

# 歴史的街区に備わる減災手法の防火性能評価 ～伝統的緑地による延焼抑止効果に着目して～

An Effectiveness of the Fire Spread Mitigation by the Traditional Knowledge:  
Group of Trees in Japanese Historic Districts

大窪健之<sup>1</sup>・砂田陸<sup>2</sup>・金度源<sup>3</sup>

Takeyuki Okubo, Riku Sunada and Dowon Kim

<sup>1</sup>立命館大学教授 理工学部環境都市工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Professor, Ritsumeikan University, Dept. of Civil and Environmental Engineering

<sup>2</sup>東日本電信電話株式会社 (〒163-8019 東京都新宿区西新宿3-19-2)

Nippon Telegraph and Telephone East Corporation

<sup>3</sup>立命館大学准教授 理工学部環境都市工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Associate Professor, Ritsumeikan University, Dept. of Civil and Environmental Engineering

In the historic districts in Japan, trees are not only preserved as an important historic scenery. The purpose of this paper is to evaluate fire spread mitigation effect by the group of trees using the Urban Fire Spread Model. For the extraction of the challenge on the site for trees preservation, the research carried out the interview to the stakeholder of the management and future preservation. As the result of fire simulation, it reveals the group of trees can reduce the numbers of burnt buildings and delay the speed of fire spread. And the result of interview reveals that aging of inhabitants and increase of the vacant house affect tree preservation.

**Keywords:** traditional knowledge, trees, Urban Fire Spread Model, historic district, fire simulation

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景

国指定の文化財である重要伝統的建造物群保存地区(以下、重伝建地区と略称する)は、歴史的な町並みの保存を目的として選定されている。これらの地区は、歴史的な事実を空間的に伝える文化財として観光資源等に活用されつつも、人々の生活が営まれている生きた文化財でもある。

一方で、重伝建地区に代表される歴史的な町並みは、一般に木造建築物が密集し街路幅員も狭いために、歴史上幾度も火災被害に遭っている場合が多い。

このような背景から、歴史的な町並みには「減災の知恵」と呼ばれる伝統的な防災上の工夫が地区の歴史と共に継承されているケースも少なくない<sup>1)</sup>。全国の重伝建地区の中には、歴史的景観の構成要素として特徴的な緑地を有している地区が複数存在している。そして樹木が群として存在している地区については、緑地が一定の延焼抑止効果を有している可能性が指摘されている<sup>2)</sup>。

これまで市街地内における緑地の防火効果については、鍵屋ら<sup>3)</sup>が行った研究があるが、歴史的な景観構成要素としての緑地を対象にしたものではない。一方で、高松ら<sup>2)</sup>は歴史的街区における樹林の防火機能について検証を行っているが、単純な緑地帯の幅のみに対する評価であり、物理的知見に基づいた厳密な防火性能に関する評価は行われていない。

重伝建地区は文化財であると同時に、常に住民らが暮らす生活の場としての側面を持っているため、火災時における住民の安全性確保や被害抑制のためにも、地区内の延焼リスクを定量的に把握することで、緑地帯の持つ文化的価値を維持しつつ災害安全性を高める可能性を検証しておく必要性があると考えられる。

## (2) 研究の目的

本研究では、物理的延焼性状予測モデル<sup>4)</sup>を用いて、伝統的な緑地の延焼抑止効果を検証する。その上で、緑地所有者の住民や重伝建地区を担当する行政への聞き取り調査を実施し、伝統的緑地の防災利用を図る上での検討課題を明らかにする。以上から、歴史的町並み保存と災害安全性の向上の両立可能性を示すことを本研究の目的とする。

## (3) 研究の方法

### a) 物理的延焼性状予測モデルの概要

本研究では、地区の延焼危険性を科学的に評価するために、物理的延焼性状予測モデル<sup>4)</sup>を使用した。このモデルは、市街地における火災拡大を現象の物理的な知見に基づいて定式化したものである。モデル内では、都市火災を多くの建物火災の集合と捉え、他の建物火災の影響下における個々の建物火災の延焼性状を予測することで、市街地全体の延焼性状予測へとつなげている。

### b) 研究の構成

本研究では、歴史ある木造密集市街地にある伝統的な緑地帯の延焼抑止効果をマクロ（広域的）とミクロ（部分的）な視点から検証し、併せて実際に緑地保全をすすめる上での課題について整理するために、図1に示す手順で研究を行う。

