

トトロの森のナラ枯れ状況と対策

児嶋 翼

(トトロのふるさと基金 調査部会)

要旨

トトロの森でナラ枯れが発生してから 5 年目となり、まだまだナラ枯れ被害のピークが続いている。トトロのふるさと基金のナラ枯れ対策として枯死して倒木・落枝した場合、近隣へ被害を及ぼす可能性のある木のみ保護対象木として守ることを基本的方針としている。その中で効果的かつ安価で労力のかからない対策として様々な対策を実験的に実施してきたが、比較的効果を得られたクリアファイルトラップによる捕虫対策を継続的に実施している。また、2019 年から継続して実施していたトトロの森におけるナラ枯れ症状のある木の本数調査とクリアファイルトラップによる捕虫対策をしているコナラの枯死率を 4 年間集積したデータを元に解析・評価を行った。5 年間ナラ枯れ対策を行っていく上で、枯死による景観の悪化、生態系の影響、被害樹種の変遷などが見えてきた。今後もナラ枯れが続くことが見込まれる中、ボランティアの方々や所沢市との更なる連携強化の重要性も増している。また、引き続き新たな効果的対策の模索も重要となる。一方、根本的な対策として多様な樹種のある森への転換をしていくことが非常に重要であり、今後はどの様に樹種を転換させていくか、伐った木の有効な利活用、転換の方法論なども含め狭山丘陵らしい森づくりを地域と考える必要がある。

キーワード: カシノナガキクイムシ ; クリアファイルトラップ ; 対策 ; 多様性 ; 萌芽更新

はじめに

ナラ枯れとは、カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*、以降、カシナガと記載) という 4~5mm 程度の甲虫がナラ類の木に穿入し、枯らしてしまう現象のことをいう。枯死までの経過としては、まずはオスが穿入し集合フェロモンを出し、それに惹かれ多数のカシナガが集中的に穿入する (以降、マスアタックと記載)。メスの場合、菌の胞子を貯蔵する器官を持ち、ナラ枯れの病原菌 (ナラ菌) の他に餌となる菌 (酵母菌) などの運搬を行い、孔道内で栽培し餌の確保を行っている。穿入の際一緒に持ち込まれたナラ菌はマスアタックが続き、孔道が多くなるにつれて広範囲に繁殖し、最終的に木の水を吸い上げる機能を障害させ枯死させると考えられている (鎌田 2002)。

ナラ枯れ症状のある木 (以降、被害木と記載) としては、カシナガの穿入によって生じた木屑 (以降、フラスと記載) が幹周辺に積もっていること、紅葉ではない時期に急激に葉が赤くなり

落葉し枯死するなどといったことが見られる。

トトロの森では2019年から被害木が出始め、今年で5年目となる。この報告では、現在のトトロの森でのナラ枯れ状況と対策について記す。愛知県海上の森では、ナラ枯れの被害が5年の間で特に激しいとの報告もあり(渡辺ほか 2016)、トトロの森でもまだナラ枯れ被害のピークの中であることが想定される。

トトロのふるさと基金のナラ枯れ対策

・ 基本的方針

トトロの森では2021年春までは被害木はまだ100本未満であったため、枯死木の伐倒後焼却処分、細かく薪にする等、拡散防止のための対策を手厚く行っていた。しかし、2021年春以降、数百本単位で被害木が確認され(表1)、ナラ枯れが蔓延した激害地となってしまっている。このような森林では、防除・拡散防止は非常に困難と言われている(森林総合研究所関西支所 2012)ため、トトロのふるさと基金(以降、基金と記載)では限られた予算と人員でトトロの森から完全にナラ枯れを排除することは困難であると考えた。

