

コバノヤマハンノキの葉分解と分解成分の行動

山 谷 孝 一⁽¹⁾

Kôichi YAMAYA: Studies on Leaf-decomposition of Alder (*Alnus inokumae*) and Movement of Some Ingredients Originating from Decomposed Leaves

要 旨: 林地面に供給された落葉、落枝類は腐植や無機塩類の供給源として、自然土壤の地力にたいして大きい役割を果たしているだけではなく、それらの分解の態様は土壤の生成模式にも大きく影響しているために、落葉分解についての内外の研究は多い。

最近、森林生態系内の物質循環についての研究が新たに進められつつあるが、落葉の分解過程ならびに分解成分の動態が把握されないかぎり、その解明は困難であろう。

このような観点から著者は、肥料木と称され、葉分解の早いコバノヤマハンノキを使用し(比較のためアカマツを使用)、ポットによって葉分解試験を実施したところ、葉分解ならびに葉分解に由来する C, N, Ca の行動、および樹種によるこれらの特徴などについて大要を把握し、物質循環の一端を解明することができた。

I は じ め に

林地の表面には林木や地床植物によって供給された落葉、落枝類が堆積しているが、それらの分解状態は樹種や環境条件の差異によって一様ではない。林地面に供給された落葉、落枝類は、一方では分解されて土壤腐植となり、土壤体内に蓄積されるが、また一方では有機物を組成する各成分要素に分解し、土壤に無機塩類を供給する。前者は、いわゆる腐植化作用、後者は無機化作用といわれるものであり、この両者は、ともに土壤内で並行しておこる生物化学反応である。

わが国の森林下では、腐植化作用によって酸性腐植が供給され、土壤の酸性化をひきおこすが、一方、有機物の無機化によって無機塩類が供給され、土壤の酸性が緩和され、化学性が良好となる作用がある。このような、一見、相反するような2種の生物化学反応が土壤系内で競合、拮抗し、その結果、種々の形態、性質を具備する土壤の発達を促しているものとみている。

JOFFE⁽²⁾は土壤表面の A₀ 層は土壤養分の貯蔵庫であるとともに、土壤内の諸種の反応の出発点であるといっているが、地表面に堆積している土壤有機物の性状によって、土壤の形態や性質が大きく支配されることは、これまでの多くの研究からも明らかである。有機物の分解に関係するこれまでの研究を見ると、MULLER の mull と mor の形態分類によって代表されるように、土壤生成の立場から取り扱ったものと、自然土壤の地力の給源、つまり地力維持の立場から取り扱ったものとに大別されるが、とくに葉分解、物質還元の問題は、新たに、森林生態系内の物質循環の立場から意欲的に研究が進められつつある⁽³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾。

森林生態系内の物質現存量は現地調査によって把握されるが、それらの現存量をもたらした自然の法則

1972年2月23日受理

(1) 東北支場

性を解明しなければ、系内の動的な物質循環機構を把握することは困難である。このような関係からは、とくに土壤に還元された有機物の分解過程を究明し、分解成分の動態を把握することが必要になるものと思う。

落葉分解についての研究では、落葉の化学的組成¹⁴⁾¹⁸⁾、落葉層の形態⁵⁾¹⁹⁾²⁸⁾、土壤微生物¹³⁾¹⁵⁾、土壤動物¹⁾⁷⁾¹¹⁾¹²⁾²⁰⁾、などについてのものが多く、また落葉分解が土壤におよぼす影響についての研究も見うけられる¹⁰⁾¹⁴⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾。これらの研究成果は森林生態系内の物質循環機構を解明するうえに貴重な資料を提供しているものと考えられるが、部分的な範ちゅうにとどまるものが多く、物質循環系の全貌を明らかにするまでにはいたっていない。

著者は土壤生成の立場から、落葉の分解過程についての研究を進めてきたが²⁸⁾²⁴⁾、たまたま肥料木と称され、落葉分解の早いコバノヤマハンノキを使用して、ポットにより葉分解試験を実施したところ、葉分解ならびに分解成分の行動について、ある程度追求することができた。試験方法その他に不備の点はあるが、この方面の資料に乏しい現状から、既発表のものも含み²⁵⁾²⁶⁾、一括とりまとめのうえ報告することにした。

この試験を実施するにあたり、当支場育林部育林第3研究室各位のご労苦を煩わし、また、土壤動物の同定については保護部昆虫研究室のご指導を賜わった。さらに、原稿とりまとめにあたり、本場土じょう部長橋本与良博士からご懇切な助言を賜わった。ここに特記して謝意を表する。

II 試 験 方 法

1. 葉分解試験

供試葉の産地および採取時期はつぎのとおりである。

コバノヤマハンノキ 青森県五戸地方、1962年9月採取。

アカマツ 岩手大学滝沢演習林、1963年4月採取。

スギ アカマツに同じ。

採取した生葉は室内で風乾後、試験に供した。

葉分解試験の実施にあたっては、Fig. 1 に示すように、上部内径 25cm、下部内径 16cm、高さ 21cm の素焼製ポットを使用し、下部に当支場苗畑下層土（火山性ローム）3 kg（生土）を底部から 11cm の高さまで均等に充てんし、その上部に供試葉 250g（風乾重）を満たし、最上部を 1.5mm 目のビ

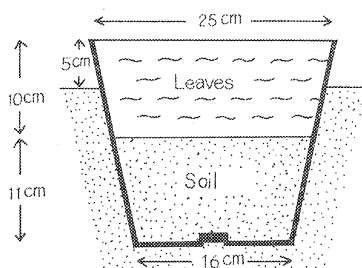


Fig. 1 葉分解試験の実施方法
Equipment of experiment.



Photo. 1 葉分解試験実施状況
Experiment condition of leaf-decomposition
in the field.

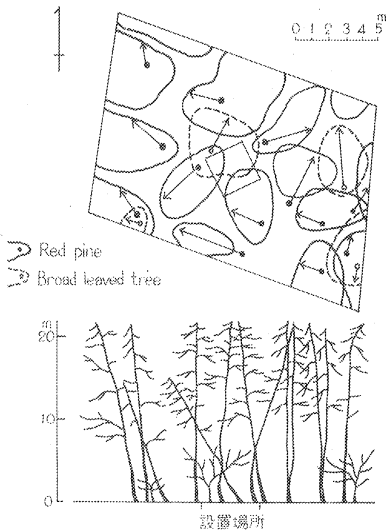


Fig. 2 葉分解実施場所の林相
Forest construction in experimental place.



