

有機リン剤散布による生体影響と尿中代謝物の排泄状況

富山県農村医学研究会 大浦 栄次, 寺中 正昭
 富山県衛生研究所 中崎 美峰子
 黒部農業改良普及所 宇田 秋子, 藤塚 由紀子
 黒部農業協同組合 前田 正則, 猪上 富子,
 能沢 夏子

はじめに

大浦らは¹⁾、以前に MPP, EDDP を成分として含むヒノバイジットを散布後、10日後に汗の中より MPP を検出した。このことは、有機リン剤が、一般に言われている以上に長期間体内残留をしていることを疑わせることを指摘した。

そして、昨年²⁾の報告において、我々は同様の薬剤、ヒノバイジット散布後、6日間にわたり MPP の尿中代謝産物である DMP, DMTP を測定したところ、増減を繰り返しながら継続して排泄されていることを確認し、有機リン剤が1週間以上体内残留していることを証明した²⁾。

今回は、農村における労働力不足を補い、かつ環境汚染に配慮した農薬散布として現在注目され、全国的に急速に普及しているラジコンヘリによる水田農薬散布を行なっているオペレーターおよび補助者2名を対象に、農薬暴露量が少ないと言われているラジコンヘリによる農薬散布がどの程度生体影響を与えているのかについて検討した。また、この方式による有機リン剤散布後、代謝物がどの程度の期間排泄されているかを調査し、有機リン剤の体内残留について検討した。

方 法

ラジコンヘリによる農薬散布を行なうオペ

レーターとその補助者2名を対象とし、農薬散布作業開始前の7月19日および、農薬散布終了後の8月19日に採血し、肝機能を中心とする血液生化学的項目13項目について測定した。測定した項目は、TTT, ZTT, GOT, GPT, ALP, LDH, ChE, γ -GTP, LAP, Ald, 尿酸, 尿素窒素, クレアチニンである。

また、散布期間終了日の8月19日後、13日目の9月1日から29日後の9月17日までの約2週間、早朝尿を採取してもらい、有機リン剤の尿中代謝物である DMP, DMTP を分析した。分析方法は先に報告した方法と同じである³⁾。

なお、オペレーターである A (男, 38才), および補助者 B (男, 35才) の7月20日から8月19日まで散布に使われた有機リン剤は、MEP を成分とするスミチオンである。

散布方法は、オペレーター A が圃場の一方に立ち、ラジコンヘリを無線により操縦しながら農薬散布を行ない、補助者 B は、圃場のもう一方の反対側の畦に立ち、ヘリが散布対象圃場から畦を通過したことを、無線によりオペレーターに伝え、オペレーターは、そこでヘリを反転させ、自分の方向に戻す。これを繰り返しながら散布する。

マスクは、無線で会話をする際に声がこもるため使用していない。なお、ヘリの高度は稲の上空約3mである。

結 果

散布に使用された農薬は、殺菌剤のラブサイドモンガードゾル（ジクロメジン20.0%、フサライド20.0%）、カスラブバリダゾル（カスガマイシン1.2%、バリダマイシン4.0%、フサライド15.0%）、殺虫剤のトレボン乳剤（エトフェンプロックス20%）、スミチオン（MEP 50.0%）であり、これを8倍に希釈して散布している。このうち有機リン剤はスミチオンのみである。

散布開始は、A、Bとも7月20日、終了は8月19日であった。なお、2人とも9月4日に有機リン剤以外の殺虫剤トレボン乳剤を3時間散布している。

散布日数はAが16日間、Bが10日間であっ

た。有機リン剤であるスミチオンを含む農薬散布日数は、Aが12日間、Bが8日間である。（表1）

対象期間における散布総面積は、A169.2ha、B101.2ha、散布時間はA84.9時間、B54.3時間、8倍希釈前の原液換算した散布量はA168ℓ、B101ℓであり、散布面積、散布時間、散布量は、Bを1とすると、Aはそれぞれ1.67倍、1.56倍、1.66倍であった。

