

アカマツ林小面積皆伐後初期におけるアカマツの定着・成長と土壤環境

小 舘 誓 治^{1)*}・武 田 義 明²⁾

Relationship between soil environment and the establishment and growth of *Pinus densiflora* in an early stage of revegetation after clear-cutting in a *Pinus densiflora* forest

Seiji KODATE^{1)*} and Toshiaki TAKEDA²⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationship between soil environment and the establishment and growth of *Pinus densiflora* in an early stage of revegetation after clear-cutting in *P. densiflora* forest of Futatabi Park in Mts. Rokko, Hyogo Prefecture, Japan. A small area (400m²) of this *Pinus* forest was clear-cut in 2004. We showed that sites within the park could be divided into four main types according to the dominant species (*P. densiflora*, *Rhus javanica* var. *roxburghii*, *Rubus microphyllus*, and grasses) in the sixth year after clear-cutting (cutting off at the ground followed by removal of litter and surface soil from the forest floor). *P. densiflora* seedlings had established at each site, and the number of seedlings at two site types (*Pinus* and *Rhus* sites) was higher than at the other sites. Maximum capillary-water capacity of surface soil was highest at the *Rhus* sites and lowest at the *Pinus* sites. Seedling growth of *P. densiflora* was highest at the *Rhus* sites where the canopy layer of *Rhus javanica* var. *roxburghii* shaded *P. densiflora* seedlings.

Key words: clear-cutting, Maximum capillary-water capacity, *Pinus densiflora*, revegetation, soil conditions.

(2016年7月30日受付, 2016年12月14日受理)

はじめに

アカマツ (*Pinus densiflora*) が優占する樹林は、コナラ (*Quercus serrata*) が優占する樹林とともに関西地域の里山における主要な構成樹林の一つである。しかし、マツ材線虫病などの影響によって現在もマツ枯れが起こり、アカマツ林分が減少している (二井, 2003; 服部ほか, 1995)。生物多様性の維持や環境保全機能、景観維持などの観点から、アカマツ林分の再生や維持が求められる。

マツ材線虫病被害林については、林分の動態、樹種の侵入などについて調査研究がなされて、その植生遷移が明らかにされつつある (藤原ほか, 1992; Fujihara, 1996; Fujihara et al., 2002; 達・大沢, 1992)。減少しているアカマツ林分を再生するためには、マツ材線虫病被害林の林床処理や下層処理が効果的であることが報告 (岩崎ほか, 1997; 坂本ほか, 2004; 武田ほか, 2010; 呉・安藤, 2009; 呉・安藤, 2010) されている。それらによると、林床の有機物層を除去すると、アカマツの種子の発芽率はそれらが残存している林分に比べて

¹⁾ 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Institute of Nature and Environmental Science, University of Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

²⁾ 放送大学 兵庫学習センター Hyogo Study Center, The Open University of Japan

* 併任: 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境再生研究部 Division of Ecological Restoration, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo

高くなり、同様に下層の植物を除去すると、その実生の生残率は非常に高くなるとされている。一方、山火事跡地斜面において、アカマツやヌルデ (*Rhus javanica* var. *roxburghii*) などを含む先駆木本類の種子を用いて実験を行った報告(木下・嶋, 2005; 木下・嶋・廣野, 2004)がある。それらによると、山火事跡地斜面にみられる先駆木本類の発芽・定着には地表面流にともなう表土流亡と堆積という条件が深く関与し、アカマツが地表面の露出しているところでも発芽でき、ヌルデは地表面流で表土が多く堆積しているところで発芽し平均樹高が高くなることを明らかにしている。別の調査研究では、アカマツやクロマツ (*Pinus thunbergii*) が優占する樹林の伐採地におけるアカマツ・クロマツの天然更新についての報告(小笠原・石橋, 1986)がある。それによると、マツ類の更新が不十分になってしまう自然的要因の主なものとして、有機物層が厚すぎること、地味が良好で雑草が繁茂しやすいことを上げている。有機物層が厚い(約4~6cm)と、マツ類は発芽しにくく、また発芽しても根が土中におろしにくくなり、途中で乾燥して枯死してしまうものも多くなると述べている。しかし、これらの研究では、アカマツ実生の定着・成長と更新サイトの優占種の違いとの関係などについては述べられておらず、また、それらの関係と保水量などの土壤環境との関係を検討した研究事例は見当たらない。優占種は植物群落の他の構成種に影響を及ぼし、土壤環境は植物の定着・成長に関して重要な要素である。したがって、これらの関係を明らかにすることが重要であると考えられる。そのため、周辺部にアカマツ高木が残っている状態で小面積の皆伐、および有機物層と表層土壌、切株や根の除去を行い、その後どのような植生が再生して行くのかを調べることにした。今回、アカマツを含む優占種に着目して、植生の初期再生(皆伐6年後)と土壤環境との関係を検討したので報告する。なお、皆伐から5年間の出現種数の変化などについては、武田ほか(2010)で報告している。

