

令和二年度

沖縄県シイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)
戦略的防除方針（案）

令和2年3月

沖縄県農林水産部森林管理課

目 次

1. シイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)について	1
1-1 県内のカシノナガキクイムシの生態	1
1-2 診断	3
2. 対応方針	4
2-1 眺望調査	6
2-2 伐倒駆除	9
2-3 周辺の被害木探索	9
2-4 被害推移の観察	9
2-5 その他	9
(参考1) 監視調査の定点から目標地点の位置を特定する 簡易測量	10
(参考2) ドローン調査について	11
(参考3) 監視にかかる調整・申請先	14

1. シイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)について

シイ・カシ類萎凋病は、体長は雄4.5mm、雌4.6mmのカシノナガキクイムシという甲虫がいわゆるナラ菌を媒介することで発生する樹木病害である。罹病した樹木は、水分が上昇しなくなって夏期に全体の葉が赤褐色に変色し、急速に枯損する。種々のナラ科樹木が加害されるが、沖縄県ではイタジイ（スダジイ）のリスクが最も高いと考えられる。

本州では6月ころ、媒介者であるカシノナガキクイムシが健全な宿主に集中加害（マスアタック）を行い、穿孔するが、沖縄では被害が発生していないため集中加害の発生時期は不明である。マスアタックを受けた樹木には、数百～数千個の穿孔孔が見られ、根際には大量のフラス（木屑と虫糞の混合物）がたまる。被害を受けやすい樹木は大径化したものが多い（シイ・カシ類萎凋病についての詳しい情報は「沖縄のみどりに発生する主要な病害虫 診断・防除の現状」を参照のこと）。

一般に、被害が激化する場合は、はじめに林分の少数が枯れ、次年に被害が数倍～数十倍、翌年にはさらに増大するが、5～10年程度たつと、大径木、すなわちカシノナガキクイムシの繁殖に好適な資源の枯渇により終息することが多い。しかし、その後も、近隣の林分で被害が発生することが多い。沖縄においても同様の経過を経ると想定される。

1-1 県内のカシノナガキクイムシの生態

本土では、カシノナガキクイムシの成虫は主に6、7月に宿主樹木から脱出し、マスアタックが生じる。「沖縄型森林環境保全事業」において平成30年度から令和元年度にかけて沖縄島の北部で実施した、誘引トラップによる調査では、カシノナガキクイムシが5月下旬から捕獲されていることから本土と同様の時期に脱出が始まっていると推察される。

令和元年度の調査に限っては、1地点で年間を通して2,000個体を超える個体が捕獲された地点が見られるものの、ほとんどの地点においては年間を通して数個体が捕獲されるのみであった。カシノナガキクイムシに関しては本来、衰弱木や倒木に穿入する二次性昆虫であるが、風倒木や伐倒木を繁殖源として生息し、何らかの原因で個体数密度が上昇した場合に周辺の生立木に穿入することが知られている。このことから、沖縄県内におけるカシノナガキクイムシの個体数密度は低く、風倒木等の条件がそろった場所で局所的に個体数の増加が見られると推察される。

また、1地点にトラップを4基設置したが、数百個体捕獲されたトラップから20m程度離して設置したトラップではほとんど捕獲されないなど、近隣であってもカシノナガキクイムシの捕獲量に大きな差が生じることがある。これは、カシノナガキクイムシは常に低位置を飛翔するため、微地形や下層植生などの障害物の状況によっても捕獲個体数に大きな差がみられるためと推察される。

また、カシノナガキクイムシが明るい方向に飛翔する（正の走光性がある）ことや、林内よりも林縁部に集中して飛翔する性質があることが知られており、令和元年度の調査結果においても特に年間数百個体以上捕獲されたのは、林道に近く明るい場所に設置したト

ラップであったことから、県外のカシノナガキクイムシの生態と同様であると推察される。

また、県外の温暖な地域と同様に2山型のピークを持つことが判明した。

本土ではカシノナガキクイムシの飛翔は19°C以上で見られ、大量飛翔は午前中に20°C以上の気温で日が差した時から始まると考えられている。本調査結果においても調査開始後、トラップ設置期間の最高気温が19°Cを下回った1月31日～2月6日の期間になるとカシノナガキクイムシは捕獲されなくなっており、沖縄県内のカシノナガキクイムシについても県外と類似した発生消長を示すことが確認されている。

