

光珠内季報

▪ 街路樹の加齢と健康状態について

錦織正智・脇田陽一 …… 1

▪ 現場写真で見る林内道路の侵食・崩壊
— 一切土のり面崩壊 —

佐藤弘和・津田高明・岩崎健太・蓮井 聡・対馬俊之 …… 5

▪ 現場写真で見る林内道路の侵食・崩壊
— 盛土のり面崩壊 —

佐藤弘和・津田高明・岩崎健太・蓮井 聡・対馬俊之 …… 11

地方独立行政法人
北海道立総合研究機構

森林研究本部 林業試験場

NO. 198
2021. 3

ハルニレ

ミヤママタタビ (雄株)

サルナシ (雄株)

ベニイタヤ

サルナシ (雄株)

イタヤカエデ

街路樹の加齢と健康状態について

錦織正智・脇田陽一

市街地の街路樹を対象に植栽後の年数別に倒伏に関与する健康状態（樹幹の損傷・樹幹内部の異常⇨腐朽）を調査しました。この結果、樹幹の損傷は、植栽後の年数が経つほどに多くなる傾向がありました。外観からは判断できない樹幹内部の腐朽の有無は、植栽後の経過年数との間に明瞭な関係がありませんでした。これらの結果には植栽環境や人間の活動などを多分に反映していると考えられました。

現場写真で見る林内道路の侵食・崩壊 ―切土のり面崩壊―

佐藤弘和・津田高明・岩崎健太・蓮井 聡・対馬俊之

豪雨等の災害に伴い、林道や森林作業道で発生した道路の切土のり面崩壊の状況について写真を使って紹介します。切土のり面の崩壊には、「表層崩壊タイプ」「地すべりタイプ」など、いくつかのタイプがありました。切土のり面崩壊の対処としては、人工構造物によるものがありますが、のり高などの地形条件も考慮することが重要です。

現場写真で見る林内道路の侵食・崩壊 ―盛土のり面崩壊―

佐藤弘和・津田高明・岩崎健太・蓮井 聡・対馬俊之

豪雨等の災害に伴い、林道や森林作業道で発生した道路の盛土のり面崩壊の状況について写真を使って紹介します。盛土のり面の崩壊パターンには、林内道路の作設位置、すなわち「山腹斜面」「谷をまたぐ場所」「川沿い」によって崩壊の仕方に特徴があります。盛土のり面崩壊への対処方法として、盛土のり面に対する分散排水や、川の水が衝突する斜面（攻撃斜面）の保護などがあげられます。

街路樹の加齢と健康状態について

錦織正智・脇田陽一

街路樹の倒伏

台風一過の新聞やテレビのニュースでは、「あの木が倒れるなんて…」という言葉が珍しくはなくなつたように思います。地域住民を感嘆させる倒木。その言葉からは、思いも寄らない出来事であることが伝わってきます。身近な樹木の中でも、「油断大敵だった」では済まないのが街路樹の倒伏。倒れた木は電線に引っ掛かり、停電の原因となったり、道路を遮断したり、直接的な人的被害を起こすこともあります。街路樹の管理の指針である国土交通省（旧建設省）の「道路緑化技術基準」は、平成27年度に改正されて、管理者の責任として「道路巡回等において街路樹の倒伏、幹の破断・倒壊、枝の落下等につながる事象の確認に努めること」と加えられました。今、街路樹の管理は「人の生活環境への安全性の確保」を視点とした再構築が課題です。ここでは、街路樹の加齢と倒伏の兆候に関連する健康状態（≒腐朽）の関係について見てみます。

街路樹の倒伏と腐朽の関係

街路樹の倒伏は、台風や着雪などの気象が大きな要因ですが、他方、樹幹の腐朽のように樹木自体の要因もあります（写真-1）。東京都道と国道で起きた34件の事故の調査結果では、街路樹の倒伏に関与する要因の内訳は、1位：腐朽（空洞も含む）+強風、2位：腐朽、3位：強風、4位：腐朽・強風ともになしの順でした（3）。

腐朽は、木材腐朽菌が樹木のカラダに侵入することからはじまります。木材腐朽菌の侵入口は、①樹幹の損傷部、②傷んだ根、③剪定した傷口、④枝が折れた痕、⑤虫の食害痕などです（2）。樹

木のカラダに侵入した木材腐朽菌は、導管を通じて樹体の上下方向へ移動して、水分や栄養条件の生育条件が適した部位で腐朽が広がります。腐朽が進んだ組織は軟弱化し、やがて空洞となり、カラダを支える機能が低下することで倒伏に至ります。



写真-1 外観からは判断できない心材腐朽

樹幹の損傷

腐朽の発端となる樹幹の損傷は、植栽してからどれくらい経つと生じるのでしょうか？ このことを確認するために、次の調査を行いました。

調査の対象地は札幌市の市街地、対象樹種は11樹種です。植栽後10～40年を経過した植栽路線で、連続して並ぶ10個体（計330個体）について樹幹の損傷の有無を調べました。各植栽路線の環境は、住宅地、商業地、平地、傾斜地など様々でした。

植栽後の年数別に損傷率を見ると、植栽後の年数が

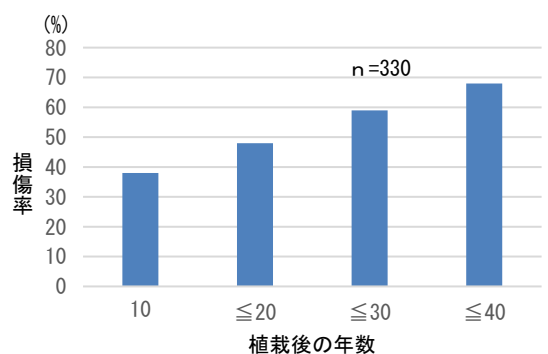


図-1 植栽後の年数で見た損傷率

進むにつれて損傷率が増える関係は統計的に有意(ロジスティック回帰分析, $p < 0.001$)でした(図-1, 写真-2)。しかし, 樹種ごとに見ると, イヌエンジュやニセアカシアの様に経過年数が長くても損傷が少ないものも見られました(図-2)。このことは, 植栽後の年数に加えて, 植栽環境の違いが損傷の発生に影響していることが理由だと思われます。損傷は, 沿道の土地の活用度が高い植栽環境(住居, 店舗, 学校, 駐車場など)ほど多い印象を受けました(写真-2)。住宅街では草刈りや除雪作業が原因の損傷, 店舗前では荷物の積み下ろしに伴う損傷, 通学路には児童のいたずらによる損傷, 駐車場の出入り口付近には自動車が接触した損傷。今後, 損傷の有無・多寡の要因の解析には, 人の生活・活動と街路樹の関係をさらに詳しく調べる必要があることを感じました。

