

ドローンによるきめ細かな薬剤散布に係るガイドライン

令和 5 年 3 月

一般財団法人 日本緑化センター

＜目 次＞

本 編		1
1. はじめに		1
2. 想定される用途		2
(1) 活用のフロー		2
(2) 活用可能な場面		3
(3) 活用のメリット・デメリット		4
3. 松枯れ防除事業におけるドローンの散布効率		5
(1) ドローン（中型）の1飛行当たりの散布可能面積		5
(2) ドローン（中型）の1日当たりの散布可能面積		7
4. 松枯れ防除事業に活用可能なドローンの機体		8
5. 松枯れ防除事業における薬剤の特徴		9
(1) 主な薬剤の特徴		9
(2) 薬剤のドリフトについて		11
6. 散布（飛行）方法		12
(1) 散布（飛行）の準備		13
(2) ドローンによる散布時の申請（届出）		14
(3) 散布（飛行）の方法		15
7. 安全対策マニュアル		18
8. ガイドライン活用時の留意点		20
9. おわりに		22
解説編		23

※本ガイドラインの作成にあたっては、主として下記の資料を参考とした

資料名	発行元
①『無人マルチローターによる農薬の空中散布ガイドライン』	令和元年7月30日付け、元消安第1388号農林水産省消費・安全局長通知
②『マルチローター式小型無人機による農薬散布の暫定運行基準取りまとめ』	平成28年3月、マルチローター式小型無人機の暫定運行基準案策定検討会
③『産業用マルチローター安全対策マニュアル〔令和4年版〕』	一般社団法人農林水産航空協会
④『無人ヘリコプターによる農薬の空中散布ガイドライン』	令和元年7月30日付け元消安第1388号農林水産省消費・安全局長通知
③『産業用無人ヘリコプターによる病害虫防除実施者のための安全対策マニュアル〔令和4年版〕』	一般社団法人農林水産航空協会、全国農林航空事業推進協議会

<p>このガイドラインは、令和2～4年度林野庁「森林病害虫等被害対策強化・促進事業」において、一般財団法人日本緑化センターが実施主体となり、作成したものです。</p>

本編

1. はじめに

一般財団法人日本緑化センター（以下「当センター」という。）では、ドローン等のマルチローター式小型無人機（以下「ドローン」という。）の松枯れ防除事業への活用に向け、農薬散布作業等の安全かつ適正な実施を確保するためのガイドラインを作成する目的で、令和2年度から令和4年度までの3年にわたり、林野庁の補助事業「森林病虫害等被害対策強化・促進事業のうちドローンによるきめ細かな薬剤散布の実証事業」を実施した。

事業の実施にあたっては、全12回にわたる実証試験（※1）を行うとともに、その結果明らかになった知見や留意事項等を踏まえ、検討委員会（※2）を全9回開催した。

委員会のメンバーは、松枯れ防除事業における農薬の人体への影響評価の研究者、松枯れ防除現場での散布事業の実施者、松枯れ防除の無人ヘリのオペレーター、松枯れ防除薬剤の開発者、農薬分析等の専門家で構成された。

その3年の成果として、この度、「**ドローンによるきめ細かな薬剤散布に係るガイドライン（以下「ガイドライン」という。）**」を作成した。

ガイドラインに記した内容は、基本的にはこの全12回の試験及び全9回の検討委員会の結果に基づき記載したものである。ガイドラインの中には、根拠とした試験の回数を記すことで、その試験結果を振り返ることができるように整理した。

なお、今回作成したガイドラインは、本事業で使用した機体及び散布装置を利用して得られたデータに基づき検討を行い作成したものである。ドローンの松枯れ防除利用は現場実績に乏しく、今後の技術革新や新たな性能を有する機体・散布装置の開発等により、今後も急速にドローンによる薬剤散布の技術開発・改良が進むものと考えられる。そのため、本ガイドラインは、今後開発される機体や散布装置の種類や、現場実態に応じて柔軟に変更することとなる。

また、本来はマルチローターと表記するのが一般的であるが、本ガイドラインでは「ドローン」と表記した。

本編中の（※1）～（※30）は、参照すべき解説の項目を示している。

2. 想定される用途

(1) 活用のフロー

松枯れ防除事業に活用するドローンは、無人ヘリでは散布が困難な箇所を対象として、機動性に優れ騒音が小さい等のメリットを活かし、無人ヘリと併用して活用することで、動力噴霧機等を活用した地上散布よりも効率的かつ効果的な薬剤散布（きめ細かな薬剤散布）を実現していく事を目標としている。

ただし、ドローンで1日に散布可能な面積はおおむね3.0haである（※3）ことが想定されることから、実際の防除事業の実施にあたっては、現地の状況（立地環境、地形、道路の有無）を勘案して、**図1**のフローを参考に検討する。

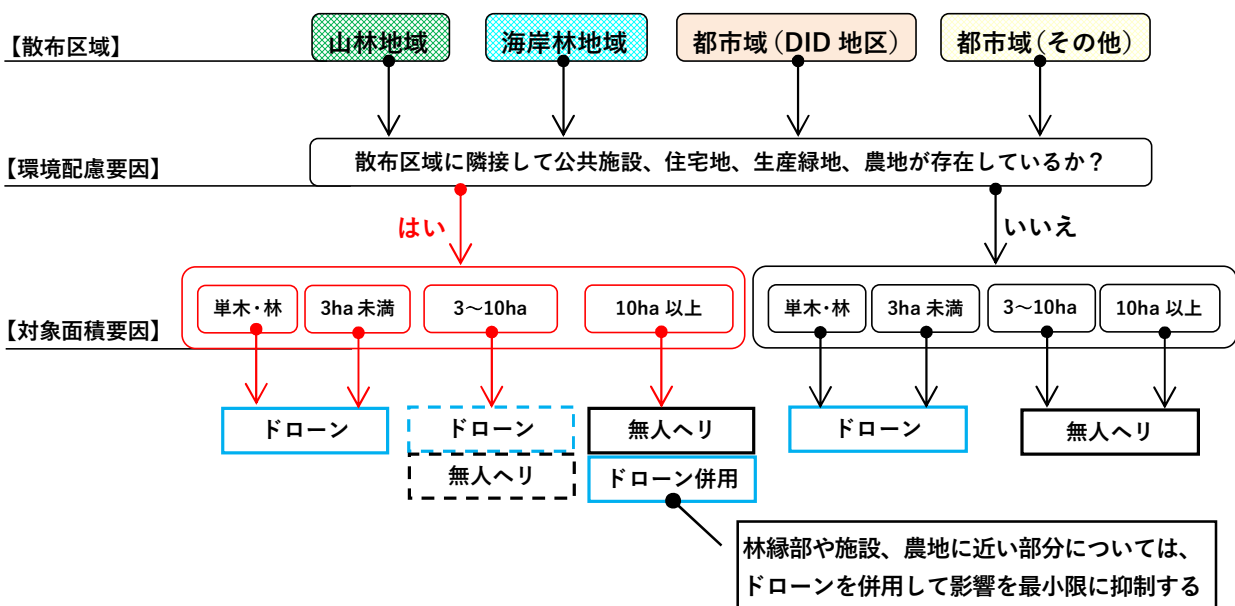


図1 ドローン活用のフロー

(3) 活用のメリット・デメリット

松枯れ防除事業におけるドローンの活用による薬剤散布のメリットとデメリットは表 2 に示すとおりである。基本的には、ドローンを無人ヘリと併用して活用する事で、散布むらや周辺環境へ配慮したきめ細かな散布を実施することが期待される。

表 2 ドローン活用の主なメリット・デメリット

区分	メリット
①無人ヘリと比較した場合のメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・機体が小型かつ機動性が高い。 ・狭く複雑な地形の散布も可能。 ・飛行騒音が小さい。 ・機体の導入費用が無人ヘリと比べると安価である。 ・重量が軽いため、取扱いが容易。 ・操縦が無人ヘリよりも容易で、安全性が高い。
②スパウター等の地上散布と比較した場合のメリット	<p>○ここでの地上散布とは、動力噴霧機やスパウターで行っていた地上散布を指す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地上散布に比べ、<u>計算上は薬剤の有効成分散布量を 4 分の 1 程度までに低減することになる。(※6)</u>。 ・地上散布に比べ、<u>作業効率が 1.7 倍程度に向上する (※7)</u> ことが推定された。 ・地上散布に比べ、ドローンによる防除に要する直接的な経費 (ha 当たりの作業料金) は、<u>66,000~76,000 円程度 (※8)</u> と推定された。そのため、<u>実施費用は地上散布の 4 割程度の費用で実施できること (※9)</u> が推定された。 ・地上散布に比べ、防除作業に従事する者の薬剤への暴露や身体への労働負担が軽減できる。
③デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・無人ヘリと比べ、<u>ダウンウォッシュ (下降気流) が弱く、風の影響を受けやすい (※13)</u>。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>対応策 散布時の風速は、散布高度の位置で、3m/s 以下とする。併せて、ダウンウォッシュの能力を強化した機種の利用を検討する。</p> <p>その他、マツは食用作物ではないので、使用基準の散布回数の法的解釈の検討が期待される。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・防除に有効な薬剤の付着量は確保できるが、無人ヘリと比べ、<u>マツの枝葉への付着量が少ない (※13)</u>。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>対応策 散布高度は、マツの樹冠部より 3m 以内とする。散布区域の林縁部の散布むらは、境界線上を飛行・散布することで防ぐことができる。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・無人ヘリと比べ、散布高度での風速に左右されるため、<u>散布できる時間帯が実質的に少ない (※10)</u>。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>対応策 気象情報等を事前に確認し、綿密な散布計画を立てる。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・無人ヘリと比べ、<u>一度のフライトで散布できる面積が小さい (※10)</u>。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>対応策 散布チーム (機体担当者、薬剤担当者、輸送担当者) との連携を図る。</p> </div>

3. 松枯れ防除事業におけるドローンの散布効率

(1) ドローン（中型）の1飛行当たりの散布可能面積

中型ドローンにより1回の飛行で薬剤散布が実施できる面積は、海岸林のように比較的高さのあるマツ林を対象とした場合、中型機6ℓ搭載の場合で20a程度である。なお、2回散布しない場合は、40aが可能である（図3参照）。

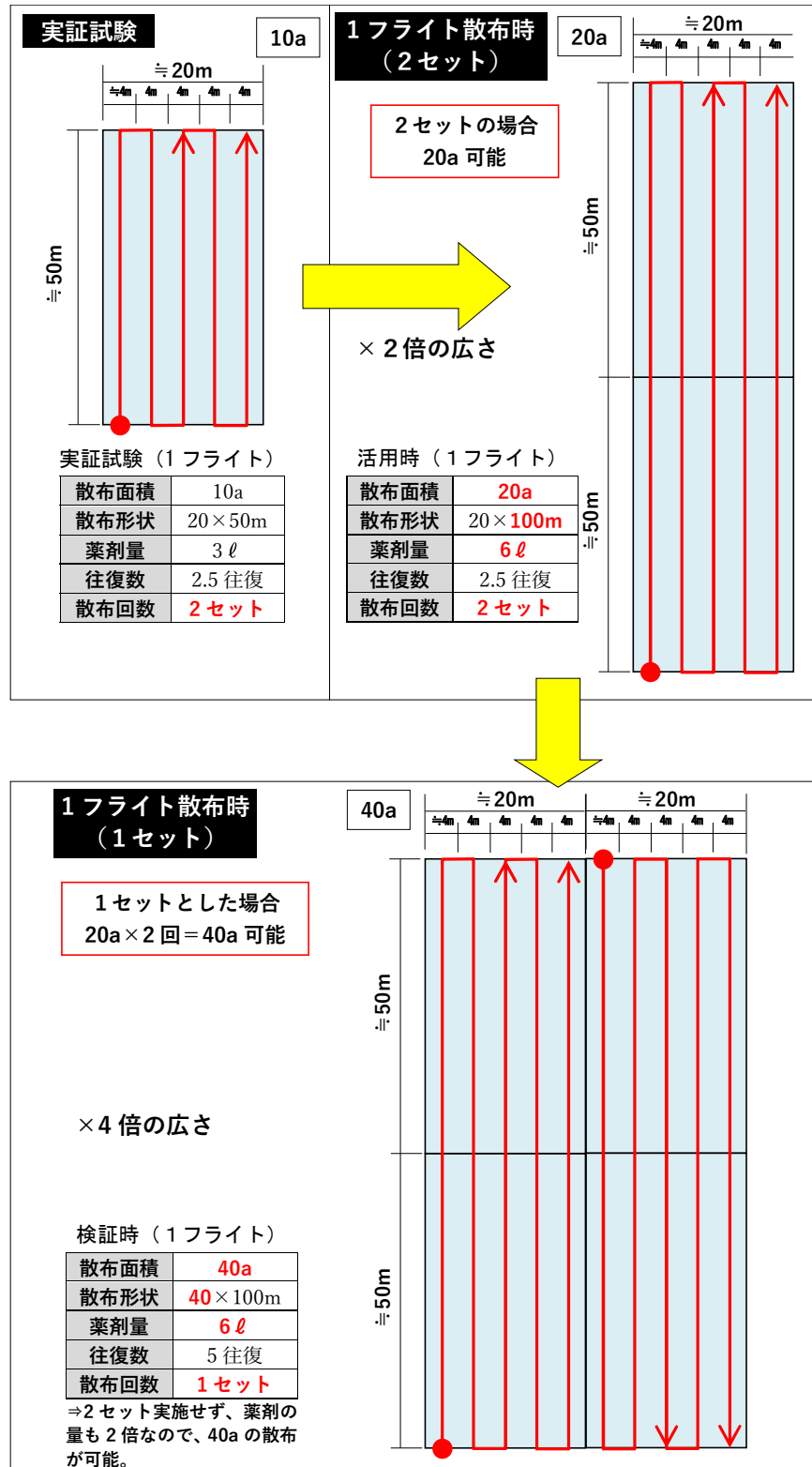


図3 中型ドローンにより1回の飛行で薬剤散布が実施できる面積（参考）

(2) ドローン（中型）の1日当たりの散布可能面積

実証試験及び現場実態に基づき算出したところ、松枯れ防除を対象とした薬剤散布の場合、1日当たりの最大散布面積は、おおむね 3.0ha 程度（※10）と試算された。

なお、ドローンはダウンウォッシュが弱く、横風を受けやすいため、散布時の風向、風速に影響されやすく、現地の風の状況によっては、作業時間は無人ヘリよりも短くなる。

例えば、風の条件がよい場合（無風から微風）は日の出から 10：00 頃までの散布が可能であるが、条件が悪い場合（若干の風あり）は、日の出から 8：00 頃までに限定されることが推定される（※27）。

その場合は、現場の状況に応じて、15：00～日没までの時間も、再び風が弱まる傾向があるので、実質的には実施することが可能である。そのため、現場の気象状況に応じて、あらかじめ予備時間として確保しておくことも一つの方法である。

表3 ドローンの1日当たりの最大散布面積ほか

項目		目安	備考
1日当たりの散布可能平均面積		3.0ha	
作業可能 時間	風の条件が良い時	日の出～10：00	当日の状況をみながら、再び風の収まりやすい15：00～日没までの時間帯も、実質的には実施することが可能。
	風の条件が悪いとき	日の出～ 8：00	
離発着回数		5回/1ha	1ha 散布時

4. 松枯れ防除事業に活用可能なドローンの機体

本ガイドラインでは、導入費用及び運用面で導入しやすい（※11）25kg未満の中型の機体を想定している。なお、機体の中では、二重反転ローターを採用したり、ローター（プロペラ）枚数を4枚に減らし大型化するなどして、ダウンウォッシュを強化するための機能（※12）が搭載されたものもある。特に、実証試験においては、これら中型ドローンによる散布の飛散傾向やマツ枝葉への付着量を測定し、松枯れ防除事業で使用可能なことを確認している（※13）。

そのため、機体の選択にあたっては、農薬散布機能のほか、ノズルの性能やダウンウォッシュの強化など、効率的に薬剤が散布可能な機能を有しているか、機体性能を踏まえて検討する必要がある。参考までに農薬散布で使用可能なドローンを表4に示す。

表4 主な薬剤散布用ドローンの例

メーカー	A社	B社	C社
機体サイズ	中型	中型	中型
特徴	2重反転ローター搭載型	一般的モデル	プロペラ4枚型
ローター枚数	6枚	8枚	4枚
タンク容量(目安)	8ℓ	8ℓ	10ℓ
標準散布面積	1ha（農業）	1ha（農業）	1ha（農業）
ノズル数	2個	4個	4個
離陸最大重量	24.9kg	24.8kg	24.9kg
吐出量	0.5～1.1ℓ/分	0.525ℓ/分	0.8～1.0ℓ
飛行時間目安	10～15分（散布時）	10～15分（散布時）	15～20分（散布時）
散布幅	4.0m	4.0m	4.0m
写真（例）			
メーカー	D社	B社	B社
機体サイズ	中型	大型	大型
特徴	プロペラ4枚型	樹木対応型	樹木対応型、タンク大型化
ローター枚数	4枚	6枚	6枚
タンク容量(目安)	10ℓ	16ℓ	30ℓ
標準散布面積	1ha（農業）	1.25ha（農業）	2ha（農業）
ノズル数	4個	8個	16個
離陸最大重量	26.5kg	44.6kg	66.5kg
吐出量	0.8ℓ/分	6ℓ/分	8ℓ/分
飛行時間目安	10～15分（散布時）	10～20分（散布時）	10～20分（散布時）
散布幅	4.0m	4.0～7.0m	7.5～9.0m
写真（例）			

5. 松枯れ防除事業における薬剤の特徴

(1) 主な薬剤の特徴

松枯れ防除事業で使用する主な薬剤の特徴を表5、6に整理する。使用する薬剤は、散布条件（散布期間、回数）、周辺環境（近接する居住地、農業生産地）などの諸条件と薬剤特性によるドリフト条件を考慮したうえで決定することとする。

松枯れ防除の際のドローンによる薬剤散布量は、表7に示した無人ヘリによる薬剤散布量 $30 \ell / \text{ha}$ ($3 \ell / 10\text{a}$) を準用する。

表5 有機リン系とネオニコチノイド系の殺虫効果特性の違い

区分	主な特徴
有機リン系	<ul style="list-style-type: none"> ・マツノマダラカミキリを殺虫して感染リスクを減らす。 ・虫体が枝葉に接触した時の経皮毒と後食時の経口毒の両方が作用する。散布後の日数が経過し残留濃度が低くなると後食を継続するが、経口摂取量が一定量に達すれば遅効的に殺虫効果を発揮する。 ・有機リン系農薬は、昆虫に吸収されると主要代謝経路の代謝物であるオキソン体が、神経伝達物質（アセチルコリン）の分解酵素（コリンエステラーゼ）の活性を阻害し、殺虫効果を発揮する。
ネオニコチノイド系	<ul style="list-style-type: none"> ・マツノマダラカミキリの後食を防止して感染リスクを減らす。 ・散布数週間後まで硬直や痙攣などの中毒症状によって後食を抑制する。ただし、殺虫に至らず回復する場合がある。 ・経皮毒は低い経口毒が高いため、後食を開始直後の僅かな経口摂取によって異常行動を引き起こす。激しい痙攣等によって樹上から落下した個体は速やかに蟻などによって捕食される。 ・ネオニコチノイド系農薬は、神経細胞のシナプス後膜にあるニコチン性アセチルコリンレセプターに結合し、アセチルコリンの作用を遮断する作用があり、神経の興奮とシナプス伝達の遮断を引き起こすことで殺虫効果を発揮する。

