

航空散布されたフェニトロサイオンの挙動

持田和男*・尾添嘉久*・横内孝行*・鐘推義憲*

清水 淳*・塚本道夫*・増田欣也*

Kazuo MOCHIDA, Yoshihisa OZOE, Takayuki YOKOUCHI,

Yoshinori KANETSUKI, Atsushi SHIMIZU,

Michio TSUKAMOTO, and Kinya MASUDA

The Behavior of Air-Sprayed Fenitrothion with a Helicopter

緒 言

各種病害虫に対する航空防除は、大量の農薬を短時間のうちに、しかも広範囲にわたって散布するので、散布された農薬の挙動には特に配慮されねばならない。

最近の松くい虫防除法はもっぱら殺虫剤の航空散布に依っている。島根県においても過去数回の航空防除が、松くい虫防除のために実施されてきた。しかしその際散布された農薬の追跡調査は行われていない。幸にも散布対象地域が森林地帯であるため、人畜に対する直接的な危害はないが、散布された農薬が当該土壌中や水系中の農薬濃度を一時的にせよ高め、生態系へ影響を及ぼすことが考えられる。したがって、散布された農薬の消長等についての実態調査は、これらの影響を評価するためにも欠くべからざる事項である。

本年(1981年)も島根県の各地において、松くい虫防除のための農薬散布がヘリコプターによって実施された(散布対象総面積 5950 ha)。著者らは、上述のような観点から、島根半島の森林地帯を対象に散布農薬の追跡調査を行った。特に、その散布時期が梅雨期であることから、散布農薬の残留性に及ぼす降雨の影響に注目した。以下にその結果を報告する。

調 査 方 法

1. 調査地

調査地は島根県八束郡鹿島町手結および御津の両地区であり、それらの調査地における試料採取地点と共に、それぞれ第1および第2図に示した。調査地の特徴は、前者が2つの池を擁し、自然水中における散布農薬の残

留性調査に適した地区であり、後者が小さな河川(幅約1m)を擁し、散布農薬の流亡調査に適した地区であるといえよう。なおこの河川水は中水道用水として海藻類からの塩分除去などに利用されている。

2. 散布薬剤

手結(105ha)および御津(60ha)地区の森林165haに、成分量50%のフェニトロサイオン(MEP)乳剤の10倍希釈液が、ヘリコプターにより30l/ha散布された。

散布は第1回が1981年6月2日5時30分から約2時間、第2回が同年6月16日5時50分から霧のための途中休止を含めて約3時間にわたって行われた。

3. 試料採取方法

各試料はいずれも採取後研究室に持ち帰り、直ちにMEPの分析に供した。

1) 土壌

手結地区4地点(S-1, 2, 3, 4)および御津地区2地点(S-5, 6)の計6地点で土壌の採取を行った。各地点はあらかじめ数区画に分割しておき、1回の土壌採取はその1区画内の、1cm以内の表層土壌からビニール袋に採取した。

2) 池および河川の水

手結地区2地点(W-1, 2)および御津地区4地点(W-3, 4, 5, 6)の計6地点で水の採取を行った。前者は池の水、後者は河川水である。ガラス製採水ピンを直接水中に浸して採水した後、ice bath中で保冷して研究室に持ち帰った。

3) 雨水

御津地区における散布域の南側に位置し、かつ散布対象外にある民家の屋根からガラス製採水ピンに採取した

* 生物汚染化学研究室



第1図 手結調査地における試料採取地点



第2図 御津調査地における試料採取地点

後、ice bath 中で保冷して研究室に持ち帰った。

4) 地表面への MEP 降下量調査用紙

航空散布された MEP の地表面への降下量を概算し、樹木に付着した MEP 量を見積るために行った。第1回散布の直前に、土壌採取地点を中央にして、数m隔てた3地点にそれぞれ1枚のザラ紙 (937.3cm²) を敷いた。散布後直ちにその紙を回収し、各地点3枚の紙を合

