ミニレビュー

航空（有人ヘリ）防除及び無人ヘリ防除の歩みと今後の展望[#]

芳賀 俊郎*

一般社団法人農林水産航空協会

(2013年5月15日受理)

Recent advances and future prospects of aerial applications and unmanned helicopter applications

Toshirou HAGA

*Japan Agricultural Aviation Association,
Shiozaki-Bld.3F, 2-7-1 Hirakawa-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0093, Japan*

Keywords: aerial application, unmanned helicopter application, downwash, drift reduction technology.

はじめに

わが国における水稻病虫害防除は、かつては、広域一斉防除もしくは緊急防除として地域ぐるみの共同作業として行われてきたが、労働力の第2次、第3次産業や都市部への流出、農村労働人口の高齢化や過疎化、農業地帯への住宅の進出、多様な作物・栽培法の混在化、農家の考え方の多様化等により、防除は集団から個人へ、広域から狭域へと移行し、防除組織は衰退の一途をたどっている。

航空防除は、広域一斉防除が可能なことから効率的かつ効果的な防除技術として、農村部の労働力不足を補完する技術として、稲作や山林の病虫害防除を中心に生産性の向上に大きく寄与してきた。

無人ヘリ防除は、航空防除の補完技術として開発され、個人防除の一環として、あるいは圃場単位で行うことが可能な技術であるが、防除効果や農薬の安全適正使用の観点から、

組織化をすることが望ましく、防除組織の再構築を推進することが必要であると考えられている。

しかし、いったん崩壊した組織を再編することは容易ではないことから、当面は全国一律に組織強化を推進するよりも、従来、航空防除を推進してきた地域の組織がその経験と実績を活かし、無人ヘリ防除の運用に関する事務等に取り組むことにより病虫害防除の効率的かつ安定的な推進を図ることが望ましいとされている。

また、無人ヘリ防除の社会的信頼を確保するとともにユーザーの投資メリットを最大限に保つためには、運航の安全性をさらに向上させることが重要である。このためには、オペレーターの技能向上はもとより、機体の性能向上、利用計画の精密な立案と効率的かつ適切な散布地区設定などの企画、関係者に対する安全対策教育の啓蒙等を行うことも、組織の重要な任務と考えられている。

ポジティブリスト制度の導入以降、すべての農薬、作物に基準値が設定されたことにより、航空防除・無人ヘリ防除の農薬散布現場においても、周辺作物へ飛散した場合、当該他作物に残留する可能性があることを想定しなければならない。

本報告では、航空防除及び防除の担い手になりつつある無

[#] 第38回大会シンポジウムを取りまとめた解説。

* 〒102-0093 東京都千代田区平河町2-7-1 塩崎ビル3階

E-mail: nsk-g4-1@j3a.or.jp

© 日本農薬学会

人ヘリ防除の現状、それら散布技術と飛散軽減対策などについて紹介する。

1. 航空（有人ヘリ）防除と無人ヘリ防除の使用機材と散布諸元

航空法（Civil Aeronautics Act）で定める回転翼機（ヘリコプター）による散布を「航空防除（Aerial Application）」とし、人が乗って航空の用に供することができない遠隔誘導式（リモートセンシングによる）小型の回転翼機（ヘリコプター）による散布を「無人ヘリ防除（Unmanned helicopter Application）」と区分している。

航空防除及び無人ヘリ防除に使用されているヘリコプターの大きさ、メインローターの直径（Rotor diameter）をFig. 1に示した。航空防除で使用されているヘリコプターは、災害救助などでよく報道されているヘリコプターよりも小さい機体で、ローター径（Rotor diameter）は約10mであり、全長（Helicopter length）は12mほどである。無人ヘリ防除で使用されている機体は、航空防除で使用されている機体よりさらに小さく、ローター径が3.0~3.5m、全長3.8mほどである。

航空防除に使用されている主なヘリコプターは、ベル206Bとアエロスパシアル350Bの2機種であり、積載量（Tank capacity）は206Bが300L、350Bが450Lである。

無人ヘリ防除に使用されている主な無人ヘリコプターは、積載量24LのRMAX型及びAYH-3型で両方ともに機体は同じである。ヤマハ発動機が製造し、ヤマハブランドで販売しているのがRMAX型、ヤンマーヘリ&アグリブランドで販売しているのがAYH-3型である。機体は同じでも搭載しているノズルが異なり、RMAX型がフラット型（flat pattern）、AYH-3型がロータリーアトマイザー型（rotary atom-

izer）である。

また、航空防除及び無人ヘリ防除における散布諸元（Application manual）の散布高度、散布幅、散布速度をFig. 1に示した。

2. 航空（有人ヘリ）防除と無人ヘリ防除の歩みと現状¹⁾

我が国における航空防除は、1958年に水稻のいもち病防除に卓越した効果が得られ、全国に広がり、1962年に本格的な事業が開始された。耕作地が狭く地形が複雑である我が国の国土から固定翼機（Fixed-wing aircraft）による農業散布は不向きとされ、散布現場に容易に離着陸ができ低速で飛行できるヘリコプターが実用化した。広域一斉防除が可能なることから、省力的かつ低コストな技術、また、農村の労働力不足を補完する技術として、水稻の病害虫防除を中心に農産物生産性の向上に寄与してきた。

