

森林の気象被害リスク予測モデルの開発

担当 G：森林環境部環境G

研究期間：平成21年度～23年度 区分：公募型研究

研究目的

近年、温暖化により、台風の大型化や勢力を弱めずに北上する台風が増加し、各地に大きな被害が発生している。特に、これまでは大きな台風被害が少なかった北海道では、都市部の街路樹や森林地帯で甚大な被害が発生しており、学術的な見地に立った被害発生要因の解明や被害予測手法の開発が必要となっている。そこで本研究では、森林の気象災害を軽減するため、森林管理体系（植栽密度、間伐、地位指数など）の違いによる被害発生リスクの変化を明らかにし、被害予測シミュレーションモデルを開発する。

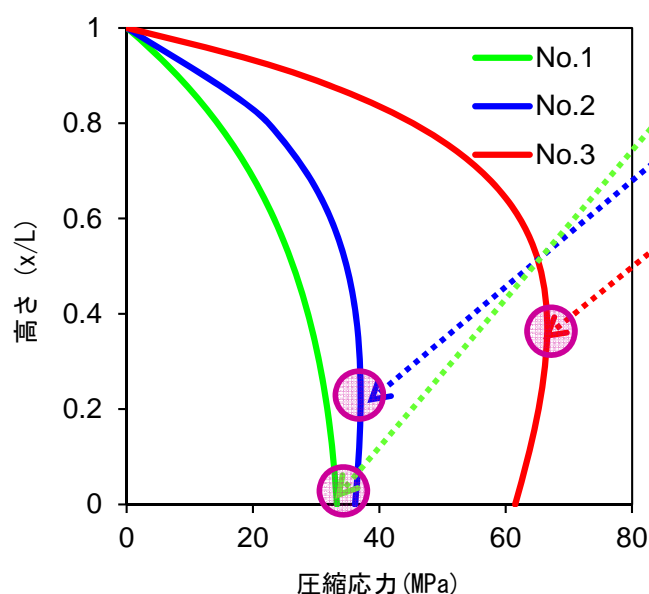
研究方法

研究内容

- 被害立木の被害形態（根返り、幹折れ）や幹折れ位置の推定
モデルを用いて被害発生時の立木の被害形態および幹折れ位置の推定を行う。
- 森林の気象被害リスクに関する検討
強風に対する森林の被害予測を行うモデルを構築し、森林管理体系（植栽密度、間伐、地位指数など）の違いが森林の気象被害発生リスクに及ぼす影響をシミュレートする。

研究成果

幹折れ位置の検討例



図－1 樹幹内応力の分布

幹折れ位置の予測

立木の樹幹内応力の分布例を示す。地上からの高さ x は、風心高 L により規格化した。No1の立木は、応力は根元で最大となり、No2の立木では、高さ0.22で応力が最大となっている。また、No3の立木では、高さ0.37で応力が最大となっている。立木の形態により、樹幹内応力の集中する位置（高さは）は異なり、幹折れが発生する位置は、この応力が最大となるところであると予測される（図－1）。

立木サイズおよび風速条件

No1 H=26m、DBH=33cm、No2 H=17m、DBH=16cm、No3 H=22m、DBH=19cm
風速は、地上高10mにおいて、約32m/sで計算。

用語説明

H：樹高、DBH：地上高1.3mにおける直径、風心高：荷重の中心の地上からの高さ

森林の気象被害リスクに関する検討

被害が発生するときの風速（限界風速）を計算することで、それぞれの立木の気象害に対する抵抗性を定量的に予測。林分の平均的なサイズの立木を対象に、直接、風があたった時の限界風速を計算した。

