

造林地施肥試験

トドマツ幼齡林の養分吸収と施肥効果

蔵 本 正 義⁽¹⁾
永 桶 留 蔵⁽²⁾
塩 崎 正 雄⁽³⁾

目 次

I. ま え が き	75
II. 幼齡木の養分調査	76
II-1. 調査地概況	77
II-2. 調査方法	78
II-3. 調査結果	78
II-4. 考 察	85
III. 幼齡林の施肥試験	85
III-1. 試験地の概況	86
III-2. 試験方法	88
III-3. 試験結果	88
III-4. 考 察	98
IV. む す び	110
文 献	111
Résumé	113

I ま え が き

近年林地肥培の研究および実行が活発となり、著者らも林業試験場の組織研究の一端を担当して、北方林業における肥培法の試験に参加しているのであるが、古来林地肥培については甲乙是非の論があり¹⁾、北海道のような寒冷な気象条件下で、トドマツ・エゾマツ等の長伐期性の樹種を対象とする場合、果たして林地肥培は事業的に可能であろうか、著者ら自身も全く不明であったので、林木の栄養成長の面からその基礎的うらづけを得るとともに、一方現地植栽試験により、その肥効の現われ方を見つつ肥培技術の究明を行ない、森林生産の維持向上に資せんとして本研究をすすめてきた。試験計画と方法は、林試土壤調査部担当官会議で決められた方法（塘，原田氏原案）によったが、一部（根系調査等）変更したものもある。現在まで判明している試験結果のうち、トドマツ幼齡林に関する成果をとりまとめ報告する。

本試験遂行に当たり、終始ご指導とご鞭達を賜った林業試験場北海道支場研究顧問内田丈夫博士、高樋 勇調査室長、柳沢聰雄造林部長に厚くお礼を申し上げる。また、試験期間中全幅のご協力を賜った北見営林局北見営林署、帯広営林局清水営林署、旭川営林局羽幌営林署、札幌営林局定山溪営林署、空知

1967年12月13日受理

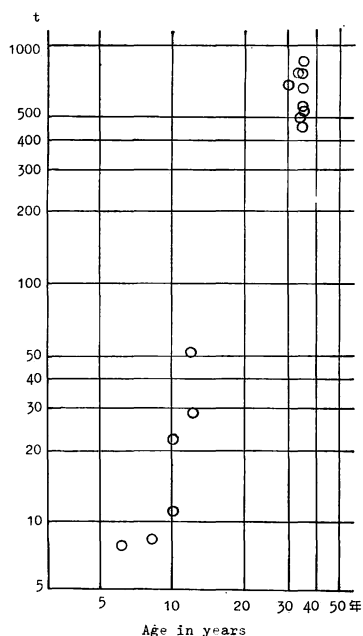
(1) 前北海道支場造林部土壤研究室長・現土壤調査部土壤調査科土壤第二研究室長

(2) (3) 北海道支場造林部土壤研究室

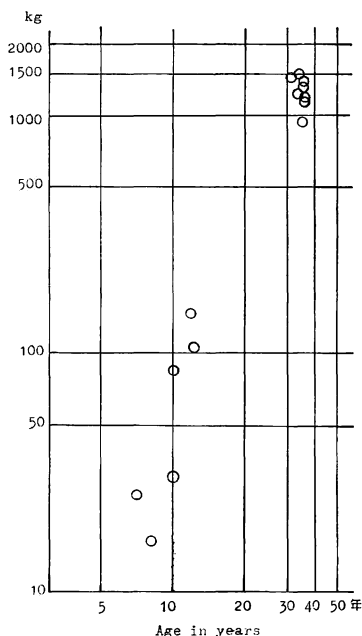
郡栗沢町，苫前郡羽幌町の関係各位，栗沢町井元春茂氏に衷心よりお礼を申し上げる。また試験実行に当たり種々援助の労を惜しまれなかった北海道支場土壤研究室各位に感謝する。なお総合的に林地肥培の組織研究を指導，計画，立案され，本稿ご校閲の榮を賜った林業試験場土壤調査部長橋本与良博士，土壤肥料科長塘 隆男博士およびそのよき協力者である土壤肥料研究室長原田 洸技官に深甚なる謝意を捧げる。

II 幼 齡 木 の 養 分 調 査

林木の苗木が造林地に植栽されて成長していくとき，いかなる成長をたどり，養分吸収を行なっていくのか，その過程を明らかにした報文を著者は寡聞にして知らない。樹体成分の分析研究は古くラマン⁵⁷⁾，津田重政³⁸⁾らにより行なわれ，近年林地肥培の研究者らにより開始されつつあるが，林木は実験材料として過大であり，また造林地の環境は複雑であるので，詳細な研究解析は容易ではない。著者らが現在実施中の林地土壤生産力の研究資料から，滝川林務署管内トドマツ造林地における現存量を本論文の資料に加えて示すと，第1図および第2図のごとくで，これより林木の生重量およびその中に含まれる窒素量が林齢の増加にともなって著しく増大すること，また同一林齢にあっても相当の幅があることがわかる。その原因は地位や森林の取扱い等にあると考えられるが，林木の成長においては窒素のみならず，養水分の吸収に林木は多大のエネルギーを要するであろうことが推察される。また，林地肥培の研究課題が中，壮齢後に多くあるであろうことが推察される。しかし，ここにはまず，初期肥培の基礎的うらづけのため幼齡林の養分吸収の状態を知る必要があるので，閉鎖前の林分について窒素，リン酸，カリの3要素の含有量と根系の調査を行なうこととした。したがって，ここに養分吸収というのは林木の樹体の養分，主として窒素，リン酸，カリの摂取量を林齢別の含量から推定せんとするもので，植物生理学，あるいは栄養化学



第1図 林齢別トドマツの生重量(ton/ha)
Fig. 1 Fresh weights of Todomatsu in different ages (ton per ha).



第2図 林齢別トドマツの窒素含有量(kg/ha)
Fig. 2 Nitrogen contents of Todomatsu in different ages (kg per ha).

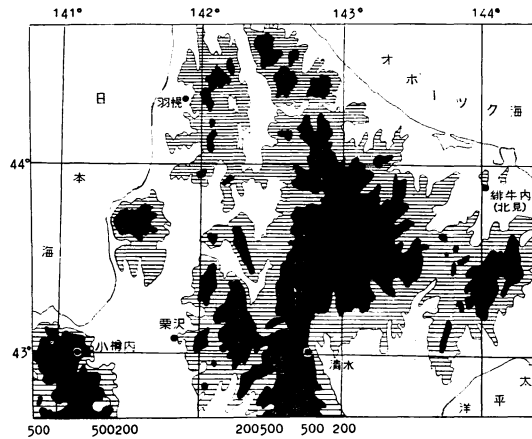
における細胞または組織の吸収理論について論ずるものではない。

以上の目的にしたがい本調査をすすめたのであるが、その成績の一部についてはすでに発表したものもあり、これらを取りまとめて報告する。

II-1. 調査地の概況

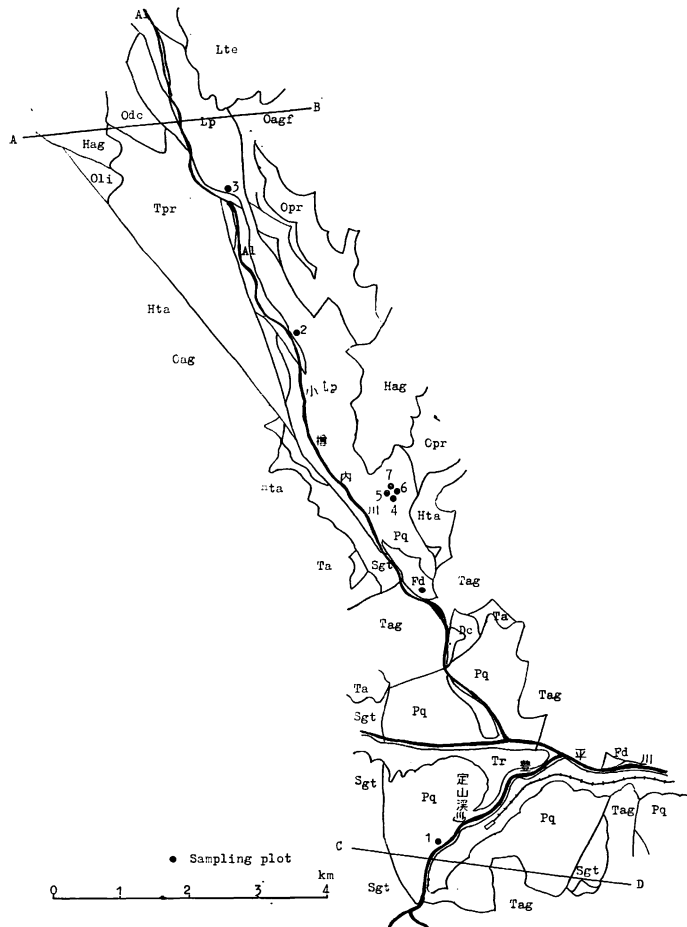
札幌営林局定山溪営林署管内の豊平川、およびその支流小樽内川流域に位置する造林地より林齢4, 6, 8, 10, 12の5段階の造林地を選んだ。

その位置および概況は、第3図、第4図⁹⁾、第1表に示した。この地帯の造林前の林況は



第3図 試験林の所在地

Fig. 3 Location of experimental forests.



第4図 小樽内における養分調査の試料採取地点

Fig. 4 Sampling plots of plant nutrition survey in Otarunai.

第1表 養分調査林分の立地

Table 1. Sites of sampling plots on the nutrition researches

プロット Plot No.	林 齢 Stand age	林 班 Division	標 高 Altitude (m)	土 壌 型 Soil type	方位・傾斜 Azimuth, In- clination (°)	植栽本数 Tree num- bers per ha	調 査 月 日 Date of sampling
1	4	1	300	ED	SE 8	3,000	14th, Sep., 1959
2	6	44	460	ED	W 28	3,000	22nd, Aug., 1961
3	8	61	500	EC	W 32	3,000	23rd, Aug., 1961
4	10	15	400	BD(d)	SW 15	4,000	15th, Sep., 1959
5	10	15	380	ED	NW 3	4,000	16th, Sep., 1959
6	12	15	400	BD(d)	SW 15	4,000	24th, Aug., 1961
7	12	15	380	BD	NW 3	4,000	25th, Aug., 1961

針広混交林で、トドマツ、エゾマツ、ニレ、シナ、キハダ等であり、植生はクマイザサ、オクヤマザサ、アキノキリンソウ、エゾイチゴ、フッキソウ、ヤマニガナ、ユキザサ、フキ、ブドウヅル、ミヤママタタビ等である。土壌は安山岩、集塊岩、火山灰等を母材とする埴質壤土で、土壌型としてはBC、BD(d)、BD等の分布が大きい。地質系統は石英斑岩および石英粗面岩等の酸性岩であるが、河岸段丘地形であるので、高所の安山岩類の土壌母材としての影響が大きいと考えられる。小樽内苗畑の気象観測によれば、年平均気温3.7°C、年降水量1,366mm、最深積雪2.37m、主風の方向は夏期SE、冬期NW、平均風速は2.2 m/sである。初霜9月15日、晩霜5月20日、初雪10月25日、臥雪11月25日、融雪5月5日である。

II-2. 調 査 方 法

a) 供試木の抽出 各林齢の造林地の優良林分1か所について10mの方形区をとり、そのなかに含まれる立木の樹高、胸高直径の平均値に近い標準木1本を選定し供試木とした。ただし10年生、12年生の林分については地位上下(乾燥系、湿潤系土壌)2プロットを選んだ。

b) 養分含有量の分析 各供試木を根、幹、枝、針葉に分割し、各部位の生重量を秤量後幹は剥皮し、枝は剥皮せず、葉とともに風乾し、幹、樹皮、枝はチップパー(鉛筆削り器)で粗碎し、四分法でその一部をとり、さらに粉碎機で細粉し、2mmの篩を通して分析試料とした。これらの試料について窒素はケルダール法、リン酸、カリは過塩素酸湿式法で分解後、それぞれ比色法、炎光法で測定した。また、一部の試料については灰分、全セニイ(クロスベパン法)を定量した³²⁾。

c) 根系の調査 供試木の根を採取する際、その土壌中における生活圏、いわゆる J. BAEYENS の包根容 (Root volume)³⁸⁾を知る目的で HILF³²⁾の方法により側根およびそれより出る支根の数、長さ、幹からの距離10cm ほどの側根の直径を測定した。

II-3. 調 査 結 果

林木の養分含有量に関する調査の結果は第2～8表、第5～9図に示した。

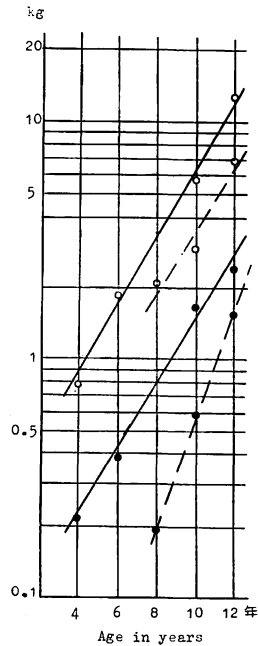
a) 生重量および乾重量 各供試木の幹、枝、針葉、根等各部位別の生重量および乾重量の値を第2表に、また地上部の生重量の数値を対数グラフ上にプロットすれば、第5図a、bのごとくなる。これから各部位の重量成長は、閉鎖以前まではおおむね指数曲線的に増加していることが推察される。そして、地位によって、この場合は土壌型によって差があることがわかる。さらに林齢の増加に対する各部位別の生重量の増加をみるため、4年生の供試木の生重量に対する各林齢ごとの生重量の比率を求めれば第3表の

第2表 供試木の部位別生重量および乾重量（1本あたりキログラム）

Table 2. Fresh weight and dry weight in each part of sample trees (kg per tree)

供試木 Sample No.	林 齢 Stand age	樹 高 Height (m)	胸高直径 Diameter at breast (cm)	生 重 量 Fresh weight					乾 重 量 Dry weight		
				Stem	Branch	Needle	Root	Total	Stem	Branch	Needle
1	4	1.0	2.8*	0.22	0.08	0.22	0.25	0.77	0.12	0.07	0.15
2	6	1.5	1.3	0.60	0.20	0.39	0.67	1.86	0.41	0.15	0.21
3	8	1.6	1.4	0.72	0.21	0.19	0.91	2.03	0.49	0.16	0.10
4	10	2.4	2.0	1.29	0.25	0.59	0.67	2.81	0.87	0.19	0.31
5	10	3.4	3.5	2.79	0.50	1.67	0.61	5.57	1.94	0.41	0.92
6	12	3.5	3.5	2.71	0.71	1.49	2.02	6.93	1.85	0.54	0.86
7	12	4.5	5.6	6.56	1.10	2.42	2.51	12.59	4.48	0.85	1.31

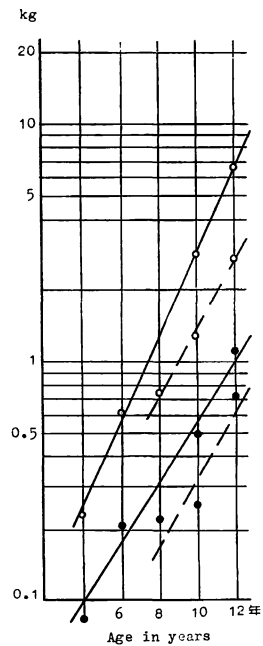
* 根元直径 Basal diameter.



