

# 和歌山演習林における人工林調査(Ⅲ) —固定標準地の標準性と類型化について—

長谷川 尚史・境 慎 二朗・淺野 善和  
山田 幸三・松場 輝信・松場 京子

## I はじめに

京都大学和歌山演習林は和歌山県有田郡清水町上湯川に所在する。有田川支流の湯川川の最上流部、標高455~1261mに位置し、面積は842haである。地形は斜面上部は比較的なだらかであるが、斜面中腹より下部は非常に急峻で各所に断崖や滝がみられる。全般的に土壌は深く、礫質の有機質に富んだ肥沃な林地である。年平均気温12.3℃、年降水量2,369mmで積雪は少ない。森林帯としては暖帯上部から温帯下部に属し、植物相は非常に豊かである。自然林は斜面上部はブナ、ミズナラなどからなる落葉広葉樹林、斜面中腹より下部はモミ、ツガが優占する針広混交林である。

本演習林は面積の50%以上が人工林であり、そのうち60%がスギで、残りのほとんどがヒノキである。その齢級構成は非常に偏っており、昭和30、40年代に大規模に造林された5~7 齢級の林分が人工林面積の2/3を占めている<sup>1)</sup>。これらの林分は現在、除間伐、枝打ち等の手入れを必要とする時期にあり、林道、作業道に面した林分を除いては保育作業が順調に進んでいるとはいえない。またこれら30~50年生の林分は各齢級の面積が大きいため、植栽初期から手入れ不足になりがちであり、また同一小林班内での地位の違いによる成長の差異が著しい。しかし小林班を均一な林分と見なした管理が行われてきたため、例えば樹高7 mの林分と20mの林分が同じ保育作業を受けてきた。こうした問題は拡大造林期に植栽された人工林に共通する問題であり、本演習林においても森林管理技術の確立を主眼においてこのような林分に対する施業法に関する研究が行われてきた。

本演習林では平成4(1992)年度より、人工林の現況を把握するために各小林班に固定標準地を設け、5年周期で毎木調査を行ってきた。また平成7(1995)年には縮尺1/15,000のカラー航空写真の撮影が行われ、今後これをもとに1 mメッシュにデジタル化したオルソフォトマップと2 mメッシュの樹冠面、地表面それぞれの数値地形図を作成して、GISシステムを構築する作業を進めている。

これらのデータやシステムを利用して森林管理計画を検討するためには、森林の現況に即したゾーニング、すなわち造林地の分筆と類型化を行う必要がある。本報告は、ゾーニングによる施業計画立案のための資料作成を目的として、平成7年3月現在の固定標準地調査データを用いて、固定標準地の標準性を評価し、また現況に基づいた類型化を試みたものである。

## II プロットの概要と調査・分析方法

分析には平成7年3月に提出された森林実態調査の資料となった、人工林固定標準地152プロットのデータを用いた。このうちスギ人工林が90プロット、ヒノキ人工林が62プロットである。これらのプロットの位置図を図-1に示す。

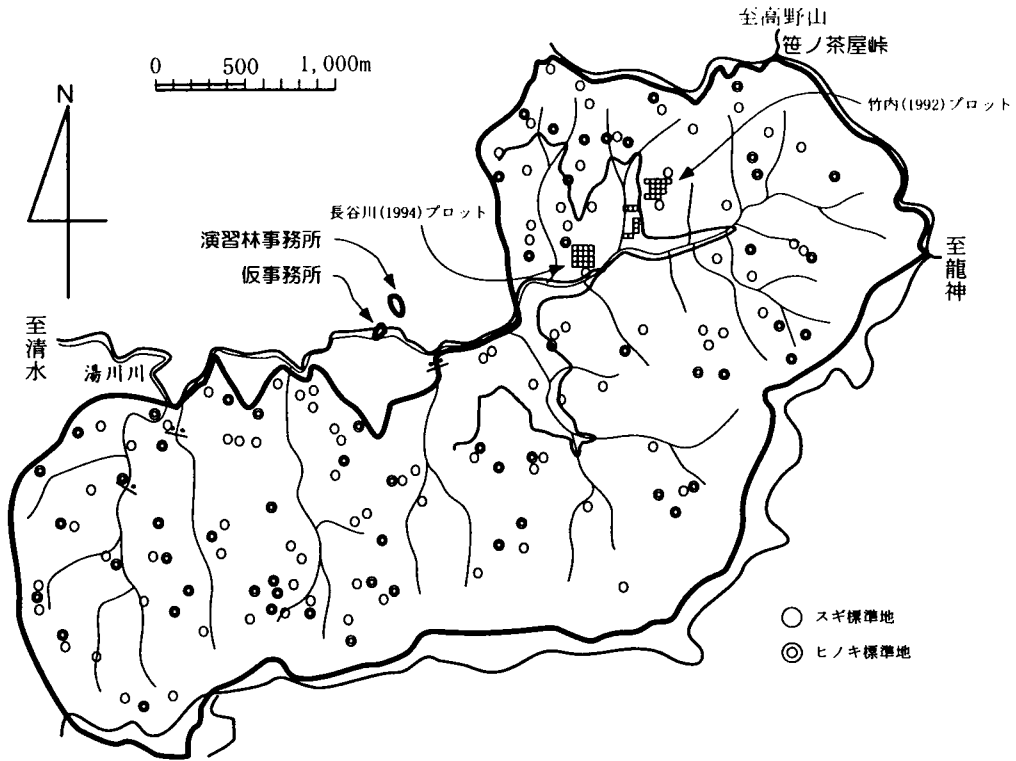


図-1 プロット位置図

これらの標準地は多くの小班に設置されており、林齢構成も多様である。ただし、多くは近年追加設置されたもので、まだ経年のデータの取得には至っていない。また林齢15年以下の若齢人工林にも設置されていないため、今後さらに調査区を追加する必要がある。

和歌山演習林の人工林における施業は戦前と戦後で大きく異なっている。すなわち設置された大正15(1926)年から終戦までの人工林は、設置以前の伐採によって立木密度や蓄積がきわめて低くなっていたモミ・ツガ天然生林に、スギやヒノキを樹下植栽したものが多い<sup>1)2)</sup>。これらの造林地は、昭和16(1941)年には累積造林面積が221haに達していた<sup>3)</sup>。しかし全域に保育の手がまわらず、谷筋などで雑木が繁茂しているところを中心に下刈等の作業が行われた程度で全般的に手入れ不足であったため、その後不成績人工林として100ha以上が造林面積から除籍されている。現在残っている50年生以上の人工林はそれ以外の比較的生育が良かった林地であり、これらの林分では皆伐はほとんど行われていない。一方、戦後植栽された人工林は、その多くが昭和33年以降の拡大造林期に植栽された。これらの大部分はパルプ用材として伐採された天然生林の皆伐跡地に植栽されたもので、昭和33(1958)年～昭和48(1973)年までの16年間に329haが造林

されている。これら戦後に植栽された人工林では「下刈は全刈とし、植栽年から7年目までに5回程度実施するが、対象林分の生育状態により実行回数が増減を検討する」「蔓切除伐は、植栽後7年目、10年目、14年目の3回行う」「枝打は、植栽後11年目、15年目、25年目に行う」こと<sup>1)</sup>を保育の基準していたようであり、全面積がこの基準に従うことはできてはいないと考えられるが、かなりの保育作業が行われてきている。現在すでに間伐・枝打を必要とする時期に入っているが、順調に進んでいるとは言い難い状況にある。

これらの人工林に設置された標準地では5年毎に胸高直径と樹高の計測が行われている。各プロットの大きさは20m×25m (0.05ha) であり、胸高直径 (1.3m高) 5 cm以上の全木を直径巻尺を用いてmm単位で計測している。また樹高については胸高直径の大きいものから均等間隔で20~30%の木を選び出したものを主に計測し、HENRICKSON式 (式-1) による回帰推定によ

$$H=a \log D+b \quad (\text{式-1})$$

り全木の樹高を推定している。樹高の測定には、樹高の低いものについては逆目盛検測桿を、高いものについてはポケットコンパス及び巻尺が使用されている。当演における森林実態調査では、幼齡林を除くすべてのスギ、ヒノキ人工林の現存量推定にこれらの固定標準地データをほぼ補正せずに適用している。今回用いたデータは、平成4 (1992)年10月から平成7 (1995)年1月にかけて行われた現地調査によるものである。

これらの標準地は小班内で標準的と思われる林分に対して設定されたものである。そこで10林班スギ造林地内の竹内<sup>4)</sup>の22プロット (TP01~TP22) 及び長谷川<sup>5)</sup>の16プロット (HP11~HP44) のデータを今回のデータとの比較のために使用した。これらのプロットはそれぞれ1 ha以上の広範囲にわたって連続的に設定されており、標準地のように有意抽出したものではない。胸高直径、樹高の計測方法も上記標準地とほぼ同様である。ただしこれらの林分は昭和40 (1965)年に植栽されたものであり、近年分筆されるまでは同じ施業が行われてきた同一小班内の林分であるため、他の林分とは単純に比較できない。

現地調査によって得た林分密度、胸高直径および推定樹高を用いて形状比、年平均直径成長量を求め、また柴田ら<sup>6)</sup>による相対成長関係式 (式-2, 3) を用いて林分材積を、和歌山県農林

$$\text{スギ} \quad \log V=0.94103 \log (D^2 \cdot H)-4.18779 \quad (\text{式-2})$$

$$\text{ヒノキ} \quad \log V=0.94681 \log (D^2 \cdot H)-4.20607 \quad (\text{式-3})$$

