

登録番号 1111
参照番号

ODC分類	1	環境因子 生物学
	1	立地因子 気象 位置 土壌 水文学
質問内容	広葉杉3代目人工造林地の地力減退	
プロジェクト	福建省林業技術開発計画	
地域 : 国名	東アジア : 中国	
キーワード	広葉杉 地力減退 コウヨウザン Cunninghamia lanceolata 杉木 沙木 沙樹 刺杉 広州杉 福州杉 琉球縦 オランダモミ ギョウジャモミ 土壌流亡 火入れ 天地返し 人工林生態系管理 地力維持 地力増進 不良造林地 林地侵食 肥培管理 混交林	
参考文献		
質問者	三上進	回答者 河原輝彦

個別技術情報支援のための質問書

1993年12月25日

プロジェクト名 福建省林業技術開発計画
 専門家名 三 上 進

質問技術テーマ 広葉杉3代目人工造林地の地力減退

1. 質問技術テーマの具体的背景、及びそのプロジェクト活動の中での位置付け
2. 質問の具体的内容
3. 期待する回答の範囲

福建省の主要造林樹種である広葉杉は皆伐一斉造林と短伐期収穫が行なわれてきたが、3代目造林地の成育が著しく不良であることが問題となっている。その原因として、地拵えの火入れと地表の天地返しで表層土を流亡させ、その施業を25～30年で繰り返すことによると考えられ、表層土を攪乱しない日本式造林方法を採用すべきだとする提案が中国の有力研究者からも出されている。しかし、地表処理と地力減退についての科学的データが少なく、施業技術を改善させるまでには至っていない。

プロジェクトには「主要造林樹種の人工林育成技術」の課題があるが、現在は馬尾松のみを対象としている。しかし、広葉杉人工林の地力低下の問題は大きく、等閑視すべきではなく、積極的にアプローチする必要があると考える。ただし、研究を完成させる時間はないので、研究手法の確立と地拵え前後の土壌・養分の変化を把握することと、その後の経過を観察するための試験区の設定までを行う。

そのため、次のことについてご協力を頂きたい。

1. 日本でも過去に2代目造林地の地力低下が大きな問題となった時期があり、共同調査が行なわれた筈ですが、そのときの調査設計書（造林・土壌）とその成果報告書及び関連の資料を頂きたい。
2. 広葉杉人工林は鬱閉が早く、地表植生が殆どなくなるので、成林後の土壌流亡も大きいと考えられる。最近、日本ではヒノキで問題となり、その研究成果もあると思いますので、参考資料として頂きたい。
3. 広葉杉人工林の地力低下の問題について、或いはその調査法について、何かコメントがあればお願いしたい。

質問のキーワード；

広葉杉、3代目人工造林、地力減退、土壌流亡、火入れ、天地返し

希望資料名；

上記

希望指導委員名；

森林総合研究所 環境部長・立地環境科長
 同 生産技術部 育林技術科長

注意事項 当様式1枚に複数の質問技術テーマは記載しないこと。

福建省林業技術開発計画
三上進リーダー殿

2月に質問書「広葉杉3代目人工造林地の地力減退」をいただいはや2か月が経ちました。2月・3月は会議が多いうえに、3月14日から2週間パプアニューギニアに第2フェーズの事前調査、4月には林学会などがあって、返事が大変遅くなって申し訳なく思っております。

さて、2代目、3代目の造林地に関する研究は、カラマツ林で行われたことはありますが、その他の樹種ではないと思います（藤田柱治氏や堀田氏にも聞きましたが同じ返事でした）。

カラマツ林の不良造林地の原因として、養分減少、立地要因をあげているが、未だはつきりしない、とのことでした。

単純林の繰り返し採りによる地力減退については、日本でも特にヒノキ林について大きな問題になっております。林冠が閉鎖したヒノキ林では、林内が非常に暗くなり、下層植生が消えてしまうため、雨水による土砂・養分流亡が大きい。そのために地力が減退すると言われております。雨水による土砂等の流亡量と植生の有無、皆伐などについての報告がいくつかありますので、コピーを同封します。しかし、2代目、3代目のヒノキ人工林の生産力どれくらい低下しているのか、その資料は未だ有りません。雨量の多い尾鷲のヒノキ林でも、ある篤林家によると地力の低下は起こっていないとも言われており、はつきりしません。なお、参考までに、私が林業技術に書いたもののコピーを同封します。

このようなヒノキ林の地力減退に対する対策として、

①複層林への導入

ヒノキーヒノキの複層林が、一般的であるが、アカマツーヒノキ混交林が土壌流亡を抑える効果大きい。

②ヒノキ林への広葉樹の導入

強度間伐による下層植生、あるいは、除伐段階で広葉樹をある程度の本数残す。

などが、考えられます。

以上のことから、「広葉杉の地力減退」も、ヒノキ林と同様の方法で調査あるいは対策を立てていけばよいと思っております。

1994・4・11 河原謙彦

人工生態系管理手段としての これからの育林技術

1. はじめに

現在、わが国の森林面積は天然林と人工林とを合わせて2500万haであるが、このうち人工林は約1000万haで全森林面積の40%、日本の総面積の27%となっている。これら人工林の構成樹種は、スギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツなど針葉樹が大部分である。この針葉樹造林地でもスギとヒノキが約7割を占めている。すなわち、面積規模から見ると、スギ、ヒノキの人工林は、わが国の山地の環境や景観に大きな位置を占めているといえる。

わが国の1年間の木材使用量を見ると約1億 m^3 で、このうち外材の占める割合は約70%にもなり、国内材の比率は小さい。しかし、良質材を中心とした木材生産のためには、将来ともスギやヒノキなどの人工林は必要である。その人工林の多くは、雨の多い急峻な山地であるため、問題点も多くあるが、わが国の育林技術としては世界的に見ても超一流のものを持っている。その代表的な林業地として、奈良の吉野林業や京都の北山林業が挙げられる。今後とも人工林においては、これらの育林技術を用いて利用価値の高い幹材の生産力を向上させることが大切であろう。

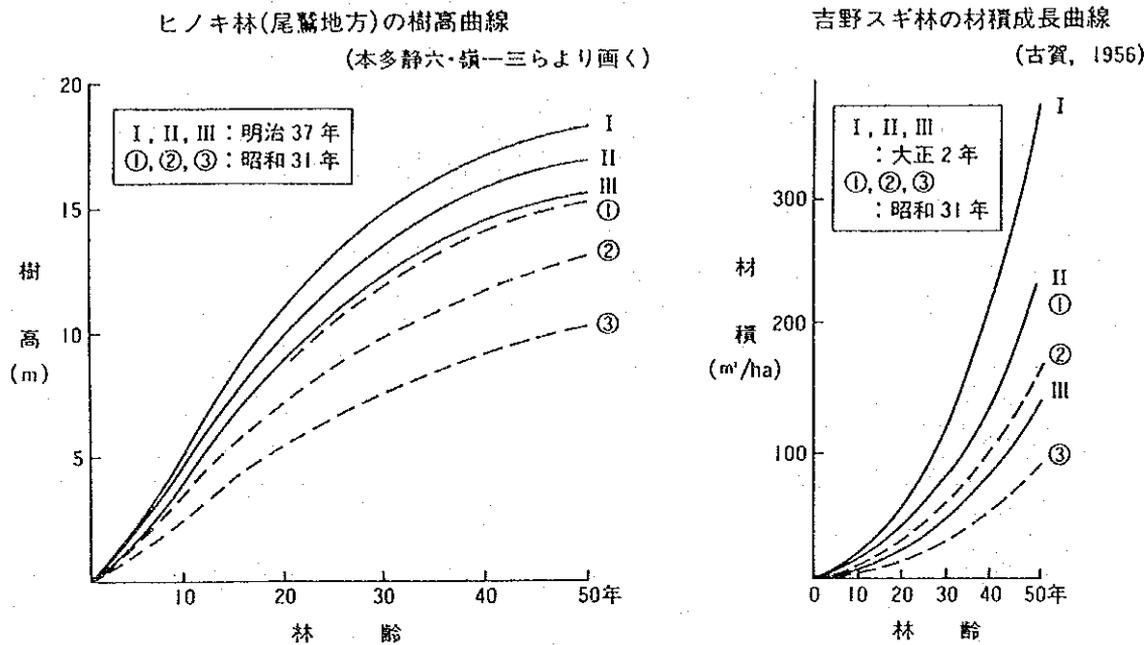
一方、1000万haに及ぶ人工林は、環境保全的な面から見ても、その役割は大きい。しかし、その人工林の多くは、スギ、ヒノキなど針葉樹の単一斉造林地であるため、その取扱い方には大きな注意を払う必要がある。例えば、現在すでに大きな問題になっているが、スギカミキリやアカネトラカミキリなどの病虫害、雪などによる気象害が

大きくなる危険性を含んでいるとともに、短期の大量皆伐の繰り返しによる地力の低下や山崩れの危険度の増大なども大きな問題点として挙げられる。

したがって、今後これらの問題点を軽減させるような育林技術をもって、次代の健全な人工林を維持管理していく必要がある。

2. 人工林生態系での地力の低下

人工林は人工生態系のもっとも大きな部分であり、林木を中心とした植物群と微生物など土壌中の生物群を主体とし、これに地上の動物の集団を加えた生物群の集まりであり、生物と環境とが相互にかかわり合っている。この生態系では林木は土壌中から水や養分を吸収し、葉で太陽エネルギーと空気中の炭酸ガスを取って光合成を行い、葉や幹などの有機物をつくり、また、その有機物の一部は落葉落枝として、林木に吸収された養分の一部は、土壌に返ってくる。すなわち、森林生態系は「物質循環系」ともいえる。これらの様式は、人工林でも天然林でも変わらない。しかし、人工林の物質循環系は天然林よりも不安定である。例えば、スギやヒノキの林冠が閉鎖すれば林内は暗くなり、林床植生は消失し、それにとまって雨水による有機物や土壌の流亡が起こりやすくなる。また、皆伐すれば、材の搬出にとまって養分の林外への持ち出し、搬出時の土壌のかく乱、林地への養分供給量の減少などが起こる。このように、同一樹種の単一斉林で短期皆伐を繰り返していくと、物質循環系は大きく乱れ、しだいに林地の生産力は低下していく恐れがある。単一斉単純林を数世代



図・1 皆伐による地力の低下

続けた場合、地力が低下するといわれているが、調査されたデータはない。

そこで、尾鷲地方で明治 37 年と昭和 31 年に作られた樹高成長曲線を比較してみた。また、吉野のスギ林でも大正 2 年と昭和 31 年との材積成長量が比較されている (図・1) である。測定方法などにも問題があり単純には比較できないが、スギ、ヒノキ林とも地力がかなり低下していることがわかる。このようなことから吉野においては、土地に対する要求度の低いヒノキに変更されつつある。

したがって、このように欠点を持ったスギ、ヒノキを中心にした人工林で木材生産を続けていくためには、生態系(物質循環系)をより安定した状態に維持管理できるような育林技術を用いていく必要がある。ここではスギ林とヒノキ林の地力低下の防止方法を中心にして、人工生態系管理の育林的方法について考えてみた。

3. 利用間伐しても林床に植生を

スギ、ヒノキ林などの齢級配置を全国的に見ると、30～40 年生までが大部分を占めており、除間伐を必要とする林齢である。しかし、その大部分は除間伐手遅れ林分であり、いわゆる「線香林」で、林内は暗くて生気を失っている。

この時期に除間伐をやることの意味はすでによ

表・1 林床植生と流出土壌 (河住, 1979)

	林齢(年)	林床植生	流出土壌(g/m²)
ヒノキ	17		203
	17		206
	17	ミヤコザサ	24
	45		60
	45	クマイザサ	9
	45	チゴユリ	5
スギ	15		61
	15	クロヒナスゲ	2
	15	ヤマイヌワラビ	2

く知られているように、人為的に密度を調節し、自然の競争と個体間の不ぞろいをなくし、残存木を健全に成育させることが大きな目的である。しかし、前述したように、スギやヒノキ林で林冠が閉鎖すると、林床から植生が消失するが、表・1に見られるように林床植生の有無は土壌の流出に大きくかかわっていることがわかる²⁾。特にヒノキ林では、落葉がリン片状になるため雨水による流出が大きく、地力の低下が起りやすい。

したがって、地力の低下を防いでいる林床植生を消失させないためにも、除間伐の実行が必要である。目的とする林床植生量を維持していくための林内照度としては、相対照度で 20% 以上が必要であり、そのための間伐率は材積で 30% 以上とな

ろう。しかし、林齢40年生ぐらいまでは、成長が非常に旺盛であるために、多少の間伐をしても4、5年後にはまた林内は暗くなり、再度の間伐が必要となる。再間伐期間を長くするためには強度の間伐をする必要があるが、小径木ばかりの間伐木では採算が取れないので、採算が取れるように柱材として使える大径木や中径木をも含めた間伐、いわゆる「利用間伐」を取り入れていく方法もあろう。また、枝打ちも併せて実行すれば、林内照度の確保にはより効果的である。

4. 長伐期にして複層林へ

50年生ぐらいの短い伐期で大面積の皆伐を繰り返すと、図・1に見たように地力はしだいに低下していく傾向にある。それを防止する1つの方法として、伐期を延長し、大径材生産の方向へ向けることが望ましい。すなわち、柱二玉利用径級(林齢50～60年前後)時に主伐をしないで、利用価値の高いものを中心に強度の間伐で通過し、末口直径45cm以上の大径良質材を生産することを目標とし、伐期100年ぐらいで、ha当たり150本程度を収穫することを目標とする。50～60年ぐらいの林齢で強度の間伐をすれば、林内はかなり明るくなり、また一般にこの林齢では成長も小さくなっているために林内照度の低下も非常に遅い。

このような長伐期施業林においては、スギやヒノキを樹下植栽して複層林型へ導くのが比較的容易であるので、長期の常時二段林の造成を目標とすることが有効であり、今後ますます発展させる必要のある技術である。

なお、複層林の造成は、40年生ぐらいまでの林分でもできないことはないが、林内照度の減少が急であるため再間伐を短期間に何回もやる必要があり、経費もかかり、また下木の損傷も出るため、あまり若い林分での複層林仕立ては適当ではない。

5. 樹種の混ざり合った「混交林」へ

地力低下の防止の他の方法として、樹種混交が挙げられる。スギやヒノキへの混交樹種として、アカマツやカラマツなどの針葉樹、ケヤキ、クヌギ、コナラなどの有用落葉広葉樹が挙げられる。これらの混交した樹種の落葉は、スギやヒノキ落

表・2 56年生スギ・ケヤキ混交林の林分状況(日原営林署)
(河原, 1985)

斜面位置		本数 (本/ha)	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	全材積 (m ³ /ha)
下部	スギ	143	14.3	8.1	222
	ケヤキ	521	14.5	19.3	
	その他	300	14.3	23.1	
中部	スギ	350	12.2	12.2	214
	ケヤキ	563	14.0	16.6	
	その他	637	21.1	21.1	
上部	スギ	1,128	10.4	11.8	190
	ケヤキ	186	11.4	12.9	
	その他	743	13.2	19.7	

葉の流亡を抑えるとともに、リン片状にならないので、雨滴による直接的な土壌の破壊から守り、また、落葉広葉樹の混交は針葉樹の落葉分解を速めるために森林での養分循環がスムーズになるなどの効果もある³⁾。しかし、樹種を混交する場合には、スギやヒノキを植栽した時点から考えておかないと、成林途中から混交林を仕立てることは非常に手間がかかる。

スギやヒノキとアカマツやカラマツとの混交林を仕立てる場合は、ほぼ同時の植栽あるいは天然更新によるか、あるいは、アカマツやカラマツがある程度成林してから樹下植栽していく方法がある。これら針葉混交林では、いずれにしてもアカマツやカラマツを上木とした混交2段林型となる。上木、下木の伐期を100年以上とすれば、木材生産の面でも、また地力維持の面でも非常に大きなメリットがあるので、造成可能な地域では理想的な林型であるといえる⁴⁾。

落葉広葉樹との混交の中で実際に人工植栽で成功している例として、スギとケヤキの混交林が挙げられる(表・2)⁵⁾。これら両樹種は同時植栽されたものであり、上木となったケヤキは下木のスギによって通直で枝下の高い状態で生育している。

スギとケヤキの混交林を仕立てる場合、ケヤキの植栽はほぼ谷筋だけに限る必要があり、ケヤキの伐期を150年ぐらいにし、その間スギを約70年で伐採し、その後またスギを樹下植栽していくような方法を採用。今後も経済性の高いケヤキをスギと混植していくのも1つの方向であると思われる

る。

また、自然力を利用した針広混交方法として、除伐段階で天然に更新した有用広葉樹を残して育てていく方法も考えられる。このように天然生の広葉樹を使えば、造林、下刈りなどの経費の節約にもなり、また、諸被害に対しても安全性が高い。

一方、前にも述べたように、林内が真っ暗なスギやヒノキの純林でも強度の間伐を繰り返せば、林床に下層植生が多く侵入し、50年を越すような林では広葉樹等が下層に定着するなど、立派な針広混交林ができあがっていく。

6. ヒノキ林で可能な所は天然更新を

ヒノキ人工林で、その現状や立地条件から見て、ヒノキ天然更新の期待される森林については、森林の省力的な再生手段として、また、地力の維持等から天然の更新力を活用した天然林施業を行っていけばよい。

伐期齢以上のヒノキ林で、現在ヒノキの稚樹が発生し天然更新の可能性の高い林については、天然更新に相当といわれている相対照度10~15%になるように間伐を行う。

一方、ヒノキ稚樹が発生していないヒノキ林で天然更新を成功させるためには、ある一定の立地条件(地況や林況など)がそろっている必要がある。例えば、更新の可能性が大きい場所として、林床型ではコケ型、土壌ではクロボク、斜面の傾斜度では10°以下の所などが挙げられる⁹⁾。このような場所があれば、相対照度が10~15%になるように間伐(予備伐)をし、稚樹の発生を期待すればよい。

7. おわりに

スギとヒノキを主とした人工林生態系の地力維

持管理をするためには、間伐・枝打ちなどの適切な保育、長伐期複層林への誘導、あるいは、混交林造成など多様な森林づくりをしていく必要性があることを述べてきたが、これらの施業は、地力の維持ばかりではなく、優良材生産、気象害の回避、更新作業の省力など木材生産の面、あるいは国土保全、水源かん養、風致・景観など環境保全の面からも優れている。また、多様な森林は、そこに生存する昆虫や動物の種も多様になり、そのような環境下では食物連鎖の働きによって、単一種(例えば、スギカミキリ、アカネトラカミキリ、スギザイノタマバエなど)による大被害の発生あるいはまん延が抑えられるであろう。すなわち、多様な森林づくりは、人工生態系をある程度安定させることができるといえるので、今後はこれらの森林をできるだけ多くつくり出す努力が必要である。

しかし、複層林や混交林などの造成は、いつでも・どこでも簡単にできるものではないので、少なくとも間伐の実行、大面積の短伐期の皆伐と大面積一斉造林を避けた施業をしていく必要がある。

(かわはら てるひこ・森林総合研究所東北支所)

参考文献

- 1) 古賀正照：山林 900, 1956
- 2) 苅住 昇ら：「農林漁業における環境保全に関する研究」報告書, 1979
- 3) 河原輝彦：林試研報 334, 1985
- 4) 河原輝彦ら：日林誌 64, 1984
- 5) 河原輝彦ら：大阪営林局技術開発報告書 16, 1985
- 6) 河原輝彦ら：大阪営林局技術開発報告書 17, 1988

図書のお知らせ

日本の森林土壌

付・日本の森林土壌分布図(200万分の1・多色刷)
林野庁 監修/「日本の森林土壌」編集委員会 編集

(口絵カラー(土壌断面写真))

B5判・706頁、定価15,000円(消費税を含まず)

今を去る昭和22年、国有林野土壌調査事業が開始され、29年からは、民有林の土壌調査(適地適木調査事業)も開始された。本書は、これまでの両調査の成果を総括し、わが国森林土壌の最高到達域を標す書として編さんされたものである。

発行 日本林業技術協会

林業技術 No.579 1990.6

人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流出移動について(I)

——実験条件と降水量の分布——

赤井龍男(京大農)・杉浦孝敏(京大農)・相場芳彦(京大農)
有光一彦(林試)・本城尚正(京府大農)・石井 弘(島大農)

I はじめに

森林の成立は林地を保全する効果が大いといわれているが、ヒノキの一葉根林林については断片的かつ特性、即ち一般に落葉が水平に拡がり滞留しやすいため下層植生に乏しいこと、またその落葉土が落葉に分解するため落葉土とともに雨水により流出する現象が多いため、地力減退を起す可能性の高いことは、以前から杉浦ら(3)ほか多くの人々によって指摘され、また最近では林地肥培研究会のシンポジウムに際し、桑原、杉浦、赤井が論議(4)し、さらに1980年第91回大会に於いてこのことに関連した報告を行なった。一方一般林の土壌侵食に関連し、村井(2)は小規模に入れた森林地土壌に対する雨水強度をかえた人工降雨実験によって、落葉の地産物が侵食防止に効果的大きいことを報告している。しかし以上の諸報告は実験林地における降雨強度とリターや落葉土の流出にともなう地力減退の関係を直接説明したものでなく、定量的な関係に乏しいのが現状である。今回の研究は調査に設置の距離がともなう天然降雨にかわり、人工降雨によって降雨強度を調節し、その強弱と林分保育の度合、下層植生の成立状態が、リターや落葉土等の移動、流出量にあるいは養分元素の損失にどのよう影響するかを解析しようとするものである。なお本研究は文部省科学研究費の助成により進められたことにより、現地の実験に全面的に御協力いただいた松永栄夫、栗水勉、土井高平各氏に感謝の意を表したい。

II 実験条件と苗分の風況

成林した林分において重症人工降雨の試験を行なうためにはいろいろな制約をともなう。まず少なくとも10m程度の樹高を越す強力な水流が降り、しかも林地に移動できる小型軽量のポンプが望ましい。さらに1.00~2.00mの林地に300mm/hrまでの降雨強度を与えるためには3台以上のポンプが必要である。つぎに実験の苗として好ましい林分は、地形、土壌条件、林分が健康な状態にあり、かつ降雨の差による下層植生の成立状態に違いがあること、また水面と実験林分の高差が1.0m以内で、水量が豊富な水源が近くにあることなどが求められたが、現実にはこのような必要条件を満足し実験地をみつめることは困難であった。そこでまず予備的な第1回目の実験は地力減退の問題の大きい尾瀬市の既有林で、谷川に接した若合林分を対象として行なった。林分の概況は表1に示したように、伐採のおくれた林分Y-1はほぼ完全に閉鎖し、ほとんど下層植生は成立していない。これに接したY-2は同一取扱いの林分ではあるが、やせ地であるため閉鎖割合も少なくまだ閉鎖前でツダ等がよく繁茂

表-1. 人工降雨実験を行なった林分の概況

実験地	plot	林分	方位	面積 (m ²)	林高 (m)	平均風速 (m/s)	平均湿度 (%)	平均湿度 (%)	降水量 (mm/ha)	実測降水量 (mm/ha)	水分率 (%)
尾瀬市 (第1回)	Y-1	落葉生	N E	40	18	10.7	9.5	4,190	37.6	1.89	
	Y-2	シ	N E	39	18	6.0	8.8	6,767	19.8	7.3	
湯山町 (第2回)	(第1期)	落葉生	WNW	30	32	12.3	15.4	2,486	45.3	2.97	
	(第2期)	シ	NNW			12.4	15.6	1,933	37.5	2.49	
	U	シ	NNW	38	49	13.2	16.2	933	27.2	2.33	

Tatsuo ANAI (Exp. For. Sta., Kyoto Univ., Kyoto 606), Takazo SUGIURA (Tokyo Univ. of Agr., Tokyo 156), Yoshinori AIDA (Fac. of Agr., Tokyo Univ. of Agr. & Tech., Fuchu, Tokyo 183), Kazuo ARIMITSU (For. & For. Prod. Res. Inst., P.O.Box 16, Tsukuba, Ibaraki 305), Takaki HONJYO (Exp. For. Sta., Kyoto Pref. Univ., Kyoto 606), Hiroshi ISHII (Fac. of Agr., Shimane Univ., Matsue 690)
Flowing drift of litter, soil and others under artificial rainfall in Hinoki stands (I) Experimental conditions and distribution of precipitation

人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流出移動について(II)

—— 下層植生の成立状態の異なる若齢林分のリター、表層土の移動量 ——
赤井龍男・香村健次郎・真鍋逸平(京大演)・宍光一登(林試)
相場芳徳(京大工大農)・杉浦孝寛(京大農)

降雨にもとづく落葉、根腐爛、土壌および砂礫などの移動、腐植は主として林地の腐植層、腐植土、土壌の組成、構造、落葉等堆積物の種類と腐植状態および下層植生の成立状態などに影響される。一方降雨の作用要因としては、降雨の強度の大小と落下速度にもとづく地表面積力、地表流水によるリターや土砂の運搬、水みちの形成による土壌侵食など降雨強度と密接な関係が考えられる。これらの関係をすべて明らかにすることはきわめて困難なことであるが、本報告では主として下層植生の発生に要する目的を以て、尾鷲市の若齢林分において(Ⅰ)報で述べたように地形、腐植条件など全く同様な林分1.8年生落葉林分であるが、肥後県鹿かから林分の腐植状態に違いがあるため、下層植生の腐植状態に差が生じている2つの林分を対象として1980年2月初旬行なった第1回目の実験の結果をとりまとめた。しかし人工降雨の実験の設定には多くの努力と時間がかかるので、既に水強度とその継続時間を定めた既述した降雨条件の繰返しは行なわなかったが、ヒノキ林の地力保護機構の解明のために、さらに広範な研究が望まれる。

I 下層植生、地質物の状態と表層土の組成

(Ⅰ)報で紹介したようにY-1は立木本数4,200本/ha、林分材積約18.9m³/haで、相対的にきわめて密な落葉林分である。したがって林床にはツゴロ、アヤコウジ、フニチチ、チカカズラなどが適量発生している。表-1、下層植生現存量(乾重 kg/ha)

シダ	Y-1		Y-2	
	系	計	系	計
シダ枯葉	0	1052	0	419
シダ	0	1471	0	580
計	0	2523	0	1000

林分材積も約7.9m³/haで、まだ閉鎖状態にない。したがって表-1に示したように、ツゴロ、アヤコウジが密生し、生きているシダの乾重だけでha当り約1.5tonもある。枯死したシダは本落葉と同様Ao、落葉に入れるべきかも知れないが、この量は意外に多く、約1.1ton/haもあった。このように密生しているものと思われる。ツゴロ、アヤコウジの密生が、後述のように表層土の移動、腐植を防止するに役立つと思われる。つぎに1m×1m枠2箇所ずつの両林分のAo層腐植層は表-2のようであった。シダ密生地のL.F.H.値はくれば、無植生地のそれとは大きく、これはシダの落葉だけでなく、その枯死体によるヒノキ落葉の腐植を阻止する効果が

表-2. Ao層腐植(乾重)および表層土の腐植量(kg/ha)

Plot	林床	土層の腐植 (g/2.4)			細土の腐植量		
		L層	F-H層	Ao	細土	腐植	計
Y-1	無植生	22	0.6	28	298	2350	7 2655
Y-2	シダ密生	39	11.4	153	622	638	40 1300

Tatsuo AKAI, Kenjiro YOSHIMURA, Ipppei MANABE (Exp. For. Sta., Kyoto Univ., Kyoto 606), Kazuo ARIHITSU (For. & For. Prod. Res. Inst., P.O.Box 16, Tsukuba Nōrin-kenkyū-danchi, Ibaraki 305), Yoshiro AIDA (Fac. of Agr., Tokyo Univ. of Agr. & Tech., Fuchu, Tokyo 183), Takazo SUGIURA (Tokyo Univ. of Agr., Tokyo 156) Flowing drift of litter, soil and others under artificial rainfall in Hinoki stands (II) Movement of litter and surface soil in the young stands with different growing undergrowth.

