

森林表土を用いた緑化における表土採取場所による土壌侵食量の違い

岩崎, 貴大
九州大学農学部 | 長崎県五島振興局

篠原, 慶規
九州大学大学院環境農学部門森林環境科学講座森林保全学分野

大谷, 荘平
九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻森林環境科学コース森林保全学分野

久保田, 哲也
九州大学大学院環境農学部門森林環境科学講座森林保全学分野

<https://doi.org/10.15017/26672>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 94, pp.18-22, 2013-05-17. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

森林表土を用いた緑化における表土採取場所による土壌侵食量の違い*

岩崎貴大^{**}、篠原慶規^{***}、大谷荘平^{****}、久保田哲也^{*****}

林道法面などにおいて緑化を行う際、近年、外来植物種子に代わり、森林表土が緑化の材料として使われるようになってきた。森林表土を用いて緑化を行うと、様々な種類の草本類・木本類が入り混じって生育することから、外来緑化植物と比較した場合、もしくは異なる森林表土間で、土壌侵食量は大きく異なる可能性がある。本研究では、九州大学福岡演習林内の3ヶ所（御手洗水・生ヶ谷・新建）において採取した森林表土を3cm厚さで撒きだし、埋土種子植物を発芽させ、成長させた。さらに、人工降雨装置を用いて侵食試験を行い、これら3種類と外来緑化植物であるパミューダグラスの土壌侵食量、および裸地の土壌侵食量を比較した。植物を生育させたボックスの土壌侵食量は、最大でも裸地の15%程度であり、既往の研究と同様に、植生による土壌侵食防止機能が発揮されていた。生ヶ谷とパミューダグラスは、被覆率が大きくなると土壌侵食量が小さくなる傾向があったが、御手洗水と新建ではすべてのボックスにおいて、被覆率に関わらず土壌侵食量は小さかった。これは、土壌侵食量が小さくなる被覆率が、採取した森林表土間で異なることを示唆している。生ヶ谷と御手洗水は、被覆率や生育本数、木本種と草本種の割合がほぼ同じであるにも関わらず、このような差が見られた。このことから、森林表土を用いた緑化の場合、土壌条件など、被覆や生育本数、植物種以外の影響を強く受ける可能性がある。

キーワード：林道、法面、土砂流亡、埋土種子、外来緑化植物

Recently, forest topsoil has been used as material for slope revegetation instead of non-native species seed. Various plants both herbaceous and arboreal are generally grown in the revegetated slopes using forest topsoil. Therefore, soil erosion might be different between revegetated slopes using forest topsoil and those using non-native species seed and/or among revegetated slopes using forest topsoil. In this study, we sowed plastic boxes with forest topsoil obtained at three sites (i.e., Ochozu, Shogadani, and Shintate) in Kasuya Research Forest, Kyushu University and with bermudagrass seeds. Bermudagrass is a commonly-used non-native species for slope revegetation. We measured the degree of soil erosion caused by artificial rainfall from the four types of boxes. There were negative relationships between coverage and soil erosion for Shogadani and Bermudagrass. On the other hand, soil erosion was negligible for Ochozu and Shintate. These results suggest the minimum coverage with negligible soil erosion was different among sites. Although the coverage and the ratio of herbaceous and arboreal plants in the Ochozu and Shintate were almost the same, the relationship between the coverage and soil erosion was different in the two sites. Thus, soil erosion would be affected by not only vegetation conditions such as coverage but also other conditions like soil characteristics.

Keywords : forest road, slope, soil loss, buried seeds, non-native species

1. はじめに

近年、森林環境税の導入などを背景として（例えば、今若・佐藤 2008）、森林の公益的機能（水源涵養機能や土砂流出軽減機能など）を高めるための森林施業（間伐など）が積極的に行われるようになってきている。また、それに付随して、路網の整備も進められている。路網の法面での侵食や崩壊は、路網の利用を妨げるだけでなく（寺本・下川 2007；小山 2011）、それにより生じた土砂は濁水の要因となる（佐藤 2006；Mizugaki et al. 2008；大野・落合 2010）。そのため、侵食や崩壊を防ぐために、路面に排水設備が設