調査地および方法

1 調査地の概要

本調査対象地は、兵庫県神戸市北区にある再度公園周辺の樹林である。この樹林は、その大部分が明治35年(1902年)から40年(1907年)にかけて行われた裸地同様の立地へのアカマツ、クロマツ、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*)、スギ (*Cryptomeria japonica*)、クヌギ (*Quercus acutissima*)などを主体とした植栽由来の林分である。植栽から100年以上が経過した現在、発達したところでは群落高が18m近くの高木林となっている(武田ほか, 2010)。また



図1 皆伐した翌年2005年9月(上)と皆伐6年後2010年9月(下)の現場のようす。
どちらも小方形区 A-9 側から撮影している。

本地域には大竜寺に隣接する、昔から人手があまり加わっていない自然林として、スタジイ (*Castanopsis sieboldii*) やアカガシ (*Quercus acuta*) が優占する照葉樹林や、人工林として植栽されたヒノキ林、スギ林が存在する。

調査地であるアカマツ林(N34° 71' 84.60", E135° 17' 25.20")は、2004年5月に皆伐され、下層処理として有機物層、表層土壌(深さ5cm程度)、根等の除去が行われた。皆伐の範囲は約400㎡である。なお、この皆伐地およびその周辺の樹林は、植栽後の初期管理を除いてその後調査時まで特定の植生管理はなされていない。また近年、マツ材線虫病などによるマツ枯れの発生がみられる樹林である。

図1に皆伐した調査地の翌年(2005年)と皆伐6年後(2010年)のそれぞれの現場写真を示した。この地点は標高398m、斜面方位S40E、傾斜17°の山腹斜面下部に位置し、ほ行性の褐色森林土が堆積している。皆伐された周辺には2011年の調査時で、高さ14~18mのアカマツ、コナラ、リョウブ (*Clethra barvinervis*)、ソヨゴ (*Ilex pedunculosa*)、スタジ

イ、アカガシ、ヒノキなどで構成されている林分が広がっている。なお調査地に近い気象観測地点「神戸」(標高 5.3m) のデータ (1981 - 2010 年の観測値の平均) によると、年平均気温 16.7℃、年降水量 1,216.2mm である(気象庁ホームページの「平年値(年・月ごとの値)」を参照)。地質は六甲花崗岩である(藤田・笠間, 1971)。

2 野外調査および土壌理化学性の測定

植生に関する野外調査は、2010 年 7 ~ 9 月に植生調査とアカマツ個体調査を行った。

アカマツ林皆伐地のほぼ中央に設置された方形区(面積 100 m²) 内を小方形区 (1m × 1m) に区分した。すべての小方形区において優占種を記録した。そのうち、植生調査や土壌環境などの調査対象とするための小方形区を、今回の調査時に優占していた種のうちアカマツ、ヌルデ、ニガイチゴ (*Rubus microphyllus*)、草本種(メリケンカルカヤ (*Andropogon virginicus*) あるいはススキ (*Miscanthus sinensis*)) に着目して、それぞれが優占する 5 区ずつ(合計 20 小方形区; 以下それぞれの優占種ごとのグループを「○○(優占種名) 優占区」と呼ぶ) 選定した。なお優占種の判定は、低木層あるいは草本層で最も被度%が高いものを基準にした。図 2 に方形区のイメージ図を示した。斜面の上下方向に下から A ~ J (縦軸)、斜面上方を向いて左手から 0 ~ 9 (横軸) とし、「縦軸(アルファベット) - 横軸(数字)」を各小方形区の名義とした。これら選定された各小方形区において、出現したアカマツ個体について実生・幼樹の高さ、地際直径、主幹の節の数(個体の樹齢推定用)、主幹の節間の長さを記録した。植生の階層の区分後、それぞれの階層ごとに高さ、植被率および各出現種の被度(%) を記録した。

土壌に関する野外調査は、2010 年 4 ~ 5 月に有機物層(以下、A₀層という)の被覆率や密度などの調査を行った。まず土壌環境調査として、A₀層の被覆率(%) を記録した。また、A₀層の厚さ(cm)と有機物の分解の程度で、L 層(落葉層)、F 層(植物組織を認める層)、H 層(植物組織を認めない層)の 3 つに細分した厚さをそれぞれ記録した。その後、A₀層を取り除いた地表面から山中式土壌硬度計による密度(指標硬度; mm) を 20 回ずつ測定し、その平均値を小方形区の値として用いた。

土壌試料の採取は、2011 年 8 月に行った。深さ 0 ~ 5cm の土壌から、物理性を測定するための土壌円筒(100ml 容)を用いた非攪乱土壌試料、および化学性を測定するための移植ゴテを用いた攪乱土壌試料の採取を各優占区の小方形区ごとに 1ヶ所ずつ行った。なお試料の数や量に関しては、できるだけ土壌を攪乱する範囲を少なくするように配慮し設定した。

