

林木稚苗の栄養生理に関する研究

〔第 VII 報〕

スギ、ヒノキ、アカマツ及びクロマツ稚苗における
肥料要素含有量に関する 2-3 の総合的考察

柴 田 信 男

Nobuo SHIBATA

Studies on the nutritive Physiology of young Trees.

〔VII〕

Some general Considerations on the Content of the Manure Elements (N, P₂O₅, K₂O and CaO) in Sugi, Hinoki, Akamatsu and Kuromatsu Seedlings.

目 次

I 緒 言	1 著者の実験例から
II 樹体の養分組成から見た樹種の特性について	2 CaO あるいは MgO の欠除が苗体の組成に及ぼす影響
1 総 論	VI 肥料要素の吸収に関する諸因子について
2 既往の分析例から推論されること	1 吸収時期についての考察
3 著者の実験成績について	2 P ³² による磷酸吸収の季節的变化についての
III 林業品種または系統と苗体成分の関係	実験
1 大阪営林局管内天然スギの系統と細胞液の滲透	3 ある要素の欠除が P ³² の吸収、移動に及ぼす影響
価に対する Ca-塩の役割についての藤本の実験	4 3要素施与の時期に関する問題
より	VII 要素含有率の季節的变化について
2 飼肥スギの品種と針葉中の無機成分の比較	1 既往の研究成果の概要
IV 施肥量等が要素含有量に及ぼす影響について	2 磷酸含有量の季節的变化について
1 総 説	VIII 苗令または葉令と要素含有率について
2 3要素試験の結果より	IX 苗体各部の構成割合と要素含有割合
3 施肥量を2倍にした時	X む す び
4 成長の優劣と要素含有率	摘 要
V ある要素の不足または欠除が苗体の組成に	Résumé.
及ぼす影響について	

I. 緒 言

林地施肥の普及あるいは推進を積極的に押し進めることに対しては、今日時期尚早であるとし、慎重論をとる方もあり、また林業の本質上一般には不可能であろうとする意見も一部にある。しかし木材増産の緊迫せる今日、その解決策の一つとして林地施肥に期待する林業家も少なくなく、林地施肥の経験あるものの多くは肥効を認め、施肥面積を拡大する傾向が高まっているようである。

林地施肥尚早論者、慎重論者の多くは、山林という特殊地形や栽培期間の長い点で肥効の持続性、経済性に不安があり、それらの確認やより肥効を高める方策が明らかになるまではという、林業家を思う一念に他ならないのであるが、これらの方々が一面林地肥培の研究の重要性を強調しておられる

こともそのあらわれとして喜ばしいことである。とにかく林地肥培への関心が年々一般に高まつて来ていることはおおうべからざる現状である。

さて林木肥培の問題点としてあげられる多くのことがらの中で、第1に肥効の認められない場合があること、次に如何にして経済的に肥効を高め、それを持続させるかの2つが最も重要問題と考えられるが、それには土壌の性質、樹種の特長、成長経過等によくマッチした要素配合比、施肥量の問題が解決されねばならない。そこで本報告でこれらの基礎資料となる2、3の問題を考察して見たい。本報告で扱うことは、林木稚苗の要素含有率並びにその時期的変化等により樹種の特長を知ろうとするものである。もとより筆者自身の研究は貧弱であるので、ただ筆者の研究データを中心にして、既往・先輩各位の業績を合せて、標題に関し検討を進めることにしたい。

本報告は演習林業務の参考資料として、既往の研究報告中より特に参考になるものを附表として一部を掲載することにしたので御諒承を得たい。

なお不十分の点は後日漸次補正していきたいと考えておるので、各位よりの御指導を御願ひしたい。

II. 樹体の養分組成から見た樹種の特長について

1 総 論

林木稚苗の養分組成から樹種の特長を考察しようとする場合には、まづ分析試料について十分吟味しておかねばならないことはいうまでもない。その1は試料採取の時期によつてかなり組成がちがうから、試料採取の時期のほぼ等しいものであることが大切である*。その2は部分のちがひである。同じく針葉といつても1年葉と2年葉でいちじるしくちがひ、着生の高さによつてもちがう。その3は培地の環境条件によつてもちがう。特に土壌の理・化学的性質によつて異なる。故に比較しようとする時には、同一条件で培養されたもので、なるべく同じ条件で試料が採取されたものであることが望ましい。以下にかかげる結果は特にことわらない限り、採取時季は秋より早春に採取された資料の分析例と考えて頂きたい。

2 既往の分析例から推論されること

林木稚苗に関し津田が行つた分析結果(附表1)は、苗木の無機成分に対する要求度に関し、樹種の特長を示すものとして、永く林学関係では引用されて来た。この分析結果から推論されることは、(i)アカマツは灰分含有率においてスギ、ヒノキに比して遙かに低い。すなわち無機成分に対する要求度が低い樹種であること、(ii)アカマツは石灰含有率においてスギやヒノキに比して著しく低い。これはアカマツ生育地の立地条件とくに土壌の反応と関連してうなづかれることである。(iii)ヒノキは石灰含有率においてスギ、アカマツに比して著しく高い。なおこのことは尾鷲地方のヒノキ林の地位と土壌中の石灰含有率と密接な関係があること、次に幹基部において石灰含有率の高いことは、ヒノキ林において、とくに短伐期作業で、繰返しヒノキ材を林外に持出すことが石灰を土壌から多量に奪うことになり、土壌瘠悪化の1原因をなしておると推定される。理由である。

芝本もまたスギ、ヒノキ、アカマツについてはほぼ同様な分析結果を1年生苗について報告している。(附表2)これらはよく樹種間の特長を示すものといえる。

さて附表1及び附表2において注意させられることはNの含有率である。すなわち塘の分析結果も芝本のそれもアカマツはスギやヒノキに比べてNの含有率が高い。立地に対する要求度において低いとされているアカマツが立地に対する要求度の高いスギよりもN含有率が高いことである。

* 1日のうちでも、時刻によつて糖類などのうごきはかなりはげしい。またそれに伴つてCaOなど塩類含有率の日変化もある。スギ細胞液中のCa-塩が滲透的に作用する役割は、全滲透価に対し9~18%、全塩類の滲透価に対し20~38%である。優良地の針葉と不良地の針葉との細胞液を比較すると優良地の方が常にCaの示す滲透価が高い。

このことは著者のスギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツにおける実験結果*²³⁾ (Table 5~8) も原田、岩崎⁶⁾の報告も全く同様である。今後アカマツ、クロマツの育成上注意すべき事実のように考えられる。

3 著者の実験成績について

著者は京都大学演習林白浜試験地において、主要樹種の肥培に関し数年来実験を重ねているが、そのうち1956年に実施した3要素適量試験の苗体分析の結果から2, 3の考察を進めたいと思う。

1956年実施の3要素適量試験の施肥設計は Table 1 に示すようであった。なお試験苗畑の土壤は、灼熱損失量4%前後、全窒素0.1%にみたず、全磷酸0.04%, 加里0.4%内外を示す瘠悪地である。ただし本試験は白浜試験地の林地施肥を対象として行っているものであるから、苗畑も特に新しく開墾して白浜試験地の一般山林土壤に近いような性質のところを選んで実施したからである。

第1表 3要素適量試験の施肥設計 (1956)

Table 1. Experimental plan for the proper quantity of three elements

試験区別 plots	3要素別 Elements	施肥量 (g/m ²) Amounts of elements (g/m ²)						
		A	B	C	D	E	F	G
N-適量 試験区 N-plots	N	30	25	20	15	7.5	0	0
	P ₂ O ₅	25	25	25	25	25	25	0
	K ₂ O	18	18	18	18	18	18	0
P ₂ O ₅ 適量試 験区 P ₂ O ₅ - plots	N	30	30	30	30	30	30	0
	P ₂ O ₅	25	20	15	10	5	0	0
	K ₂ O	18	18	18	18	18	18	0
K-適量 試験区 K ₂ O- plots	N	30	30	30	30	30	0	
	P ₂ O ₅	25	25	25	25	25	0	
	K ₂ O	20	15	10	5	0	0	

次に3要素をどのような形態で与えるかについて次の3通りを用いた。

- i) 硫酸アンモニア、過磷酸石灰及び塩化加里区
- ii) 主肥料としてちから粒状固形肥料2号(3要素比5:3:3)を用いた区
- iii) 主肥料として神島化成林地用(3要素比10:6:6)を用いた区

ii) と iii) においては、いずれもちから粒状、また神島化成肥料を Table 1 の施肥設計の3要素量に対し最大限量を与え、ある要素の少量の不足分は硫酸、過石、塩加で補った。

次に試験区の表現する記号は各適量試験の目標要素を最初に、用いた主肥料を記号で中間に、(硫酸はS, ちからはR, 神島化成はKを用いた)要素量の記号を最後に並べることにした。

例えば NSB は、硫酸を用いた窒素適量試験区で、Nの量が25 g/m²であることを示すものとした。また、PRC は磷酸適量試験区で主肥料は、ちから粒状肥料で P₂O₅ は15 g/m²であることを示すものとする。

白浜試験地では、3要素適量試験における主肥料と樹種との組合せは年々かえてやることにしているが、1956年の試験では、スギとヒノキには硫酸(S)を、アカマツにはちから粒状(R)を、クロマツには神島化成(K)を採用した。各区は1 m²とし、ほぼラテン方格式にとり各区は3または4回繰返しとしている。

1956年3月施肥、同4月に、m² 当り36本の苗を移植、1957年1月成長量を調査、その1部につい

* 文献²³⁾ にその一部を発表した。

地て上部，地下部の割合などを調査した。その中から各試験区 2，3 本の試料を無作意にとり，化学分析を行ったのである。分析結果は Table 5～8 に示したようである。

化学分析は各区毎に数本ずつ行い，各区内の個体差を検討すべきであるが，本試験では試料数があまりに多くなるので，一応各区の平均的試料によつたものとして，以下考察を進めたい。化学分析には主として神島工場分析課長伴茂氏の助力を得たので深謝する次第である。

さて分析結果に対する詳細は後章で逐次進めることとし，本章では樹種の特長について考察する。まづ Table 5～8 から，要素量を少量でも与えたもの（後章で述べるように要素量の多少のちがいは 3 要素含有率に重大な差を与えていないから）の全部の平均から，N, P_2O_5 , K_2O 並びに CaO の平均含有率を求め，また各要素ともスギの含有率を 100 として，他樹種の関係を求めると Table 2-A のようになる。次に N を 100 として P_2O_5 , K_2O , CaO の含有割合を見ると Table 2-B のようになる。また同様に附表 1～2 の津田，芝本等の分析結果からも，それらの関係を求めて一覧表にすると Table 2 の A～B のようになる。

第 2 表 3 要素含有比から見た樹種の特長

Table 2. The characteristics of species from view point of content ratio of nutritive elements

A. 要素を各々スギの場合を 100 として示す時 (Content of the element in Sugi was shown as 100.)

	N				P_2O_5				K_2O				CaO			
	柴田	芝本	津田	原田 岩崎	柴田	芝本	津田	原田 岩崎	柴田	芝本	津田	原田 岩崎	柴田	芝本	津田	原田 岩崎
スギ Sugi	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ヒノキ Hinoki	90	133	120	127	132	96	130	178	79	158	89	137	95	89	182	107
アカマツ Akamatsu	170	254	118	125	193	96	104	107	75	155	65	110	78	31	45	39
クロマツ Kuro-matsu	210	—	—	—	222	—	—	—	77	—	—	—	59	—	—	—

