受託研究として実施したものであり、「防災街区整備地区計画策定マニュアル検討委員会」（委員長：加藤孝明（東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻助手））を JICE 内に設置した。

最低限の安全性の再定義

1 重点密集市街地の定義

重点密集市街地において、「最低限の安全性」とは、地震時等において同時多発火災が発生したとしても、際限なく延焼することがなく、大規模な火災による物的被害を大幅に低減させ、避難困難者がほとんど生じないことをいい、市街地の燃えにくさを表わす指標である不燃領域率が 40% 以上を確保すること等をいう（「地震時等において大規模な火災の可能性がある重点的に改善すべき密集市街地」について 平成 15 年 7 月 11 日 国土交通省）とされている。

不燃領域率は、幅員 6m 以上の道路、学校グラウンド、公園、耐火建築物等の不燃領域の市街地面積に対する割合であり、市街地の安全性を評価する代表的指標である。

（参考）不燃領域率の計算式

$$F = k + \left(1 - \frac{k}{100}\right) \times r \quad k = \left\{ \left(\frac{Ms + Ls}{T} \right) \right\} \times 100(\%) \quad r = (Rs / As) \times 100(\%)$$

F : 不燃領域率
 k : 空地率
 r : 不燃化率
 Ms : 短辺または直径が 40m 以上で、かつ面積が 1,500 m² 以上の水面・公園、運動場・学校・一団の施設等の面積
 Ls : 幅員 6m 以上の道路面積
 T : 各町丁目面積、又は 250m メッシュ面積
 Rs : 耐火建物建築面積
 As : 全建物建築面積

2 不燃領域率 40%の意味

「不燃領域率 40%相当の安全性」の意味するところは、人的安全性の確保、すなわち、避難困難者率がほとんど 0 になることである。不燃領域率 40%が最低限の安全性として定義されたのは、次の経緯による。

東京都が策定した「防災都市づくり推進計画」及び「木造住宅密集地域整備プログラム」（ともに平成 9 年 3 月）において、市街地の焼失率と広域避難地への避難困難者率との関係が分析され、焼失率を 20 ～ 25%に抑えることで、避難困難者率を「ほとんど 0 にする」ことができることが解明され、これを達成しうる不燃領域率の値が 40%であるとされた。

3 原点への回帰

不燃領域率を向上させる方法には、道路等の整備、公園等の整備、建築物の不燃化という複数の手段がある。換言すれば、道路・公園等の公共施設整備でなくても、建築物の不燃化建替でも向上する。

現に開発圧力の高い地域では、幹線道路沿道のマンション建設によって不燃領域率が向上している。しかし、そうした場合の多くは、地区内の道路等は狭隘なままであり、災害時の避難はおろか、平常時の消防等緊急車両の通行困難、福祉・宅配等の車両の通行困難等の問題が置き去りにされてしまう。

そのため本研究では、不燃領域率 40%は様々な達成方法があるが、望ましい達成方法とは道路整備を伴い避難困難者をほとんど 0 にすることと考えた。

防災街区整備地区計画の役割

1 防災街区整備地区計画の役割

本研究では、避難困難者率をほとんど 0 にするための防災街区整備地区計画の役割を検討した。

防災性向上を図るまちづくりにおいて、避難安全性を実現するためには、避難地（都市計画公園）・避難路（都市

計画道路）は公の責任で整備されるべきものであり、建築物の倒壊防止は当該建築物の所有者等の責任で対処されるべきものであると考えた。

そして、その中間の部分である「建築敷地の前面道路から避難路へ脱出可能」にすることが防災街区整備地区計画の役割であると考えた（図 - 1 参照）。

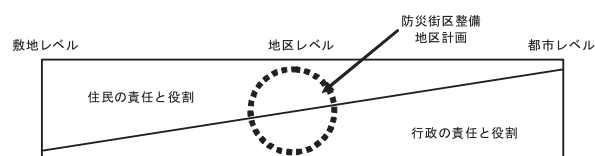


図-1 まちづくりにおける役割分担

2 特定地区防災施設の活用

防災街区整備地区計画では、火事又は地震が発生した場合において延焼防止上及び避難上確保されるべき機能として「特定防災機能」があり、これは防災公共施設である「地区防災施設」又は「特定地区防災施設」によって達成されるものであるとされる。

