

シミュレーションモデルを活用した 無人ヘリコプターのよりきめ細かい散布手法 の検討

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業環境変動研究センター 有害化学物質研究領域
小原 裕三

研究期間：平成26年～27年度

試験研究機関：国立研究開発法人 農業環境技術研究所
一般社団法人 農林水産航空協会
農林航空技術センター

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

背景(1): 無人ヘリコプターによる散布等の面積と機体数

無人ヘリコプターによる散布等の面積 (農林水産省消費・安全局植物防疫課防除班より)
単位：ha

	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
水 稲 防 除	808,616	838,156	851,822	884,308	931,095	928,786	923,365
麦 類 防 除	59,950	60,730	61,351	63,626	57,152	60,954	70,989
大 豆 防 除	54,878	57,905	51,409	52,906	52,258	52,748	56,059
そ の 他	6,866	6,459	6,556	6,202	6,779	7,348	7,565
合 計	930,310	963,250	971,138	1,007,042	1,047,284	1,049,836	1,057,978

- 注1. 面積は延べ面積(1ha未満四捨五入)。
2. 「水稲防除」には、播種(直播)を含む。
3. 「その他」は、松くい虫防除、畑作物の防除等。

(単位：ha、機、人、%)

	平成27年度	平成26年度との比較(△は減少)			
		平成26年度	対前年度差	対前年度増減率	
面 積	水 稲 防 除	923,365	928,786	△ 5,421	△ 0.6
	麦 類 防 除	70,989	60,954	10,035	16.5
	大 豆 防 除	56,059	52,748	3,311	6.3
	そ の 他	7,565	7,348	217	3.0
	合 計	1,057,978	1,049,836	8,142	0.8
機 体 数	2,802	2,655	147	5.5	
操作要員(オペレーター)数	10,591	11,810	△ 1,219	△ 10.3	

- 注1. 面積は延べ面積(1ha未満四捨五入)。
2. 「水稲防除」には、播種(直播)を含む。
3. 「その他」は、松くい虫防除、畑作物の防除等。

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

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28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

産業用無人ヘリコプター

ナビゲーターマニュアル

～安全・無事故で作業するために～

[平成28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

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

無人ヘリコプター散布飛行の方法： 空中散布等の基準(抜粋)

適用機種：RMAX、RMAX Type II、RMAX Type II G、YH300、AYH- 3、FAZER、YF390

適用作物	作業名	散布方法	散布装置の ↑ 方式	飛行速度 (km/hr)	飛行高度 (m)	飛行間隔 (m)	作業上の注意事項
水稲、麦類、大豆、 えだまめ、だいこん、 たまねぎ、飼料用とうもろこし	病害虫防除	液剤少量散布	アトマイザー又はノズル	10～20	3～4	5*、7.5	ほ場の端から5m以上の位置からほ場内に散布。インペラの回転数を落とし散布する。
		液剤散布					
		粒剤散布					
		液剤散布					
かんきつ、みかん		粒剤スポット	インペラ	10以下	3～4		
水稲	は種 施肥	散ばん	インペラ	10～20	3～4	5、7.5*	ほ場の端から5m以上の位置からほ場内に散布。ほ場周辺部は、インペラの回転数を落とし散布する。
		粒剤散布				7.5以下	
		滴下				5又は10	
			滴下用ノズル又はチューブ			5又は10	

※ 現行の機種：100kg未満、機種は限られている

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

無人ヘリコプター散布飛行の方法(抜粋)

1 飛行速度
10~20Km/h

飛行速度	100mの所要時間	80m(畦地20m実施後)
10km/h	36秒	28.8秒
15km/h	24秒	19.2秒
20km/h	18秒	14.4秒

2 飛行高度
作物上 3~4m

3 散布幅
5m または 7.5m

飛散低減散布装置のセンターノズルは3.75m

4 気象条件

- ・風速は地上 1.5mにおいて **3m/秒以下**で実施
- ・降雨時、霧・カミナリの発生時等は散布中止

5 散布農薬

- ・無人ヘリコプターによる散布として登録を受けた農薬
- ・農薬の種類: 殺虫剤、殺菌剤、殺菌殺虫剤、除草剤、成長調整剤
- ・一般的に1ha(100m×100m)に3リットル(8倍希釈)の薬剤を散布

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究の背景

現行、
機種: 100kg未満
機種は限られていた

- ・攻めの農林水産業実現のための規制改革
- ・無人ヘリコプターの総重量規制緩和

今後、
より大型の多種多様な機体、
散布装置の活用が要望されている
農業散布の作業効率向上

- ・農薬の落下分散→できるだけ均一に
- ・農薬飛散量 →できるだけ最小に

飛行高度、速度及び飛行間隔などの適切な散布条件は???

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

これまでの研究と課題



従来、個々に実機を用いた実測により

- ・適切な飛行高度、
- ・速度及び
- ・飛行間隔等の散布条件の至適値を提示

コストや人的労力も多大であった。

また、実機を用いなければならず、
今後、多種多様な機体の活用が見込まれる中では、現実的ではない。

そのため、シミュレーションモデルを用いて、
ある程度の至適値を推算することが重要で、大きなメリットがある。

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究実施体制



1. シミュレーションモデルによる無人ヘリコプター農薬散布での散布条件の至適値の検討（農業環境技術研究所）
 - (1) **現行仕様**の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の推算
 - (2) **新仕様**の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の推算
2. 実測による無人ヘリコプター農薬散布での散布条件の至適値の検証（農林水産航空協会）
 - (1) **現行仕様**の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の検証
 - (2) **新仕様**の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の検証
3. 新仕様無人ヘリコプターでの適切な農薬散布手法の提示（農業環境技術研究所、農林水産航空協会）
 - (1) **現行仕様**の無人ヘリコプターによる農薬散布でのシミュレーションモデルと実測の比較による検証
 - (2) **新仕様**の無人ヘリコプターによる散布での適切な農薬散布手法の推測法の提示

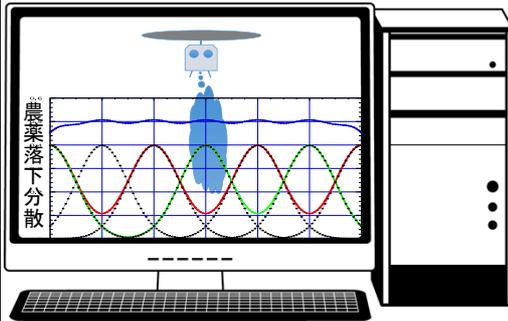
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究内容(1):

1. シミュレーションモデルによる無人ヘリコプター農薬散布での散布条件の至適値の検討 (農業環境技術研究所)

(1) 現行仕様の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の推算

(2) 新仕様の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の推算



・農薬の落下分散→できるだけ均一に
・農薬飛散量 →できるだけ最小に
飛行高度、速度及び飛行間隔などの適切な散布条件は???

* 数値流体力学(CFD:

Computational Fluid Dynamics)に基づいたシミュレーションモデル

・ローター(回転翼)径、全長、重量、回転翼の回転速度、散布装置の設置位置や噴霧特性等とともに、飛行高度、速度や飛行間隔等の散布条件を加味して農薬の落下分散や農薬飛散量を評価

・技術指針の作成に必要なデータを推算・収集

* 散布薬剤間での農薬落下分散と飛散量に差異が生じるか?

散布農薬薬液と農薬有効成分の物理化学的特性に基づいて評価検証

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

シミュレーションモデルによる無人ヘリコプター農薬散布での散布条件の至適値の検討

どのように落下分散、飛散量の推算を行うか:

シミュレーションにより落下分散、飛散量を評価

粒子状と**ガス状**の農薬を分けて評価

→各々の結果を組み合わせることで総合的に評価

- ・散布中・直後の短時間の粒子状物質(スプレードリフト)、
- ・農薬粒子落下後の長時間のガス状物質(ペーパードリフト)による飛散動態に分けて評価を行う。

可能な限り既存のモデルを利用して評価

スプレードリフトについては、

・DRIFTSIM (The Ohio State University)

・AgDRIFT/AgDISP (SPRAY DRIFT TASK FORCE)