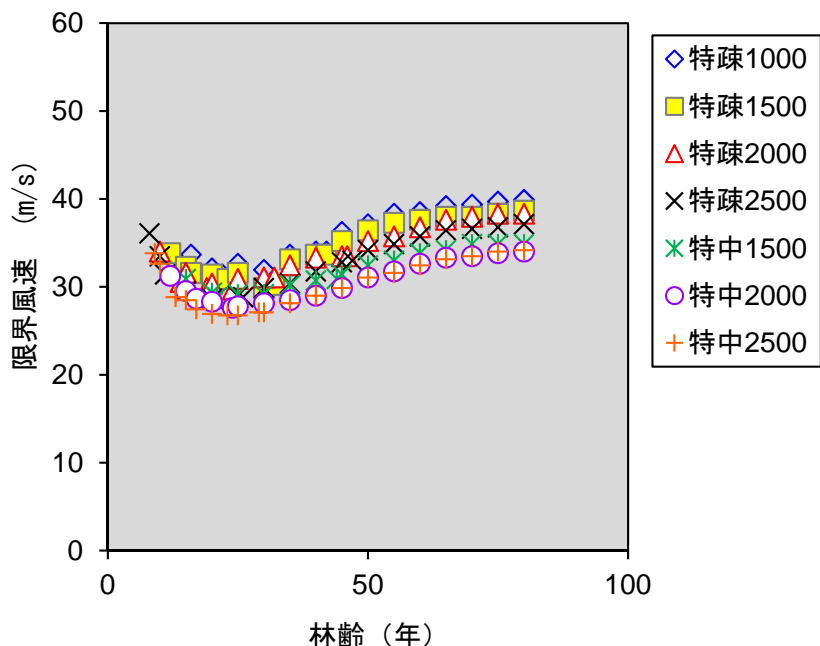


図-2 特等地カラマツ林における風害に対する抵抗性の経年変化の検討例

特等地（地位指数29）のカラマツ林における森林施業タイプ別の抵抗性の経年変化のシミュレーション例を示す。植栽密度、施業タイプ（本数密度を疎に管理、あるいは、中庸で管理）により、強風に対する抵抗性に違いが生じた。また、同一の施業タイプにおいても常に抵抗性は一定ではなく、林齢20年前後で抵抗性は低下するが、その後、時間の経過と共に上昇する傾向が示された（図-2）。

＜図の説明＞右図のキャプションの特は特等地を、疎および中は施業タイプを、数字は植栽本数を表す。

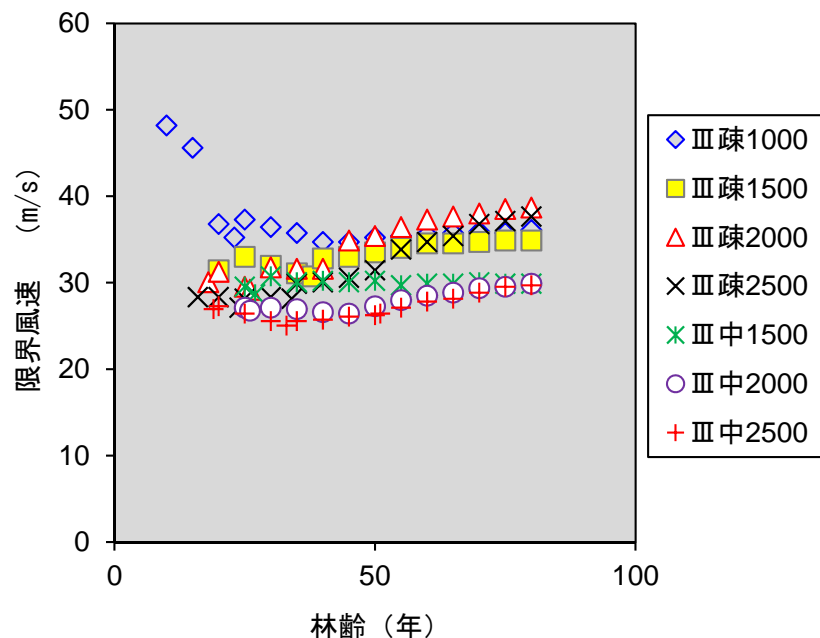


図-3 Ⅲ等地カラマツ林における風害に対する抵抗性の経年変化の検討例

Ⅲ等地（地位指数17）のカラマツ林における森林施業タイプ別の抵抗性の経年変化のシミュレーション例を示す。植栽密度、施業タイプ（本数密度を疎に管理、あるいは、中庸で管理）により、強風に対する抵抗性に違いが生じた。同一の施業タイプにおいては、特等地における抵抗性の経年変化のように、林齢20年前後での顕著な低下はみられなかった（図-3）。

＜図の説明＞右図のキャプションのⅢは特等地を、疎および中は施業タイプを、数字は植栽本数を表す。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

- ・鳥田宏行、渋谷正人、小泉章夫（2010）カラマツ林の力学的解析による風害予測 日林誌 92：127-133.
- ・鳥田宏行、真坂一彦、根本征樹、佐藤威（2010）風洞実験による針葉樹の効力係数の測定 第59回日本森林学会北海道支部大会
- ・鳥田宏行ほか（2010）地位指数が風害危険度に及ぼす影響 第121回日本森林学会大会
- ・鳥田宏行（2011）力学モデルのカラマツ林における風害予測への応用 第122回日本森林学会大会

大規模表層雪崩に対する森林による減勢効果の研究

担当 G：森林環境部環境G

共同研究機関：森林総合研究所、防災科学技術研究所、名古屋大学

研究期間：平成21年度～23年度 区分：公募型研究

研究目的

2008年2月に妙高山域の幕ノ沢において流下距離が3,000mに達する国内で最大級の面発生乾雪表層雪崩が発生した。雪崩発生後、約3ヶ月間にわたって現地調査を行ない、流下経路や到達範囲、堆積量など雪崩の規模を明らかにした。さらに、この雪崩の一部はスギ林に流入して多数のスギを倒壊し、林内で停止したので、被害を受けたスギ林の林相や倒壊状況なども併せて希少なデータセットを得ることができた。本研究ではこれらの成果を発展させ、表層雪崩の運動を数値モデルによって再現して流動特性を明らかにするとともに、森林の表層雪崩に対する減勢効果を検証することを目的とする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地や材料について

調査地 スギ林1カ所(妙高山域の幕ノ沢)

