

# PHYTOCULTURE

ハイトカルチャ

NEWS LETTER

3

1999

No. 12

## 一般用材生産のためのスギ人工造林技術体系の検証

本城尚正

(ハイトカルチャ総合研究所所長)

はじめに

わが国の人工造林面積は世界の人工造林面積の1割に当たる1,000万haに達し、そのうち770万haは民有林であって、世界最大の人工造林地を保有している森林国である。しかし、この大規模な人工造林地は古くから逐次蓄積されたと言うより、戦後ごく短期間で造成されたものである。終戦後、経済復興に伴い、木材需要の拡大、木材価格の高騰、農山村における低廉・豊富な労働力、造林技術の研究・普及等が相乗効果となって、大造林地の造成が推進された。

しかしながら、わが国の林業の現況を見ると、林業の採算性の著しい低下と林業従事者の減少と高齢化が進み、森林管理への資金、労働力の投下は著しく減少し、大半の人工造林地は、保育が必要で、今後適切な森林管理を行わなければ、森林は崩壊の一途をたどるであろうといわれている。もともとわが国の育林体系は、皆伐後、潔癖な地拵え、均一な植え付け、下刈り、枝打ち、除・間伐という一連の作業からなり、この画一的で集約的な皆伐一斉造林は、拡大造林の奥地化とともに不成績造林地と言われている森林を多く発生させることとなった。その造林地の要因解析とその取り扱い方についての調査研究はまだ始まったばかりである。

日本の自然環境における自然の再生力

は、熱帯多雨地域と同様に著しく大きい。したがって、植栽木が造林地に再生あるいは侵入する植生との競争に負けないよう、植栽樹種以外の植生を刈り払う下刈りに多くの労力を投入する必要があることや、目的とする森林を出来るだけ早期に育成する施業を進めてきたこと等により、単位面積当たりの労働力投入は極めて多く、また路網の未整備などもあって、保育費の占める比重は非常に大きい。これに比較してアメリカ、カナダの育林費は、わが国の10~15分の1程度であるという(赤井：1998)。

このことから国際自由市場での価格競争を考えると、今後、育林コストの低減の可能な育林法を取り入れなければ、長期化している林業不況から脱却することは困難であろう。それに加えて、近年わが国の殆どの地域でシカ、カモシカ等野生動物の食害によって、植林を行っても成林することが困難なこともあって、再造林の意欲をますます削がれるだけでなく、放棄さえる林業家もあり、憂慮されている。

したがって、低コスト育林としての粗放的な森林造成法の技術開発も重要な課題であろうと考える。そこで、著しく集約的な無節材、磨丸太材等高品質材生産ばかりか一般用材生産までも画一的に標準化された集約的な施業のありかたを、それぞれの社会条件と自然環境に適応し

た施業であるかを検証し、特に環境保全を重視した“合自然的”(赤井ら：1987、赤井：1991、赤井：1998)で低コストな育林技術の可能性について論議し、加えて植栽密度や植栽後殆ど手入れされていない粗放的な森林の取り扱いについても検討を加えた。

一般に、スギ実生苗木をある程度の本数、例えば3,000本/ha以上植栽し、その後雪や台風等の気象災害さえなければ、樹冠の閉鎖に伴い個体間競争が生じて、大きさに違いが現れ、林分の自然間引き(劣勢木の枯死)によって立本本数は減少する(相場ら：1987)。いわゆる密度効果によって自然間引きがうまく行われている林分をよく見かける。これらの林分は見た目には小径の被圧木や立ち枯れ木が目立ち、一見非常に荒廃した林分であるかのように見えるが、樹冠上層を占める優勢木の素性は良く、成長の良い木が適当に配置し、健全に成林している例が少なくない。これらのことに着目して、もし優勢木が林分内で一様に分布するという規則性が見い出せるなら、若齢期には今までとは異なった粗放的な保育法が導入でき、しかも間伐の必要性はそれ程でないと考えられる。

