

森林作業道からの土砂流出抑制のための路面への枝条散布コスト

小倉 晃・臼田寿生*

要旨：森林作業道は近年全国で開設されているが、一部の路線では材の搬出後は一定期間使用されず、残置されている。残置された道は集材後、排水などの処理を適切に行わなければ、土砂流出や濁水発生、路線の破損等の被害をもたらすことや、土砂災害の誘因となることが懸念される。そこで、残置した道から土砂や濁水を流出させないため路面に枝条を散布する方法が有効であることから、路面への枝条散布の効率的な方法とコストについて検討した結果、グラップルを使用した散布では、幅員 3m、延長 1m あたり、スギの枝条散布は 20 秒程度、一連の作業では 50 秒程度かかることがわかった。

キーワード：森林作業道、土砂流出、枝条散布、被覆

I はじめに

近年、低コスト作業システムの構築のために森林作業道をはじめとする路網整備が盛んに進められてきている。このうち、森林作業道（以下、作業道）は「継続的に用いられ」、「丈夫で簡易」な道とされているが、一部の路線では従来の作業路・集材路のように使用され、集材後、次回作業まで使用されない事例も多い。このように一時的に使用され次回まで使用されない道の路面は裸地状態で、林業機械の使用による踏圧の結果、浸透能が低下すると考えられ、地表流が発生し、多くの土砂が流出するなど、公益的（水土保持）機能の低下が懸念される（佐々木, 2004; 小倉ら 2008）。佐々木（2004）によると集材路面からは時間雨量 1mm 以上のほとんどの降水時に表面流が発生しており、作業路路面に振動ノズル式散水装置を用いた現地散水試験の結果（小倉ら, 2011）でも数 mm の降雨で表面流が発生している。作業路からの土砂流出の抑制方法は、路面を枝条で被覆するのが効果的であり（小倉ら, 2009; 佐々木ら, 2010）、枝条を散布した路面では表面流の発生や濁水の発生が抑えられる（小倉ら, 2011）。このように森林作業道の路面への枝条散布は土砂流出発生・濁水発生の抑制に効果があるが、実際の作業工程や効率的な方法などはわかっていない。そこで、作業道からの土砂流出・濁水発生に効果がある路面への枝条散布の方法および間伐時に生産される枝条量について検討を行い、作業工程コストについて調査を行った。なお、枝条とは本来、枝だけを示すが、ここでは枝払いにより発生した葉付きの枝とした。

II 方法

1 調査地

本研究の調査地は、H23 年度に岐阜県関市（以下、SEH）のヒノキ林と石川県輪島市（以下、WAK）、中能登町（以下、NAS1）、宝達志水町（以下、HOH）、かほく市（以下、KAM）、金沢市（以下、KAY）、小松市（以下、KON）のスギ林に開設された 7 路線と H24 年度に中能登町（以下、NAS2）のスギ林に開設された 8 路線である。開設された路線はいずれも、土工のみの作業で、間伐・造材などの作業を行い、その際に出てくる材を搬出するための道であり、搬出はフォワーダを使用している。また、いずれの道も使用後、一定の期間、施業の予定は無い道である。SEHのヒノキ林の地質・土質は「メランジ（泥質岩・砂岩・チャート等の混合岩）」で「礫質土」であった。また、WAKの地質・土質は「安山岩質火砕岩」で「砂質シルト」、NASはいずれも「砂岩・礫岩層」・「砂質シルト」、HOHは「砂泥互層及び泥岩」・「砂質シルト」、KAMは「花崗岩」・「砂利質土」、KONは「古期火山噴出物」・「砂質シルト」で、土壌はいずれも森林褐色土であった。

2 枝条散布方法

KAMとKAYのスギ林は、路線延長が短く、搬出材積が少ないため、プロセッサ・ハーベスターで造材・枝払いしながら路面に枝条を散布している。枝条は機械が上を通過することによって路面と密着している。SEHのヒノキ林は、枝払いした枝条を 1 箇所を集めたのち、枝条散布を行った。残りの 5 路線は、通常の造材・枝払い・

*岐阜県森林研究所

搬出を行った後、道の両側にある枝条（主に盛土のり面に多かった）を集めて散布した。

グラップルを使用した散布の方法は、スギの場合、枝条をグラップルで折曲げ、均等に散布後、グラップルの先を丸めて、散布した枝条をたたきつけることで路面と密着させた。叩きつけ、密着させることで、後々林分に入る際、非常に歩きやすくなった。また、ヒノキはスギよりも材が硬いためにスギのようにグラップルで握るだけでは容易に枝が折れず、たたきつけてもスギのように密着しない。よって、スギのような手順ではなく、枝条を数本単位で重なり合わないよう丁寧に枝条を散布した。

