

リターの分解についてV

アカマツの葉,幹および根の分解率の推定

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	河原,輝彦 佐藤,明
発行元	日本林學會
巻/号	59巻9号
巻号補足	
掲載ページ	p. 321-326
発行年月	1977年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



論 文

リターの分解について (V)

アカマツの葉、幹および根の分解率の推定*

河原輝彦**・佐藤 明***,***

河原輝彦・佐藤 明：リターの分解について (V) アカマツの葉、幹および根の分解率の推定 日林誌 59: 321~326, 1977 アカマツの落葉、幹および根の分解率を求めた。(1) 落葉をバッグに入れ林床に3年間放置した。重量は1年目で設置時の60%、2年目で35%、3年目で25%と時間の経過とともに指数関数的に減少した。この分解率は0.474であった。(2) 生の幹を50cmに切りそろえ林床に4年間放置した。重量の減少速度は太さによって違い、太い材ほど分解が遅かった。分解率を求めると、直径1~2cmで0.20、5~6cmで0.12、9~10cmで0.07であった。重量減少率と比重(重さ/容積)との間には比例関係が認められた。また、幹材からのCO₂発生率は比重の小さい幹材ほど大きかった。(3) 生の根を太さ別にバッグに入れ3年間土に埋めた。根の分解も幹材と同様太いほど遅い傾向があり、分解率は直径0.9cmの根で0.20、2.5cmで0.16、5.5cmで0.14であった。

KAWAHARA, Teruhiko & SATO, Akira: Decomposition of litter on forest floor (V) Estimation of decomposition rates of needles, stems and roots of *Pinus densiflora* J. Jap. For. Soc. 59: 321~326, 1977 The decomposition rates of needles, stems and roots of *Pinus densiflora* were approximately estimated in the *Pinus densiflora* forest. (1) The fallen needles were held in nylon net bags and placed on the forest floor for three years. The decomposition rate of needles was estimated as 0.47. (2) The stems were cut into lengths of about 50 cm and placed on the forest floor for four years. These decomposition rates were different depending on stem diameters. The decomposition rates of stems in 1~2 cm, 5~6 cm and 9~10 cm diameters were 0.20, 0.12 and 0.07, respectively. The specific gravity (weight/volume) decreased with the rate of weight decrease, and CO₂ evolution from stems increased with decreasing specific gravity. (3) The roots were kept in the nylon net bags and buried in the soil for three years. The decay of roots tended to be faster for the smaller diameters. These decomposition rates were 0.20, 0.16 and 0.14 for diameters of 0.9 cm, 2.5 cm and 5.5 cm, respectively.

I は じ め に

森林におけるチッ素、リン、カリウムなどの物質は土壌と樹木との間をたえず移動循環している。樹木は生長にともなって土壌中から栄養分としてチッ素やリンなどの物質を吸収しているが、一方で落葉、落枝、根の枯死、あるいは枯死木の林地への倒伏などによって吸収した養分物質の一部をリターとして林地へ還元している。この還元された有機物は土壌動物や土壌微生物の働きによって分解無機化され、再び樹木に利用される。したがって、リターとして還元された有機物の分解過程は森林

内の物質循環において主要な位置を占めていることになる。しかし、林地に供給還元された葉、幹、根などの器官によってその分解率は異なる。葉についての分解率はリターバッグを使って多くの樹種で求められている(2, 3)。しかし、幹や根では分解に長時間かかることや測定困難なことなどによって、これらの分解率を求めた報告は非常に少ない。そこで、本論文ではアカマツの葉、幹、根を用いてそれらの分解率の違いを調べた。

なお、この調査研究にあたりご協力をいただいた林業試験場赤沼試験地および造林第2研究室の諸氏にお礼申し上げます。

* この報告の一部は第87回日本林学会で講演した。

** 農林省林業試験場 Gov. For. Expt. Sta., Meguro, Tokyo 153

*** 現勤務先: 農林省林業試験場北海道支場 Hokkaido Branch, Gov. For. Expt. Sta., Sapporo 061-01

II 調査地の概要

試験林分として林業試験場赤沼試験地（埼玉県）内の天然生アカマツ林（平均樹高 13.9 m, 平均胸高直径 13.8 cm, 立木密度 1,860 本/ha, 林齢約 30 年）を使用した。この林分は標高約 80 m の丘陵地帯の中腹に位置し、土壌型は B_{D(a)} で植質壤土である。調査測定期間の月平均気温および降雨量を図-1 に示した。

