

2. 被害発生状況の把握

2.1. 松くい虫被害北端ラインの把握

やんばる地域の松くい虫被害の北上を抑止するためには、やんばるの広大な森林域において、松くい虫被害の分布を「もれなく」「効率的に」把握することが重要であり、その分布状況を把握するためにも、正確な北端ラインの把握が不可欠である。

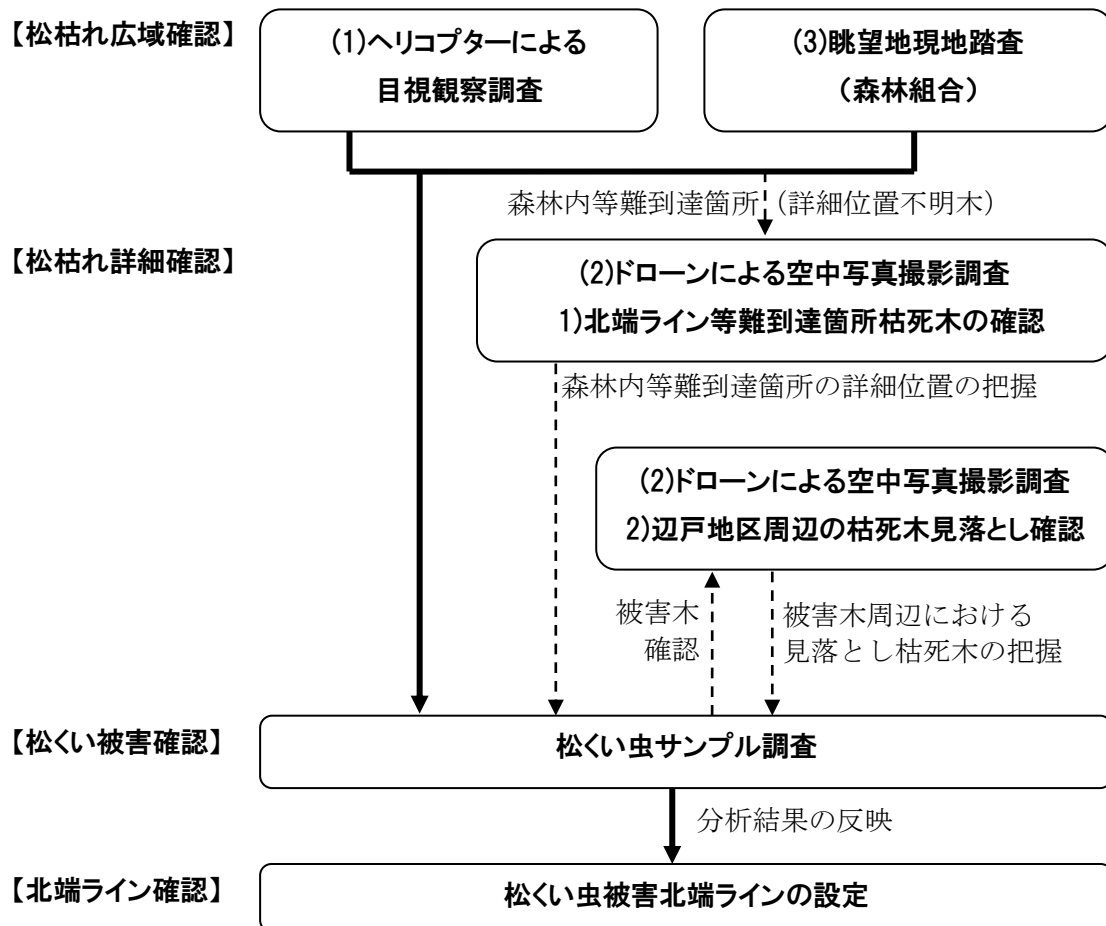
一方、林道沿いの目視や通報によって枯死木を把握しようとする、視認できる範囲に限られるため、見落とし可能性が高い。

そのため、平成 29 年度は被害の北端ラインを正確に把握するため、ヘリコプター調査、ドローン調査、眺望地現地踏査による北部 3 村全域の分布調査を実施した。

また、上空等から把握された枯死木が、実際に松くい虫被害によるものなのか、そのほかの要因で枯死したものか確認するため、松くい虫サンプル調査を実施し、過年度に把握された「平成 28 年先端地ライン（推定）」との比較から、新たな北端ラインを定めるものとした。

松くい虫被害北端ラインの把握に関し、次年度以降導入が可能と想定される調査方法について、試験的に実施し、平成 29 年度の北端ラインを整理、把握した。

主な調査の流れを下記に示す。



図Ⅱ. 2. 1-1 松くい虫被害北端ライン把握調査の流れ

2.1.1. 松枯れ分布調査（平成 29 年度）

松枯れ分布の広域的な調査としては、下表の方法が考えられる。「広大な森林域（エリア）」で「効率的に（コスト）」「もれなく（確実性）」を一手法で網羅することは難しいため、平成 29 年度は B. のヘリ調査、C. のドローン調査、D. の眺望地現地踏査の組み合わせ調査を検討した。

まず、B. のヘリ調査により広域な集団枯損の分布状況を把握し、集団枯損箇所周辺において C. のドローン調査を実施して詳細位置を把握し、更に点在する松枯れポイントの位置確認と見落としの補足のために D. の眺望地現地踏査を実施し、それぞれのメリット、デメリットを把握した。

表Ⅱ. 2. 1-1 平成 29 年度松枯れ分布調査手法の検討・評価

調査方法	エリア	コスト	確実性	課題	評価 (H29)
A. 衛星写真 購入～解析	広域 ○ (北部訓練場も可)	×	△ (入手不可も)	○全松枯れ分布の図示可 ×3村で約600万の撮影費	×
B. ヘリコプターによる 目視観察調査	↑ ○ (北部訓練場も可)	△	○	○短時間で状況把握可 ×ヘリ代36万円/時のコスト	○
C. ドローンによる 空中写真撮影調査	↓ △ (不可視17有)	○	◎	○詳細かつ安価に調査可 ×林道無・私有林17は難	○
D. 眺望地現地踏査 (森林組合)※	△ (不可視17有)	◎	○	○詳細かつ安価に調査可 ×眺望可能エリアは限定	○

注：A. については、コストがかかりすぎるため、検討課題として3章に別途整理した。

(1) ヘリコプターによる目視観察調査

1) ヘリコプターの撮影方法の設定

やんばるにおける3村（国頭村、東村、大宜味村）上空での飛行ルートや飛行高度を設定するため、調査に用いるヘリコプターの基地がある沖縄本島中南部地域（うるま市前原周辺及び北中城村比嘉（ライカム周辺））における試験飛行を実施した。



図Ⅱ. 2. 1-2 北中城村比嘉；ライカム周辺での撮影結果と推定撮影範囲（前席）

2) ヘリコプターによる撮影

試験飛行の結果をもとに実施したヘリ調査の結果を以下に示す。

なお、使用機材のスペックを次ページに示す。

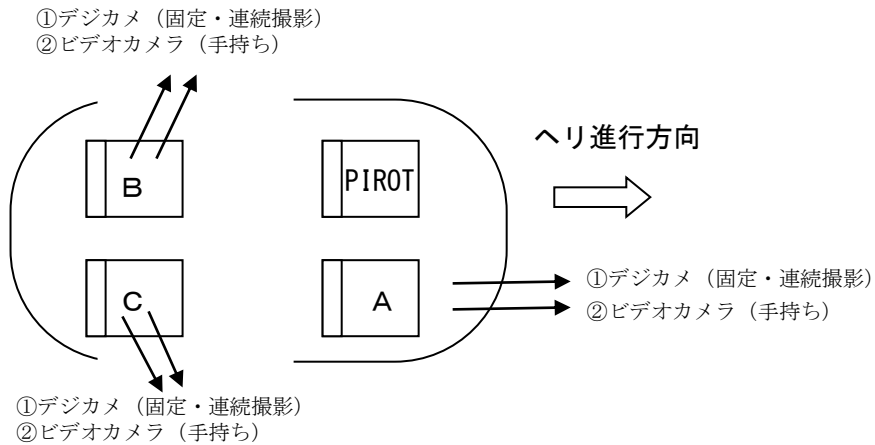
【調査概要】

- 調査日 : 平成 29 年 11 月 20 日 (月)
- 調査範囲 : 国頭村、大宜味村、東村
- 調査人数 : 3 名 (山本、福島、與)
- 調査方法 : ヘリコプターによる上空からの目視確認及び動画・写真撮影
 - ①デジタルカメラによるインターバル撮影 (3 台 ; 3 秒間隔撮影)
 - ②ビデオカメラによる枯死木確認時のズーム撮影 (3 台 ; 適宜撮影)

ヘリ
側面写真



調査員
平面配置



ヘリ調査正面イメージ

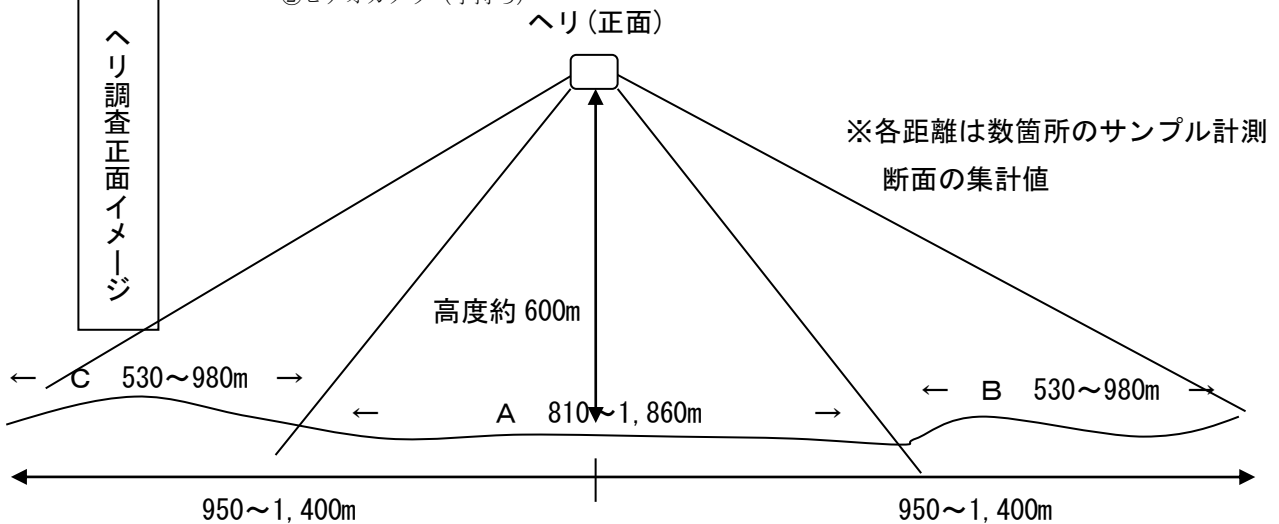


図 II. 2. 1-3 撮影写真からの調査状況結果

使用したヘリコプター及び撮影機器の仕様は下記のとおりである。

なお、沖縄県内には、常駐している調査用ヘリ（真下の撮影可）がなく、別途輸送費用の掛からない観光用のヘリコプターによる側面方向の調査とした。

【ヘリコプター仕様】

機種	ヒューズ 369E（ヒューズ社（米国））		
外観			
運用会社	中日本航空株式会社	巡航速度	180 km/h
全幅	8.05m	最大積載量	300 kg
全長	9.54m	乗員	1 人
全高	2.71m	乗客	4 人（乗員含む）
最高速度	250 km/h		

