屋敷林の防災機能に関する実証的研究

齊 藤 庸 平*
岩 河 信 文**
根 岸 茂***

Positive Study on Disaster Prevention Function of Preises Forest

Youhei SAITO
Nobufumi IWAKAWA
Shigeru NEGISHI

摘要：屋敷林は、防災を目的のひとつとして人為的に形成された樹林地と考えられている。本研究は、屋敷林の持つ防災機能を解明するために、茨城県つくば市に現存する屋敷林を対象に樹林調査と火災想定による効果計測を行なった。それらをもとに考察した結果、屋敷林は、防災機能が良く働くように合理的に樹木の選択、配置等がなされていること、延焼防止に効果があることを明らかにした。

1. 研究の目的

樹林の持つ物理的特性を利用して、生活環境の改善を図ることは、近年ますます重要視されている。このためには、計画的に樹林地を配置していくのに必要な裏付けとなる理論、技術の解明が要請されている。

本研究は、屋敷林に注目し、屋敷林を調査測定することを通じて樹林の防災機能を定性的、定量的に解明することを目的とした。屋敷林を研究対象として選んだ理由は、屋敷林が防災機能を目的のひとつとして人為的に形成され、それらの多くは災害等の苦い経験と災害を防止するための工夫を積み重ねてつくりあげられてきたものであり、防災の観点からするなら、屋敷林は、空間的にも物理的にも合理性を持った樹林のひとつと考えることができるからである。

本研究では、以上のことを視点に据え、具体的な屋敷林をモデルとして、屋敷林を構成する全ての樹木を調査し、防災機能、特に防火機能及び防風機能の観点からみた屋敷林の構造解明とその防火効果の定量的推定を行った。

屋敷林に関する最近の研究では勝野ら(1987)¹⁾は都市近郊の農業地域にある屋敷林に注目し、その集落内での分布と形態、代表的な屋敷林の具体的構造、樹種特性等を明らかにしており、また犬井(1982)²⁾は、現在もなお平地林が残存し、農用林野としての利用が存続している地域において、その利用の実態と平地林存続の要因を明らかにしている。しかし、屋敷林の構造と機能面、特に防災機能との関係を解明したものはほとんどなく³⁾、屋敷林の立体構造と防火、防風機能⁴⁾との関係は明らか

でない。

2. 研究の方法

1) 調査対象屋敷林の位置

調査対象とした屋敷林は、茨城県つくば市大字今鹿島(昭和62年11月1日改正・旧茨城県筑波郡豊里町皆畑第一)のT氏邸である。

調査対象屋敷林の周辺地区は、筑波研究学園都市の西(建設省土木研究所より西に約3km)に位置し、芝、ネギ、陸稲を主生産品目とする静かな農村地帯である。現在でも昔ながらの屋敷林が多く残存する地区である。

図-1 調査対象屋敷林位置

*千葉大学大学院自然科学研究科

**明治大学農学部農学科

***財団法人日本緑化センター緑化計画部

(図-1) また、T氏邸は、東西南北に各辺を持つほぼ正方形をした敷地で、東西南北方向全てに樹林を残している。東側で3.6m幅の道路をはさみ他の敷地と接している以外は、芝、陸稲の畑が広がる単独して立地する敷地である。(図-2) 当該屋敷林は以下に示す条件を考

図-2 調査対象屋敷林周辺状況図

慮してつくば地域に分布する屋敷林のなかから選んだ。

- ・各方位の樹林が残っていること。
- ・各方位の樹林の条件が出来るだけ均一であること。
- ・特に、風速等の測定上、阻害要因となる他の樹林、構造物が付近にないこと。
- ・測定器等の設置場所を確保できること。

2) 調査項目と方法

調査項目は大きくは次の2点である。

①筑波地方の屋敷林の機能に関するヒヤリング調査

②屋敷林の実態調査

筑波地方の屋敷林に関するヒヤリング調査は、筑波地方の屋敷林に関する言い伝えを地元教育委員会の専門家(筑波郡大穂町教育委員会(当時))から聞き取りを行い、特に防災機能に係わるものについて整理した。

写-1 調査対象屋敷林全景

屋敷林の実態調査では、当該屋敷林内の全ての樹木を対象に、各樹木の位置、樹種、本数、樹高、目通り直径、枝張、枝下高を調査した。このうち、各樹木の位置と枝張については、縮尺1/200の平面図に記入した。樹高、目通り直径、枝張、枝下高は樹高計とテープ(巻尺)により測定した。ただし樹高計の測定不可能な高木(12m以上)については目測とした。

