

# 東丹沢堂平における土壌保全工の土壌侵食軽減効果の評価

石川芳治\*・内山佳美\*\*

## Effect of soil conservation structures on reducing erosion at Dodaira, East Tanzawa Mountains

Yoshiharu ISHIKAWA\*, Yoshimi UCHIYAMA\*\*

### 要 旨

東丹沢堂平地区ではシカの採食圧により林床植生が衰退し、このため激しい土壌侵食が発生している。リターを林床上に捕捉・定着させることで、土壌侵食の軽減を図るための9種類の土壌保全工の土壌侵食調査プロットを試験的に施工した。これらの土壌侵食調査プロットにおいて樹冠通過雨量、土壌侵食量、リター流出量、林床合計被覆率（林床植生被覆率+林床リター被覆率）等の現地観測を行い、9種の土壌保全工の土壌侵食軽減効果を検討した。その結果、全ての土壌保全工において、設置直後から土壌侵食量が大幅に軽減された。設置直後において最も土壌侵食軽減効果の高かったヤシネット工、竹ネット工では、土壌保全対策を行っていない無処理の土壌侵食調査プロットと比較すると、土壌侵食量は1/100以下となった。土壌侵食軽減効果の高低、軽減効果発揮の遅速、経年による効果の増減などにより各土壌保全工をグループ分けした。これらの成果は、丹沢堂平地区の林床植生衰退地において土壌保全工の計画、設置を行う際に、現地の状況に応じて適切な対策手法を選ぶための資料として用いることができると考えられる。

### I はじめに

東丹沢の堂平地区では約30年前からシカの採食により林床植生であるスズタケが衰退し、これに伴って林床におけるリター（落葉・落枝）の堆積量も減少し、最近では林床が裸地化し、広い範囲にわたっ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貯水ダムの利用可能年数の低下をひき起こす

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、それに繋がる溪流における生態系、貯水ダムに関連する水資源など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。

林床植生衰退地における土壌侵食を防止・軽減する手法としては、林床植生を回復する手法（北原, 2002）、リターなどの被覆物を林床上に設置する手法（村井ら, 1973）、斜面勾配を緩くする手法（駒村, 1978）が有効であると考えられる。平成16～17年に丹沢堂平地区で実施した調査から、リター堆積量の季節変化が土壌侵食量の季節変化に影響を与えていることが明らかになった（若原ら, 2008）。そこで、上層木より供給されるリターを林床上に捕

\* 東京農工大学大学院 農学研究院 (〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8)

\*\* 神奈川県自然環境保全センター 研究企画部 研究連携課 (〒243-0121 厚木市七沢 657)

捉・定着させることで、土壌侵食の抑制を期待するリター捕捉手法を用いた土壌保全工がいくつか提案された。これらの土壌保全工が丹沢の堂平地区に適するか否かを検討するため異なる種類の土壌保全工が平成17年12月および平成18年10月に現地において設置された。本研究では平成17、18年度に神奈川県が清川村堂平地区で試験的に施工を行った土壌保全工の土壌侵食調査プロット44個および平成16年度に堂平地区に設置した土壌侵食調査プロット4個、計48個の土壌侵食調査プロットについて、土壌保全工の土壌侵食軽減効果を追跡することにより、丹沢堂平地区のブナ林に適する土壌保全工を明らかにするとともに、丹沢堂平地区以外の水源の森林エリアにおける土壌保全にも活用できるように、土壌保全工による土壌侵食軽減状況および土壌保全工による林床植生回復状況を明らかにし、土壌保全工による土壌侵食軽減効果の評価を行うことを目的とする。

## Ⅱ 土壌保全工の種類

平成16年～17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も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/m<sup>2</sup>）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、リターを捕捉することにより土壌侵食を軽減する土壌保全工を検討して平成17年12月および平成18年10月に次に示す9種類の土壌保全工が神奈川県により堂平地区に試験的に施工された。

### 1 リター捕捉ネット工

写真1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で網目の大きさ約1cmのヤシ繊維でできたネット（以下ヤシネットと呼ぶ）を設置した。



写真1 リター捕捉ネット工



写真2 リターロール工（タイプB）

### 2 リターロール工 A、B

ヤシネットを巻いて直径約20cmのロール状にし、写真2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。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したものがタイプAであり、ロール内にリターを詰めていないものがタイプBである。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かった。

### 3 リター捕捉土嚢工

ネットやロールの代わりに土嚢袋を2段に積んで、写真3に示すように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



写真3 リター捕捉土嚢工（麻袋）

採取の土砂を詰めたが、この作業に手間がかかり、施工性は極めて悪い結果となった。

#### 4 木製筋工および木製筋工+ネット伏工

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、木製筋工の横木の間の地表面を竹繊維ネットあるいはヤシ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。木製筋工は直径約10cmの丸棒加工した丸太を2本積んで横木とし、これを1m間隔で杭木により斜面に固定したものである（写真4）。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。伏工としては竹繊維ネットあるいはヤシネットで地表面を覆った。



写真4 木製筋工+ネット伏工（竹繊維ネット）

#### 5 急斜面用植生保護柵

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 $30^{\circ}$ 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（写真5）。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。



写真5 急斜面用植生保護柵工

#### 6 リター捕捉金網工

金属製の網によりリターを捕捉し堆積させることにより土壌侵食を軽減することを目的としている。写真6に示すように、2枚の $4\text{m} \times 1\text{m}$ の金属網（横方向の網目間隔10cm、縦方向の網目間隔5cm）を等高線方向に「λ」型（ $45^{\circ}$ ）に設置し、これらを上下に1m離して計2列を設置した。

#### 7 対照用無処理の土壌侵食調査プロット

土壌保全工を設置した場合の土壌侵食量と比較するために、土壌保全工を設置しない（無処理の）対照用の土壌侵食調査プロット（幅2m、長さ5m）を平成17年12月および平成18年10月にそれぞれ8か所および5か所、計13箇所設置した。



