

# 航空機(無人ヘリコプターを含む)を利用した農薬散布の 現状とこれからの研究課題—その1 現状—

農林水産航空協会農林航空技術センター

なかしま 中島      みつる 満・五月女      さおとめ さとめ      あつし 淳・前沢      まえざわ まえざわ      よしあき よしあき  
やなぎ やなぎ      しんいち しんいち      うえまつ うえまつ      つとむ つとむ  
柳      真一・植松      勉

## はじめに

農林水産業における回転翼航空機(ヘリコプター)の利用は、我が国の産業間における成長の較差を埋める画期的な省力技術の一つとして期待されて取り上げられて以来、利用分野に様々な変遷を見たが、今もなお多方面にわたって利用されている。現在の利用分野は、有人ヘリコプター(以下、有人ヘリと略)において農業関係では、水稻・果樹・畑作物病虫害防除、ミバエ類防除、草地施肥等であり、林業関係では森林における病虫害・雑草防除、野そ駆除、治山等である。中でも農林業関係における病虫害防除(以下、雑草・野そ等防除を含めて航空防除と略)における利用が主体である。一方、有人ヘリによる作業を補完あるいは代替する目的で開発され、1991年度に実用化された無人ヘリコプター(以下、無人ヘリと略)は、小回りの効く特性が生かされ、主に水稻の病虫害・雑草防除および畑作物病虫害防除(以下、無人ヘリ防除と略)に利用されている。なお、海外では農薬散布に固定翼機(飛行機)が主に使用されており、無人の農業用小型固定翼機も開発され農薬散布に供試されている(HITZLER, 1993)。南ヨーロッパの一部では有人ヘリも利用されており、ポーランドでは利用面積が増えつつある(BIRSKI, 1989)と言う。我が国では固定翼機も試験的に一時使用されたが、その利便性から有人・無人ヘリによる農薬散布(空中散布)が定着した。

ここでは、農林業における病虫害・雑草・野そ等防除を対象とした空中散布の利用状況および散布方法について述べる。

## I 航空防除および無人ヘリ防除の現状

航空防除による面積を利用対象別に見ると、南西諸島におけるミバエ類防除、水稻病虫害防除、林野における

Current status of aerial application of pesticides and future tasks in studies. 1. Current status of agricultural aviation inclusive of unmanned helicopter. By Mitsuru NAKASIMA, Atsushi SAOTOME, Yoshiaki MAEZAWA, Shin-ichi YANAGI and Tsutomu UEMATSU

(キーワード：航空防除，無人ヘリコプター防除)

害虫・野そ駆除、畑作・果樹の病虫害防除の順に広く利用されており、1985年代以降この順位は変わっていない(表-1)。無人ヘリ防除は、その利用実績の推移を実施面積で見ると、機体の普及とオペレーター要員の増加とともに年々大幅に伸びている(表-2)。この背景には、小回りが効き機動性に優れていることもあるが、適用作目の拡大や地上防除と同等の簡易な防除方法として受け入れられやすいことも見逃せないであろう。2000年度の主たる利用分野は、水稻病虫害・雑草防除、畑作物病虫害防除および林野害虫となっている(表-3)。

### 1 水稻病虫害防除

1958年から開始された水稻病虫害の航空防除による防除面積は、85年代から89年頃にかけてピークに達し、その後徐々に減少、現在では最盛時の半分以下となっている(表-1)。この背景には、騒音等の危被害、住宅・人口密集地・公共施設など周辺地区における環境問題、地上要員の確保の難しさ、あるいは水田転作面積の拡大等社会経済的な側面による要因がある。一方、ここ最近における病虫害による被害面積や被害量を見ると(表-4)、異常気象に伴ういもち病などの被害が大きかった平成5年と3年を除いて横ばい～減少傾向を示している。この背景には、箱施用剤や水面施用剤など長期残効性の薬剤等を使用する防除技術の向上による本田初期病虫害の徹底防除によるところが大きいと考えられているが、広域一斉防除とそれにより蓄積された抑制効果も見逃せないとの指摘もある。

