

三瓶演習林内の落葉広葉樹林における 物質循環に関する研究(VI)

A₀ 層および鉱質土層の養分量

片桐成夫*・石井 弘*・三宅 登*

Shigeo KATAGIRI, Hiroshi ISHII and Noboru MIYAKE
Studies on Mineral Cycling in a Deciduous
Broad-leaved Forest at Sanbe Forest of Shimane University (VI)
Amounts of Nutrient Elements in A₀ Horizon
and Mineral Soil

はじめに

森林生態系における物質循環を考える上で、土壌中の養分量は樹体中の養分量とともに量的に多く重要な問題である。土壌中の養分量に関する研究は数多くなされておき、養分量は地形と対応した水分条件・土壌の母材・植生等によって異なると言われている。本研究では前¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾報までに報告した三瓶演習林内の落葉広葉樹林におけるA₀層の有機物量・養分量の季節による違い、斜面位置による違いおよび鉱質土層中の養分量の斜面位置による違いを明らかにしようとした。本研究をすすめるにあたり昭和50年度育林学専攻生坪田和昭君の協力を得た。ここに深く感謝の意を表する。

調査地および調査方法

調査地は本学三瓶演習林の落葉広葉樹林内に設けられた永久試験地(P-1~P-5)である。

A₀層は斜面下中部(P-1~P-3)ではL層が認められる程度で量的にも少なく、斜面上部(P-4)から尾根部(P-5)にかけてF層が認められるが、典型的なモル型に比べるとその程度は弱い。土壌は斜面下部がB_{ld}型を示すが、斜面を上るにつれて黒色味が薄れ、斜面中部はtB_{ld(d)}型、尾根部はtB_{lB}型と判定できる。

A₀層量は1975年4月、6月、8月、10月、12月の5回に各プロットで0.5×0.5mの枠を4点設け、1977年8月末に各プロットで1×1mの枠を2点設けそれぞれ

のA₀層量を測定した。鉱質土層は1977年8月末にA₀層量を測定した地点で深さ70cmまで掘り、0~5、5~10、10~20、20~30、30~50、50~70cmの6層に分けて土壌を400cc採土円筒を用いて採取した。

A₀層はN、P、K、Na、Ca、Mgについて、鉱質土層はC、N、可給態P、置換性K・Na・Ca・MgおよびpHについて分析を行った。分析はCはチューリン法、Nはケルダール法を用い、A₀層のP・K・Na・Ca・Mgは湿式灰化後、土壌の可給態PはBray No. 4⁶⁾法、置換性塩基は1N酢酸アンモニウム抽出後に、Pはモリブデン青比色法、K・Naは炎光光度法；Ca・Mgは原子吸光法を用いて行った。土壌のpHは細土：水=1:2.5の懸濁液についてガラス電極pHメーターを用いて測定した。

結果および考察

表-1 A₀層の有機物量

Plot No.	1975					1977 Aug.	Mean
	Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.		
P-1	7.28	9.12	6.44	5.34	10.06	5.48	7.29
P-2	12.00	7.67	5.40	7.82	11.11	7.61	8.60
P-3	7.85	13.42	8.32	5.93	8.19	5.19	8.15
P-4	11.80	19.39	13.18	12.59	12.46	11.50	13.49
P-5	14.70	13.44	12.22	12.75	13.31	11.88	13.05
Mean	10.73	12.61	9.11	8.87	11.03	8.33	—

(ton/ha)

