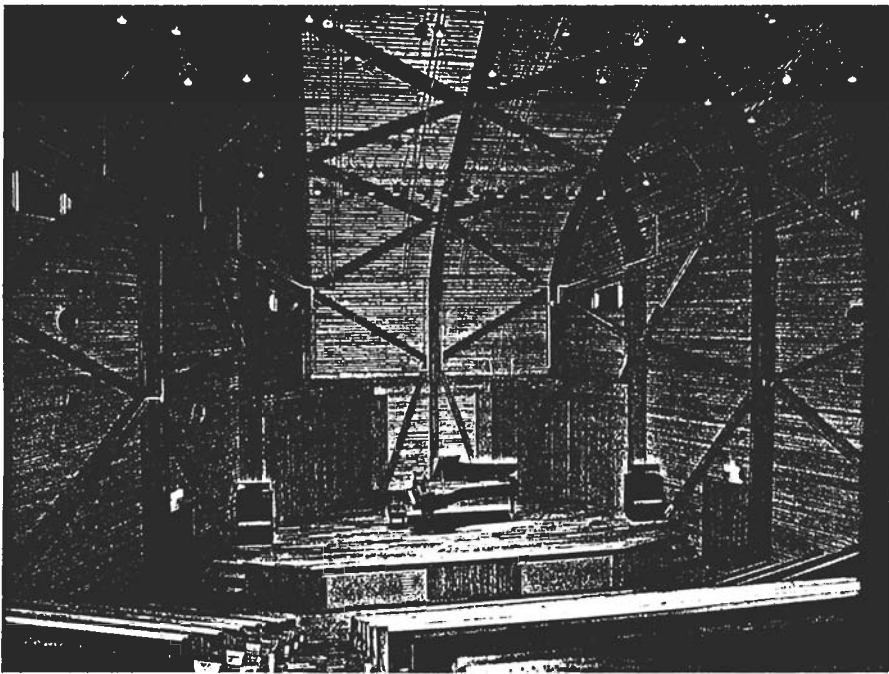


The★カラマツ

— 育林から建築まで —



信州国際音楽村ホールこだま

1989年11月

木材強度・木質構造研究会

日本木材学会

The カラマツ -育林から建築まで-

11月14日(火) 於:長野県林業総合センター

目次

I. 長野県におけるカラマツ林の現状と施業について -----	1
長野県林業総合センター 武井富喜雄	
II. カラマツ造林木の材質と用材品等 -----	13
信州大学農学部 重松頼生	
III. カラマツ材の強度特性-立木の実験から言えること- -----	25
北海道教育大学札幌分校 小泉章夫	
IV. カラマツ構造用大断面集成材を用いた建築物について -----	37
斉藤木材工業(株) 鈴木 基	
資料 長野県におけるカラマツ材の乾燥技術とその普及 -----	40
(第20回林業技術シンポジウム「国産材の利活用技術」1987.3)	
長野県林業指導所 橋爪丈夫・吉田孝久・吉野安里・武井富喜雄	
見学場所および宿泊所等案内 -----	53

講演者プロフィール

武井富喜雄氏

- 1938 長野県伊那市生まれ
- 61 三重大学農学部林学科卒業
- 61 長野県林業指導所勤務
- 83 同造林部主任研究員
- 85 同木材部長
- 88 同県林業総合センター木材部長

小泉章夫氏

- 農学博士
- 1955 京都市生まれ
- 81 北海道大学農学部林産学科卒業
- 87 同大学院終了
- 87 北海道教育大学札幌分校勤務、
講師

重松頼生氏

- 農学博士
- 1931 愛媛県越智郡吉海町生まれ
- 54 西京大学（現 京都府立大学）
林学科卒業
- 54 同大助手
- 63 農林省林業試験場勤務
- 68 信州大学農学部林学科助教授
- 77 同大教授
- 88 信州大学農学部森林科学科教授

鈴木 基氏

- 一級建築士、大断面集成材管理士
- 1945 長野県長野市生まれ
- 68 東京工業大学建築学科卒業
- 68 (株)柳建築設計事務所勤務（東
京都）
- 80 鈴木基設計建築事務所開設
- 84 斉藤木材工業(株)顧問
- 89 同取締役大断面事業部長

I. 長野県におけるカラマツ林の 現状と施業について

長野県林業総合センター
木材部 武井 富喜雄

目次

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1. はじめに | (4)本数密度管理 |
| 2. カラマツ林の現況 | 1)長野県民有林カラマツ収穫予想表 |
| (1)カラマツ資源の現況 | 2)カラマツの列状間伐 |
| (2)カラマツ林の状況 | a. 枝下高 |
| 1)類型化からみたカラマツ林の実態 | b. 樹幹の直径偏心率 |
| 2)カラマツ林における幹曲がりの状況 | (5)カラマツ林の施業と材質 |
| 3. カラマツ林の施業 | 1)施業と幹の完満性 |
| (1)カラマツ林の立地条件と成長 | a. 幹材積成長量の樹幹各部への配分率 |
| 1)カラマツ林の成長 | b. 地際部分の配分率と梢端部分の配分率との関係 |
| 2)カラマツ林の立地条件と成長 | 2)心材化 |
| (2)植栽本数 | 4. まとめ |
| (3)枝打ち | 5. 終わりに |

1. はじめに

カラマツは長野県を代表する郷土樹種である。その生育環境は、おおむね夏期冷涼で冬季の寒さがきびしく、かつ乾燥し、雨量は夏期に多く冬季に少ない内陸高地的な気候に適しているといわれている¹³⁾。

カラマツ造林の歴史はスギやヒノキに比べるとはるかに新しく、最も古い人工造林は小諸藩により嘉永5年(1852)に始まったようである⁵⁾。

かつて、カラマツの利用については建築材としてあるいは土木用材として利用されてきたが、材質的に「ねじれ狂いがおきやすい」、「割れやすい」、「ヤニがでる」、等の欠点のために、その用途は限られてしまっていた。しかし、今日、利用開発が進む中で、建築、家具、木工製品等多方に利用されるようになってきた。

最近ではカラマツ材の高付加価値化技術等について、さらに一層の研究開発を進め、材の利用拡大を図っていくことが、本県林業の振興にとって重要な課題となっている。

このように本県にとって主要な樹種であるカラ

マツについて、その森林の現状と施業について述べてみたい。

2. カラマツ林の現況

(1) カラマツ資源の現況

長野県の森林面積は、約106万5千haであって、

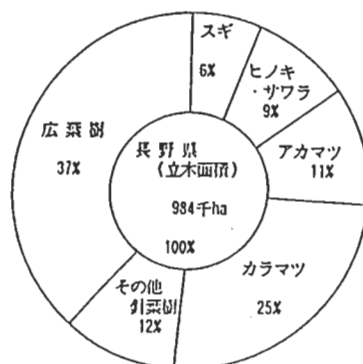


図-1 長野県樹種別森林面積 (8260)

北海道、岩手県に次いで全国第3位にあり、県土に占める比率は78%となっている。また、樹木の生

表-1 長野県の森林およびカラマツ林の資源状況

	種別	区分	総数	ha	割合(%)
森林総数	面積 (ha)	国有林	385348	62972	16.3
		民有林	679874	174811	25.7
		計	1065222	237783	22.3
	蓄積 (千m ³)	国有林	50682	6434	12.7
		民有林	70671	24557	34.7
		計	121353	30991	25.5
針葉樹 人工林	面積 (ha)	国有林	99377	59719	60.1
		民有林	320983	174268	54.3
		計	420360	233987	55.7
	蓄積 (千m ³)	国有林	11293	5989	53.0
		民有林	43268	24451	56.5
		計	54561	30440	55.8

注) 国有林(平成1.4現在)、民有林(昭33.3現在)

えている森林面積(約98万4千ha)のうち針葉樹は約63%、広葉樹は37%を占めている¹⁹⁾。

本県の人工林面積は平成元年現在約42万1千haで、人工林率は約40%となっているが、カラマツの人工林面積は約23万4千haであって、全体の約56%、蓄積でも3044万m³で、やはり約56%を占めて、カラマツ林が人工林針葉樹のうち半数以上となっている。(表-1)

また、樹種別森林面積をみると、全立木面積のうちカラマツ林が全体の25%、アカマツが11%、ヒノキとサワラが9%、スギが6%の順となってカラマツ林が最も多い。(図-1)

カラマツの蓄積量を各年齢級にみると(図-2)

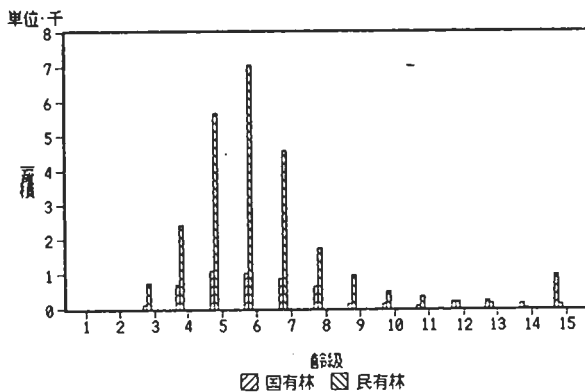


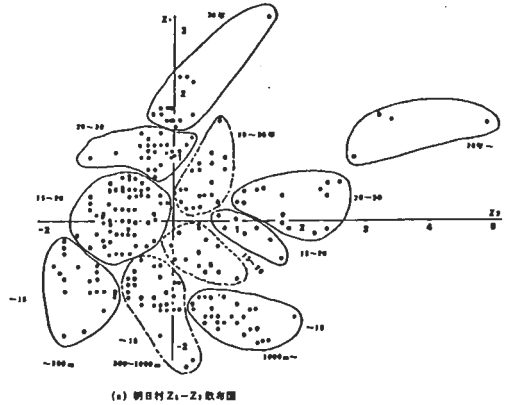
図-2 カラマツ蓄積量の年齢別分布図

国有林・民有林とも4~7年齢級(20~35年生)の若齢林が最も多く、全蓄積量の約77%を占めている。また、10年齢級以上の高樹齢林は、268万7千m³で全蓄積量の約1割を占めている。

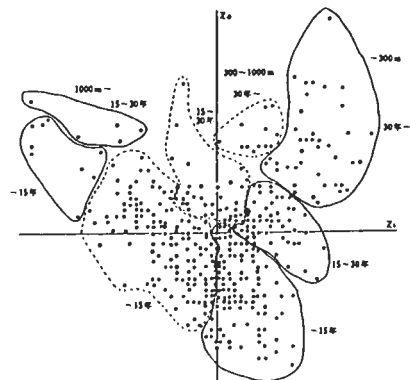
(2) カラマツ林の状況

1) 類型化からみたカラマツ林の実態

戦後ただちに進められたカラマツの拡大造林は、里山から次第に奥地へとその造林面積は増大していったが、それと同時にカラマツの生育環境以外のところに植栽された事例も多く、不成績造林地も激増した。石沢¹⁴⁾は本県民有林の「適地適木調査」結果からみてカラマツ林の適地は、植栽対象樹種割合で34%しかないが、現実林分は48%にも達しており、カラマツ適地以外に相当植栽されてしまっていることを指摘している。



(a) 朝日村Z1-Z2散布図



(b) 川上村Z1-Z2散布図

図-3 主成分スコア散布図
(大きさや位置の因子による)

このようなカラマツ林に対してその現況をとらえるため、県内でも比較的カラマツ林の占める割合の大きい朝日村と川上村について実態把握を試みた²⁹⁾。なお、朝日村は本県中央部に、川上村は東部に位置している。

調査は各村の森林簿と施業図より、林小班単位に0.1ha以上で10年生以上の林分を抽出し、地位、傾斜、標高、車道からの距離等立地要因のほか林齢、面積、材積、樹高等の林分状況も併せて調査した。

これらの調査データを基に主成分分析を試みたところ、両村のカラマツ林の実態はほぼ共通する部分が多く、主として「林の位置」、「林の大きさ」及び「林の生産力」により類別することができるとわかった。その結果として、

①「車道からの距離」が近いところ(300m以内)では、幼齢林から壮齢林及び高齢林と林齢が広範囲にあり、そこの生産力は比較的高かった。

②「車道からの距離」が中距離(300m~1000m)にある林分は幼齢林から壮齢林で、林地生産力はほぼ「中」であった。

③遠距離にある(1000m以上)にある林分は、幼齢林がほとんどであって、その生産力は全体的に低い傾向にあった。(図-3参照)

以上、2村についてだけの解析であるため断言はできないが、これらの傾向は県全体にもほぼ当てはまるものと考えられる。

したがって、林道に近いカラマツ林はいろいろな面で施業が容易ではあるが、遠いところで、しかも生産力の低い森林や不成績造林地での施業法をどうするかが今後の課題となろう。

2)カラマツ林における幹曲がりの状況

本県民有林のカラマツ林分について、幹曲がりの実態を調査したところ、次のような結果を得た。

①カラマツ林内における幹の通直木の占める割合は、林分によっても異なるが、最低で30%、最高で100%の林分がみられた。

②1林分内におけるS-字形の幹曲がりおよびC-字形の幹曲がり木の占める割合をみると、その割合はいずれも20%以下の林分が大部分を占めた。

③通直木、S-字形およびC-字形幹曲がり木の占める割合と林齢、斜面傾斜角度、及び除間伐の有

無等との関連性についてはほとんど関係がみられなかった。

④根元曲がり木発生割合と林齢および斜面傾斜角度との間には関連がみられ、斜面傾斜角度が大きくなるほど発生頻度も大きく、また、若齢林ほど発生頻度が高かった。(図-4)

⑤根元曲がり量について、根元曲がり指数(図-5)を求めたところ、若齢林で曲がり量が大きく、しかも斜面傾斜角度が大きくなるほど曲がり量も大きくなった。

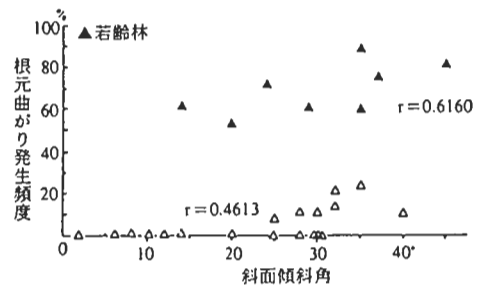


図-4 根元曲がり発生頻度と斜面傾斜角

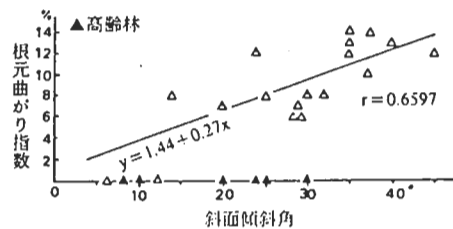


図-5 根元曲がり指数と斜面傾斜角

以上から、比較的カラマツは樹幹が通直な樹種といわれているが、林内に入ってみるとなんらかの幹曲がりが見られることがわかった。これは、風や雪などの環境要因のほか成長の速い遅いなどの違い等、さまざまな要因によるものと考えられる。

根元曲がりについては、できるだけ斜面傾斜の緩やかな林地に造林することも、根元曲がりを少なくすることにつながるものと考えられる。

3. カラマツ林の施業

(1) カラマツ林の立地条件と成長

県内民有林全域から集められたカラマツ林の林分構成とその林分の環境調査資料とを用いて、多変量解析の数量化モデルⅠ類により造林適地判定のための地位指数スコア表を作成したが³²⁾、この成果を利用して立地環境と成長との関係のみてみよう。

1) カラマツ林の成長

各林齢における地位別の樹高を求めると²¹⁾、表-2、および図-6に示すとおりである。林齢70年では、地位Ⅰ等地で33.9m、Ⅱ等地で29.6m、Ⅲ等地で25.4mである。ちなみに、この値をわが国の針葉樹の中では成長の良いスギ林について、本県に近い天竜地方のスギ林³³⁾と比べてみると、70年生地位Ⅱで25.5mであって、カラマツはかなり成長がよいことがわかる。

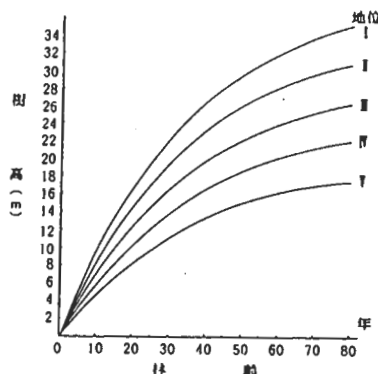


図-6 民有林カラマツ樹高成長曲線

しており、加藤ら⁸⁾は、カラマツは弱湿性土壌で最も成長がよいと報告し、下野園ら²⁷⁾は乾性型の

表-2 長野県民有林カラマツ林地位別樹高(m)

林 齢	地位Ⅰ	地位Ⅱ	地位Ⅲ	地位Ⅳ	地位Ⅴ
10	9.3	8.1	7.0	5.8	4.6
20	16.6	14.5	12.5	10.4	8.3
30	22.2	19.4	16.6	13.8	11.0
40	28.4	23.1	19.8	16.5	13.1
50	29.6	25.9	22.2	18.4	14.7
60	32.0	28.0	24.0	20.0	15.9
70	33.9	29.6	25.4	21.1	16.8
80	35.3	30.8	26.4	22.0	17.5
90	36.3	31.8	27.2	22.6	18.1
100	37.1	32.5	27.8	23.1	18.5

2) カラマツ林の立地条件と成長

カラマツ地位指数スコア表²⁹⁾の各立地条件に与えられたスコア値の大小の比較によって成長関係をみながら、立地条件と成長について述べる。

このスコア表からみたカラマツの成長に強く関与する立地条件として、まず土壌型、次に堆積様式・土性、標高、腐食含量および有効深度の順であった。

図-7は立地条件をさらに細かくみるため、各カテゴリーのスコア値を平均値の位置に移して、相対的な動きをみている。

①土壌型では、弱湿性土壌のBlE、BE、適潤性土壌のBo、BlDが成長がよく、BcやBlCのような弱乾性型から乾性型土壌は良くない。このような結果は、西沢ら²⁴⁾やSUGAHARA²⁸⁾も同様のことを報告

土壌はカラマツの成長にとってよくないことを指摘している。

②堆積様式・土性では、残積土、崩積土で土壌粒子が粗粒から中粒で成長が良く、残積土で細粒土では悪かった。一般に適潤性の土壌であっても、カラマツの根は生理的に非常に好気性であるといわれており⁷⁾、緻密な理学的性の悪い土壌は成長にとってマイナスであることが知られている³⁾。河田ら⁹⁾は、大門国有林での調査結果として、台地状尾根、あるいは尾根部の残積土は理学的性が悪く、成長も劣ることを報告している。

③標高については、明らかに1600m以上のところでは成長が悪くなっている。原田²⁾は、標高1800m以上になると顕著な成長低下がみられることを報告している。このことは、高海拔にともない土壌

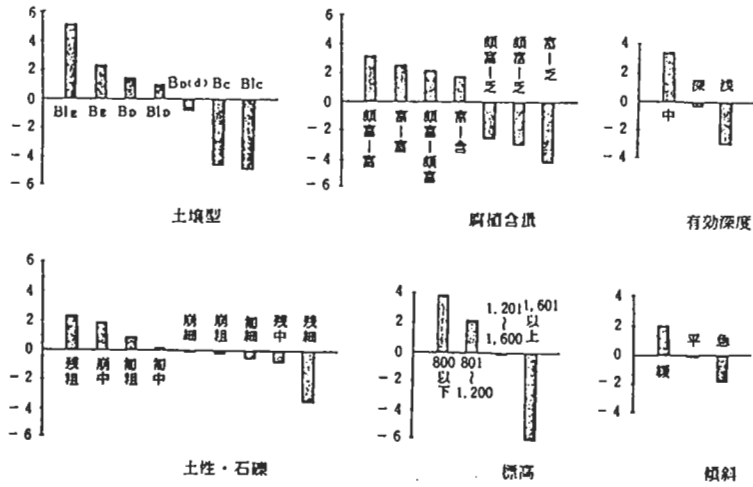


図-7 カラマツスコア表の各要因別スコア値の比較。

環境が悪くなるばかりか、気象条件が厳しくなり、とくにカラマツは風や雪によって著しく生育を阻害される(松井ら¹⁷⁾、加藤ら⁹⁾、井上⁶⁾、小林¹¹⁾、永井ら²²⁾、真下¹⁶⁾)ことによるものと考えられる。

③腐植含量については、上層中層とも腐植含量の多い「頗富」か「富」の組合せが成長がよく、下層が腐植に「乏しい」と、成長は悪くなる傾向にある。

④有効深度は、「中」が最も成長がよく、「浅」及び「深」はマイナスであった。小川(1963)は、カラマツの根は垂直方向への発達を妨げる固結層が浅い場合、根の発達の阻害に応じて地上部の成長も抑制されており、正常な生育をするためにはある程度有効土層の深いことが必要であるとしている。また、「深」になると、加藤ら⁹⁾の言う土壌の通気条件の悪化による細根の発達阻害もでてくるものと考えられる。

(2) 植栽本数

植栽本数の決定は、造林の第一歩としてきわめて重要ではあるが、植栽の粗密はそのどちらにも長所と短所があり、いずれがよいと簡単に決めることはできない。植栽本数は樹種の陰陽、成長の速さ、自然的被害の多少、土地の肥沃度、交通の便否、生産目標ならびに事業の集約度などにより

決定すべきものであるといわれている(加藤⁷⁾)が、育林技術や、経営問題などを考慮して、具体的に植栽本数を決めることはなかなか困難である。

坂口²⁶⁾は、植栽本数を考える場合、間伐、生産目標を一貫して考えねば意味がないといっている。

植栽本数の移り変わりについてみると、カラマツの造林が始まった明治の中期ごろは、歴史的に古い吉野スギを模倣して、かなり密植で4500~6000本/haであったといわれている。

中村²³⁾は、表-3のように国有林での植栽本数の移り変わりを述べているが、明治の中期から後

表-3 国有林におけるカラマツ植栽本数の移り変わり

年次	平均	最少	最多	備考
明治24~28	3,500	2,500	5,000	密植時代
29~33	4,620	4,350	5,000	↓
34~38	3,240	2,800	3,650	漸減
39~43	3,350	3,000	3,650	↓
44~47	3,170	3,000	3,650	
5~9	2,920	2,000	3,050	安定
10~14	2,820	2,000	3,900	
15~19	2,586	1,700	3,300	↓
6~10	2,430	1,700	5,400	疎植時代
11~15	2,220	800	3,000	↓
16~20	2,510	1,850	3,500	漸増
21~25	2,490	1,800	3,000	

注 中村謙二郎、造林講座、山林 831、832A。

期にかけて密植から粗植へと移り、大正、昭和を通じて2000～2500本を保った。

浅田ら¹⁾は、長野県の民有林では最大5000本から800本までの間を上下したが、一般的に明治時代は3500本、大正時代3000本、昭和初期から20年代前半までは2500本と減少した。これは間伐などの手間を省くためであったと述べている。戦後は、国有林、民有林でも一般に2500～3000本が普通となっている。

(3)枝打ち

一般に、カラマツは生育が進んでうっ閉すれば、下枝が枯死し自然落枝が容易な木だと考えられてきたため、一部の例外を除いて、国有林、民有林とも積極的に枝打ちは行われてこなかった。

このため、たとえば、今日では壁板等内装材としての需要が多くなってきている中で、枝を打たなかったことによる材面での死節の発生が加工上やっかいな問題になっている。

例を体育館の壁羽目板にとってみると、100mm幅の材面で、死節は節径比10%以下とされており、この場合、死節部分をくり抜きパテをするか、またはカラマツの枝材等を用いて合成接着剤で埋木することになっている²⁾が加工手間が大きい。

また、今後カラマツを大径材として育て、良質な正角柱材等を生産しようとするような場合においても、これが問題となる。

ちなみに、カラマツ大径木(74年生、胸高直径48cm、樹高33m、枝下高14.5m)について3m長に玉切し、8～9個のミカン割材により節解析を行った結果³⁾は、次のとおりであった。

①地上12mまでは節数が88個みられ、そのほとんどが自然落枝にともなう死節であった。

②地上4mまでの範囲では節径2cm以下の小さな節がみられ、それ以上では4～6cmの大きなものがみられた。(写真)

