

森林土壌および水分動態と林床植生 (3)

植物体の主要元素(N,P,K,Ca,Mg)含有率の季節変動と立地環境との関係

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	加藤,正樹
発行元	日本林學會
巻/号	64巻8号
巻号補足	
掲載ページ	p. 291-300
発行年月	1982年8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

森林土壌および水分動態と林床植生 (III)
植物体の主要元素 (N, P, K, Ca, Mg) 含有率の
季節変動と立地環境との関係

加藤 正 樹*

加藤正樹: 森林土壌および水分動態と林床植生 (III) 植物体の主要元素 (N, P, K, Ca, Mg) 含有率の季節変動と立地環境との関係 日林誌 64: 291~300, 1982 栃木県高原山の6か所の試験 Plot において、林床植物の主要元素含有率の季節変動を調べ、立地要因との対応関係を検討した。新植地で下刈り後に萌芽生長したキイチゴ類の N, P 含有率が、下刈り前より著しく高まった。同一種の場合は、新植地に生育するものより、林冠の閉鎖した林内に生育するもののほうが、N, P, K 含有率が高かった。閉鎖した林内では、N, P, K は開葉期に、Ca は落葉期に最も高い含有率を示し、Mg は種や生育地の違いによって、異なる季節変動を示した。斜面下部を中心に分布する草本は、N, P 含有率が著しく高く、広い分布範囲をもつ草本も、斜面下部に生育するものほど、N, P 含有率が高かった。植物の N 含有率の違いには、土壌の可給態窒素含有量や、種による可給態窒素の吸収、利用の違いが、強く影響していると考えられる。K は N や P より種間差が明瞭であるが、木本は草本より低い含有率を示す場合が多く、季節変動も小さかった。*Carex* 属の草本とミヤコザサは、Ca 含有率が著しく低かった。同一種の場合、Mg 含有率は斜面のより上部に生育するものほど高かった。K, Ca, Mg は土壌と植物体の含有率との間には、強い対応関係がみられなかった。

Masaki, KATO: The relationships among soil properties, soil-water movement, and floor plants in the forest (III) The relationships between seasonal changes of major element (N, P, K, Ca, and Mg) concentrations of the undergrowth and some environmental factors J. Jap. For. Soc. 64: 291~300, 1982 The relationships between seasonal changes of the concentrations of major elements in the leaves of undergrowth and some environmental factors were studied on six forest sites on Mt. Takahara in Tochigi Prefecture. In newly planted stands, N and P concentrations of three *Rubus* sp. which were regenerated by sprouting after brush cutting increased remarkably. In closed forest stands, N, P, and K concentrations were the greatest during the leaf expansion stage, Ca concentration was the greatest during the defoliation stage, but Mg concentration occurred in various patterns for each species and site. On the lower part of the slope, there were more species which retained comparatively higher concentrations of N and P than those on the upper slope. The variations of N concentration are considered to be influenced by the characteristics of available-N uptake in each species or by the differences of available-N concentration in each soil. K concentration of shrubs tends to be lower than that of herbs. Ca concentration of *Carex* and *Sasa* sp. were remarkably low. On the upper part of the slope, Mg concentration of the same species tended to be higher than that on the lower slope. The correlations of K, Ca, and Mg concentrations between leaves and soils were not very strong.

I. はじめに

森林植物の葉分析に関しては、スギ、ヒノキなど針葉樹を中心に、主として林地肥培や生長量との関係を調べ

た報告が多い。しかし、近年になって含有元素の面から、広葉樹や林床植物の分布特性、種間差、立地間差などを調べた結果が報告されつつある(3~5, 7, 8, 12, 13, 16, 18~20, 22~24, 26)。これらによれば、林床植物の中

* 林業試験場 For. & For. Prod. Res. Inst., P.O. Box 16, Tsukuba Nōrinkenkyū-danchi, Ibaraki 305

にはN, P, K含有率の著しく高い種や、ササ類のようにCa含有率の著しく低い種が認められる。しかしながら、これらの報告の多くは、ある一時期の採取、分析結果であり、季節変動を把握したものはわずかである(3, 7, 8, 16, 18)。

ところで、林床植物には尾根部、沢沿いなど、比較的に限られた狭い分布範囲をもつ種や、斜面上に広範囲に分布する種も認められる。こうしたさまざまな分布を示す林床植物の、主要元素含有率の季節変動を調べ、その変動の違いから種間差や立地間差を把握し、同時に土壌をはじめとする立地要因を、詳細に把握することによって、それぞれの種の分布や養水分吸収の特異性を、より明らかにすることができる。

筆者は前報(8)で斜面位置や林相の異なる林地の、土壌と植物体中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量を、季節変動の違いとして報告した。本報ではN, P, K, Ca, Mgについて報告する。なお、本報告の一部は第90回日本林学会大会において報告した。

II. 試 験 地

栃木県高原山(1,795m)の南麓に位置する高原県有林の、ヒノキ人工壮齡林(ただし、斜面上部はカラマツ不成績造林地となっている)、スギ・ヒノキ新植地、および矢板営林署管内玉生国有林のイヌブナ、ブナを主体とする落葉広葉樹天然林に、合計6か所の試験Plotを設定した。各Plotの概況を表-1に示した。

鈴木(15)によれば、高原山は幼〜早壮年期の特徴を示す開析火山で、地形的には広大な緩傾斜面と急崖を呈する開析谷が発達し、地質的には基盤岩類を覆って、熔岩類や火山砂礫層、火山灰層が広く分布している。

高原県有林付近の年平均気温は11.2°C、年平均降水

量は1,860mm程度であるが、この地域は冬季の寒さと乾燥がきびしい。前田ら(9)はこの地域の植生の特徴として、表日本型ブナ帯要素の著しい下降現象が認められる点や、暖地性はもとより寒地性の常緑広葉樹も、ほとんど出現しない点を指摘している。また、林床植生に関しては、立地環境の乾〜湿の系列に沿って、ツツジ型、クロヒナスゲ・チゴユリ型、キイチゴ型、モミジガサ型の四つの林床植生型を区分している。

III. 試 験 方 法

1. 土壌の理化学的性質の分析方法

国有林野土壌調査方法書(14)に従って、各Plotの土壌断面調査を行い、土壌の理化学的性質を調べた。pHはガラス電極法、置換酸度(y_1)は常法、C, NはC-Nコードを用いて定量した。塩基置換容量(CEC)はPEECH法(6)、置換性K, Ca, Mgは1N酢酸アンモニウム溶液による抽出後、原子吸光法を用いて定量した。理化学的分析は国有林野土壌調査方法書(14)および真下(10)の方法に従って行った。