対象病虫害は航空防除実施以来、継続していもち病・紋枯病・ウンカ・カメムシ類など病虫害同時防除の実施面積が多く、次いでいもち病、ウンカ・ヨコバイ類の単独防除となっている(表-1)。また主な使用農薬を剤型で見ると、東北地区は微量剤、北海道・関東・東海・北陸・九州地区は液剤となっている。無人ヘリ防除は(表-2)、最近では航空防除の減少分を補う数字に近い伸び率を示し、空中散布面積の約3割に達している。主な対象病虫害はいもち病とカメムシ類で、使用されている剤型は液剤少量及び粒剤で、特に後者の使用が伸びている。

表-1 利用対象別航空防除面積の推移\*

利用(作業)区分	昭和35年	昭和45年	昭和50年	昭和55年	昭和60年	平成元年	平成5年	平成10年	平成12年
水稲病害虫防除面積計	17,915	1,007,930	1,150,248	1,414,514	1,610,899	1,696,533	1,597,269	942,171	776,851
いもち病防除	13,427	155,622	257,662	574,240	664,367	621,562	613,250	293,834	174,568
紋枯病防除	—	2,078	3,534	2,183	—	1,282	0	0	3,167
ウンカ・ヨコバイ類防除	2,733	369,630	268,438	178,799	141,752	130,481	60,331	6,813	6,572
ニカメイチュウ防除	1,755	88,956	97,719	41,151	22,193	17,938	15,396	3,146	5,567
病害虫同時防除	—	387,127	511,267	600,875	780,193	922,827	907,482	637,801	586,735
その他水稲病害虫防除	—	4,517	11,658	17,266	2,394	2,443	0	577	242
畑作病害虫防除面積計	—	7,719	18,056	49,943	39,525	37,711	24,734	13,423	7,093
茶・桑病害虫防除	—	3,254	5,047	2,550	5,845	3,036	164	0	0
畑作・野菜病害虫防除	—	4,466	13,009	47,393	33,680	34,675	24,570	13,423	7,093
果樹病害虫防除面積計	—	12,416	10,770	8,593	11,369	8,780	5,442	3,951	3,920
リンゴ病害虫防除	—	65	—	4,000	4,030	3,735	3,735	2,840	3,280
ミカン病害虫防除	—	11,072	5,379	2,856	2,003	1,880	0	0	0
栗他果樹病害虫防除	—	1,279	5,391	1,737	5,336	3,165	1,707	1,111	640
ミバエ類等防除	—	133,780	1,297,406	1,182,351	2,526,967	7,788,146	4,029,436	2,673,692	2,739,039
家畜衛生害虫防除	—	6,517	60,364	25,510	8,040	3,142	60	0	0
林野害虫防除	—	47,802	93,305	291,015	320,191	256,293	194,081	107,168	94,649
林野雑草防除	—	30,551	1,883	4,749	3,928	2,373	2,496	1,021	472
林野野鼠駆除	96,547	273,484	437,645	310,470	235,968	233,399	175,288	112,761	105,548
計	35,830	2,418,929	2,951,385	3,577,844	6,418,680	11,769,401	7,655,981	4,813,732	4,515,436

\* 各年度植物防疫課農林水産航空関係資料より。

表-2 無人ヘリコプター利用実績の推移\*

年度	機体数 (機)	オペレーター (員数)	防除等実施面積 (ha)			
			水稲	ムギ	ダイズ他	計
平成3年度末	123	666	6,155	—	—	6,155
平成4年度末	167	1,071	18,347	20	102	18,469
平成5年度末	307	1,650	37,753	37	165	37,955
平成6年度末	413	2,401	71,058	61	134	71,253
平成7年度末	627	3,301	110,127	110	337	110,574
平成8年度末	822	4,520	145,030	320	1,232	146,582
平成9年度末	992	5,037	186,252	739	2,130	189,121
平成10年度末	1,151	5,881	215,259	2,560	8,389	226,208
平成11年度末	1,284	6,690	254,496	7,042	14,605	276,143
平成12年度末	1,420	4,459	308,434	11,055	24,093	243,586

\* 各年度植物防疫課農林水産航空関係資料等より。

## 2 畑作・果樹病害虫防除

1950年代後半から開始された畑作・果樹病害虫の航空防除面積は、70年代後半～80年代まで増加したがその後徐々に減少している(表-1)。その要因は、水稲と同様に社会経済的な側面はもちろんのこと、栽培規模の狭隘さ、収穫時期の不斉一さにある。現在、畑作物では、ムギ類の赤かび病、ダイズの紫斑病・カメムシ類・マメシクイガなど、果樹のクリではモモノゴマグラメイガの防除、リンゴでは野そ駆除など比較的集団化された栽培地において利用されている。

