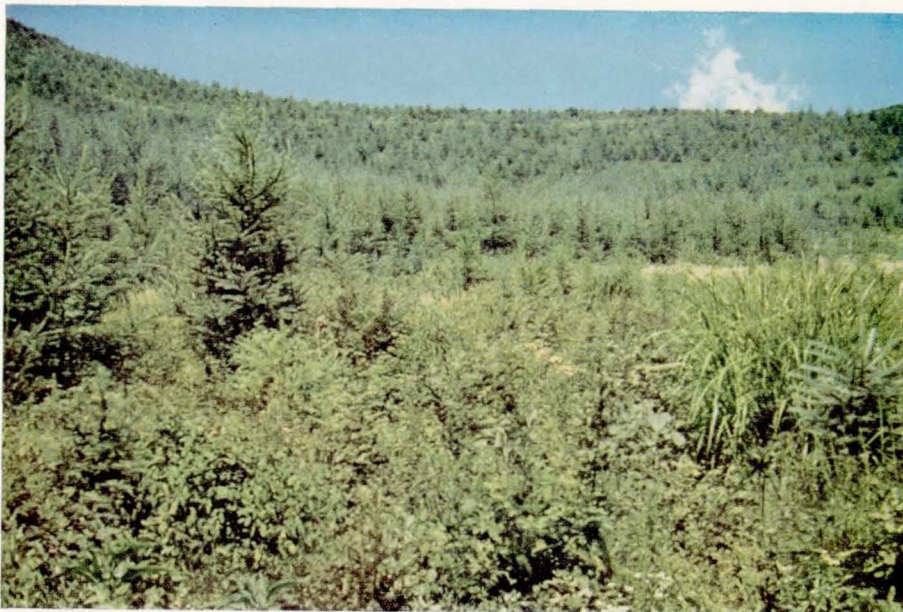




長野県高遠町藤沢地区カラマツ林　ススキなどの茂る手前の傾斜した地形で、生長不良のため疎に見える林が2代目、そのすぐ後の同一傾斜地の密な林が1代目。(本文8頁参照)



長野県南佐久郡八千穂地区カラマツ林　上記の林にくらべ、カラマツの枯死が多く、草生地となった林が2代目、その林のすぐ後の密な林が1代目。(本文5頁参照)

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

Setsuo 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 標準木解析	16
§ 2 林地土壌の解析	20
1 土壌の理化学性	20
2 土壌の化学性	22
3 土 壌 凍 結	25
4 レムナーテスト	32
5 土 壌 微 生 物	33
§ 3 討 論	37
第3章 カラマツ2代目不良造林地の要因追究	41
§ 1 根腐病試験	41
§ 2 磷酸施用試験	44
1 黒色火山灰質土壌の場合	44
2 かつ色森林土壌の場合	46
3 磷酸施用と土壌微生物の変化	48
§ 3 討 論	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っ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・スギよりはるかに低かった。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つた。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・ヒノキなどの先進林業地において問題視されるようになってきたが、それら樹種の生長量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ともなう林地の無機養料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ている。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つたので、長野県では以前からカラマツの2代目造林はさ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。すなわち大政は2代目造林の不成績地はもともとカラマツ造林にかならずしも最良の適地でなかつたようであると述べている。しかし立地条件のいかに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つたとはいえないようである。ただ、2代目不良造林地の解明に対する一つのみかたとして、カラマツの適地そのものについての検討⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁸⁾⁴⁵⁾⁸⁰⁾⁸¹⁾は必要であらう。

また、この問題に対する重要性について中村(賢)はカラマツの2代目造林の適不適はど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っている(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ないが、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析として、今まで行なわれてきた主なものは次のようであつた。すなわち今関³²⁾、河田³⁶⁾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因子と考え、今関はその発生誘因について防疫学的見地から考察し、河田は土壤環境とくに地形と水分両条件を重視し、ナラタケ病害の多い立地条件を指摘して、1960年以来上田営林署管内において現地試験を行なっている。

また中村(健)は土壤の物理性および化学性をしらべた。浅田⁴⁹⁾ほかはカラマツ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実施し、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つきとめた。⁸⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾

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ければならない。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使い、“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者によつて、それぞれ専門

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されていない。とくに養料循環系よりみて正常な生育を続けていたカラマツ林が伐採され、そこに次代のカラマツが造林されると、多くの林分が正常な生長をし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されているはずであり、それ故本研究は直接林木のみならず、それが生育する基盤をもふくめた森林生態系全般にわたって解析し、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ともない、とくにカラマツが大面積に造林されるようになってきたため、ますます2代目造林の不安は大きくなりつつある。したがっ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示を仰ぎ、計画、実施ならびにとりまとめには同大学堤利夫助教授、信州大学赤井竜男助教授の全面的な御援助を得た。

さらに実態調査で御支援と激励を与えられた方々は、長野県前林務部長中田幸吉、長野営林局前経営部長金井太郎、同川野秀雄、長野県林務部伊藤良一、渡辺相吉、橋爪是一、石川豊治、長野営林局前計画課長光本政光、同前造林課長山口武、長野県南佐久、北佐久、上小、松筑、諏訪、上伊那各地方事務所林務課長、長野営林局白田、大町、長野、伊那各営林署長の諸氏である。

つぎ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、北佐久郡望月町、諏訪市、茅野市、上伊那郡河南村、高遠町、松本市の森林組合長および各市町村担当県林業改良指導員の諸氏である。

またレムナーテストの調査は大阪市立大学吉良竜夫教授、同生島義夫教官の御援助により行なわれ、樹体養料の分析資料は林業試験場刈住昇技官の御好意により拝借した。

さらに東京大学嶺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笹多久男技官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3月末に県下国有林、民有林における2代目造林地の分布状況を長野営林局、長野県林務部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。

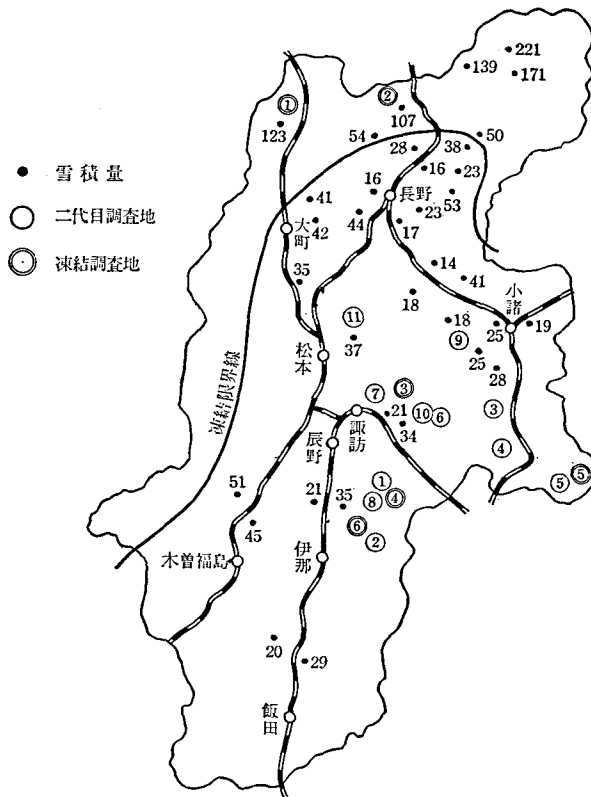
第1図Ⅰ、Ⅱから明らかなように、各調査林分はそれぞれ中部山岳地帯におけるカラマツの天然分布区域といわれている1,000~2,000mの地域に一般に造林されており、かつその林地の大部分は、火山灰質土壤地であることがわかった。

つぎに第1表より長野県下では主として民有林に2代目造林地が多く、その約75%が不良林分であることがわかったが国有林ではまだ多くみられないようである。これは国有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ることも理由の一つであろう。

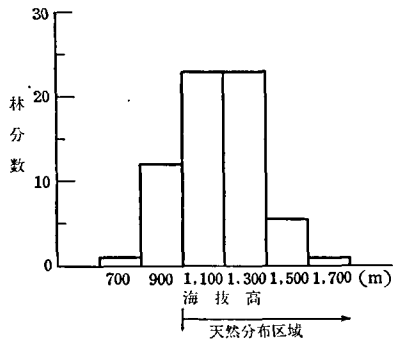
これを地区別にみると、第2表より長野県を北信、東信、中信および南信の4区にわけると2代目不良造林地のとくに多い地区は東信—中信—南信の線上に（第1図参照）あること

第1表 2代目造林地の長野県下の分布

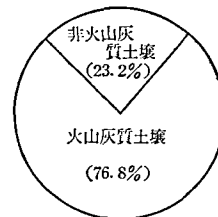
所有形態	不良林分	優良林分	計
民有林	48箇所	14箇所	62箇所
国有林	4	3	7
計	52	17	69



条1図I 試験地区一覧



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 ^{註1)}	34個所	12個所	46個所
北 信 地 区 ^{註2)}	5	3	8
中 信 地 区 ^{註3)}	7	2	9
南 信 地 区 ^{註4)}	6	0	6
計	52	17	69

註1) 東信地区とは南・北佐久，小県郡をいい，

註2) 北信地区とは更級，埴科，上・下水内，上・下高井郡をいい，

註3) 中信地区とは東・西筑摩，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，今後その地域の数にはさらに増加することになるろう。

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^{の3)}

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営林局ならびに長野県林務部をとおして行なつた1959年3月末現在の調査資料にもとずき，地方別にそれぞれ代表的な地区を選んだ（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照地としては2代目造林地に隣接し傾斜，方位，土壤などの立地諸条件と植付け年月のほぼにたような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関係はつぎのようであつた。

(1) 長藤地区（海拔高860m）——1959年5月20日調査

2代目造林地は生長良好な1代目造林地に直接続いた下部にあつて，同時期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) 河南地区（海拔高860m）——1959年5月27日調査

2代目造林地は河川的作用によつてできた水積土であつたが同じ土壤条件の1代目造林地は適当なものがみあたらなかつたため，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) 臼田地区（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，カラマツを皆伐すると同時に付近の広葉樹も一諸に伐採し，

第3表 地況および

分類	長 藤 地 区		河 南 地 区		
	2代目林分	1代目林分	2代目林分	1代目林分(1)	1代目林分(2)
所在地	上伊那郡高遠町大字長藤	左に同じ	上伊那郡河南村大字小原字大沢	上伊那郡河南村大字小原字大沢屋敷 ³⁴	上伊那郡河南村大字小原字大沢
面積 (ha)	0.05	0.2	0.6	0.17	30.0
林分の成立状況	前生樹	アカマツ	カラムツ	コナラ, クスギ	アカマツ
	前生樹の伐採年月	1950	1953	1954	1950
	植付け年	1952	1954	1955	1951
	山出苗の年	2年生1回床替	2年生1回床替	左に同じ	左に同じ
	植付け本数 (ha)	3,000	3,000	〃	〃
造林保育方法	植付け後3年間下刈り 除伐1回	〃	固形肥料1本につき4~5ヶ 下刈り年1回		植付け後3年間 下刈り
生長状態	不良	良	不良	良	良
生長不良の現 われた時期	植付けの翌年		植付けの翌年		
方位	南 東	左に同じ	北	東	西
傾 斜	35°	38°	7°	5°	5°
斜 面 型	下降斜面	左に同じ	平衡斜面	左に同じ	下降斜面
基 岩	片 麻 岩	〃	花 崗 岩	〃	左に同じ
植 生	クサシバ, ススキ ワラビ, フキ, ヨ モギ, オドリコソ ウ, ヤブレガサ, アザミ, ウツギ, ニワトコ, アカマ ツ, サワグルミ, フジ, コナラ, ク リ, コゴメウツ ギ, ウルシ, ヤマ ブキ, イボタ, ニ シギ, ウコギ, カマツカ, マユミ ヤマウグイスカ グラなど	ススキ, クサシ バ, ワラビ, ア ザミ, アカソ, オトギリソウ, ノコンギク, ヒ ヨドリバナ, リ ュウノウギク, コゴメウツギ, クリ, コナラ, アオハダ, ノリ ウツギ, スルデ, アケビ, ウコギ など	クサシバ, ワラビ, ヨモギ, タケニグ サ, イタドリ, ス イバ, イボタ, ア ブラチャン, ヤマ ウグイスカグラ, クサボケ, ヤマブ キ, ノイバラ, レ ンゲ, ツツジ, サ ルトリイバラ, ウ ワミズザクラなど	クサシバ, オドリ コソウ, ヤマユリ, ヨモギ, アザミ, タケニグサ, ス キ, シラカンバ, ヤマウグイスカ グラ, ヤマブキ, サ ルトリイバラ, イ ヌエンジュ, ニシ ギ, ヤマグラ, ホオノキ, イボタ, ウワミズザクラ, ハリギリ, ガマズ ミ, サワグルミ, ソヨゴ, アカマツ など	ヨモギ, フキ, クサシバ, スス キ, イボタ, ウ ラジロレンゲツ ツジ, ヤマウグ イスカグラ, ツ ノハシバミ, コ ナラ, エゴノキ, フジ, ニシギ シラカンバ, ア ブラチャン, ア ケビ, ニガイチ ゴ, ウツギ, ツ ミなど

林況調査表 I

白 田 地 区		八 千 穂 地 区		川 上 地 区	
2代目林分	1代目林分	2代目林分	1代目林分	2代目林分	1代目林分
南佐久郡白田町 大字一ノ久保	左に同じ	南佐久郡八千穂村 大字八郡	左に同じ	南佐久郡川上村大 字大深山狐原	左に同じ
20.0	1.0	0.2	5.0	0.33	0.33
カラマツ	アカマツ	カラマツ	薪炭林	カラマツ	カンバ, クリ
1953~1954	1954	1953	左に同じ	1952	1954
1954~1955	1955	1954	〃	1954	1955
2年生1回床替	左に同じ	2年生1回床替	〃	2年生1回床替	左に同じ
3,000	〃	2,500	〃	3,000	2,500
植付け後3年間 下刈り	〃	火入れ地ごしらえ 植付け後4年間下 刈り	〃	植付け後毎年下刈 り	除伐2回
不 良	良	不 良	良	不 良	良
植付けの翌年		植付けの年		植付け後2年目頃	
西	北	南 東	東	南 西	南 東
2°	5°	5°	左に同じ	22°	13°
複合斜面	下降斜面	平衡斜面	〃	平衡斜面	左に同じ
安山岩	左に同じ	安山岩	〃	中世層	〃
ヨモギ, ススキ, ワラビ, コナラ, ヤマウグイスカ グラ, マルバハ ギ, アカマツ, サ ルトリイバラ, クマザサ, レン ゲツツジ, ウワ ミズザクラなど	ススキ, クサシ バ, シダ類, コナ ラ, ヤマウルシ, ニシキギ, ヤマ ウグイスカグ ラ, コバノガマ ズミ, クマザサ, マルバハギ, ウ ワミズザクラ, イボタ, アケビ, イヌザンショウ など	イタドリ, クサシ バ, オドリコソウ, キハダ, ウラジロ イチゴ, ニガイチ ゴ, シラカンバ, ヅミ, マルバハギ, クリ, カシワなど	トラノオ, カラマ ツソウ, ゲンノシ ョウコ, ワラビ, クマイチゴ, ノイ バラ, ヅミ, シラ カンバ, キハダ, ノブドウ, クマヤ ナギ, イボタなど	ワラビ, アザミ, ワレモコウ, オミ ナエシ, クサシバ, マルバハギ, ヤエ ガハカンバ, イヌ コリヤナギ, ハシ バミ, クリなど	ススキ, ワラビ, アザミ, ワレモ コウ, オミナエ シ, クサシバ, マルバハギ, ヤ エガハカンバ, イヌコリヤナ ギ, ハシバミ, クリなど

第3表 地況および

分 類	北 山 地 区		諏 訪 地 区		藤 沢
	2代目林分	1代目林分	2代目林分	1代目林分	2代目林分
所 在 地	茅野市北山大字 柏原	左に同じ	諏訪市字大見山 12966の1	左に同じ	上伊那郡高遠町大 字藤沢字松倉峠峯
面 積 (ha)	0.3	0.1	2.5	0.15	14.0
林分の成立状況	前生樹	カラマツ	採草地	カラマツ	原 野
	前生樹の伐採年月	1949	—	1952	1951
	植付け年	1953	1952	1954	1952
	山出苗の年	2年生1回床替	左に同じ	2年生	左に同じ
	植付け本数 (ha当り)	3,000	3,200	3,000	〃
造林保育方法	1959年苦土石灰 0.1ha当り75kg 使用		3年間下刈		下刈年1回 補植1954年 部分的
生長不良の現 われた時期	不 良	良			植付け後3年目
生 長 状 態	植付けの翌年		中	良	不 良
方 位	東	東	東	南	北 西
傾 斜	6°	7°	32°	5~10°	25°
斜 面 型	下降斜面	左に同じ	平衡斜面	下降斜面	下降斜面
基 岩			輝石安山岩		片 マ 岩
植 生	ヨモギ, ススキ, カラマツソウ, アケビ, クロウ メモドキ, ヒョ ウタンボク, ノ イバラ, ツルウ メモドキ, カエ デ, ミツバ, ウ ツギなど	ツリフネソウ, フキ, アザミ, ススキ, イタド リ, クマヤナギ, ノイバラ, アカ ソなど	サルナシ, バイカ ウツギ, キイチゴ, ウコギ, ノブドウ, アブラチャン, マ タタビ, ゴヨウア ケビ, ウド, タラ ノキ, イタドリ, ヨモギ, サンカク ヅル, スルデ, ヤマ ウグイスカグラ, ミツバウツギ, ワ ラビ, アサヒカエ デ, クリ, ノリウ ツギ, ヤマザクラ, ヤマブキ, クマヤ ナギ, アケビ, ク ワ, ダンコウバイ, シラカンバ, カヤ など	サルトリイバラ, スルデ, クロウメ モドキ, ヤマブキ, ノブドウ, サンカ クヅル, サンショ ウ, ヤマブドウ, ゴヨウアケビ, フ ジ, ウコギ, サク ラ, ササ, カヤ, ミツバアケビ, ノ ギク, ミツバウツ ギなど	ヨモギ, アブラチ ャン, ルリミノウ シコロシ, マユミ, ヅミ, ウツギ, ア キグミ, アケビ, イボタ, シラカン バ, バイカウツギ, ヤマウグイスカグ ラ, ノイバラ, メ ギ, サルトリイバ ラ, カマツカ, オ カトラノオ, シシ ウド, ススキ, ゴ ヨウアケビ, ツル ウメモドキ, ニシ キギ, ガマヅミ, クロウメモドキ, ウラジロイチゴ, ノリウツギなど