【撮影機材仕様】

①カメラ機材

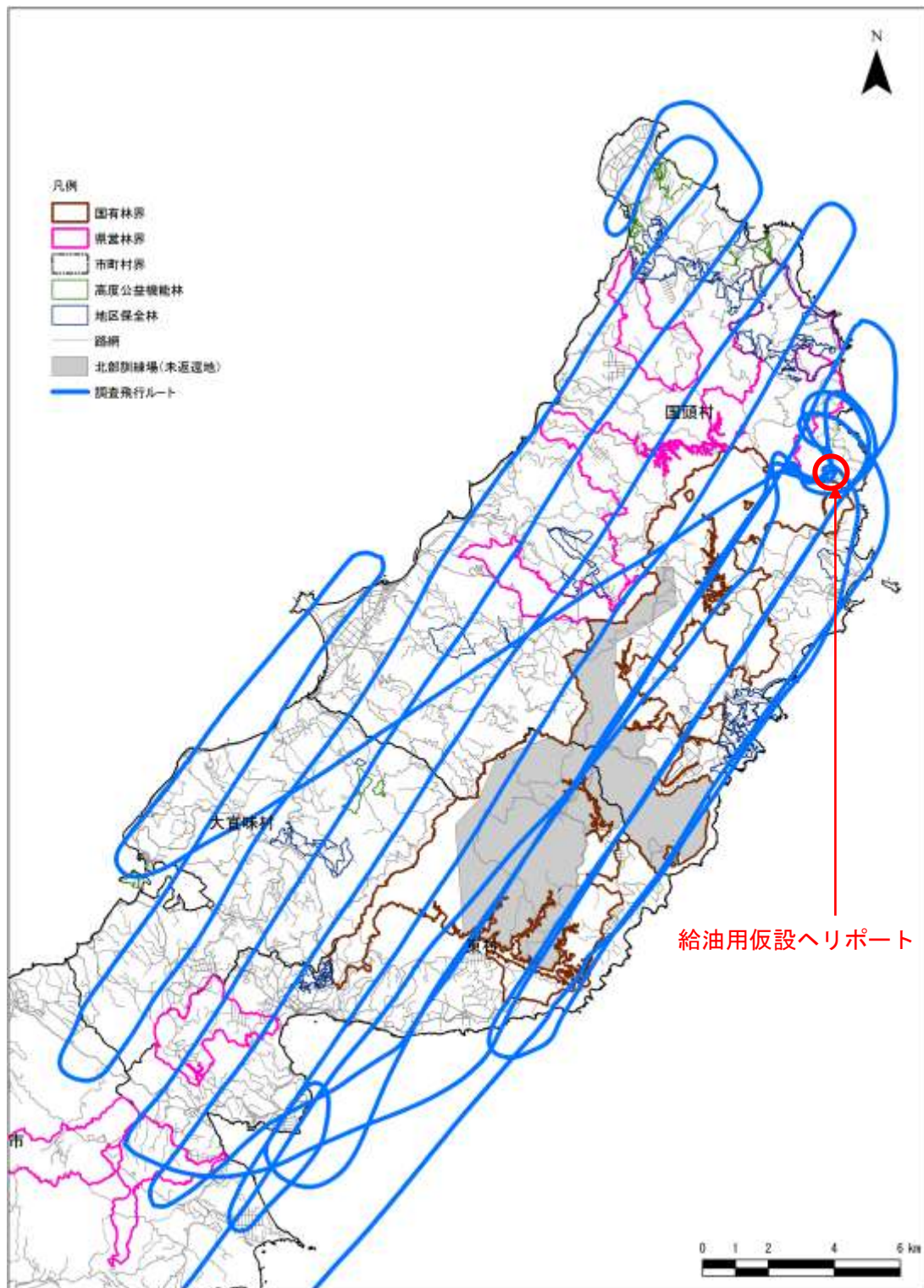
型番	TG-4（配置 B、C）	EOS70D（配置 A）
メーカー	オリンパス（日本）	キャノン（日本）
有効画素数	1600 万画素	829 万画素（16：9）
ズーム	光学 4 倍	－
レンズ	内臓	CANON EF-S10-18mm F4.5-5.6 IS STM(超広角レンズ)

②ビデオ機材

型番	HDR-XR550V（配置 B）	FDR-AX55（配置 A、C）
メーカー	ソニー（日本）	ソニー（日本）
有効画素数 （動画時）	415 万画素（16：9） 311 万画素（4：3）	829 万画素（16：9）
ズーム	光学 10 倍	光学 20 倍
録画形式	MPEG-4	MPEG-4

ヘリコプターの飛行ルートは、2～3割程度撮影範囲が重なるよう約1.8km間隔で格子状に配置した。GPSの記録を基に作成した調査飛行ルートの結果を以下に示す。

一部、想定よりも間隔が広がっている区間はあるものの後席の撮影範囲でカバーして撮影できた。ただし、撮影範囲両端部の谷筋や山裏など、死角も確認された。



図Ⅱ.2.1-4 ヘリコプター調査の飛行結果

3) 枯死木の位置の把握

ヘリコプター調査による松枯れの分布状況や松枯れ被害等が疑われる褐変した樹木の位置を把握するため、撮影した全写真及び動画に対し、ハンディ GPS (Garmin GPSMAP62SJ) のデータより位置座標を与え、撮影位置とそのファイル名を Google Earth pro (ver. 7.3.1) 上にプロットした。

そのうえで、各撮影位置のプロットから撮影方向を向いた 3D 地形ビューとその撮影写真を並べて開き、写真上で褐変した枯死木を確認した場合には、Google Earth 上に地形で位置を合わせてプロットし、樹種 (マツ、広葉樹) 等の区分を記載した。

プロットした枯死木データは、ArcGIS 10.3 を用いて、分布図としてとりまとめた。

Google Earth 上に地形で位置を合わせてプロットし、その位置座標から GIS 上に分布状況を示した「マツ枯れ」「広葉樹枯れ」「その他の褐変」の各分布図を図Ⅱ.2.1-5～Ⅱ.2.1-7 に示す。

なお、樹種判別 (マツ、または広葉樹) は、デジタルカメラの画質では多くが困難であったことから、ビデオカメラのズーム撮影の映像を中心に確認を行った。

しかし、ビデオカメラで確認できた個体は半数程度であり、それ以外の樹種判別は不確実性を有するものとなった。

そのほか、今回のヘリコプター調査で確認された留意事項は、下記のとおりである。

<留意事項>

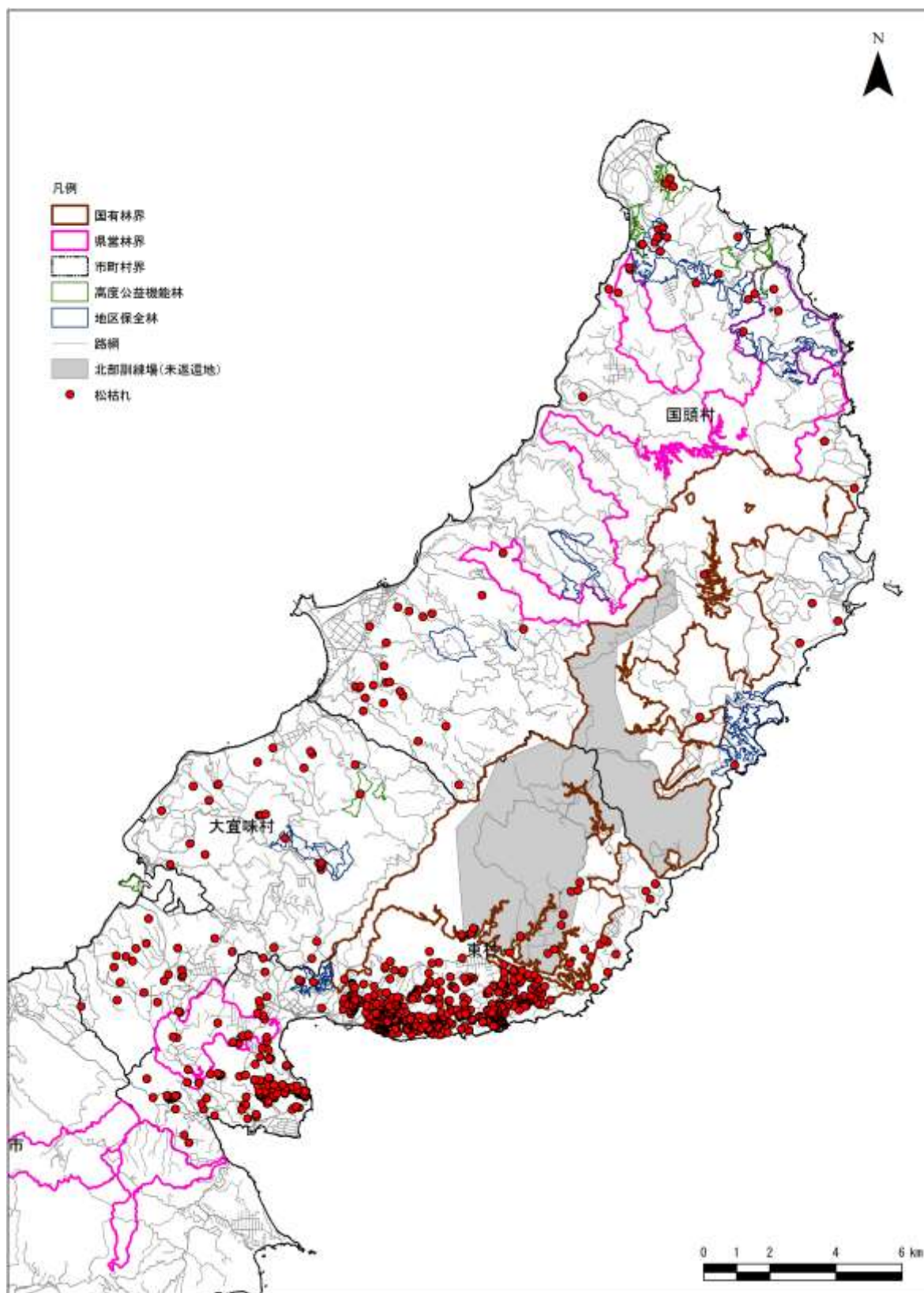
○枯死木の確認について

- ・デジカメ写真によって、枯死木の分布は確認できるが、山裏、影部、遠方などは見落としも想定された。
- ・面積的にはわずかであるが、山あいの飛行ルートの間中部に視認できないエリアが発生した。
- ・今年の枯死木の落葉や色落ちが進んでおり (特に東村や大宜味村の沿岸地域)、昨年以前の枯死木との判断により抽出されなかった個体も想定された。
- ・一方で、調査後に褐変が進んだ枯死木も確認された。

○樹種判別 (マツ、または広葉樹)