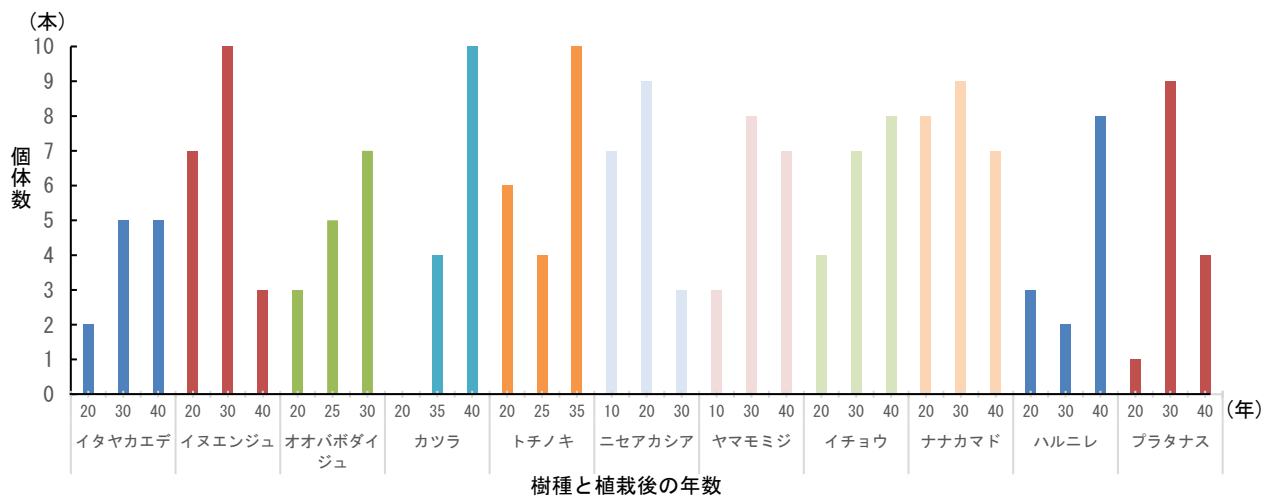


図-2 樹種と植栽後の年数で見た損傷している個体数



カツラ



イヌエンジュ



ヤマモミジ



ヤマモミジ



ヤマモミジ



ニセアカシア

写真-2 人の活動が原因になった損傷の事例

樹幹内部の異常

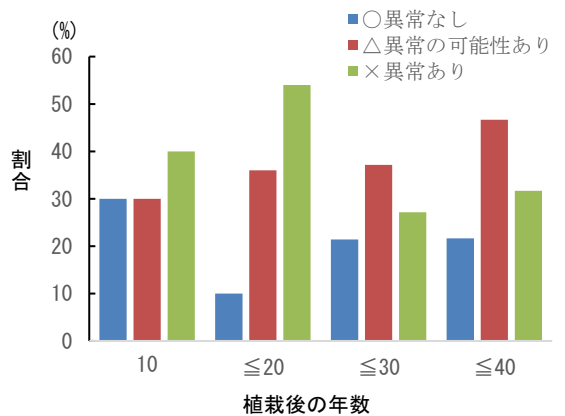
街路樹の折れた樹幹の断面を見て、「びっくり、中が腐っていた」「空洞だった」。外観からは判断できないのが、樹幹内部（心材部）の軟弱化、心材腐朽です（写真－1）。このような樹幹の内部の異常（≒心材腐朽）は、植栽してからどれくらい経つと生じるのでしょうか？ このことを確認するために、次の調査を行いました。

先に挙げた調査地において、7樹種を対象に外観に損傷と腐朽の兆候（キノコ）が無い10個体（計210個体）について、樹幹内部の異常の有無を調査しました。調査には、林業試験場で開発した樹木診断装置を用いました（写真－3）。この装置の仕組みは、スイカの熟れ具合をたたいて判断するのと同様です。スイカの場合は、たたく場所と反対側に、もう片方の手を添えて、この手で感じる振動で判断します。スイカの中に空洞があると、たたいた振動はそこで大きく減衰し、実が詰まっている場合は、振動がそのまま伝わります。樹木診断装置は、加振器で樹幹に与える振動を受振器で受け取り、樹幹の内部の状況を“○（異常なし）”，“△（異常の可能性あり）”，“×（異常あり）”の3段階で評価します(1)。

診断結果において、内部異常（×と△）に与える植栽後の年数と樹種の影響をロジスティック回帰分析で検定しましたが、統計的に有意な関係はありませんでした（図－3,4）。しかし、外観からは腐朽の症状が認識できない街路樹でも、腐朽の可能性のある個体が高い割合で存在することが分かりました。また、損傷が無い個体を調査個体を選んだことから、木材腐朽菌の侵入口の可能性は、地上部（剪定した傷口など）か地下部（根系）のどちらか、あるいは両方です。剪定を経験していない植栽後10年のニセアカシアとヤマモミジに“×（異常あり）”が検出されたことは、根系から腐朽菌が侵入し、植栽後の早い段階から進行する可能性を示唆しています。根系が侵入口になる機会は、劣悪な土壌環境が原因の一つです(4)。実際、街路樹の植栽基盤（植樹桝）を掘り返すと、施工時に用いられた土の種類の数だけ土壌環境は様々です（写真－4）。粘土質、土色が灰色の還元土壌、透水性・通気性の不良、狭い根圏の育成空間（有効土層）など、ある調査地の環境は根系の成長に不適であったかもしれません。また苗木は、植栽作業の効率を上げるために、かさばる根が切れ、傷口が多かったかもしれません。内部異常の有無は、植栽環境と管理履歴（剪定の回数・剪定の強度）などの要因が複雑に絡み合っているため、今回の調査では、調査結果に普遍的な傾向を見出すことができませんでした。



