

## 第4章 空地・緑被地及び都市河川の防災活用手法

### 4.1 空地・緑被地の防災活用手法

#### 4.1.1 研究の概要

平成7年の阪神・淡路大震災では、市街地火災の延焼抑止や避難・救援活動等の場として空地・緑被地等の有効性が改めて認識された。このことから、従来の都市レベルでの骨格的な防災対策である延焼遮断帯、避難地・避難路の整備等に加え、地区レベルにおいては、街路、都市河川、耐火性建築物等とあいまって、空地・緑被地等を積極的に活用することにより、平常時における快適で健康的な環境を確保しつつ災害時の防災性の向上を図ることが期待されている。

本課題では、空地・緑被地等（オープンスペース）がもつ防災的な機能、ならびに樹木等の防火効果等について、事例調査・分析、各種実験等を通じて詳細に把握することにより、地区の防災対策としての空地・緑被地等（オープンスペース）の防災的活用のための計画・設計技術、ならびに防災を考慮した緑化技術の開発を進め、その成果を「オープンスペースと緑の防災活用の手引き(案)」(仮称)としてとりまとめることとしたものである(図4.1.1参照)。

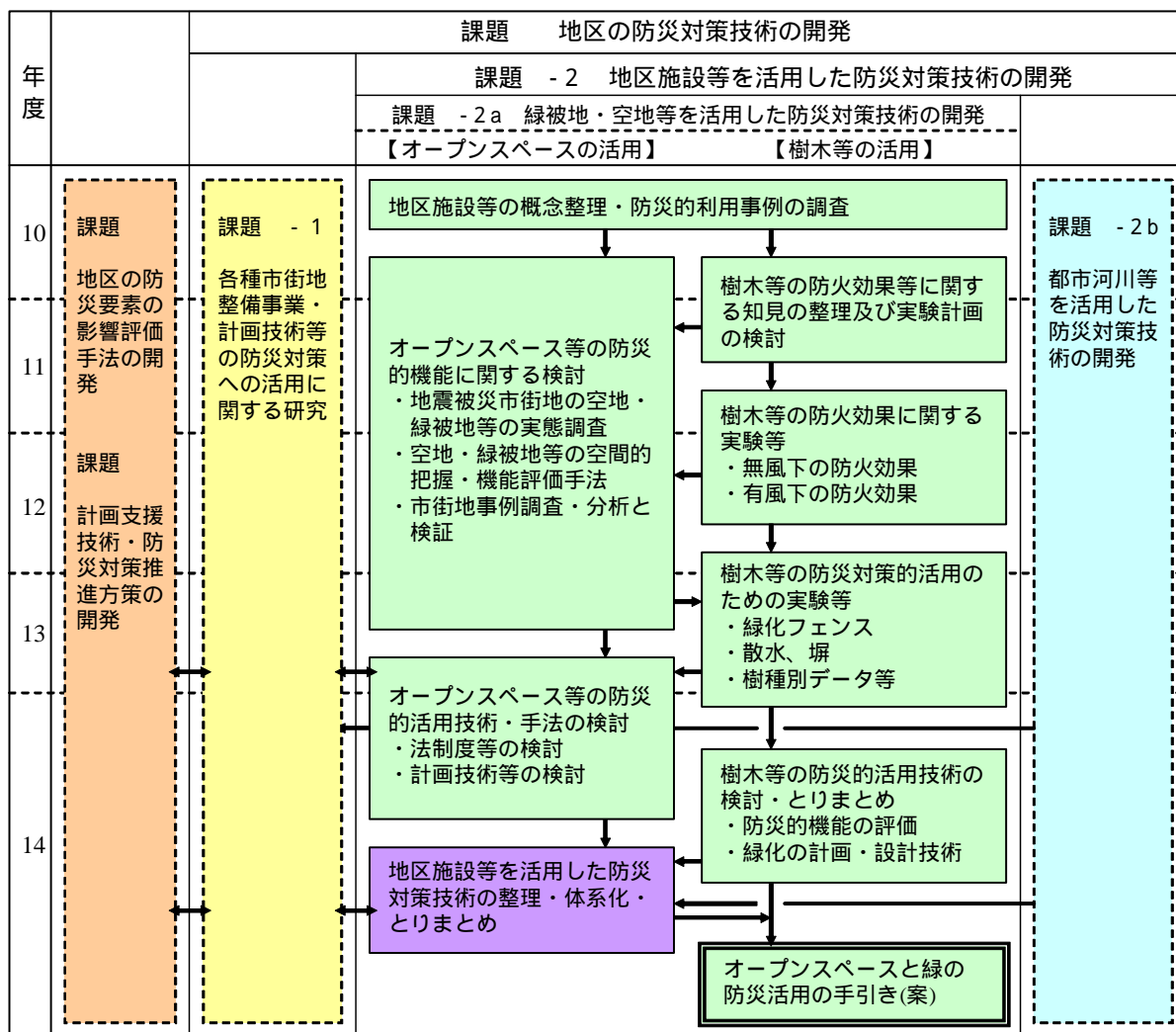


図4.1.1 検討内容フローと他の課題との関係

#### 4.1.2 オープンスペースの防災的活用技術の検討

##### (1) オープンスペースの概念

オープンスペースは、これまで土地利用の観点から、「市街地の中の非建ぺい地のうち交通用地を除いたもの」とされているが、建築物や交通施設が占める空間の一部も含めた「広義のオープンスペース」を対象とし、これらを防災的活用の検討対象とする（図 4.1.2 参照）。

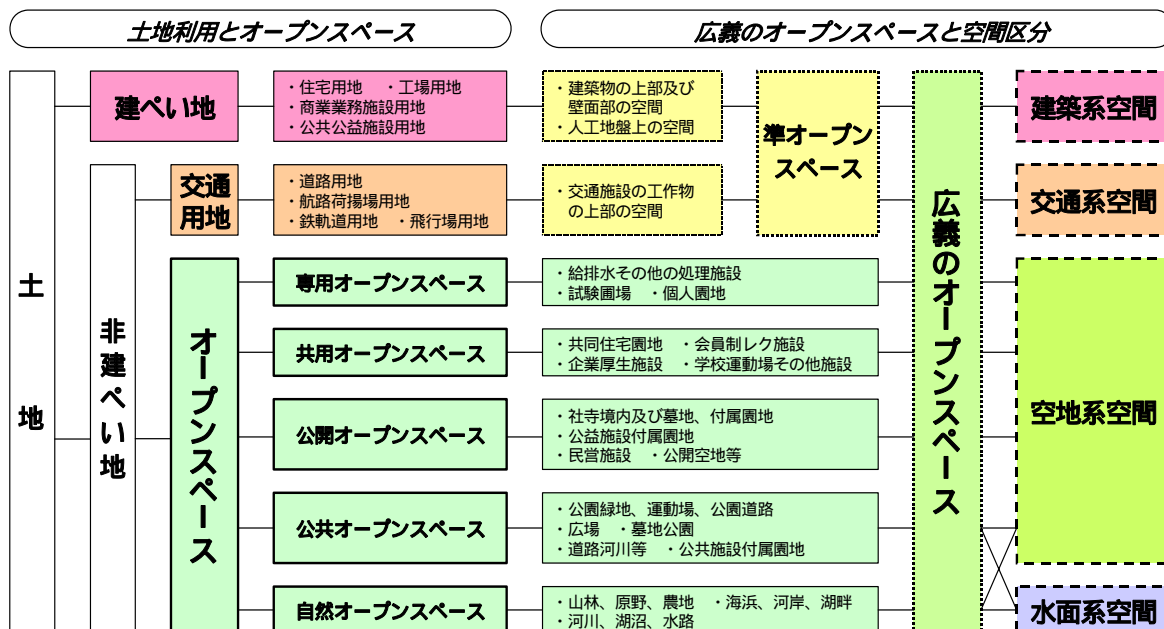


図 4.1.2 広義のオープンスペースの概念と分類

##### (2) オープンスペースの機能と役割

オープンスペースは、その土地の利用状況により空間としての多様な機能をもつが、これらを、「隔離」、「往来」、「滞留」、「配置」の4つの観点から区分し、平常時及び災害時においてオープンスペースが果たす役割を整理した（図 4.1.3 参照）。

