

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

佐藤 俊⁽¹⁾・山谷 孝一⁽²⁾
長谷川 浩一⁽³⁾・後藤 和秋⁽⁴⁾
西田 豊昭⁽⁵⁾・柳谷 清子⁽⁶⁾

目 次

I はじめに	94
II 東北地方の自然環境と森林の現況	95
II-1. 自然環境	95
II-2. 森林の現況	98
III 試験方法の概要	99
III-1. 試験地の位置および対象樹種	99
III-2. 試験内容	100
IV 調査ならびに実験方法	101
IV-1. 野外調査	101
IV-2. 実験方法	101
V カラマツの施肥効果	101
V-1. 火箱沢試験地における試験結果	101
V-2. 好摩試験地における試験結果	104
V-3. 真室川試験地における試験結果	107
V-4. 赤川山試験地における試験結果	111
V-5. 考 察	117
VI アカマツの施肥効果	119
VI-1. 乙供試験地における試験結果	119
VI-2. 好摩試験地における試験結果	121
VI-3. 考 察	124
VII スギの施肥効果	125
VII-1. 早口 1, 2, 3 号試験地における試験結果	125
VII-2. 能代試験地における試験結果	132
VII-3. 五城目 1, 2 号試験地における試験結果	135
VII-4. 向町試験地における試験結果	140
VII-5. 考 察	144

(1) (3) (5) (6) 東北支場育林部育林第 4 研究員 (2) 東北支場育林部育林第 4 研究室長・農学博士
(4) 土壌調査部土壌肥料研究室員

VIII 林地施肥にたいする耕うんの効果	149
VIII-1. 乙供試験地における試験結果	149
VIII-2. 一念坊試験地における試験結果	150
VIII-3. 八乙女試験地における試験結果	152
VIII-4. 考察	157
IX 施肥の土壤におよぼす影響	158
X 施肥の重量成長および養分含有量におよぼす影響	160
X-1. 樹体各部位の乾物重量	160
X-2. 樹体各部位の乾物重量配分割合	166
X-3. 樹体各部位の養分含有率および含有量	168
XI 樹種と施肥効果の関係	175
XII 林地施肥の今後における問題点	178
XIII 総括	180
XV 文献	185
Résumé	187
Plate	1~3

I はじめに

わが国において林地肥培がおこなわれた歴史はかなり古く、今から 35~40 年前に一部の篤林家が自家山林において、硫安や大豆粕などを施用した事例がある。しかし、積極的に肥培が林業に導入されなかったのは、十分研究がなされなかったこともあるが、森林資源が豊富にあったためであろう。それが第 2 次大戦によってカラフト、台湾などの森林資源を失ない、面積でも蓄積でも大きく減少をきたす結果となった。さらに近代科学の進歩、国民経済の発展にともなって木材の需要が急激に増大するようになり、ますます森林資源が不足するようになった。ここで森林資源を増強することが急務と考え、林地肥培の必要性が大きく取りあげられるようになってきた。戦後このことが芝本¹⁸⁾によっていち早く強調され、その後芝本²⁰⁾、柴田²¹⁾、そのほか多くの人たちによって、実際面から試験の解明がおこなわれた。基礎的な面からは、塘ら²³⁾²⁴⁾、芝本¹⁸⁾によって研究がおこなわれ、着々その効果が解明されるようになって、一層林地肥培の可能性が立証されるようになった。筆者らも 1952 年から、東北地方の 2 か所において林地施肥試験に着手したが、さらに 1954 年から 1956 年にわたって、9 か所に試験地を設定し、本格的に試験を開始してからすでに 6~8 年を経過しており、一応の成果がえられた。試験の一部は茨木ら⁷⁾⁸⁾によって発表されたが、ここで既往の結果を取りまとめ、つぎの問題に着手する必要があると考えられるので、とくに幼齢時の林木にたいする施肥効果について報告するしだいである。

試験は福島県を除く東北 5 県の広い地域においておこなったので、試験地の自然環境はかなり異なっており、また旧秋田、青森両支場および旧好摩分場時代に、それぞれの担当研究室において設定されたものであるから、当時の担当者によって試験のねらいにそれぞれ特色があり、したがって、試験内容に相違のあるものを筆者らが取りまとめたものであることをあらかじめおことわりする。

試験実行途中に担当研究員の更迭があり、当初においては、現札幌営林局監査官茨木親義技官、元林業

試験場青森支場土壌調査室長神潔氏, 現林業試験場木曾分場佐々木茂技官も試験地の設計・実行を担当され, さらに, 元林業試験場好摩分場長吉田藤一郎氏, 現林業試験場東北支場経営部長寺崎康正技官にも試験地の設計, 現地指導を仰いだ。試験地の設定, 中間調査および実験の一部は, 現茨城県林業指導所伊藤忠夫技師, 現林業試験場木材部大黒昭夫技官, 現林業試験場土壌調査部佐藤久男技官, 現林業試験場東北支場高木勇吉技官, 同小西明技官, 元林業試験場東北支場長谷川教子氏が担当した。

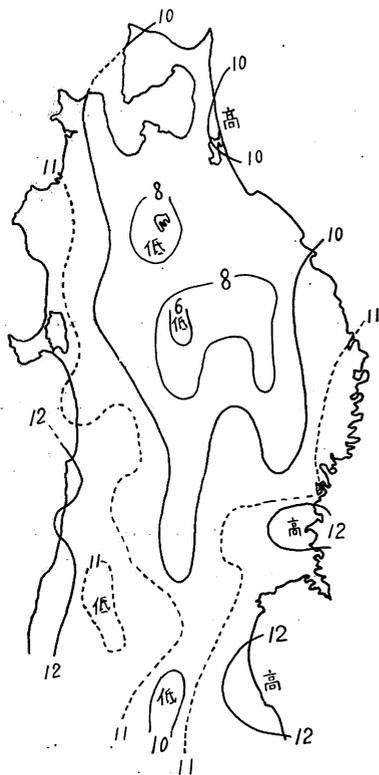
調査の実施にあたっては, 林業試験場旧秋田, 青森両支場, 現東北支場諸上司のご配慮をかたじけなくし, 試験地の設定については, 秋田, 青森両営林局および関係各営林署の諸上司のご好意とご援助によった。調査研究にたいしては, 元林業試験場土壌調査部長宮崎彌博士, 現林業試験場調査室長橋本与良博士, 同土壌肥料科長塘隆男博士に, また本稿取りまとめにあたっては, 現林業試験場東北支場育林部長松井光瑤技官にご懇切なご指導を賜わった。ここに特記して衷心から謝意を表する。

II 東北地方の自然環境と森林の現況

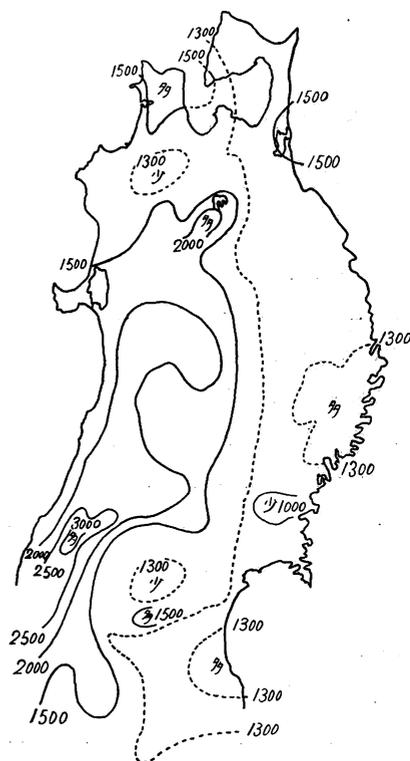
II-1. 自然環境

II-1-1. 地 勢

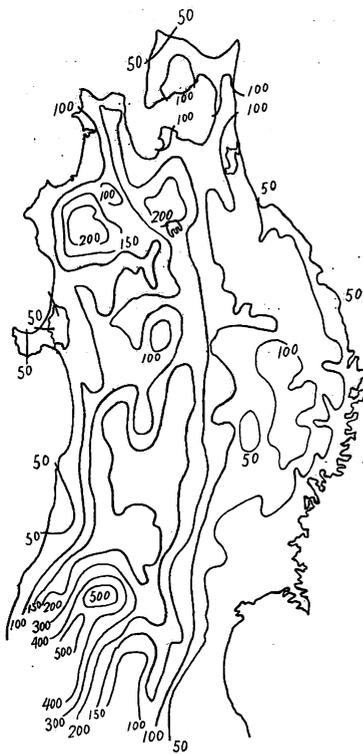
東北地方の地勢をみると, 中央に奥羽山脈, 太平洋側に北上, 阿武隈両高地, 日本海側に羽丘陵と越後山脈が“川”の字に南北に縦走しており, この上に那須火山脈と鳥海火山脈が重複している。海流は



第1図 東北地方の年平均気温 (単位: °C)
Fig. 1 Annual mean temperature of the Tōhoku districts.



第2図 東北地方の全年降水量 (単位: mm)
Fig. 2 Annual precipitation of the Tōhoku districts.



第3図 東北地方の最深積雪量
(単位：cm)

Fig 3. Maximum snow cover of the
Tohoku districts.

太平洋に親潮と黒潮、日本海には対島海流が流れており、これらは東北地方の気象をはじめ、すべての環境要素に大きく影響している。

II-1-2. 気象²²⁾⁸⁰⁾

東北地方の気象は、つぎの4地方に大別することができる(第1, 2, 3図参照)。

a. 太平洋沿岸地方(三陸沿岸, 宮城, 福島両県海岸地方)

年平均気温 11~12°C, 年降水量 <1,400 mm, 最高積雪深 <100cm。平均気温の最も低い月は1月で 0°C 前後であり, 平均気温の最も高い月は8月で 24°C を記録する。雪の終わるのは東北地方の他の地域に比べて早く, 南部では3月初め, 北部では4月初めころで終わるが, 4月末から5月初めにかけて晩霜が起こりやすい。梅雨は6月中旬から7月中旬ころまでつづくが, 関東以西よりいちじるしくはない。初霜は10月にみられ, 11月には西または北の季節風が卓越し雪が降りだす。日本海側より比較的天気が良いが, 関東よりは晴れた日が少ない。

b. 日本海沿岸地方(秋田, 山形県海岸地方)。

年平均気温 12°C, 年降水量 <1,600 mm, 最高積雪深 <100 cm。平均気温の最も低い月は1月で -2°C であり, 平均気温の最も高い月は8月で 25°C を記録する。対島海流の影響で太平洋側の同緯度地と比較しては暖かいが, 雪が多いので

4月上旬から中旬まで残雪がみられる。日本海の優勢な低気圧が通過するとき, 南風が卓越しフェーン現象をともない気温が急昇し, 急激な雪どけの洪水がしばしば起こることがある。また高温, 乾燥, 強風のため大火が起きやすい。梅雨は, 太平洋からの冷湿気流が山脈に阻まれるため太平洋側より雲量が少なく, 日照時間が多く気温も高い。しかし, 梅雨の後半に前線性の豪雨がときどき襲うため雨量は少なくない。このため毎日曇天降雪がつづき, いわゆる裏日本型の天気となる。

c. 北部地帯(青森県, 岩手県北部)

年平均気温 8~10°C, 年降水量 1,500mm, 最高積雪深 100cm。平均気温の最も低い月は1月で -2°C であり, 平均気温の最も高い月は8月で 22°C を記録する。高緯度であり親潮寒流の影響が大きいので, 一般に気温は低く, 春がおそくて冬の早い地帯である。梅雨現象は非常に弱く, 夏の降水量が冬よりずっと少なくなっている。夏の気温は他の3地方に比べて最も低い。

d. 内陸地帯

年平均気温 8°C(東側), 11°C(西側)。年降水量 1,300 mm(東側), 2,500 mm(西側)。最高積雪深 50 cm(東側), >100 cm(西側)。内陸地帯といっても奥羽山脈を境として東側と西側に分けられ, 東側の気候は太平洋側の気候に, 西側の気候は日本海側の気候に類似している。ただし内陸であるから, 1日の気温の変化(較差)は沿岸地方に比べて大きい。年平均気温の最も低い月は1月で, 西側の -2°C に

たいして東側は -6°C を記録しているように、東側は他の3地方に比べて最も寒い地帯である。年平均気温の最も高い月は8月で東側は 22°C 、西側は 25°C であり、年間気温の較差も大きい。東側の内陸地帯では、南方から流入する暖気のため梅雨現象は比較的顕著であり、冬は奥羽山脈の低いところを吹き越す季節風の影響で北上川、阿武隈川流域や仙台平野の北部などに降雪をみるところが多いが、積雪量は少ない。西側の内陸地帯では、梅雨期前半は比較的天気がよく高温である。積雪量は多く、とくに出羽丘陵や越後山脈沿いの地方は、全国有数の多雪地帯で積雪が2mを越えるところが多い。

II-1-3. 地質および土壌

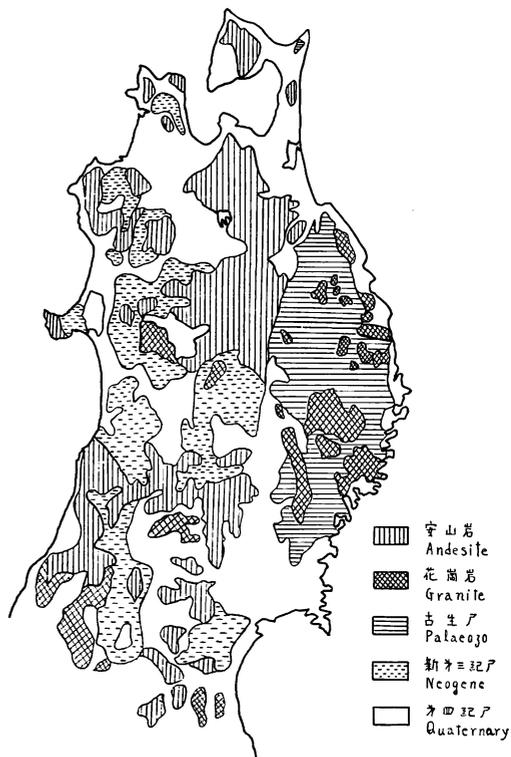
a. 地質⁴⁾

東北地方の地質の概略は第4図のとおりであり、新第三紀層と古生層が大部分を占めており、局所的に安山岩類と花こう岩が多く、奥羽山脈や出羽丘陵には新第三系の各層および安山岩類が多く分布している。

b. 土壌^{1) 9) 27)}

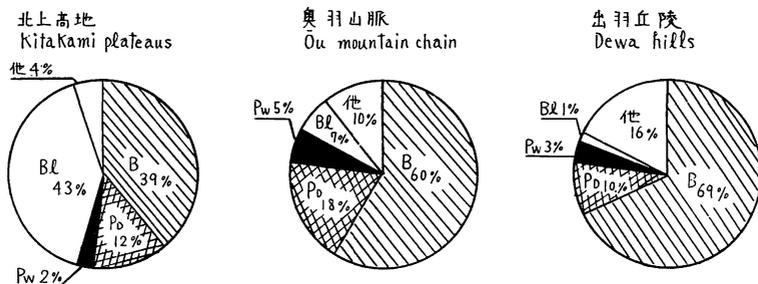
東北地方の山地にあらわれている主要土壌群の分布割合をみると、褐色森林土壌が60%で大部分を占めており、ポドゾル土壌19%、黒色土壌10%、グライ土壌その他の土壌が11%を占めている。

これらの土壌群を北上高地、奥羽山脈、出羽丘陵の3つの山系に分けて分布傾向を示すと、第5図のとおりである。この図をみると、主要土壌群の分布状態は山系によって差異があり、北上高地では黒色土壌、奥羽山脈ではポドゾル土壌、出羽丘陵では褐色森林土壌の分布がそれぞれ特徴としてあらわれている。このような分布上の特徴が東北地方の林業にたいして大きい作用を有している。



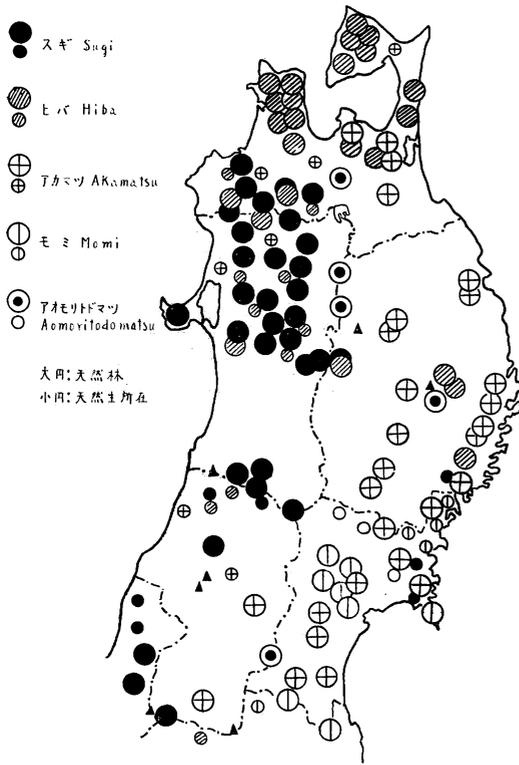
第4図 東北地方の地質図

Fig. 4 Geological map of the Tōhoku districts.



第5図 山系別土壌分布

Fig. 5 Distribution of soils at each mountains.



第 6 図 東北地方の主要針葉樹林の天然分布
 Fig. 6 Natural distribution of important conifers in the Tōhoku districts.

シラカンパ、ダケカンパの天然生林が多く分布している。

このように、東北地方の天然生林の分布には地域的に差異が認められるが、これは、この地方の気候その他の自然環境の差異によるものであろう。人工林をみても、東側ではアカマツ、カラマツ、スギを主としているが、西側ではスギ、カラマツが主でアカマツは少ない。

II-2. 森林の現況¹²⁾¹³⁾

林野面積は東北地方全面積の 71 %、約 380 万 ha に達しており、内地における他の地方の 66 % に比べて 5 % も多い。この林野面積、蓄積は、他の地方のそれらにたいし約 24 % にあたっており、わが国の森林資源の面からみてきわめて重要な位置を占めているが、とくに林野面積のうち原野が 10 % も占めていることは、東北地方の一つの特徴といえる。林野の所有区分についてみると、約 44 % が国有林で他の地方の約 2 倍に達しており、私有林は約 46 % で逆に他の地方に比べてはるかに下まわっている。公有林面積は 10 % であるが、そのうち約 40 % は財産区有林となっている。以上のように東北地方の森林は、所有形態の面でもいちじるしい特徴をもっているといえる。

林種の面からみた大きな特徴としては、森林の多くが天然生林であって、人工林面積率は森林面積の約 20 % くらいで他の地方に比較してかなり低いことである。また民有林面積のうち薪炭林面積が約 54 % で、用材林面積は 30 % にすぎず、他の地方と比較すると前者が 40 %、後者が 50 % の割合に比べていちじるしい差異がみられることである。これらのことは、針葉樹の蓄積が他の地方の蓄積より、はるかに低い

II-1-4. 森林の天然分布⁵⁾⁶⁾

主要針葉樹林の天然分布は第 6 図のとおりである。これによると、ヒバは北端の津軽、下北両半島を郷土として旺盛な生育を示しているほか、青森県両南部、秋田県北部のスギ林地帯の一部にも分布しており、また早池峯山、五葉山にもまとまった林分がみられる。スギは主として両側の青森県両南部から山形県にかけて分布しており、とくに秋田県北部には広く分布して、いわゆる秋田スギ林地帯を形成している。アカマツは東側の低山地域に分布して良好な林分を形成しているが、西側では山形県の内陸南部以外にはみることがない。モミは宮城県内の低山地域に分布しており、それ以北には認められない。奥羽、北上両山系の亜高山地域には、アオモリドマツが集団的に分布している。

主要広葉樹には、ブナ、ミズナラ、シラカンパなどがあるが、ブナは奥羽山脈や羽根丘陵の山岳地帯に、ミズナラ、コナラはブナ林下部に接続して分布している。北上高地には

ことがおもなる原因とも考えられる。国有林における蓄積のうち特色のあるのはスギとヒバであり、針葉樹全蓄積の大半を占めており、優良な天然生林となっている。また広葉樹の蓄積も多く、しかもそのうちの60%がブナであることも大きな特色であろう。しかし、その多くは奥地林であり今後の開発には問題が多い。

haあたりの蓄積をみると全国平均とほぼ等しいが、haあたりの成長量では約2.1m³で他の地方の2.4m³に比べて生産力の低いことが認められる。

III 試験方法の概要

II章で述べたように東北地方の自然環境は、それぞれの地域によってかなりの特徴があり、この特徴が東北地方の林業にたいして大きい作用を有している。森林の現況もまた、他の地方に比較して大きな特徴がみられ、この特徴がわが国の森林資源の面からみてきわめて重要な位置を占めている。したがって、東北地方において林地施肥試験を実行するにあたっては、できるだけそれぞれの地域における自然環境と森林の現況を背景とした肥培のすすめかた、樹種の選定、肥培方法などを考慮した。

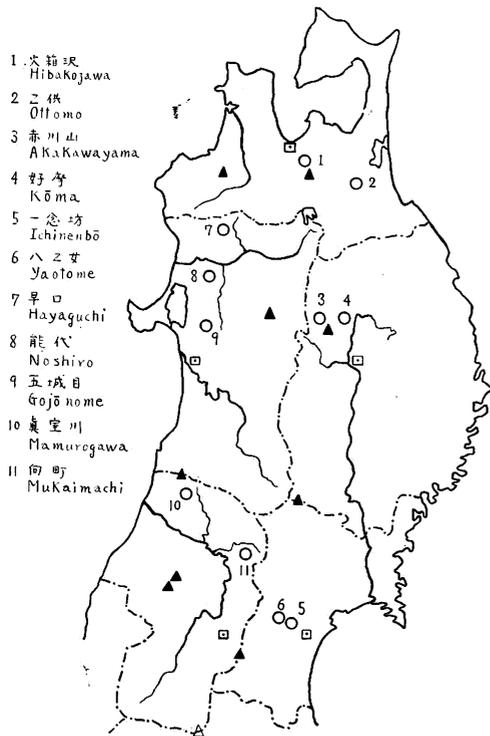
III-1. 試験地の位置および対象樹種

試験地は第1表、第7図に示すように、福島県を除いた東北5県のかかなり広い地域におよんでいる。これを奥羽山脈を界として東側と西側に分けると、東側に6か所、西側に5か所とほぼ均等に設定した。さらに山系別に位置を分けてみると、奥羽山脈に5か所、出羽丘陵に4か所となっており、このほか比較的解析された丘陵台地に2か所設定した。つぎに垂直的の分布状態を示すと、海拔高の最も低い40mのところから最も高い650mのところまでかなりの高低差があるが、大部分は200m前後の低山地帯に集中されている。

対象樹種は東北地方の主要な造林樹種として、カラマツ、アカマツ、スギの3樹種としたが、このほか一部の試験地では、試験の目的からヒノキも対象樹種として選んだ。これらの対象樹種は、当地方の気候、

第1表 試験地一覧表

試験地名	場所	樹種	母材	土壌型	開始年度	試験内容	設定者
火箱沢	青森営林署管内	カラマツ	火山放出物	B _D	1955	固型肥料の施肥量試験	神
乙供	乙供	アカマツ	〃	B _{1D} (d)	1953	固型肥料の施肥と耕うん試験	神
赤川山	岩手	カラマツ	火山灰	B _{1D}	1954	本数密度と施肥試験	神
好摩	好摩実験林内	カラマツ、 アカマツ	〃	B _{1D} (d)	1956	固型肥料の肥効試験	佐々木
一念坊	仙台営林署管内	カラマツ、 アカマツ、 スギ、ヒノキ	第三系凝灰岩、 けつ岩	Pseudo glei	1951	耕うんによる理化学性改良試験	神
八乙女	〃	スギ、 ヒノキ	〃	〃	〃	〃	神
早口	早口	スギ	第三系凝灰岩	BE-(B _{1D} -E)、 B _D , B _D (d)	1954	固型肥料の施肥量試験	茨木
能代	能代	〃	〃	B _D	1955	〃	茨木
五城目	五城目	〃	第三系硅質 けつ岩	B _D , BE (洪かん地)	〃	〃	佐藤(俊)
真室川	真室川	〃	第三系凝灰岩	B _D (d)	〃	〃	茨木
向町	向町	〃	洪積層	B _{1D}	1956	〃	佐藤(俊)



第7図 各試験地の位置

Fig. 7 Location of experimental plots.

土壌、森林分布などの自然環境と、各地域における当時の国有林の施業を勘案して選定したものである。

火箱沢試験地—八甲田山ろくのかかなり高海拔地帯であり、ブナ林皆伐跡地の更新樹種として局所的にはスギの成林可能なところもあるが、大部分はカラマツの植栽地域である。しかも試験開始当時は、カラマツの大面積造林が進展しつつあった時代であるから、施業と相まってカラマツを対象樹種とした。

乙供試験地—この地域は甲地アカマツとして優良な林分を形成しており、アカマツ天然生林皆伐跡地の樹種として、アカマツの造林が施業として最も適当と考えられるところであるから、アカマツを対象樹種とした。

赤川山試験地—試験地を含めた岩手山ろく一帯は、気象的にスギの成林は困難な地域である。したがって、更新樹種としてアカマツ、カラマツが考えられるが、試験開始当時この地域ではカラマツの一斉造林がおこなわれていたので、施業と相まってカラマツを対象樹種とした。

好摩試験地—赤川山試験地と同様気象的にスギの成林困難な地域であり、更新樹種としてアカマツ、カラマツが考えられるので、これらの樹種を対象とした。

一念坊試験地・八乙女試験地—この両試験地は解析された丘陵台地状地形となっており、仙台平野につながるこの付近一帯は、排水の不良な土壌で低位生産林地であるから、ここでは林地の理化学性を改良することが第1のねらいであり、それにとまう適当な樹種を選定する意味で、スギ、カラマツ、ヒノキなどを対象樹種とした。

早口1, 2, 3号試験地・能代試験地・五城目1, 2号試験地—これらの各試験地は、秋田県北部と中央部のスギ林地帯にあり、この地域ではスギ天然生林および広葉樹林伐採跡地の更新樹種として、可能なかぎりスギが取りあげられているので、スギを対象樹種とした。

真室川試験地—試験地は奥地ブナ林地帯の入口にあたり、今後奥地林の開発にとまう大面積造林の樹種として、カラマツが相当造林される地域であるから、対象樹種としてカラマツを取りあげた。

向町試験地—この地域の天然生林はブナを主とした広葉樹林であり、伐採跡地の更新樹種としてスギとカラマツが考えられる。施業としては可能なかぎりスギを主体とした造林が実行されるところであるから、この地域の比較的低位山帯における肥培を考え、スギを対象樹種に選んだ。

III-2. 試験内容

筆者らがおこなった試験の大部分は施肥量試験であるが、乙供、一念坊、八乙女の各試験地では、耕う

んおよび耕うん併用の施肥試験を実施した。また赤川山試験地では、本数密度と施肥の関係についての試験をおこなった(第1表参照)。肥料は各試験地とも④固型肥料1,2号を使用し、施肥量も1本あたり8個と10個を基準量として、1回の施肥量は5~20個の範囲内で施用量の比較をおこなった。

IV 調査ならびに実験方法

IV-1. 野外調査

a. 成長調査

試験地設定時に植栽木の樹高、根元直径を測定し、その後は毎年秋季10~11月ころにそれぞれを測定して樹高成長、直径成長をあらわした。林木が胸高直径測定可能の高さに達してから胸高直径を測定し、直径成長をあらわした。

b. 土壌層断面の設定および土壌分布調査

国有林野土壌調査方法書¹¹⁾によった。

IV-2. 実験方法

a. 自然状態の理学的性質

採取円筒によって自然の状態で採取した土壌は、国有林野土壌調査方法書¹¹⁾によって処理した。理学的性質を量的にあらわす場合は、容積にたいする%によることにし、自然状態の透水性は真下式装置を使用し測定した。

b. 機械的組成

国有林野土壌調査方法書¹¹⁾によった。

c. 一般化学的性質

pHは1:2.5懸濁液についてガラス電極法、置換酸度(y_1)は塩化カリを使用、全炭素はTiurin法、全窒素はKjeldahl法、塩基置換容量はA.O.A.C法によって測定した。置換性石灰、マグネシウムは酢酸アンモン浸出液について、過マンガン酸カリ滴定法とEDTA法の2法を用いた。リン酸吸収係数は2.5%リン酸アンモニヤ液1:2を用い、浸出液をモリブデンブルーの比色法によって測定した。

d. 樹体中の無機養分

樹体各部位ごとに風乾して、0.5~0.7mmのふるいを通るまで粉碎機で粉碎して試料とした。全窒素はKjeldahl法により分析した。リン酸、カリは同一資料について、硝酸、過塩素酸により湿式灰化してケイ酸を分離したのち、リン酸は光電比色計で比色定量し、カリは炎光光度計により比色定量した。

V カラマツの施肥効果

V-1. 火箱沢試験地における試験結果

a. 関係位置

青森営林署管内30,31林班

b. 立地条件

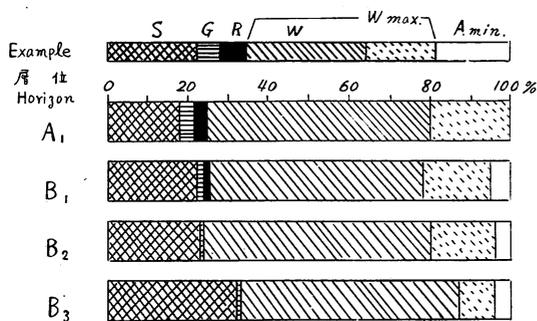
試験地は、八甲田山ろくで海拔高約650mの広い平坦台地状地形に設定した。この付近一帯の土壌は、八甲田火山の噴火によって放出した火山放出物が母材となっている。試験地の土壌を調査し、各層位ごとに採取した土壌について2,3の理化学的性質を調べた結果は、第2表および第8図に示すとおりである。

第2表 土壌の理化学的性質(火箱沢)

Table 2. Physical and chemical properties of soil.

層位 Horizon	容積重 Volume weight %	最大含水量 Water holding capacity %	採取時含水量 Moisture content of fresh soil %	孔げき量 Porosity %	最小容気量 Air capacity %
A ₁	40.5	75.7	56.0	75.7	-1.8
B ₁	52.2	73.2	53.7	78.3	5.1
B ₂	63.2	68.6	57.3	72.7	4.1
B ₃	86.8	63.4	54.5	67.1	3.7

層位 Horizon	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture	pH	置換性石灰 Exchangeable Ca m.e./100g
	粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total					
A ₁	57.5	9.5	67.0	17.0	16.0	SCL	5.05	4.35
B ₁	65.0	13.5	78.5	12.5	9.0	SL	4.80	3.25
B ₂	67.0	12.5	79.5	10.0	10.5	SL	4.70	2.22
B ₃	55.0	12.0	67.0	13.0	20.0	SCL	4.98	2.14



S : fine soil, G : gravel, R : root,
W : moisture content of fresh soil,
W_{max} : water holding capacity, A_{min} : air capacity.

第8図 自然状態の理学的性質

Fig. 8 Physical properties of soil in natural condition.

また試験地のおもなる植生を示すと、ミツバアケビ(3)、タラノキ(2)、ウワミズザクラ(2)、ササ類(2)、クマイチゴ(2)、オオバクロモジ(2)、ワラビ(1)、ヒメアオキ(1)、カエデ(1)などである。土壤調査の結果この土壤はB_d型土壤と判定したが、理化学的性質が示すように各層とも非常に粗砂が多く、そのため孔げき量も大きく理学的性質は比較的良好である。化学的性質は酸性は強いが、置換性石灰は普通程度に含んだ土壤である。

c. 試験方法

試験地は1946年ブナの老木を伐採してから1953年まで放置したため、雑草やかん木などで密林状態になっていたところである。1954年6月営林署実行によりカラマツ2年生苗をhaあたり2,500本あて植栽した造林地に、1955年6月区画設定した。処理区は④固型肥料1号を1本あたり8個施肥区、同肥料16個施肥区および無施肥区の3処理とし、4回くりかえしの乱塊法によって配列した。施肥の方法は、植栽木から15cmくらい離れたところに深さ15cmくらいの穴を案内棒で4か所あけ、各施肥個数をそれぞれ均等に入れて覆土した。施肥は植栽時に第1回の施肥をしてから1957年まで連続3年間、6月に同様の方法でおこなった。下刈りは1954年から1958年まで5年間にわたって年1回6月下旬ころにおこない、それ以後はおこなっていない。試験地の調査は各処理区のほぼ中心に10m×15m=150m²の標準地を設けて、この中の全試験木25本についておこなった。

d. 試験の結果

試験開始時から各年度における樹高, 根元直径および胸高直径を示すと第3表のとおりである。また, 樹高年間成長量および無施肥区の樹高年間成長量を100として, 各施肥区のそれを比較した値(以下比数とする)を示すと第4表のとおりである。以上の調査結果からつぎのような傾向がみられる。

(1) 第1回目の施肥当年度における樹高年間成長量をみると, いずれの施肥区も無施肥区に比べて大きく施肥の効果が認められる。これを比数であらわすと, 8個施肥区では156, 16個施肥区は161で, いずれも約60%程度の成長増加を示しているが, 施肥量別には差がみられず, 倍量施肥による効果はそれほど認められない。

(2) 連続的に施肥した場合は, 第1回の施肥当年度同様, 各施肥区とも樹高年間成長量が大きく連用の効果は認められるが, 比数はしだいに小さくなり効果は減少傾向にある。

(3) 設定後4年目, すなわち最終施肥翌年度までは施肥区と無施肥区間に有意の差がみられ肥効の持続性は認められるが, それ以後は認められない。

(4) 第1回施肥当年度には施肥量別の効果は認められなかったが, 第2回施肥当年度においては統計的に5%の危険率で有意差が認められた。しかし, 第3回施肥をおこなった当年度においてはふたたび認められなくなり, それ以後も認められなくなっている。

(5) 樹高について施肥区と無施肥区を対比してみると, 各年度とも施肥区の方が高く, その差は設定4年目くらいまではしだいに大きくなっているが, 以後はその差をそのまま維持している状態であり, 施肥量別にも差は認められない。

(6) 根元直径であらわした直径成長についてみると, 各年度とも施肥区の方が大きく, しかも設定後4年目まではしだいに差が大きくなっているが, 以後はその差をそのまま維持している状態で樹高と同様の傾向にあり, 施肥量別の差も認められない。

第3表 各年度における樹高および直径 (火箱沢)

Table 3. Height and diameter in every years.

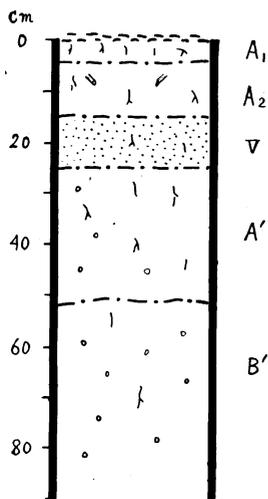
(mean)

処 理 区 Treatment	6, 1955	11, 1955	11, 1956		11, 1957		
	樹 高 Height cm	樹 高 Height cm	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	
無 施 肥 区 Unfertilized	48	60	103	1.8	156	2.7	
8 個 施 肥 区 Fertilized	48	67	122	2.2	184	3.5	
16個施肥区 Fertilized	44	64	123	2.2	185	3.5	
処 理 区 Treatment	11, 1958		11, 1960			11, 1962	
	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	胸 高 直 径 Diameter at breast cm	樹 高 Height cm	胸 高 直 径 Diameter at breast cm
無 施 肥 区 Unfertilized	200	3.6	328	6.4	3.5	392	4.7
8 個 施 肥 区 Fertilized	241	4.6	361	7.4	4.3	430	5.6
16個施肥区 Fertilized	243	4.5	355	7.3	4.2	419	5.5

第 4 表 各年度における施肥効果 (火箱沢)
Table 4. Effects of fertilization in every years.

処 理 区 Treatment	1955		1956		1957	
	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio
無 施 肥 区 Unfertilized	12	100	43	100	53	100
8 個 施 肥 区 Fertilized	19	156	55	127	62	118
16 個 施 肥 区 Fertilized	20	161	59	135	62	118

処 理 区 Treatment	1958		1959, 1960		1961	
	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio	2 年間の樹高 成 長 量 Height increment of 2 years cm	比 数 Ratio	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio
無 施 肥 区 Unfertilized	44	100	128	100	64	100
8 個 施 肥 区 Fertilized	57	129	120	94	69	108
16 個 施 肥 区 Fertilized	58	132	112	88	64	101



第 9 図 好摩試験地の土壌断面
Bl_b(d) 型土壌

Fig. 9 Soil profile in
Kōma plot.

V-2. 好摩試験地における試験結果

- a. 関係位置
東北支場好摩実験林
- b. 立地条件

試験地は海拔高約 220 m の丘陵地の一部で、傾斜度約 8 度の南東向き斜面となっており、斜面の中腹から下部にわたって設定した。この付近一帯は岩手山の火山噴出がくりかえされた結果、火山灰および火山放出物が幾重にも堆積した黒色土壌が出現しており、地表下 15~25 cm のところに火山砂の介在がみられる。試験地に代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこなったが、その特徴を示すと第 9 図のとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。

A₁ 層：0~4 cm。黒褐色 (2.5 Y 2/3)。腐植に富む。壤土。弱度の粒状構造がみられる。粗。乾。

A₂ 層：4~15 cm。黒褐色 (2.5 Y 2/2)。腐植に富む。壤土。わずかに堅果状構造がみられる。軟。

V 層：15~25 cm。淡暗色に退色した火山砂層。堅密。

A' 層：25~53 cm。黒色 (2.5 Y 1.5/2)。壤土。腐植に富む。やや堅密。

B' 層：53 cm ~。黒褐色 (2.5 Y 3/2)。壤土。軟。石れきを含む。

以上のような層断面の形態的特徴から、この試験地の土壌を Bl_b(d) 型土壌と判定した。また断面付近

第 5 表 自然状態の理学的性質 (好摩)

Table 5. Physical properties of soil in natural condition.

層位 Horizon	深さ Depth cm	容積重 Volume weight %	最大含水量 Water holding capacity %	採取時 含水量 Moisture content of fresh soil %	孔げき量 Porosity %	最小 容気量 Air capacity %	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture
							粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total %			
A ₁	0~4	46	58	38	80	23	35	38	73	16	11	SL
A ₂	4~15	72	57	37	74	17	38	36	71	17	9	SL
V	15~25	101	46	20	62	17	72	18	90	5	5	S
A'	25~53	76	66	41	73	6	39	39	78	15	7	SL

第 6 表 土壌の化学的性質 (好摩)

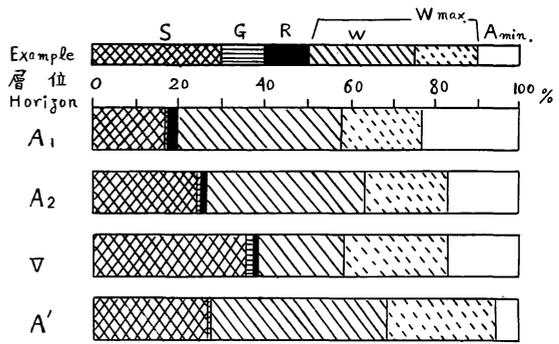
Table 6. Chemical properties of soil.