部林政課による地位別林齡別上層樹高表、人工林林分密度管理図<sup>7)</sup>を用いて地位、収量比数をそれぞれ算出した。なお地位を求める際、上層樹高は竹内 (1992)の方法に習ってプロット内の上位50本 (これに満たない場合は明瞭な被圧木を除く全木) の樹高の平均とした。また地位別林齡別上層樹高表では地位はI~Vの5段階であるが、今回はこの地位間を直線補間することにより各プロットの地位を無段階で求めた。地位I以上またはV以下に相当する場合には、上層樹高の上限値を地位0.5、下限値を地位5.5と見なして補間、延長した。また、年平均直径成長量は単純に胸高直径を調査時の林齡で割ったものである。鳥取県のスギ<sup>8)</sup>、広島県のヒノキ<sup>9)</sup>で得られた樹皮厚率より試算した結果、樹皮厚を考慮した場合とそうでない場合の年平均直径成長量の差は最大でスギの場合0.6mm/年、ヒノキでも1.0mm/年程度であり、分析に際しほぼ問題はないと判断したため樹皮厚は考慮していない。

## III 結果と考察

スギ標準地における林況の一覧表を表-1に示す。林班等の情報は省略し、林齢順にソートしている。また胸高直径の計測と樹高の計測は同じ年に行われているとは限らないため、林齢は樹高測定時点の林齢を使用した。表中では林齢別に5年ごとに区切って示したが、前述の通り調査は4年にわたって行われているため、現実にはこれらの林分が同一齢級にはない場合がある。

| プロット名   | 林齢<br>(年) | 林分<br>密度<br>(本/ha) | 胸高<br>直径<br>(cm) | 樹高<br>(m) | 林分<br>材積<br>(17米 <sup>3</sup> /ha) | 地位  | 直径<br>成長量<br>(cm/年) | 形状比  | 林分<br>断面積<br>(m <sup>2</sup> /ha) | プロット名    | 林齢<br>(年) | 林分<br>密度<br>(本/ha) | 胸高<br>直径<br>(cm) | 樹高<br>(m) | 林分<br>材積<br>(17米 <sup>3</sup> /ha) | 地位  | 直径<br>成長量<br>(cm/年) | 形状比  | 林分<br>断面積<br>(m <sup>2</sup> /ha) |
|---------|-----------|--------------------|------------------|-----------|------------------------------------|-----|---------------------|------|-----------------------------------|----------|-----------|--------------------|------------------|-----------|------------------------------------|-----|---------------------|------|-----------------------------------|
| 1SA1    | 67        | 1120               | 28.2             | 18.3      | 600                                | 4.5 | 0.42                | 0.65 | 69.7                              | 84SA3    | 32        | 2460               | 16.4             | 13.4      | 362                                | 3.9 | 0.51                | 0.82 | 51.6                              |
| 9SA6    | 66        | 520                | 40.9             | 29.4      | 913                                | 0.3 | 0.62                | 0.72 | 68.3                              | 90-1SA0  | 31        | 1600               | 24.0             | 20.1      | 701                                | 0.4 | 0.77                | 0.84 | 72.3                              |
| 5SA1    | 66        | 880                | 33.8             | 21.4      | 824                                | 3.3 | 0.51                | 0.63 | 78.9                              | 86SA3    | 31        | 2300               | 19.6             | 16.0      | 559                                | 2.4 | 0.63                | 0.81 | 69.7                              |
| 6SA2    | 66        | 560                | 36.7             | 25.2      | 695                                | 1.9 | 0.56                | 0.69 | 59.1                              | 80SA3    | 31        | 2340               | 17.8             | 16.8      | 497                                | 1.7 | 0.57                | 0.94 | 58.0                              |
| 29SA1   | 62        | 1000               | 27.4             | 23.0      | 654                                | 2.6 | 0.44                | 0.84 | 59.1                              | 78SA2    | 31        | 2060               | 18.7             | 15.7      | 448                                | 2.6 | 0.60                | 0.84 | 56.5                              |
| 23SA4   | 61        | 760                | 31.6             | 25.9      | 739                                | 1.4 | 0.52                | 0.82 | 59.4                              | 81SAV    | 31        | 1600               | 19.5             | 15.9      | 387                                | 2.4 | 0.63                | 0.82 | 47.5                              |
| 32SA4   | 61        | 880                | 31.6             | 23.2      | 738                                | 2.4 | 0.52                | 0.73 | 68.8                              | 89SAV    | 31        | 1720               | 18.9             | 14.9      | 375                                | 2.7 | 0.61                | 0.79 | 48.3                              |
| 33SA6   | 60        | 880                | 32.2             | 23.2      | 789                                | 2.4 | 0.54                | 0.72 | 71.5                              | 90-9SA0  | 30        | 2060               | 21.3             | 17.5      | 641                                | 1.2 | 0.71                | 0.82 | 73.3                              |
| 43SA5   | 58        | 420                | 39.6             | 28.5      | 654                                | 0.2 | 0.68                | 0.72 | 51.7                              | 82SA2    | 30        | 1840               | 21.1             | 18.0      | 569                                | 1.2 | 0.70                | 0.86 | 64.1                              |
| 43-1SA5 | 57        | 940                | 32.0             | 25.0      | 893                                | 1.5 | 0.56                | 0.78 | 75.4                              | 90SAW    | 30        | 1440               | 22.6             | 18.3      | 517                                | 1.2 | 0.75                | 0.81 | 57.8                              |
| 38SA6   | 57        | 860                | 28.9             | 22.6      | 605                                | 2.7 | 0.51                | 0.78 | 56.5                              | 91SAV    | 30        | 1700               | 21.3             | 17.1      | 515                                | 1.7 | 0.71                | 0.80 | 60.7                              |
| 45SA5   | 56        | 1200               | 30.2             | 21.7      | 890                                | 2.5 | 0.54                | 0.72 | 86.1                              | 90-2SA0  | 30        | 2160               | 19.3             | 15.5      | 489                                | 2.6 | 0.64                | 0.81 | 62.9                              |
| 14SA1   | 56        | 1200               | 29.8             | 21.2      | 865                                | 2.6 | 0.53                | 0.71 | 83.6                              | 84-1SA3  | 30        | 2240               | 16.1             | 15.4      | 366                                | 2.5 | 0.54                | 0.95 | 45.8                              |
| 48SA5   | 55        | 1620               | 26.8             | 21.0      | 929                                | 2.5 | 0.49                | 0.78 | 91.7                              | 90-6SA0  | 30        | 2260               | 15.8             | 12.8      | 300                                | 3.7 | 0.53                | 0.81 | 44.0                              |
| 50SA5   | 54        | 1360               | 27.2             | 20.4      | 813                                | 2.6 | 0.50                | 0.75 | 79.1                              | 92-2SA0  | 29        | 1920               | 19.8             | 15.0      | 446                                | 2.7 | 0.68                | 0.76 | 59.1                              |
| 54SA4   | 53        | 1400               | 26.5             | 23.3      | 940                                | 1.5 | 0.50                | 0.88 | 83.6                              | 93SAV    | 29        | 1900               | 18.5             | 15.2      | 396                                | 2.5 | 0.64                | 0.82 | 51.3                              |
| 55SA4   | 52        | 1540               | 26.5             | 22.2      | 915                                | 1.7 | 0.51                | 0.84 | 84.7                              | 92-3SA0  | 29        | 2200               | 16.4             | 12.5      | 307                                | 3.8 | 0.56                | 0.76 | 46.4                              |
| 53SA4   | 51        | 1400               | 24.0             | 19.8      | 654                                | 2.5 | 0.47                | 0.82 | 63.5                              | 99-1SA7  | 28        | 1960               | 17.4             | 15.8      | 376                                | 1.9 | 0.62                | 0.91 | 46.4                              |
| 57SA5   | 50        | 680                | 30.4             | 24.0      | 578                                | 1.5 | 0.61                | 0.79 | 49.2                              | 105SB9   | 27        | 2040               | 17.6             | 13.4      | 344                                | 3.1 | 0.65                | 0.76 | 49.8                              |
| 62SBV   | 44        | 800                | 33.9             | 22.4      | 743                                | 1.6 | 0.77                | 0.66 | 72.0                              | 103SA3   | 27        | 2700               | 13.7             | 12.0      | 261                                | 3.5 | 0.51                | 0.88 | 39.5                              |
| 62SAV   | 44        | 1160               | 28.4             | 20.6      | 714                                | 2.2 | 0.64                | 0.73 | 73.3                              | 105SA9   | 27        | 1680               | 17.4             | 11.9      | 244                                | 4.2 | 0.64                | 0.68 | 39.9                              |
| 64-1SAV | 42        | 1540               | 22.6             | 17.8      | 544                                | 3.0 | 0.54                | 0.79 | 61.5                              | 108SB7   | 26        | 2240               | 18.9             | 17.1      | 542                                | 0.5 | 0.73                | 0.91 | 62.6                              |
| 63SAV   | 41        | 1360               | 25.9             | 18.7      | 718                                | 2.4 | 0.63                | 0.72 | 77.8                              | 108SA7   | 26        | 2960               | 15.8             | 14.3      | 434                                | 2.0 | 0.61                | 0.91 | 57.8                              |
| 66-1SAV | 40        | 2420               | 22.1             | 16.9      | 782                                | 3.0 | 0.55                | 0.77 | 92.6                              | 98SA3    | 26        | 2180               | 18.0             | 13.8      | 399                                | 2.4 | 0.69                | 0.77 | 55.6                              |
| 67SAV   | 39        | 2220               | 22.4             | 18.8      | 815                                | 2.0 | 0.58                | 0.84 | 87.8                              | 99SB7    | 26        | 2180               | 17.3             | 14.6      | 382                                | 2.3 | 0.66                | 0.85 | 51.1                              |
| 70SA0   | 37        | 2440               | 22.2             | 15.3      | 724                                | 3.4 | 0.60                | 0.69 | 94.3                              | 99SA7    | 26        | 2220               | 16.9             | 14.0      | 361                                | 2.4 | 0.65                | 0.82 | 50.0                              |
| 71-3SA1 | 37        | 2440               | 17.1             | 14.4      | 435                                | 3.6 | 0.46                | 0.84 | 56.2                              | 104-2SA7 | 26        | 1960               | 17.7             | 14.2      | 350                                | 2.5 | 0.68                | 0.80 | 48.2                              |
| 72-1SA1 | 36        | 1680               | 21.9             | 19.8      | 615                                | 1.3 | 0.61                | 0.90 | 63.1                              | 107SA9   | 26        | 1940               | 17.0             | 13.6      | 308                                | 2.9 | 0.65                | 0.80 | 43.9                              |
| 72-2SA1 | 36        | 1680               | 21.5             | 17.2      | 525                                | 2.6 | 0.60                | 0.80 | 61.2                              | 112-1SA6 | 25        | 1820               | 20.1             | 16.7      | 485                                | 0.7 | 0.80                | 0.83 | 57.9                              |
| 71SA1   | 36        | 1860               | 20.0             | 16.5      | 491                                | 2.7 | 0.56                | 0.82 | 58.6                              | 110SA3   | 25        | 2540               | 16.6             | 13.9      | 421                                | 1.2 | 0.67                | 0.84 | 55.2                              |
| 72-3SA1 | 36        | 1300               | 23.6             | 16.9      | 472                                | 3.0 | 0.66                | 0.72 | 57.0                              | 116SA8   | 24        | 2680               | 15.6             | 13.3      | 357                                | 2.4 | 0.65                | 0.85 | 51.2                              |
| 71-1SA1 | 36        | 1820               | 18.1             | 15.6      | 390                                | 2.9 | 0.50                | 0.87 | 46.7                              | 112SA6   | 24        | 3000               | 11.7             | 10.0      | 178                                | 4.4 | 0.49                | 0.85 | 32.3                              |
| 72-4SA1 | 36        | 2120               | 17.2             | 14.0      | 354                                | 4.3 | 0.48                | 0.81 | 49.5                              | 123SA3   | 22        | 2420               | 16.1             | 12.6      | 320                                | 2.6 | 0.73                | 0.79 | 49.0                              |
| 72SB1   | 35        | 1720               | 22.4             | 17.5      | 583                                | 2.4 | 0.64                | 0.78 | 68.0                              | 123-2SA3 | 22        | 3040               | 13.8             | 12.2      | 294                                | 2.8 | 0.63                | 0.88 | 45.5                              |
| 72SA1   | 35        | 1440               | 23.9             | 17.1      | 531                                | 2.9 | 0.68                | 0.71 | 64.7                              | 114SA3   | 22        | 2680               | 12.7             | 10.5      | 193                                | 3.7 | 0.58                | 0.83 | 33.7                              |
| 75SA2   | 35        | 1740               | 20.7             | 16.1      | 482                                | 2.7 | 0.59                | 0.78 | 58.4                              | 120-1SA8 | 21        | 2400               | 16.2             | 13.5      | 343                                | 1.6 | 0.77                | 0.83 | 49.3                              |
| 74SAW   | 35        | 1500               | 21.2             | 18.0      | 469                                | 2.2 | 0.60                | 0.85 | 52.8                              | 127SA3   | 21        | 2540               | 13.7             | 11.3      | 227                                | 2.9 | 0.65                | 0.82 | 37.4                              |
| 74SBW   | 35        | 1500               | 21.2             | 18.0      | 469                                | 2.2 | 0.60                | 0.85 | 52.8                              | 118SA3   | 21        | 2560               | 12.0             | 9.6       | 154                                | 4.0 | 0.57                | 0.80 | 28.8                              |
| 77SA3   | 34        | 2120               | 18.1             | 16.2      | 445                                | 2.9 | 0.53                | 0.90 | 54.4                              | 129SA3   | 20        | 2700               | 15.3             | 12.8      | 331                                | 1.4 | 0.76                | 0.84 | 49.3                              |
| 73SA1   | 34        | 1940               | 19.7             | 15.1      | 445                                | 3.6 | 0.58                | 0.77 | 59.0                              | 123-1SA3 | 20        | 2820               | 12.4             | 8.9       | 166                                | 4.3 | 0.62                | 0.72 | 33.9                              |
| 76SA2   | 34        | 1540               | 20.1             | 16.8      | 408                                | 2.8 | 0.59                | 0.83 | 49.1                              | 130SA3   | 19        | 3620               | 10.2             | 8.5       | 139                                | 4.7 | 0.54                | 0.83 | 29.4                              |
| 84SB3   | 33        | 2660               | 20.1             | 17.3      | 748                                | 1.3 | 0.61                | 0.86 | 84.3                              | 133SA4   | 18        | 3480               | 12.4             | 11.7      | 272                                | 0.9 | 0.69                | 0.94 | 42.3                              |
| 79SA3   | 33        | 2400               | 18.7             | 15.6      | 524                                | 2.8 | 0.57                | 0.83 | 65.7                              | 133SB4   | 18        | 2300               | 13.3             | 11.6      | 201                                | 1.5 | 0.74                | 0.87 | 32.0                              |
| 88SBV   | 32        | 2000               | 21.5             | 17.4      | 646                                | 1.3 | 0.67                | 0.81 | 72.8                              | 135SA8   | 17        | 3900               | 10.6             | 7.9       | 155                                | 4.2 | 0.63                | 0.74 | 34.6                              |
| 88SAV   | 32        | 2320               | 19.6             | 16.6      | 583                                | 2.2 | 0.61                | 0.85 | 69.9                              | 136SA8   | 16        | 2940               | 13.7             | 10.1      | 238                                | 1.7 | 0.86                | 0.74 | 43.3                              |

