

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

三木嘉代子* 浅川富美雪^{2*,3*} 崔 眞玉^{3*}
實成 文彦^{3*} 須那 滋^{3*} 武田 則昭^{3*}

農薬散布作業は農作業の中でもとくに有害な作業の一つとなっており、従来から農業者の農薬危害防止のため、マスクや農薬散布用保護衣（防除衣）等の着用推進が図られているが、とくに夏季およびハウス作業では暑さのため、十分に着用できていない状況がみられる。そこで、農薬散布作業における農業者の農薬暴露を防護するため、農薬が浸透しない性質を持ち、かつ着心地がよく、少しでも楽に作業できるような防除衣を農業者に提供することを目的に、防除衣に適する布素材の基礎的検討を行った。その結果、供試した3種類の透湿防水性素材（布地A, B, C）は一般に着用している作業衣素材（布地D）に比べて、いずれも透湿防水性に優れ、さらに農薬防護性に関しても満足できる素材であることがわかった。中でも、透湿性や下着の上に作業衣代わりに直接着用できるという点からは布地C（ポリエステル、高密度織物）が、一方、作業衣の上に簡単に着用するエプロン型等の防除衣のように農業者自身が容易に作成することが可能であり、入手しやすさ、経済性という点からは布地B（高密度ポリエチレン、不織布）が有望と思われた。

Key words : 農薬散布用保護衣, 防除衣, はっ水性, 透湿性, 農薬防護性

I はじめに

わが国の農業情勢を概観すると、農業従事者の減少や高齢化が進む一方で、消費者ニーズの多様化や輸入農産物の増加に対応した農産物の高付加価値化、個性化が求められており、農業を取り巻く環境は厳しいものがある。このような状況の中で、農業者の労働条件や作業環境、健康管理については、基本的には農業者個人の管理に任されており、その労働衛生管理は十分とはいえない面もみられる。このため香川県においても、農業者が健康で快適に農業に従事できるよう、農業労働、作業環境の改善を地域農業改良普及センターを中心に進めており、その課題の一つとして農薬散布作業の改善を取り上げている。これは、現在の農業において農薬の使用は不可欠なものとなっているため、農作業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。

従来より農業者の農薬危害防止のため、マスクや農薬散布用保護衣（防除衣）等の着用推進が図られているが、病害虫は暖かい時期に多発するため、防除作業は高温多湿環境下での作業が多くなること、加えて日常作業からくる「慣れ」や近年農薬が低毒化されていることに対する「油断」などから、防除衣やマスク等の着用が不十分な状況がみられる。とくに防除衣については、比較的よく用いられるのは防水性のあるビニール製の雨ガッパの類であるが、夏季およびハウス作業ではその暑さのため十分着用できていず、作業衣のまま防除作業を行っていることも多い。実際、我々が行った農薬散布作業実態調査^{2,3)}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、農薬の暴露一吸収が確認されている。一方、アンケート（香川県内農業者対象）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農業者の割合は8割にも及んでいる^{4,5)}。

そこで、農業者が必要を感じながら十分着用できていない防除衣について、農薬による暴露を防護するため農薬が浸透しない性質を持ち、かつ着

* 香川県立農業大学校

^{2*} 倉敷芸術科学大学教養学部人間環境科学研究室

^{3*} 香川医科大学医学部人間環境医学講座衛生・公衆衛生学教室

連絡先：〒761-07 香川県木田郡三木町池戸1750-1
香川医科大学人間環境医学講座衛生・公衆衛生学教室 浅川富美雪

心地がよく、少しでも楽に作業できるものを農業者に提供することを目的に、防除衣に適する布素材の基礎的検討を行ったので報告する。

II 材料および方法

1. 供試材料

防除衣用素材は、防水性と透湿性を併せ持つことが望ましいと考え、透湿防水性素材^{6,7)}として3種類の布地を選定し、実験を行った。また、対照として、一般に着用している作業衣布地(1種類)も供試した。表1に供試布地の種類等を示す。布地A, B, Cが透湿防水性素材、布地Dが対照素材である。なお、布地Bは農業用マルチ素材として用いられているものである。

