

ブナ林の立地環境調査（根圏）

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

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、丹沢山地のエリヤ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、相原ら（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、越地ら（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。この調査で久保（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、丸山ら（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、丸みを帯びた山頂などの緩斜面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、丹沢山地に特有な土壌型についての形態的な特徴を示す。

A. 暗色系適潤性褐色森林土 (dBD 型土壌および dBD(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

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	暗色系褐色森林土	適潤型	典型亜型		dBD型
B	dBD	dBD	dBD	偏乾亜型	dBD(d)型
				dBD(d)	
褐色森林土群	褐色森林土	適潤型			B _g 型
B	B	B _g			
褐色森林土群	褐色森林土	適潤型	典型亜型	正常相	B _D 型
B	B	B _D	B _D		
〃	〃	〃	〃	受蝕相	Er-B _D 型
褐色森林土群	褐色森林土	適潤型	偏乾亜型	正常相	B _{D(d)} 型
B	B	B _D	B _{D(d)}		
〃	〃	〃	〃	受蝕相	Er-B _{D(d)} 型
褐色森林土群	褐色森林土	弱湿性型			B _e 型
B	B	B _e			
黒色土群	黒色土	適潤型	典型亜型		Bl _D 型
Bl	Bl	Bl _D	Bl _D		
			偏乾亜型		Bl _{D(d)} 型
			Bl _{D(d)}		
未熟土群	受蝕土				Er型
Im	Er				
	未熟土				Im型
	Im				

*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

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層は軟らかい団粒状構造がみられるが、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湿・湿潤な環境条件下で生成される(久保,1981)。

B. 適潤性褐色森林土 (BD型土壌およびBD(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。

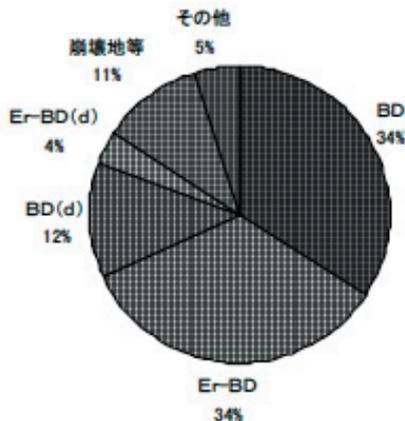


図1. 調査流域の土壌型の出現割合

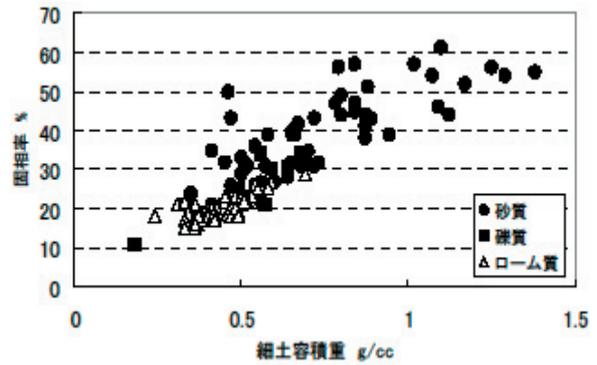


図3. 細土容積重と固相率の関係 (n=161)