樹冠の閉鎖に伴って成長に優劣ができた場合、この個々の木の優劣の順位は林齢が増加しても逆転しないであろう(相場ら：1987)。実際そうであるならば成

長段階の早い時点で主伐木の選定を行いマーキングすることが可能となり、もし除・間伐を行うなら、マーキングされていない木から樹冠の配置だけを考慮して除・間伐木を選定すればよく、また枝打ちはマーキングした主伐木のみに行えばより効率的であろう。

つぎに、植栽密度についても再度考え直す必要があるように考える。経済の高度成長期には多量の木材需要があり、間伐材だけでなく除伐材までも高価に売買できたこともあって、単位面積当たりの苗木の植え付け本数が多くなり、4,000~6,000本/haという密植が行われた。しかしながら、それらの造林地が除伐や間伐をしなければならない時期に来ていると指摘されるが、木材価格の著しい低迷に加えて人件費の高騰、労働力の不足などによって、余程地利の良い場所でない限り、採算が合わないこともあって、除・間伐を行ってもそのまま山に放置するというのが現状である。

スギ人工林の場合、収穫期にはha当たり800~1,000本前後であることからみても、現行3,000~3,500本/haの植栽本数では、収穫期までに2/3~3/4の本数は伐り捨てることになる。植栽から保育に要する費用や現在の労働力を勘案するならば、もっと適切な育林法は見い出せないものだろうか。

以上の考えから、低コスト育林の施業体系の基礎資料を得るため、京都府立大学の演習林に植栽密度の異なるスギ実生林分の試験地を設定し、下刈り終了後従来どおりの除伐・間伐を行った林分と、行わない無除・間伐の林分とを設け、両区の成長比較と林分構造について解析を行った。



写真-1 試験地(Ⅰ-A区)の遠景

1. 試験地の概況

試験地は京都府北桑田郡美山町脇谷にある京都府立大学大野演習林9林班の小班に設定し、1967年4月にスギ(ヤマゲニスギ; 京都府北桑田郡京北町)実生苗を植栽した。(写真-1)

試験地は沢に沿った東斜面、傾斜は30~38度の急斜面で、基岩は秩父古生層の角岩および珪岩、土壌はBb型である。

また、平均気温は14℃、年平均降雨量は1,600mm程度で、12月下旬から3月上旬にわたって、積雪に覆われることがたびたびある。

各試験区の植栽密度はA区:4,500本/ha、B区:3,500本/ha、C区:2,500本/ha、D区:1,500本/haで、図-1のように3回繰り返して設定した。1区画の面

積は、各々約0.1ha、合計1.2haである。

植栽後、毎年1回8年連続下草刈りを行い、また11年生時(1978年)に蔓切りと全木のヒモ枝打ちを行った。

続いて12年生時(1979年)に各試験区を2分割し、一方を無除・間伐区として放置し、他方は被圧木、病虫害木、損傷木を最優先とし、過密なところは残存木の樹冠配置を配慮して除伐し、除・間伐区とした。なお除・間伐区は、17年生時(1984年)に再度前回と同様の要領で除伐を、また22年生時(1989年)には、無除・間伐区の立木のうちマーキングした将来収穫期まで生立させておく候補木のみ枝打ちを行った。

なお、17年生時に行ったマーキング木の選定にあたっては各処理区とも機械的に上位木から選木すると、沢筋の下部と

Ⅰ				Ⅱ				Ⅲ			
A	B	C	D	D	C	B	A	C	D	A	B
無除 間伐区	除・ 間伐区	無除 間伐区	除・ 間伐区	無除 間伐区	除・ 間伐区	無除 間伐区	除・ 間伐区	無除 間伐区	除・ 間伐区	無除 間伐区	除・ 間伐区
4500 本/ha	3500 本/ha	2500 本/ha	1500 本/ha	1,500 本/ha	2,500 本/ha	3,500 本/ha	4,500 本/ha	2,500 本/ha	1,500 本/ha	4,500 本/ha	3,500 本/ha

図-1 試験地の割り付け図

尾根に近い上部とでは、地位の差によって成長に差異が生ずるため、地味のよい斜面下部付近から多くマーキング木を選木することになるので、各処理区を下部、中部および上部に3分割して、上位木をha当たり1,500本選木してペンキでマーキングを行った。