さらに、防除衣は洗って何回も使用することを想定し、素材性能に及ぼす洗たくの影響をみるため、洗たく処理したそれぞれの布地についても同様に検討を行った。洗たく方法は、JIS L 0217付表1 103⁸⁾を参考にした。すなわち、家庭用洗たく機を用い、浴比(洗たくものの重量(kg)と水量(l)の比)1:30、40°Cの洗たく液で5分間処理した後脱水し、常温の水で2分間のすすぎ洗いと脱水を2回行った。洗たく回数はそれぞれ1回、5回、10回とし、洗たく液は粉石けん(純石けん分70%)を使用した。

2. 透湿防水性実験

透湿性をみるためにJIS L 1099 A-1法⁹⁾の透湿度試験方法を参考に以下のような実験を行った。すなわち、直径60 mm、深さ20 mmのカップに吸湿剤(水分測定用塩化カルシウム)17 gを入れ、試料片の表面を吸湿剤側に向けてカップにかぶせ固定し、温度40°C、湿度約100% RH、風速約0.3 m/sの恒温恒湿装置に入れた。1時間後に重量 a_1 (mg)を測定し、もう1度恒温恒湿装置に入れさらに1時間後に重量 a_2 (mg)を測定し、次式により透湿度を算出した。

$$\text{透湿度 (g/m}^2\cdot\text{h)} = \frac{10 \times (a_2 - a_1)}{\text{透湿面積 (cm}^2\text{)}}$$

次に、防水性をみるために、防水性を評価する一つの指標として用いられているJIS L 1092¹⁰⁾に準拠したはっ水度試験を行った。すなわち、試料片をスプレーノズルの下150 mmに45度の角度で固定し、250 mlの水を25~30秒で散布し、余分の水滴を軽く落としてから図1に示される比較見

表1 布地の種類

布地	素材	組織・加工法	厚さ mm	重さ g/m ²
A	ナイロン	フィルムラミネート	0.28	136
B	高密度ポリエチレン	不織布	0.12	42
C	ポリエステル	高密度織物	0.12	92
D	綿/ポリエステル	平織	0.18	109

本で採点した。

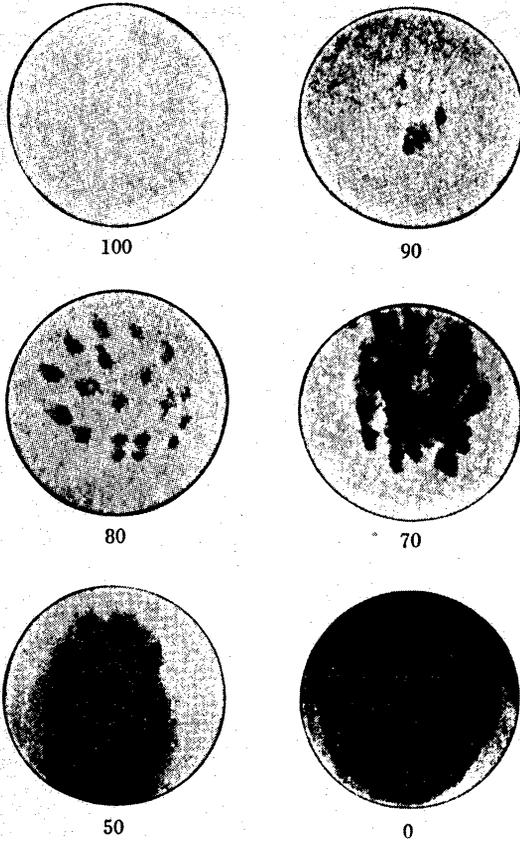
3. 農業防護性実験

農作物に広く使用され、また、我々のキュウリ、キャベツにおける農業散布作業の実態調査^{2,3)}で暴露一吸収が認められている合成ピレスロイド系殺虫剤ペルメトリンを供試農薬として取り上げ、アディオン(ペルメトリン20%含有、乳剤)2,000倍希釈液を用いて農業防護性実験を行った。実験方法は、プラスチック製の円筒(φ70 mm)の下方に供試布地を表面が外になるようにかぶせ、あらかじめアセトンで洗った濾紙(東洋濾紙M-085, φ37 mm)をその内側に置き、布地表面が農薬液の液面に約1 mm浸かる状態で1時間放置した。布地Dについては浸透が早かったので30分とした。放置後濾紙を取り除き、布地は余分の水滴を落としてから、農薬の付着量をみるために5ヵ所を直径10 mmの円形に打ち抜いた。残りは洗たくによる農薬の除去状況を見るため、試みに前述の洗たく方法で処理(1回)した。濾紙、打ち抜いた円形布片、洗たく後の布片はアセトン5 mlで超音波抽出し、ガスクロマトグラフィー(GC-ECD)により³⁾ペルメトリン量を測定した。

