

植生と土壤中に供給される有機物の量の関係

平山良治*

HIRAYAMA, Ryoji*: Relation of the Forest and the Volume
of Organic Substance Caught on Soils

土壌は、地殻の表層において、岩石、気候、生物、地形ならびに土地の年代といった土壌生成因子の総合的な作用によって生成する岩石圏の変化生成物であり、多少とも腐植・水・空気・生きている生物を含み、かつ肥沃度を持った独立の有機一無機自然体である。しかしながら、土壌は動植物や鉱物のような他の自然体と異なり、明瞭な境界で周囲から区分される個体といったものを持たない連続体をなし、土壌間の変異はきわめて漸移的である。土壌によって構成されるこのような地表の領域は土壌圏と呼ばれている。この土壌圏は、岩石圏、水圏、大気圏、生物圏が重なりあい、相互に影響をおよぼし合いながら密接不可分に結びついている。

生物に関係している土壌生成作用の一つに腐植集積作用がある。この腐植集積作用に最も寄与するのが樹木であり、それらの集合した植生である。土壌有機物の集積は、粘土の集積や生成によって特徴づけられるB層と比べて短期間に平衡に達する。つまり腐植の集積が最も環境に鋭敏である事を示している(渡辺1990)。また、わが国に多く存在する黒ボク土は、火山灰起源による土壌であるが、その特徴である腐植の集積がススキの草原に起因している事が明らかにされている(山根1973)。しかしながら、その他の植生による現在進行中の有機物の集積についての報告は皆無といってよい。よって、植生と腐植の供給および集積の進行過程を調べる事にした。

今までの土壌を生成する作用の解析は、土壌断面中の種々の情報と室内実験による情報とにより生成作用を類推してきた。しかし、土壌の生成作用は、絶え間なく作用し、その時間は長期にわたっている。断面からの情報は、相当過去の結果であることが多い。そこで現在進行している作用の一端を調べるために、野外において実験土壌学的方法を試みた。つまり、植生を変えてその植生下で現在進行している腐植の供給量を腐植を 'in situ' でトラップする方法で調べた。

実験方法

Fig. 1 に示した大きさの器具に、平山(1988 a, 1988 b) で使用したスコリア等の試料約2gをFig. 1 に示すようにガラス濾紙ではさんで入れた。これを、植生の異なる森林下の堆積腐植層の直下に埋設した。つまり、鉱質層最上部に器具の上部がくるようにした。一実験あたり4個埋設した。

埋設期間は4年間行った。この設定期間は平山(1988 a)の実験期間とのデータの比較を行うためである。

埋設する試料は、平山(1988 a) で使用した宝永のスコリアと山梨の味噌土の混合物(以下スコリアと称する) およびつくば市にある当植物園の表層の土壌(黒色土と称する)と下層(赤褐色土と称する)、つまり火山灰起源の土壌を用いた。スコリアは、小笠原、筑波山、苗場山それに国師岳に埋設し、黒色土と赤褐色土は筑波山で植生の違う地点に埋設した。

* 国立科学博物館 筑波実験植物園. Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum, Tsukuba, 305.

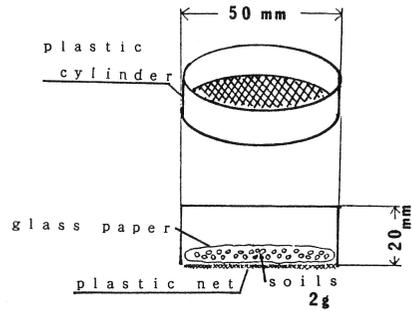


Fig. 1. Apparatus for put on soil.

