

ISSN 0289-4025

RESEARCH REPORT
OF THE
OITA PREFECTURAL
FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No.12, December, 1986
Arita, Hita, Oita, Japan

研 究 時 報

第 12 号

大 分 県 林 業 試 験 場

昭 和 61 年 12 月

大分県日田市大字有田字佐寺原

大分県林業試験場研究時報・第12号（1986年12月）

— 目 次 —

特用原木林の育成技術に関する総合研究			
クヌギ林分における量的形質の幼老相関	佐々木 義 則	佐 藤 朗	1
スギ・ヒノキの核型に関する研究			
スギ・ヒノキなどの自然突然変異体の 細胞遺伝学的研究	佐々木 義 則		5
ヒノキの徳利病に関する研究（XII）			
ヒノキ徳利病木の組織構造の個体内変異について ...	諫 本 信 義		13
九重山群植物被害報告			
硫黄山山麓における主要植物の硫黄分析	諫 本 信 義		20

RESEARCH REPORT
OF THE
OOITA PREFECTURAL
FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No.12, December, 1986
Arita, Hita, Ooita, Japan

— CONTENTS —

Year-to-year Correlation of Quantitative Character in Kunugi Forest (<i>Quercus acutissima</i> Carr.)	Yoshinori SASAKI 1 Akira SATOH
Cytogenetical Studies on Spontaneous Mutations in Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don.) and Hinoki (<i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl.) etc.	Yoshinori SASAKI 5
Studies on the Stem-hypertrophy (Tokkuri- disease) of Hinoki (<i>Chamaecyparis obtusa</i>) (XII) On the Variation of Anatomical Characters in stem on the <i>Chamaecyparis</i> under Stem-hypertrophy.	Nobuyoshi ISAMOTO ...13
A Survey on the effect of Air pollution damage to vegetation in the Kujyu-Mountain area of Oita prefecture. The leaf analysis of Sulfer Content on several trees in the foot of the Iou mountain...	Nobuyoshi ISAMOTO ...20

特用原木林の育成技術に関する総合研究

—クヌギ林分における量的形質の幼老相関—

佐々木義則・佐藤朗

Year-to-year Correlation of Quantitative Character
in Kunugi Forest (*Quercus acutissima* Carr.)

Yoshinori SASAKI and Akira SATOH

要 旨

クヌギの樹高生長, 直径生長などの量的形質において, 幼老相関の有無を調べるため, はば伐期に近づいた人工林について, 個体別に順位をつけ, 成木時との間の年次別順位相関を調べた. その結果, 樹齡の増加につれて, 成木時との間の相関係数が大きくなり, 3年生以後からは有意な相関が認められた. これは, クヌギの場合, 3年生といった幼齡時の順位が成木時まで影響しやすいことを示しており, 量的形質に関しては早期検定および早期選抜の可能性が大きいものと推察された.

I はじめに

林木は永年生作物である関係上, 新品種が選抜, 育成されても, 検定に長期間を要し, このことが林木育種を推進するうえでの大きな障害となっている. このようなことから, 林木を含め, 果樹, 桑, 茶などの永年生木本作物についても早期検定法が研究されるようになってきた^{1~5}). 早期検定法を確立するためには, その前提条件として, 目的とする形質についての幼老相関などを調べておく必要がある. 林木における幼老相関は, スギ, カラマツなどの針葉樹に関して調べられている^{2,3,5}), 広葉樹では研究例が少ないようである⁴). そこで, 筆者らはクヌギについて, 樹高, 直径などの量的形質の幼老相関を調べてみた.

II 材料および方法

解析には, 1969年3月に本県大山町に設定したクヌギ植栽密度試験地の一部のデータを用いた. 本試験地は標高約240m, 傾斜10~15°の南向き斜面にあり, 土じょう型はBlc~Blv(d)であった. 2,000および4,200本/haの2区について, 樹高は1~12年生(設定時~11年後), 根元径は1~9年生までの測定値を用いた. 供試個体数は2,000本/ha区が52本, 4,200本/ha区が113本であり, 個体別に順位づけを行い, 年次間の相関係数(Spearmanの順位相関係数)を求めた. また, 12年生時の樹高順位により, 上, 中, 下位のグループに分け, それぞれの個体について樹齡をさかのぼっていった場合の生長や順位の

変動などを調べた。

Ⅲ 結 果

樹高 (H) は 9 および 12 年生時, 根元径 (D), D^2H , H/D は 9 年生時との間の年次別順位相関係数を算出した結果は, 表-1 に示すとおりであり, いずれにおいても経過年数の増加にともなって値が大きくなり, 3 年生以後はすべて 1% 水準で有意であった。H, D, D^2H , H/D の 4 種類の中では, H/D での相関が低かった。密度間では順位相関係数に大きな差異はなかった。

12 年生時の樹高順位により, 上位 10 個体, 中位 10 個体, 下位 10 個体の 3 グループに分け, 樹高生長について年次別に分散分析を行ったところ, 2,000 本/ha 植栽区は 5 年生以後, 4,200 本/ha 植栽区は 3 年生以後すべて 1% 水準で有意であった。有意性の認められたグループ間において, 平均値間の検定を行ったところ, いずれにおいても, 上位と中位, 上位と下位, 中位と下位の間に 1% 水準で有意差が認められた。上, 中, 下位グループの年次別平均樹高生長は表-2 に示すとおりであり, 樹齢の増加とともにグループ間の差異が著しくなった。

上位, 中位, 下位グループについて, 樹高順位の年次間変動を比較したところ, 1 年生時では 3 者間に大きな差はなかったが, 3 年生以後において差異が認められた。すなわち, 上位グループは 3 年生時から上昇傾向, 一方, 下位グループは 3 年生時から下降傾向が認められ, その後, 安定化が進んだ。中位グループは前 2 者に比べ遅くまで順位の変動幅が大きく不安定であった。

個体における樹高順位の年次間変動は, 全体的にみた場合, 樹齢が高くなるのに従い小さくなったが, 個別にみると上下の変動が大きい個体も存在し, 早生型, 晩生型など種々のタイプが観察された。これら変動の大きい個体は, 中位グループに属するものが比較的多かった (図-1)。

表-1 年次間の順位相関係数

項 目	植栽密度	1-9 (1-12)	3-9 (3-12)	5-9 (5-12)	7-9 (7-12)	——年生 (9-12)
樹 高 (H)	本/ha 2,000	0.170 ^{N.S.} (0.183 ^{N.S.})	0.714** (0.639**)	0.883** (0.810**)	0.930** (0.872**)	(0.963**)
	4,200	0.141 ^{N.S.} (0.134 ^{N.S.})	0.581** (0.578**)	0.877** (0.824**)	0.914** (0.859**)	(0.919**)
根元直径 (D)	2,000	0.186 ^{N.S.}	0.753**	0.903**	0.953**	—
	4,200	0.101 ^{N.S.}	0.691**	0.909**	0.966**	—
D^2H	2,000	0.109 ^{N.S.}	0.753**	0.906**	0.969**	—
	4,200	0.087 ^{N.S.}	0.723**	0.920**	0.964**	—
H/D	2,000	0.321*	0.363**	0.411**	0.633**	—
	4,200	0.118 ^{N.S.}	0.340**	0.524**	0.788**	—

表-2 上, 中, 下位グループの年次別平均樹高生長

植栽密度	グループ	1	3	5	7	9	12年生
本/a 2,000	上位	0.46	1.01	2.40	5.01	7.44	10.38 ^m
	中位	0.41	0.91	1.74	3.39	5.35	7.94
	下位	0.46	0.67	1.10	2.04	2.87	3.69
	総平均	0.45	0.88	1.77	3.49	5.39	7.49
4,200	上位	0.50	1.20	3.20	5.96	8.80	11.42
	中位	0.50	0.97	2.41	4.84	7.08	9.28
	下位	0.49	0.84	1.28	2.77	3.72	3.90
	総平均	0.52	0.97	2.29	4.59	6.79	8.62

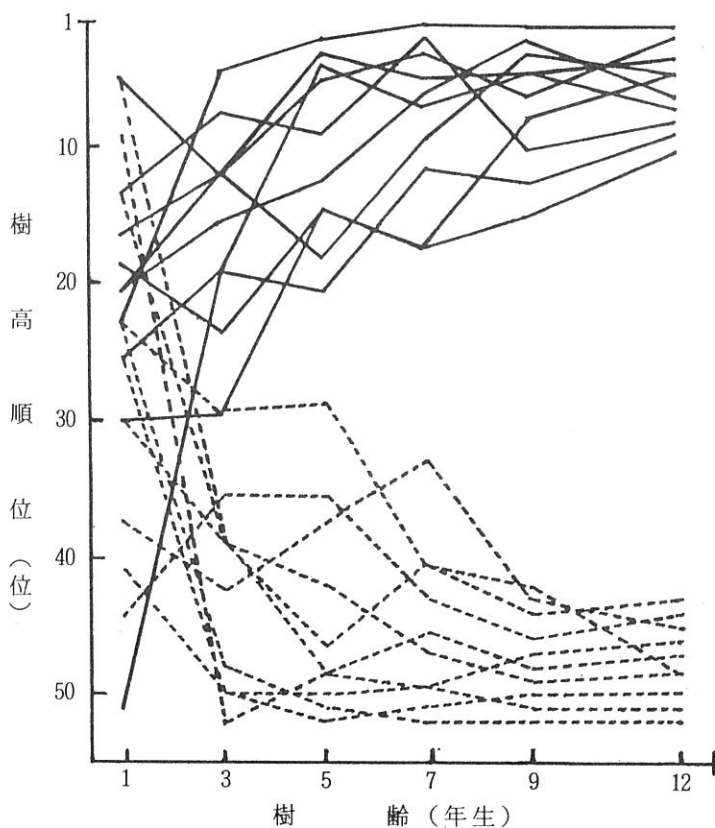


図-1 上位および下位グループ個体の年次別樹高順位変動

IV 考 察

永年生作物の早期検定に関しては、病害、虫害などへの抵抗性形質、葉の含有成分、材質などの質的形質、生長量、葉の収穫量などの量的形質について研究されており、形質によっては可能性が大きいことが報告されている²⁾。林木での量的形質の早期検定に関しては岡田³⁾がカラマツについて詳細に研究しており、全般的には15年生程度になると順位が

