

農薬散布作業における保護衣および 保護マスクの農薬暴露防護効果 —ハウスキュウリへのペルメトリン散布作業を例として—

浅川富美雪・實成 文彦*・須那 滋*・三木嘉代子**

倉敷芸術科学大学教養学部

*香川医科大学医学部

**香川県立農業大学校

(1997年9月30日 受理)

緒 言

わが国では、農業者の作業環境や健康の管理については、基本的には農業者個人に任されている。しかし、その管理には不十分な状況がみられる。このため、地域農業改良普及センターを中心に農業労働、作業環境の改善が進められており、中でも、農薬散布作業に係る安全衛生の推進は重点課題の一つとなっている。これは、農薬使用中に毎年全国で何件かの中毒事故が発生し、死亡に至った例もみられる¹⁾など、農薬散布作業は農作業の中でもとくに有害な作業と考えられるからである。

したがって、農薬散布作業時の農薬暴露防護のために、農薬散布用保護衣(防除衣)やマスク等の着用推進が図られている。しかし、未だ十分とはいえない状況がうかがえる。実際、我々が行った農薬散布作業実態調査²⁻⁴⁾において、マスクの使用や防除衣の着用に不備な点がみられ、農薬の暴露・吸収が確認されている。また、アンケートによれば、農薬散布作業で事故に至らないまでも、気分が悪くなったり、皮膚がかぶれたりなどの症状を経験したことのある農業者も多く、健康に不安をもっている人の割合は8割にも及んでいる⁵⁾。そして、農薬散布作業時に装備状況のよくない農業者が多く、これらの人に何らかの症状を経験した人が多い⁶⁾などのことがわかっている。

このため、農業者が普段のスタイル(防除衣等の着用なし)で農薬散布作業を行ったときにどの程度農薬に暴露されているか、また、適切に装備をしたときにはどうであるかということを実際に調査して、農業者にデータを提示し、防除衣等の農薬暴露防護効果を納得してもらうことが、それらの着用推進を図っていく上で有効と思われる。

そこで、今回、我々はハウスで栽培されているキュウリにペルメトリン(合成ピレスロイド系農薬)を散布する農業者(散布者)を対象に調査を実施することとした。

研究方法

調査はM町ハウスキュウリの農薬散布作業を対象として、9月中旬～10月上旬にかけてほぼ1週間おきに3回(調査1, 2, 3)実施した。いずれも14:30～16:30の間に散布者と補助者(ホース持ち等)の2名で、アディオン®(ペルメトリン20%含有)の3000倍希釈液をビニールハウス(間口5.4m×長さ53m)3棟のキュウリ(草丈1.5～1.7m)に動力噴霧器を用い、合計8.6aに約200ℓ散布した。正味の散布時間は約40分であった。

表1に調査概要を示すが、インフォームドコンセントの下調査を行った。調査対象は同一のハウスキュウリ・散布者であり、この散布者(男・68歳)は作業時には通常、長袖シャツ、作業ズボン、帽子、ゴム長靴、ゴム手袋および使い捨て式マスク(3M8710)を着用している。したがって、調査1は普段のスタイル(使い捨て式マスク着用・防除衣着用無し)、調査2は使い捨て式マスクと防除衣を着用した場合、調査3は取り替え式防塵フィルター付きマスク(重松DR-30AH)と防除衣を着用した場合である。なお、防除衣の布地は高密度ポリエチレン不織布で、これは我々の農薬防護性実験⁷⁾において農薬防護性能が確認されており、同様にマスクについてもその性能を確認している⁸⁾。

調査項目として、気中ペルメトリン濃度の測定、ならびに散布者の身体部位別のペルメトリン付着量・浸透量の調査とともに、尿中代謝物の測定を加えた。すなわち、ペルメトリンに暴露された場合、尿中に代謝物の一つである3-PBA(3-phenoxybenzoic acid)が排泄されることが知られており⁹⁾、実際、我々は他の調査^{3,4)}において尿中3-PBAを暴露指標とする生物学的モニタリング¹¹⁾の手法を用いることにより、散布作業者のペルメトリン暴露-吸収を評価しているからである。そこで、この3-PBAは散布作業後の翌朝の尿中に高く検出される^{3,4)}ことから、散布者の尿を作業前および翌朝にサンプリングした。