表 6 主な松枯れ防除薬剤の特徴

区分	薬剤名	人畜 毒性	魚毒性 (注 2)	製品の特徴
有機リン系	①MEP 乳剤 (EC)	(注 1)	※14	<ul style="list-style-type: none"> ・松くい虫防除において半世紀に及ぶ使用実績がある。 ・殺虫力は経口・経皮いずれの作用も高く、降雨に強く、残効性に定評がある。 ・光・熱・微生物等で分解されるため自然環境への影響が少ない。 ・人畜の体内では急速に代謝分解され排泄される。 ・希釈時には泡が立たず速やかに乳化し、分散性が高い。
	②MEP マイクロカプセル剤 (MC)	(注 1)	※15	<ul style="list-style-type: none"> ・有効成分を膜物質で包み込んだ製剤で、直接外部に作用しないため、薬害や塗装汚染等の危険性が低い。 ・他の薬剤と比較して残効が最も優れており、発生初期の 1 回散布で予防効果が期待できる。 ・消防法の規制対象外である。 ・使用時には原液をよく攪拌してから計量し水希釈する。
ネオニコチノイド系	③アセタミプリド液剤 (LC)	(注 1)	※16	<ul style="list-style-type: none"> ・ネオニコチノイド系として最初に登録された。 ・液剤のため使い勝手が良く、多種類の樹木害虫に適用されている。 ・極めて低い濃度でも後食が阻害されることから、有機リン系農薬と比較して単位面積当たりの有効成分投下量が少ない。 ・他の薬剤と比較してミツバチへの毒性が極めて低い。 ・当年枝への浸透性があり、耐雨性に優れる。 ・蒸気圧が低く (1.0×10^{-6}Pa) 気中濃度はほとんど検出されないため、散布作業者にとっても安全性が高い。 ・臭いや汚れ、塗装汚染などがほとんどない。
	④クロチアニジン水和剤 (SC)	(注 1)	※17	<ul style="list-style-type: none"> ・ネオニコチノイド系後発の農薬で、他のネオニコチノイド系薬剤よりも殺虫効果が高い利点があるが、ミツバチへの影響も有機リン系薬剤と同様に注意が必要である。 ・使用時には原液をよく攪拌してから計量し希釈する。

注 1. 人畜毒性は、毒物・劇物に該当しない。

注 2. 魚毒性については、水に溶けた化学物質が魚類に及ぼす毒性のことで、ラベルに表示されている注意事項に従うこと。

表 7 松枯れ防除薬剤の有効期間、希釈倍率、使用液量

区分	薬剤名	有効期間 (残効)	希釈倍率	使用液量
有機リン系	①MEP 乳剤 (EC)	4 週間	18 倍	3 ℓ / 10a
	②MEP マイクロカプセル剤 (MC)	2 ヶ月	2.5~5 倍	3 ℓ / 10a
ネオニコチノイド系	③アセタミプリド液剤 (LC)	4 週間	10 倍	3~4 ℓ / 10a
	④クロチアニジン水和剤 (SC)	4 週間	100 倍	3 ℓ / 10a

(2) 薬剤のドリフトについて

松枯れ防除事業で使用する主な薬剤のドリフトの特徴を表8に示す。

これにより、散布区の状況に併せ、適切な薬剤を選択する。なお、実証試験（風速が強い場合のドリフトの検証）において、薬剤のドリフトは散布区域の境界から30mを越えると、急激に減少する（※20）ことが明らかになっている。

表8 松枯れ防除薬剤の揮発性

薬剤名	揮発性の特徴
①MEP 乳剤 (EC)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 散布後、林内に付着した MEP が蒸散し気中濃度として検出された。大気中に拡散した MEP は速やかに分解消失するが、散布当日は入林者への注意喚起の表示が必要である。 ・ 強風下における散布区域外への落下量は MEP マイクロカプセル剤と比較して少なかった。風向・風速に留意しドリフトを防止する。
②MEP マイクロカプセル剤 (MC)	<ul style="list-style-type: none"> ・ MEP がマイクロカプセルに包まれているため蒸散し難く、散布後の気中濃度は低く推移する。 ・ マイクロカプセルは散布時に風下へ流されやすい傾向が認められた。本剤を散布する際は特に風向・風速に注意を払う必要がある。
③アセタミプリド液剤 (LC)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気圧が低く、散布直後においても気中濃度は殆ど検出されない。
④クロチアニジン水和剤 (SC)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 風向・風速に留意しドリフトを防止する。

6. 散布（飛行）方法

松枯れ防除事業におけるドローンの散布方法については、国交省審査要領の4（許可等に係る基本的な基準）の4-3（無人航空機を飛行させる際の安全を確保するために必要な体制）（※21）を満たすことを前提とする。

なお、ドローンの場合、従来の産業用無人ヘリコプターと比較して機体重量が軽く、持ち上げるための推力（風力）が少なく済むことから、結果としてダウンウォッシュ（下降気流）が小さく、横風の影響を受けやすい。これらの特徴や実証試験の結果を踏まえ、安全かつ適正な薬剤散布を実施できる飛行の方法を整理した。

また、ここに示す散布方法は、事業の中で実証試験を行った3機種（A社1機種、B社2機種）から得られたデータに基づき、安全かつ適正にドローンによる松枯れ防除を対象とした薬剤散布が可能と判断されたものであり、今後、機体の大型化や散布装置の性能向上等により変更していく必要がある。

(1) 散布（飛行）の準備

松枯れ防除におけるドローンの薬剤散布にあたり、事前の現地確認は必須条件である。確認するポイントは、留意事項（※22）のほか、①現地の地形、②樹高、③散布対象地の形状、④周辺土地利用、⑤視認性、⑥離発着点の確保、⑦気象条件、⑧周辺住・農地環境である。主な確認事項を表9に示す。

表9 散布の準備

確認項目	確認すべきポイント
<留意事項>	<ul style="list-style-type: none"> ○散布区周辺の地理的状況（住宅地、水道水源等）、耕作状況（収穫時期、有機農業が行われている圃場等）等を十分に勘察し、実施除外区域の設定や散布薬剤の種類、剤型の選定などを含めた散布計画の作成 ○実施区域周辺（公共施設、民家、巣箱を設置している養蜂家、有機農業に取り組む農家等）への事前の情報提供 ○実施区域内への第三者の侵入防止 ○空中散布時の留意事項 <ul style="list-style-type: none"> ・風向きを考慮した飛行経路の設定 ・散布方法（飛行速度、飛行高度、飛行間隔及び最大風速）は、機体メーカーが取扱説明書等に示した散布方法を参考に行う。 ・散布の際には、農薬の散布状況及び気象条件の変化を随時確認しながら、散布区域外への飛散（ドリフト）が起こらないよう十分に注意する。
①散布地の地形	<ul style="list-style-type: none"> ・気象条件と密接的な関係にあり、季節風や時間により変化する気象条件を把握すること。 ・散布地全体を見渡すことができる視点場があるか、視認性との関連性も十分に確認すること。
②樹高構成	<ul style="list-style-type: none"> ・対象とするマツ林の樹冠構成を事前に把握し、飛行ルート、高度の設定を行うこと。（a：一定の高さの樹冠、b：突出した個体の存在、c：不均一な樹冠）
③散布対象地の形状	<ul style="list-style-type: none"> ・散布対象地の形状を事前調査で把握することにより、綿密な飛行計画を立案すること。（a：まとまった整形地、b：不整形な土地、c：帯状に細長い土地）
④周辺土地利用	<ul style="list-style-type: none"> ・視認性と密接的な関係性にあり、散布対象地が連続して見渡せる位置に高所作業車が設置でき、安定した位置で操縦が可能なこと。 ・堤防等の高台の地形的要素によりオペレーターが安定して操縦ができること。
⑤視認性	<ul style="list-style-type: none"> ・高所作業車、堤防、高台などの地形を活用し、安定した飛行を行うために、樹冠高の変化や散布境界、散布つなぎ地点が明確に視認できること。 ・飛行ルートの縦断方向中央部にオペレーターの設置を行うこと。
⑥離発着点の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレーターから直接視認ができる位置を選定すること。 ・安全な離着陸が可能なエリアとして直径10mの範囲に枝葉などの障害物が存在しないポイントが特定できること。 ・広場や道路など連続した土地利用が確保できること。
⑦気象条件	<ul style="list-style-type: none"> ・散布地の地形に大きく影響を受けることを理解すること。 ・散布地域特有の「○○おろし」などの季節風や恒風を正しく理解すること。 ・地形条件に応じて吹きおろし、吹上による影響を受けることを理解しておくこと。 ・時間の経過に応じて、海風、陸風の風向、風速変化があることを理解しておくこと。 ・事前に公的機関、民間の気象情報を入手し、散布日の風向、風速などの情報を適切に予測すること。
⑧周辺住・農地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・散布地周辺の住環境、農地、果樹園などの立地を把握すること。 ・散布機材と風速によるドリフトの範囲を想定して、機材選定を行うこと。 ・散布当日の風向、風速を考慮して「実施」、「待機」、「中止」等の判断を明確にすること。

(2) ドローンによる散布時の申請（届出）

松枯れ防除事業におけるドローンによる薬剤散布の申請（届出）（※22、23）は、令和元年7月30日に無人航空機による農薬等の空中散布について規定していた技術指導指針（農林水産省通知）が廃止され、大幅な緩和がなされた（表10参照）。

その結果、通常の薬剤散布の場合、国土交通省へ「危険物輸送」「物件投下」の飛行許可申請と、その他散布前に飛行情報基盤システム（DIPS2）への入力が必要となる。

なお、飛行許可申請については、通常、松枯れ防除等の薬剤散布を定期的に行っている事業者の場合、『継続的に無人航空機を飛行させ、ドローンによる薬剤散布を実施している事業者』に該当するため、年度はじめに3/1～2/28までの1年間の許可申請を行ない、承認を受けているのが一般的である。

表10 ドローンによる松枯れ防除の実施に必要な届け出・手続き

項目	実証試験の内容ほか
<p>※1 国土交通省の承認が必要なケース</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・日中（日出から日没まで）に飛行させること ・目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること ・人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に距離（30m）を保って飛行させること ・祭礼、縁日等多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ・爆発物等危険物を輸送しないこと ・無人航空機から物を投下しないこと <p>⇒薬剤散布はここに該当する。</p> <p>ただし、この申請は、事業者により、散布の都度行なっているわけではない。通常、松枯れ防除等の薬剤散布を定期的に行っている事業者の場合、『継続的に無人航空機を飛行させ、ドローンによる薬剤散布を実施している事業者』に該当するため、年度はじめに3/1～2/28までの1年間の許可申請を行ない、承認を受けているのが一般的である。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>（許可等の期間）</p> <p>許可等の期間は原則として3ヶ月以内としますが、<u>継続的に無人航空機を飛行させることが明らかな場合には1年を限度として許可等を行います。</u>ただし、人又は家屋の密集している地域の上空で夜間における目視外飛行、催し場所の上空における飛行は除く。</p> </div>
<p>許可が必要な空域</p>	<p>・空港等周辺や地表・水面から150m以上の空域、人口集中地区の上空での散布の場合に必要。</p>
<p>ドローン情報基盤システム2.0（DIPS2）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・飛行前には、飛行経路に係る他の無人航空機の飛行予定の情報等を飛行情報共有システムで確認し、本システムに自身の飛行予定の情報を入力して実施する必要がある。 ・2022年12月に「DIPS」と「FISS」と「DRS」が、「DIPS2」として一つのアカウントに統合された。

(3) 散布（飛行）の方法

松枯れ防除事業におけるドローンの散布方法については、表 11 に示すとおりである。表 11 は、本事業における全 12 回の実証試験により明らかとなった事項を踏まえ、松枯れ防除事業におけるドローンの活用時、最大限に散布効果を発揮できる条件として整理したものである。

表 11 松枯れ防除事業におけるドローンの散布方法（推奨）

	松枯れ防除	農作物（参考）				
①適用機種	表 4 に示す機体性能に準じるドローン	空中散布等における無人航空機利用技術指導指針(ガイドライン)」の別表 2 に定める機種				
②飛行高度 (図 5 参照)	マツ林の樹冠部より 3 m 以内 ※ただし、飛行高度は、現地でのマツ林の樹冠構成の状況に応じて決定する。	2 m (マルチローター)				
③散布間隔	(参考)	3 ~ 4 m (マルチローター)				
	<table border="1"> <tr> <td>中型</td> <td>最大離陸重量 25kg 未満の機体</td> <td>4 m</td> </tr> <tr> <td>大型</td> <td>最大離陸重量 25kg 以上の機体</td> <td>6~9m</td> </tr> </table>		中型	最大離陸重量 25kg 未満の機体	4 m	大型
中型	最大離陸重量 25kg 未満の機体	4 m				
大型	最大離陸重量 25kg 以上の機体	6~9m				
④飛行速度	10~15km/h (標準速度、上限 20km/h)	15km/h (標準速度、上限 20km/h)				
⑤風速	散布高度の位置で、3 m/s 以下	3 m/s 以下 (地上高さ 1.5m の位置)				
⑥飛行ルート	散布境界部は、境界の直上部を通るルートとする。					
⑦散布時間	【気象条件がよい場合】日の出~10:00 【気象条件が悪い場合】日の出~8:00 【予備時間】15:00~日没	—				
⑧散布面積	1 日あたり最大で 3.0ha 程度	—				

①適用機種

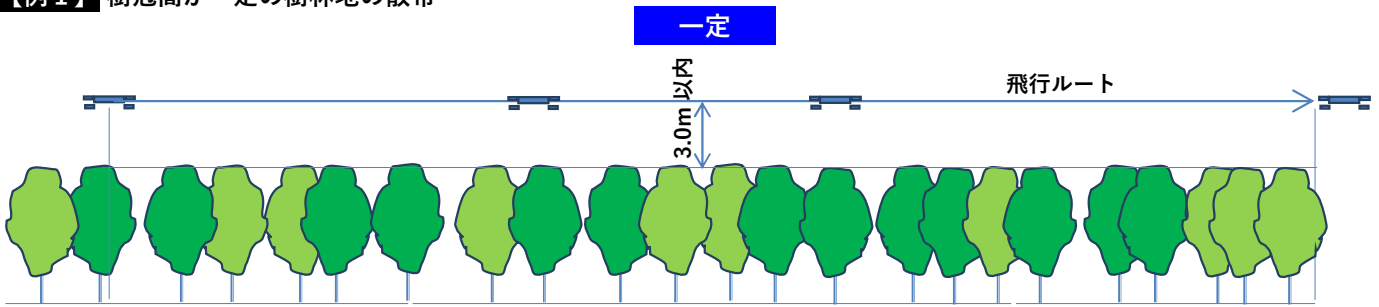
適用機種は表 4 に示す機体性能に準じる農薬散布の可能な中型ドローンとするが、すでに大型ドローン等を活用し、果樹への散布等を行っている場合であれば、大型ドローンでも実施は可能である。

②飛行高度

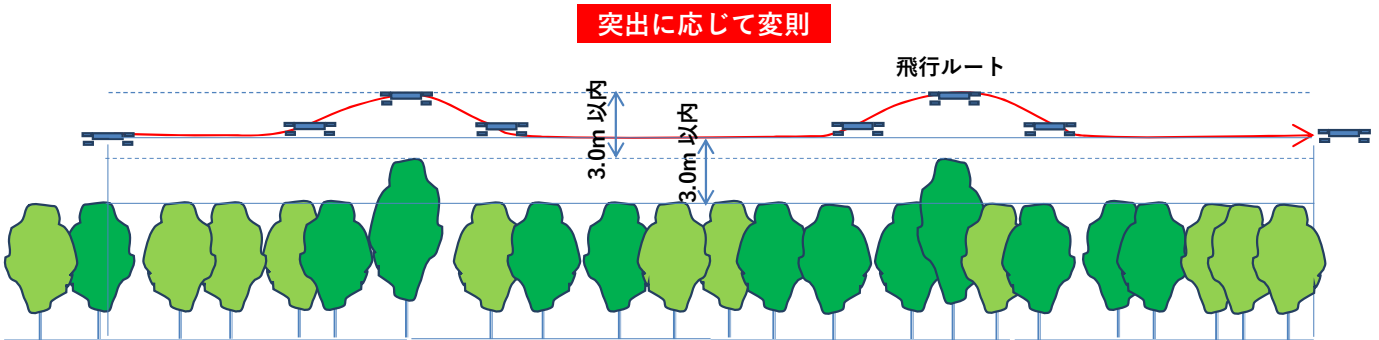
マツの樹冠部より 3 m 以内の高度とする。3 m を越えると、風の影響を受けやすく、ドリフトが起きやすくなるため、薬剤のマツ枝葉への付着量が減ることが確認されている。そのため、最大で 3.0m とし、通常は 2.0~3.0m の間で調整することが望ましい。

なお、飛行高度を一定とするか、マツ林の樹冠に合わせて実施するかは、現地でのマツ林の樹冠構成等に応じて決定する (図 5 参照)。

【例1】 樹冠高が一定の樹林地の散布



【例2】 樹冠の一部が突出した箇所がある場合の散布



【例3】 樹冠が不規則な状態で形成される場合の散布

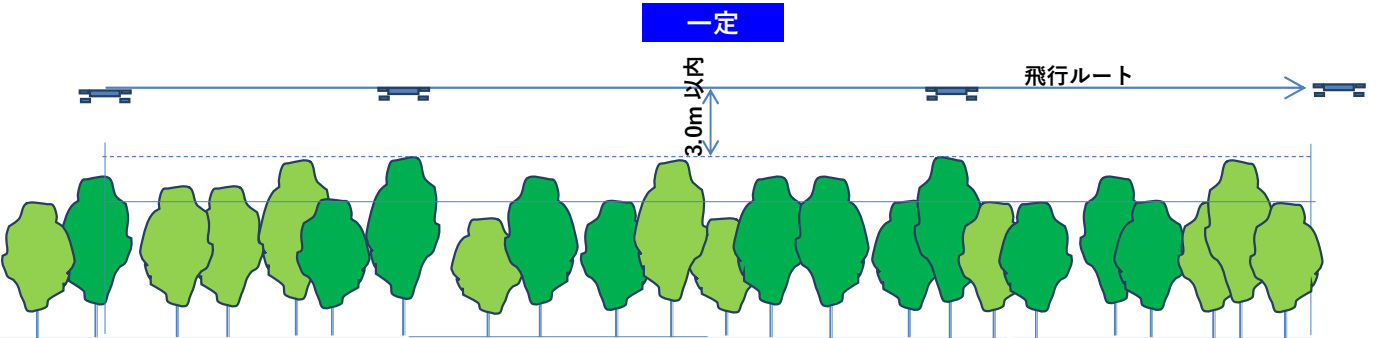


図5 飛行高度のイメージ

③散布間隔

散布幅は、一般的な中型ドローン（最大離陸重量 25kg 未満の機体）の場合は 4m とされているが、最近では 5m の機体もリリースされている。

大型ドローン（最大離陸重量 25kg 以上の機体）の散布幅は、機種により一様ではなく、おおむね 6～9m とされている。

④飛行速度

飛行速度は、吐出量に左右されるが、一般的なドローンの吐出量はおおむね 0.5～1.1 l / 分とされているため、機体性能に応じてまんべんなく散布が可能な 10～15km/h（標準速度、上限 20km/h）（※24）とする。

