

数量化I類の手法を用いた森林土壌の粗孔隙量の要因解析 (2)

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	小柏, 一久 近藤, 次雄 真下, 育久
巻/号	73巻5号
掲載ページ	p. 396-400
発行年月	1991年9月

短 報

数量化 I 類の手法を用いた森林土壌の粗孔隙量の要因解析 (II) スギ林における表層土壌の粗孔隙量と林分密度*

小 柏 一 久**、近 藤 次 雄**、真 下 育 久***

I. は じ め に

森林には土砂流出防止や水源かん養機能などの公益的機能を持つことが知られ、これらの機能のうち森林の持つ水源かん養機能を土壌の孔隙に着目して計量化しようとする調査研究が行われている(4,10)。群馬県においても土壌の粗孔隙量に着目して水源かん養機能の調査を進めている。この粗孔隙量は水の一時的貯留と透水に有効に働き(5)、粗孔隙量の多い土壌は水源かん養機能の高い土壌と考えられる。一方、現在林業をとりまく環境はきわめて厳しく、林業生産活動が停滞して間伐などの保育管理不足の森林が多くなると、森林の持つ公益的機能の高度な発揮を損なうことが懸念されている(9)。そして、渡邊(11)は、木材生産と水源かん養機能を最大に発揮する森林施業の確立が現在の林業技術の緊急課題としている。そこで、土壌の粗孔隙量と森林の施業との関係を把握できれば、人為的に粗孔隙量の増加を促し、水源かん養上望ましい森林に誘導することができるであろう。

前報(7)の深さ別土壌の粗孔隙量の要因解析の結果、林分の相対密度の影響は表層土壌に比較的大きくあらわれることが認められ、土壌の深さ 5 cm と 15 cm の粗孔隙量は解析に用いたアイテムにより比較的良好に推定された。このことから表層土壌の要因解析を用いて粗孔隙量と施業との関係を把握することができると考えられる。既報(6)では要因の一つに間伐の有無・回数を用いて表層土壌の粗孔隙量の要因解析を行ったが、聞き取り調査のため間伐量はわからなかった。そこで本報告では、林分の相対密度を表す収量比を用いて要因解析を行い、粗孔隙量に対する間伐の効果を検討した。本報告に収量比を加えた理由は、間伐に関する聞き取り調査だけでは間伐量など量的な把握が十分

には行えず、また、植栽密度、間伐の年次、回数などについて所有者の記憶が正確であるかどうか判断に苦しむ場合があったためである。これに対して収量比は個々の林分の相対密度を比較的正確に表していると考えたからである。もちろん、林齢の高くなるに従い相対密度は高まり、間伐を行えば相対密度は低下する一般的な傾向があるから、両者には共通することがあると考えられる。そこで、表層土壌の粗孔隙量を解析する上で、何が有効な項目であるかの比較を試みた。なお、本報告の資料は既報(6)と同様であるが、その後聞き取り調査の不備を現地の伐根などの調査で補い、所有者の記憶と林分の現況が大きく異なる林分を除いた。

現地調査にあたり日本林業技術協会の方々や当林業試験場の国友、曲沢、石田、川島の各技師のご協力をいただき謝意を表します。

II. 方 法

1. 調査地および調査方法

調査地は榛名山周辺、赤城山周辺、桐生市周辺および県南部の関東山地から 127 の林地を選んだ。調査地の標高は 140~1,040 m の範囲にあり、林齢は 2~65 年生にわたる。

林分および土壌調査として調査地の樹高、胸高直径、立木本数、傾斜度、斜面地形を測定し、調査地に試孔を設けて土壌断面を調べ、深さ 5 cm と 15 cm において 400 cm³ 採土円筒による粗孔隙量測定を試料採取を行った。聞き取り調査として調査地の植栽本数、その後の除間伐の回数などスギ林の施業経過について調べた。

土壌調査で採取した円筒試料の処理を土壌物理性測

* Kazuhisa OGASAWA, Tugio KONDOU, and Yoshihisa MASHIMO: An analysis of factors affecting coarse pore volume of forest soil with the quantification-I method(II) Relationship between coarse pore volume of surface soil and stand density in sugi (*Cryptomeria japonica*) stands
本研究は群馬県林務部「水源かん養機能計量化調査」の一環として行ったものであり、本報告の一部を第 99 回日本林学会大会において口頭発表した。