無人ヘリ防除は、中山間地の果樹栽培地帯でその機動性を生かした利用が期待されたが、伸び悩んでいる。

表-3 平成12年度無人ヘリコプター利用実績の内訳

作物	対象作業	実施面積 (ha)
水稲	病害虫防除	300,393.6
	雑草防除	2,452.0
	その他	468.6
畑作	麦類病害虫防除	9,965.0
	豆類病害虫防除	21,978.6
	野菜他病害虫防除	396.2
	その他	356.4
果樹	柑橘類病害虫防除	24.4
林野	松病害虫防除	930.4

かし、ムギ、ダイズなどの畑作振興とその主要病害虫に対する適用農薬が揃ったこともあり利用面積は年々増加している(表-2)。現在、畑作物ではムギ類赤かび病・雪腐病・ヒメトビウンカ・アブラムシ類、ダイズ紫斑病・サヤタマバエ・シロイチモンジマダラメイガ・ハスモンヨトウ・カメムシ類、ダイコン・キャベツのコナガ、タマネギべと病・灰色腐敗病、アスパラガス茎枯病、ヤマノイモ葉落病・炭疽病、アズキフキノメイガなど、果樹では柑橘類灰色かび病・黒点病・アブラムシ類・アザミウマ類・ケシクスイ類などの防除に利用されている。今後、保護殺菌剤や抵抗性誘導剤あるいは生物農薬などさらに適用拡大を促進し、利用の間口を広げることによって、利用面積は増加するものと期待されている。

表-4 病害虫による水稻の被害\*

年次	水稻作付面積 (ha)	病害被害面積 (ha)	被害量 (t)	いもち病被害面積 (ha)	同左延べ防除面積 (ha)	被害量 (t)	虫害被害面積 (ha)	被害量 (t)	ウンカ被害面積 (ha)	同左延べ防除面積 (ha)	被害量 (t)
平成元年	2,097,000	1,262,000	305,100	522,800	4,860,015	166,400	516,900	48,200	114,500	4,125,272	16,800
平成2年	2,055,000	1,065,000	231,000	414,600	4,790,792	116,100	609,700	75,900	206,300	4,810,774	39,700
平成3年	2,049,000	1,295,000	406,600	719,200	5,139,915	305,300	696,700	87,600	235,800	4,793,167	48,200
平成4年	2,106,000	1,022,000	222,500	374,900	4,554,535	104,400	520,900	52,000	115,000	3,929,900	16,400
平成5年	2,127,000	1,774,000	725,800	1,097,000	6,049,241	597,800	659,100	66,800	116,700	4,331,606	18,700
平成6年	2,200,000	693,800	104,900	280,900	4,566,242	54,100	515,100	41,300	84,300	3,742,159	8,260
平成7年	2,106,000	1,109,000	270,900	576,000	4,685,845	191,000	716,700	64,500	109,700	3,561,283	13,200
平成8年	1,967,000	829,400	153,500	405,500	4,136,373	95,900	567,300	43,800	69,000	3,341,090	7,280
平成9年	1,944,000	975,300	216,800	498,500	3,995,889	146,100	524,000	40,800	76,900	3,225,777	9,730
平成10年	1,793,000	1,022,000	268,700	572,900	3,685,990	201,200	589,800	74,100	144,100	3,593,832	40,400
平成11年	1,780,000	795,600	165,100	319,000	3,877,698	84,200	657,300	61,500	82,900	3,061,515	13,000

\*各年度農薬要覧より。

### 3 森林病害虫防除

1960年代にはカラマツ先枯病などの病害やマツケムシ・スギタマバエなどの害虫防除にも利用されていたが、現在は松くい虫防除のみである。また以前は国有林が主体であったが、現在では民有林が主体となっている。1985年代を境に減少を続け現在では当時の1/3の実施面積となっている(表-1)。使用剤型は全て液剤で、2000年度における散布方法は、通常散布96.4%、ガンノズルによるスポット散布2.2%、カーテン散布1.4%で、その他単木散布も行われている。また実施面積は小さいが、無人ヘリによる松くい虫防除も約1,000haで行われている。

