

2012年10月26日

環境省:平成24年度農業の大気経路による影響評価事業

資料6

農薬の大気経路による影響評価事業 無人ヘリコプター散布での農薬飛散リスク評価 — シミュレーションモデルを利用して —

コバラ ユウソウ

小原 裕三

独立行政法人農業環境技術研究所
有機化学物質研究領域



無人ヘリコプター散布での農薬飛散リスク評価

目的:

無人ヘリコプターによる農薬のばく露経路:

吸入及び経皮によるばく露について評価を行う。

- ・実測による評価には、多大な労力と経費が必要
- ・立地条件、気象条件や農薬の種類によって、大きく異なる結果
- ・事例を積み重ねて一般化するには、膨大な試験規模と試験数が必要
現実的には困難

そのため、変動要因を明らかにし、
それに基づく農薬の飛散動態を予測するシミュレーションモデルを利用し、
リスク評価の一般化を図る。



無人ヘリコプター散布での農薬飛散リスク評価

どのように暴露評価を行うか:シミュレーションにより暴露濃度評価

→大気中濃度評価

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(ベーパードリフト)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)

ベーパードリフトについては、

- ・CALPUFF (the Atmospheric Studies Group at TRC Solutions)



1. シミュレーション条件設定に係る感度分析

①スプレードリフトに係る分析

- (1) 気温
- (2) 湿度
- (3) 風速
- (4) ほ場面積の広さ
- (5) 無人ヘリコプターの機種
- (6) 有効成分の蒸発速度

②ベーパードリフトに係る分析

スプレードリフト(散布中と散布直後)と
ベーパードリフト(散布中と散布後長期)について、別に評価を行う。

2. シミュレーション結果(例)

3. 既存モニタリングデータとの比較



本事業におけるシミュレーションの考え方

Screening Mode (analysis)

一般的に、農薬の大気拡散のスクリーニング分析(シミュレーションモデルによる解析)は、

- ・取り扱いが容易であるが、
- ・ワーストケースである最大の影響評価(過大評価)となりやすい。

より妥当な評価を行うため、より高次の環境条件を十分に考慮したシミュレーションモデルによる評価を行う。



無人ヘリコプター散布飛行の方法(抜粋)

空中散布等は、気流の安定した時間帯に、かつ、地上1.5mにおける風速が3m/s以下の場合に実施すること。なお、当該風速を超える場合に空中散布等を行わないことを徹底するとともに、超えない場合であっても風向きを考慮した散布を行うよう努めること。

散布飛行高度、速度:

I種無人ヘリの場合: 地上もしくは作物上3~4m、10~20km/h (RMAX、AYH-3、YH300)

「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【平成22年版】」より



無人ヘリコプターによる農薬散布条件

液剤散布装置

- ・噴霧ノズル: TXYS-8
- ・噴霧ノズル設置位置、設置角度は固定
- ・噴霧圧力: 0.44MPa
- ・薬剤吐出速度: 一定
- * 厳密に管理

散布量: 対象作物が水稻の場合には、0.8L/10a

以上より、他の農薬地上散布方法よりも、
農薬飛散動態への人為的、装置的な変動要因は、
比較的小さいことが容易に推測できる。



粒径分布測定結果 (2010年度生研センター)

	有効成分名		剤型	D50	VMD	R100
	単位			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	ベンシクロン	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	メブロニル	水和剤	104	105	46
	9	フサライド	水和剤	114	115	36
	10	アゾキシストロピン	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	ブプロフェジン	水和剤	112	113	37
	18	デブフェンジド	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 アゾキシストロピン	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	デブフェンジド ブプロフェジン 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。



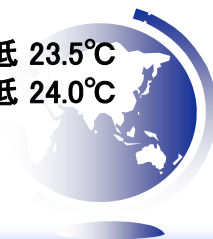
シミュレーション評価に用いた気象条件

アメダスデータ新潟(平成14年から平成23年の10年間の8月1日から7日の平均値の繰り返し)を利用した。

- * 気温 : 平均 27.8°C 最高 31.8°C 最低 24.2°C
- * 気圧 : 平均 1009.8hPa 最高 1012.8hPa 最低 1007.5hPa
- * 風速 : 平均 2.6m/s 最高 4.2m/s 最低 1.3m/s
- * 日射量 : 最高3.102MJ/m² 1日平均 20.918MJ/m²/日