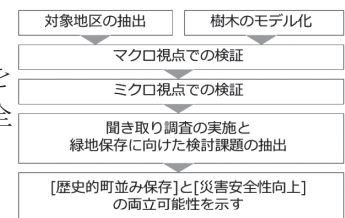


図1 研究フロー

## 2. 検証地区の選定

### (1) 地区抽出プロセス

まず本研究で対象とする地区を選定するため、歴史的街区内の樹林による防火性能に着目した高松らの研究<sup>2)</sup>から、地区抽出プロセスを援用した。延焼シミュレーションは、歴史的な町並みを有し、かつ歴史的な景観構成要素としての緑地（以下、伝統的緑地）を有する地区を対象に実施する。

特に本研究では歴史的景観を有する地区として、重伝建地区に着目した。伝統的緑地を有する地区の抽出では、文化庁が発表している重伝建地区の概要一覧<sup>5)</sup>より「町並みの特徴」欄を参照し、緑地に関する記載の有無を根拠としている。緑地に関する記載があり、かつその緑地が防火を目的として伝統的に整備されてきたことが明記されているのは、渡名喜村渡名喜島重伝建地区の1地区のみであったため、当該地区を本研究の1つ目の検証地区とした。

一方、防火を目的として整備されてきたのか否かが明記されていない緑地についても、延焼抑止効果を発揮する可能性が指摘されている<sup>2)</sup>。そこで、それらの地区については延焼火災リスクの観点から、更に絞込みを行った。例えば山村集落などの隣棟間隔が大きい地区は、延焼火災による危険性が比較的低く、検証対象として適さないと考えられる。このため、地区内の一部または全部が人口集中地区（DID）であり、かつ木防建べい率が40%以上<sup>6)</sup>の地区を抽出の基準とした。以上の抽出プロセスの結果、高岡市金屋町重伝建地区が2つ目の検証地区となった。

### (2) 検証地区の概要

#### a) 渡名喜村渡名喜島重伝建地区

沖縄県の渡名喜島に所在する渡名喜村渡名喜島重伝建地区は、福木の屋敷林が特徴的な町並み景観を形成している。福木の屋敷林は、図2に示す通り民家を取り囲む形で植生しており、防風防火のために古くから整備されてきたことが明らかになっている<sup>7)</sup>。また、これらの屋敷林の多くは環境物件にも設定されており、224件の屋敷林が歴史的景観を構成する要素として保存の対象となっている<sup>7)</sup>。本研究では、この屋敷林による延焼抑止効果に着目し、延焼シミュレーションによる検証を行う。

#### b) 高岡市金屋町重伝建地区

金屋町重伝建地区は、富山県高岡市に所在しており、鋳物師の町として栄えた歴史がある。多くは短冊状

の敷地割りで道路に面して主屋が建てられ、中庭を挟んで土蔵が建ち、さらに作業場が置かれるといった建物配置をとっている。すなわち、万一火の気のある作業場から火災が発生しても主屋に燃えうつらないような地割と建物配置の工夫が、伝統的になされてきたものと考えられる<sup>8)</sup>。このため街区レベルでは、特徴的な地割によって図3のように中庭が連担することになる。連担する中庭が、延焼火災時に防火帯として機能する可能性があると考えられるため、中庭の群としての延焼抑止効果を延焼シミュレーションによって検証することとした。

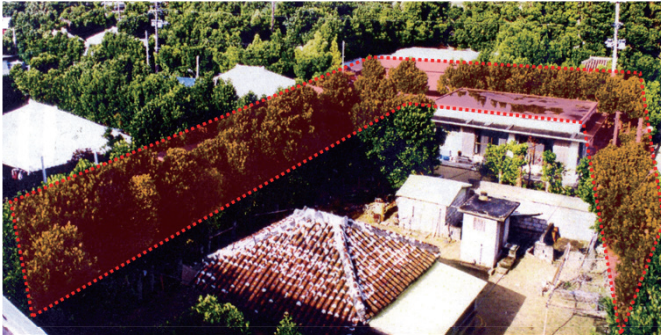


図2 渡名喜島重伝建地区の民家を囲う屋敷林  
(渡名喜島歴史的景観保存計画書より引用し筆者加筆)



図3 金屋町重伝建地区の連担する中庭  
(Google マップより引用し筆者加筆)

