

論文

侵食防止資材ハニカム・スパイクの植被発達後の効果

溜 幸*・奥村武信**

Residual Effects of Honeycomb Structured Unwoven Fabric on Slope Protection after Vegetation Recovery

Miyuki TAMARI * and Takenobu OKUMURA **

要 旨

のり面保護工に関する調査, 特にその工法の効果に関する調査研究は比較的短期間で終わることが多い。しかし, 緑化基礎工ともなる工法の場合, 長期の追跡が必要だと考える。本研究では, 不織布を素材とするハニカム・スパイク工施工後12年経過し, 侵入植生の被覆, それらによるリター層が発達したのり面で, 緑化基礎工資材・侵食防止資材のハニカム・スパイクが効果を残しているかを検討した。

のり長4.8m, 2.1m, 傾斜36~38%ののり面に, ①放置したハニカムスパイク施工区, ②放置した無施工区, ③植生, リター層を除去したハニカムスパイク施工区, ④リター層だけを残す区の4試験区を作った。

3~13日の27期間の表面流出水量, 流出土砂量データ, 雨の激しかった5期間の流出土砂の粒度を検討した結果, つぎの事がわかった。

1. 施工当時にこの素材がもっていた表流水量を緩和・軽減する効果は, 侵入植生が落葉・落枝層を発達させた現時点では, 特筆できない。
2. 通常降雨時の土砂流亡に対して, この資材の効果は認められない。しかし, 強雨時には, 植生被覆下にあるこの資材は表流水の集中, リルの発達を阻害し, 土砂流出の規模を抑える機能を残している。

キーワード: のり面保護, 緑化基礎工, 表面流出量緩和, 斜面からの土砂流出緩和, ジオ・テキスタイル工

Summary

Many research studies on the effectiveness of slope protection measures have been carried out for rather short periods of time after construction. For a longer-term view, the authors performed follow up surveys on a slope where honeycomb structured unwoven fabric was installed and where the effects had been recognized a dozen years ago.

Four plots, 4.8m long, 2.1m wide and inclined 36-38 degrees, were prepared as follows: ① the

*鳥取大学農学部農林総合科学科生存環境科学講座 (現在: 中日本航空)

Department of Environment, Faculty of Agriculture, Tottori University (Nakanihon Air Service Co., at present)

**鳥取大学農学部生物資源環境学科森林科学講座 (〒680-8553鳥取市湖山町南4-101)

E-mail: okumura@muses.tottori-u.ac.jp

Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori, 680-8553, Japan

installed fabric and invading vegetation was left as it was, ② the installed fabric was left but the vegetation and surface covers were cut away, ③ the invading vegetation was left with litter covers, but the fabric had not been installed, and ④ only the litter cover was left as it was.

Comparisons of surface runoff and sediment yields in 27 periods during 3 to 13 days, including 1 to 4 rains, and the size distribution analysis of sediment particles in 5 stormy events revealed that:

- ① The fabric had lost its effectiveness to reduce the runoff, since the invading vegetation had established soft and fluffy top soil.
- ② The fabric was inferior to the litters in control efficiency of erosion in moderate rains. However, the fabric under the invading vegetation remained effective in preventing the surface runoff from rainstorms from concentrating and therefore decreased the occurrence of rills and volumetric sediment yield.

Key words: Slope protection, Foundation for revegetation, Surface runoff mitigation, Sediment control on slopes, Geo-textile work

I. 緒言

我が国ののり面緑化技術は、高度経済成長期以降長足の進歩を遂げた。現今では資金さえあれば、場所、季節を選ばず急速な緑化を可能としている。その背景には、国民のミドリに対する希求の強まりもあるが、種々の資材・工法の開発努力もある。たとえば、それまで緑化に多く使用された粗朶やむしろの入手困難を克服する緑化資材の開発も、近年の緑化技術の進歩を支えている。その素材は石油化学製品から天然素材まで多種で、形状も多様である。

それら緑化資材の侵食防止効果や植生発達を促す効果も確かめられてきているが、施工後短期間で終わる例が多い。しかし最近では「斜面を緑で覆う」だけでなく、安定なりの面の維持、景観的に優れたりの面を創造する視点からの適切な植生の維持・管理が求められている。そのためにも、緑化資材の長期的な効果を明らかにする必要がある。

本論は、植被の発達したのり面においても緑化資材は施工直後に発揮した効果を残すのかどうかを検討するものである。

すなわち、ハニカム・スパイク工法の施工後12年経過したのり面で、この資材ハニカム・スパイクの侵食防止効果を調べた。ハニカム・スパイクは、ポリエステル素材の不織布を蜂巢状の立体構造（今回対象としたものは、一辺20cm、高さ10cmのセルをもつ）に結合したものである。ハニカム・スパイク工法は、この資材をのり面に敷設・固定し、セルに覆土を中詰めし播種する。この資材の施工後2年間の調査と詳細な実験結果から、次の効果が期待されることは既に明らかにされている(2)。