写真6 リター捕捉金網工

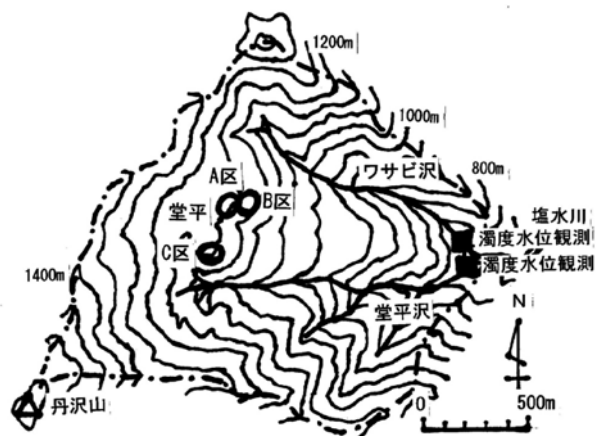
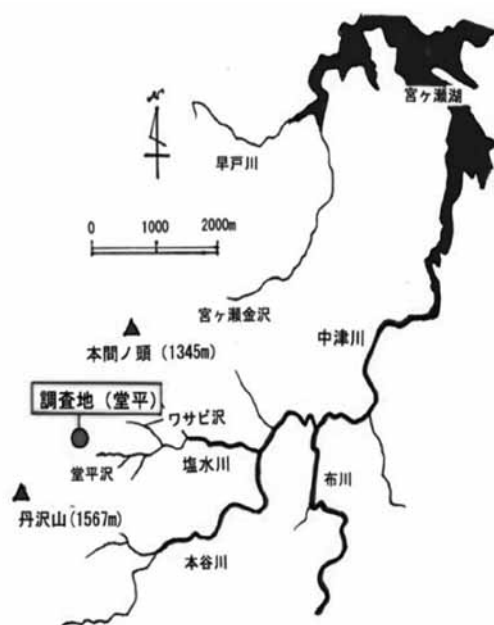
図2 堂平地区の地形図と土壌侵食調査  
A区、B区、C区の位置図

図1 堂平地区位置図

### Ⅲ 調査地概要および土壌保全工の配置

#### 1 調査地概要

調査地は神奈川県愛甲郡清川村の東丹沢、堂平地区（図1）である。堂平地区は相模川流域の宮ヶ瀬ダム上流の中津川左支川である塩水川流域に位置し、表層は厚さ2～3mのローム（火山灰）で覆われており、透水性は比較的良好である。基盤は凝灰質の砂岩・泥岩からなる。斜面勾配は5°～36°であり、標高は約1150～1225mである。植生はヤマボウシ・ブナ群集で、高さ25～30mのブナが卓越している。林床植生は約30年前まではスズタケが

卓越していたが、現在ではシカの採食によりほとんど見られず、モミジイチゴ、バライチゴ、オオバノヤエムグラ、アザミ類等のシカの不着好性植物が一部で見られる。堂平地区における土壌侵食調査地は図2に示すように南東向きの斜面にあるA区とB区およびそこから約400メートル離れた南向きの斜面（C区）の3区域からなり、日射は比較的良好である。林内の林床植生はシカの採食圧により衰退しているが、A区、B区とC区の一部では、シカによる採食を防ぐために植生保護柵が設置されているので、植生保護柵内では林床植生はある程度回復している。調査箇所のブナ林の立木密度は366本/haで平均直径は26.9cmである。なお、丹沢山地は昭和40年に国定公園に指定されている。

#### 2 土壌保全工および土壌侵食調査プロットの配置

丹沢堂平地区のA区、B区には計53個の土壌保全工（平成17年12月に24か所、平成18年10月に29か所）および13箇所の対照用無処理の土壌侵食調査プロットが設置された。これらのうちの31か所（平成17年12月に16か所、平成18年10月に15か所設置）の土壌保全工および13か所の対照用無処理の土壌侵食調査プロットについては区画の下部に土壌侵食量および流出リター量を測定するために捕捉用マットを設置した。図3にA区、B区における土壌保全工および対照用無処理の土壌侵食調査プロットの配置を示す。表1にA区およびB区の土壌保全工の工種別の土壌侵食調査プロットの数量