埋設前の試料と実験が終了し取り出した試料を4個とも混合し、N. C-ANALYZER（住友化学工業製）で窒素と炭素の分析を行った。

調査地点概要

Fig. 2に調査地点を、Table 1に概要を示した。

小笠原群島父島初寝、標高250mでイジュータコノキを主体とする林。土壌は表層に極薄い有機層があるのみ、下層は赤褐色の典型的赤色土である。筑波山-1は、茨城県筑波山の中腹350mのコナラを主体とする林で、土壌は土層が割合深く火山性の母材が多くある褐色森林土である。筑波山-2, 3, 4は中腹500mの地点で、2のシデミズナラの林に隣接して、スギ(3)、ヒノキ(4)が同じ斜面で植林してある。土壌は浅く火山灰の影響が非常に少ない褐色森林土である。

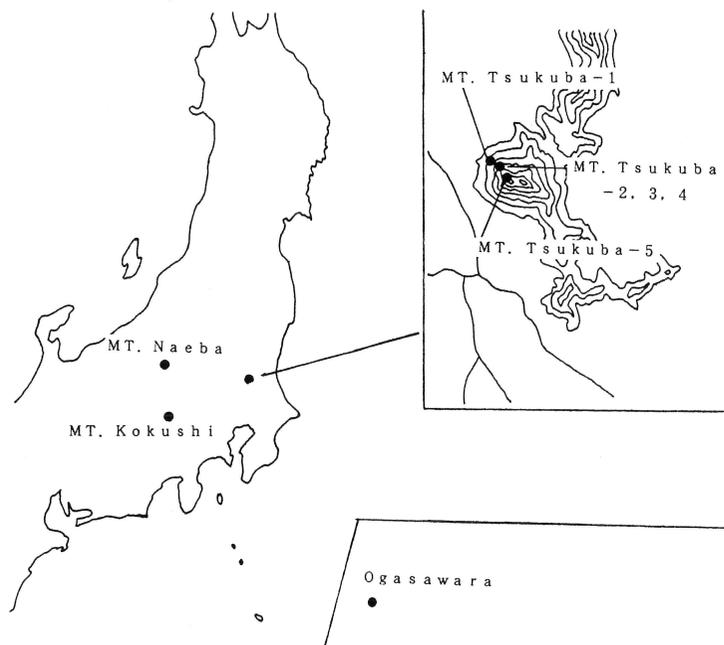


Fig. 2. Map of study site.

Table 1. Soil and forest conditions of study site

Site of study	Vegetation of studied site	Type of soil	Elevation (m)
Ogasawara-shoto Chichi-jima (Tokyo-to)	<i>Schima wallichii</i> subsp. <i>mertensiana</i> , <i>Pandanus boninensis</i>	Red soil	250
Mt. Tsukuba (Ibaraki-ken)	1 <i>Quercus serrata</i>	Brown forest soil	350
	2 <i>Carpinus laxiflora</i> , <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	Brown forest soil	500
	3 <i>Cryptomeria japonica</i>	Brown forest soil	500
	4 <i>Chamaecyparis obtusa</i>	Brown forest soil	500
	5 <i>Fagus crenata</i>	Brown forest soil	750
Mt. Naeba (Niigata-ken)	<i>Fagus crenata</i>	Wet iron Podzolic soil	1,300
Mt. Kokushi (Nagano-ken)	<i>Tsuga diversifolia</i> , <i>Abies mariesii</i>	Dry Podzolic soil	2,200

スギ林の堆積腐植は、スギの葉の分解が遅いため非常に厚く堆積していた。ヒノキ林は土壌表面に薄くヒノキの小さい鱗葉が存在しているだけであった。植林して20年程度である。筑波山-5は、林床にササを伴うブナの林で標高750mの地点である。土壌は土層が深く堆積腐植も割合厚い褐色森林土である。新潟県南部の苗場山は、標高1300mのブナの林で、堆積腐植が非常に厚く発達している湿性の鉄型ポドゾル土壌である。長野県東部秩父山塊の国師岳は、標高2200m、ツガ-アオモリトドマツを主体とする林床コケ型の林で典型的な乾性ポドゾルである。