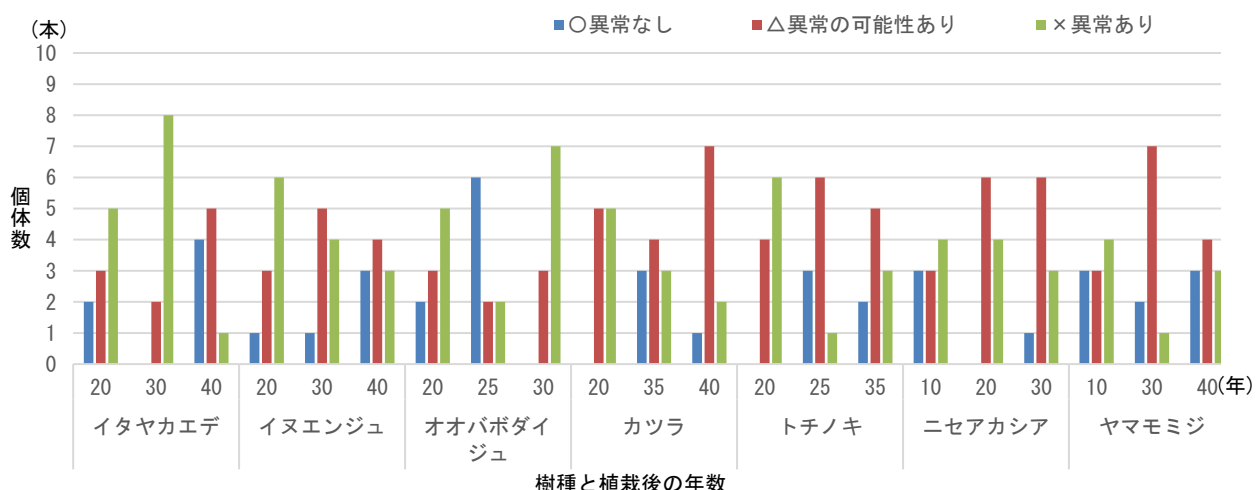
写真－3 樹木診断装置の使用状況



図－3 植栽後の年数で見た樹幹内部の状況の割合 注：値は平均値



写真－4 街路樹の植栽基盤の状況



図一四 樹種と植栽後の年数で見た樹幹内部の状況

調査数：10 個体/植栽路線

これからの街路樹の管理について

今ある街路樹の姿は、樹種それぞれの成育特性・施工・植栽環境・人間の暮らしなど幾重もの要因が複雑に絡み合った反映であり、これらを解きほぐして、マクロな視点で普遍性を見出すことは困難に思えました。しかし、個々の街路樹・植栽路線についてミクロな視点で現況を解釈することは、技術的知見やノウハウを将来へ繋げるために必要な理解であると考えています。

北海道の街路樹の多くは、高度成長期以降に植栽され、現在、本数は横ばいで推移しています。街路樹が辿った時間は、早く大きく育つ樹種の「植栽」にはじまり、「維持・管理」過程を過ぎて、大きく育った街路樹は「安全性の確保」・「維持管理コストの縮減」過程を迎え、新しい街路樹に植え替える「更新」過程に至りました。樹木の一生で考えると、一サイクルを巡ったところです。二巡目のサイクルは、これまでに得た知見を背景として、これまで以上に道路交通機能や人の生活環境の安全の確保を実現する必要があります。

(森林環境部樹木利用グループ・道東支場)

参考文献

- (1) 小久保亮 (2017) 音響振動を用いた樹木内部欠陥の非破壊診断装置. グリーントピックス No. 56
- (2) 国土技術政策総合研究所資料第 1059 号 (2019) 街路樹の倒伏対策の手引き 第 2 版
- (3) 細野哲央・小林明 (2009) 東京都道における街路樹による落下直撃事故の実態. ランドスケープ研究 72 巻 5 号 pp. 897-900
- (4) 塩原貴浩・濱野周泰・浜谷稔夫 (2002) 樹木医のカルテに見られる大型樹木の衰退の傾向と原因. 樹木医学研究 第 6 巻 1 号

現場写真で見る林内道路の侵食・崩壊

一切土のり面崩壊

佐藤弘和・津田高明・岩崎健太・蓮井 聡・対馬俊之

切土のり面とは

森林内には国道や道道，市町村道などの公道も通っていますが，森の奥にある現場に向かうには林内道路[※]を通らなくては行けません。しかし，林内道路では路面が削れたり道路の一部が崩れたり，ときとして道路そのものが消失したりするケースがあります。苗木を植えたり樹木を伐採したりする作業において，こうした林内道路の侵食や崩壊は，人員や伐採した木を安全に搬送する妨げになります。

そこで，道内の林内道路を対象に，「切土のり面」「盛土のり面」での崩壊や「路面」での侵食状況を調査しました（道路構造の名称は図-1 参照）。本稿では，尾根側にある人工的に作設された斜面である「切土のり面」を扱います。英語では，cut slope と表記します。「切取りのり面」ともいいますが，ここでは『林道必携技術編』（日本林道協会 2011）で使われている切土のり面と称します。谷側の人工的に作設された斜面は「盛土のり面」といいます。英語では，fill slope と表記します。場所によって，切土のり面や盛土のり面は，地山で人為攪乱のない自然状態の斜面（「自然斜面」と呼ぶことにします）と区別しにくい場合があります。