安定するが、最下位や最上位の付近では15年生よりも早い時点で個体が決定され、中央位では伐期に近づいても順位の入れかえが行われており、最上位近くの個体だけを問題にする場合は、10年生以下での決定も可能であろうと述べている。外山⁵⁾はスギ精英樹F₁の検定において、優良家系の選定は23年生時でも危険をとまなう場合が多いが、不良家系の選定は、23年生時あるいはそれ以前でもさしつかえないとしている。新谷⁴⁾はクヌギの母樹別自然交配家系の樹高生長について、植栽時から5年後までの年次間相関を調べており、5年後との間の相関係数は、2年後から有意であったこと、また、3～5年目における樹高順位の上位および下位の家系、特に下位家系群の順位は安定した傾向が認められ、これら下位家系群は植栽時においても下位に属するものが多かったと述べている。

筆者らは、ほぼ伐期に近づいたクヌギ人工林について、個体別に順位をつけ、成木時との間の年次別順位相関を調べた。その結果、樹高(H)、根元径(D)、 D^2H 、 H/D の4種類ともに、樹齢の増加につれて、成木時との間の相関係数が大きくなり、3年生以後からは有意な相関が認められた。これは、クヌギの場合、3年生といった幼齢時の順位が成木時まで影響しやすいことを示しており、幼老相関がかなり早い時期から発現するものと考えられた。成木時の樹高順位により、上、中、下位の3グループに分けた場合、グループ間の生長差は3～5年生時から現われ、その後、グループ間の生長差はますます大きくなる傾向が認められた。また、個体別の年次間の順位変動は、全般的には樹齢が高くなるほど小さくなったが、この傾向は上位および下位グループで著しく、5年生時頃から安定するようであった。成木時に上位グループに属する個体は3年生時に中央位より上に、また、成木時に下位グループに含まれる個体は3年生時に中央位より下に位置し、上位グループは1年生時にもこのような傾向を示し、岡田³⁾、新谷⁴⁾らの報告と同様な結果が得られた。これらの現象は、クヌギが陽樹である関係上、初期生長が不良な個体は雑草および周囲木の被圧により受光量が不足するため生長がますます抑制され、一方、初期生長が良好な個体は雑草などの被圧から早期に抜けだし、その後も旺盛な生長を継続することに起因すると考えられた。

V おわりに

今回の解析結果から、クヌギ林分における量的形質に関しては、早期検定、および早期選抜の可能性が大きいものと推察された。従って、今後、苗畑などの幼齢期の段階で早期に選抜し、その効果を検討する必要があるものと考えられる。

引用文献

- (1) 松尾孝嶺ら(翻訳、鑑修)：永年作物の育種，一特に早期検定一，148pp，養賢堂，東京，1960
- (2) 木本作物育種研究グループ：木本作物の育種，一早期検定法の開発と利用一，277pp，農林水産省林業試験場，茨城，1973
- (3) 岡田幸郎：林木における生長の早期検定，育種学最近の進歩，第13集，27-34，1973
- (4) 新谷安則：クヌギ母樹別自然交雑家系の植栽後4，5年目の調査結果，日林九支研論集，35，39-40，1982
- (5) 外山三郎：スギ精英樹F₁検定に関する調査報告書，217pp，関西林木育種場，岡山，1979

スギ・ヒノキの核型に関する研究

—スギ・ヒノキなどの自然突然変異体の細胞遺伝学的研究—

佐々木義則

Cytogenetical Studies on Spontaneous Mutations

in Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.) andHinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) etc.

Yoshinori SASAKI

要 旨

スギ, ヒノキなどの19個体について, 枝変り(自然突然変異体)と元木の体細胞染色体数を比較したところ, 13個体は同数であったが, スギ二倍体の2個体からは異数体($2n=23=2x+1$), また, ヒノキ二倍体の4個体からは倍数体($2n=44=4x$)の枝変りが見出された。これらのことから, 枝変りによる自然突然変異体の出現は, 元木の体細胞分裂異常にともなう染色体の数的変異が一つの原因になっているものと推察された。

I はじめに

林木の突然変異に関しては, スギ, ヒノキなどについて, 自然突然変異体(枝変り)が見出されており^{1~3}), また, ガンマー線照射による人為突然変異体も作出されている^{4,5})。これらの突然変異体においては, 外部形態などの報告が多く, 細胞学的な面からの研究は少ないようである。筆者は, 突然変異育種の基礎資料を得るため, スギ, ヒノキなどの自然の枝変りと元木について体細胞染色体を調べたところ, 若干の知見が得られたので報告する。

本実験を遂行するにあたり御指導いただいた宮崎大学農学部教授の黒木嘉久博士に深謝の意を表す。また, 実験材料や貴重な御助言をいただいた九州大学農学部名誉教授の宮島寛博士, 国立林業試験場東北支場の前田武彦博士, 福岡県林試の長浜三千治氏, 佐賀県林試の原信義氏, 松尾保則氏, 九州林産株式会社湯布院営業所の斎藤那雄氏, 本県林業家の田中晋氏, 福田彰氏, 神川建彦氏の各位に感謝の意を表す。

II 材料および方法

実験材料は表-1に示すとおりであり, 枝変り部の外部形態が元木とは著しく異なる19個体(原¹)および宮島ら²)の発見した2個体も含む)を用いた。スギの8個体では針葉の大型化, 短小化, 湾曲など, ヒノキの6個体においては鱗状葉が肥厚し不整形, 針状葉など, ヒヨクヒバの2個体はサワラに似た葉形, また, サワラ1個体, カイツカイブキ1個

体, ミヤマビャクシン 1 個体ではいずれも針状葉を呈していた (写真-5~写真-22)。大分県内からは14個体, 福岡県から2個体, 佐賀県から2個体, 熊本県から1個体を収集した。それぞれの個体について, 完全に枝変りを起こしている部分, および元木からさし穂を採取し, オキシベロン (IBA) の 0.5% 粉剤で処理した後, ガラス室内で桐生砂を詰めた育苗箱にさしつけた。

1983~1985年の4~6月にさし木発根苗から5~10mmの根端を採取し, 0.002モルの8-オキシキノリン水溶液に浸漬し, 12℃で24~48時間前処理を行った。その後, エチルアルコールと酢酸の混合液に入れ12℃で24~48時間固定した。1N・HCLを用い室温下で2~3日間加水分解した後, 塩基性フクシン液で染色し, 押しつぶし法によりプレパラートを作製して体細胞染色体の観察を行った。染色体数の算定には顕微鏡写真を用い, 個々の染色体に番号を付けて調べた。なお, ヒノキNo.4は元木の枝が枯損し, さし木苗が得られなかったため, 元木から直接に根端を採取して用いた。

表-1 実験に用いた材料

樹種名	個体No.	元木の名称	枝変りの形態的特徴	選抜地 (機関)	備考
スギ	1	ヤブクグリスギ	針葉が大型化し, 肉太	大分県日田市	在来品種
	2	アヤスギ	針葉の湾曲化	大分県 (大分県林試)	"
	3	クモトオシスギ	針葉の細長化	福岡県 (福岡県林試)	"
	4	日田 8 号	針葉の短小化	大分県日田市	天然シボ
	5	—	"	佐賀県 (佐賀県林試)	原(1962)
	6	マンキチスギ	針葉が大型化し, 肉太	大分県 (大分県林試)	園芸品種
	7	不詳	"	"	"
	8	"	"	大分県耶馬溪町	"
ヒノキ	1	久原 1 号	鱗状葉が肥厚し, 不整形	福岡県(九大柏屋演習林)	宮島ら
	2	—	"	佐賀県 (佐賀県林試)	(1966)
	3	—	"	大分県耶馬溪町	
	4	—	"	大分県三光村	
	5	鹿児島 3 号	針状葉	熊本県(九州林木育種場)	精英樹
	6	—	"	大分県日田市	
サワラ	1	—	針状葉	大分県竹田市	
ヒヨクヒバ	1	—	サワラに似た鱗状葉	大分県九重町	園芸品種
	2	—	"	大分県日田市	"
カイヅカイブキ	1	—	針状葉	大分県 (大分県林試)	園芸品種
ミヤマビャクシン	1	—	針状葉	大分県 (大分県林試)	園芸品種

III 結 果

スギ, ヒノキなどの19個体について, 元木と枝変り部の体細胞染色体を観察した結果は表-2に示すとおりであった。

元木19個体のうち, 17個体は $2n = 22 = 2x$ の二倍体であり, カイツカイブキおよびミヤマビャクシンの2個体のみが $2n = 44 = 4x$ の四倍体であった。

19個体からの枝変りにおいては, 13個体は元木と同数であったが, 6個体は元木とは異なっていた。すなわち, 二倍体のアヤスギおよびマンキチスギの2個体から発生した枝変りは, $2n = 23 = 2x + 1$ の異数体であり, また, 二倍体ヒノキの久原1号元木²⁾, 大分

県産の2個体, 佐賀県産の1個体の計4個体からは, $2n = 44 = 4x$ の四倍体の枝変りが観察された(写真-1~写真-4)。

アヤスギから発生した異数体の枝変りは, 元木に比べて針葉の湾曲が著しく, やや大型化しており, ウラセバルスギに類似しているようであった(写真-6)。園芸品種のマンキチスギから出現した異数体の枝変りは, 元木に比べて針葉が肉太で大型化しており, メアサスギに似た葉形を示した(写真-10)。ヒノキの二倍体から発生した久原1号²⁾などの四倍体の枝変りは, 4個体ともに鱗状葉が肥厚し不整形であった(写真-13~写真-16)。

