

ゴキブリ防除における殺虫剤について*

川田 均・伊藤 高明**

On the Insecticides for Cockroach Control

Hitoshi KAWADA and Takaaki ITOH

1. はじめに

多くの害虫は人間が創り出したものである。たとえば、人間が耕作によって作物を栽培し始めることによって農業害虫が、衣服を着たり住居に住むようになったことによって衣料害虫や木材害虫が、また人間の生活環境の向上あるいは都市環境整備の向上にともなって不快害虫が誕生した。これらの害虫は人間の疾病の媒介に直接関係するベクターとは異なり、人為的な生態系のバランスの攪乱によって必然的に生み出されてきたといつてよい。ゴキブリもその例外ではない。その証拠に世界中でこれまで知られているゴキブリ3000種のうち、人間の生活に関わりがあるのはわずか7種ほどであるという。殺虫剤とはこういった人間の一方的なわがままをさらに満足させるためにやはり人間が創り出した害虫制御物質である。従って殺虫剤に求められる必須条件とは、目的とする害虫だけに優れた殺虫効力を示し、人間や人間に利益を与える他の生物、そして人間の住む環境に対しては影響のない物質でなければならないことである。現在使用されている殺虫剤の多くはこの一見矛盾した難しい条件をクリアしてきたいわば優等生といつてよいだろう。そして1つのこういった優等生的化合物を産み出すためには数万の化合物のスクリーニングを必要とし、数多くの毒性試験をパスしなければならない(表1)。一般に1つの化合物を開発するのに必要な費用は50~100億円、かかる期間は7~10年といわれている。最近ではこのような化学物質の安全性に関わる試験はすべて優良試験所規範(Good Laboratory

Practice, GLP) に従って正しく行われなければならない。そしてこの GLP の導入によって人的誤謬が排除された質の高い試験が可能となった(たとえば発癌性試験1つを見てもこれに必要とされるデータは100万を越すという)。一方、化学物質に要求される安全性の基準は年々厳しいものになってきており、新しい化合物が世の中に送り出される確率は次第に小さく、逆にその費用は次第に大きくなってきているのが現状である。このような現状を踏まえ今後のゴキブリ防除用殺虫剤に要求される条件とは何か、また実際に現在どのような動向でこの分野が動きつつあるのかについて考えてみたい。

2. 3次元(空間)処理から2次元(面)処理へ

現在伝染病予防法に基づく衛生害虫駆除薬品としてゴキブリ防除に使用可能な薬剤は40品目以上あるが、その90%が乳剤および油剤である。また、それぞれの用法用量を見るといずれも〇〇倍希釈液を50ml/m²残留塗布あるいは噴霧することになっている。このことはこれらの製剤が多かれ少なかれ3次元的に(空間に)噴霧されていることを示す。また実際にピレスロイド剤を中心としたULV散布(微粒子少量空間噴霧)が現在でもごく一般的に行われているようである。ULV散布は壁等の汚損を低減し、施工時間を短縮し、かつ高い駆除効果が期待できると考えられていたが、谷口(1986)が示したようにULV粒子はゴキブリが潜伏する間隙に必ずしも十分到達してはならず、防除効果も一時的なものであり複数回の処理が必要であることがわかってきた。煙霧や燻煙・加熱蒸散はULV粒子よりはより深部に到達し効果もやや高いが(林, 1986)、特殊な装置を必要

