

スギ品種の台風被害抵抗性と感受性：六演習林スギ品種試験地第I試験地における被害の分析

岡野, 哲郎
九州大学農学部附属演習林

伊藤, 哲
九州大学農学部附属宮崎地方演習林

<https://doi.org/10.15017/10875>

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 68, pp.1-10, 1993-03-29. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

スギ品種の台風被害抵抗性と感受性*

六演習林スギ品種試験地第 I 試験地における被害の分析

岡野 哲郎**・伊藤 哲***

抄 録

九州大学粕屋地方演習林における六演習林スギ品種試験地第 I 試験地に植栽されているスギ 6 品種について、1991 年台風 19 号による被害を報告するとともに、台風被害に対する抵抗性と感受性について分析し、これによる品種間の比較が行われた。

試験地の総被害率は 46.1% で、3 タイプに区分された被害形態のうち、「曲がり・傾き」が最も高い割合を示していた。品種別に見ると、クモトオシ、ヤブクグリが 60% 以上、オビアカ、ヤイチが 40～50%、メアサ、アヤスギが 30% 以下の被害率であった。クモトオシでは「幹折れ」の割合が高く、「曲がり・傾き」の割合が高かった他の品種とは異なっていた。他のスギ林における品種別被害率と被害形態についての比較を行ったところ、クモトオシが「幹折れ」しやすいこと、メアサの被害率が比較的低いことが共通した傾向として認められた。しかし、他の品種については明かな傾向は認められなかった。

樹木サイズと被害率の関係については、平均胸高直径が大きい品種ほど被害率が高まる傾向が見られた。また胸高直径階別の被害率は、品種により異なった傾向が認められた。

品種の台風害に対する抵抗性を比較するために、間接環境傾度による立地環境および台風強度の評価がなされた。間接環境傾度は各区画の被害率をもとに算出され、6 品種の平均的な抵抗性を持つ仮定の品種を、本試験地全面に植栽した場合の推定被害率を意味していた。この間接環境傾度と実際の被害率の関係を各品種ごとに一次の回帰式で示すことによって、品種の持つ台風害感受性が回帰式の傾きによって評価された。感受性は品種によって異なり、ヤイチで最も高く、クモトオシで最も低い感受性を示した。メアサとオビアカ、ヤブクグリとアヤスギの感受性は類似しており、これらについては回帰式の切片の大小によって抵抗性を評価することができた。しかし、感受性の異なる品種間において、環境の変化を考慮せずに、実際の被害率のみにより抵抗性を比較することは不可能であることが示された。以上の結果から、異なる林分で被害率による品種の序列を比較した場合、共通した傾向を抽出し難いのは、林分によって台風強度や立地環境の差異が存在することと、品種による感受性の違いが影響している可能性が示唆された。

キーワード：台風被害、スギ品種、抵抗性、感受性、間接環境傾度

* Tetsuo OKANO and Satoshi ITO : Resistivity and Sensitivity of Sugi Cultivars to Wind Damage Caused by Typhoons: Analysis of Damage in the Experimental Site No. 1 at Kasuya Forest of Kyushu University.

** 九州大学農学部附属演習林

Research Division of University Forests, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

*** 九州大学農学部附属宮崎地方演習林

Miyazaki Branch of University Forests, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Shiiba, Miyazaki 883-04