—○— Total weight in wettish soils.
 ---○--- // dryish soils.
 —●— Needle weight in wettish soils.
 ---●--- // dryish soils.

第5-a 図 トドマツの林齢別生重量

Fig. 5-a Fresh weight of Todomatsu at different ages.



—○— Stem weight in wettish soils.
 ---○--- // dryish soils.
 —●— Branch weight in wettish soils.
 ---●--- // dryish soils.

第5-b 図 トドマツの林齢別生重量

Fig. 5-b Fresh weight of Todomatsu at different ages.

ようになり、貯蔵器官である樹幹が最も重量の増加が大きく、同化器官である針葉の重量増加は小さく、吸収器官である根重量の増加は最も小さい。もっともこの場合、根重量は地下部全体であり、吸収根のみをとればさらに小さくなるであろう。乾燥重量については、根部は未調査であるが同様のことがいえる。

第3表 生重量の林齢別比率（4年生に対する比）

Table 3. Fresh weight ratios in different ages

供試木 Sample No.	林 齢 Age	幹 Stem	枝 Branch	葉 Needle	根 Root	計 Total
1	4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	6	2.7	2.5	1.8	2.7	2.4
3	8	3.3	2.6	0.9	3.6	2.6
4	10	5.6	3.1	2.7	2.7	3.6
5	10	12.7	6.3	7.6	2.4	7.2
6	12	12.3	8.9	6.5	4.0	9.0
7	12	29.8	13.7	11.0	10.0	16.4

b) 養分含有率 樹体中の3要素について測定した結果は第4～6表のとおりである。部位別にみると窒素、リン酸、カリ、灰分とも針葉に多く、枝がこれにつぎ、幹材中に少ない。ただし、樹皮には第5表にみられるように、針葉に劣らず含まれている。要素別にみると針葉中には窒素最も多く、カリこれに次ぎ、リン酸は最も少ないが、枝、幹ではカリの量が多くなる。窒素、リン酸では林齢による差が認められなかったが、幹材、樹皮においては林齢とともにカリの増加がうかがわれた。山本、津田も同様の傾向をみとめている⁴⁰⁾⁴⁹⁾。次に、幹材について灰分および全セシイ量が若い木（4年生）および樹幹の上部（10年生）に多いことが認められ、生活旺盛な部位の特性を示した。これについて石原・鷲見¹²⁾³²⁾も同様の結果を得ている。

c) 養分含有量 これらの供試木中の3要素量はどれくらいか、地上部について計算してみると第7表、

第4表 針葉・枝・幹材の窒素、リン酸、灰分含有率（風乾物中%）

Table 4. Nitrogen, phosphorus and ash percent in needles, branches and stems

(On basis of air-dried matter)

供試木 Sample No.	林 齡 Stand age	土 壤 型 Soil type	葉 Needle			枝 Branch	幹* Stem
			新 New	旧 Old	平 均 Mean		
窒 素 Nitrogen							
1	4	BD	1.36	1.06	1.21	1.52	0.18
4	10	BD(d)	1.55	1.26	1.40	0.96	trace
5	10	BD	1.54	1.28	1.41	1.03	trace
リ ン 酸 Phosphorus							
1	4	BD	0.26	0.63	0.63	0.51	trace
4	10	BD(d)	—	0.66	0.66	0.33	trace
5	10	BD	—	0.71	0.71	0.43	trace
灰 分 Ash							
1	4	BD	3.38	3.54	3.46	1.83	0.41
4	10	BD(d)	4.91	3.29	4.10	2.25	0.48
5	10	BD	4.68	4.21	4.45	2.48	0.42

* 皮なし Without bark.

第5表 部位別3要素含有率（風乾物中％）

Table 5. Three elements concentrations in each part of sample trees
(On basis of air-dried matter)

供試木 Sample No.	林齢 Stand age	土壌型 Soil type	葉 Needle	枝 Branch	幹材 Stem wood	樹皮 Stem bark
窒素 Nitrogen						
2	6	BD	1.91	0.95	0.18	1.23
3	8	BC	1.42	0.84	0.24	1.03
6	12	BD(d)	1.77	1.42	0.24	1.62
7	12	BD	1.52	0.83	0.21	1.26
リン酸 Phosphorus						
2	6	BD	0.34	0.37	0.07	0.34
3	8	BC	0.32	0.33	0.10	0.43
6	12	BD(d)	0.50	0.79	0.16	0.65
7	12	BD	0.44	0.37	0.13	0.63
カリ Potassium						
2	6	BD	0.96	1.00	0.14	1.34
3	8	BC	0.91	0.91	0.22	1.30
6	12	BD(d)	1.48	1.70	0.25	1.82
7	12	BD	0.88	0.66	0.23	1.94

第6表 トドマツ幹材中の灰分ならびに繊維素（風乾物中％）

Table 6. Ash and cellulose percent in Todomatsu stem
(On basis of air-dried matter)

供試木 Sample No.	林齢 Stand age	土壌型 Soil type	水分 Moisture	灰分 Ash	繊維素 Cellulose	部位 Part of stem
1	4	BD	13.26	0.41	54.60	Whole
4	10	BD(d)	11.97	0.51	53.83	Upper
			12.71	0.48	49.75	Lower
5	10	BD	12.79	0.71	54.63	Upper
			14.98	0.42	47.33	Lower

第6図のようになる。ここでも生重量の場合と同じく、閉鎖前においては、林齢の増加に対し指数曲線的にふえるであろうこと、地位、ここでは土壌型によって差があるであろうことが推定された。また3要素の比率は大なる変化を認めず、平均して2.5:1:2.2であった。

d) 根系 根系調査の結果は第8表、第7～8図に示したように地上部と異なった成長経過を示した。また、本調査地域の幼齢木については次のような年次的変化が観察された。

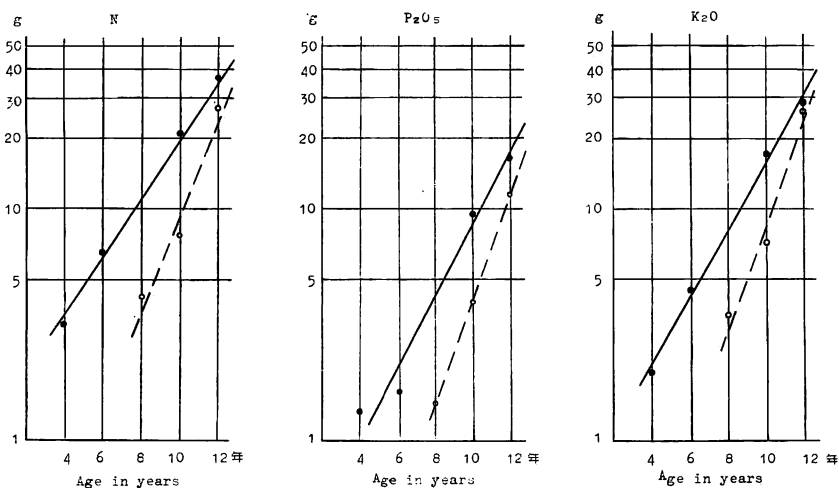
d)－1. 根系型 山出し後は苗畑時代の影響をうけ、一般に心根型⁶⁰⁾であるが、年次がすすむにつれ平根型⁶⁰⁾に移行する。

d)－2. 構造 特別に主根と称すべきものは必ずしも見当たらない。1本が長大なものあれば、数

第7表 供試木各部位の3要素含有量(1本あたりg)

Table 7. Three elements contents in each part of sample trees (g per tree)

供試木 Sample No.	林型 Age	窒素 Nitrogen				リン酸 Phosphorus				カリ Potassium			
		幹 Stem	枝 Branch	葉 Ne- edle	計 Total	幹 Stem	枝 Branch	葉 Ne- edle	計 Total	幹 Stem	枝 Branch	葉 Ne- edle	計 Total
1	4	0.2	1.0	1.8	3.1	0.0	0.3	0.9	1.3	0.2	0.4	1.2	1.9
2	6	0.7	1.5	4.1	6.3	0.3	0.6	0.7	1.6	0.6	1.5	2.0	4.2
3	8	1.2	1.4	1.4	4.0	0.5	0.5	0.3	1.4	1.0	1.3	0.9	3.3
4	10	1.7	1.4	4.5	7.3	0.9	0.8	2.2	3.9	1.8	1.3	3.5	6.6
5	10	3.9	4.3	12.6	20.7	1.9	1.4	6.1	9.4	3.9	2.9	9.7	16.5
6	12	4.4	7.7	14.3	26.4	2.9	4.3	4.0	11.3	4.6	9.3	11.9	25.8
7	12	9.4	7.0	19.9	36.3	7.2	3.1	5.8	16.1	10.3	5.6	11.5	27.4



—●— Wettish soils (BD type). ---○--- Dryish soils (BD(d) & BC types).

第6図 林齢別トドマツ養分含有量(1本あたりg)

Fig. 6 Nutrients uptake of Todomatsu at different stand ages (g per tree)

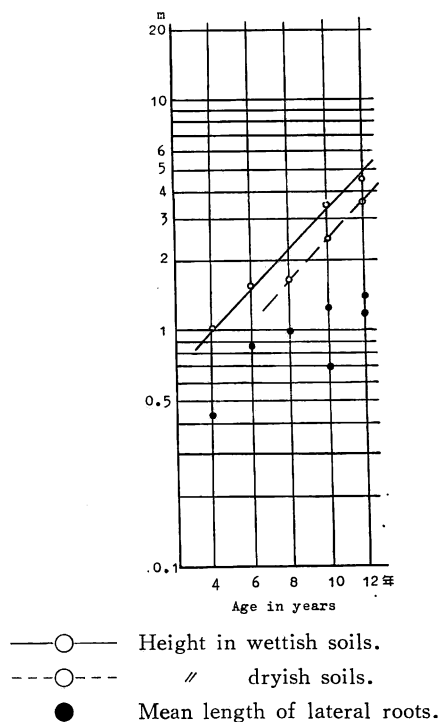
第8表 トドマツ幼齢木の根系

Table 8. Root systems of Todomatsu in younger ages

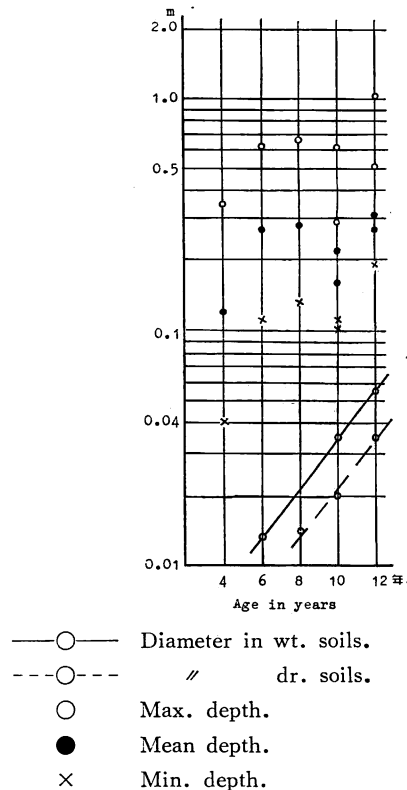
供試木 Sam- ple No.	林齢 Age	土壌型 Soil type	樹高 Height (m)	胸高直径 Diam- eter(cm) 1.3m	根数*2 Root number		側根長*2 Lateral root length(m)			根の深さ Root depth(cm)	
					Lateral	Sub- lateral	Total	Mean	Max.	Mean	Max.
1	4	BD	1.0	2.8*1	8		3.4	0.43	0.55	4~20	55
2	6	BD	1.5	1.3	12	33	10.3	0.86	1.67	11~43	60
3	8	BC	1.6	1.4	8	22	7.9	0.98	1.86	13~43	65
4	10	BD(d)	2.4	2.0	10	39	7.1	0.71	1.15	10~22	30
5	10	BD	3.4	3.5	10		12.3	1.23	1.70	11~32	60
6	12	BD(d)	3.5	3.5	14	45	16.2	1.16	2.22	25~36	50
7	12	BD	4.5	5.6	12	54	16.4	1.37	3.20	19~34	100

*1 根元直径 Basal diameter

*2 直径1mm以上のもの Diameter>1mm



第7図 トドマツ幼齢木の樹高と根長
Fig. 7 Height and root length of Todomatsu in younger ages.

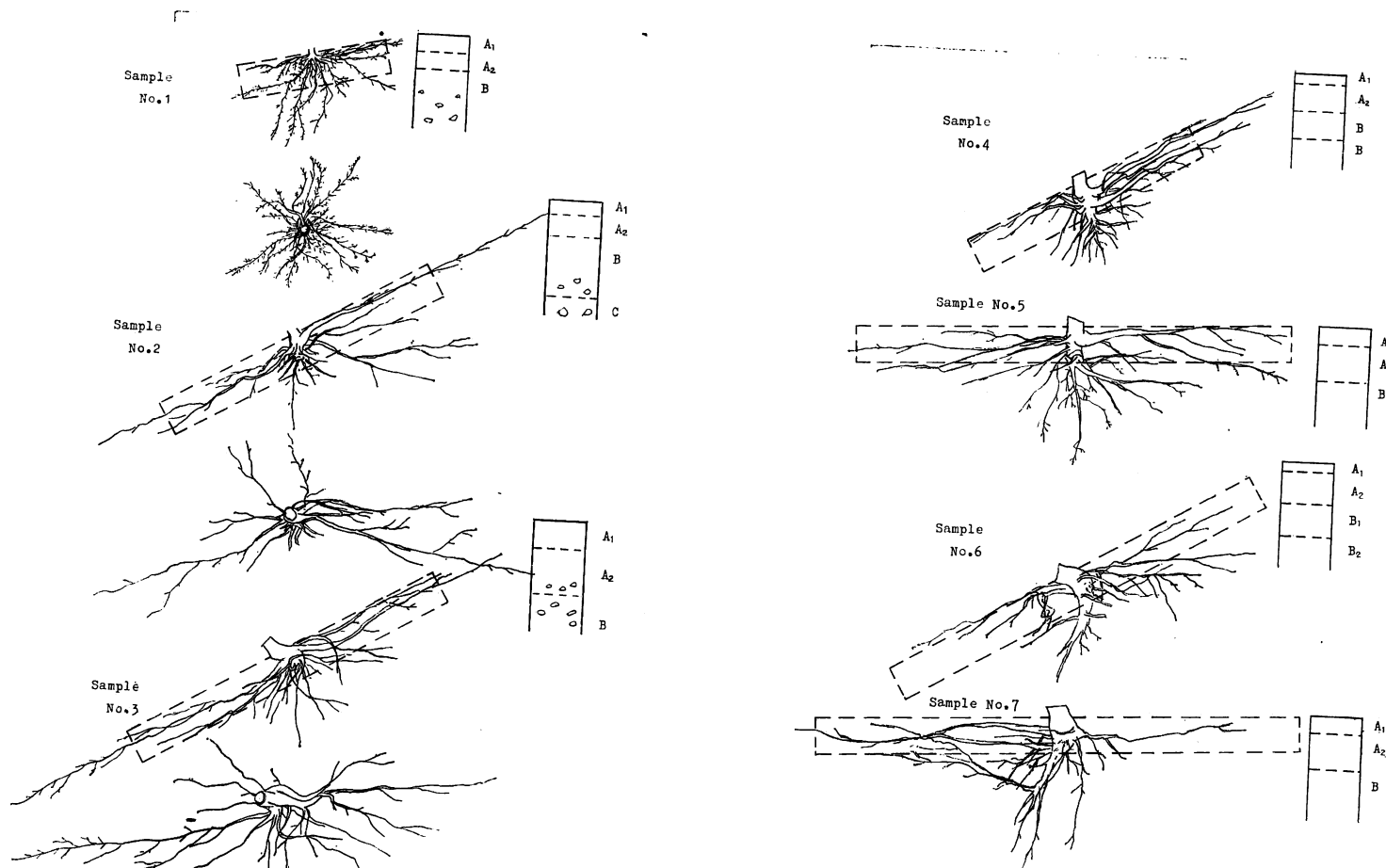


第8図 トドマツ幼齢木の直径と根の深さ
Fig. 8 Root-depth and diameter (at breast) of Todomatsu in younger ages.