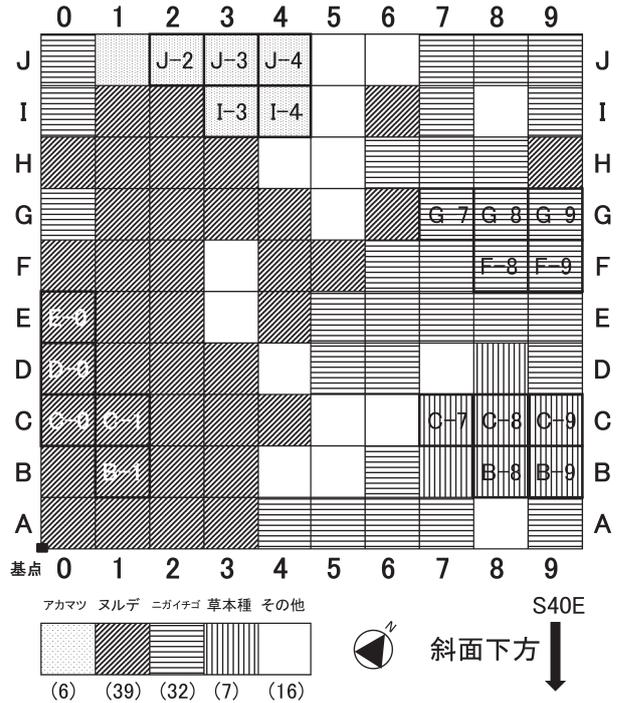


図 2 10m × 10m の方形区のイメージと選定された小方形区。小方形区内に名称が書かれているものが土壌を調査した区。凡例下の () 内の数字は、小方形区数を示す。

非攪乱土壌試料(以下、土壌円筒試料)を用いて、物理性として、土壌三相の液相である採取時の水分量と、飽水時の水分量である最大毛管容水量を求めた。これらを求めるにあたり、実験室で土壌三相計(Daiki 製 DIK-1120)を用いた実容積の測定や土壌円筒試料の評量などを行った。なお最大毛管容水量は、土壌円筒試料の下面から毛管現象によって最大に保持した状態の水分量(保水量)である。また礫の重量を測定して容積重に対する礫の割合を算出した。化学性として、攪乱土壌試料を用いて実験室で pH メータおよび伝導率計(HORIBA 製 D-54)で土壌の pH(H₂O)および電気伝導度を小方形区ごとにそれぞれ 1 回ずつ測定した。また対照区として周辺の樹林内の土壌(深さ 0 ~ 5cm と 5 ~ 10cm の 2 つの層)から同様の条件で採取した土壌試料(各層 5 つずつ)を用いて同じ項目について測定を行った。なお、これらの測定は、土壌環境分析法(土壌環境分析法編集委員会編, 1997)に従った。

結 果

1 各小方形区の優占種

図 2 に各小方形区の優占種を示した。それぞれの優占種ごとの小方形区数は、アカマツが 6 区、ヌルデが 39 区、ニガイチゴが 32 区、草本種(メリケンカルカヤ、ススキ)が 7 区、その他が 16 区である。「その他」の

表1 各優占区における各階層の平均の高さと平均植被率、平均出現種数、出現した植物種の平均被度。
() は最小値～最大値を示す。+は0.04%以下を示す。種名の後の記号は階層を示す。