データの得られない気象要素は昨年度行った実測値を平均して使用した。

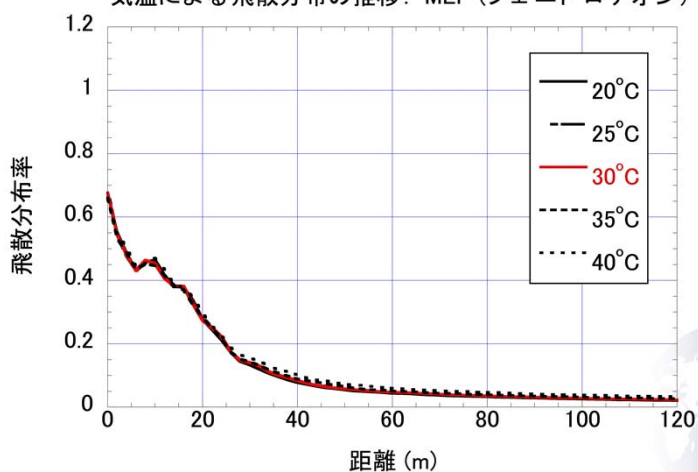
- * 田面水温度 : 平均 26.0°C 最高 29.8°C 最低 23.5°C
- * 地表面温度 : 平均 27.0°C 最高 32.0°C 最低 24.0°C
(裸地ほ場)



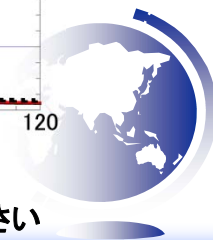
①スプレードリフトに係る分析

(1) 気温の影響

気温による飛散分布の推移: MEP (フェニトロチオン)

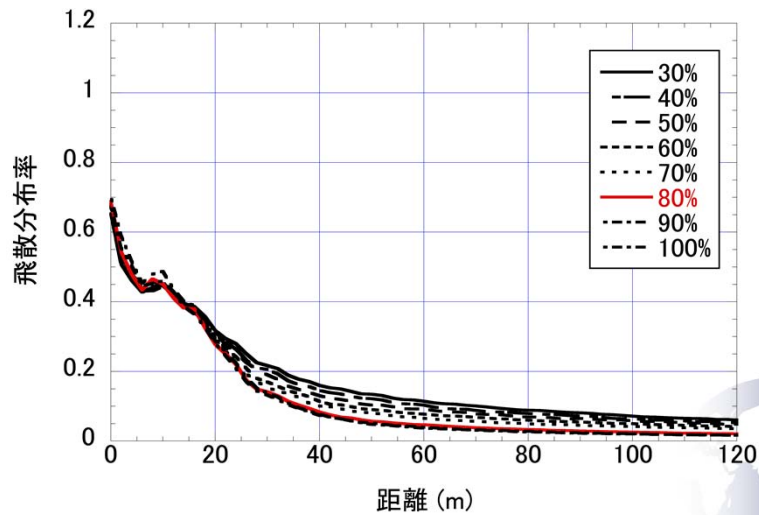


気温の飛散落下量分布への影響への影響は小さい



(2) 湿度の影響

相対湿度による飛散分布の推移: MEP (フェニトロチオン)

