

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

片桐 成夫・福田万智子

The recovery process of aboveground biomass in slash-and-burning plantation sites

Shigeo KATAGIRI and Machiko FUKUDA

Abstract The aboveground biomass in Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) plantation following slash-and-burning were measured and compared with the general treatment plantations during ten years, in Okuizumo, Shimane Prefecture. The growth of Hinoki planted in burning plots was superior to that in general plantation plots. The aboveground biomass of Hinoki in ten year after burning were 50.6 and 11.8 t/ha on the lower and upper part of slope, respectively. These were three times as much as those in general plantation plots. The natural regeneration of Japanese Red Pine was observed in every plot. The amount of biomass was apparently larger on the upper part of slope in burning site. The recovery of other tree species consisted of both seed and sprout regeneration in clear-cutting sites. The aboveground biomass of the upper part dominated by the latter was more than two times as that of lower part of slope. The biomass of herb and grass on the lower part was largest in 4 years after burning and decreased with the growth of Hinoki.

Keywords: aboveground biomass, slash-and burning, Hinoki plantation.

1. はじめに

島根県仁多郡では小面積ではあるが、火入れ→赤カブ栽培→ヒノキ、クヌギ植栽という流れの火入れ造林を行なっている。火入れの目的は火入れ後一年間赤カブを栽培し、現金収入を得ることと植栽後の下刈りの省力化を行うことである。一般に火入れによって土壌の有機物や窒素の大部分は消失するが、P, K, Ca, Mgなどは灰として土壌に添加され、土壌中の窒素は無機化が促進されることにより無機態窒素が増加し、一時的に土壌の肥沃化がおこるとされている。しかし、火入れによって裸地化した土壌は侵食されやすくなり、供給されたミネラルなど養分の流亡は降雨などによって促進される(宿, 1997)。一方で、作物の栽培によって、土壌からの養分の流出を防ぐ効果が裸地に比べて大きいことも指摘されている(鎌田ら, 1987)。第2の目的である下刈りの

省力化は人工造林を行う場合の大きな課題である。火入れを行った造林地と一般の造林地で植栽後の植生の回復による現存量の変化を明らかにすることは

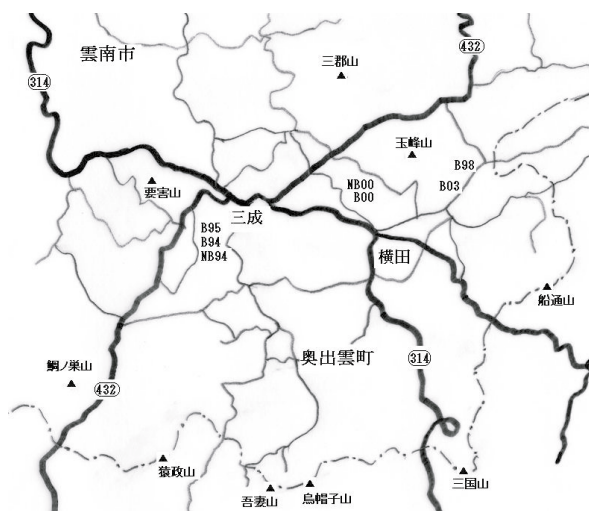


図1 調査地の位置図

^a 島根大学生物資源科学部

^a Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University

火入れの効果を検証する上でも森林生態系の物質循環を考える上でも重要である。火入れ地拵えを行なった場合と行っていない場合の人工林における造林木の成長に関するこれまでの研究では、火入れ、一般造林地での植栽木の樹高および直径成長に大きな差が見られなかったことから焼畑は長期的には森林生産力には負の影響を与えないと考えられる(宿, 1997)と報告されている。また、原野(2004)は仁多の火入れ造林地での造林木の成長を比較すると、一般造林地よりも成長が良く、火入れは造林木の成長にとってプラスになると報告している。これに対して、1994年火入れの造林地で、萌芽・実生更新による現存量の変化について調べたところ、火入れが明らかに萌芽と実生の発生を抑制した(湯原, 1996)と報告している。また、宿(1997)は火入れ前後の植生について火入れ後の経過年数の短い2年生林分においては1年生草本が多く、木本では耐火性の高い常緑広葉樹が多いと報告している。このように火入れは短期間では植生の繁茂抑制効果があり、下刈りの省力化に有効であるといえるが、長期間にわたって効果があり、造林木の成長に影響を及ぼすかどうかについては十分に明らかにされていない。