調査項目や分析方法について

ヤング係数の測定

研究成果

- スギ林の解析に関する基礎データとして、スギ立木のヤング係数を測定した。調査区は、妙高山域の幕ノ沢の雪崩発生地である。スギ立木の平均ヤング係数は5.02GPaであった(図-1)。

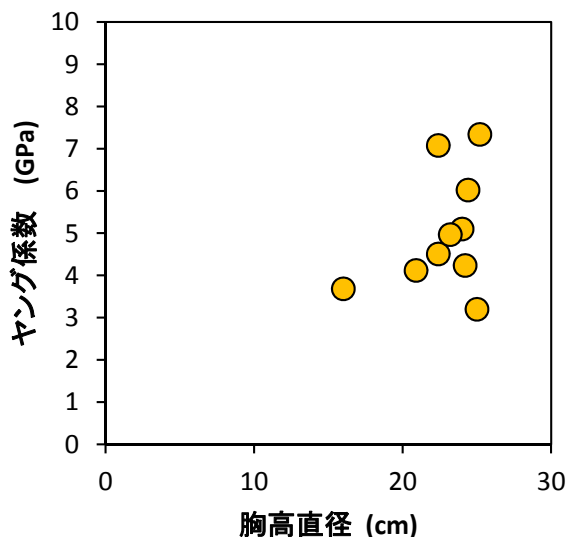


図-1 樹幹ヤング係数の測定結果

本研究の研究分担者として、当時は、ヤング係数の測定を担当した。右はその結果である。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

冬期交通網確保のための防雪林造成管理技術の改善

担当 G：森林環境部環境G

協力機関：JR北海道

研究期間：平成21年度～23年度

区分：経常研究

研究目的

2008年2月24日、発達した低気圧は北海道全域で暴風雪をもたらし、各地で交通網が寸断され、航空便、JR、道路など交通機関に多大な影響を与えた（例えば、国道274号では車両約百台が埋雪、胆振管内の道道では死者1名）。寒冷多雪の北海道では、毎年のように発生する暴風雪から陸上交通網を守る必要があり、有効な手段として防雪林が造成されてきた。防雪林は防雪柵に比べて規模が大きく立体的構造を有しているため、防雪効果が高く（吹雪捕捉量が多い、風向依存性が小さいなど）、非常に優れた施設といえる。しかし、造成された防雪林には生育管理上の問題（原因不明の枯死、成長不良、台風による風倒被害など）が数多く見受けられる（平成19年度試験研究課題要望調査）。そのため、必要な場所に防雪林が成林しない、あるいは成林しても倒れてしまうなど計画的な防雪対策に支障をきたし、冬期の交通網は依然として危険な状態（吹雪による視程低下、吹きだまり）にある。そこで本研究では、人命を守りライフラインを確保して安全な交通網を整備するために、生育不良・枯死現場の観測調査を実施して、主要阻害因の抽出と適切な対応策を明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

調査地および調査方法

- ・調査地：新得町JR石勝線付近の防風林、防雪林
- ・調査方法：不成績林分における環境調査（冬期の気温、風速、土壌凍深など）、多雪区と寡雪区において、試験植栽（5樹種：カラマツ、クロマツ、ヨーロッパトウヒ、アカエゾマツ、トドマツ）を実施。植栽本数は、寡雪区と積雪区にそれぞれ樹種毎に100本を植栽し、合計で1,000本の植栽をおこなった。

研究成果

多雪区および寡雪区における3年間の樹高成長量と生残率

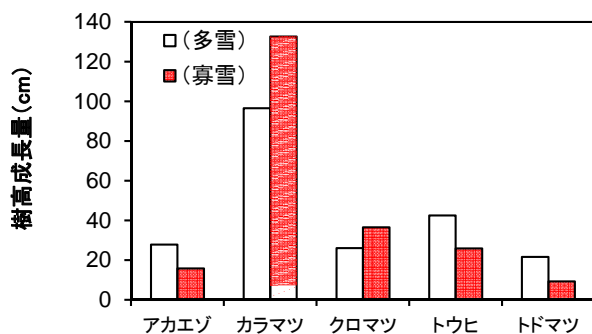


図-1 樹種別の樹高成長量

成長量

多雪区における成長量の値の大きい上位3樹種は、順にカラマツ、ヨーロッパトウヒ、アカエゾマツであった。一方、寡雪区においては、大きい順にカラマツ、クロマツ、ヨーロッパトウヒの順であった（図-1）。

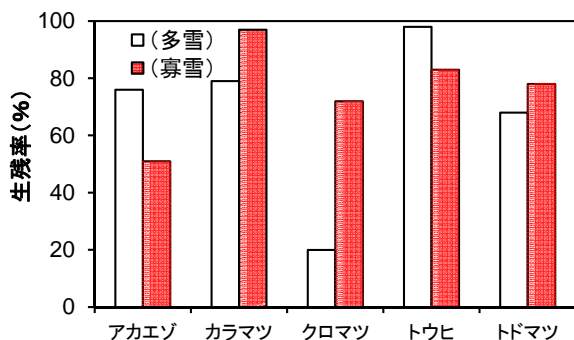


図-2 樹種別の生残率

生残率

多雪区では、ヨーロッパトウヒ、カラマツ、アカエゾマツは、生残率は約70%以上であるが、クロマツは20%程度と低くなった。寡雪区においては、アカエゾマツの生残率が約50%出会ったが、他の樹種は約70%以上となった（図-2）。