置されると共に、法面には緑化がしばしば行われる。

緑化を行う際、従来は成長が早く、確実な緑化が期待できる外来緑化植物の牧草等が多く使われてきた。それに対して近年、「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」の施行などを背景にし、森林表土を撒きだすことで緑化を行う方法も用いられるようになってきた（関岡ら 2005；下園ら 2005）。この方法は、森林表土内の埋土種子から発芽した植物による緑化に期待するものであり、森林表土の最適な採取法や採取場所などの検討が進みつつある（浜田・倉本 1994；Hosogi & Kameyama 2004；山瀬ほか 2005；山瀬・関岡 2007；久保ほか 2009）。

* Iwasaki T., shinohara Y., Otani S. and Kubota T. : Effects of sampling sites on soil erosion for slope revegetation using forest topsoil.

** 九州大学農学部 School of Agriculture, Kyushu University

*** 長崎県五島振興局 Goto Promotion Bureau, Nagasaki Prefecture

**** 九州大学大学院環境農学部森林環境科学講座森林保全学分野 Laboratory of Erosion Control, Division of Forest Environmental Sciences, Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University

***** 九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻森林環境科学コース森林保全学分野 Laboratory of Erosion Control, Course of Forest Science, Department of Agro-environmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

これまで、緑化の成功の可否は主に被覆率や生育本数などによって評価されてきた。一方、梶原ほか(1999)がヒノキ林において、土壌侵食量と関係が深いと考えられる土柱の数などが、下層植生の種類によって違うと報告していることから示唆されるように、同じ被覆率でも植物の種類や構成などによって、土壌侵食量が大きく異なる可能性がある。森林表土を撒きだした場合、様々な種類の草本類・木本類が入り混じって成長することから、同じ被覆率でも、従来用いられてきた外来緑化植物と比較した場合、もしくは異なる森林表土間で、土壌侵食量は大きく異なる可能性がある。しかし、実際に森林表土を用いて緑化した場合の土壌侵食量を調べた研究はない。

そこで本研究では、九州大学福岡演習林内の3ヶ所において森林表土を採取し、撒きだして、埋土種子植物を発芽させ、成長させた。さらに、人工降雨装置を用いて侵食試験を行い、外来緑化植物であるバミューダグラスや各森林表土間で土壌侵食量を比較した。

2. 方法

2. 1. 森林表土の撒きだし試験

本研究では、福岡県糟屋郡篠栗町・久山町に位置する九州大学農学部附属福岡演習林内の3か所(御手洗水, 生ヶ谷, 新建)から森林表土を採取した。御手洗水(4林班), 生ヶ谷(6林班)はヒノキ人工林に、新建(16林班)はアラカシを中心とした常緑広葉樹林と一部ヒノキ人工林に覆われている。木下・滝本(1936)によると御手洗水の地質は蛇紋岩, 生ヶ谷の地質は礫岩及び砂岩, 新建の地質は角閃岩である。3か所とも下層植生はまばらにしか見られなかったが、御手洗水ではタイミンタチバナやイズセンリョウ, スダジイなどが、生ヶ谷ではヒサカキやヤブムラサキ, アラカシなどが、新建ではシロダモやアオキ, アラカシなどが見られた。森林表土は、細木ほか(2001)や山瀬ほか(2005)にならって、リター層を取り除いた後、表層5cmまでの土層を採取した。なお、森林表土の採取は、撒きだしの約1週間前に行った。採取した森林表土は、撒きだしまでの期間、ビニール袋に入れ封をし、日光のあたらない場所に保管した。

森林表土の撒きだしには、長辺367mm, 短辺247mm, 深さ129mmのプラスチックボックスを用いた。下部に水抜きとして直径5mmの穴を142個開けたボックスの約8割の高さまで風化土(九州大学農学部附属福岡演習林6林班内の林道法面から採取した風化後あまり時間が経過していない土)を入れ、その上を厚さ3cmの森林表土で覆った。その際、風化土を5割の高さまで入れた段階、8割の高さまで入れた段階、表土で覆った後の3回に分けて締め固めを行った。締め固めの強度は、九州大学福岡演習林内の林道法面で測定した値と同様に、山中式硬度計で約1cmとした。

