

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）：環境科学研究センター

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 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ など。

研究方法(調査地概要や調査方法)

研究内容：

- 1) 平水時の水質と流域面積、地質の関係把握
- 2) 出水時の上～下流の流程に応じた窒素流出実態の把握

調査地：

- ・トドマツ人工林、カラマツ人工林、天然生広葉樹林をそれぞれ主体とした森林流域（各数十箇所）

調査方法：

- ・流域面積が1000ha前後の流域をひとつの単位として、上流から下流にかけて流域サイズを段階的に変えて採水地点を設定。
- ・支流や溪流近傍の湧水も含め多地点で採水し、硝酸態窒素等の水質を分析する。

研究成果

- 1) 地質の異なる天然林流域（上川管内）の各数十地点において採水分析を行ったところ、地質タイプに依らず窒素濃度は 0.5mg/L 未満とトドマツ林流域（昨年度調査）に比べて低く、流域面積の拡大にともなう濃度変化は見られなかった（図-1）。
- 2) トドマツ林流域の上流（7ha）と下流（256ha）で出水時採水を行い、平水時データのみで算出したときの硝酸態窒素比負荷量と比較した。平水時は、流域サイズが大きくなると比負荷量は減少したが、出水時には流域サイズに拘わらず同程度の高い値となった（図-2）。このことから、評価指標検討の際には、出水時負荷量も加味する必要があると考えられた。

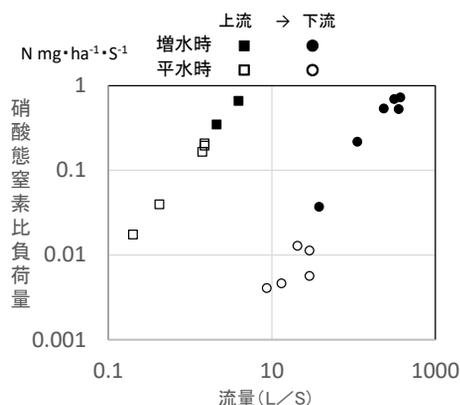
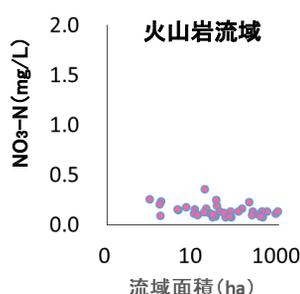
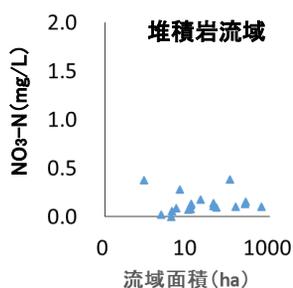


図-1 地質の異なる天然林2流域における流域面積と平水時の硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)濃度の関係

図-2 堆積岩トドマツ林流域における平水時と出水時の硝酸態窒素比負荷量の変化(流域面積：上流 7ha 下流 256ha)

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

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) 第68回北方森林学会(札幌コンベンションセンター, 2019.11.6)

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での環境DNAメタバーコーディングおよび魚類の捕獲調査を通じて、治山ダムを改良した後の河川生態系への影響を把握する。

研究方法

1) 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、SalmoND2
- 調査時期：2019年7～8月

2) 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

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
 - 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

研究成果



図-1 調査河川位置図。

1) 環境DNAによる魚類相推定

- 環境DNAによる魚類相推定結果を電気ショッカーによる捕獲調査の結果と比較した。
- 2手法の結果が一致した割合は91%と良好であった（全9魚種の平均）。
- MiFishとSalmo ND2の2プライマーを併用した場合、サクラマスおよびアメマスに対する在・不在の評価が概ね可能であることがわかった。

2) 治山ダムの改良効果の検証

- 採捕数が多かった主要3種（図-3）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。
- 但し、丸平の沢では①改良直後については、増加が認められなかった。これは、工事直後の土砂流出による負の効果が、改良の正の効果を上回ったためと考えられた。
- これらから、単年度の評価では改良効果を見誤る可能性が示唆された。

魚道設置



複断面化



図-2 オマン川における治山ダム改良の例。

サクラマス



アメマス



ハナカジカ



図-3 改良効果の検証に用いた溪流魚。

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

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

湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測

- ・現地調査：水温、気温を通年計測。各調査点に温度ロガーを設置し、1時間毎に温度を記録。
- ・解析：流域地質と気温および夏季水温との関係を一般化線形混合モデル (GLMMs) で解析。

調査地

- ・北海道 (道央・道東)、本州 (関東・中部)
- ・地点数：北海道 (59)、本州 (35)
- ・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

研究成果

■ 湧水を考慮した水温の統計モデル化・予測

- ・多くの地域で気温に加え流域地質が夏季平均水温に強く影響しており、第四紀の火山岩が卓越する流域では、夏季平均水温が低くなる傾向があった (図-1：北海道・道央3.1℃、本州1.1℃)。
- ・道央地域で水温と水位変動の関係性を調べた結果、第四紀の火山岩流域ではその他の地質が卓越する流域に比べ夏季平均水温と水位変動がともに低いことが示された。
- ・水温や水位の高い安定性は湧水環境に特徴的なものであり、これらの結果から、第四紀の火山岩が卓越する流域は湧水涵養量が多く、結果として流域内に水温の低いエリアを形成することが示唆された。

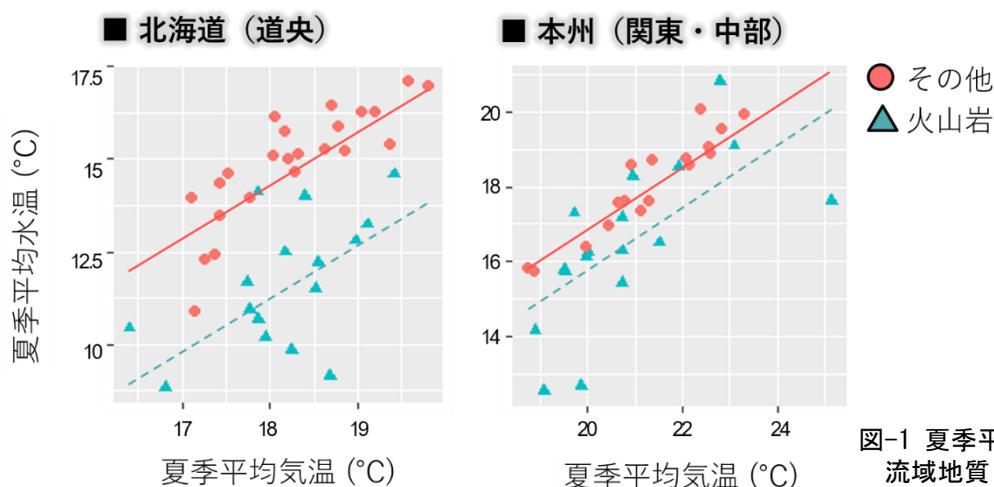


図-1 夏季平均気温および流域地質と夏季平均水温との関係。

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・石山信雄・鈴木開士・小泉逸郎・中村太士 (2019) 流域地質が河川上流域の水温および冷水性魚類の分布・生活史に与える影響。第27回応用生態工学会。
- ・石山信雄・鈴木開士・末吉正尚・小泉逸郎・中村太士 (2019) 森林溪流の水温レジームと魚類分布：流域地質が果たす役割。第68回北方森林学会。