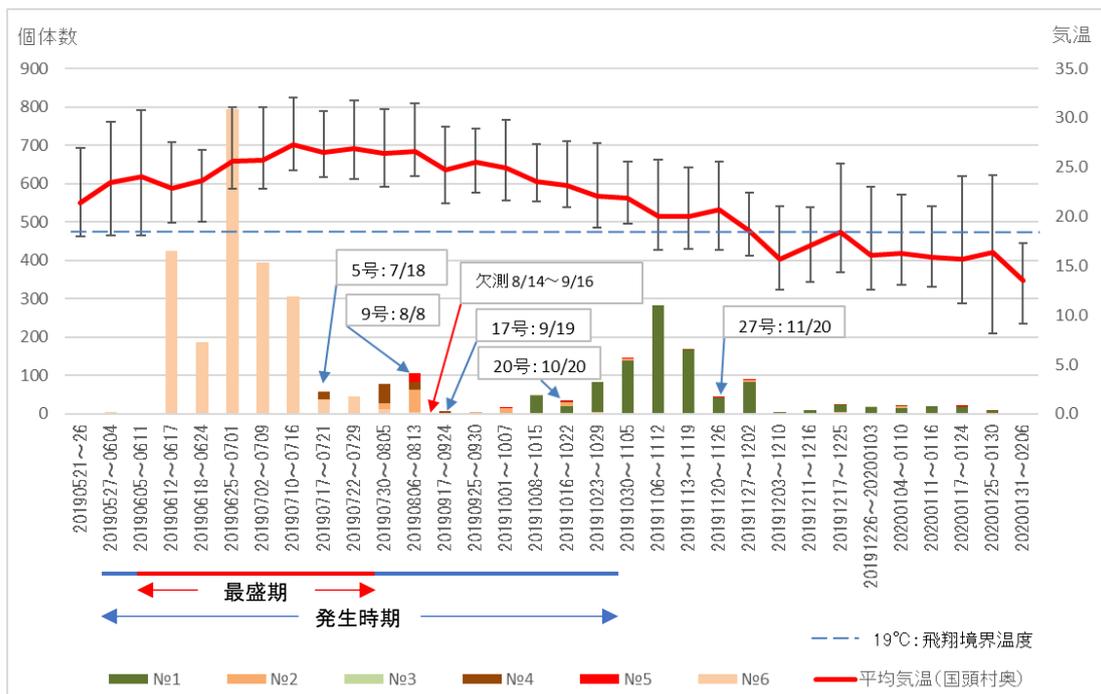


図1 カシノナガキクイムシ発生消長

出典：令和元年度沖縄型森林環境保全事業 防除戦略検討委託業務 報告書（令和2年3月 沖縄県）
 No. 1～No. 6は「沖縄型森林環境保全事業」（平成29年度～令和元年度）の調査地点を指す。
 台風の発生時期を○号：○/○で示した。



写真 沖縄島北部で捕獲されたカシノナガキクイムシ



写真 沖縄島北部で確認されたカシノナガキクイムシ由来と思われるフラス（矢印）

1-2 診断

調査時点で以下の項目を満たしている場合にシイ・カシ類萎凋病による被害の可能性が大きいと診断する。

- 1 宿主がシイ類、カシ類であること。
- 2 1の樹木の樹冠全体またはほとんどが赤褐色を呈していること。
- 3 診断ツール（図2）によりカシノナガキクイムシのせん孔が多数確認できること。

本病の正確な同定には、媒介者である昆虫を採集して同定すると共に、被害木を割材して菌を分離・同定する必要があることから、上記の3項目に合致する被害木が発生した場合は県に連絡するものとする。



図2 現地確認用 診断ツール

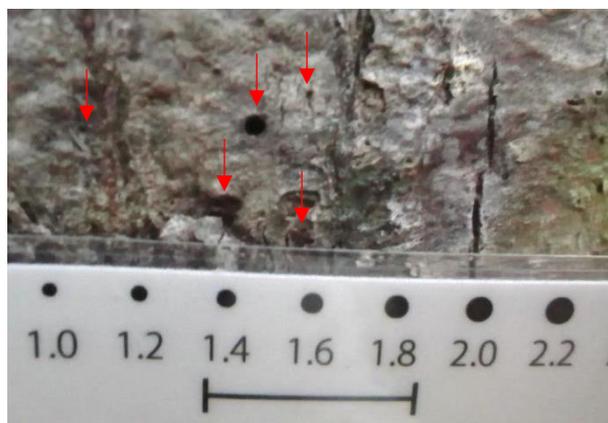


写真 現地確認用 診断ツール使用例
(写真中矢印：イタジイ生立木で確認した虫孔)

2.対応方針

沖縄県における被害は報告されていないが、媒介者と病原菌がともに生息していること、沖縄の多くの森林で優先しているイタジイ（スダジイ）が分布する屋久島、奄美大島、伊豆諸島において、枯損被害が発生していること、沖縄島北部に生育するスダジイの樹齢が、40年生以上となり被害発生リスクが高くなっていることなどから県内での被害の発生を想定する必要がある（図3参照）。

県におけるシイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)について、眺望調査による被害発生の監視と、伐倒駆除による被害発生時の初期対応とを中心とした対応を以下にとりまとめる。