* 育林学研究室

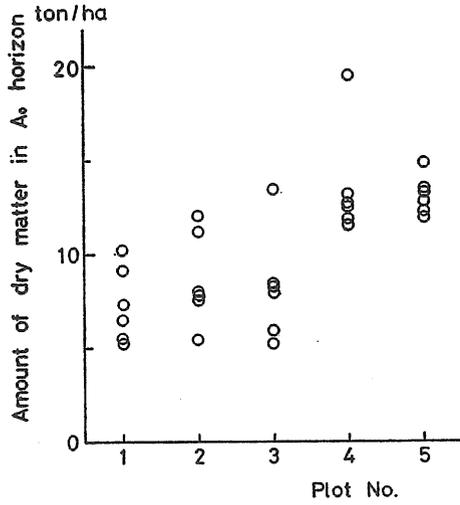
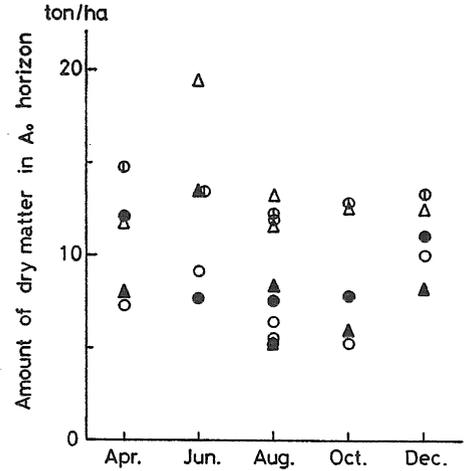


図-1 A₀ 層の有機物量



(○ P-1 ● P-2 ▲ P-3 △ P-4 ◻ P-5)

図-2 A₀ 層の有機物量の季節変化

表-2 A₀ 層の養分量

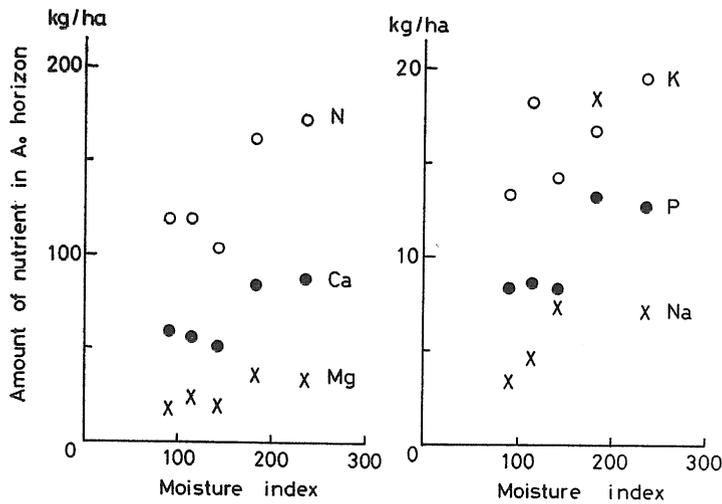
	1975 Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	1977 Aug.	Mean
P-1							
N	144.5	155.6	84.5	47.1	196.7	86.6	119.2
P	8.4	12.8	7.4	5.4	11.1	4.5	8.3
K	7.5	11.3	10.7	9.7	26.0	14.3	13.3
Ca	36.3	54.1	40.1	27.3	125.1	75.7	59.8
Mg	15.8	18.2	15.7	12.7	29.0	14.3	17.6
Na	—	—	—	—	—	3.3	3.3
P-2							
N	190.6	91.4	67.1	68.0	202.9	92.8	118.8
P	12.5	8.6	5.6	7.6	11.2	5.8	8.6
K	10.8	7.6	5.9	9.8	23.8	51.0	18.2
Ca	64.7	32.5	34.9	45.6	137.8	18.3	55.6
Mg	26.5	16.4	12.6	16.6	33.6	37.3	23.8
Na	—	—	—	—	—	4.6	4.6
P-3							
N	119.2	156.3	86.4	54.8	138.4	70.6	104.3
P	8.6	14.5	8.6	5.8	8.1	3.9	8.3
K	8.7	14.0	16.5	7.1	17.3	21.3	14.2
Ca	41.0	64.1	53.4	40.4	97.2	8.8	50.8
Mg	17.2	30.8	17.6	12.6	20.1	14.5	18.8
Na	—	—	—	—	—	7.3	7.3
P-4							
N	149.9	212.9	129.7	124.9	219.6	135.7	162.1
P	12.1	20.2	13.6	13.8	11.8	7.6	13.2
K	11.4	18.8	16.9	14.8	21.8	415.3	83.2 (16.7)
Ca	57.4	64.2	53.7	64.3	150.4	115.0	84.2
Mg	22.0	30.6	29.3	23.0	21.9	88.6	35.9
Na	—	—	—	—	—	18.4	18.4
P-5							
N	209.0	168.5	156.8	135.3	203.9	159.2	172.1
P	14.9	14.5	12.7	13.1	12.1	8.8	12.7
K	13.5	15.1	16.1	13.5	24.1	34.5	19.5
Ca	93.5	58.2	66.0	65.3	140.7	96.2	86.7
Mg	25.2	24.0	21.8	22.1	19.4	84.8	32.9
Na	—	—	—	—	—	7.1	7.1

