

# 和歌山演習林における人工林調査 (IV)

## —スギ同齡林における林分成長の不均一性—

長谷川 尚史・境 慎二郎・淺野 善和・神垣 秀樹

### 1. はじめに

京都大学和歌山演習林の面積は842haであるが、そのうち490haの区域が人工林として管理されている。人工林率は58%であり、京都大学演習林中でもっとも高く、植栽樹種のほとんどはスギとヒノキである。人工林の齡級は偏っており、人工林面積の2/3が昭和30, 40年代に大規模に造林された要保育林分である。このように大規模な要保育林分を所有している状況は、日本の林業における一般的な人工林の齡級構成と類似している。そのため、和歌山演習林における主要研究課題の第一は、人工林資源の維持管理に関する研究となっている。

本報告は、和歌山演習林の人工林に関する調査報告の第四報である。第一報<sup>3)</sup>ではスギ人工林の樹高成長と地形の関係、第二報<sup>7)</sup>ではヒノキ人工林の固定標準地データの分析結果、第三報<sup>3)</sup>ではスギおよびヒノキ人工林における152の固定標準地データを分析した結果が報告された。本報告は、第三報において述べられたゾーニングの必要性について、スギ同齡林における林分成長の不均一性に関して分析を行うことにより、ゾーニング基準を作成するための基礎的資料の収集を目的とするものである。

森林のゾーニングについては、衛星リモートセンシングデータを利用した大規模なゾーニング<sup>4)</sup>や、小班を最小単位にした森林の機能評価を試みた例<sup>9)10)</sup>がみられる。一方、現在の小班は様々な施業履歴、地位、地利などの要素をもつ林分の集合体であり、森林資源を管理するための最小単位としては不適であるとの指摘<sup>1)3)</sup>もある。現在のところ、これらの各要素の不均一性を考慮した森林のゾーニングの必要性と、具体的なゾーニング手法に関して、詳細な分析を行った例はほとんどない。

本報告では、和歌山演習林のスギ同齡林において樹幹解析を行い、その結果をもとに簡単な成長予測を試みることによって、林分成長の不均一性について考察した結果について述べる。

### 2. 調査の方法

#### 2.1. 毎木調査と樹幹解析

和歌山演習林10林班のスギ人工林に、1haの正方形の調査地を設定し、これを25m×25mの16個のプロットに分けて調査した(図-1)。当調査地は22.8haの小班の一部であり、1965年4~5月に10.5haに2,883本/ha、1966年2~3月に12.3haに4,108本/haの割合で植栽されている。植栽樹種はスギおよびヒノキで、本数で見るとその86%がスギである。また、1967年、1971年にそれぞれ6,025本、300本のスギが補植されている。スギの苗木は4カ所から別々に購入されており、それぞれの品種および植栽場所は不明である。

調査地の海拔高は690~780mである。ほぼ一様な南向き斜面上にあるが、位置によって林内の様子は全く異なっている。調査地上部では樹高が低く、林内は明るい。また土壌は乾燥気味である。中央部では樹高、林内の明るさも調査地全体として標準的であるが、下草、特にツル植物が多い。下部では樹高が高く、林内は暗い。ガレ場もあり、土壌は常に湿っている。また、調査地中央部東寄りに小尾根があり、この部分では林内に広葉樹が侵入してきている。

この調査地では1994年、カラー写真における写真濃度と地位の関係についての研究が行われており<sup>1)2)</sup>、1993年3月に毎木調査が実施されている。今回、1998年3月にふたたび胸高直径の毎木調査を行った。樹幹解析には、各プロットの平均断面積木を標準木として選定した。標準木は調査日程の関係上、各プロット1本の採取となったため、樹形や樹冠などに欠点のない健全木を慎重に選定した。伐倒した標準木は高さ0.3mから2mおきの円盤を採取し、各円盤における5年ごと4方向の年輪半径を計測した。

---

Hisashi HASEGAWA, Sinjiro SAKAI, Yoshikazu ASANO, Hideki KAMIGAKI

Studies on the growth of planted stands in Kyoto University Forest in Wakayama (IV)

