

どのような森林で 火が勢いよく燃えるのか？

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所
森林防災研究領域主任研究員

玉井 幸治

日本における林野火災発生状況

近年、米国西海岸、オーストラリア、南ヨーロッパなどでの大規模な林野火災発生の記事を毎年のように聞く。森林の焼損面積も世界では増加傾向にあると言われている。それに対し日本の林野火災発生件数と焼損面積は概ね減少傾向にある。例えば1977年には約5,200件、約5,500haであったのに対し、2023年には約1,300件、約840haであった⁽¹⁾。ところが2025年2、3月に150ha以上の林野を焼損した火災が5件（表1；No.21～25）も発生した。東日本大震災時には市街地で発生した火災が森林に延焼した事例が報告されているが、震災の起こった日に発生した三陸地方での3件（表1；No.7～9）を含めても2002～2024年の23年間では20件と、平均して年に1件以下の発生であった。2025年2、3月に発生した大規模な林野火災の件数は明らかに多かった。

2025年2月26日に大船渡市で発生した大規模林野火災の概要

一連の報道では「山林火災」という言葉が用いられることが多かったが、消防庁や林野庁では「林野火災」という言葉が用いられる。林野火災には“森林”だけでなく“原野”が燃える火災も含まれており、両庁で取り扱われる統計資料などには草地での被害も含まれている。森林での火災は、落葉落枝

No.	発生日	発生場所	焼損面積 (ha)	No.	発生日	発生場所	焼損面積 (ha)
1	2002年3月17日	宮城県丸森町	161	16	2017年5月8日	岩手県釜石市	413
2	2002年3月21日	長野県松本市	176	17	2018年2月20日	熊本県山都町	180
3	2002年4月5日	岐阜県岐阜市	250	18	2019年5月22日	北海道雄武町	215
4	2004年2月14日	広島県瀬戸田町	389	19	2021年2月21日	栃木県足利市	167
5	2006年1月29日	熊本県山都町	173	20	2023年5月4日	長野県諏訪市	166
6	2008年4月4日	岩手県釜石市	160	21	2025年2月19日	岩手県大船渡市	324
7	2011年3月11日	岩手県山田町	166	22	2025年2月26日	岩手県大船渡市	3,370
8	2011年3月11日	岩手県大槌町	534	23	2025年2月26日	山梨県大月市	150
9	2011年3月11日	宮城県気仙沼市	222	24	2025年3月23日	岡山県岡山市	486
10	2011年8月9日	香川県直島町	226	25	2025年3月23日	愛媛県今治市	482
11	2012年11月16日	東京都三宅村	156				
12	2013年2月24日	福岡県北九州市小倉南区	158				
13	2013年4月28日	長野県諏訪市	220				
14	2014年4月15日	群馬県桐生市	263				
15	2015年2月13日	山口県美祿市	151				

表1 日本において近年発生した焼損面積 150ha 以上の林野火災
消防白書 (<https://www.fdma.go.jp/publication/#whitepaper/>) より作成

などの林床可燃物のみが燃える「地表火」、幹が燃える「樹幹火」、生きた葉で構成される樹冠が燃える「樹冠火」、地中の泥炭などが燃える「地中火」に大別される。地中火は、例えば北海道北部など、日本ではごく限られた地域でしか発生していない。地中で根が燃える程度の火災は、地中火には含まれない。

表1の中で、No.22の事例での焼損面積は3,370haと他に比べて桁違いに大きい。この事例で焼損した森林の多くは私有林と市有林であった。またスギ林を中心とした人工林と落葉広葉樹林を中心とした非人工林の割合は、ほぼ同程度であった⁽²⁾。3,370haにまで延焼が拡大した過程は2つの段階に分けられ、それぞれの段階での燃え方には大きな違いがあった。消防庁による情報⁽³⁾も含めて、時系列的に紹介する。

2月26日13時2分に大船渡市赤崎町足合地内において火災発生が覚知されたが、その約2時間後の15時頃には焼損面積が約600haにまで拡大した。表1に示された火災のうち、焼損面積が3番目に大きいのがNo.24である。この岡山市での火災は3月23日に覚知されてから28日に鎮圧(鎮火は4月11日)されるまでの足かけ6日間で486haを焼損した。これを上回る約600haを焼損したNo.22における初期の約2時間が、延焼拡大過程の第1段階である。このような急速な延焼拡大となったのは、風が強かったためである。初期消火に当たった消防士からは、風に飛ばされてきたトタン材が道路沿いの電線に引っかかったとの発言を得ている。またアメダス大