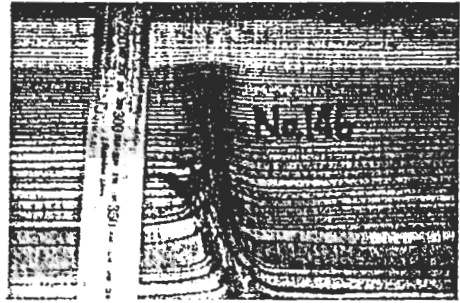
③枝の生育期間は、地上8m以下の部分で10年生以下がほとんどであった。

④残枝長(節の長さ)は、比較的長く、平均値で4.1cmであったが、巻き込み年数と残枝長との関係からみると、残枝長4cmの節を巻き込むのに約20年を要することがわかった。このことは、少なくとも何等かの枝打ちが行われていれば、20年輪

分の無節部分が得られたことになる。

以上の結果から、カラマツであっても良質材を生産するためには、枝打ちは必要であり、枯死枝打ちだけでも実行しなければならない。

なお、枝打ち強度と成長の関係については、樹高成長よりも直径成長に大きく影響が現れること



自然落枝でのクサビ形残枝
(クサビ形部分だけでも長さ6cmもある)

がわかっている(小出¹²⁾、Labyak¹⁵⁾、Mott¹⁸⁾)
が、カラマツも例外ではないようである。

たとえば、カラマツ15年生林に60%の摘葉率で枝打ちし、1年後の樹高成長量について調査したところ、枝打ちしないものと比べ、ほとんど影響がみられなかったが、地上1m部分での直径成長量では、摘葉しないものに比べ80%もの成長減少がみられた³¹⁾。

(4)本数密度管理

林木は、植栽後成長が進むに連れて次第に樹冠が閉鎖していくが、この閉鎖した林分をそのまま放置すると、林木間に優劣ができて、劣ったものは負けて枯死していく。一般に、この閉鎖した林分では、単位面積当りの葉の量は一定であるといわれているので、本数が多いと個々の木の葉量は少なくなり、幹の肥大成長が悪くなる。

そこで、この林分から生産される材の生産目標をあらかじめ定め、林木の生育段階に応じて立木密度を調節していくことが必要である。この作業が本数密度調節あるいは間伐である。

最近では、生態学の密度理論に基づいて各樹種ごとあるいは同一樹種でも地域ごとの「林分密度管理図」(図-8参照)が作成され、これを利用して樹種ごとあるいは地域ごとの「収穫予想表」

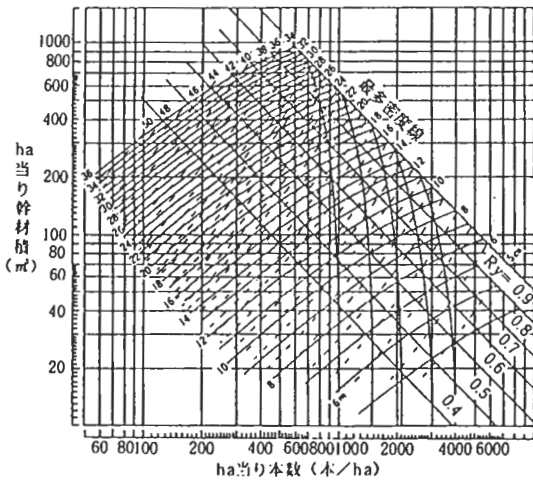


図-8 民有林カラマツ密度管理図(武井原河)

が作成されている。

1)長野県民有林カラマツ収穫予想表²¹⁾

経営目標として、生産力の高い地位Ⅰ等地やⅡ等地での大径材(胸高直径38cm以上、10.5cm心去り正角4本採材可能)を目標とするが、生産力の低いところ(地位Ⅲ、Ⅳ)では、中径材(胸高直径25~35cm)としたものである。(表-4 参照)

表-4 長野県民有林カラマツ収穫予想表

区 分	間伐回数(主伐期)					備 考	
	1	2	(主伐Ⅰ) 3	(主伐Ⅱ) 4	(主伐Ⅲ)		
林 齢 (年)	地位級Ⅰ	11	16	24	39	58	1 建築用材を主な生産目標とした指針表である。 2 収穫比数 Ry=0.65を中心とした本数管理であって「中出し立」の指針表である。 3 大径材(胸高直径38cm、1番玉で心去り角10.5cm×10.5cm4本採材可能)の生産対象地は地位級Ⅰ~Ⅱとする。 4 現在ある林をこの指針表に適用するには、林の上層樹高、林齢及び毎当たり本数を求め、本表の樹高及び林齢に近似する層の本数と比較し、同じであればそのまま適用し、多ければ間伐を40%以内で本表の数値に近づける。もし、本表の間伐前本数より少なく、間伐後本数より多い場合は、本表に従って間伐を進めて行く。
	地位級Ⅱ	13	19	29	50	87	
	地位級Ⅲ	15	23	37	76	-	
	地位級Ⅳ	19	31	53	-	-	
上層樹高(m)	10.0	14.0	19.0	26.0	31.5		
胸高直径(cm) 前	11.5	16.1	22.1	30.0	38.3		
本数(本/ha) 前	1,800	1,100	670	420	260		
間伐本数(本/ha)	700	430	250	160	-		
間伐率(%)	39	89	37	38	-		
形状比(%)	前	87	87	86	87	82	
	後	77	76	76	76	-	
収穫比数	前	0.68	0.71	0.73	0.76	0.72	
	後	0.53	0.56	0.58	0.61	-	
材の主要用途	上 木 用材等	上 木 用材等	上 木用 材・建 築用材	建 築 用 材	内装材 建築材 用 材		

スギやヒノキと違ってカラマツは「陽樹」と考えられており、しかも成長も比較的良いので、間伐はしばしば実行されるのが理想であるが、今日の労働力不足や地利条件の悪さにもなう間伐コスト高等により、間伐が進まない状況下にあることから、最近では間伐の推進が育林施業上重要な課題となっている。

2)カラマツの列状間伐

近ごろでは、伐採や搬出が容易な「列状間伐」も一部行われてはいるが、間伐列に面した林木の枝は長期にわたって生存すること(大きな節の原因)や残存列内の形質不良木の除去ができないこと、あるいは伐採列では良形質木も伐採されてしまうこと等の問題点もある。

ここに、列状間伐林について2林分の調査事例があるので報告する。

a.枝下高

表-5、6にみられるように、伐開面残存木の枝下高(平均値)を、点状間伐林と比べても小さい値を示している。また、この枝下高を樹高との相対高(枝下高率)で見ると、やはり点状間伐林より小さい値である。このように、列状間伐林では伐開面が閉鎖するまでは、長期にわたって

低い位置に枝が生存することを示している。

b. 樹幹の直径偏心率

各林分から、表-6に示す標本木を伐倒採取し、地上1mごとに円板を取り、この円板について伐開方向を基準にして、4半徑方向について1年ごとの半徑を次式により計算した。

$$\text{直径偏心率 (\%)} = (D_1 - D_2) \times 100 / D_m$$

D_1 : 伐開方向直径、 D_2 : D_1 に直角方向の直径、

D_m : $(D_1 + D_2) / 2$

樹幹各地上部について、この方法で直径偏心率（現在から10年前までの各年輪についての平均値で示す）を求め、これらの値を標本木全部について平均すると、列状間伐林が $3.50 \pm 2.59(\%)$ 、点状間伐林が $3.66 \pm 3.11(\%)$ となって、両者の間には差が認められなかった。また、図-9にみられるように、地上高による差も認められなかった。

したがって、この調査試料では、列状間伐における伐開方向への偏心はないものと考えられた。

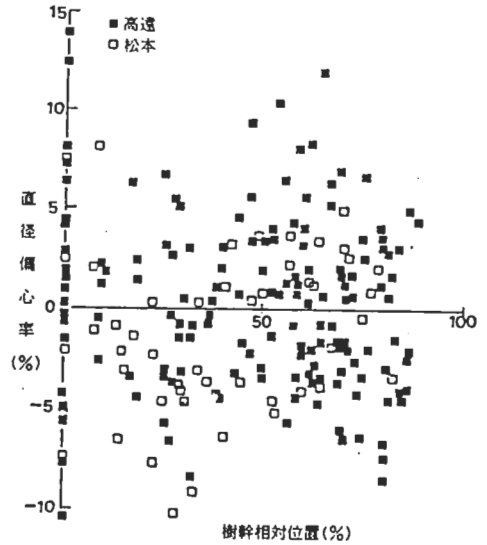


図-9 列状間伐林の標本木における直径偏心率

表-5 列状間伐林及び点状間伐林の概要

場所	林齢年	平均			ha当本数	間伐後経過年	標準高m	傾斜度	地位級	間伐の方法
		胸高直径cm	樹高m	枝下高m						
高遠	31	13.8	10.1	5.8	1,420	12	1,590	5	5	列状2:1
松本	23	15.8	14.3	5.3	1,160	13	1,400	30	8	列状3:2
安曇	47	26.7	25.2	17.0	620	-	1,340	25	1	点状
辰野	32	18.2	18.3	12.1	1,000	13	980	20	2	〃
小諸	25	15.8	16.9	9.0	880	-	1,200	5	2	〃

表-6 列状、点状間伐林からの標本木の概要

場所	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	枝 幅 (m)		枝下高率(%)	標本木数(本)
				最大	最小		
高遠	10.3~17.1	8.1~12.3	3.0~7.0	1.8~3.8	0.7~2.3	30~61	25
松本	14.0~20.0	13.1~16.7	3.2~7.6	2.5~4.0	0.3~1.2	22~58	4
安曇	29.8~44.0	21.8~33.3	10.0~22.2	-	-	49~73	9
辰野	13.4~17.6	16.7~19.5	11.8~12.9	-	-	61~71	7
小諸	15.8~15.9	16.7~17.2	8.9~9.1	-	-	52~54	2

(5) カラマツ林の施業と材質

先にも述べたが、カラマツ材の利用は、昭和40年代の後半まで土木用材、電柱材、杭丸太等主として住宅建築材以外に利用されてきた。しかし、カラマツ材の人工乾燥技術が確立されるに至って、天然乾燥にともなって生ずるさまざまな欠点がほぼ克服され、カラマツの持つ木目や光沢の美しさなどが喜ばれて、その需要構造はすっかり変わってしまったといつてよい。

しかし、施業によって少なからず制御可能と思われる材質、すなわち、幹の完満性、通直性、節等の無いこと、年輪幅の均一性、成熟材部の多いこと、あるいは心材部の多いことなどについての研究は、一部を除いて論文の数も少ない。

ここでは、さきに少し触れた幹の通直性、節の問題などは除いて、幹の完満性や、心材化などについて施業との関連で簡単に記してみよう。

1) 施業と幹の完満性

一般に、混んだ林の幹の形は完満で、孤立木状にある木の幹の形はうらごけになるといわれている。尾中²⁵⁾は、幹の肥大成長について、樹冠内での年輪幅は頂端より下方に向かい広くなり、成長の衰えた枝から下は減少傾向となる。枝下の部分では、樹冠の発達状態により差があり、高密度による樹冠が小さくかつ枝下高の高いものや被圧状態のものは、下に向かって常に年輪幅は狭くなる。反面、樹冠の発達が良好な孤立木状にある木は、樹冠の下部から下に向かってやや年輪幅を減ずる

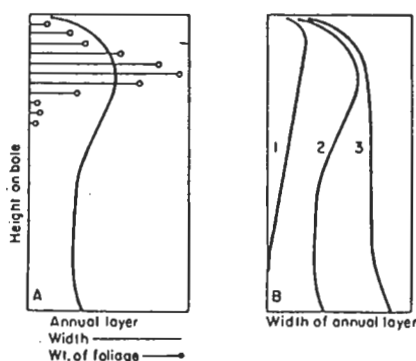


図-10 樹幹上での年輪幅分布と樹型級別
年輪幅 (Farrar1961)

が、樹冠基部に近い点を最小に、根際では急に大となると報告している。(図-10 参照)

さらに多くの研究結果では、樹幹における年輪幅の成長は、樹冠の大小に加え、枝下高の大小によっても変わることが知られている。このことは、密度管理や枝打ちなどの施業によって、いろいろな幹形を作り出すことができることを示唆している。

a. 幹材積成長量の樹幹各部への配分率

筆者は、長野県内のカラマツ林20林分(林齢14~65年生)について、合計187本の標本木を伐倒して樹幹解析を実施しこれらの関係を検討した。

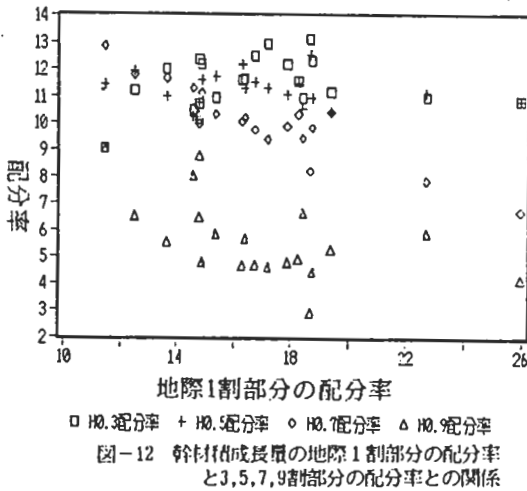
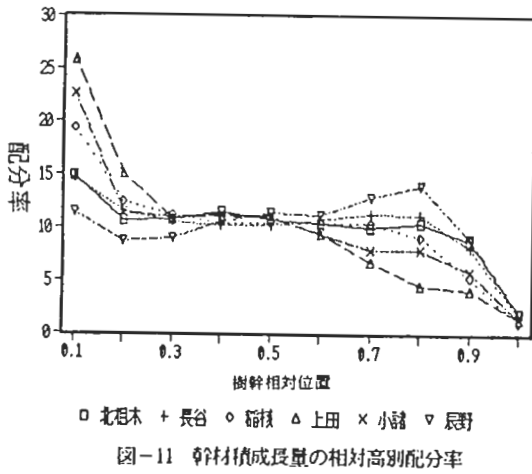
各標本木について伐倒1年前の幹材積成長量を計算し、相対高別(地際から樹高の1割高さ、2割高さなど)に幹材積の配分率を求めた。図-11は各林分平均で求めた幹材積の相対高別配分率と相対高との関係を示している。

このグラフによると、相対高3割以下の部分と7割以上の部分は、林分間でバラツキの大きいことが知られ、反対に幹の中央部分はバラツキが少ない。すなわち、さきに述べたように、各林分によってその生育段階の違いや林分密度などによって枝下高や樹冠量に違いが生じ、これが各林分における林木の幹材積成長量配分率に変化をもたらしたものと考えられる。

b. 地際部分の配分率と梢端部分の配分率との関係

地際1割部分の配分率と、それ以上の部分(3,5,7,9割部分)の配分率との相関関係をみると、3割、5割部分とはほとんど相関関係が認められなかったが、7割、9割部分とは高い負の相関が認められ、とくに7割部分とは相関係数 $r = -0.9039$ と高い相関が認められた(図-12)。すなわち、地際部分の配分率を大きくすれば梢端部分は配分率は少なく、その逆にすれば梢端部分は大きくなることを示している。

したがって、地際1割部分の配分率に影響を与える要因を知れば、容易に幹材積成長量の配分率を制御することが可能であると考えられる。さらにこれを進めれば、樹幹各部分における年輪幅の制御も可能と考えられる。



2) 心材化

林木の樹幹における心材部の多少は、木材の性質や価値に大きく影響を与え、利用上重要なことはすでに述べた。とくにカラマツの心材色は薄ピンク色のすばらしい色調を持っており、内装材や家具材、あるいは工芸品用材として好まれている。

この心材形成については、現在もいろいろな説はあるが定説はまだ見あたらない。たとえば、ある種の腐朽菌の感染によるとする説や、水の消失と空気の導入がもたらす辺材内部細胞の酵素による活性化が原因とか、辺材移行材部における組織

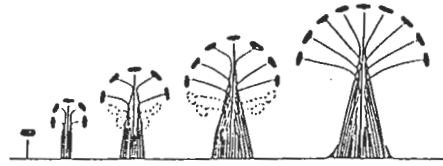


図-13 樹形のパイプモデル (SINOZAKI 1954 原図)

の老化に伴う代謝の変動と変動によって生じた抽出物の蓄積が原因だとする説など多くの説がみられる⁴⁾。

ここでは、施業によって心材化を促進することが可能かどうかについて考えてみたい。

井原⁴⁾は、吉良¹⁰⁾の「樹形のパイプモデル説」(図-13 参照)から引用して、心材形成は、残滓パイプの死化現象であると仮説を立て、樹冠量の大小、とくに枝下高の上昇に関係があるとして、枝打ち試験を実施し心材形成の増加を認めた。

筆者も15年生カラマツ林に枝打ちを実施して心材の増加を認めた。

また、カラマツの心材率について胸高直径との

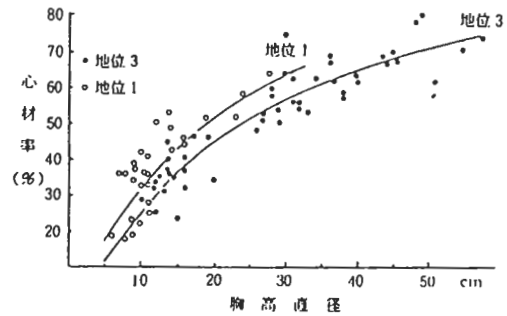


図-14 地位別胸高直径と心材率との関係

関係でみると、図-14に示すように、大径木になるほど心材率は大きくなり、さらに、成長の良いものほど同じ直径でも心材率は大きいようである。このことは、成長と林分密度との関係から枝下高あるいは樹冠量に差が出たことによっているのかも知れないし、高齢化によって何等かの原因で心材化が促進されるのかも知れない。このことについては、今後さらに詳しい解析を試みてみなければならない。

4. まとめ

長野県の林業を代表するカラマツ林について、その現状と施業について述べた。以上をまとめるとその概要は次のようである。

①長野県の森林面積は、約106万5千haで、北海道、岩手県について全国第3位である。

②カラマツ林の面積は、約23万8千haであって、針葉樹の中では最も多く、全立木面積約98万4千haに対し約25%を占めている。

③本県の人工林率は約40%であるが、カラマツについては人工林面積約42万1千haのうち約23万4千haで、全体の約56%を占めている。

④カラマツの蓄積量を各年齢別にみると、4~7年齢級の若齢林が全体の約77%を占め、10年齢級以上の高齢林は約10%となっている。

⑤県内からカラマツ林の多い村を2村選出し、カラマツ林分の林道からの位置や、標高、傾斜、あるいは地位などを調べ、主成分分析により林の実態把握を試みたところ、車道から近いところの林分はさまざまな林齢の林があり、しかも生産力は高かった。遠距離にある林分は若齢林が多く、生産力も低かった。

⑥カラマツ林における幹曲がり状況を調べた結果では、1林分内でのC-字およびS-字曲がり木の発生割合は20%以下であった。

⑦根元曲がりには斜面傾斜角度が大きくなるほど発生頻度、曲がり量とも大きくなり、また、若齢林ほど多い。

⑧カラマツ林の立地条件と成長についてみると、土壌型では弱湿性型から適潤性土壌で理化学性がよい土壌がよく、標高では1600m以下が良いようである。

⑨植栽本数については、今日までいろいろな変動はあったが、現在は国有林・民有林とも、ほぼ2500~3000本/haとなっている。

⑩枝打ちについては、今日まで一部を除きほとんど行われていない現状であるが、カラマツ材の利用上からみれば、今後、枯れ枝打ちや生枝打ちを実施する必要がある。

⑪本数密度管理については、大径材の生産を目標として管理する指導が行われている。

⑫カラマツ林の施業と材質については、現在、

幹の完満性や年輪幅あるいは心材化等について、密度管理や枝打ちなど施業面からの検討が進められている。

5. 終わりに

カラマツ造林の歴史からみると、本格的な人工造林による森林の造成は、大きく二つの時期に分けられる。その一つは明治20年代に始まったものであるが、この林はすでにそのほとんどが伐採されてしまっている。もう一つは、今日のカラマツ林であって、これは戦後に大面積拡大造林によって植林されたもので、先にも述べたように、若齢林が大部分であるとともに、地理的・立地的条件にも相当厳しい環境下におかれた森林である。

カラマツ材の利用に関しても、材質的にも「悪い木」といわれてきたのは、これら若齢林からの材でしかもほとんどが天然乾燥材であったため、欠点が出やすいことから利用範囲は限られたが、今日の人工乾燥技術によって、家具材や内装材等一層の利用拡大が図られている。

しかし、このような状況の中で、すでに述べたように材の利用側から林を育てる側にいろいろな注文が出されるようになってきた。すなわち、曲がりのない材やうらごけでない材、死節のない材、年輪幅の均一な材、心材色のきれいな材等さまざまな要望である。

このような要求に育林技術でいかに対応して行くか、これからの大きな課題でもある。

引用文献

- 1) 浅田節夫、赤井竜男：育林技術に見た信州カラマツ林、林業技術、No.238 p36-41 1962
- 2) 原田文夫：カラマツ、林業技術、No.359 p21-28 1972
- 3) 林信一：長野営林局管内におけるカラマツ造林不適地の土壌条件—特に土壌の理化学性について 林業技術、No.534 p12-14 1986
- 4) 井原直幸：林木の心材の測樹学的研究 九大演報 46 p1-122 1972
- 5) 今井元政：カラマツ造林の発祥、信州からまつ

- 造林百年の歩み、長野県 p22-23 1978
- 6)井上桂：カラマツの常風害、森林立地 6 p10-12 1965
- 7)加藤善忠：カラマツの造林、シンポジウム「カラマツ林業」日林講 73 p1-39 1962
- 8)加藤善忠・松井光瑤：カラマツの実態調査からみたカラマツ造林の要点 わかりやすい林業解説シリーズ 14 p23-24 1966
- 9)河田弘・高見守兄：大門国有林におけるカラマツの成長と土壌ならびに立地条件について、日林講 71 p98-103 1961
- 10)吉良竜夫：樹型のパイプモデル、北方林業 17 p69-74 1965
- 11)小林正吾：北海道におけるカラマツ育林環境 北方林業 26 p29-32 1974
- 12)小出良吉：枝打ちに関する研究（第5報）樹冠について 日林誌 24 p356-368 1942
- 13)石沢道雄：カラマツ林とその環境、信州からまつ造林百年の歩み、長野県 p303 1978
- 14)石沢道雄：カラマツ人工林、信州からまつ造林百年の歩み、長野県 p307-311 1978
- 15)Labyak, L.F. and Schumacher, F.X.: The contribution of its branches to the main-stem growth of Loblolly Pine. J. For., 52 p333-337 1954
- 16)真下育久：立地条件とカラマツの生育、からまつ造林学 農林出版 p53-54 1981
- 17)松井善喜・山上鶴松：北海道におけるカラマツの成長と気候との関係について、日林講 63 p111-113 1954
- 18)Mott, D.G., Nairn, L.D. and Cook, J.A.: Radial growth in forest trees and effects in insect defoliation. For. Sci., 3, p280-304 1957
- 19)長野県：長野県森林・林業長期構想「森林の未来」1989
- 20)長野県：カラマツ材利用の手引 p15 1984
- 21)長野県林務部：カラマツ・スギ表・スギ裏系人工林林分予想表・人工林収穫予想表 p1-72 1983
- 22)永井憲雄・森田健次郎：カラマツ人工林における雪害の実態 北海道林試報 9 p68-74 1971
- 23)中村藤二郎：造林講座、山林 831 1953
- 24)西沢正久・真下育久・川端幸蔵：数量化による地位指数の推定法 林試研報 176 p1-54 1965
- 25)尾中文彦：樹木の肥大成長の縦断的配分、京大演報 18 p1-53 1950
- 26)坂口勝美：間伐の本質に関する研究、林試研報 131 p1-81 1961
- 27)下野園正・林信一：信州地方立地環境ごとのカラマツの成長、日林中部支講 27 p15-16 1979
- 28)Sugahara, S.: Quantification of environment factors for estimation of site index. 信大農紀要 10 p21-35 1973
- 29)武井富喜雄：カラマツ林の地域適正施業法に関する研究—カラマツ林の類型化—、長野林指業報 p133-145 1978
- 30)武井富喜雄：カラマツ良質材生産の保育技術に関する研究 長野林指業報 p116-118 1983
- 31)武井富喜雄：枝打ちがカラマツ樹幹の肥大成長に及ぼす影響について、日林中部支講 31 p143-149 1983
- 32)武井富喜雄・片倉正行：カラマツ構造材生産の施業技術に関する研究—カラマツの立地条件と成長について— 長野林指研報 2 p12-20 1987
- 33)全国林業改良普及協会：すぎのすべて p436-437 1969