している。第2回目の実験は尾鷲市に隣接した眉山町で行なった。両林分とも成林後3~4回の除間伐はされているが、その状態に差があり、表-1に示したように林分Nは実験当初測定されたものの向伏時の断面積合計は約4.5m³/haで、閉鎖の状態にあって下層植生はほとんどみられない。これに対し林分Iは林分Nに比べて相対的に林床、シダ密生体とした下層植生が繁茂している。しかし両林分とも近接した土地条件に大きな差はない。

II 降水強度と腐水量の分布

林分Iにおける人工降雨の実験は始めての経験であり、実際の降水と林内の降水強度の関係と土砂移動量の関係などについては不明であった。まず尾鷲市の林分Y-1において約100m²内に径1.5~2.1cmの空カン雨量計を11箇所空中に水平にばら下げ、ほゞその範囲内に3台の補助ポンプを置き、降水落下水が測定器で採取され均一な雨量計となるように1980年2月第1回目の降水実験を行なった。降水の記録、林地に並べた2.0mの移動土砂受皿の裏面に取付けた流出水が一部あふれ出したので、1.5分で放水を中止した。この時間内の平均降水量は4.6.9mmでこれが記録した場合の雨量に換算すると1.8mm/hr.となった。また各雨量計ごとの降水量の分散は表-1のようである。異常な降水強度の差である。一方ツゴロの成立するY-2は雨量も小さく5.0mmに7箇所の雨量計を設置し、2台のポンプで10分間放水した結果、平均4.9.7mm(2.9.8mm/hr.)となり、Y-1と降水強度はほぼ同程度であった。しかし降水強度は後者が5.0%ほど大きかった。また降水量の分散は表-1のようになっている。自然降雨の林内の雨量分布は異なっているが、林冠構造から考えてこの雨量の分散は起りうると思われるが、これは今後よく確かめたい。しかし以上の方法では放水中に降水強度を知ることが困難であったので、同年8月下旬、眉山町の社令林分において新たな実験を行なった。すなわち雨量計として幅1.5.5cm、長さ1.9.8cmのU字型の器を、表-2のように無植生地Nには1.5.0m内に5箇、シダ地Iには7.5m内に3箇中に設置し、パイプで接続したポリタンクの雨量を逐次読みとりながらあらかじめ目標とした降水強度となるよう放水量を調節し、流出水が受皿に落ちた時点で放水を止めた。この実験では雨量計が腐植層上部まで放水することができなかったが、降水量の分散はほぼ2.0倍程度でそれほど大きな差はなかった(表-2)。この雨量計の排水面に占める割合は僅か1.2%程度であったが、これ以上の雨量計の設置は降水強度が大きすぎると思われる。また放水によって高くなる雨量の大きさは測定していないが、領雨程度の値と大差はないようである。これらの点を総合すると今回の人工降雨の実験は、比較的自然降雨の強度に近い条件で行なったものと考えられている。しかし、(Ⅰ)報以下述べる無植生地の大量の土砂の移動状態からみて、降水強度を強化させる場合、降水時間のどちらをコンスタントにして定量的な解析をすべきか、また時雨量出現ではありえない3.0mm/hr.という降雨強度も、短時間には自然降雨でも起こる可能性がある、むしろこの影響の方が大きいと思われることなど、今後の課題としたい。

引用文献

- (Ⅰ) 赤井龍男: 林業技術 419, 7~11, 1977 (2) 村井聖ほか: 林試研報 274, 23~84, 1975
- (Ⅱ) 杉浦孝寛ほか: 7 回日林誌, 497~501, 1966

表-1. 眉山町の人工降雨実験(第2回)における降水量の分布(mm)

Plot	林床	I		N		無植生	II	III
実験区	分	左	右	左	右	左	右	—
測定時間		5'04"		16'13"		6'20"		
測定位置		上	中	下	平	上	中	下
雨量		10.5	17.3	19.7	14.6	6.3	10.2	9.3
平均		11.4	12.5	20.9	14.8	6.3	10.5	9.3
時雨量		11.0	10.5	9.3	10.5	9.3	10.5	8.6
時雨量		1.22	1.445	1.50	1.50	1.50	1.50	8.14

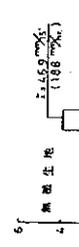
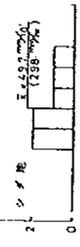


図-1. 尾鷲市の人工降雨実験(第1回)における降水量の分布

人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流出移動について(III)

——保育の異なる仕立林分のリター、表層土の移動量——

吉村健次郎・赤井龍男・真鍋逸平(京大農)・相場芳彦(東農工大農)・杉浦孝蔵(東農大)・有光一登(林試)・本城尚正(京大農大)

Ⅰ はじめに

人工降雨という手段を用いた本研究の目的は、森林の害状にもともない地力減退の問題ではなくて、ヒノキ等の保育おくれがもたらす林分の崩壊、下層樹生の消滅、高木落葉、落葉と表土の流出、林床の表土化と進む地力低下のしくみを明らかにすることにある。したがって林形、地形、土壌条件が類似し、また各林分の表層土の移動で下層樹生の成長状態に差のある林分が実験対象として好ましいが、水害との関係でそのような理想的な林分をえることが困難であったので、(Ⅰ)報で述べたように林形が異なる、樹体の強度の異なる三區(黒瀬山町の民有林で1980年8月下旬、第2回目の実験を行なった。本報告はそれらの結果の概要をとりまとめたものである。

Ⅱ 下層樹生、Ao層の処理と表層土の発生量

(Ⅰ)報で説明したように、林分Mは30年生の林分で本実験の直前に間伐されたものであるが、間伐前の立木本数は約2,500本/ha、林分材積は約300m³/haで相対的にきわめて密状態であった。したがって林床にはアケカサラなどが僅かに散在している程度で、表-1に示したように林床の層生現存量は乾重で1.7t/haにすぎなかった。これに対し林分Uは過去に比較的強度の間伐が行なわれてきた林分で、断面積合計も小さく林床の層生現存量は1.2t/haとかなり明らかなり、ウラジロ・コナラ・キノノコナラなどが密生、繁茂し、層生量は乾重で約4.2t/haにも達した。

次に1×1m枠2箇所ずつのAo層量は表-2のようであったが、この両林分はH.F.別に分けることが多少困難であった。これをまとめてAo層とした。シダ等の発生する林分Uは(Ⅱ)報で述べたシダ層立地のAo層とほぼ同様、乾重で1.0t/ha程度であった。これに対し、無層立地の林分Mは約6.2t/haもAo層が密生していたが、下層樹生の存在しない林地としては比較的多い傾向がある。

表-1 林内の光量減と樹生現存量(乾重)

林分	M		U	
	Plot	現存量	Plot	現存量
林外照度(×1000lx)	113	115	115	115
相対照度	67	127	61	127
ウラジロ葉(%)	17	1383	50	709
ウラジロ葉		2092		884
小計		175		1059
シダ葉		906		61
小計		62		900
他の草本		99		561
木		50		595
総計		17		4168

表-2 Ao層の処理と表層土の発生量(乾重)

林分	Ao層		表層土の発生量(9/24)	
	Plot	発生量	Plot	発生量
M	62	768	12	1,680
U	99	595	11	1,167
総計				2,847

Kenjiro YOSHIMURA, Tatsuo AKAI & Jpei MANAHE (Exp. For. Sta., Kyoto Univ., Kyoto 606) Yoshinari AINA (Fac. of Agr., Tokyo Univ. of Agr. & Tech., Fuchu, Tokyo 183), Takazo SUGIURA (Tokyo Univ. of Agr., Tokyo 166), Kazuo ARIMITSU (Agr. & For. Prod. Res. Inst., P.O.Box 16, Tsukuba, Ibaraki, 305), Takaki HONJO (Exp. For. Sta., Kyoto Pref. Univ., Kyoto 606)

Flowing drift of litter, soil and others under artificial rainfall in Hinoki Stands (III) Movement of litter and surface soil in the thrifty stands with different process of thinning

大きいものと実験結果から推測された。一方両林分の表層土2.2(2.0×2.0×5cm厚さ)について組成を調べた結果、表-2のようになつた。これからは明らかに無層立地の表層土はシダ地のはず2層も多く、また表土と細土の量はシダ地では同じであるのに、無層立地では細土の7倍も多くなった。一方全細土での表土化には大きな違いはなかったが、無層立地の表層土に比べて多いのは、表層土の流出の影響があるのかどうか、土壌採取法ともいえる必要がある。

Ⅱ リター及び土砂の流出移動量

リター及び土砂等の流出移動量を測定する装置は、前報(3.3cmのプラスチック製の真を用い、Y-1には1.0×1.0m内の排水面の下部に1.0個、さらに約5m上部に1.0個ずつは1.1m間隔に、Y-2には7×7mの下部に8個を約1m間隔に1列に並べて設置した。真はできるだけ自然状態のまま前線部が地面に密着するよう気取って固定した。(Ⅰ)報で述べたようにY-1では1.0×1.0m内に3台の消防ポンプで1.5分放水した結果、4.7mm(188mm/h)。Y-2では7×7m内に2台で1.0分間に4.9.7mm(298mm/h)の降水強度となった。各真に流入するリターや土砂等の量はその設置位置によって違ってくる。すなわちY-1の2.0部の真ごとの分散を示した図から理解されるように、リター量には2倍程度の差しかないが、細土・微塵では数倍程度の差を越える感に多い量が入るものもある。

これは、降水が土壌の浸透を越え、表面層下が起るようになると、いわゆる水みちができてそのみち筋に設置された真には多量の土砂が流れ込むようになるためである。特にこの場合枝葉や石礫によるダムアップ状態が顕著し、小規模の土石流を起す現象がみられた。したがって林地全体の流出移動量を

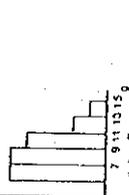
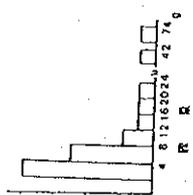
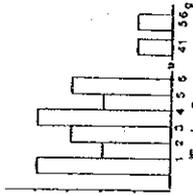


図-1 移動土砂等の真の分散

真の土石流を起す現象がみられた。したがって林地全体の流出移動量をできるだけ正確に測定するために、ラインの1/2〜2/3をランダムか一定間隔でカバーさせる必要がある。本実験では降水強度はほぼ同じであるが、降水強度や継続時間あるいは真の設置量などが異なるので、1.0m幅当り降水量:0.4mm当り示した各真の移動量(乾重)は表-3のようであった。真中の流出水量は、表面層下ではなく降水が直接流入した量も含まれるので、正確な値ではない。Y-1の上部、下部別の移動量は比較すると、リター量にはあまり大きな違いはみられないが、細土は上部が、微塵は下部が多くなり、全固形物では下部がいくらか多かった。この現象ではラインの約1/3を5m上部の真がささぎっていたことになり、それが下部の真にどのよう影響したかは明らかでないが、大まかにほぼ同等に移動していると考えよう。Y-1の土砂の移動量は平均1.20t/1.0m幅・1.0mでY-2の1.8t/1.0m・1.0mにくらべて約1.5倍大きい。この実験は予備的なもので、2.00〜3.00mm/h.という自然降雨では考えられないほどの降水強度の放水を行なったが、自然降雨でも数分から1.0分という短時間にはこのような強度の降水はあり得ると思われる。このような瞬間的強雨がむしろ表土の流出を起している可能性がある。そしてこの強度の降雨強度でもシダ地では、リターは表層土に降かんで移動するが、土砂はほとんど動かさないよう、ヒノキの林地表層に降かんでシダ等の下層樹生の役割はきわめて大きいことがわかった。

表-3 人工降雨によるリターと土砂の移動量(乾重/1.0m幅・1.0m)

Plot	林床	表層土	表層土	表層土	表層土	リター	リター	表層土
Y-1(上部)	Y-1(下部)	平均	Y-2	平均	Y-2	Y-1	Y-2	Y-2
28.0	27.8	27.9	2.01	3.00	2.45	0.30	1.75	2.23
5.05	4.43	4.74	1.45	3.00	2.45	0.30	1.75	2.23
10.65	9.43	10.04	1.45	3.00	2.45	0.30	1.75	2.23
5.33	5.63	5.48	1.45	3.00	2.45	0.30	1.75	2.23
15.88	19.49	17.43	2.01	3.00	2.45	0.30	1.75	2.23

人工降雨によるヒノキ林内の落葉、土壌等の流出移動について(IV)

——土壌の諸性質と移動物質の化学的性質——

上田 晋之助・赤井龍男・柴崎寺清雄(京大演) 有光一登(林試)
石井 弘・片桐成夫(島大農)

I はじめに

ヒノキ林に対する人工降雨の影響地における林分構造、下層植生の成立状態、A₀層の堆積物および遊離土の組成等については、(I)~(III)報にのべた通りであるが、それぞれの条件下で現象を行なった結果、林床が無植生の場合には、細土、リターの流出移動量はシダ等の下層植生の成立地と比べて極めて大きいたことが明らかになった。しかしこの流出移動するリターや細土、あるいは地表の地下水に含まれる各種の成分系系については自然降雨における実験で2、3の概念(1)、(2)はあるが、これらとあまり明らかにされていない。本報告は林地土壌と流出移動物質の主要な化学的性質について検討し、林地保全について若干検討したものである。

II 各要素成分の土壌前部の諸性質と土壌層の化学的性質

鹿野市ヒノキ林は地質は古生層で頁岩を母岩としたB₀(d)型土壌であった。土層の厚さは5.0~6.0cmで比較的薄く、またA層は厚さ6~8cmしかなかった。またこの厚さは無植生地よりもシダ植生の方がすべてにわたって薄かった。両林分とも土性は強酸性で粘性はやや強かった。湖山町ヒノキ林も同じく古生層でB₀(d)型土壌であったが母岩は花崗岩をもち、少量の砂岩をまじえていた。土層の厚さは6.0~7.5cmで、うちA層は1.5~3.0cmで鹿野市の林分と比べれば厚かった。またこの厚さはシダ植生の方がやや薄いが大差はなかった。土性は無植生地のA層は強酸性、シダ植生地のA層は強酸性であった。つぎに各要素成分の土壌の化学的性質は表-1のようであった。これにより鹿野市の両林分は酸性はあまり強くはないが、炭素、チタン、可溶性リン(0.2N塩酸可溶)、陽換性(1N塩酸

表-1 実験地の土壌と、流出移動した細土(<2mm)の化学的性質

実験地	林分	土層の厚さ (cm)	P, H (H ₂ O) (4c/d)	有機炭素 (%)	C (%)	N (%)	可溶性リン (mg/100g)	K (me/100g)	陽換性 Ca (%)	陽換性 Mg (%)	
鹿野	無植生 (Y-1)	0~5	5.35	4.10	2.75	7.80	0.55	69.6	0.39	0.53	0.34
		20~30	5.50	4.20	1.95	5.50	0.44	5.22	0.22	0.18	0.16
		40~50	5.58	4.35	3.4	3.21	0.27	3.04	0.14	0.37	0.13
シダ植生 (Y-2)	0~5	5.23	4.17	4.44	5.21	0.29	2.17	0.27	0.25	0.28	
	20~30	5.45	4.23	3.36	4.56	0.29	2.17	0.17	0.29	0.18	
	40~50	5.53	4.18	3.09	3.13	0.22	2.15	0.17	0.13	0.13	
移動細土	-	4.70	3.80	3.36	8.04	0.66	9.57	0.37	1.23	0.58	
	0~5	4.26	3.70	3.03	7.67	0.46	6.46	0.38	2.21	0.54	
	20~30	4.43	3.94	1.86	4.42	0.29	3.87	0.22	1.34	0.36	
湖山	無植生 (Y-1)	0~5	4.53	3.98	1.34	2.49	0.22	3.38	0.27	0.48	0.13
		20~30	3.60	3.34	5.99	1.356	0.68	8.40	0.31	0.87	0.48
		40~50	4.28	3.81	2.44	2.13	0.15	2.63	0.12	1.49	0.09
移動細土	-	4.50	3.80	2.35	1.14	0.09	2.63	0.16	2.04	0.41	
	0~5	4.55	3.95	2.44	1.447	0.72	12.17	0.72	3.39	1.19	
	20~30	4.55	3.95	2.44	1.447	0.72	12.17	0.72	3.39	1.19	

Shinnoike UEDA, Tatsuo AKAI & Kiyoo YAKUSHIJI (Exp. For. Sta., Kyoto Univ., Kyoto 606).
Kazuo ARIMITSU (For. & For. Prod. Res. Inst., P.O. Box 16, Tsubasa Narinkenyu-danchi, Ibaraki 305).
Hiroshi ISHII, Shigeo KATYUGI (Fac. of Agr., Shimane Univ., Matsue 690).
Flowing drift, of litter, soil and others under artificial rainfall in Hinoki stands (IV).
Soil conditions and chemical properties of moving matter

のプラステック製の筒を用いたが、筒に落下水が通過するのをさけるため、前縁部を除きポリ袋で被覆した。またできるだけ自然状態のまま葉の前後縁部を地面に密着させるよう調整のピンでよく固定した。このようにして無植生地Nには1.0×1.5mの放水面の下部1.0m幅に2.0mm、シダ地Uには5×1.5mの下部5.0m幅に1.0mmの放水口を5.0cm間隔に算を配置した。したがって落下するラインの2/3をカバーしたことになる。(I)報で述べたように無植生地では3台のポンプで雨量計を積み重ねながら1回目は時間量1.44mmの降水強度で5分3秒、約2時間後2回目は5.5mm/hrで1.6分1.3秒、シダ地では8.1mm/hrで6分20秒の放水を行なった。真に流入する雨量は約1.0mm前後であった。なお、流出水量と各移動円形物との関係は図-2に示したように、流出水量の多いところほど移動円形物の多い傾向はあるが、パラツキが大きく明確な相関はみられなかった。

本実験においてはあらかじめ目標とした降水強度を一定にするより雨量計を逐次読みとりながら放水時間内の流出水量は約9~1.5mmの範囲にあったので、それぞれの流出移動量を1.0mm当り、降水量1.0mm当りに換算して表-3に示した。無植生地の場合、同じ1.0mmの降水でも降水強度が大きいほど流出水量、細土量、陽換性も流出移動量は大きいが、ほぼ3倍近い降水強度と比較検討すると、移動量はそれほど多くはならないようである。

またリター層にはほとんど差がない。これらのことから林地の改善策を起す表面風下が起る降雨量(現在まだ明らかでない)となれば、降雨強度よりもむしろ降雨量そのものが流出移動量の相関に流出移動量に影響されるように思われる。したがって降雨強度と降雨継続時間の相関に流出移動量を比較検討する。さて、表-3から明らかになように、シダ植生地の土砂やリターの流出移動量は、無植生地の降水強度の小さい(5.5mm/hr)場合に比較しても著しく少ない。

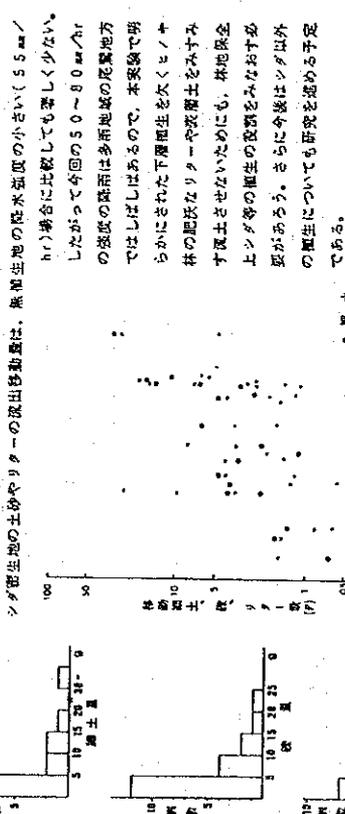


図-1. 雨量の分岐

したがって今回の5.0~8.0mm/hrの強度の降雨は多雨地域の鹿野地方ではしばしばあるので、本実験で明らかになされた下層植生を欠くヒノキ林の肥沃なリターや表層土をみすみす覆土させないためにも、林地保全上シダ等の植生の復元をみなおす必要がありそう。さらに今後はシダ以外の植生についても研究を進める予定である。

図-2. 流出水量とリター、土砂の移動量

表-3. 人工降雨によるリターと土砂の移動量(乾重/1.0m幅・1.0mm)

Pilot	林分	降水時間(分)	流出水量の	陽換性	細土量(%)	陽換性	移動土砂の	全量(移動)	リター量(%)	全量(移動)
N	無植生	4.15	654	3080	1906	4996	351	5347	351	5347
		10.87	376	1300	1518	2817	374	3192	374	3192
U	シダ植生	7.35	1.8	4.4	1.44	1.88	1.2	2.00	1.2	2.00
		1.6	1.8	4.4	1.44	1.88	1.2	2.00	1.2	2.00

作用が結果されたものが地力として現われているものと解される。

いま林木の生育に関係の深い地力因子を、これまでにに行なわれた多くの研究結果よりあげると、土壌の理学的性質では土壌層の厚さとその推移状態、容積重、生結核、孔隙度、浸透力、容積水、通気透水係、水分含量などが重要であるとされ、また化学的性質では土壌の反応、有機物や養分要素の含有量（特に窒素、磷、加里、石灰等）、CaO/Al₂O₃比、Base/Al₂O₃比等があげられる。

次に皆伐が地力におよぼす影響として考えられることは、皆伐により林地が露出されると、第1に降雨の浸透的作用による表土の流出、土壌の酸化、また日光の直射による水分の減少などがあげられる。第2には地衣類植物や土壌有機物の風化、分解の促進、養分要素の溶出、腐蝕などがあげられる。これらは林地が長く露出状態で放置せられるに進行するものであろうが、林地帯では再造林が行なわれるので、いずれは原生の集生によって再び恢復に向うのであろう。

それ故、皆伐地の地力の維持と増進のための対策を確立するには、皆伐直後における土壌の酸化と侵蝕の現象を観察する必要があると思われる。

そこでまず第1段階として皆伐後の1年間における土壌の理化学的な変化を調べ、同時に表土の侵蝕量の測定と、それに伴う養分要素の減少についての現象を把握するよう研究を進めた次第である。

2 試験地設定場所とその当初の土壌状態

試験地は観測の便宜を考慮して吉野地方の代表的林業地帯より次の3カ所を選んだ。

試験地の概況を要約すると第1表のようである。なお、以下に少くも各試験地の状況について補足しておきたい。

A. 奈良県吉野郡吉野村杉谷パンド谷 (写真 No. 1)

皆伐地の面積 1.2 ha (スギ、ヒノキの混交林中、スギの特に多い所に試験地設定。)

皆伐時の林齢 55~56年生 (樹元直径 35~65 cm)

標高 500~800 m

傾斜 北々東 35~41°

Table 1. The site and soil type of each experimental forest.

試験地名 Exp. Forest	位置 (樹元高) (Sea level)	傾斜 (Orientation)	地質 (地質名) (Geology) (Mother rock)	土壌型 Soil type	試験地設定 年月日 Date of setting up	備考
A 杉谷試験地 Sugitani	山頂 Mountain site (800m)	41° (北北東) (NNE)	赤文哲石質 (頁岩) Paleozoic strata (shale)	Bn	Dec. 8 1962	火災跡地
B 本村試験地 Koutu	山頂 Mountain foot (850m)	37° (北北東) (NNE)	赤文哲石質 (頁岩) Paleozoic strata (shale)	Bb	Dec. 9 1962	
C 西河試験地 Nishikawa	山頂 Mountain site (850m)	39° (東北東) (ENE)	赤文哲石質 (頁岩) Paleozoic strata (shale)	Bx	Dec. 8 1962	
	山頂 Mountain foot (830m)	36° (東南東) (ESE)	赤文哲石質 (頁岩) Paleozoic strata (shale)	Bb	Dec. 14 1962	②

② 相隣接して2つの試験地を設定し、うち1つに土砂防止柵を設けた。
We set up two experimental frames side by side, and one of it had the erosion control fence made by twigs.

なお、この1.2 haのうちには山腹上部に地上前生を欠く部分がある。また山腹部には伐採木の枝葉、落葉等の粗大有機物の堆積のやや多い部分があった。以上の2カ所を調査地点として土壌侵蝕量の測定を設置した。

この調査地点における皆伐当初の土壌断面の観察結果は次のようであった。

(1) 山腹部 (図斜 41°)

A₁ 層—約1 cm スギ、ヒノキの落葉、腐葉層、粗腐植によって占められている。

A₁ 層—0~7 cm 黒褐色、CL、腐植に富み、団粒構造良好、非常に軽微で、粘性：中、疎：含む、湿度：やや乾、通気透水係：良、酸素：発達良好。

A₂ 層—7~20 cm 暗黒褐色、CL、腐植に含む、団粒状、やや乾、粘性：中、疎：含む、湿度：やや乾、通気透水係：中、A₁ 層よりA₂ 層への推移：漸変。

B₁ 層—20~38 cm 暗褐色、CL、腐植に含む、弱い塊状、軟、粘性：やや粘、疎：含む、湿度：やや乾、通気透水係：中、A₁ 層よりB₁ 層への推移：明。

B₂ 層—38~65 cm 灰褐色、CL、腐植なし、弱い塊状、やや乾、粘性：やや粘、疎：含む、湿度：やや乾、通気透水係：中、B₁ 層よりB₂ 層への推移：漸。

C 層—65~100 cm 以上、灰褐色、L、腐植なし、塊状、やや乾、粘性：中、疎：含む、湿度：やや乾、通気透水係：中、B₂ 層よりC層への推移：明。

(2) 山腹部 (図斜 37°) (写真 No. 2)

A₁ 層—約1 cm 山腹部と同様。

A₁ 層—0~17 cm L、疎：含む、その他の性質は山腹部 A₁ 層と同様。

A₂ 層—17~36 cm L、疎：含む、境界の推移：漸、その他の性質は山腹部 A₂ 層と同じ。

B₁ 層—36~77 cm 暗灰色、L、小塊状、湿度：中、境界：漸、その他の性質は山腹部と同様。

B₂ 層—77~90 cm 褐色、小塊状、湿度：中、境界：漸、その他の性質は山腹部と同様。

C 層—90~100 cm 以上、黄褐色、CL、塊状、やや乾、湿度：中、境界：漸、その他の性質は山腹部と同様。

B. 奈良県吉野郡吉野村杉谷スワン谷 (写真 No. 3)

皆伐地面積 1.5 ha (スギ林)

皆伐時の林齢 55~56年生 (樹元直径 35~53 cm)

標高 450~500 m

傾斜 東北東 35~40°

本試験地では山腹部の傾斜39°で、粗大有機物の堆積の比較的少ない場所にとり調査地を設定した。その付近の土壌断面の観察結果は次のようであった。(写真 No. 5)

(1) 山腹部 (図斜 39°)

A₁ 層—3 cm L 層は認められないが、F、H 層の発達は良好。

A₁ 層—0~7 cm 黒褐色、CL、腐植に富み、団粒構造は良好、発達、粘性：中、境界の推移：明、大塊多く、湿度：やや乾、通気透水係：中、境界の推移：明。

A₂ 層—7~31 cm 灰黒褐色、CL、腐植に富み、団粒構造は良好、発達、粘性：中、疎：大疎多し、湿度：やや乾、通気透水係：中、境界：漸。

B 層—31~78 cm 灰褐色, CL, 腐植を含み, 塊状, やや軟, 粘性: 中, 礫: やや多く, 湿度: 湿, 通気透水性: やや不良, 境界: 漸。
 C 層—78~100 cm 以上 淡黄褐色, CL, 腐植: なし, 塊状, やや軟, 粘性: 中, 礫: やや多く, 湿度: 湿, 通気透水性: やや不良, 境界: 漸。

C 奈良県吉野郡川上村西河, 橋本山 (写真 No. 4)
 皆伐地面積 約 1 ha (スギ, ヒノキ混交)
 皆伐時の林齢 61~63 年生 (根元直径 32~57 cm)
 樹高 樹径 350~420 m
 傾斜 東南東 26~40°
 本試験地では山腹部の傾斜 36° の所と, 山腹部の傾斜 28° の所の 2 カ所に径輪測定枠を設置した。付近の土壌断面の観察結果は次のようであった。

(I) 山腹部 (傾斜 36°) (写真 No. 6)
 A. 層—3 cm スギ, ヒノキの落葉, 腐植層, 粗腐植によって占められる。
 A' 層—0~11 cm 暗褐色, CL, 腐植に富み, 団粒状, 弱, 粘性: やや強, 礫: 含む, 湿度: 中, 通気透水性: 中, 境界: 明。
 A'' 層—11~17 cm 淡暗褐色, CL, 腐植: 含む, 団粒状, 弱, 粘性: やや強, 礫: 含む, 湿度: 中, 通気透水性: 中, 境界: 漸。
 B 層—17~68 cm 褐色, C, 腐植: 少, 塊状, やや軟, 粘性: 強, 礫: 含む, 湿度: 中, 通気透水性: やや不良, 境界: 漸。
 C 層—68~100 cm 以上 黄褐色, C, 腐植: なし, 塊状, やや硬, 粘性: 強, 礫: 含む, 湿度: 中, 通気透水性: やや不良, 境界: 漸。

(II) 山腹部 (傾斜 28°)
 A. 層—約 1 cm スギ, ヒノキの腐植層, 粗腐植層。
 A' 層—0~8 cm 暗褐色, CL, 腐植に富み, 団粒状, 軟, 粘性: 中, 礫: 含む, 湿度: 中, 通気透水性: 中。
 A'' 層—8~34 cm 暗褐色, L, 腐植: 含む, 団粒状, やや軟, 粘性: 弱, 礫: 含む, 湿度: 中, 通気透水性: 中, 境界: 漸。
 B 層—34~70 cm 黄褐色, L, 腐植: なし, 小塊状: やや軟, 粘性: 弱, 礫: 含む, 湿度: やや湿, 通気透水性: やや不良, 境界: 漸。
 A' 層—70~90 cm 暗褐色, CL, 腐植: 含む, 団粒状, 軟, 粘性: 中, 礫: 含む, 湿度: やや湿, 通気透水性: やや不良, 境界: 漸。
 C 層—90~100 cm 以上 褐色, C, 腐植: なし, 塊状, やや硬, 粘性: 強, 礫: 含む, 湿度: やや湿, 通気透水性: 不良, 境界: 漸。

この層は暗褐色を呈して, 腐植もかなり多く認められ, かつ団粒状を示すなど, 現在の腐植と非常によく似ているので, この層はかつての A 層であって, この上に旧時相層がおこり, 現状を呈するに至ったものと推察される。

以上, 要するに, A, B, C の各試験地はともに地質は微文古生帯に属し, 頁岩を基岩とした, よく風化された土壌層を有している。
 すなわち, いずれも表層土壌は比較的軽微で, かつ団粒状構造は良く発達しており, 下層土の発達も比較的良質であると認められる。また土壌層の深さはいずれも 100 cm 以上で極めて厚い。土壌型は本邦試験地のみはやや湿潤で B_x 型と推定したが, 他の 2 試験地はいずれも典型的な B₀ 型土壌である。

3 調査期間中の降水
 試験を開始した昭和 37 年 12 月 8 日より 1 年間, 各試験地において降雨の定規に降雨皿の測定を行なったが, それを月別にとりまとめると第 2 表のようである。

Table 2. The precipitation of each month during the experimental period.