はじめに

1991年9月に九州地方を襲った台風19号は、本島のほぼ全域を暴風圏に巻き込んだため、各地の森林に甚大な被害を及ぼした。特に、九州北部の日田、八女、小国の各林業地帯における被害は顕著であった(大貫・加藤, 1992)。福岡市の北東約12kmに位置する九州大学農学部附属演習林粕屋地方演習林においても、人工林、天然生林ともに被害が発生していることを筆者らは確認しているが、天然生林では単木的に被害を受けているのに対し、人工林においては面的に被害が発生している林分も存在し、この傾向は特にスギ人工林において顕著であった。これまで台風19号による被害については、被害形態別の被害発生割合の品種間比較、力学的解析、数量化I類による要因分析などについての解析結果が報告されている(矢幡, 1992; 諫本・高宮, 1992; 野田ら, 1992)。これらの結果から被害の発生は、台風の強度のみならず、土壌深、斜面方位、傾斜などの立地環境、さらに林分構造や樹木のサイズや樹形などの差異による影響を受けるものと考えられ、例えばスギの品種間における台風害抵抗性を被害発生率のみによって比較することは困難であるものと思われる。筆者らは、粕屋地方演習林のスギ品種試験地において被害状況を調査し、品種ごとの被害発生、樹木サイズと被害率の関係を分析するとともに、間接環境傾度による台風強度と立地環境の評価に基づいた品種間の台風害感受性についての解析を行った。本報告では、これら分析結果を報告するとともに、感受性に基づいた抵抗性についての考察を行った。

1. 調査林分および方法

1.1. 調査林分の概況と調査方法

調査林分は、九州大学農学部附属演習林粕屋地方演習林14林班に設定されている六演習林スギ品種試験地第I試験地である。本試験地は西向き斜面の標高約450mに位置し、平均傾斜約25度、水平距離で1辺48mの正方形(2304m²)である。本試験地には、クモトオシ、ヤイチ、オビアカ、ヤブクグリ、メアサ、アヤスギの6品種が植栽されており、5ブロックからなる乱塊法により配置されている。1区画当たりの植栽本数は30本(3906本/ha)で、これまで各区画とも同様の撫育が行われてきた。台風19号襲来時の林齢は24年で、1区画当たり14~17本、平均で約15本(1953本/ha)が生育していた。

調査は1991年12月に行い、調査林分内全個体について被害形態の分類を行った。被害形態は、1)曲がり・傾斜、2)幹折れ、3)根返りの3タイプとした。「曲がり」と「傾斜」を同一に扱ったのは、中間的な個体が多く存在し、明確にこれらを区別することが困難であったためである。

1.2. 分析方法

品種ごとの総被害率および被害形態別被害率を算出し、品種間の比較を行った。

個体サイズと被害率については、1988年に測定された胸高直径についての毎木調査資料を用い、直径階ごとの被害率を算出し、被害率分布の品種間の比較を行った。

本試験地は比較的小面積ではあるものの、地形の凹凸が認められることから、各区毎に立地環境は異なるものと考えられる。このため、よりの確な品種間の台風害抵抗性の比較を行うためには、まず区画間の立地環境を評価する必要がある。そこで、本試験地は各ブロックに6品種が無作為に配置されているので、植生解析で用いられる環境傾度分析の考え方を応用し、区画別に求められる被害率によって間接的に環境を評価した。i行目、j列目に位置する区画の間接環境傾度 (G_{ij}) は次式で示される。

$$G_{ij} = \sqrt{D_i \cdot D_j}$$

ここで D_i は i 行の平均被害率、 D_j は j 列の平均被害率である。この式で算出される間接環境傾度は、6品種の平均的な台風害抵抗性を持つ仮想の品種を、本試験地全面に植栽した場合の推定される区画別被害率を表すものであり、つまり立地条件および台風襲来時の環境を間接的に評価しているものである。ただし、本試験地が乱塊法に基づく設計であるので、 D_i については品種の影響が完全に除外されているが、 D_j については、5ブロックしかないため、品種の組み合わせの影響を受けることになり、正確には間接環境傾度にもその効果が含まれる。しかし、その影響はかなり小さいと考えられる。

この間接環境傾度の変化に対する実際の被害率の変化の傾向を一次の回帰式で表現し、求められた回帰直線の傾きから品種間の比較を行った。

2. 結果と考察

2.1. 被害の発生割合

図1に無被害木を含めた全個体に対する被害形態別の発生割合を、全個体および品種別に示した。

全個体については、半数近くの個体が何らかの被害を被っていた。被害形態別にみると「曲がり・傾き」が全体の約29%、被害を受けた個体の約62%であった。「幹折れ」および「根返り」はともに全体の10%未満で、被害を受けた個体の18~20%であった。

