

福岡県森林林業技術センター 研究報告

第1号

1996年1月

目次

福岡県の造林地におけるムササビの食性

..... 池田 浩一 1～12

スギ林の1団地における土壌に関する研究

—土壌の地形的変化と時間的变化—

..... 佐々木重行・高木 潤治・野田 亮 13～55

福岡県森林林業技術センター
(旧：福岡県林業試験場)

福岡県久留米市山本町豊田1438の2

この「福岡県森林林業技術センター研究報告」は、平成4年3月に第39号まで発行された「福岡県林業試験場時報」に代わるものである。

福岡県の造林地におけるムササビの食性

池田 浩一

池田浩一：福岡県の造林地におけるムササビの食性，福岡県森林研報1：1~12，1996。造林地におけるムササビの食性を調べるために，1991年4月から1993年2月にかけて，福岡県黒木町大淵の造林地と同県甘木市秋月の広葉樹を主とする社叢での食痕調査，および1988年から1993年にかけての冬期に捕獲された84個体の胃内容物分析を行った。広葉樹林では11種の樹木が利用され，採餌部位は春から夏にかけては広葉樹の新葉，秋には堅果類，冬には針葉樹や常緑広葉樹の成葉および落葉広葉樹の冬芽であった。造林地では4種の常緑樹がほぼ1年をとおして利用されたが，採餌部位は季節に応じて広葉樹林と同様に変化した。冬期の胃内容物分析の結果，食餌は全て植物質で，主な食餌内容は葉，枝および樹皮であった。葉ではスギの採餌が最も多く，次に，ビナンカズラやケテイカズラなどの蔓茎類で，広葉樹は少なかった。被害地域で捕獲されたムササビのうち，樹皮を採餌しなかった個体に比べ採餌した個体では，枝や広葉樹および蔓茎類の葉の採餌量が少なかった。激害地域と微害地域で樹皮の採餌量を比較すると，採餌頻度はほとんど同じであったが（各々34.1%および35.1%），重量比は激害地域で多かった（各々27.8%および13.7%）。樹皮は雄より雌が多く採餌したが（各々14.7%および27.8%），妊娠雌では非妊娠雌に比べて少なかった（各々7.7%および35.1%）。

〔キーワード〕食性；林木被害；スギ；ムササビ

IKEDA, K.: Food Habits of the Japanese Giant Flying Squirrel (*Petaurista leucogenys*) in Man-made Coniferous Forests in Fukuoka Prefecture. Bulletin of Fukuoka Prefecture Forest Research and Extension Center No.1:1~12,1996. The food habits of the Japanese giant flying squirrel (*Petaurista leucogenys*) were investigated by checking the leftovers of food in man-made coniferous forest at Ōbuchi and broad-leaved forest at Akizuki from April 1991 to February 1993, and by means of stomach contents analysis on 84 samples collected from Jōyō, Fukuoka Prefecture(main forests are man-made coniferous pure stands consisted of *Cryptomeria japonica* or *Chamaecyparis obtusa*) in the winter of 1988 to 1993. In broad-leaved forest, the animal ate 11 tree species, and their main food item changed from young leaves of deciduous trees in spring to summer to acorns of oak species in autumn, and again to mature leaves of evergreen trees and leaf buds of deciduous trees in winter. In man-made coniferous forest, only four evergreen trees were utilized for a long time of the year, although eaten items varied according to seasons same as in the broad-leaved forest. The diet in winter determined by means of stomach content analysis was composed entirely of plant materials, and their main food items were leaves, twigs(including leaf buds) and barks. The largest amount of leaves eaten was *Cryptomeria japonica*, the second were vine plants leaves such as *Kadsura japonica* and *Trachelospermum jasminoides*, and leaves of broad-leaved trees were small. In the damaged areas, the animals which fed on barks ate less twigs and leaves of broad-leaved and/or vine species comparing to those which did not feed on barks. As compared heavily damaged areas to lightly damaged ones, frequency of occurrence of barks eaten was much the same(34.1% and 35.1%, respectively), but the diet volume was more in the former than in the latter(27.8% and 13.7%, respectively). Females fed on barks more than males did(27.8% and 14.7%, respectively), but pregnant females fed on it less than non-pregnant did(7.7%and 35.1%, respectively).

I. はじめに

ムササビ *Petaurista leucogenys* は滑空という特異な移動様式を持つリス科の動物で、我が国では北海道を除く日本各地の森林に広く分布している。また、本種は広大な森林のみならず、村落内の林や小さな社叢にも数多く生息している(安藤・白石, 1986)。

本種は造林木を加害し、時に甚大な被害を与える(宇田川, 1954; 池田, 1983)。本種による被害は針葉樹の樹幹の剥皮採食, 広葉樹の若芽や若枝の採食, シイタケ栽培用ほだ木の木部採食などが報告されているが(安藤・白石, 1986), 林業上最も重要な被害はスギやヒノキの内樹皮を食べる目的で樹皮を剥ぐ剥皮採食被害である。多くの場合, 剥皮は輪状に行われ, 剥皮部から上部は枯死する(池田, 1983)。本種による剥皮採食被害の特徴として安藤・白石(1986)は, 本種が常に後肢を枝の上に乗せて採食するため, 被害部は樹冠内に限られていること, 滑空移動に適する高い樹木がある林地を好んで生活するため, 被害木は20年生以上の成木であることをあげている。このため, 本種による加害部は10m以上の樹幹に見られる場合がほとんどであり(池田, 1983), 加害部からの木材腐朽や材の変色がほとんど進行しないことや断面積成長への影響もほとんど認められないことから, 実質の被害は小さいと考えられている(池田, 1986)。しかし, 被害の拡大とともに低樹高の木でも加害されること(池田, 1993)や, 静岡県では5~7年生のヒノキが加害される(鳥居春己氏-静岡県林業試験場, 現在, 奈良教育大学からの私信)など, 本種の被害発生については注意する必要がある。

このような本種による造林木被害の発現機構については, 狩猟圧の低下による個体数の増加と拡大造林による餌不足(宇田川, 1954), 生息密度の増加によるのではなく, むしろ本来好む餌の不足(安藤・白石, 1986)とする報告があり, 両者とも餌不足を掲げている点で一致している。したがって, 食性の解明は, 被害の発現機構の解明や造林地への本種の生態的適応を解明する点からも重要である。

本種の食性についてはこれまでにいくつか報告されているが(川道, 1977; Baba *et al.*, 1982; Andō *et al.*, 1984; Andō *et al.*, 1985), ほとんどが多様な古木が生い繁る社叢での報告であり, 造林木被害発生地における食性についてはほとんど明らかにされていない。筆者は剥皮採食型被害発生地域である福岡県上陽町で捕獲されたムササビの胃内容から冬期の食性について報告しているが(池田, 1992), 本報告では, その後の資料を加

えて, 造林地における本種の食性の特徴と造林木への剥皮採食被害の発生について考察した。

本文に入るに先立ち, 本稿のご校閲を賜った九州大学農学部動物学教室白石哲教授, 数多くの貴重な文献を頂いた財団法人国際湖沼環境委員会調査員安藤元一博士, 植生調査でご協力頂いた福岡県林業試験場(現在, 福岡県森林林業技術センター)猪土信義氏, ムササビの収集にご協力頂いた福岡県上陽町経済課の各位に厚くお礼を申し上げる。

II. 調査方法

1. 食痕による食性調査

福岡県八女郡黒木町大淵と甘木市秋月(図-1)で, 1991年4月から1993年2月にかけて定期的に参道や林内を踏査し, 地上に落下した食痕を調べた。踏査路は, 両調査地とも参道や小径以外は特に定めなかった。調査は各調査月に1~3回行った。

調査地の植生は, 黒木町が矢部川沿いのスギ林で, 林内には約15~18mのクスノキ2本とタブノキ1本があり, クスノキの樹洞を巣穴として利用していた。また, 林道沿いにはアラカシやツブラジイが数本点在する。秋月は神社境内にクスノキやイチイガシ, エノキなど, 参道にイロハモミジやソメイヨシノなどの広葉樹が植栽され, 神社周囲はスギ・ヒノキ林となっている。黒木町のスギ林ではムササビによる樹皮剥皮被害が発生しているが, 秋月のスギ・ヒノキ林では被害は発生していない。

2. 胃内容物分析による食性

1) 材料の収集

福岡県八女郡上陽町(図-1)では狩猟期間内のムサ

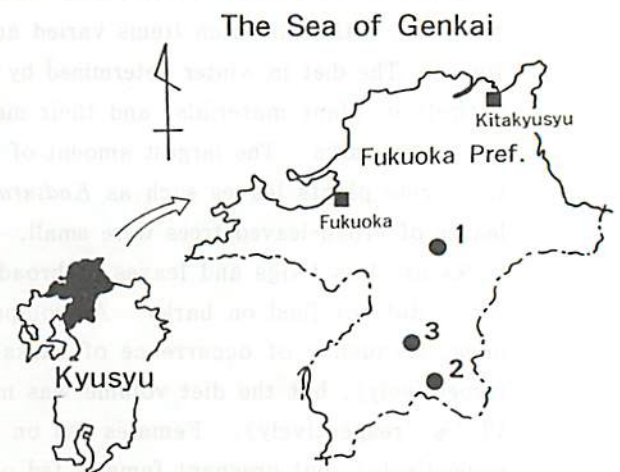


図-1 調査地

1, 秋月; 2, 大淵; 3, 上陽町

Fig-1 Map showing locations of the study areas.

1, Akizuki; 2, Ōbuchi; 3, Jōyō Town

サビの捕獲に対して奨励金制度を導入しており(注1)、狩猟者は捕獲したムササビと狩猟場所や狩猟時間など狩猟状況を記載したカードを町役場に提出するようになっている。今回材料としたムササビの胃は、こうして1988年度狩猟期から1993年度狩猟期(1988年12月から1994年1月)に役場に提出された個体のうち、胃が破壊されたものを除く84個体から採取した。年度によって標本数は大きく異なり、1988年度が36個体、1989年度が20個体であり、この2年度で全標本数の66.7%を占めた(表-1)。

提出された個体は性別、体重、頭胴長などを記載後開腹し、胃の噴門部と幽門部とを糸でしばって切除し、ラベルを付けて5%ホルマリン液中に保存した。また、解剖時に雌については妊娠の有無を記録した。ムササビの仔獣の成長過程は頭胴長や尾長に比較して体重の増加が徐々に進み、前年生まれの子獣の1月頃の体重は800~900g程度である(馬場, 1981)。そこで、材料の中で、体重900g以下の個体を幼獣とみなした。

材料の捕獲地点を図-2に、材料の収集期間中に上陽

表-1 ムササビの胃の年度別標本数

Table-1 The number of stomach samples of the Japanese giant flying squirrel collected in Jōyō, Fukuoka Prefecture, in the winter of 1988 to 1993.

Year		1988	1989	1990	1991	1992	1993	Total
雄	Male	18	13	2	4	0	7	44
雌	Female	18	7	6	4	3	2	40
計	Total	36	20	8	8	3	9	84

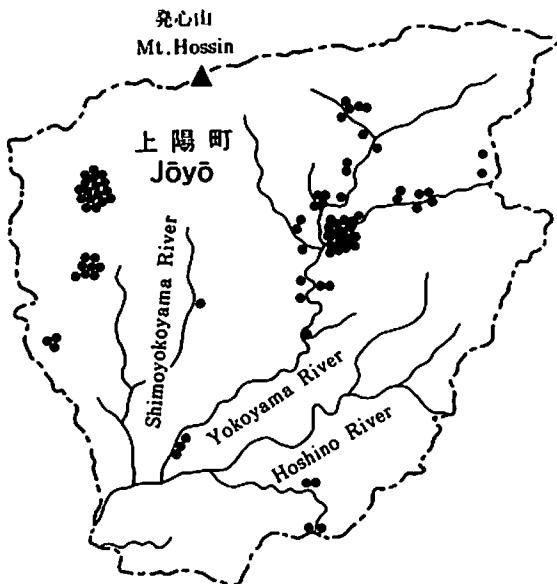


図-2 上陽町における胃内容分析に用いたムササビの捕獲地点(1988~1993年)

Fig-2 Locations (●) of the samples collected for stomach contents analysis in Jōyō, Fukuoka Prefecture, during the period of 1988 to 1993.

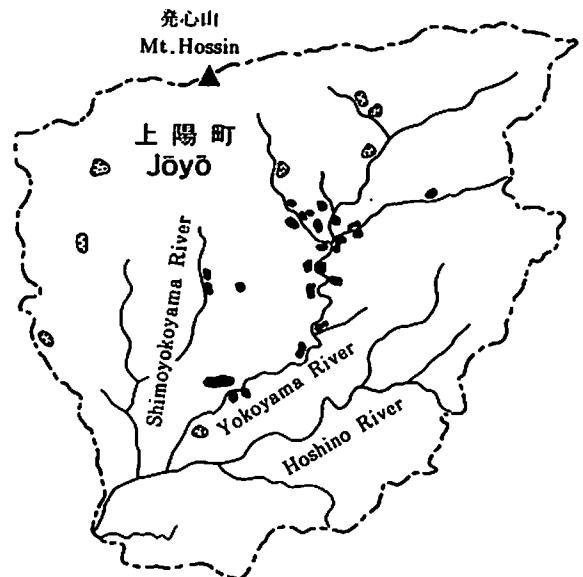


図-3 上陽町で発生したムササビによる造林木被害分布(1988~1993年)

Fig-3 Distribution of damaged areas by the Japanese giant flying squirrel during the period of 1988 to 1993 in Jōyō, Fukuoka Prefecture.

■, 激害地域 heavily damaged area; ○, 微害地域 lightly damaged area

注1) 平成6年度の狩猟鳥獣の見直しで、ムササビが非狩猟獣に編入されたことにより、この制度は廃止されている。

町で発生したムササビによる造林木（ほとんどがスギ）の剥皮採食被害分布を図-3に示す。捕獲場所は大部分が被害発生地であった。また、捕獲場所の植生はスギ林が71例、広葉樹二次林が11例、ヒノキ林が2例で、いずれの場所でも樹枝上巢での捕獲であった。

2) 胃内容物の同定

胃内容物の分類および同定は前報（池田, 1992）によった。すなわち、材料の胃内容物は幽門付近を除いて、材質や色、形状が異なる食物が層状あるいは塊状に堆積していたので、10~20倍の実体顕微鏡下でピンセットを用いてこの一つの層あるいは塊ごとに細分した。細分した内容物は次の6項目に分類した。

1. 葉；緑色あるいは褐色の小片、もしくは緑色の塊状からなる層で、気孔を持つ表皮組織が認められる。
2. 枝；材片や樹皮が混じりあう層で、湾曲した芽鱗片が含まれることもある。
3. 樹皮；白色あるいはブドウ色の軟らかい木質からなる層で、材や樹皮はほとんど含まれない。
4. 花芽；湾曲した芽鱗片を含む粘りのある層で、花粉が認められる。
5. 果実；内部に種子が認められる。
6. 不明；同定不能

葉については各細分ごとに葉片を20%硝酸液を30cc程度注いだ50ccビーカーに少量入れ、約60~70℃で1時間から2時間、葉片が透明になるまで保温した。保温時間は樹種により異なった。酸処理後、緑葉片を水洗し、スライドグラスに載せ、20~30倍の実体顕微鏡下でピンセットやメスを用いて表皮を剝離した。剝離した表皮は無染色のまま200~300倍の生物顕微鏡で観察し、リファレンスプレパラート（池田, 1992）と比較した。この作業は各細分ごとに数回行い、細分内の均質性を確認した。また、各細分について花粉の有無を観察した。

なお、幽門付近は細分が不可能であったため、まとめて採取し、水で攪拌後一部をシャーレに取出し、20~30倍の実体顕微鏡で観察し、1視野ごとに内容物が占める割合を記録した。この作業も数回ずつ行った。

細分した内容物ごとに70℃の通風乾燥器で72時間乾燥し、重量を測定した。幽門付近や細分内に2種類以上の内容物が含まれた場合は、各内容物の占めた割合を、少量~20%（中央値10%）、20~40%（同30%）、40~60%（同50%）、60~80%（同70%）、80%以上（同90%）の5段階に区分し、各内容物ごとの中央値を細分重量に乗じた数値をその内容物の重量とした。

各食物の評価には、重要度指数（Importance Value）を用いた（Summer and Craighead, 1973; Aoi, 1985）。

その式は次のとおりである。

$$\text{重要度指数} = \text{頻度}(\%) \times \text{重量比}(\%) / 100$$

III. 結 果

1. 食痕調査

結果を表-2に示す。まず、広葉樹が残る秋月では11種の樹木で食痕が観察された。5月および7月はクスノキやイロハモミジなどの広葉樹の新葉、11月および1月はスギやアラカシなど常緑樹の葉やイチガシの堅果、イロハモミジなど落葉広葉樹の冬芽が主に採食された。8月は食痕が少なく、10月の調査では食痕が全く見られなかった。

次に、造林地の大淵では4種の常緑樹で食痕が観察され、これらの樹木はほぼ1年をとおして利用された。しかし、食痕は4月および7月が新葉、10月が堅果、12月および1月が成葉に主に見られ、採食部位の季節変化が認められた。なお、大淵はスギの樹皮剥皮被害の発生地であったが、調査期間中に樹皮剥皮は見られなかった。

2. 胃内容物の分析

1) 全体

結果を表-3に示す。胃内容物に見られた各層は、幽門付近や消化の進んだ1例を除いて各食餌項目や2種類以上の葉が混在することはなかった。内容物は全て植物質であった。項目で最も重要なものは葉で、次に枝、樹皮の順で、この3つの項目で冬期の食物のほとんどを占めた。

葉は8樹種が同定された。形態別では針葉樹が最も多かったが、そのほとんどはスギで、冬期の食物の34.3%を占め、重要度指数も樹皮や枝のそれよりも高かった。次に多かったのはビナンカズラやケイカカズラなどの蔓茎類であった。これらの蔓茎類はスギおよびヒノキ林やクスギ林などで多く樹幹に巻いていた。広葉樹は3種類が確認されたが、頻度、重量比とも少なかった。樹木以外ではタケ類が1例見られた。胃内の葉は樹種により形状が異なった。ビナンカズラでは1~3mm程度、クスノキでは0.5~1mm程度の角片であったが、ケイカカズラでは葉脈がからみあったような塊状で堆積していた。

枝は54.8%の個体から見られたが、重量比は18.2%であった。この項目の多くは冬芽の芽鱗片と材が混じって層をなしていた。このことから、冬芽のみを選択的に採食した個体は少なかったと考えられた。

樹皮は頻度では枝より少なかったが、重量比では枝より多かった。樹皮はほとんどが内樹皮で、外樹皮は稀に

表-2 食痕によるムササビの食性の季節変化

Table-2 Seasonal change in food habits of the Japanese giant flying squirrel at Ōbuchi (man-made coniferous forest) and Akizuki (broad-leaved forest) during the period of April 1991 to February 1993.

樹種名	Tree species	採餌部位 Parts eaten	大淵 Ōbuchi					秋月 Akizuki					
			1月 Jan.	4月 Apr.	7月 Jul.	10月 Oct.	12月 Dec.	1月 Jan.	5月 May	7月 Jul.	8月 Aug.	10月 Oct.	11月 Nov.
針葉樹	Coniferous tree												
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	葉 leaf	+	+	+	+	+		+				+
カヤ	<i>Torreya nucifera</i>	葉 leaf											+
常緑広葉樹	Evergreen broad-leaved tree												
アラカシ	<i>Quercus glauca</i>	葉 leaf	+	+	+	+	+		+	+	+		+
		葉芽 leaf bud	+	+									+
		堅果 acorn				+							+
シラカシ	<i>Quercus myrsinaefolia</i>	葉 leaf	+	+	+	+	+						
		葉芽 leaf bud	+										
		堅果 acorn				+							
イチイガシ	<i>Quercus gilva</i>	葉 leaf							+	+			
		堅果 acorn											+
ツブラジイ	<i>Castanopsis cuspidata</i>	葉 leaf							+				
クスノキ	<i>Cinnamomum camphora</i>	葉 leaf	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	花芽 flower bud							+				
落葉広葉樹	Deciduous broad-leaved tree												
エノキ	<i>Celtis sinensis</i>	葉 leaf								+			
		葉芽 leaf bud							+				
クマシデ	<i>Carpinus japonica</i>	葉 leaf									+	+	
		葉芽 leaf bud							+				
		枝 twig								+			
ソメイヨシノ	<i>Prunus yedoensis</i>	葉 leaf								+			
イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>	葉 leaf								+	+	+	
		葉芽 leaf bud							+				+
		枝 twig							+				
		種子 seed									+		

少量が混じる程度であった。

花粉が認められたのはスギおよびヤブツバキであった。スギは葉も多く含まれていたが、ヤブツバキの葉は全く認められなかった。

胃内容重と捕獲時間との関係を図-4に示す。捕獲時間は狩猟者の申告によるものであるが、胃内容重と捕獲時間との間に関係は認められなかった。体重に対する胃内容重(湿重)の比率は0.3~7.0(空胃を除く)で、平均では1.7であった。調査に供した84個体中、胃内容物を全く含まない個体が7例あった。その内訳は雄5頭および雌2頭で、雄は全て成獣であったが、雌は全て幼獣であった。

2) 性別による内容物比較

内容物の3要素であった葉、枝、樹皮について、性別に比較した結果を表-4に示す。葉および枝では性別による顕著な重要度指数の差は見られないが、樹皮では雌が雄の約2倍の値を示した。その原因は樹皮を採餌した個体の頻度より、むしろ重量比の違いに起因しており、重量比は雄が14.7%および雌が27.8%であった。実際の樹皮の採餌量も雄に比べて雌の方が多く、1頭当りの総採餌量も雌の方が多かった(表-5)。

雌40個体中、肉眼的に妊娠と判断された個体は6個体であった。妊娠雌と非妊娠雌の食餌内容を比較すると、各食餌項目の頻度より重量比で両者間に著しい違いが見られた(表-6)。特に、樹皮の重量比は妊娠雌では7.7%であったのに対し、非妊娠雌では35.1%であった。

表-3 胃内容の分析結果

Table-3 Results of food analysis of 84 stomach samples of Japanese giant flying squirrel collected in Jōyō, Fukuoka Prefecture, in the winter of 1988 to 1993.

食餌項目 Food item	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.
葉 Mature leaves	53.7	83.3	44.73
針葉樹 Coniferous tree	34.4	57.1	19.64
スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	34.3	57.1	19.59
不明 Unidentified	0.1	1.2	0.001
蔓茎類 Vine tree	12.4	60.7	7.53
ピナンカズラ <i>Kadsura japonica</i>	8.2	47.6	3.90
ケテイカカズラ <i>Trachelospermum jasminoides</i>	4.2	29.8	1.25
キダチニンドウ <i>Lonicera hypoglauca</i>	T	1.2	-
スイカズラ <i>Lonicera japonica</i>	0.1	1.2	0.001
広葉樹 Broad-leaved tree	6.8	38.1	2.59
クスノキ <i>Cinnamomum camphora</i>	4.7	27.4	1.29
アラカシ <i>Quercus glauca</i>	0.7	7.1	0.05
ツブラジイ <i>Castanopsis cuspidata</i>	0.3	2.4	0.01
不明 Unidentified	1.1	8.3	0.09
タケ類 Bamboo	0.1	1.2	0.001
タケの一種 <i>Phyllostachys sp.</i>	0.1	1.2	0.001
枝 Twigs and leaf buds	18.2	54.8	9.97
樹皮 Barks	21.9	32.1	7.03
花芽 Flower buds	3.1	13.1	0.41
スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	2.5	10.7	0.27
ヤブツバキ <i>Camellia japonica</i>	0.6	2.4	0.01
果実 Fruits	0.1	3.6	0.004
不明 Unknown	3.0	10.7	0.32

Comp., composition of diet volume; Freq., frequency of each food item; I.V., importance value; T, trace (少量)

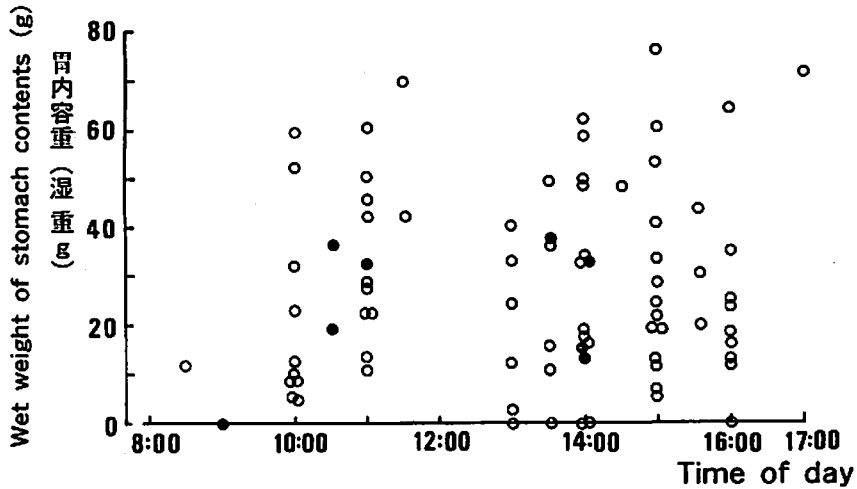


図-4 捕獲時間と胃内容重

Fig-4 Relationship between the wet weight of stomach contents and the time of capture.

○, 成獣 adult; ●, 幼獣 juvenile

表-4 性別による食餌内容の比較

Table-4 Comparison of stomach contents of the Japanese giant flying squirrel according to male (44 samples) and female (40 samples).

食餌項目 Food item	雄 Male			雌 Female		
	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.
樹皮 Barks	14.7	29.5	4.34	27.8	35.0	9.73
枝 Twigs*	22.3	50.0	11.15	14.8	60.0	8.88
葉 Leaves	55.4	79.5	44.04	52.3	87.5	45.76

*、葉芽を含む including leaf buds; Comp., composition of diet volume; Freq., frequency of each food item; I.V., Importance Value

表-5 性別による胃内容重比較

Table-5 Comparison of diet volume (dry weight in grams) of food items eaten by the Japanese giant flying squirrel according to male and female.

食餌項目 Food item	雄 Male			雌 Female		
	Σ/N (g)	F	Σ/F (g)	Σ/N (g)	F	Σ/F (g)
樹皮 Barks	0.89	13	3.01	2.31	14	6.59
枝 Twigs*	1.35	22	2.71	1.23	24	2.05
葉 Leaves	3.37	35	4.23	4.34	35	4.96
計 Total	6.08	39	6.89	8.30	38	8.73

*、葉芽を含む including leaf buds; N, 全サンプル数 total number of samples; F, 出現頻度 frequency of each food item

表-6 雌の妊娠の有無別食餌内容比較

Table-6 Comparison of stomach contents of the Japanese giant flying squirrel according to pregnant (6 samples) and non-pregnant females (34 samples).

食餌項目 Food item	妊娠メス Pregnant female			非妊娠メス Non-pregnant female		
	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.
樹皮 Barks	7.7	50.0	3.85	35.1	34.5	12.11
枝 Twigs*	9.6	66.7	6.40	13.7	62.1	8.51
葉 Leaves	79.5	100.0	79.50	44.9	89.7	40.28

*, 葉芽を含む including leaf buds; Comp., composition of diet volume; Freq., frequency of each food item; I.V., Importance Value

表-7 被害の程度区分別食餌内容の比較

Table-7 Comparison of stomach contents of the Japanese giant flying squirrel according to damaged and non-damaged areas.

食餌項目 Food item	激害地域 Heavily damaged areas			微害地域 Lightly damaged areas			無被害地域 Non-damaged areas		
	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.
樹皮 Barks	27.8	34.1	9.48	13.7	35.1	4.81	0	0	0
枝 Twigs*	11.8	56.1	6.62	26.6	54.1	14.39	52.3	42.9	22.44
葉 Leaves	55.4	95.1	52.69	51.7	75.7	39.14	33.7	42.9	14.46

*, 葉芽を含む including leaf buds; Comp., composition of diet volume; Freq., frequency of each food item; I.V., Importance Value

3) 被害の有無による内容物比較

材料を被害が1年間に集团的に発生した激害地域と被害が点在している程度の微害地域、および無被害地域に区分し、それぞれの地域の内容物を比較した(表-7)。無被害地域からは7個体の材料が得られたが、そのうち4個体が空胃であった。胃に内容物が残っていた3個体全てから葉および枝が検出され、重量比では枝が最も多かった。激害地域と微害地域では樹皮や枝の頻度に差がなかったが、重量比では樹皮は激害地域で、枝は微害地域でそれぞれ高かった。一方、葉は重量比では両地域で差はなかったが、頻度では激害地域が高かった。樹皮について両地域を性別で比較すると、両性とも激害地域の方で多くの樹皮を採餌する傾向にあった(図-5)。

次に、被害地域から捕獲された個体を樹皮採餌の有無

で区分し、その食餌内容を比較した(表-8)。樹皮を採餌したグループでは、胃内容物に占める樹皮の重量比が50.7%であった。枝の重要度指数は樹皮を採餌しなかったグループで高く、特に重量比が著しく高かった。葉も枝と同様の傾向を示し、特に広葉樹や蔓茎類は樹皮を採餌しなかったグループで重量比が明らかに高かった。樹皮を採餌したグループでは1頭当りの平均胃内容物が樹皮を採餌しなかったグループに比較して大きかった。

IV. 考 察

1. 人工林地帯における食性の特徴

広葉樹が多く生い茂る地域に生息するムササビの食性は、春から夏にかけては落葉樹の新葉、秋にはドングリ

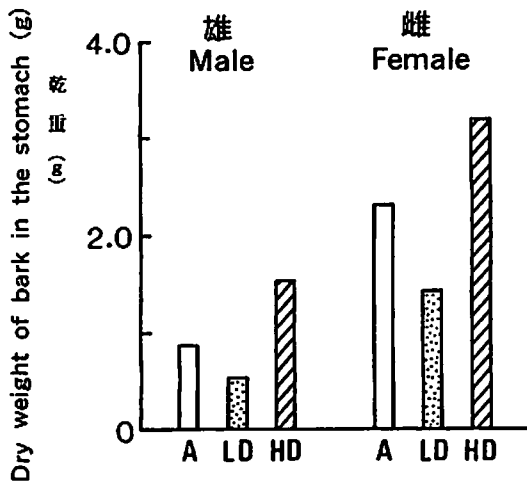


図-5 樹皮の採餌量

Fig-5 Diet volume of bark eaten by the Japanese giant flying squirrel in winter compared with male and female.

A, 平均 average; LD, 微害地域 lightly damaged areas; HD, 激害地域 heavily damaged areas

や果実、冬には常緑樹の葉や冬芽を主に食べるなど、季節によって樹種や採餌部位が変化することが知られている (Baba *et al.*, 1982; Andō *et al.*, 1985)。今回の調査でも、広葉樹が多く残る秋月ではこのような季節変化が見られた。一方、広葉樹がほとんどない大淵では、ほぼ1年をとおしてスギや数種類の常緑広葉樹の葉が利用されていたが、その採餌部位は季節に応じて広葉樹を主体とした地域と同じ変化を示した。このことから、このような採餌部位の季節変化は、本種の食性の特徴と考えられる。

造林地ではスギへの依存度が極めて高かった。冬期の胃内容の分析では、樹皮については樹種の同定を行っていないが、材料を収集した上陽町では樹皮採餌はスギおよびヒノキのみで見られ、その多くがスギであったことから、樹皮をスギと仮定すると、スギの採餌は頻度が71.4%および重量比が58.7%に達する。川道 (1977) は、スギは種子や樹皮は採餌されるものの、冬期の主要な餌を提供しないと述べているが、好みの餌ではないがスギの葉や種子は冬期に多く食べられることも知られている (Baba *et al.*, 1982; Andō *et al.*, 1985)。今回の結果は、環境によってはスギも本種の重要な餌の供給源と

表-8 被害発生地で捕獲されたムササビの樹皮採餌の有無による 食餌内容比較

Table-8 Comparison of stomach contents of the bark eaten and not-eaten Japanese giant flying squirrel collected in damaged areas.