* 日本家屋害虫学会 第15回大会シンポジウム「ゴキブリをめぐる諸問題」

** 住友化学工業株式会社農業化学品研究所

表1 殺虫剤の薬事法製造承認申請に際し添付すべき安全性資料

		(1) 新殺虫主剤 (新有効成分含有医薬品)	(2) 新殺虫剤「殺虫剤たる既承認医薬品等と成分組成(有効成分及びその濃度)用法用量, 効能効果, 剤型のいずれかが異なる医薬品」
急性毒性, 亜急性毒性, 慢性毒性, 催奇形性その他の毒性に関する資料	1 急性毒性に関する資料	○	○
	2 亜急性毒性	○	△
	3 慢性毒性	○	×
	4 生殖に及ぼす影響	○	×
	5 依存性	×	×
	6 抗原性	○	△
	7 変異原性	○	×
	8 がん原性	×	×
	9 局所刺激	○	△
薬理作用に関する資料	1 効力を裏付ける試験 (基礎)	○	○
	2 一般薬理	○	×
吸収, 分布, 代謝, 排泄に関する資料	1 吸収	○	×
	2 分布	○	×
	3 代謝	○	×
	4 排泄	○	×
	5 生物学的同等性	×	×
その他の資料	1 実使用時の気中濃度	×	○

○：必要な資料

(医薬品製造指針'90)

×

△：粉剤, 乳剤, 油剤, 粒剤, エアゾール, 線香, 電気蚊取, 燻煙剤, ベート剤等, 剤型に応じて提出を要求している。

とする上に ULV 散布と同様残効性に乏しい。このようにハエやカと異なりゴキブリ防除に関しては, 特別な場合(地下下水道のゴキブリ防除やピレスロイドのフラッシングアウト効果を利用した残留散布との併用を前提とした初期施工等)を除き3次元的な処理は必要以上に薬剤を空間に放出するというデメリットこそあれ, コスト的・効力的なメリットは少ないと考えられる。

残留噴霧処理はいわば3次元的な空間処理を2次元的な平面処理に置き換えた処理法である。残留噴霧の原則はゴキブリが潜伏しそうな場所や徘徊しそうな場所に先に述べた50ml/m²という用量で薬剤を散布することである。空間処理に比べ施工時間はかかるが, 薬剤の無駄がなく食器などの汚染が少ない。しかしここにも問題点がある。すなわち処理面の影響による効力低下とゴキブリによる処理面への接触の忌避である。液剤は当然の

ことながらベニヤ合板やコンクリート・漆喰といった吸収面においては速やかに吸収されてしまい, 同時に効力も吸収の度合いに比例して低下する(Chadwick, 1985)。このような処理面の材質以外にも処理面の温度や pH, 塗料などによって薬剤は影響を受ける。Rust and Reiersen (1988) はピレスロイド剤のゴキブリに対する殺虫作用が処理面に付着した油分によって低下することを報告している。また, 薬剤によってはゴキブリに忌避性を示すものがあり, 十分な殺虫活性を有していてもゴキブリがこれとの接触を嫌うために防除できないとする説がある(Ebeling *et al.*, 1967; Zungoli *et al.*, 1988)。ピレスロイドの忌避性は厳密な意味での忌避ではなく, 蚊における吸血阻害効果に見られるように(松永, 1990), 接触あるいは被曝することによる secondary effect としての定位攪乱であるが, いずれにせよ

— 19 —

NII-Electronic Library Service

これが残留噴霧によるゴキブリ防除に影響を与えているのは事実のようである。CHADWICK (1985) は乳剤や油剤に比べて水和剤が表面に残留し易くゴキブリに対する残効性も長いことを示しているが、我が国のゴキブリ防除の実情を考えると水和剤の使用は極めて難しいと考えられる。事実先に述べた伝染病予防法に基づく衛生害虫駆除薬品としてゴキブリ防除に使用可能な製剤中、水和剤あるいは粉剤の占める割合は約5%にしかない。

殺虫剤を数十 μm の微小なカプセルに閉じこめたマイクロカプセル(MC)化技術は我が国では比較的歴史が浅く、ゴキブリ防除に使用できる製剤は今の所ダイアジノンMCとフェニトロチオンMCの2製剤しかない。MC剤はその特殊な製剤形態のために他剤とは異なった作用特性を有する。すなわち、接触効果と経口摂取効果である。MC剤の効力発現機構の1つとしてカプセル膜のゴキブリによる破壊効果があるが、カプセルの粒径と膜厚を微妙に操作することによってゴキブリへの付着量を最適な値に調節することが可能で