地 区	望 月 地 区		茅 野 地 区		松 本 地 区	
1代目林分	2代目林分	1代目林分	2代目林分	1代目林分	2代目林分	1代目林分
左に同じ	北佐久郡望月町 大字協和字蓬久保	左に同じ	茅野市大字北 山字丸出3258 ・3257	左に同じ	松本市入山辺 字唐沢	左に同じ
	0.4	0.1	0.07	0.3	約25	約0.3
ナラ, クリ	カラムツ	ナラ, ザツ	カラムツ	ザ ツ	カラムツ	ザ ツ 木
1953	1955	左に同じ			1958	1956~1957
1954	1951	〃	1953	1951	1958	1957
2 年 生	1回床がえ2年生	〃			2 年 生	左に同じ
左に同じ	3,000	〃	左に同じ	左に同じ	3,000	〃
	下刈4回 年1回筋刈	〃	下刈年1回	〃	毎年1回実施 補植毎年行な ったが枯死	毎年1回実施 翌年1回実施
	植付け後2年目				植付け翌年	
良	不 良	良	不 良	良	不 良	中 庸
左に同じ	東 南	南 南 東	東 北 東	東 北 東	南 南 東	南 南 東
25°	10°	10°	20°	20°	30°	32°
下降斜面	下降斜面	左に同じ	上昇斜面	左に同じ	下降斜面	左に同じ
左に同じ	安 山 岩	〃	火 山 岩	〃	火 山 岩	火 山 岩
シラカンバ, マユミ, ハナイカダ, ガマツミ, ウツギ, ヤマウルシ, ツノハシバミ, サワフタギ, ミズキ, ウラジロイチゴ, ノイバラ, イボタ, アブラチャン, ノブドウ, エビヅル, ズミ, ヤマウグイスカグラ, クマヤナギ, ゴヨウアケビ, ウワミズザクラ, キイチゴ, クマザサ, マメザクラ, サルナシ, カマツカ, ヤマアジサイ, ヒヨドリバナ, アサヒカエデ, シラクチヅルなど						

翌年一斉に植付けたので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低まつた場所に存在し、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る以前は水路を設けた採草地であつて、1代目造林地は2代目造林地のすぐ下側に続いて存在した。

(7) 諏訪地区(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代目造林地の隣りに1代目造林地が続いて存在し、方位、傾斜ともに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) 望月地区(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代目の造林地が接して存在し、良好な調査地であつた。

なお以上のほか、茅野・松本両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個所も少なくなかつた。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明らかになることが多かつた。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代目造林木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、斜面型、基岩などの差によるものではないように思われた。また植生には明らかでないが認められないようであつたが一部の草本植物には指標となるようなものがあるかも知れない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個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、標準木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関係者の話を総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のことが多い傾向が認められた。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回にわたつて補植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個所が多くみられた。

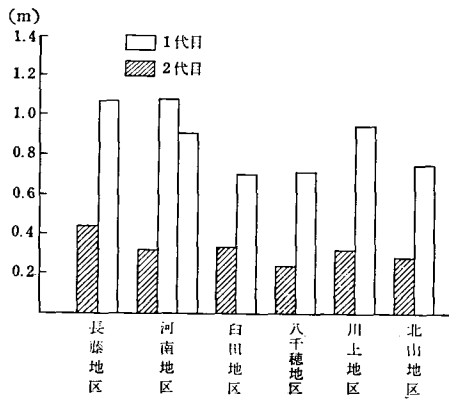
以上のことから、カラマツの 2 代目造林地は造林木の枯死が多く、1 代目に比較して残存本数が著しく減少する傾向がみられた。

同じ地区の 1 代目、2 代目の標準地は大体同一樹令であるよう選定したので、林分の平均樹高はそれぞれ地区ごとに比較検討できる。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根際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。

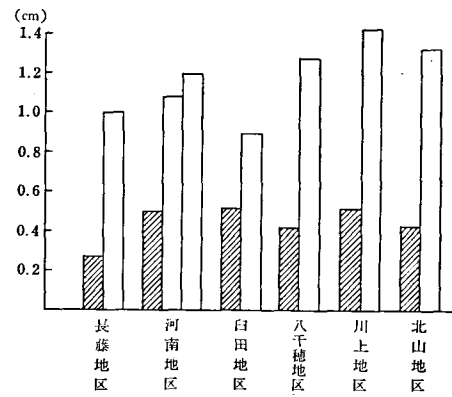
その結果、第 4 表から明らかなように 2 代目林分は 1 代目林分に比較して樹高、直径ともに小さく、生長量の減退はきわめて著しかった。この関係をさらに明らかにするため樹高と直径のそれぞれの総平均生長量を第 2 図に示した。

第 4 表 標準地調査表 I

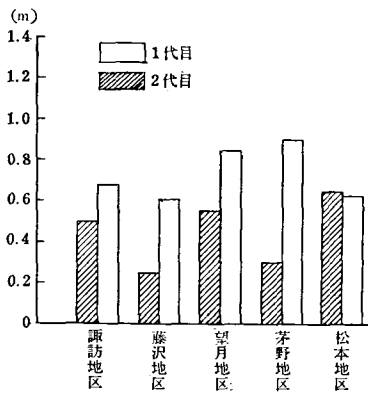
調査地	林 分	植付け 後年数	植付け本数	残存本数	枯死率	平均樹高 (平均生長)	平均直径 (平均生長)	備 考
			本/ha	本/ha	%	m	cm	
長藤地区	2 代目	7	3,000	1,200	60	3.1(0.44)	1.9(0.27)	胸高直径
	1 代目	7	3,000	1,600	47	7.5(1.07)	7.0(1.00)	〃
河南地区	2 代目	5	3,000	1,900	37	1.6(0.32)	2.5(0.50)	地際直径
	1 代目(1)	4	3,000	2,300	23	4.3(1.08)	4.0(1.08)	胸高直径
	1 代目(2)	8	2,500	2,000	20	7.3(0.91)	9.6(1.20)	地際直径
臼田地区	2 代目	4	3,000	2,100	30	1.3(0.33)	2.1(0.52)	〃
	1 代目	4	3,000	2,200	27	2.8(0.70)	3.6(0.90)	〃
八千穂地区	2 代目	5	2,500	1,300	48	1.2(0.24)	2.1(0.42)	〃
	1 代目	5	2,500	2,400	5	3.6(0.72)	6.4(1.28)	〃
川上地区	2 代目	5	3,000	2,500	14	1.6(0.32)	2.6(0.52)	〃
	1 代目	4	2,500	2,200	12	3.8(0.95)	5.7(1.43)	〃
北山地区	2 代目	6	3,000	1,100	37	1.7(0.28)	2.5(0.43)	〃
	1 代目	7	3,200	3,200	0	5.2(0.75)	7.9(1.13)	〃
諏訪地区	2 代目	6	3,000	1,900	37	3.1(0.52)	2.5(0.42)	〃
	1 代目	8	3,000	2,300	23	5.3(0.66)	5.8(0.73)	〃
藤沢地区	2 代目	6	3,000	1,400	0	1.5(0.25)	2.4(0.40)	〃
	1 代目	6	3,000	3,000	0	3.7(0.62)	5.2(0.86)	〃
望月地区	2 代目	4	3,000	1,900	37	2.2(0.55)	3.1(0.78)	〃
	1 代目	4	3,000	2,500	17	3.4(0.85)	4.5(1.13)	〃
茅野地区	2 代目	7	3,000	1,300	57	2.1(0.30)	2.6(0.37)	〃
	1 代目	9	3,000	2,200	27	8.2(0.91)	7.6(0.84)	〃
松本地区	2 代目	3	3,000	500	83	1.9(0.64)	2.9(0.95)	〃
	1 代目	4	3,000	2,200	27	2.5(0.62)	3.4(0.86)	〃



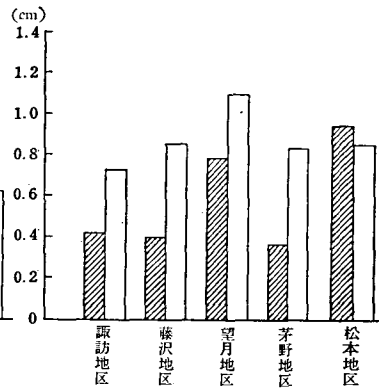
第2図I 総平均樹高生長量



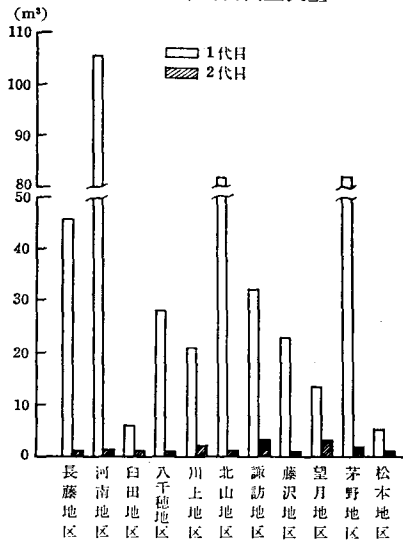
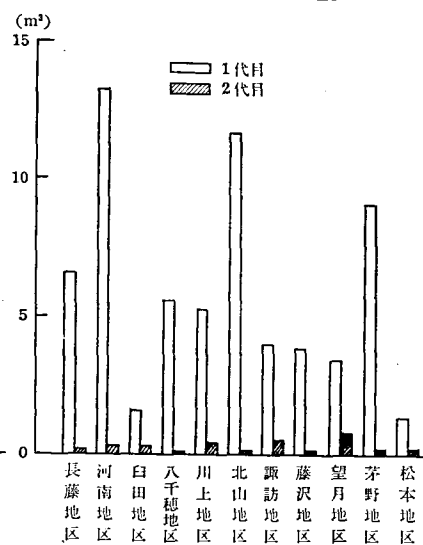
総平均直径(地際)生長量



第2図II 総平均樹高生長量



総平均直径(地際)生長量

第3図 幹の林分現存量 (m^3/ha)第4図 幹の総平均生長量 (m^3/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。

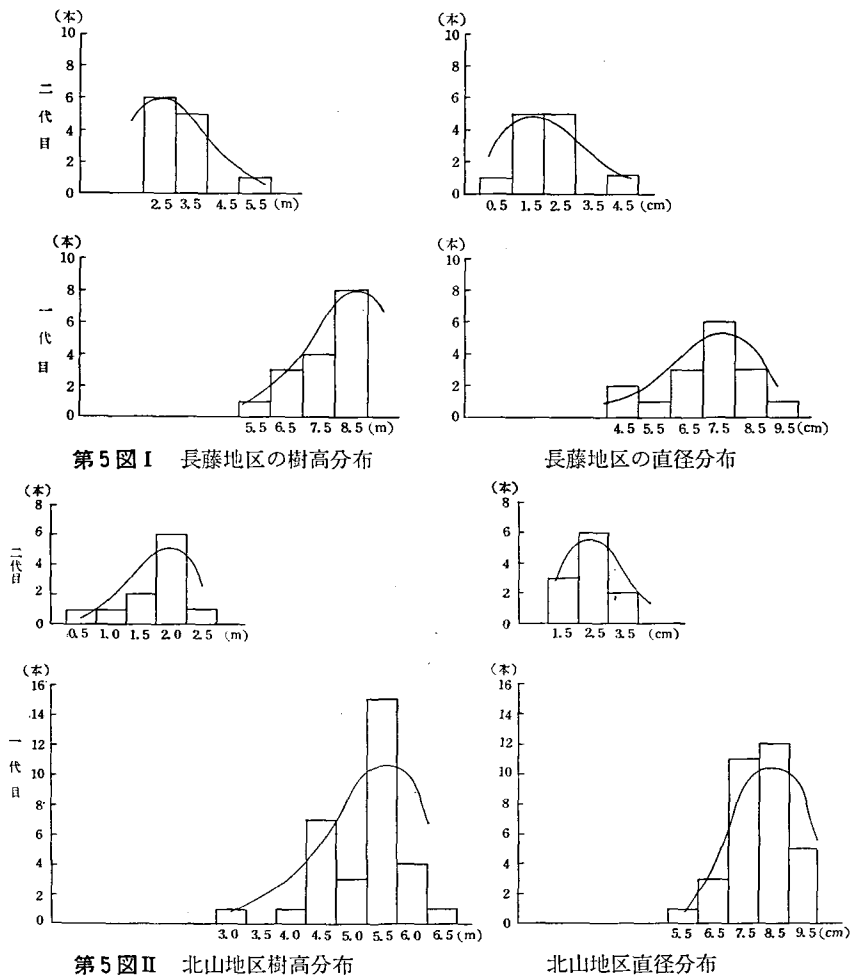
しかし松本地区のように 2 代目林分の生長量が単木では 1 代目よりかえって良いようなこともあったので、これを林分現存量（便宜上 ha 当り円柱材積合計で示す）で示せば第 3 図のようになった。

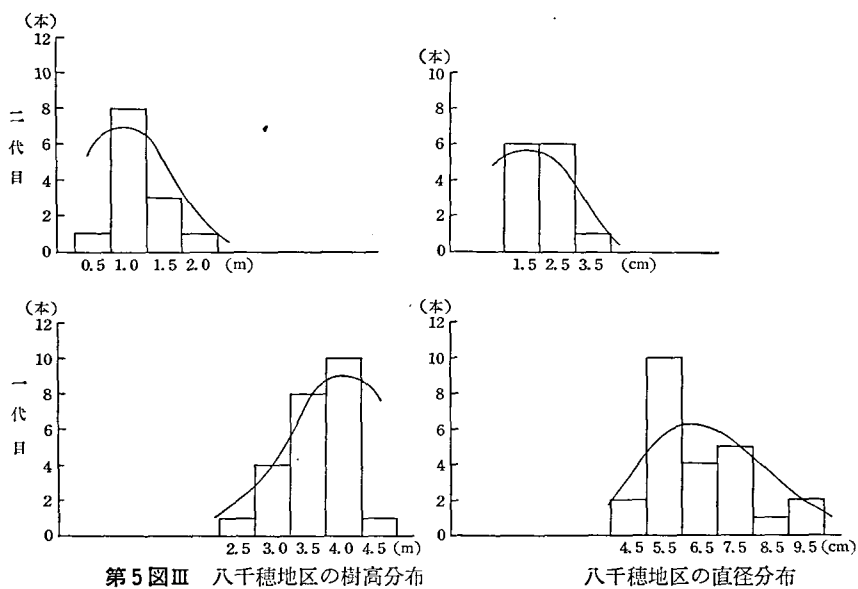
すなわち 2 代目林分の生産量は、同じ地区においては年令がほぼ等しいので、1 代目よりかなり劣っているといえよう。

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 m^3 以上の生長量を示した。

(2) 林分構造

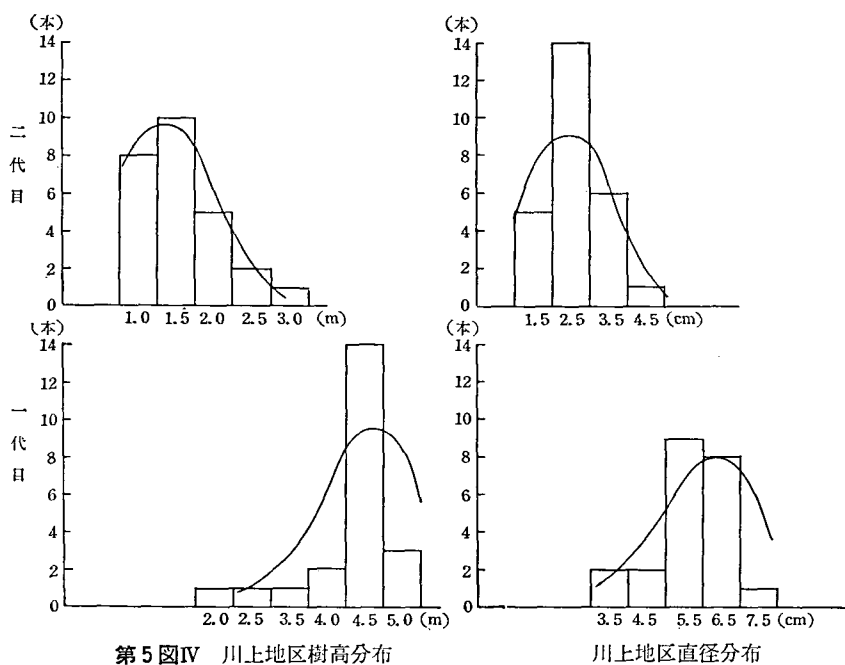
標準地内の林分構造を解析するため、毎木調査の結果から樹高と直径の分布曲線をヒストグラムによつて求めた（第 5 図）。





第5図Ⅲ 八千穂地区の樹高分布

八千穂地区の直径分布



第5図Ⅳ 川上地区樹高分布

川上地区直径分布

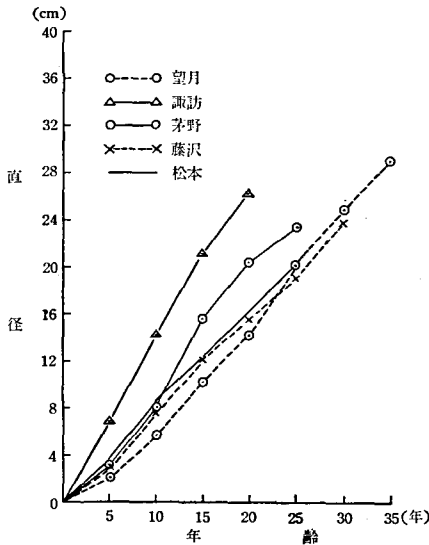
本図から明らかなように2代目林分の樹高分布曲線は左に片寄った形を示すに反し、1代目のそれは右に片寄った分布曲線を示す傾向が認められた。さらに2代目の分布曲線の最大値は1代目の最小値と接触するか重なる傾向がみられた。これらのことは同じ地区では大体樹令が等しいので2代目と1代目林分の生長過程の特徴をあらわすものと考えられよう。すなわち同時に植付けられた造林木でも2代目林地は大部分のものが生長を減退し、

極端なものは枯死するに反し1代目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つた。

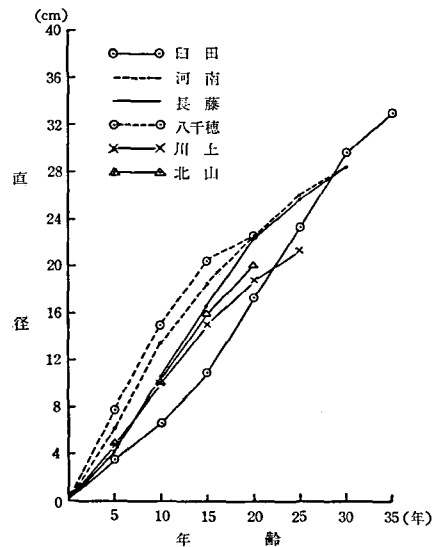
2代目と1代目造林地の以上のような林分構造の著しい差異は、2代目造林地の土壤に生長を阻害する何らかの原因があるものと考えられるであろう。