このうちスミチオンを含む農薬散布面積はAが113.1ha、B69.1ha、散布時間はA56.9h、B38.3h、散布量はA112ℓ、B69ℓであり、散布面積、散布時間、散布量の比率は、Bを1とすると、Aはそれぞれ1.64倍、1.49倍、1.62倍であった。

表1 ラジコンヘリ操縦者の農薬散布状況

(1992年)

月	日	被 験 者 A					被 験 者 B				
		散布面積 _{ha}	散布時間 _h	散布量 _ℓ	農薬名	希釈率	散布面積 _{ha}	散布時間 _h	散布量 _ℓ	農薬名	希釈率
7	20	13.7	8.0	14	RM T	8	13.7	8.0	14	RM T	8
	21	18.4	8.0	18	RM T	8	18.4	8.0	18	RM T	8
	27	8.0	5.0	8	RM S	8	8.0	5.0	8	RM S	8
	30	9.0	5.5	9	RM S	8	9.0	5.5	9	RM S	8
	31	6.0	3.5	6	RM S	8					
8	2	13.7	8.0	14	KB S	8	13.7	8.0	14	KB S	8
	3	18.4	8.0	18	KB S	8	18.4	8.0	18	KB S	8
	4	18.0	8.0	18	RM S	8					
	6	1.0	0.2	1	KB S	8	1.0	0.2	1	KB S	8
	7	19.0	7.0	19	KB S	8					
	10	8.0	5.5	8	RM S	8	8.0	5.5	8	RM S	8
	12	1.0	0.2		?	8					
	14	10.0	6.0	10	RM S	8	10.0	6.0	10	RM S	8
	15	6.0	4.0	6	RM T	8					
	17	18.0	8.0	18	RM T	8					
19	1.0	0.1	1	KB S	8	1.0	0.1	1	KB S	8	
合 計		169.2	85.0	168			101.2	54.3	101		
スミチオン散布		113.1	56.8	112			69.1	38.3	69		

RM：ラブサイドモンガードゾル（ジクロメジン、フサライド） T：トレボンエア（エトフェンプロックス）
S：スミチオン（MEP）

KB：カスラブバリダゾル（フサライド15.0%、カスガマイシン塩酸塩1.4%・カスガマイシンとして、バリダマイシンA4.0%）

表2 ラジコンヘリによる農薬散布者の健康調査 (1992年)

項目	被験者 A			被験者 B		
	散布前	散布後	散布前後の差	散布前	散布後	散布前後の差
	7月19日	8月19日		7月19日	8月19日	
TTT	1.9	1.6	-0.3	1.8	2.3	0.5
ZTT	3.6	3.7	0.1	6.8	7.9	1.1
GOT	23	23	0	24	17	-7
GPT	22	28	6	20	16	-4
ALP	165	154	-11	149	172	23
LDH	351	336	-15	244	238	-6
ChE	7051	6702	-349	4555	4191	364
γ-GTP	20	16	-4	15	11	-4
LAP	44	43	-1	33	32	-1
Ald	1.5	1.3	-0.2	1.3	1.3	0
尿酸	8.1	7.0	-1.1	6.9	6.6	-0.3
尿素窒素	13.2	13.2	0	14.0	13.0	-1
Cre	1.2	1.2	0	1.0	1.2	0.2

散布作業期間前後の血液生化学項目で特に変化が認められたのはコリンエステラーゼのみで、Aで活性値8.0%、Bで4.9%減少していた。(表2)