4. MEP 分析法

1) 水

試水 1l を分液ロートに取り、0.1M リン酸緩衝液 (pH 7.6) 50ml、食塩 50g および早川らの方法で精製した n-ヘキサン 100ml を添加し、2分間振とうした。n-ヘキサン層を分離し、硫酸カルシウムで乾燥後、40°C以下で減圧乾固した。残渣は精製エタノール 1ml に溶かし、これをガスクロマトグラフィーの供試液とした。ガスクロマトグラフィーは、柳本ガスクロマトグラフ G80 型を用い、次の条件下で行った。カラム：2% Silicon OV-17/Chromosorb G (60/80 mesh)、0.75m (ガラスカラム)、オープンの温度：250°C、キャリアガス：He 20 ml/min、検出器：FTD (KBr)。

2) 土壌および調査用紙

精秤した土壌約 100g または細断した調査用紙3枚分を、メタノール 100ml と共に30分間振とう後濾過した。残渣をメタノールで洗浄後、洗浄液と先の濾液とを合せ、40°C以下でほとんど乾固するまで減圧濃縮した。これに水を加えて全量を 20ml とした後、食塩 1g と精製 n-ヘキサン 20ml とを加えて5分間振とうした。n-ヘキサン層を硫酸カルシウムで乾燥後、40°C以下で減圧乾固した。残渣に精製エタノール 1ml を加えて溶

解し、ガスクロマトグラフィーの供試液とした。なお、この操作と並行して試料土壌の含水率を測定し、土壌中の MEP 濃度を乾燥土壌基準で表示した。

調査結果および考察

1. 散布日後の気象

第1回および第2回散布日前後の気象 (松江気象台資料) を第1表に示した。表から明らかなように、第1回散布前後は晴天期、第2回散布前後は曇・雨天期に分けられる。

2. 地表面への MEP 降下量

第2表に3枚の調査用紙上に落下した MEP 量から計算された各土壌採取地点における MEP 降下量を示した。地点によって最高 360.61 μg/m² から最低 4.41 μg/m² までのばらつきがあるが、平均 155.76±55.17 μg/m² であった。これをもとに、散布量から MEP の平均降下割合を単純に計算すると 0.10±0.04% となった。散布量のわずか 0.1% が地表面に到達したことになり、残り 99.9% は樹木に付着したり、大気中に浮遊したと考えられる。このことは降雨によって土壌および水中の MEP 残留量が著しい影響を受けることを示唆している。事実、後述のように土壌および水中の MEP 残留量は散布後最初の降雨によって顕著な増加が観察された。

3. 大気における MEP の浮遊

大気中の農薬は雨滴に吸着または溶解し、地上に降下するから、雨水中の農薬濃度は大気汚染のよい指標とみなされる。前述のように航空散布された MEP の一部は大気中に浮遊し、通常のレベル以上の大気汚染を引起すと思われたので、雨水中の MEP 濃度を分析してみた