— Uneven forest growths on even-aged stands of *Cryptomeria japonica* —

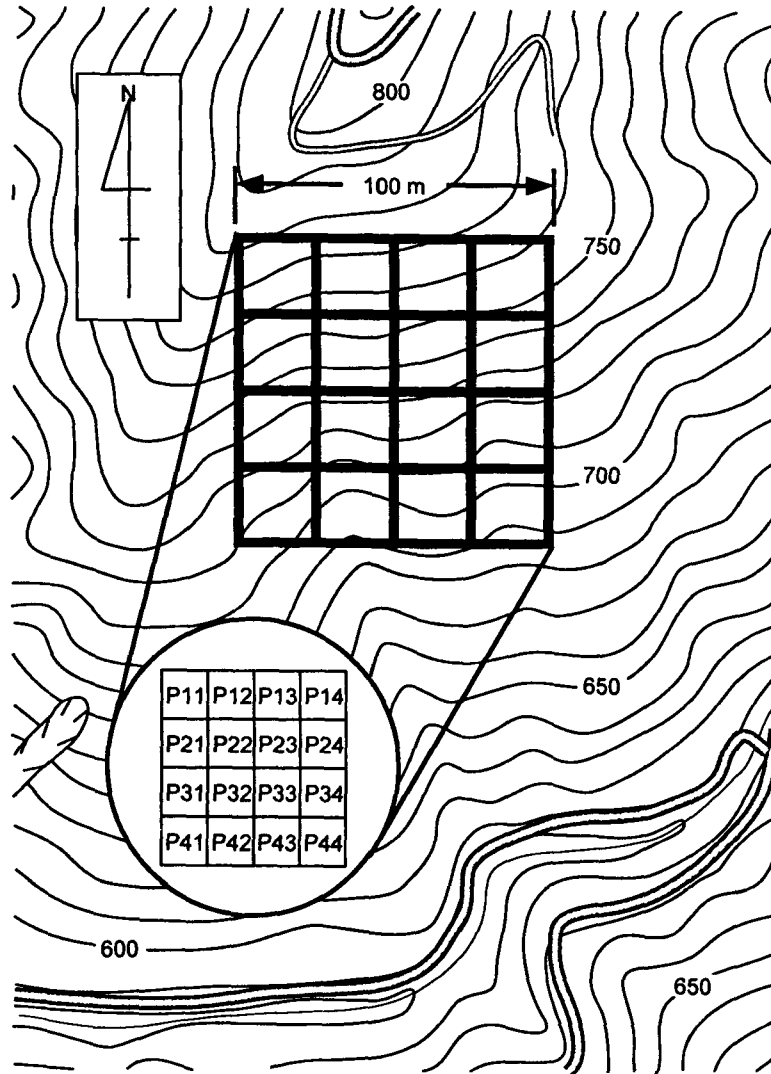


図-1. 調査地位置図

樹幹解析の結果を式(2-1)に林齢  $t$  時の樹高  $H_t$  を代入し、非線形回帰分析によって地位  $Q$  およびパラメータ  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  を推定したものを各プロットの樹高成長式とした。

$$H_t = (34 - 3Q) \left\{ 1 - \left( 1 - \frac{k_1 - k_2 Q}{34 - 3Q} \right)^{e^{-k_3(t-10)}} \right\} \quad (2-1)$$

ここで、 $H$ は樹高、 $t$ は林齢、 $Q$ は5段階を基準とする地位、 $k$ は係数である。なお式(2-1)は、樹高上限値  $(34-3Q)$ 、樹高初期値  $(k_1 - k_2 Q)$ 、初期年数 10 のMitscherlich式である。この式形は、和歌山県における人工林林分収穫予想表<sup>1)</sup>の値から見いだしたものである。式(2-1)を収穫予想表に当てはめた場合の回帰式の寄与率は0.99996となり、 $k_1=8.3356213$ 、 $k_2=0.7357694$ 、 $k_3=0.0345499$ であった。