Photo. 2 葉分解試験実施場所のアカマツ
天然林
Red pine forest in experimental place.

ニール網で被覆した。

このように処理した素焼製ポットは、構内のアカマツ天然林下に設置されたが、設置にあたっては2.5 m×2.5 mの範囲の表土を深さ20 cmまで除去し、ポット内充てん土壌と同一の苗畑下層土で充てんし、ポット内土壌に及ぼす外部土壌の影響をなるべく少なくなるように配慮した。また、ポット内、外の土壌の水分状態をみるため、石膏ブロックを内、外に埋没し、定期的に土壌水分を測定したが、ポット内、外の水分状態に、とくに差異は認められなかった。アカマツ林内における試験の実施状況は Photo. 1 のとおりである。

試験を実施した場所のアカマツ天然林の林相は Fig. 2, Photo. 2 のとおりである。これを見ればわかるように、下層に低木層をともなう樹高20 m以上の、この地域の代表的なアカマツ天然林である。

分解試験は3樹種とも1年間のもの(1963年5月～11月)と2年間のもの(1963年5月～1964年11月)の2処理とし、それぞれ1処理につきポット2個あてとした。試験終了時にはポットを掘り起こし、葉分解の状態、土壌動物、土壌の変化状態などについて肉眼的に詳細に調査をおこない、その後、分解葉および土壌を、それぞれ層ごとに採取した。

2. 分 析 方 法

分解葉は風乾後、秤量して分解量を算定し、その後、同一処理の2試料は、それぞれ層ごとに混合して分析試料とした。土壌試料についても同様に処理した。

分析にあたっては、炭素はチューリン滴定法、窒素はケルダール法、腐植組成は熟0.5% NaOH抽出法、置換酸度は塩化カリ法、加水酸度は酢酸石灰法、塩基置換容量および置換性石灰は酢酸アンモン浸出、EDTA滴定法によった。

III 試験結果および考察

この試験はコバノヤマハノキ葉の分解状態、ならびに葉分解による土壌の変化状態を明らかにすること

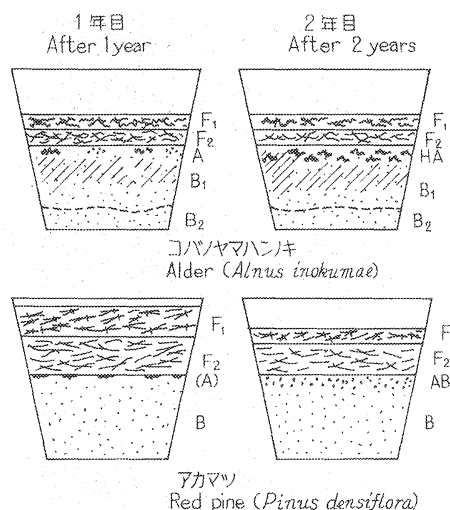


Fig. 3 分解1年目および2年目における分解葉の形態変化
Condition of morphological change of original leaves originating from leaf-decomposition.

に残存，無機土とも混合している (Photo. 4)。

A : 7.5YR $3\frac{1}{4}$ (暗褐)，F₂層下に局部的に生成，crumb 状。

B₁: 0~8cm, 7.5YR $3.5\frac{1}{4}$ (暗褐~褐)，腐植汚染によるムラあり，局部的に小塊状構造発達。

B₂: 8~11cm, 7.5YR $4\frac{1}{5}$ (褐)，原土の状態。

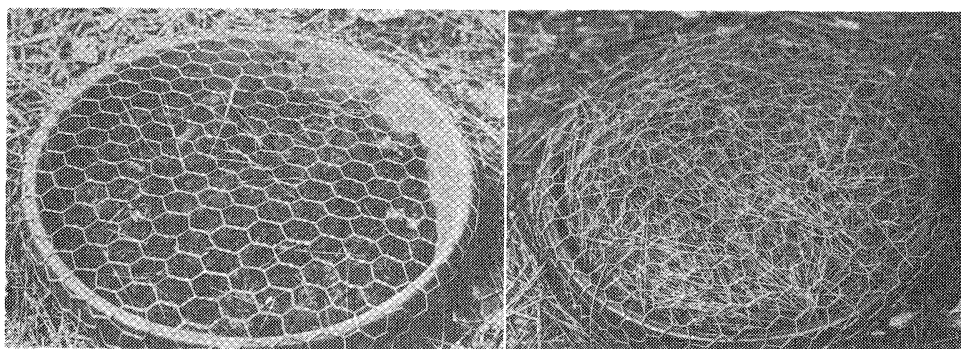


Photo. 3 1年目8月における葉分解状況
(左: コバノヤマハンノキ, 右: アカマツ)
Comparison of leaf-decomposition on August of the first year (left: Alder, right: Red pine).

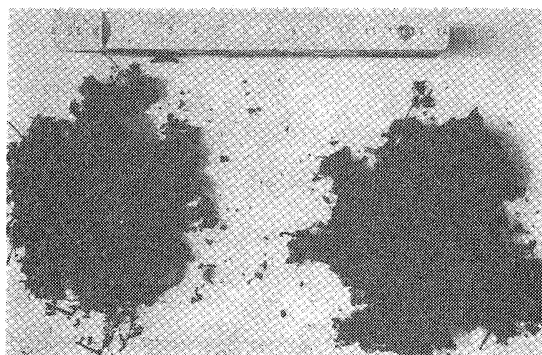


Photo. 4 1年目のコバノヤマハンノキ分解葉の形態 (左: F₁層, 右: F₂層)
A form of decomposed leaves of alder in the first year (left: F₁, right: F₂).

