

福岡県林業試験場時報

第 16 号

昭和 38 年 3 月

**The Bulletin of Fukuoka-ken Forest
Experiment Station**

No. 16

March 1963

(創立 25 周年記念号)

福岡県林業試験場

福岡県八女郡黒木町

Fukuoka-ken Forest Experiment Station

Kurogi Fukuoka Japan

序 文

福岡県林業試験場が昭和13年に創立されて、今年は25周年に当る。

この25年の間、大東亜戦争をはさみ、我が国の世相は、波乱万丈、落ち着く暇もなかつたが、当林業試験場においても、幾多の困難に遭遇し、開店休業に近い時代もあつたように聞いている。

しかし、山積せる悪条件にもよく耐えて、県立の林業試験場としては、常に一級品の研究成果を挙げ、業績の発表をなし、当県の林業全般に亘り、指導的役割を果たして来たことに対し、場員一同に、深甚の敬意を表したい。

特に外国産早生樹の研究については、世の注目を集め、研究段階から、実行段階に移り得た功績に対しては、有識者の間でも高く評価されている。

県としては、林業試験場職員の真摯な研究態度と、優秀な研究実績に応えるため、試験場の設備近代化に昭和36年、37年の2カ年に千数百万円の県費を投じ、研究室の新築、研究設備の改善に努め、一応の成果を収めたので、去る3月1日林業試験場創立25周年記念林業祭を開催した次第である。

その際、試験場職員の平素の研究実績の内、未発表のものを取纏めて林業試験場報告25周年記念号として発表することにした。

林業振興に役立てば望外の喜びとするところである。

刊行に当つて、一言以て、経過報告まで。

昭和38年3月

福岡県林務部長

堀 田 正 次

序

当試験場が創設満 25 周年を迎えたので、種々の記念事業が行なわれ、その内の一つとして、この研究報告 25 周年記念号が刊行される運びになつた。ここに当场現在までの経過を顧みると、創設以来、戦争下にあつたため、特に、終戦前後においては、あらゆる悪条件が重なつて、一時は試験研究の継続が危ぶまれるような時期もあつた。このような受難期は創設以来、昭和 21 年頃まで続いたのである。終戦後、社会事情が落ち着きを取りもどすに従つて、科学技術振興の必要が叫ばれ、試験研究機関に対する一般の認識が高まつた。時恰かも、当场は創設 10 周年を迎えるに至り、これをけい機として、戦前不振のきらいがあつた本県林業界の奮起を期して、昭和 24 年に、当场 10 周年記念林業振興展が開催された。ちょうど、タイミングもよく、行事は殊のほか成功を収めた。この頃から当场の研究予算は増大の途をたどり始め、特に、25 年度からは飛躍的にのびて、終戦前の約 60 倍となつた。しかし、まだこの当時は、場の総予算額に対して研究予算の占める比率はすくなく、20 % 程度であり、これに反して収入を伴う事業予算は、約 50 % の多額を占めていた。しかし 28 年度以降は年を追つて研究予算の比率が漸次増大され、反対に、事業予算の比率が減少され、試験研究機関としての本来の姿に向つた。この頃までが当场創建設の時期と考えられるが、戦争の影響をうけたため、多難の時代がずい分続いたことになる。最近では、予算構成において、研究予算の比率は増加して総予算額の 55 % 前後を占めている。また諸施設については、幸い上司の方々、特に、林務部長堀田正次氏の試験研究に対する特段の御理解により、当场の施設近代化計画が着々と進捗しつつあり、昨年度から本年度にわたり、9 研究室（環境、育苗、育林、生理化学、育種、森林化学、病理、昆虫、菌類）、林業相談室、種子貯蔵庫、椎茸種駒培養作業室、その他が新築され、なお、来年度以降に於て、本館その他の新築、研究用器械類の充実などが計画されている。当场の業務は、地方試験研究機関として、その性質上、地方的な、特殊な、しかも実用的な問題の解明に主力をおくべきであり、また、予算、施設、その他の点で研究活動に自ら制約がある関係上、極力、重点をしぼり、特徴をもつた試験研究機関であるべきものと信ぜられる。今後、当场環境の整備とともに、職員の研究意慾の昂揚と絶えない努力とにより、一層、内容の充実した研究報告が刊行され、林業の転換期といわれる時期に当つて、すこしでも関係方面の要請に応えられ、また当地方の新しい林業の発展に寄与することが出来ることを念願するものである。ここに、各方面の御高批と御鞭撻とを切に御願ひする次第である。終りに当つて、この記念号刊行に際して、多大の御援助を与えられた内山忠雄氏、並びに福岡県林業祭協賛会の各位に対して、深く感謝の意を表する。

昭和 38 年 3 月

福岡県林業試験場長

青 木 義 雄

目 次

樋口 真一	アカシア・モリシマ造林地における2～3の事例について.....	1 頁
西 尾 敏	アカシア・モリシマの栄養生理と着葉量に関する研究.....	9 頁
加 藤 岩 男	アカシア類の取り木について (予報)	37 頁
川島為一郎	福岡県産アカシア・モリシマ種子について	41 頁
長浜三千治	スギ (品種) の成長予測に関する研究 (第1報) 樹高成長量の予測について	45 頁
竹下 敬 司・中島 康 博	微地形及び土壌とスギの生長に関する森林立地学的研究 (II)	61 頁
竹下 敬 司	実験にもとづく斜面生成機構の理論的解析とその考察.....	115 頁
山内正敏・萩原幸弘・主計三平	スギハムシの生態に関する研究.....	137 頁
橋 本 平 一	林業苗畑における線虫病の実態についての2・3の知見.....	153 頁

Articles

Shinichi Higuchi:	
On the Results of investigations upon Some <i>Acacia mollissima</i> Plantations.....	1
Satoshi Nishio:	
Studies on Nutritive Physiology and Leaf Amounts and Their Relations to Growth of <i>Acacia mollissima</i>	9
Iwaō Katō:	
On the Layering of <i>Acacia</i> (Preliminary Report).....	37
Tameichiro Kawashima:	
On the Seeds of <i>Acacia mollissima</i>	41
Michiharu Nagahama:	
Studies on the Prediction of Growth of Sugi (<i>Cryptomeria</i>) Races (I) On the Prediction of Height Growth.....	45
Keiji Takeshita and Yasuhiro Nakashima:	
Edaphological Studies on the Micro-Topography and Forest Soil and Their Relations to the Growth of Sugi (<i>Cryptomeria</i>) (II).....	61
Keiji Takeshita:	
Theoretical Analysis of Slope Evolution based on Laboratory Experiments and Relative Considerations	115
Masatoshi Yamauchi, Yukihiro Hagihara and Sampei Kazue:	
Ecological Studies on the Sugi Leaf Beetle (<i>Basilepta pallidulum</i> BALY)	137
Heiichi Hashimoto:	
Some Observations on the Damage Caused by Nematodes in the forestry Nurseries	153

アカシア・モリシマ造林地における 2～3の事例について

樋口 真 一

On the results of investigations upon
some *Acacia mollissima* plantations.

Shinichi Higuchi

1. ま え が き

外国産早成樹の中で、アカシア・モリシマの成長は特に優れて旺盛であるために、福岡県・熊本県を中心として西日本一帯の温暖な地方は、級数的に造林面積が拡大し、瘠悪林地改良事業の植栽樹種の域を出て、近年は経済林に造林されるようになったが、福岡県下における過去の古い造林地の多くは非経済林であり、経済林として造林された例は少ない。しかし、数多い造林地の内には秀れた造林地も各地に出現し、利用に適する径級に達して還金された林分もあり、旺盛な成長量は造林面積を拡大しつつある。

幸いにして本県は、アカシア・モリシマの造林に着手した歴史が比較的長く、10年前後で一応伐期に達した林分（直径・樹高共に利用可能な径級）があり、生育良好な2～3の林分を調査する機会を得たので、その結果を報告する。

なお本調査を実施するに当り、種々協力を賜った森林所有者の方々（力丸一郎、月形小二郎）、種々御指導願った青木場長、調査中行動を共にして頂いた竹下敬司・中島康博・長浜三千治の諸氏に対し厚く御礼申し上げます。

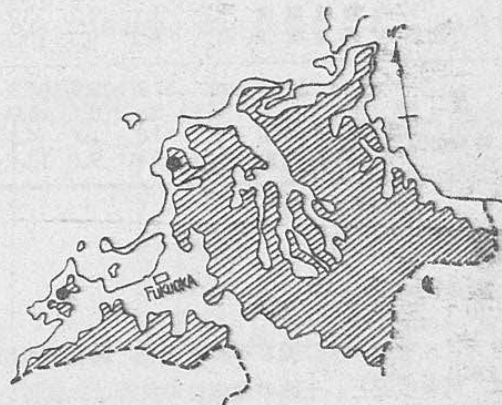
2. 調査地の概要

2.1. 調査地の位置

調査地は位置図（Fig. 1）に示すように、玄海灘に面し、海岸から1～2km内陸に入つた所である。

福岡県宗像郡宗像町のアカシア・モリシマ林（以下A林分）と隣接した黒松林（以下D林分）及び福岡県糸島郡志摩村のアカシア・モリシマ林分（調査区を2個とり、B・C林分）で、両調査地共、福岡県下では

気象的に最も安全度の高い地域の林分である。



●：山林 (shaded part: forest and hills)
●：調査地 (surveyed area)

Fig. 1. 調査地の位置図
Locality of surveyed area

2.2. 調査地の地形、基岩及び土壌型

両調査地共、標高50m以下の丘陵地で、西南に面した斜面で、単調な地形である。

基岩（母材）はA・D林分は第3紀層、B・C林分は花崗閃緑岩（糸島型）である。土壌型は、B_D～d型（尾根部）～B_D型で、アカシア類の造林地としては、土壌条件に恵まれていた。

2.3. 調査林分の保育状況の概要

A林分は昭和26年度に当時10年生の黒松が、マツケムシの被害を受けて枯死した後に植付けられたもので、被害木を雑木竹と一緒に刈払い、火入れは行わずに、植穴（30cm×30cm×30cm）を掘り、ha当り3,000本植栽したが、初期（導入初期）の造林地には活着不良な造林地が多く、この林分も50%前後の活着であつたらしい。植付年に下刈を行ない、翌年補植をし

て、夏期1回下刈を実施した以外には、施肥・間伐・枝打等の保育は一切行わず、放置状態で今日に至った林分である。

D林分は、A林分に隣接した黒松林で、昭和26年度のマツケムシの被害を受けなかつた林分である。B・C林分は、マダケ林を伐採して造林した跡地に、A林分同様の造林法で植付けられたもので、保育状態はAにおとり、主林木は雑木竹に圧倒されて群状に枯損していた。

2.4. 調査地附近の気象

両調査地共、年平均気温 15~16°C、年降水量 1,550 mm 前後で、温暖な地域ということが出来る。最高最低などの月平均を含んだ調査地に近い観測資料⁶⁾として、糸島郡前原町、宗像郡宗像町(東郷)の測定があるので、これを Table 1 に示す。統計期間は、明治34年から、昭和25年までである。

Table 1. 気象観測資料
Climatological data of study area

調査地	区分	月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全長
宗 像 (A.D 林分)	平均降水量 mm		73.2	84.2	104.7	134.4	117.5	262.3	214.3	127.8	196.0	102.2	81.5	82.1	1,580.3
	平均気温 °C		5.2	5.3	8.5	13.4	17.8	21.1	26.6	27.4	22.1	16.9	12.0	7.4	15.3
	平均最低気温 °C		1.1	1.2	3.7	7.9	12.3	17.3	22.8	23.2	18.7	11.4	6.9	3.1	10.4
	平均最高気温 °C		9.2	9.3	13.2	18.8	23.3	24.8	30.4	31.6	25.5	22.4	17.0	11.6	20.1
志 摩 (B.C 林分)	平均降水量 mm		67.7	79.9	105.3	120.7	104.9	239.3	206.4	133.6	215.6	102.7	79.5	83.2	1,538.3
	平均気温 °C		5.6	5.7	8.9	13.7	18.0	22.0	26.5	27.1	23.3	17.6	12.7	7.8	15.7
	平均最低気温 °C		1.8	1.7	4.3	8.5	12.6	17.5	22.5	22.5	18.9	12.7	7.9	3.7	11.2
	平均最高気温 °C		9.4	9.7	13.4	18.9	23.3	26.5	30.4	31.7	27.6	22.4	17.4	11.9	20.2

3. 調査方法

3.1. 考 え 方

アカシア・モリシマに関する研究報告、調査報告によれば、気象状況と、土壌の理学的性の良否は、成長を左右する重要な因子であるとされているが、¹⁾²⁾³⁾¹²⁾ 土壌の理学的性の良否と成長の関係については、気象条件の規正程度に明確に報告された例が少ないので、普遍性のある具体的な要因の表現法の究明、さらには、表現される要因とアカシア類の成長との関係について掘下げ、アカシア類造林の実用に供し得る資料を調整したい。

3.2. 土壌調査の方法

土壌調査は代表断面を設定して、国有林林野土壌調査方法書¹⁾により調査した。所謂、丘陵性の山脚凹地の造林地では、あるいは代表断面のみで調査区の土壌状態の適確な把握は出来ないかも知れないが、調査区の面積が小さいので (Table 2) 1 調査地に 1 カ所宛試孔断面を設定した。試孔断面は、巾約 60cm、深さ 60~80cm を掘り、方法書により観察を行なった。なお理学的性と関係の深い硬度については、山中式の硬度計を使用して測定した。

3.3. 林分調査の方法

調査区内の全林木について、樹高、胸高直径の毎木調査を行ない、材積は本場調整のアカシア・モリシマ材積表⁹⁾により算出した。

樹 高……ワイゼー測高器を使用、最少単位 0.25 m、調査区内全林木を測定

胸高直径……輪尺により、mm 単位で 2 方向より測定

4. 調査結果

4.1.1. 調査区の設定

A林分は枯損木の多い部分を除いて設定し、B・C林分は、同一施業地を斜面の上部と下部に区分し、上部をB林分、下部をC林分とした。D林分はA林分に隣接した林分のうち、マツケムシの被害の少ない生育の良好な団地を選定した。

4.1.2. 林分調査の結果

林分調査の結果を Table 2 に示す。

4.1.3. 考 察

(1) Table 2 でアカシア・モリシマの成長が頗る早く、短期間に利用可能の大きさに達し、林分の蓄積

Table 2. 林分調査表
investigated data of *A. mollissima* and *P. Thunbergii*

樹種	林令	面積 (m ²)	本数 (本)	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	平均材積 (m ³)	調査地積 (m ³)	ha本数	ha当材積 (m ³)	
宗像 (A)	アカシ ア・モ リシマ	10	332	35	14.80	17.9	0.2395 (0.2391)	8.385 (8.367)	1,054	252.43 (252.02)
志摩村 (B)	"	11	219	36	13.67	13.4	0.1658 (0.1641)	5.968 (5.908)	1,643	272.40 (269.81)
" (C)	"	11	255	27	13.88	17.5	0.2101 (0.2120)	5.673 (5.725)	1,058	222.49 (224.51)
宗像町 (D)	黒松	21	114	42	9.33 (4.71)	9.6 (4.6)	0.0492 (0.0058)	2.066 (0.244)	3,691	181.23 (21.38)

注 (1) A, B, C 林分の材積中 () 内の数値は熊本営林局調整立木材積表より算出した。

(2) D 林分の () 内の数値は樹幹析解の結果から算出した、それぞれの10年生時の概数である。

も大きく、短期育成林業の樹種であることが解る。しかし、Table 3 のように樹高、胸高直径共に、最大・最小木間に可成りの開きがあることは、育苗・造林の過程で究明すべき問題点である。

短期間で利用可能の大きさに生育するので、苗木を含めた造林初期の個体差は、そのまま林木の優劣に結びつくものと考えられる。

10年時におけるアカシア・モリシマの成長量は黒松の成長量に比べ、樹高で3倍、胸高直径で4倍、材積で35倍という驚異的な数値となつている。

(2) アカシア・モリシマの形状比(樹高/胸高直径)は高く、細井等⁹⁾は、3～4年生林分(ha当り約3,000本)で130前後の数値を報告している。樹高生長が他樹より旺盛であるため、不安定な樹型になり易く、特に密な林分では枝葉が先端に集中する傾向があるので、風・雪害に対する抵抗性の低い樹型になり易い。間伐、梢端除去などの保育を行なつて、安全度の高い樹型に誘導することが望ましい。

(3) 今回の調査林分は高樹令で、疎林であることから形状比も低く、枝条の着生も先端に集中せず、安定した樹型であるが、ha当り2,000～3,000本の立木密度の場合、各林分それぞれ20～40程度形状指数が上つて、80～120になるものと推定される。

(4) 一般に低位生産地⁹⁾といわれる林地でもA層があり、若干の落葉が堆積し、表層10～20cm前後が膨軟な層であれ経済林として成立する見通しが強い。

(5) 一応の適地に合理的な施業を行なえば、8～10年で、ha当り200m³前後の収穫を期待することが出来る。

4.2. 土壌調査の結果

4.2.1 土壌調査

A林分、B林分の断面図を記載して参考にする。

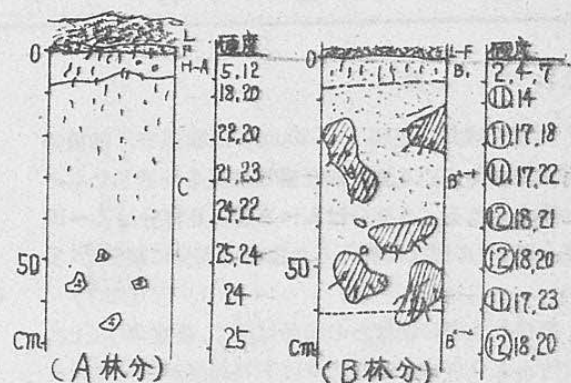


Fig. 2. 土壌断面図の硬度
soil solidily and Property of soil profile

(A 林分)

L (5～15cm) アカシアの落葉厚く堆積し、やや湿。
F (2cm) 一部にアカシアの細根を見る。

H～A (7cm) 非常に乾燥し、細根多し、粒状構造(弱団粒)が大部分なるも、一部に直径2cm前後の塊状で堅い部分があり、軟。

C 母材は第3紀で、ピンクを帯びた堅密な層、壁状、砂、礫を少量含む、アカシアの細根の最深分布は40cmまでで少量。

地型上はB_D型が現われるべきだが、B_D～d型であつた。

(B 林分)

L～F (1～3cm)

アカシア・マダケの落葉堆積、やや湿、アカシアの細根あり。

B¹ 乾、粒状構造、軟、アカシアの細根多し。

B² 乾、斑状に柔らかい部分あり、他は堅、柔らかい部分

に細根分布。

50cm を境に上層は軟かく下層は堅い。A 層を欠除、表層は流亡はげし、B_B 型に近い B_D~d 型土壤である。硬度測定値の○書は柔らかい部分の測定値である。

Table 3. 最大、最小木及び平均と形状比表
(form ratio ($\frac{\text{Height}}{\text{diameter}}$) of standard tree and of range between small and large tree)

調 査 区			A	B	C	D
調 査 面 積 (m ²)	調 査 本 数 (本)		332 35	219 36	255 27	114 42
樹高(m)	最 大 ~ 最 小 平 均		19.5~7.5 15.0	18.5~7.0 14.0	17.5~7.5 15.5	10.8~8.0 9.8
直 径 (cm)	最 大 ~ 最 小 平 均		31.2~8.6 19.0	30.5~7.0 14.0	26.6~7.6 18.8	16.3~5.0 9.0
形 状 比	最 大		63	61	66	66
	最 小		87	100	99	160
	平 均		79	100	82	108

4.2.2. 考 察

(1) 両調査地共、表層(0~20cm)は軟弱で、細根の発達に適していることが旺盛な成長を促進したものと考えられる。(A林分はL~A層、B林分はL~B¹さらにB²に斑状に混入した膨軟な部分に細根が多い)

(2) 細根と土壌の硬度との関係は深く、硬度20以上には殆んど分布せず、硬度10以下で細根が多く見られた。

4.3. 樹幹析解の結果

4.3.1. 考 え 方

アカシア・モリシマは幼時の旺盛な生育を長期間継続するのでなく、比較的短期間であるといわれているが、⁽¹⁾⁽²⁾ 生育期間の長短と土地生産力とに相関があるように考えられるので、植栽後10年を経過した林分での生長過程を知るために調査した。

4.3.2. 樹幹析解木の選定

A林分から大径と小径を選び、大径木は胸高直径、樹高共に林分中の優勢木のうち、枝張り、着葉量などが肉眼的に中庸の個体から選定した。小径木は劣勢木の中から、比較的周囲の林木から被圧されてない個体を選定した。B・C林分は同一施業を受けた林分なので、両調査区からA林分に準じて大中小の3本を選定

した。

4.3.3. 樹幹析解の結果

樹幹析解の結果はTable 4(1・2・3)のとおりである。年輪は不規則で、不明確であつた。特に偽年輪が完全な輪となつて、2~4個確認される外、所謂偽年輪もあつて測定は困難であつた。

4.3.4. 生長の動向について

Table 5の結果から樹高・胸高直径・材積について生長の動向を知るためにFig. 3を作成した。樹高・胸高直径の成長は、3~5年生間が最高で、その後徐々に衰えていくことがわかる。

4.3.5. 考 察

(1) 旺盛な生育は比較的短期間であり、特に3~5年生間の生長が最高を示めし、その後徐々に衰え、8年生以後は急減する。

(2) 3~5年生間の成長量が旺盛であることは、前記した形状比を考えた場合、2~5年生間に間伐・整枝(梢端除去を含む)などの適切な施業をすることが望ましい。

要 約

(1) 福岡県下におけるアカシア・モリシマの造林地の中から10年生で良好な生育をした林分の調査をし

Table 4-1 樹高成長量 (height growth)

林令 区分	A ₁	A ₂	B. C ₁	B. C ₂	B. C ₃	D ₁	D ₂	D ₃
1	3.3	2.5	2.2	1.3	1.8			
2	5.3	5.3	3.3	2.6	2.8			
3	8.0	7.8	5.0	6.9	3.7			
4	10.1	11.1	6.1	7.8	6.5			
5	13.8	12.0	7.3	9.2	7.2	2.5	2.8	2.3
6	15.3	13.5	9.1	11.0	8.6			
7	16.6	14.3	10.9	12.8	9.2			
8	18.0	15.0	13.0	13.3	9.6			
9	18.7	15.6	13.8	14.1	11.2			
10	19.6		15.1	14.9	11.9	4.5	5.3	4.8
11			16.8	15.7	13.3			
15						6.8	6.8	6.9
20						9.9	9.6	9.4
21						10.5	9.8	9.5

Table 4-2 胸高直径成長量 (diameter growth)

林令 区分	A ₁	A ₂	B. C ₁	B. C ₂	B. C ₃	D ₁	D ₂	D ₃
1	1.0	0.6	0.9	—	0.4			
2	2.8	2.2	2.5	2.4	1.5			
3	5.8	4.9	6.1	5.2	1.9			
4	8.6	6.5	8.3	7.5	2.3			
5	12.1	8.0	10.3	9.8	4.8	2.0	2.6	1.8
6	15.6	9.3	13.0	11.3	6.6			
7	19.0	9.8	15.8	12.5	7.7			
8	22.9	10.3	18.4	13.4	8.7			
9	25.4	10.8	20.4	14.2	9.9			
10	27.1	(11.4)	22.2	14.9	10.9	5.6	4.6	3.1
11	(28.6)		23.8	15.8	11.7			
15			(24.9)	(16.9)	(12.2)	8.0	6.8	4.5
20						11.7	8.9	5.9
21						12.3	9.3	6.1
						(13.3)	(10.0)	(6.6)

Table 4-3 材積成長量 (Volume growth)

林令 区分	A ₁	A ₂	B. C ₁	B. C ₂	B. C ₃	D ₁	D ₂	D ₃
1	0.0003	0.0001	0.0003	0.0002	—			
2	0.0034	0.0014	0.0029	0.0014	0.0004			
3	0.0151	0.0075	0.0102	0.0051	0.0008			
4	0.0404	0.0174	0.0217	0.0129	0.0025			
5	0.0819	0.0305	0.0373	0.0261	0.0058	0.0005	0.0004	0.0002
6	0.1431	0.0451	0.0690	0.0425	0.0130			
7	0.2208	0.0561	0.1101	0.0656	0.0208			
8	0.3294	0.0651	0.1515	0.0910	0.0312			
9	0.4111	0.0741	0.2046	0.1121	0.0418			
10	0.4936	(0.0823)	0.2597	0.1353	0.0546	0.0065	0.0049	0.0021
11	(0.5454)		0.3108	0.1526	0.0678			
15			(0.3415)	(0.1697)	(0.0751)	0.0194	0.0136	0.0064
20						0.0553	0.0300	0.0151
21						0.0631	0.0337	0.0165
						(0.0733)	(0.0481)	(0.0197)

注 (1) A₁ 宗像調査地 (*Acacia mollissima*)……大径木
 A₂ " (")……小"
 B.C₁ 志摩調査地 (")……大"

B.C ₂	"	(	"	)	中径木
B.C ₃	"	(	"	)	小 "
D ₁	宗像調査地 (<i>Pinns Thunbergii</i>)				大 "
D ₂	"	(	"	)	中 "
D ₃	"	(	"	)	小 "

(2) 数値は総成長量で, () 書は皮付を示す。

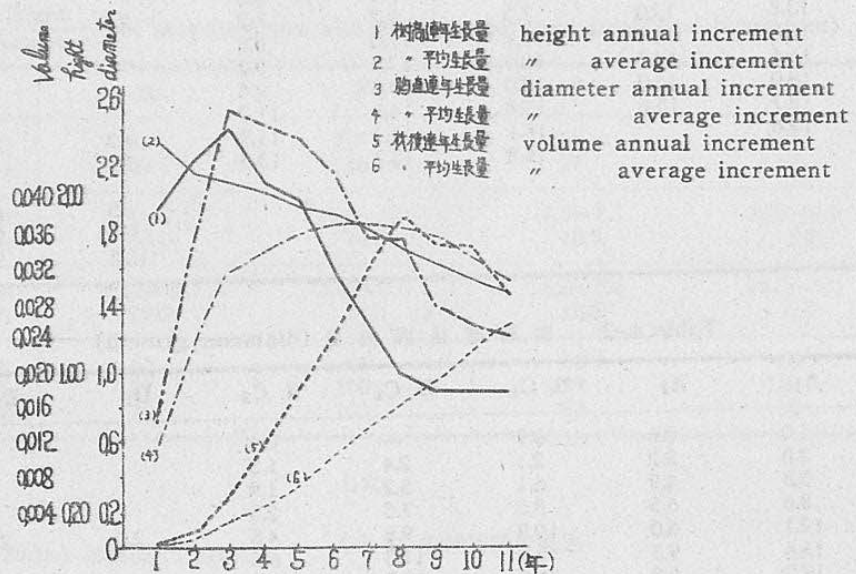


Fig. 3. アカシアモリシマの連年及び平均成長量

Growth-curves of average increment and annual increment of *Acacia mollissima*

たので報告する。

(2) 調査地は花崗岩を母材とした林分(B・C林分)と、第3紀層を母材とした林分(A・D林分)で共に福岡県下では、気象的に最も安全度の高い地域に造林されたものである。

(3) 調査林分の保育状況は共に悪く、放置状態で10年を経過した林分であるが、Table 2のような成長を示し短期間に相当の蓄積があり、対象林分の黒松林(D林分)と比較した場合、アカシア・モリシマの成長は驚くほど旺盛である。

(4) 表層(0~20cm)の硬度と成長との関係は深く、硬度25以上の土層には細根は殆んど分布しない。

(5) アカシア・モリシマは短期間に生育するので、形状比の高い不安定な樹型になり易く、特に密な林分では、枝葉が先端に集中するので、間伐・整枝などにより安全度の高い樹型に誘導することが望ましい。

(6) 生育が旺盛なので適地で、合理的な施業をすれば8~10年で、ha 当り 200m³ 前後の収穫を望むこと

が出来る。

引用文献

- 1) 青木義雄：期待される早成樹種（アカシア・モリシマ）。林業改良普及叢書，17（1962）。
- 2) 青木義雄・谷川末男・中島康博：アカシア・モリシマの研究。福岡県林業試験場時報，5号（1952）。
- 3) 小野陽太郎：早期育成林業（モリシマ・アカシアより）。森林資源総合対策協議会（1958）。
- 4) 林野庁・林業試験場：国有林林野土壌調査方法書（1955）。
- 5) 熊本営林局：立木幹材積表（1948）。
- 6) 福岡県：福岡県の気候（1951）。
- 7) 兵頭正寛：ワットル生産の要点。林業技術，218（1960）。
- 8) 橋本与良：瘠悪荒廃林地とその改良。全国瘠悪林地改良協会（1961）。
- 9) 細井 守・本田健次郎・山本常喜：早期育成樹種の林分構造（第1報）。日林九講（1961）。
- 10) 細井 守・本田健次郎：モリシマ・アカシアの雪害と林分構造。日本林学会（1962）。

Summary

Acacia mollissima grows very rapidly and has many uses, that is pulp, mine posts, tannin materials etc. From the standpoint of forestry it is valuable as a available tree in the warm climate. Writer report in this paper on the results of the investigations about good growth stands of 10 years old *Acacia mollissima* in Fukuoka-ken, Japan.

(1) These stands lie in the area of comparatively good climate ~~district~~ condition in Fukuokaken. Stand B and C are growing on the granite parent materials, Stand A and D are on the tertiary.

(2) These stands are 10 years old and leaved alone without any silvicultural management in mind, but the timber volume growth is very rapid as given in fig 2. They attain to have considerable growing stocks in short term. The growing stocks of *Acacia mollissima* ^{stand} is surprisingly greater than that of *Pinus Thunbergii* (D-stand).

(3) Highly correlation was found between the solidity of upper soil (0-20cm depth) and the growth of stand, and in the soils, solidity upper 25 degrees, fine roots was scarcely extended.

(4) Since *Acacia mollissima* grows very rapidly, tree form ratio ($\frac{H}{DBH}$) shows high value, branches and leaves are crowded to tops, and the form has tendency to present unstable one.

In order to secure stable form for wind or snow damage, it is desirable to execute thinning or to arrange twigs.

(5) If the stand is tended adequately on fitting site, stand of *Acacia mollissima* ^{8-10 years old} can be expected to yield about 200 cubic meters timbers per ha.

シア・モリ

シヤ・モリ

号 (1952).

・アカシア

調査方法書

技術, 218

国瘠悪林

期育成樹

).

シアの

アカシア・モリシマの栄養生理と 着葉量に関する研究

西 尾 敏

Studies on Nutritive Physiology and Leaf Amounts and Their Relations to Growth of *Acacia Mollissima*.

Satoshi Nishio

目 次

- I. ま え が き
- II. 栄養生理について
 1. 土壌による栄養生理
 - 1-1. 供試土壌の化学性
 - 1-2. 栄養欠乏と得苗・活着・耐寒性
 - 1-3. 栄養欠乏と生育量
 - 1-4. 各栄養要素の適量
 - 1-5. 土壌 pH と生育
 - 1-6. 土壌水分と生育
 2. 砂耕による栄養生理
 - 2-1. 砂耕実験の方法及び材料
 - 2-2. 栄養欠乏と生育量
 - 2-3. 栄養欠乏と根粒重量
 - 2-4. 栄養欠乏と葉の変化
 3. 林地に対する栄養補給
 - 3-1. 補給試験の方法及び材料
 - 3-2. 補給試験の結果と考察
 4. 栄養欠乏と葉内含有成分
 - 4-1. 葉内成分分析
 - 4-2. 黄化葉及び健全葉の葉内成分
- III. 着葉及び落葉について
 1. 着葉とその肥料的効果
 - 1-1. 各肥料木の葉内成分
 - 1-2. 樹高と着葉量
 - 1-3. 樹高と葉内成分量
 - 1-4. 落葉成分の肥料換算
 - 1-5. 落葉の堆積量
 - 1-6. 落葉の ha 換算各積成分
- IV. 総 括
 1. 栄養生理とその意義
 2. 着葉とその意義
- V. 引 用 文 献
- VI. Résumé

I. ま え が き

ア・モリシマは、一般造林木と異なり樹木ではあるが豆科植物に属し、生育は在来の如何なる樹木よりも良好である。¹⁾ 暖地では短伐期林の大きな担い手としてその造林面積は急激に増加しつつあるが、何分にも外国導入樹種であり、報告例はあるが研究面が実際面よりも現実において遅れた形の如く思われる。²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

あらゆる分野で解明されなければならぬ事項が多々あるが、特にその栄養生理的なものについては殆んど研究されておらず、僅かに植村等⁶⁻¹¹⁾及び真部¹²⁾のアカシア属に関する研究があるにすぎない。他方肥料木としての観点に立つた場合、根粒菌と共に重要な意義を持つ腐植生成に関与する着葉量及び落葉に関する報告には接していない。

植物の養分吸収の機作については、その全過程を完全に説明し得るまでには至っていないが、¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾ ア・モリシマが短期間に高い生育を示すのは、豆科特有の根粒菌の着生という事実と共に、¹¹⁾ 養分吸収機構や光合成の生理作用に他の樹木と異つた機作を持つからであると思われる。特に根粒菌による植物体内への多量の窒素供給は、代謝作用で諸窒素化合物への形成過程で多量の炭水化物が反応の必要エネルギーとして関係して来る。これはア・モリシマの塩類の吸収や代謝に各種の関係を持つものと考えられると共に、根粒菌自体の栄養とも関係して複雑化されていると思われる。¹⁶⁾

筆者は Mc Murtrey¹⁷⁾ が示した生理障害を考慮して、全般的生理特性を把握する上から無機養分吸収と生育に関する検討、栄養要素と根粒菌の関係、栄養欠乏と葉内成分及び土壌成分の関係、他方これらに関連して林地では落葉から還元される栄養要素が多量にあると考えたので、林地への栄養補給を行なつて生育を

調らべると共に、着葉量と樹高の関係、葉内成分と落葉などの特性を知るための基礎資料を得ようとして研究を行なった。

この研究を実施するに当り、接種用の根粒菌を御分譲下さった農林省林業試験場植村誠次博士、御鞭達を賜った当時青木義雄場長に深謝すると共に、御協力御援助下さった川島為一郎技師・合原日出子嬢に謝意を表します。

II. 栄養生理について

豆科植物の栄養生理は根粒菌を無視しては考えられないが、栄養の差異がどのように生育に影響するかについて、あらゆる角度から研究を重ね観察することを主体として、その間で根粒の発生を調査することとした。また関連があると思われる土壌 pH や水分関係をもこの中で試験した。取扱上、苗木を主対象としたが、播種にあたり根粒菌を種子接種した。老化に対する栄養補給は、既存の根粒菌を接種してない現地林分で試験を行なった。

II-1. 土壌による栄養生理

1-1. 供試土壌の化学性

植物生育の基礎は土壌を母材として出発し成立している⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾ 栄養生理の解明にはこの土壌を考えねばならない。土壌を使用して試験を行なう場合、その結果には土壌の持つ化学成分の影響を大きく受けるものであり、水耕または砂耕法が最適方法であるが、大量の試験は困難なので土壌を使用した。(別項では砂耕試験を行なった。)

試験実施に先立つて、使用予定の試験場圃場の土壌、赤色土の心土、腐植土(堆肥土)を風乾した後 2 mm で篩別して熱塩酸可溶物について分析を行なった。⁽²⁰⁾ 他方試験終了後にも各試験区の全土壌を一括した中から試料を採集して置換性成分を主体とした分析を行なった。全窒素は Kjeldahal 分解——蒸溜法、磷酸は Molybdenum 青——硫酸法によつて光電光度計で定量、加里は焰光光度計、石灰は蔭酸カルシウム容量法、苦土は Oxine 容量法で各定量を行なった。⁽²¹⁾

供試土壌の成分分析の結果を第1表、終了後の分析結果を第2表で各々示す。

第1表 供試用土壌の完全分析(土壌1g当り%)
Table 1. Chemical properties of soil before fertilization. (dry matter %)

Plot	*	pH	Moisture	Organic	Ash	Total-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Farm soil (A)		5.3	2.72	3.28	94.99	0.318	0.168	0.107	0.638	0.215
Red soil (B)		4.9	7.64	3.11	87.26	0.139	0.142	0.134	0.324	0.257
Humus soil (C)		5.4	4.38	4.77	90.85	0.398	0.183	0.290	1.032	0.182

* Composition

第2表 土壌成分分析
Table 2. Chemical properties of soil (at the close).

Plot	Composition	pH		N %	Ex-base (me/100g)			Efficiency P ₂ O ₅ (p.p.m.)	P ₂ O ₅ A.C (1)
		H ₂ O	KCl		K	Ca	Mg		
Farm soil (A)		6.1	5.0	0.29	1.09	2.10	1.80	9.26	720
Red soil (B)		5.0	4.0	0.24	0.40	0.93	1.42	5.93	1,970
Humus soil (C)		6.4	5.4	0.43	3.22	1.57	2.56	13.38	590
Volcanic ashes (D)		5.5	4.3	0.31	0.94	1.19	1.15	6.34	1,780

(1) Phosphorus of absorption coefficient (me/100g).

3種の土壌中、赤色土は窒素・磷酸・石灰が少なく、加里は圃土が最少である。このように土壌間には大きな含有成分差があることが明らかになったので、試験目的に応じて条件に適した土壌を使用することとした。

試験後の分析では、試験前と類似した傾向を示した。しかし苦土及び加里は試験前は B>A>C, C>B>A であつたのが、試験後は C>A>B となりその差も大きく開いている。窒素については根粒菌の作用もあると思われるが、⁽²²⁾ 苦土・加里の量的変化の原因は不

明である。しかしいづれも塩類である点から赤色土特有の吸収なり、流亡が作用しているものと思われる。この2表より一度使用した土壌と未使用土壌は成分含量が異なるので区別して用いることとした。

1-2. 栄養欠乏と得苗・活着・耐寒性

A. 実験方法

栄養欠乏が生育過程で如何に作用するかについて数

量的な考えの基に、赤色土心土を使用し1957年5月から翌年3月にかけて播種から山出しまでの全過程で調査を行なった。

実験に当つて 50×50cm で深さ 21cm の木箱を用い土を充填して第3表に示す試験区を各3反覆設置した。1週間後に硫酸処理²³⁾した種子を1箱当り5gずつ播種した。(5月7日)

第3表 試験区の名称と要素量 (g/m²)
Table 3. Treated plots and amounts of fertilizers applied. (gr. per sq. m)

* Plot	None	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	++Ca	Complete
N	—	—	20	20	20	20	20	20
P ₂ O ₅	—	15	—	15	15	15	15	15
K ₂ O	—	13	13	—	13	13	13	13
CaO	—	15	15	15	—	15	15	15
MgO	—	18	18	18	18	—	36	18

* Element.

各成分量は播種時及び床替時共、第3表に示した全量を一度に施用した。Nは硫酸アンモニセ、P₂O₅は過磷酸石灰、K₂Oは塩化加里、CaOは消石灰、MgOは硫酸苦土を使用した。播種後20日(5月27日)に発芽率を、床替時得苗率は、6月3日に床替を行なった時の苗長4cm、直径0.5mm以上とした。活着率は1箱25本の床替を行なったものを、9月24日に調査

した数である。耐寒率は霜覆を行わず外気に直接触れさせ最低極 -3.8°C に耐えた本数を現わしている。

B. 結果及び考察

発芽・得苗・活着・耐寒率を示せば第4表となり、各項をブロックと考え栄養欠乏の要素について分散分析を行なったのが第5表である。

第4表 栄養欠乏と得苗・活着・耐寒率
Table 4. The rate of germinating · seedling · survived · cold resistance on nutritive deficiency works.

Plot	None	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	++Ca	Complete	Remarks
発芽率 (1)	76.2	76.4	76.0	77.1	77.2	76.6	76.3	76.6	May. 27
得苗率 (2)	74.9	66.5	61.8	77.5	79.4	79.9	79.3	88.2	Jun. 30
活着率 (3)	66.8	53.5	56.7	69.6	72.1	63.0	79.1	76.1	Sept. 24
耐寒率 (4)	60.2	49.9	49.3	49.0	56.7	54.4	72.6	70.7	Macy. 2

(1) Rate of germinating.

(2) Rate of seedling.

(3) Rate of survived.

(4) Rate of cold resistance.

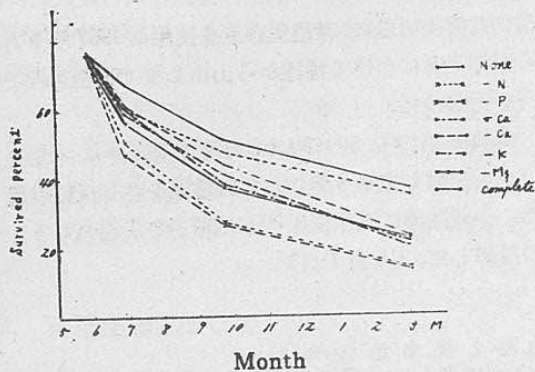
第5表 分散分析表
Table 5. Analysis of variance.

	S	v	V	F
Element	1,192.9	7	397.6	9.47
Block	1,833.9	3	611.3	14.55
Error	883.0	21	42.0	
Total	3,909.8	31		

発芽率は室内実験では85.2%であつたが、この表の総平均は76.6%となつた。得苗率以下の各調査数値は

或密な意味での、その名称には当たらない点もあるが、ア・モリシマの特性から一応これでよいと考えた。

得苗率は窒素欠乏区(-N)、磷酸欠乏区(-P)が明らかに劣り、活着率についてもこの両区が特に低い数値を示したが、他区間には差は認められない。耐寒性についてはやはりこの両区が特に劣り、加里欠乏(-K)・石灰欠乏(-Ca)・苦土欠乏(-Mg)の各区も、完全区(Complete)に比較して明らかな差を示した。しかし無栄養区(None)が高い耐寒性を示している点から推察して、栄養の調和が崩れることが耐寒性を低



第1図 栄養欠乏と生存率

Fig. 1. The existence rate on nutritive deficiency works.

下するものと思われる。

第4表より播種量を100とした場合の年間生存率を第1図で示す。

これより完全区は36%, 窒素・磷酸欠乏区では13%となり, 完全区の1/3の生存率にすぎない結果となった。これらより考えて窒素・磷酸欠乏が特に全体的

得苗に悪影響を与えるが, 他の養分も充分にしかも調和のとれた存在が必要だと考えられる。

1-3. 栄養欠乏と生育量

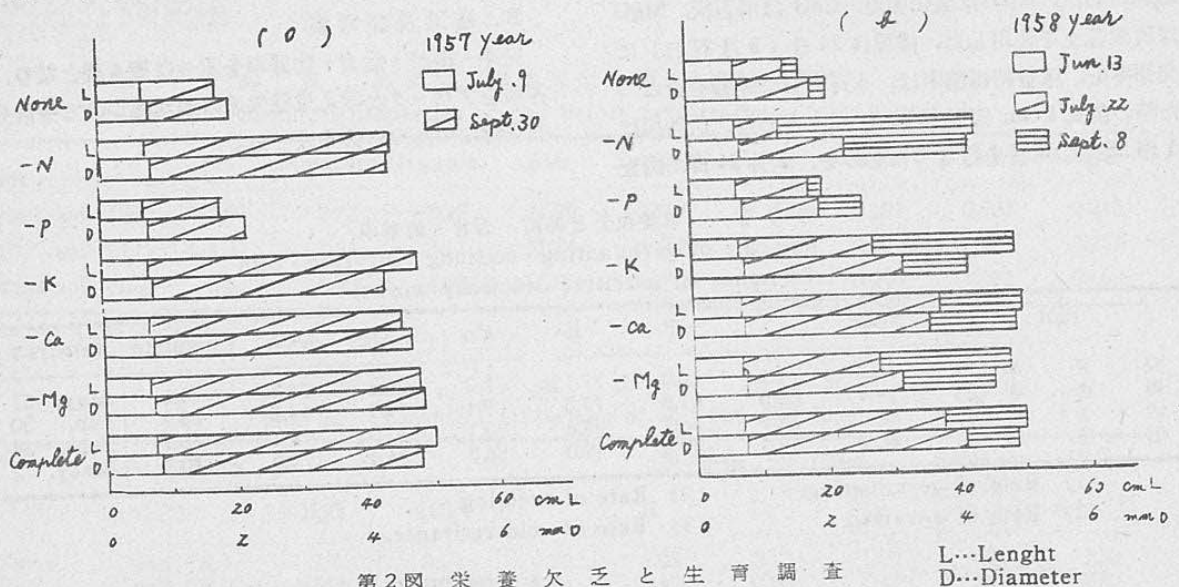
A. 実験方法

a/2,000 素焼 pot に赤色土を充填し, 第3表の試験区から石灰過多区 (≡Ca) だけを除いた7区について, 1958年5月24日に処理した種子2.5gを播種し生育途中では床替を行わずに, 7月9日は1pot 当り25本を無作為に抜き取り, 苗長と地際直径を測定した。9月30日にも同様調査を行なった。

追試の意味もあつて再び1959年5月2日に赤色土を使用して無栄養土壤に播種生育させたものを, 6月13日に新たに赤色土を充填し直した前記の各試験区に1pot 9本づつを床替した。即ち無栄養で育つたものを, 床替時から栄養欠乏の土壤で生育差を調べた。

B. 結果及び考察

1958年と1959年に行なつた栄養欠乏状態で生育したものの測定結果を第2図a, bで示す。

第2図 栄養欠乏と生育調査
Fig. 2. Growth and nutritive deficiency works.

a図の如く生育初期には明らかな生育差は現われない。またb図の第1回調査は床替時の全平均苗長7cm, 地際直径0.75mmをそのまま記載した。

両図から, 磷酸欠乏・無栄養区が特に生育が劣つた。a図の窒素欠乏区は意外に良好な生育を示しているが, これは時期的に播種後60日位から以後の暑い期間に急激な生育をとげている。加里欠乏区はやや特異な

生長形態を示し, 苗長が直径に対して特に大きい比率である。b図は時期的な生育を適確に把握するために, 約40日間隔で測定し, 特に窒素欠乏区の生育に注意したが, 7月22日以降に急激な生育を遂げたので, 根を掘り取つて調査したところ, 根粒が多数着生していた, これは播種後1ヵ月半後であり, これより考えて6月中旬以降の暖かくなつた時期に接種根粒菌が着生し,

ア・モリシマに固定窒素を供給したものと思われる。両図から栄養欠乏と生育量は、磷酸欠乏が一番阻害されて完全区の1/2以下の生育しか示さない。これは第1図と考え合わせて、養苗上絶対に磷酸は欠乏させることの出来ない要素である。窒素欠乏は他の養分さえ充分あれば生育初期に少量を与えれば、その後は与えなくても根粒着生によつて窒素を固定し、その窒素によつてやや劣るが生育することが明らかとなつた。

1-4. 各栄養要素の適量

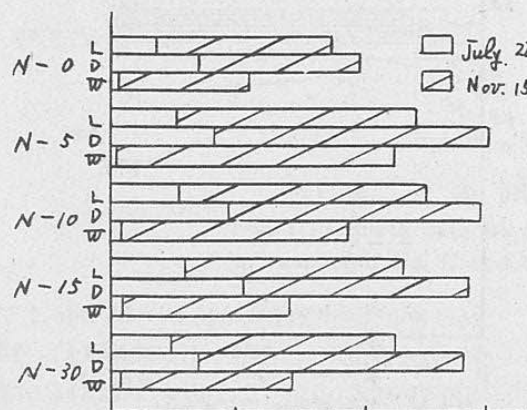
A. 実験方法

栄養要素量は植物が必要とする適量を与えるべきであり、ア・モリシマに対しても適量の決定は大切である。1961年5月約 a/2,000 の植木鉢に、赤色土を充填して生育に大きな作用を持つと思われる窒素・磷酸・加里・F.T.E (ガラス質微量要素¹³⁾²⁴⁾ について、N・P₂O₅・K₂O として 0, 5, 10, 15, 30 g/m² 及び F.T.E は 0, 2, 4, 6, 12 g/m² 区と、更に無栄養区を設置して各3反覆の実験を行なつた。各目的要素以外は、10 g/m² を基準として完全に施用した。F.T.E の場合は N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO を各 10 g/m² 施用したものに試験目的量を加えた。5月12日に1 pot 当り 2.5g の処理種子を播種し、生育途中で床替えを行なうことなく7月28日及び11月15日に各 pot 30本を掘取り苗長、地際直径、全重量の測定を行なつた。

F.T.E を使用したのは、豆科植物に特に必要であり窒素供給の多少は根粒菌の栄養源としての Mo が充分にあるかどうかで左右されるといわれ¹⁶⁾²⁵⁾ 我が国でも山崎等²⁶⁾ が欠乏例を報告しているので Mo 含有物としてその適量を調査した。

B. 結果及び考察

窒素量の違いと生育の差について調査した結果が第3図である。



第3図 窒素
Fig. 3. Difference of nitrogen.

各時期の調査で、N-0 区は他区に比較して低い生長を示したが、他の4区間では第1回調査時はN-10, N-15 の両区が良い生育を示し、第2回調査時は N-5, N-10 区が優ぐれた生育を示した。窒素が特に多量の N-30 区は意外に悪い生育を示したが、これは窒素多量が生育を阻害するものか？他の要素との複合作用によるものか？とにかく疑問を持つたので1962年に再び窒素適量について、N-0~60g/m² の区を設けて実験を行なつたが、第7図の如く N-10 及び N-15 の両区が生育量が最高であり、窒素が増加するにつれてゆるい波型の上下する生育曲線を示した。これにより窒素の過剰は赤色土では生育を阻害するものと思われる。

磷酸量の違いと生育の差について調査した結果が第4図である。

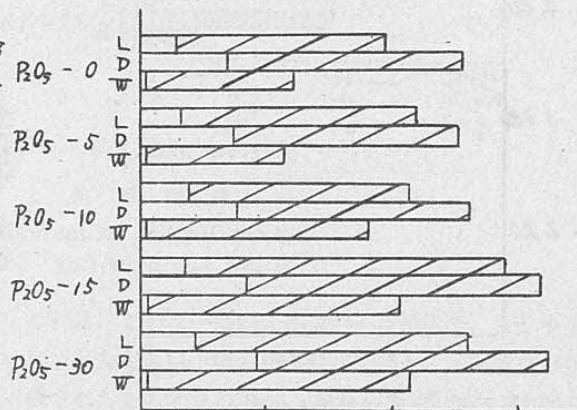
各調査時共、同様な生長を示し 0<5<10<15<30 区の傾向を示した。これより磷酸は多ければ多いほど、生育量を助長させるものと思われる。

加里量の違いと生育の差について調査した結果が第5図である。

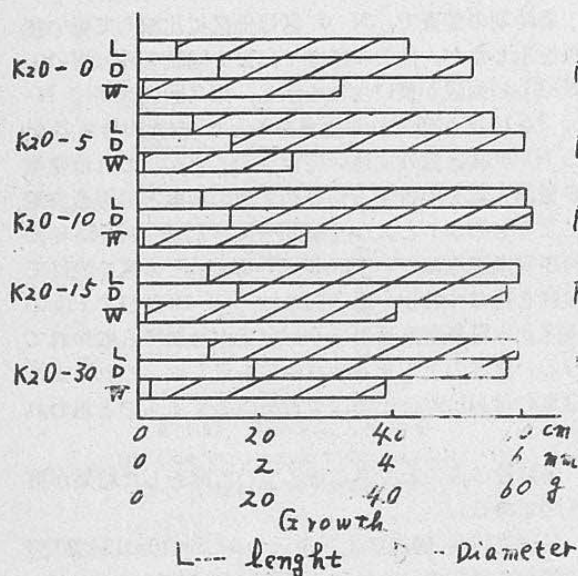
第1回調査では30区がやや良好な生育をし、他の5, 10, 15 区間には生育差は認められないが、第2回調査では10, 15, 30の各区間には上長、肥大の両生育間に差はないが、全体重は15, 30区がよい結果を示した。これは加里の多量施用が地下部の発育に大きく作用したのではないと思われる。

F.T.E を添加して生育調査を行なつたものが第6図である。

これより F.T.E-4 区が特に生育が良く、0, 2 区がこれに次いだ生育を示したが、6, 12 区は却つて生育を阻害したと思われる。この微量要素にはマンガン、鉄、銅、亜鉛、モリブデン、硼素が入っているため、これらの多量では生育阻害を現わす。

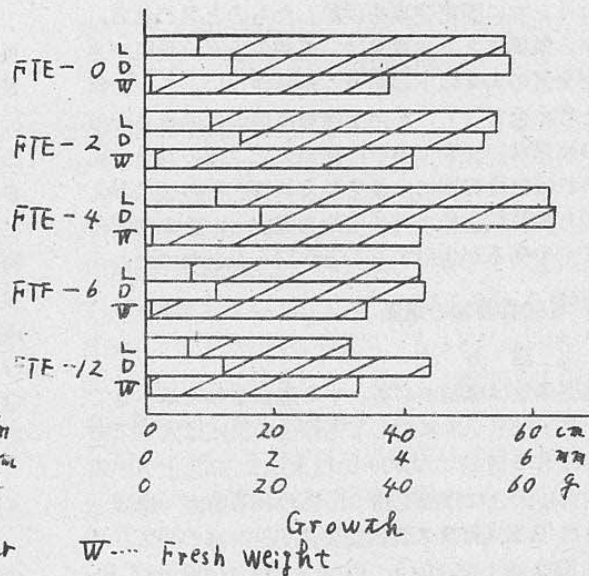


第4図 磷酸
Fig. 4. Difference of phosphorus.



第5図 加里

Fig. 5. Difference of potassium.



第6図 F. T. E

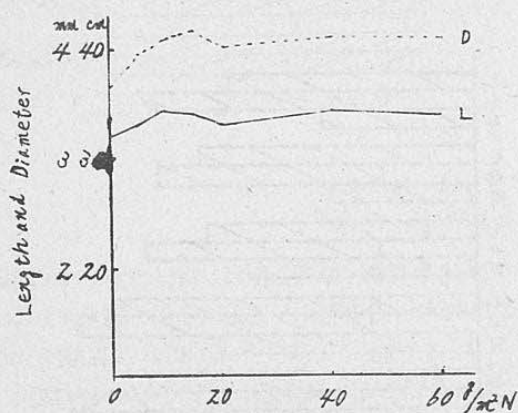
Fig. 6. Difference of F.T.E.

第3~6図 肥料要素の適量と生育

Fig. 3~6. Average growth under controlled conditions in different rate of elements.

以上を総括する意味で各栄養要素とその適量について上長生長, 肥大生長, 全体重を図示すると第8, 9, 10図となる。

これらより F.T.E. は, 使用に当つて適量を施すれば全体的生育に大きく作用する点が明らかとなり, 磷酸の多量施用は他要素のそれよりも生育に好結果をもたらした。これら各図より推察して, ア・モリシマの施肥適量を m² 当り g で示せば, N は 10~15g, P₂O₅ は 15~20g, K₂O は 15g 前後であり, F.T.E. は 4g がよいと思われる。



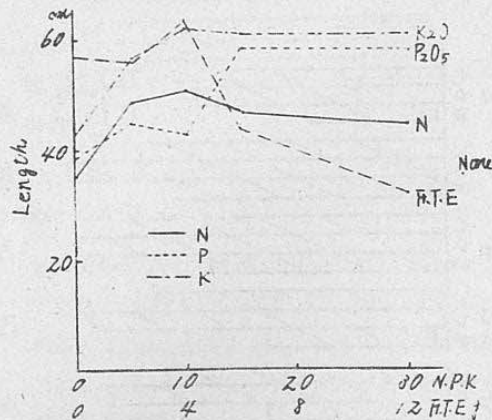
第7図 窒素過剰量と生育

Fig. 7. Growth on different N-high levels works.

1-5. 土壌 pH と生育

A. 実験方法

土壌 pH が異なれば生育も異なると思われるので, ア・モリシマの生育に適した pH を知るために, 腐植土, K₂O 以上を各々施した a 2,000 素焼 pot を使用し, pH は 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 になるように硫酸粉末または消石灰を加え調製したものに, 1961 年 5 月 10 日に処理種子 2.5g を播種した。途中で床替えすることなく 11 月 18 日に掘取り調査を行なった。他方

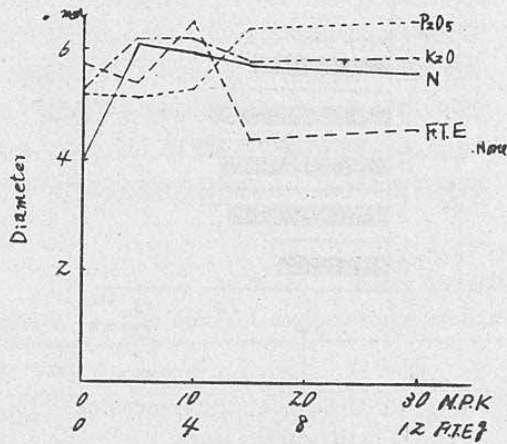


第8図 栄養要素量と上長生長

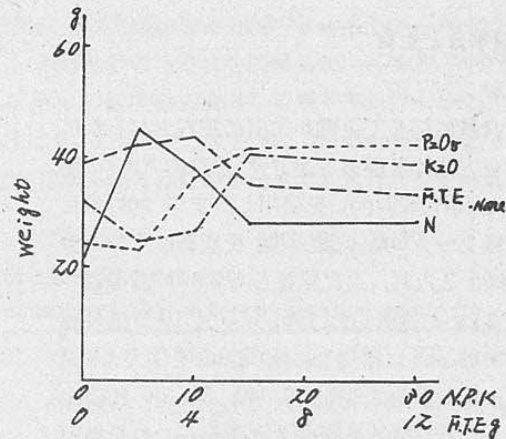
Fig. Height growth on different elements.

1962 年
取り調
両調
抜取り
は石灰

a 区
5.6~6
育差は
全般的
な生育



第9図 栄養要素量と肥大生長
Fig. 9. Basal-diameter growth on different elements.



第10図 栄養要素量と全体重量
Fig. 10. Weight growth on different elements.

第8～10図

Fig. 8~10. Comparison of growth on the different of nutritive element. (Average)

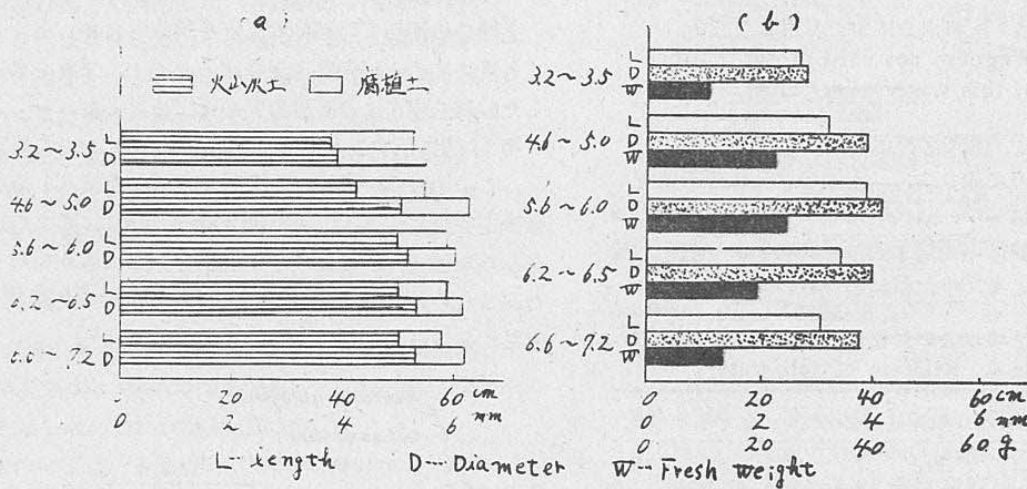
1962年5月26日にも赤色土に播種して10月3日掘取り調査した。

両調査共、約45日置に間引きを行なつて20本づつ抜き取り、この時pHを測定して補正值だけの硫酸または石灰を加えたが、計画通りのpHを保つことは出来

ず、一定の範囲内におけるpH試験区となつた。

B. 結果及び考察

pHと生育の関係を第11図a, bで示す。a, b間には土壤条件も違い、生育期間も異っているがpHと生育については比較が出来ると思う。



第11図 土壌pHと生育調査

Fig. 11. Growth data on different of soil pH work.

(a.) used soil No. C and D (b.) used soil No. B

a図では、pH 3.2~3.5区が両土壤共生育が劣るが、5.6~6.0区以上の区間では、腐植土、火山灰土共に生育差は認められない。b図では、やはり3.2~3.5区が全般的に生育が悪く、5.6~6.0区と6.2~6.5区が良好な生育状態を示した。6.6~7.2区はやや劣るように思

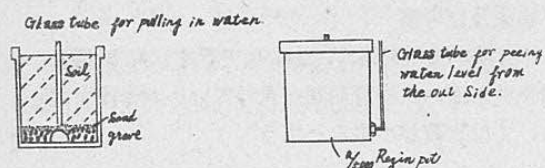
われる、これは一時的に多量の石灰投入で、pHを急変させたために土壤の化学変化を起し、不可吸態が生成されたものと思われる。これらの結果から、土壤の好適pHは5.5~6.5と考えられる、しかしアカシア・モリシマはpHには大して敏感でなく、広範囲で生育するよ

うに思われる。

1-6. 土壌水分と生育

A. 実験方法

土壌水分含量に対して生育が如何に左右されるかについての調査方法は各種あるが、²⁹⁾²⁹⁾ 独自の考えで樹脂製 Wagner a/5,000 pot を使用し、まづ pot の自重を測り直径 1~2 mm の礫 800g を底部に入れ、その上に砂 200g を入れ、更に風乾して 2 mm 篩を通つた火山灰土 2 kg を充填した。1961 年 5 月 10 日処理種子 1g を各々の pot に播種し、水 20ml を加えた。発芽後、無水土壤に対して 20, 30, 40, 50, 60 % の土壌水分含量とした。各水分区共 3 反覆し、これを温室内に置き他から水分の侵入を防ぎつつ生育させた。途中 1 週間置きに全重量を測定して、不足水分をその都度加えた。この間、間引きを行なつたが生育にともなうア・モリシマの重量増は考えなかつた。この試験に使用した pot を示せば第 12 図の如くである。



第 12 図 土壌水分試験に使用した方法
Fig. 12. Wagnere pot used of soil culture in this water experiment.

B. 結果及び考察

実験を行なうに先立つて、土壌の水分状態を調査したが水分当量は 28.3, 最大容水量 79.6, 吸湿係数 11.9 であつた。試験区の土壌水分は、これらより対乾土量及び対容水量としての比較は第 6 表の如くなる。

第 6 表 土壌水分の対乾土・対容水量の対比
Table 6. Relation of soil water.

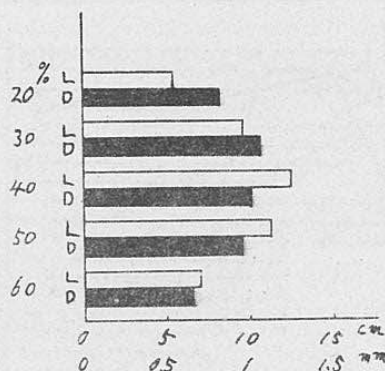
対 乾 土 (%) (1)	20	30	40	50	60
対 容 水 量 (%) (2)	20.6	37.7	50.3	62.8	75.2

(1) Comparison to dry soil in per cent.

(2) Comparison to water capacity in per cent.

対乾土量の水分%と生育について 11 月 18 日に調査したものが第 13 図である。

これよりア・モリシマは乾燥に強く好適水分は 30~50 % であり、対容水量換算では 38~63 % がよい生育を示しその好適範囲は広いと思われる。この試験中に



第 13 図 土壌水分と生育調査
Fig. 13. Growth on differences of soil waters work.

特に感じたことは、20 % 区が夏期の蒸散量の多い時には、葉が完全に萎縮して枯死した状態になつたが、これに水分を加えると再び葉が展開した。これに対して 60 % 区は 8 月頃から葉が黄色となり落葉しはじめた。

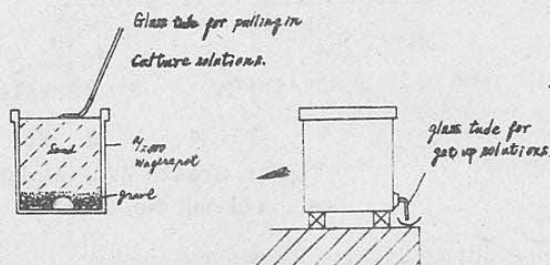
これらの結果及び一般樹木は 60~70 % (対容水量) が好適水分とされている³⁰⁾ ことより、ア・モリシマは耐乾燥性の強い樹木であるといえる。

II-2. 砂耕による栄養生理

2-1. 砂耕実験の方法及び材料

土壤を使用して生理的なことを追求したが、どうしても更に突込んだ栄養生理を知る必要上、栄養を異にした砂耕法³¹⁾により基礎資料を得ようとした。

第 14 図に示すごとく a/2,000 Wagner pot を使用し、この中に 25 % 塩酸に 72 時間浸漬した後 Cl 及び微砂を完全に流出せしめた礫 2 kg を底部に、同じ処理をした川砂 (0.8~4.0mm) 15kg を上部に各々充填した。これらの pot に蒸溜水 5 l ずつを入れて洗滌し、直ちにビニールを覆つたものを準備した。



第 14 図 砂耕試験に使用した方法
Fig. 14. Wagnere pot used of sand cultures.

試験区は無栄養 (None), 無窒素 (-N), 無磷酸 (-

P), 無加里 (—K), 無石灰 (—Ca), 無石灰・苦土 (—Ca・Mg), 無苦土 (—Mg), 完全 (Complete) の8区を設け, Complete 及び None 区を4連制とし他は2連制とした。処理種子を1960年5月6日に各 pot 200 粒ずつ直接播種を行ない, 蒸溜水を噴霧器で撒布した後, ガーゼで覆つて水分蒸散及び空中からの虫や菌の浸入を防いだ。

栄養欠除の培養液は, 各種の既製液があるが,^{9,12)} 各栄養成分の生理的意義を調べる必要上から特に注意し, 筆者独自の培養液を調製した。各要素濃度及び Cl, SO₄ の濃度をも検討して第7表の如くした。液の pH は 6.5 になるように注意した。None 区は蒸溜水で生育が不能ではないかと考え, 水道水を使用した。

第7表 栄養欠除培養液の組成と成分量 (単位: mg)

Table 7. The mineral compositions and their amounts of the different culture solutions.

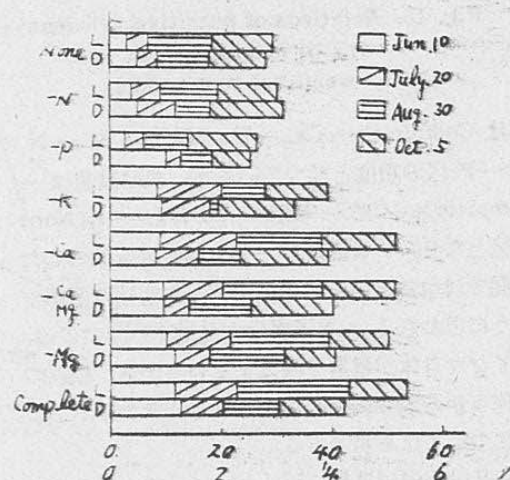
Salts used	—N	—P	—K	—Ca	—CaMg	—Mg	Complete	Element
NH ₄ NO ₃	—	100.00	48.57	100.00	100.00	100.00	100.00	N ...42 ppm
KNO ₃	—	25.25	—	50.51	—	25.25	25.25	P ₂ O ₅ ...50 "
Ca (NO ₃) ₂	—	20.50	87.88	—	—	20.50	20.50	K ₂ O ...50 "
NH ₄ H ₂ PO ₄	—	—	81.03	—	81.03	—	—	CaO ...40 "
MgSO ₄ ·7H ₂ O	244.50	244.50	244.50	201.72	—	—	244.50	MgO ...40 "
KH ₂ PO ₄	98.84	—	—	95.84	—	95.84	95.84	Fe ₂ O ₃ ... 5 "
K ₂ SO ₄	33.29	51.79	—	—	46.25	11.10	11.10	
KCl	—	15.83	—	—	39.58	—	—	
MgCl ₂ ·6H ₂ O	—	—	—	35.30	—	—	—	
CaCl ₂ ·6H ₂ O	156.24	125.00	78.12	—	—	125.00	125.00	
Fe-E.D.T.A.	Fe ₂ O ₃ ...5							
Dist Water	1.000 ml							

発芽は1週間後には殆んど揃つたと思われたが10日後にガーゼを取り除き, 噴霧器で蒸溜水を加えた, その後培養液の滴下を開始した。各試験区の培養液の更進は8~9月は3日毎に, その他の季節は1週間置に滴下法²⁹⁾で添加したが, この際培養液が排水穴から流出するのを見て滴下を中止して, 塩類濃度が pot 中で増加するのに注意した。本試験は全期間を通してビニール・ハウス内で行なつた, 以下この方法で試験した各項について述べる。

2-2. 栄養欠乏と生育量

1. の管理のもとに常時観察したが, 生長量を正確に40日間隔で各 pot 20 本ずつを掘取り, 苗長及び地際直径を測定した。これが第15図である。

苗長については, 各調査時期共に Complete 区が最大で —Ca>—Ca・Mg>—Mg>—K>—N>None>—P 区の順位ではほぼ同一傾向を示した。他方直径については, 時期的にやや差はあるが総体的に苗長と同一順位が認められる。苗長: 直径×10 (L:D) の比較は6月10日調査では L<D であるが, 7月20日では生育の悪い None, —N, —P 区を除いた他の区では L>D となり, それ以後はこの比率を保っている。None, —N 区は7月中旬 (播種後2カ月) から急激に

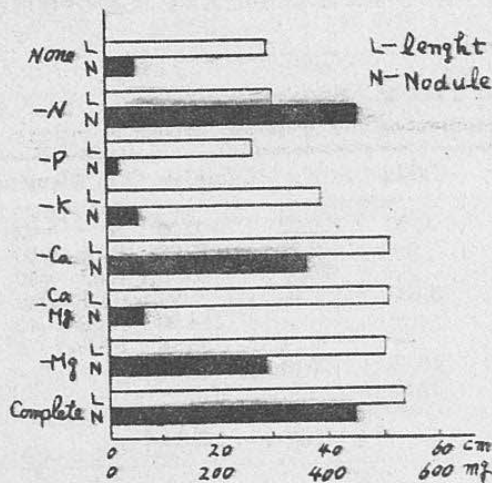


第15図 栄養欠乏と各時期の生長量の関係(砂耕)
Fig. 15. Effect of nutritive deficiency to length and diameter growth at different time.

生長しはじめ, —K 区は7月20日~8月30日の夏期に生育がやや鈍つた, 全体的によい生育を示した区は, 夏期に高い生長を示したが, 栄養要素中磷酸欠乏が生長を阻害する最大の因子であり, これに次いで窒素欠乏があり更に加里欠乏も生育を阻害した。

2-3. 栄養欠乏と根粒重量

砂耕を行ない生育調査のために掘取つたが、播種後40日の調査では根粒は見られなかつた、80日後では根部に異状が観察されたが肉眼的に根粒を確認出来なかつた。しかし120日後には明らかに根粒着生が認められたが調査結果は誤差の限界内にとどまつた。



第16図 栄養欠乏と生長量及び根粒重量の関係

Fig. 16. Relations of nutritive deficiency work to height growth and weight of root-nodule.

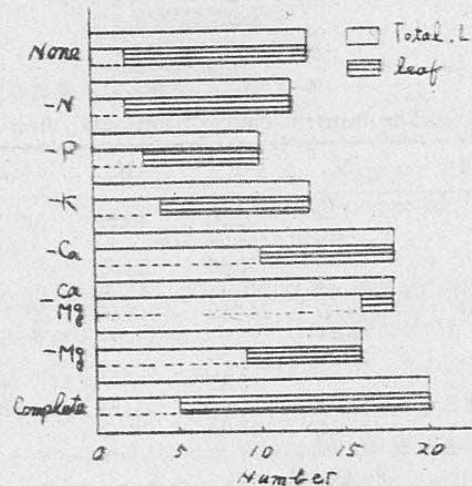
苗長は Complete>-Ca, -Ca-Mg>-K>-N, None>-P 区の順位となつてゐるが、根粒重量は -N>Complete>-Ca>-Mg>-Ca-Mg>-K, None>-P 区となり、-N区及び-Ca-Mg区を除外した他の区間では生長と根粒重量は比例した密接な関係があるように思われる。-N区が最大重量を示したのは、ア・モリシマ自体が窒素を補足する必要から、根粒の発達を何らかの形で促進したものと考えられるが、この機作については不明である。

他方-P区が最少重量を示したのは、ア・モリシマが生育不良で根部発達が悪かつた原因もあるが、根粒菌生育上にも磷酸が不可欠要素であることを示しているものと考えられる。加里の欠乏も根粒形成に作用していることがうかがえると共に、石灰及び苦土が単独で欠乏する時には大した影響はないが、同時欠乏はア・モリシマの生育に関係なく根粒菌の生育が阻害され、その重量は少なかつた。

2-4. 栄養欠乏と葉の変化

砂耕栽培で、発芽後約30日位から葉色に変化を示

160日後の10月10日には、充分注意をして掘取りを行ない、1 pot 20本ずつの苗木について根粒重量を測定したが、各栄養欠乏区の苗長と根粒重量の関係を第16図で示す。



第17図 栄養欠乏と着葉量及び落葉量の関係

Fig. 17. Relations of nutritive deficiency to tree-leaves and fallen leaves quantity.

す、その後はこの色は殆んど変化することなく、10月頃まで続いた。8月30日に葉色の色彩を「色の標準」³³⁾により調査したものが第8表である。

他方栄養状態は全生育に影響すると共に、欠乏要素によつては落葉を早めたり、葉の大きさにも変化を示すものである。³⁴⁾ 10月10日現在の着葉量及びこの生育期間の落葉量を葉跡を基にして算出し比較したものが第17図である。

この着葉量は、各栄養欠乏区それぞれ40~80本の総平均から端数を四捨五入した数で表したが、全葉数は Complete>-Ca, -Ca-Mg>-Mg>-K, None>-N>-P 区の生産量順位を示した。これは苗長の比率に同一である。他方10月10日現在の着葉は、全生産量に対して None 84.6, -N 83.3, -P 70.0, -K 69.2, -Ca 44.4, -Ca-Mg 11.1, -Mg 43.7, Complete 76.0%の残存率となり、None, -N, Complete が高い率を示したが、-Ca-Mgは90%の落葉量となつた。これより考えると全般的に塩類の欠乏が落葉を早めるのではないかと考えられる。

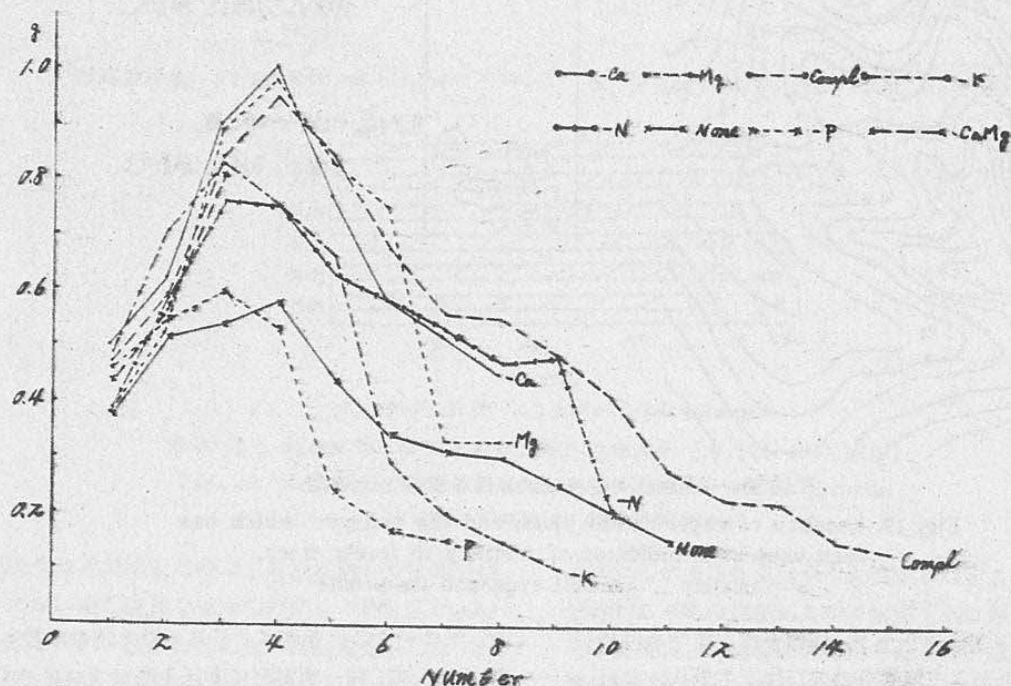
これら全残存着葉に対して10月10日に、展開仕掛

第8表 栄養欠乏と葉色の变化
Table 8. Relation of leaf colour on differences of nutritive deficiency works.

Plots	lower leaf		Top leaf		Remarks
	Colour No.	Colour	Colour No.	Colour	
None	8-15-4	明るいオリーブ	9-17-4	黄 緑	
-N	10-15-4	暗 い 黄 緑	9-16-4	暗 い 黄 緑	
-P	11-13-3	暗 い 黄 緑	11-14-3	こ い 黄 味 緑	
-K	10-16-4	暗 い 黄 緑	10-14-3	オ リ ー ブ 緑	
-Ca	10-15-4	"	11-15-5	黄 味 緑	
-Ca Mg	10-15-4	"	11-15-5	"	
-Mg	9-15-4	"	11-15-5	"	
Complete	11-14-4	こ い 黄 味 緑	11-14-4	こ い 黄 味 緑	One part 8-17-5

けている葉をも含めた苗梢より2cm以下に着生の、
再出羽状複葉を1枚ずつ葉基よりもぎ取り、各々の位

置による重量測定を行なった。栄養欠乏と各葉順位の
平均重量を示したものが第18図である。



第18図 栄養欠乏と着葉重量の関係

Fig. 18. Weight of tree leaves on differences of nutritive deficiency work.

