

栃木県足利市における2021年西宮林野火災の被災状況と延焼形態に関する調査報告

峠嘉哉¹・Ke SHI¹・Qin HUANG¹・Chenling SUN¹

Survey on the Damaged Condition and Expansion Process in the Nishinomiya Wildfire in 2021

Yoshiya TOUGE¹, Ke SHI¹, Qin HUANG¹ and Chenling SUN¹

Abstract

The 2021 Nishinomiya wildfire was one of the largest cases in Japan, which occurred from 21 Feb. 2021 with 167 ha as a burnt area. There are two features in this event. The first was dried condition with a strong local wind. When the local wind, Akagi Oroshi, hit the area on 23 and 24 Feb., the fire spread drastically. The second was that a large-scale fire broke out near the residential area, which significantly impacted the surrounding area.

In the fire severity survey, the stem bark char heights were measured at 113 points in the area. The severity in the trees was mainly low, indicating that even in this large-scale case, under dry and windy conditions, the form of fire spread was surface fire, with limited trunk fire and no crown fire in this event, where the dominant combustibles were on forest floor.

キーワード：乾燥害，大規模林野火災，地表火，局地風，樹幹火傷

Key words: dryness hazard, large wildfire, surface fire, local wind, stem bark char

1. はじめに

近年，世界の各地で大規模な林野火災が生じ (Boer et al., 2020; Keeley and Syphard, 2021; Maranghides et al., 2021)，科学的・社会的に大きな関心事となっている (Etzion et al., 2019; Martin, 2019)。火災の発生・延焼過程の双方は乾燥・強風条件で強化されるため，自然災害としての現象解明や気候変動の影響評価は喫緊の研究課題となっている (Liu et al., 2010; Tang et al., 2021; Westerling

and Bryant, 2008; 峠ら, 2019)。その一方で，人間活動が出火原因となる場合が多く，焼損面積には消防力の効果も大きいなど，大規模林野火災の発生にかかる環境要因は多様である (Paveglio et al., 2016; Williams et al., 2019; 林野庁)。そのため，大規模化の要因の理解には気象・地形・可燃物等の自然条件や消防活動等の人的影響について，個々の火災事例を対象とした調査記録の蓄積が重要である。

¹ 東北大学大学院工学研究科
School of Engineering, Tohoku University

本稿に対する討議は2023年2月末日まで受け付ける。

一般に、日本を含む湿潤域での林野火災は、米国加州や豪州のような乾燥域での事例と比較して小規模であるが、その中でも大規模な事例が生じた際には甚大な被害が多く報告される (Jang et al., 2019; Zhang et al., 2021)。日本国内でも大規模事例が生じている (近藤, 1983; 鈴木ら, 2009; 金子ら, 2018; 峠ら, 2018)。ここで、林野火災における延焼形態の種類は、林床が燃焼する地表火、木の幹が燃焼する樹幹火、木の枝葉が燃える樹冠火に分類される (津田, 2011; 下村ら, 2015; Xu et al. 2021)。日本では地表火が多く、樹木自体が燃焼し延焼する樹冠火等も生じにくいことが知られている (後藤ら, 2005)。しかし、筆者らは大規模火災事例として2017年に東北地方で林野火災が同時多発した事例について報告しており、その際には焼損度が高く樹冠火が生じた領域が見られた (峠ら, 2018)。樹冠火が生じる場合には大規模化しやすいこと等から、特に大規模事例ではその延焼形態の記録が重要である。樹冠火が生じる条件についての研究にも繋がる (Wagner, 1977; 後藤ら, 2005)。米国等では焼損度の調査記録の実施例も多いが、日本の消防による火災調査では焼損度や延焼形態が記録されないことから (防災行政研究会, 2018)、日本における調査事例は限られている。

2021年2月21日に栃木県足利市で発生した西宮林野火災事例は、焼損面積167 haを記録する大規模火災であり (足利市), 1995年以降では栃木県で過去最大となった (消防庁, 1995-2017)。全焼1件と広葉樹林が広く焼損したことに加え、居住地近くで大規模化したため305世帯610人に避難勧告が出され、北関東高速道路が通行止めになるなど周辺領域にも大きな影響が生じた。消火活動は地上・空中の双方によって行われ、3月1日に鎮圧宣言、3月15日に鎮火宣言が出された。本領域は冬季の降水量が元々少ない地域に当たり、更に赤城おろしと呼ばれる局地風が吹く場合にはフェーン現象により乾燥・強風状態となる。本事例では出火日から2月22日までは出火地点周辺の数 ha 程度に延焼を抑えていたものの、2月23日から24日にかけて延焼が大規模に拡大した。この

