

三瓶演習林内の落葉広葉樹林の下層植生の 養分含有率について

片桐 成夫*・金子 信博*・三宅 登*

Nutrient Concentration of Understory Species of Deciduous Broad-leaved
Forests at Sanbe Forest of Shimane University.
Shigeo KATAGIRI, Nobuhiro KANEKO & Noboru MIYAKE

This paper deals with the nutrient concentration and amount of understory of a deciduous broad-leaved forest at Sanbe Forest of Shimane University.

1. 38 species appeared in the understory of sampling plots and the number of individuals was 27400 per hectare. Dominant species were the following seven shrubs; *Lindera umbellata*, *Viburnum Wrightii*, *Viburnum erosum*, *Ilex crenata*, *Pieris japonica*, *Helwingia japonica*, *Callicarpa japonica* and *Euonymus oxyphyllus*.

2. The above ground weights of shrubs were related to D^2H or D^3H . In estimating the above ground biomass of understory, the values were 6.69 ton/ha in P-1 and 3.75 ton/ha in P-2. It was 2.0-3.2% of total above ground biomass.

3. The nutrient concentrations of shrubs were fluctuated with wide range and depended upon the difference of species and the size of trees.

4. The amounts of five nutrient elements of understory were 23.2-13.7 for N, 2.35-1.37 for P, 15.9-9.7 for K, 7.3-4.3 for Mg, and 43.6-25.7 kg/ha for Ca. The percentages of nutrient amount to total nutrient amount of above ground were about 4% for N and Ca, and 6-8% for P, K and Mg. These values were larger than that of dry matter.

はじめに

森林の物質循環を論じる上で上層木の地上部現存量やその養分量についてはこれまで数多く調べられてきた^(1,2)。

しかし、下層木の現存量やその養分量については量的に少ないとしてこれまでは無視されがちであった。これまでに下層植生の現存量が調べられた例からみると、下層植生の現存量が地上部現存量に占める割合は1%前後といわれている⁽³⁾。しかしながら、アカマツ林のように比較的林内の明るい森林では下層植生はかなりよく繁茂している。また、スギ・ヒノキの人工林でも林分が閉鎖するまでや、間伐後の林分では下層植生の現存量は決して無視することはできない。

一方、樹体の養分含有率については上層林冠を形成するような高木種については地上部現存量とともに報告さ

れているが^(4,5)、下層植生を形成する低木種についてはほとんど調べられておらず、堤が⁽⁶⁾土壌条件との関係で一部の低木種について報告しているに過ぎない。

本報告では物質循環諸量の測定を行ってきた三瓶演習林の落葉広葉樹林に出現する低木種を中心に養分含有率の種による違いについて検討し、下層植生の養分集積量を明らかにすることを目的とした。

調査地および調査方法

調査地は島根大学農学部附属三瓶演習林5林班の落葉広葉樹林内に設定した。プロットの大きさは10m×20mで、平均傾斜約30°の斜面中部に位置している。胸高直径4.8cm以上の個体を上層木として、胸高直径・樹高を測定した。プロットの概要は表-1に示したが、立木密度はP-1:2288本/ha, P-2:2929本/haと三瓶演習林の落葉広葉樹林の中では平均的な値を示した。ま

* 育林学研究室

表-1 調査地の林分概要および種組成

樹種	PLOT 1 (187.9m ²)				PLOT 2 (174.1m ²)			
	本数	\bar{D}	\bar{H}	BA	本数	\bar{D}	\bar{H}	BA
コナラ	2	24.0	15.5	4.8	11	20.1	15.6	22.5
アオハダ	5	7.4	8.4	1.2	10	7.9	7.7	3.1
エゴノキ	8	8.4	8.2	2.4	8	12.4	11.9	6.1
アベマキ	5	18.0	17.4	8.1	—	—	—	—
クリ	1	24.6	14.5	2.5	—	—	—	—
イヌシデ	1	35.7	24.0	5.3	4	9.2	10.0	1.8
クマノミズキ	1	16.4	16.5	1.1	—	—	—	—
ヤマボウシ	4	7.2	6.6	0.9	11	6.7	8.0	2.4
ウラジロノキ	—	—	—	—	3	6.5	6.6	0.6
ヤマザクラ	1	8.0	7.4	0.3	—	—	—	—
ハクウンボク	2	6.1	7.2	0.3	1	4.9	4.1	0.1
アカシデ	—	—	—	—	1	18.4	15.3	1.5
リュウブ	—	—	—	—	1	6.1	4.0	0.2
ハリギリ	—	—	—	—	1	23.5	17.0	2.5
アセビ	7	7.7	3.9	1.8	—	—	—	—
ソヨゴ	2	7.2	6.9	0.4	—	—	—	—
ヒサカキ	1	5.5	3.4	0.1	—	—	—	—
アカマツ	3	32.8	15.7	13.8	—	—	—	—

