

現場写真で見る林内道路の侵食・崩壊

－路面侵食－

佐藤弘和・津田高明・岩崎健太・蓮井 聡・対馬俊之

林内道路の路面で起きること

林業に従事する方は、林内道路※を走行して伐採や保育が行われる現場に向かいます。一般の方には身近な道路とはいえない林内道路ですが、『北海道林業統計』によると、林道（自動車道）の総延長は24,000kmを超えており、道内の高速道路、一般国道、道道、市町村道の合計延長の約1/4に相当します（佐藤 2018）。森林作業道などの延長がこれに加わると、さらに長くなります。※「林道」、「林業専用道」、「森林作業道」の総称として、ここでは林内道路とします。各区分の詳細は佐藤（2017）を参照ください。

北海道林業統計によるところの「林地とその周辺200m以内の国道・道道・市町村道といった公道」や一部の林道を除いて、林内道路は未舗装の道（以後、「未舗装道」といいます）がほとんどです。未舗装道としては、砂利が敷かれた道や、もともとある地盤（地山）が露出した道などがあります。車のスピードを出さなければ、砂利道や地山の道でも安全に走行できます。しかし、舗装道路とは異なり、未舗装道では路面に深い溝が刻まれていることがあります（写真-1）。林業関係者にとっては、このような路面の溝に遭遇する機会があるかと思えます。溝といってもサイズは様々で、最低地上高が高い車種でもなければ車両走行が困難な場合や、そもそも車が通ることができないほど酷い場合があります。こうした溝の形成は、「路面侵食（road surface erosion）」によるものです。砂利道や土が露出した路面では、降水や融雪水が浸透しにくいために路面上を流れることがよく起こります。路面上の水の流れは砂利やその下の土を削り溝が深くなると、車両走行に支障をきたします。さらに、路面では細かい粒径の土砂を含む濁水が発生しやすく、これが川に流れ込む（写真-2）と水生生物の生息に悪影響を及ぼすことがあります。路面侵食や濁水発生を抑制するためには、各種排水施設の設置が重要です。

これまで道内各所において路面侵食箇所を探索し、その状態について調査してきました。林内道路（一部公道での事例を含みます）の路面侵食状況を多数見ているうちに、路面侵食を発生源によってタイプ分けできることに気づきました。また、融雪期の路面流水の観察から、これまでの濁水発生に対する考え方を見直す現象が確認されました。さらに、いろいろな路面侵食対策とその問題点も捉えることができまし



写真-1 路面にできた溝



写真-2 手前と奥の路面から流れ込む濁水

た。ここでは、路面における侵食の実態や濁水の発生状況、路面排水施設とそこで起こっていた問題点について写真を使ってご紹介します。

林内道路の路面について解説します

本論に入る前に、林内道路の構造と排水施設について簡単に説明します。林内道路において車両が走行する面が「路面」です。路面部位はいくつかの層からなります。舗装道路では、地表から「表層」「基層」（ともにアスファルト）、その下部に「路盤（上層が粒度調整砕石、下層が砕いただけの砕石）」「路床」「路体」と続きます。林内道路では盛土や、地山の地表面に砂利を敷くことが多いので、砂利の層が路盤となり、盛土箇所や地山が路体となるような構造です（図-1）。砂利がなくて路体そのものが直接路面となることもあります。道路の横断形状では、路面が①完全に平坦な場合のほか、②路面の中央部が高く、両側の路肩それぞれに向かって傾斜している形状、③谷側の路面が尾根側の路面より高い形状、④尾根側の路面が谷側の路面より高い形状があります。②の形状をもつ林道について、屋根型林道と名付けている例があります。③については片勾配、④については外勾配としていることがあります。林道に関して書かれた海外の文献をみると、②は Crown、③は Inslope、④が Outslope と書かれていました。Crown は、土木分野で「路頂」という意味があてられています。