(3) 伐根による1代目カラマツの生長状態の推定

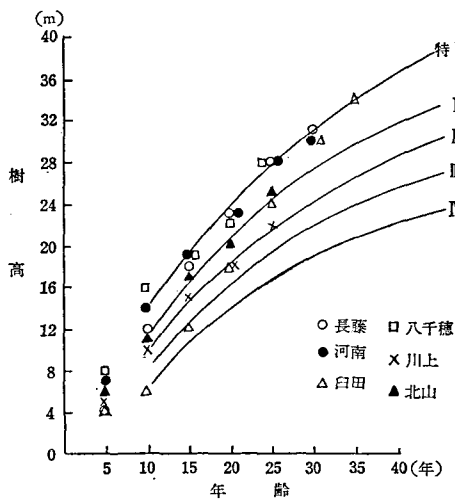
2代目林分の標準地内に残存しているカラマツ前生樹の伐根調査による直径生長量の結果を第6図に示した。伐採高は10~30cmで長短2方向を測定し平均した。



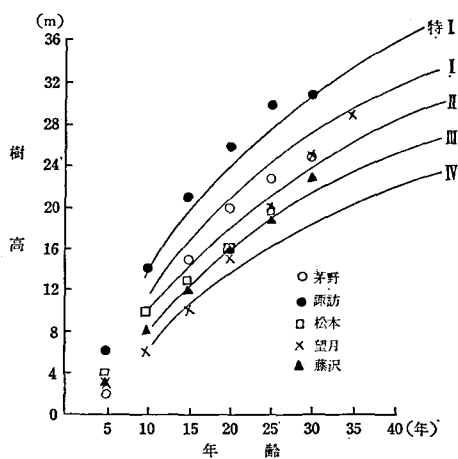
第6図I 各地区の伐根調査



II 各地区の伐根調査



第7図I 地位区分



第7図II 地位区分

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していたことを示す。すなわち植付け後初めの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嶺の収穫表と対比して各地区の1代目造林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かったことがわかる。

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1~2本選び、地上部は20cmごとの樹幹析解を行なうとともに、枝葉を含めた全重量を測定し、地下部は掘りとして地上部切点から下へ0-15cm, 15-30cm, 30cm以上と切り離し、部分重量を測定した。

標準木の調査結果は第5表のようであつた。

第5表 標準木調査表

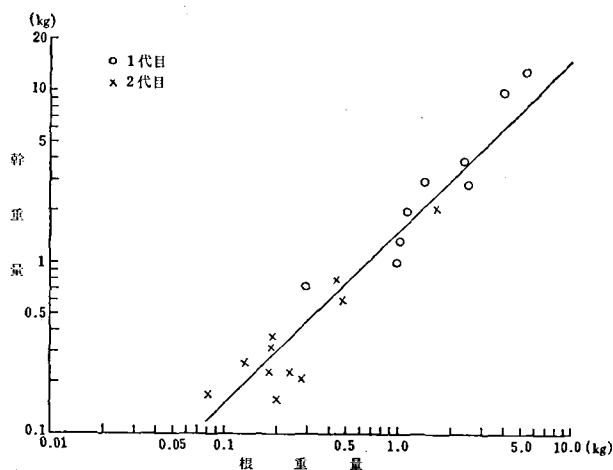
調査地	林分	標準木 番 号	年 令	樹高 (平均 生長)	地際 直径 (平均 生長)	枝下 高	枝 張	地上部の 生 重 量	深さ別の根の重量 (100分率)			地下部 全重量	根系の 分布比 30cm以上 0~30cm	T / R 率
									0~15 cm	15~30 cm	30cm 以上			
長 藤 地 区	2代目	2-1	9	m 2.5 (0.28)	cm 2.7 (0.30)	m 0.59 0.65	m 1.04 0.65	kg 1.262	kg(%) 0.167 (53)	kg(%) 0.138 (44)	kg(%) 0.083 (3)	kg 0.313	0.026	4.0
	2代目	2-2	8	3.3 (0.41)	2.5 (0.31)	0.93 0.67	0.80 0.67	1.508	0.161 (59)	0.104 (38)	0.008 (3)	0.273	0.030	5.5
	1代目	1-1	9	7.7 (0.86)		2.67 1.50	1.87 1.50	21.301	3.769 (73)	1.438 (27)		5.207	0.374	4.1
河 南 地 区	2代目	2-1	5	1.6 (0.32)	2.4 (0.48)	0.45 0.60	0.70 0.60	0.980	0.210 (82)	0.043 (17)	0.002 (1)	0.255	0.008	3.8
	2代目	2-2	5	1.5 (0.30)	2.5 (0.50)	0.32 0.50	0.70 0.50	0.475	0.128 (81)	0.028 (18)	0.002 (1)	0.158	0.013	3.0
	1代目	1-1	9	7.0 (0.78)	8.0 (0.89)	2.40 1.60	2.70 1.60	23.900	2.840 (62)	1.360 (30)	0.360 (8)	4.560	0.086	5.2
白 田 地 区	2代目	2-1	4	1.4 (0.34)	2.3 (0.58)	0.25 0.50	0.50 0.50	0.630	0.170 (71)	0.070 (29)	0	0.240	0	2.6
	1代目	1-1	4	2.7 (0.68)	3.3 (0.83)	0.40 0.80	0.80 0.80	1.660	0.240 (80)	0.060 (20)	0	0.300	0	1.8
八 千 穂 地 区	2代目	2-1	5	1.1 (0.22)	2.4 (0.48)	0.20 0.37	0.45 0.37	0.460	0.180 (90)	0.020 (10)	0	0.200	0	2.3
	2代目	2-2	6	1.3 (0.22)	2.2 (0.37)	0.18 0.77	0.59 0.77	0.650	0.240 (86)	0.040 (14)	0	0.280	0	2.4
	1代目	1-1	7	4.1 (0.59)	6.7 (0.96)	0.43 1.40	1.20 1.40	7.970	1.640 (64)	0.800 (31)	0.140 (5)	2.580	0.057	3.1

川上地区	2代目	2-1	5	1.6 (0.33)	2.8 (0.56)	0.15 0.60	0.55	0.810	0.170 (89)	0.020 (11)	0	0.190	0	4.8
	1代目	1-1	6	4.0 (0.66)	5.9 (0.98)	0.16 1.34	1.25	4.170	0.940 (67)	0.360 (26)	0.100 (7)	1.400	0.076	3.0
北山地区	2代目	2-1	6	1.6 (0.27)	2.5 (0.42)	0.24 0.50	0.60	0.640	0.115 (88)	0.016 (12)	0	0.131	0	2.1
	2代目	2-1	5	1.4 (0.28)	1.8 (0.36)	0.20 0.40	0.45	0.370	0.075 (100)	0	0	0.075	0	4.9
	1代目	1-1	7	5.3 (0.76)	4.8 (0.69)	0.70 1.00	1.00	5.382	2.000 (84)	0.365 (15)	0.025 (1)	2.390	0.011	2.2
諏訪地区	2代目	2-1	8	3.4 (0.42)	5.0 (0.62)	0.55 1.40	2.15	2.180	1.120 (68)	0.470 (28)	0.070 (4)	1.660	0.044	1.3
	1代目	1-1	10	6.5 (0.65)	9.6 (0.96)	0.70 3.00	3.00	15.800	2.800 (63)	1.180 (28)	0.500 (11)	4.030	0.130	3.6
藤沢地区	2代目	2-1	8	1.3 (0.16)	2.5 (0.31)	0.46 0.26	0.54	0.460	0.170 (99)	0.010 (1)	0	0.180	0	2.6
	1代目	1-1	8	3.4 (0.42)	4.5 (0.56)	0.40 1.08	1.10	3.960	0.840 (74)	0.250 (22)	0.040 (4)	1.130	0.037	3.5
望月地区	2代目	2-1	5	2.8 (0.56)	3.5 (0.70)	0.13 0.70	0.80	1.680	0.290 (61)	0.150 (31)	0.040 (8)	0.480	0.091	3.5
	1代目	1-1	6	3.4 (0.57)	4.9 (0.82)	0.30 0.40	1.24	3.040	0.840 (81)	0.130 (13)	0.070 (7)	1.040	0.072	2.9
茅野地区	2代目	2-1	9	2.6 (0.28)	3.0 (0.33)	1.12 0.50	0.80	1.150	0.270 (60)	0.160 (36)	0.020 (4)	0.450	0.047	2.6
	1代目	1-1	11	7.9 (0.72)	9.0 (0.82)	2.50 2.30	2.30	16.320	1.380 (26)	2.770 (53)	1.100 (21)	5.250	0.270	3.1
松本地区	2代目	2-1	5	1.9 (0.39)	2.9 (0.57)	0.30 0.39	0.39	0.630	0.150 (79)	0.030 (16)	0.010 (5)	0.190	0.053	3.3
	1代目	1-1	6	2.7 (0.45)	4.4 (0.73)	0.36 0.70	0.70	2.01	0.74 (74)	0.18 (18)	0.08 (8)	1.00	0.087	2.0

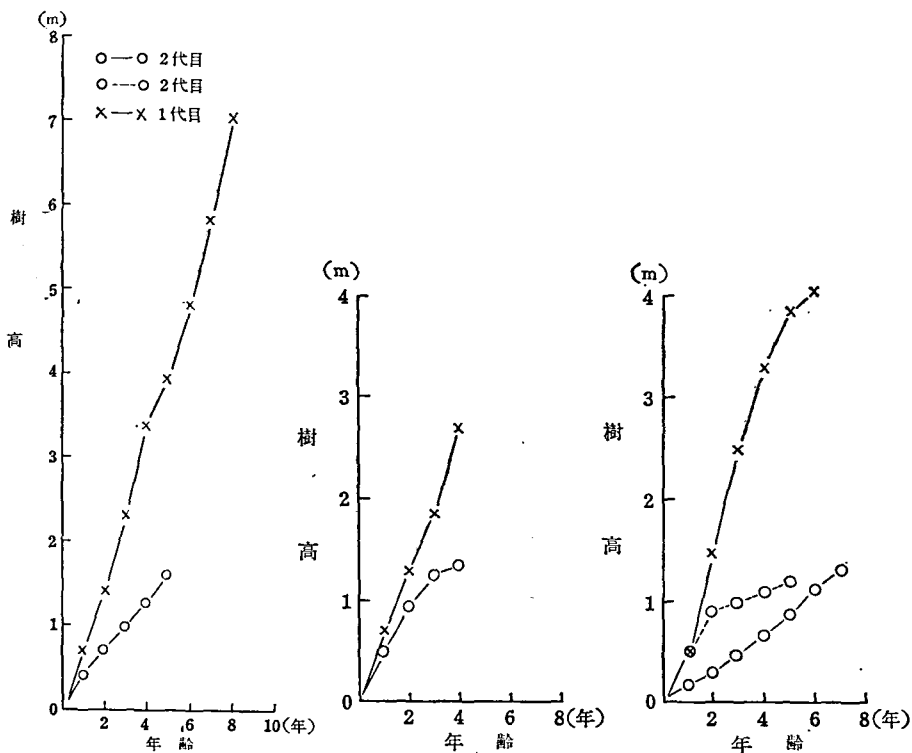
標準木の解析でも 2 代目造林地の樹高と直径の平均生長量は、林分調査の結果と同様 1 代目より著しく少なかった。この傾向は地上部の全重量についてはさらに極端になった。すなわち同じ樹令のものを比較しても、樹令の若い白田地区においてさえ 2 代目造林木の重量は 1 代目の約 $\frac{1}{3}$ であり、大きなものでは長藤地区で約 $\frac{1}{20}$ という著しい差異を示した。

一方、深さ別の根の重量分布をみると、2 代目造林木は 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した数——便宜上根の分布比と呼ぶことにする——で比較すると

2代目林分の造林木は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て小さかつた。カラマツはもともと浅根性の樹種であるが、極端に根が浅ければ当然生長の減退をきたすであろう。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



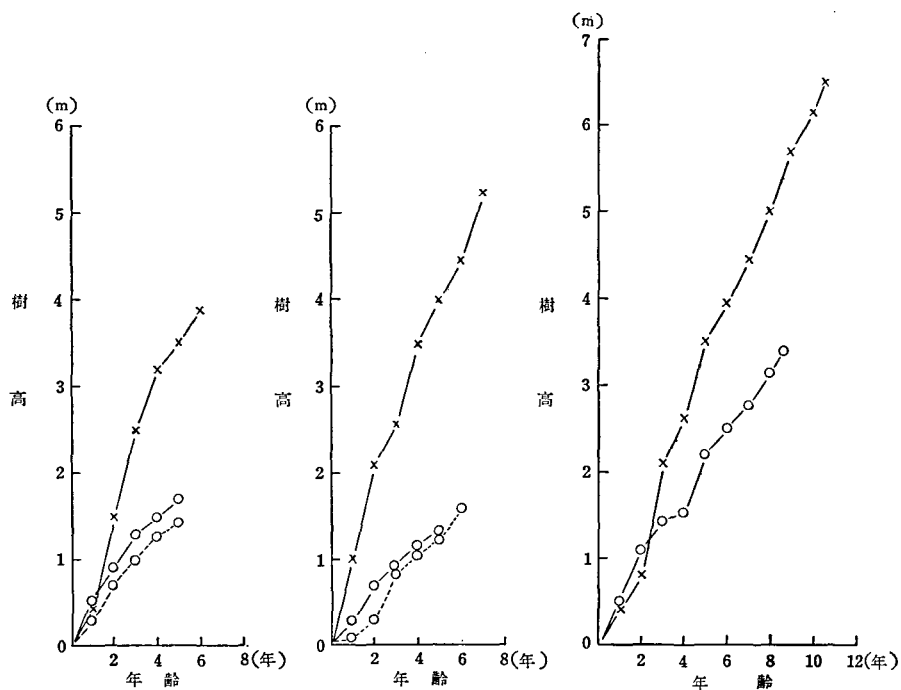
第8図 幹と根の相対生長 (kg/ha)



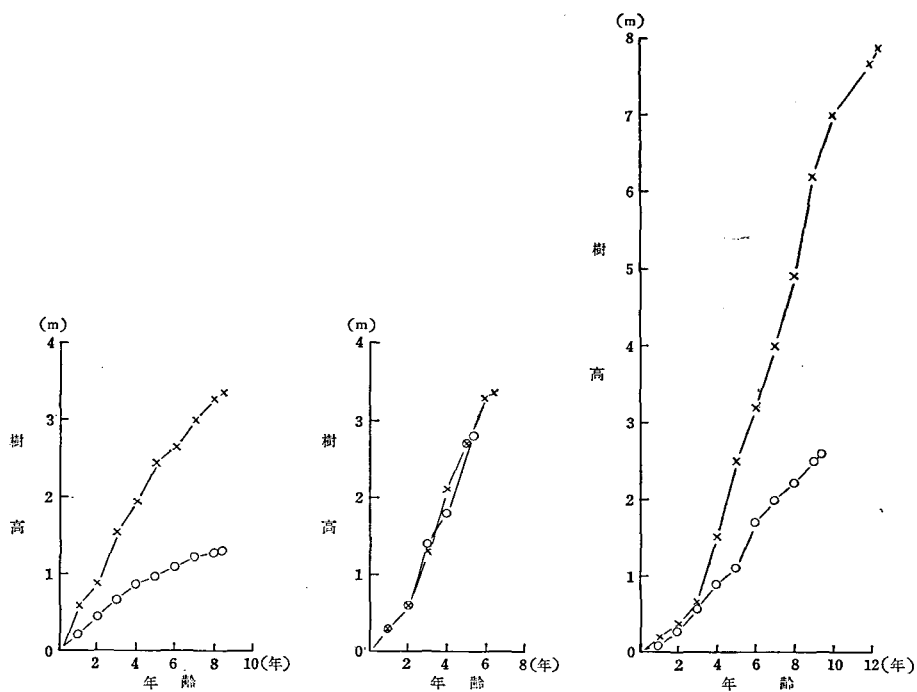
第9図 I 河南地区の樹高曲線

II 白田地区の樹高曲線

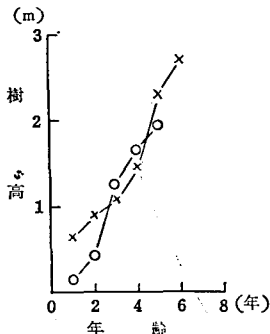
III 八千穂地区の樹高曲線



第9図 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 VII 藤沢地区の樹高曲線 VIII 望月地区の樹高曲線 IX 茅野地区の樹高曲線



第9図X 松本地区の樹高曲線

つて、生長が悪ければ、地上部、地下部ともに小さくなるのは当然であろう。T/R 率に差が認められないのもこのためである。ただ第8図は幹と根の重量の相対生長を示したもので、巾指数は1（すなわち1次式）に近い値をとるが、2代目造林木は左下の小さい値の方に、1代目は大きい値の方に集中して明らかな対比をなす。これは結局林地の生産力の差を示すものと理解されるが、造林木の根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できよう。

標準木の樹幹析解から連年の樹高生長量を求めた結果を第9図に示した。

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。すなわち長藤地区は資料が不足しているのではわからないが、河南、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に反し、川上地区は植付け後2年目から生長量の低下をきたしたことがわかる。この傾向は関係者の話をまとめた第3表の生長不良状態のあらわ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⁶⁾⁷⁾⁸⁾

生長状態の調査を行なつた標準地内に深さ 50cm 以上の穴を4個掘り、林野土壌調査方法書の基準にしたがつて土壌層の外観的性質の調査を行なつた。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の深さにわけて土壌の深さ別の理学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、土壌の通気性や透水性を調査する一つの手段として、現地浸透度の測定を行なつた。その方法は1959年度の調査においては内径 8mm の管を 10cm（長藤、河南地区のみは 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案内棒を所定の深さまでさしこんだ。この方法は測定値のバラツキが多くて1林分8個所以上測定する必要があつた。1960年度以降の調査においては単位時間あたりの水の減量が計測でき、また土中にさしこむ管の先端も改良した新しい透水計によつて測定を行なつた。

1 土壌の理学的性

各地区の土壌調査の結果は第6表のようであつた。

表中の諸性質は1標準地4プロットの平均値であるが、現地浸透度のみは1造林地8個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Bd型あるいはBld型でカラマツの造林地として適当であるように思われた。A層は白田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、堆

