

林木落葉の分解について (I)

堤 利夫・岡 林 巖・四手井綱英

On the Decomposition of Forest Litter. (II)

Toshio TSUTSUMI, Iwao OKABAYASHI, Tsunahide SHIDEI.

目 次

I まえがき	187	V 摘 要	196
II 実験方法	187	文 献	197
III 結 果	188	Summary	198
IV 考 察	190		

I ま え が き

林木落葉の分解過程は林地の性質の決定に重要な影響を与えるばかりでなく、落葉落枝を通じておこる養分の循環と関係し、林木の生長と密接に結びついている。

落葉の分解速度や分解にともなう性質の変化には、落葉の化学的な性質、温度、水分などの環境条件が重要な関係を持ち、従来、落葉の分解に関して数多くの研究が行なわれてきたが、わが国の主要樹種落葉についての研究は意外に乏しい。

本報告は、林木落葉の自然状態における樹種ごとの分解速度と、それに関係する要因の影響を求めた目的で、京大芦生演習林において行なつた測定結果をとりまとめたものである。

II 実 験 方 法

実験を行なつた場所は京大芦生演習林(京都府北桑田郡美山町芦生)である。

本演習林内でスギ、ブナ、ミズナラの新鮮な落葉を、それぞれスギ林、ブナ林、トチ・ミズナラ混交林および裸地の4つの環境の異なる林地に設置した試験区内においた。

スギ林は海拔約650m、南斜面、B_D-d型土壌、ブナ林は海拔約900mの尾根筋、西斜面で風衝地にあたり、ブナ林下では明らかではないが附近には弱度にポドソル化した土壌が発達している。トチ・ミズナラ混交林は海拔約650m、沢沿いの崖錐でB_E型土壌、裸地は海拔650m、東南斜面にあるコナラ、クリなどの低林を伐開してつくつたもので、B_D-d型土壌である。

これらの場所に、それぞれ2m²の区を各樹種について、2つづつ作り、もともとあつたA₀層をはぎとつて、各樹種の新鮮な落葉をおき、周囲、上面を金網でおおつて、材料の移動、他からの混入を防いだ。

設置した落葉量は絶乾重でスギ, 2560 g, ブナ, 1850 g, ミズナラ, 1590 gで, これは, それぞれ各樹種の林地での 2 m²あたりの A₀ 層量に近似する。

この試験は1956年5月に開始, 1957年11月まで18カ月行なつた。

別に, この1年前, 1955年5月にスギ林内にスギ落葉, ブナ林内にブナ落葉を設置し, 同様の方法で, 1957年11月まで30カ月分解せしめた。

測定は1年に2回, 総重量を測定して残存量を求めるとともに, その一部について, ワツクスマンの方法に準じて有機組成成分の分析を行なつた (Waksman, 1927)。

ミズナラ落葉はトチ・ミズナラ混交林で採取したため, ミズナラのほかにトチ, カエデ類などの落葉を混じているが, その大部分はミズナラ落葉であつたから, ここではミズナラの落葉として取扱つておく。

なお, スギ林, ブナ林, コナラ林で季節ごとの A₀ 層量, および落葉量を測定した。この測定のために, 林内に10m² (2 m×5 m) の区を4つづつ設け5月, 8月, 11月の3時期に測定した。

A₀ 層は, コナラ林ではほとんどL層のみよりなり, 鈣物質土壤との分離が簡単であつたが, スギ林やブナ林ではF層またはH層が認められ, これらの層に細根が入りこむため, 鈣物質土壤との分離は容易ではない。このため, A₀ 層量の測定が不正確となり, 過少な値を与えていると考えられる。このことはとくにスギ林での測定で著しいと思われる。

Ⅲ 結 果

測定結果を各有機組成ごとに, 残存率と積算温度との関係で示したものが, 第1図である。

測定間の期間はいずれも6カ月であつたが, 各期間で温度条件には大きな違いがある。分解速度は温度条件によつて異なり, 積算温度 (T) とその期間内の分解量との間には, 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する (堤・岡林 1959)。従つて, 自然状態の異なつた温度条件における分解の過程は, 時間を積算温度におきかえて比較する方が合理的であろう。

第1図で, 直線の勾配は分解のしやすさをあらわすもので, 分解速度指数とよんでおく。

なお, 積算温度は演習林内の長治谷観測所の結果について, 毎月の最高, 最低温度の平均値を用い, 月平均が0℃以上の月について計算した。スギ林, トチ・ミズナラ林, 裸地は観測所に近く, 海拔高はほぼ等しいので観測所の値をそのまま用い, ブナ林は低減率を0.55℃として求めた。

分解速度は環境の差による違いよりも, 樹種ごとの差の方が明らかで, はやかつたものからミズナラ, ブナ, スギの順となつた。原材料に対する分解消失量の割合を示したものが第1表である。

