

平成19年度環境省請負業務報告書

平成19年度農薬飛散リスク評価手法確立調査

(基礎調査業務)

報 告 書

平成20年3月31日

社団法人 日本植物防疫協会

目 次

平成19年度農薬飛散リスク評価手法確立調査（基礎調査業務）仕様書	1
主たる担当者	3
課題Ⅰ．散布方法の変更による気中濃度低減効果確認基礎調査	4
課題Ⅱ．剤型の変更による気中濃度低減効果確認基礎調査	15
課題Ⅲ．スポット散布及び薬量を低減した散布条件下での薬効確認基礎調査	31
要 約	51
資料1 本試験に適する捕集材の予備検討結果	53
資料2 散布方法の変更による気中濃度低減効果確認調査分析法の詳細	57
資料3 剤型変更による気中濃度低減効果確認基礎調査分析法の詳細	68

平成19年度農薬飛散リスク評価手法確立調査（基礎調査業務）仕様書 （抜粋）

1 業務の目的

本調査は、街路樹や公園の花木類等管理のために市街地において散布される農薬の飛散リスクを評価・管理する手法を確立するため、平成17年度から開始しているものである。平成17年度においては、海外での農薬飛散リスクの評価・管理手法に関する文献調査および、自治体での防除実態を把握するためのアンケート調査等を実施した。平成18年度においては、ゴルフ場および工場の緑地帯において実際の農薬散布場面においてモニタリング調査を実施し、農薬の飛散による暴露実態を把握するための基礎資料を得たところであるが、同時に、飛散リスク低減に資するとされる既存の技術についての実際の低減効果や、農薬を散布する区域を最小限に絞った場合の薬効を確認する基礎調査が必要との検討結果が得られた。

この検討結果を受け、本業務では、既存技術の実際の農薬気中濃度低減効果並びに、スポット散布及び薬量を低減した散布条件下での薬効を確認し、病虫害・雑草管理マニュアル策定にあたっての基礎資料を得る。

2 業務内容

これまでの知見から、散布圧の低減や粒径を大きくしたドリフト低減ノズル等の既存の技術には、ドリフト低減効果が確認されているものがあるが、気中濃度の低減効果を有するかは確認されていない。また、乳剤からマイクロカプセル剤（MC剤）等、剤型を変更することによる気中濃度の低減効果についても明らかにされていない。そのため、これら既存技術の実際の農薬気中濃度低減効果について調査を行うこととする。また、住宅地等における病虫害防除に当たっては、農薬を散布する区域と薬量を絞るよう指導しているが、この推進をさらに進めるにあたり、そのような散布条件でも十分な防除効果が得られるかを確認する調査を行うこととする。

なお、気中濃度測定に際しては、「航空防除農薬環境影響評価検討会報告書（平成9年12月、環境庁水質保全局）」の測定方法に準じた手法を用いることとする。

（1）散布方法の変更による気中濃度低減効果確認基礎調査

ドリフト低減効果が確認された既存の散布方法について、気中濃度の低減効果を有するかを確認するための試験を行うこととする。

（2）剤型の変更による気中濃度低減効果確認基礎調査

剤型を変更することで、気中濃度低減効果が得られるかを確認するための試験を行うこととする。

（3）スポット散布及び薬量を低減した散布条件下での薬効確認基礎調査

使用範囲と使用薬量を限定した条件での防除効果を確認するための試験を行うこととする。なお、薬剤は非神経毒性農薬を含んで複数選定し、薬量は、慣行として行われている“薬液がしたたり落ちる”レベルを含んで設定することとする。

また、本調査は（1）及び（2）の調査に追加する形式で実施して差し支えない。

（4）報告書の作成

本業務請負業者は（1）から（3）の調査結果等を取りまとめ、報告書を作成すること。

中間報告を取りまとめ、検討会に報告を行い、その意見等を踏まえたうえで最終報告書を作成する。

主たる担当者

氏 名	職 名
和 田 豊	研究所総括研究員
荻 山 和 裕	研究所環境分析チーム研究主任
荒 井 雄 太	研究所環境分析チーム研究員
長 岡 広 行	研究所虫害チームマネージャー
舟 木 勇 樹	研究所虫害チーム研究員
難 波 孝 志	研究所病害チームマネージャー
高 木 豊	調査企画部技術調査チームマネージャー
藤 田 俊 一	調査企画部総括兼技術調査チームリーダー