III 試験方法

1. 落葉の分解試験

1972 年 12 月にリタートラップにたまったアカマツの葉を集め、一定量（29 g 絶乾重換算）を 2 mm 目の寒冷紗の袋（30 cm×20 cm）に入れ、30 袋をアカマツ林床に設置した。なお、設置のさい林床の新鮮落葉層を取り除いた。また設置した袋が移動したり、林床から浮き上がることを防ぐために袋の四すみを針金でおさえた。林床に設置した袋は 1973 年 4 月、8 月、1974 年 5 月、1975 年 1 月、12 月の計 5 回におのおの 5 袋ずつ（ただし 1975 年 12 月は 10 袋）を回収した。回収した袋は約 80°C の乾燥機の中で乾燥させたのち、その中の落葉の重量を測定した。

2. 幹の分解試験

1972 年 12 月に胸高直径 10 cm, 樹高約 9 m のアカマツを 1 本伐倒し、その幹を約 50 cm の長さに切りそろえ、それらの重さと中央直径を測定し、ナンバータブをとりつけた。これらをアカマツ林床の新鮮落葉を取

り除いたところに設置した。設置された幹は 1974 年、1975 年、1976 年の 12 月にそれぞれ一部を回収し、重量の測定をおこなった。回収した幹の一部（長さ 10 cm）を実験室にもちかえり、それらから放出される CO₂ 発生量を測定した。CO₂ 発生量の測定は試料を直径 18 cm の円筒に 24 時間入れ、25°C に保たれた保温器内で密閉アルカリ吸収法で測定した。1974 年回収した幹では 5 日間、1975 年と 1976 年のものでは 3 日間連続して CO₂ 発生量を測定した。その後乾燥重量を測定した。1975 年 12 月には自然枯死し林床に倒れていた直径 5~6 cm の材を拾い集め、長さ 10 cm に切りそろえ、直径、重量、CO₂ 発生量を測定した。

3. 根の分解試験

幹の分解試験に使用したアカマツの根を 1972 年 12 月に掘り取った。掘り取った根を 10~20 cm の長さに切り、太さ別に 5 段階（平均直径 3 mm, 9 mm, 15 mm, 24 mm, 55 mm）に分け、細い根では 10 本前後、太い根では 3~5 本ごとにとまとめて、その重量を測定し、袋（2 mm 目の寒冷紗）に入れた。これら根の入った袋はアカマツ林の土を深さ約 10 cm 掘ったところに埋めた。1975 年 12 月にこれらの埋められた袋を回収し、袋別に根の乾燥重量を測定した。

IV 結果と考察

1. 落葉の分解速度

袋に入れた落葉の回収時の重量変化を 5 袋（1975 年 12 月は 10 袋）の平均値でみると、図-2 のようになった。

アカマツの落葉は時間がたつにつれて重量は減少していくが、初年の冬期の減少は小さく、夏期に入り気温の上昇とともに分解が進み重量減少は大きくなり、1972 年 12 月から 1973 年 12 月までの 1 年間の重量減少率は 40% であった。その後 2 年目の重量減少割合は 1 年目よりも小さく、2 年目の 12 月には設置時の 65% 減で

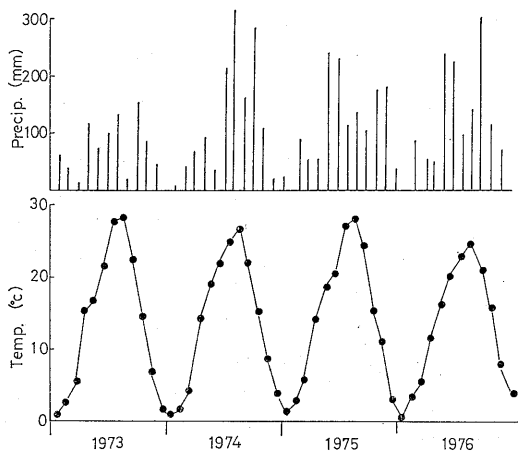


図-1. 試験期間中の赤沼試験地の月平均気温と月降雨量

Mean monthly temperature and monthly precipitation during the period investigated at Akanuma Experimental Station

