

成 木 施 肥 の 体 系 化

成木施肥の体系化

I 試験担当者

土じょう部	土じょう肥料科	原 田 洸
土じょう部	土じょう肥料科 土じょう肥料研究室	藤 田 桂 治
〃	〃	〃 佐 藤 久 男

II 試験目的

森林のもつ多面的な機能を発揮させるためには、健全で生産力の高い森林を作る必要がある。

森林の主産力を高める一つの手段として、森林保育の中に肥培を体系的に組みこむことが期待されている。

成木施肥に関する研究はかなり進み、個別技術の資料も多いが、現状では肥培技術を森林保育の中に体系的に導入するまでに至っていない。

そこで、既往の研究成果を整理し、肥培体系(案)を作成し、今後の事業に反映させる必要がある。

III 試験の経過と得られた成果

1. 国有林における成木施肥概要

(1) 林地肥培の経過

わが国の林地肥培は、幼齡林肥培からはじまった。昭和20年代後半から30年代前半にかけて、林地肥培研究はブームを呼び、学会誌、林試研報はもちろん、営林局の造林技術研究発表や局報に、林地肥培に関する報告が多数発表された。¹⁰⁾ 当時の熱狂的なブームの中にあって、誤まった認識をもつものも少なくなかったので、林地肥培は単に施肥するだけでなく、他の技術との関連も十分留意する必要があることなど、数項目の留意点が指摘された。²⁰⁾

その後、昭和30年代後半から、成木林を対象にした肥培が研究されるようになり、¹⁰⁾ 各県では昭和38年から3カ年にわたって成木施肥の現地適用試験を行った。その成果把握を昭和44、45年度のメニュー課題としてとりあげ調査した結果、葉中の養分濃度の増加、生長促進、地力維持増進に対する効果が認められたが、それとともに2、3の留意

事項も指摘された。²²⁾

国有林では、昭和40年代から林野庁の成木施肥要綱に基づいて、各営林局管内でそれぞれ成木施肥試験地2林分を設定した。その成果の一部は公表されている。^{7, 19, 23)}試験地は種々の林分条件、立地条件があって、肥効が顕著な所もあるが、全く肥効のあらわれなかった所もあり、どのような条件の所で効果があったかという点について解析が進められた。⁷⁾

(2) 肥培効果のあがっている一事例

肥効が顕著にあらわれた一事例として、六日町営林署二居成木施肥試験地での成果の一部を紹介する。

(i) 位置：試験地は新潟県南魚沼郡湯沢町大字三国字東谷山国有林に位置し、六日町事業区91林班は小班に所属している。

(ii) 地況：試験地一帯は、日白山の二居川に面する西向の傾斜約6度の山麓緩斜面の押し出し地形を呈し、標高910mから980mの範囲にある。土壌は石英斑岩を母岩とする堆積土壌で、二居川に沿って生成した適潤性黒色土壌である。比較的酸性が強く、塩基類とくに石灰含有量の少ない土壌で、その生産力は低いものとみなされる。

(iii) 林況：明治41年植栽のスギ林で、昭和40年(林齢57年)の試験地設定時の林況(2区平均)は表-1のとおりである。試験地設定前の保育管理は不明であるが、試験開始後昭和48年5月(林齢65年)の時点で、材積で20~30%程度の間伐を行った。

表-1 二居成木施肥試験地の林分概要

項目	本数密度	平均樹高	平均胸高直径	胸高断面積	林分材積
処理区	本/ha	m	cm	合計 m^2/ha	m^3/ha
施肥区	1150	16.5	26.0	59	475
無施肥区	1100	16.4	26.0	56	447

(iv) 試験設計：1試験区の面積は0.2haとし、その内部に0.1haの測定区域を設けた。施肥量はN換算でhaあたり100kgとし、昭和40年、41年、42年の5月に3年間連続施肥した(林齢ではそれぞれ57, 58, 59年の春に施肥したことになる)。供試肥料は燐安系化成肥料(17-9-8)である。

(v) 結果：試験地設定後8生育期を経過した昭和47年10月の結果⁵⁾は、表-2のように

顕著な差がみられた。

表-2 二居成木施肥試験地の生長

項目	胸高断面積計 m^2/ha				林分材積 m^3/ha				
	設定時	8年後	8年間の増加量	生長率%	設定時	8年後	8年間の増加量	連年生長量	生長率%
施肥区	59	75	16	3.0	475	707	232	29.0	4.9
無施肥区	56	66	10	2.1	447	556	109	13.6	2.7

また、試験地設定後14生育期を経過した昭和53年10月の林齢71年の時点で、各区6本の供試木を伐倒して樹幹析解した。6本平均の総生長、連年生長を図示すると、図-12, 3のとおりである(未定稿)

これによると、樹高では施肥区は無施肥区より施肥前から総生長で約40cm高かったが、施肥後数年間(林齢61~64年)施肥区の連年生長は旺盛となり、無施肥区の樹高との差