### 3. 緑地の表現手法の検討

#### (1) 樹木の防火機能

まず緑地を延焼シミュレーション上で表現するため、樹木のモデル化を行った。

樹木は「耐火力（火にどれだけ耐えるか）」と「遮熱力（熱をどれだけ遮断するか）」の2つの防火機能を有することが福嶋の研究<sup>9)</sup>によって明らかになっている。本研究では、延焼抑止に特に大きな影響を与えることが予想される樹木の遮熱力に着目し、樹木を「遮熱特性を有する擬似的な建物」として捉え、延焼シミュレーション上でモデル化することとした。

なお耐火力については、各種樹体の含水量や含有成分・樹体表面の構造など、生命体としての複雑さから、十分に解明が進んでいるとは言えず<sup>10)</sup>、パラメータの設定は困難となっている。ただ、通常の大気中で適切に整備された「生きた樹木」であれば、着火しても炎上に至らない事が明らかになっている。<sup>9)11)12)</sup> これらの理由から、本研究の範囲では樹木を不燃物として想定し、遮蔽物としての機能を評価することとした。

#### (2) 遮熱力の表現手法

樹木の遮熱力は、熱を遮る割合「遮熱率」で表現される。また既往研究<sup>13)</sup>より、樹木の遮熱率は遮蔽率に係数1で正比例することが明らかになっている。即ち、樹木の遮熱力は樹木の遮蔽率を算出することで表現される。また齊藤ら<sup>14)</sup>は樹木を、樹冠、枝下、樹冠内の3要素に分解し、樹木の遮蔽率を次式(1)で算出している。

$$\text{樹木の遮蔽率} = (\text{樹冠比}) \times (1 - \text{枝下比}) \times (\text{樹冠密度}) \quad (1)$$

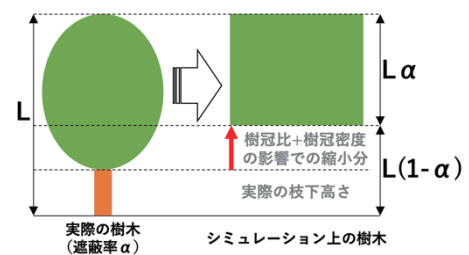


図4 遮蔽率の表現

表1 樹木の遮熱力

樹木の要素	類型	物性値
樹冠比	I型	0.5
	II型	0.6125
	III型	0.725
	IV型	0.8375
枝下比	L型	0.02
	M型	0.27
	H型	0.42
樹冠密度	常緑広葉樹	0.884
	落葉広葉樹	0.827
	針葉樹	0.942

本研究でもこの手法を援用することとし、算出された遮蔽率を樹木高さに乗じ、遮蔽率に応じて樹木高さが縮小したような状態で表現する。ただし、シミュレーション上は樹木上端位置はそのまま、樹木下端位置を変更することで表現することとした。(図4)

樹木の各要素を類型別に分類し、それぞれに対応する値を表1に整理する。各物性値については、既往研究<sup>14)15)</sup>を参照し整理した。なお、樹冠密度は樹種別の実験値の平均を使用しているため、必ずしも安全側の結果を示すとは限らない点には注意が必要である。

### (3) 緑地データの収集

延焼シミュレーションへの入力のため、各地区の緑地データを収集した。現地調査と資料調査によって地区内の樹木エリアを描画し、各樹木エリアについて属性値を収集した。収集した属性値は、位置・高さ・樹冠比・枝下比・樹葉形態の5種類である。属性値の詳細を表2に示す。

## 4. 延焼抑止効果の検証

### (1) 必要データの収集

#### a) 建物データ

延焼シミュレーションへの入力のため、検証地区内における各建物の属性値を収集し、整理を行った。建物配置は、国土地理院が提供している建物ポリゴンデータを使用している。各建物について収集が必要な属性値は、高さ・階数・構造種別の3種類である。属性値の詳細を表3に示す。

#### b) 気象データ

延焼シミュレーションに使用する風速・風向・気温は、各地区の最寄観測所（伏木測候所、久米島測候所）において2009年から2018年に観測された気象データをランダムに使用した。いずれの地点でも10年分の日数から1/10以上の出現確率となる400件以上の気象データを使用するため、異常気象等についても一定程度含んで検証できると考えた。

### (2) 市街地規模での延焼シミュレーション（マクロ）

#### a) 計算条件の設定

マクロな視点から地区全体の建物焼失リスク（着火回数/試行回数の百分率、以降は焼失リスクと略称）を評価するため、出火条件や気象条件などの不確実要因を考慮してモンテカルロシミュレーション（乱数を用いて平均化する手法）を実施した。対象範囲は、幅員12メートル以上<sup>16)</sup>の道路や河川等を物理的な延焼の境界と考え、地区の切り取りを行った。