品種別の被害発生割合においては、クモトオシが最も高く約73%の個体が被害を被っており、以下、ヤブクグリ、オビアカ、ヤイチ、メアサ、アヤスギの順に高かった。被害形態では「曲がり・傾き」がいずれの品種においても発生しており、クモトオシをのぞく5品種において最も高い割合を示していた。クモトオシにおいては「幹折れ」の発生割合が最も高く、「根返り」は認められなかった。ヤブクグリ、オビアカ、ヤイチ、メアサにおいては「幹折れ」は認められず、アヤスギにおいては1個体のみが「幹折れ」であった。以上の6品種における被害発生割合および被害形態割合の傾向は、以下のように要約することができる。

(1) 被害発生割合が6割以上

「幹折れ」による被害割合が高い・・・クモトオシ

「曲がり・傾き」による被害割合が高い・・・ヤブクグリ

(2) 被害発生割合が4~5割

「曲がり・傾き」による被害割合が高い・・・オビアカ、ヤイチ

(3) 被害発生割合が3割以下

「曲がり・傾き」による被害割合が高い・・・メアサ、アヤスギ

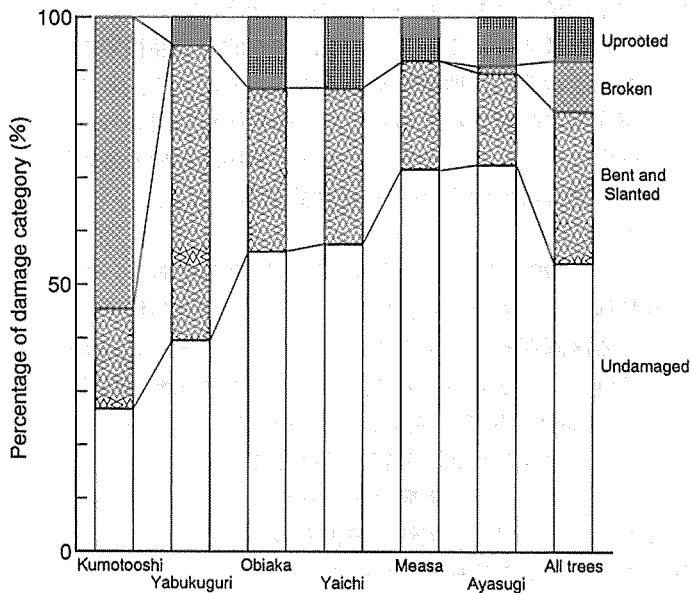


Fig. 1 Percentage of damage categories for each cultivar and for all trees.

図1 品種別および全個体の被害形態割合

矢幡(1992)は、本試験地と同一設計のもとに、同時期に設定された日田林工高等学校三花演習林の六演習林スギ品種試験地第I試験地における調査結果を報告している。三花演習林の試験地全体の被害発生割合は約89.7%で、本試験地よりも高い被害発生割合であった。特にオビアカ、クモトオシの2品種は全個体が被害を受けており、ヤブクグリ、オビアカ、ヤイチ、メアサでは「根返り」の割合が高いことが本試験地の傾向とは異なっていた。しかし、クモトオシは全て「幹折れ」であること、メアサ、アヤスギの被害率が他の品種に比較して低い傾向は、本試験地における傾向と同様であった。諫本・高宮(1992)による大分県内5地域における調査結果では、クモトオシを折損型に分類しており、この点においては本調査結果と一致するが、クモトオシの総被害率がヤブクグリ、ヤイチ、アヤスギよりも低いことなど異なる傾向が認められた。粕屋地方演習林第5試験地ブロックY1における調査結果(矢幡, 1992)では、ヤブクグリ、オビアカ、メアサ、アヤスギで「幹折れ」が認められないこと、メアサの被害発生率が比較的低いことが本試験地と同様の傾向であった。しかし、アヤスギの被害発生率は0~91%とばらついており、明かな傾向は認められなかった。また、熊本県阿蘇郡小国町での調査結果(矢幡, 1992)では、クモトオシの被害発生率が高く、全て「幹折れ」によるものであった。さらに福岡県田川郡添田町での調査結果(野田ら, 1992)と比較すると、メアサの被害発生率が低いことが本試験地と同様の傾向であったが、アヤスギがヤブクグリと同程度の被害発生率を示すなど、本試験地での結果と異なる傾向が認められた。