そこで、本研究では火入れ年度の異なる火入れ造林地とそれに対応する一般造林地における造林木の生長と地上部現存量の火入れ後10年間の変化について検討を行った。

本研究を進める上で、調査地の選定、施業履歴の調査など多大なご協力をいただいた仁多郡森林組合

の小田川一徳氏に深く感謝の意をここに表します。

2. 調査地および調査方法

調査地は島根県仁多郡奥出雲町に点在する火入れ造林地と一般造林地に設定した(図1)。仁多郡はほぼ全域が風化花崗岩を母材とする褐色森林土壌であるが、土壌中の養分は少ない。1994, 1995, 1998, 2000, 2003年に火入れを行い、翌年にヒノキを植栽した調査地を5ヶ所(以下B94, B95, B98, B00, B03とする)、それに隣接する1994, 2000年にヒノキを植栽した造林地を2ヶ所(以下NB94, NB00とする)選定した(図1)。B95の火入れ造林地で以外では火入れ後に赤カブ(*Brassica rapa*)を播種し、同年の冬に収穫し、翌年の春にヒノキを植栽した。B95は赤カブの栽培は行なわれず翌年ヒノキが植栽された。各造林地の植栽後の下刈りは、植生の繁茂状況を見て行なわれているが、火入れ造林地では火入れ後1,2年目は行なわれていない。

各調査地の斜面上部と下部に10m×10mの方形プロットを設定した。但し、B98は斜面下部のみ、またB03は斜面上部のみにプロットを設定した。調査地の概要およびヒノキの生育状況を表1に示す。

各プロット内のヒノキの樹高、胸高直径および地際直径を2004年4月と10月に測定した。また、各プロット内ではアカマツが天然更新していたので火入れ・植栽年度の古いプロット(B94, B95, NB94)では全てのアカマツについて、その他のプロットでは5個の方形区(1m×1m)内のアカマツについて樹

表1 調査地の概要およびヒノキの生育状況

Plot No.	火入れ年	植栽年	斜面方位	斜面位置	傾斜(°)	火入れ程度	林齢	\bar{D} (cm)	\bar{H} (m)	BA(m ² /ha)	立木密度(本/ha)
B94	1994	1995	南	上部	33.0	強度	10	4.0	3.6	2.87	2021
				下部	24.5	強度		7.6	5.1	15.68	3063
B95	1995	1996	南西	上部	31.0	中度	9	1.8	2.6	0.96	2785
				下部	32.0	中度		8.3	5.4	8.97	1651
B98	1998	1999	南東	下部	14.0	不明	6	0.6	1.7	0.08	1745
B00	2000	2001	南西	上部	33.0	不明	4	0.3	1.3	0.02	3567
				下部	8.0	不明		0.8	1.4	0.08	2532
B03	2003	2004	南東	上部	23.0	弱度	1	—	0.3	—	2180
NB94		1994	南	上部	38.0	—	11	4.0	3.5	2.88	2014
				下部	24.5	—		6.9	5.0	4.65	1213
NB00		2000	南西	上部	39.5	—	5	0.4	1.4	0.04	3518
				下部	11.5	—		0.9	1.8	0.29	3459

高、胸高直径および地際直径を測定した。

造林木以外の植生の現存量を求めるために、各プロットに2m×2mの方形区を5か所ずつ設け、ヒノキを除く全ての植生の地上部を刈り取り、木本、草本、ササ、シダに分けた。木本は樹種別、萌芽および実生に分け、全ての個体について同化部および非同化部重量、樹高、地際直径を測定した。ササは全体の葉および稈重量を測定し、草本とシダはそれぞれ全重量を測定した。それぞれについて乾物率を求め、絶乾基準で重量を示した。ヒノキの現存量は調査地内で伐倒したヒノキ4個体と原野(2004)が伐倒したヒノキ3個体の7個体について、アカマツの現存量は方形区内に出現した全ての個体について測定した葉、枝、幹の重量から求めた相対成長関係式により推定した。

