

Ⅲ 丹沢山地における森林土壌の特性

越地 正¹⁾・相原敬次²⁾・内山佳美¹⁾・山根正伸¹⁾

Properties of Forest Soil in the Tanzawa Mountains

Masashi Koshiji, Aihara Keiji, Yoshimi Uchiyama & Masanobu Yamane

要 約

丹沢山地の土壌分類と土壌物理性、さらに土壌化学性の変化について既存資料を整理し丹沢山地の土壌特性について検討した。丹沢山地に出現する土壌は土壌型レベルで分類すると12種類となった。丹沢山地の土壌は全国的な土壌分布とは異なる特異な分布パターンとなることを示した。土壌形成には母材の影響が強く反映しており、ローム質型、礫質型、砂質型の3区分により土壌物理性の特徴を良く捉えることができた。また、土壌孔隙量から土壌貯水量を試算し、丹沢山地の平均的な流域貯水量を示した。土壌化学性の変化を検討した結果、最近の土壌 pH (H₂O) は上昇傾向にあり、酸性化は進んでいないとした。また、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の主要山頂付近では土壌養分の不足する状態が認められたが、最近の交換性アルミニウム濃度は低く、緩衝能も強い土壌であることから現状では健全な土壌状態にあるとした。

1. はじめに

丹沢山地における土壌調査については、小縮尺レベルの土壌図では国土庁が実施した土地分類図として縮尺10万分の1土壌図(国土庁土地局, 1975)、神奈川県が実施した縮尺5万分の1土壌図(神奈川県企画部, 1986a, 1986b, 1987c)があり県内全域をカバーしている。しかし、実際の森林管理に役立てるためには縮尺5千分の1程度の大縮尺土壌図が必要となる。大縮尺レベルでの土壌調査は1956年から1960年にかけて神奈川県が実施した民有林適地適木調査事業が最初である。これにより県内民有林の21,230haが調査された(石川, 1968)。このうち、丹沢山地のエリアに含まれる調査面積は、14,597haである。

その後、全国的な森林土壌調査の進展に伴い森林土壌の分類基準が確立される(土じょう部, 1976)など土壌調査技術が進歩した。これらを受けて神奈川県は1982～1987年にかけて水源山地森林整備治山計画調査の一つとして丹沢山地の主要流域の6箇所、2,940haの土壌調査を実施した(神奈川県, 1981, 1983, 1985, 1986c, 1987a, 1987b)。しかし、これらの調査は単年度ごとの報告書としてまとめられているが、全体のとりまとめはされていない。丹沢山地の土壌化学性については、大山を中心にして酸性雨の影響調査が実施された。この中で土壌の理化学性について検討した結果、土壌は健全な状態にあるとした(神奈川県, 1994)。その後、相原ほか(1999, 2004)は、1994～1999年にかけて丹沢山地の土壌変化を報告している。さらに、越地ほか(2005)は2002年に土壌調査を行い1991年調査と比較し、その間の土壌変化を報告した。

今回、筆者らは、これらの資料を参考にして丹沢山地の土壌分類と土壌物理性、さらに土壌化学性の変化について整理し丹沢山地の森林土壌の特性としてとりまとめたので報告する。

2. 土壌分類と土壌の物理性の検討

(1) 土壌分類

丹沢山地の土壌分類は水源山地森林整備治山計画調査

として実施した土壌調査資料を用いた。対象とした地域は塩水川流域(492ha)、本谷川流域(698ha)、仲ノ沢流域(532ha)、大滝沢流域(422ha)、東沢流域(527ha)の5流域で合計2,671haである。これらの調査結果から土壌型レベルの出現土壌を整理し表1に示した。出現した土壌は3土壌群、5土壌亜群、12土壌型からなる。この調査で神奈川県(1981)は、丹沢山地では特有の浸食を受けた土壌が広く分布するとして、受蝕の程度により褐色森林土を細分し正常相と受蝕相に区分する分類基準を示した。また、神奈川県(1983)は丹沢山地の土壌は母材の影響が強く反映されているとして、さらに土壌型を細分し母材の違いによりローム質型、礫質型、砂質型に3区分した。丹沢山地の基岩は大別すると緑色凝灰岩と石英閃緑岩からなり、その上を火山放出物が覆っている。火山放出物を母材とする土壌は富士山に由来する関東ロームであり、丸みを帯びた山頂や広い尾根筋を中心に厚く堆積している。これらのものをローム質型とした。また、火山放出物の中に緑色凝灰岩の礫が混入したものを礫質型とした。さらに、表層は主に火山放出物からなるが下層は風化した石英閃緑岩からなるものを砂質型としたものである。

