

# ヒノキ人工林における天然更新施業の可能性

—多変量解析に基づく適地診断ソフトの作成—

松崎誠司\*・河原輝彦\*\*

(平成 17 年 5 月 19 日受付/平成 18 年 1 月 27 日受理)

要約: 本研究は、ヒノキ天然更新が可能となる条件を明らかにすることを目的に、数多くの条件の違う地況および林況のヒノキ人工林から集めたデータを用いて各種要因と更新の可能性の関係を明らかにすると共に、それらの天然更新への影響力を定量的に評価するために数量化Ⅰ類を用いて解析した。解析には、天然更新と関係があると考えられる標高、傾斜度、斜面位置、土壌型、林齢、林冠疎密度、林床植生の被覆度、林床型の 8 つの要因を独立変数として使用した。

分析結果から、天然更新の成否は、土壌型と林床型に強く影響され、土壌型は黒色土、植生型はコケ型の林地がそれぞれヒノキ天然生稚樹の好適な更新地であることがわかった。また、実際の林地において天然更新施業の成否を診断する可能性診断ソフトを作成した。これらによって今後、適地判断が定量的に行えるようになり、林地の状態を十分に把握してから施業に着手することが可能となった。

キーワード: ヒノキ人工林, 天然更新, 適地診断

## I. はじめに

近年、林業を取り巻く情勢は大きく変わり、森林管理の目的は木材の生産効率を追求するのみならず、人工林を 1 つの生態系と捉え、保全しながら森林利用を図っていくことが必要とされてきている。すなわち、これからは木材生産機能と公益的機能の両方を可能とする人工林管理方法を選択しなければならない。したがって、このような森林造成を可能にする多様な施業技術の開発が求められている<sup>1,2)</sup>。

そのようなことから現在、複層林施業、針広混交林施業、長伐期林施業などの研究が鋭意進められているが、なかでもヒノキの天然更新による森林造成は、質的に優れた天然生ヒノキの生産を主眼におき、さらにその造成過程での技術的合理性や地力維持・環境保全等の公益的機能にも期待することができることなどから、これからの人工林の管理手段の 1 つとして有効であると考えられている<sup>3,4)</sup>。

しかし、ヒノキの天然更新はどこでも簡単に成功するというものではなく、種々難しい問題を多く含んでいる。これまで、ヒノキの天然更新機構を解明するため、多くの試験地で稚樹の消長調査等が行われ、数々の成果が公表されている<sup>5-8)</sup>。その結果、ある程度の条件さえ整えばヒノキの天然更新は十分可能であることが判っているが、環境条件の異なる一般林地において、その場所ごとに環境条件や調査手法の違うことからヒノキ天然更新施業の体系化には至っていない。

そこで本報告は、ヒノキ天然更新が可能となる条件を明

らかにすることを目的に、数多くの条件の違う地況および林況のヒノキ人工林から集めたデータを用いて、天然更新の成否に影響を与える要因の解析を行った。また、実際の林地において天然更新の可能性を診断することができるソフト開発を行った。

## II. 調査地および調査方法

調査は、近畿中国森林管理局(旧 大阪営林局管内)の 12 府県・445 林分において、1986 年 9 月から 10 月の間に行った。

調査対象林分は、林齢、標高、土壌条件などできるだけ条件の違う場所を選び、同一林分で林内と林縁の 2 箇所を調査した。林縁付近は林内よりも一般に明るく、植生などの条件が変わっていることが多い。両者の違いは照度の違いで設定した。調査区の面積は、林内プロットは 20 m × 20 m、林縁プロットは 10 m × 20 m とした。

調査項目は、地況や林況について全 14 項目、さらにヒノキ稚樹の更新状況(稚樹本数・樹高)についても調査を行った。地況は、標高、方位、傾斜度、斜面位置、基岩、土壌型、年平均降水量の 7 項目である。林況は、林齢、上木の樹高と胸高直径、樹冠疎密度(「疎」: 各個体の樹冠と樹冠の間が離れている、「中」: 各個体の樹冠と樹冠の間に細かい間隙がある、「密」: 樹冠にほとんど間隙がない)、林内照度、林床植生の種類と現存量(1 m<sup>2</sup> 2 ヲ所の刈り取り調査)、林床植生の被覆度(「なし」: 植生なし、「小」: 調査面積の約 1/4 以下、「中」: 約 1/2、「大」: 約 3/4 以上)、林床