(kg/ha)

1. A₀ 層の有機物量について

A₀ 層の有機物量は植生や水分条件によって異なり、同一プロット内の微細地形によって異なる。また、A₀ 層の有機物量はリターフォール量の変化や分解速度の変化に対応して変動するものと考えられる。そこで A₀ 層の有機物量の 6 回の測定結果を表-1 に示した。これをまずプロットによる違い(斜面位置による違い)についてみると、図-1 に示したように斜面下部(P-1)では 5~10ton/ha と少なく、斜面上部(P-4)、尾根部(P-5)ではそれぞれ 10~20、12~15ton/ha と多くなり、斜面上部へ上るほど A₀ 層の有機物量が多くなる傾向がみられた。この傾向は芦生の落葉広葉樹林の場合と同様であり、斜面下部では A₀ 層における落葉落枝の平均分解率が大きく、斜面上部では平均分解率が小さいことに起因している。

つぎにプロットごとに季節による A₀ 層の有機物量の違いをみると、A₀ 層の有機物量が最大になる月が P-1 では 1975 年 12 月、P-2・P-5 は 1975 年 4 月、P-3・P-4 では 1975 年 6 月とプロットによって異なり、A₀ 層の有機物量が最小になる月もまちまちである。しかし、図-2 に示したように全体としてみると春から夏にかけて減少し、落葉期の終る 12 月には再び多くなる傾向がみられ、5 プロットの平均値でもこの傾向がみられる。これは前年の落葉後に A₀ 層の分解が徐々に進行し、4 月から 8 月までは分解による消失がリターフォールによる供給を上回るために A₀ 層の有機物量が減少し、9 月から 12 月にかけてはリターフォールによ



図一三 A₀ 層の養分量と乾湿度指数との関係

る供給が分解による消失を上回るために A₀ 層が増加することを示している。

A₀ 層の有機物量を広葉(針葉)、枝、その他の組成に分けてみると、広葉は A₀ 層全体と同様に夏に少なくなり、落葉後に最大となる傾向がみられた。枝はかなりバラツキが大きいが一年を通じて量に変化がみられなかった。その他は広葉とは逆に春から夏にかけて増加し、夏から秋にかけて減少する傾向がみられた。これは春から夏の分解の初期には落葉が粉碎され、A₀ 層を分ける時に判別の困難さからその他に含まれる部分が多くなったことも一因と考えられ