ある(KAWADA *et al.*, 1990)。フェニトロチオンMCにおける例を図1に示した。またKAWADA *et al.* (1994) はMC剤が水和剤や乳剤と比べて有効成分の処理面への吸収が最も少ないことを報告している。MC剤の第2の効力発現機構としてカプセル粒子がゴキブリ体表や脚に付着し、これをゴキブリがグルーミングの際に経口的に摂取する(図2)という効果がある(SAKURAI *et al.* 1982; KAWADA *et al.*, 1990)。MC剤は処理面の性状に影響を受けず、しかも有効成分をカプセル中に閉じこめてしまうために殺虫剤の忌避性も軽減できる。現在2次元防除法として最も推奨できる製剤はMC剤であろう。散布者の薬剤被曝量が乳剤量に比べて小さくなるのもメリットの1つである。

3. 2次元(面)処理から1次元(線)処理へ、さらに0次元(点)処理へ

残留噴霧に代表される2次元処理は、3次元処理に比べると薬剤のロスが少なくより効果的であるが、単位面積当たりの薬剤使用量は余り減

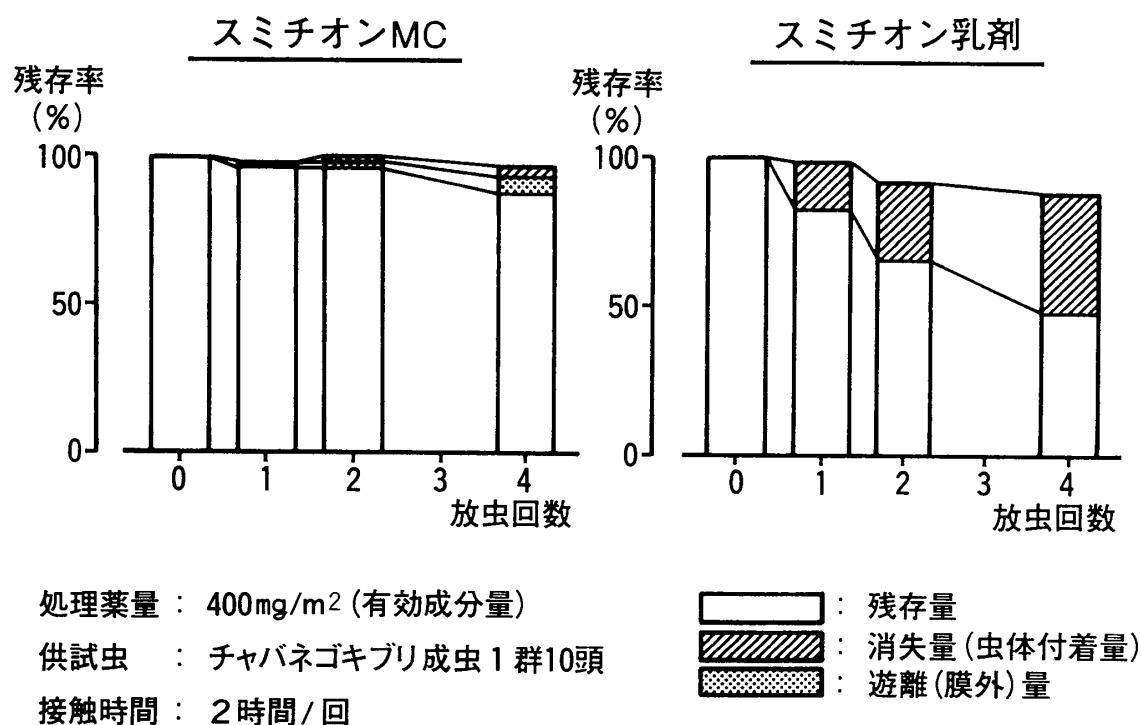


図1 フェニトロチオン(スミチオン)MC剤と乳剤を処理したガラス面上にチャバネゴキブリ成虫を接触させた時の処理面上の残存有効成分量と消失量(ゴキブリによる持ち去り量)およびカプセル膜外量の変化(KAWADA *et al.*, 1990より)。