空間としての機能		隔離(くぎり)	往来(とおり)	滞留(たまり)	配置(しこり)
平常時の役割	建物周り	日照、通風、目隠し	通路、各種活動	遊び、各種活動	駐車等
	道路等	見通し、街区の分割	車両通行、歩行	広場 駐車 × 渋滞	占用 × 不法占拠
	河川等	見晴し、水防	河道、風の道、管理	洪水調節等	占用 × 不法占拠
	空地等	見通し 立入禁止	通り抜け	遊び、各種活動	駐車・資材備蓄等
	緑被地	遮蔽、緩衝	散策、通り抜け	遊び、各種活動	× ゴミ不法投棄
	農地等	見晴し、緩衝	農業生産に伴う活動	農業生産	農業生産用施設
災害時の役割		火災延焼抑止 人身安全確保	避難行動ルート 救援活動ルート 消火活動ルート	一時避難場所 救援活動拠点 消防活動拠点	瓦礫等仮集積 避難生活場所 復興支援施設

図 4.1.3 オープンスペースの機能と役割

(3) オープンスペースと緑被の実態に関する調査・分析

オープンスペースには、多様な形態及び規模で、緑で覆われた(緑被)空間が介在しており(図4.1.4参照) これらの実態を従来の面積的な把握手法ではなく空間量として立体的に把握し、市街地の防災性の評価に活用する手法について検討する必要がある。このため、神戸市内、京都市内、東京都内等の市街地を対象とし、人口、建物の状況、土地利用、オープンスペース及び緑被の空間的分布等のデータを収集し、人口(昼間人口、夜間人口、被災想定人口等)、土地及び空間の利用形態別のオープンスペースの量及び緑被の量、空間の諸元(幅員・奥行・高さ、面積、断面積、容積)等の相互の関係について分析を行った(図4.1.5参照)。