\* 東京農薬大学大学院農学研究科林学専攻

\*\* 東京農薬大学地域環境科学部森林総合科学科

型、施業歴について行った。これらの要因を表1のように3から8のカテゴリーに分けて解析を行った。ヒノキ天然生稚樹については、1林分当たり1m<sup>2</sup>のコードラートを5ヶ所設定し、当年生、稚樹高20cm以下（当年生は除く）、稚樹高20cm以上のそれぞれの本数を調査した。

### III. 結果および考察

ヒノキ天然生稚樹の適地を明らかにするため、様々な環境条件にあるヒノキ天然生稚樹の生育状態と各調査要因の関係を検討した。

まず、調査区（1m<sup>2</sup>）に生育する稚樹本数の平均値（5ヶ所の調査区）から、天然更新の成否の判断基準を次のように3段階に区分した。

①可能性 大：高さ20cm以上の稚樹が、1m<sup>2</sup>あたり1本以上あるところで天然更新施業の成功する可能性が大きく期待できるところ、②可能性 小：当年生を除いた高さ20cm以下の稚樹が、1m<sup>2</sup>あたり2本以上あるところで成功の可能性は小さいが期待できるところ、③不可能：前述の稚樹が無いところを不可能地とした。これは、1ha当たり20cm以上の稚樹が10,000本以上成立していれば成林するという林野庁の天然更新施業の指針の基準値から設定した<sup>9)</sup>。

次に、各調査項目を表1のようにカテゴリー分けして、それぞれカテゴリーのプロット数を天然更新の可能性の判

断基準をもとに集計し、そのプロット数の比率が天然更新の可能性を示しているものとして分析し、図1～13に示した。図中の各カテゴリーの上の数値は、それぞれの条件に当てはまるプロット数を表している。

#### 1. 環境要因別の天然更新の適性

##### 1) 標高（図1）

標高は低いほうから高いほうへ、更新の可能性は大きくなり、750～1,000mでもっとも大きく、約60%の林分で更新可能である。しかし、標高が1,000m以上になると逆に更新の可能性は小さくなっている。このように標高が天然更新に関係しているのは、標高の低いところでは常緑樹の下層植生が多いこと、また標高が1,000m以上になると、林床にササが生育している林分が多くなることなどが挙げられる。すなわち、標高は植生と大きくかかわっていると考えられる。

##### 2) 降水量（図2）

調査プロットの年平均降水量は、1,179～4,186mmの範囲内にあったが、更新との間にははっきりした関係は見られない。これは年降水量が約1,200mm以上あれば林内に生育するヒノキ天然生稚樹の生存にそれほど大きな影響を与えないためであると考えられる。

##### 3) 方位（図3）

8方位について検討したが、東西で更新の可能性が大きかった。これは朝夕の林内への太陽光の入射が、更新状況に影響した結果であると考えられる。伐採跡地での更新では、方位が大きく影響してくる。

##### 4) 傾斜度（図4）

傾斜度と更新との関係では、10度以下の緩斜面では更新の可能性が大きく、傾斜が急になるにともなって更新の可能性は小さくなっている。これは急斜面ほど雨水による土壌の移動が大きくなり、それにともなって稚樹の定着が困難になることが関係しているためであろう。

##### 5) 斜面の位置（図5）

斜面の上、中、下部と更新との関係を見ると、上、中、下部間でそれほど大きな差は無いが、傾向としては上、中、下部の順に可能性は小さくなっている。このような順になる理由として考えられることは、一般に上部ほど傾斜が緩やかで雨水による土壌の移動が少ないことや、土壌条件が悪いために他の植物との競争が少ないことなどが挙げられる。

##### 6) 基岩（図6）

調査結果に基づき、花崗岩・石英斑岩・砂岩・粘板岩・流紋岩・安山岩・凝灰岩・その他（内緑岩・頁岩・石灰岩・結晶片岩など）に区分された。

各基岩について検討したが、天然更新の可能性との間には、はっきりした関係は見られなかった。

##### 7) 土壌型（図7）

黒ぼく土（BlD）では、ほかの土壌型よりも際立って更新の可能性は大きく、この土壌型にある林分の75%が更新可能地となっている。この土壌型は、緩斜地に分布し、腐植に富んだ厚いA層を持っているが、土壌構造の発達