第6表 土壌の理学的性質 I

註 **未調査

調査地	林 分	土壌型	堆積区分	土 壌 層 の 深 さ				他植物の	現地浸透度
				A ₀	A ₁	A ₂	B	根の長さ	sec/200cc
長藤地区	2代目	B _D	匍行土	2~0 ^{cm}	0 ~ 19 ^{cm}	19~55 ^{cm}	61 ^{cm}	2'58"±28"	
	1代目	B _D	匍行土	3~0	0 ~ 13	13~69	63	2'08"±24"	
河南地区	2代目	B _D	水積土	2~0	0 ~ 28	28<	58	12"± 4"	
	1代目	B _D	崩積土	3~0	0 ~ 30	30<	41	45"± 3"	
白田地区	2代目	B _C	残積土	3~0	0 ~ 2	2~21<	39	42"± 3"	
	1代目	B _D	匍行土	3~0	0 ~ 34	34<	56	28"± 6"	
八千穂地区	2代目	B _{lD}	匍行土	2~0	0~14 14~44	44<	55	43"±13"	
	1代目	B _{lD}	匍行土	4~0	0~12 12~46	46<	50	25"± 7"	
川上地区	2代目	B _D	匍行土	4~0	0~21 21~46	46<	58	1'24"±13"	
	1代目	B _D	匍行土	3~0	0~15 15~45	45<	49	39"± 2"	
北山地区	2代目	B _{lD}	匍行土	3~0	0~23 23~63	63<	63	38"± 5"	
	1代目	B _{lD}	匍行土	4~0	0~17 17~58	58<	49	34"±11"	
諏訪地区	2代目	B _D	匍行土	0	0 ~ 28	28<	60	44"	
	1代目	B _D	崩積土	0	0 ~ 46	46<	60	23"	
藤沢地区	2代目	B _D	匍行土	1~0	0 ~ 23	23<	51	59"	
	1代目	B _D	匍行土	2~0	0 ~ 25	25<	48	280"	
望月地区	2代目	B _D	匍行土	2~0	0~46 46~76	76<	71	**	
	1代目	B _D	残積土	4~0	0~29 29~44	44<	59	**	
茅野地区	2代目	B _{lE}	崩積土	4~0	0~10 10~20	20<	35	**	
	1代目	B _{lE}	崩積土	6~0	0~10 10~20	20<	35	**	
松本地区	2代目	B _D	匍行土	1~0	0 ~ 22	22<	43	**'	
	1代目	B _D	匍行土	0	0 ~ 49	49<	61	**	

第6表 土壌の理学的性質 II

註*測定不可能

調査地	林分	土 壌 緊 密 度			石 礫 混 合 度		
		0~15cm	15~30cm	30~45cm	0~15cm	15~30cm	30~45cm
長藤地区	2代目	軟	軟	堅	なし	なし	少
	1代目	しよう	堅	軟	なし	少	少
河南地区	2代目	軟	—*	—*	中	多	多
	1代目	しよう	堅	堅	少	少	少
白田地区	2代目	軟	堅	固結	なし	なし	なし
	1代目	軟	軟	軟	なし	なし	なし
八千穂地区	2代目	しよう	軟	軟	なし	なし	なし
	1代目	しよう	軟	軟—堅	なし	なし	なし

川上地区	2代目	軟	堅	堅	な	少	少
	1代目	しょう	軟	堅	な	少	少
北山地区	2代目	しょう	軟—堅	堅	な	な	な
	1代目	しょう	軟	堅	な	な	少
諏訪地区	2代目	すこぶる	しょう	軟	少	少	中
	1代目	しょう	軟	軟	な	多	多
藤沢地区	2代目	軟	軟	堅	多	多	多
	1代目	しょう	軟	軟	少	少	少
望月地区	2代目	軟	軟	軟	な	少	少
	1代目	軟	軟	軟	な	少	少
茅野地区	2代目	軟	堅	堅	な	な	少
	1代目	軟	軟	堅	中	中	中
松本地区	2代目	軟	軟	堅	少	少	中
	1代目	軟	軟	堅	少	少	少

積状態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なちがいがみられなかつた。

つぎに土壌の深さ別の諸性質のうち、土壌の堅さ、石礫の混合割合は1代目2代目両造林地に明らかな差が認められないようであつた。採取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藤と河南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表層の方が下層より含水量が少ないはずであるのに、この2代目造林地における深さ別の含水量は1代目のそれに比較して表層がより湿っ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、表層土壌の湿潤状態は後述する土壌凍結などが原因しているものと思われた。

現地浸透度はそれぞれの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藤、白田、八千穂、川上、藤沢の5地区であつた。これに反し石礫の多い砂礫質土壌の河南、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

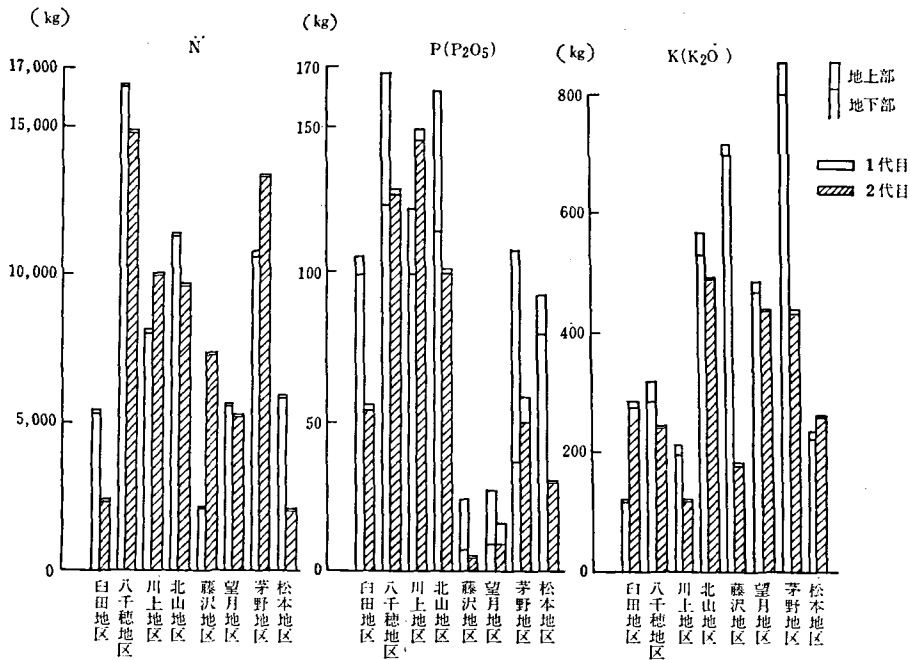
標準地から採取した土壌について篩分け風乾し、窒素はケルダール法によつて全窒素を定量した。窒素以外の成分は0.2規定の塩酸で抽出した試料について磷酸はモリブデン青法による比色法で有効性の磷酸を、加里は炎光分光分析によつて有効性加里を、カルシウム、マグネシウムはEDTA法によつて、有効性成分を定量し、珪酸は重量法によつて定量し、アルミニウムはアルミノン法により、鉄はオルトヘアナントロリン法によつて定量した。磷酸吸収係数は2.5%の第2磷酸アンモニアを用いる方法（土壌実験法—船引・青峰共著）によつた。調査の結果は第7表のようであつた。

第7表 土壌の化学的性質 (kg/ha)

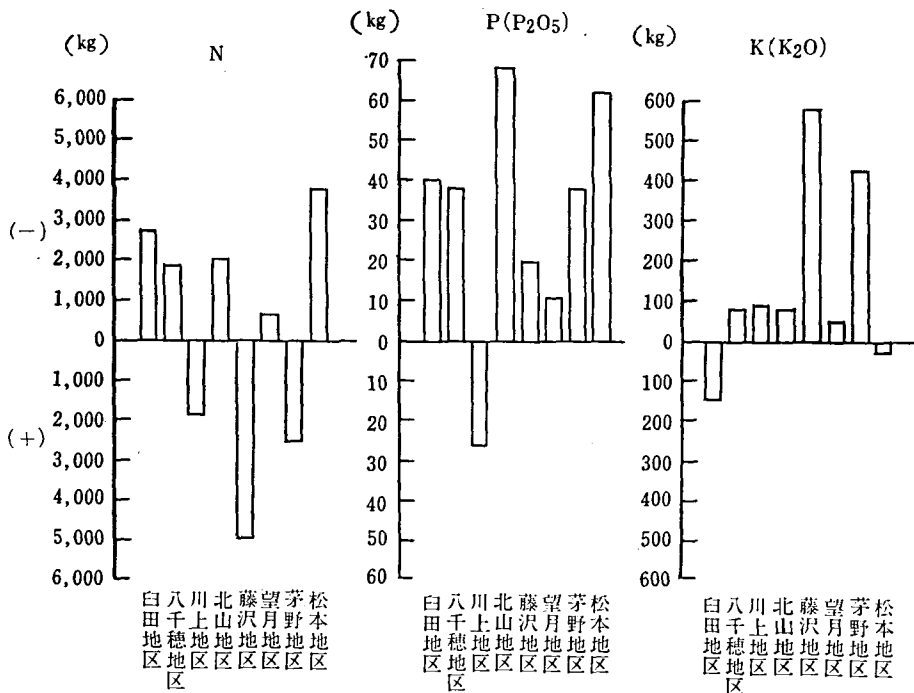
調査地	林分	深さ	PH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	N/ P ₂ O ₅	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅ 吸収 係数
白田地区	2代目	0-15	4.8	1,290	42.8	135	427	169						
		15-30	4.8	1,090	21.8	134	446	359						
	1代目	0-15	4.8	2,790	37.2	72	1,335	859			未			未
		15-30	4.8	2,300	63.2	40	269	130			調			調
八千穂地区	2代目	0-15	4.8	8,500	59.4	183	1,725	228						
		15-30	4.8	6,300	68.4	55	279	27						
	1代目	0-15	4.8	9,600	59.5	197	4,791	603			査			査
		15-30	4.8	7,000	64.3	88	245	25						
川上地区	2代目	0-15	4.8	6,000	71.0	85	3,127	394						
		15-30	5.0	4,000	74.0	28	333	565						
	1代目	0-15	4.8	4,800	40.0	136	1,454	299						
		15-30	4.8	3,200	60.0	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	55.0	422	5,680	613						
		15-30	5.0	5,100	59.0	107	7,920	731						
藤沢地区	2代目	0-15	6.0	3,800	1.8	125	4,200	800	1,900	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	0.38	1,100
	1代目	0-15	5.9	1,400	4.5	477	200	500	900	8000	800	780.5	0.16	1,200
		15-30	6.0	700	3.1	222	500	400	3,100	11,000	1,300	250.0	0.12	1,200
望月地区	2代目	0-15	5.7	3,100	6.3	293	6,300	1,800	1,100	1,100	2,800	487.8	0.44	1,100
		15-30	6.0	2,100	2.8	145	5,200	1,100	400	7,600	1,900	760.0	0.42	1,000
	1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
茅野地区	2代目	0-15	5.9	6,900	31.1	297	3,700	700	100	24,700	6,100	226.1	0.42	2,000
		15-30	6.0	6,400	17.9	135	1,100	400	10	28,900	6,000	360.5	0.35	2,000
	1代目	0-15	5.9	4,700	20.4	474	8,600	1,400	320	20,200	5,200	232.9	0.44	1,800
		15-30	6.0	5,900	15.3	326	7,100	800	200	19,700	5,400	389.3	0.49	1,700
松本地区	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	16.4	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	88.9	0.43	800
		15-30	5.9	2,800	33.2	90	3,400	1,400	600	5,400	1,300	85.9	0.40	800

PHは第7表より明らかなように、4.6~6.0の値を示したが各調査地区の1代目、2代目の間には相関がみられなかった。

窒素、リン酸、加里の林地土壌中の ha 当り現存量はバラツキが大きくて一定の傾向が見出せない。第10図は深さ別の土壌容積重から 30cm 深さまでの 1 ha 当りの窒素、リン酸、加里それぞれの現存量をもとめさらに現在までに造林木が吸収した量（幹枝葉の地上部のみで根



第10図 N・P・K の林地現存量 (0~30cm) (kg/ha)



第11図 カラマツ林のN・P・Kの収支 (kg/ha)

は除外した。)を加算して求めたものである。

さらに 1 代目林地(林木も含めて)の養料保持量に対する 2 代目林地のその減少量を示せば第 11 図のようであつた。

これらをみると、窒素の現存量は増加して外から持ちこまれるような場合もあつて 2 代目と 1 代目との間に明らかな傾向がみとめられないが、磷酸は川上地区をのぞいてはいずれも 2 代目造林地の方が少なく、しかもすでに造林木に相当量吸収されていることが明らかになつた。加里も 2 代目造林地の方が少ない傾向にあるが、磷酸の現存量ほどけん著でないようであつた。このことから磷酸の動きは後述するように火山灰土壌との関連からもきわめて重要な因子であるように思われたので検討したい。

その他の無機養料のうちカルシウム、マグネシウムは明らかでないが、鉄とアルミニウムの含有率については、1960 年度の調査資料しかないが、2 代目林地には鉄が多いか、鉄で差がなければアルミニウムが多いという傾向がみられた。これは遊離の磷酸が鉄やアルミニウムと結合して磷酸鉄や磷酸礬土となり、植物に対して磷酸が不可吸態になりやすいことを示している。これはまた一般火山灰土の特性でもある。このような性質をあらわす一つの方法として硅礬(鉄)比があるが、これは全要素量を分析し、それぞれの分子量を含有率で除した値の比であるが、本調査においては 0.2 規定の塩酸に溶解する成分についてのみ計算を行なつたのでいくらかの誤差があるであろう。そのためか第 7 表のように 2 代目と 1 代目林地の間に明らかな傾向が認められなかつた。

このような分析による方法とは別に磷酸の動きをつかむ他の手段として磷酸吸収係数の測定を行なつた。その結果、第 7 表のように硅礬比の低いものは磷酸吸収係数の値が高い傾向を示した。

しかし 2 代目、1 代目造林地の間に一定の傾向がみられないが、このことはさらに深く検討を要するであろう。

3 土壤凍結

カラマツの造林地(主として 2 代目を対象としたが)の冬期間の特殊環境条件が土壤ならびに生長にどのような影響をおよぼしているかをしらべるため、凍結のおこりやすい地帯と積雪地帯について調査を行なつた。

(1) 調査地区

本調査は長野県に限定し、中央気象台発行の積雪累年気象表(1934)と農林省農業総合研究所発行の積雪気象表(1934~1948)によつてそれぞれの地区の年平均最深積雪量をプロットすれば第 1 図のようである。積雪は有力な断熱材料であるため一定以上の積雪が常時現存すれば土壤凍結はおこらないという報告より 50cm⁶⁹⁾以上においては凍結しないものとするれば 50cm 地点にそつて 1 つの限界線が求められるはずでありこれを凍結限界線(仮称)として第 1 図に示した。

調査地はこの凍結限界線の外側(海拔高の高い方)の積雪地帯に白馬国有林と黒姫国有林の 2 地区、その内側に大門国有林と入笠国有林の 2 地区、および南佐久郡川上村と上伊那郡河南村の民有林 2 地区を比較地として選んだ。

(2) 調査方法ならびに調査結果

1) 生長関係

第8表 調査林分ならびに土壌状態 I

調 査 地 区	白 馬 地 区 (大町営林署)			柏 原 地 区 (長野営林署)			大 門 地 区 (上田営林署)			大 門 地 区 (上田営林署)			
調査林分	林 班	29	24	16			119			118			
	小 班	わ	か	ろ			い			は			
調 査 月 日	1961.2.25	2.25		3.1			3.10			3.10			
海 拔 高(m)	1,000	1,000		800			1,400			1,400			
前 生 樹	広葉樹			カラマツ			カラマツ			カラマツ			
植 付 け 年	1952	1951		1954—55			1951			1955			
調 査 個 所	Plot1	Plot2	Plot3	Plot1	Plot2	Plot3	Plot1	Plot2	Plot3	Plot1	Plot2	Plot3	
方 位	南 西	南 西	東 北	東 南	南	北 北	西 北	北	南 南	東 北	東	北 東	
斜 面 部 位	下 部	中 部	下 部	下 部	中 部	上 部	下 部	中 部	中 部	下 部	中 部	上 部	
傾 斜 度	22°	38°	7°	12°	22°	12°	8°	12°	12°	15°	23°	4°	
斜 面 形	下 降	平 衡	平 衡	下 降	平 衡	上 昇	下 降	平 衡	平 衡	下 降	平 衡	上 昇	
生 長 状 態	良	良	良	良	中	中	不 良	中	中	中	良	不 良	
樹 高(cm)							造 林 木 消 失	470	550	330	460	220	
平均樹高生長量(cm)								47	55	55	77	37	
最近1ヶ年間の伸長量(cm)	積雪のため未測定			93	73	71		79	89	55	96	53	
根 際 直 径(mm)								85	84	63	80	43	
平均直径生長量(mm)								8.5	8.4	10.5	13.0	7.1	
土 壌 型	B _D	B _D	B _D	B _{LD}	B _{LD}	B _{LD}	B _{LD} —E	B _{LD}	B _{LD} —E	B _{LD}	B _{LD}	B _{LD}	
堆 積 区 分	匍行土	匍行土	水積土	匍行土	匍行土	匍行土	匍行土	匍行土	匍行土	崩積土	匍行土	匍行土	
土壌層の深さ (cm)	A ₁	0~12	0~6	0~3	0~23	0~28	0~25	0~80	0~50	0~45	0~64	0~24	0~23
	A ₂	12~47	6~44	3~28	23~56	25~60	25~60	80<	50<	45<	64<	24~50	23~40
	B	47<	44<	28<	56<	28<	60<	80<	50<	45<	64<	50<	40<
石 礫 混 合 度	中	中	中	な し	な し	な し	な し	な し	な し	な し	少	な し	な し
土 壌 の 堅 密 度	軟	軟	軟	軟	軟	軟	—	—	—	軟	軟	—	
透 水 性 の 良 否	良	良	良	中	中	中	不 良	中	中	良	良	中	
PH 0—15cm	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6	5.4	5.7	5.7	5.6	5.6	5.4	5.7	
15—30cm	5.7	5.5	5.6	5.7	5.7	5.7	4.8	5.7	5.4	5.4	5.7	5.7	
備 考	土壌層 漸変	同	同	土壌層 漸変	同	同	土壌層 漸変 全部枯死	同	同	土壌層 漸変		枯死特 に多し	

