

## 原 著

## 有機リン系殺虫剤空中散布による健康被害(その1)

— 飛散量の実態調査とコホート研究 —

藤岡 一俊<sup>1)</sup> 花井 義道<sup>2)</sup> 青山 美子<sup>1)</sup>

1) 青山内科小児科医院

2) 横浜国立大学大学院環境情報研究院

## Organophosphorus pesticide poisoning caused by aerial spray 1: Field inspection of fall-out and cohort study.

Kazutoshi Fujioka<sup>1)</sup> Yoshimichi Hanai<sup>2)</sup> Yoshiko Aoyama<sup>1)</sup>

1) Aoyama Allergy Clinic

2) Graduate School of Environment and Information Sciences Yokohama National University

## 要約

ここ数年無人ヘリコプターによる農薬空中散布が量的に増加し、DEP や MEP などの有機リン系殺虫剤が原液の5倍～8倍希釈で散布されている(地上散布では通常1000倍希釈)。有機リン空中散布とそれによる住民への健康被害の因果関係は明らかにされてなかった。我々は有機リン飛散量の実態調査と健康被害アンケート調査によるコホート研究を実施した。実態調査の結果から、MEP 空中散布のあった暴露群からは平均値 $420\mu\text{g}/\text{m}^2$  (SD= $920\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) の MEP が検出され、対照群と有意差があることが示された ( $P < 0.01$ )。アンケート調査から、暴露群では32名中11名 (34%) が亜急性有機リン中毒と考えられる諸症状を発症し、対照群では78名中1名 (1%) が発症した。暴露群と対照群の比較から有機リン空中散布による健康被害のリスク比は27が得られた ( $P < 0.001$ )。実態調査の結果から、暴露群の7/17 (41%) の地点で環境庁が設定した『気中濃度評価値』 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりも高い MEP 気中濃度を有していたことが示された。無人ヘリコプターによる有機リン空中散布は、周辺住民への健康被害に対して極めて強い因果関係を有することが明らかとなった。(臨床環境10:85~92, 2001)

## Abstract

In the past few years, the practice of spraying pesticide on agricultural fields by mini-helicopter is increasing in Japan. Organophosphorus (OP) pesticides, such as Fenitrothion and Trichlorfon are sprayed, in a 5 to 8 times diluted aqueous solution by helicopter. Normally, they are diluted in 1000 times when it is applied from the ground. Many people live close to the rice fields where pesticides are being sprayed. These people have reported a number of symptoms, typical of OP poisoning. However, the relationship between pesticide spraying and the physiological occurrence of OP poisoning is not clear. We conducted a field inspection of OP pesticide fall-out using paper filters, and carried out a cohort study on the health consequences of spraying OP pesticides, in Gunma Prefecture, Japan, in 2000. Patient's health

《Key words》 Organophosphorus (OP) pesticide poisoning, fenitrothion, aerial spray, cohort study, risk ratio

受付:平成13年10月3日 採用:平成13年11月20日

別刷請求宛先:藤岡一俊

〒371-0844 前橋市古市町350 青山内科小児科医院

Received: October 3, 2001 Accepted: November 20, 2001

Reprint Requests to Kazutoshi Fujioka, Aoyama Allergy Clinic, 350 Furuichi-machi, Maebashi, Gunma 371-0844 Japan

reports, who lived near the agricultural fields, were used. From the exposed group, the mean value of Fenitrothion fall-out was  $420 \text{ mcg} / \text{m}^2$  ( $\text{SD}=920 \text{ mcg} / \text{m}^2$ ); and from the control group, it was  $0.042 \text{ mcg} / \text{m}^2$  ( $\text{SD}=0.20 \text{ mcg} / \text{m}^2$ ). It was shown that the difference between the two groups was significant ( $P < 0.01$ ). According to the health reports, 11 of 32 persons (34%) in the exposed group complained of a variety of symptoms typical of OP poisoning, and one out of 78 persons (1%) in the control group reported symptoms. A risk ratio was calculated to be 27 from those data ( $P < 0.001$ ). The results of OP sampling showed that 41% of the exposed group had Fenitrothion concentrations exceeding the environmental agency standards for Air Concentration,  $10 \text{ mcg} / \text{m}^3$ . The results indicate that the health problems were caused directly by OP aerial spraying.