層位 Horizon	深さ Depth cm	pH	置換 酸度 Exch. acidity y ₁	加水 酸度 Hydro. acidity y ₁	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total Nitrogen %	炭素率 C : N ratio	置換容量 Base exchange capacity m.e./100g	置換性塩基 Exchangeable base		石灰、マグネ シウム飽和度 Degree of Ca, Mg saturation %
									Ca	Mg	
A ₁	0~4	6.4	1.0	28.2	6.3	0.38	16.6	26.31	9.83	1.13	41.65
A ₂	4~15	6.4	1.0	29.2	4.4	0.34	12.9	25.33	7.50	2.18	38.21
V	15~25	6.4	0.5	21.8	0.9	0.06	15.0	13.84	1.94	0.41	16.97
A'	25~53	6.6	0.5	21.3	3.2	0.29	11.0	25.28	12.70	3.37	63.56

の主なる植生を示すと、ヒカゲスゲ、ヤクシソウ、ヒメジソ、キジムシロ、サイトウガヤ、ミヤコザサ、ナワシロイチゴ、ツルウメモドキ、ヒヨドリバナ、オカトラノオ、ガマズミ、ヤマウルシ、ヨモギ、ノアザミなどとなっている。

断面の各層から資料を採取して理化学分析をおこなった。その結果理化学的性質は第 5、6 表および第 10 図に示すとおりである。これらの結果からみて、試験地土壌は非常に粗砂、細砂が多いため、採取時含水量や最大含水量が小さく比較的乾燥した土壌である。また各層とも酸度はほぼ中性に近く、置換性石灰が比較的多いことから、中性火山灰を母材としてできた土壌であることが推定される。

つぎに、試験地に近接した好摩分場における 10 年間平均の気象観測結果を示すと第 7 表のとおりである。この記録によると、年平均気温 10.2°C、年降水量 1,196 mm である。最低気温は低いが夏期の平均気温は比較的高くなっており、降水量の少ない地域であることがわかる。



S : fine soil, G : gravel, R : root,
W : moisture content of fresh soil,
W_{max} : water holding capacity, A_{min} : air capacity.

第 10 図 自然状態の理学的性質

Fig. 10 Physical properties of soil in natural condition.

第 7 表 気 象 観 測 値

Table 7. Meteorological observed data (1950~1959).

好 摩 Kōma		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温	Average temp. (°C)	-3.5	-2.2	2.0	9.7	15.4	18.2	22.5	23.7	19.1	12.7	5.5	0.3	10.5
最高気温	Maximum temp. (°C)	1.1	2.0	5.9	14.1	19.9	22.3	26.2	27.3	23.0	17.3	10.2	4.2	14.5
最低気温	Minimum temp. (°C)	-8.8	-7.8	-3.4	2.4	7.4	12.8	17.8	19.0	13.7	5.7	0.7	-4.2	6.4
気温較差	Temp. difference (°C)	9.9	9.8	9.3	11.7	12.5	9.5	9.4	8.3	9.3	11.6	9.5	8.4	9.9
降水量	Precipitation (mm)	59.9	54.7	81.4	84.5	88.9	129.2	150.5	107.8	152.5	117.5	86.7	82.6	1196.2
平均湿度	Average moisture (%)	77.5	71.8	67.2	60.8	62.0	74.2	78.7	79.2	78.2	76.5	76.8	76.9	73.3
最多風向	Prevailing wind direction	SSW	S	S	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW	S	
積雪量	Snow cover (cm)	71.0	74.0	64.0	15.0	—	—	—	—	—	—	18.5	33.5	

第 8 表 各年度における樹高および直径 (好摩)

Table 8. Height and diameter in every years.

(mean)

処 理 区 Treatment	10, 1956		10, 1957		10, 1958	
	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
無 施 肥 区 Unfertilized	84.1	1.4	137	2.2	200	2.9
10 個 施 肥 区 Fertilized	86.5	1.4	161	2.3	216	2.9
処 理 区 Treatment	10, 1959		10, 1960		10, 1961	
	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
無 施 肥 区 Unfertilized	292	4.3	401	5.9	496	4.0
10 個 施 肥 区 Fertilized	309	4.4	427	6.0	523	4.2

c. 試験方法

試験地はナラを主とした天然生広葉樹林の皆伐跡地に、1956年5月カラマツおよびアカマツをそれぞれ ha あたり 7,500 本あて植栽し、カラマツとアカマツの施肥試験地とした。処理区は両試験地とも、④固型肥料1号を1本あたり10個施肥区と無施肥区の2処理とし、2回くりかえしとした。施肥は1956年10月に第1回目、1959年5月に第2回目を火箱沢試験地と同様の方法でおこなった。

d. 試験の結果

アカマツについては VI-2 で後述することとし、カラマツについて試験開始時から各年度における樹

第 9 表 各年度における施肥効果 (好摩)

Table 9. Effects of fertilization in every years.

処理区 Treatment	1957		1958		1959		1960		樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio
	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio		
無施肥区 Unfertilized	52.9	100	63	100	92	100	109	100	95	100
10 個施肥区 Fertilized	74.5	141	55	87	93	101	118	109	96	101

高, 根元直径および胸高直径を示すと第 8 表のとおりである。また, 樹高年間成長量およびその比数を第 9 表に示した。以上の調査結果からつぎのような傾向がみられる。

(1) 施肥当年度における施肥区と無施肥区の樹高年間成長量を対比してみると, 施肥区の方が大きく施肥の効果が認められる。これを比数であらわすと 141 で約 40% の成長増加を示している。

(2) 施肥翌年度以降についてみると, 各年度とも処理間に差がみられず, 肥効の持続性は認められない。また第 2 回目施肥の効果も認められないようである。

(3) 各年度における樹高についてみると, 設定 5 年後において施肥区の方が約 30cm 程度高くなっているが, この差は施肥当年度樹高年間成長量にあらわれた差であり, この状態がそのまま維持しているにすぎない。

(4) 直径成長の面には各年度とも施肥の効果はまったく認められないようである。

V-3. 真室川試験地における試験結果

a. 関係位置

真室川営林署管内 48 林班に小班

b. 立地条件

海拔高約 270 m で, 傾斜度約 30~35 度の北西斜面の中部から上部にわたって設定した。試験地に代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこなったが, その特徴を示すと第 11 図のとおりであり, 層断面の記載はつぎのとおりである。

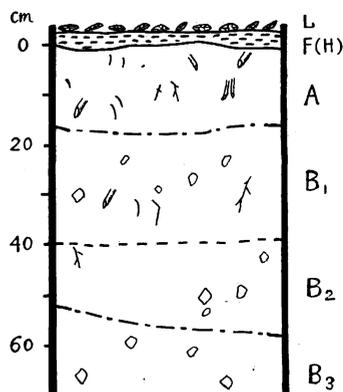
L 層: 約 1 cm。ササ, カヤ, ブナなどの落葉が薄く堆積。

F(H)層: 約 4 cm。ササの細根に保持されてやや厚く堆積。分解不良。

A 層: 0~20 cm。褐色 (7.5 YR 4/4)。腐植を含む。石れきに乏し。埴質壤土。上部に小塊状, 下部のところどころに堅果状構造がみられる。軟。やや乾。木本根多し。菌糸臭わずかにあり。

B₁層: 20~40cm。明橙褐色 (7.5 YR 6/6)。腐植に乏し。角れ

きを含む。埴質壤土。上部に堅果状構造, 下部に塊状構造がみられる。堅。潤。木本根を含む。



第 11 図 真室川試験地の土壌断面 B_D(d) 型土壌

Fig. 11 Soil profile in Mamurogawa plot.

第 10 表 自然状態の理学的性質 (真室川)

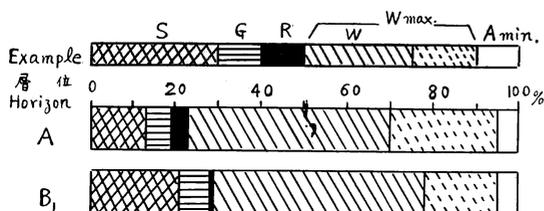
Table 10. Physical properties of soil in natural condition.

層位 Horizon	深さ Depth cm	容積重 Volume weight %	最大容水量 Water hold- ing capacity %	採取時 含水量 Moisture content of fresh soil %	孔げき 量 Porosity %	最 小 容気量 Air capacity %	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土 性 Texture
							粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total %			
A	0~20	33	74	48	78	5	10	17	27	41	32	LC
B ₁	20~40	59	68	51	73	5	15	20	25	46	19	SiCL

第 11 表 土 壌 の 化 学 的 性 質 (真室川)

Table 11. Chemical properties of soil.

層位 Horizon	深さ Depth cm	pH	置換 酸度 Exch. acidity y ₁	加水 酸度 Hydro. acidity y ₁	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total nitrogen %	炭素 率 C : N ratio	置換容量 Base exchange capacity m.e./100g	置換性塩基 Exchangeable base		石灰マグ ネシウム 飽和度 Degree of Ca, Mg saturation %	リン 酸 吸収係数 Absorp- tion of soil (P ₂ O ₅)
									Ca m.e./100g	Mg m.e./100g		
A	0~20	4.8	23.1	87.6	7.5	0.43	17.3	19.16	0.21	0.11	1.67	940
B ₁	20~40	5.0	2.0	46.5	2.7	0.18	14.9	16.01	0.54	tr.	3.37	1350
B ₂	40~55	5.0	2.5	63.9	1.9	0.06	3.1	14.93	0.43	tr.	2.88	1360



S : fine soil, G : gravel, R : root,
W : moisture content of fresh soil,
W_{max} : water holding capacity, Amin : air capacity.

第 12 図 自然状態の理学的性質

Fig. 12 Physical properties of soil in natural condition.

断面の各層から資料を採取して理化学分析をおこなったが、その結果理化学的性質は第 10, 11 表および第 12 図に示すとおりである。これらの結果からみて微砂、粘土分が多く、比較的容積重の小さい特徴がみられ、孔げき量も多く理学的性はそれほど不良とは思われない。しかし化学的性質をみると、酸性が強く、置換容量、塩基飽和度のきわめて小さい不良な土壤である。

つぎに試験地付近の気象状態を知るため、試験地に最も近い山形分場における観測記録を示すと第 12 表のとおりである。この表によると、年平均気温 9.3°C、降水量 2,380 mm、積雪量は 260 cm となっているが、試験地は山形分場より相当山岳地帯に位置しているから、気温の低下、降水量や積雪量が多いものと推定される。

c. 試験の方法

試験地は天然生ブナ林皆伐跡地に、1953 年秋、カラマツを ha あたり 2,500 本あてて植栽した造林地に 1955 年春区画設定した。処理区は ④ 固型肥料 1 号を植栽木 1 本あたり、5 個、10 個、20 個それぞれ施肥した区と無施肥区の 4 処理とし、2 回くりかえしの乱塊法によって配列した。1 処理区の面積は 10 m

B₂層：40~55cm。明橙褐色（7.5 YR

7/6）。腐植なし。角れきを含む。

壤質壤土。堅。潤。

以上のような層断面の形態の特徴から、この試験地の土壌を Bd(d) 型土壌と判定した。また断面付近の植生を示すと、ササ(3)、スゲ類(3)、ワラビ(2)、タラノキ(1)、イヌツゲ(1)、ミズナラ(1)、ハクウンボク(1)などとなっている。

第 12 表 気 象 観 測 値
Table 12. Meteorological observed data.

釜 淵 Kamabuchi

北 緯 North latitude 38°56′, 東 経 East longitude 146°16′, 海 抜 高 Altitude 145 m

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温 Average temp. (°C)	-2.9	-2.6	0.4	6.4	13.3	17.6	22.8	24.2	19.2	6.9	5.9	0.1	9.3
最高気温 Maximum temp. (°C)	1.0	1.3	4.8	12.0	19.9	23.1	27.4	29.6	24.2	7.3	10.5	3.3	13.7
最低気温 Minimum temp. (°C)	-6.8	-6.6	-3.9	0.9	6.8	12.1	18.2	18.8	14.3	6.6	1.3	-3.0	4.9
気温較差 Temp. difference (°C)	7.8	7.9	8.7	11.1	13.1	11.0	9.2	10.8	9.9	0.7	9.2	6.3	8.8
平均湿度 Average moisture (%)	83.0	80.9	75.4	70.1	67.6	75.3	80.4	77.9	80.5	81.9	80.8	86.0	78.3
降水量 Precipitation (mm)	232.7	193.4	148.3	138.1	125.0	156.1	313.1	182.1	226.6	193.8	211.0	259.2	2379.4
積雪量 Snow cover (cm)	224.0	261.0	230.0	166.0							39.0	145.0	

初霜 First frost 10月22日, 初雪 First snow 11月15日, 初根雪 First continuous snow-cover 12月8日
終霜 Last frost 5月8日, 終雪 Last snow 4月14日, 終根雪 Last continuous snow-cover 4月20日

×40 m = 400 m² である。施肥の方法は火箱沢その他の試験地における場合と同様の方法でおこなった。下刈りは設定後3年目までは年2回, その後2年間は年1回おこない, 以後はおこなっていない。なお1959年春, 各施肥区に設定時と同量の追肥をおこなった。

d. 試験の結果

試験開始時から各年度における樹高, 根元直径および胸高直径を示すと第13表のとおりである。また, 樹高年間成長量およびその比数を第14表に示した。以上の調査結果からつぎのような傾向がみられる。

(1) 施肥当年度における樹高年間成長量について施肥区と無施肥区を対比してみると, いずれの施肥区も無施肥区に比べて大きく, 施肥の効果は樹高成長の面に認められる。これを比数であらわすと130~140の値であり約35%の成長増加を示している。しかし, 施肥量別には成長量にほとんど差がみられず肥効は認められないようである。

(2) 施肥2年後における樹高年間成長量についてみると, 各施肥区とも無施肥区に比べてわずかに大きい傾向にあるが, 統計的には差が認められない。3年後には各施肥区の樹高年間成長量が, むしろ無施肥区より下まわる傾向がみられるように, すでに施肥の効果は翌年度に認められなくなるようである。

(3) 施肥4年後の成績をみると, 前年度におとろえた各施肥区の樹高年間成長量が, ふたたび無施肥区をうわまわる傾向が認められる。

(4) 設定後5年目に, 各施肥区に植栽時施肥と同量あてそれぞれ追肥をおこなったが, その結果5個区と無施肥区の樹高年間成長量との間に差がみられず, 追肥の効果は認められなかったが, 10個区および20個区と無施肥区との間には差がみられ, 追肥の効果はわずかに認められるようである。

(5) 追肥翌年度についてみると, 20個区では施肥の効果は認められるが, その他の施肥区ではまったく認められず, むしろ樹高年間成長量は無施肥区を下まわる傾向にある。

(6) 各年度における樹高について施肥区と無施肥区を対比してみると, 各年度とも施肥区の方が高い

第 13 表 各年度における樹高および直径 (真室川)

Table 13. Height and diameter in every years.

(mean)

処 理 区 Treatment	6, 1955		10, 1955		10, 1956		10, 1957		10, 1958 -		10, 1959		10, 1960	
	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	胸高直径 Diameter at breast cm								
無 施 肥 区 Unfertilized	72	1.5	113	2.0	162	0.7	200	1.1	248	1.7	311	2.6	380	3.3
5 個 施 肥 区 Fertilized	75	1.5	126	1.9	180	0.8	212	1.3	285	1.7	354	3.1	410	3.8
10 個 施 肥 区 Fertilized	74	1.5	130	2.0	176	0.8	216	1.3	277	1.7	352	3.2	410	3.7
20 個 施 肥 区 Fertilized	73	1.4	126	2.2	183	0.9	220	1.3	282	1.8	357	3.0	444	4.1

第 14 表 各年度における施肥効果 (真室川)

Table 14. Effects of fertilization in every years.

処 理 区 Treatment	1955		1956		1957		1958		1959		1960	
	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio										
無 施 肥 区 Unfertilized	40	100	49	100	38	100	48	100	63	100	69	100
5 個 施 肥 区 Fertilized	52	130	54	110	32	84	73	152	69	110	62	90
10 個 施 肥 区 Fertilized	56	140	56	114	40	105	61	127	75	119	58	84
20 個 施 肥 区 Fertilized	53	133	57	116	37	97	62	129	75	119	87	126

が、設定後3年目くらいまではそれほど大きい差が認められず、むしろ4年目くらいから樹高差が大きくなる傾向にある。設定6年後における樹高をみると、5個区と10個区は30cmの樹高差であり、20個区では約65cmの差でそれぞれ施肥効果が認められる。

(7) 根元直径について処理間を比較してみると、各年度とも処理間に差が認められず、また胸高直径でも、6年後においてわずかに各施肥区の方が大きい傾向がみられる程度であり、施肥の効果は直径成長の面には認められないようである。

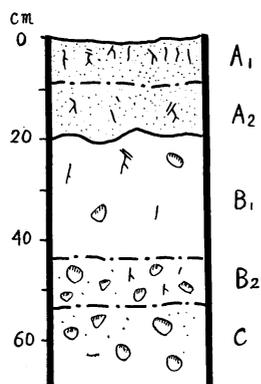
V-4. 赤川山試験地における試験結果

a. 関係位置

岩手営林署管内 493 林班

b. 立地条件

試験地は岩手山塊から流れる松川流域に沿ってできた平坦地に設定した。その海拔高は約420mとなっている。試験地付近には、松川のはん濫による洪かん堆積土の上に、岩手山の火山放出物が被覆してできた火山灰性黒色土壌が広く分布している。試験地に代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこなったが、その特徴を第13図に示した。また層断面の記載はつぎのとおりである。

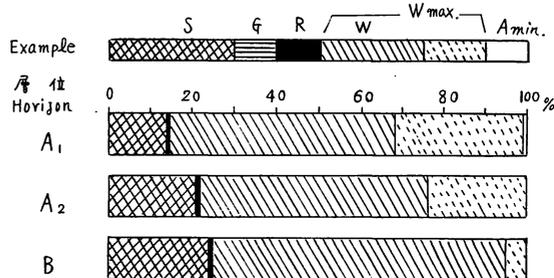


第13図 赤川山試験地の土壌断面
Bl_D型土壌

Fig. 13 Soil profile in Akakawayama plot.

F層：地表面にわずかに堆積。

A₁層：0~8 cm。黒色。(7.5 YR 1.5/1)。砂質壤土。団粒構造。軟。



S : fine soil, G : gravel, R : root,
W : moisture content of fresh soil,
W_{max.} : water holding capacity, A_{min.} : air capacity.

第14図 自然状態の理学的性質

Fig. 14 Physical properties of soil in natural condition.

第15表 土壌の理学的性質 (赤川山)

Table 15. Physical properties of soil.

層位 Horizon	深さ Depth cm	透水性 Water permeability cc/min	容積重 Volume weight %	最大容水量 Water holding capacity %	採取時含水量 Moisture content of fresh soil %	孔けき量 Porosity %	最小容気量 Air capacity %	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture	
								粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total %				
A ₁	0~8	335	50	70	49	77	7							
A ₂	8~20	16	68	70	55	72	2	27	36	63	21	16	CL	
B ₁	20~43	18	60	72	57	74	2							

A₂層：8～20 cm。黒色 (10 YR 1/1)。砂質壤土。堅密。根の部分は軟。

B₁層：20～43 cm。暗褐色 (7.5 YR 3/4)。砂質壤土。軟。

B₂層：43～53 cm。暗褐色 (7.5 YR 3/4)。砂質壤土。軟。粘りあり。小円れき多い。

C層：53 cm～。褐色 (10 YR 4.5/6)。砂質壤土。やや堅。粘りあり。

以上のような層断面の形態的特徴から、試験地土壤は B₁D 型土壤と判定される。つぎに断面付近の主な植生を示すと、スゲ類 (4)、ススキ (3)、トコロ (3)、キンミズヒキ (3)、ワラビ (2)、クマヤナギ (1)、ヤマウルシ (1) などとなっている。

断面の各層から資料を採取して理学分析をおこなった。その結果は第 15 表および第 14 図に示すとおりである。これらの表や図からみて、試験地土壤は各層とも粗砂が非常に多いため最小容気量が大きく、水分の占める割合が約 40% で比較的乾燥した土壤といえよう。つぎに化学的性質は第 16 表に示すとおりであり、窒素や置換性石灰が多く比較的肥よくな土壤といえよう。

試験地に近接した松尾村における 24 年間平均の気象観測記録を示すと第 17 表のとおりである。この記録によると年平均気温 7.3°C、年降水量 1,803 mm となっており、きわめて寒冷多雨な地域といえよう。

c. 試験方法

この地域は一名御堂松と称せられる優良アカマツ天然生林地帯であり、試験地は林齢 45～60 年生の天然生アカマツ林を 1951 年皆伐した跡地に設定した。ここで実施した試験は、カラマツを対象とした植栽本数別施肥試験である。処理区は第 18 表に示したように、植栽本数を ha あたり 1,000 本から 5,000 本までの 5 段階について、それぞれ施肥区、落葉埋没区、落葉埋没施肥区および対照区の 4 処理とした。1 処理区の面積は 10 m × 40 m = 400 m² で、くりかえしはおこなわなかった。

第 16 表 土壤の化学的性質 (赤川山)

Table 16. Chemical properties of soil.

層位 Horizon	pH	置換酸度 Exch. acidity y ₁	加水酸度 Hydro. acidity y ₁	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total nitrogen %	炭素率 C : N ratio	置換性石灰 Exchangeable Ca m.e./100g
A ₁	5.8	2.0	75.7	9.5	0.69	14	10.31
A ₂	5.8	1.0	66.3	5.8	0.47	12	5.90

第 17 表 気象観測値

Table 17. Meteorological observed data (1949～1954).

松尾村 Matsuo

		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温	Average temp. (°C)	-6.2	-5.8	-1.4	5.2	11.4	16.2	20.2	21.8	16.6	10.3	3.4	-3.4	7.3
最高気温	Maximum temp. (°C)	-3.7	-3.1	1.3	8.3	15.0	19.2	22.9	24.5	19.4	13.2	6.2	-0.7	10.2
最低気温	Minimum temp. (°C)	-11.6	-11.6	-7.6	-1.6	4.1	9.4	14.5	15.7	10.4	3.7	-2.0	-8.2	1.3
降水量	Precipitation (mm)	120	127	122	108	113	116	225	172	222	163	162	151	1803
積雪量	Snow cover (cm)	89	100	71	11						2	21	85	

第 18 表 試験の処理方法 (赤川山)

処 理 区	内 容 説 明
無 施 肥 区	無 処 理
施 肥 区	1954 年夏, ちから粒状 1 号肥料 1 本 180g 施肥(N:10.8g, P ₂ O ₅ :7.2g, K ₂ O:5.4g) 1956 年秋, ㊤固型 1 号肥料 〃 10 個 〃 (〃 9.0g, 〃 6.0g, 〃 4.5g) 1958 年秋, 〃 〃 〃 12 個 〃 (〃 10.8g, 〃 7.2g, 〃 5.4g)
落 葉 埋 没 区	1954 年夏, 植栽木から 20 cm はなれた所に 20×30 cm の穴をスコップで掘り, 落葉を敷き込み覆土。 1956 年秋, 植栽木から 30 cm はなれ同様の処理。 1958 年秋, 〃 〃
落葉埋没施肥区	1954 年夏, 施肥処理と落葉埋没処理の併用。 1956 年秋, 〃 〃 1958 年秋, 〃 〃

第 19 表 各年度における樹高および直径 (赤川山)

Table 19. Height and diameter in every years. (mean)

本数密度 Stand density Number/ha	処 理 区 Treatment	11, 1954		11, 1956			11, 1957		11, 1958	
		樹 高 Height cm	樹 高 Height cm	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	69	126	2.0	179	2.9	250	4.1		
	施肥区 Fertilized	68	149	2.4	201	3.1	267	4.7		
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	75	146	2.0	226	3.1	305	4.4		
	施肥区 Fertilized	77	168	2.6	242	3.4	325	4.8		
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	66	124	2.1	204	2.9	283	3.9		
	施肥区 Fertilized	69	153	2.3	245	3.2	339	4.4		
本数密度 Stand density Number/ha	処 理 区 Treatment	11, 1960			11, 1961					
		樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	胸高直径 Diameter at breast cm	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	胸高直径 Diameter at breast cm			
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	395	7.8	4.0	498	8.8	5.6			
	施肥区 Fertilized	405	8.0	4.2	509	9.0	5.7			
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	452	8.0	4.7	526	8.5	5.8			
	施肥区 Fertilized	481	8.1	4.9	577	8.9	6.5			
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	425	5.9	4.1	525	7.2	5.4			
	施肥区 Fertilized	481	7.2	4.8	581	8.2	5.9			

下刈りは 1954 年から 1957 年まで年 1 回 6 月下旬ころおこない、それ以後はおこなっていない。カラマツの植栽は 1954 年 6 月に、施肥は夏におこなったので 11 月を設定時点として成績の取りまとめをおこなった。

d. 試験の結果

落葉埋没区および落葉埋没施肥区のなかには成長不良の木がみられた。これはスコップで植栽木の近くを掘り起こしたため、根に障害を与えたことが原因しているものと思われる、成績の変動が大きいため取りまとめから除外した。また植栽本数については、本数割合が近似しているので、2,000 本区、4,000 本区は取りまとめから除外して、1,000 本区、3,000 本区、5,000 本区について施肥区と対照区（以後無施肥区とする）の成績を取りまとめた。

処理区について各年度における樹高、根元直径および胸高直径を示すと第 19 表のとおりである。また、樹高年間成長量およびその比数を第 20 表に示した。以上の調査結果からつぎのような傾向がみられる。

(1) 設定翌年はつごうにより測定できなかったため、2 年間の樹高年間成長量について施肥区と無施肥区を対比してみると、各本数区とも施肥区の方が大きく施肥の効果が認められる。これを比数であらわしてみると、施肥区は 130~145 の範囲で約 40% 程度の成長増加を示している。

(2) 第 2 回、第 3 回施肥当年度の樹高年間成長量についてみると、1,000 本区、3,000 本区では処理間に差異がなく、施肥の効果が認められない。5,000 本区では施肥区の樹高年間成長量が大きく施肥の効果が認められるようであるが、第 1 回施肥の場合より施肥の効果はおとる傾向にある。

(3) 最終施肥翌年度以後の樹高年間成長量についてみると、各本数区とも処理間に差がみられず肥効の持続性は認められないようである。

(4) 施肥効果が施肥翌年度におとる傾向から考えて、第 1 回施肥後 2 年間であらわした施肥効果は、おそらく施肥当年度にあらわれたものと推定される。

第 20 表 施肥効果 (赤川山)

Table 20. Effects of fertilization.

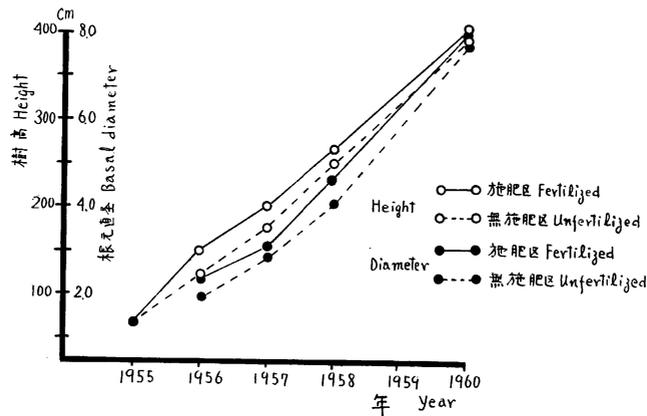
本数密度 Stand density Number/ha	処理区 Treatment	1954~'56		1956~'57		1957~'58		1958~'60		1960~'61	
		2 年間の樹高成長量 Height increment of 2 years cm	比数 Ratio	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	2 年間の樹高成長量 Height increment of 2 years cm	比数 Ratio	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	57	100	53	100	71	100	145	100	103	100
	施肥区 Fertilized	81	142	52	98	66	93	138	95	104	101
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	71	100	80	100	79	100	147	100	74	100
	施肥区 Fertilized	91	128	74	92	83	105	156	106	96	130
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	58	100	80	100	79	100	142	100	100	100
	施肥区 Fertilized	84	145	92	115	94	119	142	100	100	100

(5) 樹高について本数別に施肥区と無施肥区を対比してみると、第15図に示すように設定後2年目までは各本数区とも施肥区の方が高いが、無施肥区との樹高差は各本数区ともほとんど等しい。しかし、それ以後年数が経過するにしたがって本数の影響があらわれ、1,000本区ではしだいに差が小さくなって4~5年後には施肥の効果が樹高面に認められなくなっている。3,000本区では初期の樹高年間成長量にみられた差が、そのままの形で樹高面に維持されている状態がつつき、7年後においてわずかに差が大きくなっている傾向がみられる。

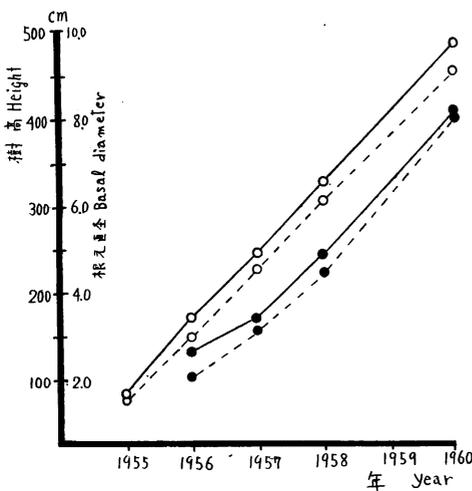
(6) 設定7年後における各区の樹高を比較してみると、最も高いのは5,000本および3,000本植栽の施肥区であり、つぎに3,000本、5,000本植栽の無施肥区で、そして1,000本植栽の施肥区と無施肥区は一段と小さくなっているように、密植になるほど樹高が高く施肥効果も大きい傾向のようである。

(7) 根元直径について本数別に施肥区と無施肥区を対比してみると、1,000本区と3,000本区の場合

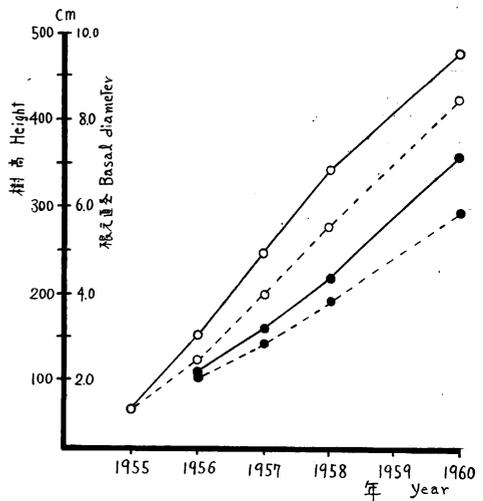
(1) 1,000 N/ha



(2) 3,000 N/ha



(3) 5,000 N/ha



第15図 本数密度と施肥効果の関係

Fig. 15 Relation between stand density and effect of fertilization.

は設定 2 年後に処理間の差が最も大きいですが、それ以後年数が経過するにしたがってしだいに差が小さくなり、施肥の効果がみられなくなっている。しかし、5,000 本区では設定 3 年目くらいまでは処理間の差は小さいが、それ以後しだいに大きくなる傾向にある。

(8) 設定 7 年後における各処理区の根元直径を比較してみると、最も太いのは 1,000 本植栽の施肥区、無施肥区および 3,000 本植栽の施肥区であり、つぎに 3,000 本植栽の無施肥区 > 5,000 本植栽の施肥区 > 5,000 本植栽の無施肥区の順に細くなっている。このように粗植ほど太い傾向にあるが、各本数区の施肥と無施肥の直径差では粗植の方が小さくなっている。

(9) 樹高と根元直径の関係を本数別に比較してみると、第 15 図に示すように粗植ほど樹高が低く根元直径が太い、いわゆるウラゴケの傾向がみられる。反対に密植ほど樹高が高く根元直径が細い、かんまんな材を形成する生育状態を示している。しかし、このような本数の影響による材質の違いを大きく変化させるほどの施肥の影響は今のところみられない。

つぎに、植栽密度および施肥の林分閉鎖におよぼす影響を知るため、設定後 2 年目から 3 年間にわたって各処理区の閉鎖度を測定した。測定方法は各処理区に 10 m × 10 m = 100 m² の標準地を設け、その中の全試験木について各樹幹を中心に東、西、南、北の 4 方向に枝張りを測定して平均半径を求め、円面積の計算によって平均単木クロネ面積を算出した。その結果は第 21 表に示すとおりであり、この表からつぎのような結果が得られた。

(1) 本数別に各無施肥区を比較してみると、設定 2 年後においてはいずれもクロネ面積がほぼ等しく、本数別の差異は認められない。3 年後の成績では 3,000 本区のクロネ面積が最も大きく、3,000 本区 > 1,000 本区 > 5,000 本区の順に小さくなっている。4 年後の成績でも前年度とほぼ同様の傾向がみられた。

(2) 施肥区と無施肥区を対比してみると、設定 2 年後においては各本数区とも施肥区の方が大きく、施肥の影響は認められる。これを比数で示すと、3,000 本区の場合は 85% の増加で施肥の影響が最も大きくあらわれている。1,000 本区と 5,000 本区ではほぼ等しく約 50% の増加がみられる。3 年後およ

第 21 表 単木クロネ面積の比較 (赤川山)

Table 21. Comparison of crown area per tree.

本数密度 Stand density Number/ha	処理区 Treatment	11, 1958		11, 1959		11, 1960	
		クロネ面積 Crown area m ²	比数 Ratio	クロネ面積 Crown area m ²	比数 Ratio	クロネ面積 Crown area m ²	比数 Ratio
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	0.24	100	0.69	100	1.18	100
	施肥区 Fertilized	0.35	143	0.79	115	1.60	136
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	0.25	100	0.84	100	1.62	100
	施肥区 Fertilized	0.46	185	1.00	118	1.95	120
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	0.21	100	0.45	100	0.88	100
	施肥区 Fertilized	0.32	153	0.76	167	1.39	158

び4年後の場合もいずれも施肥区の方が大きく、施肥の影響は認められる。つぎに、クローネ面積の増加割合をみると、3年後の1,000本区と3,000本区では前年度より減少傾向にあるが、5,000本区ではむしろ前年度より増加割合が大きい傾向が認められる。4年後の場合についてみると、増加率では5,000本区が最も大きく、つぎに大きいのは1,000本区であるが、3,000本区の場合は前年度と同程度の増加率である。

(3) 4年後における平均単木クローネ面積は、施肥区、無施肥区とも3,000本区が最も大きく、3,000本区>1,000本区>5,000本区の順に小さくなっている。このことを地上部の生育状態と関係づけて考えてみると、1958年秋の時点における3,000本区の施肥区と無施肥区は、樹高や根元直径が他の本数区に比べて大きいことから地上部の生育状態が良好であり、したがってクローネ面積が最も大きいものと思われる。

つぎに単木クローネ面積から、次式により各処理区の閉鎖度を求めてみると第22表のとおりである。この表からつぎのような結果が得られた。

$$\text{閉鎖度}(\%) = \frac{\text{単木の樹冠占有面積} \times \text{本数}}{\text{単位面積}} \times 100$$

(1) 本数別に施肥区と無施肥区を対比してみると、各年度とも施肥区の閉鎖度が大きく施肥の影響が認められる。設定4年後における施肥区と無施肥区の差をみると、1,000本区では4%、3,000本区では10%、5,000本区では26%それぞれ差がみられるように、本数が密になるほど施肥の影響が大きい傾向にある。

(2) 本数の影響についてみると、いずれの年度における施肥区、無施肥区とも、当然のことながら密植になるほど閉鎖度が増加している。しかし4年後の1,000本区を基準として各本数区の増加傾向をみると、3,000本区では両処理区とも増加度が大きい、5,000本区では両処理区とも増加度が小さい傾向にある。このような傾向がみられるのは、単木クローネ面積では3,000本区>1,000本区>5,000本区の傾向にあるためと考えられる。

V-5. 考 察

カラマツの施肥効果は、植栽時施肥の場合は施肥当年度樹高成長に認められる。その肥効程度を樹高年間成長量の比数であらわすと、30~60%の成長増加を示しているが、しかし、翌年にはまったく認められなくなる傾向がみられる。植栽4~5年経過後に追肥(固型肥料1号を5~20個施肥)をおこなったが、追肥の効果はほとんど認められない。このような施肥効果の減少や、追肥効果のあらわれにくい原因について考察をおこなってみよう。好摩実験

第22表 閉鎖度の比較 (赤川山)

Table 22. Comparison of crown density.

本数密度 Stand density Number/ha	処 理 区 Treatment	閉鎖度 Crown density %		
		11, 1958	11, 1959	11, 1960
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	2	7	12
	施肥区 Fertilized	4	8	16
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	7	25	49
	施肥区 Fertilized	14	30	59
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	10	23	44
	施肥区 Fertilized	16	38	70

林および岩手営林署管内の B₁(d) 型土壌における カラマツ造林地から、林齢別に標準木を選んで伐採し、乾物重量および 3 要素含有量を調査した結果を示すと第 23 表のとおりである。この表から林齢 1 年生と 3 年生のカラマツを比較してみると、樹高や根元直径では 1.8 倍の増加にたいし、幹の乾物重量では 2.2 倍、幹の 3 要素含有量では 1.8 倍の増加がみられる。1 年生と 5 年生を比較してみると、樹高や根元直径では 3.6~4 倍の増加にたいし幹の乾物重量では 40 倍、幹の 3 要素含有量では 43 倍の増加がみられるように、林齢が経過するにしたがって、樹高や根元直径の成長増加割合より幹の乾物重量や養分含有量の増加割合の方が、より大きいことがうかがえる。さらに林木全体の重量や養分含有量をみると相当量の増加となっている。しかるに、筆者らのおこなった追肥の 3 要素含有量をみると 9.8~39 g 程度であるから、天然供給量より少ない量である。雑草に吸収される量や流亡する量を考えてと量的により不足しており、このことが施肥効果のあらわれにくい原因の一つと考えられる。

本数密度と施肥効果の関係をみると、密植ほど樹高成長や根元直径の成長に比数が高くあらわれ、施肥による樹高の絶対量も大きい傾向がみられたが、このような傾向について考察をおこなってみよう。東北

第 23 表 カラマツの林齢別の乾物重量および 3 要素含有量
(好摩実験林および岩手営林署管内)

Table 23. Dry weight and nitrogen, phosphorus and potassium content of Karamatsu in every years.

林 齢 Stand age	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	(g per tree)			
			幹の乾物重量 Dry weight (stem) g	全体の乾物重量 Dry weight (whole tree) g	幹の養分含有量 N, P, K. content (stem) g	全体の養分含有量 N, P, K. content (whole tree) g
1	129 (100)	2.3 (100)	88 (100)	329 (100)	1.04 (100)	1.47 (100)
3	227 (180)	3.9 (170)	190 (220)	681 (210)	1.88 (180)	3.99 (270)
5	467 (360)	9.1 (400)	3600 (4100)	10580 (3200)	43.80 (4300)	82.41 (5600)

第 24 表 カラマツ施肥試験地における本数密度と下草の関係 (東北支場構内苗畑)

Table 24. Relation between stand density and dry weight of a weed on Karamatsu fertilization trial plot.

