

牧草被害低減と利活用率向上に向けた エゾシカ捕獲技術の確立

担当G：保護種苗部保護G

共同研究機関（協力機関）：エネルギー・環境・地質研究所（主管）、工業試験場、酪農学園大学（酪農試験場天北支場、北海道大学、（一社）エゾシカ協会、北海道環境生活部自然環境課、釧路農業改良普及センター、白糠町鳥獣被害対策協議会、標津町鳥獣被害対策協議会、未来のアグリ（株）、北泉開発（株）

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：重点研究

研究目的

エゾシカによる牧草被害低減とエゾシカ肉の利活用率向上に向けて、地域協議会が運用できる捕獲技術を確立するために、効果的にエゾシカを捕獲できる草地を選定するとともに、非積雪期の草地に適用できる囲いワナを開発する。

研究方法

調査地
酪農試験場天北支場（えん麦造成試験・捕獲）
標津町・白糠町・林業試験場
（プランターでのえん麦育成・捕獲）

調査方法
・異なる道具を用いてえん麦の造成を行い、生育状況や作業時間を比較
・プランターでのえん麦育成・えん麦を使った捕獲

研究成果

草地適用型囲いわな内に誘引餌としてのえん麦を造成する方法の検討

- これまでの研究により、草地適用型囲いわなで使用する誘引餌はえん麦が適することが示されたので、今年度はえん麦の造成方法を検討した。その結果、耕耘方法の違いにより育成状況（図-1）や作業時間が異なることが明らかになった。トラクターを使ったロータリーによる造成が最も確実にえん麦を育成できた。ロータリー以外の道具を使った人力による造成では既存牧草との競争により、育成したえん麦の草丈や乾燥重量が明らかに少なくなることが判明した。ただし、少ないえん麦でもシカは選択的にえん麦を食べるため（写真-1）、人力によるえん麦の造成においても一定程度のわな内でのシカの滞留効果は発揮されていた。ロータリー耕耘ができない場合は、作業時間、えん麦の育成状況、道具の入手しやすさから、島田鍬やスコップを使って浅く耕耘する方法を推奨した。
- シカによる採食や踏みつけによるえん麦の劣化を補う資材としてプランターによるえん麦の育成を行い、わな内において捕獲を行った。その結果、プランターのえん麦を食べる様子が確認され、わな内での一定の滞留効果が確認できた。

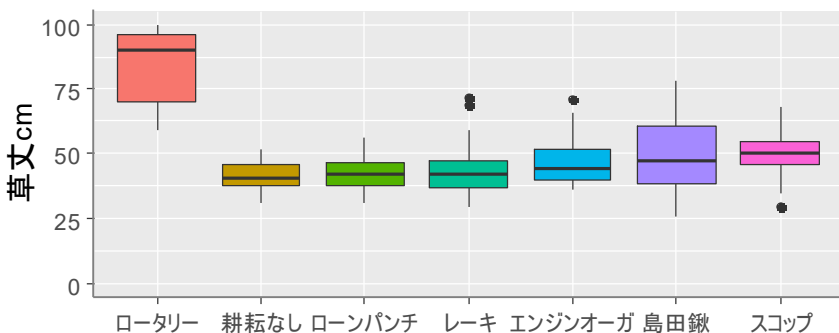


図-1 造成方法の違いによるえん麦の草丈

ロータリー以外は造成前に、刈払い機による草刈りを行い、その後それぞれの道具を使って人力によりえん麦の造成を行った。



写真-1 ワナ内に人力で造成したえん麦におけるシカによる食痕（矢印）

ストレス環境を考慮したカラマツ類の病虫害抵抗性の比較

担当G：保護種苗部保護G、森林経営部経営G

協力機関・研究機関：北海道水産林務部林務局森林整備課・森林環境局森林活用課、
北海道大学、三井物産フォレスト（株）

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：経常研究

研究目的

クリーンラーチをはじめとしたカラマツ類造林での病虫害リスクを考慮した効率的な植栽の実現にむけて、若齢林でのカラマツ類の病虫害被害状況を示すとともに、カラマツ類の病虫害抵抗性の違いやストレス環境（乾燥・食葉性害虫などによる失葉）が各樹種の病虫害抵抗力をどの程度低下させるのかを明らかにする。

研究方法

1. 植栽地での病虫害発生状況調査

方法：カラマツ（以下JL）、グイマツ雑種F₁（以下F₁）、クリーンラーチ（以下CL）混合植栽地における病虫害の発生状況および種間での被害率の違いを調査

2. 乾燥と失葉のストレス下での病虫害抵抗性

方法：JL、F₁、CLの2年生ポット苗に対して乾燥処理と食害による失葉を模した摘葉処理を実施し（図-1）、成長と縮合タンニン量（病虫害抵抗物質）への影響を評価

研究成果

1. 調査林分では、軽度ではあるものの落葉病の発生が確認された。落葉病の発生状況はF₁とCLでJLよりも有意に高く、CLもF₁と同程度落葉病に感染しやすいことが分かった（図-2）。

2. 成長への影響は乾燥時に伸長成長の低下が、摘葉時に地際径と根量の低下がみられた。

病虫害抵抗物質である縮合タンニン量はすべての樹種で弱い乾燥時に増加した（図-3）。一方、乾燥を強くすると、対照と同水準まで低下し、強度の乾燥で病虫害抵抗性が低下する可能性が示された。また、縮合タンニン量はすべての処理において、F₁>CL>JLの順で多く、病虫害に対する基礎的な抵抗性はF₁やCLのほうがJLよりも常に高いことが示唆された。



