

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 農 学 )	氏名	山川 陽祐
論文題目	Use of an electrical resistivity method together with a combined penetrometer-moisture probe to survey hydrological properties of natural slopes (電気探査法と土壌水分計付貫入計を用いた斜面水文特性計測手法に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>降雨を誘因とする表層崩壊は無数にある山腹斜面の中で選択的に発生するため、その発生メカニズムの解明および発生予測に向けて、斜面スケールあるいは流域スケールを対象とした地盤内部の土質や水移動に関わるパラメータを効率的に取得する手法の確立が求められている。地盤試料採取や埋設型水分計などの地点の情報を直接的に得る手法に代わり、近年、電気探査法に代表される地表面から間接的に地盤内を探索する物理探査手法が着目されている。しかし、その適用性は直接検証の困難さ故に十分には明らかにされていない。本研究では、山腹斜面表層の地盤内探査手法として、電気探査法の適用性を他の数種の物理探査法および直接的な手法と比較することによって検討した。また、物理探査手法の計測精度の限界を補填するための手法として、土層の貫入抵抗と水分量を任意の地点において迅速に直接計測することが出来る土壌水分計付貫入計 (CPMP) を斜面調査用に新たに開発し、その現場斜面での適用性を検証すると同時に物理探査法との併用による斜面スケールを対象とした高精度かつ効率的な地盤内計測手法について検討を行った。</p> <p>三つの森林流域の源頭部斜面において電気探査法を用いて得た比抵抗分布と貫入試験器を用いて直接的に求めた土層厚の分布を比較したところ、流域内および流域間において地盤の比抵抗値は大きな変動幅を示したものの、土層と基岩表層の比抵抗値には明瞭な差異が認められた。すなわち、三流域すべてにおいて土層厚の分布が比抵抗分布に良好に反映されることが示された。ただし、基岩の風化程度や地下水滞の影響を受けて電気探査法による土層厚分布計測が阻害される場合があることが示された。また、比抵抗分布に比べてS波速度分布がより良好に土層と基岩の境界面を反映する場合があります。電気探査法に加えて表面波探査法の併用が広範囲を対象とする土層厚分布計測において有効であることが示された。</p> <p>土層および基岩層における水分量の時空間分布を計測する手法としての電気探査の適用性を検証するために、森林斜面においてその水分状況が大きく異なる複数の時期について、比抵抗分布と間隙水圧計および観測井戸から求めた体積含水率の分布を比較した。基準となる日時からの体積含水率と比抵抗の増減の分布は全観測期間を通じて良好に対応した。さらに、土層および基岩の風化程度が異なる領域毎に求められた体積含水率と比抵抗値の相関は明瞭なものであった。ただし、間隙水圧計の計測点における体積含水率とそれに対応する地点の比抵抗値の相関はそれ程明瞭なものではなかった。これは地点計測法である間隙水圧計と面的な計測結果を得る電気探査法との計測スケールの差が大きいことに起因すると考えられた。</p> <p>貫入試験器の先端コーンによって土壌が攪乱されるために生じるCPMPのコイル型TDRセンサと土壌面の隙間が土壌水分の過小評価の原因となることが確認された。こ</p>			

の水分過小評価を抑えるセンサの形状を検討するために、コイル型センサの直径を19～20 mm、センサワイヤの巻き幅を2～5 mmの範囲で変えた9種類のセンサを作製し、水分計測精度を比較検証した。直径20 mm程度、ワイヤ巻き幅3～4 mm程度が適値であることが示された。現場斜面においてCPMPを用いて計測された体積含水率は市販のTDRセンサおよび秤量法から求められた値と良好に一致した。コイル型センサの構造をアクリル管の溝にワイヤを埋め込む様式に改良することによって、土層中の礫によってセンサワイヤが断裂する頻度を大幅に低減させることが出来た。また、現場斜面において地表面から最大約480 cmの深さまで貫入抵抗と体積含水率を計測出来ることが実証された。

現場斜面の土層内においてCPMPを用いて計測された体積含水率とそれに対応する地点の比抵抗値は概ね良好な相関を示した。地下水面以浅においてCPMPを用いて得られた体積含水率の分布が土層内における粘土質層および礫質層の介在を反映したことから、CPMPを用いて土質特性の分布を検出できることが示された。この情報は通常の貫入試験や電気探査法の結果からは検出出来ないものであった。すなわち、CPMPと電気探査法との組み合わせによって、斜面全体の土層厚、土質特性、土壌水分の空間分布を高精度かつ効率的に取得できることが示された。

地中レーダーによる電磁波反射プロファイルは粘土質層が不均質に分布する箇所では不鮮明となり地下水面や土層と基岩の境界面は検出されなかった。ただし、土層構造が比較的均一な箇所ではCPMPによる体積含水率計測と地中レーダー探査を組み合わせることによって効率的に地下水面および土層基岩境界面の深度を検出できる可能性が示された。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

降雨による表層崩壊の発生メカニズムの解明および発生予測のために地盤内部の土質や水移動に関わるパラメータを効率的に取得する手法が必要とされている。本論文は、山腹斜面表層の地盤内探査手法として、電気探査法の適用性を他の数種の物理探査法および直接的な手法と比較することによって検討したものである。また、土層の貫入抵抗と水分量を迅速に直接計測することが出来る土壤水分計付貫入計 (CPMP) を新たに開発しており、評価できる点は以下の通りである。

1. 森林流域の源頭部斜面において電気探査法を用いて得た比抵抗分布と貫入試験器を用いて直接的に求めた土層厚の分布を比較し、土層厚の分布が比抵抗分布の計測から把握できることが分かった。
2. 電気探査法に加えて表面波探査法の併用が広範囲を対象とする土層厚分布計測において有効であることが示された。
3. 森林斜面において水分状況が大きく異なる複数の時期について、体積含水率と比抵抗の増減の分布が良好に対応することが示された。
4. 山地斜面に適用可能な耐久性と貫入深度を持つ土壤水分計付貫入計 (CPMP) を新たに開発し、現場斜面において地表面から最大約480 cmの深さまで貫入抵抗と体積含水率の計測が可能であることを実証した。
5. 現場斜面の土層内においてCPMPを用いて計測された体積含水率とそれに対応する地点の比抵抗値には概ね良好な相関があることが示された。
6. 地下水面以浅において、CPMPを用いて土質特性の分布を検出できることが示された。

以上のように本論文は、山腹斜面表層の地盤内探査手法として電気探査法を適用し、新たに土壤水分計付貫入計 (CPMP) を開発して、これらを併用することで斜面の土層厚、土質特性、土壤水分の空間分布を高精度かつ効率的に取得できることを明らかにしたもので、山地保全学、森林水文学、森林科学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成23年2月15日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士 (農学) の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。  
要旨公開可能日： \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日以降