本数密度 Stand density Number/ha	処 理 区 Treatment	カラマツの樹高 Height of Karamatsu cm	下草の乾物重量 Dry weight of weed kg/10 a	備 考
2,000 本	無施肥区 Unfertilized	117.3	25.3	施肥量は植栽時 カラマツ 1 本あ たりちから粒状 肥料 1 号 150 g 施肥した。 2 年目の成績。
	施肥区 Fertilized	139.9	33.1	
4,000 本	無施肥区 Unfertilized	137.1	24.6	
	施肥区 Fertilized	143.9	28.8	
8,000 本	無施肥区 Unfertilized	142.4	14.9	
	施肥区 Fertilized	170.0	15.0	

支場構内の原野状態のところ、カラマツの植栽密度と施肥の関係についてモデル試験を実施しているが、施肥後2年目の成績を示すと第24表のとおりである。この表から下草収量をみると、各本数区とも施肥によって増加している。植栽密度別にみると、密植になるほど収量が少なく処理間の差も小さい傾向にある。この処理間の下草収量の差は、すなわち施肥による影響と考えられるから、粗植ほど下草に吸収される肥料養分が多く、反対に林木に吸収される量が少なくなることになる。このことは、カラマツの樹高成長をみてもわかるように密植ほど施肥効果が大きい。このように密植ほど施肥効果が大きくあらわれるのは、幼齢時の林木では本数間の競争より林木が肥料養分を有効に利用していることが第1の原因ではなからうかと考えられる。

第2の原因として考えられることは、林木がある程度の高さに達すると、植栽密度によって樹体各部位の乾物重量や乾物重量配分割合が異なることがあげられる。この例として、林齢7年生の赤川山試験地から標準木を伐採して調査した結果を示すと、第62表および第39図のとおりである。これらの表や図にみられるように、粗植の場合は枝や葉の部位の乾物配分割合が大きく、しかも施肥の効果は幹よりこれらの部位に大きくあらわれている。これにたいして密植の場合は幹部位の配分割合が大きく、また、この部位に比較的施肥効果のあらわれる傾向がみられる。このことは第1の原因と関連して密植ほど閉鎖状態に達する時期が早いから、成長が枝や葉の部位から幹部位に移行し、それにもなると施肥効果もこの面にあらわれやすいものと推察される。

VI アカマツの施肥効果

VI-1. 乙供試験地における試験結果

a. 関係位置

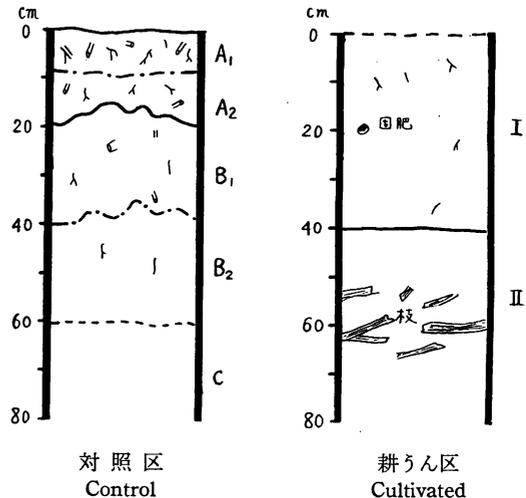
乙供営林署管内 80 林班

b. 立地条件

試験地は丘陵台地状地形の北向き緩斜地形で海拔高約 60 m くらいのところに設定した。この付近一帯は、洪積世堆積物（火山灰）を母材とした土壌が広く分布している。試験地に代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこなったが、その特徴を示すと第16図のとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。

A₁層：0～8 cm。黒色（7.5 YR 2/1）。埴壤土。粒状および堅果状構造が弱度に発達。やや堅。退化黒色土層。

A₂層：8～18 cm。純黒色（7.5 YR 1/1）。埴壤土。わずかに割れがあり。やや堅。退化黒色土層。



第16図 乙供試験地の土壌断面 B/d(d)型土壌
Fig. 16 Soil profile in Ottomo plot.

第 25 表 気象観測値

Table 25. Meteorological observed data.

野辺地町 Noheji

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温 Average temp. (°C)	-1.1	-0.4	2.8	9.0	14.2	17.7	21.8	24.3	20.6	15.3	8.4	1.4	11.1
最高気温 Maximum temp. (°C)	1.4	2.2	5.3	12.5	17.7	20.8	24.5	27.0	23.0	17.9	10.9	3.7	13.9
最低気温 Minimum temp. (°C)	-5.3	-5.2	-2.2	2.2	7.1	11.8	17.2	19.2	14.8	8.7	3.1	-2.3	5.6
降水量 Precipitation (mm)	117.7	94.3	56.0	77.0	68.8	79.1	99.4	137.0	140.4	101.6	102.3	126.2	1199.8
積雪量 Snow cover (cm)	74.0	94.0	70.0	13.0							7.0	44.0	

第 26 表 試験の処理方法 (乙供)

処理区	内容説明
対照区	無処理
施肥区	④固型肥料1号1本あたり10個を連続4年間にわたって施肥。
耕うん区	深さ、幅ともに60cmの溝を帯状に掘り、底には溝の約1/3程度の深さまでかん木を入れ土壌を天地返しとした。
耕うん施肥区	耕うんと施肥を併用した区。

B₁層: 18~36cm。褐色に暗色の模様 (7.5 YR 4/4)。壤土。軟。

B₂層: 36~60 cm。明橙褐色 (7.5 YR 6/8)。埴壤土。軟。重粘。

C層: 60 cm。明橙褐色 (7.5 YR 6.5/8)。

埴壤土。軟。きわめて重粘。B₂層より明色。

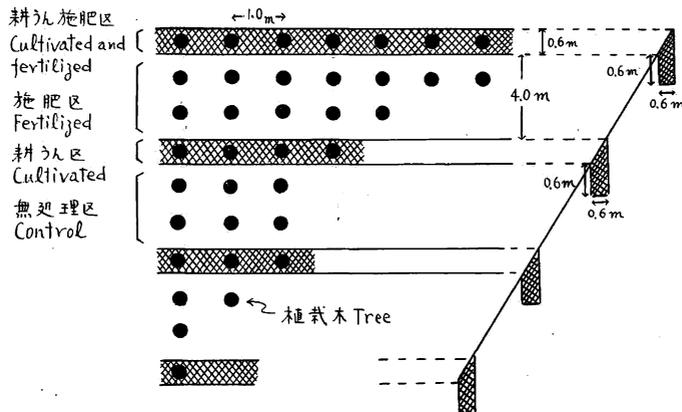
また後述のように、耕うん処理6年後における耕うん区の土壤層断面の形態的特徴も第16図に示したが、その層断面の記載はつぎのとおりである。

る。

I層: 0~40 cm。明褐色 (7.5 YR 5.5/6)。埴壤土。表面には幾分粒状構造ができてきている。軟。

II層: 40 cm~。暗褐色 (7.5 YR 3/3)。埴壤土。軟。

以上のような無処理区の土壤層断面の形態的特徴から、この試験地の土壌は B₁d(d) 型土壌と判定した。また断面付近のおもなる植生を示すと、クリ(5)、コナラ(5)、チマキザサ(4)、ヤマウルシ(3)、



第 17 図 乙供試験地における各処理区の配置

Fig. 17 Arrangement of each treatment plot in Ottomo.

マツサ(3), ジンヨウイチヤクソウ(3), アキノキリンソウ(2), チゴユリ(2), アカマツ(2), ヤマモミジ(1), クロモジ(1), ミツバアケビ(1) などとなっている。

無処理区断面の各層から資料を採取して理化学分析をおこなった。その結果は第 59, 60 表に示したが、それによると、この試験地の土壌は透水性も比較的良好であり、酸度も中性に近い性質の土壌である。

つぎに、試験地に最も近い野辺地町における 21 年間の気象観測記録を示すと第 25 表のとおりである。この記録によると年平均気温 11.2°C, 年降水量 1,200 mm で、気温は比較的高く降水量の非常に少ない地域である。

c. 試験方法

ここで実施した試験は、アカマツを対象とした施肥および耕うんの効果試験である。1953 年 10 月天然生アカマツ林伐採跡地に区画設定した。処理区は施肥区, 耕うん区, 耕うん施肥区および無処理区の 4 処理区とし、処理方法を第 26 表に示した。これら 4 処理区は第 17 図に示すように列状に交互に配列した。施肥区と耕うん施肥区には、㊸固型肥料 1 号を 1 本あたり 10 個ずつ連続 4 年間にわたって施肥した。苗木の植栽は耕うん区, 耕うん施肥区では 1 m 間隔で 1 列に、施肥区と無処理区では同じく 1 m 間隔で 2 列ずつ 1 年生苗 (1~0) を植栽した。したがって植栽本数は ha あたり約 6,500 本植えることになる。下刈りは 1955 年から 3 年間にわたって、年 1 回ずつ試験地全体についておこなった。

d. 試験の結果

試験開始時から各年度における樹高および根元直径を示すと、第 27 表のとおりである。また、樹高年間成長量およびその比数を第 28 表に示した。耕うん区および耕うん施肥区の調査結果については、Ⅷ章の林地施肥にたいする耕うんの効果で後述することとし、ここでは施肥区についてのみ調査結果を述べると、つぎのような傾向がみられる。

各年度における施肥区と無処理区の樹高年間成長量を対比してみると、施肥当年度には、差がみられず施肥の効果は樹高成長の面に認められないようである。しかし 2 年目から連続的に施肥をおこなっている期間は、各年度とも施肥区の樹高年間成長量がわずかではあるが大きい傾向にある。これを比数であらわすと、いずれも 110~120 程度であり、施肥の効果はきわめて小さい。最終施肥翌年度における樹高年間成長量をみると、施肥区の方がわずかに大きい、それ以後はむしろ無施肥区を下まわる傾向にある。

樹高についてみると、各年度とも常に施肥区の方が高いが、無施肥区との樹高差が最も大きい時でわずかに 10~15 cm 程度であり、統計的には施肥の効果とはいいがたいようである。根元直径であらわした直径成長の面においても、施肥効果は認められないようである。

VI-2. 好摩試験地における試験結果

a. 関係位置

東北支場好摩実験林

b. 立地条件, c. 試験方法については、V-2 の項で述べたとおりであるからここでは省略する。

d. 試験の結果

各年度における樹高, 根元直径および胸高直径を示すと第 29 表のとおりである。また、各年度における樹高年間成長量およびその比数を第 30 表に示した。以上の調査結果からつぎのような傾向がみられる。

各年度における施肥区と無施肥区の樹高年間成長量を対比してみると、施肥当年度には差がみられず施肥効果は樹高成長の面に認められない。しかし、2 年目には施肥区の方がわずかに大きい傾向にあるが、

第27表 各年度における樹高および直径 (乙供)

Table 27. Height and diameter in every year.

(mean)

処理区 Treatment	10, 1953		10, 1954		10, 1955		10, 1956		10, 1957		10, 1958		10, 1959	
	樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter mm												
対照区 Control	7.4	4.2	28.9	7.3	35.3	10.1	54.1	13.3	79.9	18.0	106.8	24.4	140.7	32.5
施肥区 Fertilized	7.5	4.9	30.2	7.9	39.0	11.1	62.8	14.5	92.0	20.0	121.9	26.9	152.7	34.5
耕うん区 Cultivated	7.6	4.1	23.6	7.8	28.4	11.2	48.9	15.9	82.8	21.7	113.3	29.9	154.8	37.7
耕うん施肥区 and fertilized	7.9	4.1	31.7	10.4	42.2	15.8	76.1	21.9	114.3	27.4	149.6	34.9	190.5	43.9

第28表 各年度における施肥効果 (乙供)

Table 28. Effect of fertilization in every years.

処理区 Treatment	1954		1955		1956		1957		1958		1959	
	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio										
対照区 Control	22	100	6	100	19	100	26	100	27	100	34	100
施肥区 Fertilized	23	104	9	150	24	142	29	112	30	111	31	81
耕うん区 Cultivated	16	73	5	83	21	111	34	131	31	115	42	124
耕うん施肥区 and fertilized	24	109	11	183	34	179	38	146	35	124	41	122

第 29 表 各年度における樹高および直径 (好摩)

Table 29. Height and diameter in every years.

(mean)

処 理 区 Treatment	10, 1956		10, 1957		10, 1958		10, 1959		10, 1960		10, 1961	
	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm										
無 施 肥 区 Unfertilized	45.1	1.3	74	2.2	110	3.1	176	4.6	227	6.1	299	3.7
10 個 施 肥 区 Fertilized	43.7	1.2	73	2.2	113	3.1	177	4.7	234	6.1	311	3.7

第 30 表 各年度における施肥効果 (好摩)

Table 30. Effects of fertilization in every years.

処 理 区 Treatment	1957		1958		1959		1960		1961	
	樹高年間成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio								
無 施 肥 区 Unfertilized	28.9	100	36	100	66	100	51	100	72	100
10 個 施 肥 区 Fertilized	29.3	101	40	111	64	97	57	112	77	107

これを比数であらわすと 110 程度であり、施肥効果はきわめて小さい。設定 3 年経過後に㊸固型肥料 1 号を 1 本あたり 10 個の追肥をおこなったが、やはり追肥の効果は当年度には認められず、翌年度にわずかに認められる傾向のようである。

樹高について処理間を対比してみると、設定 5 年後において約 10 cm 程度の差が認められたにすぎず、施肥の効果は樹高の面には認められない。これは樹高年間成長量の差がきわめて小さく、また、ある年度においては逆に無施肥区の樹高年間成長量を下まわる傾向も認められ、相殺された結果と考えられる。根元直径、胸高直径によってあらわした直径成長の面においても、施肥の効果は認められないようである。

VI-3. 考 察

アカマツの施肥効果は植栽時および植栽数年後に施肥した場合も、いずれも施肥当年度には認められず翌年度に認められる。このような施肥効果のあらわれかたは、塘²⁵⁾のおこなったアカマツの肥培試験でも認められており、この原因について、塘はアカマツの伸長は前年度に蓄積された養分が関係していることを述べているように、アカマツの特性ではなかろうかと考えられる。

つぎに、樹高成長にあらわれる施肥効果が 10~20% で、きわめて小さいことについて考察をおこなってみよう。東北地方の各地のアカマツ、カラマツ、スギ造林地から林齢別に標準木を選んで伐採し、樹体各部位の乾物重量配分割合を求めてみると第 31 表のとおりである。この表によると、幼齢時のアカマツはカラマツやスギに比べて枝や葉の部位の乾物重量配分割合が大きく、幹部位の配分割合が少ない傾向がみられる。このような乾物重量配分割合からみて、樹高成長より枝や葉の部位の方がより旺盛な成長するものと考えられる。

さらに、好摩試験地の施肥 1 年後における施肥区、無施肥区から標準木を選んで伐採調査し樹体各部位の乾物重量およびその配分割合を求めてみると第 32 表に示すとおりである。この表にみられるように、樹高や根元直径であらわした見かけの上の成長には施肥効果がみられないが、重量成長の面では枝や葉の部位にわずかではあるが施肥による増加傾向がみられる。また、乾物重量配分割合についてみると、両処

第 31 表 アカマツ、カラマツ、スギの林齢別乾物重量配分割合

Table 31. Dry matter distribution in each part of Akamatsu, Karamatsu, and Sugi at different ages.

(全乾物重量にたいする % Percentage of total dry weight basis.)

樹 種 Species of tree	林 齢 Stand age	樹 高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	葉 Needle %	枝 Branch %	幹 Stem %	根 Root %
ア カ マ ツ Akamatsu	1	53	2.2	46	15	16	23
	3	135	4.3	44	20	16	20
	5	262	6.4	29	28	22	21
カ ラ マ ツ Karamatsu	1	66	1.7	27	20	27	26
	3	173	3.0	16	27	31	26
	5	307	5.5	8	25	38	29
ス ギ Sugi	1	48	0.9	40		23	37
	3	111	2.1	48		28	24
	5	143	2.5	27		31	29

第 32 表 好摩試験地におけるアカマツ標準木各部位の乾物重量および乾物重量配分割合
Table 32. Dry weight and dry matter distribution in each part of Akamatsu in Kōma.

処理区 Treatment	樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	乾物重量 (1本あたり) Dry weight (g per tree)					乾物重量配分割合 Dry matter distribution (Percentage of total dry weight basis)			
			葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	全体 Whole	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root
無施肥区 Unfertilized	74	2.3	100	48	29	51	228	44	21	13	22
施肥区 Fertilized	74	2.3	107	50	29	50	236	46	21	12	21

理区とも葉部位の配分割合が 44~46% できわめて大きく、反対に幹部位は 12% で最も小さく、第 31 表に示した調査結果と同様の傾向がみられる。

以上のように幼齢時のアカマツでは、葉や枝の成長が旺盛なため施肥効果も樹高成長より、むしろこれらの部位にあらわれやすいものと推察される。このようなことから、施肥効果のあらわれかたを樹高成長だけで判定することには問題があろう。

VII スギの施肥効果

VII-1. 早口 1, 2, 3 号試験地における試験結果

a. 関係位置

1号試験地：早口営林署管内 116 林班は小班

2号, 3号試験地：早口営林署管内 118 林班ろ小班

b. 立地条件

この付近一帯の地質は新第三系の緑色凝灰岩を基岩とし、その上部に堆積した新規の火山灰を母材とした黒色土壌が出現するところであるが、試験地は長い間森林下におかれたためと、斜面では表層流亡により黒色土壌の形態が失われており、平坦地に設定した 1号試験地に黒色土壌の形態がみられる状態である。地形は 1号試験地では台状地形の平坦地であり、2号試験地は傾斜度 20~25 度の斜面中腹部にあり、3号試験地は 2号試験地の上部斜面に設定した。海拔高は各試験地とも 250m くらいとなっている。各試験地に代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこない、また、断面付近の植生調査もおこなったのでこれらについて述べる。

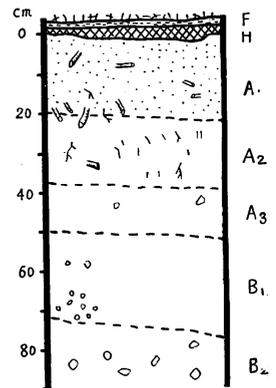
1号試験地の断面形態の特徴を第 18 図に示したが、層断面の記載はつぎのとおりである。

L層：約 2 cm。スギの落葉、落枝が粗に堆積。

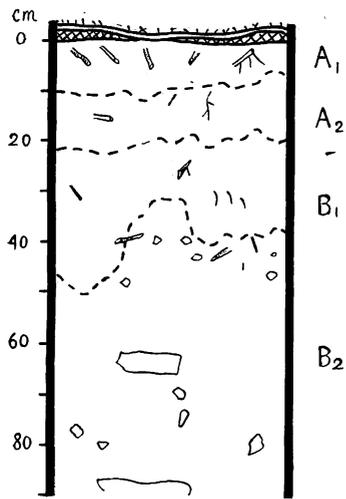
F層：約 2 cm。薄く堆積。湿。

H層：約 3 cm。細片状のもの層状に堆積。

A₁層：0~20 cm。黒褐色。(7.5 YR2/3)。腐植に富む。石れき無し。壤土。団粒状構造。膨軟。孔げき無し。湿。



第 18 図 早口 1号試験地の土壌断面
Be- (B_{1b}-E) 型土壌
Fig. 18 Soil profile in Hayaguchi plot No. 1.



第 19 図 早口 2 号試験地の土壤断面
B_d 型土壤

Fig. 19 Soil profile in Hayaguchi
plot No. 2.

L層：ほとんど欠。

F層：約 1 cm。堆肥状。やや乾。

H層：約 1 cm。点在。

A₁層：0~10 cm。黒褐色 (7.5 YR 2/3)。腐植に富む。石れき無し。壤土。粒状構造。膨軟。孔げき無し。木本根多し。

A₂層：10~20 cm。暗褐色 (7.5 YR 3/3)。腐植を含む。石れき無し。壤土。やや堅。木本根を含む。

B₁層：20~40 cm。褐色 (7.5 YR 4/6)。堅。壁状構造。堅。やや堅。

B₂層：40 cm~。明褐色 (7.5 YR 5/8)。石れきに富む。壁状構造。堅。

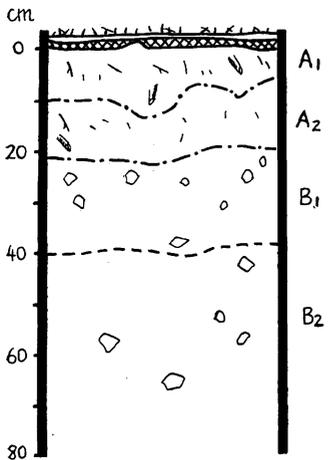
以上のような層断面の形態的特徴から、2号試験地の土壤は B_d 型土壤と判定される。つぎに断面付近のおもなる植生を示すと、タチツボスミレ(4)、ミヤマカンスゲ(4)、アラゲガマズミ(3)、ヘビイチゴ(3)、イヌツゲ(2)、トリアンショウマ(2)、リョウブ(2)、ノリウツギ(1)、ツクバネウツギ(1)、ワラビ(1)などとなっている。

3号試験地の断面形態の特徴は第 20 図のとおりであり、その層断面の記載はつぎのとおりである。

L層：ほとんど欠。

F層：約 2 cm。細片状に堆積。

H層：約 2 cm。黒褐色。部分的に欠除。



第 20 図 早口 3 号試験地の土壤断面
B_{d(d)} 型土壤

Fig. 20 Soil profile in Hayaguchi
plot No. 3.

草本、木本根多し。

A₂層：20~35 cm。黒色 (10 YR 2/1)。腐植に富む。壤土。団粒状構造やや発達。膨軟。湿。木本根多し。

A₃層：35~50 cm。暗褐色 (10 YR 3/4)。腐植に富む。石れきわずかにあり。壤土。やや堅。根系少なし。

B₁層：50~75 cm。黄褐色 (10 YR 5/8)。腐植少なし。風化浮石、緑色凝灰岩の小角れき多し。壁状構造。堅。

B₂層：75 cm~。明黄褐色 (10 YR 6/8)。石れき多し。壁状構造。堅。潤。

以上のような層断面の形態的特徴から、1号試験地の土壤はわずかに黒色土壤の形態が残っている Be-(B_{ld}-E) 型土壤と判定される。つぎに断面付近のおもなる植生を示すと、サワヒヨドリ(3)、ワラビ(3)、フキ(3)、サワアザミ(2)、タニウツギ(2)、イタヤカエデ(2)、ウルシ(1)などとなっている。

2号試験地の断面形態の特徴は第 19 図のとおりであり、その層断面の記載はつぎのとおりである。

第 33 表 自然状態の理学的性質 (早口)

Table 33. Physical properties of soil in natural condition.

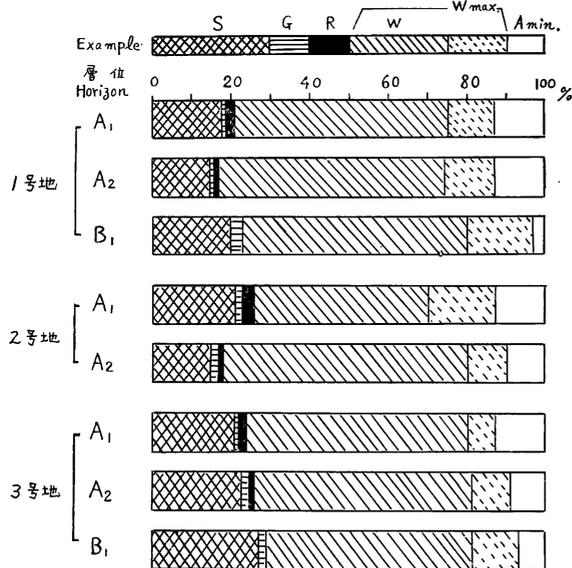
試験地 Plot	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	深さ Depth cm	容積重 Volume weight %	最大含水量 Water holding capacity %	採取時含水量 Moisture content of fresh soil %	孔げき量 Porosity %	最小容気量 Air capacity %	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture
									粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total			
1号地	BE-(B ₁ D-E)	A ₁	0~20	43	65	54	80	13	22	35	57	20	23	CL
		A ₂	20~50	37	72	58	84	13	28	30	58	22	20	CL
		B ₁	50~75	52	65	56	78	7	19	29	48	31	21	CL
2号地	B _D	A ₁	0~10	53	59	46	75	13	20	24	44	36	20	CL
		A ₂	10~20	64	62	48	72	10	22	33	55	31	14	L
3号地	B _D (d)	A ₁	0~10	50	63	45	78	13	16	29	45	33	22	CL
		A ₂	10~20	55	65	47	73	9	18	25	43	32	25	CL
		B	20~40	52	65	52	69	6						

第 34 表 土壌の化学的性質 (早口)

Table 34. Chemical properties of soil.

試験地 Plot	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	深さ Depth cm	pH	置換酸度 Exch. acidity y ₁	加水酸度 Hydro. acidity y ₁	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total nitrogen %	炭素率 C : N ratio	置換容量 Base exchange capacity m.e./100g	置換性塩基 Exchangeable base		石灰, マグネシウム 飽和度 Degree of Ca, Mg saturation %	リン酸 吸収係数 Absorption of soil (P ₂ O ₅)
											Ca m.e./100g	Mg m.e./100g		
1号地	BE-(B ₁ D-E)	A ₁	0~20	6.0	3.0	84.3	8.9	0.52	17.1	32.5	2.49	0.94	13.63	1530
		A ₂	20~50	5.2	3.0	84.3	9.4	0.31	30.3	43.7	0.68	0.23	9.60	1800
		B ₁	50~75	5.6	0.3	19.6	1.2	0.31	3.8	16.5	0.12	tr.	2.08	1500
2号地	B _D	A ₁	0~10	5.0	7.8	83.3	7.6	0.37	20.5	38.3	1.42	0.51	6.58	1080
		A ₂	10~20	5.0	10.0	83.3	7.7	0.37	20.8	28.7	0.77	0.20	3.38	950
		B ₁	20~40	5.4	5.0	46.2	3.0	0.31	9.7	20.0	0.11	tr.	0.55	1080
3号地	B _D (d)	A ₁	0~10	5.1	24.0	75.8	6.2	0.39	15.9	23.1	1.43	0.41	7.97	1180
		A ₂	10~20	5.2	18.2	51.2	2.7	0.27	10.0	25.8	0.22	tr.	0.85	1620
		B ₁	20~40	5.2	36.3	45.7	0.8	0.11	7.3	25.2	0.10	tr.	0.40	600

東北地方における主要造林樹種の幼齡時の施肥効果について (佐藤ほか)



S : fine soil, G : gravel, R : root,
 W : moisture content of fresh soil,
 W_{max.} : water holding capacity, A_{mtn.} : air capacity.
 第 21 図 自然状態の理学的性質

Fig. 21 Physical properties of soil in natural condition.

(2), トリアンショウマ(2), リョウブ(2), ノリウツギ(1), フラビ(1) などとなっている。

各試験地の土壌層断面から、層位ごとに資料を採取して理化学分析をおこなった。その結果、理学的性質は第 33 表および第 21 図に示すとおりである。これらの分析結果からみると、1号試験地の方が2、3号試験地より水分量が多く、地形にもつじた水分状態とおおむね一致した傾向がみられる。

つぎに化学的性質は第 34 表に示すとおりである。これによると、偏湿性土壌より偏乾性土壌になるにしたがって土壌は酸性に傾き、置換容量、置換性塩基含量が小さく、土壌型とよく一致する傾向がみられるが、全般的には他の森林土壌の各土壌型と比較してみると、化学的性質はあまり良好とはいえないようである。1号試験地の第2層は比較的全炭素含量が多く、リン酸吸収係数も 1,800 と大きい値を示していることから、火山灰性黒色土壌の性質があらわれている。

気象観測は、試験地に最も近い鷹ノ巣町(試験地の南西約 16 km の地点、海拔高 28 m)における観測値を示すと第 35 表のとおりである。この記録によると年平均気温 9.9°C、降水量 1,775 mm、積雪量は 100 cm 以下であるが、試験地は観測地点より海拔高が高く、山間部になっているから、気温は低く、降水量、積雪量が多いものと推定される。

c. 試験の方法

試験地は天然生スギ林皆伐跡地に 1954 年春スギを ha あたり 4,000 本の割合で植栽した造林地に設定した。試験地の面積はできるだけ広くするようつとめたが、当地方の地形や出現土壌の形態から面積を広くすることは、かえって立地条件の不均一性を増すことになるのでやむを得ず 1 試験地約 0.1 ha とした。

処理区は④固型肥料 2 号を植栽木 1 本あたり 8 個施肥区、倍量の 16 個施肥区および無施肥区の 3 処理区とし、くりかえしはおこなわなかった。施肥の方法は案内棒を用いて火箱沢その他の試験地と同様の方

A₁層：0～10 cm。黒褐色(10 YR 2/3)、腐植に富む。石れき無し。塊状構造が発達。軟。やや堅。草本、木本根多し。

A₂層：10～20 cm。黒褐色(10 YR 3/2)。腐植を含む。塊状構造。塊状構造。軟。湿。草本很多し。

B₁層：20～40 cm。黄褐色(10 YR 5/6)。石れき多し。砂質壤土。軟。やや乾。

B₂層：40 cm～。

以上のような土壌層断面の形態的特徴から、3号試験地の土壌は B_d(d) 型土壌と判定される。つぎに断面付近のおもなる植生を示すと、ササ(3)、ミヤマカンズゲ(3)、ガマズミ(3)、イヌツゲ

第 35 表 気 象 観 測 値

Table 35. Meteorological observed data (1938~1953).

鷹ノ巣町 Takanosu

北緯 North latitude 45°15', 東経 East longitude 140°23', 海拔高 Altitude 27.9 m.

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温 Average temp. (°C)	-3.3	-2.9	0.9	7.6	13.4	18.5	22.8	24.7	18.8	12.4	5.8	0.1	9.9
最高気温 Maximum temp. (°C)	0.1	1.0	5.0	13.1	19.3	23.3	27.0	29.4	23.9	17.9	10.4	3.2	14.5
最低気温 Minimum temp. (°C)	-6.9	-6.7	-3.2	2.1	7.3	13.6	18.9	20.0	14.1	6.8	1.2	-3.2	5.3
気温較差 Temp. difference (°C)	7.4	7.6	8.2	11.0	12.1	9.3	8.1	9.4	9.8	11.0	9.2	6.4	9.1
降水量 Precipitation (mm)	122.0	87.2	111.7	131.8	99.6	144.0	226.5	163.4	227.2	160.8	148.8	152.3	1775.4
平均湿度 Average moisture (%)	82.4	80.1	76.6	70.9	70.6	77.2	81.9	79.8	80.6	82.3	81.7	82.9	78.9
最多風向 Prevailing wind direction	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
積雪量 Snow cover (cm)	74.0	89.0	77.0	24.0									

初霜 First frost 10月21日, 初雪 First snow 11月10日, 初根雪 First continuous snow-cover 12月16日
 終霜 Last frost 5月4日, 終雪 Last snow 4月5日, 終根雪 Last continuous snow-cover 4月1日

法でおこなった。下刈りは設定後3年間は6月下旬ごろと8月上旬ごろに年2回, 5年目までは7月中旬ごろ1回おこない, その後はおこなっていない。

d. 試験の結果

試験開始時から各年度における樹高, 根元直径および胸高直径を示すと, 第36表のとおりである。また, 樹高年間成長量およびその比数を第37表に示した。以上の調査結果からつぎのような傾向がみられるようである。

(1) 施肥当年度における樹高年間成長量について施肥区と無施肥区を対比してみると, 各試験地のいずれの施肥区も無施肥区に比べて大きく, 施肥の効果は樹高成長で認められる。これを比数であらわすと118~303で, 肥効にかなりの差が認められる。施肥量別に施肥効果を比較してみると, 1号試験地では8個施肥区より16個施肥区の成長量が大きく施肥量別の効果が認められるが, 2, 3号試験地では成長量に差がみられず効果は認められないようである。

土壌型別に施肥効果を比較してみると, 樹高年間成長量では差が認められないが, 比数では, $B_D, B_D(d)$ 型土壌の方が $B_E-(B_{D-E})$ 型土壌よりきわめて大きい傾向が認められる。

(2) 施肥翌年度における樹高年間成長量について施肥区と無施肥区を対比してみると, 各試験地のいずれの施肥区も無施肥区に比べて大きく, 施肥当年度と同様施肥の効果は樹高成長の面に認められる。しかし比数であらわすと, 1号試験地では施肥当年度と同程度の効果であるが, 2, 3号試験地では各施肥区とも施肥当年度に比べて小さく, 肥効の減少が認められるようである。すなわち, 土壌型別に施肥による成長の絶対量をみると, $B_E-(B_{D-E}) > B_D > B_D(d)$ の順で, 偏湿性土壌より偏乾性土壌になるにしたがって小さくなる傾向にあり, 比数であらわすと $B_D > B_D(d) > B_E-(B_{D-E})$ の順で逆に偏湿性土壌の方が小さい傾向にある。つぎに施肥量別の効果をみると, 各試験地とも施肥量が多いほど樹高年間成長量, 比

第 36 表 各年度における樹高および直径 (早口)

Table 36. Height and diameter in every years.

(mean)

試験地 Plot	処理区 Treatment	5, 1954		10, 1954		10, 1955		10, 1956		10, 1957		10, 1958			10, 1960	
		樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	胸高直径 Diameter at breast cm	樹高 Height cm	胸高直径 Diameter at breast cm										
1 号地	無施肥区 Unfertilized	26.0	0.7	40.5	0.8	72	1.4	116	2.7	167	3.8	219	5.0	1.7	295	2.9
	8 個施肥区 Fertilized	23.6	0.6	39.7	0.9	79	1.5	132	2.7	176	3.9	222	5.2	1.8	312	3.5
	16 個施肥区 Fertilized	26.2	0.6	46.5	0.9	91	1.7	144	3.0	198	4.3	245	5.5	2.2	354	4.1
2 号地	無施肥区 Unfertilized	27.1	0.7	34.2	0.8	60	1.3	102	2.6	147	3.7	178	5.0	1.2	213	2.2
	8 個施肥区 Fertilized	28.4	0.7	49.1	1.0	85	2.0	137	3.4	183	4.5	244	6.4	2.1	299	3.4
	16 個施肥区 Fertilized	27.4	0.7	48.7	1.1	94	2.0	140	3.4	194	4.7	244	6.2	2.0	300	3.6
3 号地	無施肥区 Unfertilized	28.0	0.6	34.5	0.8	60	1.4	100	2.6	146	3.7	192	5.1	1.3	219	2.4
	8 個施肥区 Fertilized	28.4	0.7	45.6	1.0	78	1.9	123	3.3	167	4.5	226	5.8	1.8	276	3.0
	16 個施肥区 Fertilized	28.7	0.6	47.4	1.1	85	2.0	123	3.4	174	4.6	224	6.2	1.8	279	3.1

第 37 表 各年度における施肥効果 (早口)

Table 37. Effects of fertilization in every years.

試験地 Plot	処理区 Treatment	1954		1955		1956		1957		1958		1959・1960	
		樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比 数 Ratio	2年間の 樹高成長 Height increment of 2 years cm	比 数 Ratio								
1号地	無施肥区 Unfertilized	13.6	100	31.5	100	44	100	51	100	52	100	76	100
	8個施肥区 Fertilized	16.1	118	39.3	125	53	120	44	86	46	88	92	121
	16個施肥区 Fertilized	20.3	149	44.5	141	53	120	54	106	50	96	109	143
2号地	無施肥区 Unfertilized	7.1	100	25.8	100	42	100	45	100	31	100	35	100
	8個施肥区 Fertilized	20.7	296	35.9	139	52	124	46	102	61	196	55	157
	16個施肥区 Fertilized	21.5	303	45.3	176	46	110	54	120	50	161	56	160
3号地	無施肥区 Unfertilized	6.5	100	25.5	100	40	100	46	100	46	100	26	100
	8個施肥区 Fertilized	17.5	265	32.4	127	45	113	44	95	60	130	50	192
	16個施肥区 Fertilized	18.7	288	37.6	147	38	95	51	111	50	109	55	212

東北地方における主要造林樹種の幼樹時の施肥効果について (佐藤ほか)

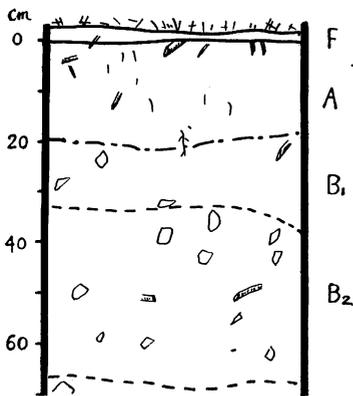
数とも大きく、倍量施肥の効果が施肥翌年度になって認められるようである。

(3) 施肥後3年目の成績をみると、各試験地とも処理間に大きな差がみられず、施肥効果は認められないようである。土壌型別にも施肥量別にも、施肥効果のあらわれかたに一定の傾向が認められなくなっている。

(4) 施肥後3年目から5年目までの間には、各試験地の施肥区とも、それぞれの無施肥区の樹高年間成長量との差がまったく認められなくなる年度があるが、それ以後、ふたたび施肥区の樹高年間成長量が増加する傾向が認められる。このような傾向については考察の項で後述したい。

(5) 樹高について施肥区と無施肥区を対比してみると、各年度とも施肥区の方が高く、年数が経過するにしたがって、しだいにその差が大きくなる傾向がみられる。設定7年後の時点における樹高について土壌型ごとに比較してみると、BE-(B/D-E)型土壌における場合が最も高く、BE-(B/D-E) > B_D > B_D(d)の順に小さくなる傾向にある。また、無施肥区との差では B_D 型土壌における場合が最も大きく、B_D > B_D(d) > BE-(B/D-E) の順で偏湿性土壌の方が小さい傾向にある。施肥量と樹高の関係についてみると、1号試験地の BE-(B/D-E) 型土壌においては施肥量が多いほど樹高成長が良好であるが、その他の試験地でははっきりした傾向が認められない。

(6) 根元直径、胸高直径についても、樹高成長と同様の施肥効果が認められる。設定7年後の時点における平均胸高直径についてみると、施肥による直径成長の絶対量に BE-(B/D-E) > B_D > B_D(d) の関係が認められる。施肥量と直径成長の関係では、1号試験地においては施肥量が多いほど効果が大きい傾向が認められるが、その他の試験地でははっきりした傾向が認められないようである。



第 22 図 能代試験地の土壌断面
B_D 型土壌

Fig. 22 Soil profile in Noshiro plot.

VII-2. 能代試験地における試験結果

a. 関係位置

能代営林署管内 50 林班は小班

b. 立地条件

試験地は押出しによって形成された北向き傾斜度 2~5 度の平坦に近い地形であり、海拔高約 80 m の場所に設定した。

この付近の地質は第三系の緑色凝灰岩となっている。試験地に

代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこなったが、その

第 38 表 自然状態の理学的性質 (能代)

Table 38. Physical properties of soil in natural condition.

層位 Horizon	深さ Depth cm	透水性 Water permeability cc/min	容積重 Volume weight %	最大 容水量 Water holding capacity %	採取時 含水量 Moisture content of fresh soil %	孔げき量 Porosity %	最 小 容 気 量 Air capacity %	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture
								粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total %			
A	0~20	85	62	69	53	75	5	13	19	32	39	29	LC
B ₁	20~35	12	78	64	56	77	2	15	26	41	27	32	LC

第 39 表 自然状態の化学的性質 (能代)

Table 39. Chemical properties of soil.