とを主としているが，比較のためにアカマツ，スギについても実施した。ただし，スギについては，2年目の試験に欠陥があったために，ここでは除外することにし，比較としてはアカマツだけをとりあげることにした。

1. 葉分解による供試葉ならびに供試土の形態変化

分解試験1年目および2年目における供試葉，ならびに供試土の形態変化はFig. 3および Photo. 3, 4, 5, 6のとおりであり，またその記載はつぎのとおりである。

コバノヤマハンノキ 1年目

F₁: 1.7cm, 細碎，圧縮され，原形は認められない (Photo. 4)。

F₂: 2.3cm, 葉肉部は消失し，葉脈だけが繊維状

このように、10cm の厚さに一様に充てんされた供試葉は、厚さを減少するとともに、形態的にも、 F_1 , F_2 のように層分化が明らかに認められ、また供試土の表面には局部的に A 層が生成し、 B_1 , B_2 層の分化が認められる。分解葉中にはかなり多くのミミズ、ハネカクシ、トビムシ、ムカデなどが見られ、これらの土壤動物が供試葉を捕食し、分解を促進していることがわかる。

コバノヤマハンノキ 2 年目

F_1 : 1.5cm, 原葉の形態はほとんど認められない (Photo. 5)。

F_2 : 2.5cm, 繊維状に葉脈だけ残存、無機土と混合 (Photo. 5)。

HA: 7.5YR $2\frac{1}{2}$ (極暗褐), F_2 層下に局部的に生成、層位としては認められない。
ミミズ糞状の crumb 構造を呈しているが、これは WILDE²¹⁾ の earthworm mull に相当している。

B_1 : 0~8cm, 7.5YR $4\frac{1}{4}$ (褐), 腐植汚染によるムラあり。

B_2 : 8~11cm, 7.5YR $4\frac{1}{6}$ (褐), 原土の状態。

F_1 , F_2 層の形態は 1 年目と大差はないが、腐植の沈積による HA 層の発達良好となっ

た。ヤスデがわずかに F 層中に見られた程度であり、1 年目に見られたような土壤動物は見あたらなかった。

アカマツ 1 年目

F_1 : 4 cm, 針葉の色が変わった程度。

F_2 : 5 cm, 針葉の組織がわずかに腐朽。

(A): 7.5YR $3\frac{3}{4}$ (暗褐~褐), 供試土表面に被膜状に生成。

B: 0~11cm, 7.5YR $4\frac{1}{6}$ (褐), 原土の状態。

10cm の厚さに充てんした針葉はわずかに変成し、 F_1 , F_2 層に分化しているが、分解程度はきわめて微弱であり、供試土の表面に腐植が被膜状に沈積している程度である。分解葉中にミミズがわずかに見られた。

アカマツ 2 年目

F_1 : 2 cm, ほとんど原葉の形態 (Photo. 6)。

F_2 : 4 cm, 針葉は破壊、粉碎され、黒色を呈している (Photo. 6)。

AB: 0~1cm, 7.5YR $4\frac{1}{4}$ (褐), 腐植によって弱度に汚染, crumb 状の堅い土塊発達。

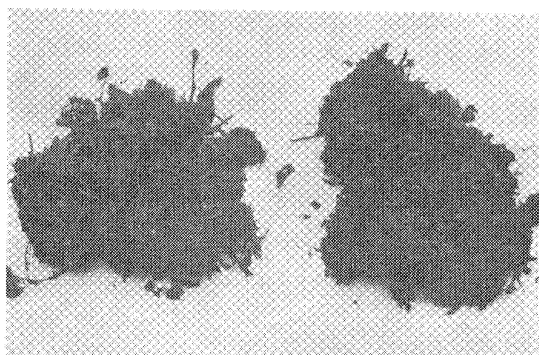


Photo. 5 2 年目のコバノヤマハンノキ分解葉の形態 (左: F_1 層, 右: F_2 層)
A form of decomposed leaves of alder in the second year (left: F_1 , right: F_2).



Photo. 6 2 年目のアカマツ分解葉の形態 (左: F_1 層, 右: F_2 層)
A form of decomposed needle leaves of red pine in the second year (left: F_1 , right: F_2)

B: 1~11cm, 7.5YR $\frac{4}{6}$ (褐), 原土の形態。

分解葉の厚さは1年目よりも薄くなり、針葉の破壊程度も大きくなっている。供試土の表面には腐植の汚染によってAB層が生成している。土壤動物はほとんど認められない。

以上のように、コバノヤマハノキ葉は1年目で大部分のものが分解し、土壤にたいしても大きく影響しているが、アカマツ葉の分解は緩慢であり、土壤にたいする影響も微弱である。

1年目のコバノヤマハノキの分解葉内には種々の土壤動物が生息していたが、2年目にはミミズ以外はほとんど見あたらない。これは1年目の急速な葉分解により、2年目では分解残査の形となり、土壤動物の生活にたいして好ましくない状態になったためと考えられる。土壤動物の分布が土壤の性質に支配されているために、土壤動物を土壤の指標として使用する試みがなされているが¹⁾、ここに述べたような土壤動物の変化も、分解葉の性質が変わったためとみてさしかえないであろう。アカマツの分解葉内にはミミズがわずかに見られた程度であるが、これについてもコバノヤマハノキの場合と同様にアカマツ分解葉の土壤動物にたいする対応が、そのような状態にあるものと解釈しなければならないであろう。

中村ら¹¹⁾¹²⁾、渡辺²⁰⁾は落葉分解にたいする土壤動物の役割について報告されているが、これらの研究からもわかるように、地表面の落葉は土壤動物の捕食によって一次的に破壊、変成され、さらに土壤微生物によって腐植化が促進されていくものようである。このことは、incubation による室内分解では分解率は低いが、野外では高くあらわれるという著者らの報告²⁵⁾や、細かい網(0.5mmメッシュ)とあらいう網(7mmメッシュ)に入れたブナ、カシ葉の分解試験では目のあらいう網の方が消耗が大きかったという、中村らの報告¹¹⁾などからも容易にうなずかれるであろう。栄養分に富むコバノヤマハノキ葉の場合には、とくに土壤動物の作用が大きいものと思われる。

2. 供試葉の分解状態

コバノヤマハノキおよびアカマツについて、1年目および2年目の分解消失量を求め、分解率を算定したのがTable 1である。Table 1を見ればわかるように、分解量は供試葉重量と分解後の重量との差から求めている。したがって、有機物分解過程における土壤微生物、小動物の遺骸の添加ならびに有機化合物の合成などを考えた場合には⁹⁾、厳密な意味での分解消失量とはならないかもしれない。しかし、この方法は、このような生物化学作用を総合的に包括しているから、有機物の消長を把握することは可能であ

Table 1. 処理別葉分解量
Amount and ratio of leaf-decomposition in different treatments

処 理 別 Treatment	樹 種 Species	層 別 Layer	供試葉重量 (風 乾) Air-dried weight of original leaves (g)	分解葉重量 (風 乾) Air-dried weight of decomposed leaves (g)	分 解 量 (風 乾) Air-dried weight of decomposed amount (g)	分 解 率 Ratio of leaf- decomposi- tion (%)
葉 分 解 1 年 目 Leaf-decomposition in the first year	コバノヤマハ ンノキ Alder	F ₁ F ₂	250	47 52	151	60
	ア カ マ ツ Red pine	F ₁ F ₂	250	53 110	87	35
葉 分 解 2 年 目 Leaf-decomposition in the second year	コバノヤマハ ンノキ Alder	F ₁ F ₂	250	39 42	169	68
	ア カ マ ツ Red pine	F ₁ F ₂	250	57 77	116	46