3) 防火効果の推定の方法

当該屋敷林の防火効果の定量的把握は、火災実験等から求めた推計法を用いておこなった。

3. 結果と考察

1) 防災機能の視点からみた樹林の構造

(1) 筑波地方の屋敷林の防災機能の言い伝え

筑波地方の屋敷林は、主に①風よけ、②延焼防止、③建築材料、④家の格式を示すシンボルが目的であったと伝えられている。

これらのうち、防災機能に関する①と②の項目について更に詳述すると次のとおりである。筑波地方の農家にとって、いわゆる「筑波おろし」の北風の影響よりも、軽い土(ノガタ)が冬の西風に巻き上げられて起こる砂塵のほうが生活に与える影響が大きく、そのため敷地西側は砂塵防止のための竹林(モウソウチク)を植栽したと言われている。また、当時の農家はほとんどが草葺屋根であったがこの草葺屋根は強風に弱い。筑波地方において恐い強風は、夏から秋に襲ってくる台風の風(南風)であると言われ、そのために敷地南側には屋根付近の風を防ぐためにシラカシ等の樹高の高い樹木の植栽がなされたと言われている。調査対象地域の年間気象観測データ⁶⁾をみると、最大風速の風向が1月～3月及び11月～12月の冬～春が西、5月～10月の夏～秋が南に特化していることがわかる。(表-1)

表-1 調査対象地域の気象概況(1987年)

観測所	月	降水量 (mm)	気温 (℃)				風速 (m/s)			最多 風向
			平均	極		平均	最大			
				最大	最低		風速	風向		
下妻観測所	1	34	2.3	15.7	-7.4	1.8	9	NW	NW	
	2	36	3.9	23.8	-4.3	2.2	11	WNW	WNW	
	3	84	7.1	20.0	-4.5	2.1	12	WNW	WNW	
	4	26	12.5	28.2	-1.3	2.5	13	SSW	SE	
	5	61	17.9	28.0	6.7	2.6	13	S	SE	
	6	79	20.7	33.8	12.5	2.2	10	S	SE	
	7	135	25.2	36.1	17.4	1.9	10	S	SE	
	8	78	25.3	33.4	19.2	1.9	14	SSS	SE	
	9	230	21.6	33.3	13.8	1.8	11	S	N	
	10	131	16.9	27.2	9.0	1.5	11	S	N	
	11	52	9.8	21.4	-2.1	1.4	8	W	WN	
	12	51	4.3	18.5	-4.9	1.5	11	WNW	WN	
	年	997	14.0	35.1	-7.4	2.0	—	—	—	

(注) 観測所気象年報・気象庁参照

敷地北側や建物、特に土蔵の周囲には、隣接地に発生した火災の延焼を防止するためにモチノキを植えたと言われている。以上をまとめると次のとおりである。

- 敷地西側—砂塵防止—モウソウチク
- 敷地南側—屋根破損防止—樹高の高いシラカシ等
- 敷地北側及び建物周囲—延焼防止—モチノキ

(2) 方位別樹林の構造の解明

言い伝えによると、当地方の屋敷林は、各方角で対象とする災害とその対応の仕方がはっきりしている。そこで屋敷林の構造の考察についても各方位別に比較することを重点におこなった。

防災機能の観点に絞って屋敷林構造の調査結果を整理すると次のとおりである。

①全体の特徴

当該敷地は、全面積約2,160㎡で東西南北に向いた四角形をなしている。建物は母家が北寄り（東西軸ではほぼ中央）に配置されている。屋敷林は、約430本の樹木が東西南北の四方を囲む形態で配置されている。（図-3）屋敷林を構成する樹種は、全部で31種を数え、本数の最も多い樹木はヒノキで、ついでシラカシ、モチノキとなっている。

図-3 屋敷林の配置

②常緑樹、落葉樹、針葉樹の構成比

各方位別の樹林の耐火力をみるために、常緑樹、落葉樹、針葉樹の構成を示す。（表-2）

樹葉の発火実験の結果⁶⁾によると、発火限界温度で耐火力を評価すると常緑樹>針葉樹>落葉樹の順となっている。このうち、常緑樹のみが比較的耐火力が大きく、針葉樹と落葉樹の差はごく小さい。こうした点を念頭において各方位別の構成をみると、常緑樹の構成比では、北側が78.9%と最も高い比率を示しており、ついで東側も72.5%と高い比率で、耐火力の強い構成となっている。

