

奥出雲町焼畑造林地における火入れ後の地上部バイオマスおよび土壌有機物の動態

河合翔馬¹・山下多聞²・片桐成夫³

Changes in aboveground biomass and soil organic matter following burning at the slash-and-burn sites in Nita, Shimane Prefecture

Shoma KAWAI¹, Tamon YAMASHITA², and Shigeo KATAGIRI³

Abstract We investigated the recovery processes of vegetation and dynamics of soil organic matter at the slash-and-burn sites. Foresters in Nita region of Shimane Prefecture conduct small-scale slash-and-burn forestry every year. They cultivated turnips at burnt sites during the first growing season and harvested them in the first winter. Seedlings of hinoki cypress were usually planted one year after burning. We set several quadrats at those slash-and-burn sites in 2007. According to our tree census, hinoki cypress trees grew well at the lower slopes. Litter decomposition rates estimated by the litter bag experiment were slow and almost constant at the upper slopes, but became faster with time after burning at the lower slopes. Litter layer accumulated more at the lower slopes than at the upper slopes irrespective of faster decomposition rates. Soil N mineralization decreased with time after burning. No N mineralization was detected in the soils ten years after burning both at the upper and lower slopes. Greater growth rate of hinoki cypress at the lower slopes might be due to greater litter accumulation and due to migration of soils from the upper slopes which can provide nutrients for trees.

Keywords: Aboveground biomass, Hinoki cypress, Litter decomposition, Organic layer, Soil N mineralization.

1. はじめに

焼畑は温帯および熱帯において行われてきた伝統的な農法の一つである（竹田 1990）。現代日本においても、東北地方の温帯や山北（竹田・渡辺 1995）、九州地方の椎葉（松島ら 2001）などで行われている。島根県においても奥出雲町仁多地区において現在も継続して行われている（宿ら 1996, 片桐・福田 2006）。仁多地区の焼畑サイ

クルは、伐採、火入れ地拵え、赤カブの単年栽培、ヒノキ植林という順になっており、成林するまでの間は休閑期間となる。

焼畑において、もっとも特徴的な作業は火入れである。この火入れの意味には、畑地造成のための開墾整地の手段、植物灰の生成や焼き土による肥料効果、雑草の根絶、植栽木の成長の促進などが挙げられる（鎌田 1987）。

本研究では、火入れ後の赤カブ栽培に続いて植栽されたヒノキなど植生の回復過程および林床有機物の堆積過程など土壌有機物の動態を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2.1. 調査地

島根県奥出雲町仁多地区周辺に点在する焼畑造林地 7

¹ 島根大学大学院生物資源科学研究科農林生産科学専攻

² 島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター

³ 島根大学生物資源科学部生態環境科学科

¹ Graduate School of Life and Environmental Science, Shimane University

² Education and Research Centre for Biological Resources, Shimane University

³ Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University

ヶ所において調査を行った（北緯 35 度 11 分，東経 133 度 1 分の周辺）。平成 19 年夏の森林組合への聞き取り調査によって，平成 6 年（B94），平成 7 年（B95），平成 10 年（B98），平成 12 年（B00），平成 15 年（B03），平成 16 年（B04）および平成 18 年（B06）に火入れされた焼畑造林地各 1 ヲ所を抽出した。仁多地区の焼畑造林は山地斜面でおこなわれるので，造林地斜面の上部と下部にそれぞれ 10m×10m の方形区を 1 ヲ所ずつ設定した。

2.2. 植生調査

平成 19 年夏に，すべての方形区において植生調査を行った。

植栽木であるヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) と天然更新したアカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) の 2 種については，方形区内の全個体を対象に，樹高 (H)，胸高直径 (DBH)，地際直径 (D_0) を測定した。このうちヒノキについては片桐・福田 (2006) が仁多地区の焼畑造林地に生育するヒノキで求めた相対成長関係式 (式 1-3) によって現存量を推定した。また，アカマツについては，異なる相対成長関係式 (式 4-5) によって現存量を推定した。

$$\log W_s = 1.039 \log(D_0^2 H) + 0.923 \quad \dots \text{式 1}$$

$$\log W_B = 0.734 \log(D_0^2 H) + 1.205 \quad \dots \text{式 2}$$

$$\log W_L = 0.668 \log(D_0^2 H) + 1.607 \quad \dots \text{式 3}$$

$$\log W_C = 0.784 \log(D_0^2 H) + 1.228 \quad \dots \text{式 4}$$

$$\log W_F = 0.835 \log(D_0^2 H) + 1.436 \quad \dots \text{式 5}$$

ここで， W_s は幹の乾燥重量 (g)， W_B は枝の乾燥重量 (g)， W_L は葉の乾燥重量 (g)， W_C は同化器官の乾燥重量 (g)， W_F は非同化器官の乾燥重量 (g)， D_0 は地際直径 (cm) として H は樹高 (m) とする。