表1 環境要因とカテゴリー

地 況		林 況	
要 因	カテゴリー	要 因	カテゴリー
標 高	1 250m以下	林 齢	1 20年生以下
	2 251～500m		2 21～40
	3 501～750m		3 41～60
	4 751～1000m		4 61～80
	5 1000m以上		5 81年生以上
年平均降水量	1 1400mm以下	容積密度	1 $20\sqrt{V_H}$ 以下
	2 1401～1800		2 $21\sim 30\sqrt{V_H}$
	3 1801～2200		3 $31\sim 40\sqrt{V_H}$
	4 2201～2600		4 $41\sqrt{V_H}$ 以上
	5 2601mm以上		
方 位	1 E	樹冠疎密度	1 疎
	2 SE		2 中
	3 S		3 密
	4 SW	林内照度	1 3%以下
	5 W		2 4～6%
	6 NW		3 7～9%
	7 N		4 10～12%
	8 NE		5 13%以上
傾斜度	1 10°以下	林床植生の被覆度	1 なし
	2 11～20°		2 小
	3 21～30°		3 中
	4 31°以上		4 大
斜面位置	1 上 部	林床植生の重量	1 なし
	2 中 部		2 1～500g/m <sup>2</sup>
	3 下 部		3 501～1000g/m <sup>2</sup>
			4 1001～2000g/m <sup>2</sup>
			5 2001g/m <sup>2</sup> 以上
基 岩	1 花崗岩	林床型	1 なし
	2 石英斑岩		2 草 本
	3 砂 岩		3 サ サ
	4 粘板岩		4 シ ダ
	5 流紋岩		5 コ ケ
	6 安山岩		
	7 凝灰岩		
	8 その他		
土 壌 型	1 B <sub>A</sub>		
	2 B <sub>B</sub>		
	3 B <sub>D(d)</sub>		
	4 B <sub>D</sub>		
	5 B <sub>lD</sub>		

悪くカベ状で、保水力が強く、通気・透水性に劣る。したがって、傾斜がゆるく適度に湿った土壤でも、下層植生量が極めて少ないために、更新の可能性が大きくなっている。ついで、 $B_{D(d)}$  が他の3つの土壤型に比べると更新の可能性が大きくなっているが、 $B_{D}$  以外の土壤では更新の可能性は変わらない。 $B_{D(d)}$  は山腹上部から中部に見られる土壤型であり、 $B_A$ 、 $B_B$  は尾根筋に分布する土壤型である。

8) 林 齢 (図 8)

20年生以下の林分数が少ない上に、未閉鎖林分が含まれているので、ここではこれを除外して考えてみると、林齢が大きくなるにともなって、更新の可能性は大きくなっている。この理由として考えられることは、40年生ぐらいまでは林分量が最も多く林内は暗いが、林齢が進むにつれて葉量が次第に少なくなり、林内が明るくなり、稚樹が枯死することなく成長するためである。したがって、ヒノキの天然更新を考える場合には、できれば60年生以上の林分を対象にしたほうがよいであろう。

9) 樹冠疎密度 (図 9)

林冠の閉鎖度を3段階にしたが、更新の可能性との関係では、疎な林分ほど更新の可能性は大きくなっている。これは林冠が疎ほど林内が明るくなっていることによると思われる。

10) 林内照度 (図 10)

林内照度は、測定機械の関係で299プロットのデータでの解析となっている。よって、上述した樹冠疎密度を他の林分では代用した。解析可能だった林分の内、林内相対照度が3%以下の林分では、暗すぎて稚樹の生育が難しく、更新の可能性は非常に小さいが、3%よりも相対照度が大きい林分では大差なく、およそ40%の林分で更新可能地となっている。ただし、相対照度が4~10%では、稚樹の成長はそれほど大きくなく、これらの稚樹が今後順調な成長を続けるには、相対照度が20~30%になるように、下層植生の刈り払い、間伐や枝打ち等を行って調節していく必要がある。

11) 林床植生の被覆度と重量 (図 11)