## 2.2. 林分成長の予測

成長予測には、以下の条件を仮定した。

- (1) 林分の要素は平均上層樹高、林分密度、間伐実行年を独立変数とし、南近畿・四国林分密度管理図<sup>1)</sup>の諸式から平均胸高直径、林分材積を算出した。
- (2) 自然枯死による林分密度の減少は、Khilmi式(2-2)によった。

$$N = N_* \left( \frac{N_0}{N_*} \right)^{e^{-k(t-t_0)}} \quad (2-2)$$

ただし、 $N_0$ 、 $N_*$ はそれぞれ自己間引きの開始点 $t_0$ における初期密度と終点における限界密度である。樹種ごとの固有値とされるパラメータ $k$ はスギ人工林における計測値<sup>5)</sup>の値 ( $k=0.0145$ ) を用い、 $N_*$ は地位に比例するものとして定めた。

(3)間伐率は人工林林分収穫予想表<sup>11)</sup>に基づいた。現状において間伐遅れの林分は、間伐回数が収穫予想表の回数に達するまで、今後5年ごとに間伐を行うものとした。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 毎木調査と樹幹解析の結果

1993、1998年に実施した毎木調査の結果を表-1に示す。なお、P23、P24では1995年、誤って一部が除伐されたため、本数が大幅に減少している。またP14、P43、P44では本数がわずかに増加しているが、これは1993年の調査の際に計測もれをした木があったか、あるいはプロットの位置を復活させた際にプロットの境界線を誤った可能性がある。

表-1 毎木調査結果

			P11	P12	P13	P14	P21	P22	P23	P24
1993	平均樹高	m	9.68	9.85	7.38	7.85	11.58	9.98	8.46	10.23
	平均胸高直径	cm	14.11	13.48	11.93	12.13	14.81	13.32	12.70	14.14
	林分密度	本/ha	2128	2304	2080	2256	2416	2528	2816	2624
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	34.19	34.06	23.85	26.81	43.39	36.79	36.98	43.39
1998	平均樹高	m	9.82	10.17	7.76	8.25	11.86	10.45	8.82	11.00
	平均胸高直径	cm	14.53	14.23	13.27	13.05	15.51	14.36	14.35	16.05
	林分密度	本/ha	2080	2256	2016	2304	2288	2288	2288	2144
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	35.63	37.36	28.81	31.80	45.14	38.79	38.11	45.17
増減	平均樹高	m	0.13	0.32	0.38	0.40	0.29	0.47	0.36	0.77
	平均胸高直径	cm	0.42	0.75	1.34	0.92	0.70	1.04	1.65	1.92
	林分密度	本/ha	-48	-48	-64	48	-128	-240	-528	-480
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	1.44	3.30	4.96	4.99	1.75	2.00	1.14	1.78

			P31	P32	P33	P34	P41	P42	P43	P44
1993	平均樹高	m	12.24	12.36	10.60	15.20	13.13	14.23	10.91	15.65
	平均胸高直径	cm	15.90	13.81	14.27	18.85	16.46	18.10	13.73	19.15
	林分密度	本/ha	2448	3216	2784	2048	2208	1952	2592	1808
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	51.04	50.35	46.68	59.65	49.68	52.55	40.71	54.43
1998	平均樹高	m	12.40	12.77	10.96	15.82	13.21	14.47	11.16	16.18
	平均胸高直径	cm	16.31	14.68	15.44	20.50	16.78	18.70	14.68	20.79
	林分密度	本/ha	2448	3152	2608	2000	2176	1936	2624	1856
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	54.02	56.37	51.30	68.85	51.45	55.94	47.59	66.28
増減	平均樹高	m	0.16	0.41	0.36	0.62	0.07	0.24	0.26	0.53
	平均胸高直径	cm	0.42	0.87	1.17	1.64	0.32	0.60	0.95	1.64
	林分密度	本/ha	0	-64	-176	-48	-32	-16	32	48
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	2.98	6.02	4.62	9.20	1.77	3.39	6.88	11.84

各プロットにおける標準木の樹幹解析の結果を、図-2、3に示す。もっとも総成長量の多いP44と、もっとも総成長量の少ないP13とでは、樹高で2倍以上、材積で5倍以上の総成長量の差が見られる。各プロットの標準木の樹高成長から、式(2-1)によって各林齢における地位を算出し、その変化をプロットしたものが図-4である。全体的に地位の変化は少ないものの、林齢20年と32年を比較すると、P44を除くすべてのプロットにおいて地位が低下している。これらのプロットでは、保育の遅れによって地力低下が生じた可能性がある。

