

災害防止につなげるための森林情報の集積手法の検討とデータ活用

－防災教育支援のためのデータ共有技術の確立－

研究期間：令和3年度～5年度
 小山泰弘・柳澤賢一・戸田堅一郎*

山地に囲まれた長野県の森林管理では防災対策も重要である。防災対策を行うためには、森林内で発生する被害リスクを管理するため、森林路網の位置や気象害・病虫獣害の発生位置の情報を集積し、災害危険地情報へ活かすことが必要である。本研究ではCS立体図から森林路網の抽出を行うとともに、スギの梢端枯れ被害発生地の解析、ツキノワグマ大量出没予測に利用している堅果類豊凶調査と実際のツキノワグマ捕獲状況との関係を整理し、森林管理につながる情報の集積手法を検討した。

森林路網データについては、集積方法が確立できたことで長野県が行う森林路網DX事業へと発展させることができ、路網情報の蓄積につながったが、当初検討していた災害発生予測につながるリスク評価までは至らなかった。森林管理につながる気象害や病虫獣害の情報は点的にしか集積できなかったが、実態が把握できたことで、気象害を受けた被害木の長期的影響を把握するための現地適応化事業へ進展した。またツキノワグマの出没予測に使われてきた堅果着果量調査と捕獲地点との乖離があったことから、調査箇所を見直し、調査地点を変更することとなり、今回の研究成果はすぐに施策へ活かすことにつながった。

キーワード：GIS、森林路網、気象害、獣害、ツキノワグマ

1 はじめに

近年、全国各地で極端な気象現象により土砂災害の発生が増加しており、長野県においても大規模災害が頻発している。こうした災害の発生を防ぐことも重要であるが、被害を最小限におさえるためには住民の避難体制を含めた地域ぐるみの防災対策を進めることが必要である。

このため本県では、山地災害リスクを低減するため、山地災害リスクが高い場所である地すべりや0次谷といった崩壊しやすい地形を判読しやすくしたCS立体図(戸田2014)を開発し、山地災害リスクが高い場所を避けるための災害危険度ランクを検討してきた(戸田2022)。更に、過去の災害履歴を整理することで、地域の災害危険箇所の抽出を行ったハザードマップが県内各地で整備されている。

しかし、土砂災害の危険箇所はこれだけでなく、森林の伐採面積が増大することで土砂災害が増えるとの指摘(多田2018)もある。そこまで大規模な伐採ではなくても、立木を伐採することで土砂の移動量が一時的に増加することは県内でも確かめられており(戸田ら2016)、森林環境の変化は山地災害の発生リスクに影響を与えてしまう。このように考えると、雪や雨氷などの気象害、マツ材線虫病などの病虫害、クマはぎやニホンジカの幹剥皮などの獣害は、立木の枯損を引き起こすこ

とから、被害が拡大した場合には土砂災害リスクを高めてしまう可能性がある。

さらに森林を伐採する場合に整備される森林路網についても、盛土や切土による地形改変を伴う場合が多く、土砂災害の発生源になり得る。

このように考えると、土砂災害のリスクを評価するためには、地形判読による災害危険度の抽出だけでなく、立木の有無につながる森林情報や、地形改変を伴う森林路網の情報を整備しておくことが望まれる。

本県では、令和5年「長野県森林づくり指針」を改訂し、「適正な主伐と計画的な再造林の推進」が謳われるようになった。この実現に向けて、標準伐期を上回る人工林の主伐再造林が進むことが予測され、立木の伐採や森林路網の整備に伴う山地災害のリスクが高まる危険性も考えられる。

一方で、森林整備を行わない場合は、残存木の成長悪化による枯死木の発生や、下層植生が失われることで、土壌の流亡などが危惧され、災害を引き起こす原因ともなるため、適切な森林整備が防災減災対策につながる。

古来、森林に囲まれた山村地域では、地形条件に即した土地利用が行われ、ごく自然に防災、減災への対応がされてきたと考えられている(長谷川・佐々木2011)。とはいえ、過度な森林管理を行ったことで災害リスクが高まり生活が脅かされ

* 元林業総合センター育林部

たという事例もあり (早田 2023)、地形条件に加えて、森林路網を含む森林管理に関わる情報を整理しておくことは、地域防災を考える上でも重要である。

そこで本研究では、これまで整理されていない森林管理に関する情報をどのように集積し、地域防災を進めるために必要なデータとして整理していけばよいのかを検討することを目的とした。

まず、本県が開発したCS立体図を活用することで検討可能な森林路網の情報を精査し、CS立体図を基に森林路網を抽出する手法の開発を行った (2章)。

その上で、広域的な被害を及ぼす可能性がある気象害に対応するため、令和4年度に発生したスギの梢端枯れ被害を取り上げ、この被害に関する情報集積を行った事例を整理し、被害発生から原因分析に至った過程を整理することで、被害発生リスクをどのように評価し、地域の防災に役立てる可能性があるかを検討した (3章)。

病虫獣害に関しては、マツ材線虫病に関しては被害リスクの検討が行われ (柳澤 2023)、獣類による農林業被害が多い獣類については第二種特定鳥獣管理計画を定め、5年に一度見直しをする中で被害軽減への取り組みが進んでいる。しかし、農林業被害だけでなく人身被害を引き起こす可能性があるツキノワグマについては、出没そのものが人的被害の引き金となる可能性もある。そこで、ツキノワグマの出没状況について整理し、出没予測に用いられているブナ科の堅果類豊凶調査との関係を整理した (4章)。

以上の結果を整理し、空中測量に拠らない森林の情報を地域で行われる防災対策および住民への周知を含めた防災教育へ活かすことができるのかどうかを整理した (5章)。

当初の計画では、地利と森林管理を行う上で必要となるリスクを整理して、地域ぐるみで行う防災対策につなげるデータを集積し、その情報を共有してハザードマップ等の災害危険地情報へ活かすことを目的としていたが、データを集積させることで県の事業として活用できるところにとどまり、当初目的を達成することはできなかった。

今後、期間延長をしたとしても当初目的に叶う成果に到達することは難しいことから、得られた成果を整理することにとどめることとした。

なお、本研究は県単研究課題「防災教育支援のためのデータ共有技術の確立」として、令和3～5

年度までの3か年計画で実施したもので、第2章は戸田が担当し、第3章と第4章は小山と柳澤が担当し、本稿は小山が執筆した。

本研究の成果の一部は、森林防疫 (柳澤・小山 2023) へ投稿したほか、各章で取り組んできた成果は、県の事業等へフィードバックした。

2 森林路網判読技術の開発

2.1 目的

森林管理に使われている森林路網は、森林経営の基盤として整備されており、これらを活用することで災害時の避難経路にもなることが予測されるが、森林路網の整備は地形を改変することがあるため、土砂災害の発生源にもなりえる。しかしこれまで、森林路網はその道幅が狭いため樹木下などでは森林路網は空中写真などからの判読が難しく、国土地理院の地形図や森林計画図においても記載されていない場合や、線形が実際と異なっている場合が多かった。

近年当センターでは、地形判読を容易にするためにCS立体図を開発し、より詳細な地形判読が可能となった。長野県全域（私有林のみ）のCS立体図データは、シームレスなラスタスタイル形式ファイルで、G空間情報センター (<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/nagano-csmap>) から公開しており、誰でも活用できる。加えて、効率的に森林路網情報の精度を高めるために、AI解析技術を用いて、CS立体図から森林路網線形を自動抽出する技術を確立してきた。