B. 各樹種共 N を 100 とする時の $P_2O_5 \cdot K_2O$ の含有率比
(Nitrogen content was shown as 100)

	P_2O_5 の含有比				K_2O の含有比				CaO の含有比			
	柴田	芝本	津田	原田 岩崎	柴田	芝本	津田	原田 岩崎	柴田	芝本	津田	原田 岩崎
スギ Sugi	15	13	16	12	66	27	38	64	49	217	61	53
ヒノキ Hinoki	22	10	17	17	58	32	29	69	57	145	93	45
アカマツ Akamatsu	16	5	14	11	29	17	21	56	23	27	23	17
クロマツ Kuromatsu	16	—	—	—	25	—	—	—	14	—	—	—

この表から推定せられることは，Table 2-A から

- i) 針葉中の N 含有率において，アカマツ，クロマツがスギ，ヒノキよりも高いこと。
- ii) スギとヒノキを比較して見ると，N 含有率は柴田の結果以外他の 3 氏ともヒノキの方が高い。安藤の当年生苗についての実験でも，スギよりヒノキの方が N 含有率が高いと報告しておることよりスギよりもヒノキの方は N 含有率が高いといえるようである。
- iii) 次に P_2O_5 の含有率についてスギとヒノキを比較すると芝本の分析結果以外柴田，津田，原田の 3 者ともにヒノキの方が高い。安藤も同様の傾向があるとしている。

iv) またアカマツ、クロマツは、 P_2O_5 含有率においてスギ、ヒノキよりも遙かに高い*。(柴田の分析例)

v) K_2O 含有率はアカマツ、クロマツの方が低い傾向がある。

vi) CaO はアカマツ、クロマツが著しく低い。

次に Table 2 の B 表から知られることは、N を 100 として、 P_2O_5 、 K_2O 、 CaO の含有比率を示すと

vii) P_2O_5 では 4 樹種間に余り大きいちがいはないが、

viii) K_2O 、 CaO は、スギ、ヒノキの 2 つはよく似ており、アカマツとクロマツの 2 つもよく似ている。そして、スギ、ヒノキにおいて遙かに高率を示す。

以上の結果についてはなお用いた肥料の形態と吸収率との関係を吟味せねばならぬと思うが今後は施肥設計において、少なくともスギ、ヒノキとマツ類の二つの系統に分けて考えるべきであると強調したいものである。

III. 林業品種または系統と苗体成分の関係

品種の鑑識方法にはいろいろの手段が用いられるが、その根本的性質を鑑識することは容易でない¹⁸⁾とされている。林業品種として要求せられる特性の中で、立地に対する要求度を知ることは極めて重要である。特にスギのように要求度の高い樹種は、もしその中に瘠地にも堪えるような品種があればとは林業家の等しく希望してやまないことである。

1 大阪営林局管内天然杉の系統と細胞液の滲透価に対する Ca -塩の役割²⁸⁾についての藤本の実験

品種系統別の立地に対する適応性を判断する方法の 1 つとして、堤・著者等は 1957 年に大阪営林局管内の天然スギの系統究明試験の一連として、林地及び苗畑で施肥試験または 3 要素試験を行った。これら系統（ここではむしろ産地）別肥料に対する適応性は改めて報告することにしたいが、それら中の数系統のものについて、同一条件でそれぞれ培養して、藤本がその細胞液の滲透濃度を測定した。その実験結果から Ca -塩についての成果を抄録させて頂くと Table 3 のようである。

藤本はこの実験の結果について、表日本系のスギの試料が少ないので十分ではないが、表日本系のミヨウブタニスギが、他の裏日本系のものとくらべて全滲透価、 Ca -塩含量、溶質比等が大きいことは注目するに値するとし、産地の似ているものが比較的相似た傾向があることを指摘している。

2 餌肥スギの品種と針葉中の無機成分の比較

著者はかつて九州餌肥地方のスギ林業品種について針葉中の無機成分含有量を分析し、それらの品種間の立地の要求度に関する特性を知ろうとした。此時には、葉の組成が品種間の差異よりは生立地の立地環境や樹令差により攪乱されることをさける意味で、試料には注意した。すなわち幸いにも京都大学上賀茂試験地の同一地域内に餌肥の秋切国有林及び三岩国有林の約 40 年の母樹からとつた挿穂により、成林させられた約 10 年生となつた林分があり、かつその林分から、さらに挿穂をとり、その隣接地の一区域内に成林させた、約 5～6 年生のものがあつたのでそれからさらに筆者が挿木によつて養成した 2 年生苗を試験に供した。その枝葉の分析結果は Table 4 に示したようである。

個体差、実験誤差などを考えるとこのような考察は数回繰返された実験成績がないと品種系統によるものであるか否や疑問であり、にわかに推論を下すことは危険であるが、この分析結果を見ると、(i) 全灰分ではマアカ・マグロ・伊東オビスギは少なく、チリメン、ヒダリマキは多い。(ii) P_2O_5 の含有量においてはイヌ、ヒダリマキ、伊東オビスギに少なく、多いのはガリン、ホンスギである。

(iii) CaO の含有量においては、アカ、マグロ、イヌに少なく、シラサヤ、ヒキ、チリメンに多い。

* このことはアカマツが P-欠乏をおこしやすいことを裏がきしている。

(iv) K_2O 含有量に関しては当時亜硝酸ソーダ、コバルト法で実験したが分析値に変異が大きすぎるので結論は保留したい。(v) MgO の含有率においては、アカ、エダナガ、チリメンに少なく、アヤスギ、伊東オビスギ、ヒダリマキなどに多い。以上はただ1回の分析値であるので結論はもちろん出来ない。九州地方の品種と立地と生育状況との関係から、実際問題について御示教を願いたい。

IV. 施肥量等が要素含有率に及ぼす影響について

1 総 説

植物体の養分吸収は、温度、光、土壤中の酸素、炭酸ガス、土壤溶液中の養分の濃度及びその存在の形態等栽培地の環境条件の外に植物自体の生理的条件によつても左右せられる。それから植物がその必須成分を吸収する量は土壤溶液中におけるその成分の濃度により必ずしも支配されないものであつて、植物はその必要に応じて吸収し、不必要なものは吸収が少ない。いわゆる選択吸収 (Selective absorption) とよばれるものである。次に NH_4 、 PO_4 などの吸収は根の Metabolic activity に強く依存しているもので、土壤中にその濃度が薄い時でも、濃度低下に応じて能率的に吸収するものである。しかしまた培地におけるこれら要素の濃度が高ければある程度まではますます吸収量も高まるのである。すなわち施肥量によつて3要素含有率は増減する。そして一方収量 (成長量) と要素含有量とも関係が深く、水稻などでは収量が少ない間は含有量も大差がないが、ある収量になると要素含有量が増加する。この彎曲点が施肥の適量を示すものであるといわれる。一方報酬漸減の法則 (Law of

第3表 スギの系統と細胞液の浸透価に及ぼす Ca-塩の役割 (藤本による)

Table 3. Relation between the local forms of Sugi and role of Ca-salts in sape (by Fujimoto)

実験 Experiment.	系 統 別 Local form	枝葉令 years of needles	Ca-塩の浸透価 Osmotic Value of Ca-Salts	Ca-塩の全浸透価に対する% Percents of osmotic Value of Ca-salt to total osmotic Value
No. 1	ハクサンスギ Hakusan-Sugi	1	1.92	10.3
		2	2.94	16.7
	クロコスギ Kuroko-Sugi	1	2.04	11.3
		2	3.16	19.0
	メヨウブダニスギ Myobutani-Sugi	1	1.93	10.0
		2	3.19	17.8
	シソウスギ Shiso-Sugi	1	1.88	11.3
		2	2.75	16.0
No. 2	ハクサンスギ Hakusan-Sugi	1	2.57	10.0
	クロコスギ Kuroko-Sugi	1	2.47	10.2
	アシウスギ Ashiu-Sugi	1	2.77	11.2
	ミヨウブダニスギ Myobutani-Sugi	1	3.20	12.1
	ナカツスギ Nakatu-Sugi	1	2.35	9.3
	エンドウスギ Endo-Sugi	1	2.18	8.8
	サンベスギ Sanbe-Sugi	1	2.80	10.4

実験1は京都大学構内にて培養、1957年10月の実験

実験2は京都営林署須知苗畑にて培養、1957年12月実験

第4表 スギの品種別針葉中の要素含有率（柴田）
Table 4. Content of the element in needles of the several local forms of Obi-Sugi

品 種 Species	全 幹 針 葉 百 分 中 (%) Percent in dry matter					灰 分 百 分 中 (%) Percent in the ash			
	PO ₄ ''	K'	Ca''	Mg''	灰 分	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
マ ア カ Maaka	0.522	0.068	0.372	—	2.05	18.82	4.78	25.13	—
ア カ Aka	0.626	0.395	0.371	0.389	2.60	18.16	18.48	13.20	5.75
マ グ ロ Maguro	0.546	0.561	0.308	0.103	2.05	18.35	30.44	19.40	8.03
シ ラ サ ヤ Shirasaya	0.600	0.156	0.424	0.092	1.89	23.35	9.79	30.97	7.75
イ ヌ Inu	0.359	0.159	0.271	—	2.26	11.99	8.58	16.96	—
エ ダ ナ ガ Edanaga	0.601	0.110	0.467	0.073	2.35	20.28	7.20	29.52	5.41
ガ リ ン Garin	0.783	0.223	0.406	0.159	2.40	24.03	8.56	23.31	10.80
ホ ン ス ギ Honsugi	0.721	0.498	0.399	0.104	2.19	23.81	26.56	24.71	10.80
ヒ キ Hiki	0.648	0.061	0.678	0.123	2.41	19.93	3.03	39.06	8.39
ア ヤ ス ギ Ayasugi	0.650	0.649	0.261	0.238	2.15	21.84	35.17	16.38	17.69
チ リ メ ン Chirimen	0.755	0.233	0.596	0.104	2.86	19.08	12.42	30.58	6.32
ア ラ カ ワ Arakawa	0.510	0.333	0.449	0.176	2.59	13.93	15.88	24.86	11.55
ヒ ダ リ マ キ Hidarimaki	0.593	1.035	0.535	0.310	3.87	11.29	31.73	29.07	13.06
伊 藤 オ ビ ス ギ Ito-Obi-Sugi	0.381	0.434	0.441	0.219	2.59	11.02	24.45	24.30	14.32
平 均	0.593	0.351	0.427	0.174	2.45	18.28	16.93	24.82	9.99

diminishing return)があるので、過剰の施肥は無効、時に有害である。故に施肥量を考える上に3要素含有量を分析することは重要な目やすとなる。そこで林木に対する施肥量と要素含有率の関係について以下少しく考察をすすめる。

2 3要素適量試験の結果より

筆者が1956年に行つた3要素適量試験における苗体各部の分析結果は Table 5~8 に示したようである。この表から推察されることは次のようである。

1) スギ：(i) N量を m² 当り 30 g から 0 g での A~F 区 (P₂O₅, K₂O は充分与えられている。) の苗体中のNの含量は施与量とは余り関係がなくむしろ施与量の少ない区のものに含量が高い例がある。ただ無肥区の場合はN含量が低い傾向がある*。(ii) P₂O₅ は施与量が少ないと葉における含量が低下するようである。(iii) K₂O も葉においてのみ同様の関係が認められる。