II. カラマツ造林木の材質と用材品等

信州大学農学部 重松頼生

目次

緒言

- I カラマツ造林木の材質について
 - 1 仮道管長の変動
 - 2 らせん木理の変動
 - 3 強度（曲げおよび圧縮強度）の変動
 - 4 まとめ
 - II カラマツ造林木の用材品等について
 - 1 高樹齢大径材（65年生）の用材品等
 - 2 50～55年生の用材品等
 - 3 40～45年生の用材品等
 - 4 高樹齢小径材（72年生）の用材品等
 - 5 まとめ
 - III カラマツ造林木の構造材について
 - 1 建築用材
 - 2 橋梁用材
- 結び

緒言

わが国におけるカラマツの蓄積量は全体のわずか2%に過ぎず、将来の林業・林産業においてスギ、ヒノキなどに比べると決して大きな問題にならないものと思われる。しかし、カラマツも地方的にはその比率が高く、単に林業問題だけでなく、社会的にもかなり大きな問題となっている。

カラマツ造林木の歴史—信州、特に小諸、軽井沢地方を旅行すると誰もが気づくように、浅間山麓一体には美事なカラマツ人工林が広がっている。この地方の歴史を振り返ると、古く天明3年（約200年前）に浅間山が大噴火し、この一帯は見渡す限り火山噴出物で覆われた。それから歳月が流れ、明治初期（約100年前）頃、その荒廃地にカラマツが植栽されている。そして、除伐や間伐など多くの労力をかけて保育してきたカラマツ人工林は、いわゆる未成熟土壌地帯における森林資源の育成とともに国土の緑化や保全を果している。そして、カラマツ人工林は信

州の山なみとよく調和して、とくに春の芽ぶきから秋の黄葉まで鮮やかで、実に美しく色づけられている。また、その高樹齢のカラマツ造林木の大径材はカラマツ天然林のそれにも匹敵して優良建築材として価値が高い。

カラマツ造林木の問題—カラマツは戦後の短伐期育成林業の提唱と相まって、中部山岳地方だけでなく、東北および北海道にいたる寒冷地域まで拡大造林され、現在なお、スギやヒノキの場合とほぼ同様にほとんどがIVないしV齢級以下の幼齢林である。そこで、中部山岳地域に限れば、岐阜県北部から長野県、山梨県の広い範囲にカラマツ人工林が多い。ここ長野県では約24万haにもカラマツが植栽されている。このカラマツ人工林は全森林面積の約25%に及び、さらに経営面積の約56%となり、北海道におけるそれらの比率に比べるとかなり高いものである。したがって、近い将来はこの地方の木材使用量を大きく上回る生産量が見込まれている。

そこでカラマツ幼齢林の生長は良好であるが、その小径間伐材はほとんど未成熟材部で、用材としてはねじれ、曲がり、割れや繊維傾斜が著しい上、強度的にもかなり弱いなど、いわゆる材質に関する問題が提起されてすでに久しい。

さらに敢えて次の問題を提起するならば、カラマツ人工林の多くは保育することもなく、ほとんどが放置された状態であり、地位の高い林分から次第にうっ閉し、下枝の枯れ上がりが顕著に表れてくる。このような場合、樹高生長は認められるが、直径生長が悪く、カラマツ林はあたかも”もやし”のように細長く、無風状態においてさえも湾曲し易く、共倒れ現象が発生することになる。このような間伐小径木の樹幹においては上述の未成熟材部の外側が年輪幅の急激に狭くなったものであり、この年輪幅の減少にともなって晩材率が増加し、また比重や強度も増加するとも考えられているが、年輪幅の異常な減少は、仮道管長のむしろ減少をもたらし、比重や強度が減少して、いわゆる”栄養不良材”の形成に通じるものと考えられる。

カラマツ造林木の将来展望—カラマツ造林木の材質は生長、特に肥大生長にともなって種々変動するが、その変動量はスギやヒノキに比べると異常に大きく、アカマツのそれよりさらに大きいようである。したがって、上述のようにカラマツ造林木の初期生長が顕著であること、逆に林分のうっ閉による肥大生長の低下などは直接的に材質に影響することになる。

試験依頼でカラマツ材が運び込まれる度に、生長に伴う材質の変動を明らかにすることを基本方針として試験し、その資料を累積してきたが、これらは幼齢カラマツ林の育成や各齢級階における用材の利用適正に関する基礎資料になると考えられる。カラマツ人工林の将来は決して甘いものではないと見受けられるが、カラマツの優れた木材資源の育成とその有効利用を強く期待する。

ここでは、第1点としてカラマツ造林木の材質について、仮道管長、らせん木理、強度などの指標が樹齢あるいは肥大生長によってどのように変動しているかについての資料を提示する。第2点としては保育されたカラマツ造林木の樹齢あるいは径級によってどの様な用材が得られるか、これについて産地

あるいは樹齢の異なる7林分を対象にして正角を木取り、番玉、あるいは木取り別に用材品等の特徴についての資料を提示する。なお、これに関連してカラマツ構造材の使用例を2,3提示する。

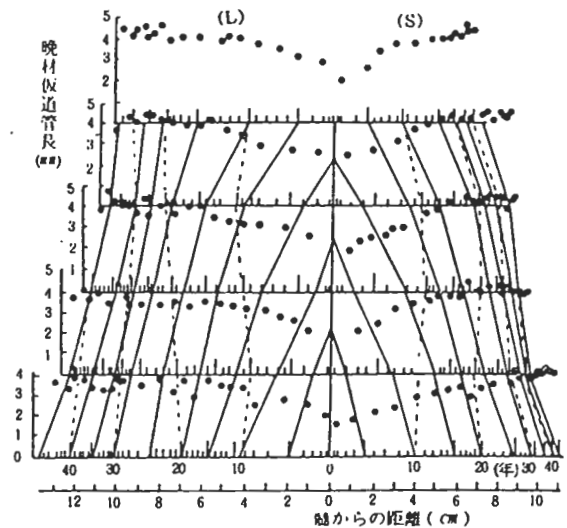
以上の話題を提供して、御参集された木材工学の専門の方々の御批判と御指導を賜ることとする。

I カラマツ造林木の材質について

1 仮道管長の変動

(1) 樹齢による仮道管長の変動

図・1は普通に保育された(緩傾斜地, 地位指数I, 除伐1回, 間伐2回)カラマツ造林木の樹幹解折図と晩材仮道管長の樹幹内分布を示している。晩材仮道管長は各地上高の肥大(L)側とその反対(S)側とも樹心部で1.5ないし2.0mmで、髓から15年輪まではほぼ直線的に増加し、それより外方ではその増加が少なくなってきており、樹幹外部では4.0ないし5.0mmとなっている。この造林木の成熟材部における仮道管長は天然木のそれに比べて決して短くはない。なお、この図では明瞭ではないが、S側の樹幹外部の年輪幅が異常に狭くなっている部分では仮道管長がむしろ減少傾向を示している。これに関連して、高密度林分においては林分がうっ閉し、下枝が枯れ上がり、樹冠量が少なくなると未成熟材部だけでなく、成熟材部においても仮道管長は増加しないことが明かとなっている。



図・1 晩材仮道管長の樹幹内分布

(2) 生長の良否による仮道管長の変動

図・2は生長の異なるカラマツ造林木の半径方向における早・晩材の仮道管長の変動を比較したものである。早材仮道管は晩材仮道管より若干短い。両者の仮道管長はいずれも髄からの年輪数によって放物線的に増加している。また、肥大生長の良いものほど仮道管長が若干短い。この生長の良否による仮道管長の差異は年輪数の増加によるその差異に比べるとはるかに少ない。したがって、その初期生長の良いことは仮道管長の短い未成熟材部の増加になるが成熟材部の肥大生長が大きい場合はそれほど仮道管長の減少が顕著でなく、材質低下をもたらさないことになる。

以上のように、保育された林分においては仮道管長が年輪数によって増加し、各地上高とも髄から15年輪までの範囲が未成熟材であることは他の針葉樹の場合と変わらない。したがって、IVないしV齢級の幼齡カラマツ人工林の育成こそ良質材の生産に通じるものであり、放置林分における栄養不良材の形成は単に量だけでなく、質的にも非常に悪いものである。さらに、成熟材部における例えば異常に大きい肥大生長であったとしても、材質低下はほとんど認められないものと考えられる。

2 らせん木理の変動

(1) 樹齡によるらせん木理の変動

図・3はカラマツの天然林と造林木におけるらせん木理の変動を比較したものである。この図の右側に示した造林木のらせん木理は各地上高とも樹心部において顕著に発生している。すなわち、髄から外方へ向かって左(S)らせんで急激に増加し、それより外方では次第に減少し、樹幹下方の外部では(Z)らせんに”ねじれがえし”がおこっている。そこで、前項で述べたように未成熟材と成熟材に区分したとき、さらに柱材生産を考慮して髄から5cmで区分したとき、それぞれ内部は外部よりらせん木理が大きく発生している。図の左側に示した天然木のらせん木理の変動は造林木のそれに類似しているが、らせん木理が比較的小さく、しかもその変動が穏やかな傾向が認められる。

(2) 生長の良否によるらせん木理の変動

A 同一林分の場合；図・4は自然的、人為的、植

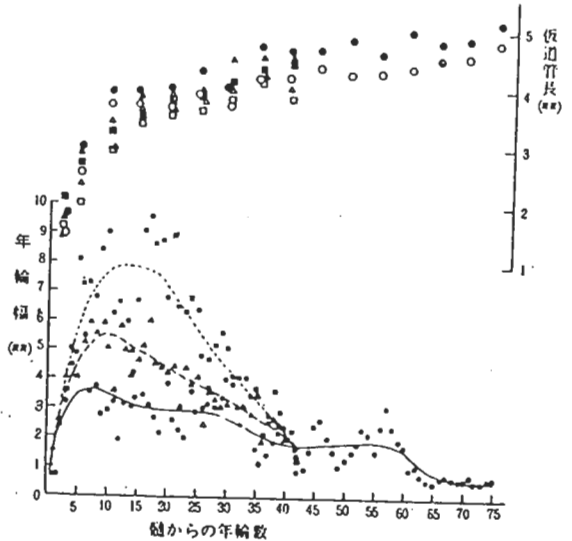


図-2 仮道管長および年輪幅の変動比較

供試木 No.1 ● : 晩材仮道管長, ○ : 早材仮道管長, ● : 年輪幅
 No.2 ▲ : " , △ : " , ▲ : "
 No.3 ■ : " , □ : " , ■ : "

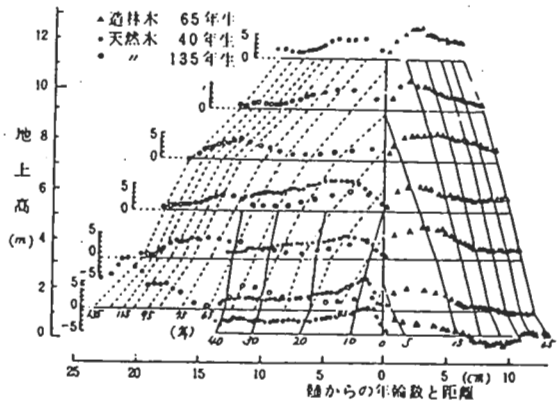
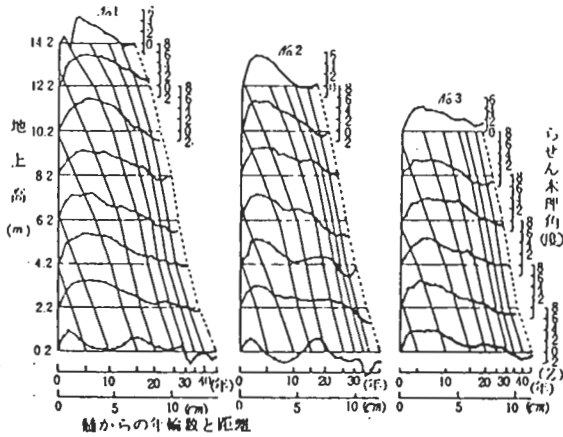


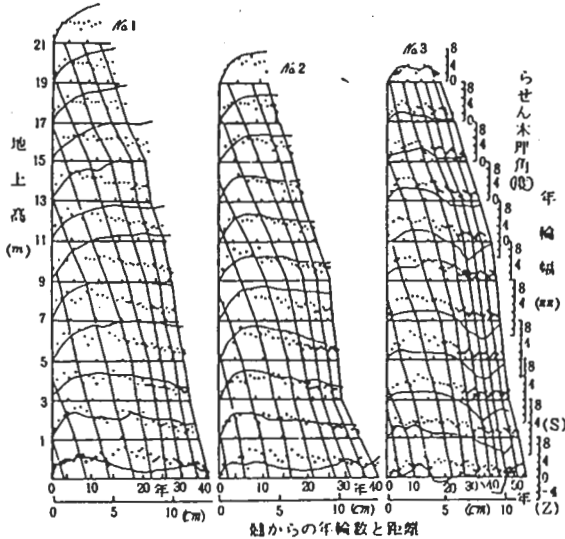
図-3 らせん木理の変動比較

物的条件が類似しているもので、その生長の差異は少ないが、生長の異なる3試料におけるらせん木理の変動を比較したものである。3試料の樹幹内におけるらせん木理の変動傾向は上述のとおりであり、らせん木理はNO.1で最大で、NO.2, NO.3の順に小さくなっており、生長の良いものほどらせん木理が大きく発生している。



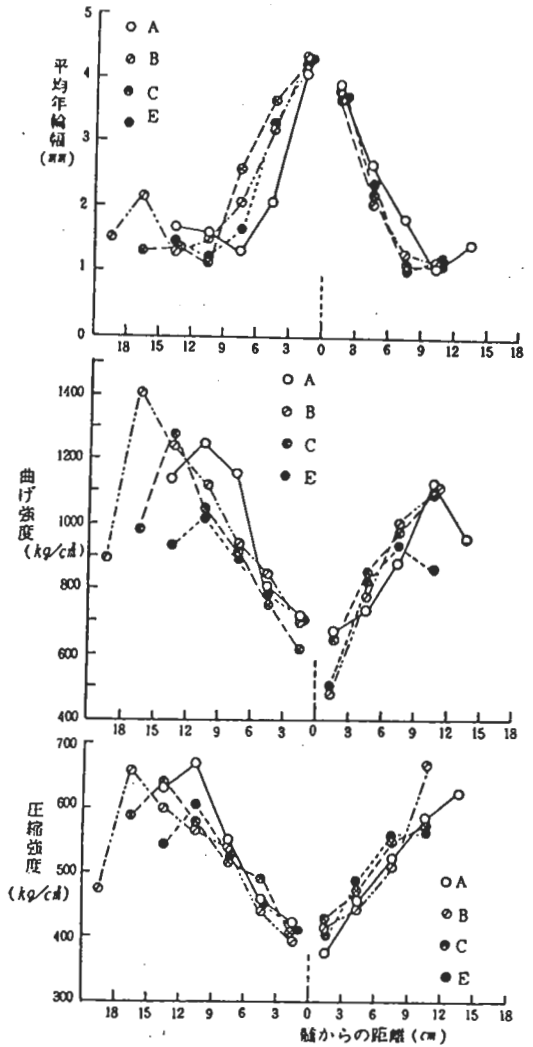
図・4 らせん木理の変動比較 (同一林分)

B 異林分の場合；図・5は生長が著しく異なる試料のらせん木理の変動を比較したものである。この図で実線はらせん木理の変動を示し、点線（黒丸印）で年輪幅の変動を示している。前項で述べたように、カラマツ造林木においては髓から外方へ向かってSらせんで急激に増加し、数年輪までに最大値を示し、それより外方では減少するのが一般的な変動傾向であるが、このNO.1の樹幹上部ではらせん木理は増加の一途をたどっている。非常に肥大生長がよいものではらせん木理も大きく発生している。また、逆にNO.3では肥大生長も悪く、らせん木理も非常に小さい。



図・5 らせん木理の変動比較 (異林分)

以上のように、らせん木理は髓より外方に向かって増加し、比較的若い年輪数によって最大値を示した後減少する。そして、その最大値は向頂的に遠心的に大きくなる傾向がある。したがって、樹幹上部ほどねじれやすいことになる。また、らせん木理は肥大生長の大きなものほど大きい傾向があるが、成熟材部におけるらせん木理は未成熟材部におけるそれより小さく、したがって高樹齢の大径材になるほどらせん木理の少ない材部が形成されることになる。



図・6 平均年輪幅、曲げ強度および圧縮強度の変動 (地上高別)

3 強度的性質（曲げおよび圧縮強度）の変動

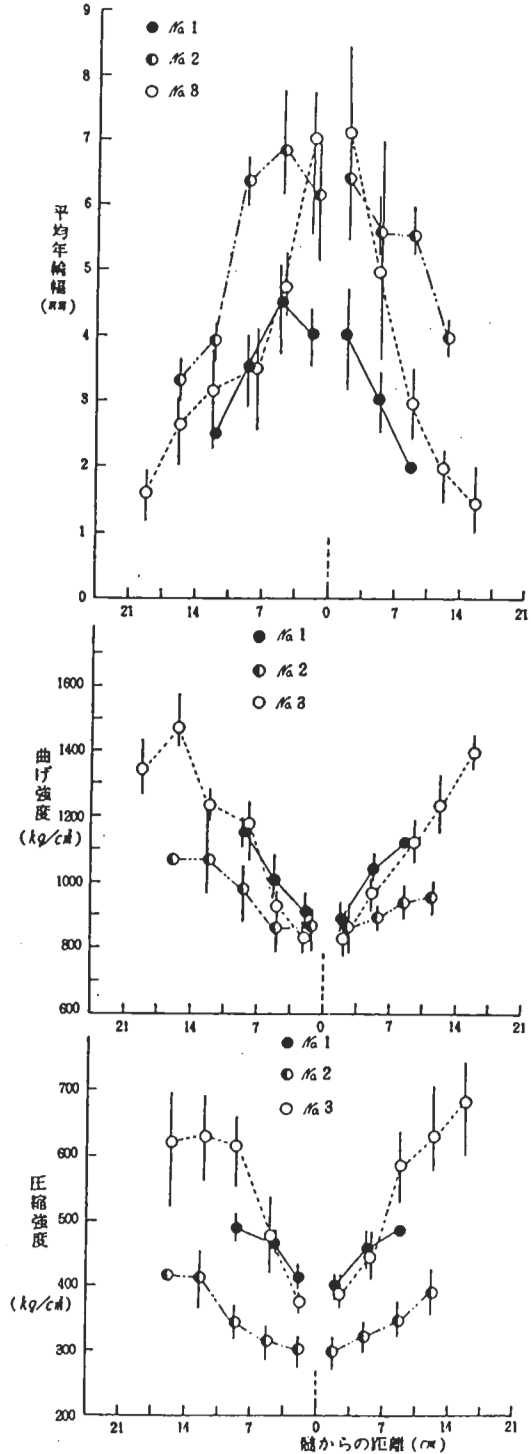
1) 樹齢による強度の変動

図・6は高樹齢のカラマツ造林木（長野営林局，岩村田営林署管内，昭和44年の調査時で樹齢108年生，江戸末期か明治初期には植栽されていたことになる）の平均年輪幅，曲げと圧縮強度の変動を示したものである。各試片の平均年輪幅は各番玉とも樹心部で最大値を示し、それより外方へ向かって急激に減少しており、いわゆる造林木における年輪幅の変動の特徴が表れている。この肥大生長に対して曲げや圧縮強度は樹心部において最小値を示し、それより外方へ向かって急激に増加しており、さらに最外層の辺材を含むものは隣接の心材に比べて小さい値を示している。このように曲げと圧縮強度の変動傾向は各地上高とも類似しており、樹齢によって強度は著しく増加している。

2) 生長の良否による強度の変動

図・7は生長の異なる試料の各地上高，LとS側における平均年輪幅，曲げと圧縮強度の変動を比較したものである。この図では強試木ごとの地上高による変動と平均値（丸印）で半径方向の変動を比較している。平均年輪幅の変動は各試料によって差異があるが、いずれも樹心部において最大値を示し、外方へ向かって減少している。これに対して、曲げや圧縮強度は樹心部から外方へ向かって著しく増加しており、この増加は試料による差異が認められ、これは平均年輪幅によって影響されている。すなわち、この肥大生長の範囲では平均年輪幅の減少による晩材率及び比重の増加に基づくものと考えられる。しかし、らせん木理の影響、さらに抽出成分の中でも特にアラビノガラクトンは、容積重に大きく影響し、強度的にもかなり影響を及ぼすようで、これらは今後の検討課題の一つと思われる。

以上のように、肥大生長の良いものほど強度が若干弱い、生長の良否にかかわらず高樹齢の大径材になるほど強度的にも優れた材部が形成される。



図・7 平均年輪幅、曲げ強度および圧縮強度の変動（供試木別）

4 まとめ

カラマツ造林木の材質形成について、初期生長が良いものほど樹幹における未成熟材部の占有率が高くなり、その仮道管長は短く、らせん木理が大きく発生し、強度的にも弱い。したがって、その用材はねじれ、割れ、曲がりや繊維傾斜などの欠点が顕著に表れる。しかし、高齢のものほど樹幹における成熟材部の占有率が高くなって、その仮道管長は著しく増加し、多くの場合らせん木理は減少し強度も大きくなる。このように多くの材質指標は樹齢によって著しく変動し、また肥大生長によってその変動に差異が生じるが、質の向上は壯齢ないし高齢において効果的であることを意味している。そして、カラマツ造林木においてはとくに林木の育成が用材の品等に大きく影響を及ぼすことになる。

II カラマツ造林木の用材品等について

カラマツ造林木の用材品質については、すでに加納らによって大規模な試験が行われている。また、道立林産試験場や岩手、山梨、長野などの県立林業試験研究機関においても各地方産のカラマツ造林木の用材品等について実践的な調査研究が行われている。そこで、加納らの調査結果においては、旧規格

による品等区分ではあるが、節と丸身だけで並1～3等のものが多く、さらにねじれ、割れ、曲がり、繊維傾斜などの欠点が顕著に表れており、結局カラマツ造林木は構造材としては低質材であることを指摘したものと見受けられる。そして、大径材になれば用材の品質が向上することも示唆している。

他方、前章で述べたようにカラマツ造林木の高樹齢の大径材における仮道管長、らせん木理、強度的性質などの樹幹内変動や生長の良否による変動比較によって、カラマツ造林木は肥大生長にともなう材質の変動が著しく大きい樹種であり、これは生長に伴って優れた用材になることを意味するもので、高樹齢の大径材になれば用材の品質が著しく向上することになる。

そこで、たまたま昭和50年から長野営林局の受託研究によって管内産のカラマツ造林木の材質調査を行うことになった。この研究費によって用材の品等区分を行うには設備、経費、能力的にも相当の無理があったが、当長野県林業総合センター木材部の協力を得て、カラマツ造林木の65年生の大径材において用材品等を調べた。この結果、採取した正角の大半が一等以上で、構造材として、さらに造作材としても適合するものであった。これを公表し、また宣

表-1 供試木の概要

供試木 番号	樹 高 (m)							胸高直径 (cm)							枝 下 高 (m)						
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
1	28	25	23	21	24	24	19	44	42	36	34	38	34	32	10	14	10	9	10	13	13
2	25	27	20	22	22	22	19	42	39	34	42	36	36	30	9	12	7	10	10	11	5
3	26	25	22	19	24	22	18	44	40	34	40	32	30	30	14	13	9	9	11	11	6
4	27	26	21	22	24	21	19	44	40	34	38	30	32	30	13	12	8	10	13	12	5
5	28	26	23	18	22	22	20	42	36	36	34	30	33	36	16	14	7	10	11	11	6
6	24	25	24	22	25	21	18	44	37	44	36	30	32	30	12	14	7	7	13	11	5
7	25	28	21	19	24	21	19	43	40	38	38	30	33	34	13	14	7	8	9	11	5
8			21	19	24	23	17			34	34	30	34	32			9	8	13	13	6
9			21	18	24	22	17			36	38	34	40	30			5	8	13	13	6
10			21	17	24	26	17			40	38	32	43	28			7	6	11	14	5
11						25	18						36	32						14	7
12						24	19						37	32						10	7
13						25	17						30	30						13	6
14						22							36							8	
15						21							36							10	
平均値	26	26	22	20	24	23	18	43	39	37	37	32	34	31	12	13	8	9	11	12	6

注 A：大曲65年生、B：長谷50年生、C：北相木50年生、D：長谷42年生、
E：大鹿44年生、F：東俣40年生、G：入笠72年生

伝したことによって、カラマツ材の流通・製材業者の間でかなりの反響があり、その後も調査委託が続けられた。長野営林局の意向とこちらの研究目的を含めながら、昭和54年から63年まで以下に示す7ヶ所のカラマツ人工林を対象として、用材品等について調べてきた。

- A ; 白田営林署管内, 大曲国有林, 緩傾斜,
65年生, (昭和54~55年度)
- B ; 伊那営林署管内, 小黒川国有林(長谷), 急傾斜,
50年生, (55~56年度)
- C ; 白田営林署管内, 北相木国有林, 急傾斜,
55年生, (昭和61~62年度)
- D ; 伊那営林署管内, 小黒川国有林(長谷), 急傾斜,
42年生, (昭和56~57年度)
- E ; 駒ヶ根営林署管内, 大鹿国有林, 緩傾斜,
44年生, (昭和57~58年度)
- F ; 諏訪営林署管内, 東俣国有林, 急傾斜,
40年生, (昭和58~59年度)
- G ; 伊那営林署管内, 入笠山国有林, 緩傾斜,
72年生 (昭和59および61年度)

以上7ヶ所のカラマツ人工林を対象としたが、基本的には比較的高樹齢で大径材(元玉あるいはII番玉で四丁取りが可能なもの)の65年生のものから、次第に樹齢を下げて約50年生、さらに約40年生のも

のを選んだものである。そして、若い場合には構造材としての適合性が認められないので、幾つかの産地のものを選ぶことになった。また、72年生の高樹齢材ではあるが、海拔高が1,200~1,500m程度になれば育成条件が悪くなり、肥大生長の良くない地域も多く、特殊な例として調査したものである。

これらのカラマツ人工林は除伐や再三の間伐などで十分に保育しており、立木密度が約400~800本/haの範囲である。各林分からの供試木の概要は表・1に示している。1つの林分から正角で約100本の試験材を採取することを目標として供試木を選定したので、供試木の本数は林分によって差がある。そして、毎年1林分ごと落葉期11月から12月に伐倒し、直ちに採材して、辺長12cm, 長さ3mの正角を製材し、棧積みし、屋外ではビニールシートで覆い、翌年8月ないし10月頃まで天然乾燥した。これらの角材を日本農林規格に準拠して品等区分を行い、番玉別、あるいは木取り別に整理した。これら供試材の木取り別および番玉別の角材数は表・2に示したとおりであり、供試丸太によっては基礎材質の測定のために必ずしも製材していない。各林分における供試木や角材数は必ずしも同じでなく、特に角材数は74から98本の範囲であり、さらに木取り別および番玉別の角材数は林分によって大きく異なるものである。

表. 2 木取り別および番玉別の角材数.