食餌項目 Food item	樹皮採餌した場合 Bark eaten			樹皮採餌しなかった場合 Bark not-eaten		
	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.	重量比 Comp. (%)	頻度 Freq. (%)	重要度指数 I.V.
樹皮 Barks	50.7	100.0	50.70	—	—	—
枝 Twigs*	4.6	40.7	1.87	27.9	64.0	17.86
葉 Leaves	41.6	81.5	33.90	63.6	90.0	57.24
針葉樹 Coniferous tree	30.9	59.3	18.32	37.5	60.0	22.50
広葉樹 Broad-leaved tree	4.0	40.7	1.63	9.0	38.0	3.42
蔓茎類 Vine tree	6.7	59.3	3.97	17.0	70.0	11.90
果実 Fruits	0.02	3.7	0.001	0.2	4.0	0.01
花芽 Flower buds	3.1	18.5	0.57	3.2	12.0	0.38
不明 Unknown	0.01	3.7	0.0004	5.1	14.0	0.71
平均胃内容重 Average diet volume (dry weight in grams)	9.60			6.63		

*, 葉芽を含む including leaf buds; Comp., composition of diet volume; Freq., frequency of each food item; I.V., Importance Value

なりうることを示している。また、冬期には蔓茎類の占める割合が高かった。ムササビの食餌対象となる植物の多くは高木の樹木である (Andō *et al.*, 1985)。しかし、スギおよびヒノキ以外の樹木が乏しい造林地においては、樹幹に巻き付く蔓茎類の葉は“冬期の広葉樹の成葉”として、本種の貴重な餌資源となっていると思われる。

スギ同様、広い面積に植栽されているヒノキの葉は全く食べられていなかった。また、ヤブツバキは花芽は食べられていたが、葉は食べられていなかった。Andō *et al.* (1985) も同様の結果を報告している。特に、多くの草食獣により食害を受けるヒノキが、食物選択の乏しい造林地でさえも本種に食べられないという事実は極めて興味深い。

ムササビは完全な夜行性の動物であり (今泉ら, 1975; Baba *et al.*, 1982), 採餌活動は日没後と日の出前の活動時間帯に集中している (船越・白石, 1977; Andō *et al.*, 1984) にもかかわらず、午前中にほとんど内容物のない個体や午後になっても多くの内容物を含んだ個体が見られた。捕獲時間が狩猟者からの聞き取りによるという調査上の人為的ミスがあるのかもしれない。あるいは、葉や樹皮を消化するのに長い時間を必要とするため (Andō *et al.*, 1984), 日没直前になっても内容物が残っている個体は日の出前の、残っていない個体は日没後の採餌活動が主体の個体である可能性もあり、個体によって一夜の採餌活動が異なっているのかもしれない。また、空胃個体が幼獣を除くと全て雄の成獣であったことから、性によっても採餌活動に差がある可能性もある。

2. 被害の発生と拡大

ムササビによる上陽町や黒木町での造林木の剥皮採食時期は冬期のみに限られている (池田, 1993)。この時期に上陽町で捕獲された本種の胃内容物の分析の結果、樹皮を採餌した個体では、樹皮を採餌しなかった個体に比べて、枝や広葉樹および蔓茎類の葉の採餌量が少なく、特に、被害が激しくなるほど枝の採餌量が減少する傾向を示した。この事実は、この地においても、安藤・白石 (1986) が指摘するように、本種の本来好む広葉樹の不足が被害の原因になっていることを示していると考えられる。なぜなら、針葉樹の樹皮は本種の本来好む餌ではないからである (安藤・白石, 1986)。

本種の樹皮採餌による造林木の被害発生時期については、冬期だけの場合 (弘田・岡, 1960) と冬・夏の2時期にわたる場合 (宇田川, 1954; 在原・杉原, 1977) とが知られており、いずれの場合でも被害は限られた時期にのみ発生している。造林地においては、本種の本来好む餌は1年をとって不足していると考えられる。にも

かわらず、なぜ被害がこのような特定の時期にだけ発生するのか、その原因は今のところ不明である。台湾では、タイワンリス *Callosciurus erythraeus* によるスギ *Cryptomeria japonica* やコウヨウザン *Cunninghamia lanceolata* などの樹皮採餌は1年をとって発生するが、樹皮の含糖量が高い冬期に樹皮剥皮も多いという (郭, 1985)。樹皮の栄養状態が関係している可能性もあり、樹皮の含糖量など成分の季節変化については今後検討する必要がある。

樹皮は雄に比べて雌が多く採餌した。この原因として、本種の雄は互いに重なりあう行動圏を持つものに対して、雌はほとんど独立した行動圏を持つ (川道, 1979) という雌雄の社会構造の違いが考えられる。すなわち、造林地においては本種が利用しうる広葉樹は限られており、そのような餌を雄は複数で利用できるのに対して、雌では限られた個体しか利用できないからである。一方、妊娠雌では樹皮採餌量が明らかに少なかった。ノウサギ *Lepus brachyurus* ではスギの採餌量が妊娠雌で多く、妊娠による生理的変化が関わっている可能性があるという (Horino and Kuwahata, 1984)。本種の樹皮採餌にもこのような生理的な要因が関与しているのかもしれない。また、樹皮を採餌した場合には、1頭当りの総採餌量が樹皮を採餌しなかった場合に比べて多かった。この事実は、スギやヒノキなど針葉樹の樹皮が広葉樹の枝や冬芽および葉に比べて栄養的に劣ることを示しているのではないと思われる。このことが、栄養を必要とする妊娠雌では樹皮採餌が少なかった理由とも考えられる。

本種の被害は発生初期には小面積であったものが、年とともに飛び火状に拡大し、大面積に及ぶ (池田, 1983)。安藤・白石 (1986) は本種による剥皮被害の拡大が食性模倣の伝播による可能性を示唆している。ムササビの成長過程の特徴は、仔獣の遅い巣立ちと母獣による積極的な保護であるという (安藤・白石, 1985)。雌の樹皮の採餌量の多さは、このような食性模倣の伝播の可能性を示唆するものかもしれない。

被害地域と微害地域では樹皮を採餌した個体数の比率はほとんど同じであったが、樹皮を採餌した1個体当りの樹皮の採餌量は前者で多かった。この事実は、本種による同一地域の被害の拡大が樹皮を採餌する個体の増加によるのではなく、1個体の採餌量の増加によることを示唆している。安藤・白石 (1986) も被害の発生が少数個体による集中的な剥皮によることを報告している。しかし、上陽町の被害地域ではこれまでに相当数のムササビを捕獲したにもかかわらず (1981~1993年度にかけて435頭, 上陽町経済課資料), 被害は終息していない。し

たがって、このような少数個体のみが継続して樹皮を採餌するのか、今後さらに検討する必要がある。

ところで、被害地域に類似した植生環境が各地に広く見られるにもかかわらず、被害地は特定の場所に限られている(安藤・白石, 1986)。また、今回の大淵のように、過去に被害が発生しているにもかかわらず、調査期間中は被害が発生しなかったなど、被害が継続する場合と短時間で終息する場合がある(池田, 未発表)。これらの事実は、被害の発生や拡大の原因を食物環境からだけでは説明しえないことを示している。

川道(1977)はムササビの分布を規定する重要な要因として、食物環境以外に、樹高や樹木の空間分布および営巣木としての利用を指摘している。まず、造林地における前者の要因は、幼齢林を除いて十分な高さや滑空空間があり、本種の生息を制限する要因になっていないと考えられる。次に、後者の要因については、今回調査した大淵の造林地では、造林地に残された広葉樹の樹洞が利用されていた。しかし、このような環境は造林地では極めて少なく、上陽町で捕獲された個体全てが樹枝上巣であったという事実がある。本種の営巣場所については、樹洞(今泉ら, 1975)、樹枝上(羽田, 1954; 立花, 1957)、建物内(金井, 1973)、野鳥誘致用巣箱(田代, 1954)などが知られているが、安藤・白石(1983)は、本種は樹洞営巣を好み、造林地では適当な樹洞が存在しないために樹枝上に営巣を余儀なくされると述べている。本種の営巣場所に対する選択性は知られていないが(安藤・白石, 1983)、樹皮の採餌が雌で多かったことから、雌の樹枝上への営巣と定着が被害と密接に関係していることが考えられる。造林地における本種の営巣行動の解明は、造林木の被害防止策を講じる点からも重要であろう。

引用文献

- 安藤元一・船越公威・白石哲 1983 ムササビの巣穴利用性. 九大農学芸誌, 38: 27-43
- 安藤元一・白石哲 1983 ムササビの巣と造巣行動. 九大農学芸誌, 38: 59-69
- Andō, M., S. Shiraishi and T. A. Uchida 1984
Field observations of the feeding behavior in the Japanese giant flying squirrel, *Petaurista leucogenys*. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 28: 161-175
- Andō, M., S. Shiraishi and T. A. Uchida 1985
Food habits of the Japanese giant flying squirrel, *Petaurista leucogenys*. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 29: 189-202
- 安藤元一・白石哲 1985 ムササビにおける外部形質と行動の発達. 九大農学芸誌, 39: 135-141
- 安藤元一・白石哲 1986 ムササビによる森林被害とその防除. 森林防疫, 35: 40-45
- Aoi, T. 1985 Seasonal change in food habits of Ezo brown bear (*Ursus arctos yesoensis* LYDEKKE) in northern Hokkaido. *Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ.*, 42: 721-732
- 在原登志男・杉原三千男 1977 ムササビによるアカマツ林の被害について. 森林防疫, 26: 95-97
- 馬場 稔 1981 ムササビの成長. *Vulpes*, 8: 23-26
- Baba, M., T. Doi and Y. Ono 1982 Home range utilization and nocturnal activity of the giant flying squirrel, *Petaurista leucogenys*. *Jap. J. Ecol.*, 32: 189-198
- 船越公威・白石哲 1977 英彦山におけるムササビの生態. 第24回日本生態学会講演要旨集: 15
- 羽田健三 1954 ニッコウムササビの樹上営巣. 採集と飼育, 17: 72-73
- 弘田俊三・岡 政武 1960 高知県の西部におけるムササビの被害について. 森林防疫ニュース, 9: 196-198
- Horino, S. and T. Kuwahata 1984 The food habits of the Japanese hare (*Lepus brachyurus*) (I) Stomach content analysis of hares from Ehime Prefecture. *J. Jap. For. Soc.*, 66: 347-352
- 池田浩一 1983 福岡県上陽町におけるムササビの造林木被害. 森林防疫, 32: 86-90
- 池田浩一 1986 ムササビによるスギの被害. 日林九支研論集, 39: 209-210
- 池田浩一 1992 福岡県上陽町における冬期のムササビの胃内容物分析. 日林九支研論集, 45: 113-114
- 池田浩一 1993 福岡県におけるムササビの造林木被害について. 第26回林業技術シンポジウム, 46-54
- 今泉吉晴・安藤元一・嶋田 忠・木村しゅうじ 1975 翼なき飛行者—高尾山のムササビ. アニマ, (30): 5-25
- 郭 宝章 1985 台湾赤腹松鼠對於森林為害及其防除之造林学的研究. 国立台湾大学農学院実験林研究報告, (159): 1-109
- 金井郁夫 1973 むささび物語. 多摩の自然, (38): 5-8
- 川道武男 1977 奈良公園のムササビの分布. 昭和51年度春日大社境内原生林調査報告, 春日顕彰会, 57-

60

- 川道武男 1979 ムササビの空間構造と社会型. 第26回
日本生態学会講演要旨集 : 66
- *Summer, J. and J. J. Craighead 1973 Grizzly bear
habitat survey in Seapegoat wilderness, Montana,
Coop. Wildl. Res. Unit. Missoula, Montana. 49pp
- 立花繁信 1957 ニッコウムササビの観察. 哺乳動物学
雑誌, 1 : 51-55
- 田代道彌 1954 人口巣箱に得たるムササビの古巣. 野
鳥, 19 : 337-338
- 宇田川竜男 1954 ムササビによる林木の被害とその防
除. 林試研報, 68 : 133-144

(*直接参照できなかった)

スギ林の1団地における土壌に関する研究 —土壌の地形的変化と時間的变化—

佐々木重行・高木潤治・野田 亮

佐々木重行・高木潤治・野田 亮：スギ林の1団地における土壌に関する研究 —土壌の地形的変化と時間的变化—, 福岡県森林研報1:13~45, 1996. 1991年に約1.6haのスギ壮齢林(31年生:1991年時)で10mメッシュの試坑点を151点設定し土壌調査を行うと共に、深さ5cmと50cmから土壌試料を採取し、pH、窒素、炭素の分析を行った。これらの調査と分析の試料から、土壌の地形的特徴の検討と1958年に同地で行われた調査データとの比較検討を行った。また、1995年に9本の測定木の根元から0、10、20、50、100cmの距離で表層土壌の採取を行い土壌のpHと化学成分の分析を行った。

土壌型は適潤性褐色森林土(偏乾亜型)(B_D(d)型)、適潤性褐色森林土(B_D型)、弱湿性褐色森林土(B_E型)の3つの型が出現し、B_D型の出現頻度が最も高かった。土壌のA層の厚さは2~71cm平均31cmで、1958年の調査に比べて平均で5cm薄くなっていた。A層の厚さの減少には地形的な特徴がみられ、谷の急斜面の傾斜変換点付近で最も減少していた。この原因は表土の流亡によることが主体であると思われた。土性の分布は33年前とほとんど違いがなかった。

pHは深さ5cmの土壌で算術平均で4.57、深さ50cmの土壌では4.73であった。深さ5cmの土壌のpHの分布は一般にいわれるように尾根部や凸地形の所で低く、谷部や凹地形の所で高い傾向を示した。また、谷や尾根の下部では標高が低くなるほど土壌のpHは高くなる傾向を示した。深さ50cmの土壌もほぼ同様の分布を示したが、5cmの土壌ほど地形の影響を受けないようであった。

炭素、窒素は尾根あるいは凸地形の所で含有率が高く、谷部で低い傾向がみられ、樹木の成長状態とは異なる傾向を示した。C/N率は一般にいわれているように、尾根部で高く谷部で低い傾向がみられた。炭素の含有率は33年前のデータと比較して、深さ5cmで約1/2に、50cmで約1/4に減少していた。

スギの根元では土壌のpHは周囲の土壌のpHに比べて相対的に低い値を示し、根元付近ではpH3.6も出現した。スギの根元ではカチオン/アニオン比が低く、これは根元でのアニオンの増大によるものであったが、どの物質が根元での土壌のpHの低下に影響を与えているか特定できなかった。

土壌のpHは、1958年と比較して林分全体でみると算術平均で深さ5cmでは0.5、深さ50cmでは0.3低下していた。これは林分全体で低下しているのではなく、地形単位で低下の程度は異なっていた。また、もともとpHが低かった所では余り低下がみられず、pHが高かったところで低下がみられた。地形的には尾根・谷の上部ではpHの低下は余りみられず、尾根・谷の下部でpHの低下がみられた。この尾根・谷の下部でも標高が高い部分ではpHの低下は少ないが、標高が低くなるとpHの低下が大きくなった。この土壌のpHの低下の原因が酸性雨によるものか、あるいは他の原因によるものか結論できなかった。

[キーワード] スギ林; A層; 炭素; 窒素含有率; 土壌pH; 根元pH; 時間変化

SASAKI, S., J. TAKAKI, R. NODA: Study on some chemical elements on soil in a Sugi stand. —Geomorphological distribution and periodical change of soil—. Bulletin of Fukuoka Prefecture Forest Research and Extension Center No.1:13~55, 1996. Soil pH, carbon and nitrogen concentration and soil profile were examined in 1991 and compared with the samples and profiles at same area in 1958. Studied area is located in Yabe-mura, Yame-gun, Fukuoka Prefecture. This area is about 1.6ha and covered with 31-year-old Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don).

Each sampling point is located on a 10×10mesh. 151 soil surveys were made and each soil profile was examined soil type, soil texture, thickness of A horizon, index of hardness and others. Soil samples were carried out at 5 and 50cm depth in each soil survey point for measuring soil pH, content of nitrogen and carbon. Addition to these sample, soil near the stem base were sampled and measured pH and concentration of some elements of anions

and cations in soil solution.

In this studied area three soil types were recognized and they were types of B_D, B_{D(d)} and B_E. Mean of thickness of A horizon is about 31cm. The mean of thickness of A horizon decreased about 5cm compared with the thickness of it measured in 1958. It seemed that the decrease of thickness of A horizon is caused by erosion because of high density of studied stand (2,765 trees /ha). Distribution of soil texture is almost same as in 1958.

The arithmetic mean of pH at 5cm and 50cm depth are 4.57 and 4.73 respectively. In geomorphological aspect, relatively pH of 5cm depth soil shows high values in valley and low in ridge. The values of pH of 50cm depth soil are not so affected by geomorphological location compared with the case in 5cm. In the lower part of both valley and ridge type slopes, the lower the altitude of sampling point was, the higher the value of pH was.

The contents of carbon and nitrogen seemed to be higher in the ridge than in the valley. In generally, carbon/nitrogen ratio showed high ratio in ridge. Comparing with the contents of carbon of soil in 1958, they are about half of them at 5 cm depth and a quarter at 50 cm depth in 1991.

The pH of soil near the stem showed lower value than that surrounding the stem. The lowest value of pH near the stem was 3.6. But these lower values of pH near the stem were relative according to the geomorphological location of sampling points. The cation/anion ratio of soil solution was lower in the base of stem than around the stem and this was caused by increase of anions in the base of stem.

The arithmetic mean of pH at 5 cm depth soil in 1991 decreased about 0.5 pH unit, as compared with that in 1958. And at 50 cm depth soil it decreased 0.3 pH unit. But these decreases did not occur in all sampling points. The changes of the pH value showed different magnitude depending on the geomorphological location of sampling point. In the lower part of the valley and the ridge, the value of pH showed great decrease. Otherwise, in the upper part of the valley and the ridge there is no decrease of pH compared with the original values of pH measured in 1958. Among lower part of valley and ridge the magnitude of pH decrease is contributed by reduction of the altitude. And the decrease of pH was greater in soil at 5cm depth than at 50cm depth. The decrease of pH in this area was seemed to be affected by many and multiple factors including acid rain, erosion at soil surface, and biological acidification and some others, but not concluded.

I. はじめに

工業化による大気汚染の進行は煤塵等の乾性降下物だけでなく、降水の酸性化をもたらす世界的な問題となっている。これらの煤塵や酸性の乾性、湿性降下物が森林へ及ぼす影響は欧米では深刻な社会問題となっており、わが国でも現在その影響が懸念されている。これらの酸性降下物が森林に与える主な影響は土壌の酸性化という事が考えられる。

一方、森林は学術的、立地的不便さ、宗教的聖域、地域の慣習或は観光等といったこと以外ではあまり人手が入らない原生林として保存されることはなく、林業用の森林として伐採、植栽或は放置が繰り返される。伐採は森林からの物質の収奪であり、土壌のみならず、光、水分といった環境要因の変化をもたらす。人工林施業を行

う際、伐採植栽の繰り返しが森林土壌に与える影響は、林業の保続性を考える場合大変重要である。

酸性雨や林業の施業による土壌への影響を考える場合、面的な広がりを持つとともに、時間的なつながりを持ったデータを蓄積することが、これらの問題を考える際の重要な課題と思われる。そこで、本研究では福岡県矢部川流域のスギ林の1団地で1991~1995年にかけて行った土壌調査および分析データと、33年前福岡県林業試験場の先輩達によって行われた同一林分での調査、分析データとの比較を行い、酸性雨や施業が土壌に及ぼす影響を検討した。本報告書では、データの公開保存も酸性雨や施業の影響を扱う研究に重要な意味を持つと考え、できる限りのデータの掲載と33年前に行われた調査データも可能な限り掲載することにした。

II. 調査地の概要

調査は福岡県八女郡矢部村大字北矢部の矢部川の支流である縦鶴川東岸にある福岡県森林林業技術センター（旧福岡県林業試験場）矢部第一試験林で行った。調査面積は約1.6ha、標高は約430~550m、地質は絹雲母片岩を主体とした結晶片岩である。調査地の位置と等高線地形図を図-1、2に示す。調査地は竹下ら（1960）にな

表-1 調査林分の概要

Table-1 condition of investigated stand.

調査年	measured year	1958年	1991年
林 齢	stand age	33	31
平均樹高	avg. height	14.5 m	17.2 m
材 積	volume	475 m ³ /ha	511 m ³ /ha
立木密度	density	1,762 本/ha	2,762 本/ha
品 種	species	ヤブクグリ、ヒコサン その他4品種	ヤイチ

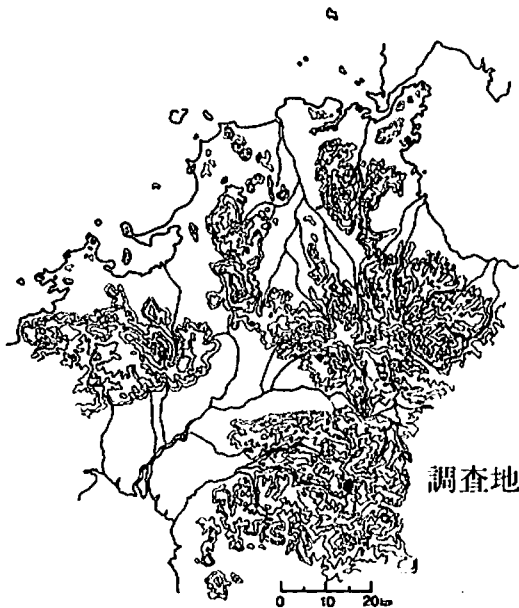


図-1 調査位置図

Fig-1 Studied site location.

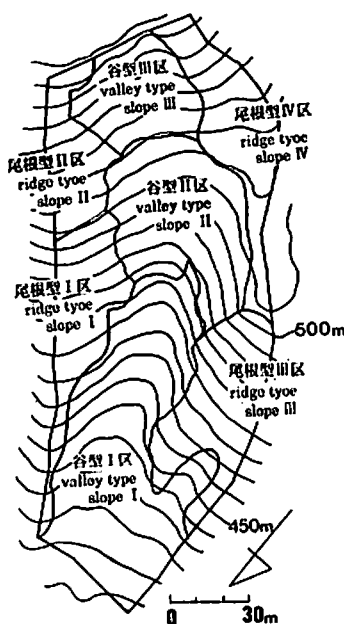


図-2 等高線地形図

Fig-2 Topographical contour map on studied area.

らい尾根と谷に分け、斜面の下方から、それぞれ尾根型Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ区、および谷型Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ区と名付けた。

調査地の林分状態は竹下ら（1960）によって行われた33年前はヤブクグリ、ヒコサン等6品種からなるスギ林（表-1）であったが、調査後1960年に伐採され、1962年にスギ（ヤイチ）が再造林された。植栽後は下刈りは行ったが、除伐・間伐は行わない無間伐高密度林分施業試験地として維持管理されてきた。しかし1991年9月の19号台風と1993年9月の13号台風によって試験林内の上方の林分が若干被害をうけた。

III. 調査及び分析方法

1. スギ林内での土壌調査

土壌の調査地点は、調査地に竹下ら（1960）と同様に試験林を縦断するように北西から南東へ向かう基準線をもうけ、この基準線を中心として図-3に示すように

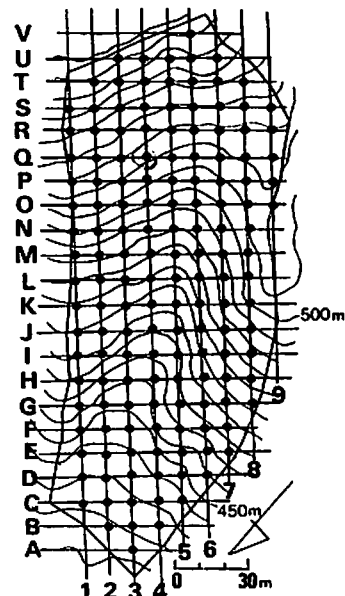


図-3 調査地点

Fig-3 Point of soil survey and sampled and slope type.

10m間隔のメッシュをかけ、メッシュの交点を土壌の試坑点として選定した。試坑点は北東から南西へ向かう線を下からA、B、～V、北西から南東へ向かう線を1、2、～9として、それぞれB-3、F-5というように呼んだ。しかし、今回の基準線は竹下ら(1960)がどの点から基準線を引いたか不明であるので、1958年当時の基準線と方向は同じであるが位置は異なる。そのため当時の試坑点と今回の試坑点は一致しない。試坑点は全部で151点あり、土壌を一律に表層から5cm、50cmの深さから採取した。また、50～70cm程度の深さの土壌断面図を作成した。各調査地点の標高をトランシットコンパスを用いて測量した。

土壌のpHの測定は生土、風乾土についてそれぞれ20gに、蒸留水あるいは1規定のKCl50mlを加え、ガラス棒で攪拌し約30分放置した後、再度攪拌しガラス電極法によって行った。風乾土は2mmの篩を通したものをを用いた(土壌養分測定法委員会1983)。

炭素、窒素の含有率の分析は、2mmの篩を通した風乾土300～500mgを用い、C-Nコーダーで行った。

2. 樹幹からの距離と化学成分の分布

1本の樹木について根元から0、10、20、50、100cmの距離で、斜面の上方、下方、右側、左側の4方向について計20点の土壌を採取した。土壌はA₀層を取り除き表層を主体とし、できるだけ表面の腐植の混入が無いように深さ2～5cmの間から採取した。採取した地点を図-4に、調査木の概要を表-2に示す。

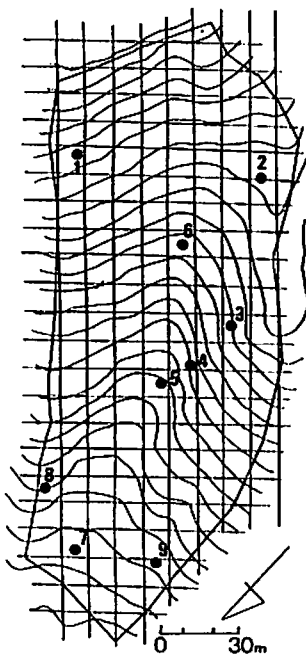


図-4 調査木の位置

Fig-4 Sampling points of soil to measure pH and some chemical components of soil solution near the stem.

表-2 調査木の樹高、胸高直径および方位傾斜

Table-2 Tree height, DBH and direction and angle of slope at measured point.

調査木 Tree No.	樹高 Avg. height	胸高直径 Avg. DBH	方位 Direction	傾斜 Angle
1	18.1 m	19.7 cm	S 55 E	33°
2	15.6	15.8	S 20 E	9
3	18.8	18.3	S 20 W	44
4	16.5	12.0	S 20 W	46
5	21.7	18.7	S 30 W	34
6	21.8	17.1	S 40 W	26
7	22.3	15.7	S 30 E	17
8	21.0	22.3	E	27
9	21.7	19.6	S 10 W	27

土壌のpHは生土について上記と同様の方法で行った。

その他の化学成分は生土20gを三角フラスコに取り蒸留水50mlを加えた後、約10分間160rpmのスピードで往復振とう器で振とうした後、No.5Cのろ紙でろ過した水を使用した。塩素、硝酸、亜硝酸、硫酸の各イオンはイオンクロマトグラフィを用いて測定した。イオンクロマトグラフィで測定する際は、ろ過した溶液を再度孔径0.45μmのディスポザブルフィルターでろ過した。Ca、Mg、Naイオンは原子吸光法で、Kイオンは炎光法で測定を行った。

IV. 結果及び考察

調査した試坑点の測定した全データを巻末の付表に示す。

1. 土壌の分布様式

① 土壌型

調査地の土壌試坑点から土壌型の判別を行った。でてきた土壌型は弱乾性褐色森林土(BD(d))、適潤性褐色森林土(BD)、弱湿性褐色森林土(BE)の3つの型であった。前回の調査で竹下らは弱湿性と適潤性褐色森林土の中間型としてBD(w)型を用いているが、今回は林野土壌調査方法書によった分類をしたのでBD(w)型は用いなかった。表-3に出現した土壌型の出現頻度を、図-5に土壌型の分布図を示す。出現した土壌型はBD型

表-3 土壌型の出現頻度

Table-3 Frequency of soil type.

土壌型 Soil type	出現個数 Number	頻度 Frequency
BE	5	3.31%
BD	121	80.13
BD(d)	25	16.56

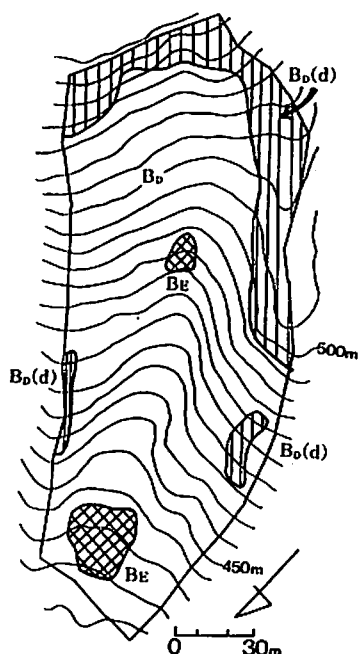


図-5 土壌型分布図
Fig-5 Distribution of soil type.

が約80%以上を占めておりスギの適地であることを示していた。BD(d)型は試験林を取り巻く尾根部に出現した。特にこの試験林の西側の尾根は鈍頂で乾燥傾向が強く、当試験林の隣の林分はヒノキが植栽してある。弱湿性褐色森林土であるBE型は試験林中央部から下部にかけての凹地形で水の集積がある谷部に出現した。しかし、出現したBE型は5個であり個数としては少なかった。竹下ら(1960)の調査ではかなりの範囲にBE型が出現している。そして、今回の我々がBD(d)型と判定したところはほぼBD型、BD型と判定したところはBD(w)型ないしはBE型と湿性がかかった土壌型に分類してある。33年前と現在とで土壌型のずれがみられた。

② A層の厚さ

厚さの分布図を図-6に示す。A層の厚さの幅は2~70cmであった。厚さの分布は全体で見ると尾根で薄く、谷部で厚い傾向がみられた。そして、A層の厚さが40cm以上の地点がかなり広く分布しており、スギの適地であり良好な生産力を伺わせている。しかし、竹下ら(1960)がいうように必ずしも地形に沿った厚さの分布をしているわけではなく、今回の調査では局所的な攪乱や流亡によると思われるA層の薄い部分が谷部でも出現した。特に前回の分類による谷型IとII、谷型IIとIIIの境界部分の傾斜変換帯付近ではA層の厚さが20cm以下、或いはしばしば10cm以下(M-5)の部分 appeared。また、谷型と尾根型の境の傾斜変換帯付近(K-2、3、4、Q-7、8)でも10cm以下の薄いA層が

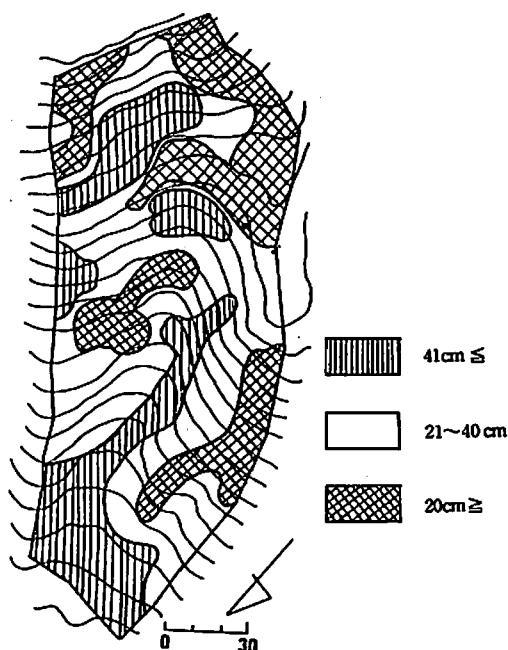


図-6 A層の厚さの分布
Fig-6 Distribution of thickness of A horizon.
Cross strips area represents below 20cm of A horizon thickness. White represents among 21 to 40 cm and vertical strips over 41cm of A horizon thickness respectively.

みられた。BD型のA層の厚さは約20cm程度か或いはそれ以上、BE型はA層がかなり厚いといわれている。

今回調査を行った151点のA層の平均厚さは約31.0cmで、前回調査の133点の平均A層厚さは36.4cmであった。良好なスギの生産力を示しているが、この33年間でA層が5.4cm薄くなったことになる。そこでこの平均値のt検定を行ったところ、分散に違いは無く、 $t=2.6186$ (自由度=280)となり1%の危険率で有意となった。また、今回と前回のA層の厚さの出現頻度の表をみると(表-4、5)、前回20cm以下のA層の厚さの出現頻度が18%程度であったのが、今回の調査では38%と20%も増えている。逆に21~40cmの範囲のA層の厚さは49%程度であったものが、今回35%と14%減り、41cm以上

表-4 A層の厚さの出現頻度(1991年)
Table-4 Frequency of thickness of A horizon in 1991.

A層の厚さ Thickness of A horizon	出現個数 Number	頻度 Frequency rate
0~10 cm	23	15.23%
11~20	35	23.18
21~30	32	21.19
31~40	22	14.57
41~50	14	9.27
51<	25	16.56

表-5 A層の厚さの出現頻度(1958年)
Table-5 Frequency of thickness of A horizon in 1958.