2. 調査方法

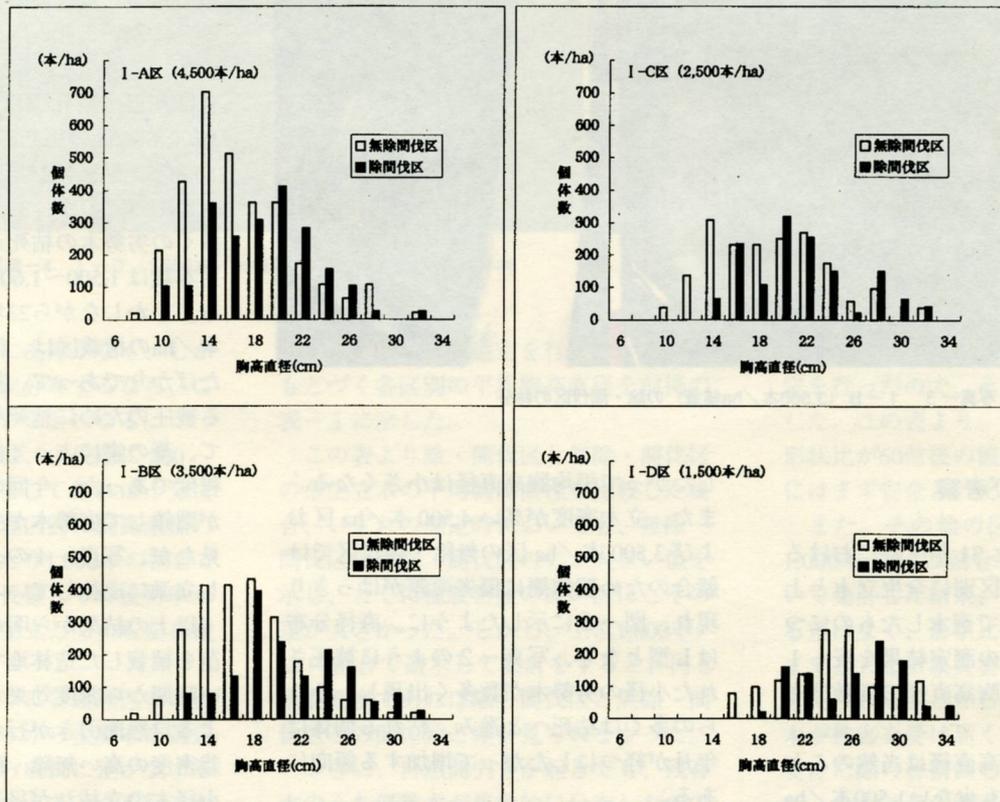
植栽後、3～5年間隔で全木について成長量の測定を7回行った。今回の報告は1998年11月(31年生)に測定したI-A、B、C、D区の結果と、1990年7月(23年生)に測定した結果についてとり

まとめを行った。なお、前回の測定時には形状比(樹高/胸高直径:H/D<sub>bh</sub>)および樹幹の細り(地上高3mおよび6m位置の直径が胸高直径に対する比率)を毎木測定したので、その結果についても併せて検討を行った。

表一 1 植栽密度を異にしたスギ人工林の23年生時および31年生時における除間伐の有無による平均胸高直径の比較

試験区	植栽密度 (本/ha)	測定林齢 (年生)	全生立木の平均		上位木1,000本/haの平均	
			無除間伐区 (cm)	除間伐区 (cm)	無除間伐区 (cm)	除間伐区 (cm)
I-A	4,500	23	14.8	16.3	18.5	18.9
		31	17.1	18.9	21.6	21.6
I-B	3,500	23	15.8	18.6	20.3	21.4
		31	18.0	21.3	22.1	22.5
I-C	2,500	23	16.8	20.3	20.4	22.1
		31	19.4	21.8	23.6	23.5
I-D	1,500	23	23.3	21.1	24.6	23.9
		31	24.9	26.4	26.7	26.9