(Jpn J Clin Ecol 10: 85~92, 2001)

## I. 緒言

ここ数年日本では無人ヘリコプターによる殺虫剤の空中散布が量的に増加している。群馬県における無人ヘリコプターによる殺虫剤の空中散布は、1994年には118ha だったものが1999年には3,300ha と約30倍に増加した<sup>1)</sup>。同じ期間の日本全国でのそれは、71,000ha から276,000ha と約4倍の増加であるのと比較して増加率が顕著である<sup>1)</sup>。

使用される農薬としては、フェニトロチオン (MEP)<sup>①</sup> やトリクロロホン (DEP)<sup>②</sup> などの有機リン系殺虫剤や、フサライド (4, 5, 6, 7-tetrachlorophthalide) などの有機塩素系殺菌剤が単独若しくは混合して用いられる。地上散布では1000倍程度の希釈で散布される薬剤が、無人ヘリコプターによる空中散布では、5倍~8倍希釈という高濃度で散布されている<sup>2)</sup>。

農薬の空中散布による大気汚染の研究は著者らが報告している<sup>3~6)</sup>。彦坂らはフサライドの空中散布による $1 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 程度の汚染地域で健康被害が発生していることを報告している<sup>7)</sup>。有機リンによる微量慢性中毒に関しては評価が確立している

① フェニトロチオンは化学名 O, O-dimethyl O-(3-methyl-4-nitrophenyl) phosphorothioate、黄褐色液体、蒸気圧 (20℃) 18 mPa、換算係数 (20℃)  $1 \text{ ppm} = 11.5 \text{ mg} / \text{m}^3$ である。フェニトロチオンは、1959年以来使用されている有機リン系殺虫剤である。主な用途は、米・その他の穀類・果実・野菜・貯蔵穀物・綿花の害虫駆除、森林の害虫防除および公衆衛生面におけるハエ・蚊・ゴキブリの駆除である。環境庁が設定した『空气中濃度評価値』フェニトロチオン (MEP) は $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 。

② トリクロロホン (DEP) は化学名 dimethyl 2, 2, 2-trichloro-1-hydroxyethylphosphonate、無色結晶、蒸気圧 (20℃)  $7.8 \times 10^{-6} \text{ mmHg}$  である。DEP は、1950年代の初期より使用されている有機リン系殺虫剤である。主な用途は、畑地や果実園の農作物の害虫駆除、森林害虫や家畜の寄生虫の駆除である。

が<sup>8~12)</sup>、空中散布による微量急性中毒に関しては明らかではない。

今回の研究では2000年にA医院を訪れた患者たち及び非散布地区の control を比較する機会があったので、空中から降ってきたサンプルを集め、定量測定し、両地区の臨床症状を疫学的に比較検討した。さらに症状の重かった症例は anti-cholinergic drug と antioxidant drug で治療し、劇的な改善を認めた。今回の報告では、疫学面と臨床面から有機リン散布は住民に悪影響を及ぼすので、第1部ではその疫学的結果を、第2部では臨床結果を報告する。

## II. 方法

### 1. サンプル

サンプルはT町及びG町に在住するA医院の患者及びその家族である。二つの町はともに前橋市に隣接し、T町は前橋市役所の南約10km、G町は西約5 km に位置する。暴露群のT町では、MEP と DEP の空中散布が予定通り実施された。対照群のG町では、MEP と DEP の空中散布が予定されていたが、MEP は直前になってキャンセルされた。そこでG町を非散布地区の control とし、有機リンの飛散量定量測定し、両地区の臨床症状を疫学的に比較検討した。T町及びG町における2000年度の農薬の空中散布の予定と実績を表1に示した。

### 2. 有機リン系化合物の測定

有機リン系化合物の測定は、ろ紙への落下量を測定する方法により行なった<sup>13)</sup>。T町及びG町における検体数を表1に示した。サンプリング方法は、ろ紙を空中散布前夜に自宅周辺に風通しのよ