層位 Horizon	深さ Depth cm	pH	置換酸度	加水酸度	全炭素	全窒素	炭素率 C : N ratio	置換容量 Base exchange capacity m.e./100g.	置換性塩基 Exchangeable base		石灰・マグネシウム 飽和度 Degree of Ca, Mg satura- tion %	リン酸 吸収係数 Absorp- tion of soil (P ₂ O ₅)
			Exch. acidity y ₁	Hydro. acidity y ₁	Total carbon %	Total nitrogen %			Ca m.e./100g.	Mg m.e./100g.		
A	0~20	5.2	16.6	72.3	6.8	0.30	22.6	24.95	7.89	4.86	51.10	800
B ₁	20~35	5.1	61.2	76.2	2.7	0.12	22.3	20.85	6.26	3.21	45.37	780

特徴を示すと第 22 図のとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。

F (H) 層 : 約 2 cm。細根に付着している粗粒状。

A 層 : 0~20 cm。暗褐灰白色。腐植を含む。埴質壤土。小塊状構造。粗、やや乾。木本、草本根多し。

B₁ 層 : 20~35 cm。灰褐色 (7.5 YR 5/4)。やや還元色を呈する。腐植に乏し。埴質壤土。中塊状構造。軟。潤。

B₂ 層 : 35~65 cm。黄褐色 (10 YR 5/6)。石れきに富む。壤土。堅。潤。

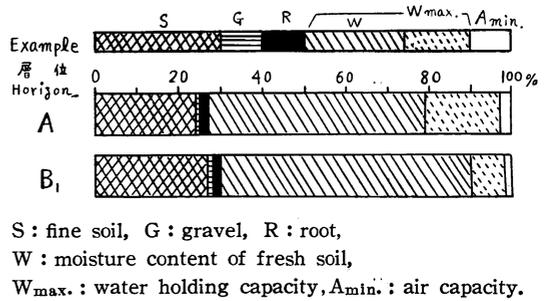
以上のような土壤層断面の形態的特徴から、この試験地の土壤は B_d 型土壤と判定した。また、断面付近のおもなる植生を示すと、フキ (4)、カンスゲ (3)、サワアザミ (2)、バラ (2)、コマギ (1)、ササ (1) などとなっている。

つぎに、断面の各層位から資料を採取して理化学分析をおこなった。その結果、理化学的性質は第 38、39 表および第 23 図に示すとおりである。これによると各層位とも粘性の強い粘土分が比較的多く、そのため下層の透水性も悪く理学的性質はあまり良好とはいえないが、塩基含量、飽和度が大きく化学的性質は良好である。

気象観測は試験地付近ではできないので、早口試験地と同様最も近い鷹ノ巣町における観測値を示した (第 36 表参照)。この記録によると、年平均気温 9.9°C、降水量 1,775 mm、積雪量は 100cm 以下となっている。試験地の海拔高は比較的低く平野部に近いところであるから、気象はこの記録には近い状態と考えられ、スギの生育には恵まれた気象条件といえよう。

c. 試験の方法

試験地は天然生スギ林皆伐跡地に、1955 年春スギを ha あたり 4,000 本あて植栽した造林地に設定した。処理区は④固型肥料 2 号を植栽木 1 本あたり 5 個、10 個、20 個を、それぞれ施肥した区および無施肥区の 4 処理区とし、1 処理区の面積 10 m×40 m = 400 m² で 2 回くりかえしの乱塊法により設定した。施肥は 5 月中旬、火箱沢その他の試験地と同様に案内棒を用いておこなった。また、1959 年春各施肥区に④固型肥料 2 号を基肥と同量あて追肥した。下刈りは設定後 3 年間は 6 月下旬と 8 月上旬の年 2 回、そ



第 23 図 自然状態の理学的性質

Fig. 23 Physical properties of soil in natural condition.

第40表 各年度における樹高および直径（能代）

Table 40. Height and diameter in every years.

(mean)

処理区 Treatment	5, 1955		10, 1955		10, 1956		10, 1957		10, 1958		10, 1959		10, 1960	
	樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	樹高 Height cm	胸高直径 Diameter at breast cm	樹高 Height cm	胸高直径 Diameter at breast cm								
無施肥区 Unfertilized	27	0.6	43	0.9	70	1.6	114	2.1	152	3.1	210	1.7	266	2.5
5個施肥区 Fertilized	26	0.7	47	1.0	87	1.8	124	2.4	175	3.2	230	1.9	287	3.0
10個施肥区 Fertilized	26	0.6	51	1.1	85	1.7	128	2.7	184	3.8	258	2.1	312	3.5
20個施肥区 Fertilized	26	0.7	64	1.4	108	2.1	151	3.1	227	3.6	303	3.0	364	4.5

第41表 各年度における施肥効果（能代）

Table 41. Effect of fertilization in every years.

処理区 Treatment	1955		1956		1957		1958		1959		1960	
	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio										
無施肥区 Unfertilized	16	100	27	100	46	100	38	100	59	100	55	100
5個施肥区 Fertilized	21	131	41	152	37	80	51	134	55	93	57	104
10個施肥区 Fertilized	25	156	34	126	43	93	56	147	74	125	54	98
20個施肥区 Fertilized	38	238	44	163	43	93	76	200	76	129	61	111

れ以後5年目までは7月上旬ごろ年1回おこなった。

d. 試験の結果

試験開始時から各年度における樹高、根元直径および胸高直径を示すと第40表のとおりである。また、樹高年間成長量およびその比数を第41表に示した。以上の調査結果から、つぎのような傾向がみられるようである。

(1) 施肥当年度における施肥区と無施肥区の樹高年間成長量を対比してみると、各施肥区とも無施肥区に比べて大きく、施肥の効果が樹高成長の面に認められる。その肥効程度を比数であらわすと130~240の成長増加を示している。施肥量と施肥効果の関係をみると、施肥量が多いほど樹高年間成長量が大きく施肥の量的効果が認められる。

(2) 施肥2年後における成績をみると、各施肥区とも無施肥区に比べて樹高年間成長量が大きく肥効の持続が認められる。しかし、施肥量別の効果では初年度のような一定の傾向は認められない。

(3) 施肥3年後における樹高年間成長量をみると、各施肥区とも無施肥区より小さくなっており、施肥の効果はまったく認められないようである。

(4) 施肥4年後には、前年度に低下した樹高年間成長量がふたたび無施肥区を大きくうわまわる傾向にあり、無施肥区との差ははっきり施肥量別に認められる。

(5) 設定後5年目の春に追肥をおこなったが、追肥当年度の樹高年間成長量およびその比数をみると、10個区と20個区では成長の増加が認められたが前年度程度の成長量は期待できず、追肥の効果とはいいがたいようである。5個区では、むしろ無施肥区より成長量が下まわる傾向にある。さらに追肥翌年度には無施肥区との差が一段と小さくなっており、やはり追肥の効果は認められないようである。

(6) 樹高について各施肥区と無施肥区を対比してみると、各施肥区ともいずれの年度においても大きく、しかも無施肥区との差は年数が経過するにしたがってしだいに大きくなっているように、施肥効果は樹高成長の面に認められる。設定6年後の時点における樹高では、無施肥区に比べて5個区では約20cm、10個区では約40cm、20個区では約100cm程度の差がみられ、施肥量別の効果が認められる。

(7) 根元直径、胸高直径についても樹高成長と同様の傾向にあり、施肥量別に効果の有意性が認められる。

VII-3. 五城目 1, 2 号試験地における試験結果

a. 関係位置

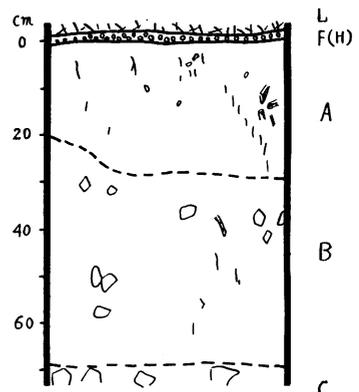
五城目営林署管内 30 林班ち小班

b. 立地条件

試験地は土壤型別に2か所設定した。1号試験地は、東西に流れる大倉沢に沿ってできた傾斜度約15の河段丘斜面で、海拔高約220mのところを設定した。この付近の地質は第三系のけい質つ岩となっている。

1号試験地に代表的な土壤層断面を設定して形態調査をおこなったが、その特徴を示すと第24図のとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。

L層：約1cm。主としてシダ類が薄く堆積。



第24図 五城目1号試験地の土壤断面
Be型土壤(洪かん地)

Fig. 24 Soil profile in Gojōnome plot No. 1. (Flood plain)

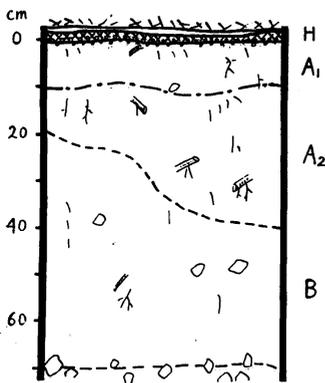
F(H)層：約 2 cm。海綿状に堆積。団粒状構造がみられる。多湿。小石が多い。

A層：0~30cm。黒褐色 (7.5 YR 2/3)。下部はやや還元色を呈する。腐植に富む。埴質壤土。上部は団粒状構造、下部は小型の塊状構造が発達している。粗。軟。湿。

B層：30~70cm。明褐色 (7.5 YR 5/6)。還元色を呈する。石れきに富む。壤土。上部は中型の塊状構造。軟。湿。

以上のような土壌層断面の形態的特徴から、1号試験地の土壌は洪かん地の Be 型土壌と判定した。また、断面付近のおもなる植生を示すと、リュウメンシダ(3)、アキタフキ(3)、ハイイヌガヤ(2)、スマイレ(2)、ツタウルシ(1)、アザミ(1)などとなっている。

2号試験地は、1号試験地に隣接した下部河段丘の平坦地で、海拔高約 220 mのところに設定した。地



第 25 図 五城目 2号試験地の土壌断面
Bd 型土壌 (洪かん地)

Fig. 25 Soil profile in Gojōnome plot No. 2. (Flood plain)

質は1号試験地と同じく第三系のけい質けつ岩である。試験地に代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこなったが、その特徴を示すと第 25 図のとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。

L層：約 1 cm。

F層：約 1 cm。細片状。湿。

H層：約 2 cm。団粒状構造がみられる。円形の小石多い。

A₁層：0~10 cm。黒赤褐色 (5 YR 3/2)。腐植に富む。埴質壤土。上部は団粒状構造、下部は小型の塊状構造が発達。粗。孔げきに富む。湿~多湿。木本、草本根多い。

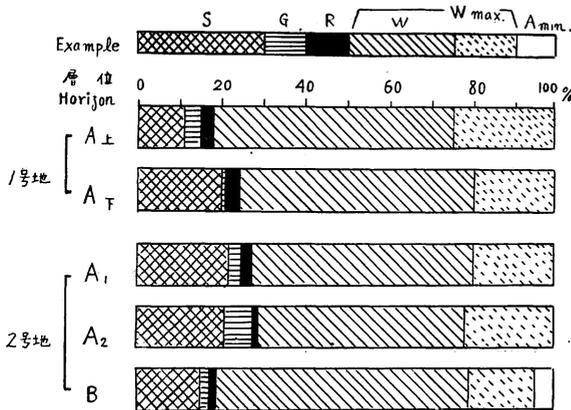
A₂層：10~25 cm。灰黒褐色 (5 YR 4/2)。腐植に富む。石れきを含む。埴質壤土。小型の塊状構造。粗~軟。

潤~湿。木本根多い。

B層：25~60 cm。灰橙色 (5 YR 7/6)。石れきに富む。埴質壤土。軟。潤~湿。

以上のような土壌層断面の形態的特徴から、2号試験地の土壌は洪かん地の Bd 型土壌と判明した。また、断面付近のおもなる植生を示すと、ヤマニンジン(4)、ハイイヌガヤ(4)、スマイレ(4)、ササ(2)、アキタフキ(2)、カンスゲ(1)、アザミ(1)、オオパコ(1)などとなっている。

両試験地の土壌層断面から、層位ごとに資料を採取して理化学分析をおこなった。その理化学的性質を示すと第



S : fine soil, G : gravel, R : root,
W : moisture content of fresh soil,
W_{max} : water holding capacity, A_{min} : air capacity.

第 26 図 自然状態の理学的性質

Fig. 26 Physical properties of soil in natural condition.

第 42 表 自然状態の理学的性質 (五城目)

Table 42. Physical properties of soil in natural condition.

試験地 Plot	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	深さ Depth cm	透水性 Water permeability cc/min	容積重 Volume weight %	最大容積重 Water holding capacity %	採取時 含水量 Moisture content of fresh soil %	孔げき量 Porosity %	最小容気量 Air capacity %	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture
										粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total %			
1号地	BE (Flood plain)	A上	0~10	250	29	101	57	82	—	8	17	25	27	48	HC
		A下	10~30	130	55	75	57	76	1	18	33	51	18	31	LC
2号地	BD (Flood plain)	A ₁	0~10	133	59	75	55	74	—						
		A ₂	10~25	79	64	66	50	72	6						
		B	25~70	59	43	76	60	81	6						

第 43 表 土壌の化学的性質 (五城目)

Table 43. Chemical properties of soil.

試験地 Plot	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	深さ Depth cm	pH	置換酸度 Exch. acidity γ ₁	加水酸度 Hydro. acidity γ ₁	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total nitrogen %	炭素率 C : N ratio	置換容量 Base exchange capacity m.e./100g	置換性塩基 Exchangeable base		石灰, マグネシウム飽和度 Degree of Ca, Mg saturation %	リン酸吸収係数 Absorption of soil (P ₂ O ₅)
											Ca m.e./100g	Mg m.e./100g		
1号地	BE (Flood plain)	A上	0~10	5.5	3.5	61.0	7.7	0.61	12.6	51.22	18.86	12.72	61.7	1220
		A下	10~30	5.5	8.0	65.8	5.3	0.73	7.3	39.08	6.87	5.56	31.8	1590
		B	30~70	5.4	18.1	54.2	2.4	0.29	8.3	41.30	3.32	2.26	13.5	1550
2号地	BD (Flood plain)	A ₁	0~10	5.3	3.0	65.8	9.0	0.82	11.0	62.26	19.48	13.80	53.5	1430
		A ₂	10~25	5.2	15.6	67.3	4.0	0.48	8.3	41.86	5.46	4.55	23.9	1600
		B	25~70	5.7	12.1	45.2	2.1	0.14	15.0	39.17	7.24	2.83	25.7	1320

東北地方における主要造林樹種の幼樹時の施肥効果について (佐藤ほか)

第 44 表 気象観測値

Table 44. Meteorological observed data (1951~1955).

大川目 ŌKawame

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温 Average temp. (°C)	-1.3	-1.1	-2.8	8.9	13.0	18.4	22.7	24.3	17.0	13.5	7.0	3.3	10.7
最高気温 Maximum temp. (°C)	2.1	3.6	6.9	14.1	18.6	22.7	26.8	28.7	24.5	18.5	11.2	5.8	15.3
最低気温 Minimum temp. (°C)	-4.8	-3.9	-1.5	3.6	8.4	14.0	18.6	19.9	14.5	8.4	2.7	-1.3	6.6
気温較差 Temp. difference (°C)	6.9	8.2	8.7	10.3	11.6	8.7	8.2	8.8	12.4	10.1	8.4	6.0	9.0
降水量 Precipitation (mm)	153.3	62.2	106.4	89.8	94.5	121.7	133.5	117.8	119.3	139.7	138.9	122.9	1400.2
積雪量 Snow cover (cm)	50	79	24	2							5	19	

42, 43 表および第 26 図のとおりである。以上のような結果から、両試験地の土壌とも水分状態や透水性にみられるように、理学的性質は良好である。化学的性質をみると、酸性が弱く窒素含量や置換性塩基含量が多く、置換容量もきわめて大きい非常に肥よくな土壌である。とくに、置換性マグネシウム含量がきわめて大きい特徴がみられる。

気象観測は試験地に最も近い大川目小学校（試験地から約 4 km の地点）で観測した記録を示すと、第 44 表のとおりである。これによると、年平均気温 10.7°C、年降水量 1,400 mm となっているが、試験地は観測地点より奥地の山間部に設定されているから、この記録よりも気温は低下し降水量は増すものと推定される。

c. 試験の方法

両試験地とも、天然生カツラ林皆伐跡地に、1955 年春スギを ha あたり 4,000 本あて植栽した造林地に設定した。処理区は④固型肥料 2 号を 1 本あたり 5 個、10 個、20 個それぞれ施肥した区と無施肥区の 4 処理とし、1 処理区の面積は 10 m × 30 m = 300 m² で 2 回くりかえしの乱塊法によって設定した。施肥は 5 月中旬、案内棒を用いて火箱沢その他の試験地と同様の方法でおこなった。

d. 試験の結果

試験開始時から各年度における樹高、根元直径および胸高直径を示すと、第 45 表のとおりである。また、樹高年間成長量およびその比数を第 46 表に示した。以上の調査結果から、つぎのような傾向が認められるようである。

(1) 施肥当年度の樹高年間成長量についてみると、いずれの施肥区も無施肥区に比べてわずかに大きい程度である。これを比数であらわすと 100~130 であり、施肥効果はあまり大きく認められない。土壌型別に施肥効果を比較してみると、樹高年間成長量、比数とも、B_D 型土壌の方がわずかに大きい程度で顕著な差は認められないようである。

(2) 施肥翌年度の樹高年間成長量をみると、いずれの施肥区も無施肥区と等しく、1 号試験地ではむしろ無施肥区を下まわる傾向にあり、施肥効果はまったく認められなくなっている。

(3) 施肥 3 年目以降においても樹高年間成長量に差がみられず、施肥効果は認められない。

(4) 樹高について処理間を対比してみると、施肥当年度においてわずかに施肥区の方が高い傾向が認め

第45表 各年度における樹高および直径(五城目)

Table 45. Height and diameter in every years.

(mean)

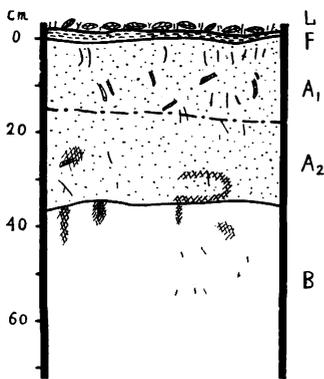
試験地 Plot	処理区 Treatment	5, 1955		10, 1955		10, 1956		10, 1957		10, 1959	
		樹高 Height	根元直径 Basal diameter								
		cm	cm								
1号地	無施肥区 Unfertilized	25	0.5	52	0.9	108	1.6	155	2.5	304	3.2
	5個施肥区 Fertilized	24	0.5	53	0.8	107	1.6	154	2.7	304	3.2
	10個施肥区 Fertilized	25	0.6	57	0.9	109	1.7	158	2.7	309	3.4
	20個施肥区 Fertilized	25	0.5	57	0.9	111	1.8	162	2.6	312	3.3
2号地	無施肥区 Unfertilized	25	0.6	51	0.9	98	1.6	143	2.5	291	2.9
	5個施肥区 Fertilized	24	0.5	55	0.9	104	1.6	149	2.5	290	3.0
	10個施肥区 Fertilized	25	0.5	58	0.9	106	1.7	146	2.6	291	3.0
	20個施肥区 Fertilized	25	0.5	61	1.0	108	1.7	152	2.6	294	3.0

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(佐藤あか)

第 46 表 各年度における施肥効果 (五城目)

Table 46. Effect of fertilization in every years.

試験地 Plot	処理区 Treatment	1955		1956		1957		1958・1959	
		樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	2年間の樹高 成長量 Height increment of 2 years cm	比数 Ratio
1号地	無施肥区 Unfertilized	27	100	56	100	47	100	149	100
	5個施肥区 Fertilized	27	100	54	96	47	100	150	101
	10個施肥区 Fertilized	33	122	52	93	49	104	151	101
	20個施肥区 Fertilized	33	122	54	96	51	113	150	101
2号地	無施肥区 Unfertilized	26	100	47	100	45	100	148	100
	5個施肥区 Fertilized	31	119	49	104	45	100	141	95
	10個施肥区 Fertilized	33	127	49	104	40	88	145	98
	20個施肥区 Fertilized	36	138	47	100	44	98	142	96



第 27 図 向町試験地の土壤断面
B1b 型土壤

Fig. 27 Soil profile in Mukaimachi plot.

められるが、年数が経過するにしたがって処理間に差がみられなくなり、施肥効果は認められないようである。

(5) 根元直径、胸高直径についても処理間に差がまったく認められず、施肥効果は直径成長の面にも認められないようである。

VII-4. 向町試験地における試験結果

a. 関係位置

向町営林署管内 37 林班ろ小班

b. 立地条件

試験地は、連続した丘陵台地状地形の一部で海拔高約 430 m の地点であり、地形は台地上の平坦地となっている。この付近一帯には、洪積世堆積物(火山灰)を母材とした黒色土壤が広く分布しているところである。

試験地に代表的な土壤層断面を設定して形態調査をおこなったが、その特徴を示すと第 27 図のとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。

L層：約 2 cm。コナラ、ミズナラの落葉が堆積。

第 47 表 自然状態の理学的性質 (向町)

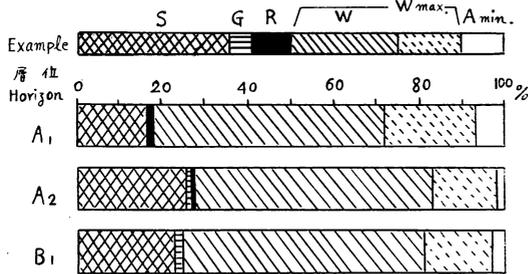
Table 47. Physical properties of soil in natural condition.

層位 Horizon	深さ Depth cm	容積重 Volume weight %	最大 容水量 Water holding capacity %	採取時 含水量 Moisture content of fresh soil %	孔げき 量 Porosity %	最 小 容 気 量 Air capa- city %	砂 Sand			微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture
							粗砂 Coarse sand %	細砂 Fine sand %	計 Total %			
A ₁	0~15	44	80	49	81	1	4	12	16	37	47	HC
A ₂	15~30	52	78	54	78		2	14	16	39	45	HC
B	30~	61	76	70	77		3	5	8	34	57	HC

第 48 表 土壌の化学的性質 (向町)

Table 48. Chemical properties of soil.

層位 Horizon	深さ Depth cm	pH	置換酸度		加水酸度 Hydro. acidity y ₁	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total nitro- gen %	炭素率 C : N ratio	置換容量 Base exchan- ge capacity m.e./100g	置換性塩基 Exchangeable base		石灰・マ グネシウム 飽和度 Degree of Ca,Mg satura- tion %	リン酸吸 収係数 Absorp- tion of soil (P ₂ O ₅)
			Ca	Mg									
A ₁	0~15	4.7	37.8	139.1	20.5	0.52	39.4	54.38	1.68	0.35	3.78	1360	
A ₂	15~30	4.8	29.7	86.1	11.3	0.40	28.3	31.77	0.22	tr.	0.69	1800	
B	30~	4.6	38.8	46.5	1.9	0.05	38.0	19.34	0.17	tr.	0.88	920	



S : fine soil, G : gravel, R : root,
W : moisture content of fresh soil,
W_{max.} : water holding capacity, A_{min.} : air capacity.

第 28 図 自然状態の理学的性質

Fig. 28 Physical properties of soil in natural condition.

以上のような土壌層断面の形態の特徴から、この試験地の土壌は B_{1b} 型土壌と判定した。また、断面付近のおもなる植生を示すと、ワラビ(3), トリアンショウマ(2), カヤ(1), アザミ(1), タニウツギ(1), ヤマゴボウ(1)などとなっている。

つぎに、断面の各層位から資料を採取して理化学分析をおこなった。その結果、理化学的性質は第 47, 48 表および第 28 図に示すとおりである。これらの表や図に示したように、試験地土壌は粘土分が非常に多く酸性も強い。また、置換性塩基や塩基飽和度が非常に小さく、理化学的性質は良好とはいえないようである。

F 層 : 約 1 cm。層状に薄く堆積。分解良好。

A₁層 : 0~15 cm。黒褐色(7.5 YR 2/2)。腐植にすこぶる富む。埴質壤土。上部に団粒状構造と小型の塊状構造がみられる。軟。湿。木本、草本根多い。

A₂層 : 15~30 cm。黒褐色(7.5 YR 3/2)。腐植に富む。埴質壤土。小型の塊状構造。やや堅。湿~多湿。

B 層 : 30 cm~。明褐色(7.5 YR 5/6)。腐植に乏し。埴質壤土。堅。湿。

第 49 表 気 象 観 測 値

Table 49. Meteorological observed data (1949~1954).

大明神 Daimyojin

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温 Average temp. (°C)	-2.3	1.5	1.8	6.9	12.9	16.8	21.4	23.3	18.4	12.4	5.2	2.3	9.8
最高気温 Maximum temp. (°C)	0.7	2.2	5.4	12.6	18.7	21.5	25.7	27.7	27.7	17.3	8.9	4.6	14.0
最低気温 Minimum temp. (°C)	-5.4	-5.2	-1.7	1.3	7.1	12.1	17.1	18.9	14.1	7.6	1.6	0.1	5.6
気温較差 difference Temp. (°C)	6.1	7.4	7.1	11.3	11.6	9.4	8.6	8.8	13.6	9.7	7.3	4.5	8.8
平均湿度 Average moisture (%)	90.8	87.2	81.5	74.9	71.7	80.8	81.0	78.1	80.9	82.4	83.1	86.4	81.6
降水量 Precipitation (mm)	157.0	111.6	102.9	108.0	128.4	152.0	180.5	113.1	140.4	141.6	134.7	180.2	1650.4
最多風向 Prevailing wind direction	NW	NW	NW	WNW	NNN	E	NE	SE	NW	NW	W	WNW	
積雪量 Snow cover (cm)	89.0	100.0	71.0	11.0							26.0	62.0	

初霜 First frost 10 月 13 日, 初根雪 First continuous snow-cover 12 月 1 日

終霜 Last frost 4 月 29 日, 終根雪 Last continuous snow-cover 4 月 6 日

試験地に最も近い向町営林署大明神苗畑(試験地の南方約 10 km の地点)における 6 年間の気象観測記録を示すと、第 49 表のとおりである。この記録によると、年平均気温 9.8°C、年降水量 1,650 mm、積雪深 100 cm となっているように、この付近は気温が低く雨量、積雪量の多い地方である。試験地はここよりさらに山間部になっているから、気温は低下し雨量や積雪量は増加するものと推定される。

c. 試験の方法

試験地はコナラ、ミズナラの天然生林皆伐跡地で 1955 年秋スギを ha あたり 4,000 本あて植栽した造林地に、1956 年 5 月区画設定した。処理区は、④固型肥料 2 号を植栽木 1 本あたり 5 個、10 個、20 個をそれぞれ施肥した区と、無施肥区の 4 処理とした。処理区は本数を単位として 6 本×10 列=60 本を 1 処理区とし、3 回くりかえしの乱塊法によって設定した。施肥は 5 月中旬案内棒を用い、火箱沢その他の試験地と同様の方法によっておこなった。

d. 試験の結果

試験開始時から、各年度における樹高、根元直径および胸高直径を示すと第 50 表のとおりである。また、樹高年間成長量およびその比数を示すと第 51 表のとおりである。以上の調査結果からつぎのような傾向がみられるようである。

(1) 施肥当年度における樹高年間成長量について、各施肥区を対比してみると、各施肥区とも大きく施肥の効果が認められる。さらに施肥量別にみると、施肥量が多いほど大きくなっており、これを比数で示すと 150~228 で比数の非常に高い傾向が認められる。

(2) 施肥翌年度における樹高年間成長量についてみると、各施肥区とも無施肥区に比べて大きい傾向にあるが、その差は小さく、比数で示すと 105~119 程度であり、施肥効果の減少傾向がみられる。

(3) 施肥3年日以降の成績でも、2年目の成績とまったく同様の傾向であり、施肥効果の減少を示している。しかし、施肥量別にみると、施肥量が多いほど肥効の減少程度は小さい傾向が認められる。

(4) 樹高について各施肥区と無施肥区を対比してみると、いずれの年度においても施肥区の方が高く、施肥効果が樹高の面に認められる。また施肥量との関係についてみると、施肥量が多いほど樹高が高く、

第 50 表 各年度における樹高および直径（向町）

Table 50. Height and diameter in every years.

(mean)

処 理 区 Treatment	5, 1956		10, 1956		10, 1957	
	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm
無 施 肥 区 Unfertilized	45	0.8	63	1.2	106	2.2
5 個 施 肥 区 Fertilized	46	0.8	73	1.3	118	2.5
10 個 施 肥 区 Fertilized	46	0.9	81	1.4	132	2.8
20 個 施 肥 区 Fertilized	48	0.9	89	1.5	140	2.9
処 理 区 Treatment	10, 1958		10, 1960		10, 1961	
	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm	樹 高 Height cm	根 元 直 径 Basal diameter cm
無 施 肥 区 Unfertilized	151	3.2	220	2.0	251	2.6
5 個 施 肥 区 Fertilized	166	3.6	234	2.4	264	3.1
10 個 施 肥 区 Fertilized	182	3.8	260	2.7	294	3.5
20 個 施 肥 区 Fertilized	195	3.9	284	3.3	320	4.1

第 51 表 各年度における施肥効果（向町）

Table 51. Effect of fertilization in every years.

処 理 区 Treatment	1956		1957		1958		1959・1960		1961	
	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio	2年間の樹 高成長量 Height increment of 2 years cm	比数 Ratio	樹高年間 成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio
無 施 肥 区 Unfertilized	18	100	43	100	45	100	69	100	31	100
5 個 施 肥 区 Fertilized	27	150	45	105	48	107	68	99	30	97
10 個 施 肥 区 Fertilized	35	194	51	119	50	111	78	113	34	110
20 個 施 肥 区 Fertilized	41	228	51	119	55	122	89	129	36	116

く、施肥の量的効果も認められる。

(5) 根元直径、胸高直径についても、樹高成長と同様の傾向で施肥効果が認められる。

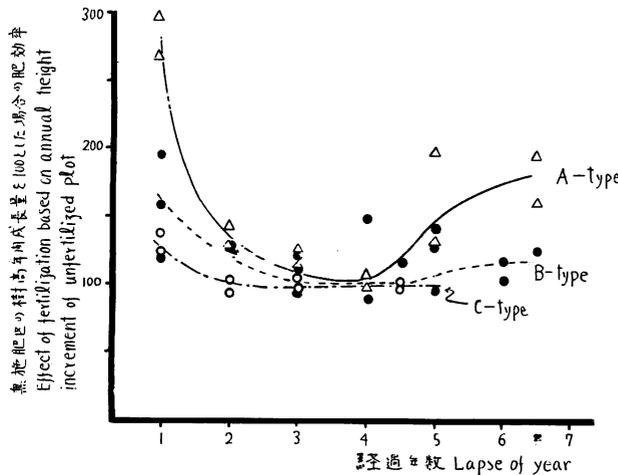
VII-5. 考 察

スギの施肥効果は、いずれの試験地においても施肥当年度に最も大きく認められたが、樹高年間成長量の比数であらわしてみると、試験地によってかなりの差がみられた。また、施肥翌年度以降になると、施肥効果はしだいに減少してまったく認められなくなる年度があるが、その後ふたたび施肥区の樹高年間成長量が無施肥区のそれをうまわる傾向がみられた。このような施肥効果のあらわれかたについて考察をおこなってみよう。

各試験地の 8 個施肥区と 10 個施肥区を同一施肥量とみなして、植栽後 5~7 年間における施肥効果のあらわれかたを樹高年間成長量の比数であらわし、年度別の変化傾向について似たものを類別し、平均値によって模式的に傾向を示すと第 29 図のように A, B, C の 3 型に類別される。A 型は施肥当年度にあらわれる施肥効果が最も大きく、一度認められなくなってからふたたびあらわれる効果も最も大きい型で、早口 2 号試験地の B_D 型土壤や早口 3 号試験地の B_D(d) 型土壤においてこの傾向がみられる。C 型は施肥当年度にあらわれる施肥効果が最も小さく、翌年度以降はまったく認められなくなる型で、五城目 1, 2 号試験地の洪かん地の B_D, B_E 型土壤においてこの傾向がみられる。B 型は A 型に類似しているが、比数は A, B 型の中間的な傾向を示しており、能代試験地の B_D 型土壤、向町試験地の B_D 型土壤、早口 1 号試験地の B_E-(B_D-E) 型土壤においてこの傾向がみられる。このように、施肥効果のあらわれかたを樹高年間成長量の比数であらわすと、それぞれ 3 つの特徴ある型に分けられ、各年度とも比数は A 型において最も大きく、A 型 > B 型 > C 型の順に小さい傾向にある。

しかし、比数は無施肥区の樹高年間成長量を基準とした比較値であるから、その大きさによって変動する数字上の問題がある。そこで、処理間を成長の絶対量であらわす方法も考えられるが、この場合各年度の樹高年間成長量で比較すると、施肥区は前年度まで施肥によって増加した成長量が樹高に加算されてい

るから、常に無施肥区より高い樹高の状態と比較することになり、厳密にはその年度における施肥による成長増加とするには問題があろう。そこで、前年度までの施肥による成長の増加量を消去する意味で、各年度の春の樹高にたいするその年度の樹高年間成長量を plot し、樹高対樹高年間成長量の傾向線を求め、同一樹高における成長量で比較する方法をおこなった。このような方法で、まず、各試験地の無施肥区について求めた傾向線は第 30 図のとおりであり、3 つの特徴的な傾向線が求められた。そして、各傾向線によって



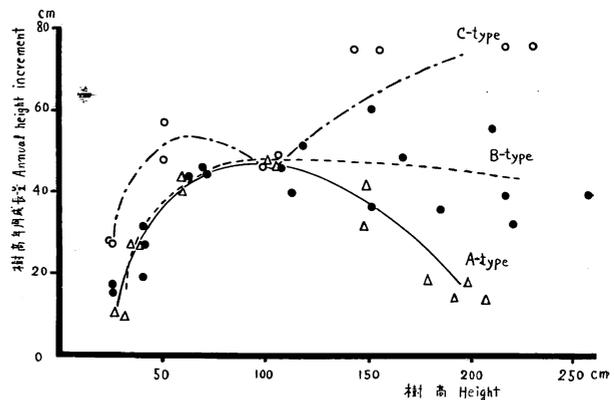
第 29 図 施肥効果のあらわれかたの模式図

Fig. 29 Schematic representation of process of change in effect of fertilization.

類別された試験地は先に A, B, C の 3 型に類別した試験地と一致しているので、それぞれを対応して A 型, B 型, C 型とした。この図についてみると、各型とも樹高が 1 m くらいに達するまでは樹高の増加にしたがって樹高年間成長量も増加するが、各型の成長量にそれほど大きい相違がみられない。また、樹高 1 m のとき各型とも樹高年間成長量が約 45 cm でほぼ一定している。しかし、この時点より樹高が高くなると、C 型では樹高の増加とともに樹高年間成長量も増加するが、B 型では平行的であり、A 型ではむしろ減少傾向を示しているように、各型の土壌条件によって特徴があらわれている。このような樹高 1 m くらいから土壌条件が成長に影響することについて考察してみよう。

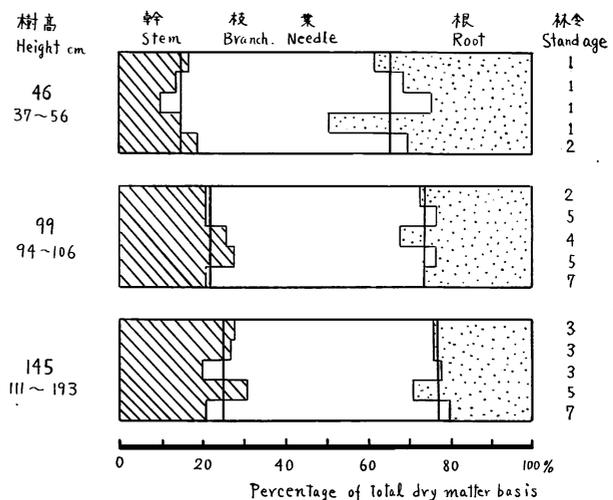
錠ヶ関、能代営林署管内のスギ造林地で、伐採調査した樹高範囲 36~193 cm の調査木 15 本について、樹高を 50, 100, 150 cm 前後の 3 段階に分けて樹体各部位の乾物重量配分割合を求めると第 31 図のとおりである。この図にみられるように、調査範囲内の樹高の林木では枝、葉の部位の配分割合が最も大きく、枝、葉 > 根 > 幹の順に小さくなっている。そして、枝、葉の部位の配分割合は 51~54% でほぼ一定しているが、これにたいし、幹と根の配分割合は樹高によって異なり、樹高が高くなるにしたがって、

しだいに幹部位の配分割合が多く逆に根の割合は少なくなる傾向にある。さらにこの増減の割合は樹高 1 m くらいのところから大きく変わる傾向にある。このことは、樹高が 1 m くらいに達するまでは、樹高成長は土壌条件や林齢とはあまり関係がなく、枝、葉の部位や根系の発達が主としておこなわれ、樹高が 1 m くらいに達するころになると幹部位の成長が旺盛になるものと考えられ、土壌条件その他の環境因子の影響が樹高にあらわれはじめるものと推察される。筆者の 1 人、山谷²⁵⁾および山田は、ヒバ稚樹の研究において、ヒバは実生、伏条の別や上木のあるなしにかかわらず、樹高 60~80 cm に達するまで成長の不良な期間のあることを認め、この樹高以上になる



第 30 図 樹高と樹高年間成長量の関係 (無施肥区)

Fig. 30 Relation between height and annual height increment (Unfertilized).

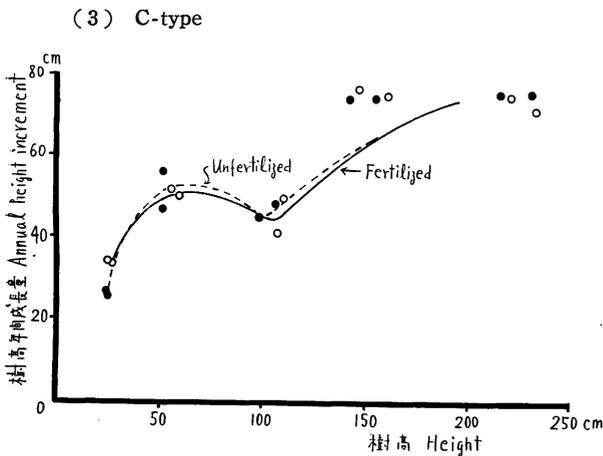
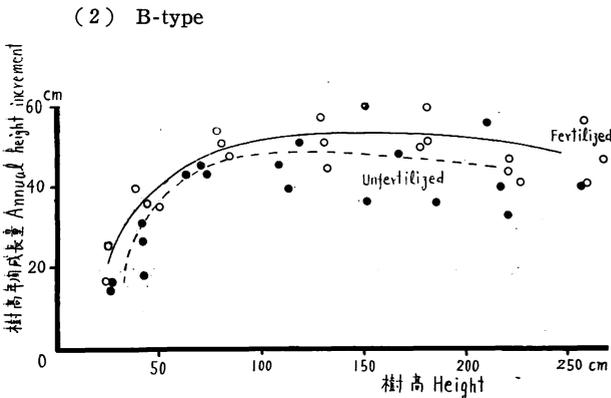
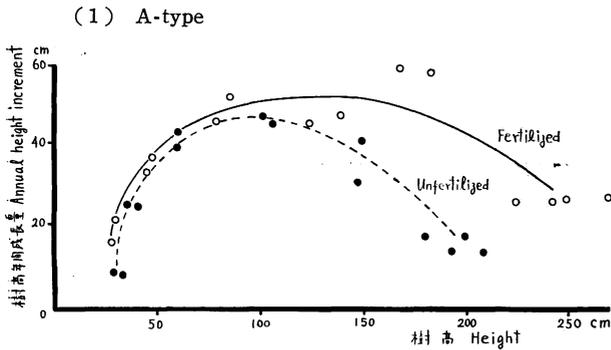


第 31 図 各樹高におけるスギの部位別乾物重量配分割合

Fig. 31 Dry matter distribution in each part of Sugi at different heights.

と旺盛な成長を示すことを述べているが、裏系のスギにおいても成長の転換期が存在するのではなかろうかと考えられる。この点に関しては、なお、さらに検討したいと思っている。

つぎに A, B, C 各型別に施肥区と無施肥区の傾向線を求めてみると第 32 図のようになる。A 型についてみると、施肥区と無施肥区は類似した変化傾向を示しているが、成長量は常に施肥区の方が大きくなっている。



第 32 図 各型における樹高と樹高年間成長量の関係

Fig. 32 Relation between height and annual height increment on each types.

