

落葉落枝の分解にともなう養分量の変化

片 桐 成 夫 ・ 千 葉 喬 三 ・ 堤 利 夫

Changes in the Amount of Nutrient Elements in Decomposing Litter

Shigeo KATAGIRI, Kyôzô CHIBA and Toshio TSUTSUMI

目	次
要 旨	106
はじめに	106
1. 実験方法と実験場所	107
2. 結果と考察	108
2-1 落葉落枝の分解にともなう重量減少	108
2-2 分解にともなうリターの養分量	108
2-3 重量減少と養分量変化との関係	108
2-4 雨水によるリターからの養分溶脱量	108
引用文献	114
Résumé	114

要 旨

1. 落葉落枝の分解の速さは同一林分では材料の種類によって異なるであろうとして、滋賀県桐生町のアカマツ林で本実験を行なった。その結果8ヵ月間の重量減少でみた分解速度はヒメヤシャブシ55.8%, アカマツ葉35.8%, 幹16.5%, 枝14.2%, 皮11.7%の順であった。そしてこの分解量を残存率で示すと、それと積算温度とは指数関数を満足する関係が成立した。分解速度は材料によって異っていたが、同時に同一材料の分解の速さも常に一定ではなく分解にともなって徐々に小さくなるようであった。

2. リター中の養分量は分解にともなって一般に減少するが増加するものもあった。その減少の割合を重量減少との関係でみると、材料による違いはあまり見られなかった。そして養分による違いが認められた。リター中の養分は分解に伴って減少し、その養分減少の速さは非常に速いNa, Kと、やや速いMg, Caと遅いP, Nの三つに分けることが出来る。この中でNはリターの分解の速さよりも遅く、Pは同じくらいの速さで減少した。またNa, K, Mg, Caはかなり速く2~3倍の速さで減少した。

3. 雨水による溶脱されやすさは $Na > Mg \geq Ca \geq N \geq P$ の順であり、Kはアカマツ葉でNaに次いで溶脱されやすかった。他の材料ではKは溶脱されやすさが割に小さかったが、これは落葉材料の初期条件の違いが関係しているのであろう。

は じ め に

森林生態系の内部において物質はたえず循環している。第一次生産者である樹体によって生産された有機物は林地に返えされた後、微生物による分解作用をうけて無機化されて、再び植物体の有機物生産に使用されることになる。すなわち落葉落枝として林地に返えされた有機物はバクテリアやカビ

などの微生物や、ミミズ、トビムシなどの小動物によって粉碎され、分解されてゆく、そして分解されたリター中の養分は雨水によって溶脱され、土壤中に送られる。

植物体は自ら生産した有機物を直接利用できないので、この分解による無機化をまって養分を生産に再利用するのである。このように落葉落枝が分解されて、はじめて物質循環の環が閉じるのであり、この分解が森林生態系はもちろん地球上で絶間なく生命が営まれるために必要な前提となるのである。

他方、有機物の分解速度はそれに関与する微生物の種類や量、その環境とくに温度水分条件、土壤、材料の種類によって異なり、しかもこれらの要因はそれぞれ別個のものではなく互いに関係がある。しかし、これまでの落葉落枝の分解に関して数多くの研究が行なわれてきたが、Attiwill¹⁾によって無機成分の減少の割合が調べられているが、分解にともなう無機組成分の量的な変化に関する研究は意外に乏しい。

同一林分内で水分温度条件の等しい条件下で、種類の異なる材料を用いて、その分解にともなう無機組成分の量的な変化について実験した。

1. 実験方法と実験場所

実験を行なったのは滋賀県大津市桐生町、大津営林署管内のアカマツ、ヒノキの混交林分内である。この地域は年平均気温 14.3°C 、年降水量 1600mm である。

材料はアカマツの葉・枝・皮・幹とヒメヤシャブシの葉の5種類を用いた。自然状態で乾燥した材料を 1mm メッシュのナイロンバッグ²⁾(タテ 20cm 、ヨコ 20cm)にアカマツおよびヒメヤシャブシの葉はそれぞれ 10g ずつ、アカマツの枝と皮は 20g ずつ入れた。アカマツの幹については直径 $4\sim 6\text{cm}$ のものを約 5cm の長さに切り、それを1個ずつ入れた。このようなリターバッグを各材料につき48個ずつ、合計240個作った。これらのバッグを表層のリターを取り除き、基盤目に任意に並べた。そして、つぎの各項目について測定を行なった。