表一三 鉍質土層の養分濃度

Plot	Depth	C	N	P	K	Na	Ca	Mg	pH
1	0-5	14.70	1.11	77.3	22.3	12.8	674.6	41.3	5.03
	5-10	9.15	0.78	75.4	13.9	15.8	113.3	13.8	5.00
	10-20	7.70	0.59	65.9	13.0	24.6	242.3	8.0	5.15
	20-30	6.88	0.46	59.3	3.3	7.3	59.2	6.2	5.28
	30-50	5.39	0.37	58.4	2.7	6.3	21.8	4.2	5.35
	50-70	4.87	0.33	63.5	5.5	7.6	99.1	3.9	5.33
2	0-5	8.56	0.67	49.6	42.3	1.4	162.5	25.9	5.58
	5-10	7.55	0.59	43.9	8.2	0.9	37.8	10.8	5.25
	10-20	6.50	0.49	37.8	19.9	0.6	14.3	5.6	5.23
	20-30	5.80	0.41	37.1	12.1	2.3	4.9	6.0	5.53
	30-50	4.32	0.28	29.1	5.8	0.6	5.1	3.5	5.50
	50-70	2.92	0.18	27.6	8.9	1.6	6.3	3.1	5.50
3	0-5	6.83	0.45	23.1	69.0	3.8	112.0	20.3	5.78
	5-10	4.77	0.38	26.4	6.4	1.3	26.7	7.1	5.28
	10-20	4.20	0.32	17.1	8.3	1.6	20.8	3.6	5.28
	20-30	3.13	0.24	16.5	11.6	3.3	56.9	3.7	5.40
	30-50	2.06	0.16	14.1	5.8	0.2	74.6	2.4	5.45
	50-70	1.76	0.13	11.1	7.2	1.7	19.9	5.3	5.60
4	0-5	6.56	0.44	36.6	14.0	1.7	285.7	21.7	6.03
	5-10	4.32	0.29	30.8	3.6	2.0	122.0	8.9	5.65
	10-20	3.50	0.21	15.3	33.7	2.2	87.7	3.4	5.68
	20-30	3.11	0.20	18.5	16.9	2.7	66.8	1.5	5.55
	30-50	2.30	0.16	14.2	36.5	2.4	74.7	1.5	5.68
	50-70	1.64	0.12	12.0	4.6	4.2	95.9	3.2	5.88
5	0-5	8.67	0.47	31.7	66.6	3.7	103.6	11.9	5.25
	5-10	6.56	0.32	29.6	15.0	4.2	26.5	4.9	5.03
	10-20	4.91	0.27	17.7	28.1	3.9	48.6	3.5	5.15
	20-30	3.35	0.21	17.0	31.5	1.4	57.7	2.4	5.43
	30-50	1.20	0.09	20.1	29.4	3.8	26.4	2.8	5.43