森林の循環利用を学ぶためのカードゲーム開発

担当G：道南支場、道東支場

協力機関・研究機関：林産試験場（主管）、ものづくり支援センター、工業試験場、
札幌市立大学、北海道教育大学、北海道水産林務部森林環境局森林活用課

研究期間：平成30年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

目的
学校教育や木育マイスター事業で活用可能な、森林と木材のつながりを理解するための児童用木育ツール（カード型）を開発する。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地
函館市：教科書の調査
旭川市・札幌市：聞き取り調査

調査方法
○森林・木材に関する学習指導内容の調査と
絞り込み（林業試験場 担当分のみ掲載）
・小中学校の教科書の記載内容の調査
・森林・林業関係者や教員からの聞き取り調査

研究成果

1) 森林・木材に関する学習指導内容の調査と絞り込み（林業試験場分：H30～R元年度）

①戦後の教科書における森林・林業の取り扱い方の変遷
小学校低学年では一貫して、身近な草花を見つけたり育てたり、また、これらを用いて遊ぶ内容が見られた。平成10～20年代も上記の内容に変化はなく、校庭や学校周辺の公園などで草花や樹木を探したり、草花の種子をまいて育てる活動を通じ、植物の成長過程を調べる内容が主体であった。

小学校高学年では草花の観察・栽培・実験のほか、森林の学習（昭和20～50年代まで）や生き物のくらしと環境（平成元～20年代）が取り上げられていた。また、昭和20～30年代は有用植物（資源としての植物）が見られたが昭和40年代以降は掲載されていない。「生き物のくらしと環境」（平成以降）では、空気・水と人のくらしといった「人と環境とのつながり」から環境を広く捉える内容となり、戦後の個々の植物を資源として細かく学ぶ内容とは方向性が異なることが理解できる（図-1）。

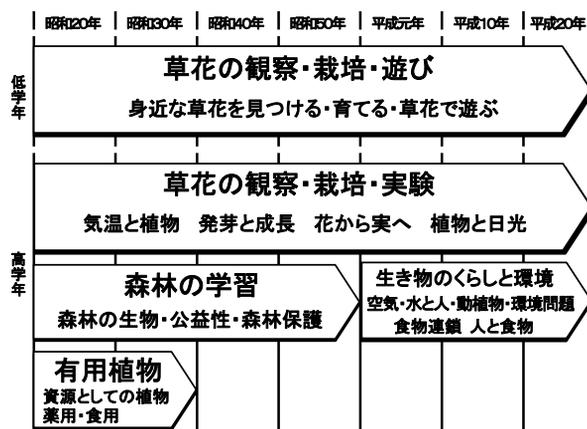


図-1 小学校理科の記載内容の変遷

②小学校社会科の教科書における記載内容の変遷

小学校低学年では、昭和20～40年代まで「山で働く人たち」の記述が設けられ、山村のくらしの様子が取り上げられていたが、昭和50年代以降は記載が見られない。

小学校高学年では、昭和20～40年代まで日本各地の林業の様子が取り上げられていたが、昭和50年代には見られなくなった。また、昭和40年代には「公害」や「自然保護」に関する記載が始まり、現在の教科書でも「環境問題」として取り上げられている。

森林・林業は、平成元年度より再び教科書への記載が認められ、林業が「環境を守る仕事」と位置づけられた。平成10～20年代の教科書においてはさらに内容を深め、林業を「環境を守り、木材を作る仕事」と位置づけ、人工林と天然林の違いや林業の仕事の内容も詳細に紹介されるようになった。加えて、昭和50年代には森林の公益性を学ぶ内容が見られるようになり、森林の公益的機能が取り上げられるようになった（図-2）。

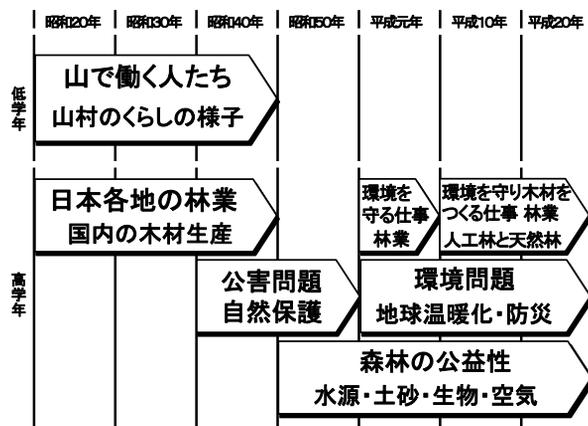


図-2 小学校社会科の記載内容の変遷

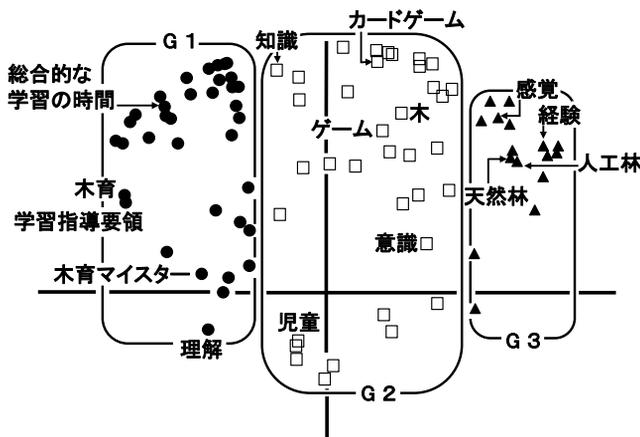
(2) 教育関係者からの聞き取り調査

森林・林業関係者や教師にカードゲーム開発に必要となる情報収集を目的に聞き取り調査を実施した。聞き取りの様様をVTR撮影し、映像と音声データから会話内容のテキストファイルを作成し、ここから形態素(意味を持つ表現要素の最小単位)の抽出(茶釜 ver.1.0(奈良先端科学技術大学))と品詞の判別を行い、回答者ごとに集計したものを主成分分析・クラスター分析によって類型化を行った。

図-3に主成分分析とクラスター分析の結果を示す(出現頻度≥6の形態素を対象)。出現頻度が6以上の形態素は88種認められ、第1主成分、第2主成分で構成される座標上に図-3のように布置された。また、各形態素の主成分得点(第1・第2主成分)にクラスター分析を適用し、3つのグループに分け、形態素や発言内容を把握したところ、被験者の発言内容は大きく、①学習指導要領・総合的な学習の時間・木育への意見、②カードゲームへの要望、③天然林・人工林へのイメージ(森林をどのように子供達に教えるか?)の3つに分類できた。

表-1に調査参加者の具体的な発言をグループ(以下、Gと表記)ごとに分けて示す。G1では学習指導要領が求めている事柄の変化(知識の習得から考える力の育成)、総合的な学習の時間の困難性(学習におけるインターネットの利用のさせ方)、森林に関する単元の取り扱われ方(年度末の最後に教えるため時間がとれない)、森林や木育を学習対象とする事の困難性(学校教育現場の事情やイメージのしづらさ)が認められた。

G2ではカードゲームへの要望が直接的・間接的に認められ、樹木を伐採する「行為」の是非や必要性に係る明確な理由が曖昧である点、カードゲームの開発・利用を肯定的に捉える意見の一方で、学習指導要領が求める目的達成への有用性を求める意見が見られた。G3では天然林・人工林をキーワードに、戦後の日本に於ける天然林の取り扱われ方や両者の様相・相違点・役割を授業で取り扱う場合のイメージのしづらさを表明する内容が認められた。