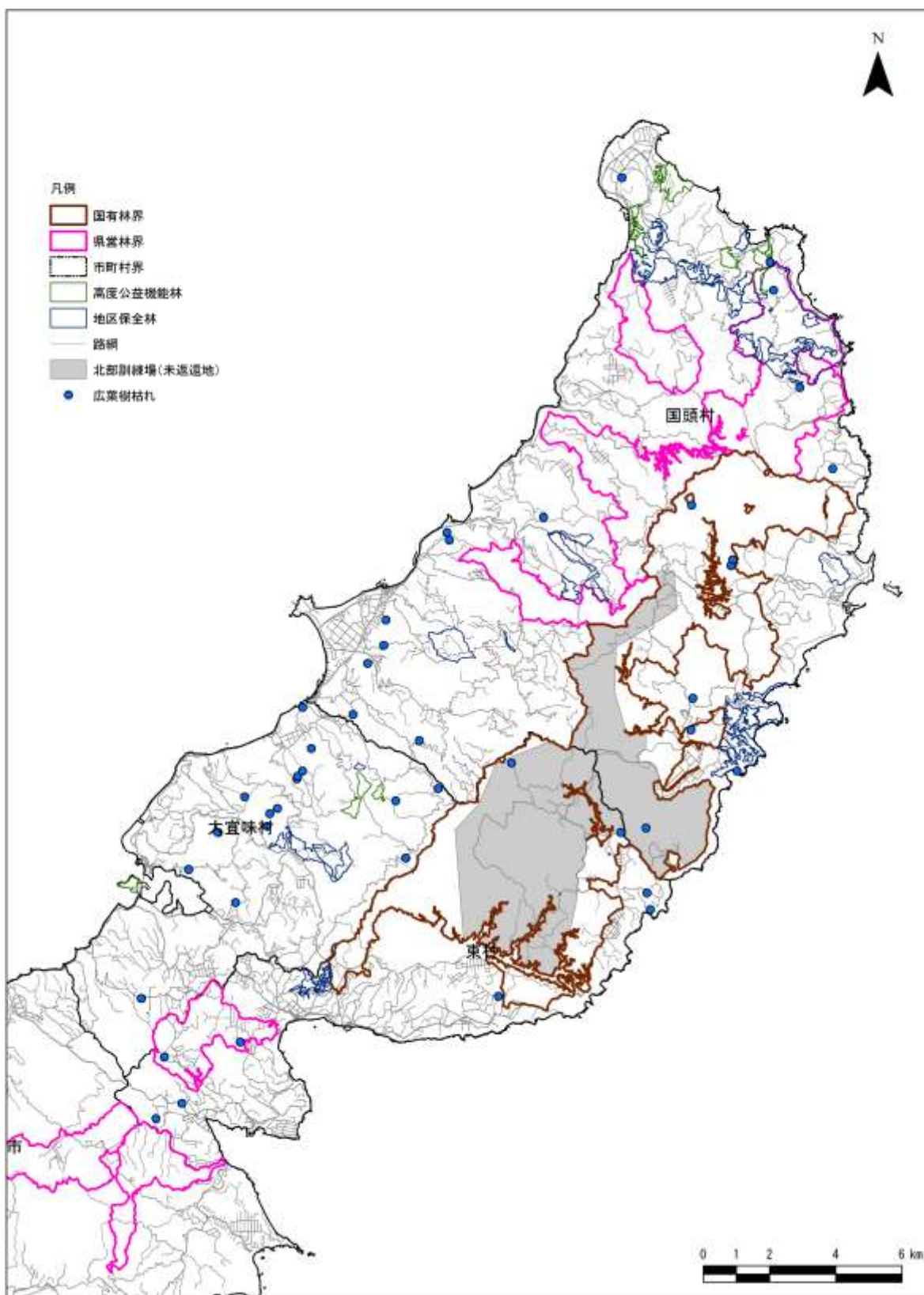
- ・デジカメ写真のみでは、大半の枯死木は樹種判別が困難であった。
- ・ビデオ撮影 (ズーム) により、樹種判別率は格段に高くなった。
- ・ただしヘリ上での目視観察時点で枯死木の見落としは多く、ビデオでズーム撮影された枯死木は、整理された全体数の半分程度であった。

【マツ枯れの分布状況】



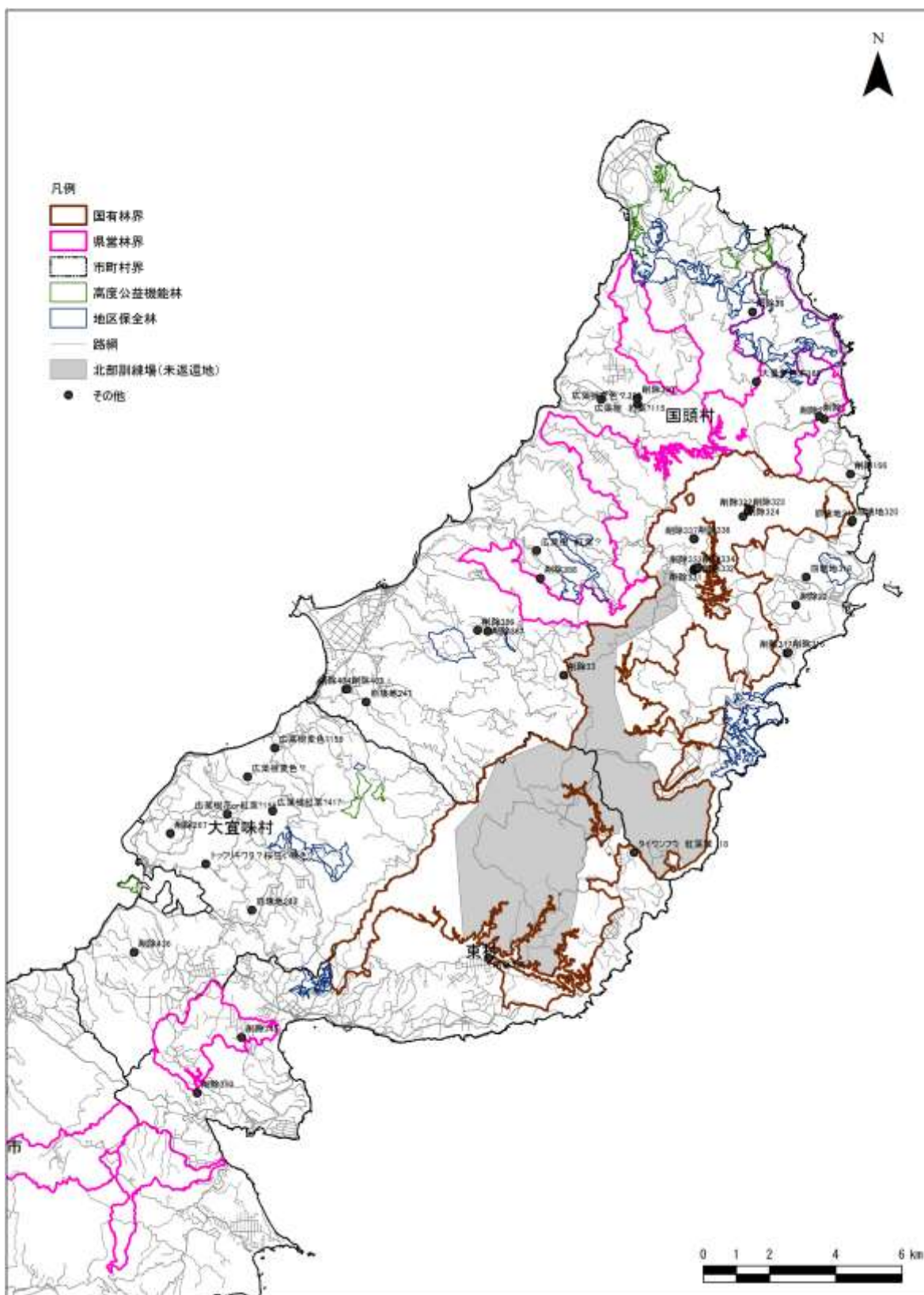
図Ⅱ.2.1-5 ヘリ調査結果（マツ枯れ）

【広葉樹枯れ分布状況】



図Ⅱ.2.1-6 ヘリ調査結果（広葉樹枯れ）

【その他の褐変の分布状況】



図Ⅱ.2.1-7 ヘリ調査結果（その他の褐変；参考）

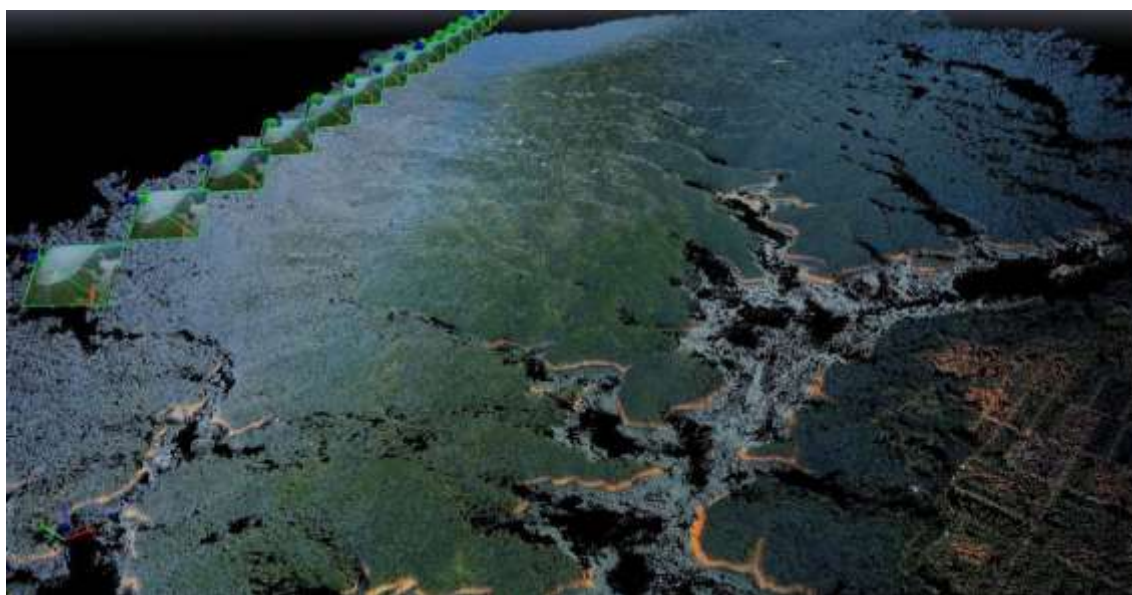
4) 空撮写真の合成（参考）

平成 29 年度防除戦略検討委員会（平成 29 年 10 月 25 日開催）において、松くい虫被害北端ラインの把握やシイ・カシ類萎凋病（ナラ枯れ）被害の効率的・効果的な監視・通報体制の構築にあたって委員より衛星画像や空撮写真の合成と三次元ソフトによる解析の提案があった。そのため、ヘリコプターによる撮影で得た一定区間のインターバル撮影写真について、三次元ソフトを用いて、オルソモザイク画像の生成を行った。

以下に、使用した三次元ソフトの概要と生成した結果を以下に示す。

■使用ソフト：Pix4Dmapper ver. 4. 0. 25（Pix4D 社）※オプション等無し

【オルソモザイク画像の生成例】



図Ⅱ. 2. 1-8 生成例

【生成結果の評価】

- ・連続した写真について、3次元モデルが形成できたことで、マツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリの移動などを立体的に評価できる可能性が確認できた。
- ・写真の画質が低下するため、3次元化モデル上でのマツ枯れ被害木の確認や抽出には、更なる検討が必要となる。

(2) ドローンによる空中写真撮影調査

ドローンによる空中写真撮影調査に関しては、直上からの撮影により、死角の減少と枯死木の緯度経度に関する正確な位置データを入手できる特徴を踏まえ、下記の空中写真撮影を実施した。

①北端ライン等難到達箇所枯死木の確認調査（国頭村与那地区～安波地区付近）

平成 28 年度に確認された北端ライン付近において、ヘリコプターによる目視観察調査で死角になりそうな箇所の補足やアクセスが難しい箇所にある枯死木の位置データを入手するための調査を実施した。