これらのうち、丹沢山地に特有な分布をする土壌型についての形態的特徴を示す。

A. 暗色系適潤性褐色森林土 (dB₀ 型土壌および dB_{D(d)} 型土壌)

このタイプの土壌は丹沢山地の標高1400m以上の高標高域にみられる土壌であり分布面積は76haとされ(国土庁土地局, 1975)、限られた場所に分布している。ブナ林下に典型的なものが発達し、火山放出物を母材としており厚い土層からなる。F層およびH層が数cm程度発達し腐植の浸透が深くまで及んでいる。A層は軟らかい団粒構造がみられるが、B層は堅くしまった土層からなる。暗色系適潤性褐色森林土は典型的な褐色森林土に比し低温・湿潤な環境条件下で生成される(神奈川県, 1981)。

B. 適潤性褐色森林土 (B₀ 型土壌および B_{D(d)} 型土壌)

このタイプの土壌は森林下で生成された土壌として、県内だけでなく全国的にも広く分布する土壌である。一般的には山腹斜面に出現するが、丹沢山地では山腹よりも緩傾斜

1) 神奈川県自然環境保全センター研究部 2) 神奈川県環境科学センター

表 1. 丹沢山地に出現する土壌分類 (細分)

土壌群	亜群	土壌型	亜型	土壌相	記号
褐色森林土群 B	暗色系褐色森林土 dB _D	適潤型 dB _D	典型亜型 dB _D 偏乾亜型 dB _{D(d)}		dB _D 型 dB _{D(d)} 型
褐色森林土群 B	褐色森林土 B	適潤型 B _B			B _B 型
褐色森林土群 B	褐色森林土 B	適潤型 B _D	典型亜型 B _D	正常相	B _D 型
〃	〃	〃	〃	受蝕相	Er-B _D 型
褐色森林土群 B	褐色森林土 B	適潤型 B _D	偏乾亜型 B _{D(d)}	正常相	B _{D(d)} 型
〃	〃	〃	〃	受蝕相	Er-B _{D(d)} 型
褐色森林土群 B	褐色森林土 B	弱湿性型 B _E			B _E 型
黒色土群 Bl	黒色土 Bl	適潤型 Bl _D	典型亜型 Bl _D 偏乾亜型 Bl _{D(d)}		Bl _D 型 Bl _{D(d)} 型
未熟土群 Im	受蝕土 Er 未熟土 Im				Er型 Im型

な山頂や広い尾根筋に分布する特徴がある。このような場所は火山放出物が厚く堆積しており、これらを母材とする適潤性褐色森林土からなる。A₀層は特に発達しないがA層は厚く団粒構造が発達する。

C. 適潤性褐色森林土 (受蝕相)・(Er - B_D 型土壌および Er - B_{D(d)} 型土壌)

適潤性褐色森林土が表面浸食を受けたもので、A層は薄く、腐植に乏しいため黒みが弱い。山腹の凸型急斜面や平衡急斜面に分布している。関東大地震、豪雨等による加速浸食の繰り返しによって形成されたものである。

(2) 土壌分布の特徴

丹沢山地の土壌は褐色森林土が主要な土壌となっているが、黒色土、受蝕土、未熟土も局地的に認められる。⑤流域の土壌型の出現割合をみると、図1に示すように適潤性褐色森林土正常相型 (B_D型及びB_{D(d)}型)が46%、適潤性褐色森林土受蝕相型 (Er - B_D型及びEr - B_{D(d)}型)が38%となり、両者で84%と大部分がこれらの土壌型によって占められる。適潤性褐色森林土以外の土壌は5%を占めるにすぎない。特に丹沢山地の特徴として適潤性褐色森林土受蝕相型の出現割合が高いこと、乾性～弱乾性褐色森林土は1%以下と極端に少ないこと、さらに非土壌地