その間、昭和37年（1962年）には「農林水産航空事業促進要綱」が事務次官通達として出され制度化が図られ、昭和40年（1965年）には「農林水産航空事業実施指導要領」が定められ、実施体制、実施基準等の整備がなされ広く普及してきた。その後、事業は増加し、昭和63年（1988年）には事業開始以来の実施面積となり、その後は減少している。平成13年（2001年）に「農林水産航空事業促進要綱」を廃止し「農林水産航空事業実施について」を、平成16年（2004年）に「農林水産航空事業実施指導要領」を廃止し「農林水産航空事業実施ガイドライン」を農林水産省が定め、それにより事業を実施し、現在に至っている。

航空防除事業は1988年（昭和63年）にはピークに達し、防除面積が延べ174万ha、水稻作付面積の1/4で航空防除が行われた。しかしながら、1989年（平成元年）以降、航空防除事業は減少し、2011年では4.5万haと最盛期の1/40となった。この減少の要因として、農村における混住化に伴う散布周辺の環境問題、日本人のコメ離れ（一人当たりのコメ消費量：1965年112kg、2011年57.8kg）に伴う水稻作付面積の減少（1965年3,123千ha、2011年1,574千ha）、1995年新食糧法の施行とこれによる水稻栽培の多様化（有機栽培等）等が考えられる。また、農薬製剤の面からは、「長期残効型箱施用剤」の普及による航空防除の散布回数の減少も大きな要因である。さらに、2003年の「農薬取締法の改正」及び2006年の「残留農薬のポジティブリスト制度」の施行による「散布農薬の飛散対策」に対応して航空防除の見直し（無人ヘリ防除等への転換）がなされたことも減少の大きな要因である。

このような状況下で、航空防除が困難な地区の防除を補完する目的で、機動性が高く小回りが利く小型の農業専用機の開発が望まれた。農林水産航空協会は、1980年、大学や民間の協力を得て、電波で制御する小型の無人ヘリコプター

Fig. 1. Size and application manual of helicopter and unmanned helicopter application.

Table 1. Comparison of operation efficiency of various application methods

	Aerial application	Unmanned helicopter application	Ground (power sprayer)
Applied amount	30 L/ha	8 L/ha	1000 L/ha
Treated area per 1 hr	60–80 ha	6–9 ha	1–2 ha
Number of workers	more than 5	3–4 persons	3–4 persons

Fig. 2. Treated area of aerial application and unmanned helicopter application.

の開発を進めた。1991年、積載量10kgの産業用無人ヘリコプターが実用化されるとともに、農林水産省は「無人ヘリコプター利用技術指導指針」で機体・操作要員の管理、運用方法、協会の役割等を定め、これにより協会を中心とする無人ヘリ防除の一元的な管理ならびに利用技術開発体制が確立され、本格的な無人ヘリ防除事業が開始された。事業初年目の1991年は機体数123機、無人ヘリを操縦するオペレーター670人、水稻病虫害防除6,200haで始まり、20年後の2011年には水稻・大豆・小麦の病虫害防除971,100ha、機体数2,410機、オペレーター数14,880人と防除面積では160倍、機体及びオペレーター数では20倍に拡大した事業となった。無人ヘリ防除の87%は水稻病虫害防除であり、散布回数は1～3回で水稻作付面積のおよそ1/3で無人ヘリが利用されている (Fig. 2)。

また、各防除の作業効率を Table 1 に示したが、明らかに航空防除が他の2つの防除に比べて、格段に作業効率が良い。したがって、散布料金も安い。無人ヘリ防除と地上防除を比べてみると、作業効率は5～10倍無人ヘリ防除が勝っている。散布料金は地上防除（地上防除の請負事業は少ないが）と、さほど変わらないと言われている。

作業効率が良いということは、広域に一斉防除が可能であるということであり、無人ヘリ防除事業が普及・拡大した要因の一つでもある。

3. 航空（有人ヘリ）防除と無人ヘリ防除の 農薬製剤・施用法の歩み¹⁾

1960年代の航空防除に使用された農薬製剤は、粉剤である（事業面積の90%以上）。1971年の農薬取締法の大改正となる前の60年代後半からの農薬に係る諸問題及び散布周辺の生活環境における農薬飛散の問題により航空防除は1970年より散布形態の大転換が行われた。すなわち、粉剤散布から「液剤系の散布」への転換である。

