

# 光珠内季報

▪ エゾシカ調査のための自動撮影カメラの設置・活用法

明石信廣・南野一博・稲富佳洋 …………… 1

▪ 集材路での車両走行により締め固められた土壌物理性の回復年

佐藤弘和 …………… 7

▪ 新型コロナウイルス感染症の流行初期に生じた経済停滞はカラマツ・トドマツの製材用原木の取引にどのような影響を与えたか

津田高明 …………… 13

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. 204

2022.9

## **エゾシカ調査のための自動撮影カメラの設置・活用法**

**明石信廣・南野一博・稲富佳洋**

自動撮影カメラを活用することにより、エゾシカの行動についてさまざまなデータが得られるようになりました。撮影頻度などをデータとして比較するには、カメラの設置方法や設定を揃えておく必要があります。自動撮影カメラの設置方法等のポイントと活用事例をまとめました。

## **集材路での車両走行により締め固められた土壌物理性の回復年**

**佐藤弘和**

北海道内の作設経過年が異なる集材路を対象に、林地に対する路面における乾燥密度の増加割合（増分）を調べて経過年との対応を整理しました。路面における乾燥密度増分は林地に比べ増加していました。切土のり面の有無と路面での植生繁茂の状況から締め固め度合いランクを設定したところ、ランクが高い（締め固め度合いが大きい）ほど、乾燥密度増分が高い傾向がみられました。集材路の作設後経過年数に対する乾燥密度増分は切土のり面の有無によって増減傾向が異なっており、切土のり面がない集材路では回復傾向が見られました。

## **新型コロナウイルス感染症の流行初期に生じた経済停滞は カラマツ・トドマツの製材用原木の取引にどのような影響を与えたか**

**津田高明**

新型コロナウイルス感染症に伴う製材用原木の原木取引への影響を素材生産業者へのアンケート調査等から分析した結果、2020年は林業事業体の約半数がリーマンショック以上の原木販売量の減少を経験したこと、トドマツ原木はカラマツ原木に比べて原木販売量及び原木価格への影響が大きかったことが分かりました。

# エゾシカ調査のための自動撮影カメラの設置・活用法

明石信廣・南野一博・稲富佳洋

## はじめに

自動撮影カメラの普及により、直接目にする事の難しい野生動物の姿が容易に捉えられるようになりました。カメラが野生動物の獣道に設置されることから、トレイルカメラと呼ばれることもあります。また、このようなカメラを使用した調査はカメラトラップ法と呼ばれたりします。エゾシカのような大型動物は自動撮影カメラによる調査に適しており、エゾシカの出現する季節や時間帯とその推移、生息状況の指標となる撮影頻度など、エゾシカ対策に有効なさまざまなデータを得ることができます。そのためには、カメラを利用する目的を明確にして、それに適した方法で設置する必要があります。そこで、自動撮影カメラを有効に活用するための設置方法等のポイントと活用事例をまとめました。

## カメラの機種の選択

### 撮影の基本設定

ほとんどの機種は静止画と動画の撮影に対応しています。エゾシカが苗木を食害するところを動画で記録したい、というような目的でなければ、内容の確認に時間を要する動画よりも、静止画のほうがデータとしては扱いやすいと思います。画像の解像度が低くても、エゾシカの同定が難しくなるようなことはほとんどありません。

長期間、風雨にさらされる野外で設置すると、さまざまな不具合が発生します。一定時間ごとに撮影する機能をタイムラプスといいます。12時間あるいは24時間間隔で撮影する機能があれば、カメラが動作していたかどうかを画像から確認することができます。

撮影頻度などをデータとして比較するには、カメラの設置方法や設定を揃えておく必要があります。私たちが使用している標準的な設定を表-1に示します。検知のたびに撮影する設定にしていると、数頭が列になって歩いているような場合に1枚目に撮影されなかったエゾシカが2枚目に撮影されることもあります。カメラの前に動物がとどまっていれば何枚もの写真が撮影されることとなります。また、ササの葉が揺れるだけでも、背景との温度差がある場合にはカメラが作動してしまい、大量の画像が記録されることがあります。そこで、最短撮影間隔を5分として、一度撮影されると5分間は次の撮影を行わない設定を私たちは標準としています。

表-1 おもな機能の標準的な設定

機能	設定
静止画・動画	静止画
連写機能	使用しない（1枚のみ撮影）
最短撮影間隔*	5分
センサーレベル	普通

\* 最短撮影間隔とは、撮影後、次の撮影まで待機する時間。この間に動物を検知しても撮影しない。カメラの機種によって、インターバル、ディレイなど異なる名称がつけられている。

### トリガースピード

自動撮影カメラは、赤外線センサーで熱の変化を検知し、画像を撮影して記録します。検知後すぐに撮影できるようにカメラをスタンバイさせておくと電池を著しく消耗するため、どの機種もセンサーだ

けが常時稼働するようになっており、動物などの検知後に電源が入って画像が撮影されます。検知から撮影までの時間（トリガースピード）が長いものでは1秒を超える機種もあり、その間に対象となる動物が移動してしまい、画像に写っていないことがあります。そのため、後述するように通常はカメラの向きを工夫して設置しますが、カメラの前を横切る動物を撮影するような使い方を想定する場合には、トリガースピードの速い機種や、撮影範囲の左右にもセンサーを付けて動物が中央のセンサーで検知される前に電源を入れるようにするなどの工夫がされている機種の使用を検討しましょう。

## 光源

夜間には、赤外線 LED を照射して白黒で撮影できる機種が主流です。人の目には見えない波長の赤外線を利用するタイプ（ノーグロー）と、赤く光るタイプがあります。カメラの発光などにエゾシカなどの動物が反応を示す様子が撮影されることもありますが、動物を撮影するうえで、光源が大きな影響を及ぼすことは多くないと考えています。盗難のおそれなど、発光によって人に見つかりやすいことが問題になる場所かどうかで検討すると良いでしょう。最近は白色 LED で夜間にもカラー画像を撮影できる機種も開発されています。

## 画像の無線送信

近年は携帯電話回線を利用して撮影画像をすぐに送信できる機能をもつカメラも市販されています。例えば、エゾシカ捕獲の現場で出没状況を確認するためのカメラを設置すると、データの確認のために現地に行くことで、集まっていたエゾシカを攪乱する可能性があります。画像が送信されるカメラを使うことで、確認に行く必要がなくなります。また、カメラの撮影範囲だけに限られますが、ヒグマの出没状況を常時監視することも可能です。

ただし、通信のための電波が届く範囲に留意する必要があります。森林内では電波の圏外になることも少なくありません。本当に情報を得たい場所ではなく、電波が届く地点にカメラを設置したのでは、必要な情報を得ることができません。

## 電源

単 3 電池で動作するものが多く、多くの機種では充電式のニッケル水素電池も使うことができます。ただし、北海道では冬季の低温に注意する必要があります。例えばある電池メーカーでは、アルカリ乾電池は 5℃～45℃、ニッケル水素電池は-5℃～50℃での使用を推奨しています。冬季にはリチウム乾電池（推奨使用温度範囲-40℃～60℃）が適しており、積雪等でアクセスが難しい場所でも、静止画のみの撮影なら、外部電源なしで積雪前から春までの撮影を行うことも可能です。

## カメラの設置

### 設置場所

カメラを林内に設置することで、その場所をどの程度エゾシカが利用しているかを知ることができます。一方、ササが密生する森林などでは、エゾシカは林内よりも林道を利用することが多く、その周辺にエゾシカが生息していても林内ではあまり撮影されないこともあります。林道沿いに設置すると、そこを通行する車両なども撮影することになりますが、隠し撮りを目的とするものではないため、通行する人にカメラの存在を知らせるよう、カメラの設置を明示しておくことが望まれます。

一方で、林道沿いなどのカメラは多くの人目に触れる可能性があり、盗難の危険性もあります。盗難防止のためには、脚立などがなければ届かない高所にカメラを設置したり、鍵をかけたりすることもあります。被害を完全に防ぐのは難しいのが現状です。このように林内、林道沿いそれぞれの長所と短所を踏まえ、目的に応じて設置場所を検討します。