地区防災施設及び特定地区防災施設は、道路や公園等の公共施設であり、このうち、特定地区防災施設は周辺の建築物に対して構造、間口率、高さの最低限度の制限を行うことによって、高い防災機能を確保するものである。そのため本研究では、特定地区防災施設（道路）を用いて避難困難者がほとんど 0 を達成することが妥当であると判断した（以下、特定地区防災施設の道路について論じる。）。

なお、特定地区防災施設のみで避難困難者がほとんど 0 になるのではない。広域避難地及び避難路（都市計画道路等）の整備、家屋の耐震化も重要である。

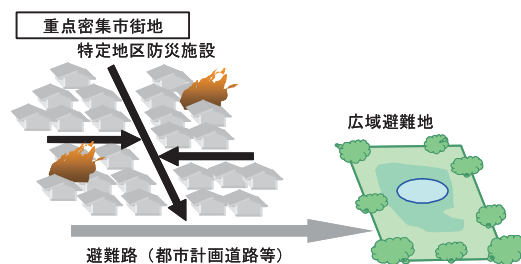


図-2 災害時避難のイメージ

3 特定地区防災施設による避難の考え方

特定地区防災施設は、前面道路と避難路（都市計画道路等）との中間に位置する道路である。地区内の避難は、背後地の各建築物が接続する前面道路→特定地区防災施設→避難路（都市計画道路等）という段階を経る。

避難困難者がほとんど 0 = 避難路への到達確率がほぼ 100% として、①背後地から特定地区防災施設への到達確率を導く、とともに、②特定地区防災施設から避難路（都市計画道路等）への到達確率を導き、①②双方を合算して各家屋から避難路（都市計画道路等）への到達確率を導くことによって、特定地区防災施設の整備効果を評価することができる。

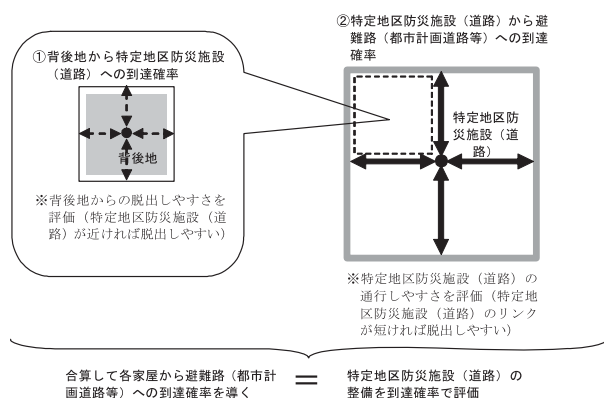


図-3 特定地区防災施設による地区外への避難

4 到達確率計算の考え方

到達確率を導くためには、震災時の道路閉塞要因を考慮して、道路閉塞による避難困難が発生しないように、一定の水準をもった道路が、一定のネットワークを組む必要がある。

4-1 道路閉塞要因

前面道路や特定地区防災施設が避難上、閉塞するのは、道路沿道建築物の倒壊、火災延焼による熱の影響による。

阪神・淡路大震災において、道路閉塞の要因は、「家屋の崩壊」並びに「焼け倒れ」が大半を占める¹⁾。電柱や鉄道などの要因もあるが、それらは少数であるとともに、防災街区整備地区計画によって対策を講じるものではなく、別の方策によって対策されるものであることから、本研究では除外することが適当と判断した。