分解速度指数を図上で推定すると, スギでは0.08~0.29, ブナでは0.19~0.28, ミズナラでは0.53~1.9であつた。

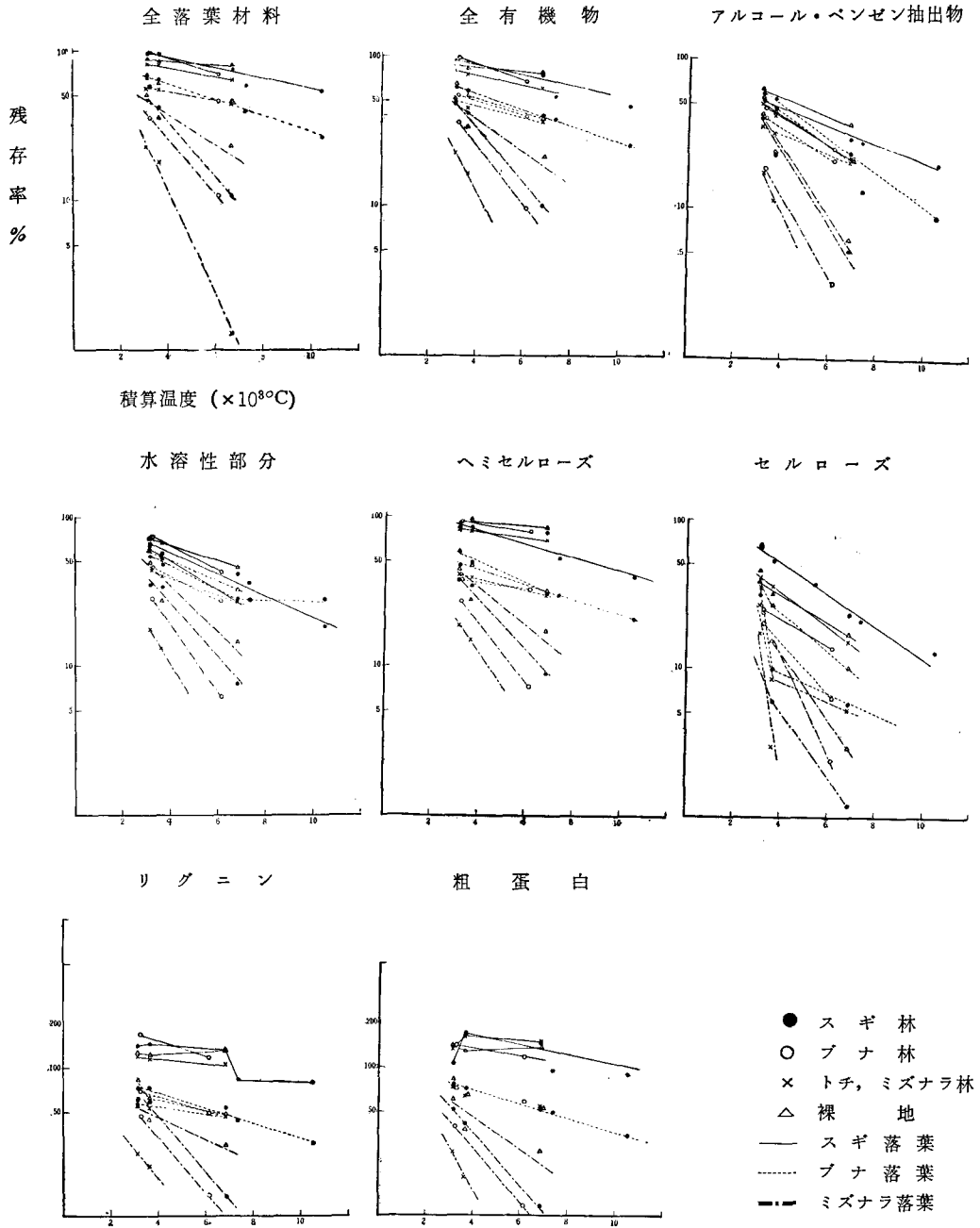
環境の差による分解速度の違いはやや不明瞭であつたが, 3樹種ともにトチ・ミズナラ林で最もはやく, スギ林または裸地でおそかつたようである。

有機各組成成分の分解速度 (第1図) は落葉全材料の分解の遅速の影響をうけて, スギ落葉では各組成成分ともに一般に分解がおそかつたようであるが, とくにヘミセルローズ, リグニン, 粗蛋白質の分解がおそいようで, 後2者では落葉全材料重が減少しているにもかかわらず絶対量の増加がみられた。

落葉量および A₀ 層量の測定結果は第2表に示した。

第1図 落葉材料の分解過程

Fig. 1 The processes of decomposition of forest litter.



第1表 落葉全材料の分解量 (原材料に対する%)

Table. 1 Total amount of decomposition of forest litter (% of Original)

	スギ Sugi	ブナ Buna	ミズナラ Mizunara	積算温度 Integrated Temperature
12 カ月 After 12 months	2~19	35~45	59~82	3240~ 3670
18 カ月 After 18 months	19~31	54~55	77~99	6130~ 6830
24 カ月 After 24 months	43	61	—	6470~ 7340
30 カ月 After 30 months	47	74	—	9370~10500

第2表 落葉量, Ao層量の季節変化 (絶乾, ton/ha)

Table. 2 Seasonal amount of litter falls and of Ao layers. (Oven dry, ton/ha)

	Ao層量 (s) Amount of Ao layers			落葉量 (a) Amount of litter fall		
	スギ Sugi	ブナ Buna	コナラ Konara	スギ Sugi	ブナ Buna	コナラ Konara
8 月 August	9.5	5.8	3.4	—	—	—
11 月 November	11.2	7.7	5.5	1.6	3.0	3.2
5 月 May	10.7	7.3	5.2	1.8	0	0
8 月 August	10.0	6.0	3.0	0.2	0	0
11 月 November	11.5	7.5	5.6	1.6	2.9	2.8
			a/s×100	31.7	38.8	55.8
			s/a	3.2	2.6	1.8

ブナ, コナラは秋季にのみ落葉があり, その量は2カ年の平均でともに3 ton/ha (絶乾重量)で等しかつた。スギは各季に落葉があり, 夏季には少ないが, 春季のそれは秋季のそれとはほぼ等しく, 年落葉量はブナ, コナラよりやや多かつた。

