

六甲山と桜島における森林土壌の孔隙径分布

京都大学農学研究科 ○林 祐妃・小杉賢一朗・水山高久
国土交通省 六甲砂防事務所 星野和彦・久内 忠

1. はじめに

森林は洪水の軽減、水源涵養といった公益的機能を持っている。これらの機能は、透水性や保水性のよい土壌を有する老齢林、複層林、針葉樹・広葉樹の混交林が、よく発揮すると言われているが、定量的な評価はさ十分ではない。適切な植生管理を行うために、評価手法の開発が求められている。

林地の土壌の透水性・保水性は、植生の影響を受けて形成された二次的な孔隙のみで決まっているわけではなく、母材やその風化具合によって特徴付けられる土粒子の性質にも依存している。そこで本研究では、森林土壌の不攪乱サンプルを用いて透水性・保水性を計測した後に、同じサンプルを攪乱して二次的な孔隙を取り除いた状態で再び計測を行い、両者の結果を比較することで、植生が土壌に及ぼす影響を抽出することを試みた。

2. 方法

風化花崗岩を母材とする六甲山と火山灰土から成る桜島において、数種類の森林から不攪乱土壌を、100 c サンプラーを用いて採取した。六甲山ではヒノキ林2箇所、広葉樹の新規植栽地、ブナ林、アカマツ林、コナラ林、桜島ではマツ林、針広混交林、広葉樹林の合計9箇所を対象とした。深さについては、六甲では表層から深さ20 cmまでは5 cmごとに、深さ20 cmから90 cmまでは10 cmごとに採取し、桜島では表層から深さ50 cmまで10 cmごとに採取した。

不攪乱サンプルを用いてpF試験、飽和透水試験を行った後、同じ土壌を攪乱して同じ試験を繰り返した。攪乱サンプルは、有機物を取り除き乳鉢ですりつぶして二次構造を破壊した後、少し湿らせた土を三層に分けて締め固める方法で作成した。pF試験で得られた水分特性曲線（体積含水率 θ と圧力水頭 ψ の関係）に対し、次式で表されるモデル（Kosugi, 1994）の当てはめを行った。

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = Q\left(\frac{\ln(\psi/\psi_m)}{\sigma}\right) \quad (1)$$

ただし、

$$Q(x) = \int_x^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \quad (2)$$

ここで、 θ_s は土壌が飽和している時の含水率、 θ_r はpF値が十分大きくなっても土壌に残されている含水率である。 S_e は有効飽和度と呼ばれ、 $\theta = \theta_r$ で0、 $\theta = \theta_s$ で1となるように体積含水率を変換したものである。 ψ_m は $S_e = 0.5$ の時の圧力水頭、 σ は水分特性曲線の湾曲度を決定するパラメータである。

モデル化された水分特性曲線のパラメータを使って対数正規分布である(3)式で孔隙径分布曲線を描いた。

$$f(\ln r) = \frac{\theta_s - \theta_r}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{[\ln(r/r_m)]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (3)$$

ここで、

$$r_m = -\frac{0.1487}{\psi_m} \quad (r_m, \psi_m \text{とも単位は cm}) \quad (4)$$

であり、 r_m はメジアン孔隙径を表す。また、 σ は孔隙径($\ln r$)の分散であり、分布の幅を示している。

3. 結果・考察

3.1 孔隙径分布

まず、六甲山で採取した土壌について攪乱と不攪乱サンプルの孔隙径分布曲線の形状を比較する。図-1より、ヒノキ林①の深さ10~15 cmにおける土壌では、二次的な孔隙の発達に伴い、分布の頂点を与えるメジアン孔隙径が大きくなり、ピークの値は減少して分布の幅が広がる傾向を示した。それに対し、コナラ林の深さ0~5 cmの土壌では、メジアン孔隙径は大きくなるが、ピークの値は増加し分布の幅は狭くなる傾向を示した。前者と同様の傾向はヒノキ林②の上層、新規植栽地、ブナ林、で見られ、後者と同様の傾向はアカマツ林ヒノキ林②の下層で見られた。

この傾向をより詳しく見るために(3)式の r_m と σ の関係を図-2に示す。ヒノキ林②の上層、新規植栽地、

ブナ林の土壌では r_m と σ がともに増加しているのが分かる。また、コナラ林、アラカシ林、ヒノキ林②の下層の土壌は r_m が増加するが、 σ は減少するか、変化量が少ない。 r_m と σ の増減は以上のように地点によって異なるが、攪乱土壌で大きく違っていた r_m と σ が、不攪乱土壌ではほぼ似た値に近づくという特徴が判る。すなわち、攪乱土壌の孔隙径分布は、土壌粒子（一次粒子）の特徴を反映して場所によって違いがあるが、不攪乱土壌では r_m と σ が似た値に近づくことから、ほぼ一様の孔隙径分布になることが分かった。

次に、桜島で採取した土壌について検討する。図-1より広葉樹林の深さ10~20 cmの土壌では、二次的な孔隙の発達に伴いのメジアン孔隙径は大きくなり、ピークの値は僅かに減少しており、この傾向は桜島のほかの地点でも見られた。図-2の桜島全地点における r_m と σ の関係については、攪乱土壌において r_m は増加するが、 σ はあまり変化していない。したがって、桜島の土壌の傾向としては、六甲と同様に植生の影響を受けると孔隙半径が大きくなるが、孔隙径分布の幅は変化しないといえる。また詳細に見ると、不攪乱土壌のメジアン孔隙径や分布の幅が、六甲に比べて小さい傾向があるが、これは母材の火山灰粒子が細かく均一であることを反映しているものと考えられる。