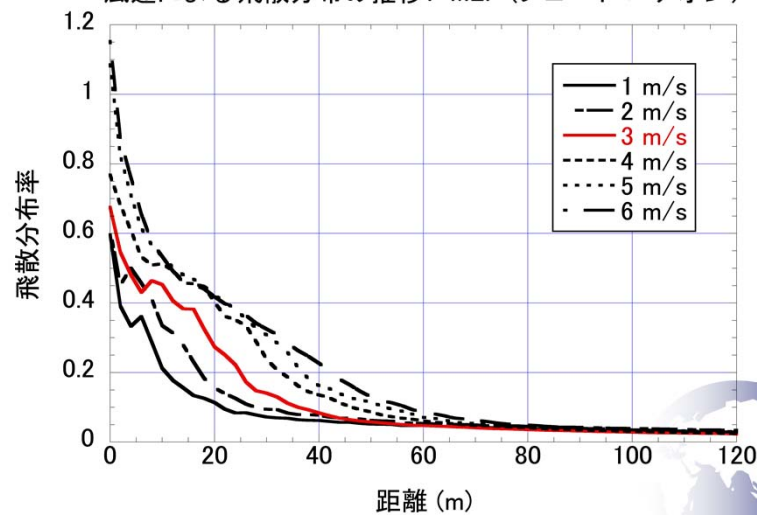


相対湿度の飛散落下量分布への影響への影響は小さい
散布時(明け方)の相対湿度は高く、70%を超えほぼ80%である



(3) 風速の影響

風速による飛散分布の推移: MEP (フェニトロチオン)



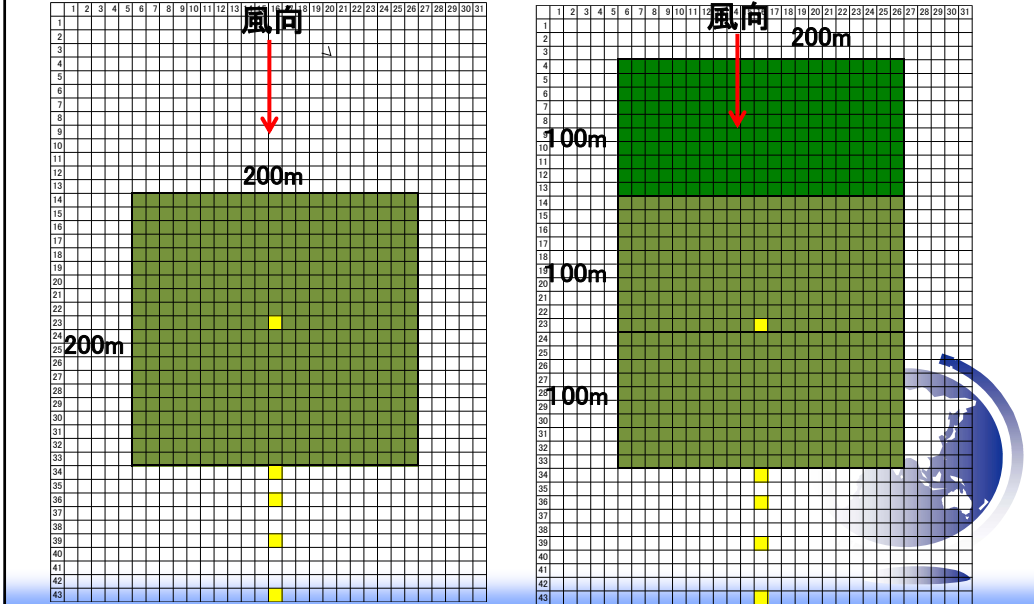
風速の飛散落下量分布への影響への影響は大きい
しかし、無人ヘリコプターの場合には、3m/sに限られている