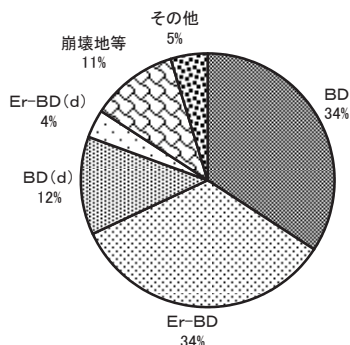


図 1. 調査流域の土壌型の出現割合

である崩壊地、砂礫地、露岩地が11%と比較的広い面積を占める点が上げられる。

このような土壌分布は、調査流域だけでなく丹沢山地全体に共通する傾向と考えられる。久保 (1984) は、丹沢山地では褐色森林土のうちの大部分が適潤性褐色森林土であることは、全国的に見て極めて特異な現象であるとし、その理由として次の点を上げている。① B_A型土壌が生成されやすい瘠尾根は、加速浸食を強く受け受蝕土 (Er型) となっているため B_A型土壌は形成されにくいこと。② B_B型・B_C型土壌が生成されやすい山頂や稜線の緩斜面は、保水性の良い火山放出物によって覆われているため B_B型・B_C型土壌が形成されにくいこと。③ B_E型土壌の生成されやすい凹型急斜面下部や沢沿いは、崩落土砂からなる未熟土 (Im型) となっているため B_E型土壌が出現しにくいこと。④火山放出物は塩基に富むため生物活性が高く、落葉落枝の分解が円滑に進行するため A₀層は発達せず A層が発達しやすいことも乾性型土壌が形成されにくい一因としている。これらの特徴を図2の模式図に示し、丹沢山地の土壌分布

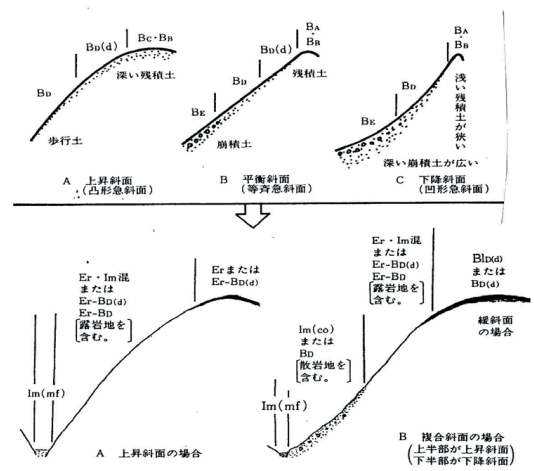


図 2. 丹沢山地の土壌型の分布パターン模式図 (久保, 1984. 一部改変)

は全国的・一般的な土壌分布とはかなり異なるとしている。

(3) 土壌物理性

土壌物理性についても水源山地森林整備治山計画調査として実施した5流域での調査データを用いて解析した。調査方法は地形、植生などの代表的な場所に調査地点を設定し土壌断面調査を行うとともに、各層位ごとに400ccの採土円筒を用いて土壌を採取し、室内に持ち帰り細土容積重、三相組成、孔隙量等の物理性を測定したものである。土壌物理性を測定した調査地は55箇所、採土円筒試料数は161個である。なお、具体的な方法については神奈川県水源山地森林整備治山計画調査報告書に報告されている(1981, 1983, 1985, 1986c, 1987b)。

A. 細土容積重

細土容積重は一定容積の土壌に含まれる細土量で表され、土壌の物理性を大まかに示す指標として用いられる。採取した161点の円筒試料について細土容積重をみると、図3に示すように神奈川県(1983)の区分した母材による違いが認められた。ローム質型は $0.44 \pm 0.08 \text{ g/cc}$ 、礫質型は $0.46 \pm 0.10 \text{ g/cc}$ の値を示し集中した分布をしている。一方、砂質型は細土容積重 $0.76 \pm 0.25 \text{ g/cc}$ となり広範囲に分散する特徴がみられた。砂質型母材の土壌が分散する原因として、表層は火山放出物由来の土層からなる場合が多いためローム質型に近い値となるが、下層に行くほど石英閃緑岩の母材の影響が強く現れることが考えられる。細土容積重からみると、ローム質型及び礫質型母材の土壌は膨軟で物理性は良好といえるが、砂質型母材の土壌は細土容積重が大きい値を示したことから土壌が密につ

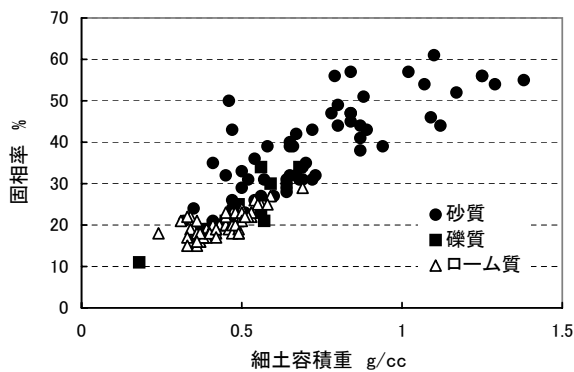


図3. 細土容積重と固相率の関係 (n = 161)

