

茨城県の森林立地区分(II)

林齢,地位,立地区によるスギ針葉の養分濃度の変動について

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	伊藤,忠夫 植田,正幸 宮内,宏
発行元	日本林學會
巻/号	54巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 74-79
発行年月	1972年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



 論 文

茨城県の森林立地区分 (II)

林齢, 地位, 立地区によるスギ針葉の養分濃度の変動について

伊藤 忠夫*・植田 正幸**・宮内 宏*

Studies on the Classification of the Forest Site Unit
in Ibaraki Prefecture (II)Variation of the nutrient content in Sugi (*Cryptomeria japonica*) needles
according to tree age, site quality and forest site unit

Tadao ITO*, Masayuki UEDA** and Hiroshi MIYAUCHI*

Summary: For the purpose of investigating the local characteristics of the nutrient status in the Sugi forest in Ibaraki prefecture, the authors have carried out chemical analysis of the soil and needles of established Sugi stands in three forest site units classified by environmental factors such as climate, geological formation and topography.

In this paper, the authors dealt with the variation in nutrient contents in the current year needles of Sugi according to tree age, site quality and forest site unit.

1. The established Sugi stands varying in tree age from 19 to 62 were picked up from various site index classes in three forest site units.

2. The analytical data of the needles were calculated statistically by the method of variance analysis at two-way layout (tree age classes and site index classes). The method is as follows: The variances based on the tree classes and site index classes are compared with the variance of the forest site unit.

3. The results of the variance analysis are as follows: It was not found statistically any significant difference in the nutrient contents according to the tree age classes on N, P, K, Ca and Mg, except for the N content of the needles in Kahoku forest site unit where N content of the soils was very low. For this reason, the variance of the nutrient among the forest site units were relatively larger than that of the tree age classes. On the other hand, there was found difference in the nutrient content in N, P and K significantly among the site index classes.

4. Nutrient examination was carried out in young stands before crown closure. The needles of young stands retained a higher content of N, K and Mg, and a lower content of Ca than those of the established stands.

5. From the above results, in case of the established stands, it appeared that the differences in the nutrient contents of the sample tree leaves, with the exception of those unstable ones immediately after the closure of stand, were generally not so great among different tree ages as among different forest site units.

要 旨: 自然環境の類型化によって区分された森林立地区について, その栄養的特徴を調べるために葉分析による栄養解析を進めているが, これらの解析の手はじめに, 当年生葉の養分濃度が, 林齢, 地位, 立地区によってどのように変わるものなのかをこの報告では検討した。

1. 調査林分は, いろいろな地位の, 林齢 19~62 年の閉鎖したスギ壮齡林で, 八溝 (古生層), 里川 (花崗岩, 變成岩類), 珂北 (第3紀層) の3立地区から選ばれた。

2. 葉分析値は, 林齢階別, 地位指数階別に2元分類し, 立地区を繰り返しとして, 林齢および地位による変動を, 立地区による変動に対比させるといういわゆる2元配置の分散分析法によって検討した。

3. その結果, 林齢と葉の養分濃度との関係については, N, P, K, Ca, Mg 等いずれの要素についても, ベースにした立地区間の変動が相対的に大きく, 林齢間には有意な差はなかった。ただ,

* 茨城県林業試験場 Ibaraki Pref. For. Exp. Sta., Naka, Ibaraki

** 茨城県農政企画課 Agricultural Administration Planning Section, Ibaraki Pref., Mito, Ibaraki

元来が土壌中の N に乏しい河北立地区の葉の N 濃度の場合には、低い林齢階での濃度がやや高く、傾向的には違いがあるように思われた。これに対して、地位による葉の養分濃度の変動には N, P および K 濃度などについては有意差が認められ、地位の高いほど N, P 濃度は高く、K 濃度は低くなるような傾向があった。また、立地区間には、Ca 濃度にかかなりの違いがみられた。

4. なお、林齢と葉の養分濃度との関係について、参考までにとられた閉鎖前の幼齢林との比較では、幼・壮齢林間に違いがみられ、N, K, Mg 濃度については幼齢林の方が高く、Ca 濃度は反対に壮齢林の方が高かった。