他の林分における調査結果との比較によって認められた品種による被害発生の傾向は、メアサの被害発生率が低いこと、クモトオシが「幹折れ」しやすいということの2点のみ

である。ただしクモトオシについては、冠雪害においても「幹折れ」の発生率が高いという報告（山本ら，1982；小河ら，1988；諫本ら，1988）と同様の傾向であり，この理由として山本ら（1982）は，クモトオシが折損しやすい材質特性を持つためとしている。このことから，クモトオシが台風被害においても「幹折れ」の割合が高いのは，材質特性による可能性が高いものと考えられる。メアサ，クモトオシ以外の品種においては，必ずしも一定の傾向が認められなかった。これは林分によって台風の強度，立地環境が異なること，林齢や密度，撫育などの前歴が異なることによるものと考えられる。ただし，諫本・高宮（1992）は，斜面方位，地形開閉性，地形，土壌深という立地環境要因が，林分密度や間伐履歴よりも被害と密接に関連していると指摘していることから，品種間の台風被害抵抗性の比較は，立地環境要因が類似している林分間で行うか，あるいは立地環境要因を評価した上で行う必要があるものと考えられる。

2.2. 被害発生率と樹木サイズ

図2は，1988年に測定した胸高直径（1.3m部位）の資料を用い，胸高直径を指標としたサイズ分布および被害発生率の変化を品種ごとに示したものである。クモトオシ，ヤイチの2品種は小径および大径の個体で被害発生率が高い傾向を，ヤブクグリは大径の個体ほど高くなる傾向を，オビアカ，メアサの2品種では直径階とは明かな傾向は認められな