表-1 スギ標準地の林況

林齢が50年以上の林分は一部を除いてすでに平均直径が25cmを越え、しかも年平均直径成長量がおおむね0.6cm/年以下の目詰まりがよい良質の材であるため、収入間伐を行うことができると考えられる。これに対し、林齢50年以下の戦後植栽された林分では依然として平均直径が小さく、また年平均直径成長量も比較的大きい値であるため、運材費等を考慮すると昨今の木材市場の状況下において収入間伐を行うことは難しい。

注目すべきは林分胸高断面積が非常に高い値を示していることである。吉野地方のスギ人工林の収穫表<sup>10)</sup>をみると、植栽密度10,000本の林分でさえ断面積が最大となる40年生時点で72m<sup>2</sup>/ha

であるのに対し、軒並みこれを越える林分が存在し、中には37年生で94㎡/haにまで達している林分もある。

これと同様の傾向は、表-2に示したヒノキ標準地の林況でもみられる。

| プロット名    | 林齢<br>(年) | 林分<br>密度<br>(本/ha) | 胸高<br>直径<br>(cm) | 樹高<br>(m) | 林分<br>材積<br>(立米/ha) | 地位  | 直径<br>成長量<br>(cm/年) | 形状比  | 林分<br>断面積<br>(㎡/ha) |
|----------|-----------|--------------------|------------------|-----------|---------------------|-----|---------------------|------|---------------------|
| 1-2HA1   | 67        | 1020               | 27.5             | 17.6      | 530                 | 3.3 | 0.41                | 0.64 | 60.6                |
| 1-1HA1   | 67        | 940                | 26.0             | 18.0      | 451                 | 3.2 | 0.39                | 0.68 | 49.7                |
| 1HA1     | 67        | 960                | 27.2             | 15.9      | 436                 | 3.9 | 0.41                | 0.58 | 55.6                |
| 5HA1     | 66        | 1080               | 26.1             | 17.1      | 475                 | 3.5 | 0.40                | 0.65 | 57.9                |
| 6HA2     | 66        | 740                | 29.1             | 18.2      | 439                 | 3.1 | 0.44                | 0.58 | 49.4                |
| 29HA1    | 62        | 980                | 28.5             | 20.8      | 633                 | 2.0 | 0.46                | 0.73 | 62.4                |
| 23HA4    | 61        | 920                | 24.9             | 22.6      | 501                 | 1.3 | 0.41                | 0.83 | 44.7                |
| 32HA4    | 61        | 1040               | 23.7             | 15.4      | 349                 | 3.9 | 0.39                | 0.65 | 46.0                |
| 33-1HA6  | 60        | 1160               | 21.9             | 18.1      | 402                 | 2.8 | 0.37                | 0.75 | 43.9                |
| 38HA6    | 57        | 920                | 25.2             | 18.1      | 411                 | 2.8 | 0.44                | 0.67 | 45.8                |
| 39-2HA5  | 56        | 1060               | 23.6             | 17.2      | 396                 | 3.0 | 0.42                | 0.68 | 46.2                |
| 45HA5    | 56        | 1000               | 25.0             | 15.4      | 379                 | 3.8 | 0.45                | 0.60 | 49.2                |
| 48HA5    | 55        | 940                | 21.2             | 16.1      | 279                 | 3.5 | 0.39                | 0.69 | 33.1                |
| 50HA5    | 54        | 2060               | 17.7             | 14.0      | 382                 | 3.5 | 0.33                | 0.69 | 50.4                |
| 54HA4    | 53        | 1840               | 18.3             | 14.4      | 423                 | 3.3 | 0.35                | 0.78 | 54.1                |
| 62HAV    | 44        | 1720               | 24.5             | 17.3      | 720                 | 2.0 | 0.56                | 0.71 | 84.1                |
| 67HAV    | 39        | 2000               | 21.1             | 16.1      | 563                 | 2.0 | 0.54                | 0.76 | 69.6                |
| 71HA1    | 37        | 2300               | 18.6             | 14.1      | 445                 | 3.0 | 0.50                | 0.75 | 62.6                |
| 70HA0    | 37        | 2680               | 17.4             | 11.5      | 386                 | 3.9 | 0.47                | 0.66 | 63.9                |
| 71-1HA1  | 36        | 2480               | 17.1             | 13.9      | 414                 | 2.7 | 0.48                | 0.81 | 57.0                |
| 71-3HA1  | 36        | 2260               | 16.7             | 12.8      | 338                 | 3.1 | 0.46                | 0.76 | 49.7                |
| 72-1HA1  | 36        | 2080               | 17.0             | 13.8      | 336                 | 2.9 | 0.47                | 0.81 | 47.0                |
| 72-4HA1  | 36        | 1940               | 17.0             | 13.5      | 308                 | 3.1 | 0.47                | 0.79 | 44.2                |
| 72-2HA1  | 35        | 2300               | 17.1             | 13.7      | 373                 | 2.8 | 0.49                | 0.80 | 52.8                |
| 74HAV    | 35        | 1960               | 17.1             | 13.0      | 305                 | 3.1 | 0.49                | 0.76 | 45.1                |
| 72HA1    | 35        | 1620               | 19.7             | 11.5      | 287                 | 4.2 | 0.56                | 0.58 | 49.5                |
| 73HA1    | 34        | 2120               | 18.2             | 12.7      | 365                 | 3.1 | 0.54                | 0.70 | 55.3                |
| 76HA2    | 33        | 3040               | 16.1             | 13.9      | 445                 | 2.5 | 0.49                | 0.86 | 61.9                |
| 84HA3    | 32        | 2980               | 14.7             | 11.3      | 301                 | 3.7 | 0.46                | 0.77 | 50.4                |
| 86HA3    | 31        | 2720               | 15.6             | 11.4      | 318                 | 3.3 | 0.50                | 0.73 | 52.2                |
| 88HAV    | 31        | 1840               | 17.3             | 13.3      | 299                 | 2.5 | 0.56                | 0.77 | 43.1                |
| 78HA2    | 31        | 2040               | 17.8             | 10.4      | 275                 | 4.2 | 0.58                | 0.59 | 51.0                |
| 89HAV    | 31        | 2920               | 13.0             | 10.0      | 213                 | 4.0 | 0.42                | 0.77 | 38.9                |
| 82HA2    | 30        | 2040               | 17.4             | 13.2      | 327                 | 2.6 | 0.58                | 0.76 | 48.3                |
| 90-5HA0  | 30        | 1780               | 16.8             | 12.1      | 248                 | 3.1 | 0.56                | 0.72 | 39.3                |
| 93HAV    | 29        | 2900               | 15.5             | 11.1      | 321                 | 3.4 | 0.54                | 0.72 | 54.9                |
| 92-3HA0  | 29        | 1700               | 18.7             | 12.0      | 285                 | 3.2 | 0.64                | 0.64 | 46.7                |
| 88-2HAV  | 29        | 2840               | 13.6             | 10.2      | 227                 | 3.8 | 0.47                | 0.75 | 41.1                |
| 106HA9   | 27        | 2320               | 16.0             | 11.7      | 284                 | 3.0 | 0.59                | 0.73 | 46.9                |
| 105HB9   | 27        | 1800               | 15.1             | 10.6      | 186                 | 3.1 | 0.56                | 0.70 | 32.2                |
| 105HA9   | 27        | 1840               | 15.9             | 9.4       | 182                 | 4.2 | 0.59                | 0.59 | 36.6                |
| 103HA3   | 27        | 3040               | 11.7             | 8.1       | 151                 | 4.4 | 0.43                | 0.70 | 32.5                |
| 109HA9   | 26        | 3520               | 14.2             | 10.6      | 320                 | 3.0 | 0.55                | 0.75 | 55.7                |
| 99HA7    | 26        | 2160               | 16.7             | 10.1      | 250                 | 3.6 | 0.64                | 0.60 | 47.3                |
| 107HA9   | 26        | 2600               | 14.4             | 9.9       | 225                 | 3.5 | 0.55                | 0.69 | 42.2                |
| 104-2HA7 | 26        | 2720               | 13.1             | 11.1      | 217                 | 3.0 | 0.50                | 0.85 | 36.4                |
| 108HA7   | 25        | 2480               | 14.4             | 9.0       | 196                 | 3.9 | 0.57                | 0.62 | 40.1                |
| 112HA6   | 24        | 3380               | 13.3             | 11.5      | 289                 | 2.2 | 0.56                | 0.86 | 47.1                |
| 116HA8   | 24        | 3560               | 13.3             | 10.6      | 282                 | 2.7 | 0.55                | 0.80 | 49.2                |