飛散低減対策のひとつとして「粉粒剤（微粒剤）散布」の開発が1968年より行われ、1971年より実用化された。しかしながら、同時に開発された「液剤系の散布」、微量散布や液剤散布の普及に伴い、粉粒剤は製剤が液剤系の農薬より高いこと、散布現場での作業の利便性から徐々に減少した。粒剤散布は、森林の除草剤や殺鼠剤であったが、水稻のいもち病防除に1kg/10a散布が実用化し1994年より本格的に普及した。

「液剤系の散布」は、航空防除事業の初期から試験・研究された技術である。ヘリコプターの搭載量が初期の段階では100kg前後であったことから、散布作業の効率性・経済性を考慮すると、散布量（30L/ha以下、水稻）を減らす必要があり、液剤の希釈濃度を地上散布（1000倍希釈程度）より高い濃度（30倍希釈より高い濃度）にして散布することになった。この当時の農薬製剤は、水和剤、乳剤であったため、薬害の発生、散布装置（ノズル等）に製剤がつまる等の問題が発生したこと、粉剤の使用の利便性や防除効果が優れていたことから、「液剤系の散布」は普及しなかった。

微量散布は、農薬製剤を原液のまま散布するか、低倍率に希釈した液を5L/ha以下で散布するもので、航空防除の利点を活かした最も効率的で、経済的な散布方法である。1965年より試験が行われたが、当時の散布装置では不具合が生じ、1970年に微量散布専用の散布装置が開発された。この散布装置は、ギアポンプ型のポンプとノズルはロータリーアトマイザーであり、粘弾性の高い農薬製剤の散布を可能とし、ノズルの形状から散布ミストが100μm前後の均一な粒子構成が得られる。また、微量散布専用の農薬製剤も開発された。殺虫剤では、有機リン剤・カーバメート剤を有機溶剤で溶解した製剤がほとんどであったことから、散布区域のハウス等の農業資材への汚染、溶剤の毒性、農薬保管におけ

る消防法等の諸問題により、溶剤系の微量散布は1987年を以って使用されていない。一方、殺菌剤においては、カスガマイシン剤等農薬原体が水溶性であることから使用が簡便であり利用され、さらに、微量散布がいもち病常発地域での利用拡大とともに、フサライド剤等の粘弾性の高いフロアブル剤が開発され、現在では、殺虫剤との混合剤も開発され使用されている。

液剤少量散布は、農薬製剤を8倍に希釈し、8L/haの量を散布するもので、病害虫の発生状況に応じて適宜に農薬を現地で混用でき、作業能率が高い散布方法であり、1972年より試験が行われ1975年に実用化された。この散布方法は、微量散布に用いるノズル（ロータリーアトマイザー）を使用し、製剤を水で希釈するため希釈液の粘弾性が微量散布より低いことから、ポンプはギアポンプと遠心ポンプが使われている。希釈濃度（8倍希釈）の高い散布液を調整することから、希釈後の散布液の分散性、沈降性や凝集性等について、あらかじめ調査する手法を農薬メーカーとともに調査・研究し、「調査方法」を確立し利用されている。航空防除における液剤少量散布技術は、多種の農薬製剤に対応した散布技術であり、散布量（8L/ha）が少なく作業効率が高いことから、1991年より実用化された無人ヘリ防除の散布技術は、この技術をもとに開発・普及されたものである。

液剤散布は、水稻の病害虫防除の他、果樹、畑作、森林の病害虫防除に利用されている。水稻では30倍希釈、30L/haが標準であり、幅広い病害虫防除に適用でき、液剤少量散布のように病害虫の発生状況に応じて適宜に農薬を現地混用し、同時防除ができる散布方法である。液剤少量散布より希釈濃度が低く希釈液の粘弾性が低いことから、ポンプは遠心ポンプ、ノズルは液圧式のアトマイザー型が使用されている。汎用性の高い液剤散布は航空防除において最も利用され、さらに、航空防除の飛散低減の調査・研究が行われ、その成果が無人ヘリ防除の技術に受け継がれている（Fig. 3）。

Fig. 3. The change of pesticide formulation of aerial application and unmanned helicopter application.