カメラの設置場所やわずかな向きの違いによって、撮影結果が大きく変わってしまうことがあります。これまでの調査結果を検討したところ、ある地域でのエゾシカの状況を把握するために、6 台以上のカ

メラを設置することができれば、この地域での平均的な撮影結果を得ることができると考えています。この場合、カメラの間隔は林内なら300m程度、林道沿いなら林道を歩く同じエゾシカを繰り返し撮影することを避けるため、さらに長い間隔をとるようにします。

### カメラの向き

林道や林内のシカ道を通るエゾシカを真横から撮影しようとする、エゾシカを検知してから撮影されるまでの間にエゾシカが通過してしまい、動物が撮影されないことがあります。積雪期には動物が撮影されずに足跡だけが増えていることがあり、カメラの前を通るすべての動物を記録できていないことが分かります。これをできるだけ避けるために、林道やシカ道に対して斜めになるようにカメラを設置します(図1)。また、センサーの検知範囲を考慮し、カメラの上下方向の角度を調整します。立木に設置する場合は、枯れ枝などをカメラと立木の間挟むなどして微調整します。

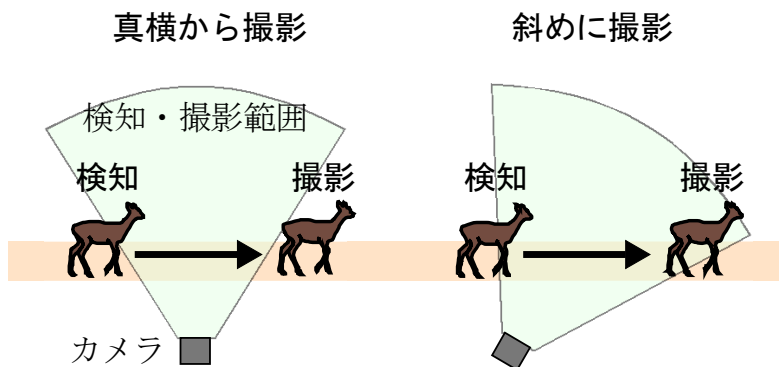


図-1 カメラの向き

### カメラのトラブルへの対応

カメラは温度の変化を検知して撮影するため、日差しで地面が暖められるような場合にも反応することがあります。また、植物の葉が風で揺れるとカメラが反応することがあります。これらの誤作動を避けるため、カメラを設置したら、前方5m程度のササなどを刈り払います。カメラを設置した立木の枝が成長して画像に写るようになったり、立木に巻き付いたツルが成長してカメラの前に葉をつけることもあります。早春にカメラを設置したら、6月頃にはしばしば草本の刈り払いが必要になります。植物の成長だけでなく、カメラのレンズに蜘蛛の巣ができたり、キツツキ類がカメラを突いてカメラが壊されるなど、動物の行動による不具合が発生することもあります。そのため、電池や画像を記録するSDカードは数ヶ月間の連続使用が可能でも、できれば定期的に見回り、カメラの状況を確認しましょう。

### 積雪への対応

最近の機種はカメラの防水性能が向上し、雨天でも撮影にはほぼ支障がありません。また、カメラが積雪に埋まらないよう高い位置に設置することで、積雪期を含む通年の調査が可能です。除雪が予定されている林道沿いでは、除雪作業によって破損したり、積まれた雪に埋もれてしまうこともあるので、積雪期の状態を想定して設置します。

写真-1は、この地域における最深積雪深を参考に高さ2m程度の場所に設置した例ですが、中央の写真では、おそらくカメラを設置した木からの落雪と思われるものが写っています。この数日後には真っ白い画像が1枚撮影されており、積雪に埋もれたものと思われる。積雪に埋もれると故障の原因になる可能性があります。春には再び撮影されるようになることも多いです。





写真-1 同一カメラによる積雪期と融雪後の画像

積雪に埋もれないように高さ約 2m にカメラを設置した (左)。積雪がなければエゾシカを見下ろすような高さであった (右)。中央の写真の撮影後、約 1 ヶ月間撮影がなく、想定以上の積雪にカメラが埋もれていたことが疑われる。

### 撮影結果の分析と活用

#### 撮影内容の集計

動物は夕方から夜間、早朝にかけて撮影されるものが多いため、カメラの設置時点から翌日までを 1 日として設置日数をカウントします。この日数はカメラトラップを設置した夜の数であることから、1 トラップナイトともいいます。撮影されたエゾシカの頭数に関係なく、一定の期間中に撮影された画像の枚数を設置した日数で割り、1 日あたり撮影枚数をエゾシカ撮影頻度の指標として使うのが一般的です。多数のエゾシカが 1 枚の画像に撮影されることもあります。1 日あたり撮影枚数と 1 日あたり撮影頭数はほぼ同じ傾向を示します。

#### 季節による違い

オスジカは秋の繁殖期になると広く歩き回るため、撮影頻度が急増します。春に子ジカを生んだメスは行動範囲が小さくなると言われてはいますが、その行動範囲に設置したカメラには頻繁に親子のシカが撮影されることがあり (写真-2)、そのような親子がいないところでは撮影頻度が低下します。このよ

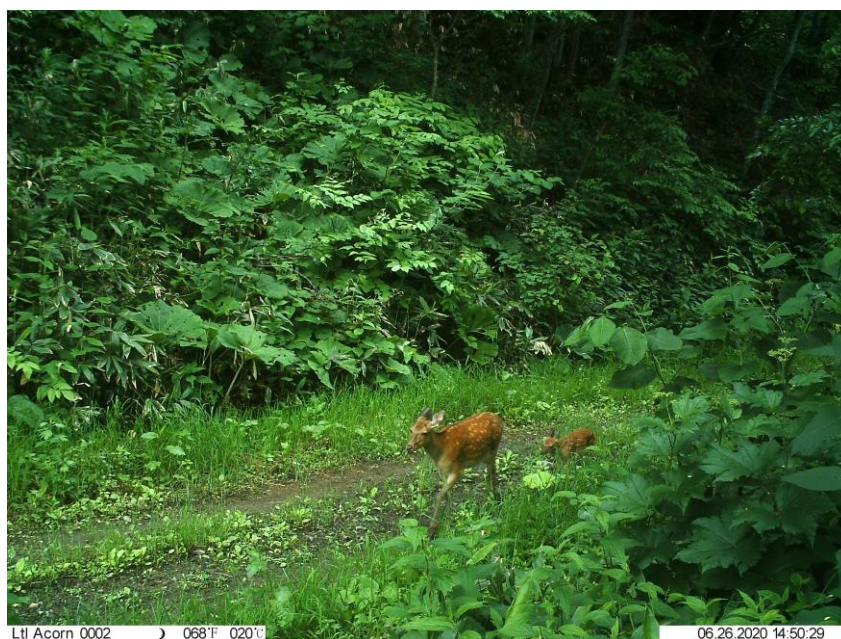


写真-2 エゾシカの親子

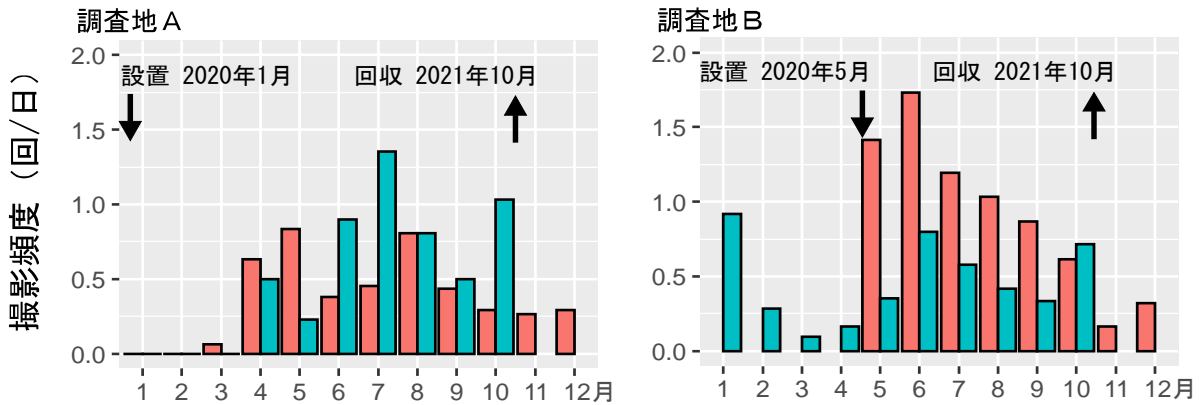


図-2 月別のエゾシカ撮影頻度

調査地Aでは冬にエゾシカが撮影されないが、調査地Bは1年中エゾシカが撮影される。各月の左(赤)は2020年、右(青)は2021年、黒線のみは撮影なし、線が無い月はカメラを設置していない。

