

落葉の分解にともなう有機物組成の変化について*

片 桐 成 夫 ・ 堤 利 夫

Changes on the Organic Constituents in Decomposing Litter.

Shigeo KATAGIRI and Toshio TSUTSUMI

目	次
要 旨	186
はじめに	186
実験場所と実験方法	187
結果と考察	187
1. リターバッグ内での落葉の分解 にともなう有機物組成の変化に	186
2. A ₀ 層の分解にともなう有機物組成の変化について	186
引用文献	191
Résumé	192

要 旨

A₀ 層の有機物組成の季節的な変化を調べた。分解にともなう組成の変化を明らかにするためにアカマツおよびヒメヤシャブシを用いてリターバッグで分解させた。そして、ブナ、アカマツ、ヒノキの3林分のLおよびF層を季節ごとに集めて分析した。

1. 有機物組成の減少の速さはアカマツ、ヒメヤシャブシともに分解の速さに関係なく、組成によって異なった。水溶性物質、エーテル・アルコール抽出物が最も速く減少し、ヘミセルローズ、セルローズがこれに次いで減少した。しかし粗蛋白質やリグニンは減少しにくく、分解にともなって含有率が増加した。

2. ブナ林では、L層の組成が季節の進行とともに徐々にF層の組成に近づいた。またアカマツ林では組成の変化は複雑で、夏の初めに、組成が増加し、その後はF層の組成に近づいた。ヒノキ林では明らかな季節変化はみられなかった。

F層については、有機物組成はどの林分でも明らかな季節による変化はみられなかった。

A₀ 層の有機物組成の季節変化は各林分によって異なった型をしめし、これは各林分のリターの分解の進行と落葉量の季節的配分に対応するようである。

は じ め に

森林生態系の内部ではたえず物質の循環がくりかえされている。その中で落葉として土壤に供給された有機物は、土壤中に住む微小動物やカビ、バクテリアなどの微生物によって分解をうけ、質的および量的な変化をするというように、分解の過程が物質の循環の一つの重要な役割を果たしている。

落葉の分解にともなう性質の変化は温度、水分などの環境条件や落葉の種類、その構造的ない

* Contributions from JIBP-PT No. 117

し化学的性質などによって一様ではないであろう。

これまで落葉の分解にともなう有機物組成の変化について多くの研究がなされてきた。しかし、それらは実験的にコントロールされた条件のもとで分解させられたものが多く、全くの自然状態のままでの分解についてなされたものとは言いがたい。そこで森林内の A_0 層を定期的にサンプリングすることによって自然状態での分解にともなう有機物組成の変化を調べ、コントロールされた条件での各組成の減少のしやすさをみるために、リターバッグを用いて落葉を分解させて、それにともなう有機物組成の変化を調べた。

実験場所と実験方法

リターバッグを用いた分解は滋賀県大津市桐生町のヒノキ、アカマツの混交林分内に 20×20 cm のナイロン製のメッシュバッグに、材料としてアカマツおよびヒメヤシャブシ落葉を風乾で 10 g ずつ入れ、両種とも 48 個ずつを 1968 年 4 月に設定した。これを 1969 年 5 月、1970 年 9 月、1971 年 8 月に重量を測定し、その一部について有機物組成を分析した。

自然状態での分解は、京大芦生演習林内のブナ天然林、京大上賀茂試験地内のアカマツ人工林および滋賀県蒲生郡日野町綿向山のヒノキ人工林の 3 林分で行なった。

芦生ブナ林は 1969 年 11 月を最初に、1970 年 7 月、9 月、11 月に、上賀茂アカマツ林と日野ヒノキ林は 1970 年 3 月を最初に同年 6 月、9 月、11 月に調査を行なった。

その方法は A_0 層を L 層と F 層とに分けて、それぞれ 25×25 cm の方形を 5 個ずつとり、重量を測定した。そしてその一部について有機物組成を分析した。