こうした結果を踏まえ、本研究では防災対策の基礎資料の一つとなり得るデータの作成とその活用方法を検討することとした。

森林路網を正確に判読するため、CS立体図からAI解析により抽出した路網線形(以下、AI路網図)について、既存の地図との差異を比較し、現地確認により、その適合性の検証を行った。

2.2 方法

調査対象地は当センター周辺の森林路網とした。同じ範囲の図郭で切り出したCS立体図、国土地理院地形図、森林基本図、空中写真（地理院地図）、AI路網図を用意し、GISにより重ねて表示して各図に記載されている路網線形の差異を判読したうえで、現地踏査により状況を確認した。

2.3 結果

図-1に国土地理院地形図とAI路網図を重ねて表示、図-2に空中写真、図-3に森林基本図、図-4にCS立体図、森林基本図、AI路網図を重ねて表示し、各図に現地踏査の調査地点番号を表示した。調査対象地においては、地理院地形図では①～⑧全ての路線が表示されており、表示位置も正確であった。しかし、今回の調査対象地は当センター

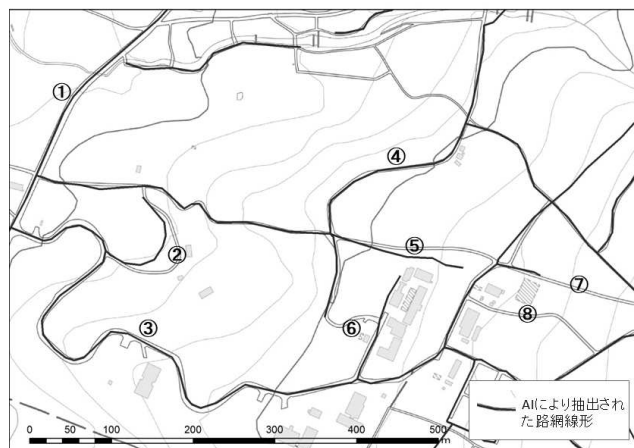


図-1 国土地理院地形図、AI路網図

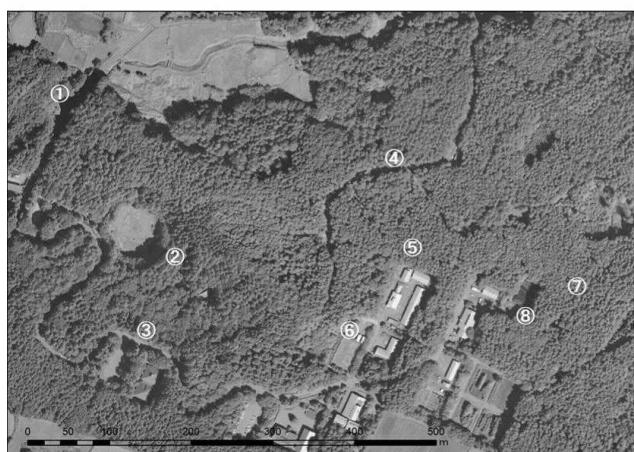


図-2 空中写真

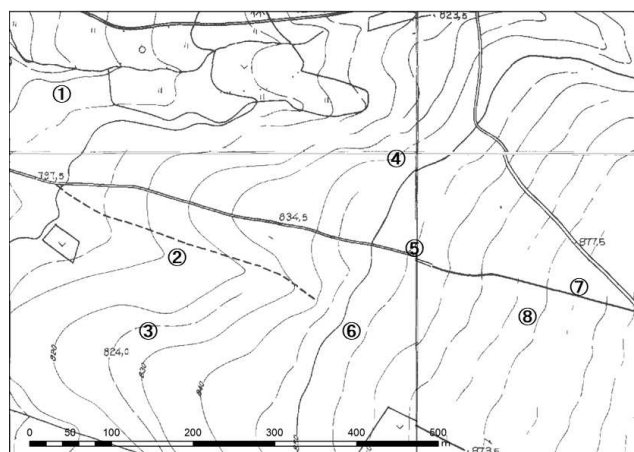


図-3 森林基本図

周辺であり、市街地からも近いいため正確な線形が表示されているが、奥地の林道や作業道などは表示されていないことが多いため、注意が必要である。空中写真からは、①③④⑥の路線は判読できたが、②⑤⑦⑧の路線は樹木下になるため判読できなかった。森林基本図は、⑤⑦を除く路線が表

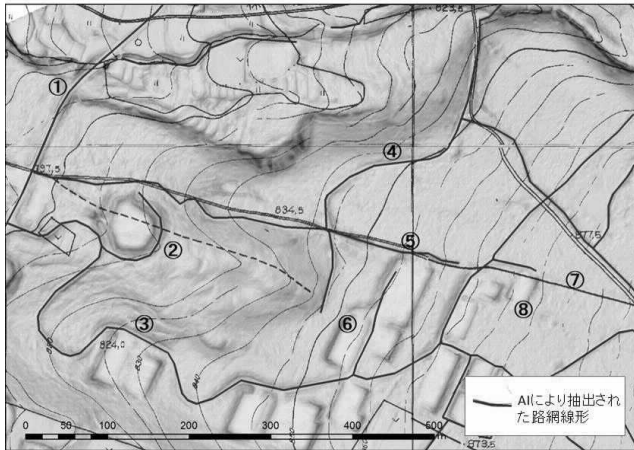


図-4 CS 立体図、森林基本図、AI 路網図

示されていなかった。⑤は現道ではなく、約 20m 離れた場所にある旧道の歩道が表示されていた。森林基本図が作図された当時では、対象地内の多くの路線が開設されていなかったためと考えられる。AI 路網図では、②は路網線形ではなく、調整池の土手を誤判読していた。⑤は現道ではなく、旧道の歩道を抽出していた。⑥⑦⑧は抽出できていなかった。

以上から、AI 路網図は概ね森林路網の線形を抽出しているものの、地形形状が類似している場所での誤判読や、抽出漏れが確認された。

2.4 考察

CS 立体図から抽出した AI 路網図は、全ての作業道の抽出には至らず、誤判読するケースや、抽出出来ないケースもあり、そのままではデータの利用が不十分で、CS 立体図を再度目視で判読して修正することや、空中写真や国土院地形図など他の資料を活用するなどが必要だと思われた。加えて、AI 路線図が現道ではなく、旧道を抽出している場合があったことを考えると、現地調査による線形の確認が必要であると考えられた。

路網と災害リスクという点で考えると、地形改変を行ったことで、路網の存在が災害を引き起こす災害リスクの面と、災害が発生し、通常利用している道路が損壊した場合にバイパスルートとして活用できるかどうかの災害後の便益面が考えられる。

今回作成した AI 路網図は誤判読があったという時点で災害リスク及び災害後の便益の評価が出来ないことは明白である。しかし、平坦面を抽出できるという点では、災害リスクの少ない地形を

抽出したとも考えられ、抽出できなかった路網には災害リスクを含んでいるという指摘も出来る。一方で、災害後の避難路になるかどうかと考えると、確実に路網だといえなければ避難路になるか否かの検討が出来ないことから、避難路としての有効性は低いと判断できた。