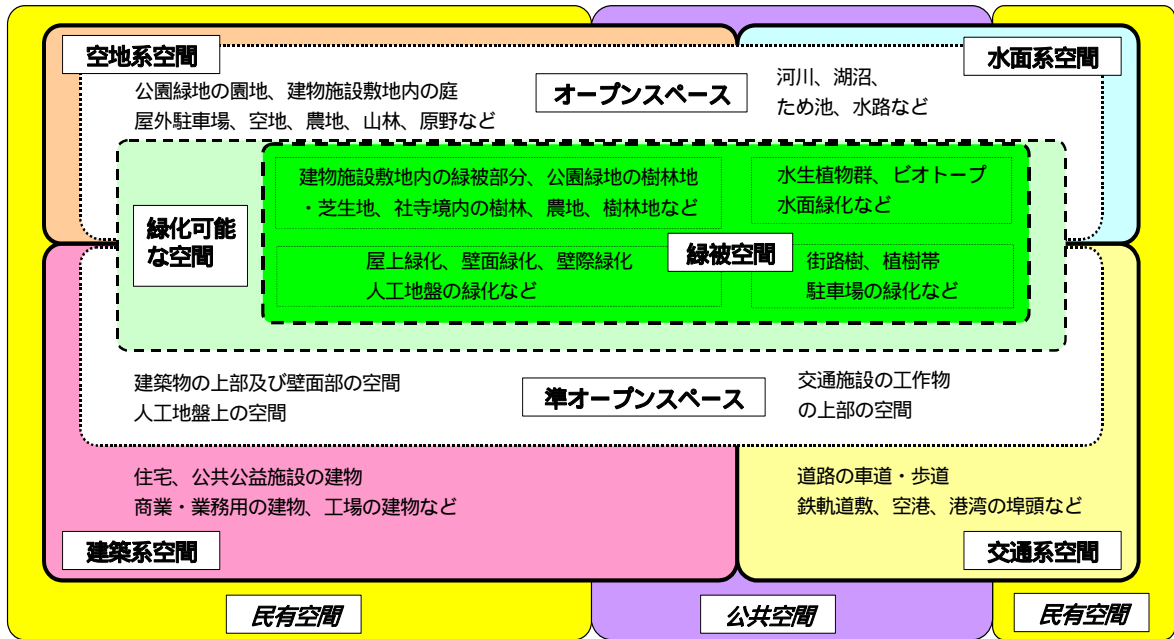


図 4.1.4 オープンスペースと緑の位置づけ

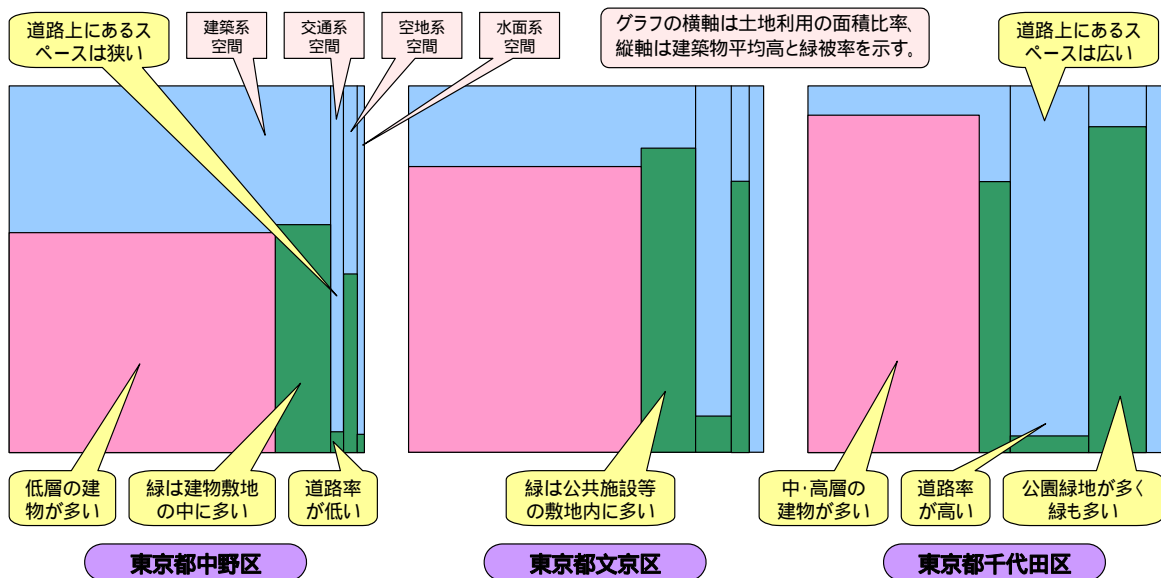


図 4.1.5 市街地の空間構成の比較例

(4)オープンスペースと緑に関する法制度に関する検討

オープンスペースと、そこに介在する緑を防災的に活用するためには、災害時においてこれらを迅速かつ効果的に活用出来るよう平常時からその空間を確保し機能を維持しておくことが不可欠である。そのための法制度として公園緑地関係については、「都市公園法」(施設緑地関係)、「都市緑地保全法」(地域制緑地関係)などがあるが、これ以外の施設については、本来の目的に沿った個別法があり(例えば避難場所となる学校については「学校教育法」)。これらの法令と各施設の災害時の運用に関しては多くの問題が存在する。また、地方公共団体における緑地保全関係(風致地区条例など)、緑化推進関係(生垣助成制度など)の条例や制度について資料を収集し、これらの制度の活用について検討を行った。

(5)オープンスペースの防災的活用の可能性の検討

オープンスペースの防災的活用については、「地区(10~30ha程度)」、「街区(0.3~1ha程度)」、「相隣(敷地群)」、「敷地」の各スケール段階に対応した検討を行うため、実際の市街地において存在する様々な形態、規模のオープンスペースの例をとりあげ、それらの空間の公開性、土地の所有、平常時及び災害時において果たす役割について整理した(表4.1.1参照)。

