

作業路・土場における土の締固めの違い

佐藤 弘和*

Differences in soil compaction between skid trails and landing areas.

Hirokazu SATO*

要旨

集材作業において高性能林業機械の走行に伴う土の締固めは、地表流の発生や土壌侵食を引き起こす原因になりうる。本研究では、作業路、土場ならびに林地を対象に土の乾燥密度や簡易貫入試験による N_c 値の比較を行い、土の締固め程度を評価した。林業機械が走行する作業路面に形成された「わだち」および土場では乾燥密度が高い値を示し、締め固められている状況が明らかになった。 N_c 値の鉛直プロファイルでは、土場および切土のり面側のわだちにおいて10~20cmの深さに硬盤が形成された。わだちと土場は、林業機械の走行による土壌の締固めを強く受けていた。

キーワード：土の締固め、土壌貫入抵抗、乾燥密度、作業路、土場

はじめに

林道、林業専用道、森林作業道作業路ならびに土場（以下、「林内路網」という）は、車両系の高性能林業機械（以下、「林業機械」という）による伐採作業の効率化にとって必要不可欠な生産基盤である。しかし、林内路網で生じた路面侵食、のり面崩壊、路肩崩壊に起因した土砂が河川の濁水化を引き起こすことがある（呉・井上, 1998；吉幸ら, 2001；臼田ら, 2014）。林内路網のうち作業路は仮設道であり、林業機械が常時走行することはない。現地確認によると、作業路は支障木の伐倒と草本の除去ならびに路面がならされるなどして作設される。林道などと異なり、路面に砂利が敷かれることがないため、路面において植生回復しない限り、基岩または基岩由来の風化土壌が露出している。このような状態の作業路では、降雨によって林道等と同様に土砂流出を引き起こすことに繋がる（長坂ら, 2011）。

作業路の作設では、概してバックホウやグラブを装着した建設用車両が用いられるが、その後の林業機械の走行とあわせて「表層土壌の締固め」が生じる。作業路は簡易な構造であることが多いが、集材におけるフォワーダの利用などから切土・盛土を伴う構造となる作業路もある。特に、盛土の場合には、走行による締固めのほかにバックホウを使った

転圧も締固めにかかる力として加わる。土の締固めは、浸透能や透水係数の低下（Ole-Meiludie and Njau, 1989）を招き、地表流が発生しやすい。

林業機械などの車両走行による土壌物理性への影響、特に土壌硬度に着目した研究は海外で多数報告されている。作業路における土壌硬度に関する情報は、浮流土砂流出の抑制を図る上で重要な意味を持つが、国内における研究事例は少ないとされている（佐藤, 2006）。先行研究では、路面に形成された林業機械の履帯（クローラ）または車輪（ホイール）の通過によって路面にできる凹状地形である「わだち」と、両輪（左右）のわだちの間にある空間（以下、「わだち間」という）における土壌硬度の違いが評価されている（Dickerson, 1976；Allbrook, 1986；Ole-Meiludie and Njau, 1989）。わだちは路面流水に対して水路の役割となり、路面侵食に繋がりやすい。利用が終わり放置されている作業路内にできた、わだちやわだち間の土壌硬度を測定することは、作業路における土の締固め程度が把握でき、路面侵食を防ぐことに繋がると考えた。あわせて、海外の事例では作業路（skid trail）と土場（landing）での締固め状態を同時に比較した例があり（Hatchell *et al.*, 1970；Miller and Sirois, 1986）、本研究でもこれに倣うことにした。

本研究では、作業路面、土場および攪乱を受けていない林

* 北海道立総合研究機構林業試験場 Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Bibai, Hokkaido 079-0198

[北海道林業試験場研究報告 第58号 令和3年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 58, March, 2021]

