山火事跡地における早期緑化の補助作業
—燃え残り樹幹の伐倒処理—廣野正樹¹・嶋 一徹²・千葉喬三¹

摘要：山火事跡地斜面における早期緑化の補助施業として、燃え残り樹幹を伐倒して等高線方向に並べる処理を行ない、実生の定着、養分保持にどのような影響を及ぼすかを検討を行った。調査は山火事から5ヶ月が経過した岡山県倉敷市玉島黒崎の斜面上部で行った。山火事後放置した状態と比べて、土壌溶脱水量は増加し、処理直後には溶存イオン濃度も増加した。さらに樹幹伐倒処理は実生の定着を抑制したが、定着後の現存量の増加を促進した。これら成果を総合して早期緑化に対する補助作業として有効であることが明らかになった。

キーワード：山火事、樹幹伐倒、溶脱、植生回復

Hirono, Masaki, Shima, Kazuto, Chiba, Kyozo : Assistant treatment for early revegetation on the slope of fire affected forest - Effect of cutting burnt stem -

Abstract : The regeneration of vegetation and maintenance of nutrient by treatment of cutting burnt stem and arranging it contour-direction was surveyed at a slope of forest fire. The amount of leaching was increased and concentration was higher than leaving area. The establishment of seedling was restrained, but after establishments increase of biomass was brought about. We showed that treatment of stem cutting was effective to be reforestation at the burnt forest site.

Key words : forest fire, stem cutting, leaching, regeneration of vegetation

1. はじめに

瀬戸内海沿岸の花崗岩地帯では山火事が原因で荒廃地化した林分が多く存在している。林野火災は植生を焼失し森林の持つ重要な環境調節機能を喪失させるだけでなく、土壌などの周辺環境にも多大な影響を及ぼす^{2, 16)}。また、表土の団粒構造の変化により浸透能が低下することが指摘されており^{6, 11, 14)}、地表面流の発生が土壌侵食を引き起こし荒廃地化が進む。そのため早期緑化を目的とした肥料木の導入などの復旧治山工が施されているが、それらには多くの時間と莫大な経費を要する。また、山火事発生から施工開始までに1年近くの時間が経過していることも多く、山火事発生直後の短期間に起こる表土と養分流亡を防ぐことは困難である。

本研究において、山火事跡地斜面において早期緑化の補助的な作業として、山火事発生直後に燃え残った上層木樹幹を伐倒して等高線方向に並べる簡易処理を行ない、表土および燃焼灰、枯死有機物の流亡を軽減することで、復旧治山開始までの土壌養分保持が図れるか、また山火事後の植生回復形態である実生の定着に有効であるかということについて実証的な検討を行った。

2. 調査地の概要

調査は岡山県倉敷市玉島黒崎の山火事跡地斜面で行った³⁾。調査地周辺の植生は、ヤマモモ、ヤマザクラ、マツ類が優占し、下層にはヒサカキ、ツツジ類が分布していたが、1999年5月1日に失火による山火事が発生し、翌日までに32.6haが焼失した。山火事直後の現地を観察すると出現樹種の樹幹上層部まで焼失しており、林床有機物はすべて燃焼灰となって堆積していた。同地域の1994~1998年の年平均気温は16.2℃、年平均降水量は1,030mmであるが、今回の調査期間における1年目の年降水量は714mm、2年目の年降水量は890mmと年平均を大きく下回っていた。これは、梅雨時期の6、7月あるいは台風の時期の9月に降水量が少なかったためである。

3. 調査方法

3.1 水および溶存イオン動態の測定

山火事跡地斜面において土壌養分の溶脱量と植生回復にともなうバイオマス蓄積量との関係を明らかにするため、樹

¹ 岡山大学大学院自然科学部研究科、Grad.Sch.of Natural Sci. and Tech., Okayama Univ.

² 岡山大学農学部、Fac. of Agric., Okayama Univ.