結 果

4年間埋設した後、取り出した時の状況を以下に述べる。小笠原では堆積腐植層がきれいに器具を被い、元の土壌断面と比較しても変化はない。また草本性の根による攪乱はない。土壌中の動物による攪乱は多少あるが、顕著には認められなかった。筑波山のコナラ林とシデミズナラ林では、林床にはほとんど堆積腐植がない状態であるが、器具は正常な状態で埋設されていた。試料は、4個とも草本性の根が侵入しており、動物によって著しい攪乱を受けていた。筑波山のスギ、ヒノキ両林では、小笠原と同程度に保存状態は良好であった。筑波山ブナ林と苗場山ブナ林、国師岳コメツガ-オオシラビソ林も小笠原と同様に保存状態は良好であった。

スコリアの取りだした分析結果をTable 2に示した。

Table 2. Chemical properties of 'Scoria'

Site of study	Contents of C (%)	Ratio of original	Contents of N (%)	Ratio of original
Original (scoria)	0.45	1	0.03	1
Ogasawara	1.79	4.0	0.11	3.7
Mt. Tsukuba 2	1.55	3.4	0.08	2.7
Mt. Tsukuba 3	2.50	5.6	0.12	4.0
Mt. Tsukuba 4	2.40	5.3	0.12	4.0
Mt. Tsukuba 5	1.62	3.6	0.09	3.0
Mt. Naeba	3.14	7.0	0.14	4.7
Mt. Kokushi	3.10	6.9	0.11	3.7

on dry weight basis

Table 3. Chemical properties of 'Top soil of Andosol' and 'Sub soil of Andosol'

Site of study	Contents of C (%)	Ratio of original	Contents of N (%)	Ratio of original
Original (Top soil of Andosol)	4.32	1	0.27	1
Mt. Tsukuba 1	5.24	1.21	0.32	1.19
Mt. Tsukuba 2	5.36	1.24	0.31	1.15
Mt. Tsukuba 3	5.09	1.18	0.29	1.07
Mt. Tsukuba 4	4.79	1.11	0.28	1.04
Mt. Tsukuba 5	5.17	1.20	0.31	1.15
Original (Sub soil of Andosol)	1.57	1	0.12	1
Mt. Tsukuba 1	3.14	2.00	0.19	1.58
Mt. Tsukuba 2	2.18	1.39	0.13	1.08
Mt. Tsukuba 3	2.86	1.82	0.18	1.50
Mt. Tsukuba 4	2.23	1.42	0.14	1.17
Mt. Tsukuba 5	3.13	1.99	0.19	1.58

on dry weight basis

炭素含量の変化をみると、筑波山-2のシデ-ミズナラ林が1.55%、筑波山-5のブナ林が1.62%、小笠原が1.79%、筑波山-2のシデ-ミズナラ林と同じ立地にある筑波山-3のスギ林が2.50%、筑波山-4のヒノキ林が2.40%であった。苗場山と国師岳は3%を越えてそれぞれ3.14%、3.10%であった。元の含有量の0.45%と比較してみると3.4倍から7倍と増加していた。窒素含有量の変化をみると、最も増加したのは苗場山の0.14%、次に筑波山-3のスギ林、筑波山-4のヒノキ林の0.12%、小笠原と国師岳の0.11%で、次が筑波山-5のブナ林で0.09%、増加量が少ない地点は筑波山-2のシデ-ミズナラ林で0.08%であった。元の含有量0.03%と比較してみると最低でも2.7倍、最大値は4.7倍と増加していた。

黒色土と赤褐色土の分析結果をTable 3に示した。

黒色土の炭素含量の変化を見ると、筑波山-2のシデ-ミズナラ林が5.36%と最も多く、次に筑波山-1のコナラ林の5.24%、筑波山-5のブナ林の5.17%と広葉樹林が増えていた。筑波山-3のスギ林は5.09%、筑波山-4のヒノキ林は4.79%と針葉樹林では増加量は少なかった。元の含有量4.32%と比較して10から20%も増加していた。窒素含量は、炭素含量と異なり筑波山-1のコナラ林が最も多く0.32%、次に筑波山-2のシデ-ミズナラ林と筑波山-5のブナ林が0.31%と続き、広葉樹林が増加していた。筑波山-3のスギ林は0.29%、筑波山-4のヒノキ林は0.28%と針葉樹林での増加が広葉樹林に比較して少なかった。元の含有量0.27%と比較して全体に1.04倍から最大1.19倍と増加していた。