両日には北西方向から赤城おろしが生じたが、延焼は主に風上側の北から西に向かった。焼損度の広域調査から考察される地表火・樹幹火・樹冠火という延焼形態の記録や、それに基づいた延焼に寄与した可燃物についての考察は、地形・風速・可燃物によって複雑に生じる延焼過程の理解の一助にもなると期待される。

そこで本論の目的は、日本の大規模林野火災事例である本事例を対象として、(1) 災害記録として延焼の拡大や消火活動の過程を聞き取りし記録する事、(2) 焼損度調査から延焼形態を定量的に記録する事である。

2. 焼損領域と気象条件の概況

2.1 焼損領域の概要

足利市は関東平野の北端に位置し、北部に足尾山地、南部に渡良瀬川が貫流する平野部が広がる。冬季は季節風の下流側となり少雨・乾燥傾向が強くなり、加えて、赤城山がある北西方向から赤城おろしと呼ばれる局地風が生じる。フェーン現象によって高温乾燥した強風となるため、赤城おろしは火災の要因として地元消防でも注意されてきた。

消防庁の火災報告によると、栃木県で生じる林野火災は平均して年間約70件、総面積は年間約22 haである (消防庁, 1995-2017)。よって今回の焼損面積167 haは異例の規模と分かる。過去の大規模火災として、2014年に群馬県桐生市との県境で近隣の仙人ヶ岳で焼損面積263 ha (桐生市側191 ha, 足利市側72 ha) の林野火災が生じている (4月15日に発生、5月2日に鎮火) (桐生市)。この事例では鎮圧宣言後に残火から再度火災が発生した経緯があったため、西宮林野火災でも鎮圧宣言後の残火の確認を慎重に判断することに繋がった。

火災鎮火後に栃木県環境森林部森林整備課によって実施された調査により焼損面積は167 haと報告された (足利市)。図1に西宮林野火災の焼損域を大まかに示す (消防庁資料から作成)。出火地点は紫山周辺のベンチ付近と考えられており、標高259 mの天狗山、標高251 mの両崖山の尾根沿いに延焼が進んでいる。領域内の地形は急峻で、

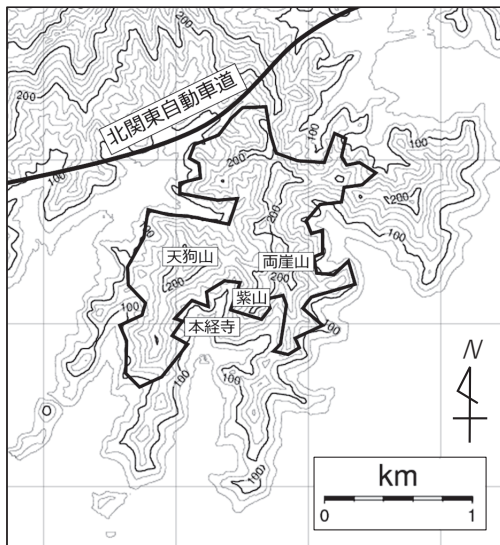


図1 焼損領域(国土数値情報と消防庁資料から作成)

特に尾根の側面は急勾配な斜面であり、一部の斜面では平野部の居住家が斜面直下に迫っている。焼損領域内はほとんどが天然の広葉樹で、焼損域の北東部や両崖山山頂付近の一部でヒノキ等の針葉樹が見られる。焼損した人工物は全焼した御岳神社(両崖山山頂付近)とベンチの一部のみである。

天狗山と両崖山の尾根上にはハイキングコースが整備されている。特に春季・秋季は多くのハイカーで賑わう。火災後に実施した地元住民への開

取りでも、出火した2月21日は気温が高かったためハイカーが多かったとの情報が多数あった。

2.2 気象条件

足利市が位置する関東平野の北部は、2,000 m を超える越後山地と関東山地がそれぞれ北西方向と南西方向に位置するため、冬季の降水量が少ない領域である。12月から2月における AMeDAS 足利観測所の降水量平年値は97.8 mm である。更に2021年では、同期間中の降水量が63.5 mm と平年より3割程少なかった。図2は2021年の冬季降水量とその平年差で、上記期間の AMeDAS 降水量観測値を逆距離加重法で内挿したものである。2021年に平年より乾燥した領域は太平洋側に広く分布しており、その中で期間中の総降水量が100 mm を下回る領域は東北南部の太平洋側から北関東にかけて広がっている。これらの領域では、長期間の少雨により土壤等に貯留された水分量が少ない状態だったと考えられる。