3. 結果

1) ヒノキの成長変化

表1に示したように各プロットのヒノキの立木密度は1200~3500本/ha程度で、枯死あるいは下刈り時の誤伐により、林齢の増加につれて減少する傾向を示した。10年間のヒノキの成長過程を比較するため図2に樹高の変化を示した。樹高は火入れ造林地、一般造林地ともに植栽後の年数の経過につれて増大し、斜面上部と斜面下部の間の差が徐々に拡大し、両者の差は1.5mとなった。胸高直径についても樹高とほぼ同様の傾向を示した。火入れ造林地と一般造林地におけるヒノキの成長を比較すると、斜面上部では明らかな差はみられないが、斜面下部では火入れ造林地で成長が速かった。特に1995年の火入れ

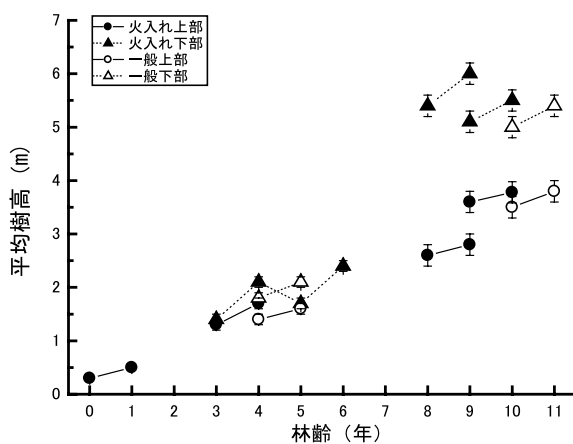


図2 調査地に植栽されたヒノキの樹高の変化

はかなり強度なものとなったことがヒノキの初期成長に影響を及ぼした結果と考えられる。

2) ヒノキの現存量変化

造林地の地上部現存量の変化をみる上で、量的に重要となるのは植栽されたヒノキの現存量である。そこでヒノキの現存量を調査地内で伐倒したヒノキ7個体の D_0^2H と幹・枝・葉の重量から求めた次の相対成長関係式により推定した。

$$\log W_s = 1.0392 \cdot \log(D_0^2H) + 0.9228$$

$$r = 0.999 \quad p < 0.0001$$

$$\log W_b = 0.7345 \cdot \log(D_0^2H) + 1.2051$$

$$r = 0.996 \quad p < 0.0001$$

$$\log W_t = 0.6682 \cdot \log(D_0^2H) + 1.6075$$

$$r = 0.987 \quad p < 0.0001$$

各プロットのヒノキの地上部現存量を図3に示した。ヒノキの現存量は、火入れ造林地、一般造林地ともに年数の経過に伴って増加し、斜面下部では上部に比べて多い傾向を示した。火入れ造林地と一般造林地を比較すると、斜面上部ではヒノキの現存量に大きな差はみられなかったが、斜面下部では火入れ造林地で約60t/haに対して一般造林地では20t/ha以下と少なかった。同化部と非同化部の割合は、林