ナラ枯れ防除の方法として様々な対策があるが、なるべく薬剤に頼らず効果的かつ安価で労力のかからない対策に絞り込み実験を行うこととする。かつ基本的に全ての木を守るのではなく、守る必要性の高い木に焦点をあて、カシナガを穿入させないよう防御するという点についても重視する。具体的には、枯死して倒木・落枝した場合、近隣へ被害を及ぼす可能性のある木を保護対象木として絞り込んだ。基本的には、高齢木のコナラ等は保護対象木としてもいずれ枯死、または根腐れ等で倒木する危険性が高い。よって限られた予算と人員の関係上急激な一斉枯死を防ぎながら、長期的かつ緩やかな伐採処理を行っていくための猶予を作るための対策という意図もある。

◇ タオル巻き付けによるカシナガ拡散防止対策実験(図1)

カシナガのオス親は主に穿入孔付近で滞在してフラスの排出を行い、外敵や雑菌の侵入を防ぎ、腹部を細かく動かして換気などの役割を担うとされている(中島 1999)。濡れたタオルを木に巻き付け穿入孔を塞ぐことにより、オスはスムーズなフラスの排出や換気が阻害され新たな穿入孔を形成するためタオル内部に孔道を延長し、捕獲されるという仕組みである。捕獲され孔道内のオスが不在となると良好な繁殖環境が維持できなくなり繁殖成功率が低下すると言われている(今城・江崎 2013)。本実験ではカシナガの捕獲もあり多少の効果を得ることができ薬剤の使用もなく安全性の高さは得られたが、継続した対策は行わなかった。理由としては、穿入孔全てにタオルを巻き付けることによる労力とコストの大きさ、多量のナラ枯れ被害木が周辺に出てしまい対策が追い付かなくなってしまうことがあげられる。

◇ パラジクロルベンゼン製剤によるカシナガ錯誤、誤認、錯乱、忌避実験

ナラ枯れ対策の最前線(むねざね樹木医・環境カウンセラー事務所)の報告によると、他の樹種の抽出成分または化学合成成分を対象木に付着させることによりカシナガを錯誤、誤認、錯乱、更には忌避させることができる可能性が示されている。本実験では上記報告の中にも記載されて

いるパラジクロルベンゼン製剤（以降、パラメイト（株式会社白元）と記載）を使用した。方法は、パラメイトをジップロックに入れ密封し、更に雨水が入らないよう袋下部に穴を開け成分が放出されるようにして対象木に画鋸で吊り下げた（図2）。上記報告の中では天然成分は持続性に課題があるとされていたが、パラメイトに限ってはにおいが1か月以上残っていた。ただ、結果としてはカシナガの穿入をゆるしてしまい、防除することはできなかった（図2）。理由は定かではないが、野外でのパラメイトの使用は、本来の使用用途ではないので持続性がなく効果がすぐになくなってしまったことも考えられる。また、動物による誤食などの事案も生じてしまったため、直ちに実験を中止した。

◇ビニールシート巻き付けによるカシナガ穿入・拡散防止対策実験

ナラ枯れ被害対策マニュアル改訂版（一般社団法人日本森林技術協会 2015）では、資材被覆による防除対策が紹介されている。主に物理的に穿入・拡散を防止することを目的とした対策である（図3）。基金としては、設置の際の労力やコストはかかるものの3～5年は効果が持続すること、薬剤の使用もなく安全性が高いことなどから、この対策の実験を行った。実際の課題としてはストレッチフィルム内が密閉化されてしまい、それによって腐朽が進み木を衰弱させてしまうこと、木の内側からカシナガが穴を開けて脱出してしまうこと、穿入の際にストレッチフィルムの張られていない高い場所から入られてしまうこと、など結果的に枯死してしまう状況が生じ継続した対策は行えなかった。

更にトトロの森では拡散防止を目的とした、ナラ枯れにより枯死してしまった木の切り株にも丈夫なビニールシートによる被覆を行った（図4）。カシナガの物理的な脱出防止効果もありつつ、中が蒸されることで内部のカシナガの幼虫・成虫が殺虫されるという効果も得られることが発見された（図5）。しかし、トトロの森でナラ枯れが蔓延状態となってしまっただけからは、拡散防止の効果も微々たるものとなり対策の継続は難しくなった。