赤褐色土の炭素含量の変化を見ると、筑波山-1のコナラ林が最も多く3.14%、次に筑波山-5のブナ林3.13%、次に黒色土と異なり筑波山-3のスギ林が2.86%、筑波山-4のヒノキ林が2.23%と針葉樹林が続き、最も少ないのが筑波山-2のシデ-ミズナラ林の2.18%であった。元の含有量1.57%と比較して1.39倍から2倍と増加していた。窒素含量の変化を見ると、筑波山-1のコナラ林と、筑波山-5のブナ林が0.19%と最も増加し、次に筑波山-3のスギ林の0.18%で、筑波山-4のヒノキ林は0.14%で筑波山-2のシデ-ミズナラ林の0.13%とほとんど差はなかった。元の含有量0.12%と比較しても1.08倍から最高1.58倍と増加していた。赤褐色土の増加量は炭素、窒素共に黒色土の増加量より高い割合で増加していた。スコリアに比較して、炭素、窒素の増加割合は非常に低い値を示した。

考 察

植生が土壌の生成に影響を及ぼしている事例は多い。ポドゾル性土壌では、ヒバやコウヤマキ(山谷 1968)、ニュージーランドのアガシスの1種(Swindale 1955)がポドゾルを形成しているという報告がある。火山性起源の土壌の黒色土化には、ススキなどの草本性有機物の役割が大きい(山根 1973)。またアラスカのブルージュイント(イワノガリヤスに似たイネ科の植物)やニュージーランドのワラビなどはクロボク生成に強く関係した植生アンドソライザーである(庄司 1987)という報告もある。しかし土壌生成作用には、気候という大きな因子がある。植生もこの気候という因子に拘束されている。土壌生成因子中の植物の影響だけを抽出する事は難しく、一般にはプラントオパールなどの存在を関連づけている。

そこで、腐植を捕捉し易い物質を現地で直接土壌に埋設し、現在進行中の有機物の供給量を直接的に調べた。また、平山(1989)は、雨が樹冠を通過してくるとき植生特有の有機物を捕捉してきており、それが植生によって異なることを明らかにした。これらが土壌中にどのように反映されるかも調べた。

スコリアを埋設した実験地は、気候的には小笠原の亜熱帯から筑波山の暖温帯それに苗場山や国師岳の冷温帯となっている。炭素の増加量からみれば、冷涼な気候区の方が多く増加しているようである。一般に腐植の集積には水が関与している事が多いが、気候的に湿潤な苗場山などでは関係するが、国師岳では地表面は水が関与する事より低温により有機物の分解が抑制されると考えた方がよいようだ。小笠原の土壌断面では有機物の集積は認められないが、増加量から判断すると土壌に供給される有機物は多い。この値は、筑波山-2のシデミズナラ林や筑波山-5のブナ林よりも多い。筑波山-2のシデミズナラ林と筑波山-3のスギ林、筑波山-4のヒノキ林を比較してみると、気候的にはほぼ同質と考えられ、地形的にも同じ斜面で植生が異なるだけであるから、この炭素の増加量は植生に由来していると考えられる。窒素の増加量も針葉樹であるこれらの林は大きい値を示している。

炭素含量を多く含む黒色土では、針葉樹に比較して広葉樹の方が炭素の増加量が大きい値を示した。炭素含量の少ない赤褐色土でも、広葉樹がより大きい値を示し、スコリアの筑波山での結果と異なった。