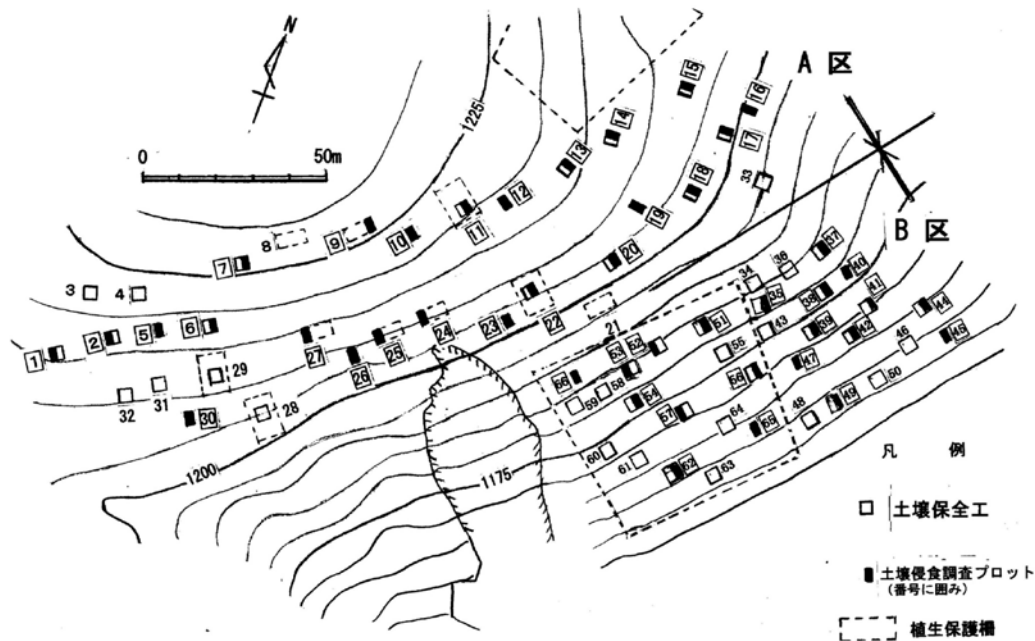


図3 A区、B区における土壌保全工および土壌侵食調査プロットの配置図

表1 A区およびB区の工種別の土壌侵食調査プロットの数量一覧表

| 工法別の調査プロット   | A区<br>(2005年12月設置) | B区<br>(2006年10月設置) | 工法別合計 |
|--------------|--------------------|--------------------|-------|
| 木製筋工+竹ネット工   | 1                  | 4                  | 5     |
| 木製筋工+ヤシネット工  | 1                  | 3                  | 4     |
| 木製筋工のみ       | 2                  | —                  | 2     |
| リター捕捉ネット工    | 3                  | —                  | 3     |
| リターロール工A     | 1                  | —                  | 1     |
| リターロール工B     | 2                  | 2                  | 4     |
| 土嚢工          | 2                  | —                  | 2     |
| 植生保護柵工       | 4                  | —                  | 4     |
| 金網筋工         | —                  | 6                  | 6     |
| 無処理のプロット     | 8                  | 5                  | 13    |
| 土壌侵食調査プロット合計 | 24                 | 20                 | 44    |

を表す。C区に設置された土壌侵食調査プロット(すべて無処理で4箇所)の配置を図4に示す。

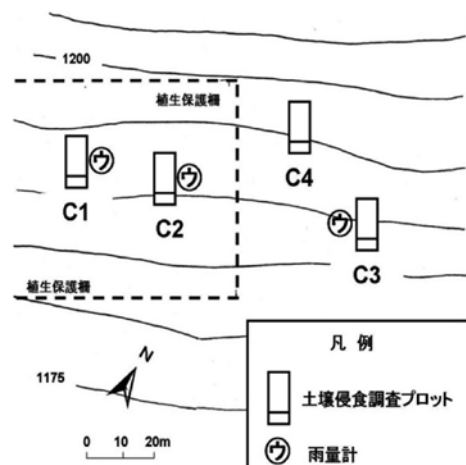


図4 C区内の土壌侵食調査プロットと雨量計の配置図



## IV 調査方法

### 1 樹冠通過雨量の測定

樹冠通過雨量は図4に示すC区の林内に設置した3個の雨量計（大田計器製作所製、No. 34-T, 転倒柵型、1転倒0.5mm）およびデータロガー（ウジン社製、UIZ3639）を用いて平成18年～平成23年の4月～11月の間測定した。この3個の雨量計で測定した樹冠通過雨量の平均値を以下では単に樹冠通過雨量と呼ぶこととする。

### 2 土壌侵食量の測定

土壌侵食調査プロット（無処理）の模式図を図5に示す。プロットの下部に設置した土砂捕捉マットに堆積した土砂およびリターの採取は平成18年～平成23年の4月～11月の間、毎月1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、洗浄により土砂とリターに分離した後に、105℃で48時間をかけて乾燥してそれぞれの絶乾質量を測定した。積雪などにより調査が困難となる冬季は観測を行わなかった。

### 3 林床合計被覆率の測定

各土壌侵食調査プロットについて、林床合計被覆率を調査するために、毎月1回の土砂およびリター採取時に各土壌侵食調査プロット内の地表面の上に、1m×1mのコドラートを置いて写真撮影を行い、撮影した写真を用いてPhotoshopにより林床合計被覆率を測定した。その方法は、まず「変形」ツ

ル中の「遠近法」によりゆがみを処理し、コドラート中の部分を正方形にして切り出し、次に切り出した部分のピクセル数（全ピクセルとする）を測定し、次に「自動選択」ツールにより林床植生と同一色調の部分およびリターと同一色調の部分の写真7に示すようにそれぞれ選択し、それぞれのピクセル数を計測した。最後に、植生部分のピクセル数を全ピクセル数で割って得た値を林床植生被覆率、リター部分のピクセル数を全ピクセル数で割って得た値をリター被覆率とし、植生被覆率とリター被覆率の合計値を林床合計被覆率とした。また、写真上露出している土砂の面積率+林床合計被覆率=100%から、露出している土砂の面積率を測定して、林床合計被覆率を計算することもできる。