	アカマツ優占区	ヌルデ優占区	ニガイチゴ優占区	草本種優占区
低木層(S) 平均の高さ(m)	- (0~1.8)	3.18 (2.9~3.7)	1.92 (1.3~2.2)	- (0~1.4)
低木層 平均植被率(%)	- (0~16)	92.0 (85~100)	79.0 (60~100)	- (0~35)
草本層(H) 平均の高さ(m)	0.67 (0.5~0.8)	1.02 (0.9~1.2)	0.80 (0.5~1.0)	0.76 (0.5~1.1)
草本層 平均植被率(%)	34.6 (25~50)	54.0 (40~65)	45.0 (30~60)	70.0 (50~80)
平均出現種数	7.4 (5~10)	13.2 (12~15)	8.8 (7~11)	9.8 (8~12)
ヌルデ S	.	92.0 (85~100)	1.0 (0~5)	1.2 (0~6)
ムラサキシキブ S	3.2 (0~16)	0.8 (0~4)	.	.
リョウブ S	.	.	4.0 (0~9)	4.6 (0~13)
ススキ S	.	.	0.2 (0~1)	9.0 (0~25)
ソヨゴ S	.	1.2 (0~6)	.	.
アマヅル S	.	1.0 (0~5)	.	.
ニガイチゴ S	.	.	78.0 (75~100)	.
コバノミツバツツジ S	.	.	0.6 (0~3)	.
メリケンカルカヤ S	.	.	.	0.4 (0~2)
アカマツ H	20.0 (13~26)	6.1 (3~13)	1.3 (+~2)	2.4 (0.5~6)
ニガイチゴ H	2.5 (0.5~5)	38.0 (20~60)	35.0 (15~60)	10.8 (2~20)
リョウブ H	3.6 (1~6)	2.1 (0.5~4.5)	8.8 (3~20)	18.4 (10~30)
ヒノキ H	1.6 (+~2)	1.0 (+~3)	0.7 (0~1.5)	2.2 (1.5~3)
ヒサカキ H	0.6 (0~3)	0.4 (0~1.5)	0.3 (0~5)	0.9 (0~3.5)
ヌルデ H	0.5 (0~1)	0.1 (0~0.5)	0.1 (0~0.5)	0.9 (0~3.5)
シハイスミレ H	+ (0~+)	0.4 (0~0.5)	0.1 (0~1)	+ (0~+)
メリケンカルカヤ H	7.2 (4~10)	.	1.3 (0~4)	38.0 (20~60)
チヂミザサ H	.	2.1 (0~5)	0.3 (+~1)	1.4 (0.5~3)
ススキ H	.	1.3 (0~6)	0.2 (0~1)	0.1 (0~0.5)
ソヨゴ H	0.2 (0~1)	3.6 (0~6)	.	.
アカメガシワ H	0.1 (0~0.5)	.	0.1 (0~0.5)	.
サルトリイバラ H	.	0.2 (0~0.5)	.	1.2 (0~3)
ケヤマハンノキ H	.	0.1 (0~0.5)	.	2.0 (0~10)
アシボソ H	.	.	0.2 (0~1)	0.2 (0~1)
コナラ H	0.1 (0~0.5)	.	.	.
ネザサ H	.	3.8 (0~16)	.	.
タラノキ H	.	1.5 (0~3.5)	.	.
カヤツリグサ科の一種 H	.	0.3 (+~1)	.	.
ノギラン H	.	0.1 (0~0.5)	.	.
クロモジ H	.	+ (0~+)	.	.
ツタ H	.	+ (0~+)	.	.
エゴノキ H	.	+ (0~+)	.	.
ヒヨドリバナ H	.	.	0.2 (0~1)	.
ヤマウルシ H	.	.	+ (0~+)	.
ヘクソカズラ H	.	.	+ (0~+)	.
スギ H	.	.	.	+ (0~+)

表2 各優占区におけるアカマツの個体数 (小方形区あたりの平均値±標準偏差; n=5)。

	アカマツ優占区	ヌルデ優占区	ニガイチゴ優占区	草本種優占区
アカマツの個体数 (全体)	7.8 ±3.1	7.8 ±3.4	2.2 ±0.4	4.0 ±2.3
アカマツの個体数 (4年生以上)	4.4 ±1.7	3.2 ±1.8	0.8 ±0.4	1.0 ±0.7
アカマツの個体数 (3年生以下)	3.4 ±3.4	4.6 ±1.8	1.4 ±0.5	3.0 ±2.0

表3 各優各優占区におけるA₀層の被覆率および表層(深さ0~5cm)の土壤理化学性(小方形区あたりの平均値±標準偏差;n=5).

土壤関連項目	アカマツ優占区	ヌルデ優占区	ニガイチゴ優占区	草本種優占区
A ₀ 層の被覆率(%)	23.6 ±5.9	92.8 ±2.2	58.0 ±7.6	66.0 ±13.4
指標硬度(mm)	10.1 ±0.9	14.0 ±0.9	7.8 ±0.9	14.8 ±1.0
礫の割合(%)	30.5 ±2.8	18.8 ±4.1	30.0 ±4.8	29.5 ±4.3
採取時水分量(%)	14.5 ±2.1	25.8 ±4.0	14.9 ±2.6	17.5 ±3.6
最大毛管容水量(%)	34.8 ±1.9	46.5 ±1.6	39.4 ±2.3	40.7 ±1.8
pH(H ₂ O)	5.00 ±0.21	4.75 ±0.23	4.74 ±0.29	4.77 ±0.14
電気伝導度(μS/cm)	11.9 ±2.3	25.1 ±7.0	26.5 ±15.3	19.5 ±9.1

の関係がみられ、ヌルデ優占区は92.8%と高い値を示した。なおA₀層の厚さは、表などには示していないが、ほとんどの小方形区で落ち葉の層であるL層が1cm程度の厚さで堆積しており、腐植層であるF層やH層については存在しても0.5mm以下で、ほとんどの小方形区でF層やH層が認められなかった。指標硬度は、ニガイチゴ優占区の7.8mmが最も低く、ニガイチゴ優占

区<アカマツ優占区<ヌルデ優占区=草本種優占区の関係がみられた。礫の割合はヌルデ優占区で18.8%となり、他の優占区(30%前後)よりも低かった。採取時水分量はヌルデ優占区の25.8%が最も高く、他の優占区は18%以下であった。最大毛管容水量は、アカマツ優占区<ニガイチゴ優占区=草本種優占区<ヌルデ優占区の関係がみられ、採取時水分量と同様にアカマツ優占区の34.8%が最も低く、ヌルデ優占区が46.5%で最も高かった。pH(H₂O)は、アカマツ優占区で5.0となり、他の優占区よりも高かった。電気伝導度は、アカマツ優占区で11.9μS/cmとなり、他の優占区よりも低かった。