III 結 果

図2にははっ水度試験の結果を示す。はっ水度は、洗たく回数0回すなわち新品の場合、布地A, B, Cともほぼ100%であった。しかし、布地Dは0%であった。洗たくの影響をみると、布地Aでは洗たく10回でもほとんどはっ水度は低下しなかったが、布地Cでは洗たく10回後は洗たく前の86%、布地Bでは洗たく5回後には洗たく前の81%に低下した。一方、布地Dははっ水度0%のままであった。

図1 はっ水度試験用比較見本

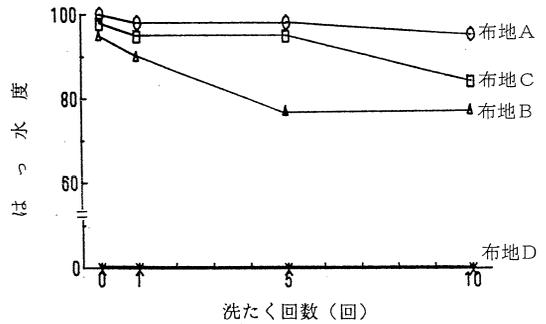


- 100: 表面に付着湿潤のないもの
- 90: 表面にわずかに付着湿潤を示すもの
- 80: 表面に水滴状に湿潤を示すもの
- 70: 表面にかなりの部分的湿潤を示すもの
- 50: 表面全体に湿潤を示すもの
- 0: 表裏面が完全に湿潤を示すもの

図3に透湿度試験の結果を示す。透湿度は、洗たく回数0回すなわち新品の場合、布地C、Dではともに約360 g/m²・hと供試4布地の中で高い透湿度を示した。これに対し布地A、Bはともに約200 g/m²・hと低かった。洗たくの影響をみると、洗たくによる透湿度の大きな低下はどの布地にもみられなかった。ただ、布地Bでは洗たく後の透湿度がやや高くなる傾向を示した。したがって、洗たく10回後では透湿度はD≧C>B>Aの順となった。

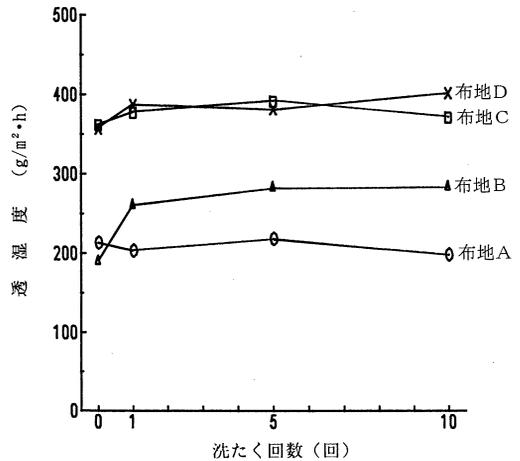
図4および表2に農薬防護性実験の結果、布地表面に付着したペルメトリンのGC-ECD分析例および付着農薬量を示す。付着農薬量は、洗たく