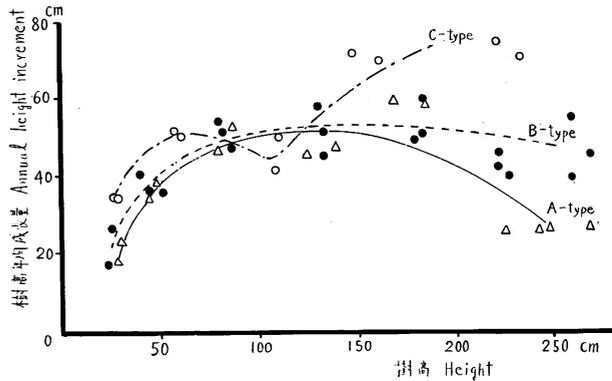
しかし、成長量の差をみると、施肥当年度の樹高において比較的認められるが、その後差が小さくなり、そして樹高 90 cm くらいのところからふたたび樹高増加とともに差もまた大きくなる傾向にあるように、施肥効果は施肥初期よりむしろ後期に大きく認められるようである。B 型においても、A 型と同様に両処理区の変化傾向は類似しているが、成長量は常に施肥区の方が大きくなっている。また、成長量の差をみると、樹高増加とは関係なく一定した傾向で施肥効果があらわれている。C 型においても、A, B 型と同様に両処理区とも変化傾向は類似しているが、成長量を比較してみると、施肥当年度における樹高においてわずかに施肥区の方が大きい傾向にあるほかは、処理間に差がみられず、施肥効果は施肥当年度に認められたにすぎない。つぎに、各型の施肥区について傾向線を比較してみると第 33 図のとおりであり、この図にみられるように樹高 100 cm 前後における C 型の成長量は他の A, B 型より小さい傾向にあるが、全般的にみると C 型の成長量が最も大きく、C 型 > B 型 > A 型の順に小さくなっている。これは、先に樹高年間成長量の比数であらわした肥効とは逆の関係にある。また、同一樹高における成長量の差をみると、樹高

が 130 cm くらいに達するまでは各肥効型の間にあまり差が認められないが、この時点から樹高が高くなる。としたいに各肥効型によって特徴があらわれ、C型の成長量は増加し、B型は平行的であり、A型は減少するためと考えられる。

つぎに、各肥効型と土壌条件との関係について述べてみよう。第52表は各試験地のA層土壌(地表から10 cm以内)の化学的性質を、各肥効型別に平均値によってあらわしたもの

であるが、この表にみられるように、A型の置換酸度 (y_1) は最も大きく、反対に窒素、置換容量、置換性石灰含量が少なく、塩基飽和度 10% 以下のきわめて貧養な土壌である。C型の置換酸度は小さく、反対に塩基飽和度は約 59% できわめて大きい肥よくな土壌である。B型は、これらの化学的性質がA型とC型の中間的な値を示すように、普通程度の性質の土壌である。肥効型——つまり施肥効果のあらわれかたは、これらA層土壌(地表から10 m以内)の化学的性質によってあらわされる土壌の肥よく度と密接な関係にあり、A型からC型に移行するにしたがって土壌が肥よくなる。また同じ土壌でも、土壌が肥よくなほどA型からC型に移行する傾向が認められる。

つぎに、A, B, C各型の施肥区と無施肥区の各年度における平均樹高を求め、樹高成長曲線であらわ



第 33 図 樹高と樹高年間成長量の関係 (施肥区)
Fig. 33 Relation between height and annual height increment (Fertilized).

第 52 表 施肥効果と土壌*条件の関係

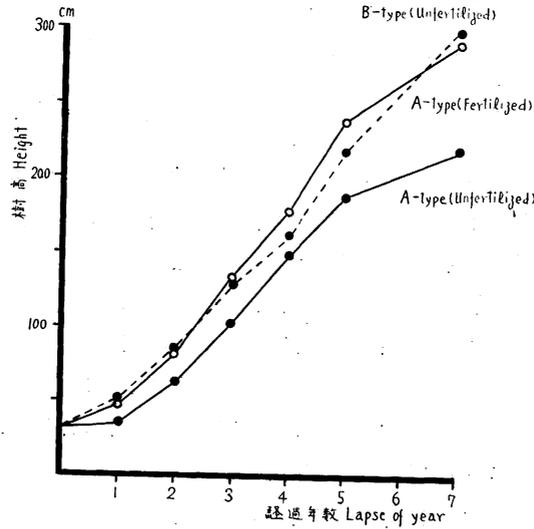
Table 52. Relation between effect of fertilization and soil condition.

肥効型 Type of response to fertilization	A-type	B-type	C-type
試験地と土壌型 Plot and type of soil	Hayaguchi B _D (d) " B _D	Mukaimachi B _D Noshiro B _D Hayaguchi B _E ~(B _D -E)	Gojōnome B _D (flood plain) " B _E (")
置換酸度 Exchange acidity y_1	31.0 (24.2~37.8)	13.7 (3.0~16.6)	3.3 (3.0~3.5)
全窒素 Total nitrogen %	0.38 (0.37~0.39)	0.45 (0.3~0.52)	0.72 (0.61~0.82)
置換容量 Base exchange capacity m.e./100g	30.7 (23.1~38.3)	37.3 (25.0~54.4)	56.7 (51.2~62.3)
置換性石灰, マグネシウム Exchangeable Ca, Mg m.e./100g	1.9 (1.8~2.0)	6.0 (1.9~12.8)	32.4 (31.6~33.3)
石灰, マグネシウム飽和度 Degree of Ca, Mg saturation %	6.2	16.1	58.9

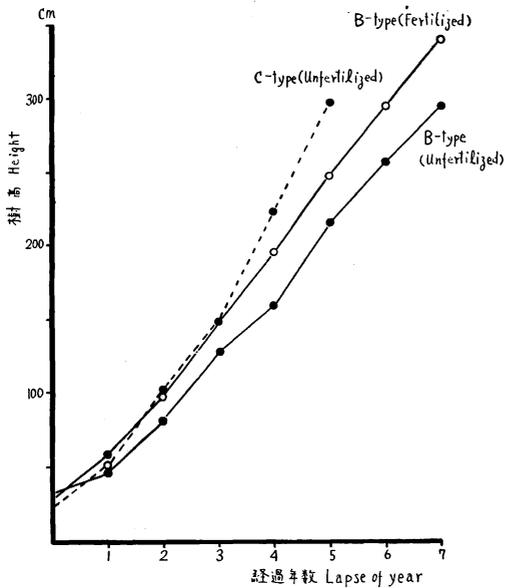
* A層 0~10 cm の土壌 Soil of A horizon, depth 0~10 cm.

すと第 34 図に示すとおりである。この図にみられるように、施肥区、無施肥区とも C 型 > B 型 > A 型の傾向にあり、土壌の肥よく度と一致した樹高成長を示しているが、さらに A 型の施肥区は B 型の無施肥区に、B 型の施肥区は C 型の無施肥区に、それぞれ相当する良好な成長経過を示している。このように、植栽時ただ 1 回の施肥（1 本あたり④固型肥料 2 号を 8 個と 10 個施肥）でも、5～7 年間の樹高成長が各肥効型で示した土壌条件の 1 級上位における無施肥区に相当する旺盛な成長を示していることは、今後とも林地施肥をすすめる上に有利な資料といえよう。

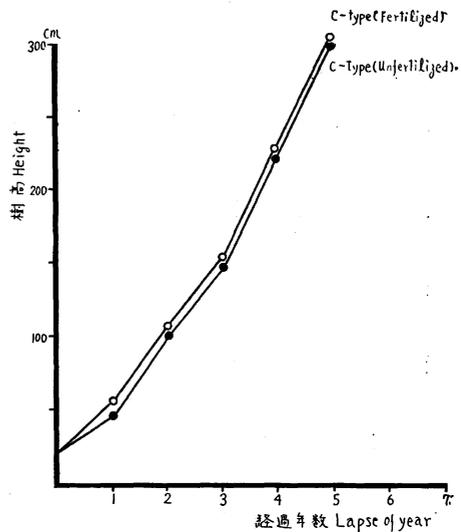
(1)



(2)



(3)



第 34 図 樹高成長にたいする施肥効果

Fig. 34 Effect of fertilization on height growth.

VIII 林地施肥にたいする耕うんの効果³⁾²⁸⁾

VIII-1. 乙供試験地における試験結果

ここで実施した試験は、アカマツを対象とした耕うんおよび耕うん+施肥の試験であるが、これはVI-1項に記載した試験地の一部である。

関係位置、立地条件、試験方法については前述のとおりであるからここでは省略するが、耕うんの方法については(第17図、第26表参照)、斜面のコンターラインに沿って4m間隔で深さと幅それぞれ60cmの溝を掘り、底に溝の約1/3程度の深さまで灌木を入れて、表土を下に下層土を上になるような天地返しの方法でおこなった。施肥は㊸固型肥料1号を用い、植栽木1本あたり10個あて植栽時から連続4年間にわたっておこなった。

a. 試験の結果

試験開始時からの成績は、第27、28表に示したとおりである。また、樹高年間成長量の比数について、年度経過を示すと第35図のとおりである。これらの表や図から、耕うん区および耕うん施肥区についてみると、つぎのような傾向がみられるようである。

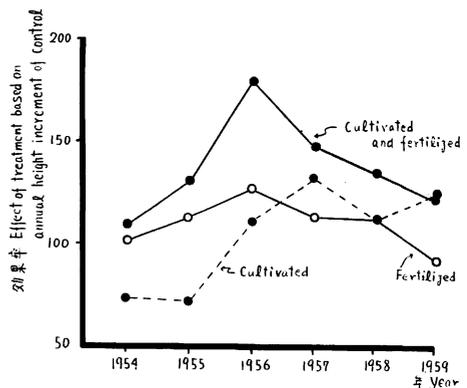
(1) 処理当年度における樹高年間成長量について各処理区と対照区を対比してみると、耕うん施肥区ではいくぶん大きく、耕うん区ではいくぶん小さい傾向にあるが、はっきりした差はみられず、処理の効果は樹高成長の面に認められないようである。

(2) 処理後2年目になると、耕うん施肥区の樹高年間成長量は、対照区に比べて大きく処理の効果が認められる。また、第35図にみられるように、処理後3年目に効果が最も大きくあらわれており、それ以後しだいに減少する傾向にあるが、各年度ともいずれの処理区よりも大きい。耕うん区についてみると、2年目までは対照区の樹高年間成長量より小さいが、3年目ごろからしだいに成長が良好になり、むしろ施肥区をうまわる傾向がみられる。

(3) 樹高についてみると、各年度とも耕うん施肥区が最も高く、年数が経過するにしたがって対照区との差はしだいに大きくなる傾向がみられる。耕うん区では処理3年目くらいまでは対照区より低い、それ以後になると高くなり、その差は年数が経過するにしたがって大きくなる傾向がみられる。処理7年後における樹高を比較してみると、耕うん施肥区>耕うん区=施肥区>対照区の順で、耕うん施肥区に最も効果があらわれているが、耕うん区の成長が施肥区(㊸固型肥料1本あたり40個施肥)に相当する成長を示しているのは注目値する。

(4) 根元直径についても、樹高成長と同様の傾向にあり、処理7年後の結果をみると耕うん施肥区>耕うん区>施肥区>対照区の順で耕うん施肥の効果が最も大きく、また、耕うん区が施肥区に相当する効果を示している。

(5) 処理7年後の秋に、各処理区から標準木を選定して地上部および地下部の形態調査をおこなった。



第35図 処理効果の変化過程
Fig. 35 Process of change in effect of treatments.

第 53 表 水平根の平均根長と分岐数 (乙供)

処 理 区	平 均 根 長 m	分 岐 数 本
無 処 理 区	1.8	7
施 肥 区	2.0	17
耕 う ん 区	1.4	16
耕 う ん 施 肥 区	2.2	24

写真 3 および第 53 表にみられるように、いずれの処理区も対照区に比べて良好な形態が認められる。最も成長の良い耕うん施肥区の地上部は、対照区に比べてよく伸長し良好な形状を示している。地下部についてみると、根の分岐、発達にきわめてはっきりした差異のあらわれていることがわかる。一般に、各

区とも植栽木であるためか直根の発達がなく、ひも状の垂下根が 2~3 本発達し、地表近く水平に細いひも状の水平根が伸長しているのが特徴的であるが、根の分岐数をみてもわかるように処理区はいずれも対照区に比べて多く、このことは、安藤ら²⁾がカラマツの施肥試験で認めた事実と一致する。

VIII-2. 一念坊試験地における試験結果

ここで実施した試験の内容は、スギ、ヒノキ、カラマツについて耕うん+施肥区と施肥区を対照区とした試験である。

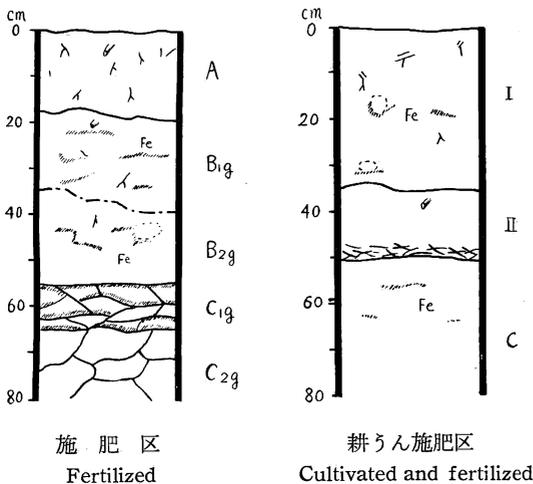
a. 関係位置

仙台営林署管内 81 林班り小班

b. 立地条件

この付近は起伏の小さい丘陵台地地形が連続しており、斜面は一般に凸型を呈している。試験地はこの 1 斜面の上部から下部にわたって設定されており、海拔高は約 40m で傾斜度 10 度前後の西向き緩斜面となっている。試験地一帯の地質は、第三系の凝灰岩、けつ岩 (shale)、砂岩を母材とした互層からなっている。

試験地に代表的な土壌層断面を設定して形態調査をおこなったが、その特徴を示すと第 36 図のとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。



A 層 : 0~18 cm. 褐色 (10 YR 4/6)。砂壤土。軟。壁状構造。やや glei 化の傾向があり。中、大粒の glass が多い。

B_{1g} 層 : 18~38 cm. 明黄褐色 (2.5 Y 6/8) に淡橙色のしまがある。堅。砂壤土。中、大粒の glass が多い。

B_{2g} 層 : 38~55 cm. 灰黄色 (5 Y 7/4) に灰青色のはん点あり、はん紋の周囲に薄く鉄が沈殿。壇壤土。堅。重粘。中、大粒の glass あり。

C_{1g} 層 : 55~65 cm. 銹橙色に汚染された軟質けつ岩風化れき層。

C_{2g} 層 : 65 cm~。灰黄色のけつ岩風化層。

また、耕うん処理 6 年後における土壌層断面

第 36 図 一念坊試験地の土壌断面 pseudo glei 土壌

Fig. 36 Soil profile in Ichinenbō plot.

第 54 表 気 象 観 測 値

Table 54. Meteorological observed data.

仙 台 Sendai

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total years
平均気温 Average temp. (°C)	2.0	2.8	5.9	11.8	16.5	19.9	23.1	25.5	21.8	16.5	10.7	4.8	13.6
最高気温 Maximum temp. (°C)	4.6	5.1	8.5	14.6	19.0	22.2	25.8	27.7	24.3	19.1	13.4	7.3	16.0
最低気温 Minimum temp. (°C)	-3.9	-3.6	-1.1	3.9	8.8	14.0	18.7	20.5	16.2	9.5	3.5	-1.2	7.1
降水量 Precipitation (mm)	34.5	45.2	67.9	91.1	110.9	142.0	167.4	135.2	197.4	128.5	59.0	49.0	1391.1
積雪量 Snow cover (cm)	11.0	10.0	8.0	3.0							2.0	12.0	

の形態的特徴も第 35 図に示したが、その層断面の記載はつぎのとおりである。

I(B)層：0~38cm。鉄の沈殿がわずかに生成されている。

II(A)層：38~50cm。この層の下に細枝が埋没しており、水が停滞している。

この試験地の土壌は B_{1g} 層より上と、B_{2g} 層より下では母材が異なり、上部は凝灰質砂岩、下部は軟質けつ岩からできている。また、C_{1g} 層以下の軟質けつ岩風化層はきわめて埴質重粘で、とくに排水が不良であり、このため A 層まで glei 化の傾向がみられる。このような特徴から、この試験地の土壌は偽似グライ (pseudo glei) 土壌と判定される。また、層断面付近のおもなる植生を示すと、コナラ(3)、クリ(3)、ヤマウルシ(3)、カヤ(3)、レンゲツツジ(2)、ササ(2)、スゲ、(1)、ハギ(1)などとなっている。

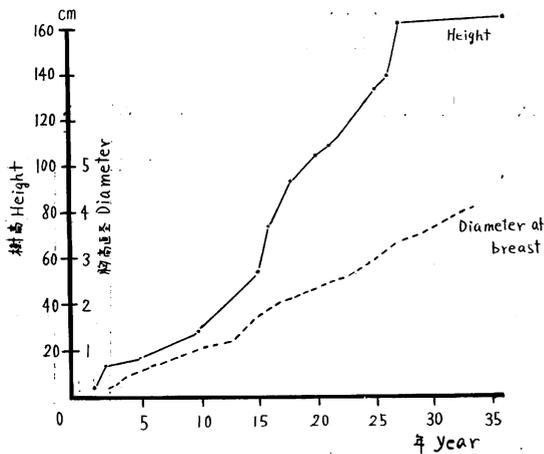
断面の各層から資料を採取して理化学分析をおこなった。その結果を第 59, 60 表に示したが、これによると容積重がきわめて大きく、最小容気量がマイナスの値になっており、A 層以外は透水性がみられない。炭素、窒素含量も少なく、理化学的性質のきわめて不良な土壌といえよう。

つぎに、試験地に最も近い仙台气象台 (試験地の南東約 12 km の地点) における気象観測記録を示すと、第 54 表のとおりである。この記録によると年平均気温 13.6°C、年降水量約 1,400 mm となっており、筆者らの設定した試験地のうちで最も温暖な地域である。

c. 試験の方法

試験地は 1951 年 10 月、天然生アカマツ林皆伐跡地に設定したが、伐採前のアカマツの生育状態をみると、第 37 図に示すように林齢 36 年生で平均樹高 163 cm、平均胸高直径 4.8 cm であり、成長はきわめて不良である。

処理区は施肥区と耕うん施肥区の 2 処理とし、耕うん方法は第 17 図の乙供試験地と同様、斜面のコンターラインに沿って 4 m 間隔で深さ、幅それぞれ 60 cm の溝を掘り、そのままの状態 で 1 年間放置して、1952 年 10 月付近に繁茂する灌木、草類を溝の深さの約 2/3 程度まで入れて、表土を下に下層土を上になるよう天地返しの耕うんをおこなった。耕うん施肥区間の 4 m 幅のところを施肥区とし、処理を列状に交互にくりかえした。植栽木は各処理区とも 1.5 m 間隔で各処理区の中心列状に植栽した。第 1 回目の施肥は植栽と同時に (1952 年秋) ㊸ 固型肥料 2 号を 10 個、第 2 回目の施肥はそれより 2 年後の 1954 年秋に同肥料を 10 個、第 3 回目の施肥はその翌年 1955 年秋に同肥料を 10 個、そして第 4 回目の施肥



第 37 図 試験地付近のアカマツ天然木総成長曲線

Fig. 37 Total growth curve of Akamatsu on natural stand near by plot.

はそれより 2 年後の 1957 年秋に、同肥料を 12 個それぞれ植栽木 1 本について施肥したので、合計 42 個の施肥量となっている。その方法は、案内棒を用いて火箱沢その他の試験地と同様の方法でおこなった。下刈りは、1954、1956、1958 各年の 6 月下旬ころ、試験地全体についておこなった。

d. 試験の結果

各樹種の各年度における樹高および根元直径を示すと第 55 表のとおりである。また、樹高年間成長量およびその比数（施肥区の樹高年間成長量を 100 として、耕うん施肥区のそれを比較した値であり、以下比数とする。）を示すと第 56 表のとおりである。

設定時（1952 年 10 月）は、つごうにより試験木の測定はできなかったが、ほぼ均一な苗木を植栽したので、各樹種とも処理間に大きな差がないものとみなすことができるならば、以上の調査結果からつぎのような傾向がみられるようである。

(1) 各樹種別に処理 2 年後における両処理区の樹高年間成長量を対比してみると、いずれの耕うん施肥区も施肥区に比べて大きく、耕うん+施肥の効果が認められる。その効果を比数であらわし、樹種別に比較してみると、スギ>カラマツ>ヒノキの順でスギにおいて最も大きくあらわれているが、成長の絶対量ではカラマツに最も大きく、スギとヒノキは同程度の成長を示している。

(2) 処理 3 年後における成績をみると、各樹種とも耕うん施肥区の樹高年間成長量が施肥区に比べて大きく、処理の効果は認められる。樹種別に処理効果を比較してみると、各樹種とも樹高年間成長量がほとんど等しく、樹種別の差異は認められないようである。

(3) 処理 4 年後になると、各樹種とも耕うん+施肥の効果がしだいに減少の傾向を示し、スギ、カラマツの場合は 4~5 年後には、樹高年間成長量に効果が認められなくなっている。これにたいし、ヒノキの場合はスギやカラマツに比べて初期の効果はそれほど大きくないが、減少傾向もあまりみられず、7 年後においても効果が認められるようである。

(4) 樹高について樹種別に処理区間を対比してみると、各樹種とも、いずれの年度においても耕うん施肥区の方が大きく効果が認められる。また、施肥区との樹高差は年数が経過するにしたがってしだいに大きくなり、設定 7 年後における樹高をみると、スギでは約 90 cm、カラマツとヒノキは約 70 cm の差で耕うん+施肥の効果が認められる。

(5) 根元直径についても樹高成長と同様の傾向で、耕うん+施肥の効果が認められるようである。

Ⅷ-3. 八乙女試験地における試験結果

ここで実施した試験の内容は、スギ、ヒノキについて耕うん+施肥区と施肥区を対照区とした試験である。

第 55 表 各年度における樹高および直径 (一念坊)

Table 55. Height and diameter in every years.

(mean)

樹種 Species of tree	処 理 区 Treatment	10, 1953		10, 1954		10, 1955		10, 1956		10, 1957		10, 1958		10, 1959	
		樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm												
カラマツ Kara- matsu	施 肥 区 Fertilized	79	1.1	101	1.5	123	1.8	162	2.3	201	3.0	264	3.6	327	4.1
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	93	1.6	148	2.4	189	2.9	237	3.5	280	4.4	347	4.8	397	5.3
スギ Sugi	施 肥 区 Fertilized	61	0.9	72	1.1	93	1.6	114	2.0	142	2.5	174	3.0	211	3.6
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	71	1.2	106	2.0	143	2.9	172	3.4	206	4.4	255	4.8	299	5.4
ヒノキ Hinoki	施 肥 区 Fertilized	71	0.9	90	1.1	117	1.5	149	2.1	189	2.7	226	3.3	263	3.8
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	70	1.1	105	1.6	152	2.4	192	3.2	238	4.0	285	4.7	331	5.5

第 56 表 各年度における耕うんの効果 (一念坊)

Table 56. Effect of cultivation in every years.

樹種 Species of tree	処 理 区 Treatment	1954		1955		1956		1957		1958		1959	
		樹高年間成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio										
カラマツ Kara- matsu	施 肥 区 Fertilized	22	100	22	100	39	100	39	100	63	100	63	100
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	55	250	41	186	48	123	43	110	67	106	50	79
スギ Sugi	施 肥 区 Fertilized	11	100	21	100	21	100	28	100	32	100	37	100
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	35	318	41	195	25	119	34	121	49	153	44	118
ヒノキ Hinoki	施 肥 区 Fertilized	19	100	27	100	32	100	40	100	37	100	37	100
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	35	184	47	174	40	125	46	115	47	127	46	124

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 (佐藤ほか)

a. 関係位置

仙台営林署管内 80 林班ろ小班

b. 立地条件

試験地は一念坊試験地の北東約 600 m くらい離れた地点にあり、南東向き緩斜面の海拔高約 40 m のところに設定した。この付近は一念坊試験地と同じく、開析のすすんだ丘陵台地の凸型斜面が連続している地形であり、地質は第三系の凝灰岩、けつ岩、砂岩の互層からなっている。

試験地に代表的な土壤層断面を設定して形態調査をおこなった。その特徴は第 38 図に示すとおりであり、層断面の記載はつぎのとおりである。

A 層：0~12 cm。灰黄褐色 (10 YR 4/3)。砂壤土、軟。やや還元的。

B_{1g} 層：12~34 cm。暗黄褐色 (2.5 Y 6/6)。砂壤土。弱度に glei 化。鉄の薄い沈殿がある。堅。glass あり。

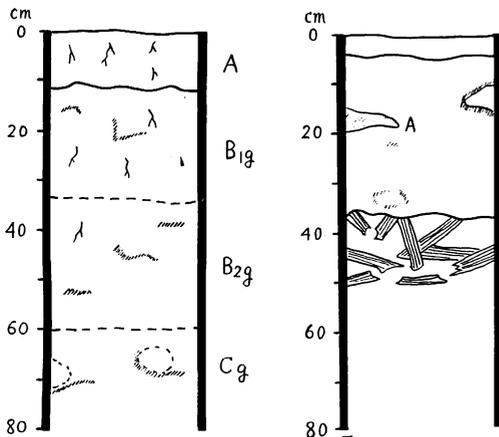
C_g 層：60 cm~。灰黄橙色 (10 YR 6/4)。凝灰岩の風化。鉄の沈殿明りょう。

また、耕うん処理 6 年後における土壤層断面の形態的特徴を同じく第 38 図に示したが、その層断面の記載はつぎのとおりである。

I (B₁) 層：0~3 cm。黄褐色。乾燥によりやや粒状化。壤土、耕うん後に分化した層位である。B₂ 層よりやや濃色。

II (B₂) 層：3~35 cm。B_{1g}、B_{2g} 層の天地返しによってできた層。灰青色の部分が見える。局部的に鉄の沈殿がある。第 II 層の下部には枝や木が埋没しており、この埋木層を地水が流れている。

この試験地の下層は重粘埴質であるため、排水が悪く glei 化しており、A 層にも glei 化の傾向がみられる。このような特徴から偽にグライ (pseudo glei) 土壌と判定した。つぎに、断面の各層から資料を採取して理化学分析をおこなった。その結果を第 59、60 表に示したが、これによると、一念坊試験地土



施肥区
Fertilized

耕うん施肥区
Cultivated and fertilized

第 38 図 八乙女試験地の土壤断面
pseudo glei 土壌

Fig. 38 Soil profile in Yaotome plot.

壤と同様に容積重がきわめて大きく、最小容積量がマイナスの値になっており、全層とも透水性がきわめて不良である。また、炭素、窒素含量も少なく、理化学的性質はきわめて不良な土壌といえよう。

気象観測は第 54 図に仙台气象台における記録を示したが、これによると年平均気温 13.6°C、年降水量約 1,400 mm となっている。

c. 試験の方法

一念坊試験地と同様の処理、方法によって実施した。

d. 試験の結果

各年度における樹種別の樹高および根元直径を示すと第 57 表のとおりである。また、

第 57 表 各年度における樹高および直径 (八乙女)

Table 57. Height and diameter in every years.

(mean)

樹種 Species of tree	処理区 Treatment	10, 1953		10, 1954		10, 1955		10, 1956		10, 1957		10, 1958		10, 1959	
		樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm												
スギ Sugi	施肥区 Fertilized	56	0.9	61	1.0	72	1.3	88	1.6	97	1.9	114	2.2	138	2.9
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	78	1.2	84	1.5	92	1.9	114	2.2	123	2.6	155	3.1	182	3.9
ヒノキ Hinoki	施肥区 Fertilized	72	0.6	84	0.9	109	1.4	137	1.9	170	2.4	204	3.0	262	4.0
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	76	0.7	96	1.1	123	1.6	152	2.2	183	2.8	229	3.6	287	4.5

第 58 表 各年度における耕うんの効果 (八乙女)

Table 58. Effect of cultivation in every years.

樹種 Species of tree	処理区 Treatment	1954		1955		1956		1957		1958		1959	
		樹高年間成長量 Annual height increment cm	比数 Ratio										
スギ Sugi	施肥区 Fertilized	5	100	11	100	16	100	9	100	17	100	24	100
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	6	120	8	73	22	138	9	100	32	188	27	113
ヒノキ Hinoki	施肥区 Fertilized	12	100	25	100	28	100	33	100	34	100	58	100
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	20	167	27	108	29	103	31	93	46	135	58	100

東北地方における主要造林樹種の幼樹時の施肥効果について (佐藤ほか)

第 59 表 耕うんが土壤の理学的性質におよぼす影響 (乙供, 一念坊, 八乙女)

Table 59. Influence of cultivation on physical properties of soil.

試験地 Plot	処理区 Treatment	層位 Horizon	透水性 Water permeability cc/min	容積重 Volume weight %	採取時含水量 Moisture content of fresh soil %	最大含水量 Water holding capacity %	孔げき量 Porosity %	最小容気量 Air capacity %	砂 Sand %	微砂 Silt %	粘土 Clay %	土性 Texture
乙 供 Ottomo	対照区 Control	A ₁	78	48.0	53.9	69.4	73.8	4.4	60	27	13	L
		A ₂	33	54.6	43.8	61.3	76.5	15.2	65	29	6	L
		B ₁	33	52.3	49.7	72.2	79.4	7.2	79	18	3	S L
		B ₂	38	68.1	48.6	65.9	74.4	8.5	69	21	10	S L
	耕うん区 Cultivated	I 上	92	77.9	49.4	66.4	70.7	4.3	68	23	9	S L
		I 下 II	52 62	64.6 46.9	49.0 43.6	67.5 62.6	75.8 80.1	8.3 17.5	67 68	17 24	16 8	S C L S L
一念坊 Ichi-nenbō	施肥区 Fertilized	A	31	110.6	49.0	53.5	55.2	1.7	62	21	17	C L
		B _{1g}	1	165.0	28.1	34.6	33.5	-1.1	61	20	19	C L
		B _{2g} C _{1g}	0	132.2	45.4	49.1	48.2	-0.9	40 38	20 16	40 46	L C H C
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	I (B)	12	128.5	36.6	40.4	49.2	8.8	66	17	17	S C L
		II (A)	12	109.8	51.7	55.7	55.3	-0.4	67	19	14	S L
		C							63	17	20	S C L
八乙女 Yaotome	施肥区 Fertilized	A	1	90.8	72.3	76.3	61.4	-14.9	60	19	21	C L
		B _{1g}	0	152.2	38.9	42.4	42.5	0	47	20	33	L C
		B _{2g}	0	145.0	51.9	59.4	56.2	-3.2	27	18	55	H C
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	I (B ₁)							38	20	42	L C
		II (B ₂)	0	125.2	43.3	47.1	51.1	4.0	52	22	26	L C

第 60 表 耕うんが土壤の化学的性質におよぼす影響 (乙供, 一念坊, 八乙女)

Table 60. Influence of cultivation on chemical properties of soil.

試験地 Plot	処理区 Treatment	層位 Horizon	pH	置換酸度 Exch. acidity y ₁	加水酸度 Hydro. acidity y ₁	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total nitrogen %	炭素率 C : N ratio	置換性石灰 Exchan-geable Ca m.e./100g
乙 供 Ottomo	対 照 区 Control	A ₁	6.1	5.3	61.8	9.6	0.61	16	4.38
		A ₂	6.0	5.3	50.0	6.6	0.39	17	2.23
		B ₁	6.1	1.3	25.0	2.8	0.24	12	1.99
		B ₂	6.2	1.3	17.1	0.9	0.10	9	3.33
	耕うん区 Cultivated	I 上	6.2	1.3	11.8	1.8	0.18	10	4.21
		I 下 II	5.6 5.8	4.0 4.0	30.3 40.8	1.5 5.1	0.13 0.02	11 255	3.55 2.42
一念坊 Ichi-nenbō	施 肥 区 Fertilized	A	5.6	2.6	26.3	3.7	0.20	19	5.60
		B _{1g}	4.9	21.1	29.0	0.4	0.03	12	3.94
		B _{2g}	4.7	31.6	39.5	0.5	0.02	24	7.72
		C _{1g}	4.8	34.2	52.6	0.4	0.05	9	11.88
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	I	5.2	7.9	19.7	0.5	0.04	12	7.79
		II C	5.7 6.0	5.3 6.6	19.7 15.8	1.5 0.3	0.08 0.03	19 9	2.57 7.78
八乙女 Yaotome	施 肥 区 Fertilized	A	5.4	14.5	36.8	3.0	0.12	25	2.92
		B _{1g}	5.3	30.3	35.5	0.6	0.04	15	5.82
		B _{2g}	5.5	55.3	60.5	0.7	0.06	11	7.35
	耕うん施肥区 Cultivated and fertilized	I	5.4	36.8	46.1	1.0	0.09	12	6.65
		II	5.6	22.4	30.3	0.6	0.06	10	4.41

樹高年間成長量およびその比数を示すと第 58 表のとおりである。設定時はつごうにより試験木の測定はできなかったが、ほぼ均一な苗木を植栽したので各樹種とも処理間に大きな差がないものとみなすことができるならば、以上の調査結果からつぎのような傾向がみられるようである。

(1) 処理 2 年後における両処理区の樹高年間成長量を樹種別に対比してみると、ヒノキでは耕うん施肥区の方が大きくその効果が認められるが、スギでは両処理区の間には差がみられず、その効果は認められないようである。

(2) 処理 3 年後の樹高年間成長量についてみると、両樹種とも処理間に差がみられず、耕うん＋施肥の効果は認められない。4 年目以降についてみても、6 年目に両樹種の耕うん施肥区の方が施肥区に比べて大きい傾向にあるが、その他の年度においては差がみられず、耕うん＋施肥の効果は処理 2～3 年目以降には認められないようである。

(3) 樹種別に両処理区の樹高を対比してみると、スギ、ヒノキともいずれの年度においても耕うん施肥区の方が大きい傾向にあるが、処理間の樹高差の最も大きい 7 年後についてみても、スギでは約 40 cm、ヒノキでは約 20 cm であまり大きな差がみられず、耕うん＋施肥の効果は樹高成長にそれほど大きく認められないようである。また、処理区間の樹高差は年数が経過してもそれほど大きくなる傾向は認められず、処理の初期において樹高年間成長量にあらわれた差をそのまま維持している状態である。

(4) 根元直径について処理間を比較してみると、スギの場合は耕うん施肥区の方が太く、処理区間の差は年数が経過するにしたがって大きくなり、耕うん併用の効果が認められるが、ヒノキの場合は処理区間の差が小さく効果は認められないようである。

VIII-4. 考 察

これまで述べたように、耕うんおよび耕うん施肥の効果は対象樹種や試験地によって異なっているが、全般的には認められるようである。このような効果をもたらす要因について土壌の面から検討してみよう。

第 59, 60 表に、各試験地の耕うん処理 7 年後および対照区土壌の理化学的性質を示したが、これらの表からまず理学的性質を比較してみると、耕うんによって最小容気量、透水性が良好になっているが、とくに透水性に特徴が認められる。つぎに、化学的性質について乙供試験地の場合を比較してみると、天地返しによって下層土が上部になったため表層の炭素含量は少なくなっているが、置換性石灰含量が増加している。このように、耕うん処理による土壌理学的性の改良や土壌養分の有効化は根系の発達を促進し（写真 3, 第 53 表参照）、活発な養分吸収によって林木の生育をうながすものといえる。しかし、耕うんおよび耕うん＋施肥の効果のあらわれかたは各試験地によって異なっており、乙供試験地 > 一念坊試験地 > 八乙女試験地の順に小さくなっているため、さらにこのことについて検討してみよう。

各試験地の対照区（一念坊、八乙女試験地の場合は施肥区）の土壌について、理学的性質を比較してみると第 59 表のとおりであるが、一念坊および八乙女試験地では最小容気量がマイナスの値を示しており、土壌層断面に懸垂グライがあらわれていることからみても、これは粘土分が多いばかりでなく粘土そのものの膨潤度が大きいこと、排水が不良となっていることを示しているものと考えられる。とくに、八乙女試験地の土壌は他の 2 試験地の土壌に比べて、排水不良の程度が大きいものとみなすことができる。このように保水力の大きい粘土が多い土壌では、機械的に天地返しをおこなってももとの状態にもどりやすいため、八乙女試験地における耕うん処理 6 年後の分析結果をみてもわかるように（第 59 表参照）、

改良の効果は土壤理化学性の面にみられない。このことは、成長面にあらわれた効果が初期だけに終わっていることから、うかがうことができる。

以上のように耕うんおよび耕うん施肥の効果は、主として土壤の理化学性改良のいかんにかかわるが、天地返しのような処理方法では下層土の粘土分が大きく影響しており、膨潤度の大きい粘土分が多い土壤ほど改良の効果はあらわれにくい結果となっている。

IX 施肥の土壤におよぼす影響¹⁴⁾¹⁵⁾

Ⅶ章において述べたように、スギの施肥試験地においては、施肥効果が認められなくなってからふたたび無施肥区の成長をうわまわる傾向がみられ、とくに、A型の肥効を示す比較的貧養な土壤において顕著にあらわれる傾向がみられた。このことについて土壤の面から検討してみよう。

第61表にスギを対象とした各試験地の設定時におけるA層土壤（地表から10cm以内）と、5～7年経過後における無施肥および施肥区（@固型肥料2号を1本あたり16～20個施肥）のA層土壤（地表から10cm以内）の化学的性質を示した。この表から、設定時と年数経過後における無施肥区の土壤性質を比較してみると、B、C型の肥効を示す土壤では年数経過後の方が好転しているが、A型の肥効を示す土壤ではむしろ悪化している傾向がみられた。また、施肥区と無施肥区を比較してみると、C型の肥効を示す土壤では各性質に顕著な差がみられず、施肥の土壤におよぼす影響は認められなかったが、A、B型の肥効を示す土壤では施肥区の方が良好な性質を示しており、とくに、石灰、マグネシウム飽和度に顕著な差がみられ、施肥の土壤性質におよぼす影響が認められた。このような年数経過や施肥による土壤の変化は、いかなる原因によるものであろうか、まず、年数経過による土壤性質の変化過程について考察してみよう。

試験地設定当時は裸地状態にあったため、A₀層を含めた表層の有機物は分解方向にすすんでおり、腐植の消耗にともない土壤が悪化の過程をたどっているものと解釈され、しかも、その速度はC型の肥効を示すような肥よくな土壤では速く、B型からA型の肥効を示す土壤の順におそいものと推定される。従来天然林皆伐による土壤変化の研究は、四手井・堤ら¹⁷⁾が高野山国有林においておこなった研究があり、皆伐後有機物の分解が促進され、A₀層、第1層にあらわれることをあきらかにしている。また筆者らの1人山谷²⁰⁾が、津軽地方のB_D、B_B、P_DⅡ各土壤におけるヒバ天然生林皆伐にともなう土壤変化の研究をおこなったが、それによると、落葉分解にともなう土壤腐植の消耗が土壤変化に関与しており、落葉分解の速度はB_D>B_B>P_DⅡ土壤の順に大きいため、土壤条件が有利で落葉の堆積が少ない土壤ほど早く悪化の過程にはいるが、この種の土壤には地床植生の繁茂が旺盛であることから、地力の回復はもっとも早くなることを述べている。このようなことは、これらの試験地の土壤においても説明できるものと思う。

試験地が裸地状態から、林木や地床植物によって地表が被覆されるようになると、腐植の分解速度がおとろえ、一方毎年下刈りや雑草の自然枯死などによって有機物が供給されているから、A層の腐植含量がしだいに多くなり、腐植の形態も安定して土壤の諸性質が回復の方向に向かうものと考えられる。この回復する速度は、地床植物による地表被覆の程度、有機物の供給量によって支配されるが、土壤条件が有利なほど地床植物の繁茂が旺盛であるから、C型の肥効を示す土壤が最も早く、B型、A型の肥効を示す土壤の順におそいものと考えられる。第61表にみられるように、最も土壤条件の有利なC型の肥効を示す土壤では、5年経過後すでに化学的性質が回復状態を示しているが、最も土壤条件の不利なA型の肥効を

第 61 表 施肥が土壤の化学的性質におよぼす影響 (早口, 能代, 五城目)

Table 61. Influence of fertilization on chemical properties of soil.