Month	Dec. 8-31	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec. 1-7	総計
試験地 Exp. Forest	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	1-7 '63
各試験地 Sugisano	88.0	94.0	55.5	135.7	128.8	376.3	191.3	272.7	355.4	106.0	83.3	32.2	19.5	1988.5
山腹試験地 Kobayashi	44.6	74.1	32.0	124.4	110.8	411.6	195.1	198.1	317.7	112.0	123.1	40.6	71.5	1865.0
山腹試験地 Nishikawa	42.6	80.8	21.8	126.0	142.5	316.7	203.7	182.6	431.6	107.8	133.5	54.7	21.0	1867.3

本表からこの期間における総降雨量はほぼ 1950~1950 mm であって, 試験地 3 カ所の間には大きな差異はないことが知られる。また 3 試験地ともに冬期間は比較的降雨量少なく, 5 月より 8 月にかけて特に多いことがわかった。

III 皆伐後 1 年間に於ける土壌の理学的性質の変化について

第 1 表に示した 3 試験地のうち, 杉谷, 木津は山腹部で, 西河試験地は山腹部において皆伐後 1 年間の土壌の理学的性質の変化を調べた。

1 調査の方法

前記各試験地の土砂試験室測定枠の周辺において数カ所ずつから供試材料の土壌を採取した。第 1 回目は昭和 37 年 12 月, 第 2 回目は半年後の昭和 38 年 6 月, 第 3 回目は昭和 38 年 12 月である。供試土壌は各断面において第 1 回目は深さ 10~15 cm, 20~25 cm, 30~35 cm の 3 カ所より採取したが, 第 2 回目以降は最深層の 0~5 cm の土壌も採取することにした。

供試土壌は 100 cc 容の採土用筒を用いた。また採取にあたっては自然状態をこわさないようできるだけ慎重に採取したことはいうまでもない。採土用筒は密閉して実験室に持ち帰ってただちに飽水時の重量を測定してから風乾し, 細土, 礫, 根に分けて総乾重量を求め, また比重測定によって実質密度を求めた。これらの結果から常法にしたがって容積重, 孔隙率, 最大容積水当量, 最小容積水当量を算出した。

2 結果と考察

実験の結果をみると, 同一の調査地域内においても土壌断面によってもかなりの差異を示した場合同じであったが, それらを平均した値を用いて明瞭的な変化の傾向を推察することにした。第 1 図 1~3 に第

1 回より第3 回採取までの1年間の変化を図示して示す。

なお、本図は横、縦をも含めた全容積に対する表示である。

これらの図から次のことが推察される。

i) 容積重

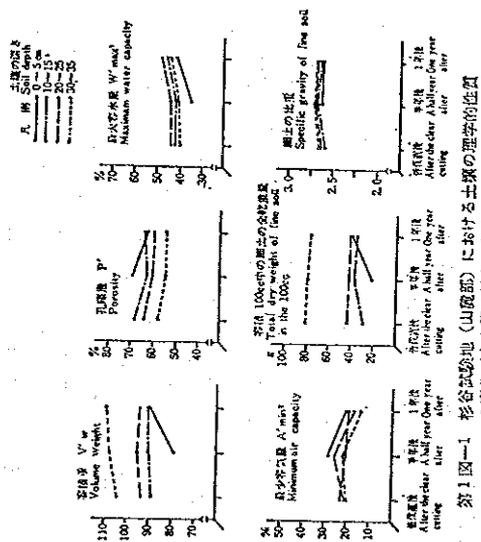
3 試験地を通じて68~110 の範囲にあり、一般に表層土は非常に軽鬆で、深くなるにしたがって大となる。

さて、皆伐後1年間に深さ0~5cmの土壌の容積重は3 試験地ともきわめて明らかに増大の傾向がうかがわれる。深さ10~15cmの土壌では西河試験地では明らかに増大の傾向を認められるが、他の2 試験地では大きな変化はないようである。深さ20~25cm、または30~35cmの土壌では殆んど変化が認められない。

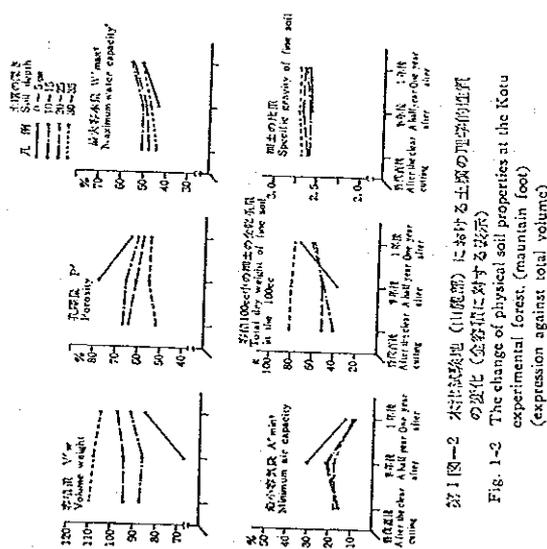
ただし、本河試験地では深さ30~35cmの土壌の容積重がむしろ低下している。

ii) 孔隙度

深さ0~5cmの土壌で著しく低下する傾向が認められる。また深さ10~15cmの土壌ではやや低下の傾向が認められるが、深さ20cm以下の部分では大勢として変化がない。



第1図-1 杉谷試験地(山麓部)における土壌の物理学的性質の変化(全容積に対する表示) experimental forest. (mountain foot) (expression against total volume)



第1図-2 木津試験地(山麓部)における土壌の物理学的性質の変化(全容積に対する表示) experimental forest. (mountain foot) (expression against total volume)

iii) 保水力(最大容水量)

全体としてやや増大の傾向を示すように思われる。

iv) 最小容積重

皆伐後より半年後には杉谷試験地の深さ10~15cm、20~25cm、西河試験地の深さ20~25cmの土壌はやや増大しているが、1年後には全般的にみても低下の傾向にあるように思われる。

v) 自然状態土壌100cc中の細土の全容積重

3 試験地を通じて容積重の深さ0~5cmの土壌は著しく増大の傾向が認められる。深さ10~15cmではやや増大の傾向にあるように思われるが、深さ20cm以下の土壌では変化がない。

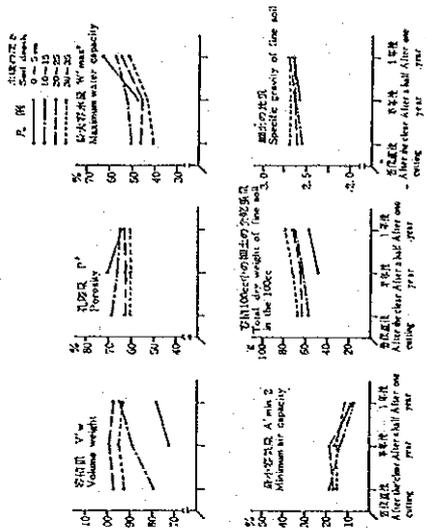
vi) 細土の比重は全般的にみて、時間的には大きな変化は認められない。

以上の結果を要約すると次のようになる。皆伐後僅か1年の間に深さ0~5cmの容積土壌は容積重、孔隙度、容積重の面で急激に変化する。また深さ10~15cmの層においても多少その傾向を認めることができる。ただし土壌の物理的性質は皆伐後1年間の影響は20cm以上の深層にまでは及ばないようである。

さて、従来の多くの研究結果を総合すると、同一土性の場合は容積重は小さな箱、孔隙度、容水量、容積重は大きな箱、林木の生育に良好なる結果をあたえたとされている。

故に以上の結果は皆伐後1年間に容積土壌の物理的性質が明らかに悪化したことを示唆するものであると思われる。次に容積土壌の容積重が急激に増大し、孔隙度が低下した理由について考えるに、表層土壌中に含まれる腐植物が皆伐により急速に分解し、または流水によって流亡したこと、傾斜面上部より運ばれてきた細土が表層土壌中の孔隙中に落ちこんでそれを埋め、次第に堅密な土壌層を形成していったのであろう。後者の現象は上層v) 節に述べた事実からも明らかである。いずれにしても容積土壌の物理的性質の急激な悪化は注目し得ると思われる。

なお、以上の結果をみると、深さ20cm以下の深層にまで影響がおよんでいないようにみられたが、これは皆伐後僅か1年間の変化に関するものであるからであって、もし皆伐による表層土の深層化が続けば、または短期間のうちに再び皆伐が繰り返されるならば、明永、芝本氏の報告のように、も



第1図-3 西河試験地(山麓部)における土壌の物理学的性質の変化(全容積に対する表示) experimental forest. (Mountain side) (The expression against total volume)

第1図-3 西河試験地(山麓部)における土壌の物理学的性質の変化(全容積に対する表示) experimental forest. (Mountain side) (The expression against total volume)

と深層にまで理学的性質の悪化がおよんでくることは当然考えられる。なお、これら3試験地の土壌の容積率、孔隙率、保水力、容気率などで示される理学的性質はともと非常に良好である。ために密着の土壌におよぼす悪影響はそれ程生長のうえに目立たないかも知れないが、短後期農業の繰り返しの地力低下を来すことは明らかであるから、対策を充分に考慮せねばならない。

IV 皆伐後1年間に於ける土壌の化学的性質の変化について

1 調査の方法

前記、土壌の理学的性質の調査試験採取と同時に、同一土壌断面より化学分析用の試料を採取した。試料は実験室内で風乾後、2mmの篩で篩と細土に分別し、その細土を化学分析用に供した。

pHの測定はガラス電極 pHメーターで、置換酸度はカップペン法で、全炭素の定量はシュレーリンの重量法で、窒素の定量はケールダール法で、可給態燐酸は1/5N燐酸で抽出し、モリブデンブルー法で染色した試料液を分光比色計によって出色定量した。可給態加里は同じ抽出液の一部を用いて分光光度計で測定した。

2 結果と考察

化学分析の結果も理学的性質の場合と同様に同一試験地内数箇所について併せて分析値の平均値を示すことにした。これを第2図1~3におおる。これらの図から次のことが明らかとなった。

i) 土壌の反応

置換酸度は3試験地を通じて pH(H₂O) 5.5~6.0, pH(KCl) 4.0~5.0 の範囲にあった。

深さ別 pH 値には一定の傾向はないようである。

皆伐後1年間の pH 値の変化は3試験地で一様ではない。すなわち杉谷試験地では皆伐後1年間に pH(H₂O) 値ではやや酸性が弱められていく傾向が認められ、pH(KCl) 値では深さ0~5 cm. にも同様の傾向が認められる。

これに対して、木津、西河の高試験地では逆に全層を通じて皆伐後1年間に明らかに酸性側に傾いていることが認

められる。置換酸度 (Y) は3試験地とも3~17の範囲にあり、当初より1年後には Y 値が値域に増加しているように思われる。

ii) 全炭素、全窒素の含有率

これはいずれも表層中に多く、深層になるにしたがって次第に少なくなる傾向があることは当然として、皆伐後1年間に深さ0~5 cm. および10~15 cm. の土層では明らかにこれら炭素の含有率が減少する傾向が認められる。深さ20~25 cm. の層では、木津、西河の高試験地では殆んど変化が認められないが、杉谷試験地ではなお減少傾向が認められる。深さ30~35 cm. では変化が認められない。

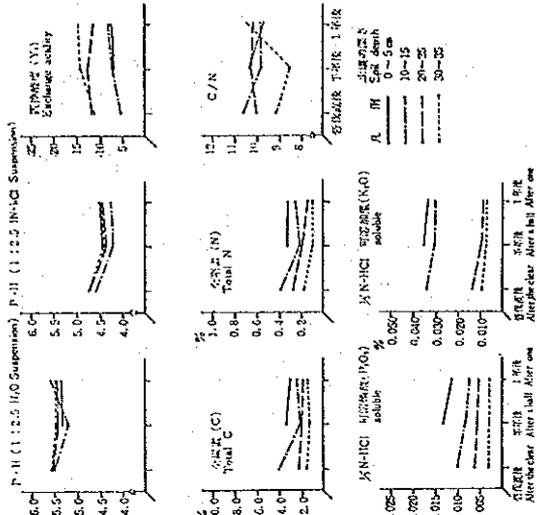
なお、全炭素、全窒素の含有率は相対して減少していく傾向を示すので、炭素率としては大きな変動を示さない。

iii) 可給態燐酸、加里の含有率

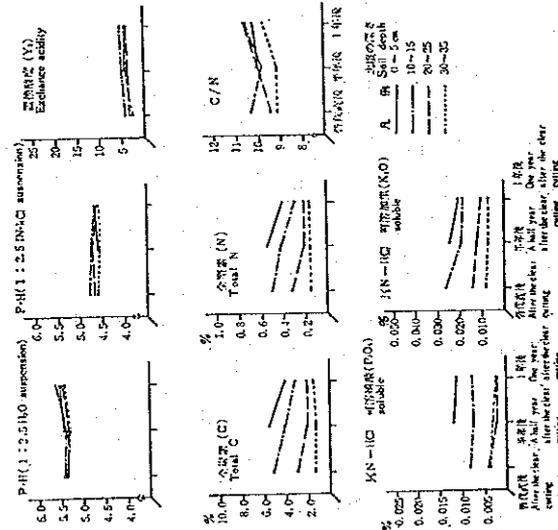
これらも表層に最も多く、深層には減少したが、深層に比べて減少しなくなったが、やはり深さ0~5 cm. または10~15 cm. の土層層では明らかに減少している。深さ20~25 cm. または30~35 cm. の土層層ではやや減少した場所もあったが、全体的にみれば変化がないといえる。

既往の研究によればスギの優良な生育に対しては土壌の酸性が弱く、かつ置換性石灰が豊富なこととが望ましいとされている。しかし今回取扱った各試験地の土壌はいずれも酸性が比較弱く、酸度の点ではスギの適地である。

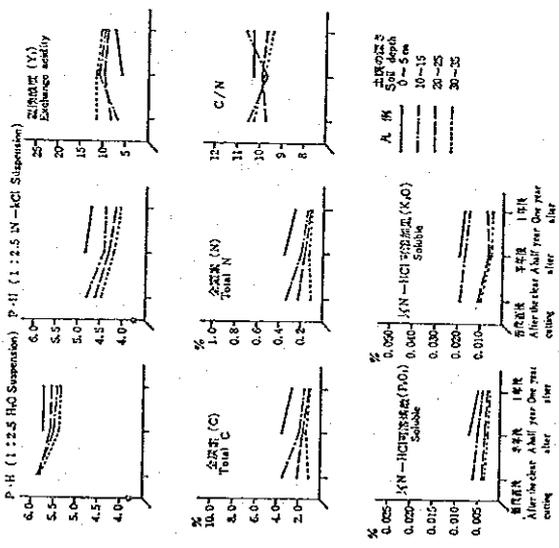
さて、西河、木津の高試験地では皆伐後多少酸性が強められていく傾向が認められ、杉谷試験地では反対の傾向が認められた。これについて後者の例、すなわち皆伐によって土壌の酸性が弱められる場合もあることは、まさに著者の一人桑田が冠懸地方のヒノキ林において報告しているが、それは落葉、落葉などの有機物の分解により石灰質が供給されるからと解されるが、これは一時的な現象であって、皆伐後これらの腐植質は次第に流亡し、大勢としては早期酸性が強まる方向に向うものと思われる。



第2図-2 木津試験地(山形県)における土壌の化学的性質の変化
Fig. 2-2. The change of chemical soil properties at the Kotsu experimental forest. (mountain foot)



第2図-1 杉谷試験地(山形県)における土壌の化学的性質の変化
Fig. 2-1. The change of chemical soil properties at the Sugitani experimental forest. (mountain foot)



第2区-3 西河試験地(山腹部)における土壌の化学的性質の変化
Fig. 2-3. The change of chemical soil properties at the Nishikawa experimental forest.

なお、杉谷試験地では皆伐時の伐採木の残骸の堆積の多い所に試験地を設定したことは前述の通りであるが、このために一時的に酸性が弱まる傾向を示しているのであらう。
次にいずれの試験地においても深さ 20~25 cm までの表層土層において、落葉、腐敗、加里などの林木の生育上不可欠の養分要素の含量が明らかに減少していることは、今後の林木の生育上かなり不利の方向に変化していることは否定し難い。
以上、要するに各試験地ではいずれも皆伐直後に有していた土壌の化学的性質が1年後にはかなり悪化する傾向が明らかに認められる。

V 皆伐後1年間における表層土壌の侵蝕、ならびにそれに伴う養分要素の流出について

1 調査の方法

皆伐試験地における土砂の侵蝕量を測定するために、杉谷、西河の両試験地には山腹部と山麓部に、木作試験地には山腹部のみに、計5カ所の侵蝕量の測定枠を設置した。
測定枠は山の傾斜方向に6m(水平距離として)、水平方向に2.9m、すなわち水平面積 15 m² であって、巾60cmの亜鉛引鉄板を用い、30cmは地中に埋設し、地表上には30cmであるようにした。この測定枠の下端中央には巾60cm、長さ150cm、深さ30cmの亜鉛板よりなる流土砂の受器を連結した。受器は3~5°のゆるやかな傾斜をつけ、流出してきた土砂はその底に沈積するように

し、雨水は枠の上縁より溢流せしめるようにした。(第3図および写真7参照)。

同時にこの測定枠の設置場所の横に雨量計を設け、降雨のある際には降雨時間と降雨量を測定し、あわせて降雨後に測定枠の受器を抜き、もし土砂が流出沈積している場合はこれを採取し、風乾重の測定を行なった。

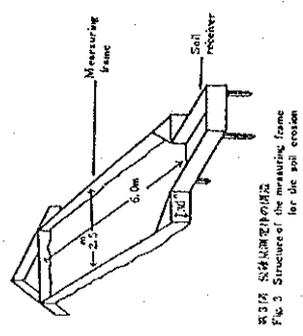
なお、前述5カ所の調査地点のうち、西河試験地の山腹部には測定枠を隣り合せて2つ設置し、その1つの測定枠は特に太さ2~3cm、長さ30cm位のミノノキの枝幹を列状に打ちこみ、地上15cm位出するようにした土砂防止柵を測定枠内に斜距離で2.35m毎に3列作り、土砂流出防止効果を測定することにした。(写真8)

この柵による土砂流出防止効果は隣接して設置した普通の測定枠の流出量と比較して算出することにした。

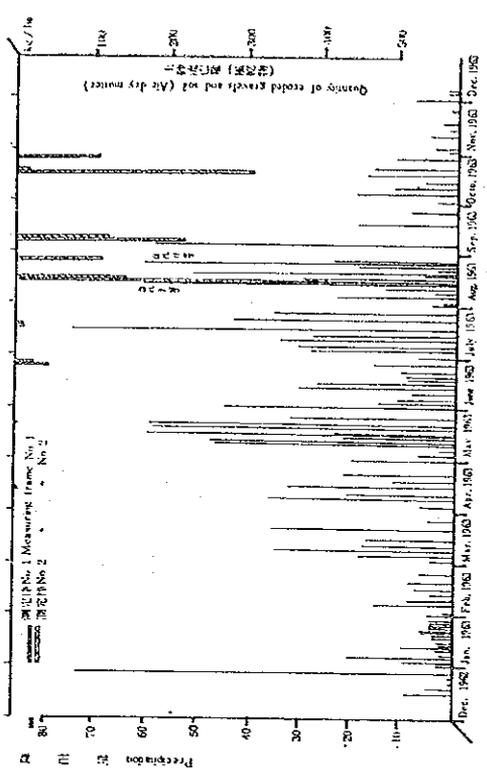
また受器に集まった土砂は風乾後に、直径2mmの篩を用いて礫と細土に篩別し、その重量割合を算出し、かつ細土は分析用試料とした。

2 結果と考察

調査期間中の月別降水状況は第2表の通りであるが、このような条件下においておこった表層土砂の侵蝕量ならびにそれに伴う養分要素の流出についての調査結果は次のようである。



第3図 土砂流出量の測定用測定枠の構造
Fig. 3 Structure of the measuring frame for the soil erosion



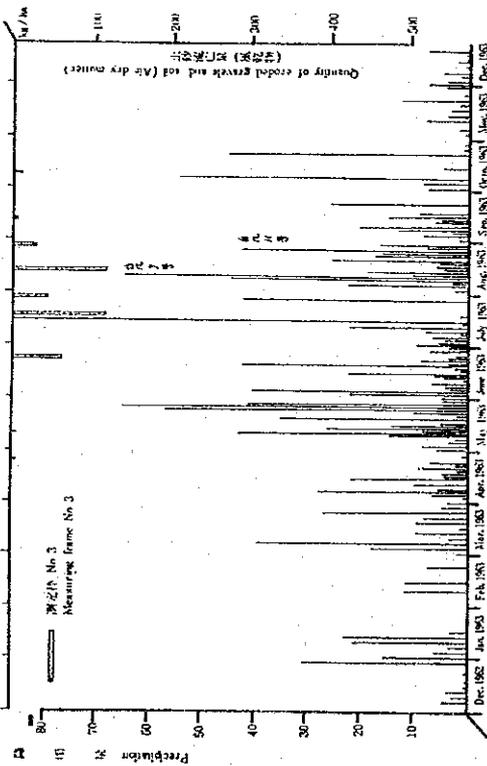
第4図-1 杉谷試験地における降雨と土砂流出量との関係
Fig. 4-1. The relation between each precipitation and quantity of eroded gravel and soil at the Sugiyama experimental forest.

- 1) 降雨量と土砂侵蝕量との関係
 各々の測定枠の受器に集まった土砂量からこれを月別にヘクタールあたりに換算して示すと第3表
 のようである。さらにこの流出量と降雨量を1回毎に対照して図示し、第4図、第4図、1〜3に示した。
 これらの表、図から次のことがわかる。
 (a) 試験期間中の1年間に観測された土砂侵蝕量は0.3〜1.2ton/ha(風乾物として)であって、
 場所のちがいにによる差が大きい。
 (b) 流出土砂量は試験地の傾斜が41°の時、最大を示した。
 (c) 11月から3月までは流出量は少なく、4月から10月にかけて流出量が多い。なかでも6、7、8
 月は特に多い。
 (d) ヒノキの枝幹で作った簡単な土砂防止柵は、侵蝕防止の効果が意外に大きい。すなわち、この
 防止柵のない場合の流出土砂量は349kg/haであったのに対し、防止柵を設けたものでは147kg/ha

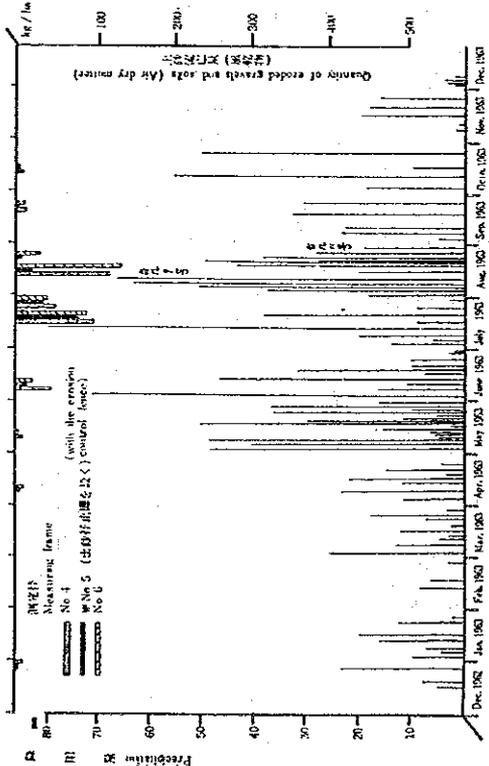
第3表 各試験地における1年間のha当り換算月別土砂流出量
 Table 3. The quantity of eroded gravels and soil in the each experimental forest.

年 月 日 Date of erosion	風乾物 (Air dry matter)					
	杉谷試験地 Sugitani	木津試験地 Kotu	西河試験地 Nishikawa	山形部 (37°)	山形部 (35°)	山形部 (28°)
試験地 Experimental forest	作部 No. of experimental frame					
Dec. 8-31 '62	1	2	3	4	5	6
Jan. 1-31 '63	1	2	3	4	5	6
Feb. 1-28 '63	1	2	3	4	5	6
Mar. 1-31 '63	1	2	3	4	5	6
Apr. 1-30 '63	1	2	3	4	5	6
May 1-31 '63	1	2	3	4	5	6
June 1-30 '63	1	2	3	4	5	6
July 1-31 '63	1	2	3	4	5	6
Aug. 1-31 '63	1	2	3	4	5	6
Sep. 1-30 '63	1	2	3	4	5	6
Octo. 1-31 '63	1	2	3	4	5	6
Nov. 1-30 '63	1	2	3	4	5	6
Dec. 1-8 '63	1	2	3	4	5	6
総計 Total	1201	336	423	349	147	308
径 (2mm<) Gravel	233	65	208	100	42	80
細土 (2mm>) Fine soil	962	269	123	222	98	204
未分解有機物 (2mm<) Undecomposed organic matter	6	2	2	17	7	15

③ 相隣りにて設置した試験枠のうち、枝幹にて土砂防止柵を設けたもの。
 ④ One of two experimental frames with the erosion control fence by tuigs.



第4図-2 木津試験地における毎日の降雨量と土砂流出量との関係
 Fig. 4-2. The relation between each precipitation and quantity of eroded gravels and soil at the Kotu experimental forest.



第4図-3 西河試験地における毎日の降雨量と土砂流出量との関係
 Fig. 4-3. The relation between each precipitation and quantity of eroded gravels and soil at the Nishikawa experimental forest.

であって、ほぼ60%の土砂がこの欄によって押し止されたことがわかる。

(e) 第4図によってわかるように、土砂の流出は危険的に突如としておこるようになって、1回の降雨量の多少に必ずしも平行関係はないようである。もちろん土砂の流出を認めただけには相当量の降雨があることは事実であるが、また相当量の降雨があったにもかかわらず土砂の流出をみない場合がある。すなわち、たとえば5月は3試験地ともに、1回あたり降雨量でも、月雨量からいっても1年中で雨量のかなり多かった月であるが、流出土砂量は比較的減少であった。また杉谷試験地では37年12月28日に1回の降雨量 74 mm を観測したが、土砂の流出をみなかった。

これに対して7月の降雨量は5月より少し少なかったのにかなりの土砂の流出があり、8月は降雨も多かったし、土砂の流出も多かった。

第4表 降雨強度と土砂流出量との関係
Table 4. The relation between the intensity of rainfall and the quantity of eroded gravels and soil.

項目 Factor	土砂流出時の降雨量 Precipitation	降雨時間 Hour of rainfall	流出土砂量 Quantity of eroded gravels and soil	
			試験枠 No. 1 Exp. frame No. 1	試験枠 No. 2 Exp. frame No. 2
起こり Date of erosion	9.3 mm	1:30	32 kg/ha	18 kg/ha
June 23	74.5	4:00	11	12
July 16	61.0	7:30	410	148
Aug. 8~9	80.5	10:00	111	—
Aug. 28	58.0	9:00	220	141

項目 Factor	土砂流出時の降雨量 Precipitation	降雨時間 Hour of rainfall	流出土砂量 Quantity of eroded gravels and soil	
			試験枠 No. 3 Exp. frame No. 3	試験枠 No. 4 Exp. frame No. 4
起こり Date of erosion	42.5 mm	18:00	66	66
May 10	42.0	2:30	16.8	121
June 20	85.2	5:00	17.0	95
July 16	42.5	4:30	9.4	121
July 23	64.5	12:00	5.4	42
Aug. 8~9	42.4	14:00	3.0	2
Aug. 28	20.4	19:00	1.1	2
Sep. 12	54.5	5:00	10.9	4

項目 Factor	土砂流出時の降雨量 Precipitation	降雨時間 Hour of rainfall	流出土砂量 Quantity of eroded gravels and soil	
			試験枠 No. 5 Exp. frame No. 5	試験枠 No. 6 Exp. frame No. 6
起こり Date of erosion	48.0 mm	10:00	43	12
May 11	81.0	27:00	3.0	21
June 4	79.0	33:00	2.4	102
July 16~18	37.5	14:00	50	35
July 25	68.2	19:00	416	21
Aug. 8~9	45.8	24:00	6	18
Aug. 25	32.3	10:00	12	1
Sep. 22	—	—	—	—

杉谷試験地
Sugitani

木津試験地
Kotu

西河試験地
Nishikawa

(f) 以上の結果から、1回毎の降雨量よりも降り方、すなわち単位時間内の降雨量と土砂流出量とがどんな関係にあるかを考察するために降雨強度と土砂流出量との関係を第4表に示すことにする。本表によると、降雨強度が強い時に土砂の流出量が多い場合もあるが、そうでない場合も多い。したがって降雨強度が土砂の流出に対して特に支配的な因子とも考えられない。

以上の事実から考えると、本試験地のような固粒状構造がよく発達し、透水性のよい肥沃地では土砂の流出はただ1回の降雨強度や降雨量に支配されないで、何回かの降雨によって次第に含水量が多くなり、林地土壌の飽水力の限界に近づいている時にたまたま相当量の強い降雨に見舞われた場合に流出をひきおこすものと考えられる。

また林地植生面を流れる地表水はリルやガリを形成しており、また地表植生の状態に応じて流れていくので、小雨の際には上方からの土砂はそうした土壌の隙間や植生の根元に沈着して止まってしまうのであるが、次の豪雨の際にこれらごとく流出してくる場合も考えられる。

ii) 流出土砂の機械的組成について

受器に集まった土砂を礫、細土、和大有機物に分けてその組成割合をみると、第5表のようであった。

第5表 流出土砂の機械的組成 (ただし原状土について)
Table 5. The constituent rate of eroded gravels and soil.

項目 Factor	礫 (粒径2mm以上) Gravel (2mm <)	細土 (粒径2mm以下) Fine soil (2mm >)	水分含有物 (粒径2mm以上) Undecomposed organic matter	合計 Total
試験地 Exp. forest	19.4%	80.1%	0.5%	100%
杉谷試験地 Sugitani	70.4	29.1	0.5	100
木津試験地 Kotu	28.8	66.3	4.9	100

すなわち、流出土砂の機械的組成は杉谷および西河試験地では細土が大部分であるが、木津試験地では礫が大部分を占めている。さて、木津試験地は当初の土壌断面の観察で認識したように表層土壌に礫含量がきわめて多かったことから推察するに、流出土砂の構成は原土と深い関係があるものと推察される。なお、木津試験地では粒径 5 cm 以上の大礫もかなり多く含まれていた。つぎに流れてきた細土について機械分析を行なった結果は第6表のようである。

第6表 流出土砂(細土)の機械的組成 (ただし原状土について)
Table 6. The mechanical composition of eroded fine soil. (2mm >)

項目 Factor	粗砂 (0.075-0.425 mm) Coarse sand	細砂 (0.075-0.0425 mm) Fine sand	シルト (0.0425-0.0075 mm) Silt	粘土 (0.0075 mm以下) Clay	有機物 (有機物%) Organic matter	土質 Soil texture
試験地 Exp. forest	31.1%	18.0%	5.0%	22.0%	23.9%	SC
杉谷試験地 Sugitani	40.5	15.1	11.0	21.1	12.3	SCL
木津試験地 Kotu	25.8	20.5	19.5	23.7	10.5	L/C

第8表 1ヘククルム作り、1年間の細土の流亡量と、その中に含まれる養分要素の量
Table 8 The quantity of eroded fine soil and its nutritional elements.
(kg/ha/year)

試験地 Exp. forest	試験地 No.	試験地 場所 Position	因子 Factor	養分要素の流亡量 Quantity of eroded nutritional elements					
				窒素 (N)	炭素 (C)	酸化 (P ₂ O ₅)	カルシウム (CaO)		
杉 試験地 Sugitani	1	山頂部(37°) Mountain side	982kg	7.6kg	140.0kg	0.29kg	1.8kg	4.5kg	10.4kg
	2	山頂部(37°) Mountain side	249	2.1	50.3	0.08	0.5	1.3	2.9
水津 試験地 Kotui	3	山頂部(35°) Mountain side	123	0.6	13.6	0.03	0.3	0.5	1.3
	4	山頂部(35°) Mountain side	232	0.9	20.9	0.03	0.8	1.0	1.5
西 試験地 Nishikawa	5	山頂部(35°) Mountain side	98	0.4	8.8	0.01	0.3	0.4	0.6
	6	山頂部(35°) Mountain side	204	0.8	18.3	0.03	0.7	0.9	1.3

③ 相隣して設置した試験地のうち、それぞれに土砂の防止柵を設けたもの。
One of two experimental frames with the erosion control fence made by twigs.

iv) 養分要素の流出量の推定

第3表にあげた各測定値の流出細土量に、第7表の養分要素含有率をかけて、各養分要素の1haあたり1年間の流亡量を推定した結果を第8表として示す。
なお、米炭の P₂O₅, K₂O, MgO, CaO の各成分は硫酸可溶性成分より算定したものである。
これによつて、炭素(C)は 18.3~180 kg, 窒素(N)は 0.8~7.6 kg, 燐酸(P₂O₅)は 0.03~0.29 kg, 加里(K₂O)は 0.3~1.8 kg, カルシウム(CaO)は 0.5~4.5 kg, マグネシウム(MgO)は 1.3~10.4 kg が各試験地において皆伐後の1年間に流出したことになる。以上の数値は流出細土中の成分量であるが、この他に雨水が各養分要素を溶解したまま林外に流出し、また地中に深く滲透しざる部分があるので、各成分の1年間の流亡量ははるかに多量にのぼるものと推定してよいことになる。

また、これら各成分の流亡量は樹冠の急な傾斜が多く、また山麓部より山頂部の方が多い。また西河試験地山頂部の土砂防止柵を設けた方の流亡量は、杉止柵のないものに比べて約半分に減少していることから、このような簡単な方法、あるいは地形の急な傾斜の時の浸透率の推定を講ずることは、地方の雑草の面からも重要であることが明らかにされたのである。

v) 地表特性の変化と侵蝕

各試験地ともに皆伐直後は地表特性はきわめて少なかったが、半年後にはササガヤ、ススキ、サヤ、シヤガ、オンダ、ペンマイ、クマツラビ、ヤマハツク、ヒヨドリバナ、ニガナ、ジャノヒゲ、ササカズラ、シラカバ、ヨメイ、オオバコ、アザミ、ヒメジョオン、ミヤマササ等の生として草本植物に覆われ始め、1年後にはこれら以外にミツバアケビ、ヤブコウジ、スイカササ、ウツボ、ヒソカヤ、ハブイカダ、アオキ、サルトリイバラ、ヤマブキ、ウツミズウチ、ヤブタバコ、イヌガヤ、

木結果によると、流出土砂中の細土の機械的組成は各試験地の元の表層土の組成とよく似ている。これらことから反側は土壌の特定の組成の部分にだけおこるのでなく、かなり幅広い部分にまで一様にひろおこされていることがわかる。なお、侵蝕部分の結果における腐植体成分は元の土壌層に比べてきわめて多く、A₀層の未分解の有機物、腐植体等が細かく破砕されて、大粒に流れ去っていることがわかるのである。

なお、皆伐直後の林地地表は各調査地点ともに A₀層によって一様に覆われていたのであるが、1年後の観察では侵蝕、流亡、分解等によって地表面の50~70%の広さにわたって土壌層が露出していた。

iii) 流出細土の化学的性質について

流出土砂中の細土について、pHと養分要素の含有率を測定した。分析方法はほぼ第IV章のべた方法によつたが、カルシウム、マグネシウム、カリウムの定量はキレート滴定法によつた。分析結果を示すと第7表のようである。

第7表 流出土砂(細土)中の養分要素含有率と pH
(ただし風乾細土について)
Table 7 The contents of nutritional elements and pH in the eroded fine soil. (air dry fine soil)

試験地 Exp. forest	因子 Factor	pH	全養分 Total		水溶性養分 Soluble		1/5N 塩酸可溶 1/5N HCl soluble					
			C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
杉 試験地 Sugitani	6.05	5.95	18.71	0.75	0.36	0.159	0.47	1.06	0.021	0.65	0.45	0.31
	6.30	6.10	11.05	0.48	0.27	0.225	0.41	1.02	0.020	0.041	0.40	0.27
水津 試験地 Kotui	5.85	5.40	8.89	0.38	0.15	0.336	0.46	0.65	0.011	0.042	0.39	0.10