表1 無人ヘリによる農薬空中散布(2000年度)の予定と実績、検体数、飛散量、平均気中濃度、及び推定吸入量

場所	農薬名	採取日	検体数	うち農薬 検出数	飛散量 $\mu\text{g}/\text{m}^2$	気中濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	吸入量 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T町	MEP	8/19-21	17	17	平均値	420	29	1.5
					最大値	3400	240	12
					最小値	2	0.14	0.0070
T町	DEP	7/24-28	14	13	平均値	4800	340	17
					最大値	60000	4200	210
					最小値	0	0	0
G町	MEP (中止)	8/18, 22, 23	24	1	平均値	0.042	0.0029	0.00015
					最大値	1	0.07	0.0035
					最小値	0	0	0
G町	DEP	7/14, 31, 8/1	11	9	平均値	9.2	0.64	0.032
					最大値	38	2.7	0.13
					最小値	0	0	0

い場所にアルミ箔の上に置き、翌朝空中散布が終わって約1時間後に回収した。ろ紙はアルミホイルに包み密閉し、冷凍保存した後、順次横浜国立大学環境科学センターに送られた。抽出液をGCMSにて定量した。測定機器は島津製作所株のガスクロマトグラフ GC-4BM FPD 検出器、カラムは Silicone OV-101 2% Chromosorb WHB 80/100 mesh, 3mm $\phi$  x 1m を用いた。キャリアーガスは N<sub>2</sub>、流量は30ml、カラム温度 200°C で分析した。MEP と DEP の検出限界は 1 $\mu\text{g}/\text{m}^2$  であった。

### 3. 平均気中濃度の計算

室内での MEP の飛散量と気中濃度の関係については著者らが報告している<sup>13)</sup>。屋外でもこの関係が成立するものと仮定して有機リン系殺虫剤の飛散量 (S) から、平均気中濃度を試算した。気中濃度は初期においては時間の逆関数的に減少し、次第に指数関数的に減少するが、始めの数時間の濃度が大気中からの摂取量の大部分を占めることから、今回は計算に使用する値として4時間を採用した。4時間当たりの平均気中濃度 (C) は換算式(1)により与えられる。

$$\text{換算式: } C(\mu\text{g}/\text{m}^3) = S \times 0.07(\mu\text{g}/\text{m}^2) \quad (1)$$

次に、有機リン系殺虫剤が呼吸を経て100%吸収され、皮膚からの吸収を無視すると、1日呼吸量は、15m<sup>3</sup>/day (体重50kg) なので、4時間当たり推定摂取量 (体重50kg) が換算式(2)により

与えられる。

$$\begin{aligned} \text{推定摂取量}(\mu\text{g}/\text{kg}) &= C \times 15 / 24 \times 4 / 50 \\ &= S \times 0.07 \times 15 / 24 \times 4 / 50 \quad (2) \end{aligned}$$

### 4. アンケート調査

健康被害は被験者とその家族へのアンケート調査及び著者 (Y. A.) による診察により確認した。被験者により空中散布当日から翌日の健康状態がアンケートで報告された。アンケートは下記様式で行われた。頭痛、肩こり、筋肉痛、眼の異常、咳、動悸、不整脈、吐き気、腹痛、下痢、だるさ、思考力の低下、めまい、うつなどの典型的な症状があったかどうか記入された。その他に患者個々に固有に現れた症状が記入された。MEP 空中散布後の健康調査アンケートは、暴露群では17世帯のうち14世帯 (82%) から回答が得られ、N=32名分のデータが得られた。非暴露群 (対照群) では24世帯のうち22世帯 (92%) から回答が得られ、N=78名分のデータが得られた。一方、DEP 空中散布後の健康調査アンケートは、暴露群では14世帯のうち13世帯 (93%) から回答が得られ、N=29名分のデータが得られた。対照群では11世帯のうち10世帯 (91%) から回答が得られ、N=30名分のデータが得られた。

## III. 結果

### 1. 空中散布による農薬の飛散量

測定結果を表1に、MEP 飛散量の測定結果を

図1a に、DEP 飛散量の測定結果を図1b に示す。

T町では17地点中17地点 (100%) で MEP が検出され、飛散量の平均値は $420\mu\text{g}/\text{m}^2$  (標準偏差[SD]= $920\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) であった。対照地なるG町では、24地点中1地点で MEP が検出され (6%)、飛散量の平均値は $0.042\mu\text{g}/\text{m}^2$  (SD= $0.20\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) であった。この2群の平均値を Two sample t test により検定したところ、t 統計値=2.96 (P<1%) が得られた。T町では MEP が空中散布されG町