⑤風速

ドローンはダウンウォッシュが弱く、風の影響を大きく受けやすいことから、地上部 1.5m 地点の風速ではなく、散布高度の高さで風速 3 m/s 以下（※13、25）とする。

⑥飛行ルート

ドローンによる散布の場合、最大散布幅の位置（薬剤到達位置）と散布区域の境界部を合わせてしまうと、境界部のマツ枝葉への薬剤の付着量が十分ではないことが確認された（※26）。従って、**図 6** に示すように、境界部の散布ルートを設定する際は、境界の直上部をドローンが通るルートとする。

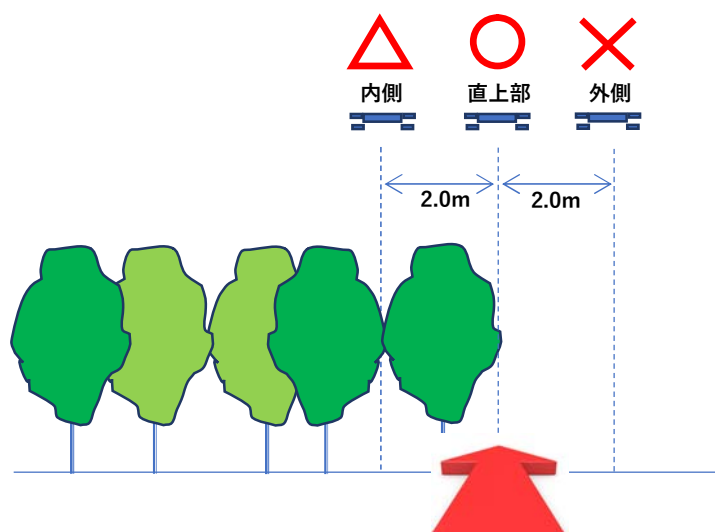


図 6 境界部の飛行ルートのイメージ

⑦散布時間

ドローンによる散布の場合、風の影響を受けやすいため、無人ヘリよりも作業時間が少なくなることが想定される（※27）。風が無風あるいは微風で、極めて条件がよい場合は日の出から 10:00 頃までの作業が可能であるが、絶えず風が止まないなど、条件が悪い場合には、日の出から 8:00 頃までと短くなる。ただし、気温が下がり始める 15:00 から日没までの時間帯も、風が比較的穏やかになることが多いため、予備時間として設定することが可能である。

散布にあたっては、高所作業車上部の手すり部にハンディー型デジタル風速計と簡易な「吹き流し」等の設置（※28）を行い、気象の変化を適宜確認することが重要である。

⑧散布面積

表 11 に示すとおり、1 日あたりの作業量は、おおむね 3.0ha 程度となるため、散布面積に応じた計画を立てることが重要である。

7. 安全対策マニュアル

ドローンによる松枯れ防除事業の実施にあたっての安全対策を表 12 に示す。

なお、下線部は、『産業用マルチローター安全対策マニュアル〔令和 4 年版〕』（※29）の基準とは異なる記述である。

表 12 安全対策マニュアル

区分	項目	主な内容
(1)作業前の安全確保	① 作業前安全研修	機体の製造者が実施する作業前安全研修に参加し、最新情報の習得に努める。
	② 労働災害保険・損害賠償責任保険への加入	機体の所有者又は使用者に保険の加入を勧める。
	③ 慣熟飛行	現場の生産現場において、実践に近い形で飛行操作を行う。
	④ 定期点検	年次毎の使用前点検、主要部品の交換状況、バッテリーの劣化状況等を確認する。
	⑤ 現地確認	散布地図を用いて現地確認を行う。
	⑥ 安全チェック	安全チェック票により事前チェックする。
(2)基準に従った均一散布	① <u>本ガイドラインに示す機種</u> を使用し、飛行高度、散布間隔、飛行速度等の基準を遵守する。	
	② 散布は、 散布高度 における風速が 3 m/s 以下の場合に実施する。	
(3)安全な操縦	① 積載能力	積載能力に影響する要因を考慮して無理な積載はしない。
	② 散布方法	<u>(i) 散布地の地形に応じて、高所作業車等を併用するなど、オペレーターがドローンを目視可能な条件下で、突発的な風等に対応できるように、手動操縦で実施する。</u> (ii) ドローンは、機体が小さいことや使用する電波（2.4GHz 帯）の直進性等から、機体とオペレーターの距離は、最大 50m とする。なお、散布にあたっては、その地形条件において電波が届くことを確認する。 (iii) ドローンの積載量を加味し、散布中に着陸しなくても済むように散布エリアを定め、撒ききり散布を基本とすることが望ましい。 (iv) 障害物（電線、立木等）、他作物への対応として、それらに向かって散布せず、これらの周辺は平行散布に努める。
	③ 散布飛行で注意する場合	(i) オペレーターの操作技量等を見極めて、安全性が十分でない場合には、散布区域から除外する。 (ii) 地デジ放送電波、携帯基地局電波、送電線の下では、電波の干渉を受ける可能性があるため注意する。特に電波塔から 50m 以内に近づかないこと。
	④ 緊急時の安全確保	(i) 緊急時は、農薬等の吐出を停止し、緊急着陸の操作を行う。 (ii) フェールセーフ機能は製造者により異なることから、取扱説明書を遵守する。
	⑤ 散布区域外への散布防止	(i) ダウンウォッシュ（下降気流）が弱く、横風を受けやすいため、散布時の風向、風速には十分注意する。 (ii) ホバリング中や旋回中は農薬を吐出させない。
	⑥ 盗難等の防止	(i) 機体や送信機等の保管時には、保管場所を施錠する。 (ii) 機体と送信機は一緒に置かない。

区分	項目	主な内容
(3)安全 な操縦	⑦ 安全な機体の 取扱い	(i) 機体の移動時には衝撃を与えない。 (ii) バッテリーは取扱説明書に指定されているものを必ず使用する。 (iii) 作業中、異常を感じたときは、必ず飛行を中止し、整備・点検を行う。 (iv) 機体の改造は決して行わない。
	⑧ 適切な農薬の 使用と危被害の防 止	(i) 無人ヘリコプターによる散布に登録がある農薬をラベルに記載された方法で使用し、空中散布等の基準を遵守するとともに、住宅地や散布区域外への飛散防止のため、気象変化に応じた散布飛行の変更等の諸対策を徹底する。 <u>(ii) 住宅地や散布区域外への飛散防止のため、家屋等生活圏から30m以上の距離が取れることとする。</u>
	⑨ ナビゲータ ー、薬剤担当者 との連携	(i) ナビゲーターを必ず設置する <u>ほか、薬剤担当者（調合、補給、バッテリー交換等）を設置する。</u> (ii) オペレーターとナビゲーターは、実施主体と協力して現地確認（下見）を実施する。 (iii) 散布地図に記載がある危険箇所を確認し、記載されていない場合は散布地図に追加記入する。 (iv) 現地の情報、オペレーターの技量を考慮し、散布方法を見直す。 (v) ドローンは小型かつ低空を飛行するので、オペレーターとナビゲーターの連携を特に密にし、安全飛行の徹底を図る。


(参考：『産業用マルチローター安全対策マニュアル〔令和4年版〕、農林水産航空協会』を一部改変)

8. ガイドライン活用時の留意点

ガイドライン活用時の留意点を表 13 に示す。

表 13 ガイドライン活用時の留意点 (※30)

項目	ガイドライン使用時の留意点
①立地条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬剤散布作業は、原則として目視による作業を前提とし、機動性の高い高所作業車、地形を利用し、目視で散布地全体が眺望可能な位置を選定すること。 ・ 事前準備において、現地の地形や道路（作業用道路として利用できる舗装道路、林道などの作業用道路）の状態を確認し、安定・安全に作業が可能な作業地を確保する。 ・ 道路などで高所作業車を活用する場合の留意すべき点は、道路幅員と舗装状況、勾配（縦断、横断勾配）に留意すること。 ・ 散布地全体を見渡すことができる丘や防波堤などの地形や構造物などを活用することは、コスト縮減にもつながることから事前調査を綿密に行うこと。
②実施体制（安全確保）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬剤散布を効率的、安定的に実施するためには、ドローンの安全な飛行を実行するためのオペレーターとナビゲーターのほか、着陸地点（移動を伴う場合もある）での薬剤の調合とタンクへの投入者、機体のバッテリー交換者、散布対象地内の移動のための輸送担当者等を確保することに留意する。 ・ 輸送担当者が薬剤調合を兼務することも考慮すること。
③散布高度（複数の樹冠表面からの距離（クリアランス））	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドローンによる散布を実施する場合、風速による影響を受けることを常に留意すること。 ・ 不必要に樹冠からの距離を取りすぎると目標への適切な散布ができないほか、風下の広い範囲に薬剤が飛散する恐れがあることを考慮すること。 ・ 散布高度は、原則として樹冠から 3.0m 以下の距離で実施すること。 ・ ただし、樹冠部の一部が突出する箇所や樹冠高が不均一な現場の場合は、飛行ルート（高度）の設定を柔軟に行うこと。 ・ 地形勾配に応じて目視の範囲で樹冠部からの一定距離を確保すること。 ・ オペレーターの熟練度によって散布高度は樹冠から 3.0m を上限に設定するが、薬剤の散布効果とあわせて飛行の安全性の確保、周辺環境への影響の低減化に留意すること。
④使用薬剤・散布量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用薬剤は、松枯れ防除に用いる無人ヘリの希釈濃度を採用すること。 ・ 散布薬剤の濃度、散布量については、規定希釈倍率、散布量（10a 当り 3.0ℓ）を遵守すること。 ・ 薬剤の種類によっては保管中に分離することがあるので、使用時には容器をよく振ってから秤量すること。
⑤飛行ルートの設定（追加項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 散布ルートは、散布域の境界直上部とする。ただし、風向、風速の条件を考慮し、基準風速を超える場合は現地において散布位置を調整すること。 ・ 散布むらや付着量の低下が発生しやすい林縁部では、よりきめ細やかな散布ルートの設定が求められる。 ・ 散布区域の風下に近接して住宅地や農地が立地する場合は、離隔距離を十分に考慮して、散布範囲を決定すること。 ・ 風向が散布区域外からの場合は、一旦、林内で薬剤の流れを確認したうえで、境界直上部から林縁側面に効果的に林外に薬剤が付着するよう、散布時に微調整を行うこと。 ・ 1 回散布毎の終了地点は、原則として目視確認が行いやすいオペレーター設置側に設定する飛行計画に留意すること。 ・ 1 回ごとの終了地点の目印を設定すること。 ・ 2 回目以降の薬剤搭載後の散布開始地点は、原則としてオペレーター設置側で散布終了地点から開始すること。 ・ 散布むらが発生しないように散布開始地点を同一の位置に設定し、往路について一部（1.0m 程度）重複散布をおこなうこと。

項目	ガイドライン使用時の留意点						
<p>⑥ 飛行速度など</p> <p>⑦ 散布時の風向・風速など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 風向・風速計測地点は、散布予定高度（樹冠上部 3.0m 地点＝散布高度）とする。 ・ 風速の上限値は散布高度（測定位置）において、3.0m/s 以下であること。 ・ 散布実施日の風向、風速については、事前に気象庁、民間気象予報などの信頼できるデータで予測し、オペレーターの配置を決定すること。 ・ 風下に住宅地、農地、果樹園などの防除対象外施設が存在し、ドリフトの影響が想定される場合は、対象物までの離隔距離、風速と散布高度を考慮してドリフト範囲を想定し、ドリフトの影響範囲内に住宅地、農地、果樹園が立地する場合は、散布方法（飛行ルート）の変更等を行うこと。 ・ 散布区は、基本的に、住宅地、農地、果樹園等の施設や家屋等生活圏から 30m 以上の距離が取れる場所とすること。 ・ 規定された風速を超える場合は、機体の安定性の低下や薬剤のドリフトの発生が想定されるため風向等を勘案して①継続、②中断、③中止を決定すること。 <table border="1" data-bbox="363 712 1417 945"> <tr> <td data-bbox="363 712 497 788">①継続</td> <td data-bbox="497 712 1417 788">散布予定林内側への風向で周辺環境への影響が少なく、機体の安定が図られ、周辺へのドリフトの影響がない場合は実施可能とする。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 788 497 824">②中断</td> <td data-bbox="497 788 1417 824">気象情報と現地の気象条件を注視し、気象条件が好転するまで中断する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 824 497 945">③中止</td> <td data-bbox="497 824 1417 945">気象情報（気圧配置）と現地の気象条件をふまえ、明らかに好転する見通しが立たず、散布上限時間の午前 10 時（無人ヘリ散布における散布推奨時間）を超えると予想される場合は中止を決定する。</td> </tr> </table>	①継続	散布予定林内側への風向で周辺環境への影響が少なく、機体の安定が図られ、周辺へのドリフトの影響がない場合は実施可能とする。	②中断	気象情報と現地の気象条件を注視し、気象条件が好転するまで中断する。	③中止	気象情報（気圧配置）と現地の気象条件をふまえ、明らかに好転する見通しが立たず、散布上限時間の午前 10 時（無人ヘリ散布における散布推奨時間）を超えると予想される場合は中止を決定する。
①継続	散布予定林内側への風向で周辺環境への影響が少なく、機体の安定が図られ、周辺へのドリフトの影響がない場合は実施可能とする。						
②中断	気象情報と現地の気象条件を注視し、気象条件が好転するまで中断する。						
③中止	気象情報（気圧配置）と現地の気象条件をふまえ、明らかに好転する見通しが立たず、散布上限時間の午前 10 時（無人ヘリ散布における散布推奨時間）を超えると予想される場合は中止を決定する。						
<p>⑧その他</p>	<p>・ ドローンの「機体関係基準」及び「オペレーター関係基準」については、それぞれ『マルチローター式小型無人機による農薬散布の暫定運行基準取りまとめ』に準ずるものとする。</p> <table border="1" data-bbox="363 1131 1417 1579"> <tr> <td data-bbox="363 1131 1417 1355"> <p>（１）機体関係基準について</p> <p>ドローンの機体関係基準については、国土交通省が定める「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領（平成 27 年 11 月 17 日付け国空航第 684 号、国空機第 923 号国土交通省航空局長通知。以下「国交省審査要領」という。）」の 4（許可等に係る基本的な基準）の 4-1（無人航空機の機能及び性能）を満たすことを前提とし、農薬散布を安全かつ適正に実施できる性能を有することを確認する。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="363 1355 1417 1579"> <p>（２）オペレーター関係基準</p> <p>ドローンのオペレーター関係基準については、国交省審査要領の 4（許可等に係る基本的な基準）の 4-2（無人航空機の飛行経歴並びに無人航空機を飛行させるために必要な知識及び能力）を満たすことを前提とし、従来の産業用無人ヘリコプターと同様、オペレーターの教習施設の指定及び指導教官の認定により、安全かつ適正な農薬散布を実施できる技能及び知識を有する者をオペレーターとして認定する。</p> </td> </tr> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> <table border="1" data-bbox="363 1624 1417 1697"> <tr> <td data-bbox="363 1624 1417 1697" style="text-align: center;"> <p>『マルチローター式小型無人機による農薬散布の暫定運行基準取りまとめ』 に準ずる</p> </td> </tr> </table>	<p>（１）機体関係基準について</p> <p>ドローンの機体関係基準については、国土交通省が定める「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領（平成 27 年 11 月 17 日付け国空航第 684 号、国空機第 923 号国土交通省航空局長通知。以下「国交省審査要領」という。）」の 4（許可等に係る基本的な基準）の 4-1（無人航空機の機能及び性能）を満たすことを前提とし、農薬散布を安全かつ適正に実施できる性能を有することを確認する。</p>	<p>（２）オペレーター関係基準</p> <p>ドローンのオペレーター関係基準については、国交省審査要領の 4（許可等に係る基本的な基準）の 4-2（無人航空機の飛行経歴並びに無人航空機を飛行させるために必要な知識及び能力）を満たすことを前提とし、従来の産業用無人ヘリコプターと同様、オペレーターの教習施設の指定及び指導教官の認定により、安全かつ適正な農薬散布を実施できる技能及び知識を有する者をオペレーターとして認定する。</p>	<p>『マルチローター式小型無人機による農薬散布の暫定運行基準取りまとめ』 に準ずる</p>			
<p>（１）機体関係基準について</p> <p>ドローンの機体関係基準については、国土交通省が定める「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領（平成 27 年 11 月 17 日付け国空航第 684 号、国空機第 923 号国土交通省航空局長通知。以下「国交省審査要領」という。）」の 4（許可等に係る基本的な基準）の 4-1（無人航空機の機能及び性能）を満たすことを前提とし、農薬散布を安全かつ適正に実施できる性能を有することを確認する。</p>							
<p>（２）オペレーター関係基準</p> <p>ドローンのオペレーター関係基準については、国交省審査要領の 4（許可等に係る基本的な基準）の 4-2（無人航空機の飛行経歴並びに無人航空機を飛行させるために必要な知識及び能力）を満たすことを前提とし、従来の産業用無人ヘリコプターと同様、オペレーターの教習施設の指定及び指導教官の認定により、安全かつ適正な農薬散布を実施できる技能及び知識を有する者をオペレーターとして認定する。</p>							
<p>『マルチローター式小型無人機による農薬散布の暫定運行基準取りまとめ』 に準ずる</p>							

9. おわりに

本ガイドラインは、ドローンの利便性を生かしつつ無人ヘリコプターによる散布基準を用いて実用性を評価・検証して作成したものであり、今後は機体や散布技術の改良に応じて柔軟に変更するものである。

ドローンの場合、従来の産業用無人ヘリコプターと比較して機体重量が軽く、持ち上げるための推力（風力）が少なくて済むことから、結果としてダウンウォッシュ（下降気流）が小さく、横風の影響を受けやすい。そのため、無人ヘリに比べ薬剤のマツ枝葉への付着量が少ない傾向が確認された。

そのため近年は、ダウンウォッシュを強化するための機能が搭載された機体が発売されつつあるほか、実証試験においても、ネオニコチノイド系薬剤（アセタミプリド液剤）を通常の2倍量で散布したところ、薬剤の付着量は樹冠の中・下部の付着量の明らかな増加が確認された。