#### 3.2. 林分成長の予測結果

各プロット標準木の樹幹解析結果に基づく林分成長の予測結果を図-5に示す。除間伐等の保育が遅れているために、

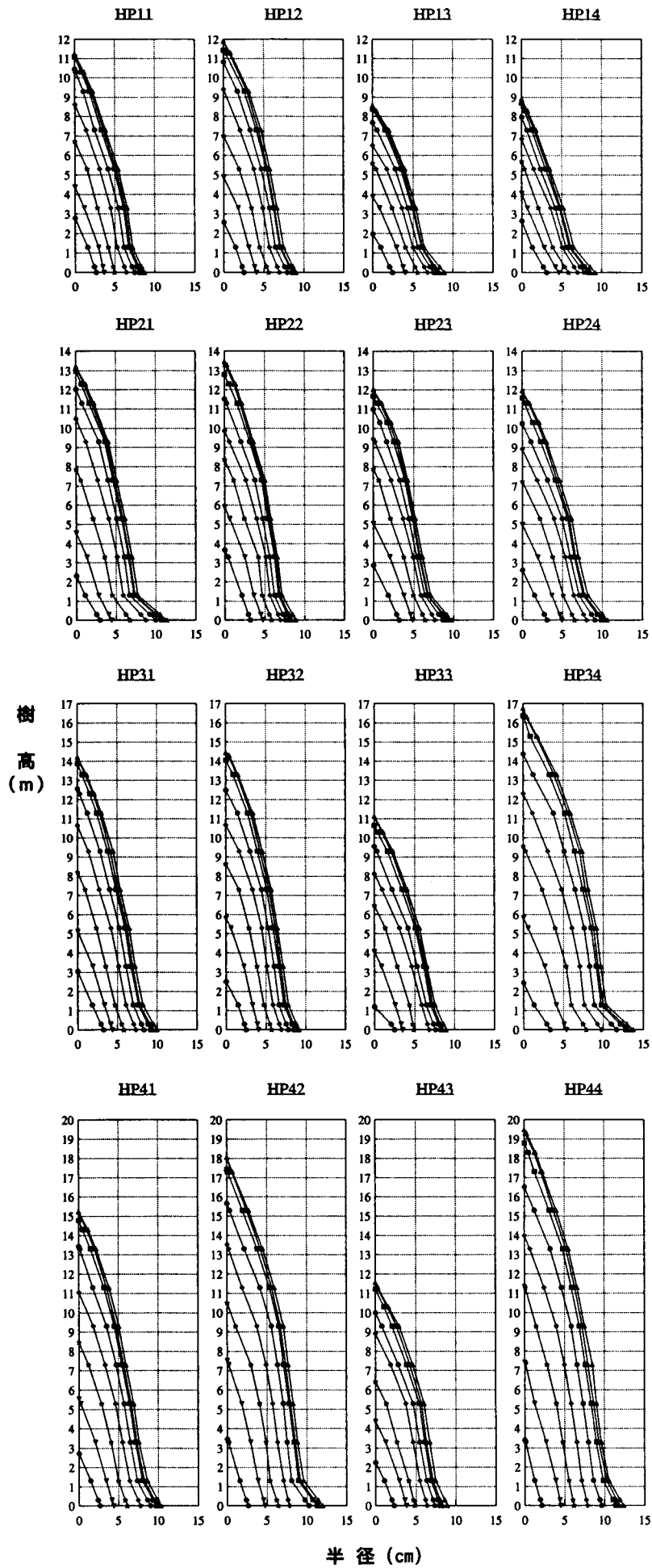


図-2 樹幹解析の結果

(各グラフの線は、内側から順に、5年、10年、15年、20年、25年、30年、32年、皮付32年)