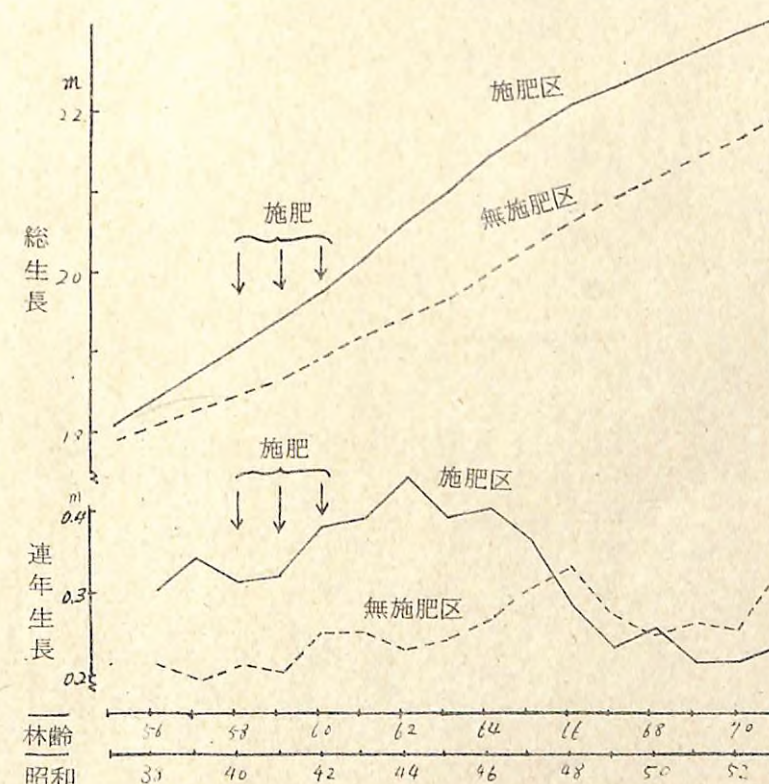


図-1 樹高生長経過

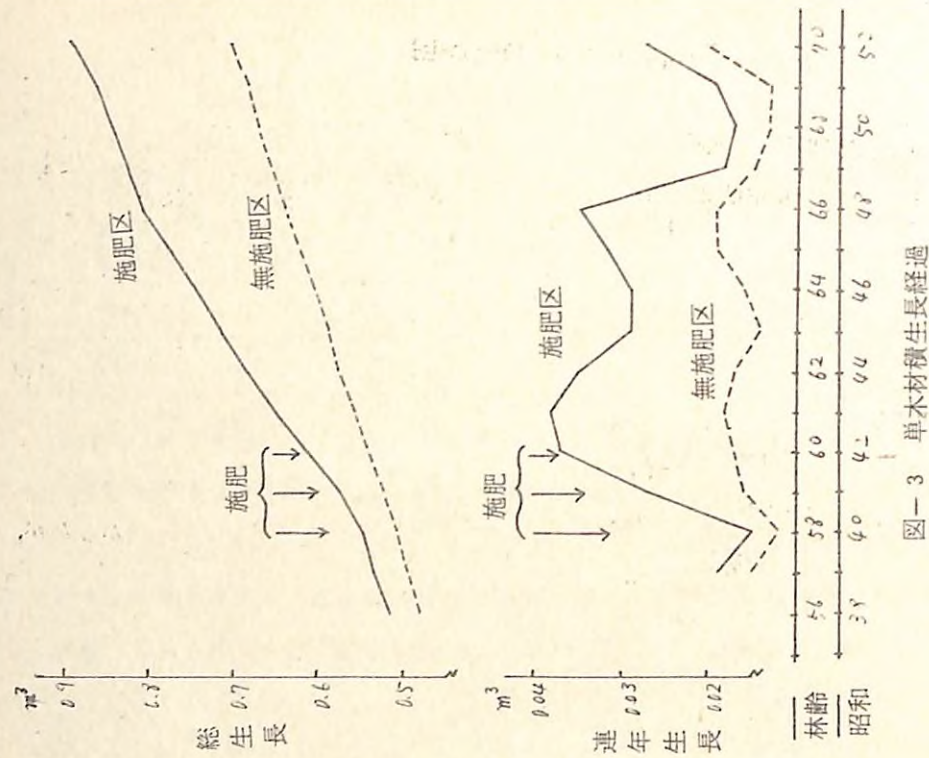


図-3 単木材積生長経過

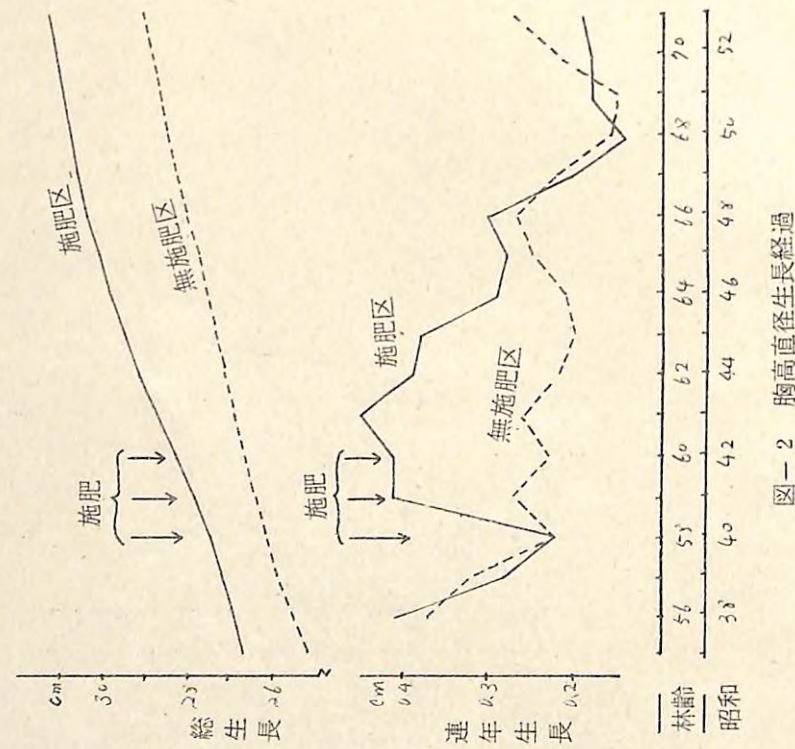


図-2 胸高直径生長経過

は大きく開いた。林齢66年以降、施肥区の連年生長は無施肥区より逆にわずかに小さくなるが、総生長にそれほど影響せず林齢71年の調査時点で、施肥区は無施肥区より約1.2m高い樹高を維持している。

胸高直径も施肥前から施肥区は無施肥区より約1.3cm大きい、施肥区は施肥後数年間(林齢59~63年)の連年生長が非常に大きく、総生長において無施肥との差を2cm以上に拡げた。林齢67年以降施肥区の直径生長はやゝ鈍り、連年生長で無施肥より逆に小さくなる年もあるが、総生長にそれほど影響せず、林齢71年の時点で、施肥区の直径は無施肥区より約2.2cm大きかった。

単木材積でも、施肥前から施肥区は無施肥区より大きかったが、施肥区はとくに第1回施肥後7~8年(林齢59~66年)の連年生長が非常に大きく、両区の総生長差は年々開いていく傾向がみられる。林齢70年の時点で、施肥区は無施肥区より単木当たり約0.2m³大きかった。

(VI) 総括と今後の問題点

施肥処理前から、施肥区は無施肥区より多少大きかったが、林齢57年から59年にかけて3年連続施肥した効果が非常に大きくあらわれ、その後両区の生長差はますます拡がり、林齢71年という高林齢になって、樹高、胸高直径の連年生長への肥効こそ見られなくなったが、総生長ではまだ十分の生長差を保っており、非常に効果が持続している肥培林とみることができる。

ただし、この顕著な肥効の持続は、決して普遍的にどの肥培林にもみられるものではなく、従来、施肥しても効果がはっきりしなかった例、また施肥直後は生長差がみられたが、何年か経過するうちに効果がわからなくなった例も多い。

民間でも昭和49年度の天皇賞を受賞した柿下氏肥培林のように、今もって見事な生長を維持している肥培林もあるが、過去の受賞林で、その後の手入れが悪く不良林になってしまった例もいくつかかぞえられる。

今後の問題として、肥効が長く持続するような保育法を検討する必要がある。

