

ササ斜面の排水性に関する現地観測

Site observation on the drainage characteristics of dwarf bamboos slope

北見工業大学大学院 ○学生員 濱塚智成 (Tomonari Hamatuka)
 北見工業大学工学部 フェロー 鈴木輝之 (Teruyuki Suzuki)
 北見工業大学工学部 正員 伊藤陽司 (Yoji Ito)
 北見工業大学工学部 平田広昭 (Hiroaki Hirata)
 (株)鴻池組 技術研究所 正員 武田一夫 (Kazuo Takeda)

1. まえがき

寒冷地におけるササに覆われた斜面は、表土の浸食や斜面崩壊などの災害が少ないとされている。ササが斜面の安定性をもたらす機能には、リター層の断熱効果が土の凍結を抑制したり¹⁾、地下茎の形成するササマット層が力学的に安定な斜面を形成したり²⁾、また水文学的に災害に有利な排水機構を形成すると考えられている。この内、熱環境や力学的特性はこれまでの調査で明らかにされてきたが、水文学的な調査はほとんどされていない。

本研究の目的は、ササ斜面の排水の特性を明らかにし、災害に強い斜面を考えるための基礎資料を得ることである。

2. 実験場所

実験場所は、北海道の中でも特に寒さが厳しい陸別町の自然のササ斜面(斜面角 20°、南西向き)で行った(写真 1)。実験場所の土層構成は、地表面から深さ 25cm まではササマット層で深さ 25cm 以下が風化火山灰質土であった。各層の土の性質を表-1 に示す。



写真 1 観測場所

表 1 斜面土の性質

	ササマット層	風化火山灰質土
土粒子密度 g/cm^3	2.306	2.561
乾燥密度 g/cm^3	0.434	0.491
透水係数 cm/s	4.59×10^{-2}	4.44×10^{-3}
間隙比	4.24	3.95

3. 実験内容

実験は、手を加えないままのササ斜面とササマット層

を取り除いて整地した斜面(裸地斜面)の2ヶ所を対象とした。これは、ササマット層の有無の影響が地盤中の水分の変化にどのように現れるかを見るためである。実験は、土中水分、集水量、冬期間の表面及び土中温度、凍結深度の各項目について行った。

土中水分の測定は、裸地斜面の深さ 10cm、25cm、ササ斜面の深さ 10cm、35cm、50cm の計 5ヶ所で行った。また、雨量計(水量計)により降水量を測定した。集水量の測定は、裸地斜面で地表面と深さ 30cm、ササ斜面で深さ 25cm と 55cm の計 4ヶ所に幅 1m の集水といを設けて、水量計により測定した。

冬期間の地表面温度は、温度センサーを地表面下 2cm のところで固定し測定した。各測定器の設置状況と実験斜面の造成の状況を図-1、図-2 に示す。

土中水分の測定には、テンションメーターを使用した。テンションメーターと集水といの形状を図-3 に示す。テンションメーターは土が水分を吸い込む力(負圧)を計測するもので、地盤中の含水比が上がるとその読みは小さくなる。テンションメーターの読みと体積含水率との関係を図-4 に示す。雨量計(水量計)は、集水部面積 200cm^2 、分解能 0.2mm の転倒マス式雨量計を使用した。最大凍結深度は、冬期間現場に行くことが困難な事から、寒天で固めたメチレンブルー凍結深度計を用いた。