図－1 調査地の概要

写真－1 樹幹伐倒区

冠まで焼失したアカマツ林地斜面において、標高 140m 付近の南東斜面に5m×5mのプロットを隣接して2ヶ所設置した(図－1)。このうち1つのプロットは山火事跡地における早期緑化の補助的な作業として、1999年8月10日に残存上層木樹幹を伐倒して等高線方向に並べる処理を行ない、樹幹伐倒区とし(写真－1)、他のプロットは人為的攪乱を加えない放置区とした(写真－2)。これら2つのプロットにおいて土壌養分の溶脱量を測定するために、各プロットにゼロテンション・ライシメーターを土壌深さ 20cm に埋設して、降雨イベントごとに土壌中を溶脱した水量と溶存イオン濃度を測定した。ライシメーターは各プロットに2基設置した。また、林外から降雨にともない供給される養分量を測定するために、プロットとは別の樹冠のないところで林外雨についても測定を行った。さらに、燃え残り樹幹からの溶脱量を測定するために、林内雨量と溶存イオン濃度を測定した。これらの測定は1999年10月から2001年9月末までの2年間行なった。

3.2 植生回復および現存量の推定

山火事跡地の植生回復過程を明らかにするために、2000年9月4日、2001年9月19日に樹幹伐倒区、放置区に出現した実生稚樹ならびに燃え残った樹幹の地際部から発生した萌芽再生個体について個体識別を行ない、発生位置と地際お

写真－2 放置区

よび樹幹長を測定した。
さらに植生現存量の回復過程を明らかにするため、刈り取り調査を行った。調査は各プロットに出現していた樹種を対象に、サイズの異なる 4～18 個体をプロット周囲から選び、地際直径、樹幹長を測定するとともに、地上部同化器官、非同化器官および地下部の乾重を測定した。また、刈り取り調査個体は各部位ごとに主要養分元素の含有率についても測定

表－1 各処理における水の動きとイオン供給量および溶脱量(kg・ha⁻¹・yr⁻¹)

	1 年目				2 年目			
	林外雨	林内雨	土壌溶脱水		林外雨	林内雨	土壌溶脱水	
			樹幹伐倒区	放置区			樹幹伐倒区	放置区
水量(mm・yr ⁻¹)	714.00	613.01	498.64	266.75	890.03	787.90	1023.42	259.44
Na ⁺	8.65	13.08	18.66	9.35	7.94	15.02	39.89	9.79
K ⁺	11.40	14.02	46.66	17.96	3.84	23.50	36.52	6.74
Mg ²⁺	4.69	10.45	18.60	10.86	2.81	8.74	15.61	4.30
Ca ²⁺	10.80	19.82	47.02	32.63	5.93	21.22	44.03	16.18
NH ₄ ⁺ -N	5.80	11.57	3.93	1.76	4.35	7.46	1.16	0.64
NO ₃ ⁻ -N	21.29	65.32	118.48	38.22	51.16	66.26	53.27	14.90
SO ₄ ²⁻	34.52	53.82	102.31	47.83	35.50	55.32	228.99	44.25
Cl ⁻	19.81	30.53	31.83	15.64	15.00	30.88	39.92	9.53

