

室内生息性ダニ類及び家畜寄生性ダニ類に対する昆虫成長制御剤

エトキサゾールの応用に関する研究

田村 佳子

目 次

序 論	1
本 論	
第1章 室内生息性ダニ類への応用に関する検討	4
第1項 序 論	4
第2項 材料および方法	4
1. 供試ダニ	4
2. 供試化合物	5
3. シート剤の作製	5
4. 試験方法	5
1) 増殖抑制効果	5
2) コナヒョウヒダニの各発育期におけるエトキサゾールの効果	7
3) エトキサゾール含浸シートの効果	8
第3項 結 果	9
1. 増殖抑制効果	10
2. コナヒョウヒダニの各発育期におけるエトキサゾールの効果	10
3. エトキサゾール含浸シートの効果	11
第4項 考 察	11
第5項 小 括	14
第2章 家畜寄生性ダニ類ーワクモーへの応用に関する検討	28
第1項 序 論	28
第2項 材料および方法	29
1. 室内試験	29
1) 供試薬剤	29
2) 供試ワクモ	30
3) 試験方法	30
2. 野外試験	31
1) 試験場所	31
2) 供試薬剤および処理方法	31
3) 試験方法	31

第3項	結 果	33
1.	室内試験	33
1)	飽血成ダニに及ぼす影響	33
2)	孵化および脱皮に及ぼす影響	33
3)	エトキサゾール乳剤の残効性	34
4)	野外採集個体に対するエトキサゾール乳剤の効果	34
2.	野外試験	35
第4項	考 察	36
第5項	小 括	39
第3章	家畜寄生性ダニ類—フタトゲチマダニ—への応用に関する検討	61
第1項	序 論	61
第2項	材料および方法	62
1.	室内試験	62
1)	供試ダニおよび供試薬剤	62
2)	試験方法	62
2.	野外における殺ダニ効果	63
1)	試験場所	63
2)	供試薬剤および処理方法	63
3)	試験方法	63
第3項	結 果	64
1.	室内試験	64
1)	産卵と孵化に及ぼす影響	64
2)	脱皮に及ぼす影響	64
2.	野外における殺ダニ効果	65
第4項	考 察	66
第5項	小 括	69
結 論		80
謝 辞		84
参考文献		85

序 論

衛生動物とは主にヒトや動物の体外で生活・寄生して人獣に様々な被害を及ぼす動物群を示し、そのうち医学や獣医学の分野において有害となるダニや昆虫などの節足動物を衛生害虫と呼んでいる。衛生害虫で問題となるダニは、室内生息性ダニ類のように体長が 1mm 以下の小型のダニと成ダニが 2mm を超える大型のマダニに分けられ、その形態、生活環、食性、寄生性、吸血性などは多種多様である。衛生害虫による被害は大別して二つあり、ヒトや動物宿主に寄生して刺咬や吸血行動を行って搔痒や痛みを生じさせ、ストレスや生産性の低下、貧血、皮膚炎、潰瘍などをひき起こす直接的被害と、吸血時に各種病原体や寄生虫を伝搬したり、鶏の卵などの食品に付着することにより生産物を汚染するなどの間接的被害がある (1、2、3、4、5、6、7、8)。

室内に生息してヒトに被害を及ぼす室内生息性ダニ類は、主にチリダニ科 (Pyroglyphidae)、コナダニ科 (Acaridae)、ニクダニ科 (Glycyphagidae)、ツメダニ科 (Cheyletidae)、ホコリダニ科 (Tarsonemidae)、イエササラダニ属 (*Haplochtonius*) などに分類されるダニで、特に問題となるのがチリダニ科、コナダニ科およびツメダニ科のダニである。チリダニ科のヒョウヒダニは気管支喘息、アトピー性皮膚炎、そして鼻アレルギー等のアレルゲンであると言われている (9、10、11、12、13、14、15)。また、このヒョウヒダニやコナダニが増殖すると、これらのダニを捕食するツメダニが発生してヒトの虫咬症の原因になるなど社会的な問題となっている (12、16)。

室内生息性ダニ類に対して、主に野外で生息し家畜などに被害を与える家畜寄生性のダニはワクモ科 (Dermanyssidae)、ヘギイタダニ科 (Varroidae)、ヒゼンダニ科 (Sarcoptidae)、マダニ科 (Ixodidae) などのダニである。ワクモは鶏に、ヘ

ギイタダニはミツバチに、ヒゼンダニは多くの家畜に寄生する小型のダニである(2、6)。ワクモは南極大陸を除く全ての大陸に生息し、長い間ヨーロッパなどで問題となっておりいくつかの研究が報告されている。ワクモによる被害は、吸血によるストレス、貧血、産卵率の低下などであり、深刻な場合は死に至ることもある(17、18、19、20、21)。また、鶏の細菌やウイルス病の媒介者となる可能性(20)や、ヒトの体部露出面で激しい掻痒症状が見られるなどの報告(22)もあり、ヒトへの被害も示唆されている。

マダニは大型のダニで、日本には約60種のマダニが分布しており、牛の放牧地に生息しているマダニの種類は6属15種と極めて限定される。

マダニの家畜に対する被害は、吸血による激しい痒み、アレルギー、貧血、刺咬部の二次的な細菌感染、ダニ媒介性疾病による被害など多様である。特に、フタトゲチマダニは牛の小型ピロプラズマ病の媒介者であることから、わが国の家畜の生産性に大きな被害を与えている(23、24、25、26、27、28、29、30)。

このようなダニ類の駆除に使用する薬剤は、主に有機リン系やピレスロイド系など数種の薬剤が使用され、ヒトと家畜に共通した薬剤が使用されている。

一方、同じ衛生害虫であるハエやカの防除には、有機リン系やピレスロイド系薬剤が使用されているが、それ以外に、ピリプロキシフェンやジフルベンズロン等の昆虫成長制御剤(IGR剤)が発生源対策として使用されている(31、32、33、34、35、36、37、38、39)。

IGR剤は、昆虫の成長や休眠、産卵や孵化などの昆虫特有の機能を阻害する効果をもつ化合物で、これらの化合物は昆虫だけに選択的に作用し、人獣に毒性が低い理想的な殺虫剤として注目されている(20、39、40、41、42)。

しかし、IGR剤は効果が得られる害虫種の範囲・殺虫スペクトルが狭く、特定の発育期に効果が発現するために活性の発現が非常に遅い、さらに野外での効果が不安定なこともあって害虫駆除剤としての応用は難しく、その応用は一部の害