表-2 元木および枝変りの体細胞染色体数

樹種名	個体No	元木の体細胞染色体数	枝変りの体細胞染色体数
スギ	1	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
	2	$2n = 22 = 2X$	$2n = 23 = 2X + 1$
	3	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
	4	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
	5	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
	6	$2n = 22 = 2X$	$2n = 23 = 2X + 1$
	7	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
	8	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
ヒノキ	1	$2n = 22 = 2X$	$2n = 44 = 4X$
	2	$2n = 22 = 2X$	$2n = 44 = 4X$
	3	$2n = 22 = 2X$	$2n = 44 = 4X$
	4	$2n = 22 = 2X$	$2n = 44 = 4X$
	5	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
	6	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
サワラ	1	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
ヒヨクヒバ	1	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
	2	$2n = 22 = 2X$	$2n = 22 = 2X$
カイヅカイブキ	1	$2n = 44 = 4X$	$2n = 44 = 4X$
ミヤマビャクシン	1	$2n = 44 = 4X$	$2n = 44 = 4X$

IV 考 察

農業および園芸の分野では, 自然および人為の突然変異体が優良品種として多数利用されている⁹⁾。林木においては, 原¹⁾, 佐藤⁸⁾がスギ, 宮島²⁾, 岡村³⁾がヒノキについて自然の枝変りを発見しており, 大庭^{4,5)}はガンマー線照射によりスギ, ヒノキなどの人為突然変異体を多数作出しているが, 実用的価値の高いものは現在のところ見出されていないようである⁵⁾。

林木における枝変りと元木との間の差異に関しては, 形態^{1~5,8)}, 色彩^{4,5)}, 生長^{1,2,5)}, 発根性⁵⁾, 稔性⁵⁾, 生理・生態的特性⁵⁾, アイソザイム⁷⁾などが研究されている。細胞学

的な差異については、岡村³⁾がヒノキの二倍体から四倍体の枝変りが生じたこと、大庭ら⁵⁾は人為突然変異体には染色体数に異常が見られなかったが、分裂の同調性を失った染色体により小核を形成する場合があったことなどを報告している。

筆者は、スギ、ヒノキなどの19個体について、自然の枝変りと元木の体細胞染色体数を比較したところ、13個体は同数であったが、スギ二倍体の2個体からは異数体 ($2n = 23 = 2x + 1$)、ヒノキ二倍体の4個体からは倍数体 ($2n = 44 = 4x$) の枝変りが見出された。枝変りによる四倍体の発生は、ヒノキの1個体で報告されているが³⁾、異数体の出現例は林木においてはなく、きわめて珍しい現象といえよう。キクの枝変りでは $2n = 45 \sim 64$ といった多数の異数性品種が報告されている⁶⁾。大庭⁴⁾は人為突然変異体の中には染色体橋などの体細胞分裂異常を示す個体が存在すると述べており、今回観察された異数体も元木の体細胞分裂後期に染色分体の不分離現象が起り、1本の染色体が過剰になった異数性細胞が形成され、分化し、枝変りが生じたものと考えられる。ヒノキでは、元木の体細胞分裂の中期以後、縦裂した染色分体が何らかの原因で2核に分れず、1核の中に包含されたため倍数性細胞が形成され、分化、発達して枝変りが出現したと考えられる。

V おわりに

今回の実験結果から、枝変りによる自然突然変異体の出現は、元木の体細胞分裂異常にともなう染色体の数的変異が一つの原因になっているものと推察される。外部形態においては著しい差異があるにもかかわらず、染色体の数的変異が認められない個体が観察されたが、これらの中にはアイソザイムパターンでは差異のある個体が存在した⁷⁾。これは、枝変り部位に染色体の構造的変異、あるいは遺伝子レベルでの変異などが生じていることを示唆するものと考えられる。

これらの枝変りについては、今後、林業および園芸分野での実用的価値の有無を検討する必要がある。

引用文献

- (1) 原信義: 造林地で発生したスギの芽条変異(予報), おもに枝葉の外部形態について, 日林九支研論, 16, 133-135, 1962
- (2) 宮島寛・沐木達郎: ヒノキ変異個体の一例, 日林九支研論, 19, 106-107, 1966
- (3) 岡村政則: ヒノキ人工林において発見した変異個体, 24回日林関西支講, 63-64, 1973
- (4) 大庭喜八郎: 林木の放射線育種に関する研究, 放育研報, 2, 102pp, 1971
- (5) ———・前田武彦: 突然変異育種(林木), 277-283, 養賢堂, 東京, 1983
- (6) SAMPON, D. R. et al.: Investigations on the sporting process in greenhouse chrysanthemum, Can. J. Plant Sci., 38, 346-356, 1957
- (7) 佐藤朗・佐々木義則: 林木のアイソザイムに関する研究(II), スギ・ヒノキ自然突然変異体のアイソザイム, 日林九支研論, 38, 49-50, 1985
- (8) 佐藤敬二: スギ変異の一実例, 日林誌, 11(11), 573-581, 1929
- (9) 渡辺好郎・山口彦之(鑑修): 突然変異育種, 343pp, 養賢堂, 東京, 1983

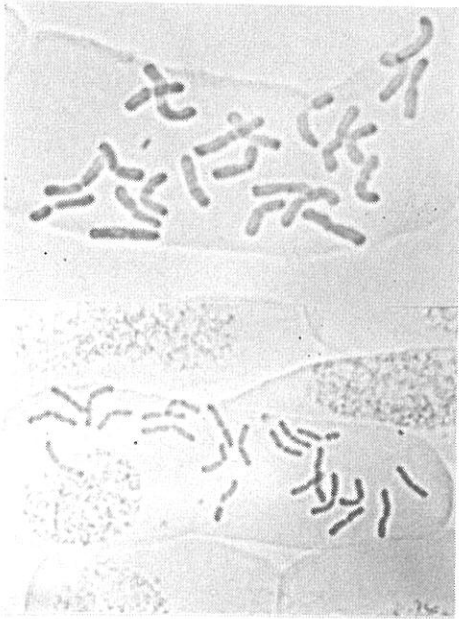


写真-1 スギNo.2 (アヤスギ) の枝変り
および元木の体細胞染色体
(上: 枝変り $2n = 23 = 2X + 1$,
下: 元木 $2n = 22 = 2X$)

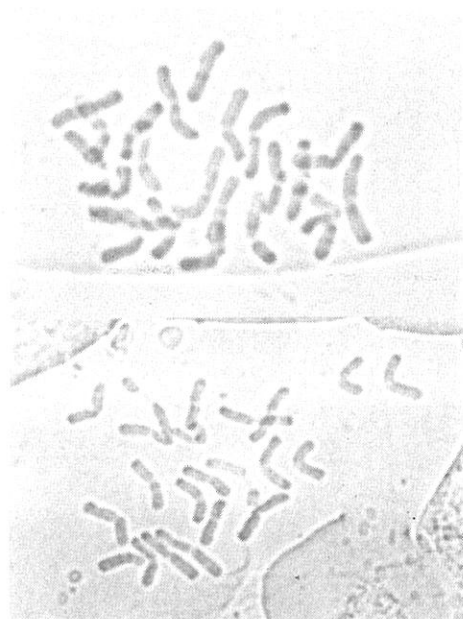


写真-2 スギNo.6 (マンキチスギ) の枝変り
および元木の体細胞染色体
(上: 枝変り $2n = 23 = 2X + 1$,
下: 元木 $2n = 22 = 2X$)

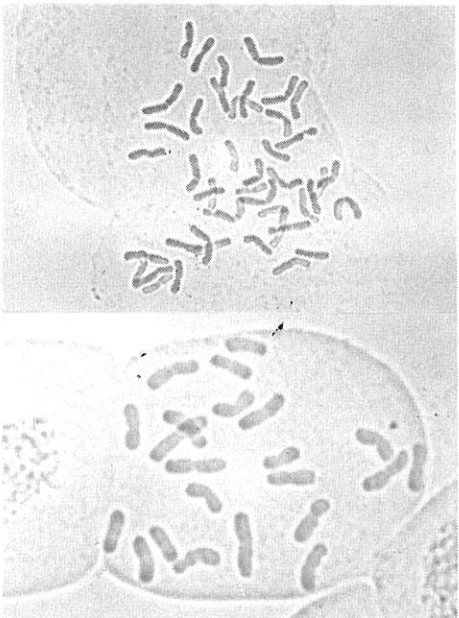


写真-3 ヒノキNo.1 の枝変り (久原1号)
および元木の体細胞染色体
(上: 枝変り $2n = 44 = 4X$,
下: 元木 $2n = 22 = 2X$)



写真-4 ヒノキNo.4 (大分県産) の枝変り
および元木の体細胞染色体
(上: 枝変り $2n = 44 = 4X$,
下: 元木 $2n = 22 = 2X$)