これらテンションメーターと雨量計の計測は、それぞれ 1 時間間隔で自動計測した。また、積雪深さはアメダスのデータを使用した。

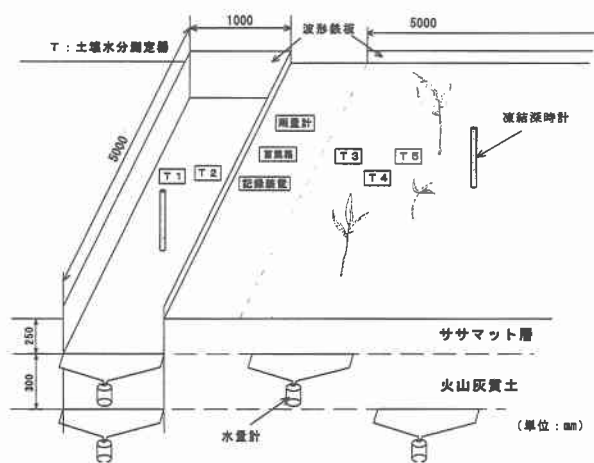


図 1 実験場概略図

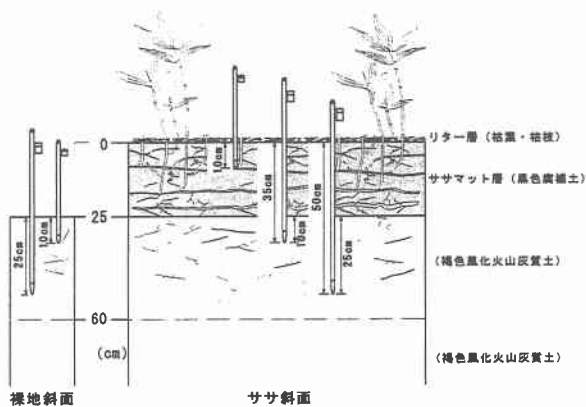


図 2 テンションメーターの設置状況

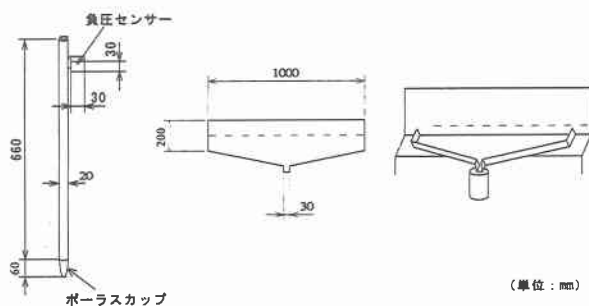


図 3 テンションメーター・集水とい形状

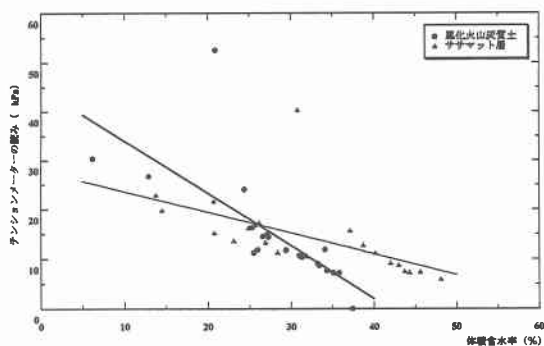


図 4 テンションメーターの読みと
体積含水率の関係

4. 観測結果及び考察

4.1 土中水分

図-5 から図-6 に降水量、テンションメーターの読み(負圧)、及び外気温の推移を示す。

降雨時の土中水分の増加すなわちテンションメーターの読みの減少は、裸地斜面、ササ斜面ともに表面に近いところほど顕著で、雨水が地表面から浸透していく様子を良く表している。また、地表面付近(深さ10cm)の土中水分の変化はササ斜面の方が著しかった。これは、ササマット層が降雨による水分を大量に吸収し、かつ保持する傾向の強いことを示している。

裸地斜面では、降雨により深さ10cmでの土中水分が増加する時、少しの時間差で深さ25cmの所でも土中水分の増加が認められる。これは、裸地斜面では雨水の大部分が表面水として流下してしまうが、少量であっても一旦地中に侵入した水分はそのまま下方に移動しているこ

とを示している。

一方、ササ斜面では、降雨により深さ10cmでの土中水分が増加した直後では、深さ35cmの所での土中水分に変化は認められない。継続的な雨が一週間程続いたケースである図-5において、ササ斜面の深さ35cmでのテンションメーターの読みに注目すると、降雨による水分の増加のピークが他の場所に比べてかなり遅れて現れ、かつその量も多いことが分かる。これは、ササマット層が水分を一旦保持してから、その後徐々に水分を下方に浸透させるためと考えられる。一方、集中的な降雨が見られた図-6のケースでは、ササ斜面の深さ35cmにおいて大きな時間の遅れを伴った水分増加は認められない。これは、ある程度以上の降雨は、ササマット層の保持限界を越えて表面水として流下してしまうためと考えられる。