寒風害・寒乾害の発生に関する環境調査



積雪深は1.5~2m。試験植栽木は、降雪と吹きだまりの形成により、冬期間は積雪中にある。寒風害・寒乾害の発生の危険性が低い。



降雪があっても、強風により積雪が吹き払われる。冬期間、植栽木は寒風にさらされる。土壌凍結も凍結しやすく、寒風害・寒乾害の発生の危険性が高い。

寡雪区における土壌凍結（2009~2010の例）

寡雪区は、積雪がほとんど無いため、植栽木は寒風害を受けやすい。また、地中深くまで土壌が凍結し、春先に植栽木が光合成を開始しても（気温約5℃以上）、土壌が凍結しているため、根から十分な水分が補給できず、寒乾害が発生する（図-3、4、写真-1）。



写真-1 寡雪区における土壌凍結深度棒を地面から抜き出したところ

2010年3月1日撮影
凍結深は約40cm、
白い部分が凍結部分

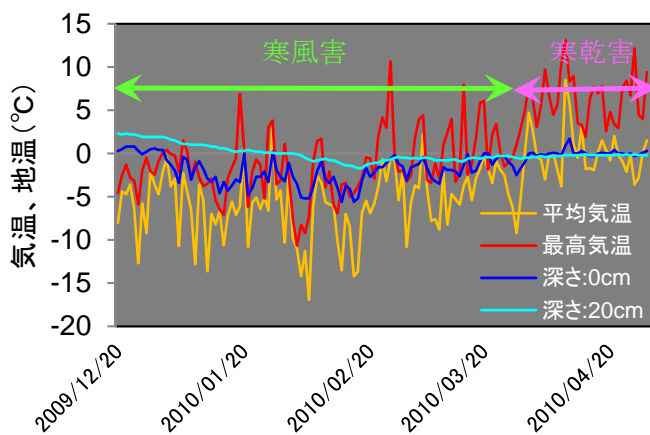


図-3 寡雪区の地温・気温

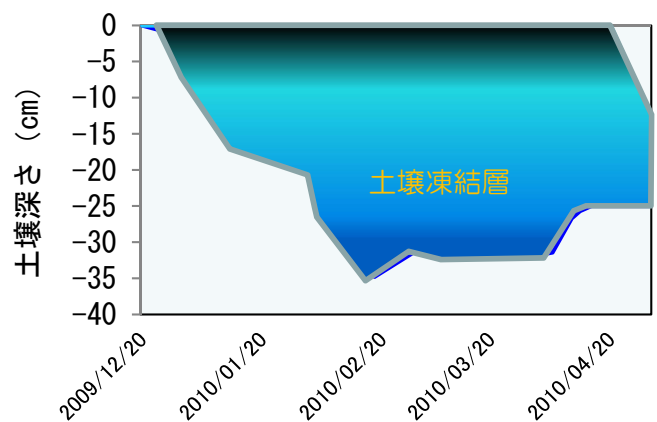


図-4 土壌凍結層の変化

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

- ・鳥田宏行、真坂一彦、福地稔、寺田文字（2011）防雪林における植栽木の生育状況について。第60回北方森林学会大会
- ・小川貴史（2011）広内6号隣地内植栽木枯死原因の推定。総合技術講演会。日本鉄道施設協会。

土地改変地における植栽木衰退の診断技術の高度化に向けた基礎的研究

担当 G：森林環境部環境G

協力機関：建設部土木局道路課、札幌建設管理部当別出張所

研究期間：平成22年度～平成24年度 区分：経常研究

研究目的

公共路網の付帯施設としての防雪林等の造成や、海岸部など森林造成困難地での植栽など、通常の林地以外の植栽地は、過去に何らかの土地改変や土地利用が行われていたケースが多く、通常の林地に比べ植栽条件が悪い。近年、環境意識の高まりから森林再生をシンボルとしたボランティアやCSR（企業の社会的責任）による森林づくり活動の事例が増加するにつれ、このような立地で植栽木が健全に成育できていないという技術相談が多く寄せられるようになり、課題が顕在化しつつある。このような課題に 대응することを目的に、本研究では衰退原因を現場レベルで適確に診断する技術を確立するため、主要な要因と考えられる水ストレスに注目し、樹木のストレス応答様式についての基礎的知見を集積する。

研究方法

- 生理学的ストレス付加実験
樹木苗に人為的に強度の水ストレスを与え、樹木苗の応答様式を把握する
- 現地植栽試験
季節的土壤凍結地域や未熟土壌地、遊休農地などへ植栽を行い、樹木苗の成長、とくに葉の形状や生理学的な変化を把握
- 不成績造林地における植栽木衰退状況の把握
不成績造林地で植栽木の成長状況を調査し、実験で得られた諸症状と比較

