

## 林内雨中の有機物について

平山良治

HIRAYAMA, Ryoji: A Study on the Organic Substance Contained in Throughfall of Forest Formed on Podzolic and Other Soils

先報(平山ら 1988a, 1988b)では、ポドゾル地帯の堆積腐植中を通過した水は鉍質土壌中の二三酸化物を可溶化させる反応を示すことを報告した。また、ポドゾル地帯の伐採された森林下では、鉍質土壌層の二三酸化物の流亡が激しく(平山ら 1987)森林を形成する樹木の存在の意義が改めて確認できた。森林と密接に関係している土壌地帯、つまりポドゾル、褐色森林土などでは、森林の影響が土壌にいかに関与しているかが重要になってくる。これらの作用はきわめて複雑であるが気候と森林植物が相まって関与していることは推察できる。気候と森林植物との関係でもっとも大きな要因は、気温と降雨である。土壌との関係では、気温が主として土壌中の理化学的反応の温度に間接的に関係しているのに対し降雨の方が物質の移動などで直接的に関係している。特にポドゾルは、冷涼な気候下で発達しているので、理化学的反応より物質の移動に関与している。

森林に供給される降雨の森林内の流れは、丸山ら(1965)、岩坪ら(1967, 1968)による報告がある。これらの報告によれば、森林植物による降雨の遮断効果は大きく、森林内の降雨は森林外よりも種々の物質を多く含んでいる。Malcolm and McCracken(1968)は、ポドゾル化土壌地帯の森林内の canopy drip に二三酸化物質を可溶化する polyphenols や reducing sugars が含まれていたと報告している。森林内の降雨いわゆる林内雨は、土壌生成作用の一因子として大きな役割を持つ、特にポドゾル地帯においては重要であることが推察される。

この研究の目的は、林内雨中の polyphenols などの有機物組成をポドゾル地帯と他の土壌型の地帯とにおいて比較検討する事である。

### 調査地点の概要

林内雨採水地点の概要は、Table 1 に示した。

乾性ポドゾルとして、長野県国師岳北斜面の PDI 型を選定した。森林構成樹木は、アオモリトドマツ、コメツガなどの亜高山帯の常緑針葉樹である(以下国師岳と称する)。湿性鉄型ポドゾルとして新潟県苗場山塊の高石山南斜面の Pw(i)I 型を選定した。森林構成樹木はブナを主とする冷温帯の落葉広葉樹である(以下苗場と称する)。褐色森林土として栃木県日光高原山(以下日光と称する)と山梨県塩山市柳沢の東京都水源林(以下水源林柳沢と称する)の BD 型とを選定した。森林構成樹木は日光高原山がブナ、イヌブナを主とし、柳沢がミズナラ、ブナ、カエデ類を主とする冷温帯の落葉広葉樹である。黒色土として、山梨県塩山市落合の東京都水源林の B/D 型を選定した。森林構成樹木は、ヒノキ、カラマツ混交で 40~50 年生の植栽林である。元の植生は前述の柳沢と同じミズナラ、ブナを中心としたものであった(以下水源林落合と称する)。

Table 1. Soil and forest conditions of study site

Site of study	Elevation (m)	Type of soil	Vegetation of study site
Mt. Kokusidake (Kawakami-mura, Nagano-ken) (国師岳, 長野県川上村)	2200	PDI	Subalpine coniferous forest ( <i>Abies Mariesii</i> , <i>Tsuga diverifolia</i> )
Mt. Naeba, Takaisi (Yuzawa-cho, Niigata-ken) (苗場高石山, 新潟県湯沢町)	1300	Pw(i)I	Cool temperate broadleaved forest ( <i>Fagus crenata</i> )
Nikko, Mt. Takaharayama (Yaite-si, Tochigi-ken) (日光高原山, 栃木県矢板市)	900	BD	Cool temperate broadleaved forest ( <i>Fagus crenata</i> , <i>Fagus japonica</i> )
Suigenrin-yanagisawa Pass (Enzan-si, Yamanashi-ken) (東京都水源林, 山梨県塩山市柳沢峠)	900	BD	Cool temperate broadleaved forest ( <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosserrata</i> , <i>Fagus crenata</i> )
Suigenrin-otiai (Enzan-si Yamanashi-ken) (東京都水源林, 山梨県塩山市落合)	900	B/D	Artificial reproduction forest (Cool temperate zone) ( <i>Chamecypris obtusa</i> (5), <i>Larix Kaempferi</i> (1))