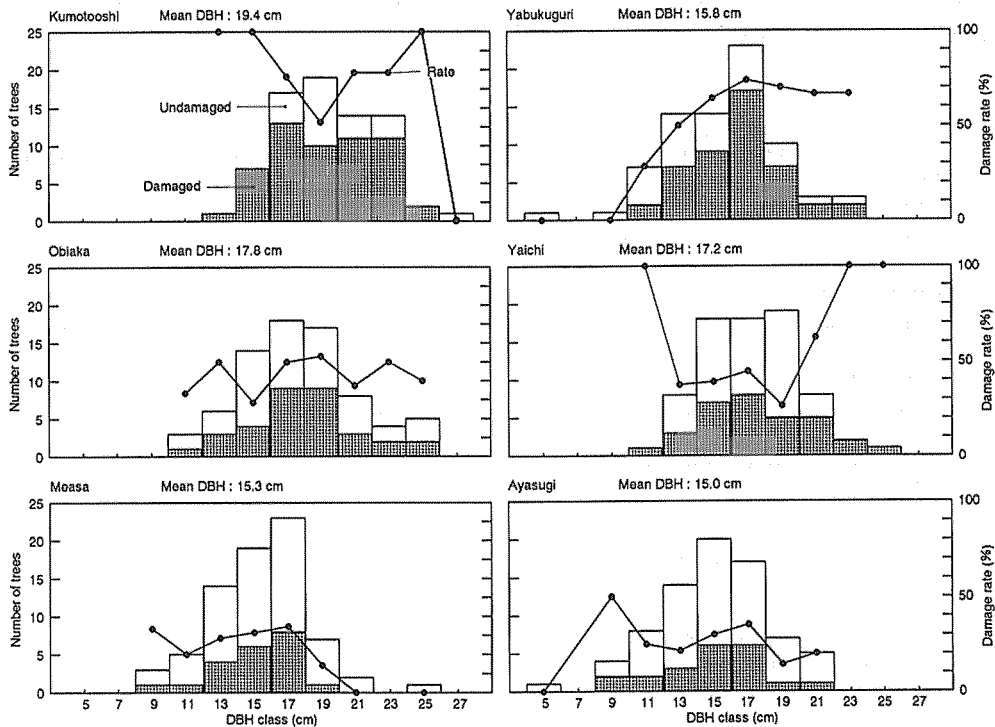


Fig. 2 DBH frequency distribution of damaged and undamaged trees, and damage rate in the DBH class.

図2 品種別の直径階別本数分布と被害率分布

かった。天然林では、サイズの大きい老齢な個体が被害を被りやすいことが知られているが (Naka, 1982) 人工林はサイズのバラツキが小さく、同齡集団であることが、サイズと被害発生率とに明瞭な傾向が認められない理由であると考えられる。また、サイズのみならず樹形や幹の強度などが被害発生と密接に関連していることを、矢幡 (1992) は数理モデルによって明らかにしている。従って、被害発生率の高かった品種ほど、平均胸高直径の大きい傾向が弱いながらも認められるものの (図2), サイズの指標としての胸高直径のみでは被害発生を十分に説明できないものと考えられる。

2.3. 間接環境傾度における品種間比較

図3に6品種の配置と実際の区画別被害率, および行・列ごとの平均被害率を, 図4に区画ごとの間接環境傾度を示す。この間接環境傾度は, 前述したように平均的台風害抵抗性を持つ品種を, 本試験地全面に植栽した場合の推定被害率であるから, 数値が高いほど被害を被りやすい環境であることを表している。試験地全体での間接環境傾度は0.3513~0.6319であった。品種別にみると, クモトオシが0.3632~0.5123 (平均0.4406), ヤイチが0.3897~0.5546 (平均0.4629), オビアカが0.3945~0.5893 (平均0.4611), ヤブクグリが0.3513~0.6319 (平均0.4670), メアサが0.3816~0.4903 (平均0.4446), アヤスギが0.3645~0.5837 (平均0.4551) であった。平均での品種間の差は有意ではないが, 品種ごとの最小値と最大値の差はメアサの0.1087からヤブクグリの0.2806であり, 2.5倍以上の間接環境傾度の範囲に差異があった。

Yaichi 0.0667	Obiaka 0.4000	Kumo- tooshi 0.8667	Yabu- kuguri 0.2143	Ayasugi 0.4667	Measa 0.3333	Average rate 0.3913
Ayasugi 0.1875	Kumo- tooshi 0.7857	Measa 0.4667	Yaichi 0.6667	Obiaka 0.8667	Yabu- kuguri 0.9333	0.6511
Measa 0.3333	Yaichi 0.6000	Obiaka 0.0667	Kumo- tooshi 0.8667	Yabu- kuguri 0.8667	Ayasugi 0.6000	0.5556
Kumo- tooshi 0.7500	Ayasugi 0.1333	Yabu- kuguri 0.4118	Measa 0.2143	Yaichi 0.0667	Obiaka 0.4667	0.3405
Yabu- kuguri 0.6000	Measa 0.0667	Ayasugi 0.0000	Obiaka 0.4000	Kumo- tooshi 0.4000	Yaichi 0.7333	0.3667
Average rate 0.3875	0.3971	0.3624	0.4724	0.5334	0.6133	

Fig. 3 Actual damage rate for each division, and averaged rate for each line and row.