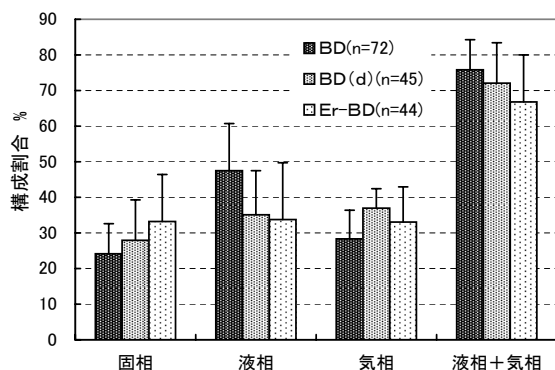


図4. 土壌型の採取時三相組成の構成割合

まり物理性は不良といえる。

B. 採取時三相組成

土壌の三相組成は固相(細土、根、礫からなる固体部分)、液相(水分)気相(空気)の3相で構成される。なお、土壌型の区分は B_D 型(B_E 型、 dB_D 型を含む)、 $B_{D(d)}$ 型(B_B 型を含む)、 $Er-B_D$ 型($Er-B_{D(d)}$ 型、 $Im-B_D$ 型、 Im 型を含む)の3区分とした。図4、図5に土壌型別と母材別の採取時三相組成を示した。図4の B_D 型はローム質型母材が、また $Er-B_D$ 型には砂質型母材の土壌が多く含まれるため、丹沢山地の土壌物理性を比較するには土壌型別よりも母材別に比較した方が特徴を捉えやすいと考えられた。図5の母材別の採取時三相組成をみると、ローム質型及び礫質型は固相率約22%に対し、砂質型は固相率38%となり、砂質型の方が固体部分の占める割合が大きい。液相率は固相率とは逆な傾向を示し、ローム質型は液相率が50%に対し、砂質型では27%となった。しかし、気相率は33%前後と母材による差は小さかった。

C. 土壌孔隙

土壌孔隙は、土壌の保水性の尺度として重要なばかりでなく、土壌の透水性や通気性とも密接に関係している。また、土壌孔隙量は間接的な水源涵養機能の評価尺度とされる。土壌孔隙は孔隙の細粗により図6のように分類される。

土壌孔隙を母材別に比較したものを図7に示した。細孔隙率(毛管細孔隙)は、ローム質型及び礫質型は約40%に対し、砂質型は21%となり、砂質型母材の土壌は細孔隙の占める割合が小さかった。

粗孔隙率(毛管粗孔隙)は砂質型が30%に対し、ローム質型及び礫質型は27%で差は小さかった。また、最小容気量(非毛管孔隙)は11%前後、降水貯水量では38%前後を示し母材による差は小さかった。真下(1972)は全国の母材別粗孔隙率(毛管粗孔隙)を調査し、火山灰母材では20.9%、花崗岩類母材で20.3%としている。これらの値と比較すると、丹沢山地の粗孔隙率は全国平均より高い。

D. 土壌貯水量

降水の貯水機能は土壌の粗孔隙量に左右される。粗孔隙は毛管粗孔隙と非毛管孔隙に分けられる。毛管粗孔隙は長時間貯留し徐々に土壌から流出する水で、非毛管孔隙は大雨などの場合一時的に貯留されるが重力水として短時間に土壌から流出する水である。なお、毛管細孔隙の水は植物には利用されるが、土壌中に保持され河川等へ

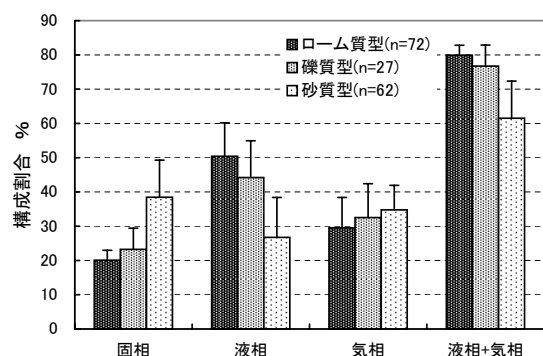
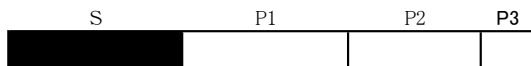


図5. 母材別の採取時三相組成の構成割合

$$S(\%) + P1(\%) + P2(\%) + P3(\%) = 100\%$$

- ・固相(細土・礫・根): (S)
- ・孔隙(P)=毛管細孔隙(P1)+毛管粗孔隙(P2)+非毛管孔隙(P3)
- ・毛管孔隙=毛管細孔隙(P1)+毛管粗孔隙(P2)
- ・粗孔隙(降水貯水量)=毛管粗孔隙(P2)+非毛管孔隙(P3)



- ・最大容水量=毛管細孔隙(P1) + 毛管粗孔隙(P2)
- ・最小容気量=非毛管孔隙(P3)
- ・液相(水分量)と気相(空気量): P1~P3の孔隙内で変動