これを前章のべた各試験地の表層土の化学的性質と比較すると、種々異なる結果を示したことは注目される。

すなわち、土壌酸度において pH(H₂O) 側では 0.5 以上、pH(KCl) 側ではさらにそれ以上中程度に達している。また元の土壌では pH(H₂O) 側ではほぼ 1 程度の酸性性が強いことが共通していたのであるが、流出細土ではこの差が少なくなっている。このような現象は特に杉、水津の両試験地において著しい。また全養分含量については、3試験地ともに元の表層土に比べて約3倍程度の高い含有率を示した。全養分含量はこれほど大きな増加ではないが、元の土壌層に比べて約3倍程度の高い含有率を示している。したがって根腐層は元の土壌層ではいずれも10前後を示していたのに対し、流出細土では23以上を示していることから A₀層の未分解の有機物、腐植体等が大量に流出していることが、ここでも推定できよう。1/5N 塩酸可溶性の腐植、加里の含有率についても流出細土の方は元の表層土に比べて 1.5~2.5 倍程度に増加していた。

これらのことから、流出土砂中には腐植が大量に相伴って流出していることは確かであると思われるが、また流出細土の pH(H₂O) 側と pH(KCl) 側の差がきわめて少ないことから、陰イオン交換容量をおおこしているように思われる。

また流亡によって皆伐直後に山腹面から流出する土壌はたとえその量が少量でなくとも、このように非常に肥沃な部分が流れ去っていくことに重大な意味があると思われる。

ネジキ等の小灌木が混生して密生した状態になった。

地表植生の状態と土砂の流出量の関係については、すでに多くの研究報告がある。

たとえば京都市北郊の京大土質試験地における皮樹試験地の荒蕪、また東大要知砂礫林における荒蕪によると、裸地の土砂流出量はきわめて多いが、荒生地区、または自然植生地区では急減することが報告されている。

したがって本調査地においても荒後後第2年目以降はこれらの植生における土砂の流出防止効果があらわれ、侵蝕量は減退していくものと考えられる。

引用文献

- 1) 堤 利夫：森林の成立および育伐が土壌の2、3の性質に及ぼす影響について、第2報、育伐による土壌諸物質の変化、京大報、No. 34, 37-64, (1963)
- 2) *ibid.*, 第1報、森林の成育にともなう土壌の性質の変化、京大報、No. 2, 33-58, (1942)
- 3) 柴田信男：林況と土壌との関係に関する研究、京大論叢、No. 2, 33-58, (1942)
- 4) 柴田・深木・若井：林況の変化が土壌に及ぼす影響に関する研究、第2報、ヒノキ林の腐(代)が土壌に及ぼす影響、日林誌、No. 59, 133-135, (1942)
- 5) 柴田信男 *ibid.*：第3報、スギ林育伐跡地における地表植物の状態、日林誌、No. 58, (1942)
- 6) 藤田・中田：晴雨による地表流砂量についての一考察、東大論叢、No. 15, 61-69, (1944)
- 7) 中島・塚本・藤田：各種田圃の効益に関する研究、東大論叢、No. 14, (1942)
- 8) 大枝・富土岡・杉山・手島：植樹地の流出防止に関する基礎的研究 (1) 流出試験地観測の概要、農林部、別冊 2, 75-81, (1951)
- 9) 大枝・富土岡・手島：*ibid.* (1) 人工降雨による地表流入量観測の概況、農林部、別冊 3, 28-34, (1942)
- 10) 三原・大吹：砂防の土壌侵蝕に関する研究、農林部、別冊 5, 5-20, (1942)
- 11) 林野庁編：代有林林土壌調査方法、(1954)
- 12) 芝本武夫：スギ、ヒノキ、アカマツの生育並びに林林土壌の肥力測定に関する研究、第3編、172-184, (林野庁、昭和8年)
- 13) 竹原秀雄：吉野におけるスギの適地に関する一、三の土質学的考察、日林誌、No. 20, 489-507, (昭和13年)
- 14) 明本・芝本：尾路地方における杉林の農業上注意すべき土壌要素について、日林誌、No. 15, 7-16, (昭和8年)
- 15) 岡崎・柴田：照度法適用試験地を通じてみた森林土壌の2、3の性質について (第1報) 吉野地方のスギ、ヒノキ土壌の物理的性質、日林誌、No. 63, 143-145, (昭和29年)
- 16) 川島・鶴田：森林固形の生育と土壌反応並に石灰との関係について、(第1報) 福岡市外陽山田圃固形林におけるスギ、ヒノキ、アカマツ、日林誌、No. 16, 389-398, (1942)
- 17) *ibid.*, (第4報) 林田圃におけるスギ、ヒノキ、アカマツ林土壌、日林誌、No. 16, 451-458, (1942)
- 18) 大枝正徳：千葉県新田圃におけるスギ及びヒノキ生長試験地土壌の物理的性質の概況報告書、第8号、1-22, (昭和4年)
- 19) 柴田・堤・上田・藤野等：吉野林業地帯における地方の維持と前進に関する研究 (第1報) 林野庁、農林省農務院研究補助金による報告書、51-102 (昭和37年)
- 20) 上田・堤・柴田：*ibid.* (第2報) 荒後直後における土壌の物理的性質の変化と表層土壌の流出についての一考察、日林誌、No. 14, 32-33, (昭和39年)

RESUMÉ

Recently, it is a noticeable fact that the soil fertility have decreased for the repeated clearing in the YOSHINO forest-area. Therefore, we set up three experimental sites in this area for researching the actual condition. (table 1). These sites were placed at the just after clear cutting of 55-63 years old Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* S. et Z.). We examined the change of the physical and chemical properties of

the surface soil during a year after clear cutting. At the same time, we measured the quantity of the eroded gravel and soil. The results were as follows:

1. The change of the physical properties of the soil were as follows: The layer of the 0-5 cm in depth became worse intensely, but the layer which was deeper than 20cm did not change at all.
2. The change of chemical properties of the soil were as follows: The contents of total N, total C, 1/5 N-HCl soluble P_2O_5 , and 1/5 N-HCl soluble K_2O decreased at the layer of 0-15 cm of depth.
3. The quantity of the eroded soil and gravel (air dry matter) in a year were 0.3-1.2 ton per hectare. These quantity increased remarkably at the slope of more than 40 degrees.
4. Above 80% of the soil and gravel were eroded during from June to September.
5. There were scarcely relation between the total amount or intensity of just once rainfall, and the eroded quantity. It was observed that the erosion increased in the unstable condition of ground by several rainfall.
6. The greater part of A_1 layer had been lost by erosion and decomposition in a year.
7. The quantity of the nutrimental elements contained in the eroded fine soil were estimated as follows: C: 13.3-180 kg/ha, N: 0.8-7.6 kg/ha, P_2O_5 : 0.02-0.29 kg/ha, K_2O : 0.2-1.8 kg/ha, CaO: 0.5-4.5 kg/ha, MgO: 1.3-10.4 kg/ha.
8. The erosion control fence made by twigs of the Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* S. et Z.) took effect for protection of erosion. It could defense 60% of the eroded soil and gravel.

カラマツ2代目不良造林地に関する研究

浅田節夫

Studies on Inferior Stands of 2nd Reforestation of Larch

Seisuo Asada

目次

序論	1
第1章 長野県下における2代目不良造林地の分布	3
第2章 森林生態系よりみたカラマツ2代目造林地の解析	5
§1 林分の解析	5
1 調査地の概況	5
2 林分生長量と林分構造	10
3 腐植層の解析	16
§2 林地土壌の解析	20
1 土壌の理容性	20
2 土壌の化学性	22
3 土壌酸結	25
4 レムナーテスト	32
5 土壌微生物	33
§3 計測	37
第3章 カラマツ2代目不良造林地の要因研究	41
§1 根腐病試験	41
§2 腐植層試験	44
1 黒色火山灰質土壌の場合	44
2 かつお森林土壌の場合	46
3 腐植層と土壌微生物の変化	48
§3 計測	51
第4章 カラマツ2代目不良造林地の対策	52
摘 要	57
文 献	59
Summary	63

序 論

カラマツ造林の中心をせしめる長野県では、その歴史も古く、すでに寛永年間には数百町歩にわたつて造林された記録があるが、明治、大正時代の造林面積はヒノキ・スギよりほるかに低かつた。しかし本県における気候風土はカラマツの生育にもつとも適し、加えてそれは他の樹種に比較してきわめてよく生長するので、1945年以降年々の造林面積はますます拡大し、1960年度現在の年間造林面積は約9,700haで、県下全造林面積の約65%にも達している。

このような造林面積の急速な拡大とともに、カラマツ2代目造林地の著しい生長不良現象

が近年各地で問題視されたが、とくに大きくとりあげられるようになったのは、1950年以降のことであり、その中心地は南佐久郡川上村であった。当時同村の2代目造林地はすでに4~500haに達していた。

皆伐の繰返しによる林地のせき悪化は、最近スギ・ヒノキなどの先地林業地において問題視されるようになってきたが、それら樹種の生長速度の減退は著しいとしても、カラマツほどはつきりとした場合は少ないようである。これは木材の林外への持出しと降雨による林地侵蝕にもなる林地の無機質の減少ならびに物理性の悪化などのためにおこる生長減退と考えられる。しかしカラマツ2代目不良造林地の造林木の生長状態は、後述するように極端に悪い場合が多く、また地区によつては年々枯死するものが多く、全く成林の見込のない造林地さえかなりみられた。

このような状態であったので、長野県では以前からカラマツの2代目造林地はきけるようにいわれてきた。しかし2代目造林地に対する調査研究が最近までほとんど行なわれていなかったため、この問題そのものに対する批判や見解が二、三示された。すなわち大蔵は2代目造林地の不成熟地はもととカラマツ造林にかかわらず最も適地の地であったと述べている。しかし立地条件のいかんにかかわらず多くの場合、2代目造林木の生長は1代目のそれより劣ることは明らかであり、また筆者の調査の結果でも、1代目カラマツの生長は一般に良好で適地のあやまりでありつたといえないようである。ただし、2代目不良造林地の解明に対する一つのめがめとして、カラマツの適地そのものについての検討は必要である。

また、この問題に対する重要鍵として中村(誤)はカラマツの2代目造林地の適不適はそのような不良造林地が長野県下のカラマツ全造林面積の何%を占めるかによつて決められるべきで、ごく一部にしか起つていないとすれば問題にならないといつて(中村賢太郎未発表)。この点についてはさらに広範囲にわたる組織的な調査結果をまたなければならぬが、後述するように2代目不良造林地は各地に散在し、しかも緊急に対策が望まれていることは事実である。

一方この問題に対する解明として、今まで行なわれてきた主なものは次のようであつた。すなわち今岡、河田は2代目不良造林地があらわれる原因としてナラタケ菌による被害を一つの原因として考え、今岡はその発生誘因について防疫学的見地から考察し、河田は土壌環境と地形と水分両条件を重視し、ナラタケ菌の多い立地条件を指摘して、1960年以來上田営林署管内において現地試験を行なつてゐる。

また中村(RD)は土壌の物理性および化学性をしらべた。浅田はカラマツ2代目造林地の実態調査を行ない、その不良化の原因ならびに対策について広範な研究を奨励し、林分の栄養循環系における異常状態に起因する障害であることを突きとめた。

一方カラマツ造林の歴史の古い地方においては、2代目造林地の不良化を「イヤヂ」と呼んでいる林業家が多いが、農業および園芸でいわれているイヤヂ現象という言葉をそのまま適用出来るかどうかはその原因がよくわかつていない現状ではさらに検討しなればならぬ。したがつて「イヤヂ」の定義そのものがはつきりしていない現状より、ここではカラマツの場合においても、不良造林地という言葉を「イヤヂ」と呼ばないことにした。

以上のようにカラマツ2代目不良造林地の問題は各方面の研究によつて、それぞれ部門

の分野からとりあげられ研究されるようになってきたが、まだ充分に一般に共通する原因については明らかになっていない。とくに養料循環系よりも正常な生育を妨げていたカラマツの林が伐採され、そこに2代目のカラマツが造林されると、多くの林分が正常な生長を遂げなくなるという現象は、かなりはつきりした原因がそのうちにかくまわれているはずであり、それ故本研究は直接接木のみならず、それが生育する過程をもふくめた森林生態系全般にわたつて解析し、その原因を究明しようとしたものである。

最近短伐期作業の進展にもないどくにカラマツが次面積に造林されるようになつてきたため、まずまず2代目造林の不安は大きくなりつつある。したがつて本研究が不良造林地対策の一つの指針ともなれば幸いである。

本研究は京都大学四手井綱英教授の終始、懇切なる御指導のもとにすすめられたものであり、同大学岡崎文彬教授、川口桂三郎教授より御指添を仰ぎ、計画、実施ならびにとりまとめには同大学現職利夫助教、徳州大学赤井範男助教の全面的な御援助を得た。

さらに実地調査で御支援、徳州大学赤井範男助教、長野県営林部長中田裕吉、長野営林局長前崎忠徳部長金井太郎、同川野秀雄、長野県営林部長伊藤良一、渡辺裕吉、藤瓜堤一、石川豊治、長野営林前哨課長光本昭光、同前課長山口武、長野県南佐久、北佐久、上小、松前、諏訪、上伊那各地方事務所長、長野営林同白田、大町、長野、伊那各営林所長の諸氏である。

つきに現地調査に御協力をいただいた方々は長野県南佐久郡川上村、白田町、八千穂村、北佐久郡豊月町、諏訪市、茅野市、上伊那郡南村、高遠町、松本市の森林組合長および各市町村担当農林業改良指導員の諸氏である。

またレムナム・テラスの調査は大塚市立大学吉良範夫教授、同生島道夫教授の御援助により行なわれ、朝体資料の分析若原氏は林業試験場専任技師の御好意により提供した。さらに東京大学第一三教授より終始御懇篤なる助言が与えられた。

また現地調査、資料の整理は本学造林研究室野重久男技師ならびに専攻生の支援を得た。上記の各位に厚く御礼を申し上げたい。

第1章 長野県下における不良造林地の分布

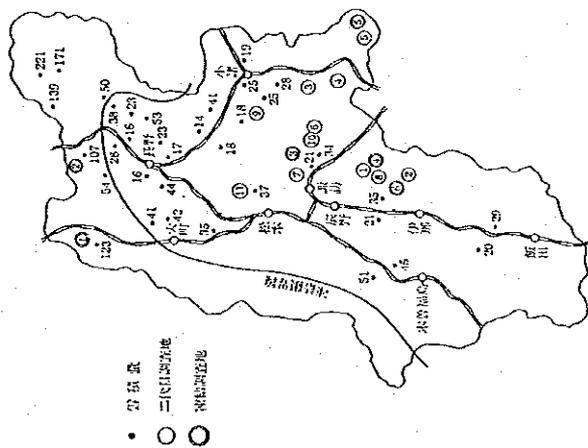
1959年8月末に県下国営林、民営林における2代目造林地の分布状況を長野営林局、長野県森林事務所各地区担当者に委嘱して調べた。結果を第1表、第2表および第1図I、IIに示した。

第1図I、IIから明らかのように、各調査林分はそれぞれ中部山岳地帯におけるカラマツの天然分布区域といわれている1,000~2,000mの地域に一般に造林されており、かつその林地の大部分は、火山灰質土壌地帯であることがわかつた。

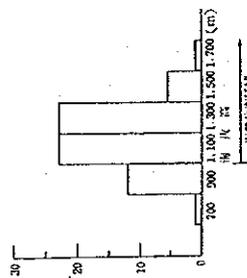
つきに第1表より長野県下では主として民営林に2代目造林地が多く、その約75%が本県林分であることがわかつたが国営林ではまだ多くみられないようである。これは国営林のカラマツ人工造林地がようやく2代目造林を始めたばかりであり、かつその大部分は、これら地区別みると、第2表より長野県を北信、東信、中信および南信の4区にわけると2代目不良造林地のとくに多い地区は東信一中信一南信の線上に(第1図参照)あること

第1表 2代目造林地の長野県下の分布

所有形態	不良林分	優良林分	計
民有林	48箇所	14箇所	62箇所
国有林	4	3	7
計	52	17	69



第1図I 試験地区一覽



第1図II A 2代目造林地の垂直分布

第1図II B 2代目造林地の土壌区分

第2表 2代目造林地の地区別の分布

地区別	不良林分	優良林分	計
東信地区(1)	34箇所	12箇所	46箇所
北信地区(2)	5	3	8
中信地区(3)	7	2	9
南信地区(4)	6	0	6
計	52	17	69

註1) 東信地区とは南・北佐久、小原郡をいい、
 註2) 北信地区とは夏越、埴科、上・下木内、上・下高井郡をいい、
 註3) 中信地区とは東・西筑後、南・北安曇郡をいい、
 註4) 南信地区とは上・下伊那、諏訪郡をいう。

がわかり北信には不良造林地がすくない。これらの線上の諸地方はカラマツ造林の歴史が古くしたがって2代目の造林地も多い。

1960年以降長野県では2代目造林の問題がとくに注目され、不良造林地の再調査が実施されているので、今後その地域数はさらに増加することになる。

第2章 森林生態系よりみたカラマツ2代目造林地の解析

§1 林分解析

1 調査地の概況

調査地の対象としてはカラマツの2代目造林地について長野県林野ならびに長野県林務部をおこなった1959年3月末現在の調査資料にもとづき、地方別にそれぞれ代表的な区を選んだ(第1図-I)。

調査地の地況ならびに林況などは一括して第3表に示した。2代目造林地の比較対象地としては2代目造林地に隣接し傾斜、方位、土壌などの立地諸条件と相付け年月のほぼにたよるような1代目造林地を同時に調査した。調査月日ならびに1代目と2代目造林地の位置的關係はつぎのようであつた。

- (1) 長藤地区(海拔高360m) ——1959年5月20日調査
 2代目造林地は生長良好な1代目造林地に直接接した下部にあつて、同時に植付けたにもかかわらずその境界は明らかに区別できた。
- (2) 河瀬地区(海拔高360m) ——1959年5月27日調査
 2代目造林地は河川的作用によつてきた水積土であつたが同じ土質条件の1代目造林地は適当なものがあつたため、2代目造林地から約400mほど下部の小面積の1代目造林地と約300mほど上部の村有林の1代目造林地を調査の対象とした。
- (3) 白田地区(海拔高700m) ——1959年8月5日調査
 低い丘陵地帯の2代目造林地とそれに隣接した1代目造林地とを調査した。
- (4) 八千穂地区(海拔高1,250m) ——1959年8月6日調査
 八ヶ岳山麓の中腹にあつて、カラマツを普及すると同時に付近の広葉樹も一帯に伐採し、

型を一斉に撤付けたので2代目造林地は1代目造林地に囲まれて存在し、格好の調査地であつた。

- (5) 川上地区 (海拔高1,100m) ——1959年8月8日調査
2代目造林地は山腹斜面の中腹でいくらか広まった場所に存在し、その東側に引続いて1代目造林地があつた。
- (6) 北山地区 (海拔高1,300m) ——1959年8月25日調査
2代目、1代目ともにカラマツを植付けける以前は水路を設けた採集地であつて、1代目造林地は2代目造林地のすぐ下側に隣りて存在した。
- (7) 駒形地区 (海拔高1,100m) ——1960年9月10日調査
2代目造林地の300mほど下部に1代目造林地がはなれて存在した。
- (8) 藤沢地区 (海拔高1,320m) ——1960年10月6日調査
2代目造林地の隅りに1代目造林地が隣りて存在し、方位、傾斜ともにはほぼ同じで八千穂地区とともに調査地としては好適の条件であつた。
- (9) 翌月地区 (海拔高800m) ——1960年9月調査
台地状のゆるい傾斜面に互に向い合つたような形で2代目と1代目の造林地が隣りて存在し、良好な調査地であつた。

なお以上のほか、茅野・松本朝地区については林業改良指導員の調査資料によつたので詳しいことは明らかでない。

調査した範囲内では、2代目造林地の生長状態は1代目に比較してすべての点で著しく不良であつたばかりか、枯死消失してしまつた箇所も少なくあつた。また第3表のように生長の不良状態は植付けの翌年より顕著になることがあつた。これに反しカラマツ以外の針葉樹や広葉樹の跡地に植付けた1代目造林地はいずれも良好な生育状態を示した。このような2代目造林地と1代目造林地の生長状態の差異は第3表でもわかるように傾斜、方位、斜面形、洪氾などの差によるものではないように思われた。また同生には明らかならぬが認められないようであつたが一部の草木植物には指図となるようなものがあるから知らぬので今後なお検討する必要がある。

2 林分生長量と林分構造

1 林分内に10×10m (100m²) の標準地を1箇所設定しつぎの基準で毎木調査を行なつた。すなわち平均樹高が約2m以下の場合は樹高を10cm単位、直径は地際直径を1mm単位で測定し、約2m以上の場合は樹高を50cm単位、直径は胸高直径を1mm単位で測定した。しかし2代目林分のほとんどは樹高が2m以下であつたので、胸高直径を測定したものは、標準地の樹幹析解の結果から胸高直径を地際直径に換算して示した。

(1) 林分生長量

毎木調査の結果は第4表に示した。造林地の植付け本数は調査者の苗を綜合判断してきめたが、この植付け本数を基準にして調査した標準地内の残存本数から枯死率を求めてみると、一般に2代目造林地に枯死消失したものが多く傾斜が認められた。したがつて枯死木の多い八千穂、北山、茅野、松本4地区の2代目造林地では本数減少が著しかつた。また北山地区は過去数年におつたつて植付が行なわれてきたが、1958年以前のものは全く消失して無立木地になつている箇所が多くみられた。

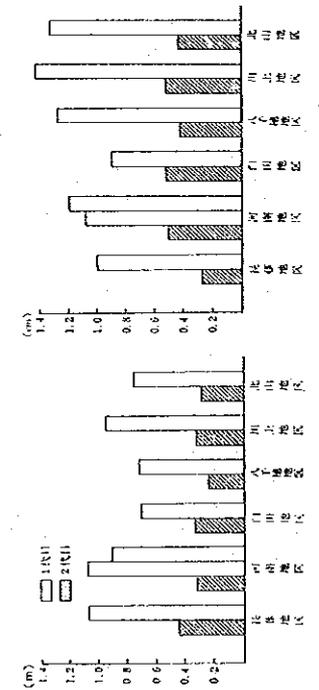
以上のことから、カラマツの2代目造林地は造林木の枯死が多く、1代目に比較して残存本数が著しく減少する傾向がみられた。

同じ地区の1代目、2代目の標準地は大抵同一割合であるよう選定したので、林分の平均胸高はそれぞれ地区ごとと比較検討できる。また平均直径については、2代目はほとんど全部地際直径を測定し、1代目は樹幹析解の資料から胸高直径を平均胸高直径に換算して求めたので、樹高と同様地区別にそのまま検討できるはずである。

その結果、第4表から明らかになつたように2代目林分は1代目林分に比較して樹高、直径ともに小さく、生長量の減退はきわめて著しかつた。この関係をさらに明らかにするために樹高と直径のそれぞれの総平均生長量を第2図に示した。

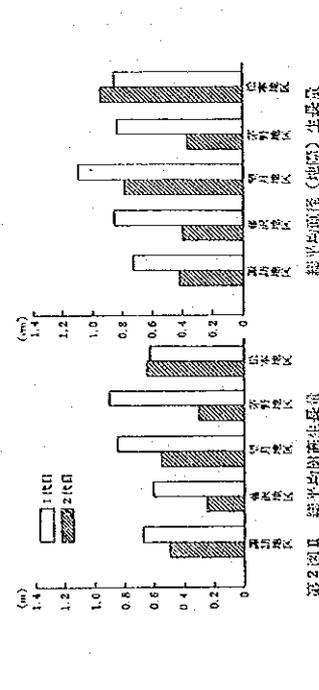
第4表 標準地調査表 1

調査地	林分	樹高	胸高	直径	伐倒本数	残存本数	枯死率	平均直径		備考
								(平均生長)	(平均直径)	
長原地区	2代目	7	3,000	1,200	60	3.1(0.44)	1.9(0.27)	胸高直径		
	1代目	7	3,000	1,600	47	7.5(1.07)	7.0(1.00)	胸高直径		
河内地区	2代目	5	3,000	1,900	37	1.6(0.32)	2.5(0.50)	地際直径		
	1代目	4	3,000	2,300	23	4.3(1.08)	4.0(1.08)	胸高直径		
白田地区	2代目	8	2,500	2,000	20	7.3(0.91)	9.6(1.20)	地際直径		
	1代目	4	3,000	2,100	30	1.3(0.33)	2.1(0.52)	胸高直径		
八千穂地区	2代目	4	3,000	2,200	27	2.8(0.70)	3.6(0.90)	胸高直径		
	1代目	5	2,500	1,300	48	1.2(0.24)	2.1(0.42)	胸高直径		
川上地区	2代目	5	2,500	2,400	5	3.6(0.72)	5.4(1.28)	胸高直径		
	1代目	5	3,000	2,900	14	1.6(0.32)	2.6(0.52)	胸高直径		
北山地区	2代目	4	2,500	2,200	12	3.8(0.95)	5.7(1.43)	胸高直径		
	1代目	6	3,000	1,100	37	1.7(0.28)	2.5(0.43)	胸高直径		
駒形地区	2代目	7	3,200	3,200	0	5.2(0.75)	7.9(1.13)	胸高直径		
	1代目	6	3,000	1,900	37	3.1(0.52)	2.5(0.42)	胸高直径		
藤沢地区	2代目	8	3,000	2,300	23	5.3(0.66)	5.8(0.73)	胸高直径		
	1代目	6	3,000	1,400	0	1.5(0.25)	2.4(0.40)	胸高直径		
翌月地区	2代目	4	3,000	3,000	0	3.7(0.62)	5.2(0.86)	胸高直径		
	1代目	4	3,000	1,800	37	2.2(0.55)	3.1(0.78)	胸高直径		
茅野地区	2代目	4	3,000	2,500	17	3.4(0.85)	4.5(1.13)	胸高直径		
	1代目	7	3,000	1,300	57	2.1(0.30)	2.6(0.37)	胸高直径		
松本地区	2代目	3	3,000	500	83	1.9(0.64)	2.9(0.95)	胸高直径		
	1代目	4	3,000	2,200	27	2.5(0.62)	3.4(0.86)	胸高直径		



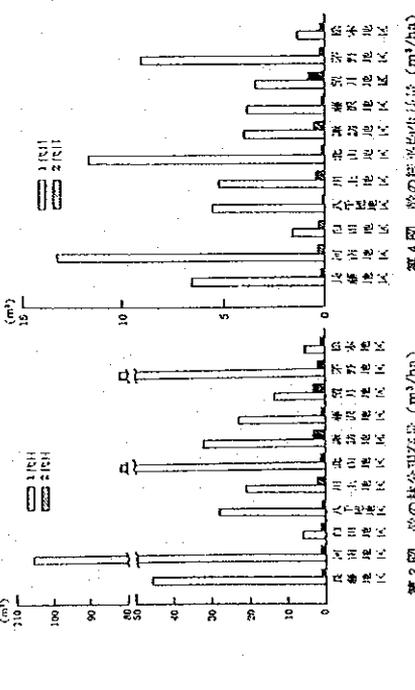
第2図 総平均樹高生長量

第2図 総平均直径 (地際) 生長量



第3図 総平均樹高生長量

第3図 総平均直径 (地際) 生長量



第4図 第2代目の総平均直径 (地際) 生長量 (m/ha)

第4図 第1代目の総平均直径 (地際) 生長量 (m/ha)

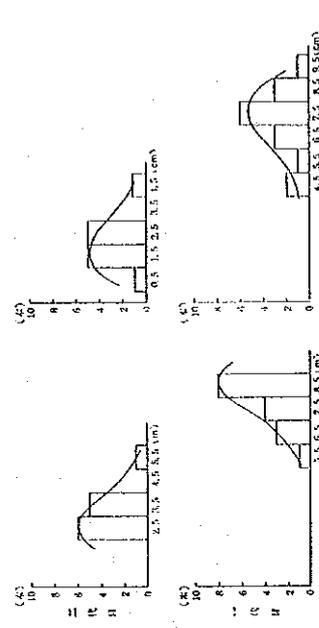
これからも認められるように2代目林分の樹高の平均生長量は、1代目林分の半分以下の場合が多かった。また平均直径生長量においても同様の傾向が認められた。しかし長瀬地区のように2代目林分の生長量が母木では1代目よりかえって良いようなこともあったので、これを林分現存量 (便宜上 ha 当り四注材積合計で示す) で示せば第3図のようになつた。

すなわち2代目林分の生産量は、同じ地区においては母木がほぼ等しいので、1代目よりかなり劣つてきているといえよう。

これを更にそれぞれ各地区とも比較するため、林分の総平均生長量を求めた結果、第4図のように2代目林分の ha 当りの生長量はコンマ以下であるのに反し、1代目では少なくとも 1 m² 以上の生長量を示した。

(2) 林分構造

標準地内の林分構造を解析するため、毎木調査の結果から樹高と直径の分布曲線をヒストグラムによつて求めた (第5図)。

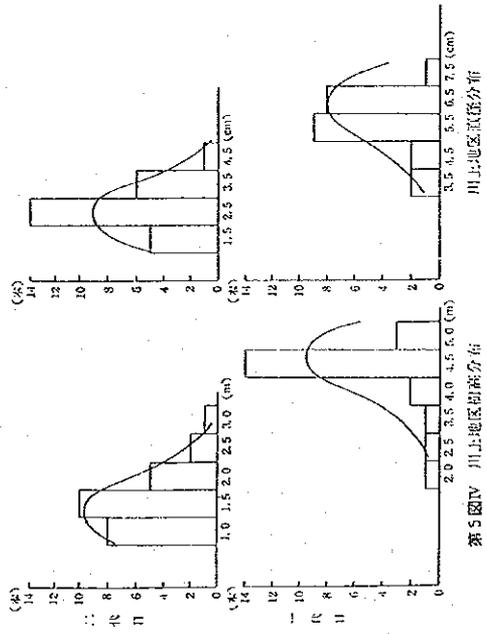
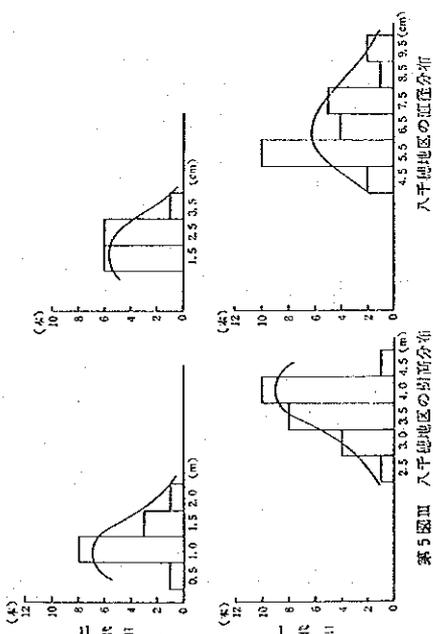


第5図 1 長瀬地区の樹高分布

第5図 1 長瀬地区の直径分布

第5図 2 北山地区の樹高分布

第5図 2 北山地区の直径分布



本図から明らかのように2代目造林分の樹高分布曲線は左に片寄った形を示すに反し、1代目のそれは右に片寄った分布曲線を示す傾向が認められた。さらに2代目の分布曲線の最大値は1代目の最小値と接する傾向が認められた。これらのことは同じ地区では大径樹が多いので2代目と1代目造林分の生長過程の特徴をあらわすものと考えられよう。すなわち同時に植付けられた造林木でも2代目造林地は大部分のものが生長を減速し、