- グループ1: 学習指導要領・総合学習・木育への意見
- グループ2: カードゲームへの要望
- ▲ グループ3: 人工林・天然林へのイメージ

図-3 グループ化した形態素
(出現頻度≥6 主成分分析・クラスター分析)

表-1 具体的な発言の例

- G1: 学習指導要領・総合学習・木育への意見(例)
- 学習指導要領は「知識の習得」から「考える力の育成」にシフトしている
 - パソコンで調べて終わりっていう総合的な学習の時間はいっぱいあると思います
 - 木育には森林体験活動(緑の木育)、木工体験活動(茶の木育)がある
 - 森林の内容は教科書の最後に載っているの、だんだん時間が無くなって、年度末に急ぎ足で教えて終わりになる
 - 子供達が現状で木を欲している(木について学びたいと強く考えている)とか、そういうことがない限り、木育は、なかなか学習対象にはならない
- G2: カードゲームへの要望(例)
- 「林業の人たちがいるから木があるんだ。」とまではいきますけど、木を伐採することがプラスになること(必要なこと)だとは思っていない
 - 「せっかく伸びているのに何で伐っちゃうの?」木ってそういう印象があるのかな?
 - 木を伐採することをどう思っているか子供達に聞くと、はじめは「絶対悪い。」とは言いが、(伐採の必要性を)説明すると、「ああ、そうなんだ。」ってなる
 - 森林循環を学べるゲームは「緑の木育」でも「茶の木育」でも使えるので良い視点だと思う
 - カードゲームが上手になる事は学習指導要領が求めている力とどうリンクしているか? それがなければ(カードゲームを)やる必要がない
- G3: 人工林・天然林へのイメージ
- 日本は戦時中に天然林をたくさん伐ってきた その歴史は子供達にきちんと伝えるべき
 - 森林は5年生の社会科で扱われ、人工林・天然林はそこで取り上げられます。両者の違いは教科書で扱われるけど、正直大きく何が違うのかは実感しづらい。子供達に「人工林だけではダメなの?」と聞くと、「なんか、みんな人工林でもいいのかな?」と言う子もいるし、「いや、ダメだ。」って言う子もいるし、理由が今ひとつ理解しづらい。

※ 聞き取り調査時の会話を「話し言葉」のまま表記
※ () 内の文言は筆者が追記

(3) カードゲームの開発に求められる事柄

(1)、(2)の結果より、「森林循環を学ぶためのカードゲーム」には以下のような点が求められる。

- ① 森林・林業に関わる基礎的な事柄(天然林・人工林の違い・役割・取り扱われ方・伐採などの森林を改変する行為の必要性など)を理解し易く伝えること(森林・林業に関わる「基本的知識」を正しく伝える機能)
- ② ゲームという擬似的体験のなかであっても可能な限り、森林・林業を実感できる内容とすること(プレイヤーの視点に合わせて森林・林業の姿を擬似的ながらも適切に再現する機能)
- ③ 学習指導要領が求めている「考える力の育成」を念頭に、ゲームをプレイする中で参加者(子供達)が考える場面を確保すること(得られた知識を材料としたプレイヤーによる思考が促される機能)
- ④ ゲームの体験を通じ、次の段階として、実際の森林・林業の現場に赴こうとする意欲や問題意識をもたらすものとする

カードゲームを「上手にできるようになる」ことが目的なのではなく、カードゲームをプレイすることにより、森林・林業に関する「知識」を獲得し、獲得した「知識」を生かして「思考する」活動が促進されるような構成・内容づくりが求められる。

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

風由来の環境ストレスの実態解明に基づく海岸林の地形・林冠の動態モデルの開発

担当G：道東支場

共同研究機関：森林総合研究所（主管）、秋田県林業研究研修センター、宮崎大学、静岡大学

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

海岸特有の風由来の環境ストレス（乾燥、飛砂衝撃、塩分付着）により、海岸林の地形は砂の移動を通して絶えず変化し、海岸林を構成する樹木は常に成長阻害を受ける。その結果、通常の山地斜面で開発された森林動態モデルでは、海岸林動態を予測できない。そこで、本課題では海岸林が受ける風由来の環境ストレスの実態を解明する。ストレスによる地形や森林の変化を明らかにする。そして、それらを基に海岸林の地形と林冠の動態を推定するモデルを開発することを目的とする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地 石狩湾沿岸の海岸林

調査手法 風速観測
ACMセンサを用いた付着塩分量観測
毎木調査、着葉塩分量測定
UAVを用いた地形・林冠形状の測定

研究成果

- 付着塩分量は、強い海風が吹いた降雪時に大きくなる傾向が見られた（図-1）。
- 石狩湾沿岸では、石狩湾新港の東側では砂の堆積により海岸線が伸びているのに対し、港の西側では海岸侵食が起きている。港の東側と西側の1測線ずつで毎木調査を実施した結果、港の東側においては雪解け後に水たまりが生じる砂丘間湿地では樹高成長が抑制されたものの、それ以外の地点では上層高が最近17年間に平均3m伸びていた。一方、港の西側における現在のの上層高は、港の東側における2003年時点の上層高と同程度と低かった（図-2）。このことから、石狩海岸林の近年の樹高成長は、港湾建設に伴う海浜地形の変化に影響されている可能性が示された。

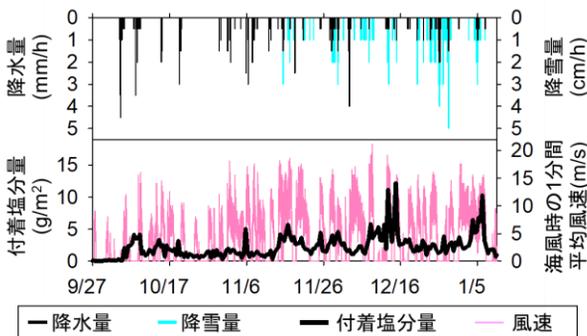


図-1. 海岸林前面における気象要素の経時変化
※風速は海風時のみのデータ

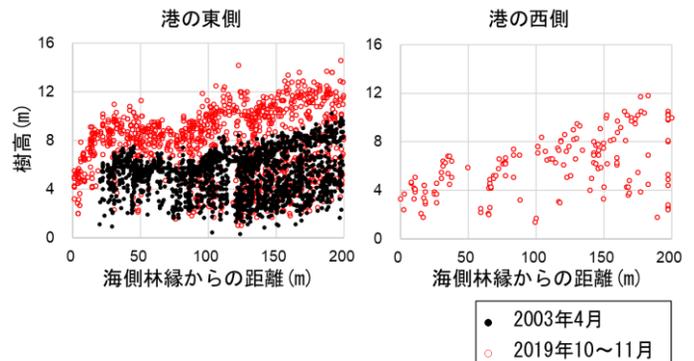


図-2. 港の東西の測線における樹高分布

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

岩崎ら(2020)第131回日本森林学会大会（誌上発表）
宮崎ら(2020)第131回日本森林学会大会（誌上発表）

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

海岸防災林の津波減災機能向上のための生物・物理モデルの開発と森林管理手法の評価

担当：森林環境部

共同研究機関：埼玉大学理工学研究科

研究期間：令和元年度～3年度

区分：公募型研究 等

研究目的

目的

海岸林が防潮機能を高度に発揮するには、まず津波に対して頑強な林であり、かつ津波の減衰効果を効果的に発揮する事が重要である。そこで本研究では、海岸林の津波抵抗性と津波減衰効果の関係を明らかにし、森林管理計画立案に資することを目的とする。