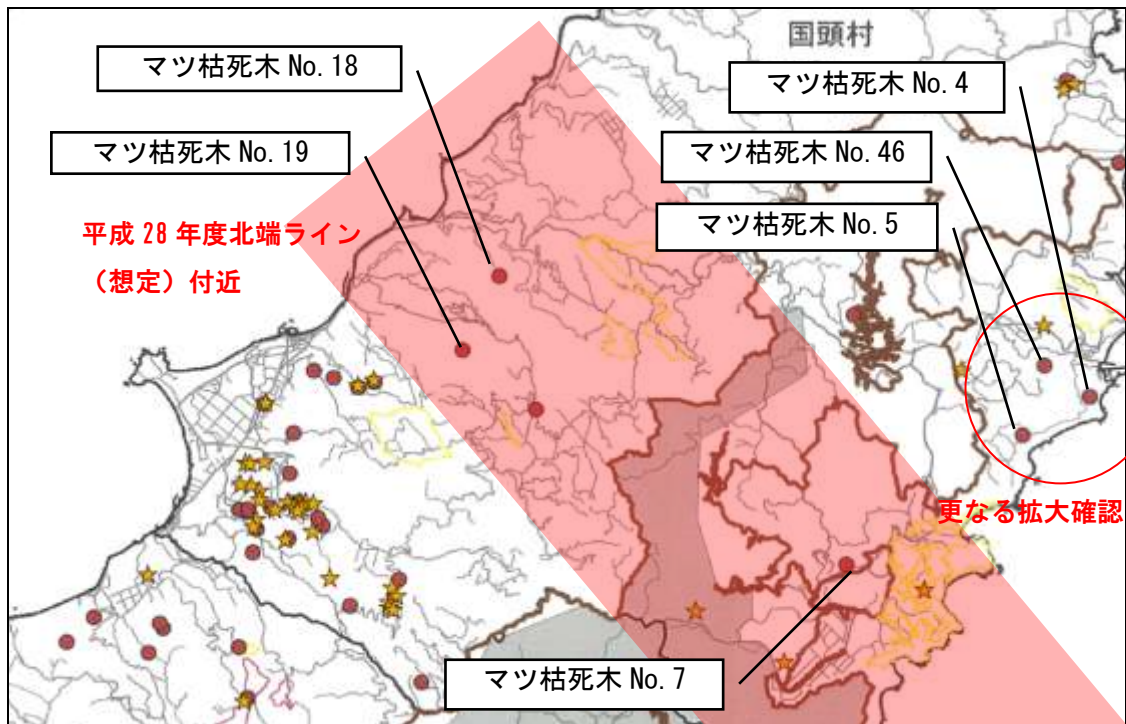
②辺戸地区周辺の枯死木見落とし確認調査（国頭村辺戸・宜名真・宇嘉地区付近）

平成 29 年度の松くい虫被害木確認のためのサンプル調査にて、マツノザイセンチュウが検出された辺戸地区周辺で、枯死木の見落としの確認とアクセスが難しい箇所にある枯死木の位置データを入手するための調査を実施した。

1) 北端ライン等難到達箇所枯死木の確認

①撮影対象の設定

ヘリコプター調査での見落としや樹種判別等を確認するため、下記の場所を中心に、北端ライン等難到達箇所枯死木の確認を実施した。



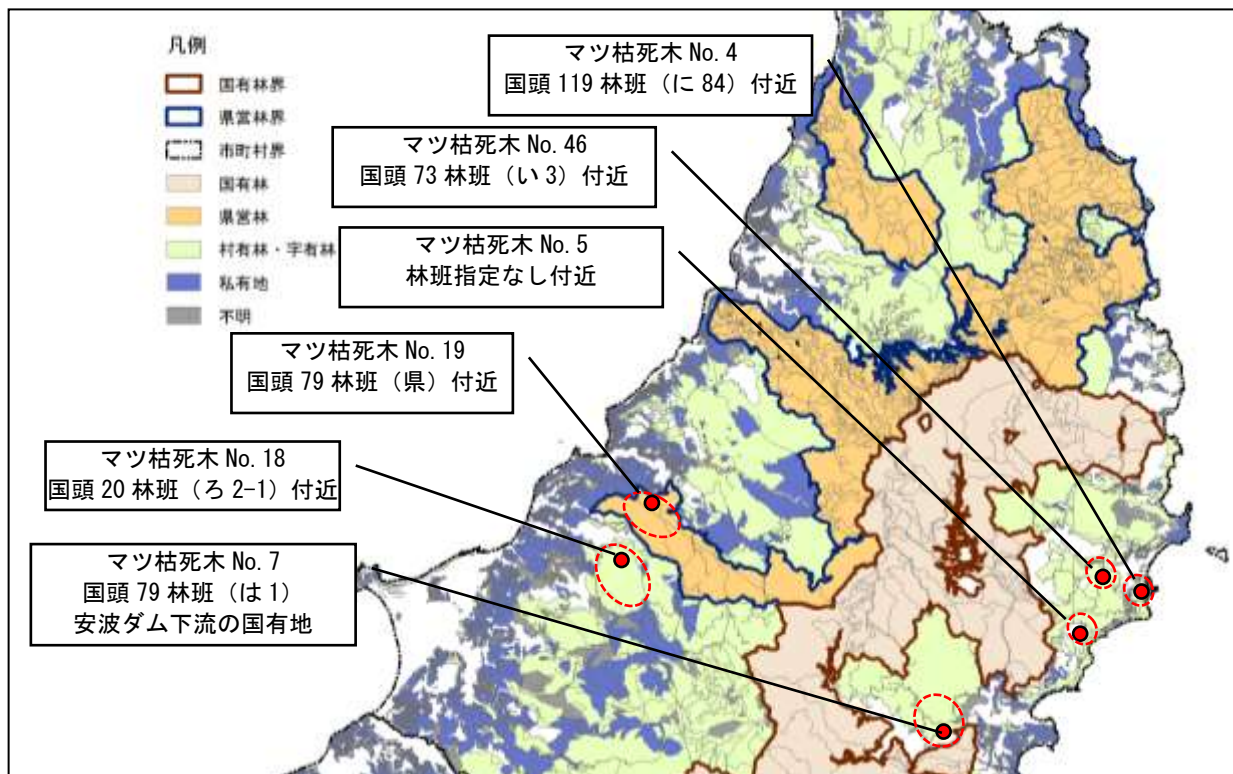
記号 ● ;ヘリコプター調査結果、★ ;眺望調査（目視調査）結果 — ;路線網

図Ⅱ.2.1-9 調査対象木の位置

②調査に係る飛行許可等

表Ⅱ. 2. 1-2 ドローン調査に向けた北端ライン枯死木付近の飛行許可

対象木名称	土地管理者・所有者	許可概要
マツ枯死木 No. 7	内閣府（国有地）	安波ダム下流の国有地のため、発注者より申請し、土地管理者である北部ダム統合管理所に許可を得た。
マツ枯死木 No. 18	国頭村（村有林）	国頭 20 林班（ろ 2-1）が村有林のため、発注者より申請し、土地管理者である国頭村に許可を得た。
マツ枯死木 No. 19	沖縄県（県営林） 琉球大学（与那フィールド）	国頭 79 林班は管理委託を受けている琉球大学与那フィールドであったため、受注者より申請し、沖縄県北部農林水産振興センター森林整備保全課、琉球大学与那フィールドに許可を得た。
マツ枯死木 No. 4	国頭村（村有林）	国頭 119 林班（に 84）が村有林のため、発注者より申請し、土地管理者である国頭村に許可を得た。
マツ枯死木 No. 5	国頭村（村有林）	国頭 74 林班（い 2）が村有林のため、発注者より申請し、土地管理者である国頭村に許可を得た。なお、撮影箇所まで農地上空を通過するため、発注者より安波区長に連絡し、飛行許可を得た。
マツ枯死木 No. 46	国頭村（字有林）	国頭 73 林班（い 3）が字有林等のため、土地管理者確定できず近隣の河川から撮影を行った。



注：本図は、森林簿及びの森林 GIS H23 版・森林緑地課（一部整理途中版）から作成したものであり、精度の低い情報（区分・位置・形状等）も含まれている。

図Ⅱ. 2. 1-10 調査対象木の立木位置の林班区分

③飛行区域の確定と飛行ルートの設定

調査のための飛行ルートは、使用するドローンの性能と飛行開始位置、機体の視認性を考慮し、安全に飛行できる飛行区域とルートを設定した。

以下に、使用したドローンの性能を示す。

表Ⅱ.2.1-3 調査で使用するドローンの性能

機体外観	性能
	【Phantom4 Pro (DJI 社 (中国))】 <ul style="list-style-type: none">・運用限界高度：6,000 m (調査では 150m 未満)・継続飛行時間：約 28 分 (実質では 20 分程度)・最大伝送距離：3,500m※飛行可能距離 (調査では、安定飛行のため 600m 飛行を想定)・撮影画像：静止画サイズ 4,000×3,000 動画モード 4,096×2160 (4K) 3,840×2160 (4K)
	【Mavic Pro (DJI 社 (中国))】 <ul style="list-style-type: none">・運用限界高度：5,000 m (調査では 150m 未満)・継続飛行時間：約 27 分 (実質では 20 分程度)・最大伝送距離：4,000m※飛行可能距離 (調査では、600m 飛行を想定)・撮影画像：静止画サイズ 4,000×3,000 動画モード 4,096×2,160 (4K) 3,840×2,160 (4K)

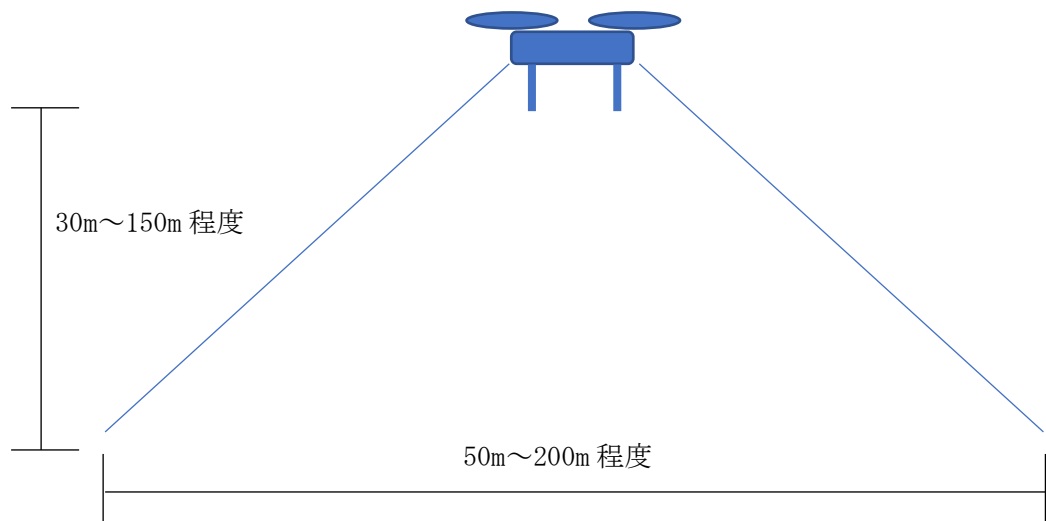
④ドローンによる撮影の実施

北端ライン等難到達箇所枯死木の確認に関するドローンによる撮影は、天候の安定した平成30年1月30日、平成30年2月9日に実施した。調査に当たっての撮影方法については次の通りとした。飛行結果の例を次ページに示す。

- ア. 枯損木の場所を特定するため、ドローンをプログラムで飛行させ撮影
- イ. 撮影後、現場にて写真を確認し、枯損木を特定出来た場合は、その位置情報を記録するため、その上空付近で出来る限り高度を落として撮影
- ウ. 電波環境及びバッテリー残量に注意しながら可能な限り、プログラム飛行で周辺の樹木を撮影。
- エ. 上記撮影後、必要に応じて、バッテリーで可能な最大限の範囲のプログラム飛行により面的に撮影（バッテリー切れになりそうになるとドローンが自動的に帰還）

プログラム飛行の設定内容は、下記の通りである。

<プログラム飛行の設定内容>



- ・カメラチルト：直下
 - ・飛行速度：秒速5~10m程度
 - ・オーバーラップ率：30%
- ※電波環境により、高度は変動する。また、画角は高度により変動する。

