

山岳域における植生条件，微気象が土砂移動に与える影響

野坂大樹・今泉文寿（静岡大学大学院農学研究科）・
西井稜子（土木研究所）・上野健一（筑波大学生命環境系）

急傾斜地では荒廃地でなくとも活発な土砂移動が起きている。本研究では山岳地において、植生条件や、それに影響を受けた微気象が土砂移動に与える影響を明らかにするため、南アルプス南部に位置する筑波大学農林技術センター井川演習林において現地観測を行なった。観測の結果、降水量は冬季に比べて夏季が多く、また、冬季は地表面温度の日変化が0℃を頻繁にまたぎ、土壌の凍結融解が活発に起きていた。土砂移動量は夏季と比較して冬季に多く、植生のない皆伐区で特に冬季の土砂移動量の割合が高かった。このように季節、植生条件によって微気象が変化し、土砂移動量が大きく異なることが分かった。

キーワード：山岳域，土砂移動現象，微気象，凍結融解，植生

I はじめに

山岳域には地形の急峻な場所が多く、荒廃地でなくとも活発な土砂移動が起きている。既往の研究（2, 3, 4）により、斜面の土砂移動現象は降水量や土壌の凍結融解等の微気象条件の影響を受けることが示されている。微気象は植生条件によって変化することが考えられるため、植生条件ごとに土砂移動のタイプ、量が異なっている可能性がある。そこで、本研究では人工林（常緑針葉樹林）、天然林（落葉広葉樹林）および皆伐区を調査対象地とし、それぞれの微気象、土砂移動量を比較し、植生条件が土砂移動現象に及ぼす影響を考察した。

II 調査対象地

調査対象地は、静岡県静岡市葵区北部、南アルプス南部に位置する筑波大学農林技術センター井川演習林である。地質は四万十層群に属する中生代の砂岩、泥岩が主体である。また、年降水量は2800mmである（1）。「人工林」は演習林内10林班に位置し、標高は1210～1245m、傾斜は34°～38°であり、西向き斜面、40年生ヒノキ林である。「天然林」は演習林内13林班に位置し、標高は1109～1180m、傾斜は38°～41°であり、西向き斜面、シデ類やカエデ類等が多く生育する天然性二次林である。「皆伐区」は演習林内10林班に位置し、標高は1265～1295m、傾斜は40°～44°であり、西向き斜面、2012年4月から同年9月にかけてすべての立木が伐採された（図-1）。皆伐後は根株が残され、また地拵えにより枝がライン状に積まれた。



図-1. 調査地位置図

III 調査方法

図-1のRain gauge地点にて1転倒0.5mmの転倒マス型雨量計（中浅測器社製）を用いて林外雨量の観測を行った。また、プロット間あるいは地区間での微気象の違いを明らかにするため、それぞれのプロットにて地表付近の土壌の温度（以下地表面温度）をOnset社製のペンダ

表-1. プロット一覧

植生	プロット名	斜面型	傾斜 (°)
天然林	DR	凸型	38
	DS	直線型	38
	DV	凹型	41
人工林	COR	凸型	34
	COS	直線型	38
皆伐区	CCR	凸型	44
	CCS	直線型	44
	CCV	凹型	40

表-2. 冬季と夏季の降水量の比較

	最大日降水量 (mm)	期間降水量 (mm)	日降水量が 100 mm を超えた日数(日)
冬季 (2014/12~2015/4)	105.5	905.0	1 ^{*1}
夏季 (2014/7~2014/11)	260.5	1639.0	5

*1 冬季の降水量には積雪を含む



図-2. 土砂トラップの写真 (人工林, COS)

ント型温度計 Tidbit により (測器に礫を乗せ露出を防いだ), またそれぞれの地区にて積雪深を BANNER 社製の超音波距離計 (T30UXUB) により観測した。それぞれの機器の測定インターバルを 10 分とした。さらに斜面の微地形 (スケール 20 m 程度) ごとの土砂移動量の違いを明らかにするため, 人工林には凸型斜面 (COR), 直線斜面 (COS) の 2 ヶ所, 天然林には凸型斜面 (DR), 直線型斜面 (DS), 凹型斜面 (DV) の 3 ヶ所, 皆伐区には凸型斜面 (CCR), 直線型斜面 (CCS), 凹型斜面 (CCV) の 3 ヶ所, 合計 8 ヶ所に土砂トラップを設置して観測を行った (表-1)。土砂トラップは, 鉄製の支柱で枠を組み, ポリエチレン製のシートを被せ固定した構造で, 斜面上方から移動してきた土砂を捕捉する仕組みであり, 幅は約 170 cm である (図-2)。シートの先端にはアルミ板を