Ao層は秋, 春季に多く, 夏季には分解による減少が認められた。

IV 考 察

i) 落葉の分解量

分解量は落葉材料の性質や環境条件によつて異なるが, 本実験条件のもとでミズナラは1年で約60~80%が, 2年でほとんど完全に分解消失した。これに対しブナでは1年で35~45%, 2年で約60%が分解を受け, 完全に分解消失するのに少なくとも約3年またはそれ以上を必要とすると考えられる。スギはブナよりもおそく, 1年で2~19%, 2年で約40%が分解されたのみで, 同じ場所でミズナラが完全に分解消失したときにスギの分解量は50%をこえていない。

落葉の分解速度は平衡状態では Ao 層量と落葉量とから求められる (Jenny ほか 1949, 堤 1960)。第 2 表に示した Ao 層量は古い天然生林での結果で、1956、1957 のそれぞれ落葉直後 11 月の測定値はほぼ等しかつたから、動的な平衡状態にあつたものと仮定すると、Ao 層量/年落葉量は毎年の落葉が完全に分解消失するのに必要な年数をあらわすと考えられる。

当演習林では普通 12 月に入つて根雪となり、3 月まで積雪がある。この期間中の分解量は極めて少く、1 年間の分解の大部分は春から秋にかけて行なわれる。落葉樹ではこの期間中ほとんど落葉しないので、Ao 層量は減少し (第 2 表)、多分、秋の落葉直前に min. になるであろう (Blow 1955)。

従つて Ao 層量と年落葉量とから分解速度を求める場合には、秋季落葉直後、Ao 層量の max. になつたときの値を用いる必要がある。

ここでは、1956、1957 両年の 11 月の平均値を用いて計算した。この値はコナラで 1.8 年、ブナで 2.6 年、スギで 3.2 年であつた (第 2 表)。

コナラとミズナラとは近縁で分解速度に大差がないと考えると、2 つの方法で求めた分解速度はほぼ一致し、当演習林ではほぼ 2 年、積算温度で約 6,500~7,300°C で分解消失してしまうと考えてよいであろう。

スギ、ブナでは 2 つの方法での結果が一致していない。これは Ao 層量の測定が困難で、前述のように幾分過小の値を与えているからであろう。2 つの方法でえた結果から推定するとブナでは約 3 年 (積算温度約 9,700~11,000°C) またはそれ以上を必要とし、スギでは約 4 年 (積算温度約 13,000~15,000°C) またはそれ以上を必要とすると考えられる。

わが国の暖帯林北部の樹種であるクリ、コナラでは 2 年間で 72~85% が、スギ、アカマツでは 48~62% が分解されたという (大政・森 1937)。この結果はおおよそ本実験結果と共通していたといえるであろう。

なお、Ao 層量は、落葉直後の値で、1 ha 当りスギ林で 11.4 ton、ブナ林で 7.6 ton、ミズナラ林で 5.6 ton であつた。

北海道の針葉樹林では Ao 層量が ha 当り 100 ton 程度にまで達することがあり (内田 1959, 四手井ら 1960)、滋賀県東太地方の天然生アカマツ林で 30 ton (堤・徳丸 1958) であつた。これらの値と比較すると、当地方におけるこれら樹種の分解は比較的はやく、この地方で分解のおそかつたスギ落葉でさえ、なお、かなり活発に分解をうけていたといえるであろう。

一方、ha 当り 60 cm 深の土壌中の有機物量は当地方のスギ林で 297 ton、ブナ林で 127 ton、ミズナラ林で 109 ton であつた (四手井・堤・木村 1958)。従つて、Ao 層量を加えた 60 cm 深までの林地の全有機物のうち、Ao 層量は 5% 前後にしかすぎず、大部分は土壌中に蓄積されているといえる。

新鮮な落葉はかなり活発に分解されるが、土壌中の有機物の分解は極めておそく、林地の全有機物の分解率を求めると、スギ林では 1.2%、ブナ林で 2.4%、ミズナラ林で 2.6% となつた。これらの林地の有機物量が平衡状態にあると仮定した場合、スギ林では約 85 年、ブナ林、ミズナラ林では約 40 年を周期として循環していることを示している。

ii) 分解速度と落葉の有機組成

分解速度の違いに関係する重要な要因としては、樹種によつて異なる落葉の化学的な性質の差異があげられる。

用いた落葉材料の近似的な有機組成は第 3 表に示したように樹種によつてやや異なる。

すなわち、スギ落葉では他のものに比べ、アルコール・ベンゼン抽出物量が多く約 2 倍に達した。一般に針葉樹落葉は広葉樹落葉に比べて、この部分の含有量が著しく多く (Wittich, 1939, 1943, Melin, 1930, 大政・森 1937)、分解のおそいことの一つの原因に考えられてきたが、後述するようにこの部分はよく分解をうけており、前に報告 (堤 1956) したように、スギ落葉の分解のおそいこと

第3表 落葉の原材料および12, 18ヵ月分解後材料の有機組成 (絶乾%)
Table. 3 Chemical composition of Original and decomposed material. (% of oven dry)