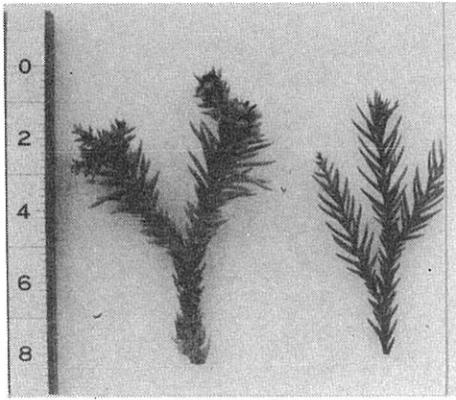


写真-5 スギNo.1 (ヤブクグリスギ)
左: 枝変り, 右: 元木 (以下同様) 両方ともに $2n = 22 = 2X$



写真-6 スギNo.2 (アヤスギ)
左: $2n = 23 = 2X + 1$
右: $2n = 22 = 2X$

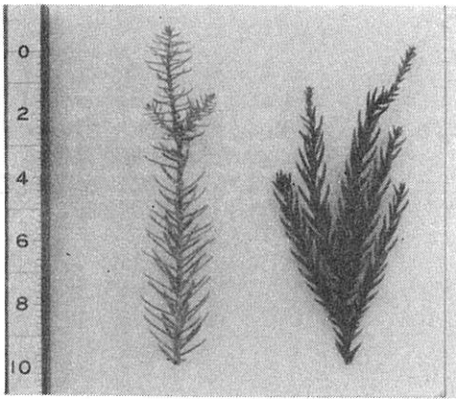


写真-7 スギNo.3 (クモトオシスギ)
両方ともに $2n = 22 = 2X$



写真-8 スギNo.4 (日田8号)
両方ともに $2n = 22 = 2X$

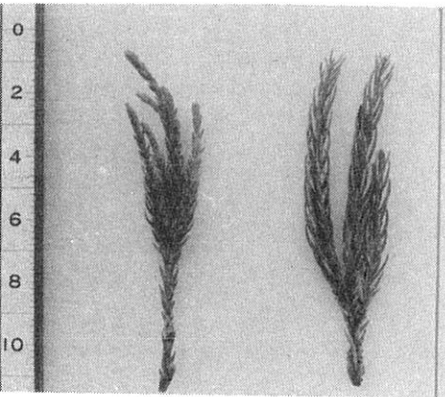


写真-9 スギNo.5 (原1962)
両方ともに $2n = 22 = 2X$

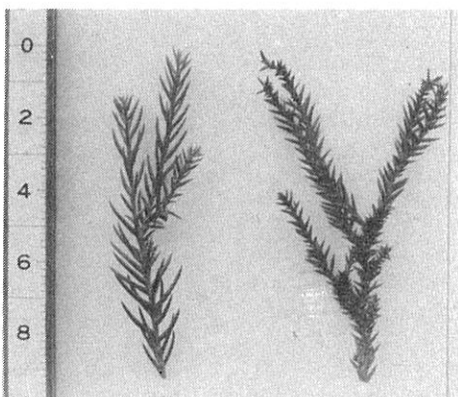


写真-10 スギNo.6 (マンキチスギ)
左: $2n = 23 = 2X + 1$
右: $2n = 22 = 2X$

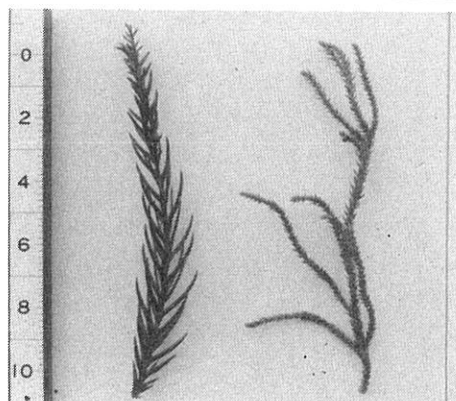


写真-11 スギNo. 7 (園芸品種)
両方ともに $2n = 22 = 2X$

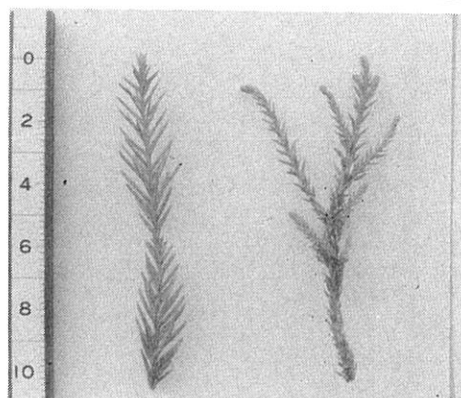


写真-12 スギNo. 8 (園芸品種)
両方ともに $2n = 22 = 2X$

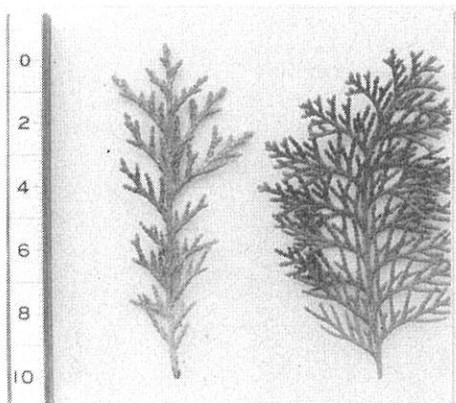


写真-13 ヒノキNo. 1 (宮島1966)
左: $2n = 44 = 4X$
右: $2n = 22 = 2X$

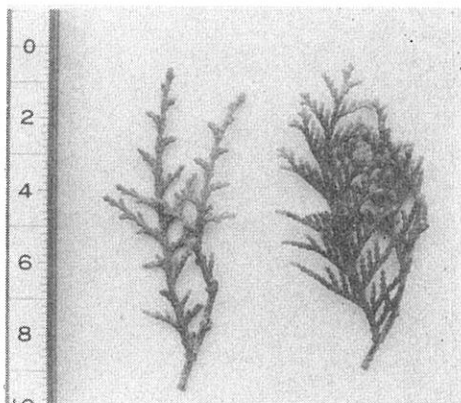


写真-14 ヒノキNo. 2
左: $2n = 44 = 4X$
右: $2n = 22 = 2X$

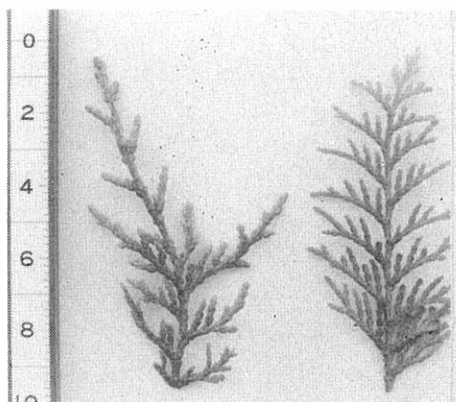


写真-15 ヒノキNo. 3
左: $2n = 44 = 4X$
右: $2n = 22 = 2X$

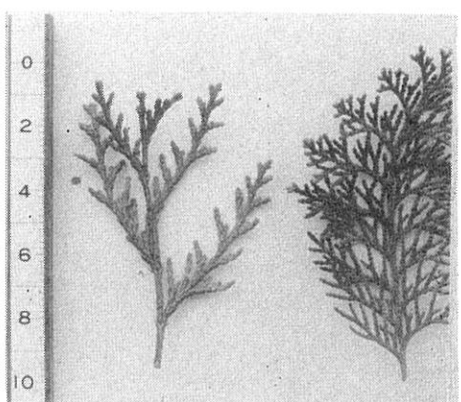


写真-16 ヒノキNo. 4
左: $2n = 44 = 4X$
右: $2n = 22 = 2X$ (久原1号元木)

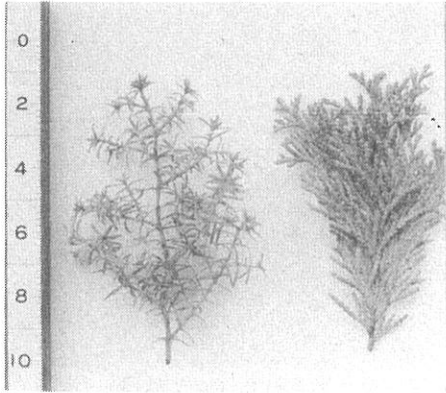


写真-17 ヒノキNo.5 (鹿児島3号)
両方ともに $2n = 22 = 2X$

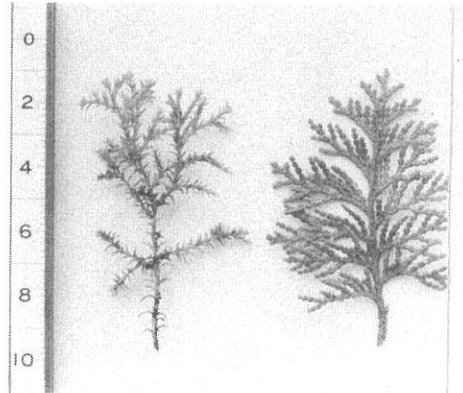


写真-18 ヒノキNo.6
両方ともに $2n = 22 = 2X$

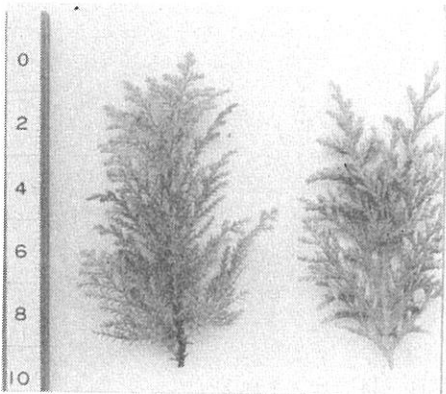


写真-19 サワラNo.1
両方ともに $2n = 22 = 2X$

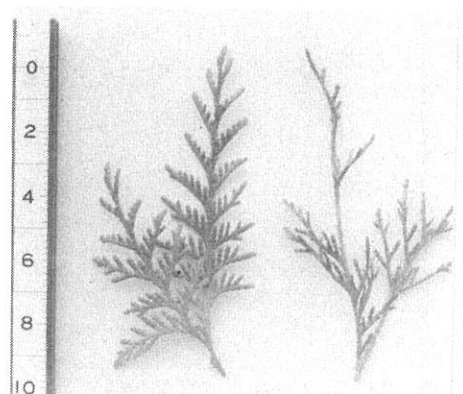


写真-20 ヒヨクヒバNo.2
両方ともに $2n = 22 = 2X$
(ヒヨクヒバNo.1は省略)