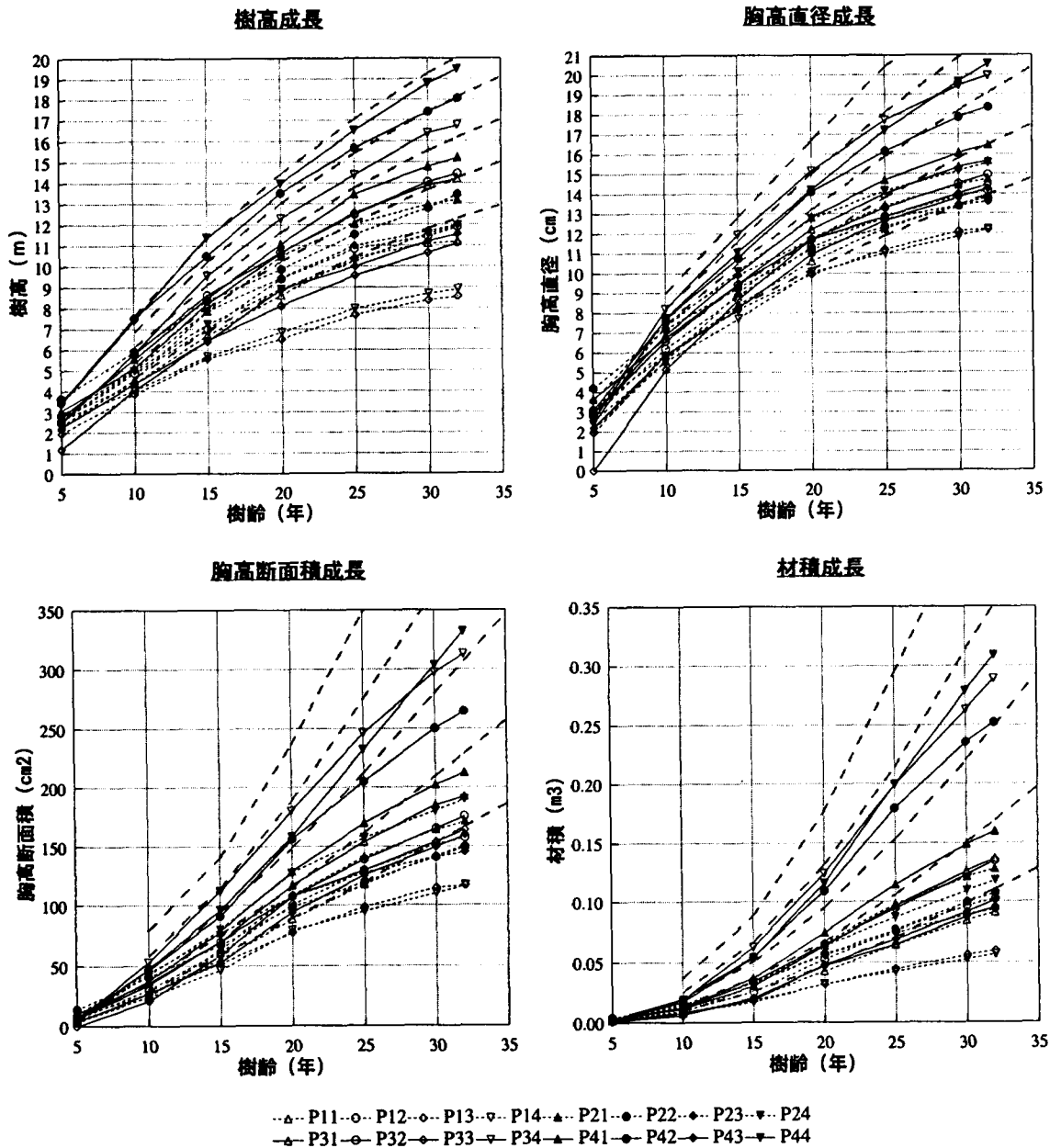


図-3 標準木の成長経過  
 (太い破線は、上から順に、和歌山県人工林  
 林分収穫予想表における地位1~5を表す)

地位の高い林分で収量比数が高く、地位の低い林分では立木密度が高く推移している。各グラフにおいて急激に値が変化している点があるが、これは間伐による林分平均値の変化である。林分収穫予想表<sup>1)</sup>では下層間伐が想定されているため、平均胸高直径は間伐の度に急激に上昇している。また前述のように造林台帳には2,883本/haあるいは4,108本/haの密度で植栽した、と記されているが、実際の植栽密度は地形などの条件によって大きく開きがあることが推察され、たとえばP32では6,000本/haに近い密度で植栽されていたようである。