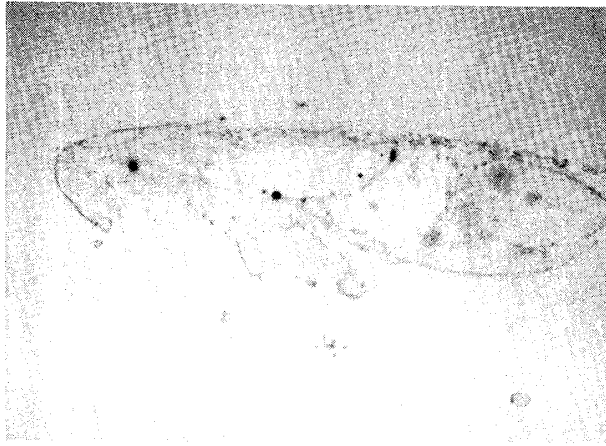


図2 ^{14}C でラベルしたフェニトロチオン（スミチオン）MC剤処理面に接触させたチャパネゴキブリ成虫の全身オートラジオグラムとゴキブリ切片像を合成した図。小さな黒い点がMC粒子を示す。

少しておらず、散布者や居住者が薬剤に触れる機会が少なくない。また散布コストも比較的大きい。散布の安全性や作業性、居住者の安全性さらにはできるだけ少量の薬剤で（できれば殺虫剤なしで）快適な生活環境を保ちたいとする最近の世風を考えると、より少ない薬剤でより高い効果を追求するのが殺虫剤メーカーあるいは処理業者の使命であろう。

クラック & クレバス（C&C）処理は、従来の残留噴霧がゴキブリの徘徊しそうな場所への処理といういわば消極的な処理であったのに対し、ゴキブリの潜伏する発生源への積極的な処理という意味で重要であるばかりではなく（青木，1986）、省薬剤省力化に対する1つの回答とも考えられる。これは2次元処理からさらに進んだ1次元（線）処理といってもよいだろう。ゴキブリの通路となるクラック & クレバスを全て塞いでしまおうとする考え方もあるが、これは実際には不可能に近い（FARMER and ROBINSON, 1985）。むしろ、殺虫剤等を含んだペースト剤やダスト剤をクラック & クレバスに重点的に処理する方が賢明であろう（BENSON and APPEL, 1993）。

毒餌剤（ベイト剤）は古くからゴキブリ防除法として用いられてきたが、最近これが見直されつつある。これには先にも述べたように、都市型環境下における薬剤散布に大きな制約が出てきたこ

と、そして殺虫剤に対する抵抗性の発達や処理困難な建築構造の増加によって従来の殺虫剤の効果が次第に十分とはいえなくなってきたことから、異なった効力発現機構の殺虫剤が望まれているといった背景がある（林，1988）。ベイト剤によるゴキブリ防除の基本コンセプトは、ゴキブリを1点に誘引して有効成分を摂食させることにある。従ってこの方法はクラック & クレバス処理をさらにハイテクで上回った0次元（点）処理法といってもよいであろう。ベイト剤に用いる有効成分にはある程度の制約がある。すなわちゴキブリの摂食行動を利用したものであるから、喫食性を阻害するようなものであってはいけない。この意味でも先にも述べたピレスロイド剤の使用は難しい。またピレスロイド剤は一般に接触毒であり、経口毒としての性能は有機リン剤ほど高くないことにも制約がある（KAWADA *et al.*, 1993）。忌避性については製剤で回避可能であり、たとえばフェニトロチオンをMC化する事により比較的高薬量のフェニトロチオンをベイト中に含有させることができる。ベイト剤に用いる有効成分に望まれる第2の条件は、極く微量で致死効果を発揮することであろう。これはベイト製剤自身の誘引性や喫食性にもよるが、どんな製剤処方であってもある程度の効果を発揮するためにはできるだけ少量の摂食で効果が出た方が望ましいと思われる。ベイト剤の有効成分以外の処方については様々な特許が申請されており、そのいずれもが現在のところベストとは考えられない。著者のチャパネゴキブリに関する未報告データによれば、ゴキブリは生息する環境によって餌に対する嗜好性が異なっており、ある地域でベストと思われたベイト処方でも別の地域では必ずしもベストとはいえないと言うことを付け加えておきたい。いずれにせよベイト剤に関しては、有効成分や誘引成分について今後も様々な基礎的・応用的研究が行われていくことであろう。