2 成木林肥培体系(案)作成に採用した既往の研究成果

項目	文献	参考にした内容
① 肥料の種類	1)	若い林ではPを施用することが多いが、閉鎖林分ではNが主として用いられる。貧栄養(Available-Nが少い)の所で葉量を維持し、葉の養分濃度を維持するにはN施肥が必要。

項目	文献	参考にした内容
① 肥料の種類	12)	若い林は複合肥料の肥効が大きかったが、主伐期に近い35年生林分では肥料の種類(複合肥料とN単肥)の差は少なかった。
	30)	植栽時施肥の場合は、NPKの1つまたはそれ以上を使用するのが普通であるが、中壮齢の閉さ林分ではN単用が普通である。
② 施肥量・施肥回数	13)	枝打ち初期：N60kg/ha 相当量になるべく3要素の入った化成肥料で全面ばらまき。 枝打ち中期：N80kg/ha 相当量を化成肥料でばらまき。 枝打ち後期：N100kg/ha 相当量を化成肥料またはN単肥でばらまき。 間伐期～主伐期：N100kg/ha 相当量を数年間隔で3～4回ばらまき。N単肥でよいが、1回程度は3要素を用いた方がよい。
	14)	15年生林分に対する3年連続施肥で、Nで1年目は150kg/ha、2年目100kg/ha、3年目50～100kg/haは、地位中庸の林分で適正な施肥量である。
	19)	施肥量は70～100kg/ha
	24)	林齢11～20年はNで100kg/ha、それ以後33年までは150kg/haの割合で複合肥料3回、N単肥4回の計7回施肥。
	28)	二居試験地のスギ壮齢林にNで100～200kg/ha 相当の化成肥料を3年連続施用した結果、施肥量による差がないところから、100kg/haは妥当量である。
③ 施肥位置・施肥法	9)	閉さした林分では、活力ある細根は腐植層の下のごく浅い部分に網目状に発達しているため、施肥位置は浅くてよい。地表面にばらまくか、あるいは地表を軽く掻きおこして肥料をまく。
	15)	ヘリコプター施肥が有利になる施肥面積は、スギ林で10ha以上である。施肥面積10haの場合、施肥による材積増加量は7年間で1814m³/ha以上になると経済的に有利である。
④ 施肥が幹形に及ぼす効果	3)	胸高形数はバラツキが大きく施肥による影響は認められない。
	7)	肥効顕著な肥培木では完満化の傾向を見いだすことはできたが、その程度はわずかであって、それほど著しいものではないと思われる。