虫に限られていた(43)。1981年にベンゾイルフェニルウレア系化合物であるジフルベンズロンが国内で農薬登録されて以来、ブプロフェジンなどのキチン合成阻害作用をもつ IGR 剤が多く開発された(41)。1994年には脱皮ホルモン活性物質のビスアシルヒドラジン化合物であるテブフェノジドおよびメトキシフェノジドはヨーロッパアワノメイガ *Ostrinia nubilalis* Hulmer の孵化率を低下させ、異常脱皮を誘発することで幼虫を死亡させる(44)と報告されるなど、1981年以降、数種の IGR 剤が開発され、農業害虫の分野では鱗翅目(Lepidoptera)、アザミウマ目(Thysanoptera)、ハダニ上科(Tetranychidae)などの駆除に IGR 剤が利用されるようになり、ダニ類防除にも IGR 剤が応用されるようになった。ところが、衛生害虫の分野では幼若ホルモン活性を有するピリプロキシフェンおよびメソプレンは、ネコノミ *Ctenocephalides felis* の産卵を抑制し、胚発生時および孵化後に死亡させる(45)。キチン合成阻害を有するジフルベンズロンはサシバエ *Stomoxys calcitrans* およびイエバエ *Musca domestica* 成虫の産卵数および孵化率を低下させる(46)と報告され、ハエやカ類、ノミ類などに対して IGR 剤の利用が検討され、実用化が行われている。しかし、その数は少なく(45、46、47、48、49)、特に室内生息性類ダニ類や家畜寄生性ダニ類の応用についてはほとんど検討されていない。

本研究では、1998年にかんきつやりんごなどの果樹、きゅうりやなすなどの野菜、茶を加害するハダニ類防除のために開発されたオキサゾリン系化合物のエトキサゾールが低濃度でナミハダニ *Tetranychus urticae* に対して殺卵および脱皮阻止効果を示し、殺ダニ剤に抵抗性をもつモモアカアブラムシ *Myzus persicae* Sulzer に孵化阻止効果を示す(44、50、51)といった、キチン合成を阻害する作用により殺卵および脱皮阻害活性を持つこと(52、53、54、55)に着目し、これまで未検討であった室内生息性のダニ類および家畜寄生性ダニ類に対するエトキサゾールの感受性を確認し野外における効果を調べ、IGR 剤によるこれらのダニ類防除の実用化の可能性について検討した。

本 論

第1章 室内生息性ダニ類への応用に関する検討

第1項 序論

日本における室内生息性ダニ類の優占種は、チリダニ科のコナヒョウヒダニ *Dermatophagoides farinae* とヤケヒョウヒダニ *D. pteronyssinus* であることが知られている (56、57、58)。これらの室内生息性ダニ類の防除には、主に有機リン系殺虫剤やピレスロイド系殺虫剤が使用されており、効果について報告されている (8、16、59、60、61、62、63)。

しかし、有機リン系殺虫剤はピレスロイド系に比べ、室内生息性ダニ類に対する効果は高いが、哺乳動物に対する毒性や薬剤の臭いが強く薬剤処理によるヒトの中毒症状が見られるなど、安全性に問題がある。また、ピレスロイド系殺虫剤は有機リン系に比べて安全性の問題は少ないが、室内生息性ダニ類に対する効果については、特にコナダニなどを捕食するツメダニ類に低感受性である (62、64) など問題が残っており、一長一短である。

本章では家畜生息性ダニ類の防除を目的に、エトキサゾールの効果について調べ、さらにシート剤を作製し実用化について検討した。

第2項 材料および方法

1 供試ダニ

試験には代表的な室内生息性ダニ3種、コナヒョウヒダニ *D. farinae*、ケナガコナダニ *Tyrophagus putrescentiae* およびミナミツメダニ *Chelacaropsis moorei* を用い、(財)日本環境衛生センターで累代飼育中のダニを供試した (図 1-1)。コナヒョウヒダニは熱乾燥した粉末飼料 (オリエ

ンタル酵母(株製、粉末M)に脱塩素水を加え、水分含量を12%に調製した培地中で22~25℃、相対湿度70~80%の条件下で飼育した。

ケナガコナダニは水分含量15%の前述培地を22~25℃、相対湿度90%以上で飼育した。また、ミナミツメダニは1cm角の畳表を、コナヒョウヒダニを含む培地の上に置き、22~25℃、相対湿度70~80%の条件下で飼育した。餌としてコナヒョウヒダニを1~2週間に1回100頭ずつ投入した。

2 供試化合物

エトキサゾールの化学構造および物理化学的性質を表1-1に示した。エトキサゾール(純度96.8%)および乳剤(エトキサゾール10%、界面活性剤10%、キシロール80%)を試験に供試した。比較化合物として市販のダニ防虫シートやスプレー剤、犬猫用のシャンプー等に使用されている*d*-フェノトリン(純度94.2%)およびヒゼンダニ *Sarcoptes scabiei*に有効であり、疥癬の治療薬として使用されている安息香酸ベンジル(純度99%以上)を供試した。

3 シート剤の作製

縦12cm×横12cmのクラフト紙の表面に所定量のエトキサゾールを含有するアセトン溶液を均一に処理し風乾させ、1㎡あたりエトキサゾール0.25g処理に相当するシート剤を作製した。比較対照として、1㎡あたり殺虫成分として*d*-フェノトリン0.25gと*N*-オクチルビスクロヘプテンジカルボキシイミド0.75gを含浸させた市販のダニシート剤を用いた。

4 試験方法

1) 増殖抑制効果

(1) コナヒョウヒダニおよびケナガコナダニ

試験は田中(63)の方法に準じて行った。それぞれ前述の培地49gにダ

ニを含む培地 1g を加え、培地中の濃度がそれぞれ 20、100 および 500ppm となるようにエトキサゾール乳剤の水希釈液 1ml を加え混合し調製した。この培地を内径 8.5cm、高さ 6cm の腰高シャーレに入れ、供試ダニを含む培地 1g 中に生存しているダニ数を予め実体顕微鏡下で観察した後、もとの培地に戻し、これらを縦 22cm×横 28.5cm のプラスチック製密閉容器の中に置き、それぞれの飼育条件下で保存した（図 1-2）。また、別に薬剤を含まない培地 49g にダニを含む培地 1g を加え対照とした。2 週および 4 週経過後に、培地をよく攪拌し、各培地から 100mg を量り取り、実体顕微鏡下で生存しているダニ数を観察し、下式により増殖抑制率を求めた。試験は 2 反復ずつ行い、観察は 2 回繰り返した。

$$\text{増殖抑制率}^* (\%) = \frac{(\text{対照区の生存ダニ数} - \text{処理区の生存ダニ数})}{\text{対照区の生存ダニ数}} \times 100$$

*: 本計算式で求められるのはダニの死亡率であるが、それを増殖抑制率と解釈することとした。

(2) ミナミツメダニ

畳表を 70℃の乾燥器で 24 時間乾燥後、2cm 角に切断し、畳表の表面にエトキサゾール濃度がそれぞれ 0.2、2 および 20ppm のアセトン溶液 0.2ml を滴下処理してエトキサゾールの処理薬量がそれぞれ 0.1、1 および 10 mg/m² になるようにして、一昼夜風乾させた。内径 43mm のガラス製シャーレ内に供試ダニの餌としてコナヒョウヒダニ約 100 頭を含む培地 0.05g を入れ、この上に、薬剤処理した畳表を置いた。更に供試ダニを 5 頭投入後、このシャーレを飽和食塩水で相対湿度 75～85% に調整した横 22cm×縦 28.5cm のプラスチック製密閉容器の中に入れ、室温 22～25℃の環境下で保存した（図 1-3）。なお、試験期間中は餌として、約 100 頭のコナヒョウヒダニを試験開