それとは別に、比較対象として、人工緑化に数多く用いられてきたバミューダグラスのボックスも作成した。ボッ

クスの約8割の高さまで入れられた風化土の上に、バミューダグラスの種1mlを混ぜた風化土を厚さ3cmで覆った。森林表土で覆ったボックスは、採取地ごとに8個ずつ計24個、バミューダグラスで覆ったボックスは4個、計28個作成した。

これら28個は、外部からの種子の混入を防ぐために、室内に設置した。その際、林道の法面を想定し30度の傾斜をつけた。水やりは、自動散水タイマーを付属した散水装置を使い毎朝1度行った。その際、散水によって土壌表面の侵食が起こらないようにするために、霧状に水が散水されるよう装置を調節した。そのため、後述する侵食試験前までに侵食が起こった様子は見られなかった。生育期間は約4~5か月で、半数は2011年7月25日~12月5日、残りの半数が2011年8月8日~12月26日である。生育期間中、各ボックスについて、2週間毎に被覆率(ボックス直上から見た場合、植物の葉や茎などに覆われている面積の割合)を計測した。具体的には、まず、ボックスの上方約1mからデジタルカメラ(COOLPIX S3000, Nikon)を用いてボックス全体が映るように写真を撮影し、画像解析ソフトImageJに取り込んだ。次に、写真からボックス部分を切り取り、その画像の全ピクセル数を計測した。さらに、Color Thresholdツールを用いて、画像の二値化を行った。その際、実際の写真と見比べながら閾値を手動で調整した。最後に、二値化された画像の植被部分のピクセル数を計測し、全ピクセル数で除すことで被覆率を計算した。また、生育期間終了時に各ボックスの植物種を同定し、その種類と数を記録した。

2. 2. 侵食試験

生育期間終了時に人工降雨による侵食試験を行った。人工降雨は、高さ3mより園芸用シャワー(G560, タカギ)を斜め上方向に傾け噴射した。人工降雨装置は、雨粒がボックスより3.5m上方から自由落下する構造になっている。雨量は、森林表土採取場所から最も近い気象官署である福岡県飯塚測候所(現飯塚特別地域気象観測所)の過去30年の最大雨量である29mm/10minに設定した。各ボックスは、生育時と同じ30度の傾斜になるように設置した。また、試験前に、斜面下方にあたる面の土壌面の直上に直径1cmの穴を9個あけ、その穴から流出した表面流と土壌をトレイで捕捉した。人工降雨試験は10分間行い、捕捉された土壌は120℃で24時間乾燥させ、質量の計測を行った。植物を生育させた28個のボックスとは別に、植物を生育させない裸地のボックスを4個作成し、同様に侵食試験を行った。これらは、侵食試験直前に作成され、他のボックスと同様に締め固めを行った。

3. 結果と考察

3. 1. 植物の生育状況

図1に、播種後の日数と各ボックスにおける平均被覆率の関係を示した。新建では、被覆率は播種後6週間目から

急激に増加し、10週間目には80%程度に達し、その後は大きな変化は見られなかった。一方で、御手洗水と生ヶ谷では、被覆率は播種後10週目以降に徐々に上昇した。バミューダグラスでは、被覆率は播種後から緩やかに上昇した。侵食試験直前の被覆率を図2に示した。侵食試験直前の被覆率は、新建、御手洗水、生ヶ谷、バミューダグラスの順に大きく、新建のボックスの被覆率は、他のボックスと比較し有意に大きかった (Tukey-Kramer test ; $p < 0.05$)。

侵食試験直前の各ボックスの平均生育本数は、御手洗水で2.8本、生ヶ谷で2.0本、新建で15.3本となり、新建の方が御手洗水、生ヶ谷よりも大きくなった。図3に、御手洗水、生ヶ谷、新建のボックスに生育した植物種の本数割合を示した。御手洗水と生ヶ谷では、草本と比較し木本が多くみられ、木本植物の割合は、御手洗水で68%、生ヶ谷で69%であった。一方、新建では、植物種の83%が草本のクサコアカソで占められており、木本種の割合はわずか17%であった。一般的に、草本植物の方が木本植物と比較して、初期成長が早い。このことから、新建では、草本植物の生育本数が非常に多かったため、御手洗水、生ヶ谷と比較し、早く被覆率が上昇したと考えられる。