** 群馬県林業試験場 Gunma Pref. Forest Exp. Stn., Shinto 370-35

*** 元東京大学農学部 Fac. of Agric., Univ. of Tokyo, Tokyo 113

定法(3)に準拠して行った。表層土壌の粗孔隙量を深さ5 cmと15 cmの平均粗孔隙量とした。表層土壌の礫率を次のように表した。

表層土壌の礫率(%) = (5 cmの礫体積 + 15 cmの礫体積) / (5 cmの細土体積 + 15 cmの細土体積) × 1,000。
なお、深さ5 cmの粗孔隙量・細土体積・礫体積は深さ0~10 cmまでのそれぞれの平均値を表し、深さ15 cmでは深さ10~20 cmまでを表しているとして表層土壌の粗孔隙量と礫率を求めた。

2. 要因解析に用いたアイテムとカテゴリー

解析に用いたアイテムは傾斜、堆積様式、母材と礫率、土壌型、A₀層厚、収量比、林齢と間伐、収量比と間伐である。ただし、収量比、林齢と間伐、収量比と間伐のアイテムは同様な因子を表し、このようなアイテムを同じ解析に用いることはできない。そのため、これら3アイテムのそれぞれに他の5アイテムを加えた3とおりの要因解析を行った。この3アイテムのカテゴリーは次のように区分した。

① 収量比：樹高11 m未満の林分を低樹高林分とし、樹高11 m以上の林分では、スギ林密度管理図(8)を用いて収量比0.75未満、0.75~0.8未満、0.8~0.85未満、0.85以上に区分した。② 林齢と間伐：林齢を20年生未満、20~35年生未満、35年生以上に区分し、20年生以上では間伐の実施状態から次のように細分した。林齢35年生未満では除伐だけ実施した林分やまったく行っていない林分を「無」、間伐を1回以上行っている林分を「有」とした。林齢35年生以上では1回の間伐や除伐を加えて2回以下の林分を「無」、間伐2回以上実施している林分を「有」とした。③ 収量比と間伐：収量比0.8以上を「収量比0.8以上・間伐有」と「収量比0.8以上・間伐無」とし、間伐の有無は上記②の有無の区分と同じにした。他のカテゴリー区分は収量比と同じに低樹高林分、0.75未満、0.75~0.8未満とした。

なお、他の5アイテムのカテゴリー区分は表-1に示したとおりである。

III. 結果と考察

1. 収量比を用いた要因解析

表-1に「収量比」を用いた要因解析結果を示した。重相関係数は0.8113となり、表層土壌の粗孔隙量を比較的よく説明できる。

スコアの範囲を大きさの順に並べると次のようになった。「母材と礫率>収量比>堆積様式>土壌型>

A₀層厚>傾斜」。偏相関係数も大きさの順に並べると次のようになった。「母材と礫率>収量比≒堆積様式>土壌型>A₀層厚>傾斜」。両者ほぼ同一の順に並び、同一の傾向を示すものといえる。そして、この順に表層土壌の粗孔隙量に対する影響が小さくなる。

アイテム別のスコアの値は次のようになった。『傾斜』のスコアは傾斜の緩い林地で大きい傾向となった。『堆積様式』のスコアは次のように並んだ。「匍行土>崩積土>残積土」。

真下(10)は深さ1 mまでの土壌の貯水能についての要因解析を同じ手法で行っているが、残積土<匍行土<崩積土の順に貯水能が高い結果を報告した。なお、貯水能は粗孔隙量から最小容気量を除いた孔隙である。深さと孔隙区分が本報告と異なり、まったく同一に比較できないが、この相違について考察すると、群馬県に広く分布する火山灰の地域は比較的谷の規模が小さく、それほど開析はすすんでいない。このような地域の崩積土はつねに土砂の堆積が行われている土壌ではない。むしろ斜面にある匍行土の方が土砂の動きはあり、粗孔隙量の多いことが考えられる。