なお、各試験地とも施工業者は異なり、本作業は未経験の作業であった。作業方法については作業を行う前にオペレーターに写真等を使用して十分に説明を行った。

3 枝条散布作業工程コスト

作業については全てビデオ撮影を行い、作業の様子はビデオの音声に吹き込んだ。録画した映像から作業を①枝条散布、②整地（路面の凹凸をなくす作業）、③枝条集め、④移動、⑤その他に区分し、それぞれの作業時間を計測し、集計した。散布後、枝条散布した路線延長を計測した。

4 路面被覆率

路面の枝条の被覆率はポイントカウント法によって被覆率を測定した。今回行ったポイントカウント法とは50×50cmの枠内に5cmメッシュで100点のポイントが均等に配置されており、各ポイントの下部が①葉、②枝、③地面のいずれかを判断し、路面の被覆率を測定する方法である。この枠を延長5m毎に全幅員について調査した。また、この調査地点での幅員および勾配についても測定を行った。

5 枝条量の推定

散布に必要な枝条量を把握するために、1m×1mの枠を作り、枝条を散布し、ポイントカウント法によって、被覆割合を測定し、枝条は全乾重量（70度、48時間）を測定した。また、間伐により生産される枝条量の推定は、既存の研究（古川，2012；三代ら，1984；林野庁，2002）を使用して、胸高直径と枝条発生量の関係を調べた。

III 結果および考察

1 枝条散布コスト

調査の結果（図-1、2）、プロセッサ・ハーベスタを使用して枝払い・造材しながら枝条を散布したKAM・KAYは枝条散布時間の占める割合が非常に小さく、枝払い・造材を含むその他の時間が非常に大きかった。どちらの路線も延長が短く、搬出量も少ないことから、枝払いと同時に枝条を散布しながら作業を行っていた。使用後の路面を観察すると凹凸が少なく、路線は荒れていなかったが、傾斜が10度（18%）を超える急勾配の箇所は枝条を再度散布した様子が伺えた。KAYの路線には途中、10m程度のスギが成林していないギャップ区間があったため、その箇所に枝条集め、均等に散布する作業があり、散布に要する時間がより多くかかったと考えられる。

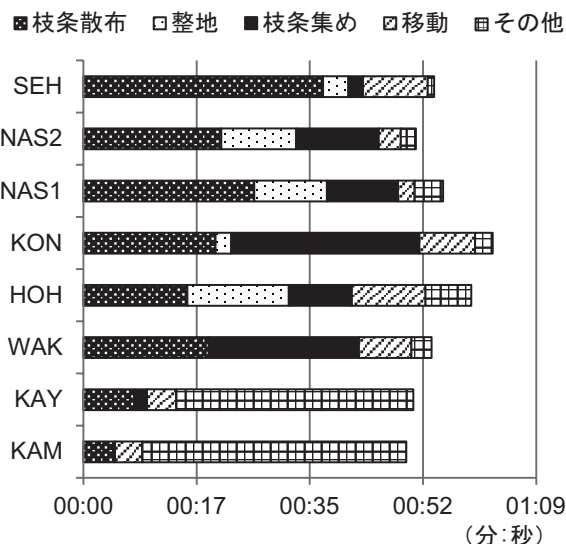


図-1 1mあたりの路面被覆作業時間

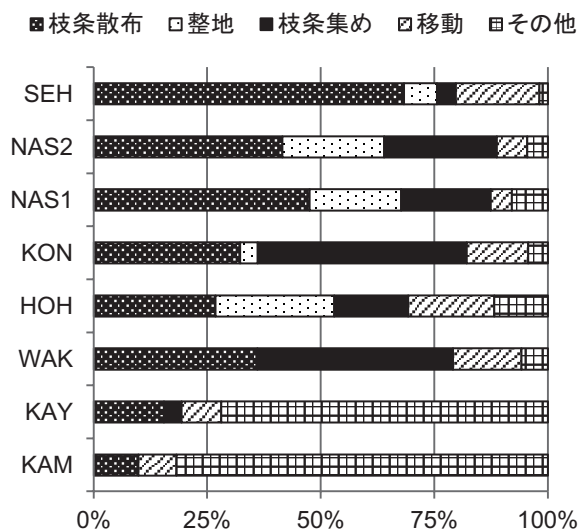


図-2 路面被覆の作業時間割合

グラップルを使用したスギの枝条散布は 16~26 秒/m、平均 20 秒/m (幅員 3 m) かかり、SEH のヒノキは 37 秒/m であった。ヒノキの場合、材が硬いためスギよりも取り扱いにくく、丁寧に扱う必要があったため余分に時間がかかったと考えられる。路面被覆率と 1 m 当たりの枝条散布時間 (図-3) を見ると、グラップルを使用したスギの場合、被覆率と相関が見られた。被覆率が高いと枝条量が多くなり、散布時間がかかるのは妥当な結果と言える。また、被覆率と散布作業から推測されるヒノキの枝条散布時間はスギよりも 10 秒/m 程度余分にかかると考えられる。