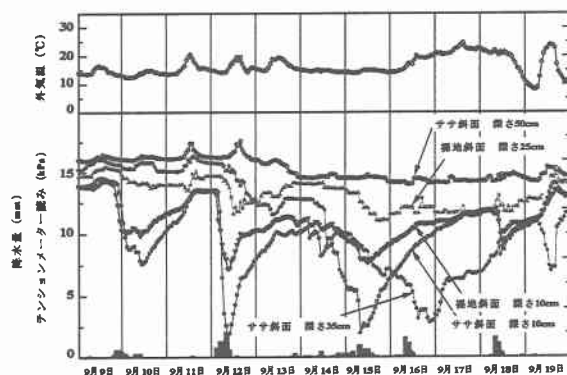


図 5 土中水分変化の推移 その①

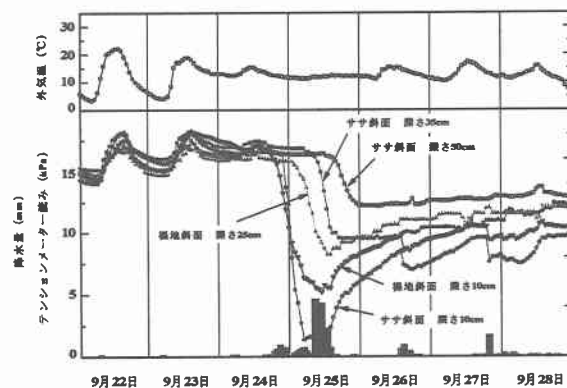


図 6 土中水分変化の推移 その②

図-7 において9月9日から10日までの比較的少ない総降水量6.24mmの場合の土中水分の変化を見る。地表面付近での降雨による土中水分の変化は、裸地斜面に比べササ斜面の方に若干の遅れがある。これは、ササ地上部(ササの葉、稈、リター)が雨水を一旦保持するためと考える。9月9日の降雨前の裸地斜面深さ10cmとササ斜面深さ10cmのテンションメーターの読みは14kPaで一緒だが、体積含水率に直すと裸地斜面は28.8%、ササ斜面は32.9%になりテンションメーターの読みの値が同じであってもササ斜面深さ10cm、ササマット層の方が土中水分を多く含んでいる。9月10日の降雨後から9月11日の乾燥過程において地表面付近でのササ斜面の傾きは、ササマット層により保水された雨水が徐々に下方に浸透

していく様子を表している。一方、裸地斜面では保水する能力が少ないため、表面からの乾燥していく様子を表している。

ササ斜面の深さ 25cm、深さ 50cm の土中水分に変化が見られないことから総降水量 6.24mm 程度の雨は、ササマット層で保持されて、下層には浸透しないことが推定される。

図-8 において 9 月 12 日の総降水量 11.2mm の場合の土中水分変化を見る。湿润過程においてササ地上部が雨水を保持しているため、裸地斜面に比べ 2 時間ほど遅れて土中水分が変化している。また、深さ 10cm の土中水分の変化に着目すると、裸地斜面に比べササ斜面の方が 1 時間当たりのテンションメーターの読みの下がり幅が大きく、ササマット層の透水の良さを示している。また、この事は、裸地斜面（火山灰質土）よりもササマット層の方が透水係数が大きいという点からも説明ができる（表-1）。裸地斜面では浸透した雨水は一気に下方に浸透するため深さ 25cm の土中水分は降雨により量は増加するが、降雨が止むとすぐに増加しなくなる。一方、ササ斜面では、浸透した降雨は一旦ササマット層で保持されその後徐々に下方に浸透してゆくため、降雨が止んでも深さ 35cm の土中水分の量は増加し続けている。

図-9 において 9 月 24 日から 25 日にかけての比較的多い総降水量 32.6mm の場合の土中水分変化を見る。ここでもササ斜面では降雨の開始時においてササ地上部の保水で裸地斜面に比べ 4 時間ほど遅れて土中水分が変化し始めている。湿润過程においてササ斜面深さ 10cm においてテンションメーターの読みが約 2kPa に達すると、その後降雨が続いてもそれ以上の土中水分の増加が見られないことからテンションメーターの読み 2kPa の状態、体積含水率に直すと 61.5%がササマットの保水限界だと思われる。

保水限界を越えたササマット層は、降雨を保持できず表面水として流下し、さらに保持していた土中水分を下方に浸透していくため、ササ斜面深さ 35cm においても時間の遅れを伴った水分増加がない。ササマット層の保水限界を越える総降水量 32.6mm の時は、ササ斜面深さ 35cm の土中水分の変化における時間の遅れも少なく、さらに深さ 50cm でも水分増加が見られる。