| 116HB8   | 24        | 2620               | 14.5             | 10.2      | 238                 | 3.1 | 0.61                | 0.70 | 43.5                |
| 120HA8   | 23        | 3620               | 13.8             | 10.6      | 309                 | 2.6 | 0.60                | 0.77 | 54.2                |
| 123-2HA3 | 22        | 3700               | 12.4             | 8.6       | 212                 | 3.5 | 0.56                | 0.70 | 44.4                |
| 114HA3   | 22        | 3240               | 11.9             | 8.6       | 171                 | 3.6 | 0.54                | 0.72 | 36.0                |
| 123HA3   | 22        | 3300               | 12.0             | 7.8       | 163                 | 4.0 | 0.54                | 0.65 | 37.1                |
| 124HA8   | 22        | 3700               | 10.7             | 8.4       | 160                 | 3.5 | 0.49                | 0.78 | 33.5                |
| 118HA3   | 21        | 3640               | 11.8             | 8.7       | 190                 | 3.3 | 0.56                | 0.73 | 39.7                |
| 127HA3   | 21        | 3200               | 12.1             | 7.2       | 148                 | 4.4 | 0.58                | 0.59 | 36.9                |
| 129-1HA3 | 20        | 3600               | 11.7             | 7.0       | 152                 | 4.3 | 0.59                | 0.59 | 38.7                |
| 123-1HA3 | 20        | 2500               | 12.3             | 7.3       | 121                 | 4.3 | 0.62                | 0.59 | 29.8                |
| 130HA3   | 19        | 4180               | 11.0             | 6.6       | 148                 | 4.5 | 0.58                | 0.60 | 40.0                |
| 131HA3   | 18        | 2980               | 12.2             | 9.2       | 175                 | 2.4 | 0.68                | 0.75 | 35.1                |
| 135HA8   | 17        | 3680               | 10.5             | 6.8       | 122                 | 3.7 | 0.62                | 0.65 | 31.6                |

表-2 ヒノキ標準地の林況

ヒノキでも林分胸高断面積が84㎡/haに達する林分が存在する。

比較のため、表-3に竹内、長谷川によるプロット（以下、「スギプロット」とする）の林況を示す。

| プロット名 | 林齢<br>(年) | 林分<br>密度<br>(本/ha) | 胸高<br>直径<br>(cm) | 樹高<br>(m) | 林分<br>材積<br>(立米/ha) | 地位   | 直径<br>成長量<br>(cm/年) | 形状比  | 林分<br>断面積<br>(㎡/ha) |
|-------|-----------|--------------------|------------------|-----------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|
| TP01  | 26        | 2200               | 17.8             | 14.9      | 432                 | 1.9  | 0.69                | 0.84 | 56.6                |
| TP02  | 26        | 1860               | 19.0             | 16.0      | 436                 | 1.4  | 0.73                | 0.84 | 54.2                |
| TP03  | 26        | 1400               | 22.7             | 18.8      | 540                 | -0.1 | 0.87                | 0.83 | 58.8                |
| TP04  | 26        | 1280               | 23.9             | 18.8      | 541                 | -0.1 | 0.92                | 0.79 | 59.1                |
| TP05  | 26        | 1180               | 23.3             | 18.6      | 464                 | 0.2  | 0.90                | 0.80 | 51.4                |
| TP06  | 26        | 1720               | 18.0             | 14.8      | 345                 | 2.1  | 0.69                | 0.82 | 45.6                |
| TP07  | 26        | 1200               | 23.3             | 18.7      | 477                 | 0.1  | 0.90                | 0.80 | 52.6                |
| TP08  | 26        | 1060               | 24.0             | 18.7      | 448                 | 0.2  | 0.92                | 0.78 | 49.3                |
| TP09  | 26        | 1480               | 20.0             | 16.4      | 387                 | 1.3  | 0.77                | 0.82 | 47.4                |
| TP10  | 26        | 1400               | 19.3             | 15.6      | 349                 | 1.5  | 0.74                | 0.81 | 43.0                |
| TP11  | 26        | 1800               | 17.1             | 13.5      | 301                 | 2.8  | 0.66                | 0.79 | 42.9                |
| TP12  | 26        | 2200               | 15.7             | 12.1      | 276                 | 3.7  | 0.61                | 0.77 | 43.6                |
| TP13  | 26        | 2040               | 15.9             | 12.3      | 272                 | 3.3  | 0.61                | 0.77 | 41.7                |
| TP14  | 26        | 1720               | 18.9             | 15.0      | 379                 | 1.9  | 0.73                | 0.79 | 49.8                |
| TP15  | 26        | 1640               | 19.6             | 16.4      | 418                 | 1.1  | 0.75                | 0.84 | 50.7                |
| TP16  | 26        | 1780               | 18.1             | 16.6      | 392                 | 1.1  | 0.70                | 0.91 | 46.9                |
| TP17  | 26        | 1520               | 20.7             | 17.8      | 464                 | 0.3  | 0.79                | 0.86 | 52.2                |
| TP18  | 26        | 1060               | 17.5             | 13.4      | 196                 | 3.3  | 0.67                | 0.76 | 27.2                |
| TP19  | 26        | 1260               | 21.5             | 16.1      | 376                 | 1.6  | 0.83                | 0.75 | 47.2                |
| TP20  | 26        | 1380               | 22.0             | 18.1      | 473                 | 0.4  | 0.84                | 0.82 | 53.6                |
| TP21  | 26        | 1480               | 20.6             | 15.4      | 390                 | 1.9  | 0.79                | 0.74 | 50.8                |
| TP22  | 26        | 920                | 20.5             | 14.7      | 236                 | 2.6  | 0.79                | 0.72 | 31.5                |
| HP11  | 28        | 2128               | 14.1             | 9.7       | 179                 | 5.5  | 0.50                | 0.69 | 34.2                |
| HP12  | 28        | 2304               | 13.5             | 9.8       | 184                 | 5.1  | 0.48                | 0.73 | 34.1                |
| HP13  | 28        | 2080               | 11.9             | 7.4       | 98                  | 7.1  | 0.43                | 0.62 | 23.8                |
| HP14  | 28        | 2256               | 12.1             | 7.8       | 118                 | 6.6  | 0.43                | 0.65 | 26.8                |
| HP21  | 28        | 2416               | 14.8             | 11.6      | 270                 | 4.1  | 0.53                | 0.78 | 43.4                |
| HP22  | 28        | 2528               | 13.3             | 10.0      | 203                 | 4.9  | 0.48                | 0.75 | 36.8                |
| HP23  | 28        | 2816               | 12.7             | 8.5       | 171                 | 6.4  | 0.45                | 0.67 | 37.0                |
| HP24  | 28        | 2624               | 14.1             | 10.2      | 244                 | 4.8  | 0.50                | 0.72 | 43.4                |
| HP31  | 28        | 2448               | 15.9             | 12.2      | 335                 | 3.5  | 0.57                | 0.77 | 51.0                |
| HP32  | 28        | 3216               | 13.8             | 12.4      | 338                 | 3.3  | 0.49                | 0.89 | 50.3                |
| HP33  | 28        | 2784               | 14.3             | 10.6      | 268                 | 4.7  | 0.51                | 0.74 | 46.7                |
| HP34  | 28        | 2048               | 18.9             | 15.2      | 465                 | 1.9  | 0.67                | 0.81 | 59.6                |
| HP41  | 28        | 2208               | 16.5             | 13.1      | 344                 | 3.2  | 0.59                | 0.80 | 49.7                |
| HP42  | 28        | 1952               | 18.1             | 14.2      | 390                 | 2.4  | 0.65                | 0.79 | 52.5                |
| HP43  | 28        | 2592               | 13.7             | 10.9      | 241                 | 4.6  | 0.49                | 0.79 | 40.7                |
| HP44  | 28        | 1808               | 19.1             | 15.7      | 434                 | 1.8  | 0.68                | 0.82 | 54.4                |