◇キンチョールE注入による坑道内の殺虫対策実験

2021年、埼玉県狭山丘陵いきものふれあいの里センターでは、「キンチョールE（住友化学園芸株式会社）」を使用したカシナガの成虫幼虫駆除実験が既に行われている（須賀 2021）。基本的には基金として薬剤を使用しない方針ではあるが、トトロの森でも活用できるか実験を行った。方法は対象木を設定し、穿入孔の中にキンチョールEのノズルを差し込み各孔に1回ずつ注入した。その後定期的にフラスの有無を確認した。結果、処置をした穿入孔からはほとんどフラスは止まり、中のカシナガの成虫、幼虫は殺虫されたと推測された。中には注入後すぐに弱ったカシナガが這い出てくる状況も観察された（図6）。ただ、キンチョールE自体が1本1,500円程度と高価でコストパフォーマンスが良くないこと（200カ所程度穿入孔が開いた木に注入した場合、1缶のうち半分程度使用）、高い位置の穿入孔には注入できないこと、吹き返しによる人体への影響が懸念されること、殺虫剤であるので多量に使用した場合トトロの森の他の昆虫への影響が懸念されること、など複数の課題があげられることからトトロの森全体のナラ枯れ防除という視点で見た場合、継続した対策としては難しいと判断した。ただ、穿入初期の段階の木であれば、非常に効果的な対策であると考えられる。

◇クリアファイルトラップによる穿入防止対策実験

静岡県経済産業部産業革新局研究開発課 (2019) の報告 (以降、トラップマニュアルと記載) では、効果的かつ安価な対策として、クリアファイルを加工した捕虫トラップ (以降、トラップと記載) の開発に成功している (静岡県経済産業部産業革新局研究開発課 2019)。捕獲システムとしては、カシナガは穿入しようと飛来時に目的の木にすぐ取り付くのではなく、その周囲をしばらく飛翔する性質があると考えられている。トラップにある幹に対し直角に位置する補助衝突板 (図7) は、その木の周囲を飛翔するカシナガを衝突させ、落下し下の捕虫部分で捕獲する仕組みとなっている。ただ、報告にある方法をそのまま活用した場合、基金の体制ではメンテナンスの労力がかかる等課題も多くあり、トラップの改良を独自で行った。結果的に表1にもあるように、成果を得ることができ現在まで継続的に実施できている対策となっている。

・課題①と改善策

トラップマニュアルでは下の捕虫部分は水と洗剤を使用しているが、環境影響が懸念されることから水のみを使用したカシナガが浮いて脱出している状況が散見された。また、水の場合乾燥してしまうと効果がなくなり定期的な補充が必要になり労力がかかるため、メンテナンスの頻度が低く且つ効果的な方法を模索し「かしながホイホイフリー (アース製薬株式会社)」 (以降、粘着シートを記載) を加工して使用することとした。また、水が抜けるよう最下部に水抜き穴も作成した (図7の①)。メンテナンスとしても、粘着シートの交換だけなので時短となり、見回りも1ヶ月に1回程度でも十分であった。ただ、粘着シートが手などに付く、目的外の生物も混獲されてしまうなどの欠点があるので、今後これらを防止するための更なる工夫が必要となる。

※粘着シート自体の木の巻き付けも効果的だが、非常に他の生物の混獲が多いとされているので単体での使用は避けた。

・課題②と改善策

トラップマニュアルではクリアファイルトラップ同士を熱圧着しているが、屋外下での耐久性に難があり強風などで破損する事案が生じた。接着の効率性からも改善策として耐候性の高い粘着テープ (ニトクロステープ) を使用した。また、木への設置もトラップマニュアルではガンタッカーや画鋸などを使用するとされているが、強風などで飛んでしまうためシュロ縄などの紐を使用することとした。粘着シートについても風などで飛ばされることが頻発したため、粘着テープでとめる方法をとった (図7の②)。