各プロットにおける林分成長の不均一性について考察すると、比較的地位の高い林分においては今後も着実な樹高成長を続けることが予想されるが、地位の低い林分では50年生以降、ほとんど樹高成長が期待できない。P44の林分材積に対するP13の林分材積は19年生時点の23.6%を最高に徐々に低下し、80年生時点では18.9%となる。一般に地位の低い林分では高い林分に比べて林分密度が高いため、この傾向は平均単木材積でより顕著となる。平均単木材積で同様の比率を見ると、12年生時点の23.8%を最高に低下し、80年生時点では10.1%となる。

ここで、収入間伐の実行という観点から、収益性を考慮して予測結果を分析する。収入間伐の実行可能時期として、柱口としての需要の見込まれる平均胸高直径が16cm以上であるとみなした場合、地位の高い林分(P44)で21年生、標準的な林分(P41)で32年生以降であり、地位の低い林分(P13)では80年生でもこの径級に達しない。一方、材価を形成する

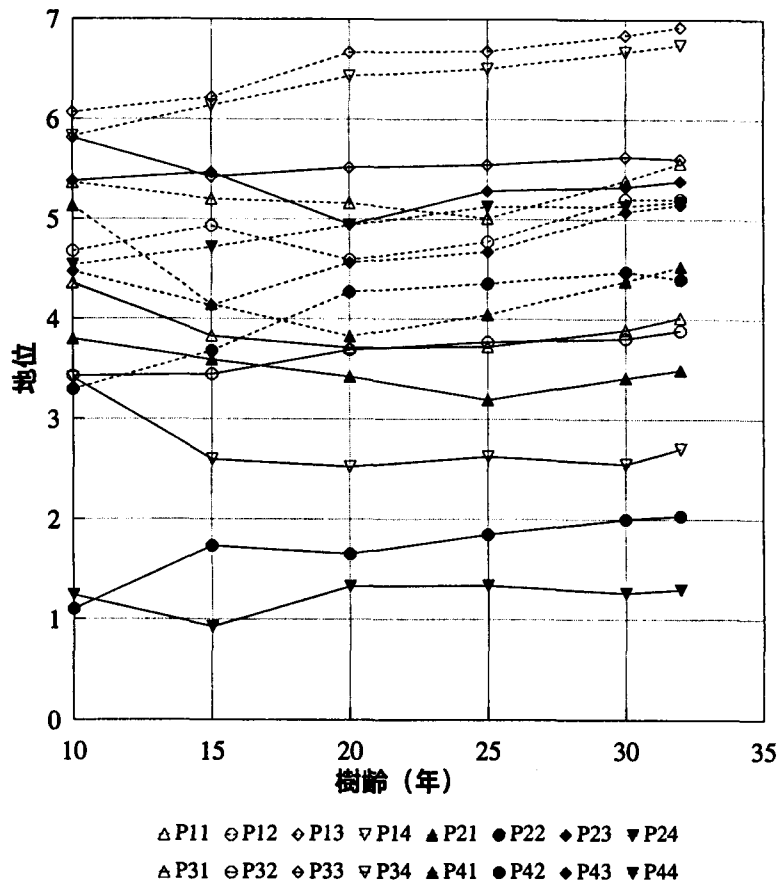


図-4 樹高に基づく地位の変化

重要な要因の一つとして、年輪幅の均一性があげられるが、年直径成長量は、地位の低い林分(P13)では10年生時点で5.0mm/年、20年生で2.2mm/年、60年生で0.4mmであるのに対し、標準的な林分(P41)では順に6.5、3.5、1.2mm/年、地位の高い林分(P44)では6.9、3.6、1.3mm/年である。すなわち、すべてのプロットにおいて、年輪は中央部で粗、外縁部で密になっており、材価は非常に安く、集材費用を回収するためには、相当量の間伐量が必要である。以上の点を考慮すると、収入間伐を実行できるのは、蓄積の多い地位の高い林分において、強度の間伐を実施した場合に限られることが予想される。他の林分においては、今後とも長期にわたって収入間伐ができる見込みは少なく、すべて除伐として実施せざるを得ない可能性が高い。

