

V 堂平地区における緊急土壌侵食対策試験施工の土壌侵食軽減効果

石川芳治¹⁾・白木克繁¹⁾・戸田浩人¹⁾・浅野敬尋²⁾・鈴木雅一³⁾・内山佳美⁴⁾

Effects of Experimental Urgent Soil Erosion Control Works on Reductions in Soil Erosion at Doudaira, Tanzawa Mountains

Yoshiharu Ishikawa, Katsushige Shiraki, Hiroto Toda, Norihiro Asano, Masakazu Suzuki
& Yoshimi Uchiyama

要約

中津川上流の堂平地区ではシカによる採食の影響によりブナ林の林床植生が衰退し、広い範囲にわたり土壌侵食が進行している。このため堂平地区の土壌侵食を緊急に軽減するために有効と思われる各種の対策手法が提案された。これらの緊急土壌侵食対策手法の土壌侵食軽減効果、施工性、景観等に関するデータを得るために2005年12月に現地において試験施工が実施された。試験施工では林床植生が衰退した斜面において斜面勾配の異なる地点に計24個の各種の対策施設が設置された。これらのうちの16箇所について土壌侵食を測定するために試験区画(幅2m×長さ5m,一部は幅2m×長さ2.5m)が設置された。さらにこれらの対策手法設置箇所と比較対照するために、無施設の地点に土壌侵食測定用の試験区画(幅2m×長さ5m)が8箇所設置された。これら合計24箇所の試験区画において2006年4月から2006年12月まで約1ヶ月に1回、土壌侵食量、林床植生被覆率、リター被覆率を測定した。その結果、次のようなことがわかった。施工された全ての対策手法において土壌侵食軽減効果およびリター捕捉効果が認められた。土壌侵食量の軽減に効果が大いなのは、木製筋工+ヤシネット工(無処理時の約1/117,以下同様)、木製筋工+竹ネット工(1/108)、土嚢工(1/70)、リター捕捉ネット工(1/38)、リターロール工A(リター詰め)(1/34)、木製筋工のみ(1/15)、リターロール工B(リター無し)(1/10)、植生保護柵のみ(短)(1/6)の順であった。月別では土壌侵食量は7~8月に多かった。7~8月は観測期間内で降雨量が多い時期、林床植生被覆率が最大の時期、リター被覆率の小さい時期に当たる。このことから、土壌侵食量は林床植生被覆率の変化よりも降雨量およびリター被覆率の変化により大きな影響を受けていると考えられる。

1. はじめに

東丹沢の堂平地区(神奈川県清川村)ではシカの採食により林床植生であるスズタケが衰退し、これに伴ってリター(落葉・落枝)の堆積量も減少し、広い範囲において土壌侵食が進行し深刻な問題となっている。表層土壌の侵食は樹木の根を露出させ、倒木の要因となっているだけでなく、林床に生息する生物相に影響を与え、さらに土壌が流下する溪流の生態系にも悪影響を与えている。流出した土壌は濁水となって水源を汚濁し、また貯水ダムに流入して堆砂を進行させダムの耐用年数の低下をひきおこす可能性がある。このように堂平における土壌侵食はブナ林のみならず流域からの土砂の流出、水の循環、溪流における生態系に大きな影響を与えており、早急に土壌侵食を軽減する必要がある。このため、2004年~2005年に実施した土壌侵食量調査の結果に基づき、各種の緊急土壌侵食対策手法が提言された。しかしながら、提言された多くの対策手法に関して、堂平における土壌侵食軽減効果、施工性、景観の保全等については不明の点が多い。このため、これらの不明の点について検討するために神奈川県により2005年12月に堂平地区において各種の緊急土壌侵食対策手法の試験施工が実施された。本調査は試験施工された各種の対策手法について土壌侵食量、リター流出量、植生被覆率、リター被覆率等について追跡調査することにより、各手法(工法)の土壌侵食軽減効果およびリター捕捉機能等について明らかにすることを目的とする。

2. 緊急土壌侵食対策手法の検討

(1) 植生衰退地における一般的な土壌侵食対策手法

林床植生が衰退した箇所において土壌侵食を防止・軽減する手法としては一般に次の三種類の方法が有効と考えられている。(a)林床植生を回復して土壌侵食を防止・軽減する手法(例えば北原,2002)。(b)リター等の被覆物を林床上に設置して侵食を防止・軽減する手法(村井ほか,1973)。(c)斜面の勾配を緩くして土壌侵食を防止・軽減する手法。(a)については従来から定性的に推定されており、2004年~2005年に実施した土壌侵食量調査で定量的に評価された。(b)については従来から実験的に推定されてきており、2004年~2005年に実施した調査で堂平での適用が新たに指摘された。(c)については、従来から定量的に推定されており、2004年~2005年に実施した調査結果では堂平でも同様の傾向が認められた。

(2) 堂平の特性に適した緊急土壌侵食対策

堂平ではブナ林という上層木が存在するため、毎年多量のリターが10~11月に林床に供給されている。しかしながら、林床植生が無いか少ない場合には、林床上に堆積したリターは風で吹き飛ばされたり、地表流により斜面外へ流されて減少してしまう。さらに、林床上に堆積したリターは時間の経過とともに腐朽により減少する。このように堂平の林床植生衰退地では通常の崩壊跡地やとくしゃ地(土壌が流亡し、植生が失われた土地)のような裸地とは条件が異なるので、2004年~2005年に堂平地区において実施した土壌侵食調査結果を基に堂平の特性に適した緊急土壌侵食対策手法を検討した。堂平の特性に適した緊急土壌侵食対策の条件としては次のような事項が考えられる。①シカの採食圧を排除することにより林床植生を回復する。②上層

1) 東京農工大学大学院共生科学技術研究院 2) 東京農業大学地域環境科学部 3) 東京大学大学院農学生命科学研究科 4) 神奈川県自然環境保全センター研究部

木から毎年多量に供給されるリターを有効に土壌侵食対策に用いる。→自然の土壌侵食抑制効果（自然治癒力）を最大限に利用する。③天然の材料を用いる。→廃棄物を出さない。④丹沢の景観と調和した施設とする。→自然公園の景観を維持する。⑤維持管理が容易な構造とする。→一部の破壊、破損が侵食の拡大を招かないようにする。

まず、①に関して、植生保護柵により林床植生を等高線に沿って帯状に回復して土壌侵食を防止・軽減する方法について検討した。堂平では林床植生の衰退の原因はシカの採食圧であることから、植生保護柵を設置して林床植生を回復する方法が1997年（平成9年度）から積極的に行われてきている。設置した植生保護柵内における植生調査からその植生回復効果が確認されている。しかしながら植生保護柵は急斜面では設置や維持管理が困難であるという意見もあり、急斜面でも設置可能な植生保護柵を試験的に設置することとした。

