

## 4. 継続可能なモニタリング手法の検討（3年半の結果と成果・課題）

### 4-1. はじめに

特定外来生物指定アリ類、特にヒアリ *Solenopsis invicta* の侵入および定着を防ぐためには、侵入の初期段階での発見が必須条件となる。本事業では、ヒアリの早期発見に有効なモニタリングの手法を検討し、監視を実際に行いながら、各手法を評価し、より効果を高め、より効率的に実施できるように改良を加えた。こうしたモニタリング手法には、餌による誘引、15分間単位時間採集、SLAMトラップ捕獲、粘着トラップ、および目視による調査などが含まれ、各種方法における利点と課題が本事業を通じて明らかになった。以下では、本事業で進めてきたこうした検討や改良における成果と課題を総括する。

### 4-2. 沖縄県内で実施される外来アリの各種モニタリング手法とその特性

限られた予算、時間、人員の中で監視網の効果を最大にするには、監視対象種の特性を知り、それに適した監視手法を選択する必要がある。沖縄県内では主にヒアリ類を対象として、以下にあげる監視調査手法を選択し、実施している。各調査手法にはその検出方法に特徴があり、ときにはそれゆえの制約も生じる。以下には、各手法の特性と検出範囲、生じうる制約とそれに対して本事業で行われた改良などの成果と、依然として残る課題について列挙する。

#### (1) 誘引調査

アリが好む餌を設置し餌探しに出てきた働きアリを誘引して採集し、検出する方法。調査員の技術に左右されにくく、広域を網羅することが可能であり、国外でも最も一般的に用いられる方法である。検出力は働きアリの活動範囲や活動性と、餌の誘引力に依存するため、適切な調査時期と餌の選定が必要である。また、他種との餌の獲得競争も起こるため、働きアリの少ない初期の小さな巣は餌を占有できず発見が難しい。調査点数が多くなるため、現地回収した試料の餌との分離や、ソーティングの効率化が課題となる。

##### ① 本事業での技術改良と開発

**【誘引剤と最適調査時期】** 監視の主対象のヒアリが実際に生息し、気候条件が沖縄県と酷似する台湾において、より誘引力の高い餌の選定と、調査最適時期を明らかにするため野外実験を実施した。その結果、日本のコーンスナックおよび台湾にて調査に使用される外国製ポテトチップスが季節に関わらず安定して誘引力を発揮すること、ヒアリの働きアリの採餌活動性は11月により高く（図 4-2\_1）、沖縄県内における調査最適時期もそれに近い気候条件の10月末から11月であることを明らかにした。これら知見に基づき、調査プロトコルを誘引剤調査マニュアルとしてまとめた。

**【ヒアリ類検出形質整理と簡素化】** 多量の現地回収サンプルをソーティングするため、ソーティング作業には専門家ではない人たちの参加が必要となる。そこで、顕微鏡下でヒアリを見分ける同定形質を3つにまで絞り込み（図 4-2\_2）、未経験者でもスクリーニング作業が実施できるようにした。作業過程でのヒアリ添加テストでは、未経験者でも高い割合で試料中からヒアリを検出できた（平成29年度報告書）。

【ソーティングの効率化】 GC-MS (ガスクロマトグラフ質量分析計) により化学的にヒアリの毒成分を検出できる技術の開発により、ソーティング作業の効率が飛躍的に向上し、それに伴って現地調査の方法も効率化できた。その結果、より多くの地点数をより低コストで行うことが可能になった。