(4) 圃場(水田)の大きさの影響

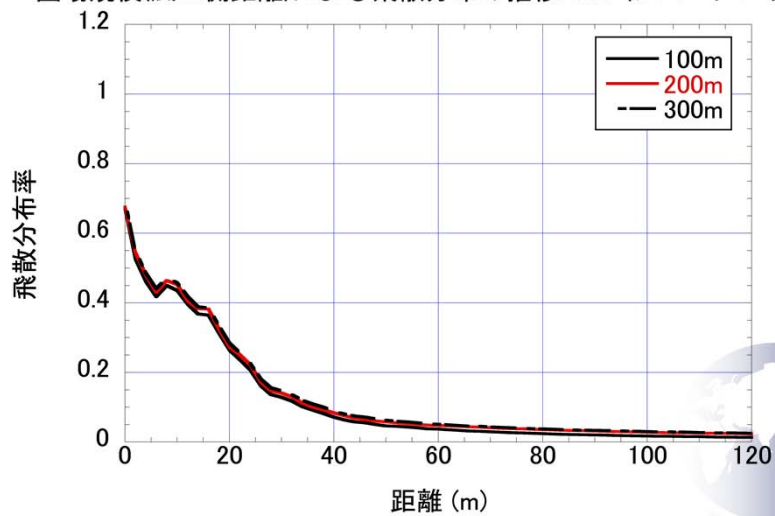
当初の計画

評価委員の指摘を踏まえ設定



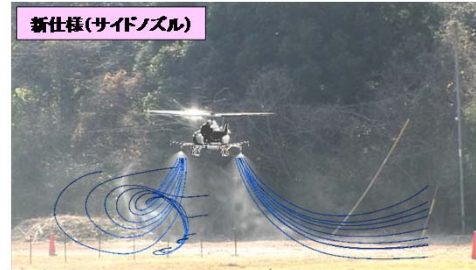
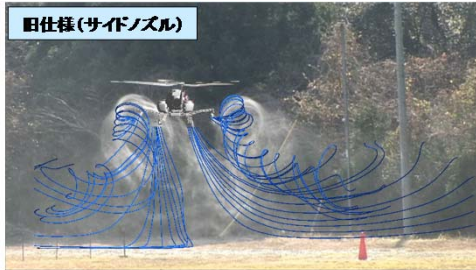
圃場(水田)の大きさの影響

圃場規模(風上側距離)による飛散分布の推移: MEP(フェニトロチオン)



(5) 無人ヘリコプター新旧の機種の影響

無人ヘリコプター散布でのダウンウォッシュ軌跡の解析



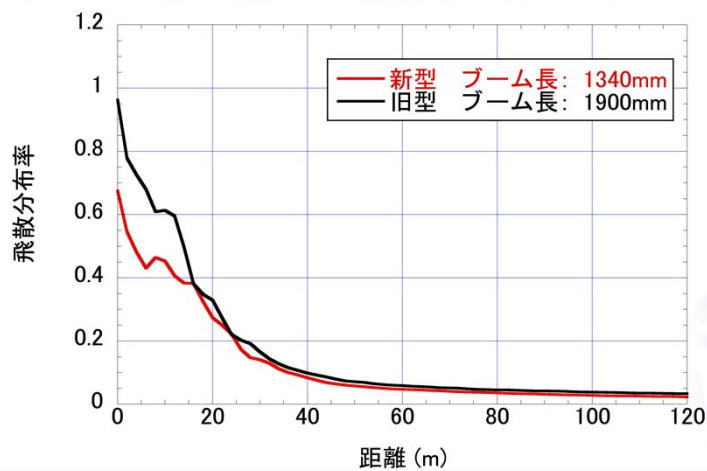
- ・写真は実飛行時の薬剤の流れ
- ・青線はコンピューター解析による薬剤の流線



(社)農林水産航空協会、ヤマハ発動機(株)提供

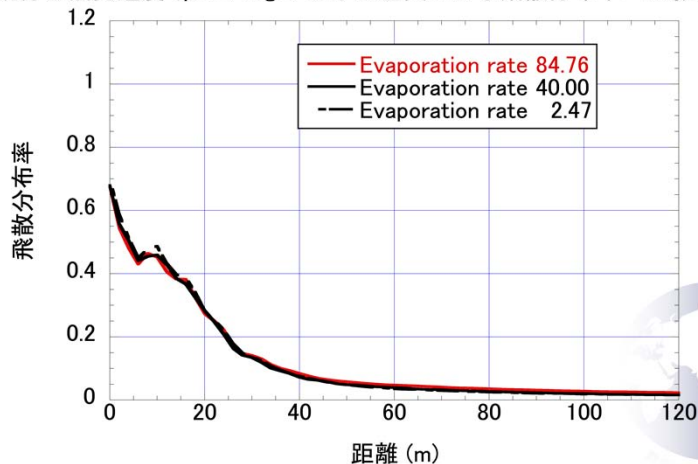
無人ヘリコプターの新旧の機種の影響： ノズルの位置の違い

ヘリコプターの新旧の機種による飛散分布の差異：MEP (フェニト ロチオン)