②に関して、リター等の被覆により（林床植生の回復を待たずに）早急に土壌侵食を防止・軽減する手法について検討した。毎年供給されるリターを林床上に捕捉・定着させて土壌侵食を抑制するため、天然素材を用いたリター捕捉法を提案した。具体的には天然素材（ヤシ繊維等）を用いたネットあるいはリターロールを格子状に斜面上に設置してリターを捕捉し、この捕捉したリターにより土壌侵食を防止・軽減する手法である。長所としては施工が容易で経費が安くなることがあげられる。しかしながら、これらの手法は今まで現場で試みられたことがないので、急斜面での施工難易度、土壌侵食防止効果、植生回復効果、維持管理の難易度等が不明である。このため、試験的に現地に設置して不明な点の解明を行うこととした。

3. 試験施工の場所と種類

緊急土壌侵食対策手法の試験施工（以下試験施工と呼ぶ）が行われたのは神奈川県愛甲郡清川村の東丹沢、堂平地区であり、2005年12月に完成した。試験施工において設置された各手法（以下、手法と呼ぶ）の施設配置および追跡調査用（モニタリング用）の試験区画の配置を図1に示す。設置された各手法の施設は合計24箇所であり、

その内土壌侵食量・リター流出量等の追跡調査用の試験区画は16箇所設置された。これとは別に比較対照用の試験区画が8箇所設置され、合計24箇所の追跡調査用の試験区画が設置された。これらの施設が設置された場所は堂平の南東向き斜面であり、斜面勾配は約12°～38°、標高は約1,200m～1,225mである。

試験施工において設置された各緊急土壌侵食対策手法の特徴を次に述べる。

(1) リター捕捉ネット工：2004年～2005年に堂平地区において実施した土壌侵食調査結果から、林床植生が衰退した斜面における土壌侵食量はリター堆積量の多寡により大きく異なり、リター堆積量が多いと土壌侵食量は減少することが明らかとなった。一方、堂平地区では上層木（ブナ林）から毎年秋期には多量のリターが供給される（約400g/m²）ため、このリターを斜面上に捕捉することによりリター堆積量を維持できれば土壌侵食の軽減に大きな効果を発揮することが期待できる。このため、リターを捕捉するのに効果的な捕捉ネットを地表面に設置し、このことにより土壌侵食を軽減する方法を検討した。ネットは図2に示すように斜面上下方向1m×等高線方向2mの格子状に高さ0.4mで設置した。ネットの材料はヤシ繊維である。また、ネットの網目の大きさは約1cmである。

(2) リターロール工 A, B: 本手法の目的は基本的にはリター捕捉ネット工と同様にリターの捕捉による土壌侵食の軽減である。ネットの代わりに施工が楽になるようにネットを巻いてロール状にし、図3,4に示すようにこれを1m×2mの格子状に設置してリターを捕捉しようとするものである。リターの直径は約20cmとしており、材料はヤシネットを用いている。タイプAはロールの中に現地のリターを詰めて細粒の土壌が下方へ流出するのを軽減しようとするものであり、タイプBはロール内にリターを詰めていないものである。実際には、タイプAはリターの採取と詰める作業に時間がかかり施工性は悪い。

(3) リター捕捉土嚢工（以下「土嚢工」と呼ぶ）：本手法の目的は基本的にはリター捕捉ネット工、リターロール工と同様にリターの捕捉による土壌侵食の軽減である。さらに土嚢袋を柵のように設置することで土壌の流出自体も軽減

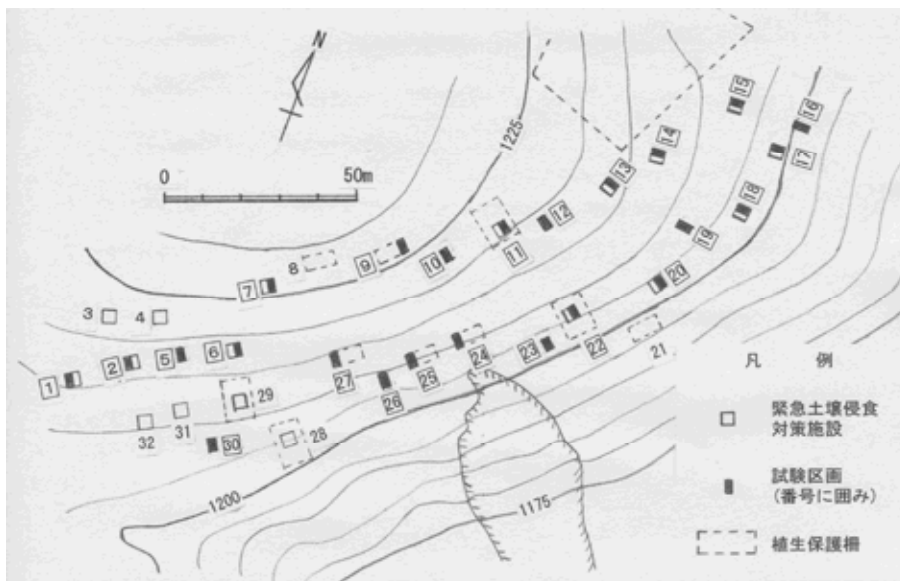


図1. 2005年12月施工の緊急土壌侵食対策施設および試験区画の配置図

しようとするものである。ネットやロールの代わりに土嚢袋を2段に積んで、図5、6に示すようにこれを1m×2mの格子状に設置してリターおよび土壌を捕捉しようとするものである。土嚢袋としては麻袋を用いたものと竹繊維ネットを用いたものの2種類がある。土嚢の中には現地採取のリターを詰めただが、この作業に意外と手間がかかり、施工性は極めて悪い結果となった。

(4) 木製筋工+竹繊維ネット工, 木製筋工+ヤシ繊維ネット工: 本手法の目的は木製筋工の横木により土壌の斜面下方への流出を軽減することと, 木製筋工の横木間の地表面を竹繊維ネットあるいはヤシ繊維ネットで覆うことにより土壌侵食自体を軽減しようとするものである。木製筋工では直径約10cmの丸棒加工した丸太を2本積んで横木とし,



図2.リター捕捉ネット工 (No.20, 2006年8月7日撮影)



図3.リターロール工 A (リター詰め有り) (No.13, 2006年8月7日撮影)



図4.リターロール工 B (リター詰め無し) (No.14, 2006年8月7日撮影)

