

タブを主とする天然生照葉樹林の リターフォールによる養分の 還元について

上田 晋之助・堤 利夫

The amount of nutrient elements contained in
litterfall of natural evergreen broad leaved forest
dominated by *Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.

Shinnosuke UEDA and Toshio TSUTSUMI

要 旨

タブを主とする天然生の照葉樹林のリターフォール量を3年間にわたって調べた。またこのリターフォールに含まれて、それぞれの林床へ還元されたチッ素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムの5養分元素の量を測定した。

結果は次のようである。

1) 各区のリターフォール量は5.78~7.79 ton/ha・yr で、うち葉リターは4.39~5.65 ton/ha・yr であった。

2) このリターに含まれてそれぞれの林床へ還元された養分元素の量はチッ素は64.2~83.6kg/ha・yr, リンは4.9~8.9kg/ha・yr, カリウムは26.6~49.8kg/ha・yr, カルシウムは58.3~92.5kg/ha・yr, マグネシウムは8.3~11.3kg/ha・yr であった。この量は隣接した壮齡のヒノキ人工林よりもかなり多く、またわが国の針葉樹林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林等で調べられた結果と比べても多い方に属していた。

3) リターフォール量は5~6月と11~12月に比較的多かった。したがって養分の還元もこの時期に多かったことになる。しかしわが国の他のタイプの森林に比べれば落葉期の集中性は少なく、ほぼ年間を通じてリターフォールがあった。

4) 葉リター中の養分元素の含有率は季節的に変化した。チッ素、カリウムの含有率は夏に低く、冬に高かった。カルシウム、マグネシウムの含有率は初夏に低く、初冬に高かった。

5) 還元された養分元素量をリターの組成別にみると、どの養分元素も葉による還元がもっとも多く、次いで枝、その他の植物器官(芽鱗、花、等)、タネ(種子、球果、果実)、虫のふん、虫の遺体、樹皮の順で少なくなっていた。

ま え が き

京都大学徳山試験地のタブ(*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.)を主とする壮齡の天然生照葉樹林に固定調査区を設定し、植生の遷移に関する調査、研究を永年にわたって続けてきている。

この研究の一環として調査区内に1975年2月より、リタートラップを設置し、この森林のリターフォール量と、それに含まれて林床へ還元されたチツ素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムの5養分元素の量を測定してきた。このうち、当初の2カ年間のリターフォール量についてはすでに報告¹⁾した。

今回はリターフォールに含まれてそれぞれの林床へ還元された、これら5養分元素の量の3カ年にわたる測定結果について報告する。

この調査に終止御協力をいただいた徳山試験地の皆様に感謝します。また養分元素の分析に御協力をいただいた演習林分析センターの薬師寺清雄氏に感謝します。

1. 調査林分と調査の方法

調査は山口県徳山市鉢窪にある京都大学徳山試験地で行なった。なお、測定期間中の年平均気温は15.2°C、年降水量は2,076mm、暖かさの指数は123°C、寒さの指数は-2.0°C²⁾であった。

当試験地6林班の比較的急峻な西斜面にはタブ (*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.) を主とする天然生の照葉樹林が成立している。この斜面の上、下部にそれぞれT-1区、T-2区の2つの調査区を設けた。この調査林分についてはさきに報告¹⁾しているが、再度、その概略を示せば次のようである。

試験当初の毎木調査によると両区ともにタブが優占種で、本数、胸高断面積合計はともに全立木中の約半分か、それ以上を占めていた。その他の立木はヤマハゼ (*Rhus sylvestris*)、クロキ (*Symplocos lucida*)、アカマツ (*Pinus densiflora*)、ヤマザクラ (*Prunus jamasakura*)、クマノミズキ (*Cornus macrophylla*)、カゴノキ (*Actinodaphne lanciflora*)、ネムノキ (*Albizia julibrissin*)、ゴンズイ (*Euscaphis japonica*)、クス (*Cinnamomum camphora*)、クリ (*Castanea crenata*) 等が混生していた。その ha あたり立木本数は斜面上部のT-1区で3,134本、斜面下部のT-2区は1,972本であった。またその胸高断面積合計はT-1区は37.14m²、T-2区は31.54m²であった。しかし種構成は2つの調査区で多少異り、T-1区ではヤマハゼ、クロキが多く、ほかにアカマツ、ヤマザクラ、クマノミズキ等を混えていた。これに対してT-2区ではヤマザクラがやや多く、ほかにクリ、アカマツ、クマノミズキ、クスなどを混えていたが、ヤマハゼ、クロキは比較的少なかった。

以上のように立木本数、胸高断面積合計はともにT-1区の方がやや多いが、タブおよび全種をまとめた樹高の頻度分布はT-2区の方が高い方に偏っていた。両区の成立時期はほぼ等しいとみられるので、T-2区は立木密度がいくらか疎であるが生長はT-1区よりはやや良好であるように思われる。