A層の厚さ Thickness of A horizon	出現個数 Number	頻度 Frequency rate
0~10 cm	6	4.51%
11~20	18	13.53
21~30	39	29.32
31~40	27	20.30
41~50	17	12.78
51<	26	19.55

の厚さを持つA層の出現も約5%減少している。そして、地形区分に分けて1958年と1991年のA層の平均厚さと33年間の減少率をみると(表-6)地形区分でA層の減少傾向に大きな違いがあることがわかった。33年間でA層の厚さが最も減少したのは谷型II区で、ついで減少率が大きいのは尾根型IV区、尾根型III区の順であった。谷型III区でも若干の減少がみられた。一方、谷型I区や尾根型I、II区では変わらないか、あるいは少しA層の厚さが増加していた。

まず、このA層の厚さの減少について伐採の影響を考えてみる。ヒバ林ではあるが山谷(1965)は伐採後5年でA層の色が褪せしA層の厚さが減少していくことを伺わせる報告を行っている。また、小林(1982、1991)の行った調査では伐採前のスギ・ヒノキ林では全A層の厚さが11cm程度あったものが、皆伐後10cm程度に減少していることが報告されている。このため伐採直後はA層の厚さは減少するものと思われる。平山ら(1987)は、地上部は伐採から数十年たつと見かけ上は回復したように見えるが、土壌は大きな変化を残したままであるとし

表-6 地形区分毎のA層の平均厚さと変化
Table-6 Average thickness and rate of reduction of A horizon at each slope type.

地形区分 Slope type	1958	1991	減少率 Rate of reduction
谷型I区 Valley type slope I	38.2 cm	38.0 cm	0.5%
谷型II区 Valley type slope II	41.9	24.5	41.5
谷型III区 Valley type slope III	45.1	40.7	9.8
尾根型I区 Ridge type slope I	32.1	34.1	-6.2
尾根型II区 Ridge type slope II	28.7	31.4	-9.4
尾根型III区 Ridge type slope III	26.3	19.9	24.3
尾根型IV区 Ridge type slope IV	30.2	20.4	32.5
全体 Total	36.4	31.0	14.8

ているが、これは条件の悪いポドゾル土壌の場合であり、褐色森林土壌の場合当てはまるかはわからない。A₀層や土壌の養分がどのように変化するかを調査を行った堤(1963、1964)の研究から土壌養分は20年程度で回復するとするならば、それに伴いA層の厚さも回復するものと考えられる。今回の調査地のA層の厚さの減少は伐採後31年も経過しており、また、地形区分で特徴があることから、まだ伐採の影響が残っている可能性は低いと思われる。次に考えられることとして、調査を行う際の誤差が考えられる。土層の区分を行う際、境界が必ずしも水平に存在するとはかぎらず、どこを境界部分として厚さを決定するかで土層の厚さは変動するであろうし、また、森林土壌研究会(1982)が設定した境界の幅は「判然」は3~5cm、「漸変」は5cm以上となっており、前回の竹下ら(1960)や今回我々が行った調査でも土層の境界が「判然」としたものは少なく、「漸変」としたものが大部分であった。このことから土層の境界を分ける際、どこまでをA層とするか両者間で差があった可能性もある。しかし、今回の調査者には竹下らと共に十数年間土壌調査を行ってきたものがおり、両者間で大きな認識の差があるとは考えにくい。最も有力な原因としてエロージョンが考えられる。調査地の概要でも述べたように、植栽してから29年間除伐、間伐を行っておらず、1991年での本数密度も2762本/haと高い。このため林内は暗く、下層植生は谷部では殆どみられない。下層植生が存在するのは、この試験林を取り巻く両尾根部の他の林分との境界線部分と尾根型IV区の一部で、その下層植生も木本の低木であるヒサカキが主体で、草本は谷型III区の上部に若干ある程度である。この草本も1991年の台風によって風倒木が発生し、その空いた部分を中心としており、全体から見れば小面積である。このため、1970年代中期から1980年代にかけて、林分が鬱閉したと思われる時点から谷部の急傾斜部を中心に、スギの根が洗い出されたものや、表面に角礫だけが残った地点や、落枝の所だけ土壌と礫が残った地点が多数見受けられ、表面流を伴った土砂の流亡の跡があるのが観察された。図-6に示したように急傾斜地である谷型II区の上部、即ち谷型IV区との境界の傾斜変換帯下部と尾根型IV区の下部で1958年当時は30cm以上のA層の厚さがあったものが20cm以下となっている。しかし、もっともA層の厚さの減少が激しかったと思われるのは、谷型II区下部の傾斜変換帯付近である。この部分は前回の調査時にはA層が60cm以上あったと思われる箇所であるが、今回の調査では20cm以下のA層の厚さとなっていた。これらの部分はいずれも谷部ではあるが傾斜変換帯を含み崩

積土というよりも葡行土的要素が強く、この部分でのA層の厚さの減少は表面流を伴った土砂の流亡の発生によるものと思われる。これを裏付けるものとして、この地点では先にも述べたように樹幹の根元が洗い流され太根が見えるスギが多く、また、土壌の表面にさまざまな大きさの角礫が裸出しており、土壌の表面がかなり洗屈され土壌が流亡したあとが伺われる。また、落葉落枝の形のはっきりしたいわゆるL層は見受けられるが、破碎され細分化した枝葉よりなるF層がない所もあり、表面流と共に流亡した可能性も考えられた。しかし、我々がスギ林で調査した例では(高木ら1989)、スギ林であれば31年間連続して土砂の流亡が続いたとしても、多くても約10cmの表層土壌の厚さが減少する程度と思われる。このことから、本調査地は降水量も多く、急傾斜の部分が多いが、今回の調査でのA層の厚さの減少は表土の流亡だけの単一要因によるものではないものと思われる。また、傾斜の緩い尾根型IV区でのA層の厚さの減少の説明がつかない。次に、この林分が除伐・間伐を植栽してから行ってない高密度林分であることから、林内に光が当たらずA層の分解が進まず、A層の厚さが発達しない可能性が考えられる。尾根型III、IV区でのA層の減少は有機物の分解が進まなかったからと考えたいが、後ほど述べる炭素の含有率やC/N率をみると尾根型I、II区よりも含有率や値が高く、また、pHの値を見ても尾根型III、IV区が尾根型I、II区よりも特別低いとはいえない。このことから有機物の分解が悪いことは、この調査地全般に言えることではあるが、尾根型III、IV区が尾根型I、II区に比べて有機物の分解が特別悪いとは言えなかった。

これらのことを総合的に考えると、皆伐後に一旦A層の厚さが減少し、その後回復傾向を見せたが、無間伐で林内照度の低下により下層植生の発達が殆どみられないことから、降水量が多く谷部の急傾斜地での表面流を伴った土砂流亡を主体として表層の土壌が林外へと流亡したことと、A層生成の給源である落葉落枝が細分化したのもこれに伴って林外へ持ち出されたことなどの複合的な要因によって、A層の流亡と生成不十分によりA層の厚さが減少したのではないかと考えられた。しかし、途中段階(伐採後10年、20年)の調査データがなく、どのような経緯をたどってA層の厚さが減少したのか不明である。A層の維持は森林や林業の保続性並びに生産力維持の上からだけでなく、水土保全機能上最も重要なことである。ヒノキ林での間伐の遅れからくる表面流や土砂流亡発生危険性はかなりいわれているが、スギ林においても、急傾斜地であれば表面流を伴った土砂流亡

とA層の流亡は発生し、その影響はかなりのものがあると考えられる。このためスギ林においても、今後施業状態とりわけ降水量の多い地方であって急傾斜地の壮齡林での間伐遅れ等と土砂流亡の発生、A層の厚さの経時的变化の調査を行う必要がある。

③ 土性

土性は母材の鉱物学的組成やその風化過程の影響を強く受けるとされている。本調査地は全て絹雲母片岩を主体とする結晶片岩よりなっている。出現した土性は微砂質埴壤土(SiCL)、埴土(L)、埴壤土(CL)であった。A1層或いはA層での土性の分布を図-7に示す。土性は竹下ら(1960)が行った斜面区分に沿った分布を示した。まず、微砂質埴壤土は谷型I区、谷型II区の東側半分と谷型III区、尾根型II区の下部和尾根型I区の大部分でみられた。調査地の東側半分がほぼ微砂質埴壤土であった。埴土は尾根型III区の大部分と谷型II区の崩積部分、埴壤土は谷型II区上部のやや残積があったところと、尾根型IV区のほとんどの部分に分布していた。土性が母材の影響を強く受けるというものの、このように斜面区分でその分布が特徴的であるということは、斜面の生成とその形態によってかなり影響を受けるものと思われる。前回の調査では微砂質埴壤土が多く分布していた谷型I区は上部からの土壌物質の供給が盛んであり、谷型III区は自身の頭部の急崖部からの開析された物質が期待できるとしている。尾根型I区はかなり谷型斜面としての性格を温存しており、尾根型II区も尾根型I区に比較して

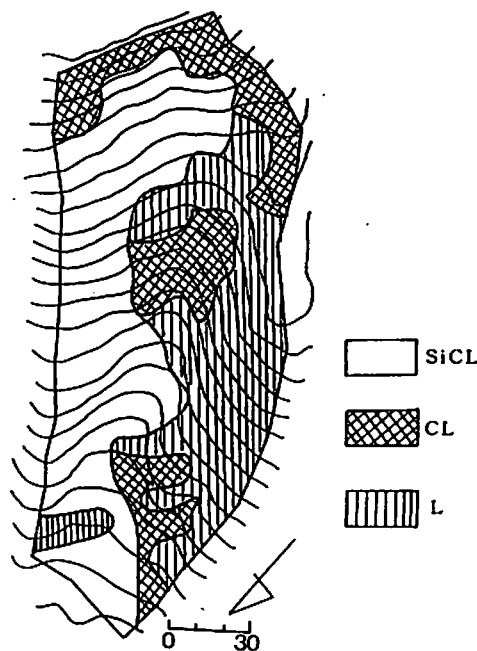


図-7 土性の分布

Fig-7 Distribution of soil characteristics of A horizon. Vertical strip means loam, cross strip means clay loam and other means silt loam.

凸的要素が現れているが、かなり谷型の性格を温存しているとしている。一方、壤土が出現した尾根型Ⅲ区は直線の斜面性格を持つが谷型としての性格も伺うことができるとしている。埴壤土が出現した谷型Ⅱ区は、崩積土としての性格が薄れた残積～備行土の部分であり、尾根型Ⅳ区はいわゆる尾根筋としての性格の強い残積土の分布地帯である。このように見ていくと、残積性の強い部分には粘土分を含んだ埴壤土、やや谷がかった備行土部分は壤土、そして、谷的性格を持ち備行～崩積土の強い部分には微砂質埴壤土が出現した。33年前の竹下らの調査でも、若干の土性の区分の違いはあるが尾根型Ⅳ区は埴壤土が出現し、谷型Ⅰ区や尾根Ⅰ、Ⅱは微砂質埴壤土あるいは微砂質壤土が出現し、尾根型Ⅲ区は壤土が記載されており、今回の調査とはほぼ似たような土性の分布を示していた。これらのことから、土性は調査者の個人的な指先の感覚に頼る分類であり、若干の差異はあるものの33年間といった時間の単位では皆伐、植栽といった一連の施業が1回行われても違いは無いものと思われる。特に粘土を含む埴壤土の分布は地形的、斜面的影響が強いものと思われた。

④ 土壌硬度

土壌の孔隙は森林の水土保全機能や生産力を表す有力な指標である。土壌硬度は土壌の孔隙を簡便に指標できる有効な手段である(竹下ら1977)。また、客観的に数値として表せ、土壌調査の際個人差がでたり熟練を要せず、かつ比較的容易に測定できることから将来の土壌の変化を押さえる上で有効と思われる。

山中式硬度計で測定した深さ5、50cmでの土壌硬度の出現頻度を図-8に示す。深さ5cmでは平均硬度指数は5.7mmで硬度指数10mm以下のものが90%近くを占め、土壌の硬度が非常に柔らかく孔隙に富んでいることを示していた。竹下ら(1977)によると土壌の硬度指数が6mm程度あると粗大孔隙率は16%以上あり、真下式

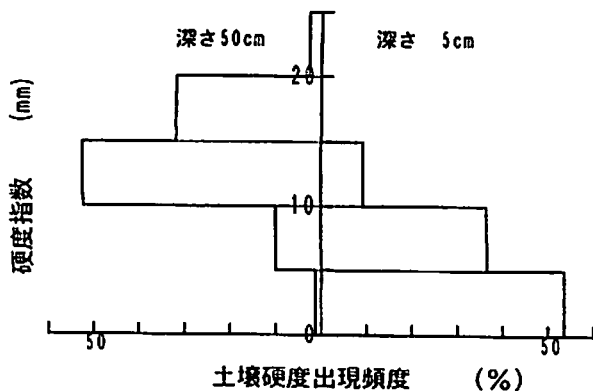


図-8 土壌硬度指数の出現頻度
Fig-8 Frequency (%) distribution of soil hardness index measured by Nakayama type.

で300cc/分以上の透水性があると推定された。深さ50cmでは平均土壌硬度指数が13.9mmで硬度指数10mm以上あるものが90%近くを占め、土壌深が深くなれば、土壌硬度も増え、透水性が悪くなっていた。

次に、5、50cmの深さでのそれぞれの土壌硬度指数の分布図を図-9、10に示す。5cmでは殆どが硬度指数10mm以下であったが、10mm以上の硬度指数は尾根

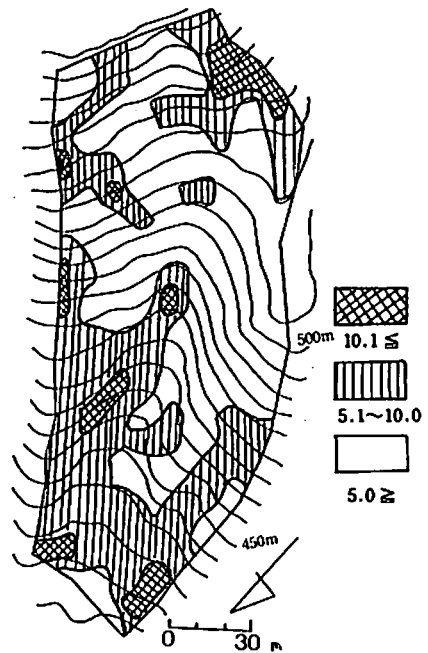


図-9 5cmの硬度指数の分布
Fig-9 Distribution of soil hardness index in 5cm depth.

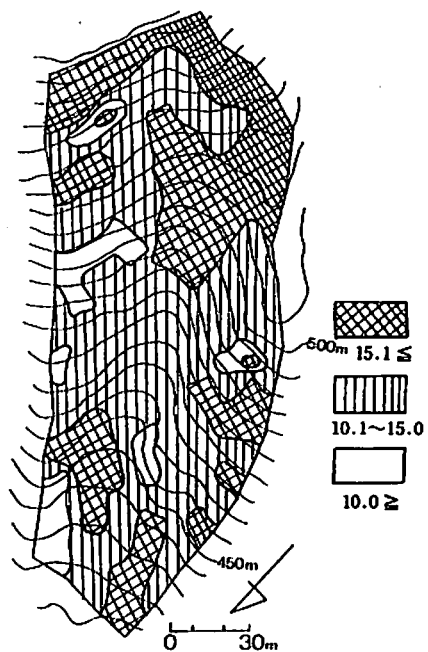


図-10 50cmの硬度指数の分布
Fig-10 Distribution of soil hardness index in 50cm depth.

型Ⅳ区と東の尾根に分布していた。また谷では谷型と尾根型の境界や、谷型Ⅰ区とⅡ型の境界である傾斜変換帯付近に若干分布がみられた。50cmでは硬度指数15mm以上が調査地で一番標高が高い谷型Ⅲ区の奥から尾根尾根型Ⅳ区の部分とそれに連なる谷型Ⅱ区の部分、それに尾根型Ⅲ区の緩傾斜部分に出現した。これはA層の厚さと類似した分布であるが、谷型Ⅰ区下方の崩積部分と思われるところでも、15mm以上の硬度指数が出現するので、必ずしもA層の厚さとの関連は明確ではない。

2. 土壌のpH

① pHの概要

土壌のpHを測定する場合、土壌養分分析法(1973)や河田ら(1979)によるとpHの測定は生土(または風乾土)を用いて行うことになっているが、前回竹下ら(1960)の測定では風乾土を用いている。そこで、今回はこれから将来どちらの測定法が取られるにしろ、いずれの方法で測定されたデータを提示して残すことにも意味があると考え、pH(H₂O)、pH(KCl)ともに生土、乾土の両方で測定した。5、50cmのそれぞれの深さでのpHの出現頻度を表-7、8に示す。5cmでは

pH(H₂O)は生土、乾土ともに半数程度がpH4.1~4.5の範囲に出現し、残りは4.6以上であった。

pH(KCl)はpH(H₂O)よりも低く、90%以上が4.5以下のpHを示した。50cmではpH(H₂O)は5cmの場合よりもpHが高く、4.6~5.0を示したものが82%以上であった。pH(KCl)は5cmの場合と同様にpHは低くなり4.1~4.5を示すものが80%以上となった。土壌のpHは5cmの方が50cmに比べて低い値をpH(H₂O)、pH(KCl)のいずれの場合にも示した。深さ5、50cmでのpH(H₂O)、pH(KCl)の生土と乾土の関係を図-11、12に示す。pH(H₂O)は、深さ5、50cmの土壌いずれにおいても風乾土の方が生土より低いpHを示す傾向がみられた。これは土壌を風乾したことによって、酸性生成物の影響を受け酸性に傾いたためとも考えられる(土壌養分測定法委員会(1973))。pH(KCl)は深さ5cmの土壌の場合には、生土と風乾土の値が同じグループと、風乾土の値が幾分低いグループがあった。深さ50cmの土壌の場合にはにおいても生土と風乾土の間には、風乾土が高くなるグループと低くなるグループがみられた。pH(KCl)の場合5、50cmのいずれの土壌でも2つのグ

表-7 表層から5cmの土壌のpHの出現数と頻度

Table-7 Frequency of soil pH at 5cm depth.

Range of pH	生土 (H ₂ O)		生土 (KCl)		風乾土 (H ₂ O)		風乾土 (KCl)	
	Fresh soil		Fresh soil		Air dried soil		Air dried soil	
	個数	頻度	個数	頻度	個数	頻度	個数	頻度
	Num.	Freq.	Num.	Freq.	Num.	Freq.	Num.	Freq.
3.6~4.0	0	0.0%	32	21.2%	1	0.7%	75	49.7%
4.1~4.5	70	46.4	110	72.8	84	55.6	68	45.0
4.6~5.0	47	31.1	5	3.3	48	31.8	6	4.0
5.1~5.5	27	17.9	4	2.6	14	9.3	2	1.3
5.6~6.0	6	4.0	0	0.0	4	2.6	0	0.0
6.1~6.5	1	0.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
合計 Total	151	100.0	151	100.0	151	100.0	151	100.0

表-8 表層から50cmの土壌のpHの出現数と頻度

Table-8 Frequency of soil pH at 50cm depth.

Range of pH	生土 (H ₂ O)		生土 (KCl)		風乾土 (H ₂ O)		風乾土 (KCl)	
	Fresh soil		Fresh soil		Air dried soil		Air dried soil	
	個数	頻度	個数	頻度	個数	頻度	個数	頻度
	Num.	Freq.	Num.	Freq.	Num.	Freq.	Num.	Freq.
3.6~4.0	0	0.0%	3	2.0%	0	0.0%	10	6.7%
4.1~4.5	13	8.7	138	92.0	16	10.7	129	86.0
4.6~5.0	124	82.7	7	4.7	120	80.0	9	6.0
5.1~5.5	7	4.7	2	1.3	9	6.0	2	1.3
5.6~6.0	4	2.7	0	0.0	4	2.7	0	0.0
6.1~6.5	2	1.3	0	0.0	1	0.7	0	0.0
合計 Total	150	100.0	150	100.0	150	100.0	150	100.0

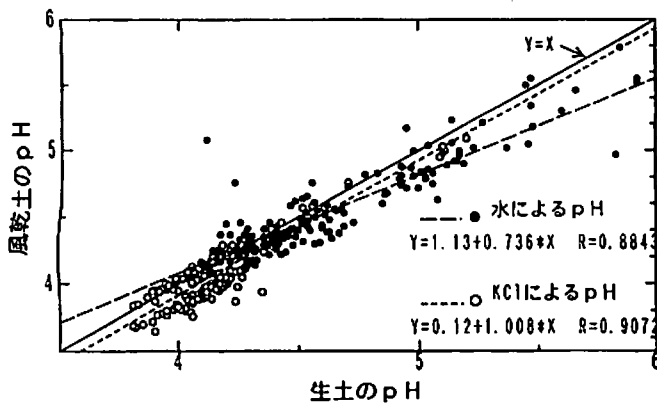


図-11 深さ5cmでの生土と風乾土のpHの関係

Fig-11 Relationships of pH values suspended in deionized water and in 1N KCl between fresh soil and air dried soil (5cm depth).
Dot represent pH values suspended in water and circle represent pH values in 1N KCl.

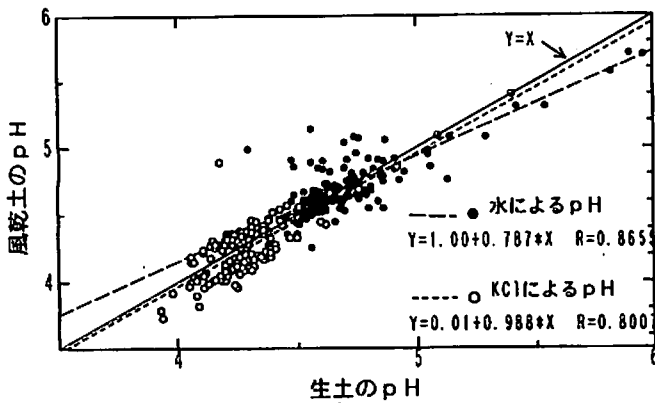


図-12 深さ50cmでの生土と風乾土のpHの関係

Fig-12 Relationships of pH values suspended in deionized water and in 1N KCl between fresh soil and air dried soil (50cm depth).
Dot represent pH values suspended in water and circle represent pH values in 1N KCl.

ループに分かれたが、この原因については不明である。pH (H₂O)、pH (KCl)において生土と風乾土の間には高い正の相関が見られ、相関係数は0.8以上であった。また、pH (H₂O)とpH (KCl)との間にも高い正の相関がみられた。

5、50cmの深さでの生土のpH (H₂O)の林内での分布を図-13、14にそれぞれ示す。5cmの土壌ではpH (H₂O)は4.5以下の分布が尾根部から斜面上部~中部にかけて広くみられた。pH (H₂O)が5.5以上の高い値は水の集積する下方の谷部に主に出現した。また、斜面上部であっても凹地形で幾分崩積がかった斜面でも比較的高い土壌のpH (H₂O)がみられた。調査した区域をみると、凹地形でpH (H₂O)は高く、凸地形で低くまた、斜面上部で低く下部で高い傾向がみられた。次に、深さ50cmの土壌の場合をみると、殆どの地形でpH (H₂O)は4.51~5.00の値が出現し、出現頻度も80%を占めた。pH (H₂O)4.5以下の値の出現するとこ

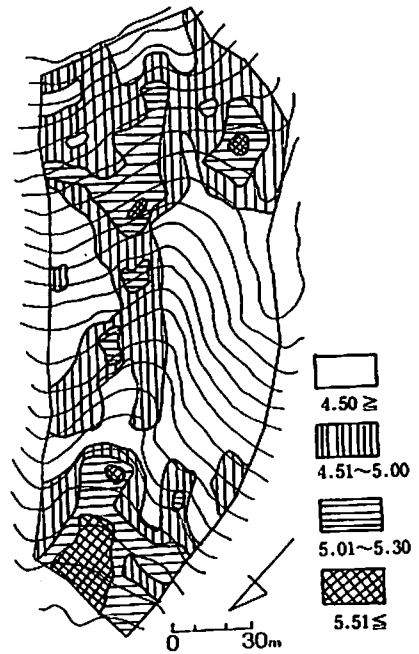


図-13 生土のpH (5cm)

Fig-13 Distribution of pH of air dried soil suspended in deionized water at 5cm depth.

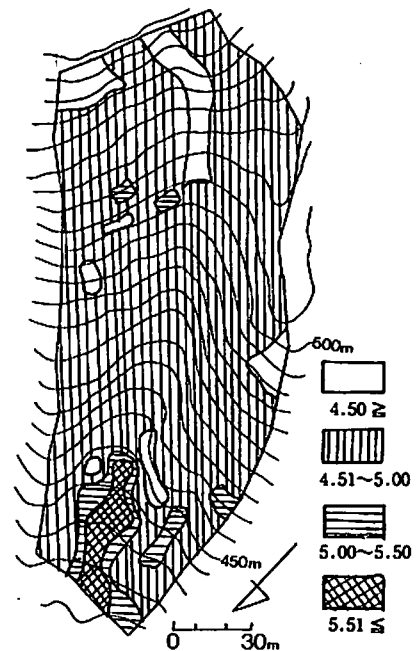


図-14 生土のpH (50cm)

Fig-14 Distribution of pH of air dried soil suspended in deionized water at 50cm depth.

ろは少数であった。そして、5cmの場合と同様にpH (H₂O)が5.5以上の値が出現するところはやはり、斜面下方の谷部に出現した。また、5cmに比べ、地形的な要因による影響が少ないようであった。5cmの土壌でのpH (H₂O)の分布傾向は風乾土でも同様であったが、50cmの土壌では風乾土の方がpH (H₂O)が4.50以下の出現する部分が広がった。

次に、佐々ら (1990) によって樹幹流の pH が樹種によって異なり、このことによって松浦ら (1990、1992)、平井ら (1990) や森貞ら (1990) によって樹幹直下の pH が低いことや、樹幹からの距離によって pH の勾配がみられることが明らかになってきた。そこで、今回の調査地点がスギの樹幹流の影響を受けているかをみるために、土壌の採取地点に最も影響を与えていると思われるスギの根元までの距離を測定した。土壌の pH に影響がみられるのは根元から 100cm 以内と思われるので、採取地点が根元から 100cm 以内のものについて根元からの距離と pH との関係性を求めた (図-15)。この図からは、全体的にみると根元からの距離が 40cm 以内の採取地点では pH が低いように見受けられるが、測定点数が少なく、各地形区分毎にみると各区のバラツキも多く、採取地点とスギの根元までの距離との間に今回の測定では一定の傾向はみられなかった。

② pH と地形

一般的に土壌の pH は標高、傾斜、微地形等様々な地形要因に左右されるものと思われる。地形的にみると尾根部や斜面上部では有機物の分解不良により腐植酸が生成されることと、中間流等の水の移動に従って塩基が流亡することから土壌の pH は低く、斜面の中腹～下部、沢沿いとなるに従い、有機物の分解が活発になり腐植酸の生成も少なくなると同時に、上部から供給される塩基の集積もあって土壌の pH は高くなるとされている (河田 1989)。辻田ら (1988) がモミ、ツガ林で行った調査でも斜面上部から下部にかけて pH は高くなっていく傾向がみられた。また、前回の竹下ら (1960) の調査でも斜面下部で pH が高くなる結果を得ている。そこで今回の調査でも生土の 5、50cm それぞれの場合の採取地点の

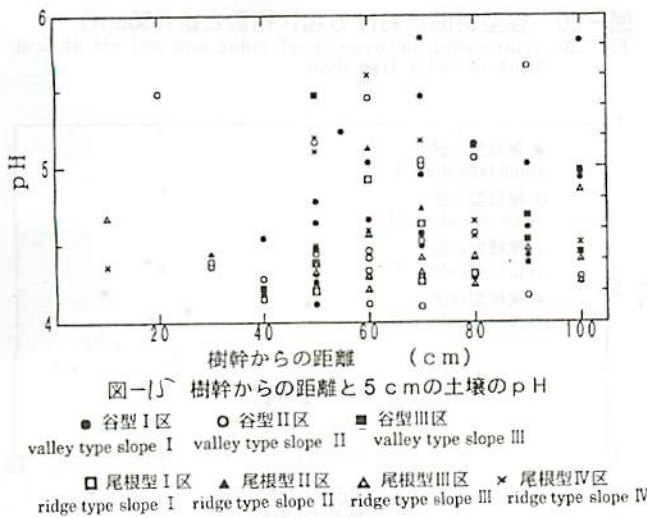


図-15 樹幹からの距離と 5 cm の土壌の pH
 Fig-15 Relationship between pH values and distances of sampling point from stem beneath 100cm.

標高と pH (H₂O) の関係を竹下ら (1960) の地形区分で分けて見た。図-16、17、18、19 に 5、50cm の谷型、尾根型別の標高と生土の pH (H₂O) の関係性を示す。全般的に谷型の斜面では 5、50cm とともに標高が低い方が pH は高くなっていく傾向がみられたが、尾根型の斜面では特徴的な傾向はみられなかった。

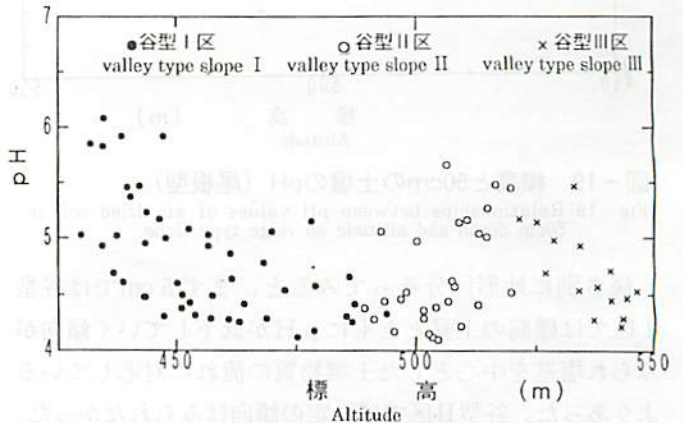


図-16 標高と 5 cm の土壌の pH (谷型斜面)
 Fig-16 Relationships between pH values of air dried soil at 5cm depth and altitude on valley type slope.

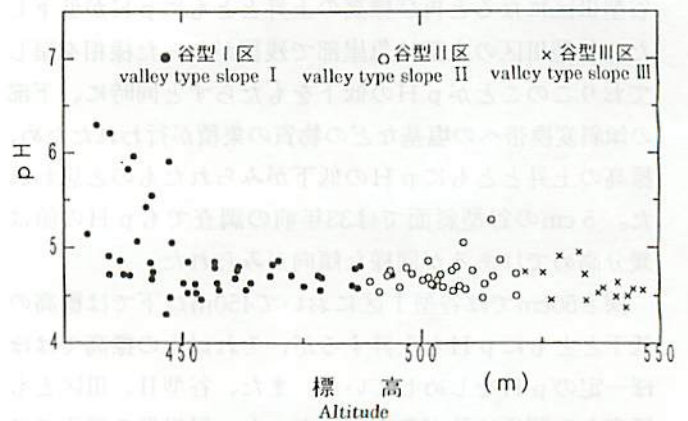


図-17 標高と 50cm の土壌 pH (谷型斜面)
 Fig-17 Relationships between pH values of air dried soil at 50cm depth and altitude on valley type slope.

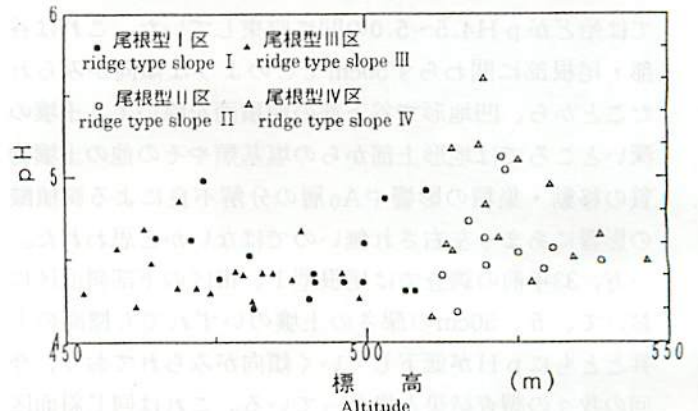


図-18 標高と 5 cm の土壌 pH (尾根型)
 Fig-18 Relationships between pH values of air dried soil at 5cm depth and altitude on ridge type slope.

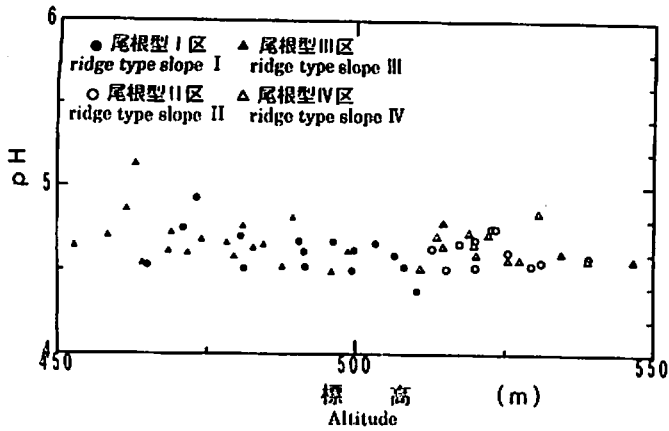


図-19 標高と50cmの土壌のpH (尾根型)
Fig-19 Relationships between pH values of air dried soil in 50cm depth and altitude on ridge type slope.