これを1m間隔で杭木により斜面に固定した(図7,8)。通常は等高線方向のみに横木を配置するが、試験施工では区画を明確にするために2m間隔で縦木を1本、斜面上下方向に設置している。試験施工では斜面上下方向に4m、等高線方向に4mの区画で設置したが、このうち、等高線方向の半分については枠内の地表目には何も施工しない(無処理)で、残りの半分には、伏工として竹繊維ネットあるいはヤシ繊維ネットで地表面を覆った。

(5) 急斜面用植生保護柵工(以下「植生保護柵」と呼ぶ): 植生保護柵の目的はシカの影響を排除することにより林床植生を回復し、このことにより土壌侵食を軽減しようとするものである。しかしながら植生保護柵を急斜面に設置することは施工性(材料運搬と設置)、耐久性、維持管理から不明の点も多い。そこで、ここでは特に斜面勾配が30°程度以上の急斜面に設置するのに適した異なるタイプ(構造、材料)の植生保護柵をいくつか設置してその現地適用性を比較検討することとした。大きさは、等高線方向に8m、斜面上下方向に2mとして、柵の高さは基本的には約1.5~1.8mとした(図9)。さらに、ここでは、植生保護柵を等高線状に千鳥状に設置することで、斜面全体の土壌侵食および土砂流出を防止する方法も検討することとした。

なお、このような2m×8mの植生保護柵とは別に、(1)~(4)の対策手法の内、リター捕捉ネット工、リターロール工B、木製筋工+竹繊維ネット、木製筋工+ヤシ繊維ネットについては、シカの影響を排除した場合の各手法の林床植生回復状況を比較検討するため周囲に植生保護柵を設



図5.麻袋土嚢工 (No.17, 2006年8月7日撮影)



図6.竹繊維袋土嚢工 (No.18, 2006年8月7日撮影)

置したのも現地に施工した。

(6) 土壤侵食量測定用試験区画（以下「試験区画」と呼ぶ）：試験施工により設置された各手法の土壤侵食軽減効果およびリター捕捉効果を追跡調査するために試験区画を設置した。対策手法の設置箇所は合計 24 箇所であるが、これらの内 16 箇所に試験区画を設置した。また対策手法を施工していない場合と比較するために、無処理の試験区画（対照用試験区画）を 6 箇所設置した。これとは別に、約 400m 南には 2004 年から設置されている無処理の試験区画が 10 箇所（植生保護柵内に 2 箇所、植生保護柵外に 8 箇所）存在する。試験区画の大きさは幅 2m で長さが 5m（図 10）であるが、2m × 8m の植生保護柵 5 箇所については、植生保護柵の斜面上下方向の長さが 2m であることから、長さを 2.5m としたが、これらの試験区画を以下では「試験区画（短）」と呼ぶこととする。試験区画および試験区画（短）の下部には試験区画および試験区画（短）から流下してきた土砂およびリターを捕捉するために吸い出し防止材でできた土砂およびリター捕捉柵が設置されている。水は土砂およびリター捕捉柵から外へ流出し、土砂とリターのみが土砂およびリター捕捉柵に貯まるようになっている。

4. 調査方法

(1) 土壤侵食量およびリター流出量の測定

各試験区画に堆積した土砂およびリターの採取は 2005 年 12 月の緊急対策施設設置後、2006 年 4 月 23 日に第 1 回をおこない、12 月 3 日までほぼ毎月 1 回、計 10 回行った。採取した土砂およびリターは、実験室に持ち帰り、洗



図 7. 木製筋工+竹繊維ネット工 (No.1, 2006 年 8 月 7 日撮影)



図 8. 木製筋工+ヤシ繊維ネット工 (No.2, 2006 年 8 月 7 日撮影)

浄により土砂とリターに分離した後に、105℃で乾燥してそれぞれの絶乾質量を測定し。なお、土砂、リターが大量に堆積していた場合には、各試験区画に堆積していた土砂およびリター量の 1/4 の量を実験室に持ち帰り測定した。

(2) 林床植生回復状況、リター被覆率調査

試験施工において設置された各手法について、林床植生回復状況、リター堆積状況を調査するために、2006 年 4 月 23 ~ 12 月 3 日までほぼ毎月 1 回計 10 回、同じ場所から各施設の全景を写真撮影した。さらに各試験区画の地表面について、1m × 1m のコドラートを置いて写真撮影を行った。撮影した写真について Photo Shop を用いて、林床植生被覆率、リター被覆率を計測した（図 11）。

(3) 降雨量の測定

降雨量は試験施工地から南へ約 400m 離れた、標高 1,180m の別の土壤侵食量調査箇所に設置された計 3 個の雨量計を用いて、試験施工地と同じブナ林の林内雨量（樹冠通過雨量）を測定した。以下、この林内雨量（樹冠通過雨量）を降雨量と呼ぶ。土砂およびリターを採取した各測定期間における累積降雨量を図 12 に示す。なお、降雨量は 2006 年 3 月 31 日から観測を開始しており 2006 年 12 月 3 日までの総降雨量は 2,502mm である。総降雨量は 2005 年と同様であるが、2005 年と比較すると 7 ~ 8 月に降雨量が少なく 10 ~ 11 月に降雨量が多かった。

5. 調査結果

(1) 土壤侵食量とリター流出量

各対策手法が設置された 2005 年 12 月 ~ 2006 年 12 月



図 9. 植生保護柵および試験区画（短）(No.24, 2006 年 8 月 7 日撮影)



図 10. 試験区画（対照用試験区画、斜面は無処理）(No.10, 2006 年 8 月 7 日撮影)

3日における各試験区画での捕捉土砂量（以下侵食土砂量と呼ぶ）および捕捉リター量（以下リター流出量と呼ぶ）の測定結果を基に、各手法の土壤侵食量軽減効果とリター捕捉効果について検討する。

A 手法別の土壤侵食量，リター流出量

試験区画別の土壤侵食量およびリター流出量を表 1，図 13 に、手法別の平均の土壤侵食量およびリター流出量を表 2，図 14 に示す。無処理（対照用試験区画）における土壤侵食量およびリター流出量を基準とすると、植生保護柵のみ（短）では長さおよび面積が半分であるが、長さおよび面積の影響を正確に評価することが困難なため、以下では長さおよび面積の違いを考慮せずに比較する。無処理（対照用試験区画）と比べて各対策手法（試験区画）における土壤侵食量およびリター流出量には次の傾向が認められる。