シミュレーション上では各回ともランダムに出火点と風向・風速を設定し、消火活動による延焼抑制は行われぬ放任火災とし、計算時間は24時間に設定した。試行回数は、地区に含まれるすべての建物から平均1回の出火があることを想定し、建物総数と同じ回数で設定している。以上の計算条件を表4に整理する。

表4 計算条件（マクロ）

条件項目	計算条件	
	渡名喜	金屋町
検証手法と目的	モンテカルロシミュレーションによる建物焼失リスクの算出	
着目範囲	一体的に延焼が及ぶ可能性がある範囲	
計算時間	24時間（最大値）	
試行回数	426回（建物総数と同値）	492回（建物総数と同値）
出火建物	ランダム	
気象条件	ランダム	
緑地の条件	緑地なし・緑地あり（現状）	

#### b) 検証結果

延焼計算の結果から算出した焼失リスクを図5に示す。各地区ともに比較のため、現状の緑地が失われて空地になったと仮定した場合①③だけではなく、現状の通りに緑地がある場合②④も想定した。

#### c) 考察

2つの地区間を比較すると、金屋町の焼失リスクが全体的に高くなる結果となった。これは、隣棟間隔の狭さが焼失リスクの上昇に影響を及ぼしたことが原因だと推測される。

渡名喜島重伝建地区については、図5中①緑地なしに比べ②緑地ありでは、焼失リスクが全体的に減少している。ただ、焼失リスクが0近くまで減少する街区も見られた一方で、②の破線部では焼失リスクの大き

表2 緑地データの属性値収集項目






属性値	備考
① 位置	
② 高さ	
③ 樹冠比	I型：  II型：  III型：  IV型： 
④ 枝下比	L型： $H_c / H_t = 0.02$ 程度 M型： $H_c / H_t = 0.27$ 程度 H型： $H_c / H_t = 0.42$ 程度 
⑤ 樹葉形態	常緑広葉樹 落葉広葉樹 針葉樹

表3 建物データの属性値収集項目

属性値	備考
① 高さ	
② 階数	
③ 構造種別	木造 防火木造 準耐火造 耐火造

な低減は見られなかった。このエリアでは、現状で既に敷林が消失したと思われる街区があり、緑地による延焼抑止効果が十分に発揮されなかった可能性が考えられる。

金屋町重伝建地区についても、④緑地ありでは③緑地なしに比べ、焼失リスクが全体的に減少していることから、緑地による延焼抑止効果が働いていると推測される。また、中庭が比較的連担している④の破線部においても、焼失リスクの減少は確認され、連担する中庭が延焼抑止効果を発揮した可能性が考えられる。