表-3 比較スギプロットの林況

これらを林齢をX軸にとって図示したものが、図-2～8である。図中ではスギ標準地、ヒノキ標準地、スギプロットを同時に示している。

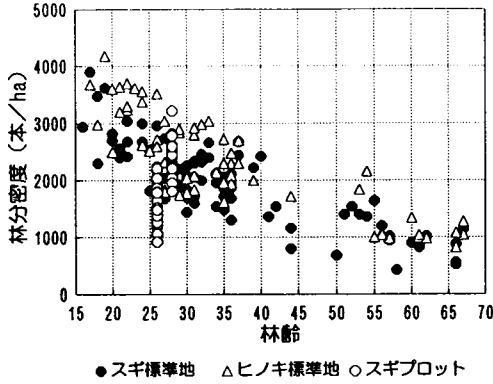


図-2 林齢と林分密度

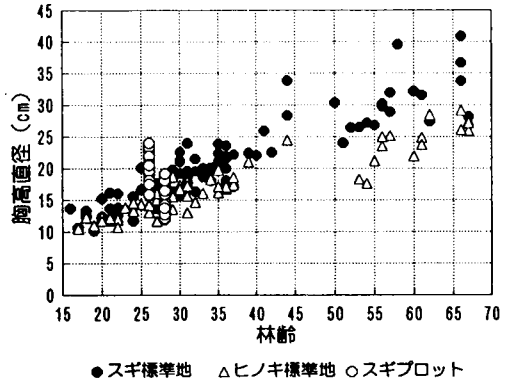


図-3 林齢と胸高直径

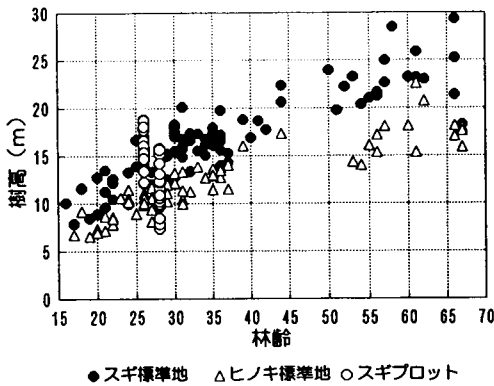


図-4 林齢と樹高

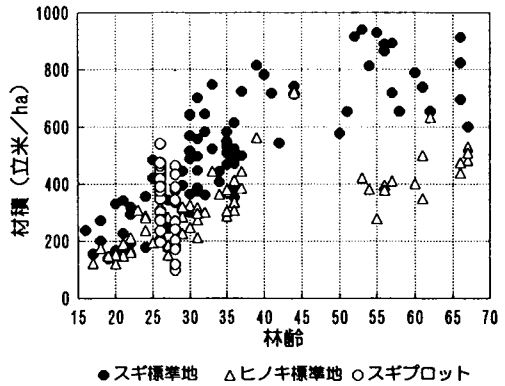


図-5 林齢と林分材積

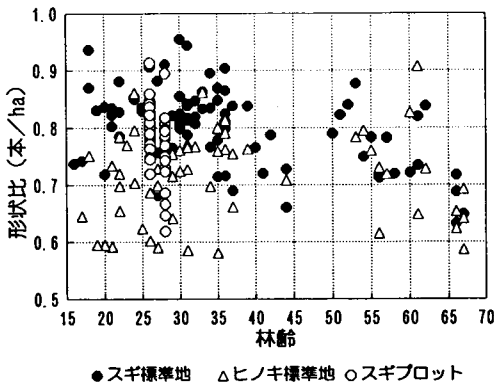


図-6 林齢と形状比

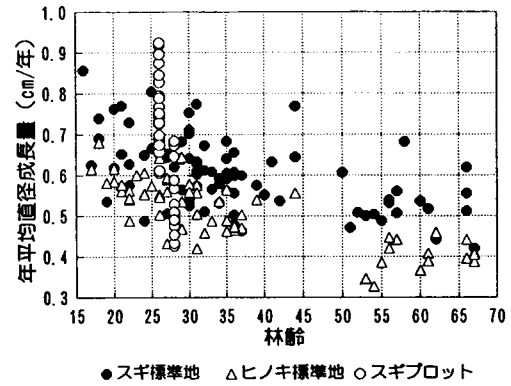


図-7 林齢と年平均直径成長量

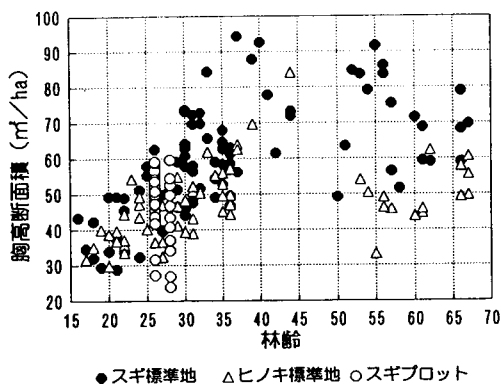


図-8 林齢と胸高断面積

当然ながら、スギに比べてヒノキは成長が悪い。林分材積でみると、スギでは30年生にして早くも700立米/ha以上の蓄積を持つ林分が存在するのに対し、ヒノキでは55年生で300立米/haに満たない林分が存在する。共通して、林齢が50年以上の林分では林齢と各要素のあいだには明瞭な関係がみられず、すでに成長の最も盛んな時期を過ぎているように見えるが、これはこの時期の造林地に樹下植栽地が多いことと関係していると思われる。すなわち、植栽ときにモミ、ツガ、広葉樹を上層に残している状態であったために、若齢時からしばらくの間被圧状態であったことや、獣害を受けやすかったことによると考えられる。特にヒノキではこの傾向が顕著であるが、これはヒノキがササ地などの比較的条件の悪い林分に植栽されたものが多かったためであると推測される。一方、林齢50年以下の林分では形状比を除く各要素と林齢との間には明瞭な関係がみられる。これは戦後植栽された林分が上層木を残さない皆伐一斉造林により植栽されたものが多く、大きな獣害などを受けることなく順調に生育していることを示している。また、比較のために示した26、28年生のスギプロットに対して、この年齢級のスギ標準地では各要素のばらつきが小さいが、「標準地は平均的な林分を有意