分析方法については Waksman の方法¹⁾に準じて行ない、有機物組成をエーテル・アルコール抽出物、水溶性物質、ヘミセルローズ、セルローズ、リグニン、粗蛋白質の 6 つの組成に分けた。また炭素およびチッ素については柳本 MT-500 型 C-N コーダーを用いて定量した。

結果と考察

落葉が分解する過程において、落葉を構成する組成は無機物であれ、有機物であれ、それぞれ異なった速さで減少すると考えられる。無機養分では Na や K が速く、N の減少が遅いことはすでに報告した通りである²⁾。有機物組成は一般にセルローズやヘミセルローズが分解されやすく、リグニンや粗蛋白質は減少しにくいと考えられている。そこでリターバッグ内での分解と A_0 層の分解にともなう有機物組成の変化についての結果をまとめてみた。

1. リターバッグ内での落葉の分解にともなう有機物組成の変化について

アカマツ落葉とヒメヤシャブシ落葉をリターバッグ内で分解させた結果、アカマツは 40 カ月で 44% 分解し、ヒメヤシャブシの 52 % にくらべて分解がおそかった。その有機物組成の含有率は Table 1 に示した通りである。

含有率はエーテル・アルコール抽出物や水溶性物質で分解にともなって小さくなり、他の組成では大体一定になっているようである。

落葉の分解率と各組成の減少率との関係を Fig. 1 に示した。これをみるとアカマツ落葉ではセルローズ、ヘミセルローズ、水溶性物質の減少が速く、リグニン、粗蛋白質がこれに次いで減少している。しかしエーテル・アルコール抽出物はヒメヤシャブシ落葉と異なり、かなり減少しにくく勾配は 1 よりも小さくなった。これはエーテル・アルコール抽出物が樹脂類やロウ質物を含むもので³⁾、これらの物質が分解をうけにくいために、エーテル・アルコール抽出物の含有率の高

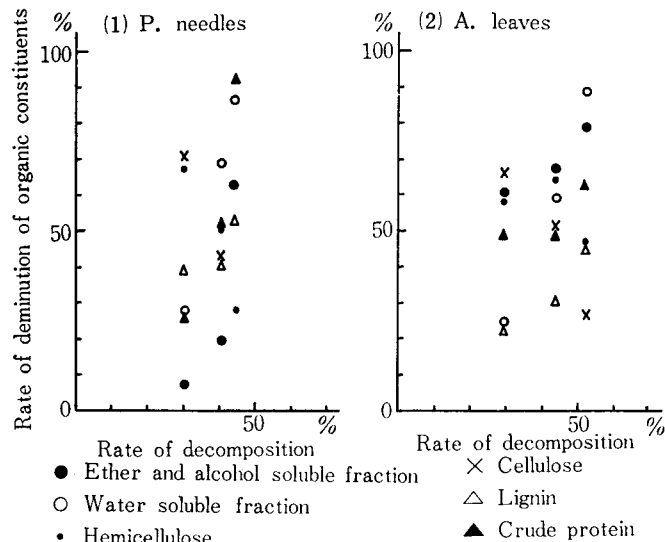


Fig. 1. Relation between decomposition and deminution of organic constituents

に次いで減少している。リグニンはかなり減少しにくく、分解にともなってリグニン様物質が増加して増加することさえある。堤はスギでは分解の初期に絶対量の増加する場合さえ報告している。また粗蛋白質も分解にともなって減少しにくかったが、堤⁴⁾はスギで分解の初期に増加することもあると述べている。しかしエーテル・アルコール抽出物のようにかなり分解しやすい組成で樹種による差がみられ、広葉樹であるヒメヤシャブシの方が速く減少し、粗蛋白質やリグニンのように減少しにくい組成では針葉樹で大きく減少のおくることがある。

い針葉樹ではその分解がおそく
なると考えられる。大政⁵⁾も針
葉樹のエーテル・アルコール抽
出物の分解がおくると述べて
いる。

ヒメヤシャブシ落葉ではエー
テル・アルコール抽出物、ヘミ
セルローズがかなり速く減少
し、セルローズ、水溶性物質が
これに次いで減少しやすい。し
かし、粗蛋白質やリグニンはか
なり減少しにくかった。

