

RESEARCH REPORT  
OF THE  
OOITA PREFECTURAL  
FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No.13, February, 1988  
Arita, Hita, Ooita, Japan

---

研 究 時 報

第 13 号

大 分 県 林 業 試 験 場

昭 和 63 年 2 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13号（1988年2月）

目 次

〔論文〕

ヒノキのとっくり病に関する研究（XIII）

局所密度ととっくり病の発生 ..... 諫 本 信 義 ..... 1

スギ中空材の強度性能

曲げ・縦圧縮・横圧縮強度 ..... 津 島 俊 治 ..... 8  
後 藤 康 次

〔研究資料〕

森林の公益的機能に関する研究

土壌の孔隙解析による貯留容量の推定 ..... 諫 本 信 義 ..... 17

RESEARCH REPORT  
OF THE  
OOITA PREFECTURAL  
FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No.13, February, 1988  
Arita, Hita, Ooita, Japan

— CONTENTS —

Studies on the Stem—hypertrophy (Tokkuri — disease ) of Hinoki ( <i>Camacyparis obtusa</i> ) ( XIII ) The relationship between Stand density and outbreak of Tokkuri — disease .....	Nobuyoshi ISAMOTO.....	1
Strength properties of holed Sugi timbers Bending, longitudinal compressive and transversal compressive strength .....	Shunji TSUSHIMA..... Kouji GOTO	8
Studies on the evaluation of public utilities of forest An estimation of storage capacity of porosity analysis of forest soils .....	Nobuyosi ISAMOTO.....	17

## ヒノキのとっくり病に関する研究 (XIII)

## 一局所密度ととっくり病の発生一

諫本信義

Studies on the Stem-hypertrophy (Tokkuri - disease)  
of Hinoki (*Camaecyparis obtusa*) (XIII)The relationship between Stand density and  
outbreak of Tokkuri-disease.

Nobuyoshi ISAMOTO

## 要 旨

保育管理や、寒害等の影響により、同一林分ながら林分密度が一様でないヒノキ22年生林について、局所密度ととっくり病の発生についての調査を行った。この結果、局所密度の低いところほど、とっくり病の発生率が高く、逆に局所密度が高くなれば、その発生は少なくなることが認められ、とっくり病の発生に局所密度の影響の強いことが見出された。局所密度ととっくり病発生率との関係は、次式によって求められた。

$$\log Y = 16.9995 - 7.3884 \log N + 0.8449 (\log N)^2$$

上式において、Y：とっくり病発生率、N：局所密度（本/ha）を示す。この式よりとっくり病の発生率を推定すると、4,000本/haで約22%、3,000本/haで33%、3,000本/haでは65%と急増する。

## I はじめに

ヒノキの根元部位にみられる異常肥大（とっくり病）は遺伝、立地および施業の三要因あるいはこれらの交互作用よりの追求が必要とされる。このうち本病の多発する立地条件については、水分環境に恵まれた肥沃地であることで、意見の一致するところとなっている。一方施業面では、疎林状況で多発し<sup>1,3,5,6,7)</sup> 林縁木に多く<sup>9)</sup> 枝打や高密度管理ではその被害は軽減するという見方<sup>8)</sup>があり、施業要因もまたその発生に関して重要な鍵を握っていると考えられる。

本報では、同一林分ながら保育管理や寒害等の影響により林分密度が一様でないとっくり病多発林分において、局所密度ととっくり病の発生についての調査を行ったところ若干の知見を得たので報告する。

\* ヒノキのとっくり病に関する研究 (I, II, III, IV, V, VI, VIII, X, XI) は日本林学会九州支部研究論文集, No.31~No.40, 1978~1987, において報告し (VII, IX, XII) は大分県林試時報, No.9, 11, 12, 1983~1986, において報告した。

## Ⅱ 調査地および方法

### 1) 調査地

調査地は、大分県玖珠郡玖珠町大字山浦字大原野に位置し、標高 800 m の西方にやや傾斜をもって広がる台状地で、土壌型は B<sub>10</sub> 型である。面積 1.5 ha の原野造林地で昭和 36 年 3 月造林が行われ、調査時（昭和 57 年 6 月）の林齢は 22 年である。

一斉造林地であるが植栽間隔は一律ではなく 1.8 m × 1.8 m の正方形植のところを主とするも部分的には 2.0 m × 2.0 m, 1.4 m × 2.0 m, 1.8 m × 2.0 m 等の植栽地もみられる。保育は、下刈を植栽時より 4 ケ年くり返したのちは、そのまま放置されていた林分で、枝打、保育など一切行われておらず、保育履歴は粗放である。この間寒害やネズミの害など部分的に受けたと思われ、欠損木のみみられるところも多く、林分密度は一律でない。

この林分において、密度の異なる場所より 15 ケ所を選出し、林況に応じて半径 6 ~ 8 m（面積にして 113 m<sup>2</sup> ~ 201 m<sup>2</sup> 程度）の円形プロットを用い標準地とした。標準地内のすべてのヒノキについて地際部（0.2 m）および胸高位（1.2 m）の部位の直径を直径巻尺にて計測した。このほか樹高、生枝下高もあわせて計測した。また、これら標準地のほかに林縁木について 2 ケ所選出し調査を行った（付表-1）。

### 2) 方法

異常肥大の判定方法は膨大比数<sup>4)</sup>を用いた。膨大比数は次の式で与えられる。

$$\text{膨大比数} = \frac{\text{膨大係数}}{\text{基準膨大係数}} \dots\dots\dots(1)$$

$$(1) \text{ 式において膨大係数は } [(D.L.H - D.B.H) / D.B.H] \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{基準膨大係数} = (41.5240) / (1.01732) D.B.H \dots\dots\dots(3)$$

(2) (3) 式において D.B.H：胸高直径 (cm)

D.L.H：幹脚直径 (cm) を示す。

とっくり病の判別は、この膨大比数の値が 1.0 を越すものとし、この出現比率をもって発生率とみなした。

## Ⅲ 調査結果

調査林分の一覧は付表-1 に示した。局所密度でみた場合、最も低いところで 1,856 本/ha、最も高いところで 4,456 本/ha であった。平均すれば 2,796 本/ha 内外となっている。

胸高直径の最も大きなところは 15.7 cm であり、最も小さいところは 10.3 cm であった。直径生長は林分密度の影響を受けるとされることより、局所密度との関連をみたところ相関はなく、地位指数<sup>2)</sup>で 14 内外と算定され中庸～中庸以下の生長をもつ林分とみなされる。直径の割に樹高が小さいのは、風衝による生長疎外があるためと考えられる。

### 1) 平均膨大係数ととっくり病の発生率

ヒノキの根元部の肥大量の程度は、膨大比数の値の大小によって、単木間にあるいは林分間比較が可能である。この値が 1.0 を越え、その値が大きいほど根元肥大量は著しくなり、とっくり病の発生比率が増大する。

図-1 は、調査地における平均膨大比数と、単木的に膨大比数が 1.0 をこえる本数の出現比率との関係を示したものであるが、この両者はきわめて密接な相関下にあり、林分の平均膨大比数が大きくなれば、とっくり病の発生も比例的に増加する。

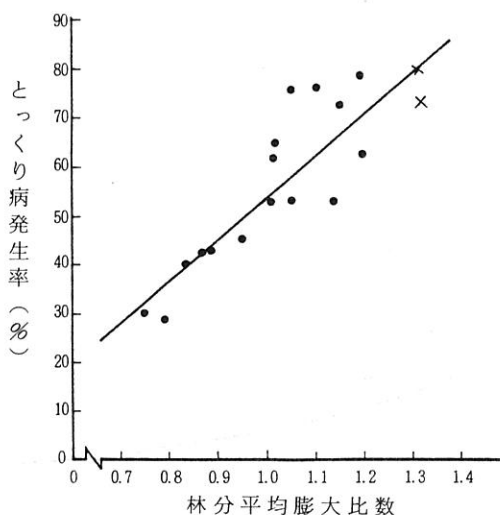


図-1 林分平均膨大比数ととっくり病発生率  
× : 林縁

平均膨大比数ととっくり病発生率の関係は次式であらわされる。

$$Y = 85.14 HI - 30.87 \dots\dots\dots (4)$$

(4) 式において Y : とっくり病発生率, HI : 平均膨大比数を示す。

相関係数は 0.8758 であり, 分散分析の結果分散比 52.7 は 1% 水準で有意であった。

(4) 式より算定するに, 平均膨大比数 0.6 のときのとっくり病の発生率は本数割合で 20% であり, これが 1.0 になると 54.2% が, 1.2 では全体の 71.3% がとっくり病と判定される林分であることになる。

2) 局所密度と平均膨大比数

図-2 は, 局所密度と平均膨大比数の関係をみたものであるが, 局所密度の低いところは, その値が大きく, とっくり病の発生が多いことを示しており, 局所密度の高くなるに従ってその値は小さく, とっくり病の発生が少なくなることが見出される。

すなわち, ヒノキの根元部における異常肥大は, 局所密度 (厳密には, 異常肥大が生じている時での密度) と負の相関関係にあり, 密度の低い林分, すなわち疎林状況で被害程度が高く, 高密度林ではそれが低いことを示す。

平均膨大比数と局所密度との相関係数は -0.8288 と高く分散比 27.3 は 1% 水準で著しく有意であった。

この二つの間には次の回帰式が成り立つ。

$$\log HT = 10.8594 - 5.8512 \log N + 0.7816 (\log N)^2 \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式において, HI : 平均膨大比数, N : 局所密度 (本/ha) を示す。

平均膨大比数が 1.0 をこえる林分を被害多発林とみなせば, 局所密度よりみて 2,500 本/ha 以下の林分が回帰式より導かれる。すなわち 2,500 本/ha 以下の本数で管理を行えば, 林分として被害の高くなることを示している。この本数は, 立地条件や保育条件 (枝打)

等によって当然変化することは予想されるが、本数的にみた場合の被害の発生条件に関する一つの目安となろう。

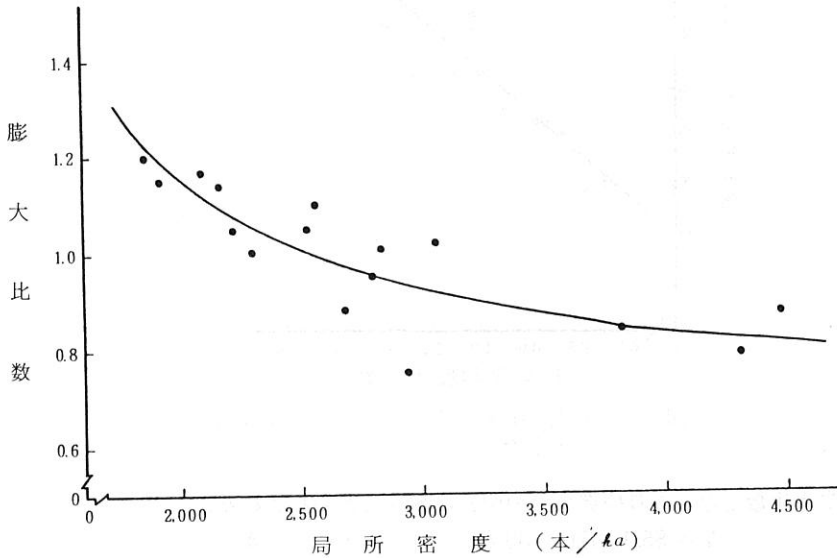


図-2 局所密度と膨大比数

二つの箇所における林縁木の平均膨大比数はそれぞれ 1.31 (発生率80%)、1.32 (73%) と大きな値をとり、被害が顕著であることを物語っており、この値は、林内のどの調査地よりも大きい。先の回帰式より推定すれば、林縁木の被害程度は、大体 1,700 本/ha あたりに相当することになる。

### 3) 局所密度ととっくり病発生率

局所密度は、平均膨大比数と負の相関をなし、平均膨大比数ととっくり病発生率は正の相関があることは、すでに述べた。このことより、局所密度ととっくり病発生率の間には、負の相関関係の成り立つことが容易に予想される。図-3 にこの関係を示した。低密度ほど発生率が高く、局所密度の高いところほどとっくり病の発生率が少ない。

局所密度ととっくり病発生率との回帰式を求めれば次の式を得る。

$$\log Y = 16.9995 - 7.3884 \log N + 0.8449 (\log N)^2 \dots\dots\dots (6)$$

(6) 式において Y : とっくり病発生率, N : 局所密度 (本/ha)

この両者間の相関係数は -0.8808 と高く、分散化  $F_0 = 44.79 > F(1, 13; 0.01) = 9.07$  は 1% 水準で有意であった。

(6) 式より推定するに局所密度 4,000 本/ha のときの発生率は約 22%, 3,000 本/ha で 33%, 2,000 本/ha で 65% と増大し、大体 1,600 本/ha 内外で 100% の発生率をみることになる。