4. ゴキブリ防除薬の今後の展開

BENNET (1990) はゴキブリ、シロアリなどを含めた urban pest control 分野における新しい薬剤の主なものとして、エパーメクチン（神経シナ

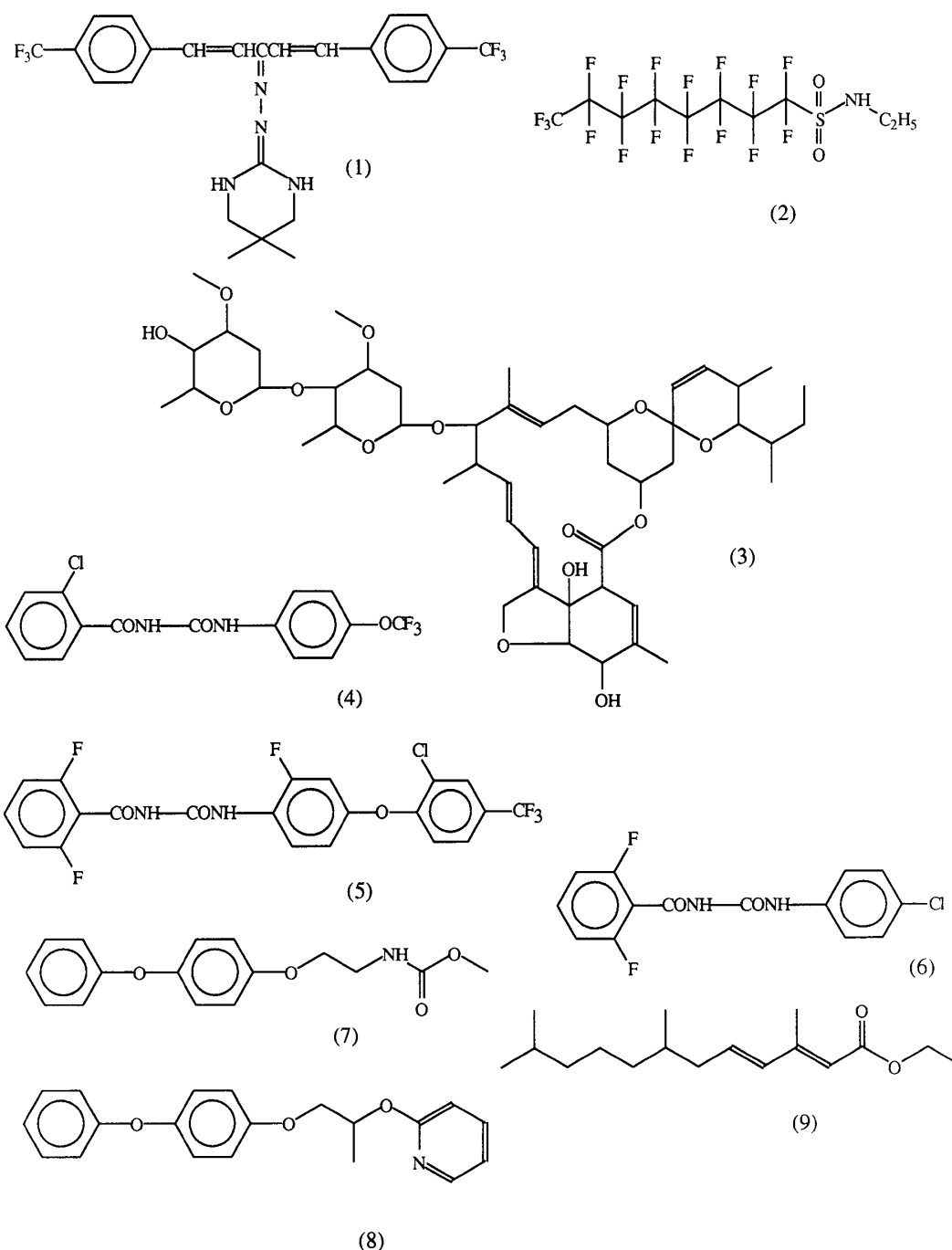


図3 ゴキブリ防除用として期待される新しい化合物。

(1)ヒドラメチルノン；(2)スルフルアミド；(3)エパーメクチン B_{1a}；(4)トリフルムロン；(5)フルフェノクスロン；(6)ディフルベンズロン；(7)フェノキシカーブ；(8)ピリプロキシフェン；(9)ハイドロプレン

プスの GABA 受容器阻害, FRITZ *et al.*, 1979), スルフルアミド (酸化リン酸化阻害, SCHNELLMANN and MANNING, 1990), ヒドラメチルノン (電子伝達系阻害, HOLLINGSHAUS, 1987) そして幼若ホルモン様剤 (Juvenile Hormone Mimic, JHM) やキチン形成阻害剤 (Chitin

Synthesis Inhibitor, CSI) などに代表される昆虫成長制御剤 (Insect Growth Regulator, IGR) を挙げている (図3)。いずれも従来の殺虫剤とは異なった作用機構を有する新しい有効成分として注目されており, またいずれも従来の殺虫剤に比べると遅効的であるという特徴を持っている。特に