職名は平成19年6月現在

課題 I . 散布方法の変更による気中濃度低減効果確認基礎調査

1. 目的

慣行ノズルを使用して散布した場合と飛散低減ノズルを使用して散布した場合との散布後の気中濃度の推移を比較調査する。

2. 試験方法

(1) 試験場所

日本植物防疫協会研究所（茨城県牛久市） 所内圃場

(2) 試験区

本調査は、慣行ノズルを用いて散布した場合と飛散低減ノズルを用いて散布した場合の農薬の気中濃度を比較調査するものであり、外的影響を極力排し同等の環境を設定する必要があることから、複数の同規格のビニルハウス（以下、ハウス）を試験区として用いた。使用したハウスは、面積 108 m²（間口 5.6m、高さ 3m、奥行き 18m）、作物等は栽培されておらず、十分に耕起したのちに表面をならし、供試した。図 I -2 のとおり相互にやや離れたハウスに慣行ノズル区（以下、慣行区）、飛散低減ノズル区（以下、飛散低減区）およびコントロール測定点を設置した。



図 I -1. 試験に用いたハウス

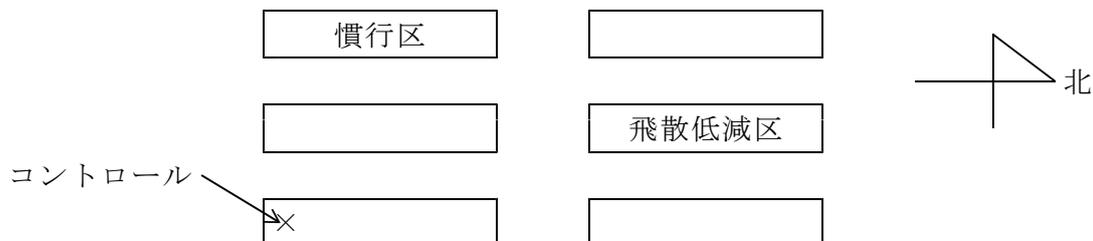


図 I -2 試験区の位置関係図

(3) 供試ノズル

樹木等の散布に用いられるノズルの中から噴霧粒径の異なる2種類のノズルを選定した。噴霧粒径が明らかで噴霧量やノズル形状が同等な組み合わせとして、慣行ノズルはヤマホ工業(株)製新広角タテ2頭口ノズル、飛散低減ノズルはヤマホ工業(株)製キリナシSVノズル2頭口を選定した。平均粒径は前者が約 $60\ \mu\text{m}$ 、後者が約 $470\ \mu\text{m}$ (いずれも 1.5MPa 散布時)である。



図 I -3. 慣行ノズル (ヤマホ・新広角タテ2頭口ノズル)



図 I -4. 飛散低減ノズル (ヤマホ・キリナシSVノズル2頭口)

(4) 供試農薬

公園緑地等の防除において使用頻度の高い農薬の中から、特性(揮発性)の異なる2つの農薬を選定することとし、揮発しやすい農薬としてMEPを、揮発しにくい農薬としてエトフェンプロックスを選択した。

試験には、これらを含む農薬製剤として以下を用いた。

- ① MEP50%乳剤：商品名スミチオン乳剤、Lot.No. 08.10 A5C09

②エトフェンプロックス 20%乳剤：商品名トレボン乳剤、Lot.No. 10.10-OFG006

表 I-1 に供試農薬の物理化学性を示す。

表 I -1. 供試農薬の物理化学性

農薬名	蒸気圧 (mPa、25°C)	土壌吸着係数 (Koc、25°C)	加水分解 (半減期)	水中光分解 (半減期)
MEP	1.57	816~1935	57日以上 (pH7.1、 30°C)	1.1日 (河川水)
エトフェンプロックス	8.13×10^{-4}	極めて大きい*	1年以上 (Ph5.79、 25°C)	2日 (蒸留水・自然水、 25°C)

出典：農薬ハンドブック 2005 年版 *土壌への吸着が強い「土と農薬」1998 年

(5) 散布方法

試験に先立ち、各ノズルの噴霧量を測定し、それぞれ同等の散布量（2L 程度を目標量とした）となるよう散布時間を決定した。各ノズルは図 I -5 に示した地点の高さ約 1m の位置で、水平方向に散布するよう固定した。