* Depth : cm

** C, N : %

*** P (available), K, Na, Ca, Mg (exchangeable) : mg/100g soil

**** pH (1 : 2.5)

る。

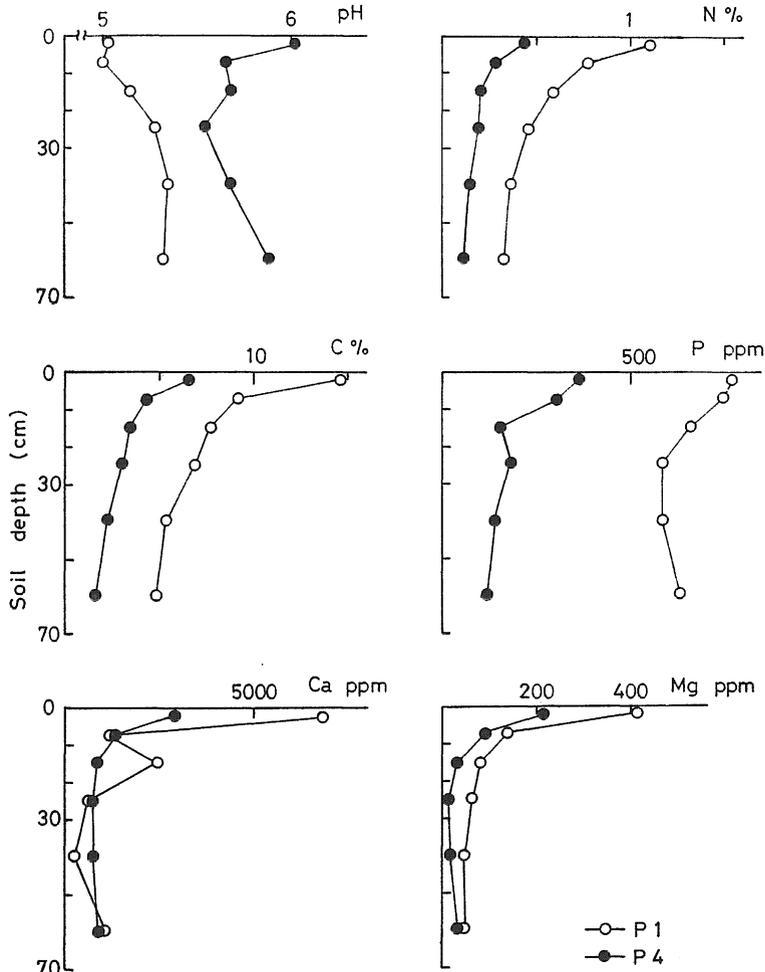
2. A₀ 層の養分量について

A₀ 層中の養分量は前節で述べた有機物量と養分含有率との積で求められる。プロットごと、月ごとに求めた A₀ 層の養分量を表一2に示した。

A₀ 層の養分量はどの養分についてみてもバラツキがかなり大きい⁸⁾が、有機物量の場合と同様に春から夏にかけて減少し、落葉後には再び A₀ 層の養分量が多くなる傾向がみられた。しかし、A₀ 層の養分含有率が一定であり、養分量が有機物量によってのみ支配されたということではなく、A₀ 層中の広葉や針葉の養分含有率は落葉直後の12月が最も高く、4月から10月までは養分含有率が低下する傾向がみられる。また、枝やその他についても広葉や針葉ほど明瞭ではないが同様の傾向がみとめられる。この養分含有率の傾向は落葉・落枝の分解にと

もなって養分含有率が低下することとリターフォールの⁸⁾⁹⁾養分含有率が春から秋にかけて減少することを考えれば¹⁰⁾¹¹⁾当然の結果といえる。したがって、A₀ 層の養分量は有機物量の変化と同様あるいはそれ以上に明らかに春から夏にかけて減少し、有機物量の多くなる落葉直後に多くなる傾向を示すものと考えられる。

つぎに A₀ 層の養分量を斜面位置で比較すると図一3に示したようである。前節でも述べたように A₀ 層量は季節や場所によって変動するためここでは各プロットの6回の測定の前平均値で示した (Na を除く)。N は 100~170kg/ha で斜面上部ほど多くなっている。その他の養分も P が 8~13kg/ha、K が 13~20kg/ha、Ca が 50~90kg/ha、Mg が 20~40kg/ha と斜面下部に比べて斜面上部のプロットで多くなっている。また、P-3 の養分量がやや少なくなっているが、傾斜の急な斜面中



図一4 鈹質土層の養分濃度の垂直変化

部に位置するために A₀ 層の流亡の影響が考えられる。しかし、A₀ 層の流亡については今のところ明らかにされていない。

A₀ 層の有機物量と養分量とから平均の養分含有率を求めると、N・P・Ca は斜面下部で平均含有率が高く、斜面上部ほど低くなった。しかし、K・Ca・Mg は斜面位置による違いは明らかではなく、逆の場合もみられたこの平均養分含有率の違いはリターフォールの養分含有率の傾向とよく似た結果であった。

3. 鈹質土層の養分量について

鈹質土層中の養分濃度を層ごとに分析した結果を表-3に示した。C は表層で6.56~14.70%、下層で1.20~4.87%で、N は0.44~1.11%、0.09~0.33%であり、褐色森林土の場合と大きな差はみられなかった。また、置換性 Mg も表層で 119~413ppm、下層では 28~53 ppm と芦生の褐色森林土の場合と大きな差はみられなかった。しかし、置換性 K は表層で 140~690ppm、下層で 46~294ppm、置換性 Ca は表層で 1036~6746 ppm、下層で 63~991ppm と芦生の褐色森林土に比べてかなり養分濃度が高く、Ca では著しい差がみられた。また、可給態 P については褐色森林土に比べて10倍以上の養分濃度を示したが分析方法が異なるために明らかなることは言えない。