1) 調査年度 23年生時は1990年7月、31年生時は1998年11月測定  
2) 斜面の上部と下部とでは地位差が大きいため、斜面を上・中・下部に分割して1,000本/haの割合で選木



図一 2 植栽密度を異にしたスギ人工林の31年生時における除間伐の有無による胸高直径の度数分布比較



写真-2 I-B (3,500本/ha植栽)の無除・間伐区の林分



写真-3 I-B (3,500本/ha植栽)の除・間伐区の林分

### 3. 測定結果および考察

植栽後23年生時と31年生時におけるI-A、B、C、D区別に全生立木と上位1,000本/haの割合で選木したものについて、平均胸高直径の測定結果を表-1に、また31年生時の胸高直径の度数分布を図-2に示した。

全生立木の平均胸高直径は当然のことながら立木密度の最も少ない1,500本/ha区が最大となり、立木密度が高くなるに

したがって平均胸高直径は小さくなる。また、立木密度が高い4,500本/ha区および3,500本/ha区の無除・間伐区では競合のため個体間に優劣の差がはっきり現れ、図-2に示したように、直径分布はL型となり、写真-2のように被圧された小径の劣勢木が数多く出現し、それらの多くは枯死へと進み、枯れる個体は年月が経つにしたがって増加する傾向にある。

この試験地設定の目的は、本地域にお

いて一般用材の生産を目的とするスギ実生林分の適切な植栽密度を見いだすと同時に、現在大きな問題となっている除・間伐作業を行わずに放置した場合、果たして一般に言われているように森林は崩壊の一途を辿るのか検証することにある。必ずしも全部が荒廃するとは考えられない。何故ならばスギ実生林分では植栽密度がある程度高くても、成長するにしたがって個体間で優劣が生じ、林冠が閉鎖すると陽光の奪い合いで競争が始まり、密度効果と呼ばれる自然間引き現象によって、本数調整が行われるからである。優勢木だけをよく観察すると除・間伐作業を行った林分とほぼ同様の結果になるのではないかと推察される。(写真-3)

まず、上記の事象を実証するために、本試験地のうち除・間伐を行わずに放置している無除・間伐区について、残存木の調査を行った。その結果は表-2のとおりである。

表-2から4,500本/ha区では植栽後23年経過した時点で枯死木は20%弱であったのが、31年生時には36.5%と著しく増加している。その原因の殆どは被圧されて自然に枯死したもので、現在は2,700~2,800本/ha程度の立木密度となっている。また、3,500本/ha区では23年生が10%強であったのが、31年生は33.5%とやはり自然枯死率は増加して、2,100~2,200本/haの生立本数になった。つぎに2,500本/ha区は23年生が10%の自然枯死率であったのが、31年生時には30.2%と多くの劣勢木の枯死が見られ、現在の生立本数は1,500~1,600本/haとなっている。しかしながら23年生時における1,500本/haの植栽区は、樹冠の閉鎖が始まったばかりであって、植栽木間の競争による被圧のために枯死したものは全くなくて、蔓の害によって僅か1個体が枯れた程度であった。今回の調査時では、林冠が閉鎖して劣勢木が生じ数個体の枯死を見たが、写真-4のように、著しく成長し立派に成林している。

以上の結果から明らかなように、実生苗を植栽した造林地では、林冠閉鎖後早い時期から密度効果が現れ、種内競争による自然間引きが行われる。とくに、植栽密度の高い無除・間伐区の林分では、小径木の立枯れが目立ち、一見荒廃した林分に見えるが、もしこれらの枯死木が

表-2 無除・間伐区における消長状況

試験区	植栽密度	植付本数	活着本数	活着率	調査時 林 齢	調査時 生立本数	調査時 自然枯損本数	調査時 枯損率
	(本/ha)	(本)	(本)	(%)	(年)	(本)	(本)	(%)
I-A	4,500	212	203	95.8	23 31	165 129	38 74	18.7 36.5
I-B	3,500	177	167	94.4	23 31	146 111	21 56	12.6 33.5
I-C	2,500	129	116	89.9	23 31	104 81	12 35	10.3 30.2
I-D	1,500	77	70	90.9	23 31	69 66	1 4	1.4 5.7

