

昆虫の生理活性物質，幼若ホルモン類縁体とキチン形成阻害物質，の蚊幼虫に対する野外試験

伊 藤 達 也

長崎大学医学部医動物学教室 長崎市中央保健所

Field Application of Biologically Active Substances of Insects, a Juvenile Hormone Analogue and a Chitin Synthesis Inhibitor, against Mosquito Larvae

Tatsuya ITOH

Department of Medical Zoology, Nagasaki University School of Medicine and Nagasaki City Health Center

Abstract: A juvenile hormone analogue, methoprene, and a chitin synthesis inhibitor, dimilin, were tested against larvae of *Culex tritaeniorhynchus*, *Cx. pipiens molestus* and *Aedes albopictus* in the field. Two formulations of methoprene, SR-10F and briquet, were found to be of use at a dosage of 0.1ppm against larvae of *Cx. tritaeniorhynchus* in experimental rice fields, since the adult emergence from almost all larvae was inhibited immediately after the treatment. Dimilin was also found to be effective against the same mosquito, giving 100% inhibition of emergence at 0.1ppm for 4 days after the treatment. But methoprene briquet was not considered to be adequate against *Cx. pipiens molestus* larvae in septic tanks and underground water pools because of rather low rate of emergence inhibition even just after the treatment. Methoprene sand granule and briquet and dimilin were found to be very effective against larvae of *Ae. albopictus* in small containers. After the treatment, 100% inhibition of adult emergence was observed for about 5 weeks at 100ppm of methoprene and for at least 2 weeks at 0.1ppm of dimilin. The effectiveness against *Ae. albopictus* was superior to diazinon, fenitrothion, abate and DDT tested under the same situation.

Tropical Medicine, 21(2), 73-84, August, 1979

はじめに

第2次世界大戦までは、ヒ酸鉛などのヒ素化合物、天然物としての除虫菊剤（ピレトリン）、硫酸ニコチン、ロテノン、松脂合剤、石油乳剤、石灰硫黄合剤、シアン化合物、クロルピクリン等が殺虫剤として使われていた。

しかし、1930年代の初め頃からのピレトリン、ニコチン、ロテノンの研究は、合成殺虫剤の開発の大きな刺激になり、1938年の P. Müller による DDT、1942年の Slade らによる γ -BHC、1940～45年の Schrader による有機リン殺虫剤の発見という結果をもたらし、さらに、日本の研究者による低毒性の有機リン剤のフ

ェニトロチオンの発見、新しいピレスロイド殺虫剤の合成へと発展した。

ところが、殺虫剤を含む新しい合成化合物の無慮な多用によって、1) 生態系の単純化による害虫密度の増大、2) 害虫の殺虫剤抵抗性の発達、3) 今まで重要でなかった害虫の勢力の増大、4) 殺虫剤残留による人畜や自然界への悪影響、などの問題が起って来た（斎藤、1973）。すなわち、単に害虫の防除という技術上の問題から、環境汚染といった社会的な問題へと発展したわけで（Carson, 1962; 若月, 1973）、ここに、従来の殺虫剤の概念にとられない新しいタイプの昆虫駆除の薬剤の開発が待たれている。

このような、従来と異なった、新しいタイプの昆虫駆除剤として最近注目されるようになったものの一つに、昆虫ホルモンまたはその類縁の化合物がある。原始的な無翅亜綱 (Apterygota) を除いて、昆虫では、著しい外部の形態的变化を伴って、卵からかえった幼虫は生殖力のある成虫へと変態する。この変態という現象の解明は、昆虫のホルモンの存在の証明へと発展した。脳からは前胸腺を刺激する脳ホルモンが分泌される。蛹化と成虫化には前胸腺から分泌される前胸腺ホルモンが関与し、幼虫の脱皮は、アラタ体ホルモン (幼若ホルモン, juvenile hormone) の存在の下に、前胸腺ホルモンが働いて起るといふ仕組が明らかになった。1960年代には、これらのホルモンの化学構造が明らかになり、その類縁の化合物が合成され、ホルモン活性との関係が追究されるようになった。1966年 Spielman と Williams はネッタイシマカ (*Aedes aegypti*) を使って、合成幼若ホルモン類縁の化合物 dihydrochloride of methyl farnesoate が極めて微量で強い殺虫効果をしめすこと、その効果は発育時期と関係があること、すなわち、蛹への変態直前の成熟幼虫がこの物質に極めて鋭敏であること、施用量が少なく成虫になった場合も生殖機能に障害があることを発表した。

Williams(1967)によれば、幼若ホルモン類縁化合物に、このような強力な殺虫作用があることから、「第3の殺虫剤の時代」が来るという。ニコチン、ロテノンなどの天然殺虫剤やヒ酸鉛などに代表される第2次世界大戦前を「第1の時代」、DDTにはじまる有機合成殺虫剤が圧倒的な使用量を占める現在までを「第2の時代」、そして今や「第3の時代」に入ろうとしているという。

その後、活性の高い幼若ホルモン類縁化合物が合成され、蚊の幼虫に対しても高い致死効果が確かめられた (Wheeler and Thebault, 1971; Jakob and Schoof 1971, 1972; Jakob, 1972; Schaefer and Wilder, 1972)。大滝らは60種以上の化合物を合成し、天然のものより高い活性を示すものを発見し (Ohtaki et al., 1971, 1972; Kiguchi et al., 1974)、中でもアカイエカ幼虫に対して効果の大きい2種を発表した (野口ら, 1974)。しかし、Pawson et al.(1972)によれば、幼若ホルモン類縁の化合物は紫外線の影響を受け易く、分解し易いという。1973年、Dunn and Strong は効力を徐々に放出する ZR-515 (methoprene, Altosid) の粒剤を発表した。野口、大滝 (1974) はアカイエカ、コガタアカイエカの幼虫に、

methoprene の二つの剤型が、武衛ら (1975) はアカイエカ、コガタアカイエカを含む9種の蚊の幼虫に、methoprene の三つの剤型が有効であることを示した。また、この化合物は、駆除の対象となる蚊の幼虫以外の生物に与える影響は小さい (Miura and Takahashi, 1973) という。