このように本調査地では置換性 Mg・Ca がかなり高い養分濃度を示したが、河田が黒色土壌群では置換性

表-4 鈹質土層の養分量

	C	N	P	K	Na	Ca	Mg
P-1	231.0	16.4	2.33	0.232	0.374	3.96	0.240
P-2	184.6	12.8	1.28	0.446	0.048	0.62	0.213
P-3	111.5	8.4	0.60	0.427	0.060	1.85	0.194
P-4	104.2	7.0	0.63	0.783	0.112	3.67	0.146
P-5	92.2	5.4	0.59	0.882	0.096	1.19	0.103

(ton/ha. 70cm depth)

* P : Available

** K, Na, Ca, Mg : Exchangeable

Ca および Mg に富むタイプと乏しいタイプとがみられると報告している。本調査地も黒色土壌あるいは淡黒色土壌に判別でき、河田の言う置換性塩基に富むタイプであるといえよう。

鈹質土層中の養分濃度は一般に表層から下層に向かうほど低くなると言われている。本調査地でも元素によってバラツキが大きく明らかな傾向のみられない場合もあるが、おおむね表層から下層にかけて養分濃度が低下する傾向がみられた。これを斜面下部 (P-1)、斜面上部 (P-4) の2プロットで比較したものが図-4である。各元素ともに表層から下層に行くほど養分濃度が低下し、表層から約 20cm までは急速に養分濃度が低下するのに対して、それ以下の層では徐々に養分濃度が低下している。

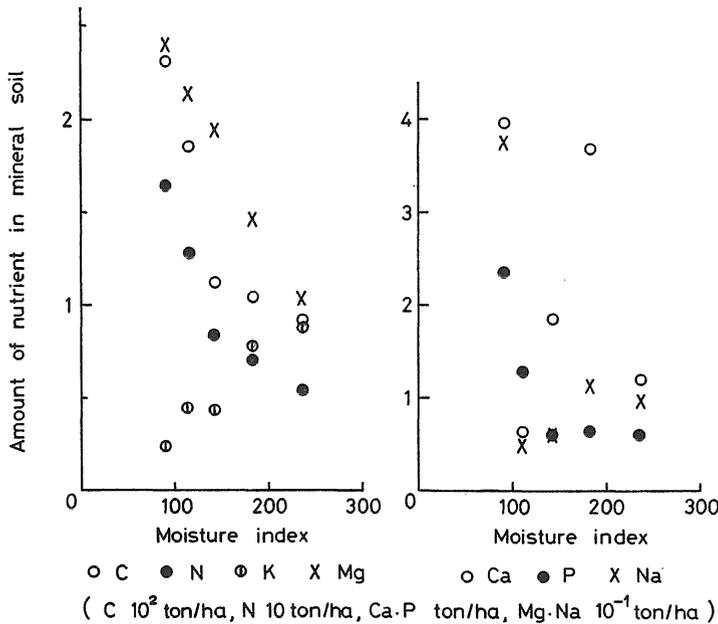


図-5 鈹質土層中の養分量

これを表層土 (0~5cm) の養分濃度を 1 として中層土 (10~20 cm)、下層土 (50~70cm) の養分濃度を比率であらわすと C・N は中層土が 0.48~0.53、下層土が 0.25~0.33、Ca は中層土で 0.31~0.36、下層土で 0.15~0.34、Mg は中層土が 0.16~0.19、下層土が 0.09~0.15 となり、表層から中層までは急速に、中層から下層までは徐々に養分濃度が低下することを示している。また、斜面上部と下部の間にはこの比率の違いがみられず、表層土の養分濃度が斜面下部の約半分である斜面上部においても養分濃度の低下の程度は変わらないことを示している。

鈹質土層の pH は各プロットとともに土壌の深さとの間に明らか

な傾向はみられなかった。斜面位置との関係をみると斜面下部 (P-1) で 5.00 ~ 5.35 であったのに対して、斜面上部 (P-4) で 5.55~6.03 と pH がやや高くなる傾向がみられた (図-4)。P-1 から P-4 までは徐々に pH が高くなるが、P-5 の尾根では 5.03~5.43 と斜面下部 (P-1) とほぼ同じであった。河田によると表層土の pH は褐色森林土で 4.9~5.9、黒色土で 5.2~5.9 で褐色森林土と黒色土との間に差はみられない。本調査地でも表層土の pH は 5.0~6.0 とほぼ同じ結果であった。