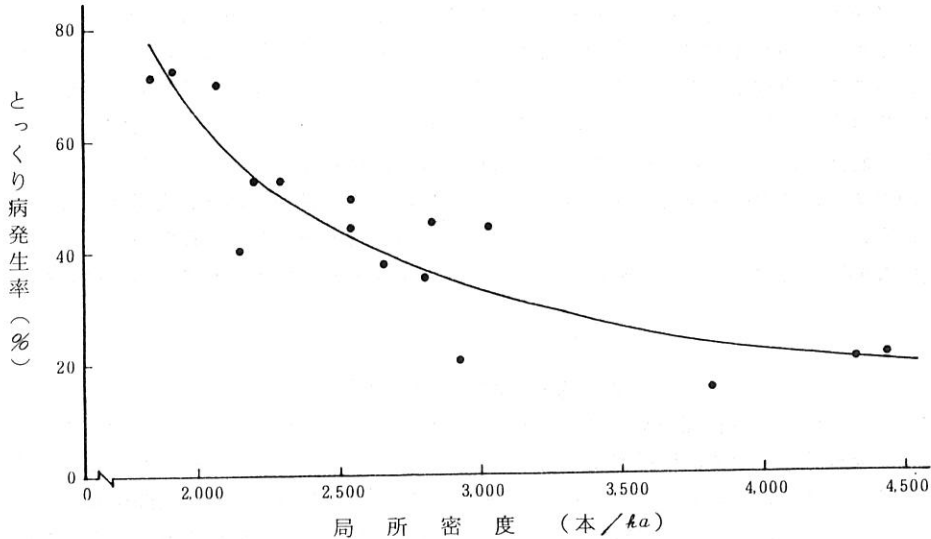


図-3 局所密度ととっくり病発生率

#### IV 考 察

ヒノキのとっくり病の発生に、林分の密度の影響のあることは、古くより指摘されており、鹿児島県においては、多くの林分調査事例より、“植栽は疎植を避け、密植を行うこと”とし、更に続けて“特に林縁部は密植すること”と特記し、また“間伐は一時に強く実行するよりも弱く度々繰返し施行すること”等現実林分の実態の中から、帰納的にとっくり病の発生と密度管理の重要性をつとに指摘している<sup>7)</sup>。

この疎林にとっくり病の発生の多いことは、坂口<sup>8)</sup>、遠藤<sup>1)</sup>も同様に指摘しており、また、林縁木にその発生の多いことを実松ら<sup>9)</sup>は報告している。

また筆者は、とっくり病の発生に関する要因解析の中で、林分のかみ具合が有意な要因として関与していることを報告し、かみ指数<sup>2)</sup>が0.8以下の疎林でその発生の多いことを指摘した<sup>5)</sup>また筆者<sup>3,6)</sup>は、とっくり病の発現中の林分において周囲密度(局所密度よりよりミクロ的)が根元肥大に大きく影響していることを観察し、個体間競合のない疎立状の木でその発現が顕著であり、個体間競合のはげしいところでは、異常肥大は生じていないことを報告した。

このように、とっくり病の発現する時点にあつての林分の密度は、明らかに大きな影響のあることが認められる。

今回の事例は、ほぼとっくり病の発現が終結したと思われる林分を対象とした調査であるが密度の影響がとっくり病の発生に関与していることがここでも明らかであり、その発生は密度の低いところほど顕著であった。このことは、ヒノキのとっくり病の発現には、十分なる葉量とこれを維持しうる生育空間の広さが重要な因子となっていることを示した



ものに外ならない、枯れ上がり量が少なく遅くまで緑枝のみられ、競合の少ない林縁木でその発生が多いこと<sup>9)</sup>もこれを裏づける重要な事例といえよう。生育空間の広さは、このようにヒノキのとっくり病の発現に対して、重要な因子となっているが、林分の閉鎖やこれにともなう枝の枯れ上がりや単木間競合の開始、枝打ちによる葉量の減少、組織の加齢化<sup>6)</sup>等によってその重要度は低下して来るものと考えられる。すなわちとっくり病の発現にとっての生育空間の広さという要因は、枝葉の繁茂が十二分に行われるという限定条件と土壌的には肥沃で、施業面には枝打ちが入念に行われず、林齢も若いこと等を内包したこの表現であり、この限定条件が満たされない場合には、その役割りは低いと考えられる。このように局所密度は、とっくり病の発生にとって重要な要因としての役割りを持つも、絶対的な要因ではなく、一定の限定条件において作用する条件要因として位置づけられよう。

## V お わ り に

同一林分ながら保育管理や寒害等の影響により林分密度が一様でないヒノキ22年生ととっくり病多発林分において、局所密度ととっくり病の発生について調査を行った。この林分における局所密度は、最も高いところで4,456本/ha、最も低いところで1,856本/haであった。平均すれば2,796本/haである。とっくり病（膨大比数の値の1をこえる本数の割合）の発生率は最も激しいところで76%、最も少ないところで29%、平均して54.9%であり、また林縁木76.5%と出現頻度が高かった。同一林齢で、ほぼ同一の地形条件を有しながら林分の取りあつかいより生じた密度の違いによって、とっくり病の発現が著しく異なるという現象が得られ、それは、低密度ほど発生率が高く、局所密度の高いところほどその発生が少なくなる。

局所密度ととっくり病発生率の関係は次式によって求められる。

$$\log Y = 16.99955 - 7.3884 \log N + 0.8449 (\log N)^2$$

上式においてY：とっくり病発生率、N：局所密度（本/ha）を示す。

この式より推定するに、局所密度4,000本/haのときの発生率は約22%、3,000本/haで、33%、2,000本/haで66%と急増し、大体1,600本/ha内外の密度では、100%近い発生をみることになる。

## 引 用 文 献

- 1) 遠藤 昭・渡瀬 彰：山梨県におけるヒノキのトックリ病の環境調査，山梨県林試報告，No.11，53～58，1962
- 2) 諫本信義：ヒノキ人工林の生長と形状に関する研究，一大分県におけるヒノキ林について一，大分県林試研報，11，1～120，1983
- 3) ———：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，No.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，大分県林試時報，11，35～39，1985

- 5) 諫本信義: ヒノキの徳利病に関する研究 (X), 数量化・I類による発生要因の解析 日林九支研論, No.39, 117~118, 1986
- 6) -----: トックリ病よりヒノキの樹種特性を探る, 森林立地, XX IX (1), 26~32, 1987
- 7) 鹿児島県林業試験場: 扁柏徳利病調査, 鹿児島県林試業務報告, 2, 104~113, 1936
- 8) 坂口勝美: 実用ヒノキ育林学, 339 pp, 養賢堂, 東京, 1952
- 9) 実松敬行・前田美寿: トックリ林分における根元異常肥大について, トックリ病被害木の幹形と発病時期の推定, 日林九支研論, No.35, 117~118, 1982

(付表-1) 調査プロット表 (22年生)

樹高 (m)	直 径		生 枝 下 高 (m)	株あたり 本 数 (本)	平均膨大 比 数	徳利病* 発生率 (%)	備 考
	0.2 m (cm)	1.2 m (cm)					
1	10.8	17.2	12.7	1.9	2,210	1.05	76
2	9.1	17.5	13.0	3.6	2,829	1.01	53
3	8.3	13.9	10.9	3.5	4,328	0.79	29
4	8.5	19.5	14.1	2.4	2,164	1.14	53
5	9.3	21.4	15.7	2.6	1,910	1.15	73
6	8.7	18.2	13.0	2.8	1,857	1.20	63
7	9.5	19.1	14.2	2.8	2,546	1.05	55
8	9.2	17.8	13.8	4.3	2,673	0.88	43
9	8.7	17.1	13.1	3.0	2,801	0.95	45
10	10.5	20.7	15.1	3.3	2,292	1.19	72
11	8.6	13.4	10.3	3.7	4,456	0.87	43
12	9.3	16.2	12.9	4.0	2,928	0.75	30
13	9.6	18.3	13.8	3.0	3,056	1.02	63
14	8.5	15.4	12.0	4.0	3,819	0.84	40
15	7.8	16.5	12.2	3.3	2,300	1.02	65
16	7.9	16.8	12.3	2.6	2,564	1.10	76
17	7.8	24.4	17.5	0.8	—	1.31	80 林縁木
18	7.3	23.4	16.6	0.7	—	1.32	73 ”

\* 徳利病発生率は, 膨大比数 1.0 を越えるものの本数比率を示す。

## スギ中空材の強度性能

## —曲げ・縦圧縮・横圧縮強度—

津島俊治・後藤康次\*

Strength properties of holed Sugi timbers

Bending, longitudinal compressive and transversal compressive strength

Shunji TSUSHIMA・Kouji GOTO\*

## 要 旨

スギ中空材の強度性能を明らかにするため、無欠点小試験体による縦圧縮試験および横圧縮試験と実大材の曲げ試験を実施し、中空穴が圧縮強度や曲げ強度に及ぼす影響について検討した。

その結果は以下のとおりであった。

1. 成熟材部の縦圧縮強度は  $256 \sim 314 \sim 345 \text{ kgf/cm}^2$  であり、芯持試料に比べ大きかった。また縦圧縮強度と中空穴の直径との間に負の、比重との間に正の相関が認められた。
2. 横圧縮最大荷重は中空穴の直径が大きくなるにつれ曲線的に低くなり、荷重方向と年輪とがなす角度により低下度合が異なった。破壊は材内縁の荷重軸上において顕著な引張破壊を呈した。
3. 中空丸太の曲げ強度は  $270 \sim 397 \sim 521 \text{ kgf/cm}^2$  であり、いずれもスギの材料強度  $225 \text{ kgf/cm}^2$  を十分に満足していることから中空穴が曲げ強度に及ぼす影響は単なる断面欠損と考えられた。

これらのことから、中空材の圧縮部材としての使用にあたってはダボ埋めなど中空部分の補強が必要と考えられる。

## 1 はじめに

本県から生産される木材の約70%はスギ材であり、その大半は製材品として主に建築用に利用されている。これらの製材品の材質（欠点・強度など）については多くの報告<sup>3,9,4,11</sup>）がなされているが、特殊な建築用材として最近話題になっている丸太や中空材の強度性能に関する報告<sup>3,6</sup>）は数少ない。

中空材は材長方向に中空穴を明け、それに熱風送風を行い乾燥するため、乾燥が容易で材面に発生する乾燥割れが少ないことなど木材乾燥において利点がある<sup>7</sup>）とされており、ログハウスブームや木造建築の高級化指向が強まるなかで、需要が増す傾向にある<sup>5</sup>）。中空材は主に曲げ部材や圧縮部材として使用されているが、中空部分の断面欠損が曲げ強度や圧縮強度を低下させることが予想される。

\* 現三重事務所林業課

そこで、本報告ではスギ中空材の強度性能を明らかにするため、実大の曲げ試験と無欠点小試験体による縦圧縮試験および横圧縮試験を実施し、中空材の強度性能について検討した。

## II 材料および方法

### 1. 縦圧縮試験

縦圧縮試験及び横圧縮試験に供した試験体数を表-1に示した。

試料は、地上高3~4 m部位で直径約32 cmのスギ丸太（形成層年齢約60年）から、図-1に示すように、同一年輪を含むようにして採取した7×7 cmの角材と、髓を含む7×7 cmの角材を用いた。このとき丸太はほぼ同心円状であった。さらにこの角材を直径6 cmに丸棒加工したものを長さ10 cmに切断し、ドリルで $\phi=36, 30, 24, 13, 0$  mmの穴あけ加工をした（ $\phi$ : 穴の直径）。年輪数及び重さを測定した後、室内で約6カ月間放置して乾燥させたものを縦圧縮試験に供した。

試験はインストロン型の万能試験機（島津製作所製AG-10）を用い、荷重速度を1 mm/minにして行い、縦圧縮強度 $\sigma_b$ 及び縦圧縮比例限度 $\sigma_p$ 、縦圧縮ヤング係数Eを求めた。ただし、たわみの測定は都合によりクロスヘッドの移動量を用いた。

試験終了後、破壊の形態を調べ、絶乾法により含水率を測定した。

表-1 縦圧縮及び横圧縮試験体数

$\phi =$	芯去試料					芯持試料
	0	13	24	30	36	36
縦圧縮試験	7	7	8	6	7	8
横圧縮試験	$\theta = 0^\circ$	5	6	6	6	6
	45°	5	6	6	6	7
	90°	5	6	5	6	5
合計	22	25	25	24	25	17

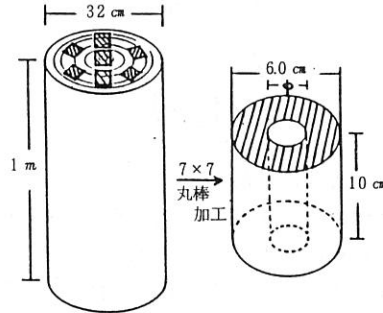


図-1 試験体の採取方法と寸法 縦圧縮

### 2. 横圧縮試験

試験体は縦圧縮試験と同じ丸太を用い、同様の加工をして得た長さ6 cmの中空円柱を用いた（表-1）。

試験は図-2に示すように、荷重方向と年輪とのなす角度 $\theta$ を穴の直径別に、それぞれ90°、45°、0°の3方向に分けて実施した。

試験機は2-1と同様であり、荷重速度を1 mm/minにして、最大荷重 $P_m$ および一定の荷重に対するたわみ量 $S$  (mm/kgf)を求めた。

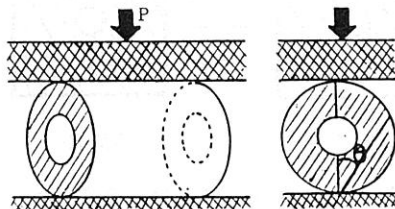


図-2 横圧縮試験の方法

### 3. 曲げ試験

#### (1) 実大曲げ試験 I

試験体は日田地域産の長さが3 mで、断面が10.5×10.5 cmのスギ直角材に直径3.15 cmの穴あけ加工した中空材と直径12.8 cmの丸棒加工した中空材（ $\phi = 3.15$  cm）を用いて実大曲げ試験を行った。