次に大型容器に MEP 乳剤およびエトフェンプロックス乳剤各 1000 倍希釈液の混合液を調整し、同じ薬液を用いて 2 台の同規格の動力噴霧機でそれぞれの試験区で同時に散布できるように設定した。

農薬散布は平成 19 年 9 月 11 日 8 時 40 分に行った。

試験区を密閉したのち、両区同時に散布を開始し、慣行区では 20 秒間、飛散低減区では 16 秒間それぞれ正確に散布した。散布条件を表 I -2 にまとめて示す。

なお、農薬濃度の確認のため、散布液の一部を採取し、分析に供した。

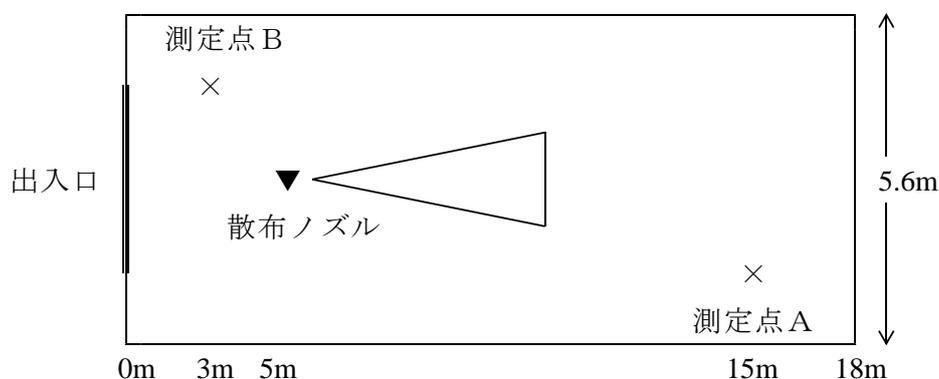


図 I -5 試験区の見取り図

表 I -2. 各試験区の散布条件

試験区	ノズル種類	散布条件				
		先端圧力 (MPa)	噴霧粒子平均 粒径(μm)*	噴霧量 (ml/秒)	散布時 間(秒)	散布量 (L/区)
慣行区	ヤマホ・新広角タテ 2頭口	1.5	57.9	106.7	20.0	2.13
飛散低減区	ヤマホ・キリナシ SV2頭口	1.5	474.4	133.4	16.0	2.13

*ヤマホ工業提供(先端圧力 1.5MPa)



図 I -6. 慣行ノズルによる散布風景



図 I -7. 飛散低減ノズルによる散布風景

(6) 調査方法

1) 大気捕集方法

各試験区において農薬の散布液が直接かからない位置（図 I -5 中の A 点（ハウス奥）、B 点（ハウス手前））に気中濃度調査地点を設置した。

捕集カラムは、予備検討を行って最も感度の高かったものを用いた（予備検討結果を資料 1 に示す）。ガラス管に捕集材（Tenax TA 0.5g）を詰め、高さ 1.5m の位置で下向きに固定した。この捕集カラムをテフロンチューブでミニポンプ（MP-Σ 500 柴田科学製）に接続し、各測定地点（5 箇所）に設置した（図 I -8）。

吸引速度は 1 分間当たり 2L とした。



図 I -8. 大気捕集装置

2) 捕集時間

大気捕集は、散布前、散布直後、5 分後、10 分後、30 分後、1 時間後、3 時間後、6 時間後、12 時間後、24 時間後、48 時間後および 72 時間後に行った。

散布後しばらくは微細な散布粒子が空中に滞留することから、外的要因によるかく乱をできるだけ避けるため、散布 30 分後まではハウスを密閉状態で管理し、それぞれの測定時刻に 5 分間ずつ吸引測定した。その後はハウスの側面と出入口を開放し、捕集時のみ密閉して調査を実施した。散布前および散布 1 時間後からの各調査では 30 分間ずつ吸引を行った。

コントロール測定点では試験区の調査と同時刻に 30 分間ずつ吸引を行った。

3) 分析方法の概略

吸引が終了した捕集カラムはすみやかに所内の分析施設に持ち帰り、ただちに抽出・分析を行った。

捕集材からアセトン 30mL で各薬剤を抽出し、抽出液を減圧濃縮、乾固する。次

に残留物をメタノール 2mL に溶解し、MEP はガスクロマトグラフ (GC/FPD)、エトフェンプロックスは液体クロマトグラフ・タンデム型質量分析計 (LC/MS/MS) を用いて定量した。