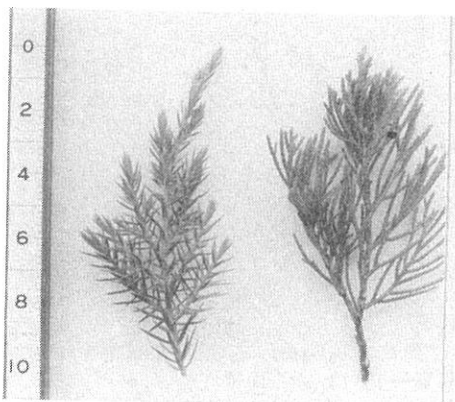


写真-21 カイツカイブキNo.1
両方ともに $2n = 44 = 4X$

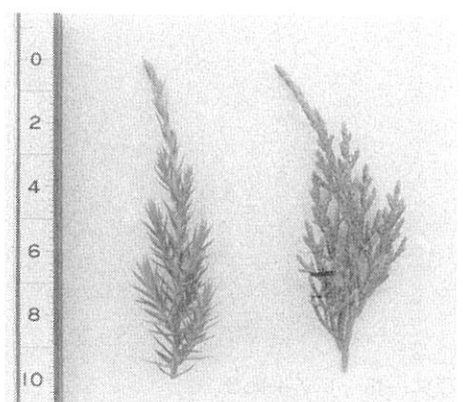


写真-22 ミヤマビャクシンNo.1
両方ともに $2n = 44 = 4X$

ヒノキの徳利病に関する研究 (XII)

—ヒノキ徳利病木の組織構造の個体内変異について—

諫本信義

Studies on the Stem-hypertrophy (Tokkuri-disease) of
Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) (XII)

On the Variation of Anatomical Characters in stem
on the *Chamaecyparis* under Stem-hypertrophy.

Nobuyoshi ISAMOTO

要 旨

過去に顕著な徳利病の発現のあった31年生のヒノキについて、徳利病部における組織構造を定量的に把握するため、顕微鏡標本を用いて検討した。

徳利病部の組織構造は多列の放射組織の発生を一つの特徴とするがこれに伴って、放射組織の構成率が高く、柔細胞数の増加、仮道管長の短かさ等正常部に比べて明らかに異なることが認められた。反面根部や髄部と一部似かよった構造を呈することも認められ、今後の徳利病の成因解明に一つの手がかりを得た。

I はじめに

ヒノキの徳利病は、根元部が異常肥大し材部に致命的な欠陥をもたらす一種の生理障害とされているが、その発生原因については依然として不明である。ただ結果的には、罹病部における放射柔細胞の異常増殖にともなう放射組織の多列化や仮道管走行の乱れ、湾曲などが組織的な現象としてあらわれる。

このヒノキの徳利病患部の組織構造に関しては、徳重の報告⁹⁾を嚆矢として、すでにいくつかの報告がなされ、その異常性が指摘されている。

今回、外観形態より徳利病と判別された31年生ヒノキについて根部を含む部位別、年輪別の接線断面プレパラートをつくり、この顕微鏡標本を用いて組織構造の計測を行った。この計測データをもとに組織構造の個体内変異について主成分分析等を用いて解析したところ若干の知見を得たので報告する。

II 供試材料および実験方法

1. 供試材料

本実験に用いた供試木は、大分県直入郡久住町大字久住にある久住町町有林(31年生, 1,045本/ha, 林分平均樹高15.6m, 平均胸高直径24.7cm, 徳利病発生率一膨大比数⁴⁾で1.0をこすもの—75.0%)の中より徳利病の形態をもつ1個体(樹高15.8m, 胸高直径

21.6 cm, 地際直径 32.8 cm, 形状比 0.73, 膨大比数 1.81) を伐倒 (1984年 3月) し, その樹幹について地上高 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 3.2 m の各部位および根部より円板を採取し, 各円板について, 樹心より S 方向上 3, 6, 9 …… 30 年生と 3 年毎の年輪について, 早材部の接線断面の簡易プレパラートを用い, 倍率 150 倍の顕微鏡標本を作成した。解析に用いた標本数は 37 枚である。

2. 実験方法

接線断面の顕微鏡標本を用いて以下の組織構造を計測した。

1) 年輪幅 (mm)

簡易プレパラートを作成した部分の各年輪の幅を 1/10 mm 単位で計測した。

2) 仮道管長 (mm)

Ladell⁵⁾ の Cell tip method によった。この方法 (図-1) による平均仮道管長は次式によって求められる。

$$\text{平均仮道管長} = \frac{n \times a}{\text{先端 (×) の数}} \dots\dots\dots (1)$$

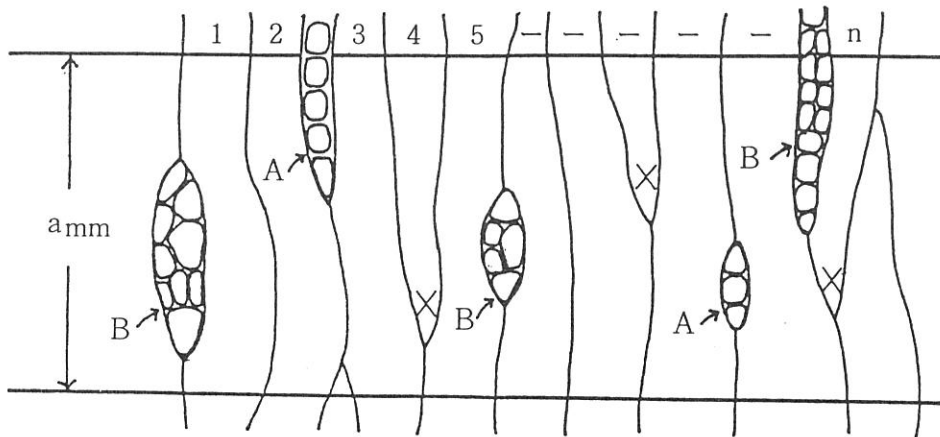


図-1 接線断面の投影模式図 (Ladell, 1959)
A 単列放射組織; B 多列放射組織

3) 放射組織構成率 (%)

一定面積内にあらわれる放射組織 (図-1 の A, B) の占有割合を示す。重量法にて測定した。

4) 柔細胞数 (個/mm²)

縦 300 μ × 横 400 μ の枠内に出現する柔細胞数を計測し, 1 mm² あたりに換算した値。

5) 多列放射組織発生率 (%)

一定面積内にあらわれる放射組織のうち単列ではない組織 (図-1 の B) の全組織に対する割合。一般にヒノキの放射組織は単列が普通であり⁸⁾, 多列化したものは, 異常な放射組織とみなされ, 徳利病判別の重要な指標と考えられる。

以上5つの計測データを組織構造に関する変数(特性値)として、徳利病の組織が正常部や根部に比して、どのような相違をもつかを明らかにするため、主成分分析を用いて検討した。

Ⅲ 結 果

1. 肥大係数の経年変化

ヒノキの徳利病は地際部の肥大生長が異常に肥大しこれが継続することにより形成されるが、この地際部における肥大生長の異常性は、肥大係数³⁾の大きさや推移によっておおよそ判別しうる。肥大係数は次式によって求められる。

$$\text{肥大係数} = id_{0.2} \times (id_{0.2} - id_{1.2}) \cdots (2)$$

(2)式において $id_{0.2}$, $id_{1.2}$ は i 年における直径生長量(mm)である。この値が80をこえていれば、だいたい異常肥大生長し徳利病の発現がなされているとみなしてよい。

図-2は、樹幹解析結果にもとづく供試木の肥大係数の経年変化をみたものであるが、樹齢7年時にその値は80に近い値をとり、徳利病の発現が開始されたと推測される。

以後13年次の312をピークとして、17年次まで高い値で推移し、この7年次より17年次に至る11年間に徳利病の発現期間であったことが把握される。

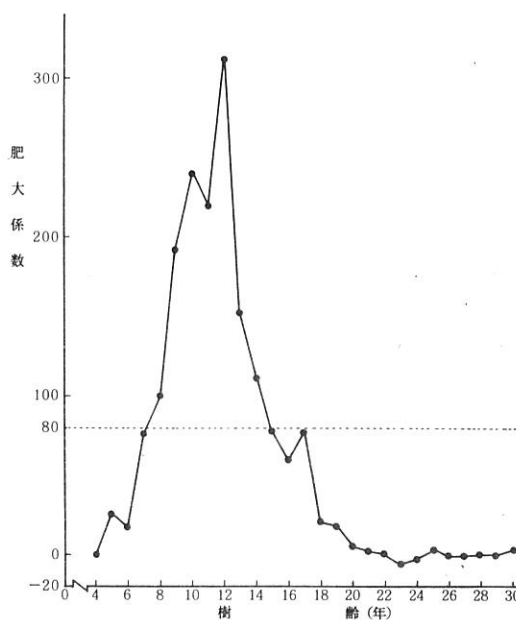


図-2 肥大係数の経年変化

ヒノキの徳利病患部における組織的な特徴は、前述したように、放射柔細胞の異常増殖にともなう放射組織の多列化に求めることができる。

この供試木より得られた顕微鏡標本37枚中における部位別の多列組織の出現をみるに、根部では80%, 0.2 m部位で57%, 0.4 ~ 0.8 m部位で42.8%, 1.2 m部位及び3.2 m部位では0%となっており、根部を含めて地際部ほどその発生が高く、1.2 m以上ではその発生は認められない。徳利病木における組織的な異常は、外観形態によく照応しており、地際部に集中していることがわかる。

