

土層厚分布と気候・地質・地形の関係について

国立研究開発法人土木研究所 ○秋田寛己、千田容嗣、武澤永純、石井靖雄
アジア航測株式会社 松田昌之

1. 背景と目的

土砂災害に対する適切な警戒避難体制を構築するには、土砂災害発生危険度を事前に評価していくことが重要である。表層崩壊の危険度評価手法を活用していくには、崩壊深の推定が不可欠であるが、崩壊深と関わる土層厚は空間的なばらつきが大きく、高密度な簡易貫入試験の実施には、費用や労力がかかることが課題となる。

崩壊深をなす表層土の形成には、風化による作用と、地形が寄与する移動及び堆積による作用が影響を及ぼすことが示唆されており¹⁾、岩石の風化には気候や地質に関わるとされる²⁾。これまでの研究では、特定の地域での簡易貫入試験データに基づいた、移動及び堆積による作用と関連付けた研究が多く進められている³⁾。しかしながら、風化に関わる気候や地質による土層厚への影響の考察には全国的なデータを必要とするため、研究例がほとんどないのが現状である。そこで本研究では、全国的な簡易貫入試験データを用いた統計的な分析を行うとともに、土層厚分布に影響を与える気候・地質・地形等の要因を考察した。

2. 対象地と方法

調査対象地は全国 43 箇所（測点数：5,816）とし、2009 年～2016 年に実施された簡易貫入試験結果を収集した。試験方法は統一されており、SH 型簡易貫入試験機を用いて、10cm 貫入するまでの打撃回数から Nd 値を求めている。本研究では Nd 値が 20 以上となる深度より上部を表層土とし、地表面から Nd 値が 20 になる深さまでを土層厚と定義した。なお、Nd 値 20 は地質に関わらず、表土～強風化層までの厚さに相当し、崩壊深は Nd 値 20 までの範囲におさまることが多いという報告がある⁴⁾。土層厚は気候・地質（時代・岩石）の区分を設定し、調査対象を区分して、平均値・標準偏差・最小値・最大値・四分位数（25%・50%・75%の各確率値）を計算した。ここでの計算値は土層厚分布に及ぼす影響を評価するための指標とした。

気候区分は、日本の地理的な区分⁵⁾を用い、北海道・日本海側・内陸性・太平洋側・瀬戸内・南西諸島に区分した。また、土層厚と気候の関係を分析するため、対象地最寄りのアメダス観測所データを収集し、年平均降水量・年平均気温・Lang の雨量因子（＝年平均降水量／年平均気温）・気温較差の積算値・年平均日照時間を計算した。計算期間は、世界気象機関で定められている平年値（1981 年～2010 年：30 年間）とした。

地質区分は日本シームレス地質図⁶⁾に準じ、時代を中生代・第三紀・第四紀に分け、岩石は火山岩類・深成岩類・堆積岩類・付加コンプレックス・変成岩類に分類した。また、土層厚と地形の関係を分析するため、平均勾配・集水面積・標高・起伏量を GIS で DEM（5m 間隔）の隣接メッシュから計算した。

土層厚分布の推定手法としては、確率密度関数による考察を行うこととし、式 1 に示す対数正規分布の適用を試みた。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma} \right)^2} \quad \dots \text{式 1}$$

μ : 平均値、 σ : 標準偏差、 x : 階級値

3. 結果と考察

3. 1 確率密度関数による土層厚分布の推定

図 - 1 (a) と (b) に土層厚分布への確率密度関数の適用例を示す。Kolmogorov-Smirnov の適合度検定を行った結果、土層厚分布は気候・地質・地形によらず、対数正規分布の確率密度関数で近似できた。そのため、簡易貫入試験の平均値 μ と標準偏差 σ を求めることで、土層厚分布をある程度推定でき、確率密度関数の分布曲線によって、対象地毎の傾向が比較できる地域があることが考えられた。(a) のように土層厚の小さな値がよく出現する対象地は、分布曲線のピークが高くなり、(b) のように土層厚の大きな値が出現する対象地は、分布曲線のピークが低くなる。

図 - 2 (a) と (b) では、対象地 43 箇所のうち、瀬戸内式気候と太平洋岸式気候に該当する対象地の分布曲線を比較した。(a) の対象地は土層厚が小さく、(b) の対象地は大きい傾向が認められ、土層厚は気候区分による影響を受けている可能性が考えられた。