3. 2. 侵食試験

図4に、各ボックスの土壌侵食量の平均値を示した。植物を生育させたボックスは、裸地のボックスと比較し、土壌侵食量は有意に小さくなった (Tukey-Kramer test ; $p < 0.01$)。平均被覆率が20%程度であるバミューダグラス (図2) でも、土壌侵食量は裸地の15%程度であり、御手洗水、生ヶ谷、新建の土壌侵食量はさらに小さくなった。このことから、これまでの多くの研究 (例えば、村井・岩崎 1975 ; 深山・後藤 2000) と同様に、本研究でも植生による土壌侵食防止機能が発揮されていたと考えられる。なお、本研究における裸地の土壌侵食量は、服部ほか (1992) が30 mm/hの人工降雨を1時間降らして計測した裸地の土壌侵食量とほぼ同じであった。植物を生育させたボックス間で土壌侵食量を比較したところ、どのボックス間でも有意な差は見られなかった (Tukey-Kramer test ; $p > 0.05$)。このように、これまで緑化にしばしば用いられてきたバミューダグラスと比較し、森林表土を用いた方が、土壌侵食量が特に大きくなるということはない。

植物には、雨滴エネルギーの減殺機能があるため (北原ほか 2002)、一般的には、被覆率が大きくなると、土壌侵

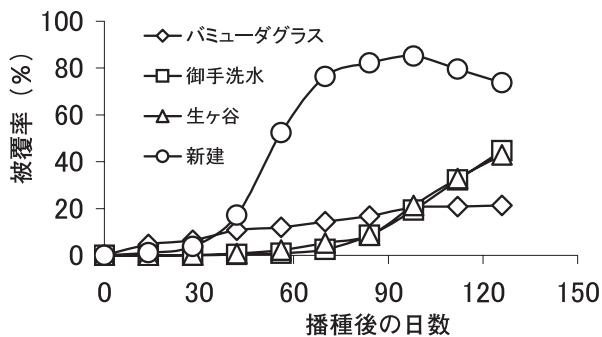


図1 播種後の日数と各ボックスの平均被覆率との関係

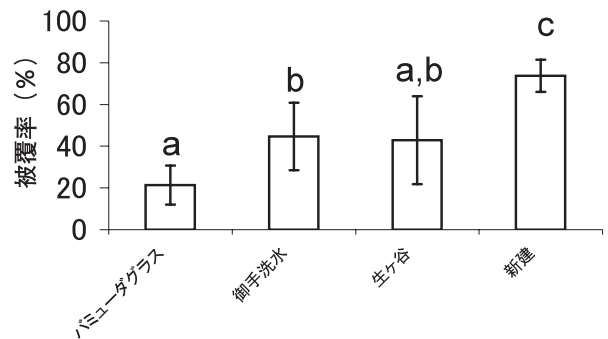


図2 侵食試験直前の被覆率。エラーバーは標準偏差を表し、アルファベットの違いはTukey-Kramer testで有意な差があることを示している ($p < 0.05$)