始1週後から終了まで1~2週間に1回の割合で合計8~10回給餌した。対照区としてアセトンのみを滴下処理した畳表の区を設定した。観察は、試験2、4、6および8週経過後に行い、供試ダニを入れたシャーレごと洗浄水の入った容器に入れてよく攪拌し、その後、洗浄水をろ紙上に展開して生存しているダニ数を数え、下記の式より増殖抑制率を求めた。試験は2反復ずつ行い、観察は1回とした。

$$\text{増殖抑制率}^* (\%) = \frac{(\text{対照区の生存ダニ数} - \text{処理区の生存ダニ数})}{\text{対照区の生存ダニ数}} \times 100$$

*: 本計算式で求められるのはダニの死亡率であるが、それを増殖抑制率と解釈することとした。

2) コナヒョウヒダニの各発育期におけるエトキサゾールの効果

(1) 卵に対する効果

内径35mm、高さ10mmの樹脂製シャーレの内底に直径34mmの黒画用紙を水糊で貼り付け風乾させた。供試ダニが逃亡しないようにシャーレ内壁の底面上方2mmから上の部分に幅1cm両面テープを貼り付けた。シャーレ内に粉末飼料（オリエンタル酵母㈱製、粉末飼料CE-2）とコナヒョウヒダニ約50頭を置き、25℃、相対湿度75%の暗条件下に保存した（図1-4）。以後、毎日実体顕微鏡下で供試ダニの産下卵を採取し、採取24時間以内に試験に供した。直径38mmのろ紙を敷いたアルミ皿上に卵をのせ、各濃度に調製した供試化合物を含む50%含水2-プロパノール溶液0.6mlをろ紙上に滴下した。1分後に卵を清潔なろ紙上に移し、25℃、相対湿度75%の条件下で保存し、毎日孵化を実体顕微鏡下で観察した。試験は1区あたり12~15個の卵を供試した。なお、対照として供試化合物を含まない50%含水2-プロパノールを処理した区を設けた。

(2) 幼ダニに対する効果

上記 1) と同様の手法で得た卵から孵化後 24 時間以内の幼ダニを、直径 38mm のろ紙を敷いたアルミ皿上へのせ、各濃度に調製した供試化合物を含む 50% 含水 2-プロパノール溶液 0.6ml をろ紙上に滴下した。1 分後に幼ダニを清潔なる紙上に移し、25°C、相対湿度 75% の条件下で保存した。処理 1 日後に幼ダニの生死を実体顕微鏡下で観察後、ろ紙を元のアルミ皿の上に戻し、さらに処理 12 日後に幼ダニの死亡数および若ダニへの脱皮数を調査した。試験は 1 区あたり 18~23 頭の幼ダニを供試した。なお、対照として供試化合物を含まない 50% 含水 2-プロパノールを処理した区を設けた。

(3) 雌成ダニの産卵およびその孵化に対する効果

雌成ダニ約 200 頭は直径 38mm のろ紙を敷いた上述のアルミ皿上へのせ、各濃度に調製した供試化合物を含む 50% 含水 2-プロパノール溶液 0.6ml をろ紙上に滴下した。1 分後に成ダニを清潔なる紙上に移し、25°C、相対湿度 75% の条件下で保存した。処理 1、4、6、8、11、13 および 19 日後に産卵数を調査し、各産下卵は直径 38mm のろ紙を敷いた上述のアルミ皿上に集め、毎回実体顕微鏡下で孵化を調査した。なお、対照として供試化合物を含まない 50% 含水 2-プロパノールを処理した区を設けた。

3) エトキサゾール含浸シートの効果

薬剤を含有させたシート剤を開発する目的で、エトキサゾール含浸シートを作製し効力を確認した。すなわち、縦 15cm×横 15cm のベニヤ板の周囲を供試ダニ逃亡防止のために、幅 1cm の両面テープ（セキスイ製）で囲み、空いている部分に前述の縦 12cm×横 12cm の供試シート剤の処理面を裏にして

幅 1cm の両面テープ（計 44cm² 貼付）で固定した。このシート剤上に縦 3cm ×横 3cm のカーペットを置き、針で固定した。この上にコナヒョウヒダニ成ダニ 70 頭と培地 0.07 g、またはミナミツメダニ成ダニ 10 頭と餌としてコナヒョウヒダニ約 70 頭を入れた培地 0.07 g を放った（図 1-5）。これらをコナヒョウヒダニでは 25℃、相対湿度 65%、ミナミツメダニでは 25℃、75% 条件下で保存した。5 および 7 週経過後に、それぞれのカーペット表面に縦 3cm ×横 3cm の粘着フィルム（ニチバン製 CF-500R）を貼り、60℃に加熱したホットプレート上に 20 分間置き、上部に逃げ出したダニをこの粘着フィルムで捕集した。粘着フィルム上に捕集された生ダニ数を実体顕微鏡下で観察した。また、別に対照として薬剤を処理しないシート上にカーペットを置いた後、ダニを放した区を設けた。さらに比較のため、陽性対照として市販のダニシート剤も試験に供した。下記の式より増殖抑制率を求めた。各 2 回の繰り返し観察を行った。

$$\text{増殖抑制率}^* (\%) = \frac{(\text{対照区の生存ダニ数} - \text{処理区の生存ダニ数})}{\text{対照区の生存ダニ数}} \times 100$$

*: 本計算式で求められるのはダニの死亡率であるが、それを増殖抑制率と解釈することとした。

第 3 項 結果

1. 増殖抑制効果

1) コナヒョウヒダニおよびケナガコナダニ

予め試験開始時に培地 1g 中に生存しているダニを実体顕微鏡下で観察したところ、コナヒョウヒダニで約 6,000 頭、ケナガコナダニで約 10,000 頭であった。

増殖抑制率を表 1-2 に示した。コナヒョウヒダニでの増殖抑制率は、エトキサゾール 20ppm 処理区の 2 週、4 週後でそれぞれ 94.5%、98.9%であった。ケナガコナダニでは、20ppm 処理区で 2 週、4 週後でそれぞれ 95.6%、93.0%であった。

2) ミナミツメダニ

ミナミツメダニに対する増殖抑制率を表 1-3 に示した。エトキサゾール 10 mg/m² 処理区での 2 週、4 週後の増殖抑制率はそれぞれ 12.5%、1.8%であった。しかし、6 週、8 週後になるとそれぞれ 91.4%、100%となり、1.0 mg/m² 処理区でも 90%以上の増殖抑制率を示した。

2. コナヒョウヒダニの各発育期におけるエトキサゾールの効果

1) 卵に対する効果

表 1-4 に各種化合物に対する卵の孵化率を示した。コナヒョウヒダニの卵に対して、エトキサゾール 100 および 1,000ppm 処理区は、それぞれ 26.7% および 93.3%の孵化阻害率を示した。一方、*m*-フェノトリン 100 および 1,000ppm の孵化阻害率はそれぞれ 20.0%および 21.4%、また安息香酸ベンジル 100 および 1,000ppm についてはそれぞれ 7.1%および 0%であった。