つぎに各層の細土量と養分濃度とから各プロットの土壌中の養分量を求めたものが表-4 である。C・N・可給態 P および置換性 Mg はそれぞれ 92.2~231.0, 5.4~16.4, 0.59~2.33, 0.103~0.240 ton/ha・70cm と斜面下部で多く斜面上部で少なかった。しかし、置換性 K, Na, Ca はそれぞれ 0.232~0.882, 0.048~0.374, 0.62~3.96 ton/ha・70cm とプロットによる違いはみられたが、C・N・P・Mg のように斜面下部で多く上部で少ない傾向はみられなかった。

褐色森林土の場合には芦生で土壌中の養分量と乾湿度指数との間には湿性から乾性に向かうにつれて養分量が少なくなる傾向がみとめられている⁷⁾¹³⁾。そこで本調査地の土壌中の養分量を乾湿度指数との関係で示したものが図-5 である。C・N・可給態 P・置換性 Mg については乾湿度指数の増大につれて土壌中の養分量が減少する傾向が明らかであった。置換性 Ca・Na についてはバラツキが大きく明らかな傾向は認められなかった。置換性 K については C・N・P・Mg とは逆に乾湿度指数の増大につれて養分量も増加する傾向を示した。

このように K を除く養分では褐色森林土・黒色土ともに乾湿度指数と鉍質土層中の養分量との間には、湿性なところ (斜面下部) で養分が多く集積され、乾性なところ (斜面上部) で養分の集積が少ないという関係が認められた。この傾向は A₀ 層中の養分の集積とは全く逆の傾向であった。また、K については褐色森林土と黒色土とは逆の傾向を示したが、この点については本調査地の結果だけからは明らかなことは言えない。

A₀ 層中の養分量が斜面下部から上部へ行くにつれて増加するのに対して、鉍質土層中の養分量が減少することは、斜面下部と上部とでは林地における養分の集積の仕方が異なっていることを示している。そこで土壌全体

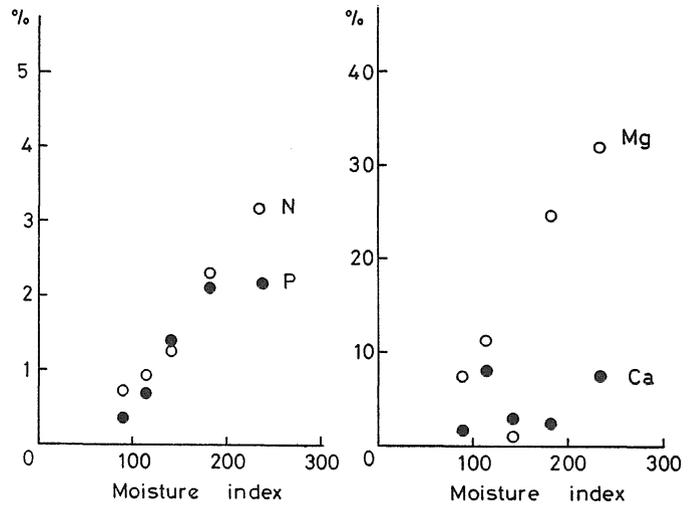


図-6 土壌全体の養分量に占める A₀ 層の養分量の割合

の養分量に占める A₀ 層中の養分量の割合を求め、乾湿度指数との関係で図-6 に示した。ただし、C については A₀ 層の分析を行っていないので省略した。N・P は A₀ 層の占める割合が小さくそれぞれ 0.73~3.16, 0.36~2.16% であった。Mg・Na は A₀ 層の占める割合がそれぞれ 0.97~31.85, 0.88~16.49% であった。そして、N・P は斜面下部から上部へ向かうにつれて A₀ 層の占める割合が増大する傾向が明らかであった。また、Mg・Na はバラツキが大きくなるがおおよそ N・P と同様の傾向がみとめられ、芦生の褐色森林土の場合と同じである⁷⁾。しかし、Ca についてはバラツキが大きく明らかな傾向は認められなかった。K については A₀ 層の占める割合は 2.21~5.74% であり、斜面下部から上部に向かうにつれて A₀ 層の占める割合が減少する傾向がみられた。これは他の元素とは逆の傾向であり、鉍質土層中の養分量と同様に芦生の褐色森林土の場合とも相反する傾向であった。