1975年2月11日にこの調査区内に50cm角のリタートラップをそれぞれ5個ずつ設置し、以後毎月1回、リターを回収した。なお、原則として毎月10日に回収し、前月11日からその月の10日までの分を1カ月分とした。したがって、たとえば2月11日から3月10日までに落下したリターを3月分として表示したことになる。回収したリターはただちに70°Cで数時間乾燥後、葉、枝、樹皮、タネ(球果、種子、果実)、その他の植物器官(芽鱗、花等)、虫の遺体、虫のふんの7組成分に選別し、再び70°Cで恒量になるまで乾燥した後、ただちに秤量してリターフォール量とした。

養分元素の分析は粉細した材料について、チツ素はケルダール法、他は湿式灰化した後、リンはモリブデンブルー還元法による比色定量、カリウムは炎光光度計法、カルシウム、マグネシウムは原子吸光分析法で行なった。この絶乾物あたりの含有率とリターフォール量を乗じて、リタ

Table 1. Amounts of each component of litterfall in the natural evergreen broad leaved forest during the period from Feb. 11, 1977 to Feb. 10, 1978. (Dry matter: kg/ha)

Plots	Component of litter	Date of sampling												Total
		Mar. 10,	Apr. 10,	May 10,	Jun. 10,	Jul. 11,	Aug. 10,	Sep. 12,	Oct. 11,	Nov. 10,	Dec. 10,	Jan. 10,	Feb. 10,	
T-1	Leaves	54.4	76.0	596.8	745.6	314.4	493.6	547.2	470.4	694.4	1,325.6	283.2	51.2	5,652.8
	Branches and twigs	49.6	6.4	244.8	12.8	9.6	40.0	36.0	30.4	46.4	135.2	84.8	26.4	722.4
	Barks	0.0	1.6	4.4	0.4	0.0	4.0	0.8	1.6	6.4	24.0	1.6	0.0	44.8
	Cones, seeds and fruits	47.2	8.8	1.6	4.8	0.0	0.8	1.6	6.4	5.6	14.4	5.6	0.0	96.8
	Other organs	13.6	2.4	148.8	50.4	13.6	32.0	33.6	20.0	13.6	12.0	8.8	4.0	352.8
	Insect residues	0.8	0.8	0.0	0.0	1.6	0.4	0.9	0.0	3.2	0.0	0.8	0.0	8.5
	Insect feces	0.0	0.0	3.1	5.8	0.8	9.6	26.4	5.6	4.0	2.4	0.2	0.0	57.9
	Total	165.6	96.0	999.5	819.8	340.0	580.4	646.5	534.4	773.6	1,513.6	385.0	81.6	6,936.0
T-2	Leaves	184.8	319.2	690.4	452.0	189.6	225.6	435.2	413.6	554.4	653.6	303.2	72.8	4,494.4
	Branches and twigs	28.0	48.8	95.2	57.6	3.2	54.4	136.8	9.6	21.6	48.0	77.6	44.0	624.8
	Barks	4.8	4.8	4.8	1.6	0.0	4.0	4.0	0.8	1.6	0.8	1.6	0.1	28.9
	Cones, seeds and fruits	20.0	6.4	8.1	5.6	0.0	1.6	6.4	12.0	5.6	3.2	24.0	10.4	103.3
	Other organs	9.6	40.0	101.6	122.4	13.6	29.6	33.6	21.6	12.8	10.4	5.7	7.2	408.1
	Insect residues	0.0	0.1	0.0	1.6	0.0	2.4	0.0	0.1	0.8	0.0	0.0	0.0	5.0
	Insect feces	0.0	0.6	14.9	13.6	5.6	20.0	36.8	11.2	9.6	1.6	0.0	0.0	113.9
	Total	247.2	419.9	915.0	654.4	212.0	337.6	652.8	468.9	606.4	717.6	412.1	134.5	5,778.4

一中に含まれる養分元素の量をもとめた。なお、葉リターについては毎月1回、分析を行なったが、他の組成分については量が少ない場合もあったので3カ月分をとりまとめて分析した。

2. 結果と考察

- 1) 各調査区のリターフォールについて
 - i) 年間のリターフォール量とその組成

当初の2カ年間の結果についてはすでに報告¹⁾したので、ここでは第3年次の結果と全体についての概略を簡単にのべる。表-1に第3年次のリターフォール量を各組成分毎に月別に示した。また表-2に第1年次から第3年次までのリターフォールの年間量と各組成分の構成割合をとり

Table 2. Annual amounts of litterfall in consecutive three years.
(Dry matter : kg/ha·yr)