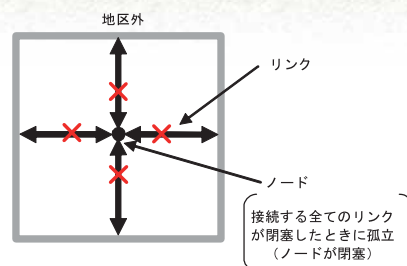


図-4 閉塞確率について

なお、平成 19 年新潟県中越沖地震でも柏崎市内において、建築物の倒壊による道路閉塞が確認されている。

4-2 リンクの閉塞確率とノードの閉塞確率

道路閉塞により避難困難が生じるのは、ノード（道路の端点、交差点、屈曲点）が完全に孤立した場合である。ノードが孤立するのは、そのノードに接続するリンク全てが閉塞したときである。

ノードに接続するリンク（ノードとノードを結ぶ線）が n 本（すべて同じ閉塞確率）あり地区外に接続している場合には、リンクの閉塞確率を q としたとき、そのノードの閉塞確率（ q_n ）は $q_n = q^n$ となる。また、ノードから地区外への到達確率（ P ）は $P = 1 - q^n$ となる。リンクが 4 本である場合、ノードから避難路（都市計画道路等）への到達確率（ P ）は $P = 1 - q^4$ となる。

ただし、 $P = 1 - q^n$ となるのは、特定地区防災施設のノードから、他のノードを経由しないで避難路（都市計画道路等）にたどり着ける場合であって、道路ネットワーク形状によって、計算式は変わってくる。

5 技術指針に示すべき内容

本研究では、特定地区防災施設を活用して、避難路（都市計画道路等）へ避難できること、すなわち避難困難者がほとんど 0 となる特定地区防災施設のネットワーク配置（配置ピッチ、配置密度）を検討し、これを地区の状況に応じて選択できる数値として技術指針に示すことが妥当と考えた。

また、到達確率 P は、閉塞確率 3% までを許容値とし、97% を達成することとした。許容値は人口動態統計（厚生労働省）の「不慮の事故」による死亡数割合を参考にしているが、本来的には、各地区の安全性の考え方によって定めるべきものといえる。

到達確率の計測方法

1 前面道路の道路閉塞確率

1-1 建築物の倒壊による道路閉塞確率

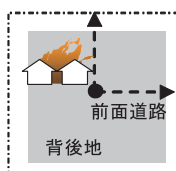
- 背後地の中心の位置から、特定地区防災施設へ至るまでの建築物の倒壊による道路閉塞確率を算定

$$q_{ad} = 1 - (1 - 0.05)^{(na-2) \times \text{木造棟数率}} \times (1 - 0.0125)^2$$

※ 0.05：震度 7 相当（地表面速度 100 cm/s）のときの木造の被害率（全壊）²⁾ 0.057 ~ 0.359 を参考に、道路側への倒壊を加味した数値
 ※ na：前面道路沿道の建築物数

1-2 火災延焼による道路閉塞確率

- 背後地の中心の位置から、特定地区防災施設へ至るまでの火災延焼による道路閉塞を算定。

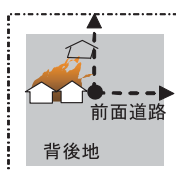


$$q_{af} = ((l^2 / 10,000) \times \rho)^{0.5} - 2)^2 \times 0.000219 \times \text{木造棟数比率} \times (l / 2 + 42.2) \times (42.2 \times 2) / l^2$$

※ l：特定地区防災施設のリンク長
 ※ l/2 > 42.2m のとき。ρ：棟数密度（棟 / ha）
 ※ 0.000219：阪神・淡路大震災（神戸市）の出火確率
 ※ 42.2：木造市街地における出火後 30 分経過風下側延焼距離（m）³⁾