通常、防除散布で薬剤量を規定量以上に使用する場合は農薬登録の手続きが必要となり、現地試験、手続き等に時間を要するため現実的ではない。

ただし、マツは食用作物ではないので、後食予防効果を十分に発揮させるのであれば、使用基準の散布回数に関し、より柔軟な法的解釈の検討が期待される。

以上から、現時点では、ドローンを用いた散布においては、林分全体の防除には十分な効果を得られる段階には至っていないため、無人ヘリコプター散布の補完として林縁部を対象にきめ細やかに散布する役割などが期待される。

解説編

(※1) 実証試験の実施

事業実施期間中（令和2～4年度）、実証試験を12回、実施した。実証試験は、茨城県農林水産部林業課及び国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所の協力により、試験地を借用して実施した。

解-表1 3カ年の実証試験の内容

年度	実証試験	実施場所	日時	実施内容
令和2年度	第1回	茨城県十王町	令和2年7月1～3日	・ドローンによるMEP乳剤(EC)の散布試験
	第2回	茨城県東海村	令和2年8月18～19日	・ドローンによるクロチアニジン水和剤(SC)の散布試験
	第3回	茨城県十王町	令和2年9月15～16日	・ドローンによるMEPマイクロカプセル剤(MC)の散布試験 ・ドローンと無人ヘリのコスト比較試験
	第4回	茨城県東海村	令和2年10月6～7日	・ドローンによるアセタミプリド液剤(LC)の散布試験
令和3年度	第5回	森林総合研究所	令和3年7月7、10	・ドローンによるアセタミプリド液剤(LC)の散布試験および生物試験①
	第6回	茨城県十王町	令和3年8月18～19日	・ドローンによる散布ルートと比較試験
	第7回	茨城県十王町	令和3年8月19日	・ドローンによる剤型の異なる薬剤散布〔MEP乳剤(EC)とMEPマイクロカプセル剤(MC)〕のドリフト試験①
	第8回	茨城県十王町	令和3年9月7～8日	・ドローンによるアセタミプリド液剤(LC)の散布試験および生物試験②
令和4年度	第9回	森林総合研究所	令和4年6月24～25日	・ドローンによるアセタミプリド液剤(LC)の散布試験および生物試験
	第10回	茨城県東海村	令和4年7月11～12日	・ドローンによるアセタミプリド液剤(LC)の散布量と付着量の比較試験
	第11回	茨城県十王町	令和4年9月13～14日	・大型ドローンによるMEPマイクロカプセル剤(MC)の散布試験
	第12回	茨城県十王町	令和4年9月14～16日	・ドローンによる剤型の異なる薬剤散布〔MEP乳剤(EC)とMEPマイクロカプセル剤(MC)〕のドリフト試験②

(※2) 検討委員会

検討委員会のメンバー及び開催日時は以下の通りである。

解-表2 委員会のメンバー

区分	氏名	役職・立場	備考
委員長	本山 直樹	千葉大学名誉教授	農薬や空中散布の飛散や健康影響評価等に関する試験研究実績を多数持つ。
委員	伊藤 正則	西日本スカイテック株式会社	産業用無人航空機（無人ヘリコプター及びマルチローター）の整備、登録、検定、普及に関する事業を行う。
委員	阿部 豊	NPO 法人松くい虫センター 代表、樹木医	長年薬剤メーカーに在籍し、松くい虫防除薬剤の開発・普及に携わる。
委員	松原 功	元 千葉県森林研究センター 次長、樹木医	長年千葉県の松枯れ防除事業担当者として多数の現場を担当し、防除事業の現場実態等に精通する。
委員	齋藤 次男	元 ヤンマーヘリ&アグリ株式会社、 無人ヘリ事業部	長年無人ヘリを用いた防除事業に従事し、無人ヘリを用いた薬剤散布手法等に精通する。
オブザーバー	丸 論 阿部 智早絵	株式会社化学分析コンサルタント	農薬を中心に各種化学物質の分析サービスを提供。農薬試験及び分析に精通。

解-表3 3カ年の検討委員会の開催日時

年度	委員会	日時	備考
令和 2年度	第1回	令和2年5月7日	
	第2回	令和2年6月15日	茨城県十王町、茨城県東海村、現地開催
	第3回	令和3年3月4日	
令和 3年度	第4回	令和3年5月14日	
	第5回	令和3年6月16日	茨城県十王町、茨城県東海村、現地開催
	第6回	令和4年2月17日	
令和 4年度	第7回	令和4年4月25日	
	第8回	令和5年1月25日	
	第9回	令和5年3月1日	

(※3) ドローンと無人ヘリのコスト及び有効面積

解-表 4 に基づき、ドローンで 1 日に散布可能な面積はおおむね 3.0ha であることが想定された。

解-表 4 ドローンと無人ヘリのコスト及び有効面積の検証結果

<p>無人ヘリの場合 H</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 ha の散布に要する時間は約 28 分 ⇒10ha の場合は 4 時間 36 分を要する (換算) ・ 聞き取りの作業時間「5 時間 (5:00~10:00)」から 4 時間 36 分 20 秒を差し引くと、作業のロスタイムは 23 分 40 秒となる。
<p>ドローンの場合 DR</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 ha の散布に要する時間は約 1 時間 15 分 ・ ドローンの場合、作業のロスタイムの実態が不明なので、無人ヘリの時間を準用する。 ・ 作業のロスタイム 23 分 40 秒を作業時間 5 時間から引くと、実際の作業時間は約 4 時間 36 分 20 秒となり、それを 1ha あたりの作業時間 1 時間 15 分 33 秒で除すと、ドローンの一日あたりの作業可能面積は 3.7ha と試算される。 ⇒ただし、ドローンの散布では、風速が散布高度で 3.0m/s 以下であることを考慮すると、安定した気象条件下での作業時間は 5:00~8:00 の 3 時間程度に短縮される可能性が高い。その場合、一日あたりの作業可能面積は 2.1ha と試算される。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>⇒以上から、その平均値 $((3.7+2.1) \div 2)$ を取ると、一日あたりの散布可能面積は、おおむね 2.9ha ≒ 3.0ha 程度と試算される。</p> </div>

(※4) 防除対策のイメージの参考例

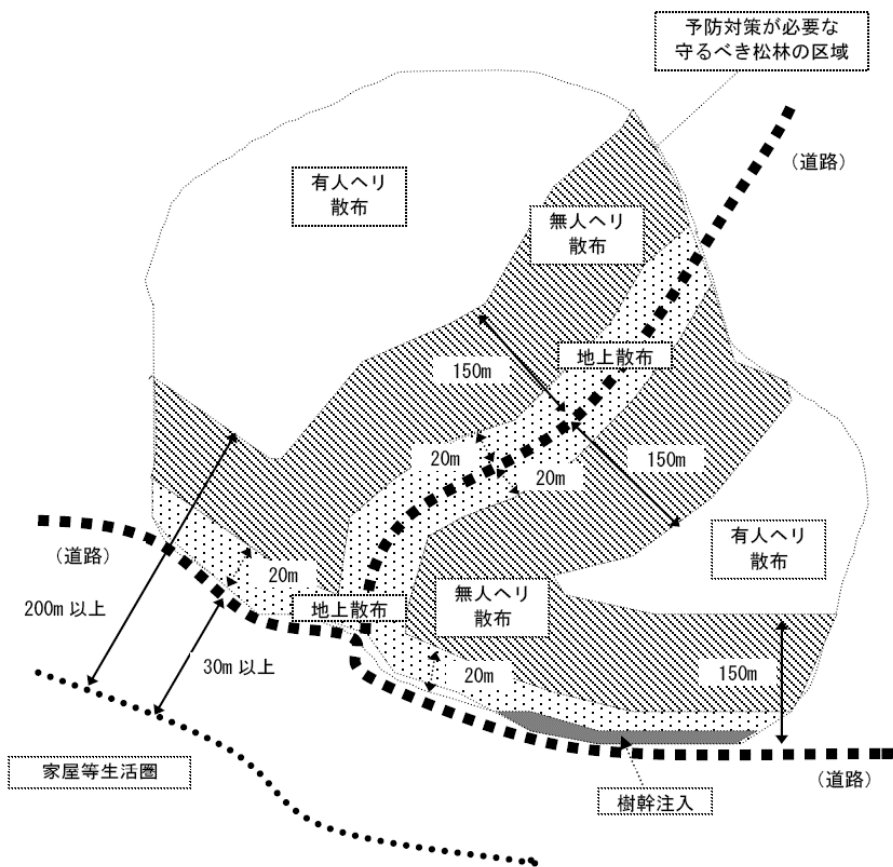


図8：防除対策の組み合わせのイメージ

【守るべき松林における予防対策の組合せの考え方】

飛散防止等の効果が見込め、かつ道路沿いなど実施可能な場所では、できる限り地上散布や無人ヘリ散布を併用して、有人ヘリ散布の区域を少なくするよう努める。

なお、それぞれの対象区域については、以下の考え方を基本とする。

- ① 樹幹注入：松並木や公園の松など、貴重な松に行う。
- ② 地上散布：散布機材の搬入が可能な道路から20m以内で行う。
- ③ 無人ヘリ散布：道路から150m以内で、地形等の条件合う松林で行う。
- ④ 有人ヘリ散布：道路から150m以上の松林で行う。

令和4年度に150mの記載はなくなり、「目視範囲」となった。

また、家屋等人の生活圏から、有人ヘリ散布実施区域は200m以上、無人ヘリ散布実施区域は30m以上離して設定する。

【参考】

区分	予防対策の違いによる薬剤の飛散についての特徴等
樹幹注入	樹木の幹に直接注入するため薬剤は飛散しない。
地上散布	地上から散布機材で対象のマツをめがけて散布するため、薬剤の飛散は少ない。
無人ヘリ散布	樹上4~5mから狭い散布幅で実施するため、比較的飛散は少ない。
有人ヘリ散布	樹上10m程度から比較的広い散布幅で実施するため、飛散への対応が必要。

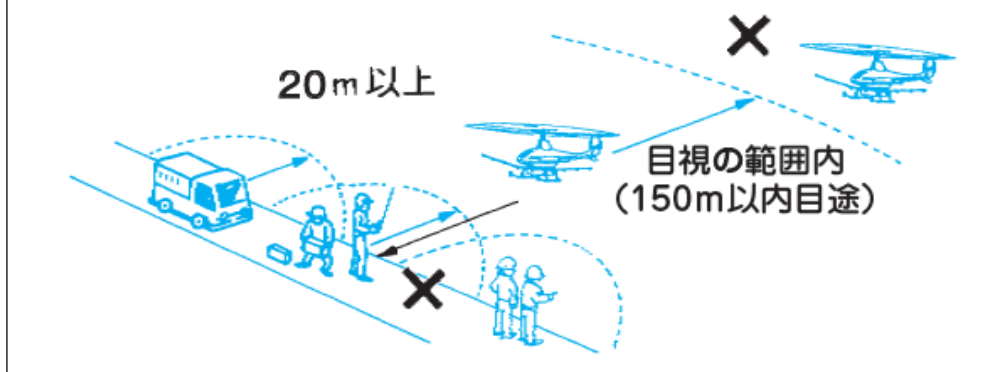
解-図1 防除対策の組み合わせのイメージ

(出典：「松くい虫防除のための農薬の空中散布の今後のあり方」、平成23年11月、農薬の空中散布検討連絡会議有人ヘリ松くい虫防除検討部会、長野県)

(※5) 機体とオペレーターとの最大距離

- ⑦ オペレーターや作業者等は機体から 20 m以上離れて下さい。特に、無人ヘリが頭上を越えて対面状態になるとパニックになるため自分に向かって近づけるときは速度を落として下さい。

また、機体とオペレーターとの最大距離は、目視確認できる範囲として下さい。これまで、無人ヘリコプターの場合は水平方向 150 m以内とされておりましたが、それにこだわる必要はありません。



解-図2 機体とオペレーターとの最大距離 (令和4年度から変更)

(出典：産業用無人ヘリコプターによる病虫害防除実施者のための安全対策マニュアル〔令和4年版〕、一般社団法人農林水産航空協会、全国農林航空事業推進協議会、P39)

（※6）ドローンの薬剤の使用量

基本的に、ドローンによる松枯れ防除の薬剤散布は、無人ヘリの基準を準用している。特に地上散布の場合は、無人ヘリを利用した場合の4倍の原液を使用することが分かっている。逆に考えると、そのレベルの使用量においても松及び人体への影響がないことが確認されたうえで、散布量が定められている。

● 防除方法別散布薬剤量等の比較 ※MEP剤の例

無人ヘリによる防除の特徴（地上散布との比較）

○一日当たりの散布面積については、対象松林の地形・林況等によって異なるため、平均的な数値を示すことは難しいが、地上散布の約5倍という実施事例が報告されている。

○直接的な経費については、地上散布の4割程度という事例があるように、一般的に地上散布と比べると安い傾向があり、加えて道路等の基盤的な施設も少なく済む。

○単位面積当たりの使用薬剤量については、原液有効成分、量換算で地上散布の4分の1程度にとどまっている。

○都道府県からの聞き取りによれば、地上散布と比べると防除作業に従事する者の薬剤への暴露や身体への労働負担が軽減できる。

散布方法	使用薬剤	散布量 (ℓ/ha)	希釈倍数 (倍)	原液量 (ℓ/ha)	事業単価 (千円/ha)	備考
無人ヘリ	MEP乳剤 (80%)	30	18	1.7	75	高所作業車使用
地上散布	"	1,200	180	6.7	181	動力噴霧器使用
特別防除	"	60	36	1.7	53	

（資料）「無人ヘリによる松くい虫防除に関する運用基準の作成のための検討会（以下、単に「無人ヘリ検討会」という。）（第1回）」資料より。

● 防除対策における無人ヘリ散布の有効性（秋田県の事例）

従来は、地上散布が薬剤散布防除の中心。薬剤散布は、カミキリの羽化脱出時期に合わせて、非常に短期間に実施する必要がある。

地上散布は、1日に散布できる面積が小さく（約3ha）、実施できる範囲が限られる。

無人ヘリ散布は、1日に散布できる面積は約16haで、地上散布の約5倍の作業効率である。

また、特別防除（有人ヘリ散布）に比べて、作業効率は劣るが、散布高度が低く、飛散は少ない。

散布高度（秋田県の場合〈平均〉）

- ・有人ヘリは、樹高15m+樹冠上10m=25m
- ・無人ヘリは、樹高13m+樹冠上3m=16m

（資料）「無人ヘリ検討会（第2回）」参考人資料より。

解-図3 薬剤散布量等の比較

（出典：林野庁 HP「無人ヘリによる松くい虫防除に関する論点整理『資料5』」）

次表が1ha当たりのアセタミプリドの量をまとめたものです。

ただし、希釈については、あくまで使用基準の最大値であって、実際に、農家が散布している量ではありませんので、ご注意ください。

	希釈倍		散布液量 10a 単位：ℓ/10a		ha換算 単位：ℓ/ha		使用薬剤量 単位：ℓ(kg)/ha		散布回数	1ha当たりの散布 薬剤総量 ℓ(kg)/ha		収穫までの日数	農業アセタミプリドの量 単位(kg) ℓ/ha		
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大		最小	最大		含有率		
無人ヘリ散布	10				30		3.0		2回	6			2%	0.12	
地上散布	100				1,200		12.0		2回	24			2%	0.48	

○ 無人ヘリ散布よりも、地上散布の方が散布している農薬の量は多いのですか？
⇒ そうです。

希釈に使用する水を取り除けば、散布している農薬は、希釈倍数が10倍の空中散布（1ha当たり1回に散布するアセタミプリドの量は3ℓよりも、希釈倍数が100倍の地上散布（1ha当たり1回に散布するアセタミプリドの量は12ℓの方が多いのです。

解-図4 アセタミプリドの散布量の比較（出典：長野県松本市 HP「松くい虫対策Q&A」）

(※7) ドローンの作業量の推定

松枯れ防除事業における無人ヘリの1日当たり散布可能面積は10haとされている。一方でドローンの1日当たりの散布可能面積と、実証試験及び現場実態に基づき算出したところ、松枯れ防除事業における薬剤散布の場合、1日当たりの散布可能面積は、おおむね3.0ha程度と試算された。このことから、無人ヘリの3分の1程度の面積となるが、無人ヘリの1日当たり散布可能面積が地上散布の5倍であるとすれば、作業効率は「無人ヘリ：ドローン：地上散布」＝「1：1/3：1/5」＝「15：5：3」となり、ドローンによる散布の場合、地上散布の1.7倍程度の作業効率と推定することができる。

(※8) ドローンのコストの推定

松枯れ防除事業におけるドローンの活用において、そのコストを試算した。本事業におけるドローンの作業費用、高所作業車のレンタル費用、規格に応じた高所作業車の運転単価は解-表5-1～5-5に示すとおりである。なお、比較対象として、解-図5に示す松枯れ防除事業における防除方法別のha当たりの事業単価を参考とした。

● 防除方法別散布薬剤量等の比較

散布方法	使用薬剤	散布量 (% / ha)	希釈倍数 (倍)	原液量 (% / ha)	事業単価 (千円 / ha)	備考
無人ヘリ	MEP乳剤 (80%)	30	18	1.7	75	高所作業車使用
地上散布	〃	1,200	180	6.7	181	動力噴霧器使用
特別防除	〃	60	36	1.7	53	

解-図5 防除方法別散布薬剤量等の比較

(出典：林野庁 HP「無人ヘリによる松くい虫防除に関する論点整理『資料5』」)

解-表5-1 ドローンの1日当たり作業費用(税込み)(実証試験時の実費による)

	作業料金(円)	備考
A社	126,000	オペレーター1名、ナビゲーター1名、事前打ち合わせ含む
B社	132,000	オペレーター1名、ナビゲーター2名、事前打ち合わせ含む
平均	129,000	

解-表5-2 各種高所作業車のレンタル費用(税込み)(実証試験時の実費による)

レンタル料金	1日当たり	備考
高所作業車 12.2m	29,260	ハイライダー12.2m
高所作業車 17.0m	43,560	ハイライダー17.0m
高所作業車 22.0m	49,170	ハイライダー22.0m

解-表 5-3 高所作業車（作業床高さ 12.2m）運転 1 時間あたり単価表

名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
運転手（特殊）		人	0.20	24,800	4,960	t=500h/100 日=5.0h、1 人 /5.0h=0.20 人
燃料費	軽油	ℓ	4.2	134	563	96kW×0.044 ℓ /kW-h
機械損料	トラック架装・伸縮 ブーム・バスケット 型作業床高さ 12m	h	1	2,690	2,690	「令和 4 年度建設機械等損料 算定表」
諸雑費		式	1			
計		h			8,213	