5. 以上の結果から、壮齢林の場合に、葉分析試料木の林齢による濃度差は、閉鎖直後の不安定と思われる林分を除いて、一般的には地位や地域差に基づく濃度変化に比べればそれほど大きくはないように考えられた。

1. まえがき

筆者らは、植物養分と林木生育との関係をより明らかにし、林地生産力の地域的特徴をとらえるために、気候や地質、地形など、環境因子の異なる森林立地区¹⁾のスギ林について一連の栄養解析調査を進めており、前報²⁾には土壌分析結果についての解析を報告した。

今回の報告は、葉分析調査についてのものであるが、この葉分析調査については、最近では林地肥培を中心にその方面の研究が盛んになってきており、葉試料の採取位置や葉齢、採取季節などの試料採取方法と葉の養分濃度との関係や、施肥による葉の養分濃度の変化、およびその生長との関係などについてもかなりの成績が蓄積されてきている。しかしながら、筆者らの意図するような栄養解析の総合的な研究例はまだ少なく³⁾、したがってその調査方法やデータの解析方法などについてはまだ未解決の問題が多い。とくに、筆者らの研究の場合には、葉試料が林分選定上の制約のために、いろいろな林齢のスギ壮齢林からとられているので、分析データの解

析には、あらかじめ葉の養分濃度の林齢による違いというものを明らかにしておく必要があるように考えられた。

それで、第Ⅱ報では、このような林齢と葉の養分濃度の関係を取り扱ったのであるが、その解析方法としては、本研究の主目的が、地位や立地区と葉の養分濃度の関係を明らかにすることにあるので、林齢による濃度変動をこれらの立地因子に基づく変動に対比させるという統計学的手法を用いた。

Ⅱ. 試験方法

1. 調査林分の選定

調査林分は、3立地区の、林齢 19 年から 62 年にわたるスギ壮齢林で、いろいろの地位が含まれるようにして選ばれた。

八溝立地区（古生層）23 林分

里川立地区（花崗岩・変成岩類）24 林分

河北立地区（第3紀層）19 林分

合 計 66 林分

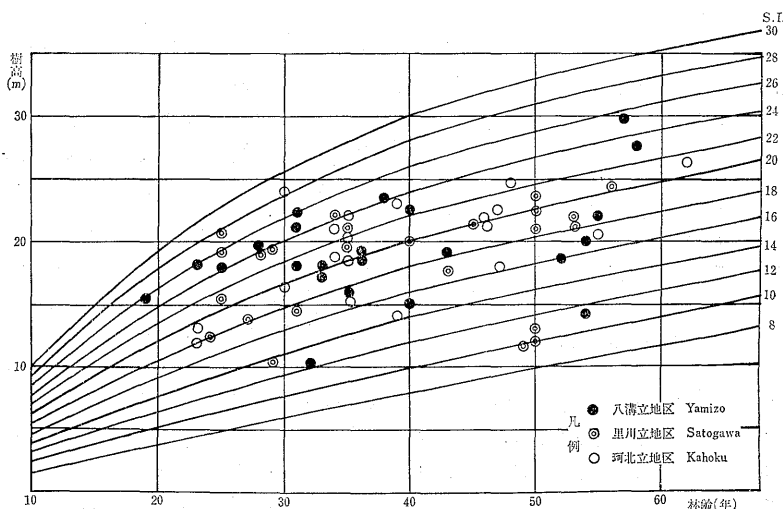


図-1. 地位指数の推定

Fig. 1. Site index of the sample trees estimated by the tree age and height

表-1. 林齢別, 地位指数別, 葉の養分濃度

Table 1. Nutrient contents of Sugi needles with reference to tree age, site index and forest site unit