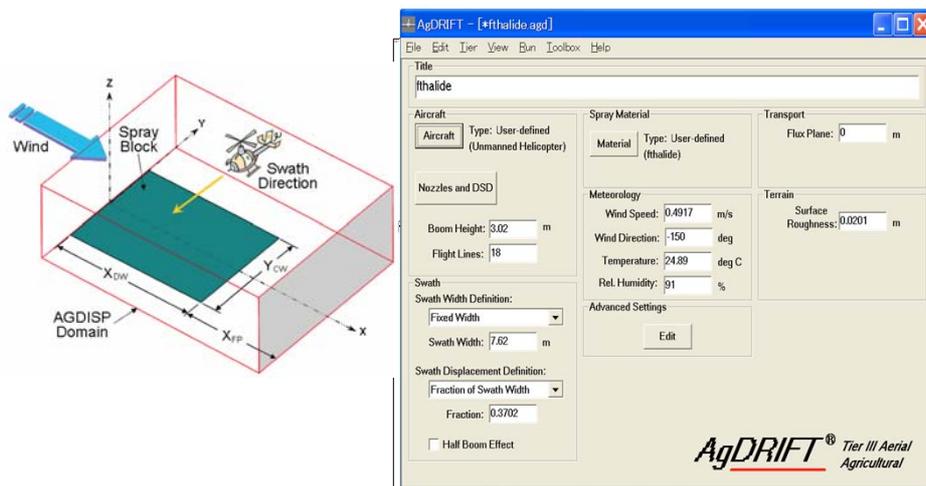
等々

ペーパードリフトについては、

・CALPUFF (the Atmospheric Studies Group at TRC Solutions)

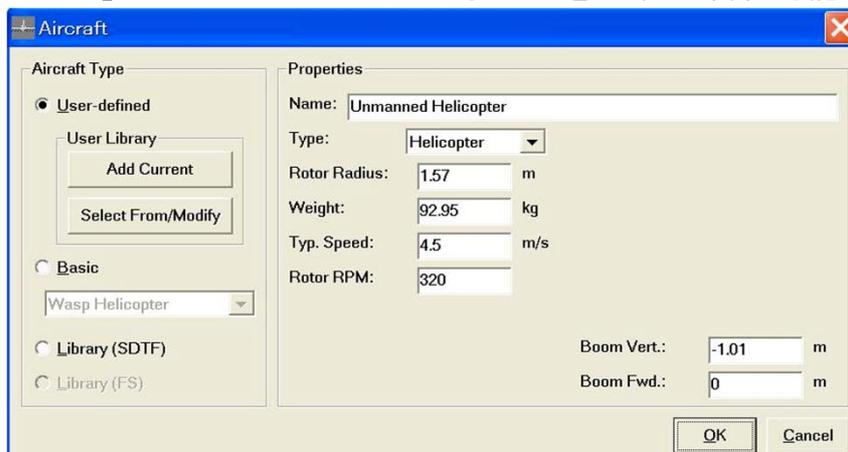
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

AgDRIFT/AgDISPの設定条件入力画面
「Aircraft」の設定でヘリコプターのダウンウォッシュを加味して評価可能



「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

AgDRIFT/AgDISPでの設定条件
「Aircraft」でヘリコプターのダウンウォッシュを加味して評価可能



* パラメーターの入力では、入力範囲外でも、計算可能な無人ヘリコプターに最も近い数値を用いた。

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究内容(2)-1:

2. 実測による無人ヘリコプター農薬散布での散布条件の至適値の検証
 (農林水産航空協会)
- (1) 現行仕様の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の検証
 (2) 新仕様の無人ヘリコプターによる農薬散布条件の至適値の検証

調査方法



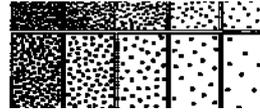
無人ヘリの飛行方向と交差する調査ライン



調査ラインに設置した資材の回収



調査資材に付着した散布液



落下分散や飛散量は、液滴の被覆面積で評価



気象観測

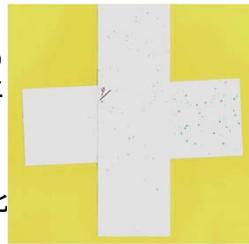


「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究内容(2)-2:

調査資材(調査紙)の付着状況の計測

・箱型の調査紙を展開し、各面の散布液の付着状況を画像処理により計測する

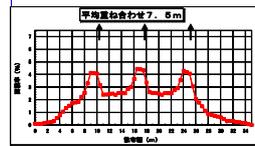
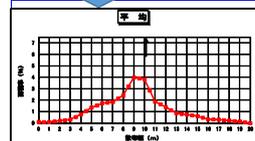


・スキャナーにより画像ファイル化

・専用ソフトにより2値化画像を計測、散布液の痕跡から粒子个数・被覆面積率を計測するとともに、落下分散をグラフ化する



行	上	右	左	下	平均	平均散布
1	2	3	4	5	6	7
0.084469	0.158946	0.058958	0.181533	0.017921	0.102399	0
0.180778	0.134288	0.072450	0.130824	0.050739	0.102363	0.5
0.198476	0.047389	0.059388	0.103028	0.010977	0.101837	1
0.485338	0.058718	0.059378	0.872111	0.001344	0.158111	1.5
1.079411	0.017137	0.028894	2.789283	0.004032	0.210797	2
1.388407	0.674818	0.032034	4.64338	0.008272	0.260472	2.5
2.557678	1.047041	0.081388	4.948227	0	0.310147	3
1.820238	1.689104	0.311524	5.387709	0	0.540659	3.5
3.287392	3.690181	0.288871	4.93748	0.000448	0.777171	4
7.448201	8.871439	0.541354	3.018683	0.871594	1.064055	4.5
8.810758	7.151887	0.472877	0.555821	1.284483	3.90838	5
3.705884	3.022731	0.467761	0.086518	2.594657	3.90702	5.5
0.815883	2.948735	0.899323	0.00224	5.107857	1.722485	6
0.820217	0.455183	0.335192	0.000828	2.610833	1.788231	6.5
0.791777	0.189068	0.386872	0.004258	2.348228	8.49896	7
0.498972	0.182386	0.480062	0	1.808234	2.448495	7.5
0.338978	0.070777	0.778458	0	1.189832	2.438974	8
0.470889	0.053893	0.188234	0	0.802973	2.098335	8.5
0.235883	0.131118	0.073385	0.000224	0.854883	3.878896	9
0.128584	0.107839	0	0	0.470482	3.89739	9.5
0	0	0	0	0	3.818824	10
0	0	0	0	0	2.845296	10.5



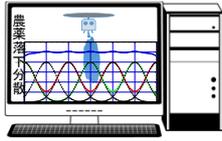
落下分散の均一性の評価

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究内容(3):

3. 新仕様無人ヘリコプターでの適切な農薬散布手法の提示 (農業環境技術研究所、農林水産航空協会)

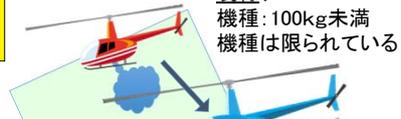
- (1) 現行仕様無人ヘリコプターによる農薬散布でのシミュレーションモデルと実測の比較による検証
- (2) 新仕様無人ヘリコプターによる散布での適切な農薬散布手法の推測法の提示



1. シミュレーションモデルによる無人ヘリコプター農薬散布での散布条件の至適値の検討

2. 実測による無人ヘリコプター農薬散布での散布条件の至適値の検証

比較により、シミュレーションモデルの補正、信頼性の確保



現行、機種: 100kg未満
機種は限られている

新仕様、より大型化
機種: 100kg超
多種多様な機体
散布装置

3. 新仕様無人ヘリコプターによる散布での適切な農薬散布手法の提示
(農業環境技術研究所、農林水産航空協会)

- ・農薬の落下分散→できるだけ均一に
 - ・農薬飛散量 →できるだけ最小に
- 飛行高度、速度及び飛行間隔などの適切な散布条件の提示

目標: よりきめ細かな散布技術の指針作成に必要なデータの収集

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

評価対象機種別仕様一覧(現行仕様)

名称		RMAX Type IIG	FAZER	AYH-3
製造会社		ヤマハ発動機	ヤマハ発動機	ヤンマー農機
分類		小型	小型	小型
性能	薬剤最大積載量 (kg・L)	16kg	24L	16kg
	制御範囲(目視) (m)	150	150	150
機種	型式	L17	L30	AYH-3
	全長(ローターを含む) (mm)	3630	3665	3630
	メインローター径 (mm)	3130	3115	3130
	テールローター径 (mm)	535	550	535
	胴体長 (mm)	2750	2782	2750
	全幅 (mm)	720	770	720
	全高 (mm)	1080	1078	1080
エンジン	種類	水冷2サイクル	水冷4サイクル	水冷2サイクル
	シリンダー数・配置	2気筒・水平対向	2気筒・水平対向	2気筒・水平対向
	排気量 (cc)	246	390	246
	出力 (kw)	15.4	19.1	15.4
	燃料・タンク容量 (L)	混合燃料・6	ガソリン・5	混合燃料・6
液剤散布装置	型式	L17G	L41	AT30X
	種類	液剤少量 液剤	液剤少量 液剤	液剤少量
	ブーム長 (mm)	1340	1450	1154
	散布形式	ノズル	ノズル	アトマイザー
粒剤散布装置	型式	L15F	L4A	GR3
	インペラ径 (mm)	300	300	300
最大離陸重量 (機体+散布装置+燃料+薬剤) (kg)		93	100未満	93