研究方法

海岸防災林の津波抵抗性

方法：樹冠形状が立木の津波抵抗性に与える影響を評価するため、力学モデルによりシミュレーションを実施した。

海岸防災林の津波による被害形態の予測

方法：林帯幅100mの無間伐クロマツ海岸林（三角樹冠）に対し、津波が林帯を通過したときの被害形態をシミュレーションにより予測した。

研究成果

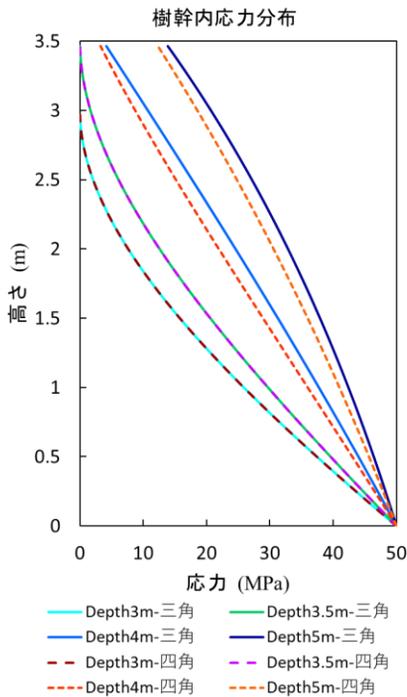


図-1. 樹冠形状と応力分布の関係

樹高：10.1m，枝下高：3.5m，DBH：19.5cm

樹冠形状は、三角形と四角形を想定した結果、浸水深（Depth）が枝下高以下では、どちらも応力分布に差異はなく、浸水深が枝下高を超えると、三角形の樹冠の方が応力が高くなった（図-1）。

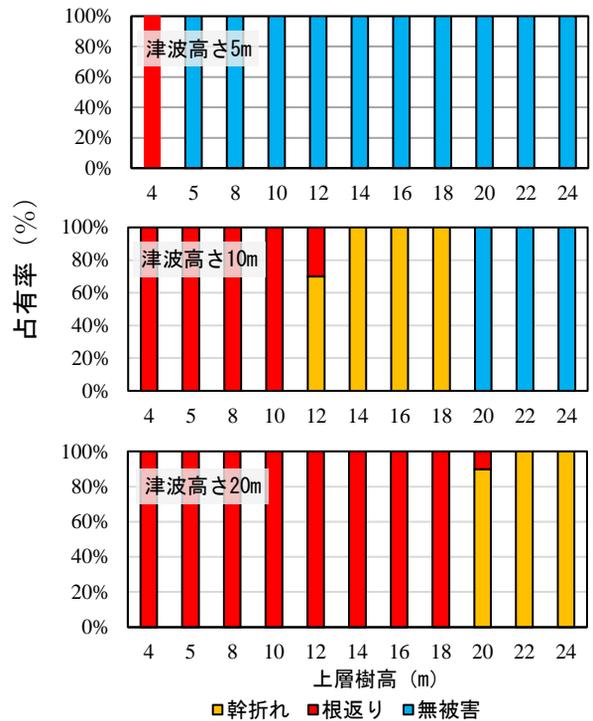


図-2. 林帯の成長と被害形態の変化
(クロマツ無間伐，林帯幅100m)

林帯幅100mの無間伐クロマツ海岸林（三角樹冠）に対し、津波が林帯を通過したときの被害形態を予測した結果、被害形態が津波高さと同様の成長段階で異なることが示された（図-2）。

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない。

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：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作物が設置される。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

1. 治山ダム周辺の地形と植生の把握手法の検討
 - ・小型UAVによる空撮（10月・3フライト）
 - ・3Dモデルの構築と精度比較
2. 治山ダム設置前後の地形変化
 - ・過去の治山台帳のデータ収集
 - ・トータルステーションを用いた現地測量

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

1. 治山ダム周辺の地形と植生の把握手法の検討

治山ダム周辺の地形まで見通せる落葉後の10月に、UAVの飛行条件（飛行高度70、100、150m）による測量精度の違いを検討した結果、高度100mの測量精度が最も高かった（2.67cm/ピクセル；図-1）。

2. 治山ダム設置前後の地形変化

過去の治山台帳から治山ダム設置前（1985年）の縦断勾配を復元するとともに、現地ではトータルステーションを用いて治山ダム設置後（2019年）の縦断測量を行った。その結果、ダム設置から34年後の溪床高は堤高とほぼ等しく、計画勾配（3%）を達成していた。一方ダム直下の溪床は、1mほど洗堀されていた（図-2）。

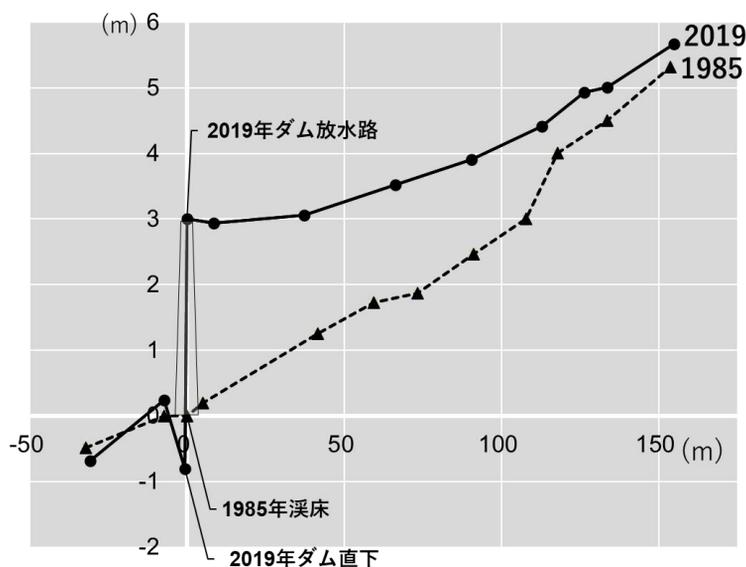


図-1：UAV測量で最も精度が高かった
測量結果から構築した3Dモデル

図-2：治山ダム設置前（1985）と設置後（2019）の溪床高

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

海岸流木処理対策の効率化・迅速化のための 漂着量把握技術の開発

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関（協力機関）：環境科学研究センター（主管）、（北海道環境生活部・農政部・水産林務部・建設部、十勝総合振興局、十勝地域海岸漂着物対策推進協議会、富士通IT・AI・ピ-（株）、アリュ-ション（株））

研究期間：令和元年度～3年度 区分：重点研究

研究目的

漁業被害等防止及び海岸の景観や環境の保全のため、海岸管理者が迅速かつ効率的に流木の処理に取り組めるよう、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 及びAI(Artificial Intelligence)を用いた海岸流木漂着量把握手法の開発を行うとともに、衛星画像等を用いた漂着流木の分布範囲の推計により、漁業活動海域を考慮した処理優先区域選定手法を開発する。

研究方法

研究項目と方法

1. 海岸流木漂着量の迅速把握手法の開発
UAVによる漂着流木の空撮画像から、AIによる自動識別器を試作した。
2. 海岸流木の処理優先区域選定手法の開発
GISを用いて、衛星画像から自動分類で漂着流木を抽出し、その精度を確認した。

調査地

十勝振興局管内の海岸(広尾町、大樹町、豊頃町、浦幌町)