平成 16 年と平成 18 年に火入れされた調査地には平成 19 年時点ではヒノキが植栽されていなかったため，天然更新した灌木および草本類の現存量を測定することとした。方形区内に 2m×2m の小区画を 5 ヲ所設定し，小区画内に出現する植物すべての刈り取りを行った。刈り取った植物体は木本，草本，ササ類，シダ類に分別した。木本は樹種を同定するとともに，実生起源または萌芽起源のどちらかを判定した。

2.3. 林床有機物堆積量

林床に堆積している有機物量を測定するために各方形区内に 1m×1m の小区画を 5 ヲ所ずつ設け，小区画内の

堆積有機物を採取した。現地で全生重を測定した後，一部を持ち帰り 95℃ で 72 時間乾燥させ，乾燥重量を求めた。

2.4. 落葉分解実験

落葉の分解速度を比較するため，大学内の圃場に植栽されているクヌギ (*Quercus acutissima* Carruth.) の落葉を用いた分解実験を行った。クヌギの葉を 10cm×10cm の寒冷紗製のリターバッグに 4g ずつ入れ，平成 19 年 5 月 7 日に各方形区の林床に 22 個ずつ設置した。設置後 71 日ごとに 7 個ずつ回収し 60℃ で 72 時間乾燥させた。その後，葉に付着した異物を除去し，重量を測った。重量を測定した葉は，方形区ごとにまとめ，粉碎し，絶乾率を求めた。

分解速度を単純指数関数式 (式 6) によって推定した (Olson 1963)。

$$Y_t = Y_0 \exp(-k \cdot t) \quad \dots \text{式 6}$$

ここで， Y_t は時間 t におけるリターバッグ内の残存リター量 (g)， Y_0 は分解実験開始時にリターバッグ内に入れられたリター量 (g)， k は分解定数 (日^{-1})， t はリターバッグ設置後の時間 (日) とする。

2.5. 土壌窒素

各方形区において，0-5cm，5-10cm，10-20cm の 3 層から土壌を採取した。また別途 100cm³ の採土円筒で各層から土壌を採取し，土壌の最大容水量を測定した。

採取した土壌試料から細土を生重で 10g を培養瓶に入れ，30℃ 無光条件下で 4 週間培養した。培養期間中は，土壌水分があらかじめ求めた最大容水量の 60% になるように蒸留水を添加し調節した。

培養前と培養後の土壌生重 10g に 2M 塩化カリウム水溶液を 100ml 加え 120rpm の速度で 1 時間振とうした後，濾過した。濾液に含まれるアンモニア態窒素と硝酸態窒素の濃度を，それぞれ比色法によって求めた。アンモニア態窒素と硝酸態窒素の和を無機態窒素として，培養前後の無機態窒素の増加量を窒素無機化能として，培養前後の硝酸態窒素の増加量を硝化能として定義した。

3. 結果

3.1. 地上部バイオマスの変化

各調査地に植栽されたヒノキの立木密度，平均直径，

表1 調査地の林分概況

調査地名	斜面位置	樹種	平均樹高	平均胸高直径	平均地際直径	胸高断面積合計	地際断面積合計	立木密度 [本/ha]
			[m]	[cm]	[cm]	[m ² /ha]	[m ² /ha]	
B94	上部	ヒノキ	4.7	6.6	9.3	7.5	14.9	2500
	上部	アカマツ	4.9	8.6	11.7	2.2	4.0	300
	下部	ヒノキ	6.2	12.6	17.1	36.2	63.1	2700
	下部	アカマツ	5.4	12.1	19.1	1.2	2.9	100
B95	上部	ヒノキ	3.4	4.1	6.8	2.7	7.1	1900
	上部	アカマツ	0.3	—	1.0	—	0.1	1000
	下部	ヒノキ	7.2	14.8	18.0	29.8	43.6	1700
B98	上部	ヒノキ	3.6	4.6	6.3	3.1	5.7	1800
	下部	ヒノキ	4.0	5.4	7.3	2.7	5.0	1100
B00	上部	ヒノキ	3.0	3.0	5.2	2.0	5.4	2500
	上部	アカマツ	0.8	—	1.0	—	0.1	900
	下部	ヒノキ	3.8	4.5	6.5	2.5	4.6	1300
B03	上部	ヒノキ	2.3	2.7	4.2	0.6	1.5	1100