### 4 雑草防除

航空防除は、ヒノキ、スギ造林地におけるクズ・ススキ・ササ・落葉灌木・草本類などの下刈り用薬剤の散布に利用され(表-1)、剤型は微粒剤である。水田におけるノビエ等雑草の発生前から生育初期の空中散布には無人ヘリが利用されている。剤型は粒剤か液剤(滴下剤)である。これら適用農薬の多くは、拡散性に優れるため均一に畦畔際まで散布する必要がない。また、ドリフト(飛散)対策として、斜行飛行あるいはインペラの回転数を調節することによる額縁散布法など、散布法に工夫・改善がなされたこともあり、その利用面積は年々増加の傾向にある。

### 5 その他、ミバエ類防除、野そ駆除等

1969年に開始されたミバエ類の航空防除は、84年に東京都、89年に鹿児島県での事業が大きな成果を得て終了した。以後防除面積は減っているが再侵入防止とアリモドキノウムシ根絶防除も加わり、現在でも農業関係では依然として重要な事業として位置づけされている(表-1)。なお、ミバエ類の防除は、当初ミカンコミバエ

を対象に誘引板(テックス板)による誘殺防除が中心であった。その後ウリミバエを対象とした不妊虫放飼が中心となり、現在では八重山群島において再侵入防除が行われている。

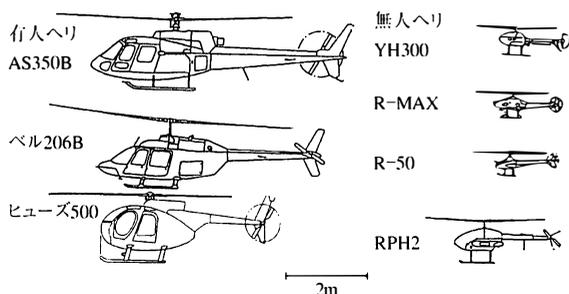
航空防除による野そ駆除には、誘食剤を配合したリン化亜鉛粒剤とダイファシン系粒剤が使用されている。現在、山林、リンゴ園およびサトウキビ畑で実施されている。

## II 航空防除および無人ヘリ防除用適用農薬について

空中散布に使用される農薬は低希釈・高濃度で使用されるため、地上散布の処方ではそのまま適用できない。そのため、作物残留性、薬害など安全性ならびに防除効果において地上散布とは別個に、また航空防除と無人ヘリ防除についてもそれぞれ別個に試験・評価された薬剤が適用登録されている。また、希釈倍数および面積当たり散布量は地上散布と航空防除および無人ヘリ防除とではそれぞれ別個に定められている。なお、航空防除と無人ヘリ防除において別々に適用登録されている理由は、農薬等散布方法において大差はないが、飛行高度・飛行速度など散布飛行諸元(図-1)が異なるためである。

## III 航空防除(無人ヘリを含む)の散布方法の現状

空中散布に用いられる農薬は、液剤散布、液剤少量散布、微量散布、微粒剤散布、粒剤散布および粉剤散布に類別されている。そして、液剤散布はha当たり30l以上、液剤少量散布は8l(8~30l未満)、微量散布は原液1l(8l未満)、微粒剤(106~300 $\mu$ m以下の粒子)散布は3~4kg、粒剤(300 $\mu$ m以上の粒子)散布は1~1.5kg、粉剤(45 $\mu$ m以下の微粉)散布は3~4kgの散布量となっている。1973年以前に利用された粉剤



全備重量および 散布飛行諸元	有人ヘリ			無人ヘリ			
	ベル 206 B	ヒューズ 500 D/E	AS 350 B	R-50	R-MAX	YH 300	RPH 2
全備重量 (kg)	1,452	1,361	1,950	67	93	97	330
飛行高度 (m)*	8~10	8~10	8~10	3~4	3~4	3~4	5
飛行速度 (km/h)*	64~72	64~72	64~72	10~20	10~20	10~20	30
飛行間隔 (m)*	27	27	27	5	5/7.5	7.5	10