うに、自動撮影カメラの撮影頻度は季節ごとのエゾシカの行動を反映したものであり、必ずしも撮影頻度が高まる時期にエゾシカが多くなったとは言えないことに注意が必要です。

エゾシカは「夏の生息地」と「冬の生息地(越冬地)」との間を季節移動することが知られています。そのため、エゾシカの捕獲事業を検討するには、季節ごとのエゾシカの生息状況を把握しておくことが重要です。

移動の時期は地域や群れ、その年の雪の降り方などによって違いがあるようで、越冬地として利用されない場所では、12月に入るとすぐにエゾシカが見られなくなることもあれば、12月下旬までエゾシカが撮影されることもあります。積雪の増加とともに、エゾシカが利用する場所がさらに変化することもあります。積雪によって歩き回るのが難しくなると、越冬地でもエゾシカのよく通る場所から外れるとまったく撮影されなかったり、ごくまれに撮影されるだけのこともあります。

図-2は撮影頻度を月別に集計した例です。調査地Aでは12月までエゾシカが撮影されていましたが、1~2月には撮影がなく、3月下旬~4月にエゾシカが再び出没するようになりました。一方、調査地Bは越冬地として利用され、1~2月には踏み固めた同じシカ道で何度もエゾシカが撮影されました。

### 撮影時刻

画像には撮影時刻も記録されます。電池の消耗やカメラの不具合により、日時が大きくずれてしまうことがあるため、日時を情報として使用するためには、カメラから撮影データを回収する際にカメラの時計を確認し、問題のないデータだけを使用します。

エゾシカ捕獲のために設置したカメラであれば、その場所にエゾシカが出没した時刻の把握に利用できます。銃による捕獲は通常は日の出から日没までの間に実施する必要があるため、夜間にしかエゾシカが出没しない場所ではワナによる捕獲を検討するなど、捕獲手法の選定に活用することができます。

撮影されたさまざまな動物について撮影時刻を比較すると、日中にも活動する動物、夜行性の動物など、種によって特徴が異なることがわかります(図-3)。エゾシカは一般的には夕方や早朝に撮影が多いものの、日中や夜間にも撮影されます。人の活動が多い場所では日中の撮影頻度がさらに下がる傾向があります。

日中にも見かけることの多いキタキツネは、カメラでも時間帯を問わず撮影されました。エゾユキウサギは日中にはほとんど活動していませんでした。ヒグマは夕方から夜間に撮影されることが多いのですが、日中にも撮影されることがありました。

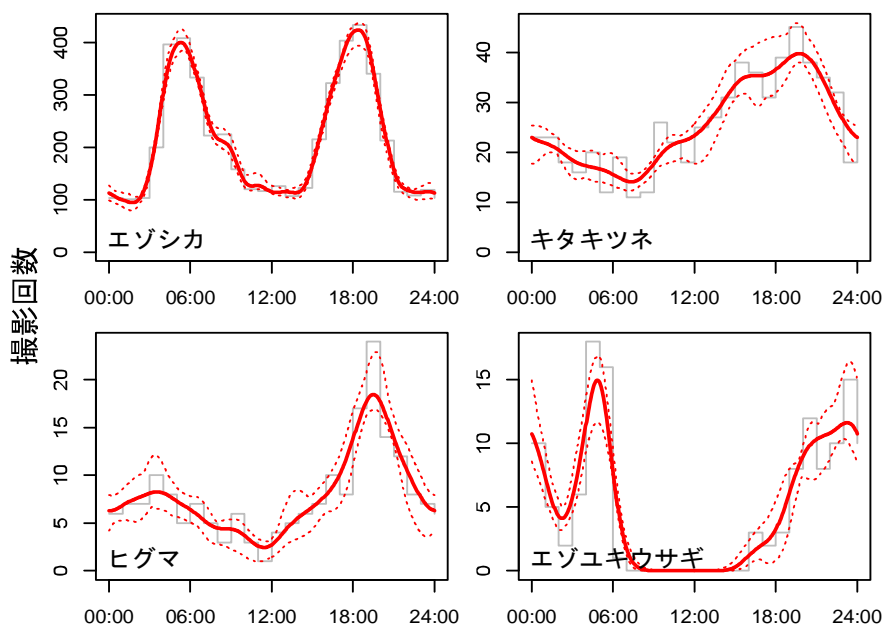


図-3 おもな動物の撮影された時間帯

灰色は実際の撮影頻度、赤実線はデータから推定されたカーネル密度、赤破線は95%信頼区間。中川町において2020年と2021年の5～11月に撮影されたデータからRのactivityパッケージ (Rowcliffe 2021) を用いて作図した。

### 今後の活用に向けて

自動撮影カメラの普及により、これまでは観察が難しかったさまざまな野生動物について、情報が得られるようになってきました。携帯電話回線による画像の送信やAIを用いた画像の判読など、自動撮影カメラやその画像の活用に関する機能の高度化も進んでいます。捕獲の現場では囲いワナやくくりワナの監視にすでに活用されており、市街地周辺でのヒグマ出没に備えたモニタリングなどにも活用が広がっています。

撮影結果は現在の生物多様性の貴重な記録でもあります。今後は撮影結果の長期的な保存、活用に向けた取り組みも必要であると考えています。

(道北支場・保護種苗部保護グループ・北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所)

### 参考資料

地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境科学研究センター・林業試験場 (2017) 森林管理者のためのエゾシカ調査の手引き

[https://www.hro.or.jp/list/environmental/research/ies/develop/publication/deer\\_survey.html](https://www.hro.or.jp/list/environmental/research/ies/develop/publication/deer_survey.html)

Rowcliffe M (2021) activity: Animal Activity Statistics. R package version 1.3.1

<https://CRAN.R-project.org/package=activity>



# 集材路での車両走行により締め固められた 土壌物理性の回復年

佐藤弘和

## 車両走行により土は締め固められた後に回復する

ハーベスタやフォワーダといった車両系林業機械は、伐採や集材などの造材作業に欠かせないものとなっています。これらの林業機械を走行させるために、簡易な構造をもつ仮設道路（集材路）が付けられます。林業機械が集材路や林内を走行すると、車輪（ホイール）や履帯（クローラ）が接地する箇所（わだち）では林床植生や表層土壌がはぎ取られるほか、車両重量が土に対して荷重となって締め固めが起こります。土が締め固められると、土の中にある隙間（間隙や孔隙と言います）の体積が小さくなり、浸透能や透水性が低下します。締め固め土壌に雨が降ると土中に水が浸透しないため、表面に水流が生じて土が侵食されることがあります。また、走行跡地では苗木の植栽や木本の天然更新が生じた場合、苗木や更新木の枯死や衰退といった事例が報告されています（佐藤 2020）。

一方で、締め固められた土は、経年変化で柔らかくなることが知られています。これに関して、「なぜ土の締め固めが回復するのか」と質問されます。一般的には、「降雨」「土の乾湿サイクル」「凍結・融解のサイクル」「ひび割れ」「植物根や土壌動物などの生物」などが、締め固めからの回復要因としてあげられています。