1-3 前面道路：倒壊及び火災延焼による道路閉塞確率

- 特定地区防災施設へ至るまでの建築物の倒壊による道路閉塞及び火災延焼による道路閉塞を合算し、背後地の中心から特定地区防災施設へ至るまでの道路閉塞確率を算定。



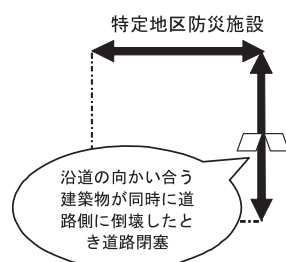
$$q_a = 1 - (1 - q_{ad}) \times (1 - q_{af})$$

$$q_{am} = q_a^m \quad \text{※ } m = \text{リンク数}$$

2 特定地区防災施設

2-1 建築物の倒壊による道路閉塞確率

- 特定地区防災施設の沿道建築物の倒壊による道路閉塞確率を算定

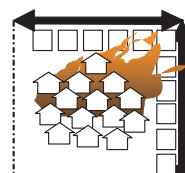


$$q_{bd} = 1 - (1 - 0.0125^2)^{nb}$$

※ 0.0125：震度 7 相当（地表面速度 100 cm/s）のときの S 造の被害率（全壊）²⁾ 0.042 ~ 0.180 を参考に、道路側への倒壊を加味した数値
 ※ nb：特定地区防災施設沿道の建築物数（片側）

2-2 火災延焼による道路閉塞確率

- 背後地の火災延焼による火災からの輻射熱及び熱気流による特定地区防災施設を通行する避難者の避難困難（道路閉塞）確率を算定。



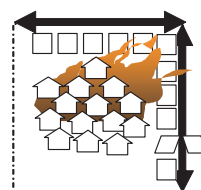
※閉塞確率は背後地の建築物群の火災によって起こるため、背後地の面積、棟数密度、木造棟数比率（不燃化率）によって変化する。

$$q_{bfr}$$

※ q_{bfr} は防災まちづくり総プロの成果を活用して、本研究において専用のプログラムを開発して計測

2-3 倒壊及び火災延焼による道路閉塞確率

- 沿道建築物の倒壊による道路閉塞及び火災延焼による道路閉塞を合算し、特定地区防災施設の道路閉塞確率を算定。

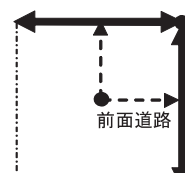


$$q_b = 1 - (1 - q_{bd}) \times (1 - q_{bfr})$$

$$q_{bn} = q_b^n \quad \text{※ } n = \text{リンク数}$$

3 前面道路から特定地区防災施設：倒壊及び火災延焼による道路閉塞確率

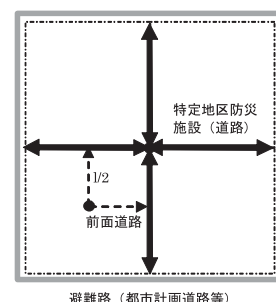
- 前面道路の閉塞確率及び特定地区防災施設の閉塞確率を合算し、前面道路から、特定地区防災施設の道路閉塞確率を算定。



$$q_{ab} = 1 - (1 - q_{am}) \times (1 - q_{bn})$$

4 避難路（都市計画道路等）への到達確率

- 地区内から地区外（避難路（都市計画道路等））への到達確率を算定。
- 到達確率の目標を達成可能な特定地区防災施設の最大リンク長を導く。



$$P = 1 - q_{ab}$$

配置ピッチ・配置密度の計測

棟数密度や不燃化状況によって様々な市街地状況に応じて、避難路（都市計画道路等）への到達確率が目標値（97%）以上となる特定地区防災施設のリンク長を求めることとした。

これによって、市町村が防災街区整備地区計画を策定する際に、市街地状況に応じて、どの程度の配置ピッチ、配置密度で特定地区防災施設を配置すれば、最低限の安全性を確保できるかが判明することになる。

1 市街地状況に応じた配置ピッチの計測

先に示した到達確率の計測方法により、市街地の棟数密度、木造率等に応じて、避難路（都市計画道路等）への到達確率を計測した。その結果は表1のとおりである（木造率80%のとき、かつ、間口率0.7の場合）。