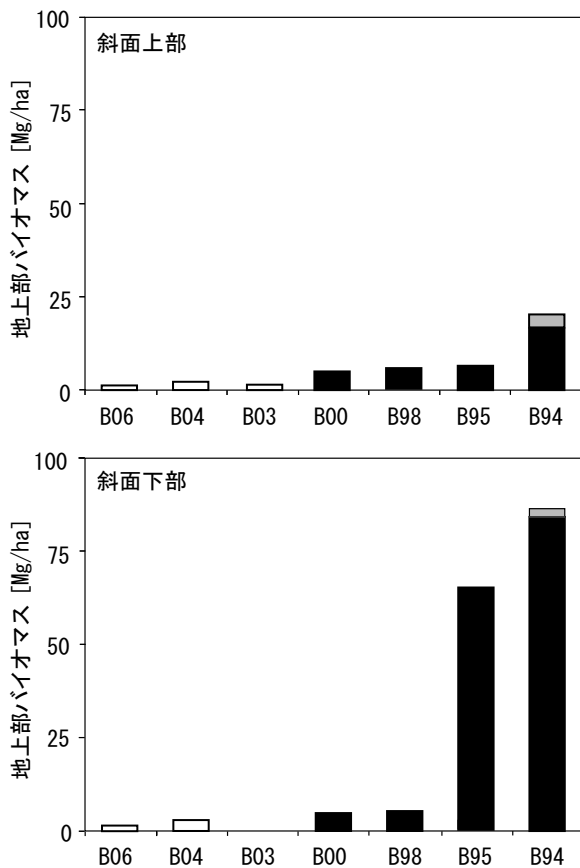


図1 斜面上部および斜面下部における地上部バイオマス。網掛けはアカマツ、黒塗りはヒノキ、白抜きはその他植生を示す。斜面下部 B03 は適切な調査地が得られなかったため、データなし。

平均樹高、胸高断面積合計を表1に示す。立木密度を除いて、いずれの値も火入れ後の時間が長いほど大きくなった。

表2 小区画に出現した木本の樹種数とその起源

斜面位置	起源	B04	B06
斜面上部	実生	13	3
	萌芽	0	2
斜面下部	実生	5	4
	萌芽	1	2

図1に地上部バイオマスの変化を示す。火入れ後3年間はヒノキやアカマツ以外の木本や草本類が優占したが、4年目以降はヒノキの成長とともにヒノキとアカマツが優占した。とくにB95とB94の斜面下部は植栽木の成長がよいことが明らかになった。両調査地は立木密度が他の調査地よりも高いだけでなく、ヒノキ一本あたりのバイオマスも大きい。

ヒノキとアカマツ以外の木本について、その起源を表2に示す。B04とB06の両方に出現したのは、アカメガシワ (*Mallotus japonicus* Muell.Arg.), イヌツゲ (*Ilex crenata* Thunb.), サルトリイバラ (*Smilax china* L.) の3種であった。これら以外には、ウツギ (*Deutzia crenata* Sieb. et Zucc.), ナツハゼ (*Vaccinium oldhamii* Miq.), ヌルデ (*Rhus javanica* L.), ネムノキ (*Albizia julibrissin* Durazz.), ハリエンジュ (*Robinia pseudoacacia* L.), モチツツジ (*Rhododendron macrosepalum* Maxim.) などが出現した。

3.2. 有機物の動態

図2に有機物層量の経年変化を示した。斜面下部では、変動幅は大きいですが、火入れ後の時間が長いほど有機物層が多く堆積する傾向があった。一方、斜面上部では火入れ後数年で最大値に達し、その後は3-4Mg/haの間の値