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

無人ヘリコプターで使用される散布農薬 農薬が違って噴霧主要粒子の粒子径分布は同じ？

無人ヘリコプターで散布される農薬の薬液
有効成分や助剤の濃度が高い(高濃度少量散布)ため、
溶液化学的な性質(粘度、表面張力、剪断力等)が大きく異なる。

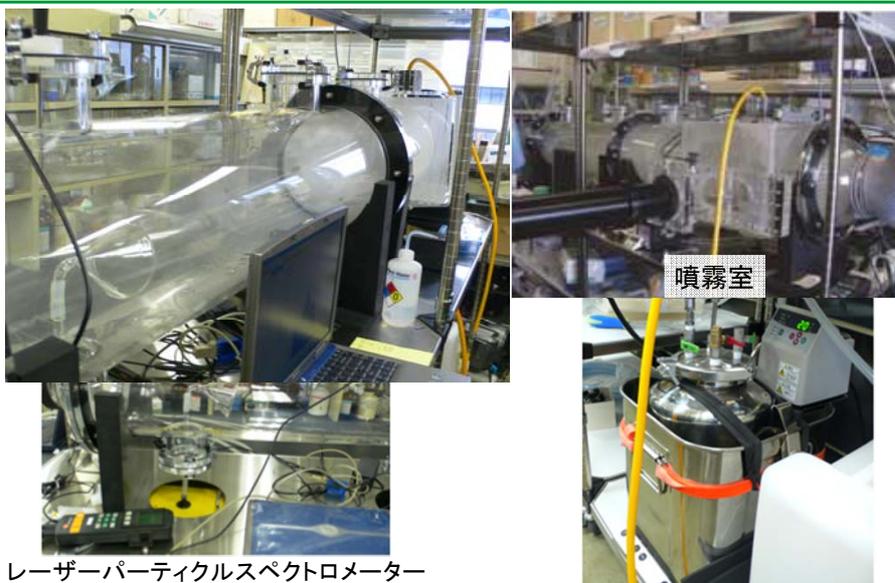
無人ヘリコプターで散布される代表的な農薬を用いて
噴霧主要粒子の粒子径分布の確認が必要

噴霧主要粒子径分布→**農薬の種類に依存性 ほぼ無**
(純水とほぼ同じ)

* 「環境省:平成23年度農薬の大気経由による影響評価事業」

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

スプレーノズルによる農薬噴霧粒子の評価装置



レーザーパーティクルスペクトロメーター
(TOPAS LAP-320)

薬液用圧力容器

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

実際の農薬散布薬液を用いた粒子径分布測定結果



	有効成分名	剤型	D50	VMD	R100
			μm	μm	%
	水	—	114	114	36
殺菌剤	1 カスガマイシン	液剤	110	110	40
	2 バリダマイシン	液剤	112	112	38
	3 トリシクラゾール	水和剤	115	115	33
	4 フルトラニル	水和剤	113	113	37
	5 ペンシクロン	水和剤	115	116	34
	6 フェノキサニル	マイクロカプセル剤	113	113	36
	7 チオファネートメチル	水和剤	105	105	45
	8 メプロニル	水和剤	104	105	46
	9 フサライド	水和剤	114	115	36
	10 アゾキシストロビン	水和剤	115	116	34
	11 ジクロシメット	水和剤	116	116	33
殺虫剤	12 ジノテフラン	液剤	113	113	36
	13 ジノテフラン	液剤	115	116	35
	14 エトフェンブロックス	マイクロカプセル剤	117	118	33
	15 クロチアニジン	水和剤	114	115	35
	16 シラフルオフェン	乳剤	112	113	38
	17 プフロフェジシ	水和剤	112	113	37
	18 テブフェンジド	水和剤	122	123	29
	19 エチプロール	水和剤	119	119	31
	20 エトフェンブロックス	乳剤	114	114	35
	21 MEP	乳剤	114	115	34
混合剤	22 エトフェンブロックス アゾキシストロビン	水和剤	115	115	34
	23 エトフェンブロックス トリシクラゾール	水和剤	117	117	33
	24 テブフェンジド プフロフェジシ フルトラニル	水和剤	112	113	37
	25 ジノテフラン トリシクラゾール	水和剤	133	135	26

注1
D50: この数値以下の粒子が全体の体積の50%を占める。
VMD: 体積中位径
R100: 100 μm以下の粒子が占める体積割合

注2
D50、VMD及びR100のいずれも、3回測定した平均値。

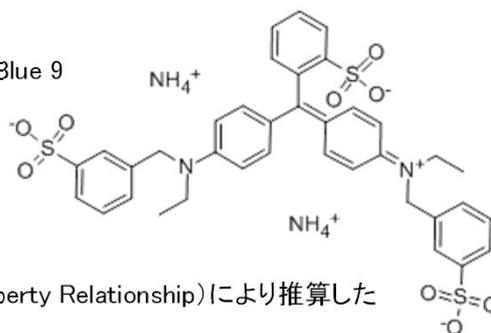
(2010年度生研センター)

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

農薬の代替物質として用いた色素



散布薬液: 青色色素
商品名: WATER BLUE 9
C.I. Name (Color Index Name): Acid Blue 9
CAS No. 2650-18-2
化審法番号: 5-1632
オリエント化学工業(株)
濃度 約2000倍



各物性値は定量的構造物性相関 (QSPR: Quantitative Structure-Property Relationship)により推算した
Molecular formula: C₃₇H₄₅N₅O₉S₃
Molecular weight: 799.98
融点: 349.8 °C
蒸気圧: 0 Pa(3.93E-36 Pa, 25 °C)
水溶解度: 1.445 mg/L
logK_{ow}: -1.50
Henry定数: 1.15E-38 Pa·m³/mole = 4.63E-42(unitless)

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

AgDRIFT/AgDISP設定条件、入力パラメータの概要：散布粒子径分布

計算の設定条件

AgDRIFT[®]/AgDISP[®] Tier III

* 噴霧農薬粒子の特性(噴霧薬液に寄らずほぼ一定であることを確認済み)

Dv0.5: 114 μ m (水での計測値)

Dv0.9: 167 μ m (水での計測値)

Dv0.1: 60 μ m (水での計測値)

VMD: 115 μ m

R100: 36 μ m

(Mean Volume Diameter: 体積平均粒子径):114 μ m

Relative Span:

$$(Dv0.9-Dv0.1)/Dv0.5 = (167-60)/115=0.930$$

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

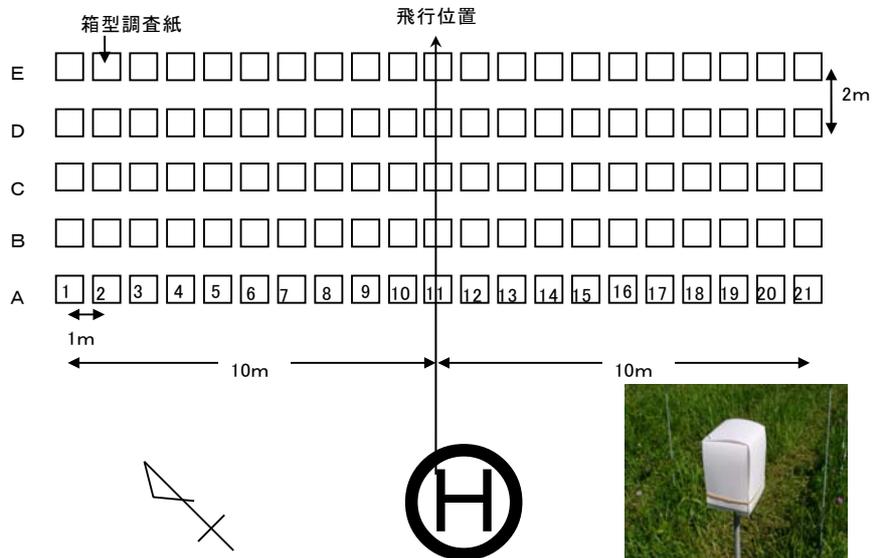
アトマイザーATX30の吐出量と回転数および粒子径の関係

吐出量 (ml/min)	アトマイザー		平均粒子径	備考 (8L/ha散布における飛行速度)
	回転数 (rpm)	消費電力 (A)	VMD (μ m)	
1200	5187	1.28	142	
1100	5300	1.23	139	
1000	5360	1.19	136	20km/h
750	5620	1.04	122	15km/h
500	5965	0.85	111	10km/h
400	6075	0.78	108	
300	6160	0.72	107	
0	6580	0.41	-	

(一般社団法人農林水産航空協会資料より)

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

落下分散調査用紙の配置図



*1辺5センチメートルの箱型のミラコート紙を、地上約80センチメートルの高さに設置

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

実測による落下分散、飛散分布試験



実測による落下分散、飛散分布評価法調査計画(1)