とりつけ, それを数 cm 程度地表面に埋め込むことで, 斜面上方から移動してくる土砂を確実に捕捉できるようにした。それぞれのサイトで年 3 回土砂トラップに捕捉されたすべての土砂を回収し, その乾燥重量を観測日数で割り, 1 日あたりの土砂移動量を計測した。乾燥重量の計測にあたっては, 粗大有機物 (枝葉など) を取り除いた。

微気象の観測期間は 2014 年 1 月 15 日~2015 年 4 月 30 日とした。土砂移動量の観測期間は, 冬季 (本研究では凍結融解が起きうる季節を指す) が 2014 年 1 月 17 日~2014 年 4 月 4 日 (天然林のみ 2013 年 12 月 3 日~2014 年 4 月 17 日) および 2014 年 11 月 11 日~2015 年 5 月 25 日の合計 (ただし CCV はデータ欠測のため 2014 年 1 月 17 日~2014 年 4 月 4 日のみ) であり, 夏季 (凍結融解が起きず降水量の多い季節を指し, 秋季を含む) が 2014 年 7 月 29 日~2014 年 11 月 11 日とした。

IV 結果と考察

1. 冬季と夏季の比較

冬季の最大日降水量は 105.5 mm, 期間降水量は 905.0 mm, 日降水量が 100 mm を超えた日数は 1 日, 夏季の最大日降水量は 260.5 mm, 期間降水量は 1639.0 mm 日降水量が 100 mm を超えた日数は 5 日と, 年間を通して夏季の降水量が多い結果となった (表-2)。

各サイトの地表面温度を比較すると, 冬季, 夏季共に皆伐区では日変動が 10 °C~35 °C と大きいものに対して, 人工林, 天然林では日変動が 3 °C~10 °C 程度と小さかった。これは植生による被覆の有無が影響していると考えられる。人工林と天然林を比較すると, 夏季は類似した結果となったが, 冬季は全体的に天然林の方が低く, 異なった結果となった。天然林の着葉, 落葉の影響による地表面への直達日射量の変化, およびサイト間の斜面方位の微妙な違いが影響していると考えられる。また, 冬季は頻繁に 0 °C をまたいで地表面温度が変化していることから, 土壌の凍結融解が繰り返されていると考えられる (図-3)。

冬季と夏季の土砂移動量を比較すると, 冬季の 1 日あたりの土砂移動量は 400.6 g/日であり, 夏季が 220.1 g/日と, 冬季が夏季の約 2 倍という結果になった。以上のことから凍結融解が活発な冬季に土砂移動現象が活発であることが分かった (図-4)。

2. 植生ごとの比較

積雪深を皆伐区と人工林で比較すると, 皆伐区では 2014 年 2 月 8 日の積雪深のピークが 412.4 mm と高く, 人工林では 190.0 mm と低いという結果になった (図-5)。また, 2014 年 2 月 8 日から 2014 年 2 月 13 日までの融雪速度は, 皆伐区では 54.2 mm/日であり, 人工林の 13.0 mm/日と比較して高かった。皆伐区の 2014 年 2 月 8 日から 2014 年 3 月 23 日までの地表面温度と積雪深の値を比較すると, 積雪時には地表面温度が 0 °C 付近で一定であった。

このことから、地表面温度が0℃付近で一定である期間は積雪があると考え、積雪の観測に欠測のみられる人工林、および積雪の観測を行っていない天然林においても、地表面温度をもとに積雪期間を推定した(図-5)。人工林、天然林では融雪が遅く、図-5に示した2014年2月8日から2014年3月23日までの期間に着目すると、人工林では2014年2月8日から2014年3月23日までの43日間、天然林では2014年2月8日から2014年3月19日までの39日間で0℃付近で一定であった。これに対して皆伐区では融雪が早く、地表面温度が0℃付近で一定であった期間は2014年2月9日から2014年2月22日まで、および2014年3月6日から2014年3月9日までの合計16日間のみであった。地表面温度が0℃付近で一定である期間は土壌の凍結融解が活発ではないと考えられるため、皆伐区では人工林、天然林と比較して、長期間にわたり凍結融解が起こっているといえる(図-5)。

図-6は土砂移動量を人工林、天然林、皆伐区それぞれの異なった微地形で比較したグラフである。人工林、天然林では冬季と夏季での大きな差異がみられなかったが、皆伐区では1日あたりの土砂移動量の比が冬季:夏季で24:1となり、特に凹型斜面(CCV)では49:1と著しく冬季が多い結果になった。これは皆伐区では他斜面と比較して傾斜が急であることに加え、人工林、天然林と比較して、土壌の凍結融解が活発であるため(図-5)、冬季の土砂移動が盛んであったことが大きな要因だと考えられる。また、天然林の凹型斜面(DV)では冬季、夏季にかかわらず1年を通して土砂移動が活発であった(図-6)。