試験はスパン間隔を270 cmにし、荷重速度20 mm/minの中央集中荷重方式で行い、曲げ破壊係数 $\sigma_b$ 及び曲げ比例限度 $\sigma_p$ 、曲げヤング係数MOEを以下の計算式により算出した。

$$\text{曲げ強度} \quad \sigma = PL/4Z \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$\text{曲げヤング係数 MOE} = PL^3/48Iy \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

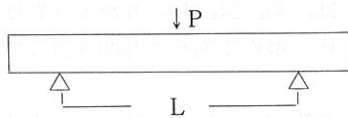
P: 最大荷重 kgf

L: スパン cm

y: Pの荷重に対するたわみ cm

I: 断面2次モーメント

Z: 断面係数



形状 断面2次モーメント

□	$\frac{bh^3}{12}$
□	$\frac{bh^3}{12} - \frac{\pi d^4}{64}$
○	$\frac{\pi d^4}{64}$
◎	$\frac{\pi (d_1^4 - d_2^4)}{64}$

断面係数

	$\frac{bh^2}{6}$
(	$\frac{bh^2}{6} - \frac{\pi d^4}{32h}$
	$\frac{\pi}{32} d^3$
	$\frac{\pi (d_1^4 - d_2^4)}{32 d_1}$

#### (2) 実大曲げ試験 II

試験体は長さ4 mの佐伯地域産のスギ材で、正方形断面の辺長が12, 14, 16, 19 cmのものをそれぞれ4本ずつ用いた。

試験の流れは図-3に示すとおりで、各加工時ごとに曲げヤング係数MOEを測定し、最初の測定から90日後に中空丸棒の実大曲げ破壊試験を実施し、曲げ破壊係数 $\sigma_b$ 及び曲げ比例限度 $\sigma_p$ を求めた。

試験は3等分点荷重方式で、スパン間隔270 cm、荷重速度20 mm/minで実施した。荷重の検出は10 tのロードセルを用い、ストレインゲージ式変位計（ストローク100 mm、精度1/100 mm）により支点間中央のたわみを測定した。

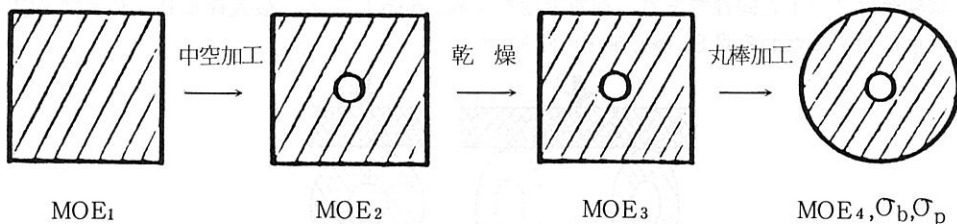


図-3 各加工時における測定項目

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. 縦圧縮試験

試験の結果を表-2に示した。

芯去試料の平均年輪幅 (ARW) は 1.9 ~ 2.2 ~ 2.4 mm, 比重 (SG) は 0.33 ~ 0.35 ~ 0.38 とバラツキが小さく, 各試験条件間で大差なかった。これは芯去部の試料がほぼ25~55年輪部分から採取したものであり, 材質の安定した成熟材であるため<sup>13)</sup>と考えられる。これに対して芯持試料は平均年輪幅が 5.0 ~ 5.6 ~ 6.0 mm, 比重が 0.38 ~ 0.40 ~ 0.42 であり, 成熟材部に比べ年輪幅が広く比重が高いというスギ特有の性質<sup>1)</sup>をあらわしていた。

芯去試料の縦圧縮強度は 256 ~ 314 ~ 345 kgf/cm<sup>2</sup> で, 芯持試料のそれ (258 ~ 285 ~ 303 kgf/cm<sup>2</sup>) に比べ高かった。また, 縦圧縮比例限度も芯去試料のほうが同様に高かった。

芯去試料における最大荷重および縦圧縮強度と中空穴の直径  $\phi$  との関係を図-4に示した。最大荷重は  $\phi = 0$  mm と  $\phi = 13$  mm であまりかわらないが,  $\phi = 24, 30, 36$  mm と大きくなるにつれて直線的に低下した。また, 縦圧縮強度は  $\phi = 0$  mm と 13 mm では 320 kgf/cm<sup>2</sup> と 332 kgf/cm<sup>2</sup> と大きくなっているが,  $\phi = 13$  mm から  $\phi = 24, 30, 36$  mm にすると逆に低くなる傾向にあった。このことから中空穴は単に断面欠損としてだけでなく, 縦圧縮強度を低下させると推察された。一方, 縦圧縮比例限度は平均して破壊強度の約89%であり, 渡辺が示している約80%の値<sup>14)</sup>に比べ高かった。

次に, 芯去試料の形質と縦圧縮強度性能との関係を表-3に示した。中空穴の直径  $\phi$  と縦圧縮強度との間には  $r = -.34$  の相関が認められた。また比重と  $\sigma_b$  および  $\sigma_p$  との間にはそれぞれ  $r = .43, r = .54$  の相関が認められた。

なお, 縦圧縮ヤング係数については, ひずみ量の測定にクロスヘッドの移動量を用いたため参考程度にとどめ, 詳細な検討は行わなかった。

表-2 試験体の形質と縦圧縮強度

$\phi$ mm	年輪幅 mm	比重	含水率 %	最大荷重 kgf	縦圧縮 強度 $\sigma_b$ kgf/cm <sup>2</sup>	比例強 度 $\sigma_p$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\sigma_p / \sigma_b$ %
0	2.2	0.36	16.3	8972	320	281	88
13	2.1	0.34	13.4	8938	332	277	83
芯去試料	24	2.1	0.36	7363	310	273	88
	30	2.2	0.36	6468	305	290	95
	36	2.2	0.35	5509	304	280	92
芯持試料	36	5.6	0.40	5148	285	244	86

表-3 芯去試料における  
各要因間の相関

	$\sigma_b$	$\sigma_p$	E
$\phi$	-0.34*	-0.07	0.74**
ARW	0.03	0.16	0.14
SG	0.43**	0.54**	0.25

\*\* 1%有意 \* 5%有意

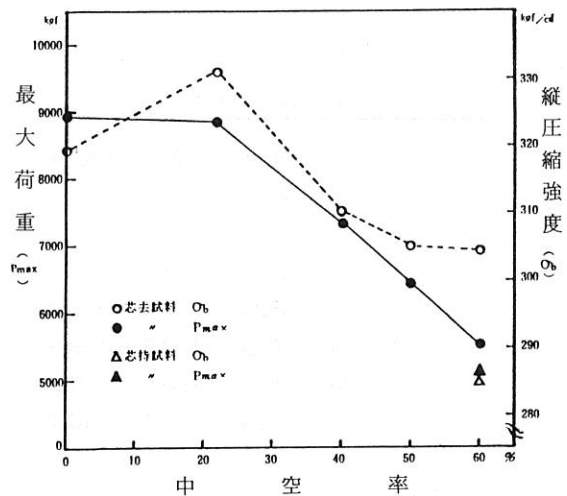


図-4 中空穴の径と縦圧縮強度との関係  
(中空率 = 中空穴の直径 / 試料の直径 × 100%)

## 2. 横圧縮試験

供試体の平均年輪幅および比重, 含水率を表-4に示した. 芯去試料の平均年輪幅は1.9~2.1~2.4 mm, 比重は0.32~0.35~0.38で縦圧縮試験に用いた試料とほぼ同じであった. 次に各試験条件ごとの最大荷重  $P_m$  の平均値を表-5に示した.

中空穴の直径  $\phi = 13 \sim 36 \text{ mm}$  では, 荷重軸上の外縁に最大圧縮応力が, 内縁に最大引張応力が生じるため<sup>2)</sup>, 材内縁の荷重軸上において荷重方向にかけて顕著な引張破壊が生じたが,  $\phi = 0 \text{ mm}$  の場合, 明らかな破壊を示さなかった. これはコンクリートのような引張強度が圧縮強度に比べ著しく小さな材料では荷重軸上の引張応力状態にある面において顕著な引張分離破壊(圧裂破壊)を呈するが<sup>12)</sup>, 木材では荷重点の圧縮変形が大きいため明らかな引張破壊を示さないためと考えられる.

最大荷重は図-5に示すように, 中空穴の直径( $\phi$ )が大きくなるにしたがって曲線的に減少した.  $\phi = 13$  と  $\phi = 36$  の横圧縮最大荷重の比は  $\theta = 0^\circ$  が一番大きく約  $1/7$  倍であった. これに対し,  $\theta = 45^\circ$  の場合が最も小さく約  $1/4$  倍であった.

芯持試料の  $\phi = 36 \text{ mm}$  は芯去試料の  $\phi = 36 \text{ mm}$  に比べ高く 1.4 ~ 2.1 倍であった.

表-4 横圧縮試験体の形質

	平均年輪幅 mm	比重	含水率 %
芯去試料	2.1	0.35	12.5
芯持試料	5.4	0.39	12.6

表-5 横圧縮試験結果

	$\phi$ mm	荷重軸と年輪との角度 $\theta$		
		$90^\circ$	$45^\circ$	$0^\circ$
	0	1285.5	—	—
	13	359.7	277.6	325.4
芯去試料	24	163.1	159.9	129.8
	30	84.1	100.7	79.8
	36	57.7	72.4	46.4
芯持試料	36	—	—	98.4

(平均値: kgf)

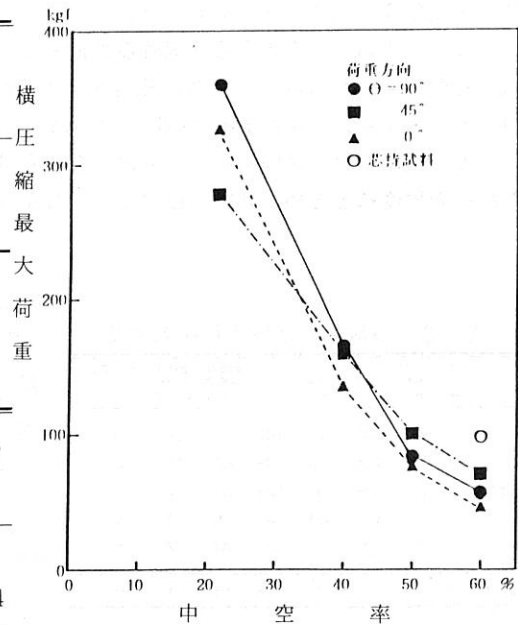


図-5 荷重方向を変えた時の中空穴の直径と横圧縮最大荷重との関係

### 3. 曲げ試験

#### (1) 実大曲げ試験 I

試験体の形状及び曲げ破壊係数, 曲げヤング係数を表-6 に示した.

各試料間で曲げ強度性能に差があるが, これは中空加工および丸棒加工が原因する差と考えるより, むしろ平均年輪幅など試料の形質による差と思われる.

正角及び円柱の断面をそれぞれ  $10.5 \times 10.5 \text{ cm}$ , 直径  $12.8 \text{ cm}$ , 中空穴の直径を  $3.15 \text{ cm}$  とすると, 断面係数  $Z$  及び断面 2 次モーメント  $I$  は表-7 のとおりとなり, 中空穴部分の断面欠損による曲げ破壊係数, 曲げヤング係数の低下は無視できると考えられる.

表-6 試験体の形状及び曲げ強度性能












No.	樹種	形状	寸法 cm	中空穴 の直径 cm	平均 年輪幅 mm	含水率 %	曲げ破 壊係数 kgf/cm <sup>2</sup>	曲げヤ ング係 数 $\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$
1	スギ		10.48 × 10.51	3.15	2.90	14.1	473.0	81.44
2	スギ		10.42 × 10.39	3.15	3.28	14.8	360.1	71.86
3	スギ		10.52 × 10.49	3.15	7.08	15.8	415.4	49.75
4	スギ		12.80 ∅	0	4.76	20.6	367.8	38.50
5	スギ		12.80 ∅	3.15	5.47	17.6	387.7	55.89
6	スギ		12.80 ∅	3.15	5.38	35.7	325.8	27.95
7	スギ		12.80 ∅	3.15	6.62	18.2	439.3	51.31
8	ヒノキ		10.48 × 10.54	3.15	4.74	14.2	415.3	91.75

表-7 中空穴による断面係数及び断面 2 次モーメントの減少率

断面形状	寸法 cm	中空穴 の直径 cm	断面 2 次 モーメント I cm <sup>4</sup>	断面 係数 Z cm <sup>3</sup>
	10.5 × 10.5	0	1012.9	192.9
	10.5 × 10.5	3.15	1008.1	192.0
	12.8 ∅	0	1317.7	205.9
	12.8 ∅	3.15	1312.8	205.1



## (2) 実大曲げ試験 II

試験体の形状及び各加工時の曲げヤング係数 MOE, 破壊時の曲げ破壊係数  $\sigma_b$  と曲げ比例限度  $\sigma_p$  を表-8 に示した.

平均年輪幅は 0.39~0.88 mm, 比重は 0.33~0.44 と標本間のバラツキは比較的大きかった. 曲げ破壊係数は 270~397~521 kgf/cm<sup>2</sup> で木材の材料強度<sup>10)</sup> 225 kgf/cm<sup>2</sup> をいずれの断面の供試木も十分満足していた. 比例限度は曲げ強度の 1/2~1/3 程度で一般的な値に比べ低かった.

曲げヤング係数は図-6 に示すように, 角材→中空角材ではあまり変わらないが, 丸棒加工時において  $\phi = 10.5$  cm で減少する傾向が認められた. これは外周の成熟材部が除かれたために未成熟材部の占める割合が大きくなったためと考えられる.  $\phi \geq 14$  cm 以上では逆にやや大きくなっているが, これは除去された部分が少ないことと, 乾燥による強度の上昇が原因と思われる.