林床植生の被覆度がゼロと思われる林分での更新の可能性は非常に小さいが、被覆度が大きくなるにつれて可能性は大きくなっている。一方、刈り取り調査結果によれば、植生の全く無いところでは稚樹の更新は難しく、その他は林床植生の重量1~2,000 g/m<sup>2</sup>の範囲で、ほとんど変わらない。これは更新に大きく関与するのが葉の量であるが、ここでは葉の量だけでなく、幹の量まで含まれているためである。

12) 林床型 (図 12)

林床に植生が何も無い林分では、ほとんど更新は不可能である。これは林内が暗すぎるか、あるいは、土壤の移動が大きいためである。一方、コケ型を示す林分では、林分数は少ないが、約95%の林分で更新可能となっている。ほかの草本型、ササ型、シダ型では、その密度によって更新の可能性は大きく異なるが、ササ型で密度が高くなると多少、更新の可能性が低いようである。コケ型の林地では、土壤の移動が小さく、また土壤が適度に湿っていることな

どが影響し、種子や稚樹の定着が良好となり、更新の可能性が大きくなっていると考えられる。

13) 林床植物の種類 (図 13)

更新可能地と不可能地のそれぞれに出現する林床植生について検討した(表2)。まず、更新不可能地ではアオキやコアジサイ、ヤブツバキ、ヒイラギの出現するプロットの比率が大きい。よって、これらの樹種が出現すると、ヒノキ稚樹は生育出来なくなると考える。一方、可能地に出現する常緑広葉樹はホンシャクナゲで、その他は落葉広葉樹がほとんどである。さらにシロモジの出現する林分では更新の可能性が非常に高い。

2. 各要因の天然更新への影響力とその相互作用

これまで、環境要因ごとに天然更新との関わりを分析してきた。ここでは、各環境要因の天然更新への影響力の大きさを明らかにするため、多変量解析(数量化I類)を用いて分析を行った。目的変数は、天然更新の可能性の判断基準の3段階(1~3の数値をとる)で、説明変数には特に天然更新の成否に関与していると思われる7要因を選択し、それら各要因のカテゴリを数値化したデータを用いて分析した。

分析結果から求められたレンジの大きさ(最大スコアと最小スコアの差)は、目的変数に対する寄与の大きさを測る上で相対的な判断基準となる。すなわち、レンジの大きな説明変数(要因)は、天然更新の可能性に大きな影響を