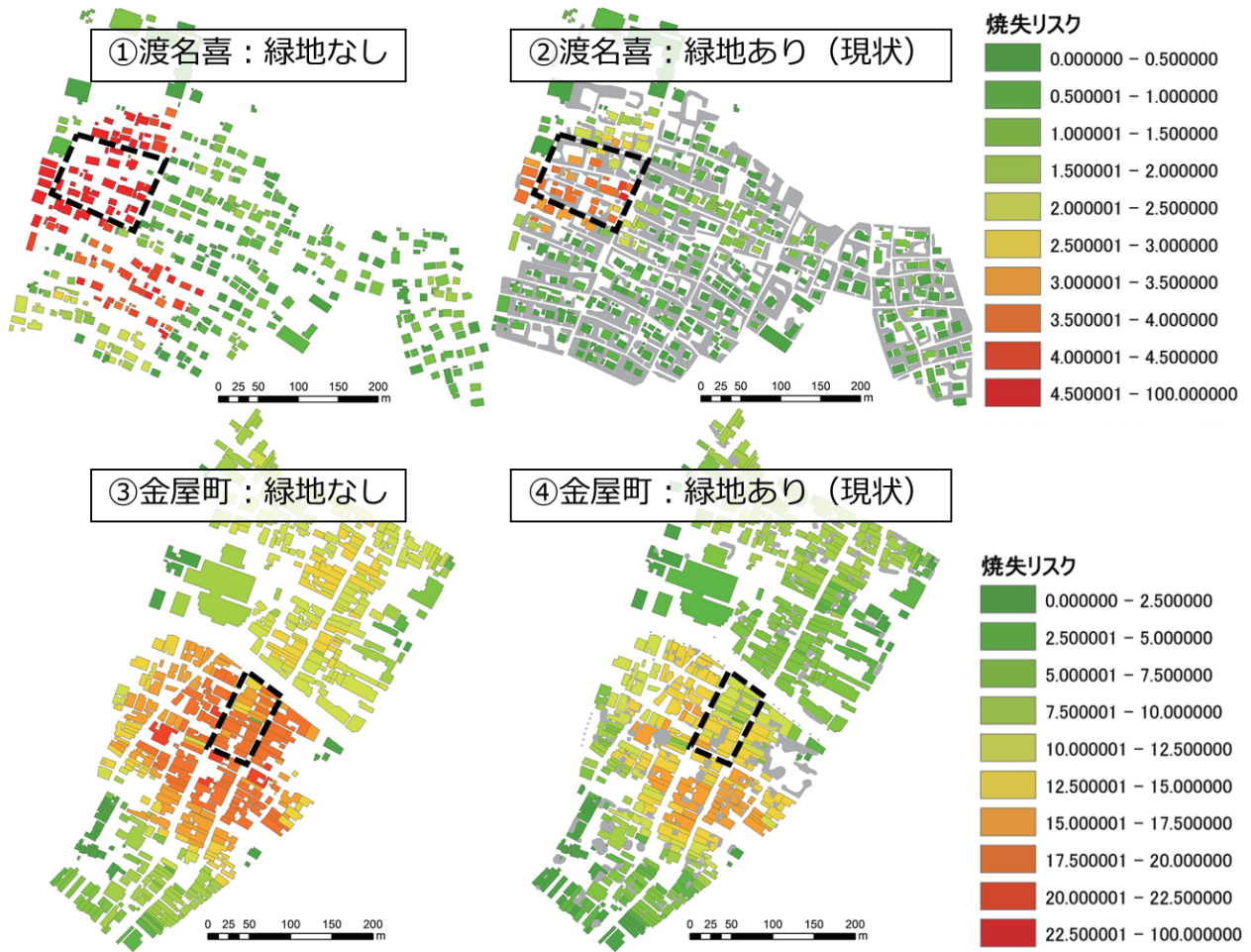


図5 建物焼失リスク（マクロ）

### (3) 街区規模での延焼シミュレーション（ミクロ）

#### a) 計算条件の設定

マクロな視点の検証結果から、相対的に焼失リスクが高く、かつ地域の緑地群の特徴を現していると考えられる街区に着目し、ミクロな視点から延焼動態を観察する。本研究では図5の破線部を着目街区として設定し、各地区の特性を考慮した延焼シミュレーションを実施する。渡名喜島重伝建地区では、屋敷林の消失による影響を検証するため、民家を囲うように緑地を追加（再生）した街区を想定し、比較検証を実施する。金屋町重伝建地区は、多様な樹種が植生する特性を踏まえ、個別の樹木としてモデル化し検証を行う。中庭の植栽の樹種や建物形状については、戸別訪問による調査結果から設定した。計算条件を表5に整理する。

表5 計算条件（ミクロ）

条件項目	計算条件	
	渡名喜	金屋町
検証手法と目的	時間断面で見た延焼動態の観察および焼失リスクの算出	
着目範囲	マクロ視点の結果を参考に決めた街区	
計算時間	60min (10min間隔)	
試行回数	31回 (着目街区の建物総数と同値)	50回 (着目街区の建物総数と同値)
出火建物	着目街区内の各建物1回	
気象条件	気温：23.3度 (平均)	
	風速：39m/s (過去10年間での最大値)	
	風向：北東 (最頻値)	
緑地の条件	気温：14.3度 (平均)	
	風速：18.7m/s (過去10年間での最大値)	
	風向：南西 (最頻値)	
緑地の条件	緑地なし・緑地あり(現状)・緑地あり(追加)	緑地なし・緑地あり(現状)

## b) 検証結果

着目街区内の各建物からランダムに火災を発生させた結果をすべて重ね合わせ、焼失リスクを算出した。計算時間は10分間隔で実施しているが、代表的ケースとして1時間（60分）経過時点のものを図6に記載する。