2) 幼ダニに対する効果

表 1-5 に幼ダニの致死率および若ダニへの脱皮率を示した。エトキサゾール 1,000ppm、処理 1 日後の幼ダニの致死率は 52.2%、また処理 12 日後の幼ダニ致死率および若ダニへの脱皮率はそれぞれ 73.7%および 26.3%であった。

3) 雌成ダニの産卵およびその孵化に対する効果

表 1-6 に成ダニの産卵数を示した。エトキサゾールを雌成ダニに処理し、雌 1 頭当たりの産卵数を調べたところ、100 および 1,000ppm 処理区はそれぞれ 1.6 個および 1.4 個で、対照区の 1.7 個に比べて顕著な差異は認められなかった。

図 1-6 にコナヒョウヒダニの雌成ダニにエトキサゾールを 100 および 1,000ppm 処理した時の経時的な産下卵の孵化率の推移を示した。対照区の孵化率は観察期間を通して 80%以上であった。これに対して、エトキサゾール 100ppm 処理区では処理 1 日後の産下卵の孵化率は 14.3%であったが、処理 4 日後以降は全て 90%以上の孵化率を示した。エトキサゾール 1,000ppm 処理区では、処理 1 日後の産下卵の孵化率は 0%で完全に孵化を抑制した。その後、処理後日数の経過に伴い孵化率は増加し、処理 11 日後以降では 80%以上の孵化率を示した。

3. エトキサゾール含浸シートの効果

コナヒョウヒダニおよびミナミツメダニに対する試験結果を表 1-7 に示した。エトキサゾールを 0.25g/m²含浸させたシート剤のコナヒョウヒダニに対する処理 7 週後の増殖抑制率は 82.8%で、市販のダニシート剤と同等の増殖抑制効果を示した。また、ミナミツメダニに対する処理 7 週後の増殖抑制率は 100%に達し、市販のダニシート剤の 88.9%よりも高い増殖抑制率であった。

第 4 項 考察

ピレスロイド系殺虫剤等のケナガコナダニおよびコナヒョウヒダニに対する増殖抑制効果について千坂ら (61) が報告している。本報告によると、コナヒョ

ウヒダニに対して処理濃度 100ppm で 2 週後に 90%以上の増殖抑制効果が得られたのは、試験を行ったピレスロイド系殺虫剤 13 種の中ではフェノトリン、フェンプロパトリン、ペルメトリン、シペルメトリン、フルバリネートの 5 剤であった。ケナガコナダニに対して、フェノトリン、フェンプロパトリン、ペルメトリンおよびデルタメトリンは処理濃度 500ppm で 2 週後に 90%以上の増殖抑制効果を示したが、100ppm 処理ではフェノトリン、フェンプロパトリンおよびペルメトリンの増殖抑制率は 60%以下であった。本試験の結果、エトキサゾールのコナヒョウヒダニおよびケナガコナダニに対する増殖抑制効果は、上記文献値と直接比較はできないが、ピレスロイド系殺虫剤よりも総じて高いものと推測される。

ミナミツメダニに対して、エトキサゾール 1mg/m²処理区は 6 週および 8 週後に 90%以上の増殖抑制率を示した（表 1-3）。高橋と和田（62）は、ツメダニ類に属するクワガタツメダニ *Cheyletus malaccensis* について有機リン系殺虫剤のダイアジノン、フェニトロチオン等、ピレスロイド系殺虫剤のペルメトリン、テトラメトリンに対する感受性を濾紙接触法で調べている。本報告によると、各種殺虫剤の処理濃度 500mg/m²における 48 時間後の致死率は全て 40%以下であった。また、高橋ら（8）は農業用殺ダニ剤であるピリダベンのクワガタツメダニに対する致死効果を濾紙接触法で調べ、5 および 25 mg/m²処理でそれぞれ 85.7%および 100%の致死率を示したと報告している。本試験結果ならびにこれらの文献から、エトキサゾールのコナヒョウヒダニ、ケナガコナダニおよびミナミツメダニに対する感受性は他の殺虫剤と比較し高いと考えられる。

エトキサゾールのコナヒョウヒダニ卵に対する孵化阻害効果は *o*-フェノトリン、安息香酸ベンジルと比較し、顕著に高かった（表 1-4）。また、1,000ppm では殺幼ダニ活性も認められた。処理 12 日後には対照区では全ての幼ダニが若ダニへと生育していたが、エトキサゾール 1,000ppm 処理区では若ダニへの脱皮率を 26.3%に抑えた（表 1-5）。しかし、若ダニへ生育できなかった幼ダニの死亡個体の 70%以上が処理 1 日以内の死亡によるものであったことから、エトキサゾール

のコナヒョウヒダニに対する脱皮阻害効果は殺幼ダニ効果に比べそれ程高くないと考えられた。一方、鈴木ら（54）によれば、エトキサゾールは農業害虫の中でも特にハダニ類に対して高い殺卵効果と脱皮阻害効果を示し、ナミハダニの各ステージに対するエトキサゾールの感受性は、若ダニが最も高く、続いて幼ダニ、卵、成ダニの順であったと報告されている。今回、エトキサゾールがコナヒョウヒダニに対して高い殺幼ダニ効果を示したことは、エトキサゾールが既存の昆虫成長制御剤とは異なり脱皮阻害以外の作用機作を有していることを示唆した。さらに、エトキサゾールをコナヒョウヒダニの雌成ダニに処理すると、ナミハダニ雌成ダニの場合（65）と同様、産卵数への影響はほとんど認められないが、産下された卵の孵化に影響を受けることが観察された。

エトキサゾールを 0.25g/m²含有するシート剤を作製し、コナヒョウヒダニおよびミナミツメダニに対する実用化について検討した結果、7 週後の増殖抑制効果は市販品と同等以上の効果を示した。本試験において、ミナミツメダニでの増殖抑制率は 100%であったが、餌不足の影響も考えられる。すなわちコナヒョウヒダニを餌として試験開始当初だけ与えたため、その後の餓死につながった可能性もある。しかしながら、エトキサゾール含浸シート剤の処理 5 週間におけるコナヒョウヒダニに対する増殖抑制効果が 43.0%と半分以下であるため、ミナミツメダニは餌不足になっていないと考えられ、ミナミツメダニに対するエトキサゾールの増殖抑制効果は直接作用に基づくものと考察される。したがって、エトキサゾールはシート剤の様な剤型であっても、実用レベルで高い防除効果を示すと判断された。

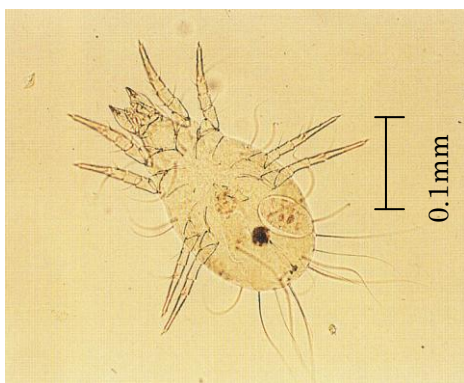
昆虫成長制御効果を有する殺虫剤の中で、室内生息性のダニ類に対して防除効果を示すものは今までに知られていない。エトキサゾールは哺乳動物に対する毒性が低い（53、55）ことから、特に室内生息性のダニ類の防除剤として有望であり、シート剤や液剤等の実用的な製剤化が期待される。