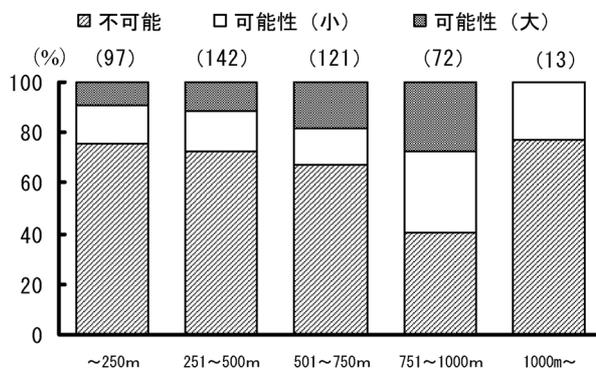


図 1 標高と更新の可能性  
\*カッコ内はプロット数を表す。

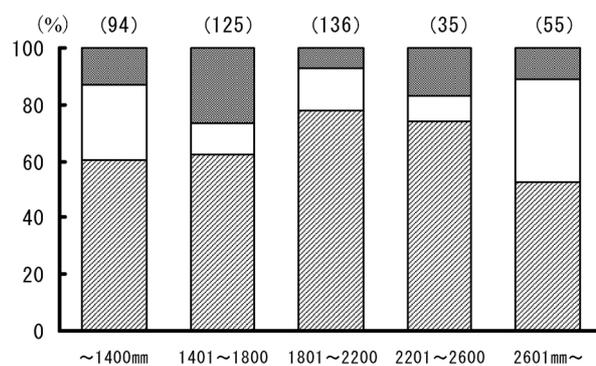


図 2 降水量と更新の可能性

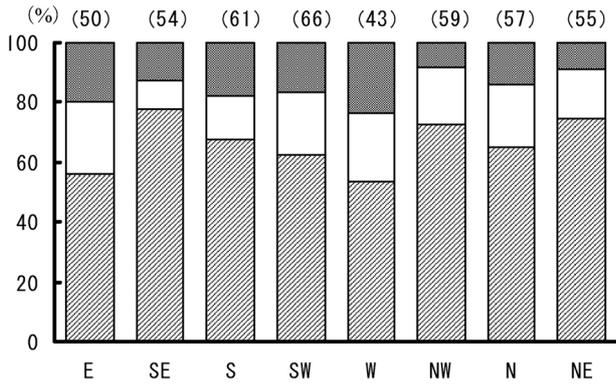


図3 方位と更新の可能性

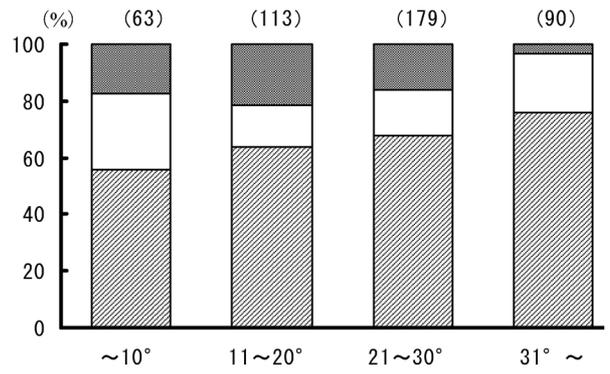


図4 傾斜と更新の可能性

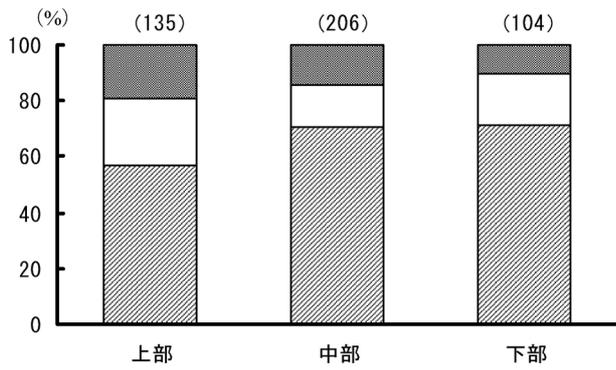


図5 斜面位置と更新の可能性

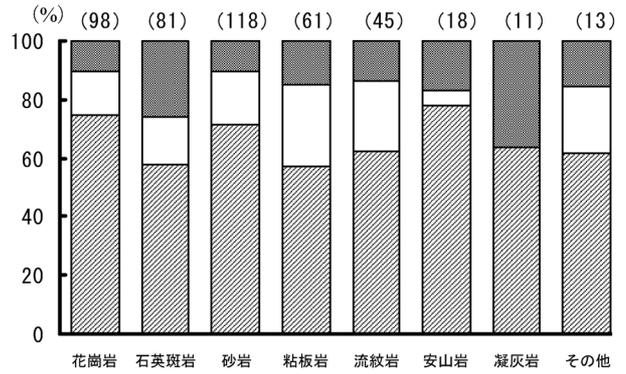


図6 基岩と更新の可能性

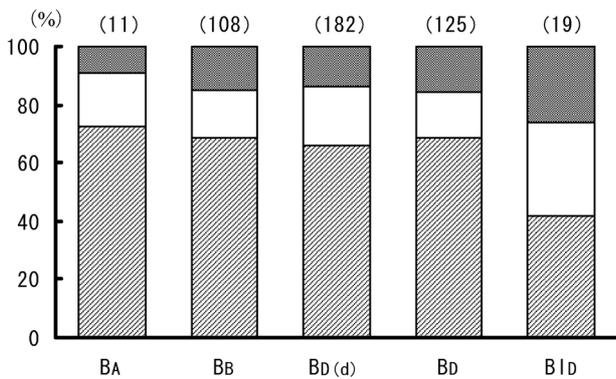


図7 土壌型と更新の可能性

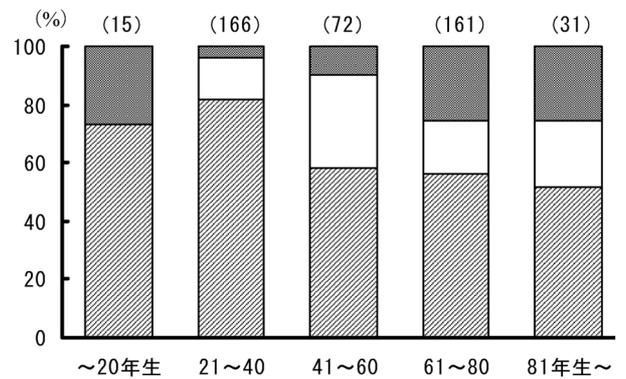


図8 林齢と更新の可能性