分析結果と実吸引量から、各農薬の気中濃度を農薬有効成分 (以下、薬剤) の大気 1 m³ 当たりの μg として結果を表示した。

分析方法の詳細は資料 2 に示した。また、添加回収試験 (捕集材に既知量の農薬 (標準品) を添加し 30 分間ミニポンプで通気したのちに分析定量) も行った。

4) その他

調査期間中におけるハウス内の気温及び湿度をデジタル温湿度計 (TR-72U、T&D 社製) を用いて計測した。試験期間中の外気温、降水量は試験場所における測定データ、日照時間は竜ヶ崎アメダスデータを用いた。

3. 結果

(1) 試験期間中の天候等

本試験はハウス内が高温になるのを避けるために曇天時に開始した。各試験区およびコントロールの温湿度を図 I -9 および表 I -3 に示したが、散布した 2 つのハウスの温湿度は同じであった。また、大気捕集時の最高温度は散布 72 時間後の 36 °C 前後であり、極端に高温となることはなかった。試験期間中の気象を表 I -4 に示したが、おおむね曇天であった。

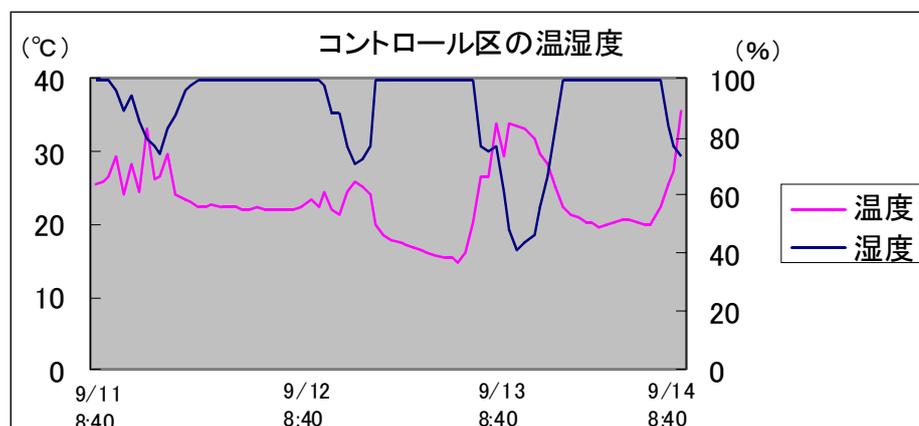
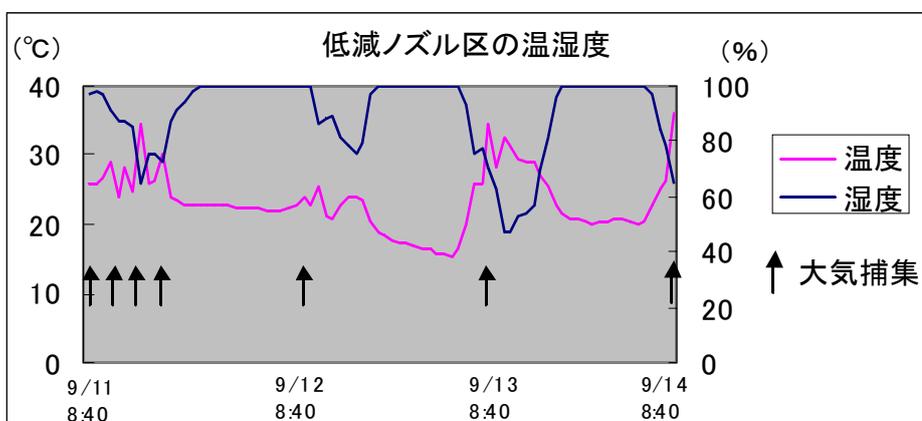
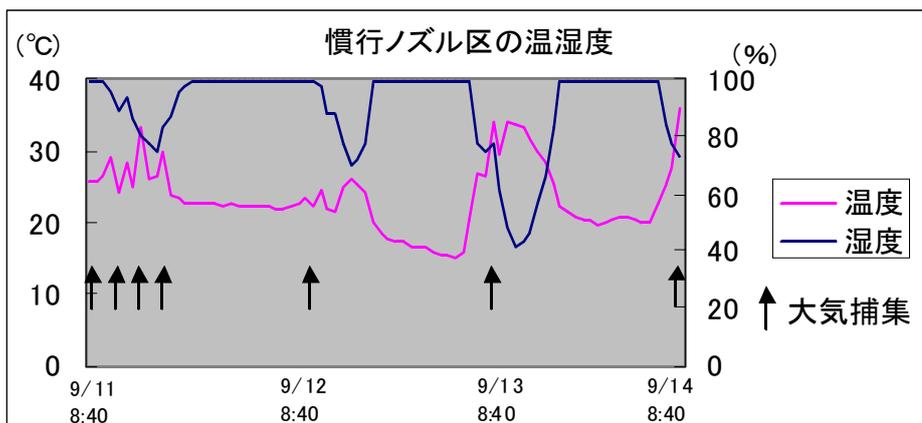