葉順番号は苗梢より下方に向つて No. 1, 2, 3……と並べた。各欠乏区共に No. 1 は、0.4~0.5g の間に存在し、-N、-P、-K 区は No. 3 葉が最大重量を示し、他の区は No. 4 葉が最大であつた。

その曲線形態は、Complete、-Ca、-Mg 区が No. 4 葉を中心とした鋭角状の変化を示し、-N、-P、-K 区は No. 3 または No. 4 を中心とした鈍角状の変化曲線を示した。これは生育のよいものが鋭角であり、生育阻害を受けたと思われるものは鈍角に現われ

る傾向があるように思われる。

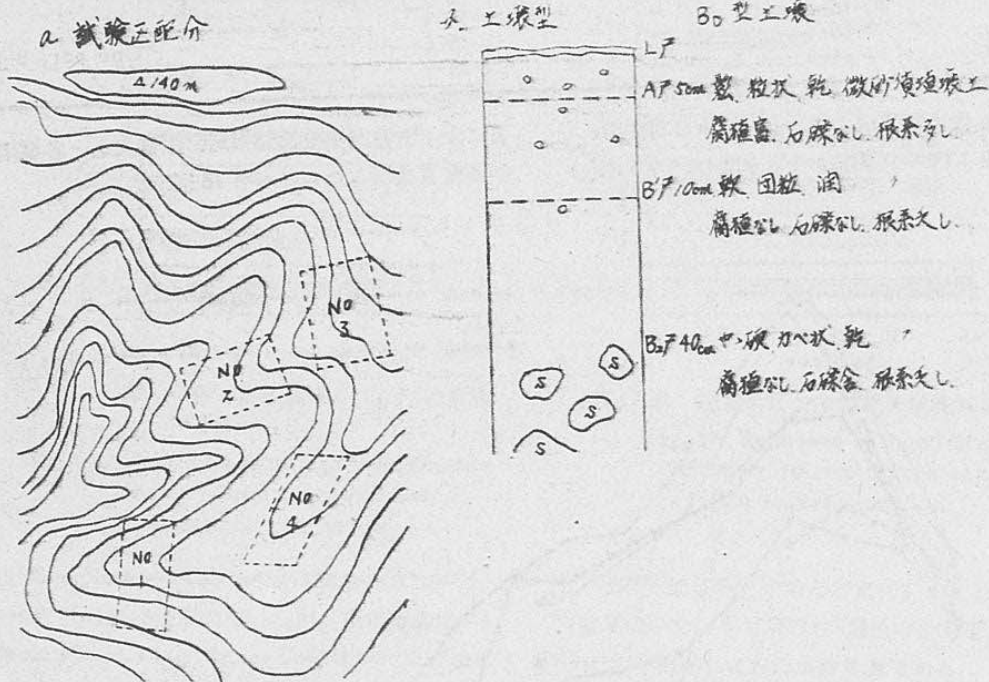
第17、18図を対比して考えると、-P 区の如く全生産葉量が10葉と、Complete 区の如く20葉では No. 3~4 葉が同様に最大重量を示すのは、全体的生育量及び葉の生育形成速度が-P 区は Complete 区の1/2であるにすぎないことを示すものと思われる。他方 Complete 区の No. 1~15 葉までの曲線では、下部に行くにつれて重量は低下しているが、これは古葉になると光合成その他の作用機能の衰えと水分減少も考え

られるが、生育重量が初めから小さかつたのではないだろうか？全体的総葉重量は—P区が最少を示し、None<—K<—Nの順位と思われる。

窒素、磷酸、加里の欠乏は葉の重量にも作用して減少せしめ、石灰、苦土の同時欠乏は葉重量というよりも落葉時期を早めるものの如くである。

II-3. 林地に対する栄養補給

3-1. 補給試験の方法と材料



第19図 林地の栄養補給試験区の配分と土壌型

Fig. 19. Locality of experimental plots, and the soiltype which has been used as a indicator of fertility to forest trees.

a...Locality b...Soil type and its profile

土壌は Bd-d 型の赤色土で、残積土が主部分を占めており、地形上から土壌養分の欠乏による老化と思われる場所である。試験区及び施肥量は第9表の如くに

した。ブロックの大きさにより各々の1区の本数も20~30本として、同一傾斜面に6区1組のブロックを設定した。

第9表 林地肥培の肥料施用量(1本当りg)
Table 9. Kinds of experimental sections. (g/tree)

Plots	N·P·K	P·K	N·K	N·P	CaMg	None
硫酸アンモニウム(1)	250	—	250	250	—	—
過磷酸石灰(2)	400	400	—	400	—	—
燐化加里(3)	400	400	—	400	—	—
塩化石灰(4)	200	200	200	—	—	—
苦土(5)	—	—	—	—	200	—

(1) Ammonium sulphate.

(2) Super phosphate.

(3) Calcium phosphate.

(4) Potassium chloride.

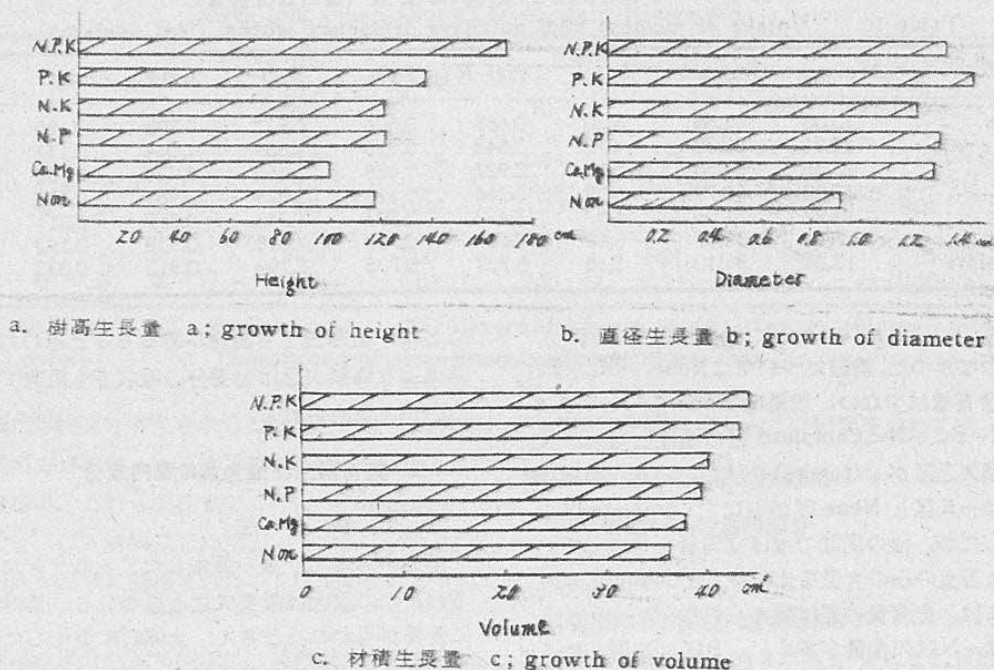
(5) Dolomite.

1961年4月25日に毎木調査を行ない、施肥を同26日に行なつたが、試験区内の総平均樹高は5m2cm、胸高直径は4m20cmであつた。施肥方法は、60~80cm施肥木より離れた傾斜面に向つて上方及び両側に、深さ15~20cmの穴を掘つて第9表に示した全量を3等分して入れ、直ちに土を覆つて穴をうめ踏みつけた。要素量は1本当り N-50g, P_2O_5 -130g, K_2O -100g, Ca

-70g, MgO-36g を用いたことになる。

3-2 補給試験の結果と考察

施肥用の穴掘りは、細根や側根を切断しないように充分注意して作業を進めた。12月12日に再び毎木調査を行なつたが、これを第20図で示す。



第20図 林地に対する肥料要素施用と生育関係 (4月26~12月12日)

Fig. 20. Relations between various fertilizations and growth. (in height, diameter and volume)

施肥後8カ月の調査なので生育差に対して疑問を持っていたが、樹高生長ではa図の如くNPK区がよい生長を示し、PK区がこれに次いだ生長を示したが、NK, NP, None区間には差は認められなかつた。これらに対してCa-Mg区は特に生長が悪い結果を示した。胸高直径の生長については、b図の如くPK>NPK>NP, Ca-Mg, NK>Noneの順位となり、None区が悪い生育を示した。

a, b図より材積生長量を算出したものがc図であるが、NPK>PK>NK, NP>Ca-Mg>None区となり、NPK及びPK区が高い生長を示した。これらよりアカシア・モリシマ林の老化に対しては、NPK区は樹高生長を助長し、PK区は直径生長を助長したが、NPKまたはPKを同時施用することによって材積生長を回復し得ると思われる。これに対してCa-Mgは樹高生長を

阻害するが直径生長はやや助長することより考えて、一時的にpHの急変によつて樹高生長は停止したが、その後吸収され材幹部に作用したものと思われる。土壌母材が異なると栄養の効果に差異を示すことは太田等²⁵⁾の報告にある如く明らかであり、林地の場合は更に傾斜面の作用を考えねばならないので、施肥問題は今後研究を進めねばならぬと考えている。

この試験は1962年1月の雪害で折れたり曲つたりしたために、その後生育調査はしていない。

II-4. 栄養欠乏と葉内含有成分

4-1. 葉内成分分析

A. 実験方法

1958年に行なつた栄養欠乏と生育調査で(II-1-3)、調査終了後のアカシア・モリシマを9月8日に、各区毎に着

葉を再出羽状復葉の葉基より採集して、送風乾燥した後粉砕器にかけて1mm篩を通過したものはついて分析を行なった。化学分析は湿式灰化法で灰化し、加里、石灰、苦土、珪酸を測定した。加里は焰光光度計、苦土は Oxine 法——容量法、石灰は蔭酸カルシウム容量法、磷酸は $\text{HNO}_3\text{—H}_2\text{SO}_4$ による湿式分解を行なった後に Molybdenum 青——硫酸法による光電光度計

で定量を行なった。窒素は Kjeldahl 分解——蒸溜法で分析を行なった。

B. 結果及び考察

各栄養欠乏と葉内成分の分析結果を示すと第10表の如くであつた。これより灰分は—K区が完全区に対して111%という高い含有率を示し、—N区が最少を示した。

第10表 栄養欠乏と要素吸収量 (葉内成分含量)
Table 10. Uptake of element and nutritive deficiency works. (leaf analysis)

Plots	Moisture	Organic	Ash	Total-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
None	13.03	81.68	5.30	0.685	0.504	0.622	0.798	0.185	0.240
—N	12.91	82.38	4.72	3.543	0.520	1.659	1.014	0.171	0.214
—P	13.36	81.53	5.11	2.927	0.488	1.452	0.924	0.188	0.232
—K	12.82	80.79	6.39	3.766	0.519	0.829	0.951	0.182	0.329
—Ca	13.27	81.06	5.67	3.423	0.703	1.244	0.869	0.211	0.306
—Mg	13.14	80.67	6.19	3.567	0.703	1.348	0.938	0.192	0.283
Complete	13.24	81.10	5.68	3.937	0.735	2.799	0.812	0.332	0.181

全窒素については、None 区が極端に少なく次いで—P区が少なかつた。磷酸についてはNone、—N、—P、—K区が含有量は少ない。加里はNone<—K<—Ca<—Mg<—P<—N<Complete 区の順位となり、全般的に塩類欠乏区が少ない含量を示している。塩類の総合計では—K区とNone区が少なくComplete区が多量を示したが、他の区間ではほぼ同量を含有している。石灰と苦土のみの含量を比較するとNone区以外の全区間には、含有量の差は認められない。

全窒素は—N区の含量が多く、—P区は施用したにもかかわらず少なかつたのは、—N区は根粒菌の窒素固定が考えられる³⁶⁾。他方—P区では窒素吸収にあたつて磷酸欠乏が、窒素の吸収機構に作用して困難ならしめたと思われる。

第2図bとこの表を比較すると、生育の悪い—P区が窒素、磷酸の含量も少ない値を示している。—K区は中位の生育を示し加里が少ないが珪酸は最大量を含有し、Complete区は石灰、珪酸を除いて栄養分は他区より多い、特に加里は2倍近い含有量を示している。

ことは、耐寒性とも関連があるものと思われる。この結果より磷酸欠乏は他養分の吸収をも阻害するのではないかと考えられる。

4-2. 黄化葉及び健全葉の葉内成分

A. 実験方法

苗畑や林地で、葉の黄化したア・モリシマを見受け、この原因は栄養欠乏と思われる。葉内成分含量に差異が現われると考え、全体的に黄化した苗木葉、下部葉の周辺部または先端の一部分が黄化した苗木葉及び健全苗より採集した葉を各々(4-1)の方法で分析を行なった。他方林木についても黄化葉と健全葉を採集して葉内成分の量を測定した。

B. 結果及び考察

同一土壌条件と思われる苗畑中で極端な黄化の現われている苗木及び一部分黄化している苗木、健全な苗木の各々の葉、材木の各々の葉分析結果は第11表の如くであつた。

第11表 黄化葉及び健全葉の葉内成分含量
Table 11. Chemical composition of chlorotic-mottled leaves and sound young leaves.

Plot	Item	Moisture	Organic	Ash	Total-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
苗木(1)	黄化葉(3)	13.19	79.73	7.08	2.054	0.833	2.022	0.700	0.267	0.171
	1部分黄化葉(4)	13.22	81.09	5.70	3.652	0.862	2.609	0.691	0.217	0.156
	健全葉(5)	13.24	81.44	5.33	3.972	1.093	3.007	0.610	0.369	0.115
林木(2)	黄化葉(3)	13.75	82.83	4.12	2.225	0.735	2.289	0.708	0.277	0.043
	健全葉(5)	13.74	83.14	4.42	3.423	0.990	2.986	0.960	0.324	0.046

(1) Seedling. (2) Forest tree. (3) Leaves chlorosis. (4) Leaves chlorotic mottling. (5) Leaves.

苗木の全体的黄化葉と健全葉を比較すると、前者は窒素、磷酸、加里、苦土が少なく、石灰、硫酸が多い。この結果を第10表と対比して検討すると、磷酸欠乏か、加里欠乏ではないかと考えられるが、石塚等⁷⁾がたばこで実験したように単一の成分が欠乏したという

よりも全体的に栄養欠乏になつていられると思われる。しかしこの起因はやはり磷酸欠乏ではないだろうか。

起因追求の方法として、これらの生育していた土壌の化学分析を行なつたところ、第12表に示す結果が得られた。

第12表 黄化葉の発現した土壌の成分分析
Table 12. Chemical composition of deficient soil on which chlorotic-mottled leaves and sound young leaves were recognized.

SiO ₂	Plot	Item	pH		Ex-base (me/100g)			Efficiency P ₂ O ₅ (p.p.m.)	P ₂ O ₅ (6) A.C
			KCl	N %	K	Ca	Mg		
0.240	苗木 (1)	黄化葉 (3)	5.8	0.33	0.54	1.78	1.87	13.84	860
0.214		1部分黄化葉 (4)	4.5	0.35	0.72	1.24	1.70	12.39	930
0.232		健全葉 (5)	5.6	0.38	1.23	1.72	2.42	19.01	620
0.329	林木 (2)	黄化葉 (3)	4.5	0.27	0.55	1.01	1.50	6.85	1,750
0.306		健全葉 (5)	5.0	0.31	0.81	1.14	1.83	10.05	1,720

(1) Seedling. (2) Forest tree. (3) Leaves chlorosis. (4) Leaves chlorotic mottling.
(5) Leaves. (6) Phosphorus of absorption coefficient (me/100g).

この土壌化学性より考えられることは、磷酸と加里が黄化葉区の方が少なく、石灰及び pH は健全葉区とはほぼ同一である。これら現在までに行なつた実験結果を総合すると、(1) 磷酸欠乏に起因している。(2) 生育初期に石灰が過剰に施用されたのではないかと、2点がある。

他方下部葉の部分的黄化現象は、葉内成分分析からは苦土欠乏と推察されるが、土壌分析では石灰、苦土、磷酸がやや少ない値を示しているが、苦土欠乏と思われる。林木の場合、黄化葉は全成分にわたって健全なものよりも少ない含量値を示し、土壌分析でも同様傾向を示しているが、加里と磷酸が特に少ないように思われる。この林木の黄化葉についても苗木同様に、単一成分の欠乏というよりも複合した欠乏の現われであつて、生育全般に無理が生じているものと思われる。

III. 着葉及び落葉について

ア・モリシマの生理面を研究して来た中から栄養状態で、生育や葉重量、着葉数、葉内成分の変化などに作用することを知つた。

林分をなしているア・モリシマの生育と着葉量の関係やその葉内成分量については、肥料木といわれるこの樹の性質上からも知らねばならぬ問題であると共に、他の肥料木についても同様に知る必要がある。肥料木落葉の肥料的価値とその効果について把握する必

要を感じて1962年からこの研究を進めている。

III-1. 着葉とその肥料的効果

1-1. 各肥料木の葉内成分

A. 実験方法

試験場の裏山にある試験林のア・モリシマ(5年生)及びニセアカシア(約5年生)。更にこの試験林から約3km離れた場所で、土砂防備用として植えられた保安林内のオオバヤシヤブシ、ヤマハンノキ(各7年生)の葉を、葉内成分の変化や生長時期等を考えて10月中旬に採集して来て、送風乾燥機で直ちに乾燥させた後、粉碎して1mm篩を通過したものを(II-4-1)と同様の方法で分析を行なつた。これらが生育していた土壌母材はどれも結晶変岩である。

B. 結果及び考察

ア・モリシマは新鮮物、風乾物、無水物中の成分を示し、他の肥料木は風乾物について記したものが第13表である。

この表より葉内の窒素含量はニセアカシア>モリシマ>ヤマハンノキ>オオバヤシヤブシとなり、磷酸はモリシマが極端に多くニセアカシア>オオバヤシヤブシ、ヤマハンノキとなり、加里はニセアカシア>モリシマとなり他の2種はこれらの1/2の含量しか示さないのに対して、石灰はニセアカシア>オオバヤシヤブシ>ヤマハンノキ>モリシマとなつた。ア・モリシマは

第13表 葉内成分含量の比較 (1g当り %)
 Table 13. Chemical composition of leaves. (per. of dry matter)

Species	Condition	Moisture	Organic	Ash	Total-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
アカシアモリシマ (1)	新鮮葉 (5)	59.79	37.32	2.61	1.45	0.41	1.06	0.42	0.14
"	風乾葉 (6)	13.43	80.33	5.62	3.12	0.88	2.29	0.91	0.31
"	無水葉 (7)	—	92.79	6.49	3.61	1.02	2.64	1.05	0.35
ヤマハンノキ (2)	風乾葉 (6)	9.39	82.99	4.59	3.03	0.61	0.97	1.10	0.26
オオバヤシヤブ (3)	"	11.09	84.30	4.62	2.77	0.62	1.06	1.23	0.31
ニセアカシア (4)	"	13.01	82.83	5.17	3.49	0.68	2.38	1.48	0.23

(1) *Acacia Mollissima*. (2) *Alnus Japonica*. (3) *Alnus sieboldiana*.
 (4) *Robinia pseudoacacia*. (5) Fresh leaves (6) Air dry leaves. (7) Dry leaves.

肥料木中で特に磷酸を多量に含有し、石灰は最少を示したが、このことから、この木が如何に多量の磷酸を必要とするか、また磷酸欠乏が生育阻害の最大因子である原因が解明された。他方石灰が少量しか含有されていないことは、耐酸性が強いことや不良地に生育する原因の一つとも思われる。

肥料木といわれるものの中で、葉内成分によつて豆科グループと非豆科グループに2分してその肥効——特に落葉成分による——を考える必要があるように思われる。

1-2. 樹高と着葉量

A. 実験方法

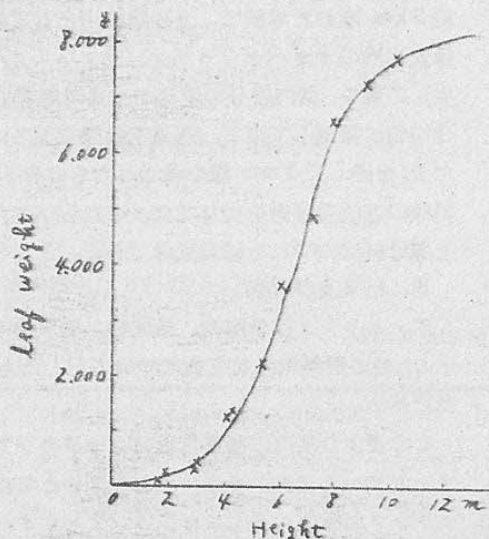
着葉量が樹令または樹高と如何なる関係にあるかについて、その重量を調査することにした。土壤条件としては、ア・モリシマの好適地といわれるものでなく、

中程度で ha 当り 3,000 本植えの林分を対象として各地区の林分より平均生長木 12 本を選抜した。地際より伐倒し、これを樹高別に 1 m 毎に玉切りして、各 1 m の間にある再出羽状複葉を葉基部よりもぎ取り、ポリエチレン袋に入れて重量測定を行なつた。1 m 毎に測定した 1 本分を総合計して全着葉量とした。

他方ア・モリシマと比較するためにオオバヤシヤブシ、ヤマハンノキ、ニセアカシアを同時調査するつもりであつたが、前記保安林以外に植栽または生残本数が殆んど無いために2年生の各肥料木の生育状態を調査し比較した。

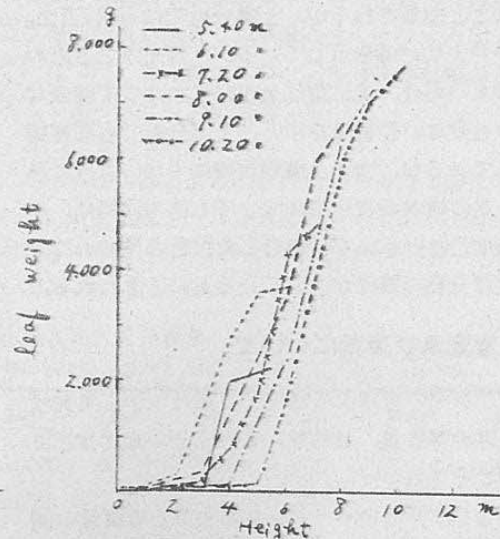
B. 結果及び考察

樹高 1 m より 10 m の範囲のア・モリシマを 12 本伐倒して着葉量を調査したが、これを示すと第 21 図の如き曲線となる。



第21図 樹高と着葉重量の関係

Fig. 21. Correlations between leaves weight and mean heights.



第22図 樹高部位と着葉重量の関係

Fig. 22. Relations between various positions of tree (which are classified by heights) and leaves weight.

着葉量は樹高5~8mの間が急に増加し、これらの前後はゆるい増加量を示している。ア・モリシマの生長は、光合成、同化作用などから考えて、着葉の増加している時期が生活活動も盛んな時ではないかと思われる。この考えから8m以上は各作用も鈍り、樹高生育も停止するものと思われるので、適正伐期を着葉量の限界点(生育増加量限界点)で定められるものと思われる。即ち着葉量の増加限界と樹高生育の増加限界が比例の関係にあると思われる。

第21図に示したものの中から6本について、樹高1

m毎の着葉量を示すと第22図の如くなり、各々類似した曲線を示した。

21, 22図を比較すると樹高が高くなるにつれて下部の葉は落葉し、一定の位置以降の着葉増加率は樹高に関係なく一致しているように思われる。即ち樹高6m 10cmの2m~4mまでと、樹高10m 20cmの5m~7mの間の増加率はほぼ同率である。

肥料木間の着葉量及び生育量の比較を、各植栽後2年生の木について行なつたものを示せば、第14表の如くである。

第14表 肥料木の生育調査
Table 14. Growth data of soil improving trees.

Species	Height (m)	Diameter (5) (cm)	Diameter (6) (cm)	Weight (7) (g)	Weight (8) (g)
アカシア・モリシマ (1)	2.87	1.5	2.8	213	583
ヤマハンノキ (2)	1.61	1.5	3.1	107	512
オオバヤシヤブシ (3)	2.21	1.8	2.7	92	371
ニセアカシア (4)	2.12	1.4	2.6	128	455

(1) *Acacia Mollissima*. (2) *Alnus Japonica*. (3) *Alnus sieboldiana*.
(4) *Rabinia pseudoacacia*. (5) Breast height diameter. (6) Groundline diameter.
(7) Leaves weight. (8) Weight of a tree.

これは中世紀花崗岩に生育した肥料木各5本の平均値を示した。着葉量はア・モリシマ>ニセアカシア>ヤマハンノキ>オオバヤシヤブとなり、ア・モリシマが着葉量が多いことが明らかとなつた。しかし樹高の大きなものについての比較が出来ないし、ア・モリシマ以外は落葉樹であり、落葉量についても直接の比較は不可能である。

1-3. 樹高と葉内成分量

第15表 樹高別の着葉量及び葉内成分含量(1本当りg)
Table 15. Chemical composition and weight of leaves on each height. (g/tree)

Age	Mean height (m)	Leaves weight	Composition						
			Organic	Ash	Total-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
2	1	80	299	2	12	3	9	3	1
	2	240	896	6	35	10	25	10	3
	3	500	1,866	13	73	21	53	21	7
	4	950	3,545	25	138	39	101	40	13
	5	1,800	6,718	47	261	74	191	76	25
4	6	2,900	10,823	76	421	119	307	122	41
	7	4,500	16,794	117	653	185	477	189	63
	8	6,400	23,885	167	928	262	678	269	90
6	9	7,100	26,497	185	1,030	291	753	298	99
8	10	7,600	28,363	198	1,102	312	806	319	106
	11	7,900	29,483	206	1,146	324	837	332	111
10	12	8,100	30,229	211	1,175	332	859	340	113

これより10月中旬現在、樹高5mでは1本当りN-261g, P_2O_5 -74g, K_2O -191g, 樹高10mでは1,102g: 312g: 806gを葉内に含有していることになる。

葉の宿存性の問題もあるが、現在の着葉量からこれ

が風乾状態で落葉したと仮定した場合に、宿存性を6ヵ月、1年、1年6ヵ月、2年の落葉量及びこの積算量を第16表で示す。

第16表 宿存性と年間の樹高別落葉量及び落葉積算量(1本当りg)

Table 16. The leaf existency, the weight of fallen leaves on different height class and the accumulative weight of fallen leaves. (g/tree)

Age	Height (m)	Half a year		One year		One year a half	
		Weight	Add weight	Weight	Add weight	Weight	Add weight
2	2	86	86	43	43	29	29
	3	258	344	129	152	86	115
	4	536	880	268	420	179	294
	5	1,020	1,900	510	930	340	634
4	6	1,930	3,830	965	1,895	643	1,277
	7	3,112	6,942	1,556	3,451	1,037	2,314
	8	5,256	12,198	2,628	6,079	1,752	4,066
6	9	6,866	19,064	3,433	9,512	2,289	6,355
8	10	7,616	26,680	3,808	13,320	2,539	8,894
	11	8,154	34,824	4,077	17,397	2,718	11,612
10	12	8,476	43,310	4,238	21,635	2,825	14,437
11	13	8,690	52,000	4,345	25,980	2,897	17,334

現実に宿存性を調査したが、栄養状態や日照度の関係で早くなつたり遅れたりして一定しない少数量はあつたが、全体的には1年から1年6ヵ月の範囲で落葉すると思われる。

1-4. 落葉成分の肥料換算

A. 実験方法

第15表の如く、葉内に多量の無機成分が含有されているが、これを樹高別に窒素は硫安(N-21)、磷酸は過

磷酸石灰(P_2O_5 -16)、加里は塩化加里(K_2O -55)として換算して、1本当りの年間落葉成分と、現在までに生育してきた間の落葉を肥料換算した。

B. 結果及び考察

各肥料換算したものを示すと第17、18表となる。

第17表より樹高5mのものは1本当り年間に、硫安437~656g, 過石163~244g, 塩加122~183gを落葉として土壤に還元していることとなる。更に10mでは3.3~5.0kg: 1.2~1.8kg: 0.9~1.4kgとなり、第18

第17表 年間落葉成分の肥料換算量(1本当りg)

Table 17. The conversion of elements of fallen leaves into fertilizer. (g/tree)

宿存性(1)	1年(2)			1年6ヵ月(3)		
	肥料(5)	硫安(6)	過石(7)	肥料(5)	硫安(6)	過石(7)
樹高(4)						
2(m)	55	21	15	37	14	10
3	166	61	49	111	41	31
4	345	128	96	230	85	64
5	656	244	183	437	163	122
6	1,243	461	347	819	307	231
7	2,002	743	559	1,335	495	373
8	3,107	1,153	867	2,071	769	578
9	4,419	1,640	1,233	2,946	1,093	822
10	4,902	1,819	1,368	3,268	1,213	912
11	5,248	1,947	1,466	3,498	1,298	977
12	5,455	2,024	1,522	3,591	1,349	1,015
13	5,493	2,076	1,561	3,729	1,384	1,041

第18表 積算落葉成分の肥料換算量 (1本当りg)

Table 18. The conversion of elements of accumulative fallen leaves into fertilizer. (g/tree)

存在性 (1)		1 年 (2)		1 年 6 ヶ 月 (3)			
樹高 (4)	肥料 (5)	硫 安 (6)	過 石 (7)	塩 加 (8)	硫 安 (6)	過 石 (7)	塩 加 (8)
2 (m)	55	21	15	37	14	10	
3	221	82	61	148	58	41	
4	566	210	157	378	140	105	
5	1,222	454	340	815	303	227	
6	2,465	915	687	1,634	610	458	
7	4,467	1,658	1,246	2,969	1,105	831	
8	7,574	2,811	2,113	5,040	1,874	1,409	
9	11,993	4,451	3,346	7,986	2,967	2,231	
10	16,896	6,270	4,714	11,254	4,180	3,143	
11	22,144	8,217	6,180	14,752	5,478	4,120	
12	27,599	10,241	7,802	18,343	6,827	5,135	
13	33,192	12,317	9,363	22,072	8,211	6,176	
(1) Existence.	(2) One year.	(3) One year a half.					
(4) Height.	(5) Fertilizer.	(6) Ammonium sulphat.					
(7) Super phosphate.		(8) Potassium chloride.					

表よりこれらの積算量は樹高が 10m になつたものは 11~17kg : 4~6kg : 3~5kg を土壤に還元してきた計算になる。

落葉堆積量は、落葉の比重による容積量が問題になる。まず各状態のア・モリシマ葉の比重測定を行なつたが、これを第19表で示す。

この比重より、風乾葉または腐植葉として容積量、堆積量を計算すると共に各々の積算量をも算出した。

1-5. 落葉の堆積量

A. 実験方法

第19表 葉の各状態における比重

Table 19. The specific gravity on each condition of leaves.

Division	Fresh leaves	Dry leaves	Humus
Specific gravity	1.05	0.85	1.10

B. 結果及び考察

まず風乾葉となつたものの樹高別年間重量及び容積を示すと第23図となり、各々の積算量を示すと第24図となる。

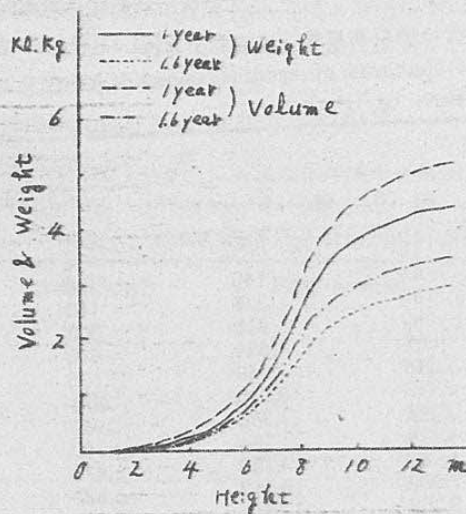
これより樹高 10m の 1本当り落葉重量は 2.5~3.8 kg となり、その積算重量は 9~13kg となる。他方その容積は 3~4.5kl であり積算容積は 12~16kl の多量となる。これら落葉が 1本当り 1.8m² に正確に堆積したとして、その腐植の年間生産量及び積算量を計算すると第25図及び第26図となる。

これらの表より、1.8m² に完全に落葉し、しかも密に堆積したとすれば、樹高 10m のものでは年間落葉量は 0.8~1.4mm となり、直ちに腐植化を受けたと仮定すれば腐植堆積量は 0.7~1.1mm となるが、10m の樹高になるまでに落葉したものが腐植として残つてい

るとすれば 2.5~4mm の堆積量となる。しかしこれは密な堆積をした場合の腐植量であつて、現実の堆積腐植内には 70% 前後の水分または空気を含有しているため、これを基にして計算すると第27図となり、2.0~3.0cm の腐植が林内に生成されていることになる。

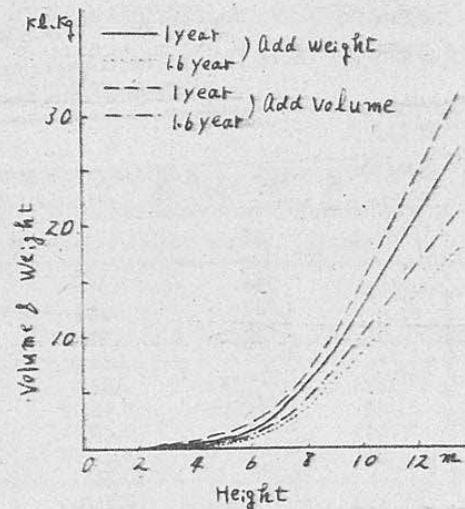
そこで現実の林分の堆積量を調査したが、これを示すと第28図の如くである。

このように、11年生の林分では凹地部では 8cm 前後の腐植が堆積し、20°の傾斜面でも 3cm 前後の腐植となる。5年生林分では凹地部は 2cm、20°傾斜では 0.5cm 前後の腐植が堆積している。傾斜が 40~50°以上になると腐植は認められない。他方 A 層の発達には 11年生林分の如き一連の傾斜面では、腐植とはほぼ同一の深さの A 層が出来、5年生林分の凹地では腐植層の 2~3 倍の深さまで A 層が出来ている。



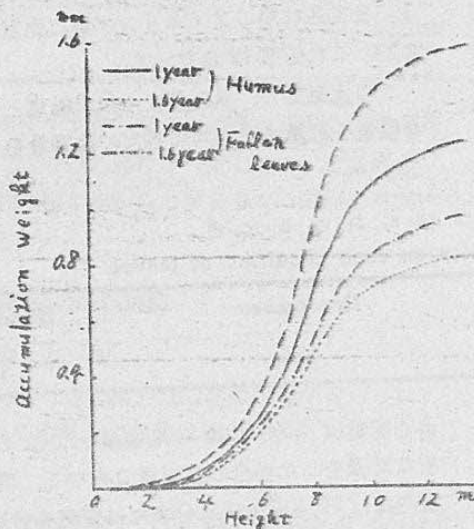
第23図 年間の樹高別落葉重量及び容積
(風乾葉)

Fig. 23. Relations between height class and weight and volume of fallen leaves in year.



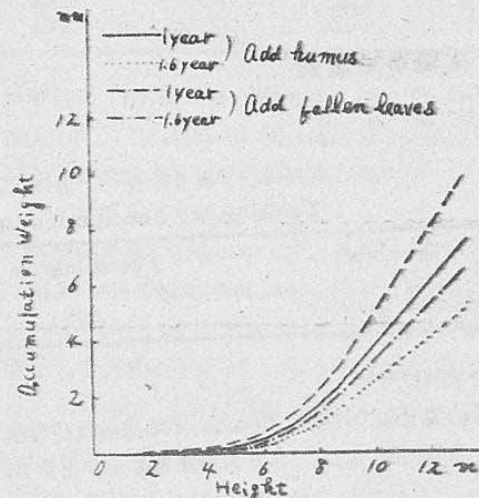
第24図 樹高別落葉積算重量及び容積
(風乾葉)

Fig. 24. Relations between height class and integrational weight and volume of fallen leaves.



第25図 1本当り年間樹高別落葉堆積量
(風乾葉)

Fig. 25. The accumulation weight of fallen leaves on the heights of trees.



第26図 1本当り樹高別落葉積算堆積量
(風乾葉)

Fig. 26. The accumulation weight of fallen leaves on the heights of trees.

これら林分内の腐植を注意して調査したが、この生成物は必ずしもア・モリシマの葉ばかりでなく、枝やササの葉も混在していた、このことは第22図の樹高10m20cmのものの5m以下に殆んど着葉していないことでも明らかな如く、葉と共に枝の部分も枯死し落下するものであると思われる。また腐植生成物より考えて落葉と共に落枝の量も研究する必要があるように思

われる。

1-6. 落葉量の ha 換算

A. 実験方法

肥料木の肥効調査の意味もあつて、ha 当りの落葉について各種の計算をした。この場合問題となるのは、落葉の腐植化作用とこれが肥料としての成分量である

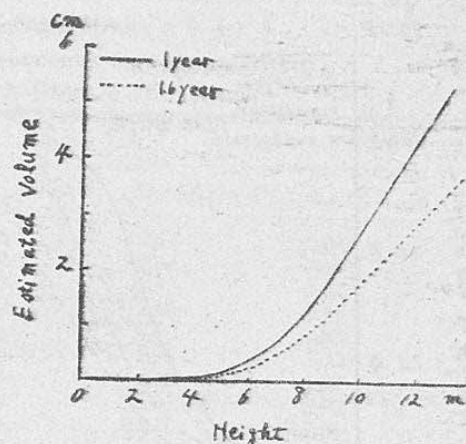
と思われる。

B. 結果と考察

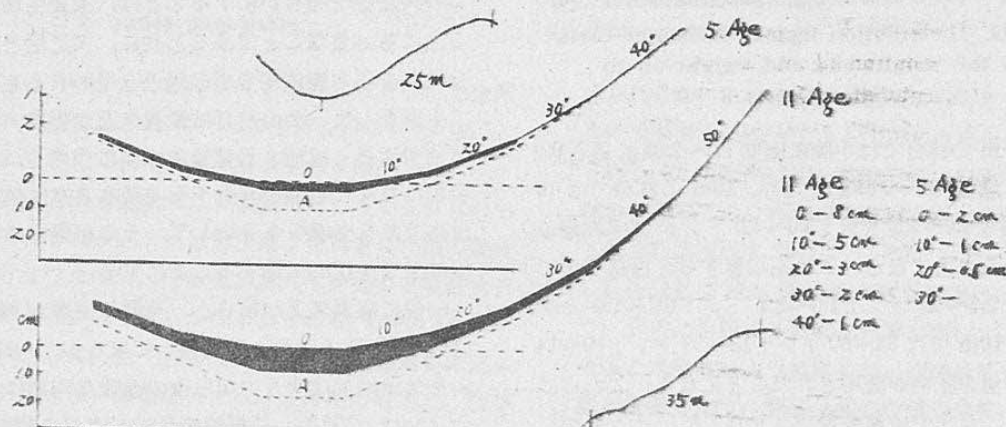
樹高別の着葉量及びその葉内成分をha当り 3,000 本植栽されているとして示すと第 20 表の如くなる。

これより ha 当りの、着葉内に含有されている化学成分は非常に多量であることがうかがえる。風乾葉となつて落葉した場合の年間重量及び積算重量を、宿存性 1 年及び 1 年 6 カ月として図示すれば第 29 図の如き曲線となる。

平均樹高 5 m の林分では、年間落葉は 1~1.5 トン、落葉積算量は 2~3 トンであり、樹高 10 m の林分では年間 8~11 トンの落葉量となり、その落葉積算量は 25~40 トンとなる。この落葉の葉内成分を肥料に換算すると第 21, 22 表となる。



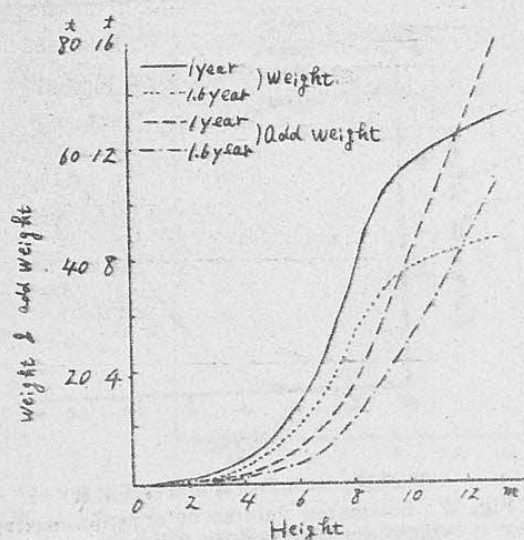
第 27 図 林地内の腐植堆積推定量
Fig. 27. Estimated volume of organic matters which are supplied by fallen leaves on differences of height class.



第 28 図 林地での腐植堆積量
Fig. 28. Relations of organic matter accumulation in forest soil.

第 20 表 樹高別の着葉量及び葉内成分含量 (ha 当り kg)
Table 20. Chemical composition and leaves weight on each mean height. (kg/ha)

Age	Height (m)	Leaves weight	Composition						
			Organic	Ash	Total-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
2	1	240	897	6	897	36	27	9	3
	2	720	2,688	18	2,688	105	75	30	9
	3	1,500	5,598	39	5,598	219	159	63	21
	4	2,850	10,635	75	10,635	414	303	120	39
	5	5,400	20,154	141	20,154	783	573	228	75
4	6	8,700	32,469	228	32,469	1,263	921	366	123
	7	13,500	50,382	351	50,382	1,959	1,431	567	189
	8	19,200	71,655	501	71,655	2,784	2,034	807	270
6	9	21,300	79,491	555	79,491	3,090	2,259	894	297
8	10	22,800	85,089	594	85,089	3,306	2,418	957	318
	11	23,700	88,449	618	88,449	3,438	2,511	996	333
10	12	24,300	90,687	633	90,687	3,525	2,577	1,020	339



第29図 年間の樹高別葉落重量及び積算重量 (ha)

Fig. 29. Distribution figures of height class in the weight and add weight on to fallen leaves.

樹高5mの林分では年間に硫酸1.3~2.0kg, 過石0.5~0.7kg, 塩加0.4~0.6kgとなり, 10mの林分では10~15トン:4.0~5.5トン:3.0~4.0トンが毎年林地に還元されることになる。これを積算すると樹高5mの林分では2.5~3.7トン:1.0~1.4トン:0.7~1.0トンとなり, 10mでは34~50トン:13~19トン:10~14トンの多量の肥料が施用されたことになる。これらの他に石灰, 苦土や微量要素が還元されていると思われる。

しかし第28図からも考えられる如く, 落葉が完全にその生育林地内に落下すること自体が不可能であり,

葉内の窒素などは腐植化されて行く過程で殆んど空中に遊離されると思われる。だが根粒菌の作用もあり, 全体の1/2量位は利用出来るのではないかと考える。加里は降雨時に表面流亡されたり, 土壌の深部へ流亡する量が大半を占めるとと思われる。しかし磷酸だけは殆んど落葉中の成分が腐植中に残っていると思われる。他要素をも加味してその肥料的効果はやはり大きいと考えられる。

IV. 総 括

1. 栄養生理とその意義

一般作物や苗木または林木について, 栄養要素が欠乏しているかどうか, 判定することは非常に難しいが, 各要素は各々異なつた生理的役目を持つており,¹³⁾それが欠乏すると特有の欠乏症状を現わす。³³⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁴¹⁾この欠乏症を明らかにすることは, 栄養生理を研究する上にも必要なことであると共に, 欠乏症と同様に養分吸収を不可能にする他の因子と思われるものについても調査した。その内容は栄養欠乏が得苗・活着・耐寒性や生長・根粒・着葉量に如何に作用し, 外観的に現われた変化と葉内成分やその苗木または林木の生育母体である土壌をも分析して, その相関性について実験結果を総括的に論ずることとする。

一般に窒素欠乏が起ると, 初期の生育が特に悪く (Fig. 4), その後徐々に回復して来るが, これは九州のような暖地では6月中旬以後の温暖な時期に, 根粒菌の spore が着生して根粒を形成し窒素を補給するものと思われる (Fig. 2, 3, 7), しかしこの場合あくまでも他要素が十分に施用されていることが絶対条件である。根粒着生が不可能なものや, 初期生育が極端に

第21表 年間落葉成分の肥料換算量 (ha 当り kg)

Table 21. The conversion of elements fallen leaves into fertilizer in year. (kg/ha)

宿 在 性 (1)	1 年 (2)			1 年 7 6 月 (3)		
肥料 (5)	硫 安 (6)	過 石 (7)	塩 加 (8)	硫 安 (6)	過 石 (7)	塩 加 (8)
樹高 (4)						
2 (m)	165	63	45	111	42	30
3	498	183	138	333	123	93
4	1,035	384	288	690	255	192
5	1,968	732	549	1,311	489	366
6	3,729	1,382	1,041	2,457	921	693
7	6,006	2,229	1,677	4,005	1,485	1,119
8	9,321	3,459	2,601	6,213	2,307	1,734
9	13,257	4,920	3,699	8,838	3,279	2,466
10	14,706	5,457	4,104	9,804	3,639	2,736
11	15,744	5,841	4,398	10,494	3,894	2,931
12	16,365	6,072	4,566	10,773	4,047	3,045
13	16,779	6,228	4,683	11,187	4,152	3,123

第 22 表 積算落葉成分の肥料換算量 (ha 当り t)
 Table 22. The conversion of elements of accumulative fallen-leaves into fertilizer. (t/ha)

存在性 (1)	1 年 (2)			1 年 6 ヶ 月 (3)		
	肥料 (5)	硫 安 (6)	過 石 (7)	硫 安 (6)	過 石 (7)	塩 加 (8)
樹高 (4)						
2 (m)	0.17	0.06	0.05	0.11	0.04	0.03
3	0.66	0.25	0.18	0.44	0.17	0.12
4	1.70	0.63	0.47	1.13	0.42	0.32
5	3.67	1.36	1.02	2.45	0.91	0.68
6	7.40	2.75	2.06	4.90	1.83	1.37
7	13.40	4.97	3.74	8.91	3.32	2.49
8	22.72	8.43	6.34	15.12	5.62	4.23
9	35.97	13.35	10.04	23.96	8.90	6.69
10	50.69	18.81	14.14	33.76	12.54	9.43
11	66.43	24.65	18.54	44.26	16.43	12.36
12	82.80	30.72	23.41	55.03	20.48	15.41
13	99.58	36.95	28.09	66.22	24.63	18.53

(1) Existence.

(2) One year.

(3) One year a half.

(4) Height.

(5) Fertilizer.

(6) Ammonium sulphate.

(7) Super phosphate.

(8) Potassium chloride.

劣る苗は 7~10 月の間に枯死する場合もあり、完全施肥された苗に比して 60% しか生育し得ない (Fig. 1)。これより考えて生育初期に窒素をある程度与えれば、その後は普通追肥または葉面散布などの必要はないものと考えられる。これは無窒素で生育させた苗の葉分析を行なった中で、分析値が意外に多量の窒素を含有している点からも明らかなことである (Table 9)。

硝酸欠乏は、全生育を通して如何なる要素の欠乏よりも生育に悪い影響を与える。1 年間の養苗で、残存率は窒素欠乏と同様に完全区の 60% であり (Fig. 1)、しかもその生育率は 50% に満たない数となる (Fig. 2)。他方根粒菌の着生が殆んど不可能である (Fig. 14, 15)。これらは硝酸がア・モリシマの生育に必要であることを示すものであり、葉分析を行なうと葉内に吸収されている硝酸が少ないと同時に窒素含有量も少ない値を示す (Table 9)。現実には苗畑を調査しても、硝酸欠乏で生育不良苗を多数発見出来るし、林地でもこのための不良林分が見られる (Fig. 20)。これより硝酸は窒素以上に多量に必要な要素であると考えられる。

加里欠乏は、苗木の残存率は完全施用区と窒素・硝酸欠乏区との中間的な率、80% を示し生育率は土壤実験では完全区に比較して差はないが、砂耕実験ではやや劣るように思われると共に、葉内含有成分から加里が欠乏すると硝酸の吸収量も少なくなるように考えられる (Fig. 1, 14, 15)。この欠乏は橋本⁴²⁾ が大豆で観察し、植村等⁴³⁾ がア・モリシマで観察した如く伏性となつた。苗畑や林地で、黄化葉の発生したもの

が見られるが、この葉分析の結果から考えて硝酸欠乏と共に加里欠乏、苦土欠乏も加わつた複合欠乏症と考えられる (Table 9, 10)。林地の老化現象も栄養補給試験から考えて、これらの欠乏が大きな原因ではないかと思われる (Fig. 20)。

石灰欠乏は苗木残存率は加里欠乏とほぼ同数であり、前者と同様に冬期の枯死率が高いが、生育率は完全区と大差ないように思われ、砂耕栽培では茎枝の先端が萎縮したり、園芸品種の雲流柳や桑のように茎がねじれた形で生育した。この欠乏は總体的に落葉を早めるように思われる (Fig. 1, 14)。

苦土欠乏は残存率や生育率はほぼ加里や石灰欠乏区と同様であるが、砂耕栽培ではやや劣る生育を示した。特にこの場合、葉の周辺部や再出羽状複葉の一部分が黄化するの肉眼的に発見し易いし、現実苗畑や林地でも発現している (Fig. 1, 14, 16, Table 9, 10)。落葉は石灰欠乏と同様に早い (Fig. 7) し根粒発生もやや劣るように思われる。

窒素、硝酸、加里及び豆科植物の根粒菌栄養として、窒素固定と共に繁殖に必要な微量のモリブデン (Mo) について、適量試験を行なった結果から、その必要量を m^2 当り g 数で現わすと窒素 (N) 10~15、硝酸 (P_2O_5) 15~20、加里 (K_2O) 15、F.T.E 4 を得た (Fig. 3, 4, 5, 6 及び 8, 9, 10)。

林地植栽木の老化対策として、栄養補給が効果があり、窒素、硝酸、加里の 3 要素を施用するのがよいが、硝酸、加里だけでも生育を増進せしめ老化を回復させ

ることが明らかとなつた (Fig. 19).

土壤中における養分可吸態の変化に関する要因として pH は最も重要であると Truog¹⁹⁾ は論じている。ア・モリシマの好適 pH について赤色土、腐植土、火山灰 (黒) を使用した結果 5.5~6.5 が良い生育をすると思われるが、急激な土壌 pH の変化は生育を阻害するように思われる。即ち赤色土、火山灰で pH を 6.6~7.2 にした区では窒素欠乏や加里欠乏苗の如く全体的に葉が黄化したのに反して、3.2~3.5 区ではその度合は弱かつた (Fig. 11)。これは真部¹²⁾の水耕試験の報告とやや反するが、石灰の一時的多量施用によつて要素間拮抗作用による可吸態要素の生成で、栄養吸収が不可能になつたためと考えられる。これらのことより pH に対しては広範囲の適応性があり、あまり pH のみに注意を払ふ必要はないと思われる。

土壌水分は生育に大きな影響を及ぼす因子であるが、対容水量 40~60% がよいように思われる。一般林木では 60~70% といわれるのに対して耐乾性には強い樹木であることは明らかであると共に 75% 前後では根部が褐変し落葉する (Fig. 13)。

2. 着葉量とその意義

林地の有機物集積について朝日⁴³⁾、只木⁴⁴⁾、芝本⁴⁵⁾、佐藤⁴⁶⁾、四手井⁴⁷⁾等の報告があるが、肥料木といわれるものの報告はわずしかなく、しかも葉分析や着葉量、落葉量の比較はごく部分的に千葉⁴⁸⁾、森下⁴⁹⁾が調査したに止つていられる。筆者は栄養生理の研究と共に今迄にア・モリシマ、ヤマハンノキ、オオバヤシヤブシの混植による土壌改良を、土壌微生物の面や土壌化学性の面から追究してきたが⁵⁰⁾⁵¹⁾更にこれを着葉量から落葉量——腐植へと比較検討を行なつた。

葉内成分含量は、肥料木といわれるア・モリシマ、ヤマハンノキ、オオバヤシヤブシ、ニセアカシアでは豆科に属するグループが他 2 樹種よりも全般的に多量の成分を含有し、特にア・モリシマは磷酸の含量が高く加里も多いように思われるが、石灰は少量しか含有していない (Table 13)。これは磷酸、加里に対する要求度が高いと共に石灰の要求度は低いものと思われる。葉内成分だけから考えるとア・モリシマ以外は落葉性であり、最大着葉量は落葉量に等しいと考えられ、全葉内成分も計算出来るが、ア・モリシマは宿存期間の問題から葉内成分量も考える必要がある。

葉の宿存期間は、栄養の差によつて落葉が左右されたり (Fig. 17)、日照度や土壌 pH などの因子が落葉時期に関係するが、調査結果から数量的最多であつた 1 年~1 年 6 カ月の宿存性と思われる。

樹高別の着葉量については、ha 当り 3,000 本植栽されてい、しかも適地条件は中位程度の林分内から選抜したものの着葉量を測定した (Fig. 20)、この曲線は禾本科植物の茎と葉の乾量に対する生長曲線と同型となつた。この図及び第 13 表を基礎として着葉と落葉問題を考えた。ア・モリシマは樹高 4 m から 8 m までは急激な着葉量の増加を示し、その後は減少する。これに比例して各葉内成分も樹高と共に増加し、減少する (Table 15)。

着葉が落葉する場合、約 45% の水分が蒸散した後に落下すると思われるが、樹高 10 m では 1 本当り年間に 2.5~3.8 kg の落葉となり、過去の落葉をも積算すると 9~13 kg が落葉している計算となる (Fig. 23, 24)。この落葉が完全に林内に堆積したら、樹高 10 m 1 本当り 1.8 m² 内に密に堆積した場合は 0.8~1.4 mm となり、過去の堆積を積算すると 3~5 mm の堆積量となる (Fig. 25, 26)。これが腐植となつた数量は 0.7~1.1 mm となり、積算では 2.4~4 mm となる、実際の場合は腐植層中に 70% 前後の水分または空気を包含しているので、林内腐植層は 2~3 cm 以上になるはずである (Fig. 27)。

落葉の葉内成分が完全に還元されたとすれば、化学成分は多量であり (Table 20)、しかも ha 当り 3,000 本植栽の林分となると葉重量だけでも樹高 10 m では年間に 8~11 トン、その積算量は 25~40 トンとなる。

これら落葉成分を肥料として換算すると、樹高 10 m では 1 本当り年間に硫酸 3.3~5.0 kg、過石 1.2~1.8 kg、塩加 0.9~1.4 kg となり積算量では 11~17 kg : 4~6 kg : 3~5 kg となる (Table 17, 18)、更に ha 当り 3,000 本植栽では年間に硫酸 10.0~15.0 トン、過石 4.0~5.5 トン、塩加 3.0~4.0 トンであり積算量は 34~50 トン : 13~19 トン : 10~14 トンの多量となる (Table 21, 22)。

これより肥料的には膨大な量となるが、たとえ完全に林内に落葉したとしても窒素の 1/2 は空中に遊離し、加里は大半が流亡すると考えられるが、多量に含有されている磷酸の大部分は残存するものと思われる。これら残存肥料成分でも林地にとつて、多量の肥料を施用したこととなり土壌は肥沃化されたと思われ

る。他方、が、九州の性、落葉としての

V. 引

- 1) 青木
- 2) 倉田
- 3) 同
- 4) 同
- 5) 森林
- 6) 植村
- 7) 植村
- 8) 同上
- 9) 植村
- 10) 植村
- 11) 植村
- 12) 真部
- 13) 赤堀
- 14) D. R
- 15) E. T
- 16) 小西
- 17) McM
- 18) 戸
- 19)
- 20) 京大
- 21) 青峰
- 22) ボナ
- 23) 中農
- 24) 農林
- 25) 声
- 26) 山崎

る。他方、他の肥料木の着葉量が不明で比較出来ないが、九州の如き温暖な地方では土壌微生物、土壌化学性、落葉量から総合的に考えてア・モリシマの肥料木としての肥培効果は十分であると推察される。

V. 引用文献

- 1) 青木義雄：アカシア・モリシマ：期待される早成樹種，Vol. 1, (1961).
- 2) 倉田益二郎：特用樹の有利な栽培法，(1955).
- 3) 同 上：飼・肥料木草と植栽法，(1955).
- 4) 同 上：特用樹種，(1949).
- 5) 森林資源総合対策協議会：早期育成林業，(1958).
- 6) 植村誠次・岩川幹夫・北村嘉一・原敏男：肥料木の栄養生理に関する研究 I，林試研報，99，(1957).
- 7) 植村誠次・渡辺隆司・岩川幹夫・北村嘉一・原敏男：同上 II，第 68 回日林講集，(1958).
- 8) 同上：同上 III，同上 (1958).
- 9) 植村誠次：マメ科樹木と根粒菌に関する研究 I，第 69 回日林講集，(1959).
- 10) 植村誠次・玉木廉士・松田宗安：同上 II，林試研報，124，(1960).
- 11) 植村誠次：豆科肥料木根粒菌の取扱い，林試研報，107，(1958).
- 12) 真部辰夫：フサアカシアに関する 2, 3 の水耕試験，日林誌，44(1)，(1936).
- 13) 赤堀四郎：生化学講座，No. 9，(1960).
- 14) D. R. Hoagland: Lectures on the inorganic nutrition of plants. Chronica Botanica Company, Waltham, Mass., (1948).
- 15) E. Truog: Mineral nutrition of plants. The University of Wisconsin Press., (1953).
- 16) 小西千賀二・高橋治助：土壌肥料講座，1，(1961).
- 17) McMurtrey, J. E.: Diagnostic techniques for soil and crops. American Potash Inst., (1950).
- 18) 戸部義次・山田登他：作物の生理生態，(1955).
- 19) 同 上：作物生理講座，2，(1960).
- 20) 京大農芸化学教室：農芸化学実験書，Vol. 1，(1957).
- 21) 青峰重範・原田登五郎：土壌肥科学実験ノート，(1960).
- 22) ボナー・ゴールストン：植物の生理，(山田・丸尾訳)，(1956).
- 23) 中島莞爾：アカシア・モリシマの養苗と植林，福林試普及資料，(1953).
- 24) 農林省肥料課監修：肥料と施肥の新技术，(1958).
- 25) 芦田譲治・吉川秀男他：生物と環境，(1961).
- 26) 山崎 伝・山崎 寿・速水彦彦：作物に対する微量要素としてのモリブデン (Mo) に関する研究，土肥誌，Vol. 31, No. 12, (1960).
- 27) Black, C. A.: Soil plant relationships. Department of Agronomy Iowa state College Ames, Iowa., (1957).
- 28) 農業技術協会：作物試験法，(1960).
- 29) 戸部義次・山田 登他：作物生理講座，3，(1961).
- 30) 坂口勝美：育苗，(1953).
- 31) 植物栄養学実験委員会：植物栄養学実験，(1959).
- 32) 芝本武夫：スギ・ヒノキ・マツの栄養並びに森林土壌の肥沃度に関する研究，(1952).
- 33) 日本色彩研究所：色の標準，(1954).
- 34) Ashdy, E.: Plant life. Editors of scientific American, (1959).
- 35) 太田安登・井出 智：土壌の相異と窒素・磷酸・加里施用量が葉の収量に及ぼす影響，土肥誌，Vol. 26, No. 4, (1955).
- 36) 坂村 徹：植物生理学，上，(1959).
- 37) 石塚喜明・高岸秀次郎：たばこ植物の加里欠乏症に関する研究，土肥誌，Vol. 32, No. 12, (1961).
- 38) 宮崎 神：苗木育成法，(1957).
- 39) 塘 隆男：わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究，林試研報，137，(1962).
- 40) 三井進午・今泉吉郎：作物の要素欠乏，(1958).
- 41) Wallace, T.: The diagnosis of mineral deficiencies in plants. Her majesty's stationery office, (1961).
- 42) 橋本 武：作物のマグネシウム栄養に関する研究 (4)，土肥誌，Vol. 26, No. 4, (1954).
- 43) 朝日正美：森林植生と土壌の相互作用，日林誌，Vol. 40, No. 4, (1958).
- 44) 只木良也・四手井綱英：森林の生産構造に関する研究，日林誌，Vol. 42, No. 12, (1960).
- 45) 芝本武夫・田島俊雄：林木の葉分析に関する研究，日林誌，Vol. 43, No. 2, (1961).
- 46) 佐藤大七郎：林分の葉の量の推定法についての考察，日林誌，Vol. 44, No. 10, (1962).
- 47) 四手井綱英・堤利夫：林地の有機物集積量とその年分解率と気候の関係，日林誌，Vol. 44, No. 11, (1962).
- 48) 千葉春美：コバノヤマハンノキ，期待される早生樹種，(1962).
- 49) 森下義郎・大山浪雄：緑化促進によるハゲ山の早期復旧，林試研報，99，(1957).
- 50) 西尾 敏：肥料木混植の効果，福林試時報，No. 11, (1959).
- 51) 西尾 敏：アカシア・モリシマの栄養生理について，日林会九州支講集，No. 14, (1960).

Résumé

The writer reports the results obtained in physiological and edaphological experiments concerning growth of *Acacia mollissima* and his leaves under the different chemical conditions of soil, which are characterized by nutritive element, pH and water of soil, for the purpose of improvements of fertility to seedlings and forest tree. And the experiments are done by chemical analysis, measurements of seedlings, forest tree, leaves and relating soil.

Phenomena Concerning Deficiencies

The seasonal relations of the absorption of nutritive elements to the growth and the survivorship rates of seedlings throuing periods under sand and soil culture are shown in Fig. 1. 2. 15 and in Table 4. 5. 15. Resultant phenomena will be summarized as follows.

(1) The individually characteristic symptoms of seedlings according to deficiencies of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium are recognized.

(2) The effects of deficiencies of N. and P. are slightly more related to the resistance of seedling to cold than case of K.(Fig. 1).

(3) It is recognized that the rates of survivorship in the deficiencies of N. and P., and the rate of growth in the defi. of P. are respectively 1/2 of case of complete culture (Fig. 1).

(4) The deficiencies of P. exercise an evil influence upon the growth of seedlings through all growing periods. But, the deficiencies of N. have an evil effect on them only in the early period of growth under the conditions of that the other elements are enough, and they usually recover normal growth at middle~late stage of culture.

It is presumed that this recoverness based on supply of nitrogen by behavior of nodule bacteria (Fig. 2, 15).

(5) On the relations growth of root nodules and nutritive conditions, it is recognized that the growth of nodules as evil as growth of seedlings under the deficiency of P., but, on the case of deficiency of N., the growth of nodules as good as case of complete culture (Fig. 16).

Nutritive Relations

Results obtained in the nutritive experiments concerning growth of seedlings under the various conditions will be summarized as follows (Fig. 3~6, Fig. 8~10).

(1) Following optimum value of nutritive elements to growth are accepted;

N.....10~15g/m², P.....15~20g/m²

K.....about 15g/m², F. T. E.....about 4g/m²

(2) The sound growth of seedlings are obstructed by over-optimum fertilization of nitrogen, and this facts are caused by transformation of nutritive nitrogen into suppression matter (Fig. 3, 7).

Effects of pH and Water Contents

The growth of seedlings are disturbed under conditions of superfluous water and relatively high pH value, and the optimum value of water contents and pH to growth will be shown following; pH: 5.5~6.5, water contents: 40~60% (Fig.11, 13).

Leaf Amounts and Chemical Element of Leaves and their Effects to the Soil

Leaf analysis and leaf amount measurement have been done on following tree.

And influences of chemical element and amount of fallen leaves to soil formation were examined (Fig. 21~29, Table. 13, 15~22).

(1) On the comparisons of leaf elements of *Acacia mollissima* with *Alnus japonica*, *Alnus sieboldiana* and *Robinia pseudacacia*, almost elements value of *A. mollissima* are greater than the other case except calcium (Table. 13).

(2) The correlation curve between leaf amounts and tree heights are shown in convex phase, and leaf amounts increase according to tree heights under 4~8m in height, but after that they are gradually decrease (Fig. 21).

(3) The supply of nutritive elements by fallen leaves to the soil, whose quantity are presumed by calculation of fallen leaves amounts, are very large beyond imagination, where the existence periods of leaf of *A. mollissima* on the tree are 1~1.5 years.

(4) It seems that fertilization by fallen leaves of *A. mollissima* carry out large roles to the improvement of forest soil.

アカシア類の取り木について（予報）

加 藤 岩 男

On the Layering of *Acacia* (Preliminary Report)

Iwao Kato

1. ま え が き

近年、アカシアの育林技術が漸次究明されるに及んで、福岡県下においても数百 ha の造林がなされてきているが、現実林の個体間には相当に大きな変異が認められるところから、その育種の必要性がたかまつてきている。

しかし、林木の育種上その植物の無性繁殖の可能性は極めて重要なことであるが、アカシア類の無性繁殖については、未だその適確な方法が見出されておらず、僅かに、東口⁴⁾が空中取り木による可能性を発表しているに過ぎない。

筆者らは、昭和33年からこの無性繁殖の問題をとりあげて、研究を実施しているが、さし木及び接ぎ木は何れもほとんど失敗し、僅かに取り木について、昭和36年5月に5年生のフサ・アカシア (*Acacia dealbata*) に空中取り木を実施して100%の発根率を得て、この方法による栄養繁殖の可能性を見出したので、昭和37年度には更に時期別、林令別に実験を実施中であるが、その一部の結果を予報として報告する。

本研究の着手にあたり有益な助言を賜った当時青木養雄場長及び取り木実施に際し御協力下さった蓮尾久光・内藤利昭並びに取まとめに御協力下さった長浜三千治の諸氏に厚くお礼を申し上げます。

2. 材 料 と 方 法

1. 母 樹

福岡県八女郡黒木町大字木屋及び大字北木屋の当場渡内試験林と野田試験林並びに黒木町大字今の当場黒木試験林のそれぞれ5年生、3年生及び11年生のフサ・アカシア (*Acacia dealbata*) 林分の25個体と1本の8年生モリシマ・アカシア (*Acacia mollissima*) を母樹とした。

2. 時期及び取り木数

取り木は、毎月一定の日に実施するよう計画したが、種々の事情により次の日に実施した。

なお、取り木数は、1個体につき1回5本で、渡内の8月実施は母樹の枝条の関係もあり、他の個体を母樹とした。

渡 内……5月10日、6月4日、7月10日、
8月10日

野 田……6月8日、7月12日、8月10日、
9月10日

黒 木……5月12日、6月11日、7月18日、
8月15日

3. 方 法

取り木の方法は、枝条を鋭利な小刀で5~10cm幅に環状剥皮して、形成層まで完全に除去し、その部分の周囲に乾量で10~15gの水苔に充分吸水させたものを当て、更にその上を約15cm平方の厚さ0.03mmの黒色ポリエチレンのフィルムで包み、細い針金で水分のもれない程度に両端を巻いた。

調査は次のように実施し、処理部の下で切り取って行なった。

9月27日……渡内第1回、第2回

9月28日……野田第1回、第2回

10月5日……黒木第1回、第2回

11月25日……渡内、野田、黒木第3回、第4回

3. 結 果 及 び 考 察

実験に使用した母樹個体数は *A. dealbata* 25本、*A. mollissima* 1本で、取り木数は365本と20本、その中発根は186本 (50%) と10本 (50%) で、発根後枯死したもの54本 (30%) と2本 (10%) を加算する

と *A. dealbata* 239 本 (66%) と *A. mollissima* 12 本 (60%) の発根率を示し、枯損は 102 本 (28%) と 3 本 (15%) である。

個体別の発根率は表 1 に示すとおりで、明らかに個体差が認められ、他の樹種のさし木や取り木などの栄養繁殖の場合と同様の傾向を示している。(1)(2)(3)

表 1 母 樹 別 発 根 率

母 樹	取 木 数	発 根	発根後枯死	カルス形成	カルス形成後枯死	枯 死
	本 (%)	本 (%)	本 (%)	本 (%)	本 (%)	本 (%)
<i>A. dealbata</i>						
渡 内 No. 1	15 100	7 47	3 20	1 6	1 7	3 20
2	15 100	7 47	4 27	1 6	—	3 20
3	15 100	5 33	8 54	—	—	2 13
4	15 100	10 67	2 13	—	1 7	2 13
5	15 100	13 87	—	—	—	2 13
6	15 100	5 33	6 40	—	—	4 27
11	5 100	—	1 20	1 20	—	3 60
12	5 100	2 40	—	—	—	3 60
13	5 100	2 40	1 20	—	—	2 40
14	5 100	3 60	—	—	—	2 40
15	5 100	—	—	1 20	—	4 80
16	5 100	3 60	2 40	—	—	—
野 田 No. 1	20 100	16 80	1 5	1 5	—	2 10
2	20 100	3 15	1 5	—	4 20	12 60
3	20 100	8 40	—	8 40	—	4 20
4	20 100	13 65	3 15	—	2 10	2 10
6	20 100	9 45	5 25	2 10	1 5	3 15
7	20 100	6 30	1 5	1 5	2 10	10 50
8	20 100	9 45	3 15	5 25	2 10	1 5
9	20 100	13 65	3 15	—	2 10	2 10
10	20 100	11 55	1 5	—	1 5	7 35
5	5 100	5 100	—	—	—	—
裏 山 No. 1	20 100	12 60	4 20	—	1 5	3 15
2	20 100	12 60	2 10	1 5	2 10	3 15
3	20 100	12 60	2 10	2 10	1 5	3 15
<i>A. mollissima</i>						
西 山 No. 1	20 100	10 50	2 10	5 25	—	3 15

註：1. 発根後枯死及びカルス形成後枯死はフィルムに破損なく枯死したもの。

処理時期別の発根率は表 2 に示すように、6 月が最も良好で、次いで 8 月、5 月、9 月の発根率は 6 月とほとんど変りないが、供試数が少ないので、はつきりしたことは次の機会に検討したい。7 月は成績不良であ

るが、温度や湿度など気象条件による影響か、その時期の生理的条件による影響か今後究明する必要がある。このことは両樹種について同様の傾向が認められる。

表 2 時 期 別 発 根 率

時 期	取 木 数	発 根	発根後枯死	カルス形成	カルス形成後枯死	枯 死
	本 (%)	本 (%)	本 (%)	本 (%)	本 (%)	本 (%)
5 月	50 100	31 62	14 28	3 6	—	2 4
6 月	95 100	60 63	14 15	3 3	7 7	11 12
7 月	95 100	25 27	15 16	7 7	9 10	39 40
8 月	95 100	49 52	11 12	9 9	3 3	23 24
9 月	50 100	31 62	1 2	7 14	1 2	10 20

註：1. 発根後枯死及びカルス形成後枯死はフィルムに破損なく枯死したもの。

母樹の樹種及び年令別発根率は表 3 のとおりで、5 月から 9 月までの期間内に取り木した場合は、樹種及び年令による差異はないが、他の時期については次の

機会に検討したい。また、この結果は母樹の年令は異なつても、供試した枝条の年令は異なつていなかったためとも思われる。

表 3 樹種別・年令別発根率

樹種及び年令	取木数	発根		発根後枯死		カルス形成		カルス形成後枯死		枯死	
		本	(%)	本	(%)	本	(%)	本	(%)	本	(%)
<i>A. dealbata</i> 3 年	120	100	57	48	27	22	4	3	2	30	25
" " 5	185	100	93	50	18	10	17	9	14	43	23
" " 11	60	100	36	60	8	13	3	5	4	9	15
<i>A. mollissima</i> 8	20	100	10	50	2	10	5	25	—	3	15
計	385	100	196	50	55	15	29	8	20	85	22

註：1. 発根後枯死及びカルス形成後枯死はフィルムに破損なく枯死したもの。

4. む す び

アカシア類の取り木について、母樹の年令及び処理時期が、発根に及ぼす影響を検討した。

個体間には著しい発根率の差異が見られたが、母樹の年令は発根には余り影響は認められなかつた。

処理時期では6月が最もよく、次いで5月と8月、7月は成績不良であつたが、その原因は究明する必要がある。

今後は、異なる部位にある新生枝の間の検討及び枝の年令別発根率、特に一時に多量の栄養系を得るため

に、一枝条から多段の取り木試験を実施したいと考え、一部予備的に試験を実施中である。

参 考 文 献

- 1) 石川広隆：カラマツのさし木に関する研究，林試験，135，1962。
- 2) 永野正造：マツの栄養繁殖に関する研究，空中取り木について（1），日林講，71，1961。
- 3) 沖村義人：マツ類のさし木に関する研究，日林誌，43，11，1961。
- 4) 東口清耕：アカシア・モリシマの空中取り木，日林九支講，15，1961。

死

本 (%)

4

12

40

24

20

年令は異
なかつた

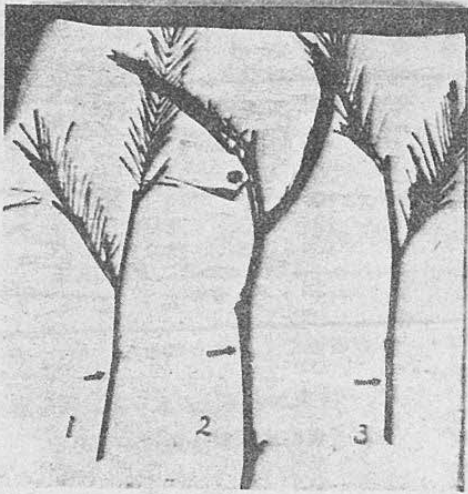


写真1 環状剥皮の状態



写真3 空中取り木の状態



写真2 空中取り木の状態

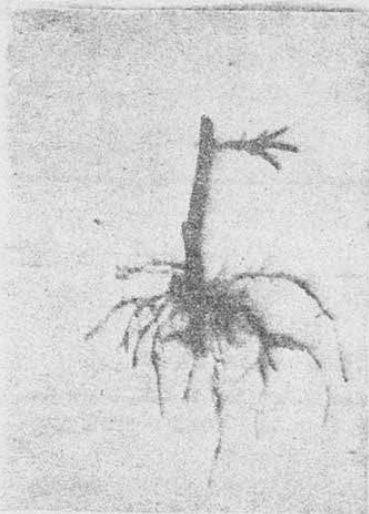


写真4 取り木60日後の発根状態(6月実施)



写真5 取り木60日後の発根状態(6月実施)

当場におい
り6月26、
採取したが、
量に含まれ、
疑問があり、
にして発芽
認められた
付を依頼し
纏めたので
この実験
場長に、ま
橋本平一、
小倉分場小
る。

A. 種

試料より
出来る発芽
の使用価値
に屑として

B. 室

素焼きバ
したが、9
腐敗粒の計

C. コ

直径 21
混じた土を
菌用の高圧

福岡県産アカシア・モリシマ種子について

川 島 為 一 郎

On the Seeds of *Acacia mollissima*

Tameichiro Kawashima

I. は じ め に

当场においてモリシマの種子は、久留米市高良台より6月26、28の両日に採取し、7月9日同市藤山より採取したが、後者はサヤの中で発芽している種子が多量に含まれ、発芽粒を除去したとしても後日の使用に疑問があり、充分日光乾燥をした両方の種子を無処理にして発芽試験を実施した結果、両者に大きな開きが認められた。その後、県内各地で採取された種子の送付を依頼し、発芽調査その他2、3の比較した結果を取纏めたので報告する。

この実験にあたり種々御教示をお願いした青木義雄場長に、またこの仕事に色々御便宜を計って頂いた橋本平一、竹下敬司、中島康博、治山課造林係一同、小倉分場小川一男のかたがたに厚く御礼を申し上げます。

II. 方 法

A. 種子粒数調査 (4 反覆)

試料より50gを秤量し、粒数、cc、層、肉眼で判定出来る発芽粒数の調査をした。但し既発芽粒数は今後の使用価値が認められないため、粒数として計算せずには層として処理した。

B. 室内発芽試験 (5 反覆)

素焼きバットにて9月11日より室内において開始したが、9月26日より恒温器内に入れ、毎日発芽粒、腐敗粒の調査をした。

C. 土壌による発芽試験 (2 反覆)

直径21cmの素焼鉢に河砂1/3、園土2/3の割合で混じった土を入れ、雑菌の侵入を防ぐため、椎茸種駒殺菌用の高圧釜にて殺菌し、各産地別に1鉢100粒を並

べ、雨による被害のないよう約1.5mの高さにビニール覆をした。その設置場は1,000倍の昇永液にて消毒し、毎日発芽粒の記帳、除去とともに灌水はその日の鉢の乾燥程度に応じ、毎日1~3回実施した。

D. 発芽促進処理及び比重別発芽試験 (3 反覆)

ベンジンと四塩化炭素を適量に混合し、1.0、1.20、1.30、1.40の各比重液を作成し、各産地別に種子の比重選を行ない、発芽促進、処理を70℃5分、80℃5分、100℃1分、無処理の四段階で行なつた。また平年よりカビの付着している種子を含む産地分が多いため、無カビ、カビに分類した(光沢が消えたような部分が一部でもあれば一応カビとした。但し肉眼的観察による分類だけ)、高温殺菌した河砂を9cmのシャーレーに入れ、上記発芽処理を行なつた種子を夫々無作意に100粒の3組をまき、23℃の恒温器に入れた。カビ付種子の比重1.40は選出するのに試料が少なくてわずかしかなかつたため、無カビと対照にすることは断念した。各熱湯処理の処理時間中における温度差は次のとおりであつた。

100℃1分=97~98℃

80℃5分=80~82℃

70℃5分=69~72℃

E. 産地別比重選 (3 反覆)

産地別に種子を100粒あて選出し、各比重液をトールビーカーに準備し、100粒をまず1.0に入れ、浮く種子と沈む種子とを分離し、沈む種子は濾紙の上において乾燥を早め、漸次1.20、1.30、1.40と上記方法を反覆した。この間比重液の調整は産地の変るごとに実施した。

III. 結果と考察

調査結果を一覧表にすれば第1表のとおりで、芽が出ている箇所が2/3以上をしめている。このことは

第1表 昭和37年福岡県内採取モリシマ種子一覧表

産地	測定重量 (g)	容積 (cc)	粒数	不純物 (g)	不純物に含んだ芽出粒数	室内発芽試験			土壌発芽試験	比重分布				無カビとカビ		純量率	
						発芽	腐敗	未発芽		1.0	1.20	1.30	1.40	無カビ	カビ		
						%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
前高志大直刈久福鞍桂小藤大	良	原台	50	65.0	2,807	1.0	0	6.2	9.8	84.0	6.5	0.3	6.0	8.7	85.0	15.0	98.0
		50	66.0	3,233	1.1	0	6.2	12.3	81.5	3.5	7.3	11.4	10.3	71.0	93.5	6.5	97.8
		50	67.5	3,187	1.1	0	8.4	20.2	71.4	6.0	1.3	9.7	4.3	84.7	84.0	16.0	97.8
		50	68.3	3,049	0.2	0	45.0	12.4	42.6	36.5	3.0	14.3	20.3	62.4	92.9	7.1	99.6
		50	69.5	3,148	0.45	9	17.0	12.2	70.8	7.5	6.4	9.3	9.3	75.0	86.5	13.5	99.1
		50	71.0	3,178	0.63	5	21.8	18.8	59.4	19.0	5.0	14.0	16.7	64.3	76.6	23.4	98.7
		50	71.8	3,554	0.5	4	8.6	27.2	64.2	10.5	18.0	31.7	25.0	25.3	72.0	28.0	99.0
		50	72.5	3,232	0.7	14	32.0	51.2	16.8	32.0	17.0	29.0	28.0	26.0	71.5	28.5	98.6
		50	74.0	3,296	2.1	91	50.4	38.4	11.2	38.5	29.0	28.3	22.4	20.3	欠	欠	95.8
		50	75.3	3,156	1.6	125	43.4	47.2	9.4	54.5	13.3	36.7	25.0	25.0	59.3	40.7	97.2
幸	倉山	50	76.5	3,451	1.9	129	31.2	48.4	20.4	26.5	20.0	31.0	26.7	22.3	28.6	71.4	96.2
	50	78.0	3,226	4.3	270	55.8	27.5	16.7	42.0	17.7	34.0	30.0	18.3	32.0	68.0	91.4	
	50	83.0	3,084	2.6	66	48.6	48.4	3.0	52.0	21.7	25.0	18.3	35.0	47.5	52.5	94.8	

第2表 関係地降水量表

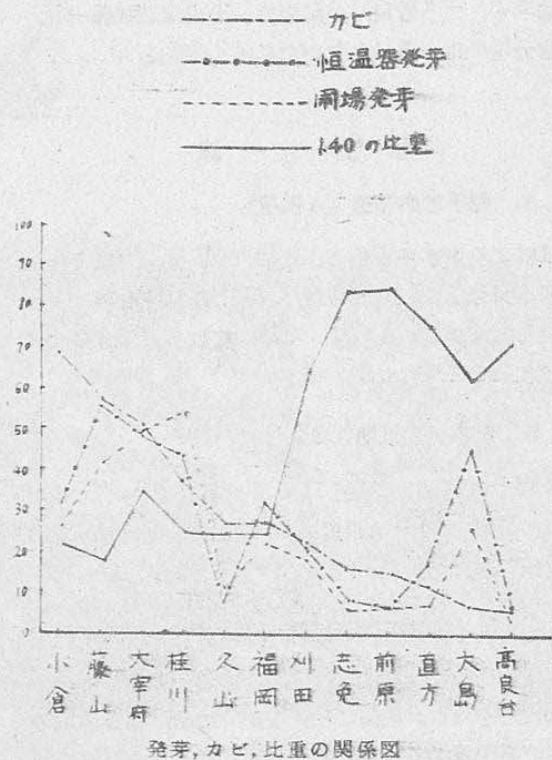
観測所名	6月										7月									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
前久福飯二小東大	留日之	原米岡塚市倉郷浦	—	—	—	63	4	5	—	—	—	61	54	16	28	116	—	82	46	—
			—	—	0	100	7	9	1	18	0	3	95	60	103	70	113	1	146	64
			0	0	—	82	3	3	2	0	0	0	82	67	23	27	61	—	118	30
			—	—	—	95	13	1	3	7	—	0	60	71	19	27	48	—	87	39
			0	0	—	121	8	5	1	13	0	2	59	41	51	36	94	0	149	15
小東大	之	倉山	—	—	—	52	16	1	7	1	—	—	46	60	19	29	49	0	82	8
			—	0	1	87	10	—	1	—	—	0	68	101	18	29	56	0	94	8
			—	—	—	67	10	0	—	11	—	0	58	65	30	20	18	3	19	15

福岡県気象月報 1962年6～7月号より。

第2表で明らかなように、県下全般に降雨が7月上旬に集中しており、6月下旬より成熟して莢が開くアカシア種子の採取が、その7月になつて実施されたことに帰因する。昭和28年にも同じようなことが発生したが、当時は種子の採取も試験場が試験用に採取するのみであつたが、このように全般的に採取が実施されるれば一考を要する問題と思われる。ここで芽の出ていた種子というのは肉眼的観察による区分であり、そのような状態になる可能性を持つ種子（発芽しかなかった種子）は外観上一応健全種子として取扱つた。

石川²⁾の調査で(當場藤山採集分と同日分)このような種子は採集後60日頃までに急激に腐敗率が出て、その後少しづつではあるが腐敗が進んでいつたと報告しているのも、そのような状態の種子を含んでいたものと推察される。

アカシア類種子の表面は光沢のあるのが普通であるが、本年産種子のようにカビが発生して光沢のないもの、または一部がそのような状態のもの二つに分類される。そのような現象は雨によつて生じたものと、または採集後の乾燥状態が悪くて貯蔵されたものと思われるが、これは発芽、容積、比重と大体において相関関係を有するようである。(図表1)



産地別の無処理による発芽状況は第1表のとおりで、室内発芽試験と土壌発芽試験を実施したのは、シャーレー内が土壌よりも湿度が高い状態におかれて、そのために腐敗を促進するようなことがあれば（特に本年度産のようなカビの発生した種子はその点を考慮しなければならないだろう）、各地ごとの比較にならないと思ひ対照にしたので、両者の間に10%以上差の生じた4カ所分については取扱上の不備によるものか今後検討したい。

産地ごとの粒数差については、樹令に関係があると思ひ各地に照会したが、樹令の相違する種子が同一産地内に含まれているとの報告があり、その差は比較出来ないが、この差は林の豊凶、採集部位等の直接的、間接的原因が生じたであろうことは多くの人が、在来樹種において発表しているように、このアカシアにもそのようなことは肯定出来る。

昭和37年6月フサアカシアの林分内より2本選本して、上方枝と下方枝りサヤを採取し、その長さを測定してみると、上方は9.9、6.3、下方は8.0、5.3と（各50個の平均）上方が長いことを示すのは、勿論陽光に

関係のあることを示すもので、粒の大小に影響していることは否定出来ないことであろう。

第1表における産地別比重選区分は当時故中島氏が発表した³⁾のを基本としたもので、本年産種子の場合、単なる硬実度だけではなく、降雨吸水に伴う種皮膨軟化の程度が比重に反映しているものと考えて、各発芽処理の過、適、少等の判別をなす上での区分として利用した。発芽状況は第3表のとおりで試料が少なくて断定的には結論されないが、無処理の場合は種皮の膨軟な低比重種子の発芽率が高く、高温処理の場合はその膨軟性のために胚まで高温になつて死滅する傾向があり、1.0、1.20の低比重はもとより、1.30においても処理のために胚まで高温過度の影響がでている、このような傾向はカビが付着している種子に特に著しく、今回の試料では送付数量が少なくて1.40にカビ種子の選出が少なかつたが、もしも1.40にカビが発生した場合は、無カビとの比はもつと対照的に生じたであろう。アカシア類種子の硬実は種皮そのものが直接原因であるから1.40の種子に以上のようなことが、貯蔵中に考えられるため、今後も調査、研究を続けたい。

第3表 発芽促進処理及び比重別発芽表

処	比	種	発	腐	残	処	比	種	発	腐	残	処	比	種	発	腐	残	処	比	種	発	腐	残
理	重	子	芽	敗		理	重	子	芽	敗		理	重	子	芽	敗		理	重	子	芽	敗	
無	1.0	無	11.0	89.0	0	70	1.0	無	0	100	0	80	1.0	無	2.0	98.0	0	100	1.0	無	1.3	98.7	0
	以下	カビ	25.3	74.7	0		以下	カビ	2.7	97.3	0		以下	カビ	0.7	99.3	0		以下	カビ	0.3	99.7	0
	1.20	無	30.0	63.7	6.3		1.20	無	4.0	96.0	0		1.20	無	0.7	99.3	0		1.20	無	8.0	92.0	0
	以下	カビ	28.3	71.7	0		以下	カビ	2.7	97.3	0		以下	カビ	0.7	99.3	0		以下	カビ	2.7	97.3	0
処	1.30	無	46.7	16.0	37.3	5	1.30	無	35.0	63.3	1.7	5	1.30	無	25.3	73.4	1.3	1	1.30	無	16.0	84.0	0
	以下	カビ	57.3	37.0	5.7		以下	カビ	26.0	74.0	0		以下	カビ	8.7	91.3	0		以下	カビ	3.7	96.3	0
	1.40	無	7.0	0.7	92.3		1.40	無	88.7	7.3	4.0		1.40	無	90.7	7.3	2.0		1.40	無	48.7	51.3	0
	以下						以下						以下						以下				

ま と め

アカシア類種子は硬実で、充分乾燥されて貯蔵すれば長年保存出来ることは小沢が発表⁴⁾しているし、當場においても採取可能の時は多く採集して保管して来たが、その保管も貯蔵庫の中に入れ、BHCを少しまぶして虫害に備える程度で、松種子を貯蔵するような冷蔵庫の心配もなく、播種期まで安全に保管出来るから、今年のように県下全般が種子の凶作の年は、無理を

して採集する傾向があるため、豊作の年に備蓄用まで採集するように計画すべきだと思われる。

種子の採集も完熟期に天候が良い時は地面にビニールシート等を敷き、枝を軽くたたくと簡単に落ちるから、この種子を充分乾燥して精選貯蔵すればよい。

最悪の場合、今年度のような種子が出来た場合は、現在は比重選をしないと、発芽促進処理も産地によつては不向きなものもある。これについては今後、風選等の方法をもつて、それに適當する発芽促進処理方法

を検討しなければならない。

硬実種子に対する取扱い,その他の方法については,中山包博士³⁾も今後の綿密な実験方法によつて研究される必要があると述べているように未知の部分が多く,今後の調査,研究によつて解決せねばならない問題も多いが,今後のアカシア類種子取扱いの一助にもなればと思い,一応今までの結果をとりまとめて,参考に供する次第である。

参 考 文 献

1. 橋本平一:アカシア類の病害に関する研究(未発表表)。
2. 石川和泉:アカシアモリシマのタネの採集時期と発芽及び硬実について,演習林,13号,47~54。
3. 中島莞爾:モリシマ種子の性状試験(予報),林業試験場時報,7号,昭29。
4. 小沢準二郎:林木のタネとその取扱い,林業技術叢書,第19号。
5. 中山 包:発芽生理学,226~238。

林分の
ために重
る森林資
短期的な
る。

しかし
間にわた
である林
にすること
伐,気象
災害の影
わが国に
梨,²⁾³⁾西
数は非常
成長量
があり,
積の成長
本数密度
で,⁷⁾¹⁵⁾¹⁷⁾
その成長
筆者が
う問題
して,
て研究
い,樹幹
測方法
まとめ
本研

スギ（品種）の成長予測に関する研究（第1報）

樹高成長量の予測について

長 浜 三 千 治

Studies on the Prediction of Growth of Sugi
(*Cryptomeria*) races. (I)
On the Prediction of Height Growth.