注 1. 高所作業車の作業床高さ 10m 以上の場合は、運転手（特殊）とする。

注 2. 労務単価は建設物価（2023 年 1 月号）P881、茨城県を採用した。

注 3. 燃料費は建設物価（2023 年 1 月号）P788、水戸②、軽油、スタンド渡しを採用した。

解-表 5-4 高所作業車（作業床高さ 17.0m）運転 1 時間あたり単価表

名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
運転手（特殊）		人	0.20	24,800	4,960	t=500h/100 日=5.0h、1 人 /5.0h=0.20 人
燃料費	軽油	ℓ	4.3	134	576	98kW×0.044 ℓ /kW-h
機械損料	トラック架装・伸縮 ブーム・バスケット 型作業床高さ 12m	h	1	3,540	3,540	「令和 4 年度建設機械等損料 算定表」
諸雑費		式	1			
計		h			9,076	

注 1. 高所作業車の作業床高さ 10m 以上の場合は、運転手（特殊）とする。

注 2. 労務単価は建設物価（2023 年 1 月号）P881、茨城県を採用した。

注 3. 燃料費は建設物価（2023 年 1 月号）P788、水戸②、軽油、スタンド渡しを採用した。

解-表 5-5 高所作業車（作業床高さ 22.0m）運転 1 時間あたり単価表

名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
運転手（特殊）		人	0.20	24,800	4,960	t=500h/100 日=5.0h、1 人 /5.0h=0.20 人
燃料費	軽油	ℓ	4.8	134	643	110kW×0.044 ℓ /kW-h
機械損料	トラック架装・伸縮 ブーム・バスケット 型作業床高さ 12m	h	1	4,170	4,170	「令和 4 年度建設機械等損料 算定表」
諸雑費		式	1			
計		h			9,773	

注 1. 高所作業車の作業床高さ 10m 以上の場合は、運転手（特殊）とする。

注 2. 労務単価は建設物価（2023 年 1 月号）P881、茨城県を採用した。

注 3. 燃料費は建設物価（2023 年 1 月号）P788、水戸②、軽油、スタンド渡しを採用した。

(※9) ドローンの1ha 当たり作業料金

解-表 5-1～5-5 に基づき、松枯れ防除事業におけるドローンの1ha 当たり作業料金を算出したのが解-表 5-6 である。ドローンの作業料金は、実証試験時の作業料金を適用した。

松枯れ防除事業におけるドローン散布の場合、作業時間は5:00～10:00の5時間程度で、1日当たり3.0haと試算されたことから、これを1ha 当たりの作業量に換算したほか、高所作業車の1日当たりのレンタル料と、高所作業車の1時間当たりの単価をそれぞれ1ha 当たりに換算し、マツの樹高に応じてha 当たりの作業料金を算出した。

これによると、松枯れ防除事業における1ha あたりの作業料金は、マツの樹高に応じて若干差があるものの、66,000～76,000円程度と試算された。この金額を解-図 5 で示された地上散布の1ha 当たりの作業料金181,000円と比較すると、地上散布の4割程度の費用で実施できることが推定された。

解-表 5-6 松枯れ防除事業におけるドローンの1ha 当たり作業料金

	ドローン作業料金		高所作業車レンタル料		高所作業車単価			(h)作業料金
	(a) 1日当たり (3ha)	(b) ha 当たり (a)/3	(c) 1日当たり (3ha)	(d) ha 当たり (c)/3	(e) 1時間 当たり単価	(f) 5時間 (3ha) (e)×5	(g) ha 当たり (f)/3	(ha 当たり) (b) + (d) + (g)
高所作業車 (作業床高さ 12.2m)	129,000	43,000	29,260	9,753	8,213	41,064	13,688	66,441
高所作業車 (作業床高さ 17.0m)	129,000	43,000	43,560	14,520	9,076	45,381	15,127	72,647
高所作業車 (作業床高さ 22.0m)	129,000	43,000	49,170	16,390	9,773	48,866	16,289	75,679

(※10) ドローンの1日当たりの散布可能面積の検証

【前提①】 無人ヘリの農業分野との利用形態の違い




表 5、6 は、防除作業に長期間従事した経験のある防除技術者（3名）へのヒアリングにより作成した。

実証試験において、ドローンと無人ヘリの作業効率について、現場で撮影した一連の作業を見ながら、事前準備、飛行準備、散布作業、散布起点到達時間、散布時間、帰着動作の順に作業時間を撮影し、散布時間から無人ヘリとドローンの作業効率を検証した。その結果は解-表 3 に示すとおりである。

解-表 6 一般的な無人ヘリの薬剤散布における農業利用と松枯れ防除利用の違い

		農業利用	松枯れ防除事業
農業搭載量 (ℓ) (タンク容量 32ℓ) (16ℓ×2)		32ℓ ⇒高さが低いため、満タンで薬剤を搭載することが可能。	16~28ℓ (現地の条件による) ⇒現地の状況にもよるが、標高や高度の都合上、満タンまで搭載せずに余裕を持たせて散布する (制御しやすい重量で散布する) のが一般的である。
散布量		8ℓ/ha (0.8ℓ/10a=1反)	30ℓ/ha (3ℓ/10a)
1フライトでの散布可能面積		4.0ha	0.5ha
作業員		4人 (オペ、ナビ、薬剤、作業員)	4人 (オペ、ナビ、薬剤、高所作業車)
作業量	1日あたり	20ha 以上	10ha (5時間/5:00~10:00)
	1時間あたり	6~10ha	2ha
	1ha あたり	6分	30分

解-表 7 ドローンと無人ヘリのタンク容量、吐出量の違い

機種名	A社	B社	A社 (無人ヘリ)
タンク容量 (目安)	8L	8L	32L (16L×2)
ローター枚数	8枚	8枚	シングルローター
離陸最大重量	24.9kg	24.8kg	150kg 未満
吐出量	0.5~1.1ℓ/分	0.525ℓ/分	4.0ℓ/分
飛行時間目安	10~15分 (散布時)	10~15分 (散布時)	45~50分 (散布時)
写真 (例)			

【前提②】 ドローンの離発着回数の設定

ドローン等の散布の効率を検討する条件として、農業等の分野で最も一般的である 1ha の散布をベースとして検証する事とした。

【前提③】 無人ヘリの離発着回数の設定

仮に 1ha を散布する場合には、薬剤の量は 30 ㍓が必要となる。無人ヘリの場合はタンク容量が 32 ㍓であるが、場合により 1/2 程度の搭載量で余裕を持って散布するケースもあることから、その場合は 1ha の散布は 2 回のフライトで実施することとなる。

一方、ドローンの場合はタンク容量が 8 ㍓であるため、満タンに搭載して実施する場合でも、途中で 3 回を薬剤投入のために離発着が必要となる。

ただし、8 ㍓を散布する場合は、2.7ha の散布となるため、土地の形状によっては、散布時の境界が曖昧となりやすい。従って、6 ㍓を 40a ずつ 5 回散布する方が現実的である。

従って、今回の検証では 6 ㍓搭載で 5 回の散布 (20a×5 回=100a) で検証を行った。

なお、実証試験では、2.5 往復を 2 回繰り返して行ったが、今回の検証では 1ha 散布を 2 回繰り返して行うケースを想定して検証を行った。

【前提④】 検証時の設定条件

検証にあたっての設定条件を以下に整理する。

【設定条件】

- ① 1ha の散布を前提とし、その形状は 100×100m とした。
- ② 6 ㍓搭載で 5 回の散布 (40a×5 回=200a=2ha、6 ㍓×5=30 ㍓) を行う方式とした。
- ③ 1ha 散布を 2 セット分、つまり、2ha 分を散布する方式とした。
- ④ 実証試験時は、10a につき 2.5 往復×2 セットで 3 ㍓散布を実施した。2 セットの散布をしなければ、1 回のフライトで 20a の散布が可能。検証時は、6 ㍓搭載を想定しているので、1 回のフライトで 2 倍の 40a の散布が可能。

【前提⑤】 各種作業時間 (事前準備、離発着、散布) の検証結果

ドローンと無人ヘリの作業効率について、現場で撮影した一連の作業を見ながら、事前準備→飛行準備→散布作業→散布起点到達時間→散布時間①→帰着動作→散布時間②→離着陸点到達時間の順に作業時間を次頁に整理した。

なお、ドローンは昨年度の 4 回分の撮影データと今年度の 2 回分の撮影データの合計 6 回分の平均値を採用した。

【前提⑥】 検証にあたっての留意事項

- 注 1. 事前準備には、タンクへの薬剤投入、閉栓確認、機材の確認を含む。
- 注 2. 飛行準備には、プロペラ・タンク栓確認、オペレーターのクレーン乗車、ナビゲーターの配置、クレーン上昇作業、ドローン離陸、動作確認を含む。
- 注 3. 無人ヘリの事前準備と飛行準備は、ドローンの平均値を利用。
- 注 4. 散布時のトラブルにより休止した時間は除外した。
- 注 5. 令和 2 年度と 3 年度のデータから作成。
- 注 6. ドローンの作業ロス時間が不明のため、無人ヘリの数値を準用した。

解-表8-1 10a散布 (実証試験結果)

		事前準備 薬剤投入ほか	飛行準備 高所作業車準備ほか	散布作業						合計時間
				散布起点 到達時間	(a)散布時間 1セット目	帰着動作	(b)散布時間 2セット目	散布時間平均 (a)と(b)の平均	離着陸点 到達時間	
第1回	DR	01:41	01:23	00:32	01:47	00:23	01:47	01:47	00:46	10:06
第2回	DR	—	01:56	01:56	01:24	00:20	01:26	01:25	01:36	10:03
第3回	DR	—	—	00:28	02:14	00:30	02:12	02:13	00:41	08:18
第4回	DR	—	02:19	02:19	02:00	00:24	01:58	01:59	01:35	12:34
第1回	DR	04:55	04:20	00:52	01:28	00:20	01:34	01:31	00:58	15:58
第4回	DR	—	02:00	00:09	02:06	00:14	01:58	02:02	00:50	09:19
(DR) 平均		03:18	02:24	01:03	01:50	00:22	01:49	01:50	01:04	13:39
H		03:18	02:24	01:01	—	—	—	01:16	00:46	08:45

解-表8-2 10a散布 (簡略版)

	事前準備 薬剤投入ほか	飛行準備 高所作業車準備ほか	散布作業		
			散布起点到達時間	散布時間平均	離着陸点到達時間
(DR) 平均	03:18	02:24	01:03	01:50	01:04
H	03:18	02:24	01:01	01:16	00:46

解-表8-3 無人ヘリ (H) 1ha散布 (必要回数・所要時間)

H	事前準備 薬剤投入 ほか	飛行準備 高所作業車 準備ほか	散布作業			(a)合計時間	聞き取り		作業ロス (c)-(b)
			散布起点 到達時間	散布時間 平均	離着陸点 到達時間		(b)10ha換算 (a)×10倍	(c)1日作業 時間	
必要回数	2	2	2	10	2	-	-	-	
所要時間	06:36	04:48	02:02	12:40	01:32	0:27:38	4:36:20	5:00:00	0:23:40

注. 表8-2に必要回数を乗じて算出

解-表8-4 ドローン(DR)40a散布 (必要回数・所要時間)

DR	事前準備 薬剤投入ほか	飛行準備 高所作業車 準備ほか	散布作業		
			散布起点到達時間	散布時間平均	離着陸点到達時間
必要回数	1	1	1	4	1
所要時間	03:18	02:24	01:03	07:18	01:04

注. 表8-2に必要回数を乗じて算出

解-表8-5 ドローン(DR)1ha散布 (必要回数・所要時間) (40a×5セット)

実態が不明のため、無人ヘリを準用

DR	事前準備 薬剤投入 ほか	飛行準備 高所作業車 準備ほか	散布作業			(a)合計時間	(b)作業ロス (無人ヘリ準用)	(c)作業時間 (無人ヘリ準用)	(d)実質 作業時間 (c)-(b)	作業可能 面積 (ha) (d)÷(a)
			散布起点 到達時間	散布時間 平均	離着陸点 到達時間					
必要回数	5	5	5	5	5	-	-	-	-	
所要時間	16:30	11:58	05:13	36:30	05:22	1:15:33	0:23:40	5:00:00	4:36:20	3.7
								作業時間5:00~8:00の場合⇒	3:00:00	2.1
								平均値⇒	2.9	2.9

注. 表8-4に必要回数を乗じて算出

解-表9 ドローンと無人ヘリのコスト及び有効面積の検証結果

無人ヘリの場合 H	<ul style="list-style-type: none"> ・1haの散布に要する時間は約28分 ⇒10haの場合は4時間36分20秒を要する(換算) ・聞き取りの作業時間「5時間(5:00~10:00)」から4時間36分20秒を差し引くと、作業のロスタイムは23分40秒となる。
ドローンの場合 DR	<ul style="list-style-type: none"> ・1haの散布に要する時間は約1時間15分 ・ドローンの場合、作業のロスタイムの実態が不明なので、無人ヘリの時間を準用する。 ・作業のロスタイム23分40秒を作業時間5時間から引くと、実際の作業時間は約4時間36分20秒となり、それを1haあたりの作業時間1時間15分33秒で除すと、ドローンの一日あたりの作業可能面積は3.7haと試算される。 ⇒ただし、ドローンの散布では、風速が散布高度で3.0m/s以下であることを考慮すると、安定した気象条件下での作業時間は5:00~8:00の3時間程度に短縮される可能性が高い。その場合、一日あたりの作業可能面積は2.1haと試算される。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> ⇒以上から、その平均値((3.7+2.1)÷2)を取ると、一日あたりの散布可能面積は、おおむね2.9ha≒3.0ha程度と試算される。 </div>

(※11) ローン導入価格の検証

一般的なドローンの機体価格は以下のとおりである（解-表 10 参照）。

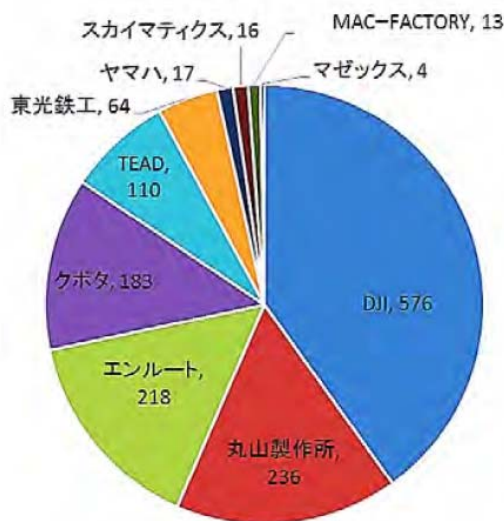
特に、松枯れ防除事業で中型ドローンを活用する場合は、購入費用として 150～200 万円近い金額のほか、年間の保険料 10～20 万円程度が必要となる。

なお、農業用ドローンにおいて実績のあるメーカーのうち、特に国内シェア No.1（約 8 割）なのは、DJI ジャパンとなる。クボタのドローンは、製造元が DJI ジャパンであり、ヤンマーも DJI の代理店となっている（解-図 6 参照）。

解-表 10 各種ドローンの導入費用の例（参考）

メーカー	E 社	F 社	G 社
機体サイズ	中型	大型	中型
商品イメージ			
標準セットの価格	158 万 4000 円	181 万 5000 円	164 万 7800 円
標準セットの内容	本体、送信機、散布装置	本体、送信機、液剤散布装置、バッテリー 2 本、充電器	本体、送信機、液剤・粒剤散布装置、バッテリー 4 本、充電器
最大積載量（液剤）	8 ℓ	16 ℓ	8 ℓ
最大散布面積	2.5ha	2ha	1ha
バッテリー積載数	1 本	2 本	1 本

（参考：「農業用散布ドローン」、日本農業新聞、令和 5 年 3 月 14 日、を一部改変）



解-図 6 農業用ドローンの国内シェア

（出典：農業用ドローンの普及に向けて（農業用ドローン普及計画）～ドローン×農業のイノベーション～、平成 31 年 3 月）

(※12) ドローンのダウンウォッシュを強化する仕組み

ドローンメーカー各社が、ドローンのダウンウォッシュを強化するための様々な技術開発を行っている。

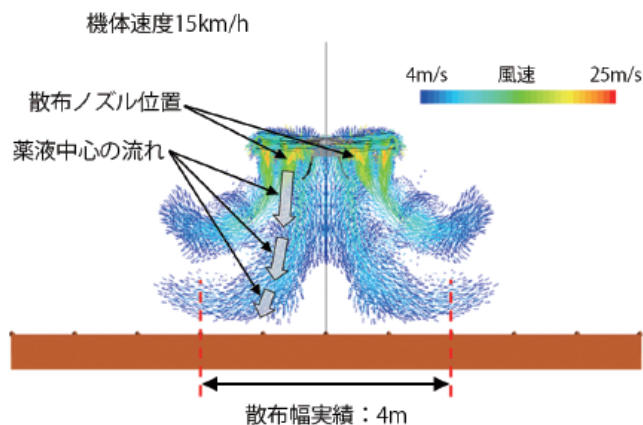
「散布性能を、極める」
比類ない二重反転ローター

何より大切にしたのは、農業用機械として薬剤をムラなく、株元まで届ける高い散布性能。試行錯誤の末にたどり着いた答えが、特別に開発された二重反転ローターでした。

力強いダウンウォッシュが
薬剤を作物の株元まで届ける



前後対称の二重反転ローターで
前後進でもムラのない散布品質



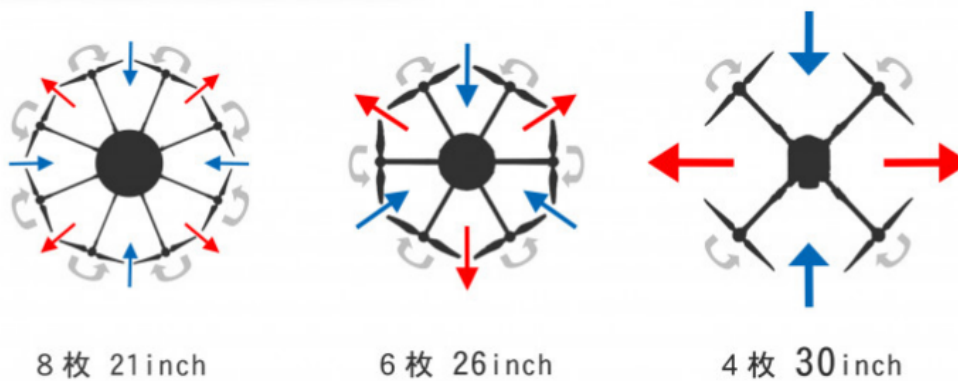
解-図7 二重反転ローターのダウンウォッシュ強化の仕組み

出典：「製品紹介 産業用ドローン、吉原 正典ら」

性能に関するデータ

1. 4枚プロペラのメリット

4枚プロペラは「強いダウンウォッシュ」を発生させることができる



ドローンは軽量のため、なかなか強いダウンウォッシュが発生させにくいとされている。しかし、大きなプロペラだと強いダウンウォッシュが発生させやすく、大きなプロペラを搭載するにはプロペラ数を少なくする必要がある。