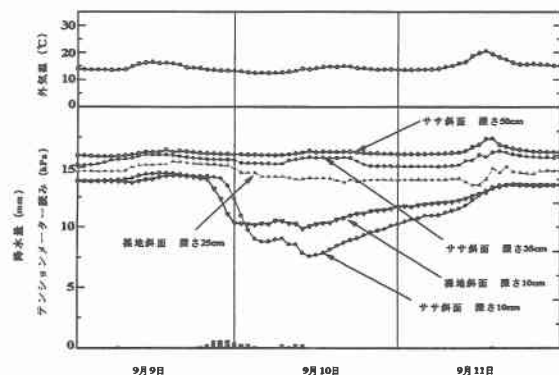


図 7 9 月 9 日から 11 日までの土中水分変化

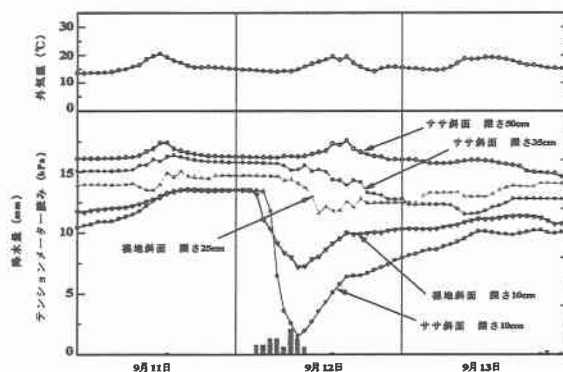


図 8 9 月 11 日から 13 日までの土中水分変化

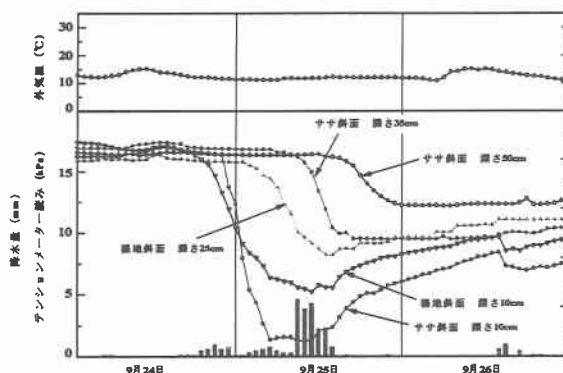


図 9 9 月 24 日から 26 日までの土中水分変化

4.2 集水量

図-10、図-11、図-12 に降水量と集水とにより集められた集水量の推移を示す。

裸地斜面では、表面水として流下してしまう雨水が多く、一方で火山灰質土の透水係数が $4.44 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ と大きいことから一旦地中に浸入した雨はそのまま下方に一気に浸透するため深さ 30cm での集水量は少なかったと考えられる。

ササ斜面では表面水を含む地表面から深さ 25cm 下の集水量は、ササマット層の透水係数が $4.59 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ と火山灰質土より大きいのに裸地斜面と比較すると非常に少ない。これは、ササ地上部、ササマット層が雨水を保持しているために集水量が少なかったと考えられる。地表面から深さ 55cm の集水量は、ほとんど現れなかった。これは、ササマット層で蓄えられた雨水が徐々に下方に浸透しても下層が火山灰質土なので一気に下方に浸透してしまうためと考えられる。

図-12 は、1 日の総降水量が 10mm と 11.2mm とほとんど一緒だが、降雨強度の違う 2 つのケースを比較したものである。

ササ斜面深さ 25cm 下の集水量を比較すると、9 月 6 日の短時間に一気に降った時の降水直前の体積含水率は 27.7%で降水終了（降水開始から 9 時間）時点での体積含水率は 28.1%であった。また、降水終了から 2 時間後の体積含水率は 28.2%と終了時点とほぼ変わらなかった。一方、9 月 12 日の 1 日継続的に降った時の降水直前の体積含水率は 27.2%で降水終了（降水開始から 9 時間）時

点での体積含水率は 28.4%と短時間に降った場合よりも体積含水率が大きくなった。また、降水終了から 2 時間後の体積含水率は 28.9%と降水終了時点よりも 0.5%体積含水率が増加した。

短時間に一気に降った場合は、ササマット層が降雨を保持できずに表面水として流下してしまい、継続的に降った場合は、ササマット層が保持し、その後徐々に下方に浸透させるため、2 時間後も体積含水率が増加し続けていると考えられる。

ササ斜面深さ 55cm での集水量は、雨の降り方に関わらず少ない。9 月 6 日の微量ではあるが集水量が現れた時でも体積含水率の増加はほとんど認められない。ササ斜面深さ 55cm 下の集水量は、1 日の総降水量が 10mm 程度なら降水の強さによらずほとんど変化しないと思われる。