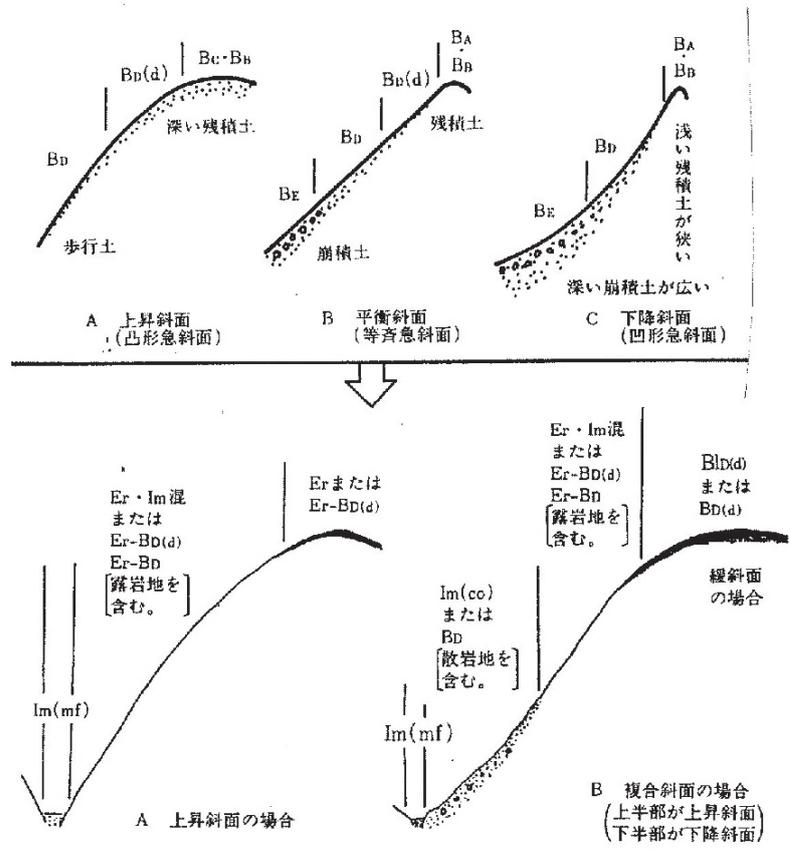


図2. 丹沢山地の土壌型の分布パターン模式図 (久保,1984)
 上部が全国的・一般的な分布、下部は丹沢山地の土壌分布

C. 適潤性褐色森林土（受蝕相）・（Er-BD 型土壌および Er-BD（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。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（BD 型及び BD(d) 型）が 46%、適潤性褐色森林土受蝕相型（Er-BD 型及び Er-BD(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、全国的に見ても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 BA 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 BA 型土壌は形成されにくいこと。② BB 型・BC 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 BB 型・BC 型土壌が形成されにくいこと。③ BE 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 BE 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、土壌層位ごとに 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中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 に示すように丸山ら（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が良好といえるが、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つ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 BD 型（BE 型、dBD 型を含む）、BD（d）型（BB 型を含む）、Er-BD 型（Er-BD（d）型、Im-BD 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。その結果、土壌型別の構成割合と母材別の構成割合は、ほぼ同様な傾向がみられた。図 4 の BD 型はローム質型母材が、また Er-BD 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

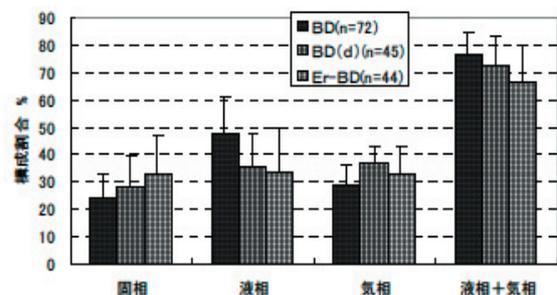


図 4. 土壌型別の採取時三相組成の構成割合

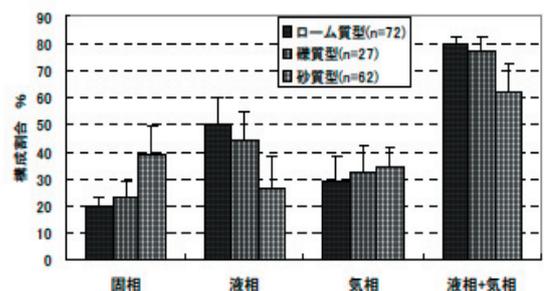


図 5. 母材別の採取時三相組成の構成割合

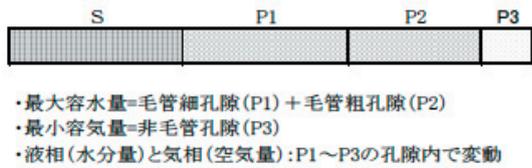


図 6. 土壌の三相組成と孔隙状態

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% ととなり差は小さかった。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の平均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