- 調査実施場所:
(一社)農林水産航空協会 農林航空技術センター 調査圃場
- 使用機種・装置:
 - ・機種: RMAX TYPE II G 液剤散布装置: L17G
 - ・機種: FAZER 液剤散布装置: L41
 - ・機種: AYH-3 液剤散布装置: AT30X

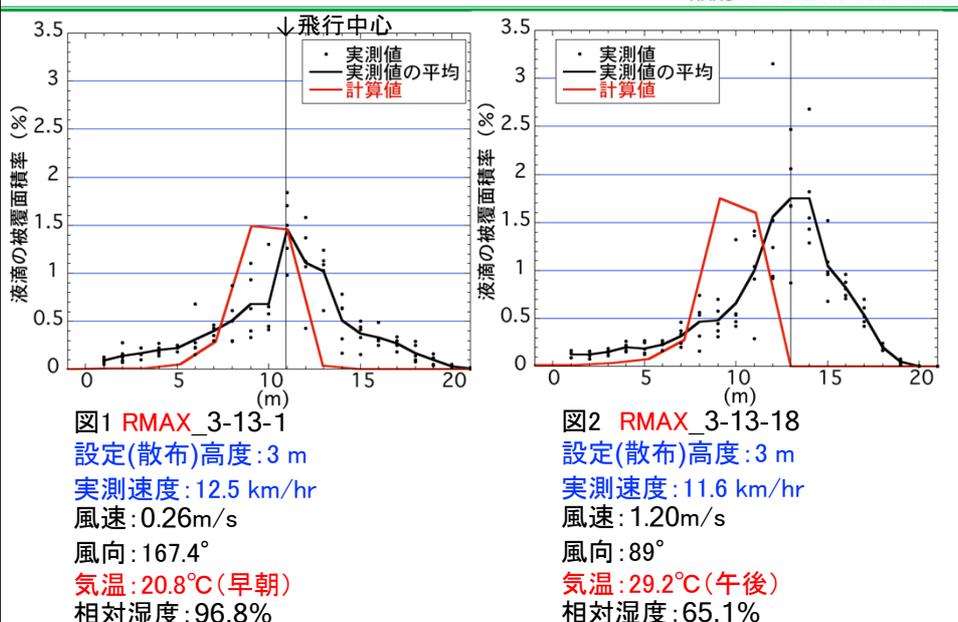
飛行諸元の組み合わせ

飛行速度	飛行高度	気温	反復
13km/h	3m	高	5
		低	5
20km/h	3m	高	5
		低	5
	1m*	高	5
	4m	高	5

注*)飛行高度のうち1mは、調査紙からの高さ

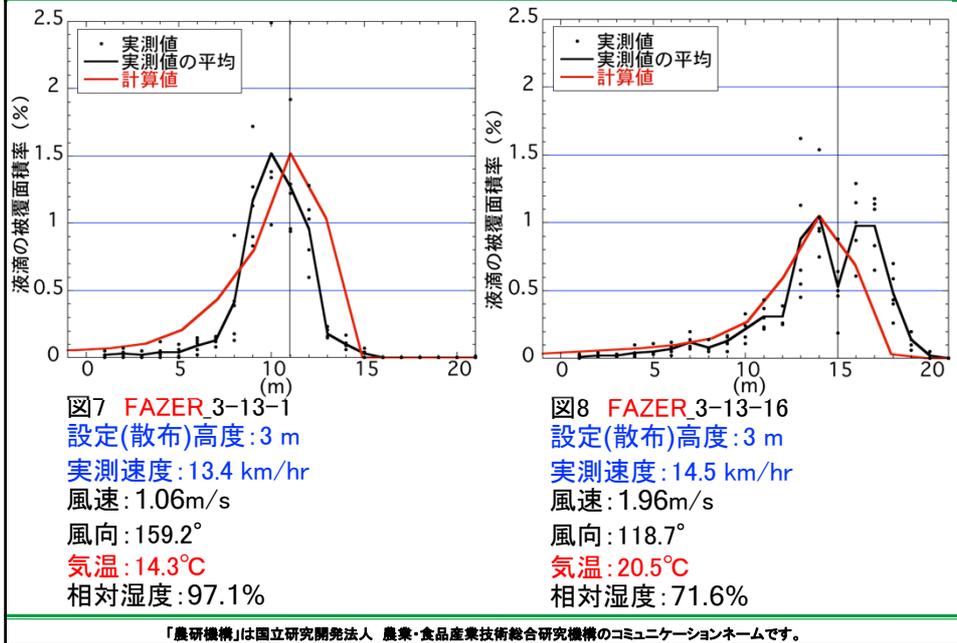
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

飛行速度13km/hr、飛行高度3m、気温の高低での比較(1)