2) ヒノキ：(i) Nの施与量が少ないと葉、幹、根ともN含量が低下する傾向がある。(ii) P₂O₅ を全然施さなかつた区では含量が低い。(iii) K₂O ではそうした現象は認められない。

3) アカマツ：(i) Nの施与量の影響は針葉中の含量に一定の傾向を示さないようである。(ii) P₂O₅ は施与量が少ないと葉や根における P₂O₅ の含量も少ないようである。(iii) K₂O には影響が認められない。

* 安藤のスギに関する施肥試験⁹⁾でも無肥区の場合が施肥区に比して高いことを報じている

第5表 要素施与量と苗木中の要素含有率(%)

スギ Sugi

Table 5. Relation between the amount of manuring and contents (%) of the elements

施 肥 設 計					苗 体 中 の 要 素 含 有 率 %															Content of nutritive elements				
種 別	記号 Sign of Plot	3要素施与量 g/m ² Amount of Manuring			葉 (Leaves)					幹 枝 (Stems)					根 (Roots)									
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	灰 分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	灰 分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	灰 分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO					
窒素適量試験	N S A	30	25	18	3.00	1.56	0.30	1.44	0.92	3.06	1.37	0.17	0.63	1.17	2.94	0.86	0.18	0.20	1.02					
	N S B	25	25	18	2.79	1.87	0.26	1.23	0.80	2.72	1.31	0.18	0.75	1.08	3.72	1.07	0.17	0.22	0.89					
	N S C	20	25	18	3.57	2.24	0.32	1.47	0.80	2.84	1.62	0.23	0.96	1.25	2.74	1.04	0.21	0.30	0.81					
	N S D	15	25	18	3.15	2.08	0.28	1.41	0.93	2.88	1.45	0.23	0.83	1.33	3.53	1.10	0.20	0.29	0.89					
	N S E	7.5	25	18	3.04	1.58	0.26	1.41	0.88	3.18	1.33	0.26	0.81	1.28	3.23	0.88	0.20	0.25	1.01					
	N S F	0	25	18	3.61	2.17	0.35	1.41	1.13	3.01	1.51	0.31	0.99	1.14	4.13	1.19	0.18	0.25	0.94					
	N S G	無肥料 no manure			3.14	1.69	0.20	1.35	0.88	3.32	1.24	0.21	0.89	1.33	3.31	0.88	0.16	0.27	0.87					
	平	均	Average	3.186± 0.301	1.884± 0.285	0.295± 0.161	1.389± 0.063	0.906± 0.108	3.00± 0.214	1.404± 0.135	0.237± 0.135	0.872± 0.123	1.226± 0.094	3.371± 0.474	1.003± 0.128	0.190± 0.017	0.254± 0.03	0.919± 0.066						
磷酸適量試験	P S A	30	25	18	3.40	1.95	0.31	1.32	0.90	2.77	1.24	0.22	0.68	1.32	5.57	1.42	0.19	0.39	0.97					
	P S B	30	20	18	3.47	1.87	0.26	1.24	1.04	2.60	1.35	0.26	0.59	1.20	3.84	1.09	0.20	0.24	0.97					
	P S C	30	15	18	3.60	1.78	0.23	1.24	0.92	3.29	1.03	0.20	0.52	1.32	3.90	0.97	0.15	0.35	0.90					
	P S D	30	10	18	3.49	1.90	0.31	1.27	0.87	3.03	1.22	0.21	0.55	1.25	4.92	1.11	0.18	0.28	0.85					
	P S E	30	5	18	3.34	1.59	0.22	1.22	0.87	3.03	1.24	0.23	0.67	1.33	5.05	1.03	0.18	0.29	0.93					
	P S F	30	0	18	4.00	2.03	0.23	1.47	0.92	3.36	1.58	0.23	0.77	1.15	4.36	1.06	0.15	0.32	0.93					
	P S G	無肥料 no manure			3.98	1.57	0.20	1.39	1.00	3.31	1.24	0.24	0.74	1.28	4.58	0.87	0.15	0.32	1.05					
	平	均	Average	3.612± 0.237	1.727± 0.621	0.251± 0.047	1.307± 0.096	0.931± 0.032	3.136± 0.284	1.27± 0.542	0.227± 0.010	0.646± 0.095	1.264± 0.072	4.603± 0.627	1.079± 0.169	0.171± 0.030	0.313± 0.048	0.943± 0.053						
加里適量試験	K S A	30	25	10	3.37	2.01	0.23	1.11	0.97	3.74	1.18	0.08	0.52	2.28	3.61	1.05	0.19	0.40	0.91					
	K S B	30	25	15	3.57	1.97	0.25	1.41	0.88	3.66	1.03	0.07	0.64	1.92	4.30	0.99	0.19	0.53	0.87					
	K S C	30	25	10	3.64	1.97	0.33	1.23	0.99	4.41	1.33	0.07	0.54	2.21	4.35	1.09	0.20	0.43	0.84					
	K S D	30	25	5	3.21	1.71	0.31	1.10	1.02	3.65	1.10	0.10	0.40	1.84	3.77	1.06	0.21	0.34	1.03					
	K S E	30	25	0	3.25	2.03	0.31	1.04	1.22	3.40	1.18	0.09	0.49	2.22	3.87	1.05	0.20	0.39	0.74					
	K S F	無肥料 no manure			3.07	1.76	0.33	0.90	0.97	3.20	1.21	0.07	0.54	1.58	4.36	1.09	0.19	0.42	0.74					
		平	均	Average	3.352± 0.225	1.908± 0.861	0.293± 0.044	1.132± 0.172	1.008± 0.118	3.677± 0.408	1.172± 0.094	0.080± 0.025	0.522± 0.261	2.008± 0.274	4.043± 0.337	1.055± 0.037	0.197± 0.017	0.418± 0.063	0.855± 0.110					

太字はある要素の欠除が苗木中のその要素の含有率に影響していると思われるもの

第6表 要素施与量と苗体中の要素含有率(%)

Table 6. Relation between the amount of manuring and contents (%) of the elements

ヒ ノ キ Hinoki

種別	施肥設計				苗体中の要素含有率 % Content of nutritive elements														
	記号 Sign of Plot	3要素施与量 g/m ² Amount of manuring			葉 (Leaves)					幹 枝 (Stems)					根 (Roots)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
窒素適量試験	N S A	30	25	18	3.87	2.15	0.34	0.95	0.90	4.91	1.55	0.10	0.85	1.35	4.36	1.86	0.29	0.20	0.86
	N S B	25	25	18	4.77	2.45	0.42	0.78	0.74	4.50	1.03	0.10	0.58	1.92	—	—	—	—	—
	N S C	20	25	18	3.41	1.70	0.38	0.79	0.83	4.50	1.40	0.11	0.73	1.91	3.27	1.43	0.21	0.17	0.70
	N S D	15	25	18	3.72	1.70	0.38	1.13	0.77	4.12	1.27	0.08	0.76	1.21	4.23	1.44	0.29	0.25	0.82
	N S E	7.5	25	18	3.85	1.23	0.28	1.02	0.99	4.23	0.82	0.05	0.71	1.47	3.18	0.79	0.25	0.22	0.82
	N S F	0	25	18	4.25	1.24	0.36	1.15	1.02	4.63	0.91	0.07	0.80	1.28	4.00	0.72	0.21	0.23	0.68
	N S G	0	0	0	3.75	1.69	0.27	0.79	0.97	4.59	0.75	0.11	0.46	1.68	3.51	1.25	0.21	0.17	0.88
	平 均	Average			3.95	1.74	0.35	0.94	0.89	4.50	1.10	0.09	0.70	1.55	3.76	1.25	0.24	0.21	0.79
磷酸適量試験	P S A	30	25	18	3.99	1.93	0.37	1.14	0.84	4.18	1.10	0.09	0.81	1.16	5.02	1.07	0.25	0.25	0.85
	P S B	30	20	18	3.82	1.46	0.36	1.10	0.87	4.14	1.10	0.09	0.85	0.77	4.44	1.53	0.21	0.18	0.79
	P S C	30	15	18	3.85	2.07	0.31	0.96	1.05	4.78	1.31	0.08	0.69	1.76	3.62	1.66	0.21	0.19	0.89
	P S D	30	10	18	3.70	1.93	0.33	0.99	1.13	4.82	1.36	0.13	0.83	1.66	4.67	1.07	0.13	0.19	0.96
	P S E	30	5	18	3.80	1.98	0.40	1.02	0.96	5.82	1.27	0.08	0.76	1.45	4.44	1.26	0.20	0.20	0.99
	P S F	30	0	18	3.44	2.24	0.23	0.79	0.99	4.71	1.27	0.08	0.76	1.44	3.38	1.31	0.18	0.17	0.78
	平 均	Average			3.77	1.94	0.33	1.00	0.97	4.74	1.24	0.09	0.78	1.37	4.262± 0.629	1.317± 0.357	0.197± 0.035	0.197± 0.020	0.877± 0.076
加里適量試験	K S A	30	25	20	4.16	1.20	0.37	1.06	1.02	4.24	1.01	0.09	0.62	1.27	4.42	1.39	0.21	0.20	0.85
	K S B	30	25	15	3.60	1.66	0.36	0.96	1.04	4.78	1.55	0.09	0.64	1.53	4.49	1.46	0.25	0.21	1.04
	K S C	30	25	10	4.05	1.62	0.38	0.91	1.16	4.59	1.21	0.09	0.73	1.45	—	1.46	0.25	0.18	0.92
	K S D	30	25	5	3.90	1.25	0.40	0.96	1.12	4.41	1.03	0.08	0.64	1.30	4.54	1.20	0.21	0.21	0.92
	K S E	30	25	0	3.90	1.87	0.45	1.11	0.99	4.23	1.18	0.11	0.64	0.94	4.43	1.32	0.21	0.21	0.90
	平 均	Average			3.92	1.52	0.39	1.00	1.07	4.45	1.20	0.09	0.65	1.30	4.47	1.21	0.230	0.20	0.93

第7表 要素施与量と苗体中の要素含有率(%)
 Table 7. Relation between the amount of manuring and contents (%) of the elements
 アカマツ Akamatsu