以上のように本調査地においても芦生の場合と同様に K を除く元素の林地における集積の仕方は斜面下部と上部とで異なっており、これらの元素は斜面下部では鉍質土層に多く斜面上部や尾根部では A₀ 層に多く集積することを示している。

ま と め

三瓶演習林内の落葉広葉樹林における A₀ 層および鉍質土層中の養分量について検討した。

1. A₀ 層中の有機物量は斜面下部から上部にかけて多くなる傾向を示した。さらに A₀ 層中の有機物量は春

- から夏にかけて減少し、夏から秋にかけて増加した。
2. A_0 層中の養分量は有機物量とほぼ同様の傾向を示した。
 3. 鉱質土層中の養分濃度は表層から下層へ行くほど低くなった。斜面下部と上部とを比較すると斜面上部では下部の約半分の養分濃度であった。
 4. 鉱質土層中の養分量は C・N・可給態 P および置換性 Mg が斜面下部で多く上部で少なかった。置換性 K は逆に斜面下部で少なく上部が多かった。
 5. A_0 層および鉱質土層中の養分量に占める A_0 層中の養分量の割合は斜面下部から上部に行くにつれて大きくなる傾向が N・P・Mg Na にみられた。K については逆の傾向であった。
- 引用文献**
1. 片桐成夫・石井弘・三宅登・西垣真太郎：島根大農研報 **10**：105-111, 1976.
 2. 石井弘・片桐成夫・三宅登・矢内勝美：島根大農研報 **10**：112-117, 1976.
 3. 石井弘・片桐成夫・三宅登・周藤成次：島根大農研報 **11**：55-59, 1977.
 4. 片桐成夫：島根大農研報 **11**：60-72, 1977.
 5. 片桐成夫・石井弘・三宅登・星野芳寿・目崎修康：島根大農研報 **11**：73-80, 1977.
 6. 河田弘・小島俊郎：環境測定法IV 森林土壌 共立出版 東京 1976. p.156
 7. 片桐成夫・堤利夫：JIBP-PT-F (S. 47)：145-150, 1973.
 8. ATTIWILL, P. M.: Ecol. **49**：142-145, 1968.
 9. 片桐成夫・千葉喬三・堤利夫：京大演報 **41**：106-115, 1970.
 10. 片桐成夫・堤利夫：JIBP-PT-F (S. 46)：77-81, 1972.
 11. 片桐成夫・堤利夫：日林誌 **55**：83-90, 1973.
 12. 河田弘：林土調報 **10**：1-108, 1959.
 13. 片桐成夫・堤利夫：日林誌 **60**：195-202, 1978.

Summary

This paper deals with the amounts of nutrient elements in A_0 horizon and mineral soil in a deciduous broad-leaved forest at Sanbe Forest of Shimane University.

1. The amount of dry matter in A_0 horizon increased from the lower part to the upper part of slope. That decreased from spring to summer and increased again from summer to autumn.
2. The amounts of nutrient elements in A_0 horizon showed the same trends as that of dry matter.
3. The concentrations of nutrient elements in mineral soil became lower at under horizon. The concentrations at the upper part were about a half of those at the lower part of slope.
4. The amounts of carbon, nitrogen, available phosphorus and exchangeable magnesium accumulated in mineral soil were less at the upper part than at the lower part of slope. On the contrary, the amount of exchangeable potassium was more at the upper part.
5. The rate of A_0 horizon to total soil (A_0 horizon and mineral soil) increased from the lower part to the upper part for nitrogen, phosphorus, magnesium and sodium. This tendency was the inverse in potassium.