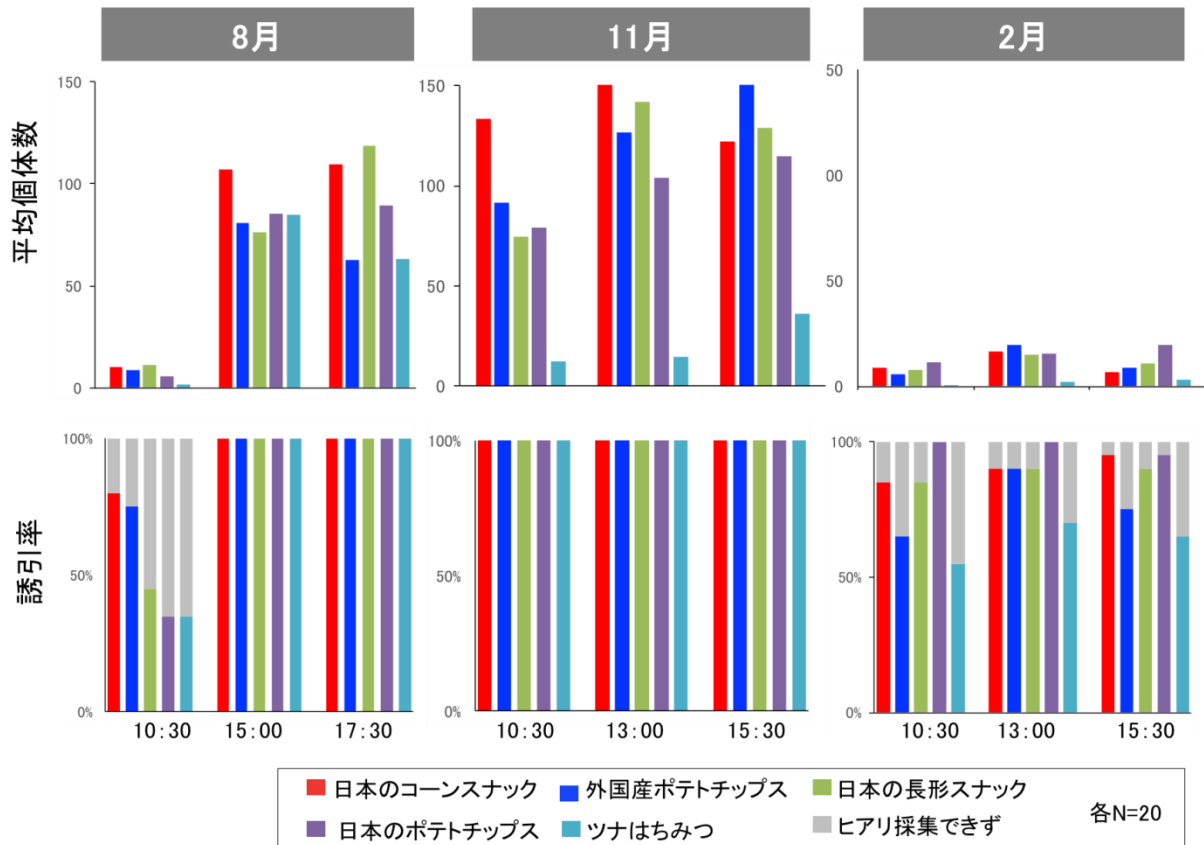


図 4-2\_1 5 種類の誘引剤から回収されたヒアリの平均個体数と捕獲率

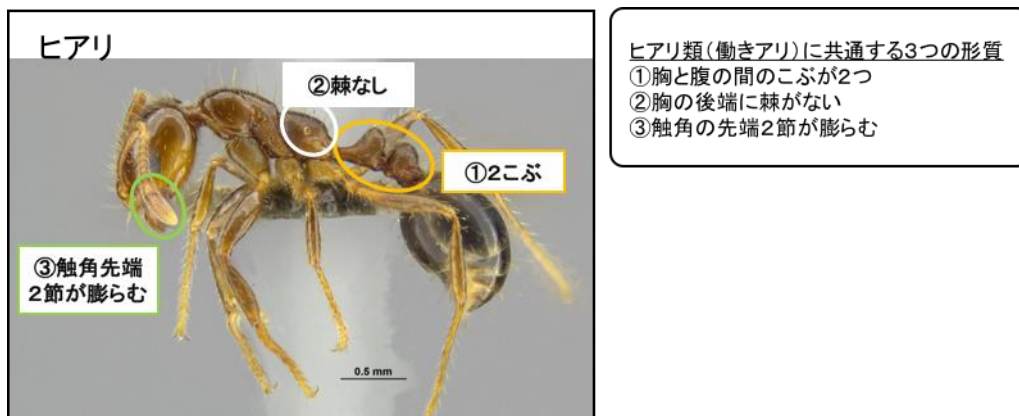


図 4-2\_2 ヒアリを見分ける 3 つの形質

## ② 残る課題

GC-MS による検出には、検出機器を備えた施設と、専門知識と技術を持った人材の確保が必要である。また、ヒアリ検出への応用としては新しい技術のため、検証データの蓄積が引き続き必要である。