(注) 本数：本, \bar{D} ：cm, \bar{H} ：m, BA：m²/ha

た、胸高断面積合計は 40.7—43.2m²/ha と平均的な値よりやや大きかった。平均直径・平均樹高はそれぞれ 11.4—12.6cm, 9.8—10.4m とほぼ三瓶演習林の落葉広葉樹林を代表する値であった。

これらのプロットに出現する胸高直径 4.8cm 未満の個体を下層植生とし、その樹高によって二つ ($H > 1.3$ m, $H \leq 1.3$ m) に分け全個体の胸高直径・樹高あるいは地際直径・樹高を測定した。さらにこれらのプロットの下層植生の中で出現頻度の高いものから15種を選んで刈り取りをおこない、個体毎の葉・枝・幹の重量を測定した。各樹種について刈り取り個体数は5個体を原則としたが、1982年に神川によりすでに分析されている樹種については3個体とした。

刈り取り調査により採取した試料についてチッ素・リン・カリウム・カルシウム・マグネシウムの5元素について分析を行った。分析方法はチッ素についてはケルダール法、その他の元素については硝酸・過塩素酸により湿式灰化後リンはモリブデン青比色法、カリウム・カルシウム・マグネシウムは原子吸光法を用いた。

結果および考察

1. 下層植生の種組成

調査対象とした林分の上層木はP-1ではアカマツ、アベマキ、イヌシデ、コナラが、P-2ではコナラ、エゴノキ、アオハダが優占していた。もともと、この林分は薪炭林として利用されており、斜面中部ではコナラが優占し、尾根筋に近くなるにつれて天然生のアカマツが

残されてきたところである。⁽⁸⁾これらのプロットでの下層植生の種組成は表-2に示した。樹高が 1.3m を越えるものは27種が出現し、その個体数は 10200本/ha となり、上層木に比べるとはるかに高い密度となる。また、樹高が 1.3m 以下のものは33種が出現し、その個体数は 17200本/ha となった。両者を合わせると、38種 27400本/ha と個体数・種数ともに豊富であった。

38種の中で出現頻度のもっとも高い樹種はクロモジで、樹高が 1.3m を越えるものではミヤマガマズミ・エゴノキ・ムラサキシキブ・ツリバナがこれに続き、樹高が 1.3m 以下のものではイヌツゲ・コバノガマズミ・ミヤマガマズミ・ハナイカダがクロモジについて多かった。また、樹高が 1.3m を越えるものではエゴノキの他にアオハダ・ヤマボウシ・ハクウンボク・ヤマザクラ・アカシデなどの高木種の出現も多くみられた。

両者を合わせるとクロモジについて出現頻度の高い樹種はコバノガマズミ・ミヤマガマズミ・イヌツゲ・アセビ・ハナイカダ・ムラサキシキブ・ツリバナの7種であり、いずれも低木種であった。

これらの低木種について出現頻度の高い樹種はムラサキシキブ・エゴノキ・ヤブムラサキ・ダンコウバイ・カマツカ・ヤマボウシ・アオハダの7種であった。これにはエゴノキ・ヤマボウシなどの高木種も含まれている。以上の15種を分析の対象樹種として選んで刈り取り調査を行った。

2. 下層木の地上部現存量

表-2 下層植生 (D<4.8cm) の種組成 (樹種別本数)

樹種名	H>1.3m	H≤1.3m	合計	樹種名	H>1.3m	H≤1.3m	合計
クロモジ	83	128	211	サワフタギ	1	8	9
コバノガマズミ	21	92	113	ヤマウグイスカグラ	1	5	6
ミヤマガマズミ	53	54	107	キブシ	4	1	5
イヌツゲ	—	81	81	コハウチワカエデ	3	1	4
アセビ	25	45	70	ヒメユズリハ	3	1	4
ハナイカダ	5	51	56	ソヨゴ	1	3	4
ムラサキシキブ	27	27	54	ナワシログミ	—	4	4
ツリバナ	26	26	52	コックバネウツギ	—	3	3
エゴノキ	31	4	35	ヤマザクラ	2	—	2
ヤブムラサキ	2	29	31	アカシデ	2	—	2
ダンコウバイ	22	6	28	イヌシデ	2	—	2
カマツカ	15	12	27	ウワミズザクラ	—	2	2
ヤマボウシ	12	9	21	イボタノキ	—	2	2
アオハダ	16	1	17	ヒサカキ	1	—	1
ヤマウルシ	2	9	11	ヤマモミジ	—	1	1
コマユミ	1	9	10	アワブキ	—	1	1
ハクウンボク	8	1	9	ミズキ	—	1	1