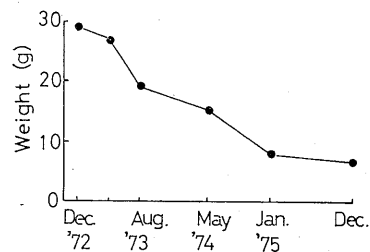


図-2. リターバッグ法によるアカマツ落葉の重量減少

Decomposition of pine needle litter observed by the litter bag method

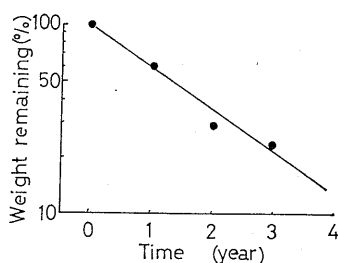


図-3. アカマツ落葉の重量残存率の時間経過
Change of weight of remaining pine needles

あった。3年目になると重量減少割合はさらに小さくなり、設置時の75%減であった。このような結果は前報の結果とほぼ同じであった(3)。

図-2にみられるように落葉は時間の経過とともに重量は減少していくが、一般に時間の経過とともに重量は指数関数的に減少し、時間と残存量との間に

$$X = X_0 e^{-kt} \quad (1)$$

X : t 年後の残存量, X_0 : 設置時の落葉量, k : 分解率, t : 経過年数

の関係が成り立っていることが知られている(6)。ここで述べたアカマツ落葉の時間的変化を片対数グラフに図示すると、図-3のようになり、 $X = X_0 e^{-kt}$ の関係をほぼ満足していた。ただし、1年目の値は図-2より推定し、また2年目の値は1975年1月の値を使った。図-3より分解率 k の値を求めると0.474が得られた。すなわち、重量が1/2になるのに必要な年数は1.5年、1/10になるのは4.8年である。

一方、落葉の分解率を求める方法として、よく用いられる式として、

$$k' = \frac{L_0}{L_0 + F} \quad (2)$$

がある(1)。ここで L_0 は1年間の落葉量、 F は落葉直前の A_0 層の有機物量である。この式は林分の A_0 層有機物量が動的平衡状態に達し、みかけ上一定量になっているときに成り立つ。このアカマツ林の落葉直前の A_0 層量(F)は 501 g/m^2 であり、また、1年間の落葉量(L_0)は3年間の平均値で 427 g/m^2 であった(5)が、この林の A_0 層も動的平衡状態に達しているとして、これらから k' を求めると0.460になった。

先にリターバッグ法から求めた分解率(k)と A_0 層量とリターフォール量から求めた(k')との間の関係を調べた。

毎年林地に供給される落葉がリターバッグ中の落葉と同じ分解率で減少していくとすると、落葉してから n 年

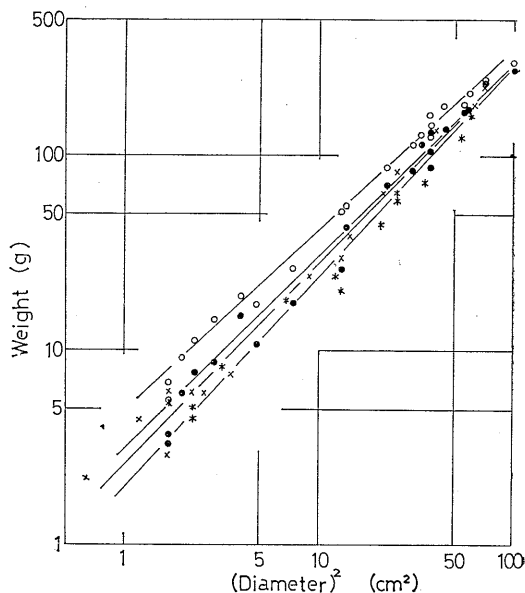


図-4. 試験材の中央直径の二乗と重量との関係
Relation between square of diameter and weight of stem wood