研究成果

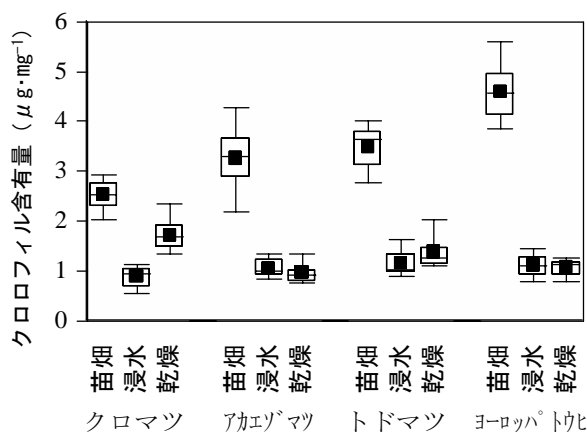


図-1 各処理における針葉樹葉のクロロフィル含有量（箱ヒゲ図）。
クロロフィル含有量はaとbを合計。

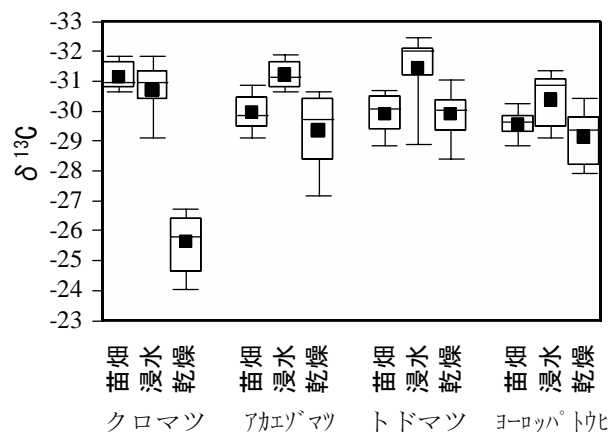


図-2 各処理における針葉樹葉のδ¹³C（箱ヒゲ図）。

※箱ヒゲ図：ヒゲの上端・下端はそれぞれデータの上位10%、90%、箱の上端・中線・下端はそれぞれ25%、50%、75%、黒四角は平均値を表す。

いずれの樹種も、クロロフィル含有量は浸水・乾燥処理によって著しく減少した（図1）。一方、δ¹³Cは乾燥処理で増加したものの、浸水処理では微減した（図2）。これは水ストレスへの応答様式が両者で大きく異なることを示唆する。今後は、窒素含有量や針葉長、樹形などとの関係性を合わせて評価する予定。

研究成果の公表（文献紹介や特許など）

- 棚橋生子ほか（2011）牧野跡地に植栽した樹木の生育について。日林北支論 59：9-11.
- 真坂一彦ほか（2011）クロマツ植栽苗の防風柵による寒干害の助長効果。北海道林試研報 48：55-63.

海岸生クロマツにおける水ストレス評価方法の開発

担当 G：森林環境部環境G

研究期間：平成23年度～25年度

区分：公募型研究

研究目的

本研究では、日本の海岸林構成種であり、北海道でも海岸林として植栽されている代表的な針葉樹クロマツを対象に、個葉単位での蒸散速度の測定を行い、水ストレスへの応答指標と考えられるさまざまな性質（針葉長、 $\delta^{13}\text{C}$ 、および水ポテンシャル Ψ_w など）と比較し、針葉樹葉の新たな水ストレス評価方法の検討、ならびにクロマツの水ストレスへの応答様式を明らかにすることを目的とする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

- ・クロマツ・ポット苗を用いた調査
不確定要素を排除するために人工的に強い水ストレス（乾燥・浸水）に曝したクロマツ・ポット苗を対象
- ・不成績造成地の生残クロマツ個体の調査
野外で衰退が発生しているクロマツ海岸林造成地を対象
クロマツ針葉の形態学的・生理学的特徴として、窒素含有量、クロロフィル含有量、針葉長、 $\delta^{13}\text{C}$ 、および水ポテンシャル Ψ_w 、個葉レベルでの蒸散速度を測定等
- ・個葉レベルでの蒸散速度測定方法の高度化
INRA Forest Research Station (Bordeaux, France) とともに、個葉レベルでの測定条件について検討

研究成果

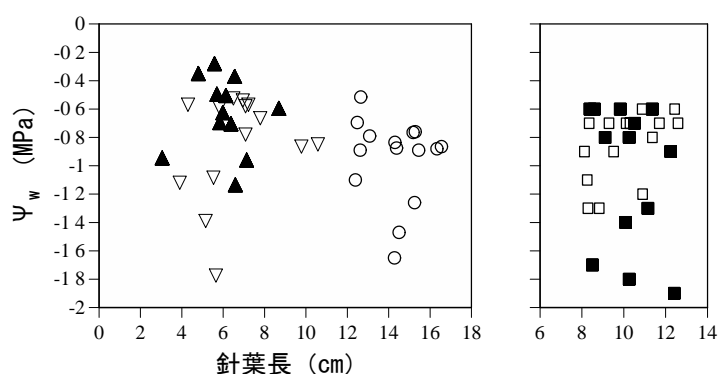


図-1 クロマツ針葉の水ポテンシャル（11月）
○：苗畑、▲：浸水、▽：乾燥、□：微害区、■：激害区
※浸水処理・乾燥処理のコントロールが苗畑植栽、不成績造林地（激害区）のコントロールが微害区。