一方、南側と東側は50%前後と低く、特に南側は50%を割っており北側や東側と比較して耐火力は弱い。

表-2 常緑樹、落葉樹、針葉樹別構成比 %

種別	北	西	南	東	全体	発火限界温度
常緑樹	78.9	54.0	43.8	72.5	61.3	455℃
落葉樹	3.5	0.0	3.3	10.8	4.6	407℃
針葉樹	17.5	46.0	52.9	16.7	34.0	408℃
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

③樹林の規模⁷⁾

各方位別の樹林を遮断壁としてみなした時規模をみるために、高さ、幅、奥行（厚さ）を求めた。（表-3）

樹林は東の出入り口にあたる部分を除き敷地周囲を覆っ

ている。図-2でも明らかとなっており、北側と西側の樹林奥行が9.7mと9.6m、南側と東側が5.3mと5.0mで差が見られる。

樹高について、枝張で加重した平均樹高をみると、西側が最も高く9.8mとなっている。北側が7.6mとついで高くなっている。南側と東側は4.7m、4.2mと少し低くなっている。加重平均樹高について方位別樹林の特徴をみると、奥行きと同様に北側と西側が高く、南側と東側が低いと区分される。全体的に樹林の規模をみると北側、西側が大きな規模を持つ樹林、南側、東側が比較して小さな樹林となっており、防災上の遮断効果は北側、西側と南側、東側では大きく異なることがわかる。

表-3 樹林の規模に関する諸元

樹林諸元	北側	西側	南側	東側
樹林幅 (m)	44.0	42.5	42.5	41.0
樹林奥行 (m)	9.7	9.6	5.3	5.0
加重平均樹高 (m)	7.6	9.8	4.7	4.2

④遮蔽性

樹林による遮断壁としての性能は、規模だけではきめられない。それは樹林は形状からみて100%の遮蔽が見込めず一部の輻射熱や風を透過する可能性があるからである。そこで樹林の遮蔽性をみるために、各方位別に、樹林密度、高さ階層別樹冠構成比、遮蔽率を求めた。

樹林密度は、樹林の投影面積に対する樹冠の重なり度合をみるもので、樹冠が重なり合っているほど樹林密度が高く、遮蔽性が高いと判断できる。樹林密度が最も高い樹林は北側であった。ついで南側が高く、西側は最も低いとの結果を得た。

高さ階層別樹冠構成比は、各樹木の樹冠の位置（樹高から枝下部まで）を求め、それを高さ別に本数を集計し、樹冠の分布状況を示すものである。北側の樹林の特徴は、最も高い位置まで樹冠が分布している点が特徴といえる。西側の特徴は各高さに平均して樹冠が分布している点にある。南側は5m以下の低い位置に樹冠が多く分布している。東側の分布の状況は北側と似ているが、北側程高くは分布していない。各方位でかなり異なる樹林構造を

表-4 樹林の遮蔽性に関する諸元

樹林諸元	北側	西側	南側	東側
樹林密度	2.641	1.078	2.270	1.920
樹木遮蔽率平均	0.603	0.474	0.504	0.569
樹林遮蔽率	0.913	0.500	0.796	0.802

図-4 高さ階層別樹冠本数

呈していることが把握できる。

遮蔽率は、樹木の枝葉等で遮蔽する部分と空隙の部分の比率を指標化したものであり、防火効果や防風効果を求める上で直接必要となるものである。樹木の空隙を直接実測することは極めて難しく、次の方法により推計した。図-5に示すように樹木1本の空隙は、枝下の部分、葉と葉の間の細かい隙間、樹冠の形状による隙間とに分けることができる。これらをそれぞれ求めて加えればよい。

葉と葉の間の細かい隙間と樹冠の形状による隙間は、筆者らが、実際の樹木で測定した結果があるのでその値を使用した。⁸⁾ 枝下部分の空隙は実測結果を用いて求めた。樹木の遮蔽率はこれに樹林密度を加味すれば求まる。樹林遮蔽率をみると、北側が高く0.91となっており、ついで東側、南側の順となっている。西側は最も低く0.50となっている。