種別	施肥設計				苗体中の要素含有率% Content of nutritive elements														
	記号 Sign of Plot	3要素施与量 g/m ² Amount of manuring			葉 (Leaves)					幹 枝 (Stems)					根 (Roots)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
窒素適量試験	NRA	30	25	18	5.12	3.48	0.53	0.99	0.73	3.34	1.44	0.10	0.42	1.59	2.56	1.38	0.32	0.14	0.31
	NRB	25	25	18	4.25	2.81	0.51	0.78	0.81	3.08	1.34	0.16	0.45	0.90	2.65	1.50	0.32	0.17	0.33
	NRC	20	25	18	3.86	3.11	0.51	0.89	0.71	3.00	1.52	0.22	0.40	1.25	2.07	1.70	0.32	0.14	0.36
	NRD	15	25	18	3.50	2.77	0.51	0.80	0.62	3.24	1.37	0.06	0.47	1.84	2.44	1.04	0.32	0.13	0.29
	NRE	7.5	25	18	4.81	2.84	0.54	0.91	0.65	3.67	1.28	0.19	0.45	1.17	2.18	1.11	0.32	0.19	0.29
	NRF	0	25	18	5.20	3.27	0.56	0.93	0.61	3.28	1.44	0.16	0.59	1.64	—	—	—	—	—
	NRG	0	0	0	—	3.56	0.35	0.73	0.61	2.80	1.63	0.14	0.42	1.55	2.77	1.43	0.21	0.14	0.42
平 均					4.46	3.12	0.50	0.86	0.68	3.20	1.43	0.15	0.46	1.42	2.45	1.36	0.30	0.15	0.33
磷酸適量試験	PRA	30	25	18	4.72	3.29	0.53	1.10	0.74	4.73	1.75	0.10	0.79	2.16	1.89	1.29	0.29	0.15	0.34
	PRB	30	20	18	4.60	3.62	0.56	0.90	0.74	3.20	1.63	0.13	0.49	1.26	3.29	2.15	0.34	0.16	0.46
	PRC	30	15	18	—	—	—	—	—	5.24	1.81	0.20	0.64	1.44	2.89	1.77	0.35	0.13	0.36
	PRD	30	10	18	4.24	3.04	0.47	0.81	0.70	3.09	1.66	0.14	0.45	1.33	2.22	1.41	0.23	0.09	0.37
	PRE	30	5	18	5.27	2.99	0.42	0.84	0.80	4.13	1.70	0.15	0.49	1.56	3.08	1.55	0.23	0.19	0.45
	PRF	30	0	18	—	—	—	—	—	3.68	1.48	0.10	0.46	1.47	—	—	—	—	—
	平 均				4.708± 0.420	3.235± 0.272	0.495± 0.063	0.913± 0.134	0.745± 0.041	4.012± 0.848	1.672± 0.105	0.137± 0.032	0.557± 0.136	1.543± 0.320	2.674± 0.594	1.634± 0.339	0.288± 0.325	0.144± 0.033	0.396± 0.053
加里適量試験	KRA	30	25	20	4.38	3.43	0.59	0.87	0.67	3.79	1.55	0.21	0.62	1.92	2.63	1.53	0.23	0.18	0.39
	KRB	30	25	15	4.96	3.05	0.53	0.87	0.67	3.46	1.34	0.14	0.44	1.66	2.01	1.34	0.23	0.12	0.36
	KRC	30	25	10	4.38	3.06	0.53	0.95	0.76	3.74	1.51	0.18	0.45	1.26	1.79	1.26	0.21	0.14	0.35
	KRD	30	25	5	3.80	3.31	0.59	0.96	0.74	3.28	1.70	0.11	0.48	1.41	2.16	1.54	0.24	0.20	0.36
	KRE	30	25	0	4.13	3.21	0.47	0.86	0.61	3.78	1.83	0.19	0.46	1.83	2.37	1.52	0.27	0.14	0.42
	平 均	Average			4.330± 0.203	3.21	0.54	0.90	0.69	3.61	1.59	0.17	0.49	1.62	2.19	1.44	0.24	0.16	0.38

第8表 要素施与量と苗体中の要素含有率(%)

Table 8. Relation between the amount of manuring and contents (%) of the elements

ク ロ マ ツ Kuromatsu

種 別	施 肥 設 計				苗 体 中 の 要 素 含 有 率 % Content of nutritive elements														
	記号 Sign of Plot	3要素施与量 g/m ² Amount of manuring			葉 (Leaves)					幹 枝 (Stems)					根 (Roots)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
空 素 適 量 試 験	NKA	30	25	18	6.05	3.08	0.39	0.79	0.45	5.99	1.51	0.11	0.43	1.69	—	—	—	—	—
	NKB	25	25	18	4.53	2.57	0.42	0.84	0.57	5.86	1.34	0.14	0.49	1.83	1.72	1.42	0.29	0.44	0.22
	NKC	20	25	18	3.82	2.41	0.36	0.72	0.48	5.37	1.34	0.13	0.43	1.69	1.81	1.29	0.29	0.35	0.25
	NKD	15	25	18	5.17	2.70	0.47	0.75	0.41	5.02	1.31	0.12	0.44	1.75	—	1.50	0.29	0.41	0.25
	NKE	7.5	25	18	4.29	1.90	0.39	0.80	0.53	4.71	1.31	0.13	0.51	1.79	1.89	1.30	0.24	0.43	0.29
	NKF	0	25	18	5.75	2.57	0.47	0.95	0.73	—	1.57	0.16	0.43	1.32	2.64	1.42	0.29	0.41	0.22
	NKG	0	0	0	4.50	3.10	0.35	1.10	0.52	5.05	1.50	0.21	0.55	1.86	2.97	1.35	0.29	0.43	0.31
	平 均 Average				4.87	2.62	0.41	0.84	0.53	5.333± 0.511	1.41	0.14	0.47	1.70	2.206± 0.563	1.380± 0.084	0.282± 0.020	0.412± 0.020	0.257± 0.035
加 里 適 量 試 験	KKA	30	25	20	5.93	3.50	0.49	0.99	0.61	—	1.98	0.25	0.52	1.42	3.72	1.88	0.34	0.38	0.35
	KKB	30	25	15	5.77	4.41	0.77	1.09	0.61	4.53	1.78	0.26	0.56	1.67	2.97	1.84	0.37	0.41	0.18
	KKC	30	25	10	6.38	3.92	0.57	0.82	0.47	—	2.11	0.21	0.43	1.52	2.99	2.09	0.34	0.40	0.35
	KKD	30	25	5	6.19	3.87	0.63	0.94	0.46	4.73	1.96	0.26	0.63	1.88	—	—	—	—	—
	KKE	30	25	0	4.39	2.48	0.42	0.83	0.48	5.28	1.57	0.21	0.58	1.07	3.59	1.77	0.39	0.43	0.29
	KKF	0	0	0	—	3.09	0.42	1.00	0.32	—	1.63	0.27	0.56	1.66	—	—	—	—	—
	平 均 Average				5.73	3.55	0.55	0.95	0.49	4.847± 0.371	1.84	0.24	0.55	1.54	3.318± 0.334	1.895± 0.138	0.360± 0.010	0.405± 0.022	0.293± 0.076

4) クロマツ: N も K_2O も施与量と含量とに一定の傾向が全く認められない。全然無肥量状態ではむしろN含量が高まっている。

ただし以上の推定は今後再々実験して検討しなければ断定しかねる。

3 施肥量を2倍にした場合について

無肥料区に対してある量を施肥した場合、あるいはある施肥量に対してその2倍量を施した場合などにおいて苗体中の要素含有率がどう変るかについて、いま著者* が花崗岩風化土壌の瘠悪な砂土でクロマツについて実験した成績を示すと Table 9-a のようである。

Table 9. Relation between the amount of fertilizer and contents of three elements in the seedlings

(a) Kuromatsu, (by Shibata)

肥 料	別施肥量別 Amount of manure	1 ポット当り施肥量 (g) Amounts of three elements per one pot			全苗体中の要素含有率(%) Contents of three elements in the seedlings		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無 肥 料 区 non manure Plot		0	0	0	0.404	0.157	0.433
神島化	基 準 区 normal Plot	4.5	3.0	2.25	0.640	0.216	0.337
成肥料	2 倍 区 2 times Plot	9.0	6.0	4.50	0.917	0.239	0.491
㊤固形	基 準 区 normal Plot	4.5	3.0	2.25	0.756	0.218	0.427
肥 料	2 倍 区 2 times Plot	9.0	6.0	4.50	0.908	0.228	0.590

この結果によると基準量区は無肥料区に対し含有率が N : 157~188%, P_2O_5 : 137~138%, K_2O は78~98%と K_2O 以外はかなり多量を吸収している。また基準量区に対して施肥量を2倍にした場合には含有率は標準量を100とする時神島化成肥料は N : 143%, P_2O_5 : 111%, K_2O : 146%, 固形肥料では N : 120%, P_2O_5 : 105%, K_2O : 138%と含有率は増大している。安藤がスギ播種苗について試験したところによると Table 9-b のようであつて、この表から次のことが知られる。

Table 9. b Sugi (by A. Ando)

Amount of fertilizer	Ash	N	P_2O_5	K_2O	CaO
non manure Plot	6.3	1.21	0.35	1.52	1.14
normal amount Plot	6.4	1.53	0.33	1.72	1.34
2 times amount Plot	6.4	1.76	0.39	1.48	1.40

11月 (November)

(i) 施肥区は無肥区よりも N, K_2O , CaO の含有率は高くなる。(ii) 施肥量を2倍にした時基準施肥区より含量の高まるのは N, P_2O_5 , CaO で, K_2O は却つて減少している。

4 成長の優劣と要素含有率 (アカマツとクロマツについての例)

成長の優劣と要素含有率との関係についての研究報告は多いが (施肥量などに関連して) 次にアカマツとクロマツの壮令木針葉についての分析例を掲げて見る。(Table 10 参照)

この結果を見ると灰分含有率はアカマツ、クロマツを通して成長の劣るものに高く、灰分中の CaO の含有率も同様な傾向が見られる。しかるに P_2O_5 の含有率は優勢な成長を示すものに高いようである。これらのこともマツの成長に P_2O_5 の重要性を裏がきするものではあるまいか?

* 実験結果の1部が報告してある。

Table 10. 成長の優劣と要素含有率との関係 (柴田, 永山)

樹 種	成長の 優劣別	灰 分		P ₂ O ₅		CaO		MgO	
		葉	幹	葉	幹	葉	幹	葉	幹
アカマツ	優	2.56	0.36	3.33	0.77	11.65	22.00	3.83	1.70
	劣	2.82	0.35	2.50	0.83	12.23	19.53	2.26	1.23
クロマツ	優	3.06	0.315	1.67	0.90	12.94	16.27	1.58	1.37
	劣	3.32	9.40	1.33	0.77	14.77	20.20	2.78	1.63

供試材料 姫路市下毛野 南山国有林 1953. 11. 21 採取

灰分は乾物に対する%, P₂O₅, CaO, MgO は灰分に対する%である。

V. ある要素の不足あるいは欠除が苗体組成に及ぼす影響について

LiBig (1840) によつて示され, Wollny によつてその意味が拡張された最少率 (Law of minimum) は, 作物を扱うものにとつての鉄則であるが, ある要素の不足または欠除が林木稚苗の生育に及ぼす影響は, 要素の種類によつてちがうことはもとより, 苗体の生育に対する影響も部分別に異なるものと考えらる。そこで本項ではある要素の欠除がスギ, ヒノキ等の稚苗の組成にどう影響を与えるかについて考察を進めて見たい。

1. 著者の実験例から

3要素適量試験における苗体分析の結果 (Table 5~8) から多少ともあれとにかく3要素を揃えて与えた区に生育した苗体の組成を平均したものを3要素区の苗体の組成分として代表させ, 次に全然ある要素を与えなかつた区をその要素の欠除区とし, また全然肥料を与えなかつた区を無肥料区として, 苗体の組成分を比較すると Table 11-a のようになる。

この表において例えば N-lack 区としてあつても, これは肥料とてNを与えなかつた区という意味で, 土壌中に含まれていた要素量 (N : 0.1%位, P₂O₅ : 0.04%, K₂O : 0.4%内外) のことは問わないで示したもので, 石英砂を用いた砂耕培養や, 水耕培養の場合の要素欠除区とは多少異なることを附言しておきたい。