Michiharu Nagahama

1. ま え が き

林分の成長量を予測することは、森林の経営計画のために重要な問題であるが、近年、木材の需要に対する森林資源の不足から、森林の収獲を規整するために、短期的な予測方法の早急なる解明が強く要望されている。

しかし、林業の特徴として、その林木の生育が長期間にわたるため、林木の生育過程についてはその集合体である林分の成長過程を観測し、その法則性を明らかにすることは、林木相互の生存競争や人為的な除・間伐、気象及び土壌など環境の変化や虫害・寒害など諸災害の影響のために非常に困難な問題である¹²⁾ので、わが国における成長量の予測に関する研究報告は、木梨²⁾³⁾、西沢たち³⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾、近藤⁵⁾及び高瀬¹³⁾などその数は非常に少いようである。

成長量には、単木の成長量と林分の成長量との2つがあり、両者それぞれに、樹高・直径・断面積及び材積の成長量があるが、樹高を除く後の3者は、林分の本数密度の変化によりその成長量の変化が著しいので、¹⁵⁾¹⁷⁾本数密度の影響の少ない樹高成長量に比し、¹⁷⁾その成長量の予測は非常に困難な問題である。

筆者たちは、昭和33年から適地に適品種の造林という問題解明のために研究を進めているが、その一環として、スギ（品種）の成長量の予測の問題もとり入れて研究しており、福岡県八女郡内において調査を行ない、樹幹析解によつてスギ（品種）の樹高成長量の予測方法及び品種によるその成長量の相違について取りまとめたので第1報として報告する。

本研究の実行にあたり、現地調査を心よく承諾して

いただいた星野村の西田利八郎、矢部村、黒木町の川島稔、横溝忠次の諸氏、現地におけるスギ品種その他に御教示賜つた矢部村の田川金吾氏、心よく協力を賜つた矢部村、星野村及び上陽町の各森林組合並びに当場青木義雄、故中島莞爾、川島為一郎、斉城巧、田形正義、山本雅敏及び河口二男の諸氏に対しあつくお礼を申し上げます。

なお、本研究を含む一連のスギ適地適品種解明の問題は竹下敬司、中島康博、樋口真一及び長浜三千治の4人が共同で実施しており、表記長浜は本論文を作製したにすぎぬことをお断りしておく。

2. 調査地の概要

2.1. 調査地の位置

調査地の位置は下記のとおりで、福岡県南部、有明海に注ぐ矢部川の上流及び中流域に属し、ヤブケグリとコバノウラセバルの調査地はその支流横瀬川東岸の山岳斜面に位し、アヤスギの一部は文字岳（807m突）の西面上部の急斜面と南面肩部の緩斜面に、ホンスギ(I)とアヤスギの一部は支流笠原川の上部竹山（905m突）の北西面上部に、ホンスギ(II)は星野川の支流横山川の東岸の山岳斜面に位する。

ヤブケグリ……福岡県八女郡矢部村大字北矢部

コバノウラセバル……同上

ホンスギ(I)……福岡県八女郡黒木町大字笠原

アヤスギ(1)……福岡県八女郡矢部村大字矢部

アヤスギ(2)……福岡県八女郡黒木町大字笠原

ホンスギ(II)……福岡県八女郡上陽町大字上横

山

2.2 調査地の概況

調査は昭和33年から昭和36年にわたって行なつたものであり、調査地の地質・基岩及び土壌の概況は次のとおりである。

ヤブクグリ

調査地の標高は430~550m、満~晩壮年期的な開析斜面で、大形山脚の末端を深く刻んだ谷状斜面と周辺の支小山脚凸面を含む細長い区域である。

基岩は結晶片岩の石墨~絹雲母~緑泥片岩によつて占められ、土壌型はB_D型~B_D-w~B_E型が広く分布している。¹⁹⁾

樹幹析解は昭和36年7月に行ない、当時の林令は38年。後述のコバノウラセバルと混植されていた。⁷⁾¹⁹⁾

コバノウラセバル……同上⁷⁾¹⁹⁾

ホンスギ(I)

調査地は標高700~800m、一部に熔岩台地を頂く安山岩の山地で、未開析の台地面と弱度の老化開析準平原、それと比高にとむ開析地形区からなつている。土壌型はD_D-a型~B_D~B_D-w~B_E型が広く分布している。²⁰⁾

調査は昭和33年12月に行ない、当時の林令は43~47年で、アヤスギと混植されていた。

アヤスギ(1)

同上。²⁰⁾ 調査は昭和34年12月

アヤスギ(2)

調査地の標高は750~850mで、地形と土壌の分布は前者とはほぼ同じであるが、より大きい比高にとむ開析面が存在する。²⁰⁾

調査は昭和34年9月に行ない、当時の林令は38年と46年。

ホンスギ(II)

調査地は標高160~240mで、満晩壮年期的な開析斜面で、谷状斜面と周辺の山脚凸面を含む地域である。

基岩は結晶片岩の石墨~絹雲母~緑泥片岩、土壌型はD_D-a型~B_D~B_D-w~B_E型が広く分布している。

調査は昭和35年12月で、当時の林令は32~38年

3. 調査の方法

3.1. 考え方

筆者は、さきにスギ林分の胸高断面積及び材積の両成長量は、同一林令の場合、その地位、即ち樹高と関係があると述べたが、⁷⁾この樹高成長量も地位によつて

変化するものと考えた。

そこで、地位を表わすものとして、ある一定林令における樹高を使用することにしたが、当福岡県八女地方のいわゆる八女林業は短伐期的なスギ林業であつて、林令40年以上のスギ林分の占める割合は非常に少く、従つて40年以上のスギ林分の調査は困難をともなうことから、林令35年における樹高を地位指数とした。(このことは、品種の成長の遅速によつてその地位指数は変わるということであり、換言すると、林令35年において、樹高が同一であつても、成長に遅速の差がある品種間であれば、同一立地ということではない。)

そして、経過期間と成長量及び地位即ち林令35年における樹高との3因子が関係あるものと考えて、経過期間に林令をあてて、林令とその樹高/林令35年における樹高の関係を求めたが、両者の間には相当に大きな分散が認められたので、樹高が林令に代わる経過期間の代表値として適するのではなからうかということ、林分の胸高断面積及び材積の成長量が樹高=地位と関係があるということの外に、直接樹高そのものとも関係があるという2つの考え方から、樹高に対するその成長量/林令35年における樹高の関係を求め、ほぼ西沢¹²⁾たちと同様の、地位毎にきれいな直線になるという結論を得たが、同時に、品種間に成長量の相違があるかどうかについても検討した。

3.2. 調査方法

3.2.1. 供試木の選定

ヤブクグリとコバノウラセバルは同一林分であつて、樹高(ワイゼー測高器使用)及び胸高直径(輪尺により2直径を測定)を毎木調査して、全林を傾斜変換帯(線)に基づく地形及び土壌型並びに土壌の堆積様式により9つの単位斜面区と57の立地小区分に分割した¹⁹⁾中から、両品種共に10本以上ある小分区のそれぞれ平均木に近い標準木⁹⁾を伐採した。

ホンスギ(I)及びアヤスギは立地に重点をおいた調査プロットの平均木に近い標準木⁹⁾を伐採した。

ホンスギ(II)は10m幅のベルト調査の中から立地毎に標準木⁹⁾を伐採した。

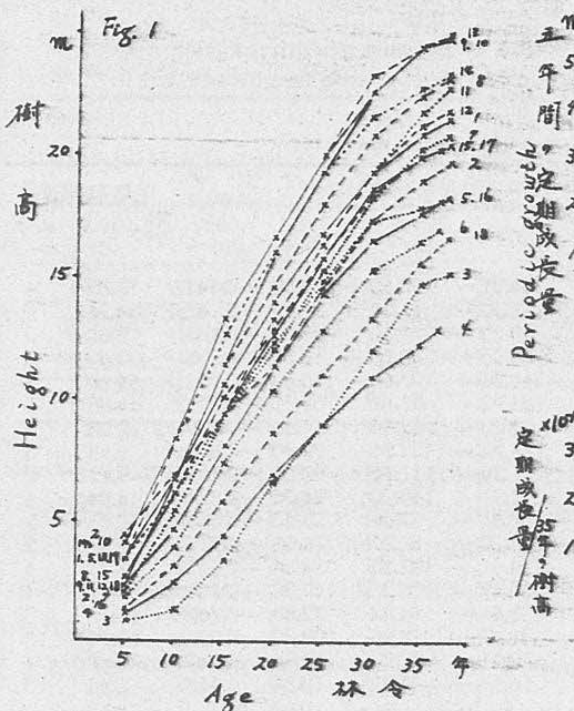
3.2.2. 樹高成長量の算出

樹幹析解は樹高0.3, 1.3m……の点で行ない、演算の方法⁹⁾により測定・計算して、各林令の樹高を算出した

が、林令は断面高 0.3m の年輪数をもつてこれにあてた。

4. 調査結果

4.1. スギ樹高とその定期成長量の関係

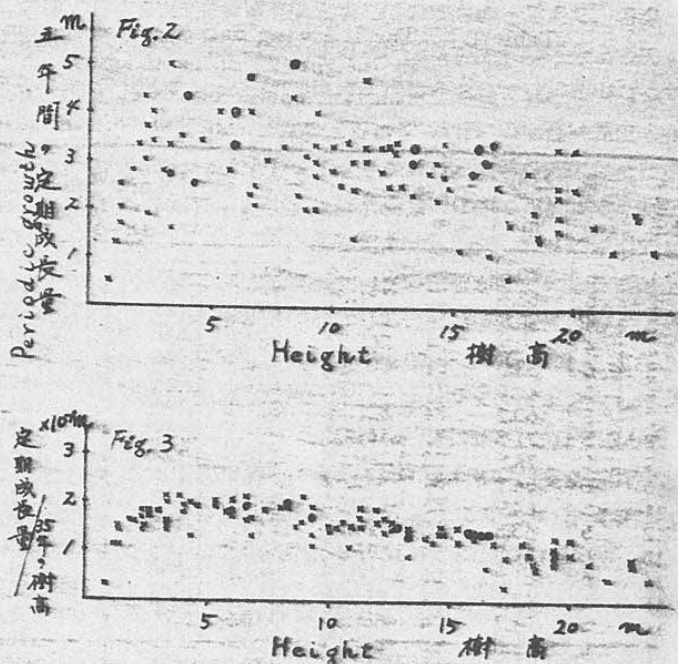


第1図 林令による樹高成長曲線(ヤブクグリ)

Fig. 1. Growth curves of tree height by age. (Yabukuguri)

4.1.1. 樹高の成長曲線

ヤブクグリ 18 本を伐採、樹幹析解して算出した樹高の成長曲線⁹⁾は Fig. 1 のとおりで、林令 35 年において 12~24m の成長差がある。



第2図 樹高と定期成長量の関係

Fig. 2. Relation between tree height and periodic growth.

第3図 樹高と定期成長量の関係

(林令 35 年における樹高=1 のとき)

Fig. 3. Relation between tree height and periodic growth.

(in the case of the height are 1 constant on the age is 35 years old)

4.1.2. 樹高とその定期成長量との関係

次に、樹高に対するその 5 年間の定期成長量の関係を求めると Fig. 2 のとおりで、定期成長量は地位によつて差があることがわかる。

4.1.3. 地位を一定にした場合の樹高に対する定期成長量の関係

そこで、地位を一定にした場合の樹高に対する定期成長量の関係を求めるために、定期成長量/地位 即ち

林令 35 年における樹高 を算出して、これを Y 軸に、樹高を X 軸にしてプロットすると Fig. 3 のとおりで、この図から樹高 X に対する定期成長量 Y の関係として、次の一次回帰式が成り立つようである。

即ち

$$\hat{Y} = a + bX$$

$$= \bar{y} + b(X - \bar{x})$$

但し a, b は常数

$\hat{Y}$ は回帰からの Y の推定値
 $\bar{x}, \bar{y}$ は X 及び Y の平均値

Fig. 3 の場合、上記の関係式がよく成り立つのは、特に樹高 3 m 以上の資料についていえるのである。

今、ヤブクグリ 18 本を樹幹析解して得た、樹高 X に対する一定の地位における定期成長量 Y の回帰を

あらわすデータを、樹高 3 m 以上の資料について示すと、Table 1 のとおりで、平均回帰として次式が得られる。即ち、

$$Y = 14.58 \times 10^{-2} - 0.6366 \times 10^{-2}(X - 11.79)$$

表 1 ヤブクグリの樹高 X と定期成長量 Y の回帰をあらわすデータ
(林令 35 年における樹高 = 1 のとき)

Table 1. The following data were regression of periodic growth (Y) on the height (X) of Yabukuguri. (in the case of tree height are 1 constant on the age is 35 years old)
3 m 以上の場合 The data of tree height are over 3 m.

林木 番号 ⁽¹⁾ No.	測 点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}$ m	ΣX^2	ΣXY $\times 10^{-2}$	ΣY^2 $\times 10^{-4}$	自 由 度 ⁽³⁾ d. f. (n-1)	平方和および積和 ⁽⁴⁾			回 帰 係数 ⁽⁵⁾ (b) $\times 10^{-2}$	推定の誤差 ⁽⁶⁾	
								Σx^2	Σxy $\times 10^{-2}$	Σy^2 $\times 10^{-4}$		$\Sigma d^2 y \cdot x$ $\times 10^{-4}$	d. f. (n-2)
1	6	70.6	84	1,017.54	885.8	1,250	5	186.81	102.60	74.00	-0.5492	17.65	4
2	6	63.6	77	791.36	798.8	1,025	5	117.20	17.40	36.84	-0.1424	34.26	4
3	4	30.8	78	277.66	593.1	1,542	3	40.50	7.50	21.00	-0.1851	19.62	2
4	4	30.9	64	262.75	463.9	1,066	3	24.05	30.50	42.00	-1.2681	3.33	2
5	6	63.0	81	803.00	746.9	1,239	5	141.50	103.60	145.50	-0.7321	69.65	4
6	5	49.5	76	571.75	664.8	1,264	4	81.70	87.60	108.80	-1.0753	14.88	3
7	5	60.2	74	827.56	831.4	1,150	4	102.75	59.56	54.80	-0.5796	20.28	3
8	5	71.3	71	1,141.05	909.5	1,099	4	124.32	102.96	90.80	-0.8281	5.54	3
9	5	75.8	72	1,310.50	979.8	1,124	4	161.38	111.72	87.20	-0.6922	9.17	3
10	6	84.7	84	1,443.59	1,045.8	1,270	5	247.91	140.00	94.00	-0.5647	14.94	4
11	5	64.9	72	951.07	884.7	1,062	4	108.67	49.86	25.20	-0.4588	2.33	3
12	5	63.5	75	929.65	865.5	1,195	4	123.20	87.00	70.00	-0.7033	8.57	3
13	6	84.8	85	1,475.12	1,013.8	1,359	5	276.61	187.53	154.84	-0.6779	27.71	4
14	6	81.8	82	1,338.70	947.7	1,268	5	223.49	170.23	147.30	-0.7616	17.68	4
15	5	63.1	71	891.73	821.2	1,081	4	95.41	74.82	72.84	-0.7820	14.13	3
16	5	54.7	74	689.59	718.6	1,204	4	91.17	90.96	108.80	-0.9976	18.50	3
17	6	65.6	85	887.74	859.3	1,275	5	170.51	70.03	70.84	-0.2439	46.19	4
18	5	41.6	81	412.30	650.4	1,323	4	66.19	23.52	10.80	-0.3535	2.45	3
和	95	1,120.4	1,386	16,022.66	14,681.0	21,796						346.88	76
							77	2,383.37	-1,517.39	1,415.56	-0.6366	449.51	76

- (1) Tree Number = No. (2) Number in Sample = (n) (3) Degrees of Freedom = d.f.
 (4) Sum of Squares or Sum of Products. (5) Sample Regression Coefficient = (b)
 (6) Deviations from Regression. (7) Source of Variation. (8) Total.
 (9) Analytical Tree. (10) Error. (11) for testing adjusted means.
 (12) Common. (13) Within. (14) for testing difference Reg. Coef.
 (15) Mean of Sample Reg. Coef. (16) Difference between mean of Sample Reg. Coef. and Within. (17) Races. (18) Yabukuguri. (19) Kobanourasebaru. (20) Honsugi (I)
 (21) Ayasugi. (22) Honsugi (II) (23) All data. (24) The data of tree height 2m. up.
 (25) The data of tree height 3m. up. (26) Sample Correlation Coefficient = (r)
 (27) A+E (28) Sum of Squares. (29) Mean of Squares. (30) Weighted z.
 (31) Weighted Square. (32) Corrected z. (33) Extent of Tree Height.
 (34) Minimum. (35) Maximum. (36) Average of Height.
 (37) Deviation from Mean of All. (38) Products. (39) Means of Periodic Growth.
 (40) Adjusted Means of Periodic Growth. (41) Extent of Periodic Growth.

4.1.4. 地位を一定にするために、林令 35 年における樹高で割ることの信頼性

前項で、地位を一定にして成長量を比較するために、成長量を林令 35 年における樹高 H_{35} で除したが、これ

の信頼性を共分散分析によつて検定したものが Table 2 で、各析解木の成長量修正平均値間には有意差は認められない。

次に、回帰係数 b が同一であるかどうかを検定するために、Table 3 により群内平均回帰からの推定の誤

表 2 共分散分析及び修正組平均間の有意性の検定
Table 2. Analysis of covariance and test of adjusted means.

変 動 因 ⁽⁷⁾	自由度 ⁽³⁾ d.f. (n-1)	平方和及び積和 ⁽⁴⁾			推 定 の 誤 差 ⁽⁵⁾		
		$\sum x^2$	$\sum xy$ $\times 10^{-2}$	$\sum y^2$ $\times 10^{-4}$	$\sum d^2y \cdot x$ $\times 10^{-4}$	d.f. (n-2)	$s^2y \cdot x$ $\times 10^{-4}$
全 体 ⁽⁸⁾	94	2,809.02	-1,665.04	1,574.99	588.05	93	
析 解 木 ⁽⁹⁾	17	425.65	-147.65	159.43			
組 内 個 体 (誤差) ⁽¹⁰⁾	77	2,383.37	-1,517.39	1,415.56	449.51	76	5.91
修正平均値の有意性の検定のために ⁽¹¹⁾					138.54	17	8.14

表 3 群内平均回帰からの推定の誤差の分析
Table 3. Analysis of deviation from mean regression.

変 動 因 ⁽⁷⁾	自 由 度 ⁽³⁾ d.f.	推 定 の 誤 差 ⁽⁵⁾	
		$\sum d^2y \cdot x$ $\times 10^{-4}$	$s^2y \cdot x$ $\times 10^{-4}$
組内平均 (誤差) 回帰からの偏差 ⁽¹²⁾	76	449.51	
個々の組ごとの回帰からの偏差 ⁽¹³⁾	59	346.88	5.87
組ごとの回帰の間の差 ⁽¹⁴⁾	17	102.63	6.03

差を分析しても有意差は認められず、全体をこみにした回帰と平均回帰及び組内平均回帰の3つの回帰からの推定の誤差の分析を行なつても、Table 4 のように平均回帰と組内平均回帰との間には有意差は認められない。

従つて、樹高3m以上の資料の場合は、地位を一定

にするために、林令35年における樹高 H_{35} で定期成長量を除しても差支えないといえる。しかし、組内回帰と平均回帰との差は著しく有意であるので、樹高2m以下の資料と樹高3m以上の資料とは同一回帰式ではないといえる。

表 4 3つの回帰からの推定の誤差の分析
Table 4. Analysis of deviations from three regression.

変 動 因 ⁽⁷⁾	自 由 度 ⁽³⁾ d.f.	$\sum d^2y \cdot x$ $\times 10^{-4}$	$s^2y \cdot x$ $\times 10^{-4}$
全 体 ⁽⁸⁾	93	588.05	
組 平 均 ⁽¹⁵⁾	16	108.22	6.76
組 内 平 均 ⁽¹²⁾	76	449.51	5.91
組内回帰と組平均の回帰との差 ⁽¹⁶⁾	1	30.32	30.32**

これらのことは、他の品種についても検定し、同一の結果がえられたが、しかし、ただ一つホンスギ(I)の成長量修正平均値間に5%の有意差が認められたが、これは実験誤差と思われ、地位を一定にするために、林令35年における樹高 H_{35} で定期成長量を除しても差支えない。

4.2 スギ品種の樹高と定期成長量との関係

4.2.1 スギ品種の樹高成長曲線

ヤブクグリ18本、コバノウラセバル17本、ホンス

ギ(I)11本、アヤスギ9本及びホンスギ(II)7本を伐採・樹幹析解して算出した樹高の成長曲線は Fig. 1 及び Fig. 4 のとおりで、林令35年における樹高=1のときの樹高 X に対する定期成長量 Y の資料及びその回帰と相関をあらわす資料は Table 5, 6 及び Table 7 のとおりで、全資料よりも2m以上の資料、2m以上の資料よりも3m以上の資料の場合が、樹高 X に対するその定期成長量 Y の相関が高くなり、従つて X に対する Y の回帰式の信頼性が強い傾向がある。

表 5 スギ (品種) の樹高 X と定期成長量 Y (林令 35 年における樹高 = 1 のとき)
 Table 5. Tree height (X) and periodic growth (Y) of Sugi (*Cryptomeria*) races.
 (in the case of tree height are 1 constant on the age is 35 years old)

品 種	(1) 林木 番号 No.	0 m 以上の 場合 ⁽²³⁾			2 m 以上の 場合 ⁽²⁴⁾			3 m 以上の 場合 ⁽²⁵⁾		
		測点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}m$	測点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}m$	測点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}m$
(19) ヤ ブ ク グ リ	1	6	70.6	84	6	70.6	84	6	70.6	84
	2	6	63.6	77	6	63.6	77	6	63.6	77
	3	6	32.9	95	4	30.8	78	4	30.8	78
	4	6	34.4	90	5	33.3	79	4	30.9	64
	5	6	63.0	81	6	63.0	81	6	63.0	81
	6	6	50.8	91	5	49.5	76	5	49.5	76
	7	6	62.2	90	6	62.2	90	5	60.2	74
	8	6	73.9	89	6	73.9	89	5	71.3	71
	9	6	78.1	90	6	78.1	90	5	75.8	72
	10	6	84.7	84	6	84.7	84	6	84.7	84
	11	6	67.2	89	6	67.2	89	5	64.9	72
	12	6	65.8	89	6	65.8	89	5	63.5	75
	13	6	84.8	85	6	84.8	85	6	84.8	85
	14	6	81.8	82	6	81.8	82	6	81.8	82
	15	6	65.7	88	6	65.7	88	5	63.1	71
	16	6	56.5	90	5	54.7	74	5	54.7	74
	17	6	65.6	85	6	65.6	85	6	65.6	85
	18	6	42.9	92	5	41.6	81	5	41.6	81
和		108	1,144.5	1,571	102	1,136.9	1,501	95	1,120.4	1,386
(19) コ バ ノ ウ ラ セ バ ル	1	6	61.0	89	6	61.0	89	5	58.7	74
	2	6	51.5	89	6	51.5	89	5	49.5	72
	3	6	25.5	93	4	23.4	77	3	20.7	59
	4	6	41.0	84	6	41.0	84	5	39.0	71
	5	6	44.2	90	5	42.9	76	5	42.9	76
	6	6	55.1	86	6	55.1	86	5	52.8	73
	7	6	58.5	87	6	58.5	87	5	56.0	75
	8	6	66.5	89	6	66.5	89	5	64.2	75
	9	6	66.6	92	5	64.8	80	5	64.8	80
	10	6	73.6	89	6	73.6	89	5	71.0	73
	11	6	68.1	89	6	68.1	89	5	65.8	70
	12	6	53.6	92	5	52.0	83	5	52.0	83
	13	6	73.8	91	6	73.8	91	5	71.5	74
	14	6	70.2	90	6	70.2	90	5	67.9	74
	15	6	59.1	91	6	59.1	91	5	57.0	78
	16	6	54.8	90	5	53.0	76	5	53.0	76
	17	6	64.0	87	6	64.0	87	5	61.2	71
和		102	987.1	1,518	96	978.5	1,453	83	948.0	1,254
品 種	(1) 林木 番号 No.	0 m 以上の 場合 ⁽²³⁾			2 m 以上の 場合 ⁽²⁴⁾			3 m 以上の 場合 ⁽²⁵⁾		
		測点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}m$	測点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}m$	測点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}m$
(20) ホ ン ス ギ (I)	1	7	63.8	97	6	62.1	84	6	62.1	84
	2	7	67.1	101	6	65.8	87	6	65.8	87
	3	7	51.4	100	6	49.8	89	6	49.8	89
	4	7	66.9	98	6	65.1	83	6	65.1	83
	5	7	69.2	101	7	69.2	101	6	67.2	91
	6	7	27.8	124	4	24.4	92	4	24.4	92
	7	7	34.6	103	6	33.6	91	5	31.5	78
	8	7	61.7	95	7	61.7	95	6	59.4	81
	9	7	40.0	91	6	39.0	80	5	36.8	68
	10	7	72.0	100	6	70.2	86	6	70.2	86
	11	7	47.1	101	6	46.1	90	5	43.6	76
和		11	77	601.6	66	587.0	978	61	575.9	915

(21)	タ19	7	47.1	101	6	45.8	90	5	43.1	75
	ア	24	43.5	106	5	40.7	87	5	40.7	87
	ヤ	25	40.8	104	5	38.7	86	5	38.7	86
	ス	29	42.4	100	6	41.3	90	5	39.0	79
	ギ	30	34.0	100	5	31.4	80	4	28.5	67
	モ	3	46.6	92	5	45.3	73	5	45.3	73
	メ	5	52.8	84	6	52.8	84	5	50.3	70
	ギ	6	63.0	85	6	63.0	85	5	60.2	68
	ギ	18	68.7	99	7	68.7	99	6	66.7	87
和	9	60	438.9	871	51	427.7	774	45	412.5	692
(22)	3	6	52.7	90	5	51.0	76	5	51.0	76
ホン	4	6	52.5	93	5	51.2	74	5	51.2	74
ス	5	6	29.3	93	4	27.3	77	3	24.4	58
ギ	6	6	36.1	93	5	35.1	83	4	32.8	65
	7	6	56.0	90	5	54.2	70	5	54.2	70
	12	6	49.2	83	6	49.2	83	5	46.9	69
(II)	14	6	43.1	89	5	41.5	77	5	41.5	77
和	7	42	318.9	631	35	309.5	540	32	302.0	489

表 6 スギ（品種）の樹高 X と定期成長量 Y をあらわすデータ
（林令 35 年における樹高 = 1 のとき）

Table 6. The following data were height (X) and periodic growth (Y) of Sugi (*Cryptomeria*) races. (in the case of tree height are 1 constant on the age is 35 years old)

1. 樹高 0 m 以上の場合 The data of tree height are over 0 m.

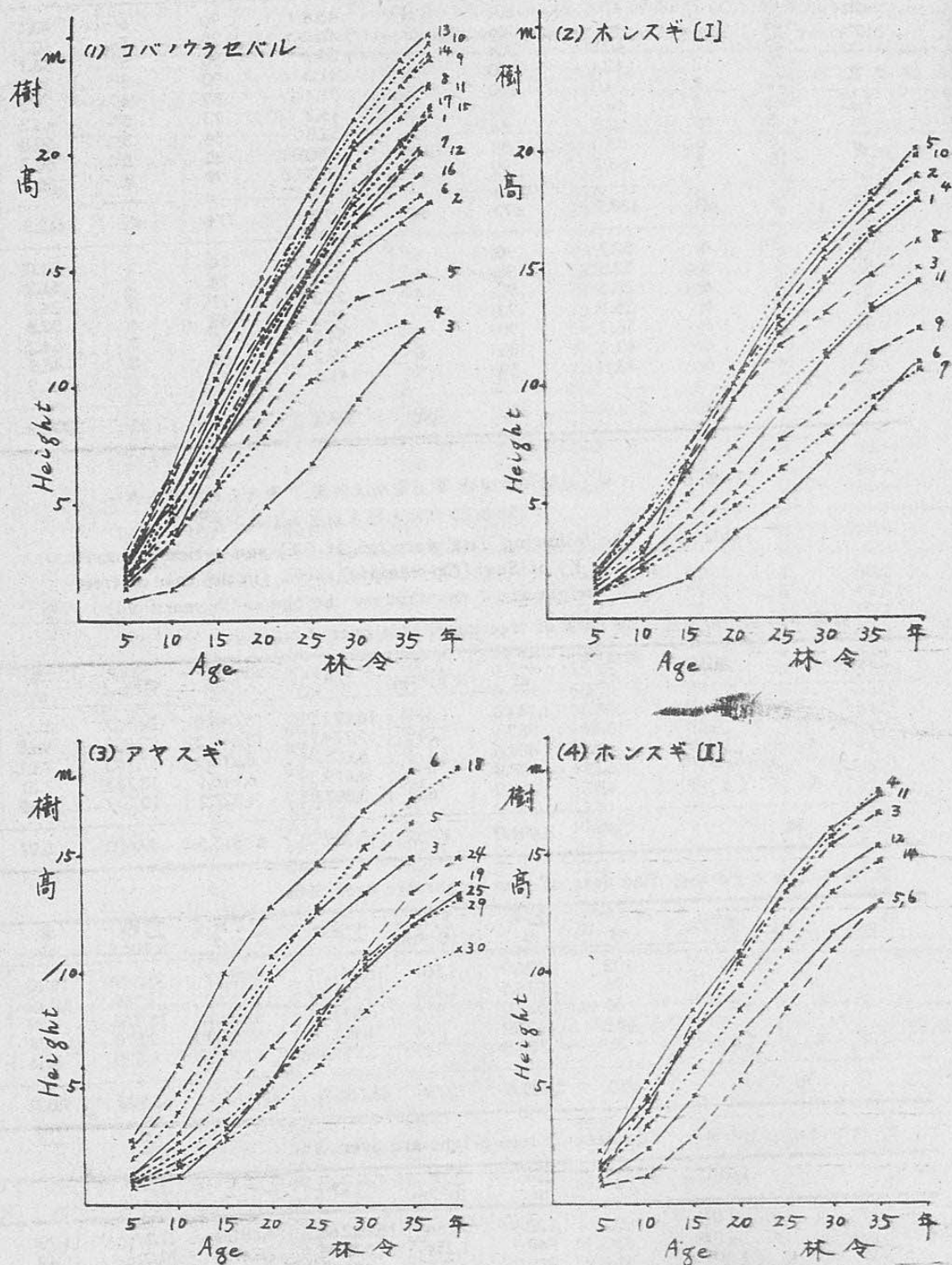
品	種 (17)	測点 (2)	ΣX	ΣY	ΣX^2	ΣXY	ΣY^2	$\bar{x}$	$\bar{y}$			
		(n)	m	$\times 10^{-2}m$		$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-4}$	m	$\times 10^{-2}m$			
ヤ	ブ	ク	グ	リ (18)	108	1,144.5	1,571	16,071.97	15,048.0	24,627	10.60	14.54
コ	バ	ウ	ラ	セ (19)	102	987.1	1,518	12,774.73	13,816.2	23,896	9.68	14.88
ホ	ン	ス	ギ	(I) (20)	77	601.6	1,111	6,605.04	8,278.0	17,183	7.81	14.43
ア	ヤ	ス	ギ	(21)	60	438.9	871	4,479.39	6,146.1	13,765	7.31	14.52
ホ	ン	ス	ギ	(II) (22)	42	318.9	631	3,307.95	4,527.2	10,199	7.59	15.02
和					389	3,491.0	5,702	43,239.08	47,815.5	89,670	8.97	14.66

2. 樹高 2 m 以上の場合 The data of tree height are over 2 m.

品	種 (17)	測点 ⁽²⁾ (n)	ΣX m	ΣY $\times 10^{-2}m$	ΣX^2	ΣXY $\times 10^{-2}$	ΣY^2 $\times 10^{-4}$	$\bar{x}$ m	$\bar{y}$ $\times 10^{-2}m$			
ヤ	ブ	ク	グ	リ (18)	102	1,136.9	1,501	16,061.81	14,952.7	23,699	11.15	14.72
コ	バ	ウ	ラ	セ (19)	96	978.5	1,453	12,761.67	13,718.0	23,119	10.19	15.13
ホ	ン	ス	ギ	(I) (20)	66	587.0	978	6,584.04	8,088.1	15,376	8.89	14.81
ア	ヤ	ス	ギ	(21)	51	427.7	774	4,464.35	6,019.0	12,578	8.39	15.17
ホ	ン	ス	ギ	(II) (22)	35	309.5	540	3,294.49	4,395.5	8,820	8.84	15.43
和			350	3,439.6	5,256	43,166.36	47,173.3	83,592	9.83	15.02		

3. 樹高 3 m 以上の場合 The data of tree height are over 3 m.

品 種 (17)					測点 (2)	ΣX	ΣY	ΣX^2	ΣXY	ΣY^2	$\bar{x}$	$\bar{y}$
					(n)	m	$\times 10^{-2}m$		$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-4}$	m	$\times 10^{-2}m$
ヤ	ブ	ク	グ	リ (18)	95	1,120.4	1,386	16,022.66	14,681.0	21,796	11.79	14.58
コ	バ	ウ	ラ	セ (19)	83	948.0	1,254	12,833.96	13,249.5	20,016	11.42	15.10
ホ	ン	ス	ギ	(I) (20)	61	575.9	915	6,559.25	7,947.2	14,571	9.44	15.00
ア	ヤ	ス	ギ	(21)	45	412.5	692	4,425.27	5,808.9	11,434	9.17	15.38
ホ	ン	ス	ギ	(II) (22)	32	302.0	489	3,275.50	4,266.8	7,939	9.44	15.28
和					316	3,358.8	4,736	43,116.64	45,953.4	75,756	10.63	14.99



第4図 林令による樹高成長曲線

Fig. 4. Growth curves of tree height by age.

(1) Kobanourasebaru (2) Honsugi (I) (3) Ayasugi (4) Honsugi (II)

表 7 スギ（品種）の樹高 X に対する定期成長量 Y の回帰と相関のデータ
(林令 35 年における樹高 = 1 のとき)

Table 7. The following data were regression of periodic growth (Y) on the height (X) of Sugi (*Cryptomeria*) races. (in the case of tree height are 1 constant on the age is 35 years old)

1. 樹高 0 m 以上の場合 The data of tree height are over 0 m.

品 種 ⁽¹⁷⁾	自由 度 ⁽³⁾ <i>d.f.</i>	平方和及び積和 ⁽⁴⁾			相 関 係数 ⁽²⁸⁾ (<i>r</i>)	回 帰 係数 ⁽⁵⁾ (<i>b</i>) ×10 ⁻²	推 定 の 誤 差 ⁽⁶⁾				
		$\sum x^2$	$\sum xy$ ×10 ⁻²	$\sum y^2$ ×10 ⁻⁴			$\sum d^2 y \cdot x$ ×10 ⁻⁴	<i>d.f.</i>	$s^2 y \cdot x$ ×10 ⁻⁴	$s\bar{y}$ ×10 ⁻²	sb ×10 ⁻²
ヤブクグリ ⁽¹⁸⁾	107	3,943.45	-1,600.23	1,774.77	-0.6048	-0.4057	1,125.41	106	10.62	0.313	0.0518
コバウラセ ⁽¹⁹⁾	101	3,222.12	-874.17	1,304.59	-0.4262	-0.2712	1,067.43	100	10.68	0.323	0.0575
ホンスギ(Ⅰ) ⁽²⁰⁾	76	1,904.75	-402.22	1,152.86	-0.2714	-0.2111	1,067.93	75	14.23	0.430	0.0864
アヤスギ ⁽²¹⁾	59	1,268.84	-225.26	1,120.99	-0.1888	-0.1775	1,081.00	58	18.63	0.557	0.1211
ホンスギ(Ⅱ) ⁽²²⁾	41	886.59	-263.89	718.98	-0.3299	-0.2976	640.44	40	16.01	0.617	0.1343
和	384	11,225.75	-3,365.77	6,073.19	-0.4076	-0.2998	4,984.28	379			

2. 樹高 2 m 以上の場合 The data of tree height are over 2 m.

品 種 ⁽¹⁷⁾	自由 度 ⁽³⁾ <i>d.f.</i>	平方和及び積和 ⁽⁴⁾			相 関 係数 ⁽²⁸⁾ (<i>r</i>)	回 帰 係数 ⁽⁵⁾ (<i>b</i>) ×10 ⁻²	推 定 の 誤 差 ⁽⁶⁾				
		Σ <i>x</i> ²	Σ <i>xy</i> ×10 ⁻²	Σ <i>y</i> ² ×10 ⁻⁴			Σ <i>d</i> ² <i>y</i> · <i>x</i> ×10 ⁻⁴	<i>d.f.</i>	<i>s</i> ² <i>y</i> · <i>x</i> ×10 ⁻⁴	<i>s</i> <i>y</i> ×10 ⁻²	<i>sb</i> ×10 ⁻²
ヤブクグリ ⁽¹⁸⁾	101	3,389.84	-1,777.56	1,610.76	-0.7606	-0.5243	678.65	100	6.79	0.258	0.0447
コバウラス ⁽¹⁹⁾	95	2,788.11	-1,092.00	1,117.24	-0.6185	-0.3916	689.55	94	7.35	0.276	0.0513
ホンスギ(I) ⁽²⁰⁾	65	1,363.30	- 610.17	883.82	-0.5558	-0.4475	610.74	64	9.54	0.380	0.0836
アヤスギ ⁽²¹⁾	50	878.05	- 471.97	831.42	-0.5523	-0.5378	577.73	49	11.79	0.480	0.1159
ホンスギ(Ⅱ) ⁽²²⁾	34	557.63	- 379.64	488.58	-0.7273	-0.6808	230.12	33	6.96	0.446	0.1117
和	345	8,976.93	-4,331.34	4,931.82	-0.6815	-0.4822	2,786.79	340			

3. 樹高 3 m 以上の場合 The data of tree height are over 3 m.

品 種 ⁽¹⁷⁾	自由 度 ⁽³⁾ <i>d.f.</i>	平方和及び積和 ⁽⁴⁾			相 関 係数 ⁽²⁸⁾ (<i>r</i>)	回 帰 係数 ⁽⁵⁾ (<i>b</i>) ×10 ⁻²	推 定 の 誤 差 ⁽⁶⁾				
		Σ <i>x</i> ²	Σ <i>xy</i> ×10 ⁻²	Σ <i>y</i> ² ×10 ⁻⁴			Σ <i>d</i> ² <i>y</i> · <i>x</i> ×10 ⁻⁴	<i>d.f.</i>	<i>s</i> ² <i>y</i> · <i>x</i> ×10 ⁻⁴	<i>s</i> <i>y</i> ×10 ⁻²	<i>sb</i> ×10 ⁻²
ヤブクグリ ⁽¹⁸⁾	94	2,809.02	-1,665.04	1,574.99	-0.7914	-0.5927	588.05	93	6.32	0.257	0.0474
コバウラセ ⁽¹⁹⁾	82	2,006.20	-1,073.29	1,070.03	-0.7325	-0.5349	495.84	81	6.23	0.263	0.0557
ホンスギ(Ⅰ) ⁽²⁰⁾	60	1,122.19	-691.30	846.00	-0.7094	-0.6160	420.15	59	7.12	0.341	0.0796
アヤスギ ⁽²¹⁾	44	644.02	-534.43	792.58	-0.7480	-0.8298	349.10	43	8.11	0.424	0.1122
ホンスギ(Ⅱ) ⁽²²⁾	31	425.38	-348.13	466.47	-0.7815	-0.8183	181.57	30	6.05	0.434	0.1192
和	311	7,006.81	-4,312.19	4,750.07	-0.7844	-0.6154	2,034.71	306			

4.2.2. 品種別回帰式の決定

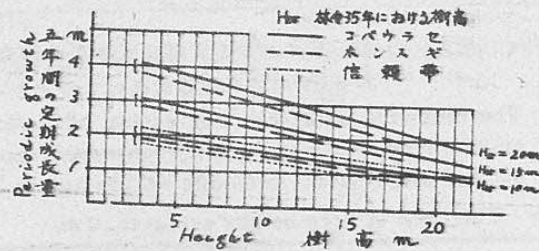
各品種の定期成長量 Y の修正平均値 $\bar{y}$ と回帰係数とを共分散分析により検定すると Table 8 のように、各品種の成長量修正平均値間には、全資料及び 2 m 以上の資料の場合は有意差は認められないが、3 m 以上の資料の場合は 5% の確率で有意差が認められ、各品種の定期成長量修正平均値は異なることがわかる。しかし、各品種の回帰係数には Table 9 の 3 つの回帰からの推定の誤差の分析により有意差は認められず、3 m 以上の資料の場合に組内回帰と組平均の回帰との

差に有意差が認められるので、3 m 以上の資料とそれ未満の資料とはその回帰式は異なることが解る。

即ち、樹高 3 m 以上の資料の場合、品種間にはその定期成長量に相違があるといえる。

4.2.3. 相関係数の均質性の検定

Table 7 によつて、樹高 X に対するその定期成長量 Y の相関性が品種及びその資料のとり方により異なることを述べたが、今、その相関係数の均質性を検定すると Table 10 のとおりで、樹高 0 m 以上の全資料及び 2 m 以上の資料の場合は χ^2 検定で著しく有意



第5図 スギ(品種)の樹高と成長量の関係
Fig. 5. Relation between pediodic growth and tree height of Sugi (*Cryptomeria*) races.

表 8 共分散分析及び修正組平均間の有意性の検定
Table 8. Analysis of covariance and test of adjusted means.

1. 樹高 0 m 以上の場合 The data of tree height are over 0 m.

変 動 因(7)	自由度(8)	平方和及び積和(4)			推定の誤差(6)		
		$\sum x^2$	$\sum xy$ $\times 10^{-2}$	$\sum y^2$ $\times 10^{-4}$	平方和(28) $\times 10^{-4}$	自由度(3)	平均平方(29) $\times 10^{-4}$
全品	体(9)	388	11,909.83	-3,355.91	6,089.53	5,143.92	387
折	種(17)	4	684.08	9.86	17.34	15.94	3
組	木(9)	57	1,750.58	214.96	428.06	401.67	56
内 個 体 (誤差)(10)		327	9,475.17	-3,580.73	5,644.13	4,290.95	326
誤 差 (個体+折解木)(27)		384	11,225.75	-3,365.77	6,072.19	5,063.05	383
修正平均値の有意性検定のために(11)					80.87	4	20.21

2. 樹高 2 m 以上の場合 The data of tree height are over 2 m.

変 動 因(7)	自由度(8)	平方和及び積和(4)			推定の誤差(6)		
		$\sum x^2$	$\sum xy$ $\times 10^{-2}$	$\sum y^2$ $\times 10^{-4}$	平方和(29) $\times 10^{-4}$	自由度(3)	平均平方(29) $\times 10^{-4}$
全品	体(8)	349	9,363.94	-4,479.66	4,661.90	2,518.86	348
折	種(17)	4	387.01	-148.32	-279.92	-336.76	3
組	木(9)	57	1,158.36	-387.44	727.16	597.58	56
内 個 体 (誤差)(10)		288	7,818.57	-3,943.90	4,214.66	2,225.25	287
誤 差 (個体+折解木)(27)		345	8,976.93	-4,331.34	4,941.82	2,851.97	344
修正平均値の有意性検定のために(11)					-333.11	4	-83.27

3. 樹高 3 m 以上の場合 The data of tree height are over 3 m.

変 動 因(7)	自由度(8)	平方和及び積和(4)			推定の誤差(6)		
		$\sum x^2$	$\sum xy$ $\times 10^{-2}$	$\sum y^2$ $\times 10^{-4}$	平方和(28) $\times 10^{-4}$	自由度(3)	平均平方(29) $\times 10^{-4}$
全品	体(9)	315	7,415.58	-4,386.08	4,775.95	2,181.73	314
折	種(17)	4	408.76	-73.89	25.88	12.53	3
組	木(9)	57	1,113.21	-380.03	771.71	581.98	56
内 個 体 (誤差)(10)		254	5,893.61	-3,932.16	3,978.36	1,294.87	253
誤 差 (個体+折解木)(27)		311	7,006.82	-4,312.19	4,750.07	2,096.23	310
修正平均値の有意性検定のために(11)					85.50	4	21.37*

表 9 群内平均回帰からの推定の誤差の分析及び3つの回帰からの推定の分析

Table 9. Analysis of deviations from mean regression and three regression

1. 樹高 0 m 以上の場合 The data of tree height are over 0 m.

変 動 因(7)	推 定 の 誤 差(8)		
	自 由 度(3)	平 方 和(28) ×10 ⁻⁴	平 均 平 方(28) ×10 ⁻⁴
組内平均(誤差)回帰からの偏差(12)	383	5,063.05	13.21
個々の組ごとの回帰からの偏差(13)	379	4,984.28	13.15
組ごとの回帰の間の差(14)	4	78.77	19.69
組内回帰と組平均の回帰との差(15)	3	15.94	5.31
全 体(9)	1	64.93	64.93**
	387	5,143.92	

2. 樹高 2 m 以上の場合 The data of tree height are over 2 m.

変 動 因(7)	推 定 の 誤 差(8)		
	自 由 度(3)	平 方 和(28) ×10 ⁻⁴	平 均 平 方(28) ×10 ⁻⁴
組内平均(誤差)回帰からの偏差(12)	344	2,851.97	8.29
個々の組ごとの回帰からの偏差(13)	340	2,786.79	8.19
組ごとの回帰の間の差(14)	4	65.18	16.29
組内回帰と組平均の回帰との差(15)	3	-336.76	-112.25
全 体(9)	1	3.65	3.65
	348	2,518.86	

3. 樹高 3 m 以上の場合 The data of tree height are over 3 m.

変 動 因(7)	推 定 の 誤 差(8)		
	自 由 度(3)	平 方 和(28) ×10 ⁻⁴	平 均 平 方(28) ×10 ⁻⁴
組内平均(誤差)回帰からの偏差(12)	310	2,096.23	6.76
個々の組ごとの回帰からの偏差(13)	306	2,034.71	6.64
組ごとの回帰の間の差(14)	4	61.52	15.38
組内回帰と組平均の回帰との差(15)	3	12.53	4.17
全 体(9)	1	62.97	62.97**
	314	2,181.73	

表 10 相関係数の均質性の検定

Table 10. Test of hypothesis of common correlation coefficient.

$$z = \frac{1}{2} [\log_e(1+r) - \log_e(1-r)]^{(16)}$$

1. 樹高 0 m 以上の場合 The data of tree height are over 0 m.

品 種(17)	No. = n	r	z	加重した z(30) (n-3)z	加重した 平 方(31) (n-3)z ²	補正した z(32)	n-3
ヤブクダリ(18)	108	-0.6048	0.701	73.605	51.597	0.699	105
コバウラセ(19)	102	-0.4262	0.455	45.045	20.495	0.453	99
ホンスギ(I)(20)	77	-0.2714	0.278	20.572	5.719	0.275	74
アヤスギ(21)	60	-0.1888	0.191	10.887	2.079	0.188	57
ホンスギ(II)(22)	42	-0.3299	0.343	13.377	4.588	0.338	39
和	389			163.486	84.478	162.490	374
平均の z=0.437				71.443		z=0.434	
平均の r=-0.4111					χ ² =13.035**	r=-0.4086	

2. 樹高 2 m 以上の場合 The data of tree height are over 2 m.

品 種 ⁽¹⁷⁾	No.= <i>n</i>	<i>r</i>	<i>z</i>	加重した $z^{(30)}$ $(n-3)z$	加重した 平方 ⁽³¹⁾ $(n-3)z^2$	補正した $z^{(32)}$	<i>n</i> -3
ヤブクグリ ⁽¹⁸⁾	102	-0.7606	1.098	108.702	119.354	1.095	99
コバウラセ ⁽¹⁹⁾	96	-0.6185	0.723	67.239	48.613	0.719	93
ホンスギ(I) ⁽²⁰⁾	66	-0.5558	0.627	39.501	24.767	0.622	63
アヤスギ ⁽²¹⁾	51	-0.5523	0.622	29.856	18.570	0.615	48
ホンスギ(II) ⁽²²⁾	35	-0.7273	0.923	29.536	27.261	0.913	32
和	350			274.834	238.565	273.194	335
平均の $z=0.820$				225.363	$z=0.815$		
平均の $r=-0.6751$				$\chi^2=13.102^{**}$	$r=-0.6723$		

3. 樹高 3 m 以上の場合 The data of tree height are over 3 m.

品 種 ⁽¹⁷⁾	No.= <i>n</i>	<i>r</i>	<i>z</i>	加重した $z^{(30)}$ $(n-3)z$	加重した 平方 ⁽³¹⁾ $(n-3)z^2$	補正した $z^{(32)}$	<i>n</i> -3
ヤブクグリ ⁽¹⁸⁾	95	-0.7914	1.075	98.900	106.317	1.071	92
コバウラセ ⁽¹⁹⁾	83	-0.7325	0.934	74.720	69.788	0.929	80
ホンスギ(I) ⁽²⁰⁾	61	-0.7094	0.886	51.388	45.529	0.880	58
アヤスギ ⁽²¹⁾	45	-0.7480	0.968	40.656	39.355	0.959	42
ホンスギ(II) ⁽²²⁾	32	-0.7815	1.049	30.421	31.911	1.037	29
和	316			296.085	292.900	294.243	301
平均の $z=0.984$				291.347	$z=0.978$		
平均の $r=-0.7548$				$\chi^2=1.553$	$r=-0.7522$		

であり、同質とはいえず、3 m 以上の資料の場合にのみ同質といえる。

4.2.4. 各品種の修正組平均定期成長量の検定

以上により、樹高 X に対するその定期成長量 Y の回帰は、樹高 3 m 以上の資料の場合が最もよく適合することがわかったが、各品種の修正組平均定期成長量

間には有意差があるので、その各修正組平均定期成長量を算出すると Table 11 のとおりである。

今、各品種間の修正組平均定期成長量の差を決定すると、⁴⁾¹⁰⁾コバノウラセバル及びヤブクグリとホンスギ及びアヤスギとの間には著しい有意差が認められ、成長差のあることが判明したが、コバノウラセバルとヤブクグリの間及びホンスギとアヤスギの間には有意差

表 11 スギ(品種)樹高の組平均定期成長量の修正値
(林令 35 年における樹高=1 のとき)

Table 11. Adjusted means of periodic growth of tree height Sugi (Cryptomeria) racis. (in the case of tree height are 1 constant on the age is 35 years old)

3 m 以上の場合 The data of tree height are over 3 m.

$$\bar{x}=10.63 \text{ m} \quad b=-0.6154 \times 10^{-2} \quad \bar{y}=14.99 \times 10^{-2} \text{ m}$$

品 種 ⁽¹⁷⁾	樹高範囲 ⁽³³⁾		平均 樹高 ⁽³⁶⁾ <i>X</i> m	全体の平均 からの 偏差 ⁽³⁷⁾ <i>x</i> m	積 ⁽³⁸⁾ <i>bx</i> $\times 10^{-2} \text{ m}$	平均 定期成 長量 ⁽³⁹⁾ <i>Y</i> $\times 10^{-2} \text{ m}$	平均定期 成長量の 修正値 ⁽⁴⁰⁾ <i>Y-bx</i> $\times 10^{-2} \text{ m}$	定期成長量の範囲 (計算値) ⁽⁴¹⁾	
	最小 ⁽³⁴⁾ m	最大 ⁽³⁵⁾ m						最大 ⁽³⁴⁾ $\times 10^{-2} \text{ m}$	最小 ⁽³⁵⁾ $\times 10^{-2} \text{ m}$
ヤブクグリ ⁽¹⁸⁾	3.0	23.3	11.79	1.16	-0.71	14.58	15.29	19.99	7.48
コバウラセ ⁽¹⁹⁾	3.3	21.3	11.42	0.79	-0.49	15.10	15.59	20.10	9.02
ホンスギ(I) ⁽²⁰⁾	3.0	18.1	9.44	-1.19	-0.73	15.00	14.27	18.96	9.67
アヤスギ ⁽²¹⁾	3.0	17.3	9.17	-1.46	-0.90	15.38	14.48	19.18	10.38
ホンスギ(II) ⁽²²⁾	3.3	16.0	9.44	-1.19	-0.73	15.28	14.55	19.06	11.24

は認められなかつた。

4.2.5. スギ品種の樹高とその定期成長量との関係式の決定

以上により、樹高 X に対するその成長量の関係式は、3m以上の資料について最も相関が高く、これら4品種の場合次の2つの関係式の間にある。

$$G_{H-K} = [15.10 \times 10^{-2} - 0.6154 \times 10^{-2}(X - 11.42)] \times H_{35-K}$$

ホンスギの樹高定期成長量 G_{H-H} は

$$G_{H-H} = [15.00 \times 10^{-2} - 0.6154 \times 10^{-2}(X - 9.44)] \times H_{35-H}$$

但し、 H_{35-K} 、 H_{35-H} はコバノウラセバル及びホンスギの林令35年における樹高。

今、コバノウラセバル及びホンスギの林令35年における樹高 $H_{35}=1$ のときの樹高 X に対するその成長量 G_{H-K-1} 及び G_{H-H-1} の計算値と信頼帯を示すと Table 12 のとおりで、林令35年における樹高 $H_{35}=10, 15$ 及び $20m$ のときの樹高定期成長量を示すと Fig. 5 のとおりである。

表 12 スギ（品種）の樹高 X に対する定期成長量 $\dot{Y}$ の計算表
(林令35年における樹高=1のとき)

Table 12. Already reckoner of periodic growth ($\dot{Y}$) on tree height (X) of Sugi (*Cryptomeria*) races. (in the case of tree height are 1 constant on the age is 35 years old)

X	コバノウラセ(19)			ホンスギ(1)		
	$-b(X - \bar{X}_K) \times 10^{-2}m$	$\dot{Y}_{K-1} \times 10^{-2}m$	$t_{0.05} S_K \times 10^{-2}m$	$-b(X - \bar{X}_H) \times 10^{-2}m$	$\dot{Y}_{H-1} \times 10^{-2}m$	$t_{0.05} S_H \times 10^{-2}m$
3	+5.16	20.28	1.667	+3.96	18.96	1.634
4	4.57	19.67	1.649	3.35	18.35	1.620
5	3.95	19.05	1.633	2.73	17.73	1.601
6	3.34	18.44	1.620	2.12	17.12	1.600
7	2.72	17.82	1.609	1.50	16.50	1.593
8	2.10	17.20	1.601	0.89	15.89	1.588
9	1.49	16.59	1.593	0.27	15.27	1.586
10	0.87	15.97	1.588	-0.34	14.66	1.586
11	0.26	15.36	1.586	-0.96	14.04	1.589
12	-0.36	14.74	1.586	-1.58	13.42	1.593
13	-0.97	14.13	1.589	-2.19	12.81	1.601
14	-1.59	13.51	1.593	-2.81	12.19	1.610
15	-2.20	12.90	1.601	-3.42	11.58	1.622
16	-2.82	12.28	1.610	-4.04	10.96	1.636
17	-3.43	11.67	1.622	-4.65	10.35	1.652
18	-4.05	11.05	1.636	-5.27	9.73	1.670
19	-4.66	10.44	1.652			
20	-5.28	9.82	1.670			
21	-5.90	9.20	1.690			
22	-6.51	8.59	1.712			

要 約

1. 昭和33年来、福岡県下八女郡内において、スギ（品種）林分の調査を行ない、樹幹析解により樹高の定期成長量の予測と品種によるよの成長差を検討した。
2. 樹高 X に対するその定期成長量の関係には、地位によつて成長差があつた。
3. 地位を一定にして、樹高 X に対するその定期成長

量 Y の関係を求めるために、林令35年における樹高 H_{35} で定期成長量を除したが、共分散分析の結果、このことに対する危険性は認められなかつた。

4. 地位を一定にした場合、樹高 X とその定期成長量 Y との間には、次の一次回帰式が成り立つた。即ち

$$Y = a + bX \\ = \bar{y} + b(X - \bar{x})$$

但し、 a は 常 数
 b は 回 帰 係 数

$\bar{x}$ は X の平均値

$\bar{y}$ は Y の平均値

$\hat{Y}$ は回帰からの Y の推定値

5. 上記の回帰式には、樹高 3 m 以上の資料の場合が最も相関が高かった。
6. 樹高 X に対するその成長量 Y の回帰式は各品種の修正平均値間に有意差があり、回帰係数間には有意差は認められなかった。
7. 即ち、コバノウラセバル及びヤブクグリとホンスギ及びアヤスギとの間には明らかに有意差が認められ、コバノウラセバルとヤブクグリとの間及びホンスギとアヤスギとの間には有意差は認められなかった。
8. 各品種の樹高 X に対する定期成長量は次に示す 2 つの関係式の間にある。

コバノウラセバルの樹高定期成長量

$$G_{H-K} = \{15.10 \times 10^{-2} - 0.6154 \times 10^{-2}(X - 11.42)\} \times H_{35-K}$$

ホンスギの樹高定期成長量

$$G_{H-H} = \{15.00 \times 10^{-2} - 0.6154 \times 10^{-2}(X - 9.44)\} \times H_{35-H}$$

但し、 $H_{35-K} \cdot H_{35-H}$ はコバノウラセバルとホンスギの林令 35 年における樹高。

参考文献

- 1) 木梨謙吉：推計学をもとにした測樹学，(1954) 朝倉書店。
- 2) 木梨謙吉：福岡スギの林分現実材積並びに成長予測表の調製とその検討，(1956) 林野庁。
- 3) 木梨謙吉：重回帰による福岡県スギ林分収穫表蓄積度と正常収穫表蓄積度比較，第 69 回日林講 (195

9)：

- 4) 近藤正巳：林業技術のための推計学入門，(1959) 養賢堂。
- 5) 近藤正巳：判別函数による生長予測の研究(予報) 日林誌，43，1，(1961)。
- 6) 嶺 一三：測樹，(1951) 朝倉書店。
- 7) 長浜三千治：本数密度とスギ(品種)の成長に関する研究(1)，福岡林試時報，15，(1962)。
- 8) 西沢正久：林分成長量の直接予測法 [I]，日林誌，37，9，(1955)。
- 9) 西沢正久ほか 2 名：林分成長量の直接予測法 [II]，日林誌，38，8，(1956)。
- 10) 西沢正久ほか 1 名：林分成長量の直接予測法 [III]，日林誌，39，6，(1957)。
- 11) 西沢正久：森林測定法，(1959) 地球出版。
- 12) 西沢正久：林分成長量の推定および予測方法に関する研究，林誌報，129，(1961)。
- 13) 西沢正久ほか 2 名：林分解析に関する研究 (I)，林誌報，141，(1962)。
- 14) 林野庁・林業試験場：収穫表調製に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製(嶺一三調製)，収穫表調製業務資料，12，(1955)。
- 15) 坂口勝美：間伐の本質に関する研究，林誌報，131，(1961)。
- 16) Snedecor, G. W. (畑村など訳)：統計的方法，(1957) 岩波書店。
- 17) 只木良也ほか 1 名：林木の競争に関する研究 [III]，日林誌，44，5，(1962)。
- 18) 高瀬五郎：生長差による直径成長の予測について，日林誌，42，6，(1960)。
- 19) 竹下敬司ほか 3 名：微地形及び土壌とスギ(品種)の生長に関する森林立地学的研究 [I]，福岡林試時報，12，(1960)。
- 20) 竹下敬司ほか 3 名：スギ品種の環境調査報告書，福岡林試業務報告，(1960)。

Resume

The writer reports in this paper a result of studies, done by prediction of 5 years periodic growth of height and investigation of different growth by races with stem analysis of Sugi (*Cryptomeria*), from 1958 up to now.

The study area belongs in the Yame-gun Fukuoka prefecture.

On the relations of 5 years periodic growth to height, different growth were recognized by a site.

It was not recognized danger that divided 5 years periodic growth by height (on the age is 35 years old) for request relation between 5 years periodic growth and height in the case of site is constant.

In the case of site is constant, linear regression relationship between 5 years periodic growth (Y) and height (X) were reeegnized. It is shown as follow.

$$\hat{Y} = a + bX$$

$$= \bar{y} + b(X - \bar{x})$$

where; a = regression constant

b = regression coefficient

$\bar{x}$ = sample mean of X

$\bar{y}$ = sample mean of Y

$\hat{Y}$ = Value of Y estimated from regression

This regression equation signifies higher correlation on the case of that the data of height are 3 m. and over than on all data.

On the regression equation between 5 years periodic growth (Y) and height (X), there were significant difference in the adjusted mean of 5 years periodic growth among each races but were not recognized on the regression coefficient.

Therefore, clear difference of growth were recognized between Kobanourasebaru, Yabukuguri and Honsugi. Ayasugi, but were not recognized between Kobanourasebaru and Yabukuguri and between Honsugi and Ayasugi.

Relative function, between 5 years periodic growth and height of each races, exist on next function. It is shown as follow

Kobanourasebaru

$$G_{H,K} = (15.10 \times 10^{-2} - 0.6154 \times 10^{-2}(X - 11.42)) \times H_{35,K}$$

Honsugi

$$G_{H,H} = (15.00 \times 10^{-2} - 0.6154 \times 10^{-2}(X - 9.44)) \times H_{35,H}$$

where; $G_{H,K}$, $G_{H,H}$ = 5 years periodic growth of height of Kobanourasebaru, and Honsugi

X = height of tree

$H_{35,K}$, $H_{35,H}$ = height of Kobanourasebaru and Honsugi in the case of the age are 35 years old.

微地形及び土壌とスギの生長に 関する森林立地学的研究 (II)

竹下 敬司・中島 康博

Edaphological Studies on the Micro-Topography
and Forest Soil and Their Relations to the
Growth of Sugi (*Cryptomeria*). (II)

Keiji Takeshita and Yasuhiro Nakashima

内 容

1. 概 説	61
2. 調査地概要	61
3. 調査及び分析方法	61
4. 微地形、堆積区分及び立地区分	63
5. 微地形と土壌の諸性質の関係	63
6. 斜面区別に見た林木の生長と土壌の諸性質との関係	80
7. 斜面区及び土壌堆積区分別にみた林木の生長と土壌の諸性質との関係	87
8. 微地形因子と林木の生長との関係及び結論	101
引用文献	104
Summary	104

1. 概 説

第1報¹⁴⁾に引き続き、山岳斜面における微地形的要素と森林土壌の諸性質及びスギ林木の生長について検討を加えた。土壌の諸性質と林木生長の斜面上での分布がそれぞれ別の形で地形的に規制されていることが認められ、またその関係も既往の概念と可成り異なっている。スギ林木の生長と立地因子の関係において微地形的に計測された有効起伏量が最も密接な規制因子として認められ、これを更に堆積区分と土壌によつて修正した「起伏-土壌指数」が非常に高い相関性を示すことが見出された。

なお、紙面の都合により各種の関係図において読図が容易と思われるものに対しては本文中の説明を省略し、その他の記述も要点だけにとどめ出来るだけ簡略化した。

本研究の実行にあたり、終始非常な御協力を頂いた同僚研究員長浜三治、樋口真一の2氏をはじめ、御

理解ある御援助を賜った青木義雄場長、橋本道夫庶務課長、また分析取纏めに際して御協力を願った合原日出子、一ノ瀬ひとみ、安達紀美子、宮川絹子の諸氏、その他場員の方々に対して深甚の謝意を表します。

2. 調査地概要

調査地は福岡県南部、矢部川の上流に位し、年降水量 2,500mm、年平均気温 14℃、33 年生のスギ(品種はヤブクグリ主体)人工林に覆われた面積 1.6ha、海拔 400~550m の山岳斜面である。基岩は絹雲母-石墨-緑泥等の破砕性の結晶片岩によつて構成されている。

3. 調査及び分析方法

(1) 地形分析

作業原図として 200 分の 1 の 1m 等高線図 (Fig. 1) を作成し、次の地形分析を行なった。

○ 斜面形の区分。斜面の垂直水平両断面における凹凸分布を案分し、凹形要素の多いものを谷形斜面、凸形要素の多いものを尾根型斜面として区分した。

○ 傾斜角分布。等高線間隔の計測により傾斜角分布を求めた (第1報参照)。

○ 有効起伏量¹⁵⁾(m)。目的とする点とその周囲 100m 以内 (水平距離) にある最高点との高度差を計測し、有効起伏量とした。

○ 流域域 (m²)。ある地点 1m² に対する表面的な集水面積を計測し、これをその点の流域域とした。

(2) 土壌断面における調査事項と試料の採取

1.6ha の調査地に大略 10m 間隔で無作為に 138 コ

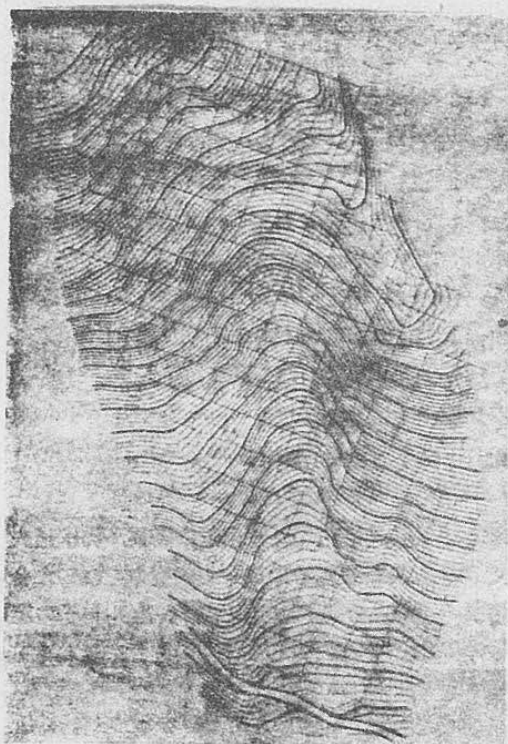


Fig. 1. 等高線地形図及び区画図
(方眼単位は10 m, 1 m等高線)

Topographical contour map on the
experimental area. (order of contour:
1 m, unit of section: 10 m×10 m)

の土壤試坑を設定して次の調査を行ない (Fig. 2), 併せて表層 (深さ5~10cm), 下層 (深さ50~55cm) の2点から試料の採取を行なった。

堆積様式, 土壤型 (大政方式¹¹⁾), A, B層の厚さ, 断面上での礫量 (肉眼による), 土壤硬度 (山中式硬度計により10cm深毎に測定)。

(3) 土壤の物理性の分析

器械分析 (礫, 粗砂, 細砂, 微砂, 粘土, 土性), 比重, 容量分析 (孔隙量, 最大容水量, 最小容気量, 採時含水量) 等……以上は常法による。透水速度 (4cm×100cm² の採土円筒により自然状態の土壤の透水速度を直下方式⁹⁾ によつて測定した)。

(4) 算定による土壤の物理性要素

- A層の厚さ/(微砂+粘土) 含量 比
- 粘土/(微砂+砂) 含量 比
- L/W 比=最小容気量/最大容水量
- 飽水度; 採時含水量/最大容水量
- 透水指数⁹⁾; $\sum_{a=0}^{a=50}$ (透水速度)

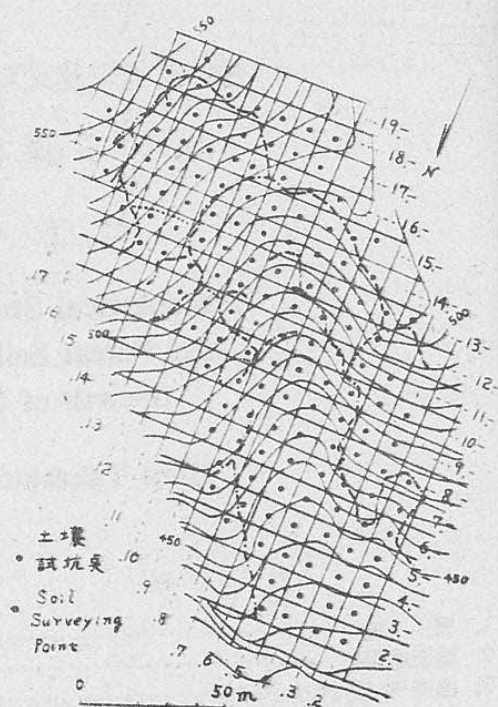


Fig. 2. 区劃及び土壤試坑点の位置
Sampling division and location of soil
surveying points.

但し d は深さ cm.

(5) 土壤の化学性の分析

pH, 置換酸度……常法による。

置換容量……遠心分離, EDTA 法による。³⁾

置換性 Ca, Mg, 水溶性 Ca, Mg……EDTA 法による。³⁾¹⁶⁾

置換性 K, Na, 水溶性 K, Na……蛍光光度計による。³⁾¹⁶⁾

有効態磷……0.03N H₄F可溶, 分光光度計による。³⁾

炭素……Tiurin 法による。¹¹⁾

窒素……Microkjeldal 法による。¹⁾

(6) 計算による土壤の化学性要素

全置換性塩基量 (ex. Ca+Mg+K+Na)

全水溶性塩基量 (水溶性Ca+Mg+K+Na)

置換性塩基飽和度

$3y_1/N$ 比; $3 \times$ 置換酸度/窒素含量

C-N比; 炭素含量/窒素含量

(7) 上記諸因子の大半は Table 1~3 にその値を記載している。

4. 微地形、堆積区分、立地小分区

(1) 微地形. 調査斜面は中央に凹型の谷型斜面を抱き、両翼に凸型の尾根型斜面を有する北西向きの斜面であるが、生成時期を異にする上中下三段の多輪廻

的構成を示しており、Fig. 3 に示すように都合7コの単位斜面区に区分される。なお、上下の単位斜面の間には凸型の傾斜変換線が介在して境界を形成しており、後述するように土壌の諸性質の分布構成を規制する重要な要因となつている。



Fig. 3. 斜面形区
Slope-type division.



Fig. 4. 土壌堆積様式
Distribution of types of deposits.

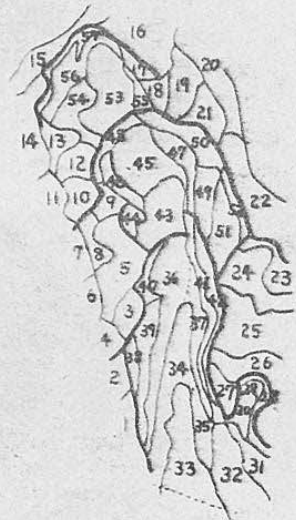


Fig. 5. 立地小分区
Stand division.

- (1) residual deposits (2) residual creeping dep. (3) creeping superficial dep.
(4) over steep colluvial dep. (5) steep colluvial dep. (6) moderately steep colluvial dep.
(7) mud-debris flow dep.