Plots	Components of litter	1st year (Feb. 11, '75~ Feb. 10, '76)		2nd year (Feb. 11, '76~ Feb. 10, '77)		3rd year (Feb. 11, '77~ Feb. 10, '78)	
T-1	Leaves	5,161.6	(66)	5,063.6	(65)	5,652.8	(81)
	Branches and twigs	1,573.6	(20)	1,588.8	(20)	722.4	(10)
	Barks	31.9	(0.4)	103.2	(1)	44.8	(0.6)
	Cones, seeds and fruits	261.1	(3)	432.8	(6)	96.8	(1)
	Other organs	711.2	(9)	337.9	(4)	352.8	(5)
	Insect residues	6.7	(0.1)	34.0	(0.4)	8.5	(0.1)
	Insect feces	46.1	(0.6)	196.1	(3)	57.9	(0.8)
	Total	7,792.2	(100)	7,756.4	(100)	6,936.0	(100)
T-2	Leaves	4,458.4	(73)	4,390.7	(67)	4,494.4	(78)
	Branches and twigs	549.9	(9)	814.4	(13)	624.8	(11)
	Barks	28.0	(0.5)	72.4	(1)	28.9	(0.5)
	Cones, seed and fruits	115.5	(2)	697.6	(11)	103.3	(2)
	Other organs	576.8	(9)	337.6	(5)	408.1	(7)
	Insect residues	37.5	(0.6)	44.6	(0.7)	5.0	(0.1)
	Insect feces	366.2	(6)	157.4	(2)	113.9	(2)
	Total	6,132.3	(100)	6,514.7	(100)	5,778.4	(100)

まとめて示した。これらに示したようにこの調査区の試験開始以来第3年次までの年間のリター量は5.78~7.79ton/ha·yrで、このうち葉リターは4.39~5.65ton/ha·yrであった。わが国の常緑広葉樹林で従来測定されたリターフォール量を整理してみると3.37~8.10ton/ha·yrと報告²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾されている。この調査区のリターフォール量もこの範囲内に入っているが、このなかでは多い方に属していた。しかし、中、南米の熱帯多雨林で調べられた結果⁸⁾、7.0~11.1 ton/ha·yrには及ばない。なお、同じ徳山試験地1林班の壮齢のヒノキ人工林のリターフォール量は3.83~5.26ton/ha·yrで、うち葉リターは1.90~3.27ton/ha·yrであった¹⁾⁹⁾ので、この調査区の方がかなり多い結果を示したことになる。この調査区とヒノキ人工林は位置的にきわめて近く、土壌条件はほぼ同じとみられるので、このリターフォール量の違いは樹種の違いによるものと思われる。

つぎにリターの合計量に占める各組成分の構成割合はT-1、T-2の両区ともに葉リターがもっとも多く、全体の65~81%を占めた。次いで枝リター(9~20%)、その他の植物器官リタ

ー(4~9%)が多かった。タネリター(1~11%)は年度による変動が大きく、年によって豊凶があることがうかがわれた。樹皮リター(0.4~1.0%)は全般に僅かであった。虫の遺体、虫のふん(0.1~6%)も全般にその占める割合は僅かであったが、同試験地内の隣接したヒノキ人工林の落下量¹⁾⁹⁾の9~27kg/ha・yrに比べればきわめて多く、52.8~403.7kg/ha・yrであった。またこのリターは年度による変動や調査区による相違が大きく、食葉性昆虫の発生は年により、また場所によって大きく変動することを示すものと思われる。なお、第3年次のリターフォールの合計量は両区とも第1年次、第2年次に比べてやや少なかった。これは両区ともに葉リターの量は第1、2年次とほとんど違いが認められず、枝リター、タネリターが少なかったことが主として影響しているようであった。

つぎにT-1、T-2の両区のリターフォール量を比較すると、斜面上部のT-1区の方が斜面下部のT-2区よりも葉リター、枝リター、合計量とも第1年次、第2年次でやや多かったことは前報¹⁾で指摘した。この傾向は第3年次でも変わらなかった。樹高からみた樹木の生長はT-2区の方がやや良好と思えるが、立木密度はやや疎であることから、リターフォール量はヒノキ人工林の結果¹⁾とは異り、地位の差よりも立木密度の影響をうけているように思われる。

ii) リターフォールの季節変化

表-1に示したように第3年次のリターフォールの季節変化も、第1、2年次の季節変化とはほぼ同じ傾向を示した。すなわち、葉リターの落下は5~6月と11月~12月の2回のピークが認められた。しかしこの年2回のピークもあまり顕著なものでなく、その他の季節でもいつもある程度の落下が認められた。この点、ヒノキ人工林¹⁾⁹⁾では11月にその葉リターの大部分が集中的に落下し、他の季節の落下量はきわめて僅かであったのに比べて非常に対照的であった。なお、葉リターの落下における以上の年2回のピークについては、年度により、また調査区によって1カ月程度のズレが認められた。枝リター、樹皮リターの落下についての季節変化は不明確であった。

タネリターの落下は年度による変動が大きいことはさきのべたが季節変化は必ずしも明瞭でなく、第1年次では7月に、第2年次では9月にやや多くの落下量が認められたが、第3年次ではむしろ8月に多かった。