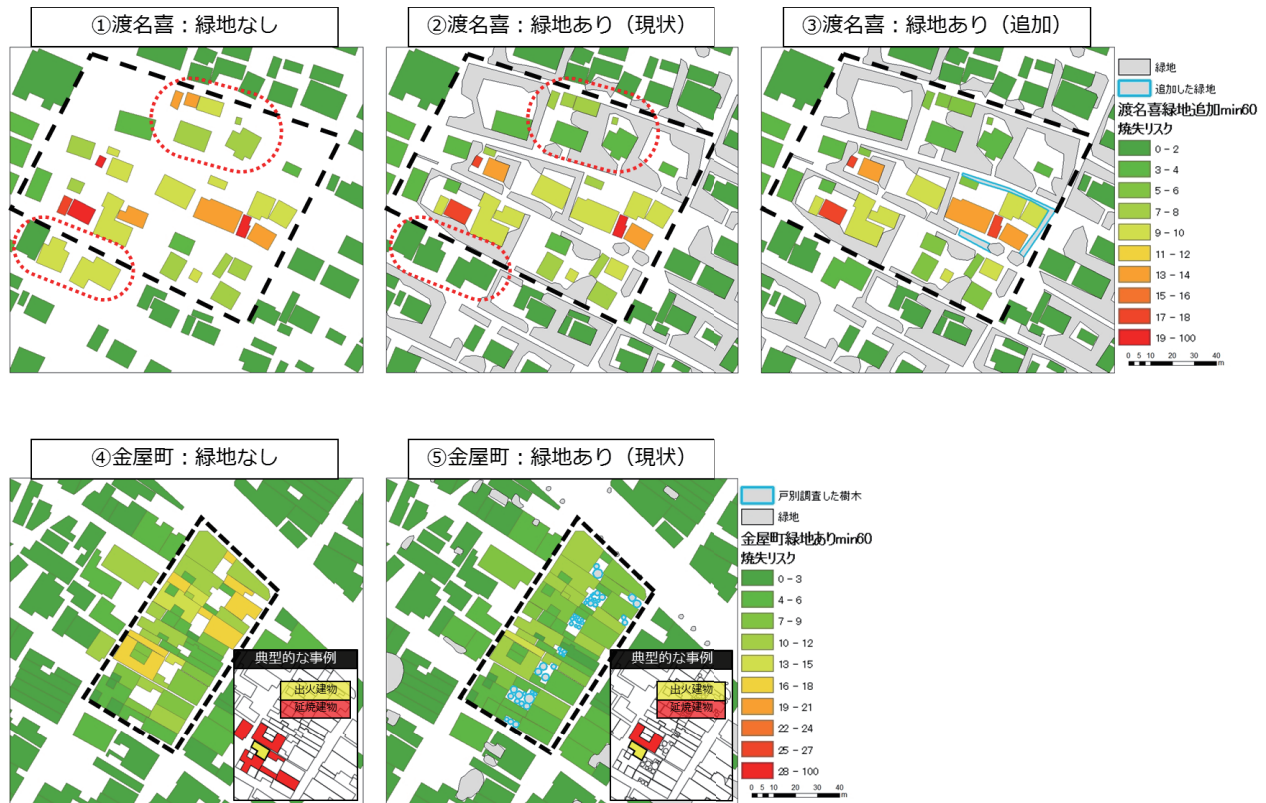


図6 火災発生から60分が経過した時点での焼失リスク

## c) 考察

渡名喜島重伝建地区について②緑地あり（現状）と③緑地あり（追加）を比較すると、屋敷林を追加（再生）した場合でも焼失リスクに大きな違いは見られなかった。これは、隣接する屋敷林による延焼抑止効果が一定程度働いていたことが原因の一つであると考えられる。一方で①緑地なしと②緑地あり（現状）とを比較すると、赤点線内の焼失リスクに違いが見られた。以上から、部分的に欠損のある屋敷林の有無によっては延焼危険性に大差はないが、現状以上に屋敷林が失われていった場合には、町並み全体として延焼に対する危険性が增大する可能性があることが明らかになった。

金屋町重伝建地区については、④緑地なしと⑤緑地あり（現状）で焼失リスクに全体的な違いが見られた。これは、中庭の植栽による延焼の抑止または遅延効果が発揮されたものと考えられる。また延焼の広がり方を観察すると、⑤では中庭を隔てて逆側には延焼が広がっていないことから、中庭の樹木群が一定程度熱を遮蔽する効果を発揮していることが予想される。中庭空間を守りつつ、中庭の植栽を適切に管理していくことで、町並み全体の災害安全性を向上できる可能性が明らかとなった。