図 6. 土壌の三相組成と孔隙状態

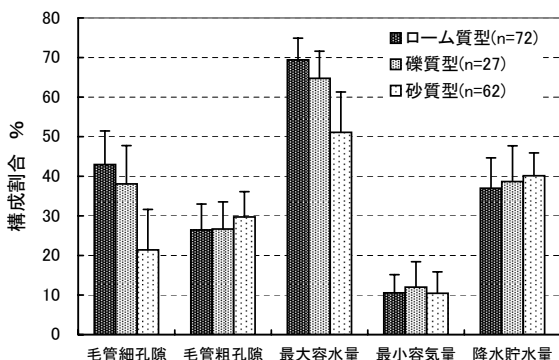


図 7. 母材別の土壌孔隙量の構成割合

は流出しない水である。

土壌貯水量は土壌断面調査地点の 55 箇所について各層位ごとに、層の厚さと孔隙量の関係から貯水量を求め、最大 1m の深さまでを集計し土壌型ごとの貯水量を求めたものである。この場合、降水貯水量率から換算したものを降水貯水量、毛管粗孔隙率から換算したものを長時間貯水量、非毛管孔隙(最小容気量)から換算したものを短時間貯水量とした。母材別に整理した貯水量を図 8 に示した。降水の総貯水量は、ローム質型 3,609 トン / ha、礫質型 3,265 トン / ha、砂質型 3,154 トン / ha で、平均で 3,354 トン / ha となった。このうちの長時間貯水量は、ローム質型 2,580 トン / ha、礫質型および砂質型約 2,350 トン / ha となり、ローム質型母材の貯水量が 1 割ほど多かった。また短時間貯水量はローム質型及び礫質型は約 1,000 トン / ha に対し、砂質型では約 750 トン / ha となり差が大きかった。真下(1972)は母材別粗孔隙率から母材別貯留量を求め、火山灰では 2,090 トン / ha、花崗岩類では 2,030 トン / ha としている。この値は長時間貯水量に当たることから、丹沢山地の土壌は全国的な値より大きいといえた。今回の試算では土壌の深さを最大 1m までとして計算している。しかし、ローム質型の土壌は 1m を越える場合が多いので貯水量はさらに大きい値を示すと推測される。

E. 流域貯水量

土壌型ごとの降水貯水量と土壌型別の面積割合から流域貯水量を試算した。その結果は表 2 に示すように、5 流域 2,671ha の総貯水量は 756 万トン、ha 当たりで換算すると 2,882 トンとなった。また、長時間降水量について降水貯水量の場合と同様に試算すると、総貯水量は 575 万トン、ha 当たりで換算すると 2,170 トンとなった。これらの値は丹沢山地での平均的な貯水量と考えられた。

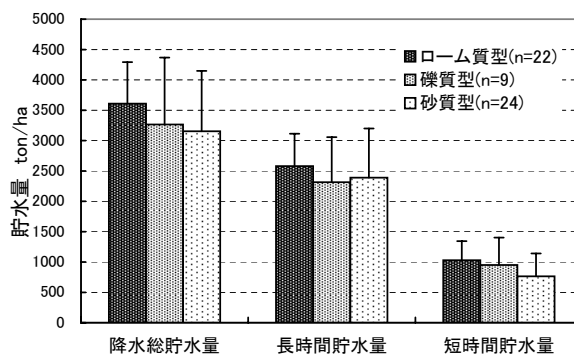


図 8. 母材別の土壌貯水量の比較

表 2. 土壌の流域貯水量

地域	流域名	面積 ha	流域貯水量	
			流域総貯水量 万トン	流域貯水量 トン/ha (mm)
東丹沢	塩水川	492	133	2714 (271.4)
東丹沢	本谷川	698	201	2876 (287.6)
西丹沢	仲ノ沢	532	136	2714 (271.4)
西丹沢	大滝沢	422	135	3234 (323.4)
西丹沢	東沢	527	151	2871 (287.1)
計		2671	756	2882 (288.2)

*流域貯水量は平均値で示す

3. 土壌化学性の検討

土壌化学性の調査は、丹沢山地東部の大山(1252m)、札掛(450m)、丹沢山地の主稜線に沿って塔ノ岳(1491m)、丹沢山(1567m)、蛭ヶ岳(1673m)、檜洞丸(1600m)の山頂付近で実施している。土壌の採取位置は調査年により多少の違いはあるが、本報告では深さ 5cm 部分で採取した土壌を表層土として検討した。調査した土壌はいずれの地点もローム質型母材から採取したものである。なお、具体的な調査方法については、1991 年調査は神奈川県(1992)が、1994~1995 および 1997~1999 年調査は、相原ら(1999)が、2002 年調査は、越地ら(2005)が報告している。

(1) 土壌 pH (H₂O)