深さ別に地形区分そってみると、まず5cmでは谷型I区では標高の上昇とともにpHが低下していく傾向がみられ塩基を中心とした土壌物質の流れに対応しているようであった。谷型II区では一定の傾向はみられなかった。これは谷型II区が開析が古く従順化作用と小崩壊によって谷型斜面としての性格が幾分崩れかかり、このことによりpHが一定の傾向を示さなかったものと思われた。谷型III区になると再び標高の上昇とともにpHが低下した。谷型III区の上部は急崖部で残積があった様相を呈しておりこのことがpHの低下をもたらすと同時に、下部の傾斜変換帯への塩基などの物質の集積が行われたため、標高の上昇とともにpHの低下がみられたものと思われた。5cmの谷型斜面では33年前の調査でもpHの値は幾分高めではあるが同様な傾向がみられた。

深さ50cmでは谷型I区において450m以下では標高の低下とともにpHも上昇するが、それ以上の標高ではほぼ一定のpHをしめしていた。また、谷型II、III区とも標高との関係は殆どみられなかった。尾根型の斜面では5cmではpHの幅が幾分広くバラツキが認められるが特別な傾向はみられない。また、50cmの土壌にいたっては殆どがpH4.5~5.0の間に収束していた。これは谷部・尾根部に関わらず50cmでこのような傾向がみられたことから、凹地形で谷下部の崩積面を除いて、土壌の深いところでは地形上部からの塩基類やその他の土壌物質の移動・集積の影響やA₀層の分解不良による腐植酸の影響にあまり左右され無いのではないかと思われた。一方、33年前の調査では尾根型I、III区の下部斜面区において、5、50cmの深さの土壌のいずれでも標高の上昇とともにpHが低下していく傾向がみられており、今回の我々の調査結果と異なっている。これは同じ斜面区で標高の高い地点では前回の測定のパHの値とあまり変わらないが、標高の低い部分で今回測定した土壌のpH

が低かったためである。

続いて、今回測定したpHと微地形についてみる。普通、調査地の微地形は凹・凸・直等で表現される例が多い。しかし、これは定性的なもので凹地形といってもどの程度のくぼみか判然としない。小林ら(1984)は微地形を定量的に扱う方法として起伏指数を使用している。それは10mの方形区で8方位の1方位を斜面上部の尾根方向に設定し、各方位の測定点の標高と中心点の標高の高度差の和を求めて表示する方法である。今回我々は各調査地点をほぼ10mメッシュで区切って調査しかつ標高も計測している。この10mメッシュは調査地全体を便宜的に区切ったものであるので、かならずしも斜面上部の尾根方向に8方位のうちの1方位がくるとは限らないが、最大のずれがあったとしても22.5度であるので、差し支えないものと判断した。そこで、小林らの方法に準じて20mの方形区の起伏指数を使用してpHと微地形の関係をみることにした。1地点につき8方位の標高データが必要であるので、外周部分については使用できないのでデータ数は96点となった。5cmの深さの土壌のpHと起伏指数の関係を谷型斜面、尾根型斜面に分けて図20、21に示す。

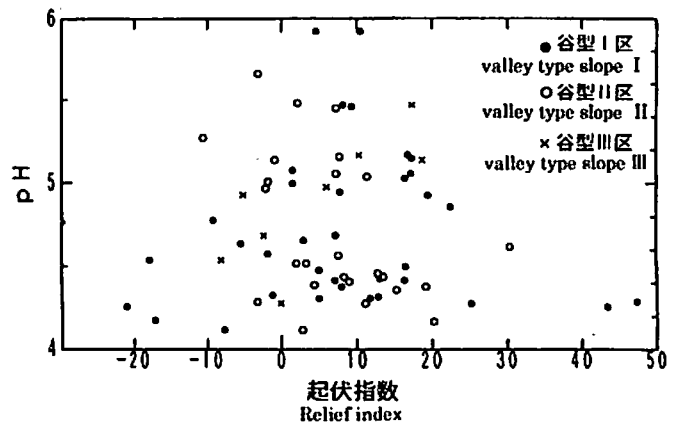


図-20 谷型斜面における起伏指数とpH(50cm)
Fig-20 Relationship between relief index and soil pH at 5cm depth in valley type slope.

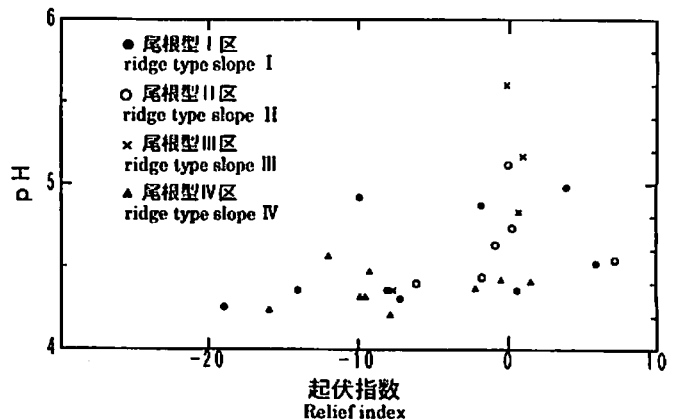


図-21 尾根型斜面における起伏指数とpH (5cm)
Fig-21 Relationship between relief index and soil pH at 5cm depth in ridge type slope.

谷型斜面についてみると起伏指数は-20付近の凸地形と判断されるものから+50の凹地形の起伏指数を示していた。これは谷型斜面といえども全体を見れば谷型であっても局所的にはいくつかの小さな起伏のある段があり、これは微地形的には凸地形或いは平衡と判断されるためである。土壌のpHは起伏指数が0、すなわち平衡斜面に近いところで4~6とバラツキを示していた。起伏指数の絶対値が大きくなればpHは低くなる傾向を示していた。起伏指数が0付近でpHにバラツキがみられ高い値が出現するのは、谷型I区の斜面下部或いは谷型II区とIII区の境界にある傾斜変換帯付近の傾斜の緩い地点が起伏指数が小さいと計算されたためで、これらの地点は塩基類や土壌物質が集積しやすいものと考えられる。起伏指数が大きい地点すなわち凹地形の要素が強いと判定した地点でpHが低い値を示しているが、この地点は傾斜が40度以上ある急斜面の下部で谷底面に近い地点(H-5、I-5、J-5)と、尾根型IV区の鈍頂の尾根の傾斜変換帯直下の凹部であり、いずれも塩類等が集積する地点ではないためと思われる。次に尾根型の斜面では起伏指数は10以下の平衡或いは凸地形と判断される微地形のみが出現した。一の値が大きく凸地形の要素が強い尾根筋の地点では土壌のpHは低く、起伏指数が0付近の平衡斜面になると高くなる傾向がどの尾根型斜面の区でもみられた。これは一般的にいわれているように凸型が強い尾根筋では塩基類の流亡や水分条件が悪くことによるA₀層の分解不良等によりpHが低くなったためと思われる。これらのことから起伏指数は尾根での地形とpHの関係については適合性はよいと思われるが、

谷型の斜面ではバラツキが大きくあまり適合性が良くなかった。このバラツキの一つの原因は起伏指数を10mの方形区でなく、調査地点の10mメッシュにあわせて20mの方形区としたため、地形単位が広くなり、十分に調査地点の微地形を表現できなかったことも考えられる。

3. 窒素・炭素

深さ5、50cmの窒素・炭素含有率とC/N率の各斜面区毎の平均値を表-9に示す。窒素、炭素は調査の際、礫が多く土壌試料を十分に採取できない地点があり、5cmで4地点50cmで6地点の分析ができなかったので分析点数はそれぞれ147点と145点である。全体の炭素、窒素の平均はそれぞれ5cmで5.37%、0.423%、50cmで1.65%、0.146%であった。C/N率の全体の平均は5cmで12.72、50cmで10.87であった。一般的な森林土壌の炭素・窒素含有率はA層で炭素4~15%、窒素0.3~1.0%、B層では炭素1~6%、窒素0.1~0.5%、C/N率はA層で12~30とされている(河田1979、1989、森林土壌研究会1982)。また、山谷(1988)らが東北地方のスギ林で行った調査では、炭素、窒素含有率の各土壌階級別の平均値はA層ではそれぞれ6.1~23.7%、0.4~1.28%、B層では炭素1.7~3.5%、窒素0.14~0.27%の平均含有率であった。これらの値からすると、今回測定した窒素・炭素含有率は低い方に属するようであった。地形区分でみると、最も高い窒素・炭素平均含有率を示したのは、5、50cmいずれの場合も尾根型III区であったが、地形区分間での違いはあまり明確な傾向が無かった。そこで、5cmの窒素、炭素、C/N率の分布を図-22、23、24に示す。炭素は尾根型の平衡斜面や、尾根型・谷

表-9 1991年の地形区分毎の平均の炭素、窒素の含有率と、C/N率
Table-9 Average concentration of carbon and nitrogen ,and C/N ratio at 5,50cm depth in 1991.

深さ depth	5cm			50cm		
	炭素 Carbon	窒素 Nitrogen	C/N率 C/N ratio	炭素 Carbon	窒素 Nitrogen	C/N率 C/N ratio
谷型I区 Valley type slope I	5.07 %	0.431 %	12.40	1.77 %	0.167 %	10.36
谷型II区 Valley type slope II	4.70	0.366	12.67	1.48	0.125	10.89
谷型III区 Valley type slope III	6.06	0.465	12.85	1.70	0.153	10.95
尾根型I区 Ridge type slope I	4.69	0.379	12.05	1.75	0.149	10.35
尾根型II区 Ridge type slope II	4.80	0.380	12.54	1.31	0.112	12.00
尾根型III区 Ridge type slope III	7.38	0.353	13.59	2.21	0.182	11.93
尾根型IV区 Ridge type slope IV	5.60	0.406	13.54	0.95	0.092	10.67
平均 Average	5.37	0.423	12.72	1.65	0.146	10.87

型の凸があった付近で含有率が高く、谷の底部或いは凹があった地点で低かった。窒素の場合も炭素と同じように尾根型の平衡斜面或いは凸型の斜面で含有率が高く、谷型斜面では一般的に低い傾向がみられた。特に、尾根型でも西側にある尾根型Ⅲ、Ⅳ区が東側の尾根型Ⅰ、Ⅱ区よりも高い値を示していた。C/N率は尾根型の凸があった地点で高く、尾根型・谷型の平衡斜面となるにつれて低くなり、尾根型・谷型の凹地形で最も低くなっていく傾向がみられた。次に50cmの炭素、窒素、C/N

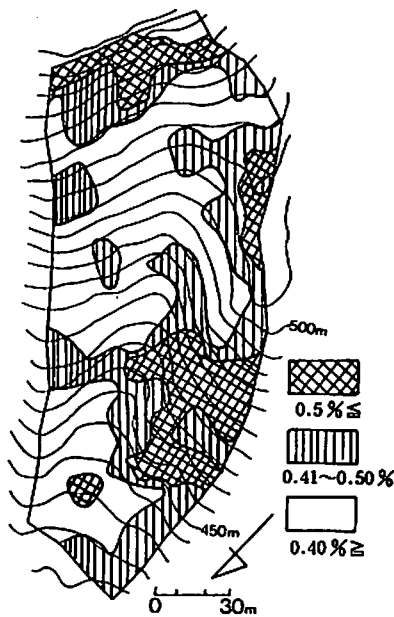


図-22 窒素の含有率の分布図 (5 cm)
Fig-22 Distribution of nitrogen content at 5cm depth soil.

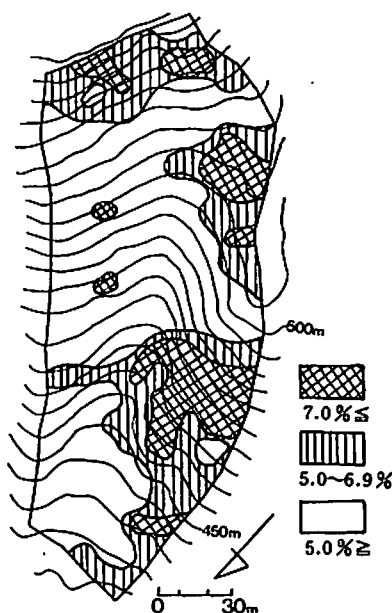


図-23 炭素の含有率の分布図 (5 cm)
Fig-23 Distribution of carbon content at 5cm depth soil.

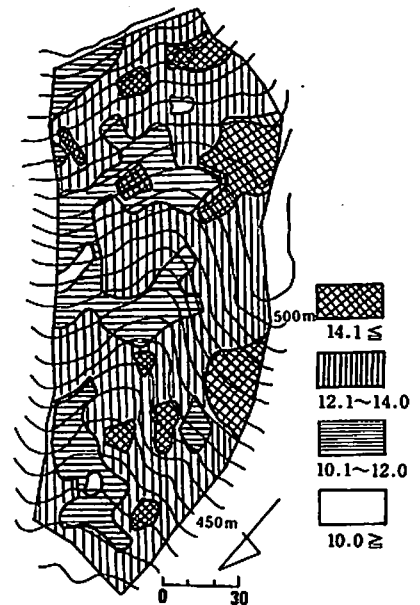


図-24 C/N率の分布 (5 cm)
Fig-24 Distribution of carbon/nitrogen ratio at 5cm depth soil.

率の分布を図-25、26、27に示す。窒素、炭素の含有率は5 cmの場合とは逆に尾根型の凸があった部分で低く、谷型の凹地形で高い傾向がみられた。C/N率は5 cmの場合ほどではないが、尾根の凸或いは平衡斜面で高く、谷の平衡斜面或いは凹地形で低い傾向を示した。この5、50cmにおける炭素の含有率の分布は含有率の違いはあるが33年前に行われた調査と同じような分布形態を示していた。

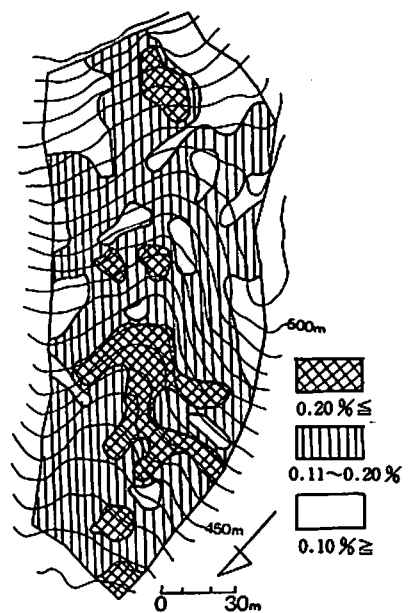


図-25 窒素の含有率の分布図 (50cm)
Fig-25 Distribution of nitrogen content at 50cm depth soil.

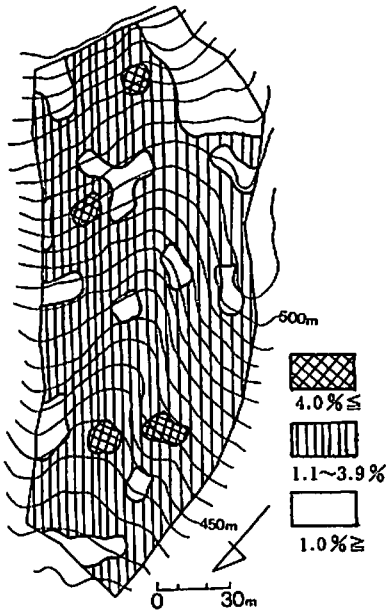


図-26 炭素の含有率の分布図 (50cm)
Fig-26 Distribution of carbon content at 50cm depth soil.

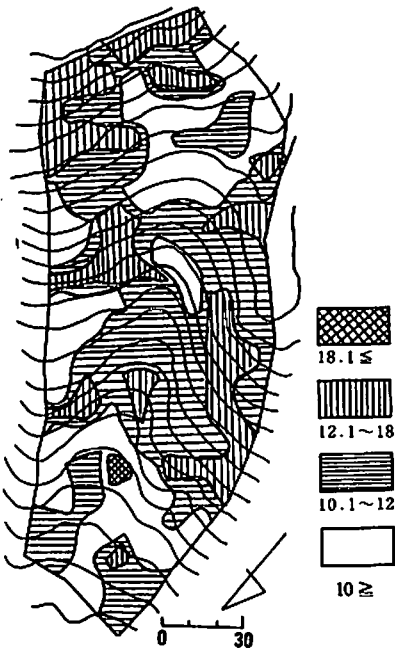


図-27 C/N率の分布 (50cm)
Fig-27 Distribution of carbon/nitrogen ratio at 50cm depth

これらの傾向をさらに微地形的にみるために地形指数と炭素・窒素含有率、C/N率との関係を検討した。図-28、29に起伏指数と谷型及び尾根型斜面における5cmでの窒素含有率との関係を、図-30に起伏指数と谷型斜面でのC/N率との関係を示す。いずれの斜面でも起伏指数が凸から平衡、凹と変化しても、窒素含有率の変化はバラツキが大きく特別な傾向はみられない。また、C/N率の場合も若干起伏指数が平衡から凹に移行するに従って高くなるように見えるがはっきりしない。これは炭素でも同様で、また、深さが50cmの場合でも同様

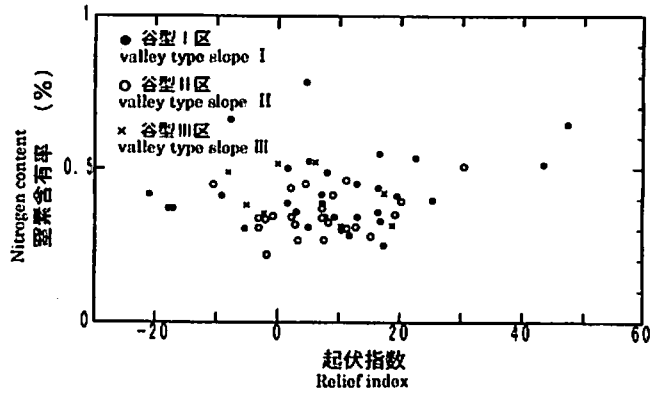


図-28 谷型斜面での起伏指数と窒素含有率の関係(5cm)
Fig-28 Relationships between relief index and nitrogen content at 5cm depth soil on valley type slope.

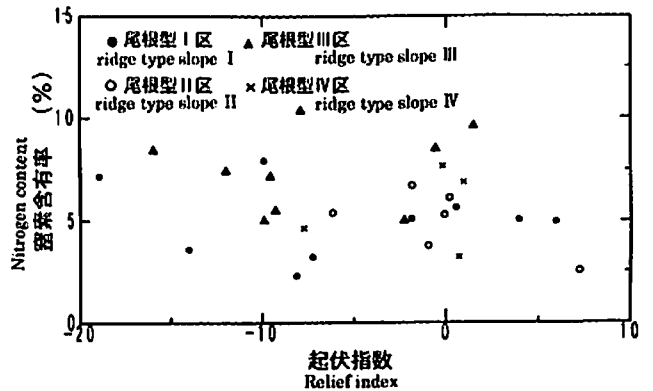


図-29 尾根型斜面での起伏指数と窒素含有率の関係(5cm)
Fig-29 Relationships between relief index and nitrogen content at 5cm depth soil on ridge type slope.

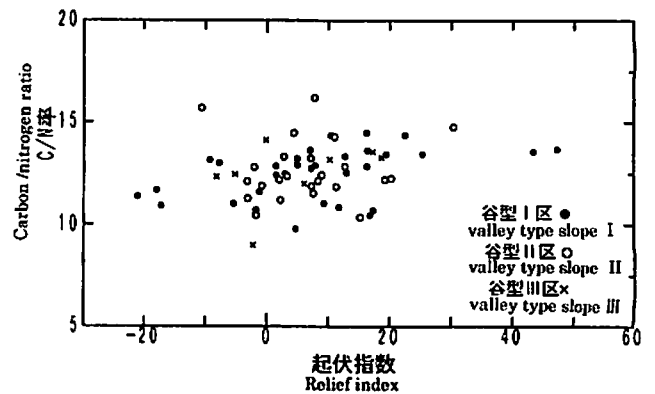


図-30 谷型斜面での起伏指数とC/N比との関係(5cm)
Fig-30 Relationships between relief index and carbon/nitrogen ratio at 5cm depth soil on valley type slope.

であった。

もうひとつの地形要因である標高との関係を5cmの土壌についてみると、C/N率は谷型、尾根型いずれも10~15の範囲におさまり標高との関係はみられなかった。窒素、炭素の含有率について谷型と尾根型斜面に分けて図-31、32、33、34に示す。斜面型全体を通して、谷型・尾根型の各斜面型とも標高との関係はみられなかった。そこで地形区分に沿ってみると、谷型斜面では炭素・窒素

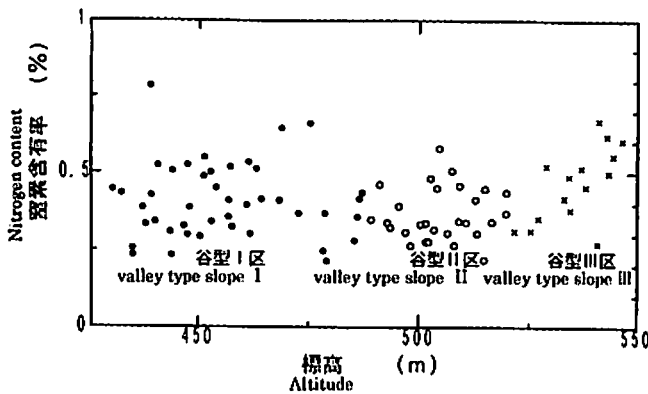


図-31 5 cmでの標高と窒素含有率の関係(谷型斜面)
Fig-31 Relationships between altitude and nitrogen content at 5cm depth on valley type slope.

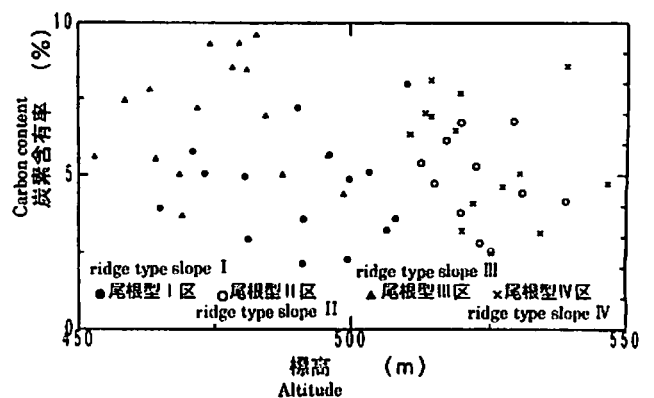


図-34 5 cmでの標高と炭素含有率(尾根型斜面)
Fig-34 Relationships between altitude and carbon content at 5cm depth on ridge type slope.

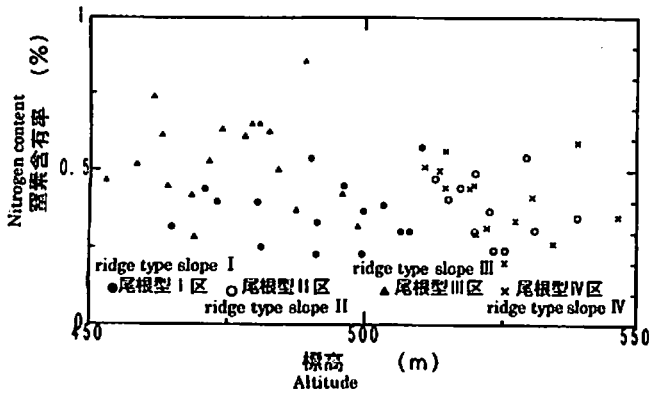


図-32 5 cmでの標高と窒素含有率の関係(尾根型斜面)
Fig-32 Relationships between altitude and nitrogen content at 5cm depth on ridge type slope.

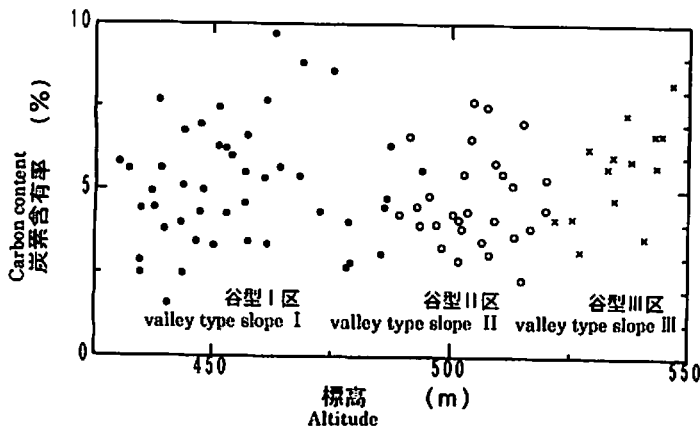


図-33 5 cmの土壌における標高と炭素含有率の関係(谷型斜面)
Fig-33 Relationships between altitude and carbon content at 5cm depth on valley type slope.

素ともに谷型斜面の下部中部に当たる谷型 I、II 区では標高との関係はみられないが、谷型斜面の上部にある谷型 III 区になると標高が高くなるとともに炭素・窒素の含有率が高くなる傾向を示した。これとは逆に、尾根型斜面では炭素、窒素ともに斜面の上部にある尾根型 II、IV

区では標高が低くなるにつれ炭素、窒素の含有率が高くなる。そして、尾根型 I、IV 区の上端、すなわち尾根型 II、IV 区との境の傾斜変換帯下部になると炭素、窒素の含有率が一端低くなる。その後、尾根型 I、III 区でもバラツキはあるものの、標高の低下とともに炭素、窒素の含有率は高くなっていった。

次に、50cmの土壌についてみると谷型斜面では、斜面全体を通して標高と炭素・窒素の含有率との間に関係はみられなかった。谷型斜面の C/N 率について地形区分毎にみると谷型斜面の谷型 II、III 区では標高との関係はみられないが、谷型 I 区の下部では標高の低下とともに C/N 率が低くなっていく傾向がみられた(図-35)。尾根型斜面では C/N 率を除いて標高との関係がみられた。窒素の場合は 5 cm の場合ほどではないが尾根型 II、IV 区上部、すなわち尾根型 I、III 区との境の傾斜変換帯下部で含有率が低下するが、斜面全体を通して標高が低くなるにつれて含有率が高くなっていった(図-36)。炭素の場合も窒素と同じような傾向を示したが、尾根型 I、III 区ではバラツキが大きく窒素ほど傾斜下部で含有率が高くなる傾向がみられなかった(図-37)。

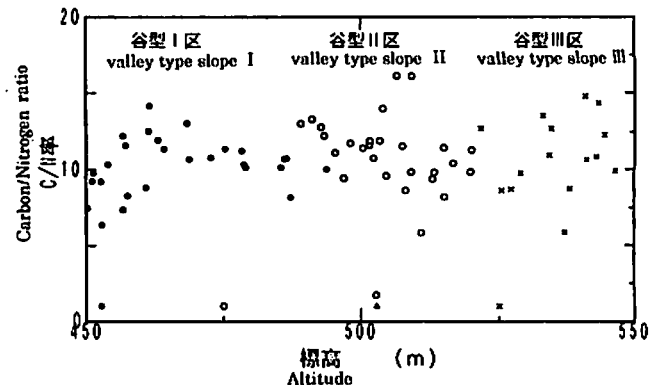


図-35 50cmでの標高とC/N率の関係(谷型斜面)
Fig-35 Relationships between altitude and carbon content at 50cm depth on ridge type slope.

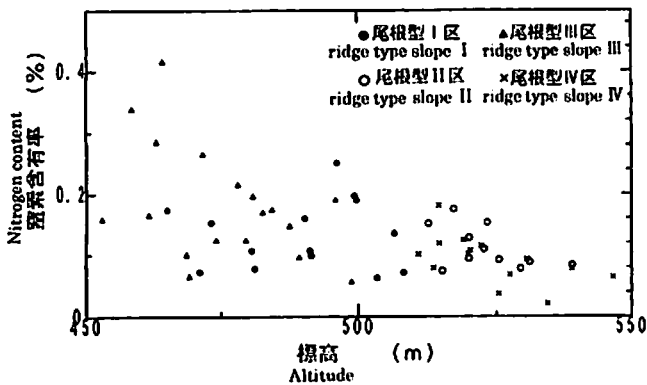


図-36 50cmでの標高と窒素含有率の関係(尾根型斜面)
Fig-36 Relationships between altitude and nitrogen content at 50cm depth on ridge type slope.

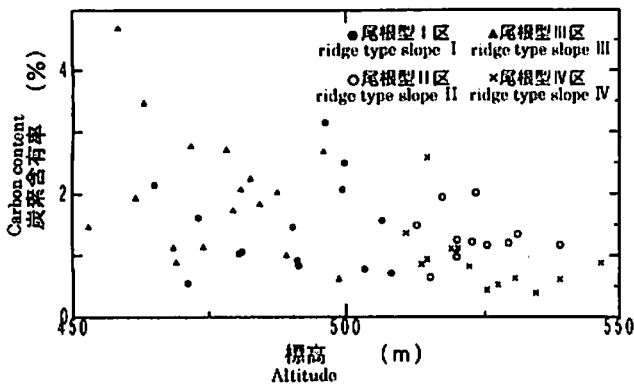


図-37 50cmでの標高と炭素含有率の関係(尾根型斜面)
Fig-37 Relationships between altitude and carbon content at 50cm depth on ridge type slope.

一般的に土壌の炭素、窒素の含有率は地上部と斜面上部からの有機物の供給と分解のバランスによって支配されており、標高の高い部分よりも低い部分が、また斜面上部より下部の方が含有率は高くなると思われる。そして、地形的に尾根部よりも谷部で、また微地形的に見て凸地形よりも凹地形の方が含有率が高くなるものと思われる。今回の調査では炭素・窒素の含有率が谷部で低く、尾根部で高かったように樹木の生長と必ずしも一致しない分布を示した。また、辻田ら(1986)がモミ・ツガ林の尾根型斜面で行った調査では、炭素・窒素の含有率が斜面上部で高く斜面下部で低いという結果を得て、これは植生が下部で少なく腐食の集積が乏しく、粘土が少なかったためとしている。我々の調査でも5cmの炭素・窒素の分布をみると、西側の尾根部で比較的高い含有率の分布がみられ、この調査林分で粘土の多い土性である埴壤土の分布域に(図-7)主に出現する。しかし、今回の調査での5cmの土壌では斜面の位置でみると、尾根型の斜面ではそれぞれの地形区分内での斜面上部で炭素・窒素の含有率が低く、斜面下部で高かった。谷型の斜面では最上部に当たる谷型III区の斜面上部で高く、斜

面下部で含有率が低下していた。これは谷型斜面では斜面上部からや両側の尾根よりの流れ込みによる攪乱のため、土壌の表層の有機物が斜面の方向に必ずしも沿った分布をしないためではないかと考えられる。尾根型斜面では横からの有機物の移動は無く、傾斜が緩やかになる傾斜変換帯上部に斜面の上部方向からの有機物が集積し、傾斜変換帯下部の急傾斜部分からは下部へと順次移動し、集積するものと思われる。50cmの土壌では斜面の上下方向よりも土層の縦方向すなわち上部からの浸透の影響が強く、地表面の形態の影響が薄れ傾斜変換帯での変化が5cmの土壌よりも小さく現れたものと思われる。特に炭素の含有率でバラツキが多いのは、表層に集積した有機物によるところが大きく、これらの有機物の移動は地形だけでなく、地表の草本或いは木本の下層植生の有無や量に左右されるためであると思われる。窒素の場合はこれらの有機物だけでなく溶液としての移動も考えられ、炭素の場合よりも地形に沿った動きを示すのではないかと考えられる。しかし、今回の調査でも竹下ら(1960)が33年前に考察したように炭素、窒素の含有率について局所的に地形と関連付けてある程度は説明できても、調査地全体の炭素・窒素の含有率の分布について今回取り上げた標高、起伏指数の地形要因で説明することは難しかった。これは、炭素・窒素の含有率が20m×20mで表現できる微地形や100m程度の標高差によって規制されるだけでなく、光環境などの林内の樹木の生育状況の不均一性によって上木からの供給量が異なることや、もっとも細かな地形たとえば1~2m以内の地形の凹凸や下層植生の出現や量によって有機物の移動と集積が影響されるためではないかと考えられる。

炭素の含有率について33年前に行った分析値と今回の分析値及び減少率を表-10に示す。全体的に1958年と比べて5cmで約1/2、50cmで約1/4に炭素の含有率は減少していた。A層の厚さの減少と併せて考えると土壌中の炭素の現存量がかなり減少したことになる。東北地方のヒバ林ではあるが山谷(1965)が行った調査では、皆伐前A層で約13%あった炭素が皆伐後減少し5年後では約1/2の約7%の含有率となっている。本調査地での33年前の炭素の含有率もA層である5cmで約10%前後であった炭素の含有率が約1/2の約5%に減少していた。しかし、堤(1963、1964)によると植栽後は有機物の分解よりも、落葉落枝として土壌への有機物の供給があり、土壌中の有機物は徐々に増加し、林分閉鎖にもなって土壌への有機物の供給量は最大に達するとしている。このことから皆伐後一旦は有機物の供給が減り、炭素の含有率が減少しても、林分の成長とともに炭素の

表-10 各地形区分毎の1958年と1991年の炭素含有率の減少
Table-10 Carbon concentration in 1958, 1991 and reduction ratio.