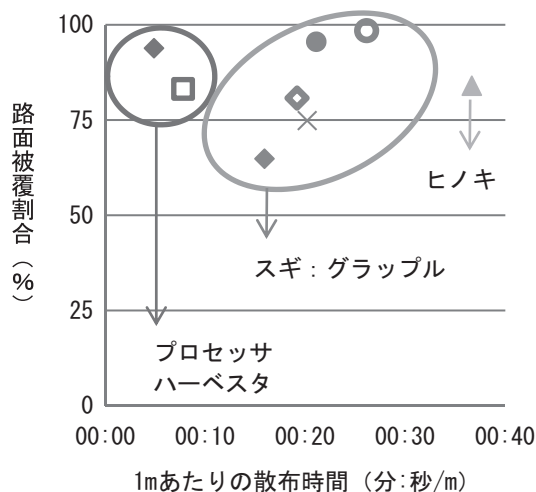


図-3 1mあたりの散布時間と路面被覆割合の関係

次に枝条集めについてみると (図-1)、SEH のヒノキ場合は枝条を 1 箇所を集めていたことから 2 秒/m と非常に短かった。グラップルを使用したスギのうち、NAS 1、2・HOH と WAK・KON に大きな差が見られた。NAS 1、2 は道周辺に枝条が多かったために、HOH は道周辺にあった枝条のみを利用したことから被覆率がやや低くなっているが、いずれも枝条集めは 10~13 秒/m かかったと考えられる。一方、KON と WAK の現場は、道周辺の枝条は少なく、少し離れた箇所からも枝条を集めてきたために枝条集めに 29 秒/m と 23 秒/m と時間がかかった。このように、道の周りに枝条が多く有るか否かが枝条集めの効率に効いており、予め枝条を散布したい箇所に、枝条を集めておくということが効率の良い作業につながる。

移動時間についてみると、SEH は 1 箇所

集積した場所まで取りに行ったため時間がかかったと思われる。また、KON と WAK では少し離れた箇所からも枝条を集めてきたために、HOH は平均勾配が約 16 度 (29%) あったことから移動に時間がかかったと思われる。よって、多くのマニュアルで推奨されている縦断勾配 10 度 (18%) 以内であれば、作業の移動時間は 7 秒/m 程度で移動できると考えられる。

よって、スギの場合、枝条散布には 20 秒/m、枝条集めに十数秒/m 程度、移動に 7 秒/m、整地に 10 秒程度かかることから、グラップルを使用し、路面に枝条を散布する一連の作業には 50 秒/m にかかると考えられる。なお、ヒノキの場合は、1 例しか歩掛り調査を行っていないため、今後さらなるデータの収集が必要であるが、ヒノキの材が硬いことを考慮すると、枝条散布にさらに 10 秒程度かかると考えられる。

2 枝条量の推定

1 m² あたりの枝条被覆率と枝条量の関係は、調査の結果、図-4 のとおりとなり、

$$y = 154.73 e^{3.0246x}$$

で、近似された。

(ただし、x : 被覆率 (%)、y : 枝条量 (g))

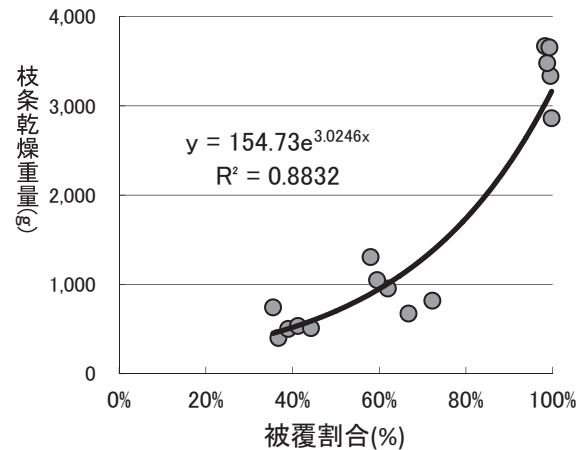


図-4 1m²の被覆割合と枝条量の関係

また、既存の研究 (古川, 2012 ; 三代ら, 1984 ; 林野庁, 2002) のスギおよびヒノキの胸高直径と枝条量の関係を見ると、スギ (図-5) では

$$y = 0.0395 x^{1.9735}$$

また、ヒノキ (図-6) は

$$y = 0.017 x^{2.4663}$$

で、近似された。

(ただし、x : 胸高直径 (cm)、y : 枝条量 (kg))