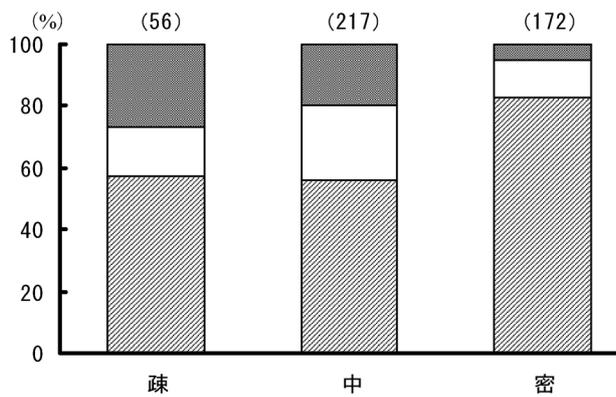


図9 樹冠疎密度と更新の可能性

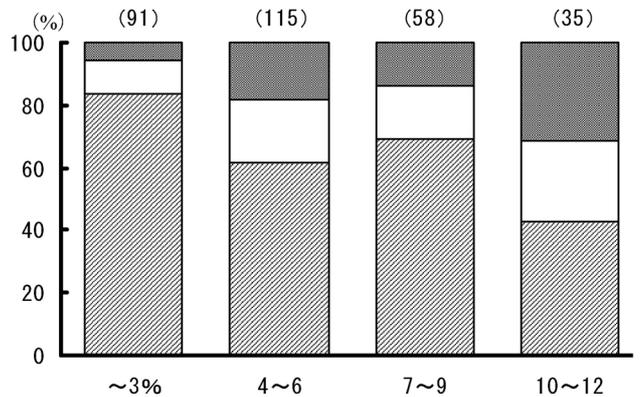


図10 相対照度と更新の可能性

与えているといえる。そこで、要因をレンジの大きさから順にみると、林床型>樹冠疎密度>林床植生の被覆度>傾斜>土壌型>斜面の位置となった。これは、標高や傾斜、土壌型などの不変的要因に対し、樹冠疎密度や林床植生に関する可変的要因が天然更新の成否に大きく影響している

ことがわかる。したがって、このことは不変的要因の条件がある程度整っていれば、あとは上木の樹冠量や林床植生のコントロールなどの林分管理によって、ヒノキ天然更新施業が可能となることを示していると考える。

多変量解析の解析結果(表3)をもとに、実際の林地におけるヒノキ天然更新施業の可能性を次式で表わすことができる。

$$\text{更新の可能性} = 1.499 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8$$

(X1~8は各環境要因を示す。それぞれは、表3を参照。)