	原 材 料 Original material			18ヵ月分解後 After 18 months			12ヵ月分解後 After 12 months			F 層 F layer		H 層 H layer	
	スギ Sugi	ブナ Buna	ミズナラ Mizunara	スギ Sugi	ブナ Buna	ミズナラ Mizunara	スギ Sugi	ブナ Buna	ミズナラ Mizunara	スギ Sugi	ブナ Buna	スギ Sugi	ブナ Buna
Alcohol benzene soluble fraction	20.63	5.79	6.00	8.31	2.71	3.92	8.42	3.77	5.20	2.32			
Cold water soluble fraction	9.36	7.69	8.15	5.18	4.59	5.84	5.70	5.67	3.45	5.00			
Hemicellulose	12.09	16.90	14.65	13.16	12.24	12.07	10.90	11.66	8.93	9.78			
Cellulose	14.54	10.17	10.54	4.46	1.41	2.08	1.87	3.48	3.21	2.54			
Lignin	30.68	41.56	35.21	52.90	45.65	42.36	48.79	50.21	55.64	49.73			
Crude protein	2.75	8.81	9.75	5.25	11.31	9.75	7.19	12.25	7.56	11.69			
Total	90.05	90.92	84.30	89.26	77.91	76.02	82.82	87.04	83.99	83.06			
Total nitrogen	0.44	1.41	1.56	0.84	1.81	1.56	1.15	1.96	1.21	1.87			
Ash	4.76	4.05	6.48	6.13	14.35	16.47	9.71	6.84	10.05	10.88			

がこの成分の多いことによると考えることはできないようである。

落葉の分解の難易をその化学的な組成の量的な差異に求めようとしたいくつかの報告があるが、(Melin. 1930, Grosskopf. 1928, Rege. 1927), 分解速度は単に落葉の有機組成の量的差異だけによつて決まるとは考えられないようである (Melin. 1930, Springer. 1952, 堤 1956)。

第1図は各組成成分の分解の絶対量をあらわすが、樹種ごとに一定量の全有機物の分解に対して各組成成分がどれほど分解されるかを第2図に示した。第2図では樹種ごとに違う分解の絶対量に無関係に全有機物の中での比較的な分解のしやすさを比較できる。

分解量は全有機物、各組成成分ともにそれぞれ最初の材料に含まれていた量に対する百分率で示したものである。なお、環境ごとの差は明らかでなかつたので樹種ごとに一括して示した。

アルコール・ベンゼン抽出物は、さかんに分解をうけて減少し、この成分の多いスギ落葉では全有機物分解量に占めるこの部分の減少の割合は他の樹種より大きく、初期にさかん分解をうける傾向のあることを示しており、この成分の多いことが、スギ落葉の分解を抑制していたとは考えられない。また、この割合は全材料の分解速度とは逆に、分解のおそいスギで最大で、ブナがこれにつき、ミズナラでは最も小さかつた。

水溶性部分(冷水および温水抽出物合計)の分解も前者とはほぼ同様で、スギ落葉では他のものより全有機物分解量の中で占めるこの部分の分解量の割合が大きく、ブナとミズナラとの間にはこのような割合での違いは明瞭ではなかつた。

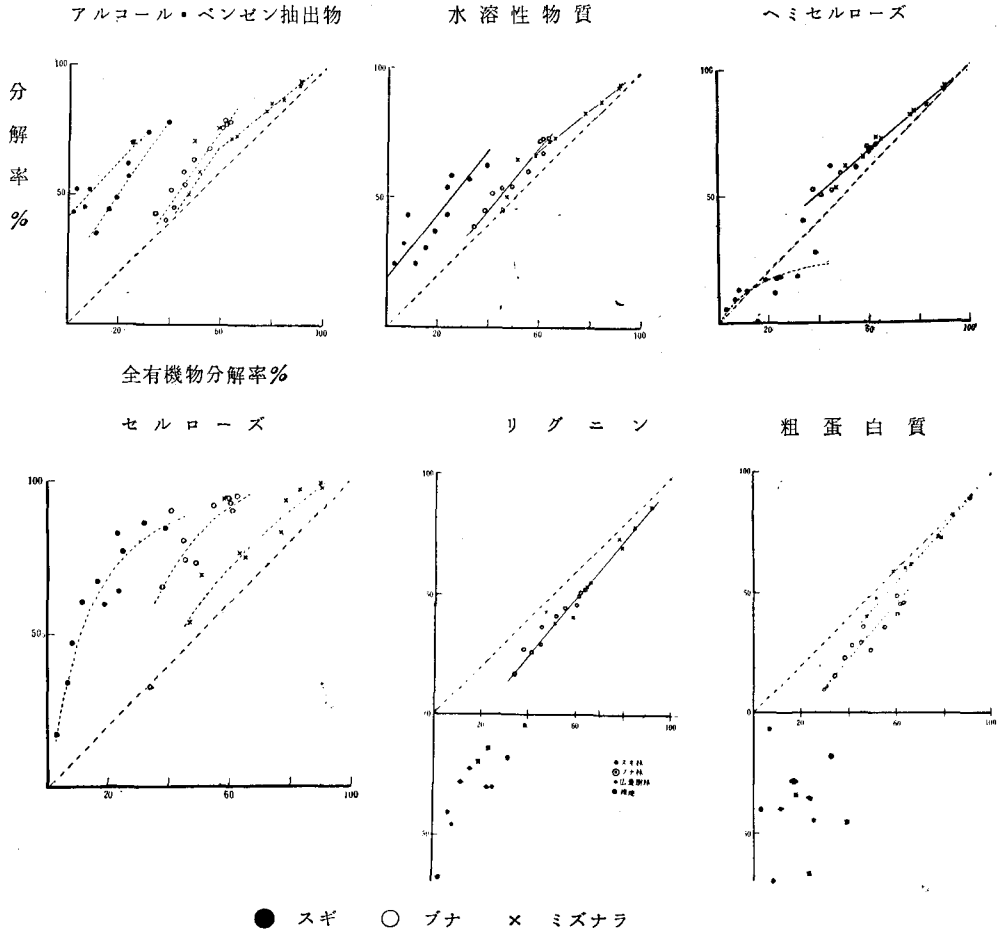
分解にともなつて水溶性物質の合成がおこり (Saitō. 1957), 同時に降水によつて溶脱される (Nykvist. 1959) から水溶性物質の現存量は必ずしも分解量を正確にあらわすものではないが、全体として次第に減少し、分解のおそいスギ落葉でとくにおくれるということではなかつた。