この分析結果は, 同一 Plot 内の植物体について数個体ずつ行われ, 個体間の差が吟味されていないので俄かに結論づけることは出来ないが, 次のことがおおよそに推論されるであろう。

- (i) 無肥料区は施肥区のものよりも各要素を通じて含有率が低い。
- (ii) 肥料中に加えなかつた要素すなわち欠除要素の苗体各部分中の含有率は概して低い場合が多い。
- (iii) 無肥料状態で栽培した苗と施肥した苗とで苗体の組成分上にやや顕著に影響を認められるのは, スギの針葉であつて, アカマツ, クロマツでも多少その影響が認められる。
- (iv) N欠除の影響はヒノキに明らかに認められ, クロマツにもこれを認められる。P欠除の影響はスギ, ヒノキの葉に認められ, K欠除の影響はスギ, アカマツにあらわれている。
- (v) CaO の含有率は, スギでは, K欠除区に高くなつている傾向が認められるが, 他の樹種ではそのような傾向は認められない。いいかえるとスギではKとCaとの間に拮抗現象 (Antagonism) があるように思われるのである。

こういうところにも樹種特性が介在するように考えられるので, この種の研究の発展を望むものである。なお同じ量の3要素を与えてもその吸収量は (利用率) は肥料の形態によつてもちがうことは伊佐等, 著者の報告にもあるところである。

第11表-a 施肥条件と苗体各部の要素含有率(%)

Table 11. a Relation between the condition of manuring and content of nutritive elements in the seedlings

(a) 白浜試験地での実験例

樹種 施肥条件 Species manuring		葉 Leaves				幹 枝 Stems				根 Roots			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
スギ	Sugi												
	Complete	1.87	0.28	1.24	0.92	1.26	0.22	0.64	1.25	1.05	0.19	0.33	0.92
	N-lack	2.17	0.35	1.41	1.13	1.51	0.31	0.99	1.14	0.86	0.16	0.27	0.87
	P-lack	2.03	0.23	1.47	0.92	1.58	0.23	0.77	1.15	1.06	0.15	0.32	0.93
	K-lack	2.03	0.31	1.04	1.22	1.18	0.09	0.49	2.22	1.05	0.20	0.39	0.74
	non manuring	1.67	0.26	1.14	0.98	1.22	0.15	0.64	1.43	0.98	0.17	0.37	0.89
ヒノキ	Hinoki												
	Complete	1.68	0.37	0.98	0.88	1.25	0.09	0.73	1.45	1.42	0.23	0.20	0.87
	N-lack	1.24	0.36	1.15	1.02	0.91	0.07	0.80	1.28	0.72	0.21	0.23	0.68
	P-lack	2.24	0.23	0.79	0.99	1.27	0.08	0.76	1.44	1.31	0.18	0.17	0.78
	K-lack	1.87	0.45	1.11	0.99	1.18	0.11	0.64	0.94	1.32	0.21	0.21	0.90
	non manuring	1.68	0.27	0.78	0.97	1.25	0.10	0.73	1.17	1.25	0.21	0.17	0.88
アカマツ	Akamatsu												
	Complete	3.19	0.54	0.93	0.72	1.55	0.15	0.54	1.56	1.49	0.27	0.15	0.37
	N-lack	3.27	0.56	0.93	0.61	1.44	0.16	0.59	1.64	—	—	—	—
	K-lack	3.21	0.47	0.86	0.61	1.83	0.19	0.46	1.83	1.52	0.27	0.14	0.42
	non manuring	3.56	0.35	0.73	0.61	1.63	0.14	0.42	1.55	1.43	0.21	0.14	0.42
クロマツ	Kuromatsu												
	Complete	3.92	0.62	0.96	0.54	1.94	0.25	0.54	1.23	1.94	0.35	0.40	0.29
	N-lack	2.57	0.47	0.95	0.73	1.57	0.16	0.43	1.32	1.42	0.29	0.41	0.22
	K-lack	2.48	0.42	0.83	0.48	1.57	0.21	0.58	1.07	1.77	0.39	0.43	0.29
	non manuring	3.09	0.42	1.00	0.32	1.45	0.21	0.58	1.69	1.35	0.29	0.43	0.31

太字はある要素の欠除が苗体の組成にあらわれていると思われる場合を示す

また筆者等が建設省田上山砂防工事地の花崗岩地の砂質土壌でクロマツに関してポット試験を行った実験結果では Table 11-b のようである。

第11表-b 施肥状況とクロマツ苗の化学組成

Table 11. b Relation between the amount of manuring and the chemical constituent of Kuromatsu seedlings

(b) 田上山砂防工事地での実験例

Condition of manuring	試料数 No. of Samples	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		葉 Lea- ves	莖 Stems	根 Roots	葉 Lea- ves	莖 Stems	根 Roots	葉 Lea- ves	莖 Stems	根 Roots
Complete Plot										
Kamishima Kasei 37.5~150 g	16	1.47± 0.283	0.70± 0.174	0.88± 0.200	0.38± 0.095	0.20± 0.091	0.23± 0.0685	0.39± 0.122	0.27± 0.051	0.14± 0.040
Maruyama or Chikara Kokei 75~150 g	9	1.42± 0.509	0.77± 0.110	0.86± 0.251	0.37± 0.061	0.21± 0.067	0.22± 0.067	0.40± 0.113	0.23± 0.028	0.16± 0.056
Am-sulphate 21.4	2	1.22± 0.160	0.60± 0.000	0.65± 0.131	0.27± 0.014	0.18± 0.014	0.17± 0.014	0.45± 0.107	0.25± 0.074	0.14± 0.014
Ca-superphosphate 19.8										
K-chloride 4.4										
N-lack Plot										
Ca-superphosphate 13.3	4	0.67± 0.105	0.33± 0.047	0.33± 0.082	0.22± 0.026	0.14± 0.001	0.14± 0.001	0.50± 0.132	0.27± 0.046	0.17± 0.030
K-chloride 6.7										
K-lack Plot										
Am-sulphate 21.4	1	1.32	0.66	0.77	0.43	0.24	0.24	0.30	0.25	0.11
Ca-superphosphate 18.8										
non manuring	6	0.60± 0.043	0.25± 0.125	0.33± 0.027	0.23± 0.022	0.13± 0.026	0.14± 0.033	0.33± 0.081	0.21± 0.057	0.15± 0.033

永山や著者等¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾は砂耕培養法によつて、スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツについて、使用水耕液にいろいろな要素の欠除区を設けて P^{32} の吸収状態を調査したが、樹種によつてその影響がちがうことを認めている。

2. CaO あるいは MgO の欠除が苗体の組成に及ぼす影響

培基中に Ca, Mg, Mn, B, Mo 等が欠乏してくると生育は不振⁹⁾に陥り、特徴ある一種の病的な症状を示すことは林木においても最近注意が払われるに至っている。このような場合、苗体中の組成がどう変るかは興味ある問題であるが、本項では Ca または Mg 欠乏の場合の例について述べることにしたい。

宮崎¹⁰⁾：塘等が石英砂を用い、水耕液を加えて完全に Ca 欠除の状態でスギ稚苗を培養したものについて苗体中の P_2O_5 , K_2O , CaO, MgO を分析した結果は Table 12 に示したようである。

第12表 Ca 欠乏の要素含有率に及ぼす影響
Table 12. Effects of Ca-lack in the culture solution upon the Content of nutritive elements in Sugi Seedling (by Miyazaki, Tsutsumi, Fugita and Oyobikawa)

		Culture Solun.	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
地上部 Needles and stems	上部 Upper part	Comple	0.54	1.57	0.81	0.74
		Ca-lack	0.90	2.25	0.20	0.90
	中部 Middle Part	Comple	0.55	0.91	1.05	0.66
		Ca-lack	0.88	1.44	0.26	0.85
	下部 Lower Part	Comple	0.56	0.88	1.08	0.71
		Ca-lack	0.93	1.39	0.28	0.99
根部 Root		Comple	0.39	0.90	0.39	0.44
		Ca-lack	0.38	0.60	0.25	0.31

この結果から、培基中に Ca を欠除させると完全培養基で育つたものに比して、地上部枝葉中の P_2O_5 , K_2O 及び MgO が高いことがうかがわれる。根部ではその影響が少ない。CaO の含有率が著しく低いのも注目される。

苗畑によつて、スギ苗ではしばしば Mg 欠乏症を顕著に示すものがある。このような Mg 欠乏症を示す苗と欠乏症状のない（あるいは軽度の）苗体とにおける化学組成にはどんなちがいがあるであろうか？ 塘²⁵⁾、道仙はいろいろ程度のちがう Mg 欠乏苗について苗体分析を行なっているが、その中の1部を抄録すると Table 13 のようである。

Table 13. Comparison of Chemical Constituent of normal Sugi Seedling with Mg-deficiency Seedlings

区 別	N	K_2O	CaO	MgO
普 通 の 苗 Normal Seedling	0.95	1.24	1.07	0.96*
Mg 欠 乏 症 苗 Mg-deficiency Seedling	0.87	1.17	1.44	0.30

* Mg欠乏軽度のもの

Mg 欠乏苗では Mg の含有率が減少するのと、それに伴つて CaO の含有率が高まつている。その

ことからスギ苗では Ca と Mg との間に Antagonism が認めれるとしている。

附 要素の過剰障害について

ある要素を適量以上に施すと成長障害や品質の低下を来ことがある。⁴⁾ また K や Ca を過剰に施すと Mg の少ない土壤では Mg 欠乏症状を起すに至る。林木稚苗に対するこの種の研究として、原田⁶⁾等は、石灰過剰区では苗木梢頭部の新葉の部分が黄色、黄橙色あるいは白色を帯びた緑色に変色する。そして成長低下を来す。このような障害はヒノキにおいて最も著しいことを報告している。(スギはその障害が軽微である)。またこの場合、石灰過剰区の苗は石灰含有率が増加し、K、Mn は減少し、Fe/Mn の比率が著しく大きくなることを指摘している。土壤中に相当量の Mn を含みながら、石灰または木灰の過剰施与のために Mn 欠乏症を起している例がある。

VI. 肥料要素の吸収に関する諸因子について

養分の吸収の難易は土壤の反応や陽光の状態、温度、土壤水分、土壤空気中の酸素などによつて、支配されるので、養分吸収量の季節的变化から樹種の特性をきわめようとする場合には、実験が比較樹種を同時に同一条件で行われることが望ましいことを附言しておきたい。さて林木稚苗の肥料要素吸収の季節的なちがいを²⁰⁾知ることは、施肥の時期、施肥量をきめる上に重要な因子である。そしてこれらに関しては既に芝本、宮崎等の貴重な研究が行われているが、ここに 2、3 の新しい実験の成果を加えて考察を進めることにする。

1 スギとアカマツの養分吸収について

(i) アカマツは春期 4～5 月の間に 1 年の伸長量の 7～8 割が完成される。そしてこの時期には N の吸収はきわめて僅かである。²⁶⁾ すなわちその伸長は前年度に吸収した養分によつて行われるものであると考えられると塘等は述べている。また塘等によるとスギは春季から夏季にかけて乾物生産量に上廻つて N を吸収する。その頃吸収した N によつて夏から秋に成長するもののようである。そして両樹種ともに N の吸収は 6 月以降に次第に増加し、8 月以降に著しく増加すると、また塘等は苗木の乾物 1 g を生産、増加する間に吸収する N の値をスギとアカマツと比較して、スギは生育の中期より後期に低い値をとるのに、アカマツは中期より後期に著しく高い値をとることから両樹種の特性を認めている。なお P_2O_5 並びに K_2O の吸収の季節的差について塘等の実験を要約すると次のようである。