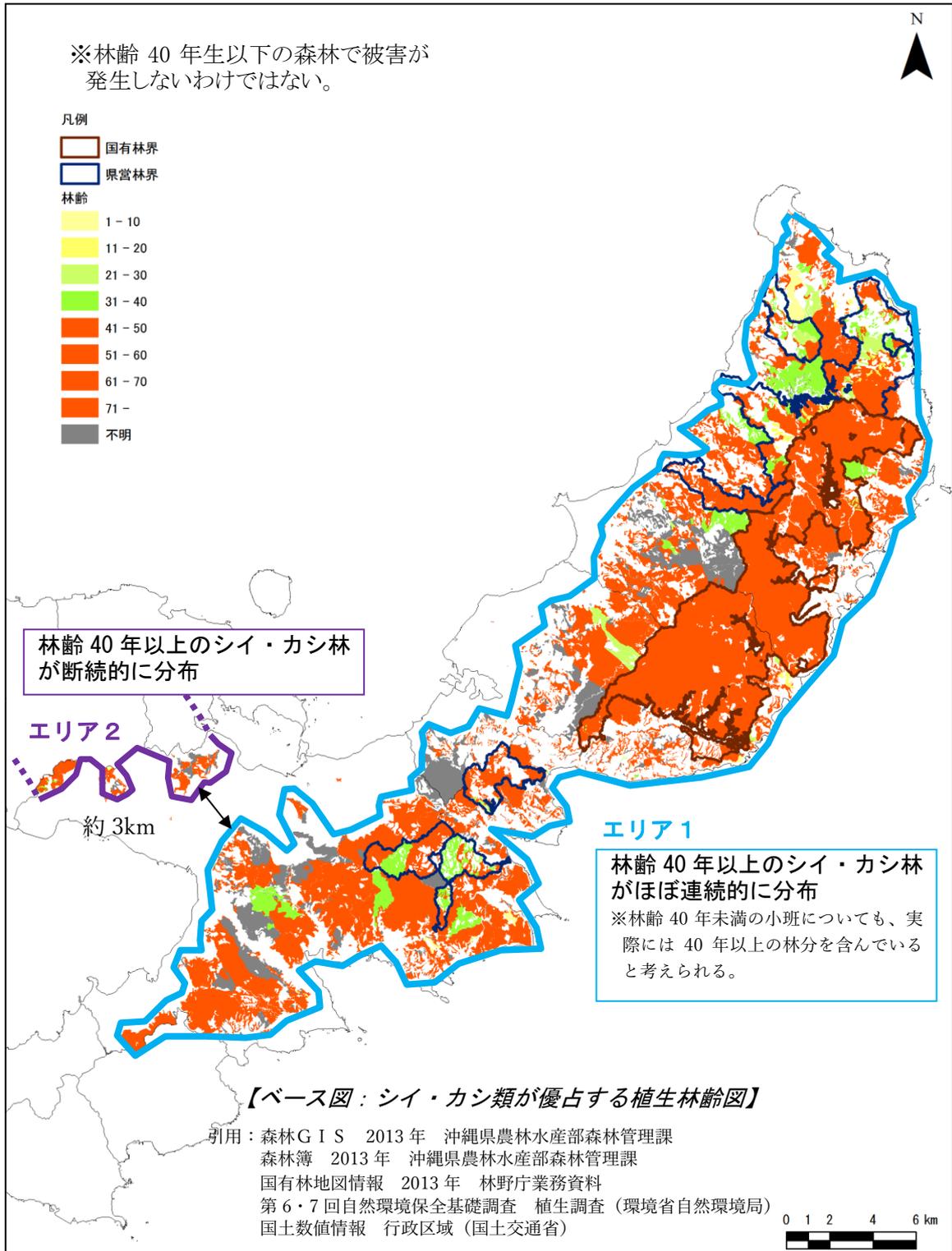


図3 シイ・カシ類萎凋病（ナラ枯れ）ハザードマップ

2-1 眺望調査

県では「沖縄らしいみどりを守ろう事業」（平成24年度～平成28年度）において、被害発生リスクが高いと評価されたやんばる地域を対象にシイ・カシ類萎凋病（ナラ枯れ）の監視を目的として林道からのモニタリング地点および踏査ルートによる眺望調査を実施している。

この眺望調査では、スタジイの林齢分布より定めた27地点からの眺望調査と、地点間の踏査ルート上での眺望調査を実施している。27定点からの調査により沖縄島北部のシイ・カシ林全体の約11.6%の眺望が可能となっている（図4参照）。

(1)実施体制

沖縄県から北部の市町村にリスクを周知するとともに調査を依頼し、調査結果を沖縄県へ報告するよう求める。

(2)実施時期

被害状況を把握しやすいとされる9月を本土と同様に「ナラ枯れ被害調査強化月間」として、被害調査を重点的に進めることとする。台風の常襲地帯である沖縄においては、台風による一時的な樹冠の褐変と本病による褐変の見分けがつきにくいことから、台風の発生状況に合わせて調査日を弾力的に設定する。

調査は晴天または曇天時に行い、雨天や霧など視界が悪い場合は行わない。国頭・大宜見ルート、名護ルート、それぞれの定点で各1日要する（表1参照）。

(3)方法

これまでの事業で実施した効率の良い調査ルートを、巡回ルートとして実施する（表1、図4）。巡回ルートでは車両から、定点（27地点）では双眼鏡と脚立を用いて、範囲内のシイ・カシ類の褐変・枯損の発見に努める。また、調査は2人以上で行い、シイ・カシ類の褐変・枯損の見逃しがないように努める。