(2) 堆積区分. 調査地に分布する土壌の堆積様式は谷型斜面と尾根型斜面とで可成り趣きを異にしており、大略次のように示される。

谷型斜面では

- 土石流堆積土(押し出し) 10°~20°
中傾斜崩積土 20°~30°
急傾斜崩積土 30°~40°

過傾斜崩積度(40°以上)及び匍行土

尾根型斜面では

匍行土(古い崩積土を覆うものがある)

残積土

崩積土や土石流堆積土は傾斜角により容易に区分されるが、匍行土、残積土はこのような傾斜角による規制性に乏しく、一般には斜面の凹凸により、凸部に残積性土、凹部に堆積性の匍行土が分布する。

なお調査地における土壌堆積様式の分布は Fig. 4 に示す通りである。

(3) 立地小分区. 調査地は斜面形、堆積区分、土壌型、凹凸分布の状況により、これを57コの立地小分区に細区分している。第1報で述べたようにこれを立地の最小単位と考えたい (Fig. 5)。

5. 微地形要素及び土壌の諸性質の相互関係

Table 1 から得られた土壌の表層値、下層値、地形因子その他の相互関係図は次の通りである。

Fig. 6 (1), (2), (3), (4) は土壌の諸因子の分布図を示す。

Fig. 7 (1), (2), Fig. 8 (1), (2) はそれぞれ主として谷型斜面、主として尾根型斜面上における、土壌諸因子の縦断分布図を示す。なお谷型斜面の数値は流域の最も集中化する谷斜面の中心凹部に沿った巾10~20mのベルト内の資料によるものである。

Fig. 9~Fig. 11 は地形要素と土壌要素との相関関

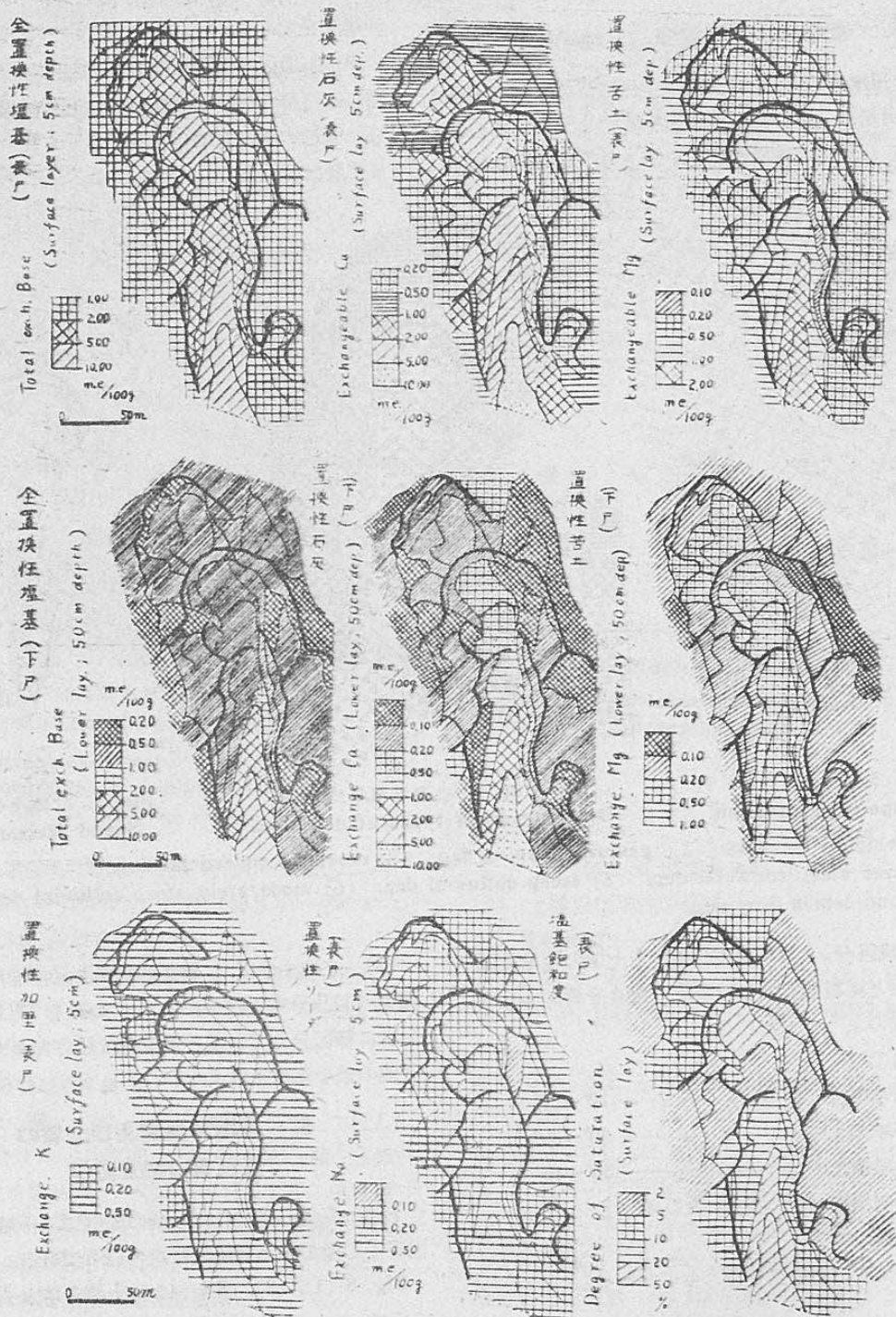


Fig. 6. (1) 表層(深さ5 cm)及び下層(深さ50 cm)の土壌因子数値の分布図
但し化学性のうち置換性塩基に関するもの

Distribution maps of soil-properties in surface layer (5cm depth)
and in lower layer (50cm depth).

—chemical values; concerning exchange. Bases—

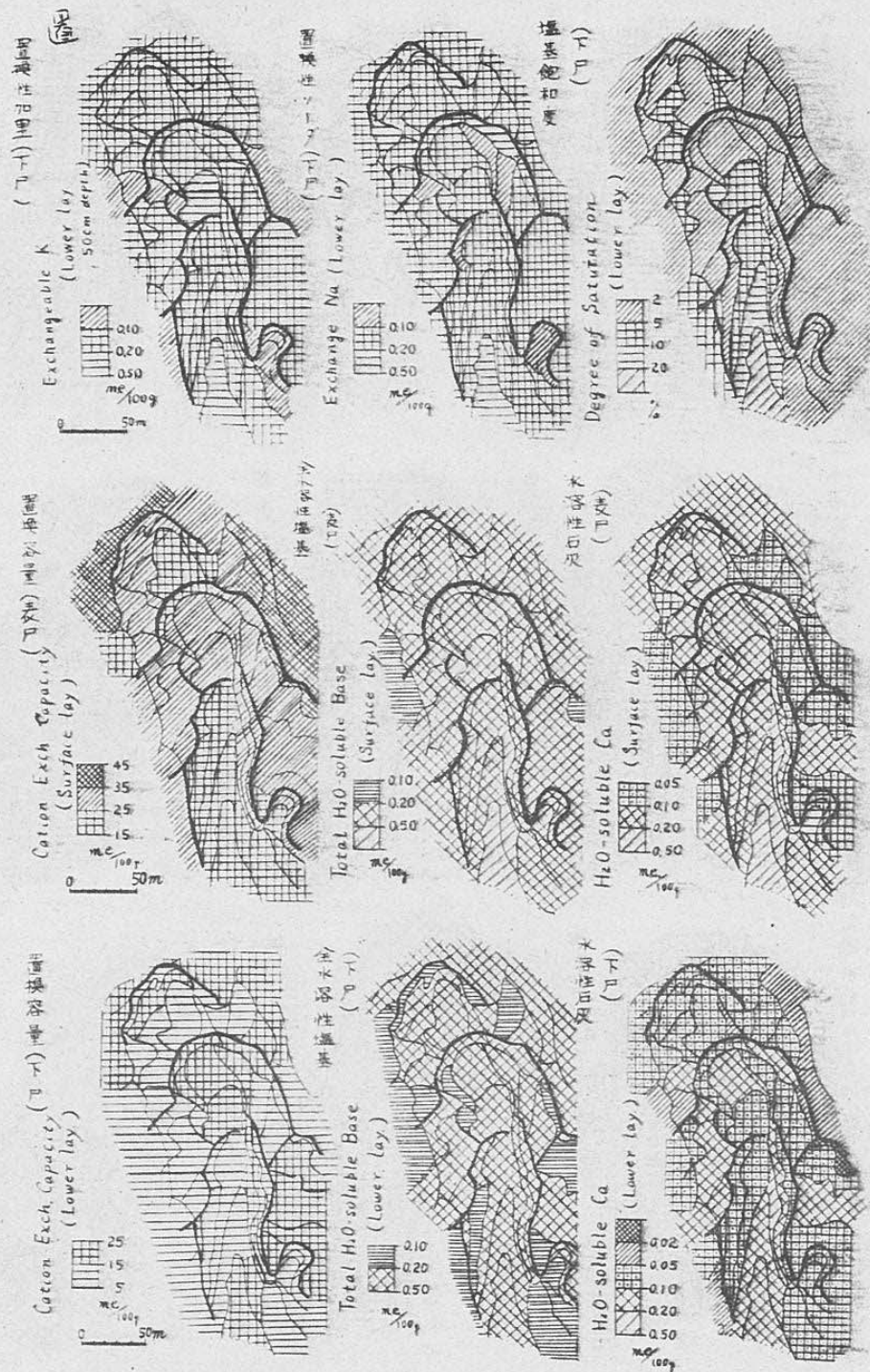


Fig. 6. (2) 表層(深さ5cm)及び下層(深さ50cm)の土壌因子数値の分布図
但し化学性のうち置換性塩基及び水溶性塩基に関するもの

Distribution maps of soil properties in surface layer (5cm depth)
and in lower layer (50cm depth).

—chemical values; concerning exch. Bases and H₂O-soluble Bases.—

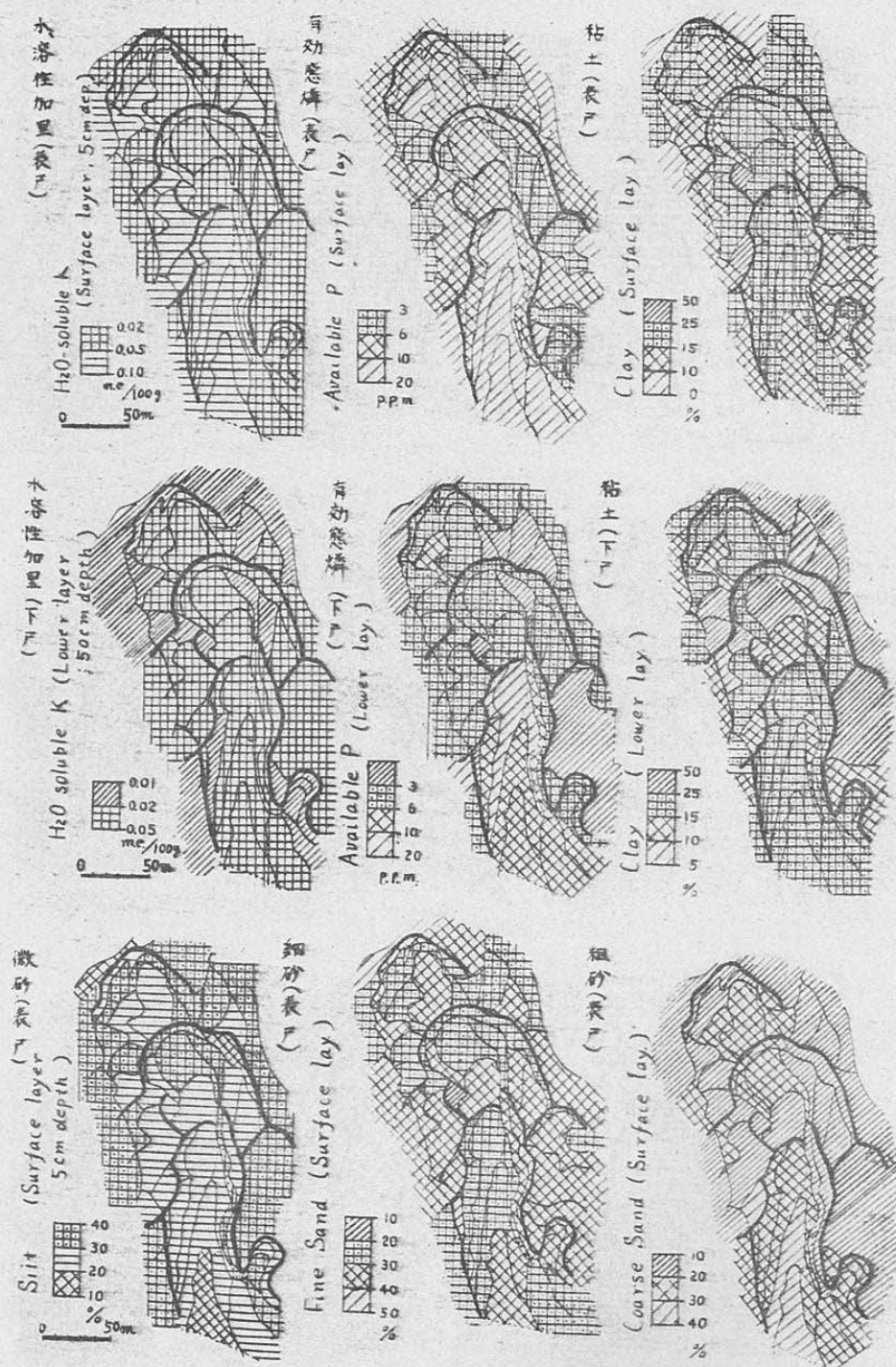


Fig. 6. (3) 表層(深さ5cm)及び下層(深さ50cm)の土壌因子数値の分布図
但し化学性; 水溶性塩基, 磷, 物理性; 機械的組成

Distribution maps of soil properties in surface layer (5cm depth)
and in lower layer (50cm depth).

—chemical values; H_2O -soluble Bases and phosphorus,
physical values; mechanical composition.—

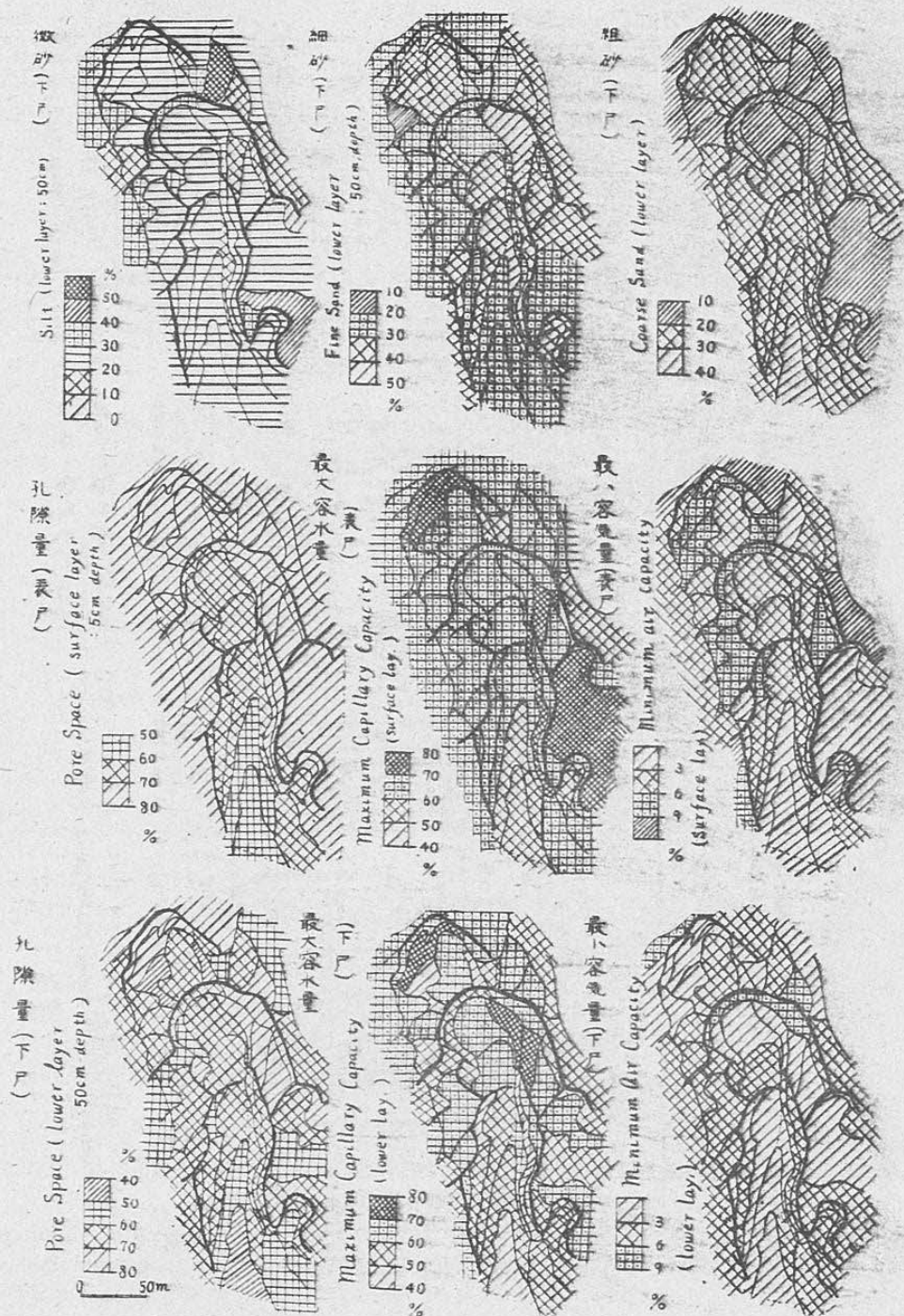


Fig. 6. (4) 表層(深さ5cm)及び下層(深さ50cm)の土壌因子数値の分布図
但し物理性; 機械的組成, 孔隙量, 含水量, 容気量

Distribution maps of soil-properties in surface layer (5cm depth)
and in lower layer (50cm depth).

—physical values; mechanical composition, porosity, capillary capacity and air capacity.—

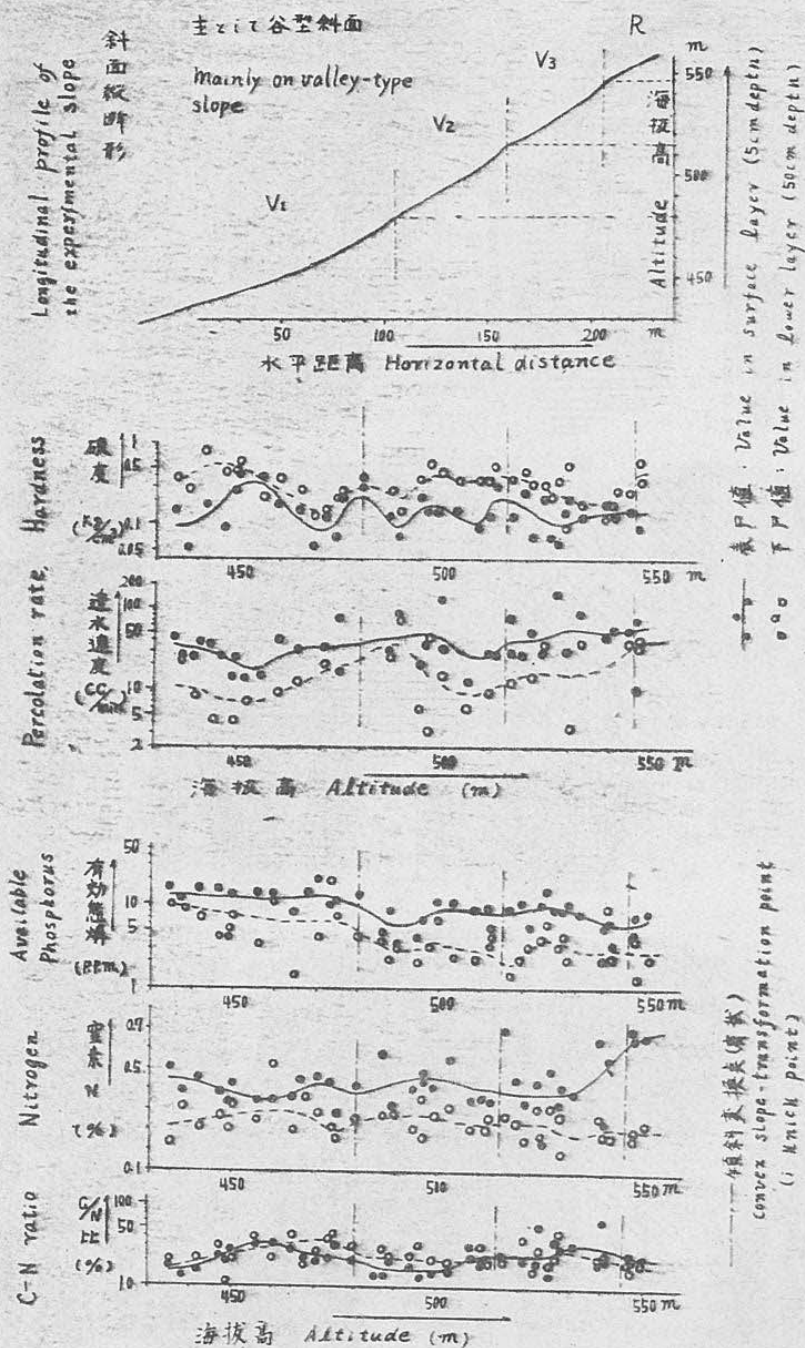


Fig. 7. (1) 斜面縦断面形上(主として谷型斜面)における土壌因子数値の分布状況
但し物理性; 硬度, 透水速度, 化学性; 有効性リン, 窒素, C/N比の表層値
(深さ5cm), 下層値(深さ50cm)を示す

Longitudinal distributions of soil-physical values (such as hardness, percolation rate) and of chemical values (such as available phosphorus, nitrogen, C-N ratio) on mainly valley-type slope, where individual points and curves show values in surface layer (5cm depth) and in lower lay. (50cm dep.).

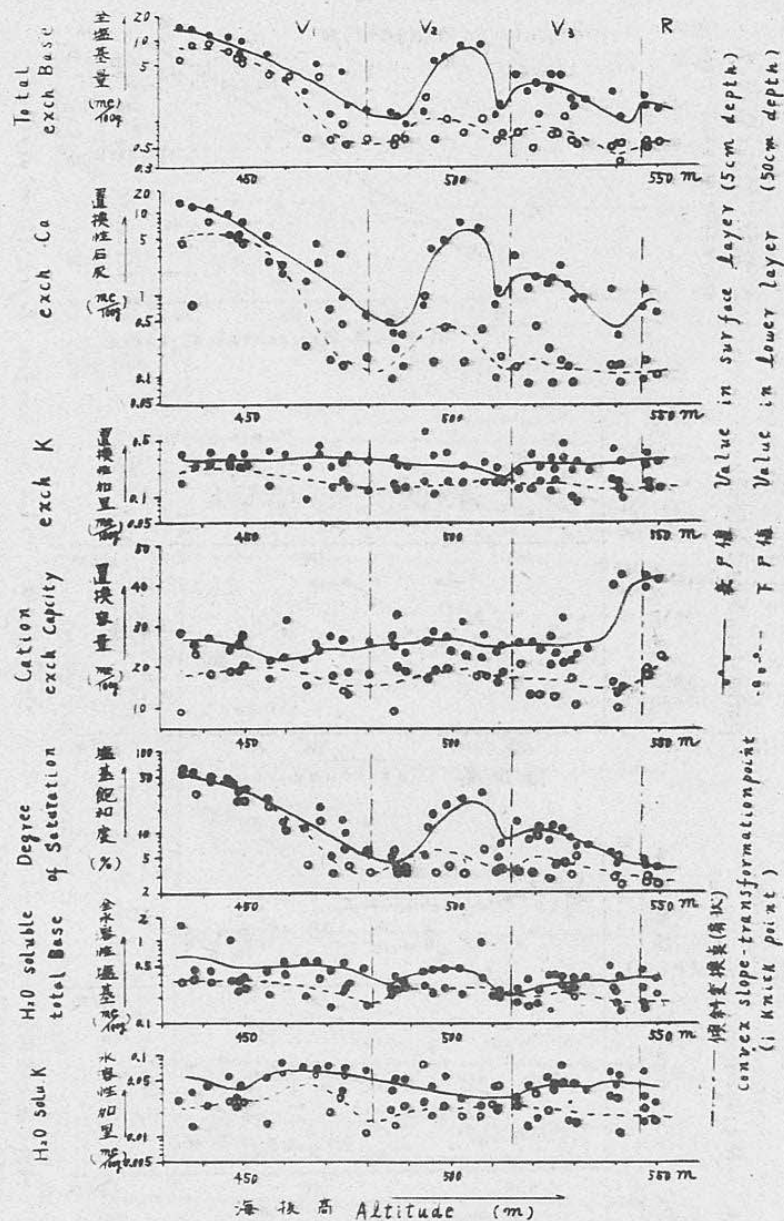
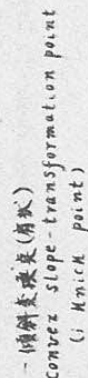


Fig. 7. (2) 斜面縦断形上(主として谷型斜面)における土壌中の塩基含量に関する数値の分布状況
但し表層値(深さ, 5 cm)下層値(深さ 50 cm)を示す

Longitudinal distributions of soil-chemical values of Bases on mainly valley-type slope, where individual points and curves show value in surface layer (5cm depth) and in lower layer (50cm depth).



Longitudinal distributions of soil physical values (such as hardness, percolation rate) and of chemical values (such as available P, nitrogen, C-N ratio) on mainly ridge-type slope, where individual points and curves show value in surface layer (5cm depth) and in lower layer (50cm dep.).

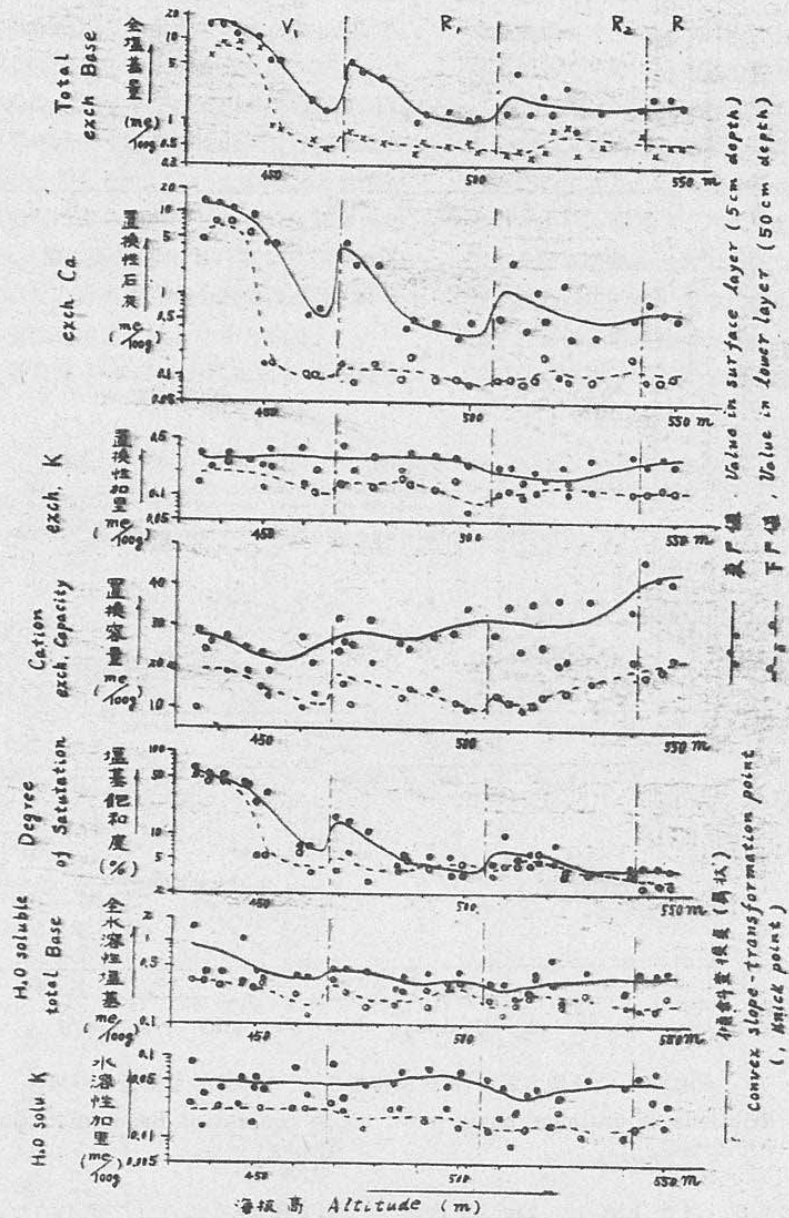


Fig. 8. (2) 斜面縦断形上(主として尾根型斜面)における土壌中の塩基含量に関する数値の分布状況
但し表層値(深さ 5 cm), 下層値(深さ 50 cm)を示す

Longitudinal distributions of soil-chemical values of Bases on mainly ridge-type slope, where in dividuial points and curves show value in surface layer (5cm depth) and in lower layer (50cm depth).

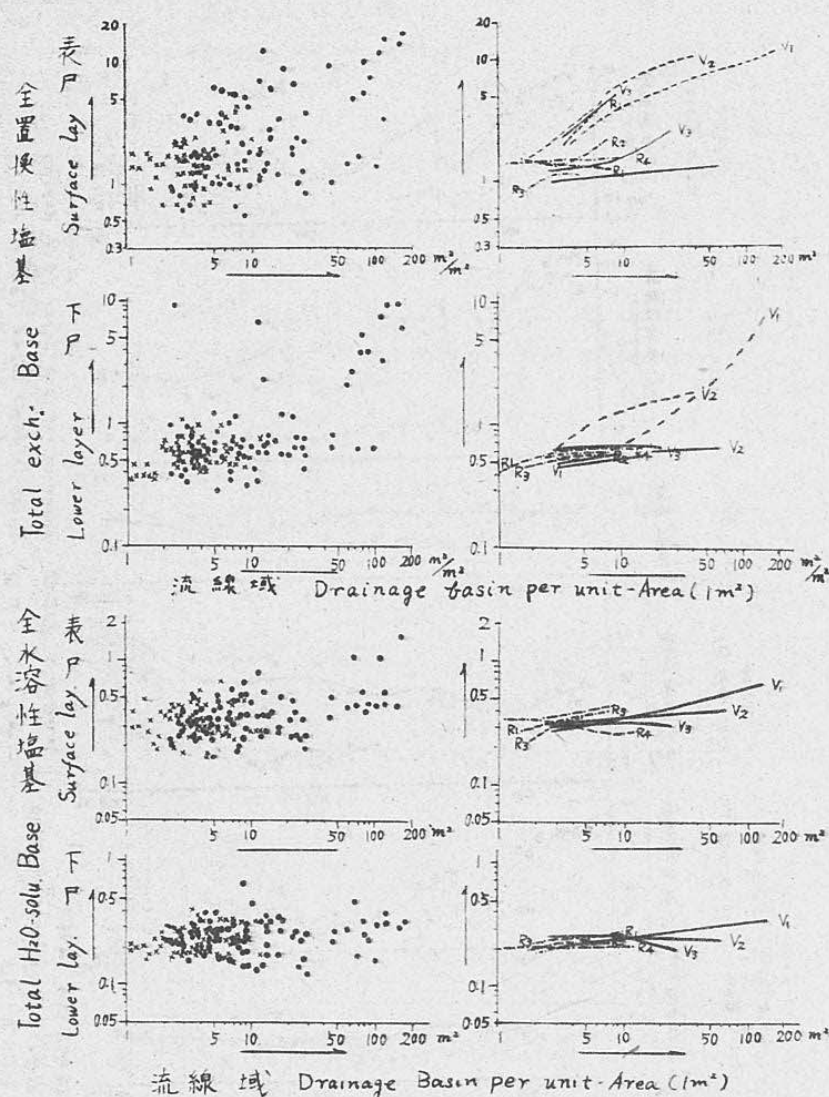


Fig. 9. 流線集水面積(単位面積当り)とその点の塩基含量の関係
Relations of drainage basin per 1 m² to content of Base on its point.

係を示したものであり、また Fig. 12~Fig. 15 は土壌の諸因間の相互関係を示している。

以上の関係図から得られた諸結果を列記すると大略次の通りである。

(1) 全置換性塩基量の分布は、谷型斜面に大きく、尾根型斜面に小さく、一見的には斜面を降るに従って次第に土壌中の含量が増加する傾向が認められる。しかしながら本調査地のような多輪廻的な地形構成を呈する斜面ではこのような斜面降下に伴う含量の増加傾向が傾斜変換点によつて中断され、全置換性塩基はこの地点で殆んど尾根筋と同じ程度まで含量を減じ、傾

斜変換点を境にして脈動的な縦断分布の変化をみせている。一般に斜面上のある地点において土壌中に含まれる置換性塩基の含量はその点に対する流線的な集水面積(流線域)とその点の上に広がる起伏(有効起伏量)の大小によつて性格づけられるものと考えられるのであるが、それらの間の相関図は決して単一曲線で示されるような正相関は示しておらず、巾広い分散を示している。即ち流線域、有効起伏量が十分に大きい谷型斜面の中心部でも、その点が傾斜変換点もしくはその周辺付近にある場合は矢張り尾根筋同様の小含量を示すことが認められる。

この種の分布変化は第1報で報告した置換酸度の分布と丁度反対の現象を呈するもので、この他に置換性塩基飽和度、置換性石灰、置換性マグネシウムが同様の分布状況を呈していることが認められた。

置換性石灰の場合、前記の分布変化が最も極端にあらわれている。Ca は他の塩基に比較して溶解による移動性が低いものと考えられ、このため流注と集積が近い距離で最も端的にあらわれ、しかも全置換性塩基の大部分を占め（特に高含量においてこの傾向が強い）ており、このため分布変化が全置換性塩基の場合等よりも極端な様相を示すものと考えられる。

これに対して置換性 Mg の分布変化はそれ程極端

でなく、その状況は全置換性塩基の分布よりも変化が少くなっている。

置換性カリとナトリウムの分布状況は仔細に検討すると斜面降下に伴う含量の増加や、傾斜変換凸点における脈動的低下が若干認められるが、その変動は著しく小さく、むしろ全体的には斜面の部位にかかわらず、どこでも殆んど一定の含量を示しているともいえそうである。即ち K, Na は溶解による可動性が Ca, Mg よりも遙かに大きく、従つて集積現象が Ca ほど強く現われていないのではないかと推察される。このような関係は置換性 K, Na と全置換性塩基との相互関係図から認められ、全置換性塩基量が 0.8me/100g

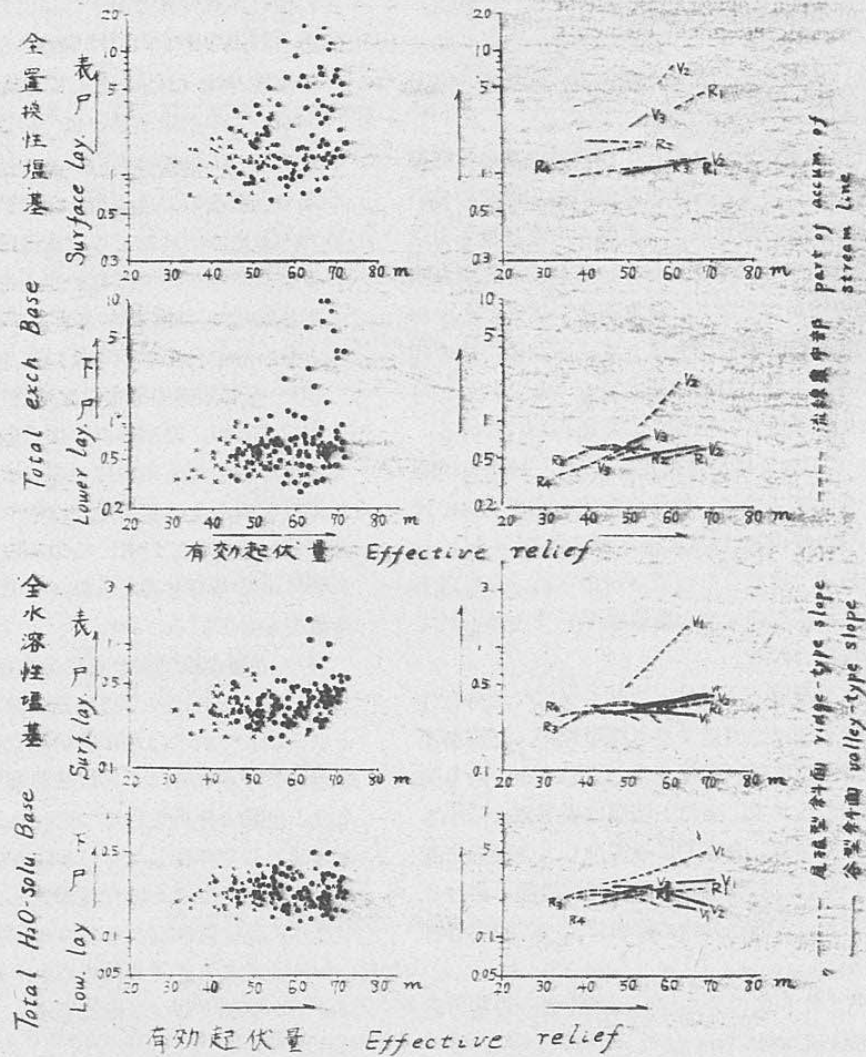


Fig. 10. 有効起伏量とその点の塩基含量との関係
Relation of effective relief to content of Base.

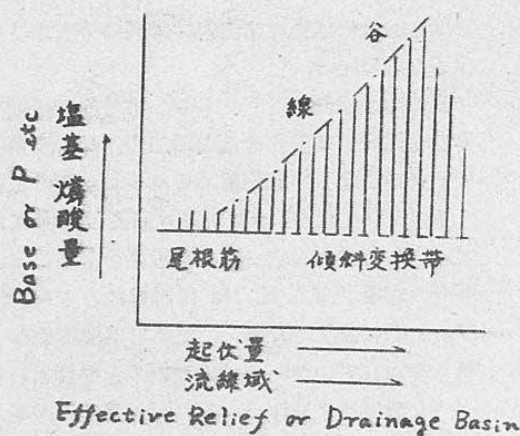


Fig. 11. 地形計測因子と無機成分の関係
Relation between topographic elements
and inorganic chemical elements.

以上の場合、置換性Kの含量が殆んど一定値をとることが認められる。

全置換性塩基量に対する個々の置換性塩基の相関図について検討してみると、全塩基量のある程度の値いまでは、全塩基量の増加につれて個々の塩基量も1以上の係数で増加する様相を示しているが、ある限界値を越すとその傾向がくづれ、全塩基量の増大にかかわらず個々の塩基量は余り増大化せず、所謂頭打ちの現象を呈して「く」の字型の相関曲線をみせており、可動性の大きい塩基程この傾向が強くあらわれている。即ちK、Naについては全置換性塩基量が0.8me/100g以上の値を示す場合は、最早増大化を示さず共に大略の0.1~0.3me/100g程度の一定値を保ち、Mgも2me/100g以上では頭打ち現象が認められ、それ以上では全置換性塩基量の大半が置換性Caで占められて行くことが推定される。

置換容量は表層値と下層値とでやや異なつた分布性向を示し、表層値は急斜面よりも緩斜面に、谷型斜面よりも尾根型斜面に高い様相を呈しているが、余り強い規則性は認められず、また下層値は表層値より小さな値を示しており、全体的にみて余り大きな分布変化を示していない。これらの現象は緩斜表層における火山灰の分布と、表層有機物の影響によつて説明されるようである。

置換性塩基の飽和度の分布状況は全置換性塩基の場合とは類似している。

(2) 水溶性の塩基は種類によつて若干その分布の性向を異にしているが、全体的にみて全置換性塩基量

に比して遙かに低濃度であり、地点による変化量も小さく、一口にいつて、その濃度は斜面の部位に関係なく殆んど一定であるともいえそうである。

このことは斜面上の分布図、縦断分布図、有効起伏・流域域との相関図から読みとることが出来、また置換性・水溶性塩基の相互的相関図から、全置換性塩基量がある程度(me/100g)以上の値を示すような林地では水溶性の塩基が全体としてはどこでもほぼ一定の値を示すことがうかがわれる。

個々の水溶性塩基の性向について検討してみると、水溶性CaはK、Naに比してはやや大きな分散を示しているが、置換性Caとの間には相関性はなく、その分布状況も置換性Caとは全く異なつた様相を呈している。大きな見方をすればどこでもある一定の範囲にある数値を示すのではないかと考えられる。

水溶性Mgは他に比して最も不規則な性向を呈しており、この点最も扱いにくい因子となつている。

水溶性Kは置換性Kとの間に可成り密接な関係が認められるのであるが、いづれにしてもその変域が小さく、全体的にはどこでもほぼ一定の狭い範囲内にある数値を示すのではないかと推定される。

水溶性Naは置換性Naに非常に近い濃度を示しており、その分布状況も互いに類似している。

(3) 有効態磷の分布は大略置換性Ca、Mgの場合に類似するが、斜面降下に伴う含量の増加、傾斜変換点による脈動低下の現象はそれよりも弱度であり、また尾根型斜面上の緩斜面ではやや不規則な分布(特に表層値)を示している。この不規則性は火山灰分布の影響によるものと考えられ、その地点では意外に高い含量を呈している。

(4) 表層土の窒素含量の分布は不規則な様相を示している。これは一つにはその分布特性としても受けとれるが、それとは別に分析時期によるやや失敗的な原因があげられる。これは試料採取後やや長時日を経た後、窒素の分析を行なつたため、自然状態では未分解腐植として存在したものが、貯蔵中に分解し、そのため自然状態ではその含量が乏しいと推定されるものが意外に高含量を示すといった現象が生じたのではないかと推定される。このためか、表層の窒素は尾根筋に多く、谷筋で却つて低値を示している傾向が認められる。

下層土の窒素含量は地形的部位にかかわらずほぼ一定の範囲内の値を示している。

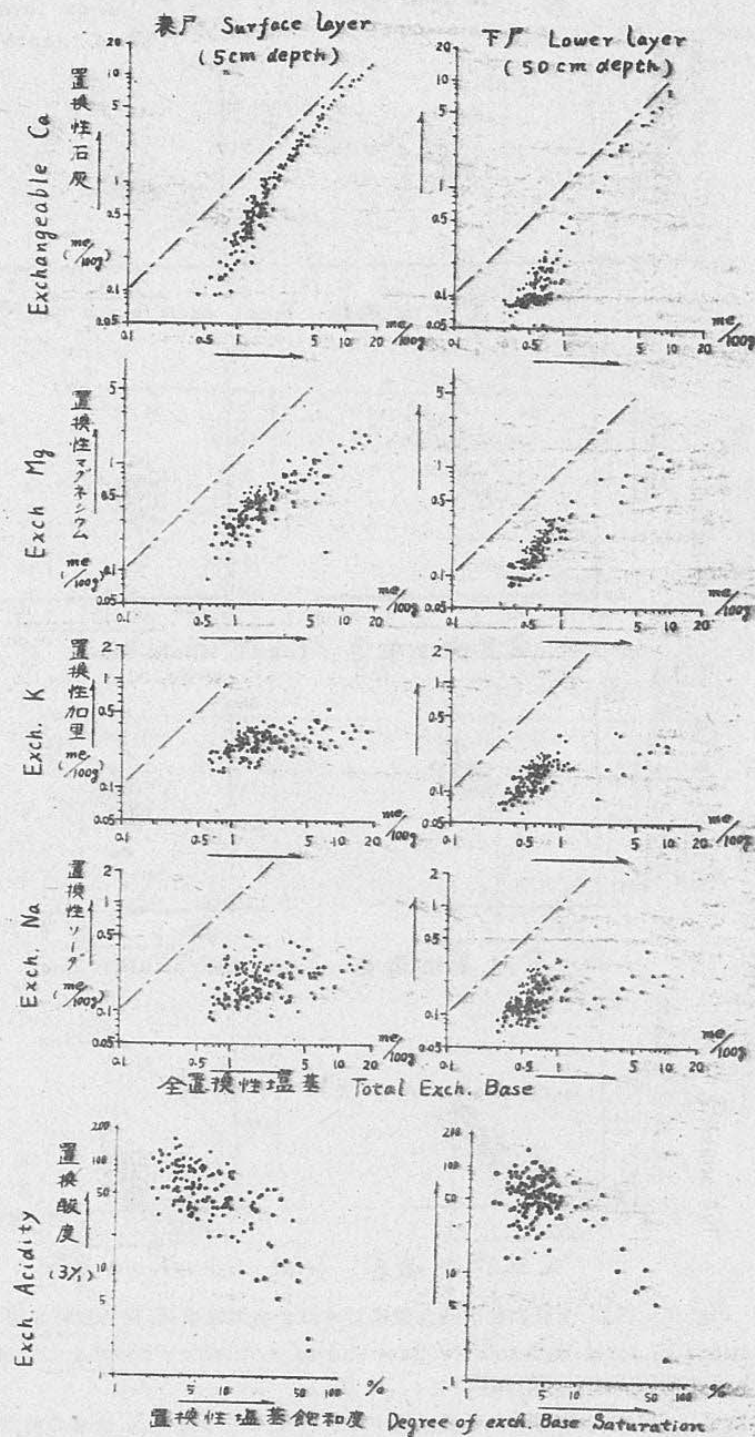


Fig. 12. 全置換性塩基含量と個々の置換性塩基含量 (Ca, Mg, K, Na) の関係及び
置換性塩基飽和度と置換酸度(3y₁)の関係

- (1) Relations between individual exchangeable Bases (Ca, Mg, K, Na) and total exch. Base.
- (2) Relations between exch. acidity (3y₁) to degree of exch. Base saturation.

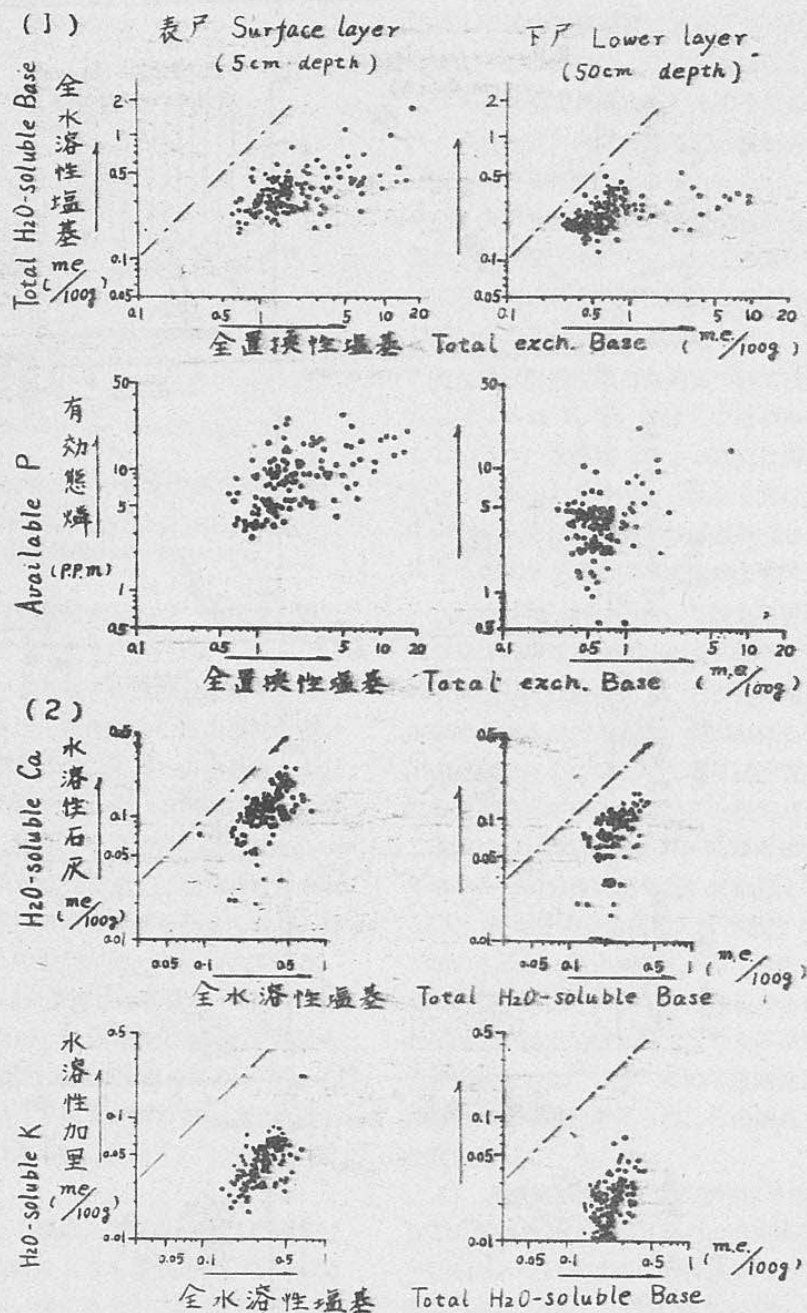


Fig. 13. (1) 全置換性塩基含量に対する全水溶性塩基, 有効態P含量の關係

(1) Relations of total H₂O-soluble Base and of available Phosphorus contents to total exchangeable Base contents.

(2) 全水溶性塩基含量に対する水溶性 Ca, 水溶性 K, 含量の關係
但し左表層(深さ5cm), 右下層(深さ50cm)の値

(2) Relations of H₂O-soluble Ca and of H₂O-sol. K contents to total H₂O-sol. Base contents. but left: surface layer (5cm depth), right: lower layer (50cm depth).

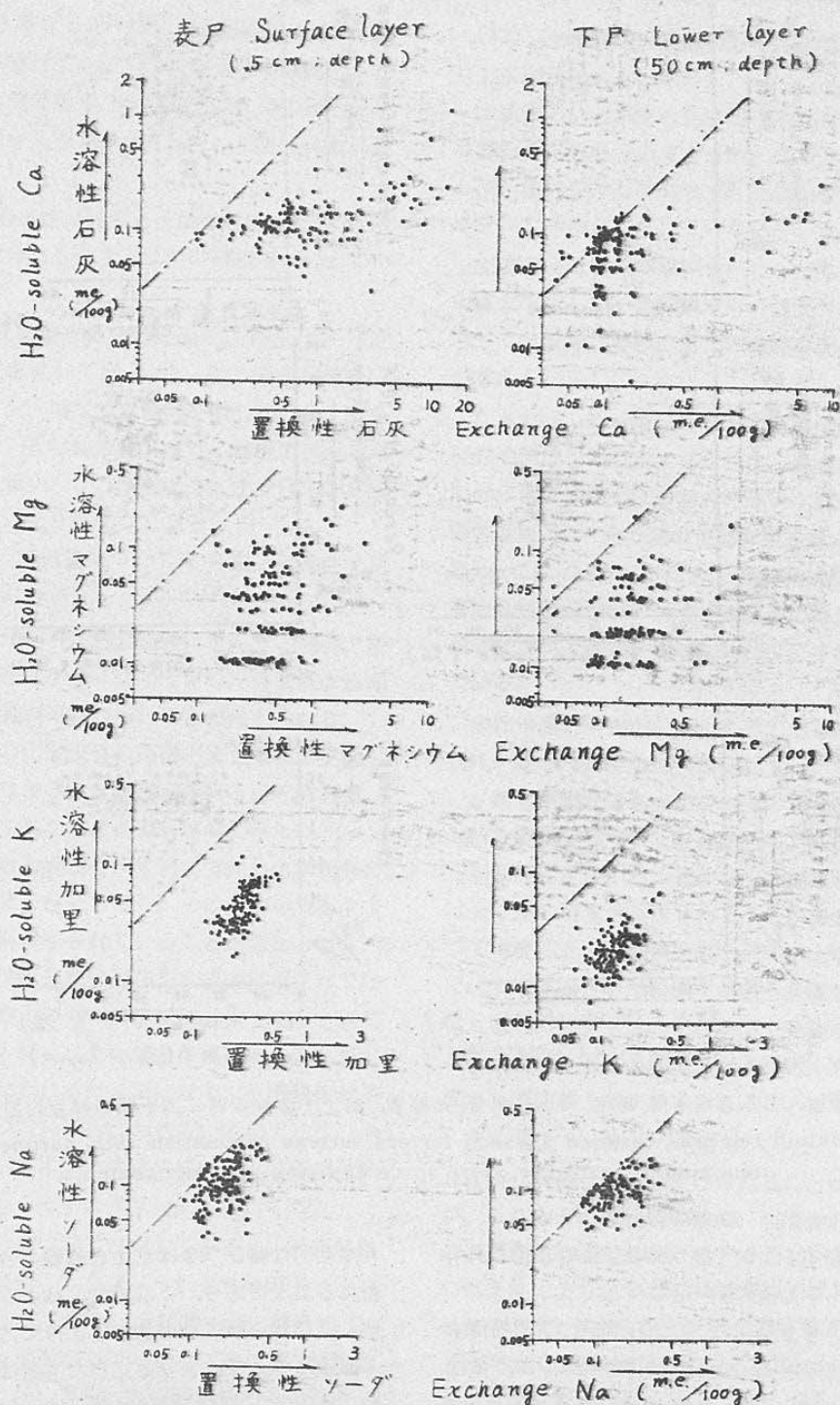


Fig. 14. 表層(深さ 5 cm)と下層(深さ 50 cm)における置換性塩基(Ca, Mg, K, Na) 含量と水溶性塩基(同前種)含量の相互的關係

Correlations between exchangeable Bases (Ca, Mg, K, Na) contents and H₂O-soluble Bases (Ca, Mg, K, Na) contents in surface layer (5cm depth) and in lower layer (50cm depth).

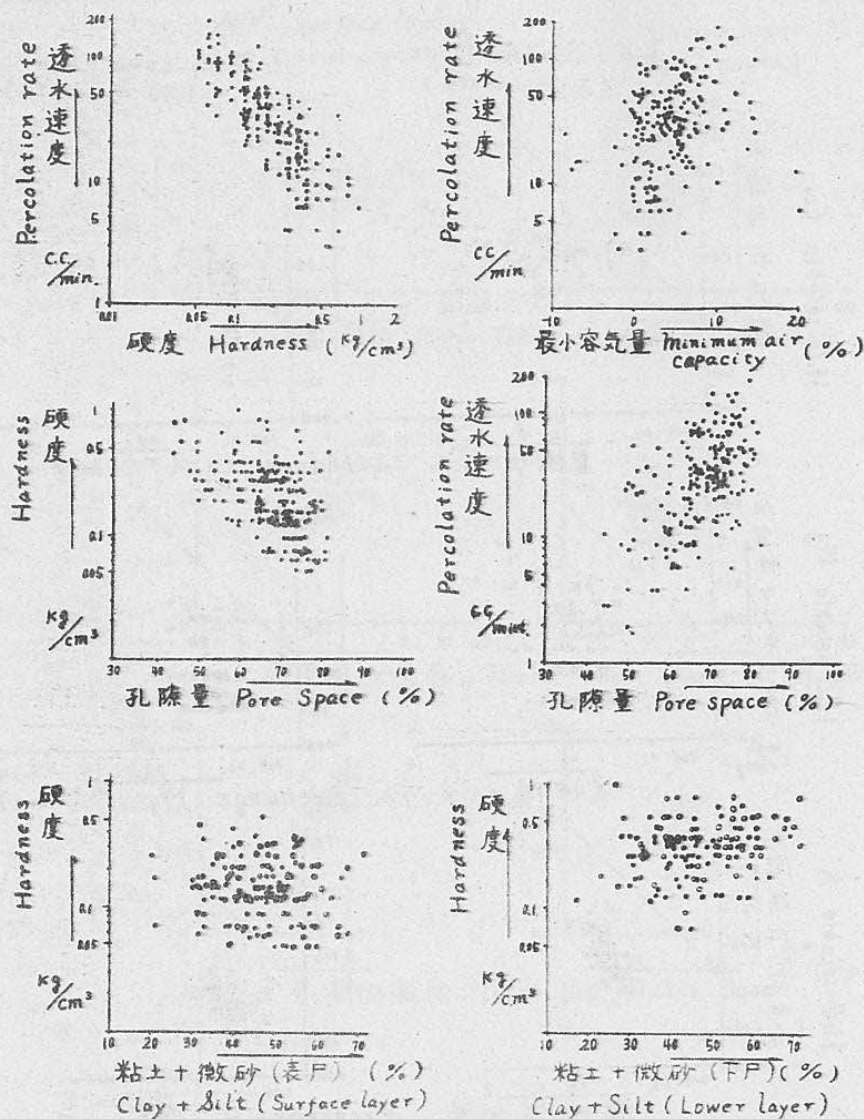


Fig. 15. 透水速度, 硬度, 最小容気量, 孔隙量, 粘土+微砂の各二因子間の相互的關係
Mutual relations between physical factors such as percolation rate, hardness, minimum air capacity, pore space and clay plus silt contents.

従つて C-N 比の分布もやや不規則な様相を呈し, 余り明確な性向は把握出来なかつた。

(5) 土壤の粒度組成と地形上の分布との関係は余り明らかな様相を示していないが, 大略次のような性向が見受けられる。

粘土含量は相対的にみて谷型斜面よりも尾根型斜面に, また急斜面よりも緩斜面に高いことが見出されるが, 微細な分布関係については明らかでない。

微砂は粘土と大略類似しているが, 下層値については余り明らかでない。

地形的な結びつきは粘土と微砂の合計値に強くあらわれるようであり, この場合, 粘土の項で述べた性向が, より明らかに見出されるようである。

細砂については余り目立つた関係は認められないが, 粗砂の分布については若干地形的な分布規正が認められた, 即ち粗砂は尾根型よりも谷型斜面に, 旧輪廻生成斜面よりも現輪廻的な生成斜面に大きくあらわれている。

(6) 土壤の硬度の分布と地形の間には余り明確な関係は見出されなかつたが, 次のようなことがいえそ

うである。即ち高度は $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ の急傾斜地で最も低く、緩傾斜地に移行する程やや高値を示す。また、乾性土壌の表層有機質層や、局所的な破碎岩の箇所を除くと、平均的にみて谷型斜面に低く、尾根型斜面に高くなっている。

(7) 土壌の透水性は硬度と密接な逆相関関係を示しており、その分布も硬度と反対の様相をみせている。

(8) 土壌の孔隙量は硬度とは逆の、透水性とは正の一応の相関性を示しているが、その分布状況は硬度、透水性とはやや異なった性向を示している。即ち斜面降下に伴って孔隙性は低くなり、尾根型斜面で高く、谷型斜面で低く、この様相は透水性の分布から推定しうる状況と可成り異なっている。

(9) 含水量、容気量については分布上の特性は見出されなかった。

(10) 土壌の化学的成分の含量は殆んどの場合、表層に大きく、下層に小さくなっており、落葉により再供給される成分量が可成り多いことが考えられる。

(11) 土壌中の化学成分の運搬と流注集積は主として溶解によつてなされることが想定されるのであるが、これについてやや異なった見解を述べてみたい。

多輪廻的・多階的構成を示す斜面では、化学成分の分布が脈動的変化をみせており、その分布が地形生成の歴史に強く性格づけられていることが認められる。即ち土壌中の化学成分量は現代的な運搬作用だけではなく過去の堆積物そのものの性状にも強く支配されていることが考えられる。また運搬作用そのものも決して溶液の形で行なわれるだけではなく、土壌固体粒子の移動に直接結びついて行なわれているのではないかと想定される（溶解による流注集積だけでは極端な脈動変化を説明することが出来ない）。

他方個々の成分について検討してみると、流注集積に関連する分布変動の大小は、それぞれの因子の水溶性の大小に影響されており、溶解度が低い置換性 Ca 等は極端な分布変動を示しているのに対して、溶解度が高い置換性 K, Na 等や、水溶成分そのものはその分布変動が小さくどこでも同じ程度の量値を示している。

上記のことから、土壌の表層値の分布は溶液の動きと固体の表層的動きによつて、下層値の溶液の動き、既に堆積している過去の堆積物の性格によつて規制されているものと考えられる。

(12) 土壌物理的数値の分布は化学的数値のそれよりも規則性に乏しい。

土壌硬度、透水性、孔隙性等の諸因子間には相互的な関係が認められるのであるが、その分布性向は必ずしも同一性向を示しておらず、他の因子についても余り目立つた様相が得られていない。

土壌の物理性は局所的な一寸した作用の影響で様々な状況を呈し、一見同一地形の箇所でも現在～過去を通じての侵蝕、堆積、風化の履歴を異にしていることが考えられる。

たとえば、同一傾斜角を示す崩積土においても、堆積前の原母材の粒度や風化程度、堆積後の風化、岩滓匍行、堆積に際しての営力の違い（崩落、山崩れ、流動性崩壊等）、その後の表層作用の違い（洗蝕、匍行等）、これによつて生じた土層の異時層序的構成、局所的な作用の強弱による各構成層の厚薄、削剥、再堆積等によつて局部～全般にわたって多様な様相を呈している。

また一連の斜面上の変化を考えても、尾根筋から谷筋に一定の性向で物理性が変化することは考えられない。同じ尾根筋でも広い緩斜面の場合は厚い土層を有し粘土微砂の量も多く、孔隙性に乏しい硬い土壌の分布が期待されるが、これがやや瘤尾根状を呈する場合は全く逆の現象が見出されることがある。これより降つて尾根筋直下の急斜面に入ると土壌の移動が活潑で、よく保護された斜面では最も孔隙性に富む、膨軟な土壌が出現するが、これがやや受蝕地的な様相下にあるときは、基層の残積土が表面近くあらわれ粘土の多い、堅密な土壌があらわれることになる。

更に降つて崩積土の地帯に入ると、一般的には礫質、多孔質の土層が見受けられることになるのであるが、これもその堆積物の給源、堆積後の風化、その後の表層作用で運搬された細土による空隙の充填現象等の諸条件により必ずしも一定の性状を示すとは考えられない。また所謂一般的には崩積土としてみとめられる 30° 以下の堆積物になるとその生成機構上、可成り水を媒体としたことが考えられ、この場合、土層は 30° 以上の崩積土よりも、粘土質化、堅密化することが多く、更に降つて土石流堆積物（押出し）の区域では更にこの粘土質化、堅密化の傾向が強くなるものと考えられる。即ち一般的に考えても尾根筋から降るにつれ物理性の変化もしばらくは一定の方向に進むのであるが、 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ の急傾斜面を過ぎて、斜面の下部で

再び傾斜が緩くなると、物理性の変化も再び逆の方向へ向うことが想定される。

即ち土壌の物理性は同一部位でも僅かな攪乱によつて全く異なつた性質を示すことがあり、また、一般的にもその分布の規則性が尾根から谷へと単純な変化を示すものではない。

6. 斜面区別に見た林木の生長と 土壌の諸性質との関係

石礫率とスギ樹高との関係は前号⁽⁴⁾で土壌断面の石礫量においては、その間に余りはつきりした関係は認められなかつた。今回は採土円筒中の石礫率(重量%)

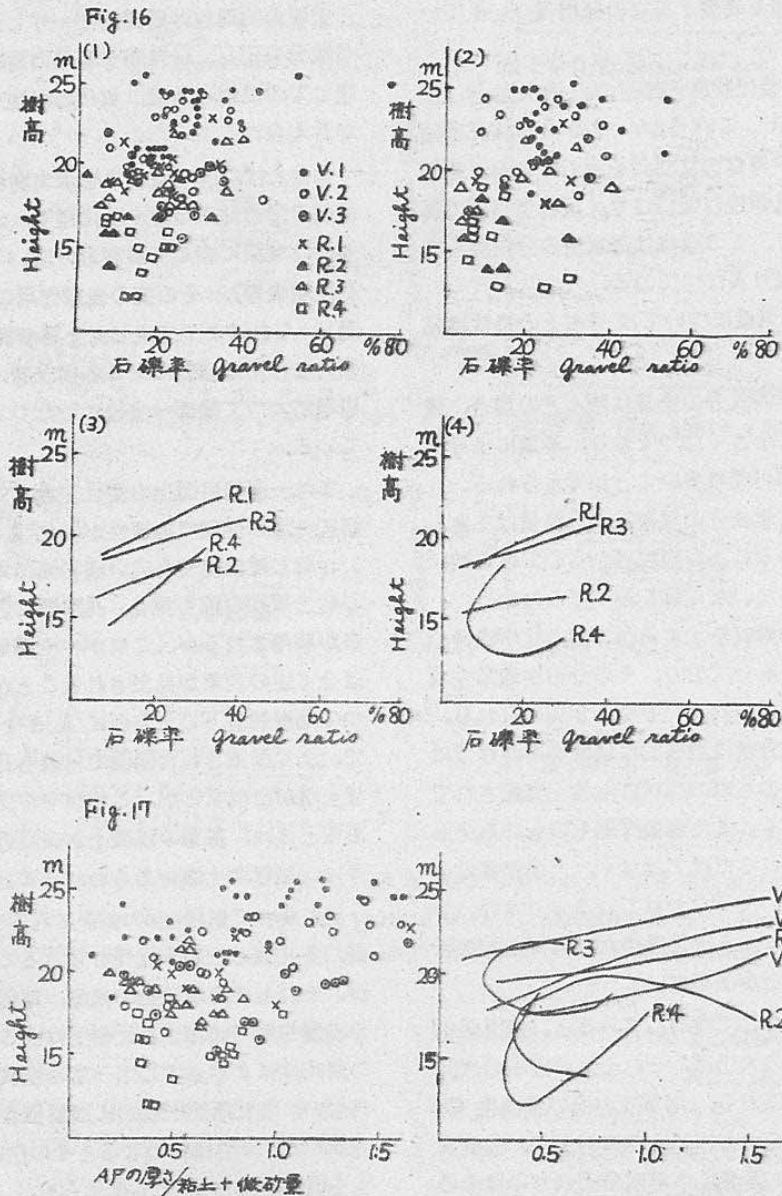


Fig. 16. 斜面区別石礫率と樹高の関係 (1), (3) 表層 (2), (4) 下層
Relation between gravel ratio and height on different slope.
(1), (3) surface layer. (2), (4) lower layer.

Fig. 17. 斜面区別A層の厚さ/粘土+微砂と樹高の関係
Relation between thickness of A horizon / Clay + Silt and heights on different slope.

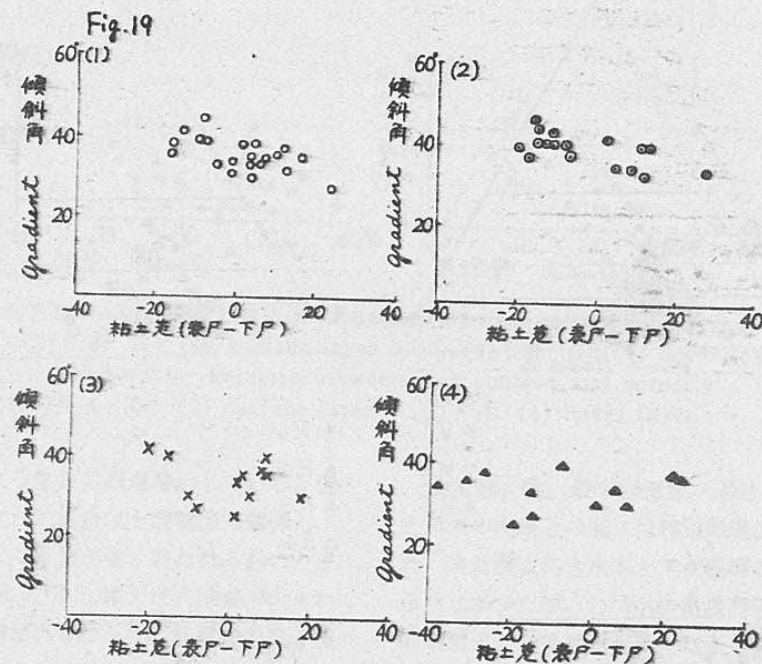
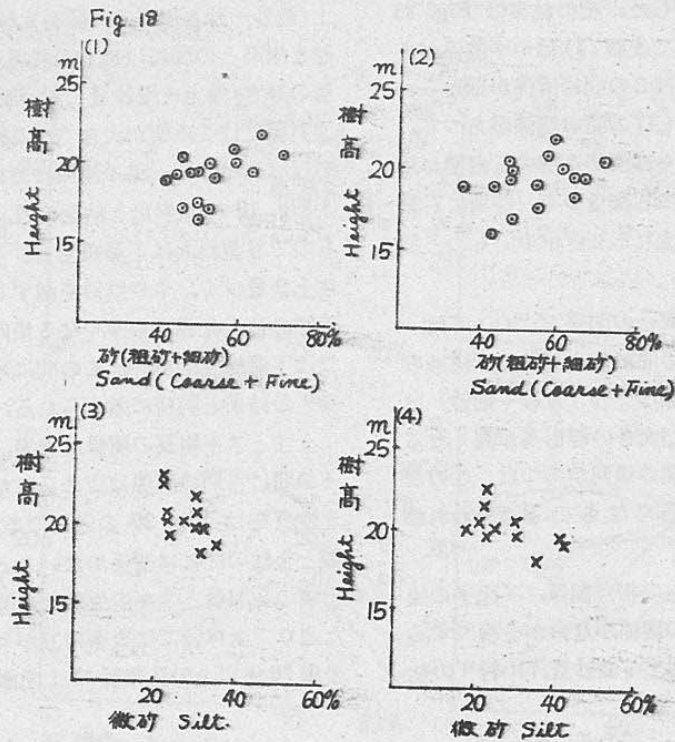


Fig. 18. 樹高と砂(粗砂+細砂)及び微砂の関係

Relation between heights and Sand contents (Coarse + Fine), Silt.

(1) V.2 表層 (2) V.2 下層 (3) R.1 表層 (4) R.1 下層

V. 2 ((1) Surface layer (2) lower layer) R. 1 ((3) Surface layer (4) lower layer)

Fig. 19. 斜面区別傾斜角と粘土含量差(表層-下層)の関係

(1) V.2 (2) V.3 (3) R.1 (4) R.2

Relation between gradient and difference of clay content (Surface - lower) on different slope.

とスギ樹高との関係を検討した。その結果は Fig. 16 の通りで下層(2)に比較して表層(1)はやや関係があり、表下層とも谷型斜面ではこの間に関係が認められず、尾根型斜面では(3)、(4)の曲線関係があつて、いずれも石礫率の増加とともに樹高を増す正相関が認められる。谷型斜面は一般に石礫量多く、特別に石礫量によつて土壌条件が左右されることが少ないものと思われる。

土壌の細土組成とスギ樹高との関係については、Fig. 18 に示す通りで、その間に殆んど関係が認められなかつた。粘土は全然関係なく砂(粒砂+細砂)は漠然とではあるがその含量が大きい程樹高が高くなる正相関を示し、微砂は逆相関の傾向があつた。このことも本調査地だけの例で普遍的なものとは思われない。

以上のことから他の因子との相互関係、4因子の組合せによつてスギの成長との関係がないかを検討するため Coil⁷⁾ のA層の厚さ/粘土+微砂量、中村⁹⁾ の粘

土/微砂+砂と樹高の関係を比較したが、粘土/微砂+砂と樹高との間には特別の関係が見出せなかつた。A層の厚さ/粘土+微砂量では Fig. 17 に示すように谷型斜面ではこの値が大きくなる程樹高を増し、尾根型では曲線化して一定の関係は認められなかつた。

Fig. 19 は傾斜角と粘土の表、下層の差を比較したもので谷型斜面は下層植生も少く、急傾斜地で表層の粘土含量少く、やや傾斜を減ずると表層の粘土含量が下層の粘土含量より多くなる傾向があり、尾根型斜面では下層植生も多く、この間に殆んど関係なく、青峰等²⁾の結果と同様に考えられる。

土性とスギ樹高の関係は表層、下層、斜面区別にもその間に特別の関係は認められなかつた。本調査地の土性分布は Fig. 20 の通りである。真下⁹⁾もスギ生長と土性の間には関係がないことを指摘している。土壌の孔隙量とスギの生長との関係は Fig. 21 に示した通りで全林分では表層の方が下層より関係が深く、表層70%以上の孔隙量では急激な樹高の減少が見ら

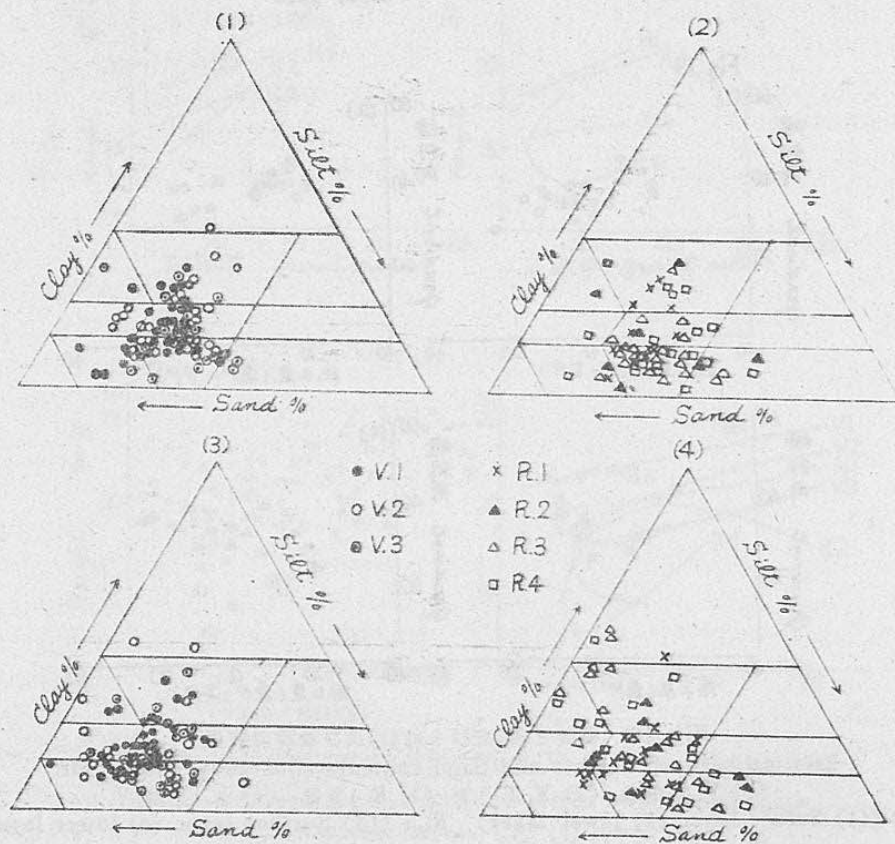


Fig. 20. 斜面区別土性 (1), (2) 表層 (3), (4) 下層

Texture on different slope. (1), (2) surface layer (3), (4) lower layer

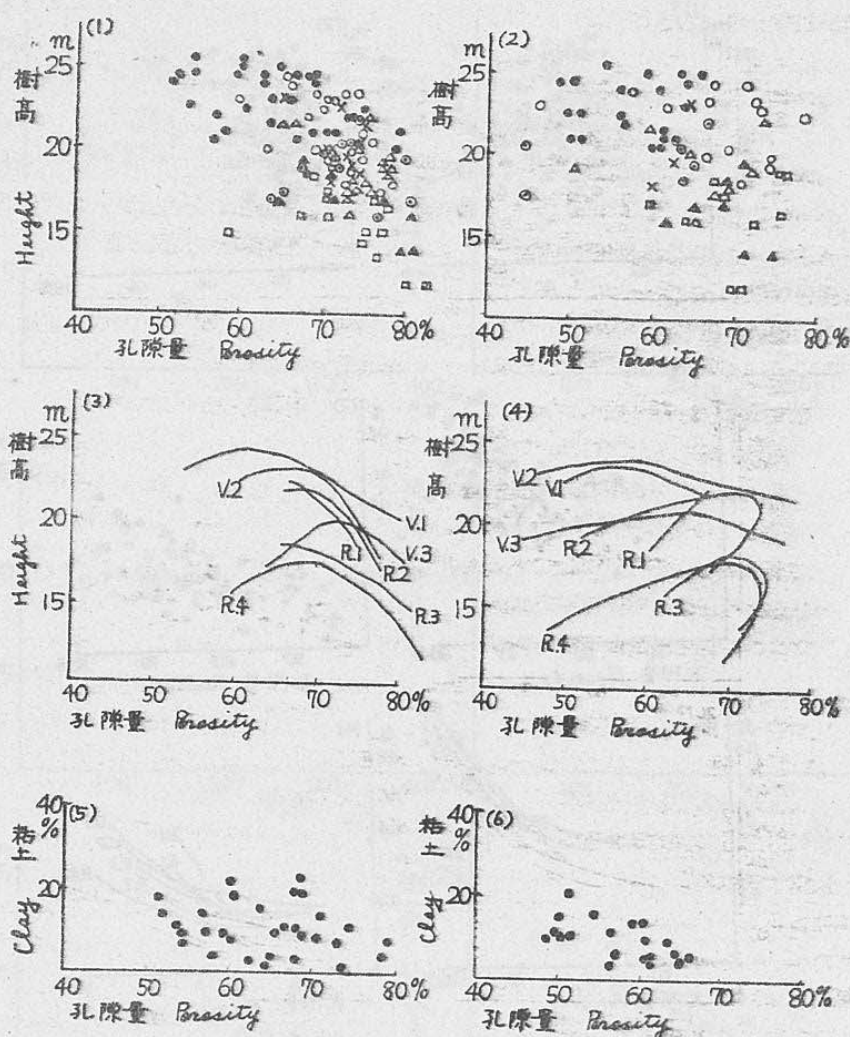


Fig. 21. 斜面区別樹高と孔隙量との関係 Relation between heights of tree and porosity.