## (2) 15 分間単位時間採集調査

400 平方メートルの調査区を設定し、調査区内で 15 分間、各種採集方法を組み合わせたアリ採集を繰り返し、調査区内に生息するアリ種を網羅的に採集する方法。アリ類を狙って採集するため、トラップ採集よりもソーティングにかかる労力が少ない。さらに、調査区内のアリをしらみつぶしに探すため、採餌活動が低い場合やコロニーが小規模でも検出可能であり、侵入初期や殺虫処理後の確認にも効果的である。採集試料が 15 分／調査員ごとに細かく分割されるため、出現頻度などの情報を得ることができ、より細かい動態を検出できる可能性がある。また、全てのアリ種を採集する手法のため、対象種（ヒアリ）以外の外来アリ類の侵入監視も兼ねる。その反面、広域の網羅的な調査には不向きであり、また、調査員の経験や技量に検出力が左右されるため、調査員の事前訓練が必要となる。

### ① 調査網の展開

本事業で採用した 15 分間採集法による調査は、沖縄科学技術大学院大学が推進する OKEON 美ら森プロジェクト（以下、OIST）が沖縄県内高校との共同研究において開発した調査パッケージをそのまま利用している。そのため、同様の調査プロトコルでの調査が参加校で実施されており、プロジェクトからデータの提供を受けることで、港湾地域以外の監視データも合わせて活用可能となっていた。

### ② 残る課題

調査員の経験や技量に検出力が左右される。ヒアリ以外の外来種発見のための全種ソーティング作業には一定のアリ類同定スキルが要求される。広域を網羅するには、沖縄県内の協働ネットワークの構築と維持による、データの集約が必要である。

### (3) SLAM トラップ調査

99%エタノール入りのボトルを装着した常設のテント型採集トラップを用いて、働きアリと羽アリ（女王アリと雄アリ）を採集する手法。羽アリを捕らえられることで、生殖虫によるヒアリ類の分散をいち早く検出できる可能性がある。フェロモンなどの誘引技術がないものにも適応でき、効率は高くないが比較的広域をカバーすることが可能である。さらに年間を通じた定点採集のため、調査時期設定による漏れがない。他のトラップ採集同様に、条件にあった種がすべて入るため、対象となるヒアリ類を抜き出すためのソーティングにかかる労力は大きい反面、ヒアリ類以外でも飛翔によって分散する昆虫類の検出が可能。設置物となるため、その許可申請や2週間毎のボトル交換や台風対策など、維持管理には一定のコストがかかり、設置場所も限定される。本事業では、那覇港と石垣港で稼働。さらに既存のOISTが運用するSLAMトラップ網を共用することで、港湾エリア以外の本島全域に迅速に監視網を拡張することができた。