(a) 1m×1m コドラート写真



(b) 灰色部分は植生, 白い部分はリター

写真7 林床植生・リター被覆率測定図

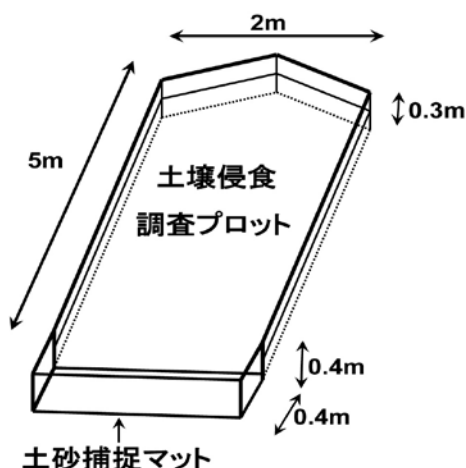


図5 土壌侵食調査プロットの模式図

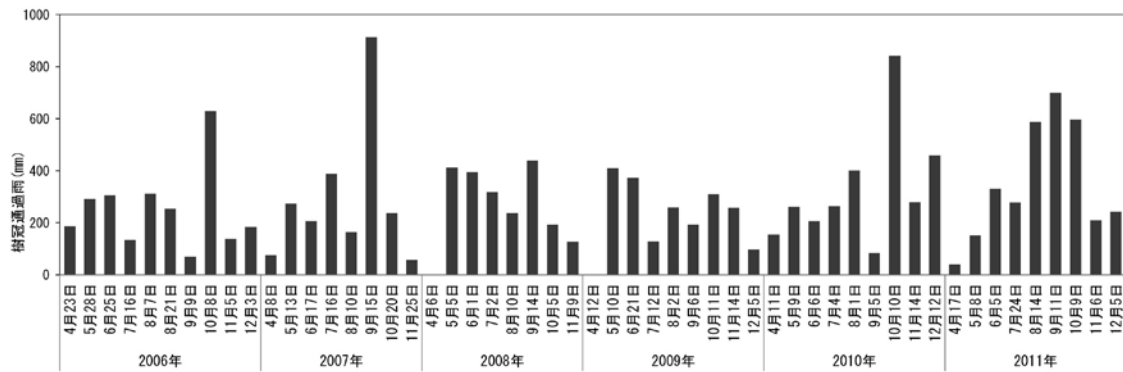


図6 2006年～2011年の4月～11月の月別積算樹冠通過雨量

## V 結果および考察

### 1 樹冠通過雨量

図6に2006年(平成18年)～2011年(平成23年)の月別の樹冠通過雨量を示す。なお、各月の区切りは土壌侵食量の調査日となっている。2006年の3月31日～12月3日(248日)、2007年の3月25日～11月25日(246日)、2008年の4月6日～11月9日(218日)、2009年の4月12日～12月5日(238日)、2010年の3月28日～12月12日(259日)および2011年の3月30日～12月4日(248日)の間の樹冠通過雨量の合計はそれぞれ2502.0mm、2315.0mm、2120.6mm、2123.3mm、2420.9mm、3135.3mmである。2011年は6年間では降雨量が最も多い年であった。

### 2 土壌侵食量の経年変化

図7には、A区の各土壌保全工における平成18年(2006)～平成23年(2011)の年別積算土壌侵食量(工種別プロット当たりの平均値)を示す。A区の土壌保全工の土壌侵食量については、平成18年4月23日から平成23年11月6日までの6年間、毎月1回(冬期を除く)調査した。図8にはB区の各土壌保全工における平成19年(2007)～平成23年(2011)の年別積算土壌侵食量を示す。B区の土壌保全工の土壌侵食量については、平成19年4月22日から平成23年11月20日までの5年間、毎月1回(冬期を除く)調査した。A区、B区ともに積雪などにより調査が困難となる冬季(12月～3月)は観測を行わなかったため、4月に観測された冬期(前年12月～その年の3月)の土壌侵食量はその年

の土壌侵食量と見なして加えている。

図7、8より、土壌保全工を設置していない無処理の土壌侵食調査プロットでも、土壌侵食量は経年により徐々に減少していることがわかった。一方、土壌保全工を設置した土壌侵食調査プロットでは、設置した年には土壌侵食量は急激に減少するが、その後は経年により土壌侵食量が増加している工種と減少している工種がある。また、年により増加、減少と変化している工種もある。平成23年はそれまでの6年間では最も降雨量が多かったこともあり、特にB区において土壌侵食量が増加している。A区、B区を通じて土壌侵食量が最も少ないのは、リター捕捉ネット工である。しかし、土壌保全工の設置時点の林床合計被覆率は異なるため、各年の積算土壌侵食量の多寡のみから単純に各土壌保全工の土壌侵食軽減効果を評価することはできない。このため、林床合計被覆率と樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量の関係式を用いて土壌保全工の土壌侵食軽減効果を評価する必要がある。

### 3 林床植生、リターおよび林床合計被覆率の月別変化

図9、10にA区およびB区の土壌侵食調査プロットにおける平成22年(2010)、平成23年(2011)の各プロットを平均した林床植生被覆率、リター被覆率および林床合計被覆率の月毎の変化を示す。林床植生被覆率は春季(4～6月)に低く、夏季(7月～9月)に高く、秋季(10月～11月)にまた小さくなる。一方、リター被覆率は春季(4～6月)には高く、夏季(7月～9月)に小さくなり、秋季(10