(4)現地踏査

シイ・カシ類の褐変・枯損らしき現象を確認した場合、現地踏査を実施する。確認箇所から遠方の場合は位置特定が困難であることが想定される。位置特定の方法として、測量用コンパスとゴルフ用レーザー距離計を用いた簡易測量も有効な手法のひとつである（巻末資料1）。状況に応じてドローン調査などと使い分ける。

現地踏査では、診断ツール（図2）、GPSツールを携帯し、「1-2 診断」を実施するとともに、以下の点についても確認、記録を行う。

- ・シイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)以外による褐変の原因（風害による枝折れ、幹折れによ

る葉の褐変など) について

- ・カシノナガキタイムシの発生しやすい環境（ギャップ、林縁、倒木の有無、下層植生が繁茂していない）となっているか
- ・その他、位置情報（緯度・経度）、写真などを記録

現地踏査の結果、シイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)と疑わしいと判断された場合、調査を実施した北部の市町村は速やかに沖縄県に報告を行う。

表1 シイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)監視調査 モニタリング地点一覧

地点 番号	位 置		緯度・経度（10進法表記）		
			緯度	経度	
21	国頭村	奥与那林道終点付近	26.831	128.285	
22		奥与那林道	26.804	128.290	
8		奥与那林道	26.803	128.290	
5		奥与那林道	26.788	128.290	
3		奥与那林道	26.784	128.283	
2		奥与那林道	26.772	128.265	
1		奥与那林道	26.757	128.258	
35		大国林道（フェンチヂ岳）	26.752	128.243	
11		大国林道	26.735	128.227	
12		大国林道	26.734	128.221	
14		大国林道	26.738	128.215	
16		大国林道	26.727	128.210	
17		大国林道	26.714	128.195	
18		大国林道	26.708	128.197	
19		大国林道	26.704	128.197	
20		大宜味村	大国林道	26.675	128.182
24		名護市	嘉陽林道	26.571	128.108
23			嘉陽林道	26.571	128.108
25			嘉陽林道	26.573	128.107
34	嘉陽林道		26.579	128.095	
26	嘉陽林道		26.581	128.090	
27	嘉陽林道		26.587	128.071	
30	瀬高林道		26.578	128.064	
32	番越林道		26.581	128.036	
31	番越林道		26.582	128.038	
29	瀬高林道		26.593	128.051	
28	瀬高林道		26.592	128.055	