記号	産地別	樹齢	本取別角材数 ※1			角材数	番玉別角材数						供試木本数
			四丁取	二丁取	一丁取		I	II	III	IV	V	VI	
A	白田 (大曲)	65	48 (12)	26	—	74 (86)	28	12 (12)	22	12	△	△	7
B	伊那 (長谷)	50	52 (4)	26 (2)	7	85 (91)	28	16 (6)	18	14	9	—	7
C	白田 (北相木)	50	12	59	27	98	24	22	19	13	12	8	10
D	伊那 (長谷)	42	40	27	18	85 (91)	34	20 (6)	16	10	5	—	10
E	駒ヶ根 (大鹿)	44	8	30	36 (11)	74 (75)	20	17	12 (11)	10	8	7	10
F	諏訪 (東俣)	40	36	38 (4)	7 (2)	81 (87)	42 (4)	26 (2)	13	△	△	—	15
G	伊那 (入笠)	72	0	22	51	73	19	18	13	13	10	—	13

※1 ()の中の数字は、製材しなかった丸太からの仮定角材数を示す。

表・3 供試角材における品等区分の一例

角材番号*	木取別	節		丸身	曲がり	ねじれ	割れ	その他	総合品等
		強度	化粧						
1-I-1	二丁	特等	—	特等	二等	一等	特等	特等	二等
1-I-2	二丁	特等	—	特等	二特	特等	特等	特等	二等
1-II-1	二丁	特等	二面無節	特等	特等	特等	特等	特等	特等
1-II-2	二丁	特等	一面無節	特等	特等	等外	特等	特等	等外
1-III-1	二丁	一等	—	特等	特等	等外	特等	特等	等外
1-III-2	二丁	特等	—	特等	特等	二等	特等	特等	二等

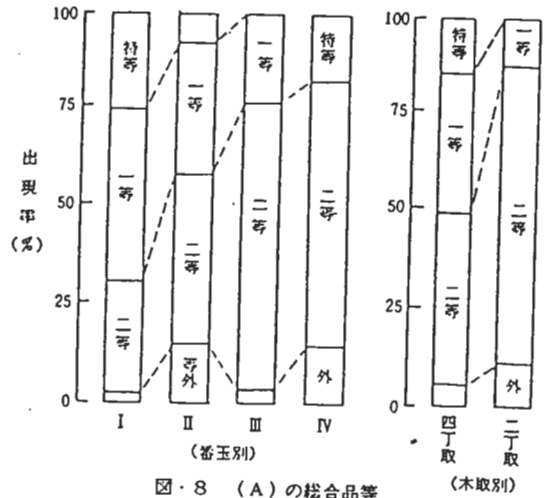
* ; 角材番号 1-I-1 は立木NO.1のI番玉から採材した1番目の角材を示す。

したがって、用材の品等区分は比率で比較することにした。なお、供試角材における品等区分の一例は表・3に示したとおりである。

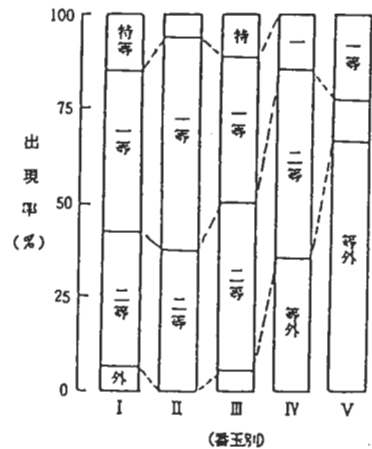
1 高樹齢大径材(65年生)の用材品等

加納らの試験結果から心持ち一丁取りの正角はその用材品等の低下が目立つこと、さらに肥大生長による材質の向上から考慮して、一丁取りの正角については調べないことにして、ここでは四丁取りと二丁取りについて検討した。したがって、I~IV番玉までを製材し、V番玉以上は土木用材、とくに杭丸太とし、ある試料は耐久性をみることにした。この供試木においてはI~III番玉までは四丁取りが採材されており、IV番玉ではいずれの供試木においても二丁取りだけであった。

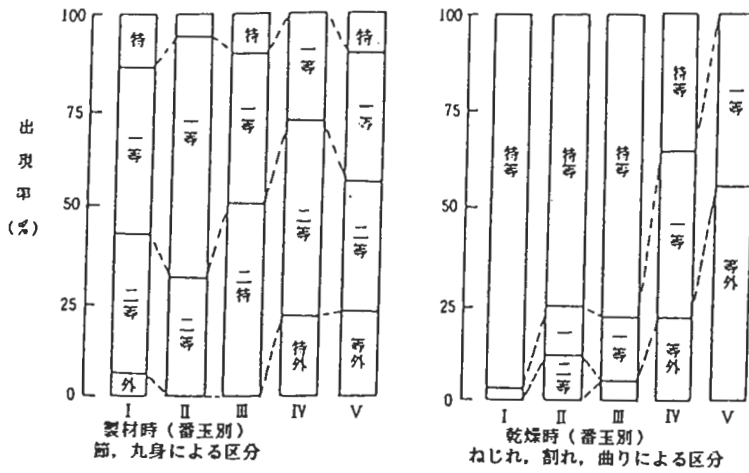
A林分における74本の角材について、節(強度基準と化粧基準)、丸身、ねじれ、割れ・曲がりなど各指標ごとに品等区分を行い(表-3参照)、番玉別、木取り別、供試木別に整理し、各等級ごとに出現比率で比較したが、ここでは主としてこれら全部の指標をまとめた総合品等について提示することとした。図・8は林分Aにおける全指標による総合品等を番玉別および木取り別に比較したものである。一等および特等はI番玉で約70%、II番玉で40%、III番玉で20%と、上部の番玉ほどその比率は小さくなり、下部の番玉ほど等級の高い角材の出現比率が高くなっているが、これは樹幹における樹冠材が少ないことによるものと考えられる。また、四丁取りの角材は一丁取りのそれに比べて一等および特等の出現率が高いが、これは採材位置によるものか、あるいは木取りによるものか、明確には判断できないが、後述(G林分)のように、木取りによる影響も少なくないと思われる。



図・8 (A)の総合品等



図・9-1 (B)の総合品等



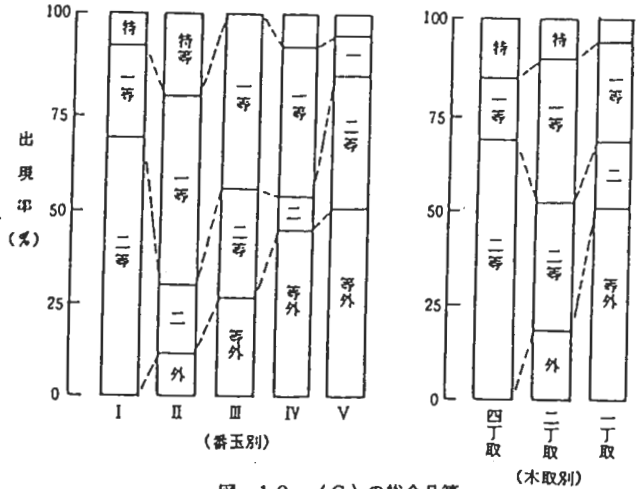
図・9-2 (B)の品等区分

以上の結果から胸高直径が40~45cm程度になるまで保育すれば、I~II番玉の末口径が約35cm程度、IV番玉の末口径で約30cm程度の丸太が採材され、これらの丸太からは四丁取り、二丁取りの角材が得られ、樹幹下部の丸太ほど樹冠材、すなわち有節材部が少なく、用材の品等は高くなる。

なお、これら角材の化粧基準による品等区分では、上小節以上のいわゆる役物がI番玉で約65%、II番玉で35%、III番玉で約15%出現しており、造作材としても適合するものである。また、カラマツ造林木の用材はねじれ、割れ、曲がり大きいと云われているが、この角材におけるそれらの指標による品等低下は極めてわずかであり、やはり節による品等低下も大きく表れた。

2 50~55年生の用材品等

図・9-1はBの総合品等である。また、図・9-2は、節と丸身を総合した品等区分とねじれ、割れ、曲がりなどの総合品等で、前者は製材時に測定できるが、後者は乾燥によって出現する欠点である。この調査年度には雨天が多く、両者を区分してまとめる機会があったので、ここに比較すると、一般的に云われてきた用材のねじれ、割れ、曲がりなどの総合品等では下部の番玉ほど一等以上の出現率が高く、逆に等外はIII番玉より上部に現れ、上部の番玉ほどその出現率が高くなっている。しかし、乾燥時の品等区分より製材時のそれにおいて二等以下が多く、無理な製材をしていないので丸身は少なく、結局林



図・10 (C)の総合品等

Aの場合と類似して節による品等低下が大きい。次に、産地の異なる林分Cにおける総合品等は図・10に示すとおりであるが、I番玉において二等が多く出現しており、これはI番玉からの角材には根曲がり、幹曲がりなどが影響して用材品等を低下させているものと考えられる。林分BとCを比較して、ともにI番玉を例外とすれば、II番玉より上部の番玉ほど用材品等が低下する傾向が認められる。なお、林分Bにおいては最上部からの用材がその隣接した下部の用材より品等が高いが、これは上部の枝条が十分発達していないので、節径が小さく現れることによるものである。このように産地の異なる2林分

では一等以上の出現パターンがわずかに異なっている。また、品等低下の原因にも若干の差異が認められる。しかし、いずれも約半数が一等以上に位置しており、結論としては構造材として使用可能である。

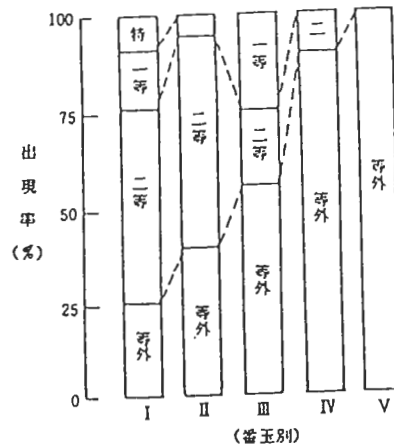
3 40~45年生の用材品等

D, EおよびFの若齢林分では、すでに述べたように供試木の径級の差によって角材の種類や本数が大きく異なっており、番玉および木取り別に用材品等の比較をすることは多少の無理があるが、全体的な品等区分の変動傾向を見るために敢えて比較する。林分Dでは図・11-1に示すように、一等以上がI~III番玉においてわずかに認められるだけで、等外の出現率がI番玉から順次上部の番玉において急激に増加している。これは種々の指標による品等の低下の中でも、図・11-2に示す節による品等低下が最も著しい。また、ねじれによる品等区分は図・11-3に示すように、二等および等外の出現率がI番玉よりV番玉まで急激に増加している。このように幼齢で肥大生長の旺盛な林分Dではねじれによる品等低下が目立っている。

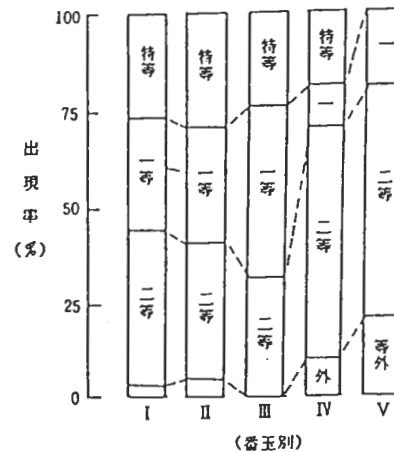
林分Eでは図・12-1に示すように、1等がわずかに認められるだけで、等外が顕著に出現している。この林分では図・12-2に示すように、割れによる品等低下が最も顕著であった。この林分は風障に位置し、偏心生長が多く認められており、したがって、その割れはあて材の発生に基づくものと見受けられる。

林分Fでは図・13-1に示すように、一等はI~III番玉までわずかに認められるだけで、等外が最も多く、各番玉とも約50%以上を占めている。F林分の供試木はDおよびE林分のそれらと比べて、径級が小さく、目標の角材数を得るには供試木の本数を多くし、またIV番玉以上の角材を除去しているにもかかわらず品等の向上が認められなかった。この品等低下は各指標の中でも図・13-2に示すように丸身による品等低下が最も顕著であった。

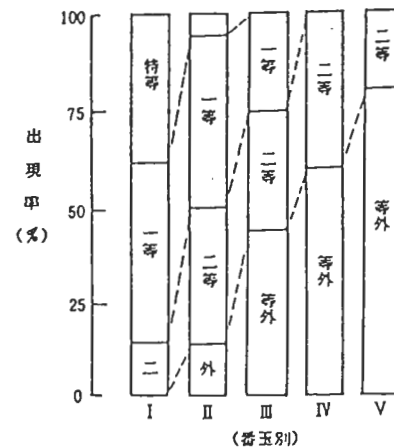
以上のように、40~45年生のカラマツ造林木においては、一等以上の出現率がいずれの林分においてもわずか15%以下と非常に低く、構造材としていずれも不適であった。しかし、これらは単に樹齢が若



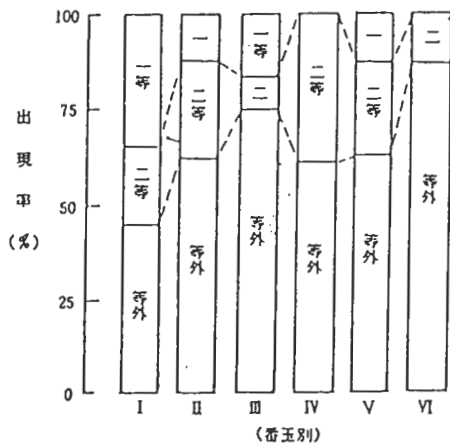
図・11-1 (D)の総合品等



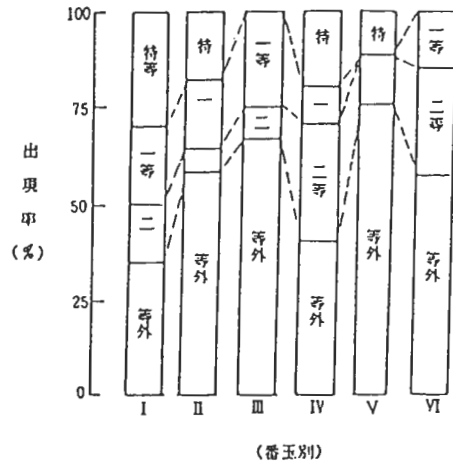
図・11-2 (D)の節による品等区分



図・11-3 (D)のねじれによる品等区分



図・1 2-1 (E)の総合品等



図・1 2-2 (E)の割れによる品等区分

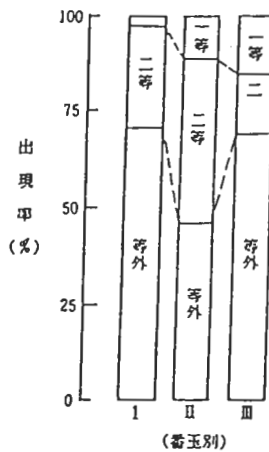
く径級が小さいことによると思われるが、これらD, E, Fにおける品等低下の原因は必ずしも同じでなく、林分によってそれぞれ特徴があることは、すなわち林木の育成状態によって異なることによるものと考えられる。

4 高樹齢(72年生)小径材の用材品等

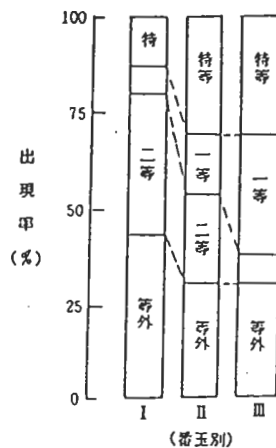
標高が高くなれば、立地条件が悪くなり、保育しても肥大生長が少なく、高樹齢になっても径級が小さい。このようなカラマツ造林木は一般に辺材量が少なく、年輪幅が狭く、らせん木理も比較的小さく、強度もかなり大きいなど優れた材質である。しかし、林分Gの総合品等は図・1 4に示すとおりであり、一等以上の出現率が約20%にすぎず、二等と等外の出現率が非常に高くなっている。そして、各指標のうち、節による品等低下は少なく、ねじれや割れによる品等低下が比較的大きいものであった。これは林分の径級が小さく、I番玉においてさえも一丁取りが多く、一丁取りの場合らせん木理による角材のねじれが大きく現れることによると考えられる。したがって、角材の品等は上記のように材質指標の現れ方だけでなく、木取りによっても大きく影響されることになる。

5 まとめ

カラマツ造林木の用材品等について資料を蓄積してきたが、齢級あるいは径級、さらに生長の良否などによる用材品質について結論づけるには、上記の資料だけでは未だ不十分である。しかしながら、高齢の大径材になれば、用材品等が顕著に向上するこ



図・1 3-1 (F)の総合品等



図・1 3-2 (F)の丸身による品等区分

とは間違いはない。なお、大径材でも比較的若齢の場合には用材品等が低く、逆に高樹齢であっても比較的小径材の場合には用材品等の向上がほとんど認められなかった。用材の品等は単に材質指標の現れ方だけでなく、木取りによる影響も少なくないようである。

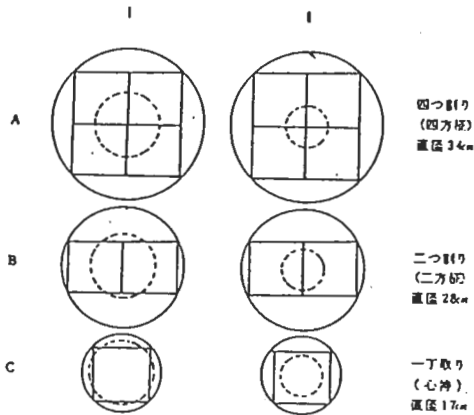
III カラマツ造林木の構造材について

1 建築用材として—長野営林局、沓掛担当区事務所における使用例をスライドで紹介する。

2 橋梁用材として—長野県、上高地の河童橋における使用例をスライドで紹介する。

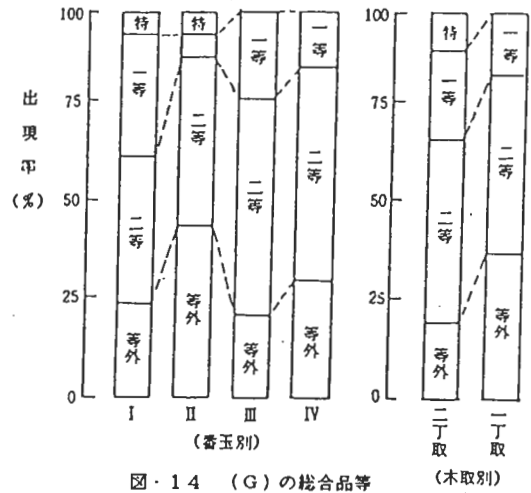
結び

カラマツ造林木の材質と用材品等についての調査結果はほぼ一致するものであり、高樹齢大径材になれば優れた用材となる。したがって、現時点では広大な幼齢カラマツ林の育成が大切なことであるが、この地方のカラマツ林の保育は決して容易なことではない。すなわち、林地は急峻で、林道密度が低く、関係機関においてさえも保育の関心が低いようである。敢えて問題提起するのは、カラマツ造林木の資源培養を期待するからである。また、同時に育成された大径材は、生産材の経済的な面から考慮すると“原料”とするより、できるかぎり“材料”としての利用が重要ではないかと考える。

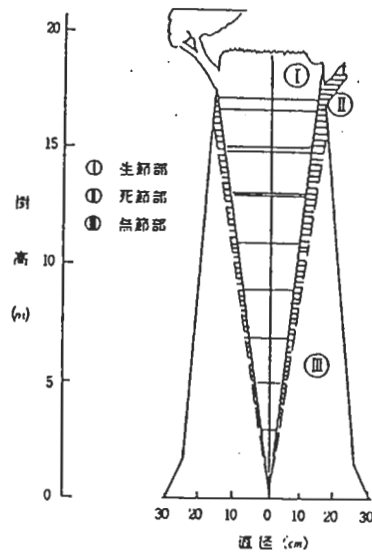


原木の区割と正角材の木取図¹⁾

- I : 初期生長が良い場合
 - II : 初期生長が悪い場合
- 内割の点線の円は未成熟材部を示す



図・14 (G)の総合品等



樹幹内の枝の枯れ上がり¹⁾
(枝下材と樹冠材)

参考図

III. カラマツ材の強度特性

—立木の実験から言えること—

北海道教育大学札幌分校 小泉章夫

1. はじめに

2. カラマツ材の特徴

カラマツ (*Larix kaempferi* Carr. または *L. leptolepis* Gord.) は、天然には本州中部のいくつかの孤立した地域に分布する樹種であるが、現在では中部以北の広い地域で植栽されている。中でも、筆者が研究の対象としている北海道のカラマツはもっとも造林面積が広く、48万ヘクタールに達している。これは北海道の人工林面積の32%にあたり、道内ではトドマツの79万ヘクタールに次ぐものである。蓄積もトドマツの11245万 m^3 に次いで大きく、6396万 m^3 となっている¹⁾。ただし、齢級配置は図1のようであり、15~30年生の比較的若い林が多い。これらは、戦後、その初期生長の早さを買われて、一般民有林を中心に造林されたものである。当初は、抗木その他の土木用途を見込んで短伐期施業が考えられていたが、その後、需要構造と経済環境が変化した結果、長伐期で材質優良な大径材を育てる方向に転換しつつある。それともなつて、カラマツ材に関する研究需要も変化していくものと予想される。現在は、間伐材として生産される心持ち材など未成熟材を含んだ製材の材質や用途開発が中心であるが、やがて成熟材部を構造用途に用いることに関心が移って行くだろう。

カラマツ材の最大の特徴の一つは、木材組織の樹幹内半径方向の変化が大きいことだろう。年輪幅をはじめ、振れ狂いの原因となる旋回木理の方向や角度も半径方向で大きく変化している。このような樹芯部と周縁部の組織の差異は、生長にともなう環境変化によって生じるものと、形成層の成熟に起因するものがあるが、両者をとくに区別せず、樹芯部の材を未成熟材、その外側を成熟材と呼ぶことが多い。未成熟材は成熟材に比べて材質が劣るのだが、初期生長の旺盛なカラマツでは、未成熟材の材積が大きくなることから、他の針葉樹材に比べてとくに問題視されるようである。カラマツでは、スギについて言われるような樹幹の高さ方向の組織の変動は小さく、もっぱら、この半径方向の組織や材質の変化が顕著である。