Daalen et al. (1972) は、除草剤として開発された尿素の誘導体が、数種の昆虫に対して脱皮阻害、致死の活性をもつことを示した。この活性は、その後、キチン合成の阻害であることが明らかになった。この類縁化合物の中、PH6040 (dimilin) が種々の害虫に対して、最も有効であることがわかった (Post and Vincent, 1973; Mulder and Gijswijt, 1973)。この化合物は蚊に対しても有効で、殺虫剤として極めて有望であり (Jakob, 1973; Hsieh and Steelman, 1974; Miura and Takahashi, 1975; Schaefer et al., 1975; Rathburn and Boike, 1975; Mulla and Darwazeh, 1975; Mulla et al., 1975; 高橋, 大滝, 1976)、蚊の幼虫以外の生物に対する影響は、さほど大きくないことがわかった (Miura and Takahashi, 1975; Mulla et al., 1975)。

このような特長をもつ methoprene の、SR-10, SR-10F, briquet, sand granule の四つの剤型と、dimilin の水和剤を使って、コガタアカイエカ、チカイエカ、ヒトスジシマカの幼虫に対する効果を野外で調査し、特に、ヒトスジシマカでは、従来の有機塩素・リン殺虫剤との効力の比較を試みたので、その結果を報告する。

供試化合物

幼若ホルモン類縁の化合物は Zoecon 社開発の methoprene、即ち Altosid で、IRS 研究会より提供された。化学構造式は図1に示す通りである。methoprene を10%含む徐放剤の SR-10, 10%炭末製剤の SR-10F, 石膏製剤の briquet, 砂を基材とした sand granule の四つの剤型を使って実験を行なった。

キチン形成阻害物質は、Philips-Duphar 社開発の diflubenzuron、即ち、dimilin でその化学構造式は図2に示す通りである。使用した薬剤は dimilin を10%含む水和剤で、IGR 研究会より提供された。

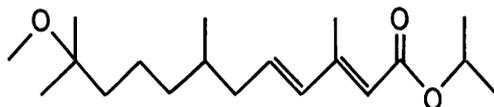


Fig. 1 Chemical structure of methoprene (Altosid)

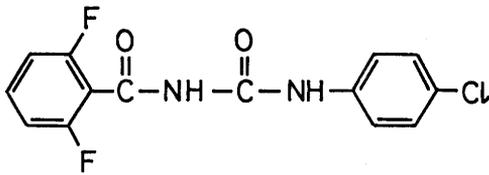


Fig. 2 Chemical structure of dimilin

これらの薬剤と比較対照のために使用した殺虫剤は、30% DDT 乳剤、5%ダイアジノン乳剤、3.3%ダイアジノン粒剤、10%フェニトロチオン乳剤、1.5%フェニトロチオン粒剤、5%アベイト乳剤、1.0%アベイト粒剤である。

供試昆虫

実験に使用した昆虫は、長崎系のコガタアカイエカ (*Culex tritaeniorhynchus*) とヒトスジシマカ (*Aedes albopictus*) で、幼虫期にはマウスの固型飼料とエビオスの粉末を1:1に混合したものを餌として与え、成虫の吸血源としては、コガタアカイエカには鶏のひなを、ヒトスジシマカにはマウスを用いて、長崎大学医学部医動物学教室で、R. H. 75%、25°Cの恒温下で累代飼育されている。また、ヒトスジシマカの一部とチカイエカ (*Culex pipiens molestus*) については、実験場所に発生していたものを用いた。

実験方法

methoprene, dimilin は従来の殺虫剤と異なり、成長の過程の中で、正常な生理活動が阻害される結果として昆虫が死に至るので、薬剤を処理してから対象の昆虫の死亡までに相当な時間がかかる。そのため、虫の死亡までの経過観察は、すべて実験室で、室温下で行なった。また、methoprene では、薬剤が最も効力を発揮するのは、主として、蛹化直前の成熟幼虫に対してであるが、蛹から成虫に変態する時完全な脱皮が行なわれず、羽化失敗の状態で終る場合も多い。このような羽化の失敗も、すべて、ここでは、死亡として扱った。

I. methoprene および dimilin 製剤のコガタアカイエカ幼虫に対する効果 (実験1~3)

コガタアカイエカの幼虫については、諫早市貝津町の長崎県総合農林試験場の実験用小水田で、3年にわたって、実験を行なった。各水田は縦横90cmのコンクリート製で、乾燥していて、禾本科の雑草が生えていた。実験をはじめる前日に、深さ約10cmになるように水を張っておいた。

実験1. SR-10F のコガタアカイエカ幼虫に対する効果

1975年8月25日に、あらかじめ飼育しておいた、長崎系コガタアカイエカの3, 4令幼虫約700個体を各水田に放逐した。幼虫を放逐した後、水田の水量に対して、0.1, 0.5, 1.0ppmになるように、methopreneのSR-10Fをじょうろでまんべんなく散布した。対照としては、薬剤を散布せず、水のみを張った無処理区をつくった。くり返しは各濃度区とも2とした。

薬剤散布の翌日、2, 3, 4, 5日後になるべく成熟に近い4令幼虫を、各水田から20個体ずつ、20個体をとることが出来ない場合は、出来るかぎり多くの個体を採集した。採集した幼虫は実験室へ持ち帰り、羽化の状況を観察した。薬剤散布15日後の9月9日に、再び幼虫を放逐し、散布17, 18, 19, 21日後まで幼虫の採集を続けた。なお、持ち帰った幼虫は、各実験区の水で、少量の餌を与えて、飼育を続けた。それぞれの水田毎に死亡率を求め、各濃度区について平均を出し、その濃度区の死亡率とした。

実験期間中の水温は、8月下旬は平均約30°Cで、9月中旬は約24°Cであった。

実験2. methoprene briquet のコガタアカイエカ幼虫に対する効果

1977年7月29日に、各水田に3, 4令幼虫約1000個体を放逐した後、水量に対して0.5, 1.0, 1.5ppmになるようmethoprene briquetを投入した。対照としては、薬剤を入れず、水のみを張った無処理区をつくった。くり返しは各濃度区3とした。

薬剤投入の翌日、2, 4, 5, 7日後に、実験1と同様に幼虫を採集した。薬剤投入後14日目の8月12日に、再び、1水田当たり約1000個体のコガタアカイエカ3, 4令幼虫を放逐し、薬剤投入後15日目に当る8月13日、29日目の8月27日、32日目の8月30日に幼虫を採集して、残効効果をみた。

採集した幼虫は実験室へ持ち帰り、実験1と同じ処置を行なった。

実験3. dimilin のコガタアカイエカ幼虫に対する効果

1976年9月17日に、各水田に3, 4令幼虫約700個体ずつを放逐した。放逐後、水田の水量に対して、0.1, 0.2, 0.5, 1.0ppmの濃度になるようdimilin水和剤をじょうろで、まんべんなく、散布した。対照として、実験1, 2と同様に、水のみを張った無処理区をつくった。くり返しは各濃度区2とした。