Table 2. 葉分解期間の気候状態
Climatic condition during leaf-decomposition

年 度 別 Years	種 別 Kind	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.
1963	平均気温 Mean temp. (°C)	14.4	18.0	19.3	23.8	17.0	12.1
	降水量 Precipitation (mm)	86	102	189	182	130	108
1964	平均気温 Mean temp. (°C)	15.1	18.0	22.4	24.7	17.3	11.1
	降水量 Precipitation (mm)	45	109	150	216	266	62
平 年 値 Average value	平均気温 Mean temp. (°C)	13.6	17.9	22.2	23.8	18.7	12.0
	降水量 Precipitation (mm)	92	113	169	154	180	110

と考えられる。

Table 1を見ると、コバノヤマハンノキ葉の分解率は1年目では60%、2年目では68%となっており、全分解量の90%近くが1年目に分解、消失していることがわかる。このことは、1年目で原葉の形態をまったくとどめないほどに分解、変成している Photo. 4 を見てもうなずかれるであろう。アカマツでは1年目に35%、2年目に46%であり、コバノヤマハンノキに比較して分解率ははるかに小さく、また分解速度もゆるやかである。

大政ら¹⁴⁾は主要針葉樹および広葉樹について落葉分解試験をおこない、落葉の分解は初年度にいちじるしく進行し、2年目から緩徐になる事実を認めている。それは、同氏らの実験によれば、落葉内の易分解性成分の大部分は初年度に分解、消失するためであり、その傾向は広葉樹において大きいようである。ここに述べた葉分解の傾向は、大政らの試験結果とよく一致している。

地表面に堆積した落葉は土壤動物や土壤微生物の作用によって細碎、変成され、腐植化されていくが、土壤微生物の活動には土壤水分や地温などが関連するものと考えられる。試験実施期間における気候状態はTable 2のとおりであり⁹⁾、平均気温、年降水量とも平年値と大きい差異はなく、1963、1964年とも大體似た気候状態を呈しており、年による気候状態がとくに葉分解に関係したとは考えられない。

3. 分解葉の腐植組成および化学的性質

Table 3を見ると、コバノヤマハンノキ葉は分解によってわずかに炭素の減少、窒素の増加、炭素率の低下が認められ、また腐植組成を見ると、1年目には腐植酸の急増、フルボ酸の急減が認められるが、2年目にはその変化は鈍化している。 C_h/C_f 比が1年目で2.0前後になっていることから、コバノヤマハンノキ葉は急速に分解し、腐植化の進んだ形の土壤腐植を生成することがわかる。

アカマツ葉はコバノヤマハンノキ葉よりも、はるかに分解量が少なく、形態的にも分解が進行していないが (Photo. 6)、コバノヤマハンノキの場合と同様に、葉分解によって炭素の減少、窒素の増加、炭素率の減少の傾向を示している。また、腐植組成を見ると、フルボ酸は急減しているが、腐植酸の変化傾向は明らかではなく、 C_h/C_f 比もコバノヤマハンノキの場合よりもかなり小さい。

つぎにTable 4を見ると、コバノヤマハンノキでは分解が進むにつれて急激に酸性が強くなり、置換性石灰ならびに塩基置換容量は減少の傾向を示している。アカマツにもその傾向は認められるが、アカマツでは生葉そのものがかなり酸性が強い特徴がある。コバノヤマハンノキ葉が分解によって急激に酸性が強くなるのは、分解速度が早く、酸性腐植ができやすいためであろう。

両樹種とも葉分解1年目よりも2年目において塩基置換容量が減少している。塩基置換容量の変化にたいしては腐植の量的方面だけではなく、質的方面も関係しているといわれている⁹⁾。Table 3に示すよう

Table 3. 分解葉の腐植組成
Humus constituents of decayed leaves

処 理 別 Treatment	樹 種 Species	層 別 Layer	C (%)	N (%)	C/N	熱 NaOH 可 溶 C Hot NaOH-soluble C		
						Humic acid (%)	Fulvic acid (%)	C _h /C _f
処 理 前 Before treatment	コバノヤマハン ノキ Alder	—	48.4	3.24	15	*	*	0.46
	アカマツ Red pine	—	52.7	1.43	37	*	*	0.84
葉 分 解 1 年 目 Leaf-decomposition in the first year	コバノヤマハン ノキ Alder	F ₁	46.6	3.88	12	7.50	4.04	1.86
		F ₂	43.9	3.49	13	9.10	3.66	2.49
	アカマツ Red pine	F ₁	50.4	2.24	23	6.76	4.55	1.49
		F ₂	47.6	2.26	21	6.64	4.29	1.55
葉 分 解 2 年 目 Leaf-decomposition in the second year	コバノヤマハン ノキ Alder	F ₁	45.7	3.55	13	8.55	4.00	2.14
		F ₂	42.7	3.33	13	8.65	3.81	2.27
	アカマツ Red pine	F ₁	48.8	2.10	23	7.23	4.62	1.56
		F ₂	46.1	2.03	23	6.91	4.31	1.60

* 供試葉のアルカリ可溶各フラクションの定量値。

Quantitative values of alkali-dissolved fractions of original leaves.

Table 4. 分解葉の酸性および置換性石灰含量
Acidities and exchangeable calcium contents of decayed leaves

処 理 別 Treatment	樹 種 Species	層 別 Layer	pH(H ₂ O)	置換酸度 Exchange acidity (y ₁)	加水酸度 Hydrolytic acidity (y ₁)	置換性石灰 Exchange- able calcium (me/100g)	塩基置換容量 Base exchange capacity (me/100g)
葉 分 解 1 年 目 Leaf-decomposition in the first year	コバノヤマ ハンノキ Alder	F ₁	6.4	1.9	46.9	55.2	93.4
		F ₂	6.2	1.9	61.9	57.8	93.0
	アカマツ Red pine	F ₁	5.4	5.6	86.3	14.5	103.9
		F ₂	5.5	7.5	95.6	17.6	103.5
葉 分 解 2 年 目 Leaf-decomposition in the second year	コバノヤマ ハンノキ Alder	F ₁	4.9	5.6	114.4	40.7	66.0
		F ₂	4.5	7.5	163.1	30.7	88.8
	アカマツ Red pine	F ₁	4.6	9.4	138.8	20.2	77.4
		F ₂	4.4	7.5	170.6	17.1	81.0