第1表 鹿島町における航空散布前後の気象

1981年 月 日	降水量 (mm)		気 温 (°C)			日照(H)
	日 計	最大(時)	平 均	最 高(時)	最 低(時)	日 計
6. 1	0		14.4	15.8(01)	13.2(07)	0.6
2*	0		13.8	17.3(15)	9.1(05)	12.9
3	0		16.5	23.9(13)	9.5(05)	11.0
4	0		17.8	23.0(12)	13.4(01)	10.6
5	0		17.7	21.5(11)	13.7(02)	12.6
6	0		18.3	25.3(12)	12.4(05)	12.7
7	0		19.5	25.8(13)	14.0(05)	12.4
8	0		19.8	25.9(11)	13.5(05)	11.5
9	0		21.0	28.2(13)	15.0(05)	6.9
10	0		20.4	23.7(13)	17.5(24)	0.2
11	4	2(15)	20.2	24.1(12)	17.1(02)	3.9
12	34	6(10)	18.8	19.9(16)	17.7(03)	0.0
13	4	1(05)	19.2	21.3(14)	18.3(05)	0.1
14	0		19.2	19.9(13)	18.5(04)	0.1
15	0			23.3(15)	16.8(24)	5.7
16*	0		20.7	26.7(16)	14.9(05)	11.0
17	0		23.4	27.4(12)	18.7(04)	8.1
18	1	1(12)	21.7	22.6(05)	20.5(23)	0.0
19	0		21.6	24.6(15)	19.7(06)	3.5
20	22	7(06)	21.1	22.8(15)	19.8(06)	0.4
21	18	15(14)	23.1	26.4(18)	20.5(01)	0.9
22	2	1(24)	25.8	30.0(15)	22.4(04)	1.9
23	15	5(06)	19.8	23.5(01)	17.5(24)	5.9
24	0		20.9	24.6(13)	16.9(02)	5.2
25	84	17(10)	19.1	21.5(17)	16.5(07)	0.2
26	11	5(24)	21.8	23.6(19)	19.5(05)	0.0
27	30	15(01)	23.7	26.3(14)	22.0(03)	5.2
28	58	11(21)	23.2	25.2(11)	21.8(20)	1.6
29	127	23(04)	21.1	22.1(01)	19.7(23)	0.2
30	11	5(10)	21.5	23.2(13)	19.5(03)	0.0

* 航空散布日

(第3表)。第2回散布後最初の降雨時(6月18日)に採取した雨水中の MEP 濃度は、5.53 ppb と異常に高い濃度が検出された。その後、それは次第に減少し、3日後(6月21日)には通常のレベルに到達した。晴天続きであった第1回散布後最初の降雨時(6月12日)においても雨水中の MEP 濃度は通常のレベルより高かった。これらのことは、大気中にかなりの量の MEP が浮遊していることを示しており、風速および風向によってはかなり広範囲の、しかも意外な地域まで航空散布の影響が及ぶことを示している。

4. 土壌中における MEP の残留性

土壌中における MEP 残存量を第4表に示した。S-6地点における第2回目の航空散布は、著者らが土壌採取の現場にいたので、行われなかった。土壌中の MEP 残存量が、散布や採取の不均一性のために、時折異常に変動するのは避けられないけれども、第1回散布後1週間の MEP 残存量は大概減少傾向にある。しかし、最初の降雨後(6月15日)に採取された土壌中の MEP 残存量は、S-1地点を除いて、いずれの地点も著しく増加した。また、第2回目の散布が行われなかったS-6地点の MEP 残存量において明らかなように、その後の降雨は土壌中の MEP 残存量に著しい変化を及ぼさなかった。このことは、航空散布によって樹木に付着していた MEP は散布後最初の降雨に洗われ、その大部分が地表面へ落下することを示している。散布後

第2表 第1回航空散布における地点別 MEP 降下量

地点	MEP 降下量 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)
S-1	360.61
S-2	22.83
S-3	4.41
S-4	215.55
S-5	115.58
S-6	215.55

第3表 鹿島町御津地区における雨水中の MEP 濃度

1981年 月 日	MEP 濃度 (ppb)
6.12	0.24
18	5.53
20	0.62
21	0.00
26	0.00

の数日を除いて降雨の続いた第2回散布後の MEP 残存量が大概減少傾向を示し、降雨の影響が比較的少ないのは前述の理由すなわち散布後最初の降雨のみが大きな洗浄効果を持つことに依っているものと思われる。このことは、S-6地点における6月16日以降のデータを利用しての、土壌中における MEP の減少速度算出の根拠となった。すなわち、6月16日以降の降雨の影響は無視できると仮定した。減少速度算出のために、通常の1次速度式に従って MEP 残存量の対数を経過日数(6月16日9時15分を0時間目とした)に対してプロットしたのが、第3図である。ほぼ良好な直線関係(相関係数: -0.970)が得られたので、その直線の勾配から土壌中における MEP の減少速度を 0.117 day^{-1} 、半減期を 5.95 day と評価した。