2. 供試植物の選定・採取とその分析方法

試験対象とした植物は表-2に示した。

ヒノキ人工壮齡林斜面(P-I, II, III)では、広域分布種としてコアジサイ(*Hydrangea hirta*)とオクモミジハグマ(*Ainsliaea acerifolia* var. *subapoda*)を選定した。この他斜面上部を代表する種として、ヤマツツジ(*Rhododendron kaempferi*)とクロヒナスゲ(*Carex gifuensis*)、中〜下部を代表する種として、モミジイチゴ(*Rubus palmatus* var. *coptophyllus*)とタガネソウ(*Carex siderosticta*)、下部を代表する種として、ホウチャクソウ(*Disporum sessile*)とモミジガサ(*Calia delphinifolia*)を選定した。

表-1. 試験区の概況
Site conditions

試験区 Plot No.	斜面位置 標高 (m)	傾斜 (度) 方位	土 壌 型 堆 積 様 式	主要樹種	樹 齢 (年)	平 均 樹 高 (m)	主要林床植物	備 考
ヒノキ人工林斜面 (カラマツ不成績造林地を含む) 栃木県高原県有林23林班	I 上 部 810	28 SE	Bl _B (~Bl _D (d))型 残 積	カラマツ アカマツ	45 44	8.7 8.8	ヤマツツジ クロヒナスゲ	カラマツ不成績造林地
	II 中 腹 780	37 SE	B _D 型 崩 行	ヒ ノ キ	47	10.1	コアジサイ モミジハグマ	
	III 下 部 710	23 SE	B _D (~B _E)型 崩 積	ヒ ノ キ	47	18.1	モミジガサ ホウチャクソウ	
新 植 地 斜 面 栃木県高原県有林22林班	IV 上 部 680	27 SW	B _D (d) 型 残 積	ヒ ノ キ	3	—	クロヒナスゲ	1975年1月伐採, 5月植栽
	V 下 部 650	26 SW	B _D 型 崩 積	ス ギ	3	1.6	モミジイチゴ クマイチゴ	
落葉広葉樹天然林斜面 矢板営林署管内玉生国有林47林班	VI 中下部 1,000	17 SE	B _D 型 段丘堆積物	イヌブナ ブ ナ	100~150	20.5 23.7	ミヤコザサ	

樹齢、平均樹高は1977年調査時のもの

表-2. 供試植物とその採取 Plot
Sampling plots of analyzed plants

供試植物名 Species	採取 Plot No.					
	I	II	III	IV	V	VI
コアジサイ <i>Hydrangea hirta</i>	○	○	○*			○
ヤマツツジ <i>Rhododendron kaempferi</i>	○*	○*				
モミジイチゴ <i>Rubus palmatus</i> var. <i>coptophyllus</i>		○*	○		○	
ニガイイチゴ <i>Rubus microphyllus</i>					○	
クマイチゴ <i>Rubus crataegifolius</i>					○	
ミヤコザサ <i>Sasa nipponica</i>						○*
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>				○		
スギ <i>Cryptomeria japonica</i>					○	
イヌブナ <i>Fagus japonica</i>						○*
オクモミジハダマ <i>Ainsliaea acerifolia</i> var. <i>subapoda</i>	○	○	○		○	○
クロヒナスゲ <i>Carex gifuensis</i>	○			○		
タガネソウ <i>Carex siderosticta</i>		○			○	
ホウチャクソウ <i>Disporum sessile</i>			○			
モミジガサ <i>Cacalia delphinifolia</i>			○			

* 印は 1975 年採取, その他は 1976 年採取

表-3. 土壌の理化学的性質
Chemical and physical properties of soils

試験区 Plot No.	層位 Horizon	pH (H ₂ O)	γ _i	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me./100g)	ex. K (me./100g)	ex. Ca (me./100g)	ex. Mg (me./100g)	透水性 Water percola- tion rate (cc/min)	孔隙組成 Pore (%)		
												全孔隙 Total	細孔隙 Fine	粗孔隙 Coarse
I	H-A	*4.1	—	42.2	1.97	21.4	66.5	1.58	3.83	1.72				
	A ₁	4.8	13.8	21.6	1.39	15.5	41.6	0.62	0.43	0.48	57	84.4	44.4	40.0
	A ₂	4.9	11.9	16.2	0.91	17.8	32.7	0.58	0.20	0.29	77	83.8	48.7	35.1
	B ₁	5.1	1.3	9.6	0.51	18.8	20.4	0.43	0.11	0.14	130	86.8	45.8	41.0
	B ₂	5.3	0.7	6.6	0.40	16.5	21.6	0.12	0.12	0.11	111	89.0	48.5	40.5
	B ₃	5.6	0.7	4.3	0.31	13.9	19.3	0.12	0.32	0.16				
II	(H)-A ₁	4.7	15.3	13.7	0.89	15.4	31.1	0.74	1.61	0.42	94	80.7	36.7	44.0
	A ₂	4.7	13.5	9.8	0.61	16.1	25.8	0.36	0.49	0.22				
	B ₁	4.9	8.6	2.4	0.17	14.1	11.3	0.22	0.22	0.07	73	75.0	53.1	21.9
	B ₂ -C	5.3	9.8	1.1	0.10	11.0	11.3	0.33	0.65	0.10				
III	A ₁	5.2	3.7	19.5	1.37	14.2	40.8	1.08	16.12	1.79	151	78.2	41.6	36.6
	A ₂	5.3	3.6	14.4	1.04	13.8	33.9	0.83	10.57	1.20				
	B ₁	5.2	3.1	7.0	0.63	11.1	21.4	0.25	1.06	0.19	15	74.9	55.2	19.7
	B ₂	5.4	1.3	4.5	0.45	10.0	16.1	0.32	1.08	0.11	26	77.0	50.1	26.9
IV	A ₁	4.7	15.7	16.9	0.91	18.6	39.4	0.96	8.49	1.49				
	A ₂	4.9	19.0	7.5	0.46	16.3	27.4	0.65	2.67	0.38	81	86.6	35.7	50.9
	B ₁	5.0	22.9	2.6	0.22	11.8	20.6	1.46	0.99	0.31	55	87.6	78.4	9.2
	B-C	5.0	52.9	0.8	0.11	7.3	22.0	1.29	0.98	0.35				
V	A ₁	5.4	2.1	10.2	0.77	13.2	30.2	0.75	10.86	1.53				
	A ₂	5.1	6.4	7.5	0.60	12.5	24.2	0.35	1.49	0.32	104	80.1	42.7	37.4
	B ₁	5.1	3.5	5.1	0.40	12.8	20.3	0.28	0.39	0.14	34	79.1	54.0	25.1
	B ₂	5.4	0.6	3.0	0.25	12.0	17.6	0.26	0.44	0.27				
VI	A ₁	4.7	13.0	18.0	1.37	13.1	33.6	0.72	1.77	0.56	185	87.1	46.9	40.2
	A ₂	4.8	7.8	13.5	1.00	13.5	30.6	0.61	0.88	0.36	57	85.9	68.6	17.3
	B ₁	5.1	1.1	6.5	0.52	12.5	20.1	0.14	0.29	0.09	15	84.4	58.4	26.0
	B ₂	5.3	0.6	5.7	0.45	12.7	18.0	0.19	0.69	0.11	49	86.5	56.9	29.6