土壌 pH (H₂O) の地点別の違いを図 9 に示した。大山、札掛、塔ノ岳では pH6.0 前後の値を示したが、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸では pH5.5 以下の低い値となる地点が多かった。我が国の森林土壌の pH (H₂O) は、ほぼ 4.7~5.5 の範囲にあるとしている(森貞, 2003)ことからすると、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸は、これらの範囲内にあるが、大山、札掛、塔ノ岳の土壌は、全国レベルより高く、酸性度の弱い土壌といえる。南関東の火山放出物は塩基が豊富なため酸性度が弱い(松井ほか, 1965)とされており、母材による影響が大きと考えられる。調査年による違いでは、1997~2002 年の pH (H₂O) は 1991~1995 年より高くなる傾向がみられる。相原ほか(1999, 2004)も指摘しているように、土壌 pH (H₂O) からみると、最近は上昇傾向にある。

(2) 陽イオン交換容量 (CEC)

陽イオン交換容量は図 10 に示したが、10~35cmol (+) kg⁻¹ の範囲にあり、ばらつきが大きかった。調査年による違いは明らかではなかった。

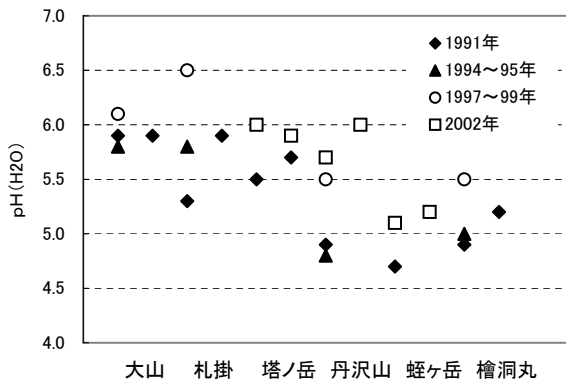


図9. 調査地点別の表層土 pH (H₂O)

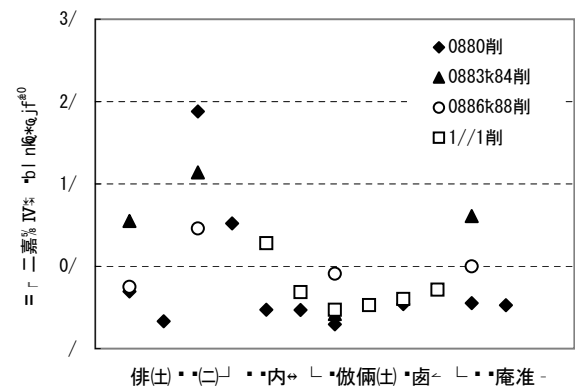


図11. 調査地点別の表層土交換性陽イオン

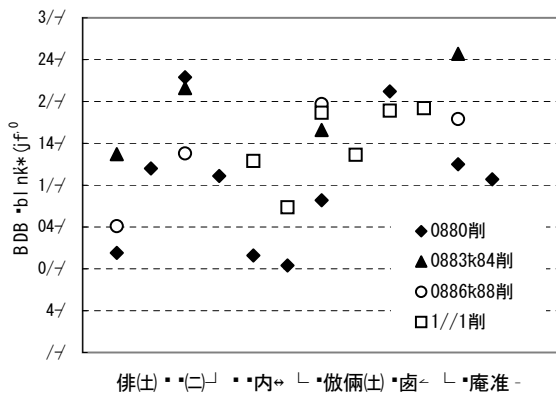


図10. 調査地点別の表層土 CEC

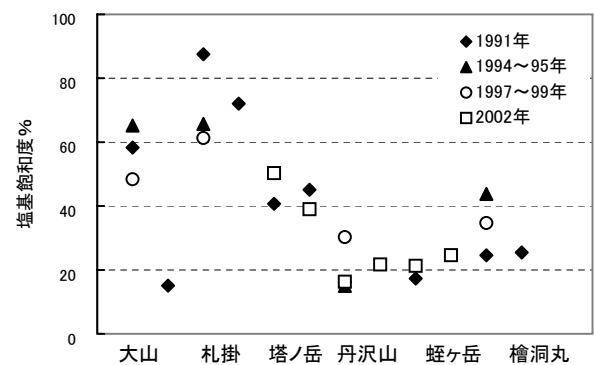


図12. 丹沢山地の地点別表層土の塩基飽和度

褐色森林土の陽イオン交換容量の全国平均値（環境庁，1999）は，表層 $30.4 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ としている．陽イオン交換容量は，養分保持力の指標となるものであるが，今回の測定値をみると全国平均値より低い値を示すものが多かった．