- a 全ての対策手法において土壤侵食量およびリター流出量は軽減されている。
- b 土壤侵食量の軽減に効果が大いなのは、木製筋工 +



(a) 1m × 1m のコドラートの撮影



(b) 林床植生部の面積測定



(c) リター堆積部の彩色



(d) リター堆積部の面積測定

図 11. Photo Shop による林床植生被覆率およびリター被覆率の測定

ヤシネット工（無処理の対照用試験区画の土壤侵食量の約 1/117，以下同様），木製筋工 + 竹ネット工（1/108），土嚢工（1/70），リター捕捉ネット工（1/38），リターロール工 A（リター詰め）（1/34），木製筋工のみ（1/15），リターロール工 B（リター無し）（1/10），植生保護柵のみ（短）（1/6）の順である。

c リター流出量の軽減に効果が大いなのは、リター捕捉ネット（無処理の対照用試験区画のリター流出量の約 1/5.8，以下同様），土嚢工（1/3.1），木製筋工 + ヤシネット工（1/3.0），木製筋工のみ（1/2.3），リターロール工 B（リター無し）（1/2.1），リターロール工 A（リター詰め）（1/1.9），木製筋工 + 竹ネット工（1/1.6），植生保護柵のみ（短）（1/1.2）の順である。リター流出量は土壤侵食量に比べて、各対策手法間の差は小さい。

d 植生保護柵のみ（短）は試験区画の面積を考慮すると、無処理（対照用試験区画）と比べて土壤侵食量は約 1/3 に減少するが、リター流出量は逆に約 2 倍に増加する。

B 斜面勾配と土壤侵食量，リター流出量

表 1 に示すように各対策手法の試験区画の設置箇所の勾配は 12° ~ 38° と異なり、斜面勾配は土壤侵食量およびリター流出量に影響していると考えられるので、斜面勾配を考慮にいれて各手法の土壤侵食の軽減およびリター流出の軽減効果を検討する必要がある。

各対策手法の施設を設置した斜面勾配と 2005 年 12 月から 2006 年 12 月 3 日までの土壤侵食量およびリター流出量の関係を図 15，16 に示す。図 15，16 には南に約 400m 離れた斜面で 2004 年から土壤侵食量調査を行っている 5 箇所の試験区画（以下では南斜面試験区画と呼ぶ。いずれも植生保護柵の外側で林床植生はほとんど無く，無処理）における 2005 年 12 月から 2006 年 12 月 3 日までの土壤侵食量およびリター流出量を示す。図 15，16 から次のような傾向が認められる。a 無処理（対照用試験区画および南斜面試験区画）および測定保護柵のみ（短）における土壤侵食量およびリター流出量と斜面勾配との相関はほとんど認められず、今回の試験区画設置箇所の斜面勾配変化 12° ~ 38° の範囲では斜面勾配による影響は少ない。

b 各対策手法の試験区画における土壤侵食量およびリター流出量と斜面勾配との相関はほとんど認められず、今回の試験区画設置箇所の斜面勾配変化 12° ~ 38° の範囲では斜面勾配による影響は少ない。c 全体として、土壤侵食量およびリター流出量と斜面勾配との相関はほとんど認められなかった。

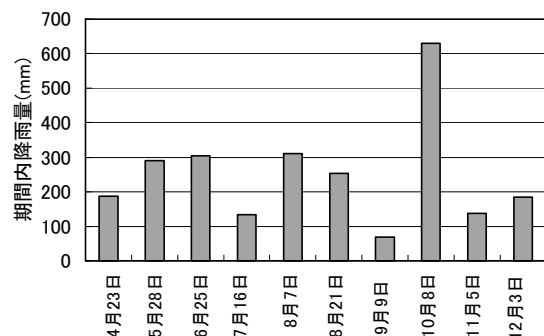
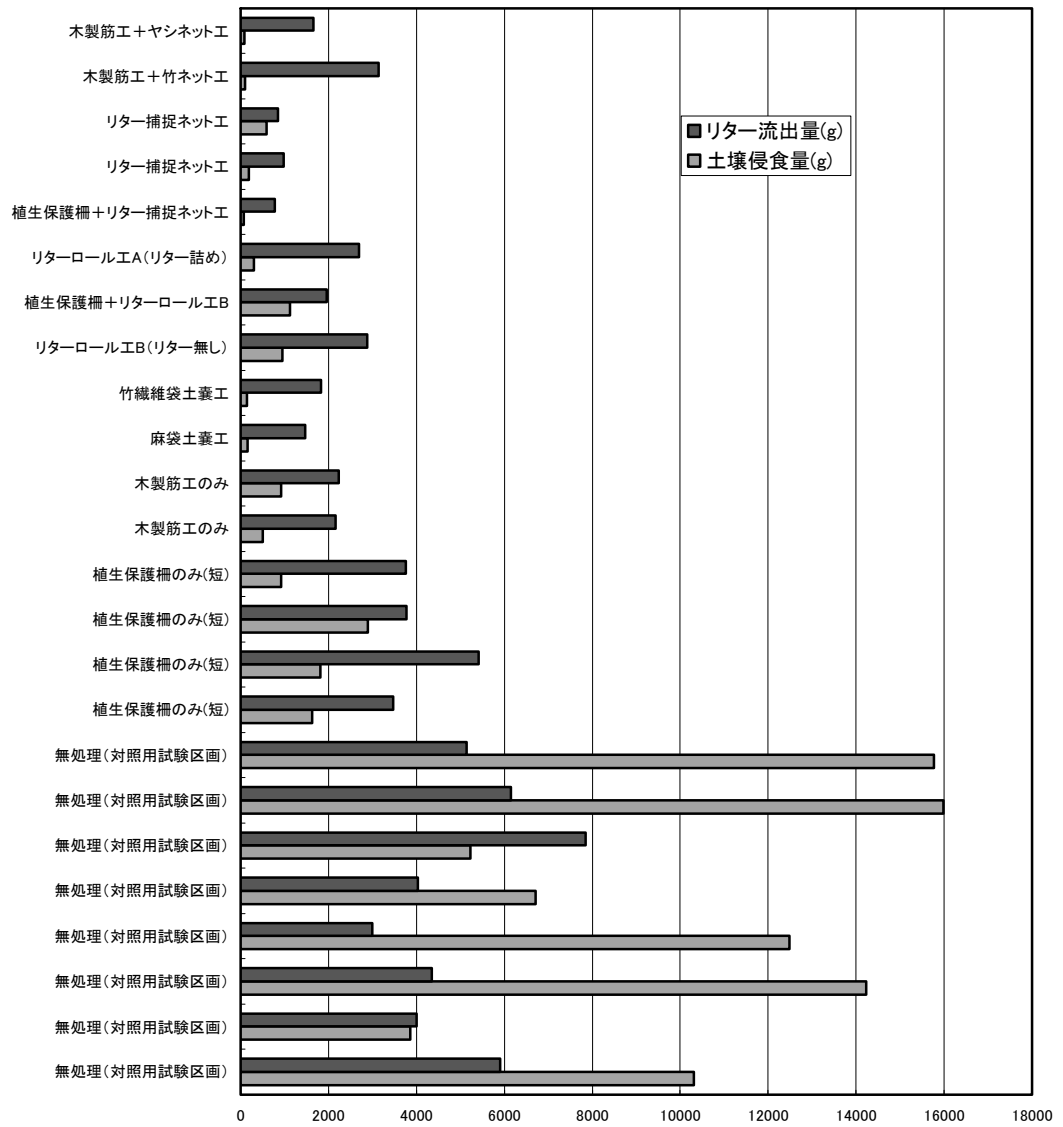
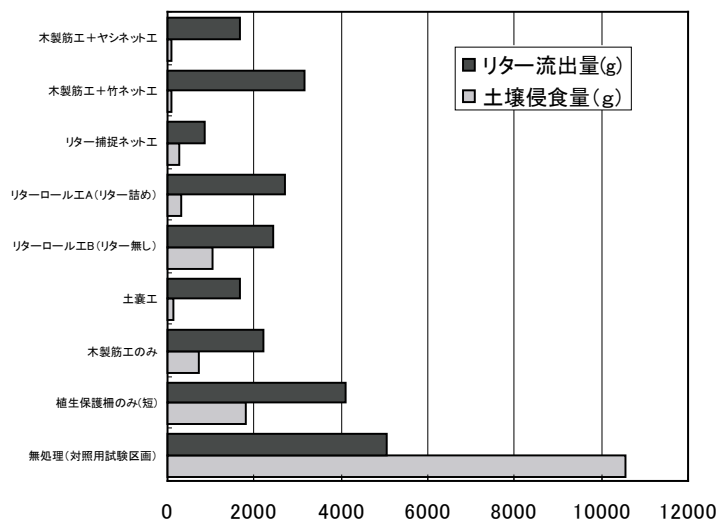