* 印は 風乾試量重 1: H₂O 5

新植地では植栽されたヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) とスギ (*Cryptomeria japonica*) のほか, P-IV でクロヒナスゲ, P-V でモミジイチゴ, ニガイイチゴ (*Rubus microphyllus*), クマイチゴ (*Rubus crataegifolius*), タガネソウ, オクモミジハダマを選定した。

落葉広葉樹天然林の P-VI では, イヌブナ (*Fagus*

japonica), ミヤコザサ (*Sasa nipponica*), コアジサイ, オクモミジハダマを選定した。

供試植物は 1975 年は 5~11 月の 2 か月に 1 回, 1976 年は 5~11 月の毎月, それぞれ月末に各 Plot で 1 種類につき, ランダムに 10 個体以上から採取した。ミヤコザサは葉, 稈, 地下部, 他の木本類は葉のみを, *Carex*

表-4. 植物体の主要元素含有率の変動(1)
Seasonal change of main element (N, P, and K) concentrations (%) in the plants (1)

植物名	試験区 Plot No.	採取 部位	N (%)			P (%)			K (%)									
			May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.		
コアジサイ	I II III*	葉	3.49	2.78	2.73	2.67	2.49	1.52		0.37	0.25	0.20	0.21	0.20	0.14		0.96	
		葉	4.37	2.91	2.65	2.72	2.32	1.74		0.42	0.22	0.17	0.17	0.18	0.15		1.47	
		葉	3.20		1.98	1.89	1.89			0.32		0.15	0.15	0.12	0.09		1.03	
ヤマツツジ	I* II* II*	葉	2.47	3.20	2.58	2.66	2.58	1.58			0.27	0.19	0.19	0.20	0.14		0.75	
		葉			1.89	1.70	2.19			0.19		0.09	0.09	0.10	0.10		1.81	
		葉			1.92	2.19						0.09	0.10	0.10	1.62			
モミジ	II* III V	葉			1.93		1.89		1.08			0.10	0.10	0.10	0.05		1.80	
		葉		2.71	2.52	2.62	2.45	2.46			0.19	0.15	0.16	0.15	0.15		2.25	
		葉	2.44	1.80	2.77	2.40	2.37	1.53		0.16	0.13	0.19	0.16	0.15	0.08		1.99	
ニガイチゴ	V V V	葉	2.54	2.07	3.59	2.53	2.87	1.86		0.15	0.12	0.23	0.16	0.16	0.10		2.21	
		葉	2.69	2.19	3.81	3.35	2.75	2.00		0.18	0.13	0.22	0.20	0.16	0.09		1.64	
		葉	2.05		1.83	2.21				0.09		0.11	0.10	0.10		0.85		
ミヤコザサ	VI* 地下部	葉	1.03		0.76	0.80				0.07	0.05	0.05	0.05	0.05			0.70	
		根	0.57		0.73	0.85			0.70	0.03	0.04	0.04	0.07	0.07	0.05		0.58	
		葉	1.17		1.09	1.47			1.20	0.11	0.11	0.11	0.14	0.14	0.12		0.38	
スズキ	V VI*	葉	1.10		1.27	1.63			1.52	0.09	0.11	0.11	0.18	0.18	0.14		0.83	
		葉	2.49		2.19	2.07			1.34	0.21	0.13	0.13	0.13	0.13	0.09		1.24	
		葉	2.36	1.96	2.24	2.11	2.00	1.38		0.21	0.16	0.15	0.19	0.19	0.15		5.07	
オクミシジ	I II 地下部	葉	3.48	2.66	2.67	2.77	2.51	2.10	1.34	0.31	0.22	0.11	0.21	0.18	0.16		6.54	
		茎	1.66	1.04	1.00	0.90	0.88	0.75	0.52	0.22	0.18	0.14	0.17	0.14	0.15	0.08		7.38
		葉	0.65	0.71	0.87	0.94	1.01	1.04	1.28	0.07	0.09	0.10	0.13	0.13	0.14	0.17		1.48
ハダシマ	III V VI	葉	3.44	3.28	3.02	2.44	2.62	2.33	1.90	0.38	0.27	0.20	0.22	0.23	0.21	0.14		5.48
		葉	2.15	1.67	1.86	1.57				0.16	0.12	0.14	0.14	0.16			4.84	
		葉	2.93	2.52	2.71	2.54	2.83	1.82	1.86	0.25	0.18	0.16	0.14	0.24	0.16	0.14		4.98
クハヒナ	I 地下部	葉	1.61	1.32	1.52	1.41	1.39	0.93		0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.05		1.64	
		根	0.91	0.88	0.97					0.04	0.06	0.06	0.06	0.06			0.39	
		葉	1.64	1.27		1.33	1.19	1.10		0.09	0.08		0.07	0.08	0.06		1.16	
タガネソウ	II 地下部	地上部	3.16	2.61	2.49	2.67	2.30	1.64		0.25	0.16	0.13	0.12	0.12	0.07		4.80	
		地下部	1.73	1.43	1.30	1.19	1.45	1.46		0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07		0.73	
		地上部	2.05	1.47		2.19	1.77	1.35		0.12	0.10	0.13	0.12	0.09		3.57		
ホウチャク	III 地下部	葉	4.39	4.19	4.02	3.90	3.05			0.43	0.26	0.26	0.29	0.24			3.20	
		茎	2.24	1.72	1.66	1.58	1.10			0.26	0.22	0.24	0.20	0.18		3.98		
		地下部	1.66	1.31	1.36	2.00	0.56			0.17	0.15	0.15	0.23	0.08		1.72		
モミジガサ	III 地下部	地上部	5.12	4.28	3.37	3.71	3.42	3.42	2.35	0.58	0.36	0.22	0.28	0.28	0.25		5.25	
		茎	2.41	1.46	1.15	1.14	1.29	1.32	0.97	0.41	0.28	0.17	0.26	0.22	0.18		0.68	
		地下部	1.73	1.32	1.87	1.89	1.82	1.83	2.08	0.23	0.23	0.30	0.41	0.33	0.35		2.88	