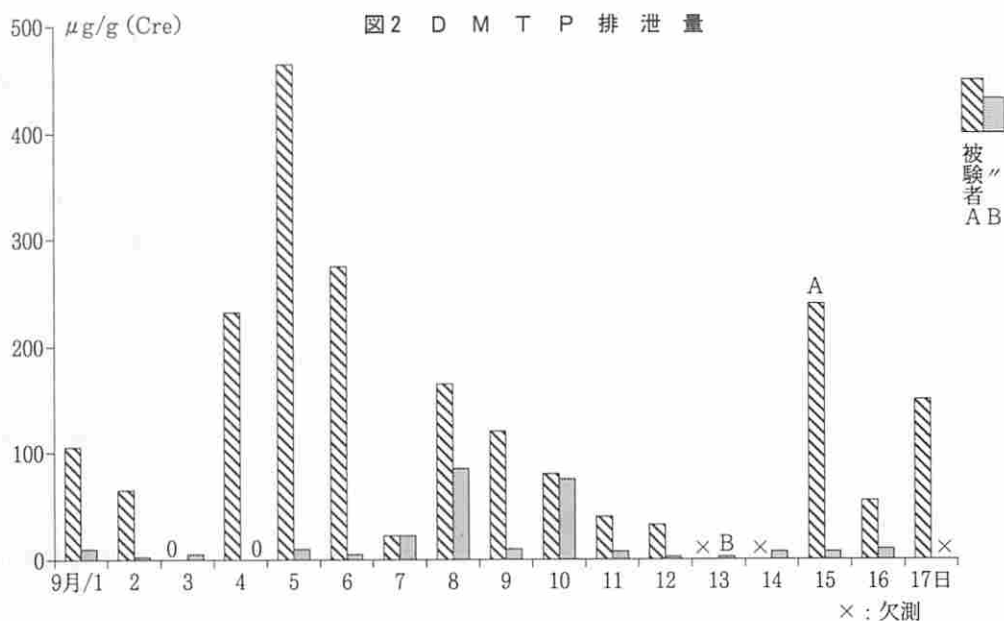
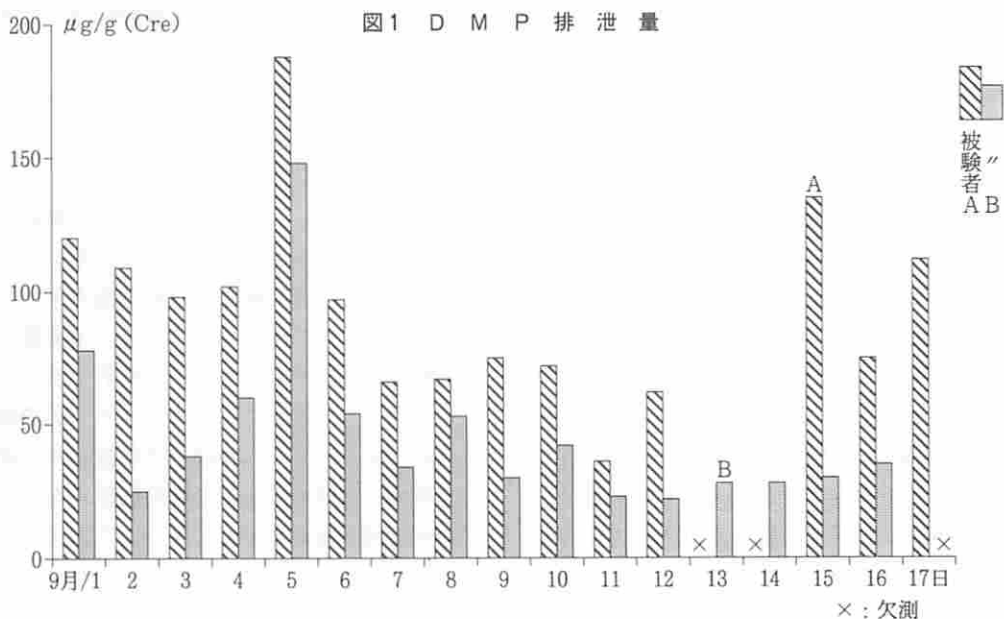
農薬散布後13日目の9月1日から29日目の9月17日までの早朝尿中のDMP, DMTPの尿中濃度並びにクレアチニンで補正した排泄量を表3に示した。なお、Aは9月13, 14日、Bは17は出張等で欠測となった。