国内外では、締め固められた土が締め固めを受けていない状態の硬さまで回復する年数が調べられています。ここでは、その年数を「回復年」と呼ぶことにします。過去の研究を鑑みると、回復年は早くても1年という記録から、長いものでは50年を超える記録まで様々です（図-1）。回復年は、地質の違い、走行する車種と走行回数などによって異なっています。そのため、いろいろな事例を積み重ねることで、土の締め固めと回復年の関係がわかるかもしれません。ここでは、北海道内にある集材路で調べた回復年の結果について紹介します。

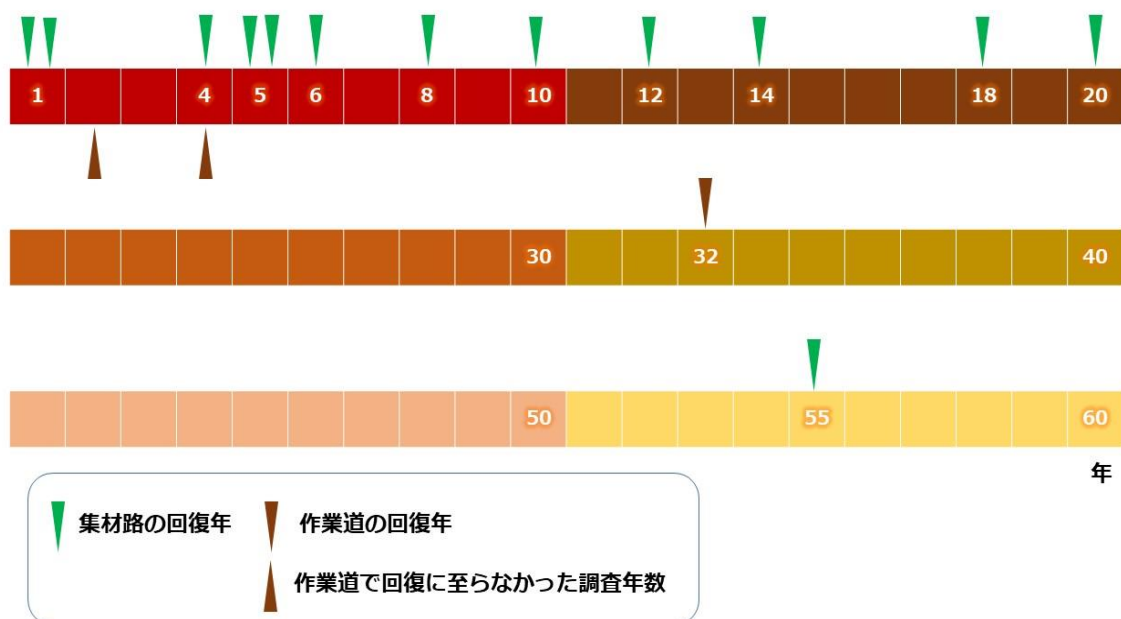


図-1 国内外で報告されている集材路と作業道における回復年

### 締め固めの度合いを表す指標

これまでの研究において、土の締め固めを表す指標には、①硬度（乾燥密度、 $N_c$  値、貫入抵抗など）、②透水性（浸透能、透水係数など）、③三層構造（間隙率など）が用いられています。ここでは、海外の研究でよく使われている乾燥密度について解説します。海外の研究事例では、**bulk density** という用語が使われています。**bulk density** は「仮比重」と訳されていましたが、「乾燥密度」や「容積重」とした方が適訳です。単位は  $g\ cm^{-3}$  が使われますが、最近の論文では  $kg\ m^{-3}$ 、 $Mg\ m^{-3}$  と表記されることがあります。ちなみに  $Mg$  はメガグラムと読み、トンと同じです。

乾燥密度の測定は、以下のように行います。一定容積のステンレス製採土円筒を用意し、ふたがついたカラ状態の重さを量っておきます。現地で採土円筒を取りたい深さまで掘った土壌面に置き、採土器（写真-1、赤い柄が付いたもの）をかぶせてハンマーなどで静かに打ち込みます（力任せに押し込むと、土壌構造が潰れてしまいます）。採土円筒の上面が土壌面に達したら、円筒の周囲の土を掘り取って円筒を取り出します。円筒の上下面は土がむき出しになっているので、ナイフなどを使って平らになるように整形します。その後、上下面にふたをして密封し実験室に持ち帰ります。なお、この状態の重さを量っておけば、次の手順で乾燥させた後の重量差から土壌水分量がわかります。持ち帰った採土円筒の上面のふたを取って乾燥機に入れます。乾燥温度が  $105^{\circ}C$  や  $110^{\circ}C$ 、乾燥時間が 24 時間で乾燥させます（著者は  $105^{\circ}C$  で 48 時間乾燥）。乾燥時間に達したら、熱を冷まして重さを量ります。この重さからカラ状態の円筒の重さを引いて、容積（ここでは 100mL）で割った値が乾燥密度となります。なお、農業分野の普及本では、コーヒー缶で採取し、フライパンで煎ることで乾燥させる方法が紹介されています（安西 2016）。

乾燥密度の主な変化の理由は、以下のようになります。土が締め固められると、間隙体積が小さくなった分、土粒子の体積（重量）が増えます。そのため、乾燥密度は増加します。乾燥密度の測定では土の中の水分を飛ばすため、土の乾湿状態の影響を受けません。ただし、採土の中に有機物が混じり込むと、有機物の重さが土粒子の重さより軽いため、乾燥密度は低い値になります。そのため、林地で土を取る場合は、腐植層や腐植を含む層を除去してから採土します。締め固めの評価は、締め固めによる乾燥密度の増加割合で評価しました（以下、「乾燥密度増分」という）。乾燥密度増分は、 $(\text{【路面での乾燥密度の平均値】} - \text{【対照での乾燥密度の平均値】}) / \text{【対照での乾燥密度の平均値】} \times 100$  で計算され、百分率で表すことにします。対照の乾燥密度と同じになれば、乾燥密度増分は 0% になります。



写真-1 採土の様子

採土円筒に採土器をかぶせてハンマーで打ち込む

### 北海道で調べた集材路と林地での乾燥密度

過去の研究にならい、北海道内の集材路を対象に、路面と対照地（比較のために車両走行がない状態を設定）で土を採取して乾燥密度を調べました。集材路では作設した時期がわからないことが多く、昔に設置されたものほど記録がありませんので、作設年が確認できた集材路に調査区間を設定し調査の対象としました。調査区間が位置する管内と調査区間数は、「空知」が 4 区間、「オホーツク」が 3 区間、「釧路」が 1 区間、「日高」が 1 区間、「渡島」が 4 区間の計 13 区間です。同じ調査区間で数年測定していた場合は、作設からの経過年が最も古い記録を使いました。13 箇所の調査区間内において、採土地点として各集材路のわだち内 7 箇所と、対照として集材路に隣接する林地 7 箇所を設け、それぞれ採土しました。

集材路面と林地における乾燥密度（7 採土地点の平均値）の関係について図-2 に示します。図中にある斜線は、林地における乾燥密度に対する集材路面の乾燥密度が等倍（同じ値になる）、1.5 倍、2 倍になること

を表しています。すべての調査区間において、【林地の平均乾燥密度】 < 【路面の平均乾燥密度】 でした（ほぼ1:1ラインと2:1ラインの間に位置しています）。これより、調査区間における集材路は、対照である林地に比べて締め固めを受けていることがわかります。