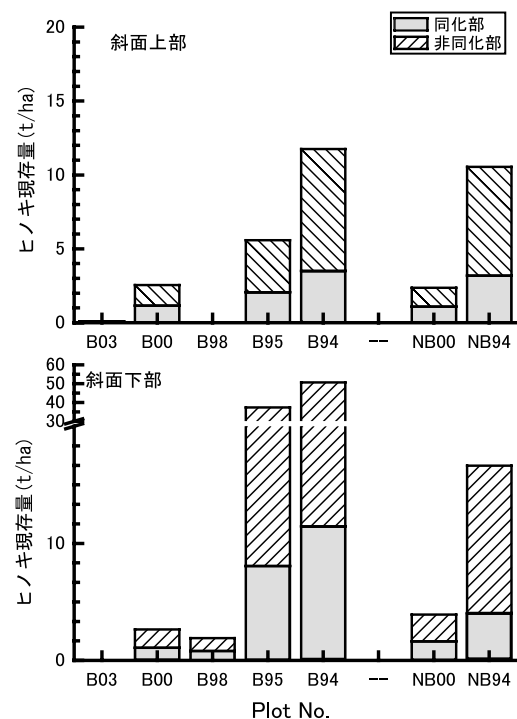


図3 ヒノキの地上部現存量の変化

分の成長にともない非同化部分の割合が大きくなり、一般に樹高が大きくなるにつれて林分の現存量に占める枝、葉の割合が減少し、逆に幹の割合が増加するという傾向と一致する（佐藤，1973）。

3) 天然更新したアカマツの成長と現存量

本調査地の伐採前の一般的な植生は尾根筋を中心にアカマツが分布しており、各造林地の周辺にもアカマツが残存している。そのため本調査地では天然更新によりアカマツが侵入し、下刈り時にも刈り取られずに残存したものが多かった。そこで、天然更新したアカマツについてその他の木本とは区別して検討する。表2にアカマツの本数密度、平均直径、平均樹高を示した。火入れ直後のプロット（B03）ではアカマツの更新は見られなかったが、火入れ4年目のB00では16000~18000本が更新していた。火入れを行っていない造林地でもアカマツの更新は見られるが半分程度であった。火入れによって林床の有機物が焼失したことがアカマツの発芽に有利に働いたと考えられる。火入れ後10年を経過したプロットでも斜面上部では2000本以上が残存し、一般造林地の4倍以上に達している。このように火入れ造林地ではアカマツの更新が容易で、その後の下刈り時にも刈り取られることが少ないと言えよう。更新したアカマツは10年経過した時点で樹高は平均2~4mに達し、直径も5cmを超えている。

アカマツの現存量は、刈取り区に出現したアカマツ全ての個体データから求めた次の相対成長関係式

表2 調査地に天然更新したアカマツの生育状況

PlotNo.	斜面位置	立木密度 (本/ha)	平均樹高 (m)	平均胸高 直径 (cm)	平均地際 直径 (cm)
B94	上部	2,259	2.0	2.9	4.2
	下部	109	4.3	5.4	12.1
B95	上部	9,862	0.9	0.5	1.5
	下部	943	1.2	2.3	3.2
B98	下部	0	—	—	—
B00	上部	18,000	0.3	—	0.9
	下部	16,000	0.2	—	0.8
B03	上部	0	—	—	—
NB94	上部	503	1.4	—	0.6
	下部	221	1.0	—	1.5
NB00	上部	10,000	0.3	—	1.9
	下部	8,000	0.2	—	1.0

表3 ヒノキおよびアカマツの地上部現存量

Plot No.	斜面位置	ヒノキ現存量 (t/ha)			アカマツ現存量 (t/ha)		
		同化部	非同化部	計	同化部	非同化部	計
B94	上部	3.51	8.24	11.76	1.80	3.99	5.79
	下部	11.46	39.17	50.63	0.39	0.88	1.27
B95	上部	2.07	3.52	5.59	0.65	1.16	1.81
	下部	8.07	29.24	37.32	0.17	0.32	0.49
B98	下部	0.80	1.10	1.90	—	—	—
B00	上部	1.15	1.39	2.54	0.04	0.06	0.10
	下部	1.07	1.57	2.64	0.01	0.02	0.03
B03	上部	0.06	0.03	0.09	—	—	—
NB94	上部	3.18	7.37	10.55	0.00	0.01	0.01
	下部	4.05	12.58	16.63	0.01	0.01	0.02
NB00	上部	1.09	1.27	2.37	0.11	0.22	0.33
	下部	1.63	2.28	3.91	0.02	0.02	0.04