セルロースの分解も前2者の分解とはほぼ同様で全有機物中での分解の割合は全落葉材料の分解速度の順位とは逆にスギで最も大きく、ミズナラで最も小さく、ブナはこの中間にあつた。すなわち、スギでは初期の分解において、アルコール・ベンゼン抽出物、セルロース、水溶性部分が極めてさかんに分解をうけ、この部分の落葉全材料の分解の中で占める割合はブナやミズナラよりも大きかつた。

一方、ヘミセルロースの分解はスギでは分解がある程度進んだ後では著しくおくれる傾向を示した。ブナ、ミズナラでは全有機物の分解よりも大きい割合で分解されており、分解のための有利な

第2図 落葉の全有機物の分解に対する各組成成分の分解

Fig. 2 The rate of decomposition of each component of litter as compared to that of total organic matter.



エネルギー源だといえる (Rege. 1927)。全落葉材料中で占めるヘミセルローズの分解量の割合はブナとミズナラで明瞭な差はないが、スギでは分解され難く、ブナやミズナラに比べ全落葉中でこの部分の分解量の占める割合は次第に小さくなり、分解のためのエネルギー源と考えることはできない。

スギ落葉においても分解の初期には、ヘミセルローズはさかんに分解をうける (堤 1956) が、広葉樹落葉に比べ針葉樹落葉ではヘミセルローズの分解がおくれる傾向がある (大政・森 1937)。これらのことは植物材料の分解にともなつて、ヘミセルローズ様物質の合成がおこること、また植物の種類によつてヘミセルローズの性質が違い、分解速度が異なること (Springer. 1952, Waksman. 1931) が関係していると考えられる。ブナやミズナラではさかんに分解をうけ減少してゆくのに対し、ヘミセルローズの分解が、次第におくれることがスギ落葉の分解をおくらせる一つの原因と考えられる。

リグニンの分解速度もまたスギとブナ、ミズナラとの間に著しい違いがある。ブナ、ミズナラでは分解の進むとともに、絶対量の減少がみられるが、スギ落葉では、とくに初期に、絶対量の増加がみられた。分解の進むとともにリグニン量は次第に減少するが、18カ月を経過し全有機物が30~40%も分解した材料でなお絶対量は原材料のそれより多かつた。

リグニンの分解は一般に極めておそく (堤 1953)、分解材料中で相対的に多くなり含有率は次第に

高くなる。その分解速度は植物材料によつて異なり、針葉樹落葉では広葉樹落葉よりおそい傾向があるとされており（大政・森 1937）、ここでもスギ落葉のリグニンの分解が他のものに比べて著しくおそいといえる。

分解にともなうリグニンの増加は、おそらく他の組成分の分解の過程で、または微生物体の構成要素として濃酸に不溶のリグニン様物質の合成が進むことによるものと考えられる（Waksman, 1936）。このような合成はスギ落葉に関しては環境の違いに無関係にすべての試験区でみられ、大政ら（1937）もスギ落葉でリグニン量の増加する場合のあることを認めている。このことから、スギ落葉の分解のおそいことは多分にスギ落葉の化学的な個々の性質によるものであるもののように推定される。

しかし、一方でリグニンの分解は立地条件とくに土壤の塩基量の多少によつて異なり、作用する微生物の種類によつてはすみやかに分解をうける傾向がある（Wittich, 1952, Saitō, 1957）。

従つてスギ落葉でとくにリグニンの分解のおそいことについては、その分解に関係する微生物相についても検討する必要があるだろう。

リグニンはそれ自体の分解がおそいばかりでなく、他の組成分の分解にも関係する。前報でリグニンの存在はセルローズの分解を抑制する傾向のあることを示した（堤 1956）が、本実験結果ではスギ落葉のセルローズはさかんに分解をうけておりリグニンの分解のおそいことが、とくにセルローズの分解を著しく抑制していたとは考えられない。従つてスギ落葉中のリグニンがセルローズの分解に関係があつたとしてもその影響はとくに大きくはなく、スギ落葉の分解がおそかつたことの原因にあげることにはできない。スギ落葉中でリグニンは約30%を占める。この部分の分解がとくにおそいことが直接、間接にスギ落葉の分解をおそくしていたことに重要な役割をもつものと考えられる。

なお、ブナとミズナラとの間には全有機物中で占めるリグニン分解量の割合には明瞭な差はみられないが、ミズナラの方が全体として分解がはやく進行したといえる。

リグニン、またはリグニン様の物質は分解に抵抗的で長く残り、土壤腐植の母体になる（Waksman 1936）とすれば、スギ落葉で分解にともないリグニン様物質の合成がおこることは、ブナやミズナラより、より多くの土壤腐植をつくる可能性のあることを示すものといえよう。

第3表に示されているように、原材料の窒素量はスギ落葉でとくに少なく、他のものの $\frac{1}{2}$ 程度にすぎなかつた。落葉の分解速度は樹種が異なると窒素量の多少、または C/N 比の大小と必ずしも一致しない（Melin, 1930, Wittich, 1953）が、窒素量が極めて少ないことは落葉の分解にとつて有利な条件ではなく、スギ落葉の分解のおそかつたことの一つの原因にあげられるであろう。

窒素は量的に少なかつたばかりでなく、粗蛋白質の分解の過程もスギでは他のものと著しく異なり、分解の進むにつれて絶対量の増加が認められ、傾向的にはリグニンの場合と同様であつた。