* 印は 1975 年に採取、分析したもの、無印は 1976 年に採取、分析したもの

表-5. 植物体の主要元素含有率の変動 (2)
Seasonal change of main element (Ca, Mg) concentrations (%) in the plants (2)

植 物 名	試験区 Plot No.	採取 部位	Ca (%)							Mg (%)						
			May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
コアジサイ	I	葉	0.93	1.21	1.32	1.52	1.40	1.29		0.31	0.38	0.43	0.47	0.38	0.47	
		II	0.89	1.24	1.45	1.63	1.62	1.89		0.33	0.36	0.36	0.37	0.33	0.36	
		III*	0.65		1.15	1.57				0.24		0.36		0.35		
		VI		1.15	1.28	1.37	1.46	1.69			0.40	0.43	0.46	0.40	0.43	
ヤマツツジ	I*	葉	0.84		1.36	1.65				0.31		0.65		0.60		
		II*			1.25	1.61						0.42		0.50		
		II*			1.74	2.07		2.22				0.39		0.43		0.46
モイミシゴ	III	葉		1.31	1.60	1.95	1.83	1.88			0.38	0.42	0.35	0.30	0.28	
		V	0.96	1.22		1.29	1.24	1.14	1.11	0.36	0.33		0.35	0.32	0.21	0.16
		V	1.00	1.23		1.27	1.07	1.31	1.51	0.47	0.53		0.58	0.50	0.43	0.64
ニガイチゴ	V	葉	1.03	1.74		1.48	1.43	1.59	1.88	0.43	0.51		0.59	0.52	0.40	0.31
		V														
ミヤコザサ	VI*	葉	0.18		0.12	0.16				0.10		0.10		0.13		
		稈	0.02		0.02	0.03				0.06		0.05		0.05		
		地下部	0.01		0.004	0.01		0.01		0.05		0.07		0.07		
ヒノキ	IV	葉	0.46		0.52	0.61		0.57	0.08			0.11		0.13		0.09
		V	0.46		0.58	0.62		0.62	0.07			0.10		0.15		0.13
スギ	V	葉	0.83		0.89	1.08		1.97	0.14			0.14		0.13		0.21
		VI*	0.64	1.08	1.42	1.78	1.66	1.76	0.48	0.64	0.72	0.76	0.76	0.73		
オクモシマ	I	葉	0.97	1.64	1.61	1.79	2.10	1.96	2.68	0.34	0.33	0.47	0.54	0.50	0.52	0.60
		II	0.89	1.00	0.91	1.17	1.11	1.12	1.39	0.35	0.37	0.36	0.42	0.45	0.40	0.34
		地下部	0.74	0.65	0.57	0.74	0.69	0.65	0.67	0.25	0.17	0.17	0.22	0.23	0.25	0.27
	III	葉	0.88	1.53	1.61	1.93	2.03	2.03	1.89	0.31	0.43	0.35	0.37	0.39	0.43	0.53
		V	0.88	1.60	1.59		1.89			0.27	0.41	0.42		0.41		
		VI	0.73	1.07	1.20	1.28	1.85	1.76	2.40	0.34	0.52	0.58	0.54	0.54	0.46	0.71
クロヒナゲ	I	地上部	0.36	0.32	0.31	0.38	0.39	0.42		0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	
		地下部	0.30	0.39	0.33		0.27			0.05	0.05	0.06		0.04		
		IV	0.23	0.17		0.48	0.54	0.64		0.07	0.06		0.04	0.06	0.06	
タガネソウ	II	地上部	0.53	0.52	0.63	0.73	0.68	0.67		0.23	0.21	0.22	0.21	0.19	0.15	
		地下部	0.27	0.24	0.28	0.21	0.26	0.20		0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.09	
		V	0.61	0.67		0.85	0.89	1.07		0.19	0.15		0.15	0.10	0.08	
ハウチャクソ	III	葉	0.85	1.35	1.73	1.78	2.26			0.31	0.42	0.44	0.39	0.40		
		茎	0.52	0.50	0.54	0.72	0.78			0.13	0.16	0.21	0.19	0.29		
		地下部	1.04	0.54	0.39	0.47	0.47			0.24	0.11	0.08	0.09	0.12		
		III	0.92	1.36	1.22	1.76	1.66	1.93	2.22	0.34	0.45	0.41	0.48	0.46	0.44	0.50
モミジガサ	III	葉	0.83	0.74	0.56	0.68	0.76	0.82	1.07	0.24	0.20	0.12	0.10	0.11	0.15	0.17
		地下部	0.71	0.83	0.63	0.86	0.83	0.77	0.84	0.23	0.22	0.12	0.17	0.17	0.15	0.15

* 印は 1975 年に採取, 分析, 無印は 1976 年に採取, 分析したもの

属の草本は地上部と地下部, 他の草本は葉, 茎, 地下部に切断して, アイスボックスに入れて持ち帰り, 70°C で熱風乾燥処理し, 粉碎して 1 mm の篩を通したものを分析に用いた。

N はケルダール法, その他については硝酸-過塩素酸による湿式分解後, P は塩化第一スズ-塩酸によるモリブデンブルー比色法, K, Ca, Mg は原子吸光法を用いて定量した。

IV. 結 果

1. 土壌の理化学的性質 (表-3)

P-I は II, III と同一斜面の上部に位置し, Bl_B (~Bl_{D(a)}) 型土壌である。pH が低く, C/N 比が高いため, 有機物の分解が悪く, A₀ 層は 5 cm 以上厚く堆積している。A₁ 層以下の置換性 K や Ca は, P-II, III

より低い値を示す傾向がみられた。

P-II は斜面中部の急傾斜地で, B_D 型 (匍行型) 土壌である。C/N 比は P-I と III の中間の値を示すが, C, N の含有率は低く, 置換性塩基類は P-III より低い値であった。