図 I -9. 各試験区の温湿度

表 I-3. ハウス内の温度および湿度

採取時間	最低-最高 気温(°C)			最低-最高 湿度(%)		
	慣行区	低減区	コントロール	慣行区	低減区	コントロール
散布時	25.5	25.6	24	99	97	88
散布時～散布30分後	25.5-29.2	25.6-29.1	24.0-25.3	96-99	91-98	81-88
散布30分後～1時間後	24.1-28.2	24.0-27.9	23.9-25.0	89-94	87-89	81-85
1時間後～3時間後	26.3-33.7	26.7-35.1	25.9-27.4	77-81	65-79	72-79
3時間後～6時間後	27.0-29.8	27.5-30.4	24.7-26.3	80-85	72-75	74-79
6時間後～12時間後	22.6-22.7	22.9-23.1	22.4-22.5	99	99	99
12時間後～24時間後	22.9-23.4	23.3-23.9	22.8-23.7	99	99	97-99
24時間後～48時間後	26.3-34.6	25.5-35.1	27.5-29.3	75-80	70-78	57-61
48時間後～72時間後	27.4-35.7	26.3-36.1	27.7-31.4	73-77	64-78	57-67

表 I-4. 試験期間中の気温、降水量および日照時間

月 日	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	降水量 (mm)	日照時間 (分)
9月11日	23.6	24.7	22.2	2.5	0
9月12日	20.8	22.6	18.2	64	6
9月13日	21.3	25.1	16.7	0	0
9月14日	21.3	23.9	20.5	0	8

(2) 分析結果

表 I-5に各測定点の気中濃度、A・B地点の平均値等を示した。検出限界は MEP で $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エトフェンプロックスで $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、添加回収試験の結果を表 I-6に示した。

散布 30 分後まで（ハウスを閉め切った状態）の気中濃度（A・B 地点の平均値）は、いずれの試験区、農薬とも散布直後に最高値を示し、飛散低減ノズル区における散布直後の気中濃度は、慣行ノズル区の36%（エトフェンプロックス）～39%（MEP）と低かった。その後、時間経過と共に両区の濃度は低下し、30分後には1/4程度まで低下したが、この間においても飛散低減ノズル区の濃度は慣行ノズル区の43%～60%と低く推移した。散布直後の目視による観察でも、慣行区では噴霧粒子の浮遊がしばらくの間観察されたが、飛散低減区ではほとんど観察されなかった。

ハウスを開放した後（1時間後以降）は慣行区、飛散低減区とも揮発性が高い MEP のみが検出され、エトフェンプロックスは検出されなかった。

コントロールからはいずれの農薬も検出されなかった。

なお、両区の調査地点 A・B 間における散布直後の気中濃度の差は、慣行ノズル区では小さかったが、飛散低減ノズル区ではハウス手前側の調査地点 B の方が散布方向となるハウス奥側の A 調査地点に比べてかなり低かった（表 I-5、図 I-10）。

表 I-5 各区における気中濃度

MEP 散布液濃度:437.8ppm(理論濃度500ppm)