刈り取り調査を行った下層植生の個体の大きさは図-1に示した D_0 -H 関係にみられるように種の違いによってややバラツキはあるものの相対生長関係がえられた。これらの中にはアセビ・イヌツゲのように生活型の異なる常緑樹が含まれており、その中でアセビのみが他の樹種とは分離した関係を示した。しかし、イヌツゲについては落葉樹と分離することはなかった。上層木についても同様のことが D -H 関係にみられ (図-2)、アセビは他の樹種に比べて直径の割には樹高が低い傾向を示した。これはアセビが数本の株立ちとなり、地際付近から大きく屈曲する性質をもっているためと考えられる。

次に下層植生の刈り取り試料木の D_0^2H と各部分重との関係を図-3に示した。 D_0^2H と幹重との関係は樹種の違いに関係なく相関係数0.99と1本の直線で回帰することができた。しかし、 D_0^2H と枝重・葉重の関係は個体によるバラツキが大きく、幹の場合に比べると相関係数も0.92~0.93とやや小さくなった。この中でアセビ・イヌツゲは葉の場合に他の樹種よりもやや葉重が多い傾向にあるが、 D_0 -H 関係のようにアセビだけが分離することはなかった。また、樹種ごとに明らかな分離がみられるわけではなく、 D_0^2H の小さい個体の方でバラツキが大きくなっている。そこで樹種の違いに関係なく回帰式を求めると以下の通りである。