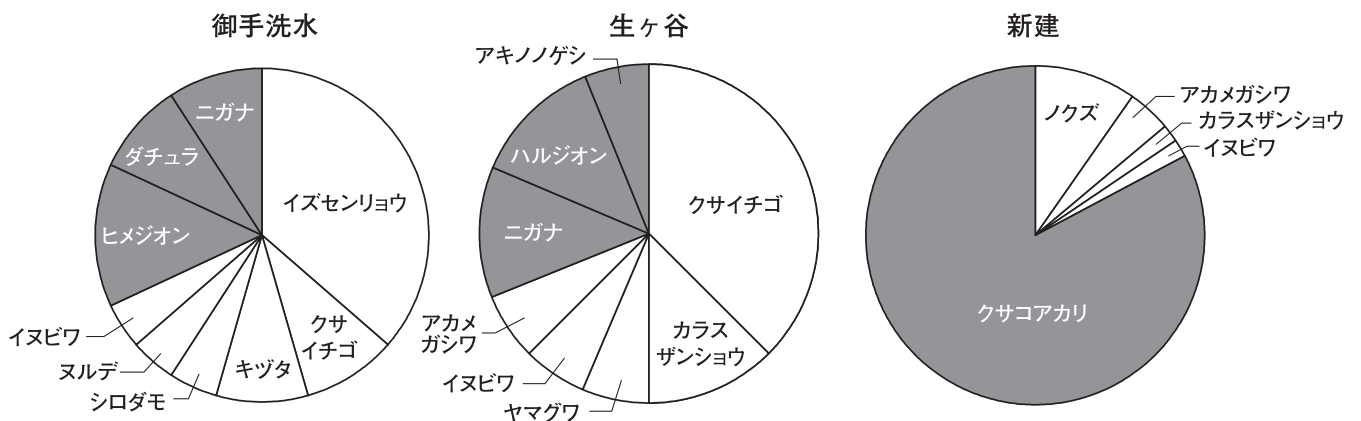


図3 御手洗水、生ヶ谷、新建における構成種の本数割合。白色は木本種、灰色は草本種を示す

食量が小さくなる傾向が見られる(服部ほか 1992)。図5に、被覆率と土壌侵食量の関係を示した。バミューダグラスと生ヶ谷のボックスでは、被覆率が大きくなるに従って、土壌侵食量が小さくなる傾向が見られ、生ヶ谷ではその関係が有意であった ($p < 0.05$)。一方で、御手洗水と新建のボックスでは、被覆率と土壌侵食量との間に明確な関係はなかった。これは、御手洗水と新建では、それぞれの被覆率が一番小さいボックスでも、被覆による雨滴エネルギーの減殺効果が十分に働いていたためではないかと考えられる。ただし、御手洗水では被覆率が一番小さかったボックスの被覆率は14.7%、新建では59.7%と両者で大きく異なっており、被覆による雨滴エネルギーの減殺機能が十分に働く被覆率は御手洗水と新建で大きく異なる可能性がある。

また、全ボックスに注目すると、被覆率が50%以下では、土壌侵食量は大きくばらついていたが、50%以上では、そのばらつきは小さくなった(図5)。これは、被覆率が50%以下では、植生による土壌侵食防止機能が十分に発揮されているボックスとそうでないボックスがあるのに対し、被覆率が50%以上では、植生による土壌侵食防止機能がすべてのボックスで十分に発揮されているためであると考えられる。

御手洗水と生ヶ谷では、被覆率や生育本数、木本と草本の割合がほぼ同じであったにも関わらず(図2、図3)、土壌侵食量が十分に小さくなる被覆率と土壌侵食量の関係は、上述したように両者で大きく異なっていた(図5)。つまり、御手洗水では被覆率に関わらず土壌侵食量が十分に小さくなってのに対し、生ヶ谷では被覆率60%程度まで、被覆率が大きくなるに従って土壌侵食量が減少していた。このことは、御手洗水と生ヶ谷における土壌侵食量の違いは、被覆率や生育本数、植物種以外の要因によって決定されていることを示唆するものである。本研究では、風化土の上にそれぞれの森林表土を3cm載せてボックスを作成している。本研究では土の乾燥密度の計測は行われていないが、通常考えられる土の乾燥密度の範囲内で計算された森林表土3cmの乾燥重量は、御手洗水、生ヶ谷、新建のボックスで計測された土壌侵食量よりも非常に大きい値となる。例えば、御手洗水の斜面上部の深さ10cmで計測された土の乾燥密度($=0.91\text{g}/\text{cm}^3$) (久米ほか 2008) から計算された森林表土3cmの乾燥重量は2475gとなるのに対し、御手洗水、生ヶ谷、新建の中で土壌侵食量が一番大きくなったボックスの土壌侵食量は44.7gである。そのため、人工降雨試験によって森林表土が面的にある程度均一に侵食されたと仮定した場合、森林表土を用いてボックスにおいて、人工降雨試験によって流されてきた土壌の大半は、風化土ではなく、それぞれの森林表土であると考えられる。ヒノキ人工林表土流亡研究グループ(2012)は、樹齢や立木密度、土壌の裸地率(本研究の被覆率の逆数とほぼ同義)などが異なるヒノキ人工林36か所において細土移動量を計測し、そのばらつきを生み出す要因を調べた。その結果、裸地率も土壌侵食量に影響を与えているものの、最も大きな影響を与えているのは、表層地質であると結論づけている。また、恩田・山本(1998)