2. 主成分分析による組織特性

5つの組織構造に関するデータを用いてまず各計測データ間の関連について相関係数を用いて検討した(表-1)。

ここでは、ヒノキの徳利病患部の組織的特徴とされる多列放射組織の発生が他の組織構造とどのような関連下にあるかを主として検討してみた。

まず、多列放射組織発生率と相関の最も高い変数は、年輪幅であった。すなわち旺盛な肥大生長が結果として多列の放射組織の発生に大きく影響していることがうかがわれる。

次いで高い相関を示すものが柔細胞数である。徳利病は、放射柔細胞の異常分裂の異常な促進によるものとされることより当然のことと言えよう。

表-1 変数間の単相関係数

	年輪巾 (mm) X ₁	仮道管長 (mm) X ₂	放射組織 構成率 (%) X ₃	柔細胞数 (個/mm ²) X ₄	多列放射 組織発生 率(%) X ₅
X ₁	—	-0.5713	0.1125	0.4433	0.6441
X ₂		—	-0.1878	-0.4303	-0.4113
X ₃			—	0.3831	0.2058
X ₄				—	0.4528
X ₅					—

仮道管長とは負の相関を示しており、徳利病患部ではその長さが短く、発生率が高くなるに従い、仮道管長は短くなる傾向が強い。この仮道管長は、当然のことながら年輪幅との関連も深く、年輪幅の広いものほど仮道管長は短い。

これらのことより総合して、ヒノキの徳利病材における組織は、互に関連しており、放射柔細胞の異常増殖にともなう変化が他の組織構造に影響を及ぼしていることが明らかである。すなわち、異常な肥大生長は、結果として結果的に放射柔細胞の増加と、これにともなう多列放射組織の発生、仮道管長の長さ等をもたらしていることを示している。

次にこれら5つの組織計測データを対象とした総合特性により、ヒノキの徳利病材部の組織的な違いについて主成分分析で検討した結果を表-2として示した。表にみられるとおり第3、第4主成分は固有値が小さいことより第1及び第2主成分まで取りあげ検討した。

表-2 主成分と因子負荷量

変数	主成分			
	第1	第2	第3	第4
年輪巾(cm)	0.8218	0.3615	0.0798	0.1212
仮道管長(mm)	-0.7473	-0.1751	0.5890	-0.1656
放射組織構成率(%)	0.4251	-0.8440	0.0381	0.3182
柔細胞数(個/mm ²)	0.7520	-0.2968	-0.0351	-0.5872
多列放射組織発生率(%)	0.7892	0.1923	0.4875	0.1049
固有値	2.6031	0.9987	0.5937	0.4993
寄与率(%)	52.06	19.98	11.88	9.98
累積寄与率(%)	52.06	72.04	83.92	93.90

第1主成分は、仮道管長のみが負の値をとり、他はすべて正の相関をもつ。また放射組織構成率を除いて全体的に高い係数をもっている。年輪幅、多列放射組織発生率、柔細胞数が正で仮道管長が負を示すことより、これは徳利病における組織構成の形を示す成分と

いえよう。年輪幅が大きく、多列放射組織の発生率の高いものはスコアが大きく、逆の場合は小さくなる。第2主成分は、年輪幅と多列放射組織発生率の係数が正で、他は負となっており構成率が特に高い値を示す。構成率の高いものはスコアが小さく逆の場合は大きくなる。この第1及び第2主成分による累積寄与率は72.04%となり、全体の7割強がこの2主成分で説明できることを示している。

次に各標本のスコアを計算し第1, 第2主成分についての散布図を描いた。これを図-3として示す。図において、判然とはしないまでも多列放射組織をもついわゆる徳利病患者部の集団(A), 単列の放射組織のみよりなる正常部の集団(B), 多列及び単列の組織構造をもちスコアが小さい髓とその近くの集団(C)及び根部(B)と大よそ4つの集団に区分されることが認められる。特に、徳利病の患部と正常部は判然と区分されうる。

髓, 根部, および徳利病患者部の一部の交わりは、これらの組織がかなり起原的に近いものをもっている可能性を示すものと解される。すなわち徳利病の組織は、正常部よりもむしろ根部や髓に近い組織であることがうかがわれ、その成因をさぐる上で興味深いものとなっている。

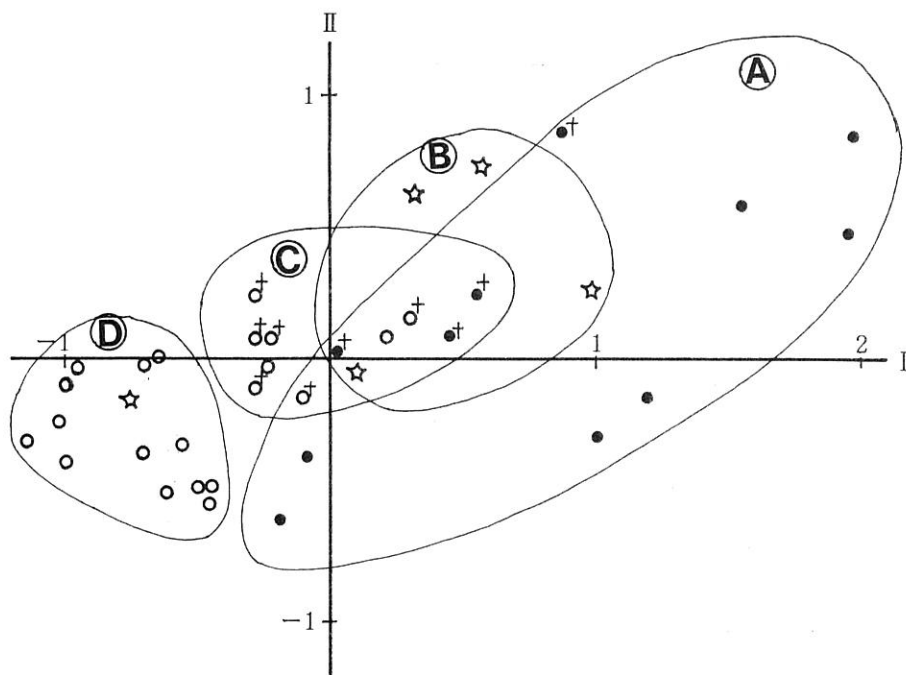


図-3 第I - II主成分の散布図
○単列放射組織; ●多列放射組織; ☆根; ✦髓に近接したもの

3. 部位または器官ごとの組織構成

前項の主成分分析において、ヒノキの徳利病木における組織構成は、個体内において変異のあることが認められ、それは大きく、正常部, 異常肥大部(徳利病患者部), 根および髓, 髓近接部に分けられた。この区分された部位および器官ごとの組織構成の平均値を表-3として示した。

表-3 部位または器官ごとの組織構成の平均値

部位 又は器官	項 目				
	年 輪 巾 (mm)	仮道管長 (mm)	放射組織 構成率 (%)	柔細胞数 (個/mm ²)	多列放射 組織発生率 (%)
正 常 部	3.12	2.32	10.4	329	0.0
徳 利 病 患 部	7.22	1.59	12.6	462	26.5
髓 及 び 髓 近 辺	4.40	1.30	9.1	367	8.4
根 部	8.20	1.73	11.3	249	11.1

表にみられるように徳利病患部は、他のどの部位より放射組織構成率、柔細胞数、多列放射組織平均発生率が高く、とくに柔細胞数が多いことが目立つ。徳利病患部における柔細胞の異常な増殖を計数的に明確に表示している。また仮道管長の短いことも特徴である。これに対して正常部は仮道管長の長いことが最も特徴であり、放射組織及び柔細胞数においては中庸の値となっている。髓およびその近接部は仮道管長がきわめて短く、放射組織の構成率の低いことが目立つ。根部は柔細胞数の特に少ないことが特徴であり、多列の放射組織の発生の多いことは、徳利病患部のそれに次ぐ。

この組織構成でみるに、徳利病患部は、仮道管長や放射組織構成率では根部に似るも柔細胞数で異なり、仮道管長や柔細胞数では、髓に近い組織をもつも放射組織構成率で異なるなど、徳利病患部は根部や髓と似た一面をもつもやはり同一のものではない。正常部とはすべての面で異なることが認められる。

IV 考 察

ヒノキの徳利病患部における組織は、徳重⁹⁾がすでに指摘したように放射柔細胞の異常増殖による放射組織の多列化とこれに伴う諸組織の構造変化に求められる。

この徳利病の異常な組織についての計量的把握はいくつか試みられており、徳重は、木口面における仮道管細胞の大きさと細胞膜厚さの計測結果、正常部と差異のないことを報告し、異常肥大は細胞の巨大化ではなく、細胞数の増加に求められるとしている。

新井ら²⁾は徳利病患部の仮道管長が正常部に比較して短く、とくに年輪幅の広さと反比例の関係にあることを指摘している。また新井ら¹⁾は比重の低下や曲げ強さ、ヤング係数等林質的にもその強度の劣ることを報告している。大迫⁷⁾は、40年生のヒノキ徳利病木について物理的、力学的な面より検討を加え、罹病部は収縮率が大きく、その収縮は広年輪部で著しいこと、仮道管長の変化が正常材と異なること等報告し、いずれも徳利病部における組織の異常性を指摘している。このことが結果的に材質強度を劣化させる原因となっている。今回の調査結果において、徳利病部における仮道管長の短さは既報どおり認められたが、このほか、正常部に比べて放射組織構成率が高いこと、柔細胞数が明らかに多いこと、多列の放射組織の出現がみられることなど徳利病患部における組織構造の異常性

について定量的に把握することができた。このことは多数の供試木を用いて検討した前報⁵⁾とはほぼ同様であったことより、徳利病木の組織構造の大略は把握しえたと考えられる。