- 1) 重量測定：経時的に重量減少の経過を調べるために4週間ごとに、各材料につき10個ずつ重量を測定し、そのうち4個ずつを、実験室へ持ち帰り、それらを用いて含水率および養分含有率の分析を行なった。
- 2) 養分分析：分解にともなってリター中の養分組成がどのように変化するかを調べるために、毎回(4週間に1回)養分の分析を残りのすべてのリターバッグ中から任意に選んだ2個のバッグについて行なった。分析はチッ素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、灰分について、チッ素はケルダール法、リンはモリブデン青法、カリウム、ナトリウムは炎光分析法、カルシウム、マグネシウムは原子吸光分析法で、灰分は強熱減量で行なった。
- 3) 溶脱量の測定：降水によって落葉落枝から溶脱される養分量をとらえるために次のような装置で雨水を集めた。材料はアカマツの葉とヒメヤシャブシの葉は 20g ずつ、アカマツの枝・皮は 30g ずつ、幹については1切片を1個ずつ $20\times 25\text{cm}$ のナイロンバッグに入れた。これを各材料につき7個ずつ作り、このバッグを $22\times 27\text{cm}$ のポリエチレン製の皿に入れ、ビニールホースで水をボトルに導くようにした。ボトルには5個ずつの皿から水を集め、他の2個の皿は水が流れ去るようにした。このボトルには 10l の水が貯えられ、これは約 50mm の降雨に相当する。そこで降雨があれば毎週採水し、これを2週間ごとにまとめて分析することを原則とした。
分析はC.O.D.、全チッ素、アンモニア態チッ素($\text{NH}_4\text{-N}$)、硝酸態チッ素($\text{NO}_3\text{-N}$)、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ナトリウムについて行なった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は比色法—ネスラー試薬法、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はフェノール硫酸法によって行ない、他の分析は(2)と同じ方法で行なった。

以上の測定は(1), (2)については昭和44年5月から12月までの8ヵ月間行ない、(3)については5月23日から12月14日まで30週間にわたって行なった。

2. 結果と考察

2-1 落葉落枝の分解にともなう重量減少

落葉落枝は分解をうけて次第に重量の減少がおこる。従って重量減少は分解速度を比較するための一つの有力な指標となる。そこで重量の変化を4週間ごとに各材料について測定した結果を見ると、平均値でアカマツの葉は 3.15g, ヒメヤシャブシの葉は 4.84g, アカマツの枝は2.47g, アカマツの皮は2.00g の重量が減少した。しかし幹については最初に入れた重量がバッグごとに異なるために減少の絶対量を平均値で表わすことができない。またこのままでは各材料間での比較が出来ないので、最初に入れた重量に対する残存率で分解による重量変化を表わすと、その値にはかなりのバラツキが見られ、最大値は最小値の1.8~4.3倍に達する。この原因として2つが考えられる。一つは各バッグ内の個体差である。これは葉については集めた材料をかきまぜて、均一になるように考慮してバッグに入れたが、枝・皮・幹については採取した材料は leaf litter のように均一化が難しく、各バッグごとの違いは leaf litter より大きいであろうと考えられる。もう一つは測定した重量から絶乾重量を算出するために一定の含水率を掛けたが、バッグごとの含水率の違いによるものであろう。

8ヵ月の間に分解された割合は平均値で、ヒメヤシャブシの葉が55.8%, アカマツの葉が35.8%, アカマツの幹が16.5%, 枝が14.2%, 皮が11.7%の順になった。縦軸に残存率、横軸に時間(月)をとって Fig. 1 にあらわした。測定間の期間は同じであるが各期間の温度条件によって異なり、積算温度(T)とその期間内の分解との間には分解量を原材料に対する残存率(y)の形であらわすと、指数曲線を満足する関係が成立し、 $\log y = a - bT$ (a, b, は定数)の式で与えられる。そこで今回の結果をこれにあてはめると上の関係が大体において満足されているようである。とくにアカマツの枝・皮・幹で各点が直線によく一致している。しかし分解が割合に速いアカマツ、ヒメヤシャブシの葉では、

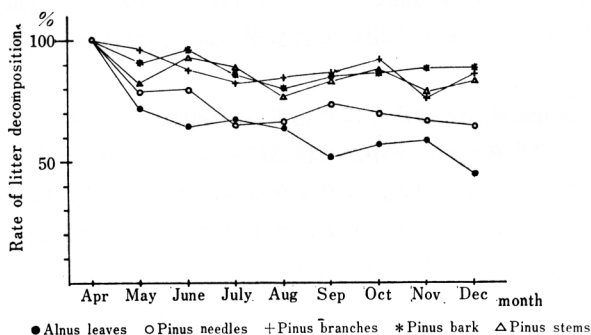


図1 分解にともなう落葉残存率
Fig. 1 Rate of litter decomposition

分解の初期の2~3ヵ月間の分解速度がかなり大きく直線から下にずれてくる。すなわち分解速度は初期に大きく分解にともなって変化し、小さくなる傾向があった。

材料によって分解速度の違いがみられた。これを分解速度の大きい順にならべると、ヒメヤシャブシの葉、アカマツの葉、アカマツの幹・枝・皮の順となった。これらのうち葉について、堤・岡林(1961)の結果と比較してみるとヒメヤシャブシはミズナラよりも分