は、雨滴衝撃による土壌表層の物理特性の変化を花崗岩土壌と中古生層土壌で比較したところ、両者の物理特性の変化は大きく異なり、その違いは、主に地質によって生み出される土壌粒度組成の違いによるものと推察している。これらの研究は、土壌侵食量が、(地質などから生み出される)土壌条件によって大きく異なることを示唆するものである。このことから、森林表土を用いた緑化において侵食防止効果を評価するためには、土壌条件など、本研究で検討した被覆や生育本数、植物種以外の条件も考慮する必要があると考えられる。

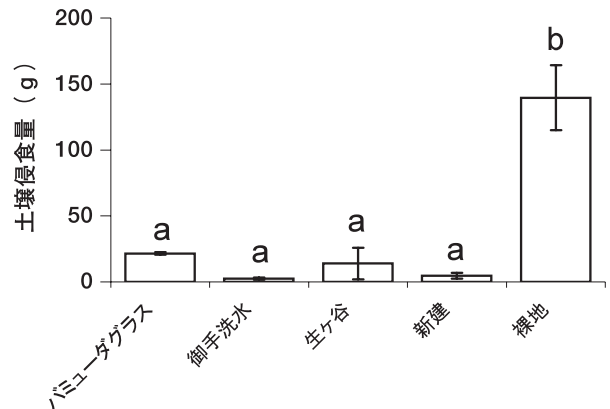


図4 各ボックスの土壌侵食量。エラーバーは標準偏差を表し、アルファベットの違いはTukey-Kramer testで有意な差があることを示している ($p < 0.05$)

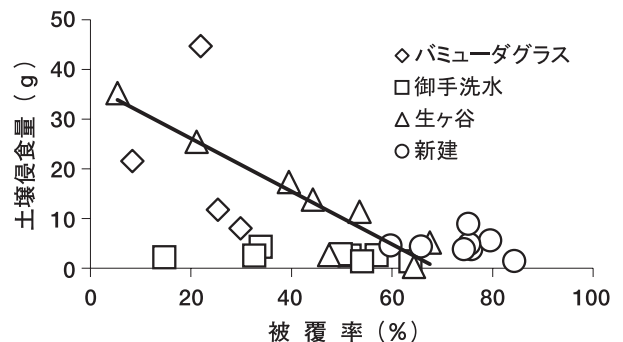


図5 被覆率と土壌侵食量の関係。図中の直線は、生ヶ谷における回帰直線を示す ($y = -0.53x - 36.74$; $R^2 = 0.88$)

4. まとめ

本研究では九州大学農学部附属福岡演習林内の3地点で採取した森林表土を撒きだし、埋土種子植物を成長させた後、人工降雨を用いた侵食試験を行った。撒きだし後の被覆率の上昇は、草本のクサコアカソが多く出現した新建と比較し、木本種が中心であった御手洗水、生ヶ谷の方が緩やかであった。植物を生育させたボックスの土壌侵食量は、最大でも裸地の15%程度であり、本研究でも既往の研究と

同様に、植生による土壌侵食防止機能が発揮されていたと考えられる。土壌侵食量と被覆率の関係を調べたところ、生ヶ谷と比較対象として実験したバミューダグラスでは、負の関係が見られたが、御手洗水と新建ではこのような関係は見られなかった。これは、土壌侵食量が十分に小さくなる被覆率が、森林表土間で異なることを示唆している。生ヶ谷と御手洗水は、被覆率や生育本数、木本種と草本種の割合がほぼ同じであるにも関わらず、このような差が見られた。このことから、森林表土を用いた緑化において、土壌侵食量を評価する際、土壌条件など、被覆や生育本数、植物種以外の影響も考慮する必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、元九州大学農学研究院の井上晋博士、九州大学生物資源環境科学府の山本佑介さんには樹種の同定をしていただきました。九州大学農学研究院の作田耕太郎助教には、実験設定などに関して助言をいただきました。また、2名の匿名査読者の方には、本研究の意義を高める上で有用なご指摘をいただきました。ここに記して感謝の意を示します。