第 8 表 調査林分ならびに土壌状態 II

調 査 地 区	入 笠 地 区 (伊那営林署)			南佐久郡川上地区			南佐久郡川上地区			上伊那郡河南地区		
調 査 林 分	213 三 義 い 官 行 造林地			川上村梓山 一ノ瀬			川上村梓山 東横道			河南村		
調 査 月 日	3.15 3.15			1961.2.22			2.22			3.3		
海 拔 高(m)	1,700 1,750			1,500			1,600			1,100		
前 生 樹	カラマツ 雑木林			カラマツ			カラマツ			カラマツ		
植 付 け 年	1959 1957			1954			1955			1959		
調 査 箇 所	Plot1	Plot2	Plot3	Plot1	Plot2	Plot3	Plot1	Plot2	Plot3	Plot1	Plot2	Plot3
方 位	南 東	南 東	西	北	北	北	東南東	東南東	東南東	南 西	南 西	南 西
斜 面 部 位	中 部	上 部	上 部	下 部	中 部	中 部	下 部	中 部	上 部	下 部	中 部	上 部
傾 斜 度	32°	26°	26°	2°	16°	32°	13°	19°	30°	26°	32°	32°
斜 面 型	平 衡	上 昇	上 昇	平 坦	下 降	平 衡	下 降	平 衡	上 昇	下 降	平 衡	上 昇
生 長 状 態	中	不 良	中	不 良	良	良	不 良	中	中	中	良	良
樹 高(cm)	73	64	153	124	423	507	120	196	293	109	132	140
平均樹高生長量(cm)	36	32	38	18	61	72	20	33	49	55	66	70
最近1年間の 伸長量(cm)	36	14	64							22	44	47
根 際 直 径(mm)	11	11	34	16	56	62	17	31	44	13	15	17
平均直径生長量(mm)	5.5	5.5	8.5	2.3	8.0	8.9	2.8	5.1	7.3	6.5	7.5	8.5
土 壌 型	B _D	B _D	B _D	B _{1D-E}	B _{1D}	B _{1D}	B _{1D}	B _{1D-D}	B _{1D-D}	B _D	B _D	B _D
堆 積 区 分	匍行土	匍行土	匍行土	崩積土	崩積土	匍行土	崩積土	匍行土	匍行土	匍行土	匍行土	匍行土
土 壌 層 の 深 さ (cm)	A ₁	0~23	0~16	0~25	0~50	0~45	0~50	0~60	0~40	0~34	0~15	0~12
	A ₂	23<	16<	25<	50<	45<	50<	—	40<	34<	15~60	12~45
	B	23<	16<	25<	50<	45<	50<	—	40<	34<	—	45<
石 礫 混 合 度	多	中	中	少	少	多	中	少	な し	少	少	少
土 壌 の 堅 密 度	軟	堅	—	—	—	—	—	—	軟	軟	軟	軟
透 水 性 の 良 否	良	良	良	不 良	中	良	—	中	中	良	良	良
PH	0—15cm	5.6	5.6	5.6	6.0	5.4	5.8	4.8	5.7	5.6	5.6	5.6
	15—30cm	5.6	5.6	5.7	5.5	5.4	5.4	5.7	5.4	5.4	5.6	5.8
備 考	漸変	同 笹多し	同							花崗岩 の風化 土壌	同	同

[illegible]

[illegible]

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総平均生長量を求めた。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つた。したがつて生長の良否は推定にとどめた。

2) 土壌関係

土壌調査は林野土壌調査方法書の基準にしたがつて調査をおこなつたが、凍結のため土壌堅密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肉眼による判定であり、 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

凍結状態の種類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) 霜降状凍結

しかし板状凍結のよく発達したものは表層附近に明らかに結氷層が認められる場合が多いので、これを2つに分け結氷の明らかな層を F_1 、結氷が明らかでなくコンクリート状に凍結した層を F_2 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⁶⁹⁾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 価あるいは容水量%であらわすのが適當であるように思われる。しかしこの調査においては一応その目安として絶乾土重に対する含水率で求めた。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(積雪地は雪の表面上)5cmの大気中の温度、積雪地では地表面より5cmの雪中温度、地下5cm、20cmさらに凍結の深さによつては不凍結層の温度を水銀寒暖計で実測した。その結果は第9表にした。

7) 土壌微生物関係

WAKSMAN 寒天培養基を用いた稀釈⁸⁰⁾扁平法によつて分析した。その結果は第10表に示したが、表中の数値は乾燥土壌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よう。

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、柏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差はあるがいずれも凍結が認められた。勿論これは海拔高のちがいによる影響も考えられた

が、2 月下旬から 3 月上旬にかけての厳寒期において、しかもいずれも 800m 以上の標高であるので、積雪の保護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いたはずである。

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たしかな比較は困難であるが、凍結限界線外の調査地には不良造林地がみられない。これに反し第 8 表からも明らかなように凍結限界線の内側には不良造林地が散在していた。

これをさらに各調査地区別に検討してみると、凍結状態あるいは融凍期における水の動きと生長状態との関連が推定できるような事例が多い。すなわち第 8、9 表より川上地区梓山字東横道、河南地区、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殆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かあるい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となつた。このような地形条件においては、土壤中の水分の多少が凍結状態に影響するように思われた。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塊の大斜面の一つの小さい丘状の緩い凸部で、水分の供給は充分と思われる所である。そしてその下方の傾斜地は平均生長量約 80cm で極めて生長良く、土壤は凍結していなかつた。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壤条件においては、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。

しかし川上地区梓山字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壤は傾斜地、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理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。すなわち春気温が上昇すると土壤凍結は表面から、また一方地温によつて下方から次第にとけてゆき、凍結土壤に含まれる水分は、第 9 表からも明らかなように不凍結土壤より著しく高く 300 % に達する場合もあつた。このような土壤状態は水の中に土壤がつかつているような状態であり、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壤であれば移動水となつて地下に流れ去り、また凍結層が残つていても、傾斜がある程度以上の急斜地であれば下方に流下することができよう。しかし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くなるまで、停滞水となつてそこにとどまる。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であろう。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。またこのような一時的過湿状態は根腐れなどの病害をおこすことになろう。

各調査地区の土壤温度は表層近くが最低で、土壤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壤温度は $+1.5^{\circ}\text{C}$ 以上で比較的暖かく、これに反して凍結

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、凍結限界線の内と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、柏原両地区の表層土壌は微生物の種類が多くまた全体の数量も多い。これに反して凍結地帯の土壌は微生物の種類も数量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雪地の柏原に著しく多い。

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. *angulispora* も含まれる。これらの種は後述するように燐酸の増加とともに数量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* 属が比較的多く分離された。

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 レムナーテスト

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.) を使つて、1代目2代目造林地土壌の biotic potentiality を測定した。

第10表 表層土壌中における土壌菌類 ($10^3/\text{g}$)

調査地区	大門地区				川上地区		柏原地区				白馬地区	
調査林分	119		118		東横道		16		16		24	
調査個所	Plot 1		Plot 3		Plot 1		Plot 1		Plot 3		Plot 3	
	$\times 10^3$	%	$\times 10^3$	%	$\times 10^3$	%	$\times 10^3$	%	$\times 10^3$	%	$\times 10^3$	%
<i>Mucor</i> sp	—	—	—	—	—	—	—	—	2.7	(2.9)	—	—
<i>Mortierella</i> spp	4.1	(13.9)	—	—	0.6	(4.7)	36.6	(52.4)	63.9	(68.2)	4.7	(6.3)
<i>Oospora</i> sp	—	—	—	—	0.6	(4.7)	—	—	—	—	—	—
<i>Monilia</i> sp	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3	(1.4)	3.1	(4.2)
<i>Trichoderma</i> spp	8.4	(28.7)	—	—	1.2	(9.3)	8.1	(11.6)	2.7	(2.9)	4.7	(6.3)
<i>Aspergillus</i> sp	—	—	—	—	—	—	—	—	2.7	(2.9)	—	—
<i>Penicillium</i> spp	8.4	(28.7)	12.5	(100)	10.5	(81.3)	17.1	(24.5)	19.1	(20.3)	21.7	(29.1)
<i>Gliocladium</i> sp	—	—	—	—	—	—	0.8	(1.1)	1.3	(1.4)	26.4	(35.4)
<i>Spicaria</i> sp	—	—	—	—	—	—	4.9	(7.0)	—	—	—	—
<i>Cylindrocarpum</i> sp	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.1	(4.2)
Others	8.4	(28.7)	—	—	—	—	2.4	(3.4)	—	—	10.8	(14.5)
計	29.3	(100.0)	12.5	(100.0)	12.9	(100.0)	69.9	(100.0)	93.7	(100.0)	74.5	(100.0)
<i>Bacteria</i> + <i>Actinomycetes</i>	19.9	—	2.1	—	4.3	—	64.3	—	13.6	—	9.3	—

レムナーテストはコウキクサの葉状体の増殖を利用したもので、土壌を 2 mm 以下の篩をとうした風乾土 3 g を 100cc 入りビーカーに入れ、蒸溜水 100cc を加え PH 4.5~6.0 になるように調製する。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連続光線を約 10 日間照射し、その葉状体の増加数を調べた。それらの結果は第 11 表に示した。

第 11 表 レムナーテスト

調 査 地	土壌の深さ	PH	葉状体数 (枯死数)	平均葉状体生長数 $a = n/12$
河 南 地 区	2 代目	0~15	62 (12)	5.2
		15~30	—	—
	1 代目	0~15	144 (0)	12.0
		15~30	—	—
八千穂地区	2 代目	0~15	99 (1)	8.3
		15~30	96 (6)	8.0
	1 代目	0~15	116 (2)	9.6
		15~30	73 (7)	6.1
川 上 地 区	2 代目	0~15	89 (2)	7.4
		15~30	84 (4)	7.0
	1 代目	0~15	110 (1)	9.2
		15~30	83 (3)	6.9

本表より 1 代目造林地は 2 代目より平均葉状体増加数は常に多い。したがって biotic potentiality 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南 1 代目造林地、川上 1 代目造林地であり、悪いといえるのは河南 2 代目造林地であつた。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

標準地内から採取した 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 箇所合わせてよく混合し、そのうち 10 g を分析に用いた。分析は稀釈扁平法によつた。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、それをペトリ皿に入れた WAKSMAN 寒天培養基（ PH 4 に規整）上に 1 cc ずつ拡散して固化させ、25°C の定温器中で保温培養した。

コロニーがよく発達し孢子の形成が認められた後、検鏡算定を行なつたが、種の同定が困難なものが多かつたので属の分類を主とし、特に必要と認められたもののみは *sp.* の後に番号を付して種の区別を行なつた。

1959 年の分析結果を第 12, 13 表に示した。

表中の数値はペトリ皿 6~8 個の平均値である。

第12表 2代目造林地における土壌菌類 10³/g ()は%

土 壤 菌 類		長藤地区	河南地区	白田地区	八千穂地区	川上地区	北山地区
PHYCOMYCETES	<i>Absidia</i> sp.	—	—	—	—	—	—
	<i>Rhizopus</i> sp.	—	—	—	—	—	1.5 (2.9)
	<i>Mucor</i> sp.1	0.7 (1.4)	—	—	15.2 (22.7)	—	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>Zygorhynchus</i> spp.	0.7 (1.4)	3.8 (22.6)	—	1.4 (2.1)	7.2 (16.8)	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.	3.6 (8.2)	5.1 (30.5)	2.7 (13.2)	2.1 (3.1)	1.0 (2.3)	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)	27.9 (65.0)	11.8 (23.2)
	<i>Gliocladium 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>Acrostalagmus</i> sp.	0.7 (1.4)	—	—	0.6 (0.9)	—	0.5 (1.0)
	<i>Spicaria</i> sp.	—	—	—	—	—	—
	<i>Pullularia</i>	0.3 (0.8)	—	—	—	—	—
	<i>Humicola</i> sp.	—	—	—	—	—	0.5 (1.0)
	<i>Hormodendrum</i> sp.	—	—	—	—	—	1.0 (2.0)
	<i>Tilachlidium</i> sp.	—	—	2.2 (10.7)	—	—	—
	<i>Fusarium</i> sp.1	—	—	—	—	—	2.1 (4.1)
	<i>F.</i> sp.2	0.7 (1.4)	—	—	—	—	1.0 (2.0)
	<i>F.</i> sp.3	1.3 (3.0)	1.3 (7.7)	—	—	0.5 (1.2)	—
	<i>F.</i> spp.	—	—	—	1.4 (2.1)	0.5 (1.2)	—
	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)

第13表 1代目造林地における土壌菌類 10³/g ()は%

土 壤 菌 類		長藤地区	河南地区 (1)	河南地区 (2)	白田地区	八 千 穂 区 地	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.	—	—	8.9 (19.1)	—	5.0 (6.2)	—	—
	<i>Zygorhynchus</i> spp.	0.6 (1.2)	0.7 (2.4)	0.3 (0.7)	—	4.4 (5.4)	0.6 (0.5)	—
	<i>Mortierella ramaniana</i>	—	0.4 (1.2)	—	—	1.9 (2.3)	—	11.5 (16.6)
	<i>Mort.r.var.angulispora</i>	—	5.1 (16.9)	—	9.9 (14.0)	10.1 (12.9)	5.4 (4.8)	1.3 (1.9)
	<i>Mort.</i> spp.	—	—	—	14.3 (20.2)	1.9 (2.3)	—	2.6 (3.7)
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)	2.8 (4.0)	6.9 (8.6)	4.2 (3.6)	5.7 (8.2)
	<i>Hyalopus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Aspergillus</i> spp.	—	—	—	—	0.6 (0.7)	—	0.6 (0.9)
	<i>Penicillium</i> spp.	47.1 (83.8)	13.2 (43.3)	16.1 (34.6)	17.6 (24.9)	33.9 (41.9)	27.8 (24.8)	26.1 (37.7)
	<i>Gliocladium fimbriatum</i>	—	0.7 (2.4)	—	1.7 (2.4)	—	—	—
	<i>Sporotrichum</i> sp.	—	—	—	—	—	—	1.3 (1.9)
	<i>Verticillium puniceum</i>	0.6 (1.2)	0.4 (1.2)	11.4 (24.5)	2.8 (4.0)	—	66.6 (60.0)	3.8 (5.5)
	<i>Acrostalagmus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Spicaria</i> sp.	—	—	—	2.8 (4.0)	—	—	—
	<i>Pullularia</i>	—	—	0.6 (1.3)	—	—	—	—
	<i>Humicola</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Hormodendrum</i> sp.	—	—	0.3 (0.7)	—	—	—	1.3 (1.9)
	<i>Tilachlidium</i> sp.	—	—	—	14.3 (20.2)	5.0 (6.2)	1.2 (1.0)	3.2 (4.3)
	<i>Fusarium</i> sp.1	—	—	—	—	—	—	—
	<i>F.</i> sp.2	—	—	—	—	—	—	—
	<i>F.</i> sp.3	—	—	—	—	—	—	0.6 (0.9)
	<i>F.</i> spp.	—	—	—	—	0.6 (0.7)	—	—
	Others	5.8 (10.4)	4.4 (14.5)	3.8 (8.1)	4.4 (6.3)	10.7 (12.7)	4.8 (4.3)	10.2 (14.6)
	計	56.0 (100)	30.3 (100)	46.5 (100)	70.6 (100)	81.0 (100)	111.8 (100)	69.5 (100)

乾燥土壌 1g 中に存在する土壌菌総数は、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南、白田、川上の 3 地区に著しかった。稀釈扁平法によつてあらわされる土壌菌の数量の多少は、直接微生物の活動力をあらわすものではないが（たとえば稀釈扁平法では孢子形成能力の大きい種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量が多いことは落葉落枝の分解に有利であると推察される。³¹⁾

菌類の種類では全般に *Penicillium* と *Trichoderma* が優勢であつたがこれは WAKSMAN⁵⁵⁾ 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機物の分解菌として最も重要な働きをすると考えられている *Penicillium* がる上に生長のよい 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づけて考えてがかりとなるように思われた。*Zygorhynchus* や *Mortierella* 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つた。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種類であるので、分離された数量が少なくても根ぐされをおこす可能性もあり、また GÄUMAN¹⁸⁾ の報告のようにある種の *Fusarium* が生産するフザリン酸のような萎ちよう毒素によつて、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。これらの菌類は有機物の分解菌として重要であるほかに、前述のような有害微生物に対する抗菌菌としての効果もあるのであろう。この意味では抗菌性の強い種類を多く含む *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つた。

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つたが、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。

本表から明らかなように、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量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機物の多い表層により盛んであるように思われた。

(2) 土壌線虫

第14表 八千穂地区の土壌菌類 (15～30cm) 10³/g

土 壌 菌 類	2 代 目	1 代 目
	×10 ³ (%)	×10 ³ (%)
<i>Zygorhynchus</i> spp.	—	12.8 (31.1)
<i>Mortierella 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	林 分 深 さ	2 代 目		1 代 目	
		0～15cm	15～30cm	0～15cm	15～30cm
長 藤 地 区		14	—	32	—
河 南 地 区(1)		52	—	24	—
白 田 地 区		12	13	18	7
八 千 穂 地 区		20	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 20 g を綿布で包みロートに入れて蒸留水 40cc を加え、25°C にて24時間保温して後 10cc をとり出し、うち 1 cc ずつを 3 回検鏡しながら算定した。その結果は第15表のようであつたが、数値は 1 cc 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。Foote³⁹⁾ は通気性がよく柑橘のよく育つ土壌ではまた土壌線虫の発育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害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。⁷⁷⁾

§ 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 $\frac{1}{2}$ 以下であり、したがつて単位面積当りの林分生長量をくらべても著しく低いことがわかつた。

また林分構造をしらべると、2 代目の林分は、直径階別頻度分布曲線が著しく左にかたより、1 代目の林分構造にくらべ劣勢な林相のありさまをはつきり示した。これら生産力の低い林分構造は植付け後いつあらわれるかを樹幹析解よりしらべると、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、前生林分も同様に生長が悪かつたにちががなく、適地を誤つた結果ではなかろ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、その密度本数より推定して、これら 2 代目の前生林分はかならずしも生長が悪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、土壌がほとんど類似し、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 年間の林分生長量をみると、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 $\frac{1}{10}$ 位である。しかし 2, 3 の地区においては 1 代目林分の各地区の平均生長量と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裏付けるものである。

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、地下部ともに小さいためであり、2代目林地の生産力が低いことで説明されるが〔§ 1 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)林地の無機養料の循環、(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) 無機養料の循環について

無機養料として特に窒素、リン酸、加里についてしらべた。養料の循環よりみると、窒素、リン酸、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³⁹⁾⁵⁸⁾の固定菌⁶⁸⁾⁶⁹⁾の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、リン酸は供給される量はきわめて少量であるため、窒素、リン酸、加里のうちリン酸が最も林地では欠乏しやすいようである。