また、徳利病部の組織が正常部のものよりむしろ根部や髓部に近い構造をもつ傾向があることで、今後徳利病の成因解明にとってこのことが一つの手がかりとなる可能性をもつものとして説明される。

V お わ り に

ヒノキの徳利病患部における組織構造は、放射柔細胞の異常増殖による放射組織の多列化に特徴づけられる。今回過去に罹病経歴のある31年生の徳利病木について、樹幹部位別および根部の早材部を対象とした接線断面の顕微鏡標本37枚を作成し、この標本を用いて年輪幅、仮道管長、放射組織構成率、柔細胞数、多列放射組織発生率の計測を行った。これら5つの計測データを利用して徳利病罹病部における組織構造の特異性について主成分分析等の手法を取り入れ検討した。

徳利病の組織の特徴である多列放射組織の発生は、部位、器官で異なっており、根部では80%の標本にその発生が認められ、樹幹部位では地際に近いほどその発生が多く、1.2m. 部位以上は認められず、その発生は異常肥大のみられる地際部に集中し、外観形態とよく相応していた。また主成分分析の結果、徳利病の罹病部は、放射組織の多列化、構成率の高さ、柔細胞数の増加、仮道管長の短いこと等で正常部とは明らかにその構造を異にすることが認められた。また徳利病の組織は、同一ではないが根部や髓部に近い構造をもつ傾向のあることも見出され、その成因解明に一つの手がかりを得た。

今後これらのデータの積み重ねによって徳利病の定義を明確にする必要があるとともに組織的な面よりその原因解明が望まれる。

引 用 文 献

- 1) 新井雅夫・川口正夫・中村克哉: ヒノキの徳利病に関する研究(Ⅱ), 罹病材の材質的観察, 日林講, 84, 297-299, 1973
- 2) ————・—————・—————: ヒノキとつくり病に関する研究(Ⅲ), 罹病材の仮道管について, 日林講, 86, 401-402, 1975
- 3) 諫本信義: ヒノキの徳利病に関する研究(V), 地際部における異常肥大の発現と制御(その1), 日林九支研論, 36, 61-62, 1983
- 4) ————: ヒノキの徳利病に関する研究(Ⅸ), 膨大比数による徳利病木の判定法について, 大分県林試研究時報, 11, 35-39, 1985
- 5) ————: ヒノキの徳利病に関する研究(Ⅺ), 顕微鏡標本による組織構造の解析について, 日林九支研論, 40, 投稿中(1986年10月発表)
- 6) LADELL, J. T. A NEW METHOD OF MEASURING TRACHEID LENGTH, Forestry, 32, 124-125, 1959
- 7) 大迫靖雄: ヒノキの徳利病に関する研究(Ⅱ), 物理的, 力学的特性, 第36回日本木材学会大会研究発表要旨集, 71, 1986
- 8) 島地 謙: 木材解剖図説, 114pp, 地球出版, 1964
- 9) 徳重陽山: 徳利病にかかったヒノキの解剖観察(Ⅰ), 林試研報, 131, 31+17, 1961

九重山群植物被害報告

—硫黄山山麓における主要植物の硫黄分析—

諫本信義

A Survey on the effect of Air pollution damage to vegetation
in the Kujyu - Mountain area of Oita prefecture.

The leaf analysis of Sulfer Content on several
trees in the foot of the lou mountain

Nobuyoshi ISAMOTO

要 旨

昭和60年の5月頃より大分県中央部に位置する九重山群の中で硫黄山(1,580 m)を中心とした一帯でカラマツ、ミズナラ、ノリウツギ等の樹木について、異常落葉や黄変あるいは枯死といった被害がみられた。

このため同年10月～11月にかけて、被害の大きかった硫黄山の北麓部に生育する主要な樹木について採葉を行い葉中硫黄の検出を試みた。

この結果、対照地(日田市、大分県林業試験場)の値に比べ1.7～3.4倍という高い硫黄含量を有することが認められた。このことより今回みられた被害は至近にSO₂ガスの発生源である硫黄山をもつことより、SO₂ガスによるものと推測された。

I は じ め に

昭和60年5月頃より、九重連山の硫黄山(1,580 m)を中心とした一帯において、カラマツ、ミズナラ、ノリウツギなどの茎や葉の変色や落葉など異常現象が起り、激しいものでは枯損に至ったものもあるという。

この異常現象のみられた地域は、硫黄山を中心に、その北東にある三俣山、南西の星生山、さらに九州横断道路を隔てた側にある黒岩山一帯の約200haとされている。

農林水産省林業試験場九州支場において枯損したカラマツを調査したところ、九重山群で過去にみられたような虫害によるものではないということがわかったが、今のところ、その原因解明には至っていない。

この一帯では、大正初期をはじめとして、過去にも今回と同じような異常現象がみられており、その被害症状や位置的な関連より、硫黄山から噴き出るSO₂ガスの影響によるものではないかと推測されている。

今回、これらの異常現象の解明の一手段として、硫黄山山麓部における主要植物について葉中硫黄の検出を行い、若干の知見を得たので報告する。調査にあたって玖珠事務所

林業課の協力を得た。厚くお礼申しあげる次第である。

Ⅱ 調査地および方法

分析のための試料を採取した場所は、硫黄山の北西山麓部である。海拔 1,100 ~ 1,200 m の山麓緩斜地で、ほぼ北向きの斜面となっている (図-1)。

ノリウツギ, クマザサを主とする灌木地でこの地点 (図-1 における A) において, 昭和 60 年 11 月 19 日, クロマツ, スギ, アセビ, クマザサの葉を採取した。これより約 1 ヶ月前 (日時不明) 同時点およびその周辺よりミズナラ, カラマツの異常落葉したものを玖珠事務所林業課が採取しており, これも今回の分析試料に加えた。また図-1 中の B 地点は健全とされるカシワの葉の採取地を示した。(11 月 19 日採取)。

これらの地域は, 硫黄山による SO₂ ガスの影響下にあることより, 汚染地と以下呼ぶことにする。

この汚染地の対照として, 非汚染地とされる日田市の林業試験場内に生育する樹木よりスギ, クロマツ, アセビ, ミズナラ, クマザサの 5 樹種を分析試料として採葉を行った (12 月 5 日)。カラマツおよびカシワは該当木がなかったので採葉していない。

葉中硫黄の検出は, 水洗試料を熱風乾燥器 (80°C) で乾燥後, 粉碎し, 粉碎試料 3 g (0.1 mg まで精秤) を硝酸一過塩素酸で処理し, 5% 塩化バリウムを用いて硫酸バリウムの沈澱を形成させ, 重量法によって定量した。但しカラマツについては試料が少なく 1.5 g を供試料とした。

葉中硫黄含量 (%) は次の計算式によった。

$$\text{葉中硫黄含量 (\%)} = \frac{\text{BaSO}_4 \text{の重量} \times 0.1374}{f \cdot w} \times 100 \dots \dots (1)$$

絶乾重 1 g あたりの硫黄量 (mg), f: 乾燥ファクターを示す。

この葉中硫黄の検出を行うとともに, 異常落葉したミズナラについては, 走査型電子顕微鏡 (HITACHI S-510) を用いて気孔の状態を正常葉と比較した。

Ⅲ 調査結果

3-1. 葉中硫黄量の分析

汚染地の葉中硫黄量は, 非汚染地のいわゆる健全葉に比べて, いずれの樹種も高い含量を有していることが明らかに認められた (表-1 および図-2)。

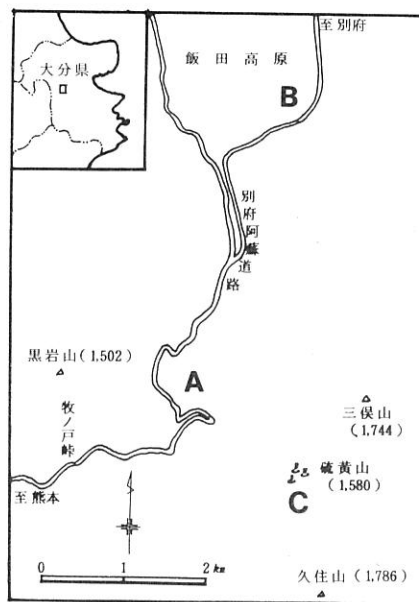


図-1 調査地位置図

A, Bは採葉地点 Cは汚染源

表-1 九重地区における葉中硫黄の分析（1985年11月19日採葉）

樹種	葉中硫黄量				※2)	備考
	汚染地(硫黄山麓)		対照地(日田市)			
	%	mg.S/d.w.g ^{※1)}	%	mg.S/d.w.g		
スギ	0.278	2.78	0.097	0.97	286	三本の平均(対照地は1本) 異常落葉(10月採葉) “(”) 三本の平均(対照地は1本) 二本の平均(”)
クロマツ	0.208	2.08	0.061	0.61	340	
カラマツ	0.409	4.09	—	—	—	
ミズナラ	0.320	3.20	0.107	1.07	299	
アセビ	0.297	2.97	0.093	0.93	319	
クマザサ	0.334	3.34	0.186	1.86	179	
カシワ	0.164	1.64	—	—	—	長者原(健全木)

※1) mgS/d.w.g は絶乾重1gあたりの葉中硫黄量(mg)を示す。

※2) 汚染指数は対照地(日田市, 林業試験場構内)を100としたときの比較指数。

表-1および図-2にみられるように、汚染地における樹木の葉中硫黄含量は非汚染地に比べて明らかに高い。

汚染地において最も高い硫黄含量を示したものは、異常落葉のみられたカラマツで他の樹種に比べてやや高い値をとっている。これは供試量が少ないことより生じた分析誤差の可能性も考えられる。