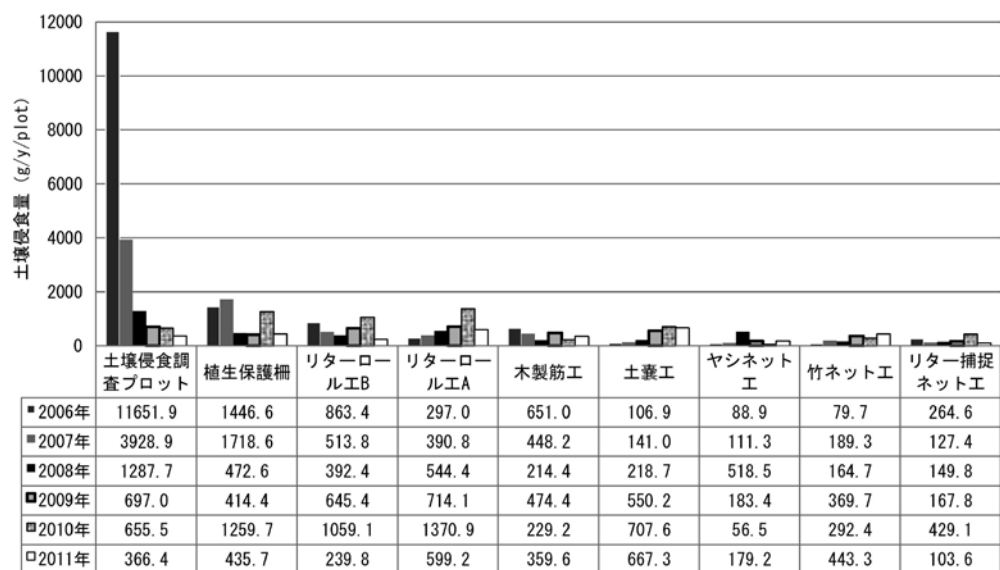


図7 A区の土壌保全工における2006～2011年の年別積算土砂侵食量（工種別プロット平均）

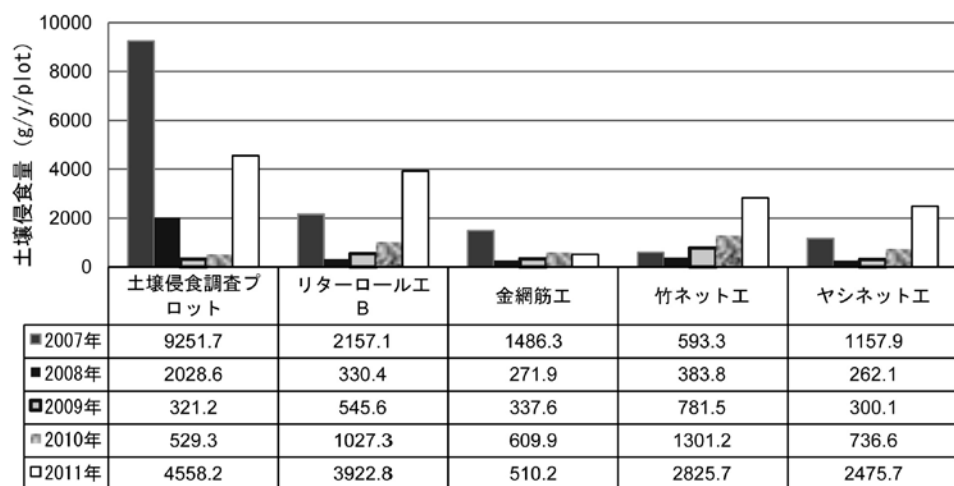


図8 B区の土壌保全工における2007～2011年の年別積算土壌侵食量（工種別プロット平均）

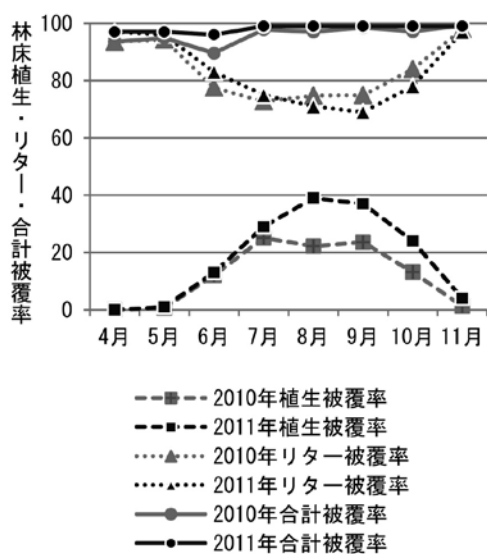


図9 2010年、2011年のA区における林床植生・リターおよび林床合計被覆率の月別変化

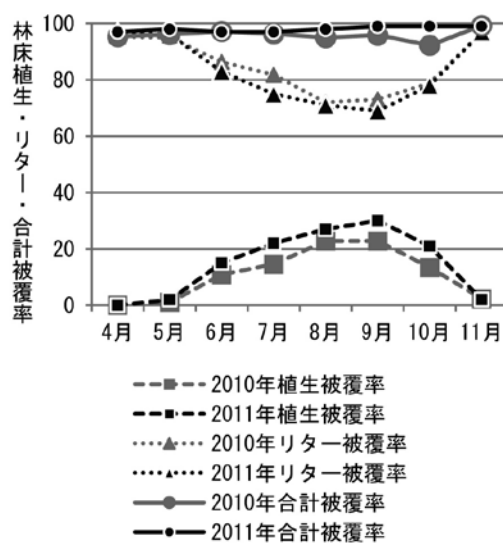


図10 2010年、2011年のB区における林床植生・リターおよび林床合計被覆率の月別変化



月～11月)に大きくなることがわかった。林床合計被覆率は一年中変化が小さく、95%～100%と高い値を示す。平成18年(2006)～平成23年(2011)の経年変化をみると、林床合計被覆率は毎年上昇しているが、平成22年(2010)には100%に近くなったことから、平成22年(2010)～平成23年(2011)では頭打ちとなりほぼ一定であることがわかる。

#### 4 各土壌保全工における林床植生被覆率と樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量

樹冠通過雨量および林床植生被覆率、林床合計被覆率の季節変化に伴い、夏季(7～9月)には春季(4～6月)や秋季(10～11月)に比べて林床植生被覆率および林床合計被覆率が高いが樹冠通過雨量が多いため、土壌侵食量は多い。このため、夏季(7～9月)の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量を用い、林床植生被覆率は各年の7～9月の平均値を用いて、これらの関係を検討した。

A区およびB区の調査6年間(平成18年(2006)～平成23年(2011))および5年間(平成19年(2007)～平成23年(2011))の7～9月における雨量1mmあたりの土壌侵食量と林床植生被覆率の関係を図11、12に示す。

図11より、A区の無処理の土壌侵食調査プロットでは一時的に植生は回復したが、平成23年(2011)時点では調査開始時の平成18年(2006)と同程度の植生被覆率を示す結果となった。B区の無処理の土壌侵食調査プロットでは少しずつ植生被覆率が増加している。これはB区の無処理の土壌侵食調査プロットの半数は植生保護柵内にあるためと考えられる。