(3) 交換性陽イオンと塩基飽和度

交換性陽イオンは図11に示した．札掛の土壌は $10.0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ を越える値を示したが，他の地点は $5.0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 前後の低い値を示す地点が多かった．褐色森林土の全国平均値は表層 $10.4 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ （交換性カルシウム + 交換性マグネシウムの合計値）としている（環境庁，1999）が，札掛以外はいずれも全国平均値より低い値を示す土壌が多く土壌養分の不足する状態にあると考えられた．

交換性陽イオンを塩基飽和度に換算した結果を図12に示した．大山，札掛，塔ノ岳は40%以上の高い値を示したが，丹沢山，蛭ヶ岳，檜洞丸では20%前後の低い値を示す地点が多かった．褐色森林土の全国平均値は表層30%としている（環境庁，1999）．塩基飽和度でみると大山，札掛，塔ノ岳は全国平均値より高い値を示したが，他の地点は全国平均値より低い値となり土壌養分が少ない状態にある．丹沢山，蛭ヶ岳，檜洞丸での陽イオン交換容量は高く養分の保持力は強いが，実際に保持している養分は少ないといえる．この点について相原ほか（1999，2004）は，土壌養分の需給バランスに変化が生じているのではないかとしている．また，交換性陽イオン，塩基飽和度とも調査年による違いは明らかではなかった．

(4) 交換性アルミニウム

交換性アルミニウムは図13に示した．1991年時には高い値を示す地点もみられたが，その後はいずれの地点も $1.0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 以下の低い値となっている．

相原ほか（1999，2004）は，交換性アルミニウムは経年的には低くなる傾向にあるとしている．褐色森林土の全国平均値は，表層 $3.8 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ としている（環境庁，1999）が，これらの値と比較しても1994年以降はかなり低い状態にある．交換性カルシウム + 交換性マグネシウムと交換性アルミニウムの関係を図14に示した．交換性アルミニウムは土壌の酸性化に伴って溶出し，植物には有害となる成分とされている．環境庁（1993）は，交換性カルシウム + 交換性マグネシウムが $5 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 以上の土壌は緩衝能が強いとしている．今回調査した1994年以降の土壌は，交換性カルシウム + 交換性マグネシウムが $5.0 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ 以上となる土壌が大部分を占めていることから緩衝能が強いこと，さらに交換性アルミニウム濃度も低いレベルにあることから現状では健全な土壌状態にあると考えられた．

4. まとめ

丹沢山地の森林土壌については大縮尺土壌図レベルでも従来から調査・報告されているが，丹沢山地全体としてまとめられたものはなかった．筆者らは今回既存資料を検討し全体的なまとめを行った．その結果，丹沢山地の土壌分布は土壌型の出現割合や土壌分布パターンに特徴がみられ，全国的・一般的な土壌分布とは異なる特異な分布パターンとなることを示した．すなわち，広い尾根筋や緩斜面は火山放出物が厚く堆積しており，これらを母材

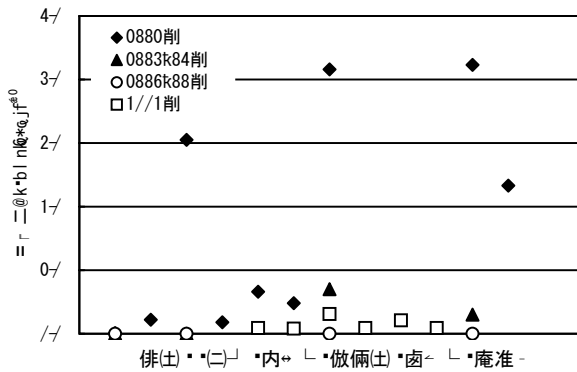


図 13. 調査地点別の表層土交換性 Al

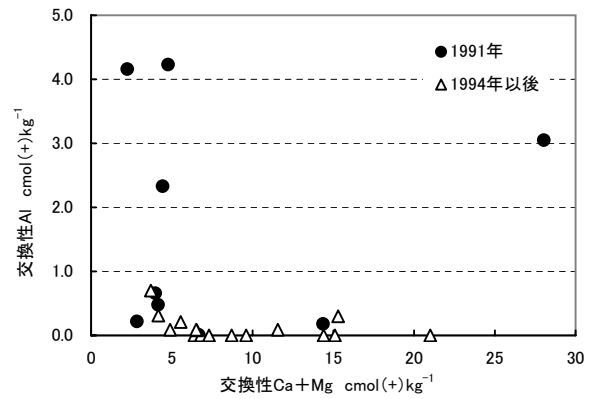


図 14. 表層土の交換性の Ca+Mg と Al との関係

とする適潤性褐色森林土の正常相型が分布する。山腹斜面は加速浸食の進行による適潤性褐色森林土の受蝕相型が、さらに沢筋には未熟土が分布するという特徴を有している。一方、石英閃緑岩が風化した砂質型母材の土壤物理性はローム質型母材の土壤とは異なる特徴が認められた。このように丹沢山地の土壤は、その基盤である地形や地質の強い影響を受けて形成されているといえる。