地(対照)において土壌貫入抵抗および乾燥密度(bulk density)をそれぞれ測定し、車両走行による土の締固め状況を報告する。

調査地概要

調査地は、オホーツク総合振興局西部森林室が所管する道有林に作設された作業路と、これに隣接した林地ならびに作業路が接続している土場である(図-1)。

作業路は、間伐作業時に作設されたものである。調査時における作設経過月数は1ヶ月である。路面では、草本および腐植を含む層が除去されたことにより鉱物質の土が露出している。路面勾配は図-1に示した縦断形状の左側を基点として、下り勾配が9.5~18.5°、上り勾配が5~9°である。作業路の作設と集材作業に用いた車種および走行回数は不明である。ただし、わだちの形状から、バケットサイズが0.45m³クラスのクローラ型車両機(車重は10,000~15,000kg程度)が走行したことは確認できる。本論では、切土のり面側にあるわだちを「切土のり面側わだち」、盛土のり面側にあるわだちを「盛土のり面側わだち」として区別する。あわせて、「両わだち」と記載した場合は、両側のわだちのことを指す。両わだちの間(路面中央部に相当)は、「わだち間」と称する。切土のり面のり面の高は測定していないが、調査時に現場を撮影した写真から、1m程度であったことが確認できる。同じく、写真から盛土のり面側の斜面において土が盛られている痕跡を確認した。

作業路に接続している土場の表面は砂利で覆われておらず、植生がみられない。表層土は、作業路の近傍にあることから同じとみなした。調査測線における土場の勾配は1.5~7.5°である(図-1)。土場の一部では、履帯の走行跡が残っていた。

作業路が通っている林地の上層木はトドマツが主体であり、林床はササが繁茂している。切土のり面の上部斜面に位置する林地において、作業路に並行するように調査測線を設けた。同調査測線の勾配は、路面勾配とほぼ同等である。なお、盛土のり面側の林地では、場所によっては切土した際の土砂が堆積している様子があったため、調査測線を設けなかった。

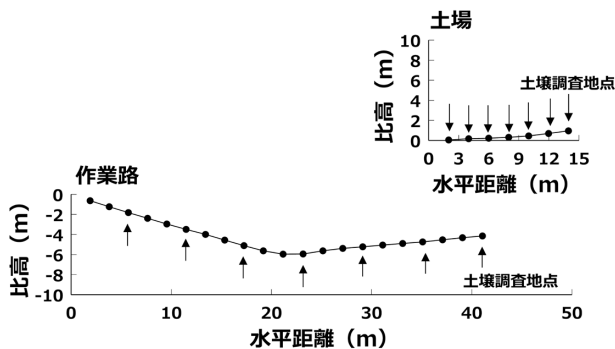


図-1 土場と作業路における地形断面と土壤調査地点(矢印)

研究方法

土場、作業路(両わだちとわだち間)、林地で簡易貫入試験器(坂田電機製)により、貫入抵抗値をそれぞれ測定した。測定日は、2002年9月25日である。貫入試験は測線上に7箇所の計測点を設けて実施し(図-1)、貫入抵抗をNc値で評価した。Nc値とは、5kgの重りを0.5mの落差をつけて自由落下させ、先端コーン直径0.025mのロッドが0.1m土中に挿入されるのに要した打撃回数で表される。測定深度は、ロッドの引き抜きやすさなどを考慮し、0.5mまでとした。ただし、ロッドの挿入が困難と判断されたため、土場と切土のり面側わだちで深さ0.5mに達する前に測定を止めた計測点もある。Nc値の単位はdrop 0.1m⁻¹であるが、文中において単位の記載は省略する。

逢坂(1994)は、5 ≤ Nc < 10に該当する「下層土層」で根の伸長が阻害されると報告している。石塚ら(2002)は、ヒノキ人工林の根系断面面積合計の制限要因となる土層の硬さはNc値10~20であると考察している。太田(1998)は、Nc=20に対応する深さを連ねた面を水文学的基盤としている。これらを踏まえ、各計測点レベルにおいて、0~0.1m, 0.1~0.2m, …, 0.4~0.5mの深さ別に、カテゴリー区分、①Nc < 5, ②5 ≤ Nc < 10, ③10 ≤ Nc < 20, ④Nc ≥ 20を設定し、これらに該当する計測点数を整理した。