いずれにしても、現段階での AI 路網図は、抽出された路網を全て再確認して初めて使えるものであることは認識できた。

2.5 事業導入による全県下での解析

2.5.1 森林路網 DX 推進事業の概要

今回の結果、CS 立体図から抽出した AI 路網図では、既存図面と一致する公道をはじめ、林道や森林作業道が多く抽出されていた(図-4)ことから、長野県では、CS 立体図から AI 路網図を抽出し、森林路網情報を整備するための「森林路網 DX 推進事業」を令和 4 年度から実施した。当該事業では、令和 4 年度から令和 13 年度までに林道及び森林作業道等の路網情報のデジタル化を進め、放置作業道の再利用も予定している。

森林路網のデジタル化を進めるためには、今回得られた AI 路網図の技術を用いることとしているが、今回の研究で解明された AI 路網図の欠点を補うため、今回の研究で用いた CS 立体図、国土院地形図、森林基本図、空中写真(地理院地図)と AI 路網図を GIS により重ねて表示させて、路網線形の差異を判読しながら、確からしい路網の抽出を進めることとした。本事業では、現地踏査を代用する手段として、Google 社が提供する Google マップに付随する空中写真及び Google ストリートビューを参考にした。

ストリートビューは、主な公道に関して 360 度のパノラマ映像が表示されているため、公道に接する林道や作業道であれば、ストリートビューの映像で接道が判別できる。一方で林道にはストリートビューが存在しないことが多く、林道としか接道していない森林作業道の場合は、作業道として使用できるかどうか分からないことから、「森林路網 DX 推進事業」では、AI 路網図の解析作業を行うことと並行して、林道台帳に記載されている全林道を対象として、ストリートビュー映像の撮影も行うこととした。

2.5.2 森林路網 DX 推進事業実施後の課題

令和 4 年度から開始した「森林路網 DX 推進事

業」で、AI 路網図の解析を開始したが、実際に解析をはじめると、いくつかの課題が見えてきた。

林道は開設後に市町村道として管理されているが、森林作業道は、森林整備のために一時的に整備しているだけのことが多い。そのため、森林整備が行われなければ管理が行われなことから、林業関係者ではない利用者が不用意に侵入して予期せぬ事故や廃棄物の投棄などが危惧されるため、地形図や森林計画図に記載されていないことも多い。

今回解析した AI 路網図では、既存図面と一致する林道や森林作業道と判読できる線形が多く抽出されたが、昔の木馬道や軌道敷、作業道跡と思しき道の痕跡が認められた。これらの道は現状では森林作業道として利用できないが、「森林路網 DX 推進事業」では、「放置作業道の再利用」も検討されていることから、平坦面が存在しているという情報として残し、将来森林施業を行う場合に路網を再設定する際の参考データとした。

一方で AI 路網図は、尾根の平坦部、1.5m 程度の幅で整備された登山道、鉄塔管理のための巡視路、電力線の線下伐採跡などを路網だと誤認する場合もあった。これらについては、林道又は公道への接道距離が長い場合や、途中で急斜面を挟む場合、道路規格を上回る急峻な道やつづら折れの場合は道路ではないと判断した。

一方で、河川敷に敷設された路網やあぜ道、農業用水路を路網と誤読したケースでは、Google ストリートビューで接道部分を確認することで、森林路網であるかどうかを判断できた。

確かに、AI 路網図で判読した森林路網の中には、今回の作業を行ったとしても、最終的に現地調査を行わなければ作業道として利用できるか否かを判読することは難しいが、上記の条件で整理していくことで、既存の公道や林道の位置が明確になり、林道及び森林作業道の接道部分がストリートビューなどの 360° のパノラマ画像で把握できれば、一定の精度で路網情報が整備できると考えられた。

2.6 おわりに

今回の成果は、長野県が行う「森林路網 DX 推進事業」に活かすことで、県下の森林路網情報の整備ができることとなった。

森林路網として抽出された線形の中には、現状では森林路網として活用できないものも残されて

いるが、森林内に認められた連続の平坦地形は、森林作業を実施する際に路網開設を行おうとした場合、作業効率を高める基礎資料となることは間違いない。今回の結果を受け、森林路網の情報が林業事業者の間で共有できれば、不用意な路網整備が行われず、効率的な森林作業につながることは期待できる。

とはいえ、本研究では森林路網の抽出方法を整理し、事業として県下全域の森林路網を整備できると判断できた段階にとどまり、災害の発生予測に活用できるデータとして共有するには至らなかった。こうした点については今後の課題として残し、災害リスクを評価するための研究が別途進んだ段階で、改めて再開させることで、山岳地が多い長野県の防災対策に役立てていく必要がある。

3 気象害のデータ集積と原因解析(スギ梢端枯れを事例として)

3.1 目的

県内民有林の森林資源が、木材として充分利用可能な大きさに成長してきたことから、林業経営に適した人工林では、主伐再造林を進める動きが活発になっている。林業経営に適した人工林の選定にあたっては、地形条件や地利的な条件で選定されることが多いが、森林の育成には時間を要するため、恒常的には発生しないものの、時に甚大な被害を引き起こす可能性がある気象害は、森林管理上のリスクとなり得るが、その対策については不十分である。

植栽から収穫までの数十年単位で気象害が発生する可能性があるかどうかという観点で考えれば、10年に1度程度の割合で発生する(牛山・宮崎 1992)とされる雨氷被害に関しては、発生しやすい環境を避けることが望まれる。

過冷却の雨が降ることで発生する雨氷被害は、標高や斜面方位などの局所地形によって被害発生箇所が限定されると考えられ、実際標高 1,000m以上の地域では毎年1日以上雨氷が発生しており、標高が高いほどリスクは高いと指摘されている(松下・権頭 2000)。

雨氷による森林被害額は過去に 37 億円に達したことがある(牛山・宮崎 1992)など、木材生産を行う上では大きなリスクとなるため、主伐再造林を行う上での障害となる。しかし、雨氷が発生したとしても氷の厚さによって幹にかかる重量が大きく変わるため(古川ら 1999)、単に雨氷の発生予測だけでは被害の発生リスクとつながらない。

森林における気象害のリスクを考える一つの判断基準として、雨氷被害の実態把握は必要だと考えられるが、本調査期間中には発生しなかったため、検討することができなかった。

そこで今回は、今後気象害が発生した際にデータを収集する手法と被害の解析技術を検討する事として、2022年に点的で発生した気象害の情報の収集を行い、集められた情報を地理情報として整理したうえで、被害実態を分析した。

3.2 方法

調査対象は、2022年に発生したスギの梢端枯れを対象とした。当該被害を対象としたのは、発生当時は原因が把握できなかったものの、気象害の

疑いが高いと判断したことに加えて、類似の被害が過去に記録されていなかったことが発端である。被害の情報は2022年5月下旬に松本地域振興局林務課から「スギの梢端部及び枝先のみが赤変した個体が認められる。現在は林内に点在しているだけだが、地域のスギ林全体に拡大するような危険はないのか。被害の発生原因とその対策を教えてください」との相談が寄せられた。ほどなくして上伊那地域振興局林務課からも同様の相談が持ち込まれた。そこで、両被害地を踏査したところ、スギ林内で梢端部が赤変した個体が点在しており、時には梢端部だけでなく、一部の枝先が同様に赤変しているという特徴が共通していた。

被害地域が離れた場所であったことから、県内他地域でも発生している可能性があるのではないかと判断し、松本地域及び上伊那地域で確認した被害の共通点(スギの梢端部と一部の枝先だけが赤変する)情報を、現地で撮影した写真とともに、長野県林務部局(県庁林務部と県内10所の地域振興局林務課)に情報提供を行うとともに、類似被害の発生について、2022年6月から7月末までの期間を対象として、情報提供を依頼した。