そこでリン酸の循環は、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
菅 平 43年生	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	73.6
	Ao 層	3.6	80.1	18.8	14.5	31.6	22.4				
	根 (0~70cm)	2.2	8.2	2.8	8.5	4.7	3.0				
	土壌中(0~70cm)	203.5	17,029.0	89.5	292.3	1,517.3	594.5	956.3	2,399.8	4,212.3	15,180.0
	林 地 計	209.3	17,117.3	111.1	315.3	1,553.6	619.9	977.9	2,422.8	4,248.6	15,205.4
	平均分解率% =葉/林地計	0.02	0.51	12.06	11.96	1.37	1.53	1.37	1.56	0.50	0.06
	養分の消失指数 =林地計/林木計	—	68.5	1.5	1.4	10.5	8.4	13.2	10.6	28.8	206.9
和 田 18年生	幹	14.6	54.8	18.7	56.3	31.3	19.8				
	枝	4.2	26.8	13.8	50.0	46.1	14.4				
	葉	1.2	86.2	13.1	37.0	20.9	9.3				
	林 木 計	20.0	166.8	45.6	143.3	98.3	43.5	45.6	143.3	98.3	43.5
	Ao 層	3.2	156.2	21.1	40.8	99.3	18.2				
	根 (0~70cm)	5.3	19.9	6.8	20.4	11.4	7.2				
	土壌中(0~70cm)	169.0	8,954.0	38.2	665.5	1,472.7	925.4	739.4	4,018.6	4,330.8	16,132.9
	林 地 計	171.5	9,130.1	66.1	726.7	1,583.4	950.8	767.3	4,079.8	4,441.5	16,158.3
	平均分解率% =葉/林地計	0.70	0.93	19.82	5.09	1.32	0.98	1.71	0.91	0.47	0.06
	養分の消失指数 =林地計/林木計	—	54.7	1.4	5.1	16.1	21.9	16.8	28.5	25.2	273.8

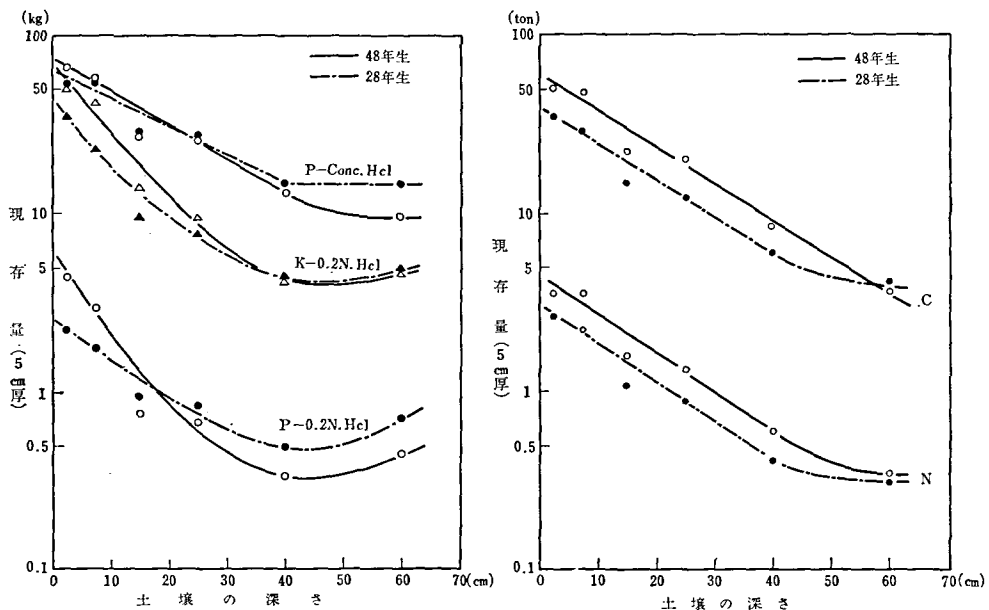
第11図は1代目造林地の3要素の現存量に対する伐採によつて、幹に含まれてもち出した減量を示したものである。本図からもあきらかなように、窒素については幹に含まれてもち出される割合は各地区でまちまちで、反対にもちこまれるような場合もあり、はつきりしないことから、あまり問題にならないように思われた。加里もまた同様にバラツキが大きく、減量割合の平均はかなり低いようであつた。

これに反し磷酸の減量割合は、約25~75%をしめし、林外に持ち出される量はいちじるしく大きいことがわかつた。加えて、これら養料のうち、とくに磷酸は養料循環系よりみて閉鎖的傾向が強いといわれているので、これらの林地では磷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年生の両カラマツ林分を調査地にえらび、それらの林地ならびに林木にふくまれる炭素、窒素、磷酸、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磷酸は 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、葉に含む磷酸は約 70kg であり、その消失指数は 1.5 となり、したがつてカラマツ伐跡地は次代以降 1.5 回しか林分は仕立てることが出来ないわけである。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年生の林分でも磷酸の消失指数は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伐期後林外にもち出される1代目の林木の養料と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)

さらに上述の養料は林地内でどのように垂直的に分布しているかを、4大学協同調査でし⁸⁴⁾らべた結果を第13図にしめた。

すなわちこれらの養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、閉鎖系に属する磷酸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つた。したがつて、地中から汲みあげられて、表層部位に偏在する磷酸は、もしそれらの部位が流亡を招くようなことがあれば、さらに養料の循環からみると、一層早く磷酸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磷酸の欠乏が2代目不良造林地の特異な現象であることがわかつてきた。

これに加えて 1) 土壌の理学性の悪い場合、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が考えられた。

1) 土壌の理学性の悪い場合

2代目林地が透水性の悪い土壌構造であつたとすればその成長は極端に悪く、逆に透水性の良い場合はその生長はそれほど悪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、河南の2地区は2代目が1代目よりよかつた。

³²⁾³⁰⁾ 今関、河田は理学性の悪い土壌はナラタケ菌が多くあらわれ、2代目不良造林地ができやすいことを報告しているが、不適な理学性によつてあらわれるナラタケ病害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⁸³⁾

山内は農作物のイヤヂ現象は降雨の少ない凍害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結限界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ぐされをおこしやすいであらう。とくに磷酸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代目造林地が黒色火山灰質土壌のような場合はさらに有効性磷酸が欠乏しやすくなる。すなわち硅礬比などの不均衡より磷酸がアルミニウム、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

レムナーを使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代目に比し、土壌の生産性は高く、とくに河南、川上両地区の1代目はレムナーがよく増殖したが、両地区の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* のような有機物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、リン酸の欠乏が直接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弱められ、生長減退をきたす可能性もあろう。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求

§ 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とから検討し、主原因がリン酸欠乏であろうと推定したが、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求した。

すなわちそれぞれ調査地区の土壌を採取し、ポットにつ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 月の台風で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ずれもまきつけ時期がおくれ、タネの発芽が不ぞろいとなつたので、この 2 地区をのぞいた長藤、河南、白田、八千穂の 4 地区について試験した。

1 実験方法

試験は直径 15cm の素焼鉢で行なつたが、長藤地区のみは縦、横それぞれ 25cm 深さ 15 cm 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標準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のぞき、鉢にうまく入るように小型のスcoop とナタで土壌を切りとり、そのまますぐ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) 深さ別に採取した土壌による試験

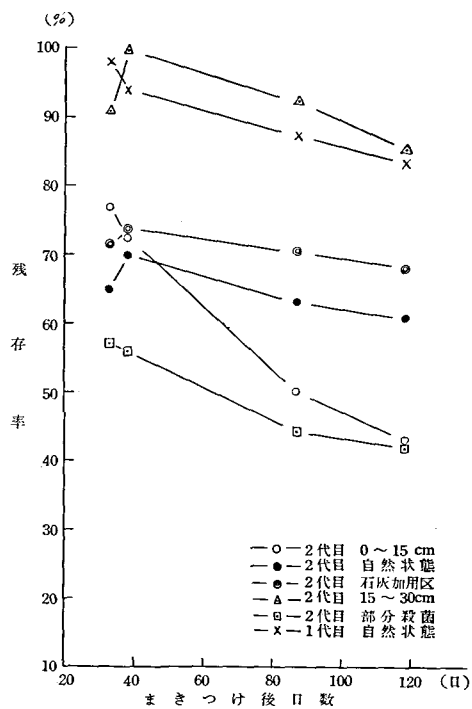
0～15cm, 15～30cm の 2 層から土壌をそれぞれ必要量だけ大きな紙袋に採取し、よく混合しながら鉢につめて試験に供した。その際大きな根および砂礫はとりのぞいた。

(3) 石灰を加えた区

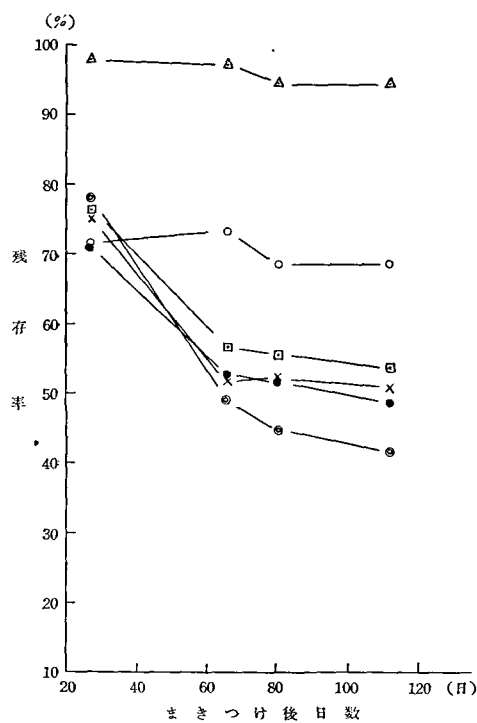
土壌の *PH* を調節する目的で、0～15cm の深さから採取した土壌を鉢に入れ、1 鉢当り石灰を 2g ずつ加えよく混合した後試験を行なつた。

(4) 部分殺菌を行なつた試験

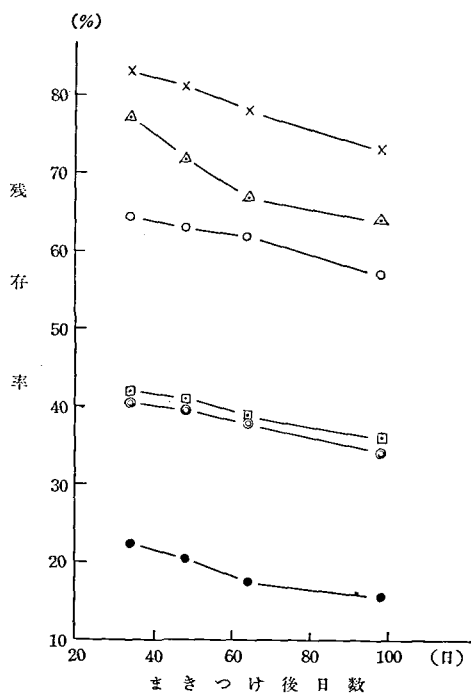
土壌中の微生物を化学物質や熱処理などで完全に滅菌することは、室内実験では可能であるが、現地試験では困難なことが多い。しかし土壌の部分殺菌を行なうことによつてもその中の微生物の種類を少なくしたり、有害な菌類をのぞいたりすることができるので、0～15cm の深さから採取した土壌をコッホ蒸気殺菌器で鉢ごと約 4 時間加熱（この程度でほとんどの



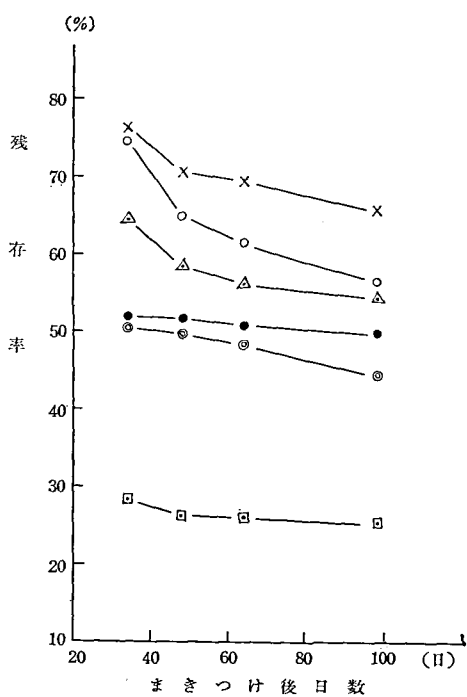
I 長藤地区



II 河南地区



III 白田地区



IV 八千穂地区

第13図 まきつけ試験における残存率の変化

生物が死滅するといわれているが) し、冷却後試験に用いた。

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 0.7 g (長藤地区のみは 3 g) 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 回繰返しの乱かい法によつて配列し、鉢の高さの約 $\frac{2}{3}$ を土壌中に埋めるとともに、日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、枯損する苗が少なくなつたまきつけ後 3 ~ 4 カ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期待数と、調査日における成立本数の比率 (%) すなわち残存率 (結果的には得苗率となる。) 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が、各地区によつて異なつている (長藤地区——5 月 24 日、河南地区——5 月 30 日、臼田・八千穂両地区——8 月 18 日) ので、残存率は直接そのままでは比較することはできない。しかし残存率を角変換し、6 つの要因で統計計算を行なつたところ、それぞれの地区の最後の残存率 (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 ~ 30 cm 深さの土壌の残存率 (80.6 %) は、2 代目自然状態 (47.2 %), 石灰加用 (51.0 %), 部分殺菌 (42.3 %) の処理を行なつたそれら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 ~ 15 cm 深さの土壌の残存率 (62.0 %) と 15 ~ 30 cm 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残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 代目造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 代目の方が残存率が高く (5 % 有意)、とくに河南地区をのぞいては根ぐされ病による被害率が著しく少なかつた。このことは 1 代目と比較して、2 代目の造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、その被害を大きくしたものとされたが、土壌中の微生物の分析結果 (第 12, 13 表参照) においても、立枯病菌の一種である *Fusarium* 属が、2 代目の造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。このようなことから 2 代目造林地における根腐病などの被害は、かなり激しいものと察せられるが、臼田地区の 2 代目自然状態の土壌が 15 % という異常に小さい残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病の被害が大きいとは思われなかつた。そこで立枯菌の菌害そのものよりも、 $\text{GAÖUMAN}^{18)}$ のように *Fusarium* が生産するフザリン酸のような毒素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くまぜ合わせた場合の残存率 (2 代目 0 ~ 15 cm) 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なつた結果、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残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、一般の土壌菌類も表層より少なくなる傾向があつたと同様に病原菌も少なくなつたためであろう。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代目自然状態の残存率と0~15 cm 深さの混合土壌のそれとの間には、明らかな差が認められなかつた。一般に土壌の *PH* をアルカリによせると多くの場合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きらかでなかつた。また ⁶⁴⁾RUSSELL のいうように部分殺菌は病害ばかりでなく、植物の生長にも良い影響を与えられたが、何らの傾向も認められなかつた。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代目造林地の表層土壌(表層から15cm まで)には多くの病原菌が生存し、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ろう。しかしそ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。ただ土壌の物理性にしても化学性にしてもまた生物的な因子にしても、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鋭敏に影響する可能性が大きいものと思われる。微生物群落を急激に変えることは、¹⁷⁾実際上はなほだ困難なことであるといわれているが、少なくと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³⁾⁹⁾

前章でカラマツ2代目不良造林地の主たる原因は燐酸欠乏であろうと推定した。一方カラマツ2代目造林地は第1図ⅡBであきらかなように、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性のちがった土壌に成林しているので、それぞれの土壌型より1ヶ所づ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大字東横道に設けた。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	<i>PH</i>	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	P ₂ O ₅ 吸収係数
川 上 地 区 P施用試験地	0—15	5.4	8,200	3.59	145	1,200	400	540	21,000	2,100	2,284.0	0.17	2,200
	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 P施用試験地	0—15	5.6	2,700	15.60	655	4,800	2,800	2,100	8,100	3,000	175.6	0.62	900
	15—30	5.6	1,900	5.41	246	4,200	2,300	1,500	7,100	2,900	369.6	0.69	800

前生樹カラマツは1958年伐採し、翌年4月植付け、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、各区は4回繰返しを行なった。

追肥区は燐酸単用区(いげた燐酸使用)(0, 10, 20, 40, 80 gの5区)のみとし、1試

第17表 施肥設計 (1本当り施用量) g

施用区分	磷酸単用(P)区	三要素施用(S)区	窒素加里加用(NK+P)区
磷酸純量	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：硝安 N34.4% 1本当N9g
 磷酸：過磷酸 P20%
 加里：塩化加里 K59% 1本当K5g
 *：基準量を示す
 N、P、Kの基準量は塘(林地肥培 No. 1)によつた。
 磷酸単用：いげた磷酸 P20：N3

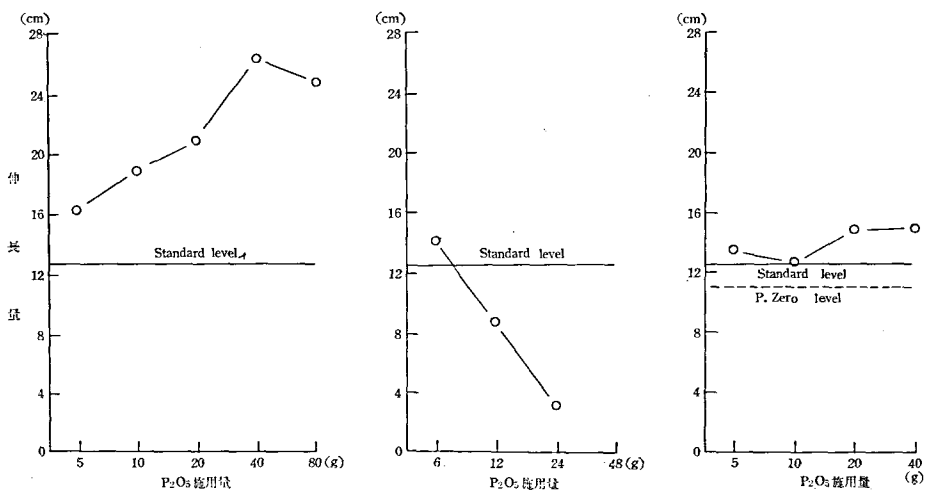
験区は20本3回繰返しとした。

施用方法は根のまわりを浅く剥ぎ、かきおこして一様に施用した。11月上旬に樹高、根ざわ直径、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。

これらの図から磷酸の施用量が増加するにしたがつて、樹高、直径の明らかな生長増加がみとめられたが、標準量(磷酸純量で5g)の8倍も施用すると無施肥(Standard level)の生長量の2倍以上にもなつた。このことは川上試験地のような火山灰質土壤地帯では磷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。これは使用した化成肥料の濃度が高かつたため枯死が多く、肥えやけの現象をおこした結果と思われた。この点については今後検討したい。

つぎに窒素加里加用区では磷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。また磷酸施用量を増しても磷酸単用区ほどはつ