により推定し、ヒノキの現存量とともに表3に示した。

$$\log W_L = 0.7840 \cdot \log (D_0^2 H) + 1.2281$$

$$r = 0.969 \quad P < 0.0001$$

$$\log W_C = 0.8396 \cdot \log (D_0^2 H) + 1.4173$$

$$r = 0.984 \quad P < 0.0001$$

アカマツの地上部現存量は火入れ造林地では斜面上部で5t/haを超え、斜面下部でも1t/ha強に達している。この値は後述するヒノキ以外の木本の現存量の20%程度に相当する。したがって、植栽木を除いた造林地の地上部現存量の中で大きなウェイトを占めている。

4) ヒノキ、アカマツ以外の植生の現存量

森林の伐採跡地に回復する植生は、造林地の場合ヒノキなどの植栽木の他に天然更新したアカマツ、実生更新による木本、萌芽更新による木本、草本、ササ、シダなどに分けることができる。ヒノキ及びアカマツについては前述したので、それらを除いた木本、草本、ササ、シダについて検討する。表4にそれぞれの地上部現存量を示した。

各プロットに出現した木本の種数は実生更新によるものが11~31種、萌芽更新によるものが0~10種であった。実生更新のみの樹種は、アカマツ、イヌザンショウ、クマイチゴ、コバノガマズミ、サルトリイバラ、タラノキ、ヌルデ、ネムノキ、ハギ、ミヤマガマズミ、ヤブコウジであった。萌芽更新により出現した樹種はアセビ、ソヨゴ、ヒサカキ、リョ

表4 調査地のヒノキ・アカマツを除いた地上部現存量

Plot No.	斜面位置	草本 (t/ha)	シダ (t/ha)	ササ			木本		
				同化部 (t/ha)	非同化部 (t/ha)	小計 (t/ha)	同化部 (t/ha)	非同化部 (t/ha)	小計 (t/ha)
B03	上部	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.310	0.393	0.703
B00	上部	0.193	0.000	0.136	0.076	0.212	1.035	1.017	2.052
B95	上部	0.051	0.000	0.267	0.340	0.607	1.655	3.534	5.189
B94	上部	0.591	0.149	0.278	0.297	0.575	0.846	1.847	2.694
B00	下部	1.766	0.000	0.639	0.342	0.981	0.317	0.193	0.510
B98	下部	0.606	0.147	0.068	0.110	0.178	0.142	0.393	0.535
B95	下部	0.018	0.036	0.016	0.033	0.049	0.216	1.214	1.430
B94	下部	0.240	0.059	0.158	0.160	0.319	0.088	0.177	0.265
NB00	上部	0.006	0.001	0.493	0.534	1.027	0.594	1.120	1.714
NB94	上部	0.018	0.000	0.761	0.694	1.455	0.663	0.773	1.435
NB00	下部	0.053	0.003	1.232	1.135	2.367	0.779	1.091	1.871
NB94	下部	0.002	0.000	1.115	1.161	2.276	0.258	0.603	0.861

ウブなどに限定されていた。萌芽は伐採前の林分を構成していた樹種の切り株から発生したものであり種が限られているために、実生に比べ樹種数が少ないと考えられる。

木本の現存量は、火入れ造林地の斜面上部で同化部が0.3~1.7t/ha、非同化部が0.2~3.5t/ha、斜面下部で同化部が0.1~0.3t/ha、非同化部が0.2~1.2t/haと斜面上部で多かった。一方、一般造林地では同化部が0.2~0.8t/ha、非同化部が0.6~1.1t/haと火入れ造林地に比べて少なく、斜面位置による違いも明らかではなかった。火入れ造林地での木本の地上部現存量は林齢とともに増加し続け、10年目に斜面上部、下部ともに最大となった。また、現存量が最大となったB95の調査地では、斜面上部で5.19t/haと斜面下部の1.43t/haの3倍以上、B94の調査地では地上部現存量は減少したが、斜面上部で2.69t/ha、斜面下部で0.27t/haの10倍であった。これに対して、一般造林地では植栽後4年目のNB00で地上部現存量は最大となり、斜面上部と下部の差は見られなかったが、植栽後10年目のNB94では斜面上部で斜面下部の1.7倍と火入れ造林地ほど大きな差ではないが斜面下部で現存量が減少した。この木本の地上部現存量の斜面下部での減少及び斜面上部と下部の差の拡大には、前述したヒノキの生長が影響しており、ヒノキの現存量が斜面下部で上部より大きくなったことにより林床が暗くなったために木本植物の繁茂が抑えられたためと考えられる。また、斜面上部で