- ① 不織布の高い透水性が表流水を浸透水に変換させ表面流量を軽減し、表面侵食による流出土砂を抑止する。
- ② 土中に蜂の巣構造のものがあることで表層土を補剛し、その匍行・崩落を抑止し、侵食で発生する土砂の流亡を阻止する。
- ③ のり面上の横断物が播種された種子の流亡を阻止し、不織布に保持される水分が植生の成長を促進する。

II. 調査地と方法

1. 調査のり面

調査のり面は、岡山県真庭郡川上村、鳥取大学農学部附属蒜山演習林内の、林道沿い南南西

向き斜面に位置する。ここは標高が約700m、冬期には1mを越す積雪もみられる気象条件の厳しい場所で、地域の地質は大山からの火山噴出物堆積層である。

この斜面に、1986年にのり勾配1/1.3の試験区が作設された(1)。ハニカム・スパイク施工区を2区、無施工区を2区の計4区である。施工区、無施工区のうち、それぞれ1区に播種された。各試験区は隣接し、それぞれ幅2.08m、斜面長4.8mである。1988年に調査が終了後のり面は放置され、今回試験の開始時には、播種された緑化草は消滅し、周辺植生が侵入していた。

(1) 試験区の設定

この4つののり面を整理し、1998年3月下旬に試験区を設定した。試験区は、丸鋼で固定した厚さ2.6mm、幅25cmの鉄板(埋設深:約5cm)で囲った。各区の状況を表1にまとめた。

表1 各試験区の植被状況

No	ハニカム スパイク	植 生	リター層
1	有	無	無
2	有	有	有
3	無	有	有
4	無	無	有



写真1 調査のり面の様子

No. 1とNo. 4は侵入植生を刈り取り、No. 1はさらに落葉・落枝も剥いだ。刈り取り作業や落葉・落枝除去の作業は、地表面を踏み荒らすことのないように斜面に梯子をかけて行った。No. 2とNo. 3は、そのまま放置し植生区とした。両者の違いは、No. 2が落葉・落枝の下の表土層中にハニカム・スパイクが有ることである。ハニカム・スパイクは施工して12年経過するが、ほぼ良好な状態で残っていた。落葉・落枝を剥ぎ取ったNo. 1では、ハニカム・スパイクの天端は、土層の上に露出した。西園は、ハニカム・スパイクの天端が土層表面より高くなるとポケット効果が大きく土砂流出を防止する(1)としているが、No. 1はその状態である。

すべての植生を除去したNo. 1とNo. 4では、刈り取られた草木の根が地中に残存していたた



写真2 No. 1試験区の地被状態



写真3 No. 4試験区の地被状態

め調査中に萌芽したが、適時摘み取った。試験のり面に影響する可能性のある周囲の高木も除去した。

試験のり面の様子を写真1に、No. 1とNo. 4の地被状態を写真2、3に示す。

(2) 試験のり面の表土特性

のり面を施工した斜面は、春先の林道路面整理で排出された土砂の土捨場であった。試験区の表土は黄色土であり、密度は 2.59g/cm^3 である。観測終了後に採取した表層土の粒径加積曲線を、図1に示す。

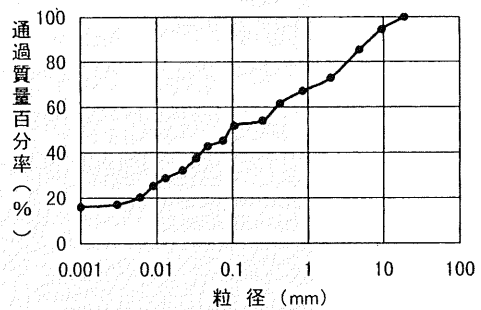


図1 表層土の粒径加積曲線

2. 調査内容と方法

(1) 表面流出水量・流出土砂量観測

1987年ののり面施工時に、のり面の下端には軽量型鋼のトイを内側に付けた試験区の幅と同じ長さのU字型コンクリート・フリユームが設置されている。のり戻はかなり乱れていたため、のり戻とフリユームの隙間にモルタルを詰め、トイとフリユームの間に樹脂系コーキング材を充填して、のり面からの流下物が滞留や遺漏なくトイやフリユームに流れ込むようにした。この作業は慎重に行ったが、初期の観測値に若干影響した可能性はある。U字型コンクリート・

フリュームは幅55cm、深さ50cm、トイは幅15cm、深さ5cmである。

これを1986～88年の調査と同様に利用した。すなわち、のり面からの流下物はトイに集め、防虫網で泥水をろ過し、500cc計転倒枡で水量を計った。トイに残ったものは適時採取した。大雨時に流下物がトイからあふれる場合はコンクリート・フリュームに受け、貯留水を計量し沈殿物を採取した。