(1) 半径生長

カラマツは陽樹であり、植栽後、林冠が閉鎖するまでは生長が早い。道内5カ所の林分(20~40年生)からの間伐木、86本について、胸高位における髄からの年輪数と年輪幅の関係を示したのが図2である(最初の不完全年輪は除く)。図中の記号は年輪幅の平均値と標準偏差を表している。年輪幅は髄から2, 3年目に最大値をとり、その後、減少していく。この生長バ

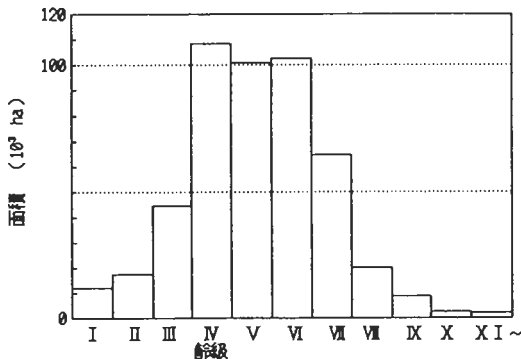


図1 北海道のカラマツ人工林の齢級配置¹⁾

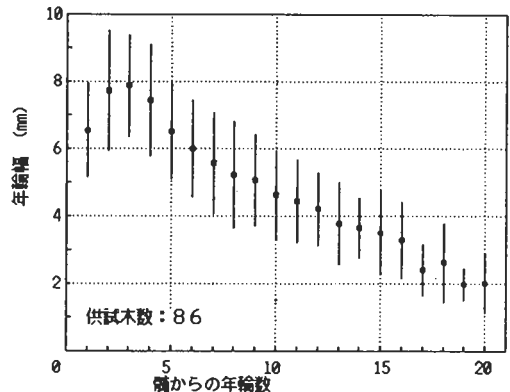


図2 年輪幅の年齢別変化²⁾

(平均値の上下に標準偏差を示した。以下同様。)

ターンは、間伐を行うと、その直後に顕著な年輪幅の増加が見られることなど、環境影響が大きいようである。

(2) 密度と晩材率

ここでいう密度とは年輪単位の平均密度のことである。一般に、髄からの年輪数が増すにつれて、密度はやや大きくなるが、これは主に年輪幅の減少に対応したものとみられる。図3は前述の間伐木 368本の胸高位から採取した円板について、髄から5 cm以内 (core wood) とそれより外側の材部 (outer wood) に分けて測定した、平均年輪幅と容積密度数を関係である。年輪幅が増加するにしたがって、容積密度数の減少がみられるが、とくに年輪幅の範囲が2~4 mmで、その傾向が顕著である。また、core wood とouter wood で大きな傾向の差は認められない。このように、密度変化のみによって、未成熟・成熟材を区別することは難しい。

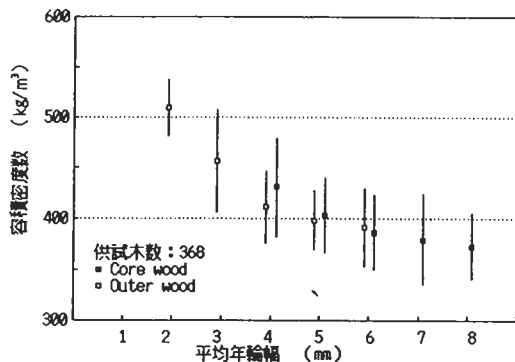


図3 平均年輪幅と容積密度数の関係²⁾

カラマツの容積密度数は図4に示すように、晩材率との相関が大きい^{3, 4)}。理由として、早・晩材の移行が急で細胞壁厚の厚い晩材をもつ樹種では、晩材率が全体の密度に大きく影響することが指摘されている⁵⁾。図5は1林分、48本のカラマツの胸高位の円板を採取して測定した、髄からの年輪数と晩材率の関係である。髄から5年輪程度は約15%と小さいが、その後は25~35%あたりに落ち着くようである。晩材形成に関しては、髄から5年輪程度が一つの境界かもしれない。

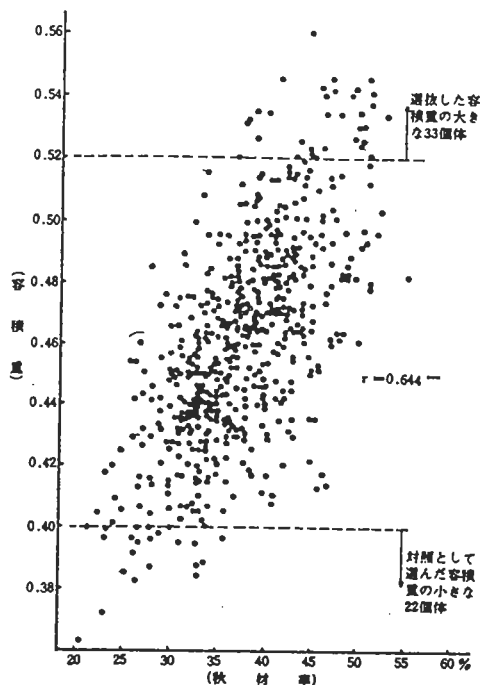


図4 容積密度数と晩材率の関係 (561個体)³⁾

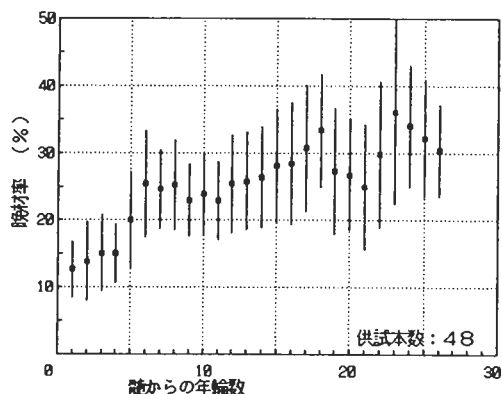


図5 晩材率の年輪別変化

(3) 仮道管長

仮道管長は密度には直接影響しないが、強度への影響は大きいだろう。塩倉⁶⁾による髄からの年輪数と仮道管長の関係を図6に示す。仮道管長は10年目くらいまで伸長が著しいが、その後15~20年目程度で伸長傾向は鈍ってくるようである。

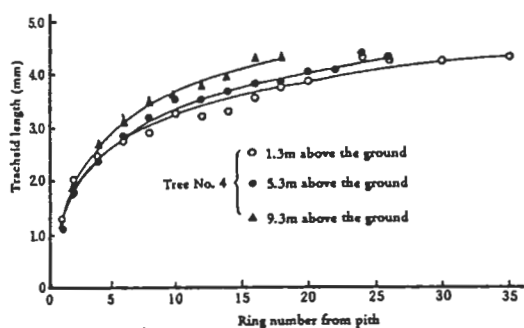


図6 仮道管長の年輪別変化（9個体）⁶⁾

(4) 旋回木理

カラマツに特徴的な旋回木理については、三上⁷⁾をはじめ、数多くの研究がなされてきている。旋回木理は乾燥にもなると材の振れを引起すほか、製材の繊維傾斜、目切れの原因となろう。旋回木理の樹幹内半径方向の変化はバラツキが大きい、一般的な傾向としては、図7に示すように、髄から3~4年輪目に左旋回で最大値を示し、その後、漸減することがいわれている。したがって、旋回木理は間伐材では重要な問題だが、長伐期の主伐材で去り材を扱う場合には、それほど問題とはならないだろう。なお、三上⁷⁾は旋回木理は遺伝影響が大きいこと、肥大生長と傾斜角の間にはとくに関係は認められないことを報告している。

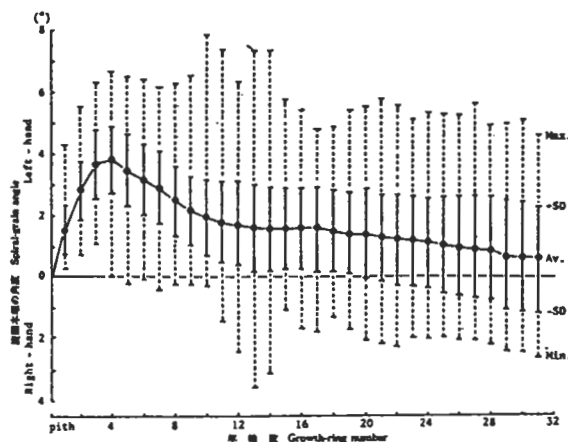


図7 旋回木理の年輪別変化（105個体）⁷⁾

さて、構造材として利用する際に重要な強度材質には、以上のような、半径方向の変動傾向の異なる種々の因子がかかわっており、未成熟・成熟材の判定は厄

介である。形成層年齢の影響のほかに、とくに、密度の大小の影響が大きいからである。そこで、密度の影響を排除して、強度材質の成熟段階を判断するには、比強度：強度値を比重で割った値を用いるのがよい。これによれば、未成熟材を特徴づける仮道管長や繊維傾斜あるいはフィブリル傾角といった諸因子を総合した、強度材質にかかわる未成熟・成熟材の判定を行いやすい。図8はJIS無欠点小試験体の比ヤング率（曲げヤング係数÷気乾比重）と髄からの年輪数の関係である。形成層年齢が増すにつれて比ヤング率は大きくなり、16年目以降は200tf/cm²あたりに落ち着くようである。200tf/cm²という値は中井¹⁾が報告しているカラマツ成熟材の比ヤング率にほぼ一致するものであり、強度材質に係る成熟年齢は約15年とみることが出来る。これより若い材は比重相応の強さをもたないといえる。なお、第15年輪の髄からの平均距離はバラツキが大きい、8cm程度である²⁾。

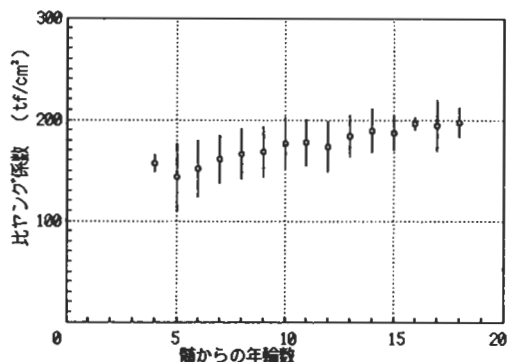


図8 比ヤング率の年輪別変化（試料数：314）²⁾

3. 実大材の強度

現状では、カラマツ素材生産の多くは中・小径のものであり、飯島¹²⁾がまとめた実大材の曲げ強さのデータを見ても、心持直角材に関するものがほとんどである。以下、10.5心持直角材の強度について若干述べる。同材は、材の大部分が未成熟材ということであり、強度が大きいことはあまり期待できない。表1は先に挙げた道内5カ所の造林地からの間伐木231本の強度データ²⁾のまとめである。また、図9は同材の曲げ強さ(MOR)の頻度分布である。曲げ強さと縦圧縮強さの正規分布仮定による5%下限値は、全体では建築基準法施行令95条に規定された材料強度（曲げ：270kgf

表1 カラマツ10.5cm心持正角材の強度データ (供試本数: 231本)

項目	平均値	変動係数	最小値	最大値
平均年輪幅 (mm)	6.4	16.9	3.9	11.0
気乾比重	0.477	10.8	0.380	0.624
曲げヤング係数 (tf/cm ²)	76.6	20.6	37.3	134.8
曲げ比例限度 (kgf/cm ²)	185.9	21.6	82	376
曲げ破壊係数 (kgf/cm ²)	366.0	16.2	228	575
縦圧縮強さ (kgf/cm ²)	288.9	14.8	214	435

/cm², 縦圧縮: 210kgf/cm²) を満たしているが, 造林地別に求めた下限値では, これを下回るものもあった。なお, これら正角材の, 同材から採材した無欠点材 (JIS試験片) に対する強度比の林分平均値は, 曲げ強さについて 0.48-0.57, 縦圧縮強さで 0.69-0.77であった²⁾。

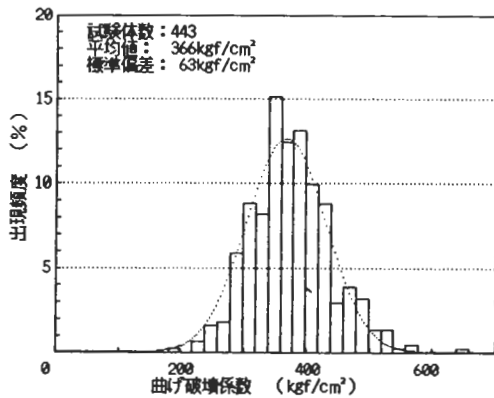


図9 10.5心持正角材の曲げ強さの頻度分布²⁾

10.5心持正角材の曲げ強さに関して特徴的なことは, 節の影響が小さいことである。この理由は, 第一に, 髓から材面までの距離が短い上, 材面が板目となるので, 大きな節や流れ節が顕われにくいことがある。最大節径比は平均値で20%弱, 最大値で約50%であり, 集中径比は平均値で20%台, 最大値は約60%である²⁾。第2にカラマツでは若齢・小径時の幹曲りが多いため, これによる目切れが曲げ破壊の原因になるなど, 節以外の要因が支配的であることが挙げられる。節径比と曲げ強さの関係を図10に示した。

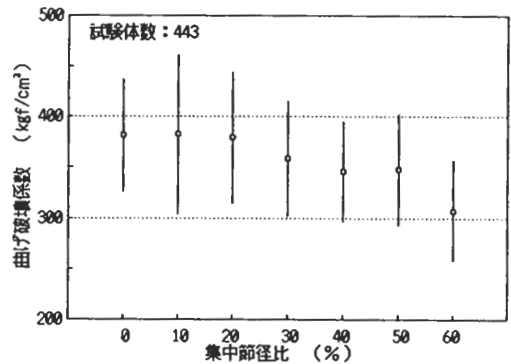


図10 節径比と曲げ強さの関係²⁾

若齢カラマツに顕著な旋回木理が, 材の強度に及ぼす影響はどのくらいだろうか。図11は供試木の地上高1mから採取した円板の繊維傾斜と正角材の曲げ強さの関係をみたものである。図に示したのは最大角度との関係だが, 平均角度についても, 曲げ強さとの相関は認められず, 旋回木理による繊維傾斜が曲げ強さに及ぼす影響は小さいといえる。

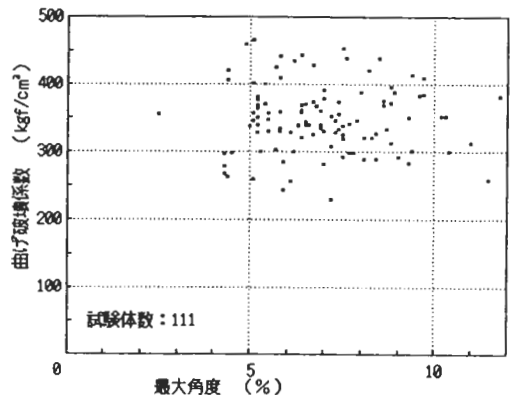


図11 旋回木理と曲げ強さの関係

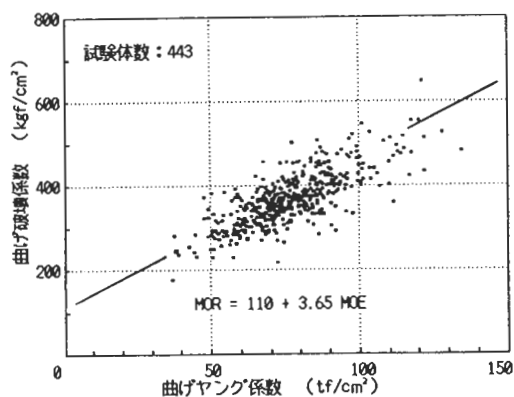


図12 10.5心持正角材のMOEとMORの関係

以上のように、目視による等級区分では比重を除いて有効な指標が見当たらない。一方、機械的等級区分はかなりの精度を期待できる。当研究会の資料集¹²⁾にもあるとおり、曲げヤング係数(MOE)と曲げ強さの相関は十分に大きい(図12に示した回帰直線は資料集によるものである)。

現行の等級区分においては、等級づけの対象となる材料は、樹種あるいは樹種グループでくくられている。しかし、それ以前に生育林分・地域による材質差が大きいなら、予備的な区分をとりいれた方が合理的であろう。図13は5カ所の造林地別に求めた曲げ強さの平均値と標準偏差である。地域間で高度な有意差が認められる。この材質差は5つの地域の生長の差に単純に対応したものではない。つまり、生長の良い林地では年輪幅が広く、密度が小さく、その結果、強度が小さいといった因果関係のみによるものではない。

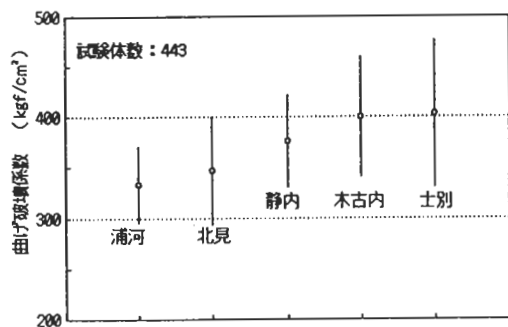


図13 林地別の曲げ強さの平均値と標準偏差²⁾

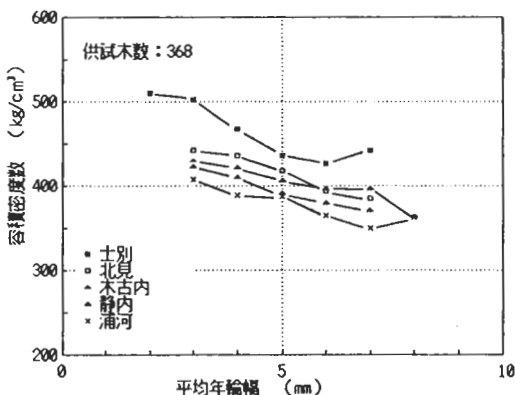


図14 林地別の平均年輪幅と容積密度数の関係²⁾

図14は5林地の材の平均年輪幅と容積密度数の関係を見たものである。年輪幅と密度の間には負の相関があるが、林地間で、その回帰直線の「傾き」はほぼ同じでも、「切片」には100kg/cm³近い差が見られる。つまり、同齢で同じ直径でも、強い木が育つ林地もあれば、弱い林地もあるということである。この差は晩材率の差の影響が大きいと考えられ、さらに、晩材形成を左右するものには、立地・環境の影響と種苗の遺伝影響があるだろう。

4. 立木の材質試験

上に述べたように、カラマツ材の強度材質は供試木の生育林分によって大きく異なっている。このような材質差を検討するには、立木の段階で材質を調べるのが得策である。また、数多くのデータを経済林から収集するためには、非破壊試験でなければならない。この目的に沿って、筆者らは立木樹幹のMOEの測定方法を考案した^{13, 14)}。これは図15に示すように試験者の体重を挺子を介して樹幹に加え、純曲げ区間の曲げ変位からMOEを求めるのである。この方法で得られる樹幹ヤング係数は、負荷時に樹冠の移動にともなう付加モーメントが作用することなどにより、伐倒後の丸太のMOEよりわずかに小さいが、推定精度は高いといえる(図16)。また、樹幹ヤング係数は曲げ変位から得られるために樹幹の周縁部の材質に重みがついていること、材面の目切れがないので節などの欠点の影響が表れにくいことが特徴である。図17は樹幹ヤング係数と、供試木を伐採して得た樹幹周縁部の無欠点JIS試

験体のMOEとの関係だが、両者は比較的良好一致している。

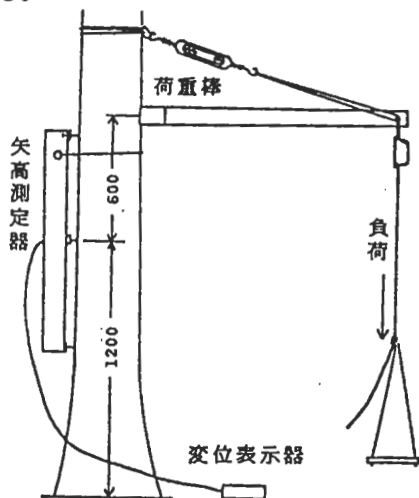


図15 立木曲げ試験の方法 (単位: mm)

若い林木では、樹幹ヤング係数は樹幹内部の未成熟材のMOE値によって左右される。さらに、胸高断面に含まれる年輪数が数個しかない幼齢の林木では、早・晩材のヤング係数の差が樹幹ヤング係数に影響する結果、有効な測定は難しい。計算実験の結果¹⁴⁾によれば、強度材質の成熟年齢を15年とすると、20年生以上の林木であれば、樹幹ヤング係数は成熟材の無欠点部分の生材のMOEを概略指示するものと言えそうである。以下、樹幹ヤング係数を指標として、カラマツ材の材質における環境と遺伝の影響について述べる。

5. 樹幹ヤング係数に及ぼす環境影響

一口に環境といっても、個々の林木に作用するマイクロなものから、地域・地方といった大きなものまで、色々な大きさがある。順序としては、個々の林木単位の環境影響から検討すべきだろうが、通常の実生林地では遺伝影響を排除できないので、実験は難しい。そこで、ここでは林分を単位とした環境影響について述べる。図18に示したのは、同一の林地内で、斜面方位や風当たり条件が異なる林分間の樹幹ヤング係数を比較したものである。図に示した3対の林分間で、樹幹ヤング係数の差は高度に有意である。これらの対になった林分は同じ林齢で、それぞれ同じ苗畑の種苗を用いたものである。したがって、種苗のロットは異なるだろうが、林分間の樹幹ヤング係数の差は主に環境によるものといえる。カラマツにとっての「良い環境」を定量的につかむことは難しいが、日照条件や風当たり条件の良いところでは生長が良く、かつ優れた材質の林木を期待できそうである。このような特性はすべての造林樹種についてあてはまるものではない。スギ、トドマツに関する同様の調査では、風当たり条件の差によって、生長には差が生じるが、樹幹ヤング係数の差は認められなかった。当然のことだが、木材の組織形成に及ぼす環境影響は樹種によって異なるのである。

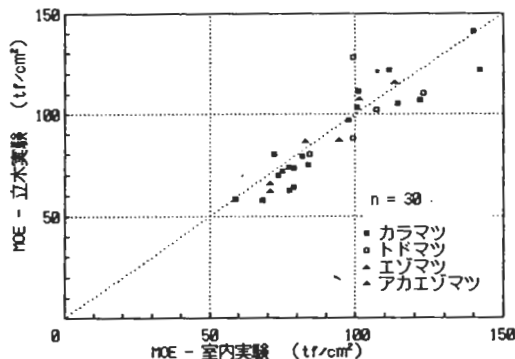


図16 樹幹MOEと丸太のMOEの比較¹⁴⁾

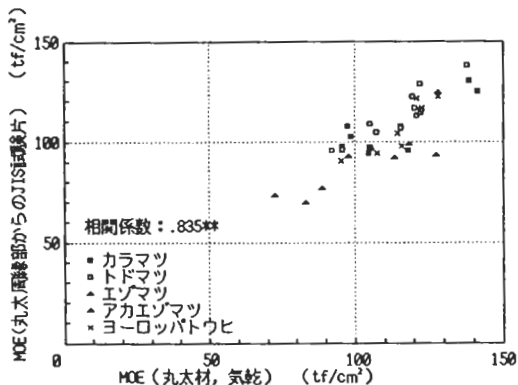


図17 樹幹MOEと丸太周縁部のMOEの比較¹⁵⁾

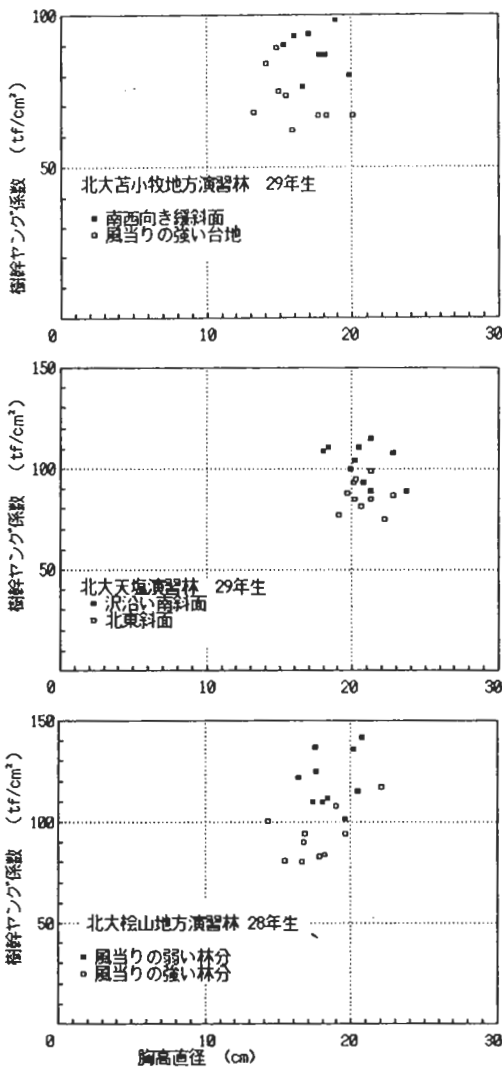


図18 林分環境と樹幹MOEの関係^{14, 16, 17)}

一方、一つの林分内における樹幹ヤング係数のバラツキはどれくらいかを見たのが図19である。この例では変動係数は14.7%と計算されるが、これまでに測定した合計24林分の結果から推定すると、1林分内の樹幹ヤング係数の変動係数は約13%となり、比較的小さいと言える。このバラツキは、単木毎の局所的な環境差のほか、遺伝的な変動が大きいと考えられる。林分内の樹幹ヤング係数と胸高直径の間には、とくに相関は認められない(図18)。生長と強度材質は、比較的、独立な形質とみることができよう。