は切り株からの萌芽更新が旺盛であることも斜面上部での木本の現存量が多いことに影響している。

草本は火入れ造林地、一般造林地ともに出現したが地上部現存量は少ない傾向を示した。斜面上部では火入れ後の年数の経過とともに増加する傾向が見られ、斜面下部では上部と逆に年数の経過とともに減少する傾向がみられた。伐採跡地の草本の現存量は斜面下部で多く、上部ほど少なくことや、造林地では植栽初期に草本の現存量が多いが造林木の生長につれて減少することが報告されている (Ito, 2003, 清野, 1990)。ここでは、斜面下部では比較的早くから草本が出現するが、造林木の生長につれて減少し、斜面上部では火入れ直後の数年間は草本が繁茂しにくく、火入れの影響が消えた頃から草本が繁茂すると思われる。シダは全てのプロットでは出現せず、斜面下部の造林木で林床が暗くなり、水分に恵まれたところに出現すると考えられた。

ササの現存量は一般造林地では火入れ造林地より多く、斜面下部の方が斜面上部より多い傾向を示した。しかし、火入れ造林地では斜面位置との関係は明らかではなく、年数の経過したところでは斜面下部で上部より少ない傾向を示した。これには伐採前にササが林床をどの程度被覆していたかという点と、1995年火入れ造林地では強度の火入れとなったためにササの回復が遅れたことが影響したように、火入れの程度が大きく関係すると言える。

植栽木を含めた地上部現存量合計の変化を時間の

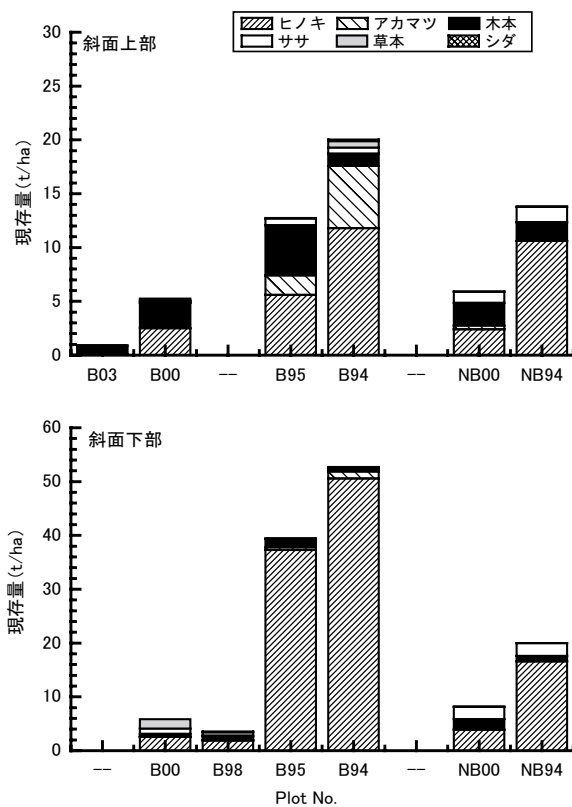


図 4 調査地の地上部現存量の変化

経過と関係で見ると、図 4 に示したように火入れ造林地では斜面上部、下部ともに増加を示し、斜面上部ではヒノキとその他の植生の割合がほぼ一定で変化した。これに対して斜面下部ではヒノキの生長が良好なためにその他の植生の割合が徐々に低下した。一般造林地では斜面下部と上部の現存量の比率が 1.4 程度と火入れ造林地（現存量比率 2.6）に比べて小さかったがそれ以外の点ではほぼ同様の傾向を示した。