解が遅く、ブナよりも速かった。またアカマツはブナと同じぐらいの速さであった。K. L. Bocockらによると oak は8ヵ月で30%, 1年で50%分解し ash は8ヵ月で50%, 1年で80%分解した。また Thomas によるとテダマツは8ヵ月で30%, 1年で40%が分解した。一般にリターの分解の速さは葉では落葉樹は常緑樹より、広葉樹は針葉樹より速いと考えられる。ただし、同一樹種でも立地条件によって分解速度は一定しないことを考慮しておくことが必要である。また枝や皮や幹は葉に比べると分解はかなり遅く、この場合アカマツの葉の8ヵ月間の分解率を100とすると、ついで分解の

速い幹でも 46.0 で、枝は 39.7、皮は 32.7 であった。

分解速度と養分組成との関係を見ると葉では N の多いヒメヤシャブシの方が速かった。N の含有率が分解速度の決定に大きな役割をもっており、とくに C/N 比が分解速度と関係のあることは知られており、N の含有率の違いが分解速度に関係していた一つの要因であるとみてよい。また、ヒメヤシャブシは N だけでなく P, Ca, Mg でもアカマツより含有率が大きかった。枝・皮・幹では分解の速い葉に比べて N も少なく他の無機組成も小さかった。またこの三者の中では N の多い皮の分解が遅かったが、これは幹や枝がセルロースを主体とする木質に富んでいるのに対して、皮は保護組織のため分解をうけにくいスベリン等が多いためと考えられる。

落葉落枝の分解の研究は葉でも 1～2 年、枝・皮・幹などについては 2～3 年の継続が必要であろう。また測定の間隔もある程度長い間隔にする方がよいと考えられる。

2-2 分解にともなうリターの養分量の変化

分解にともなう養分量の変化を考えるために各材料について分析を行なった結果を含有率で Table

Table 1 The nutrient content in decomposing litter (%)

	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Pinus densiflora</i> needles									
N	0.48	0.55	0.53	0.50	0.53	0.64	0.84	0.64	0.65
P	0.019	0.017	0.011	0.021	0.023	0.019	0.019	0.018	0.028
K	0.14	0.10	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.08
Ca	0.80	0.57	0.81	0.62	0.55	0.70	0.62	0.75	0.66
Mg	0.080	0.061	0.057	0.054	0.045	0.048	0.043	0.062	0.055
Na	0.026	0.014	0.011	0.017	0.020	0.012	0.007	0.025	0.028
<i>Alnus pendula</i> leaves									
N	2.21	2.40	2.37	2.34	2.54	2.76	2.73	2.69	2.78
P	0.070	0.066	0.063	0.062	0.070	0.070	0.074	0.062	0.078
K	0.11	0.10	0.07	0.10	0.12	0.08	0.08	0.07	0.10
Ca	1.15	1.04	1.26	0.84	0.79	1.15	1.04	0.79	1.19
Mg	0.223	0.204	0.156	0.151	0.141	0.170	0.135	0.106	0.145
Na	0.027	0.016	0.017	0.021	0.020	0.013	0.015	0.021	0.035
<i>Pinus densiflora</i> branches									
N	0.20	0.34	0.37	0.25	0.39	0.48	0.40	0.37	0.49
P	0.025	0.023	0.020	0.022	0.027	0.034	0.024	0.017	0.028
K	0.08	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.06
Ca	0.29	0.38	0.39	0.53	0.57	0.51	0.38	0.38	0.71
Mg	0.034	0.029	0.013	0.023	0.019	0.061	0.030	0.032	0.035
Na	0.021	0.010	0.009	0.014	0.011	0.009	0.010	0.017	0.025
<i>Pinus densiflora</i> bark									
N	0.27	0.28	0.17	0.23	0.20	0.27	0.27	0.24	0.23
P	0.016	0.011	0.009	0.016	0.013	0.012	0.009	0.010	0.011
K	0.06	0.02	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
Ca	0.44	0.61	0.63	0.32	0.65	0.31	0.64	0.41	0.49
Mg	0.024	0.021	0.024	0.023	0.023	0.022	0.023	0.022	0.032
Na	0.023	0.010	0.015	0.029	0.019	0.012	0.015	0.016	0.030
<i>Pinus densiflora</i> stems									
N	0.12	0.08	0.08	0.08	0.10	0.16	0.13	0.13	0.11
P	0.011	0.008	0.006	0.009	0.010	0.008	0.006	0.005	0.007
K	0.10	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02	0.02	0.04
Ca	0.25	0.15	0.23	0.17	0.20	0.21	0.22	0.22	0.44
Mg	0.032	0.019	0.024	0.030	0.017	0.021	0.028	0.017	0.048
Na	0.023	0.010	0.009	0.016	0.022	0.011	0.009	0.015	0.021