図Ⅱ.2.1-11 ドローンの飛行概要

なお、ドローンの飛行に際しては、下記の条件下では実施しないものとした。

【飛行中止条件】

- ・雨天時及び雨が降る恐れがある場合。
- ・強風により、安全に飛行が出来ないと判断される場合。

■マツ枯死木 No. 7 の飛行区域・ルート図（例）

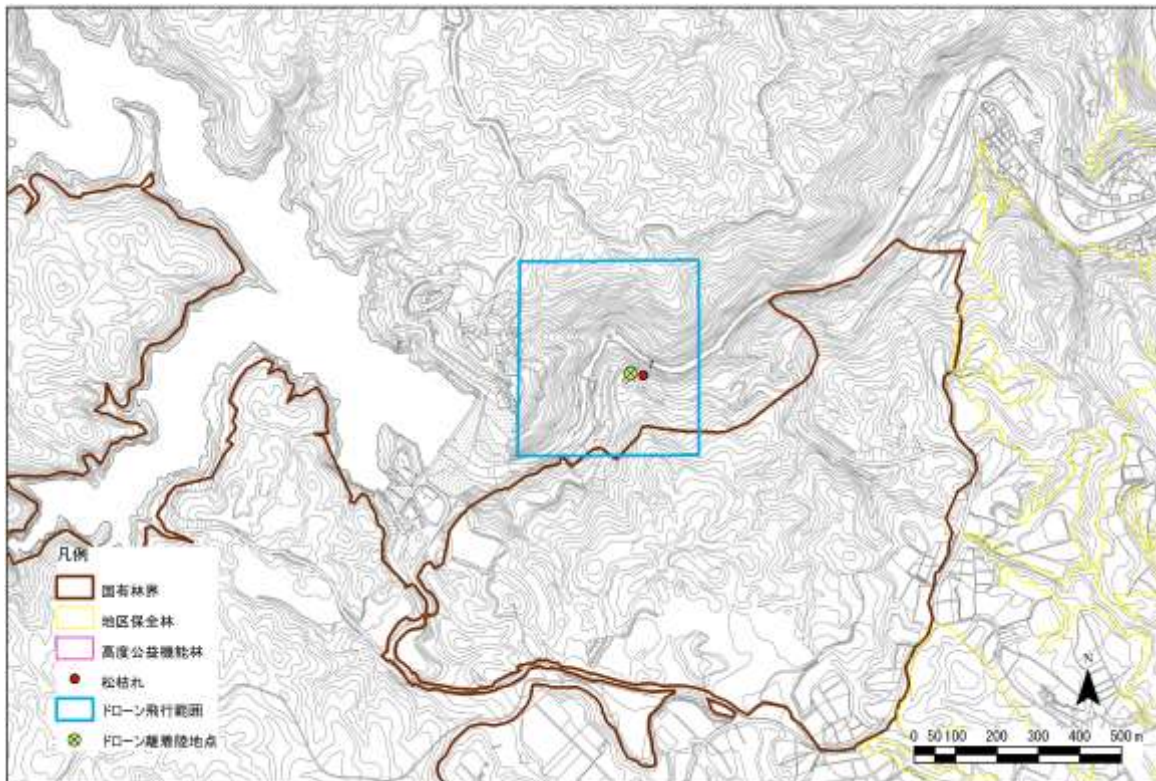
離 着 陸 場 所：県道 70 号線より林道入口付近の国有林。

予定飛行ルート：国有地と村有林の上空を飛行。

飛 行 範 囲：マツ枯死木 No. 7 (26° 42′ 43.32″ N 128° 16′ 26.25″ E) を中心として、可能な限り
広範囲で飛行。

撮 影 範 囲：①マツ枯死木 No. 7 位置を中心とした 500m×500m 程度の範囲で飛行し撮影。

②マツ枯死木 No. 7 以外にマツ枯れがないか、周辺を可能な限り広範囲で撮影。



図Ⅱ. 2. 1-12 マツ枯死木 No. 7 の飛行区域・ルート

⑤撮影写真の分析

撮影写真の分析結果を以下に示す。

なお、撮影した写真データの分析は、主に以下の項目とした。

- ・伐採に向けた難到達枯死木の位置の把握
- ・枯死木の樹種の判別
- ・枯死木の枯れの状況から可能な限りマツ材線虫病の症状であるかを判別
- ・その他枯死木の有無

7. 写真による枯死木の判定

北端ライン付近の難到達箇所にある松枯れが疑われる褐変木について、その樹種や枯死の状況・要因、立木位置、周辺の状況の把握を行った。

撮影結果から、ドローンによる空撮調査の写真によって、下記の点が把握できることが確認できた。

【ドローンによる空撮写真での確認事項】

- ・上空 150m からのプログラム飛行中に、コントローラーに接続したモニター越しに、主な褐変枯死木の確認が可能であった。
- ・プログラム飛行による面的な定点撮影で撮影した写真から、褐変した枯死木を確認でき、リュウキュウマツかそれ以外の樹種といった樹種判別が可能であった。
- ・プログラム飛行中に撮影を中断できることから、マニュアル飛行に一時的に変更のうえ、褐変した枯死木を真上から撮影することで、緯度経度のデータを入手できた。

表Ⅱ.2.1-4 ドローン調査による写真判定

地区	名称	樹種判定	状況	ヘリコプター調査結果との比較
安波	マツ枯死木 No. 7	広葉樹	枯死	× (樹種違い)
宇良	マツ枯死木 No. 18	リュウキュウマツ	枯死	○
与那	マツ枯死木 No. 19	広葉樹	新葉	× (樹種違い)
安田	マツ枯死木 No. 4	リュウキュウマツ	枯死	○
安波	マツ枯死木 No. 5	リュウキュウマツ	枯死	○
安波	No. 5 周辺①	リュウキュウマツ	枯死	× (ヘリ確認なし)
安波	No. 5 周辺②	リュウキュウマツ	枯死	× (ヘリ確認なし)
安田	マツ枯死木 No. 46	リュウキュウマツ	枯死	○
安田	No. 46 周辺	リュウキュウマツ	枯死	× (ヘリ確認なし)

※ヘリコプター調査結果との差異は、ヘリコプター調査の精度の問題と調査季節の違いによるものである。

1. 飛行時間・撮影範囲等の確認

a. 1回の飛行における性能の確認

1回のドローン調査において、実施可能な飛行時間、撮影範囲等を把握するため、マツ枯死木 No. 19の撮影時に、プログラム飛行による上空150mからの200m四方、500m四方、1,000m四方の試験飛行を実施した。

表Ⅱ.2.1-5 一定範囲における飛行時間・調査範囲の結果

設定範囲		撮影結果	飛行時間・撮影速度	備考
200m 四方	○	200m 四方	約 5 分 (撮影 1 分程度) 撮影速度：10m/秒	撮影の開始位置までの飛行距離があり、行きかえりの移動時間が発生した。
500m 四方	○	500m 四方	約 10 分 (撮影 6 分程度) 撮影速度：10m/秒	撮影の開始位置までの飛行時間は加算されるものの発着地点付近まで撮影範囲があるため、ロスが少なかった。
1,000m 四方	△	700m×1,000m 程度	約 20 分 (撮影 15 分程度、途中切り上げ) 撮影速度：15m/秒	途中でバッテリー残量の制限により自動帰還した。

上記のことから、1つのバッテリーで撮影可能な撮影範囲は約 0.7 km²であることが把握された。

仮に北端ラインを国頭村伊地地区から安波地区の約 13 km、幅 3 km程度とした場合、北端ラインの大まかな面積は 39 km²となり、1日5範囲で調査した場合、39 km²/3.5 km²となり、調査には約 12 日間を要すると想定された。

b. 飛行に当たっての支障の確認

飛行時間・撮影範囲等の確認のための試験飛行を行った結果、把握された飛行に当たっての支障について、以下に示す。

表Ⅱ.2.1-6 飛行に当たっての支障の確認

支障項目	概要
風による飛行時間の減少	上空で強い風が吹いている場合は、機体の移動や姿勢維持のため余分な電力を消費するためか、プログラム設定で想定された撮影に要する飛行時間よりも多くかかる傾向が確認された。
尾根による電波の制限	山中での調査となると、調査地点よりも標高の高い箇所での撮影の際、飛行高度と立地条件により、尾根などにより視界から隠れ、映像電波が阻害されるなどの支障が確認された。
プログラム作業に時間を要する	飛行範囲やルートを現地で設定する場合、飛行許可範囲の確認や飛行範囲の設定等に時間を要するため、1箇所、または1回の飛行当たりに要する時間が把握しづらいことが確認された。

2) 辺戸地区周辺の枯死木見落とし確認

①撮影対象の設定

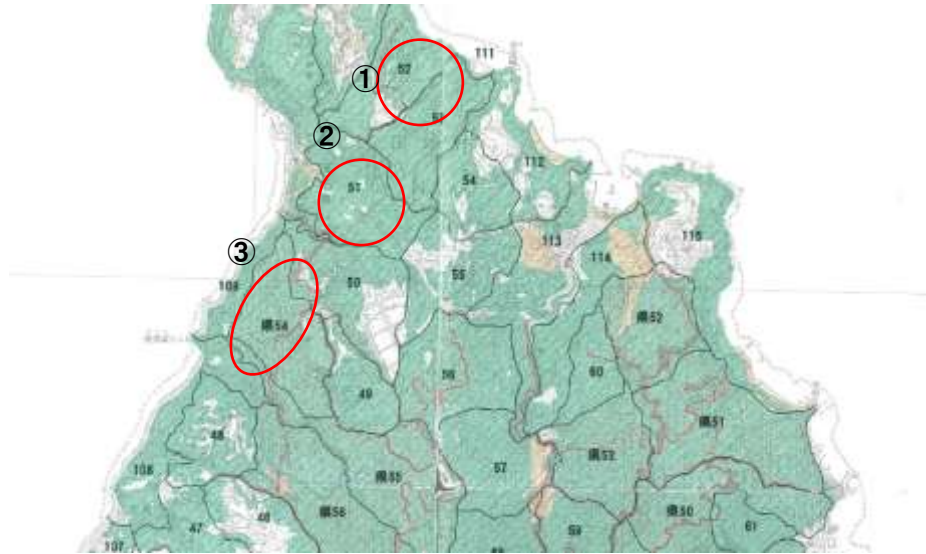
ドローンによる確認を実施する対象候補地は、以下のとおりとする。

なお、調査に当たっては、該当する林班にある県営林、村有林上空の飛行とする。

辺戸地区：松くい被害木が確認された林班 52・53（いずれも村有林部分のみ）の一部

宜名真地区：枯死木が確認された（詳細情報確認中）林班 51（村有林部分のみ）の一部

宇嘉地区：枯死木の確認された林班 50・県 54（県営林部分のみ）の一部



図Ⅱ. 2. 1-13 枯死木見落とし確認調査対象地

②調査に係る飛行許可等

撮影の許可については、北端ライン等難到達箇所枯死木の確認と同様とし、エリアに含まれる各林班の管理者（沖縄県、国頭村）に対し、それぞれの林班を示して許可を得た。



図Ⅱ. 2. 1-14 確認エリアと既存確認枯死木の位置

③飛行区域の確定と飛行ルートの設定

調査のための飛行ルートは、使用するドローンの性能と飛行開始位置、機体の視認性を考慮し、安全に飛行できる飛行区域とルートを設定する。

使用するドローンの性能は、北端ライン等難到達箇所枯死木の確認に使用したものと同様である。

④ドローンによる撮影の実施

撮影は、天候の安定した平成30年2月27日、3月1日に実施した。調査に当たっての撮影方法、飛行中止条件については前述の北端ライン等難到達箇所枯死木の確認と同様の方法とした。