に、1年目から2年目にかけて全炭素はわずかに減少、C_h/C_f比はわずかに増加の傾向はあるが、この程度の変化が塩基置換容量に影響しているようには考えにくい。むしろ、形態のところで述べたように、葉分解によって容易に易分解性成分が消失し、コロイド化学的活性に乏しい分解残査の状態に変化していることが、塩基置換容量に関係する本質的なものとみている。コバノヤマハンノキ葉の分解にともなう置換性石灰の減少にたいしては、酸性増加による流亡がおもなものであるかもしれないが、塩基吸着の母体をなす腐植の質的变化についても考えなければならないであろう。

4. 葉分解が土壌におよぼす影響

葉分解にともなう供試土の形態変化については前述したとおりであるが、供試土についての分析成績はTable 5のとおりである。これを見ると、コバノヤマハンノキの場合には充てん土のかなり下方まで炭素、窒素の増加が見られ、とくに2年目には充てん土の表層にかなりの量の腐植の蓄積が認められるが、

アカマツの場合には、充てん土の表面に腐植が被膜状に沈積している程度である。この傾向はアルカリ可溶腐植の場合にも同様に認めることができる。

また、葉分解による原土の酸性化の程度についてみると、コバノヤマハノキの場合には、時間の経過とともに急激に酸性化し、その影響は下方にまでもおよんでいるが、アカマツの場合には原土の表面だけがわずかに酸性化している程度である。コバノヤマハノキの場合でも、置換酸度の経時的変化はあまり大きくないが、加水酸度はかなり急激に増加している。このことは、葉分解によって供給された酸性腐植が、酸性化のおもな要因をなしていることを示している。

つぎに、塩基置換容量および置換性石灰について見ると、葉分解により、両樹種とも塩基置換容量および置換性石灰の増加をとまなっているが、土壤腐植や土壤酸性の場合と同様に、アカマツよりもコバノヤマハノキの場合に変化が大きくあらわれている。1年目と2年目では両樹種とも明らかな変化は認められない。

ポット使用の葉分解試験でみられたコバノヤマハノキのこのような特徴は、十和田地方のシラスに植栽された約20年生のコバノヤマハノキ林下の土壤にも認められた²⁶⁾。しかし、一方、この地方の黒色土壤におけるコバノヤマハノキ林下では、隣接するクリ林やスギ林下の土壤よりも腐植や置換性石灰が少なく、酸性が強い傾向を示していた²⁶⁾。

ポット試験および現実林分下におけるこのような事実から、土壤中の物質蓄積にたいしてつぎのことが考えられる。すなわち、1) 土壤中の物質の蓄積は、土壤的に未熟で、物質濃度が低いうちは顕著であるが、しだいに鈍化する傾向がある。2) 森林—土壤間の物質循環がおこなわれている場合には、葉分解が早く、循環速度が早いほど土壤内蓄積物質が少ないようである。

さらに、葉分解による土壤の変化を、樹種ごとに、経年ごとに対比するため、有機物の供給によって敏感に反応する炭素、加水酸度、置換性石灰について、一定深度内土壤の平均値を求めたのがTable 6である。これを見ると、ポット内土壤の炭素および加水酸度の変化程度は、葉分解の早いコバノヤマハノキではアカマツの約2倍の大きさを示している。また、経年的な変化は両樹種とも1年目に大きく、2年目では鈍化している。

シラスに植栽され、約20年経過したコバノヤマハノキ林下では、10cmのA層が分化していたが²⁵⁾、深度20cmを対象として平均値を算定してみると、その傾向はポット試験におけるコバノヤマハノキの場合と大体似ている。つまり、有機物をほとんど含まない、ほぼ中性の土壤が、コバノヤマハノキの葉分解によって容易に土壤有機物を増加し、酸性化するが、その変化速度は、物質循環がおこなわれている森林下の場合と、物質供給だけがなされる場合とでは極端にちがうことがわかる。

5. 葉分解に由来する分解成分の行動

前述のように、ここで実施したポット使用による葉分解試験では、一定容積中に、一定量の供試葉ならびに供試土が、おおむね均等に充てんされているために、供試葉、分解葉および供試土における成分量を計測することによって、葉分解による各成分の収支を把握することは可能である。

森林生態系における物質循環の経路は物質によって異なり、炭素は開放的、無機塩類は閉鎖的、窒素は半閉鎖的であるといわれている⁶⁾。コバノヤマハノキおよびアカマツについてC, N, Caの供試葉、分解葉および供試土における含有量ならびにそれらの収支関係について示したのがTable 7である。これを見ると、Cではコバノヤマハノキ、アカマツともかなりの量の分解減量があるが、Nではコバノヤマハ

Table 5. 葉分解による
Change of chemical properties of original

処 理 別 Treatment	樹 種 Species	層 位 Horizon	C (%)	N (%)
原 土 Original soil	—	—	0.6	0.07
葉 分 解 1 年 目 Leaf-decomposition in the first year	コバノヤマハンノキ Alder	A B ₁ B ₂	5.5 2.6 1.3	0.43 0.22 0.13
	アカマツ Red pine	(A) B	4.2 1.3	0.29 0.11
葉 分 解 2 年 目 Leaf-decomposition in the second year	コバノヤマハンノキ Alder	HA B ₁ B ₂	12.4 2.5 1.7	1.13 0.22 0.14
	アカマツ Red pine	A B	7.2 1.2	0.40 0.11

Table 6. ポット試験およびシラス植栽地における土壌諸性質の変化（土壌平均値による比較）
Change of soil properties owing to leaf-decomposition in pot experiment and
alder planted land consist of volcanic pumiceous ash

処 理 別 Treatment	樹 種 Species	土層の厚さ Thickness of horizons (cm)	炭 素 Carbon (%)		加 水 酸 度 Hydrolytic acidity (y ₁)		置 換 性 石 灰 Exchangeable calcium (me/100g)	
			平均値 Mean values	比 数 Relative values	平均値 Mean values	比 数 Relative values	平均値 Mean values	比 数 Relative values
原 土 (苗 畑 下 層 土) Original soil (substratum of nursery soil)		11	0.6	100	13.8	100	6.74	100
葉 分 解 1 年 目 Leaf-decomposition in the first year	コバノヤマ ハンノキ Alder	A 1 B ₁ 7 B ₂ 3	2.5	417	31.8	230	8.35	124
	アカマツ Red pine	(A) 1 B 10	1.5	250	14.9	108	6.35	94
葉 分 解 2 年 目 Leaf-decomposition in the second year	コバノヤマ ハンノキ Alder	HA 1 B ₁ 7 B ₂ 3	3.1	517	34.3	249	8.50	126
	アカマツ Red pine	A 1 B 10	1.7	283	14.8	107	6.95	103
原 土 (シ ラ ス) Original soil (volcanic pumiceous ash)		20	0.05	100	11.3	100	2.92	100
約20年生のコバノヤマハンノキ人 工林 Alder forest about 20 years after planting		A ₁ 3 A ₂ 7 C 10	2.2	4,400	31.4	279	4.83	165