表 4.1.1 オープンスペースの防災的活用の可能性

スケール段階	オープンスペースの種類	空間の公開性	土地所有 公有 私有	空間の規模	平常時		災害時										オープンスペースと緑を確保するための法制度	
					通常・予防		直後・緊急						応急・復興					
					環境景観	健康増進等	各種活動の場	緊急避難場所	避難ルート	一時集合場所	一次避難場所	避難路	広域避難場所	火災延焼抑止	人命安全確保	情報収集伝達		各種活動拠点
都市	防災公園(総合公園など)	公共	■	A=10ha以上	■	■	■	■										都市公園法
	河川敷	自然	■	A=適宜	■	■	■	□	□									河川法
	防災緑道	公共	■	W=10m以上	■	■	■	■	■									都市公園法
	歩行者専用道路等	公共	■	W=3m以上	□	□		□	□									道路法
	広幅員道路の歩道	公共	■	W=4m程度	□	□		□	□									道路法
地区	防災公園(地区公園など)	公共	■	A=1ha以上	■	■	■	■	■									都市公園法
	公園緑地(街区公園など)	公共	■	A=1ha以上	■	■	■	■	■									都市公園法
	学校等のグランド	共用	■	A=500㎡以上	□	■	■	■	■									学校教育法など
	公共公益施設の敷地内の空地	公共	■	A=500㎡以上	□	■	□	□	□	■								各公共公益施設の関係法令
	街路の歩道部分	公共	■	W=2.5m程度	□	□		□	■									道路法
	商業施設等の屋外駐車場	公開	■	A=500㎡以上	□	■	□	□	□									商業施設に関する法令
	公開空地	公開	■	A=500㎡以上	■	□	□	□	□									都市計画法
	社寺境内地	公開	■	A=500㎡以上	■	□	□	□	□	□								宗教法人に関する法令
街区	農地、山林(雑木林など)	自然	■	A=500㎡以上	■	■	□	□	□									都市緑地保全法、条例など
	ポケットパーク、辻広場など	公共	■	A=100~300㎡	■	□	■	■										都市公園法、都市緑地保全法
	資材置場など	専用	■	A=100~300㎡	■	■	□	□										都市緑地保全法、条例など
相隣	民営の屋外駐車場	専用	■	A=100~300㎡	■	■	□	□										都市緑地保全法、条例など
	建物敷地の接道部分	専用	■	W=0.5~2m	□	■	□	□										建築基準法など
	建物敷地内の庭	専用	■	A=20~100㎡	□	□	□	□										建築基準法など

(6)オープンスペースと樹木等の防災的活用技術の検討

市街地のスケール段階に対応して、多様なオープンスペースの整備及び樹木等の緑の導入についての基本的考え方について検討を行った(表4.1.2参照)。

表 4.1.2 オープンスペースの整備と緑の導入についての考え方

スケール	面的オープンスペース			線的オープンスペース		
	種類	空間の特徴	空間の整備と緑化の方針	種類	空間の特徴	空間の整備と緑化の方針
都市	防災公園	公共・公有 A=1ha以上	防災公園計画・設計ガイドラインによる整備。十分な防火植樹帯。	防災緑道	公共・公有 W=10m以上	防災公園計画・設計ガイドラインによる整備。十分な防火植樹帯。
	河川敷	自然・公有 A=適宜	火災から距離的に安全な場所に広場を確保。水利用も考慮。	広幅員道路の歩道部分	公共・公有 W=4m程度	沿道建物条件を考慮。街路樹や植樹帯を活用しネットワーク化。
地区	都市公園・公開空地等	公共・公有 A=300㎡以上	防災公園計画・設計ガイドラインによる整備。十分な防火植樹帯。	既設街路の歩道部分	公共・公有 W=2.5m程度	沿道建物条件を考慮。街路樹や植樹帯を活用しネットワーク化。
	学校等のグラウンド等	共用・公有 A=500㎡以上	防災公園計画・設計ガイドラインに準じた整備。防火植樹を実施。	地区防災軸となる街路	公共・民有 W=8m程度	沿道建物条件を考慮し、工作物と緑を組み合わせた整備実施。
	業務駐車場・社寺境内	公開・民有 A=500㎡以上	災害時の活用の同意を得て整備し、適切な防火植樹を実施。	水路敷	共用・民有 W=4m程度	通行や水利用を考慮しネットワーク形成に活用。適切に緑化。
街区	ポケットパーク・辻広場	公共・公有 A=100～300㎡	周辺建物や接道条件を考慮して整備。適切な緑化を実施。	生活道路への接道空間	専用・民有 W=2～3m	塀の除去、建物壁沿い緑化等により、通行のための空間を確保。
	屋外駐車場・資材置場	専用・民有 A=100～300㎡	災害時の活用の同意を得て整備し、適切な防火植樹を実施。	街区内部路	専用・民有 W=2～3m	通行の安全性確保を優先する。余裕のある空間に高木を導入。
相隣	敷地内の庭・共有庭	専用・民有 A=20～100㎡	余裕のある空間に、日射、目隠しにも配慮した防火植樹を行う。	建物敷地内の通路	専用・民有 W=0.5～2m	通行の安全性確保を優先する。低木、地被類を中心に緑化。