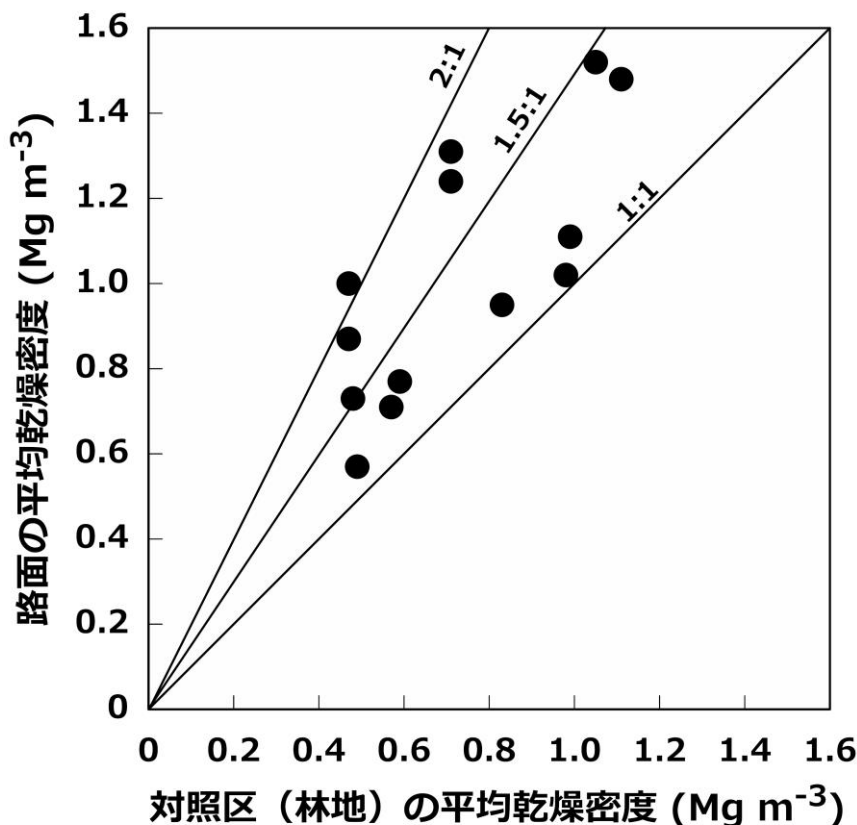


図-2 路面と対象区の平均乾燥密度の関係

### 集材路の締め固めの度合いをランク化しました

車両が走行する集材路面で締め固めが生じるのは、主に車両の重み（車重）による荷重がかかるためです。特に、車両の履帯や車輪が通ったわだちでは、車両による荷重が集中するため締め固めが顕著になります。また、フォワーダなどを走行させるため、集材路でも切土と盛土を行うことがあります。この場合、作設時に転圧をかけて締め固めることがあるため、車両が走行する際の荷重のほかに転圧が加わります。そのため、車両が走行しただけの状態に転圧が加わると、締め固めが大きくなることが想定されます。こうした締め固めを受けた路面では、植生がなく裸地になっていることがあります。

そこで、締め固めの度合いについて、専用の機器で測定しなくても簡単に判断できる指標として、切土の有無と路面での植生の有無に着目した締め固め度合いランクを考案しました。すなわち、集材路に切土のり面があるかどうかと、路面に植生が繁茂しているかどうか（見た目でも裸地を感じるかどうか）を組み合わせるというやり方です（表-1）。この締め固め度合いランクでは、ランクが上がるほど締め固めの度合いが大きくなるようにしています。

表一 集材路の切土のり面および路面植生の有無から判別する締固め度合いランク

	路面に植生が繁茂している	路面に植生が繁茂していない
切土のり面がない	ランク 1	ランク 2
切土のり面がある	ランク 3	ランク 4

先述した調査では、集材路の作設経過年数、路面における植生の有無、切土の有無を現地で確認しています。この調査事例を使って、締固め度合いランクと乾燥密度増分の関係を図にしました（図-3）。調査区間によってばらつきはあるものの、ランク 1~3 までは、ランクがあがるにつれて乾燥密度が増加する傾向にあります。ランク 4 ではばらつきがみられましたが、ランク 1 と 2、およびランク 3 と 4 の区分で見ると、乾燥密度増分が 40% くらいを境に乾燥密度増分の値が区別されます。このことから、表一の区分で整理すると、路面に植生が繁茂しているかどうか（ランク 1 と 3、およびランク 2 と 4 の組み合わせ）よりも、切土のり面の有無（ランク 1 と 2、およびランク 3 と 4 の組み合わせ）が締固めの度合いに大きく影響している傾向がみられました。

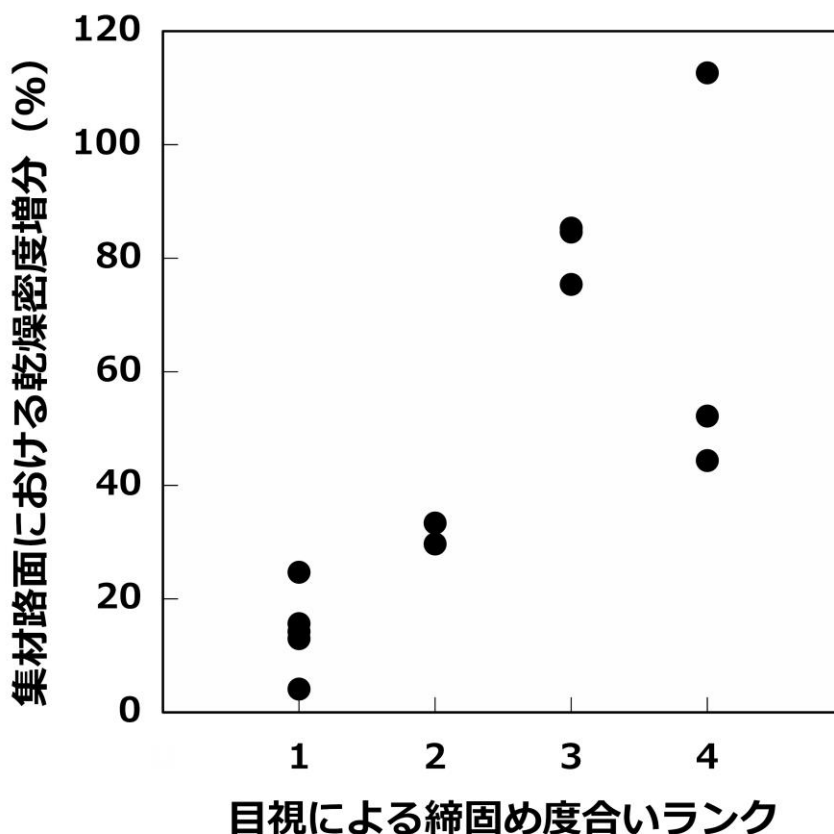


図-3 締固め度合いランクと乾燥密度増分の関係

#### 集材路の作設後経過年数と乾燥密度増分の関係

先行研究では、横軸に作設後経過年数 (year)、縦軸を乾燥密度増分 ( $\Delta \rho_d$ ) にした図を作成すると減少傾向となることが多いです。回帰直線を求めると、傾きの係数 ( $\beta_1$ ) が負となる回帰式  $\Delta \rho_d = \beta_0 - \beta_1 \times \text{year}$  が得られます。ここで  $\beta_0$  は切片です。

本来であれば、同じ路線において対照と同じ数値に回復するまで土壌物理性を経時測定し続けることが理

想的な調査方法ですが、図-1のように数十年間調査を続けることは困難です。そのため、回帰式による回復年の解析としては、①同一場所におけるある調査時期のデータから得られた回帰式を、 $\Delta \rho_d$ が0となるまで延ばして回復年を読み取る（外挿）方法と、②作設からの経過年数が異なる複数の路線で得られたデータから回帰式を作成する方法があります。本稿では、②の方法で解析してみます。

調査事例を使って集材路の作設年数に対する乾燥密度増分の変化を図-4に示しました。この図をみる限り、明瞭な増減関係はありません。ちなみに、直線回帰を求めると正の傾きとなりました。これは、作設年数が経つほど乾燥密度増分が増え、回復しないことを意味します。