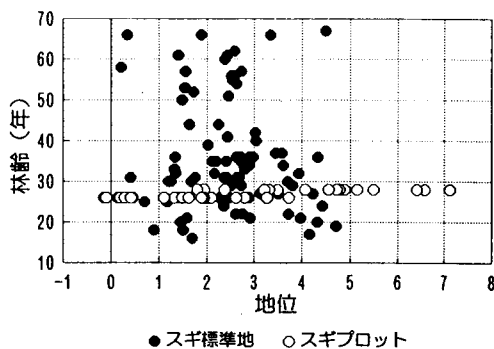


図-9 スギの地位と林齢

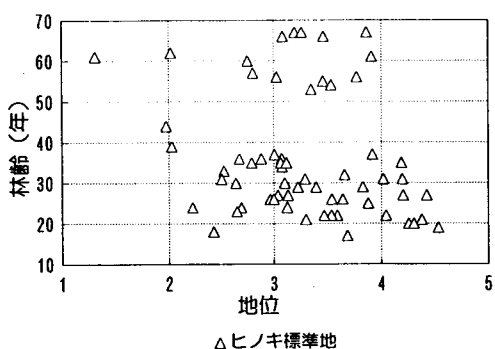


図-10 ヒノキの地位と林齢

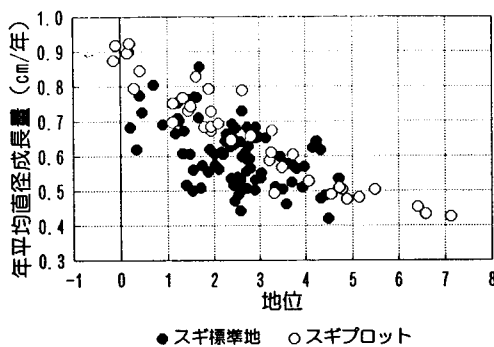


図-11 スギの地位と年平均直径成長量

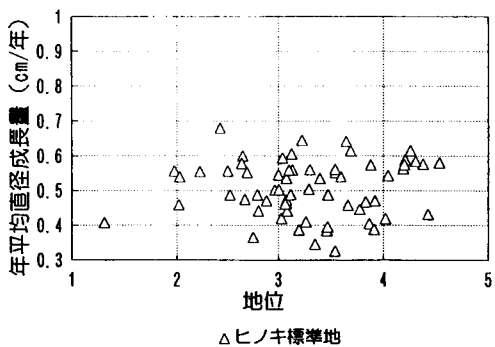


図-12 ヒノキの地位と年平均直径成長量

抽出したもの」という定義から見て適当であろう。しかしグラフから見る限り、やや平均よりも上位への偏りが見られるため、地位をX軸にして標準地の各要素を見た場合を図8～13に示す。ただし胸高直径、林分密度、樹高、林分材積の大きさは林齢によって大きく異なるため、ここでは扱わない。

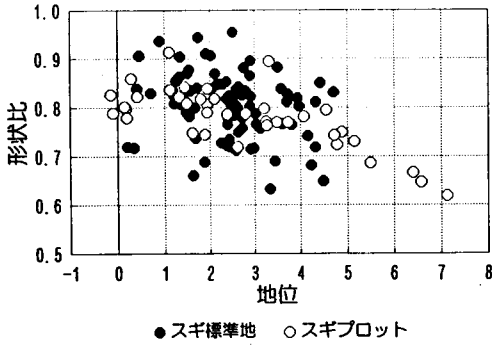


図-13 スギの地位と形状化

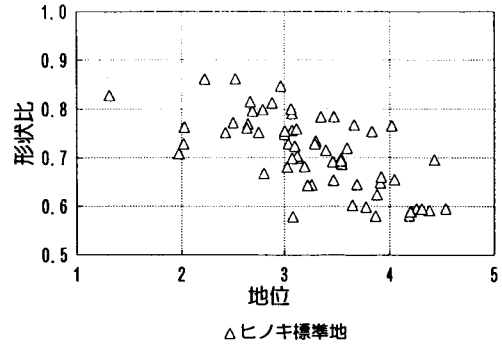


図-14 ヒノキの地位と形状化

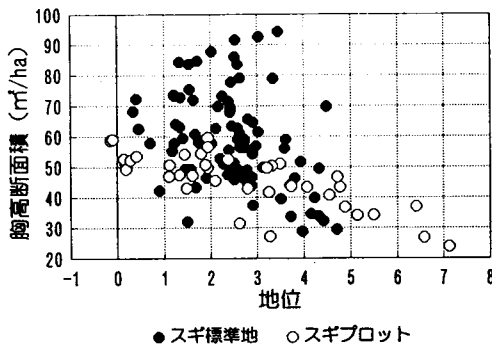


図-15 スギの地位と胸高断面積

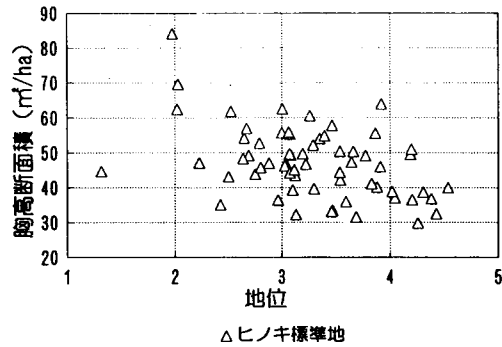


図-16 ヒノキの地位と胸高断面積

地位はスギ、ヒノキに共通して、戦前期の林分の方が拡大造林期の林分よりも高い。これは戦前期の造林が樹下植栽とはいえ、小面積かつ選択的に行われたのに対し、拡大造林期には大面積かつ非選択的に行われたことに加え、戦前期の不成績林がすでに除籍されているためである。

地位の分布幅は、スギ標準地で0～5、ヒノキ標準地で1～5、スギプロットで0～7となっている。スギにおいて地位の上限とされている0.5よりさらに良い林分があるのは、当地が和歌山県の中でもかなり地味肥沃であることから説明できる。一方、スギプロットでは下限である5.5を下回る林分も存在する。これは拡大造林期に特徴的なものであると考えられる。すなわち戦前期には沢沿いなどの地位が明らかに高いと思われる場所だけを選択して樹下植栽等を行い、その中でもササ地など比較的條件の悪い箇所でもヒノキが植栽されたが、拡大造林期には尾根等の条件の悪い場所を含んだ皆伐一斉造林が行われたため、通常場所にはスギ、尾根部の乾燥している場所ではヒノキというような植え分けが行われた。しかし、この時期には単年度あたりの植栽面積が非常に大きく、山行き苗木の本数や作業効率などを調整する面から厳密に植え分けを行うことは不可能であった。そのため、スギが不適地に植栽された不成績林分が、またヒノキが斜面中、下部に植栽されたトックリ病の多発する林分が、それぞれ生じたと思われる。



年平均直径成長量はスギ標準地では地位と若干の相関が見られる ( $r = -0.53$ ) が、ヒノキ標準地とは相関は見られない ( $r = 0.06$ )。またスギプロットではかなりの相関が見られる ( $r = -0.94$ )。スギプロットで相関が高いのはほぼ同齡の若齡林であることに起因すると思われ、スギ標準地では林齡の違いと戦前の樹下植栽地がこの相関を打ち消す格好となっているのであろう。ヒノキ標準地ではこの理由に加えて、地位が低く直径成長も良くない若齡造林地が多く存在することがさらに相関を打ち消したと予想される。

形状比はスギ標準地で比較的地位との相関が低い ( $r = -0.26$ ) が、おおむね相関関係にある (ヒノキ標準地:  $r = -0.68$ , スギプロット:  $r = -0.73$ ) といえる。スギ標準地で相関が低いのは、特に地位の高い林分においても間伐の遅れにより胸高直径が頭打ちになるためであろう。

ここで標準地の標準性をみる試みとして地位の構成を図-17に示す。地位の小数第1位は四捨五入した。

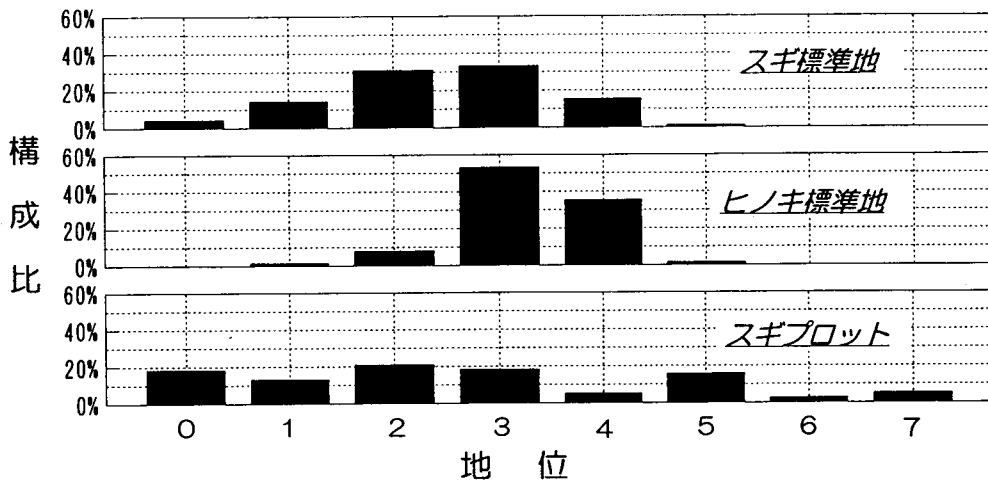


図-17 地位の構成

スギ標準地は地位2~3, ヒノキは地位3~4を中心に正規分布をしている。これに対して、スギプロットはより幅の広い、しかもより地位の低い不成績林分を含んだ分布をしていることがわかる。地位の数字は和歌山県全県に適用されるものを使用しているうえ、上層樹高の取り方も主観的であることを考慮しなければならないが、標準地は「特に成長の悪い不成績林分を除いた人工林のうち平均的な林分」であると推測される。この検証をするために、林齡24年~30年のスギ標準地における林分要素と林齡が26年、28年であるスギプロットにおける各林分要素の分布に差があるかどうかの検定を行った。林分要素は林齡, 林分密度, 平均胸高直径, 平均樹高, 林分材積, 地位, 年平均直径成長量, 形状比, 林分胸高断面積の9項目とした。その結果を表-4に示す。

|            | 林齡     | 密度     | 直径     | 樹高     | 材積     | 地位     | 成長量    | 形状比    | 断面積    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 等分散性t検定危険率 | 0.0001 | 0.0543 | 0.0739 | 0.0200 | 0.7537 | 0.0018 | 0.0010 | 0.8377 | 0.9405 |
| 等分散性       | 非等分散   | 等分散    | 等分散    | 非等分散   | 等分散    | 非等分散   | 非等分散   | 等分散    | 等分散    |
| t検定危険率     | 0.1908 | 0.0442 | 0.9494 | 0.3466 | 0.0414 | 0.4161 | 0.4734 | 0.0044 | 0.0080 |
| 検定結果       |        | *      |        |        | *      |        |        | **     | **     |