網掛けの部分は到達確率0.97以上になり、最低限の

表-1 避難路（都市計画道路等）への到達確率

特定地区 防災施設 リンク長 (m)	棟数密度(棟/ha)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
50	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9999	0.9998	0.9997	0.9996	
60	1.0000	1.0000	0.9999	0.9998	0.9997	0.9996	0.9995	0.9993	0.9991	
70	1.0000	0.9999	0.9998	0.9996	0.9994	0.9992	0.9988	0.9985	0.9980	
80	0.9999	0.9998	0.9996	0.9993	0.9989	0.9984	0.9978	0.9972	0.9965	
90	0.9999	0.9997	0.9993	0.9988	0.9981	0.9973	0.9964	0.9954	0.9942	
100	0.9998	0.9994	0.9988	0.9980	0.9970	0.9958	0.9944	0.9929	0.9911	
110	0.9997	0.9991	0.9982	0.9970	0.9955	0.9938	0.9918	0.9896	0.9872	
120	0.9995	0.9986	0.9973	0.9956	0.9936	0.9913	0.9886	0.9856	0.9824	
130	0.9992	0.9980	0.9962	0.9940	0.9913	0.9882	0.9847	0.9808	0.9767	
140	0.9989	0.9972	0.9949	0.9919	0.9885	0.9845	0.9800	0.9752	0.9699	
150	0.9985	0.9963	0.9933	0.9895	0.9851	0.9801	0.9746	0.9686	0.9621	
160	0.9980	0.9951	0.9913	0.9867	0.9813	0.9752	0.9685	0.9613	0.9536	
170	0.9974	0.9938	0.9891	0.9834	0.9769	0.9696	0.9617	0.9533	0.9443	
180	0.9966	0.9923	0.9865	0.9797	0.9719	0.9634	0.9542	0.9443	0.9340	
190	0.9958	0.9905	0.9836	0.9755	0.9664	0.9565	0.9459	0.9346	0.9228	
200	0.9948	0.9885	0.9804	0.9709	0.9604	0.9490	0.9368	0.9241	0.9109	
210	0.9937	0.9862	0.9767	0.9658	0.9538	0.9408	0.9271	0.9128	0.8981	
220	0.9924	0.9836	0.9727	0.9603	0.9466	0.9320	0.9167	0.9009	0.8846	
230	0.9910	0.9808	0.9684	0.9542	0.9389	0.9226	0.9057	0.8882	0.8704	
240	0.9894	0.9778	0.9636	0.9477	0.9306	0.9127	0.8940	0.8750	0.8556	
250	0.9877	0.9744	0.9585	0.9408	0.9219	0.9021	0.8818	0.8612	0.8403	
260	0.9858	0.9708	0.9530	0.9334	0.9127	0.8911	0.8691	0.8468	0.8244	
270	0.9837	0.9669	0.9472	0.9256	0.9030	0.8796	0.8559	0.8320	0.8081	
280	0.9814	0.9627	0.9410	0.9174	0.8928	0.8677	0.8422	0.8168	0.7914	
290	0.9790	0.9582	0.9344	0.9088	0.8823	0.8553	0.8282	0.8012	0.7745	
300	0.9763	0.9535	0.9275	0.8998	0.8713	0.8425	0.8138	0.7853	0.7572	
310	0.9735	0.9485	0.9203	0.8905	0.8600	0.8294	0.7990	0.7691	0.7398	
320	0.9705	0.9432	0.9127	0.8808	0.8484	0.8160	0.7840	0.7527	0.7221	
330	0.9674	0.9377	0.9049	0.8708	0.8364	0.8023	0.7688	0.7361	0.7044	
340	0.9640	0.9319	0.8967	0.8605	0.8242	0.7883	0.7534	0.7194	0.6866	
350	0.9605	0.9258	0.8883	0.8499	0.8117	0.7742	0.7378	0.7026	0.6688	
360	0.9567	0.9195	0.8796	0.8390	0.7989	0.7599	0.7221	0.6858	0.6510	
370	0.9528	0.9130	0.8707	0.8280	0.7860	0.7454	0.7063	0.6690	0.6333	
380	0.9487	0.9062	0.8615	0.8167	0.7729	0.7308	0.6905	0.6521	0.6157	
390	0.9445	0.8992	0.8520	0.8052	0.7597	0.7161	0.6747	0.6354	0.5982	
400	0.9400	0.8920	0.8424	0.7935	0.7463	0.7014	0.6598	0.6187	0.5809	
410	0.9354	0.8846	0.8326	0.7816	0.7328	0.6866	0.6430	0.6022	0.5638	
420	0.9306	0.8770	0.8226	0.7687	0.7193	0.6718	0.6273	0.5857	0.5469	
430	0.9257	0.8693	0.8124	0.7576	0.7057	0.6570	0.6117	0.5695	0.5302	
440	0.9206	0.8613	0.8021	0.7454	0.6920	0.6423	0.5962	0.5534	0.5138	
450	0.9153	0.8532	0.7916	0.7331	0.6784	0.6277	0.5808	0.5376	0.4977	
460	0.9098	0.8449	0.7811	0.7208	0.6647	0.6131	0.5656	0.5219	0.4818	
470	0.9043	0.8364	0.7704	0.7084	0.6511	0.5986	0.5505	0.5065	0.4663	
480	0.8985	0.8279	0.7596	0.6960	0.6375	0.5842	0.5356	0.4914	0.4510	
490	0.8927	0.8192	0.7487	0.6835	0.6240	0.5699	0.5209	0.4765	0.4361	
500	0.8867	0.8103	0.7378	0.6711	0.6105	0.5558	0.5065	0.4619	0.4215	