加えて、2月は高気圧に覆われ平均気温・日照時間ともに高い傾向となった。2月の桐生観測所では、平均気温6.1℃(平年値4.3℃)、日照時間231.2時間(平年値210.4時間)で、例年と比べて地表が乾燥化しやすい状態だったと考えられる。特に日照時間は栃木県内の複数の観測所で2月の記録を更新した(宇都宮地方気象台)。

なお今回は、気温・日照時間は2月のみについ

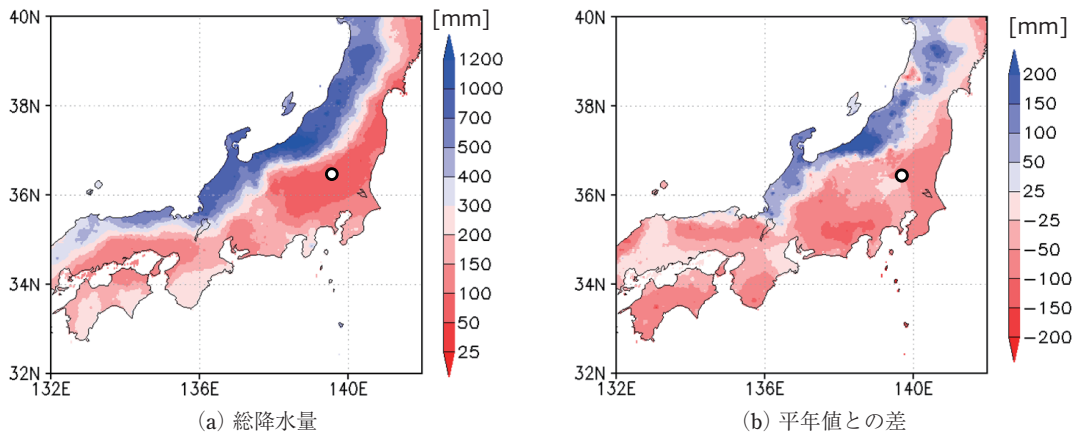


図2 冬季総降水量(2020年12月~2021年2月, 図中丸印が足利市, 気象庁 AMeDAS から作成)

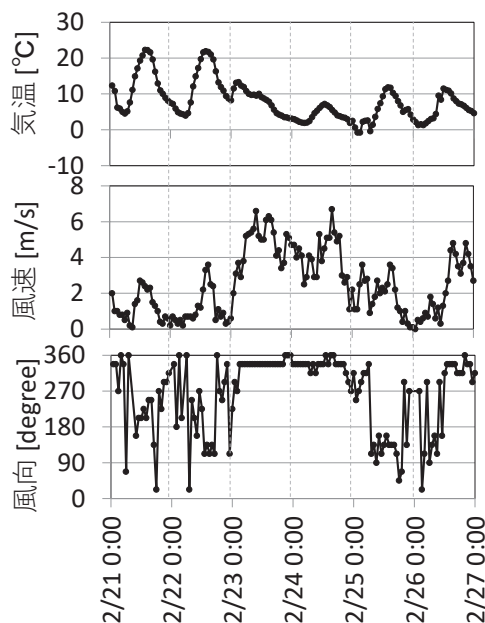


図3 AMeDAS 桐生観測所における気温と風向風速（風向は南を180°とした時計回りの角度）

て評価し、降水量は冬季の総量で12月から2月までの3ヶ月について評価した。その理由は、気温や放射量に比べて土壌等の地表に蓄積された水分量はより長期の降水量の多寡の影響を受けると考えたためである。

次に、出火した2021年2月21日から26日までの気温と風向風速の変化を図3に示す。AMeDAS 足利観測所では観測項目が降水量のみのため、図3は近隣の桐生観測所における観測値である。同観測所における2月の平年値では、日最高気温と日平均気温が9.9℃と4.3℃であるのに対し、21日と22日は20℃を超える高温となった。風速は22日までは高くなかったが、23日早朝から24日にかけて北北西の風が強くなった。同日の23日より焼損範囲が急速に拡大したことが足利市消防本部への聞き取りでも示された。25日から26日にかけても昼頃には4.0 m/sに近い強風が観測された。

図4は出火日から26日における相対湿度と風向風速のAMeDAS観測値の分布である。相対湿度は観測点から逆距離加重法で内挿し、風向風速は観測点上で表示した。図から分かる通り、25日頃