\* 液剤少量散布での基準。

図-1 各種ヘリコプターの大きさと全備重量および散布飛行諸元

は、他の剤型に切り替えられ、一時散布効率の高い微量散布や液剤少量散布の割合が高い時期もあったが、現在、水稲では液剤、微量、液少、粒剤、微粒剤散布、林野では液剤、粒剤（殺そ剤を含む）、微粒剤の順に高い利用面積となっている。

これら薬剤のうち、水稲の空中散布専用剤は希釈倍率と散布量の点で地上散布剤と異にするが、同一剤型・成分量である。なお、水稲では、液剤、微量、液剤少量、粒剤散布などの散布法が採用されているが、薬剤の被覆率が防除効果に影響する野菜や果樹においては、液量の多い液剤散布法を採ることが多い傾向にある。

### 1 微量散布

微量散布 (ULV) は、航空機の利用コスト低減と作業の効率化を追求した方法で、遠心力を利用したロータリーアトマイザーで原液か低倍率希釈液を散布 (8 l 未満/ha) する方法である。噴霧粒子は微細 (平均 100  $\mu\text{m}$  程度) であるが、濃厚液で水分蒸発が少なく地表到達性は良く、降雨の影響も受けにくい傾向がある。水稲では比較的広い事業面積を持つ東北で使用されている。また無人ヘリによる水田除草剤の原液散布には専用の滴下用ノズルあるいはチューブが用いられる。

### 2 液剤少量散布

液剤少量散布は、微量散布の特長を生かし、微量散布の困難な作物・病害虫・地域にも適用可能で高能率散布を目的としたものである。また、液剤散布では多量の水を必要とするために、低倍率で希釈して散布量をより少なくしている。散布装置は微量散布と兼用である。しかし、乳剤・水和剤を水で希釈して散布するため噴霧粒子

の落下途中における水分蒸発が大きく、上昇気流の影響を受けやすい。このため、ドリフト防止に、原則として散布液に展着剤のアロン A 添加を奨励している。

### 3 液剤散布

液剤散布は、微量・少量散布に比較し散布量が多く、30~60 l/ha であり、散布粒子の粒径も大きいことから作物の植叢・樹冠内部への到達性も良いのが特長である。薬剤の希釈倍率を高めることができるため、混用範囲が広がり同時防除の適用性が広がることから、航空防除の最も代表的な散布方法となっている。散布装置には液圧を利用したホローコーンノズルが使用され、ノズルの種類は薬液の吐出量によりオリフィスディスクとコアーを変更して使用されている。液剤散布も少量散布と同様に乳剤・水和剤を水で希釈して散布するため、特に微細噴霧粒子は落下途中において水分が蒸発・消失して上昇気流の影響を受けやすくなることから、液剤少量散布と同様に原則として散布液に展着剤のアロン A 添加を奨励している。なお、翼端渦流による微細粒子の漂流飛散に及ぼす影響の大きいことが明らかにされて以来、ブーム短縮型散布装置が使用されている。

### 4 粒剤散布

空中散布に利用される粒剤には、水稲における殺菌剤、水稲・畑作物・森林造成などにおける除草剤、林地・畑作における殺そ剤等がある。これらの散布装置はインペラが回転する遠心力を利用して散布される。粒剤は、製剤の種類により粒径や質量が異なり、これが分散幅に影響する。特に、除草剤は周辺作物への留意が肝要であり、作業実施前にあらかじめ有効散布幅を確認して

飛行間隔を決定する必要がある。このため、水稻における殺菌剤・除草剤、森林における除草・殺そ剤の散布に当たっては適用機種ごとに散布装置、飛行諸元、散布間隔などが作業実施基準で定められている。

### 5 微粒剤散布

微粒剤は粉粒剤の一種である。航空防除には微粒剤(106~300 μm)と微粒剤F(63~212 μm)が利用され、林地除草を除き微粒剤Fが使用されている。微粒剤Fは、通常の散布条件ではドリフト(飛散)がほとんどなくて目標に正確に、また繁茂した作物草冠内部へも到達させることができる特徴・利点がある。散布環境の厳しい関東・東海地域において水稻用殺虫剤で利用されている。適用機種ごとに飛行諸元、散布間隔等が作業実施基準で定められており、専用散布装置で散布される。