情報収集を行ったものは、スギの梢端部及び枝先が赤変した被害木のみとした。なお、当該被害であるかどうかを判別するため、情報提供に際しては、被害木の写真データの提供を求めるとともに、被害形態(梢端部の被害であるか、枝先であるか、両方あるのか)、被害木の位置(緯度、経度、斜面方位、標高)、被害本数を合わせて収集した。

収集できたデータをもとに被害実態の把握を行ったが、単木単位での被害情報が多かったこと、被害が確認された際に情報を集める形であったことから点的な情報は収集できた。しかし、今回の被害は被害範囲及び被害の特定が困難なため、全域を踏査して被害情報を収集することが難しかったこともあり、地理的な情報の解析は、当所で踏査することができた辰野町、塩尻市、松本市の被害発生地周辺にとどめた。

3.3 結果と考察

3.3.1 被害発生状況

調査期間に長野県内全域で報告されたスギの梢端枯れは、18市町村で合計638個体が確認された。被害を多く確認した市町村は、辰野町で362本、松本市で75本、伊那市で56本、塩尻市で55本と長野県の中部から南部にかけて多かった。

とはいえ、被害は白馬村などの多豪雪地域から、上田市、佐久穂町などの少雪寒冷地域など様々な地域で発生していた(図-5)。

638 個体の被害木について、発生している斜面方位は、北向き斜面と北西斜面が多かった。被害分布は、北東から西までの範囲に集中し、東南方向や傾斜5度以下の平坦面での被害はほとんどなかった(図-6)。また、発生標高については、500~1,100mの範囲で発生しており、標高別の被害本数を見ると、750~900mで多発していた。なお、長野県でスギが植栽適地とされる標高は概ね1,000m以下のため、900m以上の標高では、植栽面積が少なかったと推定される。このことから当該被害はスギの植栽適地の中でも標高の高い地域で発生したと考えられた。

なお、南向き斜面で被害が認められなかったことから、被害本数が最も多かった辰野町の被害発生位置について、被害木の分布とスギ林の位置を重ね合わせて見たところ(図-7)、斜面方位に関係なくスギ林がありながら、被害が起きた方位が主に北~西向きだった。同様の傾向は松本市及び塩尻市でも確認され、今回の現象は類似環境で起きたと判断した。

3.3.2 被害原因

当該被害の原因を検討するため、辰野町小横川、松本市四賀、伊那市長谷、上田市真田町の4か所で計9本の被害を受けた側枝を採取し、枝葉の発達状態や木口および樹皮下の状態を確認したところ、いずれの側枝にも病変は認められず、虫害の痕跡としてはキクイムシ類またはカミキリムシ類によるものが見られたが、加害痕に樹脂が発生した痕跡がなかったことから、枯死後に侵入した二次被害と考えられた。さらに側枝を採取した樹木を含め被害木にはクマ剥ぎなどの獣害痕跡は認められなかった。

なお、被害枝の表皮を剥いで観察したところ、被害部のみで変色が見られ、変色部の枝を切断して断面観察したところ、側枝の先端部に近い直立した場所にある被害部の断面に変色が見られた。変色は側枝で、上面や側面など様々な方向で見られたことから、凍傷痕ではないかと判断した。しかし、凍傷痕は明瞭ではなく、凍傷痕も見られない側枝もあったため、単なる凍害ではないと考えられた。そこで、被害時の気象条件を被害が最も多く確認された辰野町の気象観測データを分析し

た結果、2021年の12月から2022年3月までの間に最高気温が10度近くを記録した直後に氷点下10度近くまで下がるような急激な寒暖差が複数回記録されていた。加えて最高気温が0℃を下回る真冬日が、12月26日から2月21日までの間に7日記録されていた。このように寒暖差が大きな気候だったことに加えて、寒風害が発生しやすいとされる北から北西の斜面で寒風があたり、凍害と寒風害の複合被害が発生したと判断した。

寒風害と凍害の複合被害は過去にあまり記録はないが、凍害は皆伐造林地で厳寒期に氷点下の気温が続くような場所の幼齢木に多いとされ(森林総研 2019)、スギ壮齢林での被害報告(外館 1985)もある。壮齢林での被害は短期的なもので、スギの成長には大きな支障がなかったとされることから、本被害も木材生産を行う上で、甚大な影響を及ぼすものではないと考えられた。

3.4 まとめと今後の課題

今回の被害は、調査の結果、寒風害と凍害の複合被害により、標高が高いスギ林に発生した被害であり、過去の調査結果(外館 1985)も踏まえれば、今回の被害木は枯死する可能性は低く、影響は軽微であると考えられた。

しかし、スギの気象害は同一箇所が発生する可能性があると考え(吉武 2018)、今回の記録を残しておくことは重要である。さらに、寒風害や凍害は成木よりも幼齢木が多い(森林総研 2019)ことから、今回の被害が軽微だったからと安心することなく、今後、被害地で主伐再造林を行う場合は、植栽樹種を変える必要がある

なお、本被害については、既往の結果(外館 1985)から、残存木への被害はほとんどないと考えられたが、集落近くの里山で多く発生しており、今後の木材利用への影響が本当に無いのかを確かめるため、被害本数が最も多かった上伊那地域振興局林務課で、2024年度から「現地適応化実証試験」に取り組んでいる。