図-2 林外雨量および土壌溶脱水量の経時変化

を行った。測定はカリウム、カルシウム、マグネシウムの3つの元素については湿式灰化したのち原子吸光法で、また全窒素についてはCNコーダー法で行った。

4. 結果と考察

4.1 伐倒処理の土壌溶脱への影響

各処理における水量と溶存イオン量を表-1に示した。本調査地の林内雨は林外雨の約85%であり、林冠の閉鎖した林分より多くなっていた。また林内雨量に対する土壌溶脱水量の割合をみると、樹幹伐倒区では1年目が81%であったのに対して2年目には130%と増加していた。これに対して放置区は1年目がわずか44%と少なく、2年目は33%とさらに減少していた。林外雨量と土壌溶脱水量の月別変化を樹幹伐倒区と放置区に区分して示したのが図-2である。山火事直後を除けば、ほとんどの月で放置区より樹幹伐倒区のほうが多くなっていた。またイベントごとと比較しても調査期間中の75回のうち73回は樹幹伐倒区の土壌溶脱水量が放置区を上回っており、1イベントの雨量が多い場合ほど両者の差は顕著であった。このように山火事跡地斜面を放置すると鉛直下方向に移動する水量が極端に減少する事実は植物体による吸水と蒸発散がほとんどないことを考えると、降雨により供給された水が浸透せずに地表流となって流亡することを示している。これに対して燃え残り樹幹を伐倒し等高線方向に並べる処理を実施した場合、土壌溶脱水量は放置した状態と比べて多くなっており地表流の軽減に大きく貢献すると考えられる。また、2001年12月に各プロットの表層土壌について定水位法⁹⁾で飽和透水係数を測定した結果、樹幹伐倒区962(mm・hr⁻¹)、放置区77(mm・hr⁻¹)であり、両者の差は10倍以上となっており、樹幹そのものによる地表流遮断にくわえて、有機物堆積などによる土壌物理生の変化も地表流量の減少に関与すると思われる。一般的に山火事後の林地斜面では、燃焼灰による土壌孔隙の目詰まりによって浸透能が低下することも指摘されている¹⁰⁾が、樹幹伐倒区では燃え残り

図-3 各処理区における溶存イオン濃度の経時変化

た枯死有機物などが堆積して、微細な灰の目詰まりを軽減させたものと考えられる。次に溶脱水中の主要イオン濃度の変化を図-3, 4に示した。図中の縦線は標準偏差を示す。いずれのイオンでも溶脱水に含まれる量は樹幹伐倒区が放置区より多くなっていた。特にカリウムと硝酸態窒素では溶脱量に大きな差異が認められた(表-1)。カリウムは植物体の燃焼灰に多く含まれており、調査開始から10ヶ月目まで溶脱水中の濃度が高いことから、樹幹伐倒処理にともなう燃焼灰の堆積によって土壌鉛直方向に移動する量が増加したものと推測

図-4 各処理区における溶存窒素濃度の経時変化

された。また土壌吸着されにくい硝酸態窒素¹³⁾については、樹幹伐倒区における溶脱水量の増加にともなう、土壌鉛直方向に移動する量が増加したものと考えられた。しかし、溶脱水中の濃度変化をみると山火事後1年目が高く、その後は処理にともなう顕著な差が認められなくなった。山火事後の林地では土壌加熱にともない無機態窒素量が増加すること¹³⁾や燃焼灰中に多量のアンモニア態窒素が含まれることに加えて、処理にともなう燃焼灰や有機物の堆積が土壌水分環境を比較的好適にして硝化活性が高まった¹²⁾ことが、硝酸態窒素の溶脱量を増加させた原因であると考えられた。

一方、放置区では火入れ施業と同様に⁵⁾、硝酸態窒素濃度のピークが出現する時期がアンモニア態窒素のピークの出現する時期よりも遅れていた。これは、スギ造林地で確認された¹⁸⁾と同様に、アンモニア態窒素が徐々に硝化され、溶脱水中の濃度が増加するためと考えられる。

次に各処理における土壌溶脱水中の主要陰イオン濃度と各陽イオン濃度の関係を図-5, 6に示した。土壌交換基から溶液への陽イオンの溶出は特定の陰イオン濃度変化によることもある¹⁵⁾が、本調査地では主要陰イオン濃度の和が大きく影響していた。樹幹伐倒区では、陰イオン濃度の増加にともなういずれの陽イオン濃度も増加傾向を示した。放置区ではアンモニア態窒素以外のイオンは増加傾向を示していたが、特にマグネシウム、カルシウムイオン濃度の変化は主要イオ

図-5 樹幹伐倒区における土壌溶脱水の主要陰イオン濃度の和と陽イオン濃度の関係

▲ : K^+ , $y=0.0489x+0.1017$ ($r=0.604$) ;
○ : Mg^{2+} , $y=0.0694x+0.1031$ ($r=0.760$) ;
■ : Ca^{2+} , $y=0.1379x+0.1659$ ($r=0.784$) ;
× : NH_4^+-N , $y=0.0184x+0.0022$ ($r=0.605$).