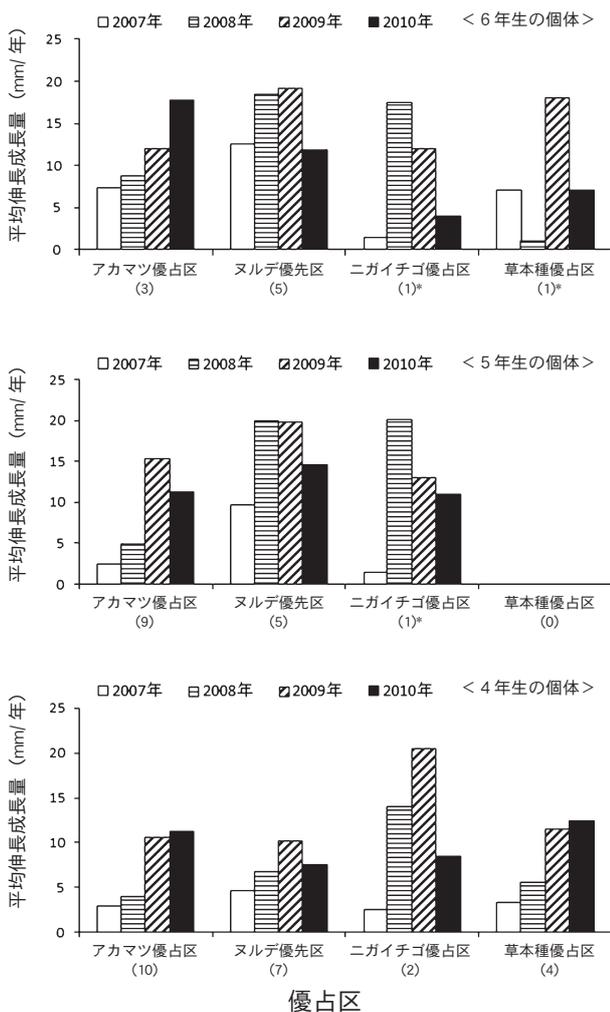


図4 各優占区における4年生以上のアカマツの平均伸長成長量。()内の数字は、アカマツの個体数を示す。

*; なお、1個体の場合は測定値をそのまま表示している。

6 土壤関連項目の相互関係および出現種数との関係

測定した土壤関連項目間での主な相互関係の検討を行った。なお、可能なものに関しては、対照区としての隣接した樹林の土壤(深さ0~5cmと5~10cmの2つの層)のデータとの比較を行った。

図5に表層の礫の割合と最大毛管容水量の関係を示した。なお、二者の相関関係を示すために相関係数を算出した(以下同様)。対照区のデータを除いた礫の割合と最大毛管容水量の間には、負の相関関係($r = -0.89$, $p < 0.01$; $n=20$)が認められた。優占区ごとにみると、ヌルデ優占区は、他の優占区に比べて礫の割合が少なく、最大毛管容水量が高い。また礫の割合は、対照区の深さ0~5cm、5~10cmのどちらの層の値よりも少なかった。一方、アカマツ優占区では、逆に礫の割合が高く、最大毛管容水量が低かった。ニガイチゴ優占区および草本種優占区は、それらの中間的な値を示した。ちなみに、図には示していないが、礫の割合と採取時水分量の間をみると、最大毛管容水量と同様に負の相関関係($r = -0.86$, $p < 0.01$; $n=20$)が認められた。

図6に表層土壌のpH(H₂O)と電気伝導度の間を関係を示した。対照区のデータを除いたpH(H₂O)と電気伝導度の間には、負の相関関係($r = -0.79$, $p < 0.01$; $n=20$)が認められた。優占区ごとにみると、優占区の間での重なりが多いことが分かる。電気伝導度に着目す

ると、ヌルデ優占区と草本種優占区の小方形区の多くが対照区の深さ5～10cmに近い値(20 μ S/cm前後)を示した。また一部のニガイチゴ優占区(2区)とヌルデ優占区(1区)の小方形区が対照区の深さ0～5cmに近い値(35 μ S/cm以上)を示した。

図7に表層土壤の最大毛管容水量とA₀層の被覆率の関係を示した。両者の間には、正の相関関係($r=0.83$, $p < 0.01$; $n=20$)が認められた。図8に最大毛管容水量と出現種数の関係を示した。両者の間には、正の相関関係($r=0.73$, $p < 0.01$; $n=20$)が認められた。