土 壤 化 学 性 の 変 化

soil owing to leaf-decomposition

熱 NaOH 可 溶 C Hot NaOH-soluble C		pH(H ₂ O)	置 換 酸 度 Exchange acidity (y ₁)	加 水 酸 度 Hydrolytic acidity (y ₁)	置 換 性 石 灰 Exchangeable calcium (me/100g)	塩基置換容量 Base exchange capacity (me/100g)
Humic acid (%)	Fulvic acid (%)					
0.07	0.13	6.4	0.6	13.8	6.7	21.3
1.20	1.40	5.8	1.3	43.8	15.9	45.9
0.43	0.77	5.8	1.3	35.6	8.4	38.9
0.17	0.36	6.2	0.6	18.8	5.7	28.4
0.64	1.04	6.2	0.6	25.6	7.7	41.8
0.14	0.35	6.7	0.6	13.8	6.2	35.5
3.29	2.03	4.9	3.8	86.3	16.0	52.0
0.42	0.83	5.4	1.3	33.8	8.5	33.9
0.17	0.39	5.9	0.6	18.1	6.0	28.4
1.33	1.09	5.2	1.9	49.4	6.1	37.1
0.20	0.36	6.4	0.6	11.3	7.0	27.4

Table 7. 葉分解による分解成分の収支

Absolute gains and losses of decomposed ingredients owing to leaf-decomposition

処 理 別 Treatment	成分 In- gredi- ents	樹 種 Species	供試葉 ⁽¹⁾ (A) Original leaves (g)	分解葉 ⁽²⁾ (B) Decom- posed leaves (g)	供 試 土 ⁽³⁾ (C) Original soils (g)	葉 分 解 後の土壌 ^(D) Soils after leaf de- compo- sition (g)	分解減量 (A-B) Losses of ingre- dients (g)	土 壌 内 蓄 積 量 (D-C) Gains of ingre- dients (g)
葉 分 解 1 年 目 Leaf-decomposition in the first year	C	コバノヤマハンノキ Alder	105.5	38.9	12.8	55.6	66.6	42.8
		アカマツ Red pine	114.9	68.8		27.8	46.1	15.0
	N	コバノヤマハンノキ Alder	7.06	3.17	1.50	4.70	3.89	3.20
		アカマツ Red pine	3.12	3.19		2.35	tr.	0.85
	Ca	コバノヤマハンノキ Alder	6.98	2.42	7.06	8.77	4.56	1.71
		アカマツ Red pine	0.92	1.17		6.63	tr.	tr.
葉 分 解 2 年 目 Leaf-decomposition in the second year	C	コバノヤマハンノキ Alder	105.5	31.1	12.8	53.5	74.4	40.7
		アカマツ Red pine	114.9	55.1		25.7	59.8	12.9
	N	コバノヤマハンノキ Alder	7.06	2.42	1.50	4.70	4.64	3.20
		アカマツ Red pine	3.12	2.40		2.35	0.72	0.85
	Ca	コバノヤマハンノキ Alder	6.98	1.24	7.06	8.98	5.74	1.92
		アカマツ Red pine	0.92	1.07		7.48	tr.	tr.

(1) (2) : 風乾水分量13%として乾物換算。Dry-weight calculated on the basis of air-dry moisture, 13 per cent.

(3) : 生土水分量29% (容積率)として乾土換算。Dry-weight calculated on the basis of fresh soil moisture, 29 per cent (volume basis).

ソノキの分解減量は大きい、アカマツのそれは僅少であり、Ca の場合も同様である。つまり、コバノヤマハンノキ葉は短期間に迅速に分解し、多量の C, N, Ca を放出するが、アカマツ葉の分解は緩慢であり、C 以外の放出は明らかではない。

つぎに、葉分解によって放出された分解成分の土壌内蓄積量を見ると、C, N, Ca の各成分とも、コバノヤマハンノキの場合にはアカマツの場合よりもはるかに多いが、一方、葉分解による減少量は土壌内蓄積量よりもかなり多いことがわかる。

一般に、開放的な循環をする C の場合には、葉分解によって生成した腐植は土壌に蓄積されるが、一方では分解によって CO_2 となり、大気中に還元される。閉鎖的な循環をする Ca の場合には、有機物の無機化によって土壌に還元されるが、その後ふたたび植物によって吸収されるというような循環系を示している。半閉鎖的な循環をする N の場合には、微生物によって無機化した NH_4 , NO_3 は土壌に還元され、その後ふたたび植物に吸収されるが、一方では NH_4 は揮発により、 NO_3 は還元によって N_2 ガスとなり、ともに大気中に失われるというように、閉鎖的と開放的の両面の循環系を示している。ただし、このような循環過程において、 NO_3 は土壌に吸着されないために、また Ca は酸性条件下では不安定であるために、leaching によって系外に流亡する特徴がある。

このような一般的な理論⁶⁾により、Table 7 の分解成分の収支を基準として、分解成分の行動を図化したのが Fig. 4 である。図化にあたっては一部推定を含んでいるが、地表に堆積した落葉の分解成分の行動を、概観することは可能であろう。

コバノヤマハンノキとアカマツでは分解量の差異だけではなく、分解成分の行動にも特徴がある。すなわち、C についてみると、コバノヤマハンノキでは約半数が土壌に蓄積されているが、アカマツでは土壌内蓄積量が少なく、大部分のものが分解過程で消失している。また N の場合には両樹種とも土壌内蓄積が大部分であるが、Ca の場合には酸性反応下では大部分系外に流亡しているようである。

分解成分のこのような行動は、ある程度現実林分下でも認められるようである。すなわち、アカマツ林下では、F 層を主とする落葉層は発達するが、その下部の腐植土層の発達は貧弱であることが多く、また亜高山地帯やヒバ林下のような酸性の強い土壌では、置換性石灰に乏しい傾向があるなどは、上述の結果と共通するものと解釈している。