項目	文献	参考にした内容
④ 施肥幹形に及ぼす効果		る。
	13)	スギ主伐期前の肥培試験で、材の完満化は一部の調査木でその傾向が認められたにすぎないので、材の完満化は一応は認められるが、それより林全体の肥大生長が増大することを期待すべきではないか。
	19)	肥培効果の大きくあらわれた優勢木では幾分樹冠下部の肥大生長が大きく、完満な傾向を示す。完満な材を得るためには、枝打間伐をおこなうことがより効果的であり、施肥により容易に完満材を得られると考えるのは問題がある。
⑤ 施肥が生長に及ぼす効果	4)	同一林分内では、中大径木ほど肥効があらわれ易い。
	7)	施肥の効果を材積増加量でまとめると、スギ林で5年間に50m³/haの材積増を示した林もある。多くのものは5年間で15～30m³/ha程度で、3～6m³/ha・yrになる。
	11)	渡島の23年生スギ林と38年生スギ林に2年連続施肥し、6年後に調査した結果では、施肥区は無施肥区より95～111m³/ha・yr増であった。
	13)	スギの生育段階別施肥試験の結果では、肥培林は無肥培林より2～7m³/ha・yr増の生長であった。施肥時の林齢で肥効が異なる。
	26)	採穂で生長低下したスギ林に施肥を行い、最初の施肥後16年目(6回目の施肥後9年目)の生長は、材積で平均33%増であった。
	27)	二居のスギ成木施肥試験地で、林齢59年で林分材積の連年生長量が次第に低下してゆく年代の成木林でも、肥効が極めて顕著で、連年生長26m³/haを示した。これは無施肥林の連年生長量の235倍である。
⑥ 肥効の持続効果	7)	二居のスギ成木施肥試験地(3年連続施肥)の生長を解析した結果、大径木では施肥終了後6年間、小径木では施肥終了後3年間肥効が持続した。 肥効の持続効果は、長い場合7～8年も続くことがあるので、伐期前施肥は少なくとも10年前に実施すべきである。
	8)	農工大大谷山演習林で、植栽後3年間連続施肥し、15年経過した

項 目	文献	参 考 に し た 内 容
⑥ 肥効の持続効果		林分(18年生)で、施肥直後にみられた効果は、施肥終了後15年経過した時点でも続いており、無施肥区に比較して大きな差がみられる。 定量区と倍量区の比較では、施肥直後は倍量区の生長が良いが、施肥後15年経った時点では明らかな差はみられない。
	12)	12, 23, 35年生スギ林に対し、3年連続施肥した結果、施肥終了後3~5年間効果が持続した。
	19)	肥効は施肥当年もしくは翌年にあらわれ、翌年さらに施肥することにより、肥効は5年程度持続すると考えられる。
	29)	肥効は施肥当年より翌年以降に大きく、3年目で最大に達し、4年以上続くようである。
⑦ 立地条件と肥効	5)	スギ地位1等地の秋田営林局合川試験地では施肥効果がなく、立地条件の悪い3等地の青森管内むつ試験地では、小径木を除いた大部分に顕著な肥効を認めた。
	7)	地位指数20以下の立地では肥効が期待できるが、地位指数22以上の立地では効果があらわれにくい。
⑧ 林分密度と肥効	2)	Ry 0.77~0.91前後のスギ過密林分でもかなりの肥効を示した。
	7)	成木林肥培は収量比数Ry 0.7前後を目標にした林分を考慮すべきである。
	9)	施肥によって葉の養分濃度が高まっても、過密な林分では樹冠の受光量が少なく、それだけ生長に及ぼす施肥の効果は低下するので、一般的には過密林分では肥効があらわれにくい。そこで間伐の遅れた過密林分に対しては、間伐してから施肥するのが普通である。
	19)	密度の高い林分では立木の優劣の差が明らかで、優勢木では肥効をあらわすが、林分としてみた場合には1部分の立木の肥効であって、林分全体の肥効は小さい。施肥効果を十分発揮させるためには適正な林分密度が必要であろう。
	28)	高密度の閉鎖林でも施肥効果あらわれる。施肥効果は地位指数の影響を受ける。