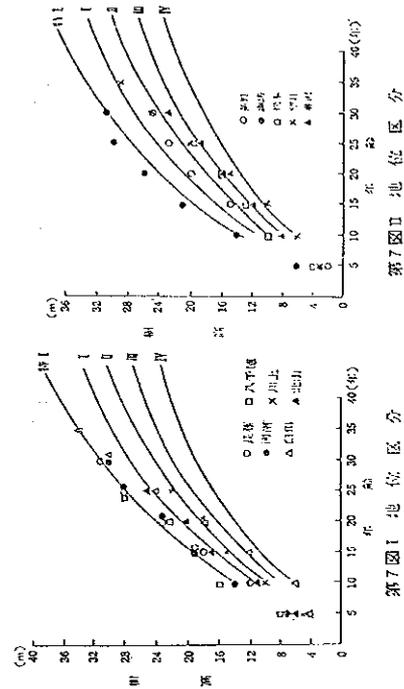
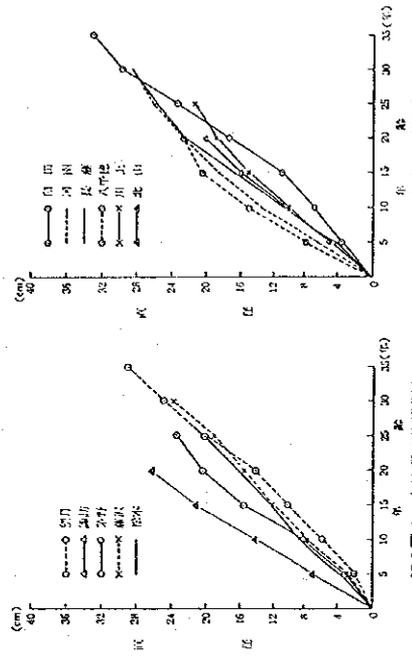
表Ⅵ：カラマツ2代目不良造林地に関する研究

極端なものは枯死するに反し1代目造林地では一部をのぞいて大部分が良好な生長をするものと思われる。このような傾向は直径分布(林相曲線)についてもほぼ同様であった。

2代目と1代目造林地の以上のような林分構造の違いは、2代目造林地の土壌に生長を阻害する何らかの原因があるものと考えられるであろう。

(3) 伐採による1代目カラマツの生長状態の推定

2代目造林分の標識地内に残存しているカラマツ前生樹の伐採調査による直径生長量の結果を第6図に示した。伐深は10~30cmで伐短2方向を測定し平均した。



調査の結果から推定すると、前生樹のカラマツはいずれの地区においても良好な生長を示していることを示す。すなわち移植後約5年間の平均直径生長量は0.8~1.6cmで、対照として調査した1代目標準地の生長量とほぼ等しかった。またこの調査結果を諸の取極表と対比して各地区の1代目標準地の生長状態を推定したところ、第7図のようになったが、ほぼI~IIIの範囲にあり、これからしても1代目の生長は各地区とも良好なことがわかる。

3 標準木の解析

標準地内で平均樹高をもち枝張りの中庸なものをも1~2本選び、地上部は20cmごとの樹幹解行を行なうとともに、枝葉を含めた全重量を測定し、地下部は根りとつて地上部切点から下へ0~15cm, 15~30cm, 30cm以上と切り離し、水分重量を測定した。

標準木の調査結果は第5表のようであった。

第5表 標準木調査表

調査地	樹種	年令	樹高 (m)	胸径 (cm)	樹皮厚 (mm)	地上部の重量 (kg)		根の重量 (kg)	根の長さ (cm)	根の直径 (mm)	根の分枝数	根の分枝率 (%)	根の分枝比
						地上部 (100分枝)	地下部 (30cm以上)						
長 藤	2代目 2-1	9	2.5	2.70	59	1.04	1.262	0.157	0.138	0.085	0.315	0.026	4.0
	2代目 2-2	8	3.3	2.50	93	0.80	1.508	0.161	0.104	0.008	0.273	0.020	5.5
河 南 地 区	1代目 1-1	9	7.7	2.97	1.87	21.301	3.769	1.438	5.207	0.374	4.1		
	2代目 2-1	5	1.6	2.40	45	0.70	0.980	0.210	0.045	0.002	0.255	0.008	3.8
印 田 地 区	2代目 2-2	5	1.5	2.50	32	0.70	0.475	0.128	0.028	0.002	0.158	0.013	3.0
	1代目 1-1	9	7.0	8.02	40	2.70	23.900	2.840	1.360	0.360	4.560	0.086	5.2
八 千 穂 地 区	2代目 2-1	4	1.4	2.30	25	0.50	0.630	0.170	0.070	0.020	0.240	0.2	2.6
	1代目 1-1	4	2.7	3.30	40	0.80	1.660	0.240	0.060	0.030	0.300	0	1.8
千 葉 地 区	2代目 2-1	5	1.1	2.40	20	0.45	0.460	0.180	0.020	0.020	0.200	0	2.3
	2代目 2-2	6	1.3	2.20	18	0.59	0.650	0.240	0.040	0.020	0.280	0	2.4
茨 城 地 区	1代目 1-1	7	4.1	6.70	43	1.20	7.970	1.640	0.800	0.140	2.580	0.057	3.1
	2代目 2-1	5	1.1	2.40	20	0.45	0.460	0.180	0.020	0.020	0.200	0	2.3

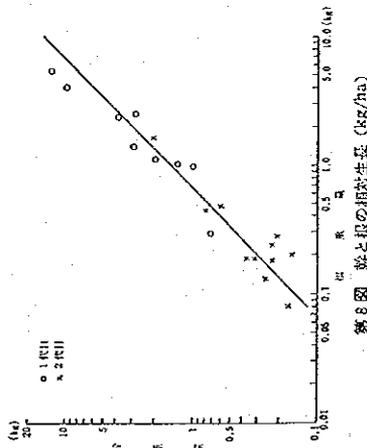
茨田：カラマツ2代目標準地に関する研究

調査地	樹種	年令	樹高 (m)	胸径 (cm)	樹皮厚 (mm)	地上部 (kg)	地下部 (kg)	根の長さ (cm)	根の直径 (mm)	根の分枝数	根の分枝率 (%)	根の分枝比	
川 上 地 区	2代目 2-1	5	1.6	2.80	15	0.55	0.810	0.170	0.020	0	0.190	0 4.8	
	1代目 1-1	6	4.0	5.50	16	1.25	4.170	0.940	0.360	0.100	1.400	0.076	3.0
北 山 地 区	2代目 2-1	5	1.6	2.50	24	0.60	0.640	0.115	0.016	0	0.131	0 2.1	
	2代目 2-1	5	1.4	1.80	20	0.45	0.370	0.075	0	0	0.075	0 4.9	
区 区	1代目 1-1	7	5.3	4.80	70	1.00	5.382	2.000	0.365	0.025	2.390	0.011	2.2
	2代目 2-1	8	3.4	5.00	55	0.15	2.180	1.120	0.470	0.070	1.660	0.044	1.3
茨 田 地 区	1代目 1-1	10	6.5	9.60	70	0.00	15.800	2.800	1.180	0.500	4.030	0.130	3.6
	2代目 2-1	8	1.3	2.50	46	0.54	0.460	0.170	0.010	0	0.180	0 2.6	
茨 田 地 区	1代目 1-1	8	3.4	4.50	40	1.10	3.960	0.840	0.250	0.040	1.130	0.037	3.5
	2代目 2-1	5	2.8	3.50	13	0.80	1.660	0.290	0.150	0.040	0.480	0.091	3.5
茨 田 地 区	1代目 1-1	5	3.4	4.30	30	1.24	3.040	0.840	0.130	0.070	1.040	0.072	2.9
	2代目 2-1	9	2.6	3.01	12	0.80	1.150	0.270	0.160	0.020	0.450	0.047	2.6
茨 田 地 区	1代目 1-1	11	7.9	9.02	50	2.30	16.320	1.380	2.770	1.100	5.250	0.270	3.1
	2代目 2-1	5	1.9	2.90	30	0.39	0.630	0.150	0.030	0.010	0.190	0.053	3.3
茨 田 地 区	1代目 1-1	6	2.7	4.40	36	0.70	2.01	0.74	0.18	0.08	1.06	0.087	2.0

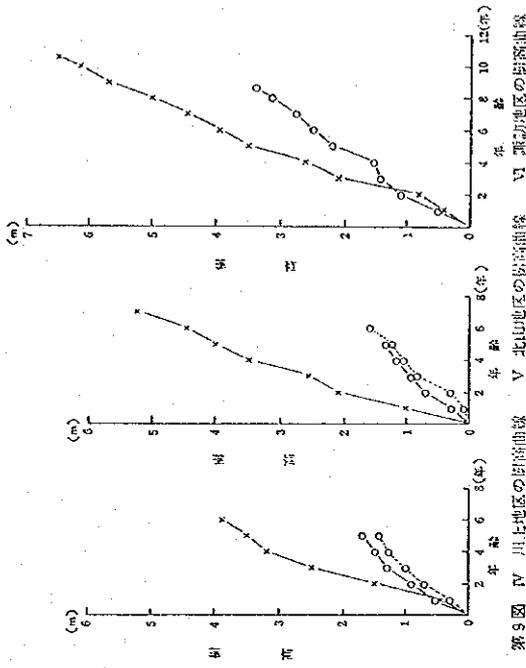
標準木の解析でも2代目標準地の樹高と直径の平均生長量は、標準地の結果と同様に1代目より著しく少なかった。この傾向は地上部の全重量についてはさらに極端になった。すなわち同じ樹高のものに比較しても、樹高の若い田地区においてさえ2代目標準木の重量は1代目の約1/2であり、大きなものでは長藤地区で約1/3という著しい差異を示した。

一方、深さ別の根の重量分布をみると、2代目標準木は0~15cmの表層に大部分が分布してあまり深く入らない傾向がみられた。これを0~30cmの深さに分布する根の重量でそれ以上に分布するものを除いた数——傾直上根の分布比と呼ぶことにする——で比較すると

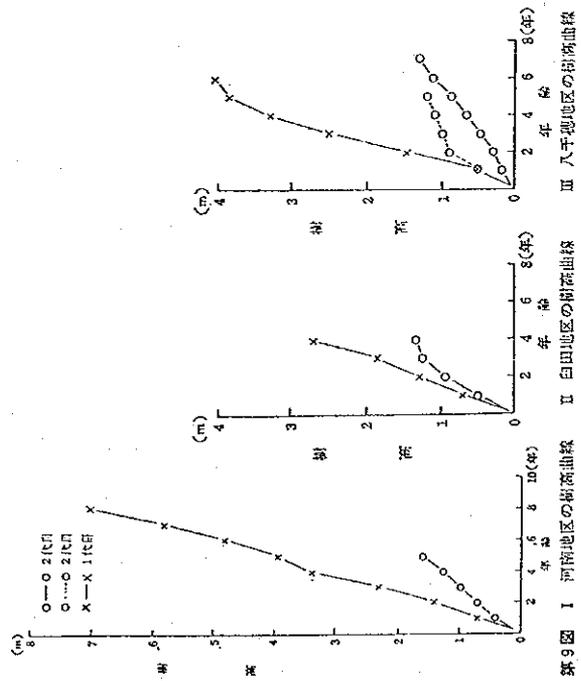
2代目林分の造林率は0かあるいは0に近く、地区別には1代目の根の分布比よりすべり小さかつた。カラマツはもとも成根性の樹種であるが、極端に根が浅ければ当然生長の減速をきたすであらう。しかし根の重量は吉良も認めているように幹の重量と相対生長関係にある



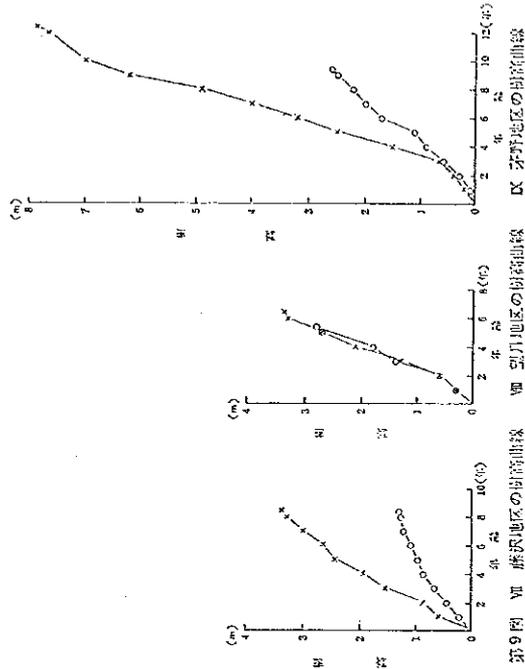
第8図 幹と根の相対生長 (kg/ha)



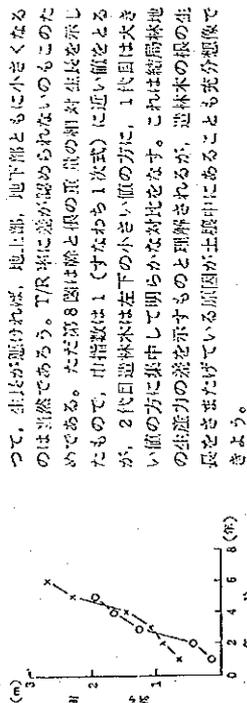
第9図 IV 川上地区の樹高曲線 V 北山地区の樹高曲線 VI 諏訪地区の樹高曲線



第9図 I 河津地区の樹高曲線 II 白田地区の樹高曲線 III 八千穂地区の樹高曲線



第9図 VII 森沢地区の樹高曲線 VIII 聖刀地区の樹高曲線 IX 茅野地区の樹高曲線



第9図 黒木地区の樹高曲線

第9図より2代目林分の樹高生長が著しく不良であることはきわめて明らかである。またこの樹高曲線からは1代目と比較して2代目の生長が不良になった時期が推定できる。すなわち黒木地区は資料が不足しているのかわからないが、河内、白田、八千穂、北山、藤沢地区はいずれも植付けの翌年から生長の減退が明らかになっている。川上地区は植付け後2年頃から生長量の低下をきたしたことがわかる。この傾向は調査者の話をまとめた第3表の生長不良状態のあらわされた時期とよく一致している。このことは2代目造林地の土壌中に何らかの生長阻害作用があり、しかもそれが相当強いものであることを意味しているように思われた。

§ 2 林地土壌の解析

生長状態の調査を行なった黒木地区内に深さ50cm以上の穴を4個掘り、林野土壌調査方法の標準にしたがって土壌層の外観的性質の調査を行なった。またカラマツの根の分布状態の特徴から表層より0~15cm、15~30cm、30~45cmの深さにかけて土壌の深さ別の物理的性質の調査を行なうと同時に、採取時土壌含水量の測定と化学的性質ならびに土壌生物の分析のため、それぞれの深さ別の土壌を適量ビニール袋に採取した。一方、土壌の還元性や透水性を調査する一つの手段として、現地浸透法の測定を行なった。その方法は1959年度の調査において内径8mmの管を10cm(黒木、河内地区のみは20cm)の深さにさしこみ、200ccの水がその先端の周囲の小孔から土壌中に浸透する速さをストップウォッチで測定した。なお管の水孔に土のつまるのを防ぐためあらかじめ管内物を所定の深さまでさしこんだ。この方法は測定値のパラッキが多くて1林分8箇所以上測定する必要がある。1960年度以降の調査においては単位時間あたりの水の浸透量が計測でき、また土中にさしこむ管の先端も改良した新しい透水性計によって測定を行なった。

1 土壌の物理性

各地区の土壌調査の結果は第6表のようであった。表中の諸性質は1標準地4プロットの平均値であるが、現地浸透法のみは1造林地8箇所以上の平均値とその標準偏差を合わせて示した。土壌型は白田地区の2代目造林地がBc型であるほかはすべてBo型あるいはBb型であるカラマツの造林地として適宜であるように思われた。A型は白田2代目造林地のみをのぞいては1代目2代目両造林地ともよく発達し、地

第6表 土壌の物理的性質 I

調査地	林分	土層型	堆積区分	土層層の深さ			他層物の根の長さ	現地浸透係数
				A ₀	A ₁	A ₂		
長原地区	2代目	Bb	畑行土	2~0	0~19	19~55	61	2'58"±28"
	1代目	Bb	畑行土	3~0	0~13	13~69	63	2'08"±24"
河内地区	2代目	Bb	水積土	2~0	0~28	28<	58	12'±4"
	1代目	Bb	畑行土	3~0	0~30	30<	41	45'±3"
白田地区	2代目	Bc	残積土	3~0	0~2	2~21<	39	42'±3"
	1代目	Bb	畑行土	3~0	0~34	34<	56	28'±6"
八千穂地区	2代目	Bb	畑行土	2~0	0~14	14~44	55	43'±13"
	1代目	Bb	畑行土	4~0	0~12	12~46	50	25'±7"
川上地区	2代目	Bb	畑行土	4~0	0~21	21~46	58	1'24"±13"
	1代目	Bb	畑行土	3~0	0~15	15~45	49	39'±2"
北山地区	2代目	Bb	畑行土	3~0	0~23	23~63	68	38'±5"
	1代目	Bb	畑行土	4~0	0~17	17~53	49	34'±11"
藤沢地区	2代目	Bb	畑行土	0	0~26	26<	60	44"
	1代目	Bb	畑行土	0	0~46	46<	60	23"
聖月地区	2代目	Bb	畑行土	1~0	0~23	23<	51	59"
	1代目	Bb	畑行土	2~0	0~25	25<	48	280"
栗野地区	2代目	Bb	畑行土	2~0	0~46	46~76	71	**
	1代目	Bb	残積土	4~0	0~25	25~44	59	**
松木地区	2代目	Bb	崩積土	4~0	0~10	10~20	35	**
	1代目	Bb	崩積土	6~0	0~10	10~20	35	**
松木地区	2代目	Bb	畑行土	1~0	0~22	22<	43	**
	1代目	Bb	畑行土	0	0~49	49<	61	**

第6表 土壌の物理的性質 II

調査地	林分	土壌浸透度		石炭浸透度	
		0~15cm	15~30cm	0~15cm	15~30cm
長原地区	2代目	軟	軟	なし	なし
	1代目	軟	硬	なし	なし
河内地区	2代目	軟	硬	中	多
	1代目	しよ	硬	少	少
白田地区	2代目	軟	硬	なし	なし
	1代目	軟	軟	なし	なし
八千穂地区	2代目	しよ	軟	なし	なし
	1代目	しよ	軟	なし	なし

川上地区	2代目	歌	堅	堅	な	し	少	少
	1代目	しよう	歌	堅	な	し	少	少
北山地区	2代目	しよう	歌—歌	堅	な	し	な	し
	1代目	しよう	歌	堅	な	し	な	し
諏訪地区	2代目	しよぶる	しよう	歌	な	少	少	中
	1代目	しよう	歌	歌	な	し	多	多
藤沢地区	2代目	歌	歌	堅	多	多	多	多
	1代目	しよう	歌	歌	少	少	少	少
望月地区	2代目	歌	歌	歌	な	し	少	少
	1代目	歌	歌	歌	な	し	少	少
茅野地区	2代目	歌	堅	堅	な	し	中	中
	1代目	歌	歌	歌	中	中	中	中
松本地区	2代目	歌	歌	堅	少	少	少	中
	1代目	歌	歌	堅	少	少	少	少

積状層や土壌層の深さなどと同じように、2代目と1代目林分との間に明らかにならなかつた。

つきに土壌の深さ別の諸性質のうち、土壌の堅さ、石礫の堅さ、石礫の割合は1代目2代目両造林地に明らかなきが認められないうりであつた。採集時の土壌含水量にも互に明らかな傾向はみられなかつたが、しかし5月下旬に調査した長嶽と河内両地区における含水量の深さ別の移りかわりには特徴があつた。すなわち普通の土壌では2代目の方が1代目のそれと比べて表層はすであるのに、この2代目造林地における深さ別の含水量は1代目のそれと比べて表層がより湿つている状態を示した。8月以降に調査した地区ではこのような現象は明らかでなかつたが、表層土壌の乾燥問題は後述する土壌凍結などが原因しているものと思はれた。

現地浸透度はそれぞれ地区によつて特徴があつた。2代目と1代目造林地とに差が認められなかつたのは北山地区のみで、1代目造林地の方が透水性のよかつた地区は長嶽、白田、八手地、川上、藤沢の5地区であつた。これに反し石礫の多い形骸質土壌の河内、諏訪2地区の2代目造林地では1代目に比較して透水性が著しくよかつた。望月、茅野、松本の3地区はしらべなかつた。透水性の問題はカラマツ不良造林地の問題と関連が深いのでさらに検討したい。

2 土壌の化学性

標本地から採取した土壌について篩分け風乾し、窒素はケルダール法によつて全窒素を定量した。窒素以外の成分は0.2規定の塩酸で抽出した試料について燐酸はモリブデン法による比色法で有効性の燐酸を、加里は表光分析によつて有効性加里を、カルシウム、マグネシウムはEDTA法によつて、有効性成分を定量し、連酸は亜硝酸法によつて定量し、アルミニウムはアルミナ法により、鉄はオルトロロリン法によつて定量した。燐酸吸取率は2.5%の第2燐酸アンモニウムを用いる方法(土壌表燐法—第一、青島長澤)によつた。調査の結果は第7表のようであつた。

表田：カラマツ2代目不良造林地に関する研究

第7表 土壌の化学的性質 (kg/ha)

調査地	林分	深さ	PH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	N/P ₂ O ₅	SiO ₂ /P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ 時取
御座地区	2代目	0-15	4.8	1.230	42.8	135	427	169						
		15-30	4.8	1.090	21.8	134	446	359						
		1代目	0-15	4.8	2.790	37.2	72	1,335	859					
白山地区	2代目	0-15	4.8	2.300	63.2	40	269	130						
		15-30	4.8	8.500	59.4	183	1,725	225						
		1代目	0-15	4.8	6.300	68.4	55	279	27					
八千代地区	2代目	0-15	4.8	9.600	59.5	197	4,791	603						
		15-30	4.8	7.000	84.3	88	245	25						
		1代目	0-15	4.8	6.000	71.0	85	3,127	394					
川上地区	2代目	0-15	5.0	4.000	74.0	28	333	565						
		15-30	4.8	4.800	40.0	136	1,454	299						
		1代目	0-15	4.8	3.200	80.0	57	275	133					
北山地区	2代目	0-15	4.8	3.700	45.0	447	1,757	145						
		15-30	5.0	6.000	55.6	34	6,791	430						
		1代目	0-15	5.0	6.500	85.0	422	5,680	613					
藤沢地区	2代目	0-15	6.0	3.800	1.8	125	4,200	800	1,800	7,000	1,700	2,125.0	0.42	1,100
		15-30	6.0	3.500	0.7	58	3,700	1,500	3,000	9,000	2,000	4,500.0	0.33	1,100
		1代目	0-15	5.9	1.400	4.5	477	200	500	900	8000	800	780.5	0.16
望月地区	2代目	0-15	6.0	7.00	3.1	222	506	400	3,100	11,000	1,900	250.0	0.12	1,200
		15-30	5.7	3.100	6.3	239	6,300	1,800	1,100	1,100	2,800	487.8	0.44	1,100
		1代目	0-15	6.0	2.100	2.8	145	5,200	1,100	400	7,600	1,900	760.0	0.42
茅野地区	2代目	0-15	6.0	3.400	5.1	274	1,200	800	300	18,900	4,400	682.9	0.39	1,600
		15-30	6.0	2.100	3.7	197	400	500	700	26,300	7,000	571.4	0.45	1,600
		1代目	0-15	5.9	6.900	31.1	297	3,700	700	100	24,700	6,100	225.1	0.42
松本地区	2代目	0-15	6.0	6.400	17.9	135	1,100	400	10	28,900	6,000	360.5	0.35	2,000
		15-30	5.9	4.700	20.4	474	8,600	1,400	320	20,200	5,200	232.9	0.44	1,800
		1代目	0-15	6.0	5.900	15.3	326	7,100	800	200	19,700	5,400	389.3	0.49
白田地区	2代目	0-15	6.0	900	13.3	167	7,400	1,500	2,800	5,900	1,700	67.9	0.47	700
		15-30	5.6	1,200	15.4	96	2,700	900	800	5,800	1,500	75.6	0.44	700
		1代目	0-15	5.8	3,100	35.5	131	4,900	1,900	800	6,200	1,600	83.9	0.43
御座地区	2代目	0-15	5.9	2,800	33.2	90	3,400	1,400	600	5,400	1,300	85.9	0.40	800
		15-30	5.9	2,800	33.2	90	3,400	1,400	600	5,400	1,300	85.9	0.40	800
		1代目	0-15	5.9	2,800	33.2	90	3,400	1,400	600	5,400	1,300	85.9	0.40

PHは第7表より明らかのように、4.6-6.0の値を示したが各調査地区の1代目、2代目の間には相違がみられなかつた。

窒素、燐酸、加里の林地土壌中の ha 当り現在量はパラックが大きくなりて一定の傾向が見出せな。第10回は深さ別の土壌中積草から 30cm 深さまでの 1 ha 当りの窒素、燐酸、加里それぞれの現存量をもとめさらに現在までに造林地が吸収した量(新伐地の地上部のみで根

雪の少ない凍結限界線の内側の調査地は造林木の樹高、最近1年間の伸長量、根際直径をその試験区内の6本について測定し、樹高と直径については植付け後の年数によつて標準均生直径を求めた。この結果は第8表に示した。しかし凍結限界線の外側における多雪地では積雪多量のため完全な測定が不可能であった。したがつて生長の調査は推定にとどめた。

2) 土壌関係

土壌調査は林野土壌調査方法部の進進にしたがつて調査をおこなつたが、凍結のため土壌湿度の測定は一部出来なかつた。また透水性の良否は表層土壌について内限による判定であり、PHはPH試験紙によつた。これらの結果も第8表に示した。

3) 凍結関係

凍結深の観測分けは下記のような日本治山治水協会の分類形式(日本治山治水協会編:関東地方荒廃山地の霜柱凍結防止工に関する研究 1957)によつた。

- a) 板状(コンクリート状)凍結
- b) 柱状(霜柱状)凍結
- c) 粒状凍結
- d) 霜降凍結

しかし板状凍結のよう発達したものは表層附近に明らか結氷層が認められる場合が多いので、これを2つに分け凍氷の明らかな層をF₁、結氷が明らかでなくコンクリート状に凍結した層をF₂としてそれぞれの深さを測定した。その結果は第9表に示した。

4) 積雪関係

積雪がまばらな地点は粗としてあらわし()内に残雪の厚さを示した。雪の比重は内径4cmのエスロンパイプに地表より10cmの高さの雪を500ccとりその重さを測定した。その結果は第9表に示した。

5) 土壌水分関係

凍結状態ならびにその深さにおよぼす土壌水分の影響は著しく大きい⁴⁰⁾が、それはまた土壌構造にも影響されるので水分の多少はPF値あるいは管水電導であらわすのが適当であるように思われる。しかしこの調査においては一般その目数として絶乾土重に対する管水率で求めた。この結果は第9表に示した。

6) 温度関係

調査時における地上(積雪地は雪の表面)5cmの穴中の温度、積雪地では地表より5cmの雪中温度、地下5cm、20cmさらに凍結の深さによつては凍結層の温度を水銀寒温計で実測した。その結果は第9表にした。

7) 土壌微生物関係

WASSMAN 葉天幕菌を用いた菌糸法⁴¹⁾によつて分析した。その結果は第10表に示したが、表中の数字は乾燥土重1g中の微生物数である。なお試料は表層土(0~15cm)のみを用いた。

第8表~第10表の調査結果よりつぎのことがいえる。

すなわち全般的にみて第1図に示したように凍結限界線の外側に位置する白馬、相原の両調査地の土壌はまったく凍結していないに反し、限界線の内側にある4地区の土壌は程度に凍結はあつても凍結が認められた。勿論これは凍結のちがいに影響も考えられた

が、2月下旬から3月上旬にかけての融雪期において、しかもいづれも800m以上の標高であるので、積雪の厚さがなければ凍結限界線外における2地区も当然凍結してははずである。

つぎに造林木の生長状態は、前述のように積雪地では測定できなかつたのでしたしかな比較は困難であるが、凍結限界線の内側には不良造林地がみられない。これに反し第8表からも明らかに凍結限界線の内側には不良造林地がみられない。

これらから各調査地区別に検討してみると、凍結状態あるいは融雪期における水の動きと生長状態との関係が推定できるような事例が多い。すなわち第8、9表より川上地区梓川と孝親地区、河内地区、大門地区119林班などの調査地は、傾斜のゆるくなつた斜面の下部ほど凍結深が深く板状であつて、例外なく造林木の生長状態が著しく不良で極端な場合はほとんど枯死消失していた。これらの調査造林地においても傾斜が増加する場合は斜面の上部にゆくにしたがつて、凍結深が浅く、その状態も粒状凍結となり、カラマツの生長も比較的良好になつた。このような地形条件においては、土壌中の水分の多少が凍結状態に影響するようになつた。一方大門地区118林班においてはこれと反対に、尾根あるいは尾根近くの緩傾地の方が著しく生長が悪く、また板状に凍結していた。しかしこれは尾根といつても山の斜面の一部分で、水分の供給は充分と思われるところである。そしてその下方の傾斜地は平均延長直径約80cmで極めて生長良く、土壌は凍結してはなかつた。さらにその下部は多少砂礫を含んでいるため凍結深が浅く粒状で造林木の生長も比較的良好であつた。

以上のことは一定の土壌条件においては、林分の内外の凍結深には差がないといわれているので、造林地における凍結の状態あるいはその程度は造林木の生長と関係づけられよう。しかし川上地区梓川一ノ瀬にみられた水の供給の充分な河岸段丘の斜面で、しかも北向の造林地土壌は傾斜地、平坦地の区別なく凍結は深かつた。しかし傾斜が急になるほど、また砂礫の含有が多くなるほどカラマツの生長はよくなつた。

このことは凍結深そのものが物学的生物学的にカラマツの生長に直接影響するのではなく、凍結のとける時期における水分状態が強く影響するものと考えられた。すなわち管水率の上昇すると土壌凍結は表面から、また一方地温によつて下方から次第にとけてゆき、凍結土壌に含まれる水分は、第9表からも明らかになつたように凍結土壌より著しく高く300%に達する場合もあつた。このような土壌状態は水の中に土壌がつかつていような状態であり、多量の過剰水分は凍結層が消失すると、比較的透水性がよい土壌であれば下方に流下するに流れ去り、また凍結層が致つても、傾斜の少ない斜面の下部あるいは尾根附近では凍結層が完全になつてくるまで、停滞水となつてそこにどまるともいえる。このような状態のあらわれやすい時期は芽ぶきの起る直前、植物の根が活発に活動を開始する時期と合致するのである。このような場合、呼吸のため酸素を多く要求するカラマツの根は、多量の停滞水のため直ちに呼吸障害をおこし、極端な場合は枯死することになる。またこのようないきなり凍結状態は根腐れなどをおこすことにならう。

各調査地区の土壌温度は表層近くが最低で、土壌の深さが増加するにしたがつて上昇した。凍結限界線外における調査地の土壌温度は+1.5°C以上で比較的暖かく、これに反して凍結

レムナーテスはコウキクサの葉状体の増殖を利用したもので、土壌を2mm以下の篩之
 とした風乾土3gを100cc入りビーカーに入れ、蒸留水100ccを加え、pH4.5-6.0になる
 ように調整する。ビーカーの水面にはコウキクサ(葉状体4枚のもの)を3個浮かせ、室温
 22.6°Cの恒温器に入れ、その水面は2800luxになるよう調節した電照光線を約10日間照射
 し、その葉状体の増加数を調べた。これらの結果は第11表に示した。