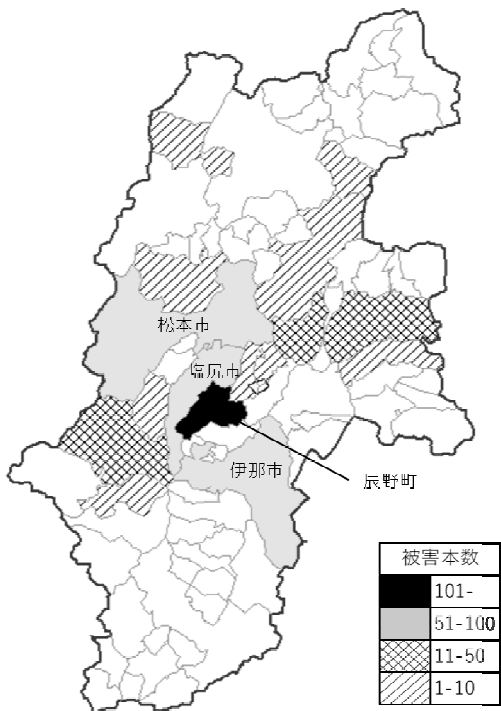


図-5 スギ梢端枯れ被害の発生市町村

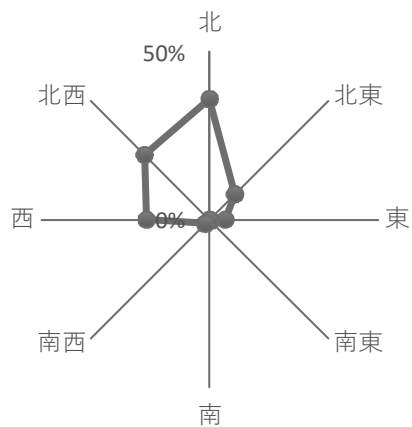


図-6 斜面方位別被害木割合

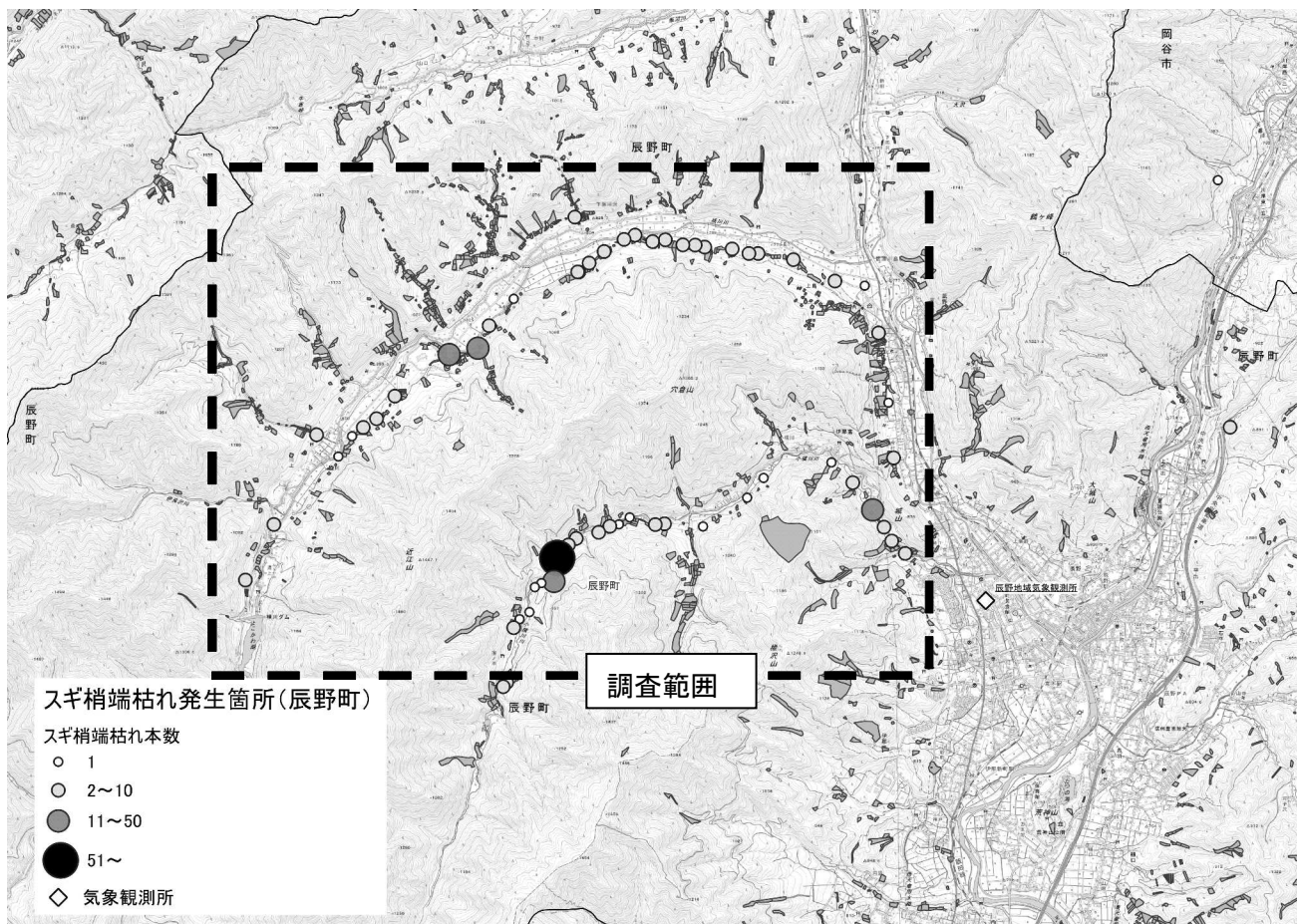


図-7 辰野町におけるスギ林の分布と梢端枯れ発生状況との関係 (国土地理院地図に重ね合わせ)

4 ツキノワグマの出没状況と堅果類豊凶調査の関係解析からみた獣害対策のデータ集積と地域防災に向けた分析技術の検討

4.1 目的

前章までは、森林路網及び気象害といった、地形条件に左右されると考えられる情報の集積方法を検討し、森林を管理していくために必要な情報をどのように集積していけばよいかを検討した。

しかし、現実の森林では、松くい虫被害に代表される病虫害やニホンジカなどの獣害が、次世代の森林づくりを進める上での大きな課題となっている。これに対し、面的に被害が拡大する松くい虫被害に対しては、長野県の令和2年度松くい虫被害地森林経営管理対策支援事業により人工衛星画像を用いた「松くい虫被害レベルマップ」が作成され、被害の進展に合わせた順応的管理が始まっている。

また、個体数の増加や生息地の拡大により農林業被害が増加している鳥獣については、個体群を安定的に維持するとともに被害を軽減することを目的とした「第二種特定鳥獣管理計画」を策定し、科学的根拠に基づき、計画的に地域個体群の維持を図りながら、被害防除を進めている。

第二種特定鳥獣管理計画を策定している獣種は、ニホンカモシカ、ニホンジカ、ツキノワグマ、ニホンザル、ニホンイノシシの5獣種であるが、このうち、ツキノワグマに関しては、農林業被害以外に人的被害も問題である。人的被害のリスクは、山林内での堅果類が凶作になると、秋に里地へ下り、人との不意の遭遇機会が増加すると考えられており（水谷 2022）、出没を事前予測するため、長野県では堅果類の豊凶調査を行っている。現在は、豊凶調査の結果などを参考として「ツキノワグマ出没注意報」ならびに「ツキノワグマ出没警報」を発令しているとともに、目撃情報をもとにしたツキノワグマ出没マップを作成し、ホームページ上で公開している。

ツキノワグマの出没注意報ならびに出没警報は、人的被害のリスクを防ぐための措置として重要であるが、注意報や警報を発令しても、実際に出没が増えなければ情報の信頼度の低下を招き、危険回避につながらない可能性が出てしまう。秋の出没予測に用いている堅果類についても、ツキノワグマが利用する植物種が地域により違いがあるため、対象樹種や地点の選定に問題があるので

はないかとの指摘もある（水谷 2022）。

堅果類豊凶調査をツキノワグマの出没予測に使うためには、過去の豊凶調査の結果と出没状況との関係を整理することが求められる。ツキノワグマの出没は、目撃と捕獲の両方が考えられるが、目撃情報に関しては、正確な地点が把握できているかの検証が難しいことと、ニホンカモシカやニホンイノシシなどとの誤認も少なからず考えられることから、捕獲情報のみを検討材料とした。ツキノワグマの捕獲情報は、檻による捕獲となる事が多く、檻の設置位置が捕獲場所となるため、必ずしも出没しやすい場所であるとは言えないが、その周辺にきたツキノワグマである事は間違いない。加えて、出没予測に基づく注意報や警報が発令されるような場合の捕獲は、人家近くなど緊急性が高く殺処分の対象となるため、一頭のツキノワグマが複数回記録される可能性はなく、出没予測との関係を確認するデータとして重要であると考えられる。

こうしたことから、長野県における堅果類豊凶調査の結果と、実際に出没したツキノワグマの捕獲情報との関係を解析し、水谷（2022）が指摘した豊凶調査の有用性を検討した。

4.2 方法

調査は、2010年から2014年までに県内で捕獲されたツキノワグマの捕獲調査票と、同時期に地方事務所林務課が実施した堅果類豊凶調査の結果について、位置情報を統合してその関係を整理した。