あらかじめカラ状態の重量(W₀)を量った容量100mLの採土円筒を用いて、土場と作業路(両わだち、わだち間)、林地の表層土から不攪乱試料をそれぞれ採取した(繰り返し数は7)。なお、腐植の土粒子密度が鉱物質の土より低いことが乾燥密度の違いに反映されることから、林地では最表層にあるO層とA層(層厚数cm)を排除し、その下部に位置する鉱物質層を採取した。

実験室に持ち帰った採土円筒については、湿潤状態の重量(W₁)を電子はかりで測定した後、自然循環式乾燥器を用いて105℃で24時間乾燥させ、除熱後に電子はかりを用いて乾燥後重量(W₂)を測定した。これより、乾燥密度B_d(Mg m⁻³)と重量含水率θ(%)は、以下の式でそれぞれ求められる。

$$B_d = \frac{W_2 - W_0}{100}$$

$$\theta = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100$$

乾燥密度は単位体積(m³)あたりの乾燥土の重量、重量含水率は全重量に対する水分重量の比(百分率表示)である。重量含水率から含水比w(%)を以下の式で求めた。

$$w = \frac{\theta}{100 - \theta} \times 100$$

含水比は固相の質量に対する水分質量の比で、百分率で表す。

土場、切土のり面側わだち、盛土のり面側わだち、わだち間、ならびに林地それぞれの間における乾燥密度の違いについては、TukeyのHSD検定により評価した。

結果

1. Nc値の鉛直プロファイル

両わだち、わだち間、土場、林地におけるNc値（中央値）の鉛直プロファイルを図-2に示す。対照とした林地のNc中央値は5未満であった。両わだち、わだち間、土場のNc中央値は、すべての深さにおいて林地より高い値を示した。深さ0.1m以深において最も高いNc中央値を示したのは切土のり面側わだちであり、深さ0.1m以深のNc中央値は15以上21.5以下であった。土場のNc中央値は、6~13の範囲であった。盛土のり面側わだちでのNc中央値は、6以下であった。わだち間でのNc中央値は、3以上8以下であった。

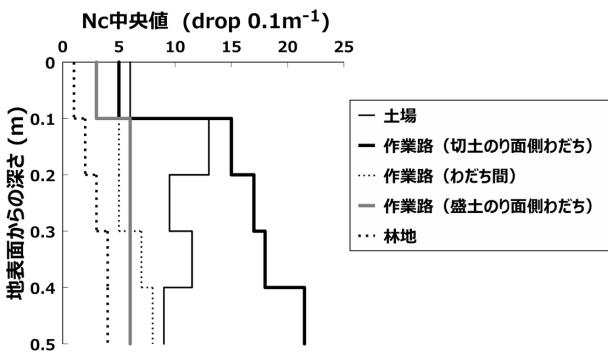


図-2 土場、作業路、林地におけるNc中央値の鉛直プロファイル

各計測点のNc値からカウントした、カテゴリー区分、①Nc < 5, ②5 ≤ Nc < 10, ③10 ≤ Nc < 20, ④Nc ≥ 20に該当する計測点数を表-1に示す。土場および切土のり面側わだちでは、Nc ≥ 20の該当数が他の区分に比べて多く、③と④のカテゴリーは深さ0.1m以深から出現していた。わだち間では、半数を超える計測点において0.1m以深のNc値が②のカテゴリーと該当したが、③と④のカテゴリーとなる計測点は2点を除いてなかった。盛土のり面側わだちでは、Nc値が5以上10未満となった計測点は半数を占めたが、③と④のカテゴリーに該当する計測点はなかった。林地では、0.2m以深で②のカテゴリーと該当する計測点があったものの、③と④のカテゴリーに該当する計測点はなかった。