$$\log W_s = 0.66356 \log D_0^2H + 0.60446$$

$$\log W_b = 0.92509 \log D_0^2H + 0.59746$$

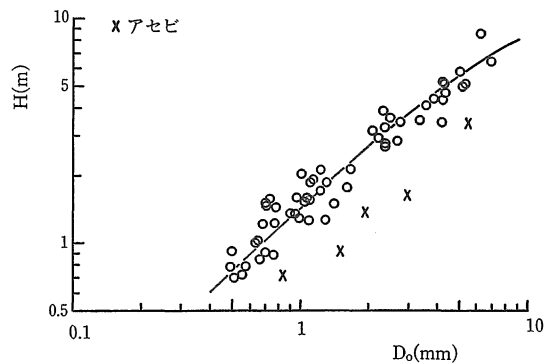


図-1 下層木の地際直径と樹高との関係

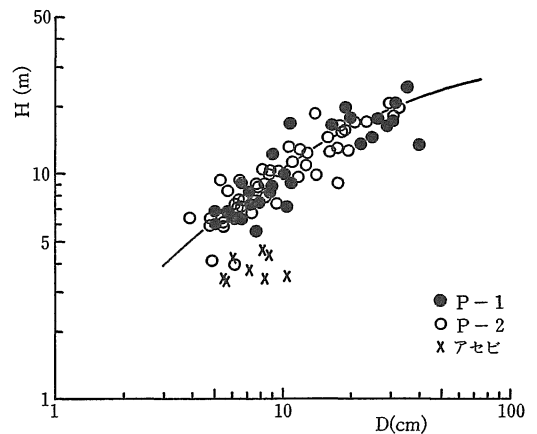


図-2 上層木の胸高直径と樹高との関係

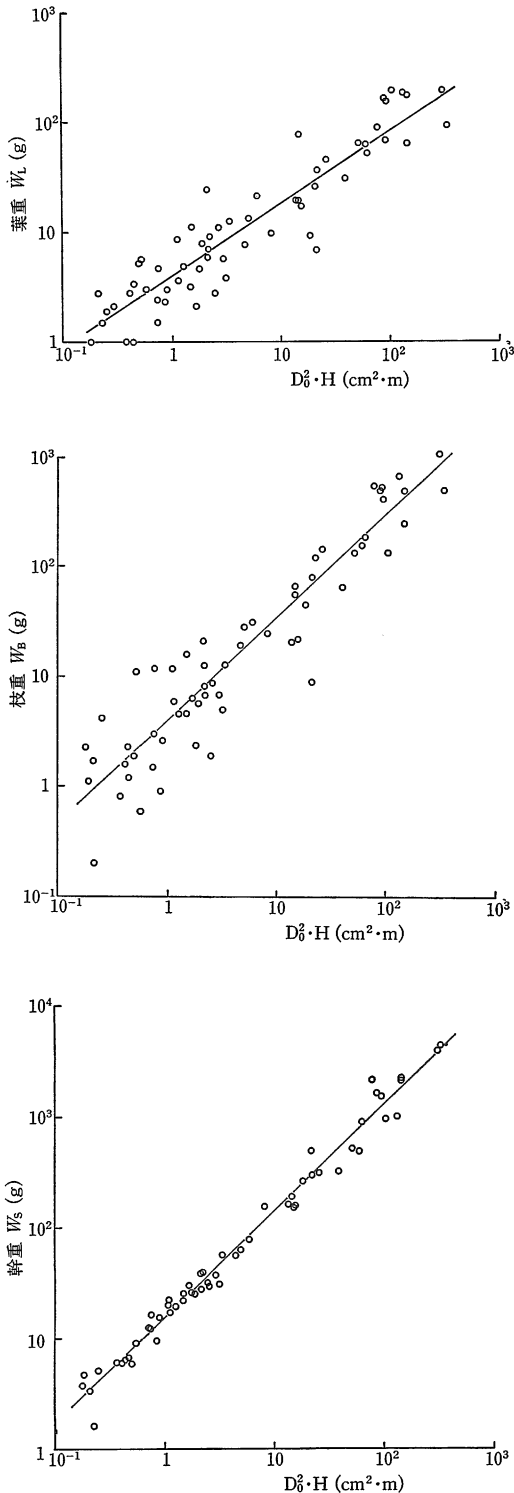


図-3 下層木の D_0^2H と葉重, 枝重および幹重との関係

$$\log W_L = 0.96056 \log D_0^2H + 1.17478$$

一方、樹高が 1.3m を越えるもの場合は D_0^2H ではなく D^2H を用いることが可能である。そこで、 D^2H と各部分重との関係を求めて次に示した。

$$\log W_S = 0.45750 \log D^2H + 1.13738$$

$$\log W_B = 0.63527 \log D^2H + 1.35375$$

$$\log W_L = 0.64158 \log D^2H + 1.99626$$

この場合、 D_0^2H を用いた場合よりも相関がやや低くなっている。

上述の式を用いて調査地の下層植生の地上部現存量を推定し、表-3に示した。なお、上層木の地上部現存量は片桐らの三瓶演習林の落葉広葉樹林の伐倒調査による推定式を用いた。上層木と下層植生を合わせた地上部現存量の合計は P-1: 211.85 ton/ha, P-2: 185.88 ton/ha となり、いずれも三瓶演習林内の落葉広葉樹林の平均的な値であった。⁽¹⁰⁾

下層植生の地上部現存量を詳しくみると、樹高が 1.3m を越えるものの現存量が P-1 で 5.42ton/ha, P-2 で 2.44ton/ha と約2倍の開きがみられた。これは本数では両プロットに大きな差がなかったものの、平均値でみると直径は 1.5cm(P-1) と 0.8cm(P-2)、樹高は 2.7m(P-1) と 2.7m(P-2) と直径が P-1 では約2倍と大きかったためである。また、樹高が 1.3m 以下のものについては P-1 で 1.27ton/ha, P-2 で 1.31 ton/ha と、本数では P-2 が P-1 の約2倍であったにもかかわらずほぼ等しかった。この場合の P-2 では直径が 5.0mm と P-1 の 7.2mm よりも小さかったことによると考えられる。

下層植生の地上部現存量の葉・枝・幹の割合は葉が 6~13%, 枝が17~18%, 幹が69~77%と、プロット・樹

表-3 調査地の地上部現存量

		P-1	P-2
上層木	葉	4.37	3.83
	幹	34.73	28.28
	枝	166.06	150.02
小計		205.16(96.8)	182.13(98.0)
下層植生 H > 1.3m	葉	0.33	0.17
	枝	0.93	0.42
	幹	4.16	1.85
	小計	5.42(2.6)	2.44(1.3)
下層植生 H ≤ 1.3m	葉	0.12	0.17
	枝	0.22	0.23
	幹	0.93	0.91
	小計	1.27(0.6)	1.31(0.7)
合計		211.85	185.88