図-1：ポット苗による乾燥処理と摘葉処理の操作実験の様子

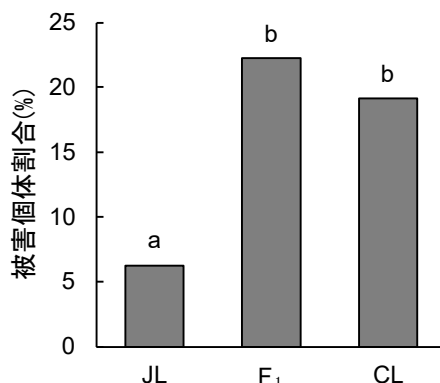


図-2：植栽地における落葉病被害率の樹種間差
アルファベットの違いは樹種間での有意差を示（P<0.05）

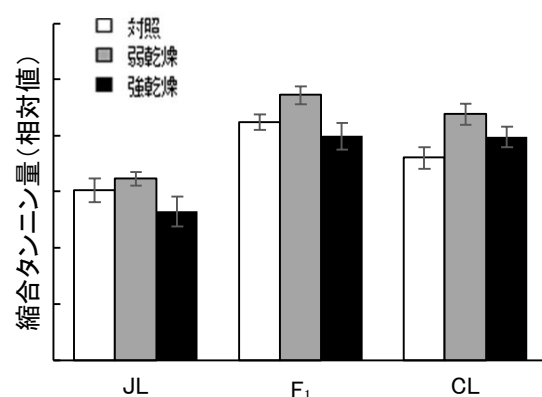


図-3：処理・樹種別の縮合タンニン量

北海道で急増するカラマツの大量枯死の原因解明 — 病虫害と衰弱要因の解明 —

担当G：保護種苗部保護G

協力機関・研究機関：北海道水産林務部、森林総合研究所、日本大学、北海道大学

研究期間：令和2年度～令和4年度 区分：公募型研究

研究目的

北海道ではカラマツがここ数年で急激に衰弱し、大量枯死が発生しているが、枯死原因は未だ特定されていない。本研究では、1)カラマツの直接的な枯死原因となっている病虫害の特定、および、2)気象条件などカラマツを衰弱させる要因の特定により、北海道で急増するカラマツの大量枯死の原因を明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

1.全道的な被害の把握

調査地：2016～2019年度に大規模被害が発生した地域(陸別町、池田町など)の隣接地
方法：車両にて走行、枯死発生地でGPSデータを記録、被害状況を記録

2.被害多発地における詳細調査

調査地：池田町232林班10小班
浦幌町116林班28小班
方法：0.1haプロットの毎木調査
測定項目：直径、葉量、ならたけ害、樹脂滲出能等

研究成果

1.全道的な被害の把握

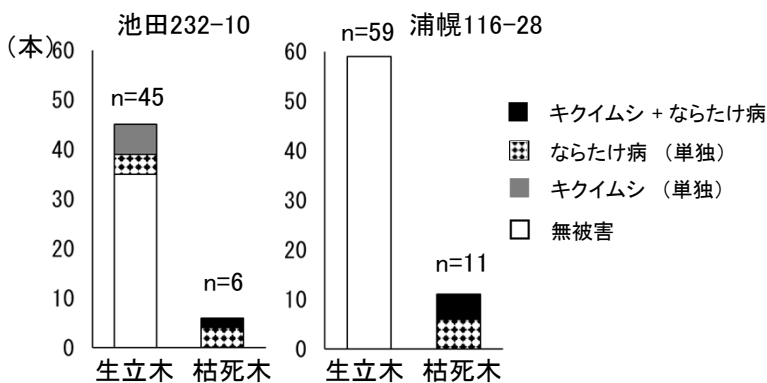


カラマツの小規模な枯死は多地点で発生していたが、大規模な集団枯死は上川町、占冠村、北見市留辺薬町、置戸町、本別町、足寄町、浦幌町など一部地域に集中していた(図-1)。また、それらの多くは2019年度以前に発生したものであり、十勝地方の枯死被害は、池田町など一部の地域を除くと縮小傾向にあった。

図-1 カラマツ枯死木の発生調査結果

(赤線は走行ルート、青旗は小規模な集団枯死が発生していた地点)

2.被害多発地における詳細調査



池田町、浦幌町で調査した林分の枯死木は各々51本中6本(11.8%)、70本中11本(15.7%)で、穿孔調査と剥皮調査から、直接の枯死原因がカラマツヤツバキクイムシとならたけ病であることが明らかとなった(図-2)。また、無被害の生立木においても葉量の低下と樹脂滲出能の低下が顕著であったことから、両林分のカラマツが衰弱状態にあることが示された。

図-2 カラマツ立木の内訳 カラマツの生死とキクイムシ穿孔・ならたけ病感染の有無について2林分で調査

病虫害特異的発現遺伝子を活用した病虫害被害木の識別

担当G：保護種苗部保護G

協力機関：北海道大学、ニッタ株式会社

研究期間：令和2年度 区分：職員研究奨励事業（シーズ探索セカンドステージ）

研究目的

病虫害被害の新たな識別方法として遺伝子発現情報も活用できるのか検討するため、カラマツにおけるクイムシ・ならたけ病被害を対象に、1) 乾燥ストレス時の遺伝子発現パターンを明らかにし、乾燥ストレス由来の遺伝子発現を除外したクイムシ・ならたけ病被害特異的な発現リストを作成するとともに、2) 地域間で発現パターンが変化しない、クイムシ・ならたけ病特異的な遺伝子の選抜を目指す。

研究方法

1) 乾燥ストレスでの遺伝子発現
 材料：3年生カラマツポット苗（8個体）
 方法：5月中旬～7月上旬に4個体に乾燥処理を実施
 無処理区、処理区の葉からRNAを抽出し、全遺伝子の発現量を処理間で比較
 クイムシ・ならたけ病被害時特異的に発現する遺伝子群と比較

2) クイムシ特異的発現遺伝子の探索
 調査地：豊頃町カラマツ人工林（15個体）
 各個体をクイムシ被害の有無で分類
 方法：過去のカラマツの遺伝子発現データ（陸別町個体）から、クイムシ被害個体で特徴的な発現をするとみられる遺伝子を選別し、豊頃町で採取したカラマツでの発現量を測定

研究成果

1) 乾燥ストレス時には約200個の遺伝子断片の発現が変化した。変化した遺伝子の中には乾燥耐性や伸長成長、光ストレスに関係する遺伝子があり、乾燥時にみられる生理変化と合致していた。クイムシ・ならたけ病被害時に発現する遺伝子のうち、乾燥時にも発現量が変化する遺伝子は7つ存在し、病虫害被害と乾燥被害の識別ができた。

2) 陸別町におけるクイムシ被害木の遺伝子発現データをもとに、クイムシ被害木で特徴的な発現をすると想定される遺伝子を選別した。この遺伝子について豊頃町の個体群で発現量を調べたところ、クイムシ被害木でのみ発現量が高く、発現パターンが地域間で共通していた（図-1）。このことから、病虫害特異的に発現する遺伝子の存在が示唆され、遺伝子発現情報を活用して病虫害を識別できる可能性が示された。