	ス	ギ	アカマツ
P_2O_5 : 4～7 月の P_2O_5 の吸収量 (1 年間の吸収量に対し%)	約 19%		約 41%
K_2O : 8～10 月の K_2O の吸収量 (1 カ年間の全吸収量に対する%)	約 78%		約 40%

このことから両樹種の特性を比較して育苗上注意すべきことは、スギは生育の後半期に K_2O の肥効があるようにすること、アカマツは生育の前半に P_2O_5 の肥効をあげることが大切であることを知ると。安藤²⁾はスギとヒノキについて実験し、次のことがらを指摘している。

1) N の吸収は両樹種とも生育とともに増加する。(このことは塘のスギについての前掲の結果と一致するようである)。

(ii) P_2O_5 は 5 月までに相当吸収され後期の吸収も比較的多い。

(iii) K_2O は 7 月より 9 月にかけて吸収せられる。

(iv) CaO は両樹種ともに後期に著しい吸収量を示した。

安藤の結果も塘の結果とはほぼ相似た傾向を示していると思ふべきであろう。

さて、1 年間の時期的に見た苗体の養分含有率と吸収量との関係は、吸収、移動、蓄積の関係でズレがあることを附言したい。

2 磷酸吸収の季節変化についての P^{32} による実験より

永山や著者等はスギ、ヒノキ、アカマツ、及びクロマツについて、 P^{32} を用いて、その吸収と移動状態を追及した。これらの実験ではすべて砂耕法を採用し、水耕液を加えて培養したが、水耕液の組成を $-N$ 、 $-P$ 、 $-K$ 、 $-Ca$ 、 $-Mg$ 等の各区を設けて、ある要素の欠除が P^{32} の吸収、移動に及ぼす影響を見たのである。詳細は原報^{(12)~(16)}を参照されたく、ここに今完全培養液で培養した場合の P^{32} の吸収による $\text{Count/min./1g D. M}$ を図に示すと Fig. 1 のようである。

また各種の培養液を平均して見た P^{32} による Count 数の季節的变化は Table 14 に示したようである。

Fig. 1 においてアカマツとクロマツは同一のポット内に育てたものであるから比較することが出来るが、スギとヒノキとは培養年度がちがう、またアカマツ、クロマツとも試験時期がちがうので厳密な意味では4樹種の比較は出来ないが、同様の水液を用いたから大体の傾向をうかがう資料となるであろう。これらの試験の結果から、次のことがうかがわれる。

(i) スギは年間の変化が比較的少ないが、6月から8月に peak がある。ただし1956年に行つた実験では、5月頃はまだ P^{32} の吸収力はあまり旺盛ではなく、7月から9月にかけて5月の約2倍以上の Counts を示し、12月には約半減となつている。

すなわち1956年の実験によると、スギの P^{32} 吸収による Counts 数*は標準培養液区の葉では5月1380に対し、7月3708、9月3148、12月1872を示している(2月は4898)のである。

(ii) ヒノキの P^{32} の吸収は7月に最高点を示し10月に低下し、2月はさらに低下している。Fig. 1 で見ると、スギよりもヒノキの方が Counts 数が高く、 P^{32} の吸収があたかもはげしいように見えるが実験の年度がちがうので両樹種の比較は出来ない。

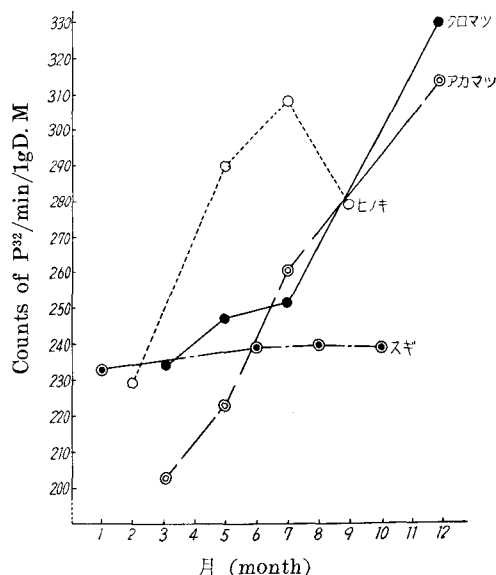
(iii) Fig. 1 においてアカマツとクロマツは同一ポット内で同一条件で育成して実験を同時に行つたのであるから、両者の比較は差支えないとすると、アカマツとクロマツとは比較的良好な傾向を示すが、クロマツの方が3月~5月頃の吸収移動が盛んである。これを要するに12月頃だけクロマツの方がアカマツよりも P^{32} の吸収力が大きいこと、それから、スギやヒノキでは秋末に減少するがアカマツ、クロマツともに12月まで上昇を続けていることが注目されるべきであろう。

3 ある要素の欠除が P^{32} の吸収・移動に及ぼす影響

前述したように永山、柴田等は砂耕法により、N, P, K, Ca, Mg, Cl 等のある1つの要素を欠除させた水耕液を用い、ある要素の欠除が P^{32} の吸収と移動に及ぼす影響を、スギ、ヒノキ、アカマツ及びクロマツについて調べた。その結果は、ある要素の欠除が P^{32} の吸収、移動に及ぼす影響は季節的にちががあるものの如く、また実験上の誤差の問題も加わつて簡単に推論出来ないが大体の傾向は次のようである。

1) スギ: (i) 培養液にNまたPを欠除させると、根から吸収された P^{32} の葉への移動が阻害さ

Fig. 1 Seasonal Variation of Counts of P^{32} /min/1g D. M. of Sugi Seedlings cultivated in normal culture Solution.



* Counts/min./1g D. M.: 乾物1g当り1分間のカウント数

第14表 P³² の吸収による Count 数の季節的变化Table 14. Seasonal Variation of Counts/min./1g D.M by radioactive P³²

		スギ Sugi				ヒノキ Hinoki			
	部分別	6月 June	8月 August	10月 October	1月 Jan.	5月 May	7月 July	10月 Oct.	2月 Feb.
Radio P ³² による Count 数 1g D.M 当り	葉 Needles	244	249	243	213	792	1211	611	197
	茎 Stems	374	183	193	211	667	855	510	324
	根 Root	1365	1151	981	917	1908	2440	1805	1720
同 Rate 1月または2月 を100とする	葉 Needles	115	117	114	100	404	616	310	100
	茎 Stems	177	87	91	100	212	265	158	100
	根 Root	146	123	108	100	111	139	105	100

		アカマツ Akamatsu				クロマツ Kuromatsu			
	部分別	3月 March	5月 May	7月 July	12月 Dec.	3月 March	5月 May	7月 July	12月 Dec.
Radio P ³² による Count 数 1g D.M 当り	葉 Needles	108	279	567	1338	131	279	592	1946
	茎 Stems	322	454	1422	1055	407	416	1458	1388
	根 Root	1836	1080	6970	5770	2207	1495	7162	9071
同 Rate 3月を100とする	葉 Needles	100	259	525	240	100	213	452	1485
	茎 Stems	100	141	442	328	100	102	358	341
	根 Root	100	59	379	314	100	67	324	410

れるようである。(ii) N また P の欠除は P³² の吸収と移動の季節的变化を大きくするようである。

(iii) Mg の欠除は P³² の吸収を弱めるようである。

2) ヒノキ : Ca, Mg, Cl の欠除は P³² の吸収を阻害する。

3) アカマツ : N の欠除はある時期には P³² の吸収を助長するが、概して培養液中にある要素を欠除すると P³² の吸収、移動が妨げられる傾向がある。

4) クロマツ : (i) ある要素の欠除が P³² の吸収に及ぼす影響は時期によつて多少のちがいがあ
る。(ii) 概して K, Mg の欠除は P³² の吸収を阻害するようである。

各樹種を通じて認められるのは、Mg 欠除が P³² の吸収を阻害しているように思われることである。

4 3要素施与の時期に関する問題

これまでの研究成果から芝本が三要素施与の時期に関し述べていることを要約すると次のようにな
る。

窒素 : 成長

生育の初期に欠除するとスギ、ヒノキともに成長が著しく抑制される。

中期に欠除しても可成抑制される。

後期における欠除は殆んど影響は認められない。

耐寒性

スギでは初期及び中期の欠除は耐寒性を弱くする、特に中期の欠除は影響する。

アカマツでは初期、中期、後期いずれの時期の欠除も耐寒性を弱める。

磷 酸：成 長

生育の初期における欠除はスギ、アカマツとも極めて甚しく成長が抑制される。

中期の欠除も著しく抑制される。

後期における欠除はスギには幾分抑制の影響があるがマツにはない。

：耐寒性

スギでは初期に欠除すると耐寒性が弱くなる。

アカマツでは中期における欠除が耐寒性を低める。

加 里：成 長

初期に欠除するとスギ、ヒノキ共に極めて甚しく成長が抑制される。

中期における欠除も大きくひびく。

後期における欠除はその影響がスギには幾分認められるが、アカマツでは殆んど認められぬ。

：耐寒性

スギ：初期、中期に欠除すると耐寒性が低くなる。

アカマツ：後期における欠除が耐寒性を弱める。

N, P_2O_5 , K_2O のいずれもが生育の初期に与えられることが極めて大切なことは守屋（津田）の^{11 a), 11 b)}スギ、ヒノキに対する肥料試験の結果も明らかにそれを示している。

VII. 要素含有率の季節的变化について

要素含有量の季節的变化は、要素の吸収、移動、蓄積の様相をうかがうめやすとなり、また樹種の特性をあらわすものとして重要である。

1. 既往の研究成果の概要

この種の研究は既に中塚が¹⁷⁾1949年ヒノキとアカマツについて報告している。そしてそのデータから推察するとヒノキは、針葉中の N, P_2O_5 , K_2O ともに6月よりも11月の方が多いが、アカマツは6月の方が11月よりも、Nは別として P_2O_5 も K_2O とも多い。

中塚の実験は壮令木についてであるが、1年生苗で芝本が行った実験²⁰⁾では、スギ、ヒノキ、アカマツを通じて P_2O_5 と K_2O は7月に最大を示す。ただしNの含有率ではスギは7月、ヒノキとアカマツは8月で最大を示している。芝本、中沢等の別の実験²¹⁾によるとアカマツはN, P_2O_5 含有率の高いのは9月である。この二つの実験では共通的に要素含有率の季節的変動で樹種的な特性を把握することは出来ないようである。

また要素含有率の季節的变化に関する安藤の研究によれば、スギ、ヒノキともに、Nは8月に最も高く9月には低くなっており、 P_2O_5 は5月に最も高くその後漸減する傾向がある。 K_2O は地下部では5月に最高でその後漸減しているが地上部では6月～8月に含有率が高いようである。また CaO は7月～9月に高い。また同じく安藤がスギ播種苗で、無肥区、施肥区、2倍量施肥区の3区について要素含有率の季節的变化を調べているのを見ると、灰分、N, P_2O_5 , K_2O ともに8月が最も高く、9月やや低くなり、10月から11月に低くなるが、Nと K_2O は11月の方が10月より僅かに高い。 CaO は変動が微少ではあるがほぼ似たような動きがあると思われる。