単位: ton/ha, ()内は合計に対する割合%

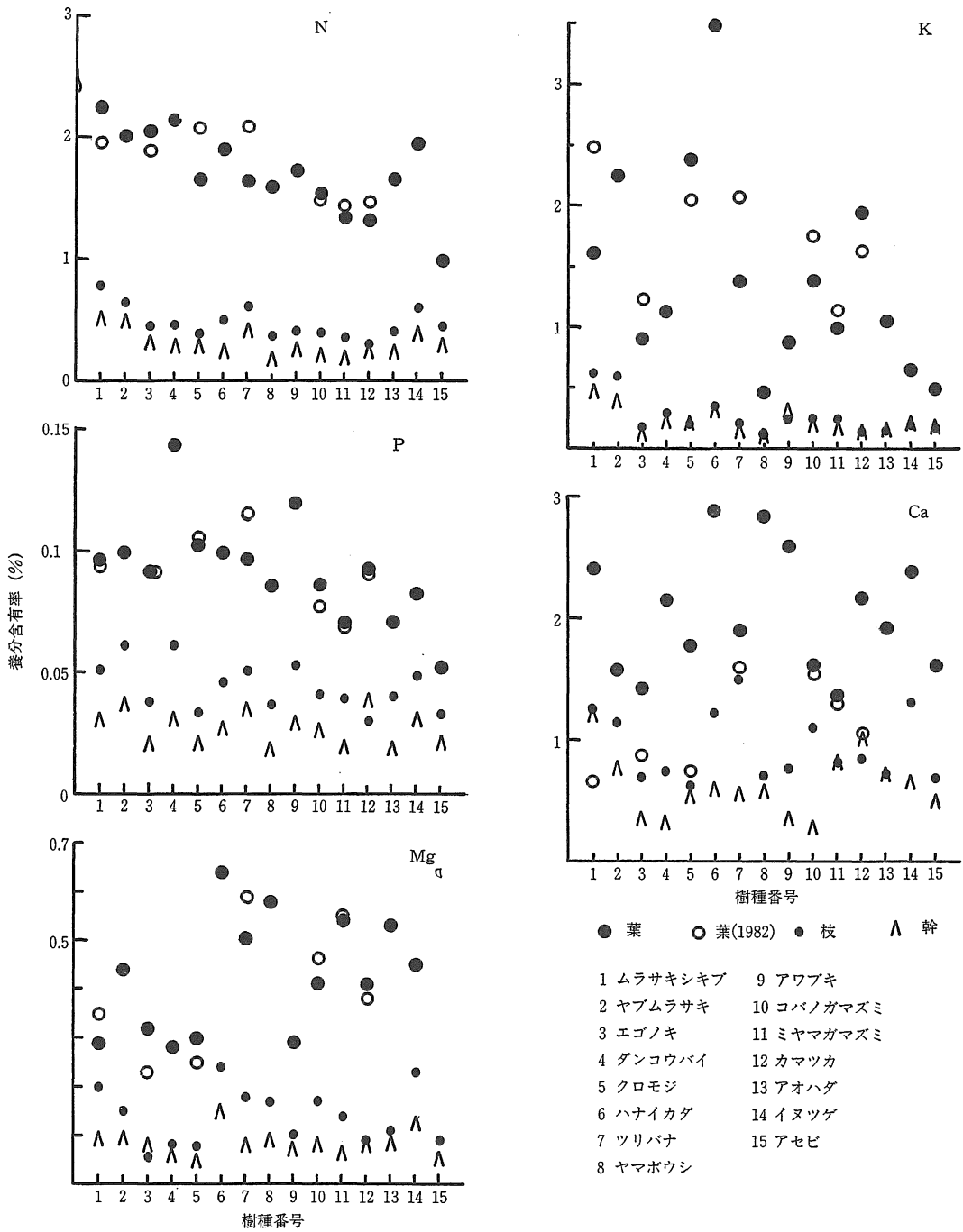


図-4 下層木の樹種別養分含有率

高の大小に関係なくほぼ一定であった。さらに、上層木をも含めた地上部現存量合計の中で下層植生の占める割合をみると樹高が 1.3m 以上のものの割合が P-1 で 2.6%, P-2 で 1.3%, 樹高が 1.3m 以下のものの割合が P-1 で 0.6%, P-2 で 0.7% であり、両者を合わせた下層植生の割合は 3.2%, 2.0% となった。この値は橋詰らの報告している 1% 前後に比べるとやや大きく、⁽¹¹⁾ DUVIGNEAUD らのベルギーの落葉広葉樹林の約 4% に比べるとやや小さくなっている。この量は物質循環を考える上からも決して無視しうる量ではなく、今後さらに各種の林分で検討されるべきであろう。