船渡において13時30分に瞬間最大風速 18.1m s^{-1} が観測されている。この第1段階では、出火場所の東側に隣接する八ヶ森の南斜面で樹冠火が発生し、さらに東側の集落である綾里において飛び火によると思われる建物火災が発生した。樹冠火によって焼損した森林は（国研）森林研究・整備機構森林総研による解析では約50ha程度であり、スギ林、広葉樹林ともに3月18日において樹木の枯死は明らかであった。

2月26日以降の延焼速度は第1段階に比べると小さく、3月5日に観測された26.5mmの降雨をきっかけに延焼拡大は認められなくなった。その期間が延焼拡大の第2段階であり、焼損面積は約600haから約3,370haに拡大した。この段階での樹冠火の発生は極めて限られた面積であった。炎による幹の焦げ高は林分[※]によって様々であったが、10m程度の高さまで焦げている林分も多かった。しかしその場合でもほとんどの林分の樹冠は緑色であった。2025年10月下旬の段階で樹冠が緑色であったスギ林でも、これから枯死と判定されるスギ林は多くなるであろうと思われる。

林況と地表火の強さ

大船渡市などでの林野火災について、当研究所に多くの問い合わせをいただいた。その中で最も多かった問い合わせの一つは「どのような森林がよく燃えるのか？」であった。これには「どのような森林でよく火災が発生するのか（火災発生リスクが高いのか）？」と「どのような森林で火が勢いよく燃えるのか？」という2つの質問が含まれていると思われる。

樹冠が疎である森林ほど林内が明るく、林床可燃物が乾燥しやすい。そのため火災発生リスクが高い森林は「樹冠が疎である森林」というのが、前者の質問に対する答えである⁽⁴⁾。樹冠が疎である森林とは、例えば林齢が20年以下の人工林、伐採地、落葉期の落葉樹林、灌木で構成されている森林などが該当する。

火の勢いに最も強い影響を及ぼす因子は風速である⁽⁵⁾。風速の大きい時に生じる樹冠火では風速による影響が非常に大きい。それに比べて林況の違い

※ 林分：樹種、樹齢、密度、生育状態などにより周囲の森林と区別できる、まとまりをもった森林の単位

による影響は非常に小さく、ほとんど見出すことはできない。それに対し地表火時の風速は樹冠火時よりも小さいので、林況の違いによる影響を見出せる可能性を考える人は多いかもしれない。そこで地表火時における火の勢いを推定した報告⁽⁶⁾による後者の質問への答えを紹介する。

1 火線強度の定義と求め方

火の勢いは「火線強度」によって数値化される。地表火では写真1のように炎が連なった「火線」が形成される。火線強度は火線から放出される1mあたりの熱エネルギー量であり、単位は kW m^{-1} である。炎が高いほど火線強度の値は大きくなり、火が勢いよく燃えていることを示す。

火線強度は Rothermel モデルによって推定した延焼速度を Byram 式によって換算して推定される⁽⁶⁾。火線強度の計算に必要なパラメータは、以下の3グループに分類される。

グループ①：落ち葉の形状や含有物に起因するパラメータ（樹種によって異なる）

低位発熱量、密度、表面積一体積比、限界含水比、有効無機含有率、無機含有率



写真1 地表火（撮影：U.S. National Park Service）。写真の奥から手前に向けて延焼している

グループ②：落ち葉の堆積に関するパラメータ（林分によって異なる）

面積当たりに堆積している落ち葉の乾燥重量、堆積深

グループ③：気象や地形に起因するパラメータ

風速、傾斜、落ち葉の含水状態

2 仮想条件（無風、平坦地）下での火線強度

森林や草原から採取した落ち葉など可燃物のサンプルを用いて、表2のようにグループ①のパラメータを求めた。低位発熱量とは、可燃物が燃焼する時に放出される熱量から、可燃物の含有物に含まれている水を蒸発させる潜熱を差し引いた熱量のことである。低位発熱量に示される値が、燃焼している可燃物の隣で次に燃えることになる可燃物の燃焼を促進する熱量である。表面積一体積比は落ち葉の表面積を体積で割った値であり、大きい値ほど燃えやすいことを意味する。アカマツ、スギ、ヒノキは他に比べて低位発熱量が高く、表面積一体積比は小さい傾向にある。これら樹種の落ち葉が燃えた場合に火の勢いを増す効果は、広葉樹の落ち葉や草本と比べて、低位発熱量においては強くて表面積一体積比においては弱い傾向にあることが表2から読み取れる。このようにグループ①に属する6つのパラメータの燃えやすさに対する傾向は一様ではない。

次に、可燃物のサンプル採取時に測定したグループ②に属するパラメータを用いて、無風状態で平坦地であると仮想した条件下で地表火が発生した場合の火線強度を図1に示す。森林での火線強度を示す図1(a)で大きな火線強度が算出されたのは、可燃物質量が約 $2.0 \sim 3.0 \text{ kg m}^{-2}$ 、堆積深 $0.16 \sim$