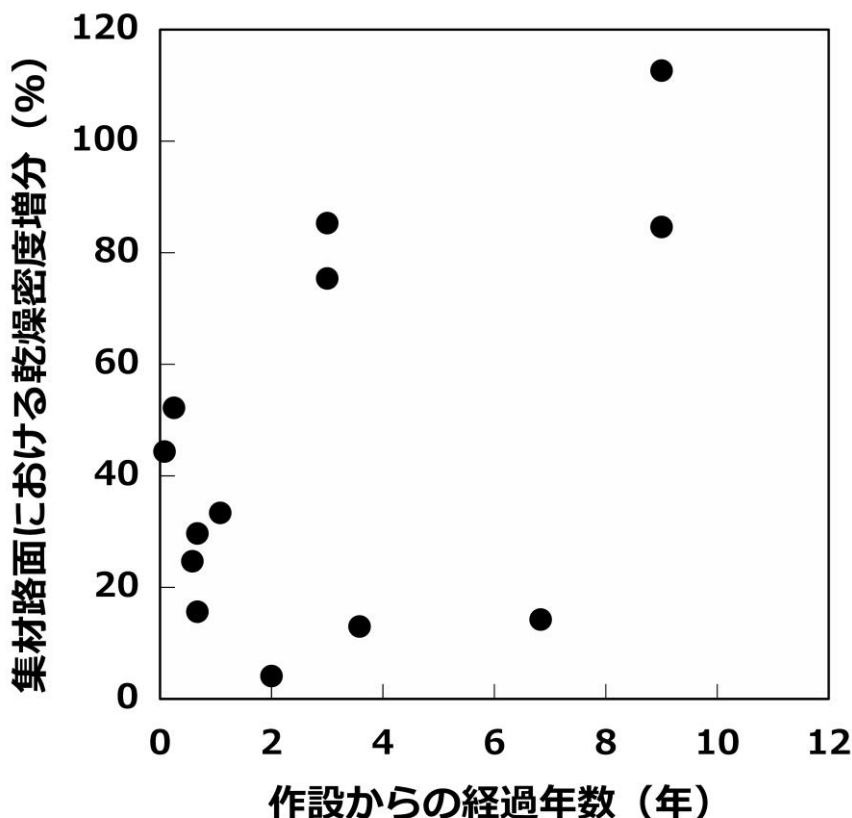


図-4 集材路作設からの経過年数と乾燥密度増分の関係

この図における点のばらつきは、調査路線の地質、気象条件、走行した車両の重量や走行回数の違いなどが反映されています。しかし、図-3 でみたように切土のり面の有無によって乾燥密度増分の値の違いに線引きできる傾向がありました。そこで、図-4 について、切土のり面あり（法高は 1~2m）と切土のり面なしで区分してみました（図-5）。すると、切土のり面なしについては、負の傾きをもつ回帰式が得られました。ちなみに、この式から回復年を計算すると、11.8 年となります。

一方で、切土のり面ありの場合は作設後の経過年数が経つごとに乾燥密度増分が増加しています。ここでは直線回帰ではなく、べき乗式  $\Delta \rho_d = \alpha \times (\text{year})^\gamma$  で近似しました。ここで  $\alpha$  と  $\gamma$  は、それぞれ係数です。過去の研究において、作業道では作設からの経過年数が経つほど、路面の強度が増加する報告があります。作業道は、構造的に集材路より強度が担保される必要があります。切土のり面がある集材路では、作業道同様に転圧による締め固めがなされているため、構造的に作業道と似通っているのかもしれませんが。ちなみに、9 年経過した調査地点の乾燥密度増分が 120% 近い路線は皆伐流域に設置されたもので、切土のり面があり、集材路面における植生はほとんどありませんでした。同路線ではかなり強い締め固めがあったことが推測されます。



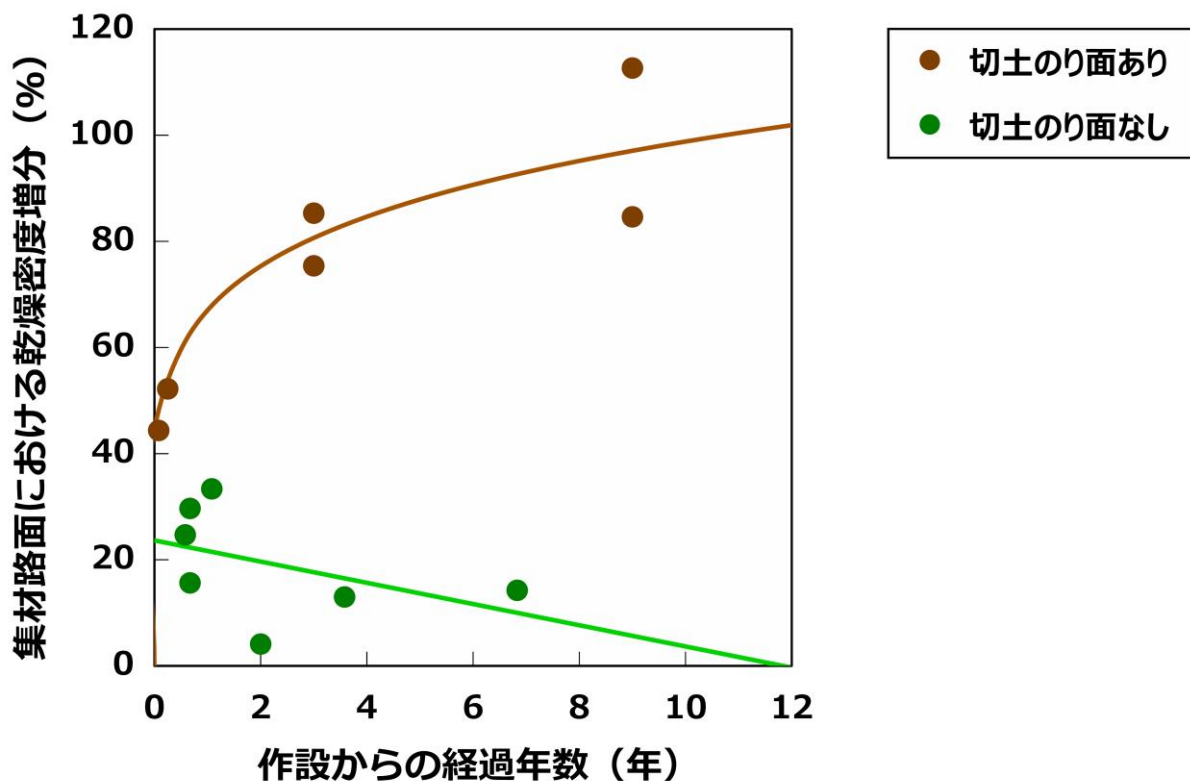


図-5 切土のり面の有無で区分した集材路作設からの経過年数と乾燥密度増分の関係

### 集材路における土壌物理性の回復年が意味するところ

北海道では、高性能林業機械が普及しています。林地において集材路が作設されるだけでなく、林地内をそのまま車両が走行することがあります。こうして締め固められた土がむき出しになっていたり、硬いままであったりすると土砂流出の発生源になりえるだけでなく、天然更新による植生回復の阻害や、締め固め箇所に植栽された苗木の衰退・枯死に繋がることがあります（佐藤 2020）。筆者が調べた集材路での事例では、回復年が5年の場合や1年（未発表）という結果もみられました。この報告では、回復年が約12年と推測されましたが、あくまで今回調査した結果から導かれた値であり、道内一律での回復年とはなりません。ただし、図-1とあわせて鑑みると、集材路の回復年は10年以内になることが多いようです。

また、ある森林所有者から聞いた話では、フォワーダの走行のために集材路であっても切土のり面を設けるとのことでした。切土のり面を伴う集材路の回復年の情報も、重要な意味を持ちます。

今回の解析で重要な視点は、集材路といえども作設方法の違いによって回復傾向の増減が異なることです。今後、このような事例を増やすことで、集材路の土壌物理性回復に関する知見が深まることが期待されます。

### 引用文献

- 安西徹郎（2016）だれにでもできる土の物理性診断と改良．農山漁村文化協会，東京  
 佐藤弘和（2020）林業機械の走行による集材路での締め固めと土壌物理性の回復．森林科学 90：6-13  
 ※ 図-1の作成に係る引用文献は、数が多く未発表データも含まれるため掲載していません。