(1), (2) 表層 (1), (2) surface layer (3), (4) 下層 (3), (4) lower layer

粘土と孔隙量との関係 Relation between clay content and porosity

V. 1 (5) 表層 V. 1 (5) surface layer (6) 下層 (6) lower layer

れ、孔隙量の過大による生長の減退を示している。表層の孔隙量が非常に大きい場合は土壌乾燥に関係し、特にスギの場合にはこの影響が強く表われるものと思われる。特に表層の R 1, R 2, R 3 は孔隙量が多い程樹高が低くなつて表われることは、有機物を厚く覆つた下に粗鬆な表層があり、その下層に massive 状の堅密な土層が存在するために特にこの傾向が強く表われたものと思われる。下層の孔隙量とスギ樹高の関係は表層程その関係がにぶく、孔隙の増加に伴つて、樹高もわずかに増し、尾根型斜面では急激に樹高を減じ、旋回しているのは火山灰土壌が影響しているためと思われる。

最大容水量、最小容気量、最小容気量/最大容水量とスギの樹高との間には特別の関係は認められなかつた。また採取時含水率とスギ樹高の関係は殆んど認められなかつたが、わずかに尾根型斜面で採取時含水率の増加によつて樹高が高くなる傾向が感じられる程度であつた。

N 含有率とスギ樹高との関係は Fig. 22 に示した通りである。これらの図から N 含有量とスギ樹高の間には直接の関係は認められず、谷型斜面の下層で N 含量の多いところでは樹高が高くなり、低含量 (0.3 %) では N 含量そのものより他の因子の影響によつて樹高との関係がうすれるものと考えられる。表層では

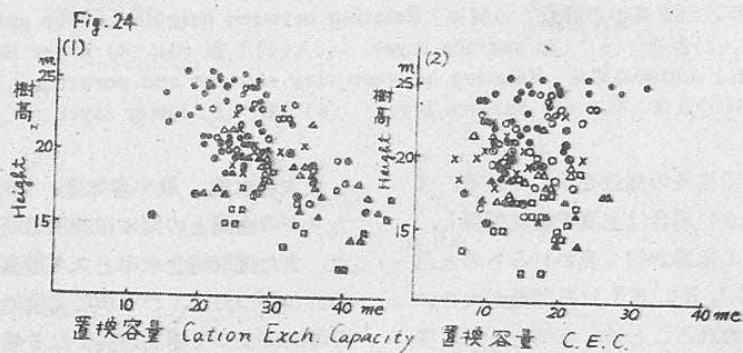
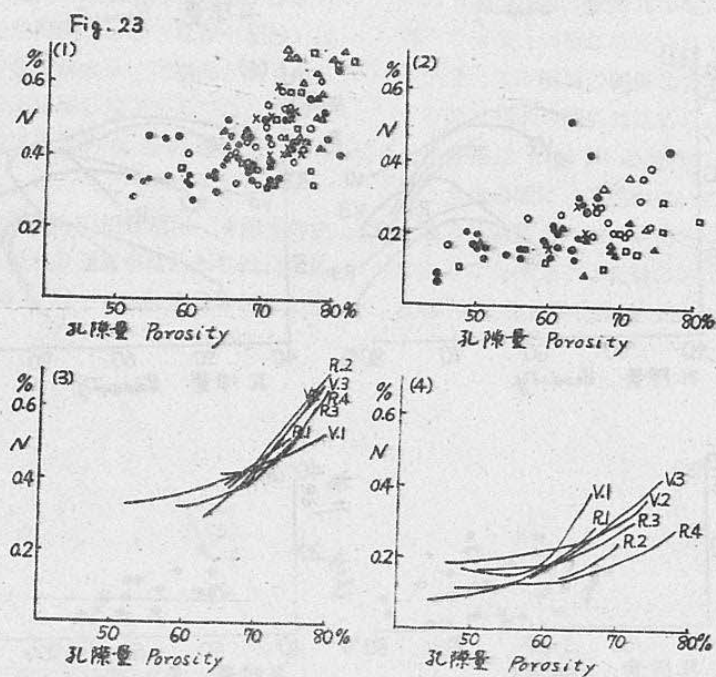
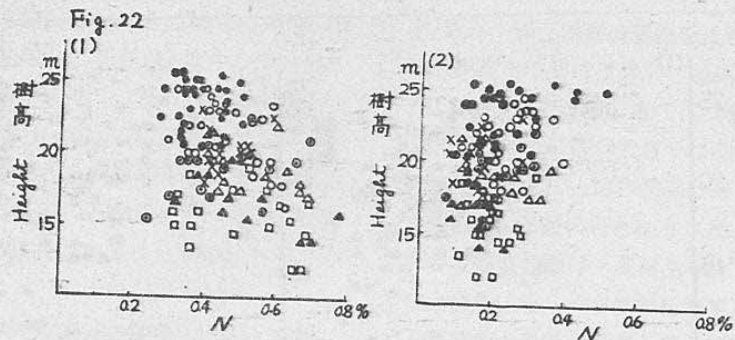


Fig. 22. 斜面區別樹高とN含量との関係
Relation between height of tree and Nitrogen content on different slope.
(1) 表層 (1) surface layer (2) 下層 (2) lower layer

Fig. 23. 斜面區別N含量と孔隙量との関係
Relation between Nitrogen content and porosity on different slope.
(1), (3) 表層 (1), (3) surface layer (2), (4) 下層 (2), (4) lower layer

Fig. 24. 斜面區別置換容量と樹高との関係
Relation between CEC and height on different slope.
(1) 表層 (1) surface layer (2) 下層 (2) lower layer

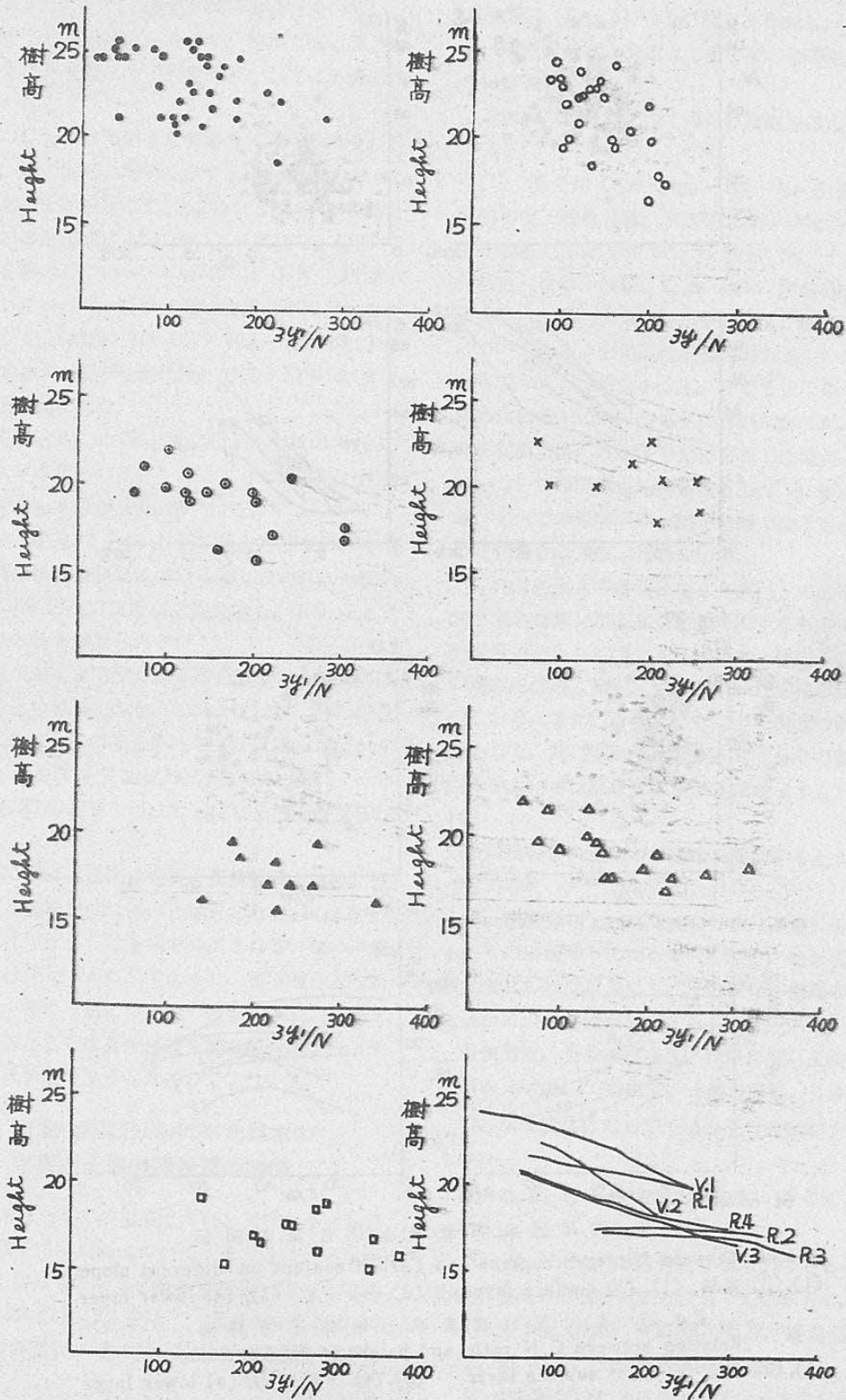


Fig. 25. 斜面区別 $3y_1/N$ と樹高の関係 Relation between $3y_1/N$ and height on different slope.

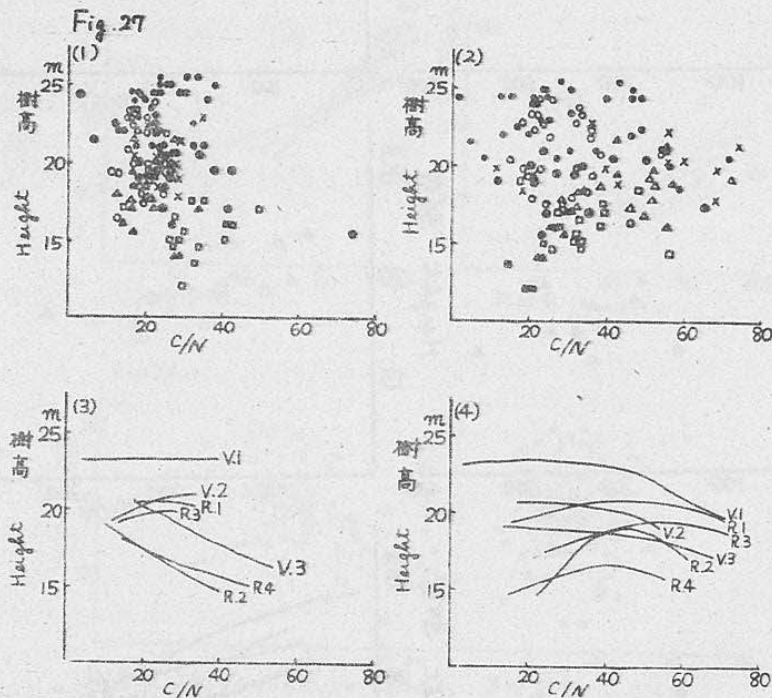
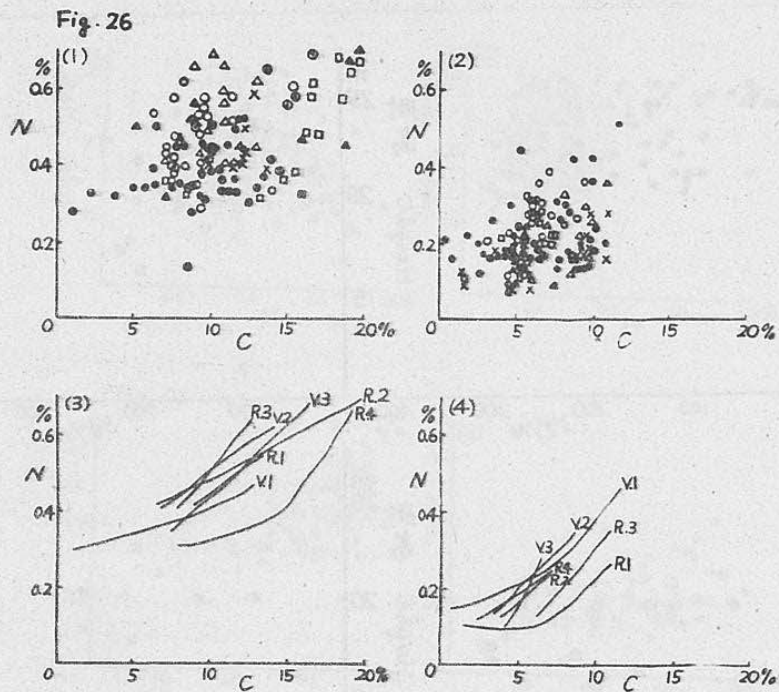


Fig. 26. 斜面區別 N 含量と C 含量の關係
Relation between Nitrogen content and Carbon content on different slope.
(1), (3) 表層 (1), (3) surface layer (2), (4) 下層 (2), (4) lower layer

Fig. 27. 斜面區別炭素率と樹高との關係
Relation between C/N ratio and height on different slope.
(1), (3) 表層 (1), (3) surface layer (2), (4) 下層 (2), (4) lower layer

殆んどが0.3%以上で、表層自体の腐植含量の高いところが必ずしも高樹高と一致せず、却つて低樹高となつて、表層のN含量は地位判定因子としては不適確のように思われる。

土壌中のCとNの関係を示す場合 C/N 率で表わしているが、単に両者の関係を示すと Fig. 26 のように表下層とも正相関を示した。このことは C が樹高と関係が少いと同様に N においても同様で、C/N でも同傾向を暗示している。Fig. 27 は C/N と樹高の関係を示したもので、特別に深い関係は認められなかった。そして温暖な地方の C/N 率は一般に 10:1 が標準といわれている¹⁹⁾ が本調査では 5:1~70:1 と大きな範囲に表われた。

肥沃因子としての N と反応因子としての $3y_1$ を組合せてスギ樹高との関係を検討するため、 $3y_1/N$ と樹高を比較したものが Fig. 25 である。

これらの図を見て分るように割合密接な関係を示し、この関係は谷型斜面において強く表われ、一般的に $3y_1/N$ 150 以内で良好な生長を示し、200 以上で急激な樹高の低下が見られる。

腐植含量が深くまで多くある場合はその土壌条件は優良であるといわれており、このことは C、N 含量が多いところは土壌の堆積条件も良好である場合が考えられるために N と孔隙量の関係を検討した。その結果は Fig. 23 の通りで可成り密接な正相関が見られる。

置換容量の中には置換性塩基と置換性Hがあり、直接スギの生長と結びつくものとは思われず、川島等²⁰⁾もこの間にはつきりした関係を見出されていない。筆者等の結果は Fig. 24 に示すように、表下層とも殆んど関係なく、特に下層においてこの傾向強く、表層では全体の傾向としては置換容量を増す程樹高が低下する傾向があるがはつきりしたものではない。

7. 土壌堆積区分別にみた林木の生長と土壌の諸性質の関係

林木生長指標としての樹高とそれと関係が深いと目される土壌因子の平均値について、その各の分布平面図 (Fig. 28 (1), (2)), 斜面縦断分布図 (主として谷型斜面 Fig. 29 (1), (2), 主として尾根型斜面 Fig. 30 (1), (2)) を作成し、その間の分布上の特性を対照させてみた。

また別に各土壌因子の表層、下層、平均値と樹高と

の相関図 (Fig. 31~Fig. 37) を作成し、これを斜面区、堆積区分別に分析してその間の相関曲線の様相について検討を加えた。

これらの検討によつて得られた結果は大略次の通りである。

(1) 置換性 Ca, -Mg, -K, -Na 全置換性塩基, 同飽和度, 置換容量, 水溶性 Ca, -Mg, -K, -Na, 同全塩基, 有効態 P, N, C-N 比, 土壌粒度組成 (粘土, 微砂, 細砂, 粗砂, 礫), 容量組成 (孔隙, 最大容水, 最小容気, 採時抱水度), 硬度, 透水指数について樹高との相関性を検討したが、いずれの場合も可成り大きな分散を示し、そのまま単一相関性が認められるものは一つも見出されなかった。そしてこれを斜面型区、堆積区分毎に分析した場合、初めてその一つ一つの関係が相関曲線としてまとめられ、結局、すべての相関関係が単一曲線では示されず、多数の曲線群として表示されている。

これは斜面上の樹高分布と土壌因子の分布の間に可成り大きなズレがあることに帰因するもので、同じく斜面降下とともに増大する樹高、土壌因子の間にもその増加の仕方、傾斜変換点での脈動変化の仕方が異なっており、また因子によつては全く異なつた分布様相を示して、同じ樹高を示す地点間でもその各々の土壌因子の大きさは可成り大巾な差違を示すことが認められる。

この種の分布現象の相違等を要約すると大略次の通りである。

1. 樹高分布と大略同様な分布 (正逆) を示す因子も、その斜面降下に伴う増大の仕方、地形変換点での脈動変化の程度を異にし、その変化が樹高のそれよりも遙かに大きな様相を呈するもの。……

置換酸度, 全置換性塩基, 同飽和度, 置換性 Ca, 同 Mg, 有効態 P, 飽水度, A層の厚さ, 孔隙量。

2. 樹高変化に対して土壌因子の変化が小さすぎるもの。

置換性 K, 同 Na, 水溶性全塩基, 同 Ca, 同 K, 同 Na。

3. それぞれ特色ある分布を示す因子でもその分布特性が樹高のそれと可成り食違つているもの。

水溶性 Mg, 炭素, 窒素, C-N 比, 緩斜面上の P, 透水性, 硬度, その他土壌の物理性。

4. 全く異なつた分布を示しているもの。

(2) 樹高と土壌因子の相関性は前記のように可成

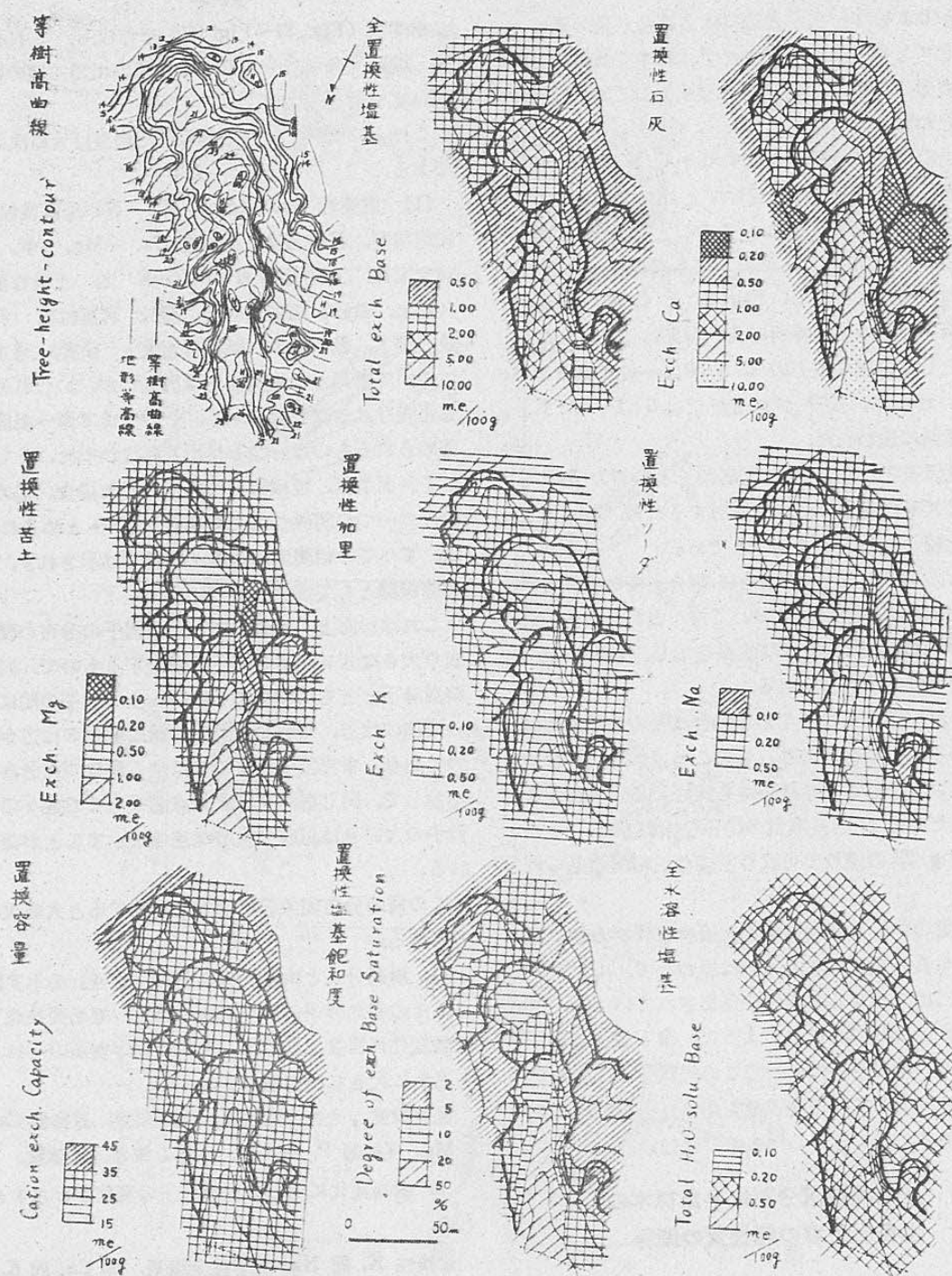


Fig. 28. (1) 樹高及び土壌の化学性、物理性諸因子の平均値の分布状況
Distribution maps of tree heights, of average soil-chemical properties (such as exchangeable Bases, H₂O-soluble Bases) and of average physical properties.

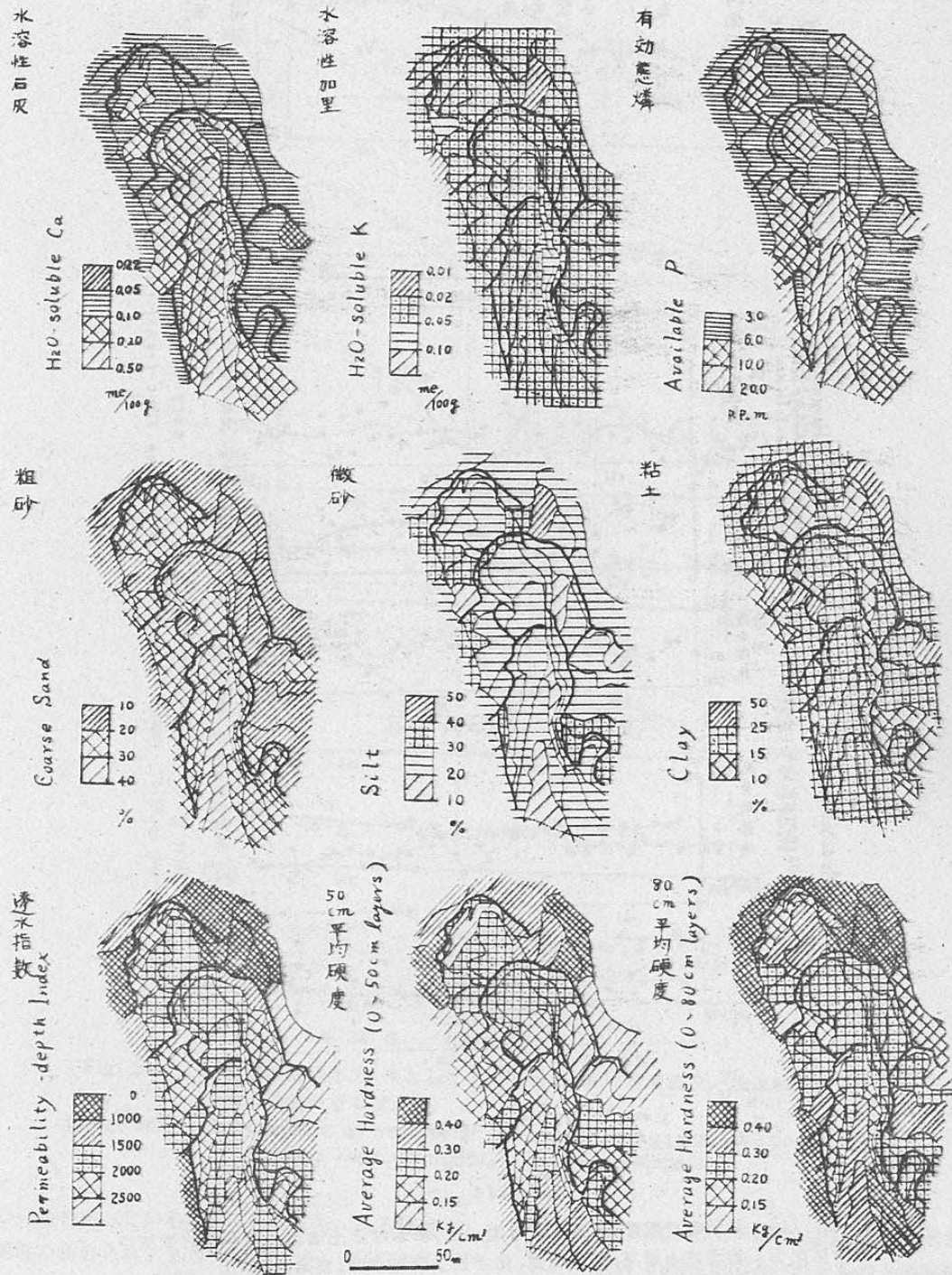
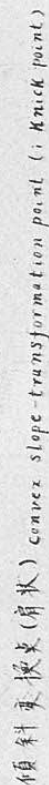


Fig. 28. (2) 樹高及び土壌の化学性、物理性諸因子の平均値の分布状況
Distribution maps of average soil-chemical properties (such as H₂O-soluble Bases, phosphorus) and of average physical properties (such as mechanical composition, hardness, permeability-depth index).



Longitudinal distributions of average soil physical values (such as hardness, permeability-depth index) and of average chemical values (such as available p, nitrogen, C-N ratio) on mainly valley-type slope.

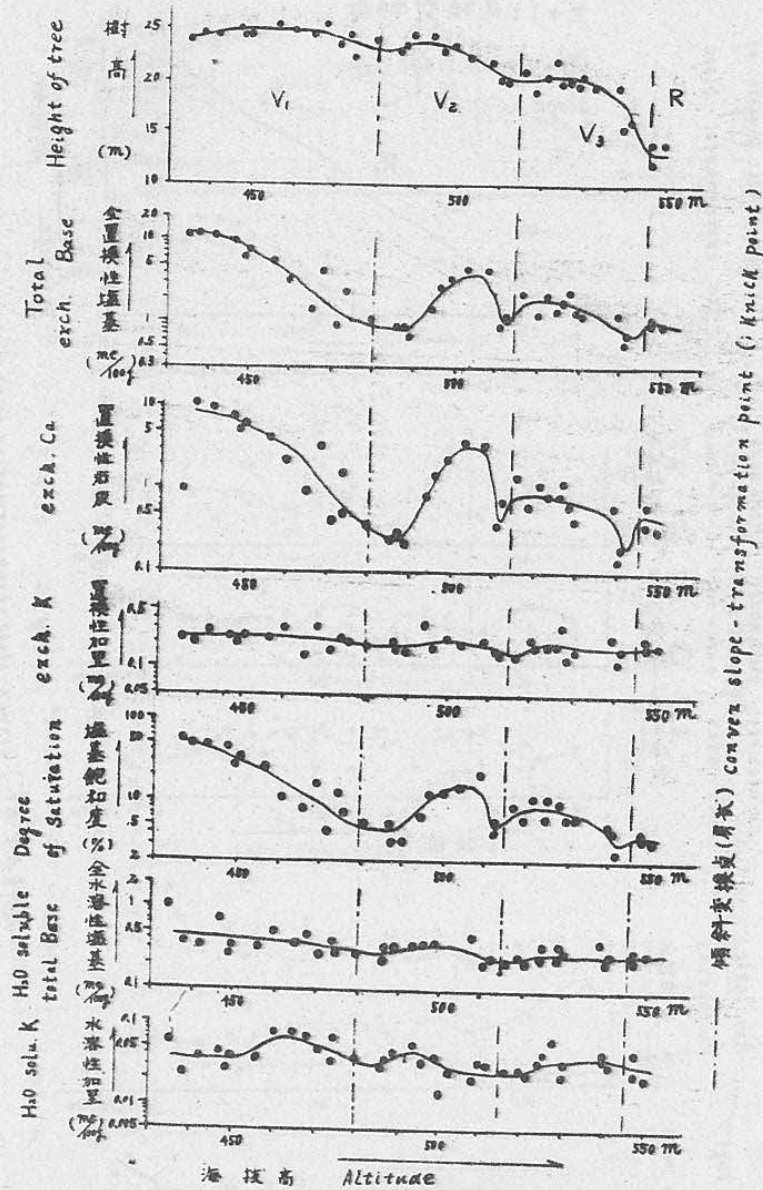


Fig. 29. (2) 斜面の縦断形上(主として谷型斜面)における樹高及び塩基に関する平均数値の分布状況
Longitudinal distributions of heights of tree and average values concerning various Base on mainly valley-type slope.

り大巾の分散を示しているが、その間にも、ある程度強い相関性の認められるもの(正及び逆)、弱度の相関性が認められるもの(正、逆)、全く相関性が認められないもの等の区分があり、各因子の状況は次の通りである。

1. やや強い相関性が認められるもの(正相関)
飽水度(表層値)、全置換性塩基(表層値、平均値)、置換性塩基飽和度(表層、平均)、置換性 Ca

(平均)、(A層厚さ/粘土+微砂)比、A層の厚さ。

2. やや強い相関性が認められるもの(逆相関)
孔隙量(表層)、置換酸度/窒素一比、置換酸度。

3. 弱度の相関性が認められるもの(正相関)
飽水度(下層値)、礫、砂、透水指数、窒素(下層)、C-N比(下層)、有効態磷(表層、下層、平均)、全置換性塩基(下層)、置換性塩基飽和度(下層)、置換性 Ca(表層、下層)、置換性 Mg・同 K

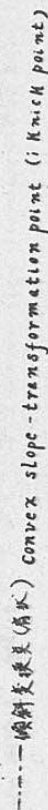


Fig. 30. (1) 斜面の縦形上(主として尾根型斜面)における土壌因子の平均的数値の分布状況但し物理性; 硬度, 透水指数, 化学性; 有効態磷, 窒素, C/N 比
Longitudinal distributions of average soil physical values (such as hardness, permeability-depth index) and of average chemical values (such as available P^e nitrogen, C-N ratio) on mainly ridge-type slope.

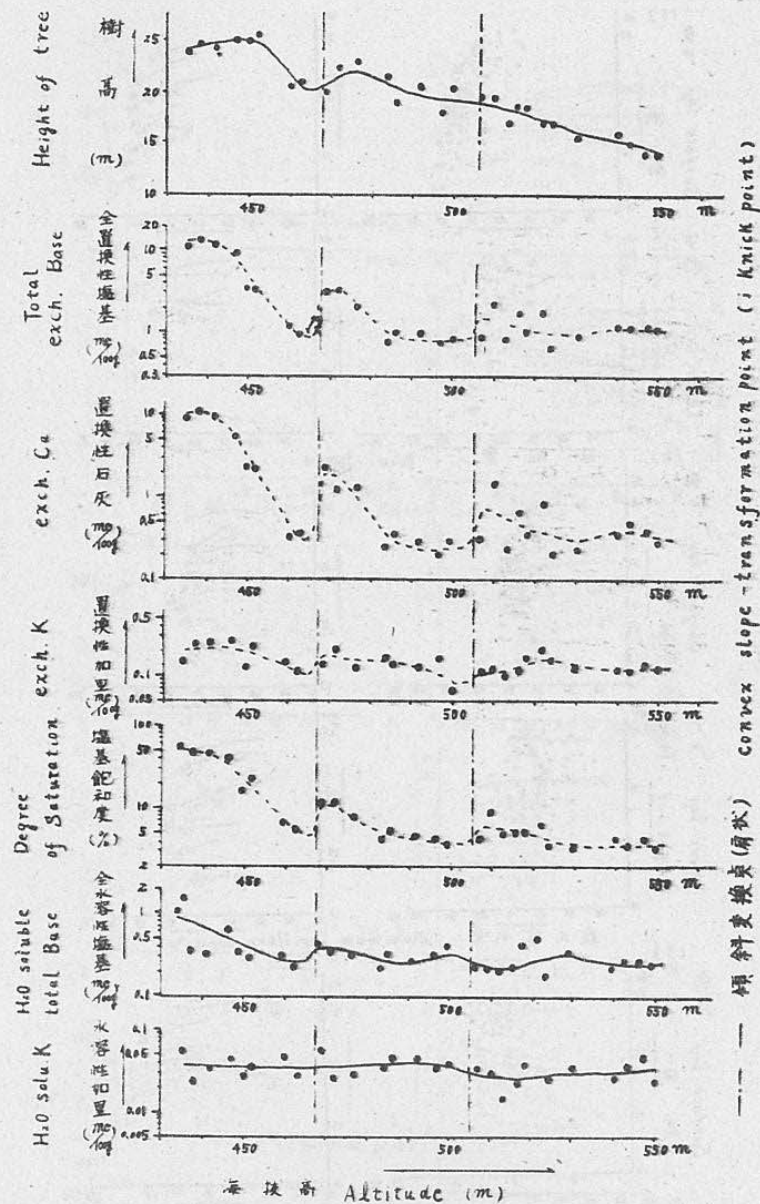


Fig. 30. (2) 斜面縦断形上(主として尾根型斜面)における樹高及び塩基に関する平均的数値の分布状況

Longitudinal distributions of heights of tree and average values concerning various Bases on mainly ridge-type slope.

・同 Na (表層, 下層, 平均), 全水溶性塩基 (表, 下, 平均), 水溶性 Ca・同 K・同 Na (表, 下, 平均).

4. 弱度の相関性が認められるもの (逆相関)

孔隙量 (下層), 最大容水量 (下層), 最小容気量 (下層), 平均硬度 (50cm, 80cm 平均), 粘土+微砂, 置換容量 (表層), C-N 比 (表層).

5. 相関性が認められないもの

最大容水量 (表層値), 最小容気量 (下層), 置換容量 (下層), 窒素 (表層) ?, C-N 比 (表層) ?, 水溶性 Mg.

(3) 上記の諸結果の中には次のような点で, これまでに発表されている諸結果と異なっているものがある.

1. ある種の土壌因子についてはこれまで樹高生長との相関性が非常に高く, 単一的相関曲線を見出され

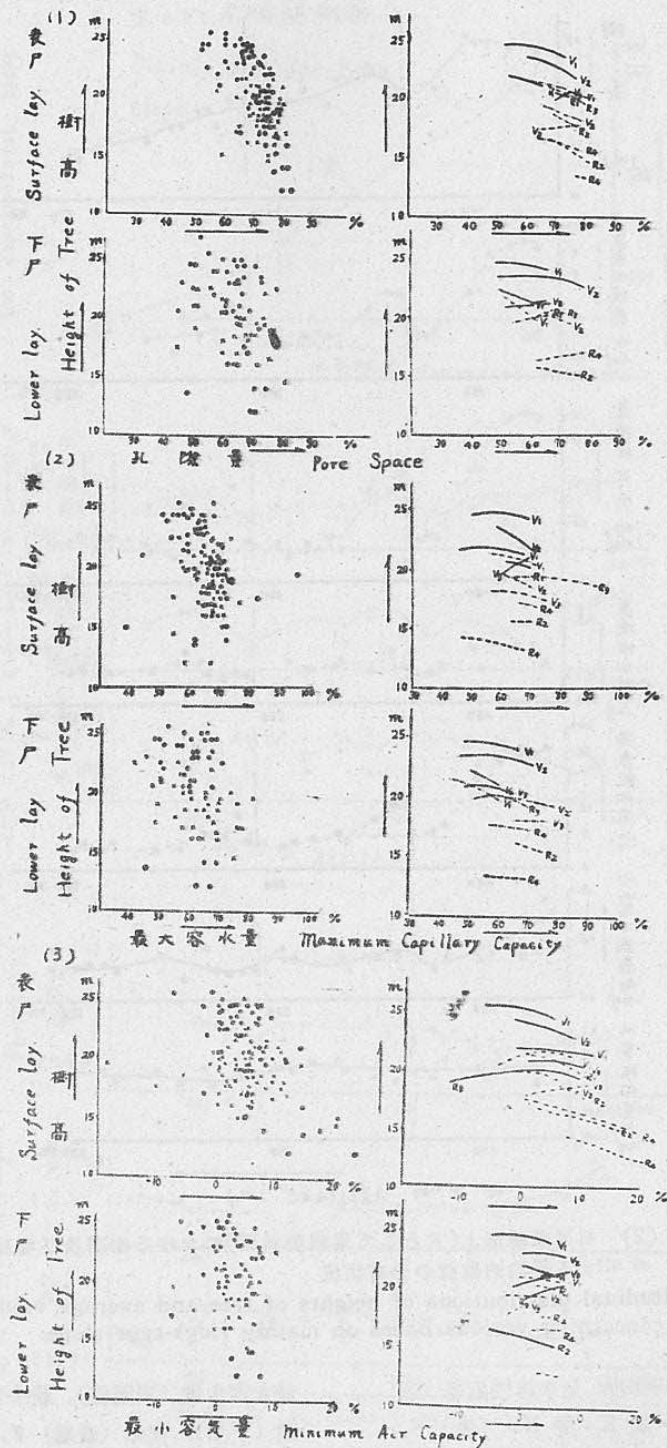


Fig. 31. (1)孔隙量(2)最大容水量(3)最小容気量の表層(深さ5cm),下層(深さ50cm)における値と樹高との関係

Relations of (1) pore space, (2) maximum capillary capacity and (3) minimum air capacity to heights of tree in surface layer (5cm depth) and in lower layer (50cm depth).

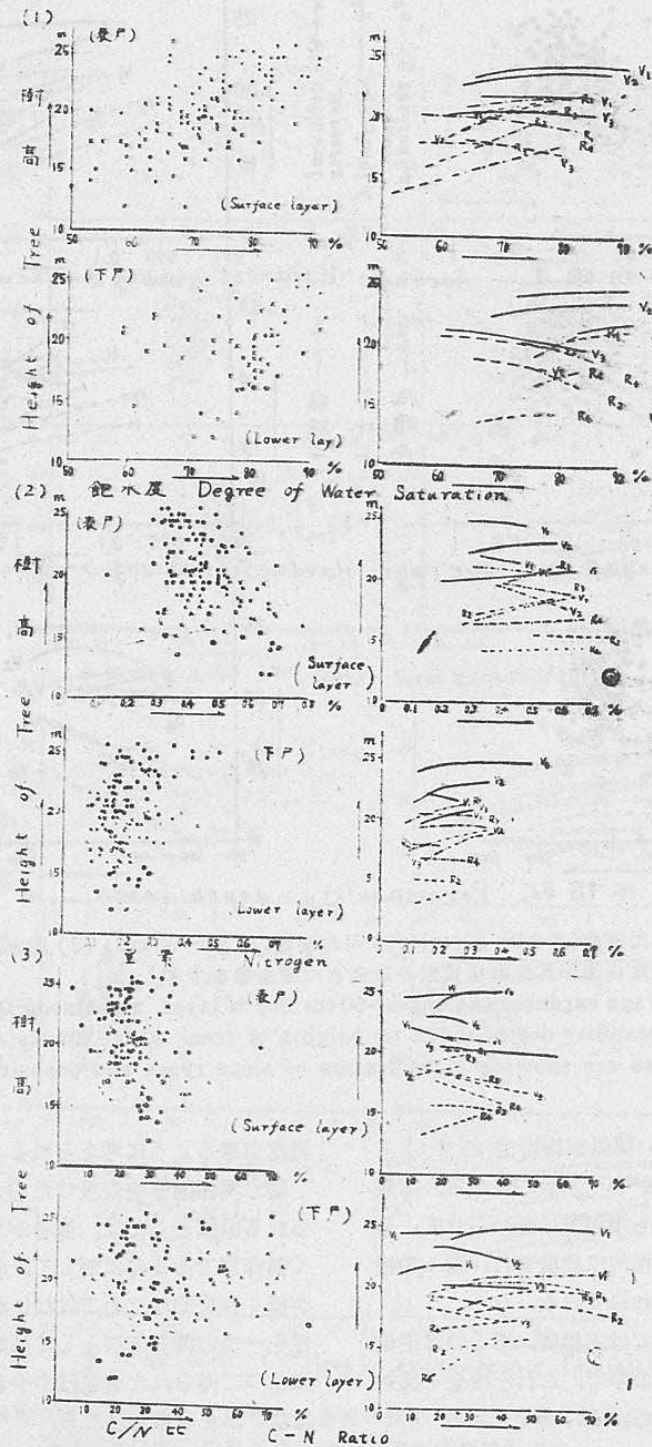


Fig. 52. (1) 飽水度(2)窒素含量(3)C/N比の表層(深さ5cm), 下層(深さ50cm)における値と樹高との関係

Relations of (1) degree of water saturation, (2) contents of nitrogen and (3) C-N ratio to heights of tree in surface layer (5cm depth) and in lower alyer (50cm depth).

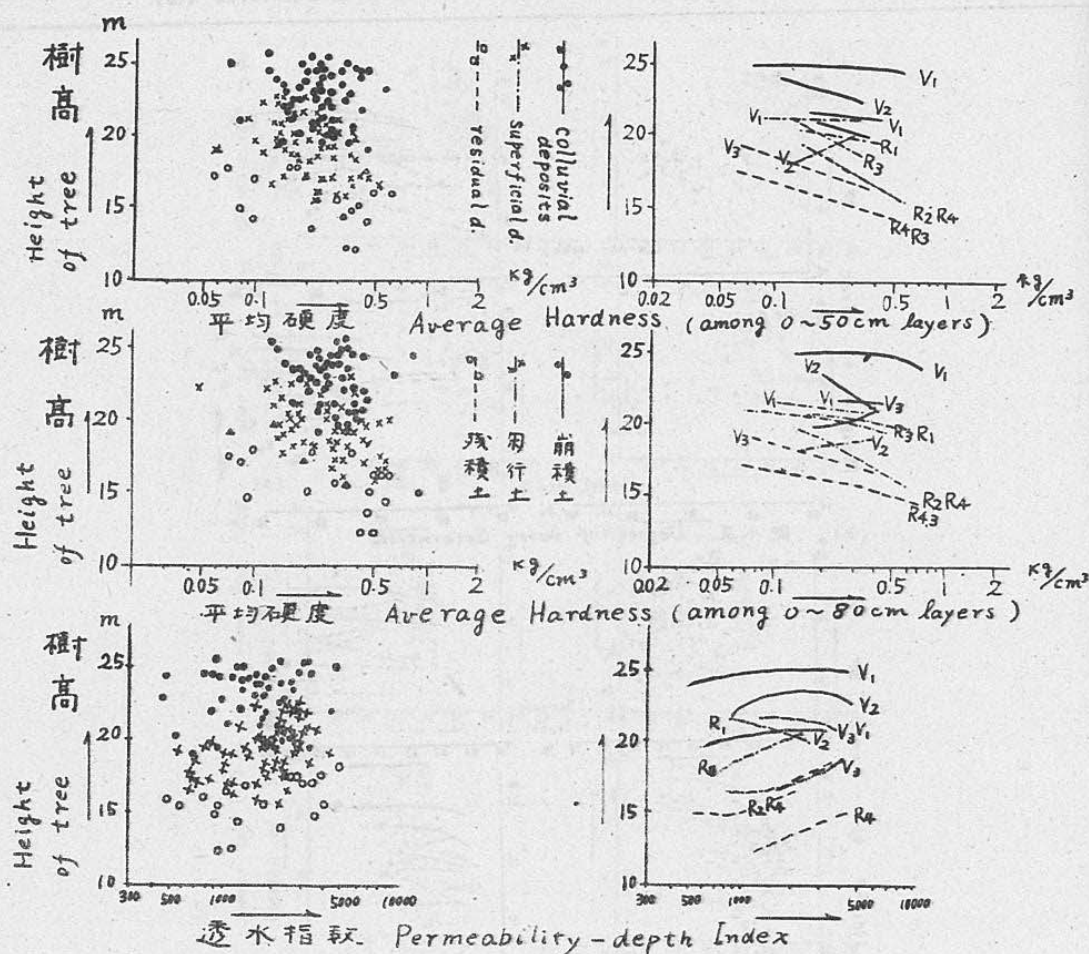


Fig. 33. (1) 平均硬度(深さ0~50cm) (2) 平均硬度(深さ0~80cm) (3) 透水指数と樹高との関係、図は斜面形区堆積様式別の数値と相関曲線を示す

Relations of average hardness (among 0~50cm depth layer, and among 0~80cm depth layer) and permeability-depth index to heights of tree, where marks and analytical correlation curves are showing classification of slope types and deposit types.

るか、若しくはそれに近い関係が報告されている(例、置換性 Ca, 透水指数⁹⁾)。しかしながら、本報告ではそのいづれについても単相関は認められず、分散も大きく、相関曲線也多相的に表現され、個々の相関曲線の傾向も弱度にあらわれている。

2. これまでの報告概念では正相関、あるいは逆相関を示すとされている因子の中で、これとは全く反対の結果が本報告であらわれている。

これまで述べて来たように、多様な数値をみせる土壌因子も決して無秩序に分布しているのではなく、その間には多少とも理論的な規則性が見出される。そして林木生長と各土壌因子の相関性が大きな分散を示し、それが多相的関係を示すことも当然のこととして

肯定出来るように考えられる。

同じ関係因子を取扱った場合に単相関と複相関が得られる原因としては、後者がサンプリングの密度が高く無作為であるのに対して、前者はサンプリング密度が低く作意的なためではないかと想定され、その作意性を一つの調査方法として規定化しない限りは、それによつて得られた結果はやや普遍性に乏しくなるのではないかと考えられる。

またある種の因子と生長との関係の中には適度の数値があり、それより以上でも以下でも林木の生長は悪くなることが考えられる。先述の土壌の孔隙性等はこの種の概念に該当するものと考えられ、本報告での結果が既往の概念とは逆の傾向を示しているのもこの点

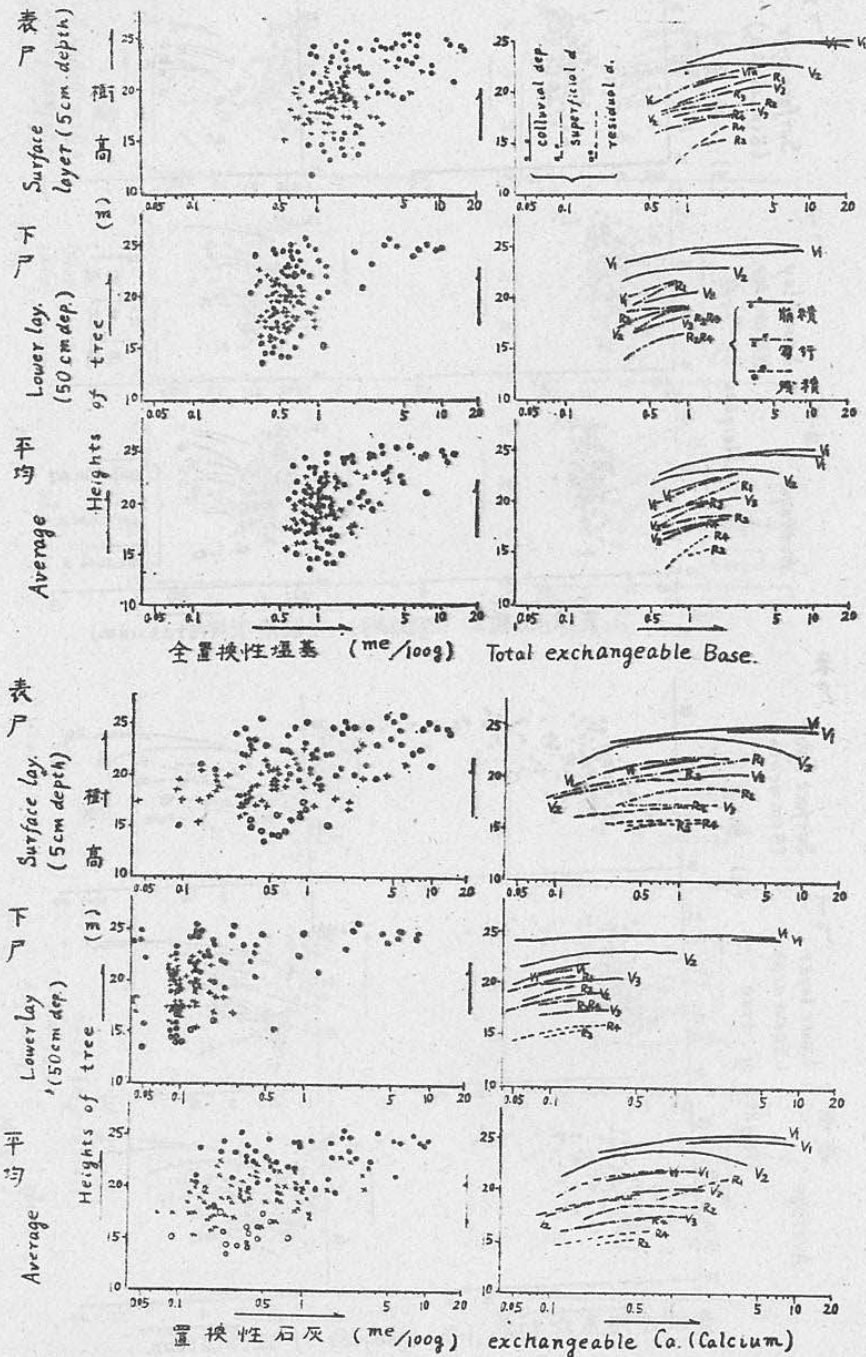


Fig. 34. 全置換性塩基及び置換性石灰含量と樹高の関係 図は表層値(深さ5cm), 下層値(深さ50cm), 平均値及び各斜面形区堆積様式別の相関曲線を示す

Relations of total exchangeable Base contents and of exchangeable Ca contents to heights of tree in surface layer (5 cm depth), in lower (50 cm depth) and in average, where marks and analytical correlation curves are showing classification of slope types and deposit types.

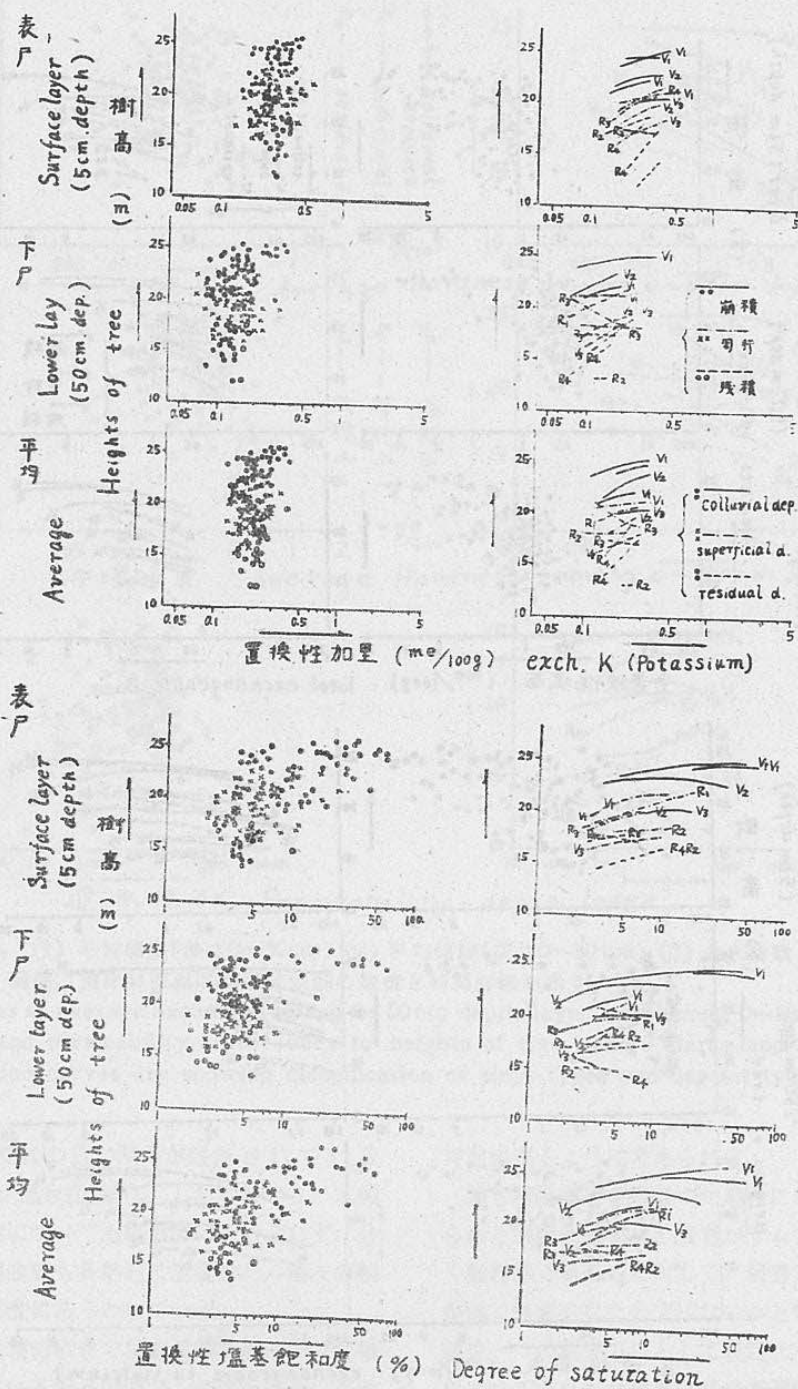


Fig. 35. 置換性加里含量及び塩基飽和度と樹高との関係 図は表層値(深さ5cm), 下層値(深さ50cm), 平均値及び各斜面形区, 堆積様式別の相関曲線を示す

Relations of exchangeable K contents and of degree of exchangeable saturation to heights of tree in surface layer (5cm depth), in lower layer (50cm depth) and in average. where marks and analytical correlation curves are showing classification of slope types and deposit types.

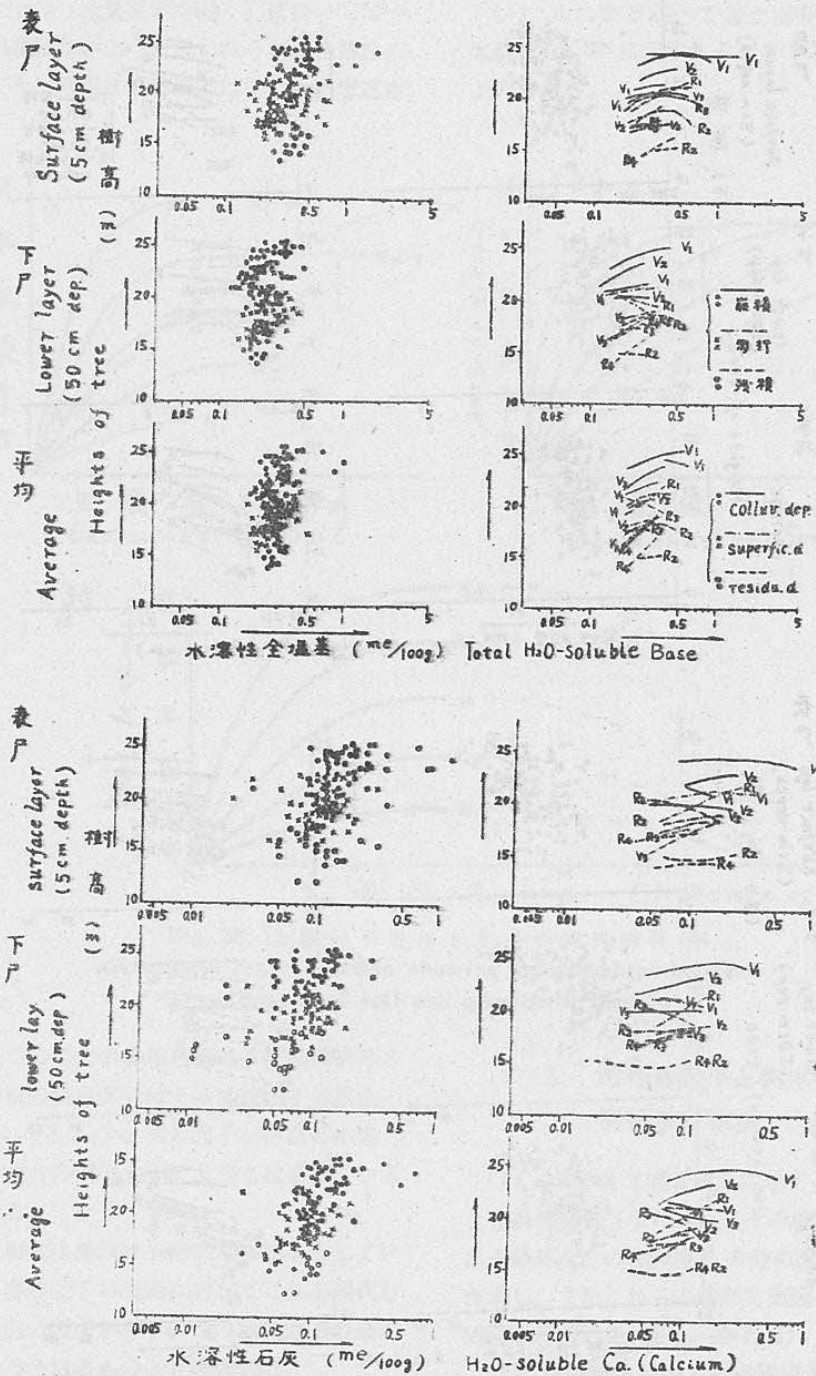


Fig. 36. 水溶性全塩基及び水溶性石灰含量と樹高の関係 図は表層値(深さ5cm), 下層値(深さ50cm), 平均値及び各斜面形区堆積様式別の相関曲線を示す

Relations of total H₂O-soluble Base contents and of H₂O-soluble Ca contents to heights of tree in surface layer (5 cm depth), in lower layer (50 cm depth) and in average, where marks and analytical correlation curves are showing classification of slope types and deposit types.

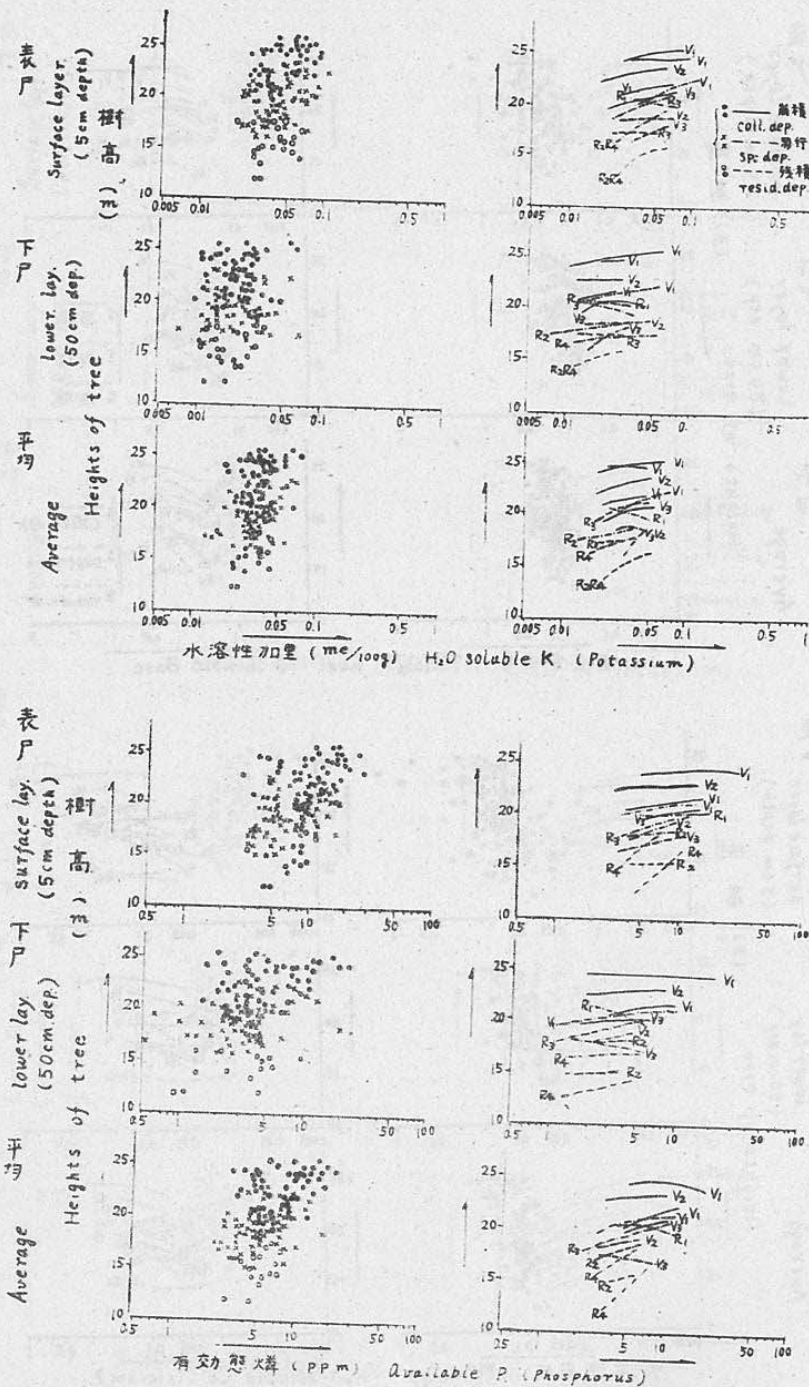


Fig. 37. 水溶性加里及び有効態リン含量と樹高の関係 図は表層値(深さ5cm), 下層値(深さ50cm), 平均値及び各斜面形区, 堆積様式別の相関曲線を示す

Relations of H₂O-soluble K contents and of available P contents to heights of tree in surface layer (5cm depth), in lower layer (50cm depth) and in average. where marks and analytical correlation curves are showing classification of slope types and deposit types.

で了解されるように考えられる。このような適正度の存在は土壌の化学性（微量元素を除く）については一般林野の場合問題はないように思われるが、物理性について可成り大きな要因になるのではないかと想定さ

れる。

(4) これまで述べて来た樹高と土壌因子の関係は大略 Fig. 38 に示すような3つの場合に総括されるようである。

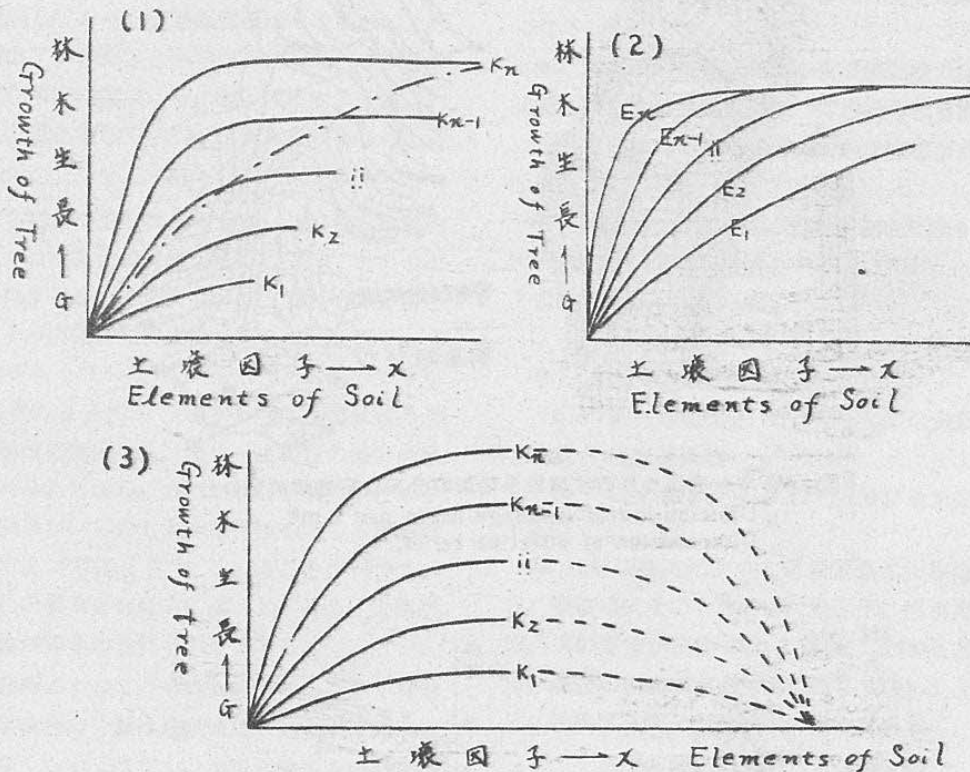


Fig. 38. 土壌因子と林木生長の模式的関係
Schematic representation showing relationships between
element of soil and growth of tree.

Fig. 38 (1) この場合の多相曲線は多階的に排列されている。この種の階級区分はその当該因子の機能に対して肩代りしうような別の因子が存在せぬ場合に、他の因子の総合作用の大小によつてなされているものと考えられる。

Fig. 38 (2) 相関曲線群は多傾的な様相を示している。この場合、当該因子の機能に対してこれを肩代り的に補償しうる別の因子があり、この補償因子の値の大小によつて区分されるものと考えられる。

Fig. 38 (3) 相関曲線群は山形が多階的な様相を示している。この現象は生長に対する適正数値の存在によつて説明される。

(1), (2) の場合は一般的によくみられるが、(3) の場合は先述のように土壌の物理性に該当する因子がありそうに思われる。

8. 微地形因子と林木の生長との関係及び結論

(1) 流線域（調査地点に対する表面的集水面積）と有効起伏量（その地点とその地点から 100m 以内にある最高点との標高差）の分布図（Fig. 39-1, 2）を作成し、またこれらの地形計測因子と林木樹高との相関図を作成した（Fig. 40-1, 2）。

(2) 流線域と樹高との相関図において検討を加えると、これまでの土壌因子のいずれの場合よりも密接な相関関係が認められるが、なお可成りの分散を示しており、堆積区分によつて多相的な曲線群に分析される。

次に有効起伏量と樹高との相関図を検討してみると流線域の場合よりも更に密接な関係が認められ、その

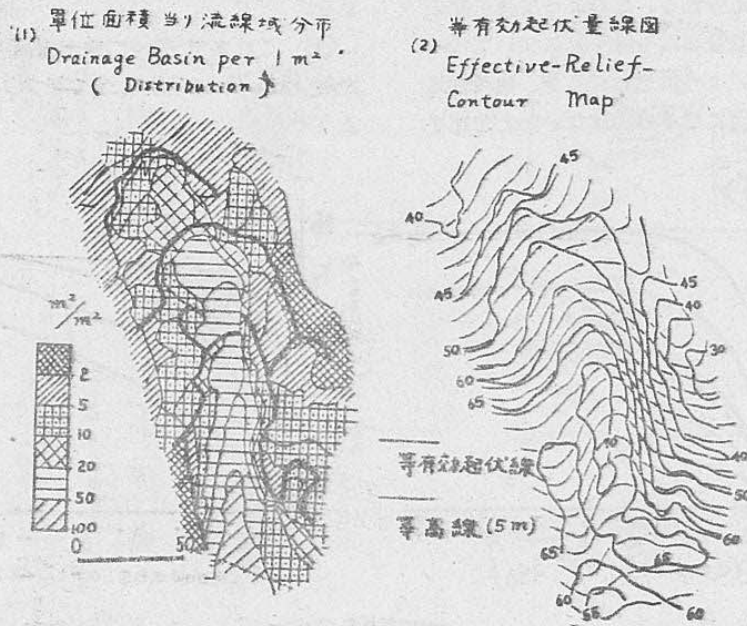


Fig. 39. 単位面積当りの流域集水面積の分布と有効起伏量の分布
Distribution of drainage basin per 1 m²
Distrubution of effective relief.

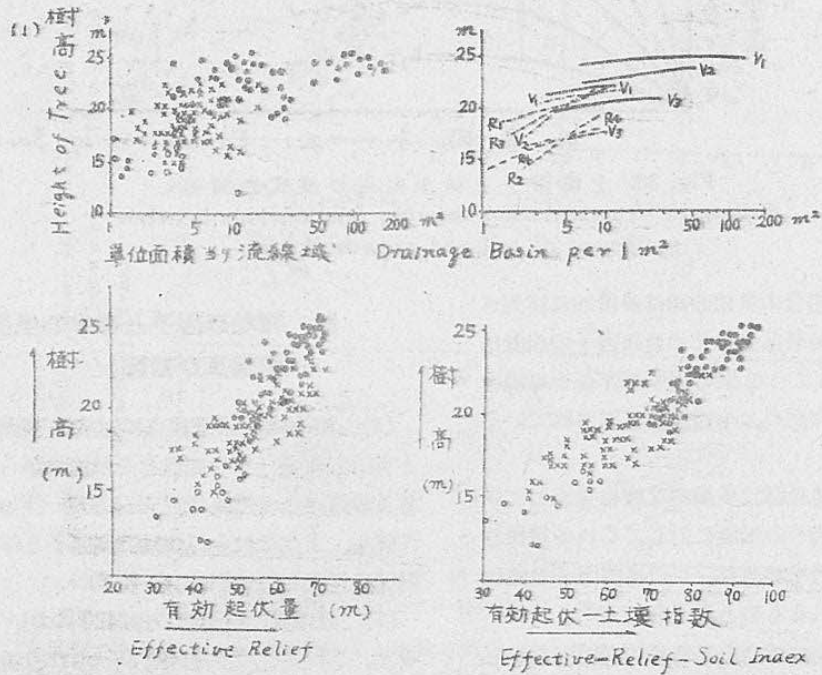


Fig. 40. 単位面積当り流域集水面積、有効起伏量及び有効起伏—土壌指数と樹高との関係
Relation of drainage basin per 1 m², effective relief and effective relief-soil index to heights of tree, where effective relief-soil index is value of effective relief plus constant which is ranked by types of soil deposits and soil properties.

相関曲線も殆んど単一曲線で表示されて本報告中で最も有意義な関係がみつめられる。

(3) 流線域の大小はその地点に対し、表面作用、斜面にそつた中間流によつて運ばれる土壌物質の量を平面的に規制しており、有効起伏量はその地点の上部に広がる所謂山アシの長さ平均傾斜角等を代表するもので、表面作用、中間流、特に地下水によつて運ばれる土壌物質の量を地形力学的に規制しているものと考えられる。

相関図から明かに見られるように、これらの地形的二因子とスギの樹高との関係が極めて密接であるのに対して、これまで述べて来たように土壌因子の分布とこの地形因子の関係は傾斜変換点等の攪乱影響で必ずしも正相関を示していない。他方、可動性の大きな K, Na の置換性成分や、土壌水溶液中の塩基類の濃度は斜面の部位に関係なく、ある一定範囲の値を示すことが認められており、またこれら土壌因子とスギの樹高との関係がいずれも大きな分散を示し多相的な相関曲線群によつて構成されていることが判つている。いまこれの事象を総合的に検討してみると大略次のような結論が導き出されるようである。

a. 土壌分析によつて得られた置換性塩基類や有効態磷等の化学成分の含量は直接栄養生理学的に林木の生長に結びつくものではなく、単に可吸可能な貯蔵養分をあらわしているに過ぎない。これらの含量の立地生態的な効用はある条件下での立地区分上の指標因子であるにとどまる。

b. 林木生長に直接利用される栄養分は寧ろ水溶性の成分であると考えられる。しかもこの水溶液中の成分は一般の林地ではどこでもほぼ一定の濃度を示している。従つて生長の大小に結びつくのはこの養分の溶液を運搬する流量であると考えられる。即ち土壌中の水分流量が大きい個所では林木はそれだけ水溶性養分を吸収する機会が多くなることになり、従つて生長量も増大するが、流量が小さい個所では逆に生長が劣ることになる。そしてこの流量を規制するのは地形（地質的条件も地下水等の動きにからんで重要であるが、ここでは定数的に扱つて一応考慮しない）であり、有効起伏量ついで流線域が重要な因子として浮かび上つて来る。

c. 低位生産地においては貯蔵成分の低下とともに水溶性成分の低下が想定され、林木の生長は水溶液の流量だけではなく濃度にも支配されてくる、そして地

形因子だけではなく土壌因子そのものが大きな要因となつて来る。

d. 平坦地においては水の平面的動きは小さくなり、貯蔵成分が外見的に林木の生長と結びつくようになる。

e. 水溶液の流量は単なる表面流だけではなく、中間流、地下水の滲出量によつて占められる割合が大きいと考えられ、この点地質基岩的な性状が重要な立地因子となつてくる。

(4) スギ林木の生長に関する立地指数として「起伏—(堆積)—土壌—指数」を提案したい。この指数は次式によつて与えられる。

$$R.D.S. = a \cdot E.R. + b \cdot D + S.$$

但し R.D.S. は起伏—土壌指数

E.R. は有効起伏量 a は主として地質条件による

D. は堆積指数 定数

S. は土壌指数 b は地質及び地形生成史による定数

D. は堆積様式によつて階級区分される指数であるが、堆積様式そのものの中に斜面形、傾斜角、局部的凹凸等の意味が包含されており、また見方をかえれば、先述の流線域の概念を代表しているとも解される。堆積区分別の指数は次の通りである。

土石流堆積土（押出し）	20
中傾斜崩積土	25
急傾斜崩積土	20
匍行土	10
残積土	0

S. は主として土壌の受蝕の程度、逆に見れば発達程度によつて個々の土壌型に応じて階級区分される指数であり、

完熟若しくは侵蝕を殆んど受けていない土壌では

未熟若しくは A, B 層を殆んど欠く侵蝕土壌では

即ち A 層若しくは B 層の厚さ、硬度、表層地質的な母材区分等比較的簡単な観察で区分出来る指数ではないかと考えられる。なお本調査地では受蝕程度が殆んど認められないので、谷型斜面一區の新堆積崩積土区（—10）以外は $S=0$ として取扱つた。

R.D.S. 指数と樹高との相関図は Fig. 40-3 に示す通りであるが、極めて密接な関係が認められスギ林木の生長に対する最も有効な立地因子として重視されよう。

なお有効起伏量は 80 以上になると急峻すぎて却つ

て地位が低下することが別の調査¹⁵⁾ でわかつており、ここで R.D.S. 指数の適用範囲は E.R. < 80 と考えた

い。

即ち E.R. : 0~80, D. : 0~25,

S. : 0~30

といつたそれぞれの変域が考えられ、低山地帯ほど (E.R. が小) 土壌そのものの役割が大きくなる

ことがうかがわれる。

(5) 土壌の諸因子の変化は因子によつては意外なほど分散が広く、また意外なほど変化が小さいものがある。これらの大、小の分散、そしてその間の規則性については従来殆んど注意が払われぬまま各種の調査が進められているようであり、この点、調査、取纏め方法に対して再検討の必要性が感じられる。

文 献

- 1) 青峰重範・船引真吾：土壌実験法 (1953) 養賢堂。
- 2) 青峰重範・和田光史：林地における主要成分の動態に関する研究 (1961) 九大農学部。
- 3) 青峰重範・原田登五郎：土壌肥科学実験 (1960) 養賢堂。
- 4) 河田 弘：森林土壌の化学的性質及び腐植の形態に関する研究 (1959) 林土調報 10。

- 5) 川島祿郎・永田正直・陶山源一郎：北九州国見岳国有林の森林土壌について (1942) 日土肥誌 16, 7。
- 6) 川島祿郎・永田正直・田中四郎・陶山源一郎：福岡県小石原国有林の土壌型について (1941) 日土肥誌 15, 9。
- 7) 真下育久：土壌と林木の成長 (1959) 森林立地 1, 1。
- 8) 真下育久：森林土壌の理学的性質とスギ、ヒノキの成長に関する研究 (1960) 林土調報 11。
- 9) 中村得太郎：千葉県演習林におけるスギ植栽林の生長過程と土壌の形態並びに地質との関係 (1944) 日林誌 26。
- 10) Polynov, B. B.: The cycle of the weathering (1937)。
- 11) 林野庁・林業試験場：国有林野土壌調査方法書 (1955)。
- 12) Robinson, G. W.: Soils (Their origin constitution and classification) (1951) London。
- 13) 芝木武夫：スギ、ヒノキ、アカマツの栄養並びに森林土壌の肥沃度に関する研究 (1952) 林野庁。
- 14) 竹下敬司・中島康博・長浜三千治・樋口真一：微地形及び土壌とスギ (品種) の生長に関する森林立地学的研究 (第1報) (1960) 福林試時報 12。
- 15) 竹下敬司：微細地形及び地形解析と土壌に関する森林立地学的研究 (1961) 福林試時報 14。
- 16) 三宅泰雄・北野康：水質化学分析法 (1960) 地人書館。

Summary

The relations among micro-topographical elements, forest soil properties and growth of Sugi on mountainous slope are investigated, analyzed and discussed. It is recognized that their distributions are individually regulated in different forms by micro-topographical elements, but their relationships are not as simple as general conception. On the relation between stand properties and growth of tree, the Relief-Soil Index, which is composed of effective relief and deposits-type and soil-property index, is most effective factor for height of Sugi.

But, this report is continuance of the first paper which is previously published in 1960.

GENERAL SITUATION OF RESEARCHED AREA

The researched area is in the district along the head-waters of the River Yabe in southern part of Fukuoka prefecture. The total precipitation is about 2500mm in year, the annual mean temperature is 14°C. The experimental slope which is covered with artificial forest of Sugi (*Cryptomeria*) 33 years old is geologically formed of graphite-sericite-chlorite schist, and it lies 400-550m on altitude and occupies about 1.6 ha. in area.

SURVEYING AND EXPERIMENTAL METHODS

- (1) Topographical surveying; 1 m contours map was made by compass survey-

ing (Fig. 1).

(2) Soil surveying; in the researched slope (1.6 ha.), 138 sampling plots were instituted in uniformly and at random (Fig. 2), and the soil samples were picked up in surface layer (5-10 cm depth) and in lower layer (50-55 cm depth), and investigations of following factors on the profile were practised; types of soil (Ohmasa's system), thickness of A and B horizons, gravel contents on profile and hardness.

(3) Soil physical analysis; soil composition (gravel, coarse sand, fine sand, silt, clay, texture), specific gravity, volume composition (pore space, maximum capillary capacity, minimum air capacity, water content), and percolation rate in natural core soil ($4\text{ cm} \times 100\text{ cm}^2$) by general method.

(4) Soil chemical analysis;
 PH(H_2O), exchangeable acidity,..... by general method,
 cation exch. capacity, exch. Ca, exch. Mg, H_2O -soluble Ca, H_2O -sol. Mg,
 by EDTA method,
 exch. K, exch. Na, H_2O -sol. K, H_2O -sol. Na,..... by flame photometric method,
 available phosphorus..... by spectro-photometric method, (0.03N- H_4F -soluble),
 carbon..... by Tiurin method,
 nitrogen..... by micro-kjeldal method,

(5) Geomorphic analysis;
 types of slope: slope types are classified, by proportion of concave, straight and convex forms in longitudinal and horizontal sections, into valley-type (concave dominant) and ridge-type (convex dominant) slopes,
 distribution of gradient,
 effective relief: difference of altitude (in meter) between the objective points and highest point within horizontal distance of 100m from the objective point,
 drainage basin: area of drainage basin m^2 to the objective point, but area of objective point is 1 m^2 ,..... by measurement on 1 m contours map.

(6) Calculated soil physical properties;
 ratio of (thickness of A hor./clay+silt),
 ratio of (clay/silt+sand),
 L-W ratio: minimum air capacity/maximum capillary capacity,
 degree of water saturation: degree of soil water content at sampling time to maximum capillary capacity,
 permeability-depth index (by Mashimo's method)

$$= \sum_{d=0}^{d=50} (\text{percolation rate}), \text{ where, } d \text{ is depth in cm.}$$

(7) Calculated soil chemical properties;
 total exchangeable Base: ex.Ca+ex.Mg+ex.K+ex.Na,
 degree of exch. Base saturation.
 total H_2O -soluble Base: H_2O -sol.Ca+ H_2O -sol.Mg+ H_2O -sol.K+ H_2O -sol.Na,
 $3y_1$ -N ratio: 3 exch. acidity/nitrogen,
 C-N ratio: carbon/nitrogen,

(8) Above mentioned data are shown in Table 1, Table 2 and Table 1, Table 3.

MICRO-TOPOGRAPHY, DEPOSITS AND STAND DIVISION

(1) The topography of experimental slope is compoundly classified into three stage according to division of erosion cycle, such as upper, middle and lower, and

into two types of slope according to divisions of erosion types and topographic analysis such as valley-type slope and ridge-type slope. Consequently, the experimental slope is divided into 7 unit-slope such as V_1, V_2, V_3 , (valley-type), and R_1, R_2, R_3, R_4 (ridge-type) (Fig. 3).

At the contact parts among the different cyclic slope, there are slope-transformation point (knick point), by which the successive variation of topographical elements, such as gradient and etc., are broken.

(2) Distributional relations of deposit type to topography are summarized as follows, on valley-type slope,

creeping superficial deposits: this type is observed on whole slope as a surface deposits, and covers other deposits,
over steep colluvial deposits (a kind of creeping superficial dep.)

.....	40°-50°
steep colluvial deposits	30°-40°
moderately steep colluvial dep.....	20°-30°
mud-debris flow dep.....	10°-20°

on ridge-type slopes,

residual deposits, creeping superficial deposits, and creeping super. dep. which covers ancient colluvial dep..

Colluvial and mud-debris flow deposits are characterized by gradients, but creeping-superficial and residual deposits are not always characterized by gradients, the latter are chiefly regulated by slope forms such as concave, convex.

Distribution map of deposits is shown in Fig. 4.

(3) The experimental area is divided by types of slope, types of deposit and types of soil into 57 stand divisions as a edaphological unit (Fig. 5).

MUTUAL RELATIONS OF MICRO-TOPOGRAPHY AND SOIL PROPERTIES

The results obtained in foregoing survey and experiments are graphically shown in Fig. 6 Fig. 8:

Fig. 6 (1) (2) (3) (4) are distribution maps of soil properties in surface layer and lower layer,

Fig. 7 (1) (2), Fig. 8 (1) (2) show, respectively, longitudinal distributions on mainly valley-type slope, and mainly ridge-type slope, where data of the former are picked up in belt (10-20m width) along accumulative stream-line on valley slope,

Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, show relationships between soil properties and topographical elements,

Fig. 12, Fig. 13, Fig. 15, show correlations among soil properties.

The results which are obtained in accordance with above mentioned relationships will be summarized as follows.

(1) Generally, total exchangeable Base contents increase according to descent on altitude, but this increasing tendency on longitudinal distribution does not always show simple-smooth tendency, and shows pulstory variation in accordance with exist of slope transformation point, that is, the successively increasing value decrease again into as relatively lower value as ridge's value at transformation point.

It seems that distributional contents of total exch. Base are topographically regulated by drainage basin and by effective relief at individually researched point, but correlations between them do not always show close tendencies due to above

mentioned knick point's behaviour.

(2) The exch. calcium distribute in similar condition to total exch. Base, but their pulstory variation on longitudinal distribution are more extrem. This is explained by reason of that exch. Ca occupies large part in total content of exch. bases, and the contrast between elluviation and illuviation of Ca are extremly expressed by his lower solubility in comparison with other bases.

(3) Distributional tendency of exch. magnesium is almostly analogous to exch. Ca, but his content value and distributional variance are smaller, and his distributional regularity is more vague than exch. Ca.

(4) Distributional relations of exch. potassium to topography shows different tendency to the case of exch. Ca. Correlation of exch. K to total exch. Base shows positive tendency under 1.0 me/100g in total exch. Base value, but shows nearly constant value over 1.0 me, and exch. K show, independently of topography, nearly constant value (: 0.2~0.4 me/100g) on the experimental slope.

(5) On the distributional relations and correlation to total exch. Base, exch. sodium is similalar to exch. potassium, but regulation of topography is slightly vague.

(6) Cation exch. capacity indicates higher value on relatively gentle ridge-type slope and in surface layer in comparison with respectively steep valley-type slope and lower. It is presumed that this facts are caused by both distribution of volcanic ash on surface of gentle ridge-type slope and effect of humus in surface layer.