考 察

植栽木であるヒノキを含めた地上部現存量は、火入れ造林地および一般造林地ともに年数の経過とともに増加した。植栽木であるヒノキの占める割合は植栽後の年数の経過とともに増加し、火入れ造林地で顕著な傾向が見られた。地上部現存量の変化傾向を大きく左右しているヒノキの成長は順調であるが、火入れ造林地では斜面下部で現存量の増加が顕著であった。火入れによって土壤中の窒素の無機化速度が上昇し（宿, 1996, 1997）、ヒノキの成長が促進されたと考えられる。また、火入れ造林地の B95, B

94 プロットでは天然更新したアカマツの現存量が、特に斜面上部で多くなった。その結果、ヒノキを除いた植生の地上部現存量は火入れ造林地の斜面上部で増加した。アカマツは天然下種更新が容易な樹種で、伐採跡地に更新してくる。また、火入れのような林床の攪乱によって種子の発芽、実生の定着が促進される（井上, 1960）。アカマツは極陽性の先駆種であり成長が速く、松枯れ跡地を伐採後にヒノキの造林をしたところで残存アカマツから下種更新したアカマツが造林木のヒノキの成長を上回り、アカマツーヒノキの二段林になる場合も見られる（片桐, 1987）。それ故、下刈り時にアカマツが刈り取りを免れた場合その現存量は急速に増加することによるものと考えられる。

次に地上部現存量の多いものはヒノキ、アカマツを除いた木本であった。造林地での木本の更新には切り株からの萌芽更新、実生更新があるが、斜面上部では切り株からの萌芽更新が優勢であった。広葉樹林の伐採跡地での切り株からの萌芽更新は斜面上部に分布するコナラ、リョウブ、エゴノキ、ヤマザクラなどの樹種で容易で、伐採直後に多くの萌芽枝を発生させることが報告されている（嶋ら, 1989, 片桐, 1986a）。萌芽更新で見られた樹種数は実生更新による樹種数より少なく、伐採・火入れ前から存在していた樹種に限られている。その中で特に多く見られたのが火入れ造林地においてはソゴゴであり、非常に耐火性が強い常緑広葉樹である（宿, 1997）ためと考えられた。また、火入れ造林地の斜面上部においては火入れ後 1 年目のプロットで萌芽の現存量が実生よりかなり大きく、火入れ後 3 年目では実生の現存量が急激に増加した。これは廣野ら（2001）が山火直後は萌芽由来の現存量が多いが、その後は実生の発生と定着によりこれらの現存量が急激に増加したと報告している点と一致している。一方、植栽直後には斜面下部では木本の現存量が上部に比べると増加しない。斜面上部では萌芽更新による植生の回復が見られるが、斜面下部では実生更新によるものが多く、草本との競争にあるため木本の成長が遅れるためと考えられる。片桐ら（1985a）、片桐（1986b）は伐採跡地の植生の回復は、斜面下部では草本によるところが大きく、斜面上部では萌芽更新した木本によるところが大きいと報告している。火入れ造林地と一般造林地で大きく異なったのはササの現存量とササの占める割合であった。本研究

の調査地ではササは伐採および火入れ前に存在していた。ササは地下茎に形成される芽から新稈が発生し、個体数を増やすが（佐々木, 1994）、火入れ造林地では、地上部および地下部の一部が焼失したためササの回復が遅かったのに対して、一般造林地では、ササの回復が速く、毎年下刈りによって刈り取られるが地上部のみであるためササを消滅させることには至らなかったために、ササの現存量が一般造林地で火入れ造林地より多くなったと考えられる。

草本の現存量は火入れ後4年目の火入れ造林地で多かった。火入れによって下層植生が除去され、種子生産量・種子散布力の大きい1年生草本が成長するためである（宿, 1997）。火入れ造林地では斜面上部よりも下部で多い傾向を示したが、皆伐跡地における草本の繁茂は斜面下部で上部より多く、しかも伐採後の年数の経過とともに減少する（片桐, 1985a）という報告と一致している。また、火入れ後9年目の火入れ造林地の斜面上部においても現存量が大きかったが、ススキの繁茂が部分的に多く、風化花崗岩地帯の火入れ跡地のような痩せた土壤でもススキが生育できたためと考えられる。一方、一般造林地において草本はほとんど見られなかったが、NB00プロットが植栽後4年を経過し、草本現存量の減少段階に入ったことと、林床に繁茂していたササが草本の侵入を防いだためと考えられる。シダについては斜面下部ではワラビ、斜面上部ではコシダが一部のプロットでみられただけであった。