なお、堅果類豊凶調査については、定点を定めて実施しているが、現地の環境変化に伴い、調査位置が変更された可能性もあることから、2018～2022年の結果も合わせて記録することで、過去に実施した豊凶調査の影響だけでなく、近年の豊凶調査による評価も加味した。

調査結果については、これまで地域振興局単位で整理されてきたが、第二種特定鳥獣保護管理計画においては、ツキノワグマの地域個体群を8つのユニットに区分しており、地域個体群ごとにその動態を整理することが重要であると考え、捕獲地点及び豊凶調査地点をGIS上に落として整理した。

今回整理した堅果類豊凶調査結果は毎年100件程度が報告されており、今回対象とした2010～2014年と2018～2022年までの10年分で1,174件

表 41 調査対象とした堅果類調査と捕獲調査の件数

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015~2017	2018	2019	2020	2021	2022	合計
堅果類 調査(件)	110	99	121	112	111	対象とせず	119	119	127	125	131	1,174
捕獲情報 (個体)	334	239	291	197	640	対象とせず						1,701

となった。一方で、2010 年から 2014 年までの捕獲記録は、2014 年が大量出没年で 640 個体の記録があり、5 年間の合計で 1,701 個体となった(表-1)。

堅果類の豊凶調査がツキノワグマの出没とどのような関係があるのかを考えるため、ツキノワグマの出没時期を冬眠期と考えられる冬(1~4月)、冬眠直後の春(5~6月)、夏(7~8月)、堅果類の豊凶と関係が深いと考えられる秋(9~10月)、堅果類が少ない場合に冬眠時の栄養を求めて歩き回る可能性がある冬(11~12月)に分けて、ユニット単位で捕獲数を整理した。

なお、同一ユニットであっても地域的に捕獲時期がずれていると判断できた場合は、1 ユニットの更なる気象条件や植生分布などの環境条件を勘案して更に区分した。

4.3 結果と考察

4.3.1 地域による捕獲時期

捕獲情報が得られた 1,701 個体の捕獲位置を GIS で整理し、長野県が定める 8 つの保護管理ユニットに区分し、うち 6 か所を捕獲時期別に整理した(図-8)。

その結果、堅果類の豊凶調査と関連性が高いと考えられる秋の捕獲が多かった場所は、越後三国ユニットと北アルプス北部ユニットだった。しか

し、越後三国ユニット内を精査すると、高社山の北に位置する飯山市、野沢温泉村、栄村が該当する北部地域と、南に位置する中野市、山ノ内町地域では、出没傾向が異なり、北部では全体の 3 分の 2 が秋の捕獲だったのに対し、中野山ノ内地域では、秋と夏の捕獲数がほぼ同じだった。

同様の傾向は北アルプス北部ユニットでも見られ、多雪豪雪となる白馬村小谷村に位置する北部地域では、越後三国と同様に秋に 3 分の 2 を捕獲していたが、積雪深が少ない大町市から塩尻市までの地域(北アルプス北部(大町~松本))では、夏と秋の捕獲数がほぼ同じだった。

さらに、北アルプス南部ユニット(木曽郡)、南アルプスユニットでは夏の出没が最も多く、図-8 には示さなかったが、中央アルプス及び越後三国ユニット東部の浅間山麓地域でも同様の傾向だった。なお、解析を行った 5 年間では長野北部ユニット、関東山地ユニット、八ヶ岳ユニットでは、ツキノワグマの捕獲が少なかったため、季節的な分析は行わなかった。

以上の結果から、秋の出没予測に用いることを想定すれば、越後三国ユニットの北部(飯山市、野沢温泉村・栄村)と、北アルプス北部ユニットの北部(白馬村・小谷村)では、堅果類の多寡が、出没予測に有効であると考えられたが、他の地域

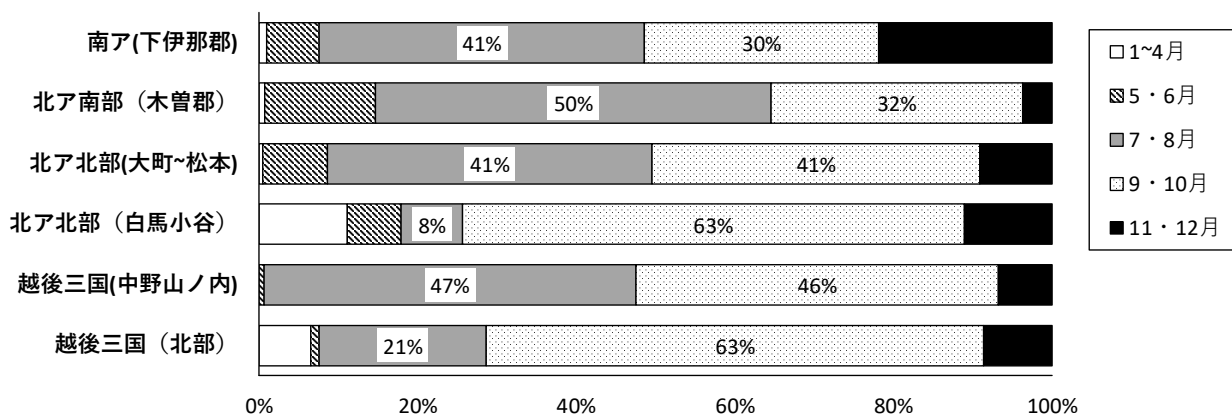


図 8 地域別に見たツキノワグマの捕獲時期割合

では秋よりも夏の出没が問題となった結果捕獲が多くなっていたことから、夏の出没予測がより重要だと考えられた。

なお、秋の出没に伴う捕獲数が多い2地区はいずれも多雪豪雪地域に属していた。なお、多雪豪雪地域に相当するユニットとしては、長野北部ユニット（東筑摩郡北部から長野市、信濃町、関田山地）においては、解析を行った期間の捕獲数が少なかったため、分析が出来なかった。

以上の結果から、現在長野県で実施している堅果類豊凶調査による出没予測が最も効果的な地域は、県北部の多雪豪雪地域であり、他の地域では、堅果類の豊凶に伴う出没も一定数は考えられるが、堅果類が成熟する前の7～8月に多く出没することを考えると、他の要因によって出没している可能性が高く、堅果類の豊凶調査による出没予測は参考程度に止めることが望ましいのではないかと考えられた

特に、木曾地域に相当する北アルプス南部ユニットや中央アルプスユニットでは、夏が最も多く秋がそれに次ぐことは間違いが無いが、秋の捕獲数に近いレベルで春（特に6月）の捕獲も多く、堅果類とは全く異なる食料に起因する可能性が考えられた。

4.3.2 捕獲地点と豊凶調査定点との関係

GISで整理した捕獲位置と、堅果類豊凶調査の定点調査地を重ねて整理したところ、図-9のように捕獲地点と豊凶調査の定点にズレがあり、捕獲地点周辺で豊凶調査が無い場所や、豊凶調査地点周辺での捕獲が無い場所、豊凶調査を行った定点と捕獲場所が近接する場所など様々で、一定の傾向は認められなかった。

本来、秋の大量出没は、堅果類の結実が少ない場合に山地から里地へ下る事で発生すると考えられており（水谷 2022）、何らかの被害リスクがあることで捕獲されてしまう場所よりも奥山側での堅果類の豊凶を把握しておかなければならない。

堅果類の豊凶に関しては豊凶周期が長いとされるブナであっても毎年のように結実する個体と、豊作年のみに結実する個体がある（武田宏 1992）ため、豊凶調査定点が適正でなければ、里地への出没予測に用いることは困難である。