採水方法は、有光(1982)の方法によった。採水時期は1973年9月で、降雨の後に直ちに採水し、実験室に持ち帰り実験に供した。

### 実験方法

実験室に持ち帰った雨水は、東洋の No. 6 の濾紙でろ過し以下の実験に供した。pH はガラス電極法、フェノール性物質は Folin 比色法 (Schnizer and Khan 1972)、還元糖の定量は Anthron 法 (福井 1969)。分光光度計により雨水の紫外部の吸光曲線を求め、300 nm O.D 値も測定した。示差吸収曲線は Goldschmid (1954) の方法により求めた。

### 結 果

林内雨の pH は、Table 2 に示した。もっとも高い値は水源林柳沢の 6.00 で、もっとも低い値は国師岳針葉樹林の 5.00 であった。ほぼ同じ立地条件であるが、水源林落合の人工針葉樹林が 5.30 にたいしてはほぼ同じ地域にある天然の広葉樹林である柳沢が 6.00 と差が認められた。ブナを主とした天然林でも水源林柳沢の 6.00、日光の 5.80 それに苗場の 5.40 で苗場の方が若干低い値を示した。林内雨の pH は低い値を示した。

300nm の O.D 値は、Table 2 に示した。もっとも高い値は、水源林柳沢の 0.23 であり、もっとも低い値は日光の 0.08 であった。水源林落合は 0.15、苗場は 0.18、国師岳は 0.14 であった。どの地点の林内雨も非常に低い値を示した。

フェノール性物質は、Table 2 に示した。もっとも高い値を示したのは、苗場の 0.32  $\mu\text{g/ml}$  で、もっとも低い値は日光の 0.15  $\mu\text{g/ml}$  であった。水源林落合は 0.23  $\mu\text{g/ml}$ 、水源林柳沢は 0.25  $\mu\text{g/ml}$ 、国師岳が 0.25  $\mu\text{g/ml}$  であった。300 nm O.D 値を 1 として計算すると最高値が日光の 1.9 で最低値が水源林柳沢の 1.1 であった。

還元糖は、Table 2 に示した。もっとも高い値は、国師岳の 2.4  $\mu\text{g/ml}$  で次に水源林柳沢の 2.2  $\mu\text{g/ml}$ 、苗場 2.1  $\mu\text{g/ml}$ 、水源林落合 1.7  $\mu\text{g/ml}$ 、日光 1.6  $\mu\text{g/ml}$  の順であった。300 nm O.D 値を 1 として計算してみると、還元糖の含量が高いのは、日光 20、国師岳 17、他は 10 前後であった。

UV 吸収スペクトルは Fig. 1 に示した。水源林落合は、290 nm に弱い肩、同じ水源林柳沢は 280

Table 2. Chemical properties of throughfall

	pH	Phenolic substance $\mu\text{g/ml}$	Reducing sugar $\mu\text{g/ml}$	Value of optical density of 300 nm
Mt. Kokusidake	5.00	0.25	2.4	0.14
Mt. Naeba	5.40	0.32	2.1	0.18
Nikko	5.80	0.15	1.6	0.08
Suigenrin-yanagisawa	6.00	0.25	2.2	0.23
Suigenrin-otiai	5.30	0.23	1.7	0.15

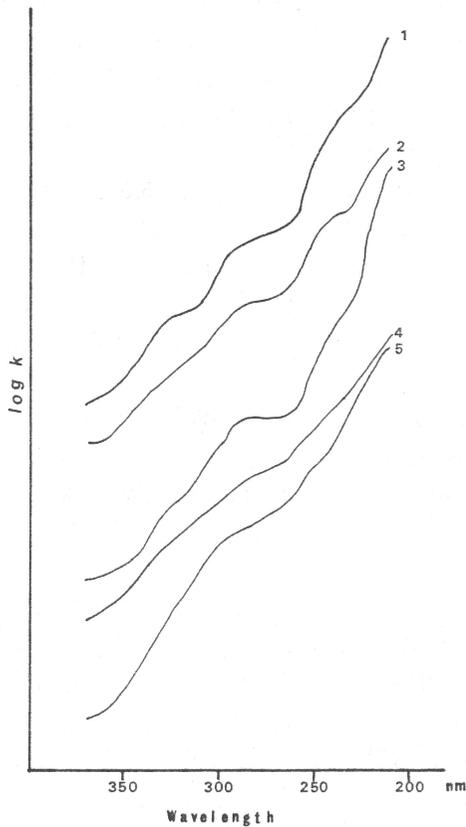


Fig. 1.