地形区分 Slope type	5cm			50cm		
	1958	1991	減少率 Reduction rate	1958	1991	減少率 Reduction rate
谷型Ⅰ区 Valley type slope Ⅰ	9.09 %	5.07 %	55.8 %	6.97 %	1.77 %	74.6 %
谷型Ⅱ区 Valley type slope Ⅱ	8.76	4.70	53.7	5.94	1.42	75.1
谷型Ⅲ区 Valley type slope Ⅲ	11.99	6.06	50.5	5.63	1.70	69.8
尾根型Ⅰ区 Ridge type slope Ⅰ	11.91	4.69	39.4	8.78	1.75	80.3
尾根型Ⅱ区 Ridge type slope Ⅱ	10.04	4.80	47.8	5.77	1.31	77.3
尾根型Ⅲ区 Ridge type slope Ⅲ	10.68	7.38	69.1	8.57	2.21	74.2
尾根型Ⅳ区 Ridge type slope Ⅳ	10.32	5.60	54.3	5.84	0.95	83.7
平均 Average	10.35	5.37	51.9	6.69	1.65	75.3

含有率も回復すると思われる。しかし、前回調査時から33年間経過したこの調査林分では、前回の1/2～1/4の炭素の含有率であった。この含有率が低かったことについて、A層の厚さの項でも述べたように、原因の一つとして表面流を伴った表土や、炭素の供給源であるF層の流亡とによることが考えられるが、どの程度の流亡によって炭素含有率の減少をもたらすのか不明であり、はっきりした原因はわからなかった。

4. 樹幹からの距離と土壤溶液の化学成分

森林に降った雨は林内雨、樹幹流として森林土壌へと到達する。これらのうち樹幹流のpHや成分が樹種によってそれぞれ特徴的な値を示すことが明らかになってきた(佐々ら1990、諫本ら1994)。その中でスギ林においては樹幹流のpHが低く、スギの樹幹直下の土壌のpHが樹間のpHよりも低いことも明らかになってきた(平井ら1990、松浦ら1990、1992)。そこで、一般の人工造林されたスギ林でもこのような傾向がみられるのかを検討した。

① 根元からの距離とpH

各測定木の根元からの距離と斜面の上下左右4方向の算術平均から求めたpH(H₂O)(以下pH)の関係を図-38に示す。根元の平均pHが最も低かったのはNo.5で最も高かったのはNo.7であった。いずれの測定木でも根元付近が最もpHが低く、ついで10cmが低く、根元から20、50、100cmでは余り違いはみられなかった。根元で最も低いpHが出現したNo.5と、最も高いpHの出現したNo.7での根元からの距離とpHの関係を図-39、40に示す。斜面の上下左右のいずれの方向でも根元付近でpHは低く、20cm離れるとほぼ一定のpHを示した。この傾向は全ての測定木に共通してみられた。また、No.7を除いた全ての測定木の根元では、pH4

以下の値が斜面の上下左右いずれか一つ或いは複数の方向で出現した。No.7を除いた8本の測定木の根元4方向の32点中17点がpH4以下であった。また、No.7のように周囲の土壌のpHが高い場合、根元の土壌のpHは他の測定木の根元の土壌のpHよりも高いが、やはりNo.7の周囲の土壌のpHに比べて根元の土壌のpHは低かった。このように、周囲の土壌のpHの高低に関わらず根元の土壌のpHは周囲の土壌に比べて相対的に低くなる傾向がみられた。これはやはりスギの樹幹流の影響が現れたもので、樹幹流は根元の土壌のpHを低下させると考えられた。しかし、その低下の程度はNo.7でみられたように地形的な影響を反映した周囲の土壌のpHと比較してであって、あくまでも相対的なものと思われる。また根元の斜面方向では斜面下方と左側が斜面の上方向や右側よりもpHは低かったが(表-11)、10cm離れると左右側よりも上下方向がpHは低かった。この原因については分からない。

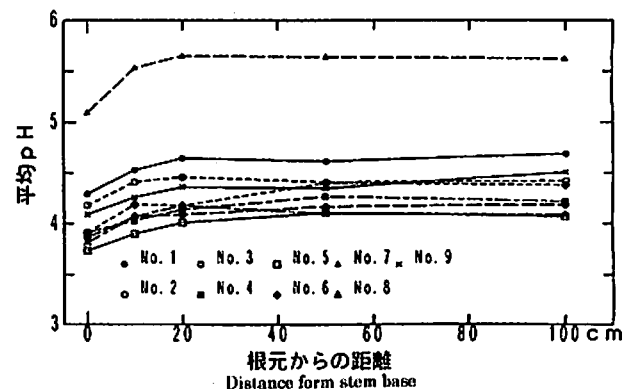


図-38 根元からの距離と平均pH

Fig-38 Relationships between distance from stem base and average pH value.

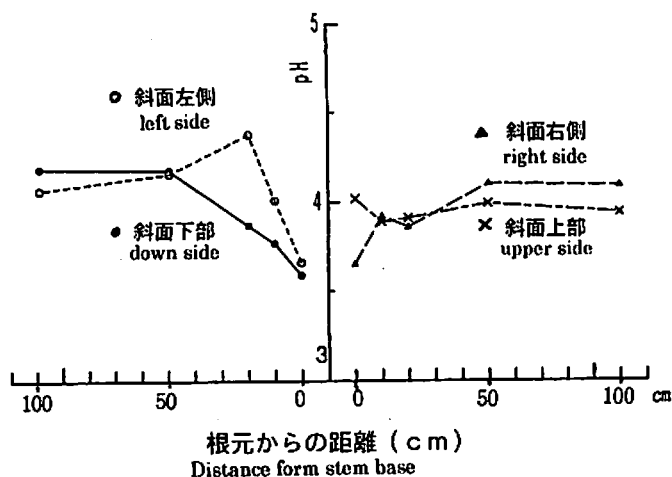


図-39 No. 5での樹幹からの距離とpH
Fig-39 Change of pH value toward stem base in sample tree No.5.

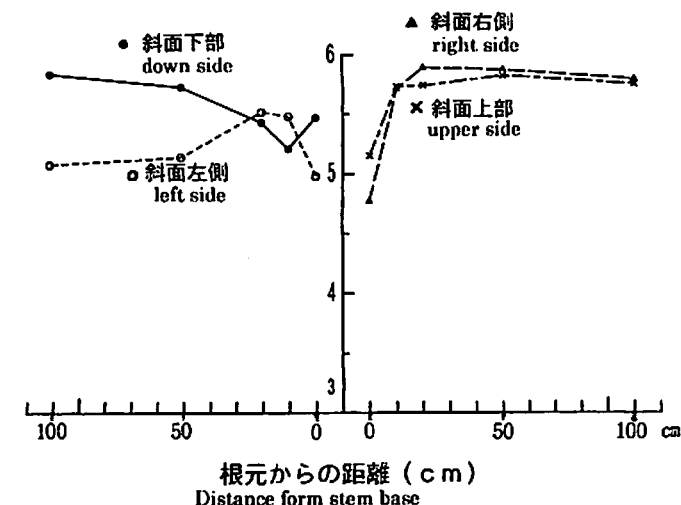


図-40 No. 7での樹幹からの距離とpH
Fig-40 Change of pH value toward stem base in sample tree No.7.

表-11 根元からの距離と採取位置と土壌のpHの平均値(算術平均)
Table-11 Arithmetic means of soil pH sampled from four sides and in different distances from the stem.

採取位置 Direction	根元からの距離 Distance from the stem base				
	0 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
上方 Upper	4.18	4.19	4.41	4.42	4.47
右側 Right side	4.03	4.35	4.42	4.53	4.45
左側 Left side	4.16	4.40	4.50	4.46	4.42
下方 Lower	4.01	4.21	4.31	4.39	4.52
全体 Total	4.10	4.23	4.41	4.45	4.46

平井ら(1990)がスギ林で測定した表層土の樹幹直下部のpHは4.40であり、今回測定した根元の土壌のpHはこれよりもかなり低い値を示したものが多かった。一方、松浦ら(1990)が関東のスギの衰退地と非衰退地で調査した事例では、非衰退地で根元のpH(H₂O)が4.0以下は観測されていないが、衰退地では3.6~3.7のpH(H₂O)が根元周囲で測定されている。今回我々が測定した最も低い根元でのpH(H₂O)はNo. 5の下部で3.59でありこの値に近い。また、根元のpHの平均値を見てもpH 4以下の値が調査木9本中5本でみられた。しかし、今回調査した林分は33年生で胸高直径が30cm以下であるが、高橋ら(1986)の報告にみられる様な、樹木の先端の梢の枯れや、葉量の減少といった衰退はみられなかった。この調査林分及び個体について、間伐をしなかったことによると思われる枯死以外の衰退現象はみられなかった。このことから、33年生の壮齡林のスギ林においても樹幹流によると思われる樹幹直下の土壌のpHの低下が認められ、この土壌のpHが4以下であることによって石塚ら(1988、1990、1991)が実験したようにアルミニウムによる緩衝作用が行われている可能性もあると思われる、これらのアルミニウム等の溶出による衰退の危険性はある。しかし、樹幹の周囲の土壌のpHが低いといっても、この調査地での測定では根元から10cm程度までであり、また測定木No. 7でみられたように、地形的に周囲の土壌のpHが高いところでは、根元の土壌のpHは周囲の土壌のpHよりも相対的に低い、他の測定木の根元の土壌のpHよりも高かった。このように根元の土壌のpHが低いことがスギ林全体に影響を及ぼすものではなく、スギ林でのpHの分布は地形的な影響の方が大きいと思われる。樹幹流の影響によってスギの根元のpHの低下がスギ林の衰退に直接繋がるのではなく、林分全体に影響する様々な複合的な要因によって衰退するのではないかと考えられた。しかし、酸性雨や土壌の緩衝能についてまだ不明の点が多く、また、樹木の慢性害の進行は高橋(1991)がいうように、遅々としたものであり、気づいたときには手遅れになることが多いので、今後も注意深く見守る必要がある。

② 土壌溶液のイオン濃度

土壌溶液の硝酸、亜硝酸、塩素、硫酸の各イオンをアニオンとし、K、Ca、Mg、Naをカチオンとして、根元からの距離と各成分の全測定木の当量濃度の平均値を表-12に、各調査木毎の根元からの距離と4方向の値を平均したアニオンとカチオンの濃度及びカチオン/アニオン比を図-41、42、43に示す。カチオンについてみると、全体の当量濃度の平均値はいずれの成分も根元か

表-12 根元からの距離と土壤溶液中のカチオン、アニオンの当量濃度
Table-12 Ion concentration in soil solution of different distance.

根元からの距離 Distance from stem	K	Ca	Mg	Na	全カチオン Total cation	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	全アニオン Total anion
0 cm	0.0222	0.0901	0.0330	0.0709	0.2162	0.0723	0.0011	0.3692	0.0356	0.4782
10 cm	0.0205	0.1004	0.0308	0.0675	0.2193	0.0604	0.0013	0.3329	0.0288	0.4234
20 cm	0.0201	0.1065	0.0336	0.0690	0.2292	0.0546	0.0012	0.3534	0.0274	0.4366
50 cm	0.0195	0.0950	0.0282	0.0690	0.2118	0.0562	0.0012	0.3146	0.0267	0.3987
100 cm	0.0206	0.1009	0.0288	0.0740	0.2241	0.0704	0.0041	0.3344	0.0294	0.4383
全体 Total	0.0206	0.0986	0.0309	0.0701	0.2201	0.0628	0.0018	0.3409	0.0296	0.4350

らの距離によって変化がみられなかった。個々の測定木についてはNo. 1、7、8では根元では濃度が上昇しているが、No. 2、3、4では根元からの距離と関係なく変化がみられない。No. 5、6、9では根元に近づくと濃度は低下していった。このようにカチオンについては測定木間でバラツキがみられ、一定の傾向はみられなかった。アニオンの全体の当量濃度の平均値は硫酸イオンとアニオンの当量濃度が根元で高い値を示していたが、他の塩素、亜硝酸、硝酸の各イオンは根本でも違いはみられなかった。個々の測定木についてみると、No. 9を除いていずれも根元からの距離によって濃度勾配がみられ、根元が最も濃度が高くなった。また、アニオンについては根元からの距離による濃度勾配がみられる測定木とみられない測定木があり判然としないが、No. 6、9を除き、根元でのアニオンの濃度が高かった。カチオン/アニオン比は全体では、根元での比が約0.45、それ以外は0.5以上であり、根元で小さかった。個々の測定木についてみると、No. 2、8以外の測定木では、根元付近でカチオン/アニオン比が小さくなる傾向がみられた。カチオン/アニオン比はある程度根元からの距離による濃度勾配が認められ、根元付近に近づくとカチオン/アニオン比が低下する傾向がみられた。

松浦(1992)によると、遠心分離法で採取した土壤水の溶存物質は、若齢木では老齢大径木ほど根元への濃度勾配はみられなかったとしている。土壤溶液の抽出方法は異なるが、今回我々が測定したスギは31年生の壮齢林であり、樹幹からの物質の流れ込みによる蓄積がまだ進んでおらず、老齢木の場合ほど根元からの距離による濃度勾配がはっきりしなかったものと思われる。

次に、これらの土壤溶液とpHの関係についてみる。図-44、45、46に土壤のpHとアニオン濃度、カチオン濃度、カチオン/アニオン比のそれぞれの関係を示す。pH4.5付近からアニオン濃度は増大していく傾向がみられたが、カチオンは余り変化がみられなかった。また、

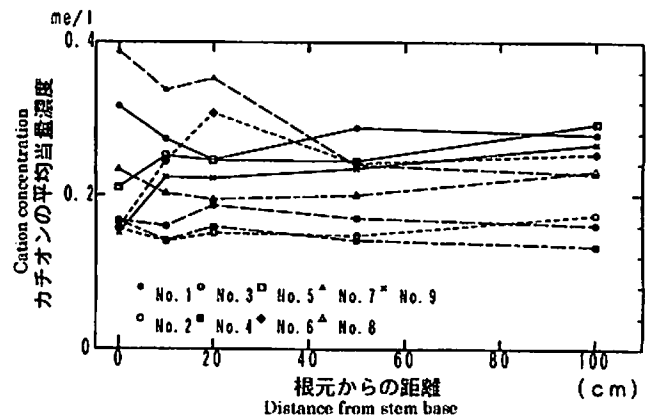


図-41 根元からの距離とカチオン平均当量濃度
Fig-41 Change of average cation concentration toward stem base.

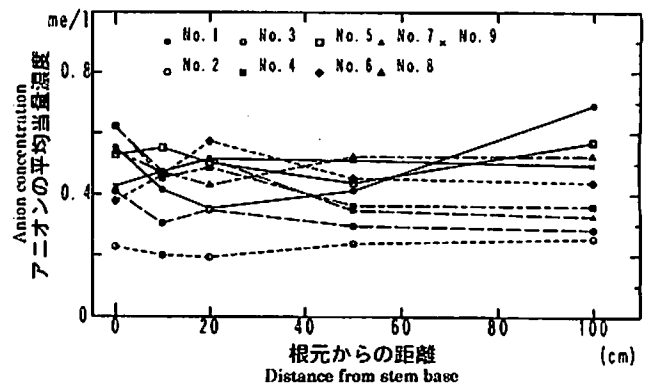


図-42 根元からの距離とアニオンの平均当量濃度
Fig-42 Change of average anion concentration toward stem base.

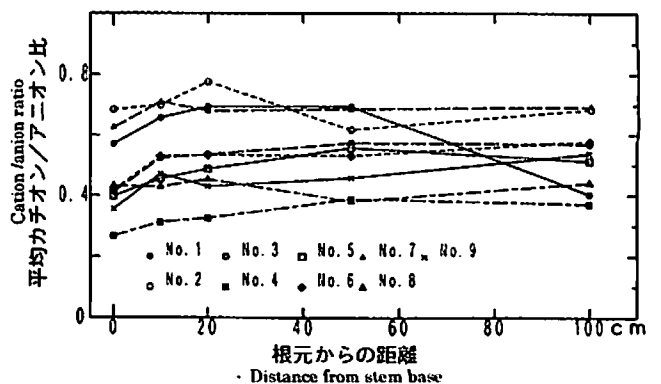


図-43 根元からの距離と平均アニオン/カチオン比
Fig-43 Change of average cation/anion ratio toward stem base.

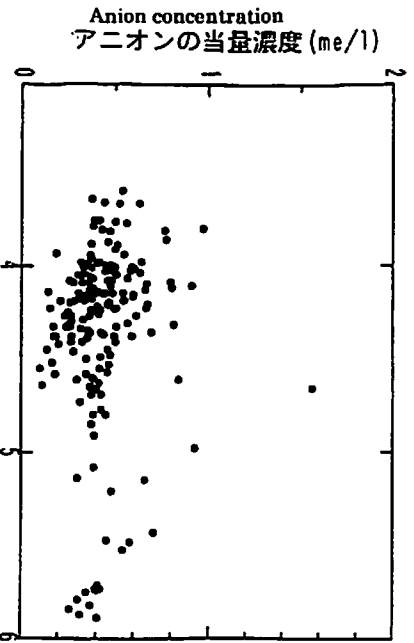


図-44 土壌のpHとアニオンの当量濃度
Fig-44 Relationships between pH value and anion concentration of soil solution.

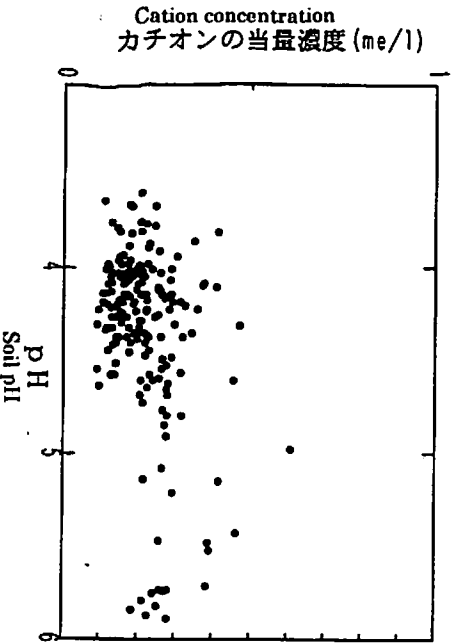


図-45 土壌のpHとカチオンの当量濃度
Fig-45 Relationships between pH value and cation concentration of soil solution.

土壌のpHとカチオン/アニオン比の関係を見ると、pH4.5以上ではカチオン/アニオン比は一定であるが、pH4.5付近からpHが低下するに従いカチオン/アニオン比が低下する傾向がみられた。これは先に述べたようにアニオンの増大によるものと思われた。このことか

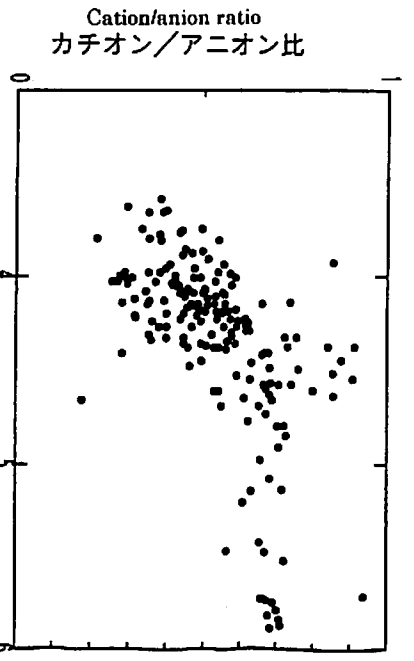


図-46 土壌のpHとカチオン/アニオン比
Fig-46 Relationships between pH value and cation/anion ratio of soil solution.

ら根元付近でpHが低く、アニオン濃度が高いことによりカチオン/アニオン比が低いのは、樹幹流の影響を受けていることが推察された。しかし、樹幹流の影響を受けている範囲は根元付近の狭い範囲だけであり、この調査林分全体に影響を及ぼすものではないと思われた。

次に、これらのカチオン、アニオン、pHとの関係をみるために、各成分間及びpHの単相関行列を求めた(表-13)。カチオンと最も相関が高かったのはCaで、相関係数は0.939であり、次いで高かったのはMgの0.766であった。アニオンと相関が高かったのは硝酸イオンの0.944であった。アニオンと硫酸イオンの相関係数は0.244と低かった。pHと単相関が高かったのはCaイオンであった。しかし、その相関係数はpH(H₂O)と0.420、pH(KCl)と0.380と低く、pHとの関係は明確でなかった。また、NaイオンはカチオンでありpHを上げる方に作用すると思われるpHとは正の相関と考えられるが、今回の分析では相関係数は低いもののpH(H₂O)やpH(KCl)と負の相関となっていた。ア

表-13 各成分間の単相関行列

Table-13 Correlation coefficients among the soil solution ion.

K	1.000																																							
Ca	0.371	1.000																																						
Mg	0.357	0.648	1.000																																					
Na	-0.087	-0.252	-0.020	1.000																																				
Cl	-0.073	-0.201	-0.088	0.451	1.000																																			
NO ₂	0.008	0.083	0.016	-0.002	0.774	1.000																																		
NO ₃	0.326	0.668	0.649	-0.040	-0.002	0.247	1.000																																	
SO ₄	0.162	0.095	0.006	0.260	0.503	0.453	0.016	1.000																																
Cation	0.465	0.939	0.766	0.045	-0.073	0.074	-0.709	0.168	1.000																															
Anion	0.297	0.582	0.528	0.093	0.321	0.499	0.944	0.243	0.659	1.000																														
Cation/Anion	0.057	0.244	0.648	-0.252	-0.201	0.083	-0.688	0.055	0.233	-0.459	1.000																													
pH(H ₂ O)	0.225	0.420	0.168	-0.277	-0.195	0.053	-0.036	-0.178	0.336	-0.092	0.569	1.000																												
pH(KCl)	0.199	0.380	0.167	-0.398	-0.229	0.032	-0.008	-0.215	0.287	-0.077	0.408	0.759	1.000																											
	K	Ca	Mg	Na	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	Cation	Anion	Cation/Anion	pH(H ₂ O)	pH(KCl)																											

ニオンでは亜硝酸イオンを除いて、いずれも負の相関が見られた。アニオン、カチオン中のいずれの成分も pH との相関係数は低く、pH との関係は明確ではなかった。今回の測定ではどの成分が土壌の pH に影響を与えているかを明らかにすることはできなかった。

5. 33年前と今回の土壌 pH の比較

前に行われた調査では、pH の測定は風乾土に水を加えて行われた(竹下ら(1960))。そこで、33年前のデータと比較するに当たっては、今回の風乾土の pH (H₂O) のデータを用いて比較した。調査地全体の土壌 pH の変化をみると、1958年の5、50cmの深さでの風乾土の pH (H₂O) の算術平均は5.07と4.99であったものが、1991年の風乾土の pH (H₂O) ではそれぞれ4.57と4.72となっていた(以下風乾土の pH (H₂O) で比較)。また、水素イオン濃度に換算して求めた pH の平均は1958年は5、50cmそれぞれ5.54、5.41であったものが、1991年には4.89、4.76となっていた。33年間の間隔を置いて測定した pH は算術平均で5cmで約0.5、50cmで約0.3程度低下していた。5、50cmでの全体の pH の平均値の差の検定を行ったところ、5cmで $t = 8.7164$ 、50cmで $t = 4.7822$ となり1%の危険率でいずれも有意差がみられた。1958年に測定された pH と今回測定した pH の出現頻度を図-47、48に示す。5cmでは1958年に pH が4.51~5.00の範囲にあったものが43%で最大出現頻度を示し、pH 5.01~5.50の範囲のものが23.1%の出現頻度を示した。1991年の測定では最大出現頻度を示すのは4.01~4.50の範囲で、その頻度は55.6%となっており、次に多いのが4.51~5.00で31.1%である。この出現頻度割合からも、1958年に比べて1991年の pH は0.5下がって分布していることがわかった。50cmの土壌についてみると、1958年は pH が5.01以上のものが53.0%を占めていたが、1991年には pH 5.01以上を示したものは9.4%に減っている。そして、1958年に5.00以下のものは47.0%であったが、1991年には90.6%と約倍近い出現割合を示し、50cmの土壌においても pH の低下が伺われた。このように調査地全体のデータを比較すると、一見この調査地全体で pH の低下が起こっているかのように見える。しかし、土壌の pH は地形のところで述べたように地形の影響をかなり受け、地形区分で pH の低下に違いがある可能性がある。そこで、前回と今回のデータが比較でき、そして、細かく見れることと地形的に一つのまとまった単位であることから、地形区分毎に33年間の変化をみることにした。地形区分毎の1958年と1991年のそれぞれの pH の算術平均と標準偏差及び t 検定を行った結果を表-14、15に、それぞれの地形区分

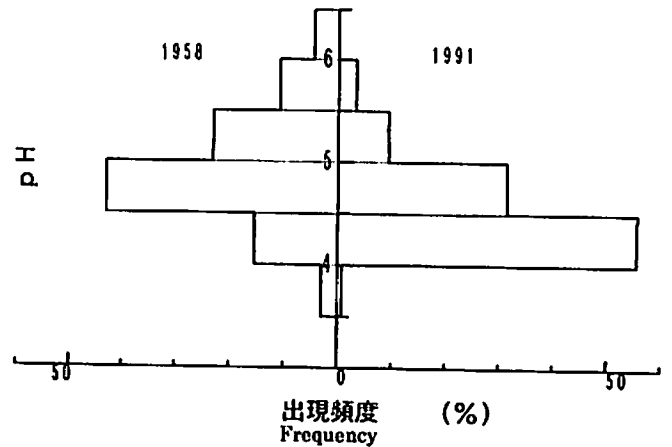


図-47 5cmでの土壌の pH の出現頻度
Fig-47 Comparison of frequency rate of soil pH at 5cm depth in 1958 with in 1991.

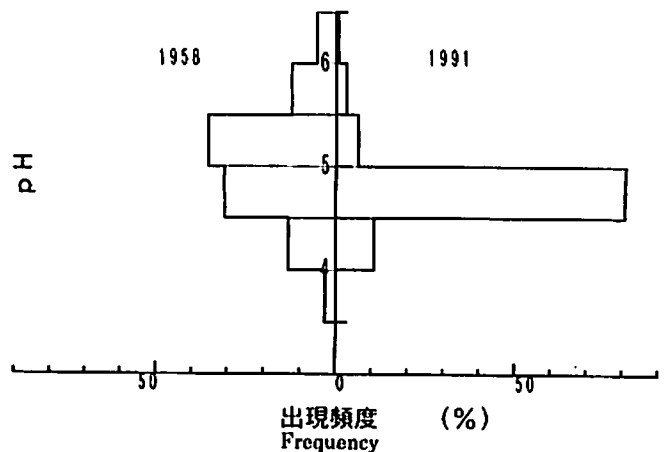


図-48 50cmでの土壌の pH の出現頻度
Fig-48 Comparison of frequency rate of soil pH at 50cm depth in 1958 with in 1991.

毎の pH の出現頻度を図-49に示す。また、各地形区分毎の平均の pH の1958年と1991年の関係を図-50に示す。これをみると、いずれも1958年当時 pH が高かった地形区分ほど低下が大きく、pH が低かった地形区分では余り低下がみられなかった。それぞれの地形区分で33年間で最も pH が低下したのは谷型 I 区で、減少した pH は算術平均で5cm、50cmそれぞれ0.73、0.47であり、t 検定の結果も1%の危険率で高度に有意となった。また、頻度分布の図からも pH が低い方へ移っているのが明らかであった。反対に最も平均値の減少が少なかったのは尾根型 IV 区で5cmで0.06、50cmにおいても0.01で殆ど変化はみらず、t 検定の結果も有意差がみられなかった。その他の地形区分では、5cmは0.5~0.4程度の減少であったが、t 検定の結果をみると尾根型 I 区では有意差

表-14 深さ5cmの土壌のpHのt検定

Table-14 Statistical tests on average soil pH at 5cm depth in each slope type.

地形区分 Slope type	測定年 Year	測定数 Number	平均pH Average pH	標準偏差 Standard division	F	t	d. f
谷型I区 Valley type slope I	1958	38	5.38	0.4833	1.4406	11.1953 **	84
	1991	48	4.65	0.4027			
谷型II区 Valley type slope II	1958	27	5.02	0.6440	2.7499 **	2.3170 *	42
	1991	29	4.63	0.3883			
谷型III区 Valley type slope III	1958	17	5.05	0.4461	1.6435	2.8230 **	30
	1991	15	4.64	0.3480			
尾根型I区 Ridge type slope I	1958	9	4.91	0.6724	10.3931 **	2.0690	9
	1991	16	4.44	0.2086			
尾根型II区 Ridge type slope II	1958	10	5.04	0.4716	4.2768	2.4597 *	13
	1991	11	4.52	0.2280			
尾根型III区 Ridge type slope III	1958	16	4.91	0.4314	4.9407 **	4.7068 **	20
	1991	18	4.36	0.1942			
尾根型IV区 Ridge type slope IV	1958	13	4.68	0.5333	2.7611	0.7710	25
	1991	14	4.62	0.3209			
全 体 Total	1958	130	5.08	0.5732	2.6179	8.7164	210
	1991	151	4.567	0.3543			

* : 5%で有意差あり ** : 1%で有意差あり
 * : significant at 5% ** : significant at 1%

表-15 深さ50cmの土壌のpHのt検定

Table-15 Statistical tests on average soil pH at 50cm depth in each slope type.

地形区分 Slope type	測定年 Year	測定数 Number	平均pH Average pH	標準偏差 Standard division	F	t	d. f
谷型I区 Valley type slope I	1958	38	5.34	0.6133	2.3918 **	4.0974 **	59
	1991	48	4.87	0.3809			
谷型II区 Valley type slope II	1958	27	4.85	0.4753	8.1166 **	1.3693	32
	1991	29	4.72	0.1667			
谷型III区 Valley type slope III	1958	17	4.85	0.4381	3.8191 **	1.6563	14
	1991	15	4.65	0.2241			
尾根型I区 Ridge type slope I	1958	9	4.94	0.2114	2.2581	4.6567 **	22
	1991	15	4.59	0.1407			
尾根型II区 Ridge type slope II	1958	10	4.66	0.42	18.1871 **	0.3108	10
	1991	11	4.60	0.097			
尾根型III区 Ridge type slope III	1958	16	4.98	0.7146	54.7098 **	1.8602	16
	1991	18	4.64	0.03			
尾根型IV区 Ridge type slope IV	1958	13	4.66	0.4271	6.0682	0.2985	13
	1991	14	4.62	0.3209			
全 体 Total	1958	130	4.99	0.5823	4.4965 **	4.7822 **	180
	1991	151	4.73	0.2746			

** : 1%で有意差あり
 ** : significant at 1%

がみられず、1%の危険率で有意差が認められたのは谷型III区、尾根型III区の2区であった。50cmでは谷型II、IIIではpHの平均値で0.2~0.3の低下がみられたが、有意差が認められなかった。尾根型の地形では尾根型I、III区で0.3程度の減少がみられたが、1%の危険率で有意差があったのは尾根型I区のみであった。尾根型II区は0.06とpHの低下は尾根型IV区と同様に殆どみられなかった。また、pHの比較で有意差がみられなかった5cm、50cmの各地形区分について、それぞれの測定したpHを水素イオン濃度に換算して平均値の差の検定を行ったが、全て有意差が認められなかった。このようにこの調査林分全体でpHの低下が起こっているのではなく、地形区分単位でpHの低下にそれぞれ違いがみら

れた。

前回と今回の調査は、方法のところで述べたように試坑点が同一点ではないので、一つの地形区分内のどこで低下が起こったのか厳密な検証ができない。しかし、それぞれの採取地点の標高データがあり、同一地形区分内であればこの標高を軸にしてその地形区分内のどの付近でpHの主な低下が起こったのか推定できると考え、危険率1%で有意差がみられた深さ5cmでの谷型I、III区、尾根型III区と50cmでの谷型I区、尾根型I区での1958年と1991年の標高とpHの関係を比較することにした(図-51、52、53、54、55)。5cmの尾根型III区では標高に関係なく全般的にpHの低下が起こっていた。その他の地形区分では、5cm、50cmのいずれの場合に

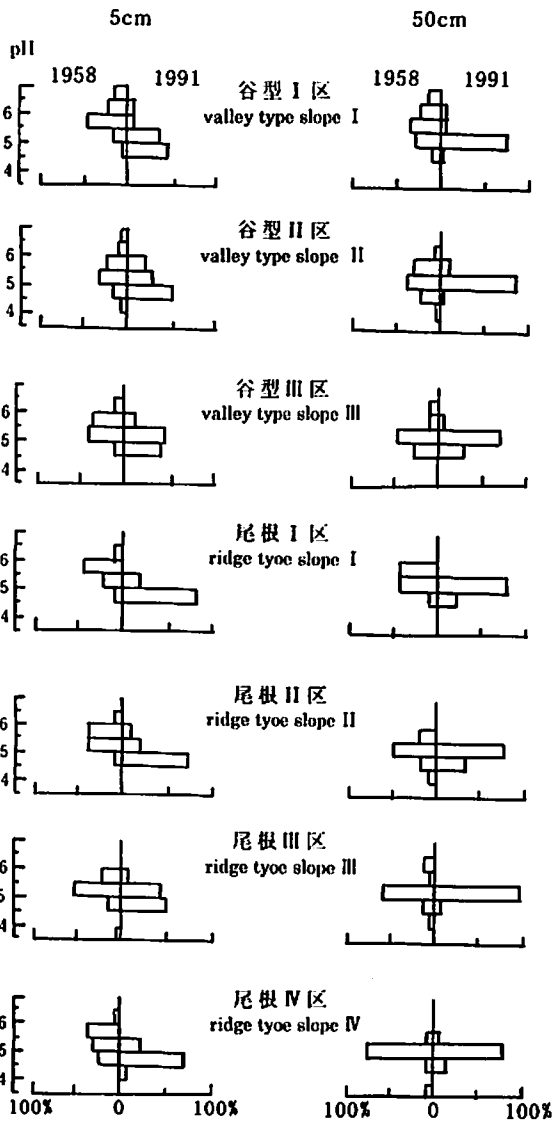


図-49 地形区毎のpHの出現頻度分布
 Fig-49 Comparison of frequency rate of soil pH at 5cm and 50cm depth of each geomorphological location in 1991 with in 1958.