切土のり面は人工的に斜面を切り取るため，地山の斜面勾配より急な勾配になります。斜面勾配が急に変化する箇所は「遷急点」といい，図-1のように，尾根側の自然斜面と切土のり面の境界にも遷急点が形成されます（図-1 で奥行きを考えれば遷急線）。切土のり面より上部に位置する自然斜面においても，遷急点の直下から斜面崩壊が生じていることが多いとされています。切土のり面は遷急線を伴い，自然斜面の勾配より急な勾配になる形状から，崩壊するリスクが高いといえます。

林内道路での侵食や崩壊は，どのような条件で起きるのでしょうか？道路が崩れた箇所をたくさん調査するにつれて，道路での侵食・崩壊といってもいろいろな形態があることがわかってきました。侵食・崩壊の発生条件については別の報告（佐藤ら 2020）がありますので，現場写真からみた林内道路での侵食や崩壊のタイプなどについて紹介します。ここでは，「切土のり面崩壊」について扱います。

※「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。

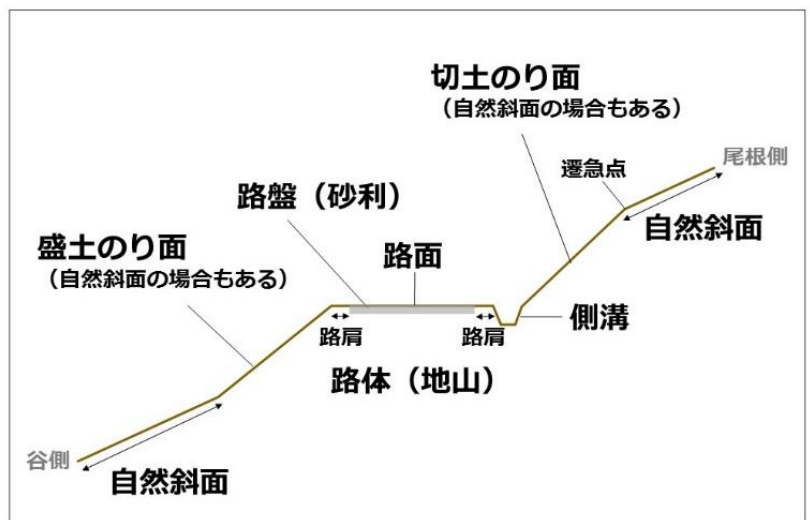


図-1 林内道路の構造

切土のり面の崩壊タイプと成因

【表層崩壊タイプ（落石タイプ）】(写真-1~3)

切土のり面を切ったことで、地山を構成している岩盤や土層がすべり落ちるタイプです。写真-1では、表層の土層が崩れ、その跡には裸地が形成されています。写真-2では、岩盤が露出した切土のり面が崩れ、礫や岩が路面に堆積しています。岩盤の切土のり面では、岩礫が単体で転がり落ちる「落石タイプ」もあります。崩れて堆積した土砂（崩積土）は、岩礫だけではありません。写真-3で起こった切土のり面崩壊では、立木ごとと表層の土がすべり落ちています。切土のり面の崩壊でよくあるタイプです。



写真-1 表層崩壊タイプ



写真-2 岩や礫が崩れた表層崩壊タイプ



写真-3 立木ごとと表層土が崩れた事例

【地すべりタイプ】(写真-4)

表層崩壊より深いすべり面上部の土塊が移動する現象を地すべりといいます。切土のり面で生じるこのタイプでは、円弧状のすべり面ができること、移動した土塊はあまり崩れず、移動土塊の上部に滑落崖と呼ばれる斜面が生じることが特徴です。写真-4では、立木はそのままの状態を維持して土塊が動いています。奥に見える裸地は、土塊がずり落ちた後にできた滑落崖に相当します。



写真-4 地すべりタイプの崩壊

【崩落タイプ】(写真-5~6)

写真-5は、融雪期に撮影された切土のり面の様子です。表層崩壊によって岩盤がむき出しになっているほか、写真の中央部では筋状に土砂が流れています。切土のり面の様子を確認すると、基岩とその上部土層の間に隙間がみられました。おそらく、この隙間から土砂が流れ出たようです。同様の現象として、溪岸斜面において隙間から色の違う土砂が流れていることがありました(写真-6)。内部の土層が侵食・流出し隙間が拡大すると、土層の支持力が失われ、その上部の土層が崩れ落ちることがあります。写真-5の切土のり面では、その後の大雨の際に立木ごとと表層土が崩れました。こうした要因で起きる切土のり面の崩壊には、「崩落タイプ」と名付けました。写真-5の斜面では積雪の上に土が流れていることから、融雪水に起因した土の流出であることがわかります。

余談ですが、同斜面では大雨直後に岩盤の隙間から濁水が流れ出していました。このような状況は斜面が崩壊する前兆とされています。大雨の最中かその直後に現場に入る際には、切土のり面から濁水が流れているかどうか注意してください。濁水がわき出る切土のり面は、危険な状態かもしれません。



写真-5 崩落タイプがあったのり面
(融雪期における穴からの土砂流亡)



写真-6 溪岸にできた穴から流れる土砂

【(参考) 谷で生じる土石流】(写真-7~8)

林内道路の尾根側にある斜面は、切土のり面だけで構成されるわけではありません。山の中を通る林内道路では、沢や谷をまたぎます。その沢や谷から流れ出た土砂や岩が道路をふさぎ、通行不能にすることもあります。写真-7は、右側にある谷から礫が川の増水にともない大量に運ばれ、道路に堆積したものです。細かい土では



写真-7 土石流タイプ
(右側の谷から礫が流出)



写真-8 土石流タイプ
(沢から流れた土砂と巨礫)

なく数 cm～十数 cm サイズの礫が、道だけではなく谷底も埋め尽くしていました。写真-8 は、写真-7 よりはるかに小さい谷から流れ出た土砂と巨礫です。切土のり面ではありませんが、このような谷状の地形から流出した土石流によって通行障害が起きることもあるため、参考として紹介しました。