○ 1972, ● 1974, × 1975, * 1976

後の重量は、 $L_n = L_0 e^{-nk}$ になる。したがって、

$$\begin{aligned} L_0 + F &= L_0 + L_1 + L_2 + \dots + L_n + \dots \\ &= L_0 (1 + e^{-k} + e^{-2k} + \dots + e^{-nk} + \dots) \\ &= L_0 \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(e^{-k})^n - 1}{e^{-k} - 1} = \frac{L_0}{1 - e^{-k}} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。(2)式と(3)式から

$$k' = 1 - e^{-k} \quad (4)$$

が得られる。(4)式に(1)式から求めた $k=0.474$ を代入して k' を求めると、 $k'=0.377$ となり、(2)式の $L_0/(L_0+F)$ から求めた0.460よりも小さな値になった。このような違いが生じたのは、リターバッグ法による分解と自然状態での分解との違いや F 値として測定した量の中に葉だけではなく分解の遅い樹皮、実、小枝などが含まれていることなどのためであろう。

2. 幹の分解速度

幹の分解速度の推定は、葉にくらべて分解に長い時間が必要であるが、ここではこの値を推定する方法として、リターバッグ法と同様試験材を林床に設置し、その重量の減少を経時的に測定し、分解率を求めた。

試験材として設置したときの幹材の重さ(長さ10 cmあたり)とその中央直径との関係は図-4(1972年)のようになり、

$$\log w = 0.680 + 0.932 \log D^2$$

が得られた。これらの試験材を林床に設置しておくとな

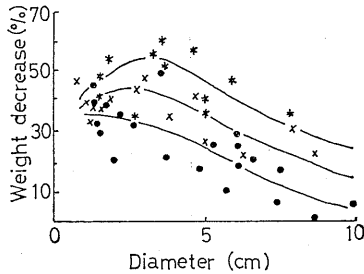


図-5. 直径と重量減少率との関係

Relation between diameter and rate of weight decrease of stem wood

凡例 図4と同じ Notes: same as Fig. 4

解が進み、しだいに重量は減少していく。2年目(5), 3年目(6), 4年目(7)の各幹材の重さと直径との関係は,

$$\log w = 0.477 + \log D^2 \quad (5)$$

$$\log w = 0.385 + 1.046 \log D^2 \quad (6)$$

$$\log w = 0.291 + 1.080 \log D^2 \quad (7)$$

となり、設置時とは関係直線の y 軸切片、勾配とも変化している。すなわち、 y 軸切片は分解が進むにつれて小さくなり、また、勾配は逆に分解が進むにつれて大きくなっている。切片の変化は分解が進み重量が軽くなったためであり、2年目で設置時の重量の50~98%に、3年目には53~78%に、4年目には40~65%に減少していた。しかし、減少の割合は個体差が非常に大きかった。この個体差は幹材の直径に関係があると思われるので、両者の関係をみた(図-5)。直径が大きくなるにつれて減少率は小さく、分解が遅くなる傾向にある。しかし、設置後の年数によってそのパターンは多少異なる。2年目では極大値がないが、3年目、4年目になると極大値のあるパターンになった。これは細い幹材ほど中心部が早く分解してしまい分解しにくい樹皮などが残っていくために分解率がしだいに小さくなっていくものと思われる。

上のように幹材は分解にともなって軽くなっていくが、分解にともなう幹材の容積の変化はほとんどみられなかった。すなわち、分解が進み重量が減少していくにともなって比重(重さ/容積)が小さくなっていくことになる。そこで、重量減少率と比重との関係をみると、図-6 のようになり、重量減少率(R_w)と比重(ρ)との間には直径や時間経過の違いに関係なくおよそ1本の直線

$$\rho = 0.5 + 0.005 R_w$$

で近似することができ、重量減少率の大きかった幹材ほど比重は小さかった。したがって、比重の変化をもって

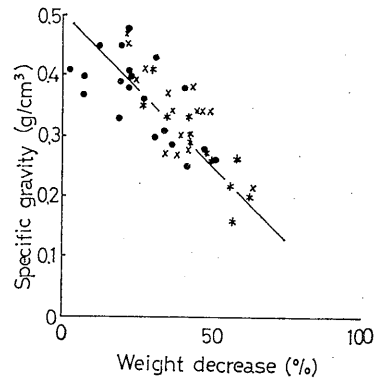


図-6. 幹材の重量減少率と比重(重さ/容積)との関係

Relation between rate of weight decrease and specific gravity (weight/volume) of stem wood