項 目	文献	参 考 に し た 内 容
⑨ 保育と肥培	9)	間伐後施肥は地位上の林分では年輪幅が広くなりすぎる心配もあるので、間伐2~3年後に施肥することも一法である。
	13)	肥培は枝打ち後の生長量の回復、枝打ち痕の巻き込み促進、無節の部分の肥大促進などをおして、無節材を早くあるいは多くつくることに役立つであろう。 間伐と施肥を同時期に行うと、間伐効果と施肥効果が重なるため、立木密度によっては若齢林分では年輪巾が広くなりすぎる場合がある。そこで、若齢林分の施肥は枝打ち時あるいは間伐と間伐の間に行うのがよいであろう。林木の直径がある程度大きくなると、年輪巾は急激に減少するので、この時期の施肥では年輪が拡大しすぎるほどの肥効はあらわれないであろう。
	24)	間伐期の施肥は、次回間伐年との間に行う。
	25)	14年生スギ林で枝打ちによって材積生長は約10%減退したが、弱度の枝打ちでは施肥することにより生長回復する。

3 成木林肥培体系(案)作成のための施業の選択

林齢10年で関東北部の中程度の生長(40年時の材積394m³/ha)をしているスギ林を肥培して、40年で約500m³/haの林にするための肥培体系(案)を作成するために、肥培林に必要でしかも国有林経営規模においても採用しうられる施業を、スギ林肥培体系¹⁷⁾育林技術の体系化調査¹⁸⁾新施業に関する技術体系検討基準²¹⁾天竜地方の施業指針²⁴⁾を参考に選択した。

(1) 林分条件

- ① 立地条件：関東北部～中部の標高800m以下。傾斜30°以下。地位中
- ② 対象林分：10年生で中の生長をしているスギ林。
- ③ 経営目標：皆伐作業による元玉4m無節材生産
- ④ 立木本数：植付本数は3000本/haであるが、林齢10年までに約5%減
- ⑤ 下刈：下刈作業は短伐期にしる長伐期にしる良質材生産に欠かせない保育作業である。下刈は下層植生の種類、大きさによっても異なるが、目安として樹高2.5~3.0mになるまで継続したとして、林齢10年の時点では下刈が終了している。

(2) 選択した施業の内容

① つる切、除伐：下刈終了時点から2～3年おきに2回程度は実施すべきであり、この林分は従来適正に施業されていたと仮定する。しかし、訂正を要する点があれば、10年目と13年目の枝打時につる切、除伐もあわせ行うことにする。

② 枝打：枝打ちは無節材生産を目的とした場合には、緑枝を積極的に打つ必要がある。しかし、過度の枝打ちは林木の健全性を弱めるので、ここではあまり強度に行わず、3回にわけて4.5mまで枝打ちをする。

(i) 林齢10年(DBH7cm)の時点で1.5mまで

(ii) 林齢13年(DBH9cm)の時点で3mまで

(iii) 林齢16年(DBH12～13cm)の時点で4.5mまで

ただし、林齢13年と16年時の枝打ちは、通直で形質良く、木の間隔も良く、伐期まで残されるであろうもの約1,000本についてのみ行う。

③ 間伐：林分の生長に応じて少量づつ多数回間伐することは理想的であるが、労力経費が多くなるので実施はむづかしい。ここでは $R_y 0.7 \sim 0.75$ を目標に林齢20年から30年にかけて3回の間伐を行う。

(i) 林齢20年の時点でha 当り700本、47m³を間伐、間伐率は本数で30%、材積で21%

(ii) 林齢25年の時点でha 当り450本、58m³を間伐。間伐率は本数で28%、材積で19%

(iii) 林齢30年の時点でha 当り300本、66m³を間伐。間伐率は本数で26%、材積で18%

間伐材積は次のようにして計算した。すなわち、関東北部の地位中～上の20～30年生スギ林の副林木材積は、主林木材積の57～58%である¹⁶⁾ので、ここでは計算上の便宜を考えて間伐材積は残存木の60%と仮定し、間伐本数に掛けて求めた。

④ 施肥：枝打時期に3回、間伐時期に3回の施肥をする。枝打期の施肥は、枝打後の生長減退の防止、枝打痕の巻きこみ促進を狙った。間伐期の施肥は間伐後の林分閉さの促進を狙った。若齢林分では間伐をすると、無施肥であっても肥大生長が旺盛になるし、また実際問題として間伐当年は枝条が散乱していて施肥も行いにくいし、さらに労力の関係もあって、間伐1～2年後の施肥を計画した。

施肥法、施肥量は次のとおりである。

(i) 林齢10年、枝打時施肥：3要素を含んだ複合肥料を3～6月の頃全面ばらまき、施肥

要素量は $N 60 \text{ kg/ha}$ 、 $P_2O_5 20 \sim 40 \text{ kg/ha}$ 、 $K_2O 20 \sim 40 \text{ kg/ha}$