考 察

今回調査した方形区の表層土壤は、弱酸性(pH(H₂O)の平均値で5.3以下)で貧栄養(電気伝導度の平均値で10 μ S/cm以下)であった。また花崗岩を母材とするため、礫の割合は平均値で19～31%と比較的高く、指標硬度による土壤密度は、15mm以下の極疎～疎に区分される(日本ペドロジー学会編, 1997)、非常に柔らかい状態であった(表3)。これは、皆伐時に土壤の深さ0～5cm部分を除去していることから、腐植などが多い表土部分のほとんどが無くなったことが影響していると推察される。このように、本調査地の表層土壤は貧栄養であるものの、上記の他の土壤関連項目では、表層土壤に限って言えば、特に植物の根の発達や生育に障害となる要因はないと思われた。アカマツの発芽や定着の障害要因となるものには、A₀層の厚さや他の植物による庇陰などがあげられる(小笠原・石橋, 1986; 呉・安藤, 2010)。本調査地の場合、2004年の皆伐時にA₀層、表層土壤、根等の除去を行っているので、裸地状態から植生再生がスタートしたことになる。しかし、周

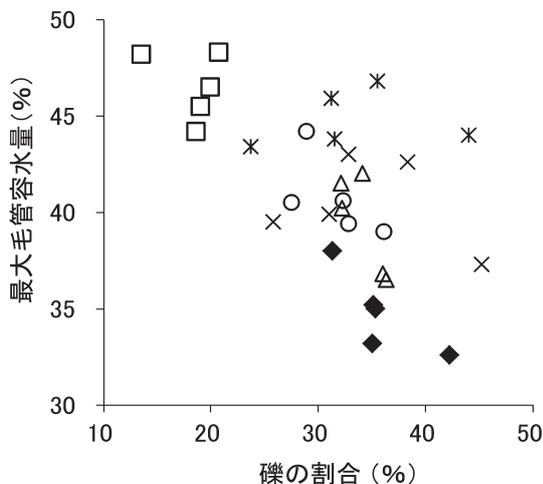


図5 表層土壤の礫の割合と最大毛管容水量の関係。
◆；アカマツ優占区，□；ヌルデ優占区，
△；ニガイチゴ優占区，○；草本種優占区，
*；対照区(深さ0～5cm)，×；対照区(深さ5～10cm)。

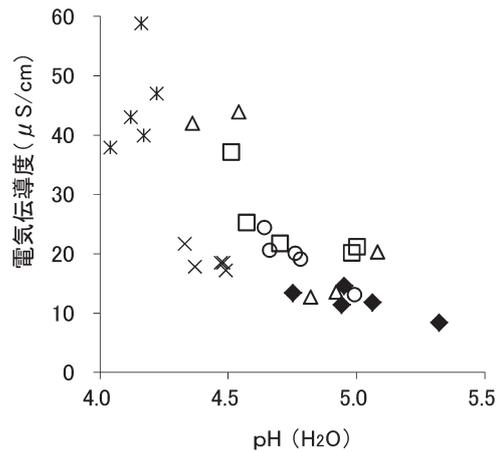


図6 表層土壤のpH(H₂O)と電気伝導度の関係。
◆；アカマツ優占区，□；ヌルデ優占区，
△；ニガイチゴ優占区，○；草本種優占区，
*；対照区(深さ0～5cm)，×；対照区(深さ5～10cm)。