## (4) 結果と考察の整理

以上の2つの規模で延焼シミュレーションを実施し、以下のことが明らかになった。

- ・マクロな視点の検証結果から、緑地なしの場合に比べて緑地ありの状態では、各地区内の焼失リスクが相対的に減少した。これには、緑地による延焼抑止効果が一定程度働いたものと考えられる。
- ・一軒程度の屋敷林の有無による焼失リスクに大きな変化はなかった。ただし屋敷林が大きく失われた場合には、地域全体の焼失リスクが増大する傾向があることが分かった。現状の屋敷林を維持しつつ、消失したものは復元させていくことが、火災安全性の観点からも必要と考えられる。
- ・中庭の植栽についても一定の延焼抑止効果が確認された。延焼抑止の観点からは中庭を空間として維持するだけでなく、中庭の緑も保存していくことが重要と考えられる。

## 5. 伝統的緑地の保存に向けた課題の抽出

### (1) 聞き取り調査

#### a) 概要

延焼シミュレーションによる結果から、伝統的緑地による一定の延焼抑止効果が実証されたが、その効果を発揮するためには、将来に渡って緑地を適切に維持・保存していくための対策を検討する必要がある。

そこで本研究では、まず伝統的緑地の保存を進める上での課題点を明らかにするべく、緑地の直接的な所有者である地域住民と、重伝建地区の保存計画を策定している行政の2者を対象に聞き取り調査を実施し、2つの異なる視点から伝統的緑地の保存に向けた検討課題を抽出した。調査概要を表6に示す。

表6 聞き取り調査の概要

項目	渡名喜島重伝建地区		金屋町重伝建地区	
	行政	住民	行政	住民
実施日	2019年12月	2020年1月	2019年12月17日	2019年12月16日
対象者	渡名喜村教育委員会教育行政課 担当者 様	渡名喜村伝統的建造物群審議委員会 会員 様	高岡市教育委員会事務局文化財課 担当者 様	金屋町まちづくり協議会 前会長 様
実施方法	メールと書面	行政経由で書面	対面ヒアリング	対面ヒアリング
ヒアリング 項目	伝統的緑地の変遷について 地区内での火災について 緑地に関する今までの取り組みについて 緑地の保存に関する今後の考えについて 緑地を保存していく上での課題点について			

#### b) 結果

結果概要を表7に整理する。

表7 聞き取り調査の結果概要

	渡名喜島重伝建地区		金屋町重伝建地区	
	行政	住民	行政	住民
概要	・以前は、民生課で屋敷林の保全を行っていたが、現在は行っていない。	・枝の剪定は、個人で実施する。	・伝建制度上は適用外のため中庭保存には関与していないが、本質的には保存を促したい。	・植栽の手入れは大変。枝の剪定には金銭的負担もある。
緑地保存の【取り組み】や【課題点】	・基本的には個人の財産のため、個人の管理に委ねている。	・屋敷林によって、台風の被害がでなかった経験がある。	・ただ、中庭の防火効果が認められれば、行政的に保存すべきとの議論は必要。	・高齢者も多く、中庭の植栽を維持しているのが難しい家もある。
	・住民の高齢化によって、個人の管理が難しくなっている。		・外部から望見できないとの理由から、中庭取り壊し等については伝建制度では口出しできない。	
			・住民高齢化や空家増加によって、中庭植栽の管理者不在が問題になりつつある。	

### (2) 課題の整理

聞き取り調査の結果からは、以下のことが明らかになった。

・両地区ともに伝統的緑地は個人の所有物であり、維持管理は個人に委ねられている。一方、これらの緑地は歴史的景観の要素でもあることから、金屋町では行政としても本質的には保存を促していきたいとの意見があった。

・金屋町については伝建地区の法制度上、外観に影響しない中庭の保存に対しては行政から住民への支援等が困難な事情がある。住民の高齢化や空家増加によって、植栽の管理者が不在になる可能性も指摘された。

・渡名喜島についても、現状は屋敷林の保全は個人に委ねられているため、金屋町と同様に、住民の高齢化によって適切な管理や保存維持が行えなくなる可能性が指摘された。

上記の通り、伝統的な緑地は個人の財産である一方で、町並みの景観構成要素としての特性も有している。そして、将来に渡って伝統的緑地を維持保存していくためには、所有者である住民への制度的な支援や、地域住民による管理支援が必要であることが明らかとなった。

そのためには、緑地の消失が地区全体の火災リスクの増大に影響するという事実を共有し、緑地保存に対する住民意識を醸成していくことも必要と言える。本研究によって示された伝統的緑地による防火効果を根拠として、防災的観点から緑地保存を推し進める考え方は、行政支援と住民意識の醸成を同時に実施していく枠組みを検討する上で、一助になり得ると考えられる。