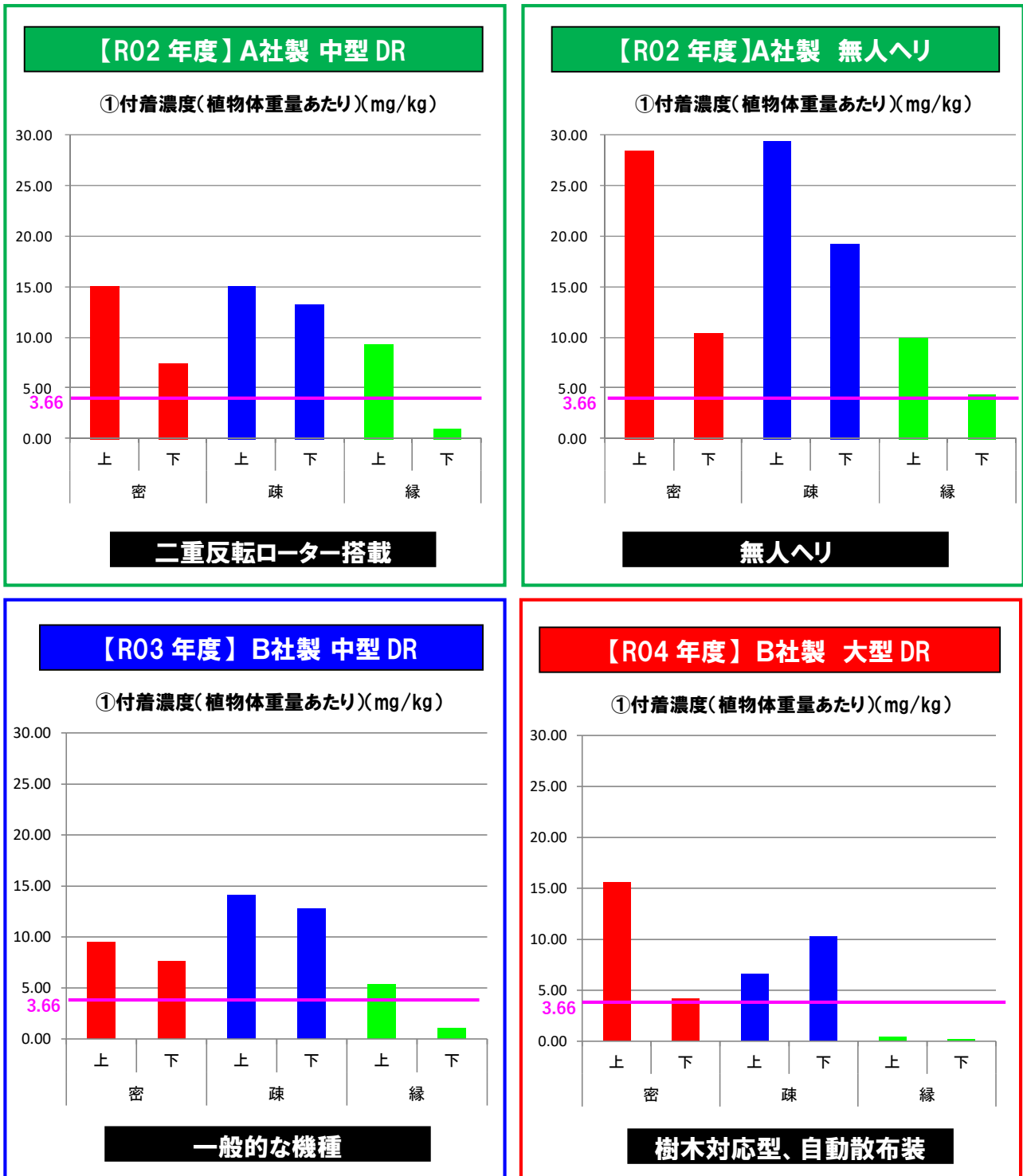
解-図8 プロペラ4枚のダウンウォッシュ強化の仕組み

出典：「SMART AGRI ホームページ (<https://smartagri-jp.com/>)」

(※13) 実証試験時におけるドローンによる薬剤散布のマツの枝葉への付着量

中型ドローンでは、散布傾向や付着量について、A社、B社ともにほぼ同様の傾向を確認できた。ただし、付着量の観点からすると、二重反転ローターを備え、ダウンウォッシュの強いA社製の方が、付着量が多かった(解-図9参照)。

防除事業における散布が行われた現場での実際の付着量の情報を文献に基づき整理したところ、MEP剤の付着量は、3.66mg/kgであった。本事業では、この値を現場レベルでの防除に有効な付着量の基準値と設定し、比較・検証を行った。これによると、ドローンによる散布の場合、散布境界部の下部を除けば、同様の付着濃度で散布されることが明らかとなった。



解-図9 ドローン3機種と無人ヘリによる薬剤散布の付着量の違い

解-表 11 防除事業における薬剤散布が行われた現場での付着量 (参考)

《付着量の検証》 (現場データに基づく)

MEP 剤の付着量とその殺虫効果については、明確な基準値が示されていないのが現状である。従って、付着量については、過去の文献において、**実際に防除事業における散布が行われた現場での付着量の情報**に基づき、この値を現場レベルでの防除に有効な付着量の基準値と設定し、実証試験における付着量の検証を試みた。

《参考文献》

「秋田県潟上市天王浜山地区で無人ヘリコプターにて松林に散布されたフェニトロチオン MC の飛散状況, 本山直樹ほか, 日本農薬学会誌 34(1),45-56(2009)」

《算出条件》

- ①文献による付着量の対象部位は、実証試験時に採取した枝と同様に「Hornotinous branch (当年枝)」とした。
- ②論文におけるフェニトロチオンの濃度は、散布当日よりも散布 1 日後の方の残留濃度が高い現象が見られたことから、散布後 2 日後までの 3 日間の平均値を用いた。

《文献における現地での付着量》

3 日間平均 = **3.66mg/kg**
 $(2606.15 + 5619.59 + 2760.24) \div 3 = 3662\text{ng/g}$

Table 7. Concentration (ng/g) of fenitrothion and fenitro-oxon found on the surface of branches and leaves of pine tress over time after fenitrothion application by a radio-controlled helicopter at Yuhinomatsubara^{a)}

Date sampled	Hornotinous branch		1-year-old branch		Leaves	
	fenitrothion	fenitro-oxon	fenitrothion	fenitro-oxon	fenitrothion	fenitro-oxon
June 26, 2006	2606.15	24.05	2443.83	26.97	219343.35	3936.00
June 27, 2006	5619.59	67.65	7628.88	26.83	59966.26	2894.38
June 28, 2006	2760.24	38.37	6396.09	29.45	61516.92	2468.25
July 03, 2006	1553.01	22.37	5174.53	105.90	17532.90	3944.42
July 10, 2006	1271.51	225.10	3234.68	72.73	15168.63	1569.43
July 18, 2006	1412.08	29.09	2004.37	60.64	11316.40	9739.53
July 24, 2006	612.43	42.74	1249.19	39.70	5551.72	2933.96

^{a)} Limit of quantitation: fenitrothion=1.03 ng/g, fenitro-oxon=2.49 ng/g.

※3 日間平均 $(2606.15 + 5619.59 + 2760.24) \div 3 = 3662\text{ng/g} = \underline{3.66\text{mg/kg}}$

解-図 10 防除事業における薬剤散布が行われた現場での付着量 (参考)

出典:「秋田県潟上市天王浜山地区で無人ヘリコプターにて松林に散布されたフェニトロチオン MC の飛散状況, 市川有二郎, 佐々木碧, 田畑勝洋, 本山直樹, 日本農薬学会誌 34(1),45-56(2009)」

(※14～17) 主な薬剤の特徴

解-表 12 魚毒性に関する農薬使用時、容器洗浄液、空容器等に係る注意事項（ラベル表記例）

区分	注意事項
(※14) MEP 乳剤 (EC)	<ul style="list-style-type: none"> ・水産動植物(魚類、甲殻類)に影響を及ぼす恐れがあるので、河川、養殖池等に飛散、流入しないよう注意して使用すること。 ・空中散布または無人ヘリコプターによる散布で使用する場合は、飛散しないよう特に注意すること。 ・使用残りの薬液が生じないように調製を行い、使いきること。散布器具及び容器の洗浄水は、河川等に流さないこと。また、空容器、空袋等は水産動植物に影響を与えないよう適切に処理すること。
(※15) MEP マイクロ カプセル剤 (MC)	<ul style="list-style-type: none"> ・水産動植物(甲殻類)に影響を及ぼす恐れがあるので、河川、養殖池等に飛散、流入しないよう注意して使用すること。 ・空中散布または無人ヘリコプターによる散布で使用する場合は、飛散しないよう特に注意すること。 ・使用残りの薬液が生じないように調製を行い、使いきること。散布器具及び容器の洗浄水は、河川等に流さないこと。また、空容器、空袋等は水産動植物に影響を与えないよう適切に処理すること。
(※16) アセタミプリド 液剤 (LC)	<ul style="list-style-type: none"> ・水産動植物(甲殻類)に影響を及ぼす恐れがあるので、河川、養殖池等に飛散、流入しないよう注意して使用すること。 ・使用残りの薬液が生じないように調製を行い、使いきること。散布器具及び容器の洗浄水は、河川等に流さないこと。また、空容器、空袋等は水産動物に影響を与えないよう適切に処理すること。
(※17) クロチアニジン 水和剤 (SC)	<ul style="list-style-type: none"> ・使用残りの薬液が生じないように調製を行い、使いきること。散布器具及び容器の洗浄水は、河川等に流さないこと。また、空容器等は水産動植物に影響を与えないよう適切に処理すること。

(参考：独立行政法人 農林水産消費安全技術センター (FAMIC) ホームページ)

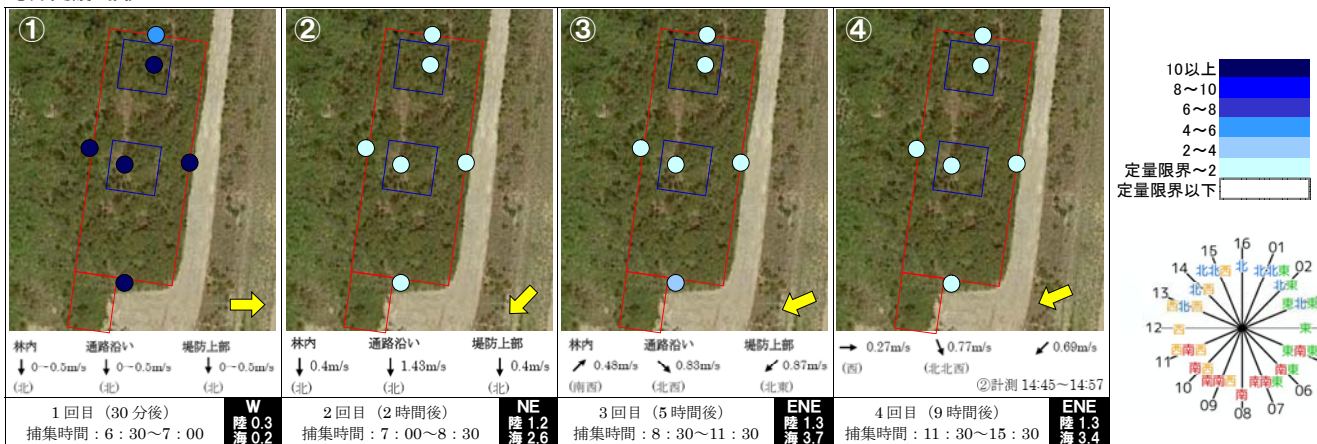
(※18) MEP マイクロカプセルの気中濃度の推移

散布2時間後は、おおむね $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で推移したが、2時間後に南-1で $1.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、5時間後に、南-3で $2.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の値となった。これは、風向きがおおむね北東の風であったことから、そちらに薬剤が多く流れたことが影響したものと考えられる。

散布直後は、人体への毒性の評価値とされる気中濃度評価値 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回っていたが、散布2時間後以降はその値を上回ることがなかった。

第3回 フェニトロチオンMC剤(十王町)B社ドローン/ドリフト検証

① 気中濃度の推移



解-図 11 MEP マイクロカプセルの気中濃度の推移

(※19) アセタミプリド LC の気中濃度の推移

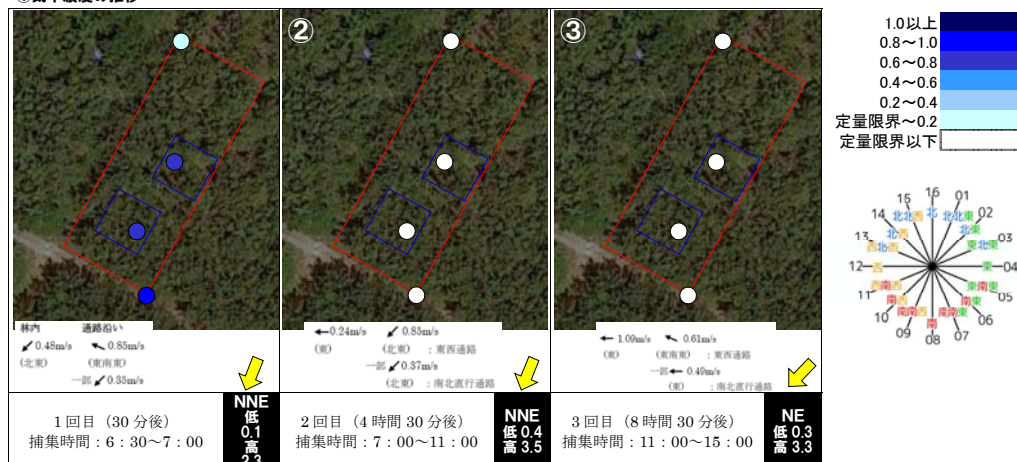
散布4時間30後の時点で検出されなくなった。

散布直後から、人体への毒性の評価値とされる気中濃度評価値 $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回ることがなかった。

アセタミプリド LC は蒸気圧が低く、薬剤への大気中への以降は非常に少ない。ネオニコチノイド薬剤が、大気中への拡散が極めて少ないことが明らかとなった。

第4回 アセタミプリド液剤(東海村)B社ドローン/ドリフト検証

① 気中濃度の推移



解-図 12 アセタミプリド LC の気中濃度の推移

(※20) MEP マイクロカプセル区及び MEP 乳剤区の落下量について

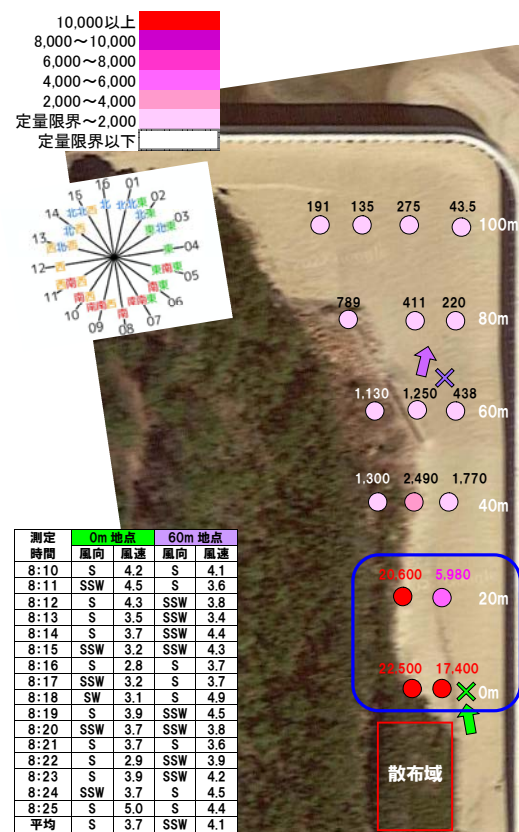
MEP マイクロカプセル区では、MEP の検出値が相対的に高く、散布地からの距離が 0~20m 地点までは 10,000~20,000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ と高い値となっているが、40~60m 地点でそれが著しく低下し、1/10 の 1,000~2,000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ にまで低下し、80m 地点を超えるとおおむね 500 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ 以下となっていた。

MEP 乳剤区では、MEP の検出量が相対的に低く、散布地からの距離が 0m 地点までは 7,000~9,000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ と高い値となっていたが、20m 地点で 1,000~2,000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ に低下し 40m 地点ではさらに 1/10 の 30~200 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ 、60m を超えるとおおむね 40 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ 以下の非常に低い値であった。

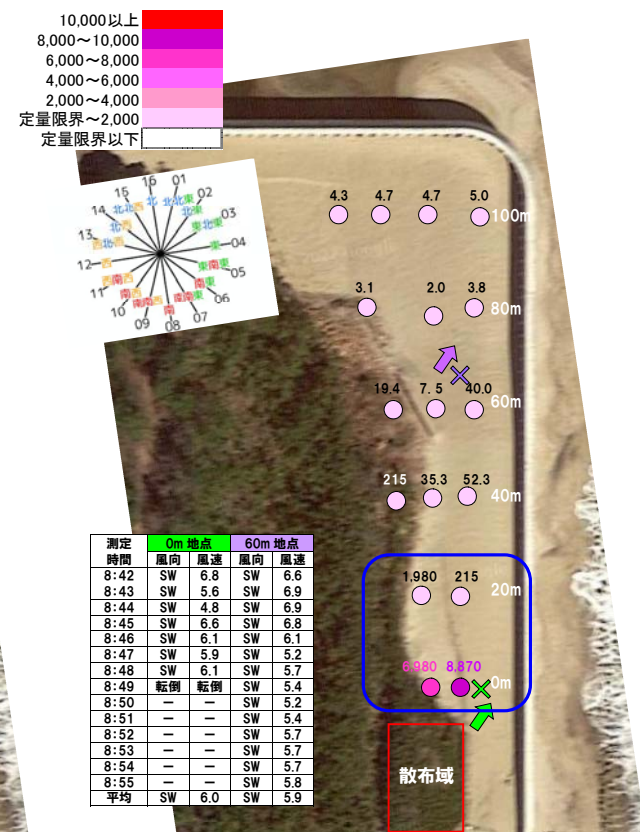
以上の調査結果から、強風下における両薬剤の検出値は散布区域の境界から 30m を越えると急激に減少することが分かった。また、マイクロカプセル剤は乳剤よりも風速の影響を受けやすいが気中濃度は上昇し難いなど、剤形の物理化学的特性とドリフトとの関係が明らかになった。

第 3 回実証試験 風速が強い場合のドリフトの検証

MC 薬剤の落下量 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2$)



EC 薬剤の落下量 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^2$)



解-図 13 風速が強い場合のドリフトの検証 (MEP マイクロカプセル剤、EC 剤)