第5項 小括

室内生息性ダニ類のコナヒョウヒダニ、ケナガコナダニおよびミナミツメダニを用いて、エトキサゾールの増殖抑制効果、コナヒョウヒダニの各発育期に対する効果を調べた。また、IGR 剤による新しい防除剤開発を目的にシート製剤を作製し防除効果について調べ、以下の結果を得た。

1. エトキサゾールはコナヒョウヒダニとケナガコナダニに対して 20ppm 濃度で、ミナミツメダニに対しては 1mg/m²で 90%以上の増殖抑制効果を示した。
2. コナヒョウヒダニの卵にエトキサゾールを処理すると 1,000ppm で孵化阻害率 93.3%と孵化を強く抑制し、雌成ダニに処理しても 1 日後の産下卵の孵化を強く抑制し、1,000ppm では孵化率 0%と完全に孵化を阻止した。また、幼ダニから若ダニへの脱皮を阻止した。
3. エトキサゾールを 0.25g/m²含有させたシート剤は、処理 7 週後の増殖抑制率 82.8%とコナヒョウヒダニ増殖を抑え、ミナミツメダニでは完全に増殖を抑制した。エトキサゾール含有シート剤は市販品とほぼ同等の効果を示し、ミナミツメダニに対しては市販品より高い活性を示した。

エトキサゾールは室内生息性ダニ類に対して孵化阻止、脱皮阻止、殺ダニ効果を示すことを明らかにし、市販品との比較においても同等以上の効果を示すことを見出した。さらにエトキサゾールは安全性が今までの殺ダニ剤に比べ高いことから、有機リン系やピレスロイド系薬剤で問題となっていた安全性や効果不足を解決できる薬剤になると考える。以上から、本剤は今までの剤に変わる新しい室内生息性ダニ防除剤となることを示した。



コナヒョウヒダニ *Dermatophagoides farinae*



ケナガコナダニ *Tyrophagus putrescentiae*



ミナミツメダニ *Chelacaropsis moorei*

図 1-1 試験に供試した室内生息性ダニ類

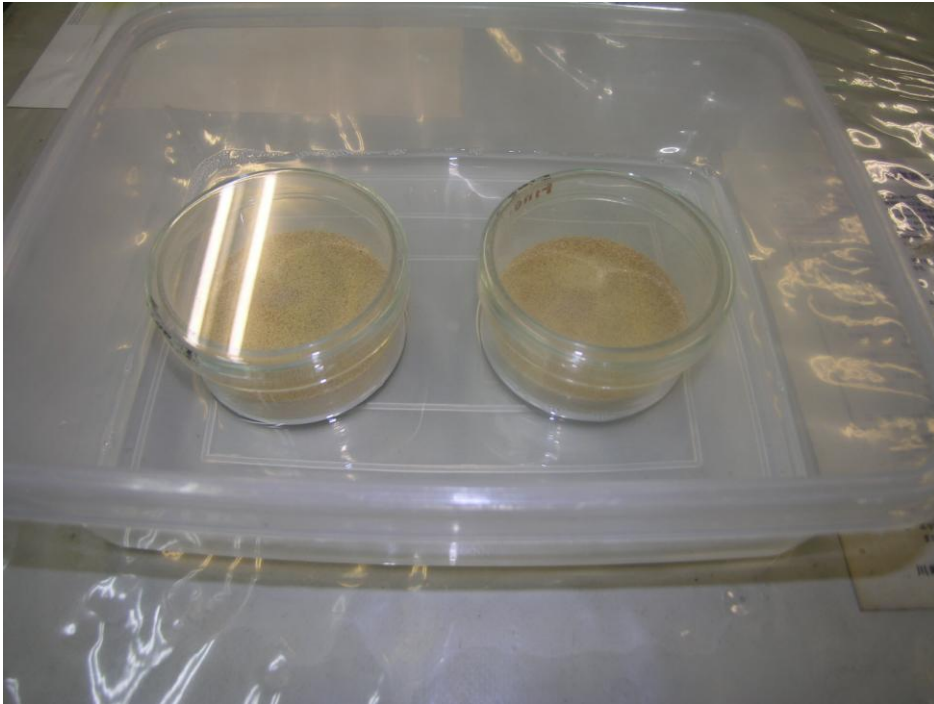


図 1-2 コナヒョウヒダニおよびケナガコナダニに対する増殖抑制効果試験

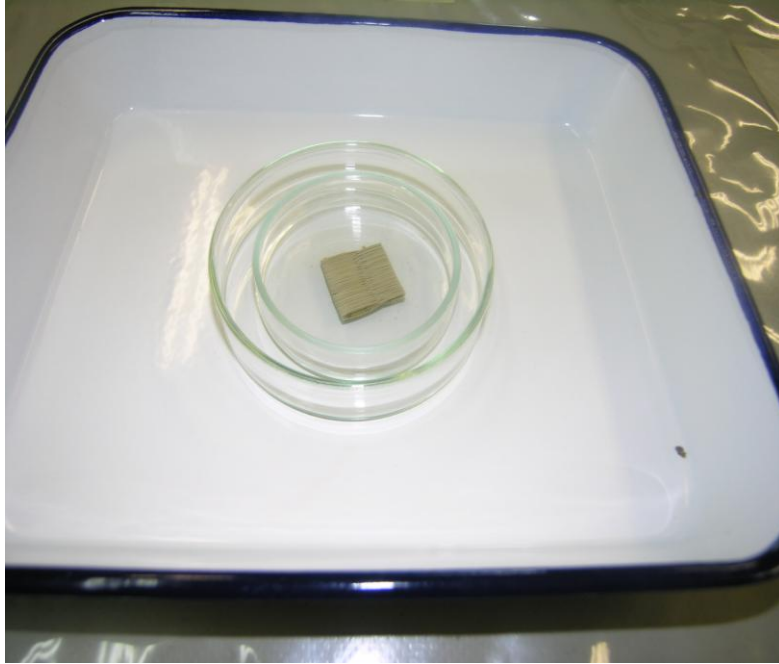


図 1-3 ミナミツメダニに対する増殖抑制効果試験

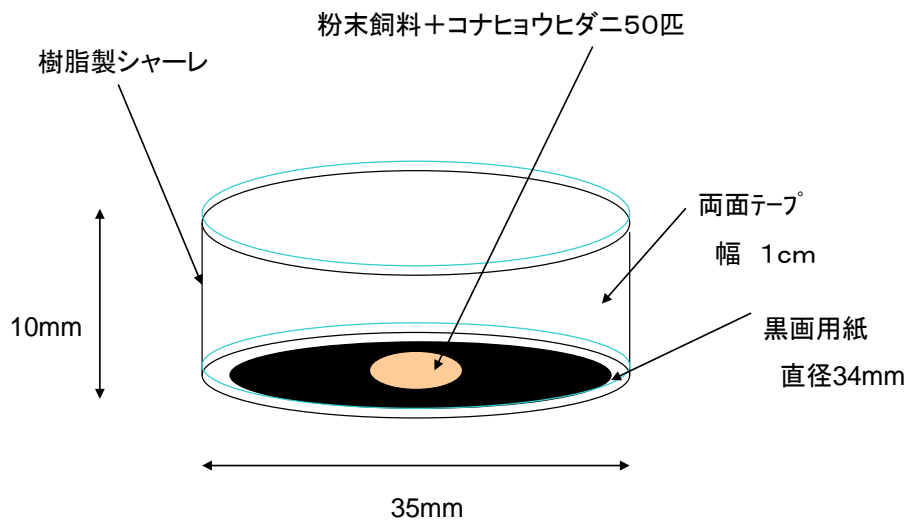


図 1-4 コナヒョウヒダニの各発育期における効果試験
(卵の採取方法)