1に示した。これを見ると含有率は各材料とも N, Ca が高く, P, Na が低かった。そして分解にともなっておこるNおよび無機養分の量的な変化もまた物質によって様でない。まず各材料について養分濃度の変化を見ると, アカマツの葉では K, Mg は濃度が小さくなった。Ca はかなり変動があるが全体として減少の傾向が見られた。P と Na はほとんど変わらず, P がごくわずかに高くなった程度である。これに対しチッ素の濃度は明らかに高くなった。ヒメヤシャブシの葉では Mg と K はアカマツの場合と同様に濃度は低くなった。また Na と P はほぼ一定であり, チッ素の濃度は増加した。しかし Ca は変動がかなり大きくほぼ一定か, やや低下している程度であった。ところがアカマツの枝・皮・幹では K の濃度が小さくなっただけであった。Mg, Na, P はほぼ一定であった。Ca は幹で12月を除いて減少したが枝・皮では一定か増加した。また N は枝で増加し, 皮でやや低下し, 幹ではほぼ一定であった。全体を通してみれば, K, P, Na で材料に関係なく K が減少し P, Na が一定の傾向が見られた。しかし Mg は葉で減少し, 他のものではほぼ一定であった。Ca も枝で大きくなったほかは一定であった。これに対して N は分解にともなって大きくなり, 皮・幹ではほぼ一定であった。