採取した流下物は、土砂と落葉・落枝が混在している。そこで、採取物を約24時間80℃で炉乾燥した後、土と落葉・落枝に分別し、土砂は110℃、植物体は80℃で更に48時間炉乾燥、計量した。

(2) 降雨観測

降雨量は、0.1mm計及び0.5mm計転倒枡で測定した。

2基の転倒枡形雨量計と転倒枡型流量計の転倒回数、データロガーに10分間隔で記録した。

(3) 流出土砂の粒度分析

流出土砂量の多かった5期間の各試験区からの流出土砂を、9.5、4.75、2.0、1.0mmフルイで水篩いして、粒度を検討した。

(4) 植生区の植生調査

植生区として設けたNo. 2, No. 3では、1986年の施工時にケンタッキー・31・フェスク、ホワイト・クローバー、ウィーピング・ラブ・グラス、オーチャード・グラス、メドハギ、エニシダが播種された。しかし、1998年にはそれらは殆ど見られず、現存植生は周辺からの自然侵入によって形成されていた。

植生区の植被状態を把握するため、上述の観測終了後に、植被率、植生本数、樹高・草丈、種名を調べた。植被率の測定は、一般に目視によってされるが、ここではレーザー距離計「インパルス」を林床に置き、鉛直上方にレーザー光を照射する方法をとった。この距離計は、照射されたレーザー光が目標物で反射し帰ってくる時間から距離を計算し表示する。照射線の上にレーザー光を反射するもの（今回の場合植生）がある場合は距離を表示するが、レーザー光を反射するものがない場合は「測定不能」を表示する。このことを利用した。各のり面の15cmメッシュの416点で、この作業を繰り返した。距離計を置くべき点に植物が有る場合は、当然のことながらこの作業は不要である。この測器の高さは約15cmであるので、それより小さな植生は判定できない。しかし、15cm未満の植生は稀であったので、植被率の値を大きくは変えない。

Ⅲ. 結果と考察

1. 植生区の植被状態の比較

植生区としたNo. 2, No. 3の2区画の植被状態について、先ず述べる。

各のり面の416のメッシュポイント上方での植物体の有無を判定した結果、両区の植被率はNo. 2で93.0%、No. 3で98.3%となった。地表面は植生で鬱閉されているといえる。

樹高・草丈を0.8m未満、0.8～2.0m、2.0m以上の3層に分け、それぞれの本数を計数した結果を図2に、また樹・草種別の本数を図3に示す。種構成は若干異なるようであるが、総本数、各層の本数のどちらも2つの植生区で差は無い。

侵食に大きな影響を与えるのは、種構成ではない。よって、2つの植生区の植被状態は同じであると考えてよい。

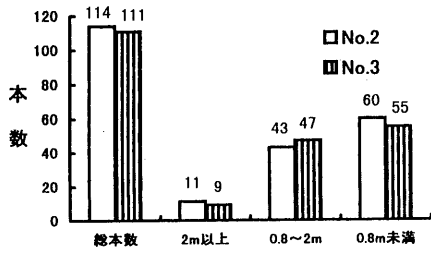


図2 両区の樹高・草丈別植生数

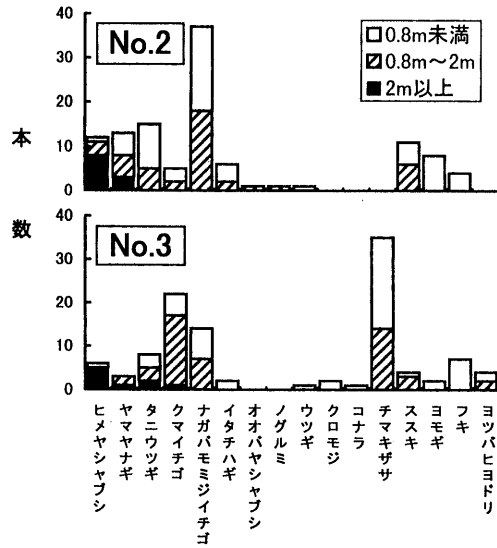


図3 両区の樹・草種別植生数

2. 観測結果

降雨・表面流出水・流出土砂の観測は、1998年4月19日から10月19日まで延べ日数183日行った。その間の3～13日の期間で調査した結果を、表2に示す。

表面流出水量・流出土砂量の評価は‘ひと雨’ごとに行いたかったが、結果として各期間に1雨から4雨を含むことになった。期間内降雨数は、4時間以上の無降雨時間をはさむ場合には別個の雨とし、ひと雨雨量が5mm以下で、時間雨量が1mm以下のものは除外して示している。