ブナ、ミズナラ落葉では分解の進むにつれて粗蛋白質の絶対量は明らかに減少する。しかし、リグニンの場合と同様、残存した材料中での含有率は増大した。なお全有機物の分解量に対する粗蛋白質の分解量の割合はミズナラよりブナの方がやや小さい傾向がみられた。

窒素量に乏しく C/N の大きい材料では分解にともない C の減少だけが進み N の減少はおこらないので、次第に C/N が小さくなるとされている。このことはスギ落葉のように窒素量の少なかつたものでは分解とともに窒素量の減少がおこらないことを説明できるとしても絶対量の増加を説明できない。このような窒素の増加が窒素に乏しい材料で一般的におこるかどうかは不明であるが、大政（1937）らの結果でもスギ落葉では窒素量の増加する場合のあることを認めている。

このような窒素の増加は、表層土中の窒素が微生物を通して落葉中にもちこまれたことによるものか、空中から獲得されたことによるものかの判断はできない。

一方で、分解にともない窒素がタンニン様物質と結合して、分離に抵抗的な物質となり、安定してしまうことが粗腐植の形成の主たる原因であるという考えがある（Handley, 1954）。

このことはスギ落葉で粗蛋白質の分解のおそいことが単に C/N 比の大きいことだけによるとはいえないことを示し、分解にともなう窒素化合物の形態の変化についても検討する必要がある。

このように、樹種によつて各組成成分の分解速度が異なり、とくにスギとブナ、ミズナラとの間にみられる違いが大きかった。すなわち、スギ落葉ではとくにリグニン、粗蛋白およびヘミセルローズの分解のおそいこと、窒素量に乏しいことが、その分解のおそかったことに密接に関係しており、アルコール・ベンゼン、水溶性部分、セルローズはさかんに分解をうけ、スギ落葉重量の減少の主たる部分を構成していた。これはリグニンやヘミセルローズ、粗蛋白質などの分解が極めて抵抗的であつたため、その他の組成成分の分解の全材料中で占める割合が相対的に大きくなったものと考えられる。このように、スギ落葉の有機組成成分の分解には明らかにブナ、ミズナラ落葉と質的な違いがみられた。これに対し、ブナは、第2図にみられるように、各有機組成成分の分解の難易という点から、かなりミズナラ落葉のそれに近いが、アルコール・ベンゼン抽出物、セルローズ、粗蛋白質の分解などにみられるようにスギとミズナラとの中間的な性質をもつていたといえる。しかし全体として、スギ落葉とブナ、ミズナラ落葉との間にみられるような明瞭な質的な差はブナとミズナラとの間にはみられなかつた。

従つて、スギ落葉とブナ、ミズナラ落葉の分解速度の違いには有機組成の化学的な性質の違いが明らかに関係すると考えられるが、ブナとミズナラとの分解速度の違いには質的な違いによるというより、ブナはミズナラに比べリグニンが多く、窒素や灰分がやや少ない(第3表)など量的な問題に関係しているのではないかと考えられる。

全有機物中で各組成成分の分解量が異なるので、落葉の有機組成は分解の進むとともに次第に変化する。

3樹種落葉のそれぞれの林内における有機組成の変化を、スギ、ブナ落葉については18カ月分解後の材料について、ミズナラでは12カ月分解後の材料について示したものが第3表である。また、スギ林、ブナ林で集めたF、H層の有機組成をも同時に示した。

原材料の値と比較して有機組成は著しく変化し、リグニン、粗蛋白質、灰分の増加が著しい。これをF、H層のそれと比較すると、スギ落葉では18カ月を経過するとほぼF層の組成に近似し、ブナ落葉ではF層よりH層のそれに近似した性質をもつようになつたといえるであろう。

iii) 分解速度と環境条件

第1図に明らかなように、本実験条件の下ではトチ、ミズナラ林での分解が3樹種ともに速やかであつたが、他の3林分では分解速度の順位は樹種や分解の過程で異なり、一定の傾向を示さなかつた。

トチ・ミズナラ林は沢沿いの崖錐地で、B_E型に属していたに対し、ブナ林は海拔高が高く、附近にはポドソル化がみられ、裸地およびスギ林はB_{D-d}型でやや乾燥する傾向のあることを示していた。とくに裸地は地表の乾湿の差が大きかつたと思われる。落葉の分解速度は水分環境に大きく影響されるので、裸地やスギ林で一般に分解がおそかつたことには、水分条件の違いが大きかつたと思われる。

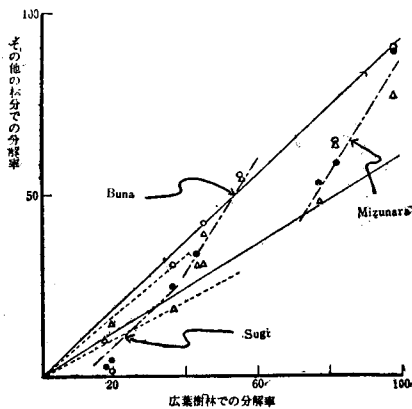
樹種や環境によつて分解速度が異なり、分解にともなつて組成成分の変化がおこり組成成分の変化に応じて分解に対する抵抗性が異なるので、環境による分解速度の違いを定量的に比較するうえにやつかない問題を含むと思われるが、トチ・ミズナラ林の分解量を基準として各林分下での分解量を図示すると第3図のようであつた。

本図ではトチ・ミズナラ林以外の3林分を区別しないで環境の違いによる変化の幅だけについて考えてみた。

すなわち、全落葉材料の分解についてみると、広葉樹林での分解量に対するその他の各林分での分解量の割合は、ブナとミズナラではほぼ等しく、おおそ65~90%程度の範囲内にあつた。すなわち、分解条件の不良な場合には約65%程度の分解量にまで低下することがあることを示す。これに対しス

第3図 落葉全量の環境別分解量の比較
(凡例第1回に同じ)

Fig. 3 The difference of the rate of decomposition between 4 sites as compared to Mizunara site.