(7) Degree of exch. Bases saturation shows similar tendency to total exch. Base, and shows negative relations to exch. acidity.

(8) The total H₂O-soluble Base contents on longitudinal distribution shows slightly pulstory variation in accordance with exists of slope transformation point. their variations along the descending direction on relief shows slightly increasing tendency, but it is not clear, and rather shows nearly constant value as a whole. The correlation of total exch. Base in content value indicates slightly positive tendency, however, it seems that H₂O-sol. Base keep almostly constant value independently of total exch. Base, and this fact characterize to distributional tendency.

(9) Longitudinal distribution of H₂O-sol. calsium contents shows similar tendency to total H₂O-sol. Base, but his increasing tendency along the decending direction on relief and his pulstory variation of lower's value are a little extreme. This fact originated in that coefficient value on correlation of H₂O-sol. Ca to total H₂O-sol. Base in contents shows larger than other H₂O-sol. Bases.

(10) Distributional tendencies of H₂O-sol. magnessium are irregular. This phenomena are based on that there are no correlatons of H₂O-sol. Mg to total H₂O-sol. Base and to exch. Mg.

(11) Longitudinal distribution of H₂O-sol. K contents shows slightly pulstory variation, but, it seems that individual value indicate, independently on topography, nearly constant as a whole. Coefficients of correlation between H₂O-sol. K to and total H₂O-sol. Base are as large as case of H₂O-sol. Ca, but variation ranges are smaller than case of Ca.

(12) Distributional tendencies of H₂O-sol. sodium are analogous to case of exch. Na. This facts are originated in that, in almost case, the ratio of H₂O-sol. Na to exch. Na in contents show nearly 1.

(13) The relations of coefficient of correlation between exch. Bases and total

exch. Base are summarized as follows;

exch. Ca	in all case	$C > 1, B$
exch. Mg	in case: total ex. Base	$< 1 \sim 2 \text{ me}/100\text{g}$ $C > 1,$
	total ex. Base	$> 1 \sim 2 \text{ me}/100\text{g}$ $C < 1,$
exch. K	total ex. Base	$< 1 \text{ me}/100\text{g}$ $C > 1,$
	total ex. Base	$> 1 \text{ me}/100\text{g}$ $C < 1,$
exch. Na	total ex. Base	$< 0.8 \sim 1 \text{ me}/100\text{g}$ $C > 1,$
	total ex. Base	$> 0.8 \sim 1 \text{ me}/100\text{g}$ $C < 1,$

where C is coefficient.

The major parts of total exch. Base content are occupied by exch. Ca, particularly in parts of higher value, so that coefficients of other exch. Bases show 1 and over in case of that total exch. Base contents are below certain value but show below 1 in case of over.

Similar tendencies are recognized in individual relations of H_2O -sol. Bases to total H_2O -sol. Base and of H_2O -sol. Bases to exch. Bases.

(14) Distributional tendencies of available phosphorus are a little similar to total exch. Base, but increasing tendency along descending direction on relief and pulstury variation are not always regular, and it seems this irregularity is based on distribution of volcanic ash in which content of available P is relatively high:

(15) Distributional tendency of nitrogen contents in surface layer is irregular. It is presumed that this fact is caused by both distributional characteristics and loss of chance on analyzed treatment, which is too long for analysis after sampling, so that the organic matter has decomposed within periods of storage, and relatively high value may be partially recognized in immature humus which not decomposed under naturally unfit conditions.

Nitrogen contents in lower layer are constant independently of topography, but slightly increase according to descent of altitude.

(16) Distribution of C-N ratio is mainly depended on distribution of carbon contents, whose value is relatively high on steep colluvial deposits, and it was reported in previously published paper, rather than nitrogen, anyhow, clear tendency is not recognized.

(17) On the distributional relations of soil composition to topography, clear tendencies are not recognized, but vague tendencies obtained will be summarized as follows;

clay.....average values are higher in ridge-type slope than in valley-type slope,

on ridge-type slope, higher in low gradient (residual deposits), and lower on high gradient (creeping superficial deposits),

increase of content of lower layer in comparison with on the same profile are recognized on relatively steep slope, but contrary phenomena recognized gentle slope,

silt.....contents in surface layer show similar tendency to case of clay, but their variations are slightly more extrem, distributional tendencies of contents in lower layer are not clear,

clay+silt...similar tendencies above mentioned to topography are more clear than individual case,

fine sand...regularities are not recognized,

coarse sand...relatively clear tendencies are recognized, i. e. higher on valley-

type slope and on comparatively recent-formed slope than on ridge-type slope and on ancient-formed slope, and increasing tendency of contents on longitudinal distribution along the descending direction on relief is recognized.

(18) Clear relations of distribution of soil hardness to topography are not recognized, but, it seems that there are relatively lower value on steep slope (maximum in 35° - 45°) and higher value on gentle slope (residual or mud-debris flow deposits). Average value of hardness on individual slope-type division indicate relatively higher on ridge type slope than on valley-type slope except relatively dry organic soil and part of crushed rock.

(19) Correlation of percolation rates to soil hardness shows closely negative tendency, so that distributional characters of percolation rates are opposite to hardness.

(20) Pore space value, particularly in surface layer, are relatively higher on ridge-type slope than on valley-type slope, and decreases of porosity of lower slope in comparison with higher slope are recognized. This fact is opposite to previously reported assumption which is presumed by correlations of porosity to hardness or to permeability, where the former shows negative tendency and the latter shows positive.

(21) Maximum capillar capacity and minimum air capacity do not show distributional regularity to topography.

(22) On the correlation between nitrogen contents and porosity, positive tendency is recognized, and, especially, this relation is close on lower layer's.

(23) The decreases of the contents of chemical elements of the lower layers in the same profile are generally recognized except eroded parts on which organic layers are thin. these phenomena are originated by the effects of decomposition of leaf litter which have supplied the chemical elements to the upper layer.

(24) It has been presumed that the elluviation and the illuviation of soil chemical elements on the slope are regulated by movements of surface water along the relief and by subsurface flow and ground water.

On the multi-cyclic slope, the successive variations of individual element are longitudinally broken by slope transformation point, and they are shown in multi-cyclic variation with topography. This phenomena are originated by that the soil chemical properties are characterized by geomorphic history. That is, it is presumed that the distribution of chemical properties are regulated not only by recent transportational actions but by ancient deposit's characters, and their transportations have been partially done in direct connection with movements of solid soil materials by erosion. According to above mentions, the distributions of chem. properties of surface layers are regulated by both movements of solution and solid materials (: characters of recently surface deposits), and properties of lower layers are regulated by both movements of solution and characters of anciently moved deposits (or existed deposits).

(25) The phenomena of multicyclic variations concerning elluviation and illuviation of chemical properties are related to the individual solubility, i. e. weakly soluble matters, such as calcium, show extreme alteration, on the contrary, strongly soluble matters, such as potassium and other H_2O -soluble contents, show faint alteration.

(26) The distributional regularities of physical properties are lower than case

lower and average), total exch. Base (lower), degree of exch. Base saturation (lower), exch. Ca (surface and lower), exch. Mg, -K, -Na (surface, lower and average), total H₂O-sol. Base (surface, lower and average), H₂O-sol. Ca, -K, -Na (surface, lower and average),

4. weak significance (negative tendency)

pore space (lower), maximum capillary capacity (lower), minimum air capacity (surface), average hardness (in 0-50cm, 0-80cm depth), clay and silt, cation exch. capacity (surface).

5. insignificance

maximum capillary capacity (surface), minimum air capacity (lower), nitrogen (surface)?, C-N ratio (surface)?, H₂O-sol. Mg (lower, surface and average).

(3) On the coordinates of soil properties to heights of tree at differences of slope divisions, analyzed correlation curves which pursue along the relief are recognized as a crooked curve. On the similar coordinates, analyzed correlation curves which are classified by slope types are recognized as a multiple but smooth curve.

These facts, such as multiplicity and crooked curves, are caused by differences of distribution between soil properties and height of tree, and suggest that the values of soil properties do not directly connect to physiological growth of tree.

(4) Generally, the increasing tendency of heights of tree along the descending direction on the relief is recognized. But, on the multicyclic slope, these successive variation is longitudinally broken by the knick point. While, the similar tendencies are recognized in some soil properties, and also the different tendencies are observed in other properties.

The phenomena of above mentioned differences are summarized as follows;

1. in the case of similar tendencies, the variations of heights are too small to the variations of soil properties, and there are gaps among the manners of variation,

..... total exch. Base, Degree of exch. Base saturation, exch. acidity, PH, thickness of A-hor., exch. Ca, exch. Mg, available P, degree of water saturation, porosity,

2. in the case of similar tendencies, the variations of heights are larger than soil properties one, and there are gaps among the manners of variation,

..... exch. -K, -Na, H₂O-sol Base, H₂O-sol. -Ca, -K, -Na, C.E.C. (lower lay.),

3. in the case of different tendencies, there are large gaps among the locality in which distinguished variations exist,

..... H₂O-sol. Mg, carbon, nitrogen?, C-N ratio, permeability, hardness, other physical properties,

(5) Some results obtained in foregoing examinations are opposite to previously reported results which have been done by another researchers;

1. some properties have been reported that they showed simply and closely correlated curves to the heights of tree, but in this report, these correlated curves are expressed in weak and multiple phase,

2. and in some cases, positive correlations have been recognized, but, in this report, the contrary results are recognized in the correlations of same kinds.

It seems that the correctness of above mentioned properties values are proved

by that there are theoretical justness in foregoing mutual relations to other properties concerning soil and topography, therefore the difference results which are reported in this paper are recognized as a proper phenomena. (except nitrogen)

It is presumed that the causes of these different phenomena between simple and multiple correlation curves are based on difference of sampling methods; that is to say, the former sampling is low in density to the area of experiment and artificial, and the latter is high in density and random.

Some properties possess optimum value to the growth of tree, so that, in the both cases of over or below optimum value, the heights of tree decrease, and then the correlations show positive tendencies in below optimum and show negative in over optimum. Above mentioned contrary results in the same-properties-correlations will be explained by exists of optimum values (for ex. porosity).

(6) Resultant correlations will be schematically summarized in Fig. 38 (1) (2) (3);

Fig. 38 (1).....correlation curves of soil property to growth of tree show multi-storied convex-phase: correlation of certain property is classified by total action of other properties, in this case, subrogational agencies by some properties do not exist,

Fig. 38 (2).....correlation curves show multi-angled convex-phase: correlation is regulated by subrogational action of other properties,

Fig. 38 (3).....correlation curves show hill-formed multiple-phase,
Case (1) and case (2) are generally recognized, but case (3) is mainly recognized in physical properties.

RELATIONS BETWEEN GROWTH OF CRYPTOMERTA AND TOPOGRAPHICAL PROPERTIES AND CONCLUSION

(1) The correlation between the drainage basins to the individual sampling-points and heights of tree are graphically shown in Fig. 40-1. In this coordinates, the drainage basins are comparatively in close relation to heights of tree, i. e. this correlation is more clear than case of soil properties.

(2) On the correlation of effective reliefs to heights of tree, (Fig. 40-2), most close tendency in comparison with other case is recognized, i. e. the correlation is nearly expressed in single curve, apparently, case of effective relief is more close for growth of Sugi than case of drainage basin. These clear relationships are indirectly found in comparison among distribution maps of them (Fig. 39-1, Fig. 39-2).

(3) It is presumed that the drainage basin regulate to transportational quantity (: discharge) of soil matters by surface and subsurface actions, and the effective relief regulate, geomorphologically and dynamically, to transportational quantity by surface and subsurface actions (flow) and particularly ground water.

However, the close correlations of effective relief and drainage basin to growth of Sugi are recognized, while, the soil properties values do not always relate to them by topographic effects of slope-transformation points and others. On the other hand, contents of exch. K and exch. Na which have high solubility, and contents of various H_2O -soluble Bases show nearly constant values in every points of the slope. In accordance with these facts and foregoing multiple correlations, following phenomena will be summarized;

1. The contents of exch. Bases and phosphorus indicate only storage values of available matters for growth of tree, and do not indicate directly available nutrients. It seems, therefore, that their contents do not physiologically connect to heights of tree, and edaphological utilities of them are recognized as a only indicators for site divisions.

2. It is presumed that the directly available nutrients in soil are H_2O -soluble matters whose densities are nearly constant on high producing-area of tree, and growth of tree regulated by transportational quantity such as discharge of seepage of ground water, subsurface flow and surface flow.

3. On the low producing-area of tree, it is assumed decrease of densities of H_2O -sol. matters. In this case, growth of tree is regulated by both transportational quantity and density of H_2O -sol. matter.

(4) As a daphological index for growth of Sugi, writer propose relief-soil index, and this is shown in following fomular,

$$R.D.S. = a \cdot E.R. + b \cdot D. + S.$$

where, $R.D.S.$ is relief-soil index, $E.R.$ is effective relief, D is deposits index which is characterized by slope types, gradients and others, $S.$ is soil index which is characterized by soil properties on individual soil type (such as thickness of A-, B-horizons and hardness etc.) and mother rock, a and b is constant (characterized by geological conditions).

The value of $D.$ -index is classified into as follows;

(types of deposits)	(value of $D.$ -index)
mud-debris flow deposits.....	20
moderately steep colluvial deposits	25
steep colluvial deposits	20
creeping superficial deposits	10
residual deposits.....	0

The value of $S.$ -index is classified into 0-30

good soil.....0, bad soil..... -30

but, on the experimental slope, $S.$ is nearly const (=0).

The correlation between $R.D.S.$ index and heights of tree is graphically shown in Fig. 40-3. It seems that this index is most effective factor for the growth of Sugi.

(5) Variances of soil properties show unexpectedly very large value in even small area. It seems that these large variances and their regularities have not been regarded on the sampling and exmination methods, up to now, therefore, these methods will require reexaminations in the near future.

実験にもとづく斜面生成機構の 理論的解析とその考察

竹 下 敬 司

Theoretical analysis of slope evolution based on laboratory
experiments and relative consideration.

Keiji Takeshita

〔摘 要〕

斜面の変形に関する模型実験をなし検討を行なつた。斜面形の生成機能として従順傾斜化作用、平行の変形作用の他に位置のエネルギーの運動変換に伴う侵蝕の結果として凹形急峻化作用が認められ、従来の所説と若干異なつた結論が導かれるように考察された。

1. 結 論

斜面形の生成機構とその分類は地形学上の基本的問題として過去多くの論説が行なわれて来ているが、未だ対立的な問題点が残されており、その大系化はなされていないのが現状のように思われる。他方、この種の問題は林野土壤、土地保全等を地形的にとらえて行く上で最も根本的な事項と考えられ、早期的な解決が望まれるのであるが、筆者はこの応用地形的な立場から斜面形生成問題に関心を抱き、若干の模型実験を行なつた上でその理論化を試みたのでこゝに報告して大方の御批判を仰ぎたい。

2. 実験設備

2. 1. 材料. 次の2種の砂粒(粒形5mm以下)を用いて模型斜面を作成した。

イ. 水洗砂 水洗処理により、微砂、粘土及び細砂の一部を除去した砂粒。

ロ. 非水洗砂、若干の微砂、粘土を含む砂粒。

2. 2. 模型斜面体の規模と形状. 側後の三方を固定壁により、一方(前面)を取外し可能な4枚の同形堰止板により箱形にかこんだ長さ2m、巾80cm、高さ約90cmの直方体の砂山である。実験に際しては前面の

堰止板を開放し、種々の原形の斜面を幾つかの異なつた処理下におき、その場合の侵蝕、変形の状況を測定した。

2. 3. 測定装置. 砂山の上方の空間に、直方体の長軸中心線に平行な長さ4mの固定水平尺を設定し、更にそれに沿つて移動する上下滑動可能な垂直尺を設けて、斜面の中心縦断面形上の各点の水平、垂直座標的位置が自由に測定されうるようにした。従つて次に述べる実験結果はすべて砂山の中心縦断面形の変化をとらえたものである。

2. 4. 模型斜面の設定場所. 太陽の輻射熱を充分に利用し得、而も自然の風雨の影響を除去する目的で、屋外の日当りのよい平坦地にビニールハウスを建設し、その中に、砂山の前面が南々西を向くように設定した。

2. 5. 散水装置. 人工的な散水の自由に行なえるように、移動可能なシャワーを用意した。

3. 実験及びその結果

3. 1. 散水による斜面の変形

シャワーにより散水しこれに伴う斜面の侵蝕、変形を観察した。散水は全面的に一斉に行なわれうることが望ましいのであるが、それが至難であるため、やゝ局部的な散水を全面的に移動して、或る単位時間内では散水密度が全面的に平等に行なわれるようにした。

散水により発生した侵蝕作用は大略次のようなものに観察区分された。

(1) 表面流作用

a. 水滴の運動量が砂粒に伝達され、粒子が僅かづゝ下方に移動する(跳動ではない)。

b. 散水が滲透量を上廻り、或程度集積して表面流

を生ずるが、しばらく流下すると滲透して消失する。これに伴って表面粒子が匍行的な移動堆積を行なう。

c. 表面流が生じた後、散水量と滲透量が相拮抗して大略一定の流量を呈する。この場合表面粒子はしばらくはその可動性に応じて奪取運搬されるが、やがて流れの運搬容量が飽和されると最早新たな侵蝕を行なわねまゝ流下する。

d. 表面流が生じた後、散水量の供給により、流量は流下と共に増大して飽和運搬容量に達することな

く、表面粒子はその可動性に応じて常に奪取運搬されて行く。

e. 表面流がやゝ集中化し rill 乃至は gully 化し、落差に伴う位置のエネルギーの速度変換により、corrasion 的な侵蝕を伴って流下する。

(2) 地下水作用

表層から滲透した水は、やがて斜面体基底部から飽和状態を示して地下水的な存在となり、再び斜面の表面に滲出してあらわれる。本実験ではこのような地下

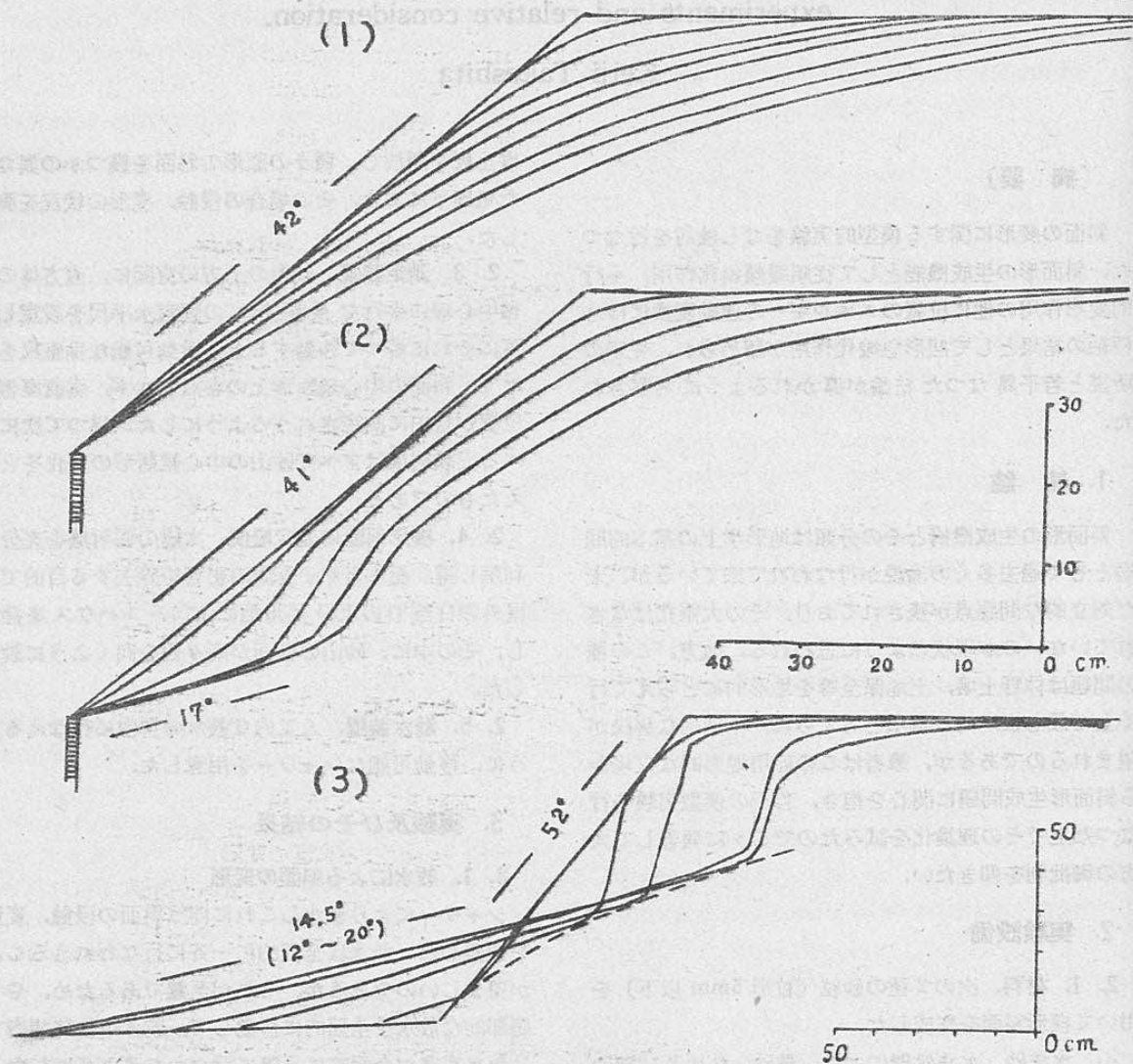


Fig. 1. 散水実験による模型斜面の変化
Slope evolution by water spray in experiments;

- (1) 非集中的洗蝕による従順化変形
(1) subduing by unconcentrated wash,
- (2) 上記の場合に斜面基部の流動的崩壊が加わった場合の変形
(2) case(1) + retreats of base of slope by liquid destruction,
- (3) 斜面基部の破壊と地下水流の滲出掃流による山崩れ型の斜面の変形
(3) case(2) + parallel retreats by landslide on relatively large scale.

水的作用を次のような条件下におくように考慮した。

イ. 地下水を全部他へ排除して、斜面への滲出があらわれぬようにした。

ロ. 地下水の大半は他に排除したが、斜面基部附近での若干の滲出を行なわせた。

ハ. 地下水の全部を斜面の基部附近から滲出させるようにした。

(実験1)

模型斜面に対して次の条件下で散水変形を行なつた。a. 水滴運動量に伴う砂粒の移動、b. 局部的短命な表面流による砂粒の移動、c. 流量の増加を伴う表面流による移動、イ. 地下水の影響の全面的排除。

Fig. 1 (1) は上部平坦面と不連続に接する 42° の斜面の変形状況を示したものである。実験は地下水の影響を除くため、短時間の小刻みの処理を繰返し、図の変形曲線は夫々、2~3回の処理後の斜面の縦断形を示したものである。なお移動砂粒は斜面基部を支える堰止板の上端を溢流させて排除した。

図の変形状況を検討してみると、変形は傾斜角が一定な直線には生ぜず、相隣る地点の傾斜角が互いに異なるような部分、即ち曲線的な部分、特に曲率の著しい地点ほど激しく変形していることが認められる。そして、余剰砂粒が溢流する支点を不動点として、明かに従順化（凸曲部の鈍形化）、緩傾斜化（終極的には平坦化）の傾向を示している。

(実験2)

実験1の a, b, c の条件の外に、更に次の条件が複合的に加わるようにした。d. 表面流の流下に伴う流量の逐次的増加、ロ. 斜面基部における地下水の若干の滲出。

Fig. 1 (2) は上部平坦面と不連続に接する 41° の斜面の変形状況を示したものであるが、夫々の曲線は夫々2~3回の処理後に生じた斜面の縦断形を示しており、この場合の余剰砂粒は実験1の場合と同様溢流排除した。

図について検討してみると斜面の上部では実験1の場合と同様、従順鈍形化、緩傾斜化の傾向を示しているが、直線的部分にも若干の後退が認められ、また、斜面の基部が地下水の飽和により流動崩壊して凹形急峻化をして上部面との間に Knick point を形成し、これに伴う斜面基部の後退、そのあとに山麓緩斜面の生成が認められることが特異な現象として指摘される。

(実験3)

表面流作用については実験2と同様の条件下においたが、地下水についてはその殆んど全部を斜面の基部附近から滲出せしめた。其のため斜面の基部は飽水により流動化し、夫に伴われて上部斜面体がブロック状に崩壊した。崩土は一時的には塊状に堆積したが、その後の滲出水、表面流によつて掃流されており、本実験ではこれらの運搬砂粒を他へ除去することなく全部を基部に堆積せしめた。

斜面は上下を平坦面に不連続に接する 52° のものを原形として出発させたが、その変形状況は Fig. 1 (3) に示す通りであり、次のように要約される。○崩壊は斜面の規模に対して相対的に極めて大きな形ちであられ、独特の凹形急斜面を形成しながら平行の後退を示している。○基部の後退が進むにつれ、そのあとに 15° 内外の山麓緩斜面的な扇状堆積面が形成された。○斜面の上部では実験1, 2の場合と同様、従順緩傾斜化が認められ、○斜面の後退と共に比高が減るに従い従順化作用の役割が次第に大きくなって行くことが認められた。○斜面の基部が堆積物により被覆保護されるため、その後退と共に、堆積面下に埋設された地山的な凸形の基底斜面（図中点線で示す）の形成が想定された。

3. 2. 砂山表面の乾燥による崩落変形

砂粒の間隙を水で浸潤状態においた場合、個々の砂粒は水の凝集力により互いに吸引しあい、よく任意の形態の斜面体を構成することが出来る。次にこれを太陽の輻射熱により表面から徐々に乾燥させる。材料として粘土、微砂を欠く水洗砂を用いた場合、砂粒は間隙水の消失と共に相互の凝集性を失つて遊離し、不安定な傾斜面上にあるときは直ちに崩落する。このような現象を自然の山岳斜面における風化侵蝕と対比すると、浸潤状態の砂山は未風化の地山を、乾燥層の生成は風化作用を意味するものと考えられ、砂粒のパラパラとした崩落は斜面の規模に比して相対的に小規模な崩壊現象と解される。侵蝕は全くの重力作用としてあらわれ、それによる斜面の変形は i) 重力的不安定化に伴う自然崩落、ii) 崩落物質の落下運動に伴う2次的侵蝕の2作用のもとに行なわれるものと想定される。

模型斜面における実験結果は Fig. 2 (4), (5) に示しているが、図は斜面の縦断形の夏日1日ごとの変形記録を表現したものである。なお崩落砂粒は実験4の

IV の場合以外は、斜面の基部を支える堰止板の上端を溢流させて外部へ排除している。

(実験4)

直方体の湿潤砂山の前面にある4枚の堰止板を上から1枚ずつ取外し、4階段の実験を行なった。

I. 最上部の堰止板を取外す。土圧的に不安定な部分が塊状に崩壊して、その後は Fig. 2. (4) の I に示すような乾燥崩落に伴う自然な変形が発生した。変形

は侵蝕面の一見平行的な後退とその比高の減少、侵蝕面の基部の後退と共に発達する傾斜角約 33.5° の直線的な安息堆積面の形成、侵蝕面による上部平坦面の蚕食の3つの形であらわれ、安息面と未侵蝕の上部平坦面とが直接相接する状態で終局に達した。

II. 2番目の堰止板を取外すことによって侵蝕は再開されたが、その状況は図(4) II の通りであり I の場合とほぼ同様の変形を繰返した。

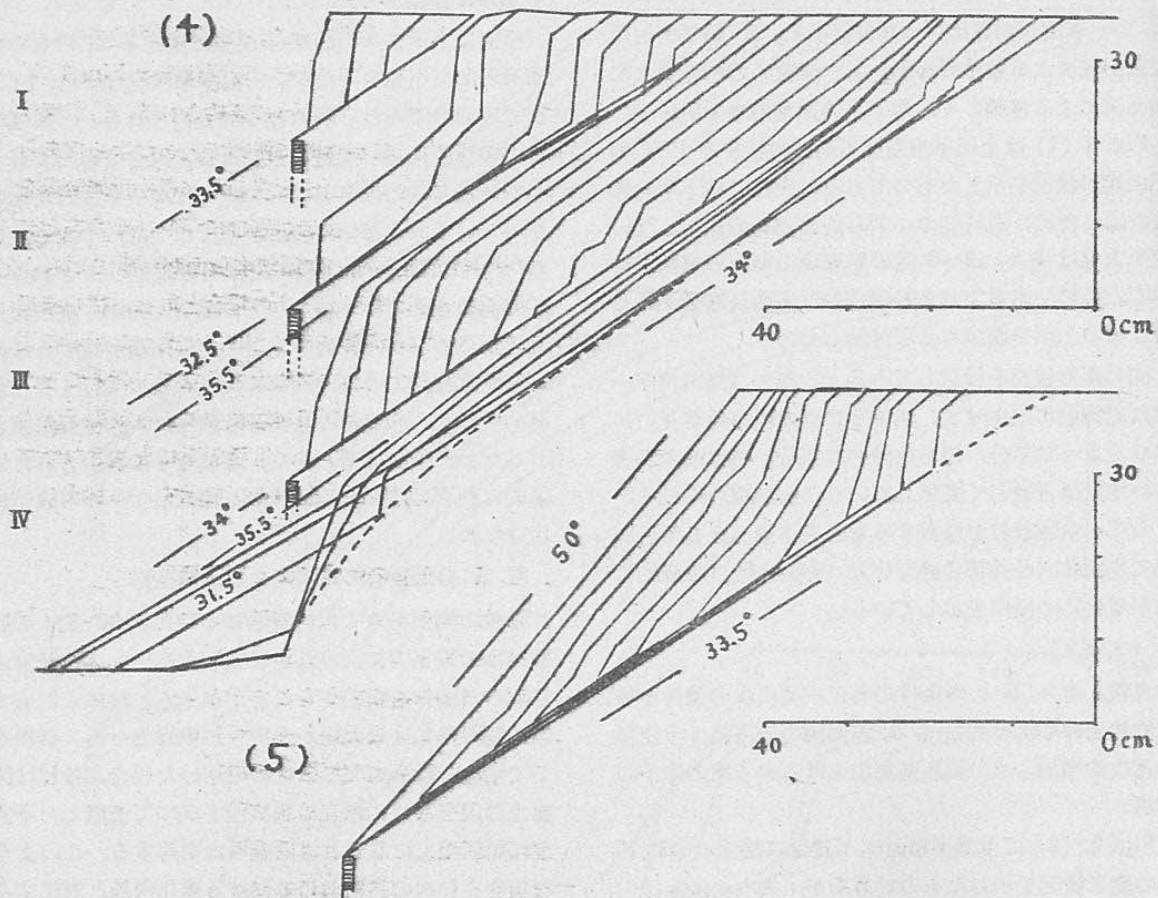


Fig. 2. 砂粒の乾燥遊離に伴う崩落による斜面の変形
Slope recession by gravity fall which is accompanied by isolation of arid cohesionless sand;

- (4) 断続的な斜面基部の下刻に伴う変形
- (4) multi-cyclic evolution by intermittent deepening,
- (5) 単一輪廻的な変形
- (5) mono-cyclic case,

いずれの場合も、侵蝕面の急峻化と安息面の生成が認められる

it is recognized steepening of erosion slope and formation of reposed slope.

III. 3番目の堰止板を取外す。第2階段で形成された安息斜面は直ちに堆積物を失って 35.5° のその基底斜面を露出し、その下端は新たな急斜面に接して明ら

かな nick point を有する斜面が原形となつて出発している。斜面の変形は Fig. 2 (4) III に示すように knick point の上下斜面夫々の一見平行的な後退の組合

わせにより行なわれているように見受けられるが、若干の急傾斜化が行なわれているようにも観察され明らかでない。変形は 34° の安息面と上部平坦面の接合により終局に達した。

IV. 最下部の堰止板を外し再び侵蝕を開始させる。変形は Fig. 2 (4) IV に示すように nick point を有する斜面が原形となつて出発しているが、I, II, III と異なる点は崩落砂粒をそのまま基部に堆積させたことで、この堆積物の被覆により侵蝕面は急速に消失し早く終局に達した。堆積面下には実験 3 の場合と同様、地山的な埋没基底斜面の生成が想定され、I, II, III の場合は堆積面と基底面がほぼ一致した状況を示したのに対して、この場合では図の点線で示すような凸曲面が生成されている。

(実験 5)

実験 4 の結果侵蝕面は一見平行的後退をするものとも或いは急峻化するものとも観察されたが、この点を明かにする目的で実験 5 を行なつた。変形は Fig. 2 (5) に示すように 50° の斜面を原形として出発させた。侵蝕面の後退と共に直線的な安息面 (33.5°) が発達して行く状況は前記と同様であるが、ここで明らかになったことは侵蝕面が後退と共に次第に急峻化することで、決して平行的後退を示すものではなく、 50° で出発したものが終末において 90° に達していることが認められる。変形は砂粒の重力流の集中化により局部的な深蝕部と浅蝕部が生じ図示された各縦断面の変化は必ずしも一様な傾向を示していないが、急峻化の状況が充分把握出来るようである。

(実験 6)

これまでの実験での安定面は上部平坦面がこれに相当しており、他方 35.5° 以上の斜面はそれ自身侵蝕面化することが認められたが、安定傾斜の上限、侵蝕傾斜の下限が明らかでないので本実験を行なつた。実験図は省略するが後掲 Fig. 9 に模式的に示すように、下部を急峻侵蝕面に接する 36° , 34° , 32° の 3 つの斜面を崩落変形させた所、一見似通つた各斜面が、 36° ではそれ自身が侵蝕面化し、 34° では明らかでなかつたが、 32° では安定面としての性格が強く、下部侵蝕面の頭部の蚕食による受身的な変形を受ける以外、それ自身では侵蝕面化することなく、安定・侵蝕の限界が $32^\circ \sim 34^\circ$ 附近にあることが認められた。

3. 3. 衝撃 (たゞき) による変形

斜面体を支える前面の堰止板を槌によつて叩打し、

地山に前後方向の振動を与えると、乾燥によつて結合性が弱くなつて風化物質は慣性によつて空間に遊離し、重力作用により匍行的に移動する。本実験このような表層匍行による斜面変形を測定したもので、衝撃は堰止板に近い部分ほど激しく、これから遠去かるにつれ弱化し、斜面の変形も全部が均等な処理化にあるとはいえないが、一応の傾向はうかゞえよう。

(実験 7)

Fig. 3 (6) に示す通り人工的に 38° , 32° の 2 段の斜面を形成し、これを変形せしめた。 38° は前記の乾性崩落作用の安定限界角を上回つており、 32° は限界以下の斜面である。変形は 38° 斜面において著しいが共に従順化緩傾斜化の傾向を示しており、実験 1 で示した散水による従順化の傾向と極めて類似している。図においては明らかでないが、実験の初期において 38° 斜面は一旦急峻化の方向を辿り山頂崖的な急斜面を生じた後に従順化に転じたものである。

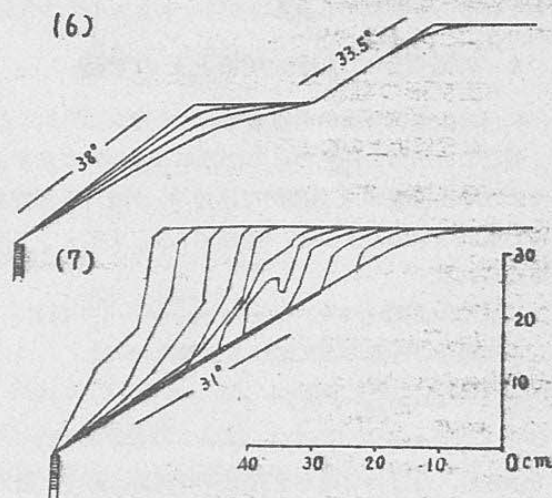


Fig. 3. 水平叩打によつて遊離した表面砂粒の匍行に伴う変形

Slope recession by creeping, which is caused by isolation of superficial substance by horizontal beating;

(6) 従順化変形

(6) subduing by creep,

(7) 従順化作用と急傾斜地における急峻化作用との複合的変形

(7) compound of subduing with steepening and formation of reposed slope.

(実験 8)

斜面体の構成材料として粘土、微砂を保有する非水洗砂を用い、Fig. 3 (7) に示すような斜面を原形とし

て衝撃による変形を促した。変形状況は実験4, 5で行なつた乾性崩落の場合に極めて類似しているが、この場合砂の乾燥後も粘土、微砂による固結作用が強く自然崩落は行なわれず、衝撃による強制作用により変形を生じた。侵蝕は自由崩落作用は勿論であるが、実験4~5の場合よりも重力砂粒的な影響が著しく、侵蝕崖は決して一様な後退を呈さず、土柱的な分離独立崖を可成り生じた。他方侵蝕面の比高が大きい間は明らかでなかつたが、実験7の場合と同様の従順緩傾斜化作用が崖面上部に認められ、侵蝕面の比高が減ずるにつれその影響が強くなりあらわれている。崖面の基部に生成される安息面の傾斜も匍行によつて若干低位化し31°を示している。本実験の変形は崩落に伴う斜面の急峻化と、表面匍行による従順化の複合によりなされているものと見做されるが、これらの複合作用は全面的に均一に行なわれるのではなく、同じ処理下においても、31~90°の斜面では急峻化が、それ以外では従順緩傾斜化が卓越して、各々その優勢の場を異にしていることが認められる。

4. 斜面変形の理論的解析とその考察

4. 1. 数理解析上の前提条件

斜面の縦断面の任意の点の位置が Fig. 4 に示すように水平的位置 l と垂直的な落差 h の直角座標であらわされるものとする、斜面形は次の式によつてあらえられる

$$l=f(h) \quad \dots\dots\dots(1)$$

その場合の任意の点における傾斜角 α は

$$\cot \alpha = \frac{dl}{dh} = f'(h)$$

$$\therefore \alpha = \cot^{-1} f'(h) \quad \dots\dots\dots(2)$$

で示され、物質の可動性を支配する斜面に沿つた重力の分力 g' は次式で表現される。

$$g' = g \sin \alpha \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$= g \sin \{ \cot^{-1} f'(h) \} \quad \dots\dots\dots(4)$$

斜面上の侵蝕量について検討してみよう、斜距離 Δs だけへだたつた任意の上下の点を A, A' 、その各点を通過する運搬掃流物質の量を夫々 $L, L+\Delta L$ とする。物質の移動性は後述するように傾斜角の支配を受ける面が強く運搬掃流物質量は斜面形に関係した関数で示されう場合が多い、即ち

$$L=F(h), \quad L+\Delta L=F(h+\Delta s) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{但し } \Delta s = \sqrt{\Delta h^2 + \Delta l^2}$$

この場合の Δs 間の侵蝕総量は ΔL で示されるこ

とになり、任意の点における侵蝕量 E は

$$E = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta L}{\Delta s} = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{(L+\Delta L) - L}{\Delta s} \\ = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{F(h+\Delta s) - F(h)}{\Delta s} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$= \frac{dF(h)}{ds} \quad \dots\dots\dots(7)$$

で示され、 E は斜面に直角方向の量として表現されることになる。

次に単位時間 dt 当りの斜面に直角方向の変形量 ΔE について考えてみると

$$\frac{\Delta E}{dt} = KE_{(at \ t)} \quad (K: \text{Const.}) \\ = K \frac{dF(h)}{ds} \quad \dots\dots\dots(8)$$

また、水平方向の変形量、所謂後退量は

$$\frac{\Delta l}{dt} = \frac{\Delta E}{dt} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = K \frac{dF(h)}{ds} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \quad \dots\dots\dots(9)$$

で表示される。

これらの式について作図を行なう場合 $F'(h)$ が簡

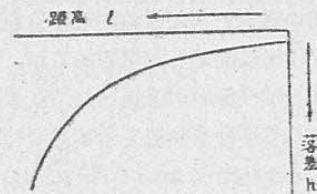


Fig. 4. 斜面形の座標的表示
Coordinates expression of slope form,
 h ; head, l ; horizontal distance.

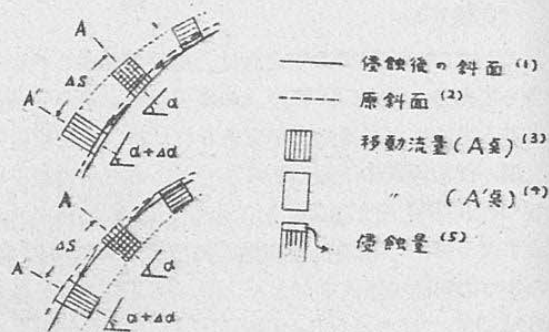


Fig. 5. 表面洗蝕及び表層匍行の機構
Mechanisms of unconcentrated wash and
surface-layer creep,
(1) surface after eroding,
(2) initial surface,
(3), (4) quantity of movements,
(5) erosion value.

明な式とならない場合は非常に困難性が想定されるので、この場合は便宜的に Δs を定数と仮定し、近似的に (6) 式から

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} \doteq K_s \{F(h+\Delta s) - F(h)\} \dots\dots\dots (10)$$

$$\doteq K_s \frac{dF(h)}{ds} \Delta s \dots\dots\dots (11)$$

但し K_s : 定数, Δs : 定数と置く,
と考へて理論図の作成を行なつた。

4. 2. 従順化作用

(1) 表面的な揚上移動作用

さきに述べた実験 7 の衝撃に伴う衝行的従順化作用を想起してみよう。地山の振動により表面粒子が慣性的に水平分離し、直ちに垂直に落下するものと考え、傾斜角 α の任意の地点の物質の移動、侵蝕は次式で与えられる。

$$F(h) = C_1 \sec \alpha$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = K_1 \frac{d \sec \alpha}{ds} \dots\dots\dots (12)$$

他方これに類似した自然的な侵蝕現象を考えてみると、雨滴の衝撃に伴う跳上、霜上、凍上、垂直方向への膨脹剥離等に伴う表面物質の移動が、これと若干の共通性を有する。即ちこのような作用は Fig. 6 (1) に図解しているように、表面物質の斜面に直角方向への揚上遊離と、その後の重力方向への落下によつて生じるものであり、移動、侵蝕変形量は

$$F(h) = C_2 \tan \alpha$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = a_s \frac{d \tan \alpha}{ds} \Delta s \dots\dots\dots (13)$$

で示される。三角関数の曲線を検討した場合 (12) 式と (13) 式はほぼ同一の傾向を辿ることが考えられ、(12) 式が実験的に従順緩傾斜化を示したと同様 (13) 式も同様な斜面の変形を呈するものと考えられる。

(13) 式は単純な式として示されず、そのまゝでは作図が困難であるので、近似的な (10), (11) 式を用いて、変形量を

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} \doteq a_s \frac{d \tan \alpha}{ds} \Delta s \dots\dots\dots (14)$$

として扱い、 $a_s' = 0.5$, $\Delta s = 0.5$ と仮定して作図を行なつた、即ち斜面上で斜距離 0.5 だけ離れた上下 2 点の正切値 $\tan \alpha$, $\tan(\alpha + \Delta \alpha)$ を求め、その正切値の差 $\tan(\alpha + \Delta \alpha) - \tan \alpha$ に 0.5 を乗じたものを 2 点間の中央に相当する点における単位時間当りの変形量とした。

Fig. 6 (1) は上下を平坦面に接する 45° の斜面に対

して、上記の操作のもとに変形の推移状況を示した理論図である。図について検討してみると明らかな従順化、緩傾斜化の傾向が認められ、その変形量は曲率の著しい部分に大きく、直線的部では小さくなつており、実験 7 の結果と極めて酷似した様相を呈している。たゞ、実験 7 では凸形部の従順化だけしか認められなかつたが、理論的には堆積的な凹形の従順化が認められ、本作用が、凸凹両形の従順化、緩傾斜化を示すことが認められる。なお凹凸両面間には不動の補償点が見出される。

(2) 表面流及び表層移動作用

実験 1 の散水によつてあらわれた従順化現象は水滴による表面粒子への運動量の伝達、局部的短命に消長するか、流量の増加を伴わぬ非集中的な表面流の運搬作用の交互的全面作用のもとに行なわれたものであり、運搬量の大小は Fig. 5 (1) に示すように、その点に於ける物質の可動性、即ち斜面の接線方向の重力分力の大小に支配されているものと考えられる。

$$F(h) = C_3 \sin \alpha \dots\dots\dots (14)$$

(C_3 : const)

従つて斜面に直角方向の単位時間当りの変形量は

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = a_s \frac{d \sin \alpha}{ds} \Delta s \dots\dots\dots (15)$$

(a_s : const)

作図上の近似式としては

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} \doteq a_s \frac{d \sin \alpha}{ds} \Delta s \dots\dots\dots (16)$$

(a_s : const)

Fig. 6 (2) は $a_s = 0.5$, $\Delta s = 0.5$ と仮定して Fig. 6 (1) と同様の操作で作図したものである。図によつて時間の推移に伴う斜面の変形状況を検討してみると Fig. 6 (1) の場合と同様の凹凸両面における従順化、緩傾斜化の傾向が認められ (揚上作用の場合の方が相対的に強くあらわれている)、これを実験 1 の変形図 (Fig. 1 (1)) と対比してみると、凸形従順化の様相が極めて酷似しており、こゝで解析した生成機構の正当性が一応肯定出来そうに思われる。

以上表面流的な作用下における従順化を考究して来たが、(14) (15) 式を満足するような現象としては Fig. 5 (2) に示すように、この他にソイルクリープ、ソリフラクション、側方膨脹等の表層移動的な作用が考えられる。表面流の場合はその発生状況に局部的短命等の制限的条件を考慮する必要があるのに対して、このような表層移動現象は制約なしに従順化が肯定さ

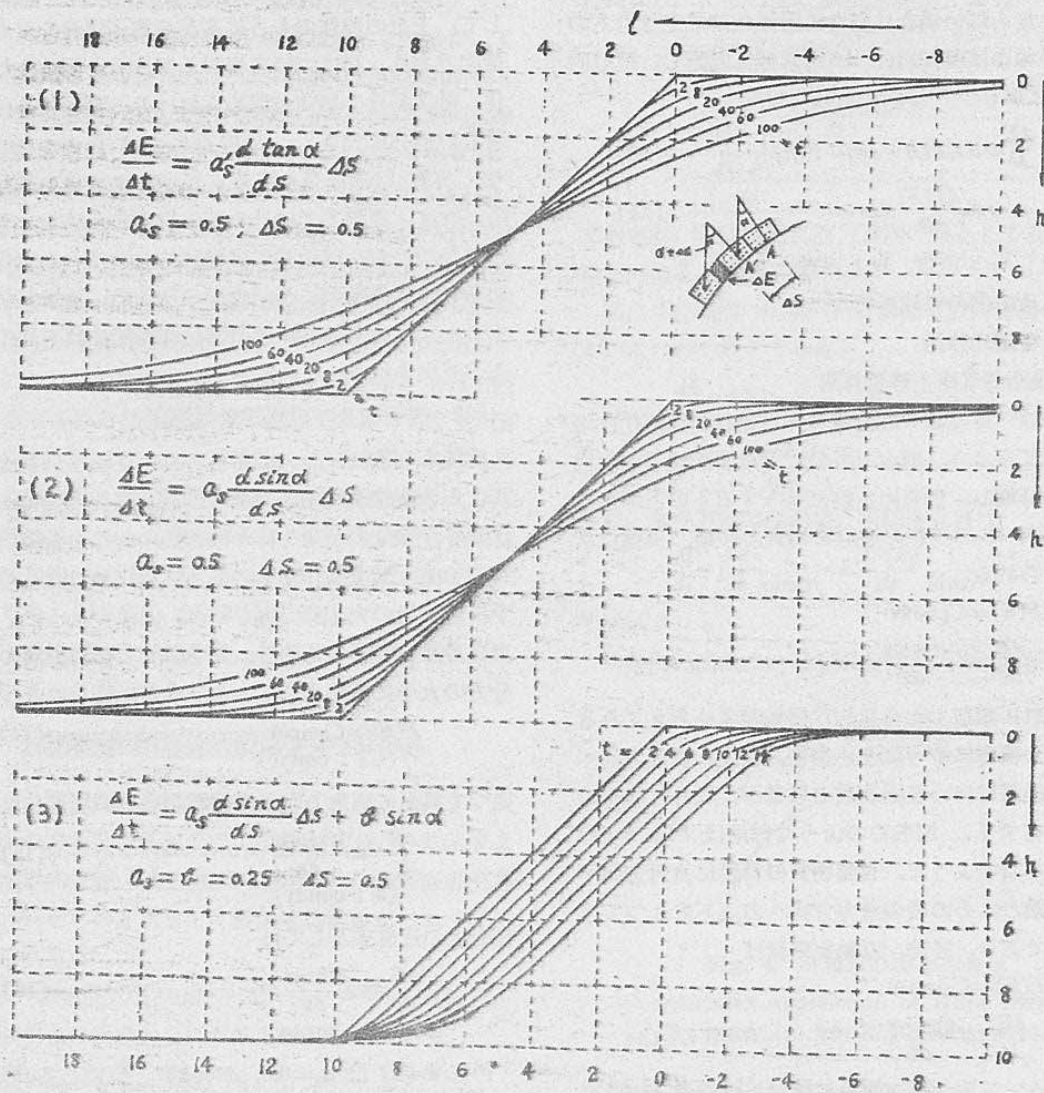


Fig. 6. 従順化変形
Slope recession by subduing actions;

- (1) 表面物質の揚上遊離に伴う匍行的変形
(1) alternate movements by both lift up (right angled direction to the slope) and down (vertical), such as frost, freezing, expansion up.
- (2) 非集中的洗蝕、ソイルクリープ等による変形
(2) alternate movements of surface substance ~ surface layer corresponding to component of gravity, such as unconcentrated wash, soil creep, aqueous solifluction,
- (3) 従順化と平行的後退の複合による変形
(3) subduing action + parallel action such as rill wash.

れるものであり、重視されるべき作用と考えられる。

(3) 従順化作用に対する考察

斜面の従順現象は従来主として斜面上部の円鈍凸曲化に着目して種々の論説が行なわれている。その主なものは W. M. Davis 以来の soil creep による説で

あり S. A. Schumm⁽¹⁾⁽²⁾ 等の調査例によりこれに対する支持がなされている。これに対立的なのは Fenneman にはじまり A. C. Lawson により若干理論化された rain wash (雨洗) による説であり、これらは H. Banlig⁽³⁾, や C. A. Cotton⁽⁴⁾ により修正的に繪

とてに達いのを并山る状態れる非のと

括された所説が述べられている。

Lawson⁷⁾ は soil creep による従順化作用に批判的であり、表面物質は表面流の full load 的な作用により運搬され、そしてその運搬容量を支配する表面流量の増加の状況は、これを降雨に仰ぐ場合、2 次元的には傾斜角が大になるほど小さくなるものと説かれている。この条件を (8) 式によつてあらわすと

$$\Delta E/\Delta t = K \cos \alpha$$

で表現されるものと思われ、これによる斜面の変形図を想定すると、凸形斜面を原形として出発するときは従順円鈍化を促すが、直線斜面では平行的後退を、凹形斜面では凹形急峻化を辿ることが考えられ、全ての場合の従順化機構としては受取り難いのではないかとと思われる。

Schumm¹¹⁾¹²⁾ は無植生的な bad land における野外測定例をもとにして、rain wash の作用は平行的な斜面の後退を示すものとして、それによる従順化作用に批判的な立場をとり、従順凸形斜面は主として soil creep の所産であると主張しており、L. C. King³⁾ 等も上部凸形緩斜面の生成に対し同様の立場をとっている。

また、他方最近、気候地形学者⁹⁾ によつて周氷河的な侵蝕形態であるソリフラクションによる従順緩傾斜化作用が強調されており、温帯地方に広がる現在の従順地形の多くはかつての寒冷期である氷期の歴史的所産によつて面が多いと説かれている。

ソリフラクション、ソイルクリープ等はその流土、伏行土等の移動体が重力の分力に従うものであり、従つて

$$F(h) = C \sin \alpha$$

$$\Delta E/\Delta t = K \frac{ds \sin \alpha}{ds} \quad (C, K: \text{定数})$$

と (14) (15) 式と同形をとり、従順緩傾斜化作用としての大きな機能が想定されるのであるが、rain wash については、○変形的なものとしては雨滴の運動の伝達による表面粒子の移動、○また森林その他植生下での枝葉による落下水分分布の不均一化、落葉枝根による杆止作用等の影響で局部的に消長する表面流作用による移動、○その運搬容量がほぼ一定で而も飽和に近い状態にあり、運搬物質の量が重力の斜面分力に規正されるような洗蝕作用等、このような或種の条件下にある非集中流によつて従順緩傾斜化作用が行なわれるものと想定される。

即ち温帯湿潤地帯においては、過去のソリフラクション的なものはともかくとして、現在の作用として或る状態下の非集流的 rain wash、雨衝、霜上、soil creep、水成ソリフラクション¹⁸⁾ (aqueous solifluction¹⁹⁾) 等によつて斜面の従順化が行なわれているものと解釈される。

凸形従順化と同一機構下での凹形面の従順化は Birrot²⁾ によりとかれている他は従来余り関心をもたれていないように思われる。この作用はその作用地点が相対的に斜面の下部であるため、他の他用の影響が強くあらわれうる場合が多く、大規模な凹形斜面形の生成に主役的な役割を演じていることは少ないと思われるが、微細な凹形面の変形については凹形従順化の作用が強く認められるようである。現実には斜面上における土壌断面を調査してみると重力的な崩壊土や、土石流的堆積等だけでは説明しえない細粒の表層堆積物の存在があり、¹⁷⁾¹⁸⁾ 而もその分布状況が前記の凹～凸従順化の機構をよく裏書きしていることが認められる。即ちこれらの細粒堆積土（森林土壌的に匍行土と呼ばれる）が表面～表層作用の現在の所産にかゝるものと解釈される。

4. 3. 平行的変形作用

一般に流体が斜面を自由に降下する場合、位置のエネルギーの速度変換により、落差に従つて速度をまじし、これに従つて侵蝕を行なうことが想定されるが、このような条件下の侵蝕は後に触れることとし、こゝでは地表の抵抗作用等によりこの種の加速性を伴わぬ表面流蝕について検討してみよう。現実的に rill wash ~ braided rill といった軽度の集中性を示す表面流ではこのような条件が期待される。表面流が斜面を降るに従つて流量の増加をみせてその運搬容量が運搬量に対して常に充分な大きさを保持している場合、通過する各点において表面物質の可動性に応じて逐次的にピックアップを行ない運搬量を増大して行くことが想定される。即ち (5) 式において

$$L = F(h) = B f \sin \alpha \quad (B = \text{const.}) \quad (17)$$

単位時間当りの侵蝕変形量は

$$\Delta E/\Delta t = b \sin \alpha \quad (b = \text{const.}) \quad (18)$$

また後退量は

$$\Delta l/\Delta t = b \quad (19)$$

いま $b=0.5$ と仮定して時間の推移に伴う斜面の変形状況を作図してみると Fig. 7 に示す通りであり、原

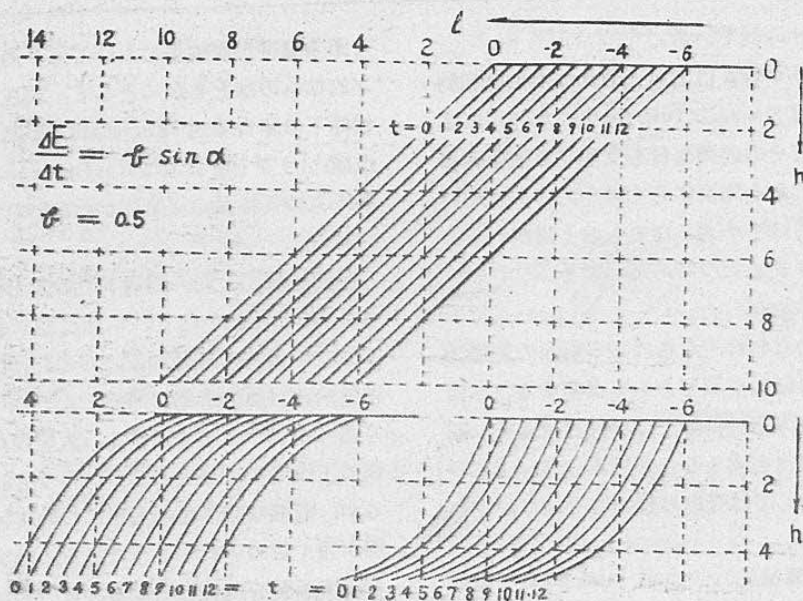


Fig. 7 平 行 的 後 退
Parallel recession by successive erosion of surface materials corresponding to component of gravity.

形斜面の凹直凸の如何にかゝらず斜面は平行的な後退を示すことが認められる。

この場合の主役は表面物質の可動性であり、Lawson が重視した運搬容量はこれを逐次奪取運搬して行くに足るだけの大きさを有すればよく、脇役的な役割を果たしているように思われる。

筆者はこの種の平行後退の実験例については、堅密な粘土の模型斜面上で表面流の若干の観察を行なつた程度であり、余り強い立場での検討はなしえないのであるが、King が斜面の平行的後退の主な作用として rill wash をとりあげていることは一応その正当性が肯定しうるようであり、また、Schumm が rain wash による斜面の平行的後退を認めているのは、洗蝕作用中でもやゝ集中流的な rill wash によるものではないかと想定されてその一面性を肯定しうる。

4. 4. 従順化と平行的変形の複合

現実の斜面では前記の従順化作用と平行的変形作用が複合的に働いている場合が想定される。即ち時間の変移に伴う斜面に直角な変形量は (15) 或いは (16) 式と (18) 式を複合させ

$$\Delta E/\Delta t = a \frac{ds \sin \alpha}{ds} + b \sin \alpha \dots\dots\dots (20)$$

$$= a_s \frac{ds \sin \alpha}{ds} \Delta s + b \sin \alpha \dots\dots\dots (21)$$

で与えられる。いま (21) 式において

$$\Delta s = 0.5, \quad a_s = b = 0.25$$

と仮定して斜面変形の推移状況を作図すると Fig. 6 (3) に示すような結果が得られる。図で判別出来るように、斜面は大略平行的後退を示しながらも、斜面上部では凸形従順化を、斜面下部では凹形従順化を示し、而も斜面の後退と共に従順化の部分を漸次拡大している（しかしその拡大の速度は減速的）。この場合、前述の従順化の単作用と異なるのは、凹形従順化が必ずしも堆積現象によらず、侵蝕面的性格で変形していることであり、この点斜面の凹形のあらわれを堆積物の存在によるものとしている Lawson,⁷⁾ 新しくは Strahler¹⁵⁾ 等の所説と若干異なつた結果となつている。しかしながら、永い眼でみた侵蝕面の上にもその上に働く作用に応じて一時的には堆積面的な存在も許されるような環境下で凹形従順面の後退がみられるのであり、一種の共通性は感じられる。侵蝕面としての凹形斜面の生成は集中流的な rill erosion に帰因するものとした Baulig¹⁾ の所説があるが、(20) 式より解釈すると、一時的な堆積性をも考慮せぬ間断のない集中流の侵蝕下では平行的変形のみが想定され、凹形斜面の発達侵蝕と堆積が交互し、而も総体的には侵蝕が上廻るような場合に行なわれるのではないかと想

定される。(この点若干説明の方法は異なるが Birot²⁾の凹形斜面の発達機構と通ずるものがある)。

4. 5. 大型崩壊による平行的後退

実験3 (Fig. 1 (3)) で観察されたように大型崩壊による平行的後退がとり上げられる。一つの単位斜面が殆んど全面的に崩壊して変形する場合、大よそ一定の崩壊角を以て後退することは、現実の山崩れ、地回り性崩壊等の調査でも屢々見受けられる現象であり、機

構的には簡潔な平行的後退現象として重視されよう。

4. 6. 凹形急峻化作用

実験4, 5, 6の砂粒の乾性崩落によつて斜面が凹形急峻化したことについて検討を加えてみよう。既に觸れたようにこの種の変形は○表面物質の重力的不安定化に伴う自然崩落と○崩落物質の運動に伴う二次的侵蝕の複合作用によつて行なわれている。こゝで物質の一次崩落は斜面方向の重力の分力に規制された物質の

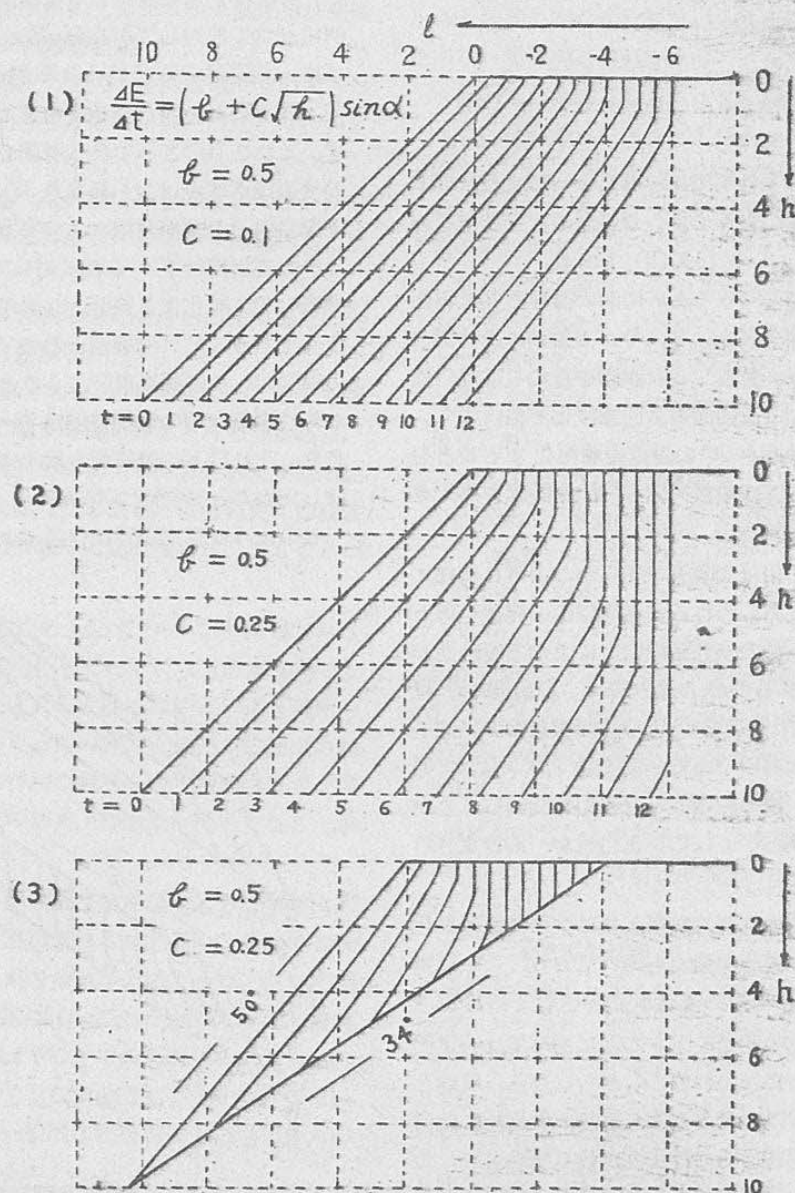


Fig. 8. 凹形急峻化変形

Steepening recessin of solpe.

(1), (2) recession of erosion slope,

(3) recession + formation of reposed slope.

可動性 ($\sin\alpha$) に支配され、二次的侵蝕は崩落物質の位置のエネルギーが運動のエネルギーに変換することによって生ずる速度の増大と受侵蝕物質の可動性に支配される。

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \quad \therefore v \propto \sqrt{h}$$

但し h は落差, v は速度,
従つて、これに伴う斜面に直角方向の変形は

$$\Delta E/\Delta t = (b+c\sqrt{h})\sin\alpha \dots\dots\dots (22)$$

但し b, c は定数
で示され、後退量は

$$\Delta E/\Delta t = b+c\sqrt{h} \dots\dots\dots (23)$$

で示される。

いま $\alpha < 90^\circ$ の条件下で、 $b=0.5, c=0.1$ また $b=0.5, c=0.25$ と仮定して夫々の場合の斜面の変形状況を作図したものが Fig. 8 の (1), (2) である。

図について検討してみると、時間の推移と共に斜面は微凹形急峻化の方向を辿り、やがて頂部に近い部分では 90° の急斜面が生じ、これが時を重ねるに従ひ拡大し、これに連なる微凹面の微凹急峻化と相俟つて、最終的には全侵蝕面が 90° の垂直侵蝕面化することを示している。そしてこの傾向は $\sqrt{h}$ の係数 c が大きい程著しくなっている。

たゞこの種の作用は実験例で明らかなように基部に侵蝕面と不連続にあらわれる安息堆積面の発達を伴うことが考えられ、この安息面の拡大によつて侵蝕面が次第に比高を減ずるのが普通である。Fig. 8 (3) は $b=5, c=0.25$ の条件下で、 34° の基部安息面の発達を考慮して作図したものであるが、実験 5 の Fig. 2 (5) と対比した場合、極めて類似した様相を認めることが出来 (22) 式の実験式としての正当性が一応肯定されるようである。

従来、斜面はその時間的推移と共に次第に緩傾斜化するものといった観念が強くもたれており、これに対立する説としても平行的後退が主張されている程度で、それが急峻化の変形を示すことに対しては否定的な風潮が強いように思われる。しかしながら、実験と現実との程度の差はあるとしても落差の加速性に比例する侵蝕作用の影響はその存在性が強く感じられ、これに伴う斜面の急峻化の傾向も当然想定されうものと信じられる。

この種の機構は実験で行なつたような重力性の崩落現象に適用されるだけでなく、落差的な加速性を伴

う水流蝕～流動蝕、即ち山岳斜面上におけるガリ、土石流等による侵蝕もこのような凹形急峻化の機構が若干適用されるのではないかと推定される。

4. 7. 安定面と侵蝕面

斜面上に或る一つの侵蝕作用が働き、これにより物体が移動する場合、その作用が活性化するためには或限界以上の傾斜角を必要とし、その限界角以下では最早その作用下での物質の移動はありえない。いまこのことを、さきに実験 6 で行なつた砂山の乾性重力崩を例にとつて検討してみると、Fig. 9 に模式的に示すように一見同形とみうけられる斜面で、その傾斜角が 32° と 36° といった僅かな相違であるのにもかかわらず、これを原形として自然崩落を行なわせた場合、その後の崩落状況は全く異なり 32° 斜面ではそれが別の下部急斜面の頭部侵蝕によつて蚕喰される以外、自らは決して崩壊せず、これに対して 36° 斜面では自らも崩壊して急峻化する斜面となつてゐる。即ち 32° は安定面であり、 36° は侵蝕面となつてあらわれており、その限界が、この間に存在することが想定され、重力的な乾性崩落作用の活動の場は $32 \sim 36^\circ$ 以上の急斜面であり、それ以下の緩斜面の変形には最早その作用を及ぼしえぬことを物語つてゐる。

このような安定限界は作用によつて異なつており、

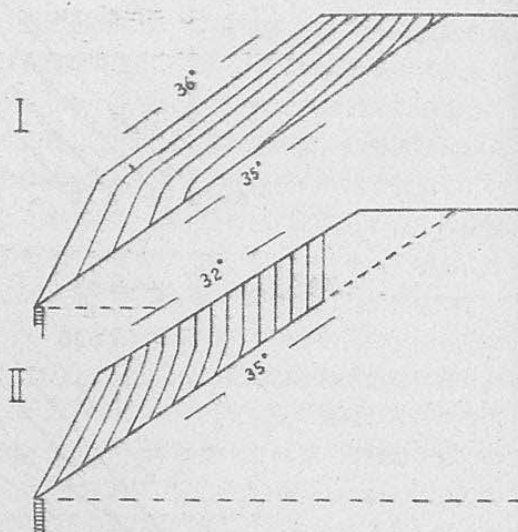


Fig. 9. 崩落作用による侵蝕斜面(I)の変形と安定斜面(II)の変形の比較

Comparison of slope recession between erosion slope (I) and stable slope (II) under the steepening action of gravity fall.

一つの作用に対する安定面も他の作用に対しては安定面でありえず、また逆に、たとえば 40° の斜面が変形した場合、その作用として重力崩壊が考慮されても、 30° の斜面の変形にはこれを除外した別の作用を考慮しなければならないことになる。

筆者の行なつた崩壊地調査の実例¹⁰⁾によると斜面の崩壊はその機構的相違によつて崩壊角の特性が認められ、次のような発生状況が区分される。

15~25° 内外、緩傾斜面上にある埴質風化層が液性化して発生する流動性崩壊

25~35° 内外、粘土乃至滞水層的な催滑性の大きな助けを受けて崩壊するもの（例えば地回り性崩壊等）。

35~45° 崩積土層、その他地山との結びつきが薄い脆弱~埴質な風化（基岩）層のやゝ催滑的重力性崩壊

40° 以上、崩積堆積物の分布を許さぬ急斜面上の表層風化物の重力性崩壊。

即ち、一つの崩壊といつた侵蝕作用についてみても傾斜角によつて夫々卓越する場を異にする種類があり、相対的に乾性な重力崩落によつて生成された安息面、或いはその作用の及ばぬ安定面も、催滑性更には液性流動化する崩壊作用によつて逐次侵されて行くことが見出される。

他方、侵蝕活動範囲の上限について検討してみると、すべての侵蝕作用ともその下限以上の傾斜角では 90° 以外の上限を考慮する必要はないようにも考えられるが、機構上からくる他の作用との相対的発生の難易性から、或特定の作用が優勢を示す範囲は自ずと限定され、作用発生上の事実上の上限が存在することが考えられる。

以上総括すると、侵蝕面と安定面の区分は傾斜角によつて可成り劃然と識別されるが、その区分角の値は作用の種類によつて異なるのが普通であり、従つて幾つかの異なつた作用が共存するような斜面では侵蝕面、安定面の境界がばやけ、これに対して或る特定の作用が強く卓越するような斜面では明らかになつていることが考えられ、一般的には後者に近い場合の方が多いうように想定される。

4. 8. 堆 積 面

前記の安定限界が物質が移動しはじめようとする角度に支配されようとするのに対して、堆積の上限は移動している物質が休止しようとする角度で定まつてく

る。

従順作用下においては侵蝕面と堆積面の性格が明らかでなく、凹形面が一応堆積的環境下にあるとは云え表面的な移動が休止しているわけではなく、凸形面も負の環境下にありながらも一時的には物質の堆積を許すことが考えられ、侵蝕面と堆積面との変移状況は勾配的に連続的な様相を示している。

これに対して崩落、流水等の作用下の堆積面は侵蝕面との間に明らかな傾斜の不連続性を示すのが普通であり、堆積面はそれを生成したものと同一の作用下では最早おかされることのない安息面としてあらわれてくる。堆積角は粒形等の条件が同一であれば、一定の作用下では一定の値を示すのが普通であり、実験においても乾性重力崩では 34° 、水運積では $10\sim 20^\circ$ 程度の傾斜角をとつている。

筆者の調査例¹⁰⁾によると砂礫が乾性（脱水）的な条件下で堆積するか、或いは流動体化、更には水運によつて堆積するか等の条件の相違によつて夫々異なつた傾斜角を示すことが観察され、その状況は大略次の通りである。

水流運積層及び泥流堆積層…………… $0\sim 13^\circ$

土石流的水流運積層及び土石流堆積層

（礫質）…………… $10\sim 23^\circ$

崩積層（崖錐）…………… $23\sim 30^\circ$

一つの作用下での安息面も、それより水流~流動作用の大きい別の作用下では侵蝕面化して安息面ではありえなくなる。乾性な堆積層ほど侵蝕面、更に堆積面相互間の傾斜の不連続が明瞭であるのに対して、水流運積によるものは堆積面相互の傾斜の変移はスムーズな形状を示すことが多い。一般に堆積斜面は侵蝕斜面の基部に連なり、外観的に凹形の斜面形を形成していることが多い。

4. 9. 埋没基底斜面

侵蝕面の後退と共にその基部が逐次累積する堆積物で覆われて行き、而もその堆積物が他へ運搬されない場合を想定すると、その保護作用により基基点の崩壊が抑制され、基基点は実験 3 (Fig. 1. (3)), 実験 4 (IV) (Fig. 2 (1)) に示したように凸曲線を辿りながら後退する。そしてその結果堆積層の基底に地山的な凸曲斜面が生成されて行く。この種の埋没基底斜面の形態に関する理論的解析は Bakker, Le Heux, 最近では Scheidegger¹⁰⁾ 等によりなされているが、それによると堆積物の量、侵蝕面の傾斜角、堆積物の安息

角等の条件の差違により緩急種々の凸曲埋没基底斜面が生成され、堆積物が直ちに掃流されて他へ運搬されてしまうような場合に安息角と一致した直線斜面が生成されると説かれている。

前述の実験の多くは直線的基底斜面の生成される条件下で行なっているが、その観察によると、地山的な直線斜面が露出安息面として表面に出ているわけではなく、侵蝕面からの崩落物により絶えず掘サクを受けながらも直ちに堆積物により保償被覆されて直線形を保つ面としてあらわれており、若干の厚さの安息堆積面に覆われた、これと平行的な埋没基底斜面が生成されている。

一般の山岳斜面では、溪流、湧出地下水等の掃流作用により、堆積物の累積が除去されている場合が多いように見受けられ、適度の堆積物に被覆され、堆積面に平行的な埋没基底面の存在が可成り多いのではないかと想定される。

4. 10. 斜面基部の後退

実験2, 3 (Fig. 1 (2) (3)) で行なつた散水による斜面の変形を想起してみよう。これらの場合滲透して地下水化した水が、斜面の基部で再び滲出し、この部分を破壊して斜面の崩壊を誘起して更にその滲出水流が崩壊物質を掃流運搬して比較的緩傾斜の山麓斜面を形成していることが観察された。

さきに検討を加えて来た従順化作用、急峻化作用は共に堆積面～安息面を形成しつつ斜面の変形をもたらしているが、いま例を崩落作用にとつてみると……最終的には急峻な侵蝕面が消失して、原形斜面の基部を下端として頭部を未侵蝕原面に接する35°程度の安息斜面が出来上ることになり、同一作用下では最早や斜面の後退は行なわれない。即ち斜面がこれ以上の後退を変形持続し、また山麓面の生成等を行なつて行くためには別の作用が必要であり、この役割を果しているのが頭部に述べた斜面基部の破壊による後退現象と考えられる。

この種の現象は現実の山岳斜面でもよくみうけられ、筆者の崩壊地調査の例によると、必ずしも谷侵蝕の影響を伴わぬ崩壊が全崩壊地の40%内外を占めており、これにより斜面独自の侵蝕が持続助長されているのではないかと想定される。

この地下水的な滲出は豪雨時のみの一時的なものから常時的なものがあり、斜面基部の後退に伴つて発達する安息面もその機構の乾湿により異なつて来る。即

ち乾性なものほど急な重力性の崩壊面に近く、液性流動、更に水流運搬的なもの程緩傾斜面を形成する。滲出流量が多く集中的な場合は溪流、ガリ等の流路を形成しその頭部の斜面は所謂谷頭斜面として大きな後退を示す。

以上の後退機構はさきに平行的後退作用としてとり上げた集中流的な作用だけでは説明するのが不満足であり、地下水的な影響を強く考慮したものである。

4. 11. 斜面独自の变形作用の総括

以上述べて来た变形現象を総括すると、

- a) 従順緩傾斜化作用 (凸形凹形の従順化)
- b) 平行的变形作用
- c) 凹形急峻化作用
- d) 単位斜面に対して相対的に大型な崩壊による凹形平行的後退
- e) 斜面基部の後退をもたらす崩壊 (凹形)
- f) 上記各作用下における各種の安息堆積面の生成
- g) 安息面基部の变形に伴う安息面の再侵蝕面化
- h) 或る種の作用下で生成された安息斜面が、他の異なつた作用により侵蝕面化され、更にこれより低傾斜の安息斜面を形成する
- i) 安息堆積面下での埋没基底面の生成

以上9個の因子があげられ、これらが相互複合的に或いは拮抗的に影響しあつて種々の斜面形を形成しているものと考えられる。

先ず a) 従順化、b) 平行的、c) 凹形急峻化を複合的に考えると、前記(13)(15)(18)(22)式より

$$\Delta E / \Delta t = a' \frac{d \tan \alpha}{ds} + a \frac{d \sin \alpha}{ds} + b \sin \alpha + c_v / h \dots \dots (24)$$

が、斜面形生成上の一つの総合的一般式と考えられる。a', a, b, c の各常数值は作用そのものの強度によつて支配されるが、その相対的な大きさは母材の物理性、気候、生物特に植生の影響に支配されるものであり、a' a が大きい場合は従順化が、b が大きいときは平行的変形が、c が大きい場合は急峻化の傾向が強くあらわれてくる。従つて同一気候下の同一地質基岩の地域でこれらの定数が大略一定値をとり、この地域が同じ程度の谷開析の条件下にあるときは比較的似通つた山岳斜面形の出現が期待されることが想定される。

上記の複合的な生成は、物質堆積の最終的安息面である傾斜 0° の平坦面の生成方向に向つて従順緩傾斜化作用と、侵蝕作用の原動力である重力が最も強く働き

易い場を形成すべく傾斜 90° の方向へと向う急峻化作用と2つの対立的な作用があり、この間の侵蝕堆積のバランスによつて緩急凹凸種々の斜面形が生成されるものと考えられる。従来対立的に扱われている斜面の平坦化と平行的後退の2作用については、平行的後退に独自の斜面形を形成する機能がなく、この点、凹形急峻化作用の存在を考慮した方が説明しやすい事態が多いのではないかと考えられる。

(24) 式で示される生成機構は、単位斜面の規模に対して相対的に小さな物質の移動により性格づけられているが、これとは別に単位斜面基部の後退をもたらす大型の崩壊現象が存在する。この種の崩壊は自身夫々の発生機構に応じた凹形斜面を形成し、同一機構下では平行的後退を呈するのであるが、他の諸作用に対しては原形的変形を与え、また堆積面、基底斜面の発達或いは再侵蝕を規制する制御因子として働き、各斜面形の規模と傾斜等を性格づける重要な役割を果たしているものと考えられる。

安息面は一般には斜面基部に広がる堆積面として見出されるが、上部侵蝕面が時間の推移と共に変形を重ねるのに対して、一定傾斜角を保つ斜面としてあらわれている。谷の下刻、斜面基部の崩壊等により、既に発達した安息面が再び侵蝕面化する場合を考えると、その後の変形に対して、どこでも等条件で出発する同一傾斜角の原形斜面が、既成の安息斜面によつてもたらされていることが想定され、一般の斜面が $30 \sim 50^\circ$ の似通った傾斜を示すことが多い理由も、崩落安息面の生成と急峻化作用とのバランス等によつて説明されるように思われる。

これまで述べて来た諸作用はどんな条件下でも平等に働くものではなく、さきに検討したように作用の下限と上限が傾斜角によつて規制され、夫々その優勢を示す場が特色づけられるように考えられる。

a) 従順化作用

作用の下限は考えられないが、上限は余り急傾斜地になると崩落作用に置換されてその作用は目立たなくなる。森林植生下等においては 70° 程度の急斜地でもこの種の作用が見出されるが、最も優勢を示すのは崩落限界角以下の $30 \sim 40^\circ$ より低い斜面ではないかと考えられる。

b) 平行的後退

集中流的作用の下限は運搬物質の安息角により限定づけられ、上限は余り急になると位置のエネルギーに

よる加速をうけるため、急峻化作用に置換される可能性があり、実際的には風化土層の堆積がみられる $50 \sim 60^\circ$ 程度以下で働くのではないかと想定される。

大型崩壊による平行的後退は基部に働く掃流力の大小によつて下限が性格づけられ、乾性なもののほど崩落安息角以上の急斜地の活動の場として要求する。

c) 急峻化作用

崩落によるものは上限は 90° 、下限は 35° 程度の範囲で働き、急斜地では最も優勢を示す作用となつていゝ。ガリ、土石流等の水流乃至流動的作用によるものは堆積が 25° 以下であられるため、作用の範囲は崩落の場合より広く、(崩落の場合のような高角度の安息面の生成が期待出来ないで、) 斜面全体としては却つて急な様相を呈することがみうけられる。

以上列記したように各作用とも夫々優勢の場を若干異にしており、これらが、気候、母材の物理性に伴う作用発生の難易性と関連して特色ある斜面形生成しているものと想定される。

4. 12. 谷の下刻と斜面の変形

谷の下刻現象が直接斜面の基部をおかす場合、この下刻量が斜面形に及ぼす影響について、W. Penck⁹⁾ の重要な所説がある。即ち谷の下刻量が加速的に増加する場合は谷斜面の上昇的発達が、一定の場合は平衡的発達、減速的な場合は下降的発達が期待され、夫々縦断形が凸形の上昇斜面、直線的な平衡斜面、凹形の下降斜面が形成されるものと説かれている。

Penck は斜面の平行的後退を立場として上記の推論を行なつていたのであるが、これまで述べて来たように斜面は平行的変形を示すだけではなく種々のこれとは異なつた変形をとげることが考えられる。斜面基部に加わる変形によつてその上部斜面に働く諸作用の活動が制御されることは十分に推定されるのであるが、こゝで問題になるのは斜面形を形成する主役が、谷の下刻にあるか、それとも従順、平行、急峻化等の斜面独自の侵蝕作用であるかであり、そのいずれが優先するかによつて斜面形に対する自然立地的な取扱いが大いに異なつて来ることが考えられる。

従来は斜面上部の凸形化を重視する立場から斜面形は Penck の説く場合よりも凸形斜面を形成する場合(たとえば谷斜面が平衡的発達をとげた場合でも斜面形は凸形斜面化する等)が多いと考えられ⁹⁾ また従順化の立場からより緩傾斜化することが多いとされている。このような立場とは別に最近 Scheidegger¹⁰⁾ は

数理的な解析をもとにして、斜面独自の变形作用の方が、谷の下刻に伴う発達機構に優先して斜面形の生成にあずかっていることを説いている。

さきに述べた実験4の例 (Fig. 2 (4)) では、4枚の堰止板を逐次取外すことにより、乾性崩落作用下において断続的な谷の下刻が斜面の变形に及ぼす影響をみたのであるが、谷の下刻によつて生成された急斜面と、既成の安息面との間に凸形の屈曲点を生じ、これが上部斜面の侵蝕の再活性化による变形と新斜面の变形に伴つて解消されて行くことが観察された。

実験4の場合は一つの単位斜面の侵蝕面が完全に後退消失し、安息面が全面的に発達し終るのをまつて、下部の堰止板を除き、谷の下刻との関係をみたのであるが、これとは別に安息面が若干発達した程度で逐次堰止板を除く実験を行つたが、この場合に (実験図は省略する) あらわれた斜面形は屈曲点で区劃された凹形斜面の階段的な配列であり、而も上部の屈曲点は既に解消に近い状態にあることが認められた。

上記の実験は単位斜面の規模に比較して相対的に大

きな而も断続的な谷の下刻変化が斜面形に及ぼす関係をみたのであるが、谷の連続的な変化との関係をみるため、巾の狭い堰止板を用いて、これを逐次取外し、斜面の变形を観察した。この場合、上記の凸形屈曲点の存在が連続的に強くあらわれるものとすれば、下刻の上昇、平衡等の発達状況に応じた凸形、直線等の斜面の出現が期待出来るのであるが、実験では如何なる場合も一時的な屈曲点が生じては直ちにこれが解消してしまい、全体的な斜面形は常に単一的な凹形急峻化の様相を示すことが観察された。

即ち崩落作用下にあつては、谷の間欠的な下刻状況下では凸屈曲点によつて劃された凹形の単位斜面の階段的な配列が、また、谷の連続的な下刻状況下では殆んどの場合に単一の凹形斜面が斜面形として出現し、下刻速度の緩急は斜面の全体的な傾斜の緩急に反映を及ぼしてはいるが単位斜面の幾何学的形状には直接影響を及ぼしていないことが実験結果として導き出されよう。

Fig. 10 は谷の連続的な下刻と斜面形生成との関係を

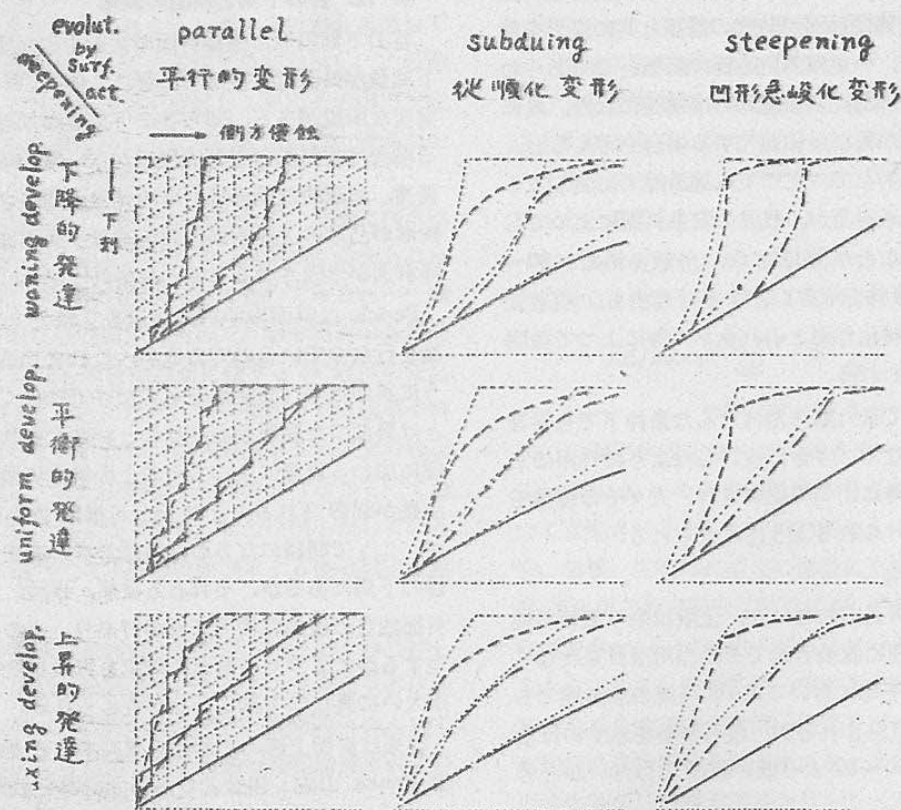


Fig. 10. 斜面形の生成に対する谷の下刻と表面作用との関係

Relations to slope formation between valley deepening and surface actions, such as subduing parallel and steepening.