ここまで紹介した切土のり面の崩壊タイプの発生場所や特徴などを表-1 にまとめておきます。なお、主な原因は書籍などに掲載されている内容です。

表-1 林内路網の侵食・崩壊調査でみられた切土のり面の崩壊タイプ

崩壊タイプ	主な発生場所	特徴	主な原因
表層崩壊タイプ (落石タイプ)	山腹斜面	表層土が斜面に沿って崩れ落ちる。 切土のり面岩盤の場合では「落石タイプ」となることも。裸地となったのり面箇所では、溝状のガリーが発生することがある。	豪雨・地震など 落石タイプでは凍結破砕など
地すべりタイプ	山腹斜面 ※尾根近い場所 でもみられた	盛土のり面の一部がスライドして、 割れ目や段差のような地形ができる。移動した土塊は大きく崩れない。	豪雨・地震など
崩落タイプ	山腹斜面	のり肩の下が侵食されることで支持力を失ったのり肩が崩れ落ちる。降雨などによって拡大する。	豪雨など

切土のり面崩壊の対処方法

【道路の配置で対処】

斜面の形状にも依りますが、尾根近くの山腹斜面に道路を配置することで、切土のり面の高さを低く抑えることができます。山腹斜面に接しておらず、谷底に形成された平坦地（氾濫原など）も切土のり面を設けずに道路を作設できます。このように、道路の配置によって切土のり面崩壊の発生を予防することは可能です。氾濫原にある道路では、洪水や山腹斜面の大規模な崩壊によって道路上に岩礫や土砂が堆積するリスクもゼロではありません。

【切土のり面の構造で対処】

道路構造の観点から切土のり面崩壊の抑制方法を考えると、切土のり面の高さ（のり高）やのり面勾配も重要な要素になります。林内道路の崩壊調査の結果では、切土のり面の高さが2.9m以上、斜面勾配が46°以上で切土のり面崩壊が多く発生していました（佐藤ら 2020）。林内道路を作設する際に、上記条件を回避した壊れにくい設計も一考に値します。特に、尾根付近の緩傾斜地などでは、壊れにくい切土のり面が作設しやすいです。先行研究では、地山の斜面傾斜が30°以上で森林作業道の崩壊が多い結果もありました（臼田 2019）。道路を新設する際には、斜面傾斜が30°未満の尾根や緩傾斜地に道路を配置するよう検討することも考えられます。

【人工構造物による保護】(写真-9~12)

人工構造物による切土のり面保護の例もあります。表層崩壊タイプや崩落タイプに関しては、切土のり面下部に大型土のうや擁壁（丸太組やコンクリート製など）を設け、土留めの効果をもたせています（写真-9~10）。新設の林道においては、切土のり面に格子状のフレーム工法が施されていた例や（写真-11）、岩盤が露出した切土のり面で落石防止を兼ねてネットが張られていた例（写真-12）が見られました。人工構造物による切土のり面崩壊の抑制は、効果的である反面、コストがかかるため、広域基幹林道や林内にある公共施設（気象レーダーなど）へのアクセス道路に限られることが多く、森林作業道において同様の構造物はあまり見かけません。



写真-9 切土のり面脚部に置かれた大型土嚢



写真-10 広域基幹林道の切土のり面脚部の擁壁



写真-11 切土のり面に施されたフレーム工法



写真-12 切土のり面に掛けられたネット

通行できる切土のり面崩壊にも注意を向ける

切土のり面は、土砂や風倒木が道路を塞いだ場合、バックホウなどの建設用車両機を使って遮蔽物を除去することで、車両の通行を確保することができます。路面上にある倒木ならばチェーンソーやのこぎりを使って人の手で運べるようにしたり（所有者の許可は必要です）、落石でも重くなければ人の手で除去したりすることができます。このように、道路を塞いだものを除去することによって通行が可能となる切土のり面崩壊は、盛土のり面崩壊、路面侵食、路体消失に比べると相対的に復旧しやすいといえます。しかし、道路を塞ぐほどではないも

のの、切土のり面が崩落した土によって側溝が埋没した状況（写真－13）を放置すると、側溝から溢れた水が路面を侵食したり、盛土のり面に流れ込んで侵食・崩壊を起こしたりするなど、より大きな被害に繋がる可能性があります。道を塞ぐような崩壊でもない限り、切土のり面の維持管理に目が向きにくいこともありますが、通行障害がない切土のり面崩壊箇所においても側溝が埋没しているかどうかを確認し、埋没箇所では排土することも重要です。



写真－13 切土のり面の崩壊で埋まった側溝

引用文献

日本林道協会（2011）平成23年版 林道必携技術編. 日本林道協会：310pp.

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・津田高明・蓮井 聡・岩崎健太・対馬俊之（2020）林内路網における切土・盛土のり面崩壊・路面侵食の発生条件. 光珠内季報 195：23p.

白田寿生（2019）周辺環境に配慮した森林作業道の研究. 森林科学 85：30-33.

（育種育苗グループ・道南支場・道東支場・環境グループ・副場長）

現場写真で見る林内道路の侵食・崩壊

— 盛土のり面崩壊 —

佐藤弘和・津田高明・岩崎健太・蓮井 聡・対馬俊之

盛土のり面について

林内道路*を車で走っていると、道幅が狭くなっている箇所遭遇することがあります。ぎりぎり車両が通れる場合もありますが、脱輪しそうな場合やまったく通れない場合もあります。近づいてみると、谷側ののり面が崩れていました。このような谷側にあるのり面の崩壊による道幅（幅員）の減少は、山腹斜面に取り付けられた林内道路だけではなく、川に沿って作設された林内道路でも起こります。林内道路において、谷側にあるのり面が崩壊する現象は、「路肩崩壊」とか「盛土のり面崩壊」と呼ばれます。