このように分解にともなう有
機物組成は樹種に関係なく、エ
ーテル・アルコール抽出物、水
溶性物質が減少しやすく、ヘミ
セルローズ、セルローズがこれ

Table 1. Chemical composition of litter. (%)

	<i>Pinus densiflora</i> needles				<i>Alnus pendula</i> leaves			
	1968 Apr.	1969 May	1970 Sep.	1971 Aug.	1968 Apr.	1969 May	1970 Sep.	1971 Aug.
Ether and alcohol soluble fraction	14.05	18.60	17.96	9.16	9.85	5.53	5.59	4.26
Water soluble fraction	10.68	11.04	5.57	2.51	9.87	10.53	7.22	2.23
Hemicellulose	1.61	0.75	1.34	2.04	1.77	1.03	1.10	1.96
Cellulose	2.56	1.07	2.44	6.04	2.11	1.02	1.81	3.22
Lignin	51.78	45.01	51.31	42.63	57.93	63.56	71.30	45.26
Crude protein	4.54	4.77	3.66	0.57	1.75	1.26	1.57	1.98
Total	90.68	87.40	83.93	66.24	87.79	84.51	92.65	65.46
Decomposition rate	—	30.1	40.4	44.1	—	29.5	43.9	52.2

2. A₀ 層の分解にともなう有機物組成の変化について

前節の結果からもわかるように、リターとして土壤に還元された落葉はしだいに分解をうけて減少し、その有機物組成も分解にともなって変化していく。そして各組成の減少の速さはそれぞれ異なり、水溶性物質やエーテル・アルコール抽出物は速く、セルローズ、ヘミセルローズがこれに次いで速い。そしてリグニンや粗蛋白質はかなり減少しにくい。そこでこの傾向を用いて自然状態における A₀ 層の組成変化を考えてみよう。同一林分内では A₀ 層が均一なものであると考えて、ブナ林、ヒノキ林およびアカマツ林について L 層と分解の過程のより進んだ状態である

F層の有機物組成の季節にともなう変化を調べた。

Table 2 Chemical composition of L and F layer (%)

	L layer				F layer			
1. Kamigamo (<i>Pinus densiflora</i>)	Mar.	Jun.	Sep.	Nov.	Mar.	Jun.	Sep.	Nov.
Ether and alcohol soluble fraction	15.15	23.18	13.75	11.53	8.10	9.74	9.63	10.66
Water soluble fraction	5.24	9.15	10.69	7.67	3.34	8.13	8.09	5.92
Hemicellulose	1.68	1.69	1.75	1.29	0.89	1.75	1.63	1.24
Cellulose	1.28	2.54	0.86	0.58	1.04	2.32	0.77	0.54
Lignin	65.67	54.03	48.88	64.92	41.79	59.40	50.71	57.47
Crude protein	1.73	2.03	2.28	1.18	1.64	2.40	2.75	2.77
Total	95.00	92.53	78.19	87.15	65.13	83.74	73.58	78.61
2. Hino (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	Mar.	Jun.	Sep.	Nov.	Mar.	Jun.	Sep.	Nov.
Ether and alcohol soluble fraction	7.02	6.66	7.42	10.05	7.35	3.43	3.52	5.56
Water soluble fraction	8.93	6.71	8.27	7.83	7.51	4.71	4.76	6.56
Hemicellulose	1.73	1.75	1.73	1.30	1.64	1.59	1.15	1.16
Cellulose	1.06	2.35	0.79	0.65	0.46	1.58	0.44	0.48
Lignin	73.75	60.60	63.92	55.90	63.73	61.38	44.96	57.65
Crude protein	1.58	1.96	2.03	3.50	2.50	2.35	2.13	3.62
Total	94.08	80.02	84.15	79.24	83.18	84.67	56.97	75.04
3. Ashu (<i>Fagus crenata</i>)	Nov.	Jul.	Sep.	Nov.	Nov.	Jul.	Sep.	Nov.
Ether and alcohol soluble fraction	14.00	6.13	5.41	4.06	3.78	3.70	4.55	3.64
Water soluble fraction	16.41	13.28	13.53	8.16	4.77	6.56	7.65	5.58
Hemicellulose	3.31	2.69	1.90	1.44	3.09	2.46	1.67	1.28
Cellulose	1.04	2.60	1.00	0.57	0.52	2.36	0.71	0.44
Lignin	59.78	57.17	55.88	39.58	40.37	57.24	53.90	33.55
Crude protein	2.28	3.62	3.03	2.27	—	3.82	3.62	1.74
Total	98.56	85.48	80.75	57.07	99.92	76.15	72.09	46.23