23年生時は1990年7月測定  
31年生時は1998年11月測定



写真-4 I-D (1,500本/ha植栽) の無除・間伐区の林分内

残存木の健全な成長に支障がなく、しかも優勢木がランダムに分布するならば、そのまま放置してもよいことになる。

そこで、一般用材は、主伐期に800～1,000本/ha程度生立しておれば十分であることから、各処理区別に胸高直径の大きい個体からhaあたり1,000本の割合で選木し、それらの成長量とその優勢木がどのように分布して生立しているかを検討した。

なお、前述したように各処理区全域にわたり機械的に上位木から優勢木を選定すると、地位の差から成長に差が生ずるため、各処理区ともマーキングを行った手法と同様、下部、中部および上部に3

分割して上位木の選定を行った。それにもとづく各処理区別の平均胸高直径を前掲の表-1に示した。

この表より除・間伐区と無除・間伐区の全生立木の平均胸高直径を比較した場合、いずれの測定時においても、無除・間伐区より除・間伐区の方が大きい値を示し、とくに植栽密度の高い区ほどその差が大きかった。しかし、上位1,000本/haの割合で選木して集計をすると、同じ植栽密度であれば除・間伐区と無除・間伐区との間に殆ど差が見られなかった。

つぎに、自然間引きが起きても、残存木のうち優勢木が集中的に分布したのでは、除・間伐の効果を今さら論議する必

要性はなかろう。したがって、各区をそれぞれ前述の理由で3分割して、胸高直径の大きい個体から1,000本/haの割合で選木（その例として図-3にI-A区の全木の位置を示す）した結果について、その個体の分散をI法による分布様式（相場ら：1987）にあてはめてみると、いずれの区も100㎡以上の面積であれば一様（規則）分布を示した。

このことから、自然枯死木が残存木の健全性に支障を与えることなく、優勢木は除・間伐区の残存木と同様に成長していることは明確であり、今後も多分良好な成長を継続するものと推定される。

しかしながら、将来この林分が順調に成長を継続しても、やはり密植、無除・間伐による欠陥、例えば高い形状比による気象災害（林野庁：1987）とか、反対に疎植のため梢殺になるなどの問題が考えられる。

そこで、形状比について23年生時に測定を行ったので、その結果を表-3に示した。この表より、1,500本/ha区では、形状比が60前後の値であるため、気象害にはまず安全といえる。

また、その他の区においても、上位1,000本/haの割合で選木したものについて集計した結果、除・間伐の有無による差はなく、形状比は75前後であって、まず甚大な気象災害を蒙ることはないと考えられる。しかし、密植林分では中径木が被害を受け易く（石井ら：1980）、受けた際の将棋倒し現象が考えられるので、今後はその調査も必要であろう。それに加えて自然枯死や被圧された劣勢木