研究成果

1. 海岸流木漂着量の迅速把握手法の開発

UAVによる空撮画像から流木を自動識別する識別器を試作した。識別結果は概ね良好であったが、波や海岸林の一部、柵等を流木と誤認識する事例や、認識漏れ（流木が存在するのに識別しなかった）が確認された(図-1)。

2. 海岸流木の処理優先区域選定手法の開発

試行エリアにおいて、SPOT衛星（解像度1.5m）とWorldView衛星（解像度0.5m）の画像を入手し、解像度と漂着した流木の分布面積割合との関係性を検討した。流木の分布面積割合は、海岸を50m間隔で区分した範囲をセグメントとし、衛星画像から自動分類で求めた流木の分布面積がセグメントに占める割合として求めた。これらの値と航空写真からマニュアルで抽出した流木の分布面積割合を真値として比較した結果、相関係数はSPOT画像で0.72(P<0.05)、WorldView画像で0.84(P<0.05)であり(図-2)、両衛星画像とも流木の多寡を抽出可能な解像度を持っていると考えられた。

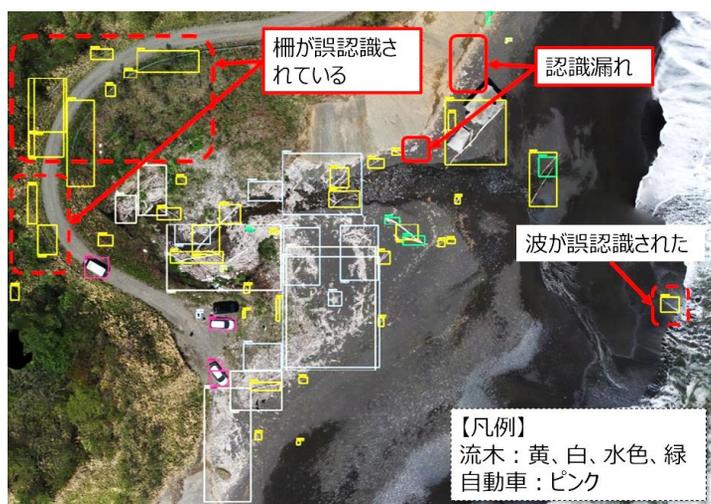


図-1 試作器による識別結果

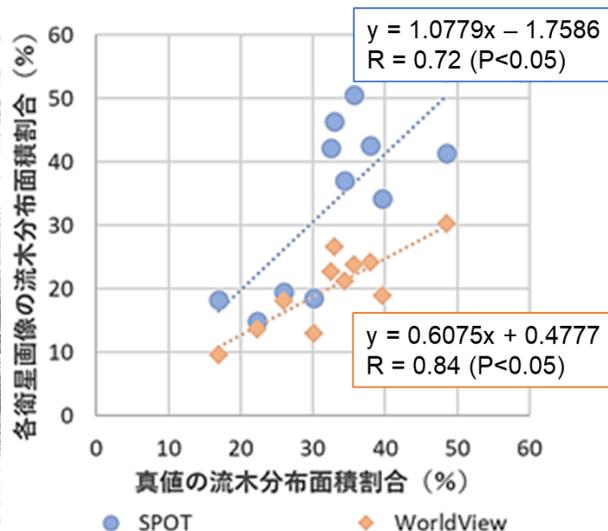


図-2 解像度と漂着流木の多寡との関係

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

北海道胆振東部地震による崩壊斜面における 植生回復手法の開発

担当G：森林環境部環境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・森林環境局道有林課、
胆振総合振興局森林室、厚真町

研究期間：令和元年度～4年度 区分：道受託研究

研究目的

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震では、厚真町を中心に大規模な斜面崩壊が発生し、植物の良好な生育基盤である表土が大規模に崩落した。森林再生にあたっては、崩壊斜面について植生基盤としての評価に労力・費用がかかることと、崩壊斜面における植生の生育状況についての情報が不足していることが問題となっている。本研究では、崩壊斜面の土壌について植生基盤としての評価を簡易に判定できる手法の開発と、崩壊斜面における植生基盤の状態に応じた植生導入手法の検討を行う。

研究方法

調査地

- 道有林胆振管理区厚真町高丘地区
(崩壊斜面)
- 厚真町有林幌内・東和地区
(崩壊斜面)

研究内容

- 植生基盤評価の簡易判定手法の開発
 - 土壌調査(土壌硬度、透水性)、土壌評価(3区分)、土壌評価区分の簡易判定手法の検討
- 植生導入手法の検討
 - 植栽試験、航空実播を想定した緑化試験、自然回復試験
 - UAVによる土砂移動量調査

研究成果

1. 植生基盤評価の簡易判定手法の開発

主に土壌調査を行った。崩壊斜面においては、表層(表土落ち残り)は軟らかく、透水性は良く、基盤層(風化粘土層)は硬く、透水性は中～悪であった(図-1)。ただし、表層が厚い箇所は部分的で、全体的には薄いことが分かった。

2. 植生導入手法の検討

2019年6～11月にかけて、崩壊斜面において、植生基盤の評価別に、植栽、航空実播を想定した緑化、自然回復の各試験地を設定した(写真-1)。

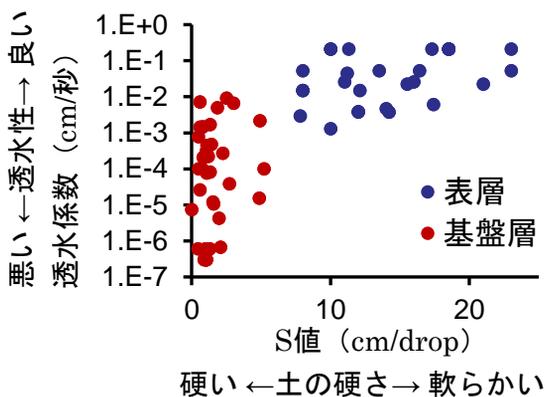


図-1 S値と透水係数との関係



植栽試験地(秋植え)



緑化試験地



自然回復
試験地

写真-1 令和元年度に設定した各試験地の状況

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

蓮井ら(2020)北海道胆振東部地震後の森林再生に向けた取組み, 令和2年北海道森づくり研究成果発表会

流木災害防止・被害軽減技術の開発

担当G：森林環境部環境G

共同研究機関：森林総合研究所（主管）、東京大学、広島大学、（株）建設技術研究所

研究期間：令和元年度～5年度 区分：公募型研究

研究目的

本研究は、流木を山地溪流内で効果的に捕捉できる場所や量を明らかにするとともに、最新の数値シミュレーション技術を組み合わせ、流木捕捉効果予測ツールを開発することを目的とする。具体的には、UAV空撮画像・航空写真を用いて、過去の流木災害の履歴から流木の発生・堆積の有無や地形等を把握し、流木の発生・堆積の条件を明らかにする。

研究方法

研究項目と方法

●流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明
UAVを用いた空撮を行い、空中写真を用いて、3次元モデルの作成した。さらに河川環境把握のために、水位観測機器やタイムラプスカメラを設置した。

調査地：雨竜町尾白利加川

・流域面積157.3 km²、流路延長42.1 km
※尾白利加ダムより上流を対象
・年間平均気温7.3℃、年間平均降水量1099mm

研究成果

●流木の発生及び捕捉に影響を及ぼす条件の解明

河道内での流木の動態や発生場・捕捉場の条件を把握するため、尾白利加川（北海道雨竜町）を対象地とし、UAVによる空撮・3次元モデルの作成を開始し（図-1）、さらに水位観測機器などの設置を行い、モニタリング体制を整備した。