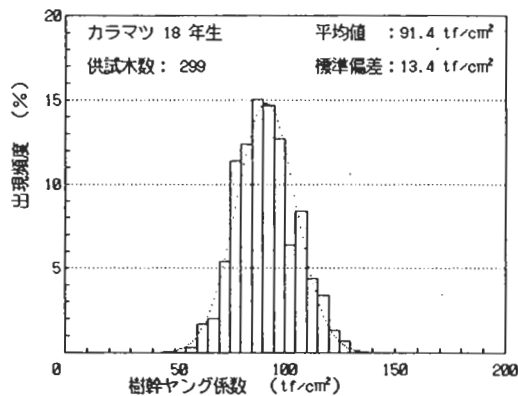


図19 1林分内の樹幹MOEの頻度分布

6. 樹幹ヤング係数に及ぼす遺伝影響

6.1 クローン間の樹幹ヤング係数の差

はじめに、同じ遺伝子型をもつクローンについて、樹幹ヤング係数の変異を見てみよう。図20は北海道林木育種場(江別市)で、表現型精英樹56本のつぎ木クローンの樹幹ヤング係数を測定した結果¹⁸⁾である(平均値の昇順に供試クローンを並べた)。クローン内・間の分散比は7.56と非常に大きく、広義の遺伝率が大きいことがわかる。また、精英樹の選抜基準に材質は含まれていないので、精英樹群のもつ強度材質に関する遺伝変異の幅は広いと言えよう。精英樹クローンの樹幹ヤング係数は別の試験林でも測定したが、両試験地の相関は比較的、大きかった(図21)。胸高直径についても、クローン内・間の有意差があったが、試験地間の相関は認められなかった。

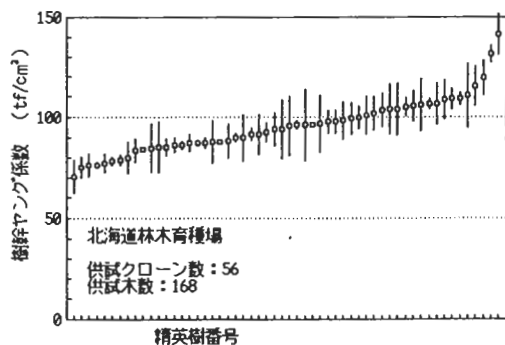


図20 精英樹クローンの樹幹MOE

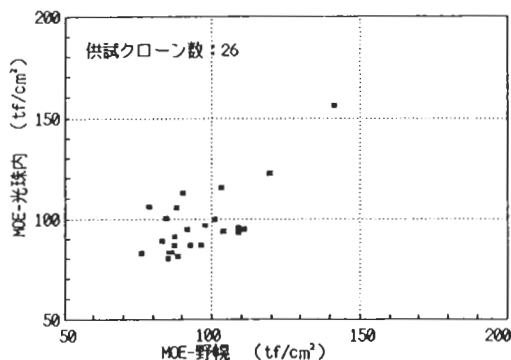


図21 樹幹MOEの試験地間相関

6.2 家系間の樹幹ヤング係数の差

カラマツではさし木による増殖が難しいので、造林には実生苗が用いられる。それゆえ、遺伝性に関しては、母樹の性質の実生次代における再現性、すなわち狭義の遺伝率が実用上の意味をもつ。しかし、これまでに行った精英樹の次代検定林における樹幹ヤング係数の測定では、自然受粉家系（共通の母親をもつ兄弟）内・間の差は有意ではあるが、分散比はあまり大きくなかった（図22、分散比：2.36）。また、母親の樹幹ヤング係数と子の家系平均の親子相関も、あまり大きくなかった。これは、母樹の選抜を1回しか行っていないので、家系内の遺伝変異がまだ相当大きいということかもしれない。

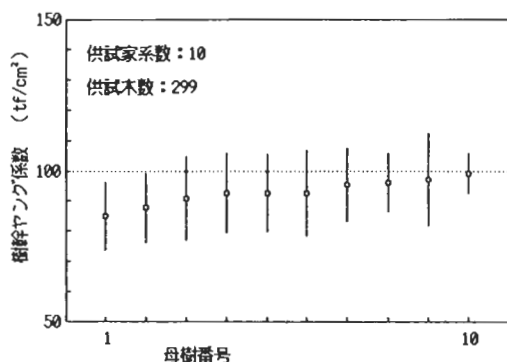


図22 精英樹家系別の樹幹MOE

6.3 産地による樹幹ヤング係数の差

ここでいう産地とは天然分布における原産地（Provenance）のことである。造林樹種は産地試験を行って、

生長、樹型、適応性、耐病虫害性、材質などを試験することが望ましい。カラマツについては、西独の W. Langnerの発案によって、図23に示した30産地について、1960年前後に国内外合せて14ヶ国、44ヶ所に試験林が設定されている²⁰⁾。これらは1産地当たり20本程度の母樹からの種子を用いたものである。国内では、これまでに、初期生長、旋回木理、病・虫害抵抗性などが調べられ^{7, 19-22)}、たとえば初期生長に関しては、富士系（産地No.7-10）が良く、南アルプス系（No.29, 30）が悪いことなどが報告されている^{19, 20)}。また、比重に関しては、カナダの報告²³⁾があり、産地間で高度な有意差が認められるが、産地×環境の交互作用が大きいことが指摘されている。

図24は、北海道河西郡清水町の試験林で樹幹ヤング係数を測定した結果である。産地内・間の差は高度に有意だった（分散比：2.80）。ただし、1試験地の結果しか得ていないので、他の環境でどうかは不明である。

6.4 強度材質の遺伝性

以上みてきたように、強度材質の個体間の遺伝変異はかなり大きく、表現型に占める割合も大きいようである。このことは、はじめに戻ると、材の密度、遅れば晩材率の遺伝性が大きいことが要因と想像できる。図25は、3節で述べた道内5カ所の造林木368本の年輪幅と容積密度数について、それぞれ core wood と outer wood の相関をみたものである。また、図26は別の1林分の供試木48本（図5の供試木と同じ）の年輪幅と晩材率について、形成暦年齢15年を境界として、その内側と外側の相関をみた。いずれも、年輪幅については相関がないが、容積密度数と晩材率は大きな相関が認められ、材質に係る遺伝性が大きいことが伺える。つまり、初期生長のよいものが、その後もよく生長するとは限らないが、初めに材質が優れていたものは、その後も生長の変化に関わらず、優れた材質を期待できるということである。このことは、また、早期選抜が材質に関してのみ有効であることを示している。

これらの理由として、カラマツのような陽樹の生長に関しては、たとえ遺伝変異が大きくても、ある程度生長して林冠が閉鎖した後は、単木的な環境因子が支配的になることが考えられる。一方、晩材率は、年輪幅とは比較的独立に一定値をとるようである。晩材率

に遺伝的な差が生じる原因については、晩材形成過程を検討する必要があるが、「早期生長停止クローンは晩材率が小さい」との野堀の報告²⁴⁾は示唆的である。

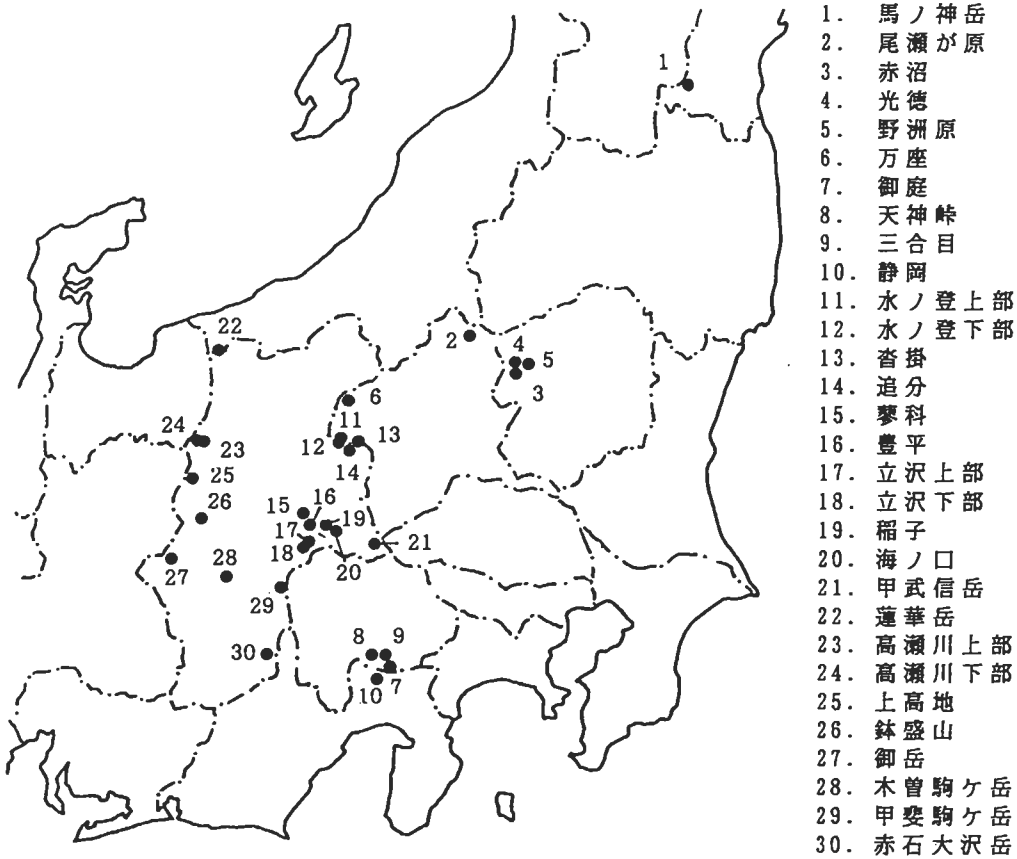


図23 カラマツ産地試験の種子採取地

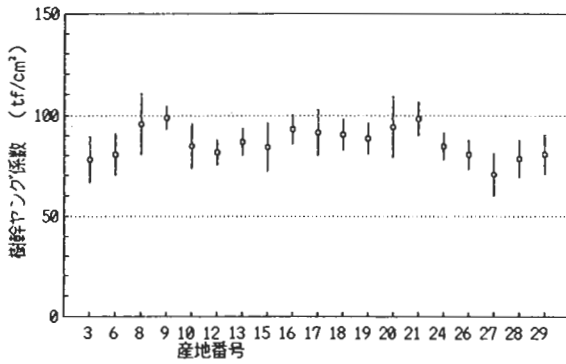


図24 産地別の樹幹MOE^{1.4}

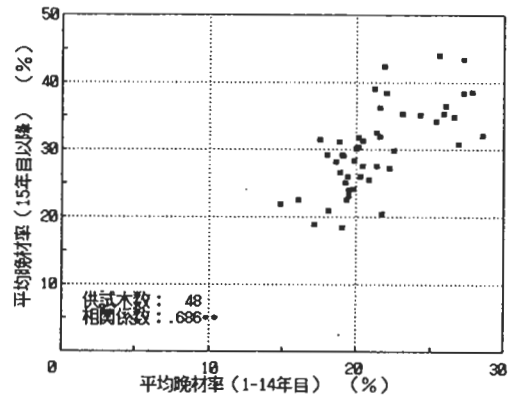
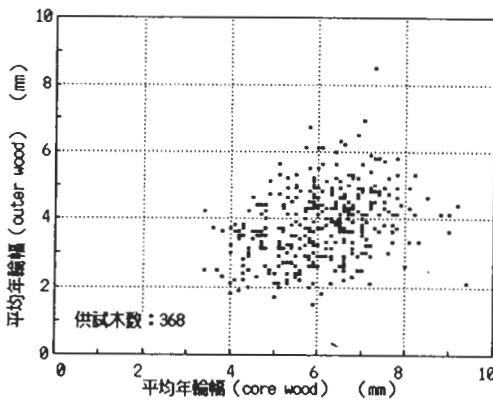
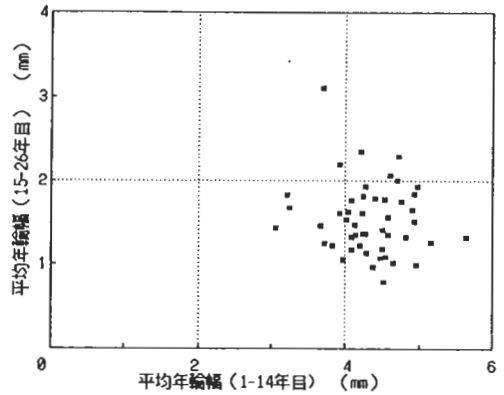


図26 平均年輪幅と晩材率の遺伝相関

7. おわりに

スギについて、昨年、小松²⁵⁾が材質の地域格差が大きいにも拘わらず「スギ」材として単一の等級を与えることに疑問を提示したが、カラマツでも同様のことが言えそうである。カラマツの場合、造林の歴史が浅く、品種も固定されていないが、生育環境や産地・個体の遺伝変異によって、その材質はかなり異なっている。そこで、もしカラマツに素姓に基づく等級区分を採り入れるとしたら、どの段階で区分を行えばよいだろうか。

表2は、いくつかの範疇にわけた場合の樹幹ヤング係数の変動係数である。表の右端の欄は範疇毎の変動係数の、供試木をプールしたときの変動係数に対する比で、この比が小さいとき、その範疇で等級区分を行うことが効率的といえる。これをみると、林間での樹幹ヤング係数の差が相当大きいことが分る。樹幹ヤン

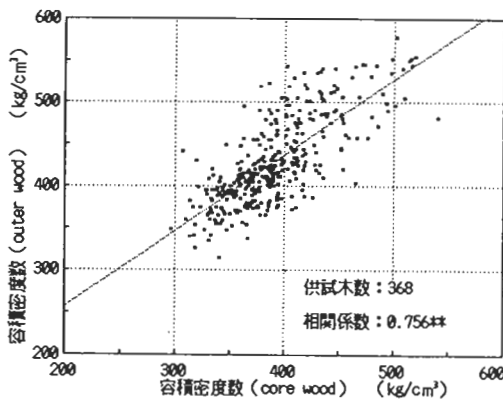


図25 平均年輪幅と容積密度数の遺伝相関

グ係数の林分内のバラツキは、全林分をこみにしたときのバラツキに比べて、3割も小さいのである。「林分」という区分は「林地」や「地方」などの区分に比べて細かく、厄介ではある。つまり、林分毎に等級区分を行う必要があり、煩雑である。しかし、間伐時などに樹幹ヤング係数を測定して、材質マップを整備して行くことは、林業サイドにとっても、長期計画上、意味のあることだろう。そのためには、林木の強度材質が付加価値として認められるようなシステムが必要

だろうが。

また、表2で目立つのはクローン間の遺伝による差が大きいことである。同一クローン内のバラツキは、こみにしたものの約半分である。現状では、さし木の困難なため、栄養繁殖による増殖は難しい。しかし、樹幹ヤング係数の遺伝率が大きいことは、強度材質に関する育種の可能性を示すものである。将来、林木改良によって、許容応力度が変わるなどということ想像すると、ちょっと愉快である。

表2 樹幹ヤング係数のバラツキ

範疇	サンプル数	供試木数	変動係数の 平均値(%)	プールした値に 対する比
林分(*1)	24	644	12.4	0.700
産地	19	113	12.4	0.857
自然受粉家系	10	299	13.3	0.905
クローン	56	168	7.7	0.482

*1 林齢15年以上の実生造林地

参考文献

- 北海道林務部：昭和62年度北海道林業統計（1988）。
- 小泉章夫，上田恒司，片寄、轟：カラマツ間伐材の力学的性質，北大演習林研報，44(1),327-354（1987）。
- 千葉 茂，永田義明，幸田秀穂：カラマツの容積重に関する選抜，北海道の林木育種，23(2),13-16（1980）。
- 中川伸策：産地べつ試験地におけるカラマツの基礎材質について，林試研報，148,93-106（1963）。
- 久保隆史：国産針葉樹材の晩材形成特性，木材学会誌，29(10),635-640（1983）。
- 塩倉高義：針葉樹材における未成熟材の区分とその範囲，木材学会誌，28(2),85-90（1982）。
- 三上 進：カラマツの材質育種に関する研究，林木育種場研報，6,47-152（1988）。
- 千葉 茂，永田義明，幸田秀穂：カラマツの振れに関する選抜，北海道の林木育種，23(2),8-12（1980）。
- 中川伸策：カラマツ樹幹内における旋回木理の分布とその出現型，林試研報，248,97-120（1972）。
- 小野寺重男ほか15名：新得産カラマツの材質と加工試験，北林産試研報，64,1-115（1976）。
- 中井 孝，山井良三郎：林試研報，319,13-46（1982）。
- 木材強度・木質構造研究会：構造用木材—強度データの収集と分析，日本木材学会（1988）。
- 小泉章夫，上田恒司：立木の曲げ試験による材質評価（I），木材学会誌，32(9),669-676（1986）。
- 小泉章夫：生立木の非破壊試験による材質評価に関する研究，北大演習林研報，44(4),1329-1415（1987）。
- 小泉章夫，上田恒司：丸太材の曲げおよび振り性能，北大演習林研報，44(1),355-380（1987）。
- 上田恒司：林木の非破壊曲げ試験による利用材質の予測，昭和62年度科学研究費補助金（一般研究C）研究成果報告書（1988）。
- 小泉章夫，高田克彦，上田恒司：檜山地方演習林の造林木の樹幹ヤング係数，北大演習林研報，46

- (2), 441-450 (1989).
- 18) 高田克彦, 小泉章夫, 上田恒司: カラマツ精英樹クローンの生長とヤング係数, 北大演習林研報, 46(4), 989-1001 (1989).
 - 19) 三上 進: カラマツの産地特性, 林木の育種, 66, 2-5 (1971).
 - 20) 北海道林木育種協会編: 「カラマツ産地試験」の合同発表について, 北海道の林木育種, 15(1), 1-27 (1972).
 - 21) 水野仁志: カラマツ先枯病に対する樹種および産地のちがいによる抵抗性の差異, 北海道の林木育種, 16(1), 35-38 (1973).
 - 22) 倉橋昭夫: カラマツ産地試験25年の結果, 第96回日本林学会大会論文集, 289-290 (1985).
 - 23) Loo, J.; Fowler, D.P.; Schneider, M.H.: Geographic variation in specific gravity among Japanese larch from different provenances., Wood and Fiber, 14(4), 281-286 (1982).
 - 24) 野堀嘉裕, 永田義明, 千葉 茂: カラマツ属の育種に関する研究 (X I), 日本林学会北海道支部論文集, 36, 105-107 (1988).
 - 25) 木材強度・木質構造研究会: スギ材の構造的利用の方向と問題, 日本木材学会 (1988).

IV. カラマツ構造用大断面集成材を用いた建築物について

斉藤木材工業 (株) 鈴木 基

はじめに

当社の創業は130年前にさかのぼり、地場産材を用いた樽の製造からスタートした。その後住宅部門、集成材部門に進出して今日に至っている。集成材については昭和40年頃から階段、かまちなどの造作用集成材の製造を始め、昭和56年造作用集成材、59年構造用集成材のJAS認定工場となっている。

構造用大断面集成材の製造は昭和57年12月の建設大臣の特認をうけて、58年に製造を開始し、当社の上田営業所、真田町林業会館、上田営林署に使用していただいたのが始まりである。その後、構造用大断面集成材のJASが昭和61年12月の農水省告示により制定されたのを受けて62年4月構造用大断面集成材のJAS認定工場となった。

当社におけるカラマツの利用は昭和45年頃から長野県工業試験場の開発したアルカリ脱脂材を用いて造作用集成材の製造を開始したのが始まりである。その後長野県林業指導所（現長野県林業総合センター）の指導により高温高湿乾燥法を採用し、57年に乾燥装置を導入し本格的にカラマツ材の利用を開始した。昭和63年度の当社におけるカラマツ使用量は製材で約5000m³、そのうち構造用大断面集成材としての使用量は約2500m³となっている。

一方、カラマツ材利用の県内の状況を見ると、蒸気式乾燥装置の導入が50年代後半から進んだことにより集成材だけでなく壁板に代表される内外装材、建築、家具、建具等住宅関連部材が多くの企業で製造されている。これらの企業が集まって昭和61年、「協同組合信州からまつ工業会」が発足して、組合員数も24社を数え、カラマツ材の加工技術の向上と新製品の開発に努めている。

また、行政サイドからは県知事を始め、林務部、住宅部、市町村等の御指導、ご理解を得て公共建築

に県産材が多く使われ、一般住宅への普及もはかられつつある。

このようにカラマツは建築関連の多くの分野で使われるようになってきたが、ここでは学会事務局からの要請のあったカラマツ構造用大断面集成材について述べることにする。

I 構造用大断面集成材の原料としてのカラマツ

現在までに構造用大断面集成材のJAS認定工場は40工場を超えたが、そのうち国産材でJAS認定を申請した工場は、10工場程度であり、他は外材である。国産針葉樹のなかでは資源量、素材価格等からスギ、エゾマツ、トドマツ、カラマツ等がその原料樹種と考えられるが、表-1に示すようにカラマツは針葉樹のなかでは2番目のグループに属し強度的な意味からは優位に立っている。資源的には長野県、特に当社の位置する上小、佐久地方はカラマツの大産地である。言うまでもなく木材は再生産のきく資源であり、地元材を有効に利用することは、地場産業だけでなく林業そして地域の活性化に大きく貢献するものと考ええる。

現在利用しているカラマツ原木は末口12cm~26cmが主体であり、そのうち大断面用には末口20cm以上のものを多く利用している。樹齢は40~50年生ぐらいのものが主体である。

II なぜ国産材・集成材なのか

いま我が国の林業地は、戦中の乱伐、戦後の一斉の植樹、間伐期の到来と言う今までに経験したことのない大きな乱流のまっただ中にある。そして10年後には国内の用材を相当量まかなえる量を供給できるとも言われている。

しかし間伐すればするほど赤字になり、林業にた

表-1 集成材の許容応力度（建設省告示第1919号）

集成材の樹種 及び品質		許容応力度			長期応力に対する許容応力度 (単位 1平方センチメー トルにつきキログラム)			短期応力に対する許容応力度 (単位 1平方センチメー トルにつきキログラム)		
		圧縮又は 引張り	曲げ	せん断	圧縮又は 引張り	曲げ	せん断	圧縮又は 引張り	曲げ	せん断
針 葉 樹	あかまつ、くろまつ及び べいまつ	特級	115	165	12	長期応力に対する圧縮、引張 り、曲げ又はせん断の許容 応力度のそれぞれの数値の2 倍とする。				
		1級	105	145						
		2級	90	120						
	からまつ、ひば、ひのき 及びべいひ	特級	105	155	11					
		1級	95	135						
		2級	85	110						
	つが及びべいつが	特級	95	145	10					
		1級	90	125						
		2級	80	105						
	もみ、えぞまつ、とどま つ、べにまつ、すぎ、べ いすぎ及びスプルース	特級	90	135	9					
		1級	80	115						
		2級	70	95						
広 葉 樹	みずなら、ふな、けやき、 しおじ、たも、かば、い たやかえで、にれ及びア ビトン	1級	105	150	12					
		2級	85	125						
	ラワン	1級	90	130	10					
		2級	80	110						