5. 河川への MEP の流出と水中における MEP の残留性

1) 河川への流出

第4図に河川水中の MEP 濃度と第1回散布後の経過日数との関係を示した。第1回目の散布においては、河川の上、中、下流を問わず、散布直後に高い MEP 濃度が検出され、最大 3.01 ppb を記録した。その後減少した MEP 濃度は、散布後最初の降雨でわずかに増加するものの、第2回目の散布まで急激な変化を示さない。第2回目の散布後は降雨が続き、河川水中の MEP 濃度に著しい変化が予想されたが、実際には散布直後の

第4表 土壌中の MEP 濃度

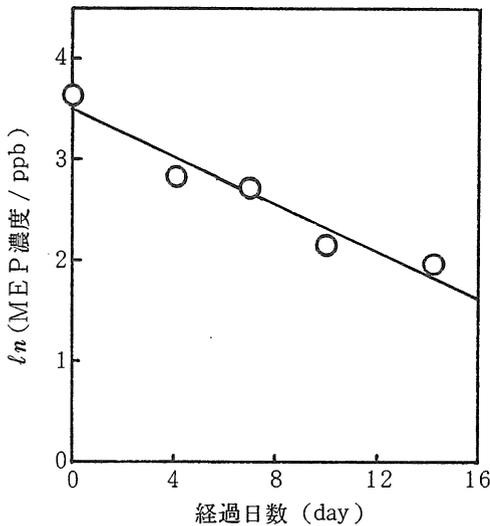
1981年 月 日	MEP 濃度 (ppb)					
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6* ¹
6. 1	N.D.* ²	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2	547.98	15.67	63.64	59.81	228.79	113.47
4	451.65	5.18	48.77	137.64	79.58	14.20
9	454.81	17.60	18.21	18.81	65.02	27.82
15	58.09	50.45	73.06	104.70	292.51	37.19
16	1262.78	—	962.62	—	663.70	37.56
20	558.21	—	213.23	—	395.44	17.11
23	425.84	—	304.23	—	199.21	15.50
26	225.10	—	68.15	—	740.77	8.61
30	65.34	—	87.93	—	103.57	7.17

*¹ 6月16日の航空散布は行われず。
*² 検出されず。

第5表 池水中の MEP 濃度

1981年 月 日	MEP 濃度 (ppb)	
	W-1	W-2
6. 1	N.D.*	N.D.
2	8.34	22.09
4	1.93	5.07
9	0.51	0.16
15	0.34	0.24
16	7.93	24.43
17	1.84	4.20
18	4.07	5.97
19	—	4.53
20	2.00	3.24
21	—	2.62
22	—	1.08
23	1.11	1.00
26	0.37	0.20
30	—	0.13