凡例 図4と同じ Notes: same as Fig. 4

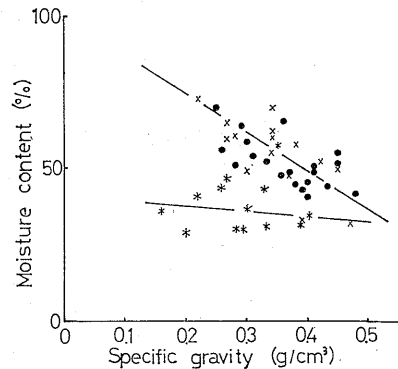


図-7. 幹材の比重と含水率との関係

Relation between specific gravity and moisture content of stem wood

凡例 図4と同じ Notes: same as Fig. 4

幹材の分解の程度を表わすことができる。これと同様の関係については河原・佐藤(4)や米田(7)によって報告されている。

幹材の分解程度、ここでは比重(ρ)と採取時の含水率(M)との関係をみると、図-7 のようになる。2年目と3年目のものでは両者の間に直線関係

$$M = 100 - 127 \rho$$

が認められ、分解が進んでいる材ほど含水率が大きかった。しかし、4年目に回収した幹材では2年目や3年目の点とは違い小さい含水率を示した。これは1976年12月の雨量が非常に少なく、回収時には異常乾燥の状態にあったためである。

幹材は分解にともなって CO_2 ガスを放出していくが、

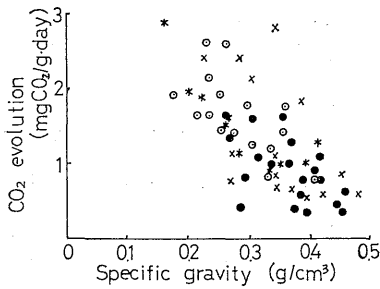


図-8. 幹材の比重と CO₂ 発生率との関係
Relation between specific gravity and CO₂ evolution out of stem wood

- 林床の自然枯死木, 他の凡例図 4 に同じ
 - Natural dead stems wood on the forest floor.
- Other notes: same as Fig. 4

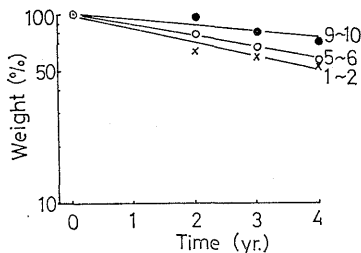


図-9. 幹材の重量残存率の時間変化
Change of weight of remaining stem wood
図中の数字は直径
Numerals in the figure are diameters.

分解の程度と CO₂ 発生率との関係は図-8 のようになった。ただし、CO₂ 発生率は含水率に大きく影響されるので、回収した幹材はいずれも水分を十分含ませて CO₂ を測定した。なお図-8 には自然に枯れ倒れた直径 5~6 cm の幹材をも含めてプロットした。バラツキの幅はあるが、傾向としては分解が進み比重の小さい幹材ほど CO₂ 発生量が多く、

$$\text{CO}_2 = -a\rho + b$$

の関係式が認められた。米田(8)も常緑広葉樹林の幹材で同様の関係を報告している。

つぎに幹材の分解率を求めた。前にみたように幹材の直径によって分解の速度は違っているので、分解率は直径階別に求める必要がある。

幹材の分解も葉と同じように時間がたつにつれて重量が指数関数的に減少し、残存率 (y) と時間 (t) との間に

$$y = Ae^{-kt}$$

の関係がある(4)。そこで、図-6 の線によって求めた直

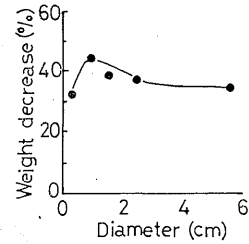


図-10. 根の直径と3年間の重量減少率
Relation between root diameter and rate of weight decrease of sample root for three years