Table 2 はこれらの有機物組成の含有率を示したが、これを見るとブナ林ではエーテル・アルコール抽出物がL層で前年の落葉直後から季節の進むにつれて明らかな減少の傾向をしめしている。また水溶性物質も減少し、ヘミセルローズは徐々に減少している。セルローズ、リグニン、粗蛋白質は明らかな季節変化はなく、ほぼ一定とみなしてよいであろう。またアカマツ林ではエーテル・アルコール抽出物の含有率は3月より6月に大きく、その後、減少の傾向がみられた。しかしその他の組成については季節変化にほとんど一定の傾向が認められないように思われる。またヒノキ林ではすべての組成成分について季節変化にともなう傾向的な変化は認められなかった。一方F層では、ヒノキ林のエーテル・アルコール抽出物、水溶性物質の含有率が6月、9月に低くなったのを除いては、大体一定の値にとどまり、大きな変化はなかった。

次にL層の組成の季節的变化をF層の含有率に対するL層の含有率の比であらわしたものをを用いて上述の結果を再検討してみよう。(Fig. 2) L層は分解が進むとその組成はF層の組成に近づくから、この比は1に近づくはずである。ブナ林についてみると、'69年の落葉直後から'70年の秋に向って、含有率が大きく、しかも減少しやすいエーテル・アルコール抽出物や水溶性物質の比はかなり急速に小さくなり、1に近づいている。またセルローズの比もゆっくりと小さくなって1に近づいている。リグニンやヘミセルローズは大きな変化がなく1.0~1.3の間でほとんど一定となり、1より大きくなっている。

ヒノキ林ではセルローズがブナ林と同様の傾向をしめし、季節の進行とともにゆっくりと小さくなり1に近づいた。またヘミセルローズやリグニンや粗蛋白質の比は大体一定となり、粗蛋白質では1より小さくなっている。しかし、エーテル・アルコール抽出物と水溶性物質とは6月、9月に大きく、ブナ林の場合のように季節の進行にともなう減少の傾向は明らかではなかった。

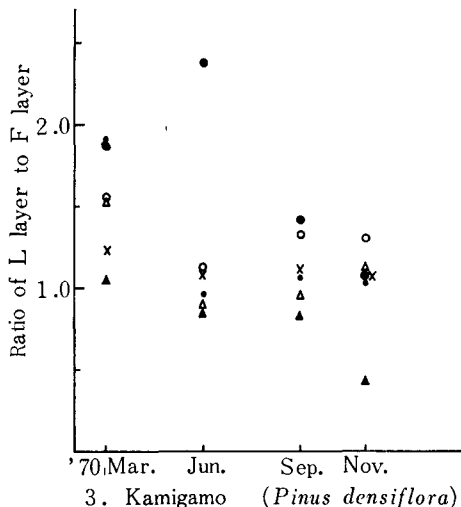
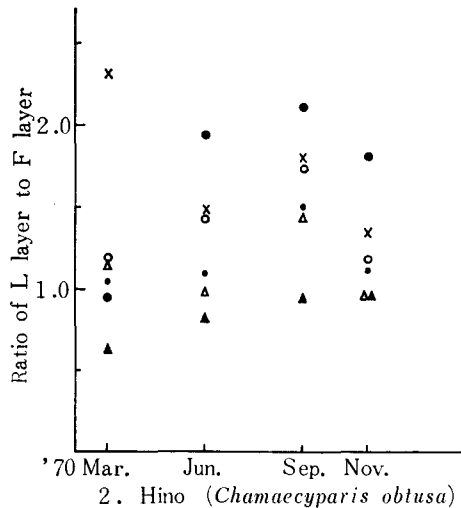
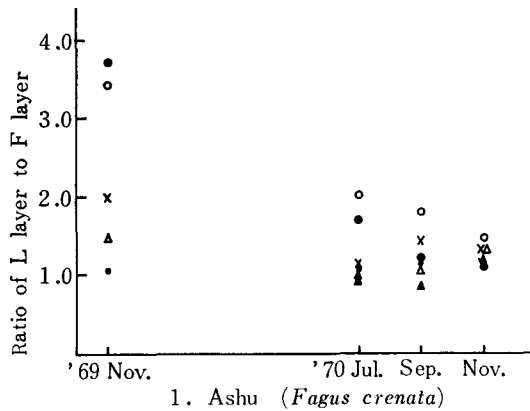