そこで、全県下で集積された捕獲位置に対して、堅果類豊凶調査の調査定点が適切な位置であるのかどうかを検討するため、捕獲時期の分析により

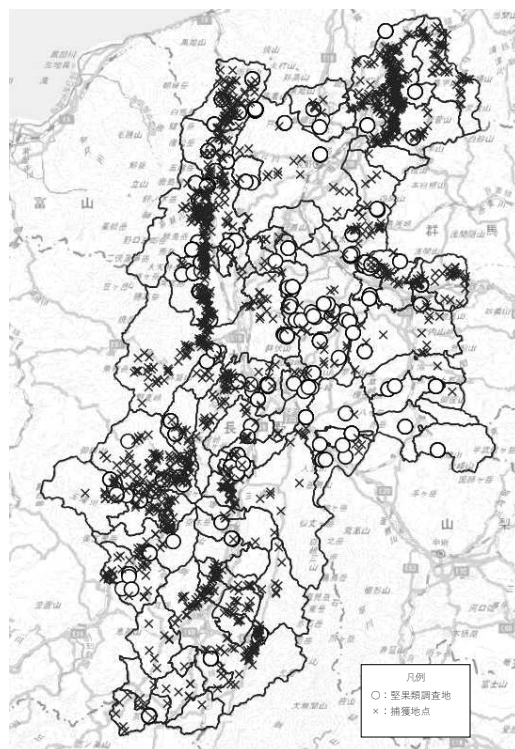


図-9 捕獲地点の豊凶調査地との関係

堅果類の豊凶が秋の出没予測に特に重要であると考えられる県北部を対象として分析した。

結果、図-10で示したように、北アルプス北部ユニットの白馬小谷地区では、豊凶調査定点が捕獲位置の山側にあつたが、越後三国地区の北部地区では、堅果類の豊凶調査定点が1カ所（木島平カヤの平のブナ）しかなく、地域によっては重要な指標植物とされるミズナラやコナラ（水谷 2022）の豊凶は加味されていなかった。

また、これに隣接する越後三国ユニットの中野山ノ内地域では、捕獲地点よりも市街地に位置する公園での調査結果が反映されており、捕獲数が非常に多いエリアでありながら、長野北部ユニットに分類される関田山地を含めて豊凶調査定点が非常に少なく、出没予測として考えると不十分だと判断できた。

なお、堅果類調査の情報を精査したところ、それぞれの調査定点における調査対象木の本数には差があり、少ない場合は単木のみで評価している場合があった。豊凶調査を行うためには、一定数の個体を確認する必要がある。長野県では、豊凶調査の対象木を10本以上としていたが、現実には本数が不足しているにもかかわらず、定点を設定し豊凶を観測している場合があることも課題だった。

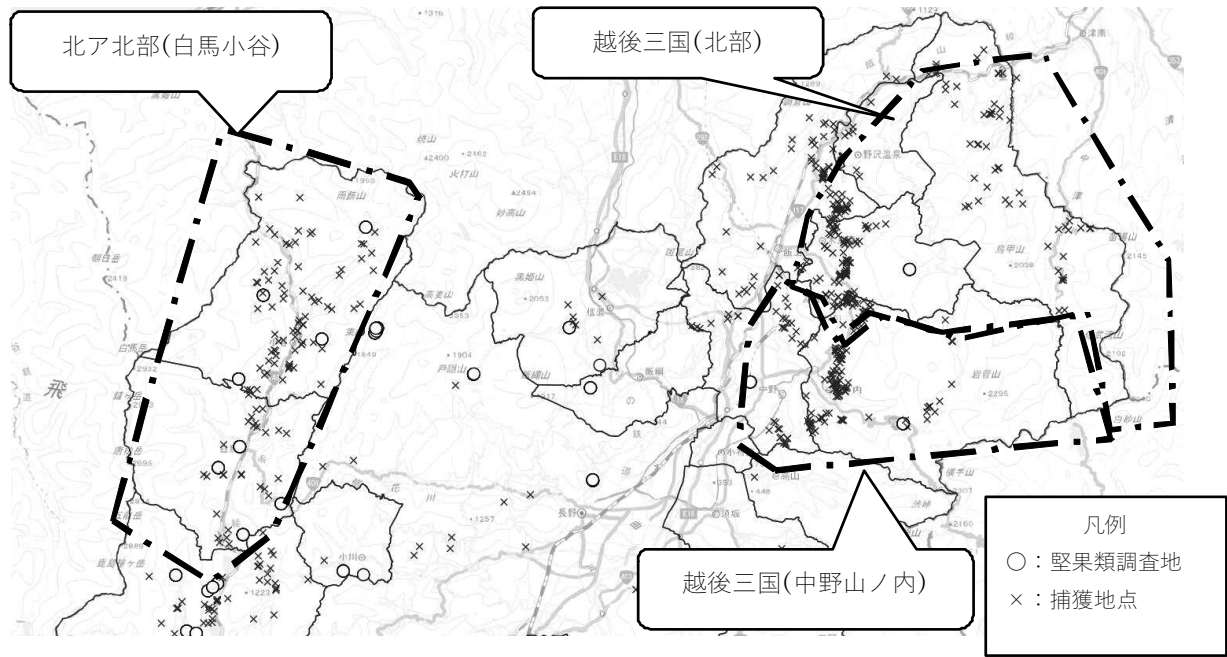


図-10 堅果類豊凶調査地とツキノワグマの捕獲位置との関係

4.4 成果の普及(まとめに変えて)

ツキノワグマの出没予測と堅果類の豊凶調査の結果を整理したところ、積雪が多い長野県北部において秋の出没が多く、出没予測の資料として堅果類の豊凶調査が重要である可能性が示唆された。

そのうち、北アルプス北部ユニットの白馬小谷地域では、2022 年度に進めている堅果類豊凶調査の調査地点は地域全体に広がっており、ユニット内を広域的に移動するツキノワグマの出没予測に使えるデータであると考えられたが、越後三国ユニットの北部に位置する飯山市、野沢温泉村、栄村地域では豊凶調査地点の再整理が必要と考えられた。当該地域を管轄する北信地域振興局では、越後三国ユニット（北部及び中野山ノ内）及び長野北部ユニットに該当する関田山地も含まれる。

そこで、2024 年 8 月に現地踏査を行い、これまでに堅果類豊凶調査の対象樹種として適切である可能性があるコナラ・ミズナラ・ブナが調査地内で 20 本程度確保できる場所を再選定し、図-11 で示した箇所を調査定点として提案し、2024 年度の豊凶調査に反映させた。