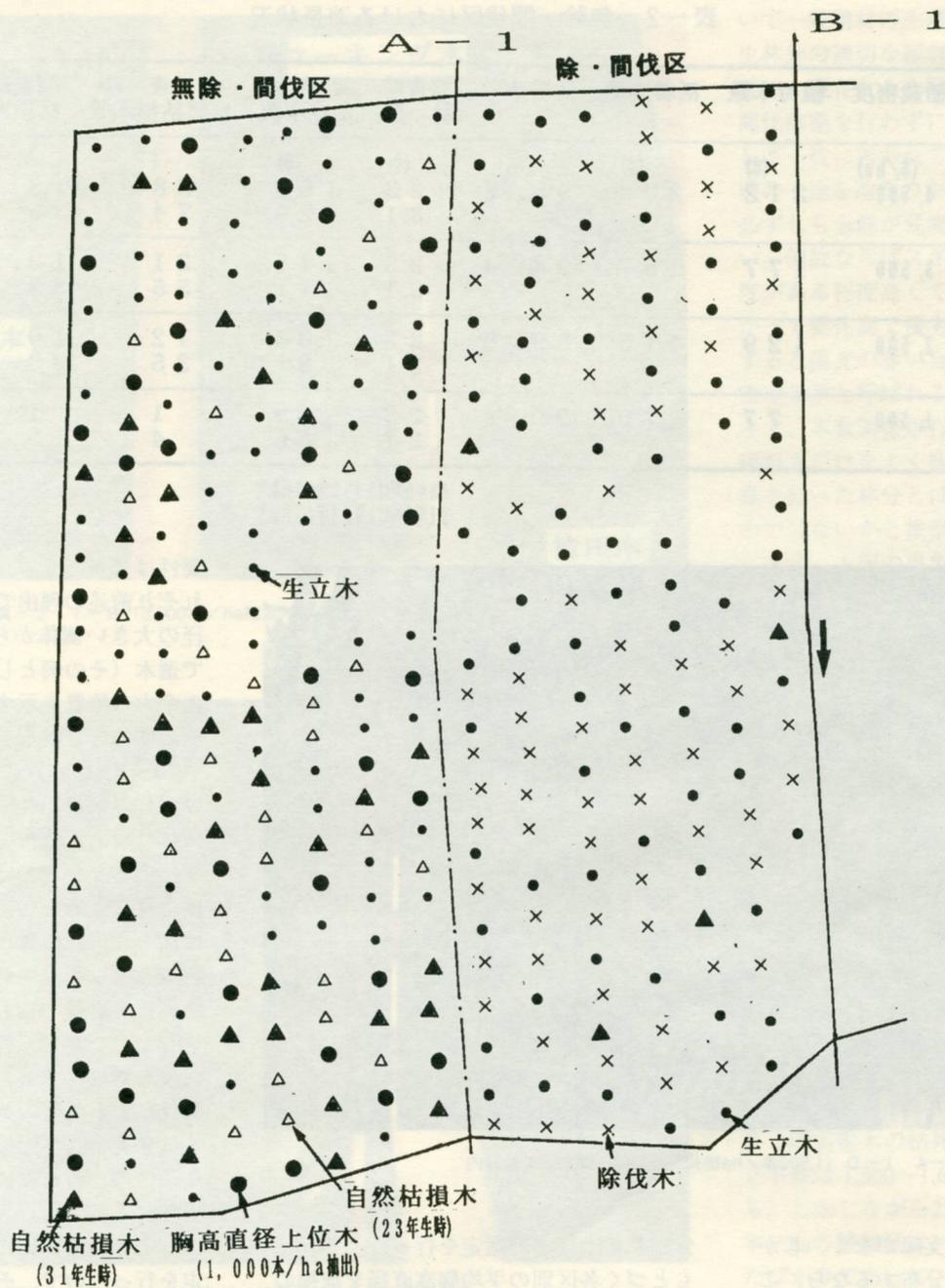


図-3 I-A (4,500本/ha) の生立木の状況

表-3 形状比 (胸高直径/樹高)

	I-A	I-B	I-C	I-D
無除・間伐区	76.9	76.3	74.2	65.5
除・間伐区	75.5	76.3	73.1	59.3

23年生時 (1990年7月) に上位を木ha当たり1,000本の割合で選木して測定

表-4 地上高3mおよび6mの直径が胸高直径に対する樹幹の細り比率(%)

	3 m				6 m			
	I-A	I-B	I-C	I-D	I-A	I-B	I-C	I-D
無除・間伐区	0.92	0.93	0.89	0.92	0.85	0.84	0.77	0.80
除・間伐区	0.92	0.91	0.90	0.93	0.78	0.79	0.79	0.82

23年生時(1990年7月)に上位を木ha当たり1,000本の割合で選木して測定

などが病虫害を受け、それらが二次的に健全木へ伝播する恐れもあり、引き続き推移を見守らなければならないが、現在のところ本試験地内では、これらの被害らしきものは見受けられない。