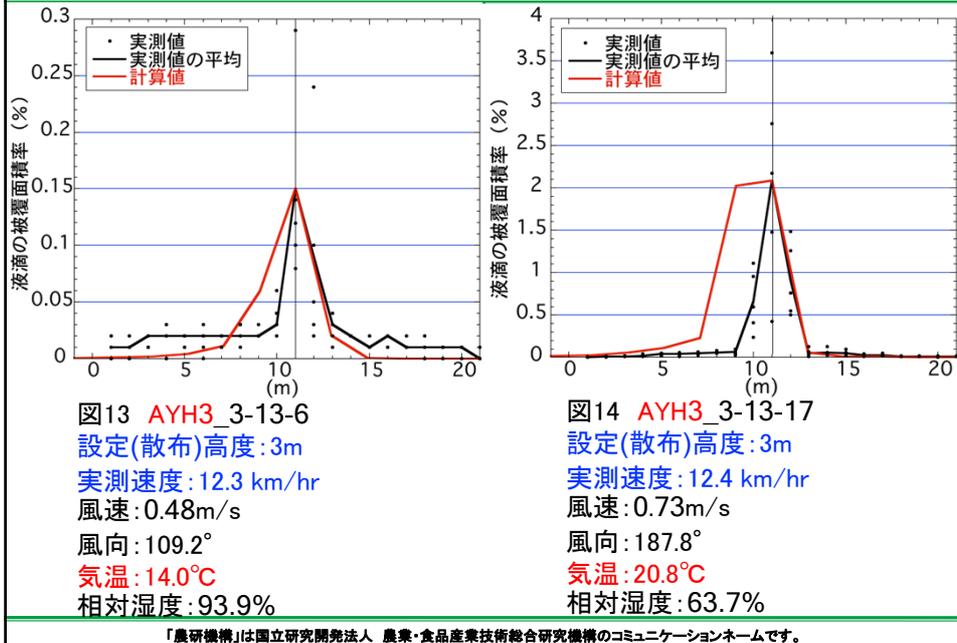


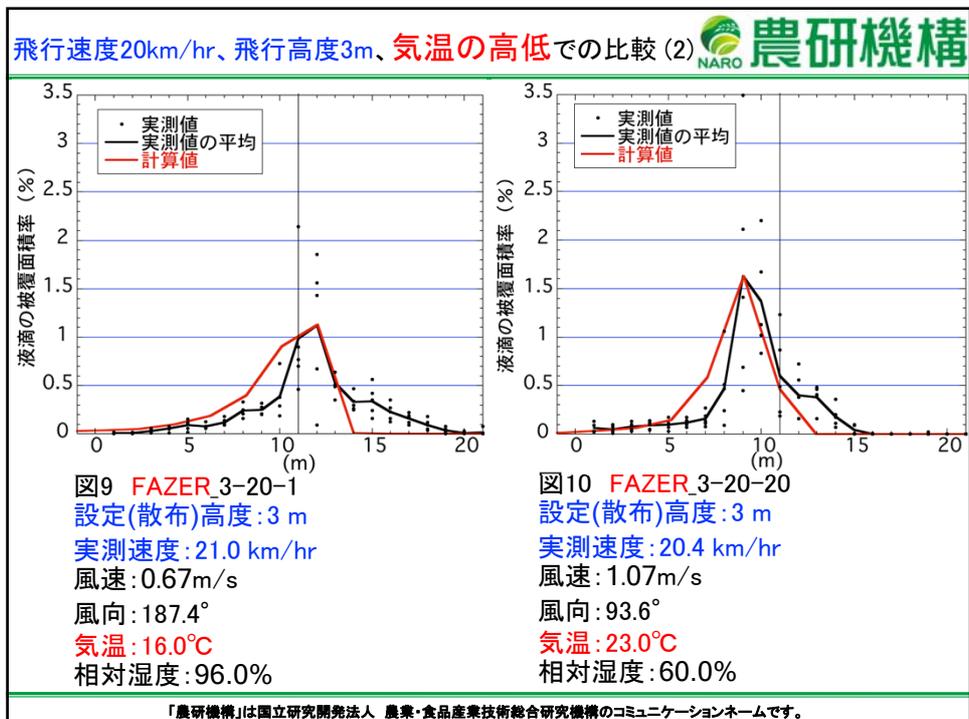
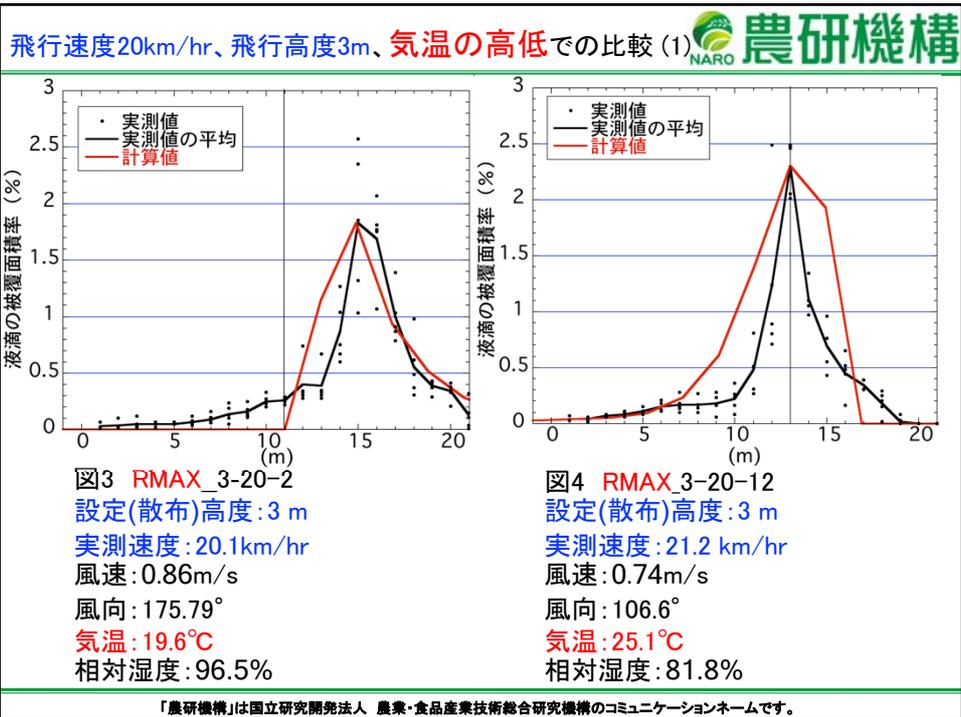
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

飛行速度13km/hr、飛行高度3m、**気温の高低**での比較 (2)  **農研機構**



飛行速度13km/hr、飛行高度3m、**気温の高低**での比較 (3)  **農研機構**





飛行速度20km/hr、飛行高度3m、気温の高低での比較 (3)  農研機構

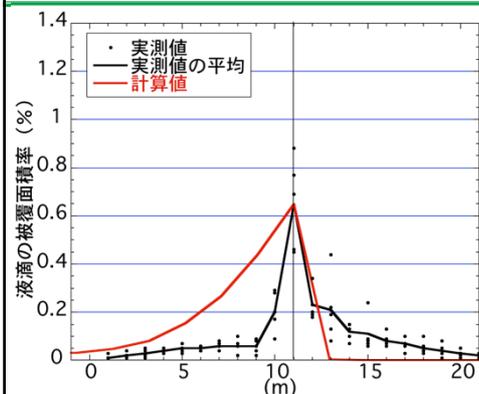


図15 AYH3_3-20-10
 設定(散布)高度:3m
 実測速度: 20.0km/hr
 風速:1.47m/s
 風向:207.4°
 気温:14.8°C
 相対湿度:90.8%

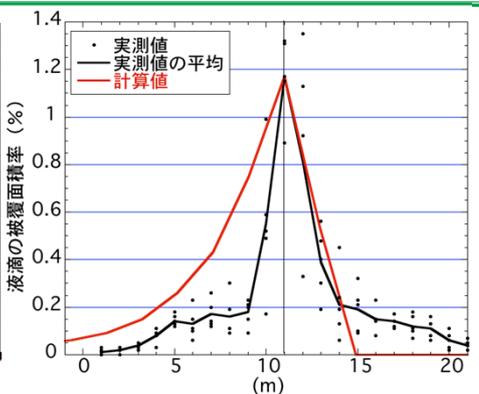


図16 AYH3_3-20-20
 設定(散布)高度:3m
 実測速度: 18.8km/hr
 風速:1.08m/s
 風向:181.5°
 気温:20.1°C
 相対湿度:64.9%

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

散布高度の差異(高低)による比較 (1)RMAXの場合  農研機構

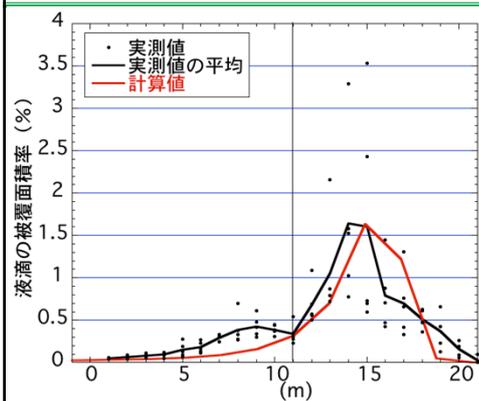


図5 RMAX_4-20-8
 設定(散布)高度:4 m
 実測速度: 20.6 km/hr
 風速:2.04m/s
 風向:92.73°
 気温:21.2°C
 相対湿度:90.9%

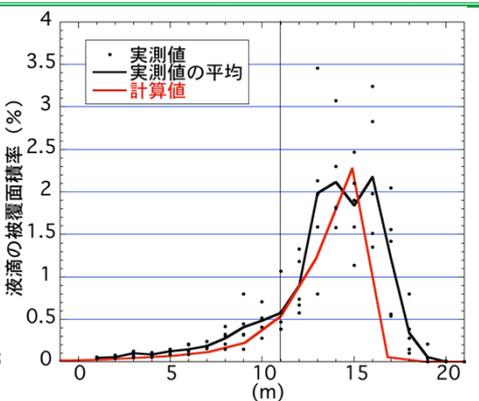
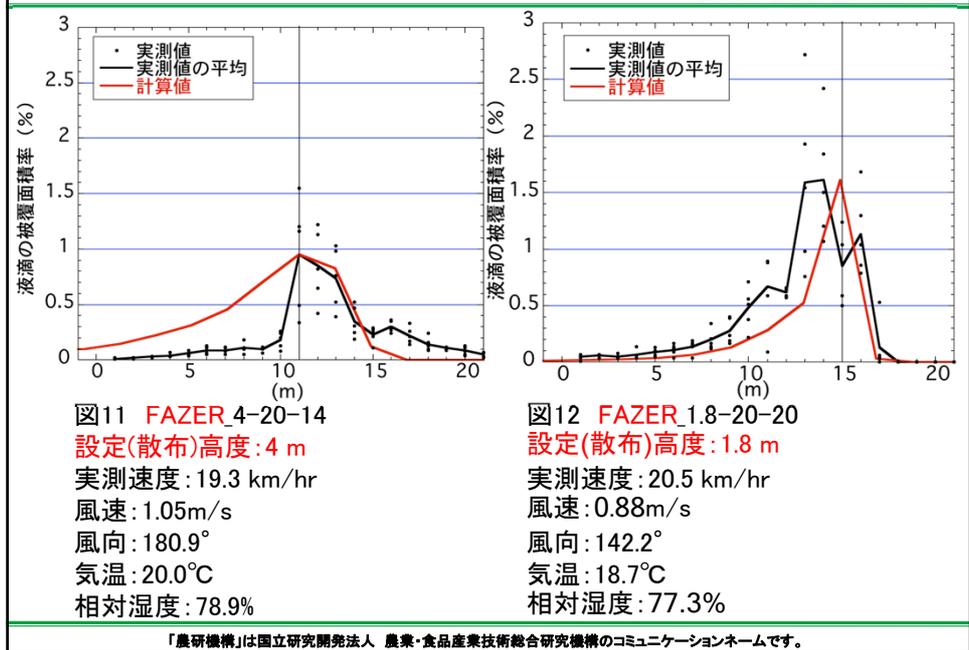