クレアチニンで補正した日々の早朝尿のDMP, DMTPの排泄量は、必ずしも漸減傾向になく、増減を繰り返していた。特に、DMPはA、Bとも9月5日にピークがあり、Aは9月15日にもピークがあった。DMTPは、Aで9月15日、9月15日にピークが認められた。(表3, 図1, 2)

表3 農薬散布者の尿中代謝物の排泄量

(1992年)

9月 (日)	被験者 A					被験者 B				
	DMP		DMTP		Cre (mg/dl)	DMP		DMTP		Cre (mg/dl)
	μg/l	μg/g (Cre)	μg/l	μg/g (Cre)		μg/l	μg/g (Cre)	μg/l	μg/g (Cre)	
1	118.6	121.0	105.2	107.3	98	225.9	77.4	26.6	9.1	292
2	205.4	108.2	124.1	65.3	190	110.9	24.6	13.0	2.9	450
3	89.0	98.8	0.0	0.0	90	120.4	37.1	24.8	7.6	324
4	201.2	108.2	432.3	232.4	186	59.5	59.5	0.0	0.0	100
5	266.6	185.2	676.4	469.7	144	343.9	149.5	23.6	10.2	230
6	141.8	97.2	402.9	276.0	146	140.0	53.8	12.9	5.0	260
7	54.0	64.2	19.1	22.7	84	98.3	34.4	64.4	22.5	286
8	90.9	64.9	233.0	166.4	140	160.8	53.2	266.1	88.1	302
9	50.4	74.1	82.0	120.6	68	48.7	30.1	18.0	11.1	162
10	102.0	70.8	112.6	78.2	144	110.7	41.9	200.6	76.0	264
11	41.4	36.3	45.2	39.6	114	67.5	23.0	15.2	5.2	294
12	64.5	60.8	34.4	32.4	106	61.6	22.3	9.6	3.5	276
13						82.9	27.1	17.5	5.7	306
14						89.5	26.8	25.7	7.7	334
15	48.2	133.9	87.5	243.1	36	109.5	29.3	33.1	8.9	374
16	86.3	74.4	63.9	55.1	116	88.5	34.6	9.8	3.8	256
17	119.0	110.1	164.2	152.0	108					
合計	—	1408.1	—	2060.8	—	—	724.6	—	267.3	—
Ave	112.0	93.9	172.2	137.4	118.0	119.9	45.3	47.6	16.7	281.9



次にクレアチニン補正した早朝尿のDMPの一日平均排泄量はA93.9 μg (Cre), B45.3 μg (Cre)であり, A:Bは2.07:1であった。これは2人のスミチオンの散布面積, 散布時間, 散布量の概略の1.6:1に近い数字である。一方DMTPは一日平均排泄量は, A147.2 μg (Cre), B16.7 μg (Cre)であり, A:Bは

8.81:1であり, 2人のスミチオンの散布面積等とはかなり異なった比率であった。

考 察

ラジコンヘリによる農薬散布の生体影響について検討した。その結果, 約1カ月の間に100.0ha, 50時間を越える農薬散布をしている

にもかかわらず、散布期間前と期間直後の血液生化学的項目のほとんどは変化しておらず、わずかにコリンエステラーゼの活性値が数%減少しているにすぎなかった。

一般に動力散布機による有機リン剤、カーバメイト系殺虫剤の散布の前後においてコリンエステラーゼの活性値が50%以上低下し、さらに数カ月経ても、元の活性値に回復しない事例は珍しくない。

これに比較して、今回の対象者はわずか2名ではあるが、面積一般農家が行うが動力散布機による散布より100倍以上多いにもかかわらず、コリンエステラーゼの活性値の低下がわずか数%であったことは、ラジコンヘリによる散布は、農業暴露量が従来の方式に比較して極端に少ないものと考えられる。まして、コリンエステラーゼそのものが一般に夏に低値を示すことが多いことを考えると、この数%の低下は、必ずしも有機リン剤散布の影響ともいえず、このラジコンヘリによる農業散布による生体影響は、今回の調査項目ではほとんど影響を受けていなかったとも考えられる。