## 6. 結論

### (1) 研究の成果

本研究の成果を以下に示す。

- ・樹木の遮熱力をモデル化し、既往の延焼シミュレーション上で緑地の影響を表現することができた。
- ・歴史的な景観構成要素としての緑地（伝統的緑地）による延焼抑止効果を、一定実証することができた。
- ・伝統的緑地の利害関係者に対して聞き取り調査を実施し、緑地を保存していく上での課題を明らかにした。

本研究で構築した伝統的緑地を有する地区の延焼リスク評価手法は、様々な伝統的緑地を有する他の地区でも汎用的に活用可能であり、この点も本研究成果の一つと考えられる。

### (2) 今後の課題

本研究では、樹木の遮熱力を一塊の物体が宙に浮いた状態と見なして簡略的に表現したが、延焼シミュレーションプログラムの修正を行うことで、より厳密に遮熱力を表現できる可能性が考えられる。耐火力についても、落葉樹などの季節変動の影響も含めた実験や調査によって樹木の熱物性値が明らかとなれば、より精緻な検証が可能になると思われる。実際の地区において将来的に失われる可能性が高い緑地を調査し、延焼シミュレーションによる検証を行う事で、将来に向けた緑地保存の指針にも寄与できるものと考えられる。

本研究の中で、伝統的緑地を有する地区として23地区が抽出されたが、これらすべての地区が有する伝統的緑地の性質や形状等を類型化し、延焼シミュレーションを実施することができれば、延焼抑止に有効な緑地の条件が明らかになる可能性が考えられる。

**謝辞：**高岡市教育委員会事務局文化財課 上村文則様、金屋町まちづくり協議会前会長 般若陽子様、渡名喜村教育委員会教育行政課 比嘉朗様、渡名喜村伝統的建造物群審議委員会 比嘉則雄様には、聞き取り調査のご協力を賜りました。また、本研究は、JSPS科研費JP17H03368（基盤研究(B)「歴史地区を対象とした伝統的減災手法の抽出と科学的検証」）の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 大窪健之：「歴史に学ぶ減災の知恵」、学芸出版社、2012.6
- 2) M.Takamatsu and T.Okubo, 「Survey Analysis of Wooded Areas Around Temples and Former Samurai Residences in Urban Areas」, Journal of Disaster Research No.6(1), pp.109-118, 2011
- 3) 鍵屋浩司、尾島俊雄：生産緑地を防災緑地として活用するための基礎的研究、日本建築学会計画系論文集、No.507、pp.41-46、1998
- 4) 樋本圭佑、田中哮義：都市火災の物理的延焼性状予測モデルの開発、日本建築学会環境系論文集第607号、pp.15-22、2006.9
- 5) 文化庁「伝統的建造物群保存地区」：重要伝統的建造物群保存地区一覧
- 6) 国土交通省：災害危険度の判定、<http://www.mlit.go.jp/crd/city/sigaiti/tobou/22gaisansanko.pdf>
- 7) 沖縄県渡名喜村教育委員会：渡名喜村渡名喜島歴史的景観保存計画書、2000.3
- 8) 高岡市：金屋町伝統的建造物群保存地区防災計画報告書、2017.3
- 9) 福嶋司：森林を利用した都市防災計画、森林科学-森林で地震災害を防げるか-、17巻、pp.2-7、1996.6
- 10) 岩崎哲也：樹木による防火効果について～これまでの検討成果から～、日本緑化工学会誌44(3)、pp.451-454、2019
- 11) 野島義照：樹木の火災延焼防止効果、森林科学-森林で地震災害を防げるか-、17巻、pp.8-12、1996.6
- 12) 岩河信文：都市における樹木の防火機能に関する研究、建築研究報告、No.105、1984.1
- 13) 自治省消防庁消防研究所：大震火災時における地域防災活動拠点の安全性確保に関する研究報告書、消防研究所研究資料、第44号、1999
- 14) 斉藤庸平、岩河信文：樹木の防火機能に関する研究-樹木による延焼遮断効果算定法-、造園雑誌、46巻（5）、pp.158-163、1983
- 15) （財）都市緑化技術開発機構 公園緑地防災技術協働研究会編：防災公園技術ハンドブック、p.70、2000
- 16) 高井広行、矢野公一、松井武史、坊池道昭、上村雄二：神戸市における地震火災の発生と延焼動態に関する研究、日本建築学会計画系論文集第508号、pp137-144、1998.6