3. 下層木の養分含有率

a) 樹種による養分含有率の違い

下層植生の代表として選んだ15種の養分含有率は平均値でみると、葉の場合 N は 2.24~0.98%, P は 0.186~0.052%, K は 3.48~0.45%, Mg は 0.64~0.15%, Ca は 2.87~1.36% であった。枝の場合は N は 0.67~0.30%, P は 0.061~0.030%, K は 0.62~0.12%, Mg は 0.24~0.04%, Ca は 1.31~0.62% で、幹の場合は N は 0.49~0.17%, P は 0.038~0.009%, K は 0.44~0.09%, Mg は 0.15~0.03%, Ca は 1.21~0.26% であった。平均養分含有率の範囲はいずれの場合にも大きく、樹種間にかなり差があるものと考えられる。

樹種間で養分含有率を比較すると図-4 に示したように種の違いによってかなり異なっている。しかし、これらは平均値であり個体によるばらつきを含んでいる。また、葉については1983の神川の測定結果も同時に示したが、年度による違いはさほど大きくはなかった。したがって、個体間のバラツキを考慮にいたした上で樹種による違いを比較することは可能であろう。

葉の場合樹種間に差があるといえるのは N ではムラサキシキブ・ヤブムラサキ・エゴノキ・ダンコウバイが 2% を越え他の樹種よりも高い。また、アセビが約 1% と低い含有率を示した。P ではダンコウバイ・アワブキが他の樹種より高い含有率を示し、アセビが低い含有率を示した。K は N・P に比べるとバラツキが大きい、ハ

ナイカダ・ヤブムラサキ・クロモジが高い含有率であった。Ca・Mg はハナイカダ・ヤマボウシが他に比べて高い含有率を示した。

枝については Ca をのぞいて含有率の幅が小さく、種間の差は比較的小さいが、ムラサキシキブ・ヤブムラサキがいずれの元素でも高い含有率を示した。また、イヌツゲが Ca・Mg で比較的高い含有率を示した。幹の場合は枝よりもさらに含有率の幅が小さく、樹種間の違いはほぼ枝と同様の傾向であった。

b) 個体の大きさと養分含有率との関係

樹種間の養分含有率を比較する場合に個体間のバラツキのために明らかな違いを示すことができなかった。これまで上層木の場合に個体の大きさや個体内の部位の違いによって養分含有率に違いがあることが知られている。^(12,13) 下層木についても同様のことが予想される。そこで個体の大きさの尺度として地際直径を用いて、養分含有率との関係を図-5 に示した。全ての樹種、全ての器官についてとまではいかないが、地際直径が大きくなるにしたがって、つまり、個体が大きくなるにつれて養分含有率が低くなる傾向が認められる。

葉・枝・幹の全ての器官について 0.75 以上の相関をもつこの傾向が認められるのはカマツカの K であり、葉・枝・幹のうち 2 つが 0.75 以上の相関をもつものは