※補助衝突板は横倒しにならないようなるべく垂直に粘着テープで固定する

・課題③と改善策

トラップを木に巻き付ける際、トラップが全体的に内側に巻き込まれてしまい幹周囲を飛翔するカシナガが補助衝突板に衝突する障壁となることが予測された (図8)。トラップが木の幹に沿う形で設置できるよう、切れ込みを入れ画鋸などで抑える措置を取った (図7の③)。

・課題④と改善策

トラップマニュアルによると直径30cm以上の木はトラップを12個程度設置するとあるが、非常にメンテナンスに労力がかかった。新たな考え方として、全ての木が狙われるわけではなく狙われやすい木というものが存在し、それをいち早く察知するためのトラップという位置付けとした。労力を少しでも軽減させるため、最初からトラップ全てを設置するのではなく、活動初期の春は

各木1個程度を設置し、定期的な見回りの中で捕獲数増加を確認しマスマタックの兆候が見られた際にその木に多数のトラップを設置するという仕組みを取った。

◇萌芽更新、多様な樹種のある森への転換

近年、狭山丘陵で急激にナラ枯れが拡大している要因の1つとして、雑木林が管理放棄され萌芽更新が行われなくなることによる木の高齢化とされている(小林・上田 2005)。

今後の対策としてナラ類の萌芽更新による森の若返りという方法も考えられるが、高齢化したナラ類は伐採後萌芽しないという報告もあり(伊藤 2013)、更にナラ枯れで弱った木は萌芽することなく枯れてしまうなどの状況も確認された。例え萌芽したとしても将来的にまたナラ枯れが蔓延してしまうことが容易に想定されるため、多様な樹種のある森への転換を進めることが必要と考える。今後は更新伐採後、同時進行で事前に育成させておいた苗の植樹または現地で成長した多種多様な実生苗を育苗し管理していくことを、ナラ枯れを防ぐ根本的な重要な対策として今後も継続していく。

調査地の概要およびナラ枯れ被害木本数調査の方法

調査地は、狭山丘陵とその周辺に広がるトトロの森を対象とした(図9の赤い部分)。今調査の対象としているトトロの森は全部で62箇所、合わせて12.5ha以上の広さがある。

調査方法としては各トトロの森を歩きながら目視にて被害木を調査した。主に近隣へ被害を及ぼす可能性のあるエリアを重点的に調査し、被害木のある位置、症状の状況、樹種、本数を記録した。これを2019年から毎年継続して行っている。また、トラップ対策をしているコナラの枯死率を4年間集積したデータを元に解析・評価を行った。

調査結果

表1の通り、トトロの森では2023年度が最も多くの被害木を出した。所感としては狭山丘陵全体も同様で、狭山湖畔では非常に多くのナラ枯れが発生し山の色が変わってしまう程の状況となっていた(図10)。トラップを設置した木の枯死率としては、トラップ未設置木と比較して3分の1程度の枯死率に抑えることに成功していることもわかった。

評価と今後について

5年間ナラ枯れ対策を行っていく上で様々な影響が見えてきた。

人の生活への影響として第一に倒木・落枝による施設や人への被害、またナラ枯れ増加によると思われる猛毒キノコ「カエンタケ」の増加とそれによる健康被害が考えられる。実際に多くの住宅・散策路沿いで枯死が生じ、年々伐採本数が増加している。また、ナラ枯れが蔓延する以前までは見ることのなかったカエンタケが、人の目によく触れる散策路沿いなどで見られるようになったなどの事案がある。また枯れ果ててしまえば色が変わってしまった山の光景は、散策者からは美しい里山の景観が壊れてしまって残念といった意見も出ている。

また自然環境への影響としては、集団枯死による林内の相対照度の上昇とそれに伴う林床の乾燥化が起きているように思われる。実際、林床の乾燥化によると思われるその周辺の希少植物の

減少や希少鳥類の営巣木周辺の環境変化により営巣をしなくなってしまう、など目に見えた変化を感じている。所感ではあるが、健全なナラ類での樹液が減少したことでカブトムシやクワガタ類の減少もあるように感じ、生物多様性に一時的ではあるが影響が出ているようにも感じる。一方、被害木から出る樹液には非常に多くのメマトイ類が集まっており、その影響か林内での活動の際非常に多く集られ、急増を感じるようにもなった。