尿中3-PBAの測定は、すでに我々が報告¹²⁾している方法で行った。すなわち、尿5mlに濃硫酸1mlを加え、100℃で2時間加熱分解する。冷後、蒸留水10mlを加え、前もってクロロホルム5ml、メタノール5mlで洗い、蒸留水5mlを2回通して調整しておいたSep-Pak C₁₈(Waters社)に分解液を流す。蒸留水5mlで4回このSep-Pak C₁₈を洗った後、クロロホルム5mlで3-PBAを溶出させる。次にエステル化するため、これをN₂気流中で乾固させ、pentafluoropropionic anhydride 200 μℓ, 1H, 1H-pentafluoropropanol 50 μℓを加え、密栓して90℃で30分加熱する。冷後、trifluoroacetic acid 100 μℓを加え、密栓して90℃で30分加熱する。冷後、N₂気流中で乾

表1 調査内容

		防除衣	マスク
調査1	散布者	×	使い捨て式 ¹⁾
調査2	散布者	○	使い捨て式 ¹⁾
調査3	散布者	○	取り替え式 ²⁾

1) 3M8710 2) 重松DR-30AH

固させ、酢酸エチル150 μl に溶かし、GCMS (gas chromatography-mass spectrometry) の分析試料とした。標準溶液の3-PBA も同様に処理して分析に供した。GCMS は島津 GCMS-QP2000GF を使用し、SIM (selected ion monitoring) モードで測定した。測定条件は、column ; DB-5 MS (J & W 製) 30 m \times 0.32 mm I.D., 0.25 μm (膜厚), carrier ; He 10 mL/min, oven ; 140 $^{\circ}\text{C}$ (2 min) to 200 $^{\circ}\text{C}$ at 8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, injection ; splitless, 200 $^{\circ}\text{C}$, m/z ; 346, 197である。なお、尿中代謝物濃度は尿が濃縮されている場合は高く、薄い場合は低くなるため、これを補正する必要がある。そこで、尿中クレアチニン (creatinine) を、Jaffe 法を原理とするオートアナライザー (日立7050型) により測定し、尿中3-PBA 濃度をクレアチニン補正¹³⁾した。

また、作業時の気中ベルメトリン濃度は、散布者の口元付近およびハウス内定点で、チャコールシリカゲルチューブ (柴田科学製) を付けた吸引ポンプによりサンプリングし、アセトンで溶出後、GC (gas chromatography) で測定した。身体部位別ベルメトリンの付着量と浸透量については、衣服の表と内側 (皮膚の上) に濾紙 (東洋濾紙 No1034) を付け、作業終了後回収し、アセトンで溶出後、GC で測定した。GC は島津 GC-7A を使用し、測定条件は、column ; DB-5 (J & W 製) 30 m \times 0.53 mm I.D., 1.5 μm (膜厚), carrier ; He 10 mL/min, oven ; 260 $^{\circ}\text{C}$, injection ; 260 $^{\circ}\text{C}$, detection ; ECD である。

ベルメトリンおよび3-PBA 標品は和光純薬工業製のものを使用した。有機溶媒およびその他の試薬は市販の残留農薬分析用あるいは同等品を使用した。標準溶液はアセトンにて調製した。

結 果

表2に気中ベルメトリン濃度、図1に身体部位別のベルメトリン付着量と浸透量 (調査3の図は調査2と同様の結果だったので省略)、図2に尿中3-PBA 濃度の測定結果を示す。調査1では、気中濃度は散布者の口元付近では12.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、定点より1.5倍高値であった。作業衣表面へのベルメトリン付着量は散布者ではND \sim 0.29 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (下背部) を示し、下背、左下肢前面、頭部が多い傾向にあった。皮膚表面への農薬の浸透は腹、上背、左下肢前面部で認められた。一方、3-PBA が散布者の散布後の尿中から高濃度 (5.6 ng/mg creatinine) に検出された。調査2では、防除衣を着用し (頭部は除く)、他は調査1と同様に農薬散布作業を行った。その結果、防除衣表面へはベルメトリンの付着は同様にみられたものの、皮膚表面への浸透は認められなくなった。散布後の尿中3-PBA 濃度は3.0 ng/mg creatinine と調査1に比べて低くは

表2 気中ベルメトリン濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	口元付近	定点1	定点2
調査1	12.3	8.5	8.0
調査2	19.3	9.3	9.8
調査3	9.0	6.8	7.5