薬剤散布5時間後、翌日、2, 4日後に3, 4令幼

虫を20個体ずつ採集した。20個体に満たない場合は、出来るかぎり多くの個体を採集した。採集した幼虫は実験室へ持ち帰り、3、4令別に飼育し、後は実験1、2と同じ処置をした。また、薬剤散布後33日目に当る10月20日には、水田の水のみを持ち帰り、あらかじめ飼育しておいたコガタアカイエカの3、4令幼虫を入れて殺虫試験を行ない、残効効果の確認を試みた。

II. methoprene 製剤のチカイエカ幼虫に対する効果 (実験4)

チカイエカの幼虫が発生していた長崎市小島町と三芳町の屎浄化槽 (実験4-1)、および、大黒町の中央郵便局庁舎の地下湧水槽 (実験4-2) で実験した。浄化槽では、1.0、1.5ppm の濃度になるよう、briquet を投入した。また、湧水槽では三つの槽を使い、それぞれ排水の際の上流から、0.5、1.0、1.5ppm になるよう briquet を投入した。なお、中央郵便局の湧水槽の大略は図3に示した。

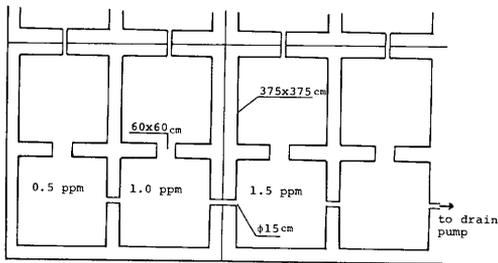


Fig. 3 The underground water pools in which methoprene briquet was tested against larvae of *Culex pipiens molestus* (Experiment 4-2)

薬剤の投入は、二つの浄化槽では10月11日に、中央郵便局の地下湧水槽では10月26日に行なった。幼虫の採集、その後の処置については実験1、2と同じであるが、採集数は40個体を目標とした。また、薬剤投入前に採集した幼虫を対照とした。なお、地下湧水槽では、実験期間中の11月17日に約45m³の水が外へ排出された。

III. methoprene, dimilin 製剤および有機リン、塩素殺虫剤のヒトスジシマカ幼虫に対する効果 (実験5~8)

実験5. methoprene SR-10 および SR-10F のヒトスジシマカ幼虫に対する効果

長崎市三重町の墓地で、1975年7月18日に、43カ所の“あかだな”と272カ所の“はなづつ”に、水の有無と関係なく、各容器の容量に応じて、SR-10、SR-10F とともに、25、50、100ppm になるように薬剤を入

れた。薬剤注入の時には約50%の容器に水が入っていなかった。薬剤注入より1週間、2週間、3週間後に、それぞれの容器から水をとってきて、-20°C のフリーザー内に貯蔵しておき、9月3日と10月24日の2回に分けて殺虫試験を行なった。なお、採水の前日には、各容器に、いっぱいになるよう水を注入しておいた。

殺虫試験の方法は、各容器の水を3等分し、それぞれにヒトスジシマカの4令幼虫を10個体ずつ入れて死亡を観察した。各濃度区のくり返しは10~15で、薬剤を入れない無処理区をもうけ対照とした。

実験6. methoprene sand granule および briquet のヒトスジシマカ幼虫に対する効果

1977年の秋に、長崎市中央保健所の動物舎の前に並べた、容量4lの素焼ポットを使って実験を行なった。ヒトスジシマカは、ほとんどの容器で自然に発生していたが、発生量が不足するものも見受けられたので、9月20日、10月4日、10月12日に、各ポットに100~200の卵を入れた。

9月27日に、sand granule は、0.25、0.5、1.0、10 および 100ppm になるように、また、briquet は 100ppm になるように投入した。対照としては薬剤を入れない無処理のポットをもうけた。くり返しは、それぞれの濃度区で5としたが、sand granule の1.0ppm 区および briquet の区は都合により4となった。処理後、2、4、7、15、34日目に、それぞれ、4令幼虫を10個体ずつ採集し、その後は実験1~5と同じ処置をした。

実験7. dimilin のヒトスジシマカ幼虫に対する効果

実験6と同じ場所で、同じ種類の容器を使って、1976年10月~11月に、自然に発生している幼虫を利用して実験を行なった。

10月29日に dimilin を 0.0001、0.001、0.01 および 0.1ppm になるように注入した。対照は実験6と同じとした。処理後、1、2、4、6、9日後および13日後に10個体ずつの幼虫を採集し、その後は実験6と同じ処置をした。くり返しは各濃度区5とした。

実験8. 従来の殺虫剤のヒトスジシマカ幼虫に対する効果

長崎市の中心部から約10km離れた網場町の墓地で、1973年に実験を行なった。薬剤は5%ダイアジノン乳剤、3.3%ダイアジノン粒剤、10%フェニトロチオン乳剤、1.5%フェニトロチオン粒剤、5%アベイト乳剤、1.0%アベイト粒剤の有機リン殺虫剤と、有機塩素殺虫剤として30% DDT 乳剤を使用した。ダイア

ジノンは乳・粒剤共に5, 50, 500ppm になるように、フェニトロチオンは乳剤では1, 10ppm に、粒剤は1, 10, 100ppm になるように、アベイトは乳・粒剤共に1, 10, 100ppm になるように、DDT 乳剤は100ppm になるように、“あかだな”と“はなづつ”に入れた。採水は、薬剤注入の1, 2, 4 および 8 週間後とし、採水前後の処置は実験 5 と同じとした。くり返しは各濃度区25~30とした。

実験結果

methoprene SR-10F のコガタアカイエカ 幼虫に対する効果(実験 1)についての結果は図 4 にしめた。薬剤散布の翌日に採集した幼虫は 3 濃度区共に羽化は100%阻止された。1.0 ppm 区では 2 日目に98.3%, 3 日目に86.7%, 4 日目に96.7%, 5 日目に74.6%, 2 度目の幼虫放逐を経て、薬剤散布後17日目においても、80.0%と高率の羽化阻止がみられたが、その後羽化阻止率は大きく低下し、18, 19 日目には共に35.0%, 21 日目には10.0%となった。0.5ppm区では、2 日目の阻止率は 98.3%, 以下、3 日目 90.0%, 4 日目 90.0%, 5 日目 91.7%, 17 日目は 45.0%と低下、18 日目 20.0%, 21 日目は 0%で、1.0ppm 区とほぼ同様の経過をたどった。0.1ppm 区では、2 日目 88.3%, 3 日目 86.7%の羽化阻止率を示し、その後 4 日目には 65.0%, 5 日目 56.7%, 17 日目 70.0%, 21 日目 0%と低下したが、1.0および0.5ppm区と比べてそれほど大きな効果の差はみられなかった。