また被害木の樹種もナラ枯れのフェーズが進むにつれて変遷していつている。感染拡大当初はコナラを中心とした伝染であったが、年数が進むにつれてクヌギ、シラカシ、そして最近ではサクラ類でも被害が確認されるようになってきた。トトロの森でのサクラ類の被害は2023年から確認されるようになったが、まだ枯死は確認されていない。樹液に巻き込まれそのまま凝固したと思われるカシナガを確認したことから、サクラ類への穿入が想像された(図11)。

以上、ナラ枯れのマイナス面を記載してきたがカシナガは在来種とされており(岡崎ほか2018)、個人的な見解としては昭和30年代のエネルギー革命以降管理されなくなり高齢化した森を若返らせる重要な役割を持った昆虫であると考え。これら自然の流れに逆らいナラ枯れを止めるということは一連の対策をしていく中で非常に難しく、自然界の中では必ずしも良いことではないのかもしれない。そのことから現状できることとして最低限、上記トトロのふるさと基金のナラ枯れ対策の基本的方針の通り「近隣へ被害を及ぼす可能性のある木のみを守る」、これが非常に重要であると考え。

現在対策としては、基本的方針に照らし合わせた場合トラップによる対策が一番効果があることがわかってきている。更にトラップでマスマタックを防ぐことにより、次年度以降トラップ無しでも木が生き残る場合も見られた。恐らくトラップが枯死する程のカシナガの穿入を防ぎ、適度な数の穿入があった結果、翌年免疫様のものが得られた可能性が示唆される。実際、独立行政法人森林総合研究所関西支所(2012)の報告でも、一度枯死を免れた木は次年度以降再度カシナガの加害を受けても枯死する確率が低く、樹体内の環境の悪化によって穿入したカシナガも繁殖に失敗すると書かれている。比較的この様な木は、樹液を多く出しているように思われる。

いずれにしても今後更に莫大な枯死が発生することが予想される。先行の報告ではナラ枯れの被害が5年の間で特に激しい(渡辺ほか2016)という報告もあり、更に餌となる木がなくなるまで被害が止まらないとも言われている(一般社団法人日本森林技術協会2015)ことから今後しばらく基金では更なる対策強化をする必要があると考え。その為には、基金の持続的対策をサポートしてもらう意味でも所沢市指定里山保全地域などについては市と協力の元、倒木・落枝対策を講じていくことも重要であると考え。また、基金のボランティアの皆さんと更に強力なタッグを組み対策の協力をしていただくことも持続的な対策としては必要不可欠となる。また被害が激甚化した場合トラップでの対策がマンパワーとして追い付かなくなる可能性も考えられる。その場合新たな対策として、トリコデルマ菌等が含有された有機肥料がナラ菌等の生育阻害を示すとの情報もあり、これらを対象木に散布する方法も準備・検討を進めている。しかし生態系への環境影響の評価が確立されていないため、今後研究機関等と協力して慎重に対策を進める検証ができればと考える。

最終的にナラ枯れ対策として一番効果的なものは、先述の通り根本的な対策である多様な樹種のある森への転換であると考え。今後はどの様に樹種を転換させていくか、伐った木の有効な

利活用、転換の方法論なども含め狭山丘陵らしい森づくりを地域と考えていきたい。

謝辞

トラップ設置・見回り・回収、カシナガの捕獲、枯死状況確認とトラップの補修や増設などをボランティアの方々中心にご協力をいただいた。大変な作業をいただいた皆様には、この場を借りて謝意を示したい。