この表において、特級、1級及び2級は、それぞれ構造用大断面集成材の日本農林規格（昭和61年農
林水産省告示第2054号）に規定する構造用大断面集成材の特級、1級及び2級又はこれらと同等以上の
品質を有する集成材を指すものとする。

木質構造建築読本（井上書院）より

ずさわる人たちが減少し、それと共に林地は荒れだ
し、ある地域ではそのために山崩れの恐れがあると
頭をかかえていると言う。林業の活性化をはかり、
次の世代によい用材を残すには今何をしなければな
らないか。間伐の推進、そのための間伐材の用材と
しての利用開発が必要であろう。

当社で利用しているものとしては野地角、壁角（
育藤木材工業、特許出願中）、そして造作用集成材、
構造用集成材がある。国産、外材とも造作材として
利用できる材も少なくなり入手しにくくなってきて
おり、造作用集成材がクローズアップされてきてい
る。

現在のカラマツ林はその主体が戦後植えられたも
ので一般の用材として利用するにはさらに相当高樹
齢にならなければ利用しにくいとされている。中径
材と言われるものでも相当量が構造用大断面集成材
としての利用が可能であり、脱脂乾燥したカラマツ
は光沢にも優れており大断面集成材として利用す
ることは優れた利用方法と考える。

III 構造用大断面集成材の製造

構造用大断面集成材の製造工程を図-1に示す。製造基準はJASおよび日本木材加工技術協会の製造基準に従っている。

製材は地元企業の協力を得て進め、人工乾燥は蒸気式IF型乾燥装置を用い、高温高湿乾燥により仕上がり含水率は12%以下としている。

最終的な仕上げは施工現場で組み立てることのできる製品として出荷することを旨としている。

IV カラマツ構造用集成材を用いた建築物

建築物の組立は場所、施工難易度等で異なるがゼネコンとの関係により建方まで行う場合と、建方指導だけの場合と注文に応じて集成材だけを出荷する場合とがある。

以下に構造用大断面集成材を用いた建築物を計画、設計、施工して行く上での問題点、御理解いただきたい点をあげてみたい。

1 木材は他の建材、構造材と比べてすばらしい材であることを知り、知らしめて欲しい。

- ① 比強度が一番優れている。
- ② 断熱性が高い。
- ③ 吸湿・放湿をし、湿度を調節する。
- ④ 音に対してすばらしい効果を出す。
- ⑤ 腐れ易い・・・防腐処理、塗料により防げる。
- ⑥ 火に弱い・・・今後の大きな研究課題
- ⑦ 火災に強い・・・倒壊の危険が少ない。

2 木材の正しい使い方を知り、知らしめて欲しい。

- ① 何でも良材を使えば良いのではない。
- ② 何でも集成材を使えば良いのではない。

3 そこで施主は何をしなければならないのか、建

物の目的をしっかりとし、予算は的確につかんで欲しい。

4 木を知った設計者を選んで欲しい、また知らない設計者を教育して欲しい。

5 構造用大断面集成材製の建築物は、構造即デザイン、デザイン即構造と言う難しくかつ容易な建物である。

6 木造建築は高いものですが、上手に使いえば決して高いものにはならない。

例えば、野地角、壁角の利用

・厚い板を使い、数工程が1工程で完成する。

7 外国産構造用集成材と国産構造用集成材の違いをしっかりとつかんで欲しい。

- ① 外国産構造用大断面集成材は、節理め、仕上げ等のない、あくまで構造材である。
- ② 国産構造用集成材は人の手がさわってもザラザラしない等一般の木材の仕上げに近い。
- ③ したがって、外国産と国産を単純に比べられないことを知って欲しい。

むすび

以上、当社におけるカラマツ利用の概要とそれを用いた構造用大断面集成材建築物について私見を交えて述べさせていただいた。最後に”国産材を生かし、なお一層地元産材を大切に上手に使っていただきたい”と言うことをお願いし、特に建築に携わる国、県、市町村関係者、建築士の皆様から一般の方々まで幅広い御理解を得、それに応える努力を各界の方々の方々の御指導を得て、関係する方々と協力して進めて行きたいと思っております。

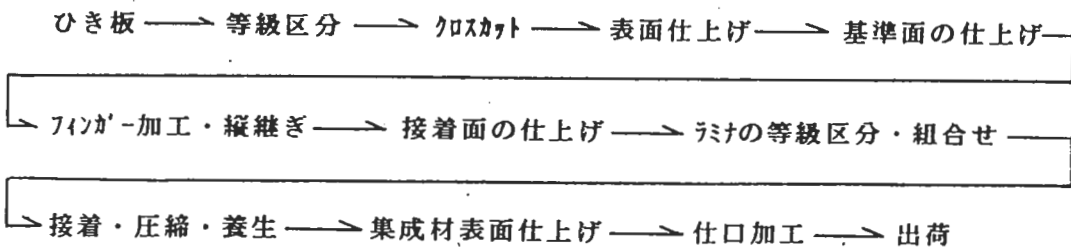


図-1 構造用大断面集成材の製造

長野県におけるカラマツ材の乾燥技術とその普及

長野県林業指導所

橋 爪 丈 夫・吉 田 孝 久

吉 野 安 里・武 井 富喜雄

はじめに

長野県における人工針葉樹林面積の約60%を占めるカラマツの有効利用は、本県林業の振興にとって重要な課題である。

かつて、カラマツの用途はソマ角、杭木等、土木用材が主流であったが、現在では需要構造が大きく変わり、建築、家具、木工製品等の材料として、多方面にわたり利用されるようになってきた。

これは、人工林カラマツの材質究明や、製材、乾燥、加工等の研究が各方面でなされた結果といえよう。

その中でも、「ねじれ狂いがおきやすい」、「割れやすい」、「ヤニがでる」等のカラマツの欠点は、乾燥技術の開発によって克服されたといつてよい。

今日、その成果を基にしたカラマツ材の乾燥技術は県下に普及しつつある。

ここでは、カラマツ材需要拡大の基本となった乾燥技術について、今までに得られた研究成果に主点をおき、さらにその業界への普及、及びそれともなうカラマツ材の利用拡大の状況等について述べてみたい。

なお、カラマツ材の乾燥技術に関わる試験は、国補研究課題の中で取り組んできたものである。

I カラマツ材の乾燥技術

昭和52年以来、多くのカラマツ材の乾燥試験を行ってきた。集成材用のラミナや製品試作のためのもを含めれば、実用規模での試験は80回を越える。

その結果の中から、ここでは主として割れの抑制に関する事、及びヤニしん出防止に関する事について試験結果を紹介し、現在指導しているカラマツ材の乾燥方法について述べる。

1 心持材を用いた割れの抑制に関する試験（昭和54年）

(1) 方 法

22年生、末口径10~14cm、材長3mのカラマツ小径材から心持の7cm正割、9cm正角を採材し供試材とした。

乾燥条件は天然乾燥によるものと、天然乾燥（含水率30%まで）の後、人工乾燥を行うもの、及び製材直後できるだけ早く人工乾燥を行う（生材乾燥）ものの3種類とした。

人工乾燥スケジュールは各々について3種類を設定した。このうち表-1に生材からの3区

分(低温, 中温, 高温)の人工乾燥スケジュールを示した。また人工乾燥時に圧縮圧を加えたものと非圧縮のものを同時進行させ, 乾燥後の形質変化を兩者について比較した。

圧縮圧は椀木加圧1 kg/cm²程度の死荷重とし, 乾燥仕上がり含水率は15%とした。

(2) 結 果

表-2に生材人工乾燥における形質変化を示した。

表-1 生材-人工乾燥のスケジュール

(7 cm正割, 9 cm正角)

含水率 (%)	低温乾燥		中温乾燥		高温乾燥	
	乾球 温度 (°C)	温度 差 (°C)	乾球 温度 (°C)	温度 差 (°C)	乾球 温度 (°C)	温度 差 (°C)
生~40	55	5	75	5	100	5
40~30	60	10	80	10	"	10
30~20	65	15	85	15	"	20
20以下	70	25	90	28	"	30

表-2 生材人工乾燥による形質変化

(7 cm正割, 9 cm正角)

乾燥条件	項目	背割の 有 無	区 分	本数	含水率 (%)	収縮率 (%)	曲り (%)	ねじれ (度)	割 れ (cm)	
									木 口	材 面
低 温 乾 燥	7×7 非圧縮	無	AV SD	10	15.0	1.3 0.9	0.19 0.14	7.8 2.3	25.3 17.5	197.2 104.2
		有	AV SD	10	15.0	2.9 0.7	0.11 0.04	10.8 2.6	2.2 4.9	3.0 6.7
	7×7 圧縮	無	AV SD	10	15.0	1.7 0.9	0.13 0.10	5.2 3.6	25.0 27.6	197.0 143.1
		有	AV SD	10	14.8	2.7 0.9	0.21 0.10	5.4 2.9	8.6 3.6	0 0
	9×9 非圧縮	無	AV SD	10	23.0	2.3 1.2	0.13 0.11	3.3 2.8	84.2 54.0	297.1 92.7
		有	AV SD	10	22.4	2.4 0.5	0.27 0.12	4.8 3.1	0 0	0 0
		無	AV SD	10	22.7	1.6 0.7	0.09 0.07	2.6 1.2	57.7 45.7	261.6 107.0
		有	AV SD	10	23.0	1.8 0.7	0.15 0.09	3.2 1.8	0 0	0 0
中 温 乾 燥	7×7 非圧縮	無	AV SD	20	14.1	2.5 0.7	0.14 0.09	10.4 6.1	17.0 21.8	84.0 79.1
		無	AV SD	20	14.1	2.8 0.7	0.04 0.06	9.7 4.5	17.0 17.6	84.1 81.5
	9×9 非圧縮	無	AV SD	20	18.8	2.2 0.6	0.11 0.07	5.3 3.5	34.3 31.3	208.2 87.4
		無	AV SD	20	18.8	2.0 0.5	0.04 0.07	2.8 2.3	40.1 25.1	186.3 130.8
	高 温 乾 燥	7×7 非圧縮	無	AV SD	41	14.7	3.0 0.6	0.21 0.18	13.5 7.2	9.0 13.6
無			AV SD	43	14.7	2.9 1.0	0.16 0.10	10.0 4.4	3.9 6.1	29.3 62.2
9×9 非圧縮		無	AV SD	22	16.8	3.0 0.6	0.12 0.11	10.5 3.3	35.8 31.3	152.0 111.0
		無	AV SD	19	16.8	2.7 0.6	0.10 0.08	4.9 3.0	39.0 58.4	105.0 91.0

注) AV: 平均値 SD: 標準偏差

天然乾燥材、30%まで天然乾燥後人工乾燥した材、及び生材からの低温乾燥材はほとんどの材に割れが発生した。これに対して、生材の中温、高温乾燥の場合、明らかに割れが少なくなり、乾燥温度と割れの関係が明瞭に示された。材面割れ、木口割れのスケジュール別発生量の比較を図-1、図-2に示した。特に、7 cm正割の場合、高温乾燥では材面割れ、木口割れともに低温乾燥の1/10程度まで抑制されており、ほとんど割れずに乾燥できた(写真-1)。

乾燥スケジュールとねじれ及び曲がりの関係は明らかにならなかったが、圧縮することによる効果は認められ、圧縮したものは非圧縮のものに比較して、曲がりについては約1/2、ねじれについては1/2~2/3程度に減少していた。

収縮率は、処理別の差はそれほど明瞭でなかったが、表-2の生材乾燥の結果では若干高温乾燥材のほうが大きい傾向が認められた。

この試験結果は、最も割れやすい心持材であり、通常人工乾燥して使用する平割、板など材種であれば、本試験の中温乾燥以上の温度域で乾燥すれば、割れの心配はほとんどないと判断できた。

2 ヤニしん出防止に関する試験

(1) 平割の蒸煮-高温乾燥試験

(昭和53年)

1) 方法

46年生カラマツから長さ3 m、厚さ3.6 cm、幅12 cmの平割を採材した。その中で、供試木2本から図-3に示すように隣接して採材したものを組にして、無処理、アルカリ脱脂、蒸煮-高温乾燥の比較試験用の試片を取った。

アルカリ脱脂については実際に実施している企業(昭和53年当時)に

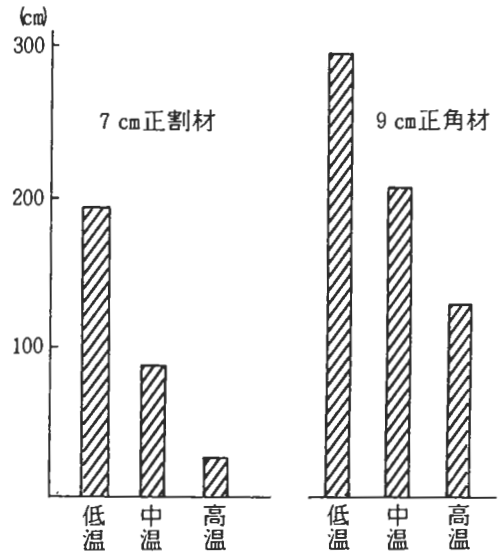


図-1 生材人工乾燥における1本当たりの材面割れ総延長の比較(非圧縮材)

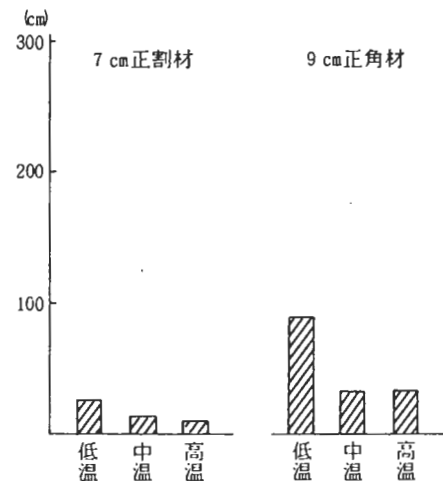


図-2 生材人工乾燥における1本当たりの木口割れ総延長の比較(非圧縮材)

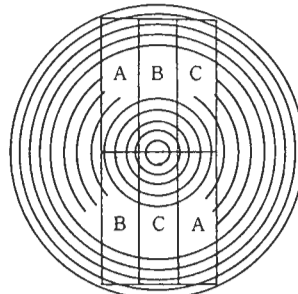
依託した。蒸煮-高温乾燥は表-3に示す乾燥スケジュールにしたがって乾燥した。

試験材を栈積したところを写真-2に示した。

表-3 蒸煮-高温乾燥の人工乾燥スケジュール

(3.6 cm厚, 平割)

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	温度差 (°C)
蒸煮 8 時間	96	0
生 ~ 20	100	10
20 ~ 15	"	20
15 ~ 8	"	30
イコーライジング	"	10
コンディショニング	"	5



A : 蒸煮-高温乾燥用
B : アルカリ脱脂用
C : 無処理用

図-3 平割の蒸煮-高温乾燥試験の比較用試片の木取り

2) 結果

図-4に日光暴露試験におけるヤニしん出度の比較を示した。

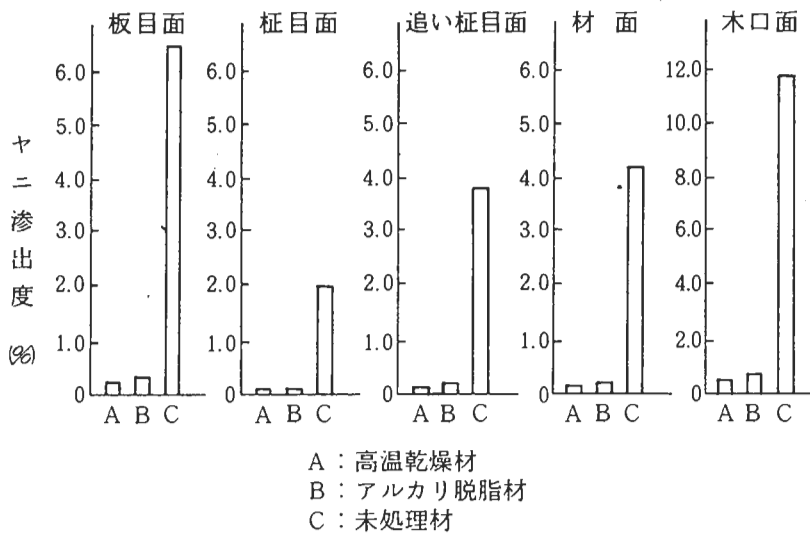


図-4 日光暴露試験におけるヤニしん出度の比較 (平均値)

これは、各処理後に24cmに切断してプレーナーがけした試片を、幅90cm、深さ12cm、長さ1.8mの透明ファイロン板をはった暴露箱内で2月末から8月末まで日光暴露した結果である。ヤニしん出度は、材面の全面積に対するヤニ汚染面積(点格子板で測定)の割合とした。

未処理材と比較すれば、両処理材共にヤニしん出度は極めて低く、さらに両処理の間に差は認められなかった。

日光暴露箱の内部温度は冬期（2，3月）は、マイナス10℃から、快晴の日は60℃まで昇り、夏期（7，8月）は日中最高100℃から夜間の大気温までと、極めて苛酷な条件下での暴露であって、日常生活の常識的な使用状況では、ヤニはしん出しないものと判断された。

精油成分，エーテル抽出物の含有率の比較を図-5に示した。精油成分の定量は通常の水蒸気蒸留の方法に従い，エーテル抽出物の定量は，JIS，P8009に従った。

精油成分は，それ自体が微量成分であり，分析中にも空气中に揮散し，正確な定量は困難であるが，結果からは未処理材

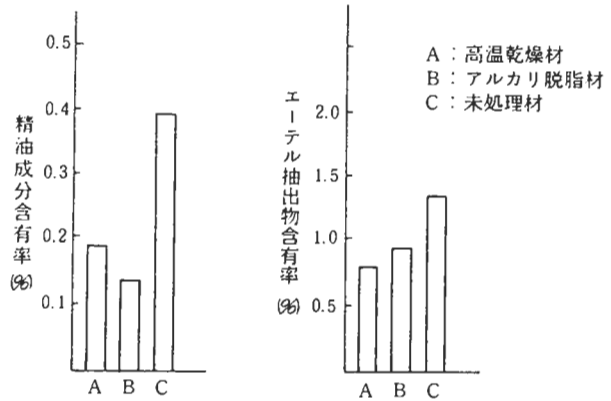


図-5 精油成分，エーテル抽出物含有率の比較（平均値）

との差は認められ，エーテル抽出物も未処理材に比較して減少している。

カラマツ材のヤニのしん出は，ヤニの中の固形分が精油成分に溶解して流動性を帯びていることが原因と考えられる。そこで，水蒸気蒸留による共沸現象を利用して，人工乾燥初期に高温蒸煮することによって，材内から精油成分を揮散させ，ヤニの流動性をなくすことをねらいとしたが，この目的は達成されたといえよう。

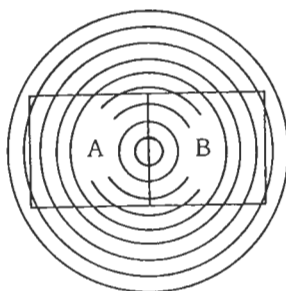
(2) 柱角の蒸煮試験

1) 方法

48年生，末口28～34cm，長さ3mの素材から10.5cm正角を図-6のとおり採材し，一方を処理用，他方を無処理用とした。蒸煮処理は5・10・15時間の3区分で行い，乾燥は天然乾燥とした。

2) 結果

各処理材を，前述した暴露箱の中で6カ月間日光暴露して，20名の調査者によりヤニしん出



A：蒸煮処理
B：無処理

図-6 柱角蒸煮試験材の木取り

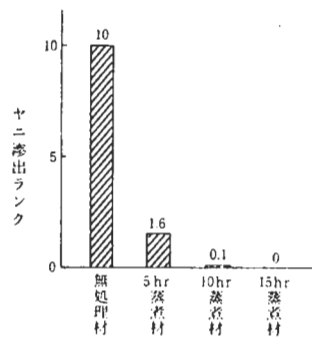


図-7 ヤニしん出状況ランク付け（柱角）

状況ランク付けをおこない、その結果を図-7に示した。無処理材のヤニしん出ランクを10とし、これに対して、5時間処理は1.6、10時間処理で0.1、15時間処理では0となり、高温蒸煮によるヤニしん出防止効果は明瞭に示された。

3 現在指導しているカラマツ材の乾燥法

(1) 乾燥装置

カラマツ材を乾燥する場合、乾燥装置は通常の蒸気式IF型木材乾燥装置でよいが、高温、高湿の状態に常にさらされるために、吸排気筒及び装置内のヒーター等は、ステンレス、アルミニウム等の耐蝕性の高いものが要求される。また、壁体は耐熱性の塗料で常に保護する必要がある。ファンモーターは耐熱、耐湿型が必要であり、材間風速にバラツキが無いことも要求される。比較的高含水率からの乾燥で、しかも乾燥速度が速いために、風速のバラツキは仕上がり含水率のバラツキに影響する。

ボイラーは沸点による蒸煮が長時間可能な容量が必要である。

(2) 蒸煮条件と乾燥スケジュール

現在、業界の施設の状況を考慮して、指導している蒸煮条件を表-4に、同じく乾燥スケジュールを表-5に示した。

表-4 現在、指導している蒸煮温度と処理時間

種 別	蒸 煮		備 考
	処理温度	処理時間	
建 築 内 装 用 板 類	85～90℃	10	建具材を含む "
	95～100℃	6	
建 築 内 装 用 ひき割類 (厚60mm以下)	85～90℃	15	建具材を含む "
	95～100℃	6	
建 築 構 造 用 柱・桁類	85～90℃	6～10	蒸煮処理のみで 天然乾燥可能
	95～100℃	3～5	
家 具 用 材 (ひき割・板類)	85～90℃	15	
	95～100℃	10	

(注) 処理時間とは乾燥室内温度が処理温度に達した後の経過時間を指す。

(3) 残されている課題

カラマツ材の乾燥について残されている課題として次のものがあげられる。

1) 調湿の条件設定および養生期間

調湿は乾燥終了時に、乾燥過程で発生した乾燥応力および、内層と外層の含水率差をなくすことであり、これと養生(加工に入るまでに外気にならす)に適正を欠くと、後に狂いがやすい。特に、集成してから挽き割って壁板等を製造する場合、これがうまくいっていないと表面に凹凸が生ずる。

2) 乾燥温度と乾燥材の材質特性

強さ、加工性、薬剤注入性等への影響を検討する必要がある。

表-5 現在指導しているカラマツ材の人工乾燥スケジュール

含水率(%)	乾球気温(℃)	温度差(℃)	備 考
初期蒸煮 生材～40	表-4の通り 85～100		ヤニ渗出防止
～30	"	5	
～25	"	10	
～20	"	15	
20以下	"	20	
		30	
	イコーライジング コンディショニング		

3) 断面の大きなものの乾燥

断面が大きくなれば、等比級数的に乾燥時間が延びる。柱、梁、桁、ログハウス用部材など、技術的には、天然乾燥、人工乾燥、あるいはその併用で対応可能であるが、乾燥経費に加えて挽き直しという工程が入るために、コスト的にも納期の面でも問題がある。

断面の大きなものの天然乾燥における含水率経過、人工乾燥における含水率経過、及び仕上り含水率とその後の狂いとの関係を検討する必要がある。これによって、挽き直しの時期、野物寸法等も明らかにすることができる。

II カラマツ材の乾燥技術の普及と業界の動き

1 乾燥技術の普及

長野県では、昭和43年ごろから、県工業試験場の開発したアルカリ脱脂乾燥によりカラマツ材の家具あるいは小木工品の生産が始まった。

当所の方式による乾燥技術は、昭和54年ごろから業界に普及した。

これは、従来のアルカリ処理に比較して設備面、コスト面でも安価であったことから、新聞、テレビ等でもしばしば取り上げられ、徐々に業界に浸透していった。

当所でも木材乾燥管理者養成講習会を開いたり、普及出版物「技術情報」等で解説するなど、PRに努め、現在では、2森林組合、8企業の計10企業に乾燥装置が設備された。

最近では、公共建物等に県産材、特にカラマツ材の利用を進めようという大きな動きが行政にみられるようになり、カラマツ材の解説書や、利用基準等が必要とされるようになってきた。

そこで、これまでの知見を基に59年、「カラマツ材利用の手引（初版は信州カラマツ対策協議会より出報された）」、61年に「カラマツ利用基準（案）」を作成して、一般や行政等の利用に供している。