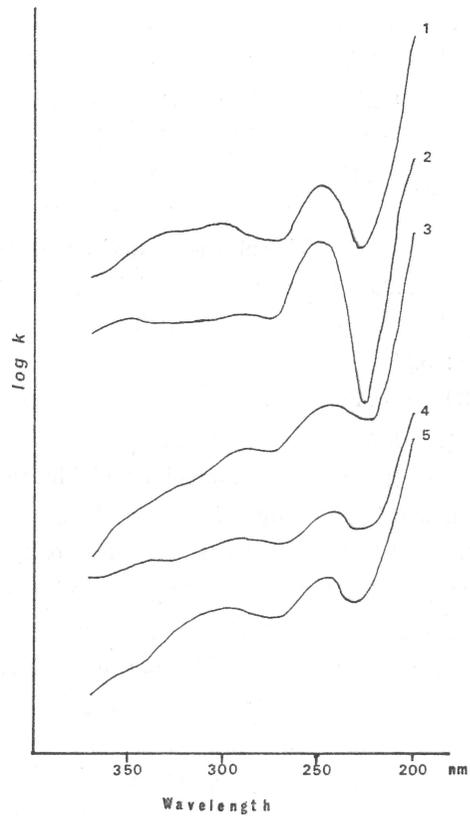


Fig. 2.

Fig. 1. UV absorption spectra of throughfall.

Fig. 2. Difference UV absorption spectra of throughfall.

1. Mt. Kokusidake, PD type, 2. Mt. Naeba, Pw(i) type, 3. Nikko, BD type, 4. Suigenrin-yanagisawa, BD type, 5. Suigenrin-otiai, Bl type.

nm に弱い肩がある。日光は、280 nm に強いピークがみられ、325 nm にも弱い肩がある。苗場は、280 nm に弱い肩と 240 nm に強い肩がある。国師岳は 325 と 290 nm に強い肩が認められた。

示差吸収スペクトルは Fig. 2 に示した。水源林落合、水源林柳沢それに日光は、全て 250 nm に強いピーク、300~350 nm にブロードのピークを示した。苗場と国師岳は、250 nm に強いピーク、300

~350 nm 前後にかけてブロードのピークを示した。

## 考 察

土壌断面生成時における物質の移動を調べることは、土壌自体の成分が一様でないために困難なことが多い。水は物質の移動を司るものとしておおきな役割を果たしている。水の動きを把握することで土壌中の物質の動きの概要を押さえることが可能である。

森林の水の動きは、大きく分けて2経路がある。第一は斜面上部から土壌中を流れてくる土壌水、第二は、降雨である。完全に鬱閉している森林においては、降雨はさらにふたつの経路を経て土壌に到達する。天蓋を経てから降下するもの、樹木の幹を伝わって地面に到達するもの、前者を林内雨、後者を樹幹流と言っている。この林内雨は、オープンスペースでの降雨のほか、霧などが木に捕らえられ、それが雫となって落ちてくるものを含んでおり、少量の降雨の場合樹冠に捕らえられ林内雨としては記録されない。林内雨や樹幹流は、樹木に相当時間接触反応しながら地上に到達する。このことは、土壌水が堆積腐植と接触反応することと本質的には同じである。

林内雨の pH は、割合に低い値である。酸性雨として定義されている条件は、5.6 以下である。酸性雨ならば、イオウや窒素酸化物の存在が確認されなければならないが、今回の調査では、分析は行わなかった。Malcolm and McCracke (1968) の報告では、longleaf pine 林の pH がもっとも低く 3.95 で red oak 林が 4.45 と低い値であった。必ずしも酸性雨だけの問題ではないようだ。著者の結果と同様に針葉樹林の林内雨が広葉樹林より低い値を示した(国師岳: 5.00, 水源林落合: 5.30)。