さらに、低コスト育林を行っても主伐時の生産丸太の形質が悪ければ全く意味がない。少なくとも元玉だけは、完満通直で、経済効果のあがる材の生産を目標としなければならない。このことから樹幹の細りを上位木1,000本/haの割合で選木したのについて地上3mおよび6m部位の直径を測定し、胸高直径に対する比率を求めた。その結果は表-4のとおりである。地上高3mでの比率はいずれの区も殆ど変わらないが、6mになると植栽密度の高い区で密度効果が現れて、無除・間伐区の方が僅かながら完満な傾向が見られたが、疎植区では殆ど差はなかった。

これらのことから、疎植区でも、枝打ちを的確に行なえば、密植区と同様の完満な材の生産も十分可能であることが証明された。

いずれにしても、一定期間内に早期の肥大成長を期待するなら、除・間伐による密度調節よりも、植栽密度を小さくする方がより効果が大きいと判断された。したがって低コスト育林の基本的な体系は、疎植、無保育間伐、収入間伐の繰り返しによる長伐期施業ということになる。

なお、風雪害についての除・間伐の有無による差異は現在現れていない。

#### まとめ

長期にわたって育成させる主伐木を優勢良木の中から選ぶ点では、従来の一般

的な保育間伐法と同じであるが、若齢期(3~4齢級)に主伐候補木にマーキングすること、無印の木が間伐木であることは、従来の間伐方式になかった考え方であろう。

この考え方は、相場ら(1978)の提唱と全く同様で、これによって後発林業地や拡大造林地での間伐停滞の原因でもある「どの木を伐るのか」「どれだけ伐るのか」の判断の難しさを取り除くことができるであろう。また、地利の低い奥山などでの経済林育成の施業技術としても有効なものとする。地利の高い地域では集約的な保育作業も可能であるが、地域によっては、合自然的な林業ともいえる方式を取り入れ、出来るだけ低コスト育林が有利な地域もあろう。ただし、ここで言う粗放林業とは全く放置するのではなく、いくつかの条件が必要である。とくに、①実生林分で、②一般用材や大径木生産を目的とするならば、この考え方は低コスト育林技術の一つの指針となる。

現在は、労働力不足によって枝打ち、除・間伐が極端に遅れて荒廃したように見受けられる林分であっても、本法の合自然的な施業法の考え方を取り入れることによって、立派なスギ人工林の造成は可能と考えられる。

また、前述したように、一般用材生産目的のスギ林であれば、収穫期に800~1,000本/ha程度生立しておれば十分であることから、いままでのように画一的に3,000本/ha前後植栽して、全木について枝打ちなどの手入れを行った後、一部の場所を除き2/3は伐り捨てて山中に放置しているのは問題である。このような不経済な保育方法を行わずに、本試験で実証されたように、植え付け本数は1,500

本/ha程度であれば、危険率を見込んで十分と考えられ、苗木代、植栽費そしてその後の保育費を大きく軽減させることができる。そればかりか、肥大成長を促進させる効果が大きいので、新たな低コスト林業の構築の道標になりうと思う。

本試験を行うにあたりご協力頂いた京都府立大学農学部附属演習林の各位に深甚の謝意を表します。

#### 参考および引用文献

- 1) 石井弘・片桐成夫・三宅登・赤塚金治・高見宗臣(1980): 昭和53年1月異常降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析(I)、その被害林分の比較と冠雪害調査法の検討、島根大学農学部研究報告14、50-59。
- 2) 林野庁(1987): 昭和62年度において講じようとする林業施業、9-10。
- 3) 赤井龍男・吉村健次郎・本城尚正(1987): 粗放仕立てのスギ壮齢林分の構造と生長、京都大学演習林報告59、31-42。
- 4) 相場芳憲・生原喜久雄・榎本啓(1987): スギ実生若齢林での主伐木選定間伐に関する研究、東京農工大学演習林報告、19-28。
- 5) 和知秀樹(1989): 造林事業の現状と課題、林業同友336、2-22。
- 6) 赤井龍男(1991): 林業技術の再構築-転換期を迎えた内外の林業生産から-、林業技術597、2-7。
- 7) 本城尚正(1993): 集約な間伐法の見直しと一般用材を生産目標とした粗放施業のあり方、森林科学7、41-47。
- 8) 赤井龍男(1998): 低コストな合自然的林業、林業改良普及双書、128。