さらに、市街地のスケール段階に対応したオープンスペースと樹木等の防災的活用技術についての具体的検討を行った。

地区スケール：地区防災軸の整備や防災拠点周辺の面的不燃化に際してのオープンスペースの活用、都市レベルの防災対策としての延焼遮断帯、避難地・避難路の体系との関係等。

街区スケール：とくに建物のセットバックによる街路の拡幅に伴う接道空間、ならびに空地等を活用したポケットパーク等の具体的整備のあり方等。

相隣スケール：建替えによって生み出される空間、不燃化によって新たに活用が可能となる空間等の規模・形状、所有関係、利用形態等に応じて、防災性向上と快適性確保のバランスのとれた空間の計画技術等（図 4.1.6 参照）。

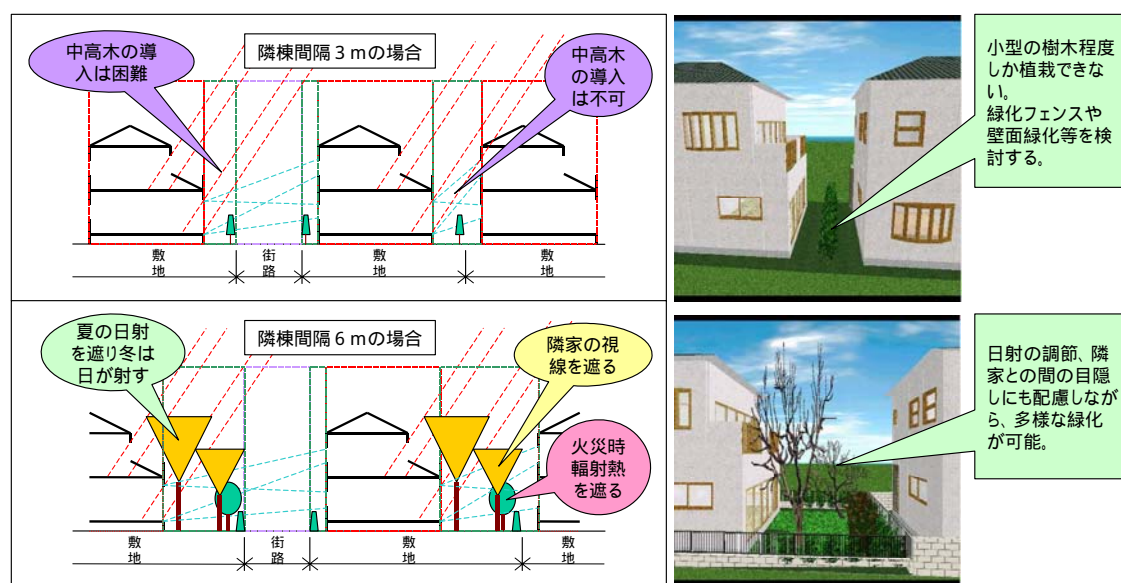


図 4.1.6 相隣スケールに対応した整備の検討例

#### 4.1.3 樹木等の防災的活用に関する検討

##### (1)樹木等の防災的効果

オープンスペースの中に樹木等の植物を導入することは、快適な環境を創り出すだけでなく、防災的にも防火など種々の効果を期待できるが、狭小・狭隘な空間では逆効果となる可能性もある。従って、市街地の空間にある多様なオープンスペースの規模、形態、求められる機能に応じた緑化技術を開発し、樹木等の防災的活用を図る必要がある。

樹木の防災的機能に関する既往の知見<sup>(例えば)</sup>を簡潔に整理すると、以下ようになる。

##### (a)耐火性(力)

樹木は、輻射受熱量で約  $14\text{KW}/\text{m}^2$  (= 約  $12,000\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ )、表面温度で  $400^\circ\text{C}$  が耐火限界値。これ以下なら輻射受熱だけで発火する可能性は極めて低い。(木材は、引火点が  $260^\circ\text{C}$  前後、発火点が  $450^\circ\text{C}$  前後、約  $10\text{KW}/\text{m}^2$  (= 約  $8,600\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ )、約 20 分で発火する。人間の耐火限界は約  $2.4\text{KW}/\text{m}^2$  (= 約  $2,050\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ ) とされている。)