300 nm O.D 値は、水溶液中の有機物質の量の概数を把握できる(小倉 1965)。非常に低い値を示していることから、林内雨は重合度の大きい有機物をほとんど含んでいないことは明らかである。還元糖に関しては、Malcolm and McCracke (1968) の値の red oak 林や live oak 林の 20 mg/g より低い値 2  $\mu$ g/ml 前後で、森林間の差異はほとんど認められなかった。また、フェノール性物質に関しても、red oak 林と live oak 林では red oak 林の方が量が多いと報告している。Folin 法で測定した著者の実験では、顕著に森林間で濃度差は認められなかった。還元糖とフェノール性物質の両方を勘案してみると、ポドゾル土壌である、苗場と国師岳は他の土壌型よりこれらの物質を多く含んでいる。Malcolm and McCracke (1968) は、針葉樹林と広葉樹林で林内雨中のフェノール性物質の組成に差異があると報告している。このことに関しては、今後の課題として検討してみる価値がある。紫外部吸収スペクトルは、Maranville and Goldschmid (1954) によれば樹木の皮の水抽出では、280~290 nm にピークがくることがおおく、pH 値が低くなるとピークが消失し、なだらかなカーブになる、共に polyphenolic や tanninlike materials の性質であるとしている。示差吸収スペクトルは、全て 250 nm, 300 nm 前後にピークを持つ。特に苗場は、弱いながらも 360 nm にピークを持つ。これらは、Native lignin (Goldschmidt 1953, 1954) または稲藁リグニン(弘法・藤沢 1962) とピークの形は小さいがほぼ同様の結果を示した。Goldschmidt (1953, 1954) によれば、250, 300 nm は、フェノール性 OH の吸収で、350 nm は、フェノール性 OH と COOH の吸収を示す。示差吸収スペクトルと紫外部吸収スペクトルのデータからもフェノール性物質が存在することが確認できた。苗場と国師岳がいくぶん他と異なるスペクトル形状を示したが、森林ごとの顕著な差は認められなかった。

森林に供給される降雨の森林内の流れは、丸山ら(1965) 岩坪ら(1967, 1968)による報告がある。これらの報告によれば、ヒノキ林では、林内雨が約 73%、樹幹流が約 7% で降雨の約 80% が林床に到達している。広葉樹林では、林内雨は生育期で林外雨の 59%、休止期で 71%、樹幹流と合わ

せて生育期で林外雨の 85%, 休止期で 92% が林床に到達している。林内雨量が、大きなウェイトを持っている。その上に、林内雨に含まれる Ca+Mg の量は、ヒノキ林 1.69 ppm, 広葉樹林 1.66 ppm で、平山ら(1988a)の苗場の Pw(i) 型林の AO 層 0.73 ppm, 国師岳の PD 型の AO 層 3.79 ppm, B 層 0.67 ppm と比較しても、土壤中を移動する自由水より多くの無機物質を林内雨は含んでいる。かつ、二三酸化物質を可溶化する polyphenolic substances や reducing sugars が相当な濃度で含まれていた。ポドゾル土壌地帯と他の土壌型地帯とでは、林内雨中の polyphenolic substances はポドゾル土壌地帯のものが多し。しかし、それほど顕著な差ではなかった。

これらのことから土壌生成作用における森林樹木の役割を解析するアプローチの一つとして林内雨の研究をさらに進めなければならないことは明かである。

### 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、国立科学博物館筑波実験植物園黒川造園長、東京農工大教授浜田竜之介、助手坂上寛一氏に貴重な助言をいただいた。記して謝意を表する。

### Summary

Organic substances contained in throughfall of forest formed on podzolic and other type of soils were studied in the present paper. Typical podzolic soil was selected Dry podzolic soil (PdI type) at Mt. Kokusidake Nagano-ken and Wet iron podzolic soil type (Pw(i)I type) at Mt. Naeba, Niigata-ken, other types of soil were brown forest soil (Bd type) at Nikko (Mt. Takaharayama), Tochigi-ken and at Suigenrin-yanagisawa, Enzan city, Yamanashi-ken and black soil (Bl type) at Suigenrin-otiai, Enzan city, Yamanashi-ken. Study areas where samples were collected were covered with subalpine conifers trees (*Abies Mariesii*, *Tsuga diversifolia*) at Mt. Kokusidake, covered with cool temperated broadleaved trees (*Fagus crenata*) at Mt. Naeba, covered with cool temperated broadleaved trees (*Fagus crenata*, *Fagus japonica*) at Nikko (Mt. Takaharayama), covered with cool temperated broadleaved trees (*Quercus mongolica* var. *grosserrata*, *Fagus crenata*) at Suigenrin-yanagisawa, covered with coniferous planted trees (*Chamecyparis obtusa*, *Larix Kaempferi*: cool temperated broadleaved zone) at Suigenrin-otiai, respectively. pH values of the throughfall were mesured by the usualy method, concentration of phenolic substances were mesured by the folin method and reducing sugars mesured by the anthron method, UV absorpction spectra and difference UV absorpction spectra were tested in each samples.