この間、対照区では、1 日目 35.0%, 2 日目 6.7%, 3 日目 0%, 4 日目 7.5%, 17 日目 17.8%, 18 日目は 13.3%が羽化出来なかった。以上のことから、薬剤散

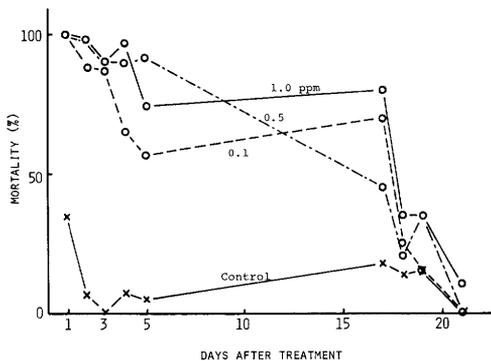


Fig. 4 Effects of methoprene (Altsid) SR-10F against larvae of *Culex tritaeniorhynchus* in experimental rice fields (Experiment 1)

布後、1.0および0.5ppm区では4日目まで、0.1 ppm 区では 3 日目まで85%以上の 高率の 羽化阻止がみられ、また17日目までは薬剤の効果が残存していたことがわかる。

methoprene briquet を水田に施用して、コガタアカイエカ幼虫に対する効果(実験 2)をしらべた結果は図 5 にしめた。1.5ppm 区では、薬剤投入 7 日後までは羽化阻止率は100%に近く、15日後でも 85%が羽化出来なかった。1.0, 0.5ppm区では、処理の翌日にはそれぞれ100%, 95%であるが、4 日後からは徐々に低下し、7 日後には50%以下となった。薬剤投入 29日以降になると、いずれの濃度区でも50%以下の羽化阻止率となり、対照区との間にほとんど差がみられなくなった。

実験 3 の dimilin のコガタアカイエカ 幼虫に対する効果の結果は、3 令幼虫については図 6-1 に、4 令幼虫については図 6-2 にしめた。1.0, 0.5, 0.2, 0.1ppm の 4 濃度区とも、3, 4 令のいずれにおいても、処理後 4 日目まで、100%の致死率が維持された。33 日目になると、致死率は、1.0ppm の濃度区でも、3 令幼虫で25.0%, 4 令幼虫で35.0%であって、対照区との差も極めて小さく、薬剤の効力はほとんど消滅していると言える。

図 7, 8 に methoprene briquet を浄化槽(実験 4-1)と、地下湧水槽(実験 4-2)に対して用いた結果をしめた。図 7 から明らかなように、浄化槽では、薬剤処理前の10月11日に採集した4令幼虫は、1.0 ppm 区で4.8%が、1.5ppm 区では20.0%が羽化出来なかった(対照)が、処理後 2 日目の10月13日には 1.5 ppm 区で 70.0%が、1.0ppm 区では 68.2%が羽化出来ず、13 日目の10月24日には 70.0%と 62.5%であっ

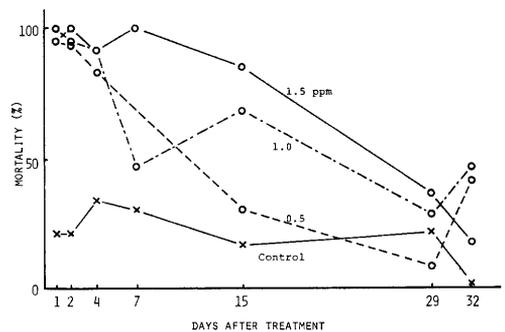


Fig. 5 Effects of methoprene (Altsid) briquet against larvae of *Culex tritaeniorhynchus* in experimental rice fields (Experiment 2)

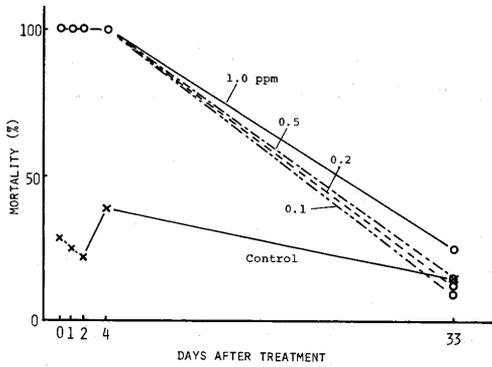


Fig. 6-1 Effects of dimilin against the 3rd instar larvae of *Culex tritaeniorhynchus* in experimental rice fields (Experiment 3)

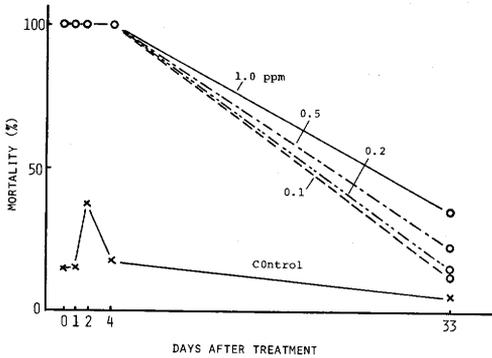


Fig. 6-2 Effects of dimilin against the 4th instar larvae of *Culex tritaeniorhynchus* in experimental rice fields (Experiment 3)

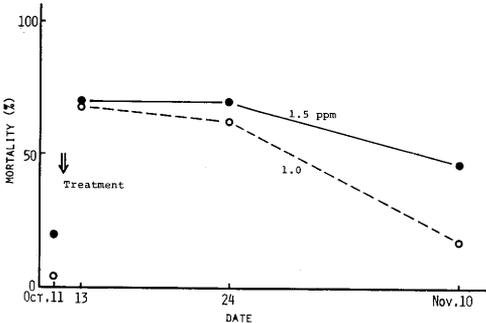


Fig. 7 Effects of methoprene (Altosid) briquet against larvae of *Culex pipiens molestus* in septic tanks. Treatment with briquet was done just after the sampling of larvae on Oct. 11. (Experiment 4-1)

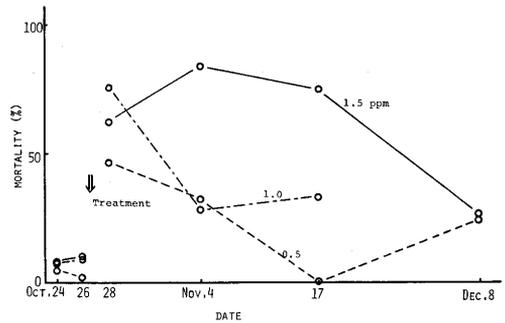


Fig. 8 Effects of methoprene (Altosid) briquet against larvae of *Culex pipiens molestus* in underground water pools. Treatment with briquet was done just after the sampling of larvae on Oct. 26. (Experiment 4-2)