S.I.	Age	N			P			K			Ca			Mg		
		<32	33~44	>45	<32	33~44	>45	<32	33~44	>45	<32	33~44	>45	<32	33~44	>45
<19	①	1.25	1.42	1.31	0.11	0.13	0.13	0.69	0.61	0.60	0.40	0.74	0.76	0.16	0.17	0.16
	②	1.35	1.38	1.35	0.14	0.13	0.13	0.65	0.60	0.59	0.76	0.83	0.79	0.18	0.18	0.18
	③	1.40	1.07	1.09	0.09	0.09	0.08	0.60	0.55	0.54	1.13	1.11	1.01	0.23	0.18	0.16
>20	①	1.53	1.46	1.38	0.15	0.15	0.16	0.52	0.60	0.49	0.77	0.80	1.03	0.17	0.19	0.13
	②	1.55	1.59	1.58	0.14	0.14	0.14	0.53	0.57	0.59	0.78	0.83	1.18	0.16	0.18	0.16
	③	1.46	1.19	1.12	0.14	0.12	0.12	0.57	0.48	0.57	1.14	1.35	1.18	0.22	0.24	0.20

注 Percent of dry weight, ① 八溝立地区 Yamizo, ② 里川立地区 Satogawa, ③ 珂北立地区 Kahoku

表-2. 林齢と地位指数の二元配置の分散分析

Table 2. Variance analysis at two-way layout (tree age-site index)

N					
Source	S.S.	D.F.	M.S.	F ₀	Level of significance
Age A	426.33	2	213.17	<0	10%
S.I. B	855.22	1	855.22	3.22	
A×B	40.45	2	20.23	<0	
E	3184.00	12	265.33		
P					
Age A	0.11	2	0.06	<0	5%
S.I. B	29.39	1	29.39	6.62	
A×B	0.78	2	0.39	<0	
E	53.33	12	4.44		
K					
Age A	31.00	2	15.50	<0	5%
S.I. B	144.50	1	144.50	7.54	
A×B	57.00	2	28.50	1.49	
E	230.00	12	19.17		
Ca					
Age A	826.33	2	413.17	<0	5%
S.I. B	1300.50	1	1300.50	2.32	
A×B	264.34	2	132.17	<0	
E	6733.33	12	561.11		
Mg					
Age A	22.11	2	11.06	1.39	<0
S.I. B	1.38	1	1.38	<0	
A×B	10.12	2	5.06	<0	
E	95.33	12	7.94		

S.S. と M.S. は原データの 10⁴ 倍,
S.S. and M.S. are 10⁴ times the original data

なお, 地位は林齢 40 年における樹高, すなわち地位指数として表わすことにし⁴⁾, 地位指数は, 試料木の林齢と樹高とを, 本調査のために作った地位指数曲線^{5,6)}上にプロットして算定した。

2. 試料木の選定と葉の分析方法

試料木は, 第 I 報²⁾における土壌調査地点を中心とす

るポイントサンプリング法⁹⁾の上層木の平均樹高をもつもので, 樹冠は偏いせず, その発達程度が準優勢木級に該当するものを選んだ。なお選定の際, 花芽の多くついている木は除外した^{7,10,24)}。試料を採取したのは, 1967 年 12 月中旬から, 翌年 1 月中旬までの約 1 ヶ月間で, 樹冠の先端から 1.5~3m 下の谷側外縁の当年生葉を採取した。

葉の分析方法は, N は, セミ・ミクロケルダール氏法, P は, 硫酸—硝酸分解によるモリブデンブルー発色・光電比色計法, K, Ca, Mg は, 硝酸—過塩素酸分解による原子吸光分析計法によった。

III. 結 果

試料木は, かく林階階 (水準 3), かく地位指数階 (水準 2) でとられ, それが 3 つの立地区で繰り返されているので, 表-1 の 2 元分類表にまとめることができる。表-1 のかく枠内の数値は, その立地区でのプロットに対する平均値である。また, 表-2 は表-1 に対する分散分析の結果である。

まず, 林齢と葉の養分濃度との関係についてみると, 珂北立地区の N や, 八溝立地区の Ca 濃度などの場合のように, 個々の立地区についてはある程度の傾向のうかがわれるものもあったが, 分散分析では表-2 のように, 比較のベースにした立地区間の変動がかなり大きかったために, いずれの要素についても, 林齢間には有意な濃度差を認めえなかった。

一方, 地位指数による変動については, P および K 濃度の場合には 5% の危険率で, N 濃度については 10% の危険率で地位指数間に有意な差が認められた。しかし, Ca, Mg 濃度については, 林齢の場合と同様に立地区間の変動を越えて有意な差は認められなかった。