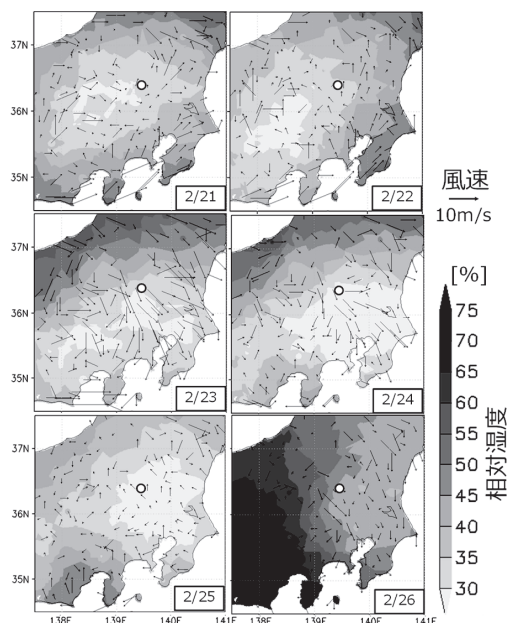


図4 各日12時における相対湿度と風向風速（図中丸印が足利市、気象庁AMeDASから作成）

までは北関東を含めた広い領域で相対湿度が40%を下回り、特に赤城おろしが生じた23～24日は北西の風が北関東全体で強く、風下側で相対湿度が低いことからフェーン現象が生じていたことが分かる。

当時の警報等については、2月16日から3月1日まで乾燥注意報、2月23日と27日に強風注意報が発令されていた。また、足利市における火災気象通報は、①実効湿度55%以下で最低相対湿度25%以下、②実効湿度60%以下で最低相対湿度30%以下で最大風速10 m/s以上、③風速12 m/s以上が一時間以上継続、このいずれかの基準を満たす場合に発令され、出火日から鎮火宣言までの期間では、2月22～28日、3月2～3日、3月6～7日、3月10～15日に発令されている。

3. 延焼過程と消火活動の過程

本節では、足利市消防本部での聞き取りと各種の発表資料から延焼過程と消火活動の経緯を示す。図5に消防によって推定されている延焼範囲のおおよその変化を示し（消防庁資料から作成）、ま



図5 焼損領域と延焼過程 (国土数値情報と消防庁資料から作成)

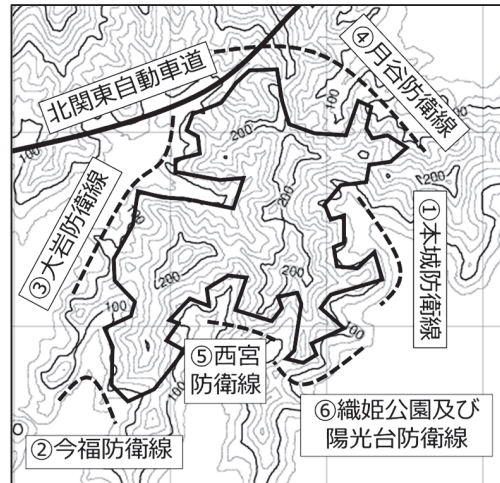


図6 地上消火における防衛線

た表1には、足利市から報告された被害状況と経過から、延焼や消火活動の経緯を示す(足利市)。

2月21日に覚知された当日には、防災ヘリが空中散水2回と偵察を行った。延焼は北・西・東方向に進んだ。22日までの消火活動で既に火災をほぼ抑えていた。しかし、23日から24日に急激に延焼し、天狗山・両崖山を含めた広域に及んだ。そこで図6のように5つの防衛線を張った消火活動が行われた。月谷防衛線は約6m幅の道路沿いで、

消火栓等の取水源が少ない北側の森林領域への延焼が防がれた。他の防衛線は全て居住地への延焼を食い止めるための防衛線である。

地上消火では総計で約4,000tが散水された。水源は主に消火栓からの上水道であった。焼損域の周辺では消火栓での水道水圧が十分に高く、ほとんどの領域で十分な水量を確保できたが、大岩防衛線周辺の五十部町と大岩町では23日頃から水不足が生じ、25日には一部に断水が生じたため、応急給水の必要が生じると共に、大型水槽を用いて消火用水を供給した。消火栓からはポンプ車や高圧ポンプで山上まで給水し、山上に設置した簡易

表1 被害・消火の経緯(足利市HPや聞き取り調査を基に作成)