P-III は斜面下部に位置し, 崩壊型の B_D (~B_E) 型土壌である。pH や C/N 比から, P-I, II より有機物の分解はよく, 置換性塩基類の含有量も高い値を示した。

P-IV と V は新植地の斜面上部と下部で, P-IV は B_{D(a)} 型土壌, P-V は B_D 型土壌である。pH, C および N 含有率, C/N 比, CEC は, P-I と III の間にみられた傾向に似ているが, P-IV の下層の置換酸度 (y₁) と置換性 K は, 他の Plot と比較して著しく高い値を示した。

P-VI は落葉広葉樹天然林の斜面中下部に位置する緩

傾斜地で、B_D型土壌である。C, Nの含有率やC/N比は、ほぼP-Ⅲと同程度であるが、置換性塩基類の含有量は少ない。

理学的のうち透水性は、P-I, Ⅱ, ⅢでA層は斜面下部ほど良好であるのに対し、B層は斜面上部ほど良好であった。P-Ⅳ, Ⅴでは伐採、植栽、下刈りなどの人為の影響とみられる表層の攪乱が生じ、年ごとに理学的の変化が認められている(2)。P-Ⅵでは透水性や孔隙組成などの理学的性は、比較的良好と考えられる。

2. 植物体の主要元素含有率の季節変動

植物体のN, P, K含有率を表-4に、Ca, Mg含有率を表-5に示した。

1) N含有率の季節変動

林冠の閉鎖しているP-I, Ⅱ, Ⅲ, Ⅵに生育する植物のN含有率は、5月末の開葉期に高く、生育段階の進行に伴って低下した。この間、5~6月末と落葉期の10~

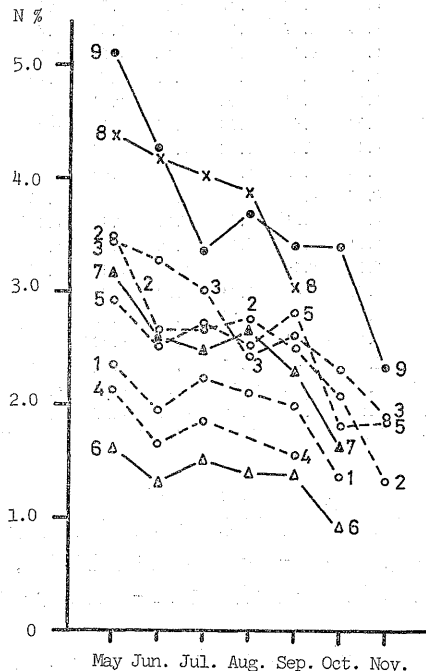


図-1. 葉のN含有率の季節変動 (1)
Seasonal changes of N concentration in the leaves (1)

- No. 1 (○印) オクモジハグマ (P-I)
- No. 2 (〃) (P-II)
- No. 3 (〃) (P-III)
- No. 4 (〃) (P-V)
- No. 5 (〃) (P-VI)
- No. 6 (△印) クロヒナスゲ (P-I)
- No. 7 (▲印) タガネソウ (P-II)
- No. 8 (×印) ホウチャクソウ (P-III)
- No. 9 (●印) モミジガサ (P-III)

11月末に、顕著な低下のみられる場合が多い。

P-I, Ⅱ, Ⅲを中心に、草本の葉または地上部の、N含有率の季節変動を図-1に示した。同一斜面上のP-I, Ⅱ, Ⅲでは、P-Ⅲを中心に分布するホウチャクソウ (No. 8) とモミジガサ (No. 9) の含有率が、他種より著しく高い。一方、広い分布範囲を示すオクモジハグマ (No. 1, 2, 3) も、斜面のより下部に生育するものほど、N含有率の高い傾向がみられた。表-4からオクモジハグマと同様、ヤマツツジやモミジイチゴも、斜面のより下部に生育するものほど高い含有率を示した。そのため、斜面のより下部のPlotほど、N含有率の高い植物が多い傾向がみられる。

図-1から分布範囲の広いオクモジハグマ (No. 1~5) では、P-II, Ⅲ, Ⅵ (No. 2, 3, 5) にくらべて、P-I, Ⅴ (No. 1, 4) の含有率が明らかに低い。P-Iは斜面上部に位置し、土壌はBl_B(~Bl_{D(d)})型である。これに対して、P-II, Ⅲ, Ⅵは斜面中~下部に位置し、土壌はB_D(~B_E)型である。そのため、土壌型の違いに

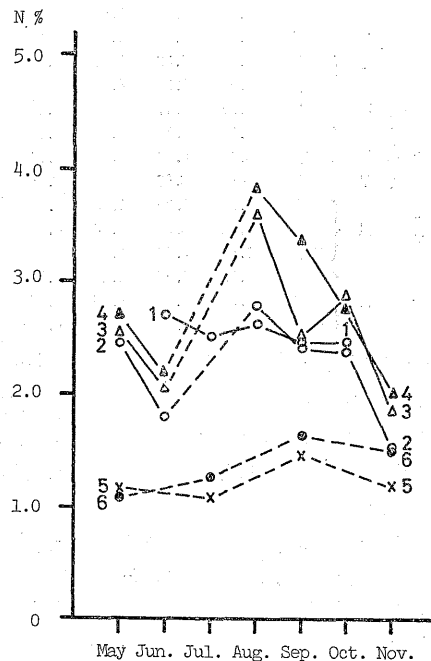


図-2. 葉のN含有率の季節変動 (2)
Seasonal changes of N concentration in the leaves (2)

- No. 1 (○印) モミジイチゴ (P-III)
- No. 2 (〃) (P-V)
- No. 3 (△印) ニガイイチゴ (P-V)
- No. 4 (▲印) クマイイチゴ (P-V)
- No. 5 (×印) ヒノキ (P-IV)
- No. 6 (●印) スギ (P-V)

よる土壌の水分状態や、可給態窒素含有量の違い(2, 8)を反映して、P-I (No. 1) のN含有率が低いものと考えられる。一方、P-VはP-III, VIと同様、斜面下部に位置し、土壌もB_D型であるが、皆伐後の新植地である。そのため、光条件の違い(1, 11, 17, 21)を反映して、P-V (No. 4) のN含有率が低いレベルに止まっていると考えられる。このようにオクモジハグマは、Nに関して立地間差が明瞭であり、それぞれの生育する立地条件の違いを反映している。