図 12. 2006 年 3 月 31 日 ~ 12 月 3 日における各測定期間内の累積降雨量



土壌侵食量とリター流出量 (g)

図 13. 2005 年 12 月～2006 年 12 月 3 日の各対策手法の試験区画の土壌侵食量およびリター流出量



手法別平均土壌侵食量とリター流出量 (g)

図 14. 対策手法別平均土壌侵食量とリター流出量 (2005 年 12 月～2006 年 12 月 3 日の合計)

表 1. 緊急対策手法の試験区画別の土壌侵食量, リター流出量測定結果 (2005 年 12 月 ~ 2006 年 12 月 3 日)

試験区画番号	対策手法種類	土壌侵食量 (g)	リター流出量 (g)
5	無処理 (対照用試験区画)	10305.8	5909.0
10	無処理 (対照用試験区画)	3864.2	4002.5
12	無処理 (対照用試験区画)	14232.1	4343.1
16	無処理 (対照用試験区画)	12478.6	2990.8
19	無処理 (対照用試験区画)	6706.3	4026.7
23	無処理 (対照用試験区画)	5230.7	7853.5
26	無処理 (対照用試験区画)	15977.5	6145.8
30	無処理 (対照用試験区画)	15768.4	5141.5
9	植生保護柵のみ(短)	1626.8	3465.4
24	植生保護柵のみ(短)	1815.1	5409.5
25	植生保護柵のみ(短)	2897.7	3772.3
27	植生保護柵のみ(短)	918.9	3760.2
6	木製筋工のみ	499.1	2160.1
7	木製筋工のみ	924.3	2230.0
17	麻袋土嚢工	158.9	1469.5
18	竹繊維袋土嚢工	143.8	1824.1
14	リターロール工B (リター無し)	952.6	2883.3
22	植生保護柵+リターロール工B	1123.2	1958.6
13	リターロール工A (リター詰め)	308.2	2687.8
11	植生保護柵+リター捕捉ネット工	75.0	783.9
15	リター捕捉ネット工	185.3	983.7
20	リター捕捉ネット工	583.8	850.9
1	木製筋工+竹ネット工	98.2	3145.4
2	木製筋工+ヤシネット工	90.6	1661.1
平均		4040.2	3310.8

表 2. 対策手法別の平均土壌侵食量とリター流出量 (2005 年 12 月設置から 2006 年 12 月 3 日までの合計)

手法別	土壌侵食量 (g)	無処理の 1/x	侵食深 (mm)	順位	リター流出量 (g)	無処理の 1/y	順位
無処理(対照用試験区画)	10570.5	1	1.89	9	5051.6	1.0	9
植生保護柵のみ(短)	1814.6	6	0.32	8	4101.9	1.2	8
木製筋工のみ	711.7	15	0.13	6	2195.1	2.3	4
土嚢工	151.4	70	0.03	3	1646.8	3.1	2
リターロール工B(リター無し)	1037.9	10	0.19	7	2421.0	2.1	5
リターロール工A(リター詰め)	308.2	34	0.06	5	2687.8	1.9	6
リター捕捉ネット工	281.4	38	0.05	4	872.8	5.8	1
木製筋工+竹ネット工	98.2	108	0.02	2	3145.4	1.6	7
木製筋工+ヤシネット工	90.6	117	0.02	1	1661.1	3.0	3

C 植生保護柵の内側と外側の比較

植生保護柵の内側では林床植生およびリターはシカによる食害を受けない。一方、植生保護柵の外側では林床植生およびリターはシカによる食害を受けて林床植生の生育(回復)が悪くなったり、リターの堆積量が減少することが考えられる。そこで植生保護柵の内側と外側に設置された同じ種類の対策手法での土壌侵食量とリター流出量を比較することによりシカによる採食の影響を検討する。図 15, 16 においては植生保護柵の内側と外側の両方に設置された「リターロール B」と「リター捕捉ネット工」について植生保護柵の内側に設置されたもののプロットを示す。図 15, 16 より、植生保護柵の外側よりも内側の方が土壌侵食量およびリター流出量がわずかに少ない傾向が認められるものの大きな差はない。これは、植生保護柵が設置されてからまだ 1 年未満であるためにシカによる林床植生やリターの採食の影響が未だ小さいためと考えられる。

D リター流出量と土壌侵食量の関係

対策手法毎のリター流出量と土壌侵食量の関係を図 17 示す。「無処理(対照用試験区画および南斜面試験区画)」

ではリター流出量と土壌侵食量の相関は認められない。これに対して対策手法全体ではリター流出量と土壌侵食量にはある程度の相関があり、リター流出量が多いほど(すなわちリター捕捉・堆積量が少ないほど)土壌侵食量も増大する傾向が認められる。対策手法によりリター捕捉・堆積量を増加させることにより土壌侵食量を減少させることがある程度可能と考えられる。