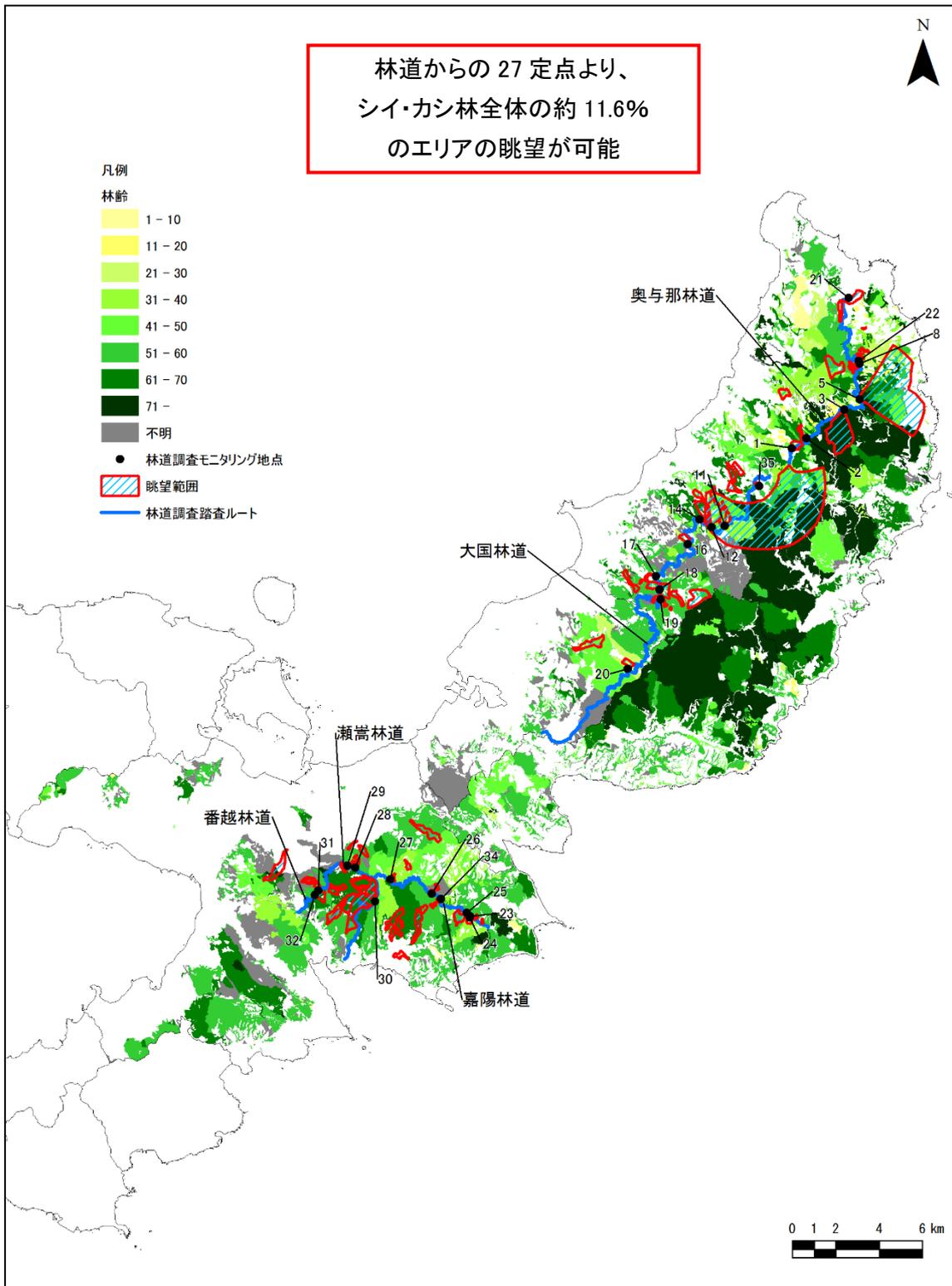


図4 シイ・カシ類萎凋病(ナラ枯れ)監視調査 踏査ルートとモニタリング地点

2-2 伐倒駆除

シイ・カシ類萎凋病（ナラ枯れ）被害が確認された場合、4月までに伐倒駆除を行う。カシノナガキクイムシの羽化脱出は5月下旬からであるが、羽化脱出の時期は、単年の調査に基づいているため気象による年次変動は検討できていないことに留意が必要である。

被害木の伐倒は、森林病虫害等防除事業標準単価表の「伐倒駆除（くん蒸）」あるいは「特別伐倒駆除（全木焼却）」に準じて行う。ただし、くん蒸剤はカーバム剤（NCS、ヤシマNCS）とする。なお、カシノナガキクイムシの穿孔は樹幹下部ほど多いため、伐根の剥皮も確実に実施する。

くん蒸剤の使用量は、2.6L/m³とする^{*}。また、実際に駆除を実施した際には、薬剤の使用量を補正するために被覆内材積の測定を行う。

※くん蒸剤の使用量の根拠

- ・ NCS剤の使用量は「被覆内容積1立方m当り原液1.0L」と規定されている。
- ・ 松くい虫防除の際の被覆内容積1m³当たりの材積は0.38m³と想定していることから、ナラ枯れ被害木のくん蒸も同様に0.38m³と想定する。
- ・ よって被害木1m³当たり薬剤量は、 $1.0L \div 0.38m^3 = 2.6L/m^3$ とする。

2-3 周辺の被害木探索

被害木が発見された周囲300mでシイ・カシ類萎凋病（ナラ枯れ）と疑わしいフラスが出ている樹木がないか林内を踏査するとともに、周辺2km程度を対象として、他にシイ・カシ類の褐変が無いか周辺眺望調査を行う。その際ドローン等の活用は初期被害をもれなく把握するために極めて有用である。

周辺眺望調査においてシイ・カシ類萎凋病（ナラ枯れ）らしきの褐変が確認された場合、現地踏査を行い、シイ・カシ類萎凋病の被害木は伐倒駆除を順次行っていく。

2-4 被害推移の観察

被害発生地とその周辺について、被害の再発、周辺地域への被害拡大がないかどうか、「2-3 周辺の被害木探索」を次年度以降も実施し、経過観察を行う。

2-5 その他

定点観察を例年継続していくと、林道脇の枝葉繁茂などにより定点からの見通しの悪化が想定される。定点のうち、国頭村と大宜味村の定点はやんばる国立公園内にあり、視界確保のための林道脇の枝葉除去や立木刈払いを行う場合は、巻末資料の「参考3」に記載する許可申請が必要である。

また、ドローンを使用した調査を実施する際の留意事項を、巻末の参考資料に記載する。

(参考1)監視調査の定点から目標地点の位置を特定する 簡易測量

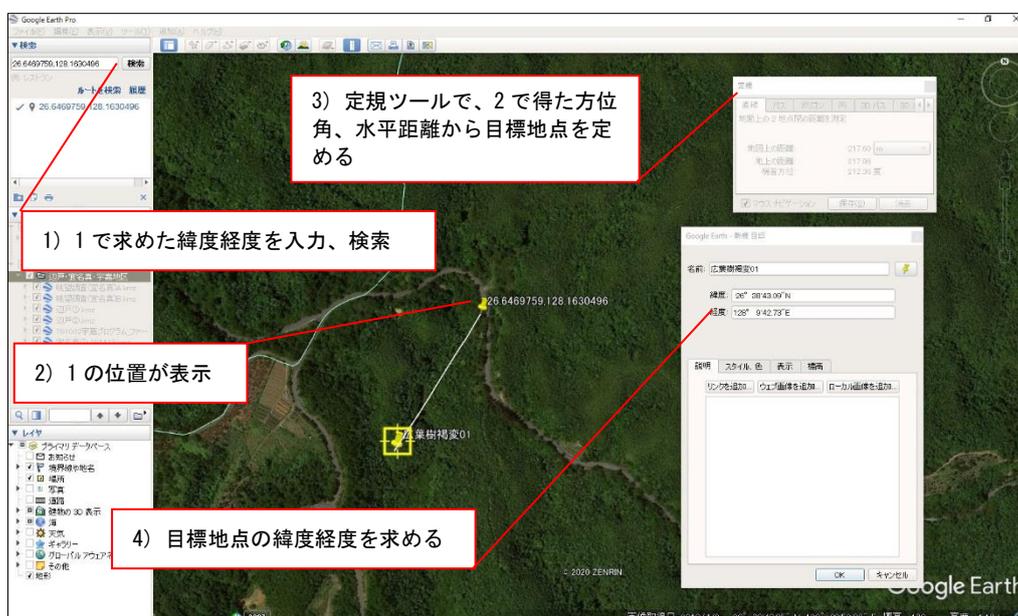
測量用コンパスとゴルフ用レーザー距離計を用いて方位と直線距離を得た後に、Google Earthを用いて緯度経度を求める方法である。