3. 微地形ごとの土砂移動量の比較

天然林では季節にかかわらず凹型斜面で土砂移動量が多かった。皆伐区でも冬季の凹型斜面(CCV)での土砂移動量が多いことから、植生条件にかかわらず凹型斜面では土砂移動が盛んであった(図-7)。凹型斜面は集水面積が大きいことから、表面侵食の影響を受けやすく、また冬季の落石が集まりやすい地形条件にあると考えられる。このことが凹型斜面で土砂移動が活発であった原因であると考えられる。

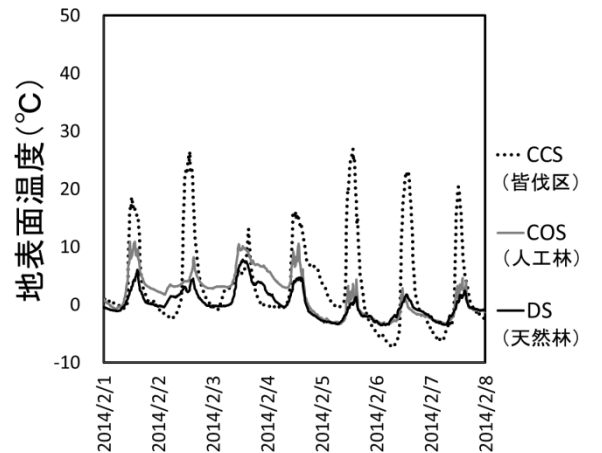
V おわりに

本研究により、土砂移動現象やその要因となる微気象は冬季と夏季で大きく異なり、加えて植生条件や微地形によって変化するという結果が得られた。

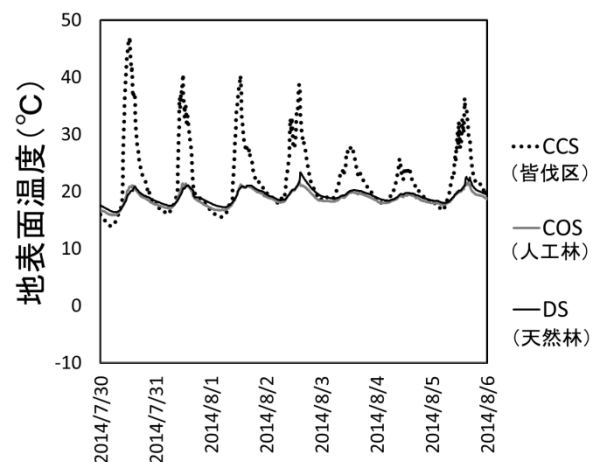
皆伐区では冬季の土砂移動量が夏季の約24倍となった。これは冬季の活発な凍結融解の影響を受け、土砂移動現象が起こったためと考えられる。また、人工林、天然林では皆伐区と比べ、冬季と夏季での土砂移動量に大きな差はみられなかった。これは地表面温度の日変動が皆伐区と比べ小さく、凍結融解が活発でなかったためと考えられる。

凹型斜面では植生にかかわらず土砂移動が活発な傾向にあり、凹型斜面の平均値は直線型斜面と凸型斜面の合計の平均値と比較して約14倍の値を示した。

以上から植生条件、微気象と共に微地形も土砂移動量に影響しているといえる。



(a) 冬季



(b) 夏季

図-3. 地表面温度の植生間での比較

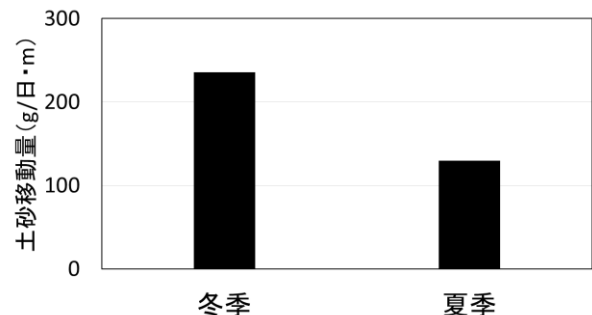


図-4. 冬季と夏季の土砂移動量の比較
(単位幅あたり、全土砂トラップの合計)

謝辞

本研究は科研費（26282076, 26292077）の助成を受けたものである。また、筑波大学農林技術センター井川演習林より、気象データの提供を受けると共に、職員の方々の補助を受けた。ここに付記して感謝いたします。

引用文献

- (1) 今泉文寿・外狩麻子（2014）山岳斜面における土砂移動の現地観測. 中森研 62 : 77-80
- (2) 石井孝行（1976）足尾山地北部の山地斜面における凍結・融解による斜面物質の移動. 地理学評論 49-8 : 523-537