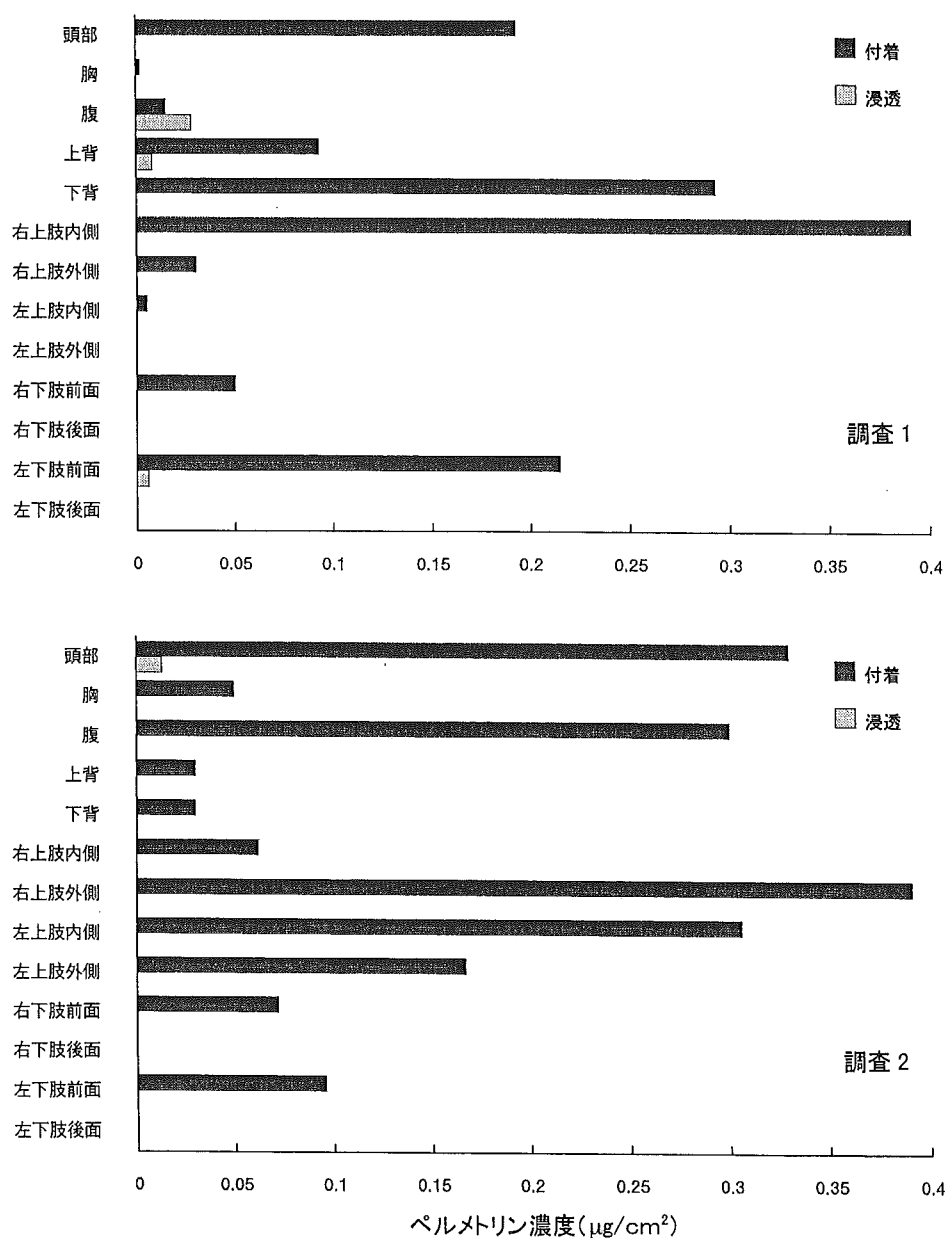


図1 身体部位別ペルメトリンの付着と浸透

なった。しかし、散布前の尿中レベル(0.7 ng/mg creatinine)よりは依然として高かった。調査3では顔面にフィットしやすい取り替え式防塵フィルター付きマスクを着用し、同様に農薬散布作業を行った。その結果、散布後の尿中3-PBA濃度は図2に示されるように、散布前の尿