期間降雨量は0.1mm計雨量計及び0.5mm計雨量計で観測された値のうち大きい値であり、最大時間雨量は0.1mm計雨量計の値である。

表面流出水量は、流量計で観測された値にコンクリート・フリーユームに貯留された水量を加え、トイに直接降り込んだ降雨量を差し引いた。フリーユームには蓋をして降雨の降り込みを避けた。トイに降り込んだ降雨量は、雨量計で観測した期間降雨量にトイの面積を乗じて求めた。植生区 No. 2 と No. 3 において、表面流出量が負値になる場合があった。それらは盛夏の弱雨の場合が多く、トイの上に繁茂した植生が雨滴を遮断したため、実際にトイに降り込んだ雨は、上述のように計算された値より少なかったことによると考える。また、4月19～26日、5月9～14日では、No. 2の表面流出量が異常に多い。これは、高木からの雨滴がNo. 2に滴下したことが原因である。5月16日に周囲の高木を再び伐った結果、その後は高木の雨滴が試験区に落ちることも表面流出水量が異常値を示すこともなかった。今後の考察には、この上木伐倒以後の結果を用いる。

表面流出率は、のり面への降雨量に対する表面流出水の割合を示す。前者は、期間雨量にのり面の水平投影面積(2.08m×3.83m=8.0m²)を乗じて求めた。10月9～13日と行頭に*印を付した期間は、一部のデータを欠損した。

合計欄は5月17日以降のものであるが、上述の期間は合算していない。また、表面流出水量が負値となる場合は0とした。

表2 降雨量, 表面流出量, 流出土砂量総括

期間	降雨			No.1			No.2			No.3			No.4		
	降雨量 (mm)	最大時間 降雨量 (mm/h)	降雨数	表面流出量		表面流出率 (%)	表面流出量		表面流出率 (%)	表面流出量		表面流出率 (%)	表面流出量		表面流出率 (%)
				(l)	(g)		(l)	(g)		(l)	(g)		(l)	(g)	
4/19~4/26	24.9	6.4	1	2.3	20.4	11.3	5.7	71.7	0.5	0.2	35.0	0.1	0.0	16.5	
~5/5	29.0	10.3	1	---	63.8	3.2	1.4	35.2	4.6	2.0	26.9	7.8	3.4	25.1	
~5/9	30.5	9.3	1	11.2	67.3	5.8	2.4	11.2	8.6	3.5	13.9	---	---	5.4	
~5/14	71.0	6.5	1	---	122.8	32.7	5.8	12.1	9.0	1.6	9.4	---	---	4.9	
~5/17	10.0	2.7	1	---	19.8	1.2	1.5	2.6	1.6	2.0	4.1	---	---	4.8	
~5/27	12.5	2.5	1	1.1	14.4	1.1	1.1	9.2	2.1	2.1	18.7	2.6	2.6	5.7	
~6/3	68.5	14.2	1	23.9	103.1	14.9	2.7	13.6	19.0	3.5	34.2	21.8	4.0	5.0	
~6/12	16.0	2.3	1	0.5	33.8	2.5	2.0	12.1	3.0	2.4	9.8	3.5	2.8	3.6	
~6/20	68.5	8.0	3	---	39.4	4.1	0.7	19.4	4.1	0.7	17.2	21.4	3.9	4.1	
~6/23	12.0	4.1	1	---	15.9	1.3	1.3	2.9	-0.2	-0.3	278.1	2.3	2.4	183.5	
~6/27	9.0	3.1	1	1.2	17.2	-0.3	-0.4	1.9	0.2	0.3	11.7	2.2	3.1	2.8	
~6/30	47.5	9.8	2	15.8	68.7	4.3	1.1	9.8	3.4	0.9	66.6	18.1	4.8	19.8	
~7/5	12.2	11.4	1	6.3	94.0	4.0	4.1	8.6	0.9	0.9	69.5	5.3	5.5	5.9	
~7/12	164.5	32.9	1	126.6	441.4	24.5	1.9	31.0	16.9	1.3	42.8	68.2	5.2	25.2	
~7/18	33.0	4.4	2	6.7	52.1	2.6	1.0	13.2	4.2	1.6	16.2	7.6	2.9	11.4	
~7/23	24.3	10.6	2	20.9	60.2	2.4	1.2	4.6	0.6	0.3	20.0	9.2	4.8	1.7	
~7/29	62.5	42.6	1	75.2	556.6	11.5	2.3	6.7	4.8	1.0	17.0	28.6	5.7	13.1	
~8/11	64.0	8.3	4	33.4	311.3	4.4	0.9	9.7	-2.3	-0.5	20.5	25.6	5.0	35.3	
~8/17	27.4	6.6	1	10.2	63.8	-0.1	0.0	9.6	-1.9	-0.9	32.5	10.9	5.0	4.3	
~8/25	27.0	6.1	2	22.7	239.9	2.4	1.1	11.0	-0.3	-0.1	163.2	8.1	3.8	7.8	
~9/2	8.6	4.3	0	2.8	47.5	0.3	0.5	6.5	-0.2	-0.3	36.1	1.3	1.9	3.1	
~9/8	0.0	0.0	0	0.0	10.1	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	52.7	0.0	0.0	29.8	
~9/19	120.5	22.4	2	86.3	477.0	17.0	1.8	27.2	2.9	0.3	64.3	52.7	5.5	22.5	
~9/26	200.0	32.9	2	98.8	1935.0	26.9	1.7	49.6	10.7	0.7	142.9	87.7	5.5	62.8	
~10/3	25.5	4.0	1	3.9	45.7	-3.8	-1.9	8.0	0.3	0.1	56.2	6.7	3.3	1.0	
~10/9	41.7	9.5	1	27.6	72.4	5.8	1.7	8.7	1.0	0.3	53.8	---	---	15.1	
10/13~10/19	206.5	34.7	2	236.3	935.2	28.2	1.7	37.4	57.3	3.5	210.5	149.8	9.1	52.3	
合計	1251.7			772.6	5629.5	146.9		306.6	126.3		1434.4	509.9		515.6	