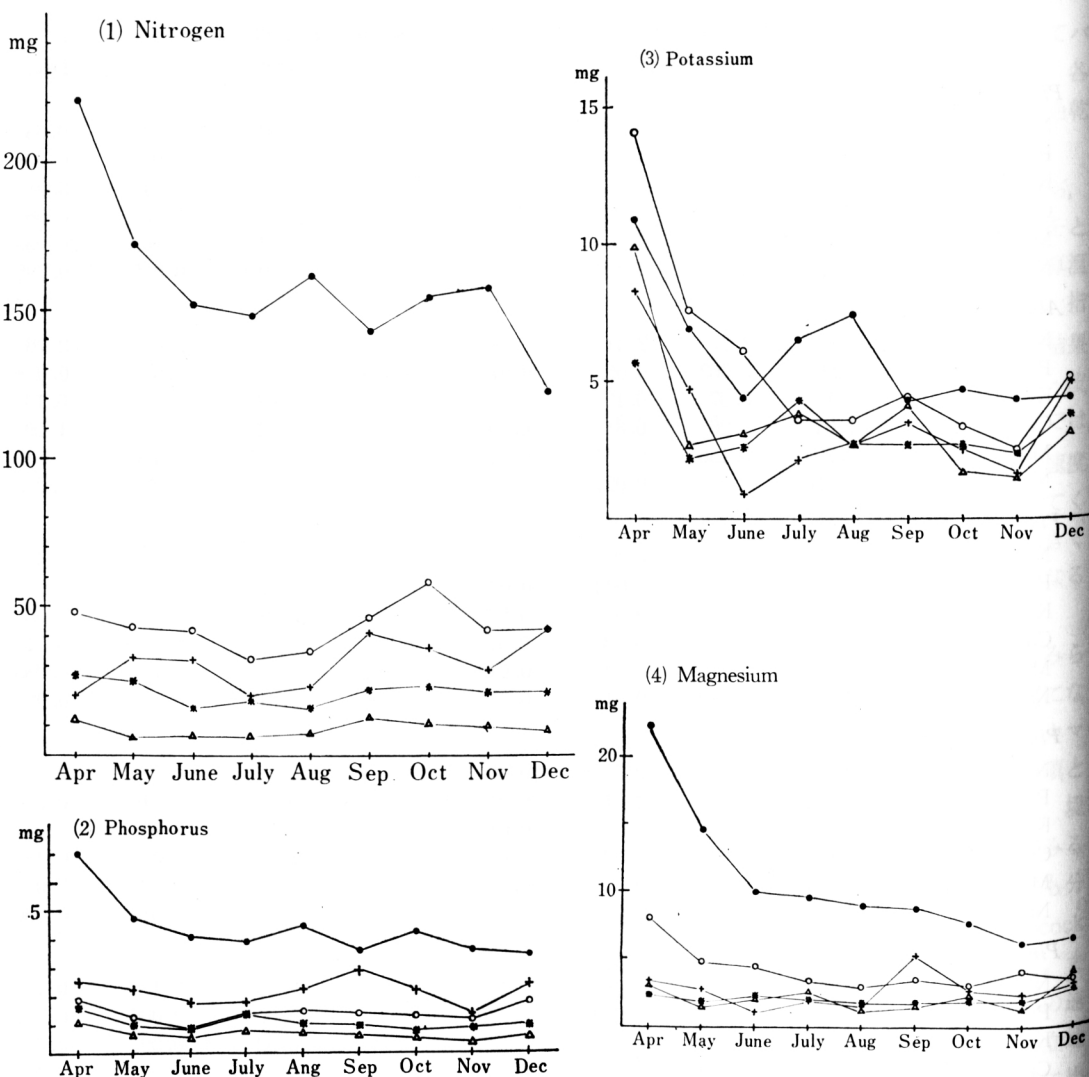


図2 リター中の養分量の月別変化 (原材料10gにつき)
Fig. 2 Monthly nutrient changes in decomposing litter (per original 10g)

以上の傾向は濃度の変化であるから、この傾向はリター中の養分量の分解にともなう量的な増減の傾向とは必ずしも一致しない。そこで養分含有率と重量の変化とから求めた材料10g当りの養分の絶対量を2, 3について図示したものがFig. 2である。これを見るとアカマツの葉ではCa, K, Mgで最初の2ヵ月に半分になった。Naは少し減ったが、Pはほとんど変化がなかった。またNはわずかずつではあるが減少した。ヒメヤシャブシではNが220mgから120mgになった。またCa, K, Mgはアカマツと同様に最初の2ヵ月で半分以上が減少した。またPもこの場合は半分になった。

アカマツの枝・皮・幹の三種類はbagごとの初期条件の違いを反映して重量減少そのものにバラツキが大きい。えに養分含有率のbagごとの違いもleaf litterの場合より大きいと考えられるので養分量の変化もその影響が現われてバラツキが大きい。そのために細かい事は言えないが全体の傾向として見ると、Kが減少したことだけは明らかである。Mgはほぼ一定で、Pがやや減少している。Naは初めのうちは減少したが後に増加している。これらは三つについて共通な傾向であり、Caは枝で増え、幹と皮ではほぼ一定であった。またNは枝で増加し、皮と幹で一定であった。

そこでこれを各元素について最初の量を100とした残存率であらわすと、アカマツの葉では残存率の大きかったものから順に $N > P > Ca > Mg > K$ となり、ヒメヤシャブシでは $N > P > Ca > K > Mg$ の順となった。言いかえれば、各元素を相対的に比較すればK, Mgが減りやすく、Ca, Pの順となりNが最も減りにくいことになる。Attiwillが*Eucalyptus obliquus*で行なった結果によると養分の減少量は100gにつきCaが60mg, Naが56mg, Nが52mg, Mgが45mg, Pが1mgとなっている。そして残存率にしてみると多いものから $P > Ca > Mg > K > Na$ の順になった。本実験でも実験の初期にNaが減りやすい傾向があらわれているが、しかし明瞭ではなかった。またヒメヤシャブシではKよりもMgの方が減少しやすかった。このようにNa, Kの減少が本実験であらわれにくい場合があった。これは材料を4月に採集したのでKやNaは落葉してから採集するまでの間に減少してしまったということが関係しているものとみられ、Na, Kの減少が*Eucalyptus*の葉より、アカマツやヒメヤシャブシの落葉で減少しにくいということを示すものではないであろう。Carlisleによると落葉の養分含有率は落葉期の終りまで林地にほっておくと、落葉期間中に毎週集めた場合よりも小さくなり、とくにKではこの傾向が著しいと述べている。

またアカマツの枝・皮・幹では葉の場合に比べてバラツキが大きい傾向として見ると枝ではK, Naが減少しやすくMg, Pは減少の割合が小さい。一方Ca, Nは前にも述べたように増加している。皮ではCaはほとんど減少がみられない。 $Mg \geq N > P > K$ の順になるようである。また幹では $N > Ca > Mg > P > Na > K$ の順となる。これらの場合でもおおそK, Naが最も減少がはやくP, Mgは少なくNでは増加する場合さえあるという傾向がみられる。ただしCaの変化の度合いがleaf litterに比して幾分小さく、ほとんど変化がみられないこと、従ってPとMgやCaとの順位がleaf litterの場合より概して逆であることなどの違いがみられる。しかし、初期条件としての養分含有率にleaf litterとの間に違いがあり、また分解速度そのものにもleaf litterとの間に大きな違いがあるので葉と幹・枝・皮という材料の特性による違いであるかどうかは明らかではない。