2. 磷酸含有量の季節的变化について

永山や筆者等は P^{32} を用いてスギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツによる P^{32} 吸収の季節的变化を調査すると同時に苗体各部の P_2O_5 含有率の季節的变化を考察した。これの結果を要約すると Fig. 2 及び Table 15 のようである。

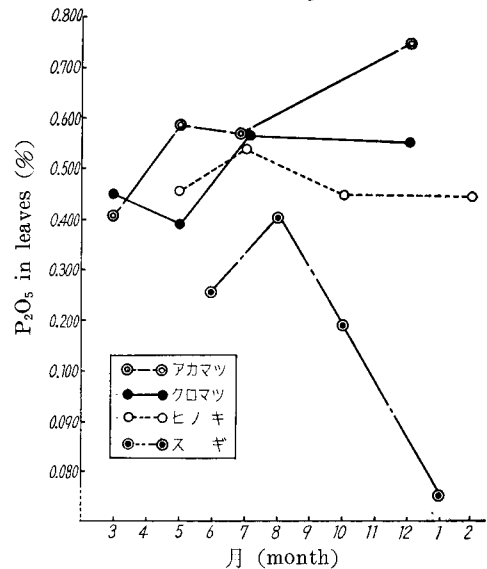
これによると、(i) スギは6月頃からより含有率が高まり8月が最も高く、それ以後急に低下し

ている。(ii) ヒノキは7月に最高を示したがそれ以後もスギほどには低下しないで0.4%前後を維持している。(iii) アカマツは3月頃から次第に含有率が高まり、12月も含有率が5~6月頃よりも高い。そしてクロマツよりも常にやや P_2O_5 の含有率が高い。(iv) クロマツは大体アカマツに似た傾向をたどるが含有率が常に低い。この実験結果も樹種の特性を知るために誰方かによつて再検討を加えて頂きたい。

以上のように、要素含有率は季節によりかなりちがいががあるので、分析試料の採取にあたってはその時期を吟味せねばならない。

また含有率は要素の吸収量と生育にともなうその消費または移動または蓄積の関係があるので苗木の部分別に考察する必要がある。

Fig. 2 磷酸含有率季節的变化
Seasonal Variation of P_2O_5 in Needles of several species



第15表 磷酸含有量の季節的变化
Table 15. Seasonal variation of P_2O_5 Content (%) in Needles

		スギ Sugi				ヒノキ Hinoki			
	部分別	6月 June	8月 August	10月 October	1月 Jan	5月 May	7月 July	10月 Oct.	12月 Dec.
P_2O_5 (%)	葉 Needles	0.241	0.329	0.253	0.130	0.375	0.501	0.377	0.331
	茎 Stems	0.196	0.246	0.146	0.104	0.219	0.269	0.168	0.169
	根 Root	0.192	0.237	0.158	0.151	0.292	0.388	0.289	0.261
同 Rate 1月または2月を100とする	葉 Needles	186	253	195	100	113	151	114	100
	茎 Stems	188	236	141	100	129	159	100	100
	根 Root	127	157	104	100	112	149	111	100

		アカマツ Akamatsu				クロマツ Kuromatsu			
	部分別	3月 March	5月 May	7月 July	12月 Dec.	3月 March	5月 May	7月 July	12月 Dec.
P_2O_5 (%)	葉 Needles	0.313	0.492	0.488	0.616	0.263	0.476	0.501	0.536
	茎 Stems	0.313	0.384	0.468	0.416	0.272	0.372	0.397	0.415
	根 Root	0.370	0.538	0.575	0.670	0.264	0.657	0.480	0.625
同 Rate 3月を100とする	葉 Needles	100	157	156	197	100	181	191	210
	茎 Stems	100	123	145	133	100	137	146	152
	根 Root	100	145	155	181	100	249	182	236

VIII. 苗令、葉令と要素含有率

若いものほど無機成分含有率が高い傾向があることは農作物などについては早くからいわれていることである。林木の苗木についても芝本等（前掲）がこれを報じている。

また葉令により生理的機能に著しいちがいのことはスギについて岡崎が実験しているところである。すなわち蒸散量、滲透価、滲透的に作用する物質などにおいては1年葉と2年葉ではかなりのちがいがある。無機要素についての葉令による差に関する研究は少ないが、微量要素などについては葉令のことは特に注意すべき問題と考えられる。

IX. 苗体各部の組成割合と要素含有量割合

苗体を、葉、幹、根の3部分に分けるとその各部分における要素含有率にはかなりのちがいがあるの、それら3部分の構成割合を知ることは苗木全体の養分吸収量を考察する上に必要である。

1. 苗体各部の重量割合

芝本は当年生及び1年生苗の乾物組成割合として次の数値を示している。(Table 16-a)

ただしその構成割合は培養条件や樹令によつてかなりの相異があることは必然であろう。

筆者等がポット試験で培養した苗木について部分別割合を計算して見ると次表 (Table 16-b) のようになった。

かかる関係はいろいろな培養条件毎に検討を要することと思われるが、b表は塩酸で処理した砂を用いてすべて同一組成の水耕培養液で培養したものであるから比較しても差支えないものとすれば、スギとヒノキでは、ヒノキはスギよりも葉部または根部の割合が高く、幹枝部の割合が低い。次にアカマツとクロマツでは、クロマツの方がアカマツよりも葉部の占める割合がやや高く、幹枝部の占める割合がやや低い傾向があるものといえよう。

スギまたはヒノキとアカマツまたはクロマツを比較すると前2者は葉部の占める割合がやや高く、根系部の割合がやや低い傾向がある。このことは芝本の報告とも一致しているところである。

次に筆者が白浜試験地の埴質壤土の苗畑で行った3要素適量試験の結果から苗体各部の重量割合を計算してみると Table 16-c のようである。各樹種とも約 10 plots についての平均値である。

この実験結果ではスギとヒノキ、アカマツとクロマツの各両者が相似た割合を示している。スギ、

Table 16. 苗体各部の割合
Dry weight percent of the
leaves, stems and root of the
seedlings

(a) (by Shibamoto)

	葉 部 Leaves	幹枝部 Stemes	根 部 Root	計 total
ス ギ	46.3	18.1	35.6	100.0
ヒ ノ キ	44.7	23.5	31.8	100.0
アカマツ	41.9	22.0	36.1	100.0

Table 16. (b) Result of sandculture
(by Nagayama and Shibata)

	葉 部 Leaves	幹枝部 Stemes	根 部 Roots
ス ギ※ Sugi	53.5	30.9	15.6
ヒノキ※ Hinoki	56.6	25.1	18.3
アカマツ (12月)	45.3	32.2	22.5
Akamatsu 全年※※	50.6	28.3	21.1
クロマツ (12月)	53.8	23.7	22.5
Kuromatsu 全年※※	57.0	22.5	20.5

※ 10月と1月または2月の2回に採取したものの平均

※※ 3月, 5月, 7月, 12月の平均

Table 16. (c) 埴壤土の圃場での実験例(柴田)
Results of field experiments in clay loam

樹 種	Species	葉 Leaves	茎 Stems	根 Roots
ス ギ	Sugi	57.3	22.3	20.4
ヒノキ	Hinoki	54.7	28.7	16.6
アカマツ	Akamatsu	36.8	19.5	43.7
クロマツ	Kuromatsu	39.1	20.6	40.3

ヒノキは葉部の占める割合が高く、マツ類は根系部の占める割合が大きい。従つて肥料要素量の苗体各部における分布割合を考える場合にはスギ、ヒノキは葉部の分析結果を重要視すればよいがマツ類では根系部の分析結果を軽視出来ないことになる。なお推測であるが Table 16 の a 及び b と、c とではマツ類の根系部の割合に大きなちがいがあがあるがこれは前 2 者はポット試験で、c は圃場試験である。マツ類は土壤空気に対する要求度が高いことから根系の発達にはポット試験では阻害されてあるのではあるまいか？これも検討を要することと思う。

Table. 18 苗体各部における要素の分布割合
Distribution ratio of nutritive Elements in the Leaves, Stems and Root of the Seedlings
(from clay loam field experiments)

樹 種 Species	要 素 Element	分 布 割 合 (%) Distribution (%)			2 年生苗の 1 本当りの平均含有量 Average content of the element per one seedling (2 years old) (g)
		葉 部 Leaves	幹枝部 Stems	根 部 Roots	
ス ギ Sugi	N	66.6	17.8	15.6	0.287
	P ₂ O ₅	64.7	16.9	18.4	0.042
	K ₂ O	76.8	15.5	7.7	0.167
	CaO	49.5	30.1	20.4	0.175
ヒ ノ キ Hinoki	N	61.7	23.6	14.7	0.144
	P ₂ O ₅	74.7	9.9	15.4	0.023
	K ₂ O	69.1	26.7	4.2	0.078
	CaO	49.6	37.3	13.1	0.104
アカマツ Akamatsu	N	53.4	13.7	32.9	0.212
	P ₂ O ₅	53.4	7.9	38.7	0.035
	K ₂ O	66.1	19.3	14.6	0.043
	CaO	36.2	39.8	24.0	0.072
クロマツ Kuromatsu	N	53.5	15.3	31.2	0.183
	P ₂ O ₅	53.0	9.9	37.1	0.035
	K ₂ O	55.3	16.5	28.2	0.052
	CaO	32.2	50.8	17.0	0.056

P₂O₅ が、アカマツは K₂O が比較的高いことと、アカマツとクロマツは CaO の含有割合が低いことである。

(iv) 2 年生苗の 1 本当りの含有量から見るとスギは各要素をともに多く含有し、ヒノキの 2 倍位の値を示し、マツはさらにはるかに少ない。

(v) N 含有量においてアカマツはスギにつきかなり多いことは注目せられる。

もとより上表は 1 実験例から推察を下したまでであつて、培養条件によつてかなり変動あることは

Table 17. 苗体各部における P₂O₅ の分布割合
Distribution ratio of P₂O₅ in the Leaves, Stems and Roots of the Seedlings %
(from sand culture experiment)

樹 種	Species	葉 部 Leaves	幹枝部 Stemes	根 部 Roots
ス ギ	Sugi	61.5	22.9	15.6
ヒノキ	Hinoki	64.8	18.4	16.8
アカマツ Akamatsu	{ 12月	49.7	22.5	27.8
	{ 全年	52.0	22.8	25.2
クロマツ Kuromatsu	{ 12月	52.3	21.9	25.8
	{ 全年	56.7	20.6	22.7

2. 苗体各部における要素の含有量割合

いま Table 15 と Table 16-b より苗体各部における P₂O₅ の分布割合を求めたのを示すと、Table 17 のようである。

また Table 5~8 及び Table 16-c から各要素の苗体各部の分布割合を示すと Table 18 のようである。

この結果から次のことが推察せられる。

(i) N, P₂O₅, K₂O はいずれの樹種も葉に大半が含まれているが、CaO は葉にほぼ半ばあるいはやや少なく含まれ、幹枝部にも甚だ多く、30~50%に達する。