・-----と10/9~10/19は, 観測機器の故障などでデータがない。

・合計は5/17以降の+値の合計であり, 表面流出水では*印は外している。

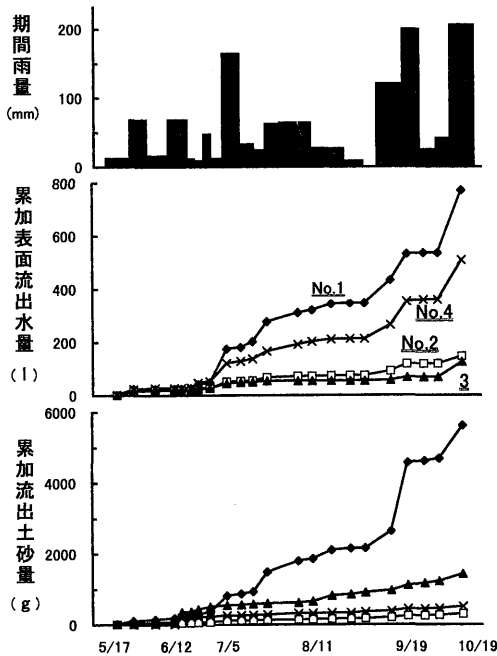


図4 各区からの表面流出水，流出土砂の累加量

3. 表面流出水および流出土砂軽減効果について

期間雨量と各のり面からの累加表面流出水と累加流出土砂量を，図4に示す。

表面流出水量は，ハニカム・スパイクだけのNo. 1で多く，No. 2，No. 3の植生区では少なかった。これらの試験区からの表面流出水は，表2を見ても，どのようなパターンの降雨に際しても少なく，安定している。両区の表面流出水量は，No. 1の1/4以下である。No. 2とNo. 3を比較すると，ハニカム・スパイク無施工のNo. 3で少ない。

このことから，表面流出水の軽減には植生と落葉・落枝の存在が大きく影響し，施工直後にハニカム・スパイク施工区で確認された表面流出水軽減の効果は顕著ではない。

期間雨量と表面流出率の関係を，図5に示す。図は，ハニカム・スパイク施工区，無施工区，植生区，無植生区の4つの組み合わせで比較している。

ハニカム・スパイク施工区においては，植生・落葉・落枝があると，図4からも推測されたように，表面流出率は大きく低下する。ハニカム・スパイク無施工区では，落葉・落枝だけを残した区より植生も残した区の方が表面流出率は小さい。植生の雨滴遮断が働いた結果と考える。2つの植生区では，ハニカム・スパイクの有無による表面流出率の差はみられず，どちらも5%未満と小さい。ハニカム・スパイクの表面流出水軽減効果は明確ではない。無植生区において，落葉・落枝が無くハニカム・スパイクがある場合と落葉・落枝を残した場合を比較すると，後者の方が表面流出率は小さい。