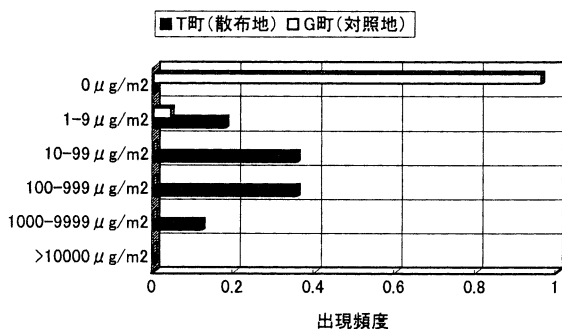


図1a 有機リン系殺虫剤の飛散量の出現頻度

図1aはMEPの飛散量の出現頻度を表す。

では行われなかったことが統計的に確認された。

次に DEP については、T町では14地点中13地点 (93%) で検出され、飛散量の平均値は $4,800\mu\text{g}/\text{m}^2$  (SD= $16,000\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) であった。G町では11地点中9地点 (82%) で検出され、飛散量の平均値は $9.2\mu\text{g}/\text{m}^2$  (SD= $13\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) であった。この2群の平均値を Two sample t test により検定したところ、t 統計値=1.50 (P>10%) が得られた。平均値の差は大きいけれども、この2群間に

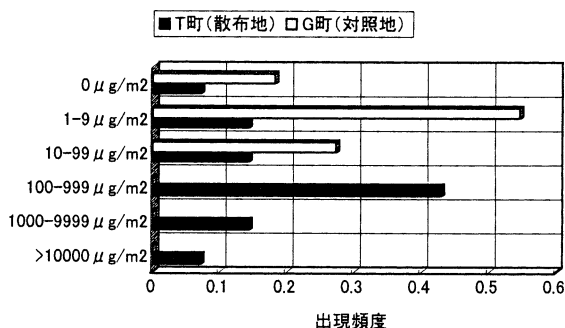


図1b 有機リン系殺虫剤の飛散量の出現頻度

図1bはDEPの飛散量の出現頻度を表す。

著しい差は認められなかった。

更に、飛散量と距離の関係を散布図で表したものを図2に示す。距離が大きくなるにしたがって、飛散量が少なくなる傾向にあることが示されるが、相関は低い (R=-0.14)。飛散量は距離だけではなく、風速や風向などの関数なので、データのばらつきが大きくなることは容易に理解される。距離が500m以下の地域は飛散量が $10\mu\text{g}/\text{m}^2$ 以上になることが予想される。

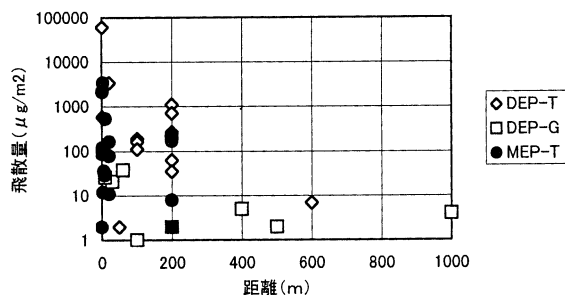


図2 飛散量と距離の関係

図2は飛散量と距離の関係を表す。●はT町のMEP飛散量を表し、□はG町のDEP飛散量を表し、◇はT町のDEP飛散量を表す。

## 2. 農薬空中散布による平均気中濃度

結果を表1に示す。

表1から、暴露群の MEP の平均気中濃度は平均値 $29\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高値 $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低値 $0.14\mu\text{g}/\text{m}^3$ となることが示された。また17地点中7地点 (41%) では平均気中濃度が $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上となることが分った。対照群の MEP の平均気中濃度は平均値 $0.0029\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高値 $0.07\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低値 $0\mu\text{g}/\text{m}^3$ となることが示された。24地点中平均気中濃度が $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上となる地点はなかった。暴露群の DEP の平均気中濃度は平均値 $340\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高値 $4,200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低値 $0\mu\text{g}/\text{m}^3$ となることが示された。対照群の DEP の平均気中濃度は平均値 $0.64\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高値 $2.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低値 $0\mu\text{g}/\text{m}^3$ となることが示された。