図 4-2\_3 2週間毎のボトル交換

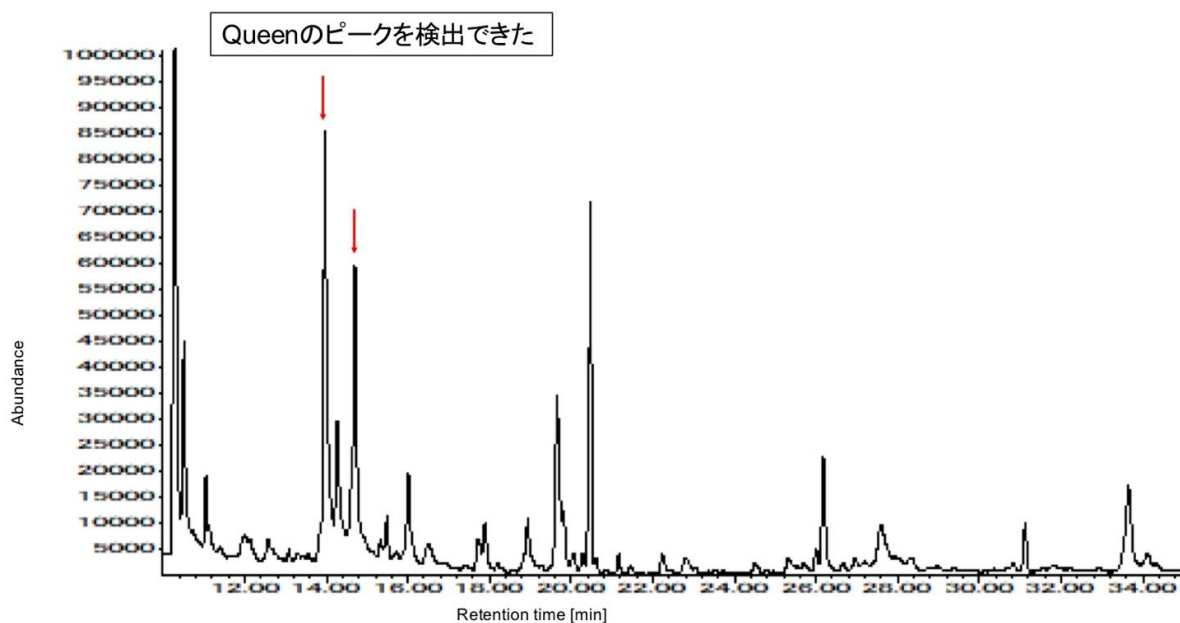


図 4-2\_4 台風前の撤去作業

#### ① 本事業での技術検証と開発

**【ヒアリ監視網としての有効性確認】** 国立台湾大学、台湾ヒアリ防除センター、およびモンスターアグロテック社の協力のもと、ヒアリ生息地にSLAMトラップ1基を設置し、監視の主対象のヒアリの働きアリおよび羽アリ双方が同型SLAMトラップで捕獲可能であることが確認できた。

**【GC-MSによるヒアリ検出技術の開発】** エタノール中に析出したヒアリ毒成分をGC-MSによって検出することにより、試料中のヒアリ混入の有無を検出し、ソーティングの労力を軽減する可能性のある技術を開発した。トラップに使用したエタノール廃液を活用できるため、昆虫試料本体にはダメージを与えない。現在は実際の調査への適応を目指し、1基あたり、3ヶ月分に当たる6試料をまとめての解析で、働きアリもしくは有翅メス1個体の混入でも検出可能な技術を目指している。検出対象の毒成分含有量に大きな個体差があることや、その範囲もわかってきている。



沖縄のSLAM trap 6基の廃液を1つにまとめたものに、Queen 1個体を入れたサンプルのクロマトグラム

図 4-2\_5 GC-MS によるヒアリ検出技術の開発

## ② 残る課題

トラップシステムの継続的な維持管理人員、ソーティングが可能な技術者やそれらにかかるコストを安定的に確保することが最大の課題である。特に離島では、事業委託等で現地にて維持管理を担当できる地元協力者の確保が必要で、港湾外のトラップ監視網を維持するには現状 OIST との協働が必要となる。

台湾にて稼働できたトラップが 1 基のみのため、現地における季節消長等、より詳しい知見を得るにはまだデータが不足している。

GC-MS による検出には、検出機器を備えた施設と、専門知識と技術を持った人材の確保が必要となる。また、ヒアリ検出への GC-MS 活用は新しい技術のため、実際の現場での実装には台湾および県内の試料を使用した検証データの蓄積が引き続き必要である。毒含有量が少ない個体や、大量の昆虫が入った検体の夾雑物による検出漏れをどのように防ぐかなど、解決すべき課題も残る。

#### (4) 粘着トラップ調査

粘着トラップは、床置き式の粘着シートを用いて歩行性昆虫を採集する方法。調査対象種に限らず採集できるため、ヒアリ以外の外来種の有無も同時に調査できる。検出力は対象種の活動範囲や活動性に依存するため、適切な調査時期の選定が必要である。設置が容易なうえ、日をまたいで設置し続けることができるため、頻繁に立ち入れないエリアや夜間の調査が必要な場合に有効。試料がすべて粘着剤に張り付いてしまうため、ソーティングと試料保存には大きなスペースと労力がかかる。