本が等しく長大なものもある。大体根の基部から分枝し、比較的長大な一次根を側根とし、これより分枝した二次根を支根とすれば、それらの本数、側根の長さ、深さ等は第8表に示すとおりである。植栽後は根基部から放射状に下半球内を自由にのびる（主としてA層内）が、年齢がすすむと射出方向はしだいに水平的となり、土壌層に支配されてくる。

その垂直方向の伸長は急速に貧弱となり、本数も少なくなる（主としてB層内）。繊維状の細根は幼時は、基部を中心として密な塊をしているが、年齢の増加とともに粗となり、各支根の周縁にホーキ状をなして分散し、12年生までは全地表面に中、壮齢林でみられるようなネットワークを形成しない。吸収根や外生菌根は地表面に近く、または土壌構造の発達したところにおいて、細根の先端部に房状をなして分布し、B層にはほとんど見当たらない。

d)ー3. 平均側根長と根の深さ 側根の平均長やその深さは年齢の増加にしたがって大きくはなるが、必ずしも地上部の成長のように指数曲線的に増加しない。第7図および第8図に示すように、早くも6年生ころから逡減している。したがって、根の占める土壌容積、すなわちJ. BAEYENSの包根容⁵⁸⁾はさらに急速に増加率がおちるであろう。ただし、これらの根系の大きさ、形は土壌条件によって変わるもので、札幌市豊平の林業試験場構内では同齢で側根長が大きく、深さが浅いことを認めている。



第9図 根系のスケッチ (ワクは包根容を示す)
Fig. 9 Sketches of root-systemes (Frames indicate root volumes).

II-4. 考 察

一般に植物の成長はその全生育期間においてシグモイド曲線を描くという説がある。まず、閉鎖前の林木について考えてみると、林木の成長曲線は地上部と地下部で異なるようである。

地上部は自由な空間に、十分に枝葉をのびし成長することができるが、石原・松井¹¹⁾、荻住¹⁷⁾¹⁸⁾らの報告にもあるように、地下部は土壌の性質に応じ根系の発達に制限をうける。いま、根の生活圏の土壌をひとつの植木鉢と考えるならば、この植木鉢は林木の成長にともなって増大する、膨張する植木鉢(Expanding pot)といえることができる。この鉢内の肥沃度は土壌の種類によって異なるが、生育初期では一般に林木の必要とする養分に不足しない。しかし、地上部（したがって、またその中に含まれる養分も同じく）は年齢とともに指数曲線的に増加するに対し、この Expanding pot の膨張率は閉鎖前においてすでに早くも逡減し、この包根容中の土壌養分が不足する時期が到来するであろうことが予想される。この時期は土壌肥沃度や樹種によって異なるであろうが、ここに林木といえども施肥を行えば、その効果を期待することができる要因のひとつがあるように思われる。

III 幼齡林の施肥試験

幼齡林の養分吸収の調査から林地に施肥することの可能性と持続効果等の問題が提起されるが、現地では果たしてどうか。種々の林業用肥料を用いて森林養料の実態の探索を試みた。ここに報告しようとするのは技術導入の可能性を検するいわゆる予察試験である。試験の方法については林業試験場土壌調査部案³³⁾³⁴⁾に準拠したが、そのねらいとしては土壌型（ここでは肥沃度）との関係を求めるようつとめた。

従来トドマツの成長と土壌性との関係については、石原博士¹⁰⁾の天然更新に関する L/W の研究以来、土壌理化学性に左右されること多く、化学性に影響されること少ないとの思想が普及している¹¹⁾⁴⁵⁾⁴⁷⁾⁴⁸⁾。本道のように冬期湿潤、夏期乾燥の蒸発散位のアンバラな地方では、土壌通気、水分等を左右する土壌理化学性は、もちろん重視されなくてはならない。また前章でのべたように林木は年齢の増加に伴い養水分の吸収には多大のエネルギーを要すると考えられるから、西日本に比し、はるかに低温湿潤な本道では、根群呼吸の問題は重視されなくてはならない。現在実行されている林野土壌調査³³⁾では土壌理化学性がかなり重く見られているので、土壌型をもって、理化学性に対する大きな類型化ができる²⁶⁾。土壌肥沃度を判定する化学性として腐植含量、置換性石灰含量等をあげることができよう¹⁹⁾²¹⁾。トドマツの成長と土壌条件に関する山本の報告⁴⁸⁾によれば、腐植、全窒素、置換容量等は $B/D > BD > BD(d) > BC$ の順であり、 C/N 比は $BC, BD(d)$ 等の弱乾性土壌群が $BD, B/D$ 等の適潤性土壌群より低い。また塩基不飽和度は $BD(d), ED$ が B/D よりわずかに小さく、 BC がもっとも大きい。またその理化学性のうち 3 相組成の固相比率は $B/D < BD < BD(d) < BC$ の順で増加し、下層ほどこの傾向が強い。また中、下層中の空気量は前記の 3 土壌型とも 30%内外で大差なく、 EC が小さい値を示している。寺田⁴³⁾⁴⁴⁾はトドマツの成長と置換性石灰との関係を見だし、朝日²⁴⁾はドイツトウヒ林で同様の関係を報告し、葉成分中の石灰含量について研究し、東大北海道演習林における各樹種の土地要求度の判定を行なっている³⁾。また前記山本は、トドマツの樹高成長が真下²⁰⁾の透水係数や置換石灰等と関係があり、土壌断面形態に現われる構造形成の深度によって判定されることを指摘している⁴⁸⁾。

以上の点から腐植含量、置換性石灰、全窒素等を土地肥沃度の主要因として、 B/I 型、 BD 型、 $BD(d)$ 型、 BC 型等の土壌型が分布する地域に試験地を選定した。

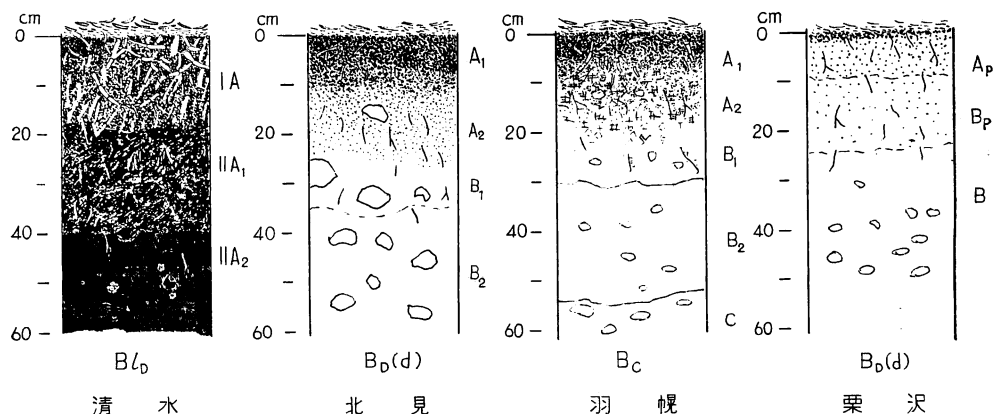
III-1. 試験地の概況

試験地の位置は第3図および第11~13図に示すとおりであり、その立地、気象概況は第9、10表に、土壌断面形態は第10図、化学性を第11表に示した。これについて補足説明すれば次のごとくである。

a) 清水試験地

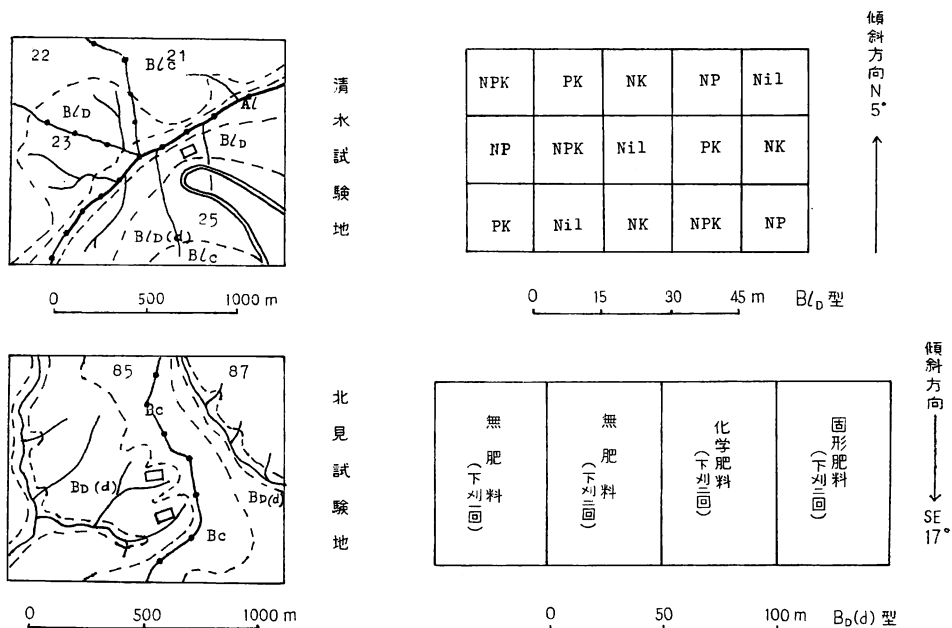
位置：河東郡清水町石山、清水営林署25林班、林況：山火跡未立木地、植生：クマイザサ、標高：500m、地形：山麓緩斜面、土壌：十勝岳火山灰性黒色土。

この地域の土壌については帯広営林局の報告があり、また造林不成績の原因とその対策について調査研究が行なわれている¹⁶⁾²⁹⁾³⁰⁾。この地区ではアカエゾマツ、エゾマツ、カラマツ等の施肥試験も実行中であ



第10図 試験地の土壌断面形態

Fig. 10 Profiles of soils.



第11図 清水および北見試験地の設計

Fig. 11 Designs of experiments in Shimizu and Kitami.

り、その一部はすでに報告したものもある²³⁾。

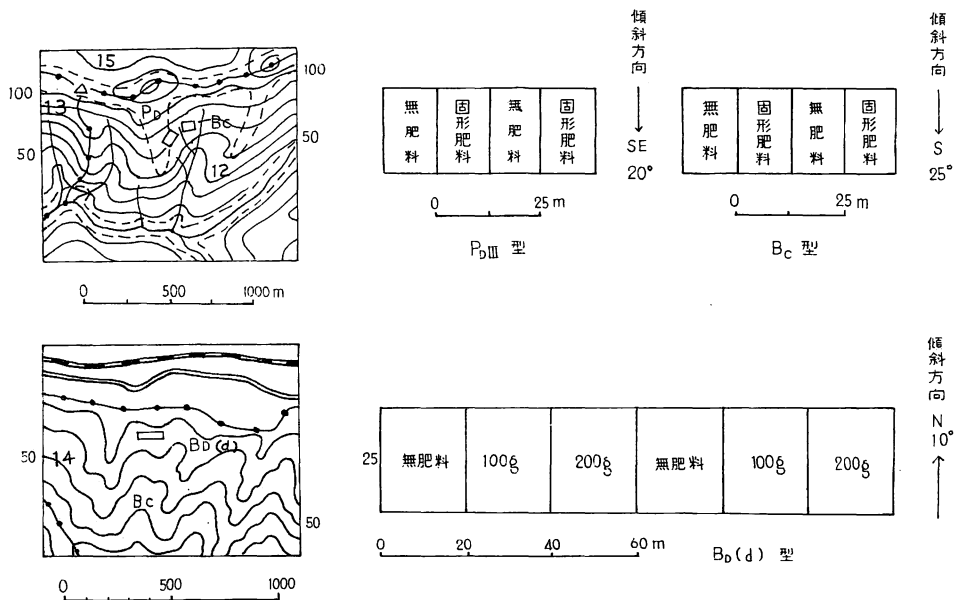
b) 北見試験地

位置：常呂郡緋牛内町，北見営林署 85 林班，林況：山火再生林，植生：クマイザサ，標高：160 m，地形：第三系丘陵南西斜面，土壌：表層に火山灰を被る凝灰質頁岩の風化土壌，角礫に富む弱乾性から適潤性に至る褐色森林土，本地区の肥培試験は昭和 29 年より開始した 最初の肥効試験でその成績について報告したものがある²⁴⁾。

c) 羽幌試験地

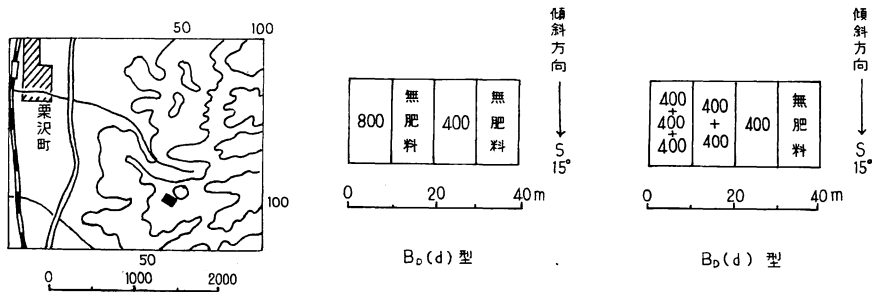
第 1 試験地

位置：苫前郡羽幌町 15 線沢，羽幌営林署 12 林班，林況：針広混交林，植生：クマイザサ，標高：80 m，地形：新第三系丘陵，尾根にちかい斜面上部，土壌：凝灰質頁岩を母材とする弱乾性褐色森林土，稜線は弱く，ポドゾル化が認められる。この地域の土壌は酸性強く，有機質を著しく欠乏している⁶⁾³¹⁾。ま



第 12 図 羽幌試験地の設計

Fig. 12 Designs of experiments in Haboro.