A区において調査6年目の平成23年(2011)時の植生被覆率が設置時の平成18年(2006)時を上回った土壌保全工は「保護柵、ロール工B、ロール工B+保護柵、捕捉ネット+保護柵、竹ネット工」の5工種であり、これらの土壌保全工に関しては植生の回復がみられた。ただし、竹ネット工においては植生被覆率が年々回復しているにもかかわらず、土壌侵食量が増加している。これは、植生の回復による土壌侵食軽減効果よりも竹ネットの腐朽に伴う土壌侵食量の増加が強く影響しているためと考えられる。B区において調査5年目の平成23年(2011)

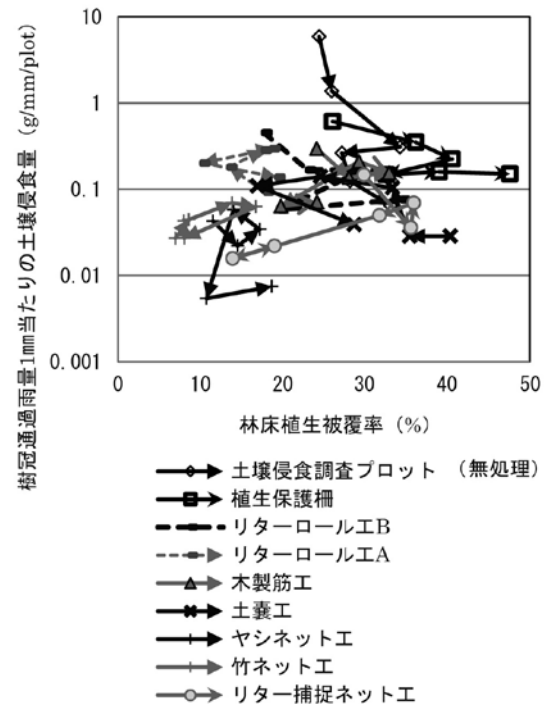


図11 A区の各土壌保全工における2006年～2011年の7月～9月の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床植生被覆率  
(各折線の左から2006～2011年の順番)

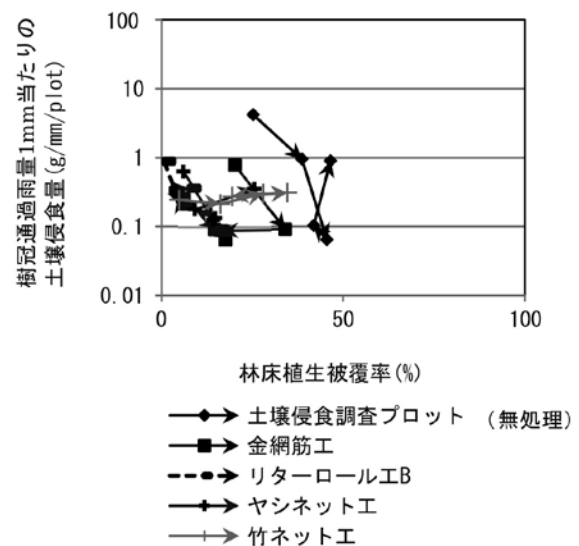


図12 B区の各土壌保全工における2007年～2011年の7月～9月の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床植生被覆率  
(各折線の左から2007～2011年の順番)

時の植生被覆率が設置時の平成19年(2007)時を上回った土壌保全工は「ロール工B、ヤシネット工、竹ネット工」の3工種であり、これらの土壌保全工に関しては植生の回復がみられた。このため、全体

的には土壌侵食量は減少してきている。

また、その他の土壌保全工に関しては調査2、3年目において多少植生が回復した土壌保全工もいくつかみられたが、調査5、6年目の植生被覆率が調査開始時を下回る結果となり、最終的に植生は減少したと判断した。これは植生保護柵の外では、依然としてシカによる採食圧を受けていることと、リターの堆積が進んだためにかえって林床植生が生育し難くなったことも一因と考えられるが、今後のさらなる検討が必要である。

## 5 各土壌保全工における林床合計被覆率と樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量

初ら(2010)による堂平地区の土壌侵食調査プロットにおける調査から、樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床合計被覆率の間には強い負の相関があり、その関係は式(1)で表されることが分かっている。

$$E = 65 \text{ EXP}(-0.0615 \times F) \quad (R^2 = 0.81, p < 0.001) \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、Eは雨量1mm当たりの土壌侵食量(g/mm/プロット)であり、Fは林床合計被覆率(%)である。なお、林床合計被覆率が減少すると土壌侵食量が増加する原因の一つは、林床合計被覆率が減少すると浸透率が低下して地表流出量が増加することにある(海虎ら, 2012)。

土壌侵食量の月別変化を観ると、夏季(7～9月)には春季(4～6月)や秋季(10～11月)に比べて樹冠通過雨量が多いため、年間の土壌侵食量に占める割合も夏季(7～9月)が多い。このため、夏季(7～9月)の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と、夏季(7～9月)の林床合計被覆率の平均値を用いて、両者の関係から土壌保全工の土壌侵食軽減効果を検討した。

図13にA区の各種の土壌保全工における平成18年(2006)～平成23年(2011)の夏季(7～9月)の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床合計被覆率の関係を示す。図14にB区の各種の土壌保全工における平成19年(2007)～平成23年(2011)の夏季(7～9月)の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床合計被覆率の関係を示す。なお、図13および図14における直線は式(1)を表している。

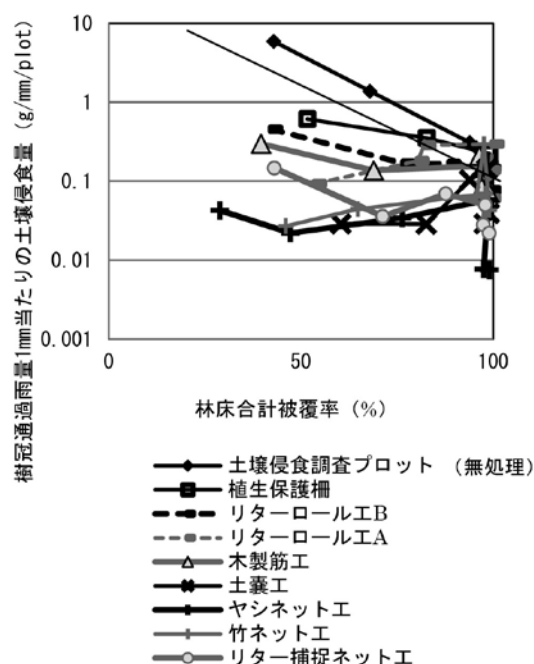


図13 A区の各土壌保全工における2006年～2011年の7月～9月の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床合計被覆率  
(各折線の左から2006～2011年の順番)