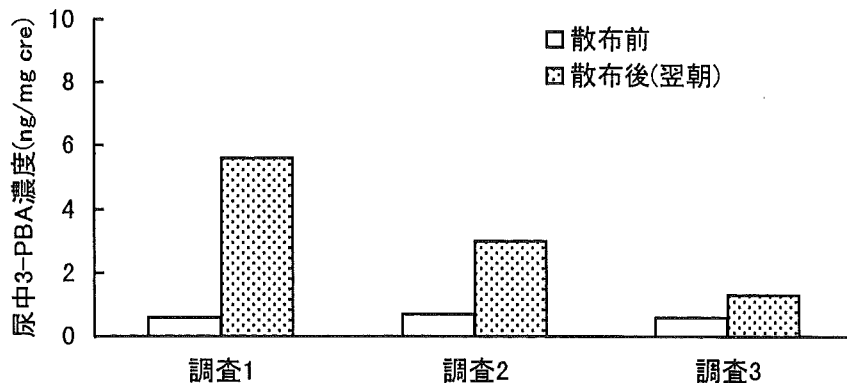


図2 ペルメトリン散布作業と尿中3-PBA 濃度

中レベルとほぼ変わらなくなった。

考 察

調査1において、散布者が普段のスタイル(使い捨て式マスク着用・防除衣着用無し)でハウスキュウリへのペルメトリン散布作業を行った結果、散布者の散布後の尿から3-PBA が散布前よりも高濃度に検出された。これは、ペルメトリンに暴露された場合尿中に代謝物の一つである3-PBA が排泄されること⁹⁾から、ペルメトリンの暴露-吸収があったことを明らかに示している。実際、我々は他の調査^{3,4)}において同様の結果を得ている。そこで、暴露-吸収の経路を考察してみると、経気道的な経路と経皮的な経路が考えられる。しかし、マスクを着用していた点より、経気道的な経路の可能性は小さいと思われる。これに対し、身体部位別のペルメトリン付着量と浸透量測定の結果、ペルメトリンの衣服への付着と皮膚表面までの浸透が認められていることから、経皮吸収の可能性が大きいと考えられる。

そこで、調査2において、防除衣を着用し、他は調査1と同様に農薬散布作業を行った。その結果、防除衣表面へはペルメトリンの付着は同様にみられたものの、皮膚表面への浸透は認められなくなった。そして、散布後の尿中3-PBA のレベルは調査1に比べて約1/2であり、ペルメトリンの暴露-吸収は半減していることがわかった。しかし、この尿中レベルは散布前よりはまだ高いため、依然、暴露-吸収のあることが示唆される。したがって、経気道的な経路が推測されるが、散布者が常用しているマスクについては、我々が別に行った農薬防護性実験⁹⁾において、素材としての性能は確認できている。ただ、使い捨て式で簡易にできているため、着用の仕方によっては顔面にフィットしてないことも予想され、マスクの接顔部から農薬が入ったことによる経気道的な暴露の可能性が考えられる。事実、作業者の口元付近の気中ペルメトリン濃度はかなり高くなっていた。

このため、調査3においては顔面にフィットしやすい取り替え式防塵フィルター付きマスクを着用し、同様に農薬散布作業を行った。その結果、散布後の尿中3-PBA レベルは散布前とほぼ変わらなくなった。これは、散布者が常用している使い捨て式マスクの接顔部から、ペルメトリンが入ることによる経気道暴露があったことを示している。

これらの結果、農業者が普段のスタイル(防除衣着用無し・使い捨て式マスク着用)で農薬散布作業を行ったとき、農薬の暴露一吸収があること、しかし、防除衣を着用するとそれはかなり防げることが実証された。さらに、マスクをしていても、顔面にフィットしてないと接顔部から農薬が入ることによる経気道暴露の生じることがあり、マスクについては農薬防護性能を有していることはもとより、適切な着用の仕方(マスク接顔部の気密性の保持など)が重要であることがわかった。さらに、保護具等の適切な維持管理も重要と思われる。

以上、ハウスで栽培されているキュウリにペルメトリン(合成ピレスロイド系農薬)を散布する農業者(散布者)を対象に調査を実施し、農薬散布作業における農業者の農薬暴露と防護に関して、実際のデータを得ることができた。これらのデータは、農薬散布用保護衣(防除衣)やマスク等の着用を推進し、農薬暴露を予防していく上で役立つものと期待される。

要 約

農薬散布作業時の農薬暴露防護のためには、農薬散布用保護衣(防除衣)やマスク等の着用を推進していく必要があるが、そのためには、現場で調査を行い、農業者にそのデータを提示し、防除衣等の農薬暴露防護効果を納得してもらうことが有効と思われる。そこで、今回、ハウスで栽培されているキュウリにペルメトリン(合成ピレスロイド系農薬)を散布する農業者(散布者)を対象に調査を実施した。

その結果、農業者が普段のスタイル(防除衣着用無し・使い捨て式マスク着用)で農薬散布作業を行ったとき、農薬の暴露一吸収があること、しかし、防除衣を着用するとそれはかなり防げることが実証された。さらに、マスクをしていても、顔面にフィットしてないと接顔部から農薬が入ることによる経気道暴露の生じることがあり、マスクについては農薬防護性能を有していることはもとより、適切な着用の仕方(マスク接顔部の気密性の保持など)が重要であることがわかった。