(6) 農薬有効成分の蒸発速度 (Evaporation rate):
通常: 2.47 ~ 84.76 $\mu\text{m}^2/\text{degC}/\text{sec}$ 、フェニトロチオンを例に

有効成分の蒸発速度 ($\mu\text{m}^2/\text{degC}/\text{sec}$) の差異による飛散分布率への影響



②ペーパードリフトに係る分析

大気中と水中での拡散速度の評価

* FSG 法

$$D_{\text{air}} = 0.001 T^{1.75} M_r^{1/2} / (P (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2)$$

D: 拡散係数 (cm^2/sec)

T: 温度 (K)

M_r : 分子量

$$M_r = (M_A + M_B) / (M_A M_B)$$

M_A : 大気分子量 (28.97 g/mol)

M_B : 評価対象物質の分子量

V_A : 大気モル体積 (約20.1 cm^3/mol)

V_B : 評価対象物質のモル体積

P: 圧力 (atm)

* Hayduk and Luide法

$$D_{\text{water}} = 13.26 \times 10^{-5} / h^{1.14} (V_B')^{0.589}$$

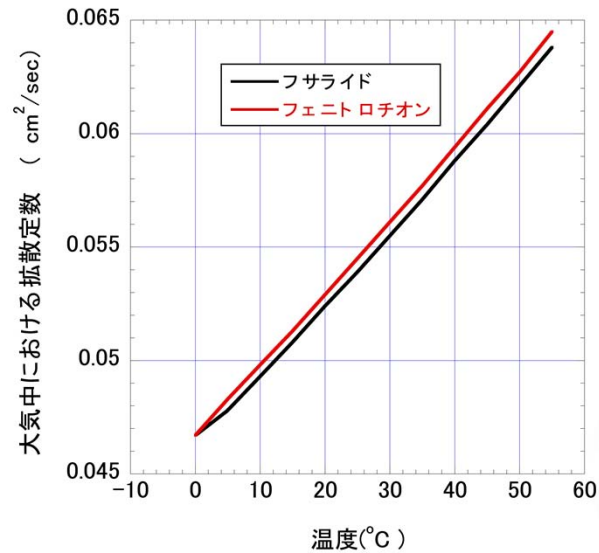
h: 水の粘度

V_B' : モル体積のLaBas 評価



評価対象農薬の拡散定数の温度依存性の評価

評価対象農薬の大気中における拡散定数の温度依存性



◎農薬の揮散フラックス (田面水や地表面からの大気への移行速度)

二重境膜モデル(the two-film model, Mackeyら、*Environ. Sci. Technol.* 1983, 17, 211-217)により推算し、シミュレーションモデル内でのエミッションとした。

$$F = K_{of}(C_w - C_a RT/H)$$

R: 気体定数(8.3Pa m³ mol⁻¹ K⁻¹)

T: 絶対温度(K)

H: ヘンリー定数(Pa m³ mol⁻¹)