（企画調整部企画課）

# 新型コロナウイルス感染症の流行初期に生じた経済停滞は カラマツ・トドマツの製材用原木の取引にどのような影響を与えたか

津田高明

## はじめに

2019年12月に中国武漢で報告された新型コロナウイルス感染症（COVID-19、以下「新型コロナ」という）は、2020年に入り世界的に流行し、各国で感染拡大防止を目的に外出行動の抑制や国内外での移動制限が行われました。こうした動きは経済活動に影響し、我が国での2020年度の実質GDPは前年度比-4.5%と比較可能な1995年以降最大の落ち込みを記録しました（中小企業庁 2021）。また、国内の製造業225社を対象としたサプライチェーン上での対応に関する調査（小林・木幡 2020）では、最初の緊急事態宣言が発出された2020年4～6月に回答企業の2割以上が製造量の引き下げや調達量の引き下げ等を行っており、経済活動の急激な変化が製造業の生産事業、そして原材料の供給計画まで影響しました。

木材関連産業への影響をみると、全国における2020年の製材出荷量、素材需要量はともに約1割減少しましたが（農林水産省 2020）、道内での原木取引における影響の詳細は分かりません。この点を明らかにすることは、新型コロナのような急激な変化が今後生じた場合、原木サプライチェーンを担う木材産業や素材生産業への影響予測、また影響緩和に向けた知見になるといえます。

そこで本稿では、まず統計資料を用いて製材用原木を対象に原木の需要側である道内の製材業への影響を整理しました。次に、原木の供給側である素材生産業者にアンケート調査を実施し影響の度合いを尋ねることで、原木の需要側（製材工場）での動向が供給側（素材生産）へどのように波及したのか考察を試みましたので報告します。

## 統計資料からみえる原木需要側（製材工場）の動向 —原木消費量・原木在荷量の推移から—

原木消費量（製材工場で製材加工した丸太材積）は、新型コロナ流行前の2016～2019年度ではトドマツを含むその他針葉樹（以下「エゾトド」という）で約5～7万 $\text{m}^3$ /月、カラマツで約7～9万 $\text{m}^3$ /月で推移していました（図-1 上図）。しかし2020年度では大きく減少し、「エゾトド」では前年比12%減、カラマツは同23%減とカラマツで大きく落ち込みました。一方、同年度の月別の原木在荷量（製材工場で在庫として保管している丸太材積）は2020年度に最大となり（図-1 下図）、カラマツの原木維持月数（原木在荷量を原木消費量で除したもので、原木のストックが消費量の何か月分に相当するかを示します）は最大5.2ヶ月と2019年以前の平均値の約2倍でした。いわゆる「ウッドショック」が始まる2021年3月頃からは原木消費量、原木在荷量ともに2020年以前の水準まで戻りましたが、2020年度はカラマツを中心に大量の原木が製材工場に長期間、停滞しました。

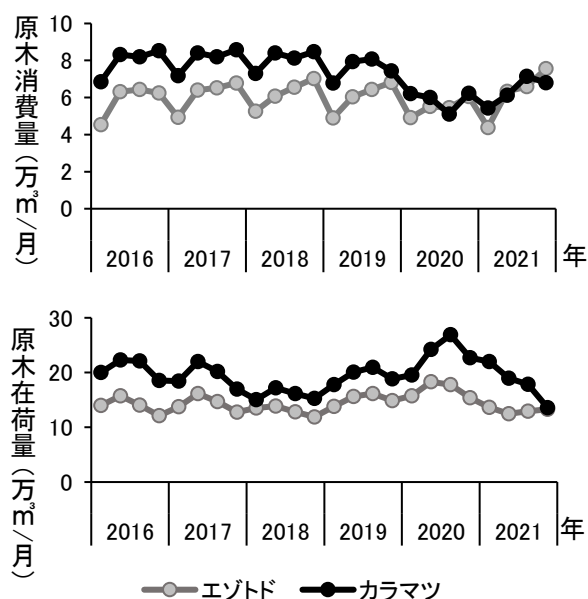


図-1 道内製材工場での月別原木消費量・月別原木在荷量の推移

各図とも北海道（2020a）より作成

### アンケート調査から見た原木供給側（素材生産）への影響

原木の需要側である製材工場での原木の停滞は素材生産業へどのような影響を与えたのでしょうか。原木の販売実績が判明している林業事業者185事業者を対象に、2021年1～2月にかけて郵送式のアンケート調査を行いました（有効回答数：約100事業者）。道内製材工場では大径木に対応した施設を持つ工場は増えているものの、中径木を中心に製材を行っている工場が多いのが現状であり、樹種に加えて丸太径級により影響が異なる可能性があります。そこでアンケートでは、カラマツとトドマツの2樹種について、中径木（径級14～28cm）と大径木（径級30cm以上）の原木販売量と原木価格の前年比を「前年並み」「1～2割減少」「2～3割減少」「3～5割減少」「5割以上減少」の5段階から1つ選択してもらいました。

調査の結果、製材用原木の原木販売量及び原木価格がともに前年並みと回答した林業事業者の割合は、各樹種・径級とも10%前後にとどまりました。一方、原木販売量において前年比2割以上減少した林業事業者の割合は、どちらの径級でもカラマツでは約4割、トドマツでは約5割でした（図-2 横軸）。2008年9月に始まったいわゆる「リーマンショック」では、2009年における針葉樹の製材用道産材供給量（エゾトド等とカラマツの合計値）が前年比で約2割減少した（北海道 2011）ことを踏まえると、約半数の林業事業者がリーマンショック以上の影響を受けていることが分かりました。同様に原木価格が2割以上減少した林業事業者は、各径級ともカラマツでは約2割、トドマツでは約3割でした（図-2 縦軸）。また、原木販売量の方が原木価格よりも減少の割合が大きく、新型コロナによる木材需要への影響は原木価格以上に原木販売量の減少という形で現われていました。

原木販売量及び原木価格の減少度から原木売上げの減少度を計算し林業事業者の割合を集計した結果（図-3）、各径級・樹種とも原木売上げが2～3割減少した林業事業者が最も多い状況でした。また、カラマツでは11～15%、トドマツでは20%の林業事業者で前年比5割以上減少していました。新型コロナ対応で設定された持続化給付金の受給要件が「売上げが前年同月比5割以下」であることを踏まえると、一部の林業事業者では本要件に相当するだけの影響があったといえます。また、カラマツよりもトドマツで原木売上げの減少度が高く、素材生産業においてはトドマツの方が新型コロナによる経済停滞の影響を受けていました。