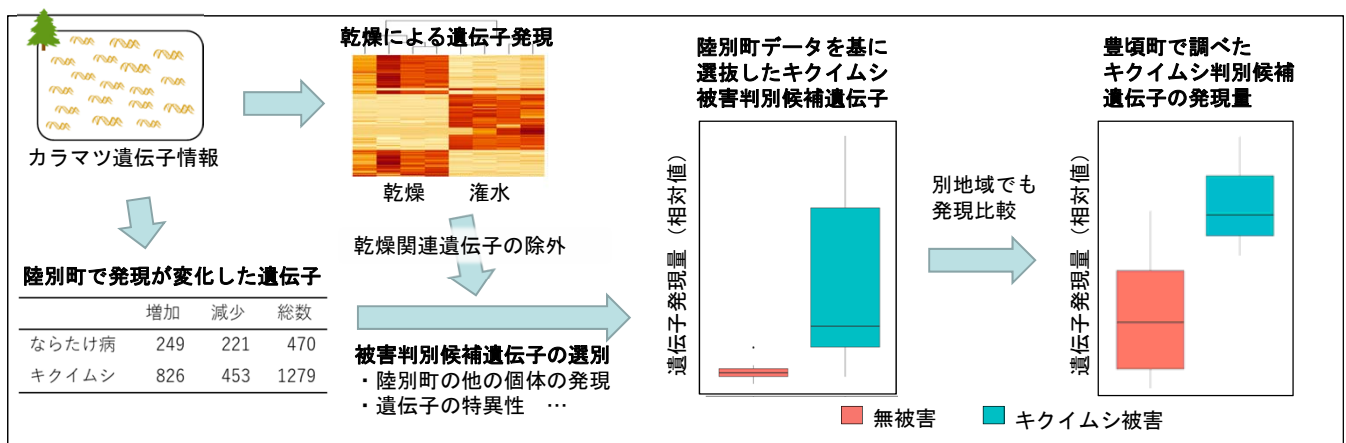


図-1 本研究の流れと遺伝子発現による病虫害識別結果

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・和田ら（2020）病虫害被害をもたらすカラマツの衰退。令和2年度北海道大学低温科学研究所共同研究会「樹木の生態に対するシンクベースの生理機序からの探求Ⅱ」、札幌市
- ・和田ら（2021）遺伝子発現から見た病虫害複合被害時のカラマツの生理変化。第132回日本森林学会大会、東京都

地域特性に応じた再生可能エネルギー供給と省エネルギー技術の社会実装

2.(1) 木質バイオマスの利用拡大技術の開発

担当G：森林経営部経営G、道北支場

共同研究機関：エネルギー・環境・地質研究所（主管）、北方建築総合研究所、
林産試験場、北海道大学

研究期間：令和元年度～5年度 区分：戦略研究

研究目的

木質バイオマス利用のための先進的な技術・手法の実証、導入施設におけるバイオマスエネルギーの利用技術の高度化により、木質バイオマスの利用拡大のための政策立案に必要な課題を解決するとともに、その導入プロセスを構築することを目的とする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

1. 現地調査による森林調査簿データとの比較
調査地：当別町有林 101-10、102-25林小班
地点数：0.04ha (20×20m)、8プロット

2. UAVによる空撮
調査地：当別町有林5林分
撮影範囲：0.80～20.56ha

研究成果

1. 現地調査による森林調査簿データとの比較

当別町有林2林分で8プロットの現地毎木調査を行い(図-1)、森林調査簿データと比較した(図-2)。現地調査による森林蓄積は森林調査簿より高かったが、空撮画像により調査プロットは成林率の高いところに設置している傾向が見られることから、UAV空撮画像の解析による林分全体の評価が必要である。

2. UAVによる空撮

当別町有林5林分において、空撮を行い、オルソ画像の作成を行った。これらの画像を用い、今後トドマツの資源量推定を行い、現地調査データとあわせて衛星画像解析によるトドマツ面積率との照合に用いる予定である。



図-1 UAV空撮画像と現地調査プロット 調査地3,4は位置情報なし

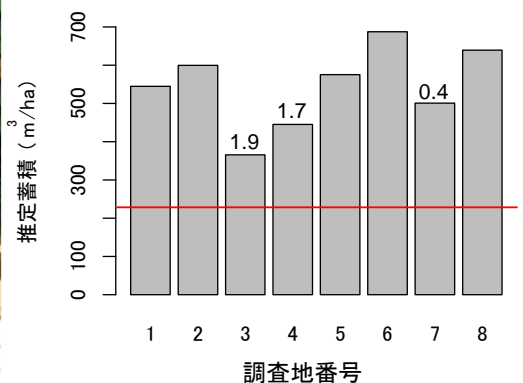


図-2 現地調査による蓄積
グラフ上の数値は侵入広葉樹の材積率(%)、標記のない場合は混交なし
赤線は調査簿上の値

河川横断工作物の改良による 森里川海のつながり再生の影響把握

担当G：森林環境部環境G

協力機関・研究機関：国立環境研究所、北海道大学

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究では、治山ダムが改良された河川において、魚類の捕獲調査および「バケツ一杯の水で棲んでいる魚がわかる技術」環境DNAメタバーコーディングにより、治山ダム改良後の河川生態系への影響を把握する。

研究方法

調査地(図-1)

- ・丸平の沢(増毛町)、塩越川(泊村)、オマン川(美瑛町)
 - ・水面幅と治山ダムの改良方法(図-2)
 - ・丸平の沢(約4m、魚道3基、複断面化6基)
 - ・塩越川(約2m、複断面化1基)
 - ・オマン川(約2m、魚道2基、複断面化2基)
- ※複断面化：堤体を現河床高まで切り下げること

1) 治山ダムの改良効果の検証

- ・地点数：丸平(4) 塩越(4) オマン(2)
- ・漁具：電気ショッカー(Model LR-20B)
- ・調査時期：2019年7～8月

2) 環境DNAによる魚類相推定

- ・地点数：丸平(5) 塩越(2) オマン(10)
- ・プライマー：MiFish
- ・調査時期：2019年7～8月

研究成果

1) 治山ダムの改良効果の検証

- ・採捕数が多かった主要2種(写真-1)について、①施工前-施工直後(1-2年後)、②施工前-施工後(4-11年後)の生息密度を比較した。
- ・改良されたダムの上流部では、全河川でサクラマスおよびアメマスの増加が確認できた(図-1)。
- ・治山ダムの魚道設置および切り下げが、サクラマスやアメマスといった遡河回遊魚の遡上阻害を改善する効果があることが示された。さらに、治山ダムの改良事業の効果は、10年後においても確認された。