	コントロール	慣行区			飛散低減区			低減/ 慣行比(%)
		A点(ハウス奥)	B点(ハウス手前)	平均	A点(ハウス奥)	B点(ハウス手前)	平均	
散布前	<0.08	<0.08	<0.08	—	<0.08	<0.08	—	—
散布直後		48.67	45.89	47.28	29.29	7.40	18.34	39%
5分後		38.72	12.61	25.66	20.16	10.66	15.41	60%
10分後		27.50	22.55	25.03	14.68	9.74	12.21	49%
30分後		12.34	12.48	12.41	5.16	5.57	5.37	43%
1時間後	<0.08	0.93	2.20	1.57	0.60	0.79	0.70	44%
3時間後	<0.08	0.66	1.62	1.14	0.53	0.67	0.60	52%
6時間後	<0.08	0.33	0.63	0.48	0.20	0.26	0.23	48%
12時間後	<0.08	0.29	0.50	0.39	0.17	0.16	0.17	43%
24時間後	<0.08	0.12	0.25	0.18	0.18	0.19	0.19	101%
48時間後	<0.08	0.09	0.19	0.14	<0.08	0.12	0.12	83%
72時間後	<0.08	<0.08	0.10	0.10	<0.08	<0.08	<0.08	—
散布直後～30分後 平均				27.59			12.83	47%
散布1～72時間後 平均				0.57			0.29	51%
全平均				10.40			4.85	47%

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

エトフェンプロックス 散布液濃度:176.5ppm(理論濃度200ppm)

	コントロール	慣行区			飛散低減区			低減/ 慣行比(%)
		A点(ハウス奥)	B点(ハウス手前)	平均	A点(ハウス奥)	B点(ハウス手前)	平均	
散布前	<0.02	<0.02	<0.02	—	<0.02	<0.02	—	—
散布直後		15.26	16.95	16.11	9.13	2.33	5.73	36%
5分後		13.29	5.39	9.34	7.35	3.59	5.47	59%
10分後		11.13	10.29	10.71	6.15	4.29	5.22	49%
30分後		8.22	8.19	8.20	3.79	3.40	3.59	44%
1時間後	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	—
3時間後	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	—
6時間後	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	—
12時間後	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	—
24時間後	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	—
48時間後	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	—
72時間後	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	—
散布直後～30分後 平均				11.09			5.00	45%
散布1～72時間後 平均				<0.02			<0.02	—
全平均				4.05			1.83	45%

(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

検出限界未満は検出限界値 (MEP : 0.08、エトフェンプロックス : 0.02) より平均を算出

表 I-6 添加回収試験結果

添加薬剤	添加量		平均回収率 (%)
	(μg)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
MEP	10	167	103±1.9
エトフェンプロックス	2.0	33.3	103±1.0