※木造率80%のとき、かつ、間口率0.7の場合

安全性があると判断できる。例えば、市街地の棟数密度が60棟/haの場合、特定地区防災施設の最大リンク長は180mである。

こうした計測を、市街地の状況（木造率）、計画（間口率）に応じて繰り返し実施して、様々な状況毎に避難困難者をほとんど0とする配置ピッチを計測した。

本論では「正方格子モデル」を代表として配置ピッチ、様々な配置パターンに対応する配置密度を紹介する。

2 正方格子の配置ピッチ

特定地区防災施設を格子状に配置する場合、地区の特性（地区の棟数密度、不燃領域率）に応じて、表2から特定地区防災施設の配置ピッチを選択することで、避難困難者ほとんど0＝最低限の安全性を確保することが可能になる。

表-2 正方格子の配置ピッチ（単位：m）

不燃領域率（％）	棟数密度（棟／ha）								
	20 以下	20 超 30 以下	30 超 40 以下	40 超 50 以下	50 超 60 以下	60 超 70 以下	70 超 80 以下	80 超 90 以下	90 超 100 以下
10 以下	320	260	220	200	180	160	150	140	130
20 超 30 以下	360	290	250	220	200	190	170	160	150
30 超 40 以下	410	330	290	260	230	210	200	190	180

※不燃領域率40%超の地区にあつては、不燃領域率30超40以下を用いる。

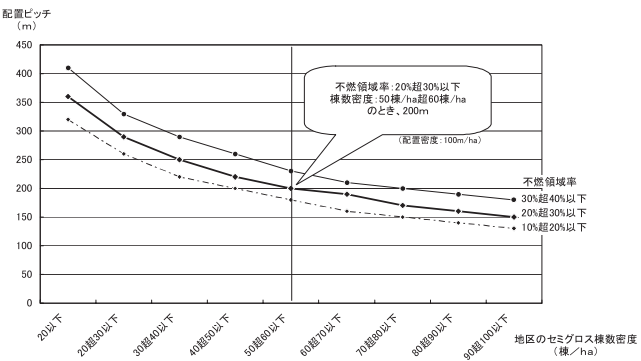


図-5 正方格子の配置ピッチ（グラフ）

3 様々な配置パターンに対応する配置密度

特定地区防災施設を格子状以外に配置する場合、地区の特性（地区の棟数密度、不燃領域率）に応じて、表3から特定地区防災施設の配置密度を選択することで、避難困難者ほとんど0＝最低限の安全性を確保することが可能になる。