* 検出されず。

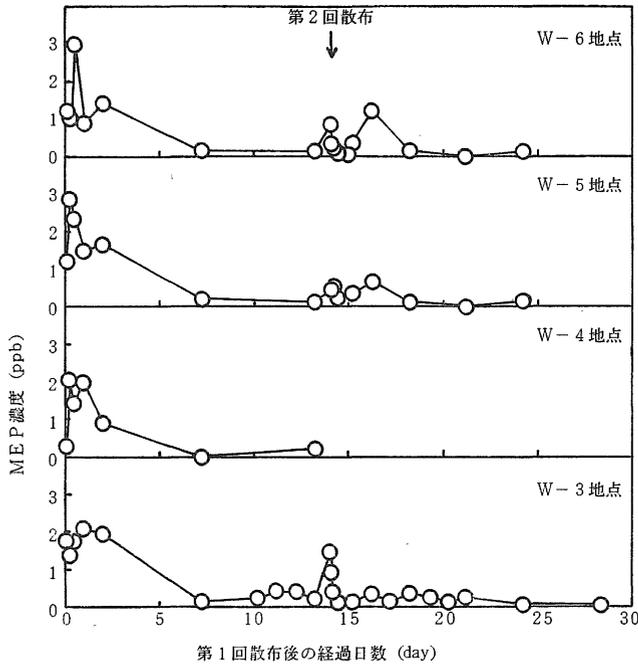


第3図 土壌中の MEP の消失

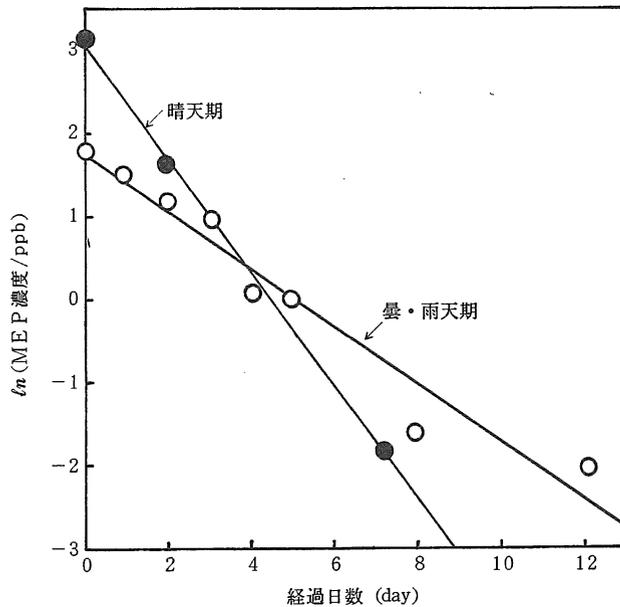
降雨である6月18日の降雨によってのみ著しい MEP 濃度の増加が観察されただけであった。前述のように、土壌中には測定的全期間中多量の MEP が残存している。それにもかかわらず、散布後最初の降雨によってのみ河川水中への MEP の著しい流出が観察されたことは、土壌粒子による MEP の吸着がかなり強いことを示唆するものであろう。ちなみに、M. S. Sharom³⁾らは、12種類の殺虫剤を用いて、土壌の種類と吸着力との関係を調べ、有機質土壌 > 底質 > 砂壤土 > 砂の順に殺虫剤に対する吸着力が低下することを報告している。それ故、この場合にも散布地域の土質の相異が土壌中における MEP の残留性に影響を与える可能性がある。

2) 水中の残留性

池水中の MEP 残存量を第5表に示した。散布後かなりの間晴天が続いた第1回航空散布の場合には、散布後最初の降雨(6月11日~13日)は MEP 残存量にさほど大きな影響を与えないけれども、第2回航空散布の場合のように散布直後の降雨(6月18日)は MEP 残存量を著しく増加させる。これは樹木に付着していた MEP や土壌表面の比較的結合の弱い MEP が散布直後の降雨に洗われ、池に流入した結果と考えられる。それ以後の MEP 残存量は、W-2 地点のそれで明らかのように、降雨があっても順次低下している。このことは、これまでに述べてきたように、散布後最初の降雨のみが大きな洗浄効果や流・溶出効果を持つとした本調査における考察を強く支持している。そこで6月18日以降の降雨の影響を無視し、曇・雨天期における水中の MEP 減少速度を、W-2 地点における6月18日以降のデータを利用して、算出することにした(第5図)。他方、晴天期における水中の MEP 減少速度も、W-2 地点における6月2日から6月9日までのデータを利用して、算出した(第5図)。第5図で明らかのように、MEP 減少速度は、晴天期、曇・雨天期を問わず、良好な1次速度式に従った(相関係数: -0.999(晴天期), -0.974(曇・雨天期))。その直線の勾配から、晴天期における MEP の減少速度を 0.679 day⁻¹、半減期を 1.02 day と、また曇・雨天期における MEP の減少速度を 0.347 day⁻¹、半減期を 2.00 day と見積った。こ