(* 1959 年春, 20 個追肥)

肥効型 Type of response to fertilization	試験地 Plot 土壤型 Type of soil	経過年数 Lapse of year	処理区 Treatment	pH	置換酸度 Exch. acidity %	全炭素 Total carbon %	全窒素 Total nitrogen %	炭素率 C : N ratio	置換容量 Base exchange capacity m.e./100g	置換性塩基 Exchangeable base		石灰, マグネシウム 飽和度 Degree of Ca, Mg saturation %
										Ca	Mg	
										g.m.e./100g	g.m.e./100g	
A-type	Hayaguchi No. 3 Bd (d)	0	開始時 Starting	5.1	24.2	6.2	0.39	15.1	23.1	1.43	0.41	7.97
		7	無施肥区 Unfertilized	4.7	45.7	4.5	0.37	12.2	24.2	0.66	0.17	3.43
		7	16個施肥区 Fertilized	5.0	21.6	8.4	0.48	17.5	32.3	2.80	1.87	14.45
	Hayaguchi No. 2 Bd	0	開始時 Starting	5.0	7.8	7.6	0.37	20.5	38.3	1.42	0.51	6.58
		7	無施肥区 Unfertilized	5.0	19.6	4.2	0.31	13.5	26.1	1.09	1.23	6.06
		7	16個施肥区 Fertilized	5.0	18.1	4.9	0.34	14.4	32.3	2.28	1.04	10.28
B-type	Noshiro Bd	0	開始時 Starting	4.9	25.1	6.4	0.30	21.3	24.95	7.89	4.86	51.10
		6	無施肥区 Unfertilized	4.6	33.1	6.6	0.73	9.0	30.15	9.06	5.96	49.81
		6	*20個施肥区 Fertilized	4.6	9.0	7.3	0.85	8.6	33.65	16.46	7.48	71.14
	Hayaguchi No. 1 BE- (B/D-E)	0	開始時 Starting	6.0	3.0	8.9	0.52	17.1	32.5	2.49	0.94	13.63
		7	無施肥区 Unfertilized	5.2	9.5	14.2	0.90	15.8	40.4	2.86	1.02	9.60
		7	16個施肥区 Fertilized	5.3	5.5	17.2	1.19	14.5	53.1	9.48	3.15	23.78
C-type	Gojōnome No. 2 Bd (Flood plain)	0	開始時 Starting	5.3	3.0	9.0	0.82	11.0	62.26	19.48	13.80	53.45
		5	無施肥区 Unfertilized	5.2	2.5	8.9	0.80	11.1	58.39	21.89	9.70	53.29
		5	20個施肥区 Fertilized	5.1	1.4	8.6	0.78	11.0	59.19	22.36	9.22	53.18
	Gojōnome No. 1 Bd (Flood plain)	0	開始時 Starting	5.5	3.5	7.7	0.61	12.6	51.22	18.86	12.72	61.65
		5	無施肥区 Unfertilized	5.2	1.1	8.8	0.66	13.3	47.73	21.28	11.02	67.67
		5	20個施肥区 Fertilized	5.3	0.5	9.0	0.72	12.5	48.92	21.07	11.39	66.35

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 (佐藤まか)

示す土壌では、7年経過後において、なお設定当時より悪い状態を示していることからもうかがわれる。さらに、施肥することによって地床植物の繁茂がより旺盛になるから、無施肥の状態より回復の時期が早いものと考えられる。

つぎに、林地施肥における施肥と下草の関係を知るため、東北支場構内の採草地において実施したスギ肥培モデル試験から、施肥（粒状肥料1号をスギ1本あたり150g植栽と同時に施肥）2年後における年間の下草乾物重量を求めてみると、10aあたり無施肥区の338kgにたいし施肥区は622kgで約2倍近い収量が得られた。このように施肥2年後においても、なお、施肥区の下草収量がいちじるしく増加しており、このことは草丈や色調からも観察できた。また、施肥区と無施肥区の下草収量の差に含まれる養分含有量を、下草が吸収した肥料養分とみなすとすれば、相当多量の肥料養分が下草に吸収されているものと推定される。このようなことは林地においても考えられることであるが、下草に吸収された養分は下刈りによって林地にふたたび還元されるから、むしろ下草の存在は肥料の流亡や土壌による固定を防ぐことになり、養分循環が良好になるように考えられる。そして養分循環がくりかえされることによって、当然土壌の化学的性質にも影響するものと考えられる。下草による養分循環については、塘²⁵⁾もアカマツ肥培林において施与した窒素やカリの2～3割は下草に吸収されることを推算し、これによる養分循環を述べている。以上のようなことから、A型のような肥効を示す貧養な土壌では、わずかの養分還元によってもA層土壌の化学的性質に大きく影響があらわれるが、C型のような肥効を示す肥よくな土壌では、養分還元による影響はそれほど化学的性質に大きくあらわれないものと思う。

このような施肥の土壌におよぼす影響から、幼齢時における林地施肥を考えると、施肥した肥料養分が林木に吸収されて成長増加をもたらす、いわゆる施肥の直接的効果のほかに、地床植物を媒体とした土壌性質の改善、それにともなる効果、いわゆる間接的効果²⁵⁾が考えられる。つまり、施肥→成長→土壌→成長の循環系における直接効果や間接効果が、あられやすい土壌条件とあられにくい土壌条件があるが、この両効果が連鎖的に作用する場合は施肥効果が大きくあらわれるものと考えられる。

X 重量成長および養分含有量におよぼす施肥の影響

これまで施肥効果を樹高や直径成長によってあらわしてきた。これは材積であらわすことのできない幼齢木において、幹部位の成長をあらわす一つの目安として一般的におこなわれている方法であるが、見かけ上の成長をあらわしているにすぎない。これを正確にあらわすとすれば乾物重量で比較する方がよいものと考えられる。さらに、生理的な面から考えると、幼齢木では将来材積成長に移行する前段階として、むしろ幹部位より枝や葉部位の成長がより旺盛であると考えられるから、これらの部位にたいする施肥の効果も無視できない。このような観点から、施肥の各部位の乾物重量および無機養分におよぼす影響について調査をおこなった。

調査方法は、各処理区の樹高、根元直径を測定して、平均値に相当する木を2～5本標準木として選定した。標準木は全部伐採し、各個体ごとに葉、枝、幹の各部位別に分別し、根部位は可能なかぎり細根まで掘り取り、現地でそれぞれの生重量を測定した。また、各樹体の部位別に採取した資料をビニール袋に密封して実験室に持ち帰り、ただちに送風乾燥器で乾燥し、さらに含水率を求めて平均単木あたりの絶乾重量として算出した。無機養分の分析方法はIV-2で述べたので、ここでは省略する。

X-1. 樹体各部位の乾物重量

a. カラマツについて

好摩試験地の林齢2年生（1957年秋伐採）および赤川山試験地の林齢7年生（1961年8月伐採）のカラマツ標準木について、単木あたりの樹体各部位別乾物重量を求めてみると第62表のとおりである。この表にみられるように、両試験地とも樹高比数（無施肥区の樹高を100として各施肥区のそれを比較した値、以下樹高比数とする）より地上部の乾物重量比数（無施肥区の地上部乾物重量を100として各施肥区のそれを比較した値、以下地上部乾物重量比数とする）の方がいずれも大きく、施肥の効果は樹高成長より重量成長の面に大きくあらわれる傾向にある。また、樹高成長にあらわれる施肥効果と、幹部位の重量成長にあらわれる施肥効果を比較してみると、好摩試験地および赤川山試験地の1,000本植栽の場合は差が認められないが、3,000本と5,000本植栽の場合は重量成長の面に効果が大きくあらわれている。

つぎに、樹体各部位にあらわれる施肥効果をみると、好摩試験地の場合は枝や葉の部位に、赤川山試験地の1,000本植栽の場合は根の部位に、3,000本植栽の場合は枝や葉の部位に、そして、5,000本植栽の場合は枝と幹の部位にそれぞれ最も大きくあらわれているが、各施肥区とも幹部位にはそれほど効果が認められないようである。

第62表 好摩および赤川山試験地におけるカラマツ標準木各部位の乾物重量
Table 62. Dry weight in each part of Karamatsu in Kōma and Akakawayama.

(g per tree)										
試験地 Plot	処理区 Treatment	樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	地上部 Top	根 Root	全体 Whole tree	
好摩 Kōma	無施肥区 Unfertilized	135 (100)	2.2*	87 (100)	64 (100)	68 (100)	219 (100)	73 (100)	292 (100)	
	施肥区 Fertilized	160 (118)	2.3*	120 (138)	90 (141)	75 (110)	285 (130)	87 (119)	372 (127)	
赤川山 Akaka- wayama	1,000本	無施肥区 Unfertilized	500 (100)	5.6	2090 (100)	3610 (100)	3460 (100)	9160 (100)	2300 (100)	11460 (100)
		施肥区 Fertilized	505 (101)	5.7	2030 (97)	4030 (112)	3500 (101)	9560 (104)	2830 (123)	12390 (108)
	3,000本	無施肥区 Unfertilized	525 (100)	5.9	1170 (100)	2400 (100)	3260 (100)	6830 (100)	2010 (100)	8840 (100)
		施肥区 Fertilized	580 (110)	6.5	2020 (173)	3630 (151)	4660 (143)	10310 (150)	2190 (109)	12500 (141)
	5,000本	無施肥区 Unfertilized	520 (100)	5.2	1050 (100)	2070 (100)	3210 (100)	6330 (100)	1820 (100)	8150 (100)
		施肥区 Fertilized	580 (112)	5.9	790 (75)	3030 (146)	4000 (125)	7820 (124)	1510 (83)	9330 (114)

* 胸高直径 Diameter at breast.

b. アカマツについて²⁸⁾

乙供試験地の林齢7年生（1959年秋伐採）および好摩実験林において1952年から実施したアカマツ更新の方法と施肥効果試験地¹⁰⁾（以下好摩試験地IIとする）のうち、第63表に示した処理区の樹齢9年生の標準木について、単木あたりの樹体各部位別乾物重量を求めてみると第64表のとおりである。

乙供試験地について樹高比数と地上部重量比数を比較してみると、いずれの処理区も地上部乾物重量比数の方が大きく、処理の効果は樹高成長より重量成長の面に大きくあらわれる傾向にある。処理別に地上

第 63 表 好摩試験地 II における処理内容

処 理 区		内 容 説 明
人 工 下 種	無 施 肥 区	1 ha あたり 576 個所, 1 個所に 25~30 粒まきつけ。
	施 肥 区	上記と同様にまきつけ。 1 個所あたり N 8g, P ₂ O ₅ 6g, K ₂ O 4g 施肥。
1 年 生 苗 単 植	無 施 肥 区	1 ha あたり 576 本植えつけ。
	施 肥 区	上記と同様に植えつけたものに同様施肥。
1 年 生 苗 複 植	無 施 肥 区	1 ha あたり 576 個所, 1 個所に 5 本あて植えつけ。
	施 肥 区	上記と同様に植えつけたものに同様施肥。
2 年 生 苗 単 植	無 施 肥 区	1 ha あたり 576 本植えつけ。
	施 肥 区	上記と同様に植えつけたものに同様施肥。

第 64 表 乙供および好摩試験地 II におけるアカマツ標準木各部位の乾物重量

Table 64. Dry weight in each part of Akamatsu in Ottomo and Kōma plot II.

(kg per tree)

試験地 Plot	処 理 区 Treatment	樹 高 Height cm	胸高直径 Diameter at breast cm	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	地上部 Top	根 Root	全体 Whole tree	
乙 供 Ottomo	対 照 区 Control	179 (100)	5.3*	0.29 (100)	0.20 (100)	0.55 (100)	1.04 (100)	0.24 (100)	1.28 (100)	
	施 肥 区 Fertilized	194 (108)	5.6*	0.47 (162)	0.50 (250)	0.61 (111)	1.58 (152)	0.43 (179)	2.01 (157)	
	耕 う ん 区 Cultivated	190 (106)	5.5*	0.33 (114)	0.34 (170)	0.36 (65)	1.03 (99)	0.33 (138)	1.36 (106)	
	耕 う ん 施 肥 区 Cultivated and fertilized	276 (154)	6.3*	0.68 (234)	0.69 (345)	1.05 (191)	2.42 (233)	0.57 (238)	2.99 (234)	
好 摩 II Kōma II	人工下種 Direct seeding	無 施 肥 区 Unfertilized	452 (100)	3.7	0.7 (100)	1.4 (100)	1.3 (100)	3.4 (100)	0.5 (100)	3.9 (100)
		施 肥 区 Fertilized	517 (114)	4.2	0.7 (100)	0.8 (57)	1.9 (146)	3.4 (100)	0.5 (100)	3.9 (100)
	1年生苗単植 Single planting (1-0 seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	406 (100)	4.6	1.5 (100)	2.0 (100)	1.8 (100)	5.3 (100)	0.9 (100)	6.2 (100)
		施 肥 区 Fertilized	420 (103)	4.9	2.7 (180)	3.2 (160)	2.7 (150)	8.6 (162)	1.1 (122)	9.7 (156)
	1年生苗複植 Plural planting (1-0 seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	400 (100)	3.2	0.5 (100)	0.5 (100)	0.9 (100)	1.9 (100)	0.2 (100)	2.1 (100)
		施 肥 区 Fertilized	473 (118)	3.7	0.5 (100)	0.5 (100)	1.3 (144)	2.3 (121)	0.3 (150)	2.6 (123)
	2年生苗単植 Single planting (1-1 seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	378 (100)	4.2	1.5 (100)	1.8 (100)	1.5 (100)	4.8 (100)	0.7 (100)	5.5 (100)
		施 肥 区 Fertilized	402 (106)	4.9	2.4 (160)	1.9 (106)	2.3 (53)	6.6 (138)	0.9 (129)	7.5 (136)

* 根元直径 Basal diameter.

部の乾物重量にあらわれる施肥効果をみると、樹高の最も高い耕うん施肥区に最も大きくあらわれており、施肥区、耕うん区の順に小さくなっている。各部位にあらわれる効果をみると、いずれの処理区も枝の部位に最も大きく、葉と根の部位はほとんど等しくして枝について大きい。幹部位にあらわれる効果は他の部位に比べて一段と小さくなっている。

好摩試験地Ⅱについて樹高比数と地上部乾物重量比数を比較してみると、人工下種では樹高比数の方がわずかに大きい傾向がみられたが、その他の植栽方法では、いずれも地上部乾物重量比数の方が大きく、施肥の効果は重量成長の面に大きくあらわれている。植栽密度別に地上部の乾物重量を比較してみると、単植のように粗植の場合は、人工下種や複植のように密植の場合より大きくあらわれる傾向にあり、また、各部位にあらわれる施肥効果をみると、密植の場合は幹の部位に、粗植の場合は葉部位に最も大きくあらわれる傾向が認められるようである。

c. スギについて¹⁴⁾

向町試験地の林齢1年生（施肥当年度）と4年生（施肥4年後）および早口1, 2, 3号各試験地の林齢5年生（施肥5年後）の標準木について、単木あたりの樹体各部位別乾物重量を求めると第65表のとおりである。この表にみられるように、各施肥区とも樹高比数より地上部乾物重量比数の方が大きく、施肥の効果は樹高成長より重量成長の面に大きくあらわれる傾向にある。また、幹部位にあらわれる施肥効果も樹高成長より大きい傾向にある。施肥量と地上部や幹部位にあらわれる施肥効果の関係をみると、いずれの試験地においても施肥量が多いほど大きい傾向にある。つぎに各部位にあらわれる施肥効果をみると、林齢1年生の向町試験地にみられるように、林齢が小さい場合は葉部位に最も大きくあらわれているが、林齢4年生の向町試験地や林齢5年生の早口各試験地にみられるように、年数が経過するにしたがって葉部位にあらわれる施肥効果はしだいに小さくなり、むしろ枝や幹の部位に大きくあらわれる傾向がみられる。

d. 単位面積あたりの乾物生産量について赤川山試験地における林齢7年生のカラマツについて、単木あたりの乾物重量を第62表に示したが、これを基に断面積合計の配分比率によって、haあたりの推定乾物生産量を求めてみると第66表のとおりである。この表にみられるように、地上部の乾物生産量は約10~40 ton くらいである。処理別に地上部の乾物生産量を比較してみると、1,000本植栽区では処理間に差がみられないが、その他の植栽区では施肥区の方が大きくなっている。また、植栽密度別には本数が多いほど大きく、単木重量とは逆になっている。つぎに、幹部位の生産量をみると3.6~20.5 ton となっており、地上部の生産量と同様1,000本植栽区では処理間に差がみられないが、その他の植栽区では施肥区の方が大きくなっている。植栽密度別にみると、本数が多いほど大きくなっている。このように、一定面積の乾物生産量では本数の影響が大きく、林分として材の生産量を考えるならば植栽本数が多いほど有利といえよう。しかしながら、樹高や直径からみた材の形質や、また、5,000本植栽区のようにすでに被圧木もみられるほど林分が閉鎖状態に達していることから考えると、植栽密度と施肥の効果は生産される幹材部の絶対量や利用すべき材の形質など、将来の目的によって林分の取りあつかい方と関係づけて考える必要があり、今後の研究課題であろう。

つぎにアカマツについて述べてみよう。好摩試験地Ⅱにおける樹齢9年生アカマツの単木あたりの乾物重量を第63表に示したが、これを基に断面積合計の配分比率によって、haあたりの推定乾物生産量を求めてみると、第67表のとおりである。この表から地上部の生産量をみると、約29~100 ton でかな

第 65 表 向町および早口各試験地における林齢別にみたスギ標準木各部位の乾物重量

Table 65. Dry weight in each part of Sugi at various ages in Mukaimachi and Hayaguchi No. 1, 2, 3. (g. per tree)

試験地 Plot	林齢 Stand age	処 理 区 Treatment	樹高 Height cm	根元直径 Basal diameter cm	胸高直径 Diameter at breast cm	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	地上部 Top	根 Root	全体 Whole tree	
向 町 Mukai-machi	1 年	無 施 肥 区 Unfertilized	63 (100)	1.2		36.0 (100)	11.5 (100)	21.0 (100)	68.5 (100)	21.0 (100)	89.5 (100)	
		5 個 施 肥 区 Fertilized	73 (116)	1.3		51.9 (144)	20.5 (178)	26.0 (124)	98.4 (144)	24.0 (114)	122.4 (137)	
		10 個 施 肥 区 Fertilized	81 (129)	1.4		68.2 (189)	21.0 (183)	35.0 (167)	124.2 (181)	35.0 (167)	159.2 (178)	
		20 個 施 肥 区 Fertilized	89 (141)	1.5		86.4 (240)	24.0 (209)	42.0 (200)	152.4 (222)	38.0 (181)	190.4 (213)	
	4 年	無 施 肥 区 Unfertilized	220 (100)		1.9	565 (100)	173 (100)	426 (100)	1164 (100)	396 (100)	1560 (100)	
		5 個 施 肥 区 Fertilized	230 (107)		2.4	884 (156)	348 (201)	848 (199)	2080 (179)	629 (159)	2709 (174)	
		10 個 施 肥 区 Fertilized	260 (118)		2.7	982 (174)	367 (212)	946 (222)	2295 (197)	724 (183)	3014 (194)	
		20 個 施 肥 区 Fertilized	285 (130)		3.0	1185 (210)	457 (264)	1150 (270)	2792 (240)	664 (168)	3456 (222)	
	早 口 1 号地 Haya- guchi No. 1	5 年	無 施 肥 区 Unfertilized	220 (100)	5.0	1.5	688 (100)	272 (100)	563 (100)	1523 (100)	305 (100)	1828 (100)
			8 個 施 肥 区 Fertilized	225 (105)	5.0	1.8	714 (104)	328 (120)	683 (121)	1725 (113)	385 (126)	2110 (115)
			16 個 施 肥 区 Fertilized	245 (113)	5.5	2.0	953 (138)	525 (193)	835 (148)	2313 (152)	436 (142)	2749 (150)
	早 口 2 号地 Haya- guchi No. 2	5 年	無 施 肥 区 Unfertilized	180 (100)	5.0	1.0	488 (100)	260 (100)	319 (100)	1067 (100)	354 (100)	1421 (100)
8 個 施 肥 区 Fertilized			245 (136)	6.2	2.0	962 (197)	550 (212)	876 (274)	2388 (224)	659 (186)	3047 (214)	
16 個 施 肥 区 Fertilized			245 (136)	6.0	2.0	938 (192)	514 (197)	863 (270)	2315 (217)	520 (147)	2835 (200)	
早 口 3 号地 Haya- guchi No. 3	5 年	無 施 肥 区 Unfertilized	190 (100)	4.7	1.0	393 (100)	214 (100)	371 (100)	978 (100)	380 (100)	1358 (100)	
		8 個 施 肥 区 Fertilized	220 (115)	6.0	1.8	848 (215)	480 (224)	678 (183)	2006 (205)	479 (126)	2485 (182)	
		16 個 施 肥 区 Fertilized	220 (115)	6.0	1.8	785 (199)	462 (161)	714 (192)	1961 (201)	615 (161)	2576 (189)	

りの差がみられる。これを植栽密度別にみると、人工下種や複植のように植栽本数が多い方が、単植のように植栽本数が少ない場合より生産量ははるかに多い。施肥区と無施肥区を比較してみると、各植栽区とも施肥区の方が多くなっている。つぎに幹部位の生産量についてみると、地上部の生産量と同様の傾向が認められるように、林分としての地上部や幹部位の生産量を考えるならば植栽密度を増加するほど多く、さらに施肥することによってより増加することができる。しかし、将来幹材部の形質を目的とすべきか、絶対量の増加を目的とすべきかによって、植栽密度、施肥、林分の取りあつかい方の関係を検討する必要がある。

つぎに人工下種区や複植区では、高さ 2 m くらいまで着葉が認められず、枝も枯死または枯死状態を呈

第 66 表 ha あたりの乾物生産量におよぼす施肥および本数密度の影響
(赤川山試験地における林齢 7 年生カラマツ)

Table 66. Influence of fertilization and stand density on dry matter per ha (7 year-old Karamatsu in Akakawayama).

(ton per ha)

本数密度 Stand density number/ha	処 理 区 Treatment	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	地上部 Top	根 Root	全 体 Whole tree
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	2.3	3.9	3.7	9.9	2.5	12.4
	施肥区 Fertilized	2.1	4.1	3.6	9.8	2.9	12.7
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	3.6	7.4	10.1	21.1	6.2	27.3
	施肥区 Fertilized	7.3	9.8	14.1	31.2	6.6	37.8
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	5.6	11.0	15.5	32.1	11.3	43.4
	施肥区 Fertilized	4.1	15.6	20.5	40.2	7.8	48.0

しているので閉鎖林分と考えられるから、これらの植栽区について葉の現存量と幹部位の年平均乾物生産量との相対成長を求め、これを葉の幹部位生産効率として施肥の影響をみると第 67 表のとおりである。これによると、両植栽区の無施肥区とも、ha あたりの葉量 1 ton が生産する幹部位の年平均乾物重量は

第 67 表 ha あたりの乾物生産量および葉の生産効率におよぼす施肥の影響
(好摩試験地IIにおける林齢 8 年生アカマツ)

Table 67. Influence of fertilization on both dry matter per ha and productive efficiency of needle (8-year-old Akamatsu in Kōma plot II).

(ton per ha)

処 理 区 Treatment	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	地上部 Top	根 Root	全 体 Whole tree	S/N*	
人工下種 Direct seeding	無施肥区 Unfertilized	19.1	38.2	35.4	92.7	13.7	106.3	0.23
	施肥区 Fertilized	20.6	23.6	55.9	100.1	14.7	114.8	0.34
1 年生苗複植 Plural planting (1-0 seedling)	無施肥区 Unfertilized	14.2	14.2	25.6	54.0	5.7	59.7	0.23
	施肥区 Fertilized	13.7	13.7	35.7	63.1	8.2	71.3	0.32
1 年生苗単植 Single planting (1-0 seedling)	無施肥区 Unfertilized	7.7	11.1	10.0	28.8	5.0	33.8	
	施肥区 Fertilized	14.7	17.4	14.7	46.8	6.0	52.8	
2 年生苗単植 Single planting (1-1 seedling)	無施肥区 Unfertilized	9.9	11.9	9.9	31.7	4.6	36.3	
	施肥区 Fertilized	19.7	15.6	18.8	54.1	7.4	61.5	

* 幹部位の年平均乾物生産量 (S)/ 葉の現存量 (N)
Annual mean dry matter product of stem (S)/ Needle dry matter (N).

0.23 ton であり、これにたいし、施肥区は 0.32~0.34 ton と推定される。このように施肥することによって、葉の幹部位生産効率が增加する傾向がみられる。

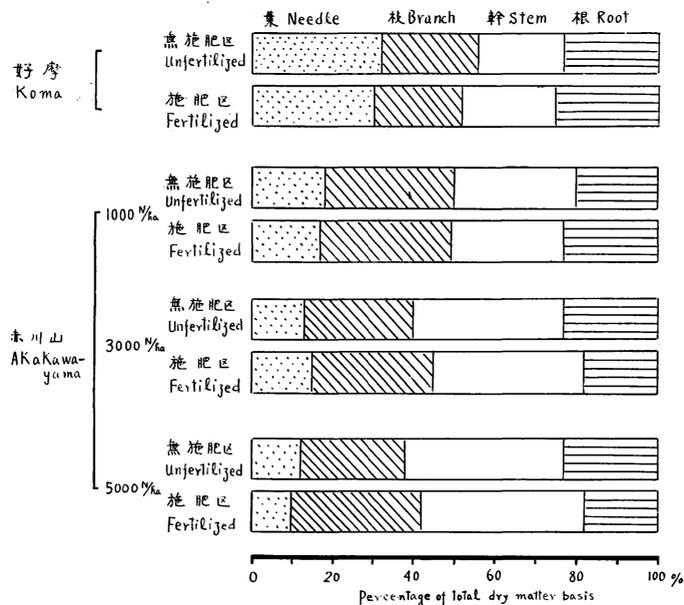
X-2. 樹体各部位の乾物重量配分割合

a. カラマツについて

前項 X-1 において調査した標準木の乾物重量を基に、各部位の乾物重量配分割合を求めてみると第 39 図に示すとおりである。これによると、林齢 2 年生の場合は施肥区、無施肥とも葉部位の配分割合は全体の約 30% で最も大きく、その他の部位は 20~25% でほとんど等しい配分となっている。林齢 7 年生の赤川山試験地の場合は、各本数の施肥区、無施肥区とも幹部位の配分割合が 28~40% で最も大きく、枝の部位は 27~32% でこれについて大きい。そして葉部位はこれらの部位より小さい傾向がみられる。植栽密度と各部位の配分割合をみると、植栽密度が増すと葉部位の配分割合が小さくなり、反対に幹部位の配分割合が大きくなる傾向にある。しかし、枝と根の部位はそれほど植栽密度とは関係がみられないようである。つぎに施肥区と無施肥区の配分割合を比較してみると、好摩試験地では枝の部位、赤川山試験地の 1,000 本植栽の場合は根の部位、3,000 本植栽の場合は葉と枝の部位、そして 5,000 本植栽の場合は枝の部位がそれぞれ施肥区の方が大きい傾向にある。

b. アカマツについて

前項 X-1 において調査した標準木の乾物重量を基に、各部位の乾物重量配分割合を求めてみると第 40 図に示すとおりである。乙供試験地についてみると²⁸⁾、各処理区とも葉部位の配分割合は 24% でまったく等しいが、枝の部位は処理区の方が大きく、反対に幹部位は対照区の方が大きい配分割合となっている。好摩試験地 II についてみると、人工下種と複植の施肥区、無施肥区では、幹部位の配分割合が他の部位に比べて大きい傾向がみられたが、1 年生および 2 年生単植の場合は、施肥区、無施肥区とも葉、枝、

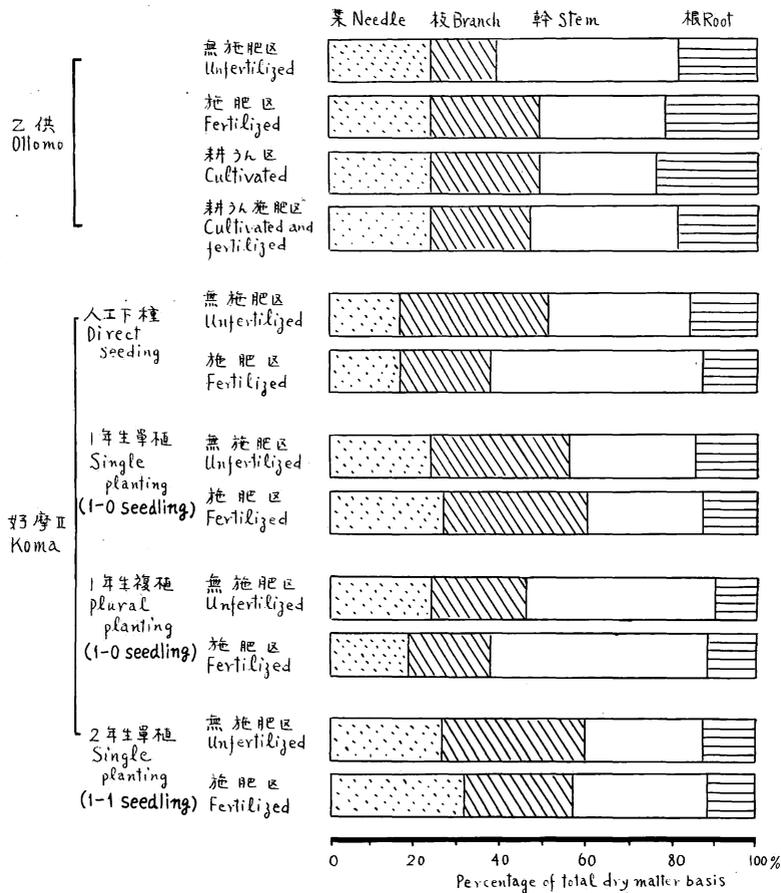


第 39 図 好摩および赤川山試験地におけるカラマツ標準木各部位の乾物重量配分割合
Fig. 39 Dry matter distribution on each part of Karamatsu in Kōma and Akakawayama.

幹各部位の配分割合はほぼ等しい傾向にある。また、根部位の配分割合は、植栽方法や処理とは関係なく一様で 10~15% 程度を占めており、他の部位に比べて最も小さい。施肥区と無施肥区を比較してみると、人工下種と複植では幹部位が、1年生および2年生単植では葉部位が、それぞれ施肥区の方が大きい傾向にある。

c. スギについて¹⁴⁾

前項 X-1 において調査した標準木の乾物重量をもとに、各部位の乾物重量配分割合を求めてみると第 41 図に示すとおりである。これによると、各試験地の施肥区、無施肥区とも葉部位の配分割合が最も大きく、葉>幹>根>枝の順に小さくなっている。さらに林齢別に葉部位の配分割合をみると、林齢1年生の場合は全体の約 40% 以上を占めており、幹部位の配分割合は約 20% でその差は比較的大きいが、林齢 4, 5 年生の場合は葉部位の割合が約 35% で小さくなり、反対に幹部位の配分割合は 25~30% で大きくなり、したがって両部位の差は小さくなる傾向がみられる。施肥区と無施肥区を比較してみると、早口の各試験地ではいずれの部位においても処理間に差が認められないが、林齢 1 年生の向町試験地では施肥区の方が葉部位の配分割合が大きく、林齢 4 年生の場合は施肥区の方が幹部位の配分割合が大きい傾向にある。



第 40 図 乙供および好摩試験地IIにおけるアカマツ標準木各部位の乾物重量
Fig. 40 Dry matter distribution in each part of Akamatsu in Ottomo and Kōma.

X-3. 樹体各部位の養分含有率および含有量

a. カラマツについて

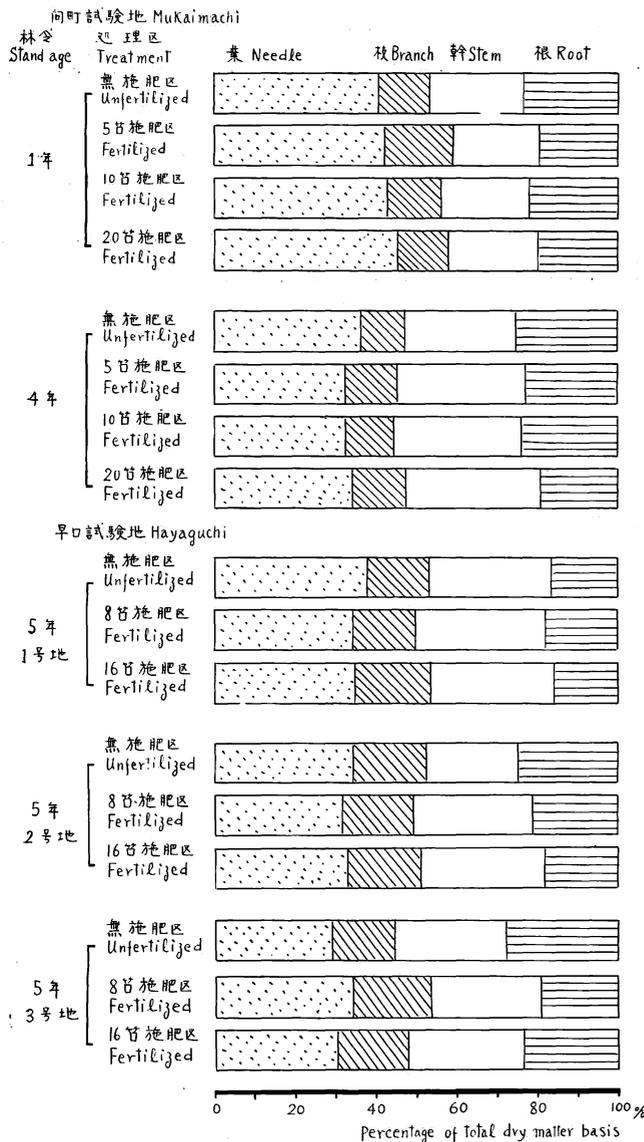
前項 X-1 において調査した赤川山試験地の標準木について、樹体各部位の窒素、リン酸、カリの含有率を求めてみると第 68 表のとおりであり、また、この含有率を基に算出した含有量は第 69 表のとおりである。まず含有率についてみると、各処理区とも窒素含有率が最も高く、窒素>カリ>リン酸の順に低

くなっている。部位別にみると葉に最も高く、葉>枝>根の順に低くなっている。施肥区と無施肥区を比較してみると、いずれの部位における 3 要素含有率とも差がみられず、施肥の含有率におよぼす影響は認められないようである。

つぎに窒素、リン酸、カリの含有量をみると、各処理区とも含有率の最も高い窒素が最も多く、窒素>カリ>リン酸の順に少なくなっている。部位別にみると、3 要素含有量とも含有率の最も高い葉に最も多く、葉>枝>根の順に少なくなっている。このように、含有量は含有率に影響される傾向のようである。施肥区と無施肥区を比較してみると、3,000 本植栽区と 5,000 本植栽区の 3 要素含有量は施肥区の方が多いが、1,000 本植栽区ではむしろ無施肥区の方が多い傾向のようである。これは 1,000 本植栽区の場合、乾物重量ではほとんど処理間に差がみられず、含有率ではむしろ無施肥区の方が高い傾向にあるためと考えられる。

b. アカマツについて²⁸⁾

前項 X-1 において調査した標準木について、樹体各部位の窒素、リン酸、カリの含有率を求め



第 41 図 向町および早口 1, 2, 3 号試験地における林齢別にみたスギ標準木各部位の乾物重量配分割合

Fig. 41 Dry matter distribution in each part of Sugi at various ages in Mukaimachi and Hayaguchi No. 1, 2, 3.

第 68 表 赤川山試験地におけるカラマツ標準木各部位の窒素, リン酸, カリの含有率

Table 68. Nitrogen, phosphorus and potassium concentration in each part of Karamatsu in Akakawayama.

本数密度 Stand density number/ha	処理区 Treatment	窒素 Nitrogen (N %)				リン酸 Phosphorus (P ₂ O ₅ %)				カリ Potassium (K ₂ O %)			
		葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	2.06	0.52	0.13	0.34	0.37	0.15	0.05	0.07	1.19	0.45	0.13	0.25
	施肥区 Fertilized	2.11	0.38	0.11	0.33	0.38	0.10	0.05	0.07	1.04	0.34	0.14	0.22
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	2.01	0.47	0.12	0.32	0.37	0.16	0.04	0.09	1.03	0.44	0.12	0.19
	施肥区 Fertilized	1.99	0.47	0.12	0.27	0.41	0.14	0.04	0.08	0.97	0.46	0.08	0.24
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	1.97	0.40	0.12	0.22	0.36	0.13	0.03	0.06	0.98	0.39	0.10	0.21
	施肥区 Fertilized	2.20	0.36	0.14	0.26	0.42	0.11	0.04	0.07	1.02	0.27	0.10	0.26

第 69 表 赤川山試験地におけるカラマツ標準木各部位の窒素, リン酸, カリの含有量

Table 69. Nitrogen, phosphorus and potassium contents in each part of Karamatsu in Akakawayama.

(g per tree)

本数密度 Stand density number/ha	処理区 Treatment	窒素 Nitrogen (N)					リン酸 Phosphorus (P ₂ O ₅)					カリ Potassium (K ₂ O)				
		葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合計 Whole tree	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合計 Whole tree	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合計 Whole tree
1,000 本	無施肥区 Unfertilized	43.1	18.8	4.1	7.8	73.8	7.7	5.4	1.6	1.6	16.3	24.9	16.2	4.5	5.8	51.4
	施肥区 Fertilized	42.8	15.3	3.5	9.3	70.9	7.7	4.0	1.6	2.0	15.3	21.1	13.7	4.9	6.2	45.9
3,000 本	無施肥区 Unfertilized	23.5	11.3	3.6	6.4	44.8	4.3	3.8	1.2	1.8	11.1	12.1	10.6	3.9	3.8	30.4
	施肥区 Fertilized	40.2	17.1	5.2	5.9	68.4	8.3	5.1	1.7	1.8	16.9	19.6	16.7	3.7	5.3	45.3
5,000 本	無施肥区 Unfertilized	20.7	8.3	3.9	4.0	36.9	3.8	2.7	1.0	1.1	8.6	10.3	8.1	3.2	3.8	25.4
	施肥区 Fertilized	17.4	10.9	5.2	3.9	37.4	3.3	3.3	1.5	1.1	9.2	8.1	8.2	4.0	3.9	24.2

東北地方における主要造林樹種の幼樹時の施肥効果について (佐藤ほか)

第 70 表 乙供および好摩試験地 II におけるアカマツ標準木各部位の窒素, リン酸, カリの含有率

Table 70. Nitrogen, phosphorus and potassium concentration in each part of Akamatsu in Ottomo and Kōma II.