第 13 図 栗沢試験地の設計

Fig. 13 Designs of experiments in Kurisawa.

第 9 表 トドマツ林地施肥試験地

Table 9. Experimental stands of Todomatsu forest fertilizations

所 在 Location	Block	緯 度 Latitude	経 度 Longitude	標 高 Altitude (m)	方 位 Azimuth	傾 斜 Inclination	土 壌 型 Soil type	母 材 Parent material
Shimizu	A, B, C	42°58'	142°50'	500	N	5	B/D	Granite, Volcanic sand
Kitami	A	43°54'	144°00'	160	S E	24	BD(d)	Tertiary shale
	B	//	//	//	S S E	17	//	//
Haboro(1)	A	44°17'	141°50'	80	S E	20	PDⅢ	Tertiary shale
	B	//	//	//	S	25	BC	//
Haboro(2)	A, B	44°18'	141°48'	40	N	10	BD(d)	Delivium
Kurisawa	A, B	43°06'	141°46'	80	S	15	BD(d)	Delivium

た、堅果状構造の発達が著しく、その粘土はハロイサイトを主とするが、遊離のケイ酸を含み、いわゆるケイ酸質土壌の代表である²³⁾。

第 2 試験地

位置：苫前郡羽幌町平，羽幌営林署 14 林班，林況：広葉樹林，植生：クマイザサ，標高：40 m，地形：洪積層台地北面緩斜地，土壌：適潤性褐色森林土で乾性に傾く Bc 型に近い土壌である。第 1 試験地より酸性が弱い。

d) 栗沢試験地

位置：空知郡栗沢町鈴木の沢，民有林，林況：農耕跡地，地形：洪積台地南面緩斜地，土壌：適潤性褐色森林土，表土 20cm くらいは人工的に攪乱されている。戦後紫雲英，ナタネ連作のため土壌は極度に瘠悪化している。本試験地の所有者は道内有数の篤林家で，すでに早くからカラマツ，トドマツについて硫酸の施肥を行なったことは草摺により報告されている²²⁾。

Ⅲ—2. 試験の方法

試験方法および設計は第 12 表，第 11～13 図に示した。試験区の設定，施肥の方法，調査要領方法については試験場土壌調査部案³³⁾³⁴⁾によった。

Ⅲ—3. 試験結果

生育調査および施肥による土壌の変化に関する調査を行なったが，その結果は第 13～26 表に，また樹高および樹高成長率における施肥区の無施肥区に対する比率を総括して第 27～30 表に示した。樹高については第 27，29 表より見られるように，植栽時の施肥は途中 1 回の追肥により 4 年後に 13% の増加が認められた。林齢 6 年生のトドマツでは 2 回の施肥により，4 年後に 18% の樹高増加があった。その成長経過は第 14，15 図，また広葉樹やカラマツ等との比較を，参考のため第 16，17 図に示した。

以下各試験地ごとに樹高成長および土壌肥沃度に及ぼした施肥効果について概述する。

a) 清水試験地 (3 要素試験)²⁵⁾

a) — 1. 成長に及ぼす効果 施肥後の林木成長経過は第 13 表に示した。第 14 表の統計処理よりわかるように樹高成長についてみると植栽 3 年目から区間の差が現われはじめている。無肥料区および無リン酸区は成績が悪い。1961 年成長率がおちているのはこの付近の造林地一般の傾向で，気象原因によるも

第10表 試験林の気象条件

Table 10. Climatic conditions of the experimental forests

観 測 所 Station		清 水 Shimizu	北 見 Kitami	羽 幌 Haboro	栗 沢 Kurisawa
平 均 気 温 Mean air temperature (°C)	年 annual	6.7	5.5	7.0	7.4
	生 育 期 間 for growing season (May-Oct.)	15.5	15.1	15.0	16.3
湿 度 Humidity (%)	年 annual	77	79	80	79
	生 育 期 間 for growing season	81	83	83	80
降 水 量 Amount of precipitation (mm)	年 annual	1,023	763	1,361	1,258
	生 育 期 間 for growing season	713	506	738	653
降 雪 日 数 (日) Number of days with snow fall		70	119	129	121
積 雪 日 数 (日) Number of days snow on the ground(50cm<)		22	19	71	78
蒸 発 量 (mm生育期間5~10月) Amount of evaporation (May-Oct.)		564	576	576	595
日 照 時 数 (時) Number of hours with sunshine	年 annual	2,149	2,026	1,667	1,852
	生 育 期 間 for growing season	1,008	1,139	1,098	1,116
風 向 風 速 (m/sec) Prevailing wind di- rection and velocity	生 育 期 間 for growing season	ESE 2.1	SSE 3.5	SE— ESE 3.5	S 3.8
	冬 期 間 for winter (Dec.-Feb.)	NW 2.5	NNW 4.2	W 5.7	NE 4.1
雨 量 係 数 Rain factor		153	138	194	170
N—S 係 数 NS quotient		604	536	906	776
降水量/蒸発量比, 生育期間 Precipitation- evaporation ratio for growing season		1.26	0.88	1.28	1.10
暖 さ の 指 数*1 Index of warmth		63	61	60	69
寒 さ の 指 数*2 Index of cold		21	31	14	17

*1 5°以上の月の平均気温の積算値

*2 0°以下の月の平均気温の積算値

のと思われる。3要素区、無窒素区はこの被害を受けることが少なかった。その後も3要素区は良好な成長をつけ、無肥料区、無リン酸区は成長がよくなかった。この結果より3要素の施肥量を直ちに決めることはできないが、樹高成長よりその比率を求めれば第16表のようになる。

a) — 2. 土壤に及ぼす効果 根元より10~15cm離れた表層土壤30点の混合試料の分析値を示せば第17表のとおりである。これより、1) 窒素施用により土壤中の窒素の増加がみとめられず、石灰の増加がみとめられた。2) リン酸施用によりわずかにリン酸の増加が認められた。3) カリ施用によりカリの増加を認め得なかった。

b) 北見試験地（固形肥料の肥効試験）

b) — 1. 成長に及ぼす効果 施肥後の樹高成長の経過は第18表に、無施肥区の年成長率を100とし

第11表 土壤の化学的性状

Table 11. Chemical properties of

試 験 地 Locality	層 位 Horizon	深 さ Depth (cm)	pH	置 換 酸 度 Exchange acidity (3y ₁)	炭 素 C (%)
Shimizu	IA	0~10	5.2	15	11.28
	IIA ₁	20~30	5.2	26	10.74
	IIA ₂	40~50	5.3	10	11.25
Kitami	A ₁	0~10	5.0	9	6.46
	A ₂	15~25	5.6	4	4.12
Haboro 1	A ₁	0~10	4.3	75	6.87
	A ₂	10~20	4.2	80	6.18
	B ₁	20~40	4.3	92	3.57
	B ₂	40~60	4.3	82	2.67
Kurisawa	A	0~10	4.6	14	5.82

第12表 林地施肥

Table 12. Design of forest

試 験 地 Location	試 験 内 容 Treatment	区 数 Plot	聯 数 Block	試 験 地 面 積 Area		植 栽 本 数 Number of tree		地 拵 Preparation of soils Date
				Whole (ha)	1 plot (m)	ha	Plot	
Simizu	3 要素試験 3 element	5	3	0.35	15×15	3,000	64	1959.8 全 刈
Kitami	肥効試験 Effect of P.C. ⁽¹⁾	3	2	1.20	40×50	3,000	600	1953.8 筋 刈
Haboro 1	肥効試験 Effect of P.C. ⁽¹⁾	2	2	0.24	30×20	2,500	160	1957.8 筋 刈
Haboro 2	肥効試験 Effect of S.C. ⁽²⁾	3	2	0.30	25×20	2,500	125	1957.8 筋 刈
Kurisawa	肥効試験 Effect of U.C. ⁽³⁾	2	2	0.08	10×20	3,000	60	全 刈
		4	1	0.08	10×20	3,000	60	全 刈

- (1) P.C. : Peat-cake complete fertilizer, (2) S.C. : Pea-shaped silicic complete fertilizer,
 (5) S.P. : Superphosphate, ordinary, (6) P.S. : Potassium sulphate.

（風乾物中）

soils (On basis of air-dried matter)

窒 素 N (%)	炭 素 率 C/N	有 効 態 Available matter		置 換 石 灰 Exchange CaO (me./100g)	置 換 容 量 Exchange capacity (me./100g)
		リ ン 酸 P ₂ O ₅ (mg/100g)	カ リ K ₂ O (mg/100g)		
0.89	13	31	60	—	14.45
0.85	13			8.21	23.55
0.68	17			5.36	15.65
0.42	15	7	18	2.80	17.75
0.24	17			5.44	14.35
0.31	22	2	15	1.69	28.98
0.27	23			1.59	18.99
0.17	21			0.34	16.56
0.16	17			0.29	15.78
0.27	22	8	20	—	—

試 験 設 計

fertilization tests

植 付 Plantation	基 肥 Basal fertilizing				追 肥 Top-dressing			
	Date	Material	Dosage		Date	Material	Dosage	
			g/tree	N-P-K			g/tree	N-P-K
1960.5 新得苗畑産	1960.10	A.S. ⁽⁴⁾	43	9	1963.5	A.S. ⁽⁴⁾	86	18
		S.P. ⁽⁵⁾	38	-6		S.P. ⁽⁵⁾	76	-12
		P.S. ⁽⁶⁾	9	-5		P.S. ⁽⁶⁾	18	-9
1954.5 常呂苗畑産	1955.10	P.C. ⁽¹⁾	150	9-6-5	1958.10	P.C. ⁽¹⁾	150	9-6-5
1957.10 羽幌苗畑産	1958.10	P.C. ⁽¹⁾	300	18-12-9				
1958.5	1958.10	S.C. ⁽²⁾	100	10-6-5				
			200	20-12-10				
1945.5	1960.10	U.C. ⁽³⁾	400	96-64-44	1962.5	U.C. ⁽³⁾	400	96-64-44
1454.5	1962.5	U.C. ⁽³⁾	800	192-128-88	1963.5	U.C. ⁽³⁾	800	192-128-88
			400	86-64-44			0	0-0-0
			400	96-64-44			400	96-64-44
			400	96-64-44			400	96-64-44

(3) U.C. : Urea-form complete fertilizer,

(4) A.S. : Ammonium sulphate,

第13表 黒色土壌における3要素の
Table 13. The response to three elements

区 Plot	ブロック Block	樹 高 Height						
		1960 s	1960 a	1961 a	1962 a	1963 a	1965 a	1966 a
Nil	A	42.5	49.1	53.0	57.9	76.6	119.3	142.4
	B	46.9	53.1	54.4	62.3	82.5	132.4	169.5
	C	48.3	53.5	56.0	65.4	81.3	122.1	156.4
	Mean	55.9	51.9	54.5	61.9	80.1	224.6	156.1
PK(-N)	A	47.5	52.3	56.7	66.9	92.0	142.6	183.9
	B	49.5	57.2	61.4	72.5	97.1	150.6	191.1
	C	45.4	50.6	56.1	71.6	97.8	149.0	189.9
	Mean	47.5	53.4	58.1	70.3	95.6	147.4	188.3
NK(-P)	A	42.6	49.8	52.0	60.6	79.3	116.2	144.3
	B	47.2	52.9	57.9	69.1	93.7	143.3	178.2
	C	46.5	52.4	54.0	66.1	88.5	128.6	157.3
	Mean	45.8	51.7	54.6	65.3	87.2	129.4	159.9
NP(-K)	A	46.8	52.2	54.7	64.8	89.7	140.1	187.7
	B	46.2	51.6	53.8	60.2	77.8	121.1	157.2
	C	51.1	57.1	62.7	77.3	105.7	163.7	214.6
	Mean	48.0	53.6	57.1	67.4	91.1	141.6	186.5
PNK	A	51.9	47.1	60.5	73.5	100.1	157.1	204.2
	B	48.3	54.1	58.1	69.5	94.0	143.9	195.1
	C	45.7	52.2	56.9	72.4	103.3	148.6	194.2
	Mean	48.6	54.5	58.5	71.8	99.1	149.9	197.8

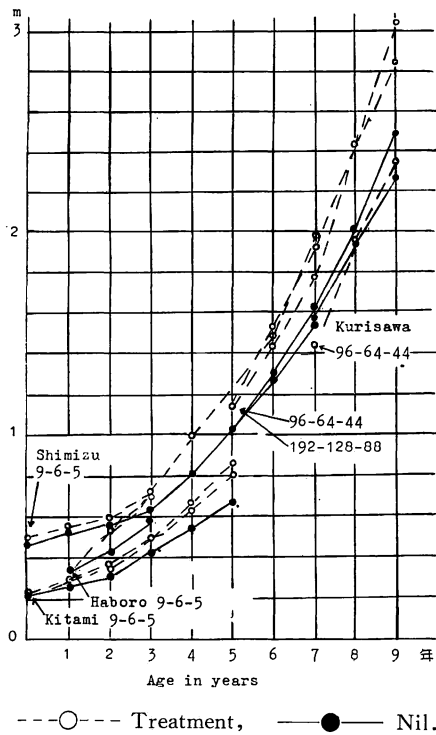
第14表 樹高および成長率の分散分析
Table 14. Analysis of variance of height and growth percentage

林 齢 Stand age	要 因 Factor	自由度 Degree of freedom	樹 高 Height				年 成 長 率 Annual growth percentage			
			s.s.	m.s.	F	l.s.d.	s.s.	m.s.	F	l.s.d.
1 1960	Total	14	8804				4368			
	Block	2	722	361	0.45	4.1	171	85	0.18	3.1
	Treatment	4	1676	419	0.52	5.3	491	123	0.27	4.0
	Error	8	6406	801			3706	463		
2 1961	Total	14	13724				9405			
	Block	2	1021	511	0.49	4.7	510	255	0.33	4.0
	Treatment	4	4315	1079	1.03	6.0	2734	634	0.82	5.2
	Error	8	8388	1049			6161	770		
3 1962	Total	14	43816				36256			
	Block	2	8757	4379	2.17	6.5	15687	7844	11.47**	3.8
	Treatment	4	18935	4734	2.35	8.5	15093	3773	5.51*	4.9
	Error	8	16124	2016			5476	685		
4 1963	Total	14	124161				25894			
	Block	2	17068	8534	1.66	10.7	898	449	0.35	5.2
	Treatment	4	65912	14478	2.81	13.5	14748	3637	2.84	6.7
	Error	8	41181	5148			10248	1281		
5~6 1964~5	Total	14	298403				8028			
	Block	2	13543	6777	0.40	19.1	2491	1246	2.74	3.1
	Treatment	4	148449	37112	2.18	24.6	1905	476	1.05	3.4
	Error	8	136411	17051			3632	454		
7 1966	Total	14	682493				25731			
	Block	2	25077	12539	1.09	15.6	691	346	0.37	4.5
	Treatment	4	564381	141095	12.27**	20.2	17502	4376	4.65*	5.7
	Error	8	92980	11498			7538	942		

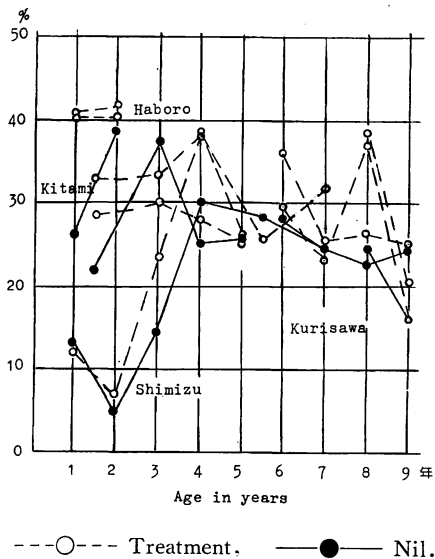
s.s.—Sum of squares, m.s.—Mean square, l.s.d.—Least significant difference at the 5 % level.

in the black forest soils

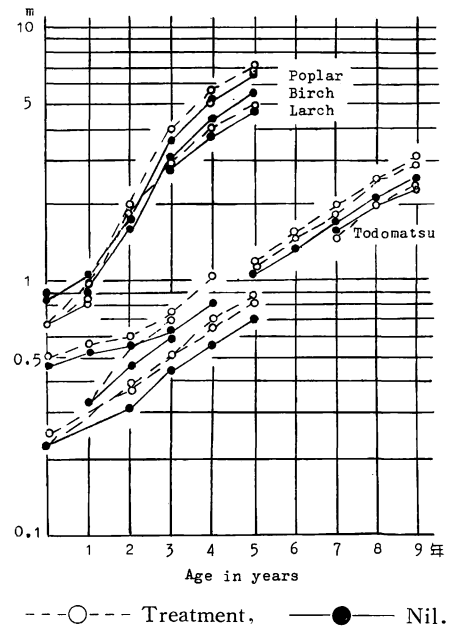
[illegible]



第14図 施肥後のトドマツの樹高成長
Fig. 14 Height growth of Todomatsu after fertilization.