図2 各布素材の供試前せんたく回数とはっ水度



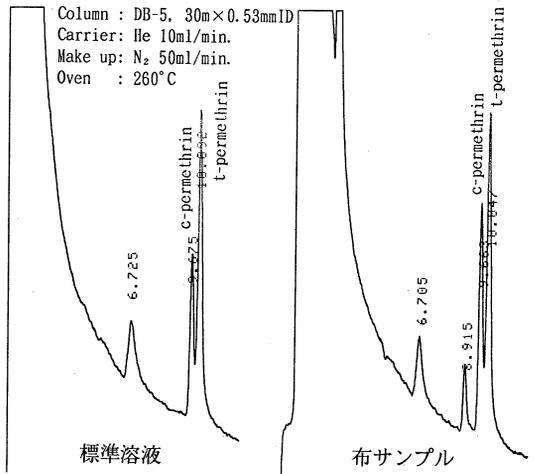
n=3, CV は1.8~3.1%の範囲

図3 各布素材の供試前せんたく回数と透湿度



n=3, CV は0.8~5.5%の範囲

図4 ペルメトリンのガスクロマトグラム



回数0回すなわち新品の場合、布地A, Bでは1.6~1.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、布地Cでは5.4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、布地Dでは3.2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。洗たく回数1~10回では布地A, B, Cとも付着農薬量は、0.7~1.8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であり、布地Dは2~3.2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。全体として、布地Dは布地A, B, Cより付着農薬量が多い傾向を示した。

表3に各布地の農薬浸透割合を示す。洗たく回数0回すなわち新品の場合、布地A, B, Cでは布地の表面付着量に対し布地を浸透して濾紙に付着したペルメトリン量は0.3%以下であった。しかし、布地Dは他の1/2の浸透試験時間(30分)にもかかわらず、100%の浸透割合であった。洗たくの影響をみると、布地A, B, Cでは洗たく1回, 5回, 10回処理後の布地でも新品の場合と同様0.3%以下であった。布地Dについてはすべて100%の浸透割合であった。

また、洗たくによる農薬の除去状況をみるために、農薬防護性実験後の布片を洗たく(1回)してみた。その結果、表4に示されるように、ペルメトリンが布地Aでは27~78%、Bでは33~97%、Cでは30~64%、Dでは20~50%残っていた。試みに合成洗剤や漂白剤も使ってみたが、粉石けんの場合と大差なかった。このことから、素材あるいは供試前洗たくの有無・回数によらず布地に付着したペルメトリンの落ち難い事が示唆された。

IV 考 察

防除衣として比較的良好に利用されるのは防水性のあるビニール製の雨ガッパの類であるが、夏季およびハウス内での防除作業が多い現状では、衣服下が高温多湿状態となるため、不快感から防除衣を着用せずに農薬散布作業を行っていることも多い。この衣服下気候と快適性等の着心地の関係に関しては種々の要因が絡むと考えられるが、三ツ井ら¹¹⁾は着心地と衣服内水分量とは大きく相関すると報告している。したがって、快適性(涼しさ)の面からみると透湿性の高いことが防除衣用素材の条件の一つと考えられる。透湿度試験の結果、透湿防水性布地では布地Cの透湿性が高いことがわかったが、同様の布地A, Bでも透湿性は認められた。このため、少しでも涼しく作業できるという面から、これらの透湿防水性布地はビニール製の雨ガッパの類より防除衣用素材に適し

表2 布素材別ペルメトリン付着量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

布 地	供試前洗たく回数			
	0	1	5	10
A	1.61	1.56	1.23	0.89
B	1.76	0.91	1.15	0.75
C	5.38	1.28	1.15	1.83
D	3.17	3.11	1.98	3.24

n=3, CVは9.1~12.8%の範囲

表3 布素材別農薬浸透割合 (%)

布 地	供試前洗たく回数			
	0	1	5	10
A	0.2	0.1	<0.1	0.1
B	0.1	0.1	ND	0.1
C	0.1	0.2	0.2	0.3
D	100.0	100.0	100.0	100.0

n=3, CVは1.6~3.1%の範囲

表4 農薬浸透試験布洗たく(1回)後の農薬残留割合 (%)

布 地	供試前洗たく回数						
	0	1	5	10	1	1	1
A	27.8 ¹⁾	60.5 ¹⁾	78.1 ¹⁾	59.5 ¹⁾	56.3 ²⁾	66.8 ³⁾	54.5 ⁴⁾
B	32.9 ¹⁾	96.6 ¹⁾	51.9 ¹⁾	80.3 ¹⁾	—	—	—
C	63.6 ¹⁾	35.8 ¹⁾	44.4 ¹⁾	30.0 ¹⁾	—	—	—
D	20.4 ¹⁾	25.8 ¹⁾	49.3 ¹⁾	24.2 ¹⁾	—	22.1 ³⁾	—