(※21) 無人航空機を飛行させる際の安全を確保するために必要な体制

国交省審査要領の4（許可等に係る基本的な基準）の4-3（無人航空機を飛行させる際の安全を確保するために必要な体制）

4-3 無人航空機を飛行させる際の安全を確保するために必要な体制

4-3-1 次に掲げる事項を遵守しながら無人航空機を飛行させることができる体制を構築すること。

(1) 第三者に対する危害を防止するため、原則として第三者の上空で無人航空機を飛行させないこと。

(2) 飛行前に、気象（仕様上設定された飛行可能な風速等）、機体の状況及び飛行経路について、安全に飛行できる状態であることを確認すること。

また、飛行経路に係る他の無人航空機の飛行予定の情報（飛行日時、飛行範囲、飛行高度等）を飛行情報共有システム（国土交通省が整備したインターネットを利用し無人航空機の飛行予定の情報等を関係者間で共有するシステムをいう。）で確認するとともに、当該システムに飛行予定の情報を入力すること。ただし、飛行情報共有システムが停電等で利用できない場合、または専ら公益を図る目的での飛行であって、飛行予定を秘匿する特段の必要性が存し、飛行予定の情報共有により無人航空機を飛行させる者の正当な業務に著しい支障が発生すると認められる場合は、この限りでない。なお、この場合においては、国土交通省航空局安全部無人航空機安全課に無人航空機の飛行予定の情報を報告するとともに、自らの飛行予定の情報が当該システムに表示されないことに鑑み、当該無人航空機を飛行させる者において特段の注意をもって飛行経路周辺における他の無人航空機及び航空機の有無等を確認し、安全確保に努めること。

(3) 取扱説明書等に記載された風速以上の突風が発生するなど、無人航空機を安全に飛行させることができなくなるような不測の事態が発生した場合には即時に飛行を中止すること。

(4) 多数の者の集合する場所（5-6で規定する場所を除く。）の上空を飛行することが判明した場合には即時に飛行を中止すること。ただし、5-6と同様の安全上の措置を講じている場合は、この限りでない。

(5) アルコール又は薬物の影響により、無人航空機を正常に飛行させることができないおそれがある間は、飛行させないこと。

(6) 飛行目的によりやむを得ない場合を除き、飛行の危険を生じるおそれがある区域の上空での飛行は行わないこと。

(7) 飛行中の航空機を確認し、衝突のおそれがあると認められる場合には、地上に降下させることその他適当な方法を講じること。

(8) 飛行中の他の無人航空機を確認したときは、当該無人航空機との間に安全な間隔を確保して飛行させること。その他衝突のおそれがあると認められる場合は、地上に降下させることその他適当な方法を講じること。

(9) 不必要な低空飛行、高調音を発する飛行、急降下など、他人に迷惑を及ぼすような飛行を行わないこと。

(10) 物件のつり下げ又は曳航は行わないこと。業務上の理由等によりやむを得ずこれらの行為を行う場合には、必要な安全上の措置を講じること。

- (11) 飛行目的によりやむを得ない場合を除き、視界上不良な気象状態においては飛行させないこと。
- (12) 無人航空機の飛行の安全を確保するため、製造事業者が定める取扱説明書等に従い、定期的に機体の点検・整備を行うとともに、点検・整備記録を作成すること。ただし、点検・整備記録の作成について、趣味目的の場合は、この限りでない。
- (13) 無人航空機を飛行させる際は、次に掲げる飛行に関する事項を記録すること。ただし、趣味目的の場合は、この限りでない。
- ・ 飛行年月日
 - ・ 無人航空機を飛行させる者の氏名
 - ・ 無人航空機の登録記号等
 - ・ 飛行の概要（飛行目的及び内容）
 - ・ 離陸場所及び離陸時刻
 - ・ 着陸場所及び着陸時刻
 - ・ 飛行時間
 - ・ 無人航空機の飛行の安全に影響のあった事項（ヒヤリ・ハット等）
- (14) 無人航空機の飛行による人の死傷、第三者の物件の損傷、飛行時における機体の紛失又は航空機との衝突若しくは接近事案が発生した場合には、次に掲げる事項を速やかに、許可等を行った国土交通省航空局安全部無人航空機安全課、地方航空局保安部運航課又は空港事務所まで報告すること。なお、夜間等の執務時間外における報告については、管轄事務所に電話で連絡を行うこと。
- ・ 無人航空機の飛行に係る許可等の年月日及び番号
 - ・ 無人航空機を飛行させた者の氏名
 - ・ 事故等の発生した日時及び場所
 - ・ 無人航空機の登録記号等
 - ・ 無人航空機の事故等の概要
 - ・ その他参考となる事項
- (15) 無人航空機の飛行による人の死傷、第三者の物件の損傷、飛行時における機体の紛失又は航空機との衝突若しくは接近事案の非常時の対応及び連絡体制があらかじめ設定されていること。
- (16) 飛行の際には、無人航空機を飛行させる者は許可書又は承認書の原本又は写しを携行すること。ただし、口頭により許可等を受け、まだ許可書又は承認書の交付を受けていない場合は、この限りでない。なお、この場合であっても、許可等を受けた飛行であるかどうかを行政機関から問われた際に許可等の年月日及び番号を回答できるようにしておくこと。

解-図 14 無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領

(出典：国土交通省ホームページ、無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領)

(※22) ドローンによる農薬等の空中散布を行う際の手続き・留意事項

ドローンによる農薬等の空中散布を行う際の手続き・留意事項について、解-図 15、16 に示す。

ドローンによる農薬等の空中散布を行う皆さんへ
航空法に基づく飛行の許可・承認手続きについて

令和元年7月、農業用ドローンの利活用拡大に向けて各種規制の見直しが行われました。今後、ドローンを使って農薬等を散布する場合には、以下を参照ください。

事前に国土交通省への許可・承認の申請を行ってください。

- ドローンを用いて農薬等を散布する場合には、散布予定日の少なくとも10開庁日前までに申請を行ってください（オンライン申請、郵送又は持参）。
- 許可・承認の申請の際には、①ドローン機体の機能・性能、②操縦者の飛行経歴・知識・技能、③空中散布に係る安全確保体制（飛行マニュアルなど）に関する資料の提出が必要です。



取扱説明書








MANUAL

①機体の機能・性能 ②操縦者の飛行経歴・知識・技能 ③安全確保体制

国土交通省
地方航空局等



申請書

許可・承認の申請

許可・承認の申請時の提出資料の一部は省略できます。

- 機体の機能・性能に関する資料の一部の省略
→「資料の一部を省略できる無人航空機」を使用する
<https://www.mlit.go.jp/common/001582421.pdf>
- 操縦者の飛行経歴・知識・技能に関する資料の一部の省略
→「無人航空機の民間講習団体及び管理団体」の講習を受講する
<http://www.mlit.go.jp/common/001220070.pdf>
- 空中散布に係る安全確保体制に関する資料の一部の省略
→「航空局標準マニュアル（空中散布）」を使用する
<https://www.mlit.go.jp/common/001521379.pdf>





許可・承認の申請は代表者（代行者）による申請も可能で、ドローン販売店等でも受け付けている場合があります。

航空法の許可・承認手続きについては、国土交通省航空局からの情報をご確認ください。
航空局ホームページ http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html
無人航空機ヘルプデスク ☎050-5445-4451（受付時間：平日午前9時～午後5時まで）

解-図 15 航空法に基づく飛行の許可・承認手続きについて

（出典：無人航空機による農薬等の空中散布に関する情報、令和 4 年 12 月 2 日、消費・安全局植物防疫課国内防除第 2 班。農林水産省 HP）

ドローンによる農業等の空中散布を行う皆さんへ 農薬等の空中散布を行う際の留意事項について

農薬散布を行う際には、農薬ラベルの記載事項を守るとともに、あらかじめ農薬の空中散布に係る安全ガイドラインに記載の留意事項を確認してください。



<ガイドラインの主な留意事項>

- ・ほ場周辺の地理的状況（住宅地、水道水源等）、耕作状況（収穫時期、有機農業が行われているほ場等）等を十分に勘案し、実施除外区域の設定や散布薬剤の種類、剤型の選定などを含めた散布計画の作成
- ・実施区域周辺（公共施設、民家、巣箱を設置している養蜂家、有機農業に取り組む農家等）への事前の情報提供
- ・実施区域内への第三者の侵入防止
- ・空中散布時の留意事項
 - －風向きを考慮した飛行経路の設定
 - －散布方法（飛行速度、飛行高度、飛行間隔及び最大風速）は、機体メーカーが取扱説明書等に示した散布方法を参考に行う。
 - －散布の際には、農薬の散布状況及び気象条件の変化を随時確認しながら、散布区域外への飛散（ドリフト）が起こらないよう十分に注意する。

無人マルチローターによる農薬の空中散布に係る安全ガイドライン
http://www.maff.go.jp/syouden/syokubo/boujyo/attach/pdf/120507_hei_mujin-115.pdf



日中・夜間の目視内、又は日中の目視外での空中散布において、立入管理区画の設定等を行えば、操縦者の補助を行う者（ナビゲーター）を配置する必要はありません。

●詳細は航空局標準マニュアルを参照ください。

航空局標準マニュアル（空中散布）
<https://www.mlit.go.jp/common/001521379.pdf>



マニュアルの安全体制をとれば、人の手を借りなくても済むな。

ご近所へのお知らせと田んぼ周りの注意喚起はしっかりとお願いね。



<立入管理区画の設定イメージ>

【お問い合わせ先】

農林水産省消費・安全局植物防疫課 防疫対策室国内防除第2班 ☎ 03-3502-8111 (内線4562)

解-図 16 ド農薬等の空中散布を行う際の留意事項について

（出典：無人航空機による農薬等の空中散布に関する情報、令和4年12月2日、消費・安全局植物防疫課国内防除第2班。農林水産省HP）

(※23) 無人航空機による農薬等の散布における主な留意事項

無人航空機による農薬等の散布における主な留意事項を、解-図 16 に示す。

無人航空機による農薬等の空中散布に関する Q&A

(使用者向け)

令和 3 年 5 月 20 日
農林水産省消費・安全局植物防疫課

【航空法に関して】 4

Q1 農薬等の空中散布の前にとらなければならない手続きは何ですか。また、手続きは空中散布のどれくらい前に行う必要があるのですか。 4

Q1 農薬等の空中散布の前にとらなければならない手続きは何ですか。また、手続きは空中散布のどれくらい前に行う必要があるのですか。

A 無人ヘリコプターや無人マルチローター等の無人航空機を使用して農薬、肥料、種子、融雪剤等の空中散布（危険物の輸送、物件投下）を行う場合には、航空法に基づき、あらかじめ国土交通大臣の承認（※1）を受けることが必要です。また、航空法に定められた空域で空中散布を行う場合には国土交通大臣の許可（※2）が必要です。

許可・承認申請は、「DIPS」によるオンラインサービス、郵送、持参により、散布予定日の少なくとも 10 開庁日までに行う必要があります。

また、飛行前には、飛行経路に係る他の無人航空機の飛行予定の情報等を飛行情報共有システム（※3）で確認するとともに、本システムに自身の飛行予定の情報を入力することが必要です。農薬等の空中散布の際の具体的な入力方法が国土交通省航空局ホームページに掲載（※4）されておりますので、そちらも参照下さい。

手続きの詳細は、国土交通省航空局ホームページ（※5）を参照ください。

※1 以下の方法によらない飛行を行う場合には承認が必要

- ・日中（日出から日没まで）に飛行させること
- ・目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
- ・人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に距離（30m）を保って飛行させること
- ・祭礼、縁日等多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと
- ・爆発物等危険物を輸送しないこと
- ・無人航空機から物を投下しないこと

農薬散布は「物件投下」に該当するため、申請・承認が必要。

該当する場合は、許可申請が

※2 許可が必要な空域

空港等周辺や地表・水面から 150m 以上の空域、人口集中地区の上空

※3 飛行情報共有システム（FISS）

<https://www.fiss.mlit.go.jp/top>

飛行前に DPIS への飛行情報の入力が必要。2022 年 12 月に「DIPS」と「FISS」と「DRS」が一つのアカウントに統合された。

解-図 16 ドローンによる散布時の申請（届出）に関する Q&A

出典：「無人航空機による農薬等の空中散布に関する Q&A（使用者向け）」農林水産省消費・安全局植物防疫課、令和 3 年 5 月 20 日

(※24) ④飛行速度

使用量が 3ℓ/10a 散布する場合、実証試験地 10a (20×50m) 当たり 3.0ℓ散布するためには、50m あたりおよそ 0.6ℓを散布する必要がある (4m 幅×2.5 往復)。

50m あたりで 0.6ℓ散布するためには、速度を遅くして 1 回の散布で済ませるか、あるいは速度を速めて複数回重ねて散布するかのどちらかの方法しかない。そこで、1～3 回のそれぞれの散布回数におけるドローンの飛行速度を調べると、解-表 13 の結果となった。なお、この場合のドローンの吐出量は、ドローンオペレーターの聞き取りにより毎分 1.0ℓで計算した。

解-表 13 散布回数と飛行速度の関係

散布回数 (重ねて散布する回数)	50m 当たりの 散布量 (ℓ)	50m 当たりの 飛行時間 (秒)	速度 (km/m)	全体 (10a) の 散布にかかる 飛行時間 (分)
1 回散布	0.60	36	5.0	3.0
2 回散布	0.30	18	10.0	
3 回散布	0.20	12	15.0	

注 1. ドローンの吐出量は毎分 1.0ℓで算出。

注 2. 吐出量は、「空中散布等における無人航空機利用技術指導指針 (ガイドライン)」の別表 2 (毎分 0.5～1.1ℓ) を参考とした。

注 3. 1 回散布の場合の計算方法は、「1.0ℓ : 60 秒 = 0.6ℓ : χ」、χ = 36 秒となり、50m の距離を 36 秒かけて飛行することになるため、「36 秒 : 0.05km = 3,600 秒 (60 秒×60 分) : χ」、速度 χ = 5.0km/h。

注 4. U ターンによるロス時間は含まない。

これによると、1 回散布の場合は、速度が 5.0km/h となり、かなりの低速度となるため現実的ではない。また、3 回散布も回数が多すぎるほか、U ターン時間 (4 回) を含んでいないため、やはり現実的ではない。以上から、最も望ましい散布回数としては、飛行の手間がより少ない 2 回散布 (10km/h) を採用して実証試験を実施した。ただし、4 回のターンを 2 セット行うため、現実には 10～15km/h 程度の速度になると想定される。

参考までに、ドローン (マルチローター) の速度早見表を解-表 14 に示す。速度が 10km/h の場合は 18 秒、15km/h の場合は 12 秒を要することがわかる。

解-表 14 マルチローターの速度早見表 (表内は秒を示す)

(単位 ; km/h、s)

速度 距離	10km	11km	12km	13km	14km	15km	16km	17km	18km	19km	20km
10m	3.6	3.2	3.0	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8
20m	7.2	6.5	6.0	5.5	5.1	4.8	4.5	4.2	4.0	3.7	3.6
30m	10.8	9.8	9.0	8.3	7.7	7.2	6.7	6.3	6.0	5.6	5.4
40m	14.4	13.0	12.0	11.0	10.2	9.6	9.0	8.4	8.0	7.5	7.2
50m	18.0	16.3	15.0	13.8	12.8	12.0	11.2	10.5	10.0	9.4	9.0

(出典 : 「産業用マルチローター安全対策マニュアル (オペレーター・ナビゲーター)、令和 4 年版、(一社)農林水産航空協会」)

(※25) ⑤風速

《風の発生について》

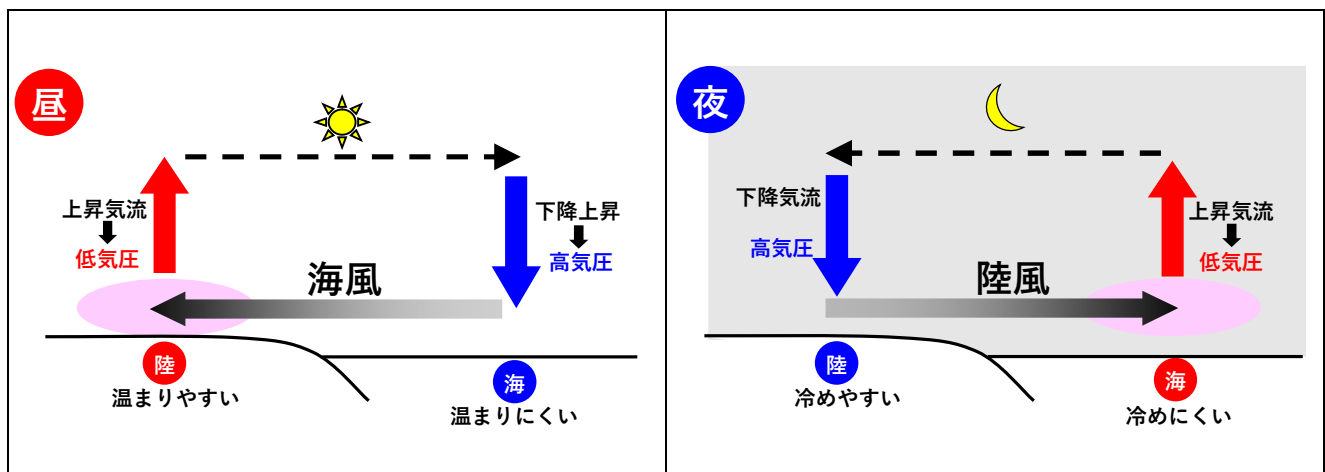
一般的に、日の出とともに太陽放射によって地表は暖められはじめる。陸地の方が海面よりも高温となるため、陸地は海上よりも気圧が低くなる。そして海面の気圧が相対的に高くなり、海風が吹くようになる。ただし、太陽放射によって地表が暖められるまで時間がかかるので、海風が吹き始めるのは日の出から3～4時間後とされている。

《風向きについて》

海陸風とは海岸地帯に見られる風であり、昼は海から陸へ、夜は陸から海へと風向が変化する風のことである。主な特徴を解-表 15、解-図 17 に示す。

解-表 15 海風と陸風

区分	特徴
海風	<ul style="list-style-type: none"> ・よく晴れたお昼、日射が強くなり温まりやすい陸の温度がすぐに上昇する。 ・陸の上にある空気が温められ、上昇気流が発生する。 ・上昇気流により陸の気圧が下がり、海から陸に向かって空気が流れてくる（海風）。
陸風	<ul style="list-style-type: none"> ・昼の間に温められた陸はすぐに冷める。 ・昼の間にじわじわと温められた海の水は、夜になってもなかなか冷えない ・海上の空気が温められ、上昇気流が発生する。 ・上昇気流により海側の気圧が下がり、陸から海に向かって空気が流れる（陸風）。