表-4 24~30年生スギ標準地 (N=25) とスギプロット (N=38) の検定結果

ここではそれぞれのサンプル数が異なるため、まず各要素において等分散性の検定を行ってから、その結果にあわせて分布のt検定を行った。その結果、林分密度および林分材積については危険率5%で、形状比および林分胸高断面積については危険率1%で棄却された。すなわちこれらの要素がグループ間で異なった分布をしているということを示しており、比較的無作為的に設定したプロットをこの年代の人工林の母集団と考えると、任意に設定された標準地はこの母集団を代表するものではないということの意味する。この原因には次の4つが考えられる。

- ①プロットと標準地の計測者が異なるために生じた計測誤差
- ②各要素の推定式の誤差
- ③プロットが狭い地域に集中しているための地域性偏差
- ④標準地の設定基準の偏り

①はプロットの毎木調査を行った竹内および長谷川と標準地の毎木調査を行った和歌山演習林職員との間で測定基準に差があったということである。しかし、林分密度に有意差が出ているが直径および樹高の分布には全く差が出ていないため計測誤差とは考えにくい

ので、①や②ではないと思われる。すなわちプロット内の立木本数の違いがこの有意差の主要原因であり、その影響で材積、断面積も有意差が出たと考えるのが適当であろう(図-18)。③は図-1のように標準地が林内全域に分散しているのに対してプロットが10林班に集中的に存在するために生じた地域性偏差のことである。これには気象災害による偏り、自然環境の偏り、施業履歴の偏りの3つが考えられるが、気象災害についてはプロットだけが特に雪害などを受けたという記録はない。自然環境のうち、土壌条件については断面積合計が $90\text{ m}^3/\text{ha}$ を越える4標準地中2標準地はプロットと同一林班にあるため、大きく異なるとは考えられない。和歌山演習林では北側稜線において一部の土壌に火山灰層がみられ、実際にこうした林地では断面積が極端に大きい標準地があるが、演習林全体を見るとさほど大きな土壌分布の違いは見られない。また傾斜は標準地、プロットとも大した違いはないが、斜面方位は標準地が全方向に分布している一方でプロットは南向き斜面および西向き斜面が多い。すなわちプロットは日当たりの良い斜面に分布しているため土壌が乾燥し、地位の極端に低い林地が生じやすい環境にある可能性が考えられる。施業履歴についてはプロットが比較的林道に近いこと、特に今回差が出ている林分密度は施業履歴と大きく関係することから除間伐等の経緯を詳しく比較する必要がある。また、通常は考えられないほど断面積が大きい標準地が多く存在するため、④の標準地の設定基準について考察する必要もある。断面積が極端に大きい林分は局所的には存在する可能性があるが、小林班全域がこうした断面積をもっているとは考えられない。すなわち局所的に立木密度の高い林分を選択したか、あるいは標準的な林分を選択していてもその境界部分の線引きに問

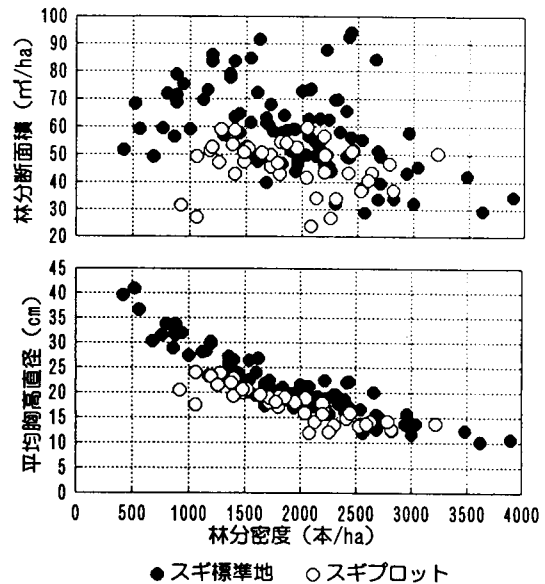


図-18 スギの林分密度、胸高直径、断面積の関係

題があったかの2つの可能性が考えられる。前者の場合では特にギャップの少ない密な林分に標準地を設定する傾向があったということである。実際にその標準地には非常に密な林分が成立していることを示しているが、このように普通では考えられないほど密な林分が成立する原因としては、斜面効果と林縁効果<sup>11)12)</sup>が考えられる。斜面効果とは急傾斜地では斜面距離が非常に長くなるために実際に樹冠面が受ける日射量が大きくなり、緩斜面地に比べて枯死木が少なくなるという現象である。しかし前述の通り、標準地とプロットでは傾斜に大きな違いは見られない。また林縁効果とは、林縁や道沿いの林分では日射条件や土壌の水分環境が異なるため林木の成長に違いを生ずる現象で、特に道下の林分は林木の成長がよい。標準地は設定の便宜上、林内の歩道近くにあることが多く、また毎木調査は標準地上部から下部へ向かって行うために歩道より下部に設定されることが多い。特に大きな林分断面積を持つ標準地と歩道との位置関係は現在のところまだ把握しきれてはいないが、今後十分に再検討する必要があるであろう。一方、後者の標準地境界の設定方法に問題がある場合、標準地の位置を決定する際に、なるべく多くの林木を含めるよう最初の二辺がとられたということである。そこで実際に標準地66-1SAV(40年生スギ・林分密度2420本/ha・平均胸高直径22.1cm・林分断面積92.6㎡/ha)について、プロット境界を各辺の方向に1mずつずらした場合にどの程度立木密度が変化するか調べたところ、立木密度は2200~2460本/haの値を示すことがわかった。これは本数比でおおよそ9.1%減~1.6%増に相当するため、やや立木密度が過大評価されていることになる。しかし、もし本来の立木密度が9.1%減の2200本/haであったとしても断面積に換算すると8.4㎡/ha減でしかなく、依然として84.2㎡/haの胸高断面積を持つ非常に密な林分であるということになる。すなわち少なくともこの標準地においては、標準地境界の設定方法の問題はこのように断面積が大きい値を示す原因の一つではあるが、他の要因も大きく関わっているのである。以上のようにこれらの原因については複数の要因が複雑に関わっていると考えられ、今後の検討課題とすべき問題である。

スギおよびヒノキの密度管理図上にこれらの林分を落とすと図-19, 20の様になる。ただし、この密度管理図は四国、南近畿の広範囲に適用されるものであり、全体的に地位の高い和歌山演習林では収量比数も多少高めになるものと思われる。

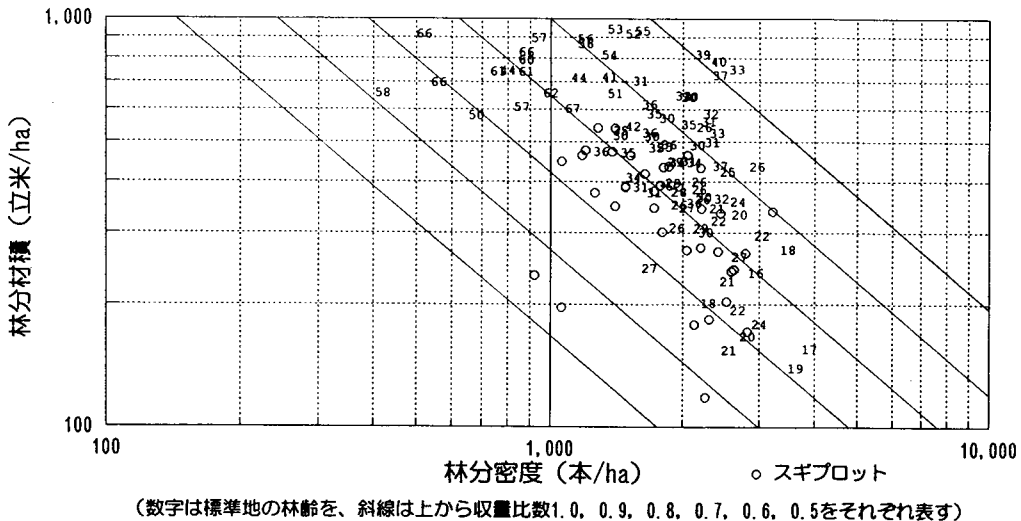


図-19 スギの密度管理図

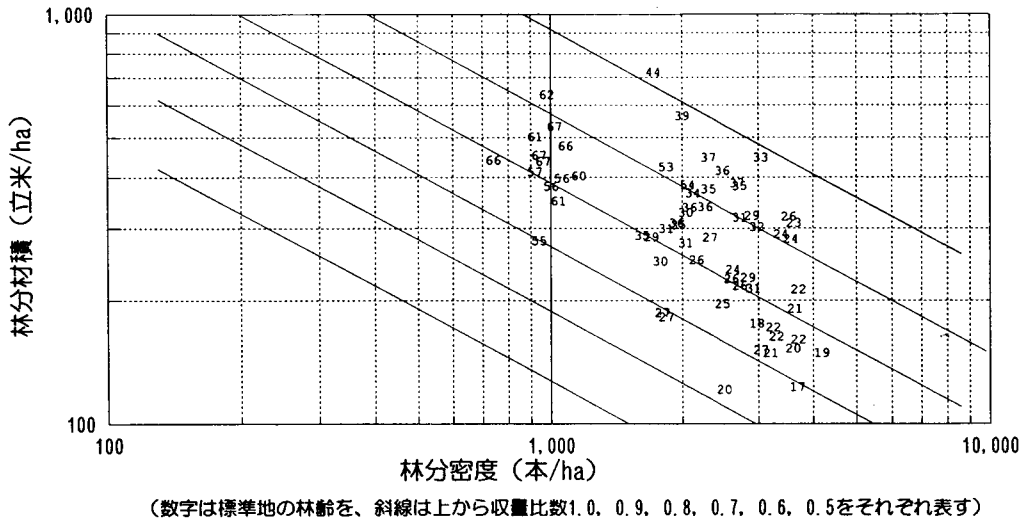


図-20 ヒノキの密度管理図

標準地の収量比数は全般的に非常に高い。スギでは33, 37, 39, 40年生, ヒノキでは44年生の5つの標準地で収量比数が1を越えている。これらの林分の胸高断面積はスギではそれぞれ84, 94, 87, 93 $\text{m}^2/\text{ha}$ , ヒノキでは84 $\text{m}^2/\text{ha}$ であり, 胸高断面積が特に高い林分とほぼ対応している。これは先に述べたように林分密度を過大評価している可能性を示唆している。