模式化したものであるが、(斜面侵蝕の初期においては重力崩壊的な作用が卓越すると考え、その侵蝕面として90°、安息面として30°の斜交グラフを用い、単位目盛によつて示される安息面の長さや侵蝕面の長さとの比によつて、単位時間における側方侵蝕量と下刻量の相対的關係をとらえることにした。) 斜面が平行の後退を示す条件下では、谷の上昇的、平衡的、下降的発達がそのまゝ斜面形に反映して夫々凸、直、凹の斜面形があらわれ、凹形急峻化が卓越する条件下では程度の差はあれいづれも基部に堆積面を控えた、凹形斜面が、従順化作用が卓越する場合は、上部乃至は全体的に凸形斜面が出現し、下降的な発達の場合は下部が凹形の複合斜面が形成されるものと思われる。また、側方侵蝕の大小によつて総体的な傾斜の緩急が性格づけられている。

以上を総括すると谷の下刻の影響は原形的な斜面の規模、傾斜角の大小を性格づけるものとして重視されるが、単位斜面の斜面形はその後にくる従順化、平行の後退、凹形急峻化、大型崩壊等の斜面独自の作用によつて優先的に形成されるものと想定され、また一般に谷の下刻が可成り間欠的に行なわれる面が多く、他方その間、斜面は独自の発達をとげることから、下刻の歴史は種々の単位斜面形の階段的な配列形式に反映を及ぼしているのではないかと想定される。

4. 13. 地形輪廻的階梯区分と斜面の形状

これまで述べて来たように斜面は気候、地質、生物等のそれを取まぐ環境に応じて異なつた特色をもつ作用により変形が行なわれており、更に谷の下刻等の外的作用だけでなく独自の作用によつて侵蝕の休止、活性が制御されている。従つて斜面の変形は必ずしもどこでも同一の方向を進むものとは考えられず、また若し最終的に同一の終着状況に達するとしてもそれに至るまでの経路は可成り異なつた様相を示すことが想定される。

これらの点を考慮すると従来地形区分上の指標として重用されている開析度、相対起伏量、谷密度等の地形解析値とそこにある斜面形の状況との間に普遍的な相関性が存在するか否かがやゝ問題視されるようであり、特にこれまで広く用いられている幼、壮、老年期等の地形輪廻的階梯区分の斜面微地形的な効用については再検討の必要性が強く感じられる。

5. 斜面形の分類と土壌堆積

前節までに述べて来たように斜面形の生成は斜面独自の作用のもとで発達する面が強いものと思われ、逆説的に斜面の凹凸の幾何学的形態は、構造地形的なものを除いて考えれば、そのまゝ生成機構を反映することが期待される。即ち凸形要素の多い斜面では、匍行的な非集中流(雨洗)、ソイルクリープ、ソリフラクション、霜上等の表面～表層的な従順化作用が、凹形斜面では従順化を伴うやゝ集中的な雨洗作用か、或いは35°~40°以上の急斜面を有する場合には重力的な崩落作用が卓越することが想定される。従つて斜面上の風化堆積物の生成機構、性状分布の状況が斜面形と強い相関性を示すことになり、斜面形の分類が林野土壤、土壤保全等の問題を応用地形的な見地から処理する上で有力な武器となることが考えられる。

現実に林野土壤の堆積様式を調査してみると大略Fig. 11に示すような状況を呈しているのが普通であり、50°~60°以上の急峻斜面を除くとすべての斜面の最表部には従順化作用に伴う匍行土が、40°以上の崩落侵蝕面を有する凹形斜面内では25°~40°の崩積土、10°~25°の土石流的堆積土(押し出し)がみられ、また全ての堆積層の基層には残積土があり、移動堆積層を欠く場合に残積土の表層分布が見出される。Fig. 11の凹形斜面は一応現在開析活動が活潑な斜面であるが、

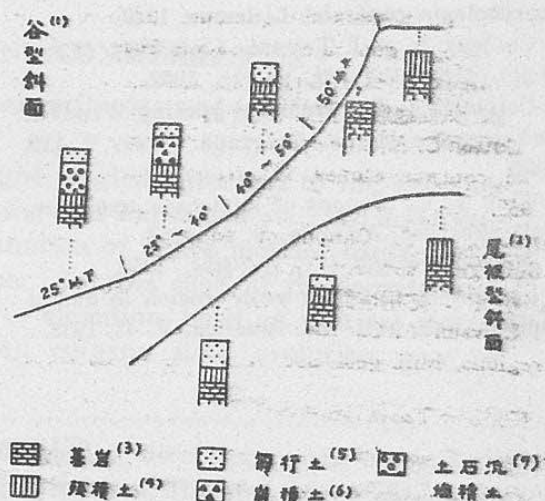


Fig. 11. 斜面形と土壌堆積の關係
Relations between types of slope and types of deposits.

- (1) valley-type slope, (2) ridge-type slope,
(3) rock, (4) residual deposits,
(5) creeping-superficial deposits,
(6) colluvial deposits, (7) mud-debris-flow deposits.

や、生成の古い斜面では多孔質な崩積土等を欠き、強度の洗蝕作用の卓越する面となつて堅密な土層が分布する。

従来、斜面形の分類は Penck の所説に基礎をおいた、上昇、平衡、下降斜面等の名称が用いられているが、これに関する斜面の生成機構の主役は谷の下刻であり、既に批判を加えたように、その場合の斜面の風化侵蝕の影響はその量の大小によつて夫々の場合の傾斜の緩急を反映する程度で、斜面上の堆積物の分布生成機構との間にはあまり密接な関係が想定されないように感じられる。筆者としては Penck の立場を一応捨て、従順、平行、凹形急峻化等の斜面独自の作用を基礎においた別の分類方式を採用した方がよいのではないかと考え、主として水平、垂直断面における斜面の凹凸分布の状況を百分率的に勘案して、凸形要素の多いものを尾根型斜面⁽¹⁶⁾⁽¹⁹⁾⁽¹⁹⁾ 凹形要素の多いものを谷型斜面⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁹⁾ (急な崩落斜面を欠くや、緩い斜面を谷性緩斜面⁽¹⁹⁾) として分類を行なつてゐるが、この実地的な利用に当つて一応矛盾のない成果⁽¹⁹⁾ が期待されるようである。

引用文献

- 1) Baulig H., 'Essais de géomorphologie', Paris, 1950.
- 2) Birot P., 'Essais sur quelques problèmes de morphologie générale', Lisbonne, 1949.
- 3) Cailleux A. et J. Tricart, (谷津栄寿, 照田有子訳), 気候地形学序説, 創造社, 1962.
- 4) Cotton C. A., The erosional grading of convex and concave slopes, Geograph. Jour. V. 118, 1952.
- 5) King L. C., Canons of landscape evolution, Bull. geol. soc. America, V. 64, 1953.
- 6) 小出博, 応用地質 (1), 古今書院, 1953.
- 7) Lawson A. C., Rain wash erosion in humid regions, Bull. geol. soc. America, V. 43, 1932.

- 8) Louis H., Allgemeine geomorphologie, Walter de Gruyter, Berlin, 1961.
- 9) Penck, W., Morphological analysis of land-forms. 1924, English translation by H. Czech and K. C. Boswell, Macmillan, London, 1953.
- 10) Scheidegger, A. E. Theoretical geomorphology, Springer, Berlin, 1961.
- 11) Schumm, S. A., Evolution of drainage systems and slope in badland at Perth Amboy, New Jersey, Bull. Geol. Soc. America, V. 67, 1956.
- 12) Schumm, S. A., The role of creep and rain-wash on the retreat of badland slopes, Amer. Jour. Sci. V. 254, 1956.
- 13) Sharpe, C. F. S., Landslides and related phenomena, Columbia Univ. New York, 1938.
- 14) Sparks, B. W., Geomorphology, Longmans, London, 1960.
- 15) Strahler, A. N. Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis, Amer. Jour. Sci. V. 248, 1950.
- 16) 森林保全研究会, 野呂川水系総合調査報告書, 1957.
- 17) 竹下敬司・中島康博・長浜三千治・樋口真一, 微地形及び土壌とスギの生長に関する森林立地学的研究 (1), 福岡県林試報 No. 12, 1960.
- 18) 竹下敬司, 地形的災害と斜面の微地形に関する森林立地学的研究, 福岡林試報 No. 13, 1961.
- 19) 竹下敬司, 微細地形及び地形解析と土壌に関する森林立地学的研究, 福岡林試時報, No. 14, 1961.

謝 辞

本研究の取組めに際して種々理論面での御教示を賜つた九州大学砂防教室熊谷才蔵教授, 文献調査に際して特別の御配慮を賜つた地質学教室小原浄之介理博, また研究の推進に当つて御援助を願つた当時青木義雄場長, 橋本道夫庶務課長, 同僚研究員の諸氏に対して厚く御礼申し上げる次第であります。なお本報文の要旨を1963年度春の日本地理学会で発表した際, 御討論を願つた東大地理学教室阪口豊助教授に対してこゝに併せて謝意を表します。

(SUMMARY)

The manner in which epigene slope evolve is experimented, analyzed and discussed. As a general process of slope evolution, slope steepening accompanied with slight concave form on erosion surface and formation of reposed slopes corresponding to functions of different erosional actions, besides slope flattening (subdued action) and parallel recession, are recognized, and several of their related phenomena are examined.

EXPERIMENTS

Epigene slope evolutions which are accepted as a results of laboratory measurements are summerized as follows.

- (1) By alternate action, but uniform on whole slope, of unconcentrated wash whose characters are local and non-increasing in load after occurrence of runoff, the slope evolution shows subdued form with time (Fig. 1-1).
- (2) The similar subduing evolution is observed under the action of surface material by lateral, horizontal shock (Fig. 3-7).
- (3) In wet condition, even cohesionless sands may be able to shapening steep slope by water adhesion. But when the surface sands are put in dry condition by heating of atmosphere, they lost cohesion and fall down accompanying with corrosion to reposed. According to above consequence, the epigene retreat of the erosion slope shows slightly concave accompanied by steepening in gradients with time (Fig. 2-4, 5), and it is recognized the development of reposed slope (deposition surface) at the base point of erosion slope. Unless the base point of reposed slope is changed by deepening or destructive retreat, the reposed slope will continue his expansion, and erosion slope will decrease his relief. (Fig. 2-4,5)
- (4) The destructive retreat of base of slope which controls recurrence of slope evolution, as a slope's self action, is aided by basal sapping of slope by the appearance of subsurface flow and ground water which is accompanied with liquidity destruction. (Fig. 1-2, 3)
- (5) The evolution of slope by landslide, which occurs under aid of liquidity destruction at the base of slope and shows relatively large scale to the unit-slope, is generally parallel retreat without change of declivity (Fig. 1-3)
- (6) Under the deposition slope, the buried basal slope exists. It is presumed that the buried slope shows straight or convex shape corresponding to evacuation of deposits (Fig. 1-3, Fig. 2-4 IV).

THEORETICAL ANALYSIS AND CONSIDERATION

Analytical results concerning foregoing experiments and relative phenomena will be summarized as follows.

- (7) The isolated surface material in right angled direction to the slope by lift action; by leap of water drop, frost, freezing and expansion etc., fall down due to disappearance of action. According to alternation of above motion, surface materials move down successively to lower slope. In this case, if the longitudinal slope form is introduced by coordinstes of h . (: elevation head on vertical downward) and l . (: horizontal distance) (Fig. 4), epigene slope evolution may be expressed by following equation

$$\Delta E / \Delta t = a' dt \tan \alpha / ds \dots \dots \dots (13)$$

where a' is constant, E is erosion value in right angled direction to the slope, t is time, α is gradient of slope ($\alpha = \cot^{-1} dl/dh$) and S is slant distance ($ds = \sqrt{dh^2 + dl^2}$). Approximate equation for drawing is

$$\Delta E / \Delta t = a' dt \tan \alpha / ds \Delta s$$

The slopes are subduing with time (Fig. 6-1).

- (8) It is presumed that the phenomena of unconcentrated wash, above mentioned in (1), are very similar to the soil creep and the aqueous solifluction. In turns out that the movement of soil in unconcentrated wash, soil creep and solifluction indicate respectively analogous mechanism which the quantities of transported

material of surface or of surface layer are controlled by component of gravity in tangential direction to the slope. In this case, epigene slope evolution may be expressed by following equation

$$\Delta E/\Delta t = a \, ds \sin \alpha / ds \dots\dots\dots (15)$$

where a is constant.

Approximate equation for drawing is

$$\Delta E/\Delta t = a_s (ds \sin \alpha / ds) \Delta s.$$

At any time, slopes show subduing analogous to case of equation (13) (Fig. 6-2).

The contrary slope evolution forms, such as convex and concave, are recognized under the same mechanism of subduing action. That is to say, the slope evolution by subduing action shows convex subdued profile at projected part under erosional condition, and shows concave subdued profile at sunken part under depositional condition in proportion to curvature.

(9) Concentrated wash as rill wash, transport surface materials by ephemeral channels or by shallow gutters. The eroding volume by concentrated wash are in proportion to component of gravity. It seems that the increases of transporting materials will not depend on relative capacity of runoff, but will depend on successive erosion which is controlled by component of gravity, and always picking up along the ephemeral gutter under non-saturated condition to capacity of runoff.

The equation for above evolution is

$$\Delta E/\Delta t = b \sin \alpha \dots\dots\dots (18).$$

The results obtained in this manner are graphically shown in Fig. 7, and the yielded slope retreats parallel to its self with-out change of declivity.

(10) Under the compound action of subduing and parallel recession, such as

$$\Delta E/\Delta t = a \, ds \sin \alpha / ds + b \sin \alpha \dots\dots\dots (20),$$

the epigene slope evolution is shown in Fig. 6-3. The originally straight slope retreats nearly parallel accompanying with concave (at toe) and convex (at head) subdued slope-forms. The phenomena of retreat of toe point are different from case of single action of subduing.

(11) The gravity-falling material increases his descending velocity by transformation of potential energy, in proportion to square root of elevation head. In this case, slope evolution is regulated by both falling-off due to gravitational unstable and corrasion by movement of falling material which corresponds to above mentioned velocity. In this case, the epigene slope recession will be expressed in following equation

$$\Delta E/\Delta t = (b + c\sqrt{h}) \sin \alpha \dots\dots\dots (22)$$

where b and c are constant.

The results obtained in this manner are graphically shown Fig. 8-(1) (2) (3), and the slope will become steeper accompanying with concave profile. It seems that, usually, the slope steepening has been rejected or unnoticed up to now. But, if we recognize universally the effect of elevation head, this possibility will be justly accepted. Still more, it is presumed that the steepening action can be applied to not only gravity fall, but also gully and mud-debris flow whose velocities are controlled by head.

(12) As a results obtained in the foregoing analysis, the compound of subduing with parallel recession and with steepening to the slope evolution will be supposed,

$$\Delta E/\Delta t = a' \, dtan \alpha / ds + a \, ds \sin \alpha / ds + b \sin \alpha + c\sqrt{h} \sin \alpha \dots\dots (24).$$

It is assumed that, in the actual mountain, the slope forms and their evolution are characterized by balance of different agencies. The subduing action shows a tendency to flatter for repose of material, on the contrary, the steepening action has a tendency of progress to more perpendicular for easy activity of gravity.

(13) The parallel retreat by land slide on large scale which is observed in foregoing experiment is also recognized on existing mountain slopes. In this case, gradients of retreat slope which are dynamically regulated by geology, weathering and ground-water conditions show generally constant value corresponding to the mechanisms.

(14) The retreat of erosion slope is usually accompanied by formation of reposed slope, which is generally covered with deposits, at its base (: toe). Apparently, if the gentle upper slope and reposed slope meet so that the erosion slope is eliminated, steepening and parallel recessions of the scarp may be so slowed as almost to cease under the same agency (Fig. 1-3, Fig. 3-8). After that, this reposed slope is still more transformed to flatter or parallel by different agencies. And, if the toe of the reposed slope is destructed by deepening of valley or by landslides, the reposed slope changes again to erosion slope and parallel and steepening recessions will be beginning.

(15) The formations of reposed slope, which is recognized as a locus retreats of base point of erosion slope, are characterized by mechanisms of agencies. Relations between the gradients of reposed slope and the agencies will be summarized as follows;

40°-30°; valley-type reposed slope which is covered with colluvial deposits by gravity fall or by gravity landslides,

30°-20°; slightly wide valley-type slope which is covered with moderately steep colluvial deposits by lubricational gravity landslides,

25°-10°; shallow valley type slope which is covered with debris-mud flow deposits by clayey lubricational or liquid landslides,

20°-5°?; valley floor or floodplain which are covered with mud-debris flow deposits by mud-debris flow or analogous fluvial action,

10° > ; flood plain and pediplain which are covered alluvial deposits by fluvial action or mudflow,

but, under the surface action, such as unconcentrated wash, soil creep etc., the gradients of absolutely reposed slope are presumed less than 5°.

(16) It is presumed that slope forms and their evolutions are controlled by balances among the different operations, and they are summarized as follows.

1. in the equation (24), balances of coefficients;
 a' (subduing by leap, frost, freezing etc.) $\longleftrightarrow a$ (subduing by wash, soil creep, solifluction etc.) $\longleftrightarrow b$ (parallel recession by concentrated wash) $\longleftrightarrow c$ (steepening recession by gravity fall, mud-debris flow, gully),
 where each coefficients are individually regulated by climate, plants and other living things, physical properties of soil and rock, gradients and others (which control dominancy of action types),
2. above mentioned actions: case 1. $\longleftrightarrow$ parallel retreat by landslides on relatively large scale,
3. retreat of erosion slope $\longleftrightarrow$ development of reposed slope under the same action,
4. development of reposed slope under some type action $\longleftrightarrow$ recurrence of erosion on this previously reposed slope according to alteration of base (: toe) point

under the same action,

5. development of reposed slope under some type action $\longleftrightarrow$ erosion of this reposed slope by different type action $\longleftrightarrow$ development of different reposed slope which is usually more flatter than previous one.

(17) Change of base point of slope is produced by both destructive retreat of slope base which is a self action of the slope and deepening of valley which is a outside action to the slope.

As a results obtained by experiments (Fig. 2-4, others), it is assumed that the slope forms such as concave, straight and convex are mainly characterized by above mentioned slope's self action such as surface action and landslides etc.. The deepening procedures in slope evolution which regarding a characteristic form of waxing, uniform and wanning development by Penck have only influence indirectly on original character and directly on average gradient of slope in the progress of slope evolution (Fig. 10).

(18) The general mountain slopes are multi-cyclically composed of unit slope in combination, and the historical influences of valley deepening are usually observed on the forms of longitudinal arrangement of unit slope.

(19) It seems that relations of degree of dissection and relative relief to the slope form do not always indicate constant tendency, and the utilities of stage division, which have been generally done by the conception of geomorphic cycle, to the classification of slope will need to some re-examination.

スギハムシの生態に関する研究

山内正敏・萩原幸弘・主計三平

Ecological studies on the Sugi Leaf Beetle
(*Basilepta pallidulum* BALY)

Masatoshi Yamauchi, Yukihiro Hagihara and Sanpei Kazue

1. ま え が き

スギハムシがスギ、ヒノキ、マツ等を加害することについては、古くは佐藤¹⁾(1897)、日高²⁾(1914)等によつて報告され、又最近の被害分布は、林野庁から出されている森林防疫ニュース、森林有害動物調査報告(1950~1960)、等に報告されている。本害虫が森林害虫として特に注目されはじめたのは、1953年頃からで、特に生態に関する研究としては、中原・奥田等³⁾によつて開始され、1961年には京都地方に於ける本虫の詳しい生態について同氏等⁴⁾によつて報告された。これに先だち林野庁に於ては、全国的なスギハムシの被害について注目し、1959年から、茨城、神奈川、兵庫、鳥取、島根、広島、山口、福岡、佐賀、鹿児島等の10県を指定し、4ヶ年の計画で連絡試験として本虫の生態調査を行ない、発生要因の追求、被害の予察、効果的防除法確立の基礎資料を得ようとした。此の報告は本連絡試験の福岡県に於ける調査結果の概要である。

この調査にあつて直接御指導を戴いた、林野庁研究普及課企画官、松山資郎氏、林業試験場関西支場保護研究室々長、中原二郎氏、同研究員小林富士雄氏、奥田素男氏、当時場長、青木義雄氏、また試験地の提供について心よく御協力戴いた黒木町北木屋の井上幸八氏、福岡町上西郷の伊藤芳雄氏、及び高木文子さん、試験地の予備調査に御協力を戴いた林務部治山課長、毛利伊右エ門氏、同課専門技術員石川昭氏、筑後農林事務所経営指導員国分満氏、福岡町役場林務課職員諸氏、当時研究員竹下敬司氏、同中島康博氏、同長浜三千治氏、樋口真一氏、西尾敏氏、橋本平一氏、斉城巧氏、室内飼育調査に終始御骨折り戴いた合原日出子嬢、出版に当つて協力戴いた当時庶務課長橋本道夫氏、主事小川一夫氏の諸氏に厚くお礼申し上げる。

2. 試験地の概要

2. 1. 試験地の位置

黒木試験地：福岡県八女郡黒木町大字北木屋字ダル水 1,978 番地

福岡試験地：福岡県宗像郡福岡町大字上西郷字ハバガタニ 2,169 番地、同オオコノサカ 2,223 番地

2. 2. 試験地の地形、地質、基岩、土壌

黒木試験地：標高 217~225 m、前輪廻的緩傾斜地形の尾根型斜面で、傾斜方位は南々東、傾斜角度10度の弱開析台地をなす。基岩は安山岩質で土壌は円礫とその風化土で、土壌型は、B_D-d、残積性土壌でやや密な堆積をなす。F層、H層 2~5 cm、A層は15~20 cm、腐植に富み、粒状~団粒状構造をなし軟、やや乾潤。ゴキダケの根が多く分布する。B層は深く腐植に乏しくやや軟、乾、塊状~団粒構造をなす。

福岡試験地：標高 40~63 m、丘陵性地形で局所的に凹地を形成している。傾斜方位は南々東~西、傾斜角度は斜面では 20 度、尾根部は 0~10 度で比較的起伏の多い地形をなす。地質は洪積層、母材赤色土、尾根部の土壌型は、I_mのB_D-d~B_EでA層は欠ぎ赤色土までの深さ 30 cm、B層は腐植少なく塊状~弱カベ状、やや堅、乾、地表より 10 cm までの間にゴキダケの根が多く分布する。又谷部、凹地及び山脚部の土壌型は、I_mのB_D~B_EでA層殆んど欠ぎ石礫も殆んど含まない。

2. 3. 林 況

黒木試験地：1959年の調査では、アカマツ人工植栽 7 年生林で、面積 0.341 ha 本数 816 本、生育良好~やや劣る林分で、樹高最大 4.2 m 最低 1.2 m 平均 2.3 m、地床植物はゴキダケを最優占種とし、天然生アカマツ、ヤマハギ、ワラビ、チガヤ、ススキ、クズ、スイカズラ等であつた。1962年の調査では、樹高最大 6.0 m 最

低 4.0 m 平均 4.5 m 樹冠はほぼうつ閉し、地床植物も少くなり林縁部及び林内疎開部分に於てゴキダケ、ススキ、チガヤ、ヤマハギの群生を見る程度に変わった。福岡試験地：1959年の調査では、アカマツ人工植栽1年生 0.327 ha、本数 940 本、同5年生 1,490 本、クロマツ人工植栽6年生 240 本、ヒノキ同5年生 250 本、同6年生 350 本、及びスギ同5年生 90 本、面積 0.83 ha 併せて 1.157 ha の林地で各樹種樹令立地によつて夫々生育及び地床植物の状況を異にしていた。即ちアカマツ1年生林地は保育良好で下刈、林地肥培等毎年実施し、1962年の調査では平均樹高、1.5 m に達した。之に反しアカマツ5年生林及びスギ5年生林は保育不良で、下草の繁茂ひどく主林木は殆んど生育していない状態で、僅かに、スギハムシの加害をまねがれたクロマツ6年生林とヒノキ5年生林及び同6年生林が順調な生育をなしている。

2. 4. 試験地附近の気象状況

福岡管区気象台黒木観測所(黒木試験地より 2.5 km)及び同東郷観測所(福岡試験地より 5.5 km)に於ける1950年～1959年の気温と降水量の概要を述べれば黒木では年平均 17.3°C 東郷では 15.3°C、年降水量は黒木で 2,050 mm 東郷で 1,589 mm であつた。

2. 5. 過去の被害状況

黒木試験地：スギハムシの被害であることを発見したのは1958年で当時6年生のアカマツに約1割程度の枯損木を生じ、枯損を免れたものも著しく生育を阻害された。このことから既に1956年又は1954年にも被害があつた事が推定された。

福岡試験地：1959年は激害の年で、アカマツ5年生に約2割の枯損木を出し、所有者の話では、数年前から被害を認めスギハムシの被害であることを知らなかつた模様で既に1955年以前から被害を受けていたものと考えられた。

3. 調査の方法

3. 1. 考え方

スギハムシの発生予察を行なうためには、各地方々々の生活史の概要を知つておく必要がある。そこで発生年度を異にする2カ所の被害林を試験地を選べば4カ年の試験期間に夫々2回の生活史を調べることが出来る。そしてその調査内容として次の様な事が考えられる。即ち幼虫及び蛹の季節的垂直分布と生息数の調査によつて、密度と被害状況の関係を知り、成虫発生

前に駆除の必要の有無が判る。又時期別に幼虫の生息土層を知つておれば予察を行なう場合の土壌掘起しの深さが判る。蛹化時期と蛹期間については飼育調査を行なうことによつて野外調査より更に正確な時期、期間を知ることが出来る。被害地の成虫発生活長調査により、成虫の羽化初期、羽化最盛期及び終息期を知り、成虫の防除適期を把握することが出来る。更に成虫の羽化、終息状況を知るため室内飼育調査を行なえば、更に正確な成虫の発生活長が得られ、将来他の被害地に於て発生予察を行なう資料となる。又成虫飼育による生態調査は、産卵消長を知り、駆除の効率を高める時期として産卵前又は産卵初期を選ぶことが出来る。又発生被害を途中で発見した場合、成虫駆除実施の必要性の有無が判断出来る。

3. 2. 幼虫及び蛹の季節的垂直分布と生息数調査(野外)

黒木及び福岡の両試験地に於て夫々10区の調査区を設定し、各調査区内に於て供試木1本宛を無作為に選び、供試木のクローネの範囲内に、30cm×30cm 深さ20cmの土壌につき2.5cmの深さ毎に掘取り、1m²の黒色ビニールシート上にて、両手でよくもみ碎き、幼虫、蛹を土粒から分離採集した。此の調査は3月に1回、5月2回、6月3回、7、9、11月夫々1回、年間合せて9回ずつ実施した。

3. 3. 蛹化時期と蛹期間調査(室内)

供試材料の老熟幼虫を、各試験地附近の調査区外から5月中旬～6月中旬の間、数回に亘つて採集し、殺菌水を含めた濾紙を敷いたペトリシャーレ内に30頭内外宛入れて毎日観察し、午前9時の調査に於て蛹化又は羽化したものがあればその前日の日付で記帖した。

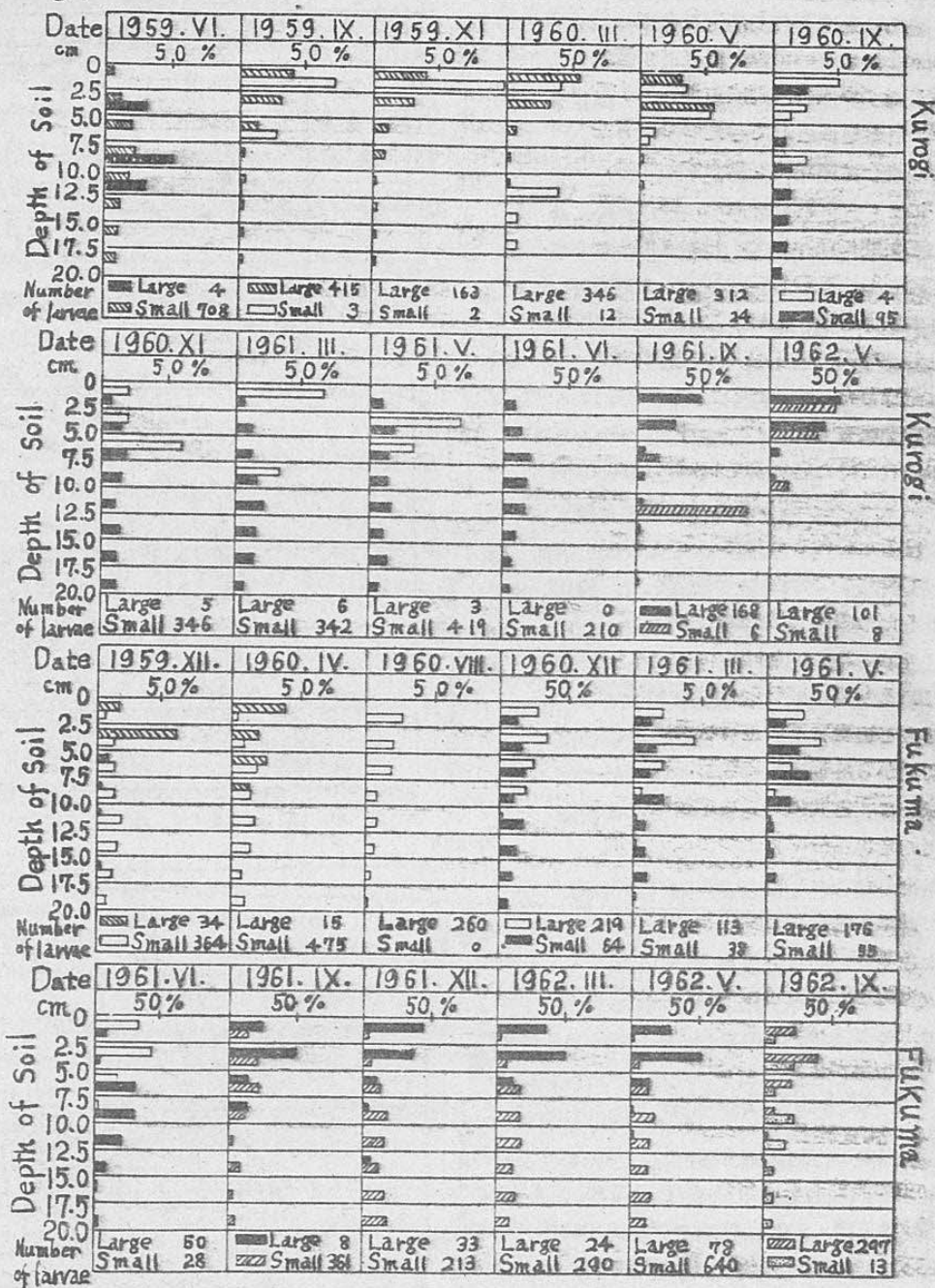
3. 4. 成虫の季節的発生活長調査(野外)

成虫発生の初期から終息期までに6～9回、試験地内全区に於て毎回無作為に供試木50本を選び、葉の着生量が出来るだけ同一条件である枝下に、径30cmの捕虫網を、枝葉にふれないように保ち、その枝に強い振動を与えて成虫を落下させ、網の中にはいつた成虫数を数取器によつて読み取り調査した。

3. 5. 成虫の羽化期調査(室内)

蛹化時期調査と同様な方法で、羽化時期前に老熟幼虫及び蛹を採集し、ペトリシャーレ内にて飼育し、羽化の初期を調査し、羽化終了まで数回に亘り、供試蛹の採集と室内飼育を続け、羽化状況を毎日観察記録した。

Fig 1

Fig. 1. 幼虫の垂直分布の季節的変動
Seasonal vertical distribution of larvae.

3. 6. 成虫の終蟄期調査 (室内)

幼虫及び蛹の垂直分布調査によつて羽化終了期を確め、第1回目の成虫採集を行ない、径 15 cm 深さ 18 cm の金網蓋付飼育瓶にて 50 頭ずつアカマツ針葉を餌として与えつゝ飼育を続け隔日に斃死虫数を記録し全

部が斃死するまで調査を続けた。此の調査は、第2回目以後の採集を10日毎に行ない合計4回調査した。尚飼育供試成虫数は各回150頭以上とした。

3. 7. 成虫飼育による生態調査 (室内)

産卵に関する諸調査を行なうため試験地調査区外か

ら、土壌中で羽化直後の成虫を採集し室内で大型飼育瓶を用い集団飼育し、交尾を確認した後、径 9 cm 深さ 7 cm の金網蓋付小型飼育瓶に雌雄 1 対ずつ入れ、両成虫が斃死するまでアカマツ針葉を餌として与えつつ飼育を続けた。この場合産卵状態を調査するため、飼育瓶の底にクロマツ落葉を入れ、鱗片で覆われた基部二葉間に産卵させ、毎日 9 時に落葉を取替え調査し、この日に産卵したものがあれば前日の産卵として記録した。又成虫の生死を調査し、雌斃死の場合は腹中の残存卵数を調査し記録した。

3. 8. 卵期間調査 (室内)

前記産卵調査で得た各卵塊を供試材料として、ペトリシャーレを用い、幼虫及び蛹の飼育と同様、殺菌水を含ませた濾紙を敷き産卵月日を附して孵化まで観察し、その期間と孵化率を求めるための孵化数を調査した。孵化の有無の調査は毎日午前 9 時に行ない、この時孵化しているものは前日の日付とした。

3. 9. 被害と被害程度の進行状況調査

加害の初期から終期までに数回、被害程度の観察記録をなすと共に成虫終熄後に於て喰害葉の観察的変色百分率によつて次の 4 段階に分けて調査した。

- (1) 激…針葉の色を緑と変色葉 (加害葉) に分け、変色葉 50 % 以上。
- (2) 中…上記と同様変色葉 20 % 以上。
- (3) 微…上記と同様変色葉 20 % 以下。
- (4) 無…被害葉が皆無の場合。

4. 調査結果及び考察

4. 1. 幼虫の季節的垂直分布

幼虫の季節的垂直分布の調査は 1959 年、黒木試験地で 7 回、福岡試験地で 1 回、1960 年黒木試験地で 8 回、福岡試験地で 5 回、1961 年黒木試験地で 6 回、福岡試験地で 8 回、1962 年黒木試験地で 7 回、福岡試験地で 6 回併せて黒木試験地で 28 回、福岡試験地で 20 回延 48 回実施した。此の調査資料から、幼虫の垂直分布の季節的変動について検討図示したものが Fig. 1 である。即ち羽化期の 6 月～7 月を交換期として、大型幼虫と小型幼虫

Fig 2

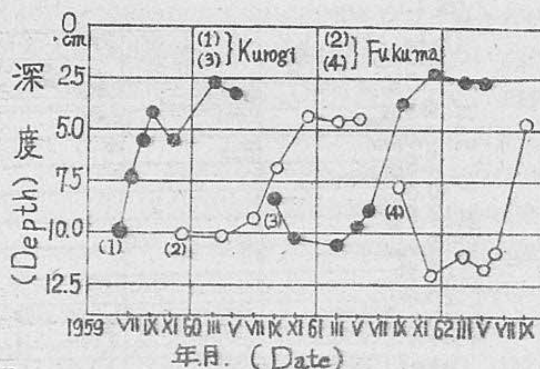


Fig 3-1

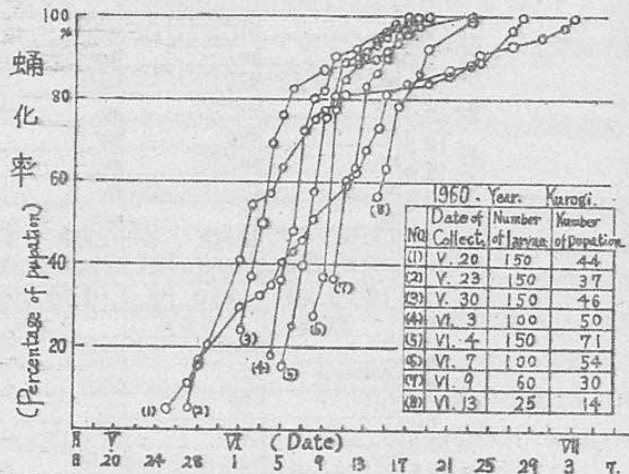


Fig 3-2

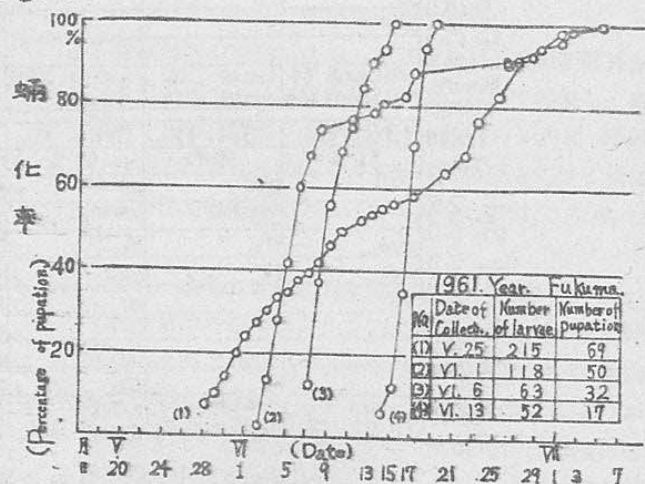


Fig. 2. 幼虫の潜土の深さの平均値による季節的変動
Seasonal variation of larvae by the average of burrowing depth.

Fig. 3. 蛹化期間
Pupation period.

が同一土層から採集され、夫々生息深度を異にする傾

向が認められた。そして幼虫の発育と生息深度の変動に相関があることがうかがわれた。即ち6～7月に孵化した小型幼虫は、地表から土中に潜入り、深さ20 cm まではほぼ均等に分散する傾向が認められた。そして1年後の7月頃から徐々に地表近くに移動し始め、9月には大部分地表から5 cm の深さの土層に移動し2年後の6月此の土層で大部分蛹化する傾向を認めた。之等幼虫の垂直分布の季節的変動については、中原、奥田等⁶⁾の報告と概念的には一致したが、小幼虫の生息深度が若干深く、地表から20 cm までの土層にはほぼ均等に分布する傾向が認められた事は、土壤条件、気象条件、植生等の相異によるものと考えられ今後再検討を要する問題である。

更に幼虫の潜土の深さの平均値を求め、この季節的变化曲線を示せば Fig. 2 の通りで、1世代2カ年に

2回の垂直移動を行なうことがうかがわれる。即ちその第1回目の移動は、孵化幼虫が地表近くより比較的深い土層まで潜入する移動でその時期は6月～7月の間と考えられる。第2回目の移動は小幼虫が発育するに伴い、蛹化、羽化の準備と思われる上昇移動でその時期は8～9月の間と考えられる。

4. 2. 蛹の垂直分布

老熟幼虫が地表近くへ上昇移動することは前節で述べた通りである。上昇した老熟幼虫は地表から5 cm までの間で80～90% 蛹化する。蛹の垂直分布も幼虫のそれと同様土壤条件によつて多少の相異があるものと考えられる。今ここに黒木及び福岡両試験地で実施した幼虫及び蛹の垂直分布調査に於て採集した蛹数につき、その土層別に生息百分率を算出し取りまとめると Table. 1 の通りである。即ち蛹の生息している土

Table 1. 蛹の垂直分布
Vertical distribution of pupae under the soil.

調査地(2) 深さ(5) (cm)	1960. V～VI		1961. V～VI		1962. VI	
	黒木(3)		福岡(4)		黒木(3)	
	採集数(6)	生息率(7) (%)	採集数(6)	生息率(7) (%)	採集数(6)	生息率(7) (%)
0～2.5	193	36.1	37	38.1	55	50.9
～5.0	275	51.4	43	44.3	46	42.6
～7.5	53	9.9	11	11.3	7	6.5
～10.0	14	2.6	6	6.2	0	0

(1) Date (2) Experiment area (3) Kurogi (4) Fukuma
(5) Depth (6) Number of gathered pupae
(7) Percentage of population

層は0～5 cm が最も多く、それより深い所では、急激に減少し最も深い場合でも10 cm までで、それ以上の土層では発見出来なかつた。中原、奥田等⁶⁾は蛹の生息している土層の深さは0～2.5 cm の土層が最も多く全生息数の85%内外で、ついで2.5 cm 以下の土層で5 cm 以下の深さには生息していないと論じているが、筆者等の調査と若干異なつた点が多い。勿論土壤条件、その他のちがひによるのではないと思われる。

4. 3. 蛹化時期

1960年の黒木試験地に於ける蛹化状況は、5月26日の調査で局部的に蛹化が進んでいたが、その調査区は林内疎開地で日当たり特に良好で本虫の生育条件が良かったのか、30×30 cm 深さ20 cm の土層に幼虫74頭、蛹30頭を採集しその蛹化率は約30%に達していた。

同日の全区調査合計で幼虫415頭、蛹42頭を採集し平均蛹化率は9.2%であつた。此のことから既に5月15日頃蛹化が開始されたことが推定された。6月6日には、幼虫195頭、蛹215頭を採集しその平均蛹化率は52.4%に達した。更に6月16日には、幼虫1頭、蛹276頭を採集し殆んど蛹化を完了した事がうかがわれた。

1961年の福岡試験地に於ける蛹化状況は、5月9日の調査では蛹化は全く認められなかつたが5月25日に至り、きわめてわずかの蛹化を認めた。即ち幼虫268頭と蛹2頭を採集したことから、本試験地では5月25日頃が蛹化の初期であることが推定され前述の黒木試験地に於ける前年の例に比し約10日間遅れていた。6月1日の調査では幼虫179頭、蛹34頭を採集しその蛹化率は約16%であつた。又6月13日の調査では

幼虫50頭、蛹53頭を採集し、その蛹化率は約50%に達した。又6月26日の調査では幼虫1頭、蛹8頭を採集し蛹化完了期であることを観察した。此の蛹化終期についても前年の黒木試験地より10日間遅れていた。

尚前記野外観察と平衡して同年同試験地附近から老熟幼虫を採集し室内飼育を行なつた記録から、夫々累積蛹化率を算出し図示すれば Fig. 3 の通りである。

以上両試験地に於ける野外及び室内飼育調査結果から、福岡県下の蛹化時期は5月15日頃から始まり、6月25日ごろまでかゝるが、大部分の蛹化が完了する時期は6月15日頃と推定され、生息環境によつて5~10日間のずれがあることが予想される。

4. 4. 蛹 期 間

蛹化時期調査に供した蛹を更に同様な飼育を羽化まで続け、その期間を記録したものを年度別に集計し、平均蛹期間とその標準偏差を算出した、その結果は Table. 2 の通りである。即ち Table. 7 に示す飼育期間中の室内温度条件下では、蛹期間最短7日最長18日を要し平均12.3日、その標準偏差は1.5であつた。此の結果は現地の土壌中での蛹期間とは一致しないかもしれないが、本虫の蛹期間は10~15日間で気温の高低により反比例した蛹期間の長短があることが認められた。即ち高温の時は短く低温のときは長い。

4. 5. 成虫の季節的発生消長

黒木及び福岡試験地に於て年度別、時期別に成虫を

Table 2. 蛹 期 間
Pupal period.

蛹 期 間 ⁽¹⁾	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	羽化 数 ⁽⁵⁾	供 試 蛹 数 ⁽⁶⁾	羽化 率 ⁽⁷⁾ (%)	平均蛹 期間 ⁽⁸⁾	$\sqrt{S^2/n-1}$ ⁽⁹⁾
年 ⁽²⁾																	
年度別	1960	1	1		6	15	39	60	11	6	2		142	300	47.3	12.55	1.36
頻後 ⁽³⁾	1961	2	7	11	7	11	18	5	1	1			63	166	38.0	10.64	1.71
	1962				3	8	14	14	5	9	4	6	63	123	51.2	13.32	1.97
計 ⁽⁴⁾		3	8	11	16	34	71	79	17	16	6	6	268	589	45.5	12.28	1.53

- (1) Pupal period (2) Year (3) Frequency of emergence
(4) Total (5) Total of emergence (6) Number of pupae
(7) Percentage of emergence (8) Average pupal period
(9) Standard deviation

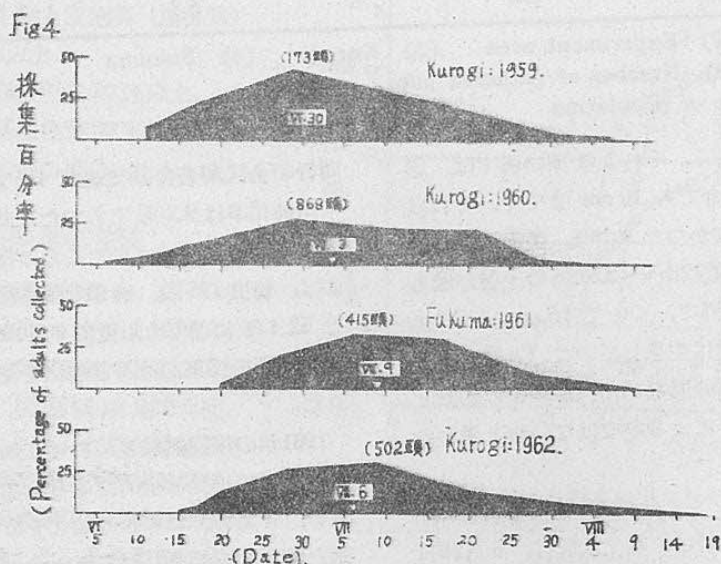


Fig. 4. 成虫の季節的消長

Seasonal prevalence of adults.

.....成虫の推定最多発生日 Estimated maximum day of adults.

採集した結果から、その季節的消長を図示すれば Fig. 4 の通りである。図中の推定最多発生日は次式によつて算出し附記した。

$$P = \frac{\sum P_n n_n}{\sum n_n}$$

P : 推定最多発生日までの期日

P_n : 第 n 回調査日までの期日

n_n : 第 n 回調査時の採集個体数

即ち黒木試験地の 1959 年の発生は 6 月 5 日頃に始まり、8 月 6 日頃終熄し、推定最多発生日は 6 月 30 日であつた。又同試験地の 1960 年は大発生年で、6 月 1 日頃から発生を始め 8 月 10 日頃終熄し、推定最多発生日は 7 月 3 日であつた。同試験地の 1961 年は発生きわめて少なく省略した。同試験地の 1962 年の発生は 6 月 12 日頃に始まり 8 月 19 日頃終熄し、推定最多発生日は 7 月 6 日であつた。又福岡試験地の調査は 1960 年から 1962 年まで 3 回実施したが、1960 年と 1962 年は発生きわめて少なく省略した。1961 年の発生は 6 月 12 日頃から始まり 8 月 10 日頃終熄し、推定最多発生日は 7 月 9 日であつた。以上の調査結果から、福岡県に於ける成虫の発生は、5 月下旬～6 月上旬に始まり 6 月中下旬に急激な発生をなし 7 月の初期に全部の発生を完了し、その後は 8 月中旬までに漸減して終熄することが明らかとなつた。

4. 6. 成虫の羽化時期

成虫の羽化時期を調査した記録から、日別累積羽化百分率を算出し羽化曲線を求めたのが Fig. 5 である。即ち 1960 年の調査は、蛹化の初期から終期まで供試蛹の採集回数も多く現地に於ける羽化時期とよく一致し、羽化は 6 月 2 日に始まり 6 月 27 日に終了した。そして此の期間は 26 日間であつた。1961 年の調査は供試蛹の採集回数が前年に比し少なかったため現地に於ける羽化時期と完全には一致しなかったが、現地観察結果と併せて検討すれば、此の年の羽化は 6 月 11 日頃始まり、7 月 5 日頃終了したものと推定され、その期間は前者と同様 26 日間と考えられた。又 1962 年の調査も供試蛹の採集回数少なく、正確な羽化期決定の資料としては不備な点が多かつたが、概略 1960 年のそれと大差がないものと思われた。

4. 7. 成虫の終熄期

黒木試験地附近から 1959 年 6 月 29 日、7 月 16 日夫々 150 頭ずつ、1960 年 6 月 20 日、7 月 1 日、7 月 11 日、7 月 21 日、夫々 150 頭ずつ、1961 年 6 月 16 日 318

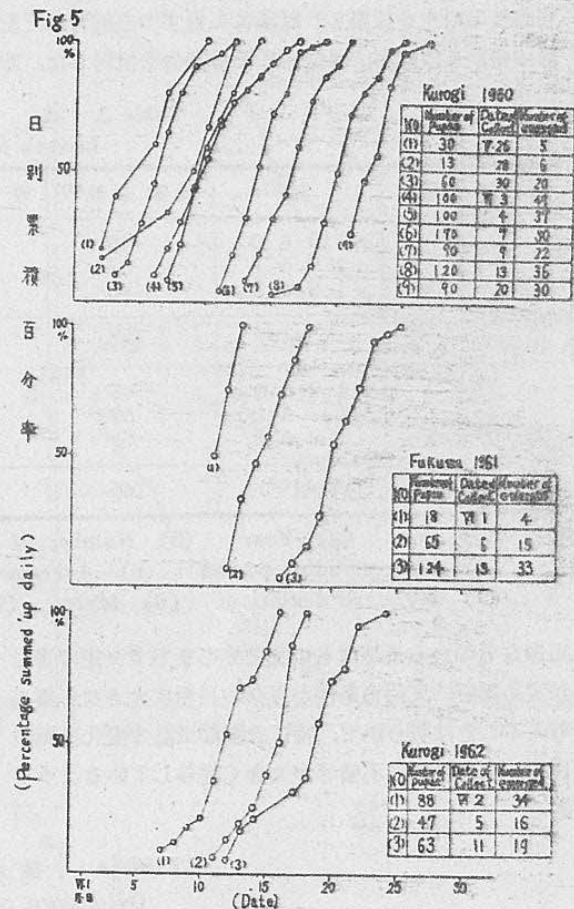


Fig. 5. 羽化曲線
Emergence curve.

頭、6 月 30 日 51 頭、7 月 6 日 29 頭、1962 年 6 月 26 日 223 頭、7 月 9 日 205 頭、7 月 19 日 278 頭、福岡試験地附近から 1961 年 7 月 3 日 221 頭、7 月 19 日 218 頭、7 月 28 日 124 頭の成虫を採集し、夫々室内飼育調査をした生存数記録から、日別累積百分率を算出し、成虫生存数曲線を求めたのが Fig. 6 である。即ち此の結果から成虫の終熄期を検討すれば、黒木試験地の 1959 年と 1961 年の終熄期が 8 月 20 日で、両年共成虫発生が少なかった年で一致した終熄期となつた。又同試験地の 1960 年と 1962 年は大発生年で、その終熄期は 8 月 25 日で之又完全に一致した。福岡試験地については 1961 年の調査のみで比較出来ないが 9 月 5 日まで生存した。之等の調査結果は野外に於ける実際の終熄期とは若干のずれがあることを認めた。即ち野外調査結果に比し飼育したものが 10 日内外長命である傾向が認められた。此の原因としては主として気象的因子特に気温、風、雨等の影響と考えられる。

4. 8. 成虫の寿命

1960年から1962年の3カ年間に産卵調査のため羽化直後の成虫を採集し、雌雄各1対ずつを飼育した記録の中から年度別、雌雄別にその寿命を検討した。即

ち生存期間について最短、最長、平均を求め夫々の標準偏差を算出し表示すれば Table. 3 の通りである。此の結果から成虫の寿命は、個体差がきわめて大きく

Table 3. 成虫の寿命
Length of adult's life.

雌雄別 ⁽¹⁾	年 ⁽²⁾	供試虫数 ⁽³⁾	最短寿命 ⁽⁴⁾	最長寿命 ⁽⁵⁾	平均寿命 ⁽⁶⁾	$\sqrt{S^2/n-1}$ ⁽⁷⁾
雄 ⁽⁸⁾ ♂	1960	45	5	69	31.6	18.0
	1961	62	5	59	31.8	10.4
	1962	40	7	108	47.2	20.8
	計 ⁽¹⁰⁾	147	5	108	35.9	17.4
雌 ⁽⁹⁾ ♀	1960	45	13	63	36.0	11.9
	1961	69	17	60	35.6	9.9
	1962	51	20	83	46.1	15.4
	計 ⁽¹⁰⁾	165	13	83	39.0	13.2

(1) Sex (2) Year (3) Number of adult (4) Shortest adult period
(5) Longest adult period (6) Average of adult period
(7) Standard deviation (8) Male (9) Female (10) Total

短命なものから長命なものまでまちまちで一定の寿命が定め難い。又飼育条件が寿命の長短に大きな影響を与えることは明らかで、特に急激な気温の変化、餌の良否、飼育管理の不備等が大きく関与しているようである。

4. 9. 産卵期間とその消長

1960年から1962年の3カ年に調査した産卵調査結果より、産卵期間について各年度別に、その頻度と平均産卵期間を求め、その標準偏差を算出して表示すれば Table. 4 の通りである。1960年と1961年は研究

Table 4. 産卵期間
Oviposition period per female

年度別 頻度 ⁽²⁾	産卵 期間 ⁽¹⁾	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	31	32	33	34	36	37	38	40	41	
1960		13	1			1	1	1	1	3	1	2	1	2	1	1					1	1							1								
1961		10	1	3	2	2	2	2	2		3	2	7	2	2	2	3	2	3	3	3	1	1	1	2	1	2	1					1				
1962		1	2			1	1		1	1		3	1	1		2	2	2	2	1	1				2		3	1		2	3	1	3	1	3	1	1
計 ⁽⁶⁾		24	4	3	2	4	4	3	4	4	4	7	9	5	3	5	5	4	5	5	5	5	1	1	3	2	4	3	2	2	3	1	3	2	3	1	1

年度別 頻度 ⁽²⁾	産卵 期間 ⁽¹⁾	42	43	45	52	56	57	66	供試 虫数 ⁽³⁾	平均産卵 期 間 ⁽⁴⁾	$\sqrt{S/n-1}$ ⁽⁵⁾	(1) Oviposition period in days (2) Frequency of female by the years (3) Number of female (4) Average of oviposition period (5) Standard deviation (6) Total
1960									32	7.4	7.3	
1961									66	12.4	8.6	
1962		1	1	1	1	2	1	1	51	26.8	15.9	
計 ⁽⁶⁾		1	1	1	1	2	1	1	149	16.3	16.3	

室の一部で飼育したためか飼育条件が好ましくなかったようで、産卵期間が、きわめて短い個体が多かった。1962年は昆虫飼育室を新築し、好条件下で飼育したため、比較的産卵期間が長い個体が多かった。此の調査結果から産卵期間は個体差が、きわめて大きく最

短1日最長66日と云う大きなひらきがあつた。夫々の標準偏差からわかるように、平均値を求めても意味がない程まちまちで、成虫の寿命と同様一定の産卵期間が定め難い。又初期に羽化した成虫の産卵消長を知ると、防除時期を決定するのに好都合である。このた

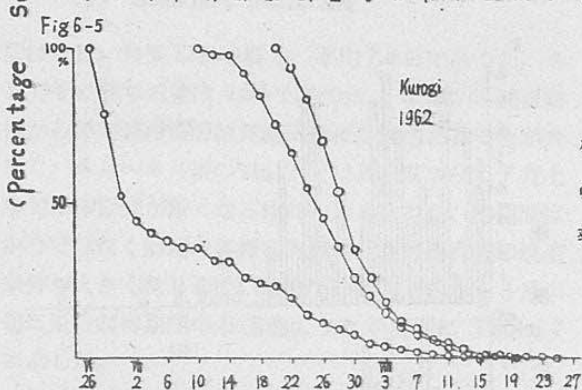
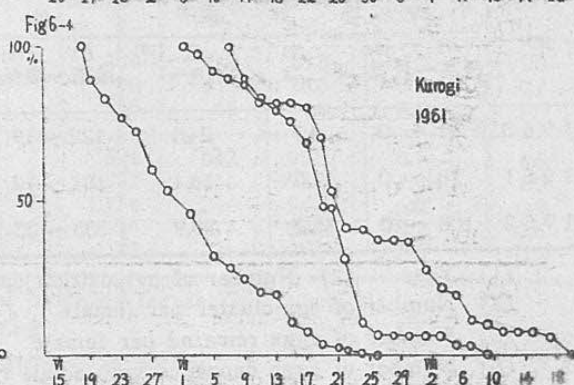
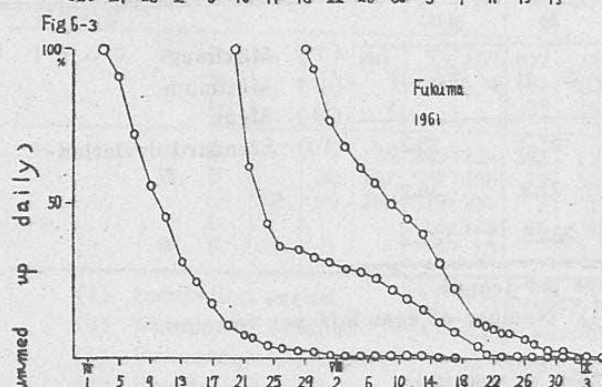
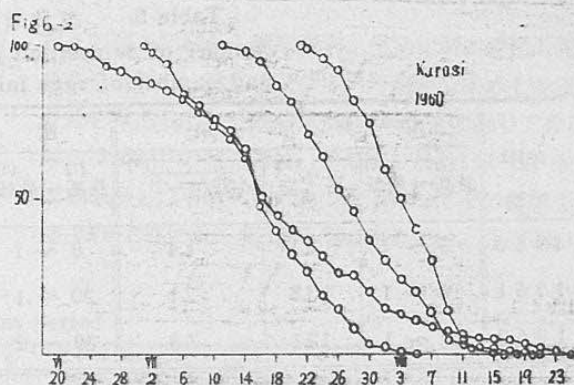
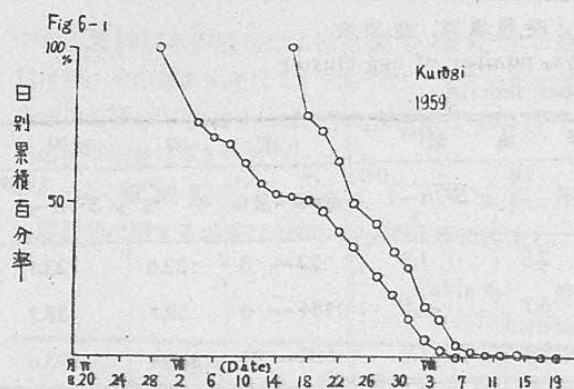


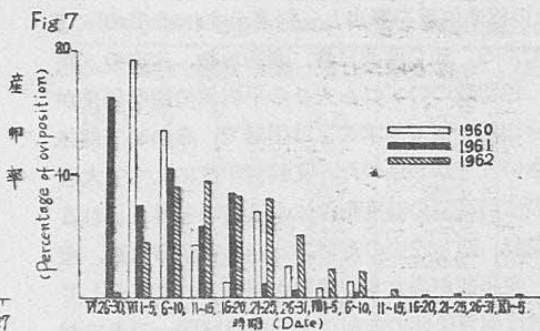
Fig. 6. 成虫生存数曲線

The number of surviving adults

め、1960年の32個体、1,043粒、1961年の66個体、3,919粒、1962年の51個体、11,112粒の産卵について半旬ごとに産卵率を算出し図示したのが Fig. 7 である。此の検討で1962年の産卵消長がきわめて法正な曲線となつて表われ、特に産卵時期が長期に亘つたことは注目すべき点である。即ち産卵の初期は6月下旬で、最も産卵の高い時期は7月中旬であつた。そして最も遅くまで産卵したのは9月上旬に及んだ。

4. 10. 産卵に関する諸調査

本虫の産卵は1卵ずつ行なうことは殆んどなく、次

Fig. 7. 初期に羽化した成虫の産卵消長
Prevalence of egg laid by the females
emerged in the early time.

節で述べるように平均10粒程度まとめて行なう。このような卵の塊を卵塊と云い、1日に数卵塊の産卵を行なうこともあり或は全く産卵しない日もあつて個体によつて夫々産卵実日数や産卵塊数はまちまちで一定しない。本虫の繁殖に関する基礎研究として1頭の雌から産卵される卵数を調査することは最も重要な事項である。そこで3.7.の調査方法により1960年から1962年の3カ年間に産卵に関する諸調査を行なつた記録から、産卵日数、産卵塊数、産卵数、斃死雌腹内残存卵数、及び包卵数即ち総産卵数に斃死後の腹内残存卵

Table 5. 産卵日数, 産卵塊数, 産卵数
Number of oviposition days, number of egg-cluster
and number of eggs laid per female.

年 ⁽¹⁾	産卵日数 ⁽²⁾				産卵塊数 ⁽³⁾				産卵数 ⁽⁴⁾			
	(7) 最高~最低	(8) 平均	(9) 平均	(10) $\sqrt{S^2/n-1}$	(7) 最高~最低	(8) 平均	(9) 平均	(10) $\sqrt{S^2/n-1}$	(7) 最高~最低	(8) 平均	(9) 平均	(10) $\sqrt{S^2/n-1}$
1960	6 ~ 1	2.1		1.4	8 ~ 1	2.8		1.9	92 ~ 3	32.6		23.1
1961	10 ~ 1	3.8		2.1	20 ~ 1	6.7		4.5	184 ~ 6	59.7		38.7
1962	29 ~ 1	12.1		7.6	39 ~ 2	19.4		11.9	528 ~ 29	217.4		133.6

年 ⁽¹⁾	残存卵数 ⁽⁵⁾				包卵数 ⁽⁶⁾							
	(7) 最高~最低	(8) 平均	(9) 平均	(10) $\sqrt{S^2/n-1}$	(7) 最高~最低	(8) 平均	(9) 平均	(10) $\sqrt{S^2/n-1}$	(7) Maximum	(8) Minimum	(9) Mean	(10) Standard deviation
1960	91 ~ 0	24.7		24.5	122 ~ 19	57.3		25.2				
1961	78 ~ 0	11.5		16.4	184 ~ 12	71.2		36.2				
1962	106 ~ 0	16.2		23.9	533 ~ 33	233.5		125.2				

(1) Year (2) Number of oviposition days per female

(3) Number of egg-cluster per female (4) Number of eggs laid per female

(5) Number of eggs remained per female

(6) Number of eggs deposited per female (laid + remained)

数を加えた卵数につき夫々最高, 最低, 及び平均値を求め, その標準偏差を算出し一括表示すれば Table. 5 の通りである。即ち産卵日数, 産卵塊数, 産卵数, 残存卵数, 包卵数のいずれも夫々の平均値の標準偏差が大きく平均値を以て示すことは困難で, きわめて個体差が大きいことがわかった。又飼育年度によつて大差があるのは飼育室の温度条件によるものと考えられるが産卵期間, 即ち成虫の寿命に比例して産卵日数, 産卵塊数, 産卵数が増大する傾向が認められた。そして残存卵数は飼育条件の如何によらずほぼ同一であつた事から, 本虫の卵造成は, 成虫の生存期間中の栄養条件に支配され増減することが考えられる。

4. 11. 1卵塊の卵粒数

1960年92卵塊, 1961年442卵塊, 1962年, 988卵塊について夫々卵粒数ごとの頻度分布を求め図示したのが Fig. 8 である。即ち1960年の結果は供試卵塊数が少なかつたために, 法正な曲線が得られなかつたが1961年と1962年の両年は大体一致した曲線となり, 概略1~20卵粒の間に正規分布し, 20卵粒以上に若干の例外が認められた。尚1960年の調査では卵粒数の最低は1粒, 最高37粒で平均11.2粒, その標準偏差は7.2であつた。1961年の調査では卵粒数最低は1粒, 最高28粒で平均8.9粒, その標準偏差は4.1であ

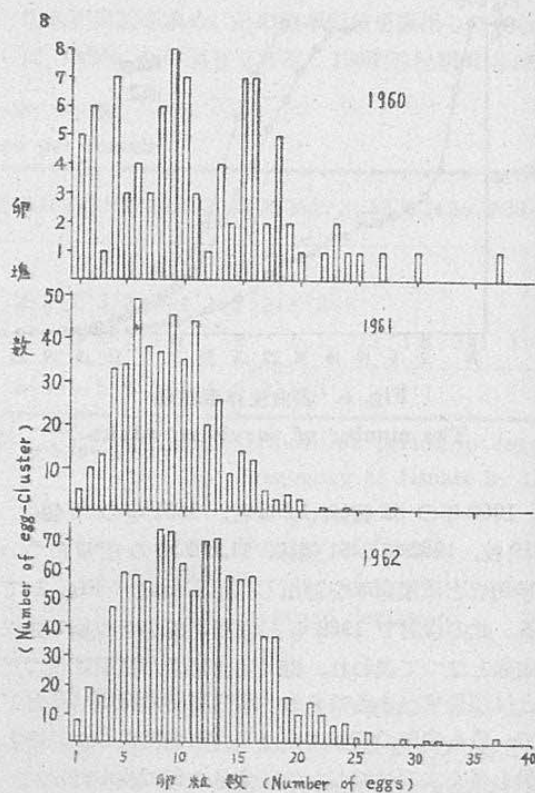


Fig. 8. 1卵塊当りの卵粒数
Number of eggs per egg-cluster.

つた。又1962年の調査では卵粒数1~37粒で平均11.2粒、その標準偏差は5.3であつた。又3カ年の調査結果を併せて検討すれば、平均卵粒数は10.5粒でその標準偏差は5.3であつた。

4. 12. 卵期間

卵期間に関する調査は1960年と1961年に実施し、

夫々の調査記録から卵期間別、年度旬別に孵化の頻度分布を検討し、孵化率及び平均卵期間を求めその標準偏差を算出した。その結果はTable 6の通りである。即ち1960年の調査では、卵期間の最短は6日、最長11日を要し、平均9日であつた。そしてその標準偏差は0.96であつた。又1961年の調査では、卵期間の最

Table 6. 卵 期 間

		Incubation period										孵化数(3)	供 試 卵 数(4)	孵化率(5)	平均卵 期間(6)	$\sqrt{S^2/n-1}$ (7)
年 旬別頻度(2)	卵期間(1)	4	5	6	7	8	9	10	11							
1 9 6 0.	Ⅶ. F S L				52 5	109 4	197 61 33	177 20 19	9	544 90 56	718 115 66	75.8 78.3 84.8	9.0 9.1 9.1	1.0 0.7 1.0		
1 9 6 1.	Ⅵ. L Ⅶ. F S L Ⅷ. F			36 20 282	249 537 549	124 468 231	383 72 7	12 32 1	7	804 1,293 1,174 181 22	842 1,411 1,244 217 24	95.5 91.6 94.4 83.4 91.7	8.1 7.4 6.8 8.2 7.6	1.6 1.0 0.9 0.6 0.5		

(1) Incubation period

(2) Frequency of hatching larvae

(3) Number of hatched

(4) Eggs examined

(5) Percentage hatched

(6) Average of incubation period

(7) Standard deviation

短は4日、最長11日を要し、平均7.4日であつた。そしてその標準偏差は1.60であつた。2カ年の調査結果から卵期間の長短は気温条件に支配されることが大きく、6月~8月頃の気温下では高温が続く7月上旬に卵期間が短くなる傾向が認められた。卵期間ばかりではなく前述の各種室内飼育調査は飼育室の温度条件が大きく関与しているので、5月下旬から8月中旬に至る飼育期間中の室温につき年度別にTable 7に示した。

4. 13. 被害と被害進行状況

黒木試験地：1958年の被害が激しかつたので林内に約10%内外の枯損木を出した。1959年は被害の少ない年で、外観的に被害を認めたのは8月には入つてからで、林縁部でごくわずかに赤変した程度であつた。1960年は被害年で、1958年の被害には及ばなかつたが全林に亘り激~中害で6月下旬に至り変色を始め7月上旬赤褐色に、7月下旬には遠望して本虫の被害林であることが認められるようになった。1961年は被害殆んどなく、1959年と同様林縁部に於て一部集団的な被害を認めた程度で、加害成虫の多くは林内からの発生でなく林外のゴキダケ密生地から発生飛来したものと推定された。1962年の被害は1960年の大発生から一応大被害を予想したが、意外に発生少なく、前年度

Table 7. 飼育期間中の室温

Natural temperature in the rearing room.

年	月	旬(1)	最高(2)	最低(3)	平均(4)
1960.	Ⅴ.	L	25.0	13.0	19.6
		F	29.5	16.5	22.5
		S	28.5	16.0	22.4
	Ⅶ.	L	30.5	20.5	25.4
		F	30.0	24.0	26.7
		S	32.0	24.5	28.3
	Ⅷ.	L	32.5	24.5	28.5
		F	33.5	24.5	28.9
		S	33.0	23.0	28.0
1961.	Ⅵ.	F	30.0	18.0	23.3
		S	30.0	17.5	23.3
		L	31.5	20.5	27.1
	Ⅶ.	F	32.0	25.0	27.5
		S	34.0	25.5	29.4
		L	33.5	24.0	28.5
	Ⅷ.	F	32.0	24.5	27.9
		S	33.0	25.0	28.9
	Ⅸ.	L	32.0	14.0	21.0
		F	31.5	15.0	22.5
		S	31.0	17.5	23.4
	Ⅹ.	L	30.5	18.0	23.8
		F	33.0	21.0	24.9
		S	31.5	22.0	26.6
1962.	Ⅹ.	L	35.5	22.5	28.9
		F	34.0	25.0	28.6
		S	33.0	23.0	28.1

(1) Date

(2) Maximum

(3) Minimum

(4) Mean

と同様林縁部に於て局所的な被害を見た程度で全般的には微害であつた。本試験地では、之までの被害進行状況から今後の被害は急激に低減し、終熄期にはいつたものと推定される。

福岡試験地：此の試験地は樹種樹令が異なる林分で林地の植生と主林木の生育状況、立地条件等によつて被害区分がはつきり差を生じた。即ち1959年の被害は、全林に亘つて被害がひどかつた年で、中でもアカマツ5年生林の峯部平坦地に於て被害激しく、枯損木約20%程度を出していた。又アカマツ1年生林も被害が可成りあつたが、樹高が小さいため外観的には前者に比し目だたなかつた。その他の林地ではヒノキ5年生林とクロマツ6年生林で微害、ヒノキ6年生林は殆んど被害を認めなかつた。1960年は殆んど成虫の発生なく被害は全く認められなかつた。1961年は成虫の大発生年で、アカマツ3年生林峯部附近に於て激害、その他の林分では局所的に被害のひどい部分を認めたが、全般的には1959年の被害に比し急速に低減し、被害の中心は前記アカマツ3年生林の方へ移動した事がうかがわれた。特に此のアカマツ3年生林以外の林地は過去3カ年間で下草刈りが行なわれず、部分的には林内通過も困難な位に下草が繁茂し、之がために本虫の生息環境に適しなくなつたものと推定された。今後此の試験地に於ける被害は、下草刈を実施し、保育管理が良好な前記アカマツ3年生林に限られるものと推定する。

以上両試験地の被害並びに被害進行状況の観察から一般的な被害予想を行なえば、先ず第1に、スギハムシの生息環境特に植生、土壌条件に支配され被害発生地が限定されること、即ち県下の造林地では丘陵性台地林、緩傾斜の尾根型斜面等でゴキダケの密生する脊悪林地でスギ、ヒノキ、マツ等の人工造林地に被害が多い。第2に本虫は一世代2カ年を要するため被害は隔年に激しい傾向がある。第3に被害の激しい樹令は3~5年生程度の幼令林であること。第4に本虫は主として植生の変化と主林木の生育によつて急速に終熄する傾向がある。即ち下層植生が極端に密となつた場合、或は主林木が旺盛な生育をなし、うつ閉状態となれば本虫の生息環境に適さないようになる。第5に本虫はしばしば発生源と加害林を異にする場合がある。即ち尾根部の生息環境良好な所で発生し近接林分を加害する。

5. 福岡県における生活史と防除法

5. 1. 福岡県における生活史の概要

黒木及び福岡に於ける1959年から1962年までの調査結果によつて、県下の本害虫の生活史を要約すれば次の通りである。

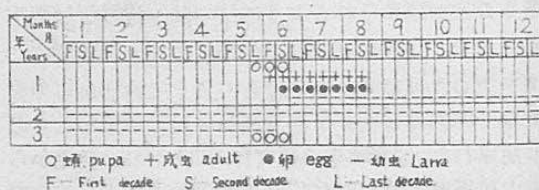
1) 加害する成虫の発生は6月のごく始めにはじまり、6月10~15日頃最盛期となり、6月下旬には殆んど完了する場合が多い。然し年により又被害林地によつては、6月中旬にはじまり7月上旬に及ぶこともあり一定しない。そしてその羽化期間はおおむね25日前後である。従つて食害の最も甚しい時期は、6月下旬から7月上旬である。そして成虫が終熄する時期は、8月上旬である。

2) 産卵は羽化後10日目頃から始まり、その時期は6月中下旬で最も多く産卵される時期は7月中旬頃でその後、漸次産卵率は低減するが8月中旬まで産卵を続ける。又現地に於ける産卵については、中原、奥田等⁶⁾の報告によれば、被害をうけた樹木の落葉、下草の根際、土壌の割れ目などの湿度の比較的高い所に産卵管を、わずかにさしこんで行こうと云うことである。

3) 卵の期間は7~9日で孵化した幼虫は土中に潜入し、7~8月の孵化幼虫は、きわめて小さく肉眼では確認し難い。

4) 前記孵化幼虫は、9月になれば可成り生育し、肉眼的にも注意すれば見えるようになり、土壌中地表~20cm位の深さに可成り均等に発見出来る。そして土壌条件が良好な場合は深さ30cm位まで生息する場合がある。之等の小さい幼虫は長さ0.5~1.0mm程度で比較的深い所で1年目の越冬をなし、2年目の8月頃から次第に上昇し始め、体長も2~3mm程度となり容易に発見出来るようになる。そして比較的地表近くで2年目の越冬をなし、5月中下旬~6月中旬の間に地表~10cmの土層間で蛹化するが、最も多く発

Fig. 9. 福岡県に於けるスギハムシの周年経過図
Diagram of life cycle of the Sugi
Leaf Beetle in Fukuoka Pref.