虫の遺体、虫のふんの落下は冬期にはほとんど認められず、3月頃に始めて徐々に増加していき、8~9月頃に最高となった後、急速に減少する傾向が認められた。

なお、これらのリターの落下には台風の影響が大きいことは前報¹⁾で指摘した通りであるが、第3年次には台風の襲来はなかった。

2) リターフォールによる養分の還元量

i) リターの各組成別の養分元素の含有率とその季節変化

表-3にリターの各組成成分毎の養分元素の含有率の分析結果を3カ年分をとりまとめて示した。この値は各組成成分毎の乾重の年間合計量と、各月毎の乾重量にその時の養分元素含有率を乗じて算出した養分量を合計して年間量とした値からもとめた加重平均値である。

この表より、チツ素、リン、カルシウムの3元素についてもっとも高い含有率を示したのは虫の遺体であって、次いで、その他の植物器官、タネ、虫のふん、葉、枝、樹皮の順で含有率が低くなっていることが多かった。

しかし、カルシウムは虫の遺体中の含有率は比較的 low、葉中の含有率が比較的高かった。マグネシウムは枝、樹皮中の含有率が比較的低いのを除いて、各組成成分の間には大きな差異はないようであった。

Table 3. Weighted mean of annual concentration of nutrient elements in each components of litter.
(% on dry matter)

Components of litter		Nutrient elements		N		P		K		Ca		Mg		
		Index by year	Plots		T-1	T-2	T-1	T-2	T-1	T-2	T-1	T-2	T-1	T-2
			T-1	T-2										
Leaves	1st year	1.01	1.03	0.10	0.10	0.69	0.65	1.15	1.10	0.17	0.17			
	2nd year	0.98	1.04	0.09	0.10	0.52	0.46	1.35	1.36	0.14	0.15			
	3rd year	0.97	1.05	0.08	0.08	0.60	0.49	1.25	1.11	0.14	0.15			
Branches and twigs	1st year	0.69	0.74	0.09	0.08	0.40	0.52	0.77	0.54	0.08	0.09			
	2nd year	0.75	0.60	0.13	0.13	0.18	0.24	0.79	0.68	0.08	0.09			
	3rd year	0.81	0.85	0.06	0.07	0.41	0.27	0.93	0.77	0.10	0.11			
Barks	1st year	0.78	0.60	0.10	0.10	0.09	0.08	0.69	0.71	0.08	0.08			
	2nd year	0.52	0.67	0.15	0.13	0.08	0.10	0.83	0.72	0.05	0.08			
	3rd year	1.12	0.79	0.08	0.07	0.12	0.08	0.69	0.78	0.08	0.09			
Cones, seeds and fruits	1st year	1.41	1.83	0.15	0.21	0.72	1.36	0.62	0.53	0.13	0.23			
	2nd year	1.11	1.12	0.16	0.17	0.93	0.70	1.14	0.94	0.14	0.13			
	3rd year	1.24	2.05	0.14	0.22	0.60	0.81	0.84	0.59	0.14	0.20			
Other organs	1st year	2.14	2.04	0.15	0.14	0.81	0.71	0.58	0.64	0.15	0.17			
	2nd year	2.08	1.81	0.15	0.14	0.37	0.30	1.03	1.01	0.13	0.16			
	3rd year	2.09	1.80	0.16	0.14	0.44	0.33	0.45	0.40	0.15	0.17			
Insect residues	1st year	10.03	9.97	0.61	0.60	0.91	0.91	0.40	0.39	0.18	0.16			
	2nd year	10.10	10.09	0.78	0.78	0.89	0.89	0.37	0.37	0.16	0.16			
	3rd year	9.44	8.22	0.78	0.62	0.87	0.80	0.44	0.38	0.19	0.16			
Insect feces	1st year	1.42	0.79	0.10	0.07	0.73	0.42	0.80	0.60	0.15	0.18			
	2nd year	1.16	1.22	0.11	0.12	0.54	0.44	1.17	1.22	0.17	0.17			
	3rd year	1.89	1.35	0.11	0.10	0.48	0.47	0.95	1.17	0.16	0.15			

またこの5養分元素の間では、どの組成成分でもチツ素またはカルシウムの含有率をもっとも高く、次いでカリウム、マグネシウム、リンの順で含有率が低くなっていることが多かった。ただし虫の遺体ではカルシウムよりもカリウムの含有率が高く、この順序は多少異なるようであった。またこの順序は隣接したヒノキ人工林で調べた結果⁹⁾とほぼ同様であった。しかし葉、枝、タネに含まれるチツ素、カリウム、カルシウム、マグネシウムの4元素の含有率はヒノキ人工林に比べてかなり高く、特にカリウムは2~3倍も高かったことは注目される。一方、葉、枝に含まれるリンの含有率はヒノキ人工林と大差がなかった。虫の遺体、虫のふんに含まれる各養分元素の含有率はヒノキ人工林で調べた結果と大差はないようであった。なお、以上の含有率を水俣のコジイを主とする常緑広葉樹林と比べると¹⁰⁾¹¹⁾¹³⁾、カリウムがこの調査区でやや高いことを除けば大差はないようであった。同様に芦生やタイ国の落葉広葉樹林と比べると¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾、葉中のチツ素とマグネシウムがこの調査区でやや低い結果を示したが、その他の養分元素では大差はなかった。