処 理 区 Treatment		窒 素 Nitrogen (N %)				リン酸 Phosphorus (P ₂ O ₅ %)				カ リ Potassium (K ₂ O %)			
		葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root
対 照 区 Control		1.58	0.51	0.26	0.34	0.28	0.14	0.06	0.09	0.87	0.34	0.17	0.49
施 肥 区 Fertilized		1.55	0.47	0.30	0.35	0.33	0.14	0.06	0.13	0.78	0.31	0.16	0.41
耕 う ん 区 Cultivated		1.63	0.54	0.27	0.38	0.32	0.15	0.07	0.13	0.99	0.41	0.18	0.64
耕 う ん 施 肥 区 Cultivated and fertilized		1.38	0.44	0.25	0.44	0.29	0.14	0.07	0.14	0.84	0.35	0.20	0.62
人 工 下 種 Direct seeding	無 施 肥 区 Unfertilized	1.29	0.37	0.27	0.22	0.27	0.08	0.06	0.06	0.90	0.40	0.30	0.28
	施 肥 区 Fertilized	1.11	0.29	0.20	0.19	0.26	0.06	0.06	0.07	0.82	0.39	0.23	0.29
1 年 生 苗 単 植 Single planting (1~0seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	1.17	0.28	0.28	0.33	0.30	0.07	0.06	0.07	0.82	0.28	0.37	0.28
	施 肥 区 Fertilized	1.15	0.22	0.28	0.25	0.28	0.05	0.06	0.08	0.85	0.45	0.36	0.28
1 年 生 苗 複 植 Plural planting (1~0seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	1.23	0.42	0.19	0.20	0.30	0.08	0.05	0.06	0.67	0.34	0.35	0.33
	施 肥 区 Fertilized	1.26	0.26	0.22	0.23	0.28	0.09	0.06	0.06	0.96	0.37	0.39	0.38
2 年 生 苗 単 植 Single planting (1~1 seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	1.15	0.33	0.19	0.22	0.23	0.07	0.05	0.06	1.10	0.36	0.27	0.24
	施 肥 区 Fertilized	1.30	0.37	0.35	0.24	0.34	0.10	0.06	0.09	0.98	0.43	0.28	0.25

てみると第 70 表のとおりであり、この含有率を基に算出した含有量は第 71 表のとおりである。

含有率についてみると、各処理区とも窒素含有率が最も高く、窒素>カリ>リン酸の順に低くなっている。各部位別には 3 要素含有率とも葉に最も高く、葉>枝>根>幹の順に低い傾向にある。各処理区と対照区の含有率を比較してみると、乙供試験地の耕うん施肥区と耕うん区の根部位におけるリン酸、カリ含有率が、とくに高い傾向を示しているほかは、その他の部位や好摩試験地Ⅱの場合は、いずれも差がみられず施肥による含有率の変化は認められないようである。塘²⁵⁾はアカマツの肥培試験地で、施肥による針葉の窒素含有率の変化を調査した結果、施肥後 4 年目くらいまでは施肥によって窒素濃度が高くなるが、それ以後はほぼもとの状態にもどる傾向を認めていることから考えると、好摩試験地Ⅱの場合は施肥後 7～9 年を経過しており、すでに施肥の影響は認められなくなっているものと思われる。乙供試験地の場合は連続的に 4 年間施肥をおこない、最終施肥 2 年後に伐採調査した結果であるから、養分濃度はある程度高くなっているものと考えられるが、一方乾物重量でも施肥区や耕うん施肥区は増加していることから、成長が養分の吸収作用を上回った結果養分含有率が低下したものと考えられ、いわゆる LUNDEGARDHE¹⁰⁾の養分希釈効果とみるべきであろう。

つぎに窒素、リン酸、カリの含有量をみると、各処理区とも含有率の最も高い窒素が最も多く、窒素>カリ>リン酸の順に低くなっている。部位別にみると、含有率の最も高い葉に最も多くなっているが、その他の部位ではむしろ乾物重量の影響が大きく作用しており、はっきりした傾向は認められないようである。処理別に比較してみると、窒素とカリの含有量は人工下種の場合は無施肥区の方がむしろ多い傾向にあるが、これは乾物重量ではほとんど処理間に差がみられず、むしろ含有率では無施肥区の方が高い傾向にあるためと考えられる。その他の処理区では乾物量が多いため、各部位とも 3 要素含有量が多い結果となっている。

c. スギについて

前項 X-1 において調査した標準木について、樹体各部位の窒素、リン酸、カリの含有率を求めてみると第 72 表のとおりであり、この含有率をもとに算出した含有量は第 73 表のとおりである。

含有率についてみると、各処理区とも窒素含有率が最も高く、窒素>カリ>リン酸の順に低くなっており、部位別には葉に最も高く、葉>枝>根=幹の順に低くなっている。施肥区と無施肥区を比較してみると、向町試験地の林齢 1 年生では、施肥区の葉部位における窒素とカリ含有率および根部位におけるカリ含有率が高く、とくに、20 個施肥区において顕著な傾向が認められる。しかし、向町試験地の林齢 4 年生や早口各試験地の林齢 5 年生の場合のように、施肥 4、5 年後における結果では、処理間に差が認められなくなっている。このことは、前者は施肥当年度の結果であるから、施肥によって葉部位における窒素、カリの濃度が高くなったものと考えられるが、後者の場合は施肥後 4～5 年を経過しているので、すでに施肥の影響は認められなくなっているものと考えられる。

つぎに窒素、リン酸、カリの含有量をみると、各処理区とも含有率の最も高い窒素が最も多く、窒素>カリ>リン酸の順に少なくなっている。部位別には 3 要素含有量とも、含有率の最も高い葉に最も多くなっているが、その他の部位ではむしろ乾物重量の影響が大きく作用しており、はっきりした傾向は認められないようである。処理別に比較してみると、各施肥区とも無施肥区より窒素、リン酸、カリの含有量が多く、施肥量が多いほど多い傾向が認められる。このことは、含有率では処理間に差が認められない場合が多かったが、乾物重量では施肥量が多いほど大きい傾向にあるため、含有量にも大きくあらわれるもの

第 71 表 乙供および好摩試験地 II におけるアカマツ標準木各部位の窒素, リン酸, カリの含有量

Table 71. Nitrogen, phosphorus and potassium contents in each part of Akamatsu in Ottomo and Kôma II.

(g per tree)

処 理 区 Treatment		窒 素 Nitrogen (N)					リン酸 Phosphorus(P ₂ O ₅)					カ リ Potassium (K ₂ O)				
		葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合 計 Whole tree	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合 計 Whole tree	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合 計 Whole tree
対 照 区 Control		4.58	1.02	1.43	0.82	7.85	0.81	0.28	0.33	0.22	1.64	2.52	0.68	0.94	1.18	5.32
施 肥 区 Fertilized		7.30	2.35	1.83	1.51	12.99	1.55	0.70	0.37	0.56	3.18	3.67	1.55	0.98	1.76	7.96
耕 う ん 区 Cultivated		5.38	1.86	0.97	1.25	9.46	1.07	0.51	0.25	0.43	2.26	3.28	1.39	0.65	2.12	7.44
耕 う ん 施 肥 区 Cultivated and fertilized		9.38	3.04	2.63	2.51	18.56	1.97	0.97	0.74	0.80	4.48	5.70	2.42	2.10	3.53	13.75
人 工 下 種 Direct seeding	無 施 肥 区 Unfertilized	9.0	5.2	3.5	1.1	18.8	1.9	1.1	0.8	0.3	4.1	7.0	5.6	3.9	1.4	17.9
	施 肥 区 Fertilized	7.8	2.3	5.1	1.0	16.2	1.8	0.5	1.1	0.4	3.8	5.7	3.1	4.4	1.5	14.7
1 年 生 苗 単 植 Single planting (1~0 seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	17.6	5.6	5.0	3.0	31.2	4.5	1.4	1.1	0.6	7.6	12.3	5.6	6.7	2.5	27.1
	施 肥 区 Fertilized	31.1	7.0	7.6	2.8	48.5	7.6	1.6	1.6	0.9	11.7	23.0	14.4	9.7	3.1	50.2
1 年 生 苗 複 植 Plural planting (1~0 seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	6.2	2.1	1.7	0.4	10.4	1.5	0.4	0.5	0.1	2.5	3.4	1.7	3.2	0.7	9.0
	施 肥 区 Fertilized	6.3	1.3	2.9	0.7	11.2	1.4	0.5	0.7	0.2	2.8	4.8	1.9	5.1	1.1	12.9
2 年 生 苗 単 植 Single planting (1~1 seedling)	無 施 肥 区 Unfertilized	17.3	5.9	2.9	1.5	27.6	3.5	1.3	0.8	0.4	6.0	17.0	6.5	4.1	1.7	29.3
	施 肥 区 Fertilized	31.2	7.0	8.1	2.2	48.5	8.2	1.9	2.3	0.8	12.2	23.5	8.2	6.4	2.3	40.4

第 72 表 向町および早口各試験地における林齢別にみたスギ標準木各部位の窒素, リン酸, カリの含有率

Table 72. Nitrogen, phosphorus and potassium concentration in each part of Sugi at various ages in Mukaimachi and Hayaguchi No. 1, 2, 3 plots.

試験地 Plot	林齢 Stand age	処 理 区 Treatment	窒素 Nitrogen (N %)				リン酸 Phosphorus (P ₂ O ₅ %)				カリ Potassium (K ₂ O %)			
			葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root
向町 Mukai- machi	1 年	無施肥区 Unfertilized	1.28	0.79	0.50	0.53	0.27	0.14	0.04	0.09	1.37	1.10	0.44	0.47
		5個施肥区 Fertilized	1.38	0.90	0.49	0.54	0.27	0.14	0.06	0.09	1.35	0.90	0.43	0.47
		10個施肥区 Fertilized	1.38	0.68	0.57	0.54	0.28	0.12	0.07	0.10	1.74	0.91	0.47	0.78
		20個施肥区 Fertilized	1.96	0.76	0.55	0.51	0.29	0.15	0.09	0.09	1.90	1.03	0.55	0.76
	4 年	無施肥区 Unfertilized	0.84	0.33	0.15	0.19	0.20	0.09	0.04	0.05	1.30	0.53	0.22	0.61
		5個施肥区 Fertilized	0.83	0.22	0.15	0.24	0.21	0.08	0.06	0.06	0.97	0.44	0.26	0.35
		10個施肥区 Fertilized	0.82	0.28	0.15	0.24	0.19	0.09	0.05	0.05	1.34	0.43	0.25	0.37
		20個施肥区 Fertilized	0.88	0.30	0.16	0.14	0.19	0.09	0.08	0.04	1.31	0.37	0.58	0.26
早口1号地 Hayaguchi No. 1	5 年	無施肥区 Unfertilized	0.80	0.35	0.24	0.20	0.19	0.07	0.03	0.03	1.07	0.42	0.11	0.26
		8個施肥区 Fertilized	0.95	0.27	0.15	0.28	0.21	0.06	0.03	0.04	1.08	0.38	0.17	0.28
		16個施肥区 Fertilized	0.90	0.31	0.14	0.17	0.21	0.06	0.03	0.05	1.07	0.35	0.19	0.25
早口2号地 Hayaguchi No. 2	5 年	無施肥区 Unfertilized	0.78	0.33	0.14	0.17	0.18	0.08	0.04	0.05	1.10	0.38	0.16	0.23
		8個施肥区 Fertilized	0.80	0.20	0.15	0.18	0.17	0.07	0.03	0.05	1.28	0.43	0.14	0.30
		16個施肥区 Fertilized	0.78	0.29	0.11	0.33	0.17	0.07	0.03	0.04	0.96	0.35	0.16	0.26
早口3号地 Hayaguchi No. 3	5 年	無施肥区 Unfertilized	0.75	0.30	0.12	0.19	0.18	0.08	0.03	0.05	1.39	0.37	0.11	0.30
		8個施肥区 Fertilized	0.83	0.36	0.15	0.23	0.19	0.08	0.03	0.05	0.94	0.40	0.10	0.28
		16個施肥区 Fertilized	0.90	0.27	0.11	0.18	0.21	0.08	0.03	0.04	1.12	0.38	0.12	0.18

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 (佐藤, ほか)

第 73 表 向町および早口各試験地における林齢別にみたスギ標準木各部位の窒素, リン酸, カリの含有量

Table 73. Nitrogen, phosphorus and potassium contents in each part of Sugi at various ages in Mukaimachi and Hayaguchi No. 1, 2, 3 plots. (g per tree)

試験地 Plot	林齢 Stand age	処理区 Treatment	窒素 Nitrogen (N)					リン酸 Phosphorus (P ₂ O ₅)					カリ Potassium (K ₂ O)				
			葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合計 Whole tree	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合計 Whole tree	葉 Needle	枝 Branch	幹 Stem	根 Root	合計 Whole tree
向町 Mukai-machi	1年	無施肥区 Unfertilized	0.46	0.09	0.11	0.11	0.77	0.10	0.02	0.01	0.02	0.15	0.49	0.13	0.09	0.10	0.81
		5個施肥区 Fertilized	0.72	0.18	0.13	0.13	1.16	0.14	0.03	0.02	0.02	0.21	0.70	0.18	0.11	0.11	1.10
		10個施肥区 Fertilized	0.61	0.14	0.27	0.18	1.13	0.19	0.02	0.03	0.04	0.28	1.19	0.19	0.16	0.27	1.31
		20個施肥区 Fertilized	1.69	0.18	0.23	0.19	2.29	0.25	0.04	0.04	0.02	0.35	1.64	0.25	0.23	0.29	2.41
	4年	無施肥区 Unfertilized	4.75	0.56	0.64	0.75	6.70	1.13	0.16	0.17	0.20	1.66	7.4	0.9	0.9	2.4	11.5
		5個施肥区 Fertilized	7.34	0.77	1.27	1.51	10.89	1.86	0.28	0.38	0.38	2.90	8.6	1.5	0.2	2.2	14.4
		10個施肥区 Fertilized	8.05	1.03	1.42	1.74	12.24	1.87	0.33	0.36	0.36	2.92	13.2	1.6	2.4	2.7	19.9
		20個施肥区 Fertilized	10.43	1.37	1.84	0.93	14.57	2.25	0.41	0.53	0.27	3.46	15.5	1.7	6.7	1.7	25.6
早口1号地 Hayaguchi No. 1	5年	無施肥区 Unfertilized	5.50	0.95	1.35	0.61	8.41	1.31	0.19	0.17	0.09	1.76	7.36	1.42	0.51	0.79	10.08
		8個施肥区 Fertilized	6.78	0.89	1.02	1.08	9.77	1.50	0.20	0.20	0.15	2.05	7.71	1.25	1.16	1.08	11.20
		16個施肥区 Fertilized	8.58	1.63	1.17	0.74	12.12	2.00	0.32	0.25	0.14	2.71	10.20	1.84	1.59	1.09	14.72
早口2号地 Hayaguchi No. 2	5年	無施肥区 Unfertilized	3.81	0.86	0.45	0.60	5.72	0.88	0.21	0.13	0.18	1.40	5.37	0.99	0.51	0.81	7.68
		8個施肥区 Fertilized	7.70	1.10	1.31	1.19	11.30	1.73	0.39	0.26	0.33	2.71	12.31	2.37	1.26	1.98	17.92
		16個施肥区 Fertilized	7.32	1.49	0.95	1.72	11.48	1.59	0.36	0.26	0.21	2.42	8.80	1.80	1.38	1.35	13.33
早口3号地 Hayaguchi No. 3	5年	無施肥区 Unfertilized	2.95	0.64	0.45	0.72	4.76	0.31	0.17	0.11	0.11	0.70	5.47	0.79	0.40	1.14	7.80
		8個施肥区 Fertilized	7.04	1.73	1.02	1.10	10.89	1.61	0.38	0.20	0.14	2.33	7.97	1.92	0.68	1.04	10.57
		16個施肥区 Fertilized	7.07	1.25	1.79	1.11	10.22	1.65	0.37	0.21	0.18	2.41	8.79	1.76	0.86	1.11	12.52

と考えられる。

XI 樹種と施肥効果の関係

V, VI, VII章においては、カラマツ、アカマツ、スギの樹高および直径成長にあらわれる施肥効果について述べたが、これによると、施肥効果は土壌条件、施肥量、施肥回数、植栽密度などによってそれぞれ差異があり、また類似の条件下で施肥した場合でも、樹種によって肥効程度は異なっている。第 74 表に施肥当年度における樹高年間成長量の比数で施肥効果をあらわしたが、これをみると、スギに最も大きく、スギ>カラマツ>アカマツの順に小さくなっており、また、スギは比較的不利な土壌条件において施肥効果が大きくなっている。つぎに設定 6 年後の時点における施肥区と無施肥区の樹高差で比較してみると、施肥当年度における施肥効果の最も大きいスギにおいて最も差が大きく、スギ>カラマツ>アカマツの順に小さくなっているが、しかしスギの場合、樹高の絶対量では土壌条件が有利なほど大きい傾向にある。このように、樹高成長にあらわれる施肥効果は樹種によって異なっているが、つぎに重量成長にあらわれる施肥効果について述べてみよう。

Ⅹ章に各樹種の乾物重量について調査した結果を述べたが、これによると、各樹種とも樹高成長より地上部の乾物重量にあらわれる施肥効果が大きい傾向がみられた。また、各部位にあらわれる施肥効果をみると、各樹種とも樹高が比較的小さいころには、枝、葉の部位に最も大きく、幹部位にはほとんど認められないが、樹高が高くなるとしだいに幹の部位にあらわれる傾向にある。しかし、施肥効果が幹部位にあらわれはじめる樹高は、樹種によって異なっており、普通の植栽本数では、スギが最も早く樹高 3 m くらいから、アカマツは 4 m くらいから、そしてカラマツは最も樹高の高い時点で、5~6 m くらいからあらわれはじめる傾向にある。このように、樹種によって幹部位にあらわれる施肥効果が異なることについて、樹高を index とした枝、葉の部位と幹部位との間における量的割合の変化から検討してみよう。

各樹種とも樹高が比較的小さい場合は、枝、葉の部位に施肥効果があらわれやすい共通した傾向がみられることから、樹高が小さい場合は幹部位の成長より、これらの部位の成長が最も旺盛ではなからうかと考えられる。また、樹高がある程度高くなるにしたがって、施肥効果が幹部位にあらわれはじめることは、このころから枝、葉の部位よりも幹部位の生育が旺盛になるため、施肥効果もそれともなって移行するものではなからうかと考えられる。このような枝、葉の部位と幹部位との間における成長関係を乾物重量配分割合であらわし、樹高にたいする配分割合の変化傾向を求めてみると第 42 図のとおりである。この図に用いた資料は、スギは能代、碓ヶ関両営林署管内の造林地と各施肥試験地の無施肥区から選んだ標準木のほかに、塘¹⁹⁾が群馬県渋川の民有林で調査した無施肥木を資料の一部として引用した。植栽本数はいずれも 3,000~4,000 本/ha であり、土壌型は Be, Bd, Bd(d), B/d 型土壌の範囲となっている。カラマツは真室川、岩手両営林署管内、好摩実験林内の造林地および各施肥試験地の無施肥区から選んだ標準木であり、植栽本数は 1,500~2,500 本/ha で、土壌型は Bd, Bd(d), B/d 型土壌の範囲となっている。アカマツは好摩実験林、東北パルプ馬場造林地および各施肥試験地の無施肥区から選んだ標準木であり、植栽本数は 5,000~6,000 本/ha で、その土壌型はいずれも B/d 型土壌となっている。

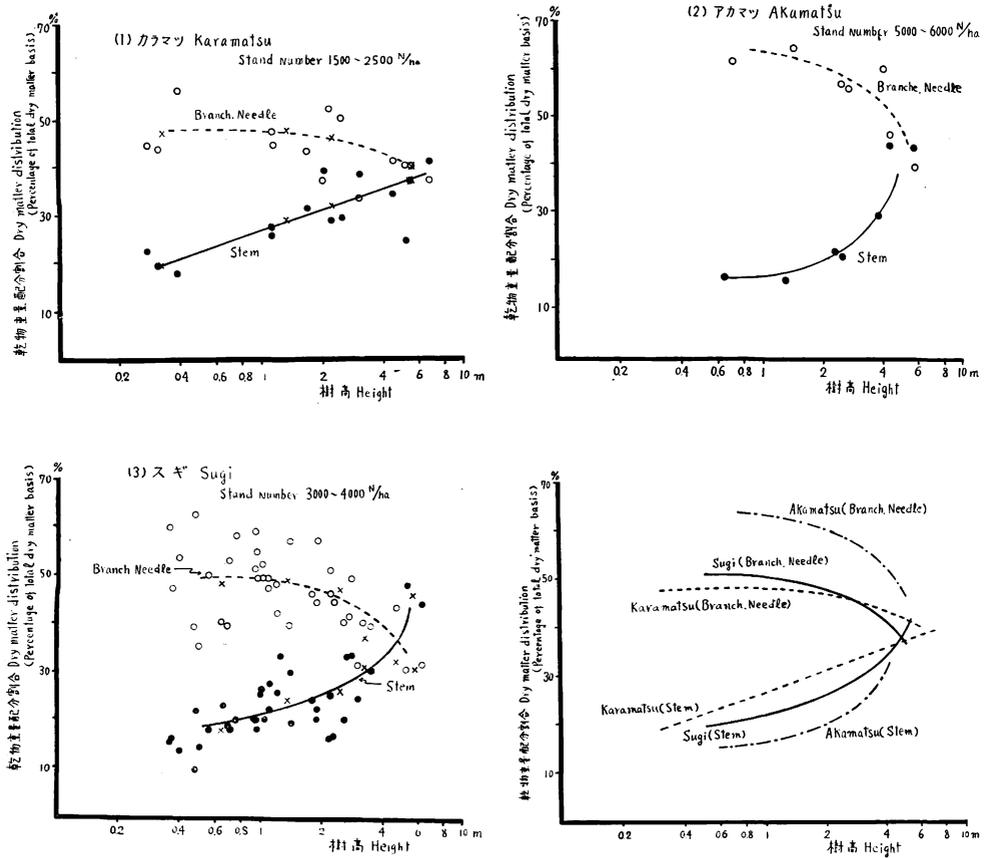
第 42 図についてみると、各樹種とも樹高が 1 m 以下の場合、枝、葉の部位は 50~60 % くらいの配分割合できわめて大きく、反対に幹の部位は 15~25 % くらいで小さくなっている。樹種別に枝、葉の

部位の配分割合をみると、最も大きいのはアカマツであり、アカマツ>スギ>カラマツの順に小さくなっている。幹部位の配分割合では最も大きいのはカラマツであり、カラマツ>スギ>アカマツの順に小さく、枝、葉の部位と逆の関係がみられる。したがって、両部位の差はアカマツに最も大きく、アカマツ>スギ>カラマツの順に小さくなっている。つぎに樹高が大きくなると、各樹種とも枝、葉の部位の配分割合は減少し、反対に幹部位は増加するが、これら両部位の増減度合はアカマツとスギは非常に大きい

第 74 表. カラマツ, アカマツ, スギの樹高成長にあらわれる施肥効果

Table 74. Effect of fertilization on height growth of Karamatsu, Akamatsu and Sugi.

樹種 Species of tree	試験地 Plot	土壌型 Type of soil	処理区 Treatment	開始年度の樹高 年間成長量 Annual height increment at starting year cm	比数 Ratio	6年後の樹高 Height after 6 years cm	備考 Remark
カラマツ Karamatsu	火箱沢 Hibako- zawa	B _D	無施肥区 Unfertilized	12	100	328	16個追肥 Refertilized
			8個施肥区 Fertilized	19	156	361	
	真室川 Mamuro- gawa	B _D (d)	無施肥区 Unfertilized	40	100	380	10個追肥 Refertilized
			10個施肥区 Fertilized	56	140	410	
アカマツ Akamatsu	乙供 Ottomo	B _{1D} (d)	無施肥区 Unfertilized	22	100	141	30個追肥 Refertilized
			10個施肥区 Fertilized	23	104	152	
	好摩 Kōma	B _{1D} (d)	無施肥区 Unfertilized	29	100	299	10個追肥 Refertilized
			10個施肥区 Fertilized	29	100	311	
スギ Sugi	早口3号 Hayagu- chi No. 3	B _D (d)	無施肥区 Unfertilized	7	100	219	
			16個施肥区 Fertilized	19	288	279	
	向町 Mukai- machi	B _{1D}	無施肥区 Unfertilized	18	100	215	5年後の樹高 Height after 5 years
			20個施肥区 Fertilized	41	288	320	
	早口2号 Hayaguchi No. 2	B _D	無施肥区 Unfertilized	7	100	213	
			16個施肥区 Fertilized	22	303	300	
	早口1号 Hayaguchi No. 1	B _E ~ (B _{1D} -E)	無施肥区 Unfertilized	14	100	295	
			16個施肥区 Fertilized	20	149	354	
	五城目 Gojōnōme	B _E (Flood- plain)	無施肥区 Unfertilized	27	100	304	5年後の樹高 Height after 5 years
			20個施肥区 Fertilized	33	122	312	

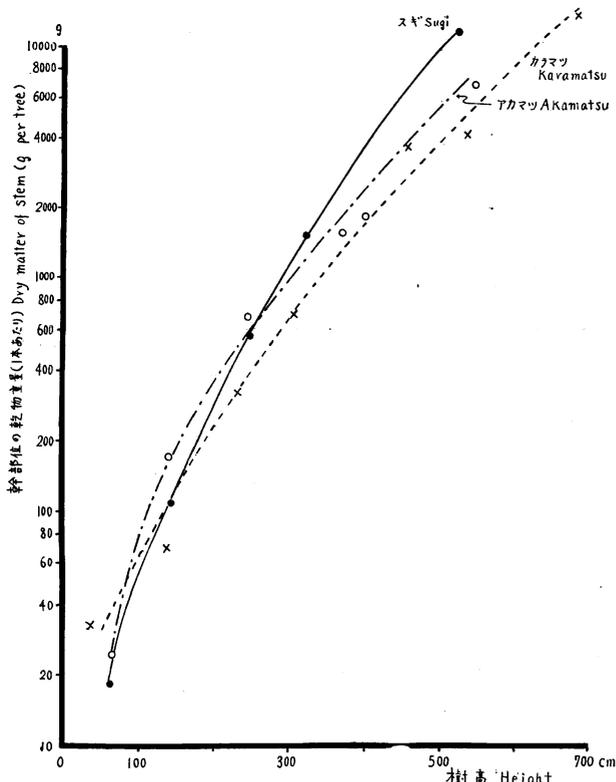


第 42 図 各樹種の樹高と枝、葉の部位および幹部位の乾物重量配分割合の関係

Fig. 42 Relation between height and dry matter distribution of branch, needle and stem in each species of trees.

カラマツは比較的小さい傾向にある。そして各樹種ともある樹高に達すると、両部位の差が小さくなり逆転することが推定される。

ここで幹部位の増加傾向が樹種によって異なることについて、さらに検討してみる必要がある。第 42 図は全乾物重量にたいする割合であるから、絶対的な増加傾向とはいえない。スギやアカマツのように、落葉期間がカラマツに比べて長い樹種では、落葉がはじまることによって落葉期間より枝、葉の部位の減少割合が大きくなり、それともなって、相対的に幹部位の配分割合が急増することも考えられる。そこで、樹高の増加にともなう幹部位の増加度合を、乾物の絶対量であらわしてみると第 43 図のとおりである。この図にみられるように、樹高が低い場合は各樹種の乾物重量にあまり差が認められないが、樹高が 3 m くらいになると樹種間の差がしだいに大きくなる。同一樹高にたいする乾物重量ではスギが最も重く、スギ > アカマツ > カラマツの順に軽い傾向にある。樹高増加にともなう重量増加度合はスギが最も大きく、アカマツとカラマツでは同程度の増加傾向にある。このような傾向から、第 43 図にみられたスギ幹部位の配分割合が増加する度合の大きいのは、落葉によって、枝、葉の部位が減少するため相対的



第 43 図 樹高と幹部位の乾物重量との関係

Fig. 43 Relation between height and dry weight of stem.

に増加するばかりでなく、むしろ乾物絶対量の増加度合が大きいために他の樹種より急激に増加するものと考えられる。

以上のことから、各樹種とも樹高が比較的低い場合は枝、葉の部位に施肥効果があらわれるのは、これらの部位の占める量的割合がきわめて大きく、成長が旺盛であるためと考えられる。また、樹高を index とした場合、樹種によって施肥効果が幹部位にあらわれはじめる時点が異なり、スギが最も樹高の低い時点においてあらわれはじめるのは、枝、葉の部位と幹部位との量的割合の逆転する時点が、アカマツやカラマツに比べて早い傾向にあるため、枝、葉から幹に早く成長が移行するのではなかろうかと推察される。この点カラマツは、スギやアカマツより幹部位の配分割合は大きい、その増加度合が小さいために、枝、葉の部

位の配分割合と逆転する時点がおそいことから、幹に移行する成長もおそいものと推察される。もちろん、前述のような土壌型、植栽密度の条件下における傾向であるから、環境因子が異なることによって、この傾向は変化することが考えられる。

つぎに、カラマツやアカマツの場合密植して施肥することによって、施肥効果が幹部位の重量成長にあらわれやすい傾向がみられたが、赤川山試験地の 7 年生カラマツ 5,000 本植栽区の施肥木および好摩試験地Ⅱの人工下種区、複植区の施肥木の乾物重量配分割合を、第 43 図に plot して各傾向線と比較してみると、枝、葉の部位では少なく幹部位では大きい傾向がみられた。このことは、密植することによって枝、葉から幹に旺盛な成長が移行する時点が早く、この部位に施肥効果があらわれやすいものと考えられる。したがって、アカマツやカラマツのように幹にあらわれる施肥効果のおそい樹種では、ある程度密植して施肥することによって、早く幹に効果をあらわすことが期待できるのではなかろうかと考えられる。

XII 林地施肥の今後における問題点

これまで述べてきた施肥試験の結果は、植栽時施肥後 5~7 年間における結果であり、林木の生育期間からみればまだ幼齢時にすぎない。したがって、幼齢時に認められた施肥効果が、そのまま収穫期におよぶものとは考えられないが、スギの施肥試験にみられたように、植栽時ただ一度の施肥でも、年々の効果

が総成長に累積された結果、5～7年後において、なお、各肥効型で示した土壌条件の1級上位における無施肥区の成長に相当する旺盛な成長を示す例もみられる。また、あまり施肥効果が成長にあらわれない場合でも、地上部の乾物重量、とくに、枝や葉の部位に大きくあらわれる傾向が認められた。すなわち、幼齢時における施肥効果は、樹高成長のみならず枝や葉の成長にも影響をおよぼし、このことはすなわち、林分の閉鎖時期を早め地力の減退を防止し、さらに増進させることに大きく作用しているものと判断できる。また、地床植物と土壌の間における養分循環によって、土壌を好転させる現象もみられたように、施肥の間接効果も幼齢時における肥培の特徴としてみのがすことができない。これまでの調査研究結果から、今後林地施肥を推進させるために考慮すべき点を取りあげてみると、つぎのとおりである。

a. 林地施肥の対象となる立地条件

土壌条件によって施肥効果のあらわれかたが異なることは、これまで述べたとおりである。スギを対象とした施肥例をみると、比数は偏乾性土壌に最も大きくあらわれ、偏乾性土壌>適潤性土壌>偏湿性土壌の関係にある。したがって、比数の最も大きい偏乾性土壌や、比較的養養な適潤性土壌における林地施肥をまず第1に取りあげる必要がある。とくにこのような土壌が普遍的に出現する低海拔の丘陵台地状地形や斜面上部は、東北地方の自然環境と森林の現況から考えて、今後林種転換と併行した集約林業がおこなわれなければならないところである。また弱湿性土壌のように土壌条件のよいところでは、比数はそれほど大きくあらわれないが、施肥による成長の絶対量では他の土壌における場合に比べて最も大きい傾向にある。これらの各土壌条件のところにおける林地施肥は、今後とも積極的にすすめなければならないが、各土壌条件に応じた施肥量、施肥回数などの施肥方法を研究しなければならない。

b. 林地施肥にたいする耕うんの併用

一般にアカマツ、カラマツ、スギ、ヒノキなどの樹種にたいする耕うんおよび耕うん＋施肥の効果は認められるようであるが、同一樹種でも土壌によって効果の程度に差があり、一念坊、八乙女試験地のように重粘塩質な土壌では、耕うんによる土壌変化が比較的早くもとの自然状態にかえり、効果が初期のみに終わるような場合もみられる。土壌条件によって、耕うんや耕うん＋施肥の効果があらわれやすい場合とあらわれにくい場合があるから、耕うんが適当か不適当かは、土壌条件によって検討する必要がある。耕うん方法としては、最近植穴掘機が造林に導入されつつあるから、これを使用した植穴耕うんが考えられる。また間作や切替畑も、耕うんが加味され施肥効果をあげる1つの方法であり、民有林ではこの方法でりっぱな肥培林を育成している例もかなり多い。

c. 施肥体系と施肥量および施肥回数

幼齢時における施肥は、樹高や直径成長にあらわれる効果のみならず、林分の閉鎖を促進し地力を維持増進させる上に効果のあることは、これまでしばしば述べたとおりである。しかし、このような効果から収穫期の材積増加を期待することはできない。植栽から収穫までの長い林木の生育期間においては、林木の生育状態に応じた施肥をおこなう必要がある。そこで、つぎのような一連の施肥体系を考えてみた。

1. 閉鎖前の施肥

(イ) 幼齢時の施肥（植栽時から閉鎖時期まで）

林分閉鎖の促進。地力の維持、増進。

2. 閉鎖後の施肥

(イ) 間伐前期の施肥（間伐の3～5年前）

間伐材積の増産。

(ロ) 主伐前期の施肥 (主伐の 3 ~ 5 年前)

主伐材積の増収。

つぎに施肥量について述べると、筆者らが植栽時におこなった施肥量は㊸固型肥料を植栽木 1 本あたり 5 個から 20 個の範囲内であり、この結果からは施肥量が多いほど施肥効果の大きい傾向がみられた。土壌条件や樹種などによって施肥量も考慮しなければならないが、東北地方のように急斜面や雨量の多いところでは、相当程度の肥料が流亡するものと推定されるから、㊸固型肥料 20 個程度の施肥量でも多すぎるものとは考えられない。施肥回数について述べると、植栽時の施肥効果やその持続性などこれまでの試験結果から考え、閉鎖林分まで少なくとも隔年 2 回以上の施肥と、林木の生育状態に応じて施肥量を増加する必要がある。

d. 植栽密度に関連した施肥のねらい

カラマツやアカマツの試験例にみられたように、植栽密度を増すことによって幹部位にあらわれる効果がより早く、より大きい傾向がみられた。また幼齢時の施肥は、閉鎖を促進させることが施肥の大きなねらいでもあるから、密植の状態で施肥をおこない、密植の効果と施肥効果の相互作用を期待して速やかに閉鎖林分を作り、間伐材積を増加することも施肥の一方法として考えられる。しかし、間伐材の利用形質を目的とする場合には、樹種、植栽密度、施肥などのほか、林分の取りあつかい方とも関係づけて考える必要がある。今後の研究問題であろう。また、この方法とは別に植栽密度を少なくして林地の空間を間作に利用し、間作物の収入をうると同時に間接的な林地耕うんにより、主林木の成長促進を期待する方法も考えられる。これら 2 つの方法は、材の生産目的、立地環境、労働力、経済環境などに応じて選択すべきである。

e. 林業用肥料

林業用肥料として固型肥料が市販されてから 10 年以上を経過している。この間、成分形態、配分比率などの研究もすすみ、最近では肥料成分含有率の合計が 40~50% に及ぶ高濃度肥料が市販されるようになった。筆者らは、これまで市販された数種の林業用肥料について肥効比較試験を実施してきたが、その多くは肥効程度に差異が認められない結果となっている。しかし、従来林地施肥に要する経費のうちで、肥料代金より運搬や施肥作業に要する経費が相当大きい比重を占めている。この点、高濃度肥料は一定面積に要する労働投下費が少なくすむので、労働力の省力化が期待できるため経済的に有利であろう。また、肥料形態が果粒状であるから、追肥や閉鎖林分にたいして地表全面散布の施肥をおこなう場合、均一に散布できる点においても有利である。以上のような点から、今後この種の肥料がますます盛んに使用されるものと思われるが、高濃度であるから、植栽時に施肥する場合肥料ヤケを越す危険性があり、この点十分注意する必要がある。

植栽時から収穫までの生育期間における施肥技術について、以上の諸点を今後の問題点として取りあげたが、いずれもこれまでの幼齢林を対象とした試験の結果や、現在の研究段階から考えられることについて述べたものであるから、今後技術の進歩、経済の発展にともなって、施肥のすすめ方、方法などをさらに検討する必要があるが、ここに記載して皆様のご批判を仰ぐしだいである。

XIII 総 括

この報告は、東北地方の主要造林樹種であるカラマツ、アカマツ、スギを対象として、1952 年から実

施した林地施肥の試験例をもとに、幼齢時の施肥効果について解明をおこなったものである。

1. 東北地方の広大な地域において、林地施肥試験を実行し成果を取りまとめるにあたっては、当地方の各地域によって異なる気象、地質、土壌、森林の天然分布などの自然環境と、森林の現況をはあくする必要があると考えられるので、第I章においてはこれらの特性を取りあげ概要を述べた。

2. 自然環境と森林の現況を背景とした林地施肥試験のすすめ方を勘案し、樹種の選定、試験地の設定をおこなった。すなわち、試験地は福島県を除いた東北5県の11箇所におよんでいるが、そのうち東側の奥羽山系にはカラマツ、アカマツを対象として4箇所、西側の主として羽根丘陵地帯に5箇所、さらに仙台平野につらなる丘陵台地の排水不良土壌地帯には、緑化をねらいとした土壌理化学的の改良試験地を2箇所設けた。これらの試験地の垂直的の分布状態を海拔高で示すと、40～650mでかなりの高低差となっているが、その大部分は250m前後の集約林業可能なところとなっている。対象樹種は、各試験地のそれぞれの地域における気象、森林の天然分布状態、造林施業に応じて選択した。

3. 施肥および耕うんの効果は、主として各年度における樹高年間成長量の比較によったほか、樹高、根元直径、胸高直径の比較によって判定した。また、施肥効果および耕うん効果の程度は、対照区の樹高年間成長量を100として各処理区のそれを比較した値、すなわち樹高年間成長量の比数であらわした。

4. カラマツの施肥効果は施肥当年度において樹高成長に認められた。その肥効程度を樹高年間成長量で比較してみると、30～60%の増加を示している。

施肥効果を施肥量別に比較してみると、㊸固型肥料5個から20個の範囲内では、はっきりした傾向が認められない。植栽時1回施肥の場合には、施肥翌年度にいちじるしい施肥効果の減少が認められる。連続施肥の場合には連用の効果が認められるようであるが、植栽時ほど顕著な傾向は認められない。植栽時施肥から3～5年経過後におこなった施肥の効果は㊸固型肥料5個から20個程度の施肥量の範囲では、その効果はほとんど認められないようである。これはカラマツの林齢が経過するにしたがい、乾物重量、3要素含有量の増加が大きいために、この程度の施肥量では天然供給量に比べて量的に不足しているためと考えられる。