実際、散布現場での観察では、ラジコンヘリが稲の上空約3mと低空飛行をし、かつプロペラの風圧で農薬が地上に吹きつけられており、ほとんど周辺に拡散せず、また、散布しているラジコンヘリは無線により遠隔操作しているため、オペレーターとその補助者は動力散布機による散布者に比較して直接暴露を受けることがほとんどないと考えられた。

以上のことから、ラジコンヘリによる水田農業散布はこれまでの動力散布機による散布より農業暴露量はかなり少ないと考えられた。

しかし、次に述べる通り、有機リン剤の尿中代謝産物が早朝尿において散布期間終了後、1カ月目まで連続して排泄されていたことは、散布農薬が体内に蓄積していることを示しており、防護の徹底の必要性は全く軽減されることがないと考えられる。特に、ラジコンヘ

リの場合、オペレーターと補助者はマスクをすると無線通信する際に声がこもり、会話に支障をきたすとして、マスクをしていない。そのため、たとえ遠隔操作をしているとは言うものの、風向によっては暴露を受ける可能性は充分ある。実際、狭隘地では、補助者がかなり暴露を受けることもあると言う。

今後、農村の高齢化を迎え労働力不足が考えられる。このラジコンヘリによる実際の散布時間は1ha当たりわずか10分以下であり、特に条件がいい場所では2～3分で1haの散布を終了する。また、一般の空中散布に比較して確実な防除効果並びに無差別散布をしないため環境汚染がほとんどない。このようなことから今後さらに急速にラジコンヘリによる散布は普及すると考えられる。この点からも無線で会話を妨げない防護の方法について、早急に開発する必要があると考えられた。

次に、有機リン剤の体内残留について考察する。これまで有機リン剤は体内ですみやかに代謝され、排泄されると考えられてきた。

しかし、以前の調査において、MPP散布後10日目の汗の中にMPPを確認したこと¹⁾、および、昨年報告した通り、わずか1回散布後、有機リン剤の尿中代謝物であるDMP、DMTPが散布後6日間連続して排泄されていることを確認したことは²⁾、有機リン剤が必ずしも生体においてすみやかに代謝されず、体内に残留していることを証明したものと考えられる。

今回、ラジコンヘリによる水田農業散布のオペレーターA、およびその補助者Bを対象にし、農業散布後、どの程度の期間まで農薬が排泄されているかを確認するため、農業散布期間終了後、13日目から29日目までの早朝尿のDMP、DMTPを測定した。なお、散布された農薬のうち有機リン剤はスミチオンであった。

その結果、DMPは全検体から、DMTPはA、Bとも1日を除いて全ての検体から検出

された。このことは、有機リン剤が少なくとも1カ月以上体内残留しており、改めて有機リン剤の体内残留がかなり長期間に及ぶことを確認したと考えられる。

このように今回の被験者の農薬暴露量が先に述べた通り少ないと考えられるにもかかわらず、1カ月以上有機リン剤の尿中代謝物が検出されたことは、有機リン剤の体内残留はかなり普遍的に起こっており、今後、体内残留している有機リン剤の挙動及び生体影響について検討する必要があると考えられた。

ところで、以前の報告で有機燐剤散布直前、直後のコリンエステラーゼ活性値の低下割合とDMP、DMTPの排泄量と比例していることを確認した³⁾。このことから、多くの調査で認められている散布後数カ月間におよぶコリンエステラーゼの低下は、有機リン剤が体内のどこかに蓄積され、徐々に放出され分解代謝を受け、その際にコリンエステラーゼの活性値を低下させているものと考えられ、当然、今回のように有機リン剤の尿中代謝産物を分析すると検出されるものと考えられる。これまでの報告では、我々のように、個人を追跡調査したものではないが、散布後、数週間から数カ月を経た者の中にはDMP、DMTPが検出された例もある。