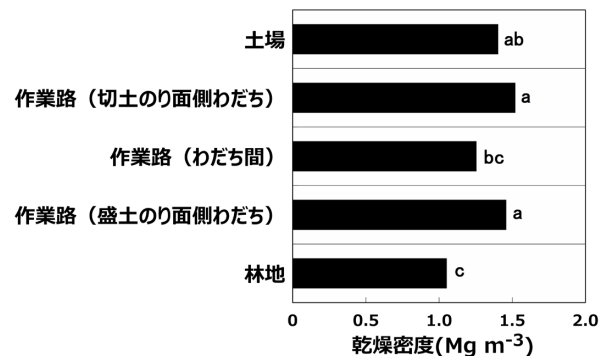


図-3 土場、作業路、林地における乾燥密度
アルファベットは5%有意差を示す

表-1 各カテゴリーに該当するNc値が出現した計測点数

	深さ (m)	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5
土場						
① Nc < 5		3/7	3/7	0/6	0/6	0/5
② 5 ≤ Nc < 10		4/7	0/7	0/6	2/6	3/5
③ 10 ≤ Nc < 20		0/7	3/7	3/6	3/6	2/5
④ Nc ≥ 20		0/7	1/7	3/6	1/6	0/5
切土のり面側わだち						
① Nc < 5		3/7	0/7	0/7	0/7	0/6
② 5 ≤ Nc < 10		4/7	1/7	0/7	0/7	0/6
③ 10 ≤ Nc < 20		0/7	5/7	5/7	4/7	3/6
④ Nc ≥ 20		0/7	1/7	2/7	3/7	3/6
わだち間						
① Nc < 5		7/7	3/7	3/7	2/7	1/7
② 5 ≤ Nc < 10		0/7	4/7	4/7	5/7	4/7
③ 10 ≤ Nc < 20		0/7	0/7	0/7	0/7	2/7
④ Nc ≥ 20		0/7	0/7	0/7	0/7	0/7
盛土のり面側わだち						
① Nc < 5		7/7	1/7	0/7	1/7	2/7
② 5 ≤ Nc < 10		0/7	6/7	7/7	6/7	5/7
③ 10 ≤ Nc < 20		0/7	0/7	0/7	0/7	0/7
④ Nc ≥ 20		0/7	0/7	0/7	0/7	0/7
林地						
① Nc < 5		7/7	7/7	4/7	5/7	6/7
② 5 ≤ Nc < 10		0/7	0/7	3/7	2/7	1/7
③ 10 ≤ Nc < 20		0/7	0/7	0/7	0/7	0/7
④ Nc ≥ 20		0/7	0/7	0/7	0/7	0/7

※該当数/計測点数で表記。各欄7サンプルであるが、一部ロッドが挿入困難なため打ち切ったものがある。

2. 乾燥密度

土場、両わだち、わだち間、林地における乾燥密度 B_d を図-3に示す。土場、両わだちの乾燥密度は、ともに 1.4 Mg m^{-3} を超えており、林地の値 1.0 Mg m^{-3} に比べて $p < 0.05$ で有意に高い値を示した。わだち間の乾燥密度 1.3 Mg m^{-3} は、土場と林地の中間の値であり、両わだちとは有意に異なっていた。

3. 乾燥密度と含水比の関係

各測定地点における乾燥密度と含水比 w の関係を図-4に示す。両わだちの含水比は、ともに5~17%の範囲にあった。含水比が高い地点ほど、両わだちの乾燥密度は低くなる傾向であった。わだち間でも、含水比が高い地点ほど乾燥密度が低くなる傾向であった。林地と土場の含水比は、1点(含水比27.7%)を除いて両わだちと同程度の範囲にあった。