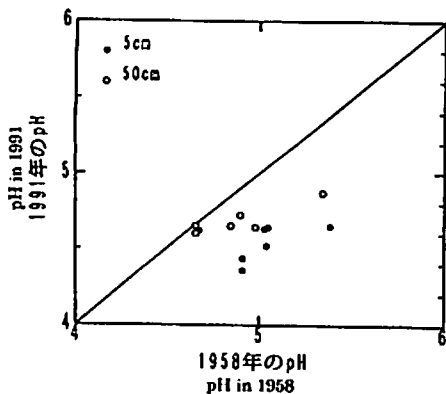


図-50 1958年と1991年のpHの変化
 Fig-50 Change of soil pH in 1991 against in 1958.

も、地形区分内の標高の高い地点では1958年と1991年のpHの差がみられなかったが、標高が低い部分に移行するに従って差が広がっており、1958年と比べて標高の低い部分で1991年のpHが低下していることが分かった。

今回のpHの低下について考察するに当たり、伐採後の土壌のpHの変化についてみると、小林(1991)が栃木県高原山のヒノキ・スギ林で伐採前と伐採後6ヶ月に調査した例では、A層のpHは伐採前と比較して0.1程度低下していた。また、塩崎ら(1984)が北海道で調査した事例では、伐採後9ヶ月経過した時点でA層のpHは上昇していた。伐採前のデータはないが吉田ら(1972)がスギ、ヒノキ林で伐採から11年間調査したスギ林の結果では、表層の土壌は伐採後3,5年はpHは変化がみられないが、11年目になるとやや酸性の傾向が強くなるとし、その低下した値は0.23であった。また、北海道のトドマツ林ではあるが真田ら(1977)が枝条放置区と枝条除去区に分けて調査した結果は、A層のpHは伐採前4.8であったものが伐採後3年は伐採前と比べて変わらないかあるいは上昇し、伐採後5年たつといずれの区も約5.3に上昇している。そして、同じ地点で真田ら(1985)が15年経過した時点で再調査したpHは枝条放置区、枝条除去区それぞれ4.8、5.0に低下し、伐採前の値に近づいていく。これらの事例からみると、伐採直後土壌のpHは低下していく例もあるが、その度合いは低く、殆どの場合上昇する傾向がみられ、伐採後3~5年間は上昇した値を維持し、その後10年をすぎると低下していき伐採前の値に戻る傾向が一般的のようである。このことから、今回の調査が伐採後31年という時間の経過があったことから見て、今回のpHの低下は伐採の影響は残っていないと考えて良い。

次に、Hallbäckら(1986)は、1927年に南部スウェーデンで調査された90断面のpHデータと、1982~1983年に同一地点で再調査したpHデータとを比較して、酸性化が進んでいることを明らかにした。その中で表層の土壌のpHの低下は樹種、林齢などの地表植生の影響によるが、下層のC層70cmの土壌のpHの低下は酸性雨の影響であろうとした調査がある。今回我々の行った調査時の林齢は31年であり、1958年に行われた時の林齢33年とはほぼ同じで、また、樹種もスギで同じである。1958年当時と異なるのは無間伐高密度林分であるということである。表層5cmでの土壌のpHの低下は、無間伐により林内が暗く腐植層の分解が不良ということも考えられ、Hallbäckら(1986)がいうように地上部の植生の影響があったことも考えられる。土壌の有機物の分解の程度を考える際、C/N率の一つの手段として考えられ、

褐色森林土の場合C/N率が12~14程度であれば腐植の分解は良好と考えられる(河田1989)。そこで、無間伐高密度による影響があるかをみるために5cm、50cmでのC/N率とpHの関係みると(図-56)、C/N率は主として14以下であり特に有機物の分解悪いことを示す結果は得られなかった。また、pHの変動に対してもC/N率は一定範囲内にばらついて分布し、一定の傾向

がみられなかった。このことから、今回のpHの低下は、地上部に森林という有機物の供給源があり、土壌のpHの低下に影響を与えているが、無間伐による土壌の有機物の分解不良からくる有機酸の生成による影響だけで、土壌のpHの低下が起こったのではないと考えられた。

次に、土壌層の深いところ(深さ約70cm)でのpHの低下を酸性雨の影響としたHallbäckenら(1986)の測

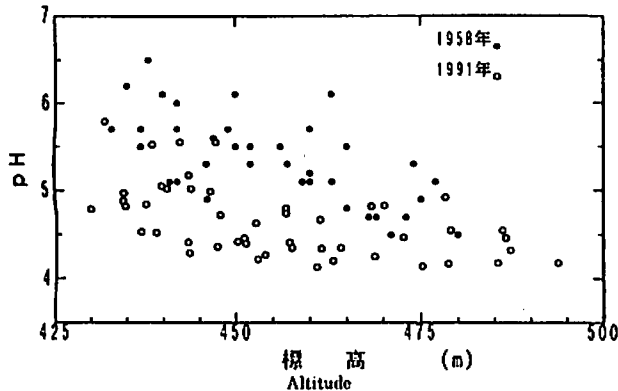


図-51 谷型I区での標高とpHの関係の比較(5cm)
Fig-51 Decrease of soil pH at 5cm depth related to altitude compared in 1991 with in 1958. (in valley type slope I)

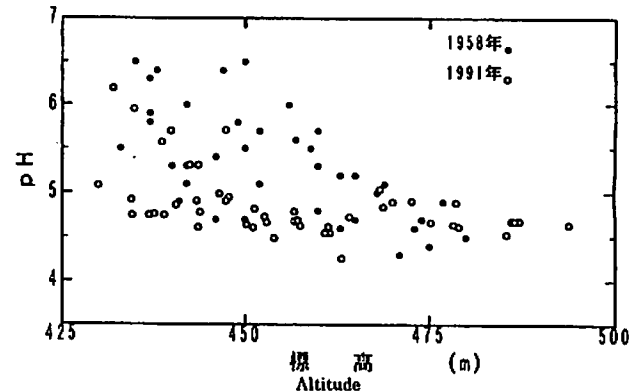


図-54 谷型I区での標高とpHの関係の比較(50cm)
Fig-54 Decrease of soil pH at 50cm depth related to altitude compared in 1991 with in 1958. (in ridge type slope III)

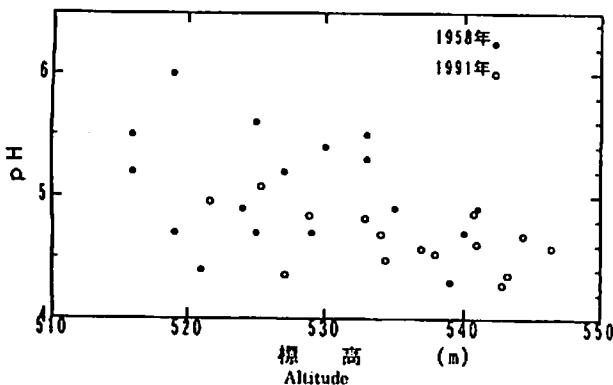


図-52 谷型III区での標高とpHの関係の比較(5cm)
Fig-52 Decrease of soil pH at 5cm depth related to altitude compared in 1991 with in 1958. (in valley type slope III)

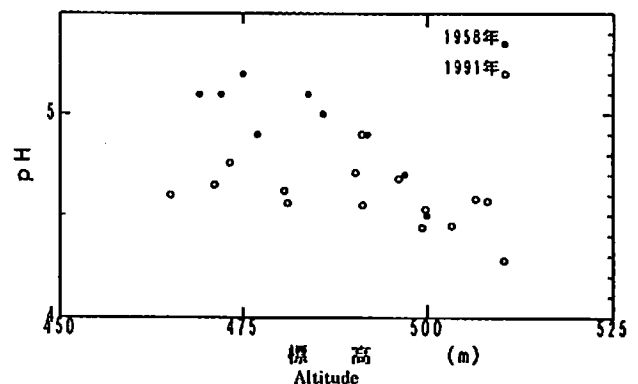


図-55 尾根型I区での標高とpHの関係の比較(50cm)
Fig-55 Decrease of soil pH at 50cm depth related to altitude compared in 1991 with in 1958. (in valley type slope I)

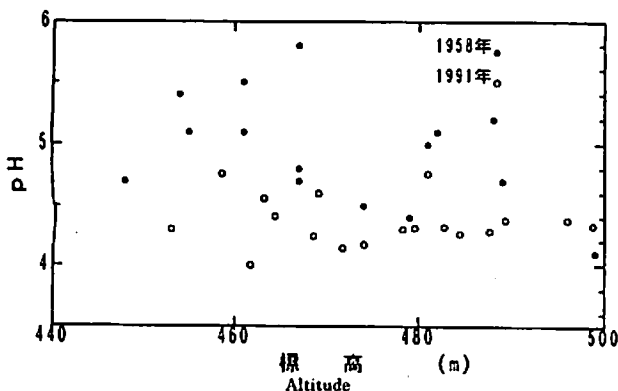


図-53 尾根型III区での標高とpHの関係の比較(5cm)
Fig-53 Decrease of soil pH at 5cm depth related to altitude compared in 1991 with in 1958. (in valley type slope III)

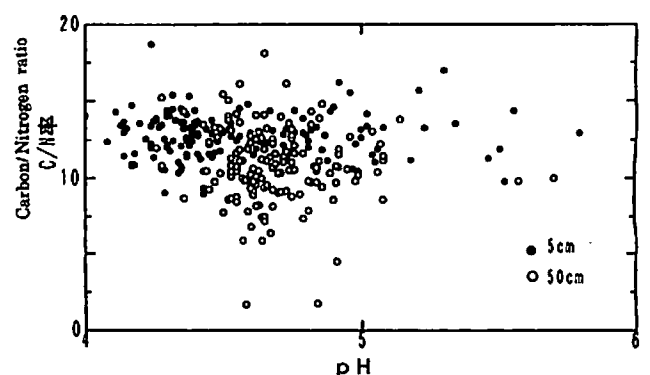


図-56 土壌のpHとC/N率の関係
Fig-56 Relationship between soil pH and carbon/nitrogen ratio at 5cm and 50cm depth.

定では、1927年に測定した時の土壌のpHの高低に関わらず、1982～1983年に測定された土壌のpHは一様に低下している。Falkengren—Grerup(1987)が1949～1970年に南部スウェーデンの広葉樹やトウヒ林で調査された地点で1987年に再調査した例では、土壌の表層の有機物層よりも土壌の下層での酸性化の進行が大きかった地点があり、植生の影響よりも空中からの酸性降水物の影響としている。また、Tammら(1988)も1926, 1927年の土壌pHの値と、1982～1985年に再調査した土壌pHのデータと比較して、酸性雨の影響としている。今回我々が行った測定結果でも下層50cmで土壌のpHの低下がみられた。これも、表層のhumus層ではあるがFalkengren—Grerup(1986)の調査や、A₁層で行われたGlatzelら(1985)の調査でも同様の傾向がみられている。しかし、我々の調査では同一地点での比較はできないが、地形区分でくくった平均値でみると5cmよりも50cmの土壌でのpHの低下の度合いが大きいのことはなかった。これに加えて今回我々が行った調査では、地形的に尾根や谷の上部ではpHの低下がみられず、尾根や谷の下部でpHの低下がみられた。また、低下がみられた同一地形区分内では、標高の高い部分ではpHの低下はみられないが、標高が低くなるに従ってpHの低下が大きくなり、地形区分や標高でpHの低下に差がみられたことが特徴的である。また、1958年の調査でpHが低かった地形区分では、1991年の調査ではあまりpHの低下はみられず、1958年にpHが高かった地形区分で、pHの大幅な低下がみられたこと(図-50)も特徴的である。これらの2つの特徴について、まず地形的な特徴について考える。

地形的に斜面の下部或いは標高の低い部分に斜面上部や標高の高い部分から硝酸、亜硝酸、硫酸イオンといったアニオン類が集積し土壌のpHを低下させたとも考えられる。これは根元からの距離とアニオンの関係を見た場合(図-42)、根元から50cmと100cmの値を周囲のアニオン濃度を現していると仮定すると、斜面下部(測定木No. 7)でのアニオン濃度は斜面上部よりも高い傾向にあるようであった。しかし、集積するのはアニオンだけでなく、緩衝能として作用するカチオン類も当然集積するはずであり、やはり図-41をみると斜面下部(測定木No. 7)でのカチオン濃度は斜面上部よりも高い。また、1958年以降の方がそれ以前に比べて化石燃料を大量に消費しており、酸性雨の影響は大きいはずであり、当然、尾根部でも酸性物質の降水や大気からの供給は谷部と同様に多く、尾根部から流亡してだけでなく、ある程度の酸性物質の残留があるはずであり、カチオン

は変わらないとすれば尾根部や標高の高い部分でもpHの低下がみられてもよいと思われる。また、本試験地ではA層のところでも述べたように、表面流を伴った表土の流亡がみられ、土壌が調査地外へ流亡している。このことが斜面上部では土壌は元々斜面下方へ移動しそれに伴ってカチオンの流亡がみられるので余り影響を及ぼさなかったが、斜面下部ではこれまで土壌と一緒に集積していたカチオンが、土壌の流亡に伴い流亡してこれまでのようにpHを高く維持することができなくなった可能性が考えられた。しかし、アニオン、カチオン、表面流を伴った表土の流亡も土壌表層での測定結果と観察であり、5cmでのpHの低下はある程度説明できても、土壌の下層50cmでのpHの低下の説明はできない。また、表土の流亡だけでは地形的にpHの低下の程度が異なる特徴の説明ができなかった。

次に、pHの低下が、1958年にpHが低かった地点ではあまり低下がみられず、pHが高かった地点での低下が大きかったこと(図-50)について、Tammら(1988)やGlatzelら(1985)の調査でも同じ様な結果を示している。脇ら(1990)は酸性雨が土壌生態系に流入しても、酸を中和する塩基が含まれている限りpHは低下しないし、また、流入する酸性雨のpHに比べ土壌pHの低い土壌は、pHの変化は少ないとしている。佐々木ら(1991)がこの調査から数km離れた地点で1986～1988にかけて測定した降水のpHは算術平均で4.86～4.90であった。土壌のpHの低下が有意と判断された地形区分は1958年の土壌pHが4.90以上の土壌であり、降水のpHよりも高い土壌でpHの大幅な低下がみられ、降水のpHと余り変わらないか或いは幾分低い土壌では余り変化が起こらなかったことも考えられる。石塚ら(1990, 1991)やBerdenら(1987)によると、酸に対する土壌の緩衝能は炭酸塩(pH5.5付近まで)、珪酸の風化(pH6.2～5.0)、塩吸着(pH6.3～5.5)、陽イオン交換(pH5～4.2)、交換性アルミ(pH4.4～3.0)等が上げられている。元々pHが高かった地点では塩の吸着や陽イオン交換による緩衝能が低下してきて土壌のpHが低下した可能性が考えられる。また、元々pHが低かった部分で今回pHの低下が余りみられなかったのは、陽イオンの交換による緩衝能に替って交換性のアルミによる緩衝能が作用し始めた可能性も考えられる。しかし、今回土壌中のCa、Mg、Alなどの分析を行っていないため、これらのpHの低下の大きさが異なることについて、その原因を明確にすることは出来なかった。

この試験林から数km離れた同じ山間部において、佐々木ら(1991)が1986～1989年にかけて酸性雨を観測して

いるが、33年の間この試験林で継続的に樹幹流や降水また、土壌のpHや交換性のCa、Mgの量などの土壌の化学性の変化を調査していたわけではなく、実際に酸性雨やスギ特有の樹幹流による負荷がどの程度あったものか不明である。また、林分の取り扱い、施業や表土の流亡といったことが土壌のpHにどのように影響するかといった、基本的なことが不明である。今回明らかになったのは、33年前と比較して土壌のpHは5cm、50cmいずれも低下しており、その低下は33年前にpHが低かった地点では変化が少なく、pHが高かった地点では変化が大きかったということである。このpH低下は地形的に特徴があり、斜面上部でpHの低下が少なく、斜面下部でpHの低下が大きかった。そして、その斜面下部でも一つの地形単位内では、相対的に高いpHを示す標高が低い地点でのpHが低下していたことである。また、地上部の植生の影響が少ないと考えられる深さ50cmの土壌でもpHの低下が起こっていた。しかし、この土壌のpHの低下が何によってもたらされたかその原因を特定することは難しく、地質、気候、林分の成長、樹種特性、施業及び酸性雨を含む様々な要因によってもたらされたものと思われる。そして、これらの要因の中でどれが最も影響を与えたか今回の調査で明らかにすることはできなかった。

最後に、今回のようにpHの低い部分での低下はpHの値としては少なくとも、水素イオン濃度的には、pHの高い部分での同じ程度のpHの低下に比べて酸性化の度合いとしては大きな意味を持つ。また、酸性物質による負荷が増大し、低いpHでの土壌の緩衝能として、植物に有害なアルミによる緩衝能が働くことが石塚ら(1991)によって確認された。pHの低下と樹木の衰退については、スギ苗木で赤間ら(1988)、松本ら(1992)や山本ら(1992)が酸性のミストを地上部に噴霧したり、ポットに注水した試験では、酸性溶液の噴霧や注水で成長の低下が若干発現するが、pH2程度の強酸性でなければ可視害や葉の褐変や苗木の枯死は起こっていない。成木については高橋ら(1986)、梨本ら(1990)が酸性雨を含む大気汚染の影響を強く考える意見から、松本ら(1992)、森川(1989)や横堀(1981)のように乾燥化や土壌水分の低下によるスギの水分ストレスを指摘する意見まで様々である。しかし堀田(1991)がいうように酸性雨を樹木の衰退の主犯とすることは現時点で断定できないが、人類の経済活動を含む生生活動によって大気中に放出される汚染物質が衰退に関与していることは考えられる。そして、酸性雨による被害は高橋(1991)がいうように急性害となって現れず、遅々とした進行によ

て慢性的なものとなってあるとき突然現れる可能性がある。今回のpHの低下は前回のpHが高かった部分で主にみられたが、この低下の主たる原因を特定する検証はできなかった。今回のpHの低下の原因を直接酸性雨によるものと結論はできなかったが、可能性としてあり得ることであり、今後とも酸性雨の問題について乾性降下物、雨水の流れと成分の変化、土壌の性質と緩衝能、樹木の対応などについて十分に監視、研究する必要がある。

謝 辞

本報告書を書くにあたり、懇切なご意見とご助言をいただいた宮崎大学助教授中尾登志雄先生、文献等のご教示をいただいた森林総研小林繁男氏や元岐阜大学教授脇孝介氏にお礼申し上げますとともに、調査に協力していただいた旧林業試験場及び当森林林業技術センターの専門研究員宮原文彦、研究員区田篤彦、技師山本雅敏、甲斐田哲雄、馬場伸二、姫野敏行、堤昭弘、元福岡県林業試験場技師田形正義の各氏に感謝する。調査のみならず、分析の補助、資料の取りまとめに協力していただいた田中粧子、馬場るい子、下川弘美、内藤利昭、小森美枝子、原久子、末次妙子、立石純子の各氏にお礼申し上げます。最後に、本報告書作成にあたり当センター総務課の方々には予算面で多大なご配慮を頂いた。ここにお礼申し上げます。

引用文献

- 赤間亮夫・有森恒夫 1988 土壌に対する希硫酸処理がスギ苗木に及ぼす影響. 99回日林論: 183-184
- Berdén, M., S.I. Nilsson, K. Rosén and G. Tyler 1987 Soil acidification - extent, causes and consequences An evaluation of literature information and current research -. National Swedish Environment Protection Board Report, No.3292: pp164
- 遠藤健治郎 1966 暖帯林土壌の研究(8) 各種土壌群のヒノキおよびスギ植栽によるC-N比、pH価の変化. 77回日林講: 472-473
- Falkengren-Grerup, U. 1986 Soil acidification and vegetation changes in deciduous forest in southern Sweden. Oecologia(Berlin), 70: 339-347
- Falkengren-Grerup, U. 1987 Long-term changes in pH of forest soils in southern Sweden, Environmental Pollution. 43: 79-90
- 土壌養分測定委員会 1973 土壌養分測定法. 養賢堂: pp430

- Glatzel, G., W. Kilian, H. Sterba und D. Stöhr 1985 Waldbodenversauerung in Österreich: Ursachen - Auswirkungen. Allgemeine Forstzeitung, 1985 Februar: 35-36
- 平井敬三・加藤正樹・岩川雄幸・吉田桂子 1990 樹幹流が林地土壌に与える影響 (II) - スギ、ヒノキ林における林外雨、林内雨、樹幹流、土壌水の pH - . 101回日林論: 243-245
- 平山良治・有光一登・大角泰男 1987 森林の伐採が土壌に与える影響. 筑波植物園研報, 6: 53-60
- Hallbäcken, L. and C. O. Tamm 1986 Changes in soil acidity from 1927 to 1982-1984 in a forest area of south-west Sweden. *Scand. J. For. Res.*, 1: 219-232
- 堀田 庸 1991 酸性雨と関東地方のスギの衰退. 森林科学, No.1: 11-18
- 諫本信義・森崎澄江 1994 数種の樹種における樹幹流の化学的性状と季節変動. 大分県林試研報, No.12: 1-44
- 石塚和裕・堀田 庸 1988 土壌カラムを用いた人工酸性雨試験によるスギ林土壌 pH の変化と溶出成分. 99回日林論: 179-182
- 石塚和裕・高橋正通・高橋美代子 1990 人工酸性雨による土壌の pH 緩衝能. 101回日林論: 249-252
- 石塚和裕・松浦陽次郎・的場節子 1991 森林の表層土壌の酸性化と pH 緩衝能. 102回日林論: 343-346
- 河田 弘・小島俊郎 1979 生態学研究法講座 30 環境測定法 IV - 森林土壌 - . 共立出版: pp190
- 河田 弘 1989 森林土壌学概論. 博友社: pp399
- 小林繁男 1982 森林の皆伐に伴う土壌の変化. ベドロジスト, 26: 150-163
- 小林繁男・森貞和仁・有光一登・大角泰夫 1984 野呂川越地形系列における微地形と土壌特性との関係. 95回日林論: 199-202
- 小林繁男 1991 森林の伐採に伴う土壌の変化. 森林計画研究会誌, 16: 159-170
- 松浦陽次郎 1992 樹幹流と土壌の酸性化の実態. 森林立地, 34: 20-25
- 松本陽介・丸山 温・森川 靖 1992 スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動 - 樹木の衰退現象に関連して - . 森林立地, 34: 2-13
- 松本陽介・丸山 温・森川 靖・井上敏雄 1992 人工酸性雨 (霧) およびオゾンがスギに及ぼす影響と近年の汚染状況の変動 - 樹木の衰退現象に関連して - . 森林立地, 34: 85-97
- 森川 靖 1989 日本の森林衰退と酸性雨問題 - 関東平野のスギの衰退を例として - . 山林, No.1261: 10-17
- 森貞和仁・河室公康・川添 強・長友忠行 1990 コジイ林における土壌の化学的性質に及ぼす樹幹流の影響. 101回日林論: 247-248
- 梨本 真・高橋啓二 1990 関東甲信・関西瀬戸内地方におけるスギの衰退現象. 森林立地, 32: 70-78
- 真田 勝・山本 肇・大友玲子・真田悦子 1977 未熟土地域における全木集材が地力維持におよぼす影響. 林試研報, No.290: 1-13
- 真田 勝・大友玲子・真田悦子 1985 未熟土地域における全木集材が地力維持におよぼす影響 (II) - 皆伐15年後の土壌と植栽木の生長 - . 96回日林論: 231-232
- 佐々木重行・高木潤治・西尾 敏 1991 福岡県の山間部における降水および渓流水の pH と数種の成分について. 森林立地, 33: 1-7
- 佐々朋幸・後藤和秋・長谷川浩一・池田重人 1990 盛岡市周辺の代表的森林における林外雨、林内雨、樹幹流の酸性度ならびにその溶存成分 - 樹種による樹幹流の pH 固有値 - . 森林立地, 32: 43-58
- 塩崎正雄・真田悦子 1984 森林施業に伴う土壌変化 (II) - 皆伐が土壌の化学性に及ぼす影響 - . 95回日林論: 193-194
- 森林土壌研究会 1982 森林土壌の調べ方とその性質, 林野弘済会: pp238
- 高橋秀邦 1991 何が問題か. 北方林業, 43: 136-138
- 高橋啓二・沖津 進・植田洋匡 1986 関東地方におけるスギの衰退と酸性降下物による可能性. 森林立地, 28: 11-17
- 高木潤治・佐々木重行・猪上信義・野田 亮 1989 機能別モデル林施業効果調査報告書 (最終年次) - 水源涵養モデル林 - . 福岡県水産林務部: pp48
- 竹下敬司・中島康博・長浜三千治・樋口真一 1960 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 (1). 福岡県林試時報, No.12: 1-162
- 竹下敬司・高木潤治 1977 暖帯林地の水保全環境に関する土壌及び地形的研究. 福岡県林試時報, No.26: 1-51
- Tamm, C. O. and L. Hallbäcken 1988 Changes in soil acidity in two forest areas with different acid deposition: 1920s to 1980s. *Ambio*, 17: 56-61
- 鳥居厚志 1990 表層土壌の樹幹周囲での酸性化について

- て. 日林関西支講, No.41: 201-202
- 辻田昭夫・二宮生夫・萩野和彦 1986 米野々演習林のモミ・ツガ天然生林における森林土壌の理化学性と斜面地形との関係. 愛媛大演報, No.24: 97-110
- 辻田昭夫・萩野和彦 1987 モミ・ツガ天然生林の斜面における土壌の理化学性の推移 (I) - 土壌の物理性の推移 -. 愛媛大演報, No.25: 159-169
- 辻田昭夫・萩野和彦 1988 モミ・ツガ天然生林の斜面における土壌の理化学性の推移 (II) - 土壌の化学性の推移 -. 99回日林論: 153-154
- 堤 利夫 1963 森林の成立および皆伐が土壌の2・3の性質に及ぼす影響について (1) - 森林の成立にともなう土壌の性質の変化 -. 京大演報, No.34: 37-64
- 堤 利夫 1964 森林の成立および皆伐が土壌の2・3の性質に及ぼす影響について (2) - 皆伐による土壌中諸物質質量の変化 -. 京大演報, No.35: 110-126
- 脇 孝介 1990 自然土壌への酸性雨の影響 (酸性雨-生態系に与える影響 -. 大喜多敏一編、ゴルフターの緑化推進協力会: pp342). 193-224
- 山谷孝一 1965 ヒバ林伐採跡地土壌の経年変化について (I) - 落葉層の形態変化および土壌有機物の動態 -. 日林誌, 47: 199-204
- 山谷孝一・仙石鉄也 1988 東北地方におけるスギ人工林の土壌 (I) - スギ人工林土壌の平均的性質 - (1) 土壌別理化学性平均値. 99回日林論: 149-150
- 山谷孝一・仙石鉄也 1988 東北地方におけるスギ人工林の土壌 (I) - スギ人工林土壌の平均的性質 - (2) 全調査地土壌の理化学性平均値. 99回日林論: 151-152
- 横堀 誠 1981 茨城県内でのスギ樹勢衰退とその要因に関する研究. 茨城県林誌研報, No.13: 1-32
- 吉田桂子・岩川雄幸・佐藤 俊 1972 林地施肥の土壌性質に及ぼす影響 (I) - 一般的な化学的性質 -. 83回日林論: 155-157

付表-1 調査結果 (1991年)

採取地点	pH								炭素・窒素含量						斜面型	A層厚さ cm
	5cm				50cm				5cm			50cm				
	生土		風乾		生土		風乾		炭素 %	窒素 %	C/N比	炭素 %	窒素 %	C/N比		
	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl								
A-3	5.03	4.17	4.79	4.18	5.14	4.46	5.08	4.57	5.80	0.446	12.99	2.31	0.207	11.18	谷 I	40
B-2	5.85	5.11	5.79	5.00	6.30	5.40	6.19	5.40	5.60	0.433	12.94	0.63	0.184	3.44	谷 I	60
B-3	4.93	4.26	4.88	4.10	4.91	4.50	4.92	4.33	2.86	0.256	11.15	0.88	0.074	11.89	谷 I	15
B-4	4.61	4.24	4.52	4.09	4.71	4.47	4.75	4.33	5.63	0.427	13.17	1.80	0.154	11.70	谷 I	30
C-1	5.83	4.30	4.97	4.32	4.72	4.32	4.75	4.34	2.49	0.235	10.61	2.16	0.195	11.05	谷 I	60
C-2	6.08	5.20	4.82	5.09	6.21	5.09	5.95	5.09	4.40	0.372	11.81	-	-	-	谷 I	60
C-3	4.69	4.11	4.53	4.09	4.86	4.35	4.75	4.36	4.93	0.387	12.76	2.87	0.228	12.60	谷 I	55
C-4	5.37	4.40	5.02	4.38	5.06	4.37	4.86	4.40	1.59	0.523	14.16	1.89	0.200	9.45	谷 I	40
C-5	5.23	4.39	5.02	4.41	4.74	4.44	4.78	4.43	6.76	0.505	13.38	1.45	0.161	9.00	谷 I	25
D-1	5.02	4.10	4.84	4.15	4.72	4.19	4.76	4.24	4.44	0.333	13.34	1.97	0.170	11.62	谷 I	40
D-2	5.92	5.10	5.52	5.03	5.82	4.64	5.57	4.66	7.68	0.783	9.80	1.76	0.179	9.82	谷 I	40
D-3	5.46	4.39	5.05	4.28	5.96	4.76	5.70	4.69	3.79	0.342	11.06	1.48	0.148	10.00	谷 I	45
D-4	4.48	4.25	4.41	3.98	4.84	4.62	4.91	4.43	3.98	0.308	12.93	0.37	0.083	4.47	谷 I	20
D-5	5.00	4.32	4.72	4.25	5.05	4.48	4.95	4.48	4.98	0.387	12.87	2.06	0.194	10.60	谷 I	45
D-6	4.29	4.05	4.30	4.04	4.64	4.44	4.68	4.42	5.59	0.465	12.01	1.46	0.158	9.26	尾根Ⅲ	40
E-1	4.48	3.93	4.29	3.78	4.67	4.28	4.61	4.09	2.47	0.234	10.56	1.09	0.122	8.95	谷 I	70
E-2	5.47	4.71	5.55	4.76	5.42	4.21	5.31	4.36	-	-	-	1.95	0.172	11.34	谷 I	55
E-3	4.95	4.22	5.17	4.10	5.54	4.60	5.31	4.45	5.10	0.410	12.45	-	-	-	谷 I	50
E-4	4.31	4.02	4.36	4.04	4.48	4.31	4.91	4.38	6.95	0.525	13.23	1.96	0.201	9.73	谷 I	18
E-5	5.08	4.19	4.63	4.24	4.62	4.51	4.73	4.56	6.23	0.501	12.43	1.57	0.171	9.19	谷 I	30
E-6	4.29	4.21	4.41	4.21	4.63	4.31	4.69	4.41	6.62	0.518	12.77	2.17	0.187	11.61	谷 I	45
E-7	4.68	4.16	4.56	4.19	5.13	4.43	4.76	4.54	7.79	0.611	12.76	3.46	0.285	12.14	尾根Ⅲ	5
F-1	4.60	4.17	4.42	3.95	4.63	4.36	4.64	4.19	3.31	0.293	11.27	0.80	0.118	7.46	谷 I	35
F-2	5.17	4.30	4.99	4.30	4.30	4.26	4.99	4.28	3.43	0.328	10.46	1.61	0.158	10.20	谷 I	60
F-3	5.92	5.09	5.55	4.95	5.90	4.92	5.71	4.86	4.30	0.299	14.37	4.37	0.207	21.14	谷 I	30
F-4	4.38	4.06	4.46	4.11	4.53	4.40	4.61	4.52	6.29	0.487	12.90	1.82	0.197	9.22	谷 I	40
F-5	4.56	4.20	4.76	4.27	4.70	4.26	4.85	4.38	7.44	0.517	14.39	4.70	0.338	13.90	尾根Ⅲ	10
F-6	4.47	4.28	4.41	4.22	4.54	4.29	4.49	4.26	5.52	0.447	11.58	5.49	0.415	13.23	尾根Ⅲ	2
F-7	4.85	4.13	4.60	3.99	4.72	4.21	4.74	4.13	3.68	0.284	12.94	0.88	0.065	13.59	尾根Ⅲ	5
G-1	4.49	4.03	4.35	3.80	4.56	4.32	4.63	4.12	3.43	0.325	10.56	0.86	0.104	8.28	谷 I	45
G-2	4.43	3.95	4.22	3.96	4.53	4.19	4.67	4.01	4.27	0.341	12.54	0.74	0.116	6.34	谷 I	8