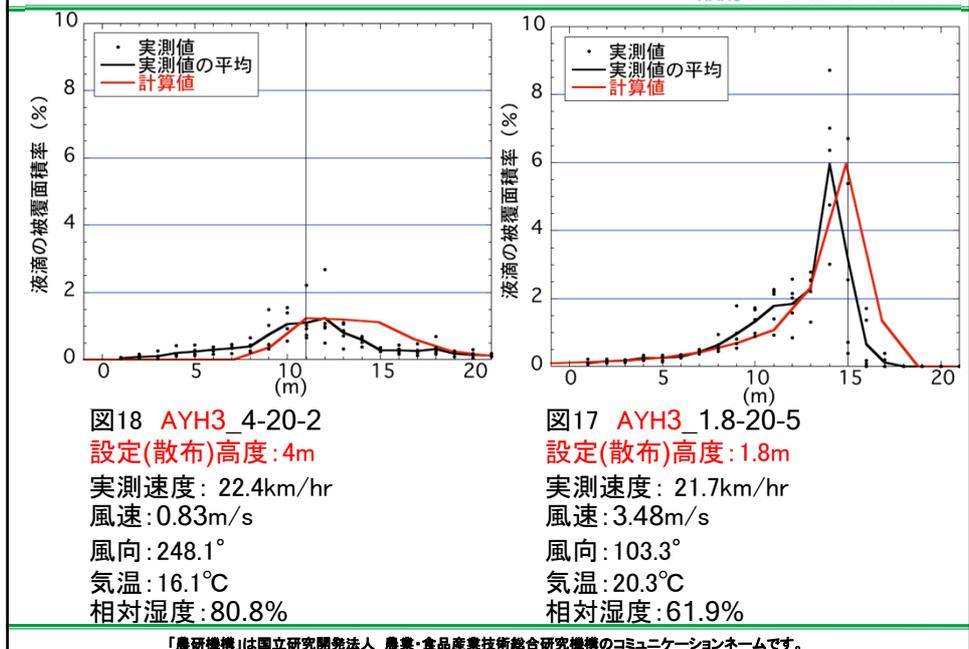
図6 RMAX_1.8-20-15
 設定(散布)高度:1.8 m
 実測速度: 21.6 km/hr
 風速:0.91m/s
 風向:141.12°
 気温:23°C
 相対湿度:79.5%

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

散布高度の差異(高低)による比較 (2)FAZERの場合  農研機構



散布高度の差異(高低)による比較 (3)AYH3の場合  農研機構



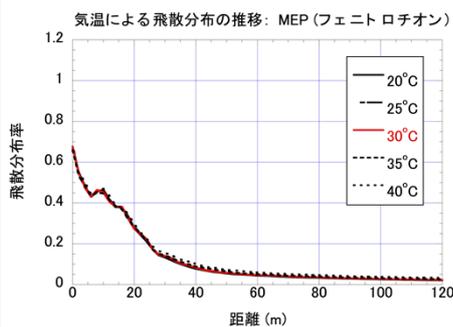
シミュレーション条件設定に係る感度分析 →スプレードリフトに関して

- (1) 気温
- (2) 湿度
- (3) 風速
- (4) 無人ヘリコプターの新旧の機種の影響：
ノズルの位置の違い
- (5) 圃場の大きさ
- (6) 散布高度

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

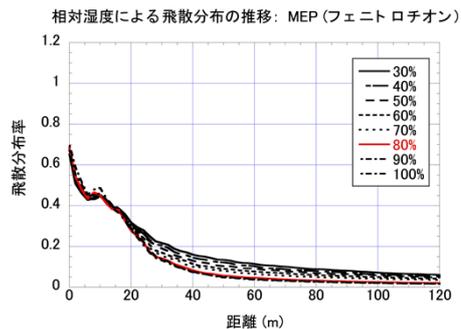
シミュレーション条件設定に係る感度分析(1)

(1) 気温の影響



気温の飛散落下量分布への影響は小さい

(2) 湿度の影響



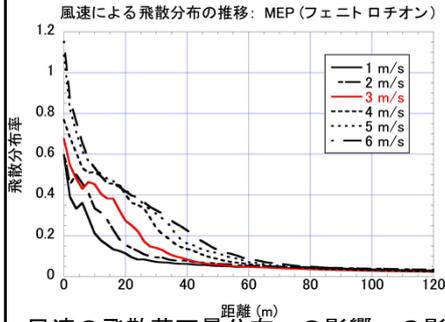
相対湿度の飛散落下量分布への影響は小さい
散布時(明け方)の相対湿度は高く、70%以上ありほぼ80%である

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

シミュレーション条件設定に係る感度分析(2)

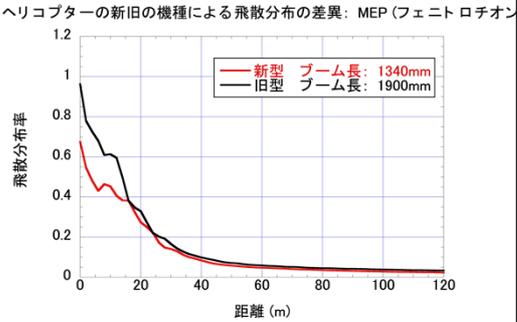


(3) 風速の影響



風速の飛散落下量分布への影響は大きい
しかし、無人ヘリコプターの場合には、3m/sに
限られている

(4) 無人ヘリコプターの新旧の機種の影響: ノズルの位置の違い

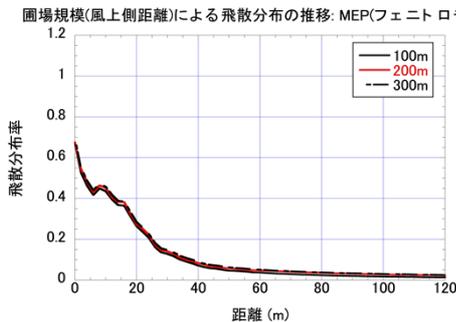


「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

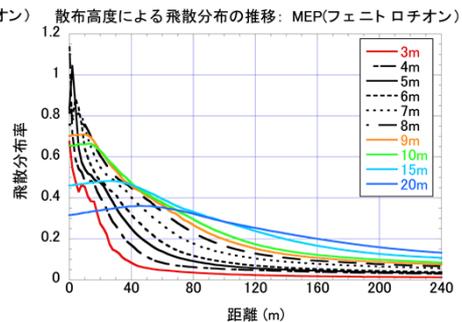
シミュレーション条件設定に係る感度分析(3)



(5) 圃場(水田)の大きさの影響



(6) 散布高度の影響



散布高度の飛散落下量分布への影響は大きい
しかし、無人ヘリコプターの場合には、作物上3~4mの高さに限られている

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

まとめ-1

- ・ **現行仕様**の無人ヘリコプター散布で、ローター径、全長、重量、回転翼の回転速度、散布装置の設置位置や噴霧特性等とともに、飛行高度、速度や飛行間隔等の散布条件を加味して農薬の落下分散や農薬飛散量の評価を数値流体力学(Computational Fluid Dynamics、略称：CFD)を応用したAGDISP/AGDRIFTを用いた。この際、風向・風速や気温、相対湿度などの気象条件も考慮した。
- ・ 落下分散の実測は、飛行ラインに直交する調査線を2メートルの間隔で**5ライン（従来は1ラインのみで評価）**設定し、ラインごと1m間隔で21点、1辺5センチメートルの箱型のミラコート紙を、地上約80センチメートルの高さに設置して、調査ラインの中央部を1パスずつ散布飛行して調査した。
- ・ 実測の測定値は箱型の調査紙に付着した液滴の被覆面積率(%)であり、シミュレーションモデルによる計算結果は、距離に依存した処理量に対する落下割合であり、両者を比較可能なように、飛行中心から距離による相対落下量の相対的な大きさとした。
- ・ シミュレーションモデルによる落下分散は、実測データによる評価結果を良く反映できており、評価対象の現行仕様の無人ヘリコプターの機種による差異も得られた。**また、標準的な飛行条件と気象条件下での農薬散布においても、進行方向で農薬散布の大きな変動が確認できた。**

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

新仕様の大型無人ヘリコプターを想定した適切な農薬散布手法の提示のための試験飛行諸元の組み合わせ(1)

標高	機体重量	飛行速度	飛行高度	反復
高地 (大気圧低)	重い (100%)	13km/h	3m	3
			4m	3
		20km/h	3m	3 (地点増)
			4m	3
	軽い (80%)	13km/h	3m	3
			4m	3
		20km/h	3m	3 (地点増)
			4m	3
低地 (大気圧高)	重い (100%)	13km/h	3m	3
			4m	3
		20km/h	3m	3 (地点増)
			4m	3
	軽い (80%)	13km/h	3m	3
			4m	3
		20km/h	3m	3 (地点増)
			4m	3
散布パターン 1往復半 (大気圧低)	重い (100%)	13km/h	3m	3
			4m	3
	20km/h	3m	3	3
			4m	3