C_wとC_a: 評価対象農薬の水相中と気相中の濃度

K_{of}(m s⁻¹): 水層k_wと気層k_aにおける物質移動係数の寄与かなる全体の物質移動係数

$$1/K_{of} = RT/H \times 1/k_a + 1/k_w$$

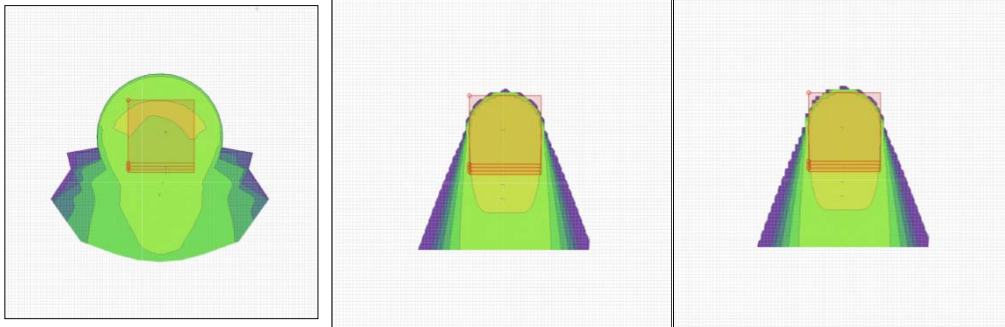


フェニトロチオンの拡散分布の気温依存性
 散布当日散布後1時間の大気中平均濃度

過去10年間の平均気象条件

平均気温+5°Cで推移

平均気温+10°Cで推移