引用文献

- 一般社団法人日本森林技術協会 (2015) ナラ枯れ被害対策マニュアル改訂版.
- 伊東宏樹 (2013) 前回の萌芽更新から 64 年を経過したコナラ二次林の萌芽試験. 森林総合研究所 研究報告 12 巻 2 号 : 105-109
- 今城香代子・江崎功二郎 (2013) タオルを利用したカシノナガキクイムシのオス成虫捕獲.
- 岡崎千聖・逢沢峰昭・森嶋佳織・福沢朋子・大久保達弘 (2018) 群馬県のナラ枯れを起こしたカシノナガキクイムシは在来か近年移入の個体群か—遺伝解析に基づく検証—. 日林誌 100: 116-123
- 鎌田直人 (2002) カシノナガキクイムシの生態. 森林科学 35 : 26-34
- 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死-被害発生要因の解明を目指して-. 日本森林学会誌 87(5):435-450
- 静岡県経済産業部産業革新局研究開発課 (2019) ナラ枯れ対策に新しいトラップを開発. あたらしい林業技術 No.650
- 須賀聡 (2021) ナラガレ防除対策の一環としてのキンチョール E 注入によるカシノナガキクイムシ等成虫幼虫駆除実験について. 埼玉県狭山丘陵いきものふれあいの里センター
- 独立行政法人森林総合研究所関西支所 (2012) ナラ枯れの被害をどう減らすか-里山林を守るために-.
- 中島敏夫 (1999) 図説 養菌性キクイムシ類の生態を探る. 学会出版センター
- むねざね樹木医・環境カウンセラー事務所 ナラ枯れ対策の最前線
(<https://docsplayer.net/118766825-%E6%A8%B9%E6%9C%A8%E7%94%9F%E6%85%8B%E7%A0%94%E7%A9%B6%E4%BC%9A%E8%AB%96%E6%96%87.html> 2023 年 11 月 19 日アクセス)
- 渡辺直登・岡田知也・戸丸信弘・西村尚之・中川弥智子 (2016) 愛知県海上の森におけるナラ枯れ被害林分の森林動態. 日林誌 98:273-278