また主伐の際にも同様に材価が安いことが予想され、収益はほぼ林分材積に比例すると思われる。収益性に関しては、路網からの距離などの地利や施業方法、集材方法によって大きく左右されるが、地位の低い林分が高い林分に比べて不利であることは明らかである。

以上のことから、一斉人工林においても、地位の格差は非常に大きく、同一の保育、伐採を行うことは不適當であることが推察される。森林作業における労働事情を考慮すると、大規模な林分を一斉に同一の施業によって管理することも、すでに不可能になっており、森林を細分化することは、適切な森林管理計画の策定、実行の面からも望ましいと思われる。

こうした状況に対応するために、和歌山演習林では、一部の小班において分筆という形で細分化が行われている。しかし判断基準は人間の主観であり、判断要素は歩道や新設した林道そのものを分筆界とする方法が採られている。この細分化手法は本報告で行ったような地位の差異等、森林の状況を反映するものではなく、小班内の不均一性は残る。その結果、蓄積等の林分情報は不正確なままで、林業経営状況の改善には結びつきにくい。林業を取り巻く経済的環境が悪化している中で、林業経営を持続的に進めていくためには、単なる小班の細分化ではなく、地位や地利などの生産条件を加味したゾーニング手法の確立が望まれる。すなわち、生産条件の悪い林分に対する投資を極力抑え、生産条件の良い林分に保育作業や路網等の基盤整備などに関する林業投資を集中させることによって、経営効率を上げることが必要であると考えられる。