見出来るのは 5 cm 位の土層である。

5) 蛹の期間は10～15日間で気温の差により長短がある。

以上の概要から福岡県における本虫の周年経過を図示すれば Fig. 9 の通りである。

5. 2. 防除法

森林害虫の多くは、その発生消長が長期間に亘るものや、年に2回以上発生するもの、或いは薬剤の浸透し難い樹皮下や材中に潜入するもの、或は林況、地況が複雑なため薬剤による駆除が困難か、その効果があがらないものが多い。之等の中でスギハムシはその習性から成虫の発生期間が比較的短くその発生時期と発生数の概要を発生前に推定することが可能となり、きわめて容易に薬剤駆除を行なうことが出来るようになった。即ち成虫が、でそろつて産卵の初期までの期間を現地調査であらかじめ知ることこそ、本書虫駆除の効果を最も合理的にする第一段階である。此の調査は前述の幼虫並びに蛹の垂直分布調査の項で述べた通り、成虫発生前に土壌の掘取り調査を行なえばよい。県下の羽化終了期は前述の通り6月下旬から7月上旬であるが、年度や林地によつて約10日前後のずれがあるので、薬剤撒布時期を決定するためには必ず前記の事前調査が必要である。正確な羽化終了期が決定されたならば次の方法で駆除を行なう。

5. 2. 1. 薬剤駆除法

本虫駆除に用いられる薬剤としては、各種の接触剤があるが、林地に於ける此の種の接触剤としては、撒布経費の点から粉剤を用いる場合が大部分であり、地形、水便の良好な所では乳剤又は水和剤を用いる場合もある。即ち現在市販の農薬中比較的安価で殺虫効果が大いなものとしては、BHC 1%粉剤、或いはDDT粉剤1%等がある。又 DDT 乳剤も優劣の差はない。BHC 粉剤を用いる場合は 10 年生内外の針葉樹林で 1ha 当り 20 kg の撒布で充分効果がある。薬剤撒布に当つては撒布能率をあげるために事前に下草刈を行なつておくこと。又薬剤撒布は樹葉を加害虫の成虫によくかゝるようにすることは勿論であるが、多くの成虫は薬剤撒布により下草内に落下するので地表面にも撒布するように注意すれば更に効果的である。又樹高が高くて粉剤撒布が困難な場合や、駆除が急を要し下草が繁茂し、粉剤撒布の事前準備に余裕がない場合等には、BHC 燻煙剤を用いても効果がある。中原、小林、奥田等³⁾は、10～15 年生の天然生アカマツが散生

する平坦地で、樹高 1.5～2.0 m、風速 1 m 以下の条件下で、早朝 5 時 16 分から 5 時 24 分と夕刻 18 時 55 分から 19 時 22 分の間に、BHC 燻煙剤を用い夫々殺虫効果を調べ、いずれの場合も風向の変化による燻煙時間が少なかった所を除き燻煙筒から 300 m 離れた所まで 100 %に近い殺虫率を示したと報告している。此のような効果をあげるためには、燻煙剤使用の基礎知識が必要な事は勿論で、気象条件が適当でない場合は、害虫に対する燻煙時間が短いために効果があがらないことがある。

5. 2. 2. 払落し法

本虫は振動を与えると落下する習性がある。此の習性を利用し布袋を用いその中に打落しまとめて殺す方法で最も確実な方法である。然し此の方法はきわめて労力を要し、広面積の場合はかえつて防除費がかかるので、小面積の場合に限られる。払落しを行なう場合注意を要することは、成虫の活動は早朝鈍く、9 時頃から次第に活発となり、11 時以後は落下してもすぐ飛翔するので、出来るだけ早朝実施するが便利である。

5. 2. 3. 造林的な防除法

本書虫の被害林は大部分ゴキダケ密生の不良林地であり、主林木の生育もきわめて不良な場合が多い。此のように生育の悪い林木に対し本書虫が大発生すれば殆んど葉を喰い尽し枯損する場合もある。即ち適地をあやまつたスギ造林地に於て、本書虫により成林の見込みがなくなつた例は少なくない。要するに害虫の食害量以上に生長する必要がある。そのためには、適地に適樹種を植栽する必要がある。又林地の耕起或は林地肥培等の管理を行なえば主林木の生長をうながすと共に、本書虫の土壌中での生息環境が急変するため、発生がおさえられることが考えられる。そして保育良好な林地では生長旺盛となり、本書虫発生地でも樹冠うつ閉するに至れば自然終熄する。

引用文献

- 1) 佐藤銀五郎：杉、扁柏の害虫に就て、大日本山林会報、176 (1897)
- 2) 日高義実：熊本大林区署管内国有林加害虫類病菌等調査第 1 回報告 (1914)
- 3) 中原二郎・奥田素男：スギハムシに関する研究、林試京都支場報告、2 (1953)
- 4) 中原二郎：スギハムシに関する研究第 1 報、幼虫・蛹・成虫の形態、林業試験場報告、76 (1954)

- 5) 中原二郎・小林富士雄・奥田素男：スギハムシの生態と防除法，みやま，1 (1958)
 6) 中原二郎・奥田素男：スギハムシに関する研究，第2報，生態，林業試験場報告 127号 (1961)

要 約

此の報告は，スギハムシの合理的な防除法を究明する基礎資料を得るために，1959～1962年の間，主として福岡県林業試験場，福岡県八女郡黒木町及び宗像郡福岡町において実施した生態に関する調査結果で，概略次の通りであつた。

1. 土壌中における幼虫の垂直分布は，孵化後地表から 20 cm までの深さにほぼ均等に分散し，1年後の9月頃には大部分 0～5 cm の深さの所へ徐々に上昇し，2年後の5月蛹化するまで此の土層に生息する。(Fig. 1)
2. 土壌中における蛹の垂直分布は，地表～5 cm の層に最も多く，それより深いところでは急激に減少し，最も深い場合でも 10 cm までである。(Table 1)
3. 蛹化時期は5月15日ごろからはじまり約1カ月間に及ぶものと思われる。
4. 蛹期間は室内観察によれば最短7日，最長18日を要し，平均12.3日，その標準偏差は1.5であつた。

(Table 2)

5. 成虫の羽化及び終熄期は，室内観察と黒木と福岡の発生地で行なつた季節的発生消長調査，観察結果から，羽化は5月下旬ごろから始まり，7月のごく初めに終了し，その終熄期は8月中旬ごろであると思われた。(Fig. 4, 5, 6)

6. 成虫の寿命は，雌雄一対ずつの室内飼育の結果では個体差が大きく一定ではなかつた。最も短命なものは5日，最も長命なものは108日であつた。

(Table 3)

7. 初期に発生した成虫の産卵は，6月下旬に始まり，成虫生存期間の8月中旬まで，続けられるが，7月中旬頃が最盛期である。(Fig. 7)

8. 成虫の産卵日数，産卵塊数，産卵数，残存卵数，包卵数のいずれも個体差が大きく一定の傾向が認められなかつた。(Table 5)

9. 1卵塊の卵粒数は，最少1粒，最多37粒で，平均11粒，その標準偏差は5.3であつた。(Fig. 8)

10. 旬別平均卵期間は，Table 7 に示す条件下で最長9日，最短7日であつた。(Table 6)

11. 上述の資料に基き，福岡県下に於ける本虫の周年経過を表示すれば Fig. 9 の通りである。

Résumé

This report deals with the ecological studies on the Sugi Leaf Beetle that made an inquiry, for the purpose of obtaining fundamental data of the rational control methods to one, chiefly at the laboratory of Fukuokaken Forest Experimental Station and at the field of Kurogi and Fukuma district in Fukuoka pref., from 1959 to 1961. The outlines of results are given as follows:

1) According to the survey of the vertical distribution under the soil, the larvae show almost uniformity living in the layer at the depth of 0-20 cm after hatching, and most of them come up slowly to within 5 cm of surface around September after their first overwintering and continue to live in this layer until the pupation takes place in May after their second overwintering. (see Fig-1)

2) Vertical distribution of pupae under the soil is indicated in Table 1. In other words, most of the pupae are found in the layer at 5 cm depth from the surface; number of them shows a sudden decrease in the deeper layers, even the most deep case, find of them in the layer until 10 cm depth. (see Table-1)

3) It seems that pupation period begins around 15th of May and extends about one month.

4) The indoor observations say that the shortest pupal period is 7 days, the longest one is 18 days, and average is about 12 days. Its standard deviation is 1.5. (see Table-2)

5) From the results of the indoor observations and the surveys of the seasonal

prevalence in this district was made clear: the adult begins to emerge around last decade of May and ends around first decade of July in the laboratory, but it seems that the adult ceases around second decade of August in the field. (see Fig-4, 5, 6)

6) Length of adult's life is not constant, namely the shortest is 5 days, the longest is 108 days. (see Table-3)

7) The females emerged in the early time begin to oviposit at around last decade of June, and they continue to oviposit until second decade of August during the surviving period of them. The peak oviposition is around second decade of July. (see Fig-7)

8) Regarding the number of oviposition days, egg-clusters, eggs laid, eggs remained and eggs deposited per female, none of them show a tendency to constant. (see Table-5)

9) As for the number of eggs per egg-cluster, the least is 1, the greatest is 37 and the average is about 11. Its standard deviation is 5.3. (see Fig-8)

10) With regard to the average incubation period in each decade, under such condition as shown in Table 7, the longest is 9 days and the shortest is 7 days. (see Table-6)

11) Life cycle of this beetle in Fukuoka pref. that based on the abovementioned data is given in Fig. 9.

林業苗畑における線虫病の実態 についての2～3の知見

橋 本 平 一

Some Observations on the Damage caused by Nematodes in the Forestry Nurseries.

Heiichi Hashimoto

ま え が き

福岡県内の苗木生産地では、以前から、造林主要樹種の根部障害による生育不良苗が多く発生し、このことが業者間で問題とされていたが、今日まで原因不明のまま、とりのこされていた。筆者は35年から佐賀大学教授、横尾多美男博士の御指導のもとに、このことについて線虫の面から調査を行なった結果、この原因の中には線虫によるものがかなりあることがわかった。樹木類の線虫病についての報告は外国ではマツ類をはじめかなり多くの樹種及び、それらの根辺土壤中から10数属の、植物寄生性線虫がすでに検出報告されている。¹⁾¹³⁾一方我国では、山口(1932)¹⁷⁾が北海道のエゾマツ類の苗畑で根部から *Pratylenchus Pratensis* と思われる線虫を検出したのが最初の記録といえよう。その後、近年になつて始めて、各地から2, 3の報告がなされている程度であつて、林業苗畑の線虫に関する基礎的な資料は極めてとぼしく、今後の調査研究にまたねばならない現況であるといえる。この報告は1960年～1962年にかけて、福岡県下の林業苗畑における線虫病の被害の実態の調査成績を述べ育苗管理上、特に関係の深い事項について検討を加えたものであり、実施するにあたり、たえず御懇厚な御指導と線

虫の分類に直接お力添えを賜つた、横尾教授、種々激励、御鞭達を賜つた青木義雄場長に対して厚く御礼申しあげる次第である。

I. 林業苗畑の線虫病についての実態調査

1. 調査方法

福岡県下の生育の悪い53点の苗畑より、土壌と苗木を採取して下記の方法によつて調査した。

(1) 土壌中からの線虫の分離：Baermann 氏法により、根辺土壌 50g 中の線虫棲息程度を調べた。

(2) 組織中に侵入している線虫の分離：幼苗は Goodey 氏染色法によつて、侵入線虫を検鏡調査した。木質化した根部の中の線虫はピンにより組織を砕いて検出した。

(3) 外寄生性線虫の検出と寄生性の確認：5%フォルマリン入管瓶(2×6cm)を用意して、現地で苗木を掘り取り、速やかに指先で丁寧に土壌を落して、白根部を管瓶に入れる、管中に落下した線虫数を調査する。さらにルーペにより寄生性を確認した。

2. 苗畑調査の概況

県下の53点についての調査結果の概略は、Table 1 に示すとおりである。

Table 1. 調 査 苗 畑 概 況

No.	調 査 場 所 ⁽¹⁾	樹 種(令) ⁽²⁾	土 性 ⁽³⁾	前作付 ⁽⁴⁾	棲 息 程度 ⁽⁵⁾	苗木の 発 育 程度 ⁽⁶⁾	検出寄生性線虫 ⁽⁷⁾	備 考 ⁽⁸⁾
1	福岡県 朝倉郡朝倉村	ヒノキ (1)	微砂質壤土	ヒノキ (1)	卅	卅	Tyl.	○主としてスギ、マツ、 ヒノキを育苗した
2	" "	スギ (1)	"	ヒノキ (1)	卅	卅	Tyl. Pra. Aph.	○ "
3	" "	マツ (1)	"	十 字 科	卅	卅	Tyl. Mel.	○ "
4	" "	フラッシュ パイン (1)	"	"	十	卅	Tyl. Tri.	○ "
5	" "	ヒノキ (1)	"	ヒノキ (1)	卅	土		"

No.	調査場所 ⁽¹⁾	樹種(令) ⁽²⁾	土性 ⁽³⁾	前作付 ⁽⁴⁾	棲息 程度 ⁽⁵⁾	苗木の 發育 程度 ⁽⁶⁾	検出寄生性線虫 ⁽⁷⁾	備考 ⁽⁸⁾
6	" "	スギ(1)	"	ヒノキ(1)	+	±	Tri.	"
7	" "	マツ(1)	"	ヒノキ(1)	±	±		"
8	" "	スギ(1)	"	不明	±	±		"
9	" "	スギ(1)	"	ヒノキ(2)	±	+	Tyl.	○ "
10	" "	マツ(1)	"	不明	+	±	Tyl.	○ "
11	甘木市夜須	スギ(1)	"	野菜	卅	卅	Tyl. Pra. Mel.	"
12	三井郡小郡町	ヒノキ(1)	壇質壤土	ヒノキ(1)	卅	+	Aph. 不明	開墾後2年目
13	" "	ヒノキ(2)	壇土	不明	±	+		畑作(農作物)
14	" "	スギ(2)	微砂質壤土	ヒノキ(2)	卅	±	Tyl.	主としてスギ、ヒノ
15	浮羽郡田主丸	ヒノキ(1)	壇土	ヒノキ(1)	卅	卅	Tyl. Aph. Mel.	キ、マツを育苗
16	" "	スギ(2)	"	ヒノキ(2)	±	+	Tyl.	○ "
17	" "	マツ(1)	"	大豆	±	卅	Tyl. Tri. Mel.	○ "
18	" "	ヒノキ(2)	"	ヒノキ(2)	+	+	Tyl. Tri.	○ "
19	" "	ヒノキ(1)	微砂質壤土	マツ(1)	±	+	Tyl. 不明	○ "
20	朝倉郡福田村	ヒノキ(1)	壇土	不明	±	±		畑作
21	遠賀郡岡垣村	マツ(2)	壇質壤土	"	±	+		"
22	" "	マツ(1)	"	水田	±	+		水田
23	" "	ヒノキ(1)	"	"	±	+		"
24	直方市頓野	ヒノキ(1)	"	"	±	±		"
25	" "	スギ(2)	"	マツ(2)	±	+		開墾後4,5年以内
26	" "	スギ(2)	"	ヒノキ(2)	±	+		"
27	" "	マツ(1)	壇土	水田	±	±		水田
28	田川郡添田町	ヒノキ(2)	壇質壤土	新開墾地	±	±		
29	" "	スギ(1)	壇土	野菜	+	+		畑作
30	" "	スギ(2)	"	水田	+	+		水田
31	八女郡立花町	ヒノキ(1)	"	甘藷	±	卅	Mel.	畑作
32	築上郡築城町	ヒノキ(1)	微砂質壤土	ヒノキ(1)	卅	卅	Tyl.	○主としてスギ、ヒノ
33	"吉富村	スギ(2)	"	ヒノキ(2)	±	±	Pra. Mel.	キ、マツを育苗
34	八女市犬山	マツ(1)	壇質壤土	モリシマ	±	卅	Mel.	"
35	" "	モリシマ	"	アカシヤ	±	±	Mel.	アカシヤモリシマ
36	八女郡黒木町	"	"	マツ(1)	±	±	Mel.	○主としてモリシマア
37	" "	ヒノキ(1)	微砂質壤土	里芋	±	卅	Mel.	カシヤを育苗した
38	" "	マツ(1)	"	"	+	±	Mel. 不明	○ "
39	" "	スギ(1)	"	"	+	±	Mel.	○ "
40	" "	モリシマ	"	モリシマ	±	±	Mel.	○ "
41	小倉市代橋	マツ(1)	壇質壤土	ヒノキ(1)	±	±		
42	八女郡黒木町	ヒノキ(3)	"	ヒノキ(3)	±	+	Tyl. 不明	○主としてアカシヤモ
43	築上郡築城町	ツツヂ	微砂質壤土	苗木類	卅	±	Tyl. Tri.	リシマを育苗した
44	" "	マツ(1)	壇土	不明	+	±	Hel.	
45	浮羽郡田主丸	外国マツ	砂壤土	山林苗	±	卅	Aph.マツ葉枯病生発	○
46	小郡町古野	ヒノキ(3)	"	"	±	±	Xip.Pra.Tyl.Tir.Hel.	○
47	"北野	ヒノキ(2)	"	"	±	±	Pra. Tyl.	
48	浮羽郡田主丸	マツ(1)	壇土	"	±	卅	Tri. Tyl. Cricon.	○
49	朝倉郡朝倉村	スギ(1)	砂壤土	"	卅	卅	Tri.Tyl. Cricon. Hel.	○

No.	調査場所 ⁽¹⁾	樹種(令) ⁽²⁾	土性 ⁽³⁾	前作付 ⁽⁴⁾	棲息 程度 ⁽⁵⁾	苗木の 発育 程度 ⁽⁶⁾	検出寄生性線虫 ⁽⁷⁾	備考 ⁽⁸⁾
50	八女郡黒木町	スギ挿苗壇質壤土	"	"	±	±	<i>Aph. Gott. Xip. Pseu.</i>	○
51	田川郡添田町	モリシマ壇土	甘	落	±	±	<i>Pra. Mel. Hel. Para.</i>	
52	" "	" 壇質壤土	"	"	±	+	<i>Pra. Mel.</i>	
53	" "	スギ壇土	水	田	±	±	<i>Tyl. Pra.</i>	

- (1) Locality (2) Tree species (age) (3) Soil texture
 (4) Preceding plants (5) Population density (6) Degree of growth of seedlings
 (7) Parasitic nematodes (8) Notes

注 (1) 生息程度

± 総線虫数が著しく多く、その中で植物寄生性線虫が優勢である。

± " 多く、 "

± " 少なく、植物寄生性線虫も認められる。

± " の内、植物寄生性線虫は認められない。

(2) 苗木の発育程度

± 同一苗畑に於て他の苗に比べて極端に生育が悪く、立枯病が併発。

± " 生育が悪い、 "

± " わずかに生育が悪い。

± " 生育には差はないが、葉の色が悪い。

— " 全く差がない。

(3) 検出寄生性線虫

Tyl: Tylenchorhynchus

Para: Paratylenchus

Pra: Pratylenchus

Xip: Xiphinema

Mel: Meloidogyne

A: Aphelenchus

Tri: Trichodorus

Pse: Pseudhalenchus

Aph: Aphelenchoides

Hel: Helicotylenchus

Cri: Criconemoides

Rot: Rotylenchus

○ 印は約15年以上主として山林用苗木を養成した苗畑。

3. 検出された寄生性線虫の種類と寄主

検出された植物寄生性線虫の種類と寄生性について
 示せば Table 2 に示すとおりである。

すなわち、12属の植物寄生性線虫が検出された。

この内、寄生性が確認された種類は、*Meloidogyne*,
Pratylenchus, *Tylenchorhynchus*, *Trichodorus*, *Cricon-*
emoides, などである。なお検出頻度の高い種類は
Meloidogyne, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, 及び

Table 2. Plant parasitic Nematodes isolated from forestry
 nurseries, and Host plant.

Nematode	Plant	Degree of Damage
<i>Pseudhalenchus</i>		
<i>Tylenchorhynchus claytoni</i>	Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>)	+
(Stunt nematode)	Hinoki (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	+
	Matue (<i>Pinus densiflora</i> , <i>P. thubergii</i> , <i>P. spp.</i>)	+
<i>Helicotylenchus</i> sp.	<i>Acacia mollissima</i>	?
(Spiral nematode)	Matsu	?
	Sugi	?
<i>Pratylenchus</i>	Sugi	+
(Root lesion nematode)	Acacia	+
	Hinoki	?

<i>Rotylenchus</i> (Spiral nematode)	Sugi	?
	Matsu	?
	Hinoki	?
	Acacia	?
<i>Meloidogyne incognita</i> var. <i>acrita</i> (Cotton root-knot nematode)	Sugi	+
	Matsu	+
	Hinoki	+
	Acacia	+
	Taiwan kiri	+
<i>Criconemoides</i> (Ring nematode)	Matsu	+
	Sugi	?
<i>Paratylenchus</i> (Pine nematode)	Hinoki	?
	Acacia	?
<i>Aphelenchus</i>	Pinus sp.	?
	Sugi	?
<i>Aphelenchoides</i> (Leaf & Bulb nematode)	Hinoki	?
	Sugi	?
<i>Xiphinema</i> (Dagger nematode)	Hinoki	?
<i>Trichodorus</i> Sp. (Stubby-Root nematode)	Sugi	+
	Hinoki	+
	Matsu	+
		+

Trichodorus, の各属であり, 特に福岡県の林業苗畑には *Tylenchorhynchus*, の検出頻度が高い傾向がうかがわれる。その他の線虫については現在のところ寄生性はまだ確認してはいない。

II. 徴 候

生態の異なる代表的な3種の線虫, サツマイモノコブセンチュウ (*Meloidognita, incognita* var. *acrita*), ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus Vulnus*?), スタントセンチュウ (*Tylenchorhynchus claytoni*), について圃場観察と接種試験を行ない, その徴候を検討した。

1. 接種方法

(1) *Meloidogyne incognita* Var. *acrita*

セメント製井戸枠(直径60×深さ50cm)に蒸気殺菌土壌をつめ, その中に水洗したモリシマアカシアの被害苗, 約30本のゴールを接種した後, テストプラントとしてスギを播種した。

(2) *Pratylenchus* 属

スギ稚苗被割根, 約200本を流水で洗い, 外部寄生している線虫を充分におとして, 根組織とともに上記と同じ井戸枠内に接種して, テストプラントとしてスギを播種した。

(3) *Tylenchorhynchus claytoni*

外寄生数の多くなる9月下旬頃に, スタントネマが優位をしめる苗畑から採取したスギ苗を水中に浸漬して, その中に游出した線虫を水とともに井戸枠内に接種した。接種した線虫群はスタントネマが95%程度を占め, その他, 若干の *Tricodorus* などが含まれていた。

被 害 徴 候

2. 接種試験による3種の線虫の徴候

スギ稚苗に現われる徴候を示せば Fig. 1~3 に示すとおりである。

(1) サツマイモノコブセンチュウ

Fig. 1 に示すように, 本葉の出る頃には根の先端が僅かにふくれるが, この肥大部で伸長が止まる苗と, 分岐して次々にゴールを形成する苗とがある。ゴールは境界が明瞭でなく, 細根の少ない寄型根となる。

(2) ネグサレセンチュウ

Fig. 2 に示すように, 根部はゴールや加害痕等による, 形態的な特長は現われないが伸長した根が次々と褐変, 腐敗する。すなわち褐変部の細胞が侵されて腐敗するために, その患部より下の根は膨軟となつて

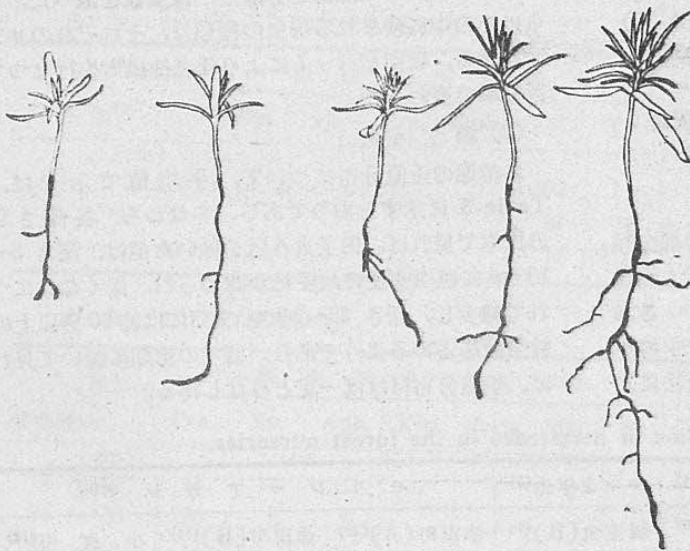


Fig. 1. ネコブセンチュウによる被害苗
Root types of Sugi seedling attacked by root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* var. *acrita*).

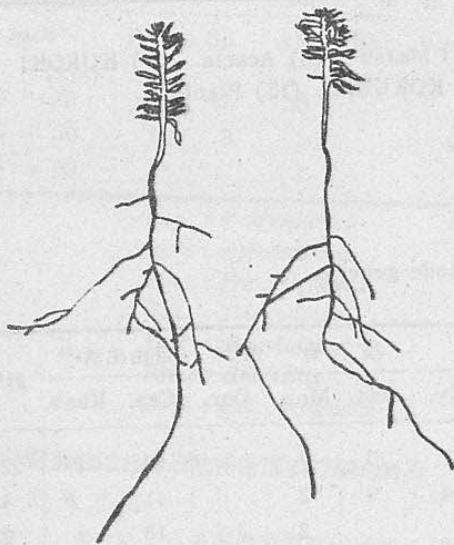


Fig. 2. ネグサレセンチュウによる被害苗
Root types of Sugi seedling attacked by root lesion nematode (*Pratylenchus* sp.).

腐敗していく、地上部は新芽の伸びが悪い。患部からはネグサレセンチュウの成虫、幼虫、卵が検出される (Plate 4C 参照)

(3) スタントネマ

この線虫は白根、根冠に寄生するので、発根しはじめた根冠が次々と侵されて Fig. 3 に示すごとく萎縮した根系となる。寄生を受けた根冠は Plate 3 B, C に示すように、鈍くなり、多数の加害痕が認められる。

加害痕の周囲はカルス状となつて、膨軟なネブクレ症状を呈する。この患部周辺からはバクテリアの一種と *Fusarium* 菌が常に検出される。またこの白根部には春～秋にかけて、この線虫の成虫および幼虫が認められるが、特に根冠には集団した線虫塊が認められる。(Plate 4A, 3D 参照)

3. 苗畑で観察された被害徴候

苗畑における被害徴候は一種類の線虫による単独な被害の他に、2種以上の複合した被害と思われるものもあり徴候だけでの診断は困難な場合が多いが、各種類別には典型的と思われる徴候を示せば下記の通りである。

(1) サツマイモネコブセンチュウ

針葉樹の場合と生長の早いアカシア類及びキリ等の場合とでは、ゴールの形態がかなり違っている。すなわちアカシア類では

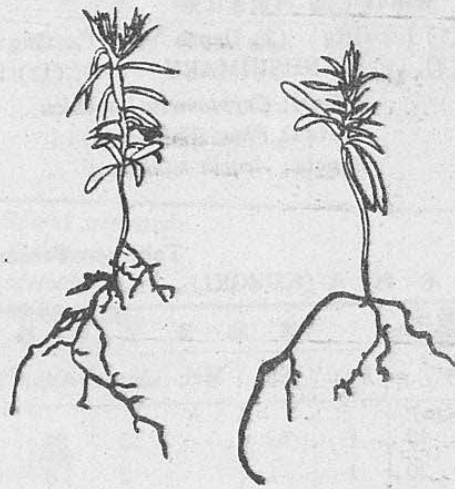


Fig. 3. スタントネマトーダによる被害苗
Root types of Sugi seedling attacked by stunt nematode (*Tylenchorhynchus*).

典型的なゴールを形成する (Plate 1C) のに対してマツ類では、ゴールの境界が不明瞭である (Plate 1A) さらにスギ、ヒノキになると、一層明確でない。

(2) ネグサレセンチュウ

苗畑での観察では接種試験で得られたような純粋な徴候は見られず、外寄生性の線虫にまじつて検出される場合が多いので、徴候による診断は至難である。(Plate 1B)

(3) スタントネマトーダ

ヒノキ、スギ、マツ、稚苗の場合、ほぼ接種試験の結果と一致した。すなわち Plate 1(D) Plate 2(A, D) に示すとおりである。

III. 線虫の生態についての 2, 3 の調査

1. 苗畑における線虫類の垂直分布

(1) 調査方法

植物寄生性線虫の検出される苗畑、6カ所の線虫類の垂直分布を調査した。一つの苗畑から4~5カ所をえらんで深さ5~10cm, 25~30cm, 55~60cm, 各層から一定量の土壌を採取した。調査は10~11月にかけて行ない、採取後1日おいて、Baermann 氏法によ

り土壌 50g 中の線虫を分離し、線虫数を調べた。さらにその中に含まれる線虫の種類は、それぞれのサンプルから、吸引ピペットにより任意抽出⁹⁾を行なつて百分率で表わした。

(2) 調査結果

各苗畑の垂直分布について、平均値で示せば、Table 3 に示すとおりである。すなわち、各深さ別の比率で見れば、田主丸A区を除いた他は、深さ5~10cm に線虫密度の最多相が認められ、深くなるにつれて減少し、深さ25~30cm までには約90%以上の線虫数を占めるようである。個々の苗畑について見れば、垂直分布はほぼ一定とみなし得る。

Table 3. Depth distribution of nematodes in the forest nurseries.

樹種 ⁽¹³⁾ 場所 ⁽¹⁾ 深さ別 ⁽²⁾ (cm)	モリシマアカシア ⁽⁶⁾					
	挿スギ ⁽³⁾ 黒木町(A) ⁽⁷⁾	マツ稚苗 ⁽⁴⁾ 田主丸(A) ⁽⁸⁾	マツ2年生 ⁽⁵⁾ 田主丸(B) ⁽⁹⁾	添田町(A) ⁽¹⁰⁾	添田町(B) ⁽¹¹⁾	小倉市 ⁽¹²⁾
5 ~ 10	231 (72)	182 (37)	296 (81)	461 (79)	153 (76)	459 (62)
25 ~ 30	69 (22)	279 (57)	50 (14)	96 (16)	39 (20)	266 (35)
55 ~ 60	21 (6)	27 (2)	8 (5)	26 (5)	8 (4)	22 (3)

表中の () 内数値は%

(1) Locality (2) Depth (3) Cutting Sugi (4), (5) Matsu (6) Acacia (7) KUROKI (8), (9) TANUSHIMARU (10), (11) SOEDA (12) KOKURA (13) Plants

Sugi: *Cryptomeria japonica*

Matsu: *Pinus Thunbergii*

Acacia: *Acacia mollissima*

Table 4. Percentage of nematode genera.

黒木町 A (KUROKI)

線虫種類 ⁽¹⁾ 深さ別 ⁽²⁾ (cm)	植物寄生性線虫類 ⁽³⁾								捕食性 ⁽⁴⁾			自由生活 ⁽⁵⁾		計 ⁽⁶⁾
	Pra.	Sp.	Mel.	Xip.	Aph.	Pse.	Tri.	Ty.	Odo.	Mon.	Dor.	Cep.	Rhab.	
5 ~ 10	1	62		15	29	7		17	10	7	5	66	1	220
25 ~ 30	1	1		3	8	3		4	9	3		11		43
55 ~ 60						3				2		18		23

(1) Nematode Genus (2) Depth (3) Plant parasitic Nematodes

(4) Rapacious Nematodes (5) Free-living Nematodes (6) Total

田主丸 A (TANUSHIMARU)

線虫種類 ⁽¹⁾ 深さ別 ⁽²⁾ (cm)	植物寄生性線虫類 ⁽³⁾								捕食性 ⁽⁴⁾		自由生活 ⁽⁵⁾			計 ⁽⁶⁾
	Pra.	Sp.	Mel.	Aph.	Tri	Ty.	Cri.	Mon.	Dor.	Cep.	Rhab.	不明		
5 ~ 10				2	313	48	5	7	17	68		78	538	
25 ~ 30		19	220	1	108	4		2	2	70		41	467	
55 ~ 60			38		37					8		8	91	

田 主 丸 B (TANUSHIMARU)

線虫種類(1) 深さ別(2) (cm)	植物寄生性線虫類(3)							捕食性(4)		自由生活(5)			計(6)
	Pra.	Sp.	Mel.	Aph.	Tri.	Ty.	Cri.	Mon.	Dor.	Cep.	Rhab.	不明	
5 ~ 10	1				202	14		1	5	182	1	215	621
25 ~ 30					87	1			4	24		18	134
55 ~ 60					17	1				13		3	34

添 田 町 A (SOEDA)

線虫種類(1) 深さ別(2) (cm)	植物寄生性線虫類(3)							捕食性(4)			自由生活(5)			計(6)
	Pra.	Sp.	Aph.	Xip.	Para.	Mel.	Tri.	Mon.	Dor.	Odo.	Cep.	Rhab.	不明	
5 ~ 10	11	11	12	7	6	2	4	1	7	20	61	1		143
25 ~ 30	30	2	5		1		14	1	13	3	28		9	106
55 ~ 60	16		4		1	3	6	1	5	0	11		13	60

添 田 町 B (SOEDA)

線虫種類(1) 深さ別(2) (cm)	植物寄生性線虫類(3)							捕食性(4)			自由生活(5)			計(6)
	Pra.	Sp.	Aph.	Xip.	Para.	Mel.	Tri.	Mon.	Dor.	Odo.	Cep.	Rhab.	不明	
5 ~ 10	49	56	33	7		5			3		21			174
25 ~ 30	1	8	5		1			1	1	1	4		1	23
55 ~ 60			7			1			1		2			11

Pra : *Pratylenchus*
 Aph : *Aphelenchus*
 Para : *Paratylenchus*
 Tri : *Trichodorus*
 Dor : *Dorylaimus*
 Rhab : *Rhabditis*
 Cri : *Criconeimoides*

Sp : *Spiral nematode*
 Xip : *Xiphinema*
 Mel : *Meloidogyne*
 Mon : *Mononchidae*
 Cep : *Cephalobus*
 Pse : *Pseudhalenchus*

2. 林業苗畑における線虫密度の時期的消長

(1) 調査方法

スタントネマによるスギ稚苗被害床後地に1961年、春、2m²のプロットを4ヶ設けて、よく耕運、整地して、スギを播種した。第1回調査は4月1日播種前に行ない以後2ヵ月おきに調査した。土壌は深さ約10cmの地点より採集して、Baermann氏法によつて線虫を分離して線虫数えた。線虫の種類については調査(III)に準じて任意抽出を行ない、全体を推定した。

(2) 調査結果

調査結果を4反復の平均値で示すと、(Fig. 4)のとりとなる。全線虫数(T.P.)は耕起、整地後の第1回調査では約50頭検出されたが、その後、スギが発芽して本葉の出る頃(6月中旬)には、第1回調査の3倍強に

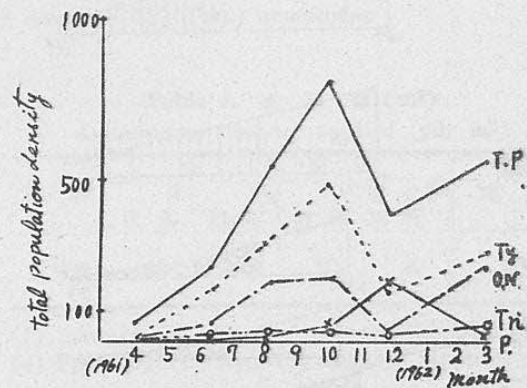


Fig. 4. 線虫相の時期的消長

Seasonal distribution
 (Numbers of nematodes found in 50 gr. soil)

増加している。その後、10月調査では著しく増加して

いた。さらに11月下旬の調査では、10月の最大密度に比べると1/2程度減少している。その後2月下旬には若干増加しはじめる傾向が見られた。有害線虫の时期的消長を見ると、スタントネマ (*Tylenchorhynchus claytoni*) (Ty)は、全線虫数の消長曲線にほぼ比例しているようである。すなわち、この苗畑における全線虫数の消長はスタントネマの消長によつて左右されているといえるようである。ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus*) (P.)はスタントセンチュウとは反対に11月下旬に多数検出される傾向が見られた。その他の線虫 (O. N.) (自由生活、挿食性線虫、不明線虫)の消長は、ほぼ夏期～秋期に最高を示し、11月下旬に最低となる

ようである。この調査結果から林業苗畑の線虫密度は人為的に耕起することによつて一時は減少するが、その後、植生が安定すれば、10月をピークとして増加し、冬期に減少し、翌2月下旬には再び増加するような傾向がみられるようである。

3. 傾面苗畑における線虫類の分布状況

洪積傾面に設けられた林業苗畑の例はかなり多い。Plate 2(C)に示すような傾面苗畑の場合、勾配の緩やかな場所ほど生育が悪く、集団的に生育障害が現われており、被害徴候から線虫による生育障害と推定され得たので傾面苗畑を選んで、線虫類の分布状況を調査した。

(1) 調査方法

コンパス測量により地形図を作製した。(Fig. 5) さらに苗木の生育程度により、A(健全苗)、B(軽害苗)、C(激害苗)、の3グループに大別した。(Plate 2D)

上記の3区より各々8~10カ所の土壌サンプルと苗木を採取した。採取地点は Fig. 5 に示すとおりである。各サンプルより線虫数スタントネマの数や苗木の生育状況を調査した。

(2) 調査結果

苗木の生育と検出線虫数は Table 5 に示すとおりである。すなわちB、C区は線虫密度がA区の2倍以上占めている。さらに全線虫数の中にしめる有害線虫 (*Tylenchorhynchus*) の割合は Table 6 に示すごとく、B、C区で約90%であるのに対して、A区では僅かに1.5%程度であつて、明らかにA区はB、C区に比べて線虫密度及び、その種類のバランスに差が認められた。さらに被害苗の根部徴候からみてスタントネマによる被害と断定される。このように線虫相に差が現われるのは傾面苗畑であるがために土壌水分の移動が線虫相に変化を与えているためと、まず考え得られよう。すなわち、苗畑の勾配は Fig. 5, Table 2.C に示すごとく、水の集合する面が最も生育が悪く、線虫密度が多い、C区とB区における苗木の生長と線虫密度について検討すれば、線虫密度はC区がやや少ない、にもかかわらず苗木の生長は悪く、変色が著しい。この調査結果から考えれば、C区は線虫以外に土壌水分による湿害が考えられる。しかしこの調査は10月中旬に行なつていたため、C区の苗は末期症状を呈して白根がほとんど認められない状態であるため、スタントネマの数が減少していたとも考えられる。

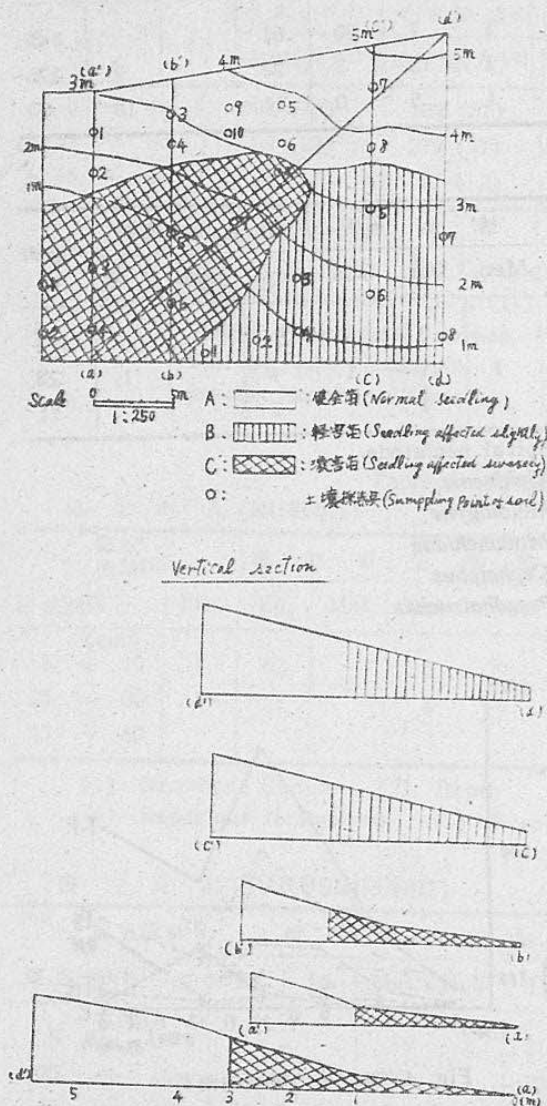


Fig. 5. Distribution of damage caused by nematode at sloping field.

Table 5. 草 丈 と 根 長 Growth of seedlings.

(1) ブロック	(2) 調査ヶ所	(3) 長 寸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(4) 平 均
A	根	(5)	13.4	12.3	12.6	12.5	12.3	14.0	11.5	11.1	14.6	11.7	12.6
	(最高～最低)	(6)	(17～10)	(15～10)	(15～11)	(24～9)	(14～9)	(23～10)	(16～8)	(13～8)	(22～8)	(17～8)	(18～9)
	茎	(7)	10.7	10.3	9.6	9.4	8.3	8.1	9.0	10.1	9.8	8.8	9.4
	(最高～最低)	(6)	(13～8)	(13～5)	(11～7)	(13～6)	(12～5)	(12～6)	(12～6)	(12～9)	(11～8)	(12～5)	(12～7)
B	根	(5)	7.5	7.6	9.7	7.6	10.0	10.9	10.3	12.6			9.5
	(最高～最低)	(6)	(12～4)	(10～5)	(16～6)	(12～5)	(14～7)	(13～5)	(16～6)	(19～7)			(14～6)
	茎	(7)	6.1	6.7	5.9	5.1	4.8	6.4	5.5	7.6			6.2
	(最高～最低)	(6)	(8～4)	(9～4)	(9～4)	(9～3)	(8～4)	(9～4)	(9～3)	(11～4)			(9～4)
C	根	(5)	6.9	5.4	11.8	8.3	8.2	8.5	9.3	10.4			8.6
	(最高～最低)	(6)	(11～3)	(8～3)	(14～8)	(11～6)	(12～7)	(12～5)	(10～8)	(16～7)			(11～6)
	茎	(7)	4.1	4.7	6.3	6.4	4.8	5.5	6.0	5.2			5.4
	(最高～最低)	(6)	(5～3)	(10～3)	(9～4)	(9～5)	(7～3)	(8～4)	(8～4)	(8～3)			(8～4)

(1) Block (2) Sampling (3) Length (4) Average (5) Root (6) max.~min. (7) Stem

Table 6. 土壌 50 g 中のスタントネマトーダの検出数
Number of stunt nematode (*Tylenchorhynchus*) per 50g soil.

(1) ブロック	(2) 調査ヶ所	(3) 線虫数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(4) 平均(%)
A	全線虫数	(5)	118	250	282	130	86	65	128	116	171	73	141.9
	Ty. 検出数	(6)	0	0	0	2.7	0	2.1	5.1	5.2	0	0	1.5(1.5)
B	全線虫数	(5)	252	218	357	432	405	205	200	398			308.4
	Ty. 検出数	(6)	220.5	192.1	310.9	404.4	379.9	176.3	195.8	330.7			276.8(90)
C	全線虫数	(5)	146	96	418	346	333	320	260	270			273.6
	Ty. 検出数	(6)	101.6	85.9	383.3	333.5	311.4	283.8	227.0	256.0			247.8(90)

(1) Block (2) Sampling (3) Nematodes (4) Average (5) Total nematodes
(6) Number of stunt nematodes

4. 施肥と線虫密度との関係

堆肥、金肥施用が線虫密度の増減に如何に係るかを確かめるためにポット試験を行なった。

(1) 試験方法

2 万分の 1 の素焼鉢を地中に埋めて、堆肥単用区、金肥区、堆肥+金肥区、無施用区、E、D、B 区（無肥量）各 3 鉢ずつ設けた。施用量は Table 7 に示すとおりである。処理は 4 月 4 日に行ない、4 月 16 日にクロマツ種子を播種した。

供試土壌は前年スギ稚苗の被害地、表層土 (0~30 cm) から採取して、よく混合したものを使った。調査

Table 7. 施 肥 量 (m²)
Amounts of manure applied (per m²)

(1) 肥 料	(2) 金 肥	(3) 尿 素	(4) 過 石	(5) 溶 磷	(6) 塩 化 鋁	(7) 堆 肥
施用量 (g)		20	40	50	20	1,000

(1) manure (2) chemical manure (3) CO(NH₂)₂
(4) P₂O₅ (5) (6) K₂O (7) organic manure

は 10 月 23 日に苗木を掘り取り、根辺土壌 50 g 中の線虫を Baermann 氏法により分離、計測して、その中に占める線虫の種類割合を検討し、さらに苗木の生

育調査を行なった。

(2) 試験結果

苗木の生育状態を示すと Table 8 に示すごとく、EDB単用区が他の処理区よりも生育が良い、他の処理区間には顕著な差は認められない。

各処理区間の線虫密度とその種類について示すと Table 9, 10 のとおりである。全線虫数は堆肥単用区が最も増加している傾向が認められる。一方、堆肥+金肥区では、堆肥単用区ほどの増加は認められなかった。金肥単用区、EDB区は無処理区に比べて線虫密度にはあまり差は認められないようである。線虫の種類の割合を調べた結果では、Table 10 に示すごとく、EDB単用区において *Tylenchorhynchus* が著しく減少して、反対に *Tricodorus* が優位を占めている。その他の処理区では目立つた変動はみとめられなかった。しかし、堆肥区または堆肥+金肥区では、金肥区及び無肥料区に比べて *Tylenchorhynchus* が若干減少している傾向がうかがわれる。また *Trichodorus* は、堆

Table 8. 平均草丈 (cm)
Stem length (cm)

処理(1) 反復(2)	(3) 金	(4) 堆肥	(5) 堆肥+ 金肥	EDB	(6) 無処理
I	5.4	6.1	5.4	7.1	6.5
II	5.8	6.1	6.5	7.2	5.7
III	6.5	6.3	6.3	—	5.1
平均	5.9	6.2	6.1	7.2	5.8

(1) treatment (2) repeat (3) chemical manure (4) organic manure (5) chemical manure+organic manure (6) no treatment

Table 9. 土壌 50g 中の全線虫数 (10月7日)
Number of total nematodes per 50g soil.

処理 反復	金	堆肥	堆肥+ 金肥	EDB	無処理
I	473	712	652	472	541
II	405	619	481	497	416
III	457	780	511	—	305
平均	445	703	548	484	420

Table 10. 施肥と線虫密度との関係

Relation between manures applied and nematodes population density.

	Number of total nema.	Sampling of nema.	Tylenchor.	Trichod.	Pratylen.	O. N.
Organic manure	2,111	898	329(36.6)	317(35.3)	1 (0.1)	251(27.0)
Org. + Chem.	1,644	654	226(34.6)	134(20.5)	1 (0.2)	293(44.7)
Chemical manure	1,336	678	338(49.9)	204(30.1)	4 (0.6)	132(19.4)
E. D. B.	969	415	14 (3.4)	343(82.7)	1 (0.2)	57(13.7)
no treatment	1,262	518	217(41.9)	177(34.2)	—	124(23.9)

(Percentage on total 3rd. repeat)

肥+金肥区では無処理区に比べて 10% 程度減少している。*Pratylenchus* はほとんど検出されなかった。植物寄生性以外の線虫の数は堆肥+金肥区で著顕な変動が認められ、堆肥単用区では差が認められなかった。金肥単用区ではやや減少しているようである。

5. モリシマアカシア及びヒノキ床替苗の連作床におけるネコブセンチュウの被害程度

モリシマアカシア連作後地にマツ稚苗を養苗した場合に、約 90% の苗が被害を受けた例がある。反対にヒノキ床替苗の連作後地にモリシマアカシアを養苗した場合、ゴールが少なくなるようだと育苗担当者はいっている。このような例や説の正否を明らかにするため以下のような実験を行なってみた。

(1) 実験方法

1959 年トゲナシニセアカシアを養苗した後地に、1960~1961年にフサアカシア及びヒノキ床替苗をそれぞれ 2 年連作した。1962年にその後地に試験区を設けて、ヒノキ床替と、フサアカシア養苗後地のネコブセンチュウの被害程度を比較した。試験配置と処理方法は Table 11 に示すとおりである。テストプラントとしてはモリシマアカシアを用いた。

試験区は両連作区を 2 等分して、その内の 1/2 を EDB 剤で土壌消毒して、薬剤施用区とも比較した。従って試験区配置は 4 処理の 4 反復、1 プロットの面積は 1.5 m² とした。施肥は基肥として堆肥、N, P, K、肥量を等量施用した。調査は罹病指数、組織内の線虫生育程度 (Goodey 氏染色法による)、苗木の生長につい

Table 11. 試験地の作付経歴と処理
Preceding plants and treatment.

処 理	年	1959	1960	1961	1962(処理)	
					Test Plant	薬 剤 処 理
フサアカシア2年連作区		チントウトゲナシ ⁽¹⁾	フサアカシア ⁽²⁾	フサアカシア ⁽³⁾	モリシマ ⁽⁴⁾	E. D. B. ⁽⁶⁾
		"	"	"	"	無 処 理
ヒノキ床替苗2年連作区		"	ヒノキ ⁽⁵⁾	ヒノキ	"	E. D. B.
		"	"	"	"	無 処 理

(1) *Robinia pseudacacia* L. var. *Bessoniana* (2) (3) *Acacia dealbata*(4) *Acacia mollissima* (5) *Chamaecyparis obtusa* (6) no treatment.

て測定し、比較検討した。

(2) 実験結果

8月30日、50日目に苗木を採取して、Goodey氏染色法によつて侵入線虫を検鏡し、増殖程度を調査した。結果はTable 12に示すとおりである。アカシア連作区はヒノキの連作区に比べて線虫の侵入数が著しく多い。EDB使用区は両区とも、優れた効果を示した。

Table 12. 4 処 理 の 4 反 復

Goodey氏染色により組織内の線虫調査(8月30日)

The number of Root knot nematode found in the root tissues on the 40 days after the germination.

	供試 ⁽¹⁾ 苗 数	成虫 ⁽²⁾ (♀)	幼虫 ⁽³⁾	卵囊 ⁽⁴⁾
フサアカシア連作区	17	202	68	卅
フサアカシア連作区+E.D.B.	13	10	2	+
ヒノキ連作区	17	23	12	+
ヒノキ連作区+E.D.B.	17	2	2	+

(1) number of test plant (2) female

(3) larva (4) egg mass

12月18日に苗木を掘り取つてゴール指数を調べ罹病指数を算出したのがTable 13である。すなわち、アカシア連作区とヒノキ連作区とでは明らかに差が認められる。またヒノキ連作区はEDB処理区に近い罹病指数を示している。

Table 13. 罹病指数(%) (12月18日)

The infection index (%).

処 理 ⁽²⁾	反 復 ⁽¹⁾					平均 ⁽³⁾
	1	2	3	4		
フサアカシア連作区	90.6	59.6	50.0	44.1		61.1
フサアカシア連作区+E.D.B.	10.4	15.7	25.0	1.4		13.1
ヒノキ連作区	9.8	12.5	27.7	21.4		17.8
ヒノキ連作区+E.D.B.	0	2.1	25.0	4.1		7.8

$$\text{Infection index} = \frac{\text{Sum of scores}}{\text{Number of plant} \times 4} \times 100$$

苗木の草丈について調査した結果はTable 14に示すとおりである。すなわちヒノキ連作区はアカシア連作区に比較して、約3倍程度の生長を示した。しかし土壤消毒区より、かなりおとつている。

Table 14. 草 丈 (cm) (12月18日)

Length of stem

処 理 ⁽²⁾	反 復 ⁽¹⁾					平均 ⁽³⁾
	1	2	3	4		
フサ連作区	5.1	6.1	7.6	9.0		6.9
フサ連作区+E.D.B.	39.6	24.9	31.2	28.5		31.1
ヒノキ連作区	29.8	17.1	17.1	13.2		19.3
ヒノキ連作区+E.D.B.	46.4	38.3	25.1	30.5		35.1

(1) repeat (2) treatment (3) average

考 察

1960～1961の2年間の調査結果、林業苗畑から検出された寄生性線虫は12属で、この内、寄生性が確認されたものは *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Trichodorus*, *Criconeimoides*, の5種である。この内、*Criconeimoides*を除いた4種は福岡県下の苗畑に広く分布して、その実害が認められた。*Criconeimoides*は2カ所の苗畑から検出された、のみである。しかしマツの稚苗床では、この線虫が優位をしめ、寄生性も明らかになっている(Plate 2B)ので苗畑の主要な線虫としてあげられよう。その他の寄生性線虫は上記5種の線虫に混じつて根辺土壤から検出されたもので、その実害は明らかでなく、今後の研究にまたなければならない。*Meloidogyne*属の線虫で樹木について報告されているものは Goodey & Franklin (1958)¹⁾ 横尾¹³⁾らの著者から集録すれば *Acacia* 類19種、マツ類4種 (*Pinus Caribaea*, *P. palustris*, *P. radiata*, *P. sp*) ヒノキ属の1種

(*chamaecyparis* sp.), ツバキ類等が明らかにされているが、これらの線虫の Species についてはほとんど明らかにされていない。福岡県で検出される *Meloidogyne* 属は我国の暖地に広く分布している。サツマイモネコブセンチュウであることが明らかになっている。¹⁷⁾ 寄生性が確認された樹種は Table 2 に示すごとく、アカシア類、スギ、ヒノキ、マツの稚苗、およびキリである。しかし針葉樹(スギ、ヒノキ、マツ)の床替苗に対しては明らかでない。

Pratylenchus 属の本木植物に対する寄生性については *Pratylenchus Vulnus* が *Acacia* sp., *Buxus sempervirens*, *salix babylonica* に、*P. Pratensis* が *Camellia sinensis*, さらに *P. Pratensis?* が *Picea jezoensis*, *P. glehnii* に寄生することが報告されている¹⁾(1958)福岡県下ではスギ苗と *Acacia* の根部より検出されているが、この線虫の species については少なくとも2種以上のものが検出されるようである。

Tylenchorhynchus 属については海外では *Tylenchorhynchus* sp. が *Picea sitchensis* に寄生することが報告されている¹⁾(1958)福岡県下ではこの種の線虫が2種類検出されるが、その内の1種は *Tylenchorhynchus claytoni* であることが明らかになっている。¹⁵⁾ この調査の結果、福岡県下の苗畑ではこの線虫が高い頻度で検出され、スギ、ヒノキ、マツの稚苗及び床替苗に烈しい被害をあたえる主要な線虫であることがわかった。

Trichodorus 属については海外ではカシ、クワ、マツ、ツゲ、カナメモチ、ユーカリ、アメリカスギ、月桂樹、柳等の根辺土壤及び、森林土壤中から検出されていることが報告されている。¹³⁾ 本県ではスギ、ヒノキ、マツ苗に寄生していることが認められる。この属の線虫は本木性植物にとって主要な線虫と考えられる。

Criconemoides 属は 1948 にアメリカ松の苗木の根から検出されて以来外寄生性の重要な属としてとりあつかわれている。我が国では横尾(1962)¹⁴⁾ が茶樹園の根辺土壤中から検出している。筆者はクロマツ苗に外寄生しているのを確認した (Plate 2B) この属の Species については明らかでない。

この調査の結果、および薬剤防除試験²⁾(1963)の結果から林業苗畑の根部障害の中には少なからぬ線虫が関与していることがわかった。苗木の根部障害の原因には多くの因子があげられるが、中でも立枯病(根腐型)^{(1962)⁴⁾}やBHCによる薬害(1961)¹⁰⁾等の徴候

は、線虫の被害徴候にきわめて似ている。また線虫の種類によっても徴候は、異なるため、苗畑現地診断には明確な徴候を把握する必要がある。この意味から代表的な線虫の徴候について検討した。すなわち (Fig. 1, 2, 3) に示すごとく線虫の種類によつてそれぞれ特長が認められた。また現地調査の結果では、ネコブセンチュウによる被害徴候はアカシア類およびキリ樹では典型的なゴールを形成するが、針葉樹の場合には判然としない場合が多い。さらに現地では2種以上の線虫による重複した被害が現われる。線虫による被害苗の根部から土壤病原菌の分離を試みた結果では *Fusarium* 菌, *Rhizoctonia* 菌, *Cylindrocladium* 菌, *Bacteria* 等が検出されたので、これらの病原菌との Complex について検討する必要がある。また筆者は線虫に侵された稚苗は床替後にスギ赤枯病が発生しやすくなることも実験的に確認した。さらに寄生性線虫の多い苗畑にマツ葉枯病の発生が多いようにも感じられる。これらのことについてはさらに実験的に検討する必要がある。

線虫類の垂直分布は土性、植生の有無、根の潜入深度などによつて変化するようである。すなわち、タバコ栽培圃場における土壤中の、線虫相についての報告¹¹⁾では、土性の違いによつて多少の差は認められるが、線虫類の棲息最多相は 10~20cm から 20~30cm の間にみとめられるようである。横尾、古賀(1961)¹⁶⁾ はミカン園におけるミカンネセンチュウの垂直分布を調査した結果では 16~30cm に最多相が認められ、場所によつては、120cm まで線虫を検出されている。また横尾(1962)¹⁴⁾ は茶樹園の線虫分布の調査結果では 10~15cm ではやや少なく、15~60cm までは大差なく分布していることを報告しているが、林業苗畑の線虫相の垂直分布は樹種により多少の差はあつても、概して 5~10cm に最多相があつて、深さ 30cm までに、ほぼ 90% 近くの線虫数を占めているようである。線虫相はかなり浅く、薬剤防除又は深耕による防除は期待されるよう推察される。

スタントネマ(*Tylenchorhynchus*)が優位をしめるスギ稚苗床において線虫の消長を調査した結果では播種前に耕起、整地することにより一時密度が低下するが、その後は漸次増加して10月をピークに、減少して、翌2月下旬頃には再び増加する傾向が見られる。この消長曲線は、スギの発根に関係があるようにも考えられる。Wehnt(1957)²⁰⁾ はスタントネマの Population

の Maximum は植物の生長の Maximum に一致することを認めているが、筆者の調査でも同様なことが認められた。

林業苗畑は傾斜地に設けられている場合が少なくない。この調査を実施した苗畑では、傾面の高部と低部とでは線虫相が異なり、低部はスタントセンチュウの密度が高く、苗木の生育が著しく悪く、しかも根部はスタントセンチュウによる典型的な被害徴候が現われておりスタントセンチュウの被害と断定される。このような線虫相の違いは、(1)傾面地形の場合は地表水の流動、(2)地形に基づく土壌水分の違いなどからくるものと考えられる。即ち前者は流動により線虫を緩傾斜面に流し、そこに定着させる。後者は緩傾斜地に定着した線虫の繁殖に適する土壌環境であることが推測される。しかし後者の場合について検討してみると Fig. 5 のA区に於ける土壌水分はマツ稚苗が正常に生育する程度であるためスタントセンチュウの棲息をゆるさないほどの環境抵抗は、ないものと考えられる。

また Johnston (1958)⁵⁾ は *Tylenchorhynchus marilini*? は土壌含水量 40～60% が最適としている。筆者は室内実験によりマツ苗が萎凋状態に達する土壌状態でスタントネマトーダが生存していることも確かめている。以上のことから推察すれば、A区は苗木が正常に生育しているので、スタントセンチュウは当然棲息しうるものと考えられるが、A区に検出されないのは、おそらくスタントセンチュウが流出されたためではなからうかと推察される。

海外では堆肥を施用することにより線虫の増殖を抑制するという報告⁹⁾があつて、その機構もかなり明らかにされているようである。筆者は林業苗畑の主要線虫である、スタントセンチュウが優位をしめる土壌に堆肥、金肥を施用して検討した結果では、堆肥区は全線虫数が増加する傾向が認められるが、その中に占める線虫の種類のバランスには顕著な差は認められなかったが、既して堆肥施用区はスタントセンチュウが減少して、自由生活種が増加するように暗示される。この試験期間は8ヶ月であるが、さらに長い期間で検討する必要がある。この問題については、今後再検討

を加える予定である。

林業用樹種の中で、アカシアモリシマはネコブセンチュウの侵入を受けると典型的な被害徴候を示し、連作をすれば年々被害が多くなる傾向がある。反対にヒノキ床替苗ではネコブセンチュウによる実害は、ほとんど明らかでない。筆者は両樹種を2年連作した苗畑について、その被害程度を比較した結果、明らかにアカシア連作後にはネコブセンチュウの被害が多くなることがわかつた。

文 献

- 1) Goodey, J. B. and M. T. Franklin: the nematode parasites of plant catalogued under their Hosts. (1958)
- 2) 橋本平一：林業苗畑におけるネグサレセンチュウとスタントセンチュウに対する殺線虫剤の効果、日林誌, 45 (1963) p. 33～36
- 3) : 福岡県下の林業苗畑における線虫病について 森林防疫ニュース, 10 (1961)
- 4) 伊藤一雄：図説樹病新講, p. 63～68 (1962)
- 5) Johnston, T: Proc. La Acad., Sci. 20: p. 52～55 (1958)
- 6) 百瀬行男：森林防疫ニュース, 8, 45 (1959)
- 7) Sasser, J. N. & W. R. Jenkins Nematology p. 357 (1960)
- 8) ..Nematology p. 440 (1960)
- 9) 高木信一・近藤鶴彦：線虫研究指針 p. 76～77 (1960)
- 10) 徳重陽山・高橋成人：日林誌, 43, 322 (1961)
- 11) 田中 勇：鹿児島煙草試験場報告 (1954)
- 12) 寺下隆喜代：森林防疫ニュース(10) (1961)
- 13) 横尾多美男：土壌線虫一生態と防除
- 14) ————：嬉野茶園土壌の線虫相に関する調査、佐賀県植査物防疫協会 (1962)
- 15) ————：未発表
- 16) ————・古賀 孝：九病虫研究会報 7, 81～83
- 17) ————・橋本平一：未発表
- 18) 山口捨雄：北大農演習林報70, p. 209 (1932)
- 19) 米林俊三：森林防疫ニュース8, 45 (1959)
- 20) Wehunt, E. J.: phyto-pathology 47, 36 (1957)

Resumé

This paper reports the results of research on the damage caused by plant parasitic nematodes in the forestry nurseries in Fukuoka prefecture in Japan.

The results are summarized as follows:

1. Species of nematodes found at forestry nurseries in Fukuoka prefecture in Japan.

Considering from the data shown in (Table 1.2) Root-Knot, Root lesion, Stunt, and Stubby-root nematode are considered as the more important forestry seedlings species found at the forestry nurseries in Fukuoka Prefecture.

2. Symptoms

According to the results of inoculation-experiments and observation at forestry nurseries. The symptoms of forestry seedlings caused by the forementioned three nematode genus (Root-Knot, Root lesion, Stunt Nematode) are respectively as follows:

(1) Cotton Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita acrita*)

(a) Host-plants: Pine (*Pinus densiflora*, *P. Thunbergii*) (Plate. 1A))

Sugi (*Cryptomeria japonica*) (Fig. 1)

Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*)

In the forementioned three plants the growth of stem and needl-leaves are poor. And the chlorosis, was observed, samil galls are produced on the roots, and longitudinal growth of root stoped at the point of gall, and branching, was observed.

(b) Host-plant: *Acacia mollissima* (Plate 1. C)

In this plant poor growth and chlorosis were observed. And the size of gall was comparatively large

(2) Root lesion nematodo:

Host-plant: Sugi (*Cryptomeria japonica*)

In this host plant the growth of the above ground part was poor, and the discoloration was observed. By penetration of this nematode into the root tissues, root were generally restricted. And the discoloration and decay, but were recognized without galls (Plate 1. B)

(3) Stunt nematode (*Tylenchorhynchus claytoni*):

Host-plants: Sugi (*Cryptomeria japonica*)

Matsu (*Pinus densiflora*, *P. thunbergii*)

Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*)

In these host plants the growth of above ground part was poor.

This ectoparasitic nematode usually kill the tips of root.

Therefore the growth of root tips often stoped (Plate 1. D)

(Plate 3. B) or root tip, was injured (Plate 3. C)

3. Some researches on the Ecology of nematodes attacked the forestry seedlings. the result obtained by some experiments are as follows:

(1) Total soil nematodes distributed largely at depth of 5-10 cm in cultivated soil, and the nematodes in 0 ~ 30 cm depth occupied about 90% of nematode found in 0~60 cm depth.

- (2) Total nematodes increased gradually from spring to autumn. maximum number was occurred in October, and minimum in December. (Fig.4)
Seasonal variation of stunt nematode resembled to these of total nematodes
- (3) On *sloped* forestry nurseries, stunt nematode was much at the place in where soil water flow, for example the hollows.
- (4) Effects of chemical or organic manure application upon the population density of soil nematodes were examined in the pots in which pine seedlings were grown for eight month after application. The results obtained by these experiments were as follows: (Table 8. 9. 10)
 - (a) Organic manure application seem to increase the number of total nematodes
 - (b) No manure or chemical manure application seems to increase the density of stunt nematode up to 5~10% than organic manure.
 - (c) Organic manure+chemical manure application seems to decrease the density of stubby-root nematode (*Trichodorus sp.*) down 10% than no manure.
 - (d) Organic manure+chemical manure application seems to increase the density of rapacious and free-living nematodes, but organic manure not seems to increase the density of those nematodes.
 - (e) E. D. B-fumigation seems to decrease stunt nematode (*Tylenchorhynchus*), and increase stubby-root nematode (*Trichodorus*)
- (5) Comparison the damage at field where Acacia was grown successively for 2 years, with that of Hinoki. Referring with the damage caused by the root knot nematode.
 - (a) The infection mean index of Acacia which sowed in field as test plant was more large than that of Hinoki (Table 13)
 - (b) At the field in which Acacia were grown successively for 2 years root knot nematode in root tissue was numerous than that of Hinoki field (Table 12), and growth of the test plant (Acacia) was poor (Table 14)

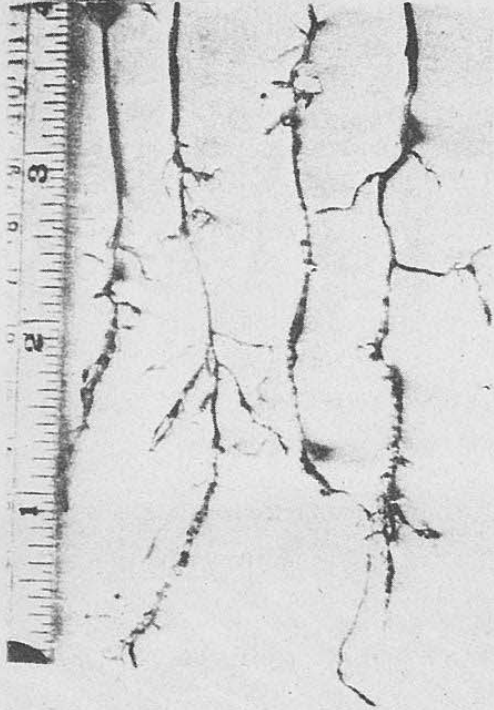
図 版 説 明

Explanation of plates

- Plate 1 A: マツ苗のネコブセンチュウによる被害根
Cotton root-knot nematode galls on root of pine.
- Plate 1 B: ネグサレセンチュウによるスギの被害苗
root decay of Sugi seedling caused by root lesion nematode
(*Pratylenchus Sp.*).
- Plate 1 C: モリシマアカシアの苗ネコブセンチュウによる被害徴候
Cotton root-knot nematode galls on root of *Acacia mollissima*.
- Plate 1 D: スタントネマトードによるマツ稚苗の被害根
Root of pine seedling injured by stunt nematode
(*Tylenchorhynchus*).

Plate I.

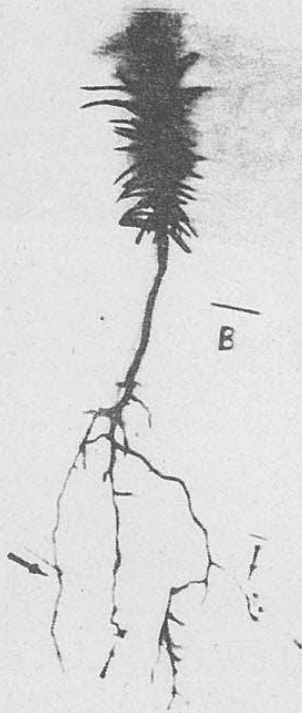
A



C



B



D

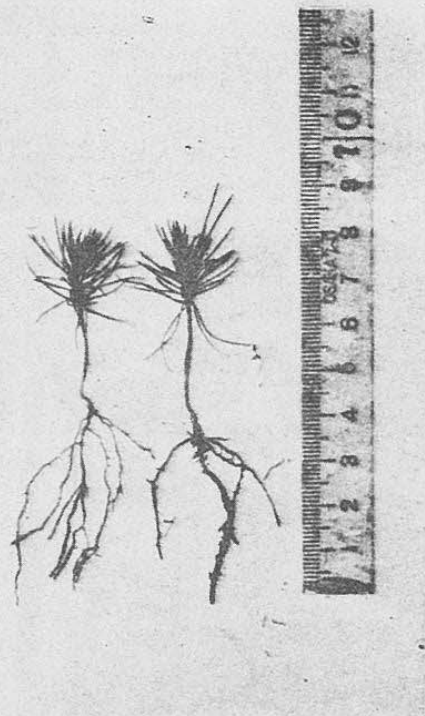


Plate 2 A: スタントネマトーダによるヒノキ稚苗の被害根

Root of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) seedling injured by stunt nematode.

Plate 2 B マツ稚苗根冠に寄生しているリングネマトーダ(*Criconemoides Sp.*)

Ring nematode (*Criconemoides Sp.*), feeding on the root tips of a pine seedling.

Plate 2 C: スタントセンチュウによるマツ稚苗の被害畑

The field of Pine seedlings attacked by stunt nematode.

Plate 2 D: スタントセンチュウによる被害苗

Pine seedling attacked by Stunt nematode.

A: normal seedling B, C: The seedling injured by stunt nematode.

Plate 2.

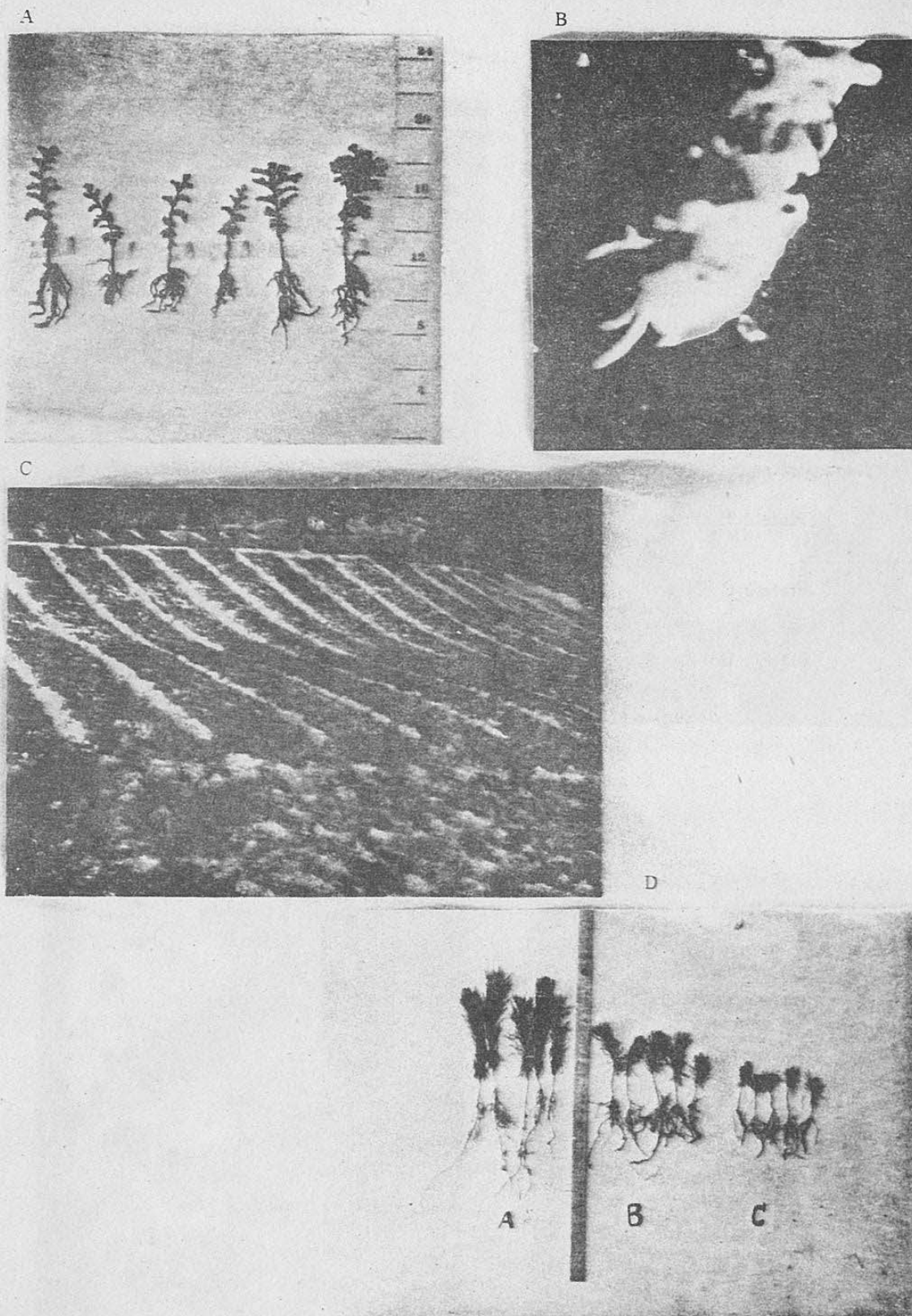


Plate 3 A 健全な白根 (マツ苗)

Normal new root tips.

Plate 3 B スタントネマトダに侵された根冠 (マツ苗)

Young root tips attacked by stunt nematode.

Plate 3 C スタントセンチュウに加害された白根部の加害根

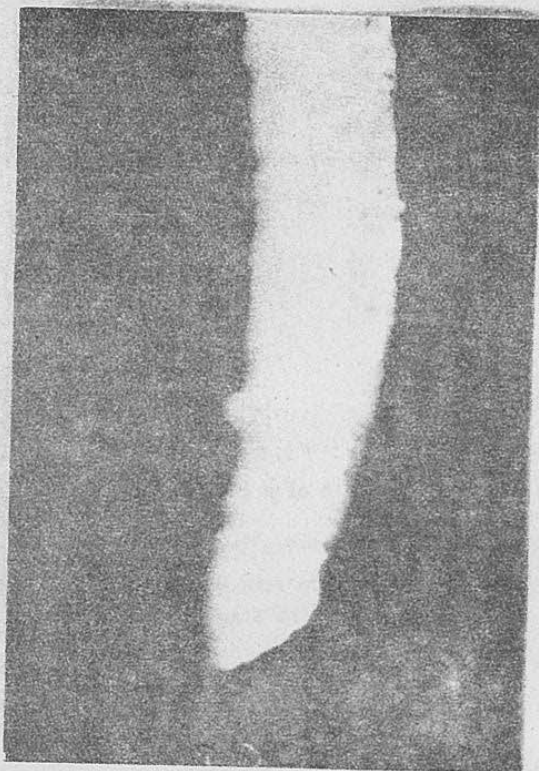
Suffered root is injured by stunt nematode.

Plate 3 D: スギ稚苗根冠に寄生しているスタントネマトダの線虫塊

The mass of stunt nematode, feeding on the root tips of Sugi seedlings.

Plate 3.

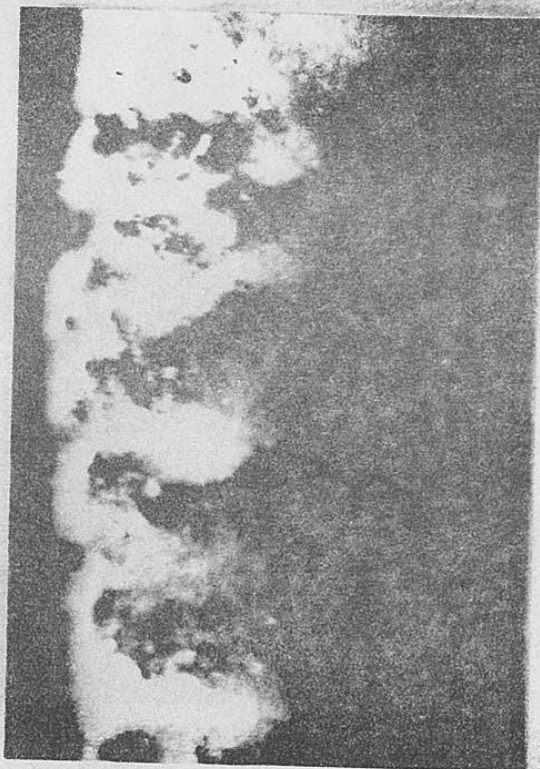
A



B



C



D



Plate 4 A: マツ稚苗の根冠に寄生しているスタントセンチュウ

Stunt nematode feeding on the root tip of a Pine seedling.

Plate 4 B: アカシアモリシマ根に侵入しているネコブセンチュウの幼虫

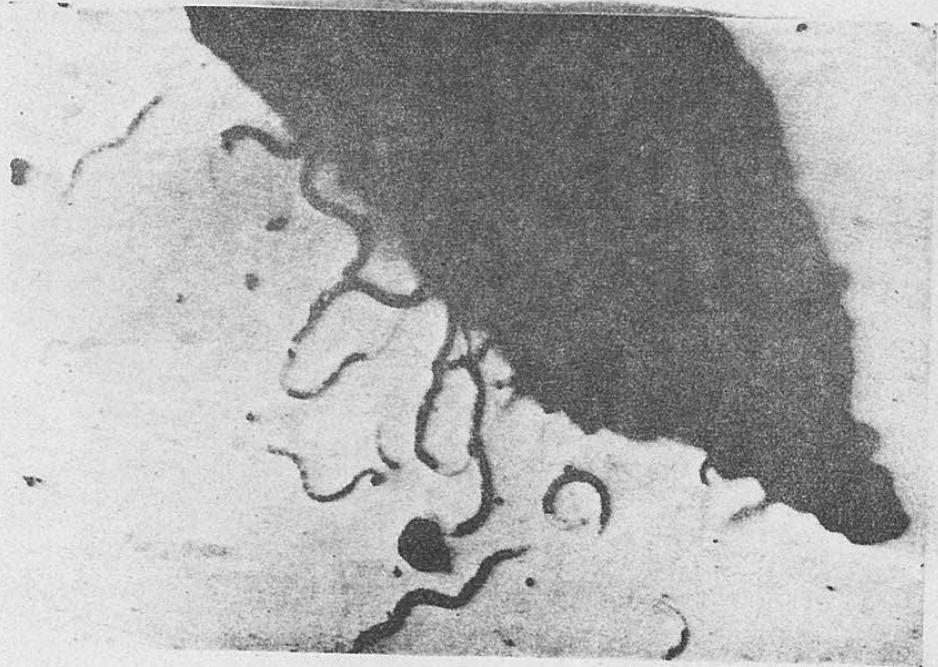
longitudinal section of root tissue, Cotton root-knot nematode
in the root tissue of *Acacia mollissima* (3rd stage larvae).

Plate 4 C: スギ稚苗根組織内のネグサレセンチュウ

Root lesion nematode in the root tissue of Sugi seedling.

Plate 4.

A



B



C