## 3. 有機リン系殺虫剤の空中散布による健康被害の状況

アンケートの結果を表2に、症状別のヒストグラムを図3aと図3bに示した。

表2 有機リン系殺虫剤による健康被害

場所	農薬名	世帯数	回答世帯	回答者数	発症者数	リスク率	$\chi^2$	P値*1
T町	MEP	17	14	32	11	27	25.6	2.9E-06
G町	MEP	14	13	78	1			
T町	DEP	24	22	29	7	0.8	0.26	0.2
G町	DEP	11	10	30	9			

\* 1 P値は Fisher's exact test により算出した。

まず MEP 空中散布後のアンケート結果を報告する。暴露群では32名中11名 (34%) が有機リン系化合物による中毒と考えられる主にコリン作動性の諸症状を示した。症状別にみると、MEP 暴露群では頭痛が10名 (31%) と最も多く、次いで眼症状、呼吸器症状が各4名 (13%)、めまい、吐き気、体のだるさ、肩こりが各3名 (9%)、思考力低下、物忘れが各1名 (3%) であった。一方、対照群では78名中発症したのは1名であった (1%)。症状としては頭痛と肩こりであったが、比較的軽症であった。暴露群と対照群の健康被害の発症率から、MEP の空中散布による健康被害のリスク比 (RR) は27となることが計算された。カイ二乗検定により、カイ二乗統計値は25.6となり、暴露群と対照群の健康被害の発症率には著しい差が認められた ( $P < 0.001$ )。さらに、Fisher's exact test によっても、P value は0.001未満となることが示された。有機リン系殺虫剤の空中散布がその周囲に住む住民に対する健康被害

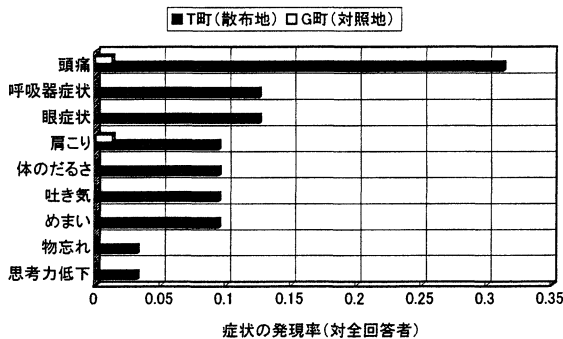


図3a 有機リン空中散布による健康被害の発現率

図3aはMEP空中散布による健康被害の発現率を表す。

の影響は、強いことが明らかである。

暴露群と対照群は、DEP の空中散布がされた

ことから、DEP の空中散布後の健康被害についても調査した。その結果、暴露群では29名中7名 (24%) が発症し、対照群では30名中9名 (30%) が発症した。症状別にみると、暴露群では頭痛が4名 (14%) と最も多く、次いで吐き気が2名 (7%)、眼症状、呼吸器症状、循環器症状などが各1名 (3%) であった。一方、対照群では頭痛が5名 (17%) と最も多く、次いで循環器症状が4名 (13%)、呼吸器症状が3名 (10%)、めまい、吐き気が各1名 (3%) であった。暴露群と対照群の健康被害の発症率から、DEP の空中散布による健康被害の RR は0.80、カイ二乗統計値は0.26、P value は0.20となった。この結果から、今回の方法によりサンプリングされた2つのグ

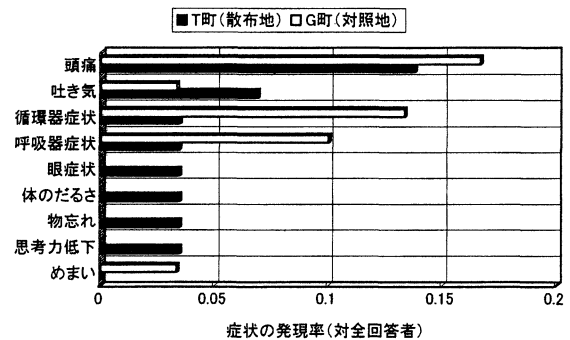


図3b 有機リン空中散布による健康被害の発現率

図3bはDEP空中散布による健康被害の発現率を表す。

ループは十分に比較可能であることが示された。

さらに、暴露群について MEP 空中散布による健康被害の発症率と DEP 空中散布による健康被害の発症率を比較した。MEP を control としたときの RR は0.70、カイ二乗統計値は0.77、P value は0.15となった。この結果から、MEP と DEP では空中散布による健康被害の発症率には著しい差がないことが示された。