	低位発熱量 (kJ kg^{-1})	密度 (kg m^{-3})	表面積一体積比 (cm^{-1})	限界含水比	有効無機含有率	無機含有率
落葉広葉樹 (28種)	18524	406.11	149.48	0.25	0.049	0.072
常緑広葉樹 (10種)	18789	438.52	74.94	0.20	0.040	0.062
アカマツ	19958	516.19	70.44	0.31	0.024	0.031
スギ	20963	411.38	60.51	0.32	0.046	0.060
ヒノキ	20467	321.40	32.79	0.28	0.032	0.043
ウラジロ	18252	678.50	187.63	0.31	0.034	0.075
コシダ	17892	713.40	170.97	0.32	0.013	0.087
ワラビ	17150	450.07	187.92	0.29	0.012	0.100

表2 落ち葉サンプルから同定されたグループ①のパラメータ⁽⁶⁾

0.20cm の範囲にて $600 \sim 900 \text{ kW m}^{-1}$ の火線強度を算出された 2 つのスギ林である。これらスギ林では枝打ちされた枝が林床に残置された状態であり、可燃物量が多くて堆積深が深かったため、大きな火線強度となった。次いで大きな火線強度となったのは可燃物質量が約 $1.5 \sim 2.0 \text{ kg m}^{-2}$ の範囲にあるアカマツ林と落葉広葉樹林で、火線強度は約 200 kW m^{-1} であった。同じアカマツ林と落葉広葉樹林でも、可燃物質量が 1.0 kg m^{-2} 以下であれば火線強度は 100 kW m^{-1} 以下と小さかった。また可燃物質量が約 2.0 kg m^{-2} 程度であっても、スギ林、ヒノキ林での火線強度は 100 kW m^{-1} 以下と小さかった。図 1(a) から得られる結論は、以下のとおりである。