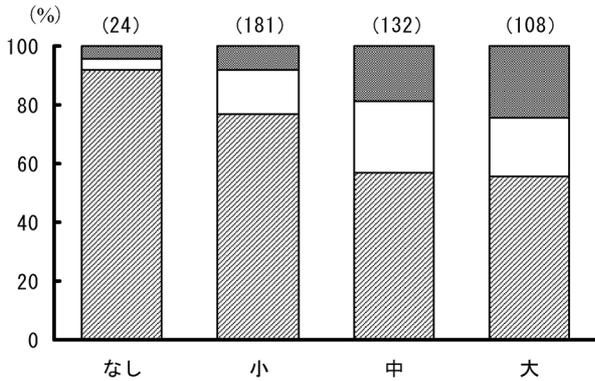


図11 林床植生の被覆度と更新の可能性

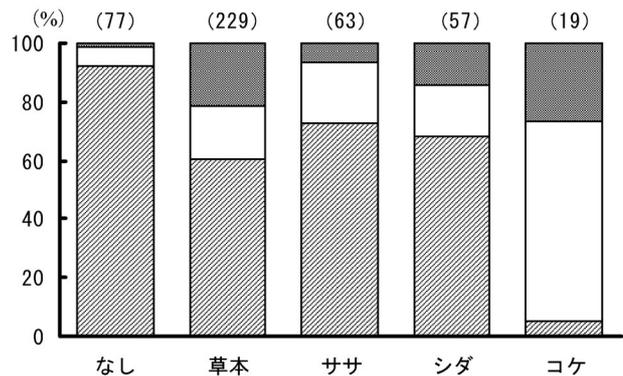


図13 林床型と更新の可能性

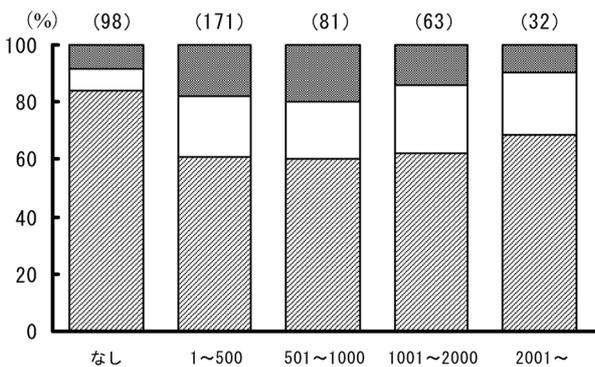


図12 林床植生の重量と更新の可能性

表2 植生と稚樹発生の可能性

可能性・大		不可能	
種名	出現頻度	種名	出現頻度
ミツバツツジ	11	ヤブツバキ	51
コナラ	10	アオキ	37
シロモジ	9	カシ類	36
ヤマアジサイ	6	コアジサイ	29
ホンシャクナゲ	4	ヒイラギ	10

表3 ヒノキ天然更新の可能性診断スコア

環境要因	カテゴリとスコア					レンジの大きさ
	250m以下	251~500m	501~750m	751~1000m	1000m以上	
標高 (X1)	-0.110	-0.081	0.048	0.231	-0.016	0.341
傾斜度 (X2)	10°以下	11~20°	21~30°	31°以上		0.308
斜面位置 (X3)	0.129	0.042	0.018	-0.180		
土壌型 (X4)	上部	中部	下部			0.100
	0.066	-0.034	-0.020			
土壌型 (X4)	B <sub>A</sub>	B <sub>B</sub>	B <sub>D(d)</sub>	B <sub>D</sub>	B <sub>I<sub>D</sub></sub>	0.302
	-0.145	0.003	-0.004	-0.006	0.157	
林齢 (X5)	20年生以下	21~40	41~60	61~80	81年生以上	0.339
	0.104	-0.140	0.017	0.089	0.198	
樹冠疎密度 (X6)	疎	中	密			0.439
	0.248	0.087	-0.191			
林床植生の被覆度 (X7)	なし	小	中	大		0.352
	0.020	-0.160	0.060	0.192		
林床型 (X8)	なし	草本	ササ	シダ	コケ	0.705
	-0.148	0.107	-0.222	-0.146	0.483	

定数項 1.499      重相関係数 0.530      Plot数 455

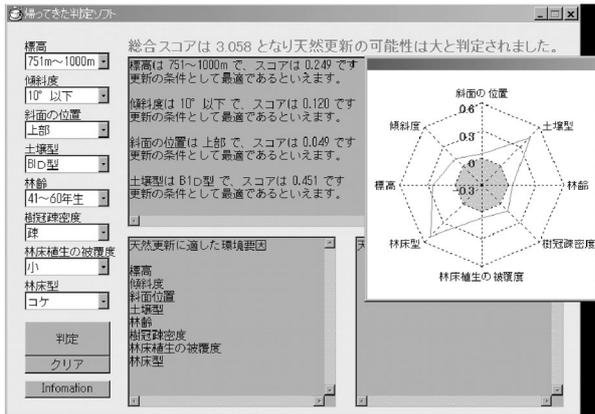


図 14 ヒノキ天然更新施業の適地診断ソフト  
(このソフトでは、近畿・中国・四国地方を中心に集められたデータを使用している。よって、それらを地域以外で使用する場合は、条件を良く検討する必要がある。)