図-6 放置区における土壌溶脱水の主要陰イオン濃度の和と陽イオン濃度の関係

▲ : K^+ , $y=0.0496x+0.0569$ ($r=0.559$) ;
○ : Mg^{2+} , $y=0.0624x+0.145$ ($r=0.528$) ;
■ : Ca^{2+} , $y=0.1609x+0.3119$ ($r=0.528$) ;
× : NH_4^+-N , $y=0.0009x+0.0293$ ($r=0.0283$).

ン濃度に強く影響されており、これらが土壌水の電氣的当量関係を維持するように放出されるという報告と一致する¹⁵⁾。

4.2 伐倒処理の植生回復への影響

山火事跡地では、侵入実生の定着と燃え残った樹幹地際部からの萌芽更新という2つの形態によって、植生回復が行なわれている^{4,7)}。そこで山火事後に新たに定着する実生における植生回復を表-2に示した。山火事から16ヶ月経過した時点では、埋土種子由来のアカメガシワ、ヌルデ⁹⁾、侵入種子のアカマツ⁸⁾の分布数が多かったが、各処理区の違いは顕著

表-2 各処理区における実生分布数および現存量

		分布数(本・ha ⁻¹)		現存量(kg・ha ⁻¹)	
		1年目	2年目	1年目	2年目
樹幹 伐倒 区	アカメガシワ	2000	2000	76.18	427.30
	アカマツ	3600	4800	0.18	2.81
	ヌルデ	0	1200	-	0.06
	エノキ	0	1200	-	0.06
	合計	5600	9200	76.33	430.24
放置 区	アカメガシワ	800	6400	9.63	79.36
	アカマツ	4800	5200	0.52	1.90
	ヌルデ	800	5200	3.60	94.07
	オオバヤシャブシ	400	400	0.00	1.79
	ニセアカシア	400	0	0.06	-
	エノキ	0	1200	-	0.05
	不明	0	400	-	0.06
	合計	7200	18800	13.81	177.24

でなかった。山火事から 28 ヶ月経過した時点では、個体分布数において放置区が樹幹伐倒区の約 2 倍となっていた。また、実生の出現樹種数も放置区のほうが多くなっていた。これらのことより、樹幹伐倒処理は階段工の実施¹⁷⁾と同様に、実生の発生数と種組成を促進する効果は認められなかった。

一方、地上部現存量を比較すると、山火事後 16 ヶ月から処理による違いが認められ、樹幹伐倒区が放置区の約 7 倍となっていた。しかし、山火事から 28 ヶ月後には処理区間の差が低下していた。各処理区において優先するアカメガシワとアカマツについて、山火事後 1 年目に定着した個体の平均地上部現存量の経時変化を図-7 に示した。アカメガシワでは樹幹伐倒区が放置区に比べ良好な成長が認められた。これに対してアカマツでは、山火事後 16 ヶ月時点では放置区の個体が大きかったが、山火事後 28 ヶ月には樹幹伐倒区の個体が上回っていた。これらのことから樹幹伐倒処理は山火事直後に発生した実生の成長を促進すると考えられた。これは樹幹伐倒処理にともない水と養分元素の移動が変化したことが関与すると考えられる。すなわち、燃焼灰と有機物の堆積は土壌水分条件を改善するのみならず、溶脱水中の養分元素濃度の増加が実生の成長にとって良好な環境を与えたものと推測される。先に著者らは、山火事跡地での地上部現存量回復について、比較的傾斜の緩やかな斜面地では山火事直後に萌芽再生が旺盛であるが、その後の時間経過にともない実生の現存量回復が逆転すると報告した³⁾が、今回の調査地は平均傾斜 33° の急斜面であり実生発生数が極端に少ないものの、樹幹伐倒処理により実生個体は旺盛な成長をみせて萌芽由来の地上部現存量を上回っていた。これらより放置したままでは自然回復が困難な斜面においても、山火事直後に樹幹伐倒処理を行なうことで、早期緑化の補助効果は十分果たせたと考えられる。また、頭山らの報告によると山成り工法を施工後下刈りすると定着実生数が増加した¹⁷⁾ので、今後、本