	焼損面積 [ha]	避難勧告 世帯数(人数)	地上部隊 [名]	防災ヘリ 散水量 [ℓ]	自衛隊ヘリ 散水量 [ℓ]	備考
2月21日	8.0		不明	1,000		15時覚知
2月22日	10.0		96	22,750	205,000	災害本部設置
2月23日	10.0	72 (144)	181	偵察	215,000	強風のため空中消火が難航
2月24日	76.5	177 (354)	420	37,460	370,000	御岳神社全焼, 北関東自動車道の通行止め
2月25日	100.0	207 (414)	213	62,700	325,000	災害救助法適用, 緊急消防援助隊の派遣決定 五十部町の一部断水, 健康被害調査を実施
2月26日	106.0	305 (610)	184	47,650	265,000	
2月27日	106.0	305 (610)	185	59,050	375,000	
2月28日	106.0	305 (610)	205	73,000	220,000	
3月1日		全て解除	213	4,300	125,000	鎮圧宣言, 通行止め解除
3月2日			95	偵察・待機	待機	
3月3日			50	偵察・待機	待機	緊急消防援助隊の引き上げ決定 自衛隊ヘリ, 他県防災ヘリ撤収

水槽から水嚢に分配して消火活動を行った。鎮圧・鎮火作業全体を通して消火活動に当たった総人員は延べ2,013人で、消防本部1,003人、消防団員331人、市外からの応援消防本部が約700人であった。各防衛線まで人員を運ぶ手段が少なく、普通車等も用いられた。

空中消火は、防災ヘリが出火日の21日から活動し、22日からは自衛隊ヘリも到着して消火に当たった。防災ヘリは渡良瀬川から取水し、自衛隊ヘリは松田川ダムと桐生川ダムから取水した。空中消火は計1,025回実施され、2,000 t以上の水が散水された。23日と24日は強風のため空中消火や偵察ができなかった。

周辺の住民には延焼拡大に伴って避難勧告が出され、最終的には305世帯610人に発令された。周辺住民への影響は延焼だけでなく、火災に伴う煙が町全体に広がっていたため、健康被害調査も実施された。また、図1のように北関東自動車道が焼損域に近く、2月24日から3月1日まで通行止めとなった。

特に地上消火は昼夜通して行われたため、林野火災が拡大するにつれて人員や機材が不足したことから、23日には特殊災害消防相互応援協定に基づき、近隣（館林市、伊勢崎市、桐生市、太田市、佐野市）に応援要請を行った。また、消防庁からも緊急消防援助隊の派遣が25日に決定した。

4. 被災状況と焼損度調査

4.1 被災状況

筆者らは鎮火宣言後の3月17日から3月20日まで焼損域内の現地調査を実施した。

写真1は、鎮火宣言直後の天狗山の南側尾根上の山道である。両側面は表面が燃焼し、炭以外に落葉も下草も視認できなかったが、元々落葉が無かった山道上には炭も見られなかった。樹木は下部の1 m程度が一部焼損しているものの上層には焦げ跡が見られず葉が付いている場合も見られた。写真2は、紫山周辺の広葉樹領域であるが、同様に表層が焼損しているのに対し、樹木の焦げ跡は高さ1 m以上にほぼ見られていない。このように、焼損領域では表層の落葉や下草の多くが



写真1 天狗山の南側尾根上の山道（2021年3月17日撮影）



写真2 紫山周辺の広葉樹領域内（2021年3月20日撮影）

焼損していた一方で、一定の高さ以上には焼損跡がほとんど見られなかった。写真3は焼損したヒノキであるが、幹の周囲を囲むように焼損しており、幹の表面の可燃性が高かったことが推察できる。焦げ跡が写真3で示された以上の高さまで達しているヒノキもあったが、葉層まで達しているものは見られなかった。写真4は出火地点と考えられている領域周辺である。出火原因はタバコと考えられており、写真に見られるように周辺の落葉を燃焼させながら延焼したと考えられる。

今回の焼損領域はほとんどが広葉樹であり、写真に示されるように、焼損度が一様に低かった。そのため2021年7月現在では、特に樹木の枯死等も問題視されていない。焼損領域のほとんどが民有林であることもあり、現状では焼損領域の伐採・植林等は計画されておらず、住民からの要望もないとのことである。



写真3 紫山周辺のヒノキ (2021年3月20日撮影)



写真4 紫山の出火地点と考えられる地点周辺 (2021年3月20日撮影)