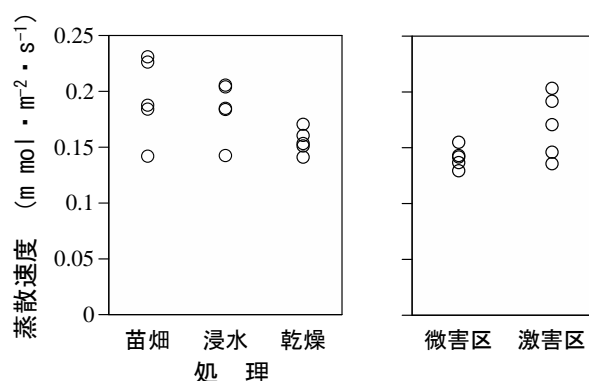


図-2 クロマツ針葉の蒸散速度（11月）

Ψ_w や蒸散速度は乾燥処理で低い傾向がある（図-1、2）。一方、不成績造林地では激害区の Ψ_w は低い傾向があったものの、蒸散速度は高い傾向が認められた。まだデータセットが不完全なため、総合的な検討は無理であるが、今後は、窒素含有量や $\delta^{13}\text{C}$ などとの関係を評価する予定。生理学的な応答は引き続き測定を続ける。個葉レベルでの蒸散速度測定方法の高度化についてはクチクラ蒸散と気孔蒸散についての理論モデルの検証を行う。

研究成果の公表(文献紹介や特許など)

森が支える養蜂業の実態評価と蜜源森林の育成方法に関する研究

担当 G：森林環境部環境G・機能G、道南支場

協力機関：北海道農政部畜産振興課、北海道養蜂協会

研究期間：平成22年度～23年度 区分：公募型研究

研究目的

養蜂業におけるミツバチは、果樹野菜の花粉交配を通して私たちの食生活を支えている。そしてミツバチは樹木蜜源に大きく依存している実態がある。しかし、農業－養蜂業－森林の関係についてはほとんど情報がない。加えて、最近では主要蜜源樹種であるニセアカシアが要注意外来生物として問題視されてもいる。そこで、日本における主要蜜源地域・農業地域である北海道を対象に、以下の4点を明らかにして養蜂業と森林の関係を評価することを目的とする：1）ニセアカシアの養蜂業による利用のためのゾーニング手法の検討、2）養蜂家によるニセアカシア以外の蜜源樹種の利用実態を評価、3）トチノキやシナノキなどのマイナーな樹種の育成方法について、各造林地の成長状況調査をもとに検討、4）養蜂家自身による森林の造成状況や意向の評価、そして5）養蜂家による採蜜がトチノキの更新に与える影響。