ただし、これらの報告例では、今日食糧の自給率が極端に低下し、輸入食品が多く、かつこれらの食品の多くにポストハーベスト農薬が使用されており、このポストハーベスト農薬の影響についても検討する必要がある、尿中にDMP、DMTPを確認したこと、そのものが農薬散布の結果とは即断できない。この点我々の調査方法では、農薬散布後の追跡調査であるため、農薬散布後長期間DMP、DMTPが排泄されていることを確認したものとと言える。しかし、今回の調査において、DMP、DMTPの排泄量のレベルは高いものの、散布前の代謝物の分析を欠いており、今後、散布前からの継続分析により、ベースに

なる排泄レベルを確認する必要があると考えられた。

ところで、有機燐素剤の多くは脂肪に蓄積されていることが報告されているが、有機リン剤の場合はどこに蓄積されているのであろうか。有機燐素剤の多くは脂溶性か水溶性を示すオクタノール・水間分配係数が対数で3以上、つまり水に対して油脂には1,000倍以上溶けやすいものも多く、例えば今日でも生体残留が続いているDDTは3.98~6.20である。一般に脂溶性である目安は係数3以上と言われているが、例えば今回の調査で用いられたスミチオンのMEPはオクタノール・水間分配係数が3.36~3.40であるので脂溶性と考えられ、これら有機リン剤のいくつかの種類は脂肪に蓄積されているものと考えられる。今後、生体の脂肪試料において有機燐素剤のみならず、今まで生体残留が注目されていなかった有機リン剤についても分析し、体内残留について証明し、この生体影響についても検討する必要があると考えられる。

なお、被検者AのDMP、DMTP被検者BのDMPクレアチニン補正した排泄量が調査期間の9月5日にピークを示している。これは、前日の9月4日に、有機リン剤とは異なる殺虫剤、トレボン乳剤を散布したことと関係するとも考えられる。つまり、吸入された薬剤を肝臓で代謝するため代謝機能が亢進したため、これまで蓄積されていた有機リン剤も代謝されたとも考えられる。

ま と め

約1カ月間に散布回数10日~2週間、散布面積100.0ha以上、散布時間50時間以上におよぶラジコンヘリによる水田農薬散布者2名の散布期間前および散布期間終了直後の肝機能を中心とする13項目の血液生化学的検査を行った。散布した農薬は殺虫剤のスミチオン、トレボン乳剤、殺菌剤のラブサイドモンガードゾル、カスラババリダゾルの4種である。

その結果、コリンエステラーゼ活性値がわずかに低下したものの、ほとんど変化が認められず、暴露量は動力散布機等の他の散布方法に比較して少ないと考えられた。

しかし、風向や圃場の条件によっては大量暴露を受ける可能性もあり、また、無線で会話するためマスクをすることが出来ず、今後この散布方法は急速に普及すると考えられるので十分な防護方法について早急に開発することが必要と思われる。

一方、この2名の農薬散布期間終了後13日目から29日目まで早朝尿に有機リン剤の尿中代謝物であるDMP、DMTPが検出され、農薬暴露量が少ない場合でも有機リン剤の体内

残留が一カ月以上続いていると考えられ、体内での蓄積部位は脂肪が考えられ、今後有機塩素剤と同様、脂肪中の有機リン剤の分析および生体影響の検討が必要と考えられた。

文 献

- 1) 大浦栄次他：農薬散布者の汗中の残留農薬について、昭和56年度 富山県農村医学研究所研究業績、2-6、昭和56。
- 2) 中崎美峰子他：農薬散布者の農薬曝露について、富農医誌、23：37-41、1992。
- 3) 城石和子他：水田農薬散布者の農薬曝露量、富農医誌、21：53-58、1990。