次いでクマザサ、ミズナラ(異常落葉)、アセビ、スギ、クロマツと続くがこのうちクロマツの含有量は他に比べて相対的に少ないことが認められる。

しかしクロマツは、非汚染地も値が小さい。

長者原で得られた健全葉のカシワの硫黄量は同属のミズナラと比べて、汚染地と非汚染地の中間的な値を示し、SO₂ガスによる影響のあることを示唆している。

非汚染地のとる値を基準(100)とした汚染指数でみると、クロマツが340と最も大きく、アセビが319、ミズナラ299、ス

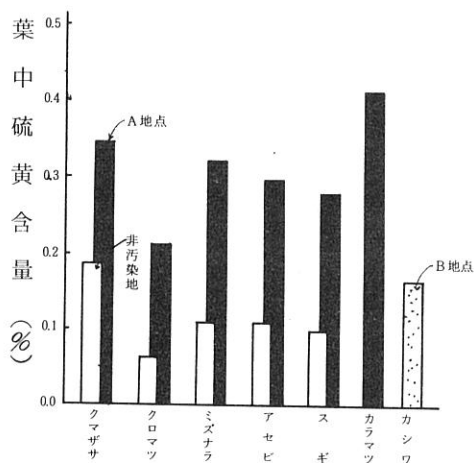


図-2 汚染地と非汚染地における樹種別葉中硫黄含量

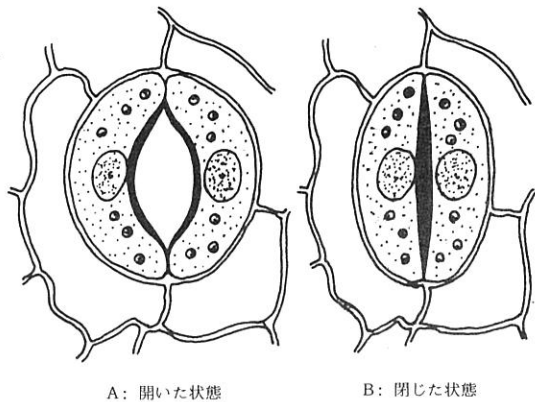
ギ286と続くがクマザサは硫黄含量は高いわりに汚染指数は179と比較的低い。

このように樹種による差異はあるが、汚染地と非汚染地の葉中硫黄含量は、すべての樹種に共通して明らかな量的差異が認められ、汚染地における樹木が慢性的な硫黄酸化物の影響下にあることを示している。

3-2. 走査電顕による気孔観察

異常落葉したミズナラは、葉縁部が脱色し、被害進行は、この部分より開始されたことを示しているが、この葉縁部における気孔の状態を走査電子顕微鏡にて観察した。比較のため非汚染地のものも同時に観察した(巻末写真-1)。

倍率800および1,500倍で観察したが、正常葉も異常葉も気孔は開いた状態にあり、特に両者間で差異は見出すことはできなかった。図-3に気孔の開閉の模式図を参考のため掲げた。



A: 開いた状態 B: 閉じた状態

図-3 気孔の開閉状態

(ボナー, ゴールストン芝著, 植物の生理, 岩波書店 1955, 原図)

IV 考 察

一般に葉中の硫黄は、根に由来する有機態の不溶性硫黄と、気孔から吸収される無機態の水溶性硫黄にわけられる。前者は経根的硫黄といわれ、これは植物の生育にとって生理上必須の硫黄であり、後者は、大気中の硫黄が気孔を通して侵入したもので、これは大気汚染度と関連が深い。多くの場合、全硫黄量として両者は区別されず計量されている。

さて、植物の生育に必須な成分としての経根的硫黄は、樹種、品種によって多少の差はあるものの、大方の樹種は0.1%程度を示すのが普通である¹⁾。今回の分析においても非汚染地の硫黄含量はクマザサを除いて大体0.1%前後の値を示し、非汚染地では、葉中イオウの全量がほぼ根に由来したものよりなっていることが推測される。

汚染地のものは、非汚染地のものに比べ、その含量が明らかに高く、経根的な硫黄のほかに気孔からの吸収のあることを示している。そして気孔からの侵入硫黄は、硫黄山より噴出されたSO₂ガスに由来するものと断定されよう。

大気中のSO₂ガス濃度は、均一であるのに、葉中硫黄量が樹種ごとに異なるのは、樹種特性による経根的硫黄量の差と気孔による葉内へのとりこみの違い、すなわち吹収能の違いによる。一般的に硫黄の吸収能は、落葉樹>常緑広葉樹>針葉樹の傾向にあることが知られている⁴⁾。

葉中硫黄の量と被害の発現、枯死に関する決定的なデータはまだ少ない。これは葉中硫黄が、樹種、品種、樹齢、葉齢、時期などで異なり、被害の発現はこれに土壤水分や葉内成分、気象、病虫害などの要因が関与するためその関係は一元的でないからである。

また、SO₂ガスの問題もある。これが高濃度であれば、樹木は短期間で枯死するも葉中蓄積はそれほど多くはないだろうし、低濃度では、長期間でも枯死はしないが葉中硫黄

は高いということが起こりうる。この汚染地では、ベースとして一定濃度のSO₂ガスの影響があり（慢性的被害）、これに時として高濃度のSO₂ガス（急性害）に遭遇するという条件下にあると考えられる。

葉中硫黄量と被害発現に関する一つの目安としてアカマツ1年生葉で1.79(Smg/d.w.g) 2年生葉で2.58の値があげられている³⁾。大気汚染の影響のないアカマツの葉中硫黄は1年生葉で0.69、2年生葉で0.95とされることより²⁾、被害発現時の葉中硫黄はアカマツの場合、正常葉の硫黄に比して、1年生葉で2.6倍、2年生葉では2.7倍の含量を示すことになる。アカマツの事例が他樹種に適用しうるかは不明であるが、これを一つの基準とすれば、大体健全葉の2.5倍程度が被害発現の目安と推察されよう。このことよりすれば、この汚染地における値は、クマザサの1.79倍を除いてすべて2.5倍以上の蓄積をもち、枯死には至らないまでも慢性的としてかなり重度の被害状況におかれていると考えられる。年や時期によりしばしば、異常落葉や黄変が生じるのはSO₂ガスの影響のみではないにせよ、それが主因になっていることは否めない。SO₂ガスに対する許容量が樹種ごとに異なるため、被害は、すべての樹種には共通しておらず、耐性の弱いものより生じることになる。

この汚染地は、常に慢性的なSO₂汚染の影響下にあり、その被害度も許容限界すれすれのところにあることが推測されるため、SO₂ガスの濃度や気象条件の変化によって今回のような被害はまた引きつづき起こりうる可能性があると思われる。

V お わ り に

硫黄山周辺部において、樹木の異常落葉や黄変あるいは枯死など、昭和60年5月頃より異常現象があいついだことより、この原因解明のため硫黄山山麓に生育する主要樹木について葉中硫黄の検出と、異常落葉したミズナラの気孔観察を実施した。

気孔観察では、特定の傾向は見出せなかったが、葉中硫黄は樹種によって差異が認められるも、対照地のものに比べ1.7～3.4倍という高い含量を示し、この増加は、硫黄山の噴出によるSO₂ガスの影響によるものと推定された。

当地域における大気中のSO₂ガス濃度は、測定データがないため、不明であるが、葉中硫黄量より推定すれば、かなり高く、持続性のあることが予想され、樹木は常に慢性的なそしてかなり強度の被害状況、すなわち許容限度すれすれの状況にあると考えられた。

このため、一定以上のSO₂ガスの発生や持続性が生ずれば、耐性の弱いものから被害が発現してくる。

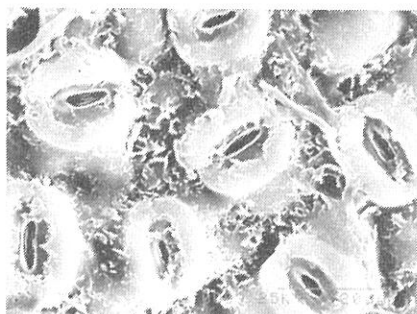
今年度に限らず、過去しばしば異常現象が起こっているのは、病虫害を主因としたもの以外、こうした状況より生じたものが大部分であろう。

アセビ、ノリウツギが良い生育を示しているのは、これら植物がSO₂ガスに対して抵抗性のあるためであり、今後、この地域における森林施業は、慢性的なSO₂ガスの影響を考慮した取り組みが必要となろう。

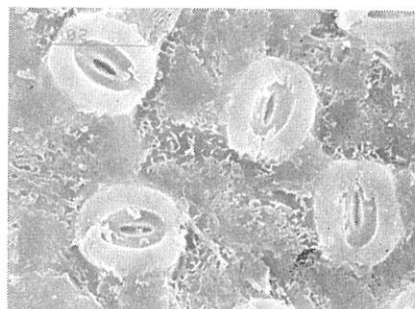
引 用 文 献

- 1) 鎌木徳二：植物の煙害，39pp，岩波書店，東京，1930
- 2) 諫本信義：大気汚染の樹木に及ぼす影響について，大分県林試報告，15，98—113，1973

- 3) 農林省農林水産技術会議事務局: 大気汚染による農林作物被害の測定方法に関する研究, 研究成果, 64, 1-159, 1975
- 4) 鈴木久雄・鈴木 正: 大気汚染の樹木に及ぼす影響, 静岡県林試報告, 7, 58-80, 1975



正常葉 (× 1,500)



被害葉 (× 1,500)

写真-1 被害葉と正常葉の気孔観察

大分県林業試験場研究時報, No. 12, 1986

昭和61年12月10日 印 刷

昭和61年12月15日 発 行

編 集 大分県林業試験場編集委員会

〒877-13 大分県日田市大字有田字佐寺原

TEL 0973 (23) 2146

(23) 2147

印刷所 川 原 印 刷

〒877 大分県日田市上城内町1281-3

TEL 0973 (22) 3571