尾根側にある人工的に作設された斜面を「切土のり面」（英語で cut slope）というのに対して、谷側の人工的に作設された斜面を「盛土のり面」（英語で fill slope）といいます（図-1）。切土のり面や盛土のり面では、地山で人為攪乱のない斜面（「自然斜面」ということにします）と区別しにくい場合があります。道路を開設する際に、切土した土砂を谷側の斜面に盛って転圧・整形した場合（片切・片盛）には、盛土のり面が形成されますが、斜面を切っただけで路面を形成した場合（全切り）には、谷側ののり面はほぼ自然斜面となります。

路肩は路面の両側にあるのですが、林内道路の被災写真では、盛土のり面側の路肩が崩れている場合を路肩崩壊と称していることがあります。ただし、谷をまたいで作設された林内道路では、尾根側にも盛土のり面ができるため、こちら側の盛土のり面が崩壊した際も路肩崩壊となります。

切土のり面や盛土のり面は、崩壊が拡大すると車両そのものが走行できなくなります。切土のり面崩壊では、崩壊で堆積した立木や土砂、岩礫を除去すれば、とりあえず通行できます。しかし、盛土のり面崩壊では路肩や路面にかかる部分まで崩壊すると、路体の再形成をしなければ通行できません。盛土のり面崩壊の通行障害リスクは、切土のり面崩壊に比べて車両走行への影響が大きいといえます。盛土のり面の崩壊箇所を多数目にするによって、いろいろな形態があることがわかってきました。崩壊の発生条件については別に報告（佐藤ら 2020）していますので、ここでは現場写真（林内道路を主な対象としています）から盛土のり面の崩れ方や既往の対策（予防・修復）方法についてまとめました。

※「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。

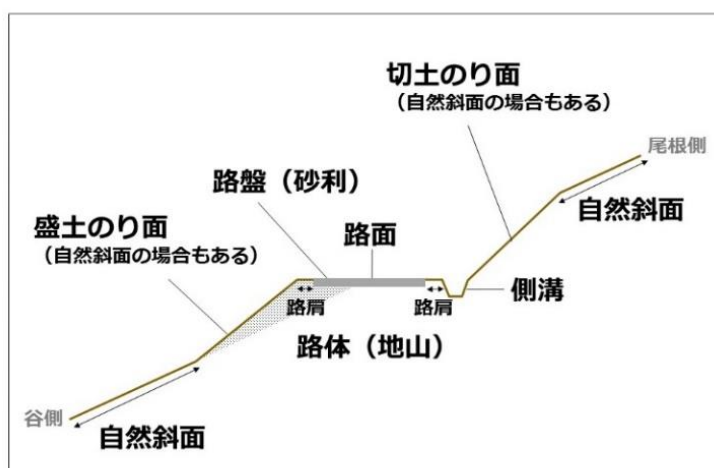


図-1 道路の横断形状と各部の名称

盛土のり面の崩壊タイプと成因

盛土のり面の崩壊パターンには、林内道路の作設位置によってそれぞれ特徴があるようです。林内道路の作設位置は、「尾根や山腹斜面に作設」「谷や川をまたぐように作設」「川に隣接した箇所（氾濫原など）に作設」に大別されます。

【表層崩壊タイプ】(写真-1)

写真-1は、山腹斜面に作設された道路における盛土のり面崩壊の様子を撮影したものです。路面はほとんど残っておらず、路体となっていた地山がむき出しになっています。写真では見えませんが、表層に堆積していた土砂が谷に向かってすべり落ちていました。ここでは、切土のり面崩壊と同様に、「表層崩壊タイプ」と名付けました。地山が未熟土に分類される火山噴出物由来（火山灰主体）であったために、滑りやすい状況にあったかもしれません。



写真-1 表層崩壊タイプ

【地すべりタイプ】(写真-2)

写真-2は、尾根にみられた盛土のり面崩壊の事例です。尾根は、切土のり面や盛土のり面を作らなくても道路を通すことができ、のり面崩壊が生じないために安定した場所と位置づけられます。しかし、写真-2の事例では、路面の右側が落ち込んでいて、「注意して通行してください」との立て札がありました。残存している道幅は2m程度でしたが、乗用車で通らないほうがよさそうです。崩壊箇所をよくみると、路面の右手に黒い筋に見える割れ目（クラック）が入っており、奥には段差（滑落崖）ができていました。こうした地形の特徴から、路体（地山）において小規模な地すべりが発生したと判断しました。ほかの地域の盛土のり面においても、土塊の崩れがほとんどなくて道路の一部が落ち込んで段差ができていた例がありました。こうしたタイプを「地すべりタイプ」としました。



写真-2 尾根にできた地すべりタイプ

【ガリ侵食タイプ】(写真-3)

路面や側溝からの流水は、道路を横切る横断排水を通じて盛土のり面に排水されます。ダムの排水などで使われている用語ですが、横断排水に水が入る部分を「呑口」（のみぐち、のみくち）、横断排水溝から水がでる部分を「吐口」（はきぐち、はけぐち）といいます。

写真-3は、横断排水である管渠の吐口にできた溝状の侵食です（スプーンでえぐった形にも似ています）。盛土のり面崩壊という用語を用いていますが、写真-3のよう



写真-3 横断排水吐口にできたガリ侵食

に吐口からの排水のみならず、谷を流れる沢水が路面を横切って流れ込んだり、路面で集水された水が流れ込んだりすることで盛土のり面が侵食されることがあります。このようなタイプを「ガリ（雨裂）侵食タイプ」としました。

【崩落タイプ】(写真-4~5)

写真-4は、斜面に作設された道路における盛土のり面崩壊を撮影したものです。埋没してわかりにくいのですが、路面には横断排水用の明渠があります。そして、崩壊した盛土のり面内には明渠の一部が崩落していました(写真-5)。このような盛土のり面の崩壊タイプは、吐口からの排水によって盛土のり面や自然斜面が侵食され、盛土のり面基部やその下方に位置する斜面がえぐられると支持力を失い、路面や盛土、排水施設などが崩れ落ちます。このようなタイプを「崩落タイプ」と名付けました。ガリ侵食タイプが拡大して崩落が起きることもあります。