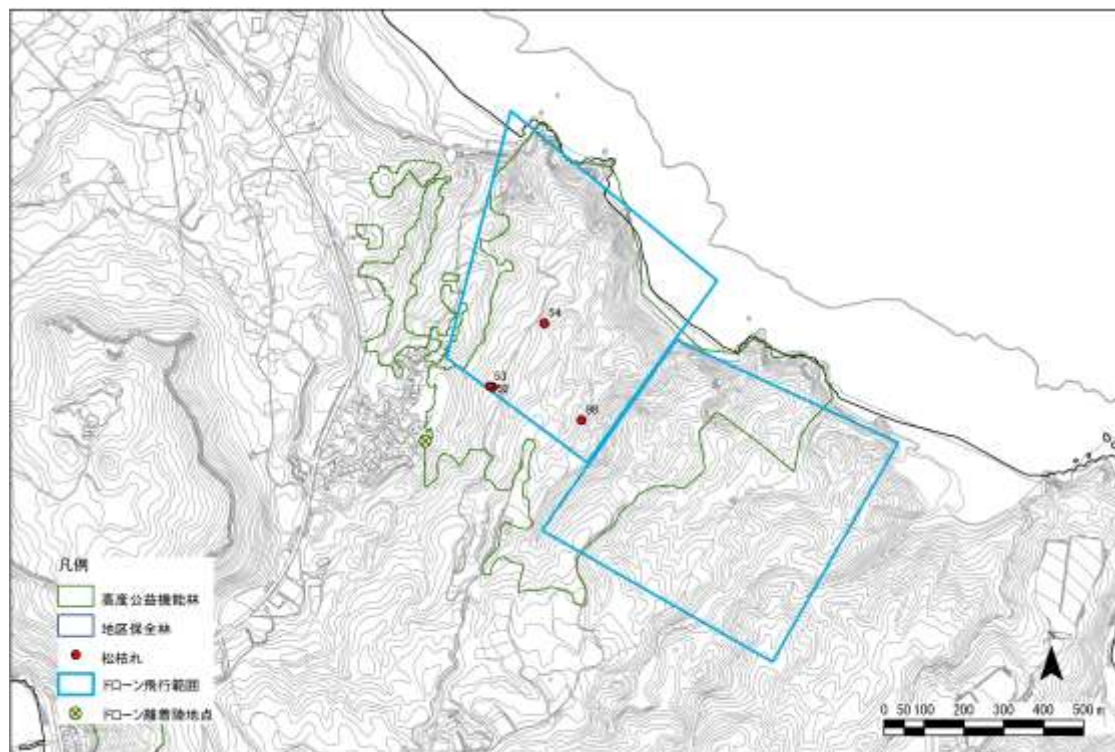
以下に、撮影実施範囲の例を示す。

■辺戸地区

離着陸場所：辺戸公民館より東200m先にある公園。

飛行範囲：松くい被害木等が確認された林班52・53（いずれも村有林部分のみ）上空をプログラムして飛行。

撮影方法：プログラム飛行をしながら撮影を行い、モニター画面にて未発見枯死木を探す。未発見枯死木が確認された場合、プログラム飛行を一時停止し、可能な限り対象物に接近を行い撮影。その後、プログラム飛行を再生し同じルートで再飛行。



図Ⅱ.2.1-15 辺戸地区の飛行区域（例）

⑤撮影写真の分析

ドローンによる空中写真撮影とヘリコプター調査との比較結果を以下に示す。

表Ⅱ.2.1-7 ドローン調査による写真判定

地区	名称	樹種判定	状況	ヘリコプター調査結果との比較
辺戸	マツ枯死木 No. 52	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 53	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 54	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 98	リュウキュウマツ	枯死	○
	新規 辺戸 1	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 辺戸 2	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 辺戸 3	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 辺戸 4	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
宜名真	マツ枯死木 No. 26	広葉樹	枯死	× (樹種)
	マツ枯死木 No. 27	広葉樹	枯死	× (樹種)
	マツ枯死木 No. 28	広葉樹	枯死	× (樹種)
	マツ枯死木 No. 29	広葉樹	枯死	× (樹種)
	マツ枯死木 No. 30	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 79	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 80	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 99	広葉樹	枯死	× (樹種)
	新規 宜名真 1	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宜名真 2	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宜名真 3	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宜名真 4	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
宇嘉	マツ枯死木 No. 81	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 100	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 101	リュウキュウマツ	枯死	○
	マツ枯死木 No. 102	広葉樹	枯死	× (樹種)
	新規 宇嘉 1	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宇嘉 2	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宇嘉 3	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宇嘉 4	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宇嘉 5	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)
	新規 宇嘉 6	リュウキュウマツ	枯死	(ヘリ確認なし)

※ヘリコプター調査結果との差異は、ヘリコプター調査の精度の問題と調査季節の違いによるものである。

また、判定例を次頁に示す。

【辺戸地区で確認された枯死木の位置】(例)

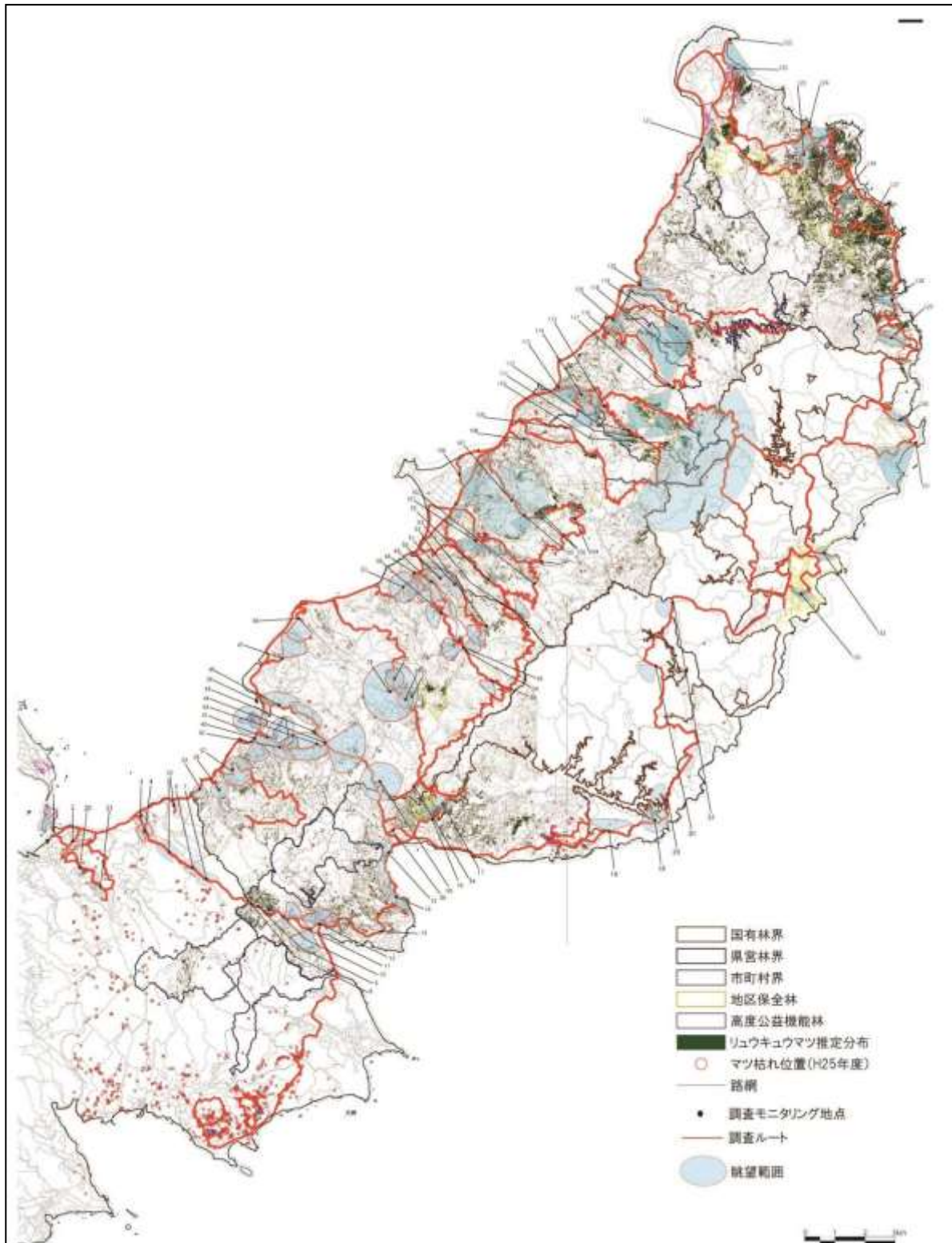
○No. 52・No. 53

樹種	いずれもリュウキュウマツ
枯死の要因	すでに全体が褐変し、マツ材線虫病かどうかは写真から判定できず
立木位置	緯度 26.85797、経度 128.26469
撮影写真	
対象木拡大	
周辺の状況	

(3) 眺望地現地踏査

松枯れポイントの位置確認と見落としの補足等を目的として、①ヘリコプターによる目視観察調査を実施ののち、ヘリコプターによる撮影が難しかった谷あいやマツと広葉樹の判別が困難な個体に対し、路線網からや多少林内に踏み込んで目視で確認する眺望地現地踏査を実施した。

なお、路線網からの視認性が悪く、距離もある難到達箇所立木する枯死木については、②で示した通り、ドローンによる空中写真撮影調査で把握した。



図Ⅱ.2.1-16 調査イメージ（調査のルートと定点、定点からの眺望範囲；H27年度調査より）

1) 方法と調査時期

対象：北部三村（国頭村、大宜味村、東村）

方法：H27 年度の同調査で実施した調査ルートおよび調査モニタリング地点で現地確認を行った。
調査ルートは車両で徐行しながら、調査モニタリング地点は双眼鏡を用いて松枯れの発見に努めた。