「母材と礫率」のスコアから礫率がほぼ等しい火山灰と古生層土壌を比べると、次のように火山灰土壌のスコアが大きい傾向となった。「火山灰・20%未満>古生層・25%未満、火山灰・20~50%未満>古生層・25~40%未満、火山灰・50%以上>古生層・60%以上」。礫率については、火山灰土壌の場合礫の多い土壌のスコアが大きい傾向となった。古生層土壌では礫率60%以上の礫土を除いて火山灰土壌と同様に礫の多い土壌のスコアが大きい傾向となった。一般に火山灰土壌は全孔隙量の多いことが知られている(2,5)。しかし、粗孔隙量は必ずしも多いとはいえない。この点、群馬県スギ林の黒色土の表層土壌は粗孔隙量が明らかに多い。また、火山灰土壌は軽石を含み、極端な場合は軽石層を形成する。この軽石は著しく粗孔隙に富む。したがって、礫の多い土壌ほど粗孔隙量が多い結果となる。古生層土壌でも礫土を除いて、礫の多い土壌の粗孔隙量は多くなる傾向がある。なお、軟岩の礫土は一般に円筒採取が不可能であるが、たまたま採取できた少数例では粗孔隙量が少なかった。「土壌型」のスコアは次のようにほぼ水湿状態の順に並んだ。「Bd(d)>Bd>Be, Bld≒Bld(d)>Ble」。

「A₀層厚」のスコアはA₀層の厚い土壌で大きい傾向となった。

「収量比」のスコアは次のように収量比の低い林分の

表-1. 収量比を用いた表層土壌の粗孔隙量の要因解析

アイテム	カテゴリー	スコア	スコアの範囲	偏相関係数
Item 1 傾斜	X 1.1 15°未満	43.36	2.26	0.229
	X 1.2 15°~30°未満	41.10		
	X 1.3 30°以上	41.18		
Item 2 堆積様式	X 2.1 残積土	0.00	4.97	0.479
	X 2.2 匍行土	4.97		
	X 2.3 崩積土	2.08		
Item 3 母材と礫率	X 3.1 火山灰・礫 50%以上	0.00	7.80	0.568
	X 3.2 火山灰・礫 20~50%未満	-1.63		
	X 3.3 火山灰・礫 20%未満	-5.23		
	X 3.4 古生層・礫 60%以上	-6.42		
	X 3.5 古生層・礫 40~60%未満	-1.41		
	X 3.6 古生層・礫 25~40%未満	-3.46		
	X 3.7 古生層・礫 25%未満	-7.80		
Item 4 土壌型	X 4.1 B _D (<i>d</i>)	0.00	4.29	0.421
	X 4.2 B _D	-1.91		
	X 4.3 B _E	-4.40		
	X 4.4 B _{lD} (<i>d</i>)	-0.45		
	X 4.5 B _{lD}	-0.58		
	X 4.6 B _{lE}	-4.29		
Item 5 A ₀ 層厚	X 5.1 1 cm 未満	0.00	3.28	0.305
	X 5.2 1~3 cm 未満	0.80		
	X 5.3 3~6 cm 未満	2.42		
	X 5.4 6 cm 以上	3.28		
Item 6 収量比	X 6.1 低樹高林分	0.00	5.77	0.510
	X 6.2 0.75 未満	4.15		
	X 6.3 0.75~0.8 未満	1.21		
	X 6.4 0.8~0.85 未満	-1.47		
	X 6.5 0.85 以上	-1.62		

試料数, 127; 重相関係数, 0.8113.

スコアが大きい傾向となった。このことについては次項以降で検討を加える。「0.75 未満 > 0.75~0.8 未満 > 低樹高林分 > 0.8~0.85 未満 > 0.85 以上」。

2. 林齢と間伐を用いた要因解析

林分の相対密度を表す「収量比」のアイテムと、既報(6)の「林齢と間伐」のアイテムには共通することがあると考えられる。そこで、既報のカテゴリー区分を一部変更して再計算を行い、両アイテムのカテゴリー別の林分数を比べた。