図1. タオル巻き付けによるカシナガ拡散防止対策の状況（一部のみ巻き付け）



図2 パラメイトによるカシナガ錯誤、誤認、錯乱、忌避実験の状況（真ん中の白いものはカシナガに穿入され樹液が出てしまっている）



図3. ストレッチフィルム巻き付けによるカシナガ穿入・拡散防止対策実験の状況



図4. カシナガ拡散防止のためのビニールシートによる切り株被覆

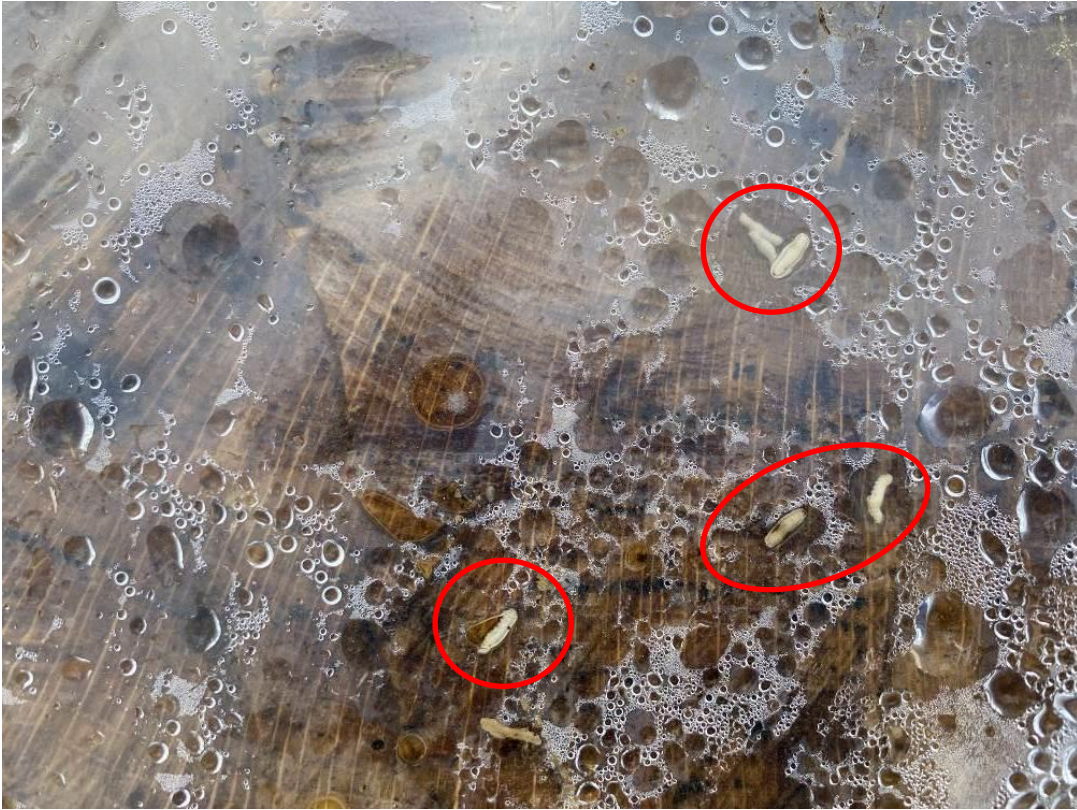


図 5. ビニールシートで蒸されて殺虫されたカシナガの幼虫 (赤丸内)