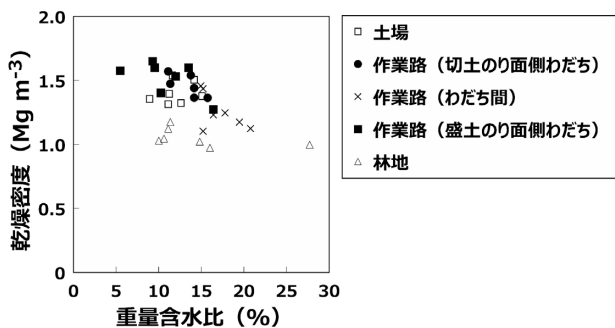


図-4 土場、作業路、林地における乾燥密度と重量含水比の関係

考察

1. Nc値から推察される作業路と土場における土の締固め状況

Nc中央値の鉛直プロファイル(図-2)では、両わだち、土場、林地における土壌硬度(貫入抵抗)の違いが明瞭であった。林地では、Nc中央値が深さに関わらず5未満を記録したことから、根の伸長阻害が生じるような土ではない。これより、人為的な影響を受けていない土については、攪乱を受ける前から硬い土ではないと判断される。人為的攪乱を受けている土場と両わだちでは、深さ0.1m以深でのNc中央値が5以上となり(図-2)、切土のり面側わだちに至っては深さ0.4m以深で20を超えていた(表-1)。土場および切土のり面側わだちでは、車両走行による強い土の締固めが生じていたことは明らかである。さらに、水文学的基盤の観点からみると、土場および切土のり面側わだちでは、浅いところで深さ0.1~0.2mの層が水文学的基盤に相当する(表-1)。わだちの表層部にある水文学的基盤上に飽和帯が形成されると、含水比の増加に繋がり路面の泥濘化も懸念される。

土場における深さ0.1m以下のNc中央値は、切土のり面側わだちより低い値であった(図-2)。土場では、計測点によ

てNc値が70以上の箇所やNc値が10を超えない箇所が記録されていた。作業路では車両(建設用車両や林業機械)の履帯による走行がわだちに限定されるのに対し、土場内では特定の場所を何度も往復せずに走行箇所が分散されるため、締固めの度合いが場所によって異なっていたことが示唆される。

盛土のり面側わだちのNc中央値は、深さに関わらず切土のり面側わだちより低い値であった(図-2)。盛土のり面側わだちでは履帯による踏圧を受けるが、走行のないわだち間と同程度のNc中央値であった。すなわち、盛土のり面側ではもとの土層のNc値が顕現していたことも示唆される。そのような状況を仮定すると、切土のり面側わだちでは相対的に深くまで締固めの影響を強く受けたことになる。両わだちにおいて、車両走行時の車重のかかり方に違いがあったことも推測される。

もうひとつ両わだちのNc値の鉛直プロファイルが異なっていた原因として、切り土で生じた土砂を盛土のり面側に堆積させたことがあげられる。すなわち、盛土され転圧を受けた路面では一度土を崩してから成型しているため、もとの地盤(地山)が有する強度に比べて弱く、深さ0.5mまでの貫入抵抗値が低くなったと推察できる。

両わだちにおけるNc中央値の鉛直プロファイルについて、2つの理由を提示したが、ここではどちらの原因に起因しているかはわからない。ただし、同じわだちといっても、切土側と盛土側ではわだち内部(特に深さ0.1m以深)の硬度分布に違いがあることが明らかになった。

2. 乾燥密度から推察される作業路と土場における土の締固め状況

本研究では、両わだちの乾燥密度が林地の値に対してともに1.4倍であった(図-3)。土場の乾燥密度は、林地の値に対して1.3倍であった。車両走行や地表攪乱によって乾燥密度が増加した報告は多数みられる。Hatchell *et al.* (1970)では、作業路と土場での乾燥密度が対照に比べてともに1.5倍増加した。Dickerson (1976)では、わだちで乾燥密度が20%増加した。Ole-Meiludie and Njau (1989)では、トラクターのわだちで乾燥密度が29%増加した。先行研究と同様に、両わだちや土場の表層部(採土位置が0.1m深以内)では車両走行による締固めが生じており、林地に比べてわだちや土場の乾燥密度が高いことに繋がっている。

車両走行を受けていないわだち間においては、林地の乾燥密度に対して1.2倍程度の増加に留まっていた。Dickerson (1976)では、わだち間の乾燥密度が10%増している。Ole-Meiludie and Njau (1989)でも、わだち間で乾燥密度が増加している。わだち間では履帯による直接的な走行がない。他地域で作業路作設の様子を現地観察した際、排土板による路面のならしやバケットを使った路面転圧が行われていた。同様の作業が行われた場合、路面のならしや転圧がわだち間に