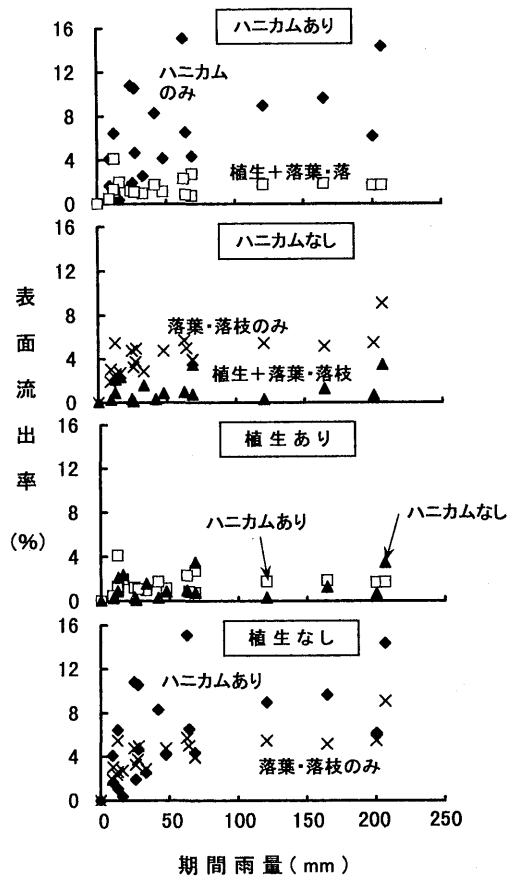


図5 期間雨量と表面流出率の関係

以上から、12年間に植被が膨軟な表土層を発達させた後では、施工直後のり面で確認された不織布が表流水を地中水に変換する効果は、膨軟な表土層に比して小さく、ハニカム・スパイクに表流水軽減効果があると特筆できない。

次に、流出土砂量からハニカム・スパイクの効果を検討する。ところで、降雨の全くなかった9月2～8日においても土砂流出が観測されたが、これは乾燥のために崩落した土砂である。

図4に示した累加流出土砂量は、表面流出量の最も多かったハニカム・スパイクだけのNo. 1が格段多い。その他は表面流出量の多さの順にはなっていない。次に流出土砂量の多かった植生と落葉・落枝を残すNo. 3の流出土砂量は、No. 1の1/4である。落葉・落枝のみを残すNo. 4とハニカム・スパイク施工後に自然に出来上がった植被状態のNo. 2からの流出土砂量は、No. 1の10分の1である。前者で、わずかに多い。また植生を除去した区では、ハニカム・スパイクだけのNo. 1よりも落葉・落枝を残したNo. 4で流出土砂量は少ない。これは、表土層を隠すほどに覆っている落葉・落枝が土砂粒子の流下を抑止する効果に比して、ハニカム・スパイクでのり面を六角形の小斜面に分断していることによる土砂粒子の流下を抑止する効果(2)は小さいためであると考えられる。

この結果で着目すべき点は、植生区ではハニカム・スパイクをもつ区の方が流出土砂は抑えられていることと、ハニカム・スパイク無施工区では植生を残したNo. 3より落葉・落枝のみにしたNo. 4の方が流出土砂量は少ないことの2点である。

このことを、表面流出量と流出土砂量の関係で考察する。図6から明らかなように、ハニカム・スパイク無施工のり面では植生を除去した落葉・落枝のみの区の方が流出土砂は少なく、植生区ではハニカム・スパイクのある方がハニカム・スパイクの無い場合より流出土砂は少ない。

この事実から、次のことが言える。ハニカム・スパイクは、前述のように表面流出水軽減効果を失っているが、土砂流出を抑える効果を残している。しかし、植被発達後において流出土砂量を大きく軽減させる効果をもつのは落葉・落枝であり、ハニカム・スパイクではない。

ところで、2つの植生区では表面流出水が大きく軽減されたが、ハニカム・スパイクが施工されている区で流出土砂量は少ない。また、ハニカム・スパイク無施工のり面では、落葉・落

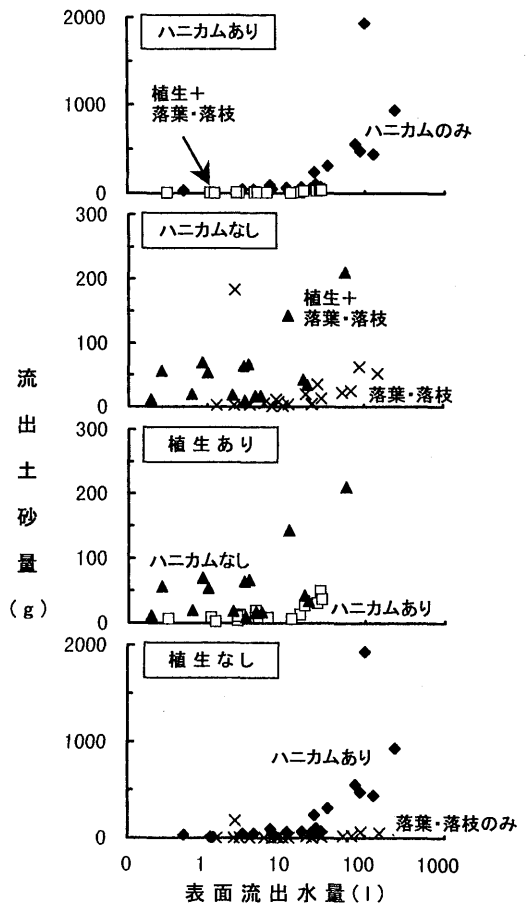


図6 表面流出量と流出土砂量の関係

枝だけを残した区より植被をそのままにした区で流出土砂量が多い。これらの原因を考察する。

図7は、土砂流出の多かった5期の流出土砂の粒径分布を示す。土砂流出が最も多いNo. 1からの流出土砂は、そのほとんどが2mm以下のもので粗粒なものは少ない。これに対し、土砂流出の少ないNo. 2～No. 4では9.5mm以上のレキが流出し、特に植被をそのままにしたハニカム・スパイク無施工のNo. 3からの大粒径レキの流出が目立つ。