なお、表一3にみられるように各組成成分の調査区(T-1区、T-2区)間の養分元素の含有率の相違はほとんどないようであった。

葉リター中の養分元素の含有率は季節的に変化する。

図一1に葉リター中のチツ素含有率の季節変化を示した。これよりチツ素は明らかに季節によって一定の動きをしていることがうかがわれる。すなわち両区ともに3月頃に最高(1.29~1.47

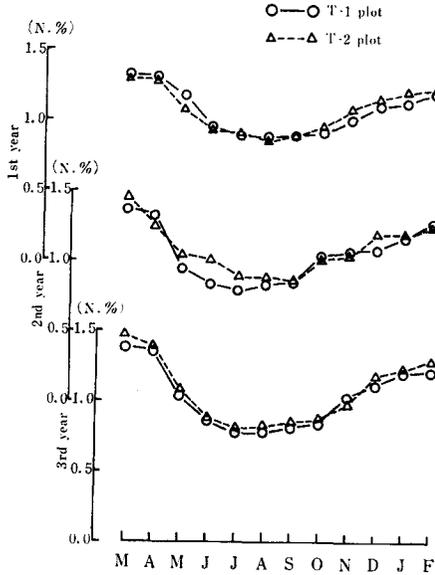


Fig. 1. Seasonal variations of nitrogen concentration in leaf litter.

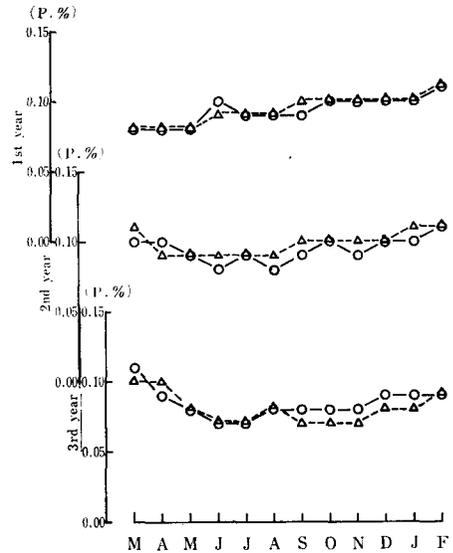


Fig. 2. Seasonal variations of phosphorus concentration in leaf litter.

%)の含有率を示しているが、以後徐々に減少し、7~8月頃に最低(0.77~0.90%)となった後再び増加して元に復する傾向が明瞭に認められた。

図一2より、リンはチツ素に比べれば含有率も低く、また季節変化があるかどうかはかならずしも明らかでなかった。

図一3より、カリウムは1~2月に高く(0.70~1.12%),5~7月に低い(0.24~0.48%)含有率を示すことがやや明瞭に認められた。なお、カリウムについては第1年次の9月10日に採

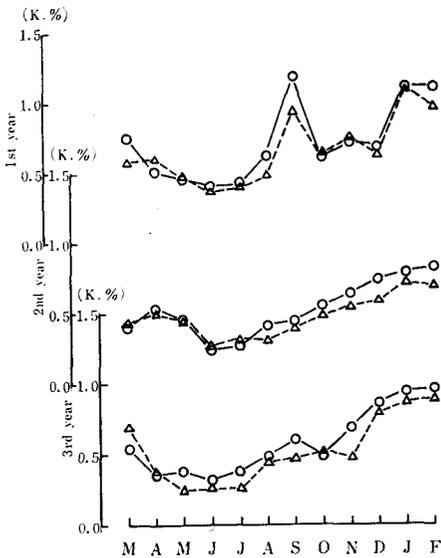


Fig. 3. Seasonal variations of potassium concentration in leaf litter.

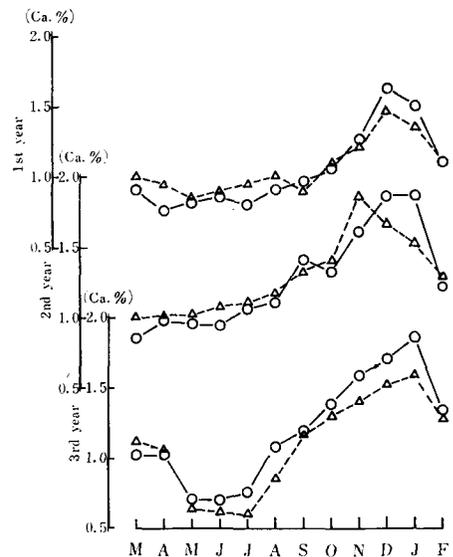


Fig. 4. Seasonal variations of calcium concentration in leaf litter.