て、30日後の11月10日には、それぞれ46.6%、17.0%に低下した。このように、1.5ppm 区では、薬剤施用後30日まで、また1.0ppm 区では13日目まで薬剤の効果は認められたが、その程度は低く、最高でも、致死率は70%であった。

地下湧水槽で briquet を用いた結果は図8の通りである。薬剤投入前は、2.5~10.0%が羽化出来なかった(対照)が、投入後間もない2日後においても、1.5ppm 区で62.5%、1.0ppm 区で76.1%、0.5ppm 区で47.1%の致死率が得られただけで、浄化槽における同様に、大きな効果は認められなかった。

methoprene の二つの剤型を墓地の“あかだな”，“はなづつ”に入れて、ヒトスジシマカ幼虫に対する効果を21日間観察した(実験5)結果は、SR-10 については図9-1に、SR-10Fについては図9-2に示した。図9-1からわかるように、SR-10の100ppm区では、薬剤注入後14日目の97.2%を最高に、21日目においても、81.0%の高い致死率が持続した。50ppm区では、14日目は96.4%が、21日目では73.0%が羽化出来なかった。25ppm区では、薬剤注入後7日目が最高で86.8%が、14日目では68.7%、21日目では61.5%が羽化出来ず、濃度の低下とともに効果がやや小さくなった。SR-10Fの効果は図9-2に示すように、100ppm区では注入後7日目、14日目、21日目にそれぞれ93.8%、92.0%、90.6%が羽化出来ず、高い効果の持続が認められた。50ppmの濃度では、7日後に87.5%、14日後に79.3%、21日後には67.9%の羽化阻止率をしめし、また25ppm 区では14日後の89.5%を最高に、21日後には62.3%となり、100ppm 区に比べると効果はやや小さかった。

methoprene の sand granule と briquet のヒトスジシマカ幼虫に対する効果をしらべた実験 6 の結果は図 10 にまとめた。図 10 からわかるように, sand gran-

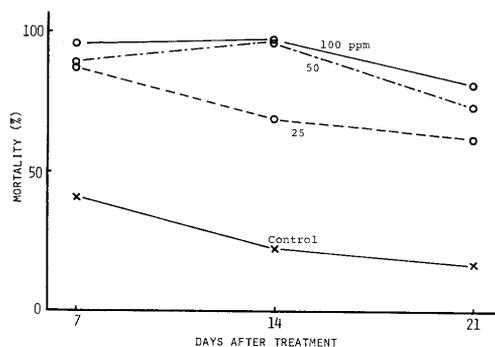


Fig. 9-1 Effects of methoprene (Altosid) SR-10 against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 5)

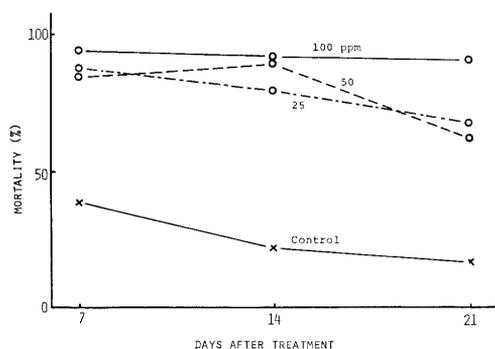


Fig. 9-2 Effects of methoprene (Altosid) SR-10F against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 5)

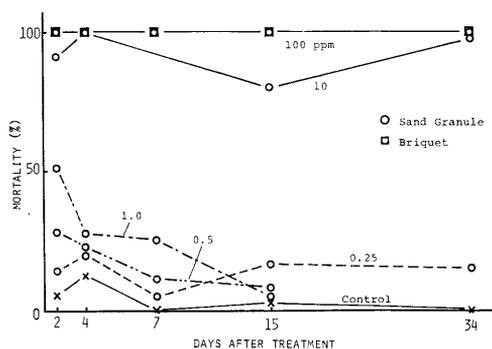


Fig. 10 Effects of methoprene (Altosid) sand granule and briquet against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 6)

ule も briquet もともに, 100ppm の濃度では, 薬剤投入の 34日後でも 100%の羽化阻止率をしめし, 長期間大きな効果の持続が認められた. しかし, 濃度が低くなると効果も小さくなり, sand granule の 10ppm 区では, 投入の 2 日後に 90.7%, 4 日後に 100%, 15 日後には 80.2% が羽化出来ず, 1.0ppm 区では, 2 日後で 51.6%, 4 日後で 27.8%, 7 日後で 18.8%, 15 日後では 5.2% のみが羽化出来なかった. 0.5ppm 区では, 2 日後の 28.3% が, 0.25ppm 区では, 4 日後の 19.7% がそれぞれの濃度区の最高の羽化阻止率であった.

dimilin のヒトスジシマカ幼虫に対する効果をしらべた (実験 7) 結果は図 11 にまとめた. 0.1ppm の濃度区では, 処理後 13 日間すべての幼虫が羽化出来ず死亡した. しかし, 濃度が低くなると, 効果も小さくなり, 0.01ppm 区では, 処理 4 日後まで 100%, 6 日後で 95.0%, 9 日後で 60.0%, 13 日後で 50.0% が死亡した. 0.001ppm 区では, 2 日後の 95.0% が最高で, その後は, 徐々に死亡率は低下した. 0.0001ppm 区では, 更に効果が小さくなり, 9 日後の 45.0% が最高であった.

図 12-1 から 12-6 に, ダイアジノン, フェニトロチオン, アベイトの 3 種類の有機リン殺虫剤の乳剤と粒剤を墓地の "あかだな", "はなづつ" に施用した (実験 8) 結果を示した. また, 同時に施用した DDT 乳剤の効果は, 比較のためにこれ 6 つの図のすべてに示されている.