4. 2 樹幹火傷観測

筆者らは、火災当時の燃焼の状況を定量的に記録するため樹幹火傷の記録を領域内113地点で実施した。林床の燃焼の強さや樹木自体の燃焼の有無を大まかに記録できる (Alexander and Cruz, 2012; Regelbrugge and Smith, 1994)。例えば写真2に見られる樹幹火傷を例にすると、林床の燃焼(地表火)の強さによってのみ火傷の高さが決定され、木の幹が燃焼する樹幹火はほぼ生じず、地表火によって生じた高熱を幹の下部が受けたのみと考えられる。木の枝葉まで燃焼が達した樹冠火は見られなかった。

測定項目を図7に示す。図中 h_1 は葉層の焼損

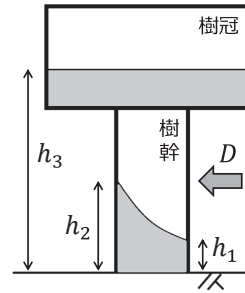


図7 樹幹火傷の観測項目 (図中 h_1 , h_2 は樹幹火傷高さで h_1 が低い方, h_3 は樹冠火傷高さ, D は樹幹火傷が高い側の方角)

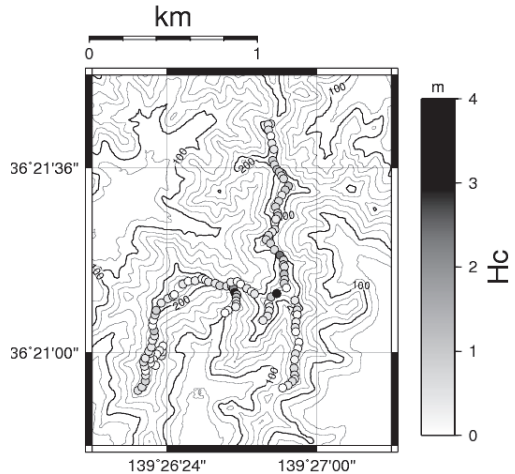


図8 樹幹火傷高さの観測結果

高さ, h_2 と h_3 は幹の焼損高さ, 矢印 D は樹幹火傷の方向を示す。しかし、樹木自体の可燃性が低い広葉樹では特に D の火傷方向が明瞭ではなく、加えて葉層はほぼ焼損していなかったため、 h_2 と h_3 の平均 h_c から樹幹火傷の高さのみを図8に示す。

113点の測定地点のうち焼損があったのは107点(広葉樹76点, 針葉樹31点)であり、その中で91%にあたる97点で h_c が1m未満であった。3節や図5で示したように、領域によって焼損時の延焼速度や風速条件等は異なっていたと考えられるものの、樹幹火傷の高さは図8に示されるように、どの領域でも低かった。 h_c の最高値は4.4mで、両崖山山頂付近のヒノキの領域であった。写真3に示した通り当該領域では他の領域よりも焼損が強かったものの、図8からも樹幹自体が燃焼し延

焼が進んだ領域は限定的だったと考えられる。よって、本事例の延焼はどの領域でも地表火が支配的で、樹幹火の領域は限定的、樹冠火の領域は無かったことが示され、林床可燃物の燃焼が大規模な延焼に寄与したことが示された。これは消防や住民等の様々な聞き取りの結果とも整合する。

5. まとめ

本論では、我が国における極端火災事例と考えられる足利市の西宮林野火災を対象に、その被災状況や気象概況、延焼形態や消火活動について、樹幹火傷調査や聞き取り調査の結果を踏まえて報告した。

西宮林野火災の主な特徴は2点と考えられる。1点目は、冬季の降水量、気温、日照時間を踏まえ、他地域より冬季の乾燥度が強い領域で、例年より更に乾燥度が強かった点である。2月23～24日に局地風の赤城おろしが生じた際には、乾燥・強風条件下となり火災の大規模化の要因となった。そして2点目は、日本では稀な100 haを超える規模の大規模火災が居住地の近くで生じたことである。そのため避難勧告や通行止めに至る事態となり周辺への影響が大きかった。

大規模林野火災の消火活動には人員・機材・消火用水の必要性が明白であることから、林野火災が大規模化しやすい地域の事前想定なども今後必要と考えられる。その意味では、当該領域は全国的に冬季の降水量が少なく局地風も生じやすいこと、2014年にも群馬県との県境で大規模林野火災が生じていること、林野火災が生じやすい春季にハイキングコースとしての利用者が多いことなどから、今後も林野火災のリスクが高い地域であると考えられる。引き続きの注意喚起が必要である。