#### IV. 考 察

今回の測定で飛散量の最大値は $60,000\mu\text{g}/\text{m}^2$  (DEP)であった。一方 DEP の散布量は $80,000\mu\text{g}/\text{m}^2$ であった。この結果は、無人ヘリによる空中散布は農地に隣接する宅地に農地と全く同じ量の農薬が散布される可能性があることを示す。

環境庁の報告書によれば、MEP の気中濃度評価値は $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ に設定されている<sup>14)</sup>。我々の測定した暴露群のサンプルの MEP 飛散量から計算された推定気中濃度は、17サンプル中7サンプル(41%)が、 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えていた。同報告書には、子供や老人など高感受性の人々に対する検討が今後の課題であると銘記されている<sup>14)</sup>。A医院は、アレルギーを専門とする診療所で、その患者群は一般人よりも化学物質に対して感受性が高いことが推測される。今回の結果から、MEP 空中散布によりA医院の患者群の34%に何らかの健康被害が発生し、対照群とのリスク比は27 ( $P < 0.001$ )であった。これらの結果は、MEP 空中散布は高感受性の人々に対して高リスクであることを示唆する。

EPA の報告書によれば、MEP の吸入 NOEL (No Observable Effective Level)は $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>15)</sup>、DEP の吸入 NOEL は $12000\mu\text{g}/\text{m}^3$ に設定されている<sup>16)</sup>。すなわち、DEP の吸入毒性は MEP よりも60倍低いことになる。今回の結果から、DEP 空中散布によりA-医院の患者群の24%に何らかの健康被害が発生した。MEP 空中散布との比較により、リスク比0.70 ( $P=0.15$ )が得られた。すなわち、DEP 空中散布による健康被害は MEP 空中散布と比べ著しい差が認められなかった。したがって、DEP の吸入 NOEL は見直しが必要であると思われる。

空中散布が行われることは予め住民に通知される。有機リンが撒かれたという思い込みによる症状の水増しはなかっただろうか。暴露群は空中散布が行われることを知ってサンプル採集とアンケートを行った。一方、対照群の空中散布は前夜にキャンセルされたが住民には知らされなかった。即ち、対照群は空中散布が行われると信じてサンプル採集とアンケートを行った。したがって、

暴露群、対照群ともに有機リンが撒かれたという思い込みの下でアンケートに症状を記入したので、思い込みによる症状のバイアスは相殺されていると考えられる。

MEP 空中散布により健康被害を被った患者は、様々なコリナージックな症状を訴え、これらは典型的な有機リン中毒のそれであった<sup>17)</sup>。主な患者の症状は、頭痛、眼症状、めまい、吐き気など中枢神経機能と関連するものであった。本間らは、MEP が神経組織に蓄積することを報告し、神経系の分析が重要である事を強調している<sup>18)</sup>。石川らは、有機リンの暴露と住民、特に子供の近視と関連することを1973年に報告している<sup>(8~12)</sup>。三井らは、有機リンの使用量と近視の発生率の間に0.90-0.95という高い相関があることを報告した<sup>19)</sup>。これらの結果は、EPA により1996年に追試され、確認されている<sup>20)</sup>。このように、有機リンによる慢性中毒については確立しているが、有機リン空中散布による亜急性の健康被害については明らかではなかった。今回の我々の結果から、MEP 空中散布は亜急性有機リン中毒を生じることが示した。

#### V. 結 語

MEP の毒性の本体は、硫黄原子が酸素原子になった Oxon 体、フェニトロオキシソンである。フェニトロオキシソンを解毒する酵素、Paraoxonase の活性は個人差が大きく、湾岸戦争症候群の患者はコントロールと比べて Paraoxonase 活性が低いことが明らかにされている。特筆すべきことは、Paraoxonase 活性は新生児では皆低いレベルにあることである(図4)<sup>21)</sup>。フェニトロオキシソンは MEP が光酸化反応で生成することが知られている。空中散布された MEP は真夏の太陽の紫外線によりフェニトロオキシソンに転換し、それが Paraoxonase で防御することのできない早幼児期の子供達を襲っている。農業の空中散布は即刻中止すべきである。蛇足ながら、本来のターゲットであるハエやカの大部分は MEP 耐性を獲得していることを付記する。