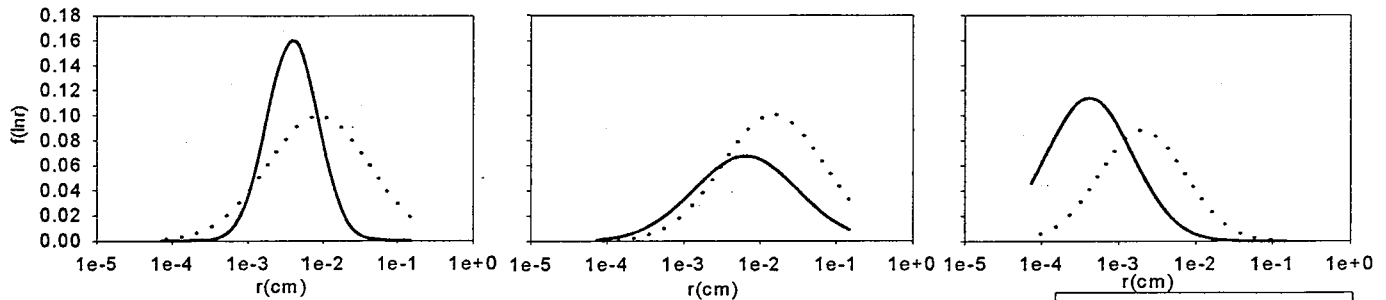


図-1 孔隙径分布曲線 (左は六甲のヒノキ林①で深さ10~15 cm, 中央は六甲のコナラ林0~5 cm, 右は桜島の広葉樹林10~20 cmの土壌)。

— 攪乱サンプル
 不攪乱サンプル

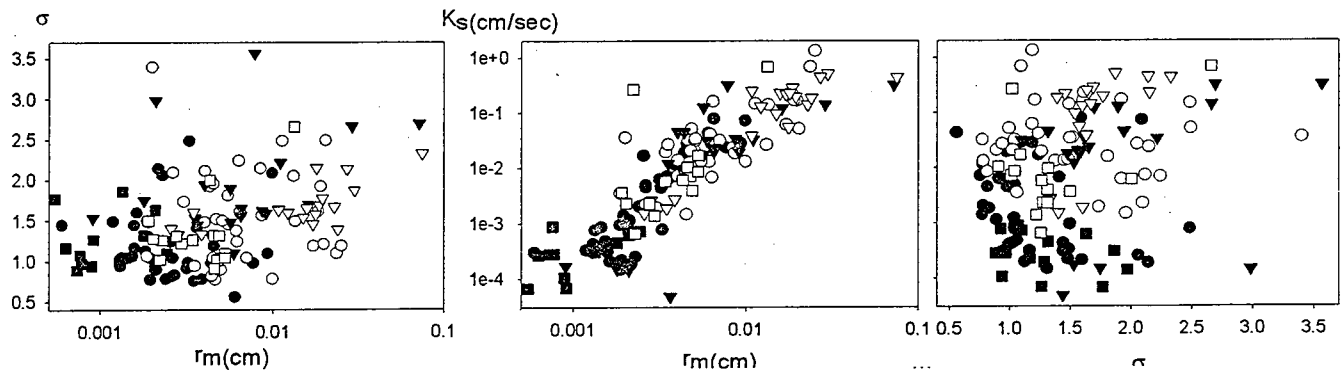


図-2 攪乱・不攪乱土壌の r_m と σ の関係 (左),

パラメータ r_m , σ と飽和透水係数 K_s の対応 (中央, 右)。

● 六甲(ヒノキ林①、ヒノキ林②上層、新規植栽地、ブナ林)攪乱土壌
 ○ 六甲(ヒノキ林①、ヒノキ林②上層、新規植栽地、ブナ林)不攪乱土壌
 ▼ 六甲(コナラ林、アカマツ林、ヒノキ林②下層)攪乱土壌
 ▽ 六甲(コナラ林、アカマツ林、ヒノキ林②下層)不攪乱土壌
 ■ 桜島 攪乱土壌
 □ 桜島 不攪乱土壌

3.2 孔隙径分布曲線と飽和透水係数の関係

図-2の中央と右の図は、孔隙径分布曲線のパラメータである r_m , σ と飽和透水係数 K_s との対応を示したものである。中央の図より r_m が大きくなるほど K_s は大きくなる。また、この傾向は不攪乱土壌と攪乱土壌で差が無いことが判る。一方、右の図より σ と K_s の間には明瞭な相関が認められなかった。

4. まとめ

土壌の孔隙径分布に及ぼす植生の影響を検討し、母材が違っても、森林土壌化によって概して同様な孔隙径分布を示すようになることが分かった。また、二次的な孔隙を有するか否かにかかわらず、土壌の飽和透水係数の大きさは孔隙径のメジアン値に大きく依存することが分かった。

—引用文献—

Kosugi, K. (1996) Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties. Water Resour. Res. 32: 2697-2703