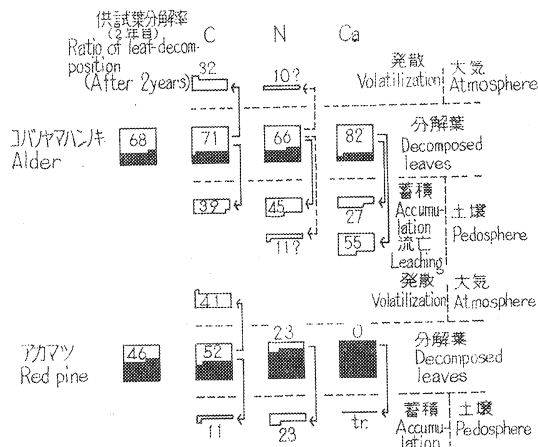


Fig. 4 コバノヤマハンノキおよびアカマツの葉分解と分解成分の行動 (数字: 供試葉成分にたいする%, 白色部: 分解減量, 黒色部: 分解残量, 点線: 推定による)

Ratio of leaf-decomposition and movement of some ingredients originating from leaf-decomposition. (Figures: per cent on the basis of amount of original leaves. White part: amount of losses. Black part: amount of residua. Dotted line: based on the presumption.)

IV ま と め

1. この研究は葉分解の土壤におよぼす影響を明らかにすることを目的とし、実験材料として葉分解の早いコバノヤマハンノキを使用したほか、対照としてアカマツを使用した。

2. 素焼製ポットに一定量の供試土および供試葉を充てんし、アカマツ天然林下に設置した。分解期間は1年間のもの(1963年5月~11月)と2年間のもの(1963年5月~1964年11月)の2処理とした。

3. 1年目および2年目における分解葉、および供試土の形態変化の状態はつぎのとおりである。

1) コバノヤマハンノキの場合 1年目で供試葉は、すでに原形が認められないほど分解したF₁層、葉脈だけが繊維状に残存しているF₂層に分化し、crumb 状のA層が局部的に生成し、また、供試土は腐植汚染の認められるB₁層と原土の状態のB₂層に分化している。2年目ではF₁、F₂層の分解はさらに進み、crumb 状のHA層の発達は、さらに顕著になっている。

2) アカマツの場合 1年目では、供試葉は針葉が変色した程度のF₁層、わずかに腐朽が認められるF₂層に分化し、供試土は原土の状態であるが、2年目では針葉の破壊、腐朽が進み、腐植の沈積によるAB層が被膜状に発達している。

3) コバノヤマハンノキの1年目の分解葉内にはミミズ、ハネカクシ、トビムシ、ムカデなどの土壤動物が生息していたが、2年目の分解葉やアカマツの分解葉内には、このような土壤動物はほとんど認められなかった。このことは、野外における葉分解の促進にたいしては、土壤動物の捕食による一次的破壊、変成が大きく関係していることを示しているとともに、土壤動物の分布状態から分解葉の性状をある程度類推することが可能であることを示唆している。

4. 供試葉重量と分解葉重量の差から分解量、分解率を算定してみると、コバノヤマハンノキはアカマツに比較して、かなり分解率が高く、分解速度が早いことがわかる。

5. コバノヤマハンノキ葉は分解によって炭素の減少、窒素の増加、腐植酸の急増、フルボ酸の急減を示し、腐植化の進んだ腐植を生成するが、一方、急速に酸性化し、置換性石灰の減少をとまなっている。葉分解によって供給された酸性腐植により、ほとんど腐植を含まない中性の土壤が、炭素、窒素濃度を増し、急速に酸性が強くなる。アカマツの場合には、このような作用は微弱である。

6. 葉分解による土壤の変化程度は、おおまかにみて、コバノヤマハンノキの場合にはアカマツの約2倍の大きさを示しており、また、両樹種とも、変化程度は1年目に大きく、2年目に鈍化している。

7. コバノヤマハンノキはアカマツに比較して、葉分解によって多量の炭素、窒素、石灰を放出し、土壤内に蓄積するが、土壤内蓄積量は葉分解による分解成分量よりもかなり少ない。すなわち、炭素についてみると、コバノヤマハンノキの場合には約半数が土壤内に蓄積されているが、アカマツでは大部分が消失しており、また窒素では両樹種とも土壤内蓄積が大部分を占めているが、石灰は酸性条件下では大部分、系外に流亡している。

8. 要するに、コバノヤマハンノキ葉は急速に分解して土壤に多量の有機物ならびに無機塩類を供給し、短期間に土壤内の成分濃度を増加するが、一方、土壤の酸性化を促進し、塩類の流亡を引きおこす作用がある。コバノヤマハンノキにおけるこのような傾向は、アカマツではそれほど大きくない。ただし、このような作用は、物質循環がおこなわれないポット使用の葉分解試験の場合に認められることであり、物