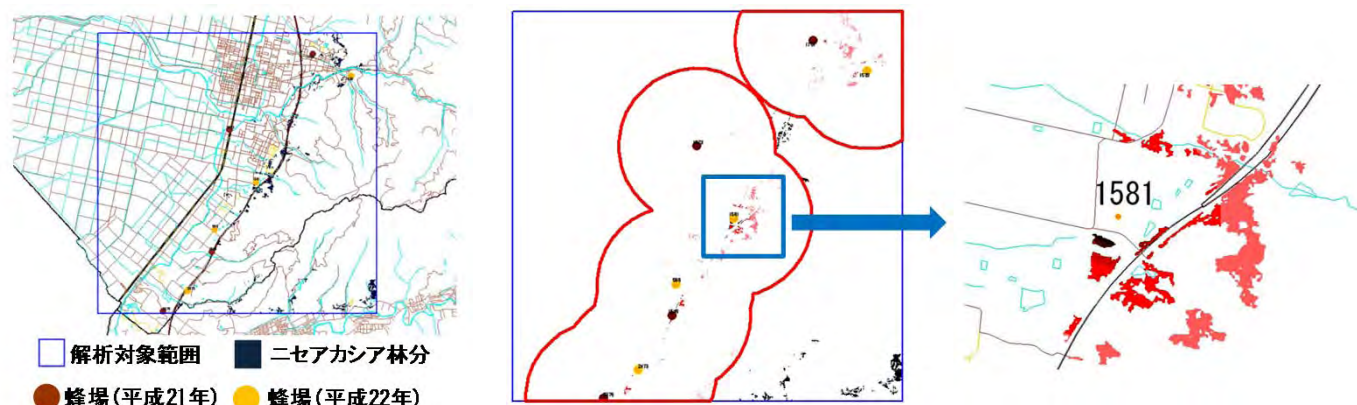
研究方法

調査項目と調査方法

- ①ニセアカシアの養蜂業による利用のためのゾーニング手法の検討
養蜂家、環境団体等からの聞き取り調査、GISを用いた解析
- ②養蜂家によるニセアカシア以外の蜜源樹種の利用実態を評価
北海道養蜂協会による「みつ源等調査報告書」を用いての分析、アンケートや聞き取り調査
- ③ニセアカシア以外の蜜源樹種の造成方法の検討
森林調査簿上の32林分のうち、29林分を調査（トチノキ6林分、キハダ15林分、シナノキ8林分）
- ④養蜂家による蜜源森林の造成の実態調査
乙部町における「蜂蜜の里の森づくり」、北海道養蜂協会青年部による植樹祭、十勝養蜂園による分収造林について聞き取り調査
- ⑤養蜂家による採蜜がトチノキの更新に与える影響
道南のトチノキ分布地域での開花・結実調査、林分構造などの調査（北斗市、上ノ国町、乙部町、八雲町）

研究成果

①ニセアカシアの養蜂業による利用のためのゾーニング手法の検討



図－1 ニセアカシア林と蜂場の位置関係
左：林業試験場を中心とした10km×10km四方の範囲において衛星写真から推定したニセアカシア林の分布図、中：蜂場からミツバチの飛翔可能とした2kmの範囲（赤丸）、右：ミツバチの飛翔可能範囲が重なる度合いが高いほど蜜源として重要度が高い（赤が濃い部分）。数字は蜂場番号を示す。

蜜源として重要性の高いニセアカシア林を提示することが可能（図－1）。また、環境活動家へ聞き取り調査を行い、養蜂業を介して果樹野菜の花粉交配に重要であることから、利用すべき場・伐採すべき場についてゾーニングが必要という意見が出された。

②養蜂家によるニセアカシア以外の蜜源樹種の利用実態を評価

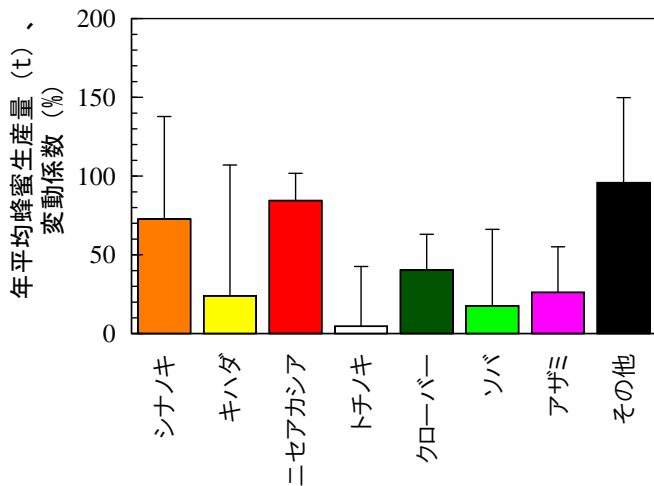


図-2 北海道における主要7蜜源植物およびその他蜜源植物の年平均蜂蜜生産量と毎年の生産量における変動の大きさ

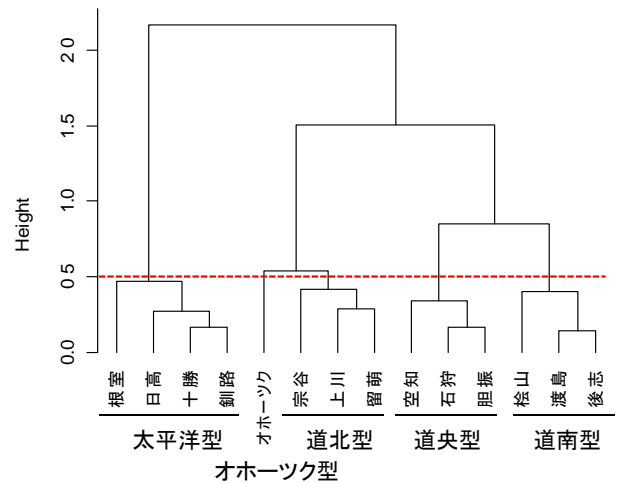


図-3 クラスタ分析による対象蜜源ごとの蜂群数合計に基づく地域性の評価

③ニセアカシア以外の蜜源樹種の造成方法の検討



成林していた人工林はトチノキが2林分（成林率33.3%）、キハダが4林分（同26.7%）、そしてシナノキが1林分（同12.5%）と、ほとんどが不成績という結果だった。

左の写真はエゾヤチネズミによる樹皮食害（矢印）で衰退したトチノキ。

北海道における蜂蜜生産量は、ニセアカシア、シナノキ、クローバー、アザミ、キハダ、ソバ、トチノキの順で多い（図-2）。クラスタ分析によって、蜜源の利用は生物地理・気候区分に対応するような地域性が認められた（図-3）。

不成績要因はトチノキはエゾヤチネズミによる食害だった。シナノキは雪害だった。キハダは土壌水分条件に対する適応範囲が狭く、実際、不成績地は水分条件が劣悪な場所が多かった。そのためトチノキはエゾヤチネズミ対策（たとえば防鼠溝の設置）、シナノキは雪害対策が必要であり、キハダは植栽前に土壌水分条件を確認する必要がある。