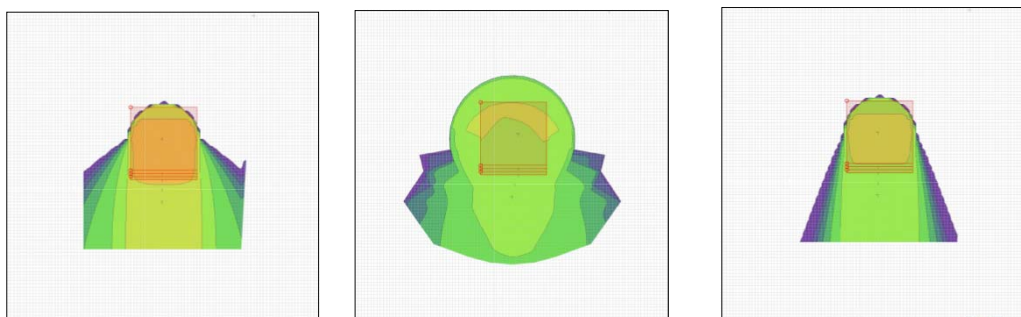
ベーパードリフトへの気温の影響は、当初の予想より大きい

フェニトロチオンの拡散分布の風速依存性
 散布当日散布後1時間の大気中平均濃度

平均風速-2m/s

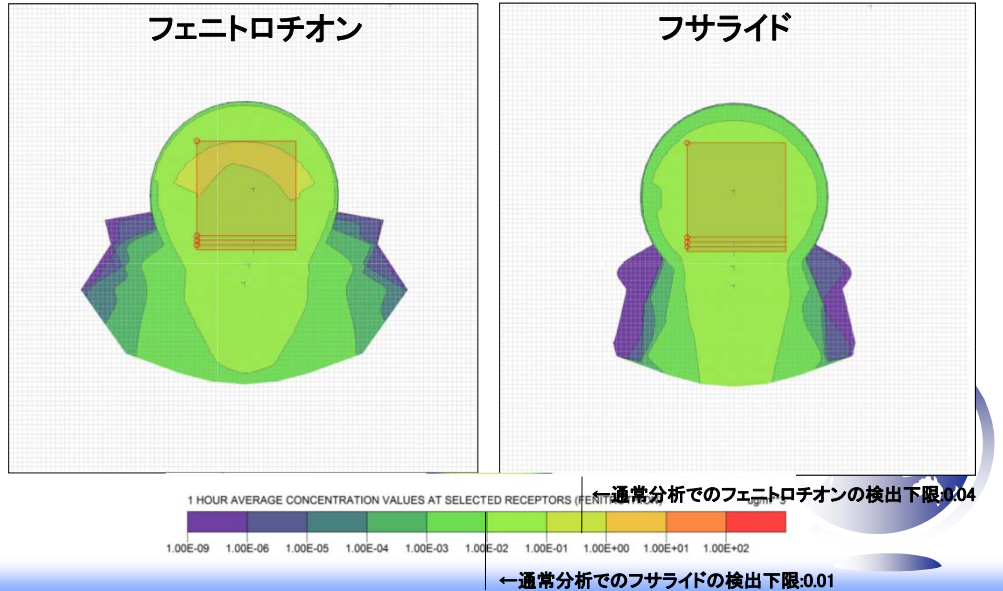
過去10年間の平均風速

平均風速+2m/s

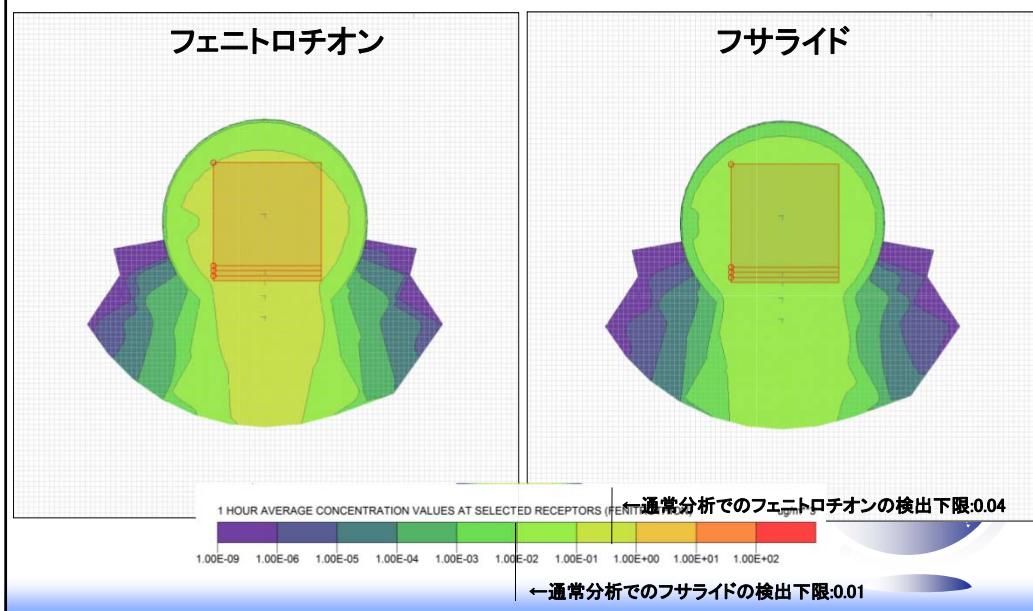


2 シミュレーション結果(例)