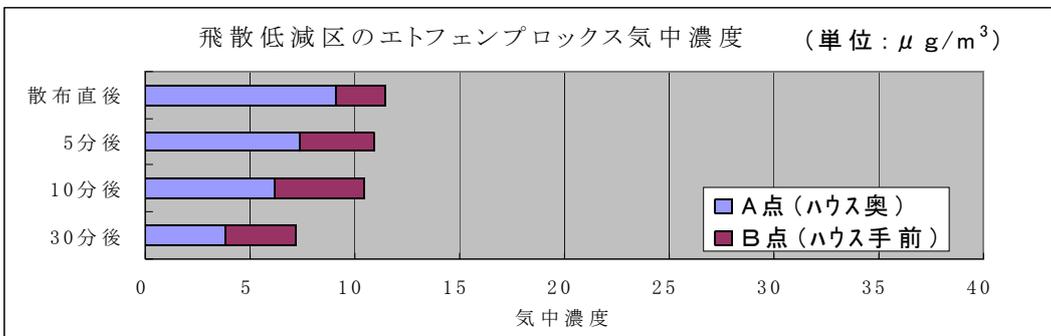
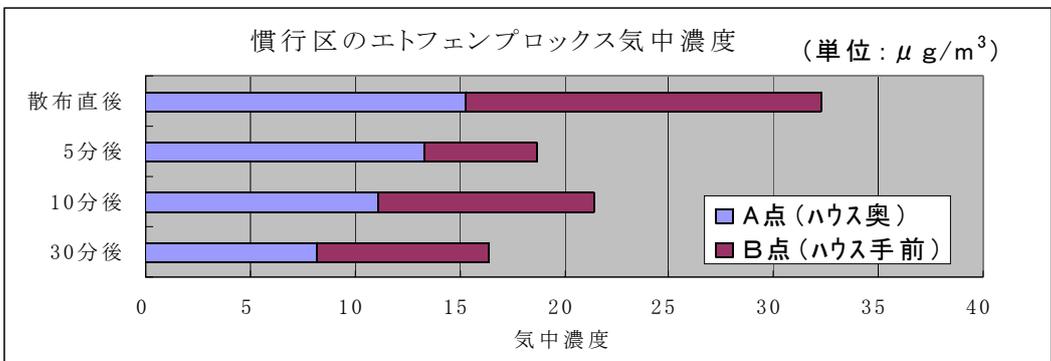
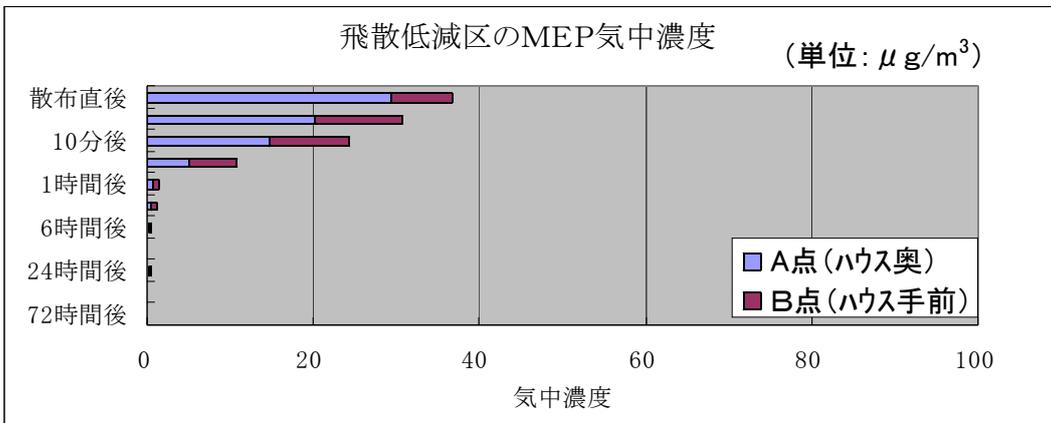
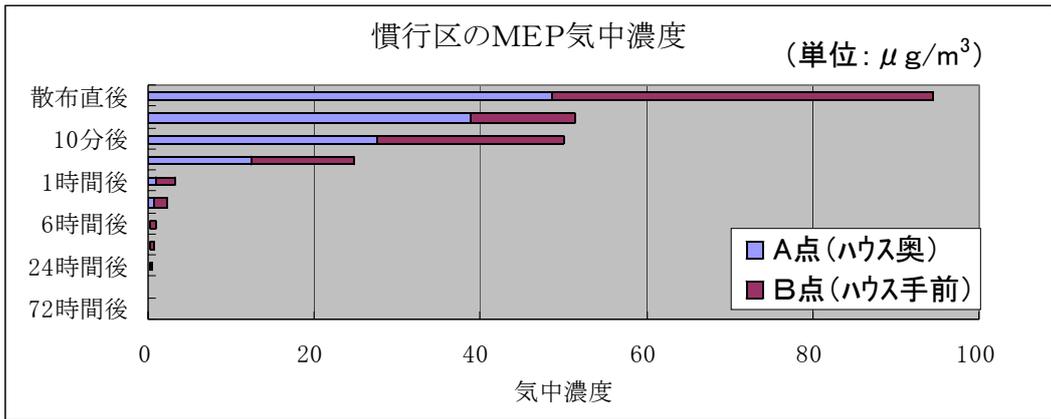


図 I -10 調査地点 A・B間の気中濃度の差異
(Aは散布方向のハウス奥に位置する)

4. 考察

経験上、農薬の散布後しばらくの間は噴霧粒子が大気中に滞留することが知られており、微細な噴霧粒子を用いる慣行ノズルではその傾向が強い反面、噴霧粒子が大きい飛散低減ノズルではその傾向が強く抑制されるのではないかと考えられる。本試験ではまず、この違いが実際の気中濃度にどのように反映するかを調査するため、散布後30分間ハウスを密閉して外的要因を極力排除し、散布後の気中濃度の推移を詳しく調査した。