図3 区画ごとの実際の被害率と行・列の平均被害率

0.3894	0.3942	0.3766	0.4299	0.4569	0.4899
0.5023	0.5085	0.4858	0.5546	0.5893	0.6319
0.4640	0.4697	0.4487	0.5123	0.5444	0.5837
0.3632	0.3677	0.3513	0.4011	0.4262	0.4570
0.3770	0.3816	0.3645	0.4162	0.4423	0.4742

Fig. 4 Indirect gradient value for each division.

図4 区画ごとの間接環境傾度

図5は, 間接環境傾度と実際の被害率の関係を品種ごとに示したもので, さらにこれら関係を一次式に回帰した結果も示した。クモトオシをのぞく5品種では, 間接環境傾度の

増加とともに実際の被害率も増加する傾向が認められる。標本数が5と少ないが、相関係数はメアサでは5%水準で、アヤスギ、ヤイチでは10%水準で有意であった。ヤブクグリ、オビアカは、10%水準において有意ではなかったが、ともに相関係数は0.7以上であった。被害形態割合においても他の品種とは異なる傾向を示していたクモトオシは、相関係数が極端に低かった。このことが被害形態割合と関係あるかどうかについては今後の検討課題である。

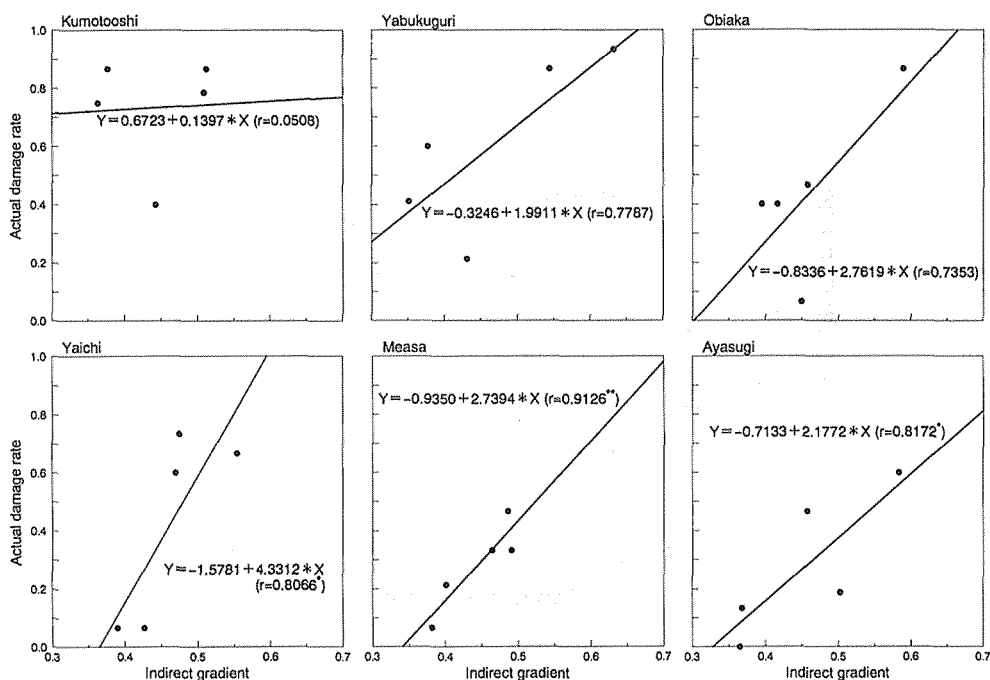


Fig. 5 Relationship between indirect gradient and actual damage rate.