切土のり面側には、道路に沿って排水用の側溝が設けられることがあります（盛土のり面側にも設置される場合があります）。簡単な構造の側溝には、地山を直接溝状に掘った素掘り側溝があります。林道などでは、コンクリート製U字溝や丸太を側壁にあてがった側溝などがあります。また、排水施設には、道路を横切るように設置した横断排水があります。横断排水には、グレーチング付きU字溝のような開渠タイプがあります。沢や川が道路を横切る場合には、路面下に暗渠（カルバート）が設けられることがあります。暗渠の形状から、断面が長方形のボックスカルバート、アーチ形状のアーチカルバートがあります。また、ヒューム管（土管）や、側面が波状のコルゲート管などがあります。なお、ダムの排水などで使われている用語ですが、横断排水用の溝（管）で水が入る部分を「呑口」（のみぐち、のみくち）、横断排水溝から水が出る部分を「吐口」（はきぐち、はけぐち）といいます。暗渠では路面の下に水を流していますが、道の上を川が流れるようにしたものは「洗い越し」です。このほか、路面上を流れる水を分断するための排水版やゴム製の止水用構造物などが路面に設置されることがあります。

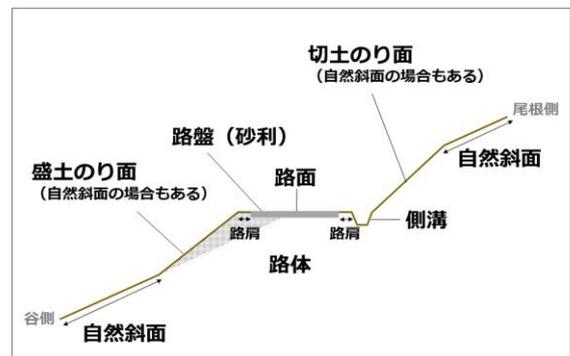


図-1 林内道路の構造



写真-3 深く掘れた路面侵食

路面侵食のタイプ

これまで多くの路面侵食箇所を調査してきましたが、代表的なタイプは写真-1 のような溝状の形態でした。この溝状の侵食について、地形学で使われている「ガリ（雨裂）侵食」（gully erosion, 単にガリとも）ということにします。ちなみに、面的に覆う水による侵食は「面状侵食」（sheet erosion）です。林内道路の侵食・崩壊調

査では、路面に発生したガリの長さを測るため、ガリの始まる箇所まで道路を登って行きました。著者らが調査した中で一番長いガリは1.3 kmありました。また、写真-3では箱尺を傾けて置けていますが、深さは1.2 mを超えていました。

これまで現地において、何十箇所もの路面侵食に遭遇しました。ここでは、その成因から路面侵食を3タイプに分けました。最も多いタイプが、わだちを含む路面の凹凸に起因した地表流の集中によって生じるもので、①「路面集水型」と名付けました(写真-4)。乗用車やトラックのタイヤや高性能林業機械等の履帯(クローラまたは無限軌道といいます。キャタピラーは登録商標です)が通った後は、踏圧や路面の削剥により断面が凹状の「わだち」ができます。このわだちに水が集まると、ガリが生じます。水の集まり具合では、わだちを超えて路面上を縦横無尽に削り取っていることもあります。次のタイプは側溝から溢れた水(写真-9 参照)によるもので、②「側溝^{いっすい}溢水型」と名付けました。側溝が切土のり面の崩壊土砂でふさがれ、側溝を流れてきた水が行き場を失い路面に溢れて流れるものです。最後のタイプは、林内道路が小さな谷を横切る箇所から沢や川の水が路面に流れ込んで侵食されるもので、③「溪流流入型」と名付けました(写真-5)。



写真-4 わだちを流れる水

左側のわだちでは、地山が露出しています



写真-5 川水による路面の削れ

左側の谷から川水が流れ込んでいます

路面を流れる濁水

路面では土が締め固められているため、降雨や融雪水が浸透せずに路面上を流れます。水文学では地表流といわれていますが、ほかに「表流水」「路面流水」との表記があります。路面流水は、路面の土を削るために濁ることがあります。写真-6は、植栽候補地に向かう手前の入り口付近を撮影したものです。現