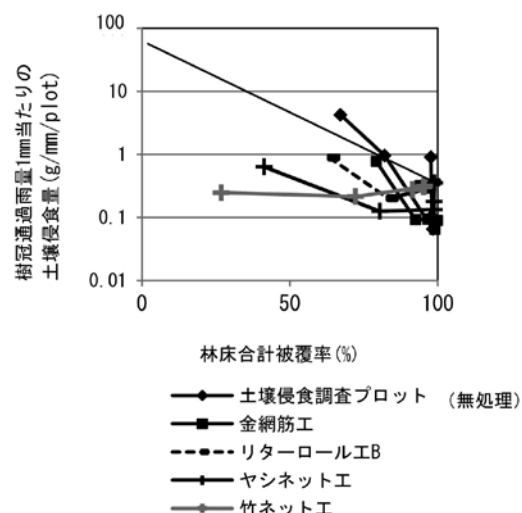


図14 B区の各土壌保全工における2007年～2011年の7月～9月の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床合計被覆率  
(各折線の左から2007～2011年の順番)

図13、14より土壌保全工を設置していない無処理の土壌侵食調査プロットにおいては、初ら(2010)の結論と同様に、林床合計被覆率が経年により増加するにつれて、樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食

量は次第に減少していることがわかった。また、すべての土壌保全工において、林床合計被覆率が経年により増加していることがわかった。これは、林床植生の増加によるものも一部あるが、大部分はリター被覆率の増加によっている。土壌保全工が設置されてから4年目（B区は3年目）には、ほとんどの土壌保全工の林床合計被覆率が95%以上になったことがわかった。樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量は、経年により減少する工種がある一方で経年により増加する工種もあり、工種により異なる。同じ林床合計被覆率の場合、ほとんどの土壌保全工において、無処理の土壌侵食調査プロットと比較すると、樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量は少ないことがわかった。すなわち、土壌保全工により土壌侵食量は減少することが確認された。しかしながらその差は経年により、縮まるものが多い。

## 6 各土壌保全工の土壌侵食軽減効果の評価

図13、14から、各土壌保全工において林床合計被覆率と樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量の関係は異なることが分かる。各土壌保全工について土壌侵食軽減効果を評価する場合には、堂平地区における土壌侵食調査プロットのデータから得られた近似曲線式(1)（図13、14では直線で表わされている）に近いほど土壌保全工が設置されていない状態に近くなることから、土壌保全工による土壌侵食軽減効果は低いと評価でき、逆に近似曲線式(1)から下の方向に離れるほど土壌保全工による土壌侵食軽減効果は高いと評価できる。また、近似曲線式(1)により、林床合計被覆率が100%の場合、樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量は0.14 (g/mm/plot)であることが計算できる。樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量が0.14 (g/mm/plot)の線をX軸に平行に引いて、これとは別に近似曲線から下の方向に樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量が1/10になる平行線を引き、これら2本の線を繋ぐと図15の点線のようにになる。近似曲線と点線で囲まれる範囲を土壌侵食軽減効果が「低」の区域と定義する。同様に、樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量が0.10 (g/mm/plot)の線をX軸に平行に引き、これとは別に近似曲線から下の方向に樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量が1/100になる平行線を引き、これら2

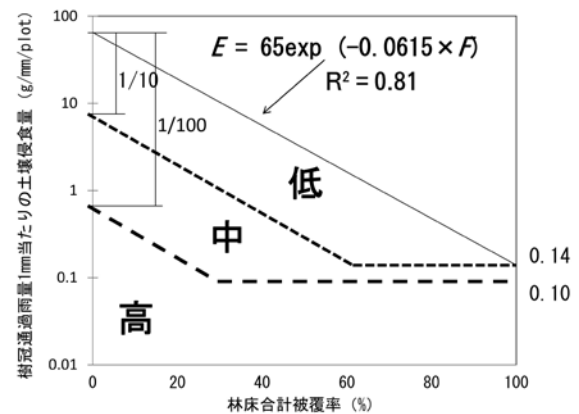


図15 土壌保全工の効果評価手法の模式図

本の直線を繋ぐと図15の破線になる。破線の下区域を土壌侵食軽減効果が「高」の区域と定義し、破線と点線の範囲を土壌侵食軽減効果が「中」の区域と定義する。このようにすると、図15に示すように、土壌侵食軽減効果が「高」、「中」、「低」の3つの範囲に区分できる。

A区およびB区の各土壌保全工の設置された年は、A区が平成18年(2006)、B区は平成19年(2007)と異なるためA区およびB区に設置された土壌保全工の土壌侵食軽減効果を評価するためには、それらの土壌保全工が設置されてから同一の年数が経過した時点での林床合計被覆率および樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量の平均値を用いて評価する必要がある。図13、14の結果をまとめると図16になる。図16には各土壌保全工が設置された1年目から6年目まで（B区のは5年目まで）の林床合計被覆率と樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量の変化を示す。