図 12-1 から明らかなように, ダイアジノン乳剤を 500ppm の濃度になるように注入すると, 注入の 7 日, 14 日, 28 日, 56 日後のヒトスジシマカ幼虫の致死率は, 98.8%, 100%, 97.7%, 85.7% となり, かな

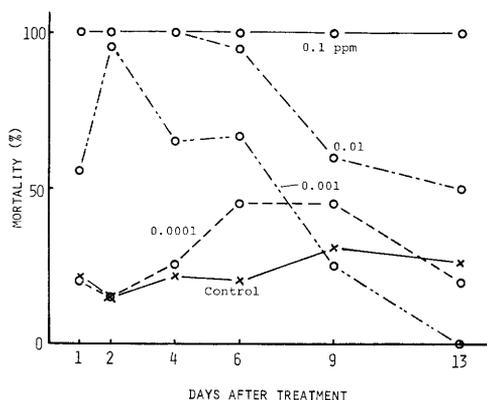


Fig. 11 Effects of dimilin against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 7)

り効果が持続した。50ppm区では、14日後までは90%以上の致死率を示し、5 ppm区では、効果の減少がより早かった。ダイアジノン粒剤を施用した結果は図12-2に示した。この図からわかるように、500ppm区では、施用56日後でも90%以上の致死率であった。50 ppm区では、14日後までは97%以上の高い致死率であったが28日目以降は73%以下となり、5 ppm区では、

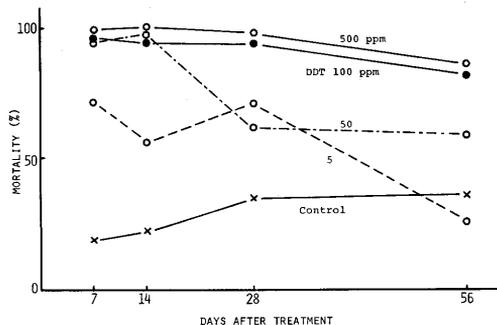


Fig. 12-1 Effects of diazinon emulsion against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 8)

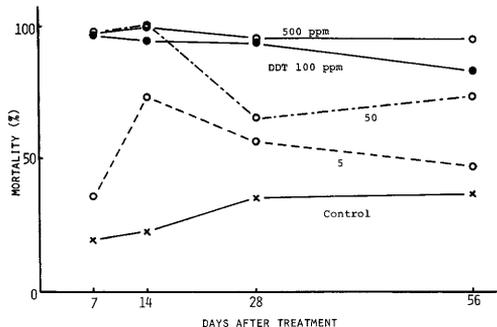


Fig. 12-2 Effects of diazinon granule against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 8)

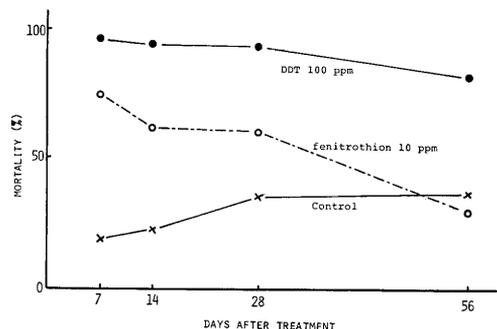


Fig. 12-3 Effects of fenitrothion emulsion against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 8)

14日後の72.8%が最高の致死率であった。

フェニトロチオン乳剤の効果は、図12-3に示すように、10ppmの濃度では、注入の7日後の致死率74.8%が最高であった。フェニトロチオン粒剤を施用した結果は、図12-4に示した。この図から明らかなように、100ppm区では少なくとも28日間は90%に近い致死率が得られたが、10ppm, 1ppm区では、ほとんど

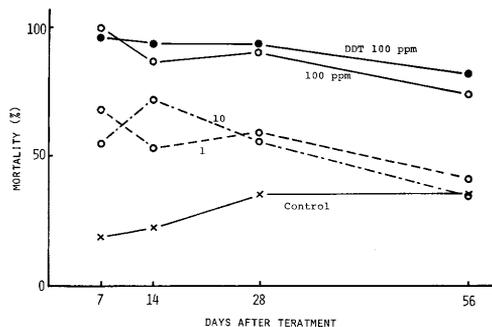


Fig. 12-4 Effects of fenitrothion granule against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 8)

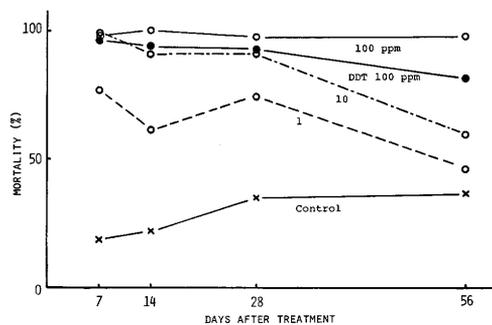


Fig. 12-5 Effects of abate emulsion against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 8)

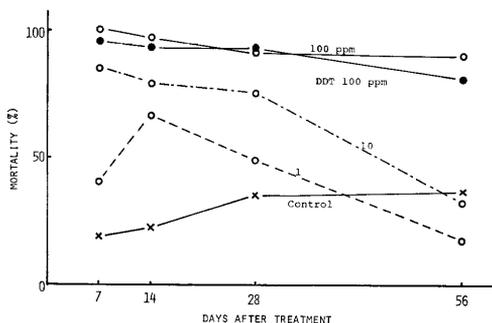


Fig. 12-6 Effects of abate granule against larvae of *Aedes albopictus* in water containers (Experiment 8)

が70%以下の致死率にとどまった。

アベイト乳剤の効果は、図12-5に示した。この図から明らかなように、100ppm区では、56日間の実験期間中、97%以上の高い致死率が得られ、10ppm区でも、施用28日後まで、90%以上の致死率を示したが、1ppm区では、施用7日後の76.2%が最高であった。アベイト粒剤を施用した結果は、図12-6に示すように、100ppm区では、施用56日後でも90%以上の致死率であったが、10ppm区では、施用7日後の85.0%が最高で、1ppm区では、14日後の、66.9%が最高の致死率であった。

DDT乳剤を100ppmになるように注入した場合の結果は、12-1~6の各図に示したが、致死率は、7日後に96.0%、14日後に93.8%、28日後に93.2%、56日後に81.7%になった。