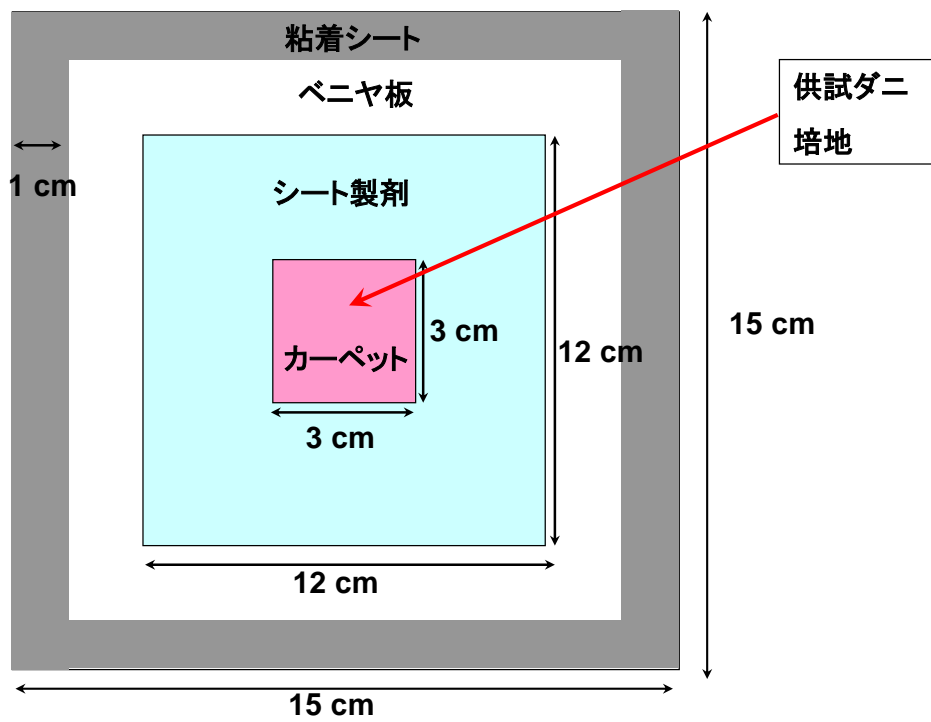
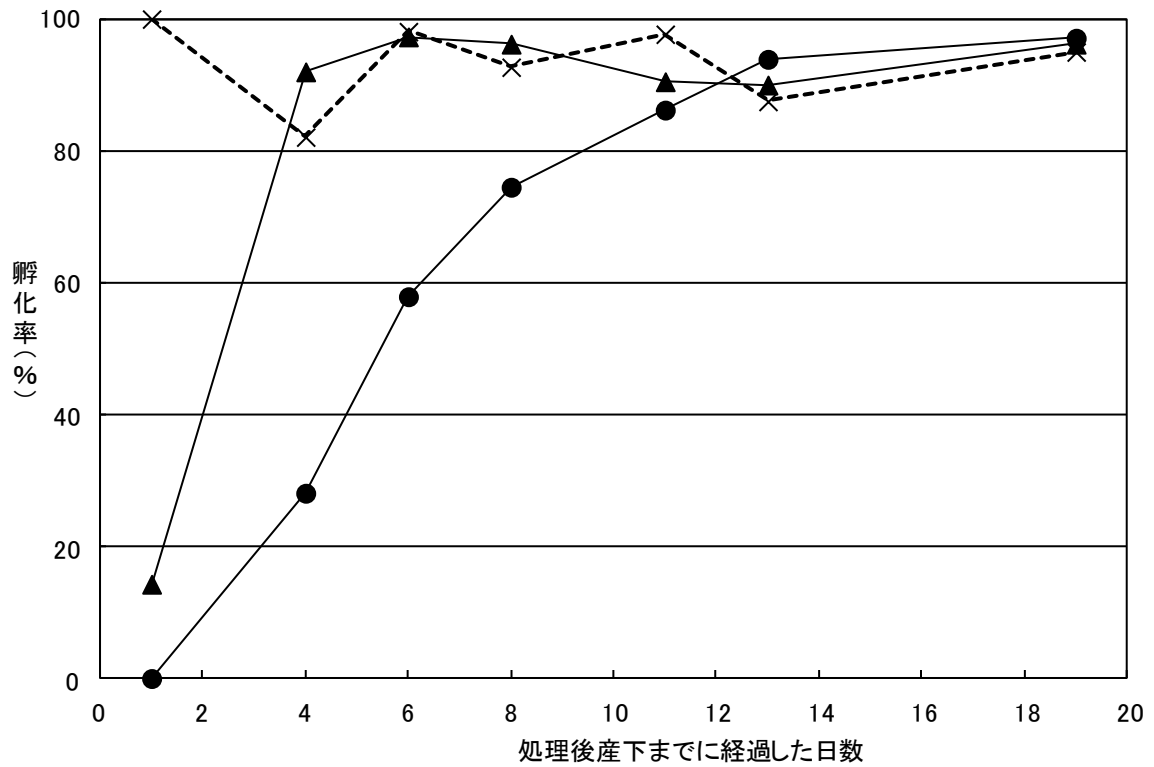


図 1-5 シート剤のコナヒョウヒダニおよびミナミツメダニに対する増殖抑制効果試験



- : エトキサゾール 1000ppm 処理区
- ▲: エトキサゾール 100ppm 処理区
- ×: 対照区

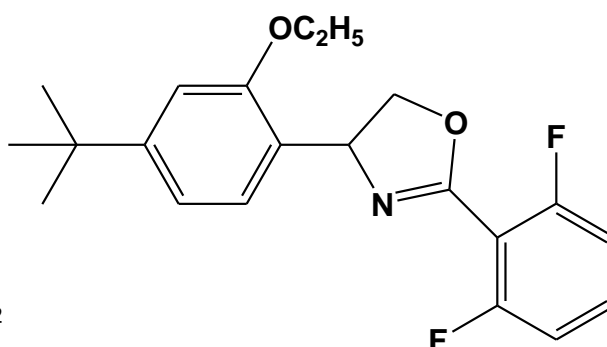
図 1-6 エトキサゾールをコナヒョウヒダニ成ダニ(雌)に処理した後の産下卵の孵化率の推移

表 1-1 エトキサゾールの物理化学的性質

一般名 : エトキサゾール

化学名 : (RS)-5-tert-ブチル-2-[2-(2,6-ジフル
オロフェニル)-4,5-ジヒドロ-1,3-オキサゾール-4-イル]フェネトール

構造式 :