「林齢と間伐」を用いた要因解析の結果は表-2 に示したとおり、重相関係数は「収量比」を用いた解析に比べわずかに高い値が得られた。スコアの範囲と偏相関係数のアイテムの順、および各アイテムのスコアの順もほぼ同様となった。「林齢と間伐」のスコアの値は次のように並び、間伐林分ではスコアの大きい傾向が明瞭である。「35 年以上有 ≒ 20~35 年有 > 20 年未満 > 20~35 年無 > 35 年以上無」。

表-3 に「収量比」と「林齢と間伐」のアイテムのカテゴリー別の林分数を示した。ただし、林齢を 20 年以上と未満、収量比を 0.8 以上と未満とした。低樹高林分の大半は 20 年生未満の林分である。0.8 未満の 20 年生以上の林分について間伐の有無を比べると、間伐林分は 40、無間伐林分は 6 とほとんどが通常の間伐を実施した林分である。これに対して、収量比 0.8 以上の 20 年生以上の林分について間伐の有無を比べると、間伐林分が 14、無間伐林分が 36 と間伐を実施していない林分が多い。なお、間伐実施林分は林齢 30 年生以上の林分がほとんどで、間伐を実施してからの経過時間が長いために現在の収量比が高くなったと考えられる。

3. 収量比と間伐を用いた要因解析

前項において、「収量比」のアイテムと「林齢と間伐」のアイテムの林分数を比較した結果、収量比 0.8 以上の林分においても間伐実施林分がかなりみられ、これ

表-2. 林齢と間伐を用いた表層土壌の粗孔隙量の要因解析

アイテム	カテゴリー	スコア	スコアの範囲	偏相関係数
Item 1 傾斜	X 1.1 15°未満	45.81	2.63	0.262
	X 1.2 15°~30°未満	43.67		
	X 1.3 30°以上	43.18		
Item 2 堆積様式	X 2.1 残積土	0.00	4.89	0.509
	X 2.2 匍行土	4.89		
	X 2.3 崩積土	1.18		
Item 3 母材と礫率	X 3.1 火山灰・礫 50%以上	0.00	8.17	0.556
	X 3.2 火山灰・礫 20~50%未満	-2.18		
	X 3.3 火山灰・礫 20%未満	-4.98		
	X 3.4 古生層・礫 60%以上	-5.41		
	X 3.5 古生層・礫 40~60%未満	-1.27		
	X 3.6 古生層・礫 25~40%未満	-2.99		
	X 3.7 古生層・礫 25%未満	-8.17		
Item 4 土壌型	X 4.1 BD(d)	0.00	5.88	0.489
	X 4.2 BD	-3.18		
	X 4.3 BE	-5.08		
	X 4.4 B/D(d)	-1.27		
	X 4.5 B/D	-1.08		
	X 4.6 B/E	-5.88		
Item 5 A ₀ 層厚	X 5.1 1 cm 未満	0.00	3.03	0.294
	X 5.2 1~3 cm 未満	0.29		
	X 5.3 3~6 cm 未満	1.50		
	X 5.4 6 cm 以上	3.03		
Item 6 林齢と間伐	X 6.1 20年生未満	0.00	6.09	0.554
	X 6.2 20~35年生未満有	1.62		
	X 6.3 35年生以上有	1.74		
	X 6.4 20~35年生未満無	-2.72		
	X 6.5 35年生以上無	-4.35		

試料数, 127; 重相関係数, 0.8203。

表-3. 収量比のアイテムと林齢と間伐のアイテムのカテゴリー別の林分数

収量比	低樹高林分	0.8 未満	0.8 以上
林齢と間伐			
20年生未満	20	4	1
20年生以上「有」	4	40	14
20年生以上「無」	2	6	36

表-4. 収量比と間伐を用いた解析の重・偏相関係数とスコアの範囲

アイテム	傾斜	堆積様式	母材と礫率	土壌型	A ₀ 層厚	収量比と間伐
偏相関係数	0.262	0.495	0.609	0.465	0.326	0.571
スコアの範囲	2.35	4.79	8.67	5.62	3.16	6.75