※地点増は、調査ラインを5ラインにする。

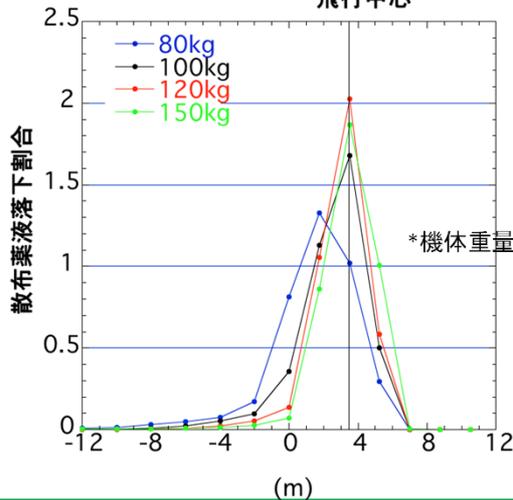
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

評価対象機種: FAZER

機体重量: 80kg、100kg、120kg、150kgの4パターン

散布高度、散布速度、気象条件などは同一条件を適用

飛行中心



*機体重量は、重要な変動因子である事が分かる

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

1. 調査実施場所

①高地: 長野県小諸市

(一社)農林水産航空協会 農林航空技術センター 調査圃場

②低地: 静岡県磐田市 農家圃場

2. 使用機種・装置 機種:FAZER 装置:L402

新仕様の大型無人ヘリコプターが得られていないため、機体重量は、現行機種 of FAZER(陸重量100kg以内)を用いて、散布液等の搭載量で調整した。

・機体: 67.40kg (燃料満タン状態)	} 74.3kg
・散布装置: 3.60kg (タンクを除く)	
・タンク2個: 3.25kg (空状態)	

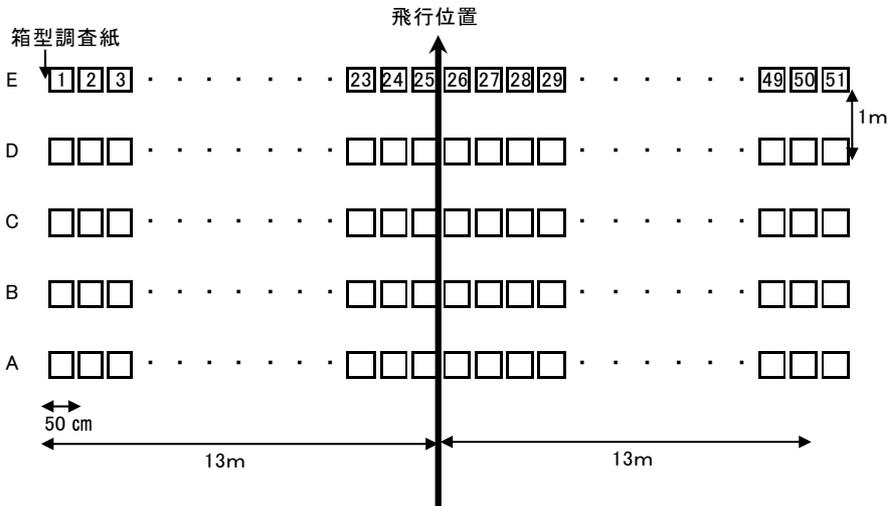
74.3kg + 散布液24.0L = 98.3kg(100%)

74.3kg + 散布液 4.3L = 78.6kg(80%)

(50m区間吐出量300mLを常に補充して重量を保つ)

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

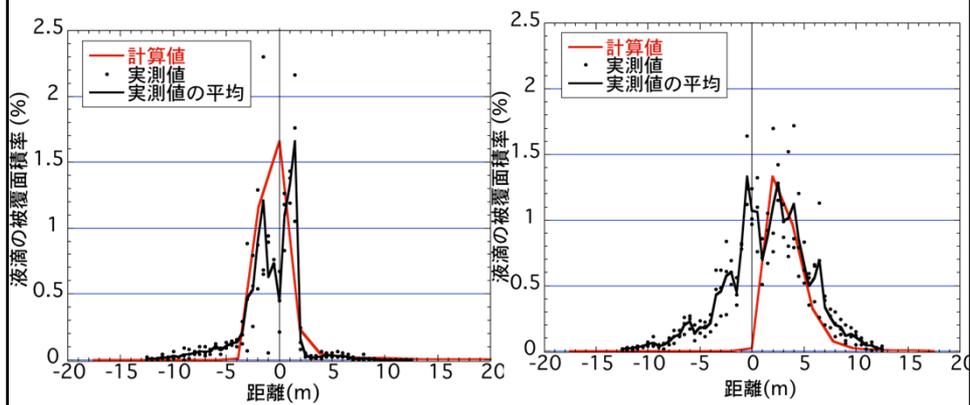
落下分散調査用紙の配置図 (地点増の調査配置図)



(通常の調査紙設置間隔:図1の調査ラインA、C、Eの3ラインにする。)