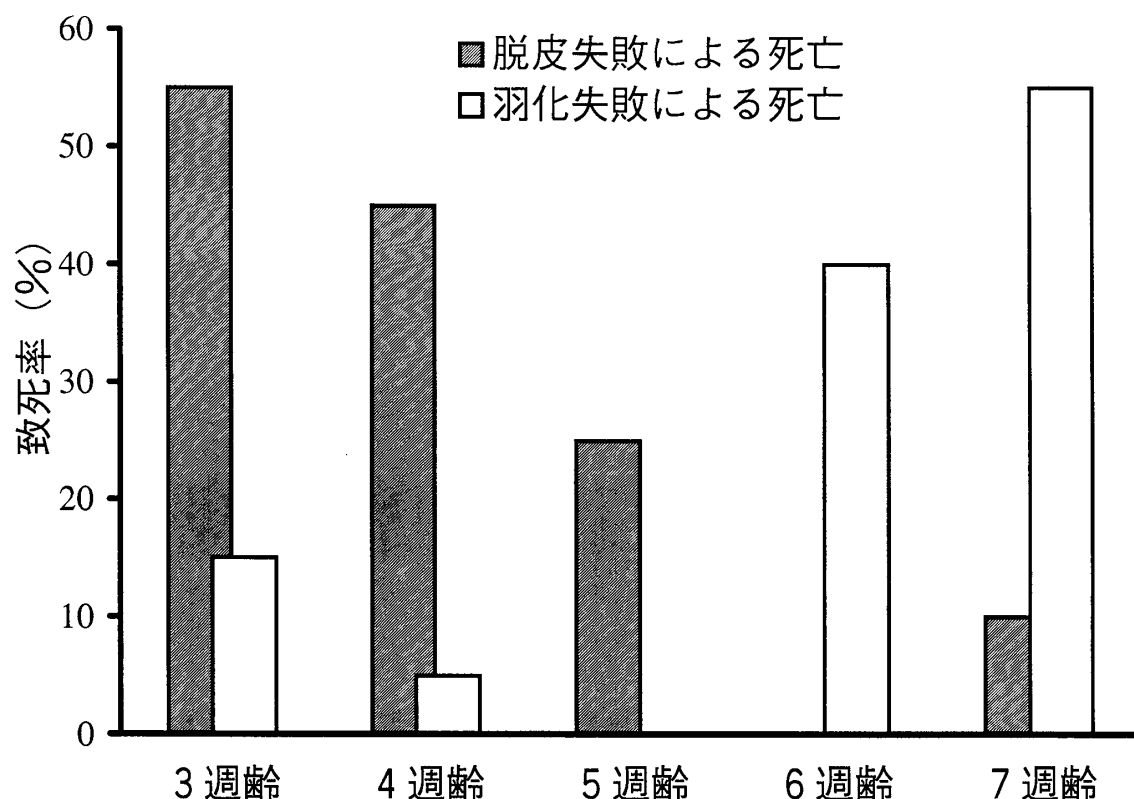


図4 幼若ホルモン様物質ピリプロキシフェンを16 μg 処理したときのチャパネゴキブリ各齢期の幼虫に対する致死効果 (KAWADA *et al.*, 1990より改変)。

ヒドラメチルノンは SILVERMAN *et al.* (1991) が実証したように、摂取されたヒドラメチルノンがゴキブリ自身によって生息場所まで運ばれ、coprophagy (糞食性) によって他の個体に摂取され致死効果をもたらすという secondary effect が注目されている。ゴキブリ自身が殺虫剤を伝播するという意味では同様のコンセプトを持ったものとして、最近エコサイエンス社によって紹介されたバイオパスという新しい商品がある。これは *Metarhizium anisopliae* というゴキブリに殺虫性を示す糸状菌をベイトステーションに処理しておき、ここを通過したゴキブリ体表に糸状菌が移り、ゴキブリ自身が他のゴキブリにこの糸状菌を伝播するというものである。昆虫自身に殺虫剤を運ばせるという考え方は古くは化学不妊剤による不妊性の伝播などに見られるが、製品化にまで至ったのはこのバイオパスが最初ではないだろうか。

IGR 剤はヒドラメチルノン等と比較してもさらに遅効的であり、先のバイオパス的な処理には最適の有効成分である。IGR によってもたらされる効果は幼虫期における致死効果 (JHM,