植栽密度と施肥効果の関係についておこなった赤川山試験地の結果では、密植（最大5,000本/ha植栽）ほど樹高成長にあらわれる施肥効果が大きい傾向がみられた。このことについて、林木と雑草との間における養分吸収の競争についておこなったモデル試験の結果から、密植ほど林木が施与した肥料養分を有効に利用しているためと推察した。また、赤川山試験地における林齢7年生の標準木を伐採して、樹体各部位別の乾物重量と乾物重量配分割合を調査した結果、粗植の場合は枝と葉に比較的施肥効果があらわれ、乾物重量配分割合も大きい。反対に密植の場合は幹部位にあらわれ、乾物重量配分割合も大きい傾向がみられた。このようなことから、本数競争によって枝や葉から幹の部位に成長が移行するため、施肥効果がこの面にあらわれやすいものと推察した。

5. アカマツの施肥効果は、いずれの試験地においても施肥当年度には認められず、翌年度に樹高成長に認められた。また、植栽時に施肥してから3年経過後におこなった追肥の場合も、施肥当年度にあらわれなくて翌年度に認められた。その肥効程度を樹高年間成長量で比較してみると、㊸固型肥料10個施肥の場合10%程度の増加できわめて小さい。

植栽時1回施肥の場合には、3年目ころから施肥効果がまったく認められなくなるが、連続施肥の場合には連用の効果は認められるようである。しかし、その肥効程度は10～20%の成長増加できわめて小さ

い。

アカマツの樹高成長にあらわれる施肥効果がきわめて小さいことは、スギやカラマツに比べて幼齢時において、とくに枝や葉の部位の乾物重量配分割合がきわめて大きいことから、これらの部分の成長も旺盛であり、施肥効果は樹高成長よりこれらの部位にあらわれやすいものと考えられる。したがって、施肥効果のあらわしかたとして樹高成長だけで判定することには問題があろう。

6. スギの施肥効果は、各試験地とも施肥当年度において樹高成長に認められた。その肥効程度を樹高年間成長量と比較してみると、同一施肥量（@固型肥料8個と10個）でも10%程度から3倍とかなりの差がある。しかし、施肥翌年度には施肥効果が急激に低下し、3～4年後には無施肥と大差がなくなるが、その後ふたたび樹高年間成長量が増加する傾向がみられた。

このような施肥効果のあらわれかたについて、樹高年間成長量の比数であらわし、その年次変化について傾向線を求めてみると、それぞれの特徴からA、B、Cの3つの型に類別することができた。そして、各年度とも施肥効果はA型が最も大きく、 $A型 > B型 > C型$ の順に小さくなっている。つぎに、各年度の春の樹高にたいするその年の樹高年間成長量を対応させて、樹高対樹高年間成長量の傾向線を求め、同一樹高における成長量で施肥区と無施肥区を比較する方法を用いた。この方法によって、各試験地の無施肥区どうしの成長量と比較してみると、常に $C型 > B型 > A型$ の傾向がみられた。また、樹高1mくらいに達するまでは各肥効型とも傾向が類似しているが、この時点から樹高が高くなると各型によって特徴があらわれ、成長量がA型では下降を、B型は平行的であり、C型は上昇する傾向がみられた。このような傾向について、樹高と樹体各部位の乾物重量配分割合との関係から、樹高が1mくらいに達するまでは、主として枝、葉の部位や根系の発育が旺盛であるため、樹高成長は林齢や土壌条件とはあまり関係がみられない。しかし、樹高がこの時点に達してから幹部位の成長が旺盛になるため、土壌条件によって特徴があらわれるのではなかろうかと推察した。つぎに各型別に処理間を比較してみると、A、B型では常に施肥区の成長量が多いが、C型では施肥当年度を除き処理間に差が認められない。各型の施肥区について比較してみると、常に $C型 > B型 > A型$ の傾向がみられ、肥効比数とは逆の関係がみられた。

以上のような施肥効果のあらわれかたを土壌条件と結びつけてみると、A層土壌（表層から10cm以内）の置換酸度、窒素含量、置換容量、置換性石灰、マグネシウム含量およびこれらの塩基飽和度と密接な関係があり、A型からC型に移行するにしたがって土壌が肥よくなる。同一土壌型の場合も、肥よくなるほどA型からC型に移行する傾向が認められた。つぎに樹高成長曲線で施肥区と無施肥区を比較してみると、各肥効型の施肥区も地位1級上位の無施肥区に相当する旺盛な成長を示している。

7. アカマツ、カラマツ、スギ、ヒノキの各樹種にたいする耕うんおよび耕うん+施肥の効果は認められるようである。とくに、最も耕うん効果の認められた乙供のアカマツ試験地では、耕うん処理による土壌理化学性の改善、土壌養分の有効化があらわれており、根系の発達が良好になっている。一念坊、八乙女試験地のような非常に粘土分の多い排水不良土壌では、耕うん処理をおこなっても土壌性質がもとの状態に復元するため、効果がそれほどあらわれない結果となっている。

8. スギにたいする施肥の例でみられたように、一度おとろえた施肥区の樹高年間成長量が、その後ふたたび無施肥区をうわまわる傾向がみられ、とくに、A型の肥効を示すような比較的貧養な土壌において顕著にあらわれる傾向がみられたが、このことについて、施肥5～7年経過後における施肥区のA層土壌（表層から10cm以内）は、無施肥区に比べて化学的性質が良好になっていることが判明した。さらに、林

地施肥における雑草と施肥の関係を知るため実施したモデル試験の結果から、雑草が肥料養分を相当吸収していることが判明したが、しかし、下刈りによって吸収した養分がふたたび林地に還元される結果となるから、雑草を媒体とした養分循環がくりかえされることによって、土壌性質が良好になるものと推察される。このようなことが成長をふたたび増加させる要因と考えられ、いわゆる施肥の間接効果といえよう。

9. 幼齢時の施肥効果は、林業の主生産物である幹材部を材積であらわすことができないので、樹高や直径であらわしてきた。しかし、これは見かけ上のあらわしかたであり、正確にあらわすとすれば、乾物重量で比較することが適切と考えられる。また、幼齢木では将来幹材部の成長に移行する前段階として、生理的にみれば栄養器官である葉や、これを保持している枝の部位が、より旺盛な生育をしているものと思われるから、これらの部位における施肥効果も考える必要があろう。このような観点から、樹体各部位の乾物重量にあらわれる施肥効果について述べた。また、施肥することによって樹体各部の窒素、リン酸、カリ養分におよぼす影響について調査した。

10. 林齢2年生と7年生カラマツの乾物重量にあらわれる施肥効果をみると、各施肥区とも樹高成長より地上部の乾物重量に大きくあらわれる傾向がみられた。各部位の乾物重量にあらわれる施肥効果では、林齢2年生の場合は枝や葉の部位に最も大きくあらわれており、林齢7年生についてみると、植栽密度と関係が生じて、1,000本/ha程度の粗植では根の部位に、3,000本/haの場合は枝や葉の部位に、そして5,000本/ha程度の密植になると幹部位にそれぞれ認められた。

11. 乙供試験地の林齢7年生アカマツについて、乾物重量にあらわれる施肥および耕うんの効果をみると、各処理区とも樹高成長より地上部の乾物重量に大きくあらわれる傾向がみられた。各部位別にみると、いずれの処理区も枝の部位に最も大きく、幹部位にはそれほど認められない。

好摩試験地IIの樹齢9年生アカマツについて、乾物重量にあらわれる施肥効果をみると、人工下種区を除いてはいずれの植栽区においても、樹高成長より地上部の乾物重量に大きくあらわれる傾向がみられた。植栽密度別にみると、粗植の場合は密植の場合より地上部重量に大きくあらわれるようである。各部位別にみると、密植の場合は幹部位に、粗植の場合は葉部位に最も大きくあらわれる傾向にある。

12. 向町試験地における林齢1年生と4年生、および早口1, 2, 3号各試験地における林齢5年生のスギの乾物重量にあらわれる施肥効果をみると、各施肥区とも樹高成長より地上部の乾物重量に大きくあらわれ、しかも施肥量が多いほど大きい傾向が認められる。各部位別にみると、林齢1年生の場合は葉部位に、4年生と5年生の場合は枝と幹の部位に最も大きくあらわれる傾向がみられる。

13. 赤川山試験地の林齢7年生カラマツについて、haあたりの乾物生産量を推定してみると、地上部および幹部位の生産量とも植栽本数が多いほど多く、また、3,000本、5,000本植栽区では、施肥の効果がこれらの部位にはっきり認められる。

14. 好摩試験地IIの樹齢9年生アカマツについて、haあたりの乾物生産量を推定してみると、カラマツと同様、地上部および幹部位の生産量とも植栽本数が多いほど多く、施肥の効果もこれらの部位にはっきり認められる。

15. 閉鎖状態に達した人工下種区について、林分として葉の現存量と幹部位の年平均乾物生産量との相対成長を求め、これを葉の幹部位生産効率として施肥の影響をみると、無施肥区ではhaあたりの葉量1tonが生産する幹部位の年平均乾物重量は0.23tonであり、これにたいして、施肥区は0.32~0.34tonと推定される。このように施肥することによって、葉の幹部位生産率が増加する傾向がみられる。

16. カラマツ標準木の重量調査結果をもとに、樹体各部位の乾物重量配分割合を求めてみると、好摩試験地における林齢 2 年生の場合は葉部位に最も多く、赤川山試験地における林齢 7 年生の場合は幹部位に最も多くなっている。植栽密度別には粗植ほど葉部位が多く、幹部位が少ないが、密植になると逆の傾向がみられる。施肥と配分割合の関係をみると、施肥することによって好摩試験地の場合は枝に、赤川山試験地の 1,000 本植栽の場合は根に、3,000 本植栽の場合は葉と枝に、そして 5,000 本植栽の場合は枝に、それぞれ最も配分割合の増加傾向が認められる。

17. アカマツ標準木の重量調査の結果をもとに、樹体各部位の乾物重量配分割合を求めてみると、乙供試験地では各処理区とも葉部位の配分割合は等しいが、単植区、複植区を設定した好摩試験地Ⅱでは植栽本数が多い場合は幹部位の配分割合が他の部位より多い傾向にある。施肥区と無施肥区を比較してみると、植栽本数が多い場合は幹部位に、植栽本数が少ない場合は葉部位に、それぞれ施肥による配分割合の増加傾向が認められる。

18. スギ標準木の重量調査をもとに、樹体各部位の乾物重量配分割合を求めてみると、各試験地の施肥区、無施肥区とも葉部位の配分割合が最も多く、4～5 年生までは葉>幹>根>枝の順に小さくなっているが、1 年生の木では葉と幹の配分割合の差が大きく、4～5 年生になるにしたがって両部位の差が小さくなる傾向にある。林齢別に施肥木と無施肥木を比較してみると、林齢の若い場合は葉部位の配分割合が、また、林齢が増すと幹部位の配分割合が、いずれも施肥木の方が大きい傾向にある。

19. 重量調査に用いたカラマツ標準木について、窒素、リン酸、カリの含有率を求めた結果、各処理区とも 3 要素別には窒素>カリ>リン酸の傾向にあり、部位別には葉>枝>根>幹の傾向にある。施肥による含有率の変化は各要素、各部位にも認められない。

つぎに含有量についてみると、含有率と同様に 3 要素別には窒素>リン酸>カリの傾向にあり、部位別には葉>枝>根>幹の傾向にある。施肥木と無施肥木を比較してみると、施肥木の方が各要素ともその含有量が多い傾向にある。

20. 重量調査に用いたアカマツ標準木について、窒素、リン酸、カリの含有量を求めた結果、各処理区とも 3 要素別には窒素>カリ>リン酸の傾向にあり、部位別には葉>枝>根>幹の傾向にある。施肥および耕うん処理の含有率におよぼす影響をみると、乙供試験地の耕うん施肥区と耕うん区の根部位におけるリン酸、カリの含有率が比較的高い傾向を示しているほかは、処理の影響は認められないようである。

含有量についてみると、3 要素別には窒素>カリ>リン酸の傾向にあり、部位別には葉に最も多くなっているが、その他の部位でははっきりした傾向は認められない。処理木と無処理木を比較してみると、処理木の方が各部位とも 3 要素含有量が多い傾向にある。

21. 重量調査に用いたスギ標準木について、窒素、リン酸、カリの含有率を求めた結果、各区とも 3 要素別には窒素>カリ>リン酸の傾向にあり、部位別には葉>枝>根=幹の傾向にある。施肥木と無施肥木を比較してみると、施肥後 4、5 年経過している場合は施肥の影響は認められないが、施肥 1 年後では、施肥の影響が葉部位の窒素とカリおよび根部位のカリ含有率に認められ、施肥木の濃度が高い傾向にある。

3 要素含有量についてみると、各標準木とも窒素>カリ>リン酸の傾向にあり、部位別には葉に最も多くなっているが、その他の部位でははっきりした傾向はみられない。施肥木と無施肥木を比較してみると、各施肥木とも無施肥木より窒素、リン酸、カリの含有量が多く、また、施肥量が多いほど多い傾向が認められる。

22. 施肥当年度における施肥効果を樹高年間成長量の比数であらわし、樹種別に比較してみると、スギに最も大きく、スギ>カラマツ>アカマツの順に小さくなっている。施肥6年後の時点における無施肥区との樹高差で比較してみると、スギにおいて最も差が大きくスギ>カラマツ>アカマツの順であり、施肥当年度と同様の傾向が認められる。

23. 重量成長にあらわれる施肥効果について樹種別に比較してみると、カラマツ、アカマツ、スギとも樹高成長にあらわれる施肥効果より、地上部の乾物重量にあらわれる施肥効果の方が大きい傾向にある。また、各樹種とも樹高が比較的小さいころには、枝、葉の部位の重量成長に最も効果があらわれるが、スギは樹高3mくらいに、アカマツは4mくらいに、そしてカラマツは5~6mくらいにそれぞれ達するころになると、幹部位にも効果が認められるようである。このように、樹種によって幹部位にあらわれる効果が異なることについて、樹高を index とした枝、葉の部位および幹部位の乾物重量配分割合の変化傾向と、幹部位の絶対量の増加度合から考察した。

24. カラマツやアカマツは、密植して施肥することによって効果が幹部位の重量成長にあらわれやすい傾向にあるが、このことについても、樹高を index とした枝、葉の部位と幹部位の乾物重量配分割合から、密植することによって枝、葉の生育より幹の生育が旺盛になる時点が早く、この部位に施肥効果があらわれやすくなるものと推察した。

25. これまでの調査研究の結果から、今後林地施肥をより効果的に推進させるため、考慮すべき今後の問題点を述べた。

文 献

- 1) 秋田営林局計画課土壌調査係：秋田営林局土壌調査報告，No. 2~18.
- 2) 安藤愛次・小島俊郎：林地肥培一固型肥料の用量試験，山梨県林試報，8，(1958).
- 3) 神キヨシ・長谷川浩一：山つちの物理性を改良する II（普通林地），67 回日林講集，pp. 107~108，(1957).
- 4) 半沢正四郎：日本地方地質誌—東北地方，朝倉書店，344 pp.，(昭 26，1951).
- 5) 林 弥栄：日本産主要樹種の天然分布—針葉樹第1報，林試研究報告，48，240 pp.，(1951).
- 6) 林 弥栄：日本産主要樹種の天然分布—針葉樹第2報，林試研究報告，55，251 pp.，(1952).
- 7) 茨木親義・伊藤忠夫・小西 明：林地肥培試験 予報，64 回日林講集，pp. 162~163，(1955).
- 8) 茨木親義・伊藤忠夫・小西 明：林地肥培試験（第2報），65 回日林講集，pp. 205~208，(1956).
- 9) 茨木親義・栗田 章・虻川英夫・伊藤幸雄・鈴木信三郎・伊藤忠夫：秋田スギ林地帯の土壌（I），林土調報告，7，153 pp.，(1956).
- 10) LUNDEGÅRDE, H : Die Blutanalyse. Iena., (1945).
- 11) 林業試験場・林野庁：国有林野土壌調査方法書，47 pp.，(1955).
- 12) 林野庁：林業統計要覧 225 pp.，(1960).
- 13) 農林経済局統計調査部：第 35 次農林省統計表，pp. 391~488，(1960).
- 14) 佐藤 俊：スギ造林地に対する施肥の効果，13 回日林東北支部大会講演集，pp. 37~41，(1962).
- 15) 佐藤 俊・後藤和秋・長谷川浩一：施肥効果のあらわれかたと土壌条件 幼齢期のスギについて，74 回日林講集に印刷中.

- 16) 佐藤 亨・及川恵司・宮崎 榊：アカマツ更新の方法と施肥の効果について，林試研究報告，147，pp. 1~43，(1962).
- 17) 四手井綱英・堤 利夫・木村隆臣：環境の変化に應ずる土壤有機物の消長について（1），65 回日林講集，pp. 119~121，(1956).
- 18) 芝本武夫：森林土壤の肥培，林野庁，(1952).
- 19) 芝本武夫：スギ，ヒノキ，アカマツの栄養並びに森林土壤の肥沃度に関する研究，林野庁，253 pp.，(1952).
- 20) 芝本武夫：林地肥培（1），山林，848，pp. 22~27，(1955).
- 21) 柴田信男：アカマツ林の肥培に関する 2，3 の実験的考察，アカマツに関する研究論集，pp. 1~16，(1954).
- 22) 東北地方の気候，仙台管区气象台，381 pp.，(1961).
- 23) 塘 隆男・原田 洗：林木の養分含有量に関する研究 I 年齢別にみたスギの重量と肥料 3 要素の含有量について，66 回日林講集，pp. 75~77，(1956).
- 24) 塘 隆男・原田 洗・及川伸夫：林木の養分含有量に関する研究 II 年齢別にみたアカマツの養分含有量について，69 回日林講集，pp. 182~184，(1959).
- 25) 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，林試研究報告，137，158 pp.，(1962).
- 26) 山谷孝一・山田耕一郎：ヒバ稚樹の研究（第 2 報），青森営林局第 4 回林業試験研究発表会記録，pp. 88~97，(1952).
- 27) 山谷孝一：東北地方における森林土壤と森林植生，森林立地，1，1，pp. 22~25，(1959).
- 28) 山谷孝一・長谷川浩一・神 潔：林地施肥にたいする耕うんの効果—黒色土壤におけるアカマツについての試験結果—，青森営林局林業技術研究集録，pp. 92~96，(1961).
- 29) 山谷孝一：ヒバ林地帯における土壤と森林生育との関係，林土調査報告，第 12 号，155 pp.，(1962).
- 30) 山谷孝一：ヒバ林伐採による土壤形態の変化について，後潟ヒバ林樹種更改試験地第 1 次調査報告 第 II 部，40 pp.，(1963).
- 31) 和達清夫監修：日本の気候，東京堂，492 pp.，(昭 34，1959).

**Effect of Fertilization on Some Important Conifers
at Their Younger Stage in The Tôhoku District.**

Takashi SATÔ, Kôichi YAMAYA, Kôichi HASEGAWA,
Kazuaki GOTÔ, Toyoaki NISHIDA and Kiyoko YANAGIYA

(Résumé)

This paper deals with the effect of fertilization on the important conifers; Karamatsu (*Larix leptolepis*), Akamatsu (*Pinus densiflora*) and Sugi (*Cryptomeria japonica*), which has been done at 11 localities in the Tôhoku district. The results in the early stage, 5~7 years after planting, are reported here.

I. Location and outline of the experimental plots are shown in Fig. 7 and Table 1. The experimental plots and the species of trees are selected as to meet the natural environment; climate, geological feature, soil type, floral condition.

II. Response of Karamatsu to fertilization.

The results shown in Table 3, 4, 8, 9, 13 and 14 are summarized as follows:

- 1) Yearly height growth is 30~60 % promoted in the fertilized year.
- 2) Quantities of fertilizer do not produce any significant difference so far as concerns the use of 5~20 cakes of mixed fertilizers.
- 3) Effect of fertilization is remarkably decreased in the next year, and repeated fertilization gives successive effect.
- 4) Relationship between stand density and fertilization effect is interesting as can be seen by reference to Table 19, and 20, and Fig. 15.

Denser stand (5,000 trees/ha) shows better height growth than thinner stand (1,000 trees/ha). This is taken to be the result of competition between grass and planted trees, because our model test shows that grasses on the ground absorb more nutrient elements on the thinner stands. And distribution of dry matter of 7 years old Karamatsu summarized in Table 62 and Fig. 39 apparently demonstrate that growth of stem increases relatively to leaves and branches by competition when crown canopy is closed, and that response to fertilization takes place at stem rather than at leaves and branches.

III. Response of Akamatsu to fertilization.

The results shown in Table 27, 28, 29 and 30 are summarized as follows:

- 1) Response does not appear in the fertilized year, but height growth is promoted 10 % in the next year.
- 2) This weak response is considered to be due to the dry matter distribution of Akamatsu trees as shown in Table 31. Larger proportion of dry matter of Akamatsu is distributed to leaves and branches as compared to Sugi and Karamatsu, more nutrient elements being consumed for the growth of leaves and branches.

IV. Response of Sugi to fertilization.

The results shown in Table 36, 37, 40, 41, 45, 46, 50 and 51 are summarized as follows:

- 1) Sugi responds in the fertilized year, and height growth is promoted 10~300 %.
- Fertilization effect decreases in the next year and yearly height growth comes to the same as to that of the control.

The yearly growths of fertilized trees, however, are apt to exceed that of the control again after several years.

This mode of response is schematically presented in Fig. 29, from which three types of fertilization effect, A, B, and C are distinguished. Fertilization effect is biggest in A, and the rate is $A > B > C$.

As shown in Fig. 32, promoting effect to yearly height growth is clear in types A and B, and not in type C. The net yearly height growth, however, is highest in type C, and the rate is $C > B > A$. This fact is compared with soil condition in Table 52. This table shows that soil fertility which is represented by the chemical properties of the surface soil (0~10 cm depth), is highest in type C and becomes poorer in C.

Height growth and fertilization effect in these three types are shown in Fig. 33, which reveals that fertilized trees on the less productive soils grow as well as unfertilized trees on the upper ranked soils.

This result is very promising to the profitability of forest fertilization.

V. Influence of ploughing to fertilization effect.

The results shown in Table 27, 28, 55, 56, 57 and 58, and Fig. 34 are summarized as follows :

Ploughing promotes the effect of fertilization to Akamatsu, Karamatsu, Sugi and Hinoki, and especially to Akamatsu.

Difference in promoting effect is considered to be related to physical condition of soils; for instance, soils with larger water holding capacity and with larger clay content show less ploughing effect.

VI. Influence of fertilization to soils.

As mentioned above, Sugi fertilized once, responds in the first year most and then its yearly growth comes to almost the same as that of the control in the following years; however, it sometimes exceeds the control again.

This phenomena appears especially on the less productive soils as type A. What is the reason? Comparing the fertilized and the unfertilized soil, chemical properties especially Ca- and Mg-saturation are improved in the fertilized soil of A and B types as shown in Table 61.

Besides, growth of weeds on the fertilized stand is stimulated, and they absorb more nutrient elements which enrich soils and come back to the soil by weeding.

This active circulation of nutrient elements enriches soils, and thus improved soils sustain the continuous growth of planted trees. This may be called the "indirect effect" of forest fertilization.

VII. Influence of fertilization of dry matter in tree body.

Effect of fertilization is usually estimated by measuring height and diameter of the tree. Response, however, appears not only in height and diameter, but also in growth of leaves, branches and roots. Proper estimation should be obtained by measuring the distribution of dry matter in the tree body.

1) Results of experimental plots of Karamatsu are shown in Table 62. Fertilization effect appears more remarkably on the dry weight of top than on height of the tree. Response appears more clearly on the leaves and branches at Koma experimental plot, and on roots at 1,000 trees/ha plot, on branches and leaves at 3,000 trees/ha plot and branches and stems at 5,000 trees/ha plot in the case of Akakawayama experimental plot.

2) Results of experimental plots of Akamatsu are shown in Table 64. Response is bigger

on dry weight of tops than on height of the tree, and biggest on branches. And in the denser forest responds on stems, but in thinner forest on leaves.

3) Results of the experimental plots of Sugi are shown in Table 65. Fertilization shows its effects more on the dry weight of tops and stems than on height of trees. The more the fertilizer the more apparent this tendency becomes.

Leaves respond more in the fertilized year, and branches and stems respond 4~5 years later.

4) The estimated dry matter production per ha 7-year-old Karamatsu at Akakawayama experimental plot is shown in Table 66. Dry matter of tops and stems shows no difference among treatments at the density of 1,000 trees/ha, but at the density of 3,000 trees and 5,000 trees per ha, the fertilized stand produces much more dry matter of tops and stems. The thicker the forest, the more dry matter is produced.

5) Estimated dry matter production of 10-year old Akamatsu is listed in Table 67. Fertilized plots produce more dry matter in each treatment, and moreover, thicker stands produce more dry matter. Thus, fertilization on the thicker stands is very effective for the growth of stems.

6) Influence of fertilization to stem growth of closed stand at Koma experimental plot is shown in Table 67. One ton of leaf produces 0.23 ton of stem yearly at the unfertilized plot, but at the fertilized plot 0.32~0.34 ton. This fact means that productive efficiency of leaves is increased by fertilization.

7) Distribution of dry matter of Karamatsu at each experimental plot is shown in Fig. 39. Higher percentage of dry matter belongs to leaves at the 2-year-old stand and in the order : leaves > branches = stems = roots. At the 7-year-old stand, on the contrary, stems occupy more dry matter portion in the order as stems > branches > roots > leaves.

8) Distribution of dry matter of Akamatsu at each experimental plot is shown in Fig. 40. Dry matter is distributed in branches more than in other parts of the fertilized tree, and more to the stem of the unfertilized tree at Ottomo experimental plot. More dry matter is distributed to stems of thicker stands, and the dry matter of thinner stand is almost equally distributed to the parts of the tree body at Koma experimental plot. By fertilization, the distribution of dry matter to stem is increased at thicker stand, but distribution to leaves is increased at thinner stand.

9) Distribution of dry matter of Sugi at each experimental plot is shown in Fig. 41. The greater part of dry matter is distributed to leaves, and the ratio is leaves > stems > roots > branches. Difference in dry matter content between leaves and stems is larger in younger stand, and it becomes smaller with increasing age. Sugi trees one year old give more portion to leaves by fertilization and 4-year-old trees obtain more portion to stems at Mukaimachi experimental plot.

VIII. Influence of fertilization to the nutrient content and concentration of each part of tree body.

1) As shown in Table 68, 70 and 72, 3 species of trees have the highest concentration of nitrogen among three nutrient elements, and the ratio is $N > K > P$. Concentration of elements is highest in leaves, and the ratio is leaves > branches > roots > stems. It is difficult to find an apparent change in concentration of elements in each part of a tree by fertilizer treatment.

2) Quantities of 3 elements contained in each part of Karamatsu, Akamatsu and Sugi are

shown in Table 69, 71 and 73.

Each species of tree has highest content in nitrogen, and the ratio is $N > K > P$. The distribution of N-content in Karamatsu is as leaves $>$ branches $>$ roots $>$ stems. N-content of Akamatsu and Sugi is higher in leaves and there is no apparent difference among other parts of a tree. Contents of 3 elements in these 3 species are increased by fertilization, and, especially, Sugi increases its 3 elements content with the increase of fertilizer.

IX. Response of each species of tree to fertilization.

1) Fertilization effect to Karamatsu, Akamatsu and Sugi is shown in Table 74. The yearly height growth at the fertilized year is promoted in the order as Sugi $>$ Karamatsu $>$ Akamatsu. This is true even after 6 years.

2) Positive effect of fertilization to weight growth is observed in each species, and this is clear to branches and leaves in the younger stage. This goes to stems along with the increase of tree height. Though the lowest tree height response to fertilization on stem growth differs depending on tree species, it is estimated as about 3 m for Sugi, 4 m for Akamatsu and about 5~6 m for Karamatsu.

Change of proportional distribution of dry matter of Karamatsu, Akamatsu and Sugi is diagramed in Fig. 42. Each species of tree has higher percentage of dry matter in leaves and branches and less in stems in the younger stage. Along with the increase of tree height, proportional weight of leaves and branches decreases and that of stems increases. This change is large for Sugi and Akamatsu and small for Karamatsu.

It is assumed that the high proportional distribution of dry matter to leaves and branches turns over to stems at a certain age. The height of a tree at this age is lowest for Sugi, and is in the order Sugi $<$ Akamatsu $<$ Karamatsu. The relationship between tree height and dry matter content of stem is presented in Fig. 43. Stem weight shows no difference among these species at the stage of low height; difference, however, becomes apparent with the increase of height.

Comparing the stem weight at the same level of tree height, Sugi is heaviest and the three species are in the order as Sugi $>$ Akamatsu $>$ Karamatsu. Thus, unit increase of stem weight per unit increase of tree height is biggest for Sugi, then Akamatsu and Karamatsu in that order.

X. Future problem of forest fertilization.

Results of the experiments on fertilization to trees up to 5~7 years old plantation, has been discussed above, and some important facts has been revealed, namely, that each species of tree responds to fertilization characteristically, and that effect of fertilization is influenced by environmental factors. However, the following consideration should be emphasized to obtain a practical success in forest fertilization.

- 1) To make clear the relationship between species of tree and environmental factors.
- 2) Further consideration of ploughing for fertilization.
- 3) Quantity of fertilization and repetition of fertilization meet to fertilization plan.
- 4) To make clear the relation between density of stand and effect of fertilization.
- 5) To develop new fertilizers beneficial for forestry.

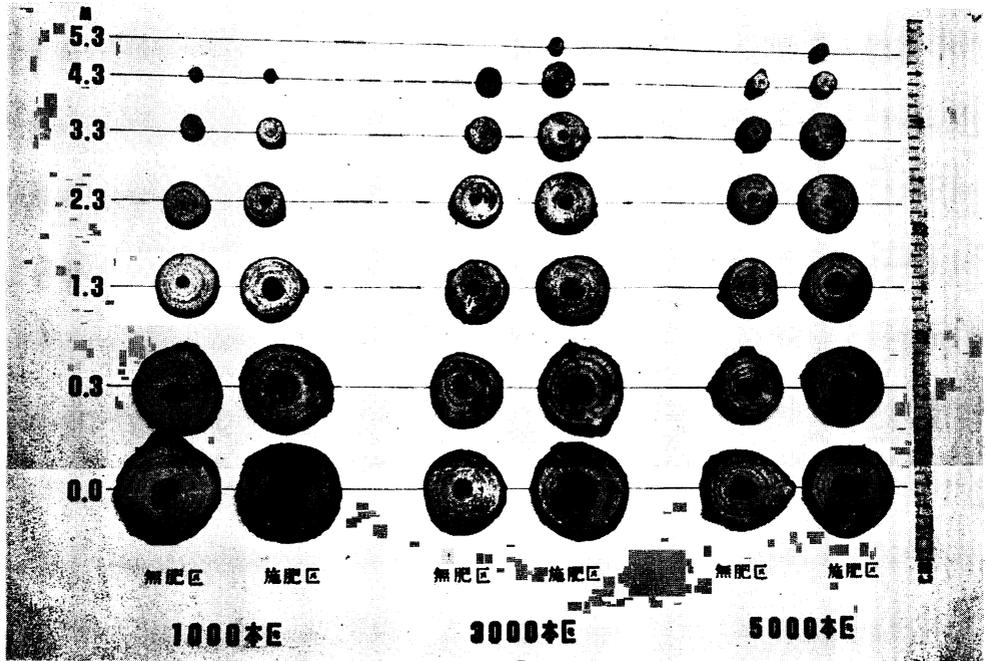


写真 1. 植栽密度と施肥の関係 (赤川山試験地の7年生カラマツ)
 Photo. 1 Relation between stand density and fertilization
 (7-year-old Karamatsu in Akakawayama).

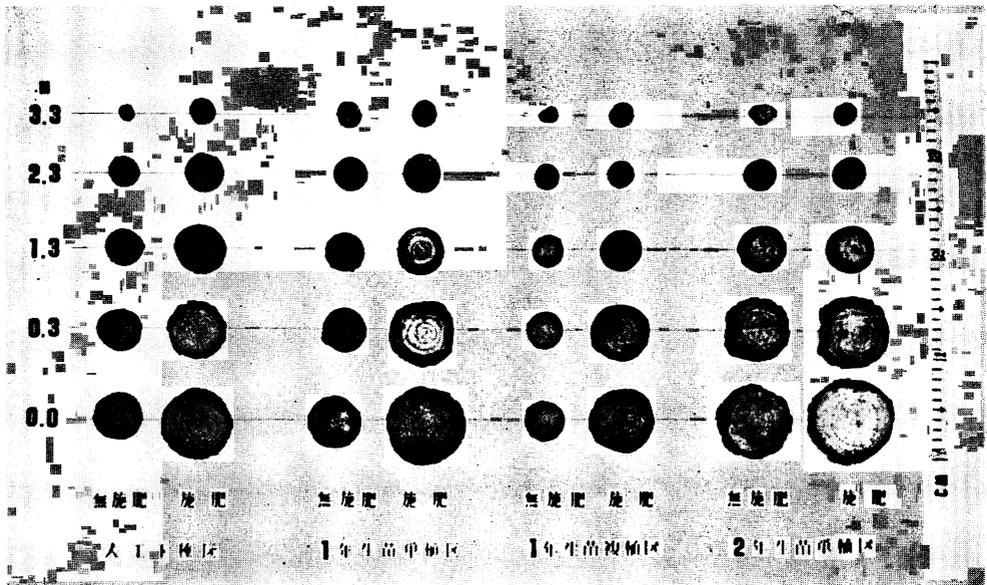
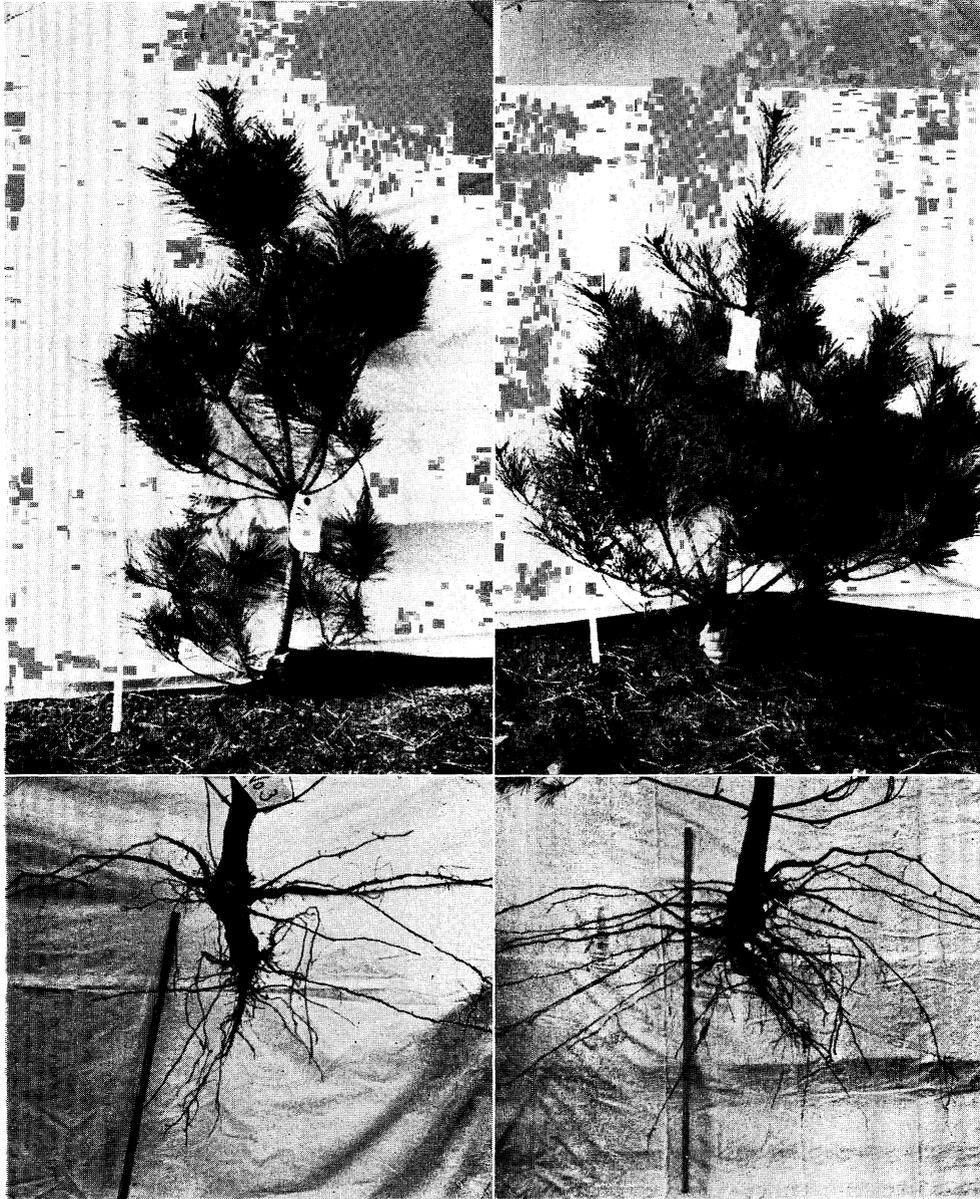


写真 2. 植栽方法与施肥の関係 (好摩試験地 II の樹齡9年生アカマツ)
 Photo. 2 Relation between planting method and fertilization
 (9-year-old Akamatsu in Kōma II)

—Plate 2—



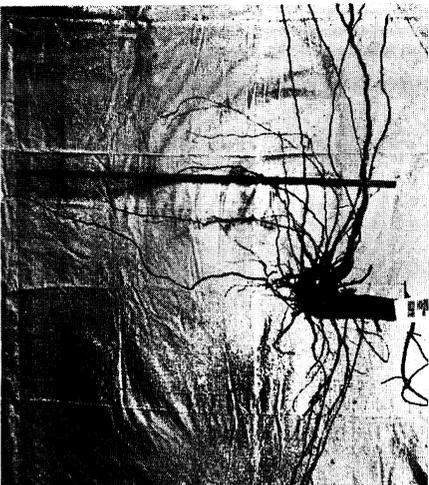
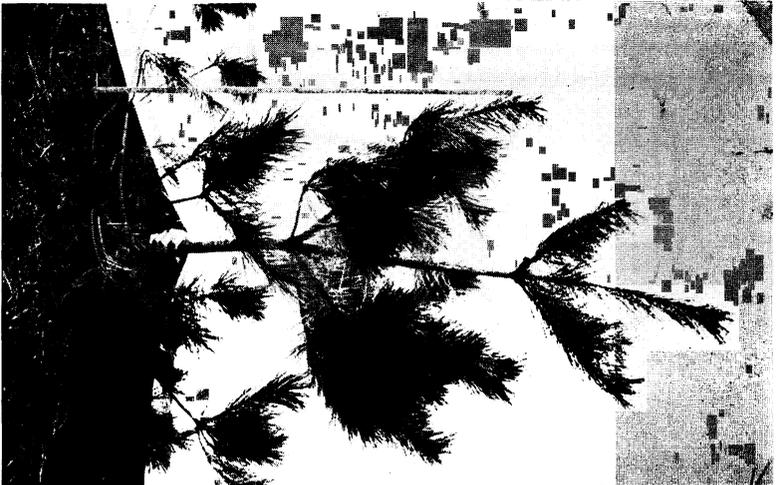
(1)

(2)

写真 3. 施肥および耕うんの効果 (乙供試験地の6年生アカマツ)

Photo. 3 Effect of fertilization and cultivation (6-year-old Akamatsu in Ottomo).

(1) 無処理区 Control (2) 施肥区 Fertilized



(3)

(3) 耕うん区 Cultivated

(4)

(4) 耕うん施肥区 Cultivated and fertilized