(* , ** : significant at 10% and 5% level, respectively)

図5 品種別の間接環境傾度と実際の被害率の関係

ここで回帰式の傾きの意味について考察する。傾きは間接環境傾度の増加に対する実際の被害率の増加率であるから、これは台風害に対する感受性を表すものと考えられる。つまり、傾きが大きいほど感受性は高く、逆に傾きが小さいほど感受性は低いということになる。従って、本試験地における6品種の感受性は、ヤイチ>オビアカ≒メアサ>アヤスギ≒ヤブクグリ>クモトオシという関係になる。特にクモトオシは、他の品種に比べ極端に回帰式の傾きが小さく、感受性が非常に低いことが認められるが、間接環境傾度の値が小さくても実際の被害率が比較的高いことから、台風に対して脆弱な性質を持つものと思われる。ただし、クモトオシは被害形態割合が他の5品種とは異なること、相関係数が極端に小さいので傾きの値のみによって感受性を比較し得るかどうか、さらに切片>0であり、一次の回帰式による表現についても今後検討の必要があると思われる。

図6は、図5に示した回帰直線をまとめて示したものであるが、この図から明かなように、アヤスギ、メアサ、ヤイチは間接環境傾度0.4付近で交差しており、この前後で実際の被害率、つまり台風害抵抗性の大小関係は逆転する。これと同様のことが他の品種間においても認められる。これは、各品種の回帰直線の傾き、つまり感受性が異なるためであり、従って台風抵抗性についての品種間の比較は、感受性が等しいか、あるいは間接環境

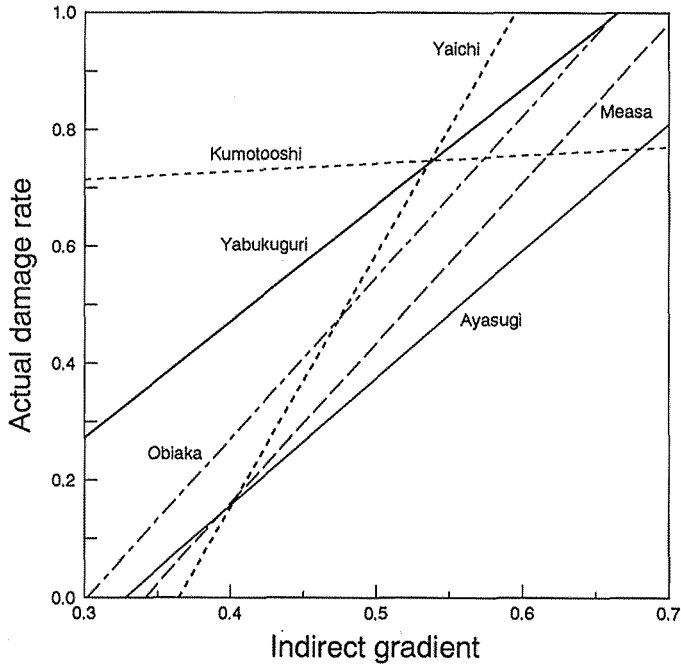


Fig. 6 Comparison of regression lines of six cultivars.

図6 6品種の回帰直線の比較

傾度が0～1の範囲で交差しない品種間でのみ切片の値により行い得るものであることを示している。今回の結果では、オビアカとメアサ、ヤブクグリとアヤスギがこれら条件を満たしており、それぞれオビアカとヤブクグリがより低い抵抗性を持つものと見ることができる。