なお, とくに林齢の問題に関連して, うっ閉を境にした幼齡林と壯齡林という区別からさらに検討を加えるた

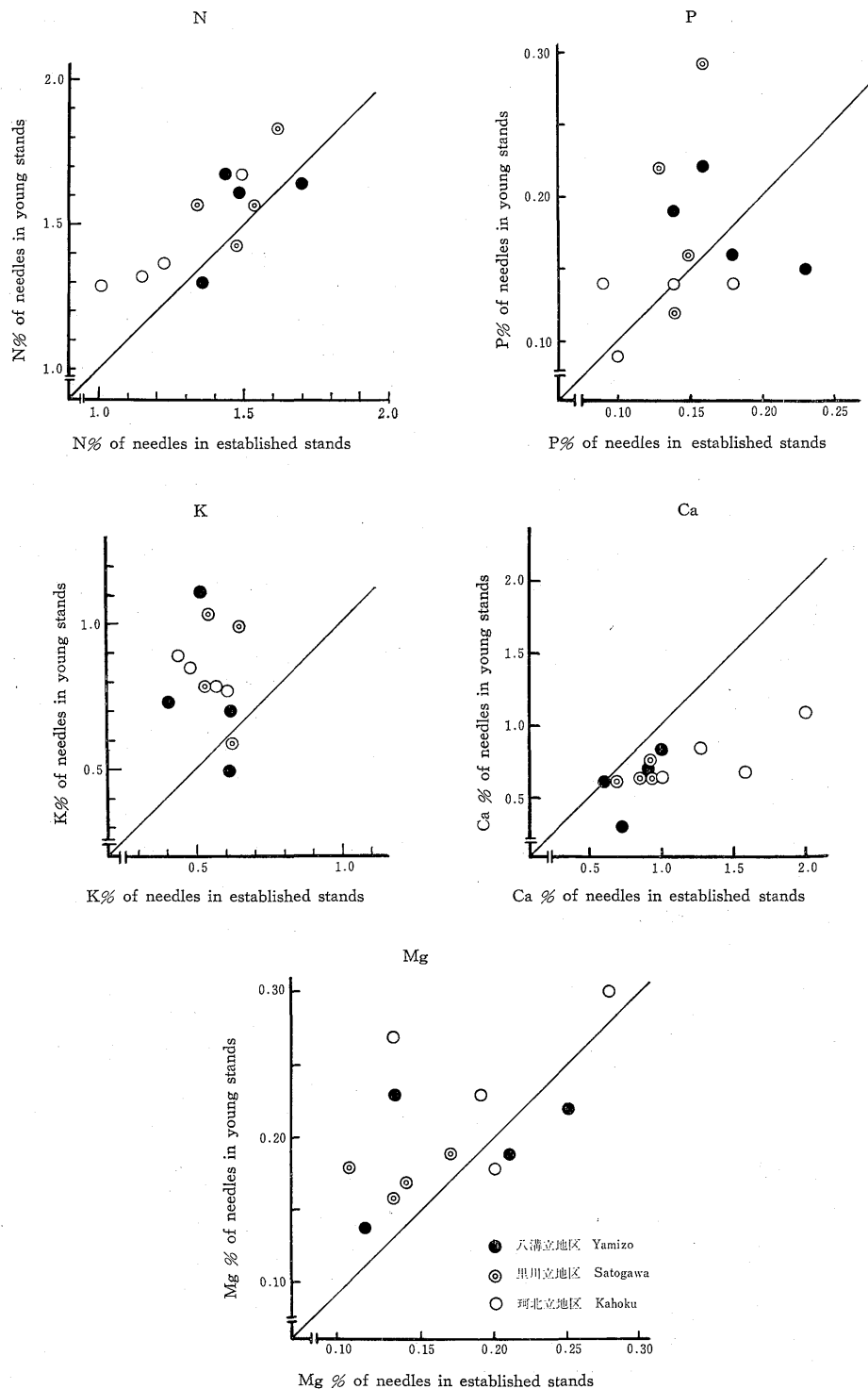


図-2. 葉の養分濃度の幼・壮齡林間の比較

Fig. 2. Comparison between the nutrient contents of Sugi needles in young stands and established stands