(ii) 林齢13年、枝打時施肥：施肥法は林齢10年時と同じ、施肥要素量は $N 80 \text{ kg/ha}$ 、 $P_2O_5 30 \sim 50 \text{ kg/ha}$ 、 $K_2O 30 \sim 50 \text{ kg/ha}$ 。

(iii) 林齢16年、枝打時施肥：施肥法は林齢10年時と同じ。施肥量は林齢13年時と同じ。

(iv) 林齢22年、間伐後施肥：施肥法は林齢10年時と同じ。施肥要素量は $N 100 \text{ kg/ha}$ 、 $P_2O_5 50 \sim 70 \text{ kg/ha}$ 、 $K_2O 50 \sim 70 \text{ kg/ha}$ 。

(v) 林齢27年、間伐後施肥：N単肥を3～6月の頃全面ばらまき。施肥要素量は $N 100 \sim 150 \text{ kg/ha}$ 。

(vi) 林齢32年、間伐後施肥：施肥法、施肥量とも林齢27年時と同じ。

(3) 施肥林分への期待条件

① 伐期：40年。文献18によると、スギ疎植短伐期の2等地の平均生長量最多の林齢は30～35年であり、3等地では35～40年である。しかし国有林は一般に奥地に存在することから、伐期はやゝ長目にする方が各地の森林に広く適用できると考え、40年とした。

② 伐期期待本数：750～800本/ha

③ 期待材積：約500m³/ha

4. 成 木林肥培体系¹⁶⁾と予想生長

以上述べてきた内容を基にして、関東北部地位中のスギ林の肥培体系¹⁶⁾と予想生長を表示すると、表-3のとおりである。

また、樹高、胸高直径、林分材積の予想生長を、既存の収獲表¹⁶⁾あるいはスギ肥培体系林¹⁷⁾の生長と併記すると、図-4～6のとおりである。

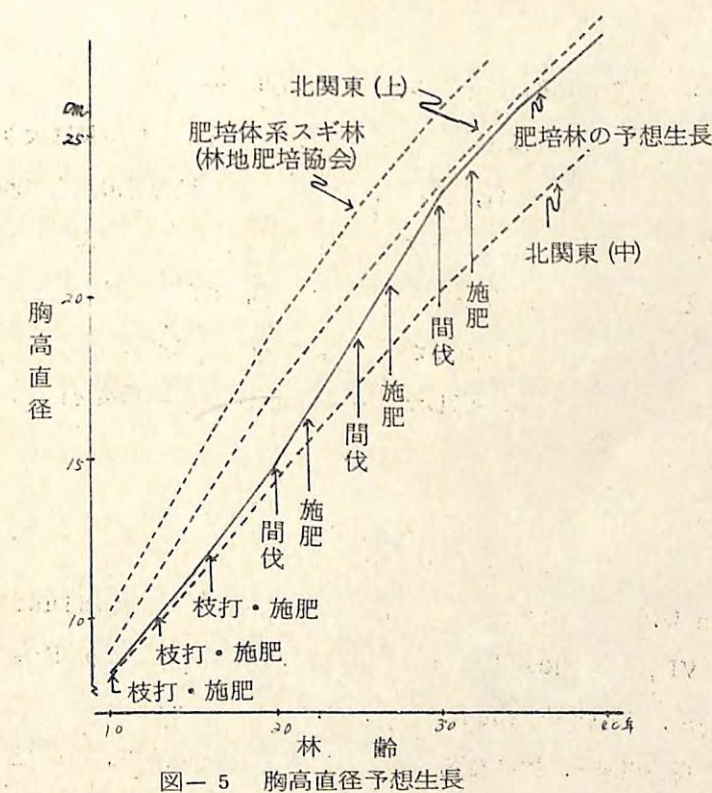
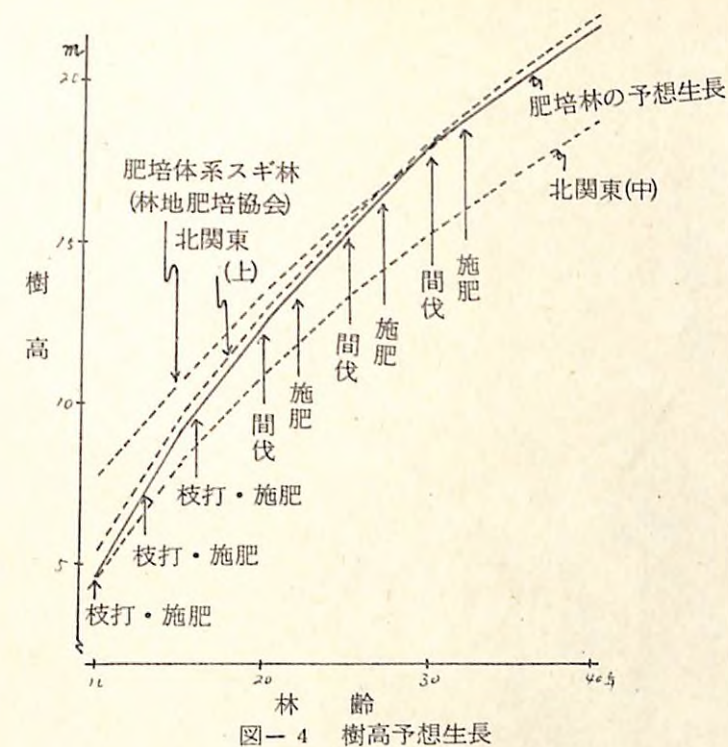
表-3 肥 培 体 系 表 (案)