これらのデータは、農薬散布用保護衣(防除衣)やマスク等の着用を推進し、農薬暴露を予防していく上で役立つものと期待される。

文献

- 1) 農林水産省農蚕園芸局植物防疫課. 平成4年度植物防疫年報. 東京: 農林水産省農蚕園芸局. 279-283 (1995).
- 2) 三木嘉代子, 馬場優子, 浅川富美雪, 崔 眞玉, 須那 滋, 武田則昭, 實成文彦. ハウスイチゴ栽培者の健康管理ー防除作業における農薬(フェンプロパトリン)の暴露状況ー. 四国の農村医学, 26: 28-32 (1995).
- 3) Asakawa F, Jitsunari F, Miki K, Choi J-O, Takeda N, Kitamado T, Suna S, Manabe Y. Agricultural worker exposure to and absorption of permethrin applied to cabbage. Bull Environ Contam Toxicol, 56: 42-49 (1996).

- 4) 浅川富美雪, 三木嘉代子, 崔 眞玉, 須那 滋, 武田則昭, 實成文彦. ハウスキュウリ防除作業における農業者のペルメトリン暴露と吸収. 倉敷芸術科学大学紀要, 1:109-116 (1996).
- 5) 香川県農林水産部農業改良課. 農業労働管理推進事業報告書「より快適な野菜づくりをめざして」. 香川: 香川県. 19-20 (1993).
- 6) 浅川富美雪, 三木嘉代子, 馬場優子, 須那 滋, 真鍋芳樹, 北窓隆子, 武田則昭, 實成文彦他. 農業者における農薬散布の現状と意識—イチゴ栽培者のアンケートから—. 第39回中四産衛学会要旨集, 39:66-67 (1995).
- 7) 三木嘉代子, 浅川富美雪, 崔 眞玉, 實成文彦, 須那 滋, 武田則昭. 農薬散布用保護衣素材のはっ水性, 透湿性, 農薬防護性について. 日本公衛誌, 44:523-527 (1997).
- 8) 浅川富美雪, 三木嘉代子, 真鍋芳樹, 武田則昭, 實成文彦. 農業者の健康管理(2)—防除衣素材およびマスクの農薬(ペルメトリン)防護性について—. 四国の農村医学, 25:98-102 (1994).
- 9) WHO. Permethrin. Environmental Health Criteria 94. Geneva: WHO. 38-45 (1990).
- 10) Woollen BH, Marsh JR, Laird WJD, Lesser JE. The metabolism of cypermethrin in man: differences in urinary metabolite profiles following oral and dermal administration. Xenobiotica, 22:983-991 (1992).
- 11) 緒方正名. 生物学的モニタリング—理論と実際—. 東京: 篠原出版. 3-13 (1991).
- 12) 浅川富美雪, 實成文彦, 須那 滋, 崔 眞玉, 真鍋芳樹, 武田則昭. ペルメトリン暴露者尿中3-phenoxybenzoic acid の GC-MS による定量. 産業医学, 36:324-325 (1994).
- 13) 緒方正名. 生物学的モニタリング—理論と実際—. 東京: 篠原出版. 82-89 (1991).

Effects of Agrochemicals Exposure Protection of Protective Clothing and Mask for Applicator — Application of Permethrin to Cucumber Being Cultivated in Vinyl House —

Fumiyuki ASAKAWA, Fumihiko JITSUNARI*, Shigeru SUNA* and Kayoko MIKI**

College of Liberal Arts and Science,

Kurashiki University of Science and the Arts,

2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712, Japan

**Kagawa Medical University,*

1750-1 Ikenobe, Miki-cho, Kagawa 761-07, Japan

***Agricultural School of Kagawa Prefecture,*

34-3 Enai, Kotohira-cho, Kagawa 766, Japan

(Received September 30, 1997)

In Japan, there have been health problems occurring in agricultural workers due to agrochemical spraying, and hygienic management of clothing and equipment (protective clothing, mask, etc.) is necessary for prevention of these problems. Therefore, we examined the state of exposure-absorption to agrochemicals and the effects of protection from agrochemicals exposure by protective clothing and mask worn by an agricultural worker (applicator) using a power-driven sprayer to apply permethrin (synthetic pyrethroid pesticide) to cucumbers being cultivated in vinyl houses.

We measured permethrin deposited on the clothing and permeated through to the skin, as well as airborne permethrin. At the same time, we measured 3-phenoxybenzoic acid, known to be a urinary metabolite of permethrin, in the urine of the applicator after spraying the pesticide. These results demonstrated that the applicator using adequate equipment was not exposed to permethrin and not absorbed it during application. This suggested that wearing protective clothing and mask during spraying of the pesticide is highly important.

We assessed the applicators' clothing and mask used during spraying of agrochemicals by comprehensive evaluation of the data.