採取地点	土壌型	A0層 厚さ	A2層 A層 硬度	5cm 硬度	50cm 硬度	A1層			A2層			B層			絶対 標高	起伏 指数	方位	傾斜
						色	土性	構造	色	土性	構造	色	土性	構造				
A-3	BD	8.0	10.5	10.4	16.8	10YR3/3	SiCL	Cr	10YR4/4	SiCL	Cr	10YR5/6	SiCL	M	430.00	-	S15E	23
B-2	BD	10.0	4.8	4.8	11.0	7.5YR2/3	SiCL	Cr	7.5YR2/3	SiCL	BK	-	-	-	432.00	-	S0	17
B-3	BD	5.0	7.8	6.0	16.4	10YR2.5/3	SiCL	Cr-BK	-	-	-	10YR4/6	SiCL	-	434.54	-	S10E	18
B-4	BD	5.0	10.5	10.2	14.0	7.5YR3.5/3	CL	Cr	-	-	-	10YR4/6	-	-	439.00	-	S10.5E	20
C-1	BD	5.0	12.7	11.6	9.4	10YR3/3	SiCL	Cr	10YR3/4	SiCL	Cr/BKJ	-	-	-	434.65	-	S35E	21
C-2	BE	10.0	11.0	9.8	11.0	10YR3/2	SiCL	Cr	-	-	-	-	-	-	434.84	-	S15E	19
C-3	BD	5.0	11.0	9.8	14.4	10YR3/3	SiCL	Cr/BK	10YR4/3	SiCL	Cr/BKJ	10YR5/6	-	-	436.94	7.23	S10W	21.5
C-4	BD	4.0	5.0	2.8	18.4	7.5YR3/2	L	Cr	7.5YR3/3	L	BK	10YR4/6	L	BK	440.58	-	S0	33
C-5	BD	4.0	9.7	5.6	15.0	5YR2/2	L	Cr	5YR3/3	L	BK	10YR4/6	L	BK	443.87	-	S10E	37
D-1	BE	3.5	11.7	6.4	14.4	7.5YR2/2	L	Cr	7.5YR3/2	CL	BK	10YR3/4	SiCL	-	437.68	-	S50E	20
D-2	BE	6.5	2.9	2.2	17.0	7.5YR2/2	L	Cr	7.5YR3/2	L	BK	7.5YR4/4	L	BK	438.61	4.64	S40E	19
D-3	BE	3.5	13.5	9.6	13.2	5YR2/2	SiCL	Cr	5YR3/2	SiCL	BK	7.5YR3/4	SiCL	BK	439.81	9.28	S5W	17
D-4	BD	4.0	10.2	7.6	24.4	5YR2/3	CL	Cr	7.5YR3/3	CL	BK	7.5YR4/4	CL	-	443.37	5.01	S0	44
D-5	BD	7.0	11.7	7.0	14.4	7.5YR2/2	CL	Cr	7.5YR3/4	CL	BK	10YR4/4	CL	BK	447.82	1.50	S40W	27
D-6	BD	7.0	11.7	4.0	16.0	7.5YR2/3	L	Cr	7.5YR3/3	L	BK	10YR4/6	L	BK	453.01	-	S10W	33
E-1	BD	8.0	5.6	5.6	9.0	10YR3/4	SiCL	Cr-BK	10YR4/4	SiCL	Cr-BK	-	-	-	443.60	-	S80E	42
E-2	BD	4.0	5.5	4.6	15.3	10YR2/2	SiCL	CR	10YR3/2	SiCL	Cr-BK	-	-	-	442.40	8.18	S10E	18
E-3	BD	10.0	12.2	9.6	12.0	7.5YR3/2	SiCL	Cr-BK	-	-	-	-	-	-	443.60	7.78	S40E	19
E-4	BD	2.5	6.5	4.4	12.2	7.5YR3/2	L	Cr	7.5YR3/4	CL	BK	10YR4/4	L	BK	447.42	5.01	S10E	36
E-5	BD	5.0	5.6	5.6	13.0	5YR2/2	L	Cr	7.5YR2/3	L	BK	10YR5/6	CL	BK	452.68	1.50	S5E	37
E-6	BD	4.0	10.2	7.0	11.4	7.5YR3/2	L	Cr	10YR3/2	L	BK	10YR3/4	L	BK	457.24	-	S5E	40
E-7	BD	6.0	11.1	4.0	12.2	7.5YR2/2	L	Cr	7.5YR3/3	L	BK	10YR4/6	L	BK	463.22	-	S0	28
F-1	BD	10.0	8.2	8.2	6.0	10YR3/4	SiCL	CR	-	-	-	10YR4/4	SiCL	BK	450.21	-	S75E	40
F-2	BD	6.0	9.5	8.2	15.4	2.5YR2/2	SiCL	Cr	10YR3/2	SiCL	Cr-BK	-	-	-	446.52	16.82	S65E	34
F-3	BD	4.5	9.0	5.0	17.0	7.5YR2/3	CL	Cr	7.5YR3/3	CL	BK	-	-	-	447.35	10.45	S40E	21
F-4	BD	4.0	5.9	3.0	8.6	7.5YR3/2	CL	Cr	7.5YR4/4	CL	Cr-BK	-	-	-	451.10	7.92	S0	39
F-5	BD	5.0	7.0	4.4	11.4	7.5YR3/2	CL	Cr	-	-	-	7.5YR2/3	CL	BK	458.64	-12.00	S5W	33
F-6	BD	5.0	10.6	10.6	14.4	2.5YR2/3	L	Cr	-	-	-	7.5YR3/3	L	BK	464.34	-9.29	S15E	30
F-7	BD(d)	6.0	6.8	6.8	16.6	5YR2/3	L	Cr	-	-	-	7.5YR4/6	L	BK	469.15	-	S15E	33
G-1	BD(d)	10.0	8.8	7.2	16.6	7.5YR3/3	SiCL	Cr	7.5YR4/4	SiCL	Cr-BK	10YR5/6	SiCL	(M)	457.58	-	S70E	41
G-2	BD	10.0	9.2	9.2	12.0	7.5YR3/3	SiCL	Cr	-	-	-	10YR4/6	SiCL	Cr-BK	452.93	13.03	S75E	43

付表-1 (続き)

採取地点	pH								炭素・窒素含量						斜面型	A層厚さ cm
	5cm				50cm				5cm			50cm				
	生土		風乾		生土		風乾		炭素 %	窒素 %	C/N比	炭素 %	窒素 %	C/N比		
	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl								
G-3	4.50	3.87	4.40	3.90	4.85	4.31	4.82	4.34	7.47	0.548	13.62	1.39	0.143	9.74	谷 I	40
G-4	4.32	3.95	4.27	4.00	4.46	4.28	4.49	4.35	6.01	0.451	13.34	2.86	0.277	10.34	谷 I	20
G-5	4.21	3.81	4.00	3.84	4.86	4.33	4.55	4.45	10.36	0.737	14.05	1.93	0.165	11.66	尾根 III	30
G-6	4.32	4.03	4.24	3.82	4.61	4.37	4.57	4.18	5.02	0.419	11.97	1.12	0.100	11.15	尾根 III	30
G-7	4.29	3.99	4.17	3.96	4.68	4.23	4.70	4.33	9.29	0.631	14.72	1.13	0.124	9.10	尾根 III	15
G-8	4.40	4.13	4.31	4.11	4.58	4.24	4.52	4.27	9.32	0.648	14.38	1.73	0.124	14.02	尾根 III	25
H-1	4.63	4.05	4.48	3.79	4.53	4.25	4.60	3.96	3.93	0.317	12.42	2.14	0.174	12.31	尾根 I	45
H-2	4.64	4.15	4.34	4.00	4.80	4.26	4.55	4.13	3.35	0.304	11.04	0.38	0.027	14.18	谷 I	42
H-3	5.03	4.19	4.80	4.21	4.85	4.34	4.79	4.37	4.58	0.357	12.85	1.20	0.163	7.36	谷 I	30
H-4	4.93	4.14	4.74	4.17	4.79	4.23	4.68	4.28	5.51	0.410	13.44	3.15	0.258	12.23	谷 I	60
H-5	4.28	4.19	4.13	3.98	4.68	4.37	4.55	4.18	5.33	0.396	13.44	0.96	0.108	8.82	谷 I	60
H-6	4.32	4.00	4.14	3.95	4.60	4.36	4.55	4.36	7.19	0.527	13.63	2.77	0.265	10.46	尾根 III	45
H-7	4.42	3.91	4.30	3.95	4.66	4.23	4.64	4.36	8.52	0.608	14.02	2.71	0.215	12.64	尾根 III	35
H-8	4.41	3.93	4.26	3.96	4.65	4.14	4.63	4.27	6.93	0.500	13.87	1.83	0.174	10.50	尾根 III	2
I-1	4.62	4.06	4.39	4.00	4.75	4.30	4.65	4.28	5.76	0.439	13.12	0.55	0.073	7.50	尾根 I	15
I-2	4.78	4.17	4.82	4.25	4.70	4.31	5.04	4.46	5.40	0.411	13.16	3.06	0.234	13.05	谷 I	50
I-3	4.42	4.12	4.35	4.09	4.63	4.33	4.73	4.36	5.66	0.415	13.65	1.63	0.143	11.37	谷 I	25
I-4	4.86	4.12	4.67	4.11	4.76	4.21	4.62	4.28	7.67	0.534	14.37	3.07	0.244	12.55	谷 I	10
I-5	4.26	3.90	4.20	3.95	4.56	4.29	4.26	4.38	9.69	0.513	13.57	3.17	0.265	11.95	谷 I	60
I-6	4.12	3.96	4.14	3.97	4.60	4.38	4.67	4.38	8.59	0.661	12.99	2.27	0.200	11.37	谷 I	30
I-7	4.41	3.92	4.32	3.94	4.63	4.15	4.66	4.31	9.59	0.623	15.38	2.24	0.169	13.25	尾根 III	25
I-8	4.67	3.83	4.38	3.85	4.81	4.14	4.71	4.18	13.09	0.855	15.31	1.00	0.096	10.36	尾根 III	15
J-1	4.38	4.07	4.22	4.06	-	-	-	-	6.83	0.532	12.84	-	-	-	尾根 I	30
J-2	4.98	4.24	5.00	4.27	4.93	4.33	4.76	4.45	5.05	0.399	12.65	1.61	0.153	10.57	尾根 I	35
J-3	5.06	4.26	4.83	4.09	4.86	4.31	4.90	4.09	-	-	-	-	-	-	谷 I	45
J-4	4.54	4.11	4.47	4.09	4.71	4.36	4.91	4.42	4.33	0.370	11.69	2.20	0.204	10.78	谷 I	20
J-5	4.29	3.89	4.25	3.94	4.82	4.38	4.84	4.47	8.82	0.645	13.69	3.15	0.294	10.70	谷 I	30
J-6	4.24	4.08	4.76	4.03	4.76	4.43	4.74	4.46	8.44	0.649	13.00	2.07	0.196	10.53	尾根 III	15
J-7	4.37	4.06	4.28	3.76	4.52	4.24	4.52	3.98	5.01	0.372	13.46	2.02	0.147	13.79	尾根 III	30
J-8	4.41	3.90	4.38	3.65	4.49	4.09	4.65	3.82	5.63	0.423	13.32	2.68	0.190	14.13	尾根 III	4
K-1	4.20	4.04	4.45	3.89	4.51	4.26	4.56	4.16	2.93	0.253	11.58	1.06	0.078	13.64	尾根 I	30

採取地点	土壌型	A0層 厚さ	A2層 A層 硬度	5cm 硬度	50cm 硬度	A1層			A2層			B層			絶対 標高	起伏 指数	方位	傾斜
						色	土性	構造	色	土性	構造	色	土性	構造				
G-3	BD	5.0	6.8	6.8	17.0	5YR2/2	L	Cr	5YR2/3	L	BK	10YR4/6	L	BK	451.31	16.49	S45E	22
G-4	BD	2.5	7.0	6.2	9.0	7.5YR2/3	L	Cr	10YR3/4	L	BK	10YR4/4	CL	-	453.97	12.81	S40W	30
G-5	BD	4.5	13.4	6.2	17.0	5YR2/3	L	Cr	7.5YR4/3	L	BK	7.5YR5/6	CL	BK	461.75	-7.86	S5E	28
G-6	BD	6.0	9.1	3.8	14.0	7.5YR2/3	L	Cr	7.5YR3/4	L	BK	7.5YR5/6	L	BK	468.62	-9.91	S20W	38
G-7	BD	6.0	9.2	6.0	14.0	7.5YR2/2	L	Cr	7.5YR3/3	L	BK	7.5YR4/6	L	BK	474.13	-	S10E	35
G-8	BD	7.5	9.5	6.0	14.4	5YR2/3	L	Cr	7.5YR2/3	L	BK	10YR5/6	L	BK	479.58	-	S20E	33
H-1	BD(d)	10.0	9.4	8.0	10.7	10YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR3/4	SiCL	Cr-BK	-	-	-	465.14	-	S65E	38
H-2	BD	0.5	9.0	12.2	16.2	7.5YR3/4	SiCL	BK	10YR3/4	SiCL	BK	10YR5/6	SiCL	(M)	461.60	-5.43	S65E	47
H-3	BD	6.0	11.9	8.0	12.2	7.5YR3/3	SiCL	Cr	10YR3/4	SiCL	Cr-BK	10YR4.5/6	SiCL	M	456.76	16.40	S60E	35
H-4	BD	2.0	10.5	4.6	13.3	10YR2/3	SiCL	Cr-BK	-	-	-	-	-	-	456.74	19.51	S25E	25
H-5	BD	5.0	8.9	5.8	13.8	10YR3/3	CL	Cr	10YR3/3	CL	BK	10YR4/6	CL	-	460.92	25.30	S50W	40.5
H-6	BD	5.0	7.3	3.6	12.0	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	Cr	7.5YR3/4	L	BK	471.81	-9.56	S20W	31
H-7	BD	-	9.7	5.2	16.2	5YR3/2	SiCL	Cr	-	-	-	7.5Y4/6	CL	M	478.31	-0.56	NO	37.5
H-8	BD(d)	7.5	4.4	4.4	15.2	5YR2/2	L	Cr	-	-	-	10YR4/4	L	BK	484.45	-	S10W	36
I-1	BD(d)	10.0	8.7	5.6	14.0	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	-	-	-	10YR4/6	SiCL	BK-M	471.08	-	S45E	22.5
I-2	BD	7.0	9.4	7.4	12.2	5YR3/2	SiCL	Cr	7.5YR3/3	SiCL	Cr	-	-	-	468.36	-9.21	S50E	34
I-3	BD	4.0	12.4	11.2	10.6	7.5YR3/2	SiCL	Cr-BK	10YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR4/4	SiCL	BK	464.21	7.12	S50E	36
I-4	BD	5.0	10.9	7.2	12.6	7.5YR3/2	SiCL	Cr-BK	10YR3/2	SiCL	Cr-BK	-	-	-	461.36	22.49	S35E	27
I-5	BD	0.0	8.9	4.4	11.6	10YR3/3	SiCL	Cr-BK	-	-	-	-	-	-	463.15	43.40	S10W	40
I-6	BD	4.0	4.5	3.6	15.4	7.5YR2/2	L	Cr	7.5YR3/3	L	Cr	10YR4/4	L	BK	475.26	-7.67	S30W	38
I-7	BD	7.5	6.0	2.8	13.6	7.5YR2/3	L	Cr	10YR3/3	L	Cr	10YR5/6	L	BK	482.78	1.48	S0	33
I-8	BD	7.5	8.2	3.6	17.0	7.5YR2/3	L	Cr	10YR3/3	L	BK	10YR4/6	CL	BK	489.29	-	S10W	35
J-1	BD(d)	10.0	9.8	7.2	9.0	10YR3/4	SiCL	Cr-BK	-	-	-	-	-	-	475.60	-	S60E	26
J-2	BD	-	11.1	7.6	12.8	10YR2.5/3	SiCL	Cr-BK	-	-	-	10YR5/6	M	-	473.20	3.90	S70E	29
J-3	BD	-	11.4	8.6	11.0	10YR2/3	SiCL	Cr	10YR3/3	SiCL	Cr	-	-	-	470.08	17.21	S50E	35
J-4	BD	-	8.8	8.4	11.0	10YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR4/4	SiCL	BK	-	-	-	472.70	-17.93	S55E	30
J-5	BD	5.0	9.1	4.2	11.0	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	Cr	5YR3/4	L	BK	468.81	47.32	S20W	45
J-6	BD	10.0	6.6	2.2	10.8	7.5YR2/3	L	Cr	7.5YR3/4	L	Cr	10YR4/6	L	BK	481.00	-15.90	S5W	34
J-7	BD	5.0	3.6	2.0	7.8	7.5YR2/3	L	Cr	7.5YR3/3	L	Cr	10YR4/4	L	BK	487.63	-2.26	S5W	43
J-8	BD	3.5	5.0	2.6	5.0	7.5YR2/2	L	Cr	7.5YR3/3	L	Cr-BK	7.5YR5/6	-	-	495.97	-	S20W	39
K-1	BD	-	7.3	4.8	14.3	10YR3/3	SiCL	BK	10YR3/4	SiCL	BK-M	10YR4/6	SiCL	M	481.20	-	S50E	32

付表-1 (続き)

採取地点	pH								炭素・窒素含量						斜面型	A層厚さ cm
	5cm				50cm				5cm			50cm				
	生土		風乾		生土		風乾		炭素 %	窒素 %	C/N比	炭素 %	窒素 %	C/N比		
	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl								
K-2	4.52	4.10	4.32	3.94	4.70	4.23	4.62	4.14	4.95	0.397	12.45	1.03	0.107	9.62	尾根 I	10
K-3	5.15	4.17	4.92	4.05	4.71	4.23	4.64	4.10	2.66	0.249	10.72	1.19	0.106	11.25	谷 I	7
K-4	4.58	3.99	4.55	3.85	4.69	4.34	4.62	4.20	2.80	0.216	10.73	0.99	0.098	10.13	谷 I	4
K-5	4.18	3.91	4.17	3.77	4.56	4.28	4.89	4.15	4.03	0.369	10.92	1.98	0.192	10.34	谷 I	60
K-6	4.26	4.10	4.46	3.91	4.58	4.30	4.68	4.17	4.73	0.416	11.37	1.41	0.131	10.75	谷 I	35
K-7	4.38	4.01	4.30	3.81	4.65	4.26	4.63	4.17	4.26	0.349	12.20	1.78	0.137	13.03	谷 II	25
K-8	4.26	3.89	4.33	3.72	4.61	3.98	4.56	3.92	4.39	0.319	13.76	0.62	0.056	11.11	尾根 III	25
L-1	4.41	4.12	4.43	3.96	4.61	4.23	4.90	4.10	2.15	0.230	9.36	0.92	0.107	8.61	尾根 I	55
L-2	4.36	4.12	4.35	3.96	4.52	4.20	4.55	4.07	3.58	0.333	10.76	0.84	0.099	8.48	尾根 I	18
L-3	4.26	3.99	4.24	4.02	4.67	4.21	4.71	4.34	7.20	0.538	13.38	1.46	0.160	9.13	尾根 I	15
L-4	4.66	4.05	4.55	3.90	4.78	4.28	4.68	4.12	4.47	0.358	12.48	1.57	0.146	10.72	谷 I	45
L-5	4.31	3.98	4.18	3.81	4.61	4.20	4.53	4.09	3.07	0.282	10.87	1.33	0.131	10.13	谷 I	90
L-6	4.42	4.26	4.32	4.28	4.81	4.25	4.68	4.35	6.33	0.437	14.48	1.08	0.132	8.19	谷 I	25
L-7	4.44	4.06	4.38	3.89	4.76	4.23	5.07	4.09	3.94	0.324	12.15	1.94	0.158	12.23	谷 II	38
L-8	4.33	3.95	4.26	3.77	4.62	4.26	4.55	4.19	3.84	0.278	13.78	0.34	0.032	10.76	谷 II	25
M-1	4.60	4.06	4.44	4.13	4.62	4.20	4.53	4.31	4.87	0.369	13.21	2.50	0.190	13.14	尾根 I	60
M-2	4.36	4.08	4.29	3.92	4.50	4.20	4.44	4.07	2.28	0.231	9.07	2.07	0.197	10.49	尾根 I	65
M-3	4.36	4.05	4.29	4.10	4.67	4.26	4.68	4.35	5.66	0.451	12.54	3.15	0.251	12.54	尾根 I	25
M-4	5.06	4.15	4.75	4.20	4.71	4.24	4.75	4.35	4.49	0.339	13.25	2.08	0.163	12.79	谷 II	18
M-5	4.28	3.90	4.11	3.87	4.54	4.18	4.47	4.89	6.60	0.462	14.29	3.43	0.258	13.30	谷 II	10
M-6	4.33	4.14	4.18	3.89	4.72	4.36	4.64	4.17	5.59	1.482	11.60	0.91	0.091	10.00	谷 I	15
M-7	4.17	4.01	4.24	3.81	4.59	4.36	4.85	4.20	4.81	0.392	12.25	1.38	0.124	11.13	谷 II	16
M-8	4.15	3.82	4.25	3.68	4.61	4.37	4.84	4.23	5.48	0.483	11.35	1.62	0.127	1.75	谷 II	8
N-1	4.31	4.06	4.31	3.86	4.52	4.39	4.57	4.19	3.59	0.304	11.79	0.72	0.072	10.00	尾根 I	55
N-2	4.31	4.06	4.28	3.92	4.59	4.20	4.58	4.13	3.22	0.304	10.58	1.57	0.135	1.69	尾根 I	26
N-3	4.87	4.25	4.68	4.25	4.66	4.30	4.45	4.32	5.11	0.389	13.14	0.78	0.063	12.36	尾根 I	2
N-4	4.97	4.18	4.87	4.00	4.66	4.26	4.72	4.06	4.27	0.334	12.80	1.77	0.155	11.42	谷 II	30
N-5	4.46	3.99	4.39	4.04	4.79	4.17	4.65	4.28	3.96	0.308	12.85	1.09	0.115	9.43	谷 II	15
N-6	4.52	4.14	4.64	4.00	4.73	4.41	4.73	4.28	3.28	0.265	12.36	1.03	0.088	11.75	谷 II	22
N-7	4.29	4.00	4.35	3.84	4.69	4.41	4.59	4.25	4.10	0.338	12.12	1.22	0.102	11.92	谷 II	20
N-8	4.10	3.98	4.15	3.96	4.59	4.27	4.66	4.37	7.66	0.579	13.22	1.20	0.126	9.58	谷 II	20

採取地点	土壌型	A0層 厚さ	A2層 A層 硬度	5cm 硬度	50cm 硬度	A1層			A2層			B層			絶対 標高	起伏 指数	方位	傾斜
						色	土性	構造	色	土性	構造	色	土性	構造				
K-2	BD	-	11.6	6.6	14.2	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	7.5YR4/4	SiCL	Cr-BK	10YR4/6	SiCL	粗	480.68	5.92	S50E	39
K-3	BD	6.0	3.8	3.8	13.6	5YR2/3	SiCL	Cr	-	-	-	7.5YR3/4	SiCL	BK	478.29	17.31	S55E	43
K-4	BD	-	6.2	6.2	15.0	5YR3/2	SiCL	Cr	-	-	-	7.5YR3/4	SiCL	BK	479.05	-1.81	S50E	35
K-5	BD	7.5	9.1	2.6	14.8	5YR3/2	L	Cr	7.5YR3/3	L	Cr-BK	-	-	-	478.72	-17.16	S10E	39
K-6	BD	4.0	8.5	4.6	14.4	5YR3/2	L	Cr	5YR3/2	CL	Cr	7.5YR4/4	L	BK	486.56	-21.05	S15W	40
K-7	BD	-	4.3	4.0	13.4	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	Cr	7.5YR3/4	L	BK	489.19	19.20	S0	45
K-8	BD	7.0	6.2	2.8	10.6	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	Cr	7.5YR4/6	CL	BK	498.73	-	S45W	40
L-1	BD	5.0	10.7	10.8	11.8	10YR3/4	SiCL	Cr-BK	10YR4/6	SiCL	(BK)	-	-	-	491.22	-	S40E	33
L-2	BD	10.0	6.9	4.6	9.0	7.5YR3/4	SiCL	Cr-BK	-	-	-	10YR4/6	SiCL	(BK)	491.40	-14.03	S45E	35.5
L-3	BD	6.5	7.4	4.4	17.0	5YR3/2	SiCL	Cr	5YR3/2	SiCL	Cr	5YR3/4	SiCL	BK	490.39	-18.93	S60E	34
L-4	BD	-	10.2	5.0	12.6	5YR3/3	L	Cr	7.5YR3/3	L	Cr	7.5YR4/4	L	BK	486.15	2.97	S60E	37
L-5	BD	5.0	13.0	11.0	14.4	5YR3/2	L	Cr	5YR3/2	L	Cr	-	-	-	485.47	11.74	S25E	29
L-6	BD	5.5	7.6	4.6	13.8	5YR2/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	BK	7.5YR4/6	CL	BK	487.18	16.33	S5W	34
L-7	BD	3.5	8.9	6.6	13.0	5YR3/2	L	Cr	5YR2/3	L	Cr	7.5YR4/4	L	BK	493.43	8.28	S30W	34
L-8	BD(d)	4.5	3.4	3.4	10.0	5YR3/2	CL	Cr	7.5YR3/3	L	BK	7.5YR4/4	L	BK	502.22	-	S40W	41
M-1	BD	-	10.3	10.6	10.0	5YR3/2	SiCL	Cr-BK	7.5YR3/3	SiCL	(BK)	-	-	-	499.79	-	S35E	38
M-2	BD	5.0	9.7	9.6	10.4	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR3/4	SiCL	(BK)	10YR6/6	-	-	499.39	-8.11	S55E	34
M-3	BD	6.5	12.3	3.6	13.7	5YR2/3	SiCL	Cr	5YR3/3	SiCL	BK	7.5YR3/4	SiCL	BK	496.23	0.53	S55E	38
M-4	BD	6.5	11.4	4.2	10.0	5YR3/2	L	Cr	5YR3/2	CL	Cr	7.5YR4/3	CL	BK	492.84	7.25	S55E	41
M-5	BE	4.5	12.2	5.6	14.8	5YR3/2	CL	Cr	7.5YR3/2	CL	BK	-	-	-	491.20	11.12	S25E	29
M-6	BD	-	10.4	5.0	16.0	5YR3/2	L	Cr	7.5YR3/2	L	Cr	5YR4/4	L	BK	493.80	-1.21	S0	34
M-7	BD	4.5	8.6	3.8	15.0	5YR3/2	L	Cr	5YR2/3	L	Cr	7.5YR4/6	CL	BK	495.40	20.25	S10W	36
M-8	BD(d)	5.0	5.0	2.6	11.5	5YR3/2	L	Cr	5YR2/3	L	BK	7.5YR3/3	L	BK	502.64	-	S40W	35
N-1	BD	-	8.9	10.0	11.0	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR3/4	SiCL	Cr-BK	10YR5/6	SiCL	BK	508.12	-	S45E	36.5
N-2	BD	-	9.9	4.6	8.6	7.5YR3/3	SiCL	Cr	10YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR4/6	SiCL	BK	506.54	-7.25	S40E	30.5
N-3	BD	8.0	7.7	4.0	9.0	7.5YR2/3	SiCL	Cr	5YR4/4	SiCL	BK	-	-	-	503.34	-1.86	S75E	40
N-4	BD	6.5	12.3	3.6	13.2	5YR2/3	CL	Cr	5YR3/3	CL	BK	7.5YR4/6	CL	BK	500.34	-2.07	S50E	34
N-5	BD	-	7.8	3.6	17.6	5YR3/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	BK	7.5YR4/6	CL	BK	496.87	12.73	S50E	30
N-6	BD	6.0	9.8	3.8	15.2	5YR3/2	L	Cr	5YR2/3	L	BK	7.5YR4/6	CL	-	498.07	3.31	S5E	26
N-7	BD	5.0	8.4	3.8	15.6	5YR3/2	CL	Cr	7.5YR3/3	CL	BK	7.5YR4/3	CL	BK	501.57	-3.22	S20W	33
N-8	BD(d)	5.0	4.8	2.2	13.4	5YR3/2	L	Cr	5YR2/3	L	Cr	7.5YR3/4	L	BK	504.54	-	S5W	26

付表-1 (続き)

採取地点	pH								炭素・窒素含量						斜面型	A層厚さ cm
	5cm				50cm				5cm			50cm				
	生土		風乾		生土		風乾		炭素 %	窒素 %	C/N比	炭素 %	窒素 %	C/N比		
	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl								
O-1	4.18	4.06	4.37	3.87	4.51	4.08	4.45	3.90	4.74	0.409	11.56	0.65	0.074	9.29	尾根Ⅱ	30
O-2	4.40	4.11	4.37	3.90	4.63	4.15	4.60	4.01	5.40	0.473	11.41	1.49	0.152	9.76	尾根Ⅱ	25
O-3	4.92	4.24	4.79	4.24	4.38	4.27	4.28	4.24	7.97	0.574	13.90	5.80	0.382	15.20	尾根Ⅰ	60
O-4	5.66	4.61	5.46	4.57	4.76	4.31	4.73	4.21	3.45	0.306	11.29	0.94	0.058	16.12	谷Ⅱ	15
O-5	4.12	4.23	5.08	4.21	4.66	4.07	4.65	4.04	4.34	0.317	13.32	1.46	0.123	11.91	谷Ⅱ	35
O-6	4.36	3.99	4.34	3.83	4.86	4.29	4.79	4.14	2.88	0.278	10.37	1.46	0.126	11.62	谷Ⅱ	40
O-7	4.39	4.11	4.35	3.97	4.72	4.39	4.71	4.33	6.54	0.451	14.49	2.92	0.209	13.99	谷Ⅱ	65
O-8	4.22	4.05	4.37	3.89	4.57	4.24	4.56	4.12	5.81	0.459	12.65	1.39	0.087	16.10	谷Ⅱ	15
O-9	4.15	3.85	4.08	3.70	4.51	4.28	4.43	4.09	6.33	0.511	12.38	1.36	0.101	13.48	尾根Ⅳ	16
P-1	4.46	4.16	4.36	4.17	4.52	4.27	4.47	4.34	6.72	0.492	13.64	1.25	0.128	9.77	尾根Ⅱ	33
P-2	4.73	4.18	4.46	4.20	4.66	4.31	4.66	4.37	6.13	0.445	13.77	1.95	0.175	11.14	尾根Ⅱ	40
P-3	5.01	4.27	4.84	4.05	5.29	4.29	5.08	4.12	2.31	0.220	10.47	2.01	0.176	11.45	谷Ⅱ	50
P-4	5.16	4.19	4.92	4.29	4.76	4.21	4.64	4.28	5.50	0.340	16.20	0.86	0.147	5.83	谷Ⅱ	10
P-5	5.14	4.36	5.06	4.24	5.05	4.39	4.98	4.22	4.10	0.344	11.90	1.20	0.120	9.84	谷Ⅱ	22
P-6	4.44	4.11	4.34	3.91	4.55	4.35	4.61	4.19	-	-	-	-	-	-	谷Ⅱ	28
P-7	4.57	4.35	4.61	3.94	4.60	4.23	4.52	4.10	3.07	0.266	11.54	0.78	0.090	8.64	谷Ⅱ	15
P-8	4.62	4.13	4.59	4.14	4.80	4.38	4.92	4.46	7.50	0.507	14.78	1.71	0.148	11.56	谷Ⅱ	20
P-9	4.59	4.03	4.31	3.91	4.70	4.12	4.53	4.07	7.02	0.499	14.07	0.86	0.079	10.84	尾根Ⅳ	20
Q-1	5.04	4.28	5.04	4.12	4.75	4.21	4.75	4.09	2.81	0.243	11.53	2.02	0.153	13.20	尾根Ⅱ	4
Q-2	5.12	4.30	4.89	4.35	4.75	4.20	4.72	4.28	5.30	0.369	14.36	1.22	0.110	11.07	尾根Ⅱ	8
Q-3	4.63	4.20	4.48	4.00	4.68	4.22	4.70	4.16	3.78	0.303	12.46	0.98	0.094	10.37	尾根Ⅱ	40
Q-4	5.48	4.39	5.18	4.30	4.87	4.20	5.06	4.01	3.86	0.342	11.20	2.04	0.196	10.40	谷Ⅱ	60
Q-5	5.04	4.17	4.86	4.08	4.62	4.28	4.61	4.13	3.62	0.305	11.85	0.73	0.075	9.79	谷Ⅱ	20
Q-6	4.41	4.11	4.39	4.06	4.48	4.26	4.60	4.29	5.14	0.414	12.42	1.02	0.109	9.36	谷Ⅱ	18
Q-7	5.27	4.43	5.21	4.46	4.70	4.25	4.62	4.31	7.02	0.448	15.68	0.72	0.088	8.21	谷Ⅱ	10
Q-8	5.17	4.23	4.96	4.29	4.78	4.21	4.81	4.33	6.91	0.445	15.53	0.94	0.119	7.90	尾根Ⅳ	10
Q-9	4.55	4.06	4.40	4.01	4.64	4.51	4.82	4.56	8.10	0.562	14.41	2.59	0.181	14.32	尾根Ⅳ	30
R-1	4.57	4.22	4.30	4.04	4.55	4.11	4.52	4.05	4.43	0.308	14.38	1.34	0.089	15.07	尾根Ⅱ	40
R-2	4.44	4.15	4.37	4.16	4.53	4.16	4.50	4.26	6.75	0.543	12.43	1.20	0.078	15.43	尾根Ⅱ	20
R-3	4.54	4.12	4.43	3.92	4.61	4.11	4.60	3.96	2.54	0.243	10.45	1.17	0.092	12.78	尾根Ⅱ	75
R-4	5.17	4.27	5.00	4.21	4.75	4.29	4.96	4.16	4.12	0.312	13.18	2.23	0.175	12.71	谷Ⅲ	60