径階別の平均残存率から分解率を推定した。各直径とも残存率と時間との関係にはバラツキがみられたが(図-9)、ここでは4年間の結果から平均的な分解率を求めた。直径 1~2 cm で分解率は 0.20, 5~6 cm で 0.12, 9~10 cm で 0.07 となった。

これらの幹の分解率とリターバッグで求めた落葉の分解率 0.474 と比較してみると、もっとも細い幹でも落葉の 1/2, 9~10 cm の太い幹になると 1/20 とかなり分解は遅い。しかし、前報(4)で報告した亜高山帯のシラベの幹(直径 6~10 cm)の分解率 0.0064 にくらべるとかなり大きかった。これは樹種の違いもあるだろうが、気温の違いがもっとも大きく影響していると思われる。

なお、ここで求めた分解率は生材を試験木として求めた値である。しかし、自然状態では枯死してから数年間立枯の状態にあり、その間にある程度分解され林地に倒れる。したがって、自然に林床に倒れた枯死木の分解率はここで求めた値より小さくなるとと思われる。

3. 根の分解速度

土壌有機物の供給量のうち枯死根による供給量も大きな比率を占めていると思われる。しかし、その供給量も、また、その分解速度もほとんどわかっていない。ここではアカマツの根を使って根の分解率を求めたが、試料が少なくはっきりしたことはいえないので、根の分解率を推定した一例として示した。

根の分解の速さも幹材と同様太さによって違うと思われるので、直径と分解消失率との関係をみた(図-10)。これによると幹材ほどははっきりしなかったが、平均直径が 5.5 cm の根では3年間に 35% の重量減少があったが、細くなるにつれて重量減少は大きくなり、直径 0.9 cm の根では 45% と最大の減少率を示した。これより細い根(平均直径 0.3 cm)での重量減少は 0.9 cm の根よりも小さかった。これは幹材の場合と同様に細い根では早い時期に分解しやすい物質が消失し、そのあとに

は分解しにくい物質が残り、その占める割合が大きくなるためであろう。

根の分解も葉や幹の分解と同じように時間の経過に伴って指数関数的に進むものとして太さ別におおよその分解率を求めた。直径が 5.5 cm の根で分解率 0.144, 2.4 cm で 0.154, 1.5 cm で 0.165, 0.9 cm で 0.200, 0.3 cm で 0.130 となった。これらの値と同じ非同化器官である幹材の分解率とを直径階別に比較してみると、直径が 5.5 cm ぐらいでは根と幹とでそれほど大きな差はなかったが、それより細い根では幹よりも多少小さな分解率を示した。これは根が袋に入っていたことや、地中と地上とでの土壌微生物の違いなどが影響しているのかもしれない。

引用文献

- (1) JENNY, H., GESSEL, S. P. & BINGHAM, F. T.: Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.* 68: 419 ~432, 1949
- (2) 河原輝彦・佐藤 明: リターの分解について (I) Litter bag 法による分解速度についての検討. *日林誌* 56: 258 ~261, 1974
- (3) ———: リターの分解について (II) 2 種類の落葉混合が分解速度に及ぼす影響. *日生態誌* 25: 71~76, 1975
- (4) ———・佐藤 明: リターの分解について (III) 亜高山帯林での材の分解について. *日林誌* 57: 357~360, 1975
- (5) ———: リターの分解について (IV) 土壌呼吸量中の根の呼吸量の推定. *日林誌* 58: 353~359, 1976
- (6) OLSON, J. S.: Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44: 322~331, 1963
- (7) YONEDA, T.: Studies on the rate of decay of wood litter on the forest floor (I) Some physical properties of decaying wood. *Jap. J. Ecol.* 25: 40~46, 1975
- (8) ———: Studies on the rate of decay of wood litter on the forest floor (II) Dry weight loss and CO₂ evolution of decaying wood. *Jap. J. Ecol.* 25: 132~140, 1975

(1977 年 2 月 21 日受理)