時期：平成 29 年 12 月 12 日～平成 30 年 1 月 9 日

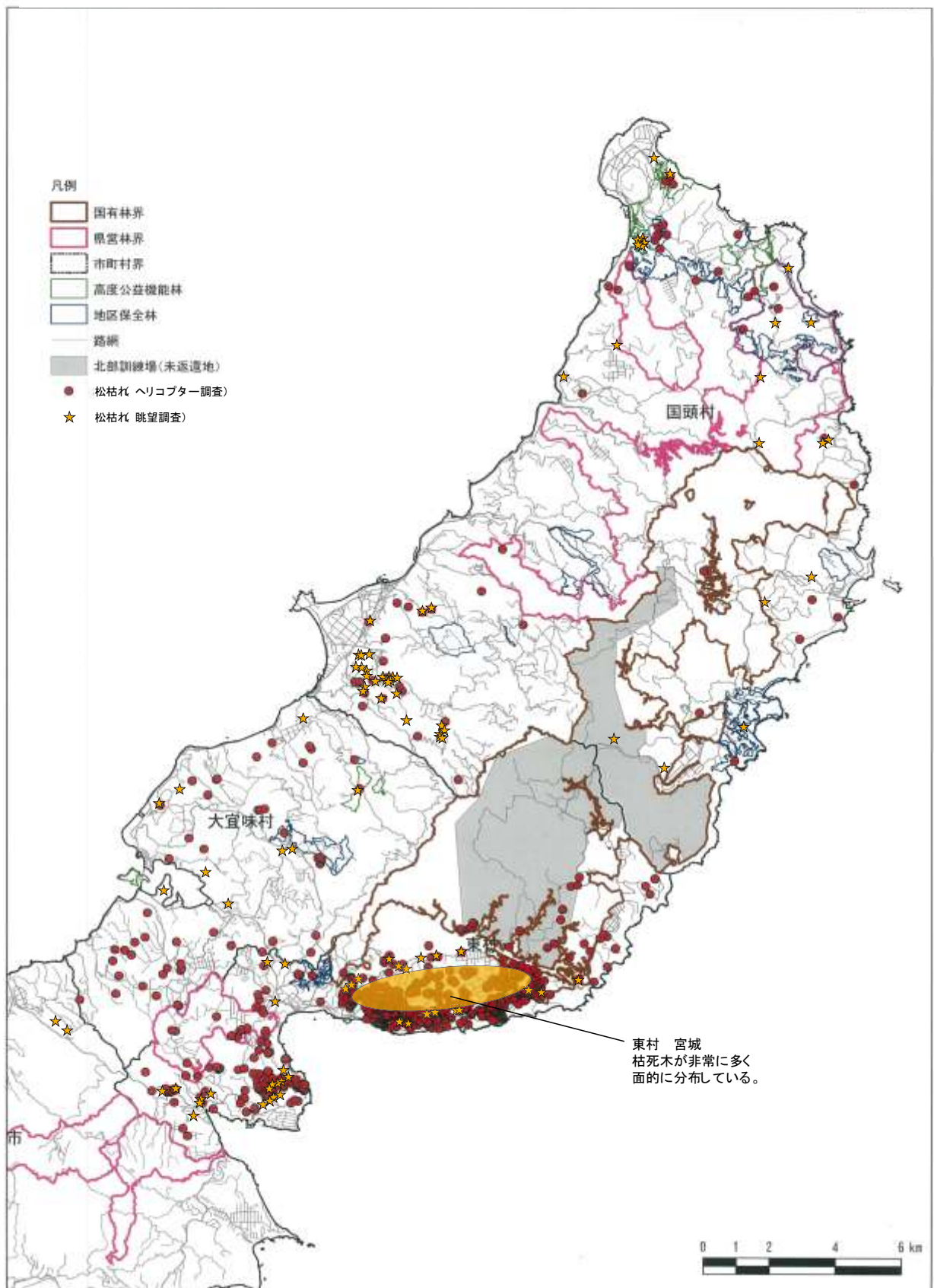
2) 調査結果

調査結果を次図に示す。確認できた松枯れは、国頭村辺戸から宜名真、国頭村比地、東村慶佐次から宮城で高密度かつ集中し、他の地域では低密度で散在するように分布していた。

国頭村比地と東村慶佐次から宮城は、平成 27、28 年度も多くの松枯れを確認しており、国頭村比地では松枯れ先端地として、東村宮城は松枯れ激害地域として伐倒駆除が行われた地域である。

眺望地現地踏査とヘリコプター調査の結果を比較すると、眺望地現地踏査で確認した松枯れは調査ルート（道路）沿いに集中し確認本数も限られていた。原因として、調査ルートや調査モニタリング地点からの死角が多く、見落としが多く発生していることが考えられた。

また、激害地では被害本数が多すぎるために正確な本数や位置が把握しにくい、遠方で発見した場合には確認位置があいまいになるという問題点も挙げられた。



図Ⅱ.2.1-17 眺望地現地調査結果

(4) 調査方法の検証と今後の枯死木調査

1) 調査方法別の特徴とメリット・デメリット

本年度取り組んだヘリコプター調査、ドローン調査、眺望地現地踏査の特徴を踏まえ、今後の継続的な松くい虫被害の北端ライン付近の枯死木モニタリングへの利用について検証した。

以下に、枯死木を発見するための調査範囲や調査後のデータ分析も踏まえた、松くい虫被害を抑制するための調査方法として、各調査の特徴とメリット、デメリットを整理した。

表Ⅱ.2.1-8 枯死木搜索に対する各調査方法の特徴とメリット・デメリット

調査方法	ヘリコプター調査	ドローン調査	眺望地現地踏査
調査範囲及び作業員	◎：約 340 km ² /日以上 ※国頭・東・大宜味分 調査員 3名/日	△：約 3.5 km ² /日程度 (7回飛行) 調査員 2名/日	○：約 68 km ² /日程度 ※国頭・東・大宜味分 調査員 2名/日
データ分析	(参考) △ 1回撮影分：20名*日 ※日当たり 17 km ² 分	(参考) ○ 1日撮影分：1名*半日 ※日当たり 7 km ² 分	(参考) ○ 5日調査分：1名*日 ※日当たり 340 km ² 分
見落とし	○少ない ※樹種等見間違いあり	◎：ほとんどない ※撮影の死角少ない	△：多い ※観察時の死角多い
メリット	・所有者に関わらず広範囲を一度に撮影できる。 ・ほとんどの枯れ木を確認できる。	・必要な範囲を効率よく撮影できる。 ・樹種判別でき、伐採のための入林に無駄がない。	・伐採用具を携帯すれば、沿道調査など確認と合わせて伐採できる。
デメリット	・1回あたりのコストが高く、やり直しがしづらい。	・民有林等飛行しづらい箇所がある。	・死角が多く、見落としが多く発生する。 ・位置があいまい。
コスト	1時間当たり約 30 万円程度 ※北部 3 村全域で約 100 万円 (ヘリコプター運転のみ) 程度	1日当たり約 10 万円程度	作業員体制による ※1日当たり 2名の作業員費用+交通費

※上記は、平成 29 年度調査の実績であり、調査に当たる作業員の熟練度等で変化するものと考えられる。

1回あたり調査範囲を考慮するとヘリコプター調査が優位にあるものの、樹種の見間違いも含めた見落としがあり、また、松くい虫被害の北端ラインに限るなど調査範囲が限定すると、同様の範囲内ではドローン調査を複数日実施することで同程度、それ以下のコストで実施できる可能性が把握されたことから、ドローン調査の適性が高いことが確認された。

なお、眺望地現地踏査は、見落としが多いことと、広大な森林内から枯死木を搜索することは現実的でないことから、本調査単独では、現在北端ライン地域では不十分であると考えられた。

次年度以降は、ドローン調査の更なる効率化と、調査結果から枯死木に到達する手法の確立に向けた検証が課題となる。

2) 今後の枯死木調査

やんばるの広大な森林域において、松くい虫被害の分布を「もれなく」「効率的に」把握することを踏まえると、下記の正確な位置の確認と明確な判別などの優位点から、ドローンによる空撮調査が、今後の枯死木調査への利活用が有力と考えられた。

【ドローンによる枯死木調査への適性】

- ・上空 150m からのプログラム飛行による面的な撮影中からでもモニターで褐変した枯死木が確認可能である。かつ、一時的なマニュアル飛行・撮影であることから、「もれなく」「効率的に」把握できる。
- ・1日の撮影範囲は約 3.5 km²/日程度となるが、雨天や強風時以外は比較的撮影日が調整でき、1日当たりの撮影コストもヘリコプター調査と比較して安価なことから、北端ラインの把握など広大でないまとまった面積を対象とする場合は、効率的に調査が可能である。
- ・プログラム飛行中の経路はデータとして保管できるため、ほぼ同様の面積、場所での撮影が可能であり、経年的な松くい虫被害の分布の変化も「もれなく」「効率的に」把握することができる。

なお、松くい虫防除事業に係る市町村での枯死木の位置確認や伐倒駆除に資する位置図等の作成にも利用できる可能性のある調査方法のため、今後、調査方法のマニュアル化等が望ましい。

2.1.2. 松くい虫サンプル調査

(1) 方法と調査時期

枯死・衰弱が松くい虫によるものかを把握するために、松枯れ分布調査で把握した個体の現地確認を実施し、併せて材片採取を行い、マツ材線虫病診断キット（(株) ニッポンジーン製）によるマツノザイセンチュウ検出試験を行った。