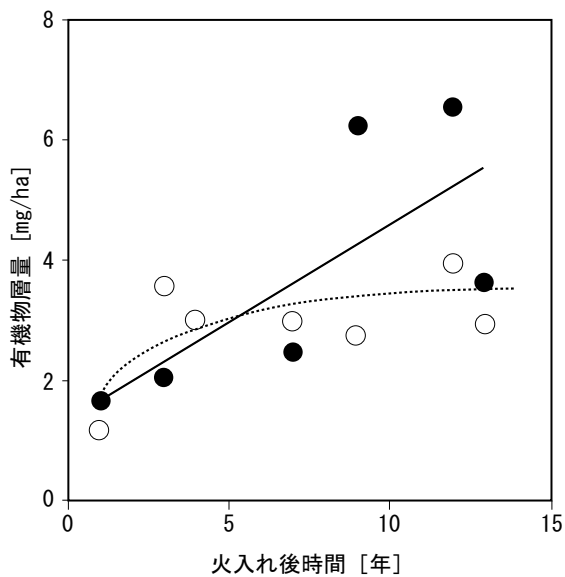


図2 火入れ後の経過時間と有機物層量の関係。○は斜面上部を、●は斜面下部を示す。実線は斜面上部の傾向を、点線は斜面下部の傾向を示す。

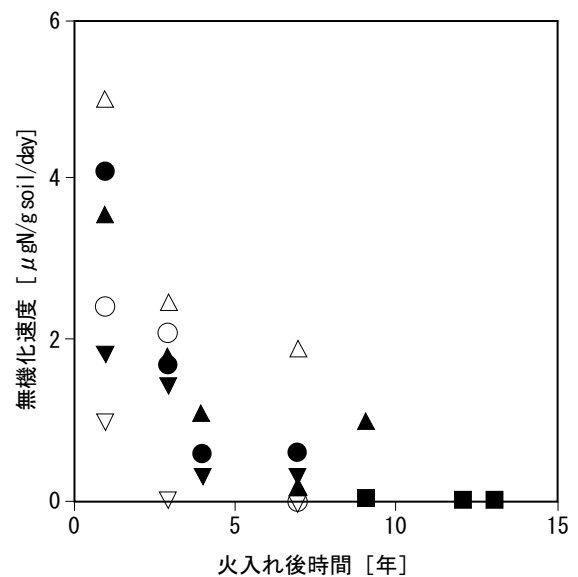


図4 火入れ後の経過時間と土壌窒素無機化速度の関係。△は0-5cmの層位を、○は5-10cmの層位を、▽は10-20cmの層位をしめす。白抜きは斜面上部を、黒塗りは斜面下部を示す。

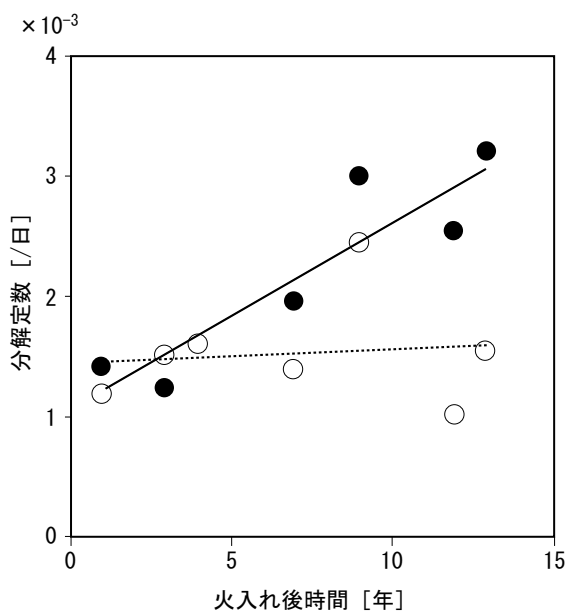


図3 火入れ後の経過時間と分解速度の関係。○は斜面上部を、●は斜面下部を示す。実線は斜面上部の傾向を、点線は斜面下部の傾向を示す。

で推移している。

図3にリターの分解速度と調査地の火入れ後の時間の関係を示した。斜面下部では、古い焼き畑地ほどリター分解が速くなる傾向があった。斜面上部では、火入れ後の時間によらずおおよそ一定の分解速度を示した。

3.3. 土壌窒素の無機化

表層土壌の窒素無機化速度を図4に示した。火入れ後1年目の調査地は斜面上部も斜面下部も速い無機化速度が観察された。しかし、火入れ後の時間が長くなるにつれ、無機化速度が低下し、火入れ後7年目以降は5-10cmおよび10-20cmの層位で無機化がほとんど生じなくなった。無機化された窒素のほとんど100%が硝酸態であった。

