

水分特性曲線からの保水性指標の提案とその広域化

中部大学 学生会員 ○松原 祥平

中部大学 正会員 杉井 俊夫 中部大学 学生会員 浅野 憲雄

1. まえがき

土の保水性は土壌物理学、土質力学の分野では水分特性曲線から判断されてきた。しかし、水分特性曲線は、研究面では多用されているが、一般に専門知識を持たない人には解り難い情報である。災害リスクや環境情報としてのハザードマップや環境マップは、一般に理解しやすい情報が必要である。ここで今回の研究では保水性、つまり「水持ちの良さ」を定量的に評価する指標を提案するものである。

水分特性曲線は保水性が高い粘土、シルトと保水性の低い砂、礫で違う形状を示す(図1)。一般に言われる保水性が高い土では低い土よりも水分特性曲線下部の面積が大きくなることから、この面積を保水性指数として検討を行った。なお、van Genuchtenモデルはサクションについて積分不可能な関数であるため、今回は杉井ら¹⁾の提案したモデル式(1)を使用することにした。

2. 土の保水性の定量的評価

杉井ら¹⁾は水分特性曲線に式(1)のようなロジスティック曲線を用い、パラメータA、B、 θ_r を推定することを提案している。式(1)を変形させると式(2)のように右边を直線式で表すことができる。このとき、パラメータA、Bはこの直線の切片と傾きとして表されている。パラメータを推定するために、式(2)の左辺である $\ln(1/Se-1)$ と圧力水頭の対数(pF値)とのグラフを作成する。MS-Excelを用い、 θ_r を変化させながらグラフ上の $\ln(1/Se-1)$ と $\ln|hp|$ が線形関係を持つように相関係数を見ながら θ_r を変化させる。最も線形に近い(相関係数 R^2 が最大)となったとき、その θ_r を残留体積含水率とする。また、そのときの回帰直線の切片がA、勾配がBである。次に推定したパラメータを用いて水分特性曲線を作成し、この曲線と圧力水頭で挟まれた面積を求める。なお、ここでは計算の簡便化から、従来使用されてきた $pF=\log|hp|$ を用い $pF=0\sim6$ ($1\sim10^6$ cm) まで式(2)を hp について積分することとした。このときの面積を土の保水性(水持ちの良さ)を表す指標としてWR (-) (Water Retentivity) とする(式3)。このモデルはvan Genuchtenモデルのパラメータさえあれば、WRを推定できるという利点を有している。図2に土の保水性指数算出フローを示す。

3. 土の種類と保水性指数(WR)の関係

次に土質別にWRの値がどの範囲に存在するのかを検証してみた。複数ある土質は最大値から最小値までを範囲とし、一つしかないものはそのデータをプロットした(図3)。保水性が高いとされている関東ローム、クロニガはWRが高いところに分布している。まさ土の保水性はバラつきがあると言われているがこちらでも同じくWRが広範囲に分布しており、土の種類により、保水性指数の範囲があるものと考えられる。

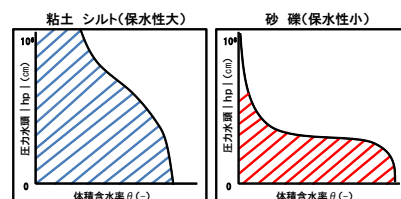


図1 土質別水分特性曲線

$$Se = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{1 + \exp(A + B \log_e |S|)} \quad \text{式(1)}$$

 θ :体積含水率 θ_r :残留体積含水率 θ_s :飽和体積含水率 S:圧力水頭(cm)

A B:フィッティングパラメータ

$$\ln\left(\frac{1}{Se} - 1\right) = A + B \log_e |S| \quad \text{式(2)}$$

$$WR = \int_{10^0}^{10^6} \left(\frac{\theta_s - \theta_r}{1 + e^{A+Bx}} + \theta_r \right) dx \quad \text{式(3)}$$

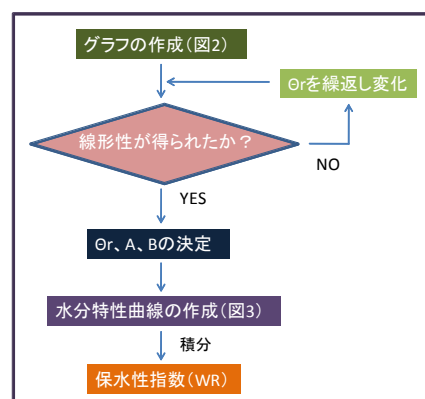


図2 保水性指数算出フロー

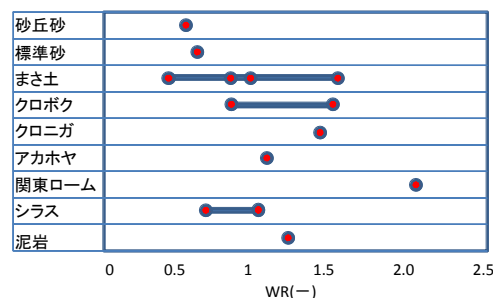


図3 土の種類別保水性指数分布

キーワード 保水性,特性曲線,ハザードマップ

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200

中部大学 0568-51-1111

表 1 物理特性モデル

	切片 β_0	ヒノキ β_1	アカマツ β_2	リョウブ β_3	ブナ β_4	平均勾配 β_5	重相関 係数
土粒子密度 ρ_s	2.680	0.12	0.26	0.06	****	*****	0.959
均等係数 U_c	111.94	****	-19.9	64.6	18.9	-4.3	0.966
D_{50} (mm)	-1.63	-0.33	-0.33	0.43	-0.79	0.11	0.998

3. パラメータの推定

水分特性曲線モデルのパラメータを推定することはできたが、ハザードマップなどに WR を用いる際、広域においてパラメータを推定することは困難である。そこで今回は先行研究から得られた土の物理特性、浸透特性だけのデータを用いて杉井らの提案した水分特性曲線モデルのパラメータを間接的に推定することができないのかを検討した。浸透特性は土の物理的性質と密接に関係していることは知られている。そこで先行研究では重回帰分析を用いて土の物理的性質を斜面勾配・地質・植生情報から求め(表 2、式 4)、さらに土の物理的性質から浸透特性を求めた(式 5)。このようにして求めた浸透特性とパラメータの関係性を調べたところ、パラメータ A、B どちらも n の値と強く関係しており、残留体積含水率 θ_r は θ_s を用いて二次関数で表すことができた(式 6)。

4. 保水性指数の広域化

岐阜県林政部が作成した岐阜県の単位斜面あたりのメッシュを使うことでより精度の高いマップを作成する。まず先ほどのように、メッシュ毎に、植生、地形、地質情報からパラメータを推定し、式 (3) から WR を算出し、GIS を用いて広域化した。 WR の広域化のフローを図 4 に示す。 WR がどのような傾向に得られているのかを調べるために樹種と表層地質区の属性データと比べてみた。マツ類は、保水性の低いところに生育するため、図 5,6 より WR の低い区域と一致している。図 7 の花崗岩質岩石では、 WR の低い斜面が多く、他の地質では WR が高い斜面が多い。これは花崗岩の風化土(まさ土)の特性によるものであるため、 WR の分布は表層地質区に大きく影響されるものであることが判明した。

5. まとめ

今回 WR を面的に表すことができた。面的にすることで WR の位置的な関係、連続性を可視化することができた。この保水性マップを用いて植物の育成やヒートアイランド対策などに生かしていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 杉井俊夫・宇野尚雄：新しい水分特性曲線のモデル化について、土木学会・第 50 回年次学術講演概要集, III-A, pp.130-131, 1997. 2) 杉井俊夫・浅野憲雄・高久直人：植生情報を用いた広域地盤の浸透特性の推定, 平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会講演集, pp.229-231, 2009. 3) 竹下祐二・河野伊一郎：不飽和浸透特性の推定方法とその適応について, 地盤工学会中国支部論文報告集, pp98-99, 1994

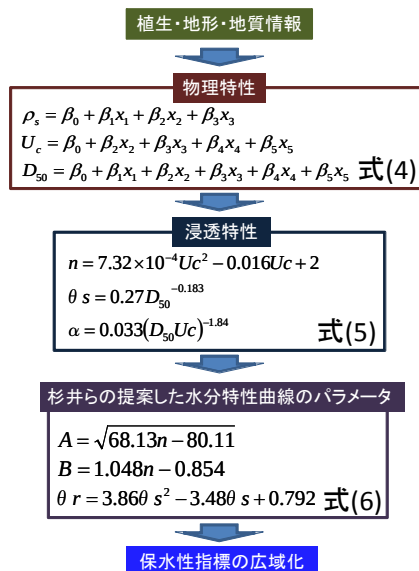


図 4 保水性指標算出フロー

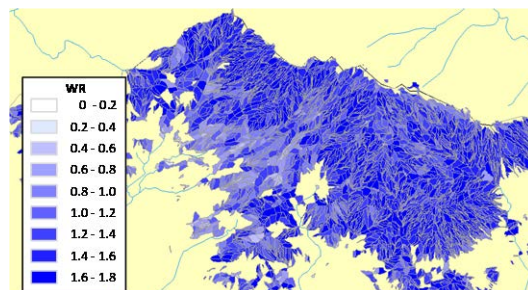


図 5 保水性指標の広域化

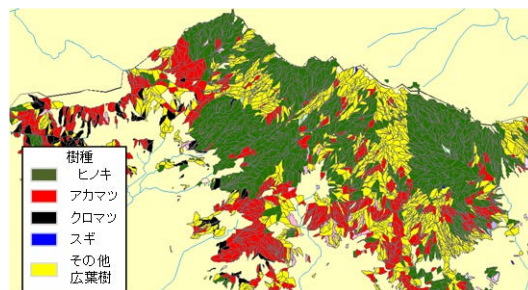


図 6 樹種

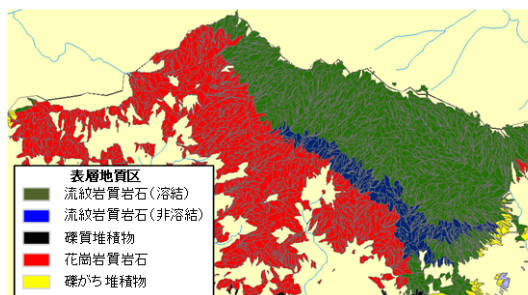


図 7 表層地質区