めに、以上の壮齡林に隣接し立地条件のほとんど同様と考えられる植栽後 3~8 年の幼齡林についても調査し、その結果を図-2 のように対比されるべき隣接林分ごとに対にして図示した。その結果は、N, K および Mg 濃度については、うっ閉前の幼齡林の葉の方が壮齡林よりも高濃度であったのに対して、Ca 濃度は、反対に幼齡林で低く、壮齡林の方で高い傾向があった。また、P 濃度については、幼齡林と壮齡林との間には、明らかな違いはなかった。

IV. 考 察

林齢と養分濃度との関係については、PRITCHETT⁸⁾は、5~8 年のスラッシュパインについて、P 濃度は樹齢とともに低くなることを認め、堤⁹⁾は、吉野の 6~30 年のスギ林について、また原田¹⁰⁾は、瀬尻、大日山の 1~12 年生の幼齡スギ林について調べ、葉の N, P および K 濃度は林齢とともに漸減する傾向があるとしている。一方、塘ら¹¹⁾は真室川の 6~40 年のスギ林については、要素によっては林齢とともに漸減的な傾向も認められないではないが、いずれも明らかな差とはいえないがたく、また、同じく塘ら¹²⁾は、笠間の 10~39 年のアカマツ林と、乙供の 6~43 年のアカマツ林について、林齢と葉の養分濃度との間には関係のなかったことを報告している。また、OVINGTON ら¹³⁾は、イングランドのカンパの場合には、葉の N, K, Ca 濃度は林齢とともに高くなることを報じている。しかしながら、このような調査例の中には、樹齢の範囲や試料の採取方法などがそれぞれ異なったり、筆者らの調査のように地位や地域などによる変動が厳密に分離されていないものもあって、以上の成績を一概に比較、判断するわけにはいかない。いずれにしても全般的には、塘ら¹¹⁾および堤ら⁹⁾のいうように、はっきりした差としては判断しえないように思われた。

この研究では、試料木の樹冠級や試料の採取方法、採取年および季節などによる変動をおさえるために、このような条件はできる限り同じにし、そして、地位指数を算定することによって同じ地位の当年生葉について、林齢と葉の養分濃度との関係を比較するようにした。その結果、林齢 19~62 年のすでに林冠を形成し終えた壮齡林の範囲内で、しかも当年生葉の場合には、N, P, K, Ca, Mg 等いずれの養分濃度についても、林齢による変動は、地位や立地区差に基づく変動に比べて大きいものではないことがわかった。ただ、分散分析法では有意性ではなかったものの、珂北立地区の N 濃度の場合のように個々の立地区内では林齢との間に傾向のうかがわれたものもあった。珂北立地区の N 濃度が 32 年以上で少

なかったのは、この立地区の場合には、元来が N に欠乏した土壤条件であるために、林が大きくなるにつれて N 不足が著しくなったのではないかと考えられるが、比較される 32 年以下の林齢階での試料点数が少なかったこともあって、明確な結論は下しえなかった。

林齢と葉の養分濃度との関係については、以上の成績は、林冠形成後の壮齡林の範囲についてのものであったが、さらにうっ閉を境にした幼齡林と壮齡林という区別からの比較では、N, K, および Mg 濃度は幼齡林の方が高く、Ca 濃度は反対に壮齡林の方で高くなるような傾向がみられた¹⁴⁾。このような幼・壮齡林間の濃度の変化傾向は、ちょうど、新しい葉と古い葉というような葉齢に伴う濃度変化と類似して興味深かったが^{15~21)}、いずれにしてもこの場合は、林齢というよりは、むしろ林分閉鎖に伴う林木内外の状況変化の方が、葉の濃度変化により大きく関係したものと思われる。