写真-1 改良効果の検証に用いた溪流魚。

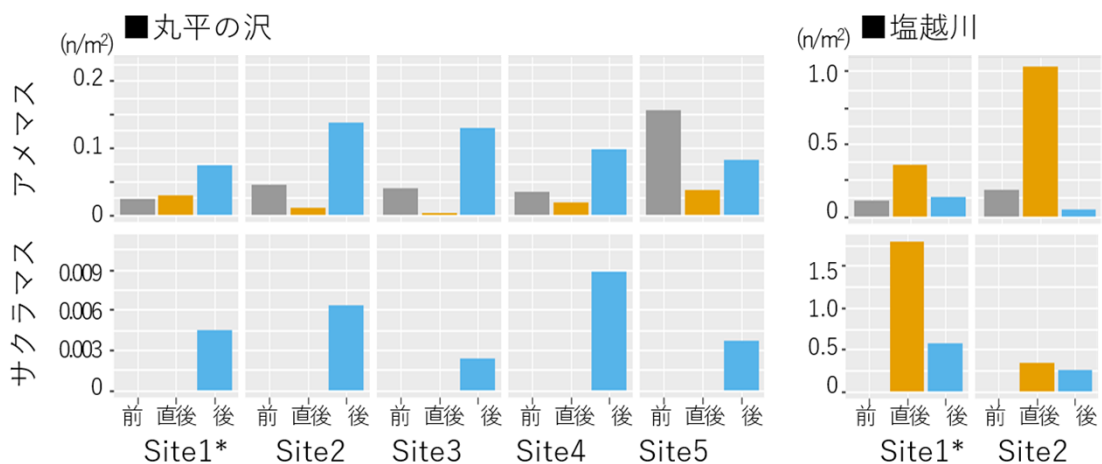


図-1 事前、直後(1-2年後)、事後(4-11年後)の魚類相。

*:改良前後共にダムによる分断化の影響を受けていない地点

2) 環境DNAによる魚類相推定

- 各河川にそれぞれ設定した採捕調査区（区画の長さ10～200m）において環境DNA調査を行った。
- 採捕結果と環境DNAの検出結果の対応関係を検討した。アメマスとサクラマスでは10件中9件で結果が一致していたのに対し、ハナカジカは7件と低く、魚種によって対応関係が異なっていた（表-1）。
- 一致率を下げているのは、採捕では確認されず環境DNAのみで検出されているケースがほとんどで、ハナカジカ以外にはシマウキゴリとルリヨシノボリ（塩越川のSite2）でも見られた。これらは、魚種の行動特性として採捕から逃れやすい可能性と、調査地点より上流側の生息状況が反映された可能性、などが考えられた。

表-1；各調査地点での採捕魚種と環境DNA検出魚種の比較結果.

| 河川名 | 調査地名 | 調査区の長さ | アメマス | サクラマス | ニジマス | ハナカジカ | カンキョウカジカ | ウグイ | シマウキゴリ | フクドジョウ | ルリヨシノボリ | ミミズハゼ |
|-------|-------|--------|------|-------|------|-------|----------|-----|--------|--------|---------|-------|
| 塩越川 | Site1 | 26 m | ○ | ○ | - | - | ○ | ○ | ○ | - | ○ | - |
| 塩越川 | Site2 | 14 m | ○ | ○ | - | E | - | - | E | - | E | - |
| マルヒラ川 | Site1 | 200 m | ○ | ○ | - | E | F | ○ | ○ | - | ○ | ○ |
| マルヒラ川 | Site2 | 170 m | ○ | ○ | - | E | - | - | - | - | - | - |
| マルヒラ川 | Site3 | 80 m | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| マルヒラ川 | Site4 | 90 m | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| オマン川 | Site2 | 10 m | ○ | ○ | E | ○ | - | - | - | ○ | - | - |
| オマン川 | Site3 | 23 m | ○ | E | - | ○ | - | - | - | - | - | - |
| オマン川 | Site7 | 30 m | F | ○ | - | ○ | - | - | - | - | - | - |
| オマン川 | Site8 | 30 m | - | - | - | ○ | - | - | - | - | - | - |

表の説明：○または-は採捕と環境DNAの結果が一致していることを示し、Fは採捕のみ、Eは環境DNAのみで検出されたことを示すとともに結果の不一致を示している。

まとめと今後の課題

- 逆台形型切り下げ（写真-2）は、10年後においても効果が確認されたが、スリット型（切り下げ幅50cm）（写真-2）では、魚類採捕の際に切り下げ箇所が流木により閉塞していたことが確認されており、改良方法によっては再び魚類の遡上阻害が発生する可能性もある。
- 環境DNAメタバーコーディングの有効性が確認された。本手法を治山ダムの改良効果の評価に適用する場合、調査地点や対象魚種の特性に応じて推定結果の妥当性を判断する必要があると考えられる。また、採捕記録と環境DNAの併用により、魚類相モニタリングや生息状況の推定精度を高める可能性も示唆された。

逆台形型切り下げ



スリット型切り下げ

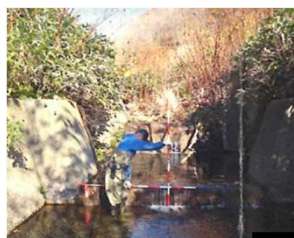


写真-2 複断面化された治山ダムの例

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 速水将人・石山信雄・水本寛基・神戸崇・下田和孝・三坂尚行・ト部浩一・長坂晶子・長坂有・小野理・荒木仁志・中嶋信美・福島路生、「北海道の溪流魚を対象とした治山ダムの改良効果の検証：長期モニタリングの重要性と環境DNAの活用可能性」応用生態工学会誌（印刷中）
- 速水将人・石山信雄・中田康隆・蓮井聡・長坂晶子・長坂有「治山ダム研究の最前線 - 防災と生態系保全の両立を目指して」,グリーントピックス(61)
- 速水将人, 長坂晶子, 長坂有, 福島路生, 下田和孝, ト部浩一, 川村洋司, 小野理, 中嶋信美, 荒木仁志, 水本寛基：治山ダムの魚道設置や切り下げによる魚類の応答と魚類相の変化. Changes in fish species after fishways and slit construction in check dams.第66回日本生態学会全国大会、兵庫県神戸市、2018年3月（口頭発表）

気候変動に伴う河川生態系のリスク評価 ：統計モデルとメソコスム実験の融合

担当G：森林環境部環境G

協力機関・研究機関：北海道大学（主管）、土木研究所、愛媛大学、熊本大学、九州大学、トリニティ大学

研究期間：令和元年～令和5年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究では、水温モデリング、種分布モデリング、および野外操作実験を統合することで、種・群集・生態系と異なる階層において、温暖化の河川生態系への影響を予測する手法を提案することを目的とする。

研究方法

●研究項目

- 1) 全国スケールでの河川水温推定
 - ・水温および気温の観測ネットワーク構築
 - ・設置済みの温度ロガーのデータ回収
- 2) 生物分布の変化予測・将来予測
 - ・既存データの収集

●調査地域

- ・道内（道北・道央地方）
 - ・道外（中部、四国、九州地方）
- ### ●観測地点の選定基準
- ・各地域に1つの調査流域を設定
 - ・土地利用、河川規模、地質、標高、地形等が流域内ではばらつくよう流域全体に複数地点を設定