写真-4 崩落タイプ



写真-5 崩落した明渠

【溪岸侵食タイプ】(写真-6~7)

写真-6は、川沿いに作設された林内道路の盛土のり面崩壊を撮影した事例です。盛土のり面がえぐれて道路幅が半分程度しか残っていません。この写真では川が写真奥から手前に流れていますが、ちょうど川水が盛土のり面に直撃するような箇所で崩れています。水が直撃する川の流路地形において盛土のり面が崩れている様子



写真-6 溪岸侵食（のり面を直接侵食）



写真-7 溪岸侵食（崩落）

は、他の林内道路や公道でも多数確認しました。このようなタイプを「溪岸侵食タイプ」としました。溪岸侵食タイプでは、川水が盛土のり面全体を直接侵食するものや、盛土のり面基部（またはその下部の自然斜面）を侵食することで、その上部の土が支持力を失って崩落する例などがあります。侵食と崩落のどちらが生じたかは、残存した盛土のり面の状況から推定することもできますが（例えば、写真-7のように崩れ落ちたものが残っているなど）、侵食と崩落が複合することもあるため、一概に決めることは難しい場合があります。

川沿いに作設された林内道路（谷をまたぐ区間もあります）では、川の水が直撃する箇所位置する盛土のり面が崩れやすい傾向にあります。このように川の水が衝突する部分を「攻撃斜面」といいます。ちなみに、その対面は「滑走斜面」といい、直線流路の溪岸斜面は、「直走斜面」と呼ばれています。川沿いの盛土のり面崩壊は、攻撃斜面に該当する箇所が多い傾向にあります。攻撃斜面箇所では、川水により直接盛土のり面が侵食されることのほか、盛土のり面（または自然斜面）の基部が侵食され、それより上部で崩落が起きることも懸念されます。

盛土のり面の崩壊タイプと発生場所

以上、崩壊事例でみられた盛土のり面の崩壊タイプを表-1にまとめました。盛土のり面崩壊の場合、山腹斜面ないし川沿いの配置とその成因によって生じるタイプが異なります。

表-1 林内路網の侵食・崩壊調査でみられた盛土のり面の崩壊タイプ

崩壊タイプ	主な発生場所	特徴	主な成因
表層崩壊タイプ	山腹斜面	表層土が斜面に沿って崩れ落ちる。	豪雨・地震など
地すべりタイプ	山腹斜面	盛土のり面の一部がスライドして、割れ目や段差のような地形ができる。移動した土塊は大きく崩れない。	豪雨・地震など
ガリ侵食タイプ	山腹斜面	溝状に斜面が削れる。一度形成されると降水や融雪水が溝内を流れることで拡大する。	横断排水、路面流水、盛土のり面に流れ込んだ沢水
崩落タイプ	山腹斜面 川またぎ箇所	のり面基部が侵食されることで支持力を失った路肩や路面、横断排水施設などが崩れ落ちる。降雨等に起因して拡大する。	横断排水、路面流水、盛土のり面に流れ込んだ沢水
溪岸侵食タイプ	川に隣接した箇所 ※特に、攻撃斜面や直走斜面に多い	川の流水で盛土のり面が直接侵食されるほか、盛土のり面基部が侵食され支持力を失って路肩や路面が崩落する。	川の流水

地山の尾根や山腹斜面に作設された林内道路では、表層崩壊タイプ（写真-1）や地すべりタイプ（写真-2）によって路体の一部が崩れる場合と、横断排水が盛土のり面に流れ込むことで生じるガリ侵食タイプ（写真-3）や崩落タイプ（写真-4）が起りやすいようです。崩壊後の盛土のり面をみると、水が集まりやすい凹状の集水地形となっていることがあります（写真-3～5）。さらに、裸地となった盛土のり面では、新たにガリが形成されることがあります（写真-8）。このように水が集まり流れる地形になったことによって、盛土のり面崩壊がさらに拡大することが懸念されます。どの崩壊タイプであれ、路体や路肩の侵食・崩落が拡大すれば、通行可能

な道幅が狭まっています。最終的には、道路が完全に消失する「路体消失」が生じる場合があります。

写真-9は、谷をまたいで作設された林内道路の盛土のり面崩壊を撮影した事例です（のちに路体消失します）。写真左手に谷があり、写真右側に向かって管渠（ヒューム管）によって川水を通してあります。谷をまたぐために盛土した道路では、写真のように谷側（吐口側）の盛土のり面が崩れる場所に遭遇する機会が多くありました。崩壊の原因を推測すると、吐口からの排水が盛土のり面やその基部を侵食し崩落を招いたことが考えられます。このほかに、横断排水が埋没することで路面に水が溢れ、この路面流水が盛土のり面へ流れ込むことで生じた盛土のり面侵食も無視できません。さらに、盛土のり面に浸透した降水による間隙水圧の増加が崩壊を引き起こすことも想定されます。

ただし、上流側（呑口側）の盛土のり面が崩壊した例も、1事例ありました（写真-10）。同写真では右手から左手に川水が流れており、上流側の盛土のり面は擁壁となっています。残存状況を見ると、コルゲート管（側面が波付けされた管）の上部に隙間があることから、管の下部にえぐれが生じたことで管が落ちて上部に隙間ができ、その隙間に増水した川水が衝突して盛土を侵食した、もしくは路面にオーバーフローした水による侵食も考えられました（この成因によれば、盛土のり面侵食ではなく路面侵食ともいえます）。しかし、現場の状況のみからでは、この崩壊の仕方についてはっきりしたことがわかりません。



写真-8 盛土のり面崩壊の裸地にできたガリ



写真-9 谷をまたぐ道路における下流側での崩壊



写真-10 谷をまたぐ道路における上流側からの侵食

盛土のり面崩壊の予防・修復方法

これまで盛土のり面で生じる様々な崩壊タイプをみてきました。ここからは、現地でみかけた予防・修復を図るための施工例について、いくつか紹介します。

【擁壁】 (写真-11~12)