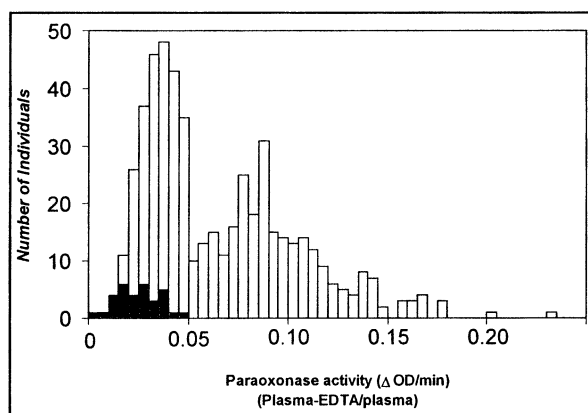


図4 Paraoxonase活性の人口分布

図4はParaoxonase活性の人口分布を表す。白のカラムは成人の分布を表し、灰色のカラムは新生児の分布を表す。

出典：Mueller et al: J Hum Genet 35: 393-408 1983

## 謝辞

本研究調査を行なうにあたり全面的に教示と協力を頂いた北里研究所病院臨床環境医学センター長、石川哲氏に感謝いたします。また図4の著作権は The University of Chicago Press 社に属し、同社に対してその使用の許可を感謝します。

(The authors would like to express our appreciation to Satoshi Ishikawa M.D., Director of the Environmental Medical Center at Kitasato Institute Hospital, for his useful suggestions over the course of this study. The authors would also like to thank the University of Chicago Press for their permission to use figure 4.)

## 文献

- (社)群馬県植物防疫協会 農業技術課 植物防疫係：平成11年度無人ヘリコプター防除実績について. 群馬の植物防疫150：1-2、2000
- 全国農薬安全指導者協議会：農薬安全適正使用ガイドブック2000年版. 全国農薬協同組合、1999、174-175及び182-185
- 青山美子、槌田博、他：農薬による大気汚染. 群馬医学45：215-223、1985
- 花井義道、加藤龍夫、他：農薬による大気汚染—基礎実験と実態調査—. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要12：47-59、1985
- 加藤龍夫、花井義道、他：スミチオンによる大気汚染. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要13：25-36、1986
- 槌田博、花井義道、他：水田における空中散布農薬の大気汚染. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要15：29-48、1988
- 彦坂直道、菊池誠太郎、他：農薬空中散布の環境および健康への影響調査. 公衆衛生54：353-357、1990
- 石川哲、大戸健：視力障害を主徴とする「佐久の眼病」について. 日本医事誌新報8：2425、1970
- 石川哲：公害と眼. 有機燐と眼. 慢性有機燐中毒症の疫学、臨床及び実験的研究. 日眼会誌77：1835-86、1973
- 大戸健：日眼会誌10：237-43、1974
- 石川哲：有機リンの慢性中毒. Scientific American 日本版1：68-82、1978
- Ishikawa S, Miyata M: Development of myopia following chronic organophosphate pesticide intoxication: An epidemiological and experimental study. Neurotoxicity of the Visual System 233-254, 1980
- 花井義道、生姜璐、他：家庭用殺虫剤などによる室内空気汚染の濃度計算. 横浜国立大学紀要18：21-28、1992
- 環境庁水質保全局：航空防除農薬環境影響評価検討会報告書、環境庁、1997、pp1-64
- U. S. Environmental Protection Agency, Fenitrothion: Reregistration Eligibility Decision Document (RED). U. S. Environmental Protection Agency, Washington, 1995, pp16
- U. S. Environmental Protection Agency, HED's Revised Preliminary Human Health Risk Assessment for Trichlorfon. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, 1999, pp3
- 石川哲：環境汚染物質などによる眼症—特に有機燐剤の視覚毒性について—. 日眼会誌100：417-432、1996
- 本間啓蔵：有機燐農薬 Fenitrothion の家兎

- 組織内残留. 北里医学21 : 542-549, 1991
- 19) 石川哲 : 化学物質過敏症ってどんな病気. 合同出版、1993、pp59-61
- 20) Salem H, Seaburgh V, Katz A: Proceedings: Symposium on ocular effects of organophosphate exposure. J Appl Toxicol 14: 103-154, 1994
- 21) Mueller RF, Hornung S, et al: Plasma paraoxonase polymorphism: a new enzyme assay, population, family, biochemical, and linkage studies. Am J Hum Genet 35: 393-408, 1983