研究成果

1) 全国スケールでの河川水温推定

- ・より精度の高い水温予測モデル構築のため、空知川支流のパンケ幌内川において新たに温度ロガーを設置した（図-1）
- ・北海道の天塩川のロガーデータ回収を実施し、9割の回収率でデータを取得できた（図-2）。
- ・昨年度に設置した四国の肱川では、コロナの影響でデータ回収が実施できなかった。
- ・また、観測流域の1つであった九州の球磨川は、昨年夏季の大洪水の影響で観測機器の流出や甚大な河川環境変化が生じたため、調査流域から除外することとした。

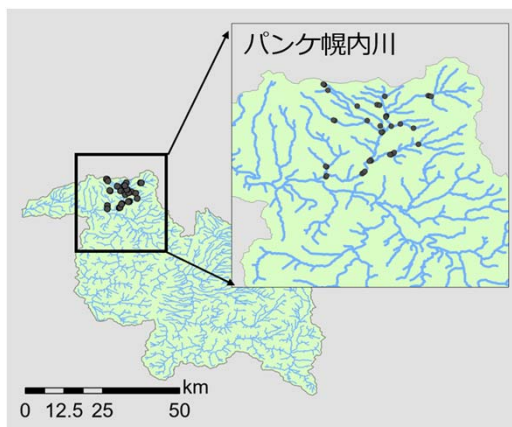


図-1 パンケ幌内川（石狩川水系）の温度ロガー位置図。

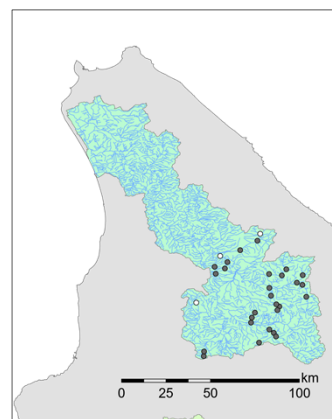


図-2 天塩川の温度ロガー位置図。
（黒：回収成功、白：回収失敗）

2) 生物分布の変化予測・将来予測

道内の河川において魚類データに関する情報収集を行い、計35水系での分布情報を得た。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・石山信雄、中田康隆、末吉正尚（2020）気候変動下での河川ネットワーク管理。河川 892:60-65.

温暖化に対する河川生態系の頑強性評価 ：微気象と連結性を考慮した適応策の構築

担当G：森林環境部環境G

協力機関・研究機関：北海道大学、熊本大学、土木研究所

研究期間：平成30年度～令和3年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究では、地質に着目した湧水分布推定や堰堤データベースの構築により、流域内の『微気象的避難場 (Microclimatic Refugia*)』を考慮した水系ネットワークの管理指針を提示することを目的とする。

*周辺と異なり冷涼な気象条件を有し、温暖化下で生物の避難場として機能しうる場所

研究方法

●研究項目

- 湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測
 - 現地調査：各調査点に温度ロガーを設置し、1時間毎に水温、気温を通年計測。
 - 解析：環境要因と夏季平均水温との関係を一般化線形混合モデル (GLMMs) で解析。
- 冷水性魚類の種分布モデルの構築
 - 現地調査：電気ショッカーでハナカジカを採捕。
 - 解析：環境要因とハナカジカの在・不在との関係を一般化線形モデル (GLMs) で解析。

●調査地

- 調査地 空知川、常呂川流域
 - 地点数：計68地点
 - 選定基準：徒渉が可能な規模の小河川
河畔が森林でおおわれている河川
- 調査地 空知川、千歳川、十勝川流域
 - 地点数：計50地点
 - 選定基準：徒渉が可能な規模の小河川
流域森林率にばらつきが出るよう選定
(流域森林率：7.7～99.8%)

研究成果

1) 湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測

- 夏季平均水温には、夏季平均気温、流域地質 (火山岩率)、河川勾配、標高、夏季総降水量が影響を与えていることが示された。このうち影響力が最も大きかったのは流域地質で、火山岩率が高くなるほど夏季平均水温が低くなっていた。これは、火山岩流域では低水温の地下水流入が豊富なためと考えられた。

2) 冷水性魚類の種分布モデルの構築

- ハナカジカの存在確率は夏季平均水温が高い河川ほど低くなることが示された (図-1)。
- 水温以外の環境要因 (流域面積：河川サイズの指標、流域の農地率：人為的影響の指標、河川勾配：流速の指標) の影響は検出されなかった。
- 存在確率が0.5の時の夏季平均水温は16.1℃であった。これは、本種がその生息を最低限維持できる水温環境の目安となる値である。

1)、2)の成果より、温暖下でのハナカジカの生息適地の変化予測とそれに基づく河川ネットワークの再生地点の評価のための基礎情報が整った。

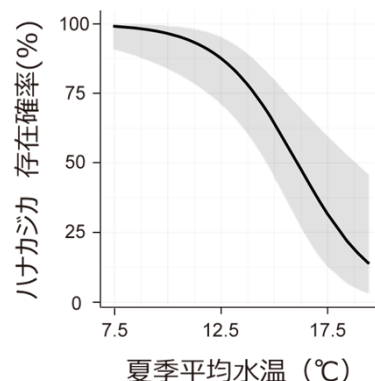


図-1 夏季平均水温とハナカジカの存在確率との関係。

(実線：推定値、灰色部：95%信頼区間)

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- 石山信雄、中田康隆、末吉正尚 (2020) 気候変動下での河川ネットワーク管理, 河川 892:60-65.
- 石山信雄、末吉正尚、Jorge Garcia MOLINOS、鈴木開士、小泉逸郎、中村太士 (2021) 流域地質が冷水性種のClimate-change refugia形成に果たす役割, 日本生態学会第68回全国大会.
- Suzuki K, Ishiyama N (責任著者), Koizumi I, Nakamura F. (2021) Combined effects of summer water temperature and current velocity on the distribution of a cold-water-adapted sculpin (*Cottus nozawaæ*). *Water* 13:975-985.
- Ishiyama N, Miura K, Inoue T, Sueyoshi M & Nakamura F (in press) Geology-dependent impacts of forest conversion on stream fish diversity. *Conservation Biology*.