カテゴリーごとに決められた各スコアはプラスならば、天然更新にとってもプラスに働き、マイナスならば更新の可能性が低くなる方へ働くことを示している。よって、天然更新の成否の可能性は、定数 1.485 と各調査要因のカテゴリーのスコアを加えていくことによって求められる。その結果、求められた数値が、1 に近い数値ならば天然更新不可能地、3 に近い数値ならば可能性は大きいと推定される。以上のことをソフト化したものが図 14 である。このソフトでは可能性を数値化して判定することのみならず、結果がレーダーグラフやコメントで表示され、各要因の適合性や、各要因同士の相互作用を考慮し、問題点があればどのように対処すれば良いかを出力するものである。よって、可能性が低いと診断された林地でも、マイナスに働いている要因を検討し、それが改善できる可変的な要因であれば、更新補助作業などによって更新は可能となる。

#### IV. おわりに

ヒノキの天然更新施業とは、自然の力を利用して行う山造りである。そのため、あらゆる角度から林地を分析し、更新の可能性を十分検討してから着手しなければなら

い。これまで、数多くの試験地で個々にヒノキの天然更新に関する調査・研究が行われ、更新機構の解明がなされてきた。しかし、環境条件の千差万別な一般林地において、ヒノキ天然更新施業の可能性を定量的に評価することは極めて困難であった。

今回、様々な条件の林地を調査したデータから、更新の可能性を決定づけている要因を探るとともに、個々の要因のどのような状態がヒノキ天然生稚樹の生育適地となるのかをある程度解明できたといえる。また、これらによってヒノキ天然更新施業の可能性を診断できるようになった結果、ある程度の条件が整えば天然更新は容易であり有望であることが示唆された。したがって今後は、林地における天然更新施業の適性を十分に検討してから、施業に着手することが可能となった。しかし、検討すべき課題も残されている。それは、適地と診断された場合に、どのような林分管理を行えば良いかといった問題に資するための、天然生稚樹の更新過程を具体的に予測できるモデルの作成であり、今後のさらなる研究が必要である。

#### 引用文献

- 1) 河原輝彦, 1990. 人工生態系管理手段としてのこれからの育林技術, 林業技術, 579, 20-23.
- 2) 井鷲裕司・加茂皓一・河原輝彦, 1998. 針葉樹一斉林を針広混交林に換える 10 年間の試み, 森林総研報, 121, 4-5.
- 3) 河原輝彦, 2001. 多様な森林の育成と管理, 東京農大出版会, 39-106.
- 4) 赤井龍男, 1979. ヒノキ天然更新技術の確立に関する基礎調査, 大阪営林局, 40-46.
- 5) 赤井龍男, 1978. 天然更新に関する研究 (IV) 近畿, 中国地方における各種ヒノキ林の更新, 京大演報, 50, 44-57.
- 6) 加茂造一・河原輝彦・山本久仁雄, 1981. 間伐後のヒノキ天然生稚樹の成立経過 (1), 間伐直後の稚樹の発生, 成立過程, 32 回日本林学会関西支部講演集, 78-82.
- 7) 山本進一・堤 利夫, 1980. ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の個体群動態 (II), 当年生稚樹の死亡要因, 日林誌, 62, 343-349.
- 8) 山本進一・堤 利夫, 1985. ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の個体群動態 (IV), 実生の発生過程, 日林誌, 67, 20-27.
- 9) 大阪営林局, 1989. 天然林施業・複層林施業の基礎知識, 大阪営林局, 83-85.

# The Possibility of Natural Regeneration in Artificial *Chamaecyparis obtusa* Stands

By

Seiji MATSUZAKI\* and Teruhiko KAWAHARA\*\*

(Received May 19, 2005/Accepted January 27, 2006)

**Summary** : The possibility of natural regeneration in artificial *Chamaecyparis obtusa* stands was estimated by logistic regression, using eight factors, such as altitude, inclination, slope position, soil type, stand age, canopy density, floor plants coverage and forest floor type as independent variables. The regression analysis showed that regeneration of *C. obtusa* was controlled by forest floor vegetation, soil type and stand age. We made a program for diagnosis of the possibility of natural regeneration of *C. obtusa* based on the regression analysis.

**Key words** : artificial *Chamaecyparis obtusa* stands, natural regeneration, diagnosis of possibility

---

\* Department of Forest Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

\*\* Department of Forest Science, Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture