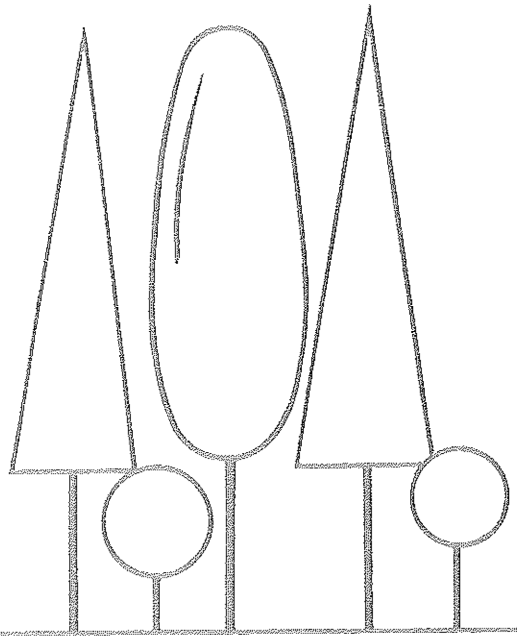
ISSN 0911-1263



林技情報

1990.12 No. 18

山腹緑化基礎工の施工密度と植生被覆に関する一考察
　　―地質別に見た施工密度の実態と植生被覆― …… 1

山梨県におけるカラマツ先枯病の被害と今後の対策について …… 5

ハタケシメジの栽培 …… 10

アカマツ小中径材の曲げ強度性能に関する研究 …… 14

山梨県林業技術センター

林技情報 No.18　(1990. 12)

山腹緑化基礎工の施工密度と植生被覆に関する一考察
―地質別に見た施工密度の実態と植生被覆―

菊 地 政 泰

Ⅰ はじめに

山腹崩壊斜面の安定を図る為の山腹工については、経済性、自然景観保持等の面から可能なかぎり緑化工を採用して行くことが望ましい。しかし、気象、地形、地質、等の自然条件、或いは社会的条件の厳しい所では、緑化工のみで斜面の安定を図ることは困難で、このような箇所では適所に基礎工を配置することが緑化を成功に導くポイントである。しかし、これまで、これら自然的条件と基礎工の配置については、検討された例はあまり見られない。そこで、林野庁の指導のもとに全国的規模でこれら基礎工の実態調査を行い検討した。この調査のなかから、地質別に見て、基礎工の導入実態がどう異なっているか、特に土留工と水路工の施工密度と地形要因との関連性について検討し、報告したい。この課題は国庫補助のため各県林試の福島・渡辺次郎、埼玉・徳永隆平、長野・大木正夫、愛知・渡辺重之、三重・稲垣裕志、兵庫・田中義則、鳥取・平尾勝男、高知・宮田弘明、大分・安養寺幸夫、佐賀・灰塚敏郎、鹿児島・郡山正昭、及び筆者らである。共同発表とすべき所であるが、紙面の都合でここに記し、深甚なる謝意を表します。

Ⅱ 研究方法

調査地は各県が抱える代表的な緑化困難地の山腹工既施行地で、5ケ年以上経過した所を対象に選定した。地質別、降水量別に分類すると、表－1のようである。地質では花崗岩、多雨の2,000mm以上が最も多く5県、1,500－2,000の一般地帯4県、1,500mm以下の寡雨地帯1県、中古生層の1,500－2,000、2,000以上が2県、火山堆積物層の多雨地帯2県である。調査は既施行地の設計書を手に入れ、それからの判読で数量的なものを算出し、現地調査はその設計書通り工事が行われたかの確認と植生被覆率のための調査を行うことにした。調査項目は概況調査及び自然条件として名称、位置、施工年度、面積、年降水量、年平均温湿度、最大積雪深、斜面形、斜面長、平均勾配、荒廃形態、さらに勇水の有無などを調べた。また、山腹基礎工調査としては法切工の勾配、面積、土量、施工密度（m／ha)、土留工の種類、総延長、総容積、破損の有無、更に水路工の種別、延長、施工密度、断面形、谷止工などを調べた。さらに直接工事費についても調査したが今回はふれない。

また、緑化工の調査は植栽工、筋工、萱筋工、吹付工、伏工、等の内容と数量、工種割合等を調べ更に植被率調査ではプロットを設定し、優先する植物、導入植生、侵入植生、被度、平均草丈、種数、全被覆率、草本被覆率、木本被覆率等について調べた。詳細は昭和58年度林業試験設計書参照。(1)

Ⅲ　結果および考察

1　地質別に見た土留工導入の違い

この調査を通じて、各県の崩壊多発地帯、あるいはその跡地の復旧に困難な地域は花崗岩のマサ土地帯が最も多く、この地域は降雨量の多寡にかかわらず緑化困難地である。次いでシラス等の火山灰の堆積層で、比較的緑化しやすいのが中古生層地帯である。設計担当者が基礎工の施工密度を決める際に考慮すると思われる地形要因との関連を検討する。まず、土留工密度と平均勾配の関係を地質別に示すと図－１、図－２である。花崗岩マサ土地帯のなかでもこのような違いが見られる。山梨はバラツキが大きく、鳥取は多雨地帯、兵庫は寡雨地帯、三重は一般、多雨地帯である。兵庫の密度が高いのは六甲山系を抱え、保全対象が近いなど社会的条件が厳しいためと考えられる。中古生層地帯の埼玉、高知の土留工密度と勾配の関係を示したのが図－２で、高知の密度が低い。同じ中古生層地帯にあっても埼玉は都市化によって厳しいと言える。また、特殊な火山灰層のシラス地帯の鹿児島県に於ても花崗岩と比べて、密度は低い。更に、この土留工の総延長と平均勾配の関係を示したのが図－３である。この図であえて、花崗岩の鳥取、三重、山梨と火山灰層の鹿児島を同一の図にした。やはり、花崗岩に比べて総延長も低い。全体的に見てバラツキは見られるものの、平均勾配が高くなれば土留工の導入は延長が伸びる。土留工密度と斜面長の関係について地質の異なる鳥取、高知、鹿児島の３県について示したのが図－４で、地質的特徴を良く表している。すなわち、鳥取はマサ土のため土留工の密度は高く、高知は中古生層で斜面長が長く崩壊規模の大きいことが伺われ、鹿児島はシラス層で、密度は比較的低いもののバラツキが大きい。

2　水路工密度の導入と地質

つぎに水路工の密度と平均勾配については、花崗岩地帯の分布について示したのが図－５で、勾配が急になれば水路工の施工密度も高くなる傾向である。火山灰層地帯の鹿児島、大分の水路工密度の分布は図－６に示した。バラツキが大きいものの、花崗岩地帯のそれに比べて施工密度が高いことが分る。また、平均勾配が低くても水路工の施工密度は比較的高い。このことは、地質的に土壌侵食が起きやすい為に水路工の導入が必要になると考えられる。埼玉、高知の中古生層地帯では、花崗岩地帯の密度と比べてあまり差は見られなかった。

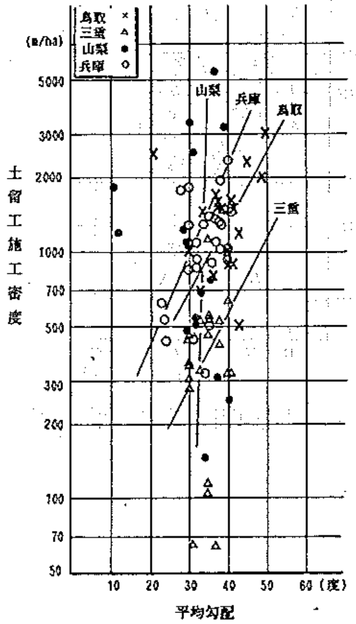
これら基礎工の密度と植生被覆率、平均勾配と植生被覆率の関係については、花崗岩地帯、火山灰地帯ともにあまり関係は見られないとしているが、図－７に示したように中古生層の埼玉で、植被率と平均勾配の関係が高いとしている。

Ⅳ　ま　と　め

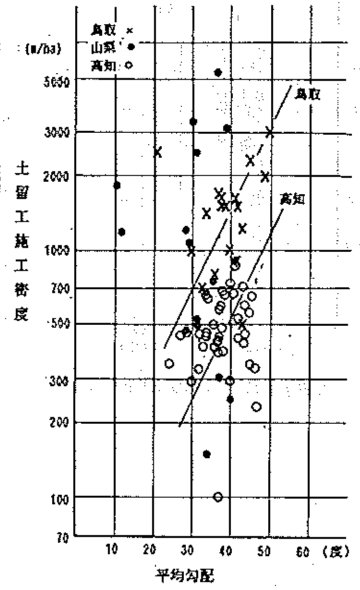
これまで、山腹基礎工が各県の治山工事でどの程度の密度で導入されているかの実態とその地形要因との関係について工事設計書を基に調査し、その結果を解析してきた。地質的要因にも左右され、また保全対象という社会的条件の考慮の必要性も、伺われるものの各県に於てそれぞれ、それなりの傾向がうかがわれる。

しかし、これを全国的レベルでマニュアル化するような普偏的関係は見られない。

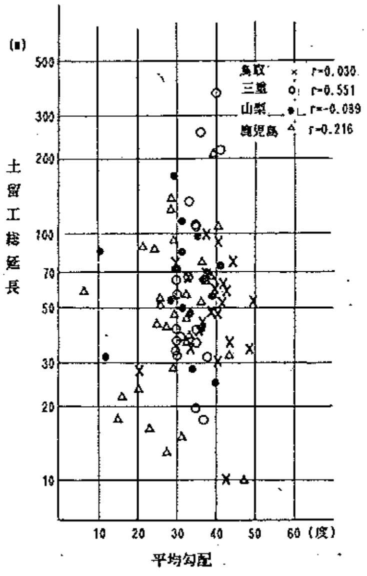
引用文献(1)林野庁昭和 58 年度林業試験設計書・1983



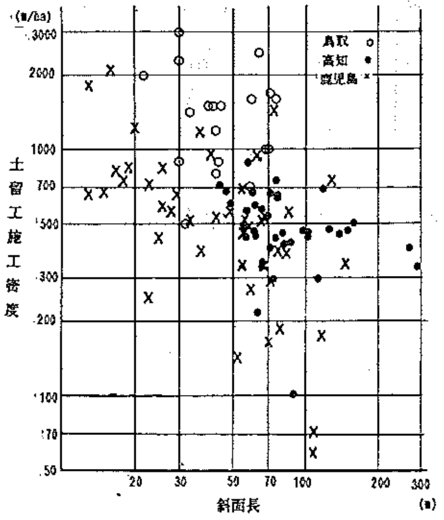
図－1　土留工施工密度と平均勾配



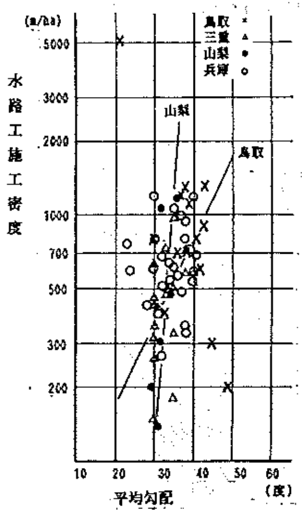
図－2　土留工施工密度と平均勾配



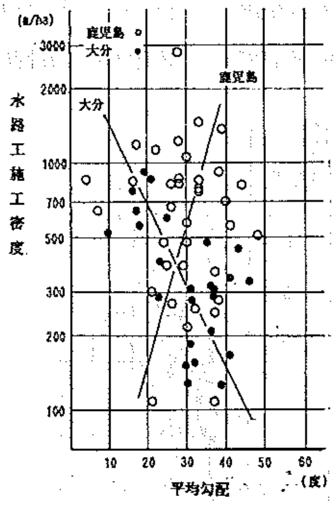
図－3　土留工施工密度と平均勾配



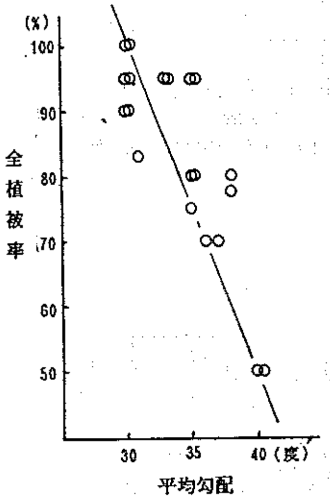
図－4　土留工施工密度と斜面長



図－5　水路工施工密度の平均勾配



図－6　水路工施工密度の平均勾配



図－7　全植被率と平均勾配

山梨県におけるカラマツ先枯病の被害と今後の対策について

大 沢 正 嗣

Ⅰ　は じ め に

からまつ先枯病が大きな問題として取り上げられるようになったのは1960年代、本病が北海道、東北各県に蔓延し大被害を与えて以来である。しかし、その後、カラマツが大きくなったこと（カラマツ成木は先枯病の被害を受けにくい）、先枯病の正体がよくわかったこと、また“松くい虫”という、より恐ろしい病気が急速に蔓延したこと等から先枯病はそれほど大きな問題として取り上げられなくなった。そのような中で1988年、山梨県にも先枯病の被害が発生していることが明らかとなった。現在それほど問題にされていないとはいえ、効果的な防除方法はなく、カラマツ造林地の多い我が県では、やはり重大な病害の一つに挙げられるであろう。以下にこれまでの調査で得られた結果および防除方法をまとめる。

Ⅱ　本県における先枯病の分布とその特徴

1　調 査 方 法

1988年、山梨県に本病の発生が明らかになって以来、県下におけるからまつ先枯病の分布と被害程度の調査を行っている。被害程度を以下の基準で3つにわけ、地図上に記録した。

微害林：被害木が全体の20%以下の林分

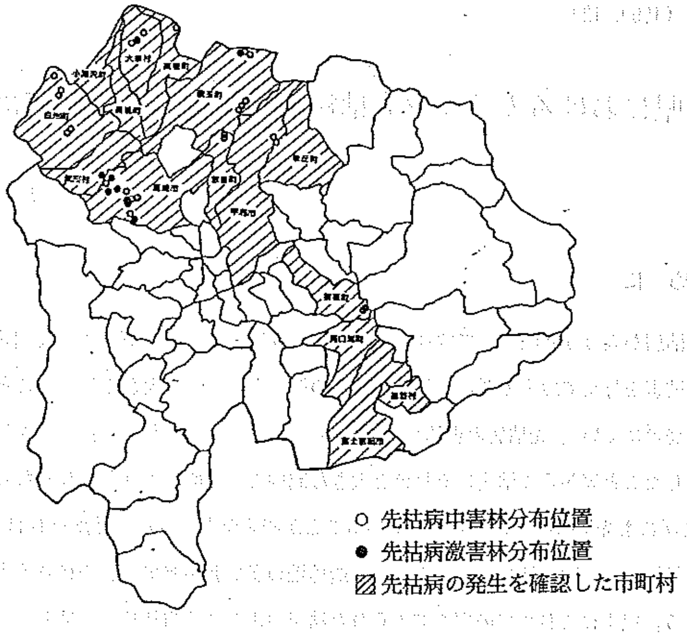
中害林：微害林と激害林の中間の林分

激害林：中・激害木（判定基準は次章参照）が全体の50%以上の林分、または中・激害木が全体の20以上で、かつ被害木が全体の80%以上の林分

2　結果および考察

からまつ先枯病の発生の認められた市町村、および中害林、激害林の分布位置を図－1に示した。先枯病は広く山梨県に分布しているが、中・激害林の分布は比較的限られていた。

先枯病多発地の特徴として風当りの強い林分が上げられるが、山梨県の場合も激害林はかなり風当りの強いところに認められた。標高をみると先枯病中・激害林発生地は800 m～1,800 mであった。特に1,000 m～1,600 mには激害林の全てと中害林の87%がはいり、この様な標高で先枯病が発生しやすいことが推察された。長野県（塩尻周辺）でも1,100 m～1,500 mの標高で先枯病の被害が激しいことが知られている。（小島氏私信）



図－１　からまつ先枯病発生地

Ⅲ　カラマツ各クローンにおける耐病性の差異

１　調 査 方 法

富士吉田市上吉田には外国カラマツ交雑種（*Larix decidua* × *L. leptolepis*, *L.leptolepis* × *L. decidua*, *L. sibirica* × *L. leptolepis*, *L. leptolepis* × *L. sibirica* ２系統、*L. sibirica* × *L. decidua*, *L. sibirica* × *L. gmelini*, *L. dicidua* × *L. gmelini*, *L. laricina* × *L. decidua*, *L. decidua*, *L. leptolepis* ２系統）が植栽されている試験林があり、からまつ先枯病による集団的な被害が認められた。そこで、これらについて先枯病抵抗性の調査を行った。また、富士吉田市上吉田のカラマツ採種園において、山梨県産のカラマツ各系統（吉田１号～19号、21号、107号、108号、110号、塩山１号、南都留１号、２号、富士山４号、５号、韮崎１号、７号）についても同様の調査を行った。

調査方法は横田氏法に従い、以下の基準で被害度を求め各系統間で比較した。

微害木：わずかの被害枝のあるもの

中害木：相当量の被害枝があり、一見して被害木と判定できるもの

激害木：激しい被害により樹冠が変形しているもの

被害度＝（微害木数×１＋中害木数×３＋激害木数×５）／全調査木数

２　結果および考察

外国カラマツ交雑種の結果は表－１に示した。*Lari*× *decidua* は最も被害度が高く、次に *L. decidua* × *L. leptolepis*, *L. leptolepis* × *L. decidua*, *L. laricina* × *L. decidua* 、そして *L. leptolepis*

(VVS102)、*L. decidua* × *L. gmelini*, *L. sibirica* × *L. leptolepis*, *L. leptolepis* （VVS8）が続き、*L. leptolepis* × *L. sibirica* および *L. sibirica* × *L. gmelini* には被害が少なく、抵抗性が高いと考えられる。各系統の生育状況を見ると、生育の一指標として表－1に胸高直径を示したが、*L. decidua*, *L. leptolepis*, *L. decidua* × *L. leptolepis*, および *L. leptolepis* × *L. decidua* 以外は生育が悪かった。以上、外国カラマツ交雑種の中に先枯病にかなり抵抗力を有すると思われる系統が認められたが、生育が悪く、富士吉田地域への植栽には適さないと思われた。

表－1　外国カラマツ各系統におけるからまつ先枯病の被害

品種	交雑	調査本数(本)	胸高直径(cm)	被害本数(木)				被害度
				健全木	微害木	中害木	激害木	
吉田 8	L.leptolepis	12	18.1	0	10	2	0	1.3
吉田 102	L.leptolepis	12	16.4	0	5	7	0	2.2
LENB	L.decidua	12	14.1	1	0	1	10	4.4
E 841	L.decidua×L.leptolepis	10	16.4	0	1	6	3	3.4
E 844	L.leptolepis×L.decidua	12	19.3	1	0	8	3	3.3
E 834	L.sibirica×L.leptolepis	8	3.9	6	2	0	0	0.3
E 845	L.leptolepis×L.sibirica	17	4.5	8	9	0	0	0.5
E 846	L.leptolepis×L.sibirica	11	5.2	7	3	1	0	0.6
E 837	L.sibirca×L.decidua	9	6.2	1	7	1	0	1.1
E 835	L.sibirica×L.gmelini	4	2.5	4	0	0	0	0
E 840	L.dicidua×L.gmelini	15	9.5	0	8	6	1	2.0
E 850	L.laricina×L.decidua	14	8.4	0	3	7	4	3.1

次に、山梨県産のカラマツ各系統についての結果は表－2に示した。カラマツ各系統間で先枯病に対する抵抗性に差が認められた。今回の調査で比較的先枯病に強いと思われる系統は、吉田3号、7号、18号、19号、塩山1号で、比較的先枯病に弱いと思われる系統は吉田4号、14号、17号、110号であった。しかし、本採種園の先枯病罹病率は14%と低いため、先枯病に強いカラマツ系統を選ぶためには、更に被害が激しい場合の各系統の被害程度について調査する必要がある。

Ⅳ　長野県への視察

長野県林業総合センターで森林保護を担当している小島耕一朗氏に案内して頂き、長野県塩尻市周辺のカラマツ先枯病の視察を行った。これらの地域は15年前にすでに先枯病による激しい被害がでており、その対応と現在の林の状況について知るためである。

先枯病発生当時、微害林であった林分は、現在被害が認められないか、もしくはわずかに認められる程度であった。中害林から激害林であった林分でもかなり通常どおり成林していた。ただ生育過程で何度も先枯病の被害を受けた木が林内にやや高頻度に認められ、それらの木は幹が途中で2つまたは3つにわかれたり、

表－2　山梨県産カラマツの各系統におけるからまつ先枯病の被害

品　種	調査本数（本）	被　害　本　数（木）				被害度
		健全木	微害木	中害木	激害度	
吉田 1 号	16	13	3	0	0	0.2
吉田 2 号	10	8	2	0	0	0.2
吉田 3 号	15	15	0	0	0	0
吉田 4 号	8	4	4	0	0	0.5
吉田 5 号	14	10	4	0	0	0.3
吉田 6 号	15	14	0	1	0	0.2
吉田 7 号	13	13	0	0	0	0
吉田 8 号	17	16	1	0	0	0.1
吉田 9 号	8	8	0	0	0	0
吉田 10 号	17	16	0	1	0	0.2
吉田 11 号	16	13	3	0	0	0.2
吉田 12 号	2	2	0	0	0	0
吉田 13 号	16	14	2	0	0	0.1
吉田 14 号	20	13	6	1	0	0.5
吉田 15 号	14	10	3	1	0	0.4
吉田 16 号	10	9	1	0	0	0.1
吉田 17 号	13	9	4	0	0	0.3
吉田 18 号	14	14	0	0	0	0
吉田 19 号	14	14	0	0	0	0
吉田 21 号	11	8	3	0	0	0.3
吉田107号	6	0	0	0	0	0
吉田108号	5	0	0	0	0	0
吉田110号	6	3	3	0	0	0.5
塩山 1 号	18	18	0	0	0	0
南都留 1 号	8	6	2	0	0	0.3
南都留 2 号	12	11	0	1	0	0.3
富士山 4 号	17	14	3	0	0	0.2
富士山 5 号	17	15	1	1	0	0.2
韮崎 1 号	22	19	2	1	0	0.2
韮崎 7 号	11	9	2	0	0	0.2

幹が何度も曲がったり、枝が異常に発達したりする被害が認められた。中でも被害の激しい林では激害木の抜きぎりが行われ、穴のあいた所にはヒノキまたはウラジロモミが植栽され、それらはかなり大きくなっていた。成林する見込みのない被害の極めて激しい若齢林では、ウラジロモミに改植されていた。現在、先枯病に対する防除は、カラマツ苗木生産者の段階で行われているポリオキシンＡＬの散布以外には、特に行われていないとのことである。

V 今後の対応

分布調査で山梨県にはすでに広範囲にカラマツ先枯病が広がっていることが明らかとなった。また、長野県の視察より被害の特に激しい林分を除けば、やや幹に異常のある木の頻度は高まるが、通常に成林することがわかった。また、先枯病に対する有効な対応策が現在ないことも事実である。これらのことを踏まえ、山梨県における対応を以下に述べてみる。

・植 栽 前

特に風当りの強い標高1,000 mから1,600 mの所や、前生樹がからまつ先枯病激害林であった場所へのカラマツ植栽を控える。

・植 栽 時

先枯病罹病苗木の植栽は避ける。特に本病未発生地である県東部、南西部では罹病木を持ち込まないよう注意しなければならない。

・植栽後〜除伐

木がまだ小さく、先枯病の被害を最も受けやすい時期で、激害を受けると箒状になり幹が立たず成林しない。

微害林は除伐時に被害木を中心に伐倒する。中・激害林の場合は、除伐時もしくはそれ以前に中・激害木を伐倒する。伐倒した木が多く穴のあいてしまった所は他樹種を植え、複層林とする。伐倒木はそこからの感染を防ぐため、焼却するか埋土するのが望ましいが、林内に放置しても約1年後には胞子の飛散がなくなるため、労力や山火事の危険性を考えると放置してかまわないと考える。大多数の木が毎年激しく被害を受ける林分は樹種転換を行うが、現在山梨県にはこれに該当する所はない。

・除伐〜間伐

樹高は8〜15 m程になっており、このまま先枯病により上長生長が止まっても4 m丸太が1〜2本程とれるようになっている。先枯病はカラマツの上長生長は阻害するが、肥大生長は激害でなければ、それほど激しく阻害しないといわれる。被害の激しい木を間伐時もしくはそれ以前に伐倒する。穴のあいた所は他樹種を植え複層林とする。

・間 伐 後

上長生長はかなり進み4 m丸太が2、3本とれるようになっているので、このまま育林を続ける。しかし、被害が激しくまわりに悪影響を与える木は伐倒する。

山梨県ではすでに先枯病が広範囲に広がり、本病を完全に防除することは不可能である。罹病木を除伐、間伐時に除くことにより、本病による被害を最小限に抑えながらカラマツを伐期にもっていく施業が大切であろう。

参 考 文 献

浜　武人ら：長野県に発生したカラマツ先枯病、森林防疫、Vol.23, 2－7, 1974

横田俊一：カラマツ先枯病の発生に関与する病原菌の生態ならびに気象因子に関する研究、林試研報 184, 1－79, 1966

ハタケシメジの栽培

柴　田　尚

I　はじめに

県内各地でみられる腐生性（物を腐らせてそこから養分を吸収する）野生きのこのうち、味が良く、分布域もほぼ全県下にわたっているハタケシメジの人工栽培技術を早急に確立してほしいという要望が、最近非常に高まってきた。全国的にみても、廃オガクズ培地（神奈川県林業試験場）、バーク堆肥（福島県林業試験場）、土壌混入オガクズ培地（山形県林業試験場）などを使用してきのこを発生させる試験研究が行なわれてきている。

こうした状況の中で、本県においても、腐葉土を利用したきのこの発生試験をこれまで実施してきた。その結果、腐葉土を使用することにより、自然発生したものと比べても見おとりのしないきのこを発生させることができたので、その試験研究の内容について紹介する。

II　材料および方法

今回の試験で供試したハタケシメジの3菌系はすべて山梨県内において採集した。YFH881aおよび881b株は昭和63年6月29日に甲府市内で、YFH842株は同年10月3日に南都留郡鳴沢村で採集し、分離した株である。

これら3菌株を使用して、培養温度および培地のp^H値のちがいによる菌糸伸長量の差について調査した。使用した培地は、麦芽エキス・ブドウ糖・寒天培地で、接種源は直径5mmのコルクボーラーで打ち抜いたハタケシメジの菌糸塊とした。培養温度は9℃、13℃、17℃、21℃、25℃および29℃の6段階とし、p^H値は4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、7.5および8（殺菌前に調整）の9段階とした。各区毎に5枚ずつのシャーレを使用し、14日間暗黒下で培養して接種源からの菌糸の伸長半径を測定し、その平均値を算出した。

次に、市販の腐葉土のp^H値を測定した。乾重10gの腐葉土を純水100ml中に入れ、ホモジナイザーで細断・かくはんして、その溶液のp^H値を測定した。さらに、腐葉土の殺菌に要する時間を確保するため、1ℓ、2ℓ入および6ℓ入りのポリ袋にクヌギ・コナラ葉を主体とする腐葉土をつめ、平均含水率63%（W／W）に調整して1.5時間、3時間および6時間の3種類の殺菌時間で高圧殺菌（121℃）をほどこした。その後、この培地を25℃暗黒下に14日間静置して糸状菌等の混入状況を観察した。各容量、各殺菌時間ごとに5袋ずつを供試した。

きのこの発生試験は、2ℓ入りのポリ袋を使用し、腐葉土は石灰でp^H値を調整した。この袋に80%程度まで腐葉土を固くつめ、121℃で3時間殺菌した。接種源の調整は、300ml容量のフラスコに分注した

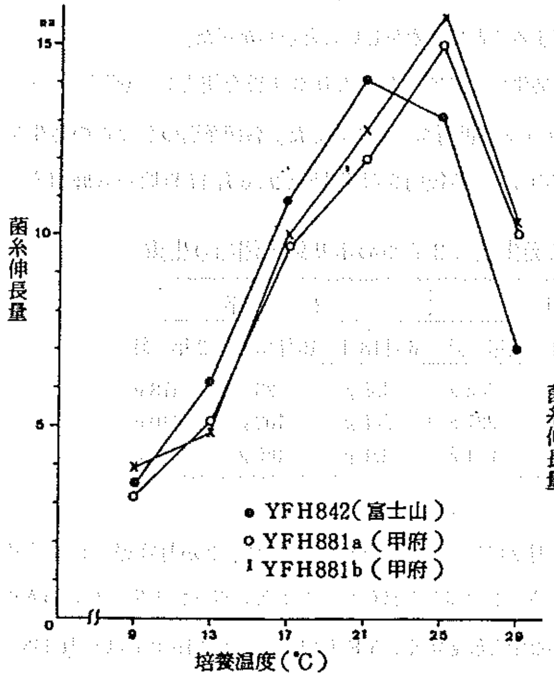
200mlの麦芽エキス・ブドウ糖液体培地中で行ない、ハタケシメジを接種後25℃で14日間暗黒下で培養した。その後、培地液ごと菌糸をホモジナイザーで細断し、各ポリ袋に10mlずつ接種した。

そのまま24℃暗黒下で90日間培養し、菌糸が伸長して菌床全体が白色化した後、袋からとり出して鹿沼土を満たしたポットの中にうめこみ、常に鹿沼土の表面が軽く湿っている状態を保ってきのこの発生を待った。試験区は各菌系ごとに5区ずつ設けた。きのこの発生試験は平成元年および2年の2回実施した。

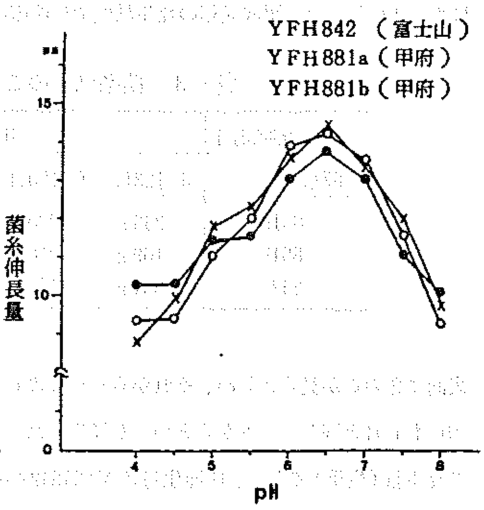
Ⅲ　結果および考察

甲府市内および富士山で採集したハタケシメジ3菌系を使用して、菌糸伸長に対する最適温度を求めたところ、富士山で採集したYFH842は21℃、甲府市内で採集したYFH881aおよび881bは25℃がそれぞれ最適であった（図－1）。木内[1]および三河[2]の行なった試験でも、ハタケシメジの菌糸伸長の適温は22～25℃であるという結果が得られていることから、ハタケシメジの菌糸の培養温度は、21～25℃が適していると考えられる。また、甲府産の菌系と鳴沢産の菌系で菌糸の生育適温が異なるのは、両地区の標高（地中温度）の差のためであろうと思われる。

菌糸の生長が最も良好な培地のpH値は、供試した3菌系とも6.5前後であった（図－2）。このことからハタケシメジの菌糸の生長は中性から弱酸性の条件下で良好であると考えることができる。



図－1　温度による菌糸伸長量の差



図－2　PH値による菌糸伸長量の差

市販腐葉土のpH値の測定結果を表－1に示した。いずれの場合もpH値は4.4～6.2の間にあり、ハタケシメジの菌糸生長の最適値とされたpH値よりも低かった。これらの結果から、腐葉土の使用にあたっては、使用前にあらかじめ石灰等でpH値を調整する必要があることが明らかとなった。次に、腐葉土の

表－1　各種腐葉土のpH値

腐葉土の主な構成分	クヌギ・コナラ葉	クヌギ・アカマツ葉	土壌混入	クヌギ葉	土壌混入
pH値	5.3	4.8	5.9	6.2	4.4

表－2　培地の殺菌時間

殺菌時間 / ポリ袋容量	1.5時間	3時間	6時間
1 ℓ	○	○	－
2 ℓ	×	○	○
6 ℓ	×	×	×

○：雑菌混入なし
×：雑菌混入あり
－：試験せず

殺菌時間を調べた結果を表－2に示した。1 ℓ入りのポリ袋では1.5時間の殺菌で十分であり、2 ℓ入りでは3時間、6 ℓ入りでは6時間以上の殺菌が必要であることがわかった。これらの結果から2 ℓを超えるような大型のポリ袋に腐葉土をつめて、完全に殺菌することはむずかしいことがわかった。

以上の各試験結果から、ハタケシメジのきのこ発生試験では、2 ℓ入りポリ袋を使用して腐葉土のpH値は石灰で6.5前後に調整し、培地の殺菌は121℃で3時間行なうこととした。各菌系別のきのこの発生量は表－3に示した。平成元年の発生試験では菌床のうめこみ後約3週間経過した6月17日頃から鹿沼土の

表－3　菌系別きのこ発生量（2 ℓづめポリ袋1個当り生重）

発生年月日 / 菌糸	元年 6月23日	元年 9月20日	元年 計	2年 6月18日	2年 10月15日	2年 計
881a	243 g	200 g	443 g	455 g	23 g	478 g
881b	109 g	218 g	327 g	308 g	102 g	410 g
842	501 g	120 g	621 g	486 g	160 g	646 g

表面にきのこが見えはじめ、それから6日後の6月23日にカサが開いた。さらに、3か月経過した9月中旬にも6月と同じポットからきのこが発生した。表－3に示した数値は、2 ℓ入りポリ袋1袋あたりのきのこ発生量（生重）であり、総発生量はYFH842が621gと最も多く、YFH881aおよび881bはそれぞれ443gおよび327gであった。YFH842では2回目の発生量は1回目の発生量に比べて少なくなっているが、YFH881aでは6月および9月の発生量には有意差はなく、YFH881bでは1回目よりも2回目の方が発生量が多かった。

平成2年に実施した同様の試験では、平成元年の試験結果と同じで、きのこの発生量はYFH842が最も

多く、1ポリ袋あたり合計646gであり、YFH881aおよび881bはそれぞれ478gおよび410gであった。きのこの発生は、元年と同じく6月および10月の2回あったが、いずれの菌系でも発生量は1回目の方が多かった。特に、YFH881aでは1回目に比べて2回目のきのこの発生は極端に少なかった。

2年間の試験結果をまとめると、きのこの発生量は各菌系ごとにほぼ安定しており、中でもYFH842の発生量が多かった。実際の栽培にあたっては、1回目と2回目のきのこ発生量が年によって変化しているYFH881aおよび881bのような系統よりもYFH842のように発生量が安定している系統の方がよりあつかいやすいであろう。さらに、主要な発生時期が秋季であるような系統を選抜し、これと組みあわせることにより、より安定した栽培も可能となるであろう。

参 考 文 献

1）木内信行、神奈川林試研報9、P 9〜18（1983）

2）庄司　当、90年版きのこ年鑑、P 226〜228（1989）

3）名取　潤、林試情報10、P 16〜19（1984）

4）三河孝一、山形林試研報17、P 43〜46（1987）

林技情報 No.18 (1990. 12)

アカマツ小中径材の曲げ強度性能に関する研究

藤本登留　名取　潤　三枝　茂

I はじめに

山梨県では、近年マツクイムシによるマツの枯損の被害が著しく、その被害木の多くは山に伐倒放置されているのが現状である。しかしその被害木の材質は、葉の黄変時期など被害の軽い段階では、正常木と同様、利用可能な材質であることが知られている。また、被害の予防対策として林種転換によるマツ林の伐採も考えられ、被害木と共にその需要開発が重要な課題となっている。そこで今回は、その中でも高度利用が困難な小中径材の建築構造材等への利用拡大の可能性を探ることを目的に、これら実大材の曲げ破壊試験を実施した。

II 実験方法

1 製材品の曲げ破壊試験

1）供　試　材

山梨県産のアカマツ中径材から製材した10.5×10.5×180cmの心持ち正角材、および小径材から製材した7×7×180cmの心持ち正割材である。ここでアカマツは幼齢の時点で枝条は輪生であることから、その小中径材の樹幹の利用においては、集中する節の影響を考慮する必要がある。そこで今回は、このくるま節（輪生状の枝の跡）の強度性能への影響を調べるため、中央集中荷重方式の荷重点の位置をくるま節の位置にした試験材（C）とくるま節間の中央部の位置にした試験材（S）に分けて試験を実施した。その供試材の本数は、表－1の通りである。

表－1　供試材の概要

		7cm正割材		10.5cm正角材	
		C	S	C	S
平　均	Av.	5.2	5.0	6.3	6.6
年輪幅	Sd.	0.8	0.7	0.8	1.1
(mm)	Ma×.	6.5	6.4	7.3	8.2
	Min.	3.6	4.1	5.2	4.6
		C	S	C	S
	Av.	46.0	38.1	59.2	50.1
含水率	Sd.	19.1	15.5	13.2	18.6
	Ma×.	84.6	74.7	78.3	77.4
(%)	Min.	24.5	20.6	39.7	32.7
供試数（本）		19	16	11	9

2）平均年輪幅および含水率

平均年輪幅は、供試角材の両端木口における平均年輪幅の平均で示すこととした。なお含水率は、破壊試験終了直後に破壊部近辺の割れの無い正常な木口断面を2枚採取して、全乾法により求めた。その結果を表－1に示す。

3）曲げ破壊試験

使用した試験機は、Autograph ＩＳ－5000である。曲げ破壊方式は中央集中荷重方式とし、スパンは150cm、荷重点降下速度5mm／minで実施した。なお、荷重点のたわみをダイヤルゲージ（電圧出力付き）で測定し、ロードセルの出力値（電圧出力）と共にＡＤ変換機を介してパソコンに入力して、グラフィック画面上に描いた荷重－たわみ曲線の傾きを目視でキーボードの操作により決定出来るシステムを著者らは開発した。今回は、これを使用し曲げ弾性係数を求めることにした。

4）節 の 測 定

曲げ破壊係数に関与すると思われる位置の節（Ｃの場合荷重点のくるま節、Ｓの場合荷重点の両サイドのくるま節）について、節長径、節径比、集中節径比を測定し曲げ破壊係数との関係を調べた。

2　丸太材の曲げ破壊試験

1）供　　試　　材

山梨県産のアカマツ小径材で冬期に伐採されチップ用に1.9ｍの長さに玉切りされておりそのまま5カ月間屋外に放置されていたものを用いた。なお強度に影響する腐朽等は見られなかった。

2）平均年輪幅および含水率

製材品の場合と同様の方式で行った。

3）曲 げ 破 壊 試 験

製材品の場合と同様の方式で行った。

4）節 の 測 定

曲げ破壊係数に関与すると思われる位置の節（Ｃの場合荷重点のくるま節、Ｓの場合荷重点の両サイドのくるま節）について、節長径、節径比（繊維方向に対し直角方向の径）等を測定し、曲げ破壊係数との関係を調べた。

Ⅲ　結果および考察

1　製材品の曲げ破壊試験

アカマツはくるま節という特徴的な節の出現形態を有するため、建築構造材の横架材等に使用する場合、強度性能に対する節の影響も大きいことが考えられる。特に小中径木から木取った心持ち材は、4材面とも同じ位置に節が集中して出現するため、応力が大きくなる位置にこのくるま節が存在するかどうかにより、その部材としての強度も大きく異なる訳である。表－2に、曲げ破壊係数（ＭＯＲ）と曲げ弾性係数（ＭＯＥ）の平均値の、ＣとＳというくるま節の位置の違いによる差の検定結果を示した。ＭＯＲについ

表－2　曲げ破壊係数とヤング係数の節の位置の違いによる差の検定

	7㎝正割材		10.5㎝正角材	
	C	S	C	S
MOR (kgf／㎠)	227.6	346.0	340.5	449.6
	(＊＊)		(＊＊)	
	C	S	C	S
MOE (tf／㎠)	63.4	70.9	83.9	89.0
	(－－)		(－－)	

＊＊：危険率1％で有意、－－：危険率5％で棄却

ては、正割材・正角材共にCが100kgf／㎠以上弱く有意差が見られたが、MOEは若干Cが小さいものの、5％の危険率では有意差が見られなかった。また正割材と正角材は、MOR・MOE共に大きな違いが見られ、未成熟材の割合が大きいと考えられる正割材が低い値であった。なお、アカマツの材料強度285kgf／㎠と比較すると、正割材は特にCでこれを下回る材が多かったが、正角材はCであってもこれを満足する値であった。

MORとMOEは一般的に高い相関が見られ、MORの等級区分にMOEが近年利用されるようになってきた。しかし今回の試験では、荷重点にくるま節がくるCの時、MOEはそれほど違いがなく、MORが大きく低下するといった結果が得られ、単純に1つのMOE基準値でMORをグレーディングすることができないと思われる。しかし、C・S別、材種別に相関を調べると、表－3の通り有意性が見られるものも多い。つまり、小中径材からの心持ち製材品を弾性係数により強度等級区分する時は、節の位置の違いを考慮に入れて検討することも考えねばならないように思われる。

表－3　曲げ破壊係数とヤング係数との相関

	C	S
10.5㎝ 正角材	0.445	＊ 0.747
7㎝ 正割材	＊＊ 0.807	＊ 0.589

＊　：危険率5％で有意
＊＊：危険率1％で有意

JASにおいては、節に関する品質を節径比として表し、建築基準法の材料強度と対応させ、基準値を設けている。アカマツの場合、材料強度285kgf／㎠に対応する節径比は、7cm以上の正割材を含む正角材の基準で、最大径比が40％、集中径比が60％、横架材として使用する正角材を含めた平角材の基準で最大径比30～50％（節の位置によって異なる）、集中径比60％となっている。そこで今回の曲げ破壊試験の結果、全て節部で破壊したCの供試材における径比とMORとの相関を表－4に示した。ここでは、

表－4　曲げ破壊係数と各種節径比との相関係数

対象材面	4 材 面		引張り面		垂直2材面	
	最大節径比	集中節径比	最大節径比	集中節径比	最大節径比	集中節径比
10.5cm正角材	0.279	−0.310	−0.516	−0.676*	0.050	−0.526
7cm正割材	−0.288	−0.695**	−0.664**	−0.400	0.067	0.102

*：危険率5％で有意、**：危険率1％で有意

従来の4材面における節を対象にしたもののほか、引っ張り面だけの節を対象にしたもの、垂直2材面の節を対象にしたものについて調査した。その結果、どれも適確なMORの推定手段となり得るほどの相関はなかったものの、引っ張り面だけの節を対象としたものがこの中では最も有効な値を示した。そこで、節径比の対象材面をJASの4材面のほかに、引っ張り面だけにしたものについても、そのMORとの関係を図1－1～4に示した。正割材については、基準値内にある最大節径比および集中節径比をもつ供試

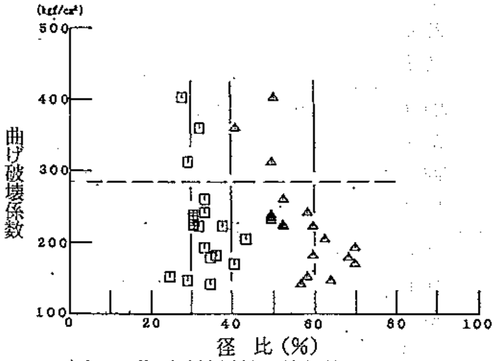


図1　曲げ破壊係数と節径比との関係
（7㎝正割材、節の位置：C、対象材面：4材面）
□：最大径比、△：集中径比

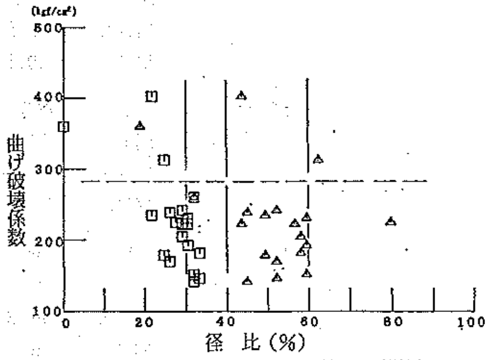


図2　曲げ破壊係数と節径比との関係
（7㎝正割材、節の位置：C、対象材面：引張り面）
□：最大径比、△：集中径比

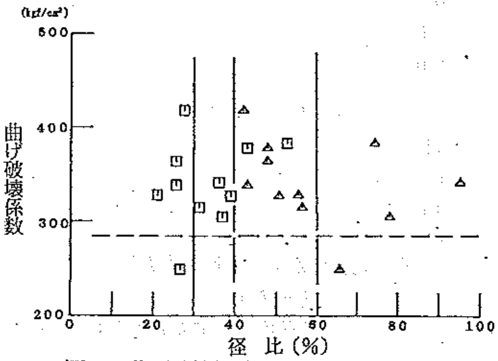


図3　曲げ破壊係数と節径比との関係
（10.5㎝正角材、節の位置：C、対象材面：4材面）
□：最大径比、△：集中径比

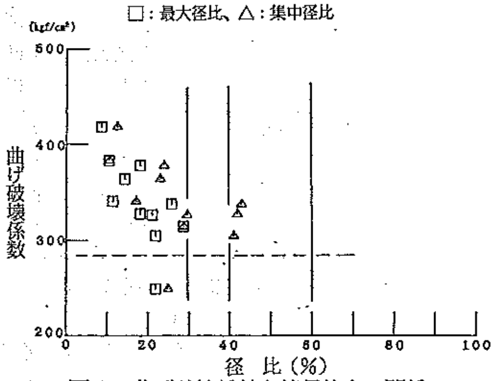


図4　曲げ破壊係数と節径比との関係
（10.5㎝正角材、節の位置：C、対象材面：引張り面）
□：最大径比、△：集中径比

材についても、材料強度を下回るものが多く、これは対象材面が4材面、引っ張り面共に同じ傾向であった。正割材でくるま節が中央集中荷重点にある時は、材料強度を満たすものを節径比で推定するのは困難であると思われた。正角材については、4材面を対象とすると、基準値より大きな節径比を持つ供試材も材料強度を満たすものがあり、安全側の評価をしていると考えられる。引っ張り面のみを対象材面とすると、節径比でほぼ基準を満たすものがMORも材料強度を満たすという傾向が見られる。

2　丸太材の曲げ破壊試験

今回の丸太の曲げ破壊係数および曲げ弾性係数の算出にあたっては、荷重点の平均直径を持つ円柱材と見なして行った。なお、荷重点に節部がくるCについては、節部の膨らんだ部分を避けた位置の径を測定してその材の直径と見なした。末口径、MOR、MOE、平均年輪幅、含水率の平均、標準偏差、最大値、最小値と共に各因子におけるC－S間の分散と平均値の差の検定結果を表－5に示す。MORをアカマツ

表－5　各因子におけるC－S間の分散と平均値の差の検定

		C	S	F	t
末口径	AV.	78.6	76.3	1.491	0.852
(mm)	SD.	9.1	7.4	(－)	(－)
	MAX.	92.7	87.4		
	MIN.	59.4	59.7		
MOR	AV.	465.3	459.0	1.119	0.273
(kgf／cm²)	SD.	71.0	67.1	(－)	(－)
	MAX.	575.9	569.5		
	MIN.	349.5	336.8		
MOE	AV.	66.5	57.6	1.168	2.615
(tf／cm²)	SD.	9.8	10.6	(－)	(*)
	MAX.	80.3	81.2		
	MIN.	50.6	39.3		
ARW	AV.	2.79	3.31	1.319	3.310
(mm)	SD.	0.62	0.71	(－)	(**)
	MAX.	4.69	4.67		
	MIN.	2.06	2.00		
MC	AV.	36.4	29.9	1.979	1.388
(%)	SD.	16.3	11.6	(－)	(－)
	MAX.	68.9	69.5		
	MIN.	16.8	19.6		