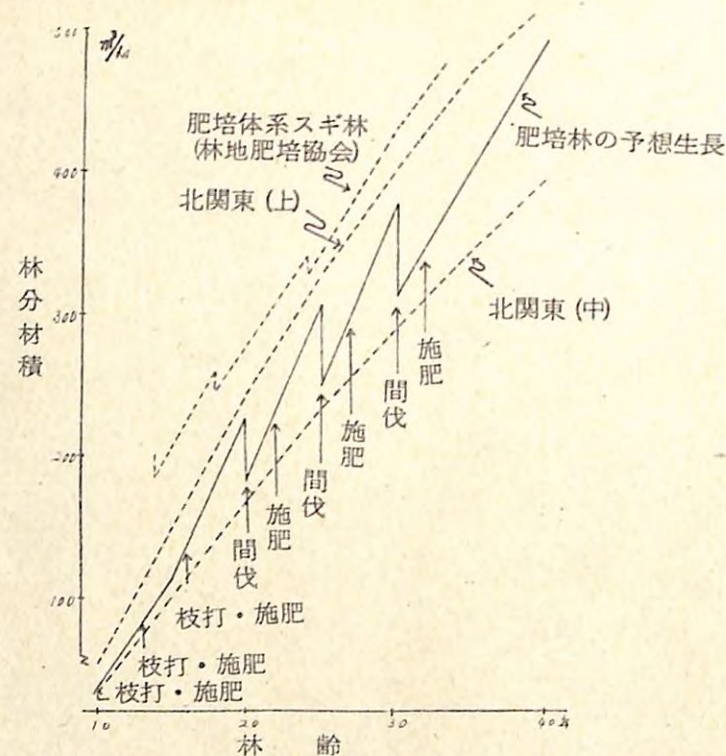
林 齢	予 想 生 長									保 育 作 業	施肥要素量		
	樹 高		胸高直径		形 状	立 木 本 数	林分材積		胸高断面積計		kg/ha		
	総 生 長	連 年 生 長	総 生 長	連 年 生 長			総 生 長	連 年 生 長			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
10	m 4.6	m	cm 7.2	cm	6.4	本/ha 2,850	m ³ /ha 35	m ³ /ha	m ² /ha 12	枝打 (1.5m高まで) ・施肥	60	20 ~40	20 ~40
13										枝打 (3 m高まで) ・施肥	80	30 ~50	30 ~50
15	9.2	0.9	11.2	0.8	8.2	2,300	111	1.5	2.3				
16										枝打 (4.5m高まで) ・施肥	80	30 ~50	30 ~50
20	12.7	0.7	14.8	0.7	8.6	1,600	(227) 180	2.1	2.8	間伐 (700 本, 4.7 m ³)			
22										施肥	100	50 ~70	50 ~70
25	15.5	0.6	19.0	0.8	8.2	1,150	(306) 248	2.5	3.3	間伐 (450 本, 5.8 m ³)			
27										施肥	100 ~150		
30	18.2	0.5	23.2	0.8	7.8	850	(376) 310	2.5	3.6	間伐 (300 本, 6.6 m ³)			
32										施肥	100 ~150		
35	20.0	0.4	25.3	0.5	7.8	825	400	1.8	4.3				
40	21.7	0.3	28.0	0.4	7.8	800	491	1.8	4.9				

備考：○30年以降の本数の自然減を50本/haとした。

○材積はGHfによった。但し肥培によりfは大きく変化しないものとした。

○材積の上段()内の数字は間伐前の値である。





図一 6 材積予想生長

5. あとがき — 今後の肥培体系確立のための問題点 —

林地肥培の肥効をどの程度に見積るかによって、肥培林の予想生長は大きく変わってくる。肥効の大小は、立地条件、林分条件、施肥法、保育管理の精粗などに左右される。

そこで、この報告では、既往の研究成果と肥培体系案作成のために選択した施業を勘案して肥培体系案とそれに伴う予想生長を作成した。しかし、これはあくまで机上案であって、実際に予想したとおりの生長をしてくれるかどうか、その実現性を検討する必要がある。