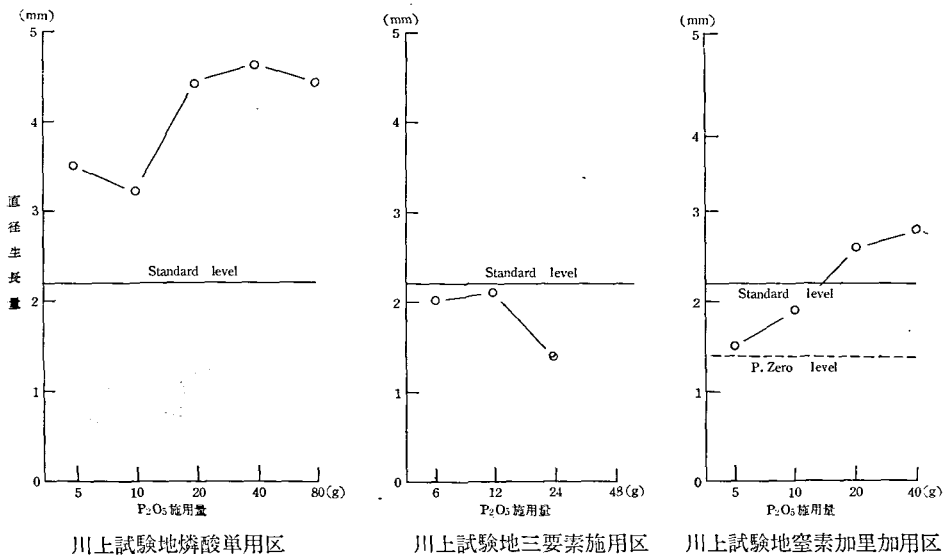


川上試験地磷酸単用区

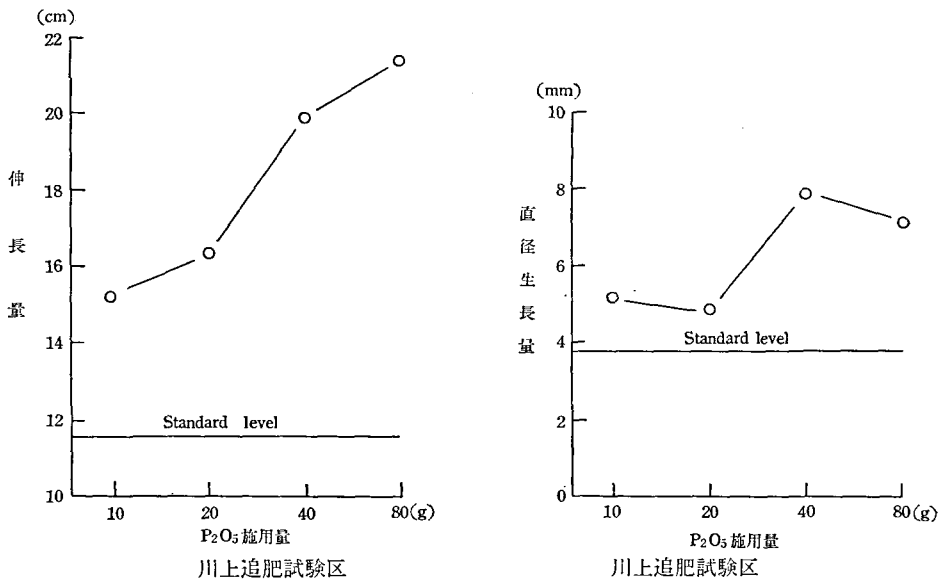
川上試験地三要素施用区

川上試験地窒素加里加用区

第14図 川上地区施肥試験



第15図 川上地区施肥試験



第16図 川上地区追肥試験

きりしたちがいはいはあらわれなかつた。

以上のことから、燐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年生のカラマツの追肥試験においても、上述の結果とほぼ同様の効果がえられた。

2 かつ色森林土壌の場合

上伊那郡河南村に試験地を設けた。その地形、土壌型、土壌の物理性、冬季の凍結状態については第7Ⅱ, 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、胸高直径、本年の伸長生長量、枯死本数をしらべた。

施用区分は磷酸単用区、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。

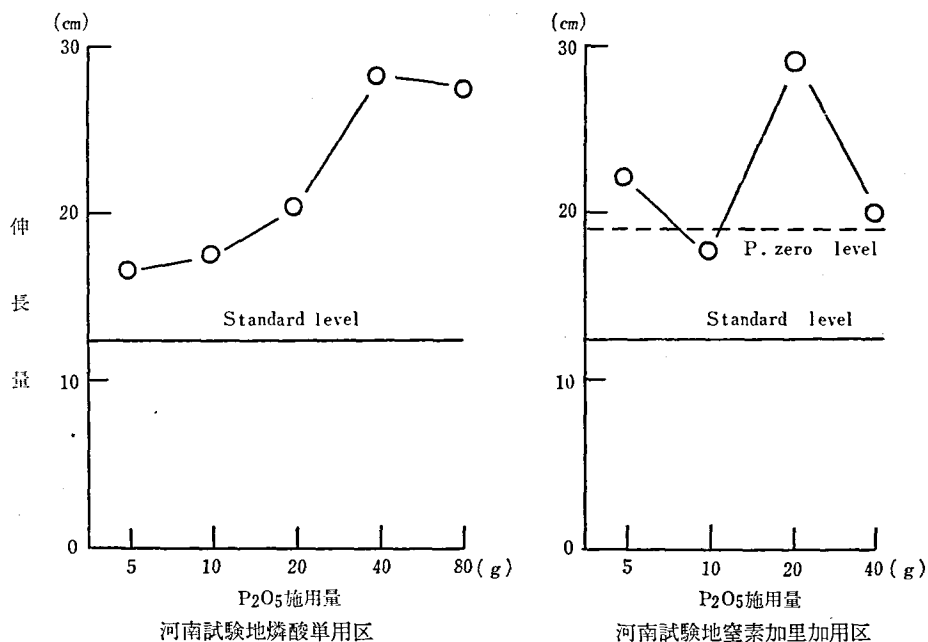
施用量はすべて川上試験地に準じた。

試験の結果は第17, 18図に示した。

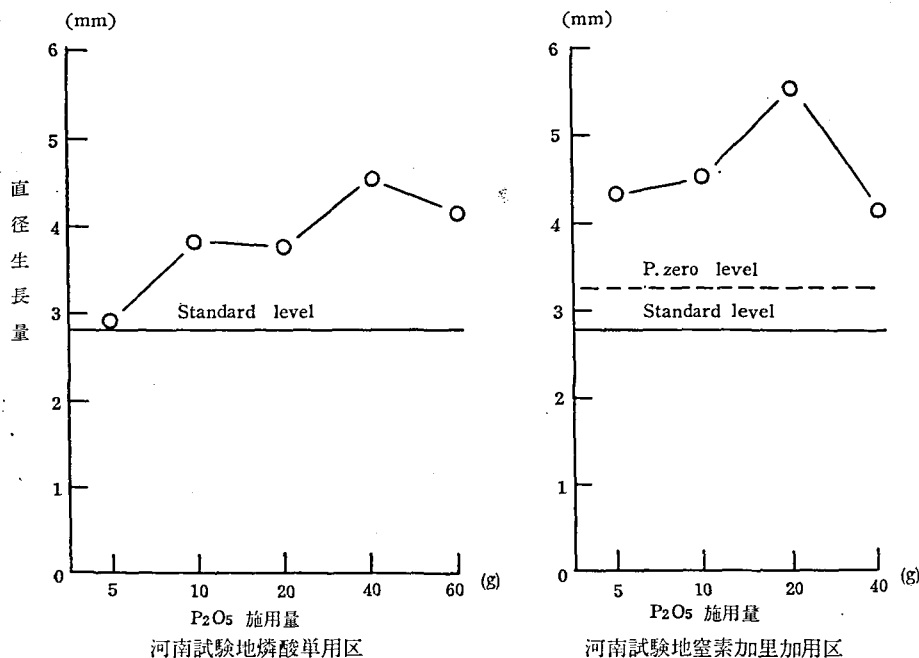
これらの図から明らかなように、磷酸単用区は磷酸の施用量を多くするにしたがつてはつきりその効果があらわれた。しかし窒素加里加用区では、磷酸を与えない場合 (P zero level) でも、窒素、加里を施用すれば無施肥区 (Standard level) より生長がよくなったが、この点だけは川上地区とちがつていた。

以上両試験地の結果を総合してみると、磷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。しかし磷酸を与えず、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つと検討しなければつきりしたことはわからないが、つぎのことが推論された。

すなわち、Bld型土壌は§2(2)項で述べたように、いちじるしく有効性磷酸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ないばかりか、極端に磷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の結果とよく一致した。



第17図 河南地区施肥試験



第18図 河南地区施肥試験

また B_D 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は、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、その効果はばらついてはつきりしなかつたが、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の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

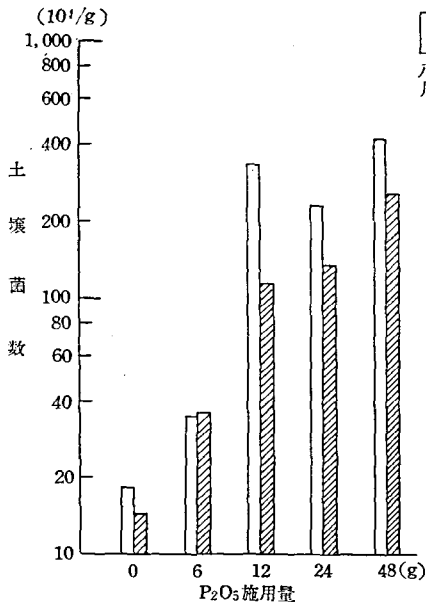
磷酸を主とした肥料の施用が土壌微生物の構成にどのような影響を与えるか、またその場合の林木の生長と微生物のうごきの関連性をつきとめることを目的として、前項の川上村試験地の土壌について分析を行なつた。

分析の試料は施肥を行なつた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の、およびその後6月24日、8月12日、11月2日の3回にわたつて、各施肥区ごとに数箇所ずつ採取した表層の土壌(0~15cm)を用いた。

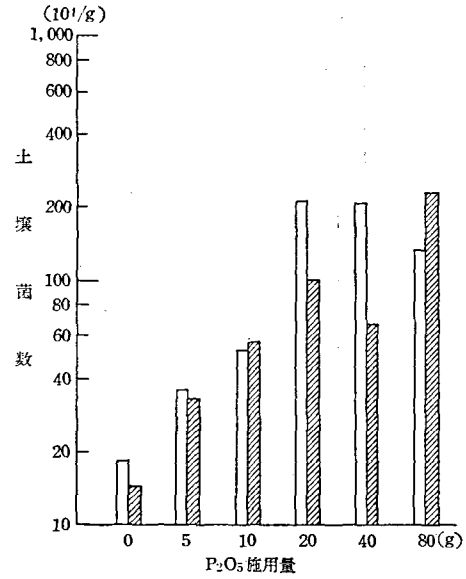
分析の方法は常法のように WAKSMAN 寒天培養基を用いた稀釈扁平法によつた。⁸⁰⁾ 施肥後の分析においては稀釈度を20,000~40,000倍にし、1試料6個のシャーレを用いて平均した。

(1) 土壌菌の数的変化

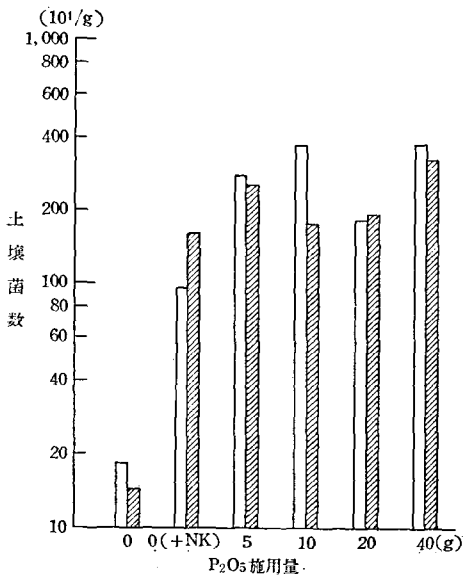
三要素施用区、磷酸単用区、窒素加里加用区別の8月と11月における土壌菌の総数の変化は第19, 20, 21図のようであつた。



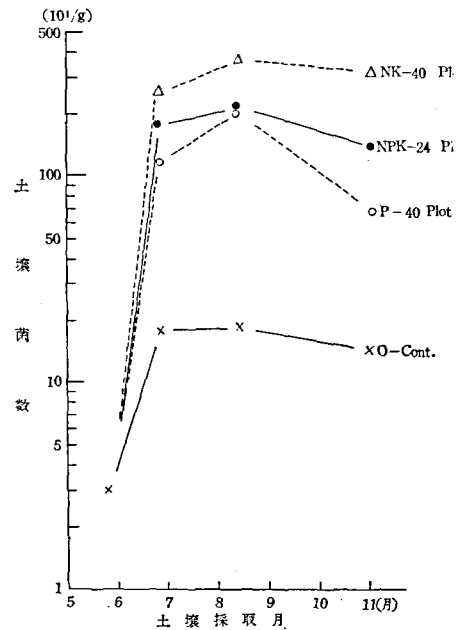
第19図 三要素施用による総菌数の変化



第20図 燐酸単用による総菌数の変化

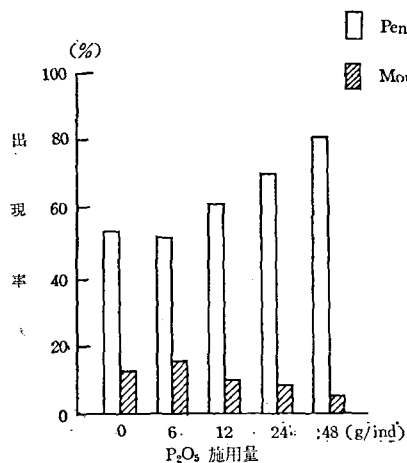


第21図 窒素加里加用による総菌数の変化

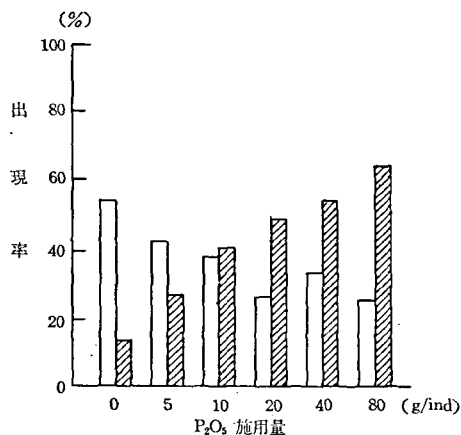


第22図 土壌菌総数の季節別変化

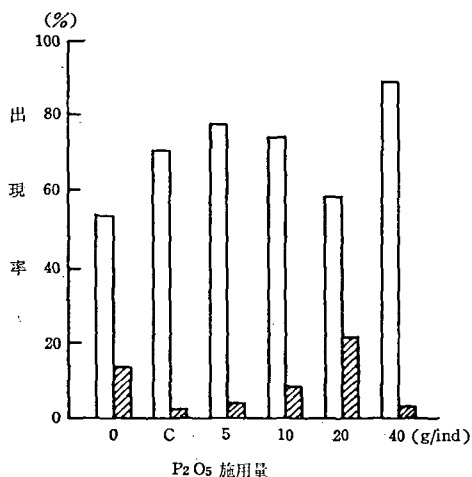
各区とも施用量の増加とともに、それぞれあきらかに土壌菌数が増加し、無施肥区の10倍から20倍以上にも達した。これまでの調査の結果から、カラマツ林の土壌は一般の林地に比較して微生物が少ない傾向がみられたが、生長のよい林地ほど微生物数が多いことなどから



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



第24図 磷酸単用区における *Penicillium* と *Mortierella* の出現割合



第25図 窒素加里加用区における *Penicillium* と *Mortierella* の出現割合

(第2章 § 2, (5)参照), 土壤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, 後述のようにカラムツの生長に影響する何らかの効果をもっているようにも思われた。

(2) 土壤菌の季節的变化

土壤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, もとの状態にもどるようであつた。また第22図ではそれぞれの施肥区の総土壤菌数の一部しか示していないが, 6, 8月の土壤菌の種類は変動が多く, 11月になつ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) 土壤菌の種類別の変化

分析の時期によって, あるいは施肥の種類やその量のちがいによつて, 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属は次のようなものであつた。

Mucor, *Zygorhynchus*, *Mortierella*, *Phoma*, *Oospora*, *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. ramaniana*, *M. ramaniana* var. *angulispora*) 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図からあきらかなように 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図からあきらかなように 磷酸単用区においては、施用量の増加につれて *Penicillium* の出現率は減少し、*Mortierella* は著しく増加した。施肥のちがいによる *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 属に対する窒素と磷酸の影響力のちがいによるものであろう。窒素加里加用区においてはパラツイで一定の傾向が見出せないが三要素区と磷酸単用区の中間形を示すようであり、また、*Penicillium* と *Mortierella* の出現率は第25図からあきらかなように全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¹⁷⁾ までの結果と異なり、施肥という手段を用いて簡単にしかも速か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、磷酸肥料などの施用によつてこのような微生物的障害を除去することは可能であり、有効であろう。

§ 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磷酸欠乏であることを推察したが、また環境、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、とくに磷酸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。しかもこれらの病害は土壌表層(約 15cm まで)に多く、下部にはすくないことがわかつた。この実験ではさらに土壌の物理性を変えた区、部分殺菌区、石灰加用区などの区を設けたが、被害率は低くならなかつた。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つた。

つぎに土壌中の有害微生物の増殖を抑える別の方法として 2 代目造林地に磷酸施用試験をおこなつた。磷酸の不足が立枯病の発生を助長することは⁶⁸⁾ 四手井などによつてすでに認められている。本実験では磷酸の施用が *Fusarium* の増殖を抑えるのみならず、土壌微生物の社会を変えるとともに、特定の微生物が林木の生長にどのように影響したかをしらべた (§ 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

るしく増加した。しかも磷酸単用の場合は多くの菌のうち *Mortierella* の出現割合は施用量と比例して増し、また窒素、磷酸、加里の三要素区でその施用量を増加させると *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* は磷酸に鋭敏に反応し、*Penicillium* は磷酸よりむしろ窒素の施用量の増加に鋭敏に反応した。

さらに土壤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、鋭敏に土壤微生物相に影響し、植物の生長はその微生物の種類と深い関連をもつことを教えた。とくにカラマツでは *Mortierella* の増加と生長の促進とはよく一致し、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壤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ュウリやトウモロコシの伸長に対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続植付け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 Ovington⁵⁸⁾ や Bublitz¹⁵⁾ によつて指摘されたが、最近わが国においてもスギ・ヒノキなどの有名林業地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林外にもち出されるためにおこる林地養料の減少と、更新にともなう裸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れい生態学的追究を行なわしめたものであろう。