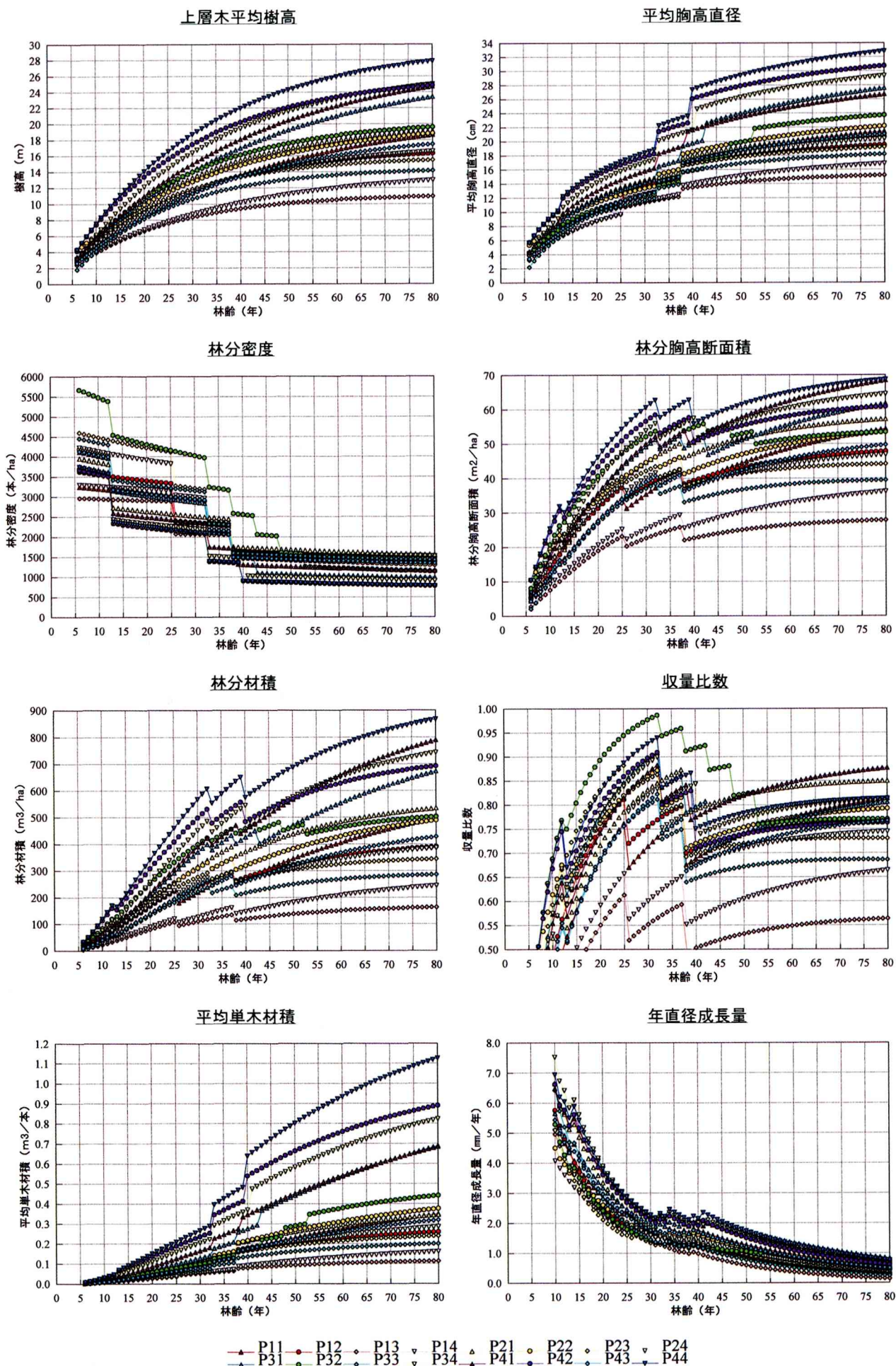


図-5 樹幹解析結果に基づいた林分成長予測

#### 4. おわりに

本報告では、樹幹解析と林分成長に関する簡単な成長予測を行い、ゾーニングの必要性を述べた。本報告に用いた調査地は1haの広がりしかない。このような狭い林分においても、林分の不均一性は非常に大きい。ゾーニングの実施は、木材生産の観点ばかりでなく、森林における生物多様性の維持をはじめとする、森林の公益的機能を十分に発揮させる上でも有利になることが予想される。

現在、林分の成長予測を元にした、収益性に関するシミュレーションを試みている。収益性のシミュレーションでは、より明確にゾーニングの必要性とその基準について述べるができると思われるが、これは別報にて報告する予定である。今後は、従来の木材生産とは異なる、森林の多機能性を重視した森林管理法について試験を行う予定である。

最後になったが、本報告をとりまとめるに当たっては和歌山演習林職員の皆さんには大変お世話になった。また、現地調査を手伝っていただいた学生諸氏に、この場を借りてお礼申し上げます。

#### 引用文献

- 1)長谷川尚史 (1994) 写真を用いたオモテスギ人工林の地位判定に関する研究. 京都大学農学研究科修士論文. 109pp.
- 2)長谷川尚史・神崎康一・竹内典之 (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.
- 3)長谷川尚史・境慎二郎・浅野善和・山田幸三・松場輝信・松場京子 (1996) 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-. 京大演集29. 69~83.
- 4)東敏生・寺田公治 (1992) 衛星リモートセンシングデータを利用した流域森林管理技術の確立ーランドサットTMデータによる筒賀川流域の林況把握ー. 広島県林試研報26. 75~87.
- 5)西沢正久ら (1984) 最適間伐計画法に関する研究. 昭和56年度科研報告. 166pp.
- 6)農林統計協会 (1998) 林業白書平成9年度. 342pp.
- 7)境慎二郎・上西謙次・長谷川孝・松場輝信・山田幸三 (1994) 和歌山演習林における人工林調査 (Ⅱ) -ヒノキ人工林の固定標準地調査について-. 京大演集26. 87~94.
- 8)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23. 81~89.
- 9)鄭躍軍 (1996) 森林の多面的利用に関する施業計画策定システム. 日林誌78(3). 319~326.
- 10)鄭躍軍・南雲秀次郎 (1994) GISを利用した森林機能による類型区分. 日林誌76(6). 522~530.
- 11)和歌山県 (1983) 人工林林分収穫予想表・他. 139pp.
- 12)山本博一 (1992) システム収穫表の活用 (Ⅰ) シミュレーションによる意志決定. 森林計画誌18. 1~18.