表-3 様々な配置パターンに対応する配置密度 (単位: m/ha)

不燃領域率 (%)	棟数密度 (棟/ha)								
	20 以下	20 超 30 以下	30 超 40 以下	40 超 50 以下	50 超 60 以下	60 超 70 以下	70 超 80 以下	80 超 90 以下	90 超 100 以下
10 超 20 以下	63	77	91	100	111	125	133	143	154
20 超 30 以下	56	69	80	91	100	105	118	125	133
30 超 40 以下	49	61	69	77	87	95	100	105	111

※不燃領域率40%超の地区にあつては、不燃領域率30超40以下を用いる。

※配置ピッチと配置密度の関係は次式による。

(式) 配置密度 (m/ha) = (配置ピッチ (m) × 2) / (配置ピッチ² (m²) / 10,000)
= 20,000 / 配置ピッチ (m)

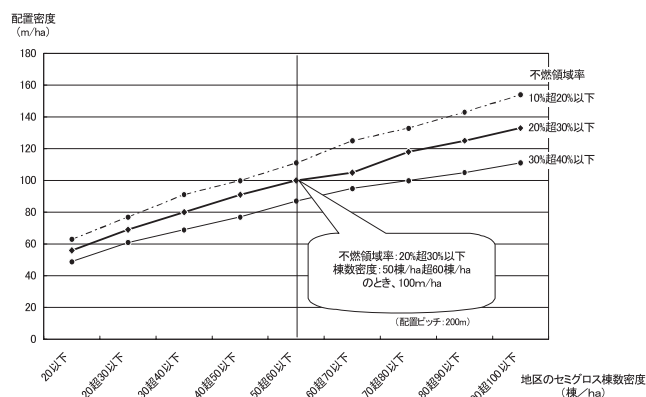


図-6 様々な配置パターンに対応する配置密度 (グラフ)

おわりに

本研究で実施した特定地区防災施設の配置ピッチ・配置密度の計算方法は、「到達確率の計測方法」に紹介したとおり簡明な確率計算式の積み重ねである。

研究の当初では、より高度なパーコレーションモデルの活用も検討したが、地区の形状が正方形、配置パターンが正方格子に限られ、多様な状況への対応が困難であること等から活用を見送ることとした。

また、最新のコンピュータ支援によるシミュレーションを活用すれば、市街地の一棟毎の建築年次、構造に応じた避難確率を計測することも可能である。しかし、詳細なGISデータの整備を必要とすること等、市町村の負担が大きいことから、これも見送ることとした。

本研究は技術的に簡明であるとともに、配置ピッチ、配置密度を導き、これを標準として示すことにより、地区の状況に応じて必要な数値（道路の配置）を選択して最低限の安全性を確保することを可能にした。本研究を取りまとめた技術指針により、防災街区整備地区計画の取り組みが進むことを期待する。

○担い手支援事業による支援

国土交通省は平成19年度から「まちづくり計画策定担い手支援事業」を創設し、まちづくりNPO等が密集市街地等において地区計画等の都市計画の素案を作成するために必要な経費を補助している。防災街区整備地区計画の策定において本制度が活用され、地域住民等が主体となったまちづくりが推進している。

参考文献

- 1) 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究 塚口博司、戸谷哲男、中辻清恵 土木計画学会研究委員会 阪神・淡路大震災調査研究論文集 P377～388
- 2) 震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した兵庫県南部地震の建物被害関数 村尾修、山崎文雄 日本建築学会構造系論文集, 日本建築学会, No. 555, 185-192, 2002.5
- 3) 新版建築防火 堀内三郎監修 保野健治郎・室崎益輝