樹木が加熱によって発火するためには、葉が高熱を受けて変色する過程で、可燃性の分解生成物が発生中に火熱を受ける必要がある。

樹木は発火してもすぐに立ち消え、一気に全体が炎上することは稀である。これは、樹木の葉に概ね 50~80% (樹種、季節、気象条件等により異なる) の水分が含まれ、外気温が  $40^\circ\text{C}$  を超える高温下では、水蒸気を放出し葉温の上昇を抑えること、また風により葉自身が動き受熱時間を減少させ、前面の葉が次層の葉を隠蔽し樹冠内への熱の浸透を防ぐ働きをするためである。

##### (b)防火効果

樹木が炎上せずにその形状を維持すれば、遮蔽物として輻射熱を遮る(遮熱)効果が期待できる。樹木による遮熱効果は、樹冠周辺や内部及び枝下に空隙があるため 100%遮断できないが、列植等の配植を工夫することにより効果を高めることができる。

適切な密度と配植で形成された樹林帯は、ある程度の気流を透過させつつ風の流れを整える働きがあり、熱気流の温度を抑え、火の粉を拡散させる作用があると考えられている。しかし高密度な樹林帯は、壁と同様に機能することで熱気流を攪乱し、背後に危険を及ぼす恐れがある。

##### (c)その他の防災的効果

樹木等には、上記のほか、避難・救援活動の支援(避難・活動ルート of 安全確保、行動の目標等)、建物等の倒壊防止、落下物の衝撃緩和、土砂の崩壊・流出の防止(水害時にも対応)、被災者への精神的影響(生命力、季節感、癒し等)等の効果が考えられる。

##### (2)樹木等の防火効果に関する実験等

樹木等の防火効果については、加害側(火源)の条件(市街地火災か開口噴出火災か)、ならびに環境の条件(無風下か有風下か、自由空間か閉塞空間か)が大きく影響する。このため、平成 11~12 年度に建設省建築研究所において、輻射炉及び火災風洞実験施設を使用した実験を行った。その結果から、火災の伝播要因のうち「接炎」については、樹木等の火源からの限界距離がほぼ明らかとなった。また「輻射熱」については、樹木等の遮蔽率及び樹冠の透過率に応じて効果を発揮しうること、さらに「熱気流」については、自由空間の場合に背後の気温が高くなることが明らかとなった(図 4.1.7 参照)。