2-3 重量減少と養分量変化との関係

分解量と養分の減少の割合とは密接な関係があるはずである。そこで両者の関係について少し考えて見よう。

まず分解の速さに対してリター中の養分がどんな速度で減少していくかを材料の分解率と養分減少率とで、アカマツ、ヒメヤシャブシ両種の葉について表わしたものがFig. 3である。これを見るとかなりのバラツキはあるが、ほぼ一定の傾向が見られる。しかし枝・皮・幹ではどの元素が分解にともなって減少しやすいかという定性的な判断しか下せない。Fig. 3からわかるようにアカマツの場合もヒメヤシャブシの場合も各元素をグループに区別することが出来る。この図で1:1の線よりも下に

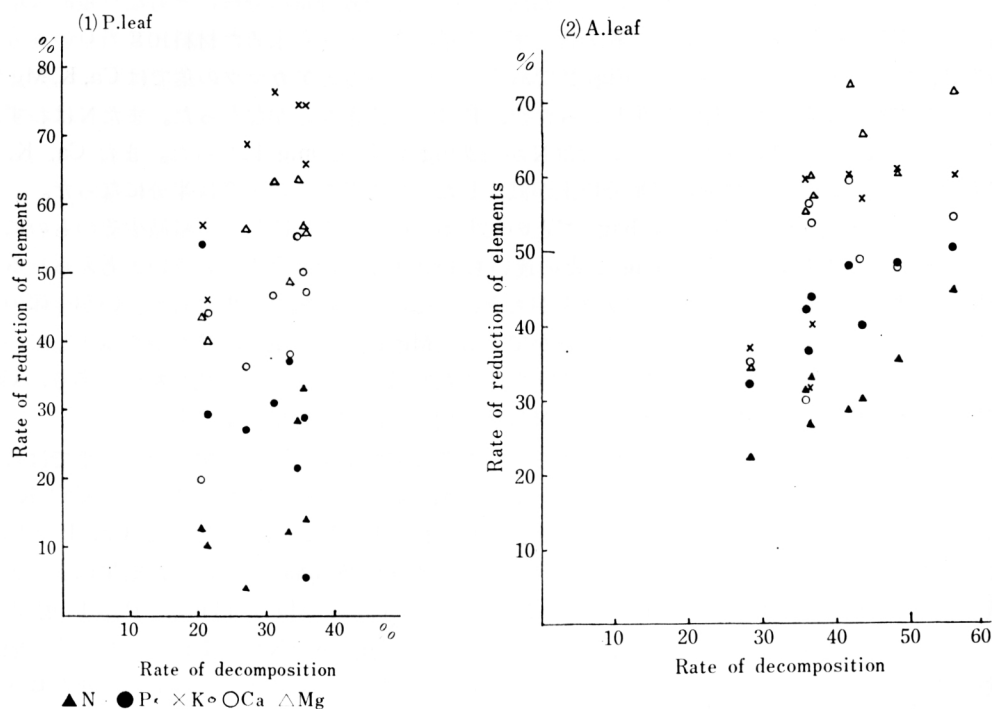


図3 リターの分解と養分減少との関係

Fig. 3 Relation between decomposition and reduction of nutrients

くれば重量減少が養分減少よりも速いことを示す。Nは明らかに重量減少の速さより養分減少の方が小さいのである。したがって分解にともなってNの含有率が高くなるのであり、これはTable 1にあらわれている。Pはほぼ1:1の線にのり、重量減少と養分減少はほぼ同じ速さである。このことはPの含有率が分解につれてあまり変化しなかったことと対応している。これに対してK, Ca, Mgは1:1の線より上に来る。とくにMg, Kは養分減少が速いことを示している。

分解率と養分減少率との関係においてリターが100%分解すれば養分減少率も100%になるとすれば、養分減少の速いものは上に凸なカーブを描き、養分減少の遅いものは下に凸なカーブとなると考えられる。しかし分解の前半においては分解率と養分減少率が直線で近似できると仮定すると、分解率 x と養分減少率 y との関係は $y=ax$ となる。これをアカマツとヒメヤシャブシの葉について求めると次のようになる。

	Pinus leaf	Alnus leaf
N	$y=0.43x$	$y=0.72x$
P	$y=1.04x$	$y=1.14x$
Ca	$y=1.37x$	$y=1.21x$
Mg	$y=1.80x$	$y=1.59x$
K	$y=2.36x$	$y=1.29x$