④養蜂家による蜜源森林の造成の実態調査

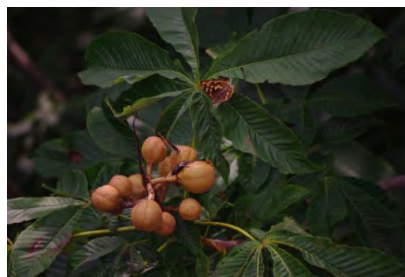


蜜源林も含め、多様な在来樹種からなる森林の造成を促すためには、少なくとも補助対象に指定されることが必要
※H24年度に改正

蜜源樹種による人工林造成における最大の課題は、苗木入手の困難さだった。2012年3月現在、主要な蜜源樹種であるシナノキやトチノキは補助対象外であり、またキハダやイヌエンジュは一振興局での対象とのみとなっている。そのため苗木の供給可能数自体が少ない。

写真は名寄市における蜜源林造成の様子。

⑤養蜂家による採蜜がトチノキの更新に与える影響



トチノキの訪花昆虫は多様である。そのため蜂場の有無の効果は認められなかったのは、ミツバチ以外の訪花昆虫の貢献が大きいことが示唆される。

トチノキ個体周囲の蜂場の有無が一花序あたりの果実数に対して与える影響を評価するため、開花量の多寡、周辺における蜂場の有無を固定効果、トチノキ個体をランダム効果として一般化線形混合モデルによって分析した。その結果、蜂場の有無はトチノキの結実数に大きく貢献していないことが明らかになった。またトチノキ周囲の実生数にも蜂場の有無は貢献していなかった。

写真はトチノキの果実。

研究成果の公表

・真坂一彦、佐藤孝弘、棚橋生子（2011）蜜源の森—森林の知られざる多面的機能の一形態— 北方林業 63：65～68

「森林－養蜂－農業のつながり」の実態についての基礎的研究

担当 G：森林環境部環境G・機能G

協力機関：北海道養蜂協会

研究期間：平成23年度～平成24年度

区分：公募型研究

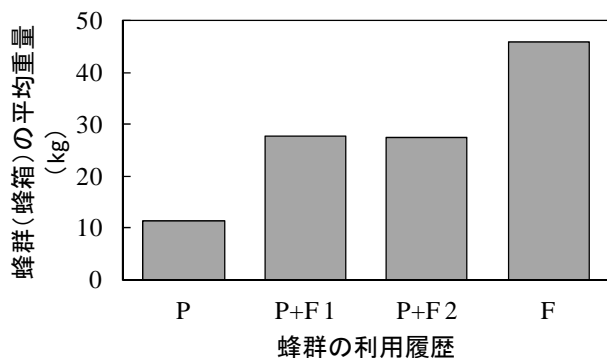
研究目的

北海道ではシナノキ、ニセアカシア（通称アカシア）、キハダをはじめとする樹木蜜源が、単花蜜として採蜜されるハチミツ生産量全体の約70%を占める。一方、養蜂家のミツバチは果樹野菜の花粉交配に利用される。つまり、森林の樹木蜜源が養蜂業を介して私たちの食生活を支えている。しかし、採蜜や農家へ受粉用ミツバチを貸し出し、建勢がいつどのように凶られているのかといった転飼養蜂業の年間スケジュールと関連した調査研究はほとんどない。本研究では、養蜂業を介して森林が農業を支えている構造を情報発信するための基礎的知見の集積を図ることを目的とし、そのため、日本を縦断して採蜜し、地域の農家に受粉用ミツバチを貸し出している転飼養蜂業に焦点をあて、「森林－養蜂業－農業のつながり」の実態を明らかにする。

研究方法(調査地概要や調査方法)

- ・本州での調査：広島県、和歌山県、愛知県での越冬地において蜂群（巣箱）の重量測定
- ・北海道での調査：北海道に渡ってきた上記養蜂家を対象に、樹木蜜源のミツバチによる利用状況を花粉分析および栄養価（窒素量）から評価し、ポリネーション作業による群の疲弊状況と樹木蜜源等による建勢の状況について分析

研究成果



図－1 利用履歴による蜂群の建勢の程度の違い

P：スイカ・メロンのポリネーション（5ヶ月間）、P+F1：夏季にタマネギハウスでポリネーション、8月20日から野生蜜源によって管理、P+F2：7月までメロンのポリネーション、その後は野生蜜源によって管理、F：野生蜜源のみ（サクラ、ツツジ、フジ、トチ、ニセアカシア、シナノキなど）。PIは4群、他は5群を測定。

ポリネーションのみに従事した蜂群（P）はサイズが著しく小さくなり、ときに全滅してしまうこともある。野生蜜源による建勢はきわめて重要である。



写真－1 蜂群サイズの調査の様子（広島県三次市）
左）ポリネーションのみに従事させた蜂群、右）野生蜜源のみで飼養した蜂群

研究成果の公表(文献紹介や特許など)