Fig. 2. Seasonal changes of L layer to F layer

アカマツ林ではエーテル・アルコール抽出物の比が6月に大きくなり、その後その比は小さくなりF層の組成に近づいた。またヘミセルローズの比は徐々に減少し、水溶性物質は1.1~1.3で、リグニンは1.0前後で、粗蛋白質は0.9でほぼ一定となった。

リグニンではどの樹種においてもほぼ1に近い比となり分解をうけにくく、L層とF層の含有率の違いがあまりなかった。また粗蛋白質の比がどの場合にも1より小さかったが、これは粗蛋白質がもともと分解されやすく、分解が進むと微生物によって蛋白質が再合成されたり、リグニンと結合したりして⁹⁾、減少しにくく、F層で増加することがあることによるのであろう。

このように、エーテル・アルコール抽出物、水溶性物質が分解の進行にともなって明らかに減少するものとすれば、これらの過程はブナ林の場合に明らかにみられ、アカマツ林でやや変則的にみられ、ヒノキ林ではほとんどみられなかったということになる。

地表面に落下した litter は時間の経過とともに分解をうけ、F層へと変化していくが、森林では常に litter が供給されている。もし、 A_0 層での分解速度と litter の供給速度とが釣り合っておれば A_0 層で質的にも量的にも変化はおこらないはずである。F層で樹種の如何にかかわらず、季節変化にとほしくほぼ一定した組成を示していたことは、このことを示している。F層は分解のある段階を示しているから、量的な変動はおこりうるとしても質的に大きな変化を示さないことはむしろ当然のことである。

しかし、L層の場合はF層とは違う。上述のようなL層組成の季節変化は、一つには litter の供給と分解のバランスの違いを反映しているとみてよい。

同じ芦生のブナ林について河原⁽⁶⁾の測定

によれば 10~11 月にかけて年間落葉量の 80% が落ち、ほとんどこの時期に集中していることを示している。またブナ落葉の分解はスギよりも速く⁴⁾、かなり分解しやすいものと考えられる。それ故、秋に発達した L 層は供給より分解の方が卓越し、季節の進行とともに次第に F 層の状態に近づき、そして次の落葉をむかえるという cycle を繰返えしているとみてよいであろう。

アカマツ林の litter fall について同じ場所で測定した千葉⁷⁾らの結果によれば、12 月に一つのピークをもつとしても、おおよその他の月にも均等に配分されており、ブナ林のように秋に集中する傾向はみられない。アカマツ林については秋と春にピークがみられる場合が多い。このことを考慮すると、アカマツ林では晩秋に加えられた litter が冬季ゆっくりと分解をうけ、晩春もう一つの litter fall のピークによって再び回復した後、夏から秋にかけて、litter fall があったとしても高温条件の下で分解が進み、F 層の状態に近づきながら晩秋の litter fall をむかえるという cycle をくりかえしているもののように見える。