焼損跡の調査では、樹木に残った樹幹火傷の調査を113地点で実施した。焼損があった107点の中で91%にあたる97点で樹幹火傷の高さが1 m未満であった。焼損時の延焼速度や風速条件等は異なっただと考えられるが、どの領域でも焼損度が低かったことが定量的に示された。本事例は乾燥・強風条件下で生じた大規模林野火災事例であるが、その延焼は主に地表火によって生じ、樹幹火は限

定的で樹冠火は生じていなかったこと示された。そのため延焼に寄与した可燃物は林床可燃物と推察された。

赤城おろしが生じた23～24日には、近隣のAMeDAS観測所で強い北西風が観測されたにも関わらず、延焼方向は北から西向きだった点については、本論の対象外ではあるが今後の検討が必要である。菅沼ら(2004)や小泉・竹淵(2006)が指摘するように延焼過程は風速と地形の双方によって複雑に変化する。本論で示された延焼形態についての知見や、急峻な本領域の地形条件等を基に、今後の検討が必要な点である。

謝辞

本研究は科学研究費補助金(20H02248, 代表：峠嘉哉)の支援により実施された。また聞き取り調査を進めるにあたり、足利市消防本部に協力頂いた。ここに謝意を示す。

参考文献

- Alexander, M. E., Cruz, M. G.: Interdependencies between flame length and fireline intensity in predicting crown fire initiation and crown scorch height. *Int. J. Wildl. Fire* 21, 95, 2012.
- Boer, M. M., Resco de Dios, V., Bradstock, R. A.: Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nat. Clim. Chang.* 10, 171-172, 2020.
- Etzion, D., Kypraios, E., Forgues, B.: Employing Finance in Pursuit of the Sustainable Development Goals, The Promise and Perils of Catastrophe Bonds. *Acad. Manag. Discov.* 5, 530-554, 2019.
- Jang, E., Kang, Y., Im, J., Lee, D.-W., Yoon, J., Kim, S.-K.: Detection and Monitoring of Forest Fires Using Himawari-8 Geostationary Satellite Data in South Korea. *Remote Sens.* 11, 271, 2019.
- Keeley, J. E., Syphard, A. D.: Large California wildfires, 2020 fires in historical context. *Fire Ecol.* 17, 22, 2021.
- Liu, Y., Stanturf, J., Goodrick, S.: Trends in global wildfire potential in a changing climate. *For. Ecol. Manage.* 259, 685-697, 2010.
- Maranghides, A., Link, E., Mell, W., Hawks, S., Wilson, M., Brewer, W., Brown, C., Vihnanek, B., Walton, W. D.: A Case Study of the Camp Fire, Fire