写真-6 路面を流れる濁水

強い雨のあとに時間を置かず発生しました



写真-7 ガリ内を流れる濁水

場に入ってから急な雨が降り、急いで写真の場所まで戻ってきました。時間にして、降雨から1時間も経っていませんでしたが、すでに濁水が発生していました。写真-6では、濁水がわだちから溢れ布状に広がって流れています。写真-7は、ガリ内を流れる濁水の様子を撮影したものです。ガリはある意味、水路のような形状です。路面勾配が急になれば、流水は勢いがつき、ガリの拡大を助長します。ちなみに、これらの写真とは異なる路線で、砂利路面を流れる濁水（粒子の直径が0.1mm以下）の濃度を測定したところ、最大で2,000mg/Lを記録しました。筆者が調べた範囲では、森林流域内を流れる渓流水の濁水濃度は無降雨時で数mg/Lオーダー、降雨時でも数百mg/Lオーダーに留まることが多いことから、路面を流れる濁水内の土砂濃度は高く、細粒の土が侵食され運ばれています。

何事にも例外があるもので、いつでも路面で濁水が発生するかというと、そうではありません。写真-8は、降雨後に濁水が路面を流れていた様子を9月に撮影したもので、確かに路面流水は濁っています。濁水発生のもとを辿ってみると、路面を流れていた濁水が一旦側溝に流入しましたが、途中で側溝から溢れて再び路面を流れていました（写真-9）。次に、同じ現場を4月に訪れました（写真-10）。手前の部分では雪が融けて地面が見えていますが、写真-8のような濁った路面流水は見当たりません。路面に近づいてみると、流れている水は透明でした（写真-11）。5月に再度同じ現場を確認したときには多少路面上を流れる水は白濁していましたが、敷設された砂利が目視で確認できる程度の濁りでした。理由を考えるのであれば、降雨時は雨滴侵食に加えて短時間で発生する路面流水の量が多く、路面を削る力や土砂を運ぶ力が強いことが考えられます。融雪では雨滴侵食のような現象は起こらず、長い期間を掛けてゆっくり雪が解けるために融雪水による侵食力・運搬力が降雨によるものに比べて弱いのかもかもしれません。すべての



写真-8 降雨時に生じた濁水



写真-9 側溝から流れる出る濁水



写真-10 融雪時の様子

場所は、写真-8と同じ道路



写真-11 融雪時に路面を流れる水

林内道路で同じことが起きているとはいませんが、融雪期における透明な路面流水は他の道路でもみられました。

路面での砂利の動き

路面を流れる水には、砂利をも動かす力があります(写真-12)。さらに、砂利のみならず、地山まで削るような力もあります(写真-13)。路面侵食を生じさせる主たる原因となる水としては、雨水、融雪水、道路に流れ込んだ川水があります。また、乗用車のタイヤやクローラ式林業機械の履帯による土の移動(わだちの形成など)も無視できません。そこで、路面上の砂利や土の動き(無くなり方)について、簡単に可視化する方法を試みました。林道の左右のわだちと、わだちとわだちの間(わだち間とします)に50cm四方の方形木枠を置いて、枠内を赤色の着色スプレーで塗りました(写真-14)。それから8日後に着色した区画の変化(色の着き具合)を確認しました。わだち間ではそれほど色の变化はありませんが、左右のわだちでは色が無い部分が現れ、全体的に薄くなっています(写真-15)。7月8~16日における期間降水量は、合計73mmでした(札幌管区気象台のデータ)。この期間にどれだけの車両が走行したかは不明ですが、わだちを流れる水と車両走行による土の移動があったことが窺えます。色の残り方を精査すると、わだちでは路面にはまっている相対的にサイズが大きい砂利に付着した色が残っていました。ほとんど色の变化がなかったわだち間では、タイヤの走行がみられないことやわだちより幾分高い位置にあるため、路面流水は流れていなかったと判断しました。わだち間にある砂利が移動するとすれば、雨滴侵食によるものが想定されますが、色の残り具合からその影響は小さいといえます。