次に、キイチゴ類とヒノキ、スギのN含有率の季節変動を図-2に示した。新植地のP-IV, Vでは、7月末に下刈りが行われたため、下刈りに後に萌芽生長したモミジイチゴ (No. 2), ニガイチゴ (No. 3), クマイチゴ (No. 4) は、下刈り前の6月末よりN含有率が著しく高まった。これに対して、P-IIIのモミジイチゴ (No. 1) は、下刈りを受けていないため、P-Vのような特異な変動がみられない。一方、ヒノキ (No. 5) とスギ (No. 6) は植栽2年目である。両種ともにN含有率は低く、また、

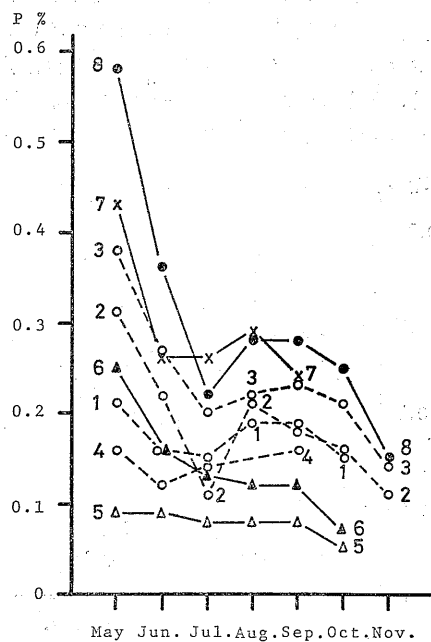


図-3. 葉のP含有率の季節変動
Seasonal changes of P concentration in the leaves

- No. 1 (○印) オクモジハグマ (P-I)
- No. 2 (〃) " (P-II)
- No. 3 (〃) " (P-III)
- No. 4 (〃) " (P-V)
- No. 5 (△印) クロヒナスゲ (P-I)
- No. 6 (▲印) タガネソウ (P-II)
- No. 7 (×印) ホウチャクソウ (P-III)
- No. 8 (●印) モミジガサ (P-III)

常緑性であるためか他種の季節変動と異なっており、秋に著しい低下がみられなかった。なお、ヒノキとスギのこうした傾向は、後述する他の元素にも認められた。

2) P含有率の季節変動

図-3に草本のP含有率の季節変動を示した。PはNと似た季節変動をする種が多い。開葉期に高い含有率を示す種は、5~7月末に急激に低下し、8~9月末には一時安定ないし上昇するが、落葉期には再び低下した。表-4および図-3から、クロヒナスゲ、ヒノキ、スギ、ミヤコザサは、開葉期の含有率が他種より低く、Nと同様その後の変化が小さかった。また、オクモジハグマの立地間差や、他種の種間差の傾向も、全般的にはNと類似している。

P-Vで下刈りに後に萌芽生長したキイチゴ類は、Nと同様P含有率も急激に上昇した(表-4)。

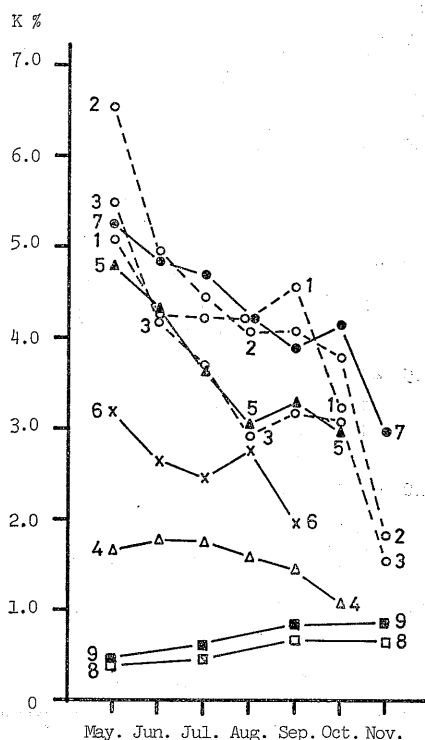


図-4. 葉のK含有率の季節変動
Seasonal changes of K concentration in the leaves

- No. 1 (○印) オクモジハグマ (P-I)
- No. 2 (〃) " (P-II)
- No. 3 (〃) " (P-III)
- No. 4 (△印) クロヒナスゲ (P-I)
- No. 5 (▲印) タガネソウ (P-II)
- No. 6 (×印) ホウチャクソウ (P-III)
- No. 7 (●印) モミジガサ (P-III)
- No. 8 (□印) ヒノキ (P-IV)
- No. 9 (■印) スギ (P-V)

3) K含有率の季節変動

閉鎖した林内に生育する植物のK含有率は、N、Pに似て開葉期に高く、以後低下する場合が多い。しかし、K含有率はスギ、ヒノキの約0.4%から、オクモミジハグマの約7%までみられ、他の元素より種間差が大きい。また、クロヒナスゲを除けば、木本類は草本より含有率の低い場合が多く、季節変動も小さい傾向がみられた。

図-4にP-I、II、IIIの草本の、K含有率の季節変動を示した。オクモミジハグマ(No.1, 2, 3)のK含有率は、N、Pと異なりP-III(No.3)が最も低く、P-II(No.2)が最も高い場合が多かった。また、表-4から器官別にもN、Pと異なり、茎の含有率が最も高かった。

他の草本では、クロヒナスゲ(No.4)はKも低い含有

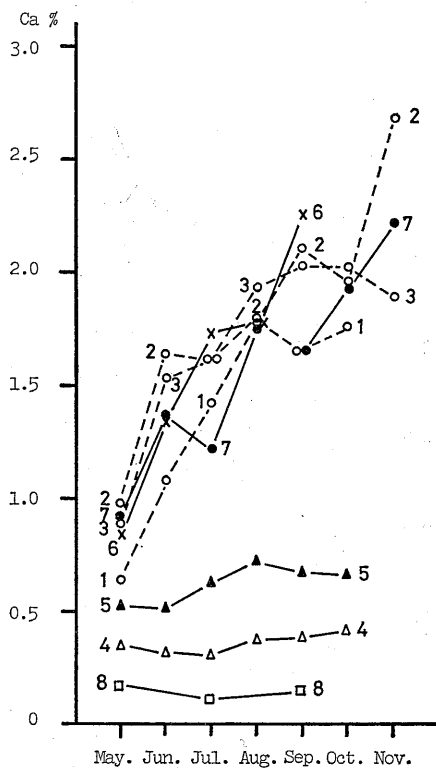


図-5. 葉のCa含有率の季節変動
Seasonal changes of Ca concentration in the leaves

- No.1 (○印) オクモミジハグマ (P-I)
- No.2 (〃) " (P-II)
- No.3 (〃) " (P-III)
- No.4 (△印) クロヒナスゲ (P-I)
- No.5 (▲印) タガネソウ (P-II)
- No.6 (×印) ホウチャクソウ (P-III)
- No.7 (●印) モミジガサ (P-III)
- No.8 (□印) ミヤコザサ (P-VI)