(方法)

- 1 監視調査の定点上に測量用コンパスを設置する。定点以外に設置するなど、測量用コンパス設置個所の位置情報がない場合は、GPSツールで緯度経度を得る。
- 2 測量用コンパスで、目標地点への方位角と仰角 (α) を計測する。
- 3 ゴルフ用レーザー距離計で定点から目標地点までの斜距離 (r) を計測する。
- 4 下記のように水平距離を求める。

目標地点までの水平距離 = $r \cos \alpha$ r : 斜距離、 α : 仰角

- 5 方位角と求めた水平距離を基に、Google Earthの定規ツールなどを用いて目標地点の位置を特定し、緯度・経度を求める。



(例) Google Earthを使用した目標地点の緯度・経度を求める方法

【メリット】

- ・調査道具が入手しやすく、軽量のため携帯しやすい。
- ・測量用コンパス、ゴルフ用レーザー距離計は、測量技術・知識がなくても短時間の練習で機械を扱える。

【デメリット】

- ・誤差により、目標地点の地形が複雑な場合などは、到達困難になる可能性がある。
- ・ゴルフ用レーザー距離計の測定範囲は機種により異なる。使用前にできるだけ測定範囲の広い機材を用意する。
- ・Google Earthを使用するので、屋内作業が必要。

※インターネット環境下が近くにあり、パソコンを携帯できる場合を除く。

(参考 2)ドローン調査について

これまで枯死木の分布調査では、踏査・眺望による確認が行われてきたが、林道踏査では大半が沿道を樹木で遮蔽されており、眺望地があっても山裏が地形的に死角になるなど、多くの見落としが発生せざるを得ない状況であった。見落としを減らすために空撮調査が有効な手段となるが、航空機やヘリコプターからの撮影は多大なコストを要するものとなっていた。

しかし、近年ドローンが普及、高機能化したことで、効率的・効果的な空撮調査が可能になった。ドローンの活用により、見落としが少ないことに加えて、サンプル調査や伐倒のために必要となる高精度の位置座標の取得が可能になった。

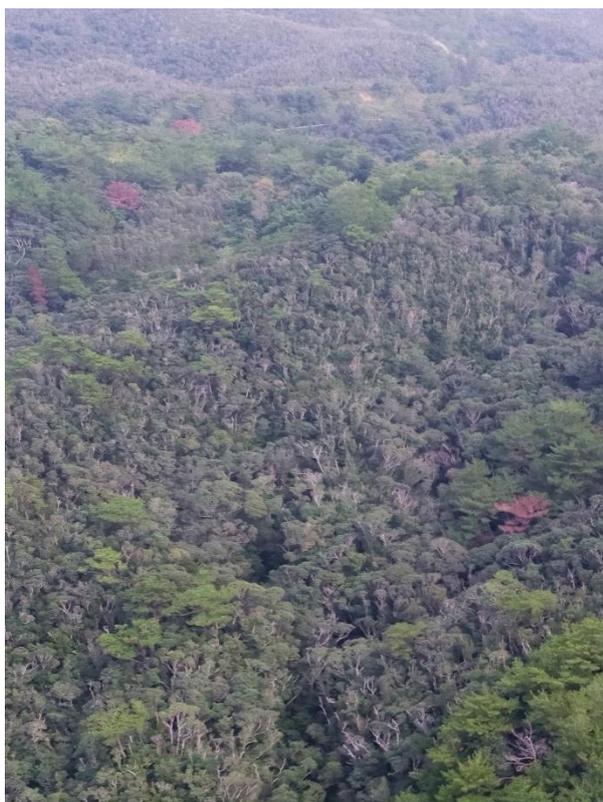
沖縄県にて平成 29 年～令和元年度に実施した沖縄島北部地域における枯死木ドローン調査実績より、調整・手続き、撮影方法、調整手続き、メリット、デメリット、注意事項を紹介する。