取した試料は異常に高い含有率(0.93~1.18%)を示した。これはその前月の8月17日に襲来した台風5号によって生葉が大量に落下したためと思われる。しかしカリウム以外の元素についてはこのために含有率が急激に増加したような形跡は認められなかった。

図-4からカルシウムは12~1月頃に高い(1.34~1.86%)含有率を示すが、2月頃に急減し5~7月頃にもっとも低い(0.61~1.10%)値を示した後、再び徐々に増加して元に復する傾向がみられた。

図-5より、マグネシウムは含有率も低く、季節的な動きの幅も小さいが、2~3月に高く(0.16~0.20%)、5~7月に低い(0.09~0.16%)含有率を示した。

以上にのべた傾向は隣接したヒノキ人工林の葉リターでみられた季節変化とはかなり違っており、またその変化の幅はさらに大きいようであった。

ヒノキの落葉は11月に集中し¹¹⁾、この時の葉リター中のチツ素、リン、カリウムの含有率は比較的lowく、逆にカルシウム、マグネシウムは比較的高かった。

芦生の落葉広葉樹林は秋に全ての葉が落葉するが、葉リター中のチツ素、リン、カリウムの含有率は秋に向かって低下していき、逆にカルシウム、マグネシウムは増加していったといわれる¹⁰⁾¹²⁾。

これらのことは葉リター中の各養分元素の含有率の季節変化はその樹種の葉の成熟、落葉と関連があると考えられる。

この調査区では養分元素毎に多少のズレはあるものの一般的にみて、チツ素、カリウムの2元素は落葉期である5~6月から夏にかけて低いが、11~12月の落葉期にはむしろ以後の冬期に向かって増えていく傾向がみられた。

またカルシウムはヒノキ林や落葉広葉樹林でみられたように11~12月の落葉期に向かって含有率が徐々に高くなる傾向を示したが、春の落葉期に向かってはむしろ逆に低下する傾向を示した。マグネシウムは明瞭でないがカルシウムとやや類似しているといえよう。

以上のようにこの調査区では葉リター中の養分元素の含有率と落葉期との関連は不明瞭であった。この調査区の樹種の構成は常緑広葉樹と主としているものの、他に落葉広葉樹やアカマツが混生していることはさきにも述べた。このために落葉期は種によって違い、質的にもまた表-1に示したように量的にも複雑となる。このことが葉リターの上述の傾向に関係していると思われる。

水俣の照葉樹林での葉リターの養分含有率の季節変化も本調査区と類似しているもので、これら照葉樹林での資料をもう少し累積する必要がある。

葉リター以外の組成は前述したように3カ月分をとりまとめて分析しているので、その季節変化は十分にはわからなかった。

ii) リターフォールによる養分の還元量

リター中に含まれてこの両区の林床へ還元された養分元素の年間量を表-4に示した。この表

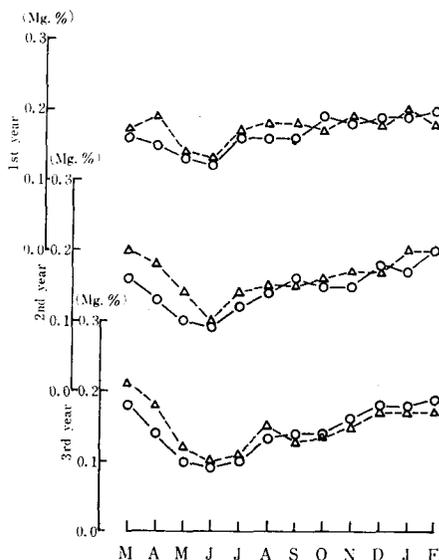


Fig. 5. Seasonal variations of magnesium concentration in leaf litter.

Table 4. Annual amounts of nutrient elements in litterfall.

(g/ha · yr)

Plots	Date of Sampling Nutrient elements	1st year (Feb. 11, '75~Feb. 10, '76)					2nd year (Feb. 11, '76~Feb. 10, '77)					3rd year (Feb. 11, '77~Feb. 10, '78)				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
T-1	Leaves	52,349	4,945	35,400	59,264	8,592	49,556	4,646	26,333	68,339	7,160	55,020	4,606	33,802	70,832	7,957
	Branches and twigs	10,802	1,472	6,294	12,194	1,206	11,866	2,136	2,914	12,488	1,310	5,849	457	2,927	6,697	704
	Barks	249	33	30	221	26	536	156	85	854	50	501	35	54	308	37
	Cones, seeds and fruits	3,675	397	1,877	1,613	346	4,824	705	4,021	4,948	624	1,198	133	576	810	138
	Other organs	15,229	1,086	5,772	4,113	1,077	7,044	518	1,257	3,480	445	7,383	556	1,565	1,593	522
	Insect residues	672	41	61	27	12	3,435	264	301	126	56	802	66	74	37	16
	Insect feces	655	44	338	367	71	2,270	214	1,059	2,302	333	1,093	64	277	552	93
	Total	83,631	8,018	49,772	77,799	11,330	79,531	8,639	35,970	92,537	9,978	71,846	5,917	39,275	80,829	9,467
T-2	Leaves	46,101	4,236	28,838	48,983	7,665	45,871	4,240	20,101	59,679	6,719	47,160	3,500	22,186	49,680	6,517
	Branches and twigs	4,045	437	2,836	2,947	496	4,908	1,049	1,930	5,527	742	5,337	432	1,683	4,838	711
	Barks	167	28	23	199	21	484	96	76	519	57	228	21	23	225	26
	Cones, seeds and fruits	2,108	237	1,576	618	260	7,801	1,205	4,890	6,551	921	2,121	232	835	607	206
	Other organs	11,782	830	4,114	3,698	995	6,109	479	1,021	3,420	535	7,353	558	1,336	1,634	696
	Insect residues	3,737	225	341	148	61	4,500	347	398	167	73	411	31	40	19	8
	Insect feces	2,905	272	1,531	2,214	305	1,922	184	694	1,914	261	1,541	113	530	1,330	176
	Total	70,845	6,265	39,259	58,802	9,803	71,595	7,600	29,110	77,777	9,308	64,151	4,887	26,633	58,333	8,340