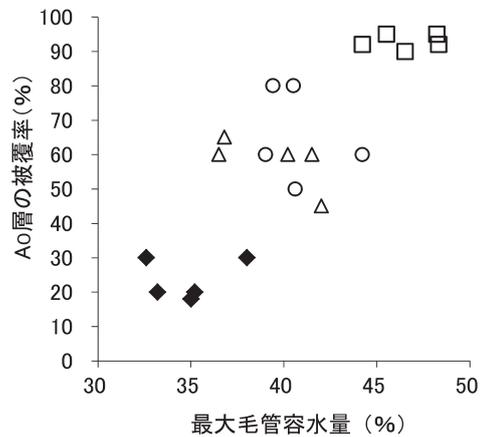


図7 表層土壤の最大毛管容水量とA₀層の被覆率の関係。
◆；アカマツ優占区，□；ヌルデ優占区，
△；ニガイチゴ優占区，○；草本種優占区。

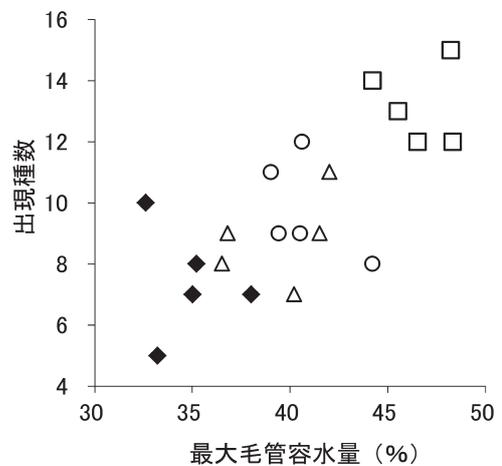


図8 表層土壤の最大毛管容水量と出現種数の関係。
◆；アカマツ優占区，□；ヌルデ優占区，
△；ニガイチゴ優占区，○；草本種優占区。

辺の樹林からは落葉・落枝等の供給が行われる。皆伐直後においては、当然、方形区内には植物の生育がないために、供給された落葉・落枝等はその場に留まりにくく、雨風によって斜面下方等に移動して行くことが多かったのではないかと推察される。木下・嶋(2005)は、山火事跡地において、アカマツやヌルデなどを含む先駆木本類の実生定着とそれらが水や表土の移動に及ぼす影響を調べている。それによると、落葉性木本類(ヤマハギ(*Lespedeza bicolor*))の実生が高い密度で成立していると、成長休止期に実生の落葉が地表面を被覆して地表面流の減少に寄与していること、アカマツは鉾質土壌が露出したところでも発芽が可能であることなどが述べられている。またヌルデは流亡土壌が堆積しているところで実生の生育が促進され、そのようなところでは平均樹高が高いことを報告している。本調査地における調査時のA₀層の厚さの詳細は、いずれの優占区の小方形区もL層が1cm程度であり、F層やH層については存在しても0.5mm以下で、ほとんどの小方形区でF層やH層が認められなかった。従ってA₀層の厚さそのものが、どの優占区においてもアカマツの実生の発芽に大きな影響を与えることは、皆伐等の処理からの6年間は少なかつたものと考えられる。実際、3年生以下の実生も調査対象としたほとんどの小方形区で生育が認められている(表2)。

A₀層の被覆率は、表層の最大毛管含水量と正の相関関係にあった(図7)。優占区でいうと、最大毛管含水量は、アカマツ優占区<ニガイチゴ優占区=草本種優占区<ヌルデ優占区の関係がみられ、礫の割合は、ヌルデ優占区が他の優占区に比べて低い傾向がみられた(表3)。また、ヌルデ優占区は、対照区の深さ0~5cm、5~10cmの礫の割合のどちらの層の値よりも少なかった(図5)。対照区は、樹林で被われ、A₀層の被覆率がほぼ100%であることから、表層土壌の土粒子の雨風による移動は比較的少ないと推察される。しかし、A₀層と深さ0~5cmの土壌を除去している場所では、礫や土粒子の移動が発生しやすい。ヌルデ優占区では、斜面上方から流亡してきた細かい土粒子が堆積したため、相対的に礫の割合が低くなったものと考えられる。一方、アカマツ優占区の表層土壌の礫の割合は、対照区の表層土壌の礫の割合の幅の中に入っている(図5)。

アカマツ優占区はA₀層の被覆率および最大毛管含水量が低く、相対的に乾燥しやすい土壌環境で、一方、ヌルデ優占区はA₀層の被覆率が高く、相対的に湿潤になりやすい土壌環境であると推察される(図7)。また、最大毛管含水量は、出現種数と正の相関関係にあり、ヌルデ優占区で出現種数が多く、アカマツ優占区では出現種数が少なかった(図8)。これらのことは、相対的に水分条件がよいヌルデ優占区では、表2の植生調査の

結果で示したように、植生高が高いことから植物種の伸長成長がよく、また出現種数が多いことから様々な植物種が生育しやすい環境であることが伺える。この傾向は、アカマツの実生・幼樹にとっても同様であり、ヌルデ優占区のアカマツ個体の樹高は、他の優占区よりも高い個体が多かった(図3)。また、年ごとの成長量も相対的にヌルデ優占区のアカマツ個体が他の優占区よりも大きかった(図4)。ちなみに、皆伐から6年後の今回、ヌルデ優占区のアカマツ個体数は、アカマツ優占区のそれと同程度であった(表2)。しかし、ヌルデ優占区は、低木層にヌルデが高い被度で優占しており、アカマツ個体はそれらに被陰されている状態であった(表1)。一方ニガイチゴ優占区は、ヌルデ優占区と同様に低木層と草本層を合わせた植被率が高かった(表1)。ニガイチゴは、茎の下の方から先の方まで密に葉を付けていて、茎の上方は垂れるように横に広がる傾向がある。一方ヌルデは、成長すると傘のような樹形をして、枝先に集中的に葉を付ける傾向がある。本調査地のヌルデ優占区では、3m程度の高さの低木層にヌルデが優占していて、1m程度の高さの草本層との間に比較的大きな空間がみられた。実際にヌルデ優占区の5つの小方形区で測定すると、長さ(「低木層の葉群下部の高さ」-「草本層の高さ」)が平均90±32cm(範囲が60~140cm)であった。このように、優占区間で階層構造の違いがみられ、それがアカマツ個体に対する光や通風などの環境の違いとして成長等に影響を及ぼしていることも考えられるが、詳細については今後の課題である。

以上のように、皆伐後における初期再生の優占種の違いによって、そこに生育するアカマツの成長に違いが認められ、それらの関係と土壌環境が影響していることが示唆された。今後、継続的な調査を行うとともに、他の優占種の事例などの調査を行い、データの蓄積が必要であろう。