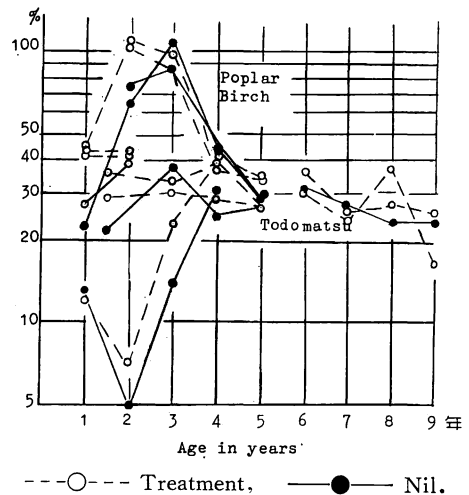


第15図 施肥後のトドマツの樹高成長率
Fig. 15 Height growth percentage of Todomatsu after fertilization.



第16図 トドマツおよび広葉樹の林地
施肥の比較

Fig. 16 Comparison of Todomatsu and some hardwood forest fertilization in height.



第17図 トドマツおよび広葉樹の施肥
後の樹高成長率

Fig. 17 Height growth percentage of Todomatsu and some hardwoods after fertilization.

第 17 表 施肥 2 年後の土壤中養分（風乾物中％）

Table 17. Nutrients in the soils two years after fertilization (On basis of air-dried matter)

区 Plot	全 窒 素 Total N (%)	有 効 態 成 分 1/5 N HCl soluble matter		
		P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)
Nil	1.15	0.031	0.06	0.12
PK (-N)	0.89	0.058	0.05	0.14
NK (-P)	0.79	0.029	0.06	0.24
NP (-K)	1.05	0.041	0.06	0.23
NPK	0.88	0.032	0.09	0.24

第 18 表 泥炭固形肥料の樹高成長に及ぼす効果（北見試験地）

Table 18. Height growth response to peat-cake fertilizer

ブロック Block	区 Plot	樹 高 Height (cm)					成 長 率 Growth percentage			
		1956 s	1957 a	1958 a	1959 a	1960 a	1956~7	1958	1959	1960
A	Nil	24	40	52	69	62	35	31	33	39
	P.C.	20	37	51	68	92	44	38	34	35
	C.F.	21	38	51	68	92	42	34	33	35
B	Nil	22	32	44	54	68	21	37	25	26
	P.C.	23	37	50	69	87	33	33	38	26
	C.F.	24	38	50	64	80	24	30	28	26

P.C. : Peat-cake complete fertilizer, 150g (9—6—5) per tree.

C.F. : Chemical fertilizer, ammonium sulphate, superphosphate, potassium sulphate, equivalent.

第 19 表 施肥 2 年後の土壤中養分（風乾物中％）

Table 19. Nutrients in the soils two years after fertilization

ブロック Block	区 Plot	pH	全 窒 素 Total N (%)	有 効 態 成 分 10% acetate buffer (pH 4.8) extract			
				P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
A	Nil	6.36	0.46	0.006	0.012	0.084	0.052
	P.C.	5.05	0.87	0.014	0.018	0.160	0.065
	C.F.	5.52	0.88	0.012	0.018	0.120	0.079
B	Nil	5.68	0.55	0.007	0.012	0.058	0.057
	P.C.	5.24	0.87	0.010	0.015	0.096	0.066
	C.F.	5.05	0.78	0.010	0.012	0.102	0.062

第20表 施肥2年後の針葉中の養分（風乾物中％）

Table 20. Nutrients of the needles in two years after fertilization (On basis of air-dried matter)

Block	Plot	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
A	Nil	0.87	0.18	0.92	1.71	0.25
	P.C.	1.09	0.26	0.77	1.94	0.22
	C.F.	0.93	0.17	0.92	1.68	0.22
B	Nil	1.07	0.06	0.60	0.72	0.14
	P.C.	0.71	0.14	1.04	1.97	0.23
	C.F.	0.73	0.13	0.98	1.92	0.23

第21表 固形肥料の樹高成長に及ぼす効果（羽幌試験地1）

Table 21. Height growth response to peat-cake fertilizer

ブ ロ ッ ク Block	区 Plot	樹 高 Height (cm)			成 長 率 Growth percentage	
		1958	1959	1960	1959	1960
A	Nil	35	42	62	18	47
	P.C.	35	42	61	21	45
B	Nil	36	43	63	21	45
	P.C.	35	43	66	22	53

第22表 粒状肥料の樹高成長に及ぼす効果（羽幌試験地2）

Table 22. Height growth response to pea-shaped silic. fertilizer

ブ ロ ッ ク Block	区 Plot	樹 高 Height (cm)			成 長 率 Growth percentage	
		1958	1959	1960	1959	1960
A	Nil	34	42	59	27	38
	100g	33	47	66	41	40
	200g	32	46	65	42	42
B	Nil	38	47	68	29	44
	100g	39	55	74	39	35
	200g	37	50	70	37	39

第25表 幼齡林の閉鎖前における連続施肥の

Table 25. Height growth response to repeated top-dressing in

区 Plot	樹 高 Height (cm)					成 Growth
	1962	1963	1964	1965	1966	1963
Nil	157	195	227	283	329	24
400 (g)	141	196	236	299	335	39
400+400 (g)	150	196	257	311	363	31
400+400+400 (g)	130	173	217	286	357	33

第 23 表 幼齡林における尿素縮合態肥料の効果（栗沢試験地）

Table 23. Height growth response to urea form fertilizer in the younger plantation

区 Plot	樹 高 Height (cm)					成 長 率 Growth percentage			
	1960	1961	1962	1963	1964	1961	1962	1963	1964
Nil	101	132	167	206	253	30	27	23	23
400g	113	153	192	243	304	36	26	26	25
Nil	103	129	158	194	245	26	22	22	26
800g	111	144	177	243	283	30	23	37	16

第 24 表 施肥 1 年後の表土の化学性（風乾物中％）

Table 24. Chemical properties of surface soils one year after

区 Plot	供 試 土 壤 根元からの距離 Soil sample Distance from stem (cm)	pH		置換酸度 Exchange acidity (3y ₁)	全 窒 素 Total N (%)	有 効 態 成 分 1/5 N HCl soluble		
		H ₂ O	KCl			P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)
Nil	10	4.8	4.0	33	0.27			0.17
	30	4.6	4.0	11	0.27			0.15
	50	4.6	4.1	14	0.27			0.15
Fertilized	10	4.8	4.1	9	0.32			0.23
	30	4.8	4.1	8	0.32			0.23
	50	4.8	4.2	10	0.32			0.18
Near larch plantation		5.4	4.8	14	0.18			0.18

た施肥区の成長率指数は第 28 表の総括表に示した。泥炭固形肥料は化学肥料にくらべ伸長量においても、持続効果においても良好な結果を示したが、やはり 3 年目で肥効が減退した。これに追肥をほどこすと、ふたたび成長率がのびたが、これも翌年には減退した。また傾斜度大なる A ブロック（SE 24°）は傾斜度小なる B ブロック（SSE 17°）より肥効が現われなかった。

b) — 2. 土壤に及ぼす効果 施肥 2 年後の土壤の分析結果を第 19 表に示した。これより窒素、リン、酸石灰の増加が認められた。

b) — 3. 葉成分に及ぼす効果 同じく施肥 2 年後の旧葉（新葉については変化をみとめず）成分は第

樹高成長に及ぼす効果（栗沢試験地）

the younger plantation before the crown close

長 率 percentage			対 無 施 肥 指 数 Ratio per nil				試 験 本 数 Number of tree	
1964	1965	1966	1963	1964	1965	1966	1962	1966
16	25	17	100	100	100	100	59	54
20	27	12	158	127	109	72	59	57
31	21	17	126	125	86	102	59	56
26	32	25	135	160	129	150	57	57

第 26 表 連続施肥の直径成長に及ぼす効果 (栗沢試験地)
Table 26. Diameter growth response to repeated top-dressing

区 Plot	胸 高 直 径 Diameter at breast(cm)				成 長 率 Growth percentage		対無施肥指数 Ratio per nil		試 験 本 数 Number of tree	
	1962	1964	1965	1966	1965	1966	1965	1966	1962	1966
Nil	4.6*	3.4	4.1	4.9	21	24	100	100	59	54
400 (g)	4.6*	3.6	4.3	4.9	19	14	94	68	59	57
400+400 (g)	4.8*	4.2	5.2	5.9	24	14	116	57	59	56
400+400+400 (g)	3.9*	3.0	4.1	5.5	37	34	178	145	57	57

Note : * Basal diameter

20 表に示すように窒素は明らかな傾向をみないがリン酸が施肥により増加していて、石灰、苦土、カリ等も肥効の大なる B ブロックで増加が認められた。

c) 羽幌試験地

c) — 1. Bc 型土壌に対する泥炭固形肥料の肥効試験

施肥後の成長経過は第 21 表に示した。本来この土壌は有機物に乏しいので、泥炭固形肥料を 20 個施用したのであるが、伸長率にみられる肥効は小さく、A ブロックでは (PDⅢ, W 35°) 指数 1 年目 117, 2 年目 94 と減退し、B ブロック (Bc 型, SE 20°) では 1 年目 105, 2 年目 118 を示した。ここでも北見と同じく、急斜地形では肥効があらわれにくい傾向がみられた。

c) — 2. Bd 型土壌に対するケイ酸質粒状肥料の肥効試験

施肥後の成長経過を第 22 表に、成長率についての指数は総括表 (第 27~28 表) に示した。ここは低海拔、北面緩斜の洪積台地であるので全般的に成長は良好であった。施肥の効果は 1 年目 30~50% あったが、2 年目急激に減退した。倍量区は基準量区と大差なく、2 年目も残効が認められた。

d) 栗沢試験地 (尿素縮合態肥料の肥効試験)

d) — 1. 施用量試験

施肥後の成長経過は第 23 表に、樹高成長に対する肥効を第 29, 30 表に掲げた。本地区は前にものべたように、植栽後 5~6 年で造林木全般に黄化現象⁴¹⁾が発現し、針葉の縮小がみとめられ、生育のおとろえがみられたが、施肥により回復、成長も良好となった。施肥 1 年後表土の化学性をしらべたところ、第 24 表に示すように窒素、石灰の増加をみとめた。この地域では pH 5 以下の土壤酸性下では全窒素が 0.3 % 以下になると生育障害をきたすようである。かかる地域では第 30 表に見られるように、肥効の減退も早く、1 年目 118, 2 年目 101 と指数がおちたので、追肥を施したが、やはり持続性は 1 年であった。

d) — 2. 連続施肥試験

かかる地域で連年連続施肥の試験をはじめたが、その成長経過を第 25, 26 表に、肥効指数を第 29, 30 表に示した。これより連続施肥の効果は年齢がますます顕著であるように思われた。

Ⅲ—4. 考 察

以上の試験結果を総合的にとりまとめ、とくに次の 3 項目について考察してみたい。

a. 樹高成長に及ぼす施肥効果

b. 土壌型と施肥効果

第27表 樹高に現われた施肥効果の総括（林齢 1~5）

Table 27. Summary of fertilizing effects in the height (Stand age 1~5)

試験地 Location	処 理 Treatment	肥 料 Fertilizer N-P-K per tree	対 無 施 肥 指 数 Ratio per nil											試験数 Num- ber of test	年次 Year
			81 85	86 90	91 95	96 100	101 105	106 110	111 115	116 120	121 125	126 130	Mean		
Shimizu	C. fertil.	9-6-5						1					107	1	0
Kitami	C. fertil.	9-6-5		1				1					99	2	
	P. fertil.	9-6-5	1				1						93	2	
Haboro	P. fertil.	18-12-9				2							99	2	
	S. fertil.	10-6-5				1		1					104	2	
	S. fertil.	20-12-10				1	1						99	2	
Total			1	1		4	2	3					99	11	
Shimizu	C. fertil.							1					106	1	1st Year
Kitami	C. fertil.					1					1		109	2	
	P. fertil.				1					1			105	2	
Haboro	P. fertil.					2							100	2	
	S. fertil.							1	1				113	2	
	S. fertil.							2					107	2	
Total					1	3		4	1	1	1		107	11	
Shimizu	C. fertil.							1					107	1	2nd Year
Kitami	C. fertil.					1			1				106	2	
	P. fertil.					1			1				105	2	
Haboro	P. fertil.					1	1						102	2	
	S. fertil.								1	1			114	2	
	S. fertil.						1		1				107	2	
Total						3	2	1	4	1			107	2	
Shimizu	C. fertil.	18-12-19								1			116	1	3rd Year
		0-12-9							1				113	1	
		18-0-9					1						105	1	
		18-12-0							1				108	1	
Kitami	C. fertil.	9-6-5				1				1			108	2	
	P. fertil.	9-6-5				1						1	112	2	
Total						2	1		2	2		1	110	8	
Shimizu	C. fertil.										1		124	1	4th Year
										1			120	1	
								1					109	1	
									1				114	1	
Kitami	C. fertil.					1				1			107	2	
	P. fertil.					1						1	112	2	
Total						2		1	1	2	1	1	113	8	