今回の解析により示された感受性および抵抗性は、本試験地の間接環境傾度における品種ごとの特性であり、この結果をそのまま他の林分に適用することはできない。しかし、先述のように被害発生率や被害形態割合による他の林分との比較において、品種間の台風害抵抗性の強弱関係に一定の傾向が認められなかったのは、林齢や林分構造、立地環境や台風の強度などの違いのみならず、品種による感受性の違いも影響しているものと考えられる。本試験地では各品種とも樹齢や植栽密度、これまでの撫育は等しく行われてきたものであるから、感受性は品種それぞれの持つ特性であると考えられるものの、感受性を決める要因、樹木の成長にともなう感受性の経時的変化について、今後解明していく必要があるものと思われる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、九州大学農学部附属演習林教授、汰木達郎博士にご助言を頂いた。同学部林学科造林学教室より1988年時の調査資料を提供して頂き、また同教室大学院生、伊東啓太郎氏には調査にあたりご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 諫本信義・高宮立身・大分県日田事務所林業課 (1988) : 数量化・I類による雪害解析—1987年2月日田地方を中心とみられた冠雪害について—。日林九支研論 41:125-126
- 諫本信義・高宮立身 (1992) : 1991年9月、台風19号により発生した大分県における森林被害の要因解析。大分県林業試験場研究時報 18:1-43
- NAKA, K. (1982) : Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I. Wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest. Bot. Mag. Tokyo 95: 385-399
- 野田 亮・小河誠司・佐々木重行・野中重之・廣田篤彦・福島俊彦・宮原文彦 (1992) : 1991年9月に発生した台風17・19号による森林被害調査報告書。福岡県林業試験場, pp. 22-26
- 小河誠司・高木潤治・野田 亮・光枝康隆 (1988) : スギの冠雪害に関する研究 (II) —福岡県における1987年冠雪害の被害形態について—。日林九支研論 41:123-124
- 大貫仁人・加藤宏明 (1992) : 被害の状況。林野庁監修 平成3年台風19号等災害復旧対策調査報告書。日本造林協会, 東京, pp. 3-11
- 矢幡 久 (1992) : スギ品種の被害状況の分析と被害形態の力学的解析。林野庁監修 平成3年台風19号等災害復旧対策調査報告書。日本造林協会, 東京, pp. 12-38
- 山本福寿・汰木達郎・今田盛生・荒上和利・中井武司 (1982) : スギの冠雪害に関する研究 (II) —冠雪害の品種間差と材質—。93回日林論:251-252

(1992年12月15日受付; 1993年1月19日受理)

Summary

We investigated wind damage to Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) cultivars at the experimental site No. 1 in the Kasuya forest of Kyushu University. Many trees at this site were damaged by Typhoon 19 in 1991. We analyzed and discussed the resistivity and sensitivity of six cultivars to wind damage caused by typhoons.

Damage rate was 46.1% to all trees at this site, and the rate of bent or slanted trees was higher than for other kinds of damage. Six cultivars were divided into three groups on the basis of damage rate. Kumotooshi and Yabukuguri suffered more than 60% damage, Measa and Ayasugi less than 30%, and the other two cultivars, Obiaka and Yaichi, from 40 to 50%. Concerning the percentage of damage categories, trunk-breakage was prominent in Kumotooshi, and the rate of bent and slanted trees was highest in the other five cultivars. In comparison with the percentage of various damage categories in other Sugi stands damaged by the same typhoon, there were only two common tendencies - trunks of Kumotooshi were broken easily, and the damage rate in Measa was lower. However, other cultivars showed different resistivity at each stand.

In relation to tree size, the damage rate of each cultivar tended to increase as mean DBH increased. The distribution of damage rate in the DBH class showed different patterns for each cultivar.

To compare the resistivity of each cultivar to wind damage, environmental factors at this site were measured using indirect gradient. The value of indirect gradient at the division on the intersection at the *i*-th line and the *j*-th row was calculated as the square root of the product of mean damage rate at the *i*-th line and the *j*-th row. These values indicate the assumptive damage rate, if one hypothetical cultivar with the mean resistivity of six cultivars was grown over whole site. Therefore this value indirectly expresses the difference in environmental conditions between each division. The slope of regression line between indirect gradient and actual damage rate indicates the sensitivity of each cultivar.

The sensitivity of each cultivar was different. Yaich was most sensitive, but Kumotooshi was not sensitive. Measa had a similar sensitivity to Obiaka, and Yabukuguri to Ayasugi. Therefore, resistivity to wind damage could be compared between Measa and Obiaka, and between Yabukuguri and Ayasugi. But it was impossible to compare Yaichi and Kumotooshi with other cultivars. In many Sugi stands, it was difficult to identify a common tendency in resistivity, not only due to the environmental conditions of stands but also because there were differences in the sensitivity of the cultivars.

Key words : wind damage caused by typhoon, Sugi cultivars, resistivity, sensitivity, indirect gradient.