この両者の値を比較すると、P, Ca, Mgではアカマツ、ヒメヤシャブシともに a の値はほぼ等しい。すなわち両者は材料の性質によって分解の速さは違うが、分解にともなうP, Ca, Mgの減少は同じようにおこる。Kではヒメヤシャブシの方が a の値は小さい。これは前でも述べたように、ヒメヤシャブシで材料を集めるまでの減少が大きかったということによっていのであろう。従ってK

については改めて実験をやりなおす必要があるが、少くとも P, Ca, Mg では材料が異なっても分解にともなう養分減少の割合は変わらず、おおよそ分解量に比例しているといえる。

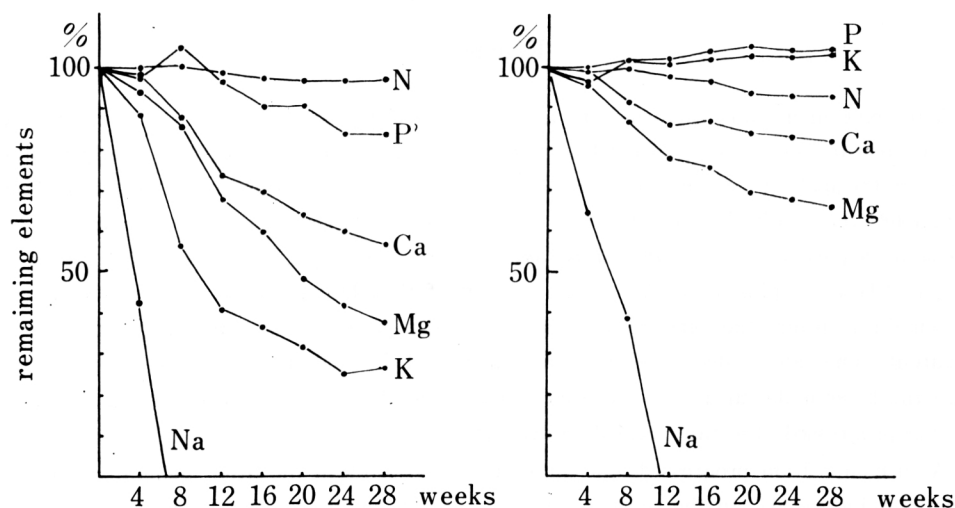
N についてみるとアカマツの場合の方が a の値が小さい。N の場合には材料によって異なる初期含有率の違いで分解にともなう含有率の変化傾向が異なることが予想される。すなわち、C/N が大きいものでは分解初期に N の減少がおこらず、逆に増加する場合さえ報告されている⁸⁾のに対し、C/N が小さければ当初より減少がおこりうるということが予想できる。すなわち最初に増加するもの、最初ほとんど変わらないもの、最初から減る場合があるとすれば減少の出発点が異なるために材料による違いが生ずることが考えられよう。

アカマツの枝・皮・幹では分解がおそいうえにバラツキが大きくて分解率と養分減少率との間には明らかな関係を認めることが出来なかった。

2-4 雨水によるリターからの養分溶脱量

分解に伴って可溶態になった養分はおそらく雨水によって溶脱され、土壤中へ移行していくものと考えられる。有機物についても呼吸によって直接大気へ還元されるもののほかに水溶性有機物として溶脱によって土壤へ移行するものがあると考えられる。

雨水による養分の溶脱量を第1章で述べた方法で集めた水を分析することによって求めた。林内雨はそれ自身さまざまな物質を含んでいるから、リターから溶脱した分を求めるには林内雨のもつ養分量を差し引いておく必要がある。そこで同じ実験場所⁹⁾で西村武二氏の測定した林内雨の養分量を差し引いて計算を行ない、養分の溶脱されやすさを比較するために最初の材料の養分量を 100 として溶脱による各時点での残存量を示すと Fig. 4 になる。これではアカマツの葉の中の養分は $K > Mg > Ca > P > N$ の順で雨水によって溶脱された。ヒメヤシブシの葉では Mg が最もよく溶脱され K がほとんど溶脱されなかった。アカマツの枝と皮では Ca, Mg が溶脱されやすかった。また幹では Na が最もぬけやすく $Na > Mg \geq Ca > K > P > N$ の順であったが、K は 12 週間までは Na の次に溶脱されやすかった。Na は幹を除いては 12 週間までにリター中のものは全て溶脱されたことになった。そしてその後も Na の溶脱¹⁰⁾があったが、これは皿の上に落ちた葉から溶脱された養分が含まれたためであると考えられる。Nykvist によれば無機物に関しては K が最も水に溶けやすく P, Ca, N の順でこれに続くとしている。