実際の森林管理にあたり土壤など環境条件の同質的なものをひとつの単位として扱う立地区分の方法が用いられるが、このような場合の基準として土壤母材の違いにより3区分する方法が有効と考える。例えば、緩斜面などの安定面にみられるローム質型母材のエリアは森林生産力が高く、土壤貯水量も大きい地域である。このような地域は林床植生の劣化による表土浸食が問題になりやすいので、浸食を防止し地力を維持することに配慮する必要がある。一方、丹沢山地西部に広く分布する砂質型母材のエリアは山腹急斜面にみられるが、このような地域は浸食に対し抵抗力が弱く崩壊しやすい。したがって、森林の取り扱いには十分注意する必要がある。このような立地区分は植生、地形等に応じてさらに細分することによりきめ細かな森林管理の単位とすることが可能となる。土壤化学性はローム質型母材について調査したものであるが、強酸性の土壤は認められず交換性アルミニウム濃度も低いことから判断すると、現状では健全な土壤状態にあると考えられた。しかし、丹沢山地の主要山頂である丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の付近では土壤養分の少ない土壤も認められた。したがって、今後の土壤変化についてさらに継続的なモニタリングが必要とされる。

文 献

相原敬次・武田麻由子, 1999. 丹沢, 大山山系における森林土壌の化学性の現状. 神奈川県環境科学センター研究報告, 23: 14-22.
 相原敬次・阿相敏明・武田麻由子・越地 正, 2004. 森林衰退の現状と取り組み(II) 神奈川県丹沢山地における樹木衰退現象. 大気環境学会誌, 39(2): 29-39.
 石川 督, 1968. 適地適木調査事業の総括. 神奈川県林業指導所報告, 17: 1-7.
 土じょう部, 1976. 林野土壌の分類. 農林省林業試験場研究報告, 280: 1-28.
 環境庁, 1993. 平成4年度酸性雨による土壤影響調査

(総合解析), 167pp. 環境庁水質保全局.
 環境庁, 1999. 第3次酸性雨対策調査取りまとめ報告書, 80pp. 環境庁酸性雨対策検討会.
 神奈川県, 1981. 水源山地森林整備治山計画調査報告書(塩水川流域), 231pp. 神奈川県農政部.
 神奈川県, 1983. 水源山地森林整備治山計画調査報告書(仲ノ沢流域), 208pp. 神奈川県農政部.
 神奈川県, 1985. 水源山地森林整備治山計画調査報告書(本谷川流域), 293pp. 神奈川県農政部.
 神奈川県, 1986a. 土地分類図 - 藤沢・平塚 5 万分の 1, 100pp. 神奈川県企画部.
 神奈川県, 1986b. 土地分類図 - 上野原・五日市 5 万分の 1, 57pp. 神奈川県企画部.
 神奈川県, 1986c. 水源山地森林整備治山計画調査報告書(大滝沢流域), 223pp. 神奈川県農政部.
 神奈川県, 1987a. 重要水源地整備治山事業調査報告書(用木沢流域), 123pp. 神奈川県農政部.
 神奈川県, 1987b. 水源山地森林整備治山計画調査報告書(東沢流域), 336pp. 神奈川県農政部.
 神奈川県, 1987c. 土地分類図 - 秦野・山中湖 5 万分の 1, 79pp. 神奈川県企画部.
 神奈川県, 1992. 樹木衰退度調査報告書, 116pp. 神奈川県環境部大気保全課.
 神奈川県, 1994. 酸性雨に係る調査研究報告書, 286pp. 神奈川県環境部大気保全課.
 国土庁, 1975. 土地分類図(神奈川県) 10 万分の 1, 72pp. 国土庁土地局.
 越地 正・相原敬次・中嶋信行・内山佳美・山根正伸・齋藤央嗣・田村 淳, 2005. 丹沢山地の主要山頂における土壤化学性の変化. 神奈川県自然環境保全センター研究報告(2): 39-42.
 久保哲茂, 1984. 鑑定書(唐沢県行造林地の土壤図精度検証). pp59. 久保哲茂, 1981. 土壤調査. 水源山地森林整備森林計画調査報告書(塩水川流域), 48pp.
 真下育久, 1972. 森林の公益的機能定量化調査報告書, 438pp. 水利科学研究所.
 松井 健・黒部 隆, 1965. 関東ローム(関東ロームの土壤学的性質), 378pp. 築地書館.
 森貞和仁, 2003. 日本の森林土壌における土壤酸性の分布と特徴. ペトロジスト, 47(2): 106-111.