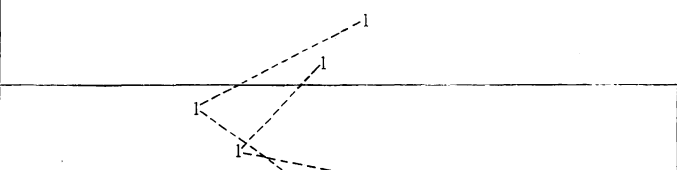
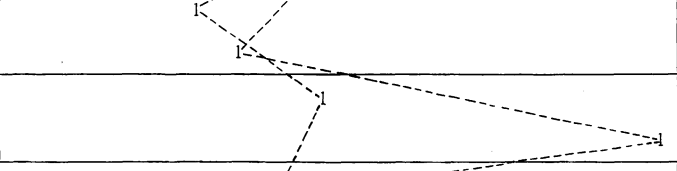
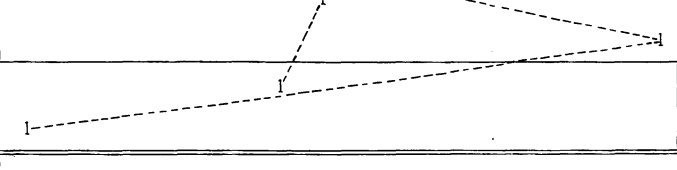
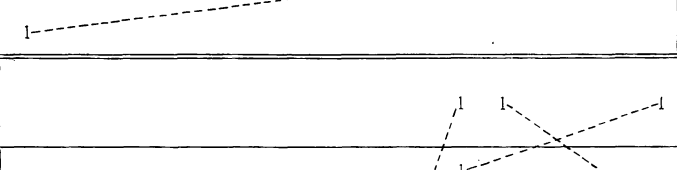
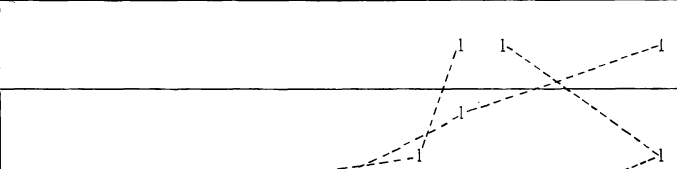
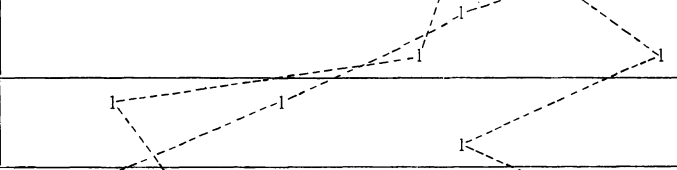
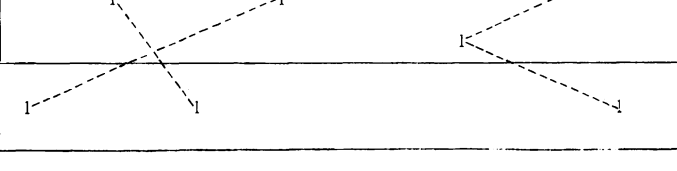
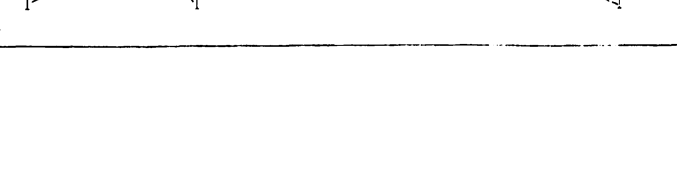
第29表 栗沢幼齡林における施肥効果 (樹高)

Table 29. Summary of fertilizing effects in Kurisawa younger forests (Height)

年 Year		処 理 Treatment	肥 料 Fertilizer N-P-K per tree	樹 高 の 対 無 施 肥 指 数 Ratio per nil in the height								試 験 数 Number of test	林 齢 Stand age	平 均 Mean	
				81 } 85	86 } 90	91 } 95	96 } 100	101 } 105	106 } 110	111 } 115	116 } 120				121 } 125
0	1960	U. fertil.	96-64-44	1								112	1	6	110
		第 1 回施肥	192-128-88	1								108	1	6	
1st year	1961			1								116	1	7	113
				1								110	1	7	
2nd year	1962	第 2 回施肥	96-64-44	1								115	1	8	114
			192-128-88	1								112	1	8	
3rd year	1963			1								118	1	9	122
				1								125	1	9	
4th year	1963			1								120	1	10	118
				1								116	1	10	
0	1962	U. fertil.		1	1		1					90	3	8	90
1st year	1963	第 1 回施肥	96-64-44		1		1	1				96	3	9	96
2nd year	1964			1								104	1	10	105
		第 2 回施肥	96-64-44	1								105	2	10	
3rd year	1965	第 3 回施肥	96-64-44	2								108	2	11	106
				1								101	1	11	
4th year	1966			1 2								107	3	12	107

第30表 栗沢幼齢林における施肥効果総括 (樹高成長率)

Table 30. Summary of fertilizing effects in Kurisawa younger forests (Height growth percentage)

年 Year		処 理 Treatment	肥 料 Fertilizer N-P-K per tree	年 樹 高 成 長 率 の 対 無 施 肥 指 数 Ratio per nil in the annual height growth percentage																Mean	試 験 地 Number of test	林 齡 Stand age	平 均 Mean
				81 80	86 85	91 90	96 100	101 105	106 110	111 115	116 120	121 125	126 130	131 135	136 140	141 145	146 150	151 }					
1st year	1961	第 1 回施肥 U. fertil.	96-64-44 192-128-88																	120 115	1 1	7 7	118
2nd year	1962																			96 105	1 1	8 8	101
3rd year	1963	第 2 回施肥	96-64-44 192-128-88																	113 168	1 1	9 9	141
4th year	1964																			109 70	1 1	10 10	90
1st year	1963	第 1 施回肥 U. fertil.	96-64-44																	140	3	8	140
2nd year	1964	第 2 回施肥	96-64-44																	127 143	1 2	9 9	137
3rd year	1965	第 3 回施肥	96-64-44																	96 129	2 1	10 10	108
4th year	1966																			108	3	11	108

c. 土壤養分の利用率

a) 樹高成長に及ぼす施肥効果

トドマツの施肥試験は、いずれも幼齡であるので樹高成長をもって施肥効果の判定を行なったが、これらの結果を一括して示すと第14, 15図, 第27~30表ようになる。さて、上述の試験地は肥培の対象としては一応北海道の代表的土壤型をえらんだのであるが、気象、地形、地質、植生、苗木、肥料の種類は必ずしも同一条件でないで、各試験地相互間の厳密な比較はできないし、また肥効もその場所ごとの特性に応じて考えなければならないが、これらの試験結果から共通した問題を抽出してみると次のとおりである。

a) — 1. トドマツの樹高成長率 植栽後5年間はかなり変動があるが、ほぼ30%を前後しており、それ以後わずかにおちる傾向にある。この低下の傾向は、参考のため掲げた第16, 17図からわかるようにポプラやカンパ類の広葉樹ではなはだしい。

a) — 2. トドマツの施肥による成長率の増加 植栽時の施肥の場合、第1年目27%, 第2年目3%, 追肥により第3年目34%, 第4年目7%となり、その結果、樹高は第4年目13%の増加となった。いま成長率における施肥区の無施肥区に対する百分率を、肥効指数として表現すれば第28, 30表より見られるとおり、この指数は減退の分布を示している。樹齡がますと第30表上段にみるように、この傾向が一層強く出ている。同表の下段では連続施肥により、この肥効減退の緩和の様子が見える。一方、樹高に関する指数は第27, 29表に見られるように徐々に上昇の分布を示している。この傾向は第14, 16図の総成長にも現われてくる。

もしこの指数減退を数式であらわすならば、次式で示されるような一種の減衰曲線式となるであろう。

$$y_t = y_0 e^{-\alpha t}$$

y_t …… t 年後の肥効指数、

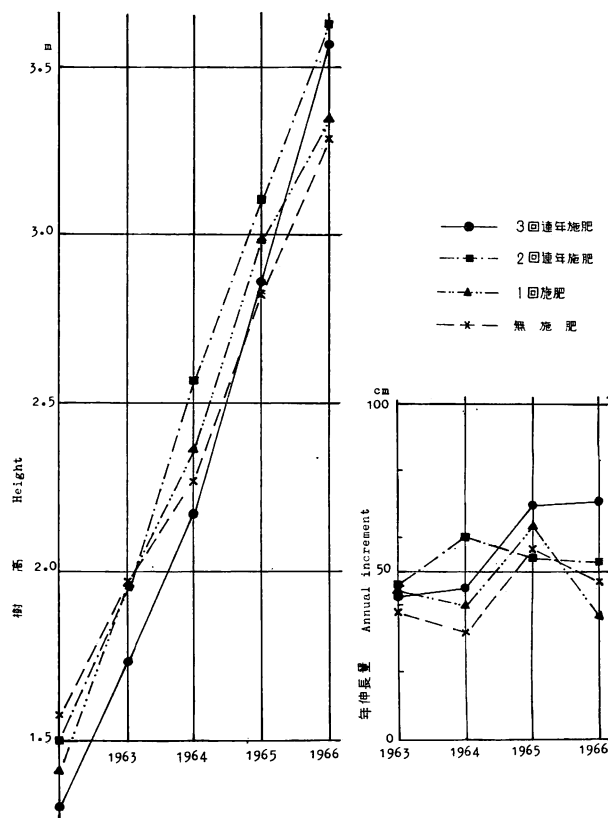
y_0 ……初年度または最高の肥効指数

数

t ……年次

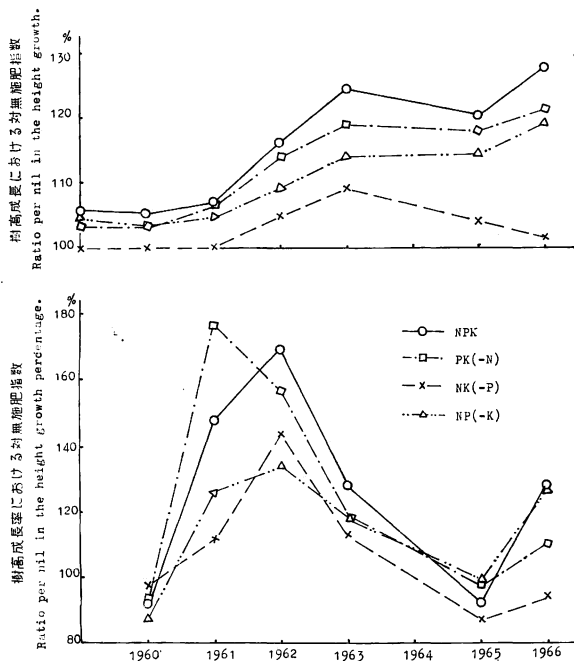
α ……立地、林齡、肥料種、施肥量等に関する常数

この式の帰納的証明は多くのデータを必要とするが、いまは推論としてのべておくにとどめる。むしろ、このような考え方で施肥効果を解析し、施肥計画を立てるといろいろ便



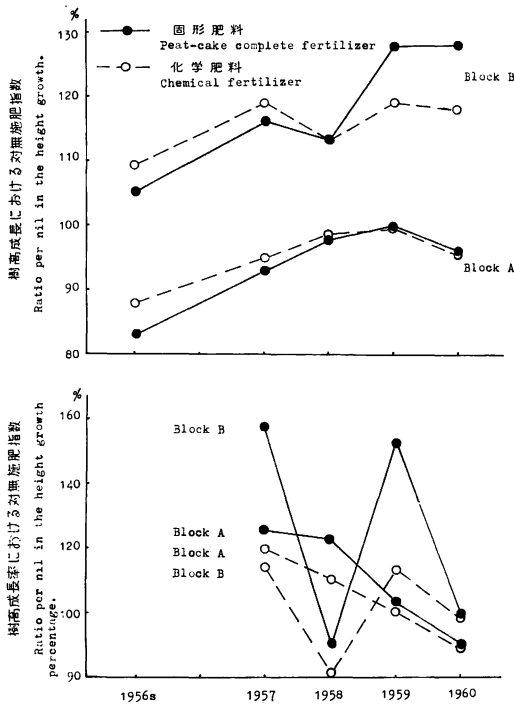
第18図 連続施肥の樹高成長に及ぼす効果

Fig. 18 Height growth response to repeated top-dressing.



第19図 黒色土壌における施肥効果 (清水)

Fig. 19 Fertilization effect in the B/D type soil (Shimizu).



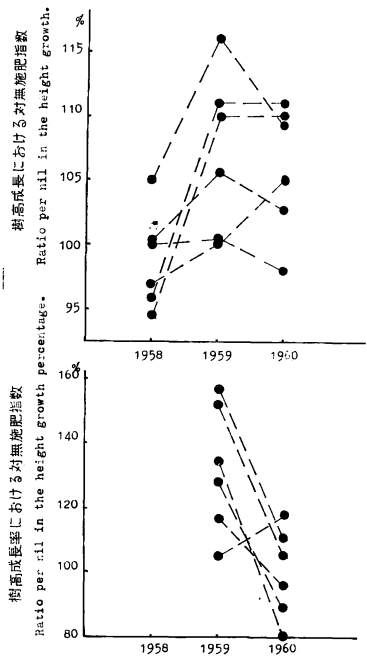
第20図 BD(d)型土壌における施肥効果 (北見)

Fig. 20 Fertilization effect in the BD(d) type soil (Kitami).

利な点が多い。ちなみに、生理学領域で考えられる反応速度、熱吸収、光吸収等の理論式がすべて減衰的であることをのべておく。

現象としては y_t と y_e はその値が相反する大きさであられることが多い。橋本⁸⁾、佐藤⁸⁶⁾のいうようにBC型土壌は肥効が大で減退がはやく、BD型は肥効が小さく、持続性がある等の現象はこの式の α に関する事項であらう。

著者らの試験結果では、次の土壌型と施肥効果の項でもふれるように、 α に関する諸因子は複合して現われてくるようである。たとえば北見試験地の場合、傾斜急なるAブロックより傾斜緩なるBブロックが肥効が大であった。その原因はAブロックが土壌



第21図 酸性褐色森林土壌 (P.D.M. BC, BD(d)) における施肥効果 (羽幌)

Fig. 21 Fertilization effect in the acid brown forest soil (Haboro).