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

FAZER 高地-Heavy(重い)-13km/h

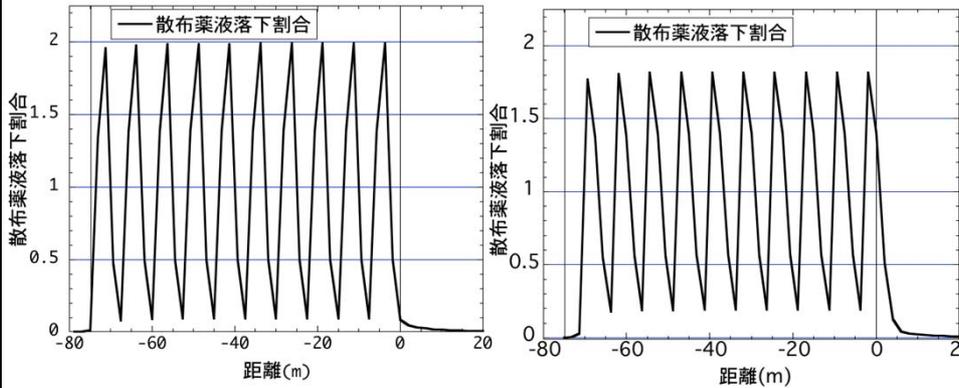


散布高さ3m
風速0.50m/s、風向104.7°

散布高さ4m
風速0.46m/s、風向84.3°

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

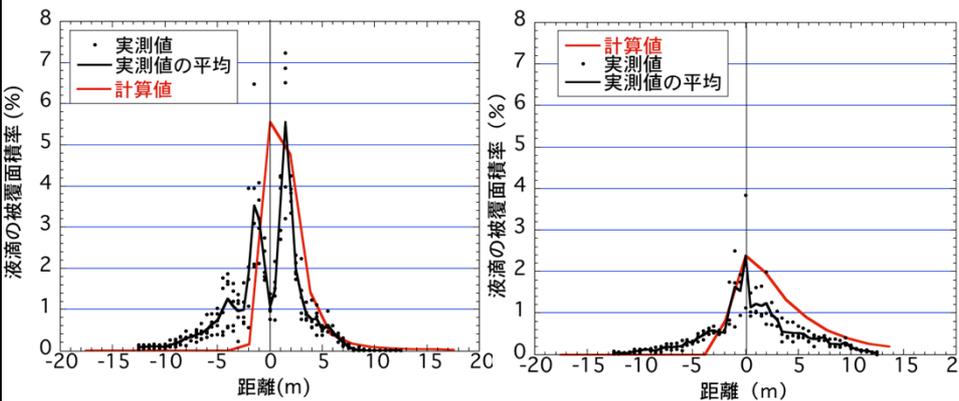
散布幅7.5mでの10回散布の重ね合わせ



散布高さ3m
風速0.50m/s、風向104.7°

散布高さ4m
風速0.46m/s、風向84.3°

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

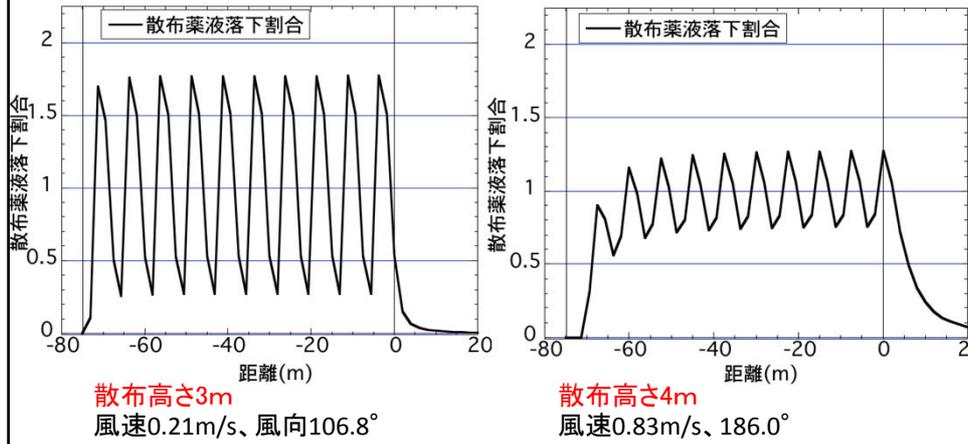


散布高さ3m
風速0.21m/s、風向106.8°

散布高さ4m
風速0.83m/s、186.0°

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

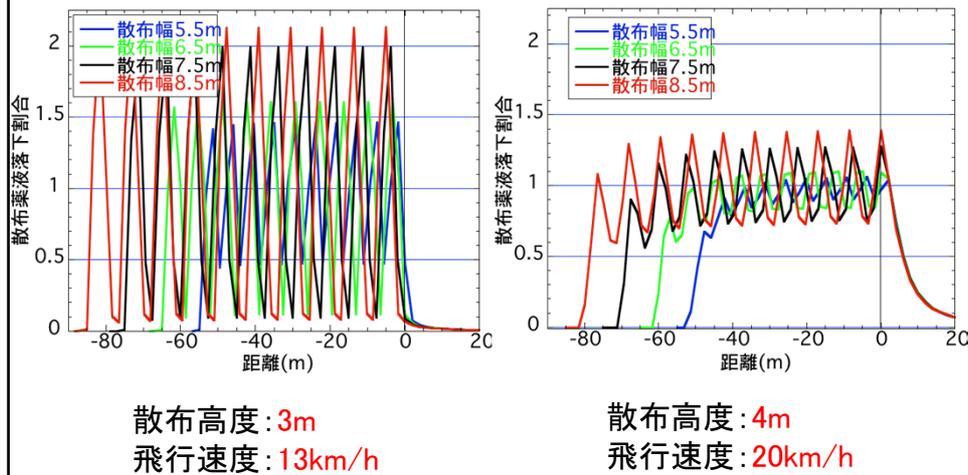
散布幅7.5mでの10回散布の重ね合わせ



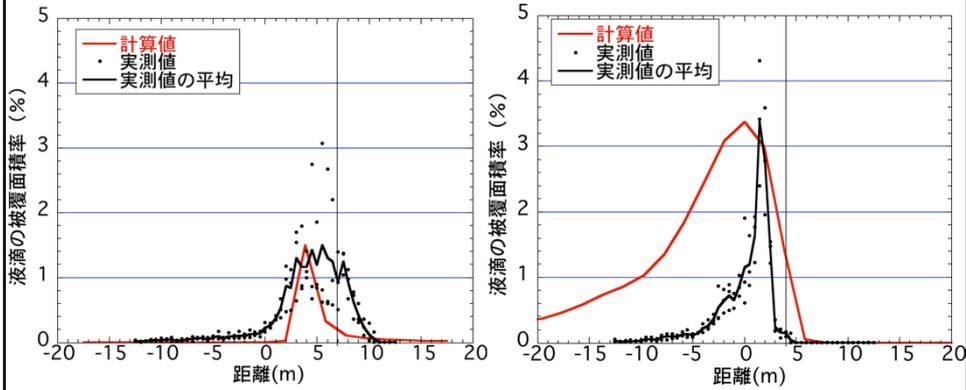
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

散布幅の違いによる均一性の評価

FAZER 高地-Heavy(重い)



「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

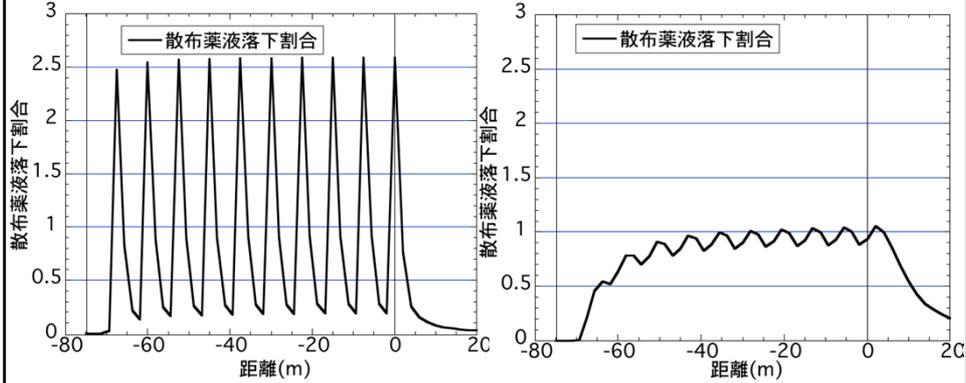


散布高さ3m
風速2.49m/s、風向89.2°

散布高さ4m
風速1.43m/s、風向154.7°

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

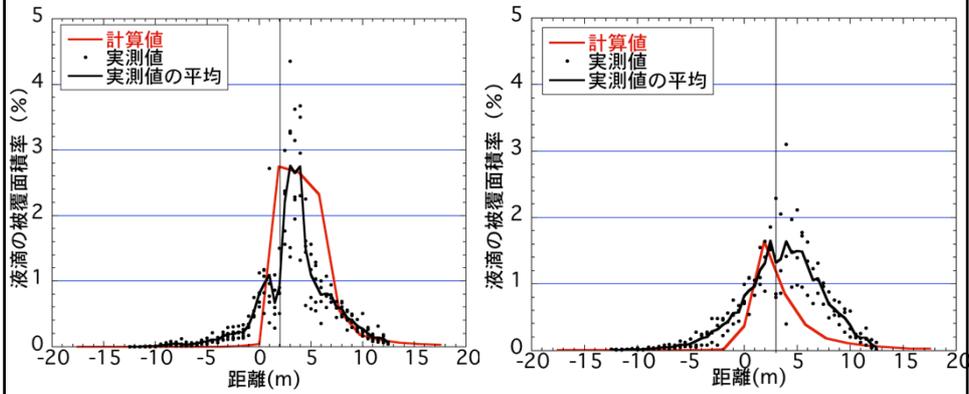
散布幅7.5mでの10回散布の重ね合わせ



散布高さ3m
風速2.49m/s、風向89.2°

散布高さ4m
風速1.43m/s、風向154.7°

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

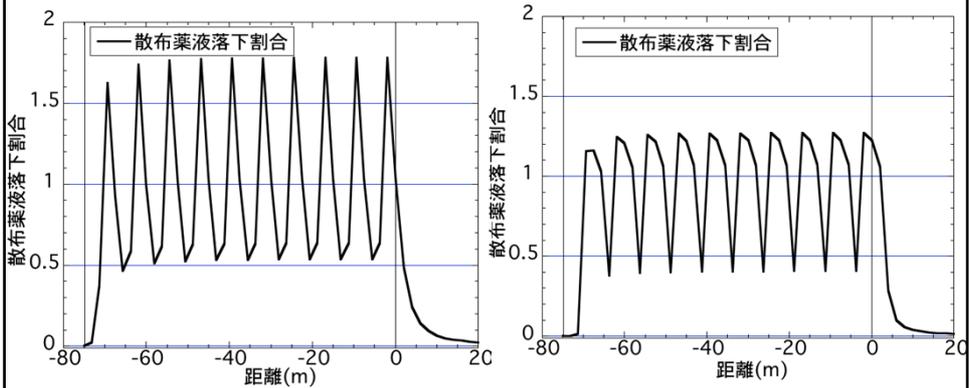


散布高さ3m
風速0.70m/s、風向60.7°

散布高さ4m
風速0.28m/s、風向146.0°

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

散布幅7.5mでの10回散布の重ね合わせ



散布高さ3m
風速0.70m/s、風向60.7°

散布高さ4m
風速0.28m/s、風向146.0°

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

まとめ-2



- ・新仕様無人ヘリコプターを想定し実測で用いたFAZERを対象にローター(回転翼)径、全長、重量、回転翼の回転速度、散布装置の設置位置や噴霧特性等とともに、飛行高度、速度や飛行間隔等の散布条件、その時の気象条件を加味して農薬の落下分散や農薬飛散量を評価した。
- ・同様な気象条件では、離陸重量が大きな場合には、より大きなダウンウォッシュのために落下分散は、よりシャープになり横方向への拡散は小さくなった。
- ・実測により得られたデータと同一環境条件でのシミュレーションモデルによる計算結果と比較することによる検証については、ほぼ同様な傾向の結果が得られ再現できたことで、シミュレーションモデルの妥当性・信頼性を担保できた。
- ・本シミュレーション法を活用することにより、今後上市が想定される新仕様の無人ヘリコプターに応じた適切な飛行高度、速度及び飛行間隔等の至適値を提示する事が可能となった。

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究目標の達成について



今後、上市が見込まれる多種多様な、より大型の無人ヘリコプターや散布装置を用いた場合の

- ・適切な飛行高度
- ・速度及び
- ・飛行間隔等の散布条件の至適値の推算方法を提示すること

今後の検討課題:どの程度のバラツキであれば許容可能か?

- ・無人ヘリコプターによるよりきめ細かな散布の技術指針や空中散布実施者向けの安全対策マニュアル等の作成に活用すること
- ・空中散布実施者への情報提供や指導に活用すること

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。