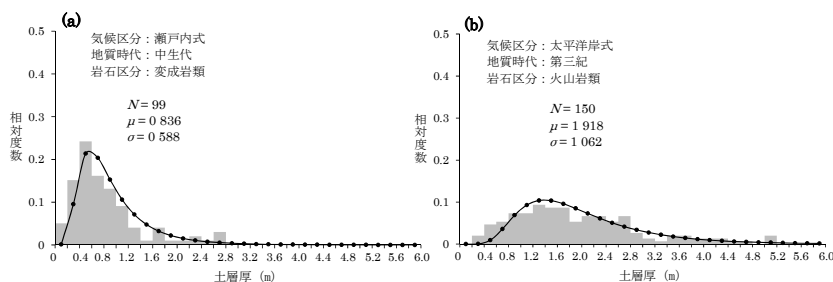


図 - 1. 確率密度関数の適用例

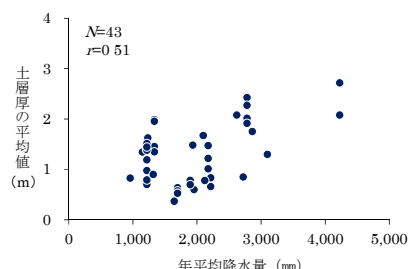


図 - 3. 土層厚と年平均降水量の関係

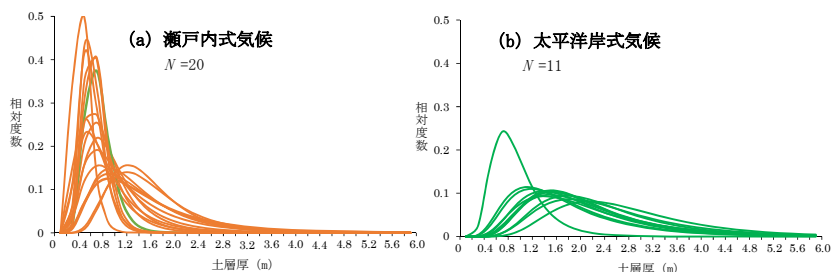


図 - 2. 分布曲線による比較

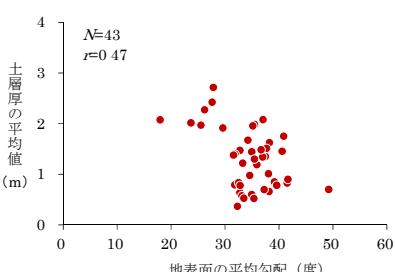


図 - 4. 土層厚と平均勾配の関係

3. 2 土層厚分布と気候・地質・地形の関係

図 - 3 と図 - 4 に、対象地 43 箇所の土層厚と年平均降水量及び地表面の平均勾配との関係を示す。土層厚は年平均降水量との間に正の相関が認められ、地表面の平均勾配との間に負の相関が認められた。その他に計算した気候や地形の因子との間には明瞭な傾向が認められず、土層厚に影響を与えられた因子は、年平均降水量と地表面の平均勾配の2つであった。

図 - 5 に気候・岩石区分・年平均降水量の区分毎に整理した土層厚のボックスプロットを示す。横軸は対象地番号を示し、同一の気候区分内で正方向に向かうほど、年平均降水量が多い対象地になるように示している。分布曲線の比較結果と同様に、瀬戸内式気候は土層厚がばらつきも含めて小さく、太平洋岸式気候は土層厚が大きい傾向が認められた。

年平均降水量と土層厚の傾向は類似しているため、土層厚の大小には降水量が関与している可能性があった。そのため、降水量の多い地域では基岩の風化が進みやすく、土層厚が大きくなることが考えられた。

岩石区分は堆積岩類で土層厚が大きい傾向があるもののばらつきが見られ、地質以外の影響も関与している可能性があった。

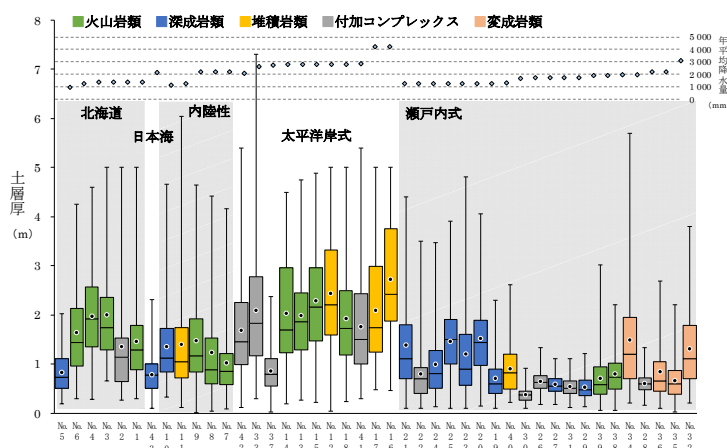


図 - 5. 土層厚のボックスプロット
(気候・岩石区分・年平均降水量)

4. まとめ

土層厚分布は気候区分による違いが見られ、土層厚の大小には、降水量が影響を与える一つの要因になることが示唆された。今後、今回整理したデータを活用しながら、土層厚の平均値 μ や標準偏差 σ を推定しつつ、現地調査を効率的に実施する手法の検討につなげていくことが重要と考えられる。

参考文献

- 1) 逢坂: 花崗岩斜面における土層構造の発達過程に関する研究, 砂防学会誌, 45(3), p.3-12, 1996.
- 2) 千木良: 風化と崩壊, 近未来社, 204pp, 2005.
- 3) Heimsath et al.: The soil production function and landscape equilibrium, Nature, vol.388, p.358-361, 1997.
- 4) 小山内他: 簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究, 国総研資料, 第 261 号, 2005.
- 5) 関口: 日本の気候区分 -気候区分の基礎的問題について-, 経済安定本部資源調査会事務局, 61pp, 1950.
- 6) 20 万分の 1 日本シームレス地質図: 産総研地質調査総合センター, <https://gbank.gsj.jp/seamless/maps.html>.