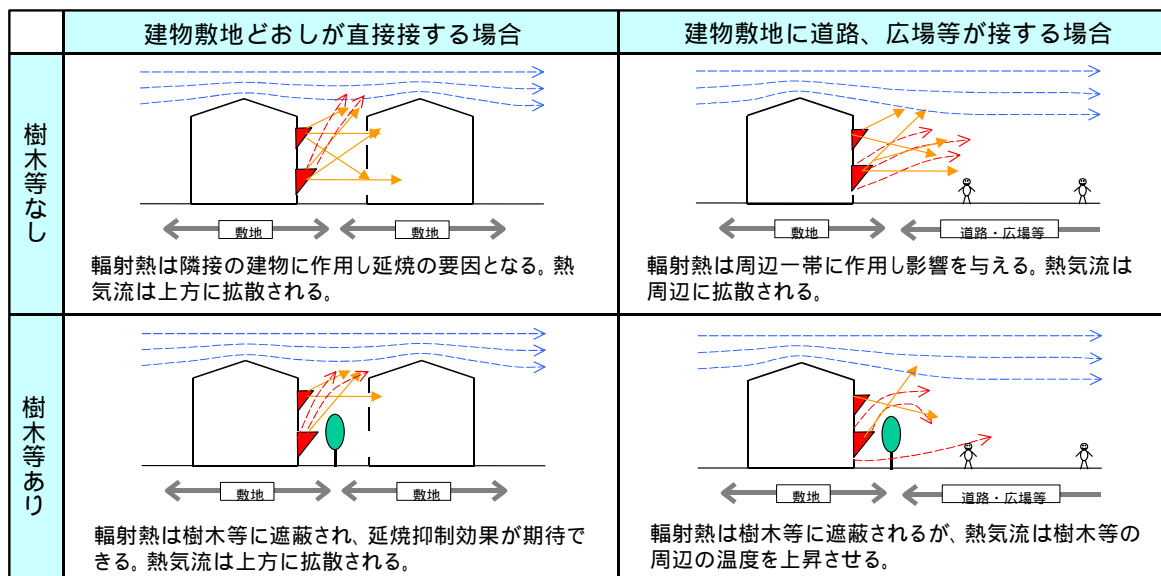


図 4.1.7 火炎近傍における樹木等の防火効果

### (3) 樹木等の防災的活用に関する実験等

樹木等の防火効果の活用にあたっては、まず樹木等の発火を避けるため、火源との間に一定の距離を確保すること。次に、輻射熱の遮蔽と熱気流の拡散・冷却の効果を高めるための適切な樹冠密度、樹木等の配植、植樹帯の幅員・密度について解明する必要がある。さらに、耐火性の高い植物種の選定、散水<sup>(例えば2)</sup>、他の工作物との組み合わせる方法等についての検討も必要である。

このため平成13年度に独立行政法人建築研究所において、火災風洞実験施設を使用した実験<sup>3)4)</sup>等を実施した。実験結果については、概ね次のとおりである。

#### 樹木の配置・高さ等と風との関係

樹木を交互植えし、かつ高さに差を設けることにより、気流の拡散効果を高めることができる。

#### 樹木と工作物の併用による火炎近傍の気流温度

低いブロック塀を併用することにより、熱気流の拡散効果を高めることができる。

#### 撒水（水幕）の有無による火炎近傍の気流温度

「樹木なし撒水あり」、「樹木なし撒水なし」、「樹木あり撒水あり」、「樹木あり撒水なし」の順に気流温度は低くなる。

### 4.1.4 延焼シミュレーションにおける緑被地・空地等の評価

地震火災時の緑被地・空地等の防火機能の要因として、空地としての焼止まりという空間的な効果に加えて、立体遮蔽物としての樹木等による火災からの放射熱の緩和や熱気流の拡散、火の粉の捕捉等の効果が指摘・検証されることから、火災の延焼抑制等の防火の観点からの評価手法について検討を行った（表 4.1.3～4 及び巻末資料編参照）。

表 4.1.3 延焼シミュレーションにより評価可能な項目

項目	内容
緑被地・空地による延焼遮断・遅延効果	緑被地・空地の有無による任意の受熱点（着火判定点）の温度上昇の履歴を比較する。
緑被地・空地の防火性能	地区内の建物を順次出火点に想定してシミュレーションを繰り返せば、緑被地・空地の防火性能が定量的に評価できる。
避難地・避難路の火災安全性（検証手法については要検討）	例えば、避難地・避難路内の任意の受熱点（人体を想定）における放射受熱量が $2.4 \text{ k W/m}^2$ ( $2,050 \text{ k cal/m}^2$ ) 未満かどうかで評価

表 4.1.4 評価のためのインプットデータ

項目	説明	入力値
樹木の位置、葉張（樹冠の地表面への投影領域）	樹冠が重なる樹木同士を一団として取り扱う。	多角形（ポリゴン）の座標値として地図上に投影
樹冠部分の高さ	実測値もしくは樹種別に決めうち。	樹冠の最高高さ（枝下高）と枝下高（地表面から樹冠下端までの長さ）
遮蔽率	樹種別に樹冠部分の遮蔽率を設定。	0～1.0
常緑樹・落葉樹	常緑樹は 1.0 を乗じ、落葉樹については冬季においては 0 を乗じる。	1or0
樹木の発火限界値 放射受熱量、表面（葉面）温度	常緑広葉樹、落葉樹、針葉樹別に設定するか、もしくは一番低い限界値で統一する。	常緑広葉樹： $15.8 \text{ k W/m}^2$ 、455 落葉広葉樹： $16.2 \text{ k W/m}^2$ 、407 針葉樹： $14.0 \text{ k W/m}^2$ 、409

参考文献

- 1) 岩河信文：樹木の防火性と防火対策への適用，建築研究報告 105, 1984
- 2) 防庁消防研究所：水幕と樹木の併用による延焼防止向上効果に関する研究報告書，消防研究所技術資料，第 15 号，1985
- 3) 大崎貴弘ほか：密集市街地における樹木の延焼遮断効果に関する火災風洞実験、平成 13 年度日本火災学会研究発表会梗概集、2001
- 4) 三沢温ほか：火災近傍における樹木の防火性に関する実験，2000 年度日本建築学会関東支部研究報告集，日本建築学会，2001