人工造林地では、植栽後しばらくは下刈りを行うために下層植生の現存量の増加は抑制される。下刈りが中止されると下層植生の増加が始まるが、林分の成長が進むと林内の下層植生は減少に転じる（片桐, 1985b）。この傾向は植栽木の成長の良好な斜面下部で顕著に見られる。本研究の火入れ造林地でも、斜面下部でヒノキの成長が良好であり、現存量の増加が著しかった。下層群落の被覆率や葉の生産量には光条件が影響し、間伐の遅れた林分では下層群落が減少するとされている（清野, 1990）ように、10年も経過すると林床の照度が低下し、林床の下層植生が非常に少なくなり、単純なヒノキ林となっている。これに対して、斜面上部では天然更新したアカマツやその他の木本植物の現存量が50%近くを占めて、下層植生の多様性が保たれている。したがって、斜面下部では、ヒノキ造林地で一般的に問題視される地力の低下を防ぐためにも、林床の植生が減少し

始めた現段階で間伐などの施業を行うことが必要であろう。

引用文献

1. 井上由扶：アカマツ林施業, 390pp, 日本林業技術協会, 東京, 1960
2. 原野千英：焼畑のための火入れが土壌窒素の無機化に与える影響 島根大学生物資源科学部生態環境科学科森林環境学講座卒業論文集 pp 31, 2004
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：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— 日本緑化工学会誌 27：32-37, 2001
4. Ito, S., Nakagawa, M., Buckley, G.P., and Nogami, K.: Species richness in Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.) plantations in southeastern Kyushu, Japan: the effects of stand type and age on understory trees and shrubs. *J. For. Res.* 8：49-57, 2003
5. 鎌田磨人・中越信和・高橋史樹：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, 1987
6. 片桐成夫：落葉広葉樹の萌芽更新に関する研究（I）伐採後5年間の萌芽枝の生長について, 山陰地域研究（森林資源）2：27-36, 1986a
7. 片桐成夫：皆伐跡地における物質循環に関する研究（I）伐採後2年目までの地上部養分量の変化, 島根大農研報 20：59-66, 1986b
8. 片桐成夫・石井弘：中国地方の人工林の施業法と林分構造との関係—島根県内の人工林の実態—, 山陰地域研究（森林資源）3：11-24, 1987
9. 片桐成夫・中尾道広：皆伐跡地における植生回復にともなう地上部現存量の変化, 島根大農研報 19：39-44, 1985a
10. 片桐成夫・石井弘・三宅登：スギ人工林における下層植生の地上部現存量について, 島根大農研報 19：34-38, 1985b
11. 清野嘉之：ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究. 林試研報 359：1-122, 1990
12. 佐々木恵彦：造林学, 川島書店, 東京, 238pp, 1994
13. 佐藤大七郎：陸上植物群落の物質生産 I - a -

- 森林-, (生態学講座9), 95pp, 東京, 共立出版, 1973
14. 嶋一徹・片桐成夫・金子信博：コナラ二次林における伐採後2年間の萌芽の消長, 日本林学会誌 **71** : 410-416, 1989.10
 15. 宿聚田・片桐成夫・金子信博・長山泰秀：焼畑にともなう火入れが土壌の窒素動態に与える影響, 日本林学会誌 **78** : 257-265, 1996.8
 16. 宿聚田・片桐成夫・金子信博：火入れ後の森林土壌の無機態Nの動態の短期的変化—弱度の火入れの場合—, 日本林学会誌 **79** : 37-42, 1997.2
 17. 湯原三枝：火入れ造林地における萌芽・実生更新による地上部現存量の変化 島根大学農学部生物生産科学科森林環境学講座卒業論文集 35 pp, 1996