第4図 河川水中の MEP 濃度の経日変化



第5図 池水中の MEP の消失

ここに得られた2つの条件下における値は、いずれも K. M. S. Sundaram の値⁴⁾ (自然水中における MEP の半減期: 0.3~3.5 day) の範囲内であった。水中における MEP の減少速度は、土壌中におけるそれより3~

6倍速いことがわかる。土壌粒子に吸着された MEP は、化学的のみならず微生物学的にも安定化されるのであろう。淡水中での有機リン剤の減少には、微生物の寄与が大きいとされている⁵⁾。晴天期における MEP の減少速度は曇・雨天期におけるその約2倍であるが、この差が約2週間を隔てたための微生物相の相違とは考えにくい。児玉らによれば、環境水中の有機リン剤の残留性は温度よりも光によって支配されると報告している。したがって、前述の差は晴天期と曇・雨天期との光量の差と理解される(第1表中の日照の項を参照せよ)。

終りに、本調査を行うにあたり種々の便宜を計って戴いた鳥根県農林水産部造林課および鹿島町役場農林課の職員の方々、ならびに試料採取に際して協力戴いた専攻生諸君に対して深く感謝いたします。

要 約

ヘリコプターによって空中散布されたフェニトロサイオン (MEP) の挙動を鳥根県鹿島町の森林地帯で調べた。

散布された MEP はその大部分が樹木に付着している。そのため、散布後最初の降雨は土壌中や水中の MEP 濃度を著しく高めた。しかしながら、土壌からの MEP の流・溶出は、MEP が土壌粒子に強く吸着されるため、あまり著しくなかった。土壌粒子のそのような作用は、土壌中における MEP の残留性を高めるであろう。土壌中における MEP の半減期は 5.95 day であった。

これとは対照的に、水中における MEP は微生物の分解作用によって急速に消失した。しかしながら、その消失速度は晴天期における場合(半減期: 1.02 day)と曇・雨天期における場合(半減期: 2.00 day)とでは異なっていた。その差は太陽光の光量の差によるものと考えられた。

引用文献

1. 松井佳久・田中俊彦・持田和男・伊達善夫：山陰文研 13：1-12, 1973.
2. 早川順子・楯直大・堀田勘兵衛・藤井淳美：愛知衛研報 20：101-104, 1970.

3. M. S. SHAROM, J.R.W. MILES, C.R.HARRIS, and F. L. MCEWEN : Water Res. **14** : 1095–1100, 1980.
4. K. M. S. SUNDARAM : Symp. Chem. Inst. Canada on Water Quality Parameters with Abstracts Nov. 19–21, 1973, Abstr. No. 56, 1973.
5. V. ZITKO and T. D. CUNNINGHAM : Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. **458** : 27–32, 1974.
6. 児玉剛則・鍛塚昭三 : 日本農薬学会誌 **5** : 351–355, 1980.

Summary

The behavior of air-sprayed fenitrothion (MEP) with a helicopter was examined at forest land of Kashima-cho, Shimane prefecture.

Most of the air-sprayed MEP was deposited on trees and shrubs. Consequently, the first rainfall after air spraying remarkably increased the concentration of MEP in soil and in water. However, no appreciable effusion or elution of MEP from soil was observed, owing to the strong adsorption of MEP on soil particles. Such an action of soil particles may prolong the persistence of MEP in soil. The half-life period of MEP in soil was evaluated to be 5.95 day.

On the other hand, MEP in water was rapidly decreased by microbial degradation. The half-life period of MEP (1.02 day) under fine weather differed from that of MEP (2.00 day) under cloudy or rainy weather. The difference in half-life period was attributed to the degradative action of sun light.