(2) 主な対策手法の植生およびリター被覆率の月別変化と土壌侵食量, リター流出量の月別変化

A 無処理の斜面

8 個の無処理の(対照用)試験区画における土壌侵食量, リター流出量の平均値の推移および期間内の雨量を図 18 に、雨量 1mm 当たりの土壌侵食量, リター流出量および植生被覆率, リター被覆率および合計被覆率の平均値の推移を図 19 に示す。図 18 より土壌侵食量は 7 ~ 8 月に多く、リター流出量は冬季(12 月 ~ 4 月)および秋期(10 ~ 11 月)に多く、6 ~ 9 月に少ない。また植生被覆率は 7 ~ 9 月に多く、逆にリター被覆率は 7 ~ 9 月に少ない。さらに植生被覆率とリター被覆率の合計被覆率は

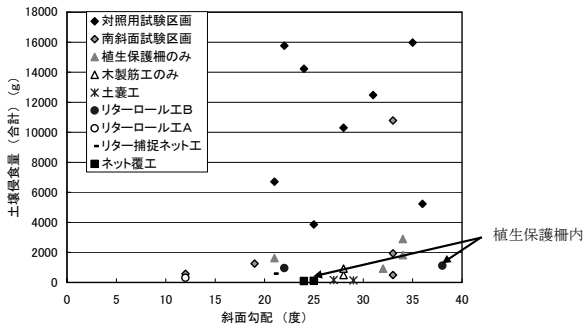


図 15. 斜面勾配と土壌侵食量 (2005 年 12 月～2006 年 12 月 3 日の合計)

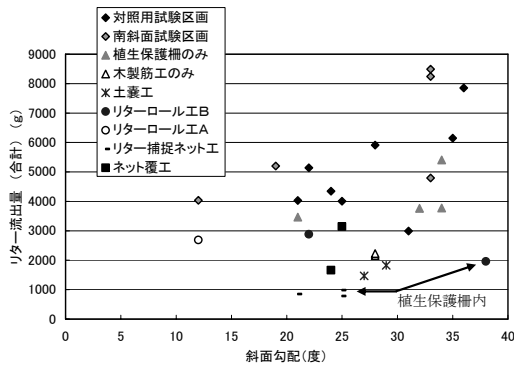


図 16. 斜面勾配とリター流出量 (2005 年 12 月～2006 年 12 月 3 日の合計)

5～7月に少ないが、4～8月までは大きな変化はなく約30～50%であり、9月以降はリターの供給により急速に増加する。雨量1mm当たりの土壌侵食量は7～8月に多いが、これは植生被覆率が最大の時期、リター被覆率の小さい時期に当たる。このことから、土壌侵食量は植生被覆率の変化よりも降雨量、リター被覆率の変化により大きく影響されていると考えられる。

B 植生保護柵のみ (短)

4個の植生保護柵のみ (短) の試験区画における土壌侵食量、リター流出量の平均値および期間内雨量の推移を図20に、雨量1mm当たりの土壌侵食量、リター流出量および植生被覆率、リター被覆率および合計被覆率の平均値の推移を図21に示す。図20より土壌侵食量は無処理の (対照用) 試験区画よりも少なく、リター流出量の量および月別の変化は無処理の (対照用) 試験区画とほぼ同じである。また植生被覆率、リター被覆率および合計被覆率の月別推移も基本的には無処理の (対照用) 試験区画とほぼ同じである。しかしながらリター被覆率および合計被覆率は無処理の (対照用) 試験区画よりも約10%多い。無処理の (対照用) 試験区画の場合と同様に、土壌侵食量は植生被覆率よりもリター被覆率の影響を強く受けていると考えられる。植生保護柵施工後1年目であるので植生保護柵内の林床植生の回復はほとんど認められないが、リターの捕捉効果はわずかに認められる。

C 木製筋工 + ネット被覆工

木製筋工 + 竹ネット工および木製筋工 + ヤシネット工の平均値 (以下、木製筋工 + ネット被覆工と呼ぶ) の試験区画における土壌侵食量、リター流出量の平均値および測定期間内の雨量の推移を図22に、雨量1mm当たりの土

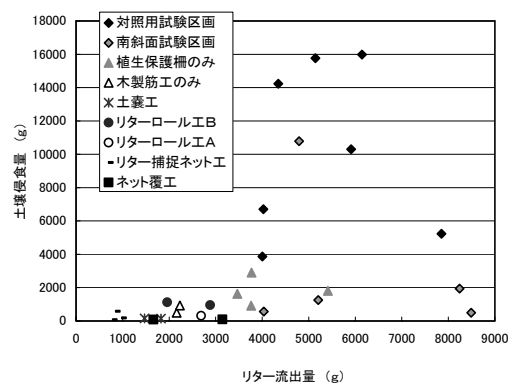


図 17. リター流出量と土壌侵食量 (2005 年 12 月～2006 年 12 月 3 日の合計)

壤侵食量、リター流出量および植生被覆率、リター被覆率および合計被覆率の平均値の推移を図23に示す。

図22より土壌侵食量は無処理の (対照用) 試験区画と比べて非常に少なく、リター流出量の推移も無処理の (対照用) 試験区画と比べて少ない。合計被覆率およびリター被覆率の月別変化では無処理の (対照用) 試験区画に比べて4月には被覆率は小さいがその後はほぼ同様な値で推移する。一方、植生被覆率は無処理の (対照用) 試験区画よりも約10%小さくなっているがこれはネットで地表面を覆っているためと思われる。土壌侵食量は全体に少なく、植生被覆率の変化およびリター被覆率の変化による影響はほとんど認められない。

D リター捕捉ネット工

3個のリター捕捉ネット工の試験区画における土壌侵食量、リター流出量の平均値および期間内雨量の推移を図24に、雨量1mm当たりの土壌侵食量、リター流出量および植生被覆率、リター被覆率および合計被覆率の平均値の推移を図25に示す。

図24より土壌侵食量、リター流出量は無処理の (対照用) 試験区画に比べて非常に少ない。植生被覆率および合計被覆率の月別変化では無処理の (対照用) 試験区画とほぼ同様の値を示す。一方、リター被覆率の値は (対照用) 試験区画と比べてやや小さい。土壌侵食量は全体に少なく、リター被覆率の変化により若干影響されていると考えられる。