流域サイズの違いと地下水の寄与を考慮した 窒素流出負荷評価方法の検討

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関（協力機関）：エネルギー・環境・地質研究所

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

研究目的

窒素は生物にとって必須元素であり貧栄養な水域では栄養源となるが、過剰な流出は湖沼や内湾などの閉鎖性水域で富栄養化を招き、漁獲物の品質を低下させることが知られている。森林は流域全体に占める面積が大きく窒素流出負荷*が農地を上回ることもあるため、下流域の水質保全に対する森林の役割を評価するうえで、個々の流域特性を反映させた窒素負荷評価方法を確立することが不可欠である。

そこで本研究では森林流域における窒素流出負荷の評価指標（比負荷量**）を、流域サイズ、水文流出過程（地下水の寄与の有無）、樹種などから推定する方法を明らかにする。

*負荷：濃度と流量の積。 **比負荷量：単位面積あたりの負荷量。単位はg(kg)・ha⁻¹・day(year)⁻¹など。

研究方法(調査地概要や調査方法)

研究内容：

- 1) 平水時の窒素流出に及ぼす要因の解析
- 2) 出水時を加味した年間の窒素流出負荷量評価

調査地：

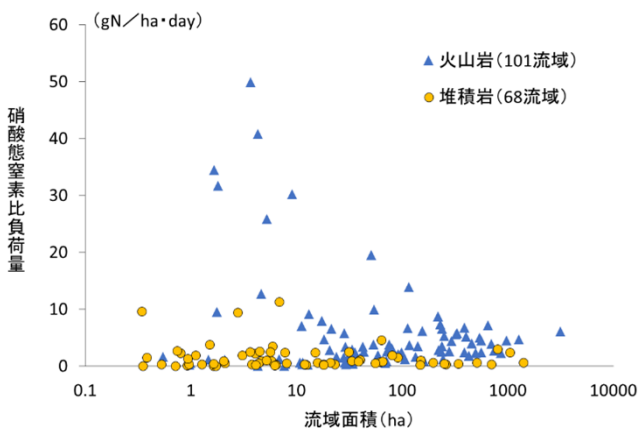
- 空知、上川管内のトドマツ、カラマツ人工林（約50年生）、天然生広葉樹林を主体とした森林流域（各数十箇所）

調査方法：

- 地質、植生、流域面積の異なる流域（湧水を含め、1～1000ha前後）多地点における 平水時採水、水質分析
- 火山岩、堆積岩2流域での流量の連続観測、および出水時の採水分析

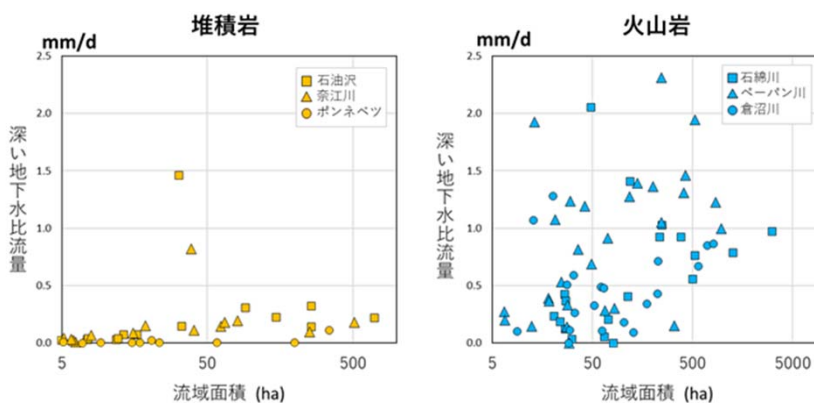
研究成果

1) 平水時の窒素流出に及ぼす要因の解析



- 平水時の硝酸態窒素濃度と流量の観測値を用い単位面積あたりの負荷量 (gN/ha·day) を算出したところ、火山岩流域では流域サイズの大小にかかわらず、堆積岩流域より比負荷量が高い傾向があった（図-1）。

図-1 地質タイプ別にみた流域サイズと 窒素比負荷量の関係
平水時（基底流量）の負荷量を示す。単位gNのNは窒素。



- 堆積岩、火山岩各3流域において平水時の水質濃度から地下水の寄与を推定したところ、火山岩流域で深い地下水の寄与が高いことが示された。

図-2 地質タイプ別にみた流域サイズと地下水の寄与の関係
※比流量の単位mm/dは日降雨量単位と同じ

- 平水時の窒素比負荷量に影響を及ぼす要因を検討するため、目的変数に窒素比負荷量を、説明変数に流域サイズ、植生、地下水量、平均傾斜、採水標高を用い決定木解析を行った。
その結果、堆積岩流域では、まずトドマツ人工林率の高低が窒素比負荷量の大きさを左右すると示されたのに対し、火山岩流域では、深い地下水の関与が大きいことが示され、火山岩流域における基岩透水性の高さを反映したものと考えられた。

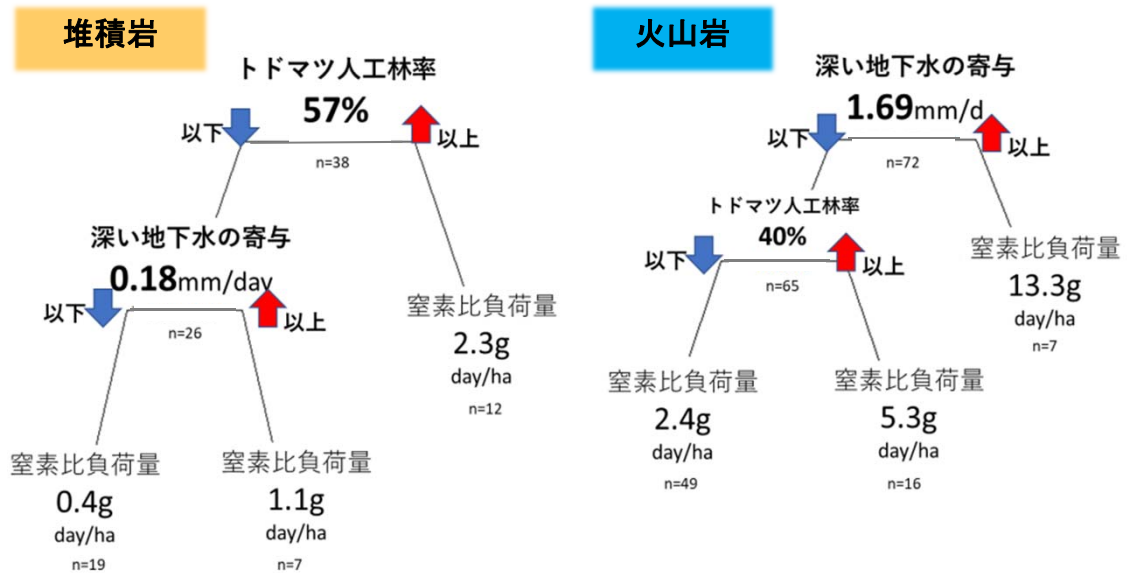
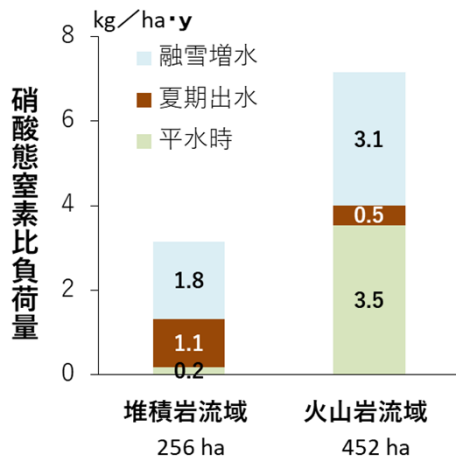