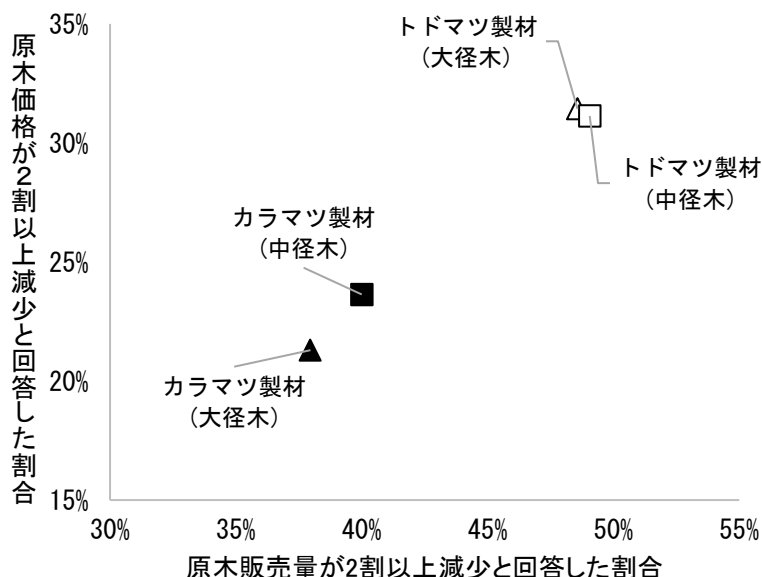


図-2 原木販売量または原木価格が前年比2割以上減少した林業事業者の割合

津田ら（2022）より作成

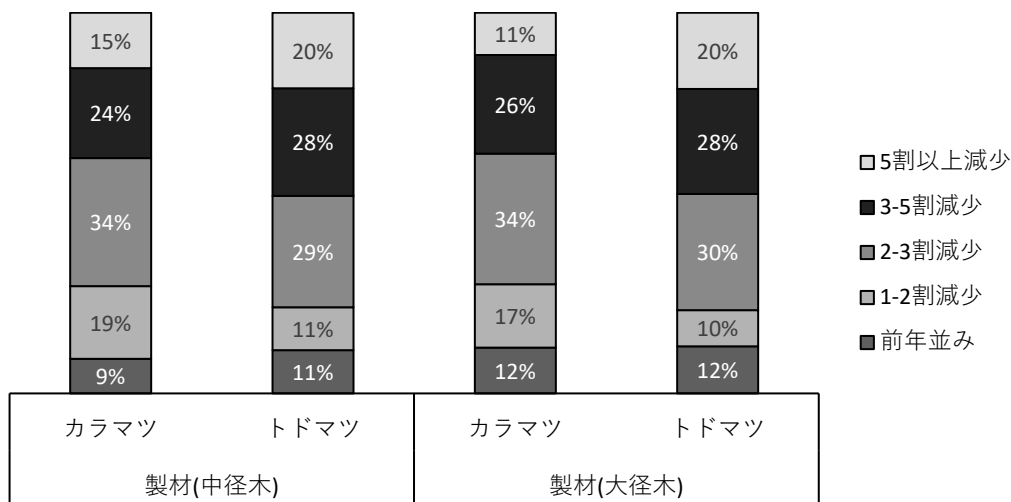


図-3 原木売上の前年比減少度に対する林業事業体の割合

原木売上の減少度=1-(1-原木販売量の減少度の階級値)×(1-原木価格の減少度の階級値)。階級値とはアンケート設定した減少度の区分の中央値を指します。なお、「前年並み」は1、「5割以上減少」は0.5として計算しました。

考察：樹種により原木販売量や原木価格への影響が異なった要因

以上から、道内の原木取引においては、原木需要側（製材工場）ではカラマツで影響が大きく、原木供給側（素材生産）ではトドマツで影響が大きかったことが分かりました。つまり、原木需要側と原木供給側で異なる状況でした。

この要因の一つとして、製材工場がカラマツの原木在荷量をエゾトドよりも大きく引き上げたことが影響したと考えられます。2020年ではどちらの樹種でも製材工場での原木在荷量が増加しており（図-1）、工場の土場が一種の「貯木場」として機能し原木取引を続けたのですが、カラマツ原木は原木在荷量を大きく引き上げて原木取引を続けたことから、原木販売量や原木価格への影響を軽減できたと考えられます。北海道での原木流通は主に原木の生産者から需要者への直送であるため、製材工場の土場がサプライチェーンにおける原木の貯蔵機能を担ったといえます。

製材工場がカラマツの原木在荷量をトドマツ以上に増やせた要因の一つとして、原木の受入可能量に関わる工場規模の差異が考えられます。平成30年8月時点での製材工場を受け入れ原木別に集計すると（ウッドプラザ北海道 2018）、カラマツを扱っている道内の製材工場は56ヶ所（カラマツのみの取り扱い工場は15ヶ所）、エゾトドを扱っている製材工場は103ヶ所（エゾトドのみの取り扱い工場は62ヶ所）あります。この数値で原木在荷量の近年6ヶ年での最大値（図-1よりカラマツで約27万m<sup>3</sup>/月、エゾトドで約18万m<sup>3</sup>/月）を除いた製材工場1ヶ所あたりの最大原木在荷量を樹種別に比較すると、カラマツはエゾトドの2.7倍にもなります（図-4）。つまり、工場規模はカラマツを主に扱う製材工場の方が大きく、工場土場も広いことが原木在荷量を大きく増やせた一因と考えられます。なお、「（製材工場では）過去の不況時に需要に合わせて原木入荷を絞り込んだ結果、需要が好転した際に一気に原木不足に陥った経験から、2020年4月以降も土場で受入可能な範囲では買い入れしてきた」との意見もあり（林野庁 2020）、一部の製材工場では原木不足の経験が原木在荷量の引き上げの判断に影響した可能性もあります。

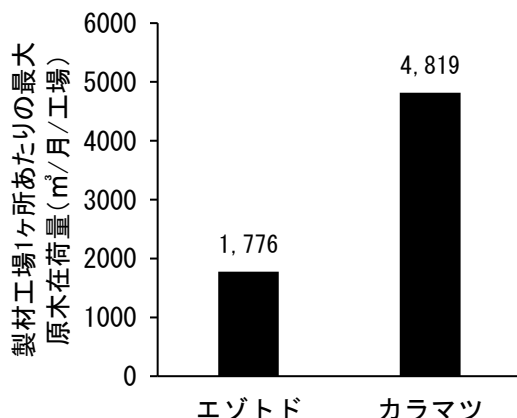


図-4 近年6ヶ年における製材工場1ヶ所あたりの最大原木在荷量

## おわりに

経済の急激な変化の影響緩和に対する原木貯蔵機能の有効性が示唆されたのは、原木サプライチェーンの構築に有用な知見といえます。一方、新型コロナでは製材工場が原木貯蔵機能を担ったと考えられましたが、原木需要側（製材工場）は土場の整備や原木の品質維持に係る費用を負担し、原木供給側は原木価格の低下を受け入れながら原木供給を維持したともいえます。このような負担を原木サプライチェーン全体でどう管理すべきかは今後の課題です。また、原木市売市場や中間土場が整備されている地域では原木貯蔵機能をそれらが担っており、道内でも中間土場が増加傾向にあることから（酒井ら 2020）、製材工場に加え中間土場も原木貯留機能に寄与する可能性があります。

なお、津田ら（2022）はアンケート回答の詳細や本稿では取り扱わなかった合板用原木についても分析しています。そちらについてもご興味がありましたら、インターネットから無料で閲覧できますので是非ご覧ください。

本研究では、各林業事業体、北海道水産林務部林業木材課の方々にアンケート調査への協力など格別の便宜を図っていただきました。ここに記して御礼申し上げます。

## 引用文献

北海道（2011）平成22年度北海道木材需給実績. 北海道, 9pp

北海道（2020a）木材需給情報（2016年1月－2021年12月）

農林水産省（2021）令和2年木材統計. 農林水産省, 9pp

林野庁（2020）第2回国産材の安定供給体制の構築に向けた北海道地区需給情報連絡協議会（令和2年1月開催）アンケート結果. 15pp

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/ryutsu/attach/pdf/kyougikai-95.pdf> (参照 2022年6月24日)

酒井明香・石川佳生・古俣寛隆・渡辺誠二・津田高明（2020）地域材の新たな流通における中間土場の機能－全国と北海道の比較－. 日本木材学会大会研究発表 Web 要旨集 70. R17-P3-02

中小企業庁（2021）中小企業白書・小規模企業白書 2021年版. 日経印刷. 東京. 1-2pp

津田高明・酒井明香・石川佳夫（2022）新型コロナウイルス（COVID-19）に伴う経済停滞がカラマツ及びトドマツ原木の販売量及び価格に与えた影響. 北方森林研究 70:15-18

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jfsh/70/0/70\\_KJ00008740612/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jfsh/70/0/70_KJ00008740612/_pdf) (参照 2022年6月24日)

ウッドプラザ(2019)北海道製材生産企業一覧表

<https://www.woodplaza.or.jp/seizai.pdf> (参照 2022年6月24日)

(森林経営部経営グループ)



---

## 光珠内季報 NO. 204

発行年月 令和4年9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 <https://www.hro.or.jp/fri.html>

---