残ることで乾燥密度が増加した可能性がある。すなわち、わだちでは作設時の転圧+履帯による踏圧、わだち間では転圧のみが、路面にかかる主たる力ということになる。ただし、Allbrook (1986) は、わだちでの乾燥密度は22%増加したが、わだち間では有意な変化がみられなかったと報告しており、必ずしもわだち間では転圧がかけられるとは限らない。

3. 乾燥密度と水分環境の関係

調査日からの先行降雨を札幌管区气象台提供によるアメダスデータで確認すると、2002年8月19～21日に総降水量75mmが観測されたが、9月25日(調査日)までの約1ヶ月間では、日降水量が最大でも4mm、期間内の総降水量が20mmとかなり少なかった。先行降雨の量からみれば、採土を行った調査日は乾燥状態にあったといえる。しかし、作業路の含水比は5～16%と計測点間で違いがあった(図-4)。これは、各計測点の水分状態(排水過程)が、土の締め固め度合いの違いで変化していることを示唆する。

先行研究では、わだちにおいて強度の締め固めが生じると、粗孔隙の減少と細孔隙の増加が起こり(Allbrook, 1986)、透水係数も減少する(Gent Jr. *et al.*, 1983)。これらの現象は、締め固められた土壌では林地土壌に比べて孔隙量が減少する一方で孔隙から排水されにくい、すなわち水移動がしにくい(保持されやすい)環境となることを意味する。

両わだちとわだち間における乾燥密度と含水比の関係は、含水比が低いほど乾燥密度が高い傾向であった(図-4)。乾燥密度の増加とは、乾燥重量(「土粒子重量」に相当)の増加である。各計測点における土粒子密度が同じと仮定すると、乾燥密度の増加は土粒子体積の増加または孔隙の体積(孔隙量)の低下に結びつく。重量含水比が低下するのは、分母である土粒子重量の増加か、分子である水分重量の低下によって起こる。締め固めによって乾燥密度が高くなった両わだちでは、わだち間に比べると締め固めによる土粒子重量(含水比の分母の値)の増加が起こっている。両わだちにおける水分重量がわだち間と同じであれば、含水比は低い値となる。

さらに、わだちでは、路面上を地表流が流れやすい。林道の事例ではあるが、長塚ら(2014)は林道における水流出量を計測した結果、林道からの総流出量に対して路面に生じた地表流が85～89%寄与していることを明らかにしている。路面外に排水されなかった降水は作業路の路体(地山)に浸透するが、地表流が発生しないわだち間に比べて孔隙内に保持される水分重量(含水比の分子の値)が少なくなるため、含水比が低下することも起こりうる。

攪乱を受けていない林地では、計測点の間に乾燥密度の増減傾向がなかった。林地では、各計測点における土粒子重量の違いより、孔隙中に含まれる水分重量の違いそのものが重量含水比に反映していたことが推察される。また、有機物の含水比(代表値)が80%以上であることを考慮すると(熊城

ら, 2004)、有機物含有量が含水比に影響する可能性もあるが、本研究ではO層とA層を除去して採土したことで、乾燥密度に対する有機物含有の影響(試料の軽量化)が少なかったと考えられる。なお、三田地(2013)によれば、含水比20%以下は、砂質土の自然状態に該当する(ただし、試験地の土は完全な砂の層ではなく、土を捏ねると壤土のように棒状になる)。この試験地で採取したわだちや土場と比べて林地土壌での乾燥密度が低いのは、有機物が含まれることによる違いではなく、土粒子重量の違いであると判断した。林地土壌では土粒子体積が少なく孔隙量(特に粗孔隙)が多いために、土中に浸透した水は排水されやすい。林地では採土した層に浸透した水量が同じとしても、特に粗孔隙量の違い(ばらつき)が排水量の違いに反映しやすいことが示唆される。

林地より締め固められている土場において、乾燥密度と含水比の間に明瞭な増減傾向はなかった。計測点は測線上に設定したが、土場では常に測線沿いに走行するとは限らないため、締め固め度合いが面的にばらつき、増減傾向がはっきりしないことが示唆される。ただし、これ以上の理由はわからない。土場での含水比と乾燥密度の関係については、測線ではなく面的に採土・分析する必要がある。