CSI), 終齢幼虫期における羽化阻害効果 (JHM) および成虫に対する繁殖抑制効果 (JHM, CSI) である。JHM による効果の1例を図4に示した (KAWADA *et al.*, 1989)。しかし IGR は効力発現に昆虫のステージ特異性が強く、たとえば JHM は昆虫の終齢幼虫期に最も効果が高く、キチン形成阻害剤ではこの逆となる。またいずれの剤も成虫に対しては殺虫効果を示さないことから、IGR 単独での処理のみでは防除効果が現れるまでかなりの期間を要するという欠点を持っている。したがって IGR 剤のゴキブリ防除への使用にあたっては最適な剤型の選択、速効性を付与するための改善 (他の殺虫剤との混合など) 等が必要となってくるであろう。

以上のように、ゴキブリ防除薬はより安全で新しく高活性のものへ、防除法は単なるばらまき型からハイテクと高度の処理知識を要するゼロ次元処理へと次第に移行しつつあるようである。ただし現在の流れが最終的な回答であると結論づけるのは尚早である。ゴキブリは実験動物としては極めて扱いやすく、その生態、生理等は研究しつく

されたような感があるが、たとえばあるビルのどの場所にゴキブリが生息し、それがどのように移動しているのかといったことさえ依然として深く研究されていないのが現状ではないだろうか。もしかすると将来には現在の知識では予想もできなかった新しい防除法（たとえば従来の化学の領域を超越した物理学や数学を駆使したような）が誕生しているかもしれない。ゴキブリ防除を代表とするいわゆる都市昆虫学（Urban Entomology）は90年代になってやっと蕾ができたような状態である。都市昆虫学のほんの枝先の部分に携わる著者として、これからの精進と自戒の念を新たにしておいてこの稿を綴じたい。