採取地点	土壌型	A0層厚さ	A2層A層硬度	5cm硬度	50cm硬度	A1層			A2層			B層			絶対標高	起伏指数	方位	傾斜
						色	土性	構造	色	土性	構造	色	土性	構造				
O-1	BD	10.0	6.2	4.8	13.0	7.5YR4/3	SiCL	Cr-BK	-	-	-	10YR5/6	SiCL	BK	515.18	-	S60E	35.5
O-2	BD	10.0	9.0	4.2	13.0	5YR2/2	SiCL	Cr	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR5/6	SiCL	-	512.73	-6.18	S60E	33
O-3	BD	-	5.7	3.4	7.0	7.5YR3/3	SiCL	(BK)	-	-	-	-	-	-	510.29	-9.92	S65E	38.5
O-4	BD	4.0	13.8	8.0	15.0	5YR3/2	SiCL	Cr	5YR2/3	SiCL	BK	7.5YR4/4	SiCL	BK	506.50	-3.14	S30E	35
O-5	BD	5.0	13.2	4.0	18.4	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	BK	7.5YR4/6	CL	BK	503.38	2.82	S60E	33
O-6	BD	6.0	13.8	4.4	17.0	5YR2/3	CL	Cr	5YR3/2	CL	BK	7.5YR4/4	CL	BK	501.56	15.25	S30E	24
O-7	BD	7.5	13.2	3.6	16.0	5YR3/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	BK	7.5YR5/6	CL	BK	504.09	4.41	S0	23
O-8	BD(d)	7.0	6.8	2.6	15.0	5YR2/2	L	Cr	5YR2/3	L	BK	7.5YR4/4	L	BK	509.24	-	S20W	18
O-9	BD(d)	5.0	7.0	2.8	20.0	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	BK	7.5YR3/4	L	BK	510.84	-	S10E	9
P-1	BD	-	10.3	10.0	15.6	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	7.5YR4/4	SiCL	(M)	7.5YR5/6	SiCL	M	520.00	-	S60E	27
P-2	BD	-	10.1	3.0	8.0	7.5YR3/3	SiCL	Cr	7.5YR4/3	SiCL	BK	10YR5/6	SiCL	-	517.36	0.20	S70E	36.5
P-3	BD	-	14.5	10.6	14.8	7.5YR3/3	SiCL	Cr	10YR4/5	SiCL	(M)	-	-	-	514.83	-1.78	S75E	33
P-4	BD	4.5	8.6	3.0	13.8	5YR2/3	CL	Cr	5YR3/2	CL	Cr	7.5YR3/4	SiCL	BK	510.76	7.72	S60E	37
P-5	BD	5.0	10.5	4.2	14.8	5YR3/2	L	Cr	5YR2/3	CL	BK	7.5YR4/4	CL	BK	509.05	-0.85	S65E	34
P-6	BD	6.5	12.6	5.8	15.0	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	Cr	7.5YR4/6	CL	BK	506.71	13.47	S10E	27
P-7	BD	-	9.4	5.0	16.7	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	BK	7.5YR4/4	CL	BK	507.99	7.56	S50E	33
P-8	BD	8.0	9.0	2.5	15.4	5YR3/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr	7.5YR4/6	L	BK	507.45	30.33	S10E	18
P-9	BD(d)	5.0	8.0	6.0	15.3	5YR2/3	CL	NT	7.5YR3/4	CL	BK	7.5YR4.5/6	L	BK	513.58	-	S50E	12
Q-1	BD	-	12.8	16.8	12.2	5YR3/3	SiCL	(BK)	-	-	-	10YR4/6	SiCL	(M)	523.39	-	S55E	29
Q-2	BD	10.0	5.2	5.2	16.8	7.5YR3/4	SiCL	BK	-	-	-	7.5YR4.5/6	SiCL	M	522.70	-0.08	S70E	31
Q-3	BD	10.0	9.7	6.2	15.8	5YR2/3	SiCL	Cr	10YR3/4	SiCL	(BK)	10YR4/6	SiCL	(M)	519.96	-0.96	S55E	36
Q-4	BD	4.5	11.4	2.8	14.0	5YR2/2	SiCL-CL	Cr	5YR3/2	CL	BK	-	-	-	516.56	2.20	S70E	29
Q-5	BD	5.0	9.0	3.8	18.6	5YR2/3	SiCL	Cr	5YR3/3	SiCL	Cr	7.5YR4/4	CL	BK	513.23	11.31	S60E	30
Q-6	BD	5.0	9.4	4.8	31.3	5YR3/3	L	Cr	5YR3/3	L	Cr	7.5YR4/4	L	BK	512.85	8.96	S30E	27
Q-7	BD	5.0	16.0	3.0	19.0	5YR3/3	L	Cr	5YR3/4	L	BK	7.5YR4/4	L	BK	515.00	-10.58	S30E	24
Q-8	BD	-	4.8	4.8	15.0	5YR2/2	L	Cr	5YR3/3	L	BK	7.5YR4/6	L	BK	514.58	0.94	S40E	24
Q-9	BD(d)	-	13.1	6.0	15.6	5YR3/2	CL	Cr(NT)	5YR2/3	CL	BK-NT	5YR3/4	L	BK	514.61	-	S55E	16
R-1	BD	-	10.6	6.2	15.0	7.5YR3/4	SiCL	Cr-BK	-	-	-	7.5YR5/6	SiCL	M	531.08	-	S45E	32.5
R-2	BD	-	8.0	4.6	8.8	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	-	-	-	10YR4/6	SiCL	-	529.42	-1.83	S65E	38
R-3	BD	10.0	7.9	6.2	10.2	7.5YR2/3	SiCL	Cr	10YR3/3	SiCL	(BK)	-	-	-	525.48	7.20	S70E	38
R-4	BD	3.5	11.9	4.0	12.2	5YR2/2	SiCL	Cr	5YR3/3	SiCL	BK	-	-	-	521.61	10.30	S60E	34

付表-1 (続き)

採取地点	pH								炭素・窒素含量						斜面型	A層厚さ cm
	5cm				50cm				5cm			50cm				
	生土		風乾		生土		風乾		炭素 %	窒素 %	C/N比	炭素 %	窒素 %	C/N比		
	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl	H2O	KCl								
R-5	5.45	4.54	5.50	4.50	4.73	4.25	4.81	4.14	4.41	0.370	11.90	1.35	0.137	9.84	谷Ⅱ	20
R-6	4.52	3.95	4.45	3.80	4.50	4.20	4.53	4.07	5.33	0.437	12.19	1.93	0.017	11.30	谷Ⅱ	20
R-7	4.83	4.12	4.83	3.98	4.59	4.20	4.53	4.07	3.20	0.296	10.80	1.12	0.107	10.43	尾根Ⅳ	25
R-8	5.60	4.56	5.30	4.58	4.65	4.06	4.60	4.19	7.68	0.453	16.97	1.04	0.102	10.26	尾根Ⅳ	20
R-9	5.19	4.10	4.90	4.16	4.72	4.11	4.75	4.22	6.45	0.442	14.60	1.11	0.125	8.85	尾根Ⅳ	18
S-1	4.49	4.04	4.62	3.88	4.58	4.20	4.62	4.05	4.17	0.350	11.93	1.17	0.083	14.10	尾根Ⅱ	30
S-2	4.57	4.10	4.50	3.92	4.58	3.94	4.53	3.73	5.91	0.455	12.98	0.32	0.037	8.72	谷Ⅲ	10
S-3	4.54	4.14	4.66	3.98	4.72	4.28	4.69	4.15	6.03	0.488	12.35	2.48	0.227	10.95	谷Ⅲ	35
S-4	4.98	4.20	4.81	4.05	4.91	4.32	4.84	4.17	6.26	0.521	12.02	1.35	0.138	9.75	谷Ⅲ	60
S-5	5.14	4.27	5.23	4.29	4.74	4.16	5.08	4.28	4.16	0.313	13.27	0.86	0.100	8.62	谷Ⅲ	65
S-6	4.69	4.24	4.43	3.87	4.46	4.08	4.36	4.01	3.18	0.353	8.99	1.96	0.225	8.70	谷Ⅲ	60
S-7	4.36	4.09	4.41	3.89	4.56	4.27	4.50	4.11	4.63	0.339	13.69	0.53	0.068	7.76	尾根Ⅳ	35
S-8	5.10	4.26	4.98	4.10	4.56	4.13	4.56	3.99	2.49	0.203	12.25	0.44	0.037	11.85	尾根Ⅳ	40
S-9	4.63	4.06	4.39	4.09	4.71	4.11	4.65	4.24	4.09	0.315	12.99	0.82	0.115	7.18	尾根Ⅳ	20
T-2	4.29	4.06	4.14	3.87	4.50	4.05	4.36	3.97	5.73	0.500	11.46	0.42	0.030	14.33	谷Ⅲ	20
T-3	4.71	4.16	4.73	3.96	4.49	4.21	4.86	4.05	3.59	0.272	13.21	1.36	0.092	14.80	谷Ⅲ	25
T-4	4.28	4.12	4.37	4.14	4.53	4.23	4.57	4.32	7.29	0.516	14.14	0.70	0.119	5.86	谷Ⅲ	45
T-5	5.47	4.52	5.34	4.57	4.95	4.36	4.82	4.39	5.68	0.419	13.56	4.43	0.328	13.52	谷Ⅲ	60
T-6	4.93	4.18	4.81	4.05	4.45	4.18	4.48	4.02	4.73	0.380	12.45	3.52	0.277	12.70	谷Ⅲ	70
T-7	4.51	4.11	4.49	3.94	4.60	3.93	4.65	3.79	3.13	0.265	11.79	0.39	0.021	18.10	尾根Ⅳ	12
T-8	4.95	4.04	4.72	4.09	4.84	4.06	4.60	4.15	5.06	0.416	12.17	0.63	0.093	6.78	尾根Ⅳ	10
U-3	4.53	4.08	4.53	3.89	4.56	4.18	4.58	4.05	8.23	0.605	13.59	1.31	0.133	9.89	谷Ⅲ	10
U-4	4.47	4.12	4.59	3.94	4.57	4.20	4.68	4.08	6.70	0.556	12.03	1.60	0.135	12.29	谷Ⅲ	40
U-5	4.22	3.81	4.17	3.69	4.38	4.16	4.28	4.02	6.69	0.619	10.81	2.29	0.211	10.82	谷Ⅲ	30
U-6	4.45	4.07	4.24	4.08	4.64	4.21	4.61	4.32	12.53	0.670	18.70	0.66	0.062	10.65	谷Ⅲ	20
U-7	4.65	3.96	4.56	3.99	4.56	4.07	4.59	4.15	8.57	0.590	14.53	0.61	0.078	7.85	尾根Ⅳ	10
V-6	4.49	4.00	4.40	3.83	4.56	4.25	5.14	4.12	4.73	0.352	13.43	0.88	0.064	13.81	尾根Ⅳ	20

採取地点	土壌型	A0層 厚さ	A2層 A層 硬度	5cm 硬度	50cm 硬度	A1層			A2層			B層			絶対 標高	起伏 指数	方位	傾斜
						色	土性	構造	色	土性	構造	色	土性	構造				
R-5	BD	4.5	11.0	3.4	17.4	5YR3/2	SiCL	Cr	5YR3/3	SiCL	Cr	7.5YR4/4	SiCL	BK	519.76	7.25	S30E	33
R-6	BD	6.0	5.6	2.0	16.7	5YR2/3	SiCL	Cr	5YR3/3	SiCL	Cr	7.5YR4/4	SiCL	BK	519.85	2.03	S35E	35
R-7	BD	3.5	9.9	5.2	14.8	5YR2/3	SiCL	Cr	5YR3/3	SiCL	BK	7.5YR4/6	CL	BL-カベ	520.17	0.67	S50E	35
R-8	BD(d)	5.5	6.0	3.4	15.4	5YR3/2	L	Cr	5YR3/3	L	BK	5YR3/4	L	BK	519.82	-0.18	S35E	26
R-9	BD	4.5	5.8	5.0	16.0	5YR3/3	CL	Cr-NT	5YR3/3	L	BK	7.5YR4/6	L	BK	518.96	-	S45E	21
S-1	BD(d)	4.5	8.8	3.2	17.4	5YR3/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr-BK	7.5YR4/6	C	カベ	538.97	-	S40E	26
S-2	BD(d)	4.5	6.0	6.0	20.0	5YR2/3	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr	7.5YR3/4	CL	BK	537.92	-	S50E	29
S-3	BD	-	4.1	2.8	3.0	7.5YR3/3	SiCL	(Cr)	7.5YR4/3	SiCL	(Cr)	10YR4/6	SiCL	-	534.03	-8.12	N70W	42
S-4	BD	10.0	11.8	4.2	14.2	7.5YR2/2	SiCL	Cr	10YR3/3	SiCL	(BK)	10YR5/6	CL	M	528.84	6.03	S70E	41
S-5	BD	3.0	6.7	5.6	15.4	10YR3/3	SiCL	(Cr)	10YR4/4	SiCL	(Cr)	10YR4.5/6	CL	(M)	525.32	18.77	N72W	43.5
S-6	BD	-	10.4	5.8	12.3	10YR3/4	SiCL	(Cr)	10YR4/4	SiCL	(Cr)	-	-	-	527.07	-2.33	N45W	37.5
S-7	BD	-	10.1	7.4	13.5	7.5YR3/3	SiCL	Cr	-	-	-	7.5YR5/6	CL	(M)	527.43	-7.72	S45E	32
S-8	BD	-	10.1	4.8	13.4	7.5YR3/4	Si-CL	Cr-BK	-	-	-	7.5YR5/6	CL	M	525.43	-	S55E	30.5
S-9	BD	3.0	12.6	11.6	18.2	10YR3/3	SiCL-CL	(Cr)	-	-	-	10YR5/6	CL	(M)	522.20	-	W0	27.5
T-2	BD(d)	4.0	7.2	3.4	17.0	5YR3/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr	5YR4/4	CL	BK	543.20	-	S50E	21
T-3	BD	4.5	9.1	7.8	17.6	5YR2/3	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr	5YR3/4	CL	BK	540.72	-	S45E	30
T-4	BD	4.5	7.3	4.6	11.6	5YR3/2	SiCL	Cr	5YR3/3	SiCL	Cr(BK)	7.5YR4/6	SiCL	-	536.93	-0.10	S60E	32
T-5	BD	5.5	9.0	3.6	9.6	5YR2/2	SiCL	Cr	5YR2/3	SiCL	BK(Cr)	-	-	-	532.90	17.37	S50E	43
T-6	BD	4.0	6.3	3.6	8.4	5YR3/1	SiCL	Cr	7.5YR3/3	SiCL	Cr-BK	10YR6/6	SiCL	-	534.37	-5.15	N35W	35
T-7	BD	5.0	13.7	12.4	21.6	10YR3/4	SiCL	(BK)	-	-	-	10YR5.5/6	CL	(M)	534.43	-	S50E	31
T-8	BD(d)	-	13.0	13.0	21.8	7.5YR3/4	SiCL	BK	-	-	-	7.5YR4/6	CL	(M)	530.58	-	W0	29.5
U-3	BD(d)	4.0	5.2	5.2	12.8	5YR2/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr	5YR3/4	CL	BK	546.44	-	S65E	18
U-4	BD(d)	3.5	10.5	3.0	17.0	5YR3/2	CL	Cr	5YR3/3	CL	BK	5YR4/6	CL	-	544.32	-	S55E	26
U-5	BD(d)	3.5	9.3	3.8	14.0	5YR2/3	CL	Cr	7.5YR3/3	CL	BK	7.5YR4/4	SiCL	BK	542.77	-	S70E	34
U-6	BD(d)	3.0	10.8	10.6	13.0	7.5YR3/3	SiCL	(Cr)	-	-	-	10YR5/6	CL	(M)	540.95	-	N67W	31.5
U-7	BD(d)	2.5	4.0	4.0	18.4	5YR2/3	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr-BK	7.5YR4/3	L	BK	538.94	-	S55E	24
V-6	BD(d)	-	6.8	4.2	16.6	5YR2/3	CL	Cr	5YR3/3	CL	Cr-BK	5YR4/6	CL	BK	546.58	-	S60E	24

付表一 2 調査結果 (1958年)

断面番号	pH(H ₂ O)		A層 厚さ (cm)	炭素 (%)		土壌型	傾斜	標高	斜面型
	5cm	50cm		5cm	50cm				
10-6	4.7	4.6	30	10.0	8.2	BDW	43	473	谷-I
10-7	4.5	4.3	70	9.6	8.5	BE	38	471	谷-I
10-8	4.9	4.4	34	8.7	7.8	BE	43	475	谷-I
11-7	4.5	4.5	35	9.6	5.9	BE	42	480	谷-I
2-2	5.7	5.5	30	10.5	1.8	BE	20	433	谷-I
2-3	6.2	6.5	50	9.9	2.5	BE	20	435	谷-I
2-4	5.7	6.3	57	1.0	0.2	BE	18	437	谷-I
2-5	6.1	5.3	20	3.7	2.8	BE	35	440	谷-I
3-2	5.5	5.9	25	2.2	0.7	BDW	22	437	谷-I
3-3	5.7	5.8	30	6.3	4.2	BE	25	437	谷-I
3-4	6.5	6.4	65	6.2	4.6	BE	21	438	谷-I
3-5	5.7	5.3	40	5.7	4.8	BE	28	442	谷-I
4-2	5.1	4.9	15	6.4	3.4	BDW	30	441	谷-I
4-3	5.1	5.1	22	4.9	3.1	BDW	26	442	谷-I
4-4	6.0	6.0	67	8.2	4.9	BE	24	442	谷-I
4-5	5.7	5.8	66	7.4	2.5	BE	20	449	谷-I
4-6	5.5	4.7	25	8.0	6.7	BE	35	450	谷-I
5-2	4.9	4.7	25	7.8	6.1	BE	35	446	谷-I
5-4	5.3	5.4	50	10.1	7.7	BE	29	446	谷-I
5-5	5.6	6.4	57	10.1	7.9	BE	20	447	谷-I
5-6	5.5	5.5	34	9.4	8.4	BE	34	450	谷-I
5-7	5.1	5.5	10	11.5	7.6	BDW	42	459	谷-I
6-2	5.3	5.7	10	13.4	9.0	BE	35	452	谷-I
6-5	6.1	6.5	57	9.3	8.8	BE	27	450	谷-I
6-6	5.5	5.1	55	9.5	9.7	BE	29	452	谷-I
6-7	5.1	5.3	5	12.1	9.4	BDW	40	460	谷-I
7-2	5.2	4.8	40	11.8	10.1	BD	43	460	谷-I
7-5	5.3	5.6	34	11.1	8.8	BE	40	457	谷-I
7-6	5.5	6.0	67	11.1	10.2	BE	29	456	谷-I
7-7	6.1	4.6	5	10.7	10.8	BDW	43	463	谷-I
8-5	5.1	5.2	28	9.9	8.9	BE	44	463	谷-I
8-6	5.7	5.7	42	12.9	11.8	BE	29	460	谷-I
8-7	5.5	5.2	40	10.8	9.3	BE	40	465	谷-I
9-5	4.7	5.1	30	12.1	9.2	BE	45	469	谷-I
9-6	4.8	4.7	35	11.5	10.0	BE	34	465	谷-I
9-7	4.7	5.0	45	10.3	10.1	BE	35	468	谷-I
9-8	5.3	4.7	70	10.0	9.8	BE	44	474	谷-I
9-9	5.1	4.9	30	11.6	8.6	BE	40	477	谷-I
11-10	4.8	4.7	30	11.4	6.4	BDW	45	493	谷-II

付表-2 (続き)

断面番号	pH(H ₂ O)		A層 厚さ(cm)	炭素(%)		土壌型	傾斜	標高	斜面型
	5cm	50cm		5cm	50cm				
11-6	4.9	4.9	33	9.7	6.9	BDW	39	485	谷-Ⅱ
11-8	5.2	5.1	70	9.3	8.1	BE	35	480	谷-Ⅱ
11-9	5.3	5.0	55	9.5	8.9	BE	41	487	谷-Ⅱ
12-10	5.5	4.5	40	7.7	5.4	BDW	35	496	谷-Ⅱ
12-11	4.9	5.0	45	7.7	5.3	BDW	39	503	谷-Ⅱ
12-6	3.6	4.8	15	11.3	6.7	BD	45	493	谷-Ⅱ
12-7	4.8	5.0	37	10.1	3.1	BDW	38	488	谷-Ⅱ
12-8	4.7	4.7	78	7.1	6.4	BE	30	486	谷-Ⅱ
12-9	5.3	4.6	65	7.1	6.3	BE	33	489	谷-Ⅱ
13-10	6.1	5.1	50	7.6	6.2	BE	35	499	谷-Ⅱ
13-11	5.7	5.4	56	8.2	6.0	BE	33	506	谷-Ⅱ
13-12	3.8	4.0	40	8.8	6.1	BDW	39	512	谷-Ⅱ
13-6	5.3	4.9	15	8.2	5.5	BD	45	500	谷-Ⅱ
13-7	5.0	5.3	26	7.5	4.4	BD	41	496	谷-Ⅱ
13-8	5.0	5.4	30	8.6	5.1	BDW	32	493	谷-Ⅱ
13-9	6.0	5.8	40	7.6	5.4	BE	33	494	谷-Ⅱ
14-10	5.5	5.3	50	9.4	6.6	BE	30	503	谷-Ⅱ
14-11	6.1	5.5	25	9.0	5.3	BE	38	508	谷-Ⅱ
14-12	6.0	5.9	62	7.1	5.9	BE	34	513	谷-Ⅱ
14-7	4.5	4.1	34	9.3	5.0	BD	36	503	谷-Ⅱ
14-8	4.9	5.1	54	6.2	4.6	BDW	30	500	谷-Ⅱ
14-9	4.7	4.7	41	7.1	6.1	BE	30	500	谷-Ⅱ
15-10	4.3	4.5	25	9.3	5.3	BDW	35	507	谷-Ⅱ
15-11	5.3	4.4	30	7.3	6.4	BE	38	511	谷-Ⅱ
15-8	4.3	4.3	27	15.3	5.8	BD	31	505	谷-Ⅱ
15-9	4.3	4.3	58	9.1	7.2	BDW	28	505	谷-Ⅱ
14-13	6.0	5.8	46	8.0	5.0	BE	33	519	谷-Ⅲ
14-14	5.6	5.6	10	8.6	5.6	BDW	40	525	谷-Ⅲ
14-15	5.5	4.9	31	9.9	4.2	BDW	40	533	谷-Ⅲ
15-12	5.2	4.5	80	16.6	6.4	BE	32	516	谷-Ⅲ
15-13	4.4	5.1	30	8.6	6.6	BE	37	521	谷-Ⅲ
15-14	5.2	4.2	55	9.1	6.2	BDW	40	527	谷-Ⅲ
15-15	4.9	4.5	50	15.4	5.2	BD	40	535	谷-Ⅲ
16-11	5.5	4.9	19	7.8	4.6	BDW	34	516	谷-Ⅲ
16-12	4.7	5.0	22	8.4	5.2	BE	36	519	谷-Ⅲ
16-13	4.9	5.3	68	9.9	9.1	BE	34	524	谷-Ⅲ
16-14	5.4	5.0	15	14.1	4.5	BE	43	530	谷-Ⅲ
16-15	4.3	4.4	68	13.6	6.0	BDW	46	539	谷-Ⅲ
17-12	4.7	4.9	45	12.5	6.4	BDW	40	525	谷-Ⅲ

付表-2 (続き)

断面番号	pH(H ₂ O)		A層 厚さ(cm)	炭素(%)		土壌型	傾斜	標高	斜面型
	5cm	50cm		5cm	50cm				
17-13	4.7	4.1	80	14.0	7.3	BE	39	529	谷-Ⅲ
17-14	5.3	4.7	65	14.5	4.6	BE	40	533	谷-Ⅲ
17-15	4.9	4.8	52	15.1	4.6	BDW	44	541	谷-Ⅲ
18-14	4.7	4.7	30	17.7	4.2	BDW	42	540	谷-Ⅲ
10-10	4.3	4.9	23	11.4	7.8	BD	36	492	尾根-Ⅰ
10-11	3.3	4.7	42	11.5	10.9	BD	37	497	尾根-Ⅰ
10-9	5.0	5.1	45	12.1	5.9	BDW	40	484	尾根-Ⅰ
11-11	5.2	4.5	40	9.0	4.8	BD	42	500	尾根-Ⅰ
7-8	5.3	5.1	15	12.3	11	BDW	27	469	尾根-Ⅰ
7-9	5.3	5.2	16	12.3	8.9	BD	30	475	尾根-Ⅰ
8-8	5.7	5.1	30	12.8	9.5	BDW	30	472	尾根-Ⅰ
8-9	5.2	4.9	48	13.7	9.9	BE	35	477	尾根-Ⅰ
9-10	4.9	5.0	30	12.1	9.4	BDW	40	486	尾根-Ⅰ
11-12	4.9	4.6	22	8.1	5.5	BD	36	507	尾根-Ⅱ
11-13	4.1	4.3	60	16.0	7.5	BD	33	513	尾根-Ⅱ
12-12	5.1	5.3	37	5.2	4.8	BDW	37	510	尾根-Ⅱ
12-13	5.4	5.1	41	6.9	8.9	BDW	34	516	尾根-Ⅱ
12-14	5.5	4.8	20	8.9	5.6	BD	30	522	尾根-Ⅱ
13-13	5.9	4.7	20	9.5	5.1	BDW	34	518	尾根-Ⅱ
13-14	5.1	4.9	20	7.2	4.8	BD	38	524	尾根-Ⅱ
13-15	4.9	4.7	25	8.8	4.9	BD	40	530	尾根-Ⅱ
14-16	4.9	4.5	20	18.8	5.0	BD	30	540	尾根-Ⅱ
15-16	4.6	3.7	22	11.0	5.6	BD	38	543	尾根-Ⅱ
10-3	5.1	4.9	40	9.3	8.0	BD	35	482	尾根-Ⅲ
10-4	5.0	4.7	50	10.8	6.4	BDW	35	481	尾根-Ⅲ
10-5	4.4	4.7	30	8.9	6.9	BDW	35	479	尾根-Ⅲ
11-4	4.7	4.3	28	10.9	9.6	BD	44	489	尾根-Ⅲ
11-5	5.2	4.7	32	9.8	8.3	BD	45	488	尾根-Ⅲ
12-5	4.1	3.7	25	10.1	6.0	BD	45	499	尾根-Ⅲ
5-3	4.7	5.0	20	7.1	6.0	BDW	30	448	尾根-Ⅲ
6-3	5.4	5.7	26	11.4	9.1	BDW	34	454	尾根-Ⅲ
6-4	5.1	5.3	9	10.9	9.8	BDW	37	455	尾根-Ⅲ
7-3	5.5	7.1	15	12.0	11.0	BDW	36	461	尾根-Ⅲ
7-4	5.1	4.5	28	10.9	9.3	BDW	36	461	尾根-Ⅲ
8-2	4.7	4.9	23	10.9	9.9	BDW	40	467	尾根-Ⅲ
8-3	5.8	4.9	18	11.8	9.7	BDW	38	467	尾根-Ⅲ
8-4	4.8	5.6	17	10.0	8.6	BDW	36	467	尾根-Ⅲ
9-3	4.5	4.9	30	13.0	8.7	BDW	35	474	尾根-Ⅲ
9-4	4.5	4.7	30	13.0	9.8	BDW	38	474	尾根-Ⅲ

付表-2 (続き)

断面番号	pH(H ₂ O)		A層 厚さ(cm)	炭素(%)		土壌型	傾斜	標高	斜面型
	5cm	50cm		5cm	50cm				
14-6	4.9	5.0	29	8.4	5	BD	35	506	尾根-IV
15-7	3.1	4.9	43	18.5	7.3	BD	30	508	尾根-IV
16-10	5.1	4.6	29	7.2	5.3	BDW	30	512	尾根-IV
16-8	4.6	4.6	35	10.1	5.5	BD	18	510	尾根-IV
16-9	4.5	3.5	34	11.0	5.7	BDW	22	510	尾根-IV
17-10	4.7	5.0	18	13.2	5.7	BD	28	516	尾根-IV
17-11	4.7	5.0	20	15.5	4.8	BD	35	520	尾根-IV
17-9	4.6	4.7	30	16.7	7.3	BD	17	512	尾根-IV
18-10	5.4	4.7	25	15.9	5.1	BDW	27	518	尾根-IV
18-11	5.0	4.1	22	17.0	5.7	BD	34	523	尾根-IV
18-12	4.5	4.6	33	14.7	5.5	BD	33	529	尾根-IV
18-13	5.2	4.7	37	16.5	6.6	BD	42	536	尾根-IV
18-9	4.6	5.2	38	16.2	6.4	BD	15	516	尾根-IV

福岡県森林林業技術センター研究報告 第1号

平成8年1月16日発行

発行 福岡県森林林業技術センター
(旧：福岡県林業試験場)
〒839 福岡県久留米市山本町豊田1438-2
TEL 0942-45-7870
FAX 0942-45-7901

印刷 多田印刷株式会社
〒830 福岡県久留米市諏訪野町2432
TEL 0942-35-3459
FAX 0942-36-1472

Bulletin of Fukuoka Prefecture Forest Research and Extension Center*

CONTENTS

- IKEDA, K.: Food Habits of the Japanese Giant Flying Squirrel (*Petaurista leucogenys*) in Man-made Coniferous Forests in Fukuoka Prefecture 1
- SASAKI, S., J. TAKAKI and R. NODA: Study on some chemical elements on soil in a Sugi stand - Geomorphological distribution and periodical change of soil - 13

* : This Bulletin is newly published on January 1996 for instead of "The Bulletin of Fukuoka-ken Forest Experiment Station" which was over at Vol.39 on May 1992.

(Bull. Fukuoka Pref. For. Res. Ctr.)

Fukuoka Prefecture Forest Research and Extension Center
 (formerly Fukuoka-ken Forest Experiment Station)
 1438-2, Toyoda, Yamamotomachi, Kurume, Fukuoka
 839 Japan

福岡県行政資料			
分類記号	所属コード	登録年度	登録番号
PF	0803201	7	0002