重相関係数, 0.8279。

らは無間伐林分に比べて良好な密度状態を経過したは
ずである。間伐の有無が表層土壌の粗孔隙量にどのよ
うに影響しているかを明らかにするため、収量比0.8

表-5. 収量比のアイテムと収量比と間伐のアイテムのノーマライズスコア

a) 収量比					
カテゴリー	低樹高林分	0.75 未満 ~0.8 未満	0.75	0.8	0.85 以上 ~0.85 未満
ノーマライズ スコア	-0.31	3.84	0.89	-1.78	-1.93
b) 収量比と間伐					
カテゴリー	低樹高林分	0.75 未満 ~0.8 未満	0.75	0.8 以上有	0.8 以上無
ノーマライズ スコア	-0.26	3.82	0.91	0.59	-2.93

以上の林分を間伐林分と無間伐林分に分けて解析を
行った。

表-4 に解析結果の一部を示した。重相関係数はわず
かではあるが、前の二つの結果より高い値が得られた。
偏相関係数の順とスコアの範囲は「収量比」を用いた

解析とほぼ同様となった。また、表に示していないが5アイテムそれぞれのスコアの順序、傾向も同様であった。

表-5に収量比のアイテムと収量比と間伐のアイテムのノーマライズスコアを示した。低樹高林分、0.75未満、0.75~0.8未満の値は同様であるが、表-5aに示したように0.8以上についてはこれを0.85未満と0.85以上に分けてもあまり違いはなかった。一方、表-5bに示したように間伐の有・無に分けると、違いは明瞭であった。無間伐で現在密状態になっている林分の表層土壤は粗孔隙量の点からも劣ることが知れる。表層土壤の粗孔隙量と林分密度の関係を解析するには、植栽本数、林分の成長、間伐の時期・回数、間伐率など、林分の成長と相対密度の時間的経過を考慮することが望ましいが、多点調査では過去の経過を十分に把握することは難しい。そこで比較的容易に得られる情報をもとに、現状の相対密度を区分した「収量比」、林齢区分と間伐の有・無を組み合わせた「林齢と間伐」、収量比区分に間伐の有無を入れた「収量比と間伐」の3アイテムを比較したところ、「収量比と間伐」を用いた解析の重相関係数が最も高かった。

また、林分の相対密度の高い土壤のスコアが小さかった。過密林分の表層土壤の粗孔隙量が少なくなる原因については今後の研究にまたなければならないが、統計的には次のことがいえる。すなわち、幼齡林から壯齡林になるにしたがって、相対密度が中庸に保たれた林分では表層土壤の粗孔隙量は増加する。しかし間伐を行わず密状態に推移すれば粗孔隙量は減少する。

安藤(1)によれば、間伐の試験結果から密仕立て0.8、中庸仕立て0.7、疎仕立て0.6、極疎仕立て0.5を残存密度基準としている。本研究の結果からは、密仕立ての林分より、中庸仕立ての林分に仕立てた方が、表層土壤の粗孔隙量を高めるためによいと思われる。

引用文献

- (1) 安藤 貴：同齡単純林の密度管理に関する生態学的研究。林試研報 210：1~152, 1968
- (2) 有光一登：吸収板による土壤の孔隙解析。森林立地 12(1)：31~35, 1970
- (3) 土壤物理性測定法委員会：土壤物理性測定法。505 pp, 養賢堂, 東京, 1982
- (4) 福岡県水源の森基金：福岡県水源の森基本調査報告(2)。137 pp, 福岡, 1982
- (5) 真下育久：森林土壤の理学的性質とスギ・ヒノキの成長に関する研究。林野土調報 11：1~182, 1960
- (6) 小柏一久：群馬県における土壤の物理性について(II)スギ林表層土壤の粗孔隙。99回日林論：147~148, 1988
- (7) ———・近藤次雄・真下育久：数量化I類の手法を用いた森林土壤の粗孔隙量の要因解析(I)スギ人工林における深さ別土壤の粗孔隙量。日林誌 73：393~395, 1991
- (8) 林野庁・日本林業技術協会：関東・中部地方スギ林分密度管理図。日林協, 東京, 1986
- (9) 林野庁公益的機能研究会：森林のもつ公益的機能の計量的評価。林業技術 525：13~16, 1985
- (10) 水利科学研究所：森林の公益的機能計量化基礎調査報告書。351 pp, 1973
- (11) 渡邊定元：森林施業と水源かん養機能。林業技術 485：7~13, 1982

(1991年5月13日受理)