引用文献

- 青木 皐 (1986) PCO からみた残留散布の問題点. 生活と環境 31 : 67-70
- BENNET, G. W. (1990) Implementation of emerging technologies : urban entomology. *Pest Control into the 90s : Problems and Challenges*. : 13-22.
- BENSON, E. P. and A. G. APPEL (1993) Performance of Avermectin bait formulations against the German cockroach (Dictyoptera : Blattellidae). *Proceedings of the 1st International Conference on Insect Pests in the Urban Environment* : 285-290.
- CHADWICK, P. R. (1985) Surfaces and other factors modifying the effectiveness of pyrethroids against insects in public health. *Pestic. Sci.* 16 : 383-391.
- EBELING, W., D. A. REIERSON and R. E. WAGNER (1967) Influence of repellency on the efficacy of blatticides. II. Laboratory experiments with German cockroaches. *J. Econ. Entomol.* 60 : 1375-1390.
- FARMER JR., B. R. and W. H. ROBINSON (1985) Caulking for roach control. *Pest Control Technology* April 1985 : 72-74.
- FRITZ, L. C., C. C. WANG and A. GORIO (1979) Avermectin B_{1a} irreversibly blocks post synaptic potentials at the lobster neuromuscular junction by reducing membrane resistance. *Proc. Natl Acad. Sci., USA*, 76 : 2062-2066.
- 林晃史 (1986) 煙霧, 燻霧, 加熱蒸散剤の特徴と欠点. 生活と環境 31 : 71-75.
- 林晃史 (1988) 殺虫剤の新しい施用技術=置き去り法=環境衛生 35(8) : 28-32.
- HOLLINGSHAUS, J. G. (1987) Inhibition of mitochondrial electron transport by hydramethylnon : A new amidinohydrazone insecticide. *Pestic. Biochem. Physiol.* 27 : 61-70.
- KAWADA, H., I. KOJIMA and G. SHINJO (1989) : Laboratory evaluation of a new insect growth regulator pyriproxyfen, as a cockroach control agent. *Jpn. J. Sanit. Zool.* 40 : 195-201.
- KAWADA, H., M. MAKITA, S. TSUDA, T. OHTSUBO, G. SHINJO and K. TSUJI (1990) : Efficacy and the way of action of fenitrothion microcapsules for cockroach control. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 2 : 6-13.
- KAWADA, H., T. OHTSUBO, S. TSUDA, Y. ABE and K. TSUJI (1993) : Insecticidal characteristics of cyphenothrin microcapsule for cockroach control. *Jpn. J. Entomol. Zool.* 5 : 65-72.
- KAWADA, H., M. OGAWA, T. ITOH, Y. ABE and K. TSUJI (1994) : Laboratory evaluation of fenitrothion microcapsules as a new residual spraying formulation for mosquito control. *J. Am. Mosq. Control Assoc. in press*
- 松永忠功 (1990) ピレスロイドの害虫忌避性. 環境管理技術 8 : 196-202.
- RUST, M. K. and D. A. REIERSON (1988) Performance of pyrethroids against German cockroaches *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera : Blattellidae). *Bull. Soc. Vector Ecol.* 13 : 343-349.
- SAKURAI, M., M. KUROTANI, S. SASAKI, T. UMINO and T. IKESHOJI (1982) Characteristic effects of the microencapsulated diazinon against the German cockroach, *Blattella germanica* L. *Jpn. J. Sanit. Zool.* 3 : 301-307.
- SCHNELLMANN, R. G. and R. O. MANNING (1990) Perfluorooctane sulfonamide : a structurally novel uncoupler of oxidative phosphorylation. *Biochim. Biophys. Acta* 1016 : 344-348.
- 谷口信昭 (1986) チャバネゴキブリ防除における ULV 処理の現況. 生活と環境 31 : 79-82.
- ZUNGOLI, P. A., E. P. BENSON and D. M. CHAMBERS (1988) Arena test for evaluating chemical repellency in *Blattella germanica* (L.) (Orthoptera : Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 81 : 391-395.