The pH of the throughfall of coniferous forest was low pH (Mt. Kokusidake: 5.00, Suigenrin-otiai: 5.30), those of broadleaved forest were a little higher than those of coniferous forest, but showed acidity (Mt. Naeba: 5.40, Nikko: 5.80, Suigenrin-yanagisawa: 6.00). The concentration of reducing sugars in the throughfall of forest formed on podzolic soil were a little higher than those of other soil type [podzolic soil (Mt. Kokusidake: 2.4  $\mu\text{g/ml}$ , Naeba: 2.1  $\mu\text{g/ml}$ ), other soil type (Nikko: 1.6  $\mu\text{g/ml}$ , Suigenrin-yanagisawa: 2.2  $\mu\text{g/ml}$ , Suigenrin-otiai: 1.7  $\mu\text{g/ml}$ )]. The concentration of phenolic substances in the throughfall of forest formed on podzolic soil was a little higher than those of other soil type [podzolic soil (Mt. Kokusidake: 0.25  $\mu\text{m/ml}$ , Naeba: 0.32  $\mu\text{g/ml}$ ),

other soil type (Nikko: 0.15  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , Suigenrin-yanagisawa: 0.25  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , Suigenrin-otiai: 0.23  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ). The curve of UV and difference UV absorption spectra indicate the presence of character of polyphenol substances in all samples. Higher concentrations of phenolic substances indicated that polyphenol substances were contained in throughfall.

## 文 献

- 有光一登, 1982. 森林土壌の水分および溶存成分の動態, 森林土壌の水分動態に関する研究 (第2報). 林業試験場研究報告. 318: 12-78.
- 福井作蔵, 1969. 還元糖の定量法, 生物化学実験法1 (瓜谷他編集). 学会出版センター, 東京.
- Goldschmid, O., 1953. The effect of alkali and strong acid on the ultraviolet absorption spectrum of lignin and related compounds. J. Am. Chem. Soc. 75: 3780-3783.
- , 1954. Determination of phenolic hydroxyl content of lignin preparation by ultraviolet spectrophotometry. Anal. Chem. 26: 1421-1423.
- 平山良治・有光一登・大角泰夫, 1987. 森林の伐採が土壌に与える影響. 筑波実験植物園研報 6: 53-60.
- ・———・———, 1988a. ポドゾル性土壌に関する実験的試み (I) 乾性ポドゾルと湿性鉄型ポドゾルについて. 筑波実験植物園研報 7: 121-135.
- ・———・———, 1988b. ポドゾル性土壌に関する実験的試み (II) スコリアの理化学的特性の解析について. 筑波実験植物園研報 7: 137-147.
- 岩坪五郎・堤 利夫, 1967. 森林内外の降水中の養分量について (第2報). 京大演報 39: 110-124.
- ・———, 1968. 森林内外の降水中の養分量について (III). 京大演報 40: 140-156.
- 弘法健三・藤沢 徹, 1962. 腐植粘土複合体に関する研究 (第2報). 供試腐植酸の調製および性質. 土肥誌 33: 97-100.
- Malcolm, R.L. and R.J. McCracken, 1968. Canopy drip: A source of mobil soil organic matter for mobilization of iron and aluminium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 834-838.
- Maranville, L.F. and O. Goldschmid, 1954. Ultraviolet absorption spectra as a measure of phenolic hydroxyl group content in polyphenolic tanninlike materials. Anal. Chem. 26: 1423-1427.
- 丸山明雄・岩坪五郎・堤 利夫, 1965. 森林内外の降水中の養分量について (第1報). 京大演報 36: 25-39.
- 小倉紀雄, 1965. 腐植物質の分析法, 続・水中有機化合物の分析法 (3). 水処理技術 6: 43-48.
- Schnitzer, M. and S.U. Khan, 1972. Humic substances in the environment. Marcel Dekker, Inc., New York.