つてくること、トチ・ミズナラ林における分解がはやくて、より早いときに分解に抵抗的な性質になってくることによるものであろう。

同一樹種でも環境条件によつて分解速度が異なるが、この場合各組成成分の分解は第2図に明らかのように全有機物の分解量に応ずる分解量でみると環境が異なつても明瞭な差が認められない。すなわち、同一樹種では環境条件が異なつても落葉の有機組成分はほぼ同じ経過で分解されてゆき、スギとブナ、ミズナラ落葉の間にみられたような著しい質的な違いはおこらないようである。

本実験では環境の違いによる分解速度の差異は樹種の差によるものより大きくなく、また分解速度の樹種ごとの順位は環境が異なつても変らなかつた。同じ傾向がマツ類とカバ類の落葉においても認められている(Mikola, 1960)。

このことは分解速度が環境条件によつて変るとしてもどのような環境においても分解に関係する樹種固有の性質は維持されることを示すものと考えられる。

分解速度と温度、湿度との関係は一次の直線的な関係にあるとは思えない(堤 1953, 1959, Waksman, 1931)から、環境、とくに温度、水分条件との関係を求めるためには、本実験条件におけるよりさらに異なつた条件下における分解についても検討する必要がある。

V 摘 要

1. 京都大学芦生演習林でスギ、ブナ、ミズナラの3樹種について、スギ林、ブナ林、トチ・ミズナラ混交林、裸地の4つの異なる場所での分解速度を比較した。

2. 分解速度は、はやかつたものから順にミズナラ、ブナ、スギの順で、分解のおこなわれた場所の差よりも樹種による違いのほうがはるかに大きかつたから、この順位は環境の違いによつて変らなかつた。

3. ミズナラ落葉は2カ年、積算温度で約6,500~7,300°C、ブナ落葉は約3年、積算温度で約9,700~11,000°C、またはそれ以上、スギ落葉では約4年、積算温度で約13,000~15,000°C、またはそれ以上を必要とすると思われる。

なお、18カ月を経過するとスギ落葉はほぼF層の組成に近似し、ブナ落葉はH層のそれに近似した組成をもつようになる。

ギ落葉では初期に分解がほとんど進まずブナ林、スギ林ではトチ・ミズナラ林の約10%程度しか分解されていないが、これらを除いても約50~80%の範囲内にあり、環境の違いによる分解量の差がブナ、ミズナラ落葉より大きい傾向があつた。

分解され易いヒメヤシヤブシ落葉は温度、水分条件が不良になつても他のものより分解速度の低下が小さかつた(堤1953)。これらのことは分解のための条件が悪くなると分解をうけにくい性質をもつスギ落葉では分解のはやいブナ、ミズナラ落葉よりも分解速度の低下の割合が大きくなる可能性があることを示すものと考えられる。

第3図に鎖線で示したように各樹種内では分解の進むにつれてトチ・ミズナラ林との分解量の違いが小さくなつてくる傾向があつた。これはおそらく、分解の進むとともに落葉は次第にリグニンに富むなど分解に抵抗的な性質にな

4. 3樹種落葉の各有機組成成分の分解を比較すると、スギ落葉では分解の進むにつれてリグニン、粗蛋白質の絶対量の増加がおこり、ヘミセルローズ量はほとんど減少しなかつた。このことはブナ、ミズナラ落葉の場合と著しく異なり、スギ落葉の分解のおそいことは窒素量の乏しかつたことのほかに、これら3組成成分の分解に対する著しい抵抗性によるものと考えられる。

なお、スギ落葉でアルコール・ベンゼン抽出物の量はブナ、ミズナラ落葉に比べて多いが、この組成成分はさかんに分解をうけており、スギ落葉の分解を積極的に抑制していたものとは思えない。

落葉の分解速度には有機組成の量的な差異のほか、有機組成の質的な違いが関係するであろう。

5. 分解速度に関係する環境の影響は本実験条件下では主として水分条件の違いによるものと思われ、沢沿いのトチ・ミズナラ林で最もはやく、スギ林、ブナ林ではおそかつた。