また, 中空丸棒の直径と曲げ強度性能の関係は図-7 に示すとおりであり, 直径 15 cm までは強度性能が増しているが, 18.5 cm では逆に低くなっている.

曲げ強度と曲げヤング係数の関係は図-8 に示すように,  $r = 0.698$  の相関が認められたが, 断面形状や断面寸法による差は認められなかった.

表-8 試料及び各加工時の曲げヤング係数・曲げ破壊係数

形状 cm	No.	平均 年輪幅 mm	比重	集中 節径比 %	MOE <sub>1</sub>	MOE <sub>2</sub>	MOE <sub>3</sub>	MOE <sub>4</sub>	$\sigma_b$	$\sigma_p$
					— × 10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup>				kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
12×12 10.5 $\phi$ $\phi = 3.0$	1	5.1	0.44	15.0	55.6	55.4	53.5	47.5	315.4	111.8
	2	4.6	0.41	16.9	62.9	60.3	61.7	54.4	463.1	119.6
	3	6.3	0.33	9.8	54.7	54.7	53.4	36.6	313.6	139.6
	4	7.4	0.43	16.0	66.8	67.6	65.8	62.1	422.6	153.6
14×14 13.0 $\phi$ $\phi = 3.6$	5	8.8	0.33	14.8	61.6	59.0	56.6	57.9	309.3	169.6
	6	8.2	0.33	16.0	37.7	37.9	37.6	35.8	270.4	135.6
	7	5.9	0.42	32.6	72.1	71.0	67.6	83.7	521.4	180.8
	8	3.9	0.42	9.0	56.4	61.0	56.5	59.5	520.8	230.3
16×16 15.0 $\phi$ $\phi = 3.6$	9	8.0	0.41	11.4	58.7	56.6	53.9	58.4	399.6	210.1
	10	6.1	0.36	19.5	57.8	67.9	65.1	70.1	456.7	207.2
	11	6.6	0.33	13.1	58.9	61.4	59.6	48.6	318.8	170.1
	12	3.9	0.36	12.4	54.2	57.9	61.6	67.2	462.0	170.5
19×19 18.5 $\phi$ $\phi = 5.8$	13	5.5	—	—	52.1	57.8	58.8	—	—	—
	14	7.4	—	—	50.2	41.5	41.5	—	—	—
	15	7.8	—	—	50.0	—	—	—	—	—
	16	6.3	—	—	47.5	49.9	46.5	—	—	—
	17	—	—	—	—	—	50.3	—	—	—
	18	4.0	0.40	11.7	—	—	48.3	47.2	381.6	113.4

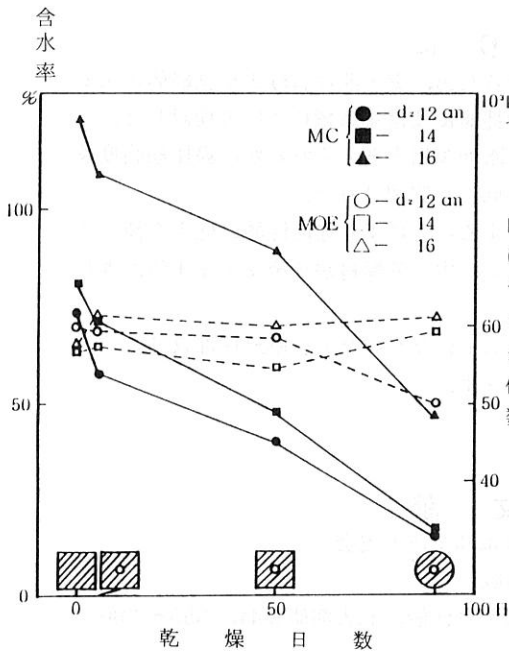


図-6 各加工時における含水率と曲げヤング係数の変化

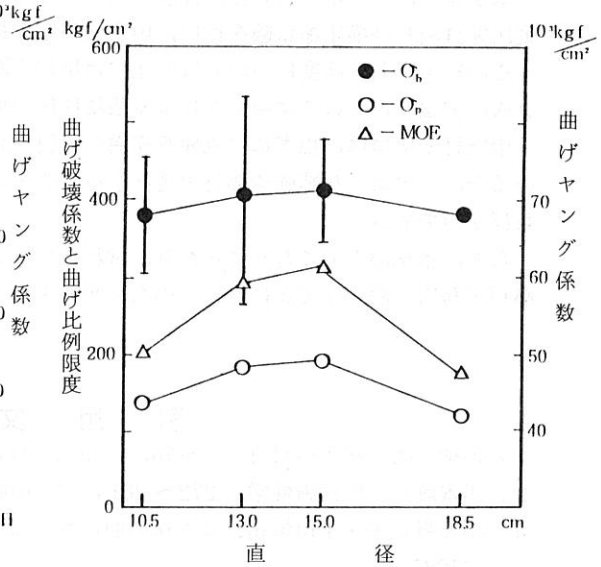


図-7 中空丸棒の直径別の曲げ強度性能

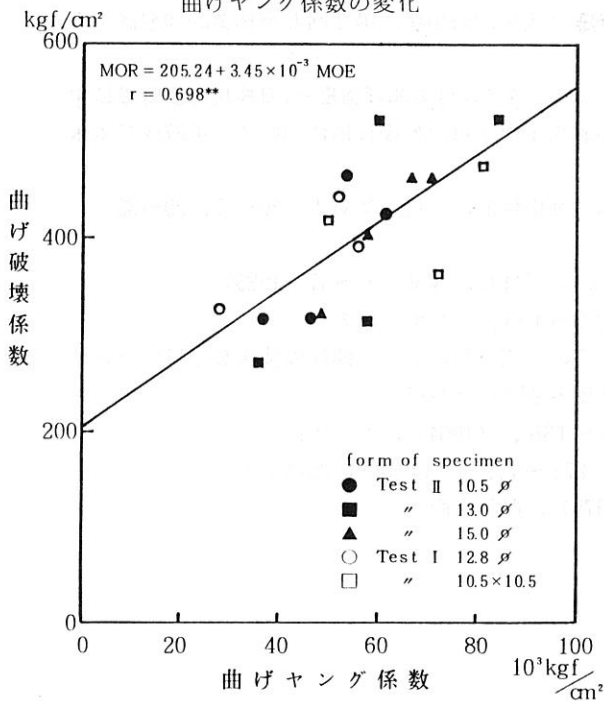


図-8 曲げヤング係数と曲げ破壊係数の関係

## Ⅳ お わ り に

本試験ではスギ中空材の強度性能を明らかにするため、実大曲げ試験と小試験体による縦圧縮試験及び横圧縮試験を行い、中空穴が強度性能に及ぼす影響について検討した。

その結果、曲げ強度については中空穴は単なる断面欠損と考えられるが、縦圧縮強度及び横圧縮強度においては中空穴による強度性能の低下が確認された。

中空材の使用は、現実には丸棒を充填して使用することにより強度性能の低下を補っているが、このような補強や部材の選択を行うことで、中空乾燥材が今後ますます利用されれば幸いである。

なお、本試験をおこなうにあたり、試料を提供していただいた大分県玖珠郡玖珠町(有)瀬戸工務店 瀬戸年美氏にたいし感謝の意を表します。

## 引 用 文 献

- 1) 加納 猛：林木の材質，61～76，（1973）日本林業技術協会
- 2) 川本眺万：応用弾性学，272～281，共立出版
- 3) 小和泉章夫・上田恒司：丸太材の曲げ及びねじり性能，北大演研報44，355～380（1987）
- 4) 後藤康次・津島俊治：針葉樹製材の強度性能(1)，日林九支論集，投稿中
- 5) 津島俊治：大分県における丸棒・磨き丸太生産の現状，第3回九州林業問題懇談会発表資料
- 6) 津島俊治：スギ小径材の強度性能—丸太・タイコ材の曲げ強度—，日林九支論集投稿中
- 7) 遠矢良太郎ら：心抜による間伐材の利用(1)中空材の乾燥技術について，第37回日本木材学会要旨集，409（1987）
- 8) 中井孝・田中俊成：間伐材等小径木の強度性能，木材工業No.1，39—5，29～35（1984）
- 9) 錦織勇ら：構造用製材の強度性能(1)，島根林技研報36，9～17（1985）
- 10) 日本建築学会：建築基準法令集，192～193，（1985），丸善
- 11) 又木義博・松本治郎：スギ若齢木からの平割り材における曲げ弾性係数の材内分布に関する統計的解析，九大演報57，229～243，（1987）
- 12) 湯浅亀一：材料力学（中巻），135～136、（1964），コロナ社
- 13) 渡辺治人：木材理学総論，24～26，171～172，（1978），農林出版
- 14) 渡辺治人：木材理学総論，521（1978），農林出版

## 森林の公益的機能に関する研究\*

## —土壌の孔隙解析による貯留容量の推定—

諫本信義

Studies on the evaluation of public utilities  
of forest.An estimation of storage capacity of porosity  
analysis of forest soils

Nobuyoshi I SAMOTO

## 要 旨

森林のもつ各種の公益的機能のなかで、水の保全にかかる機能は、最も重要視されるべきものと考えられる。森林のもつ水保全機能は、土壌の貯留機能と同義語と解釈されうるが、この貯留機能を、土壌の孔隙組成の特性によって評価しようという森林の公益的機能の定量化がいくつか試みられている。

ここでは、1986年大分県玖珠郡九重町において、対象面積16.1haをモデルとして開始された重要水源山地整備治山事業にかかる土壌調査および採土円筒による孔隙解析により、調査地全体の貯留容量の推定を試みた。

この調査に出現する土壌は、すべて火山灰由来の黒色土であるが、そのうち偏乾重型のB<sub>ld</sub>(d)型が全体の48.3%を占め、次いでB<sub>ld</sub>型の35.1%その他16.6%となっており、計8つの土壌型が出現している。また地形では、山頂緩斜面、溪間堆積面等6区分、植生では、落葉広葉樹林、ススキ草原など5つの群落に区分される。この地形、植生をドッキングして、土壌の孔隙組成の特性が似かよいういわゆる等孔隙量分布区分を行った。この結果、調査地は11のブロックに分けることが出来た。この等孔隙量分布区ごとの代表断面より深さ1mまでの貯留容量(層位の厚さ×粗孔隙量)を求め、この点としての代表値を面積に押し広げた。この算定結果、調査地全体(除地を除く15.85ha)の貯留容量は54.737トンと推定された。これはhaあたりに換算すれば、3.453トンとなる。また、等孔隙量分布区分で最も貯留容量の大きかったところは溪間天然生林の4.391トン/haであり、逆に最も貯留容量の低いところは山頂乾性土壌(ネザサ草原)の1.703トン/haであった。

\* この調査報告は、財団法人 林業土木コンサルタンツ熊本支所(熊本市上熊本2-9-37, 〒860)の委託を受けて実施した重要水源山地整備事業調査(昭和61年7月~9月)における報告書より一部内容を変えてまとめたものである。

## I はじめに

森林のもつ水土保持機能を計量的に評価する技術手法の開発は、森林に対する要請が増大かつ多面化している現状から、その必要性は、ますます重要になると考えられる。

森林土壤のもつ水保全機能、すなわち水貯留能は、水が地中に浸透し、土壤中の孔隙の中に貯留されながらゆっくりと移動することによって果される。この土壤中の水の浸透、移動、貯留に関する水の貯留能力は、土壤の孔隙組成の特性によって定量的に評価する方法が提察されており、マクロな立場からの機能評価が行われている<sup>3,8</sup>）。

今回、大分県玖珠郡九重町において1986年より開始された重要水源治山整備事業地(16.1 $\mu$ a)を対象に、地形、土壤および土壤理化学性調査を実施し、これらの調査結果をもとに本調査地の貯留容量の推定を試みたのでその手順を中心に報告する。

## II 場所および方法

### 1. 場所

調査対象地は大分県玖珠郡九重町大字後野上字鹿伏に位置し、対象面積は16.1 $\mu$ aとなっている。標高650～1,024 mの火山性中起伏山地である。調査地一帯は古くより放牧、採草地として利用されてきたが、近年ヒノキ、クヌギの造林が一部行われている。しかし依然として原野の部分が広く残有することより、重要水源山地整備治山事業として、この地を樹林し、森林へと変遷させ、森林造成の影響を水分収支の上より総合的に把握しようとするための試験地となっている。調査対象地の地形図と植生概念図を付図-1に示す。

### 2. 方法

1986年7月地形、土壤および植生調査を行った。土壤調査は、この調査地に出現するとされるすべての土壤型について、地形、植生別に計14箇の代表断面を設定し、同時に各層位の採土円筒試料を採取し、理学的機能について測定した。

この代表断面における点としての情報データを地形、植生の情報とドッキングさせて、面としての評価に広げ水の貯留能を計算した。

## III 調査結果

### 1. 地形調査

調査地の中央南端に源をもつ水系が北西方向に大きく湾曲しながら流下しており、調査地はこの水系を軸としてその南側部と北側部に二分される。地形は全体として西に面するが、水系の南側部にあっては北向斜面の割合が高く、北側部では南向き斜面が多い。

地形は、火山地形特有の長大な平衡斜面や凸型斜面、やゝ巾のある緩傾斜の凹型崩積土面、円容な山頂部とこれに付随する緩傾斜等によって構成される。全般に26°～35°といった中傾斜地の分布が卓越し、山腹斜面の主構成をなす。36°以上の急峻地は、水系の源流に近い溪間斜面部に広い。堆積様式を考慮し竹下<sup>2)</sup>の方法に準じて本調査地を区分すれば次の6つの地形区に大略分けられる。

- 1) 山頂緩斜面……………傾斜20°以下の尾根や山頂に分布する残積土面
- 2) 谷性緩斜面……………凹型の緩斜面、堆積性の緩傾斜斜行土面
- 3) 溪間堆積面……………傾斜20°以下の溪間土石流堆積
- 4) 崩積土面……………傾斜21°～37°の谷型(凹)急斜面上の堆積面

5) 匍行土面……………傾斜21°~37°の直~凸型斜面上の堆積土面

6) 急峻匍行土面……………傾斜38°以上の急斜面

この地形, 堆積区分図を付図-2として示す.