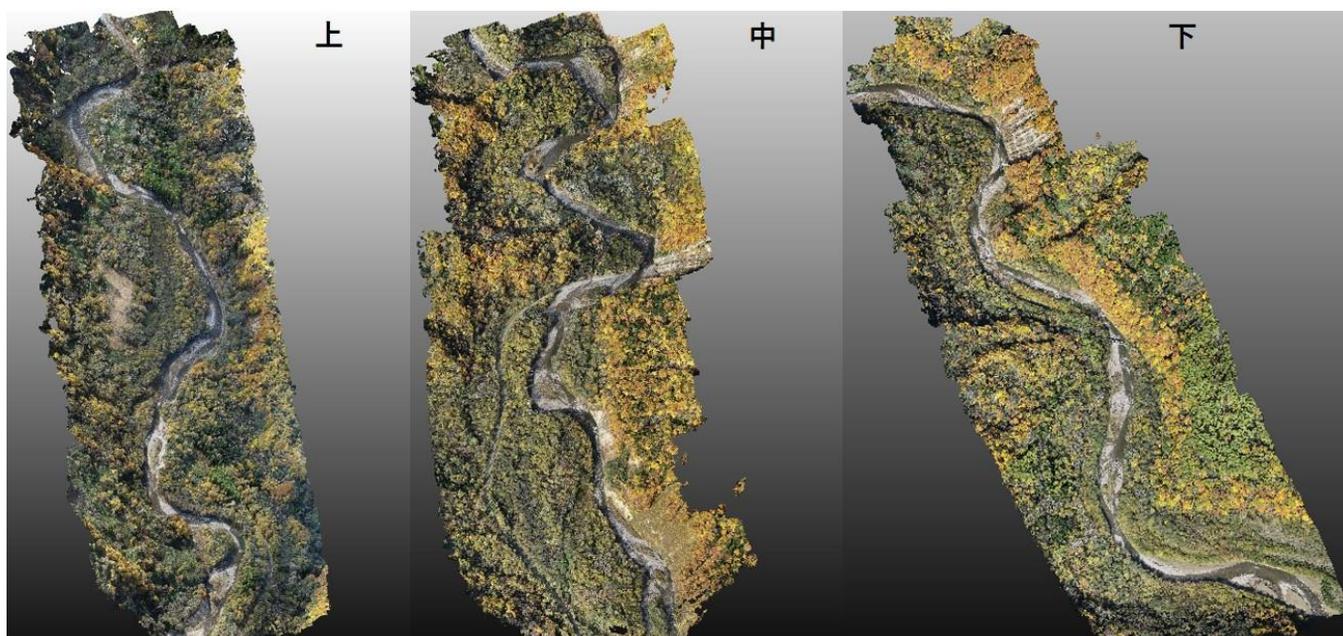


図-1 UAV空撮画像から作成した3次元モデル（尾白利加川の調査範囲内：上流・中流・下流）

2018年胆振東部地震により発生した大規模山地災害のメカニズムと復旧方法の解明

担当G：森林環境部環境G

協力機関・研究機関：石川県立大学（主管）、北海道大学

研究期間：令和元年度～5年度 区分：公募型研究

研究目的

2018年9月6日北海道胆振東部地震により発生した斜面崩壊に関して、地形・地質・土質および樹木根系との関連で発生メカニズムを明らかにし、同様に火山灰が厚く堆積する他地域に適用できる危険予測法の確立を目指す。また、崩壊地からの土砂流出を防ぐための効果的な植生回復方法を解明する。

研究方法

調査地

- ・道有林胆振管理区厚真町内の崩壊斜面
- ・厚真町有林内の崩壊斜面

研究内容

1. 斜面崩壊地の解析
 - ・UAVによる地形解析
2. 崩壊メカニズムの解明
 - ・崩壊深および流出した樹木の根系調査

研究成果

1. 斜面崩壊地の解析

2019年4月から10月までの地形変化の解析結果では、高丘地区は東和地区よりも斜面表層の変化量が2.3倍ほど多く、土砂が多く生産されていることが示唆された(図-1)。また、崩壊斜面表層の変化の特徴としては、雨裂中心に近いほど、また崩壊地辺縁に近いほど浸食量が多かった(図-2)。

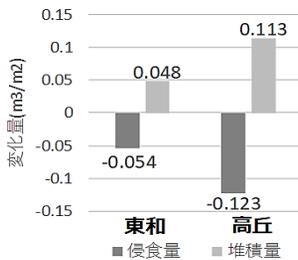


図-1 崩壊斜面表層の変化量

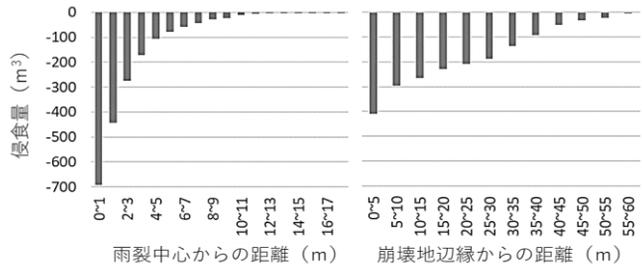


図-2 雨裂中心・崩壊地辺縁からの距離に応じた変化量(東和)

2. 崩壊メカニズムの解明

崩壊地(厚真町吉野地区)に生育していた樹木の根系深(図-3)は崩壊深(図-4)に比べて浅かった。このため、根系は崩壊防止に対する杭効果をほとんど発揮しなかったことが示唆された。

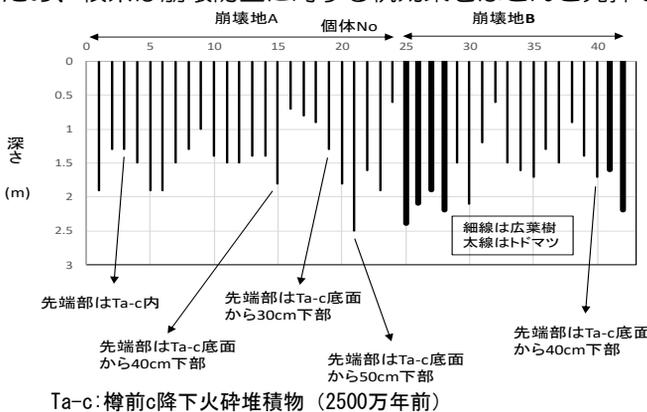


図-3 吉野地区の42個体の根の深さと土層内の位置

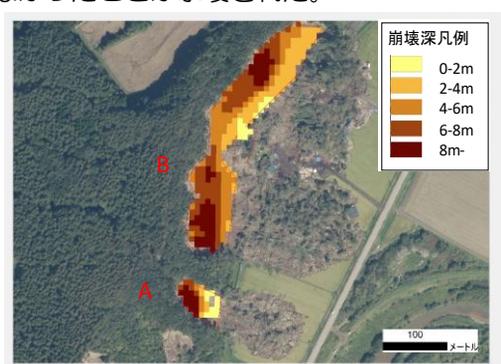


図-4 厚真町吉野地区(調査地A,B)の崩壊深の分布

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

中田康隆・速水将人・輿水健一・竹内史郎・蝦名益仁・佐藤創(2020) RTK-UAVを用いた地形変化の観測と応用の可能性：北海道胆振東部地震で発生した森林域の崩壊跡地における検証。景観生態学会誌25(1).