結論及び考察

コガタアカイエカの幼虫を対象に、methopreneを使った場合の効果は、SR-10F, briquetのいずれの剤型でも、少なくとも、0.1ppm以上の濃度で使用すれば、薬剤の施用直後は、100%又は、ほとんど100%に近い羽化阻止率が得られる。濃度によって多少の差はあるが、SR-10Fでは、薬剤処理後4日目まで、briquetでは、7日目までは高い羽化阻止率が観察されるが、その後は、徐々に、阻止率が低下して羽化する個体が多くなる。SR-10Fでは、17日目以降は急激に阻止率が低下するが、briquetでは、それほど急激な低下はみられない。これは、briquetの方が、より徐放型であることを表していると思われるが、実用的な意味では、SR-10F, briquetの両剤型の間には、さして差は認められない。また、対照とした無処理区でも、かなりの致死が観察されたが、これは採集した幼虫を約1時間かかって、実験室へ持って帰る途中の振動の影響を無視出来ないものと思われる。

dimilinをコガタアカイエカ幼虫に対して使用した場合、対象が3令幼虫であっても、4令幼虫であっても、結果はほとんど変わらず、施用4日後までは、0.1ppmの濃度で100%の致死が得られた。高橋、大滝(1975)の結果と違って、3, 4令の間にほとんど差がないのは、処理した濃度が非常に高いためであると考えられる。

methopreneのbriquetをチャイエカ幼虫に対して使用した場合、し尿浄化槽でも、ビルの地下湧水槽でも、1.5ppm以下の濃度では84%以上の羽化阻止がみ

られず、より高率の羽化阻止、すなわち駆除を望むには、より高濃度の薬量が必要となる。従って、methopreneのbriquetはチャイエカ幼虫に対しては、実用的な薬剤とは考えにくい。これは実験した場所の水深が深く、流れも少しあって、briquetからきわめて徐々に放出される薬剤が、全体に行きわたり難かったためであろう。この意味で、浄化槽などのチャイエカ幼虫に対しては、徐放性の程度が小さいSR-10, SR-10Fの方が適当であるのかも知れない。

ヒトスジシマカ幼虫を対象としてmethopreneを使用する場合、SR-10, SR-10Fは25ppm以上の高濃度で施用すると、効果はかなり持続するが、100ppmの高濃度であっても、100%の羽化阻止は難しいようである。しかし、sand granuleとbriquetでは、100ppmの濃度では少なくとも、34日間も100%の羽化阻止が観察され、剤型によっては、効果の持続が長期にわたることがわかる。

dimilinをヒトスジシマカ幼虫に対して用いた場合は、より顕著な効果が期待出来る。わずか0.1ppmの濃度でも、13日間ではあるが、100%の致死が観察された。

各薬剤の剤型による効果の差をみると、乳剤や水剤などより、粒剤や固型のblockの方が効果の持続が長いという傾向は明らかで、このことは、生理活性物質を利用した殺虫剤にしろ、従来の有機塩素・リン殺虫剤にしろ、同じ傾向の結果が得られた。

methoprene, dimilinのヒトスジシマカ幼虫に対する効果を、有機リン系殺虫剤のダイアジノン、フェントロチオン、アベイト、有機塩素系のDDTと比較すると、これら従来の殺虫剤では、残効性の大きい粒剤を使って、100ppmという高濃度の下でも、2週間以上致死率を100%に維持することは困難であった。ところが、methopreneのsand granuleとbriquetは100ppmの濃度で、少なくとも約5週間は100%が羽化出来ずに死亡し、dimilinの水和剤では、約2週間100%の致死が得られ、しかもこの際の濃度は0.1ppmであった。

このように、剤型さえ適当であれば、methopreneもdimilinも従来の殺虫剤以上の効力を持つことは明らかである。また、使用に際して、対象とする蚊の幼虫以外の生物への影響も小さく(Miura and Takahashi, 1973, 1975; Mulla et al., 1975)。この点でも従来の殺虫剤に比して有望であろう。しかし、これらの薬剤は施用しても、幼虫はかなり長期間生存し、致死までに時間がかかる為に、効果の有無が判るまで

に時間を要し、しかも、効果の判定には、成虫の羽化を確かめる必要がある等、使用に際して、従来の殺虫剤に対する概念では、取り扱い難い点もある。また、これらの生体活性物質は、純粋な昆虫由来の物質でなく、合成された類縁の化合物である為、連続して使用した場合の抵抗性の獲得は否定出来ず (Cerf and Georghiou, 1972; Brown and Brown, 1974; Rupes et al., 1976; Brown et al., 1978)。この点では今後の研究が待たれる。

要 約

1. 昆虫の幼若ホルモン類縁の化合物 methoprene (Altosid) と、キチン形成阻害物質 dimilin のコガタアカイエカ、チカイエカ、ヒトスジシマカ幼虫に対する効果を野外で調べた。
2. コガタアカイエカ幼虫に対しては、methoprene の二つの剤型、SR-10F と briquetを試みた。

両者とも、0.1ppm の濃度で施用すれば、施用直後は100%又は、100%に近い羽化阻止が得られた。dimilin をコガタアカイエカに用いた場合は、0.1ppm の濃度で、施用後4日間、100%の致死をみた。

3. チカイエカ幼虫に対しては、methoprene の二つの剤型 sand granule と briquet を用いたが、実用的とは考えられなかった。

4. ヒトスジシマカ幼虫に対しては、methoprene の四つの剤型 SR-10, SR-10F, sand granule, briquet および dimilin を試し、また、ダイアジノン、フェニトロチオン、アベイトおよび DDT との比較を試みた。methoprene の sand granule と briquet は100ppm の濃度で、約5週間も100%羽化を阻止し、dimilin は0.1ppm の濃度で約2週間100%致死を続けた。このことは、従来の有機リン系殺虫剤のダイアジノン、フェニトロチオン、アベイトおよび有機塩素系の DDT に比べて、より有効であるといえる。

謝 辞

稿を終るに当り、研究の指導と本稿の校閲を賜った、長崎大学医学部医動物学教室和田義人教授に厚く御礼を申し上げる。また、断えず御鞭撻頂いた、同大森南三郎名誉教授、小田力博士、長崎市環境保全部部長下釜勝博士に心から御礼を申し上げる。薬剤を提供頂き、結果の発表を御承認頂いた IRS (Insect Regulation System) 研究会並びに IGR (Insect Growth Regulator) 研究会に御礼を申し上げます。なお、本研究は、心よく実験の場を提供頂いた、長崎県総合農林試験場、長崎市中央郵便局の職員の方々の御厚意に支えられるところが大きく、これらの方々に御礼申し上げます。また、実験に際して御協力頂いた長崎市中央保健所試験検査室の職員に厚く御礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) Brown, T.M. & Brown, A.M.A. (1974): Experimental induction of resistance to a juvenile hormone mimic. *J. Econ. Ent.*, 67(6), 799-801.
- 2) Brown, T. M., DeVries, D. H. & Brown, A. W. A. (1978): Induction of resistance to insect growth regulators. *J. Econ. Ent.*, 71(2), 223-229.
- 3) 武衛和雄, 伊藤寿美代, 蒲生信一, 山田 敬, 加藤雅章 (1975): 幼若ホルモン類似体 methoprene の蚊に対する効果. *衛生動物*, 26(2・3), 105-110.
- 4) Carson, R. L. (1962): *Silent Spring*; 生と死の妙薬, 青樹築一訳 (1964) 新潮社, 東京.
- 5) Cerf, D. C. & Georghiou, G. P. (1972): Evidence of crossresistance to a juvenile hormone analogue in some insecticideresistant houseflies. *Nature*, 239, 401-402.
- 6) Daalen, J.J., Meltzer, J., Mulder, R. & Wellinga, K. (1972): A selective insecticide with a novel mode of action. *Naturwissenschaften*, 19(7), 312-313.
- 7) Dunn, L.R. & Strong, E.F. (1973): Control of catch-basin mosquitoes using Zoecon ZR515 formulated in a slow release polymer—a preliminary report. *Mosq. News*, 33(1), 110-111.
- 8) Hsieh, M.Y.G. & Steelman, C.D. (1974): Susceptibility of selected mosquito species to five chemicals which inhibit insect development. *Mosq. News*, 34(3), 278-282.
- 9) 石井象二郎 (1969): 昆虫の生体活性物質. 南江堂, 東京, 1-42頁.