ヒノキ林については齊藤⁸⁾の litter fall の測定結果によれば、11 月に最も多く 11 月~3 月の間に年間総量の 70% が、6 月に 12% がおちるが、夏季 7~10 月は 4% にすぎない。この結果に従えば、L 層はアカマツ林というより、むしろ、ブナ林と同じ変化傾向を示すはずである。しかし実際にこの林分における L 層の組成変化は明らかではなかった。このことについては今後検討を要するが、ヒノキの落葉の分解がおそいということ、fresh な落葉は雨によって流亡しやすいことなどが関係しているものと思われる。

すなわち、動的平衡に達した A₀ 層は長い眼でみると、質的にも量的にも安定するとしても、一年の間では季節的に変動している。それは季節にともなう気温・降水量などの配分の違いといった外部環境のほか、litter fall の配分の違いが大きな役割をもっている。成熟したブナ天然生林では年 1 回型の単純なサイクルが明らかにみられ、アカマツ林では、不明瞭ではあるが、年 2 回型のサイクルを示すようである。

引用文献

- 1) Waksman, S. A. and Stevens, K. R.: A System of Proximate Chemical Analysis of Plant Materials. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. Vol. 2 No. 2, 167-173, (1930)
- 2) 片桐成夫, 千葉喬三, 堤 利夫: 落葉落枝の分解にともなう養分量の変化 京大演報 41, 106-115, (1970)
- 3) Reinitzer, F.: Über die Eignung der Huminsubstanzen zur Ernährung von Pilzen. Bot. Ztg. 58, 59, (1900)
- 4) 堤 利夫, 岡林 諒, 四手井綱英: 林木落葉の分解について (II) 京大演報 33, 187-198, (1961)
- 5) 大政正隆, 森 経一: 落葉に関する二・三の研究 帝, 林, 試, 報 3, 39-107, (1937)
- 6) 河原輝彦: Litter fall 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, (8), 231-238, (1971)
- 7) 斎藤秀樹, 四手井綱英: ヒノキ林の落葉枝量の空間分布 —— リタートラップの大きさとその必要数について —— 天然林の一次生産力の比較研究班中間報告 (昭和 44 年度) 23-34, (1970)
- 8) 千葉喬三, 堤 利夫: 森林の土壌呼吸に関する研究 (I) 土壌呼吸と気温との関係について 京大演報 39, 91-99, (1967)
- 9) Waksman, S. A. and Gerretson, F. C.: Influence of temperature and moisture upon the nature and extent of decomposition of plant residues by microorganisms. Ecol. 12, 33-60, (1931)

Résumé

The report deals with the seasonal changes of the organic constituents of forest floors (A_0 layer). In order to make clear the changes of organic constituents with the progress of decomposition, fresh litter of two tree species (*Pinus densiflora* and *Alnus pendula*) were put into nylon net, and set in the stand of *Pinus densiflora*. On the other hand, L and F layer of three different stands (*Fagus crenata*, *Pinus densiflora* and *Chamaecyparis obtusa*) were collected and analyzed in every season.

1. The rate of diminution differed for each organic constituent. Regardless with tree species and the rate of decomposition, following results were obtained: water soluble fraction and ether-alcohol soluble fraction were decreased most easily in both tree species. Hemicellulose and cellulose were also decreased, but the rate of decrease were slower than the above two components. Crude protein and lignin were hard to decrease, and the contents were increased with decomposition.

2. In Beech stand the organic constituent of L layer gradually changed to that of F layer during the experimental period (Nov. 1969 to Nov. 1970). In Pine stand the organic constituent was somewhat complex. It changed to that of F layer during experimental period, but in early summer the progress of change was reversed. In *Chamaecyparis obtusa* stand there was no definite seasonal change.

As for F layer, the organic constituents were nearly constant for every stand and season.

The seasonal change of organic constituents of A_0 layer showed different pattern for each stand. It would depend on the rate of decomposition of litter and the amount and the distribution of litter fall through a year.