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. 日林誌 92: 261-268.
- 深山貴文・後藤義明 (2000) 山火事跡地におけるワラビ群落の土壌保全機能について. 日緑工誌 26: 36-41.
- 浜田拓・倉本宣 (1994) 実生出現法によるコナラ林の埋土種子集団の研究及びその植生管理への応用. 日本造園学会誌 58: 76-82.
- 服部重昭・阿部敏夫・小林忠一・玉井幸治 (1992) 林床被覆がヒノキ人工林の侵食防止に及ぼす影響. 森林総研研報 362: 1-34.
- ヒノキ人工林表土流亡研究グループ (2012) ヒノキ人工林における表土流亡の実態. 水利科学 327: 120-138.
- Hosogi D, Kameyama A (2004) Timing for the collection of topsoil from a deciduous forest for use as planting material in suburban Tokyo, Japan. Ecol Eng 23: 371-386.
- 細木大輔・吉永知恵美・中村勝衛・亀山章 (2001) 森林表土を用いたのり面緑化で成立する植物群落の特性. 日緑工誌 27: 114-119.
- 今若慎太郎・佐藤宣子 (2008) 「森林環境税」による新たな森林整備に関する研究. 九大演報89: 75-126
- 梶原規弘・塚本次郎・入田慎太郎 (1999) ヒノキ人工林における下層植生のタイプと土壌侵食危険度との関係. 日林誌 81: 42-50.
- 木下亀城・瀧本清 (1936) 九州帝國大學農學部付屬演習林付近の地質. 九大演報 9: 1-71.
- 北原曜 (2002) 植生の表面侵食防止機能. 砂防学会誌 54: 92-101.
- 小山敢 (2011) 作業道等における路肩崩壊防止のための盛土の簡易検査法. 砂防学誌 64: 15-23.
- 久保満佐子・細木大輔・松江正彦 (2009) 緑化材料として春と夏に採取した森林表土の撒き出し試験事例. 日緑工誌 35: 532-536.
- 久米朋宣・東直子・脇山義史・金丸裕一郎・井手淳一郎・大槻恭一 (2008) 管理放棄人工林を主体とする御手洗水試験流域における土壌の性質と水分保持能 89: 13-28.
- Mizugaki S, Onda Y, Fukuyama T, Koga S, Asai H, Hiramatsu S (2008) Estimation of sediment sources using ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pbex in unmanaged Japanese cypress plantation watersheds, southern Japan. Hydrol Process 22: 4519-4531
- 大野泰宏・落合博貴 (2010) 森林のバイオマットがもつ濁水ろ過機能の定量的評価に向けた予備的実験. 日林誌 92: 171-175.
- 村井宏・岩崎勇作 (1975) 林地の水および土壌保全機能に関する研究 (第1報) —森林状態の差異が地表流化、浸透および侵食に及ぼす影響—. 林試研報告 274: 23-84.
- 佐藤弘和 (2006) 浮遊土砂の流出抑制に配慮した森林管理方法. 日林誌 88: 50-59.
- 下園寿秋・前迫俊一・上野敏夫・中屋雅喜 (2005) 森林表土を用いて吹付緑化した林道切土法面における植生の動態について. 日緑工誌 31: 111-114.
- 関岡裕明・山瀬敬太郎・久保繁夫・森脇充司 (2005) スギ植林地の表土を用いた埋土種子による法面緑化. 日緑工誌 31: 163-166.
- 寺本行芳・下川悦郎 (2007) 2007年7月の台風4号に伴い鹿児島大学附属高隈演習林で発生した林道法面の崩壊と土石流. 鹿大演報 35: 1-9.
- 山瀬敬太郎・関岡裕明・谷口真吾 (2005) 異なる地点における森林表土中の埋土種子相の把握. 日緑工誌 31: 159-162.
- 山瀬敬太郎・関岡裕明 (2007) スギ林内の連続斜面における埋土種子の分布. 日緑工誌 33: 187-190.

(2012年10月31日受付; 2013年2月22日受理)