つぎに、地位と葉の養分濃度との関係については、要素によっては密接な関係のあることが知られているが^{10, 22~36)}、この研究においても N 濃度と P 濃度は高地位の林分ほど高く、K 濃度の場合は反対に低くなるように、地位間に有意な差がみられた。また、母材や地形など環境条件の異なる森林立地区間では、Ca 濃度などにはかなりの地域差が認められた^{9, 37~42)}。しかしながら、このような地位や立地区の差については、本報告が主として林齢と葉の養分濃度との関係を取り扱ったことから、きわめて概括的な傾向を判断するにとどまった。これらについては土壤の性質等をも考慮し、相關解析法などによって詳細な検討をしたらう、別途に報告したい。

以上を総括すると、壮齡林では、葉分析試料木の林齢による濃度差は、閉鎖直後の不安定な林分を除いて一般には地位や地域差ほどの有為な差ではないように判断された。したがって、今後、本研究の主目的である葉の養分濃度と生長との関係や、立地区土壤の栄養的特徴などを調べていく際には、林齢にとらわれることなく、これらのデータは一括して使うように思われた。

稿を終えるにあたって、この研究を進めるうえに終始ご援助をいただいた東京農工大学農学部 川名 明博士、相場芳憲博士、また、とくに統計解析についてご指導を惜しまれなかった農林省林業試験場経営部 川端幸蔵技官、および貴重など示唆をいただいた同場土壤部 真下育久博士には心からのお礼を申しあげる。