解-図 17 海陸風の仕組み

(※26) ⑥飛行ルート

実証試験において、特に林縁部において、薬剤の付着量が相対的に低かった。その要因として、林縁の飛行位置（林縁より内側 2.0m）が影響している可能性が考えられた。

そのため、林縁部の飛行位置を①境界より内側 2.0m（＝従来とおり）、②境界直上部、③境界より 2.0m 外側の 3 地点で散布を実施し、付着量を検証した。

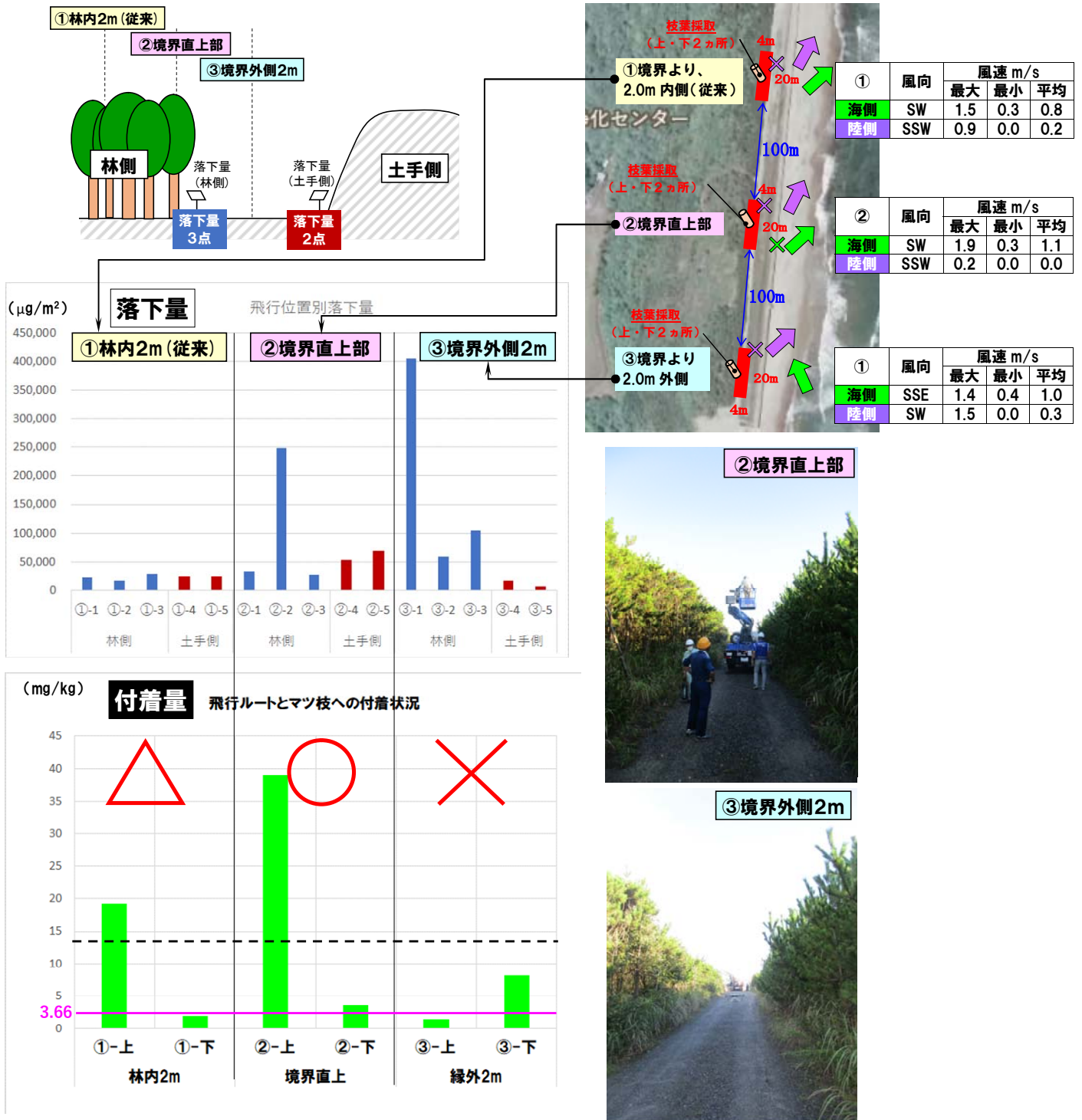
【実証試験時の気象条件】

- ・ 林内から林外への風向であった。
- ・ 同日に連続して実施したことから、条件がほぼ同一条件下で行えた。
- ・ 薬剤が林外へ流れやすい条件下で、適正な位置を特定できた。
- ・ 実際の散布時においては、風向（林外から林内）に配慮し、適正に飛行ルートを設定することが必要である。
- ・ ただし、実証試験時の風速は 1.0m 程度の条件下であることから、微風～1.0m であれば、この基準ルートが妥当と考える。

その結果、林縁部（上部・下部）ともに効果的に薬剤が付着し、かつ周囲へのドリフトの影響が少ないのは②境界直上部であることが明らかとなった（解-図 18）。

以上から散布区での境界部の飛行ルートの設定にあたっては、散布直上部を通るルートを設定する。

第2回実証試験 飛行ルートを検証 (MEP マイクロカプセル剤) (8/19 十王町)



解-図 18 実証試験における散布ルートを検証結果

(※27) ⑦散布時間

実証試験時の高所部（散布高度）での風向風速計による測定値と、散布地に近接する気象庁観測点（土浦、水戸、日立）の3地点との比較を行い、散布に適した時間帯を解析した（解-表16参照）。

解-表16 気象庁観測点（土浦、水戸、日立）

実証試験・観測日	実証試験地	気象庁観測点
令和2（2020）年7月2日	茨城県日立市十王町	日立
令和2（2020）年8月19日	茨城県東海村	水戸
令和2（2020）年9月16日	茨城県日立市十王町	日立
令和2（2020）年10月7日	茨城県東海村	水戸
令和3（2021）年7月10日	茨城県つくば市	土浦
令和3（2021）年8月19日	茨城県日立市十王町	日立
令和3（2021）年9月8日	茨城県日立市十王町	日立

計測地点の高度は、原則としてドローン散布地点高さに設置した風向・風速計によりデータを収集した（解-表17参照）。

解-表17 観測地点の高度（土浦、水戸、日立）

実証試験地	観測地点	高度	備考
茨城県日立市	堤防天端部	路面より3.5～5.0m程度	
茨城県東海村	高所作業車上部	路面より17.0m程度	
茨城県つくば市	高所作業車上部	路面より17.0m程度	樹林高20mを超えていたため、風向風速計が樹冠部より下部に設置した

気象庁の観測点と散布地点では、近接していれば同程度の計測値が得られるが、海側では、午前8時以降に気圧配置にも大きく影響を受けるが、一般的に海風が強くなる傾向が確認できた。これは、SCW*等の民間気象予報サービスの提供する予報の風向・風速データとほぼ合致していた（解-表18参照）。

2か年の計測結果より適正な作業時間は、午前5時から午前8時までの3時間程度となっていた。

風の条件がよく、比較的適正な風速3.0m以下での状態が継続、継続が予想される場合は、午前5時から午前10時までの5時間とすることが可能である。

なお、実証試験時の天候については、事前に気象庁または民間気象予報サービスを活用し当日の風向、風速データを分析することが重要である。実証試験においては、1週間前よりSCWの提供する天気予報データを取得・分析して、散布開始時間等を設定した。

※SCW…スーパーコンピュータが予測する高解像度の天気予報. GPV 気象予報に代わる新しい天気予報サイト。

(※28) 散布時の風速の計測方法

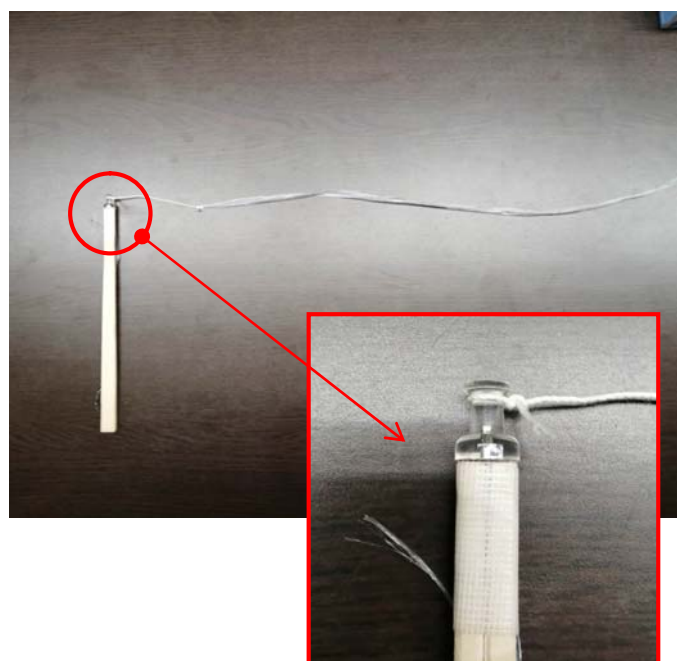
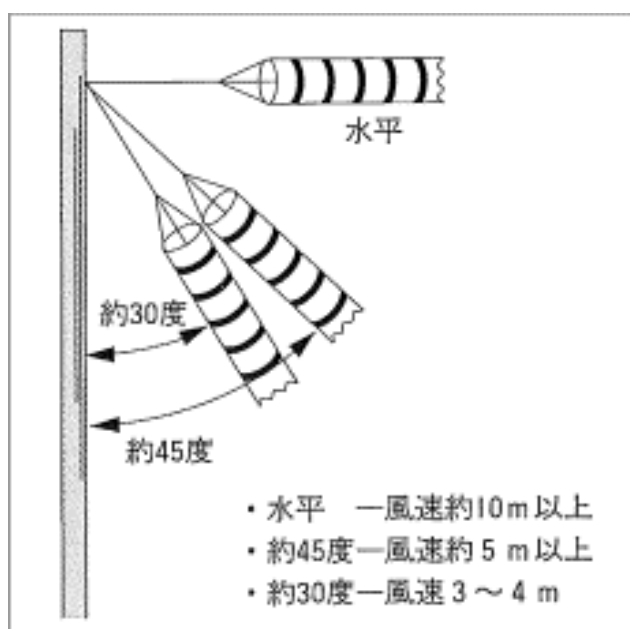
実証試験では、高所作業車上部の手すり部に『吹き流し』の設置を行い、風向を確認した。

解-図 19 に示すとおり、吹き流しが真下に垂れているときは無風から風速約 2m、角度が約 30 度で風速 3~4m、約 45 度で風速 5m、真横（水平）だと風速 10m 以上の風が吹いていると想定することができる。

ただし、通常の吹き流し（W450×H300 mm）の場合、本来の測定範囲が、散布時の規定風速の基準（微風から 3.0m 以内）を大幅に超える構造のため、散布時の風向を的確に把握することが難しい。

そのため、簡易の方法として割り箸等の先端にビスを挿し、そこにタコ糸を 360° 自由に旋回可能な可動域を設定し、そこに 2 cm 幅に切った荷造りテープを巻き付け、長さ 500 mm 程度の吹き流しを設置する。微風にも対応可能な軽量の吹き流しを設置することが望ましい。

風速については、ハンディータイプのデジタル風速計が有効で、瞬時に風速を把握することが可能であり、このデジタル風速計を支柱に結束し、常時風向・風速を同時に把握することを推奨する。



解-図 19 （左）吹き流しと風速の目安、（右）自作の吹き流し

出典（左）：日本企業振興協同組合 HP (<https://jc-ps.jp/everyone/trivia200709.html>)

(※29) 安全対策マニュアル


実証試験の結果に基づき、『産業用マルチローター安全対策マニュアル〔令和4年版〕』の基準を一部改変して作成した(解-図20参照)。

産業用マルチローター

安全対策マニュアル

(オペレーター・ナビゲーター)

〔令和4年版〕



一般社団法人 農林水産航空協会

目 次

1. はしがき	1
2. 無人マルチローターによる農薬の空中散布に係る安全ガイドライン	3
3. 産業用無人航空機運用要領	14
4. 農薬散布飛行等に係る航空法の許可・承認並びに関係法令について	21
5. オペレーターと機材	30
6. 作業前の安全研修・慣熟飛行	35
7. 作業前の段取り確認	36
8. 散布飛行の基本	39
9. 緊急時の操作	43
10. 散布区域の確認と標識	44
11. 散布飛行で注意する場所	46
12. 航空機、無人航空機との接近又は衝突の回避	52
13. ナビゲーターとの連携の確保	53
14. マルチローターの積載能力	55
15. 機体の取扱と安全対策	56
16. 農薬の適正使用と危被害防止	61
17. 国土交通省からの飛行自粛等要請への対応	70
18. 自動車、その他の塗装等に対する危被害の防止	70
19. 農薬等の種類	71
20. 薬剤落下分散状況の調べ方	72
21. マルチローター「安全チェック票」	74
22. 農薬使用チェック票	75
附-1 マルチローターの速度(スピード)早見表	76
附-2 液剤少量散布農薬希釈早見表	76
附-3 毎分吐出量早見表	76
附-4 農薬使用記録簿への「記載すべき事項」と「記入例」	77
附-5 ビューフォート風力階級表、気象庁風力階級	77
附-6 農薬中毒の際の措置	78
附-7 薬剤落下調査指標	82

解-図20『産業用マルチローター安全対策マニュアル〔令和4年版〕、農林水産航空協会』

(※30) ガイドライン (実証試験の要約・課題)

解-表 19 ガイドライン (実証試験の要約・課題)

項目	実証試験の要約・課題
①立地条件	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験では、自動飛行による散布実験を行ったが、不測の事態に備えオペレーターを配置した。 ・ドローンの技術革新により遠隔での安定した飛行を実現する可能性はあるが、現時点では、不測の事態（自然条件（突風、鳥などの衝突、樹冠部への接触））により飛行不能となった場合の対処、周辺地への墜落等の事故を防止する上でも目視による操作が適切である。 ・また、樹冠部への接触を避けるうえで、適正な目標高度（樹冠部より 3.0m 以下）を維持できず、風による影響を受け、ドリフトの範囲が広範囲に及んだケースも確認された。
②実施体制（安全確保）	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験では、オペレーターと高所作業車操作員、ナビゲーターの 3 名体制で実施したが、高所作業車の操作はオペレーターが代用することが一般的である。 ・また、薬剤調合、投入については、一定の面積（10a）の散布が前提であったため、1 回の投入作業で終了している。 ・薬剤投入等の作業が複数回にわたる場合、散布作業の効率（ナビゲーターの移動等に伴う時間のロスを省く）を高めるために人員確保が必要である。
③散布高度 （複数の樹冠表面からの距離 （クリアランス））	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験では、樹冠部の高低差が比較的少ない海岸林、内陸のマツ林で実施したため、樹冠高毎の微妙な高度変更を行わず、一定高度（3.0m 以下）で散布を行った結果をもとに薬剤効果が認められているため、極端な樹冠の高度差が薬剤付着効果に大きな影響を及ぼす可能性については検証されていない。 ・また、林縁部であれば風向、風速によっては全く効果がない可能性や離隔した箇所へのドリフトが発生することが確認されているため、散布位置、高さについて留意する必要がある。
④使用薬剤・散布量	<ul style="list-style-type: none"> ・生物試験は「ネオニコチノイド系薬剤（アセタミプリド液剤）」のみで実施した。 ・7 月中旬に行った試験では、散布後 1 時間以内に散布区に近接する路面に落下し痙攣症状を呈したマツノマダラカミキリ成虫 4 頭を捕獲するなど、アセタミプリドの即効的な殺虫効果が確認された。ただし、本剤の「後食防止効果」が長期（4 週間以上）にわたり持続するためには、後食部位である当年枝の樹皮に高濃度で残留する必要がある（「本編」表 5 参照）。そこで、マツ高木の散布区の樹冠上・中・下から当年枝を採取し、残留分析を行うとともに、マツノマダラカミキリに散布後の当年枝を与え観察したところ、後食防止効果は樹冠上部で高く、樹冠中部・下部では明らかに低い（残留分析値も同様）傾向を示した。マツ高木は樹冠の層が厚く、樹冠上部の針葉に薬液の多くが捕捉されることや、樹冠上部の風は地上部より強いことが多いため、樹冠中・下部の枝には到達しにくいと考えられた。 ・なお、第 10 回実証試験において、ネオニコチノイド系薬剤（アセタミプリド液剤）を通常量の 2 倍量で散布したところ、薬剤の付着量は樹冠の中・下部の付着量が明らかに増加した。 ・通常、防除散布で、薬剤量を規定量以上に使用する場合は、農薬登録の手続きが必要となり、現地試験、手続きに時間を要するため、現実的ではない。ただし、マツは食用作物ではないので、使用基準の散布回数等の法的解釈の検討が期待される。一方、農薬を食用作物に散布する場合は、収穫物は人の口に入るものなので、残留濃度が基準値を超えないように、希釈倍数、面積当たり散布量、栽培期間を通しての総散布回数、散布してもよい収穫前の期間などが使用基準で厳密に規定されている。 ・薬剤の種類によっては原液の状態でも分離している場合があるので、開封前によく振ること。また、水希釈時の分散性も薬剤の種類によって異なるため、よく攪拌すること。

項目	実証試験の要約・課題
<p>⑤飛行ルートの設定（追加項目）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験では、境界内側 2.0m、境界直上部、境界外側 2.0mで散布を行った結果、樹冠上部、下部において最も薬剤付着量が多かったのが「境界直上部」であった。 ・実証試験地の風向・風速は、風向が林内から林外で風速 2.0m/s 以下であった。 ・各種実証試験において、樹高 15m（散布高度 18.0m）、風速は微風から風速 1.0m/s 以下の場合で、30.0m地点で薬剤の落下量は大幅に減少、樹高 5.0m（散布高度 8.0m）、1.0m～2.0m以下の場合で、20.0m地点で薬剤の落下量は大幅に減少する結果を得ている。 ・基準風速以下であれば、散布高度との相関性から概ね 20m～30mの離隔を考慮することが望ましい。
<p>⑥飛行速度など ⑦散布時の風向・風速など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験では、風向風速計を地上部 1.5m地点と散布高度（高所作業車荷台に設置した風向風速計を散布高度まで伸ばした状態）で計測を行った結果に基づく。上空の風速は、高度が上がるほど地上部の計測値との乖離が大きくなることがデータから読み取れた。 ドローンによる散布は、ダウンウォッシュが無人ヘリに比べて低いことから、風による影響を受けやすいことが証明された。 ・適正な風速は微風から 2.0m/s 以下が望ましいが、散布日数、時間の制約が掛ることとなるため、3.0m/s 以下、散布開始時間を午前 5時から 8時までの 3時間、最大で午前 10時までの 5時間を基本とし、最も風速の安定している午前 8時を基準とした。 ・風向については、実証試験では、①樹林高 5.0～6.0m、散布高度 8.0～9.0m、②樹林高 15.0～16.0m、散布高度 18.0～19.0mで、風速は微風から 1.5m/s 以下の場合で、落下量が 20.0～30.0mで著しく減少することが確認された。 ・建物等によるビル風は、微細な薬剤に大きな影響を及ぼすことが明らかとなっている。特に壁際に沿って落下数が増加し、建物の風下で風が巻込む、合流する地点で落下量が多くなることから、風下に建物が近接する場合の散布には十分に注意が必要である。

ドローンによるきめ細かな薬剤散布に係るガイドライン

発行 2023年3月

発行所 一般財団法人日本緑化センター

〒162-0842 東京都新宿区市谷砂土原町 1-2-29 (K,I,Hビル 2階)

TEL : 03-6457-5215 (代表) FAX : 03-6457-5219

ホームページ <http://www.jpgreen.or.jp>