図 6. キンチョールE 噴射注入後、弱ったカシナガが這い出てきた

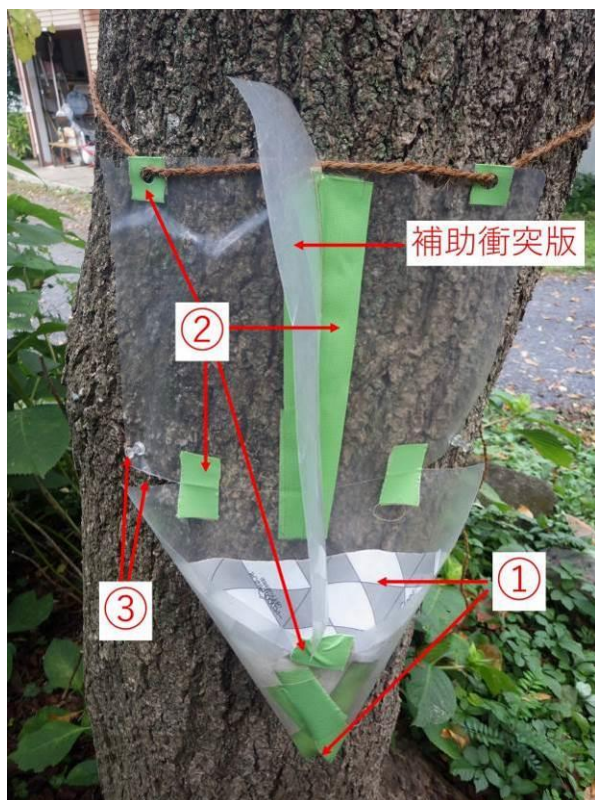


図 7. クリアファイルトラップの設置状況

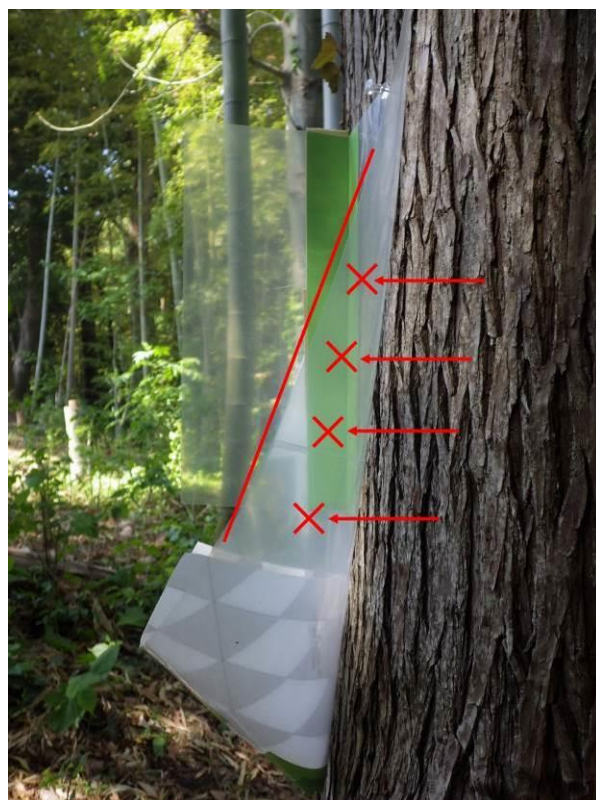


図 8. 設置不良の状況

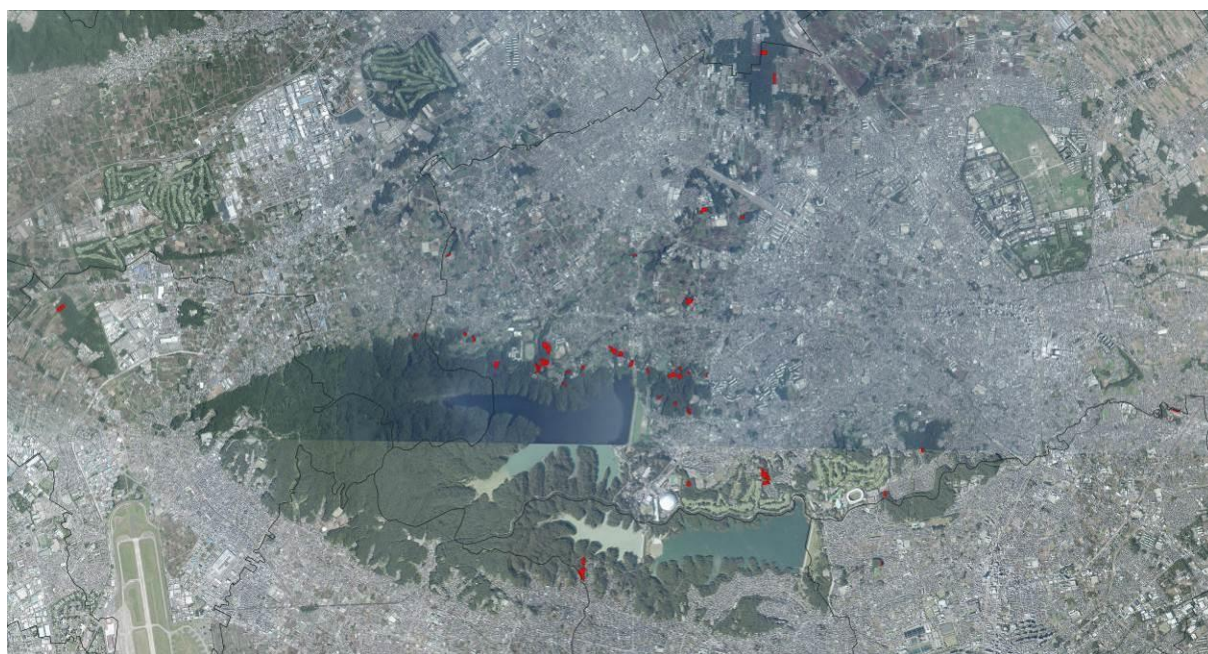


図 9. 調査区域全体図 (赤い区域がトトロの森)



図 10. 狭山湖畔のナラ枯れ状況



図 11. サクラ類の樹液に封入されたカシナガ

表 1. トトロの森でのナラ枯れ被害木本数とトラップ設置木・未設置木の枯死率比較

	被害木 本数	トラップ設置木 本数	トラップ設置木 枯死本数	トラップ設置木 枯死率 (%)	トラップ未設置木 枯死率 (%)	備考
2019年	6	-	-	-	-	
2020年	61	176	11	6.2	47.6	
2021年	273	233	21	9	25.7	
2022年	453	234	29	12.3	23.9	
2023年	540	100	13	13	28.6	9月30日現在
平均枯死率				10.1	31.4	