##### ① 本事業での技術検証

**【粘着トラップの種類による効果の相違】** 国立台湾大学および台湾ヒアリ防除センターの協力のもと、ヒアリ生息地に実験区を設定し、複数種類の粘着トラップを設置して捕獲実験を行い、種類によってヒアリの捕獲効率が異なることが判明し、その中からヒアリに対して捕獲効率の高い粘着トラップの選定を行なった。

**【ヒアリ調査における粘着トラップと誘引餌の併用効果検証】** 上記実験区において、粘着トラップと誘引餌の併用によるヒアリ捕獲効率を検証した。その結果、誘引餌の併用はヒアリによる橋架け行動を誘発し、粘着トラップの捕獲効率をむしろ低下させることを明らかにした。この注意点は、沖縄県ヒアリ対策総合マニュアルに掲載するとともに、環境省本省にも注意喚起として情報提供している。

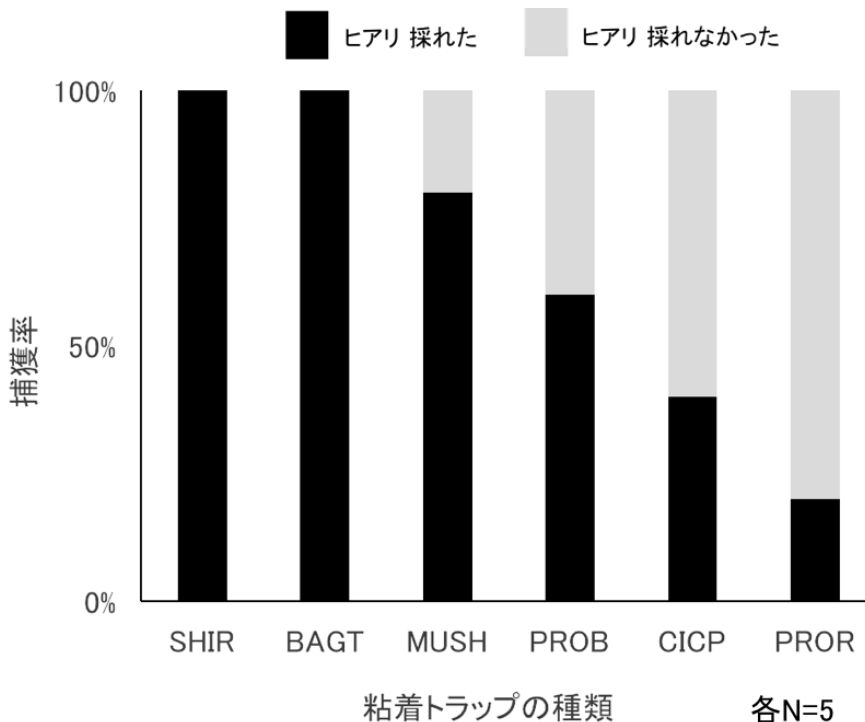


図 4-2\_6 各種粘着トラップでのヒアリ捕獲率



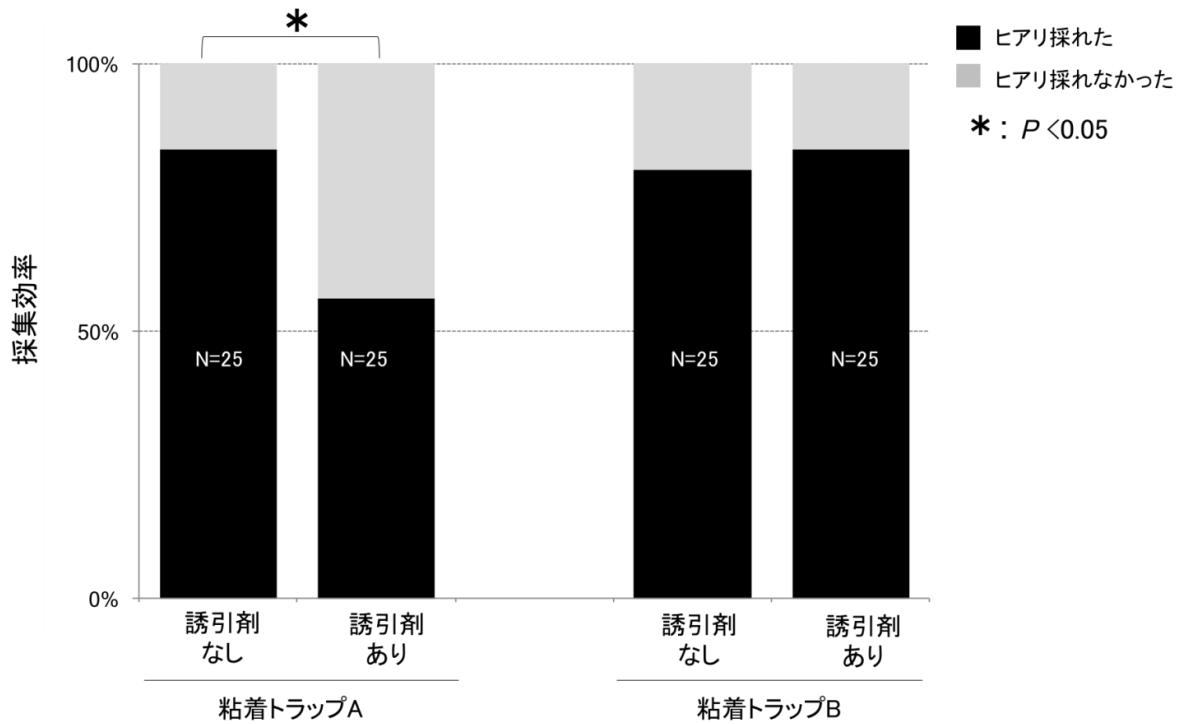


図 4-2\_7 粘着トラップの種類毎の誘引剤併用時の採集効率比較



図 4-2\_8 ヒアリによる橋かけ行動

## ② 残る課題

野外より回収してきたトラップの処理に対し、他の方法よりも保管に場所をとり、粘着シートに検体が張り付いているため、同定形質が見えなかったり状態が悪かったりと、ソーティングや同定に労力を要すること、同定後の試料の長期保存には向かない点が、課題として依然残されている。