スギでは若干ばらつきが見られたが、スギの相関

係数は、 $R = 0.67$ と比較的高い相関が得られ、ヒノキは、 $R = 0.94$ と非常に高い相関が得られた。

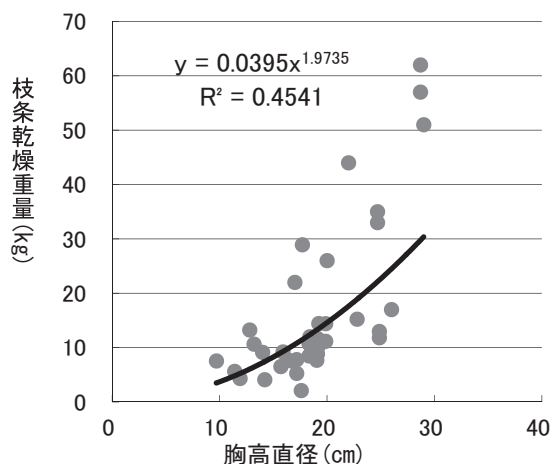


図-5 スギ1本あたりの枝条重量

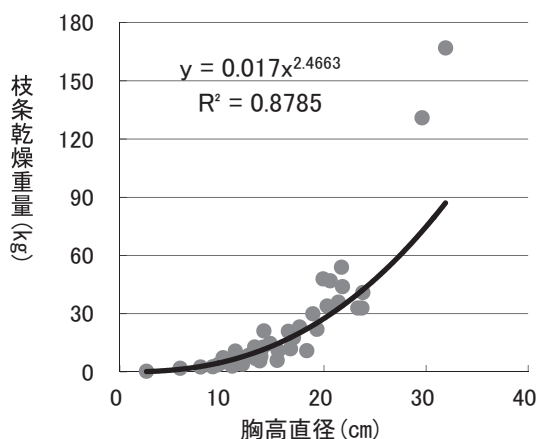


図-6 ヒノキ1本あたりの枝条重量と胸高直径の関係

開設する作業道の路線延長と幅員から被覆する面積が算出され、図-4から路面被覆割合毎の必要枝条散布量が算出できる。また、間伐する林分から生産される枝条量は、間伐林分の平均胸高直径(図-5または6)と間伐本数から推定される。路面の被覆割合を密としても、通常の間伐の場合であれば、スギ・ヒノキいずれも必要な枝条量以上に間伐木から枝条が生産されると考えられる。

IV 枝条散布の作業手順

以上のように、長期間使用しない作業道から土砂流出等の発生を抑制するために、グラップルを使用した路面に枝条を散布する手順は、次のとおりである。

- ① 枝条を散布したい箇所の周辺に枝払いで発生した枝条をあらかじめ集積する。

- ② 集材後、路面のわだちなどを無くす。この時、2m程度の端材を使用し、文鎮で紙のシワを延ばすような要領で行うとよい。

- ③ 枝条を均等に路面へ散布する。

- ④ グラップルを丸め、枝を叩き、均す。

また、枝条散布を優先する場所は、公道入り口、沢周辺、縦断勾配・地山傾斜の急な場所、切土法面の高い所、盛土法面の長い箇所です。

また、ヒノキについては1箇所での事例であるため、今後、さらなる検討が必要である。

なお、本調査を行うにあたって、(独)森林総合研究所 林業工学研究領域 森林路網研究室 田中良明氏、鈴木秀典氏には、作業工程調査の調査方法や分析方法にあたって多くのご助力・助言を賜った。岐阜県森林研究所 古川邦明氏には枝条量の推定にあたり、データの提供を賜った。ここに記して深く感謝の意を表する。

なお、本研究は「新たな農林水産政策を推進する実用化技術開発事業 間伐促進のための低負荷型作業路開設技術と影響手法の開発」の一部として行われた。

引用文献

- 古川邦明(2012) 間伐での林地残材の発生量調査. 現代林業**548**. 38-42
- 小倉晃・小谷二郎(2008) 林種の異なる人工林と作業路における土壌(土砂)流亡量. 中部森林研究**56**: 57-58.
- 小倉晃・小谷二郎(2009) 簡易作業路における土砂流出量の実態と抑制方法. 中部森林研究**57**: 167-168.
- 小倉晃・恩田祐一(2011) 現地散水試験による枝条被覆した作業路の浸透能の測定. 石川県林試研報**43**: 19-21
- 林野庁ら(2003) 平成14年度炭素吸収源等森林計測体制整備強化事業報告書. 38.
- 三代千里(1984) 56豪雪によるスギ冠雪被害について(第2報). 石川県林業試験場研究報告**14**. 1-7
- 佐々木尚三・足立康成(2004) 集材路からの土壌流出に関する考察 -路面の表面流と侵食-. 日本森林学会北海道支部論文集 **52**. 163-165.
- 佐々木重行・茅島信行・桑野泰光(2010) 作業路での土砂移動と枝条散布による抑制効果. 福岡県森林林業技術センター研究報告**11**. 33-38.