4. 考 察

焼き畑地への植栽後時間とともに地上部バイオマスは増加する傾向にあった(図1)。とくにB94とB95の斜面下部において成長速度が速く、B98やB00の斜面下部と比較すると個体の一年あたり成長速度が5倍を超える。これは植栽された立地固有の好条件、たとえば水分や養分の可給性がヒノキの成長に適していたなどの、焼き畑の効果以外の要因が作用していたと考えられる。

窒素の可給性の指標となる土壌窒素の無機化速度が火入れ後数年で低下し、火入れ後10年を越える焼き畑地においてはほとんど窒素無機化が生じず(図4)、焼き畑地の植物は雨水による窒素供給に依存していることが示唆された。にもかかわらずB94とB95の斜面下部で高い成長速度が維持されてきたことから、鎌田ら(1987)の指摘する焼き畑の効果以外に植栽木の成長に貢献する要

因の存在を考慮すべきであろう。

従来は斜面上部の立地がヒノキの植栽に適していると考えられてきたが、B94 および B95 の斜面上部と斜面下部を比較すると、斜面下部で圧倒的に成長速度が速い。斜面上部は斜面下部に比べ傾斜が大きく、焼き畑によって植被が消失した場合、有機物や表層土壌の流亡が生じやすく、また斜面下部に移動集積する可能性が指摘できる。表層土壌の流亡は養分の流亡だけでなく苗木の活着に必要な土壌孔隙など良好な土壌物理性の劣化も招く。一方、斜面上部より傾斜の緩い斜面下部では、流亡してきた表層土壌や有機物が堆積することによって、土壌物理性の劣化は弱度にとどまることが予想される。

クヌギリターの分解実験により、リター分解速度は斜面上部で遅く、斜面下部で速いことが明らかになった(図3)。リターの分解が遅いということは、リター供給速度にもよるが、通常、有機物層が多くなることを意味する。今回の調査地においては斜面上部では有機物層量は最大4Mg/ha程度であり、一方、斜面下部では火入れ後の経過時間とともに増大し6Mg/haを超えた(図2)。リターの分解速度から予測される有機物層量とは異なり、斜面下部でより多くの有機物が堆積していることから有機物の移動集積が生じていると考えられる。

土壌窒素の無機化は0-5cmの層位においても火入れ後10年まで生じたのみで、5cmよりも深い層では火入れ後7-8年でみられなくなった(図4)。このことは火入れにより、また、火入れ後の表層土壌の流亡により鉍質土壌中の有機物蓄積が消失し、10年経たないうちに枯渇していることを示唆する。斜面下部における有機物層は火入れ後7年を超えると大きく増えた(図2)。つまり、植物による有機物生産および枯死有機物の供給により林床に有機物が蓄積されはじめた。今後の植生の更なる回復にともない植物根系によるチャネリングや土壌動物相の活動によって鉍質土壌への有機物蓄積が生じることが期待される。

謝 辞

本研究の実施に当たり仁多郡森林組合のみなさまにはたいへんお世話になり、この場を借りまして御礼申し上げます。

また、無機態窒素の分析に際しては、島根大学本庄農場の松本真悟先生に実験装置をお借りするだけでなく直接ご指導いただきました。森林環境学講座のみなさまには調査にご協力いただくとともに有益な助言をいただきました。重ねて感謝申し上げます。

引用文献

- 鎌田磨人・中越信和・高橋史樹(1987) 焼畑の火入れが埋土種子の発芽に及ぼす影響. 日本生態学会誌 **37**: 91-100.
- 片桐成夫・福田万智子(2006) 火入れ造林地における地上部現存量の回復過程について. 島根大学生物資源科学部研究報告 **11**: 11-18.
- 松島憲一・西川芳昭・笹原和哉・八田浩一(2001) 椎葉村の伝統的焼畑農耕文化. 比較文化研究 **53**: 151-159.
- Olson, J.S. (1963) Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* **44**: 322-331.
- 宿聚田・金子信博・片桐成夫・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—斜面地形との関係—. 日本林学会誌 **78**: 257-265.
- 竹田晋也(1990) ビルマにおけるタウンヤ式造林法について. 京都大学演習林研究報告 **62**: 108-121.
- 竹田晋也・渡辺弘之(1995) 新潟県山北町の焼き畑林業—焼畑面積の推移と焼畑林業の現状—. 京都大学演習林研究報告 **67**: 31-39.