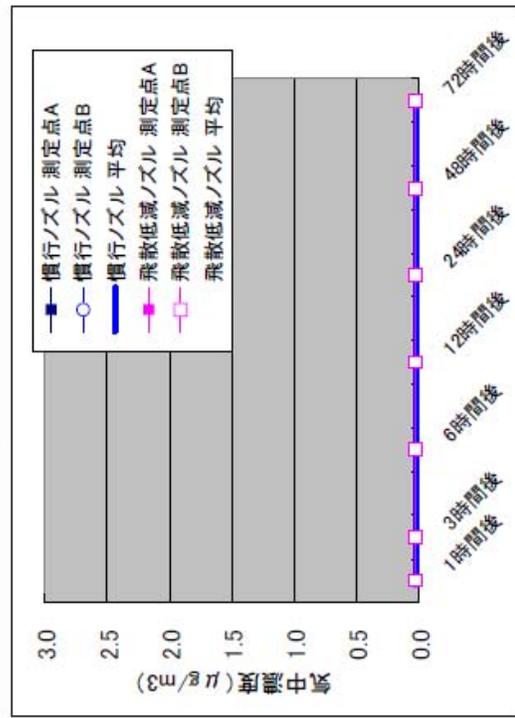
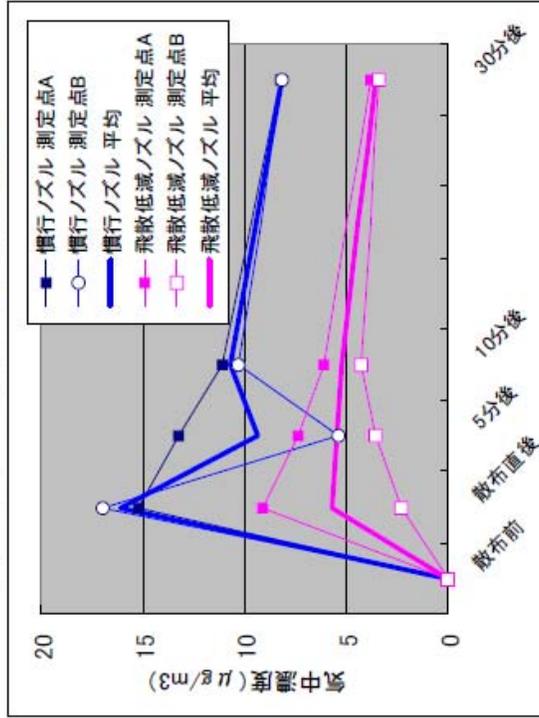
この結果、散布直後から30分間の気中濃度は、MEP およびエトフェンプロックスともに、飛散低減ノズルは慣行ノズルの4割程度まで抑制されることが明らかとなった。これは、慣行ノズルは平均粒径が約 $60\ \mu\text{m}$ と小さく、拡散しやすいため、噴霧された微細な粒子がひろい範囲に拡散しかつ長時間空中に滞留するのに対し、飛散低減ノズルでは平均粒径が約 $470\ \mu\text{m}$ と大きいため空中に滞留する微細な粒子の発生が少なく、拡散も少ないことから、噴霧された粒子の多くがすみやかに落下するためと考えられる。

一方、散布後においては散布された植物体や薬液が落下した土壌表面等から農薬成分が揮発し、気中濃度に影響することも知られているが、飛散低減ノズルがその抑制にも効果があるかどうかは知られていない。このため、本試験では、散布30分後にハウスを開放して空気中に滞留していた農薬を開放したのち、散布1時間後から72時間後まで主として土壌からの揮発による気中濃度の推移を比較調査した。

この結果、いずれの試験区においても揮発性が高いとされるMEPのみが検出され、揮発性が低いとされるエトフェンプロックスは検出されなかった。検出されたMEPにおいては、飛散低減ノズル区のほうが気中濃度が低かった。これは、慣行ノズルのほうが散布液の土壌落下範囲が広いため、揮発量が多くなったためではないかと考えられる。ただし、散布24時間後には両区の明確な差異はみられなくなり、散布72時間後には両区とも検出限界付近まで減衰した(表I-5)。なお、MEPについては航空防除における気中濃度評価値は $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ と設定されているが、本試験は施設内でモデル的に行ったものであることから単純に比較はできない。

以上から、飛散低減ノズルを使用すると慣行ノズルを使用した場合に比べ、散布時及び直後における周辺での農薬気中濃度を抑制することができると考えられた。ただし、野外環境では自然風など様々な影響を受けることに加え、ノズルには多くの種類があり使用方法(散布圧力など)によっても飛散特性が一樣ではないため、その抑制程度も一樣ではないと考えられる。一方、散布後の揮発による気中濃度は、散布する農薬の特性(揮発性)に強く依存するが、飛散低減ノズルを使用して散布液の落下範囲を狭くできた場合には、若干ではあるが気中濃度の抑制効果が期待できる可能性が示唆された。

イトエンプロックスの気中濃度



MEPの気中濃度