1) 枯死木ドローン調査の概要

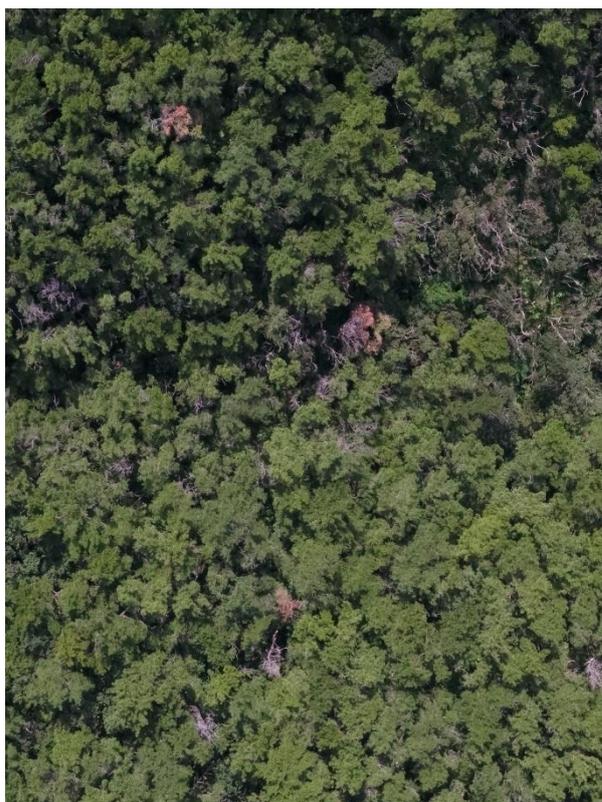
項目	A. 周辺撮影	B. 面的撮影	C. 近接撮影	(参考) 踏査・眺望
撮影方法	ドローンを真上に上げて、回転しながら周辺斜め下方向を全方位撮影する。	あらかじめ設定したルート上を一定高度で飛行させて、飛行範囲全面を真上から漏れなく撮影する。	他の調査で既知の枯死木等が確認されているが樹種判別等が確認できない場合、当該木上空に飛行して、近接撮影する。	道路沿いの眺望地等より双眼鏡や望遠鏡を用いて目視確認を行う。
メリット・デメリット				
①撮影範囲 (判読可能範囲)	△離陸地点より数百～1km 範囲	○離陸地点より数 km 範囲	(当該木及び周辺のみ)	眺望地より双眼鏡で数 km 程
②撮影時間	○1 地点あたり短時間(～数 10 分)で調査可能。	△1 地点あたり時間を要する(数 10 分～数時間)。	○1 対象木あたり短時間(～数 10 分)で調査可能。	○1 地点あたり短時間(～数 10 分)で調査可能。
③調整・手続き	○離着陸地点の許可のみが必要(高度 150m 未満)	△撮影範囲の土地所有者・管理者の許可も必要(高度 150m 未満) △手続きに時間要(高度 150m 以上)	△撮影経路の土地所有者・管理者の許可も必要(高度 150m 未満)	◎ほとんど不要
④見落とし	△地形による死角あり	○死角なし	(既知の枯死木が対象)	△地形、遮蔽による死角あり
⑤樹種判別 (広葉樹の枯死木・紅葉、マツの枯死木 等)	○斜方向からの撮影で樹形が分かりやすい。 △遠方の樹木は判別しにくい。 △逆光に弱い。	△真上からの撮影のため樹形が分かりにくい。 ※重複撮影して立体視を行うことで樹形把握も可能。	◎当該木に接近して真上、または斜方向から撮影できるので、高い精度で樹種判別可能。	○斜方向・横方向からの観察で樹形が分かりやすい。 △遠方の樹木は判別しにくい。 △逆光に弱い。
⑥枯死木の位置 落とし精度	△低い (～数百 m ずれ)	○高い (～数十 m ずれ)	◎ずれ無し (～数 m ずれ)	△低い (～数百 m ずれ)

※徹底駆除を要する山間部エリアでは、見落としなく、高精度の位置情報を取得するために、B. 面的撮影を採用することが望ましい。

2) 枯死木ドローン調査の撮影例 (いずれもマツ枯れ)



A. 周辺撮影



B. 面的撮影



C. 近接撮影



(参考) 踏査・眺望

3) 枯死木ドローン調査の留意点

○ドローンに関する技術と知見

山間部や公共の場におけるドローン調査は、飛行技術と関連法規や安全対策に関する知見が必要とされる。

特に、広範囲でのB. 面的撮影では「目視外飛行」の許可が必要となる。必要な教育訓練を受けることが飛行要件となるため、十分な実績を持つ専門技術者または専門業者（委託）による飛行撮影が必要とされる。

○撮影高度について

高度 150m 以上で飛行を行う場合は、国土交通省への許可申請が必要となる。離着陸地点及び空域を管轄する機関の許可と飛行範囲の報告が必要になる。B. 面的撮影のうち広範囲での調査や土地所有者が多いエリアの調査に適している。

高度 150m 未満で飛行を行う場合は、国土交通省への許可申請は不要であるが、離着陸地点に加えて飛行経路上の土地所有者・管理者の許可が必要となる。A. 周辺撮影やB. 面的撮影のうち土地所有者・管理者が少ないエリアの調査に適している。