E 対策手法による比較

土壌侵食量が多く、植生被覆率が高く、リター被覆率が低い8月7日に測定した土壌侵食量およびリター流出量 (7月16日～8月7日に流出したもの) ならびに8月7日の植生被覆率、リター被覆率および合計被覆率について対策手法別に比較した結果を図26に示す。図26より植生被覆率、リター被覆率および合計被覆率と土壌侵食量の相関は低く、土壌侵食量の変化は被覆率よりも対策手法 (施設) の構造により大きく影響されていると考えられる。

(3) 施工性 (経費) と土壌侵食軽減効果による比較

施工箇所は林道終点から約0.8kmも離れており、標高差も約300mもあることから資材の運搬は主としてモノレールにより行われている。このため資材の運搬費も施工費に大きな割合を占める。基本的には施工性は施工の人員費を左右するために、施工性の善し悪しは建設費用に反映される。このことから、施工性を判断する指標として試験施工

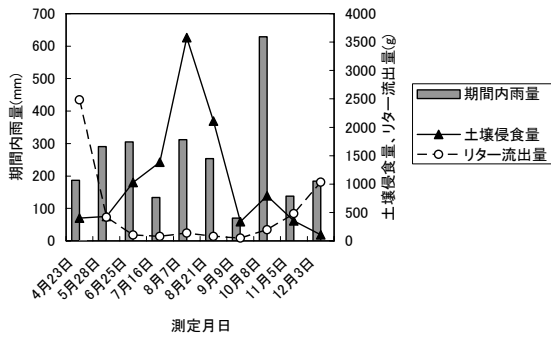


図 18. 土壌侵食量とリター流出量および期間内雨量（無処理平均，2006 年）

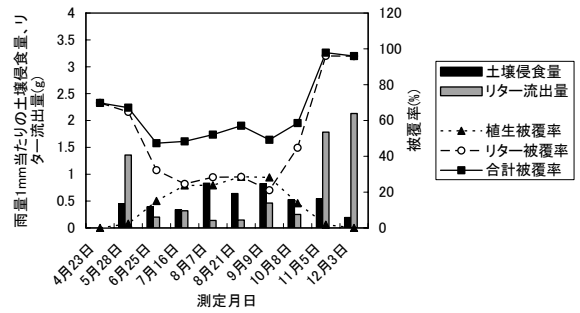


図 21. 雨量 1mm 当たりの土壌侵食量とリター流出量および植生、リターおよび合計被覆率（植生保護柵のみ（短），2006 年）

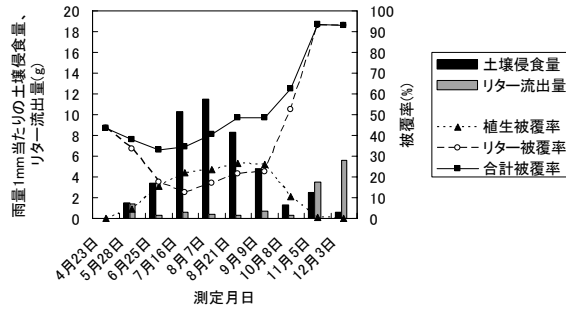


図 19. 雨量 1mm 当たりの土壌侵食量とリター流出量および植生、リターおよび合計被覆率（無処理平均，2006 年）

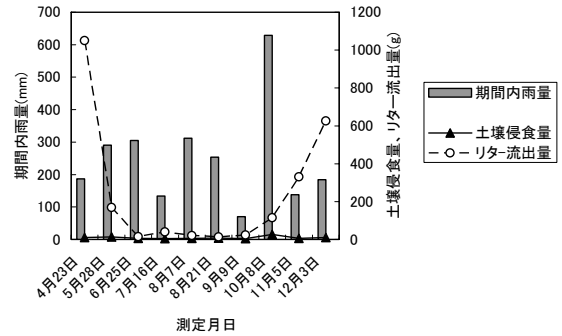


図 22. 土壌侵食量とリター流出量および期間内雨量（木製筋工 + ネット被覆工，2006 年）

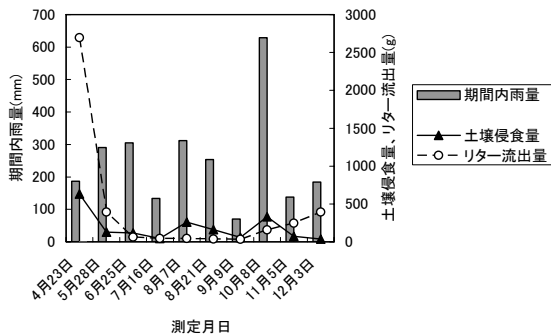


図 20. 土壌侵食量とリター流出量および期間内雨量（植生保護柵のみ（短），2006 年）

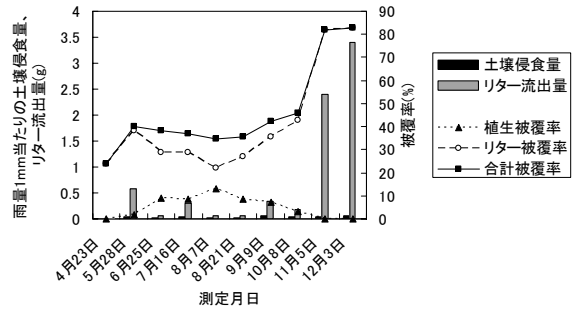


図 23. 雨量 1mm 当たりの土壌侵食量とリター流出量および植生、リターおよび合計被覆率（木製筋工 + ネット被覆工，2006 年）

に要した建設費用を用いて比較することとした。ただし、植生保護柵に関しては、特注品と既製品が混在しているために単純な比較は困難であり、さらに、植生保護柵の主要な目的である林床植生の回復は、施工後 1 年未満と短いために現時点での評価は不可能であると考えて省いた。植生保護柵を除いた試験施工の各手法の土壌侵食軽減効果と建設費用（施工性）を比較した結果を表 3 に示す。土壌侵食量の軽減を重視する場合には土壌侵食軽減効果の大きいものを選定し、費用対効果を考える場合には土壌侵食軽減効果と建設費用のバランスを考慮して選定することが妥当と考えられる。ただし、土壌侵食軽減効果は今回の調査が施工後約 1 年間の調査結果であり、十分なデータが得られていない段階であることに注意する必要がある。より精度の高い評価をするためには、引き続き追跡調査を実施していく必要がある。

6. まとめ

2005 年 12 月～2006 年 12 月 3 日の期間における各土

壌侵食対策手法の土壌侵食軽減効果とリター流出軽減効果、植生被覆率の変化、リター被覆率の変化について検討した結果、以下の傾向が認められた。なお、以下に述べる傾向は施工後約 1 年間の追跡調査結果であるため、より精度の高い評価を行うためには引き続き追跡調査を実施して行く必要がある。