質循環がおこなわれている森林下では、それぞれの条件に支配されているために、その傾向は一樣ではない。

文 献

- 1) 青木淳一：土壤と地中動物—ダニ学と土壤学の結合，ペドロジスト，5，23～32 (1961)
- 2) BURGESS, A.: Micro-organisms in the soil (1958), 熊田恭一ほか (訳) パーージェス 土壤微生物，朝倉書店，163 pp., (1960)
- 3) 岩手気象対策連絡会：岩手県気象月報，(1963, 1964)
- 4) JOFFE, J. S.: Pedology, New Jersey, 662 pp., (1949)
- 5) 河田 弘：落葉の養分組成と分解にともなう変化について，林試研報，194，167～180，(1966)
- 6) 吉良竜夫ほか：植物生態学 (2)，第1部，生態系と植物共同体の機能，古今書院，402 pp., (1960)
- 7) 北沢右三：日本の土壤生物群集における動物のはたらき，ペドロジスト，8，37～41，(1962)
- 8) 弘法健三・赤塚 恵：開墾地土壤の熟畑化過程における土壤の塩基置換容量並に等電点の変化，日土肥誌，21，107～110，(1950)
- 9) LYON, T. L. and BUCKMAN, H. O.: The nature and properties of soils, (1948), 三井進午ほか (訳) ライオン，バックマン 土壤学，朝倉書店，472 pp., (1950)
- 10) 宮崎 穂：四国森林植生と土壤形態との関係について，興林会，250 pp., (1942)
- 11) 中村好男ほか：森林土壤動物の役割〔1〕，北方林業，21，14～17，(1969)
- 12) 中村好男：森林生態系における土壤動物の役割について，日林北海道支部大会講演集，18，156～158，(1969)
- 13) 沖永哲一：森林土壤の微生物学的研究，(II)，ヒバ林の土壤微生物相，日林誌，34，227～232，(1952)
- 14) 大政正隆・森 経一：落葉に関する二，三の研究，帝室林野局林試報告，3，39～101，(1937)
- 15) 大政正隆・河田 弘・河田明子：土壤型と微生物群落との関係，林試研報，95，1～70，(1957)
- 16) ROMEZOV, N. P. and POGREBNYAK, P. S.: Forest soil science (Lesnoe pochvovedenie), Translated from Russian, Jerusalem, 261 pp., (1967)
- 17) 四大学合同調査班：森林の生産力に関する研究 第1報，北海道主要針葉樹林について，国策パルプ，99 pp., (1960)
- 18) 堤 利夫：林木落葉の分解について，京大農学部演習林報告，26，59～87，(1956)
- 19) 内田丈夫：北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究，林試研報，114，53～205，(1959)
- 20) 渡辺弘之：ブナ林，マダケ林およびドイツトウヒ林の土壤動物の現存量と落葉の分解（粉砕）にはたす役割，日林誌，49，311～315，(1967)
- 21) WILDE, S. A.: Forest soils, New York, 537 pp., (1958)
- 22) 山本 肇・真田悦子：トドマツ落葉の分解が土壤に及ぼす影響，林試研報，229，63～92，(1970)
- 23) 山谷孝一：ヒバ林地帯における土壤と森林生育との関係，林土調，12，1～139，(1962)
- 24) ————：ヒバ林伐採跡地土壤の経年変化について (1)，落葉層の形態変化および土壤有機物の動態，日林誌，47，199～204，(1965)
- 25) ————：柳谷清子：コバノヤマハンノキの葉分解試験，79日林講，130～132，(1968)
- 26) YAMAYA, K.: On the influence of alder (*Alnus inokumae*) on soil properties in northern Japan. Biology of Alder, Pacific Northwest Forest & Range Exp. Sta., Portland, 197～207，(1968)

Studies on Leaf-decomposition on Alder (*Alnus inokumae*)
and Movement of Some Ingredients Originating
from Decomposed Leaves

Kôichi YAMAYA⁽¹⁾

Summary

1. In this study, the author's intention was to determine both the effect of leaf-decomposition on original humus-poor soil material, and movement of some ingredients derived from decomposed leaves. He used leaves of alder (*Alnus inokumae*) for experimental sample because alder leaves decompose very easily. And he also adopted needle-leaves of Japanese red pine (*Pinus densiflora*) for comparison.

2. A weighed amount of loamy volcanic soil (substratum of nursery soil) was put in porous pots and that of air-dried leaves was then deposited on the soil surface. These pots were buried in the ground under natural red pine forest and a half of them were left there for one year (May~Nov., 1963) and the rest for two years (May, 1963~Nov., 1964) respectively (Fig. 1~2, Photo. 1~2).

3. Morphological changes of both original leaves and original soils in the first and the second year are as follows (Fig. 3, Photo. 3~6).

1) On decomposition of alder leaves: In the first year, original leaves distinctly changed morphologically into F_1 which had no trace of the original form of the leaves, and F_2 which remained only as fibrous veins and most of the mesophyll had disappeared. Crumb-like A horizon was partially formed on the surface and original humus-poor soil differentiated into B_1 and B_2 horizons by infiltration of humus. In the second year, the leaf-decomposition advanced more and crumb-like HA developed more clearly.

2) On decomposition of red pine needle-leaves: In the first year, original needle-leaves underwent a slight morphological change and turned into only discolored F_1 and slightly decayed F_2 , and original soil scarcely changed morphologically. In the second year, the destruction and decay of needle-leaves advanced and AB horizon was recognized as a filmy accumulation of humus on the surface of loamy volcanic soil.

3) In the first year, when the author examined the decomposition of leaves with naked eye, there were a large number of spring-tails, centipedes, earthworms, etc. in decayed litter of alder. However, only a few of them were in decayed litter of alder in the second year and red pine. The author believes that leaves are firstly broken and decomposed by activity of soil fauna, and are secondly humified by soil microbes in the process of leaf-decomposition in the field.

4. The amount and ratio of decomposition calculated from the differences between weight of original leaves and of decomposed ones are shown in Table 1. From the table, it is clear that ratio and rate of decomposition of alder leaves are considerably higher than those of red pine needle-leaves.

Received February 21, 1972

(1) Silvicultural Division, Tohoku Branch, Gov't. For. Exp. Sta., Morioka, Japan

5. As leaf-decomposition of alder advanced, concentration of carbon and nitrogen quickly increased, amount of exchangeable calcium decreased, the soil acidity rapidly increasing. Besides, the amount of alkali-dissolved humic acid quickly increased and that of fulvic acid decreased through decomposition of leaves. Such a phenomenon means that humus of higher degree of humification has been formed from the decayed alder leaves.

Accordingly, a considerable amount of carbon and nitrogen, which originates from decomposed alder leaves, is accumulated in the original humus- and nitrogen-poor soil, and nearly neutral original soil is considerably acidified in a short time. Such characteristics found in the decomposition of alder leaves are only slightly recognized in that of red pine (Table 3~5).

6. Degree of change of soil properties owing to the decomposition of alder leaves is about twice as large as that of red pine needle-leaves. Moreover, the degree of change of soil properties is remarkable in the first year, but is weakened in the second year (Table 6).

7. As compared with the decomposition of red pine needle-leaves, considerably higher amounts of carbon, nitrogen and exchangeable calcium from decomposed alder leaves are released and accumulated in the original soil. However, it is found that gains of these ingredients in the original soil are considerably smaller than losses of those in the original leaves (Table 7). This indicates that a majority of the gains of carbon in original soil is derived from the losses of that in alder leaves, but the greater part of the losses of carbon in original red pine needle-leaves have disappeared and have not accumulated in the original soil. On the other hand, gains of nitrogen in the original soil owes its origin to nitrogen in decomposed leaves of the two species. Since a considerable part of exchangeable calcium is leached to the outside of a nutrient circulation system under acid condition, the gains in the soil are relatively smaller.

8. In a word, alder leaves have rapidly decomposed and a large quantity of humus and mineral ingredients originating from the decomposed leaves are accumulated in the original soil in a short time. On the other hand, it is found that the original soil is quickly acidified and mineral bases are leached. Such a tendency in decomposition of alder leaves is not remarkable in that of red pine needle-leaves. But in a forest ecosystem, ingredients accumulation in original soil is not necessarily always the same amounts as those mentioned above.