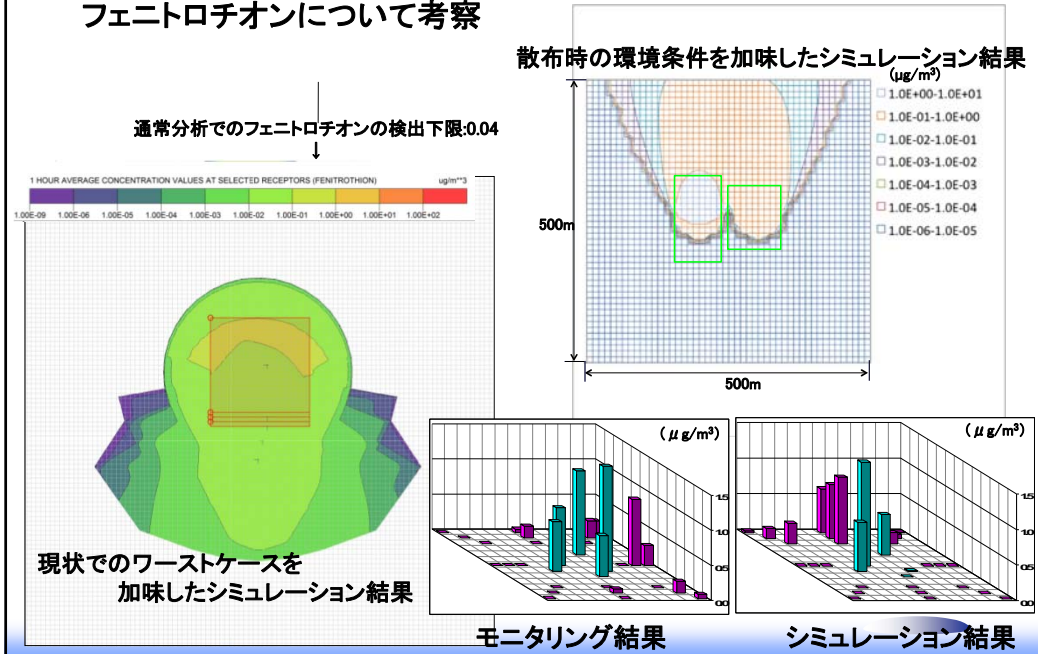
散布直後の1時間平均の大気中濃度



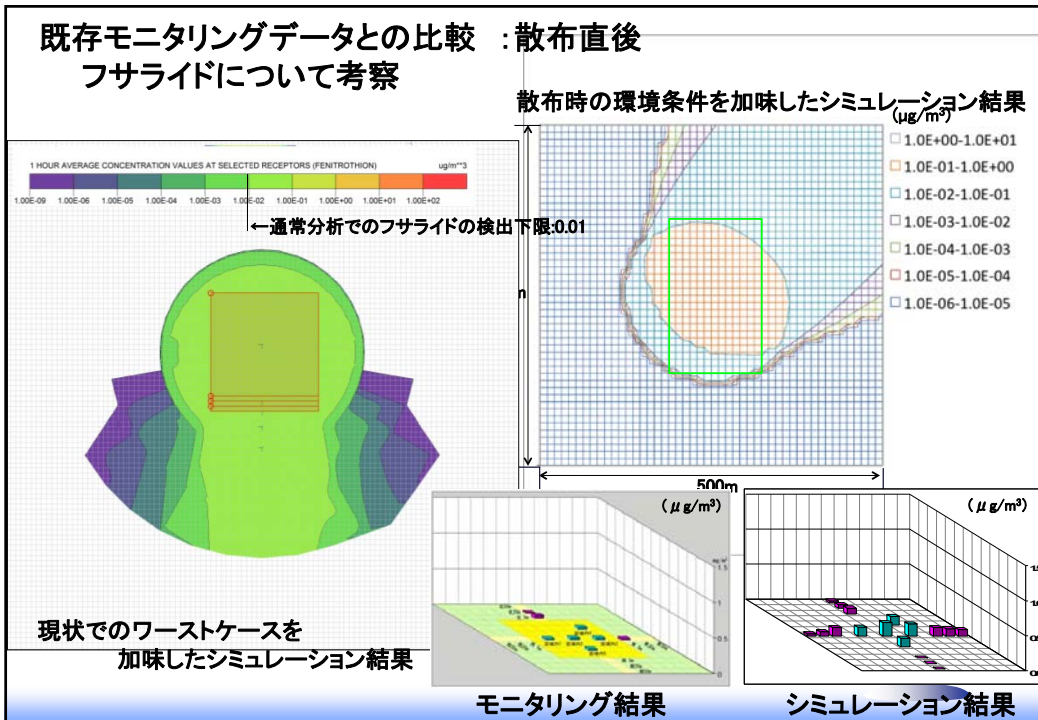
無人ヘリによる散布後(727時間、28日間)の累積の大気中濃度の分布
* 環境中での分解消失を一切考慮していないワーストケースでの評価



3 既存モニタリングデータとの比較 : 散布直後 フェントロチオンについて考察



既存モニタリングデータとの比較 : 散布直後 フサライドについて考察



まとめ

(昨年度)

スプレードリフト(AgDRIFT)とベーパードリフト(CALPUFF)のシミュレーションモデルを組み合わせることで、無人ヘリコプターによる農薬でのより現実的な農薬の飛散動態評価が実施可能であった。
本シミュレーションにより、過去のモニタリングデータをほぼ再現できた。

(本年度)

モデルとなる農薬2種を用いて、現実的な中での Worst Case を考慮したシミュレーションモデルによる農薬濃度の飛散分布評価と経時的な推移の評価を行い、大きく外れることがなく、過小評価とならない評価結果が得られた。
今後は、本法により約30種の農薬有効成分についての評価を行う。