(1) 全ての対策手法において土壌侵食量およびリター流出量は軽減されている。

(2) 土壌侵食量の軽減効果が大きいのは、木製筋工 + ヤシネット工（無処理の対照用試験区画の土壌侵食量の約 1 / 117，以下同様），木製筋工 + 竹ネット工（1 / 108），土嚢工（1 / 70），リター捕捉ネット工（1 / 38），リターロール工 A（リター詰め）（1 / 34），木製筋工のみ（1 / 15），リターロール工 B（リター無し）（1 / 10），植生保護柵のみ（短）（1 / 6）の順である。

(3) リター流出量の軽減に効果が大きいのは、リター捕捉ネット工（無処理の対照用試験区画のリター流出量の約 1 / 5.8），土嚢工（1 / 3.1），木製筋工 + ヤシネット工（1 / 3.0），

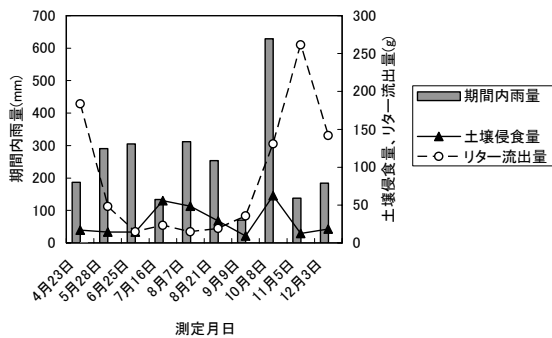


図 24. 土壌侵食量とリター流出量および期間内雨量 (リター捕捉ネット工, 2006 年)

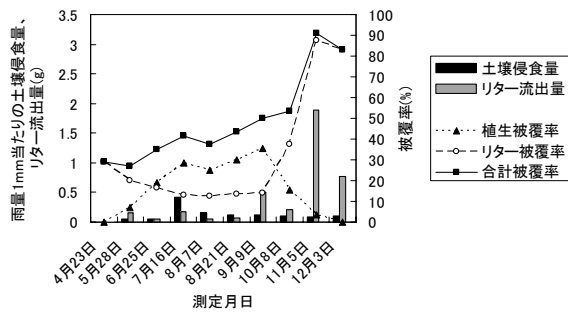


図 25. 雨量 1mm 当たりの土壌侵食量とリター流出量および植生, リターおよび合計被覆率 (リター捕捉ネット工, 2006 年)

木製筋工のみ (1/2.3), リターロール工 B (リター無し) (1/2.1), リターロール工 A (リター詰め) (1/1.9), 木製筋工 + 竹ネット工 (1/1.6), 植生保護柵のみ (短) (1/1.2) の順である。リター流出量は土壌侵食量に比べて, 各対策手法間の差は小さい。

(4) 全体として, 今回の試験区画設置箇所の斜面勾配変化 $12^{\circ} \sim 38^{\circ}$ の範囲では土壌侵食量およびリター流出量と斜面勾配との相関はほとんど認められなかった。

(5) 植生保護柵の外側と内側の土壌侵食量およびリター流出量には大きな差はない。これは植生保護柵が設置されてからまだ 1 年未満であるためにシカによる林床植生やリターの採食の影響が未だ小さいためと考えられる。

(6) 対策手法間ではリター流出量と土壌侵食量には有る程度の相関があり, リター流出量が多いほど (すなわちリター捕捉・堆積量が少ないほど) 土壌侵食量も増大する傾向が認められる。

(7) 無処理の対照用試験区画では土壌侵食量は 7 ~ 8 月に多く, リター流出量は冬季 (12 月 ~ 4 月) および秋期 (10 ~ 11 月) に多く, 6 ~ 9 月に少ない。また植生被覆率は 7 ~ 9 月に高く, 逆にリター被覆率は 7 ~ 9 月に小さい。さらに, 植生被覆率とリター被覆率の合計被覆率は 5 ~ 7 月に少ないが, 4 ~ 8 月までは大きな変化はなく約 30 ~ 60% であり, 11 月になると約 90% に急上昇する。各観測期間の降雨量と比較すると土壌侵食量は 7 ~ 8 月に多く, これは植生被覆率が最大の時期, リター被覆率の

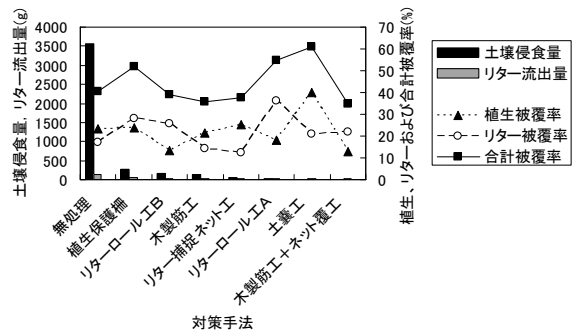


図 26. 2006 年 8 月 7 日測定 of 対策手法別土壌侵食量とリター流出量および植生, リター, 合計被覆率

表 3. 各対策手法の土壌侵食軽減効果と建設費用 (施工性) の比較 (植生保護柵を除く)

対策手法	土壌侵食軽減効果	建設費用 (施工性)
木製筋工+ヤシネット工	特大	中
木製筋工+竹繊維ネット工		
土壌工	大	大
リター捕捉ネット工	中	小
リターロール工A	中	大
木製筋工のみ	小	小
リターロール工B	小	小

小さい時期に当たる。このことから, 土壌侵食量の月別変化は植生被覆率の変化よりも降雨量およびリター被覆率の変化に大きく影響されていると考えられる。

(8) 対策手法を設置した試験区画では土壌侵食量, リター流出量は無処理の試験区画よりも減少するが月別の推移の傾向 (波型) はほぼ同様である。また植生被覆率, リター被覆率および合計被覆率の月別推移の傾向 (波型) も基本的には無処理の (対照用) 試験区画とほぼ同じである。土壌侵食量の月別変化は植生被覆率の変化よりも降雨量やリター被覆率により強く影響されていると考えられる。

(9) 対策手法の間では植生被覆率, リター被覆率および合計被覆率と土壌侵食量の相関は低く, 土壌侵食量の変化はこれらの被覆率の変化よりも対策手法 (施設) の構造に大きく影響されていると考えられる。

最後に, 関係者各位から賜った多大なご支援, ご協力に対し深甚なる謝意を表する次第である。

文献

- 北原 曜, 2002. 植生の表面侵食防止機能. 砂防学会誌 54(5): 92-101.
- 村井 宏・岩崎 勇作・石井 正典, 1973. 落葉地被物の侵食防止効果についての実験. 第 84 回日林講: 377-379.