図-8にカラマツ人工乾燥材の生産量の推移を示したが、ここ数年の伸びが著しい。

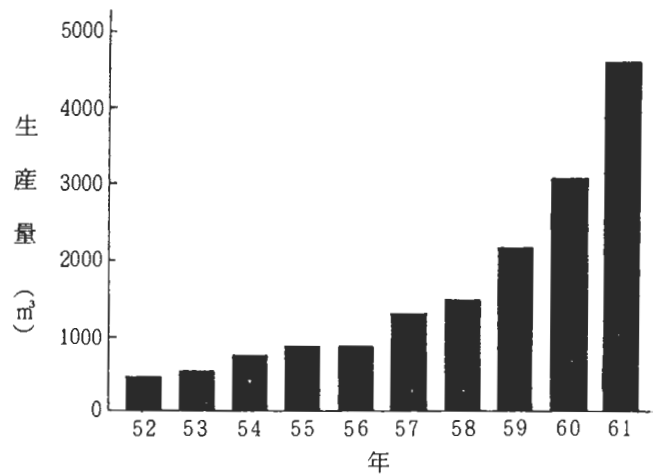


図-8 カラマツ乾燥材の生産量の推移
(カラマツ材の乾燥を行っている
10企業へのアンケート結果である)

2 業界の動き

昭和57年、長野県木材協同組合が主体となって「カラマツ加工技術の研究と需要開拓」をテーマに、カラマツを扱っている9業者、県、それに当所がメンバーとなって、活路開拓ビジョン調

査・研究事業を実施した。その結果、「人工乾燥材の積極的な使用と徹底した品質管理、製品含水率の標準化、生産コストの低減を図り、責任ある製品を供給していく」等の提言がなされた。

また、この事業に並行して、カラマツ材を利用しその地位向上に努めようとする12企業によって「信州からまつ工業会」が発足した。これは全く業界だけの集まりであり、素材、製材、建築、家具、建具さらには集成材業者まで参画している。その目指すところはおおよそ、活路開拓ビジョンに沿うものであった。

その後、会員も増え評価も高まり、昭和61年、それまでの任意団体から法人権をもった「協同組合信州からまつ工業会」として正式にスタートした。

工業会では、製品の確実性は含水率管理にあるという認識のもとに「木材製品製造基準」という自主基準を作るまでになっている。また、県内外で催される住宅関連のイベント等に積極的に参加し、カラマツのPRに努めている。

3 カラマツ製品

県内におけるカラマツ製品（土木仮設的なものを除く）は主として工業会傘下の企業で生産されている。他に小木工品等を製造しているところもあるが、半製品は工業会のメンバーから仕入れられている。

(1) 建築構造材、長押、敷居、鴨居等造作材

高樹齢大径材が必要であり製材設備を必要とすることから、現状で対応しているのは数社である（写真-3、4）。

断面の大きなものの乾燥は、残されている課題の項で述べたように、検討すべきことが残っている。

(2) 壁板

体育館、公共施設、別荘、個人住宅用等、種類も増え、エンボス加工したもの、外装用に表面処理したもの等がある。

内装にカラマツの壁板を多用した小学校が作られたり、昭和58年以来、県立高校の体育館の壁板にカラマツが採用され、すでに40棟程の実績がある（写真-5）。

学校等へのカラマツ壁板の採用は、従来のカラマツのイメージを変えたと言ってよい。

(3) 家具

昭和40年代後半から工業試験場、業界中心に研究がなされ、今日ではカラマツ特有の木目、生節をいかし、机、椅子等の足物家具、食器戸棚等の箱物家具が製造されている（写真-6）。

短尺部材を用いるため、狂いがしやすい小径材の利用も可能である。

(4) 建具

公共施設、別荘、一般向けにドア、木製サッシュ等が製造され、量的には少ないが精力的に挑戦している企業がある（写真-7）。

(5) 集成材

造作用集成材については、5社により、家具用部材、階段セット、壁板等が製造されている。

構造用集成材は、代表的な 1 社がカラマツ材を用いて構造用大断面集成材の製造も始め、相当な実績をあげている（写真－8）。

57年の建設大臣の特認により我が国でも比較的規模の大きい木構造が認められたことにより、この分野でのカラマツの需要増加が期待できる。

また最近、構造用大断面集成材の日本農林規格が制定され、これに対応した動きが数社にみられる。

(6) その他

みやげ物などとして、集成材を利用した小木工品や皮付き板の表面にプリントしたのもも製造されている。

そのほかに、当所で検討しているものとして、木レンガ、木製防音壁がある（写真－9）。

おわりに

ここでは、カラマツ材の乾燥に関わるものを主として取り上げたが、木材乾燥技術の普及は、カラマツの利用にとどまらず、業界の技術の向上、他のものの利用開発へとつながった。針葉樹間伐材を用いた野地角、広葉樹小径材のフローリング利用などがあげられる。

木製品は、製材に始まって最終仕上げまで多くの工程を通過する。その工程すべてが重要であって、木材の需要開発にあたってはそれ等を総合的にとらえる必要がある。

なお、カラマツ材の乾燥技術に関する一連の試験結果については、長野県林業指導所研究報告（1986）にまとめて報告してあるので、詳しくはそれを参考にいただければ幸いである。

高温乾燥材

低温乾燥材



写真-1 低温乾燥材と高温乾燥材の比較

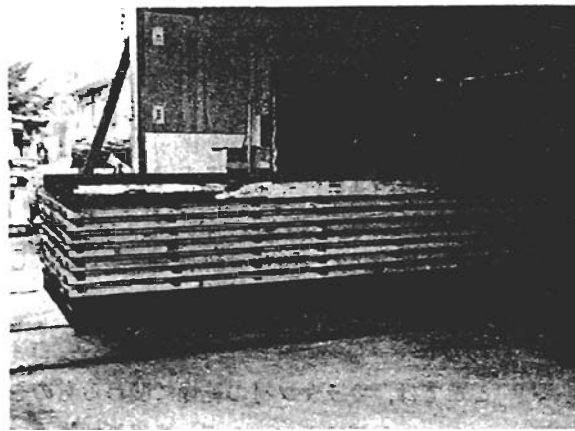


写真-2 平割の蒸煮-高温乾燥試験



写真-3 カラマツの建築構造材

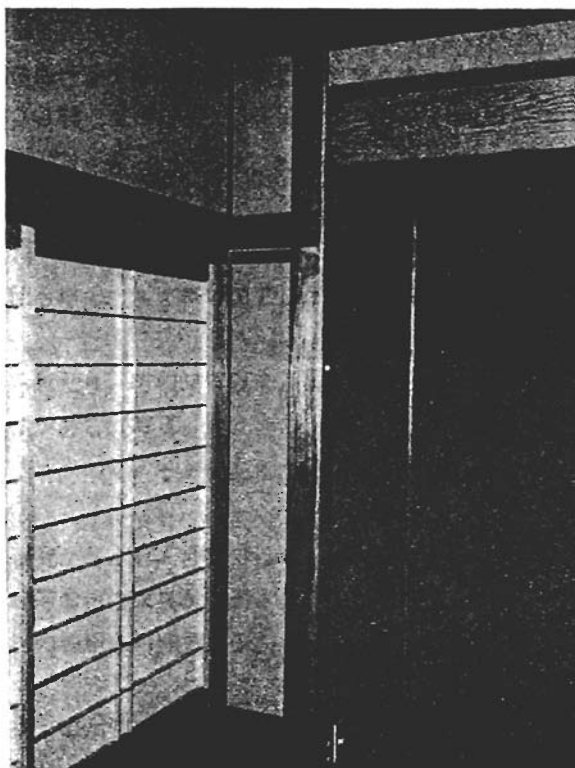


写真-4 カラマツの柱, 敷居, 鴨居, 長押回り縁, 天井竿



写真-5 カラマツ壁板が使われている高校体育館

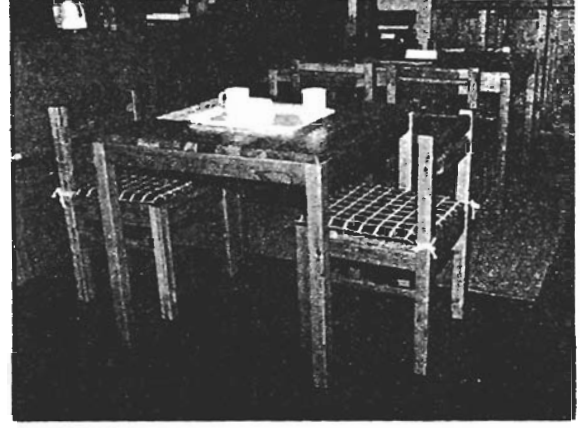


写真-6 カラマツの家具



写真-7 カラマツの木製サッシュと壁板

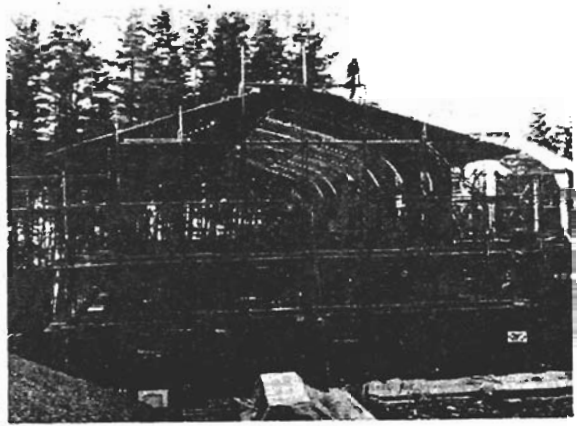


写真-8 カラマツ構造用大断面集成材を用いて建設中の長野県林業総合センター本館

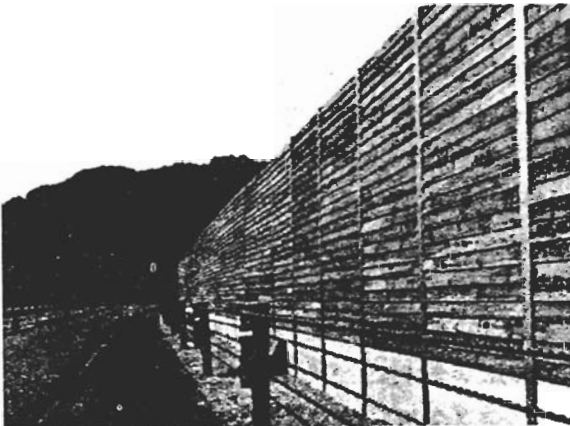


写真-9 中央道西宮線飯田インターチェンジ付近に完成したカラマツ木製防音壁

当日の質疑応答

質問 (山梨県林業技術センター 名取 潤)

山梨県においてもカラマツの利用については興味のあるところですが、4点程お伺いしたい。

まず、第1点、カラマツの心持ち材を人工乾燥した場合、低温よりも高温の方が損傷が少なかったということですが、従来の常識とは結果が逆になっている。どうしてなのか。カラマツ特有の現象なのか。

第2点、ヤニ浸出防止技術ですが、設備面、コスト面でアルカリ処理と比較して蒸煮高温乾燥が、どの程度有利か。具体的例でもってお教えいただきたい。

第3点、ヤニ浸出材ですが、材のどの程度の深さまでその効果は期得できるのか。また、その深さは蒸煮時間を延長すると改善されるものなのか。

第4点、天然乾燥材を蒸煮してもヤニの浸出防止効果は期得できるのか。

回答 (長野県林業指導所 橋爪 丈夫)

第1点、樹種によって比較的割れにくい温度域があるのではないかと思います。カラマツについてこれほど温度と割れの関係が明瞭に表れるとは思いませんでした。

当初、ヤニの問題を重視して試験を始めた。付随して欠点が現れても困ると考えていたわけで、結果として高温の方が割れが少なかったということです。この現象がカラマツだけのものなのかどうかということで、ヒノキについても試験を行いました。ヒノキは天然乾燥と比較すれば人工乾燥の方が割れは少なかった。中温と高温との比較についてはカラマツ程明瞭には表れませんでした。これらの結果から、針葉樹の場合、高温の方が割れは少ないといえるのではないかと思います。

第2点、アルカリ処理の場合、高圧釜が必要です。設備面で、最も高価なのがアルカリ廃液の処理装置です。加えて、アルカリ処理は万能ではなくて、乾燥工程も必要なので、乾燥装置も含めると設備面で相当な負担になってきます。それに対して、木材乾燥装置はカラマツに限らず広葉樹にも応用できる普通の蒸気式木材乾燥装置ですので、企業でもすぐ使えます。

第3点、10～15時間の蒸煮時間をもって10cm角程度でも材の中心部まで効果があると考えております。

第4点、天然乾燥材についても、生材程の期待はできないかもしれないが十分に蒸煮の効果は期待できます。

質問 (大分県林業試験場 江藤 幸一)

公共施設などの壁面材としてカラマツがかなり使われていて、長野県林業指導所内でも試作されたということですが、どういう種類の壁面を試作されたのか。また、仕上げ含水率の指導をされているということだが、何%位の含水率にもっていくよう指導されているのか。

回答 （長野県林業指導所 橋爪 丈夫）

試作品については、はじめに縁甲板、それから壁板、高校の体育館等の壁板です。高校体育館用としては厚さ21m/m、巾100m/mのものを試作し、それに若干の改良を加えて、現在実用化されています。

次に、含水率についてですが、高校体育館の壁板は、平均して10～12%の仕様になっています。この数値は、実際には非常に難しいので8～12%位にしても良いのではないかと考えております。製造基準の中に仕上がり含水率を、建築構造材なら20%以下、内装材は8～12%位、柱は13～18%をメドとしていただくよう指導しております。

司会者

現在、建築上の大きな問題になっているのが含水率についてではないかと思えます。

この点に関して御意見のある方どなたか。

質問 （岐阜県林業センター 富田 守泰）

ヒノキの柱材の目標含水率について、実験室内で絶乾法で計測した場合と現場で使われている含水率計を用いた場合では、差がでてくることが私どもの調査でも明らかになっております。長野県ではどちらの方法を用いているのか。

回答 （長野県林業指導所 橋爪 丈夫）

絶乾法を用いています。ただ、構造材のような大きなものについては含水率計を用いていません。

市町村等の場合は、業者立会いで含水率計で計測しているようです。

質問 （岐阜県林業センター 富田 守泰）

再度、2，3質問させていただきます。

まず、壁材にカラマツが使われた場合、高温乾燥しますと色が焼けることがあるが、どのような対応をされているのか。

もう1点、乾燥した場合、立方当たりどの程度コストがかかるのか。

それから、高温で乾燥するので従来の使用方法に比べ乾燥室の耐用程度はどうか。

回答 （長野県林業指導所 橋爪 丈夫）

第1点の色焼けについては、現状では対応を考えておりません。塗料ないし油性のもので拭く位です。

第2点の乾燥のコストですが、通常の木材乾燥のコストの範囲と考えております。

第3点の老朽化の問題ですが、明らかにあります。壁面等は耐熱塗料で保護する必要があります。また装置内の金属は耐湿、耐熱型のものを使用しなければなりません。

見学場所および宿泊所等案内

11月14日

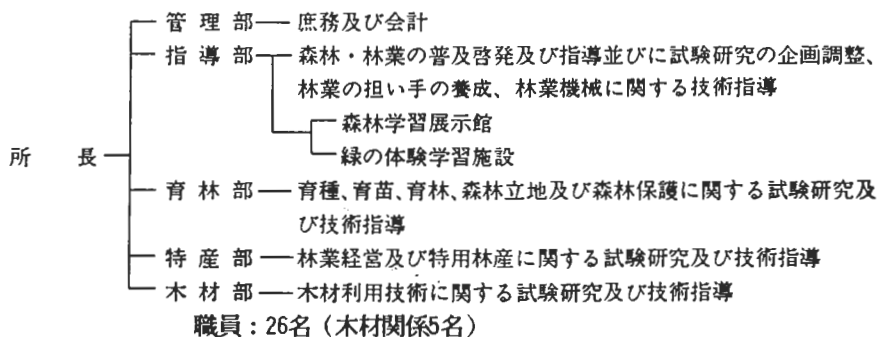
1 長野県林業総合センター：シンポジウム会場
塩尻市片丘狐久保5739

(1) 概要

昭和36年塩尻市宗賀に長野県林業指導所として発足した。その後二十数年を経過したが、昭和63年3月に現在地に新施設を建設移転した。さらに63年4月名称を長野県林業総合センターと改めると共に従来の試験研究、指導施設を充実した。また、新たに森林学習展示館、緑の体験学習施設等を併設した。

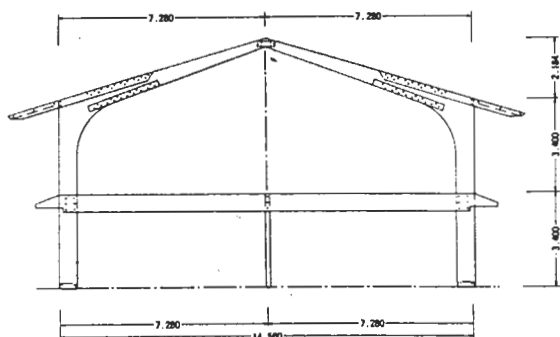
敷地面積：約24ha， 建物延べ面積：5,166㎡， 標高：約850m

(2) 組織



(3) 主な木造施設

1) 林業総合センター本館



昭和61年8月着工，昭和62年3月完成，木造2階建、建築面積：794.97㎡，

延べ床面積：1,355.37㎡

構造材：カラマツ構造用大断面集成材・・・83.51m

カラマツ、ヒノキ他・・・67.94m

造作材：カラマツ、ヒノキ他・・・99.74m

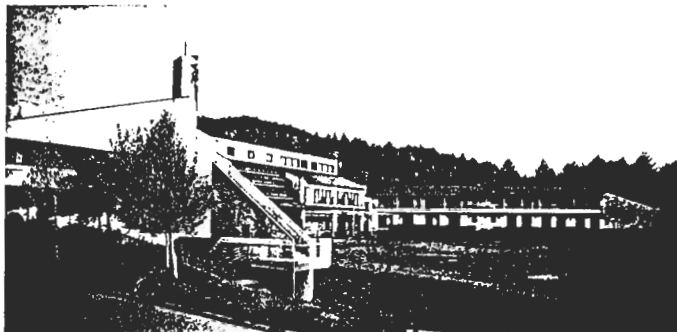
内装材：カラマツ、ヒノキ他、壁板・・・37.90m

床：ナラ（フローリングブロック）・・・19.20m

2) 森林学習展示館，緑の体験学習施設，実験棟，研修宿泊棟

研修宿泊棟の1部、きのこ総合実験棟を除く全ての建物が、長野県産材を用いた木造である。

- 2 宿泊所：農協福祉保養センター”かたおか”
塩尻市片丘



高ボッチ高原、鉢伏山の中腹、海拔1000m以上の高地にある。松本平が一望でき、常念、槍、穂高等の北アルプスの眺めがすばらしい。

11月15日

- 1 牛伏寺：カラマツ大径木の見学
松本市内田2573

真言宗の寺で、藤原時代から鎌倉、室町、江戸に至る仏像群が多く保存されており、アカマツ、カラマツ、スギ、ヒノキの並木が多く、深山の風趣がある。

厄除寺として知られている。



牛伏寺のカラマツ：松本市天然記念物
観音堂から50m上がったところにあり、胸高直径約：120cm、樹高：40mと言われている。
カラマツでこれだけの巨木は少ない。
また、参道の両側にもスギ、ヒノキに混じってカラマツの大径木がある。

今回の見学はカラマツを見るのが目的



2 国宝・松本城

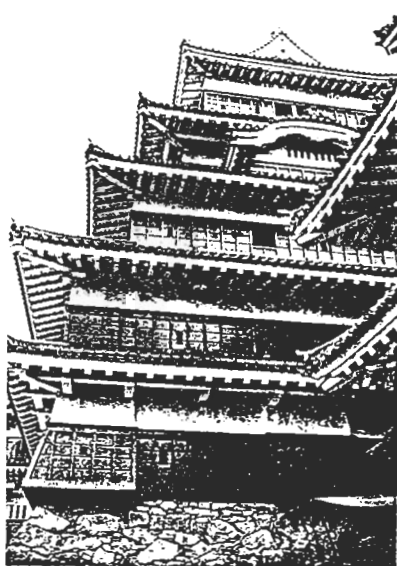
松本市丸の内4-1

1590年豊臣秀吉によってこの地に封じられた石川数正、康長父子2代にわたって造営されたものである。

天守閣は5層6階の大天守を中心に乾小天守を渡櫓で結び、それに寛永時代に松平直政が辰巳附櫓と月見櫓を付設し、今日にみる美しい姿が完成された。

現存する天守閣としてはわが国最古のものである。石積、石落し、狭間など随所に古い形式を残している。

昭和11年に国宝に指定され、昭和28年に再指定され、今日に至っている。この間昭和25年から30年にかけて解体修理が行われた。



天守閣の模型に示すように2階ごとに1つのブロックとみなし、それを積み重ねてある。

その建築水準の高さには驚くべきものがあるという。

使われている材料は多い順に、アカマツ、ヒノキ、ツガ、アスナロ、ネズコ、ヒメコマツ等である。



3 重要文化財・旧開智学校校舎

松本市化開智2丁目4番12号

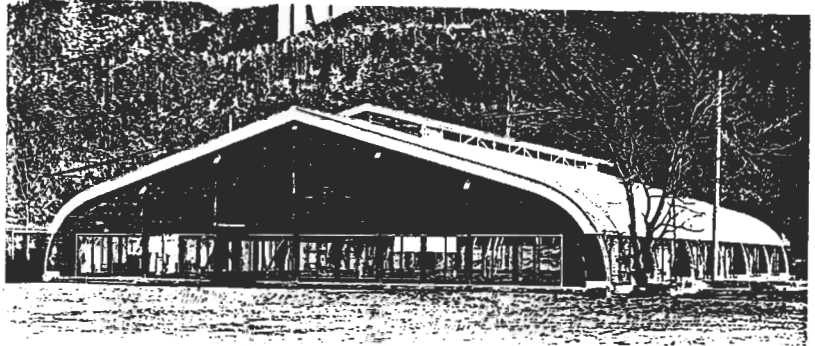
明治初年に建てられた。寄棟造、瓦ぶき、大壁、2階建、大工頭梁立石清重、工費約12,000円、擬洋風建築である。ギヤマン入りの屋上の八角塔が、明治開花の象徴として庶民の目をひいた。

数次の教育制度の変革により校名も変わり、昭和38年校舎としての使命を終わり、同39年現在位置に移築復元され、教育資料も含め一般に公開されている。

この建物の南側にはグラウンドをはさんで現在の松本市立開智小学校がある。二十数年を経た鉄筋コンクリート製の建物であり、これとの対比もおもしろい。

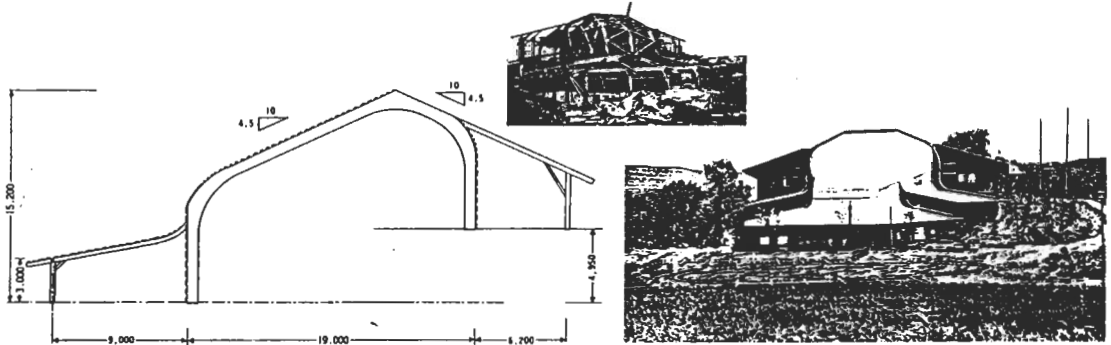


4 丸子町屋内ゲートボール場
小県郡丸子町東内2498-3



構造用大断面湾曲集成材による屋内ゲートボール場、新工法の開発により大幅なコストダウンをねらった。
鉄骨造と違い、結露の心配がなく、木の美しさと共に好評である。

5 信州国際音楽村「ホールこだま」
小県郡丸子町大字生田2937



林野庁のモデル木造施設として指定を受けたもので、カラマツ湾曲集成材で主体構造としてフレームを組み上げ、床・壁・天井・にもカラマツやスギの間伐材を用いている。

施工については、道路交通法により長物が持ち込めず、最大フレームは3分割して現場でジョイントを行った。

その他あらゆるジョイント部分が3次で考えられている。

6 斉藤木材工業株式会社
ナガト工場
長野県小県郡長門町古町4413

昭和62年4月構造用大断面集成材のJAS認定工場となっている。