## 2. 土壌調査

この調査地は, 第四紀以降における九重, 阿蘇等の活発な火山活動の結果を反映し, 調査地全域が火山灰被覆の影響を強くうけており, 出現する土壌はすべて火山灰に由来した黒色土によって占められている. 黒色土は, 粗しょうで風雨による移動が大きく, また植被による変化が比較的早く行われることを反映してか, この狭い調査区においても, 出現する断面形態は一様ではなく, 表層腐植層のきわめて厚いものから, 薄いもの, 石礫の混入のあるなし, 表層の黒色の色調が退色したもの, 表層部の堅密なもの, 下層にグライ斑をもつもの等多様である. しかしながらこの多様な断面形態をもつ黒色土も仔細に検討すれば, その出現分布状況は, 地形や堆積様式の違い, あるいは植被の違いに関連が深くこれらの組みあわせによって様々の変化をしていることが認められる.

そしてこの土壌の出現分布に変化をもたらしている最も基本的な原因は水分系列の違いに求めることができる. 水分系列は, 地形, 堆積様式と密接な関連を有することより, 土壌の出現分布は, 前項の地形, 堆積区分に順応した型であられる.

すなわち地形, 堆積区分と土壌の出現状況は次のようになる.

- 1) 山頂緩斜面……………風衝地で水分供給が少ないことより乾性傾向の強い土壌が分布する. また全層堅密なかべ状の黒色土も分布する.
- 2) 谷性緩斜面……………雨水や風力, 重力等によって土壌物質が再堆積しており, 厚い風化土層をもった黒色土がみられる. 緩傾斜のための土壌は緻密で一般に排水条件は不良である. 主として適潤性~弱湿性の黒色土が分布している.
- 3) 溪間堆積面……………水系の下端部にみられる土石流堆積地で, 山体の最下部位に位置し, 水分供給が十分すぎるため, 下層土ではやゝ過湿気味となっている. 湿性の黒色土が分布する.
- 4) 崩積土面……………傾斜山腹の谷型斜面や凹地では, 土壌物質の移動と集積が同時に進行しているところであるが, 地形的に集積の優先するところで, 黒色の腐植層は比較的厚く膨軟であり, 通気・透水にすぐれる. 適潤性の黒色土が主として分布する.
- 5) 匍行土面……………平衡斜面や凸型斜面は, 土壌物質の移動・集積がほぼ均衡するところとされるが, 本調査地にはこの地形が最も広く分布し, この地形区を中心として時期的にやゝ乾くという偏乾性の黒色土が出現する. 同じ偏乾性の黒色土といっても分布域が多岐にわたることより断面形態はかなり多様である.
- 6) 急峻匍行土面……………山腹または山腹下部にみられる急峻地であるが, 前者は土壌物質の移動が激しいところで, 偏乾性の黒色土が主として分布している. 後者は, 上方からの集積が盛んなところで, 厚い粗造な堆積を示すA層が発達し, 理化学性にすぐれた適潤~弱湿性の黒色土が出現する.

以上が地形・堆積様式と照応した場合の土壌分布であるが, 植被の面よりみれば, 河川

沿いの広葉樹林下では、表層腐植層のよく発達した黒色土が出現し、放牧の影響の強い調査地南西部の山頂緩斜地ではネザサを主とした草原となっており堅密なカベ状の黒色土が出現する。スギ、クヌギ等の大型植物が侵入定着したところは、表層部に構造が発達し、土壌が膨軟化しつつある。

この調査地における土壌を林野土壌分類<sup>5)</sup>に従い区分すれば、B<sub>lc</sub>、B<sub>ld</sub>(d)、B<sub>ld</sub>、B<sub>le</sub>、B<sub>lf</sub>、B<sub>ld</sub>(d)-m、B<sub>ld</sub>-m、B<sub>le</sub>-mの8土壌型・亜型に分けられる。それぞれの土壌の出現面積と分布比率を示せば表-1のとおりである。

表-1 重要水源山地整備治山事業地（玖珠郡九重町大字後野上字鹿伏）における出現土壌

土 壌 型 ・ 亜 型	記 号	面 積 ha	比 率 %	備 考
弱 乾 性 黒 色 土	B <sub>lc</sub>	0.4	2.8	
適潤性黒色土（偏乾亜型）	B <sub>ld</sub> (d)	7.2	45.2	
適潤性黒色土 （偏乾亜型、カベ状構造型）	B <sub>ld</sub> (d)-m*	0.4	3.1	
適 潤 性 黒 色 土	B <sub>ld</sub>	4.2	26.2	
適潤性黒色土（カベ状構造型）	B <sub>ld</sub> -m	1.4	8.9	
弱 湿 性 黒 色 土	B <sub>le</sub>	1.3	8.2	
湿 性 黒 色 土	B <sub>lf</sub>	0.2	1.5	下層部グライ 斑出現
弱湿性黒色土（カベ状構造型）	B <sub>le</sub> -m	0.4	2.5	
除 地	—	0.3	1.6	河川、崩壊地
計		16.1	100.0	

注) \* mはmassive（塊状の）の略で、土壌が表層より堅密なことをあらわす。

表-1にみられるように、この調査地における土壌は、偏乾亜型の適潤性黒色土（標準的な適潤性黒色土にくらべ、やや時期的に乾きが強いもの）の分布が45.2%と卓越していることが認められる。これは、気象的に高冷であること、比較的急峻な平衡斜面や凸型斜面が広く分布し、地形が全体に西向きのためやや乾き気味の傾向があることなどがあげられよう。

次いで山腹の中部以下の崩積土を中心に分布する適潤性の黒色土が26.2%を占め、この両方で全体の71.4%がカバーされることになる。乾性傾向の強いB<sub>lc</sub>型は全体の2.8%と少なく、水分的に恵まれた、湿性傾向の土壌は12.2%と溪間部を中心にかなり広い分布をもつ。

このことよりして、この調査地は、乾性土壌の分布がきわめて少ないことが特徴として

あげられ、環境的には、かなり水分条件に恵まれた条件下にあることが土壤の面から推察される。しかしながら、黒色土は、その土壤特性として、保水力が強く風化がよく進んでいることより、乾性土壤としての特徴があらわれにくいとされており、この点を考慮すれば実際の土壤は、ここでの分布状況に若干乾性を上乗せしてやる必要があるのかも知れない。本調査地における土壤型分布は巻末付図-3として示した。

### 3. 土壤の理学的性質

土壤の理学的性質(深さ1mまで)の測定は、容積400ccの採土円筒を用い、土壤理化学分析法<sup>6)</sup>に従って処理した。各代表断面における理学的性質は巻末付表-1として示した。

以下各測定項目ごとに若干説明を加える。

#### 1) 容積重

細土の占有しうる容積に対して、実在している細土の重量を示したもので、一段の黒色土では30~45(表層土)を示すことが多いとされている<sup>7)</sup>。また同じ断面では下層土の方が表層土より大きい場合が普通であり、未熟土やカベ状などのように細土が密につまった理学的不良な土壤では、その値は大きくなる。黒色土での値が一般に小さいのは、腐植の含有量(細土の比重が小さい)が高さから生じることが多い。

この調査地におけるA<sub>1</sub>層の容積重は28.4~93.1とかなり巾の広い値をとる。平均値では49.8と一般値よりも高い値をとっている。これは、長年にわたる放牧の影響や、森林の形成による土壤の成熟化が進んでおらず、土壤が全体につまり気味にあるということが指摘されよう。河川沿い(No.2)や礫混入の高い(No.12, 13)土壤では、土性が砂質傾向にあり高い値をとっている。また表層よりカベ状の土壤(No.6, 11)では、緻密な堆積のためや、高い値となっている。

下層土は表層土にくらべ大きな値をとるが、A<sub>2</sub>層をもつ土壤中No.3, 5, 8, 10においてはその下層のB層より大きな値をとっており、放牧の影響が比較的深くまで及んでいたことが推察される。

#### 2) 三相組成(容積組成)

土壤は細土、礫、植物の根などの固体と、固体と固体との間隙(孔隙)を満たしている水(液体)および空気(気体)の三つに分けられる。これらの固体、液体および気体を土壤の三相とよんでいる。

固相は、黒色土の場合約20~25%とされ、一般に表層土より下層土のほうが大きい値をとる。黒色土は褐色森林土にくらべて固相の割合が5~10%高いのが普通であるが、これは黒色土が微細な孔隙に富む火山灰を母材とするためである。

この調査地における14断面における表層土の固相は14.4%~41.6%とかなりの変域をもつが平均では23.1%と一般の黒色土の範ちゅうにはいる。No.1, 5, 7, 8, 10の断面の固相率が小さいが、これらはNo.10を除いて、広葉樹林またはスギ、ヒノキの造林地となっており、大型植物の侵入による土壤改良効果のあらわれとみることができる。

逆に固相率の大きなところはNo.2, 12があげられる。No.2は土礫流堆積地で石礫混入が高いこと、No.12は土性が砂質傾向の強いことにそれぞれ起因した現象と思われる。

全般に構造が発達し、土壤が膨軟となれば、固相の割合は小さくなるようである。

下層土は表層土にくらべ固相は大きい。No.3, 5, 8, 10ではA<sub>2</sub>層よりB層の値が小さくなっているのは、前述容積重の項で述べたように、放牧の影響が残っているためと推



察される。

この固相以外は、水および空気によって占められるが、これらの比率は外界の状況によって相互に変化する。例えば土壤が湿潤になれば液相が増加し、気相の比率が低下する。また乾燥すれば逆の方向に進む。この調査地を通じてみられる傾向は、土壤の成熟度の高いところ（土壤構造の発達した断面）ほど、気相の比率の高いことであった。

### 3) 最大含水量

土壤が最も湿っている場合の含水量を示すもので、土壤の保水力の一つの目安となる。表層土において最大含水量が小さい値をとるのは、No. 2, 10, 12等であるがこれらは、土性において砂質傾向がみられ粘土の含有率が低いためと考えられる。下層土でもこの値の小さい断面は、土壤の粘性度が低いところとみなしてよい。

### 4) 最小容気量

土壤を飽水させた場合に一部の孔隙はなお空気によって満たされたまま残る。この飽水され難い孔隙を最小容気量と呼んでいる。この値は全孔隙量より最大含水量を差し引くことにより求められる。一般に堅密でつまり型の固相率の大きい土壤では最小容気量は小さい。土壤が礫質で膨軟な場合や、腐朽根や土壤動物によって形成された粗大な孔隙のある土壤では、その値が大きくなる。

### 5) 孔隙率

孔隙率は、一般に膨軟で理学的の良好な土壤で大きい（No. 1, 5, 7, 8など）。逆に堅密なつまり型の理学的の不良な土壤では小さい（No. 6, 12など）。しかしNo. 2のように多礫質で理学的の良好な土壤でも孔隙率の小さい場合がある。またNo. 3や11のように堅密なつまり型の土壤であってもかなり高い孔隙率をもつものもある。

このことからして、土壤の理学的の良否と孔隙との関係は、孔隙率の大小よりもむしろ孔隙の大きさの方が大きな影響を及ぼしている可能性が考えられる。

### 6) 透水性

土壤の透水性は、土壤の構造や孔隙の形状およびその状態と密接に結びついており、特に孔隙においては、粗孔隙との関連が深いことが知られている。

森林下で団粒状構造の発達がみられるNo. 1, 2, 5, 7, 8, 13では粗孔隙も大きく、透水性に優れることが認められる。とくに極相段階にある落葉広葉樹林におけるNo. 1, 7では下層まで透水性が優れ、理化学的な機能の促進が深くまで及んでいることがうかがわれる。No. 6, 11など堅密土壤では、透水性は不良である。一般に下層に進むほど透水性は不良となる。

## 4. 土壤孔隙解析と貯留容量の推定

### 1) 孔隙解析

水源涵養機能や、林木の生育を土壤の物理性よりとらえる場合、土層中における空気と水分の移動、保持を支配する機能が重要になる。

この水分機能を支配する最も主要な因子は、土壤孔隙に求められ、これは粗孔隙と細孔隙より構成される。粗孔隙はP F値が大略0.6～2.7の非毛管孔隙と考えられ、毛管張力により水分を比較的すみやかに移動させるものや、重力水を下方に移動させる機能をもつ孔隙であり、細孔隙は強い毛管張力により水分を保持する孔隙である。

このため、粗孔隙は、土壤の透水性や通気性を、また細孔隙は土壤の保水性を指標するものとして意義が高い。

土壌の孔隙率は、その土層の厚さと孔隙率の積によって算出されることより、各代表断面における1 mまでの粗孔隙量、細孔隙量を算出してみた(付表-2)。

粗孔隙量の最も高かった断面はNo. 7で487.8 mmを示し、これは1 mの深さの土壌層がある場合、その48.78 cmまでの高さが粗孔隙で占められ、粗孔隙量の大きさが降雨時の貯留容量と考えられれば、487.8 mmの降水量があっても、ここに貯留しうることになる。