さらに、この研究は、当時、深作哲太郎場長のご理解と、造林経営部 益子義明技師補の協力のもとに行なわれたもので、この機会をかりてともに厚く謝意を表したい。

引用文献

- 1) 伊藤忠夫・宮内 宏：茨城県における森林立地区分調査について。森林立地 VIII (2): 16~19, 1967
- 2) 伊藤忠夫：茨城県の森林立地区分 (I) 主成分分析法による土壌の理化学的性質のパターンの解析。日林誌 53: 138~145, 1971
- 3) 芝本武夫：成木林施肥。森林と肥培 39: 2~5, 1965
- 4) 真下育久：森林土壌の理学的性質とスギ・ヒノキの成長に関する研究。林土調報 11: 55~60, 1960
- 5) 宮内 宏・伊藤忠夫・植田正幸：立地区分調査。茨城県スギ林地指数曲線の作成。昭和 43 年度茨城県林試業務報告: 35~41, 1968
- 6) 西沢正久：土壌と結びついた林分調査法。ポイントサンプリングと地位指数曲線作製法。森林立地 IV (2): 12~20, 1963
- 7) 佐藤公一：果樹葉分析に関する研究 (I), (1) 葉分析に関する基礎的研究。農技研報 E (園芸) 1: 1~28, 1952
- 8) PRITCHETT, W.L.: Progress in the development of techniques and standards for soil and foliar diagnosis of phosphorus deficiency in Slash pine. Forest fertilization, theory and practice: 81~87, 1968
- 9) 堤 利夫：スギ樹体の養分量について。日林誌 47: 105~108, 1965
- 10) 原田 洸：スギの成長と養分含有量およびこれに及ぼす施肥の効果に関する研究。林試研報 230: 1~104, 1970
- 11) 塘 隆男・原田 洸：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三要素の含有量について。66 回 日林講: 75~77, 1956
- 12) 塘 隆男・原田 洸・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: 182~184, 1959
- 13) OVINGTON, J.D. and MADGWICK, H.A.I.: The growth and composition of natural stands of birch. Plant and Soil, 10 (4), 389~400, 1959
- 14) 佐藤公一：果樹葉分析に関する研究 (III), (9) 桃園の葉分析調査。農技研報 E (園芸) 4: 146~168, 1955
- 15) 芝本武夫：スギ・ヒノキ・アカマツ苗木の鉱物質養分要求度に関する研究。林試研報 33: 1~21, 1933
- 16) 原田 洸・佐藤久男：8 年生アカマツの葉の枝階別、葉齢別の養分濃度。日林誌 50: 351~353, 1968
- 17) 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: 42~50, 1971 (in English)
- 18) LAVENDER, D.P. and CARMICHAEL, R.L.: Effect of three variables on mineral concentrations in Douglas-fir needles. Forest. Sci. 12: 441~446, 1966
- 19) WILL, G.M.: Variation in the mineral content of Radiata pine needles with age and position in tree crown. New Zeal. Jour. Sci. Tech. 38: 699~706, 1957
- 20) VECCELIO, E.: Annual variations in Na and Ca in leaves of evergreen plants. G. bot. ital. 71: 603~605, 1964
- 21) LOWRY, G.L. and AVARD, P.M.: Nutrient content of Black Spruce needles. (I) Variations due to crown position and needle age. 10th annual forestry fertilization Clearing House report, 99pp, 1968
- 22) STREBEL, O.: Mineralstoffernährung und Wuchsleistung Von Fichtenbeständen (Picea abies) in Bayern. Forstwiss. Cbl. 79: 17~42, 1960
- 23) LEYTON, L.: The growth and mineral nutrition of tree species in relation to site factors. Trans. VII Int. Congr. Soil Sci. 3: 419~427, 1960
- 24) 芝本武夫・田島俊雄：林木の葉分析に関する研究 (I) ヒノキの葉の無機成分含有量と樹高生長および土壌型との関係。日林誌 43: 55~61, 1961
- 25) 中村 健：林木の葉分析に関する研究。葉分析によるカラマツの栄養診断に関する研究。信大農学部紀要 2: 377~419, 1961
- 26) 塘 隆男：わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究。林試研報 137: 1~158, 1962
- 27) CAGNON, J.D.: Relationship between site index and foliage nitrogen at crown levels for mature Black spruce. For. Chron. 40: 169~174, 1964
- 28) 植田正幸・伊藤忠夫：林木の生育状態と養分含有率について、とくに葉分析試料採取木の選定に関連して。76 回日林講: 106~108, 1965
- 29) WATT, RICHARD F. and HEINSELMAN, M.L.: Foliar nitrogen and phosphorus level related to site quality in a Northern Minnesota Spruce bog. Ecology 46: 357~361, 1965
- 30) WATT, RICHARD F.: Growth of Black spruce stands after fertilization treatments based on foliar analysis. 9th annual forestry fertilization Clearing House report. 1~59, 1967
- 31) 伊藤忠夫・植田正幸：アカマツ幼齡造林地における立地別肥培試験。日林誌 48: 213~220, 1966
- 32) 河田 弘・丸山明雄・衣笠忠司：関西地方のアカマツ林土壌に関する研究 (I) アカマツ針葉の養分組成 (葉分析) と成長および土壌条件との関係。林試研報 199: 67~97, 1967
- 33) PORGASSER, V.: The nutrient content of pine needles in relation to site type. Metsanduse Tead. Uurim. Lab. Metsandusl. Uurim., Tallinn 4: 92~100, 1965
- 34) 山本 肇・真田悦子：トドマツ針葉の養分組成と成長および土壌条件との関係。林試研報 229: 23~60, 1970
- 35) 河田 弘・衣笠忠司：スギ幼齡林施肥試験。関西地方における施肥試験 (II)。林試研報 216: 75~98, 1968
- 36) 川名 明：壮齡林肥培について。疏安工業協会、林地肥培協会資料, 47pp, 1970
- 37) BARD, G.E.: The mineral nutrient content of the foliage of forest trees on three soil types of varying limestone content. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 10: 419~422, 1946
- 38) OVINGTON, J.D.: The composition of tree leaves. Forestry 29: 22~28, 1956
- 39) 朝日正美：森林植生と土壌との相互作用 (II), 樹木の成分吸収と環境との関係。日林誌 44: 225~230, 1962
- 40) 原田 洸・佐藤久男：スギ壮齡木の幹の幹重量、養分含有量および樹皮・辺材・心材におけるこれらの配分状態について。日林誌 48: 315~324, 1966
- 41) LOWRY, G.L. and AVARD, P.M.: Nutrient content of Black Spruce needles (II), variations with crown class and relationships to growth and yield. 10th annual forestry fertilization Clearing House report, 99pp, 1968
- 42) 堤 利夫・河原輝彦・四手井綱英：森林生態系における養分の循環について (I) 個体および林分の地上部の養分量。日林誌 50: 66~74, 1968

(1971 年 9 月 1 日受理)