より、試験開始から第3年次までの養分の年間還元量はチツ素は64.2~83.6kg/ha・yr, リンは4.9~8.9kg/ha・yr, カリウムは26.6~49.8kg/ha・yr, カルシウムは58.3~92.5kg/ha・yr, マグネシウムは8.3~11.3kg/ha・yrであった。この量はかなり大量であって隣接するヒノキ人工林の結果⁹⁾と比較すると、チツ素は約2倍, リンは約1.7倍, カリウムは約3.5倍, カルシウムは約2.6倍, マグネシウムは約2倍の量が還元されたことになる。このことはリターフォール量そのものがヒノキ人工林に比べてかなり多かったことと, リター中(特に葉, 枝, タネ, その他の植物器官)に含まれた各養分元素の含有率が高かったことが相乗されてきた結果であって, このタブを主とする常緑広葉樹の天然生林のリターによる物質の循環が隣接するヒノキ人工林に比べて大きいことを示している。またこの量をわが国の種々のタイプの森林で調べられた結果¹²⁾¹³⁾¹⁵⁾と比べてもかなり多い方に属していた。

つぎに各養分元素の年間還元量としてはチツ素とカルシウムがもっとも多く, 次いで, カリウム, マグネシウム, リンの順で少なくなっていた。この順序は隣接したヒノキ人工林での結果や, わが国のいろいろなタイプの森林, すなわち針葉樹林, 落葉広葉樹林, 常緑広葉樹林で調べられた結果¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾とほぼ一致しており, またその量的な割合も比較的よく似ていた。

つぎにこの還元された養分量をリターの組成別にみると, どの養分元素も葉による還元がもっとも多かった。たとえばチツ素では全還元量のうちの62~74%, リンは54~78%, カリウムは69~86%, カルシウムは74~87%, マグネシウムは74~84%が葉によって還元されたことになる。次いで枝(5元素について, 5~25%), その他の植物器官(同じく, 2~18%), タネ(同じく, 1~17%), 虫のふん(同じく, 0.5~4%), 虫の遺体(同じく, 0.02~6%), 樹皮(同じく, 0.06~1%)の順で還元量は少なくなっていた。

この順序はさきにもべたリターフォールの各組成別の乾物重によってもっとも大きく影響されていることは勿論であるが, 各組成分毎の平均の含有率に違いがあるので, 全還元量に対する各組成別の割合は乾物量でみられた割合とは多少異なっていた。しかし以上の結果からみて, 葉リターが物質循環上, もっとも重要な役割をになっていることは明白である。なお, 以上にあげた還元量の他にT-1区の第3年次には野鳥のふんが採取され, これによって還元された養分はチツ素518g/ha, リン79g/ha, カリウム86g/ha, カルシウム76g/ha, マグネシウム50g/haであった。きわめて僅かではあるがこのような林地への供給もあったことを付記しておく。

この5養分元素の還元量にみられた季節変化はほぼリターフォール量でみられた季節変化と同じであって, 落葉期である5~6月と11~12月に多くの還元がみられた。しかしチツ素, リン, カリウムの3元素については5~6月の含有率は比較的低い時期にあたっているため乾物量の場合よりも最高と最低の違いが小さくなっていた。カルシウムは落葉量の多い11~12月に含有率もまた高かったため, 乾物量でみられたピークよりはやや高くなっていた。しかし隣接したヒノキ人工林では落葉期である11月にその大部分が集中して還元されたが⁹⁾, この調査区ではこのように極端に集中する時期はなく, 季節による変動はあるがほぼ年間を通じて還元されていた。

つぎにT-1区とT-2区の還元量を比べると, 第1年次から第3年次までを通じていつもT-1区の方がやや多い還元量を示した。これはリターの養分含有率の違いによるというよりもリターフォール量が多かったからであるといえよう。

引用文献

- 1) 上田晋之助・堤利夫: ヒノキ人工林とタブ天然生林のリターフォールについて, 京大演報, 49, 30~40, (1977)