- 10) 石井象二郎 (1973): 生理活性物質, 総合防除 (深谷昌次, 桐谷圭次編), 215-227, 講談社, 東京.
- 11) Jakob, W.L. (1972): Additional studies with juvenile hormone-type compounds against mosquito larvae. *Mosq. News*, 32(4), 592-595.
- 12) Jakob, W.L. (1973): Developmental inhibition of mosquitoes and the housefly by urea analogues. *J. Med. Ent.*, 10(5), 452-455.
- 13) Jakob, W.L. & Schoof, H.F. (1971): Studies with juvenile hormone-type compounds against mosquito larvae. *Mosq. News*, 31(4), 540-543.
- 14) Jakob, W.L. & Schoof, H.F. (1972): Mosquito larvicide studies with Mon 585, a juvenile hormone mimic. *Mosq. News*, 32(1), 6-10.
- 15) Kiguchi, K., Ohtaki, T., Akai, H. & Mori, K. (1974): Juvenile hormone activity of terpenoid esters and phenyl-geranyl-esters with different alkyl substituents against the silkworm, *Bombyx mori*. *Appl. Ent. Zool.*, 9(1), 29-33.
- 16) Miura, T. & Takahashi, R. M. (1973): Insect developmental inhibitors. 3. Effects on nontarget aquatic organisms. *J. Econ. Ent.*, 66(4), 917-922.
- 17) Miura, T. & Takahashi, R. M. (1975): Effects of the IGR, TH6040, on nontarget organisms when utilized as a mosquito control agent. *Mosq. News*, 35(2), 154-159.
- 18) Mulder, R. & Gijswijt, M. J. (1973): The laboratory evaluation of two promising new insecticides which interfere with cuticle deposition. *Pestic. Sci.*, 4(5), 737-745.
- 19) Mulla, M. S. & Darwazeh, H. A. (1975): Evaluation of insect growth regulators against *Psorophora Confinnis* in Southern California. *Mosq. News*, 35(3), 281-285.
- 20) Mulla, M.S., Majori, G. & Darwazeh, H.A. (1975): Effects of the insect growth regulator Dimilin or TH-6040 on mosquitoes and some nontarget organisms. *Mosq. News*, 35(2), 211-216.
- 21) 野口圭子, 大滝哲也 (1974): 幼若ホルモン methoprene ならびにその徐放製剤 A に対する蚊幼虫の発育段階における感受性の変化について. *衛生動物*, 25(2), 185-189.
- 22) 野口圭子, 大滝哲也, 森 謙治 (1974): 合成幼若ホルモン類似体のアカイエカ幼虫に対する致死効果. *衛生動物*, 24(3), 257-260.
- 23) Ohtaki, T., Kiguchi, K., Akai, H. & Mori, K. (1972): Juvenile hormone and synthetic analogues: II. Novel substances with high juvenile hormone activity. *Appl. Ent. Zool.*, 7(3), 161-167.
- 24) Ohtaki, T., Takeuchi, S. & Mori, K. (1971): Juvenile hormone and synthetic analogues: Effects on Larval moult of silkworm, *Bombyx mori*. *Jap. J. Med. Sci. Biol.*, 24(4), 251-255.
- 25) Pawson, B.A., Scheidl, F. & Vane, F. (1972): Environmental stability of juvenile hormone mimicking agents. *In Insect juvenile hormones*. Academic Press, New York, p. 191-214.
- 26) Post, L.C. & Vincent, W.R. (1973): A new insecticide inhibits chitin synthesis. *Naturwissenschaften*, 60(9), 431-432.
- 27) Rathburn Jr, C.B. & Boike Jr, A. H. (1975): Laboratory and small plot field tests of Altosid and Dimilin for the control of *Aedes taeniorhynchus* and *Culex nigripalpus* larvae. *Mosq. News*, 35(4), 540-546.
- 28) Rupes, V., Zdarek, J., Svandova, E., & Pinterova, J. (1976): Cross-resistance to a juvenile hormone analogue in wild strains of the housefly. *Ent. exp. & appl.*, 19(1), 57-64.
- 29) 斎藤哲夫 (1973): 農薬. 総合防除 (深谷昌次, 桐谷圭次編), 98, 講談社, 東京.
- 30) Schaefer, C.H., Wilder, W.H. & Mulligan III. F.S. (1975): A practical evaluation of TH6040 as a mosquito control agent in California. *J. Econ. Ent.*, 68(2), 183-185.
- 31) Schaefer, C.H. & Wilder, W.H. (1972): Insect developmental inhibitors: A practical evaluation as a mosquito control agents. *J. Econ. Ent.*, 65(4), 1066-1071.
- 32) Spielman, A. & Williams, C.M. (1966): Lethal effects of synthetic juvenile hormone on larvae of the

yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*. *Science*, 154(3753), 1043-1044.

- 33) 高橋正和, 大滝哲也 (1976): 室内条件下におけるアカイエカおよびコガタアカイエカに対する PH 60-40 の致死効果. *衛生動物*, 27(4), 361-365.
- 34) 若月俊一 (1973): 環境汚染と健康障害. 1-14, 講談社, 東京.
- 35) Wheeler, C.M. & Thebault, M. (1971): Efficacy of synthetic substances with hormonal activity against IV instar larvae of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say in an outdoor insectary. *Mosq. News*, 31(2), 170-174.
- 36) Williams, C.M. (1967): Third-generation pesticides. *Sci. Am.*, 217(1), 13-17.