率に終始した。クロヒナスゲと同じ *Carex* 属のタガネソウ(No.5)は、NとPはホウチャクソウ(No.6)より低い含有率であったが、Kは逆に高く、P-IIIのオクモミジハグマ(No.3)とほぼ同じレベルであった。モミジガサ(No.7)はKも高いレベルを維持し、とくに地下部は表-4のように、他種より著しく高い含有率であった。

新植地のP-Vで、下刈り後に萌芽生長したキイチゴ類には、表-4に示したように、NやPのような著しい変化がみられなかった。とくにモミジイチゴとニガイチゴは、ほぼ一定で変化が少なかった。

4) Ca含有率の季節変動

Ca含有率はN、P、Kと異なり、開葉期に低く、生育段階の進行に伴って高まった。そのため、ほとんどの種は落葉期に最も高い含有率を示した。また、*Carex* 属のクロヒナスゲとタガネソウ、*Sasa* 属のミヤコザサ、ヒノキ、スギのCa含有率は、他種より低かった。その他の種では、NやKほど明瞭な種間差や立地間差はみられなかった。

図-5にP-I、II、IIIの草本と、P-VIのミヤコザサのCa含有率の季節変動を示した。クロヒナスゲ(No.4)、タガネソウ(No.5)、ミヤコザサ(No.8)の含有率が著しく低く、とくにミヤコザサは表-5のように、稈や地下部の含有率は、葉よりさらに低い。オクモミジハグマ

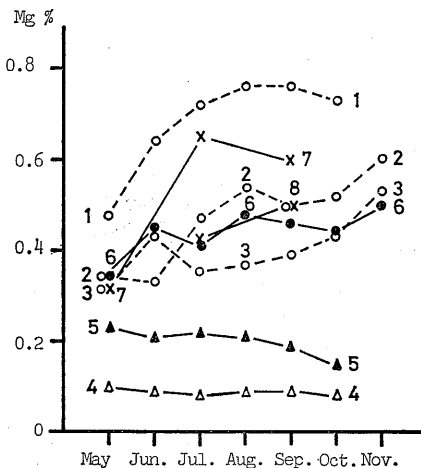


図-6. 葉のMg含有率の季節変動
Seasonal changes of Mg concentration in the leaves

- No.1 (○印) オクモミジハグマ (P-I)
- No.2 (〃) " (P-II)
- No.3 (〃) " (P-III)
- No.4 (△印) クロヒナスゲ (P-I)
- No.5 (▲印) タガネソウ (P-II)
- No.6 (●印) モミジガサ (P-III)
- No.7 (×印) ヤマツツジ (P-I)
- No.8 (〃) " (P-II)

(No. 1, 2, 3) は、P-I (No. 1) が P-II, III (No. 2, 3) にくらべて低い含有率であった。

一方、新植地の P-V で下刈り後に萌芽生長したキイチゴ類 3 種の Ca 含有率は、N, P と異なり下刈り前と同程度ないし低下した (表-5)。

5) Mg 含有率の季節変動

Mg 含有率は P と同様 1% を越えることがなかったため、N, K, Ca のように数% にわたる大きな変動はみられない。しかし、種の違いや、同一種でも Plot の違いによって、季節変動の傾向が異なる場合が多い。

また、Mg に関して最も興味ある結果は、図-6 に示したように、オクモジハグマ (No. 1, 2, 3)、ヤマツツジ (No. 7, 8) の含有率が斜面のより上部に生育するものほど高いことである。表-5 から コアジサイにも同様の傾向がみられる。このように同一種の Mg 含有率が、斜面のより上部に生育するものほど高い傾向を示すことは、先の N, P, K, Ca とは逆の現象である。

個々の種についてみると、オクモジハグマは P-I (No. 1) で、8~9 月末に今回調べた中で最高の 0.76% に達する高い値を示した。ヤマツツジは他の元素が比較的低い含有率であったのに対し、逆に Mg は高く P-I (No. 7) では 0.6% を越える場合もみられた。一方、クロヒナスゲ (No. 4)、タガネソウ (No. 5)、ミヤコザサ、ヒノキ、スギは Mg も低い含有率に終始した。

V. 考 察

1. 閉鎖林内と新植地との違い

以上のように、植物体の主要元素は種や生育地の違いによって、さまざまな季節変動を示す。しかし、開葉期に含有率の低い種は、生育段階の進行に伴う変動が小さく、逆に、開葉期に含有率の高い種ほど、それ以降の変動が大きいことは、どの元素についても広く認められた。

林冠の閉鎖した林内に生育する種の、主要元素含有率の季節変動を概観すると、N, P, K は生育に伴って低下し、Ca は上昇した。Mg は種や Plot の違いによって、さまざまな変動を示した。種間差や立地間差の面では、斜面下部を中心に分布する草本の中には、N や P 含有率の著しく高い種が認められ、同一種の場合は、斜面のより下部に生育するもののほうが、N, P 含有率の高い傾向がみられた。K は種間差の最も大きい元素であるが、木本葉は草本より低い含有率を示す場合が多く、季節変動も小さい傾向がみられた。Ca は *Carex* 属の草本とミヤコザサが著しく低い含有率を示した。Mg は同一種では斜面のより上部に生育するものほど高い含有率を

示した。

一方、伐採、植栽、下刈りなどの施業が行われた新植地では、土壌の理化学的性質の変化がみられ(2)、光や他の環境要因も、林冠の閉鎖した林内とは大きく異なっている。そのため、植物体の主要元素含有率にも、こうした影響が強く反映している。その顕著な例として、下刈りによる影響があげられよう。下刈り後に萌芽生長したキイチゴ類の葉では、N と P の含有率が下刈り前にくらべて著しく上昇し、K, Ca, Mg 含有率も閉鎖した林内とは異なる変動傾向を示している。

また、同一種の場合、林冠の閉鎖した林内で採取したものは、新植地で採取したものより、N, P, K の含有率の高い場合が多かった。こうした現象には阿南ら(1)、村山ら(11)、田村ら(17)、津野ら(21)の報告のように、光条件の違いが元素含有率に、強い影響を与えていることが考えられ、今後さらに検討する必要がある。