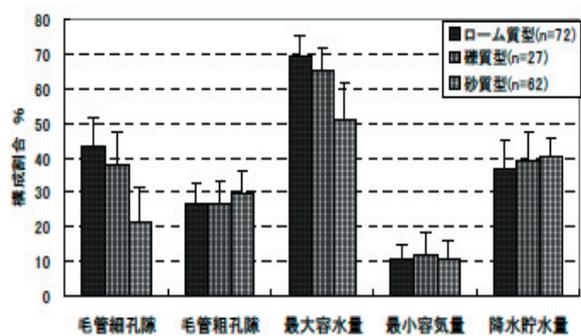


図 7. 母材別の土壌孔隙量の構成割合

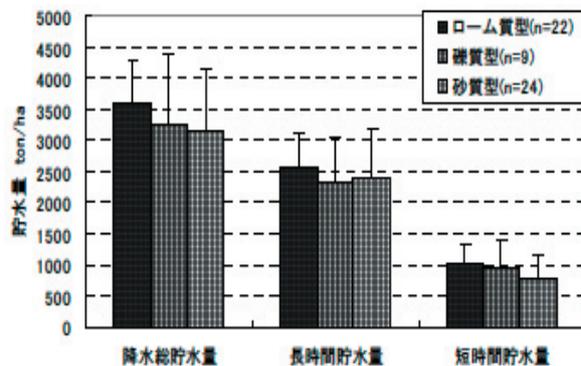


図 8. 母材別の土壌貯水量の比較

表 2. 土壌の流域貯水量

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

*流域貯水量は平均値で示す

当たりに換算すると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。

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（松井ら，1965）とされており、母材による影響が大きいと考えられる。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。相原ら（1999,2004）も指摘しているように、

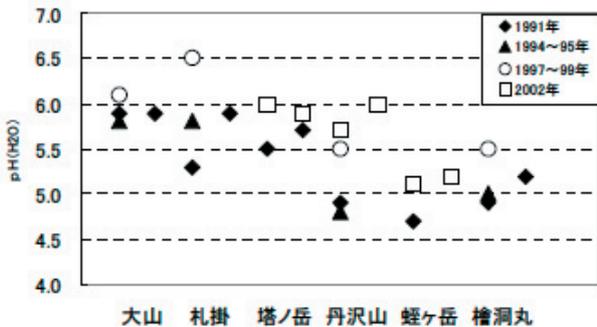


図9. 調査地点別の表層土pH (H₂O)

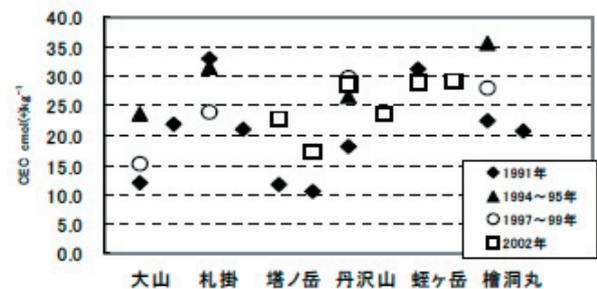


図10. 調査地点別の表層土CEC

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。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30.4cmol(+)/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。札掛の土壌では10.0cmol(+)/kg⁻¹を越える値を示したが、他の地点は5.0cmol(+)/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10.4cmol(+)/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

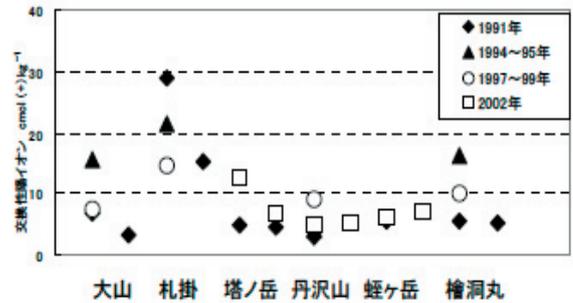


図11. 調査地点別の表層土交換性陽イオン

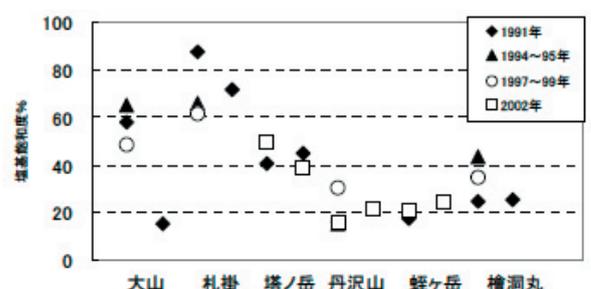


図12. 丹沢山地の地点別表層土の塩基飽和度

高く養分の保持力は高いが、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ら（1999、2004）は、土壤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 $1.0\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 以下の低い値となっている。