謝 辞

本研究において、神戸市建設局公園砂防部(現神戸市建設局公園部)の関係諸氏には調査に関していろいろと便宜をはかっていただいた。神戸大学発達科学部植生学研究室の卒業生・関係諸氏および兵庫県立人と自然の博物館の方々には現地調査にご協力いただいた。兵庫県立人と自然の博物館の黒田有寿茂氏には、マツ林に関連した文献・資料等の貴重な情報をご教示いただいた。また、「人と自然」の査読者には、原稿を注意深く読んでいただいた的確で有益なコメントをいただいた。これらの方々には深く感謝いたします。

要 旨

周辺部にアカマツ高木が残っている状態で小面積の皆伐、および有機物層と表層土壌、切株や根の除去を行い、その後どのような植生が再生して行くのかを調べることにした。今回、アカマツを含む優占種に着目して、植生の初期再生（皆伐6年後）と土壌環境との関係を検討した。その結果、アカマツ優占区の表層土壌は、A₀層の被覆率が低く、土壌水分条件に関わる採取時水分量や最大毛管容水量などが低く乾燥しやすいと考えられ、また電気伝導度が低いことから貧栄養の環境であると推察された。アカマツ優占区のアカマツの伸長成長は良くなく、出現種数も少なかった。一方、ヌルデ優占区の表層土壌は、A₀層の被覆率が高く、採取時水分量や最大毛管容水量などが高く乾燥しにくい環境であると推察された。ヌルデ優占区のアカマツの伸長成長は良く、出現種数は他の優占区よりも多かった。このように、皆伐後における初期再生の優占種の違いによって、そこに生育するアカマツの成長に違いが認められ、それらの関係と土壌環境が影響していることが示唆された。

文 献

- 土壌環境分析法編集委員会編（1997）土壌環境分析法。博友社、東京、427p.
- Fujihara, M. (1996) Development of secondary pine forests after pine wilt disease in western Japan. *J. Veg. Sci.* **7**: 729-738.
- Fujihara, M., Hada, Y. and Toyohara, G. (2002) Changes in the a pine forest after rapid growth of *Quercus serrata* Thunb. *Forest Ecol. Manag.* **170**: 55-65.
- 藤原道郎・豊原源太郎・波田善夫・岩月善之助（1992）広島市におけるアカマツ二次林の遷移段階とマツ枯れ被害度。日本生態学会誌, **42**, 71-79.
- 藤田和夫・笠間太郎（1971）六甲山地とその周辺の地質：神戸市

- および隣接地域地質図（5万分の1）説明書。神戸市企画局、兵庫、58p.
- 二井一禎（2003）マツ枯れは森の感染症—森林微生物相互関係論ノート。文一総合出版、東京、222p.
- 服部 保・赤松弘治・武田義明・小館誓治・上甫木昭春・山崎 寛（1995）里山の現状と里山管理。人と自然, **6**, 1-32.
- 岩崎 寛・坂本圭児・吉川 賢・千葉喬三（1997）マツ枯れ被害林におけるアカマツ初期更新過程に及ぼす被害程度と地床処理の影響。日本林學會誌, **79**, 29-36.
- 日本ペドロロジー学会 編（1997）土壌調査ハンドブック 改訂版。博友社、東京、169p.
- 小笠原 隆三・石橋 聡（1986）西大山区国有林におけるアカマツ、クロマツ林の天然更新。鳥取大学農学部演習林研究報告, **16**, 215-226.
- 木下尚子・嶋 一徹（2005）山火事跡地における実生定着とそれらが水と表土の移動に及ぼす影響。日緑工誌, **31**, 194-197.
- 木下尚子・嶋 一徹・廣野正樹（2004）山火事跡地における先駆木本類の発芽・定着特性。日緑工誌, **30**, 336-339.
- 坂本圭児・石井明彦・西本 孝・三木直子・吉川 賢（2004）マツ材線虫病被害林における下層木除去および林床有機物除去によるマツ林の修復に関する研究。日緑工誌, **30**, 110-115.
- 武田義明・飯島尚子・猿田けい・小館誓治（2010）再度山永久植生保存地における植物群落の遷移に関する研究 VIII. 再度山永久保存地調査報告書 第8回, 3-79.
- 達 良俊・大沢雅彦（1992）都市景観域における放棄アカマツ植林の二次遷移とアカマツの一斉枯死による影響。日本生態学会誌, **42**, 81-93.
- 呉 初平・安藤 信（2009）京都市大文字山におけるアカマツ実生の定着と成長に及ぼす地表処理効果。日緑工誌, **34**, 623-630.
- 呉 初平・安藤 信（2010）マツ枯れ被害林における実生、稚樹、幼樹の分布と立地環境。日緑工誌, **36**, 304-310.

付 記

- 気象庁ホームページの「平年値（年・月ごとの値）」。
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
（2016年10月23日参照）