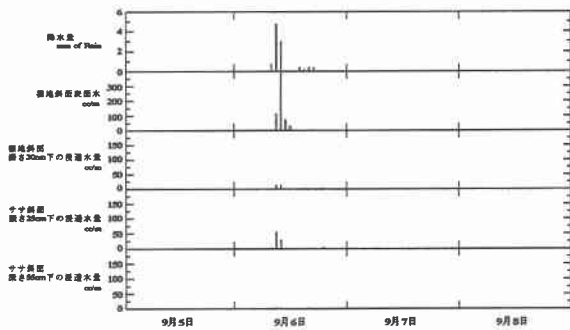


図 10 浸透水量の推移 その①

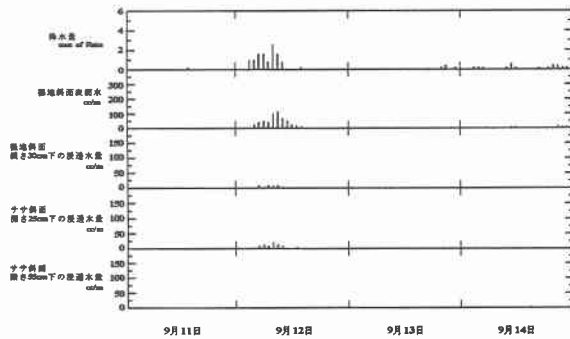


図 11 浸透水量の推移 その②

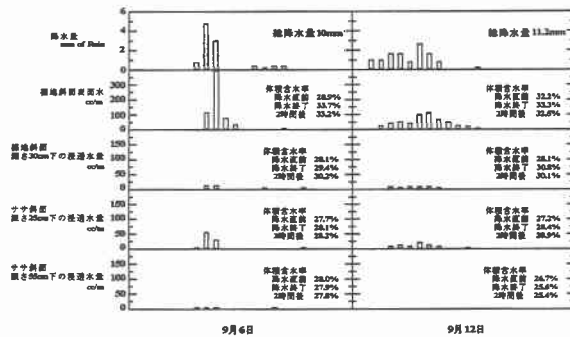


図 12 9 月 6 日と 9 月 12 日の浸透水量

4.3 表面土中温度及び最大凍結深度

冬期間の地表面温度及び積雪深さの推移を図-13 に示

す。積雪が 40cm 以上になると 0℃付近で安定したが、ササ斜面表面温度の方が裸地斜面表面温度より低かった。これは、裸地斜面表面はササマット層を剥いだ状態なので積雪深さがササ斜面より深くなったためと考えられる。

最大凍結深度は、裸地斜面で 10cm、ササ斜面で 5cm であった。最大凍結深度がササ斜面の方が浅かったのは、凍結がシーズン初期に入ったためと思われる。雪はササ斜面でも根元から積もり裸地斜面と同条件であるので、含水比の高いササ斜面の方が水を多く含んでいて凍結するのにより多くの潜熱を発生するので、凍結が浅くなったと考えられる。また、裸地斜面は火山灰一層なのに対し、ササ斜面はササマット層があるので熱伝導率が低いため凍結が浅くなったと考えられる。

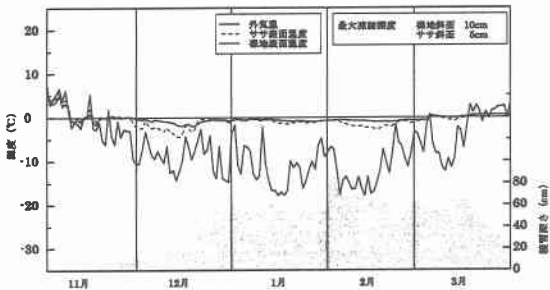


図 13 温度と積雪深さの推移

5. まとめ

斜面の排水機構について以下の結果がまとめられる。

- 1) 裸地斜面では、降雨があっても表面水として流下する部分が多く、地中に浸入した雨はそのまま下方に一気に浸透するので、深さ 30cm 下での集水量、さらに深さ 25cm での土中水分の変化が少なく、また水分変化の時間的遅れも少ない。
- 2) ササ斜面では、降雨開始時においてササ地上部（ササの葉、稈、リター）が一旦雨水を保持するため、裸地斜面に比べ若干遅れて土中水分が変化し始める。
- 3) テンションメーターの読み 2kPa、体積含水率 61.5% がササマット層の水分保持限界であると思われる。
- 4) ササ斜面は裸地斜面より凍結の浸入が少ない。

参考文献

- 1) 武田一夫、岡村昭彦、中澤重一：現地ササ植生を材料とした寒冷地斜面保護工法の開発；材料 第 47 巻 第 2 号、pp132～135、1998
- 2) 武田一夫、山田哲司、岡村昭彦、伊藤隆広：斜面表層崩壊に対するミヤコザサ地下茎の補強効果；日本緑化工学会誌 第 26 巻 第 3 号、pp198～208、2001
- 3) 濱塚智成、鈴木輝之、伊藤陽司、平田広昭、武田一夫：ササ斜面の排水機構に関する野外実験；第 36 回地盤工学研究発表会、pp1275～1276、2001