- 2) 京大演習林：演習林気象報告（第8回），79～91，（1977）
- 3) 蒲谷肇・他：常緑広葉樹林，モミ・ツガ天然林，落葉・常緑広葉樹混交林，スギ・ヒノキ壮齡人工林のリター量，房総丘陵清澄山・高宕山地域の自然とその人為による影響（第II報），61～76，（1973）
- 4) 只木良也・香川照雄：森林の生産構造に関する研究（XIII），コジイほか2・3の常緑樹林における落葉枝量の季節変化，日林誌，50，7～13，（1968）
- 5) 小林精・安藤満：コジイ林の落葉量，JIBP PT-水俣，50～55，（1970）
- 6) 桐田博充：照葉樹林の土壌呼吸に関する研究，日生態誌，21，230～244，（1971）
- 7) NISHIOKA, M. and KIRITA, H. : Litterfall, JIBP Synthesis, 18, 231～238, (1978)
- 8) BRUCE HAINES and ROBIN B. FOSTER : Energy flow through litter in a Panamanian forest, J. Ecol. 65, 147～155, (1977)
- 9) 上田晋之助・堤利夫：ヒノキ人工林のリターフォールによる養分の還元について，一施肥と地位との影響一，京大演報，51，84～95，（1979）
- 10) 河原輝彦・堤利夫：Litterfall による養分の還元量について（I），養分含有率の季節変化，京大演報，42，96～102，（1971）
- 11) KATAGIRI, S. , MATUTANI, S. and TSUTSUMI, T. : Mineral cycling, JIBP Synthesis, 18, 276～285, (1978)
- 12) 片桐成夫・堤利夫：森林の物質循環と地位との関係について（I），Litterfall量とその養分量，日林誌，55，83～90，（1973）
- 13) TSUTSUMI, T. : Storage and cycling of mineral nutrients, JIBP Synthesis, 16, 140～162, (1977)
- 14) 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）
- 15) 河原輝彦：Litterfall による養分還元量について（II），有機物量および養分還元量，日林誌，53，231～238，（1971）
- 16) 堤利夫：陸上植物群落の物質生産，Ib，一森林の物質循環一，（北沢右三，他，編，生態学講座，5-b，共立出版），1～60，（1973）

Résumé

The amount of dry matter and nutrient elements such as N, P, K, Ca and Mg of litterfall in the natural evergreen broad leaved forest dominated by *Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc. was measured for three consecutive years at Tokuyama Experimental Forest Station of Kyoto University, located in Tokuyama city, Yamaguchi pref.

Climatic conditions in this site were 15.2°C for mean annual temperature and 2,076 mm for annual precipitation.

Two plots were set up in the studied forest on Feb. 11, 1975. One of them was settled at the upper part of the slope (plot T-1) and the other was at the lower part of the slope (plot T-2).

Machilus thunbergii was the dominant tree in the both plots, however, there was a difference in floristic composition except of *M. thunbergii* among two plots. The mean height of tree in T-2 was slightly higher than in T-1. On the other hand, the density in T-1 was comparatively higher and the total basal area was larger than those in T-2.

The measurement of litterfall with five traps (50×50cm) in each plot was carried out for every month.

Litterfall was separated into leaves, branches and twigs, barks, cone and seeds or fruits, other plant organs (scales, inflorescences, etc.), insect residues and insect feces, and dry weight for each component was measured. Subsequently, the concentrations of N, P, K, Ca and Mg were analyzed for each component.

The results obtained in this study were as follows.

1) In three years measurement the amount of litterfall in the two plots was ranged from 5.78 to 7.79 $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ for total litters and from 4.39 to 5.65 $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ for leaf litter (Table 1 and 2).

2) Litterfall varied seasonally and the monthly amount was high in the late spring (May and June) and the early winter (November and December) (Table 1). While the variation was not remarkable as compared to seasonal variation of litterfall in *Chamaecyparis obtusa* forest and deciduous broad leaved forest.

3) The annual amounts of nutrient elements contained in total litters were 54.2~83.6 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ for N, 4.9~8.9 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ for P, 26.6~49.8 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ for K, 58.3~92.5 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ for Ca and 8.3~11.3 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ for Mg, respectively (Table 4).

They were very high as compared to the results obtained in the adjoined stands of *Chamaecyparis obtusa*. It attained about 2 times for N, 1.7 times for P, 3.5 times for K, 2.6 times for Ca and 2 times for Mg.

4) The concentration of nutrient element in leaf litter varied with season. The concentrations of N and K were low in summer and high in winter. Those of Ca and Mg were low in the late spring and increased gradually, then reached to the maximum in December or January (Fig. 1,2,3,4 and 5).

5) The proportion of leaf litter was highest in the quantity of nutrient element contained in each composition of litterfall, and it became low in the following order: branches and twigs, other plant organs (scales, inflorescences, etc.) , cone and seeds or fruits, insect feces, insect residues and barks (Table 4).