(1) Pinus needles

図4 溶脱による養分の減少

(2) Alnus leaves

Fig. 4 Nutrient reduction by leaching

総括すると Na が特に溶脱されやすく、Mg, Ca が次に溶脱されやすく、P, N は溶脱されにくい

と三つに区別することが出来る。またKはアカマツの葉を除いて溶脱量が小さかったが Nykvist¹⁰⁾ や Attiwill¹⁾らの結果から見ても、本実験結果でアカマツ落葉以外のもので溶脱量が小さかったのは前にものべたように最初の条件の違いによるものと考えられる。このように考えるとKはNaと同様に特に溶脱されやすいと言えるであろう。

これを分解にともなう養分の残存量と溶脱量と測定した二通りの方法による結果と対照すると、アカマツの葉ではK, Mg, Caは大体一致した。しかしN, Pは溶脱量がかなり小さい値を示した。また他の材料では全体に溶脱量の方が小さかったが、これは皿の上においたリターの分解が地上においたものに比べて遅かったことによる。また養分の定性的な減少のしやすさはNa, Kが減少しやすく、N, Pが減少しにくいというように大体共通しているようである。

引用文献

- 1) Attiwill P. M. : The loss of elements from decomposing litter, *Ecol.*, **49**, 142~145, (1968)
- 2) 堤 利夫ほか：林木落葉の分解に及ぼす温度の影響について，*生理生態*, **8** (2), (1959)
- 3) 堤 利夫ほか：林木落葉の分解について(II)，*京大演報*, **33**, 187~198, (1961)
- 4) Bocock K. L. et al. : Changes in leaf litter when placed on the surface of soils with contrasting humus types. (I) Losses in dry weight of oak and ash leaf litter, *J. Soil Sci.*, **11**, 1~9, (1960)
- 5) Thomas W. A. : Decomposition of loblolly pine needles with and without addition of dogwood leaves, *Ecol.*, **49**, 568~571, (1968)
- 6) 堤 利夫：林木落葉の分解について，*京大演報*, **26**, 59~87, (1954)
- 7) Carisle A. et al. : Litter fall, leaf production and the effects of defoliation by *Tortrix viridana* in sessile oak woodland, *J. Ecol.*, **54**, 65~85, (1966)
- 8) Gilbert o. et al. : Changes in leaf litter when placed on the surface of soils with contrasting humus types (II) Changes in the nitrogen content of oak and ash leaf litter, *J. Soil Sci.*, **11**, 10~19, (1960)
- 9) 西村武二：未発表。
- 10) Nykvist N. : Leaching and decomposition of litter (I) Experiments on leaf litter of *Fraxinus excelsior*, (II) Experiments on needle litter of *Pinus silvestris*, *Oikos*, **10**, 190~211, 212~224, (1959)

Résumé

1. This experiment was performed in a pine (*Pinus densiflora*) stand at Kiryu in Ōtsu City in Shiga Prefecture on the supposition that the rate of decomposition of litter would be due to differences in the make-up in the same stand. In an eight-month study from April 23 to December 14 in 1968, the results showed that the rate of decomposition of dry matter was 55.8% in *Alnus pendula* leaves, 35.8% in *Pinus densiflora* needles, 16.5% in pine stems, 14.2% in pine branches, and 11.7% in pine bark. When the amount of this decomposition was calculated by the rate of remaining litter, the exponential relation between accumulated temperature and the rate was apparent. The rate of decomposition was influenced by the difference of litter make-up. Although the litter make-up may have been similar, the decomposition rate varied. As the decomposition progressed, the rate seemed to decrease.

2. As decomposition progressed, the amounts of nutrients in the litter generally decreased, but sometimes increased. In the relation between the rate of loss of the nutrient elements and the loss of dry matter, the make-up did not seem to be significant. The rates differed according to the nutrient elements. As the litter decomposed, the nutrients contained therein decreased and these elements may be separated into three groups on the basis of rates of loss during decom-

position; (1) decomposing very fast, sodium and potassium; (2) decomposing fast, magnesium and calcium; and (3) decomposing slowly, phosphorus and nitrogen. The loss of nitrogen occurred more slowly than the loss of dry matter, and the loss of phosphorus was at the same rate as the dry matter. Sodium, potassium, magnesium and calcium decreased at rates twice or three times as fast as the dry matter.

3. The nutrient elements were leached in the following order of speed $\text{Na} > \text{Mg} \geq \text{Ca} > \text{N} \geq \text{P}$. In *pinus densiflora* needles potassium was leached at a rate after sodium. In other litter make-up, potassium was not leached at this rate, but this may be due to differences in conditions, make-up, decomposition and other factors inherent at the beginning of the investigation.