次いでNo. 1が439.1 mmと続きこの2断面が特に大きな値をとっている。いずれも広葉樹林下の土壌で深層まで粗孔隙率が高い。No. 13, 14も粗孔隙量が大きい。

逆に粗孔隙量の最も少ないものはNo. 10の山頂尾根部で170.3 mmと最も大きいNo. 7にくらべればその35%にすぎない。ただこの断面は土壌層が50 cmで基岩に違することより、この値の過少さは土層の厚さに大きく支配されているといつてよい。全層カベ状のNo. 3, 6, 11も値が小さい。この場合細孔隙量は比較的大きい。

一般に細・粗孔隙の配分において、細孔隙>粗孔隙を示す場合、土壌は堅密で通気、透水の劣る場合が多く、粗孔隙>細孔隙では、土壌が膨軟か、あるいは礫質で通気、透水とも良好であるが、水分保持力にやゝ問題があるときみなされる。

林木の生育は、土壌水分の面より把えれば、透水性(通気性)が良好で、しかも保水力が高いという機能をもつ土壌が理想とされる。

この透水性、保水性ともに優れるという一見矛盾した土壌水分の動態は、うらを返せば、土壌水分の運動を支配する土壌孔隙組成に

において、粗孔隙および細孔隙のバランスがよく均衡している状態といえよう。

図-1および図-2は、代表断面ごとの全層(1 mまで)と、A<sub>1</sub>層における粗孔隙量および細孔隙量の相関を示したものである。

図-1の場合、等値線より上に大きく離れた集団(No. 3, 5, 6, 8, 9, 11)が見られるが、これは細孔隙量が粗孔隙量に優先している土壌断面で、No. 6を除いて、いずれも崩積性の再堆積土壌で堅密な土壌となっている。No. 10も細孔隙量の優先する土壌であるが、前者にくらべて孔隙容量の絶対量の少ないことを示している。

土壌断面で、No. 6を除いて、いずれも崩積性の再堆積土壌となっている。No. 10も細孔隙優先の土壌であるが、前者にくらべて孔隙容量の絶対値が少ないことを示す。

逆に等値線より下方にあるNo. 1, 4, 7等の土壌は、粗孔隙>細孔隙の土壌で、土壌の構造が深くまで発達し、理学的に優れた土壌であることが指摘される。

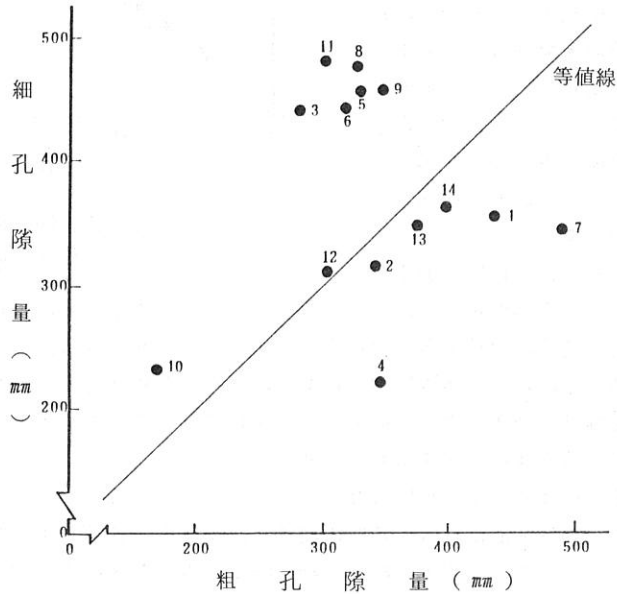


図-1 表層~1 mまでの孔隙量図 (添字は調査地点番号)

等値線の近くに集まっている土壤は、孔隙組成上バランスのとれた土壤といえるが、この点が右方に進むほど、孔隙容量は大きくなる。

図-5のA<sub>1</sub>における孔隙量図からは、表層土の構造の発達状況をうかがうことができる。等値線より大きく上にはずれたNo.6, 11は、細孔隙量が優先し、粗孔隙の未発達な土壤であり、表層よりまだ構造が形成されておらず、土壤的に理学的機能の劣ることを示している。いずれもカベ状の断面形態をもつ。

これとは逆にNo.7および

13は、粗孔隙が優先し、しかもその量が大きいことより、土壤膨軟で孔隙率の高い団粒〜塊状構造等の発達の著しいことをうかがうことができる。

他の土壤は、大体等値線上にあり、細孔隙≒粗孔隙といった組成を示している。これらの土壤は、今後、大型植物の導入、生長に従って、漸次等値線より右方に推移し粗孔隙の優先する土壤に変化するものと考えられる。

## 2) 粗孔隙量より算定した貯留容量

水源涵養機能は、水が地中に浸透し、土壤中の孔隙の中に貯留されながらゆっくりと移動することによって果される。細孔隙中に入った水は重力的には移動しないので水源涵養とは直接結びつきのない孔隙とされることから<sup>3, 8)</sup>ここでは取りあげない。

水源涵養上、最も直接的な貯留機能を発揮するものは粗孔隙とされるが、厳密には、大孔隙、粗大孔隙を含め、短時間貯留容量、長時間貯留容量等を算出し、これらを合算して土壤の有効貯留容量とする方法<sup>3)</sup>がとられるべきと考えられる。

しかしながら今回の調査では、大孔隙、粗大孔隙の測定を行っていないことや、土壤断面調査を1mまでしか行っていない点などの資料面での整備が十分でなかったため、ここでは、便宜的に深さ1mまでの粗孔隙量をもって土壤の有効貯留容量として算定することとした。厳密性には欠けるが、おおよその目安としてはこの方法で十分であろう。

この算定のための基礎資料として、地形・堆積区分図、土壤図および各断面の孔隙組成表を参考に、粗孔隙区分図を作成した。これは、粗孔隙量の等しい広がりを区分し、図化したもので、この結果、本調査地は11のブロックに分けることができた。これを付図-4として示す。

次にそれぞれの等粗孔隙区の面積を求め、代表断面における粗孔隙量との積を求めこれ

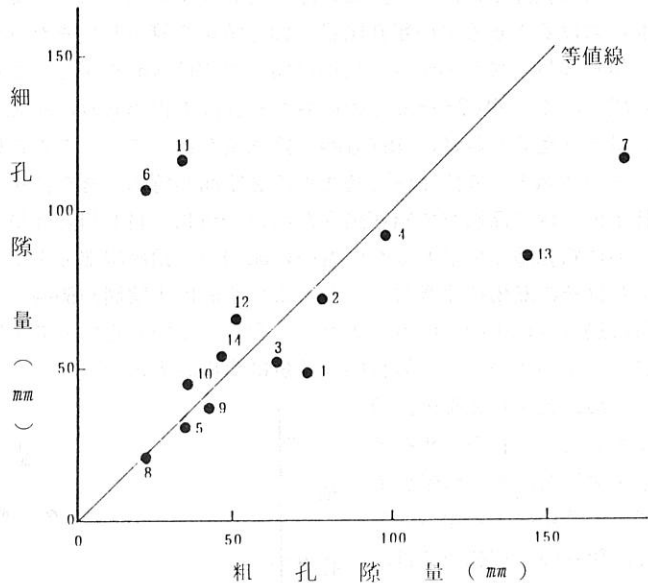


図-5 A<sub>1</sub>層における孔隙量図  
(添字は調査地点番号)

をもって土壌の有効貯留容量とした。この調査地の面積は16.1haとされるが河川や崩壊地0.25haを除いた15.85haが有効面積となる。この有効面積において深さ1mまでの有効貯留容量は、計54.737トンと算出された。これはhaあたりに換算すれば、3.453トンとなる。これを別の見方でとらえれば、326.4mmの降雨量を粗孔隙中に貯留できるということになる。粗孔隙区分ごとの貯留容量の算定結果を表-2に示す。

表-4 立地区別の粗孔隙量と貯留容量

粗孔隙区分	面積 ha	粗孔隙量 (1m厚) mm	貯留容量* m <sup>3</sup>	haあたりの 貯留容量 m <sup>3</sup>	代表 断面 No.	備 考
山頂乾性土壌	0.45	170.3	766	1,703	10	草原
山頂緩斜地偏乾土壌	2.38	324.4	7,720	3,244	8	クヌギ疎林
緩斜地カベ状 偏乾土壌	1.98	303.8	6,015	3,038	6	草原
急峻地偏乾土壌	0.53	317.2	1,681	3,172	12	クヌギ林
山腹偏乾土壌	3.09	346.4	10,703	3,464	4	クヌギ疎林
適潤性土壌	3.46	396.5	13,718	3,965	14	クヌギ疎林
谷性緩斜地 カベ状適潤性土壌	1.32	280.6	3,704	2,806	3	クヌギ疎林
山腹下部弱湿性土壌	0.66	372.8	2,460	3,728	13	クヌギ林
溪間天然生林 適潤性土壌	1.41	439.1	6,191	4,391	1	広葉樹林
溪間堆積面湿性土壌	0.17	338.3	575	3,383	2	広葉樹林
谷性緩斜面 カベ状弱湿性土壌	0.40	301.0	1,204	3,010	11	草原
除 地	0.25	—	—	—		
計又は平均	15.85**	平均 345.3	計 54,737	平均 3,453		

注) \* 貯留容量 = 面積 × 粗孔隙量      \*\* 除地を除く

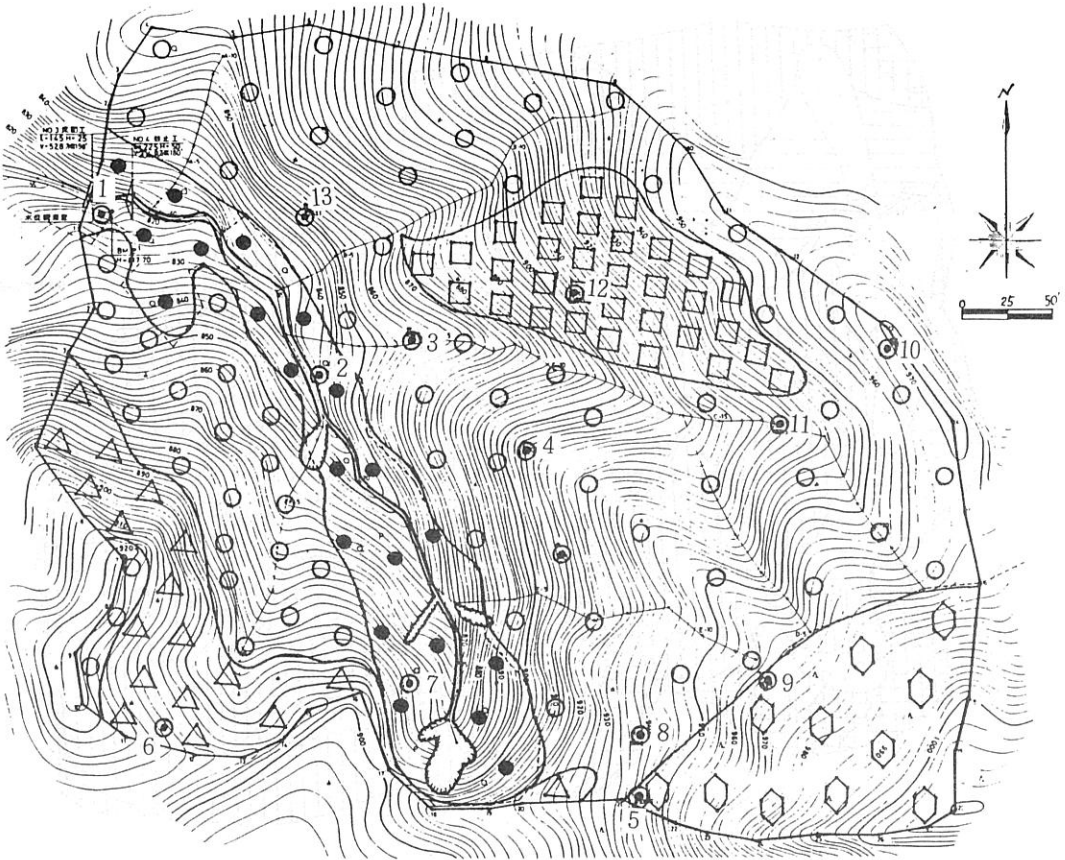
単位面積 (ha) あたりの貯留容量をみるに、最も大きいところは、土壌断面No.1で代表される溪間沿いの天然林で、4,391トンであった。次いで山腹下部位の急斜崩積地で3,965トンと算出された。逆に貯留容量の小さいところは、尾根型乾性土壌の1,703トンであり、全層カベ状の土壌の出現地では、やはり貯留容量は相対的に小さい。