図-5 樹林の遮蔽率算定法

⑤まとめ

北側の樹林の特徴として、耐火力の大きい常緑樹の種類構成比率が高く、しかも樹林規模が大きく、遮蔽率も高いことがあげられる。これは、防災機能、特に防火の観点からするなら極めて合理的な構造を持っているといえる。西側の樹林の特徴として、加重平均樹高が高く、奥行きも長く樹林規模が大きいこと、高さ別の樹冠の重なり状況が高さに係わりなく平均していること、必ずしも遮蔽率は高くはないこと、針葉樹の本数比率が多く耐火性は高くはないことがあげられる。筑波地方では、西側には一般的に砂塵を防ぐために竹林が植えられたと伝えられているが、ここでは植えられてない。しかし、大きな規模と低い遮蔽率は砂塵防止に対して有効とも考えられる。これは遮蔽率の高い密な樹林を配置すると風を巻き上げ防砂効果に必ずしも得策ではないとの既往研究報告⁹⁾もみられ、この説によれば合致する。しかし、防風効果の解明については今後の調査研究による検証が必要と思われる。

南側の樹林は、防災機能の観点からするなら特に特徴的な点はみいだせない。言い換えによると強風時に草葎屋根付近の風を拡散させる植栽をしたとつたえられるが特にその特徴はみいだせなかった。

東側の樹林の特徴は、ほぼ北側の樹林に近い特徴をもっている。本敷地は東側に道路を隔てて建物が隣接しており、延焼防止が大きな問題となると考えると、防火効果に対応した樹林と言えるが、規模が小さい。

2) 屋敷林の防火効果の定量的把握

1)で屋敷林実態調査に基づき屋敷林の防災機能と樹林構造について定性的に考察し、特に北側の樹林に防火効果のある構造を有していることを実証してきたが、ここではさらに屋敷林の実態調査とその考察結果を基に、各方位別の樹林の防火効果（延焼遮断効果）の定量的な考察をおこなった。

一般的に防火効果を定量的に把握するためには、実験的手法によることが求められるが、屋敷林について実験をすることは不可能であり、本研究では建設省総合技術開発プロジェクト都市防火対策手法の開発で提案している算定法（以下総プロ式）に基づき考察した。¹⁰⁾

当該屋敷林に最も近い東側の敷地の建物までの距離を測定したところ敷地境界より約11mであった。また、当屋敷林の母家の建物面積を計測すると約200㎡であった。これらを参考に屋敷林より11m離れた位置にある200㎡の木造建物から出火すると想定した。この火災に対しての各方位別の樹林の延焼遮断効果を算定した。（図－6）樹林がない場合の温度分布をみると火災面よりの距離20mでは360℃程度あり、30mで150℃となっている。これに対して最も効果が大きい樹林は北側で、20mの位置で150℃以下となっており、次いで西側が200℃弱、南側と東側は効果が少なく300℃を越えている。延焼を防ぐためには敷地内（距離で20m以上）の温度を200℃以下に下げておく必要があるので、延焼防止のためには北側程度の樹林が必要である。

4. まとめ

本研究では、屋敷林の防災機能を定性的（樹林の構造等）、定量的に明らかにした。

筑波地方の屋敷林は、言い伝えによるなら、各方位で比較的明確に機能区分して作られており防災の観点からするなら北側（防火）と西側（防風）が機能分担していた。まず、北側の樹林は、常緑樹の比率が高いこと、本数的には少ないが高木を配置していること、樹冠の重なり率が高く、そのため樹林の遮蔽率が極めて高くなっていること等が明らかになった。これは、防火機能を果たせるような合理的な構造を有しているといえ、定量的には一戸程度の火災規模では十分な延焼を防止する効果をもっていることが明らかになった。また西側の樹林は、針葉樹の比率が比較的高いこと、加重平均樹高が高いこと、樹冠がどの高さ階層でも平均していること、樹林密度が小さく、遮蔽率が低いこと等が明らかになった。防風機能を果たすには合理的な構造をもっているといえるが、同時に、防火機能についても遮蔽率の低さ等、構造的には合致しないが、一戸程度の火災規模には一定の効果があることが分かった。