図-3 地質タイプ別にみた窒素負荷に影響を及ぼす要因

2) 出水時を加味した年間の窒素流出負荷量評価



- 出水時のデータも加えて年間の窒素比負荷量を算出したところ、いずれの地質タイプにおいても融雪増水の占める割合が5割前後度を占めていた。
- 火山岩流域では、年間負荷に占める平水時の割合も大きく深い地下水の寄与が高いためと考えられた。
- 一方、堆積岩流域では夏季出水時の窒素負荷割合が大きくこれは基岩透水性が低く、降雨が基岩内に貯留されにくいいため、表面流出として速やかに溪流に流出するためと考えられた。
- 出水データを加味して算出した年間窒素比負荷量は、いずれの地質タイプにおいても平水時のみの値で算出した値の3倍程度になり、下流域への窒素負荷を評価する際に留意すべき点と考えられた。

図-4 地質タイプ別に算出した年間窒素比負荷量

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

長坂有・長坂晶子・岩崎健太 (2019) 山地溪流における流域面積と基底流出量、水質成分濃度の関係-火山岩流域と堆積岩流域の比較-。第68回北方森林学会
 長坂有・長坂晶子・岩崎健太 (2021) 山地溪流における硝酸態窒素流出の林相による違い-トドマツ林、カラマツ林、天然林流域の比較-。北方森林研究 69 : 21-24.
 Kenta Iwasaki, Yu Nagasaka & Akiko Nagasaka (2021) Geological Effects on the Scaling Relationships of Groundwater Contributions in Forested Watersheds. Water Resources Research, 57, e2021WR029641.
<https://doi.org/10.1029/2021WR029641>

治山ダム設置前後の地形・植生変化の効率的な把握手法の検討

担当G：森林環境部環境G

協力機関：エネルギー・環境・地質研究所、北海道水産林務部林務局治山課、空知総合振興局産業振興部林務課・森林室

研究期間：令和元年度～3年度 区分：経常研究

研究目的

森林溪流では、流域の土砂動態を安定化させ荒廃溪流化を防ぐため、治山ダムと呼ばれる小型の河川横断工物が設置される。これまで治山ダムは数多く設置されてきたが、治山ダム設置後に土砂・植生がどのように変化したのかを定量的に評価した例はほとんどない。本研究では、既存の測量技術と最新のリモートセンシング技術を活用し、治山ダム設置前後の地形・植生変化把握手法について検討する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

●研究項目と方法

- 治山ダム周辺の地形と植生の把握手法の検討
 - UAV測量の精度検証
トータルステーションによる現地測量値を真値として、RTK-UAVの測量精度を評価
 - UAVによる空撮(10月・3フライト)
 - 各飛行条件による測量精度の違いを検証。

- UAV測量による作業時間の省力効果について、トータルステーションとUAVによる地形測量の作業時間を計測し比較。

●調査地(図-1)

道有林空知管理区
奈井江町 東奈井江周辺

研究成果

●UAV測量の精度検証

トータルステーションの測量結果を真値として、UAVによる写真測量から作成した数値標高モデルより抽出した位置座標の測量精度を評価した。その結果、飛行高度150mで誤差評価指標であるRMSE値が水平・垂直ともに30cm以内に収まる高精度な測量結果が得られた(図-1)。

●UAV測量による作業時間の省力効果の検証

トータルステーションおよびUAVの一連の作業時間を測定し比較した。その結果、UAVは、トータルステーションの約10%の作業時間で測量が可能であることがわかった(図-2)。

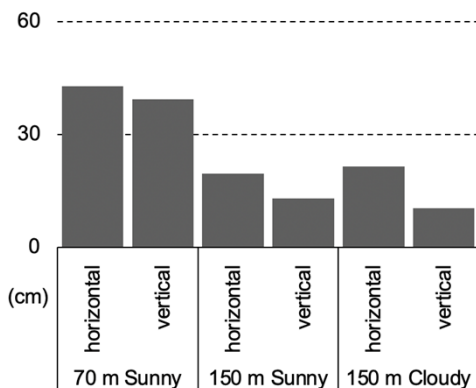


図-1. RMSEによるUAV各飛行条件の地形測量の誤差評価

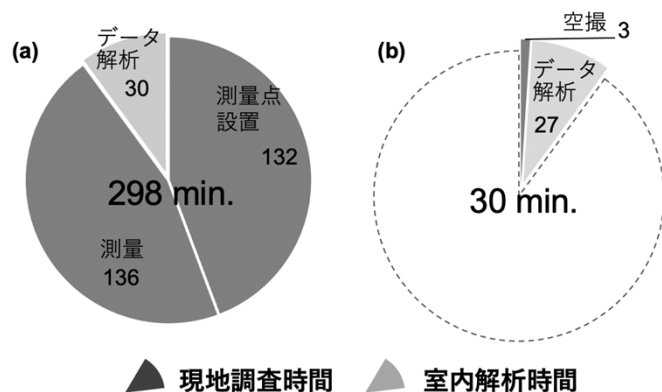


図-2. トータルステーション(a)とUAV(b)の全体作業時間の比較とその内訳

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

Hayamizu et al. 2020 : Spatiotemporal analysis on topographic and vegetation measurements using RTK-UAV and SfM-MVS photogrammetry in check dam. (JpGU2020, Poster and Oral presentation, Online 2020. 7. 12)

街路樹の維持管理作業の適期と点検・診断時期の提示

担当G：森林環境部樹木利用G

協力機関：札幌市、寒地土木研究所、北海道建設部、(一社)北海道造園緑化建設業協会

研究期間：平成30年度～令和2年度 区分：経常研究

研究目的

植栽後の経過年数を尺度にして、街路樹の維持管理作業の適期と点検・診断時期を提示する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

項目

- ①街路樹における植栽後の経過年数から見た維持管理作業の適期の提示
- ②街路樹における植栽後の経過年数と樹幹内部の異常(≒腐朽など)との関係の把握

方法

- ①樹高成長の予測曲線を作成し、これに維持管理作業(剪定など)の適期を植栽後経過年数で示す。
- ②植栽後の年数が異なる街路樹について、樹幹内部の診断を実施する。