2. 土壌と植物体の主要元素含有率の関係

これまでのいくつかの報告(3, 7, 19, 20, 25)からは、土壌と植物体の主要元素含有率の関連性について、一定した傾向が見いだしがたい。本試験では土壌の採取が一時期であるが、K, Ca, Mg については、土壌中の各含有率の高い Plot に生育する植物が、必ずしも高い含有率を示すとはいえない。このことは植物体の K, Ca, Mg は、土壌中の各含有率だけでなく、他の要因や個々の種の特性に強く影響されやすいためと考えられる。

一方、N についても全窒素含有率としては、土壌と植物との間に強い対応関係を見いだしがたい。しかし、一般に植物が吸収する N は、可給態窒素としてのアンモニウム態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) や硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) である。前報(8)で述べたように、P-I, II, III で土壌や土壌水中に、高濃度の $\text{NO}_3\text{-N}$ を含む P-III を中心に分布するモミジガサやハウチャクソウは、体内に著しく多量の $\text{NO}_3\text{-N}$ を蓄積しており、この 2 種は本報で述べたように、N と P 含有率も著しく高かった。また、分布範囲の広いオクモジハグマも、斜面のより下部に生育するものほど、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量が多く、N や P 含有率も高い傾向を示した。さらに、新植地の P-V で、下刈り後に N と P 含有率が急激に高まったキイチゴ類も、同時に $\text{NO}_3\text{-N}$ 含有量が著しく高まっている。このように植物体の N 含有率には、生育する土壌の可給態窒素含有量や、個々の種による可給態窒素の吸収、利用の特異性の違いが、強く影響していると考えられる。同時にエネルギー代謝などで、N と密接に関連する P や K とも影響し、これらの元素は葉の代謝作用が最も活発で、生長の盛んな時期に高い含有率を示すと考えられる。

今後は他の主要元素についても、個々の種の特性和、環境要因の詳細な把握が必要であろう。

本研究の調査、取りまとめに当たって、ご懇切な指導を賜った林業試験場土壌部の有光一登博士、宮川清主任研究官、小林繁男技官、ならびに貴重な助言をいただいた京都大学教授 堤 利夫博士に深く謝意を表す。

引用文献

- (1) 阿南豊正・中川致之：茶葉の化学成分含量に及ぼす光の影響。農化誌 48: 91~96, 1974
- (2) 有光一登・加藤正樹：林地の水分動態とその溶存成分について(Ⅱ) 土壌の理学的性と水分動態。89 回日林論: 123~125, 1978
- (3) 朝日正美：森林植生と土壌との相互作用(Ⅰ) 樹木の葉分析。日林誌 40: 135~138, 1958
- (4) ———：森林植生と土壌との相互作用(Ⅱ) 樹木の成分吸収とかんきょうとの関係。日林誌 44: 225~230, 1962
- (5) ———・春田泰次：花崗岩質土壌のスギの造林法(Ⅲ) 土壌の物理・化学・鉱物学的性質と広葉樹の無機組成。日林誌 52: 322~330, 1970
- (6) 土壌養分測定法委員会：土壌養分測定法。430 pp, 養賢堂, 東京, 1968
- (7) 後藤和秋：葉分析による樹木の栄養診断に対する 2, 3 の考察。林試研報 290: 35~75, 1977
- (8) 加藤正樹：森林土壌及び水分動態と林床植生(Ⅱ) 植物体中の窒素の変動。89 回日林論: 155~157, 1978
- (9) 前田禎三・宮川 清・森田佳行：栃木県高原県有林の植生。28 pp, 日林協, 東京, 1972
- (10) 真下育久：土壌の理学的性。森林立地 3: 32~34, 1961
- (11) 村山三郎・小阪進一・福田勝博：草地における雑草の生態的防除に関する研究(Ⅰ) 遮光処理が雑草の生育・体内成分におよぼす影響。雑草研究 21: 21~25, 1976
- (12) 中村義司：広葉樹の葉の N, P, K 濃度の樹種間差と生育立地との関係。日林誌 59: 287~292, 1977
- (13) 中村義司：常緑広葉樹の葉の N, P, K 濃度の種間差について—和歌山県南部の例—。91 回日林論: 227~229, 1980
- (14) 林野庁・林業試験場：国有林野土壌調査方法書。47 pp, 林野共済会, 東京, 1955
- (15) 鈴木陽雄：高原山東南斜面栃木県有林附近の地質—栃木県北部新生界の地史学的研究 3—。宇大研論 4: 23~32, 1955
- (16) 鈴木時夫・小野和美：雨乞岳の森林および草原植生における葉のけい酸およびカルシウム量について。日生態誌 19: 238~243, 1969
- (17) 田村良文・星野正生・佃 和民：シコクビエの生育・再生におよぼす遮光の影響。日草誌 22: 180~185, 1976
- (18) 辰巳修三：主要広葉樹の栄養生理に関する研究—葉分析に基づく無機養分の季節変化について—。72 回日林論: 174~175, 1962
- (19) 富岡悦郎：北海道北東部における土壌塩基の状態(Ⅲ) 各種の樹種の樹葉塩基含量及び土壌塩基と林相との関係。北農試研報 123: 89~99, 1978
- (20) ———・天野洋司：北海道北東部における土壌塩基の状態(Ⅱ) 主要な樹種の樹葉の塩基含量と土壌との関係。北農試研報 123: 79~87, 1978
- (21) 津野幸人・藤瀬一馬：甘藷の乾物生産に関する作物学的研究。農技研報 D 13: 1~131, 1965
- (22) UENO, M. & USUI, H.: Ecological studies on the vegetation after forest fire. 宇大演報 15: 27~39, 1979
- (23) 薄井 宏・加藤正樹：人工林の植物社会学的研究(Ⅲ) カナワラビ型林床植物の塩類濃度と生態学的意義。鈴木時夫博士退官記念森林生態学論文集: 197~220, 1976
- (24) ———・高橋真人：奥日光オオバヤナギ林の植生と葉分析について。91 回日林論: 151, 1980
- (25) 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: 23~62, 1970
- (26) YATABE, T. & USUI, H.: Studies on vegetation by means of leaf analysis (Ⅰ) Subalpine conifer forest and deciduous broad leaved forest in Nikko National Park. 宇大演報 15: 41~50, 1979

(1981 年 5 月 2 日受理)