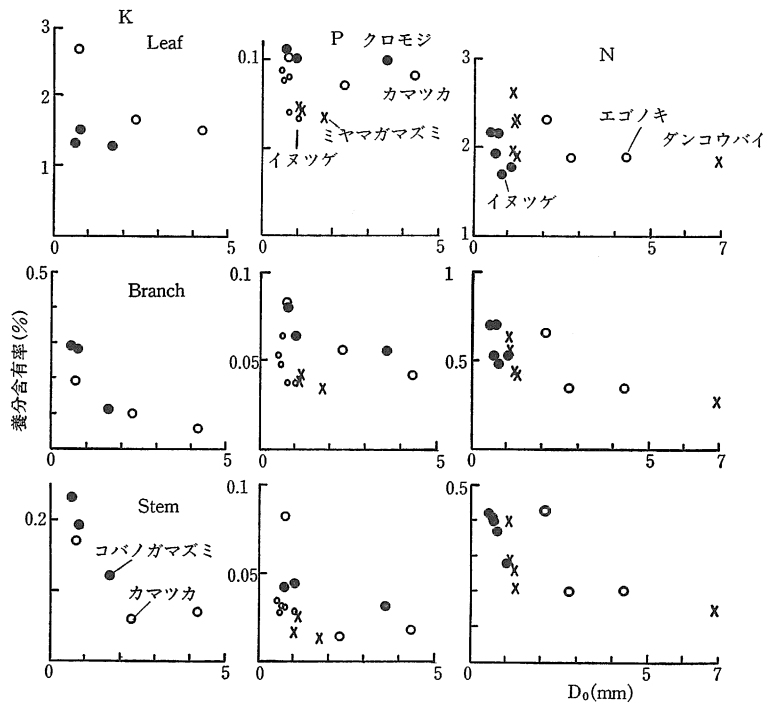
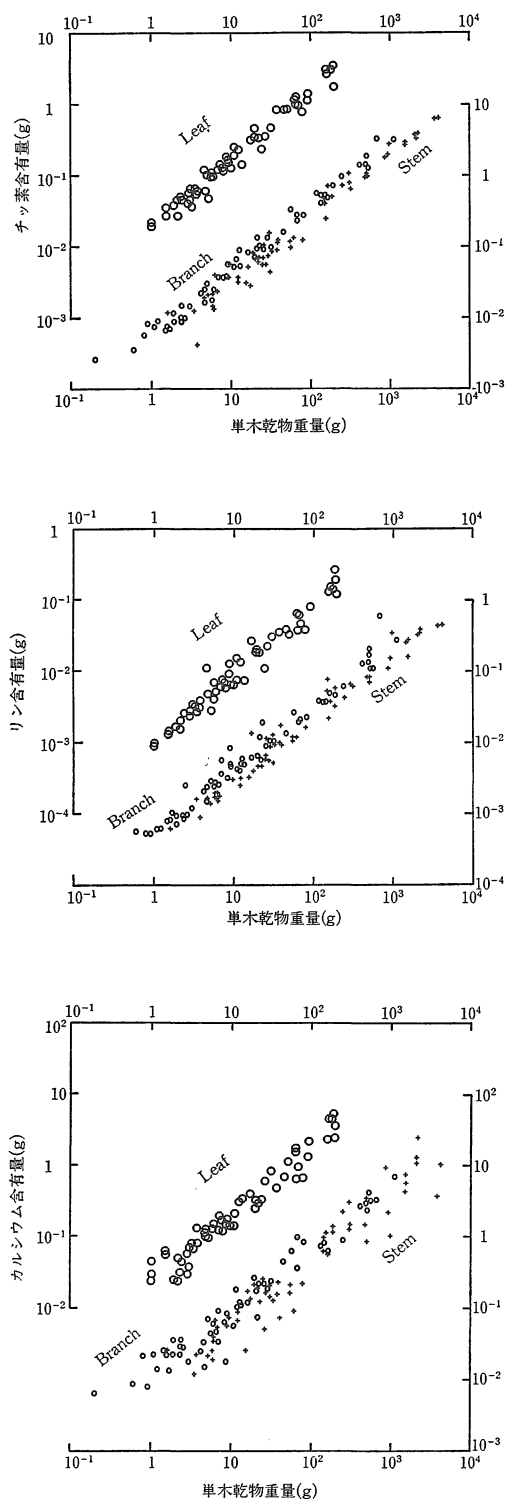


図-5 下層木の地際直径と養分含有率との関係



図一六 下層木の単木乾重量と養分含有量との関係

ミヤマガマズミ・カマツカ・クロモジ・イヌツゲのP、コバノガマズミのK、ムラサキシキブ・クロモジ・ヤマボウシのCaである。また、相関はやや低い葉・枝・幹ともに個体が大きくなるにつれて含有率が低くなる傾向を示すものはダンコウバイ・イヌツゲ・エゴノキのN、アオハダのP、ムラサキシキブのKであった。このように樹種毎に個体の大きさと養分含有率の間には明らかな傾向がみられる。しかし、今のところ全てについてこの関係が成り立つかどうかは明らかではなかった。この点については各樹種についてそれぞれの個体数を増やし、個体の大きさの幅を広げて検討する必要がある。

4. 下層植生の養分量

前節で下層木の養分含有率について検討したが、樹種の違いや個体の大きさによって異なることが明らかとなった。そこで、下層植生の養分量を求めるためには平均的な養分含有率を求める必要があるが、試料木の単純平均では個体の大きさによる違いを十分に反映できない。そこで、単木の重量と単木に含まれる養分量との関係から平均の含有率を求めることにする。図一六に単木の重量と養分含有量との関係をN・P・Caについて示した。いずれの場合もほぼ1本の直線で近似することが可能であった。しかし、その傾きは1よりやや小さく個体が大きくなるほど養分含有率が低下することを示している。

この関係において傾きを1として回帰すると全ての樹種をこみにした平均の養分含有率が直線のY切片から求まる。この値を用いて下層植生の養分現存量を求めたものが表一四である。下層植生にふくまれる養分量はNが23.2—13.7kg/ha、Pが2.35—1.37kg/ha、Kが15.9—9.7kg/ha、Mgが7.3—4.3kg/ha、Caが43.6—25.7kg/haであった。この量を地上部全体の養分量に占める割合でみるとN・Caは乾物量の場合よりやや大きい4%前後であったが、P・K・Mgは乾物の場合よりも大きくなりMgでは5.9—8.4%と2倍以上になった。これは下層植生のMgの含有率が上層木の含有率に比べて葉・枝・幹ともに高かったためである。