が肥沃であったためと考えられる。これらの関係については第19～22図に肥効指数の経年変化としてそれぞれの試験地ごとに示した。また林齢との関係は、十分な肥料量を与えるならば林齢がませば施肥効果は大であるが、本論文の最後の項で考察するように、限られた用量では林齢がますますつれ、肥効の減退は早く大きい(第30表)。すなわち、林齢がますます施用量が影響してくる(第22図)。肥料の種類については明らかな差異は認められないが、北見の場合、第20図によりみられるように泥炭固形肥料が単肥配合肥料(化学肥料)より肥効、持続性ともすぐれていた。

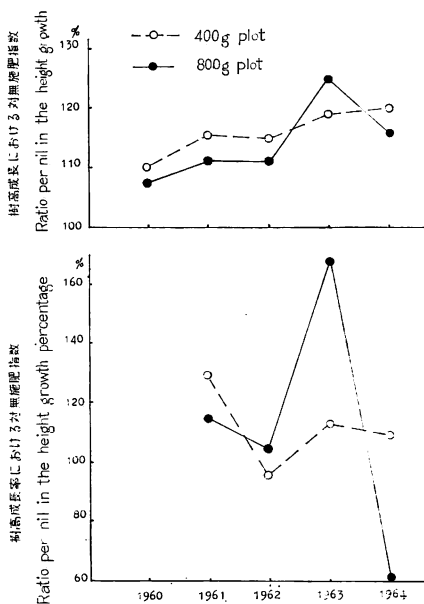
b) 土壌型と施肥効果

ここでは施肥試験の冒頭でのべたように腐植含量・置換性石灰量等を肥沃度の目安としてB/D型、BC型、Bd(d)型土壌の3つに分けて考察することにする。

b)ー1. B/D型土壌と施肥効果

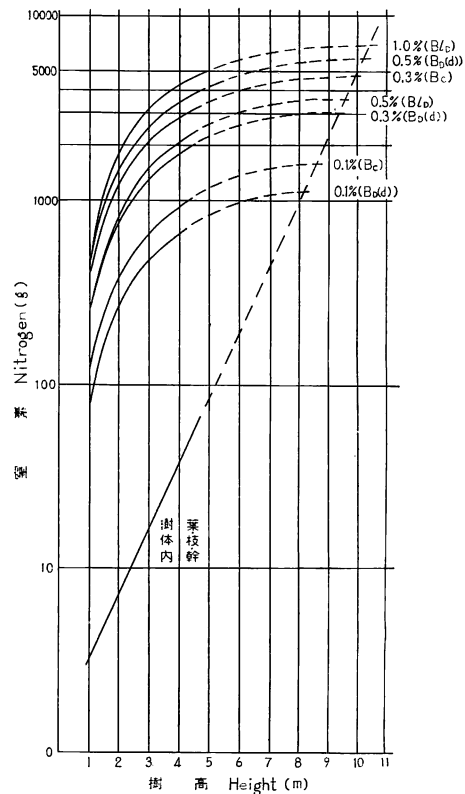
清水の3要素試験結果(第13～17表, 第19図)から見られるとおり、初期の施肥効果低く、持続性は長い。すなわち、肥料に対する反応が鈍い。

鋭敏なのはリン酸に対する反応である。これはアカエゾマツ²⁵⁾についても同様で、黒色土壌の特徴と考えられる。第10図の土壌断面形態や第11表の土壌化学性からわかるように有機質にとみ、窒素含量が大きい。特に新鮮な火山灰を表層に被覆するため、鉄苦土鉱物にとみ土壌反応は中性に近い。かかる土壌では、つねづね窒素の有効化が好条件で進行しており、窒素質の肥効は一般に現われにくい。リン酸の



第22図 Bd(d)型土壌における施用量効果

Fig. 22 Fertilization effect in the BD(d) type soil (Kurisawa).



第23図 樹体内と包根容中との窒素含有量

Fig. 23 Nitrogen contents of tree and the root volume soils (Nitrogen percent of fine soil and soil type are indicated).

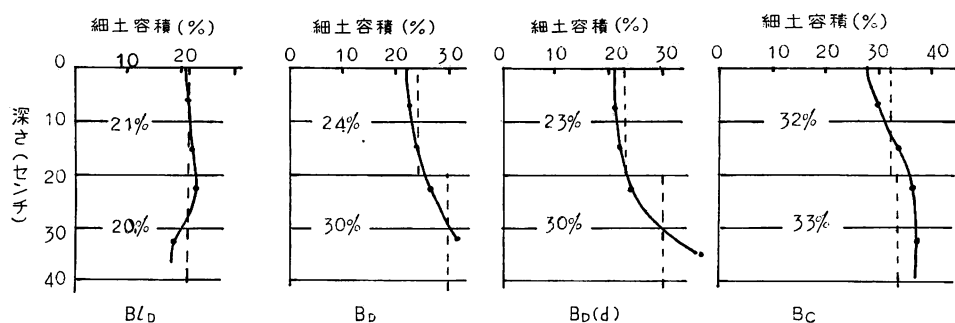
固定は土壤生成因子と関係があろう⁵⁵⁾。

b)一 2. Bc 型土壤と施肥効果

羽幌試験地の Bc 型土壤は清水の土壤と粘土化学的に対称的性質を有する。この土壤は第 21 図に見られるように肥効が小であったが、土壤の性質からみれば腐植に乏しく、塩基にも欠乏しているので肥効は大と考えられる。たまたま肥効が小さかったのは PDⅢ のように、やや強酸性土壤になると土壤微生物中バクテリア等の活動が十分でなく、泥炭固形肥料の多用にかかわらず、有効化が十分行なわれなかったのではないだろうかと考えられる。

b)一 3. BD(d) 型土壤と施肥効果

羽幌試験地の土壤は第 1 試験地の近くであり、地形的にその山裾部の洪積層地帯に当たっているだけで、土壤的に大なる差はない。その肥効は第 1 年目は顕著で、第 2 年目には著しく減退した。これが羽幌付近の土壤の特性と考えられる。北見の土壤は表層に火山灰を被覆することで清水と羽幌の中間の性質、



第 24 図および第 31 表 表層土における土壤養分の計算

Fig. 24 and Table 31. Calculation of the nutrients in the surface soil

土 壤 型 Soil type			B/D	B/D	BD(d)	Bc
細 土 容 積 Vol. % of soil (<2 mm)			21	24	23	32
比 重 Specific gravity			2.0	2.3	2.3	2.5
容 積 重 Vol. weight of soil(g/100cc)			42	54	53	80
100cc 中の 3 要素量 (g)	N	0.5 %	0.21	0.27	0.27	0.40
		0.3 %	0.13	0.16	0.16	0.24
		0.1 %	0.04	0.05	0.05	0.08
	P ₂ O ₅	0.03%	0.013	0.016	0.016	0.024
		0.01%	0.004	0.005	0.005	0.008
	K ₂ O	0.06%	0.026	0.032	0.032	0.048
		0.02%	0.008	0.011	0.011	0.016

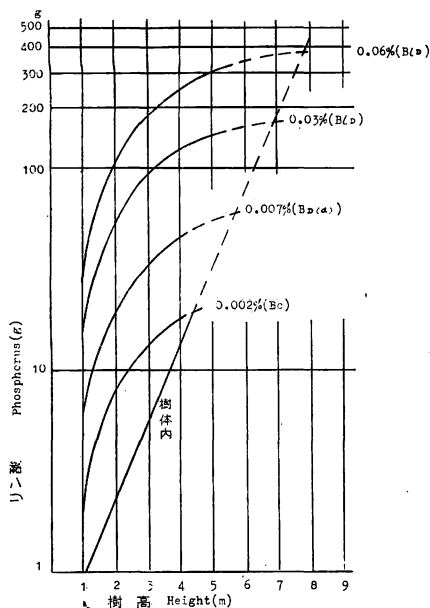
すなわちケイバン質土壤と考えられる⁵⁵⁾。栗沢土壤も同様である。溶脱地形や農廢地等では肥沃度が低く、第20, 22図にみられるように肥効が大きく、減退も速やかである。

c) 土壤養分の利用率の推定

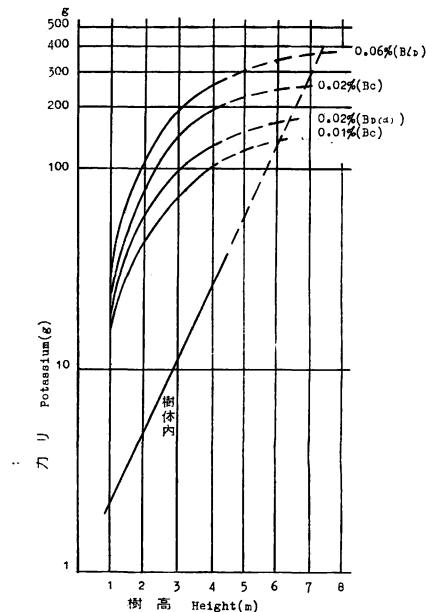
一般に肥料成分の利用率については樹体分析を行ない、施肥によって増加した樹体の各要素量と投与した肥料の各要素量の比で表わすのが常法であるが、ここではまず土壤養分がどれくらい林木に利用されているかを試算してみた。試算に当たっては幾つかの仮定と省略がはいっている。すなわち、第II章でのべたところの包根容中の土壤成分を平均側根長を半径とする表土20cm中の土壤成分とし、3要素量を全窒素、有効態リン酸、およびカリでもって表わし、林木の養分含有量としては同じく第II章でかかげた第7, 8表の数字を用い、第II章で示したような成長をするには各種の土壤型でどの程度の有効化が行なわれねばならないかを計算した。また、土壤および林木中の3要素量の年次変化を樹高におきかえ図示した。その計算法ならびに数値は第31~34表および第23~26図に示した。これらの図表から次のことが推測された。

(1) 林木の初期成長時にはここに用いた限りの数字、すなわち全窒素、有効態リン酸、カリの量をもってすれば土壤中の要素量は林木の要求する量をはるかに上回っているが、林齢の増加（図では樹高の増加で表わした）にしたがい、その差はしだいに少なくなってくる。その時期は土壤肥沃度によって異なるが、BD型の場合全窒素より見れば樹高が9m、有効態リン酸、カリより見れば7mになった時点である。EC, BD(d)型の場合は4~6mである。

(2) 閉鎖前の土壤養分の利用率は第34表のように年齢とともに変化し、全窒素の場合は10年生ころまでは1~2%にすぎない。この値は土壤中のアンモニア態または硝酸態窒素の量に近い。これに対し有効



第25図 樹体内と包根容中とのリン酸含有量
Fig. 25 Phosphorus contents tree and the root volume soils.



第26図 樹体内と包根容中とのカリ含有量
Fig. 26 Potassium contents of tree and root volume soils.

第32表 包根容中の
Table 32. Calculation of fine soil

供試木 Sample	林 齢 Stand age	樹 高 Height (m)	平均側根長 Root length (m)	包根容 Root volume (m ³)
1	4	1.0	0.43	0.127
2	6	1.5	0.86	0.464
3	8	1.6	0.98	0.603
4	10	2.4	0.71	0.316
5	10	3.4	1.23	0.950
6	12	3.5	1.16	0.845
7	12	4.5	1.37	1.179

* 根群分布圏における細土 (<2 ミリ) の容積百分率 Volume percent of fine soil (<2 mm)

第33表 包根容中の
Table 33. Nutrients of the soil

林 齢 Stand age	全 窒 素 Nitrogen (g)					
	B/D		BD(d)			Bc
	1 %	0.5%	0.5%	0.3%	0.1%	0.3%
4	508	259	398	239	80	343
6	1856	928	1450	870	290	1253
8	2412	1206	1885	1131	377	1628
10	1264	632	988	593	198	853
10	3800	1900	2969	1781	594	2565
12	3380	1690	2643	1585	528	2280
12	4716	2358	3685	2211	737	3183

第34表 包根容中養分の
Table 34. Availability of nutrient in the

林 齢 Stand age	窒 素 Nitrogen (KJELDAHL'S conc. H ₂ SO ₄ extract)					
	B/D		BD(d)			Bc
	1 %	0.5%	0.5%	0.3%	0.1%	0.3%
4	0.6	1.2	0.8	1.3	3.9	0.9
6	0.3	0.7	0.4	0.7	2.2	0.5
8	0.2	0.3	0.2	0.4	1.0	0.2
10	0.6	1.1	0.7	1.2	3.7	0.9
10	0.6	1.1	0.7	1.2	3.5	0.8
12	0.8	1.6	1.0	1.7	5.0	1.2
12	0.8	1.6	1.0	1.6	4.9	1.1

細土重量の算定

weight in the root volume

包根容中の細土容積 Volume of fine soil in r. v.			包根容中の細土重量 Weight of fine soils in r. v.		
B/D (20%*) (m³)	BD(d) (25%*) (m³)	BC (30%*) (m³)	B/D(Sp.g. 2.0) (g)	BD(d)(Sp.g. 2.3) (g)	BC(Sp.g. 2.5) (g)
0.0254	0.0318	0.0381	50.8	79.5	114.3
0.0928	0.1160	0.1392	185.6	290.0	417.6
0.1206	0.1508	0.1809	241.2	377.0	542.7
0.0632	0.0790	0.0948	126.4	197.5	284.4
0.1900	0.2375	0.2850	380.0	593.7	855.0
0.1690	0.2113	0.2535	338.0	528.2	760.0
0.2358	0.2948	0.3537	471.6	737.0	1,061.1

at the root sphere.