無風状態で平坦地という仮想条件下であれば、

- ・可燃物質量の多い森林ほど火線強度が大きくなる傾向がある。
- ・樹種間での違いが認められる場合もあった。

図 1(b) は、仮想条件下における草原での火線強度を示す。3 つの軸とも

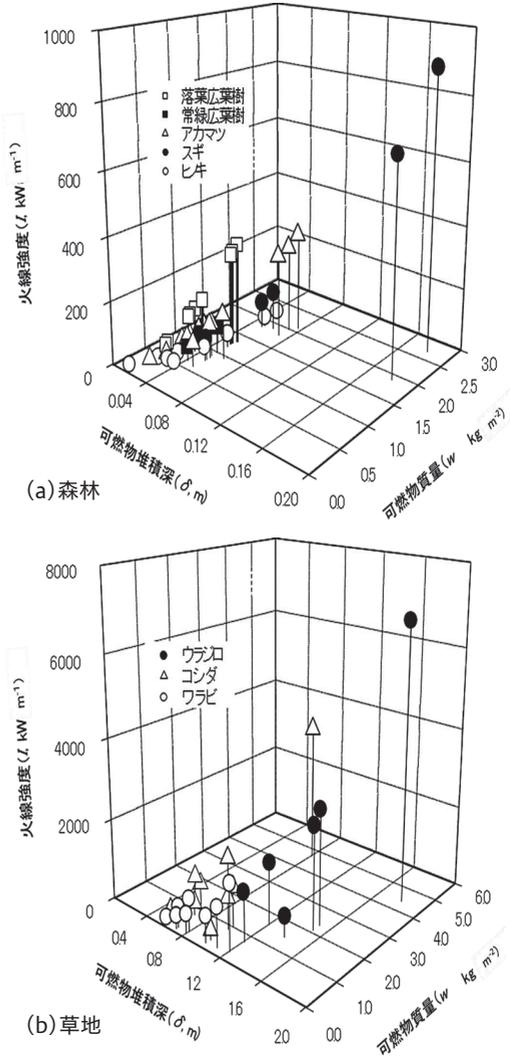


図 1 可燃物質量、可燃物堆積深と火線強度の関係⁽⁶⁾
(a) 森林、(b) 草地

最大値が図 1(a) に比べて大きい。草原での可燃物は森林に比べて量が多くて堆積深も大きいため、推定される火線強度は森林よりも草原の方で大きい傾向となった。

3 可燃物の管理について

可燃物の量が多い森林ほど火線強度が大きくなる傾向があるならば、対策として可燃物を減らすことが想定されよう。米国西海岸では可燃物を減らすために、厳重な管理下にて予防的に地表火を発生させている。しかし可燃物は樹木の成長に必要な栄養源でもある。過剰に可燃物を減らした場合には、樹木が十分に成長しなくなり、樹冠が疎で林野火災発生リスクの高い森林が増える可能性がある。また可燃物が過剰に少なくて、林床が裸地のようにになると土壌侵食が活発となり、水源涵養機能が損なわれる可能性もある⁽⁷⁾。米国西海岸と違い、日本は温暖湿潤な気象環境にある。そのため日本での森林は概ね、樹冠が密な状態にまで成長し、火災発生リスクは十分に低下する。一方で地表火の延焼速度を介して火線強度に及ぼす可燃物の量による影響は、風による影響に比べて数十分の 1 程度である⁽⁵⁾。樹冠が閉鎖したようなスギ林で樹冠火が発生するのは強い風が吹いている時に限られる。可燃物量の減少が樹冠火の拡大抑制に及ぼす影響は微々たるものであろう。

可燃物の量を減らす試みにおいては、メリットとデメリットの比較に基づいて、適切な量を慎重に判断する必要がある。

4 実際の林野火災における火線強度

実際に発生した 4 件の林野火災を対象に、5 つの事例で火線強度を推定した。平均傾斜は焼損した森林における値を、平均風速は焼損した森林の周辺での観測値を、それぞれ用いた (表 3)。可燃物の質量と堆積深は焼損した森林の周辺で燃えなかった森林にて調べた。

事例 1～4 に示されている火線強度の最小値と最大値の範囲はお互い重なっており、林況による明瞭な違いは認められない。実際に発生した林野火災では事例間で傾斜や風速が異なる。その違いによる影響が、可燃物の特性や堆積状態による影響を上回ったと考えられる。それに対し事例 5 のみ約 $8,000 \sim 22,000 \text{ kW m}^{-1}$ と火線強度が桁違いに大きい。その原因はコシダの

No.	発生場所	発生日	調査対象林分	平均傾斜 (°)	平均風速 (m s ⁻¹)	可燃物質量 (kg m ⁻²)	可燃物 堆積深 (m)	算出された火線強度 (kW m ⁻¹) 最小-最大 (平均)
1	京都市 山科区	1994/8/11	アカマツ林、 常緑・落葉広葉樹林	13	1.1	0.20 - 0.68	0.02 - 0.03	68 - 279 (178)
2	茨城県 筑波山	1986/3/9	スギ林	30	0.3	0.08 - 0.24	0.03 - 0.10	41 - 413 (204)
3	茨城県 日立市	1991/3/7	アカマツと落葉広葉樹の 林	0	1.1	0.33 - 0.78	0.03 - 0.07	139 - 830 (409)
4	岡山県 玉野市	1994/8/11	アカマツと落葉広葉樹の 林	5	3.4	0.83 - 1.07	0.02 - 0.03	313 - 731 (592)
5			アカマツ林、 下層植生にコシダ			0.32 - 0.70	0.50 - 0.60	8,670 - 22,204 (14,668)

表3 実際の林野火災を対象に推定した火線強度⁽⁶⁾

繁茂によると考えられる。事例5での可燃物質量は他の事例と大差がないのに対し、可燃物の堆積深は0.50～0.60mと他の0.10m以下に比べて大きい。質量に大差がないにもかかわらず堆積深が大きいことから、堆積している可燃物層に隙間が多くて通気性が良いために、勢いよく燃えることができたためと考えられる。

以上のことから「どのような森林で火が勢いよく燃えるのか？」という質問に対する答えは、以下ようになる。

- ・火が勢いよく燃える現象においては、風や斜面の角度による影響が大きく、林況による影響を明確に見出すことはできない。
- ・林床にコシダなどが繁茂している場合には、可燃物層に隙間が多くて通気性が良いため、火線強度が桁違いに大きくなると推定された場合があった。

[引用文献]

- (1) 農林水産省林野庁, 2025. 令和6年度森林及び林業も動向. <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r6hakusyo/attach/pdf/zenbun-54.pdf>
- (2) 農林水産省林野庁, 2025. 大船渡市林野火災の被災地における森林の概況. https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-167/01/shiryou4.pdf
- (3) 総務省消防庁, 2025. 大船渡市林野火災の概要. https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-167/01/shiryou2.pdf
- (4) 玉井幸治・後藤義明, 2017. 植栽木の葉量増加に伴う林野火災発生危険度の変化予測. 関東森林研究, 68(2), 153-156.
- (5) 玉井幸治, 2022. 落葉樹林における森林火災危険度の特徴. 山林, 1655, 66-74.
- (6) 後藤義明ほか, 2005. 日本で発生する山火事の強度の検討. 日本森林学会誌, 87-3, 193-201.
- (7) 恩田裕一, 2008. 人工林荒廃と水・土砂流出の実態. 岩波書店, pp245.