分子式 : $C_{21}H_{23}F_2NO_2$

分子量 : 359.4

外観 : 白色細粒

融点 : 101~102°C

溶解度(g/l: 20°C): 水 7.54×10^{-5}

アセトン 300

ジクロロメタン 1050

酢酸エチル 250

メタノール 90

ヘキサン 13

蒸気圧 : 2.18×10^{-6} Pa (25°C)

分配係数: $\log Pow = 5.59$

(25°C, 1-オクタノール/水)

渋谷(1998)より引用

表 1-2 エトキサゾールのコナヒョウヒダニおよびケナガコナダニに対する増殖抑制効果

化合物名	処理濃度 (ppm)	増殖抑制率(%) ²⁾			
		コナヒョウヒダニ		ケナガコナダニ	
		2週後	4週後	2週後	4週後
エトキサゾール	20	94.5	98.9	95.6	93.0
	100	91.5	99.3	97.0	98.7
	500	100	100	100	100
対 照	—	(148) ¹⁾	(685) ¹⁾	(12625) ¹⁾	(4650) ¹⁾

1) 生ダニ数

2) 増殖抑制率(%) = (対照区の生存ダニ数 - 処理区の生存ダニ数) / 対照区の生存ダニ数 × 100

表 1-3 エトキサゾールのミナミツメダニに対する増殖抑制効果

化合物名	処理薬量 (mg/m ²)	増殖抑制率(%) ²⁾			
		2週後	4週後	6週後	8週後
エトキサゾール	0.1	0	1.8	18.6	53.1
	1	25.0	1.8	94.3	92.9
	10	12.5	1.8	91.4	100
対 照	—	(4.0) ¹⁾	(5.5) ¹⁾	(35) ¹⁾	(57) ¹⁾

1) 生ダニ数

2) 増殖抑制率(%) = (対照区の生存ダニ数 - 処理区の生存ダニ数) / 対照区の生存ダニ数 × 100

表 1-4 各種化合物のコナヒョウヒダニ卵に対する効果

供試化合物	処理濃度 (ppm)	供試卵数	孵化率 (%)	孵化阻害率 ¹⁾ (%)
エトキサゾール	100	15	73.3	26.7
	1000	15	6.7	93.3
メフェントリン	100	15	80.0	20.2
	1000	14	78.6	21.4
安息香酸ベンジル	100	14	92.9	7.1
	1000	12	100	0
対 照	—	14	100	0

1) 孵化阻害率(%) = (対照区の孵化率 - 処理区の孵化率) / 対照区の孵化率 × 100

表 1-5 エトキサゾールのコナヒョウヒダニ幼ダニに対する効果

供試化合物	処理濃度 (ppm)	供試数 1日後/12日後	1日後	12日後	
			幼ダニ 致死率(%)	幼ダニ 致死率(%)	若ダニ 生存率(%)
エトキサゾール	100	18/16	11.1	12.5	87.5
	1000	23/19	52.2	73.7	26.3
対 照	—	23/15	0	0	100

供試数の1日後と12日後の差は、その間に逃亡防止用テープにトラップされたダニ数を表す

表 1-6 エトキサゾールのコナヒョウヒダニ産卵数に与える影響

供試化合物	処理濃度 (ppm)	供試成ダニ(雌)数	総産卵数	産卵数/雌
エトキサゾール	100	198	280	1.6
	1000	224	359	1.4
対 照	—	173	291	1.7

表 1-7 エトキサゾール含浸シート剤のコナヒョウヒダニおよびミナミツメダニ
に対する増殖抑制効果

供試化合物	処理薬量 (g/m ²)	増殖抑制率(%) ²⁾			
		コナヒョウヒダニ		ミナミツメダニ	
		5週後	7週後	5週後	7週後
エトキサゾール	0.25	43.0	82.8	87.5	100
市販品 ³⁾	0.25/0.75	62.8	87.1	62.5	88.9
対 照	—	(484) ¹⁾	(800) ¹⁾	(8) ¹⁾	(9) ¹⁾

1) 生ダニ数

2) 増殖抑制率(%) = (対照区の生存ダニ数 - 処理区の生存ダニ数) / 対照区の生存ダニ数 × 100

3) 殺虫成分として *m*-フェントリン / *N*-オクチルビスクロヘプテンジカルボキシイミドを 0.25/0.75 (g/m²)

含浸

第2章 家畜寄生性ダニ類—ワクモ—への応用に関する検討

第1項 序論

わが国の養鶏産業において、最も生産性に被害を及ぼすダニはトリサシダニ *Ornithonyssus sylviarum* とワクモ *Dermanyssus gallinae* (図 2-1) である。トリサシダニの発生は夏に少なく冬から初春に多く、採卵鶏では口器や肛門周辺に寄生し、主に鶏体上で生活する (66、67、68)。これに対しワクモは冬に少ないのが一般的で、春から秋にかけて多くなり、昼間は鶏舎内のケージ支持台等の物陰や割れ目、生乾きの鶏糞や塵埃の中等で生活し、夜間に鶏体へ移動し吸血する。しかし、近年、鶏の過密な飼育状況や断熱性の高い構造の鶏舎が増加するなど、ワクモの棲息に適した環境となって、一年中発生が認められる場合が多くなってきた。また、昼夜を問わずに鶏体に寄生する常在寄生性ワクモの出現も報告されている (69、70、71)。

ワクモの防除は、古くから主に有機リン系やカーバメイト系などの殺ダニ剤が使用されており、その散布は有効な方法であった。しかし、同一殺ダニ剤の長期連用による薬剤抵抗性の出現が日本、各国で報告されている。(72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84)。このため、市販殺ダニ剤によるワクモ防除が非常に困難となっており、ワクモの発生が日本でも年々増加傾向にあり被害は大きくなっている。さらに、薬剤を頻繁に散布することによる労力の増大や卵や食肉中の薬剤残留など畜産経営、食品衛生上、深刻な問題が顕在化している (85)。

そこで本章では、ワクモの防除を目的にエトキサゾールに対する感受性について調べ、野外における効果を検討した。

第2項 材料および方法

1. 室内試験

以下の試験①～④を行った。試験①では市販殺ダニ剤およびエトキサゾール乳剤の飽血雌成ダニに対する影響を、試験②では孵化および脱皮に及ぼす影響をそれぞれ調べた。さらに、試験③では、エトキサゾール乳剤をピペット内に塗抹処理して、5カ月間室内に放置後の薬剤残効性を、試験④では、実際の養鶏場2ヶ所から採集したワクモに対する効果について確認した。