第11表 レムナーテス

測 定 地	土状の深さ	PH	葉状体数 (増殖数)	平均葉状体長さ
				a = n/12
河内地区	2代目 0~15	4.7	62 (12)	5.2
	1代目 15~30	—	—	—
八千穂地区	2代目 0~15	4.8	99 (1)	8.3
	1代目 15~30	4.6	96 (6)	8.0
	2代目 0~15	5.3	116 (2)	9.6
	1代目 15~30	4.8	73 (7)	6.1
川上地区	2代目 0~15	5.1	89 (2)	7.4
	1代目 15~30	4.8	84 (4)	7.0
	2代目 0~15	5.3	110 (1)	9.2
	1代目 15~30	4.7	83 (3)	6.9

本表より1代目森林地は2代目より平均葉状体増加数は常に多い、したがって biotic po-
 tentiality はすぐれているといえよう。

葉状体の形、色、大きさより判断して、はつきり良好といえる地区は河内1代目森林地、
 川上1代目森林地であり、悪いといえるのは河内2代目森林地であった。したがって1代目
 は2代目より土壌の性質がすぐれているといえよう。

5 土壌微生物

(1) 土壌菌類
 標地地内から採取した0~15cm深さの土壌(八千穂地区のみは15~30cm深さの土壌も
 加えた。)を4個所合わせてよく混合し、そのうち10gを分析に用いた。分析は稀釈平板法に
 よった。すなわち試料に滅菌水を加えて振とうしながら順次稀釈して2,000~4,000倍とし、
 それをベトリ皿に入れた WAKSMAN 炭素培養基 (PH 4 に調整) 上に1ccずつ接種して
 固体化せ、25°Cの恒温器中で保温培養した。

コロニーがよく発達し胞子の形成が認められた後、検算を行なったが、種の同定が困
 りなものが多かったためその種の同定を主とし、特に必要と認められたものは *Sp.* の後に着
 号を付して種の区別を行なった。

1959年の分析結果を第12、13表に示した。

表中の数値はベトリ皿6~8個の平均値である。

層は0度以下の温度で川上地区梓山一ノ瀬の土壌においては最低-3.6°Cに達した。ここで
 は不凍結層でも-1.0°C前後を示した。

土壌微生物に関しては、凍結限界線の内外とにおける微生物相は著しい差が認められた
 (第10表)。すなわち限界線の外側における白馬、柏原地区の表層土壌は微生物の種類が多
 くまた全体の数値も多い。これに反して凍結地帯の土壌は微生物の種類も数値もともに著し
 く少ない。さらに一般の火山灰質土壌には *Mortierella* 属がかなりみられるのが普通であ
 るが、大門、川上両地区の土壌にすくなく多量地の相原に著しく多い。

分離された *Mortierella* 属は主として *M. ramanniana* でしめられているが、*M. ramanniana*
var. angulispota も含まれる。これらの種は後述するように凍結の増加とともに数
 種が増加する傾向があるので、土壌肥沃度の指標になりうるようである。またかつ色森林土
 壌である白馬地区の土壌中からは *Gliocladium* 属が比較的よく分離された。

これらのことはいずれも凍結限界線外の土壌は、ある時期においては、微生物の activity
 が高いことを意味している。

4 レムナーテス

標準地から採取した0~15cm、15~30cmの深さの土壌を大阪市大理学部吉良研究室
 においてコウキクサ (*Lemna minor* L.) を使って、1代目2代目森林地土壌の biotic
 potentiality を測定した。

第10表 表層土壌中における土壌菌類 (10⁵/g)

調査地	大門地区		川上地区		柏原地区		白馬地区	
	Plot 1	Plot 2	Plot 1	Plot 2	Plot 1	Plot 3	Plot 3	Plot 3
Mucor sp	—	—	—	—	—	2.7 (2.9)	—	—
Mortierella spp	4.1 (13.9)	—	0.6 (4.7)	36.6 (52.4)	63.9 (68.2)	4.7 (6.3)	—	—
Oospora sp	—	—	0.6 (4.7)	—	—	—	—	—
Momilia sp	—	—	—	—	1.3 (1.4)	3.1 (4.2)	—	—
Trichoderma spp	8.4 (28.7)	—	1.2 (9.3)	8.1 (11.6)	2.7 (2.9)	4.7 (6.3)	—	—
Aspergillus sp	—	—	—	—	2.7 (2.9)	—	—	—
Penicillium spp	8.4 (28.7)	12.5 (100)	10.5 (81.3)	17.1 (24.5)	19.1 (20.3)	21.7 (29.1)	—	—
Gliocladium sp	—	—	—	0.8 (1.1)	1.3 (1.4)	26.4 (35.4)	—	—
Spicaria sp	—	—	—	4.9 (7.0)	—	—	—	—
Cylindrocarpus sp	—	—	—	—	—	—	—	—
Others	8.4 (28.7)	—	—	—	—	—	—	—
計	29.3 (100.0)	12.5 (100.0)	12.9 (100.0)	69.9 (100.0)	96.7 (100.0)	74.5 (100.0)	—	—
Bacteria + Actinomycetes	19.9	2.1	4.3	64.3	13.6	9.3	—	—

第12表 2代目造林地における土壌菌類 10⁷/g () は%

土 塚 菌 類	長嶺地区	河内地区	白田地区	八千地区	川上地区	北山地区
PHYCOMYCETES						
<i>Absidia</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Rhizopus</i> sp.	—	—	—	15.2 (22.7)	—	1.5 (2.9)
<i>Mucor</i> sp.1	0.7 (1.4)	—	—	—	—	5.7 (11.2)
<i>Mu.</i> sp.2	—	—	—	—	1.6 (3.7)	—
<i>Mu.</i> sp.3	—	—	—	—	0.5 (1.2)	—
<i>Mu.</i> spp.	—	—	—	—	1.6 (3.7)	—
<i>Zygarhynchus</i> spp.	0.7 (1.4)	3.8 (22.6)	—	1.4 (2.1)	—	4.1 (8.1)
<i>Mortierella ramaniana</i>	1.7 (3.8)	—	2.2 (10.7)	3.4 (5.1)	—	—
<i>Mort.r.var.angulispora</i>	0.7 (1.4)	—	4.8 (23.6)	15.2 (22.7)	—	—
<i>Mort.</i> spp.	—	—	—	0.7 (1.0)	—	4.1 (8.1)
MONILIACEAE						
<i>Monilia</i> sp.	—	—	—	—	—	1.0 (2.0)
<i>Trichoderma</i> spp.	3.5 (8.2)	5.1 (30.5)	—	2.7 (13.2)	2.1 (3.1)	5.7 (11.2)
<i>Hyalopus</i> sp.	—	—	—	—	—	0.5 (1.0)
<i>Aspergillus</i> spp.	—	—	—	—	—	6.2 (12.2)
<i>Penicillium</i> spp.	28.0 (62.2)	3.7 (22.0)	—	8.1 (39.5)	23.5 (35.1)	11.8 (23.2)
<i>Cladadium fimbriatum</i>	—	—	—	—	—	—
<i>Sporotrichum</i> sp.	—	—	—	—	—	1.0 (2.0)
<i>Verticillium puniceum</i>	0.7 (1.4)	—	—	1.4 (2.1)	—	0.5 (1.0)
<i>Acreotolagus</i> sp.	0.7 (1.4)	—	—	0.6 (0.9)	—	0.5 (1.0)
<i>Saccaria</i> sp.	—	—	—	—	—	—
Pullularia	0.3 (0.8)	—	—	—	—	—
<i>Humicola</i> sp.	—	—	—	—	—	0.5 (1.0)
<i>Horvodeudrum</i> sp.	—	—	—	—	—	1.0 (2.0)
<i>Tilachlidium</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Fusarium</i> sp.1	—	—	—	—	—	—
<i>F.</i> sp.2	0.7 (1.4)	—	—	—	—	2.1 (4.1)
<i>F.</i> sp.3	1.3 (3.0)	—	—	—	—	1.0 (2.0)
<i>F.</i> spp.	—	—	—	—	—	—
Others	6.0 (13.6)	2.9 (17.2)	0.5 (2.5)	2.1 (3.1)	2.1 (4.9)	3.6 (7.0)
計	45.1 (100)	16.8 (100)	20.5 (100)	67.0 (100)	42.9 (100)	50.8 (100)

土 塚 菌 類	長嶺地区	河内地区	白田地区	八千地区	川上地区	北山地区
PHYCOMYCETES						
<i>Absidia</i> sp.	—	0.7 (2.4)	—	—	—	—
<i>Rhizopus</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Mucor</i> sp.1	—	—	—	—	—	—
<i>Mu.</i> sp.2	—	—	—	—	—	1.2 (1.0)
<i>Mu.</i> sp.3	—	—	—	—	—	—
<i>Mu.</i> spp.	—	—	—	—	—	—
<i>Zygarhynchus</i> spp.	0.6 (1.2)	0.7 (2.4)	8.9 (19.1)	—	5.0 (6.2)	—
<i>Mortierella ramaniana</i>	—	0.4 (1.2)	0.3 (0.7)	—	4.4 (5.4)	0.6 (0.5)
<i>Mort.r.var.angulispora</i>	—	5.1 (16.9)	—	—	1.9 (2.3)	11.5 (16.6)
<i>Mort.</i> spp.	—	—	—	—	10.1 (12.9)	1.3 (1.9)
MONILIACEAE						
<i>Monilia</i> sp.	—	—	—	—	—	1.3 (1.9)
<i>Trichoderma</i> spp.	1.9 (3.4)	4.7 (15.7)	5.1 (11.0)	—	5.9 (8.5)	4.2 (3.6)
<i>Hyalopus</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Aspergillus</i> spp.	—	—	—	—	—	0.6 (0.9)
<i>Penicillium</i> spp.	47.1 (83.8)	13.2 (43.3)	15.1 (34.6)	—	33.6 (41.9)	26.1 (37.7)
<i>Cladadium fimbriatum</i>	—	0.7 (2.4)	—	—	—	—
<i>Sporotrichum</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Verticillium puniceum</i>	0.6 (1.2)	0.4 (1.2)	11.4 (24.5)	—	—	1.3 (1.9)
<i>Acreotolagus</i> sp.	—	—	—	—	—	3.8 (5.5)
<i>Spicaria</i> sp.	—	—	—	—	—	—
Pullularia	—	—	—	—	—	—
<i>Humicola</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Horvodeudrum</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Tilachlidium</i> sp.	—	—	—	—	—	—
<i>Fusarium</i> sp.1	—	—	—	—	—	—
<i>F.</i> sp.2	—	—	—	—	—	—
<i>F.</i> sp.3	—	—	—	—	—	—
<i>F.</i> spp.	—	—	—	—	—	—
Others	5.8 (10.4)	4.4 (14.5)	3.8 (8.1)	4.4 (6.3)	14.3 (20.2)	10.2 (14.6)
計	55.0 (100)	30.3 (100)	45.5 (100)	70.6 (100)	81.0 (100)	52.5 (100)

乾燥土壌 1g中に存在する土壌菌数は、いずれの地区でも1代目造林地の方が2代目造林地より常に多かった。この傾向はとくに河内、白田、川上の3地区に著しかった。稀釈平板法によつてあらわされる土壌菌の数の多少は、直接微生物の活動力をあらわすものではないが(たとえば稀釈平板法では孢子形成能力の大きい菌のみ多く分離される危険がある)ため、いろいろ論議されているが、定量的な分析方法としては現在もつとも用いられている。しかしこのように菌類の数が多しことは落葉落枝の分解に有利であると推察される。

菌類の種類では全般的に *Penicillium* と *Trichoderma* が優勢であったがこれは WAKSMAN や大政らの報告のように森林土壌における微生物分布の特徴と考えられた。しかし森林土壌中の有菌物の分解面として最も重要な働きをすると考えられている *Penicillium* がある上に生長のよい1代目造林地に比較的多くあらわれたことは、林木の生長状態と関係つけて考え方がかりとなるように思われる。 *Zygothecium* や *Montierella* も多く分離されたが、2代目と1代目造林地の間には明らかな傾向が認められなかった。また3~4種の *Fusarium* が2代目造林地の土壌に比較的多くあらわれる傾向が認められたが、孢子を形成する能力が小さい菌類であるので、分離された数が少なくても限らざるおす可能性もあり、また GÄUMAN の報告のようにある種の *Fusarium* が生産するフザリノ酸のような毒素により、造林木の生長を阻害している可能性もあるように思われる。

一方1代目造林地には *Penicillium* のほかに *Verticillium* が比較的多くあらわれた。これらの菌類は有菌物の分解面として重要であるほかに、前述のようにならざるおす菌類に対する抗生作用としての効果もあるであろう。この意味では抗腐敗性の強い菌類を多く含む *Trichoderma* が多くあらわれることを期待したが、本実験ではあまり明らかな傾向がみられなかった。

以上は表層の 0~15cm の深さにおける土壌菌類の分布状態であったが、土壌の深さ別の分析は八千穂地区のみ行なつた。その結果を第14表に示した。

本表から明らかのように、これと八千穂地区における 0~15cm 深さの表層とを比較してみると(第12, 13表参照)、1代目2代目ともに 15~30cm 深さの土壌中に存在する土壌菌は数値ならびに種類数ともに著しく少ない。すなわち土壌菌の活動は主として有菌物の多い表層により盛んであるように思われる。

(2) 土壌線虫

第14表 八千穂地区の土壌菌類 (15~30cm) 10⁷/g

土 壌 菌 類	2 代 目		1 代 目	
	x 10 ⁷	(%)	x 10 ⁷	(%)
<i>Zygothecium</i> spp.	—	—	12.8 (31.1)	—
<i>Montierella ramaniana</i>	1.8 (13.1)	—	1.3 (3.2)	—
<i>Mort. r. var. angulispora</i>	1.2 (8.8)	—	3.4 (8.3)	—
<i>Mort.</i> spp.	—	—	3.4 (8.3)	—
<i>Trichoderma</i> spp.	—	—	1.3 (3.2)	—
<i>Penicillium</i> spp.	9.0 (65.6)	—	18.9 (45.9)	—
Others	1.7 (12.5)	—	—	—
計	13.7 (100)	—	41.1 (100)	—

第15表 土壌線虫数 n/cc

調査地	2 代 目		1 代 目	
	0~15cm	15~30cm	0~15cm	15~30cm
長 崎 地 区	14	—	32	—
河 内 地 区(I)	52	—	24	—
白 田 地 区	12	13	18	7
八 千 穂 地 区	20 ¹⁾	16	39	15
川 上 地 区	50	—	72	—
北 山 地 区	21	—	19	—

分析の方法は BAERMAN 氏法によつた。すなわち土壌 20g を綿布で包み漏斗に入れて蒸留水 40cc を加え、25°C にて 24 時間保温した後 10cc をとり出し、うち 1cc をつづつ 3 回除菌しながら算定した。その結果は第15表のようであったが、数値は 1cc 中に含まれる平均線虫数である。

第15表より土壌線虫数は2代目と1代目造林地の間に一定の傾向が見出せない。ただ現地の浸透度とはほぼ同じ傾向にあるようで、透水性のよい土壌には線虫数も多くあらわれる傾向が認められた。Foote は透水性がよく根腐のよく育つ土壌ではまた土壌線虫の発生も良好であると報告しているが、土壌線虫全体のうごきだけでは生長減退の原因と直接結びつけられないであろう。

それ故土壌線虫については有菌線虫の分類が不可欠であり、また季節別の分析を行なうことなどさらにくわしい検討が必要であるように思われる。

§ 3 討 議

カラマツ1代目、2代目両造林地の生長状態を比較すると、一般に2代目造林木の直径、樹高平均生長量は1代目の約1/2以下であり、したがつて単位面積当りの林分生産量をくらべても著しく低いことがわかつた。

また林分構造をくらべると、2代目の林分は、直径階別別度分布曲線が著しく左にかたよがり、1代目の林分構造にくらべ劣勢な林相のありさまをばはつきり示した。これら生産力の低い林分構造は固付け後いつあらわれるかを固付け後よりしらべると、いずれも1~2年目、おそくとも3年目よりあらわれることがわかつた。この点について、大政は2代目の生長が悪い場合は、前生林分と同様に生長が速かつたにちがいがなく、適地を誤つた結果ではなからうかと推論しているが、2代目林分に残存している伐根や、その密度が数より推定して、これら2代目の前生林分はかならずしも生長が速かつたとはいえないようである。また既述したように地形、気候、土質がほとんど類似し、2代目林地に隣りあつた1代目林分の生長が一般にすこぶるよいことより、2代目林地のみその適地を誤つたとは理解できない。

一方、最近1年間の林分生長受感値をみると、一般の1代目林分においてはha当り約1,000kg以上の幹の生産量が普通であるが、2代目不良林分にあつては1代目の1/10位である。しかし2, 3の地区においては1代目林分の各地区的平均生長量とはほぼ等しい生長量を示す2代目林分があるが、これは最近ようやく生長を回復してきたことを表しているものである。

つぎに2代目造林地の根系は、1代目にくらべ極端に発達が悪いが、この現象は相対的に生長が悪いため地上部、地下部とも小さいためであり、2代目造林地の生産力が低いことで説明されるが〔S1 3項〕、さらに根系の生長をさまたげている原因が土壌中にあることも充分想像された。

そこで2代目不良造林地の土壌中の諸因子を森林生態系から解析したが、とくに、(1)林地の無機養分の循環、(2)立地因子の2点について考察するとつぎのとおりである。

(1) 無機養分の循環について
 無機養分として特に窒素、燐酸、加里についてしらべた。養分の循環よりみると、窒素、燐酸、加里はみな半閉鎖的であるといわれており、そのうち窒素は空中窒素の固定面作用や降雨によつて、また加里は降雨として年間消費量の大部分が供給されるといわれているが、燐酸は供給される量はきわめて少量であるため、窒素、燐酸、加里のうち燐酸が最も林地では欠乏しやすいようである。

そこで燐酸の循環は、閉鎖的傾向の強い養料であるという前提のもとに各養料の収支を計算してみよう。

第16表 カラマツ林分における物質の配分

林分名	C ton/ha	N kg/ha	0.2N-HCl kg/ha				Conc.HCl kg/ha												
			P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO									
幹	35.9	134.5	45.8	138.2	76.9	48.5													
枝	4.5	28.7	14.8	53.6	49.4	15.5													
葉	1.3	86.8	13.4	37.7	21.3	9.5													
林木計	41.7	250.0	74.0	229.5	147.6	73.5				74.0	229.5	147.6							
年平均	3.6	80.1	18.8	14.5	31.6	22.4													
43年生	2.2	8.2	2.8	8.5	4.7	3.0													
根 (0-70cm)	203.5	17,029.0	89.5	292.3	1,517.3	591.5				956.3	2,599.8	1,212.3	15,180.0						
土壌中(0-70cm)	208.3	17,117.3	111.1	315.3	1,553.6	619.9				977.9	2,422.8	1,248.6	15,205.4						
林地計	0.02	0.51	12.08	11.96	1.37	1.53				1.37	1.56	0.50	0.06						
平均分枝葉多 = 枝/林地計	—	68.5	1.5	1.4	10.5	8.4				13.2	10.6	28.8	206.9						
平均分枝葉少 = 枝/林地計	14.6	54.8	18.7	56.3	31.3	13.8													
43年生	4.2	26.8	13.2	50.0	45.1	14.4													
根 (0-70cm)	1.2	86.2	13.1	37.0	20.9	9.3													
土壌中(0-70cm)	20.0	166.8	45.6	143.3	98.3	43.5				45.6	143.3	98.3	43.5						
林地計	3.2	156.2	21.1	40.8	99.3	18.2													
18年生	5.3	19.9	6.8	20.4	11.4	7.2													
根 (0-70cm)	169.0	8,654.0	38.2	665.5	1,472.7	925.4				739.4	4,018.5	1,320.6	132.9						
土壌中(0-70cm)	171.5	9,130.1	66.1	736.7	1,583.4	950.9				767.3	4,079.8	1,441.5	158.3						
林地計	0.70	0.93	19.82	5.09	1.32	0.98				1.71	0.91	0.47	0.06						
平均分枝葉多 = 枝/林地計	—	54.7	1.4	5.1	16.1	21.9				28.5	25.2	273.8							
平均分枝葉少 = 枝/林地計	—	—	—	—	—	—				—	—	—	—						

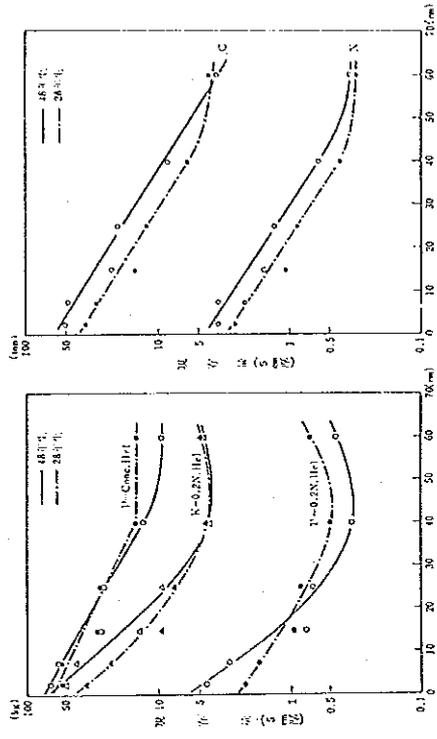
第11図は1代目造林地の3要素の存在点に対する伐採によつて、幹に含まれても出出した減量を示したものである。本図からもあきらかにように、窒素については幹に含まれても出される割合は各地域でまちまちで、反対にもちこまれるような場合もあり、はつきりしないことから、あまり問題にならないように思われた。加里もまた同様にパラツキが大きい、減量割合の平均はかなり低いようであった。

これに反し燐酸の減量割合は、約65~75%をいし、林外に持ち出される量はほとんどなく大きいことがわかつた。加えて、これら養分のうち、とくに燐酸は養料循環よりみて閉鎖的傾向が強いといわれているので、これらの林地では燐酸欠乏を招くことが容易に推察されよう。

さらに、菅平地区の43年生と和田地区の18年生の同カラマツ林分を調査地にえらび、これらの林地ならびに林木にふくまれる炭素、窒素、燐酸、加里、カルシウム、マグネシウムの物質循環をしらべた。

すなわち第16表のように、まづ43年生の林分の土壌中には有効性燐酸は ha 当り 110kg あり、それらの林木を伐採し、林外に持ち出すとき幹、枝、葉に含む燐酸は約 70kg であり、その消失指数は 1.5 となり、したがってカラマツ伐跡地は次代以降 1.5 回しか林分は自立できることが出来ないのである。これに反し、窒素は 68.5 という高い値をしめし、カルシウムは 10.5、マグネシウムは 8.5、加里は 1.4 であつた。18年生の林分でも燐酸の消失指数は 1.4 という低い値をしめしたことは注目されよう。

このようにして、第11図ならびに第16表より1代目後継林外にもち出される1代目の林分の養料と2代目林地内に残存するはずの養料とのそれぞれの収支の実態が明らかとなつた。



第12図 I P, Kの土壌中における垂直分布 (kg/ha) II C, Nの土壌中における垂直分布 (ton/ha)

さらに上述の糞料は林地内でどのように垂直的に分布しているかを、4次段階同調査でさらばた結果を第13図に示した。

すなわちこれらの糞料のうち炭素と窒素とは地表面より指数函数的に減少するが、附鎖系に属する腐植は表層から急激に減少し、とくに樹令の増加とともに、この傾向は著しいようであった。したがって、地中から読みあがられて、表層部に偏在する腐植は、もしそれらの腐植が流亡を招くようなことがあれば、さらに糞料の循環からみると、一層早く腐植の欠乏が起り易いことになる。

(2) 立地因子について
前述の結果から可溶性腐植の欠乏が2代目不良造林地の特殊な現象であることがわかってきた。

これに加えて 1) 土壌の理学的性の悪い場合、2) 土壌凍結のおこりやすい場合、3) 土壌の化学性の不適な場合などでは2代目の生長不良現象はさらに高まることを考えられた。

1) 土壌の理学的性の悪い場合

2代目林地が透水性の悪い土壌構造であったとすればその成長は極端に遅く、逆に透水性の良い場合はその生長はそれほど遅くないことがしばしば観察された。いままでに調査した造林地のうち、北山地区は1代目と2代目に差がなく、長藤、白田、八千穂、川上の4地区の透水性は1代目がよく、諏訪、河原の2地区は2代目が1代目よりよかつた。

今図、河田は理学的性の悪い土壌はナラタケ菌が多くあつた、2代目不良造林地ができやすいことを報告しているが、不適な理学的性によつてあつてはナラタケ菌の発生も一つの因子であらう。

2) 土壌凍結をおこしやすい場合

山内は農作物のイヤー現象は降雪の少ない期間の多い所におこりやすいことを述べている。カラマツ2代目不良造林地が凍害線の内側におこりやすいことは§2で述べたが、林地凍結によつてカラマツの根系が機械的損傷を受けたり、また融凍期に水分が停滞しやすい低地や平坦地では根の呼吸作用が妨げられ根が枯死をおこしやすいためである。とくに腐植欠乏をおこしている2代目造林地では根腐病が特に誘発されることも充分考えられよう。

3) 土壌の化学性について

2代目造林地が褐色火山灰質土壌のような場合はさらに有効性腐植が欠乏しやすくなる。すなわち珪酸比などの不均質より腐植がアルミニウム、鉄に固定される現象は火山灰質土壌ではとくに多い (§2項参照)。

上述のような諸因子が綜合して2代目不良造林地があらわれらるものと考えられるが、この点についてさらに別の見地から生物学的な方法でたしかめてみた。すなわち a) レムナーによる検定法、b) 土壌微生物の分析による方法の2点より主として検討してみた。

a) レムナー法による判定

レムナーを従つて土壌の肥沃度を生物学的に判定したところ、1代目は2代目比し、土壌の生腐植は高く、とくに河原、川上河原地区の1代目はレムナーがよく増殖したが、河原地区の2代目はかなり抑制された。

b) 土壌微生物の分析による判定

1代目2代目造林地の土壌を採取し扁平培養によつてその微生物相を分析してみたところ、

1代目は2代目より菌類の総数が多く、かつ *Penicillium*, *Verticillium* のような菌類の分解菌が多いのに反し、2代目にはとくに、3~4種の *Fusarium* のような根腐れを起す可能性のある土壌菌が比較的多くあらわれた。

したがって、腐植の欠乏が顕著な土壌微生物の分布に影響し、有害な土壌微生物の生理作用によつて根の活性化が認められ、生長減退をきたす可能性もあらう。この点についてはさらに次章で述べることにする。

第3章 カラマツ2代目不良造林地の要因追索

§1 根腐病試験

前章ではカラマツ2代目不良造林地を林分構造と土壌の面から検討し、主原因が腐植欠乏であらうと推定したが、本章ではさらに土壌微生物とくに土壌中の根腐菌について追索した。

すなわちそれぞれ調査地区の土壌を採取し、ポットにためていろいろな方法でまきつけ試験を行ない、根腐病の被害状況をしらべた。なお1959年8月の宮内川上地区から採取した土壌は到着がおくれ、また北山地区も8月下旬となつたためいづれもまきつけ時期がおくれ、タネの発芽がおくれ、この2地区をのぞいた長藤、河原、白田、八千穂の4地区について試験した。

1 試験方法

試験は直径15cmの紫鏡鉢で行なつたが、長藤地区のみは縦、横それぞれ25cm深さ15cmの木箱を用いた。また試験に用いた土壌はすべて1代目2代目の造林地を調査した日にそれぞれの採集地より採取したものである。

(1) 自然状態で採取した土壌による試験
まず表層の落葉、落枝ならびに腐植層をとり、そのまま鉢に入れて持ちかえり、カラマツのまきつけをおこなつた。試料はいずれも4鉢ずつ採取した。なお1代目造林地の土壌はこの状態でのみ試験を行なつた。

(2) 深き別に採取した土壌による試験

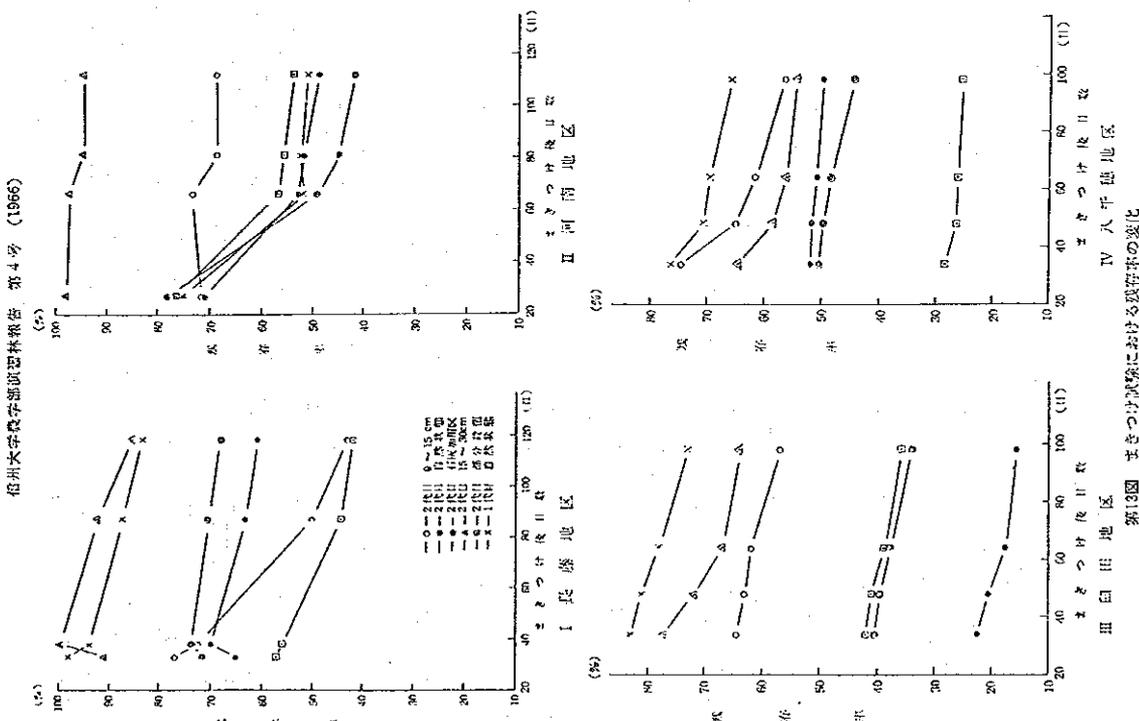
0~15cm, 15~30cmの2層から土壌をそれぞれ必要量だけ大きな紙袋に採取し、よく混合しながら鉢にためて試験に供した。その際大きな根および砂礫はとりのぞいた。

(3) 石灰を加えた区

土壌のPHを測定する目的で、0~15cmの深さから採取した土壌を鉢に入れ、1鉢当り石灰を2gずつ加えてよく混合した後試験を行なつた。

(4) 部分腐植を行なつた試験

土壌中の微生物を化学物質や熱処理などで完全に滅菌することは、室内実験では可能であるが、現地試験では困難なことが多い。しかし土壌の部分腐植を行なうことによつて多少の微生物の量を少なくしたり、有害な菌類をのぞいたりすることができ、0~15cmの深さから採取した土壌をコックル培養器で鉢ごと約4時間加熱（この制度でほとんどの



第13図 まきつけ試験における生存率の変化

生物が流滅するといわれているが、治却後試験に用いた。

以上のようにして準備の終つたそれぞれの土壌には、1鉢当り0.7g (長藤地区のみは3g) づつカラマツのタネをまきつけた。まきつけの終つた鉢は4回繰返しの乳かい法によつて処理し、鉢の高さの約半分を土壌中に埋めるとともに、目おいをして乾燥を防いだ。