また、今回の実態調査では屋敷林内外の風速について春、夏、秋、冬の4季節で計測したが、いずれも弱風（1m/s前後）の観測にとどまって、明確に屋敷林の防風効果を解明するデータは得られなかったが、敷地内外の各季節別の風速をみると敷地内は敷地外に比べ平均

図－6 一戸火災想定による樹林の防火効果

表－5 風速測定結果

項 目		春(87.5.8)	夏(85.8.6)	秋(87.9.22)	冬(87.2.13)	平 均
風速 m/s	屋敷内	0.16	0.09	0.11	0.13	0.12
	屋敷外	0.99	1.77	0.88	0.90	1.14
差 外－内		0.83	1.68	0.77	0.77	1.01

で約1m/s程度低くなっている。弱風下における効果は確認された。(表－5)

防災効果を解明するためには強風下での測定が必要となるが、強風時に即応できる観測体制の確立、強風に耐えうる実験装置の開発、実験の安全性の問題等、解決すべき問題があり現在までには測定は実現していない。

本研究では、一事例の屋敷林の防災機能を定性的、定量的に明らかにしたに過ぎず、歴史的過程を経て空間的にも物理的にも合理性をもっている可能性のある屋敷林の防災機能を解明するにはいったっていない。今後多くの事例で同様の研究を積み重ねていく必要があるが、その場合の課題として、先ず第一には、現代的要求(日照権問題、経済的問題等)で屋敷林の構造が変化しており(多くの場合、一部を伐採等して縮小化の方向にある。)、それらの屋敷林を対象に測定調査しても、本来の防災機能や構造解明は把握出来ないと考えられ、より多くの屋敷林に当たり測定データを蓄積していく必要がある。

同時に現場での測定では様々な阻害要因により理想的な測定環境が得られにくく、模型等で屋敷林を再現し火災や風に対する効果を実験的に検証していくことも必要と考えられる。解決すべき課題は多いが、これらの研究を推進していくことにより屋敷林に込められた先人たちが確立した防災機能に関する技術を抽出解析して、それを都市防災計画等に活かすことが可能となると考える。

最後に、本研究を推進するにあたり、快く調査に敷地を提供くださった屋敷林の持主であるT氏、実態調査に

協力いただいた明治大学の学生諸君らに深く感謝する次第である。なお、本研究は、明治大学科学技術研究所重点研究「樹木の防災機能に関する研究」の一環として実施したものである。

参考文献及び補註

- 1) 勝野武彦・葉山嘉一(1987): 都市近郊農業地域の屋敷林構造とその保全に関する研究, 造園雑誌50(5), 191～196
- 2) 犬井正(1982): 武蔵野台地北部における平地林の利用形態, 地理学評論55(8), 549～565
- 3) 屋敷林の立体的構造として方位別構成主要種樹高の区分については勝野・葉山(1987)の研究報告がある。
- 4) 屋敷林の立体構造と防風効果機能については、田中・山田及び筆者ら(1987): 屋敷林が微気象に与える影響について, 日本造園学会関東支部発表要旨5号に研究報告がある。
- 5) 気象庁(1987): 下妻気象観測所観測データ, 観測気象年報
- 6) 岩河信文(1982): 都市における樹木の防火効果に関する研究(学位論文)
- 7) ここでいう規模とは樹林を壁と見立てた時の幅、奥行、高さ等の大きさをいう。遮蔽壁としての性能はこの規模と遮蔽率で評価できる。
- 8) 空隙率は、常緑樹(0.056), 落葉樹(0.095), 針葉樹(0.051), 樹冠比(0.8375)を使用する。この数値の根拠等は筆者ら(1983): 樹木の防火機能に関する研究, 造園雑誌46(5), 158～163を参照のこと。
- 9) 高橋栄重(1974): 都市緑地の計画, 鹿島出版会
- 10) 総プロ式は、数多くの実大、室内の火災実験に基づき提案された実験式であり、現在、火災想定法として最も精度の高いもののひとつであるといえる。

Summary : The premises forest is considered as one of the forests which have been artificially created with the purpose of preventing disasters.

This study is to realize the wood survey, wind speed measurement and further a simulation on the premises forest which is situated in Tsukuba city, Ibaragi Prefecture in order to make clear the preventive functions against disasters involved in general, in the premises forest.

Based on the data obtained from this study, it was clarified that the premises forest should be so cleverly selected and scattered as to maintain wood work as well as yielding a certain fruitful result to prevent any eventual fire catch.