## Ⅳ お わ り に

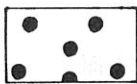
1986年大分県玖珠郡九重町大字後野上字鹿伏において、面積16.1haを対象として開始された重要水源山地整備治山事業は、原野造林が行われた場合、草地から森林へ土地利用形態が移行する過程で、流域の水収支がどのように変化するかを調査しようとするものである。この事業は、土壤も含め、植生、気象等総合的に森林造成にともなう水源涵養機能の変化を定量的に把握していこうという遠大でしかも重要な事業と考えられるが、本報では、このうち、土壤の孔隙組成を利用することにより、対象地のもつ現時点の水分貯留容量を推定してみたものである。土壤の孔隙は、水分機能を支配する最も主要な因子とされており、この孔隙組成の特性を利用することにより、ある代表断面における最大の貯水量が計算される。この地点における値をそれと同じ種類の広がり押し広げれば、ある地域の面全体の貯水量推定が理論上は可能となる。今回の事例は、この手法に従って計算を行った場合の報告をまとめたものであり、また、重要水源山地整備治山事業出発の基礎データの意味も持っている。原野造林が行われ、森林へと変化する中で、土壤孔隙は当然変化していくであろうし、これがまた土壤の貯留容量に当然大きな影響を及ぼしていくものと考えられる。今回の推定によれば、地表面1 mまでの貯留容量は、調査地全体で54.7トン（haあたり換算で3.45トン）と算出された。これが今後の森林造成によってどう変化していくか大いに興味のもたれるところである。

## 引 用 文 献

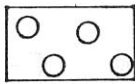
- 1) 有光一登編著：森林土壤の保水のしくみ，創文，東京，199 pp，1987
- 2) 福岡県水源の森基本調査報告書（1），福岡県水源の森基金，62 pp，1981
- 3) \_\_\_\_\_（2），\_\_\_\_\_，137 pp，1982
- 4) 大分県：土地分類基本調査，「森」（5万分の1），45 pp，1971
- 5) 林業試験場土壌部：林野土壤の分類（1975），林試研報，280，1～28，1976
- 6) 林野庁造林保護課・林業試験場土壌部：適地適木調査，土壌部理化学分析法，45 pp，1973
- 7) 森林土壤研究会：森林土壤の調べ方とその性質，林野弘済会，東京，328 pp，1982
- 8) 水利科学研究所：森林の公益的機能計量化調査報告書（Ⅲ），1～438，1974
- 9) 竹下敬司：森林土壤と水源かん養機能，森林立地，27（2），19～26，1985



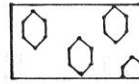
付図-1 調査地の地形と植生概念図



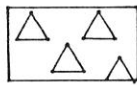
落葉  
広葉樹林



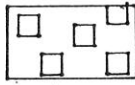
ススキ草原



スギ・ヒノキ植林



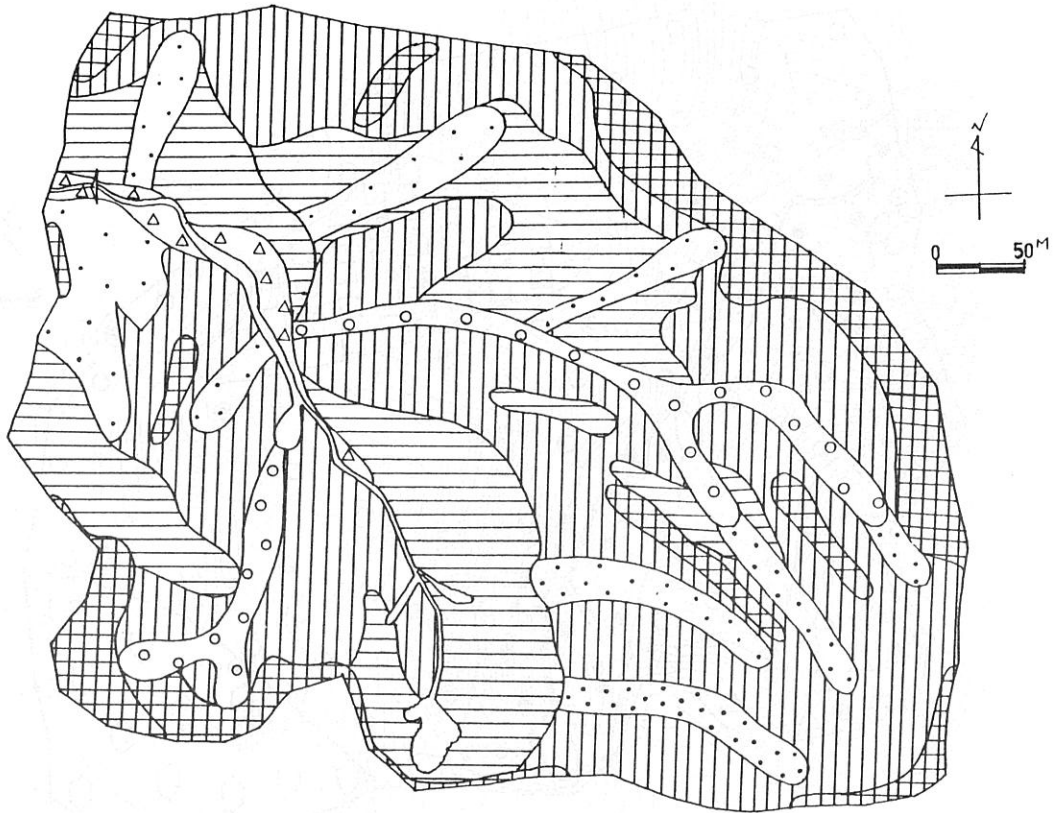
ネザサ草原



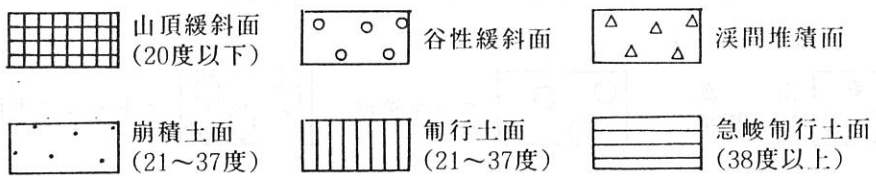
クリーコナラ  
群落

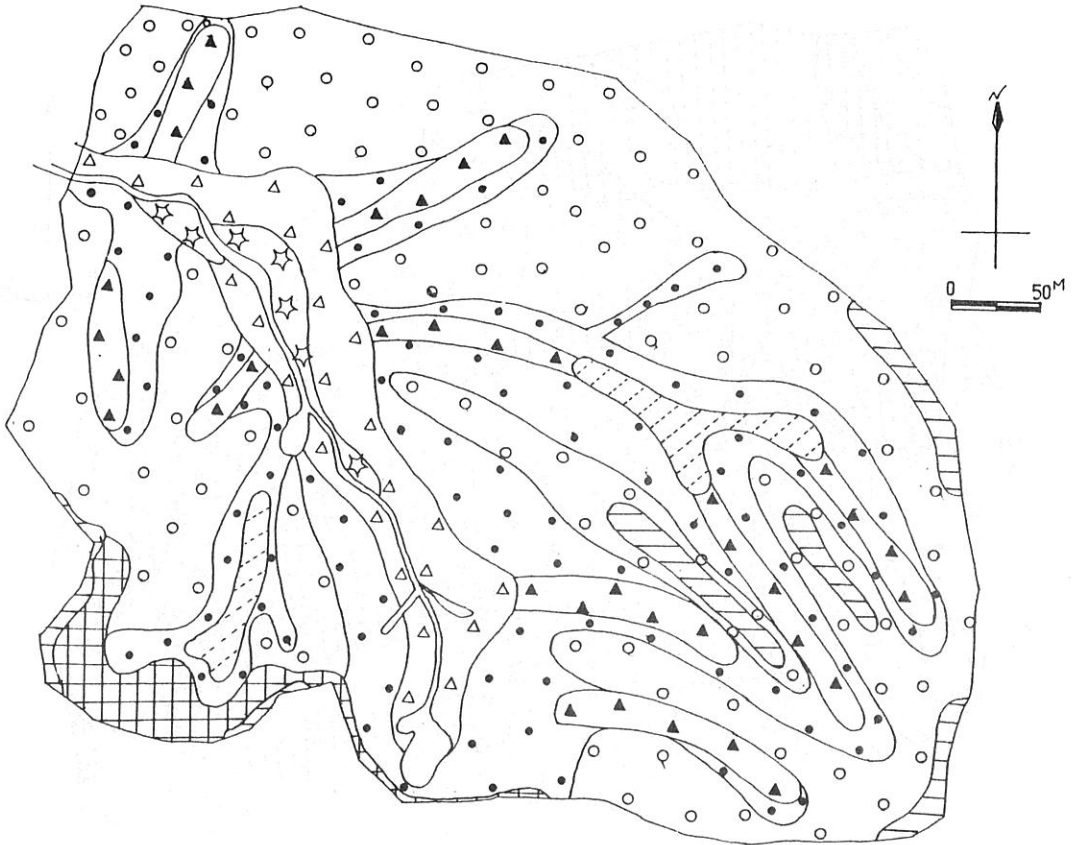
◎ 土壌代表断面

1~13 調査地点番号

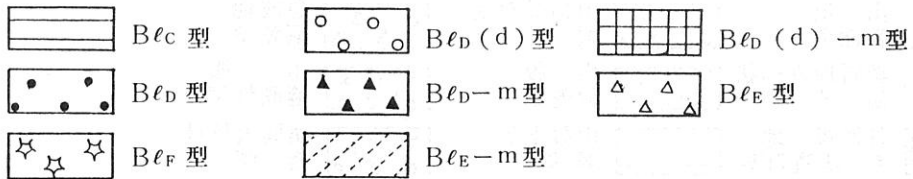


付図-2 地形・堆積区分図

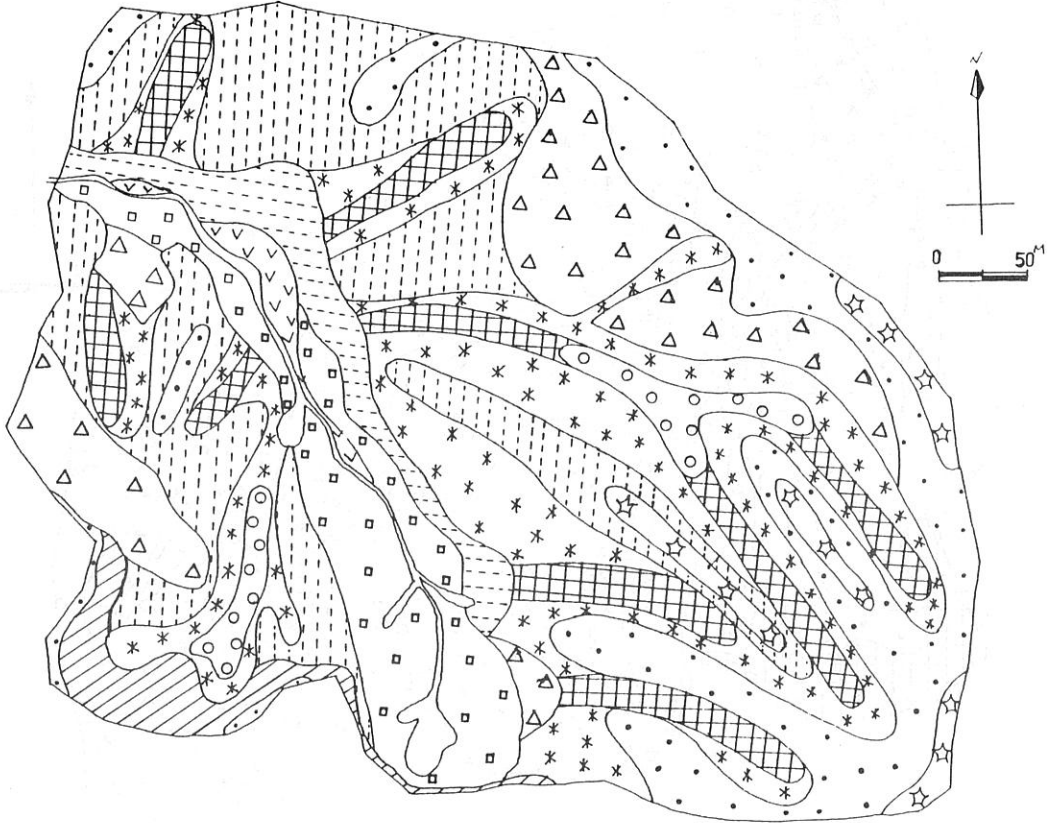




付図-3 土 壤 図







付図－4 等粗孔隙量区分図

	山頂 乾性型		山頂緩斜面 偏乾型		急峻地 偏乾型
	緩斜面カベ状 偏乾型		山腹 偏乾型		山腹 適潤性型
	谷性緩斜面 カベ状適潤型		山腹下部 弱湿型		溪間天然林 適潤型
	溪間堆積面 湿性型		谷性緩斜面 カベ状弱湿型		

付表-1 土壤の理学的性質 (その1)