- Progression Timeline. Gaithersburg, MD, 2021.
- Martin, D. A.: Linking fire and the United Nations Sustainable Development Goals. *Sci. Total Environ.* 662, 547–558, 2019.
- Paveglio, T. B., Kooistra, C., Hall, T., Pickering, M.: Understanding the Effect of Large Wildfires on Residents' Well-Being, What Factors Influence Wildfire Impact? *For. Sci.* 62, 59–69, 2016.
- Regelbrugge, J. C., Smith, D. W.: Postfire Tree Mortality in Relation to Wildfire Severity in Mixed Oak Forests in the Blue Ridge of Virginia. *North. J. Appl. For.* 11, 90–97, 1994.
- Tang, R., Mao, J., Jin, M., Chen, A., Yu, Y., Shi, X., Zhang, Y., Hoffman, F.M., Xu, M., Wang, Y.: Interannual variability and climatic sensitivity of global wildfire activity. *Adv. Clim. Chang. Res.* 12, 686–695, 2021.
- Wagner, C. E. Van: Conditions for the start and spread of crown fire. *Can. J. For. Res.* 7, 23–34, 1977.
- Westerling, A. L., Bryant, B. P.: Climate change and wildfire in California. *Clim. Change* 87, 231–249, 2008.
- Williams, A. P., Abatzoglou, J. T., Gershunov, A., Guzman-Morales, J., Bishop, D. A., Balch, J. K., Lettenmaier, D. P.: Observed Impacts of Anthropogenic Climate Change on Wildfire in California. *Earth's Futur.* 7, 892–910, 2019.
- Xu, R., Lin, H., Lu, K., Cao, L., Liu, Y.: A Forest Fire Detection System Based on Ensemble Learning. *Forests.* 12(2), 217, 2021.
- Zhang, Xutao, Gui, K., Liao, T., Li, Y., Wang, X., Zhang, Xiaoling, Ning, H., Liu, W., Xu, J.: Three-dimensional spatiotemporal evolution of wildfire-induced smoke aerosols, A case study from Liangshan, Southwest China. *Sci. Total Environ.* 762, 144586, 2021.
- 足利市：西宮林野火災の経過, <https://www.city.ashikaga.tochigi.jp/page/2021-2-rttk.html>, 2021年12月24日.
- 宇都宮地方気象台：栃木県の気象概況2月, https://www.jma-net.go.jp/utsunomiya/kishou/gaikyo/615_202102k.pdf, 2021年12月24日.
- 金子真司・後藤義明・田淵隆一・赤間亮夫・池田重人・篠宮佳樹・今村直広：帰還困難区域で発生した森林火災が樹木樹皮と表層土壌の放射性セシウムの蓄積に及ぼす影響, *森林総合研究所研究報告*, 17(3), 259–264, 2018.
- 桐生市：桐生市地域防災計画, https://www.city.kiryu.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/017/698/01_shuseian_fusuigai.pdf, 2021年12月24日.
- 小泉俊雄・竹淵将人：林野火災の延焼に及ぼすおもな地形要素と風向の重要性, *日本森林学会誌*, 88(4), 211–220, 2006.
- 後藤義明・玉井幸治・深山貴文・小南裕志：日本で発生する山火事の強度の検討 Rothermel の延焼速度予測モデルを用いた Byram の火線強度の推定, *日本森林学会誌*, 87(3), 193–201, 2005.
- 近藤純正：東北地方多地点一斉大規模山林火災を誘発した1983年4月27日の異常乾燥強風(1). *天気*, 30, 545–552, 1983.
- 下村祐介・羽成章・佐藤勇・北村一：大洗研究開発センター廃棄物管理施設における森林火災の及ぼす影響評価, *IAEA-Technology* 2015-062, 2015.
- 消防庁：火災報告, 1995–2017.
- 消防庁：足利林野火災の概要, https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-88/01/shiryou4.pdf, 2021年12月24日.
- 菅沼秀樹・安部征雄・吉武孝：「林野火災応急対策シミュレーション」モデルの検証, *日本林學會誌*, 86(4), 337–348, 2004.
- 鈴木覚・吉武孝・後藤義明：日本における森林気象害および林野火災の発生状況(1954年度～2003年度), *森林総合研究所研究報告*, 8(1), 71–100, 2009.
- 津田智：樹木と環境 第3回：火と樹木, *樹木医学研究*, 15(4), 183–188, 2011.
- 峠嘉哉・Grace Puyang Emang・風間聡・高橋幸男・佐々木健介：2017年東北山林火災における岩手県釜石市・宮城県栗原市の被害概要, *自然災害科学*, 36(4), 361–370, 2018.
- 峠嘉哉・Grace Puyang Emang・風間聡：d4PDFと陸面過程モデルを用いた三陸地方における極端な土壌乾燥の将来変化予測, *土木学会論文集 B1(水工学)*, 75(2), I_1057–I_1062, 2019.
- 防災行政研究会：火災報告取扱要領ハンドブック, 2018.
- 林野庁：山火事の直接的な原因にはどのようなものがあるの?, https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/yamakaji/con_3.htm, 2021年12月24日.

(投稿受理：2021年12月24日
訂正稿受理：2022年3月18日)

要 旨

本論では、日本の大規模林野火災事例である2021年西宮林野火災事例（2月21日出火、焼損面積167 ha）を対象として、(1) 災害記録として延焼や消火活動の過程を記録する事、(2) 焼損度調査から延焼形態を定量的に記録する事を目的とする。

本事例の特徴は主に2点と考えられる。1点目は、降水量・気温・日射量の条件から、元々乾燥度が強い地域で更に乾燥度が強い年にあり、局地風の赤城おろしが23～24日に生じた際に延焼が急激に進み広域化した点。2点目は大規模火災が居住地の近くで生じたため周辺に大きな影響を与えた点である。その消火活動では、人員・機材・消火用水を大規模に確保して進める過程が記録された。

焼損度調査では、樹幹火傷の高さを領域内113地点で実施した。ほとんどの樹木で樹幹火傷が低く、乾燥・強風条件下で生じた今回の大規模事例でも延焼形態は地表火で、樹幹火は限定的、樹冠火が生じなかった事が示され、本大規模事例において延焼に寄与した可燃物は林床可燃物と推察された。