このことから、次のことが推測できる。植生区では無植生に比べ表面流出水量は少ない。繁茂した植生が雨滴を遮断し、表面流出水量を少なくする。しかし、遮断されない場合に比べ、植生からは大きい水滴が一定の場所に滴下する。また樹幹や草茎を伝って落ちる水の位置は決まっている。そのため水みちが集中し、粗粒な土砂も流出し易くなる。しかし、そこにハニカム・スパイクがあると水みちの集中が妨げられ、水流は薄くなる。このことが、植生区であっても表土層中のハニカム・スパイクの有無で流出土砂量の違いを生む。現に、ハニカム・スパイク無施工の自然植生区No. 3ののり尻には水や土砂の決まって出てくる箇所が数カ所確認されたが、ハニカム・スパイク施工の自然植被区No. 2にはそのような箇所は認められなかった。

また、ハニカム・スパイク無施工のり面では、植被をそのままにしたNo. 3より落葉・落枝だけを残したNo. 4で土砂流出量は少なかった。このことについても、植被をもたず落葉・落枝だけを残した区では水みちが集中しないのに対し、植被をそのままにした区では上述の水みちの集中が起こることが影響していると考ええる。

4. 降雨加速指数との関係

ここでは、観測した表面流出水量と流出土砂量を、斜面侵食量を研究した大味・綱本(3)が提案した降雨加速指数の概念を用いて整理してみる。

降雨加速指数とは、期間降雨量P (mm)、期間内の最大時間雨量I (mm/h)、10分間最大時間雨量*i* (mm/10min.) の積である。綱本らはこの指数を用いて、期間内の侵食量E (g) は、

$$E = a(P \cdot I \cdot i)^b$$

で表せるとした(3)。ハニカム・スパイク工の効果を以前に検討した際、表面流出水量 (R) についても $R = a(P \cdot I \cdot i)^b$ でうまく整理でき、この降雨加速指数の概念を用いることでのり面の地被状態の違いを表現できた(1)。ここでも、同様にデータを整理し考察する。

図8に降雨加速指数 $P \cdot I \cdot i$ と表面流出水量の関係をまとめた。相関係数は植生を残したNo. 2, No. 3で若干小さいが、いずれののり面からの表面流出水も降雨加速指数に強い相関がある。