筑波の台地の表層と下層の土壌を埋設する試料として選択した理由を次に示す。スコリアは腐植を吸着させる好材料であるが、土壌母材としては余り存在しない材料である。つまりスコリアだけで種々の土壌型には発展し得ない可能性が高い。それに比較して、筑波の土壌の下層土(赤褐色土)は、断面的にはC層でスコリアと同様に活性のアルミナを持っている。スコリアと同様の働きと一般の黒ボク土の生成初期時と同じと考えた。しかしながら有機物を含んでいないとして選択したが1.5%と割合高い含有量であった。表層の黒色土では、ススキの草原下で腐植がたまり、厚層の多腐植質の黒ボク土になった後、森林下で退色現象を示し淡色黒ボク土ないしは褐色森林土へ移行する事ができると期待した。

筑波山では標高350 mから750 mまでの高低差をつけて調べたが、温度的にどの程度の差があるか定かではないが、コナラを主体とする林(暖温帯)からブナを主体(冷温帯)とする林まで植生的には相当違いがある。しかしながら赤褐色土ではコナラの林とブナの林で最も炭素含量が増えていた。標高での違いより広葉樹と針葉樹との植生の違いがでてきた。黒色土でも標高差での違いは認められなかった。また赤褐色土と黒色土での違いは、筑波山-2のシデミズナラ林で大きな違いがでてきた。原因は良くわからないが、ブナを除く広葉樹林の林床では、土壌動物の動きが活発である事がサンプルの回収時に確認できている。それらが関与している可能性があ

る。スギ林とヒノキ林は林床の堆積腐植の違いがそのまま数字としてでてきている。

スコリアで広葉樹林より針葉樹林での腐植の捕捉が多いのに対し、赤褐色土で逆に広葉樹林での腐植が多くなっていた。赤褐色土の初期の炭素含量が多すぎたのか、スコリアと称した物質と細粒質の筑波の下層土では性質が相当異なるのかわからない。もっと腐植を捕らえる物質をもっと選定する必要があるようだ。また、黒色土では、初期の炭素含量が少なすぎるのか、設定時間が少なすぎるのか、この実験では炭素含量が増えていた。増加の値は赤褐色土よりも少なかった。森林下での退色現象的傾向は示さなかった。

おわりに前述したごとく有機物を捕捉する物質をスコリアや下層土などよりもっと反応系が明確な物質を採用した方がよいようだ。

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園長手塚映男、東京農工大学教授浜田竜之介、助教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

An experimental pedogenetic study was carried out for clarifying the mechanism of humification. I set up a material in the soil, to catch the organic substance which moved through the soil. The materials were 'scoria' and top soil and sub soil of Andosol. The investigation forest is showed in Table 1.

The result was as follows. The amount of the organic substance catching has increased while becoming the climate of cool temperated forest (Mt. Naeba, Mt. Kokushi) from sub-tropical forest (Ogasawara). There was differing to catching the organic substance in the coniferous forest and the broad-leaved forest in the region of the same environment (Mt. Tsukuba-2, 3, 4). In scoria, the coniferous forest caught organic substance more than broad-leaved forest. But in Andosol, the coniferous forest caught the organic substance more than the broad-leaved forest. There was a difference in the ability which was able to be caught with the material.

文 献

- 平山良治, 1988 a. ポドゾル性土壌に関する実験土壌学的試み (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.
 —, 1988 b. ポドゾル性土壌に関する実験土壌学的試み (I I) 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: 136-147.
 —, 1989. 林内雨中の有機物について. 筑波実験植物園研報 8: 45-50.
 庄司貞雄, 1987. 火山灰土壌学と考古学. 87-118. 久馬一剛・永塚鎮男編, 土壌と考古学. 博友社・東京.
 Swindale, L. D., 1955. Mineralogy and genesis of some rhyolite-derived soils of New Zealand. Ph. D. Thesis, Univ. Wis., Madison.
 渡辺真紀子, 1990. 火山灰土壌の腐植の生成と環境変化. 236-246. 浅海重夫編, 土壌地理学. 古今書院・東京.
 山根一郎, 1973. クロボクの生成におけるススキの意義. ペドロジスト 17: 84-94.
 山谷孝一, 1968. 本邦山林地におけるポドゾル化土壌 - 特に東北地方を中心として. ペドロジスト 12: 2-12.