2 実験結果

まきつけ後発芽した苗が出そろつたと思われた約1ヶ月後から、植損する苗が少なくなつたまきつけ後3~4ヶ月までの調査結果は第13図に示した。

本図は実験発芽率から求めた発芽率と、調査日における成立本数の比率(%)すなわち生存率(結果的には発芽率となる)の移り変りを4鉢の平均で示したものである。

試験を始めたまきつけ日、各地区によつて異なつてゐる(長藤地区—5月24日、河内地区—5月30日、白田・八千穂地区—8月18日)ので、生存率は直接そのままで比較することはできない。しかし生存率を介換し、6つの要因で統計計算を行つたところ、それぞれ地区の最後の生存率(まきつけ後の日数は異なるが、変化率が少ないので近似的には等しいとみなした。)の間には、5%で有意性が認められた。すなわち1代目自然状態の土壌(4地区平均75.2%以下同じ)ならびに2代目15~30cm深さの土壌の生存率(80.6%)は、2代目自然状態(47.2%)、石灰加用(51.0%)、部分殺菌(42.3%)の処理を行つたそれより明らかに高かつた。なお他の処理の間には有意性がみられなかつたが、深さ別に採取した2代目の0~15cm深さの土壌の生存率(62.0%)と15~30cm深さのそれとの間には、危険率10%で差が認められた。このように測定された生存率にはかなりのバラツキがあつたが、各地区を通じての傾向はある程度明らかになつた。

まづ自然状態で採取した1代目と2代目遺林地の土壌を比較してみると、いずれの地区でも、すべて1代目の方が生存率が高く(5%有意)、とくに河内地区をのぞいては限なくそれによる被害率が著しく少かつた。このことは1代目と比較して、2代目の遺林地には根腐菌のような有害菌類がより多く存在するため、その被害が大きくなったものと思われたが、土壌中の微生物の分析結果(第12, 13表参照)においても、立枯菌類の一種である *Fusarium* 属が、2代目の遺林地に多くみられたことは、この現象をうらづけているものといえよう。このことから2代目遺林地における根腐菌などの被害は、かなり激しいものであることと察せられるが、白田地区の2代目自然状態の土壌が15%という異常に小さい生存率であることは例外として、一般にカラマツの成立をさまたげるほど立枯菌の被害が大きいとは思われなかつた。そこで立枯菌の菌平そのものよりも、GAOUBAN¹⁰ のように *Fusarium* が産生するフザリウム酸のような物質が林木の成長を阻害するという可能性も考えられる。

同じ表層土壌でも、採取した土壌をばらばらにしてよまぎ合わせた場合の生存率(2代目0~15cm)は、2代目自然状態のそれより一部の例外をのぞいてかなり高い値を示したので、通気性など土壌の物理的変化の影響があるものと考えられた。しかし分散分析を行つた結果、有意の差は認められなかつた。

深さ別の採取土壌は深いほど生存率が高くなるようであつた(10%有意)が、これは第14表八千穂地区の調査からもあきらかであるように、一般の土壌菌類も其層より少なくなつた傾向があつたと同様に菌腐菌も少なくなつたためであらう。すなわち微生物による有害な作用は比較的表層に多いといえよう。

石灰加用あるいは部分殺菌を行なった場合は、いずれも2代目自然林の残存率と0~15 cm 深さの現在土壌のそれとの間には、明らかな差が認められなかった。一般に土壌のPHをアルカリにやせると多くの別立立枯病の被害を大きくするが、本試験ではこの点についてはあまりな差がなかった。また Russell のいうように部分殺菌は損害ばかりでなく、植物の生長にも良い影響を与えたかと思われたが、何らの傾向も認められなかった。しかしこれらの結果は石灰の量や殺菌時間などをかえて、さらにくわしい検討を行なう必要がある。

以上のように、1代目と比較して2代目造林地の炭素土壌(炭素から15cm まで)には多くの病原菌が生ずり、立枯病あるいは根腐病の被害を大きくしていることは明らかである。しかしこれらの有害微生物が生理的に直接間接カラマツの苗木の生長に与える影響については現在なお明らかでない。したがってカラマツ2代目造林地の不良化の現象が、土壌中の微生物の状態とただちに関連付けられるものでもないであろう。ただ土壌の物理性(土壌中の微生物の状態)にもまた生物学的因子にしても、カラマツの生長不良化の要因は土壌中の微生物の社会に顕著に影響する可能性が大きいものと思われる。微生物群集を急激に変えることは、実際にはなほ困難なことであるといわれているが、少なくともも有害な病原菌の繁殖を抑える目的ならば、燐酸を施用することはきわめて有効な手段であろう。これについては次の項で述べる。

§ 2 燐酸施用試験

前章でカラマツ2代目不良造林地の主たる原因は燐酸不足であると推定した。一方カラマツ2代目造林地は第1区ⅡB でありながらなように、主として黒色火山灰質土壌と一部かつ色森林土壌の理化学的性質のちがった土壌に成林しているもので、それぞれの土壌型より1ヶ所ずつ造林地をえらび燐酸施用試験を行なった。

1 黒色火山灰質土壌の場合

試験地は南佐久郡川上村水字栗崎道に設けた。その附近の地形、土壌型、土壌の物理性、冬季の凍結状態についてはすでに第8、9表に、また土壌の化学性は第7表Ⅱに示した。

第7表Ⅱ 土壌の化学的性質 (kg/ha)

調査地	深さ	PH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	N/P	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	陽成係数
川上地区	0-15	5.4	8.200	3.59	145	1,200	400	540	21,000	2,100	2,284.0	0.17	2,200
P 施用試験地	15-30	5.5	7,100	1.87	84	900	200	200	27,000	3,200	3,797.9	0.20	2,300
河南地区	0-15	5.6	2,700	15.60	655	4,800	2,800	2,100	8,100	3,000	175.6	0.62	900
P 施用試験地	15-30	5.6	1,900	5.41	245	4,200	2,300	1,500	7,100	2,900	369.6	0.69	800

前年計カラマツは1958年伐採し、翌年4月間計、5月下旬施肥を行なった。なおその隣接地の6年生のカラマツ2代目造林地についても追肥試験を行なった。

肥料の施用区分は第17表のとおりである。

1 試験区は25本とし、各区分は4回繰返しを行なった。

追肥区は燐酸施用(0, 10, 20, 40, 80 gの5区分)のみとし、1 試験

第17表 施肥設計 (1本当たり施用量) g

施用区分	燐酸単用(P)区	三要素施用(S)区	窒素加用(NK+P)区
燐酸処理量	0 *5 10 20 40 80	0 *6 12 24 48	0 *5 10 20 40
施肥量	0 25 50 100 200 400	0 75 150 300 600	0 25 50 100 200

註 三要素(化成肥料 N12, P8, K7)
 窒素：硝炭 N34.4% 1本当り9 g
 燐酸：過燐酸 P20%
 加里：化成加里 K59% 1本当り5 g

*: 標準量を示す

燐酸単用: いげた燐酸 P20: N3

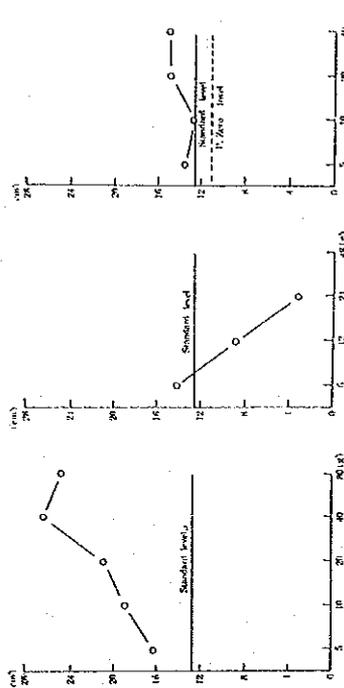
線区は20本3回繰返しとした。

施用方法は根のまわりを浅く掘り、かきおこして一様に施用した。11月上旬に開高、根きわ直後、本年の伸長量、枯死本数をしらべた。その結果は第15、16、17図に示した。

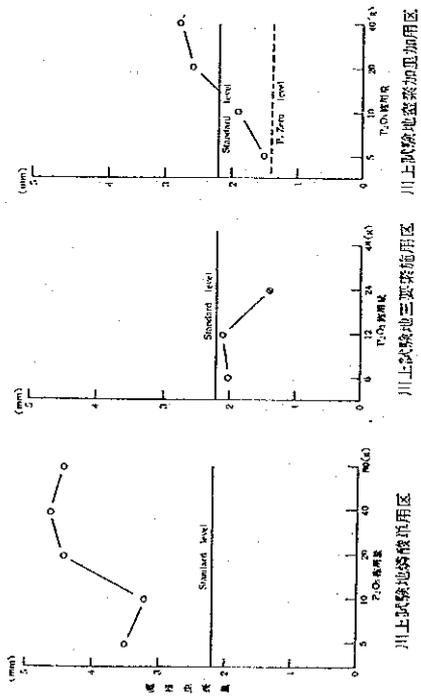
これらの図から燐酸の施用量が增加するにつれて、樹高、直径の明らかな生長増加がみとめられたが、標準量(燐酸純量で5g)の8倍も施用すると無施肥(Standard level)の生長量の2倍以上にもなった。このことは川上試験地のような火山灰質土壌地帯では燐酸の効果が著しく高いことを示した。

また3要素区では、標準区(6g 施用)をのぞいた他の区は著しく生長が低下した。これは施用した化成肥料の効果が高かったため枯死が多く、肥えかけの現象をおこした結果と思われる。この点については今後検討したい。

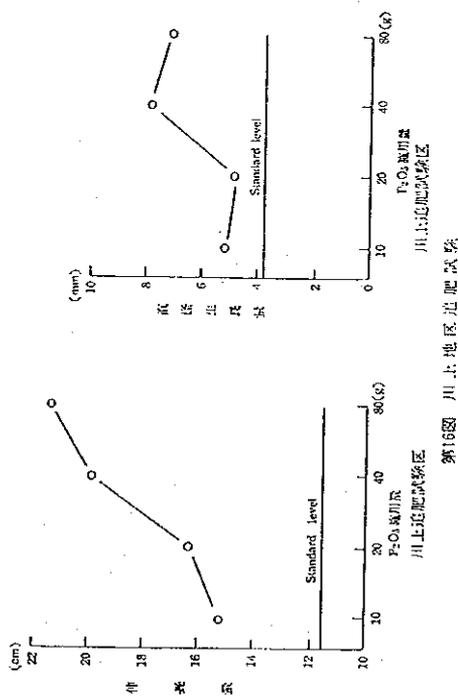
つきに窒素加用区では燐酸を施用しなかつた場合(P zero level)の生長量は最も低く、無施肥区よりもさらに低い値を示した。また燐酸施用量を増しても燐酸単用区ほどはな



第14図 川上試験地燐酸施用区 川上試験地三要素施用区 川上試験地窒素加用区
 川上試験地燐酸施用区 川上地区施肥試験



第15図 川上地区施肥試験



第16図 川上地区道肥試験

きりしりたがいはあらわれなかつた。
 以上のことから、硝酸はカラマツの養料として窒素、加里に比較しその効果は大きい、
 窒素などはこのような火山灰質土壌ではかえつて生長を阻害することも想像された。また、
 6年生のカラマツの道肥試験においても、上述の結果とはほぼ同様の効果がえられた。
 2 かつた森林土壌の場合

上伊那郡河内村に試験地を設けた。その地形、土壌型、土質の物理性、冬季の凍結状態に
 ついては第7頁、8、9表に示した。

前生樹カラマツは1958年に伐採し、1959年4月植付け7月5日～6日に施肥を行なった。
 11月下旬に樹高、胸径、本年の伸び生長量、枯死本数をしらべた。

施用区分は標準施用区、窒素加里加用区の2区とし、1試験区の本数は10本、4回繰返し
 とした。

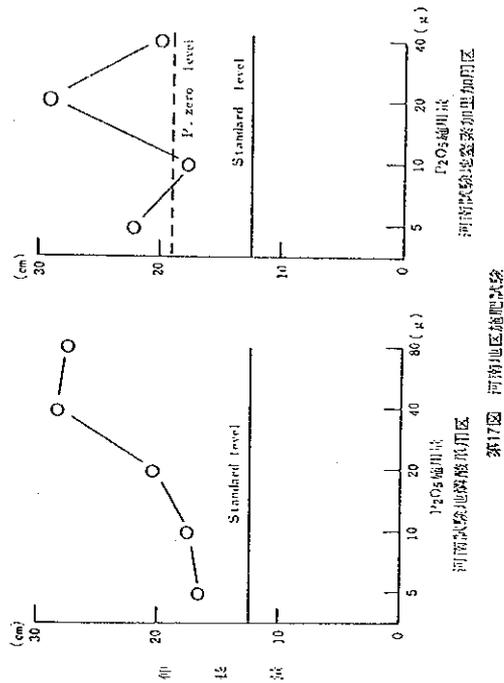
施用量はすべて川上試験地に準じた。

試験の結果は第17、18図に示した。

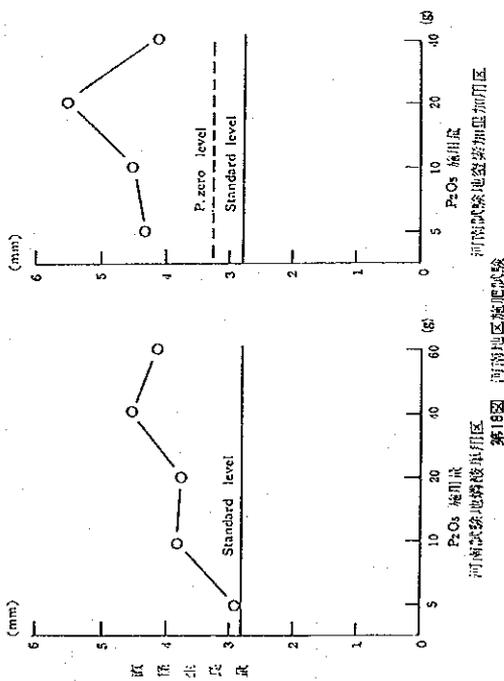
これらの図から明らかのように、硝酸単用区は硝酸の施用量を多くにしたがつてはつ
 きりその効果があらわれなかった。しかし窒素加里加用区では、硝酸を与えない場合(P zero level)
 でも、窒素、加里を施用すれば無施肥区(Standard level)より生長がよくつたが、この
 点だけは川上地区とちがつていた。

以上両試験地の結果を総合してみると、硝酸肥料の効果は土壌型にかかわらず著しく大き
 くあらわれた。しかし硝酸を与えず、窒素加里のみ施用した場合は、明らかな対比がみられ
 た。この結果から両試験地の土壌養料についても検討しなければならぬことがわ
 からないが、つぎのことが推論された。

すなわち、B10型土壌は§2(2)項で述べたように、いちじるしく有効性酸度の欠乏しやす
 い土壌であるため、窒素を施用してもその効果がいばかりか、極端に硝酸が不足した土壌
 に対する窒素の施用はかえつて生長を減退するという Van Goor の結果がよく一致した。



第17図 川上地区施肥試験



第18図 河南地区施肥区

またB₀型土壌では、窒素を単用しても無施肥区より生長がよいということ、その林地土壌中に多少の磷酸が存在していることを示すものであろう。しかし磷酸の施用量を逐次増加しても、その効果はばらばらについておぼろげな傾向が見られるが、この点については今後窒素と磷酸の施用方法ならびに施用時期などについてさらに検討しなければならない。

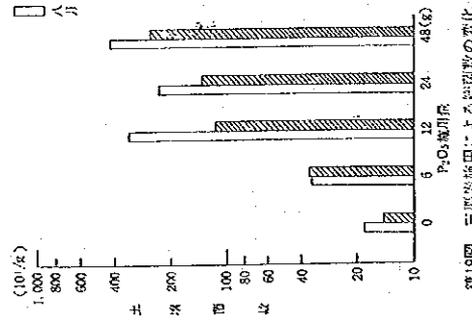
またこのような著しい施肥効果は化学的養料として林木に直接影響したものか、または土壌微生物相に影響を与え、さらにそれらが林木の根の活性化をうながしたものであるかという点については、次項で検討したい。

3 磷酸施用と土壌微生物の変化
 磷酸を主とした肥料の施用が土壌微生物の構成にどのような影響を与えるか、またその場合の林木の生長と微生物のうごきの関連性をつきとめ、前項の川上村試験地の土壌について分析を行なった。

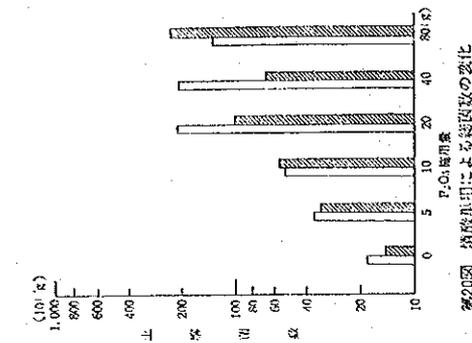
分析の試料は施肥を行なった5月25日(1960年)の前日に試験地の数箇所から採取したもので、およびその後6月24日、8月12日、11月2日の3回におわたつて、各地区ごとに数箇所ずつ採取した表層の土壌(0~15cm)を用いた。

分析の方法は常法のように WAKSMAN 顕天培養法を用いた稀釈平板法によつた。施肥後の分析においては稀釈度を20,000~40,000倍にし、1試料6個のシャーレを用いて平均した。

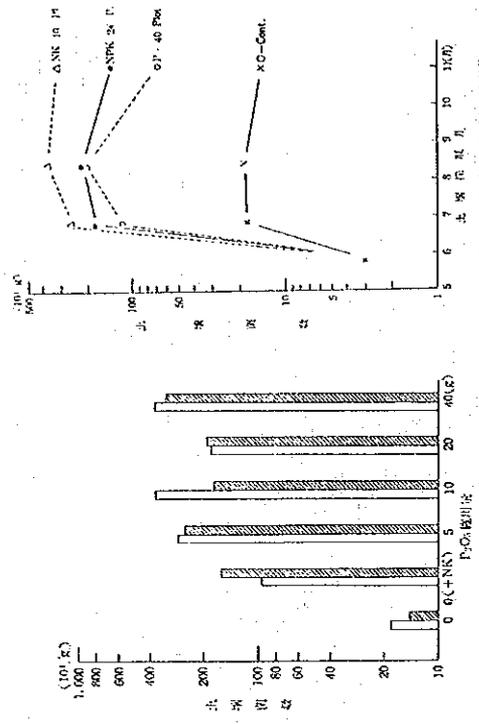
(1) 土壌菌の数的変化
 三要素施用区、磷酸単用区、窒素加里加用区別の8月と11月における土壌菌の總数の変化は第19, 20, 21図のようであつた。



第19図 三要素施用による細菌数の変化



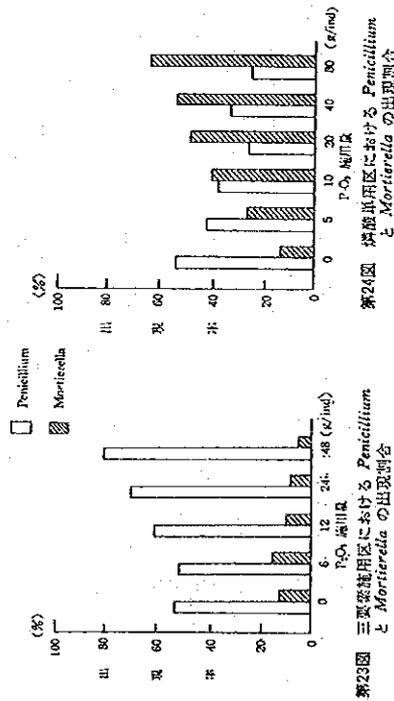
第20図 磷酸単用による細菌数の変化



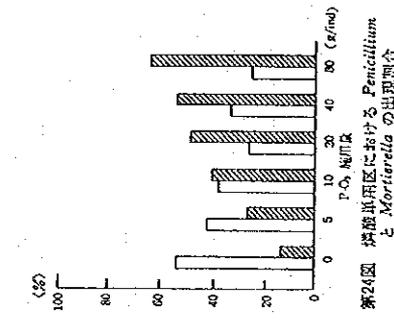
第21図 窒素加里加用による細菌数の変化

第22図 土壌菌總数の季節別変化

各区とも施用量の増加とともに、それぞれさきから土壌菌数が増加し、無施肥区の10倍から20倍以上にも達した。これまでの調査の結果から、カラマツ林の土壌は一般の林地に比較して微生物が少なく傾向がみられたが、生長のよい林地ほど微生物数が多いことなどから



第23図 三要素施用区における *Penicillium* と *Mortierella* の出現割合



第24図 三要素施用区における *Penicillium* と *Mortierella* の出現割合

(第2章 §2, (5)参照), 土壌菌数の増加は有機物の分解を促進するという効果に加えて、後述のようにカラマツの生長に影響する何らかの効果をもつていているようにも思われた。

(2) 土壌菌の季節的变化

土壌微生物の季節別の動きについては、これまで比較的よく調べられているが、この試験においても第22図のように植物の生長期である6月頃から急激に増加し、8月頃もつとも高い傾向が認められた。その後は植物の生長休止とともに減少しはじめ、同様の状態にもどるようであった。また第22図ではそれぞれの施肥区の総土壌菌数の一部は示していないが6、8月の土壌菌の種類は変動が多く、11月になっていくらか安定した状態を示すような傾向がみられた。

(3) 土壌菌の種類別の変化

分析の時期によつて、あるいは施肥の種類やその量のちがいがによつて、多くの種類の微生物が分離同定されたが、常に比較的多くあらわれた菌は次のようなものであった。
Mucor, *Zygorhynchus*, *Mortierella*, *Phoma*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Verticillium*, *Spicaria*, *Pullularia*, *Hormodendrum*, *Alternaria*, *Fusarium* など。

これらのうち出現頻度の特に大きいものは *Mortierella* (主として *M. ramaniiana*, *M. ramaniiana* var. *angulisporea*) と *Penicillium* であった。この2属の総菌数に対する出現割合を施肥区別にそれぞれ第23, 24, 25図に示した。

三要素区における土壌菌の動きは、第23図からあきらかに施用量の増加とともに *Penicillium* は著しく増加し、*Mortierella* の出現率は減少の傾向にあった。

これに反し、第24図からあきらかにように三要素施用区においては、施用量の増加につれて *Penicillium* と *Mortierella* の出現率は減少し、*Mortierella* は著しく増加した。施肥のちがいにによる *Penicillium* と *Mortierella* の動きはこのように明らかな対比をなすが、これはこの2属に対する菌数と菌数の影響力のちがいにによるものであろう。三要素施用区においてはペラツイで一定の傾向が見出せないが三要素区と三要素施用区との中間形を示すようであり、また、*Penicillium* と *Mortierella* の出現率は第25図からあきらかに金く反対の動きを示した。

以上の結果は土壌中の微生物相を変化させることは困難であると信じられてきたままである結果と異なり、施肥という手段を用いて簡単に微生物相を変えられることを示している。しかも肥料の種類と量とをかえることによつて土壌菌の種類とその活動力を制御できることは注目されよう。しかし土壌微生物相の今後のうつつりかわりについてはさらに検討したい。

したがつて、カラマツ2代目不良造林地は土壌環境の悪化とくに化学物質のかたよりなどによつて微生物相に異常をきたし、土壌病害を起因したものとすれば、有機肥料などの施用によつてこのような微生物的異常を除去することは可能であり、有効であらう。

§3 討 議

前章においてはカラマツ2代目不良造林地の不良化の主な要因は有機物不足であることを推察したが、また観察、特に土壌環境が悪いとさらにその生長が阻害されることを述べた。

本章では不良造林地の要因を、土壌微生物を中心として追究したが、とくに菌核の施用による微生物のうごきと林木の生長との関係について検討した。

まずカラマツの造林地より採取した土壌をポットに入れて種子をまきつけ、*Fusarium* のような根腐病をおこす土壌病原菌が2代目土壌に多いかどうかを §1 で検討した。その結果2代目造林地には1代目よりこれらの病原菌が多いことが、苗木の被害率より推定された。しかもこれらの病原菌は土壌表層(約15cmまで)に多く、下部にはすくなくことがわかった。この実験ではさらに土壌の物理性を要した区、部分投置区、石炭施用区などの区を設けたが被害率は低くならなかった。しかしこれらの結果から *Fusarium* などの土壌微生物もその要因の一つであることがわかった。

つぎに土壌中の有害微生物の繁殖を抑える別の方法として2代目造林地に有機堆肥施用区を設定した。菌核の不足が立枯病の発生を助長することは四手井などによつてすでに認められている。本実験では菌核の施用が *Fusarium* の繁殖を抑えるのみならず、土壌微生物の社会を変え、同時に、特定の微生物が林木の生長にどのような影響したかを明らかにした (§2)。

すなわち土壌微生物の動きは、施肥量が増すと全体の活動が活発となり、総菌数はいちじ

るが、これがカラマツ造林地全体のうちごく一部の問題であるならばとらばとらざる必要は少なからうとの見解を示した。すべての2代目不良造林地の面積は現在のところ正確にはつかめていないが、無作為に選ばれた1959年度長野県下の調査結果では第1, 2次のように不良化した造林地の方が多かった。面積の多少によつて研究の対象を決めること自体にはいくらかの問題があるであろうが、以上のようにカラマツ造林地の適地である長野県中東部において、2代目の不良造林地がかなり分布していることは確かである。しかし第2章§2第3項でも述べたように、多雪地における場合や既述のように地形によつては一部成育良好な2代目造林地が存在することもある。このため大改はカラマツの2代目不良造林地は、もともとその適地を踏つたものではないかと指摘した。しかし第7図からも明らかになるように、生カラマツの生長状態を伏線などによつて推定してみると、地位が高きわめて良い生長をしていった場合の方が多く傾向が認められたので、この見解は例外はあるとしても2代目の生長不良現象を分析したことにほならないと思われ。しかし、欧州でも検討されている人工造林の適地の問題は¹⁰⁾不良化の原因を追究する一つの行きかたである。この解決は2代目の対策とも関連する重要なポイントとなるであろう。

カラマツが環境にきわめて鋭敏な樹種であることは、すでに白沢により指摘されていたが、また生長の早い樹種として病害に対する抵抗力も弱いようであった。今期や河田は大門原有林の2代目不良造林地を調査した結果、土壤水分が停滞しやすいような立地条件ではナラタケ菌の発生が多く、これが2代目不良造林地を形成した一原因であろうと報告している。種かに特殊な土壤環境においては、ナラタケ菌によつて枯死する被害がみられたであろうが、これは1代目、2代目の造林地に共通する問題であるように思われ、2代目造林地の不良化の要因としては多少疑問がある。しかし土壌凍結の項で述べたように(第2章§2, 第3項)、融雪期における土壌中の水の動きはかなり重要であるように思われた。すなわちカラマツの生長開閉期における一時的な融雪水の停滞は、呼吸という根に対する生理学的な意味からと、土壌病害の発生という2つの面からだけでも、カラマツの生長に對してかなりマイナスの影響を与えているように思われた。

土壌の透水性が悪いが傾斜の少ないようなところでは、排水盤などの方法によつて、このような一時的停滞水をできるだけ早くのぞかなければならないが、これに対する結論はまだ出されていない。

以上のようにカラマツの2代目不良造林地は立地、環境の相違によつてあらわしかつたの状態を著しく異にし、従つた程度を示さない。しかし不良造林地の対策をたてるには、共通した不良化の原因を確実に把握しなければならぬ。

そこでカラマツというきわめて生長の早い林木が、しかも長野県のようなカラマツの成育に適した気候風土の地域において、充分な生長を行なう場合の一つの林分の生長経過を追つてみる。肥沃な林地に植付けられた造林木は、正常な生長を続けながらやがて閉鎖した林分を形づくるとなる。林分の葉面積や葉面積割合は大体一定の値を依らつて、材積は毎年ほぼ一定量ずつの蓄積を重ね、やがて伐期に達する。その間開閉期の物質循環を行なう葉落は、炭酸同化作用によつて林分中にいぢり蓄積を行なうが、半開放系に属する常緑樹は、落葉同化作用による雨水中の作用によつて持ちこまれるため、林水中のみならず林地土壌中にも落葉同化産物が蓄積するかもしれない。これは第11圖の落葉採取において2代目不良造林地の落葉

るしく増加した。しかも森林取川の割合は多くの箇のうち *Mortierella* の出現割合は施用量と比例して増し、また落葉、樹液、加肥の三要素区でその施用量が増加すると *Mortierella* の出現率は反対に減少し、*Penicillium* のみが施用量と比例して増加した。すなわち *Mortierella* は落葉に鋭敏に反応し、*Penicillium* は樹液よりむしろ落葉の施用量の増加に鋭敏に反応した。

さらに土壌微生物の動きと林木の生長との関連をしらべたところ、*Mortierella* 菌の増加に比例して生長量は増加し、*Penicillium* が増すと生長は逆に悪くなった。この結果からわかるように、肥料の種類とその施用量は、鋭敏に土壌微生物相に影響し、植物の生長はその微生物の種類と深い関連をもつこととを教えた。とくにカラマツでは *Mortierella* の増加と生長の関連とはよく一致し、逆に *Penicillium* の増加は抑制にはたらいっている。このことについてはさらに土壌微生物と肥料とを同時に植物に作用させたときの植物の生長におよぼす影響について試験をすすめているが、予備実験の結果では、*Penicillium* や *Mortierella* のある種のものはキャウリやトウモロコシの伸長に對して促進効果をもつことが明らかになったので、今後さらに検討をすすめていきたい。

第4章 カラマツ2代目不良造林地の対策

皆伐の繰返しによる地位の低下、とくに同一樹種の連植継ぎによる林地生産力の減少は、人工造林の重要課題としてすでに Osneter や Bublitz によつて指摘されたが、最近わが国においてもスギ・ヒノキなどの主要樹種において問題視されるようになってきた。これらは木材中に含まれておられるためにおこる林地養分の減少と、更新にもなる保地化によつておこる降水による表土侵蝕とから、林地の肥沃性の悪化をうけい生態学的悪化を行なわねばならぬ。

しかしこれらの研究においてより明らかになったカラマツ2代目不良造林地の問題は、著しい生長減速と根腐れによる枯死の現象から、カラマツのみならず一つの特殊現象として一般の針葉樹における肥沃性低下の現象とは多少異なる問題のようである。

すなわち、これまでの調査の結果では、同一の立地条件に植付けられたカラマツであつても、カラマツの隙地に植付けられたものは著しく生長が速く(第2圖、第4表参照)、また環境によつては枯死が多く全く成林の見込みのない造林地もかなりみられた(第4表参照)。また生長速度において差が認められなくとも、これを林分生長量で比較すると2代目不良造林地の不良化はきわめて明らかであつた(第3, 4圖参照)。このような現象は一般針葉樹の林地生産力の低下とは自ら異なるものである。したがつてカラマツ2代目不良造林地に對する対策は、また特別の対策を必要とするはずである。

カラマツ2代目不良造林の問題はカラマツの造林について歴史の古い長野県佐久地方で以前から論議され、また県林務部においても2代目不良造林のカラマツはさけるよう注意が払われてきた。一方国有林においてもこの問題は造林面積の拡大にもならないですますます重要視されてきたが、樹種更改にあたりてもこの問題にかかわる適切な樹種が現在とらえられていないので、カラマツ2代目不良造林地の根本的な解決がいそがれていることは当然といえよう。