以上のように下層植生は量的に少なく、林内での分布がかなり不均一であるという理由からこれまで測定されない場合が多かったが、養分量の面からはMgにみられたようにかなりの割合を占めており、もっと重視するべきであろう。また、下層植生の種組成は斜面に沿った水分条件によって変化すると考えられ、さらに堤が報告しているようにその養分含有率も変化する。したがって、(6) 今後は各種の森林において明らかにするとともに、下層植生の養分量を斜面位置との関係で詳しく検討する

表-4 下層植生の養分量

				N	P	K	Mg	Ca
プロット 1	上層木	葉	83.9	4.54	29.3	11.4	61.6	
		枝	107.7	9.03	52.1	17.4	201.4	
		幹	282.3	23.25	182.7	49.8	730.7	
		小計	473.9	36.82	264.1	78.6	993.7	
	下層植生	葉	4.8	0.40	5.0	1.7	8.8	
		枝	5.2	0.73	2.3	1.5	9.3	
幹		13.2	1.22	8.7	4.1	25.5		
	小計	23.2	2.35	16.0	7.3	43.6		
合計			497.1	39.17	280.1	85.9	1037.3	
プロット 2	上層木	葉	73.5	3.98	25.7	10.0	54.0	
		枝	87.7	7.35	42.4	14.1	164.0	
		幹	255.0	21.00	165.0	45.0	660.1	
		小計	416.2	32.33	233.1	69.1	878.1	
	下層植生	葉	3.7	0.30	3.7	1.3	6.7	
		枝	2.9	0.40	1.3	0.9	5.3	
幹		7.2	0.66	4.7	2.2	13.8		
	小計	13.8	1.36	9.7	4.4	25.8		
合計			430.0	33.69	242.8	73.5	903.9	

単位: kg/ha

必要があろう。

まとめ

三瓶演習林内の落葉広葉樹林における下層植生の地上部現存量、養分含有率および養分量について検討した。

1. 下層に出現した樹種は38種で、個体数は 27400本/ha であった。主な樹種はクロモジ、コバノガマズミ、ミヤマガマズミ、イヌツゲ、アセビ、ハナイカダ、ムラサキシキブ、ツリバナの7種でいずれも低木種であった。

2. 低木種の地上部重量は D_0^2H あるいは D^2H との間に相対生長関係がえられた。この関係から下層植生の地上部現存量を推定すると P-1 で 6.69ton/ha, P-2 で 3.75ton/ha で上層木をも含めた地上部現存量の約 2.0-3.2% であった。

3. 下層木の養分含有率はかなり大きな範囲で変化し、樹種による違いや個体の大きさによって左右されることが明らかであった。

4. 下層植生の養分量は N が 23.2-13.7, P が 2.35-1.37, K が 15.9-9.7, Mg が 7.3-4.3, Ca が 43.6-25.7kg/ha であった。この量は林分の地上部養分量の中で、N・Ca が 4% 前後、P・K・Mg が 6-8% を占めており、乾物量の場合よりもその割合が大きかった。

引用文献

- 堤 利夫：陸上植物群落の物質生産 Ib 森林の物質循環，共立出版，東京，1973，p. 60
- 橋詰隼人・大西良幸：広葉樹研究 1：73-84，1980
- 河原輝彦：日林誌 53(8)：231-238，1971
- 堤 利夫・河原輝彦・四手井綱英：日林誌 50(3)：66-74，1968
- 片桐成夫・三宅 登・坂越浩一：島根大農研報 20：67-74，1986
- TSUTSUMI, T.: Physiol. Ecol. Japan. 18: 137-147, 1981
- 神川勇人：島根大林学科卒業論文(昭和58年度)，p. 133, 1974
- 片桐成夫・三宅 登・藤原芳樹：島根大農研報 21：39-45，1987
- 片桐成夫・石井 弘・三宅 登・安東義朗：島根大農研報 18：53-60，1984
- 片桐成夫・藤江 勲・石井 弘：山陰地域研究(森林資源) 1：39-49，1985
- DUVIGNEAUD, P. and DENAEYER-DE SMET: Ecol. Stud. 1: 199-225, 1970
- 片桐成夫：島根大農研報 11：60-72，1977
- 河原輝彦：学位論文(京都大学)：1-118，1971