盛土のり面崩壊を予防する方法のうち、盛土のり面の移動を留めたり、攻撃斜面や直走斜面に該当する盛土のり面を保護したりするものとして擁壁があります。写真-11の擁壁では、盛土のり面の移動を抑えるほか、切土のり面から路面に堆積した細かいサイズの石も食い止めていました。しかし、川沿いの道路の事例では擁壁基部や横脇の部分が侵食されることにより、擁壁が倒壊していました(写真-12)。川の規模にもよりますが、擁壁をもってしても盛土のり面崩壊を完璧に食い止めるにはできません。



写真-11 盛土のり面に設置された擁壁



写真-12 溪岸にある擁壁の倒壊

【擁壁以外の保護工】 (写真-13~14)

林道における盛土のり面を保護する工法として、盛土高が5mを超え侵食を受けやすい場合には柵工、植生マット工、のり枠工などがあります。盛土高が5m以下や5mを超えても侵食を受けにくい条件での工法には、種子散布工や実播工があります(日本林道協会 2011)。

山腹斜面にある林内道路での修復は、盛土のり面のサイズなどに応じて、盛土のり面が侵食されず移動しないような処置と、適切なのり面排水工が行われます(写真-13)。また、森林作業道では、鉄線を編んだかごに碎石等を詰めた布団かごを土留めに使う例もあります。

川沿い林内道路の盛土のり面崩壊に復旧については、水衝部の盛土のり面を保護するために大型土のうを設置した例(写真-14では盛土のり面保護のために金網を施工)や、布団かごを設置した例がありました。ただし、川沿いに置いた大型土のうでは、土のうそのものが流された場所がありました。



写真-13 盛土のり面保護工



写真-14 大型土嚢による盛土のり面保護

【応急措置としての原状回復】(写真-15~16)

森林作業道において人工構造物による復旧は、容易には望めません。応急的な復旧方法として、盛土のり面の崩壊面にバックホウでステップを切り、その上に道路周辺の木を置き(写真-15)、土をかぶせて転圧する例がありました(写真-16)。建設用車両機を用いて盛土をし直すことは安価な方法といえますが、盛土に使うための土を周辺から用意する必要があります。ただし、あくまで応急措置なので、保護工の導入など、しっかりした盛土のり面の修復が必要です。



写真-15 盛土のり面崩壊の復旧



写真-16 盛土のり面崩壊の復旧(つづき)

【吐口に水たたき】(写真-17~18)

盛土のり面側の横断排水の吐口から盛土のり面に直接排水すると、のり面が削れて溝状のガリができました(写真-3)。ガリでは水が集まりやすくなるため、降雨や融雪の度にガリが拡大する場合があります。また、吐口の下に滝壺のような地形ができると、路体が削られて道路そのものが支持力を失い崩落することもありました。これを防ぐために、吐口の下に水たたきを設置することで(写真-17)、排水が直接盛土のり面に衝突することを防ぎ、水の勢いを減殺できます(写真-18)。また、吐口の下に石や根株を置くことも提案されています。



写真-17 横断排水の吐口に設けられた水たたき



写真-18 水たたきを流れる水

【丸太による呑口保護】(写真-19)

林道では、切土のり面側に排水用の側溝が設けられることが多いです(盛土のり面側にも設けられることもあります)。側溝は、沢や道路を横切って配置される横断排水(明渠・管渠など)に接続されます。側溝から明渠や暗渠を通じて路外に排水する場合、その呑口が切土のり面の崩落土砂でふさがれると、そこから溢れた水が路面を削りながら流れることがあります。さらに、路面縦断形状が凹状部分では、路面流水が盛土のり面へ流れ込み、のり面侵食に繋がる恐れがあります(側溝が切土のり面崩壊による土砂でふさがれたため、同様の現象が生じた事例がありました)。

**写真-19 呑口保護の簡易な方法**

それを防ぐ簡易な対策事例がありました(写真-19)。

この写真では杭を2本立てて、切土のり面側に短い丸太を組んで、切土のり面からの崩落土砂を防ぐことで、呑口(土嚢の下にあります)の埋没を防いでいます。このように林地残材(伐り捨て間伐材)などを使った、ちょっとした創意工夫によって、切土のり面のみならず盛土のり面の崩壊抑止に繋がることを期待されます。

予防と修復はお早めに

先にも述べましたが、盛土のり面崩壊は切土のり面崩壊より通行障害が起きやすく、崩壊が進むと路体消失に至ることがあります。攻撃斜面に該当する箇所にある盛土のり面や、路面流水が流れ込む箇所ならびに横断排水の吐口における水たたきの設置など、崩壊が発生しやすい場所での適切な予防措置は重要です。ただし、人工構造物による盛土のり面の保護は、あくまで崩壊の発生リスク(頻度)を下げる意味をもつと考えた方がよいでしょう。さらに、現場に赴いた際には、盛土のり面の状態をこまめに点検し、崩壊箇所が見つかった場合にはたとえ小さくても、速やかな原状回復や路面流水の流れ込みによるガリ侵食の抑制などの対処によって盛土のり面の崩壊拡大を防ぐ措置も大事なことです。

引用文献

日本林道協会(2011)平成23年版 林道必携技術編. 日本林道協会:310pp.

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・津田高明・蓮井 聡・岩崎健太・対馬俊之(2020)林内路網における切土・盛土のり面崩壊・路面侵食の発生条件. 光珠内季報 195:23p.

(育種育苗グループ・道南支場・道東支場・環境グループ・副場長)

光珠内季報 NO. 198

発行年月 令和3年3月

編集 林業試験場刊行物編集委員会

発行 地方独立行政法人北海道立総合研究機構
森林研究本部 林業試験場

〒079-0198

北海道美唄市光珠内町東山

TEL (0126) 63-4164 FAX (0126) 63-4166

ホームページ <http://www.hro.or.jp/fri.html>