土 壤 養 分

in the root volume

	有 効 リ ン 酸 Phosphorous (g)				有 効 カ リ Potassium (g)		
	B/D		BD(d)	BC	B/D	BD(d)	BC
0.1%	0.06%	0.03%	0.007%	0.002%	0.06%	0.02%	0.02%
114	30	15	6	2	30	16	22
418	112	56	20	8	112	58	84
543	144	72	26	11	144	76	109
284	76	38	14	6	76	40	57
855	228	114	42	17	228	119	171
760	202	101	37	15	202	106	152
1061	282	141	52	21	282	147	212

利 用 度 (%であらわす)

root volume by the plants

	リ ン 酸 Phosphorous (1/5 N HCl extract)				カ リ Potassium (1/5 N HCl extract)		
	B/D		BD(d)	BC	B/D	BD(d)	BC
0.1%	0.06%	0.03%	0.007%	0.002%	0.06%	0.02%	0.02%
1.1	4.3	8.7	21.6	65.0	6.3	11.9	8.6
0.3	1.4	2.9	8.0	20.0	3.8	7.2	5.0
0.3	1.0	1.9	5.4	12.7	2.3	4.3	3.0
1.4	5.1	10.3	27.9	65.0	8.7	16.5	11.6
1.1	4.1	8.2	22.4	55.3	7.2	13.9	9.6
1.5	5.6	11.2	30.5	75.3	12.8	24.3	17.0
1.5	5.7	11.4	31.0	76.7	13.0	18.6	12.9

態リン酸、カリの利用率はかなり大きい。特に BD(d) や BC 等の瘠悪地では利用不可能の数字となる。これらの関係から土壌型あるいは土壌肥沃度と肥効およびその持続性、または林齢と肥効およびその持続性の関係が推測され、前に述べた肥効指数減退の減衰式中の常数 α に関する事項がある程度了解されよう。

IV む す び

この報告はトドマツ林地施肥についての序説的問題を取りあつたものであり、幼齡林の養分調査と施肥試験の 2 部より構成されている。

前者は昭和 34 年および 36 年定山溪の幼齡木について行なったものであり、後者は昭和 29 年から 41 年まで断続的にではあるが、清水、北見、羽幌、栗沢の植栽地で行なった現地試験である。

方法および結果の概要をのべると次のとおりである。

1. 養分含量調査

1-1. 養分調査は定山溪営林署管内小樽川流域内の幼齡林 (4, 6, 8, 10, 12 年生) で実行した。供試木は土壌条件に応じた、正常な生育をした林分の標準木から選んだ。窒素、リン酸、カリの含量は化学分析値から計算し、包根容は根系調査から推定した。

1-2. 調査結果は第 2~8 表、第 4~9 図に示した。林木の生重量は林齢の増加とともに指数曲線的 (対数グラフ上では直線的) に増加するが、包根容はそんなに増さないで、早い林齢で側根の平均長および根の深さにおいて増加率が逡減する。

この結果より施肥効果は土壌肥沃度、成長状態、林齢、樹種等によって異なるだろうことを推定した。

2. 施肥試験

2-1. 試験地の概況、試験方法、設計等については第 9~12 表、第 10~13 図に示した。施肥試験は北海道の主要な土壌型 (国有林野土壌調査事業による) の幼齡林で行なった。

各土壌型の肥沃度は腐植、窒素、置換性石灰含量等についていえば、 $B/D > BD > BD(d) > EC$ の順になる。自然状態における土壌中の細土 ($< 2 \text{ mm}$) 含量は、 $B/D < BD < BD(d) < BC$ の順になる。 B/D 型は火山灰土壌でしばしば Ando-soil と呼ばれるもので、礫土質ということで特徴づけられる。羽幌の BC と $BD(d)$ は第三系の酸性土壌で低い腐植含量と高い置換酸性で特徴づけられる。この型の土壌では堅果状構造が明りょうに発達し、しばしばポドゾル化しやすい。コロイドの粘土鉱物は主としてハロイサイトよりなるが遊離のケイ酸を含み、その膠質学的行動は清水の B/D 型と対照的と見なされよう。北見と栗沢の $BD(d)$ 型は、新しい火山灰でおおわれた第三系の凝灰質頁岩を母材として発達した土壌で、清水と羽幌との中間的性状を有している。

2-2. 試験結果は第 13~26 表、施肥効果は第 27~30 表に一括して示したが、いま樹高成長率における施肥区の無施肥区に対する比率を「肥効指数」と呼ぶならば、年肥効指数は初年度は平均やく 30% を認めることができるが、年とともに低下することがわかる。これを防ぐためには追肥を必要とする。

火山灰黒色土壌 (B/D , 清水) ではリン酸の肥効がみとめられ、第三系の酸性土壌 (PD_{III} , BC, 羽幌) では施肥効果が小であり、第三系中性土壌 ($BD(d)$, 北見) では泥炭固形肥料の効果は単肥配合肥料よりすぐれており、洪積層土壌 ($BD(d)$, 羽幌, 栗沢) では粒状ケイ酸質肥料および尿素縮合態肥料の効果が認められた。

肥効減退の問題究明のため、簡略法を用いて包根容中の土壌養分の利用率を試算した。この計算の結果

から瘠悪な土壤では計算上の養分の利用率は年齢の増加とともに過大となり、外部よりの補給がなければ吸収利用が不可能となること、それが土壤型や土壤肥沃度によって支配されること等肥効が減退する原因の一部を推定し得た。

文 献

- 1) 朝日正美：林地肥培試験報告（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）、日林北支講集、7, pp.1~2, (昭.33, 1958), 9, pp.6~9, (昭.35, 1960)
- 2) ———：十勝地方のトドマツの成育におよぼす土壤の性質について、東大演習林報告、52, pp.107~116, (昭.31, 1956)
- 3) ———：森林植生と土壤との相互作用（Ⅰ）樹木の葉分析、日林誌、40, 4, pp.135~138, (昭.33, 1958)
- 4) ———：東京大学北海道演習林における森林土壤の分類に関する研究、東大演習林報告、58, (昭.38, 1963)
- 5) ———・星 司郎：北海道の林地肥培、北方林業叢書、19, pp.17~65, (昭.36, 1961)
- 6) 旭川営林局計画課：旭川営林局土壤調査報告、留萌経営計画区、p.13, (昭.34, 1959)
- 7) 原田 洸：林木の養分吸収と林地における養分のじゅんかんⅠ、Ⅱ、Ⅲ、森林と肥培、No. 5, pp.8~9, No. 6, pp.8~9, No. 7, pp.8~9, (昭.34, 1959)
- 8) 橋本與良：林地肥培と土壤条件Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、森林と肥培、No. 3, pp.10~11, (昭.33, 1958), No. 4, pp.10~11, (昭.34, 1959), No. 5, pp.2~4, (昭.34, 1959)
- 9) 北海道地下資源調査所：定山溪、銭函五万分の一の地質図及び図幅説明書
- 10) 石原供三：天然林におけるトドマツ稚樹の発消長と森林土壤との関係に関する研究、北海道林試報、12, (昭.8, 1933)
- 11) ———・松井善喜：根系より見たるトドマツの育林的考察、日林講集、13, pp.114~131, (昭.13, 1938)
- 12) ———・鷲見四郎：北海道産重要樹種の化学的組成に就て、日林誌、18, pp.537~541, (昭.11, 1936)
- 13) 平井信二：林木の重量生長に関する研究、東大演習林報、48, pp.221~235, (昭.30, 1955)
- 14) 鎭木徳二：森林立地学、養賢堂、p.412, (昭.5, 1932)
- 15) ———：森林肥料論：日本評論社、p.39, (昭.7, 1932)
- 16) 加藤亮助：河西試験地における林木の成育の実態、林試北海道支場調査資料、No. 6, 67, 80pp., (昭.35, 1960)
- 17) 荻住 昇：樹木の根の形態と分布、林試研報、94, pp.178~182, (昭.32, 1957)
- 18) ———：林木の根の働きと生長、林業研究解説シリーズ、3, p.35, (昭.38, 1963)
- 19) 河田 弘：森林土壤の化学的性質および腐植に関する研究、林土調報、10, pp.81~90, (昭.34, 1959)
- 20) ———：カラマツ林地の3要素試験、日林誌、44, 12, pp.364~366, (昭.37, 1962)
- 21) ———・鷲見守兄：森林土壤の土壤型と化学的性質との関係について、林土調報、8, pp.96~104, (昭.32, 1957)
- 22) 草薨義一：北海道空知の林地肥培をみて、森林と肥培、No. 3, p.8, (昭.33, 1958)
- 23) 蔵本正義・塩崎正雄：北海道の地形、母材と土壤型に関する研究（Ⅰ）、69回日林講集、pp.143~145, (昭.34, 1959)
- 24) ———・———：トドマツ植栽木の根系観察（予報）、林試北試年報（1956）、p.11, (昭.34, 1959), 同（1961）、p.43, (昭.38, 1963)

- 25) ———・桶永留蔵：トドマツ，アカエゾマツの初期肥培について，林地3要素試験，日林北支講集，10，pp.43~45，(昭.36，1961)，12，pp.35~39，(昭.38，1963)
- 26) 真下育久：森林土壌の理学的性質とスギ，ヒノキの成長に関する研究，林土調報，11，pp.125~140，(昭.35，1960)
- 27) 武藤憲由：林木の栄養生理学的基礎研究Ⅰ，日林北支講集，5，pp.1~2，(昭.31，1956)
- 28) ———：同上Ⅱ，65回日林講集，pp.169~171，(昭.31，1956)
- 29) 中野 実：河西地方の植生ならびに林木の成長について，林試北海道支場調査資料，6，p.23，(昭.35，1956)
- 30) 中田 功：河西試験地の土壌，同上，(昭.35，1956)
- 31) 成田孝一：旭川営林局土壌調査報告 2，羽幌経営区，林野庁，(昭.32，1957)
- 32) 西田屹二：木材化学工業，上巻，朝倉書店 p.443，p.473，(昭.21，1946)
- 33) 林野庁：国有林林野土壌調査方法書，(昭.30，1955)
- 34) ———：林地施肥試験の実施について，国有林野関係法規，第3巻
- 35) ———：林野庁業務課：林地施肥試験成績一覧表，(昭.34，1959)
- 36) 佐藤 俊・山谷孝一・長谷川浩一・後藤和秋・西田豊明・柳谷清子：東北地方における主要造林樹種の幼齢時の施肥効果について，林試研報，167，p.179，(昭.39，1964)
- 37) 佐藤大七郎・中村賢太郎・扇田正二：林分生長論資料(Ⅰ)，東大演習林報告，48，pp.65~89，(昭.30，1955)
- 38) 津田重政：苗木鉱物質成分の研究，林試研報，7，p.87，(明.42，1909)
- 39) 津田耕治：トドマツの養分吸収に関する研究Ⅰ，林試研報，116，pp.65~73，(昭.34，1959)
- 40) ———：トドマツ，アカエゾマツ，カラマツ苗木の養分含有率について，日林北支講集，12，pp.39~45，(昭.38，1963)
- 41) ———・大友玲子：トドマツ苗木の要素欠乏症状について，北海道支場年報，(1963)，pp.65~68，(昭.40，1965)
- 42) 塘 隆男：わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究，林試研報，137，p.158，(昭.37，1962)
- 43) 寺田喜助：トドマツの地位指数と土壌因子に関する研究，北海道林試報，4，(昭.42，1967)
- 44) ———・湯浅健治：トドマツ優良造林地の土壌性について，日林誌，33，12，p.440，(昭.26，1951)
- 45) 内田丈夫：北海道の森林土壌と造林，北方林業叢書，17，p.87，(昭.36，1961)
- 46) ———：北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究，林試研報，114，(昭.34，1959)
- 47) ———・小沢準二郎・津田耕治：トドマツ造林 前篇，北方林業叢書，11，p.32，(昭.33，1958)
- 48) 山本 肇：土壌の性質とトドマツの成長，林土調報，12，pp.213~217，(昭.37，1962)
- 49) ———・真田 勝・真田悦子：トドマツの生育と養分含有量の関係ならびに地力維持に関する2，3の考察について，林試北支年報(1965)，pp.32~55，(昭.41，1966)
- 50) BOOIJ, H.L. and H.P. WOLVE: The analysis of interactions of physical and chemical factors on plant growth. Ann. Rev. Plant Physiol., 16, p.48, (1965)
- 51) GESSEL, S.P.: Forest soil fertility problems and research in the western United States. Proc. Soc. Amer. Foresters, p.180, (1958)
- 52) HEINSDORF, D.: Ueber die Düngebedürftigkeit von Kiefern kulturen. Die sozialitische Forstwirtschaft, 6, 65, p.183, (1967)
- 53) HILF, H.H.: Wurzelstudien an Waldbäumen. Hannover, p.8, (1927)
- 54) HOMCAMP, F.: Handbuch der Planzenernährung und Dungenlehre. Berlin, p.813, (1931)
- 55) Ministry of Agriculture and Forestry of Japan: Volcanic ash soils in Japan. (1964)

- 56) MUSTANOJA, K.T. and A.L.LEAF : Forest fertilization research. 1957~1964, Botanical Review, 31, 2, p.151, (1965)
- 57) RAMAN, E. : Die verschiedene Nährstoff aufnahme der Waldbäume und ihre practisch Bedeutung für Düngung und Waldbau. Forst- u. Jagdw. 43, p.747, (1911)
- 58) RUSSEL, E.G. : Soil conditions and plant growth. 8th Ed.. p.430, (1950)
- 59) RUHLAND, W. : Handbuch der Pflanzenphysiologie. p.1027, (1958)
- 60) WILDE, S.A. : Forest soils. p.46, (1958)

Studies on the Practical Method of Forest Fertilization

Nutrition researches and fertilization tests on Todomatsu younger plantations

Masayoshi KURAMOTO, Tomezo NAGAOKE and Masao SHIOZAKI

(Résumé)

This paper deals with the introductory problem on Todomatsu (*Abies sachalinensis*) forest fertilization in younger plantations and is composed of two parts ; the one is the nutrition research of younger trees in Jōzankei forest, and the other is the fertilization tests in Shimizu-, Kitami-, Haboro- and Kurisawa-plantations in 1958~1966. The outline of methods and results are as follows :

1. Nutrition research

1—1. The nutrition research is practised in the younger stand (4, 6, 8, 10, and 12-year old stands). The sample trees are selected from the standard trees in the normal growth plots corresponding with the soil conditions. Contents of nitrogen, phosphorus and potassium are calculated on the basis of chemical analysis, and the root volumes are measured from the root-system research.

1—2. The results are shown in Tables 2~8, and Fig. 4~9. The fresh weight of tree increases with stand age in the shape of exponential function (linear form in logarithmic graph), but the root volume of the tree does not so increase on the mean length of laterals and depth in early stage.

From this result we think that the effect of fertilization would be influenced by the soil fertility, growth percentage, stand age and tree species.

2. Fertilization tests

2—1. Field conditions, methods, and designs are indicated in Tables 9~12. Fertilization tests have been carried out in younger plantations (0~8-year-old stand) of the dominant soil types (definition by National Forest Soil Survey Work) in Hokkaido.

Fertilities of soil types are in the order of B/D > BD(d) > BC on the humus, nitrogen and exchange calcium contents. Contents of fine soils (<2mm) in the field conditions are in the order of B/D < BD(d) < BC. B/D type soils in Shimizu is the volcanic ash soil, frequently being called "Ando soil" which is characterized allophanic. BC and BD(d) types in Haboro is the tertiary acidic soil characterized by low humus content and high exchange acidity. In this type soil nutty structure developed clearly and is frequently podzolized (if weakly, called PD_{III}). The colloidal

mineral is composed of halloisite and free silica, so that colloidal behaviours can be contrasted with Shimizu B/D type soil. BD(d) in Kitami and Kurisawa are developed on the material of tertiary tuffaceous shale covered with recent volcanic ash and have the intermediate properties between Shimizu and Haboro soils.

2—2. Results are shown in Tables 13~26. Effects of fertilization are summed up in Tables 27~30. If we called the ratio of fertilized plot by nil plot in the height growth percentage "Fertilization Effect Index" we can see that the annual index is recognized about 30% in the first year on the average, and reduces year after year. For preventing this reduction the top-dressing is needful.

In the volcanic black soil (B/D, Shimizu) phosphorus effect was recognized clearly ; in the tertiary acidic soil (PDIII, BC, Haboro) fertilizer effect is small ; in tertiary neutral soil (BD(d), Kitami) peat-cake fertilizer effect is superior to chemical fertilizer ; in delivium soils (BD(d), Haboro, Kurisawa) pea-shaped silisic fertilizer and urea-form fertilizer effects are recognized.

In order to solve the problem of the fertilization effect reduction we intend to calculate the availability of soil nutrients in the root volume with an approximate estimate (Tables 31~34). From this calculation in the sterile soil the rate of availability will be too large to uptake nutrients and we can see one of the factors of effect reduction with stand age increase.