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：令和元年度～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の提案を目的とする。

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
 - ・既往観測点の探索
- 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、地形等が流域内でばらつくよう流域全体に複数地点を設定

研究成果

■全国スケールでの河川水温推定

研究開始年度にあたる今年度は、観測ネットワークの構築および基盤データの整備を行った。

- ・全国スケールで水温モデルを構築するため、2019年7～9月にかけて北海道の天塩川と四国の肱川流域に水温および気温ロガーを設置した（図-1、北海道：30地点、四国：26地点）。
- ・既往の観測地点の利用可能性について調査した結果、九州では九州大学および熊本大学が管理する123地点、中部では土木研究所が管理する90地点についてデータの使用許可を得た。

■生物分布の変化予測・将来予測

ロガーを設置した四国において既存生物データに関する情報収集を行った。

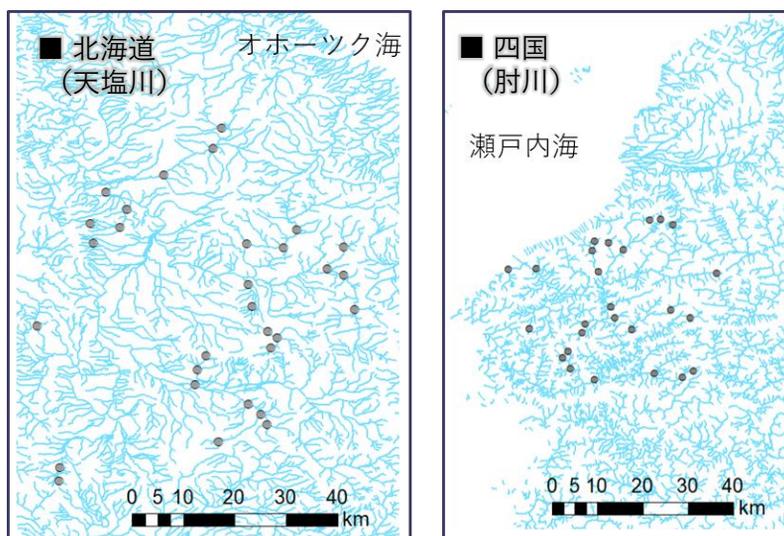


図-1 北海道および四国地方の温度ロガー位置図。

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

・ Garia Molinos J., Ishiyama N., Sueyoshi M., Nakamura F. (2019). Development of catchment-scale statistical models for prediction of water temperatures across Japanese river networks to assess nation-wide effects of climate warming on freshwater biodiversity. AGU Fall Meeting 2019.

実験林等で先端的な研究を実施するための情報収集と試行

担当G：企画調整部、森林経営部、保護種苗部、森林環境部、道南支場、道東支場

協力機関：林産試験場

研究期間：令和元年度 区分：経常研究

研究目的

森林研究のフィールドにおいて、先見性・先端性のある研究を実施するための技術・装置導入に向けて、その先進地や関連展示会等にて導入すべき先端技術・装置を調査し、同時にその導入にかかるインフラ整備に向けた試行を行う。

研究方法

① 先端技術の調査

AI、IoT、リモートセンシング技術や、VR・MRなど仮想現実空間技術等の先端技術・装置・製品の展示会等を調査しながら、今後、実験林や試験林等に導入可能な技術・製品を把握する。

② 技術導入に向けた試行

森林でのIoTを実現するインフラ整備に向けてLPWA (Low Power Wide Area) の導入を図るべく、親機、中継器、子機を用いて、単独通信試験（通信能力）ならびに中継器通信試験（通信距離）を行う。

研究成果

① 先端技術の調査

様々な展示会等にて、産業用・サービス用ロボット、ドローン/ドローンソリューション、知能化技術/AI、駆動技術、センシング技術、各種部品・材料等を視察、調査した(表)。特にVR・MRなど仮想現実空間技術による森林環境に対するシステム開発に可能性を感じた。

視察先	開催地
北海道衛星データ利用ビジネス創出協議会	札幌市
スマート農業を目指す先端技術フェア in 愛知	名古屋市
森林GISフォーラム2019東京シンポジウム	東京都
InterAqua 2020	東京都
第4回ロボテックス	東京都
ウェアラブルEXPO	東京都
農林水産省	東京都
ベンチャー/生産現場連携促進シンポジウム	東京都
シンポジウム「気候変動と持続可能な発展」 公衆衛生と政策	東京都
3D&バーチャルリアリティ展	千葉市
日本ものづくりワールド 2020	千葉市

② 技術導入に向けた試行

森林でのIoTを実現するためにはインフラ設備が不可欠であるが、既存インフラ（固定電話回線、光ファイバー網、衛星回線、携帯電話網など）を導入するには膨大な予算が必要となる。そこで免許不要の周波数帯域を利用し、省電力な無線データ通信システムLPWA (Private LoRa:920MHz帯、送信出力20mW以下) を使用したネットワークの可能性を検討した。その結果、平地では見通しが良好ならば4kmほどの通信は可能であったが、建物や森林で見通しが利かない条件では通信が途切れることがわかった(図-1)。

数cm単位のRTK-GNSS測量を目指して、RTK固定局および、導入技術の一例として光合成活性測定用機器の整備を行った。今後、UAVによる精密な位置データ取得やマルチスペクトル画像による植物活性観測のデータ取得 (Ground Truth) 等に活用する予定である。

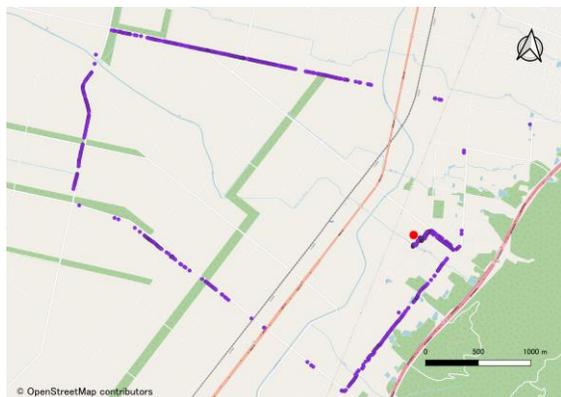


図-1 LPWAの性能調査

(林業試：赤印との通信可能であった所：紫印)

③ 今後の課題等

見通しが利かない条件で通信が途切れることに対して、電波出力の強化があげられるが、特定小電力無線 (20mW以下) を超える可能性と消費電力の増加から困難と思われる。また、森林で見通しを確保するには、樹木よりも高いところへのアンテナ設置が必要で、こちらも維持やコスト面から難しいと思われる。

今後、上記を踏まえて、導入すべき技術や装置の選定や、LPWAの性能検証 (データ量や速度等) を行う必要がある。

獣害防止ネットにおける耐積雪性に関する研究

担当G：保護種苗部保護G

協力機関：そらち森林組合、サージミヤワキ（株）

研究期間：平成27年度～令和元年度 区分：受託研究

研究目的

積雪による獣害防止ネットの損傷を抑え、侵入防止柵の耐久性を向上させるため、新たに開発されたネットの耐積雪性を検証するとともに、積雪に対応した柵の設置方法を検討する。