環境の違いによる分解速度の差異は、樹種の違いによるそれより大きくはなかつた。

なお、同一樹種内で環境の違いによつて分解速度に違いを生ずるが全有機物の分解に應ずる各有機組成の分解の割合には変化がないようであつた。

文 献

- (1) Blow, F. E. : 1955. J. Forestry, vol. 55, No. 3, 190-195. Quantity and hydrologic characteristics of litter under upland Oak forests in Eastern Tennessee.
- (2) Grosskopf, W. : 1928. Tharandt. Forstl. Jahrb. 79, 343-362. Wie verändern sich stofflich und morphologisch die Fichtennadeln bei der Bildung von Auflagehumus in geschlossenen Fichtenreinbeständen ?
- (3) Handley, W. R. C. : 1954. Forest. Commis. Bull. 23, Mull and Mor formation in relation to forest soils.
- (4) Jenny, H., Gessel, S. P. and F. T. Bingham. : 1949, Soil Sci. 68, 419-432. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions.
- (5) Melin, E. : 1930, Ecology. 11, 72-101. Biological decomposition of some types of litter from north american forests.
- (6) Mikola, P. : 1960. Oikos. 11, 161-166. Comparative experiment on decomposition rates of forest litter in southern and northern Finland.
- (7) Nykvist, N. : 1959. Oikos. 10, 190-211. Leaching and decomposition of litter (1).
- (8) 同 上 : 1950. Oikos. 10, 213-224. 同上 (2).
- (9) 大政正隆・森経一 : 1937. 帝, 林, 試, 報, 3, 39-107, 落葉に関する二, 三の研究.
- (10) Rege, R. D. : 1927, Ann. Appl. Biol. 14, 1-44. Biochemical decomposition of cellulosic materials, with special reference to the action of fungi.
- (11) Saitō, T. : 1956. Ecol. Rev. 14, 141-147. Microbiological decomposition of beech litter.
- (12) 同 上 : 1957. Ecol. Rev. 14, 209-216. Chemical changes in Beech litter under microbiological decomposition.
- (13) 四手井綱英・堤利夫・木村隆臣 : 1958. 京大, 演, 報, No. 27, 1-19. 京都大学芦生演習林の土壤調査報告 (第1報).
- (14) 四手井綱英ほか (四大学合同調査班) : 1960. 国策パルプ, 森林の生産力に関する研究 (第1報).
- (15) U, Springer und Lehner, A. : 1952. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 58, 193-231. 59. 1-27. Stoffabbau und Humusaufbau bei der aeroben und anaeroben Zersetzung landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich wichtiger organischer stoffe (I), (II).
- (16) 堤 利夫 : 1953, 日, 林, 講, No. 62, 142-143. 温度, 水分が落葉の分解速度に及ぼす影響について.
- (17) 堤 利夫 : 1956, 京大, 演, 報, No. 26, 59-87. 林木落葉の分解について.
- (18) 堤 利夫・徳丸始朗 : 1958, 治山事業調査報告, No. 8, 大阪営林局, 治山造林地の林力回復過程に関する調査報告.
- (19) 堤 利夫・岡林 巖 : 1959, 生理生態, 8, 124-129. 林木落葉の分解に及ぼす温度の影響について.
- (20) 堤 利夫 : 1960, 生理生態, 9, 53-56. 林地における有機物の集積分解量.
- (21) 内田丈夫 : 1959, 林, 試, 報, No. 114, 53-205. 北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究.
- (22) Waksman, S. A. and F. G. Tenney. : 1927. Soil Sci. 24, 275-283. Composition of natural organic materials and their decomposition in the soil.
- (23) Waksman, S. A. and F. C. Garretson. : 1931, Ecology. 12, 33-60. Influence of temperature and moisture upon the nature and extent of decomposition of plant residues by microorganisms.
- (24) Waksman, S. A. : 1936, Will. and Wilk. (Baltimore). Humus.

- (25) Wittich, W. : 1939, Forstarchiv. 15, 96-111. Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzustand.
- (26) Wittich, W. : 1943, Forstarchiv. 19, 1-18. 同上(II)
- (27) Wittich, W. : 1952, Schrif. Forstl. Fak. Univ. Göttingen. Bd. 4. Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems in Walde.
- (28) Wittich, W. : 1953, Schrif. Forstl. Fak. Univ. Göttingen. Bd. 9. Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit.

Summary

1) This report deals with the rate of decomposition of forest litter in Ashiu Forest of Kyoto University (mean annual temperature, 11.4°C, annual precipitation, 2781mm). The materials used were Sugi (*Cryptomeria japonica*) litter, Buna (*Fagus crenata*) litter and Mizunara (*Quercus crispula*) litter. These litter were placed on the ground in the following four different site : Sugi site (south aspect, altitude about 650m, B_D-d Soil), Buna site (west aspect, altitude 900m P_D soil), Mizunara site (lower slope of valley, altitude 650m, B_E soil), Open site (south-east aspect, altitude 650m, B_D-d soil).

2) When the rate of decomposition of forest litter were arranged in order of decreasing rate, the order became Mizunara, Buna and Sugi, in all site tested (Fig. 1, Table 1).

3) The time necessary for the disappearances of litter materials by decomposition were estimated. These were as follows : Mizunara litter, about 2 years (integrated temperature is about 6500 ~ 7300°C), Buna litter, about 3 years (integrated temperature is about 9700 ~ 11000 °C) or more, and Sugi litter, about 4 years (integrated temperature is about 13000 ~ 15000°C) or more.

4) According with the progress of decomposition, the lignin and crude protein fraction steadily decreased, and hemicellulose fraction also decomposed very rapidly in Mizunara and Buna litter.

As regards Sugi litter, lignin and crude protein fraction were not decreased quantitatively, but increased with the progress of decomposition, and hemicellulose fraction was only slightly decreased (Fig. 2). It seemed that the slower rate of decomposition of Sugi litter were due to the very slow rate of decomposition of lignin, crude protein and hemicellulose fraction.

The amount of alcohol-benzen soluble fraction of Sugi litter was about twice as much as Mizunara and Buna litter. But this fraction was rapidly decomposed in Sugi litter, and so it seemed that this fraction did not inhibit the decomposition of Sugi litter.

The rate of decomposition of forest litter may be influenced by the qualitative differences of each organic composition between tree species, as same as by the quantitative differences.

5) The rate of decomposition of forest litter varied by the environmental factors.

In all species tested, the litter decomposed most rapidly in Mizunara site, and usually slow in Sugi or open site, since the Mizunara site was located on B_E soil type and its moisture condition was most favorable.

In Sugi or Open site, the decreased rate of decomposition were as follows: Sugi litter, about 50%, Mizunara and Buna litter, about 65%. (% based on the total amount of decomposition in Mizunara site)