## (5) 目視調査

目視調査は、調査員が移動しながら目で確認して対象種（ヒアリ）の巣や個体を探す方法である。認識される全ての種を調査対象とすることが可能だが、野外で対象アリ種を多種から見分ける高度な技術が求められる。特徴が明瞭で判定が容易な対象種であれば特別な道具や処理などが必要なく、比較的安全な調査方法のため、日常的な監視手法として有効。また、採餌習性や餌の嗜好性など、誘引調査等に必要な基礎データが不足している段階で、分布の概要を押さえる等、本調査に入る前の仮調査法として有効である。沖縄県内や台湾でも、調査地を選んだり、新たな調査地の傾向を掴んだりするための予備調査として実施した。

### ① 本事業での技術改良

**【野外におけるヒアリ判別形質の蓄積】** 沖縄県と気候条件が酷似する台湾や、その他地域における野外でのヒアリの行動や習性の観察を通して、単独働きアリの形態判別のみより認識を容易にするアリ塚や巣内多型、巣を攪乱したときの激しい反応などの判別形質を洗い出してまとめ、動画や写真などの素材（図 4-2\_9）を作成。専門家以外への目視調査参加人員の範囲拡大に備える学習コンテンツとして、研修等にも活用した。



図 4-2\_9 ヒアリのアリ塚の写真

### ② 残る課題

検出力は調査員の技量やその種の特徴のわかりやすさに大きく依存する。見分けやすさは、その地域に生息するアリ類にも大きく依存し、似通ったアリ種が同所的にいる場合にはその判別難易度が大きく上がる。必要に応じて怪しい種を採集して持ち帰るなどの工夫も必要となるため、想定よりも判定にコストが掛かることがある。現場判定のみの場合には証拠が残らないため、重要な発見に関しては後日の検証ができず、別手法での再調査が必要となる。