今後各地で、それぞれの場に適応した、実現性の高い肥培体系案を作り、現地での試験をする必要がある。

引用文献

- 1) Bengtson G.W : Fertilizers in use and under evaluation in silviculture, XVI, IUFRO invited paper, Dorschkamp Res. Inst. Wageningen, Netherlands, pp.32, 1977
- 2) 藤田桂治, 長谷川浩一, 樋口義男, 泉富保 : 成木林の肥培効果, (II) 肥培効果と経済効果, 日林東北支講, 23 72~74, 1972

- 3) 藤田桂治, 長谷川浩一 : 成木林の肥培効果 (II) 材積生長率, 肥大生長および胸高形数について, 日林東北支講, 23 75~77, 1972
- 4) 藤田桂治, 長谷川浩一 : 成木林の肥培効果 (IV) スギ林における肥培効果のあらわれ方, 日林東北支講, 23 78~81, 1972
- 5) 藤田桂治, 長谷川浩一 : 成木林の肥培効果 (VI) スギ肥培林の立地条件と肥効, 84 日林講, 136~138, 1973
- 6) 藤田桂治, 塘隆男, 佐藤久男, 堀田庸, 荒井隆幸, 渡部扶三男 : スギ成木林の肥培効果 (II) 施肥量試験について, 86 日林講 97~98, 1975
- 7) 藤田桂治 : 成木施肥, 林業改良普及叢書, 66 182, 1977
- 8) 生原喜久雄, 新井雅夫, 川名明 : 植栽後3年連続施肥したスギ18年生林分の生長, 農工大演報, 15, 59~65, 1979
- 9) 原田 洸 : 壮齡林肥培 (成木林肥培), 芝本, 塘監修, 林業技術者のための肥料ハンドブック p.124~151, 1979
- 10) 原田 洸 : 林地肥培研究の動向一戦後の日本における一, 森林と肥培, 100, 19~23, 1979
- 11) 星司朗, 小林吉三 : 道南スギ中壮齡林の肥培効果, 北方林業, 18(5), 20~22, 1966
- 12) 伊藤守夫 : 壮齡林肥培に関する研究, (I) スギ壮齡林の肥効について, 静岡林試報, 4, 1~6, 1972
- 13) 伊藤守夫 : 林木一生の肥培, 静岡県林業会議所叢書 1, pp.31, 1978
- 14) 川名明, 相場芳憲, 生原喜久雄 : 壮齡林の肥培に関する研究, (VI) スギ壮齡林の肥効について, 農工大演報, 9, 11~24, 1971
- 15) 桑原武男, 塘隆男 : 36年生ヒノキ林に対する航空施肥試験, 広島林試報, 12, 13~25, 1977
- 16) 三浦伊八郎 : 森林家必携, p.376, 林野弘済会, 1967
- 17) 日本林地肥培協会普及委員会 : スギ林の肥培体系, 1976
- 18) 日本林業技術協会 : 育林技術に関する体系化調査 -1972~1974-, pp.261, 1975
- 19) 林業試験場 : 成木施肥法 — 林地肥培体系の確立 — 昭47 国有林野特別会計技開報告書 173~204, 1973
- 20) 林野庁長官 : 林地肥培について, 34 林野指第7003号 (昭和34年10月7日) 1959
- 21) 林野庁業務課 : 新施業に関する技術体系検討基準, 技術開発資料, 49-5, 1974
- 22) 林野庁指導部長 : 成木施肥の効果把握試験の結果について, 47-20 (昭和47年4月27日)

- 日), 1972
- 23) 札幌営林局: 成木施肥に関する調査報告書, pp. 67 1973
- 24) 鈴木正: 優良材生産技術に関する研究, (1) 天竜地方におけるスギ, ヒノキの施業指針と収支試算, 静岡林試報, 9 25~40, 1978
- 25) 竹下純一郎, 中村基, 山口清: 林地肥培に関する研究, (8) 枝打における施肥効果, 15 回日林中部支講, 1~6 1967
- 26) 竹下純一郎, 中川一, 中村基, 塘隆男: 6 年間採穂した 22 年生林分に対する施肥効果, (Ⅲ) 89 回日林論, 147~148 1978
- 27) 塘隆男, 藤田桂治, 磯和幸, 渡辺扶三男: スギ成木林の肥培効果, (1) 9 年間の材積増加量, 85 回日林講, 107~109 1974
- 28) 塘隆男, 藤田桂治, 佐藤久男, 堀田庸, 荒井隆幸, 渡部扶三男: スギ成木林の肥培効果, (Ⅳ) 林分密度と肥培効果について, 86 回日林講 99~100, 1975
- 29) 植田正幸, 伊藤忠夫, 川名明: 壮齡林肥培に関する研究, (Ⅳ) スギ壮齡林に対する生育相別施肥試験, 日林誌, 53(2) 42~50, 1971
- 30) Weetman G.F and S.B.Hill: General environmental and biological concerns in relation to forest fertilization, Forest Fertilization Symposium Proceedings, USDA. Forest Service General Technical Rep. NE-3, 19~35, 1973