しかしこれらの研究においてとりあげられたカラマツ2代目不良造林地の問題は、著しい生長減退と根腐れによる枯死の現象から、カラマツのみにみられる一つの特異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つた問題のように思う。

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、カラマツの跡地に植付けられたものは著しく生長が悪く(第2図、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)。また伸長生長において差が認められなくても、これを林分生長量で比較すると2代目造林地の不良化はきわめて明らかであつた(第3、4図参照)。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つたものであろう。したがつてカラマツ2代目不良造林地に対する施策は、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代目造林のカラマツはさけるよう注意がはらわれてきた。一方国有林においてもこの問題は造林面積の拡大にともないますます重要視されてきたが、樹種更改にあたりカラマツにかわる適当な樹種が現在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、これに対して中村(賢)はカラマツ2代目不良造林地が存在することは事実であ

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りあげる必要は少な
 かり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 表のように不良化し
 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の適地である長野県中東信においては、
 2 代目の不良造林地がかなり分布していることは確実である。しかし第 2 章 § 2 第 3 項でも
 のべたように、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また事実である。このため大政はカラマツの 2 代目不良造林地は、も
 ともとその適地を誤つたものではないかと指摘した。しかし第 7 図からも明らかなように前
 生カラマツの生長状態を伐根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
 をしていた場合の方が多いい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
 生長不良現象を解析したことにはならないと思われる。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不良化の原因を追究する一つの行きかたであろうし、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性も弱いようであつた。今関³²⁾や河田³⁶⁾は大門国有
 林の 2 代目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要因であろうと報告している。確かに
 特殊の土壤環境においては、ナラタケ病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ろう。しかし土壤凍結の項で述べたように（第 2 章 § 2, 第 3 項）、
 融凍期における土壤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
 生長開始期における一時的な融凍水の停滞は、呼吸という根に対する生理学的な意味からと、
 土壤病害の発生という 2 つの面からだけでも、カラマツの生長に対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。

土壤の透水性が悪い傾斜の少ないようなところでは、排水盛土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れかたの状
 態を著しく異にし、定まつた標徴を示さない。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ない。

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
 を形づくるようになる。林分の葉量や総断面積合計は大体一定の値を保ちつつ、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。その間開放性の物質循環を行なう炭素
 は、炭酸同化作用によつて林分中にいちじるしい蓄積を行なうが、半開放系に属する窒素は、
 窒素固定菌や雨水などの作用によつて持ちこまれるため、林木中のみならず林地土壌中にも
 僅かながら蓄積が起るかもしれない。これは第 11 図の窒素収支において 2 代目造林地の窒素

量が1代目よりかえつ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、比較的閉鎖的性質の強い磷酸、加里などの無機養料は、もともと存在していた鉍物質養料とともに林地に落され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が、林木の蓄積量の増加とともに、鉍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。さらに溶脱によつて流れ去る鉍物質養料は雨水などによつ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、土壤表層における鉍物質養料の量は除々に減少し、やがて不足状態になるであろう。その結果土壤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鉍物質養料は大部分還元されることがないため、伐採後の林地中には少なくとも表層の土壤中には、鉍物質養料の欠乏がいちじる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て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ろう。すなわち生長がいちじるしく悪化し、土壤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。このようないちじるしい異常状態は、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ろうか。

上記の結果から、表層土壤における無機養料の減少は、新しい林分の物質循環面にいちじ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、生態系より失われていっ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つてみたところ、第11, 12図, 第16表から明らかなように、窒素はかなり充分な量が残存しているが、磷酸や加里は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。とくに物質循環上閉鎖的傾向の強い磷酸は、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代目造林地は磷酸収支の均衡が破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図参照), 磷酸欠乏をさらに助長する場合もあろう。

2代目造林地の磷酸欠乏は、カラマツ自体が磷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りでなく、カラマツの分布は火山灰地帯に多くみられる(第1図Ⅱ参照)ということによつて、さらに拍車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壤は一般に礫土質土壤といわれるぐらいアルミニウムが多く、したがつて硅礫比が異常に小さい場合が普通である。そのため可給態の磷酸が少なく、磷酸吸収係数も大きい。これは磷酸施用試験を行なつた火山灰質土壤の川上とかつ色森林土の河南の分析結果(第7表Ⅱ参照)でも明らかであつた。長野県に多く分布するこのような火山灰質土壤の森林は、林地自体ですらもう可給態磷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磷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与えているように思われた。測定された範囲内においては、とくに土壤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13表のように2代目造林地の土壤菌数は1代目のそれ

より常に少なく、有用な腐敗菌の増殖をおさえている傾向があるに対し、*Fusarium* などの有害菌はかえって2代目造林地の方が多し傾向がみられた。リン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ろう。

リン酸が欠乏状態にある森林土壌にリン酸を施用すると、その施用量に比例して土壌菌の数量は著しく増加してくる(第20図参照)が土壌菌の中ではとくに *Mortierella* の増殖が著しかった(第24図参照)。

これまで行なわれてきた多くの研究⁶⁸⁾からしてもリン酸の欠乏は土壌病害の発生を助長するに反し、リン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っ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ラタケ菌を含む土壌病害にあつたとしてもリン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。

リン酸の不足はまた他の植物の場合と同様、カラマツの根の発達を阻害している可能性がよい。すなわち、第5表ならびに第2図Ⅱ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低く、この原因は林地養料の多少にもとづくがとくにリン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、もしリン酸が不足すれば根系の不良化は更に拍車がかげられることになる。

このことは当然無機養料の吸収の場が少なくなることを意味しているが(第5表X参照)、またいろいろな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ろう。また根系の発達不良は春生長開始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理解されるであろう。

このような2代目造林地におけるリン酸の欠乏は、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障害を誘発し、また不適当な環境条件は反対にリン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、その主因はリン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失なわれていつ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リン酸の補給が最も重要な鍵となるであろう。

リン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リン酸施用試験(第3章§2参照)において、リン酸のみを標準施肥量の8倍(1本当りリン酸純量で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施肥の場合の2倍以上も伸長するが(第14, 17図参照)、実際の造林木が一度にこれほど多量のリン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リン酸が不可吸態になるとも思えない。これはリン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が考えられよう。一方窒素と加里を与えてリン酸を欠除した試験においては明らかな対比がみられた。すなわち有効性リン酸の欠乏しがちな火山灰質土壌の川上試験地

(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河南試験地(第17図参照)では伸長の増加がみられた。このことは、VAN GOOR⁷⁹⁾も指摘したように、リン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え、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、特殊の環境に育ち独得の養料収支を行なうカラマツの2代目不良造林地にあつては、窒素を含まないリン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)リン酸の増加は *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の間にきわめて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、リン酸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、このような土壌微生物面に与えるリン酸の効用は、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響する重要な事柄として、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リン酸の施用は養料収支の面からしても、あるいは土壌微生物的な観点からしても、きわめて合理的な手段であつて、その施用量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本当りのリン酸純量で20~40gを施用する必要があるだろう。

以上の方法は森林生態系に対するリン酸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、混交林の造成という対策が考えられる。これは生態学の原則からしても、単純林のへい害をのぞく有効な手段であろうが、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。また養料収支上よりみた場合のリン酸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、養料収支上における著しいリン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リン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、失なわれたリン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造成に努力することであると結論された。

摘 要

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くとりあげられてきた。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つて、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 個所の林分のうち約 $\frac{2}{3}$ が不良造林地であつた。
- (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 林地を無作為に選び、林分の解析を行なつた結果、多くの 2 代目の造林木は植付け後 2～3 年で著しく生長量を減退し、地区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つた。これを平均林分生長量で比較すると、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) 標準木の樹幹解析から、2 代目造林木の樹高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悪く、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 Bld 型 Bd 型のいずれかであつたが、透水性をも含めた土壌の物理性には 1、2 代目両造林地の間に差異が認められなかつた。
- (6) 土壌の化学性のうち、窒素、リン酸、加里の林地現存量は現在成立している造林木の吸収量をも含めると、1 代目の方が一般に高い傾向が認められた。またリン酸の吸着されやすい Bl 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、リン酸が不可給態化する可能性が強いと思われた。
- (7) 2 代目不良造林地は凍結限界線 (年平均最深積雪量 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。これは融凍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) 稀釈扁平法で分析した結果、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、また立枯病菌と思われる 3～4 種の *Fusarium* 属もみられた。
- (9) 表層 (0～15cm) 土壌を自然状態でポットにとり、根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かたよりなどは林木の栄養循環系における養料の不均衡が原因しているように推察された。すなわち 2 代目カラマツが皆伐された直後における林地養料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、リン酸や加里の失なわれた割合はかな

り大きく、特に閉鎖的性質の強い燐酸は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。

- (11) 2代目不良造林地がこのような燐酸欠乏による障害であるかどうかを裏付けるため、2代目造林地において燐酸を主体とした施肥試験を行なったところ、土壌型のいかんにかかわらず、標準施肥量より施用量を高めれば、それだけ明らかな効果がみられ、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、燐酸をぬいて窒素と加里を標準量施用した場合、Blo型土壌においては明らかな生長減退がみられたことより、火山灰質土壌は特に燐酸が欠乏していることを示した。
- (12) 一方土壌微生物は施肥量の増加とともにその数量を増加するが、燐酸肥料のみの施用量を増加させると *Mortierella* 属が、窒素の施用量を増加させると *Penicillium* 属がきわめて著しく優勢となつた。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ろう。

以上のように、カラマツ2代目不良造林地は養料収支上よりみて、燐酸の著しい欠乏に起因するいろいろな障害と判断され、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、失われた燐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. AIRD, P.L. & STONE, E.L. (1955): Soil characteristics and the growth of European and Japanese Larch in New York. *Jour. Forest.* 55 425—430
2. ALDRICH, D.G., BUCHANAN, J.R. & BRADFORD, 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. 赤井竜男・浅田節夫 (1961): 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 日林大講集 71
- 4a. 赤井竜男・浅田節夫 (1962): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第8報) 林分の物質循環と磷酸施用による土壌環境の改善 日林大講集 72
- 4b. 浅田節夫・赤井竜男 (1959): シンシユウカラマツの忌地現象について (予報) 日林大講集 69 343—345
5. 浅田節夫・赤井竜男・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) 調査林分の概況と生長状態 日林大講集 70 130—132
6. 浅田節夫・赤井竜男・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) 土壌構造と理化学性 日林大講集 70 132—134
7. 浅田節夫・赤井竜男・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) 土壌生物の分布状態 日林大講集 70 134—136
8. 浅田節夫・赤井竜男・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 日林大講集 71
- 9a. 浅田節夫・赤井竜男 (1961): カラマツの2代目不良造林地に関する研究 (第6報) 造林地に対する磷酸の試験 日林大講集 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 長野営林局
10. BINDSEIL (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 (9) 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. BÖRNER, H. (1955): Untersuchungen über phenolische Verbindungen aus Getreidestroh und Getreiderückständen. *Naturwiss.* 22 583—584
14. BÖRNER, H. (1959): The apple replant problem I. The excretion of phlorizin from apple root residues. *Contri. Boyce. Thompson Inst.* 20 39—56
15. BUBLITZ, W. (1959): Über organische Hemmstoffe und ihre Wirkung auf den Rohhumus. Ein Beitrag zum Problem der Bodenmüdigkeit unter Nadelholz. *Forstarchiv* 30 (6) 105—110 [*c.f. Forest. Abst.* 21 (1) 11]
16. FLETCHER, P.W. & OCHRYMOWYCH, J. (1955): Mineral nutrition and growth of eastern red cedar in Missouri. *Univ. of Missouri Agri. Exp. Stat. Res.* 16 577
17. GARRETT, S.D. (1956) Biology of Root-infecting Fungi.

18. GAUMAN, E. (1957) : Fusaric acid as a wilt toxin. *Phytopath.* 47 342—357
19. GOEDEWAAGEN, 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., GRANTLIPP, 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 洸 (1957) : 苗木の生長と養分吸収に及ぼす土壤中の養分状態の影響 (第1報) 林試研報 103 69—80
22. 原田 洸 (1958) : 苗木の生長と養分吸収に及ぼす土壤中の養分状態の影響 (第2報) 林試研報 108 83
23. 原田 洸 (1959) : 林木の養分含量に関する研究 (第2報) 年令別にみたアカマツの養分含量について 日林大講集 69 182—184
24. HEWESTON, F. N. (1957) : Re-establishing the peach orchard. *Penn. Agr. Exp. Sta. Prog. Rept.* 106 19—33
25. HEWESTON, 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・平野暁 (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・平野暁 (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) : 桃の忌地に関する研究 (第1報) 秋季学発表要旨
29. 平野 暁 (1951) : 桃の忌地に関する研究 (第1報) 園研集 5 6—10
30. 平野 暁 (1955) : 桃の忌地に関する研究 (第2報) 園研集 7 13—17
31. 古川 忠 (1961) : 林木の生長生理に関する研究 林木の幹に含まれる養分元素について 日林大講集 71
32. 今関六也 (1960) : 林木の土壤病害の生態 日植病学会報 25 112—1133
33. 今関六也 (1959) : 野辺山国有林カラマツ造林不成績地についての随想的リポート 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. 菊住昇・寺田正男 (1961) : カラマツ林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病の発生に及ぼす環境因子の影響 (中間報告) 農林水技会議永年作物研協資料
37. 梶浦実・岩崎藤助 (1943) : 温州密柑の連作に関する研究 (第1報) 園学雑 14 7—14
38. 吉良竜夫 (1960) : 森林生態学 (Ⅱ)
39. 栗原昭夫 (1958) : 果樹の忌地に関する最近の研究 農業及園芸 33 315—319
40. 熊代克巳 (1959) : 火山灰土壤に生育する果樹に対するけいカルの肥効について (第2報) 園学雑 28 306—309
41. LANG, R. (1932) : Der Standort der Lärche innerhalb und ausserhalb ihres natürlichen Verbreitungs Gebietes. *Forstwiss. Cent.* 54 15—35 38—56 77—87 [日林誌 14 (8) 687 抄録]
42. LANG, R. (1933) : Lärchen wachstum und Boden I. Forstliche Wochenschrift. *Silva.* 21 233—237 [日林誌 15 (11) 1110 抄録]

43. MADGWICK, H.A.I. & OVINGTON, J.D. (1959): The chemical composition of Precipitation in adjacent forest and open plots. *Forestry* 32 14—22
44. 松井勝・林信一 (1951): カラマツ不成績造林地調査報告 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., KLOTZ, L.J., DEWOLFE, T.A. & ERVIN, J.O. (1956): Influence of some common soil fungi on growth of citrus seedlings. *Soil Sci.* 81 259—267
47. 嶺 一三 (1955): 収穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製 収穫表調製業務研究資料 12
48. 守屋重政・永井芳雄 (1925): 酸性土壌に対する樹種の抵抗について 林試報 26 1—24
49. 中村健・高橋成直・島崎洋路 (1958): カラマツ2代目不良造林地の土壌学的考察 (第1報) 信大農術報 6 1—14
50. 中村健・高橋成直・浅田節夫・赤井竜男 (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 70 136—138
51. NEMEC, A. (1937): The effect of a one-sided N fertilization upon the growth of spruce in forest nurseries. *Ann. Acad. tchecosl. Agr.* 12 32—47 [c.f. *For. fertilization* (1956) 156]
52. 野本亀雄・久保田正夫・久保田了元 (1956): 酸性土壌における石灰、燐酸の施用をめぐる問題 (第1報) 日土肥講 2 81
53. 野本亀雄・久保田正夫 (1956): 酸性土壌における石灰、燐酸の施用をめぐる問題 (第3報) 日土肥講 2 23
54. 大政正隆 (1960): カラマツの造林について 山林 913 14—19
55. 大政正隆・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. ODUM, J.P. (1953): Fundamentals of Ecology.
57. OVINGTON, T.D. (1956): The chemical composition of tree leaves of different tree species at Bedgebury as percentages of the oven-dry weight. *Forestry* 29
58. OVINGTON, J.D. & MADGWICK, H.A.I. (1958): The sodium, potassium and phosphorus contents of tree species grown in close stand. *The New Phytologist* 57 273—284
59. OVINGTON, J.D. & MADGWICK, H.A.I. (1959): The growth and composition of natural stands of birch. 1 *Dry matter production. Plant & Soil* 10 271—283
60. PATRICK, Z.A. (1955): The peach replant problem in Ontario II. Toxic substances from microbial decomposition products of peach root residues. *Canad. Jour. Bot.* 34 (6) 461—485
61. ROEBESTING, 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. & HAAS, A.R.C. (1923): Growth and composition of orange trees in sand and soil culture. *Jour. Agri. Res.* 24 801—804
63. RUBNER, K. (1931): Beiträge zur Verbreitung und waldbauliche Behandlung der Lärche. *Thar. Forstl. Gb.* 82 (3) 153—210 (日林誌13 (抄) 抄録)
64. RUSSELL, E.J. & RUSSELL, E.W. (1950): Soil Condition and Plant Growth.
65. SCHANNON, L.M. & CHRIT, E.G. (1954): Some experiences with replanting peach in Newjersy. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 63 151—156
66. SCHOBER, R. (1953): Die Japanische Lärche.
67. 芝本武夫・川名明・高橋光枝・丹下勲 (1955): 燐酸欠除がスギ・ヒノキの水耕稚苗の光合成および

呼吸作用におよぼす影響について (予報) 日林大講集 64 175—176

68. 四手井綱英・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 (予報) 日林誌 32 195—197
69. 四手井綱英 (1954): 森林の雪害と凍結による崩壊について 信州治山輯録 9 1—12
70. 島 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): タバコ植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) 農業及園芸 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) 農業及園 34 (10) 1573—1574
74. 武田京一・井上桂・太田巖 (1951): 富士山腹の造林不成績地に於ける一観測 農業気象 6 83—87
75. THOMPSON, L. M. (1957): Soils and Soil fertility.
76. VAN GOOR, 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 真 (1960): 土壌病害防除に関する基礎研究 I 栽培作物の種類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 (予報) 北陸病虫研究会報 8 98—100
78. 内田丈夫・津田耕治 (1953): カラマツにおける適量試験による磷酸肥料に関する研究 日林北支講 2 26—28
79. 竹内虎太郎 (1951): 浅間経営区私見 造林技術研究 長野営林局 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. WEHUNT, 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. 山内倭文夫 (1959): 植樹技術に関する最近の課題から 造林技術研究集録 前橋営林局 1—18
84. 四大学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 日林技 9 1964

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 yeas 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 B_{1b} type or B₂ 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

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.