本研究では、含水比をもって両わだちとわだち間における土壌水分を比較したが、作業路内(路体)の土壌水分と土壌硬度の関係については不明な点も多い。今後研究を進めるのであれば、飽和(不飽和)透水係数の計測および各計測点における水ポテンシャル(水理水頭)の経時測定により、作業路における空間的・時間的な水分環境を把握する水文地形学的なアプローチもある。路盤や路体内の土壌水分環境に関する知見は、路面での植生回復、路面流水や路面侵食の発生、路面の泥濘化といった車両走行の安全性や使用後の状態回復(林地の状態に戻す)を考慮する上での重要な情報となりうる。

謝辞

現地調査では、道総研林業試験場の長坂有氏と調査地を所管している皆様に御協力いただいた。ここに記し、感謝の意を表します。

引用文献

- Allbrook, R.F.(1986) Effect of skid trail compaction on a volcanic soil in central Oregon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1344-1346.
- Dickerson B.P. (1976) Soil compaction after tree-length skidding in northern Mississippi. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 965-966.
- Gent, J.A., Jr., Ballard, R., and Hassan, A.E.(1983) The impact of harvesting and site preparation on the physical properties of Lower Central Plain forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 595-598.
- Hatchell GE, Ralston CW, and Foil R.R.(1970) Soil disturbances in logging. Effects on soil characteristics and growth of loblolly

pine in the Atlantic Coastal Plain. J. For. 68: 772-775.

石塚公人・逢坂興宏・土屋 智 (2002) ヒノキ人工林における樹木根系分布に与える土層の硬さの影響. 日緑工誌 28 (1) : 146-149.

熊城正治・林田師照・安川郁夫 (2004) 『図解土木講座 土質力学の基礎 (第二版)』. 技法堂出版 : 141pp.

Miller, J.H. and Sirois, D.L. (1986) Soil disturbance by skyline yarding vs. skidding in a loamy hill forest. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 1579-1583.

三田地利久 (2013) 『土質力学入門』. 森北出版 : 248pp.

長坂 有・今 博計・長坂晶子・棚橋生子・佐藤弘和 (2011) 森林施業後の林床被覆の違いが表土流出に及ぼす影響. 日林北支論 59 : 137-139.

長塚結花・五味高志・平岡真合乃・宮田秀介・恩田裕一 (2014) 林道路面の浸透能と水流出特性. 日林誌 96 : 315-322.

太田猛彦 (1998) 森林山腹斜面における雨水の流出について. 水文・水資源学会誌 1 (1) : 75-82.

呉 在萬・井上章二 (1998) 林道開設地における渓流水の浮遊砂濃度の変化. 森林学誌 13(3) : 161-168.

Ole-Meiludie, R.E.L. and Njau, W.L.M. (1989) Impact of logging equipment on water infiltration capacity at Olmotonyi, Tanzania. For. Ecol. Manage. 26: 207-213.

逢坂興宏 (1994) 花崗岩斜面土層の発達過程と安定性に関する研究. 静岡大学農学部演習林報告 18 : 1-44.

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(1) : 50-59.

白田寿生・古川邦明・鈴木秀典・小倉 晃 (2014) 森林作業道における濁水流出防止対策の検討-沈砂池の効果-. 森林学誌 29(2) : 97-100.

吉幸 朗・長澤 喬・森田紘一・中尾博美 (2001) 高密度道路網を基盤とする機械化間伐作業林分における土砂流出について. 森林学誌 16 : 191-202.

Summary

Soil compaction caused by forestry vehicles on skid trails can cause surface flow and soil erosion at the road surface. To evaluate the degree of soil compaction on skid trails, we measured bulk density and soil penetration resistance (N_c) in different parts of skid trail ruts (cutslope, fillslope, and between ruts), the landing area, and forest land (control). Soil bulk density was higher on trail ruts and the landing area than on forest land or inter-rut. The vertical profile of N_c values showed a hard layer at depths of 0.1~0.2m on trail-rut cutslopes and on the landing area. Thus, vehicles strongly compacted soil on the ruts and landing area.

Key words

soil compaction, penetration, bulk density, skid trails, landing