なお, この図で用いた材積は前述の通り, 昭和51(1976)年に調製された相対成長関係式を用いて胸高直径と樹高から推定したものである。この当時はまだ拡大造林期に植栽された林分は胸高直径が10cm程度にしか達しておらず, 胸高直径20cm以上の林木は戦前の植栽木をサンプルに用いている。当時調査地として選定された, 民有林の伐採現場で測定が行われた2カ所(60, 70年生)を除く和歌山演習林内の13の林分のうち, スギは10, 15, 24, 37, 42, 44, 46, 46年生, および天然林の林分を対象としており, ヒノキは14, 20, 26, 41年生の林分を対象としている。スギ, ヒノキとも15cm程度の林木が調査対象の中心である。この時点で30年生以上の林分が戦前の林分であり, 調査中, スギではおよそ2/3が, ヒノキではおよそ3/4が戦前の植栽木であったと思われる。特にヒノキは胸高直径36cm以上の林木は計測されておらず, 柴田らは林木の成長に伴う再検討の必要性を指摘している。

#### IV 類型化と施業方針

長期的な施業計画の立案を目的とした人工林の類型化を行う場合に考慮すべき重要な林分要素として, 次の4項目が考えられる。

##### ①林齢(植栽方法と保育作業)

林況や個々の林木の形質は植栽方法(植栽密度・品種など)やその後の保育作業に大きく左右されており, 林齢の違いはこうした形質の違いを反映していると考えられる。さほど細かい区分けは必要ではないが, 和歌山演習林では戦前と戦後で植栽, 保育方法が全く異なるため林齢による区分が必要である。また, 植栽してからそれほどの期間が経過していない20年生以下の若齢林分も別に区分する必要がある。この林分は保育方法を操作することによって

生産目標に沿った方向に導くことができると考えられる。

②地位

地位は林地の生産力を示すものであり、樹木の樹高成長で区分される。図-11で見たように、若齢期には直径成長にも地位が影響しているようである。一般的には地位の高い場所が経営上適地であるのは言うまでもないが、こうした場所では水分環境が良く、時には崩壊の危険性も高いこともある。地位の高い林分と低い林分との成長量の差は林齢と共に累積されて大きくなる一方であるので、地位がある基準以下の生産性の低い林地はかなりの粗放的人工林施業あるいは天然林への転換を行うことによる経営の合理化が必要である。

③年平均直径成長量

これは年輪幅を示す指標となる。材価が低迷している現在、年輪幅はその価格を大きく左右する要素となっている。すなわち、地位が高い林分でも直径成長が良すぎて目の粗くなった材は単価が非常に安くなってしまふのに対し、地位が低い林分でも年輪幅が詰まっている材は単価が高くなる。これまでの直径成長を参考にして、成長を抑えて年輪幅の整った単価の高い良質材の少量生産を目的とするか、成長を促進して単価の安い低質材の大量生産を目的とするかの区分がなされるべきであろう。現在のところ、単純に直径を林齢で除しただけの値であるが、今後は施業履歴を考慮した直径成長モデルによる予測が必須である。

④地利

人件費が高騰している現在、伐出だけではなく保育の面からもアクセスのしやすさが林分の扱いを考える上で非常に大きい比重を占める。すなわち、林道や作業道に近い林分は集約的な保育が可能であるが、遠い林分ではできるだけ手の掛からない、例えば間伐間隔を長くするなどの粗放的な施業方針が望ましい。また、和歌山演習林ではパワーショベルを改造してウインチを取り付けたスイングヤーダにより間伐を行っていく方針であるが、この方式は上げ荷集材に主眼をおいたシステムであり、道下100m、道上50m程度の範囲内の林分においてこの方式による施業が行われる見込みである。このように地利にはいくつかの評価要因が存在するため、地利による区分は判断が難しい。

これらの区分の概念を表-5に示す。

| 型  | 林齢 | 地位 | 直径成長 | 地利 | 施業方針                   | 材質 |
|----|----|----|------|----|------------------------|----|
| 1  | 老  | 全  | 全    | 全  | いつでも伐採可能な在庫の優良林        | 良  |
| 2  | 中  | 高  | 大    | 良  | 優良大径材生産を目的とした集約施業      | 並  |
| 3  | 中  | 高  | 大    | 悪  | 大径材生産を目的とした粗放施業（強度の間伐） | 並  |
| 4  | 中  | 高  | 小    | 良  | 柱材生産を目的とした集約施業         | 優良 |
| 5  | 中  | 高  | 小    | 悪  | 柱材生産を目的とした粗放施業（強度の間伐）  | 良  |
| 6  | 中  | 低  | 大    | 良  | 広葉樹林への転換               | —  |
| 7  | 中  | 低  | 大    | 悪  | 広葉樹林への転換               | —  |
| 8  | 中  | 低  | 小    | 良  | 柱材生産後、広葉樹植栽            | 良  |
| 9  | 中  | 低  | 小    | 悪  | 柱材生産をしながら広葉樹林への転換      | 良  |
| 10 | 若  | 高  | 全    | 良  | 柱材生産を目的とした集約施業         | 優良 |
| 11 | 若  | 高  | 全    | 悪  | 柱材生産をしながら広葉樹林への転換      | 並  |
| 12 | 若  | 低  | 全    | 良  | 柱材生産後、広葉樹植栽            | 良  |
| 13 | 若  | 低  | 全    | 悪  | 柱材生産をしながら広葉樹林への転換      | 良  |

表-5 人工林の類型化の基準

表中の林齢は植栽方法にあわせて「老：戦前の造林地，中：戦後～昭和50年の造林地，若：昭和50年以降の造林地」と区分した。また，地利は今後の路網計画を含めて判定すべきであろう。若齢林については今後間伐の時期にあわせて順次優先的に路網を配置すべきである。また若齢林についてはその年輪幅の管理に最も力を入れるべきであろう。

さらに細かく区分すれば，他に傾斜などの諸要素を組み合わせる総合的に判断する必要がある。現在までに集積した諸データではこれらの判断を行うには不十分であり，全林を対象にした区分を行うことができない。今回撮影した空中写真を元に構築中であるGISシステムを利用して先に述べた標準地の補正と全林の評価を行い，ファジー理論を用いた上記の各要因による施業方針の立案について検討中である。

## V おわりに

現在の木材市況は非常に低迷しており，スギ丸太の取引価格では，市場によっては物価の上昇にも拘わらず一時の約半分の価格で取引が行われている状況である。木材の利点は生産＝在庫という構造であり，市況を見ながら若齢林の間伐で数年，老齢林の場合では数十年の単位での伐採時期の延長が可能である。しかし，今後拡大造林期の材が多量に出てくるため材価の上昇は期待できない。こうした状況に対応していくためには人工林の生産目標の多様化が必要であり，さらに現在の人工林の現況に即した類型化が必要である。

本報告では全林の類型化を行う上での前段階として標準地の現状分析とその標準性の評価を行い，また類型化の方法とその施業方針を提案した。今後，標準地データを全林に適用させるための補正法を確立し，GISシステムを利用した全林の詳細なデータを管理すると同時に，その類型化を行って効率的な森林管理技術を構築していかなければならない。これらのためには森林現況の正確な把握やその処理方法の検討など，まだ膨大な作業が必要である。短期的には市況変動への対応，長期的には環境問題やエネルギー資源問題などをふまえながら取り組んでいきたいと考えている。

本報告のデータとなった膨大かつ貴重な標準地のデータは和歌山演習林の職員の手により長期にわたって集積されたものである。この膨大な作業に取り組んでこられた歴代の和歌山演習林の職員の方々に深く感謝します。また本報告を書くにあたって，自ら収集されたプロットのデータを提供し，同時に適切なお鞭撻を賜りました竹内典之教授に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 京都大学農学部附属演習林和歌山演習林長期研究計画(1990～1999年度)(1989)
- 2) 京都大学農学部附属演習林和歌山演習林(1956)和歌山演習林造林地調査報告
- 3) 京都大学農学部附属演習林和歌山演習林：和歌山演習林造林台帳
- 4) 竹内典之・光枝和夫・長谷川孝・境慎二郎・藤本純也・松場京子(1992)和歌山演習林における人工林調査(I)スギ人工林の樹高について(1)．京大演集報，23，81-89.
- 5) 長谷川尚史(1993)写真を用いたスギ人工林の地位判定に関する研究．日林論，104，881-882.

- 6) 柴田正善・古野東洲(1976)和歌山演習林におけるスギ, ヒノキの立木幹材積表. 京大演集報. 11. 66-77.
- 7) 和歌山県農林部林政課(1983)人工林林分収穫予想表
- 8) 益子謙一・大北英太郎・大森一男(1957)智頭地方に於ける所謂「元木計算」による立木評価法に関する研究(第2報). 鳥取県林試報. 2. 29-36.
- 9) 後藤亮(1967)ヒノキの細り表. 広島県林試報. 2. 2-8.
- 10) 阪本奨学会(1986)奈良県スギ・ヒノキ人工林林分収穫予想表
- 11) 斉藤秀樹(1986)ヒノキおよびスギ植栽林における林縁効果-林縁から林内方向への上層木の大きさ, 低層木およびリターフォールの変化-. 京府大演報. 30. 36-46.
- 12) 川那辺三郎・山中典和・安藤信・金子隆之(1994)林縁の光環境と下層植生について-2, 3の異なった林分の比較-. 日林論. 105. 435-436.