研究方法

試験地：美唄市林業試験場構内
美唄市、石狩市

供試ネット：
新開発ネット（イザナス入りネット）
従来ネット（ステンレス線入りポリエチレン）

研究成果

- 新開発ネットにおいても、設置年数に伴いネットの破網数が増加したが、ポリエチレン＋ステンレス線の従来ネットより破網数は少なかった。また、4冬経過後の破網部の大きさは、従来ネットより新開発ネットでは小さかった（図-1）。
- 北海道の設置基準では、支柱の中間部の2か所以上ステーブルでネットを固定することになっているが、固定した直下でネットが破網した（写真-1）。また、ネットを従来法（吊りロープを支柱側面に固定、ネットを中間2点で支柱に固定）で設置すると、吊りロープの落下、ネットの中間固定部上部の破網、固定部下部の破網と段階的に複数個所でネットの損傷が発生した。そのため、中間部は固定しない方がよいことが明らかとなった。
- ネットの落下や破網は最大積雪深を記録する2月以降に生じていた。平成28年度の冬は積雪が少なく各試験地の最大積雪深は、石狩試験地で86cm、林業試験場試験地で65cm、美唄東明試験地で78cmであり、どの試験地においても新開発ネット、従来ネットともに被害は発生しなかった。一方、積雪の多かった平成27、29、30年度は、最大積雪深が石狩試験地で148cm、185cm、165cm、林業試験場試験地で132cm、150cm、132cm、美唄東明試験地で185cm、124cm（平成29、30年度のみ）であり、多くの破網被害が発生した。このことから、1m弱程度までは被害は少ないかほとんど発生しないが、それを超えると被害が多発すると推測される。

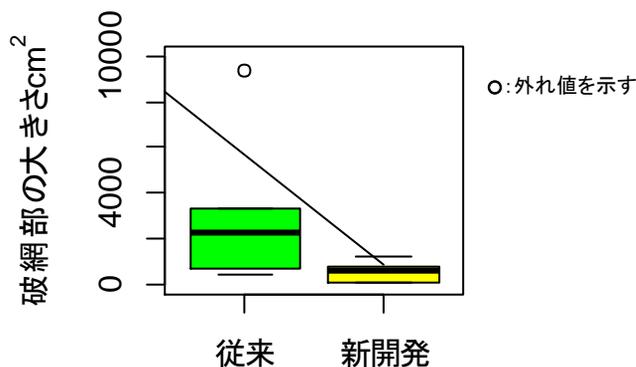


図-1 設置4冬経過後の破網した部分の大きさ
(吊りロープ固定部)

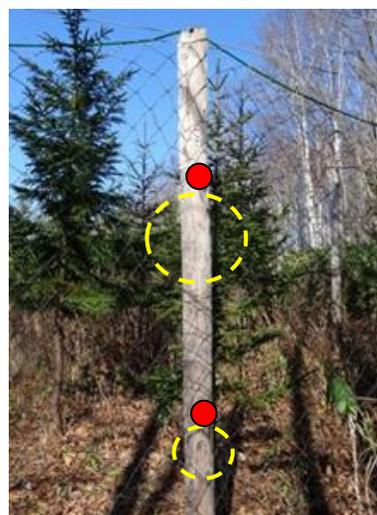


写真-1 ネット固定部の破網の様子
赤丸：固定部、黄色破線：破網部

引用等の著作権法上認められた行為を除き、林業試験場の許可なく引用、転載及び複製はできない

森林被害評価にもとづく日本型シカ管理体制構築に関する研究

担当G：道北支場

協力機関：北海道森林管理局、北海道水産林務部・環境生活部、環境科学研究センター

研究期間：平成28年度～令和元年度 区分：公募型研究

研究目的

日本各地でシカが増加して林業被害が拡大し、森林所有者にはシカ被害を防ぐためのコストが大きな負担となっている。そこで、北海道をフィールドとして、人工林被害や天然林への影響などのデータをもとに地域ごとのシカ被害レベルを評価し、人工林を対象に森林被害額を評価する手法を検討するとともに、森林被害額とシカ捕獲による被害額の減少の予測から、森林所有者にとって実現可能なシカ管理体制の考え方を提示する。

研究方法

天然林におけるエゾシカの生息状況と森林への影響
調査地：道有林網走東部管理区（津別町・美幌町）
調査方法：ライトランセクト法によるエゾシカ生息密度推定、針葉樹人工林調査区15箇所における広葉樹稚樹のエゾシカ食痕調査

カラマツの樹高成長に及ぼす影響
調査地：釧路市・鶴居村・白糠町
調査方法：各林分50本または100本についてエゾシカの食痕を調査
解析方法：個体の1年間の食害回数、樹高成長量、林分の被害本数率等の関係をモデル化

研究成果

1. 天然林におけるエゾシカの生息状況と森林への影響

2017～2019年11月に延べ321kmの林道等においてライトランセクト法による調査を行い、エゾシカ生息密度は6.3頭/km²と推定された。針葉樹人工林内に100m²の調査区を設置して継続調査したところ、ほとんどの調査区で稚樹がほとんどないか、減少傾向であった（図-1）。

2. カラマツの樹高成長に及ぼす影響

カラマツ幼齢林の食害について、本数被害率と林齢の影響を考慮した被害レベルの関係を明らかにした（図-2）。被害レベル2を超えると2回以上の食害を受ける個体が増加し、樹高成長が遅れて（図-2）、下刈り回数が1年長くなると予想された。

3. 森林所有者とシカ管理

エゾシカ捕獲によって天然更新の回復や林業被害の軽減を図るのは難しく、公的資金による捕獲や農業被害対策等との連携を検討していく必要がある。

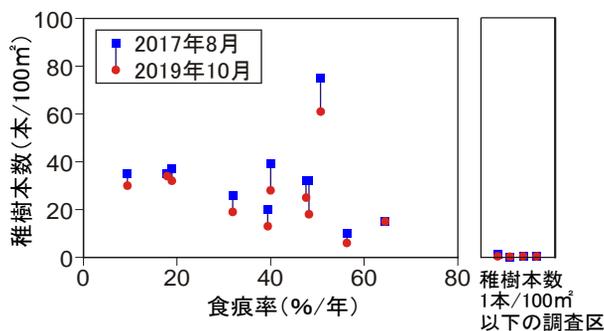


図-1 道有林網走東部管理区における稚樹の食痕率と本数の変化

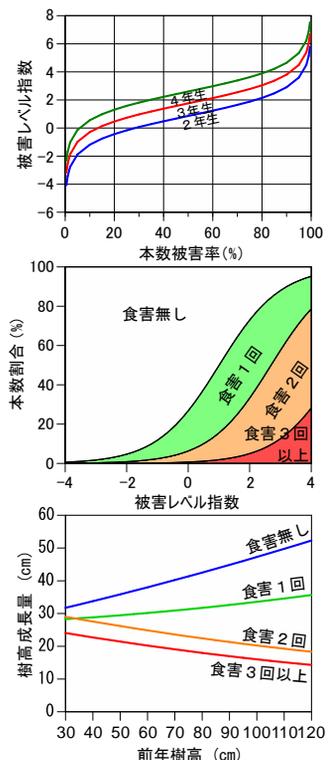


図-2 本数被害率、被害レベル指数、食害回数、樹高成長量の関係
被害レベル指数と食害回数の関係は樹高100cmの場合を例として示す

研究成果の公表

- ・明石信廣 (2019) エゾシカをおいしく食べるための捕獲とは. 光珠内季報 192: 1-4.
- ・明石信廣・南野一博・寺澤和彦 (2020) エゾシカの影響による林分構造の変化—17年間の追跡調査から—. 森林防疫 69: 5-12.