写真-12 砂利層だけが移動



写真-13 砂利の移動と路床の削れ



写真-14 2002年7月8日の路面の様子



写真-15 2002年7月16日の路面の様子

路面侵食の対処方法

路面流水による侵食を回避する方法として、分散排水があります。わだちやガリに水が集まる量が増えれば、侵食する力や土を動かす力が増します。分散排水は、路面流水を途中で遮断し、路面外に排水します。路面流水を防ぐ設備として、路面排水版（写真-16）やゴム製の止水板（写真-17）、横断排水としての開渠（写真-18）などがあります。これらの方法は、路面集水型の路面侵食に対して有効です。路面勾配が急になるほど、排水設備の設置間隔を狭くすることが重要です。その反面、設置コストが掛かることが難点です。

流水を制御する施設は、作設後すぐに排水効果や止水効果を発揮します。しかし、水によって削られ運搬された土や砂利は、流れが緩くなったり止められたりすることで堆積に転じます。そして、排水施設は埋没することになります。林道ではコンクリート製のしっかりした横断排水が設置されることがありますが、そのまま放置しているといずれは埋没してしまいます（写真-19）。ある林道では、横断排水31箇所のうち埋没していなかったのは、わずか3箇所でした。この林道では舗装された区間があったにも関わらず、舗装区間内の横断排水溝が埋没してい



写真-16 路面排水版（板、盤ではないです）



写真-17 ゴム製の止水施設



写真-18 コンクリート製横断排水溝



写真-19 埋没した横断排水明渠



写真-20 侵食される側溝

ました。水の流れをコントロールする上で重要な側溝も、場合によっては侵食されることがあります(写真-20)。横断排水溝の呑口に土砂が堆積すると、そこから溢れた水により側溝溢水型の路面侵食が起こることになります。側溝に堆積した土砂の排土や侵食防止は重要な対策なのですが、意外と見過ごされがちなので、注意が必要です。

溪流流入型の路面侵食対策では、カルバートや洗い越しなどの方法があります(路体消失を扱った話題のときに取り上げますので、詳細は割愛します)。

林内道路では砂利ではなく舗装されている区間も見受けられますが、砂利ではなく木質チップを敷設した例(写真-21)もあります。木質チップを路面に敷設した区間において濁水中の土砂濃度を調べたところ、砂利敷設区間の濃度より低下していました。木質チップの路面敷設による濁水濃度の抑制が期待されます。一方で、路面で生じる車両の走行によって表面に凹凸ができるなど乱れることが多く、ある路線では風によってチップが飛散したような痕跡がありました。また、木質チップが路面流水で流れ出す可能性もあります。木質チップを路面敷設する場合には、できるだけ路面にあるチップの移動を制御することが必要です。

林内道路を走行していると、路面一面に草本などが繁茂していることがあります(写真-22)。雨滴侵食の防止や濁水の発生を抑制する植生のマルチと捉えれば、低コストの路面侵食抑制方法といえるかもしれませんが、しかし、草本が繁茂した道路の走行は危険をはらんでいます。例えば、草本に埋もれた礫などに気づかず車底をこすったり、道路脇が崩れている状況が見えなかったりすることもあります。実際に体験しましたが、草本で路面状況がわからなかったので車から降りて歩いてみたところ、道幅が狭くなっていて、そのまま走行すると脱輪したかもしれない道路がありました。改めて、草本が繁茂した路面を走行する際には、気を付けた方がよいです(当たり前のことといわれるかもしれませんが、結構無理して繁茂した道路を歩いて現場に向かう人たちを見ている)。

路面侵食の対策と問題点などについて見てきましたが、森の中の道路を維持するためには、まず水の流れを制御することが必要です。路面流水が制御できれば、路面で発生する濁水発生への抑制にも繋がります。路面流水の制御や維持管理に関する実態把握と技術開発に関する研究は、欠かせないものといえます。



写真-21 木質チップを敷設した道路



写真-22 植生が繁茂した道路

引用文献

佐藤弘和（2017）知っていて損のない「林内路網の基礎知識」－「林道」の区分と英訳のはなし－．光珠内季報 184：9-14.

佐藤弘和（2018）知っていて損のない「林内路網の基礎知識」－北海道林業統計から読み解く道内の林道－．光珠内季報 189：5-9.

（企画調整部企画課・森林経営部経営グループ・道東支場・森林環境部環境グループ・副場長）