マツノザイセンチュウ検出試験は、沖縄県森林資源研究センターで実施した。

範囲：国頭村、大宜味村、東村全域

方法：松くい分布調査結果をもとに、現地確認及び切片採取、マツノザイセンチュウ検出試験を行う。

時期：平成 29 年 9 月～平成 30 年 3 月（確認枯死木から随時実施）

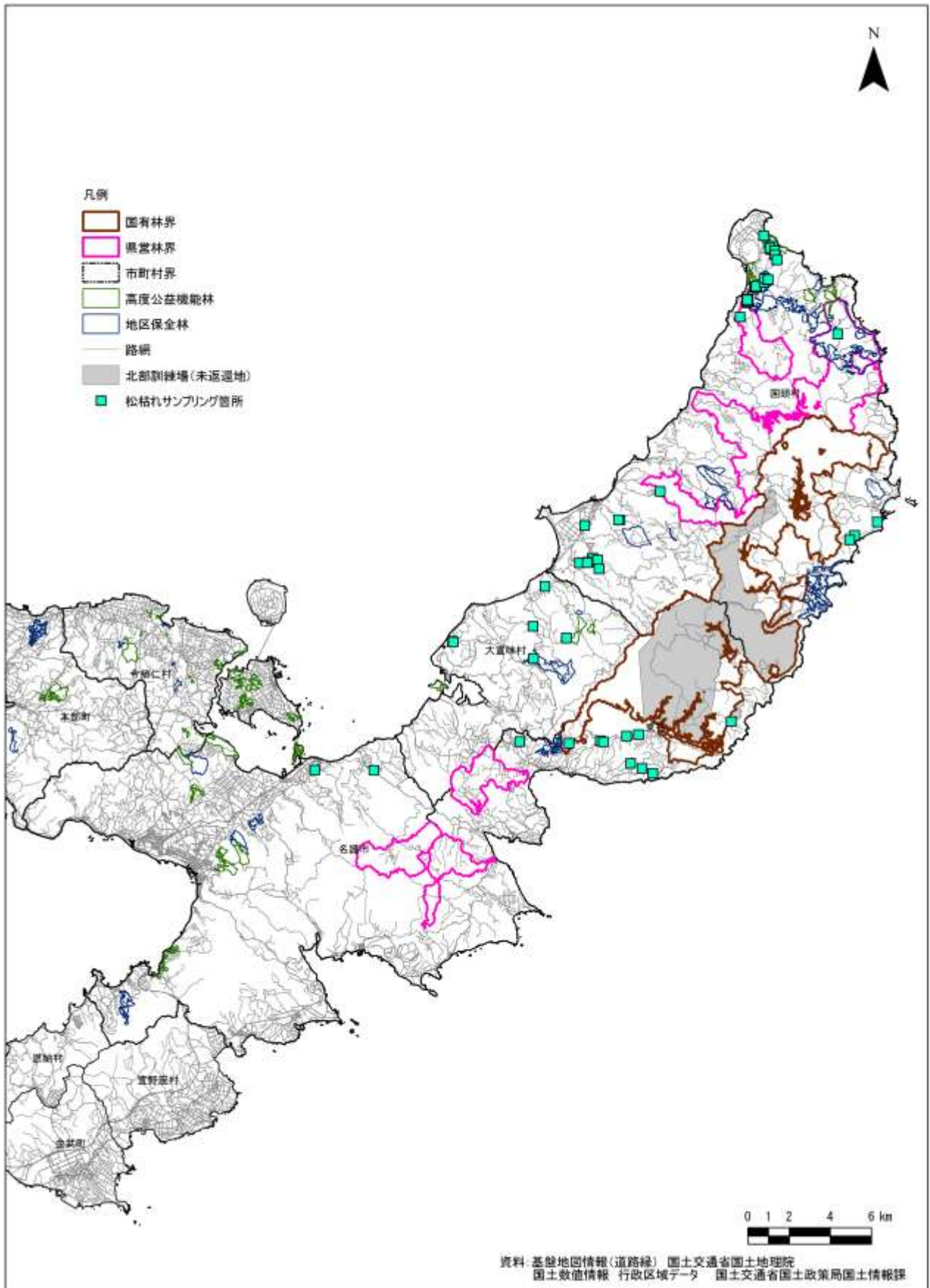
(2) 調査結果

マツノザイセンチュウ検出試験の結果、国頭村比地から宇良、東村宮城、国頭村辺戸名でマツノザイセンチュウが検出された。

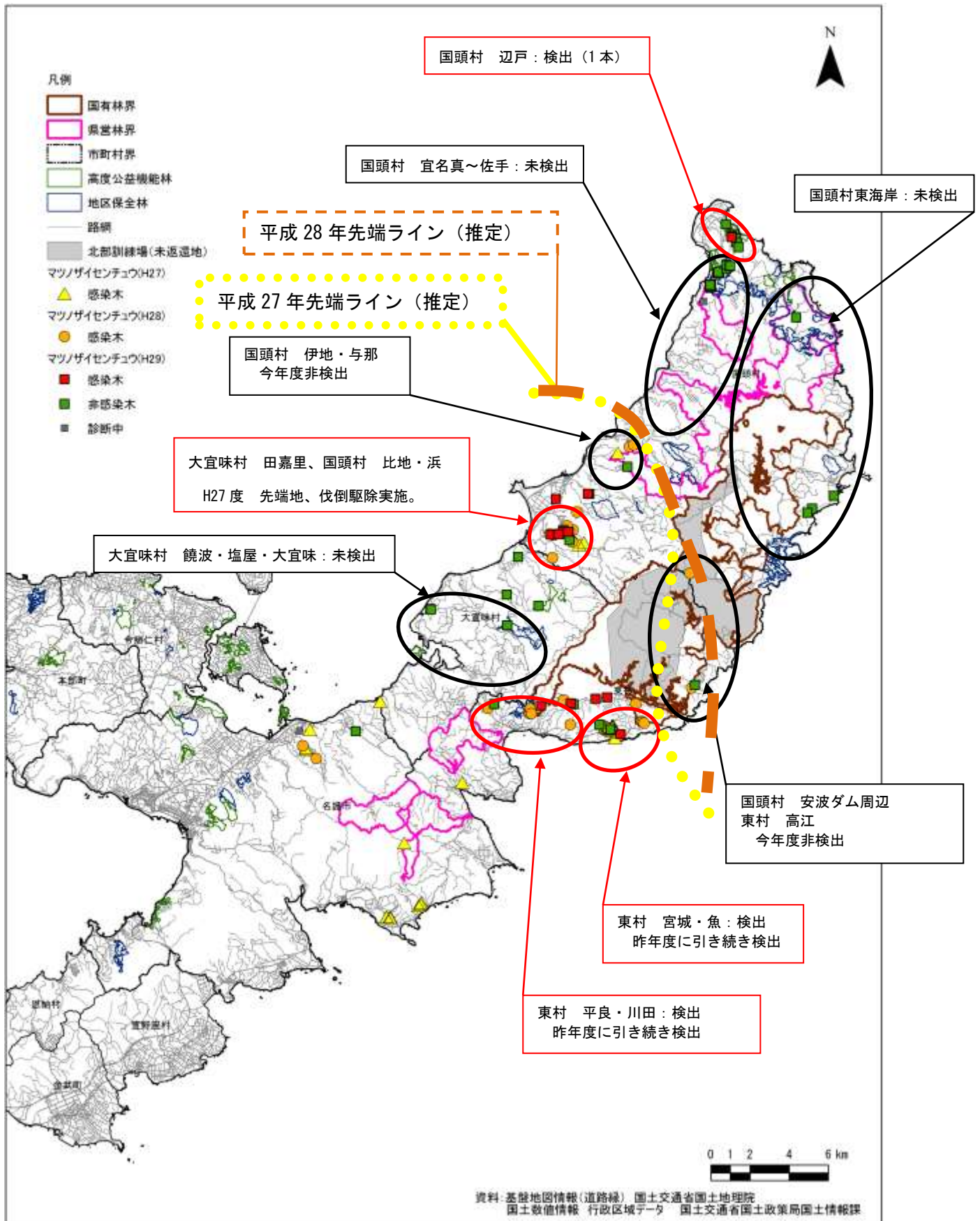
国頭村比地は、平成 27 年度よりマツノザイセンチュウを検出しており、松枯れ先端地として、伐倒駆除が集中的に行われた地域である。今年度、国頭村比地の北側に位置する国頭村与那でマツノザイセンチュウは検出されなかった。

東村宮城は、平成 27 年度以降劇害地として伐倒駆除が行われている地域である。平成 28 年度には、東村宮城の北側に位置する東村高江、国頭村安波ダム周辺でもマツノザイセンチュウを検出し、被害の拡大が懸念されたが、今年度は東村高江の枯死木からはマツノザイセンチュウを検出されなかった。

国頭村辺戸は、平成 27、28 年度とマツノザイセンチュウは検出されていなかった。今年度、マツノザイセンチュウが検出されたのは 1 個体で、他の枯死木からは検出されなかった。



図Ⅱ.2.1-18 平成29年度松くい虫サンプル調査位置図

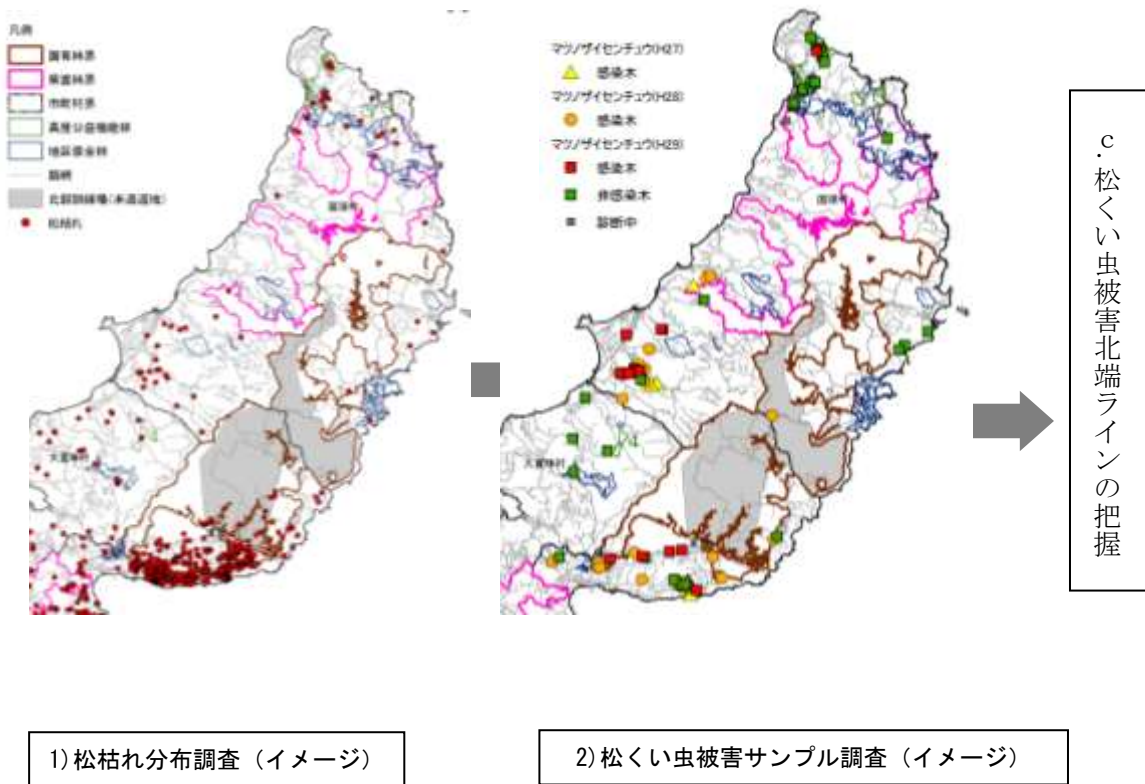


図Ⅱ.2.1-19 平成 29 年度の調査結果

2.1.3. 松くい虫被害北端ラインの把握

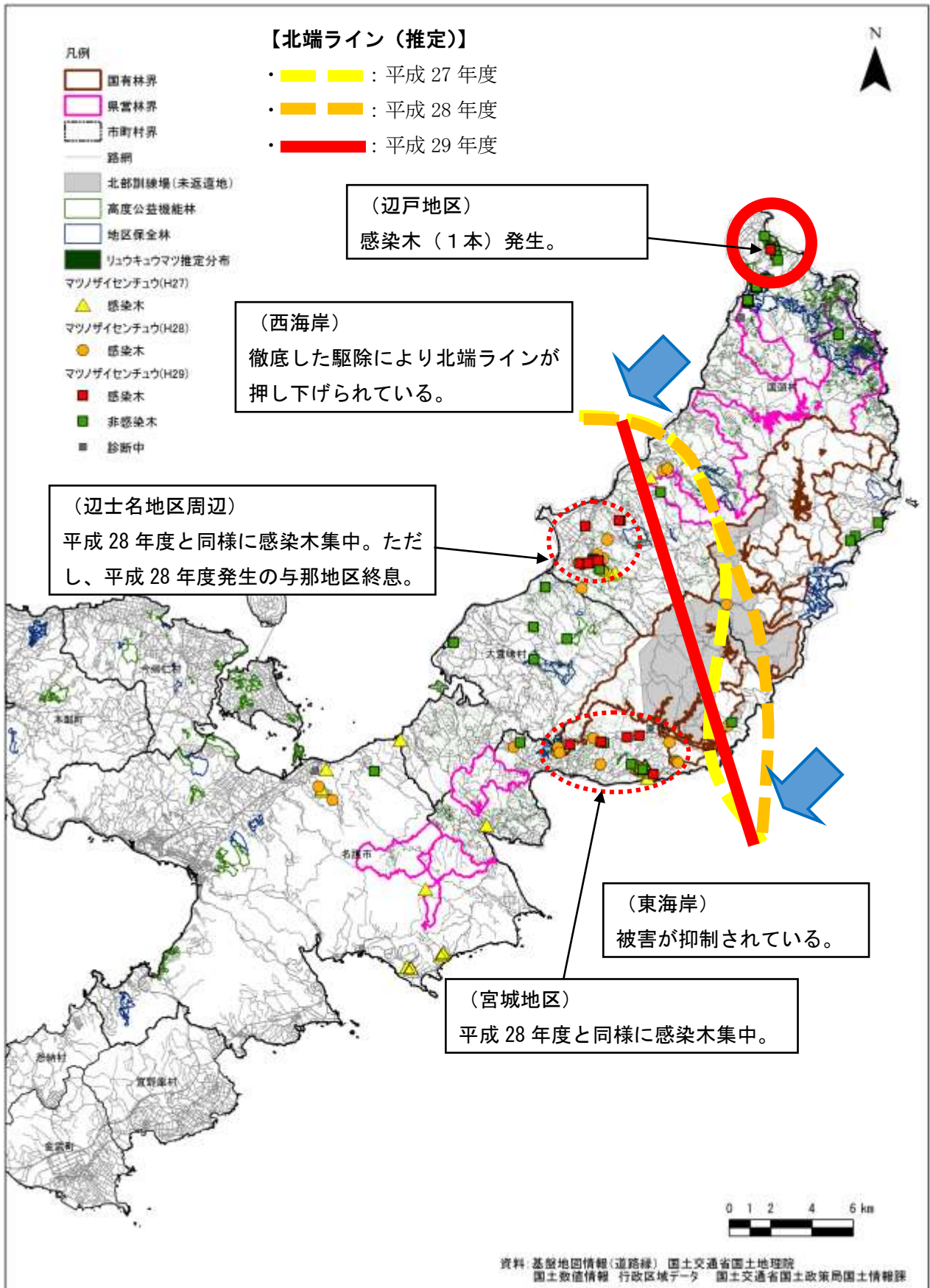
2.1.1. の松枯れ分布と 2.1.2. の松くい虫検出木分布を重ね合わせ、松くい虫被害の北端ラインを推定した。

基本的に(2)の松くい虫検出木分布から北端ラインを検討するが、サンプル調査が困難なエリア（アクセス難、北部訓練場等）においては、aの松枯れ分布の集団枯損の状況も参考にした。



図Ⅱ.2.1-20 松くい虫被害北端ラインの把握のイメージ

なお、マツノザイセンチュウによる松枯れ平成 29 年先端地は下図のように推定された。



図Ⅱ. 2. 1-21 平成 29 年松枯れ被害北端ライン先端地の推移 (推定)