(ii) いずれの樹種も K₂O の分布は根に最も少ない。

(iii) 葉における要素の含有割合から樹種の特性を見るならば、スギは K₂O が、ヒノキは

予測せねばならないが、上表は各樹種がほぼ同じ条件で培養されたものであるから、樹種間の特性をうかがう資料として差支はないと考えるものである。

X. む す び

以上各章にわたつてのべたことは、林木肥培を進める上に重要なことがらであると考えられるが、まだ資料も少なく、考察も不十分であるので各位の御示教を得て後日さらに補正を加えたいと思う。

附 表

附表 1. 苗体中の肥料要素含有率 (津田)

Consultation Table 1. Content of nutritive elements in the 2 years seedling (by S. Tsu)

樹 種	灰分(%)	灰 分 百 分 中 (%)			苗 体 乾 物 百 分 中 (%)			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N※※	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
スギ Sugi	2.69	8.27	20.23	32.70	1.18~1.69	0.23	0.55	0.87
ヒノキ Hinoki	3.52	8.61	13.96	45.22	1.20~2.23	0.30	0.49	1.58
アカマツ Akamatsu	1.57	15.42	22.80	24.13	1.39~1.99	0.24	0.36	0.39
カラマツ※ Karamatsu	2.83	11.93	13.85	21.30	1.05~3.06	0.34	0.39	0.60

※ 参考にカラマツを加えた。

※※ 塘隆男氏分析結果 2 年生苗木, 秋採取 (By T. Tsutsumi)

附表 2. 1 年生苗乾葉中の肥料要素含有率 (芝本)

Consultation Table 2. Content of nutritive elements in the dry leaves of 1 years seedling (by T. Shibamoto)

樹 種	灰 分 Ashes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
ス ギ Sugi	6.185	0.857	0.113	0.233	1.861
ヒ ノ キ Hinoki	5.412	1.136	0.109	0.366	1.646
アカマツ Akamatsu	3.956	2.178	0.109	0.360	0.579

附表 3. 当年生苗木地上部の養分含有率 (1959) 原田・岩崎

Consultation Table 3. Content of nutritive elements in the tope part of the Seedlings

樹 種	処理区	N %	P %	K %	Ca %
ス ギ Sugi	対 照 区	1.14	0.14	0.73	0.61
	消石灰過剰区	1.13	0.21	0.71	1.18
ヒ ノ キ Hinoki	対 照 区	1.45	0.25	1.00	0.65
	消石灰過剰区	—	0.37	0.99	1.01
アカマツ Akamatsu	対 照 区	1.42	0.15	0.80	0.24
	消石灰過剰区	2.23	0.18	0.89	0.35
カラマツ Karamatsu	対 照 区	0.97	0.16	0.69	0.31
	消石灰過剰区	1.41	0.16	0.63	0.47

引用文献

- 1) 明永久次郎, 芝本武夫 (1933), 尾鷲地方における扁柏林の施業上注意すべき土壤要素について 日林誌 Vol. 15
- 2) 安藤愛次 (1952), スギ・ヒノキ稚苗の栄養素含有量の季節的变化 東大演報 42.
- 3) 安藤愛次 (1952), スギ播種苗の栄養素含有率に及ぼす施肥の影響について 東大演報 43
- 4) Chapman, H. D., and S. M. Brown. (1947), Soil Sci. 55. (青木茂一の植生と土壤 P. 46より引用)
- 5) 藤本幸司 (1958), スギの産地別比較試験 (第1報) 第68回日林講
- 6) 原田 洸, 岩崎美代 (1959), 消石灰を過剰に与えた土壤における苗木の生育状況について第69回日林講
- 7) 伊佐義明, 村上温夫 (1960), 外国産マツの育成に関する研究 (第1報) テーダマツの肥培に関する基礎的考察 第70回日林講 (1960年4月講演) 京大演報 No. 29.
- 8) 川島録郎 (1937), 土壤反応並に石灰含量と作物の生育について (第11報) アカマツとヒノキの実生, 日土肥誌 10.
- 9) 宮崎紳 (1957), 苗木育成法 (高陽書院)
- 10) 宮崎 紳, 塘 隆男, 藤田桂治, 及川伸夫 (1959), スギ苗の加里, 石灰欠乏症状について第69回日林講
- 11-a) 守屋重政 (1913), 杉苗の施肥期に関する試験, 林試報 No. 10
- 11-b) " (1914), 扁柏苗に対する窒素肥料の施肥期及び肥効試験, 林試報 No. 11
- 12) 永山 修, 玉置 武, 柴田信男 (1955), 林木稚苗の栄養生理に関する研究
(I) アカマツ稚苗の磷酸吸収について 日林・関西支部大会講 No. 5
- 13) " (1955),
(II) クロマツ稚苗の磷酸吸収について, 日林・関西支部大会講 No. 5
- 14) " (1956), "
(IV) ヒノキ稚苗の磷酸吸収について第65回日林講
- 15) 永山 修, 高橋伸禎, 柴田信男 (1956), "
(V) スギの磷酸の吸収と分布 (予報) 日林・関西支部大会講 No. 6
- 16) 柴田信男, 永山 修, 玉置 武 (1957), "
(VI) スギ稚苗の磷酸吸収について 第67回日林講
- 17) 中塚友一郎 (1949), 樹木及樹苗の生理化学的研究 (第3報) 針葉の無機成分及窒素量の季節変化, 日林誌 31.
- 18) 佐藤敬二 (1950), 林木育種 下巻 第8章
- 19) 佐藤弥太郎, 岡崎文彬, 柴田信男 (1942), スギ細胞液滲透濃度に関する研究 (第2報) 生長状態と滲透的に作用する物質について 日林誌 Vol. 24. No. 11
- 20) 芝本武夫 (1952), スギ, ヒノキ, アカマツの栄養並に森林土壤の肥沃度に関する研究 (林野庁)
- 21) 芝本武夫, 中沢春治 (1958), アカマツ稚苗の成長に伴う無機成分の吸収, 日林誌 Vol. 40. No. 9
- 22) 柴田信男 (1959), 防災面より見た森林構成に関する研究 (第4報) 施肥量と苗木の養分吸収量との関係並に土壤の天然供給量に関する考察 69回日林講
- 23) 柴田信男 (1959), 林地施肥に関する研究 (第4報) 施肥量と要素含有率との関係 第69回日林講
- 24) 柴田信男 (1960), 林地施肥に関する研究 (第5報) 肥料の形態と肥効との関係 第70回日林講 (1960年4月講演)
- 25) 塘 隆男, 道仙喜一 (1959), 苗畑におけるスギの苦土欠乏について, 第69回日林講,
- 26) 塘 隆男, 道仙喜一 (1959), スギ, アカマツ床替苗の養分吸収について, 第69回日林講
- 27) 津田重政 (1909), 苗木の鉍物成分の研究 林試報, No. 7
- 28) 堤 利夫, 四手井綱英, 柴田信男, 岡本省吾 (1960), 産地別に植えたスギ苗に対する施肥効果について (I) 第70回日林講

Résumé

The considerations in this report were carried on to obtain the basic materials for fertilizer-management of young trees in the nursery or forest. Then, I attempted to discuss on the characteristics regarding to the nutritive physiology, especially connected with the average content and its seasonal changes and process of absorption of the nutritive element in the seedlings and on the factors which effect upon these conditions.

Four main planting species in Japan, Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.), Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* S. et Z.), Akamatsu (*Pinus densiflora* S. et Z.), and Kuromatsu (*P. Thunbergii* Parl.) were chosen to make comparative study.

1. The results of chemical analysis of the seedling are shown in consultation Tables 1-3, which

were carried out by S. Tsuda or T. Shibamoto and others, and Tables 5~8 which were experimented by author at Shirahama Experimental Forest, in 1956.

2. From these results, when we show the content of each element (N, P_2O_5 , K_2O and CaO .) in Sugi seedlings as 100, index number of them in other species is as shown in Tables 2-A, and when we show the content of Nitrogen in each species as 100, index number of P_2O_5 , K_2O and CaO is Table 2-B. As we can see in these tables, Sugi and Hinoki are considerably different from Akamatsu and Kuromatsu in the ratio of four elements, especially in K_2O and CaO , that is to say, Hinoki contains N and P_2O_5 more than Sugii, Akamatsu and Kuromatsu contain very much N, and very little CaO comparing with Sugi or Hinoki.

3. An analytical result of nutritive elements in several local forms in Kyushu-district is shown in Table 4. It is that there are some difference connected with the content of the element among these local forms, but the sure conclusion must be remain untill to be assumed by repeated examinations.

4. Some examples of the relation between the quantity of nutritive elements which were supplied and the content of the elements in the seedlings is shown in the Tables 5~8. From these results, it may be presumed as follows.

(1) When very small quantity of nitrogen is fertilized, in case of Hinoki, the content of Nitrogen in all parts of the seedlings decreases, and also in case of Akamatsu or Kuromatsu, there are nearly same effects.

(2) In the case of P_2O_5 which was limited in quantity fertilizing, in many species, there is a tendency to decreasing the content of P_2O_5 in leaves, but in the case of K_2O , there are no such effects except in Sugi.

(3) Generally, in almost all species, the content of nutritive element (except N.) in fertilized seedlings is higher than these nonfertilized seedlings.

(4) When two times of normal quantity fertilizer is applied, there is a tendency to increase the content of N and K_2O . (See Table 9)

5. How dose deficiency of one element effect on the content of the element in seedlings?. The results of experiments are as shown in tables 11-a and b. In this experiment, two elements are given enough and one element is not given.

(1) Effect of N-deficiency is very clear on the content of N in all parts of Hinoki or Kuromatsu seedlings.

(2) Effect of P-deficiency is noticeable on leaves of Sugi and Hinoki.

(3) When K is deficient, Ca-content rises in Sugi seedlings, but in other species such effect are not found. I suppose that there is an antagonism between K_2O and CaO .

(4) According to the experiment by S. Miyazaki and others, in the case of Sugi seedling, if Ca is deficient, the content of P_2O_5 , K_2O and MgO rise and on the other hand the content of CaO decreases. (See Table

12). Therefore, they recognized that there is an antagonism between CaO and MgO .

6. We examined with radio Isotope P^{32} to find out the seasonal variation of the absorption of phosphorus. According to the results of these experiments (See Fig. 1 and Table 14), count number in leaves by P^{32} absorbed are highest in June or August in the case of Sugi or Hinoki seedlings, but in December in case of Akamatsu or Kuromatsu.

7. On the seasonal variation of content of nutritive elements in seedling.

(1) Seasonal variation of P_2O_5 -content is shown as Fig. 2 and Table 15. It seems to be highest in July or August in the case of Sugi and Hinoki, but in the case of Akamatsu and Kuromatsu is higher in December.

(2) In almost all seasons, the contents of P_2O_5 in Akamatsu and Kuromatsu are higher than these of Sugi or Hinoki.

8. On the rates of three parts; leaves, stems and branches and roots; and on the total quantity of

nutritive elements per one seedling. (See Table 16, 17 and 18)

(1) Weight percentages of the three parts of the seedlings will be change by the influences of cultivating conditions. But in generaly, it is occupied 45~55% by leaves, 20~30% by stems and branches.

(2) Rates of quantity of nutritive element containing in three parts of seedling are as follows. 60~75 % of each element except CaO in leaves, 10~30% in stems and branches.

9. From these things mentioned before, I suppose that it is desiable to change the rate of the elements and season of fertilizing for Sugi and Hinoki against to Akamatsu and Kuromatsu.

But we can not yet reach to the certain conculsion for them. I hope you will give me kindly advice.