### 6 ガンズルスプレーシステム

ガンズルスプレーシステムは、高層文化財の消火用に開発された装置を単木や松並木などのマツノマダラカミキリの防除剤の散布用に改良したものである。改良ガンズルスプレーシステムは、散布幅、散布量、ポタ落ち、ドリフト、パイロットへの負担軽減などの問題点が改善され、マツノマダラカミキリ羽化・脱出直後成虫の枯損立木における防除効果、枯損立木に対する単木散布とその隣接周辺立木に対する円域散布の有効性などの試験結果を踏まえて、機種と散布装置、飛行諸元、飛行間隔などの散布基準が設定され、単木を対象とする散布と林分を対象とする散布における実施要領が定められている。また、展着剤のアロンA添加により散布幅は少なくなり、微粒子は減少して有効散布幅以遠への飛散が減少することが明らかにされている。

### 7 誘引板投下および不妊化成虫の空中放飼

#### 1) 誘引板投下

ミカンコミバエの防除に誘引板(テックス板)を1~2 ha 当たり一個散布するために試作・開発された投下装置で飛行高度20 mから目標地点の7~8 m以内に落下させる方法である。高度が高くなるほど分散が大きくなるが、誘引板の散布にヘリ利用の可能性が示され1968年から誘殺テックス板法として事業散布に利用され、その後不妊虫放飼法が中心となり、小面積ながら現在も続いている。

#### 2) ウリミバエの不妊化成虫放飼

ウリミバエ不妊化成虫を放飼することによる防除は、誘引殺虫剤の散布で野外の生息密度を一定レベルまで下げた抑圧防除後に航空防除などによる不妊虫放飼で根絶す

る方法である。放飼数は野生雌1頭に対して不妊雄成虫2頭以上の割合とされ、このため放飼装置の開発、ウリミバエの輸送条件、放飼までの餌・麻酔処理条件、落下高度・速度・範囲、拡散程度、放飼方法・時期等について室内試験や空中放飼試験が試験研究機関と密接な連携の下に実施され、放飼された成虫の生存・活動条件、作業能率など実際の放飼に際しての最適条件が設定され、その条件に従って空中放飼されている。なお、ウリミバエ再侵入防除に、また新たにアリモドキゾウムシ根絶防除にこれら技術は引き継がれている。

## おわりに

空中散布の特徴は、広域一斉防除に適することであり、イネウイルス病の媒介虫あるいはいもち病など空気伝染性の病害等周囲を含めて広範囲に適期に一斉防除を要するものに効果的である(高平, 1968)。その意味において、水稻、ムギ、ダイズ、林野等における病害虫、あるいはミバエ類等の広域一斉防除に、また最近のカメムシ類や平成5年のいもち病の防除で見られるように広く異常発生した病害虫等の緊急防除に大きな役割を果たしている。省力・低コスト・安定生産に期待する現場の要請や専業農家の減少、担い手不足による作業委託が増加している現状を踏まえて、航空防除および無人ヘリ防除に対する期待は今後も変わりはないであろう。現在の散布飛行方法等の空中散布の実施基準は、全て農林水産航空事業の合理化試験や新分野開発試験などの中で実施・開発された技術を基に制定されたものである。航空防除技術の目指すゴールは、作物の病害虫等による被害を効率的に防ぎ、かつ可能な限りドリフトをゼロに近づけることにある。次号では、このゴールを目指して、ヘリコプターの特長であるダウンウォッシュによる押し下げ気流の長所を生かし、かつ欠点をいかに軽減しようとした技術開発を行ってきたかについて紹介したい。

## 参考文献

- 1) BIRSKI, A. (1989): Zagad. Ekono. Rolnej; 2, 57~73 (CAB abstract より)
- 2) 農林水産航空協会編(2000): 航空防除用農薬要覧.
- 3) ———(2000): 無人ヘリコプター用農薬要覧.
- 4) ———(2001): 農林水産航空事業技術指針.
- 5) ———(2001): 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手引き.
- 6) 農林水産省植物防疫課(1960~2000): 農林水産航空事業関係資料.
- 7) ———監修(1989~2000): 農薬要覧. 日本植物防疫協会.
- 8) 高平 保(1968): 農林航空技術ハンドブック. 地球出版社. 東京, p.320~323.
- 9) HITZLER W. (1991): Forsh. Agr. Arb. For. und Lehre MEG, 213, pp.174 (CAB abstract より).