○面的撮影画像の判読労力

面的撮影によって高精度の枯死木調査が可能となるが、例えば 5km 方形の広範囲の撮影を行った場合、撮影画像が数千枚となるため、枯死木の判読と位置落とし作業に週～月単位で時間を要する場合もある。撮影時期によっては、サンプル調査や伐倒対策の時期に影響する可能性があり、撮影時期と判読時間を考慮した撮影スケジュールとする必要がある。

○米軍基地に関わる対応①（改正ドローン規制法）

改正ドローン規制法が 2019 年 6 月 13 日に施行された。小型無人機ドローンを米軍施設や訓練水域、自衛隊施設とその周囲約 300メートルの上空で飛ばすには同意が必要になった。対象となる施設として、現時点では沖縄県内の米軍施設、自衛隊施設等は指定されていない。

ただし、2018 年 2 月に「米軍施設の上空やその周辺においてヘリやドローンを飛行させることは、重大事故につながるおそれがあり大変危険行為ですので、行わないで下さい。」とのお願い文が防衛省・警察庁・国土交通省・外務省より「お願いとお知らせ」文として出されている。

よって、米軍施設や訓練水域、自衛隊施設とその周囲約 300メートルの上空においては、沖縄防衛局に問い合わせが必要である。

○米軍基地に関わる対応②（制限空域）

米軍北部訓練場は、2016 年 12 月に施設・区域の一部が返還されたが、上空に設定されている制限空域は変更されていない。現北部訓練場から離れたエリアであっても、ドローン調査を制限空域にかかるエリアで実施する場合は、沖縄防衛局を通じて米軍への調整が必要になる。制限空域内での演習期間にあたる場合には、ドローンの飛行は禁止される。

(参考3)監視にかかる調整・申請先

ドローン調査及び眺望地現地踏査に係る作業に伴い必要となる調整・許可申請について、沖縄県にて平成29年～令和元年度に実施した沖縄島北部地域における枯死木ドローン調査実績より、申請対象や申請資料、提出先等の事例を示す。

監視に伴う調整・申請先（沖縄島北部地域での調査事例）

作業項目	申請対象	申請資料	提出先		許可資料	申請者	申請期間	参考様式	A. 周辺撮影 (150m未満) B1. 面的撮影 (150m未満) B2. 面的撮影 (150m以上) C. 近接撮影 (150m未満)				備考	
									A	B1	B2	C		
ドローン調査	地上30m以上～150m未満の飛行 (県営林)	県営林入林使用承諾願申請書	沖縄県	森林管理課	県営林入林許可証	受託業者	2週間程度	有		○		○		
	地上30m以上～150m未満の飛行 (市町村有林)	市町村有林入林許可申請書	当該市町村		市町村有林入林許可証	委託者	2週間～1ヶ月程度	有		○		○		
	地上30m以上～150m未満の飛行、離発着 (琉球大学与那演習林)	亜熱帯フィールド科学教育研究センター使用申請書	琉球大学	亜熱帯フィールド科学教育研究センター 与那フィールド	(口頭受理)	受託業者	2週間程度	有	○	○		○	県営林の入林許可も必要 調査期間は2週間程度毎に1通	
	離発着場使用 (林道 (県))	(口頭連絡)	沖縄県	森林管理課	—	委託者	2週間程度	無	○	○	○	○		
	離発着場使用 (林道 (市町村))	市町村有林入林許可申請書	当該市町村		市町村有林入林許可証	委託者	2週間～1ヶ月程度	有	○	○	○	○	市町村有林入林許可申請書に林道を併記して申請も可	
	離発着場使用 (施設等)	(個別に要確認)	—	(施設毎の管理担当者)		—	受託業者	—	—	○	○	○	○	施設、海岸、河川、土地改良区等
	目視外飛行	無人航空機飛行許可申請	国土交通省大阪航空局	無人航空機飛行許可申請 (オンライン) https://www.dips.mlit.go.jp/portal/		無人航空機の飛行に係る承認書	受託業者	1ヶ月程度	無		○ ※目視内なら不要			事前にドローン離発着箇所の許可が必要 (許可を得る途中段階でも申請可)
	上空150m以上の飛行	無人航空機飛行許可申請	国土交通省大阪航空局那覇空港事務所	那覇空港事務所 航空管制運航情報官 運用室		無人航空機の飛行に係る許可書	受託業者	1ヶ月程度	無			○		飛行当日に調査開始前・終了後の連絡が必要
	北部訓練場制限空域内の飛行	ADJACENT OVERFLIGHT REQUEST	沖縄防衛局	沖縄防衛局 企画部 地方調整課 連絡調整室		(口頭回答)	受託業者	2週間程度	有	○	○	○	○	制限空域での演習期間は飛行禁止
やんばる国立公園内のドローン調査連絡	調査計画書	環境省	沖縄奄美自然環境事務所 やんばる自然保護官事務所		(メール回答)	委託者	—	無	○	○	○	○		
眺望地現地踏査	やんばる国立公園特別地域内の木竹の伐採 (眺望に支障となる林道沿い植生の刈払い)	土地の形状変更許可申請書	環境省	九州地方環境事務所 (窓口：やんばる自然保護官事務所)	指令書	委託者	2週間程度	有				—	害虫の捕捉機材等資材設置時にも必要	