研究成果

①街路樹における植栽後の経過年数から見た維持管理作業の適期の提示

- ・街路樹の状況から、腐朽に結び付く要因を「点検の要点」として把握した(図-1)。
- ・広葉樹27樹種・針葉樹11樹種において、樹高予測モデルに電話線の高さを当てはめることで、樹高の管理(剪定)の開始時期を提示した(図-2)。

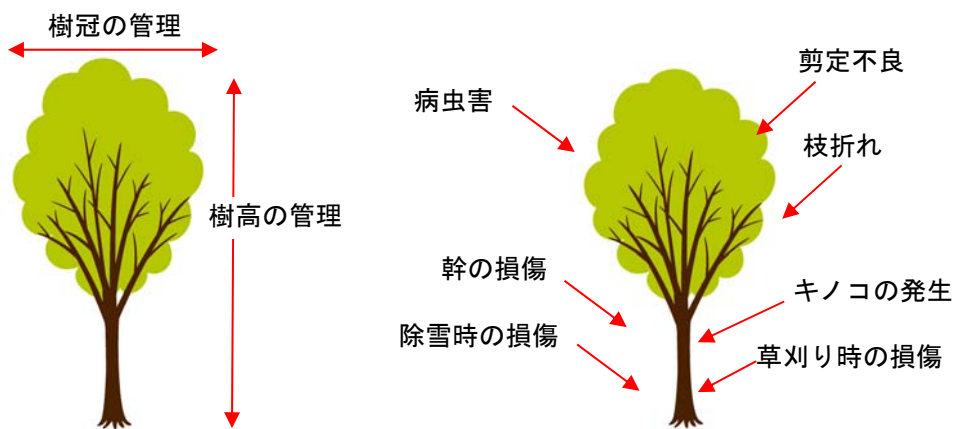


図-1 札幌市の街路樹における管理(左)と点検の要点(右)

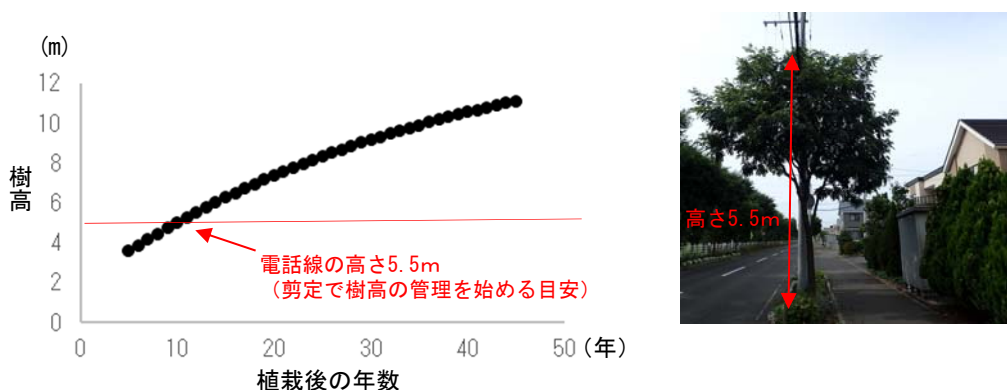


図-2 イヌエンジュにおける樹高予測モデルと剪定の開始時期(左)と管理された樹高(右)

②街路樹における植栽後の経過年数と樹幹内部の異常（≒腐朽など）との関係の把握

- 樹幹外部の損傷率は植栽後の年数が進むにつれて増え、この関係は統計的に有意（ロジスティック回帰分析, $p < 0.001$ ）であった（写真-1、図-3）。但し、樹種毎に見た場合、各樹種に特徴的な傾向はなかった。
- 樹木診断装置で樹幹内部の異常を調査した結果（写真-2）、異常の有無と「樹種」「植栽後の年数」の間には統計的に有意な関係はなかった（図-4）。このことから、樹幹内部に生じる異常には、植栽後の年数（=時間）以外の要因が大きく関与することが明らかになった。



イヌエンジュ ヤマモミジ
写真-1 樹幹外部の損傷

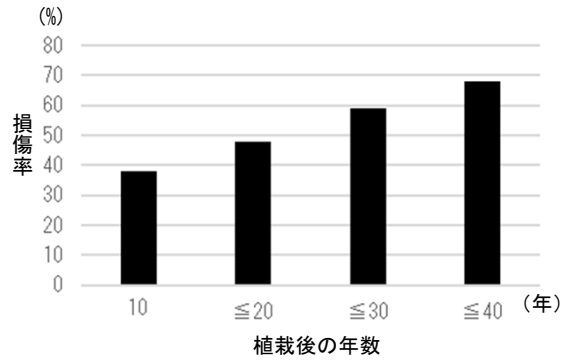


図-3 植栽後の年数で見た損傷率



写真-2 樹木診断装置を用いた診断（左）と樹幹内部の異常（右）

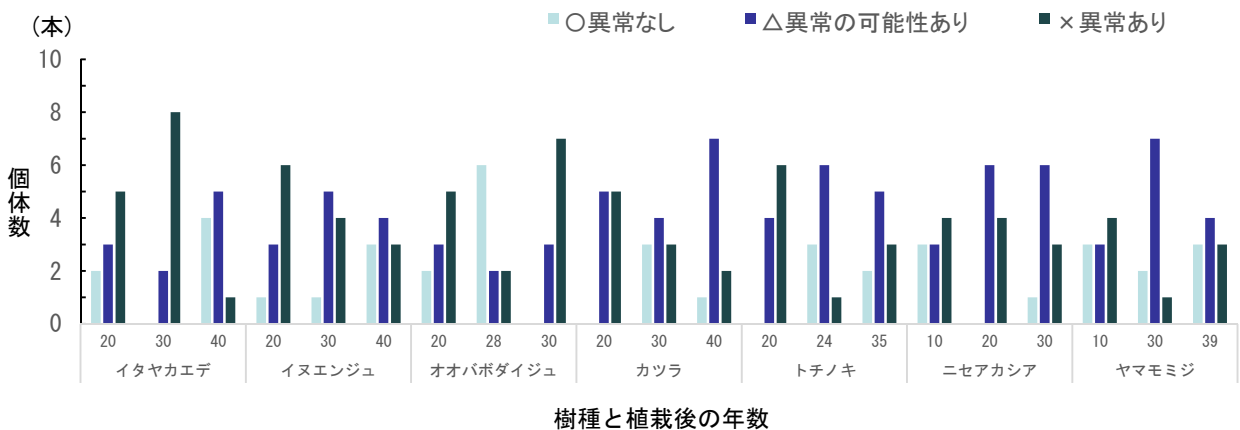


図-4 樹種と植栽後の年数別に見た外部に損傷が無い個体の樹幹内部の状況
調査数：10個体/植栽路線

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

• 錦織・脇田（2021）街路樹の加齢と健康状態について 光珠内季報198号