調査地 No.	土壤型 地形堆積区分	層位	層厚	容積重 ( $\frac{g}{100}$ )	三相組成 (%)					最大含水量 (%)	最小含水量 (%)	孔隙組成 (%)			透水性 ( $\frac{cc}{min}$ )	硬 度
					固相			液相	気相			全孔隙	細孔隙	粗孔隙		
					細土	石	根									
1	B <sub>ℓD</sub> 谷筋 匍行～ 崩積土	A <sub>1</sub>	15	42.8	14.6	3.2	1.3	37.7	43.2	63.4	17.5	80.9	32.4	48.5	155	10.3
		A <sub>2</sub>	25	44.8	14.3	4.3	0.6	40.2	40.6	65.4	15.4	80.8	32.4	48.4	230	11.5
		B	60 <sub>+</sub>	53.5	18.5	3.3	0.4	45.6	32.2	67.9	9.9	77.8	36.9	40.9	127	15.0
2	B <sub>ℓF</sub> 溪間 段丘 土石流 堆積	A	22	67.6	24.0	7.5	0.1	39.4	29.0	57.9	10.5	68.4	32.9	35.5	385	9.5
		B	13	109	24.0	18.9	0	28.0	29.1	46.3	10.8	57.1	18.8	38.3	132	15.5
		A'	10	102	32.9	9.6	0	40.4	17.1	49.7	7.8	57.5	31.4	26.1	57	16.8
		B'	67 <sub>+</sub>	107	37.6	7.6	0	38.8	16.0	50.5	4.3	54.8	27.5	27.5	45	16.8
3	B <sub>ℓD-m</sub> 谷性 緩斜面 崩積土	A <sub>1</sub>	15	49.7	20.7	0.5	1.8	40.6	36.4	60.4	16.6	77.0	34.1	42.9	177	15.9
		A <sub>2</sub>	35	77.3	31.3	2.0	0	52.4	14.3	64.2	2.5	66.7	41.9	24.8	12	20.2
		B	50 <sub>+</sub>	60.3	22.7	2.2	0	58.7	16.4	67.5	7.6	75.1	49.2	25.9	110	20.5
4	B <sub>ℓD(d)</sub> 山腹 匍行土	A	25	50.7	21.8	-	1.4	42.5	34.3	66.8	10.0	76.8	37.0	39.8	102	15.0
		B	55	78.3	25.9	6.0	0	29.9	38.2	57.2	10.9	68.1	23.2	44.9	105	13.5
5	B <sub>ℓD(d)</sub> 山腹 中部 匍行～ 崩積土	A <sub>1</sub>	8	36.1	15.1	-	3.8	42.5	38.6	64.5	16.6	81.1	37.5	43.6	220	5.8
		A <sub>2</sub>	12	52.3	18.3	-	0.6	65.7	15.4	74.9	6.2	81.1	59.4	21.7	125	19.7
		B	80 <sub>+</sub>	52.8	22.0	0	0	60.4	17.6	71.7	6.3	78.0	50.9	27.1	10	18.8
6	B <sub>ℓD(d)</sub> - m 山頂 緩斜面 残積	A	20	50.7	21.3	-	3.4	55.9	19.4	64.9	10.4	65.3	53.9	11.4	67	20.3
		B	80 <sub>+</sub>	50.3	21.1	-	0	51.9	27.0	72.6	6.3	78.9	42.1	36.8	90	21.5
7	B <sub>ℓD</sub> 山腹 匍行土	A	35	36.4	13.7	1.6	1.7	38.3	44.7	65.8	17.2	83.0	33.3	49.7	140	12.0
		B	65 <sub>+</sub>	39.7	16.5	-	0.2	40.5	42.8	71.4	11.9	83.3	35.0	48.3	223	11.5

付表-1 土壤の理学的性質（その2）

調査地 No.	土壤地形堆積区分	層位	層厚 (cm)	容積重 ( $\frac{g}{cc} \times 100$ )	三相組成 (%)					最大含水量 (%)	最小含水量 (%)	孔隙組成 (%)			透水性 ( $\frac{cc}{min}$ )	硬度
					固相			液相	気相			全孔隙	細孔隙	粗孔隙		
					細土	石	根									
8	山麓崩積	A <sub>1</sub>	5	28.4	12.2	—	2.2	46.6	39.0	65.9	19.7	85.6	41.6	44.0	305	10.0
		A <sub>2</sub>	8	65.5	28.2	—	0.2	59.8	11.8	65.6	6.0	71.6	49.3	22.3	20	23.0
		A <sub>3</sub>	12	53.6	23.3	—	0.1	66.1	10.5	74.4	2.2	76.6	48.8	27.8	18	24.0
		B <sub>+</sub>	75	44.1	18.4	—	0.1	60.1	21.4	73.1	8.4	81.5	47.6	33.9	50	19.1
9	山腹匍行～崩積土	A <sub>1</sub>	10	42.0	17.9	—	2.2	50.1	29.8	71.1	5.1	79.9	42.9	37.0	130	7.0
		A <sub>2</sub>	12	45.4	18.8	—	0.4	60.4	20.4	75.4	5.4	80.8	50.4	30.4	45	12.0
		B <sub>+</sub>	78	46.8	19.5	—	0	61.2	19.3	73.2	7.3	80.5	50.5	30.0	30	17.4
10	山頂、尾根残積土	A <sub>1</sub>	10	37.9	15.9	—	3.8	48.3	32.0	69.3	11.0	80.3	44.0	36.3	100	11.3
		A <sub>2</sub>	10	64.8	28.1	—	0.2	60.5	11.2	65.5	6.2	71.7	56.8	14.9	18	21.0
		B	30	40.5	16.9	—	0	54.2	28.9	77.4	5.7	83.1	43.4	39.7	85	16.3
11	谷性緩斜面崩積土	A <sub>1</sub>	20	56.4	24.1	—	0.4	63.9	11.6	72.6	2.9	75.5	58.4	17.1	35	16.2
		A <sub>2</sub>	40	52.1	21.7	—	1	53.1	24.2	68.4	8.9	77.3	42.9	34.4	37	18.2
		A <sub>3</sub> <sub>+</sub>	40	45.5	19.8	—	0	59.2	21.0	70.2	10.0	80.2	47.9	32.3	90	17.3
12	山腹急斜面匍行土	A	20	93.1	32.3	5.7	3.6	41.0	17.4	52.8	5.6	58.4	32.5	25.9	30	16.5
		B <sub>+</sub>	80	92.4	35.8	2.0	1.3	38.7	22.2	59.4	1.5	60.9	29.4	31.5	40	19.0
13	斜面下部崩積土	A <sub>1</sub>	30	55.5	11.5	11.7	0.5	34.2	42.1	64.7	11.6	76.3	28.5	47.8	285	9.2
		A <sub>2</sub>	45	64.2	21.4	5.0	2.5	49.8	21.3	72.6	1.5	71.1	41.6	29.5	130	13.8
		B <sub>+</sub>	25	78.7	24.0	7.8	0	37.5	30.7	69.0	0.8	68.2	29.5	38.7	82	10.3
14	山腹下部匍行～崩積土	A <sub>1</sub>	13	49.9	21.7	—	0.3	46.1	31.1	65.2	12.8	78.0	41.4	36.6	185	14.7
		A <sub>2</sub>	17	53.8	23.0	—	0.6	45.9	30.5	70.9	5.5	76.4	36.7	39.7	132	21.0
		B <sub>+</sub>	70	58.8	24.3	—	0.1	45.4	30.2	68.7	6.9	75.6	35.4	40.2	105	18.2

付表-2 地形・堆積区分・土壌・植生別の孔隙組成 (その1)

地 形		谷 筋	溪間段丘	谷性 緩斜面	山 腹	山腹下部	山頂 緩斜面						
堆 積 区 分		匍行~崩積	土石流 堆積	崩 積	匍 行	匍行~ 崩積	残 積						
土 壤 型		Bl <sub>D</sub>	Bl <sub>F</sub>	Bl <sub>D</sub> -m	Bl <sub>D</sub> (d)	Bl <sub>D</sub> (d)	Bl <sub>D</sub> (d)-m						
植 生		広葉樹林	広葉樹林	クヌギ 疎林	クヌギ 疎林	ヒノキ 造林地	草 原						
調 査 地 No.		1	2	3	4	5	6						
項	厚 さ (cm)	15		22		15		25		8		20	
	粗孔隙率 (%)	48.5		35.5		42.9		39.8		43.6		11.4	
	粗孔隙量 (mm)	A	72.7	A	78.1	A <sub>1</sub>	64.3	A	99.5	A <sub>1</sub>	34.9	A	22.8
	細孔隙率 (%)	32.4		32.9		34.1		37.0		37.5		53.9	
	細孔隙量 (mm)	48.6		72.4		51.1		92.5		30.0		107.8	
	厚 さ (cm)	25		13		35		55		12		80+	
	粗孔隙率 (%)	48.4		38.3		24.8		44.9		29.2		36.8	
	粗孔隙量 (mm)	A <sub>2</sub>	121.0	B	49.8	A <sub>2</sub>	86.8	B	246.9	A <sub>2</sub>	35.0	B	294.4
	細孔隙率 (%)	32.4		18.8		41.9		23.2		51.9		42.1	
	細孔隙量 (mm)	81.0		244		146.6		127.6		62.2		336.8	
	厚 さ (cm)	60+		10		50+				80+			
	粗孔隙率 (%)	40.9		26.1		25.9				32.4			
	粗孔隙量 (mm)	B	245.4	A'	26.1	B	129.5			B	259.2		
	細孔隙率 (%)	36.9		31.4		49.2				45.6			
	細孔隙量 (mm)	221.4		314		246.0				364.8			
厚 さ (cm)			67+										
粗孔隙率 (%)			27.5										
粗孔隙量 (mm)			B'		184.3								
細孔隙率 (%)			27.5										
細孔隙量 (mm)			184.3										
粗 孔 隙 量 (計)		439.1 mm		338.3 mm		280.6 mm		346.4 mm		329.1 mm		317.2 mm	
細 孔 隙 量 (計)		351.0 mm		312.5 mm		443.7 mm		220.1 mm		457.0 mm		444.6 mm	
孔 隙 比 (粗孔隙 / 細孔隙)	全層	1.25		1.08		0.63		1.57		0.72		0.71	
	A <sub>1</sub> 層	1.49		1.07		1.25		1.07		1.16		0.21	

付表-2 地形・堆積区分・土壌・植生別の孔隙組成（その2）

地形	山腹	山麓	山腹	山頂・尾根	谷性緩斜面	山腹急斜面		
堆積区分	匍行	崩積	匍行～崩積	残積	崩積	匍行		
土壌型	Bl <sub>b</sub>	Bl <sub>b</sub> (d)	Bl <sub>b</sub>	Bl <sub>c</sub>	Bl <sub>e</sub> , -m	Bl <sub>b</sub> (d)		
植生	広葉樹林	クヌギ疎林	スギ造林地	草原	草原	クヌギ林		
調査地 No.	7	8	9	10	11	12		
項目	層	厚さ (cm)	35	5	10	10	20	20
		粗孔隙率 (%)	49.7	44.0	42.0	36.3	17.1	25.9
		粗孔隙量 (mm)	A 173.9	A <sub>1</sub> 22.0	A <sub>1</sub> 42.0	A <sub>1</sub> 36.3	A <sub>1</sub> 34.2	A 51.8
		細孔隙率 (%)	33.3	41.6	37.9	44.0	58.4	32.5
		細孔隙量 (mm)	116.5	20.8	37.9	44.0	116.8	65.0
	層	厚さ (cm)	65+	8	12	10	40	80+
		粗孔隙率 (%)	48.3	22.3	35.4	14.9	34.4	31.5
		粗孔隙量 (mm)	B 313.9	A <sub>2</sub> 17.8	A <sub>2</sub> 42.5	A <sub>2</sub> 14.9	A <sub>2</sub> 137.6	B 252.0
		細孔隙率 (%)	35.0	49.3	45.4	56.8	42.9	29.4
		細孔隙量 (mm)	227.5	39.4	54.5	56.8	171.6	235.2
	層	厚さ (cm)		12	78+	30	40+	
		粗孔隙率 (%)		27.8	34.0	39.7	32.3	
		粗孔隙量 (mm)		A <sub>3</sub> 33.4	B 265.2	B 119.1	A <sub>3</sub> 129.2	
		細孔隙率 (%)		48.8	46.5	43.4	47.9	
		細孔隙量 (mm)		58.6	362.7	130.2	191.6	
目	厚さ (cm)		75+					
	粗孔隙率 (%)		33.9					
	粗孔隙量 (mm)		B 254.2					
	細孔隙率 (%)		47.6					
	細孔隙量 (mm)		357.0					
粗孔隙量 (計)	487.8 mm	327.4 mm	349.7 mm	170.3 mm	301.0 mm	303.8 mm		
細孔隙量 (計)	344.0 mm	475.8 mm	455.1 mm	231.0 mm	480.0 mm	300.2 mm		
孔隙比 (粗孔隙 / 細孔隙)	全層	1.41	0.69	0.77	0.74	0.63	1.00	
	A層	1.49	1.05	1.11	0.83	0.29	0.79	

付表-2 地形・堆積区分・土壌・植生別の孔隙組成 (その3)

地 形	斜面下部	山腹中部														
堆 積 区 分	崩 積	匍行～ 崩積														
土 壌 型	B <sub>le</sub>	B <sub>lv</sub>														
植 生	クスギ林	クスギ 疎林														
調 査 地 No.	13	14														
項 目	厚 さ (cm) 粗孔隙率 (%) 粗孔隙量 (mm) 細孔隙率 (%) 細孔隙量 (mm)	層	A <sub>1</sub>	30	13											
				47.8	36.6											
				143.4	47.6											
				28.5	41.4											
				85.5	53.8											
		A <sub>2</sub>	45	17												
			29.5	39.7												
			132.7	67.5												
			41.6	36.7												
			187.2	62.4												
		B	25+	70+												
			38.7	40.2												
			96.7	281.4												
			29.5	35.4												
			73.7	247.8												
位	厚 さ (cm)															
	粗孔隙率 (%)															
	粗孔隙量 (mm)															
	細孔隙率 (%)															
	細孔隙量 (mm)															
粗 孔 隙 量 (計)	372.8 mm	396.5 mm														
細 孔 隙 量 (計)	346.4 mm	364.0 mm														
孔 隙 比 (粗孔隙 / 細孔隙)	全層	1.07	1.08													
	A <sub>1</sub> 層	1.68	0.88													

大分県林業試験場研究時報, No.13, 1988

---

昭和63年2月10日 印 刷

昭和63年2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

---