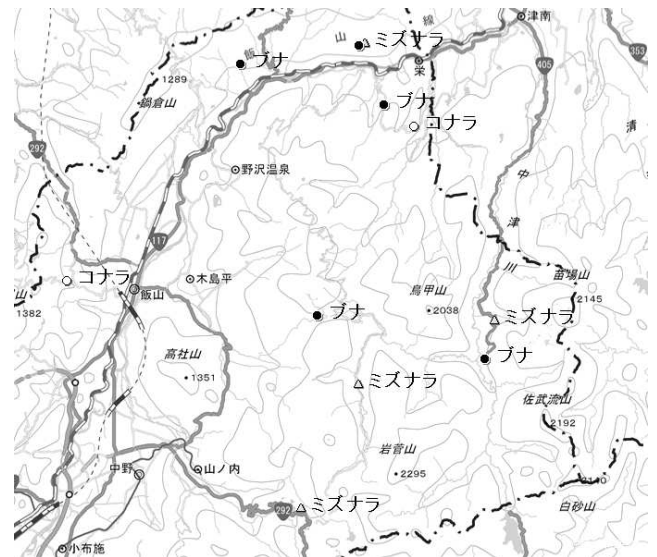


図-11 再検討した豊凶調査定点

5 森林管理に関する情報集積に関する整理

今回の調査では、レーザ測量など航空測量だけでは得ることが困難な森林情報をどのように森林管理に活かしつつ、地域の防災対策として活用できるのかについて検討した。

その結果、第2章でまとめた、森林路網の情報集積に関しては、林務部信州の木活用課林道係が2022年度（令和4年度）から実施する「森林路網DX推進事業」として、今回実施した作業道の作成手法が活用されており、森林路網のデジタル情報整備につながっている。

また、第4章でまとめたツキノワグマの発生状況解析については、2024年度から開始した「長野県における新たなツキノワグマ対策」に反映され、北信地域振興局管内では堅果類種子豊凶調査箇所に関して図-11の箇所で暫定的に調査を行った。2025年度以降は調査箇所を本格的に変更する計画となっている。さらに本研究で2014年度までの結果をもとに進めてきた捕獲情報の分析は、第4章で示したデータの整理方法を参考として長野県林務部森林づくり推進課がデータの集積を進めている。2015年から2024年までの10年分の捕獲データが蓄積できれば、今回解析できなかった長野北部ユニットや八ヶ岳ユニット、越後三国ユニットの浅間山麓地域などでも、ツキノワグマの出没状況を精査し、堅果類豊凶調を含めた出没予測手法の開発につなげていく計画となっている。

さらに、第3章でまとめたスギの梢端枯れ被害については、過去の事例から軽微な被害で済むと判断したが、主伐再造林後の森林で木材生産が可能であるかを検証するため、長野県林務部が行う現地適応化実証試験として、上伊那地域振興局林務課が2024年度から取り組んでいる。

このように今回行った研究課題はいずれも長野県林務部で起きている課題解決に直結した成果を得ることができたという点で、評価できるものではあるが、研究開始時に計画していたデータ集積を行うことで災害リスクを整理し、得られた成果を地域住民や森林所有者と共有する中で、ハザードマップ等の災害危険地情報として普及させることを目指す当初の目的を達成することは出来なかった。

その原因として、地形情報が完備されていたことで容易とされた作業路の情報であっても、航空測量の成果だけでは曖昧な情報が多く、現地確認を行わなければ推論の域を出ないことが課題であ

る。航空測量データを活用して作成したCS立体図でも崩壊危険地の絞り込みには有効であるが、現地調査で地形、地質、土壌、植生などから総合的に判断する必要がある（戸田2014）と指摘しており、現地調査を伴わないデータ解析では、人的被害を及ぼす可能性がある防災対策にそのまま利用することは難しい。

このことは、気象害を対象とした場合も、動物被害を対象にした場合も同様である。今回の結果から考えれば、近年被害が増加しているニホンジカやツキノワグマによる獣害、マツ材線虫病やナラ枯れ、カラマツ心腐病などの病害、雨水や冠雪害といった気象害など「森林管理に関わるリスク」全般を可視化して、そのリスクを明確化することは容易ではないことを改めて認識させられる結果に終始した。

一方で、GISでの解析が出来ない時代では分析が難しかった気象害や獣害の現状を可視化できるようになったことは、技術の進歩による成果であり、実施した研究は全て県の事業に反映されている事を考えると、事業の継続とともにデータが集積されることは間違いない。少なくともGISを活用した様々な解析技術を行うためには、大量のデータ集積が重要となっており、写真データを活用するためにインターネットを活用し、一般市民が保有する情報をデータ解析に用いた事例（小山2020）なども報告されている。

こうした解析手法は、スマートフォンの普及により写真にGIS情報が付加されていることなど、技術革新に伴い、様々な情報が活用できる可能性が生まれてきている。現段階では、防災に活用している森林路網の情報や、気象害の情報、ツキノワグマをはじめとする病虫獣害に関わる情報の整備はまだ途上であり、地域の防災対策に使うためには、インターネット上に無限に広がる多様な情報を整理し、分析するための基盤づくりから考えていく必要がある。そのためには、情報を収集するためのフォーマットの統一など大量の情報を抽出、集積する技術を考えていく必要があるが、このためには大量の情報を正確に集積させる技術革新を行っていくことが重要である。

その上で、今回の最終目的とした災害リスクの整理につなげていくことになるが、現段階ではまだまだ入口にも立っていない状況である。

今回の成果を長野県の事業として運用することで、記録として遺しながら、今後の技術革新の

波を受けて、研究として再開することが望まれる。

謝辞

本研究の推進にあたっては、小林静恵氏、新谷円氏ほか、長野県林務部に所属する多くの技術職員の皆様に加えて、尾関雅章氏、黒江美紗子博士、升屋勇人博士をはじめとする研究者からの適切な助言により研究を推進することが出来ましたので、この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 古川仁・片倉正行・近藤道治・岡田充弘・小山泰弘(1999)立木の枝葉に付着した雨氷重量について. 中部森林研究 47:131-132.
- 長谷川裕彦・佐々木明彦(2011)東北日本の山地地形と山村(山と森の環境史、湯本貴和編、文一総合出版社、東京、382pp) 19-35.
- 早田旅人(2023)災害から読み解く早川入の山村世界(山村は災害をどう乗り越えてきたか、中央大学山村研究会編、小さき社、京都、368pp) 337-351.
- 小山泰弘(2020)松本市城山公園における遺構の現状. 信濃 843:259-274.
- 松下拓樹・権頭芳浩(2000)雨氷発生日数の地域分布に関する統計的解析. 雪氷 62:355-365.
- 水谷瑞季(2022)中部地方における豊凶調査の対象となるブナ科樹木の分布. 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績 59:89-96.
- 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所(2019)写真で見る林木の気象害と判定法:44pp.
- 外館聖八朗(1985)スギの寒害による被害状況と上半枯死木の処理方法. 岩手県林業試験場成果報告 18:1-12.
- 多田泰之(2018)国土の変遷と災害. 水利科学 62:127-137.
- 武田宏(1992)野々海ブナ林における7年間のブナの結実評価. 日本林学会誌 74:55-59.
- 戸田堅一郎(2014)曲率と傾斜による立体図法(CS立体図)を用いた地形判読. 森林立地 56:75-79.
- 戸田堅一郎・小山泰弘・山内仁人(2016)施業による災害防止機能への影響評価. 長野県林総セ研報 30:21-32.
- 戸田堅一郎(2022)山地災害リスクを低減する技術の開発. 長野県林総セ研報 36:1-6.

- 牛山素行・宮崎敏孝(1992)雨氷現象による森林被害に関する2,3の考察:1989年2月26日長野県東信地区で発生した森林被害のデータベース. 信州大学農学部演習林報告 29:25-96.
- 柳澤賢一・小山泰弘(2023)長野県におけるスギ壮齡林の梢端枯れ被害. 森林防疫 755:21-29.
- 柳澤賢一(2023)長野県塩尻市におけるマツ材線虫病の標高別被害リスク評価. 中部森林研究 71:63-64.
- 吉武孝(2018)皆伐造林と凍害のリスク. 山林 1613:62-69.