相原ら（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 $3.8\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 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壤の酸性化に伴って溶出し、植物に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 $5\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 以上の土壤は緩衝能が強いとしている。今回調査した 1994 年以降の土壤は、交換性カルシウム + 交換性マグネシウムが $5.0\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ 以上となる土壤が大部分を占めたことから緩衝能が強く、交換性アルミニウム濃度も低いレベルにあることから、現状ではほぼ健全な土壤状態にあると考えられた。

4. まとめ

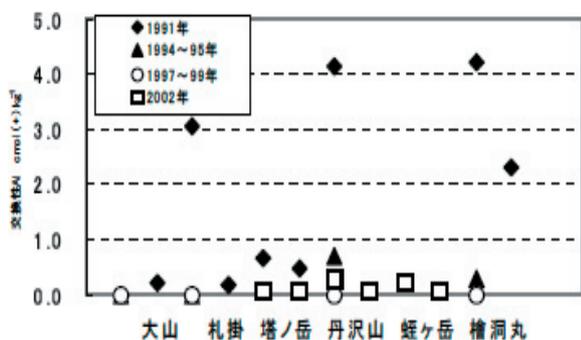


図 13. 調査地点別の表層土交換性Al

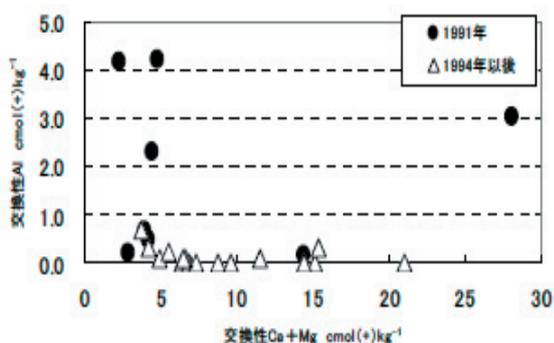


図 14. 表層土の交換性の Ca + Mg と Al との関係

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とりまとめを行った。その結果、丹沢山地の土壤分布は土壤型の出現割合や土壤分布パターンに特徴がみられ、全国的・一般的な土壤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、地域的にみると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性が認められた。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、現状ではほぼ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。

引用文献

- 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) 環境庁水質保全局, 167pp.
- 環境庁, 1999. 第3次酸性雨対策調査取りまとめ報告書. 環境庁酸性雨対策検討会, 80pp.

- 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). 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). 神奈川県農政部. 208pp.
- 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). 神奈川県農政部. 293pp.
- 神奈川県, 1986a. 土地分類図 - 藤沢・平塚 5 万分の 1. 神奈川県企画部, 100pp.
- 神奈川県, 1986b. 土地分類図 - 上野原・五日市 5 万分の 1. 神奈川県企画部, 57pp.
- 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). 神奈川県農政部. 223pp
- 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). 神奈川県農政部. 123pp
- 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). 神奈川県農政部. 336pp
- 神奈川県, 1987c. 土地分類図 - 秦野・山中湖 5 万分の 1. 神奈川県企画部, 79pp.
- 神奈川県, 1992. 樹木衰退度調査報告書. 神奈川県環境部大気保全課, 116pp.
- 神奈川県, 1994. 酸性雨に係る調査研究報告書. 神奈川県環境部大気保全課, 286pp.
- 国土庁, 1975. 土地分類図 (神奈川県)10 万分の 1. 国土庁土地局, 72pp.
- 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壌化学性の変化. 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壌図精度検証). pp59. 久保哲茂, 1981. 土壌調査. 水源山地森林整備森林計画調査報告書 (塩水川流域), 1-48.
- 丸山明雄, 1983. 土壌調査. 水源山地森林整備森林計画調査報告書 (仲ノ沢流域), 1-44.
- 真下育久, 1972. 森林の公益的機能定量化調査報告書. 水利科学研究所, 438pp.
- 松井 健・黒部 隆, 1965. 関東ローム (関東ロームの土壌学的性質), 築地書館: 235-268.
- 森貞和仁. 2003. 日本の森林土壌における土壌酸性の分布と特徴. ペトロジスト, 第 47 巻第 2 号: 106-111.