図16を用いて各土壌保全工の土壌侵食軽減効果を評価した結果を表2に表す。ほとんどの土壌保全工において設置直後は土壌侵食量が軽減されるが、設置初期および数年間の土壌侵食量の軽減効果が大きいものと小さいものがある。さらに、経年により土壌侵食軽減効果が増加するものと低下するものがある。このことから、土壌保全工の土壌侵食軽減効果の発現の経年変化により、表2に示すように大きくは3種のグループに分けられる。1つ目は土壌侵食軽減効果が高く、早い時期に軽減効果を発揮し経年により増加する。2つ目は土壌侵食軽減効果が高

表2 土壌保全工の土壌侵食軽減効果評価一覧表

|                        | 土壌侵食軽減効果          |                  |                    |
|------------------------|-------------------|------------------|--------------------|
|                        | 高                 | 中                | 低                  |
| 効果発揮が早く、<br>経年により増加    | リター捕捉ネット工<br>金網筋工 |                  |                    |
| 効果発揮が早く、<br>その後効果はほぼ一定 | 土嚢工、ヤシネット工、竹ネット工  | 木製筋工<br>リターロール工A |                    |
| 効果発揮が遅い                |                   |                  | 植生保護柵工<br>リターロール工B |

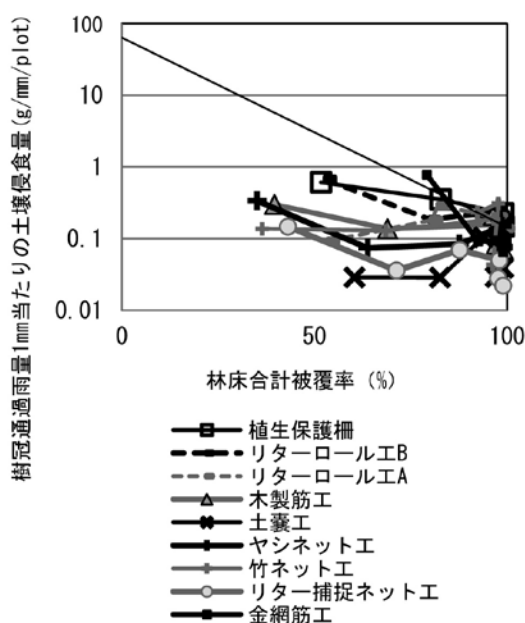


図16 すべての土壌保全工における施工後1年目～6年目（5年目）の樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量と林床合計被覆率  
（各折線の左のプロットが1年目、その右が2年目、3年目…の順番）  
6年目はA区の2011年、5年目はA区の2010年とB区の2011年

く、早い時期に軽減効果を発揮するがその後、軽減効果は増加しない。3つ目は土壌侵食軽減効果がやや高く、早い時期に軽減効果を発揮するがその後、軽減効果は横ばいになる。4つ目は土壌侵食軽減効果が低く、効果の発揮が遅いものである。

図16および表2の結果を基に、丹沢堂平地区のシカの採食による林床植生衰退地において、土壌保全工を計画・設置する際には、土壌侵食の状態、林床植生・リター堆積の多寡、シカの生息密度管理の状況などを考慮して適切な土壌保全工を選ぶことが必要である。

## VI まとめ

丹沢堂平地区のシカの採食による林床植生衰退地に設置した土壌保全工について樹冠通過雨量、土壌侵食量、リター流出量、林床合計被覆率（林床植生被覆率+林床リター被覆率）等の現地観測を行い、林床合計被覆率と樹冠通過雨量1mm当たりの土壌侵食量の関係等を用いて土壌保全工の土壌侵食軽減効果の評価を行った。その結果、ほとんどの土壌保全工において、設置直後から土壌侵食量を軽減できた。設置直後において最も土壌侵食軽減効果の高かったヤシネット工、竹ネット工では、対策していない無処理の土壌侵食調査プロットと比較すると、土壌侵食量は1/100以下となったと判断される。また、各土壌保全工において、土壌侵食軽減効果は経年により高まるものと徐々に低下するものがあることを明らかにした。さらに、土壌侵食軽減効果の高低、軽減効果の経年変化により各土壌保全工をグループ分けした。これらの成果は、丹沢堂平地区の林床植生衰退地において土壌保全工の計画、設置を行う際に、現地の状況に応じて適切な対策手法を選ぶための資料として用いることができると考えられる。

基本的に土壌保全工は応急的・短期的に土壌侵食を軽減するための手法であり、長期的に土壌侵食を軽減するためには林床植生を回復させる必要がある。シカの採食圧がある状態では土壌保全工により急速に林床植生を回復させることは難しく、シカの生息密度を減少させるか、植生保護柵を設置する方法が必要である。林床植生の回復には林内照度や土壌の硬度等も影響していると考えられるためこれらについても調査を行う予定である。

本研究をふまえ、今後、流域スケールでの土壌保全対策の検証も必要である。このためには土壌侵食

量のうちの大きな割合を占める細粒土砂の溪流への流出に関して溪流における浮遊土砂量の観測等を行い、斜面における土壌侵食量との関係を検討することが必要である。堂平地区には、今回の解析において用いなかった土壌侵食調査プロットの土壌侵食データが多数あり、これらの多数のデータを基に土壌侵食量、地表流流出量、林床合計被覆率と溪流における浮遊土砂量の関係を解析することにより、土壌保全工の効果評価を斜面から流域へ拡張することが可能と考えられる。

## VII 引用文献

- 初磊・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美 (2010) 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における林床合計被覆率と土壌侵食量の関係、日本森林学会誌 92(5), 261-268
- 海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・畢力格図・内山佳美 (2012) ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流流出率に与える影響、日本森林学会誌 94(4), 167-174
- 北原曜 (2002) 植生の表面侵食防止機能、砂防学会誌 54(5), 92-101
- 駒村富士弥 (1978) 治山・砂防工学、森北出版、61-66
- 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
- 若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮貴大・片岡史子・鈴木雅一・内山佳美 (2008) ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化－丹沢山地堂平地区のシカによる影響－、日本森林学会誌 90(6), 378-385