4. 散布特性と飛散低減対策

ヘリコプターによる農薬散布は有人ヘリ、無人ヘリともに、ヘリコプターの主回転翼（メインローター）が起こす「吹き降ろし下流（ダウンウォッシュ Downwash）」を効率よく利用するもので、ノズル等から噴霧された散布粒子は、ダウンウォッシュに乗って、下方へ吹き降ろされ周りの空気と混ざり合う際に、拡散しながら落下し作物に付着する。

ダウンウォッシュは、メインローターの直径と同じ程度下方で最も発達し、それにより後方（下方）では次第に減少する。このことから、散布飛行高度はメインローターの直径とし、有人ヘリ10～12m、無人ヘリ3～4mとされている。ノズルの取付け位置は、飛散を低減しつつ、ダウンウォッシュを効率良く利用するため、メインローター径の70%以内と定めている（Fig. 4）。

ヘリコプターによる散布技術において、散布農薬の飛散低減を図ることが、重要な課題である。均一な付着・分散及び飛散低減には、ノズルやアトマイザーの配列・間隔・取付け角度、散布飛行高度・速度、散布薬液の物理化学的性状、風向・風速等が綿密かつ相互に関連する。

無人ヘリ防除の飛散低減の試験・研究は、無人ヘリの機体メーカーとともに、コンピュータシミュレーション（Fig. 5）と散布現場における飛散調査の結果を比較しながら、ノズルの配列等の検討を行い、2008年「飛散低減型散布装置」が実用化され、それ以降の販売機体に装着されている本装置の割合は2011年では96%程度であるが、これまで販売された総散布装置のうち本装置の占める割合は30%程度である。また、散布手法においても、「飛散低減散布技術」を散布実施者に研修するとともに、防除実施主体にも「飛散低減対策」を啓蒙している。

Fig. 4. Movement of downwash and spray mists.

Fig. 5. Movement of spray mists by computer simulation.

5. 今後の展望—無人ヘリ防除が防除の担い手に¹⁾

農家の高齢化・兼業化、後継者の不足は、農作物の病害虫防除にすでに変化をもたらしている。

航空防除を取りやめた地域の防除がどのようになったか詳しい調査を行っていないが、一般的に「1/3が個人防除、1/3が無人ヘリ防除、残り1/3が防除をしない」とみられている。防除意欲の低下であり、農産物、米価の低迷により、防除に経費と労力をかけられない状況である。

無人ヘリ防除が行われている地域には、従来、航空防除が行われていなかった地域もあり、特に中・四国地方、九州地方では水稻・大豆・麦の病害虫防除事業が普及拡大している。また、水稻の作付面積が大きい「米作地帯」での無人ヘリ防除の実施率が高く、これらの地域では農家の高齢化による「防除の委託」が今後も増加すると思われ、無人ヘリ防除の潜在的需要があると考えられる。

この需要に対応するためには、無人ヘリの機体数を増やし1日当たりの実施面積を増やすこと、または機体の性能を向上させ積載量を増やし1機当たりの実施面積を増やすことが考えられる。前者は、機体数の増に伴うオペレーターの増員を考えなければならない。後者は、機体数の変更によるオペレーターの再教育が必要となり、どちらもオペレーターの育成が重要となる。2011年におけるオペレーターの年齢構成を Fig. 6 に示したが、平均年齢42歳、30歳代31%、40歳代で27%、50歳代21%、20歳代13%となっている。年齢からみると高齢化はまだ見られていないが、20歳代・30歳代の後継者育成が必要である。機体性能を向上させ積載量を増やしても1日当たりの散布作業量が飛躍的に上がるものではなく、また、実施面積を増やすことにはオペレーターの作業

Fig. 6. Year's proportion of operators of unmanned helicopters (2011).

労働が増えることにもなり限度があり、あまり現実的ではない。機体数を増やすことが現実的であるが、対費用効果を検討しなければならない。

無人ヘリ防除事業を今後とも推進するには、技術的視点からみると「飛散低減技術」をさらに向上させ、質の高い防除を目指すことであり、農薬製剤と施用法の関係も大きいと考える。飛散低減を図るため、機体・散布装置（ノズル種類・配列）等についての試験・研究から飛散は散布時に瞬時に起こるものである。したがって、オペレーターの散布時の「飛散低減の自覚」の啓発を持続して行うこと及び散布装置の「飛散低減技術」を今後とも継続していかなければならないと考える。

引用文献

- 1) 斎藤武司：第30回農薬製剤・施用法シンポジウム講演要旨，日本農薬学会農薬製剤・施用法研究会，pp. 24-30 (2010)。

参考資料

- 1) 農林水産航空事業技術指針（農薬・肥料等散布編），社団法人農林水産航空協会，平成22年4月
- 2) 農林航空事業実施者のための安全対策の手引き，一般社団法人農林水産航空協会，平成24年4月
- 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（平成24年版），一般社団法人農林水産航空協会，平成24年4月
- 4) 産業用無人ヘリコプター合図マンマニュアル，一般社団法人農林水産航空協会，平成24年4月

略歴

芳賀俊郎（はが としろう）

生年月日：1959年4月28日

最終学歴：東京農工大学農学部植物防疫学科

趣味：テニス