1) 粉石けん使用, n=3, CVは12.9~15.8%の範囲

2) 合成洗剤使用, n=1

3) 粉石けん+漂白剤使用, n=1

4) 合成洗剤+漂白剤使用, n=1

ていると思われる。なお、この透湿性は洗たくにより低下しなかった。また、透湿防水性布地のほっ水性は、洗たくにより布地B, Cのほっ水度は多少低下したものの、いずれの布地も十分に思われる。これに対し、一般に着用している作業衣布地Dは透湿性は高いもののほっ水性がないため、防除作業に使用した場合、付着した農薬がすべて布地に浸透し、薄い布地であれば皮膚に付着すると思われる。そこで、アディオン(ペルメトリン20%含有、乳剤)2,000倍希釈液を用い

て農薬防護性実験を行った結果、布地Dでは農薬が100%浸透したのに対し、透湿防水性布地A, B, Cとも農薬の浸透は認められなかった。この実験での透湿防水性布地表面のペルメトリン付着量は最高5.38 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であったが、これは我々^{2,3)}が実際のペルメトリン散布作業の調査で測定した付着量の最高値に比し、約6倍高い量であった。さらに、洗たく10回処理後の透湿防水性布地でも農薬の浸透がなかったことから、布地A, B, Cとも農薬の防護性についてはとくに問題ないと思われる。なお、試みに農薬浸透実験後の布地を洗たく（粉石けん使用）してみたところ、ペルメトリンの残留が認められた。合成洗剤や漂白剤も試してみたが、大差なかった。防除衣は通常、洗たくして再使用するため、これに関してはさらに検討が必要と思われる。

以上、今回の結果から透湿防水性布地A, B, Cいずれも防除衣素材として適すると考えられる。ただ、これまでの経験から、高温多湿環境下での農薬散布作業では完全に体を覆って防護することは難しいと思われるため、作業衣のままでの作業より少しでも農薬暴露を少なくすることを第一に、快適性（涼しさ）、経済性、入手しやすさ等を加味して検討してみた。その結果、少しでも涼しくという点では布地Cが透湿度が高く、また、生地も柔らかいので下着の上に作業衣の代わりに直接着用できるという点からも有望と思われる。一方、作業衣の上に簡単に着用するエプロン型等の防除衣であれば、布地Bが入手しやすく縫製もしやすいので、農業者自身が容易に作成することが可能であり、入手しやすさ、経済性という点からは有望視される。いずれにしても、今後さらに、洗たくの問題や実際の防除衣としての快適

性、動きやすさ、着心地等について検討していく必要があると思われる。

(受付 '96. 7.10)
採用 '97. 4.18)

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, 1995; 279-283.
- 2) 三木嘉代子, 他. 農業者の健康管理(1)—ハウスキュウリ防除作業における農薬(ペルメトリン)暴露状況について—. 四国の農村医学 1994; 25: 83-87.
- 3) Asakawa F, et al. Agricultural worker exposure to and absorption of permethrin applied to cabbage. Bull Environ Contam Toxicol 1996; 56: 42-49.
- 4) 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, 1993; 19-20.
- 5) 浅川富美雪, 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回中国四国産衛学会要旨集 1995; 39: 66-67.
- 6) 鴻巣 信. 最近の新化合繊素材Ⅱ. 機能性特化素材. 家政誌 1989; 40: 553-557.
- 7) 田村照子, 岩崎房子, 嶋根歌子. 農薬散布作業衣の熱抵抗および蒸発熱抵抗に及ぼす素材開口部の効果. 家政誌 1989; 44: 477-483.
- 8) 福原元一. 日本工業規格 繊維製品の取扱いに関する表示記号およびその表示方法 JIS L 0217-1995. 東京: 日本規格協会, 1995; 8.
- 9) 福原元一. 日本工業規格 繊維製品の透湿度試験方法 JIS L 1099-1993. 東京: 日本規格協会, 1993; 1-10.
- 10) 西家正起. 日本工業規格 繊維製品の防水性試験方法 JIS L 1092-1992. 東京: 日本規格協会, 1992; 5-30.
- 11) 三ツ井紀子, 酒井豊子, 中島利誠. 運動中の衣服下気候と着心地に及ぼす繊維の影響. 日生気誌 1986; 23: 35-42.