C：荷重点がくるま節の位置　　S：荷重点がくるま節間中央部
F：分散比、　t：t値、　　(－)：有意差なし
(*)：危険率5%で有意差あり、　(**)：危険率1%で有意差あり

の材料強度と比較すると、製材品とは違い全てこれを上回るものであった。算出の方法が若干簡略化され正確な値ではないものの、製材品と比較して目切れが殆ど無いこともこの要因の1つであると思われる。

Cの破壊形態を見るとくるま節部の膨らんだ位置からは折れず、そのくるま節の境目から脆性破壊の形態を呈して折れたものが殆どであった。しかし、MORについてC－S間の差の検定をした結果、平均値に差は見られなかった。今回はデータが少なくはっきりしたことは言い難いが、製材品の場合とは違い丸太の場合荷重点の位置がくるま節の位置に関係なく保証できる強度値を作り出せる期待を抱く結果が得られ、さらにこの確認実験を試みることは、アカマツの丸太としての利用上興味深いことである。

なお、表－5の各因子の中でC－S間で有意差が確認できたものは、MOEと平均年輪幅（ARW）であった。平均年輪幅については、今回の限られた供試木をCとSに割り振ることが出来ず有意差がでてしまい残念なところであり、各種統計結果への影響も注意せねばならないところである。

次に、製材品と同じように強度等級区分を節および平均年輪幅の目視による方法と、曲げ弾性係数の測定による機械的方法についてその可能性を確かめるため、次の項目についてMORとの相関を調べた。

(1) 引っ張り側の節径（材長方向に直角方向の径）の合計値を周囲長（くるま節部を避けた位置：以下同様）で除した値：NR1

(2) 引っ張り側の節長径の合計値を周囲長で除した値：NR2

(3) 全面の節径の合計値を周囲長で除した値：NR3

(4) 全面の節長径の合計値を周囲長で除した値：NR4

(5) 引っ張り側の最大節径の値を周囲長で除した値：NR5

(6) 全面の最大節径の値を周囲長で除した値：NR6

(7) 平均年輪幅：ARW

(8) 曲げ弾性係数：MOE

これら結果の概要を表－6に示す。MOEについてはC・S共に有意な相関が認められ、機械的等級

表－6　各因子とMORとの相関係数

	MOE	末口径	平均年輪幅	含水率	NRI	NR2	NR3	NR4	NR5	NR6
C	0.720 （＊＊）	−0.161	−0.493 （＊）	−0.279	−0.095	−0.081	−0.112	−0.119	−0.308	−0.301
S	0.510 （＊）	−0.113	−0.218	−0.113	—	—	—	—	—	—

NRI：引っ張り側の節径比合計、NR2：引っ張り側の節長径の比の合計、NR3：全面の節径比合計
NR4：全面の節長径の比の合計、NR5：引っ張り側の最大節径比、　NR6：全面の最大節径比
（＊＊）：危険率1％で有意（＊）：危険率5％で有意

区分の有力な手法になると考えられる。製材品について一部相関の有意性が見られた節径は、丸太では全てにおいてその相関は見られず、製材品で実施されている目視による等級区分への適用は難しいと思われた。ARWは、Cにおいて有意な相関が見られたが、年輪幅がさらに影響すると考え易いSで相関

が見られないことから、あまり有効な指標にはならないと考えられる。以上、強度等級区分の指標として有効であると思われるものは、本試験ではＭＯＥのみであった。その相関図を図－５、６に示す。Ｃ

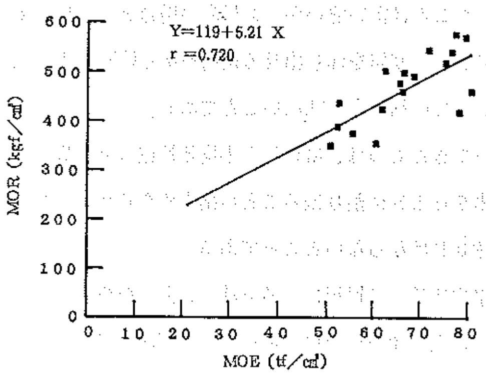


図５　曲げ弾性係数と曲げ破壊係数との関係（Ｃ）

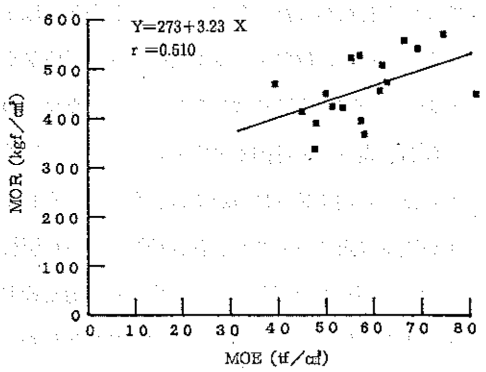


図６　曲げ弾性係数と曲げ破壊係数との関係（Ｓ）

とＳでは回帰式を見ても分かる通り、そのＭＯＲに対するＭＯＥの影響の仕方が違っており、荷重点がくるま節部にくるＣの方が傾きが大きく、ＭＯＥに対するＭＯＲの変化が大きいことが分かる。今後はさらにデータの蓄積を行うことにより、実用上有効な回帰およびその分布を検討し、ＭＯＥを強度等級区分の指標として確立出来るものと考えられる。そして製材品と同様、丸太においても用途に応じた等級区分を実施し、さらに有効的にマツクイムシ被害材等を活用することができるものと思われる。

Ⅳ　お　わ　り　に

アカマツ小中径材の構造材としての利用を考える時に必要となる基礎強度性能について、製材品と丸太材に分け若干の試験を行った。その結果、強度的にはアカマツの材料強度をほぼ満足するものであるが、製材品の場合荷重点にくるま節がくるときこれを下回る平均値が出るので、その利用においては注意が必要であると思われる。また強度等級区分に有効であると一般に考えられているＭＯＥは、製材品の一部でＭＯＲとの相関が見られなかった。

今回の試験は、供試本数も限られておりアカマツの普遍的な性質を語るには程遠いと考えられる。しかし、今後の構造材への需要開発を目指した研究の方向性を示すものとして、僅かなりとも参考になれば幸いである。

林　技　情　報　　No.18

平成3年3月31日発行

発行者　三　村　治　夫
発行所　山梨県林業技術センター
〒400-02 山梨県中巨摩郡
白根町上今諏訪850
TEL (0552) 82-4210
印刷所　(有)平和プリント社