しかし、これに對して中村(實)はカラマツ2代目不良造林地が存在することは事實であ

虫が1代目よりかえって増加している地区もあることから推考されよう。これに反し、比較
 的腐蝕的性質の強い燐酸、加里などの無機養料は、もともと存在していた鉱物質養料とともに
 林地に落ちた落葉落枝の分解物を吸収し再び還元して生長を続けてゆくと、林木の腐蝕
 量の増加とともに、鉱物質養料もまた地上部に持ち上げられて集積されてゆく。さらに腐蝕
 量によって流れ去る鉱物質養料は雨水などによって供給されるとしても、浅根性樹種であるカ
 ラマツの吸収根は表層近くにあつまり、無機養料の吸収を続けるので、土壌表層における鉱
 物質の量は徐々に減少し、やがて不足状態になるであろう。その結果土壌中における生物
 相にも大きな変化が起り、もとの健全な姿が失なわれてしまう。その後伐期に達したカラマ
 ツ林は伐採されるが、樹幹は林外へ持ち出されるため無機養料の林分現存量に大きな変化を
 もたらすようになる。

すなわち、地下部から吸収されて地上部に集積された鉱物質養料は大部分還元されること
 がなため、伐採後の林地中には少なくとも表層の土壌中には、鉱物質養料の欠乏がいろいろ
 しいものと考えられる。このような皆伐跡地に再造林された次代のカラマツの生長が始ま
 ったとしても、現実には前生のカラマツ林と同じような生長経過を繰返さない場合が多いで
 ある。すなわち生長がいちじりしく遅化し、土壌病害などによる枯死も多くなり、成林の
 見こみさえない場合もある。このようないぢりしい異常状態は、カラマツのような浅根性
 樹種以外の一般有用樹種にはとうていみられない現象ではなからうか。

上記の結果から、表層土壌における無機養料の減少は、新しい林分の物質循環面において
 るしい変化をもたらす。森林生態系全体の異常状態を起因することになるが、生態系より失
 われた物質のうちで主因となるものは一体何であろうか。

このような観点に立つて養料の収支計算を行なってみると、第11、12回、第16表から
 明らかのように、窒素はかなりの量が残存しているが、燐酸や加里は2代目の造林地で
 はもうすでに次代のカラマツを成立させるにかなり不足している場合が多かつた。とくに物
 質循環上腐蝕的傾向の強い燐酸は、極端に不足する傾向がみられた。すなわち栄養循環系よ
 りみたカラマツ2代目造林地は燐酸収支の均衡が破られているといえよう。またせつかく林
 地に還元された落葉落枝が皆伐後の林地侵蝕によつて流れ去り(第12回参照)、燐酸欠乏を
 さらに助長する場合もある。

2代目造林地の燐酸欠乏は、カラマツ自体が燐酸を多く要求する樹種であるという養料収
 支の面からばかばかたでなく、カラマツの分布は火山灰地帯に多くみられる(第1回参照)と
 いうことによつて、さらに拍印がかけられているようにも思われた。すなわち火山灰質土壌
 は一般に燐土質土壌といわれるぐらいいアルミウムが少なく、したがって産酸比が異常に小さ
 い場合が普通である。そのため可給態の燐酸が少なく、燐酸吸収係数も大きい。これは採後
 施用試験を行なつた火山灰質土壌の川上とかつ色森林土の河津の分析結果(第7表参照)
 でも明らかであつた。現野集に多く分布するこのような火山灰質土壌の森林は、林地自体す
 でにもう可給態燐酸が欠乏しているといえよう。

以上のように、カラマツの2代目造林地は一般の林地に比較して極端に燐酸の欠乏をきた
 している可能性が大きい。これは森林生態系における他の生物相にも少なからぬ影響を身
 えていようと思われた。測定された範囲内においては、とくに土壌微生物相におよぼす影
 響が大きかつた。すなわち第12表、第15表のように2代目造林地の土壌菌数は1代目のそれ

より常に少なく、有用な腐蝕菌の増殖をおさえている傾向があるに反し、*Fusarium* などの
 有害菌はかえつて2代目造林地の方が多量に増加がみられた。燐酸の不足は立枯病の被害を増
 加するという事実からもこのことは裏付けられるであらう。

燐酸が欠乏状態にある森林土壌に燐酸を施用すると、その施用量に比例して土壌菌の数は
 は著しく増加してくる(第20回参照)が土壌菌の中でとくに *Mortierella* の増殖が著し
 かつた(第24回参照)。

これまで行なわれてきた多くの研究からしても燐酸の欠乏は土壌病害の発生を助長するに
 反し、燐酸の施用は有害菌の増殖を抑える一方、他の腐敗菌などはかえつて増殖をうながす
 ようであつた。このことはカラマツ造林地の不良化の原因がナタタ菌を含む土壌病害にあ
 つたとしても燐酸の施用によつてある程度これを防除できることを意味している。

燐酸の不足はまた他の植物の根の場合と同様、カラマツの根の発達を阻害している可能性があ
 る。すなわち、第5表ならびに第2回図に示したように、2代目造林地の地上部の生長は
 一般に劣る結果、その根系の発達も同様にくく、この原因は林地養料の多少にもとずくがと
 くに燐酸肥料は根肥えといわれるように、その発達に大切な養料であるため、もし燐酸が不
 足すれば根系の不良化は更に拍印がかけられることにならう。

このことは当然無機養料の吸収の場が少なくなることの意味しているが(第5表参照)、
 またいろいろ異なる土壌病害に対する抵抗性が弱くなる傾向をも示すものである。また根系の
 発達不良は發生長初期における一時的過飽和状態の融凍水が根の呼吸を阻害して、空気要
 求量の多いカラマツを急速に枯死せしめる場合も考えられた。既述のようにカラマツの2代
 目不良造林地が凍結地帯で、しかも傾斜のゆるいところにとくにあらわれやすい(第8表参
 照)現象は上のような理由から説明されるであらう。

このような2代目造林地における燐酸の欠乏は、カラマツ造林木の生長に対して生理学的、
 病理学的にいろいろな影響を誘発し、また不適当な環境条件は反対に燐酸の欠乏障害を助長
 する場合が多いように思われた。すなわちカラマツの2代目不良造林地は森林生態系の栄養
 循環の均衡が完全にくずれた結果としてあらわれたものであり、その主因は燐酸の著しい不
 足がもたらした土壌環境の障害であると結論されよう。

このような観点からすれば、2代目不良造林地の対策は森林生態系より欠乏がわかれていた
 養料を速かに林地に還元することが根本原則であり、とくに養料収支において欠乏の著しい
 燐酸の補給が最も重要な鍵となるであらう。

燐酸肥料の林地施用は、林地肥培の観点からもその効果は期待されるが、試験の結果、施
 肥効果そのものだけでは説明できないような反応がみられた。すなわち造林地に対する燐酸
 施用試験(第3章§2参照)において、燐酸のみを標準施肥量の8倍(1本あたり精糖純量で
 40g)以上も施用すると、土壌条件のいかんにかかわらず、いずれも無機燐の場合の2倍以上
 も増えるが(第14、17回参照)、実際の造林木が一度にこれほど多量の燐酸を要求し吸収
 するとは考えられない。おそらく一部は土壌に吸着されるであろうが、かつ色森林土におけ
 る生長量増加の経過をみても、林木の伸長効果ははつきりしていることよりそれほど多量の
 燐酸が不可吸態になるものと思ふ。これは燐酸肥料の化学的養料としての効果のほかにプ
 ラスする別の効果も考えられよう。一方窒素と加里を与えて燐酸を欠除した試験においては
 明らかに対比がみられた。すなわち有効性燐酸の欠乏しがちな火山灰質土壌の川上、表層地

要 摘

カラマツ造林面積の拡大とともに、最近長野県の各地において2代目造林地の生長不良現象が大きいとありあげられてきた。この研究は森林生態系の見地から2代目不良造林地を解析し、その不良化の要因を追究することによって、一般に共通する根本的な対策を見出そうとしたものである。

- (1) 1959年3月、長野県における2代目造林地の実態をしらべた結果、58箇所の林分のうち約7%が不良造林地であった。
- (2) これらの2代目不良造林地のうち、1代目造林地に隣接し、立地条件などの類似した代表的な11林地を無作為に選り、林分の解析を行なった結果、多くの2代目の造林木は解析後2〜3年で著しく生長量を減退し、地盤によつては枯死木が多く、全く成林の見込のない林分さえあった。これを平均林分生長量と比較すると、その差は明らかである。
- (3) 伐根から推定した前生カラマツの生長状態は一般に良好で、I〜II等の地位に相当した。
- (4) 標地木の樹幹解析から、2代目造林木の樹幹生長量は著しく劣る場合が多くみられた。根系の発達もきわめて遅く、表層(0〜15cm)近くのみ分布する傾向があつた。
- (5) 各調査地の土壌型は大部分Bb型Bo型にのみ分布する傾向があつた。
- (6) 土壌の化学性のうち、窒素、有機酸、加里の体地現存量は現在成立している造林木の吸収爪をも含めると、1代目の方が一般に高い傾向が認められた。また有機酸の吸着されやすいB型林地では、アルミニウムと鉄のうちどちらかは2代目造林地の方が常に多く、有機酸が不可総還元する可能性が強いと思われた。
- (7) 2代目不良造林地は制限層(年平均深積雪量50cmの線)以上の積雪地にはみられないようであつた。また凍結地帯であつても傾斜の急な所には不良造林地が少ない傾向があつた。これは融雪期における一時的過湿状態が造林木の生長に有害な作用を及ぼして、2代目不良造林地の出現を助長しているように思われた。
- (8) 箱根層法で分析した結果、カラマツ造林地にあらわれる主な土壌微生物は普通、*Penicillium*, *Trichoderma* ならびに *Mortierella* の各属であつたが、2代目不良造林地には常に土壌菌類の種類も数量もともに少なく、また立枯菌類と思われる3〜4種の *Fusarium* 属のみみられた。
- (9) 表層(0〜15cm)土壌を自然状態でもットにとり、粗腐れ病試験を行なつたところ2代目の土壌は1代目に比較して一般に被害が大きかつたが、それ以上の深さの土壌は概して被害率も小さく、両造林地土壌の間にも差がみられなかつた。また採取した土壌を混合したり、石灰を加えたり、あるいは部分殺菌を行なつたりしても、明らかな影響は認められなかつた。
- (10) 以上の結果からして、2代目造林地の生長不良や土壌微生物の減少などは林木の栄養循環系における養分の不均等が原因のように推察された。すなわち2代目カラマツが普及された直後における林地養分の収支を計算してみると、林外にもち出された木材中の窒素量は林地残存量に比較してわずかであるが、崩解や加里の失なわれた割合はかな

(第14図参照) における窒素、加里肥料の施用はカラマツの生長量をかえつて減少したがかつ色森林土の両試験地(第17図参照)では伸長の増加がみられた。このことは、VAN Geer も指摘したように有機酸の欠乏した土壌に対する窒素の施用は、かえつて生長量を減退することを教へ、林地施肥上きわめて重要な指針を与えた。すなわち肥培管理の上からすれば当然三要素の施肥が考えられるはずであるが、特殊な環境に育ち独自の養分収支を行なうカラマツの2代目不良造林地にあつては、窒素を含まない有機酸のみの施肥が後述のように土壌微生物の面からしても適切で有効な手段の一つであるといえよう。

造林地に対する施肥は前述したように、土壌中の微生物相を著しく変化させ、窒素の増加は *Penicillium* を(第23図参照)有機酸の増加は *Mortierella* の増殖を(第24図参照)うながした。とくに *Mortierella* の出現率の増加は伸長生長の増大と密接な相関がみられた。

高等植物と微生物との間の直接的な生理学的関係はまだよくわかつていないが、草本植物を用いた予備実験の結果では、土壌菌類の接種によつて明らかに伸長促進の現象が認められた。このことはカラマツの伸長に対して促進作用を示すある土壌菌が林地で優勢に増殖すると、造林木の生長をうながすことがあるものと期待された。

また一方、有機肥料の施用はすでに述べたように有害な土壌菌類の増殖を抑える効果があるが、このように土壌微生物面に与える有機物の効用は、化学的養料としての施肥効果のほかに多くの面でカラマツの生長に影を及ぼす重要な事柄として、今後の大きな研究課題となつた。いずれにしても、2代目不良造林地に対する有機物の効用は、養分収支の面からしても、あるいは土壌微生物学的観点からしても、きわめて合理的な手段であつて、その施用は立地条件によつていくらか異なるであろうが、基準施肥量の5倍以上、1本当りの有機物純量で20〜40gを施用する必要がある。

以上の方法は森林生態系に対する有機物の直接的な林地還元であるが、健全な森林共同体の育成という造林学の基盤に立てば、混交林の育成という対策が考えられる。これは生態学的原則からしても、単純林のへい害をのぞく有効な手段であるが、いま存在する2代目不良造林地の対策としてはなお検討を要するであろう。また養分収支上よりみれば有機物の増進の欠乏の速度をゆるめる消極的な方法として、落葉落枝の林地還元、林地土壌の保全という手段が考えられるが、これらは不良造林地を健全な生態系にもどす補助的な対策として今後大いに考慮すべきであろう。

上述のようにカラマツ2代目不良造林地は、養分収支上における著しい有機酸欠乏が造林木に対するいろいろな障害を直接間接誘因し、また不適当な環境条件は有機酸の欠乏によつて起る障害をさらに助長し、森林生態系全体の均衡を破つた結果としてあらわれたものであり、これに対する根本的な対策は、失なわれた有機酸を速かに林地へ還元することによつて、健全な森林共同体の育成に努力することであると結論された。

り大きく、特に閉鎖的性質の強い楢林は2代目造林木を成育させるに余力のない場合もあるように思われた。

(4) 2代目不良造林地がこのような楢酸欠乏による障害であるかどうかを究明するため、2代目造林地において楢酸を主体とした施肥試験を行なったところ、土壌型はいかにかかわらず、標準施肥量より施肥量を高めれば、それだけ明らかなる効果が見られ、また5-6年生の造林木の追肥試験でも同様の結果があらわれた。なお、楢酸をないで糞葉と加里を標準量施用した場合、B1b型土壌においては明らかに生長減速がみられたことより、火山灰質土壌は特に楢酸が欠乏していることを示した。

(5) 一方土壌微生物は施肥量の増加とともにその数を増加するが、楢酸肥料のみの施肥量を増加させると、*Mortierella* 属が、糞葉の施肥量を増加させると *Penicillium* 属がきわめて著しく優勢となった。このような状態は生育終了期まで持続したが、またこれらの土壌菌類の増加割合は、造林木の生長量増加と相関がかなり高いのでさらに詳しい生理学的な検討が必要である。

以上のように、カラマツ2代目不良造林地は糞料取反上よりみて、楢酸の著しい欠乏に起因するいろいろなる障害と判断され、不適當な環境条件はこの障害をさらに助長していると考えられたので、失われた楢酸を速かに林地に還元し健全な森林生態系にもどすことが実行可能な対策と考えられた。

文 献

1. Aiko, P.L. & Stow, E.L. (1955): Soil characteristics and the growth of European and Japanese Larch in New York. *Jour. Forest.* 55 425-430
2. Atokch, D.G., Buchanan, J.R. & Baerono, G.R. (1955): Effect of soil acidification on vegetative growth and leaf composition of lemon trees in pot cultures. *Soil Sci.* 79 427-439
3. 赤井道男・浅田節夫 (1951): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第7報)、施肥による土壌微生物の変化 日林大講義集 71
- 4a. 赤井道男・浅田節夫 (1952): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第8報) 林分の物質循環と楢酸施用による土壌環境の改善 日林大講義集 72
- 4b. 浅田節夫・赤井道男 (1959): シンシウカラマツの忌地現象について (予報) 日林大講義集 69 343-345
5. 浅田節夫・赤井道男・中村健・高橋成直 (1960): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第1報) 調査林分の腐況と生長状態 日林大講義集 70 130-132
6. 浅田節夫・赤井道男・中村健・高橋成直 (1960): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第2報) 土壌腐敗と理化特性 日林大講義集 70 132-134
7. 浅田節夫・赤井道男・中村健・高橋成直 (1960): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第3報) 土壌微生物の分布状態 日林大講義集 70 134-136
8. 浅田節夫・赤井道男・中村健・村上浩二・高橋成直 (1961): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第5報) 調査林分の生長状態と土壌の性質について 日林大講義集 71
- 9a. 浅田節夫・赤井道男 (1961): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第6報) 造林地に対する楢酸の試験 日林大講義集 71
- 9b. 浅田節夫 (1962): カラマツ不良造林地の不良原因究明に関する調査研究報告 長野県林務局
10. Binesil (1932): Gedanken und Beobachtungen über die Lärche und ihre Waldbauliche Behandlung. *Silva* 1932 (2) 9-13 [日林誌 14 (8) 抄録]
11. Bingham, F.T. & Martin, J.P. (1955): Effects of phosphorus fertilization on the minor element nutrition of citrus studied with three types of soil series. *Calif. Agric.* 9 (6) 4-5
12. Bingham, F.T. & Martin, J.P. (1956): Effects of soil phosphorus on growth and minor element nutrition of citrus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20 382-385
13. Borner, H. (1955): Untersuchungen über phenolische Verbindungen aus Getreidestroh und Getreiderückständen. *Naturwiss.* 22 583-584
14. Borner, H. (1959): The apple replant problem I. The excretion of phloroglucin from apple root residues. *Canari. Boyer. Thonpison Inst.* 20 39-55
15. Buntz, W. (1959): Über organische Hemmstoffe und ihre Wirkung auf den Rohhumus. Ein Beitrag zum Problem der Bodenmüdigkeit unter Nadelholz. *Forstschrift* 30 (6) 105-110 [*Soil Forest. Abstr.* 21 (1) 11]
16. Furtner, P.W. & Ockenowen, J. (1955): Mineral nutrition and growth of eastern red cedar in Missouri. *Univ. of Missouri Agri. Exp. Stat. Res.* 16 577
17. Gassner, S.D. (1956) Biology of Root-infecting Fungi.

18. GUMAN, E. (1957): Fusaric acid as a wilt toxin. *Phytopath.* 47 342-357
19. GOEDWAAGEN, M. A. J. (1937): The relative weight of shoot and root of different crops and its agricultural significance in relation to the amount of phosphate added to the soil. *Soil Sci.* 44 185
20. GOODALL, D. W., GRANTLIP, A. E. & SLATER, W. G. (1955): Nutrient interactions and deficiency diagnosis in the lettuce. I. Nutrient interaction and growth. *Aust. Jour. Biol. Sci.* 8 (3) 301-329
21. 原田 誠 (1957): 苗木の生長と養分吸収に及ぼす土壌中の養分状態の影響 (第1報) 林試研報 103 69-80
22. 原田 誠 (1958): 苗木の生長と養分吸収に及ぼす土壌中の養分状態の影響 (第2報) 林試研報 108 83
23. 原田 誠 (1959): 苗木の養分含量に関する研究 (第2報) 在令別にみたカラマツの養分含量について 日林大講集 59 182-184
24. HAWESON, F. N. (1957): Re-establishing the peach orchard. *Penn. Agr. Exp. Sta. Prog. Rept.* 106 19-33
25. HAWESON, F. N. (1957): Re-establishing the peach orchard. The influence of various nutrient solutions and fertilizers on the growth and development of one year peach trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 69 122-124
26. 平井重三・平野 暎 (1949): イチヂク忌地に関する研究 (第1報) 園研集 4 96-102
27. 平井重三・平野 暎 (1949): イチヂク忌地に関する研究 (第2報) 園研集 4 103-110
28. 平井重三 (1955): 熊の忌地に関する研究 (第1報) 林学発表要旨 5 6-10
29. 平野 暎 (1951): 熊の忌地に関する研究 (第2報) 園研集 7 13-17
30. 平野 暎 (1955): 熊の忌地に関する研究 (第2報) 園研集 7 13-17
31. 吉川 忠 (1961): 苗木の生長生理に関する研究 苗木の株に含まれる養分元素について 日林大講集 71
32. 今岡六也 (1960): 苗木の土壌病害の生態 日林大講集 25 113-1133
33. 今岡六也 (1959): 野山山間有林カラマツ造林不良地についての植樹的レポート 長野営林局
34. JOHANSON, F. D. (1950): A preliminary report on the incidence of two types of plant parasitic nematodes on peach in Connecticut. *Storrs Agr. Exp. Sta. Univ. Conn. Inf.* 10
35. 河田 弘 (1961): カラマツの地下部の構造に関する研究 日林大講集 71
36. 河田 弘 (1961): カラマツのナラタケ類の発生に及ぼす環境因子の影響 (中間報告) 農林水産省 議事録資料
37. 植田英・岩崎隆助 (1943): 岳州密柑の連作に関する研究 (第1報) 園学雑誌 14 7-14
38. 吉良范夫 (1950): 森林生態学 (I)
39. 栗原昭夫 (1955): 果樹の忌地に関する最近の研究 農学及園芸 33 315-319
40. 熊代哲巳 (1959): 火山灰土壌に生育する果樹に対する果樹の肥料について (第2報) 園学雑誌 28 306-309
41. LAWE, R. (1932): Der Standort der Lärche innerhalb und ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes. *Forstwiss. Cent.* 54 15-35 38-56 77-87 [日林誌 14 (3) 687 抄録]
42. LAWE, R. (1933): Lärchen wachstum und Boden I. Forstliche Wochenschrift. *Silva.* 21 233-237 [日林誌 15 (11) 1110 抄録]
43. MAEOWICK, H. A. I. & OWENSON, J. D. (1959): The chemical composition of precipitation in adjacent forest and open plots. *Forestry* 32 14-22
44. 松井勝・林哲一 (1951): カラマツ不良造林地調査報告 局報 8 長野営林局 34-37
45. MARTIN, J. P. (1950): Effect of various leaching treatments on Growth of orange seedlings in old citrus soils. *Soil Sci.* 69 433-442
46. MARTIN, J. P., KUORI, L. J., DEWAR, T. A. & EVANS, J. O. (1956): Influence of some common soil fungi on growth of citrus seedlings. *Soil Sci.* 81 259-267
47. 前 一三 (1955): 吸塵器に関する基礎的研究と信州地方カラマツ採取後の影響 吸塵器調査業務研究資料 12
48. 守屋重政・水野芳雄 (1925): 酸性土壌に対する樹木の抵抗について 林試報 26 1-24
49. 中村健・高橋成直・島崎祥緒 (1958): カラマツ2代目不良造林地の土壌学的考察 (第1報) 信大農研報 6 1-14
50. 中村健・高橋成直・中村道男 (1960): カラマツ2代目不良造林地に関する研究 (第4報) 日林大講集 70 135-138
51. NEWS, A. (1937): The effect of a one-sided N fertilization upon the growth of spruce in forest nurseries. *Amer. Acad. Scienc. Agr.* 12 82-47 [G. J. For. Fertilization (1956) 156]
52. 野本竜雄・久保田正夫・久保田了元 (1956): 酸性土壌における石灰、燐肥の施用をめぐる問題 (第1報) 日林大講集 2 81
53. 野本竜雄・久保田正夫 (1956): 酸性土壌における石灰、燐肥の施用をめぐる問題 (第3報) 日林大講集 2 23
54. 大沢正隆 (1960): カラマツの造林について 山林 913 14-19
55. 大沢正隆・河田弘・河田明子 (1957): 森林土壌微生物に関する研究 林試報 95 1-70
56. OBUKI, J. P. (1953): Fundamentals of Ecology.
57. OWENSON, J. D. (1956): The chemical composition of tree leaves of different tree species at Bedgebury as percentages of the oven-dry weight. *Forestry* 29
58. OWENSON, J. D. & MAEOWICK, H. A. I. (1953): The sodium, potassium and phosphorus contents of tree species grown in close stand. *The New Phytologist* 57 273-284
59. OWENSON, J. D. & MAEOWICK, H. A. I. (1959): The growth and composition of natural stands of birch. 1 *Dry matter production. Plant & Soil* 10 271-283
60. PARNICK, Z. A. (1955): The peach replant problem in Ontario II. Toxic substances from microbial decomposition products of peach root residues. *Canad. Jour. Bot.* 34 (5) 461-485
61. ROZEMARINE, E. L. & GILMORE, A. E. (1941): The relation of peach root toxicity to the reestablishing of peach orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 38 21-26
62. REED, H. S. & HALL, A. R. C. (1923): Growth and composition of orange trees in sand and soil culture. *Jour. Agr. Res.* 24 301-304
63. RUMER, K. (1931): Beiträge zur Verbreitung und waldbauliche Behandlung der Lärche. *Theor. Forstl. Arb.* 82 (3) 153-210 (日林誌13 (4) 抄録)
64. RUSSELL, E. J. & RUSSELL, E. W. (1950): Soil Condition and Plant Growth.
65. SHANNON, L. M. & CURR, E. G. (1954): Some experiences with replanting peach in New Jersey. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 63 151-155
66. SCHÖNER, R. (1953): Die Japanische Lärche.
67. 芝本武夫・川名明・高橋光枝・丹下毅 (1955): 樹根欠陥がスギ・ヒノキの水根前面の光合成および

Studies on Inferior Stands of 2nd Reforestation of Larch

By Setsuo Asada

Summary

As the planted areas of Japanese Larch (*Larix Leptolepis* Gordon) increase, a phenomenon that the growth of 2nd reforestation larch stand is extremely inferior to that of 1st stand has been caught sight of by the foresters in Nagano prefecture.

This paper aims to analyse 2nd inferior stands and to extract injurious factors from them and finally to find a fundamental plan from a view of forest ecosystem.

As a result of the investigation of 2nd stand amounting to 58 in number, in Nagano prefecture, in March 1959, about two thirds of them were found to be inferior stands.

Of 2nd inferior stands adjoining 1st stands and similar in environment 11 stands were taken at random, and compared with 1st stands.

The results were as follows;

(a) In 2nd stands, 2 or 3 years after plantation, decrease of growth was found remarkable, then dead trees appeared, their average growth volume became extremely lower than that of 1st ones, and finally we could not hope for afforestation there again.

(b) Judging from the cross-section of the stumps still existing in 2nd reforestation stands, the growth volume of 1st stand seems to have been corresponding to that of 1st or 2nd class larch stands.

(c) On analysis of sample trees, as compared with 1st stands, the height growth of 2nd stands were generally found to be lower, the development of their root system much worse, and showed of a flat root system type in extent 0-15cm deep.

(d) Soil types of most stands investigated were generally of a B1b type or Bb type, and there seemed no difference between 1st and 2nd stands in physical, especially permiative quality of soil.

(e) Through careful analysis of chemical nutrient in both soil and standing crop, it was found that N, P and K of 1st stand soil were generally higher than those of 2nd, and 2nd stand soil especially in case of black soil type, contained a

- 呼吸作用におよぼす影響について (平林) 日林大講義 64 175-176
68. 四手井輝夫・塩田勇 (1950): カラマツ苗の立枯病罹病度に及ぼす施肥量の影響 (平報) 日林誌 32 195-197
69. 四手井輝夫 (1954): 森林の虫害と凍結による崩壊について 信州山地研究 9 1-12
70. 鳥 俊雄 (1949): 浅間山ろくにおけるカラマツ林土壌の2, 3の性質について 日林誌 31 6-13
71. 高橋達郎・吉田大輔 (1955): タバコ産物の栄養に及ぼす各種イオンの相互作用について (第2報) 日土肥 26 (4) 11-14
72. 滝島康夫・林 武 (1959): 作物の忌地性に関する研究 (第2報) 農業公園誌 34 (9) 1417-1418
73. 滝島康夫・林 武 (1959): 作物の忌地性に関する研究 (第3報) 農及園 34 (10) 1573-1574
74. 武田京一・井上隆・水田隆 (1951): 富士山腹の造林不成地地に於ける一観測 農業気象 6 83-87
75. Thomson, L. M. (1957): Soils and Soil fertility.
76. Van Gooch, C. P. (1953) The influence of nitrogen on the growth of Japanese larch. *Plant and Soil* 5 29-35 (*c.f. For. fertilization* (1956) 267-268)
77. 田部 川 (1960): 土壌病源菌除去に関する基礎研究 I 栽培作物の腐菌が土壌センチュウ類, 細菌類及び菌類の周年消長に及ぼす影響について (平報) 北陸病虫研究会報 8 98-100
78. 内田文夫・津田清治 (1953): カラマツにおける過量施肥による腐敗肥料に関する研究 日林北支誌 2 26-28
79. 竹内庄太郎 (1951): 浅間緑地帯私見 造林技術研究 長野県林局 19-20
80. Waksman, S. A. (1927): Principles of soil Microbiology.
81. Waksman, S. A. (1944): Three decades with soil fungi. *Soil Sci.* 58 89-115
82. Wehner, R. L. & Purvis, E. R. (1954): Mineral composition of apple leaves in relation to available nutrient content of the soil. *Soil Sci.* 77 215-218
83. 山内淳文夫 (1959): 植樹技術に関する最近の動向から 造林技術研究集録 前橋県林局 1-18
84. 西大宮および信大合同調査班: 森林の生産力に関する研究 第II報 信州カラマツ林について 日林誌 9 1964

great deal of either Al or Fe with which P was likely to combine.

If we draw a border-line distinguishing a district of snow falling above 50cm deep for a year, from a snowless or freezing district on the Nagano prefecture map, 2nd inferior stands often make appearances in the latter district.

But in such a snowless or freezing district, if 2nd stands still give good growth, it is due to the fact that their mountain slopes are generally very steep, and the saturated soil water melted in late spring flows down the slopes so rapidly and outwardly that their root system does not greatly suffer from dumping-off disease.

A careful analysis using flat dilution solution method, showed considerable *Penicillium*, *Trichoderma* and *Mortierella* in Larch stand soil, but in 2nd inferior stands the soil microflora always fewer in sort and number, besides showed there 2 or 3 species of *Fusarium* often giving rise to dumping-off disease.

On a test of root rot resistance, about surface and deeper layer soil of both 1st and 2nd stands, in a surface layer the resistance degree of 2nd was far lower than 1st, but in a deeper layer there was no difference between them.

For the purpose of increasing the resistance degree of 2nd stands, we tried to add much lime material to it, to sterilize by heat, and to mix up their upper and lower layers, but no effective results were obtained.

Putting together above results, it seems that 2nd stands are generally inferior to 1st stands, that those soil microfloras are extremely more inactive than those of 1st.

These facts seem due to break-down of nutrient circle from view of forest ecosystem.

So analysis of the nutrient matters of 2nd stands clear cutting of which had already been over was carried out.

(a) Total amount of N in timber and others of 1st stands which have already been carried away from the forests to the outside was negligible small in comparison with that of 2nd stand soil itself.

(b) On the contrary, total amount of P and K were not so lower than those of 2nd stand soil itself.

Besides P generally showed a close system in nutrient circle.

Consequently, we found that P contained in 2nd stand soil is insufficient for its growth.

Since it became clear, as presumed, that such inferior growth of 2nd stands was due to the lack of soluble phosphorus nutrient in the soil, we attempted a phosphorus fertilizer test on the same soil.

The results were as follows:

(a) The more phosphorus fertilizer to 2 or 3 year trees we gave, the greater

they grew.

(b) The same results were seen also in case of 5 or 6 year trees.

(c) If the trees in the black soil were given a certain amount of fertilizer containing N, K but not P, they grew little.

Therefore, in case of black soil type, the lack of phosphorus nutrient was proved.

As the degree of fertilizer raised, number of soil micro-flora increased. The fact is that raising a phosphorus fertilizer only, *Mortierella* came out predominant, raising nitrate only, *Penicillium* predominant, and those micro-floras were likely to multiply till the end of growing season.

Thus there was found a considerable correlation between soil micro-flora and growth volume of forest.

Under these results, it can only be said with certainty that 2nd inferior stands are an undesirable phenomenon which originates from lacking a phosphorus fertilizer and also from bad environment.

Therefore, from the point of forest ecosystem, it is essential to bring back immediately the lost phosphorus nutrient to 2nd stand soil, and to complete the nutrient-circle ring.