#### 4-3. 各種モニタリング手法の作業コスト

長期に渡る監視網を維持するためには、その調査にかかるコストが手法の有効性と並んで大きな採用基準となる。そこで本事業においてヒアリ類調査として実施した5種類のモニタリング手法、1) 誘引剤、2) 単位時間採集法、3) SLAM トラップ、4) 粘着トラップ、5) 目視調査、について、野外調査およびそこから検出する作業までにかかる時間を算出した(表4-3\_1)。

表 4-3\_1 県内で実施している調査方法にかかる時間

モニタリング手法	調査期間	調査点数 (サンプル数)	探索範囲	検出対象	調査時間	検出時間	総作業時間 (単位あたり)
誘引剤	全て遠沈管	年1回	10,000点	785,000㎡	ヒアリ類	480時間	4,170時間 (0.465時間/点)
	9割を直置き	年1回	10,000点	785,000㎡	ヒアリ類	280時間	500時間 (0.078時間/点)
単位時間採集法	年2回	16区 (192)	6,400㎡	全アリ類	64時間	96時間	160時間 (10時間/区)
SLAMトラップ	顕微鏡下で確認	通年	2基 (52)	15,700㎡	全アリ類	設置365日 調査52時間	780時間 (416時間/基)
	GC-MSで確認	通年	2基 (52)	15,700㎡	ヒアリ	設置365日 調査52時間	64時間 (68時間/基)
粘着トラップ	年1回	50個	1,413㎡	全アリ類	設置3日 調査2時間	8.3時間	10.3時間 (0.21 時間/個)
目視調査	年1回	距離10,000m (20)	10,000㎡	全アリ類	8.4時間	25時間	33.4時間 (0.67時間/200m)

※誘引剤の時間については、平成30年度外来種対策事業(ヒアリ等対策)報告書の実績値から

沖縄県内で実施されているこれらの調査手法はそれぞれその検出可能対象が異なるため、複数の方法を組み合わせることで、ある程度検出漏れを補うことができるだろう(表4-3\_2)。本事業においては、それぞれの調査手法について、その検出力や効率性が大きく向上し得る技術改良や開発が行われ、その成果は順次調査に反映された。本事業の成果を活かした監視体制の長期間の維持を基本としながら、それと並行して課題解決のための技術改良を進めることが、刻々と変化する沖縄を取り巻く状況に素早く、柔軟かつ効果的に対応するためには必要である。

表 4-3\_2 侵入段階に合わせた調査手法の組み合わせ例

侵入段階	調査手法	考え方
ヒアリ侵入前	誘引剤、目視、粘着トラップ、単位時間採集法、SLAMトラップ	ハイリスク地域の広域調査には誘引剤および目視と見つけ探りを組み合わせた監視を実施し、単位時間採集法で初期巢の緑地定着を監視、SLAMトラップで広域の生殖虫の拡散を監視。立ち入り制限区域など、滞在時間が限られて据え置きが必要なエリアでは粘着トラップを併用。
ヒアリ初期侵入発見から根絶処理期	誘引剤、目視、SLAMトラップ	毒餌処理区を中心に、その効果検証と分布範囲把握のため、誘引剤および目視と見つけ探りを調査を併用。万が一の有翅虫による広域拡散を検出するため、処理コアエリアから一定距離圏内ではSLAMトラップも併用。
ヒアリ定着から拡散防止期	誘引剤、目視、単位時間採集法、SLAMトラップ	ヒアリの分布を把握するため、誘引剤および目視と見つけ探りを調査を広域で実施。処理コアエリアと外郭緩衝帯では、処理効果や初期定着検出のために単位時間採集法を併用。潜在分散最外殻ラインを見極めるため、SLAMトラップ設置で有翅虫による長距離分散を同時補足。
ヒアリ広域定着拡散後の低密度化処理期	誘引剤、目視、単位時間採集法、粘着トラップ	毒餌処理後のヒアリ密度を計測するため誘引剤や目視調査を実施し、在来種群集の回復を測るためにヒアリに特化していない単位時間採集法や粘着トラップを用いて評価。

手法の違いを踏まえて、効果的に調査法を組み合わせることで全体設計をすることが大切となる