図-7 各処理におけるアカメガシワとアカマツの地上部現存量の経時変化

調査地でも下刈りを行なうなり、播種するなりをして実生数を増加させ植生回復を促進するべきであると考えられる。

5. まとめ

本研究では山火事発生直後に燃え残り樹幹を伐倒し等高線方向に並べる簡易処理を行なうことによって、実生の定着、土壌養分保持にどのような効果があるかを実証的に検討した。その結果、燃焼灰や枯死有機物の堆積により水と溶存イオンが土壌鉛直下方向へ移動する量が増加することが判明した。さらに放置状態のほうが実生の定着数は多いものの、それら実生個体による地上部現存量の回復は、樹幹伐倒処理により促進されることが明らかになった。これらのことより、樹幹伐倒処理は地表流量を軽減し、養分保持も図ることができることから、復旧治山工事開始までの簡易処理として有効であると実証的に示された。しかし、今回の調査では、樹幹伐倒処理の実施が山火事から 3 ヶ月が経過していたこと、実生の定着を抑制したこと、山火事直後に伐倒処理を行ない実生種子を播種すれば、より早期に植生が回復すると考えられる。

引用文献

- 1) 土壌標準分析・測定法委員会編 (1986) 土壌標準分析・測定法, 博友社, 東京, pp.54-59.

- 2) 後藤義明 (1998) 山火事と地域環境, 森林科学 24: 14-21.
- 3) 廣野正樹・嶋一徹・タンジャマハマドゥ・山本裕三・千葉喬三 (2001) 山火事跡地斜面における植生回復について—山火事後2年間の変化—, 日緑工誌, 27(1): 32-37.
- 4) 菊池多賀夫 (1986) 植物群落への林野火災の影響, 遺伝, 40(11): 6-9.
- 5) 劉発茂・生原喜久雄 (1999) 馬尾松林の皆伐・火入れ施業が土壌の理化学生に及ぼす影響, 森林立地, 41(2): 67-76.
- 6) 村井宏 (1972) 林野火災が地表流下・浸透および土砂流出に及ぼす影響, 水利科学, No.84: 51-76.
- 7) 中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人 (1981) アカマツ林の火災跡地における植生回復Ⅰ. 初期段階の種組成・構造及び現存量, 広島大学総合科学部紀要, IV6: 69-113.
- 8) 中越信和・根平邦人・今出秀樹・中根周歩 (1982) アカマツ林の山火跡地における植生回復Ⅱ. 落下種子の動態, 広島大学総合科学部紀要, IV7: 95-126.
- 9) 中越信和・根平邦人・中根周歩 (1983) アカマツ林の山火跡地における植生回復Ⅳ. 初期段階の埋土種子, 広島大学総合科学部紀要, IV8: 87-110.
- 10) 奥村武信・久保田哲也・真木真一郎 (1998) 林床被覆物焼却前後における浸透能の変化, 日林誌, 80(1): 35-37.
- 11) 恩田祐一 (1997) 山火事後の表面流発生と土壌侵食, 平成9年度砂防学会研究発表会概要集, 168-169.
- 12) 佐々木茂・佐々朋幸 (1989) 山火事跡地土壌における無機態窒素の消長, 森林立地, 31(1): 1-6.
- 13) 宿聚田・片桐成夫・金子信博・長山泰秀 (1996) 焼畑にともなう火入れが土壌の窒素動態に与える影響, 日林誌, 78(3): 257-265.
- 14) 谷本茂・中根周歩・三寺光雄 (1989) 山火事跡地の斜面における土壌浸透水の挙動, 広島大学総合科学部紀要Ⅳ, 14: 13-29.
- 15) 戸田浩人・生原喜久雄・相場芳憲 (1987) 同一斜面の横方向での表層土壌水の養分変化, 日林誌, 69(7): 281-284.
- 16) 頭山昌郁・中越信和 (1992) 森林攪乱の生態学的考察, 生物科学, 44: 113-127.
- 17) 頭山昌郁・中越信和・足達伸司・根平邦人 (1998) 山林火災跡地における緑化工の生態学的評価, 日林誌, 80(1): 27-34.
- 18) 図子光太郎・生原喜久雄・相場芳憲 (1992) 2種の陰イオンを付加した森林土壌溶液における陽イオンの動態, 日林誌, 74(3): 185-193.

(2002.6.30 受理)