- (3) 澤口晋一（1987）北上出地山稜部の荒廃裸地における凍結・融解による斜面物質移動. 地理学評論 60(Ser,A), 12 : 795-813
- (4) Ueno K., Kurobe K., Imaizumi F., Nishii R (2015) Effects of deforestation and weather on diurnal frost heave processes on the steep mountain slopes in south central Japan. Earth Surface Processes and Landforms, Article first published online: 23 JUL 2015

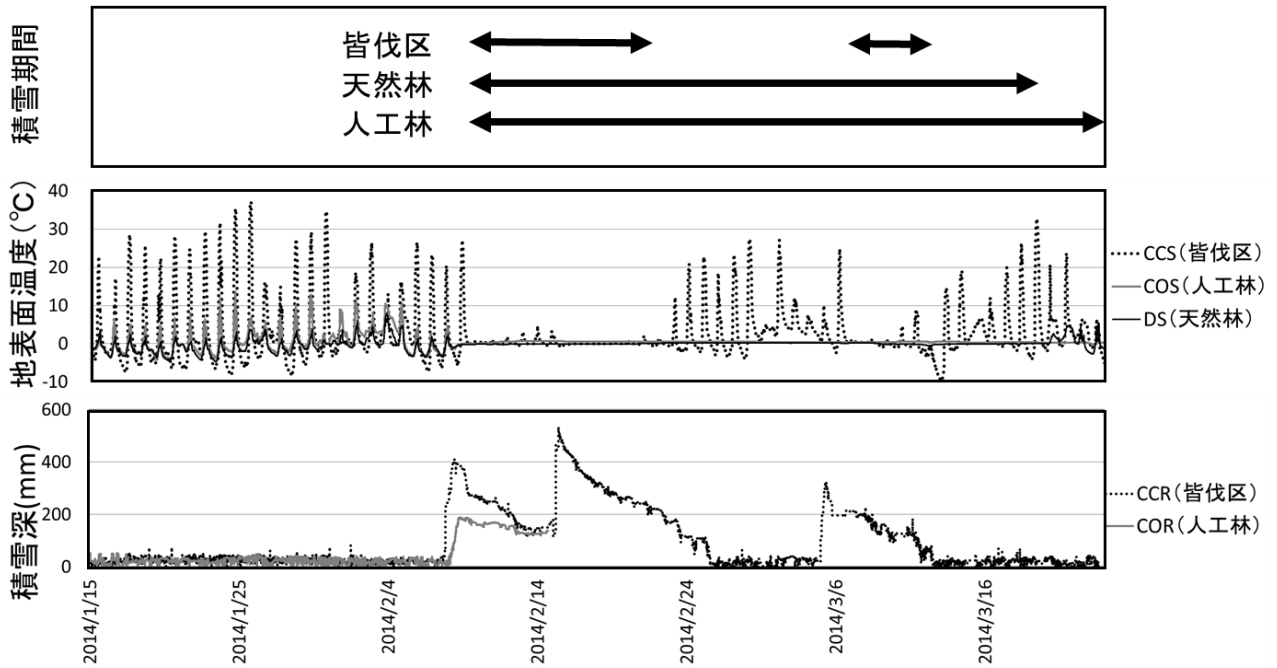


図-5. 植生ごとの地表面温度, 積雪深の比較

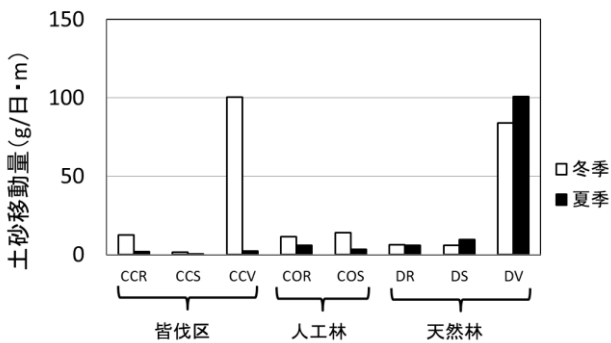


図-6. 植生ごとの土砂移動量の比較 (単位幅あたり)

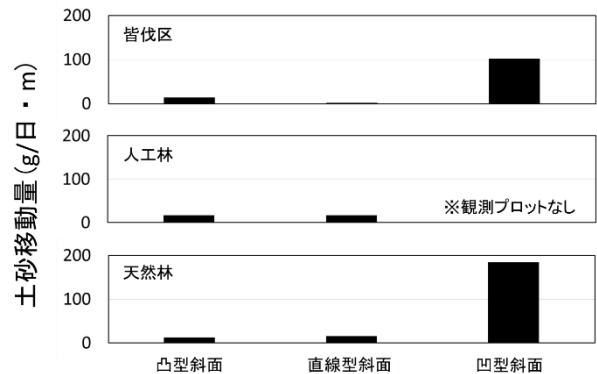


図-7. 微地形ごとの土砂移動量の比較 (単位幅あたり)