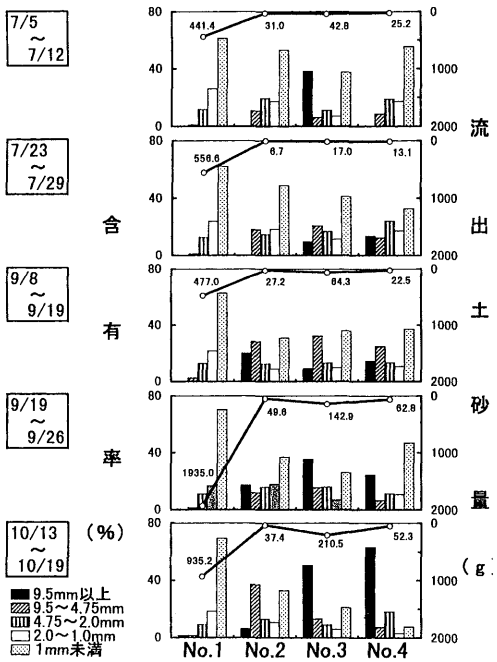


図7 各区からの流出土砂の粒度の差異

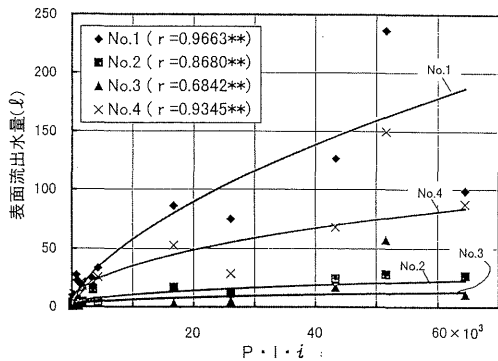


図8 降雨加速指数と表面流出水量の関係

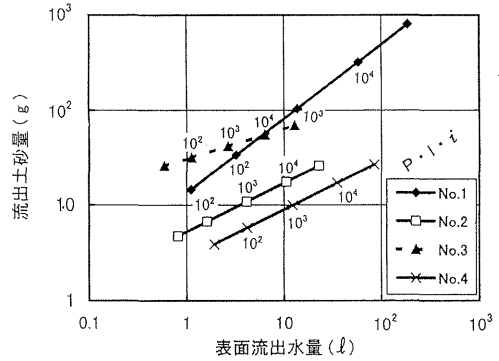


図9 降雨加速指数をパラメーターとした表面流出水量と流出土砂量の関係

図によると、ハニカム・スパイクだけの区No. 1と比較して、植生区からの表面流出水量は著しく減少し、綱本に従えば侵食力が大きくなる降雨加速指数の大きい強雨の時ほどその差は広がる。また、前述した植生区ではハニカム・スパイクの有無が表面流出水量を左右しないことをこの曲線は示し、ハニカム・スパイクは表面流出水量への影響を残していないと言える。

降雨加速指数をパラメーターとして表面流出水量と流出土砂量の間関係を整理した結果を図9に示す。No. 3は流出土砂量と降雨加速指数の実験式の有意性が低かったため、点線で表した。

ハニカム・スパイク施工区のうちハニカムのみのNo. 1と植被をそのまま残したNo. 2を比較すると、加速指数が同じ雨の場合No. 2で表面流出水量も流出土砂量も抑えられることを示す。また、No. 2の方が直線の傾きが小さいことは、表面流出水量増加による流出土砂量の増加割合が落葉・落枝を残したNo. 2の方で小さいことを示す。

地表にハニカム・スパイクを敷き込んだ自然植被のNo. 2と落葉・落枝だけを残したNo. 4の場合を比較すると、傾きは変わらないが同じ加速度指数のプロットはNo. 4の方が右にある。このことは、降雨加速指数が同じ値でも表面流出水がNo. 4で多いこと、表面流出水量増加による流出土砂量の増加割合には差がないことを表す。

施工後10数年を経て植被、厚い落葉・落枝層が発達したのり面ではハニカム・スパイクの表面流出水量軽減効果を明確にすることは出来ないが土砂流出防止には働いていることを、降雨加速指数でデータを整理することで確認できた。

VI. 結 言

侵食防止資材ハニカム・スパイクが施工され12年経過し現在は植被に覆われてしまったのり面で、ハニカム・スパイクの効果を確認する観測調査を行い、以下のことが分かった。

1. 植被発達後ののり面において、ハニカム・スパイクに、表面流出水を軽減する効果は認められない。

表面流出水軽減にはハニカム・スパイクの効果よりも落葉・落枝の効果が大きいためであると考える。

2. しかし、水みちの発生を妨げ、リルの発生を防ぎ土砂の流出を軽減する効果を、ハニカム・スパイクは植被発達後も残している。

のり面に繁茂した植生は、雨滴を遮断し表面流出水を軽減する。しかし、植生からの大きな水滴や幹や草茎をつたって落ちる水が、水みち集中をまねく。ハニカム・スパイクは、この集中しようとする表流水を分散させている。侵食防止には、落葉・落枝層の存在が大きい効果をもつ。さらにハニカム・スパイクがあると、土砂の流出はより強く抑えられる。

ところで、2つの植生区の植被率も個体数も差が無いが、植生の種類は相違した。ハニカム・スパイクのある試験区では、ヒメヤシャブシ、ヤマヤナギ、タニウツギの本数が多く、樹高も高い。ハニカム・スパイクの無い試験区では、クマイチゴが繁茂している。ハニカム・スパイク施工区の方が植生の定着・生長がよい。ハニカム・スパイクは表層土の匍行を抑制する効果の働いた結果と考える。

謝 辞

本研究を進めるに当たって、乾燥地研究センターの神近牧男教授、教育地域科学部の清水寛厚助教授、森林計画学研究室の井上昭夫助手に助言をいただいた。留学生の虞 毅氏、Hari Ram Shrestha氏をはじめ緑地防災学研究室専攻生諸君の助力と、谷田真人氏をはじめとする蒜山演習林職員諸氏の援助のあったことを記して謝辞としたい。

引用文献

- (1) 西園勝憲 (1988) のり面緑化基礎工としてのハニカム・スパイク工に関する実験的研究. 鳥取大学大学院農学研究科修士論文.
- (2) 奥村武信・西園勝憲・田中一夫・瀧口善樹・谷口真吾・永田章 (1990) ハニカム・スパイクによるのり面保護に関する実験的研究. 鳥大演研報 19 : 1-25.
- (3) 大味新学・綱本皓二 (1967) : 山腹工法面の侵食に関する研究—降雨加速指数と土砂流出との関係について—. 日林誌 49 : 286 - 292.

(2000年2月18日受理)