1) 供試薬剤

エトキサゾールを2.5%含有した乳剤（以下 エトキサゾール乳剤）を作製し、市販殺ダニ剤とエトキサゾール乳剤の飽血雌成ダニに及ぼす影響、孵化および脱皮に及ぼす影響、エトキサゾール乳剤の残効性、野外採集個体に対するエトキサゾール乳剤の効果をそれぞれ調べるため、試験①では500、250、125、62.5、31.25ppm、試験②では25、10、5、2.5、1、0.5ppm、試験③では2,500、500、250、125ppm、試験④では250、62.5、31.25ppmと試験の目的に応じてエトキサゾール乳剤を蒸留水で調製した。試験①と試験②で用いた市販殺ダニ剤は、ワクモ防除を目的に市販されている3種の薬剤、すなわちサンマコー水和剤（カルバリル75%含有、三共化学工業㈱）、ETB乳剤（ペルメトリン4%含有、大日本除虫菊㈱）およびスミチオン乳剤（フェニトロチオン10%含有、ヤシマ産業㈱）を用い、それぞれ150倍（カルバリルとして500ppm）、400倍（ペルメトリンとして100ppm）および100倍（フェニトロチオンとして1,000ppm）と各製品の用法用量に準じて調製した。

2) 供試ワクモ

試験①から試験③に用いたワクモは京都府の養鶏場から採集し、千葉県畜産研究センターで飼育している鶏（白色レグホン種、雌）に寄生させた飽血雌成ダニを、試験④では、2004年に福島県および新潟県の養鶏場でそれぞれ採集した飽血雌成ダニを、同センターに送付後すぐに供試した（図 2-1）。

3) 試験方法

試験①から試験④の感受性調査は Foulk と Matthyse (86) および Arthur と Axtell (87) の方法で実施した。すなわち、内径 0.5cm、長さ 11cm のガラス製パストールピペットに各濃度に希釈した薬剤を封入して 1 分間浸漬し、液を排出した後ドライヤーで風乾して内面に薬剤を吸着させた。対照には蒸留水を用いた。吸着後、パストールピペットの末端径が広い方に綿栓をし、アスピレーターを用いて飽血雌成ダニ 10 頭をピペット内に集め、開口部をヘマトシール（ミナトメディカル KF 120）で閉じた（図 2-2）。25℃、相対湿度 75% の環境下に静置して 24、48 時間後に、実体顕微鏡下でワクモの生死を観察した。さらに、産卵数、孵化した幼ダニ数および幼ダニから第 1 若ダニへの脱皮数を静置後 1 週間まで毎日観察し、試験②ではプロビット変換を用いて解析して 50% および 95% 孵化阻止濃度を求めた (88)。また、試験①、③、④では孵化率、脱皮率および死亡率を Tukey' s HSD 法で比較した (89)。なお、試験①、②は 5 反復、試験③、④は 3 反復繰り返し行った。

2. 野外試験

1) 試験場所

試験は 2005 年 5 月 30 日～12 月 26 日までの約 7 ヶ月間、千葉県袖ヶ浦市 S 養鶏場の低床式セミウインドレス鶏舎 2 棟において実施し、試験薬剤を散布する鶏舎 A、もう 1 棟は対照薬剤を散布する陽性対照鶏舎とした。2 棟は 4 段ケージが 2 台設置されており、鶏舎にはポリスブラウン雌約 8,900 羽が飼養されていた。また、2006 年 3 月 9 日～7 月 27 日までの約 5 ヶ月間、岐阜県瑞浪市 T 養鶏場の高床式ウインドレス鶏舎 2 棟においても試験を実施した。2 棟の鶏舎は 4 段ケージが 4 台設置された高床式で、1 階部分には鶏糞が堆積し 2 階部分には鶏が飼育されており、試験薬剤を散布する鶏舎 B と薬剤を全く散布しない陰性対照鶏舎を設定した。鶏舎にはジュリア雌 約 29,400 羽が飼養されていた。

2) 供試薬剤および処理方法

前述のエトキザゾール乳剤を水道水で 100 倍に希釈し、鶏舎 A および B には、ケージ底面積 1 m²あたり 400ml となるよう動力噴霧機で鶏舎の壁、床、柱、ケージや餌箱の下側、卵受けなどワクモの生息場所（図 2-3）に散布した。また、陽性対照鶏舎にはサンマコー水和剤 75%（三共ライフテック 株）を薬剤の用法用量に準じ、カルバリルとして 0.5% になるように水道水で希釈して、1 m²あたり 50ml となるよう動力噴霧機を用いて散布した。鶏舎 A と陽性対照鶏舎は 1 階部分に、鶏舎 B と陰性対照鶏舎は 2 階部分に供試薬剤を散布した（図 2-4）。

3) 試験方法

試験は Nordenfos と Chirico の方法(90)を参考にした。ワクモが壁やケージシステムの狭い隙間や溝に隠れる習性を利用し、10cm×14cm 大に切断したダン

ボール片（以下、トラップ）を用い、その切り口の隙間にワクモを集めた（図 2-5）。トラップは各鶏舎のケージ下側から 2 段目の餌箱の下 20 ヶ所に等間隔に設置（図 2-6）し、1~2 週間ごとに新しいものと交換した。

回収したトラップをビニール袋に入れ、ワクモが死亡するまで冷凍庫で保管後、中のワクモを取り出し、70%エチルアルコールにて浸漬して実体顕微鏡下で採集した全ての卵とダニを数えた。数が多い場合は、70%エチルアルコール中に自然沈降させたワクモ総容量を測定し、その後 70%エチルアルコールで 10~100ml に希釈し、十分に攪拌混和した。この希釈液 1 ml 中のワクモ数を卵、幼ダニ、若ダニと成ダニに分けて計測し換算して総数を算出した。また、各発育期の合計ワクモ数から駆除率を下式により算出し、薬剤の効果を判定した。判定は、Bartlett の方法により供試薬剤散布前のワクモ数に対する散布後のワクモ数について等分散性の検討を行った。等分散性が認められた場合は対応のある 2 群の平均の差の t 検定を行い、等分散性が認められなかった場合は Wilcoxon の符号付順位和検定を行い、有意水準 5% で平均値の有意差を検定し有効性の判断をした。

$$\text{駆除率 (\%)} = \frac{(\text{薬剤処理前のワクモ数} - \text{薬剤処理後のワクモ数})}{\text{薬剤処理前のワクモ数}} \times 100$$

さらに、野外におけるエトキサゾール乳剤の作用点を確認するため、鶏舎 A の 5 地点から散布前、散布 1 日、1、2 週目にワクモを採集し、孵化および脱皮について調べた。試験は飽血雌成ダニを約 10 頭ずつパスツールピペットに入れ、25℃、相対湿度 75% の環境下に 7 日間静置後、実体顕微鏡下で産卵数、孵化した幼ダニ数および第 1 若ダニ数を観察した。なお、試験は 5 回ずつ繰り返して

行った。

第3項 結果

1. 室内試験

1) 飽血成ダニに及ぼす影響

試験①では市販殺ダニ剤とエトキサゾール乳剤処理後の飽血雌成ダニに対する死亡率を調べ、結果を表 2-1 に示した。エトキサゾール乳剤の 24 および 48 時間後の死亡率は 500ppm でそれぞれ 0%、10%と成ダニの死亡個体はほとんど認められず、成ダニに対する効果は認められなかった。市販殺ダニ剤処理 24 時間後の飽血成ダニの死亡率はスミチオン乳剤、サンマコー水和剤、ETB 乳剤でそれぞれ 18%、44%、58%、48 時間後では 44%、82%、84%と処理 48 時間後でも生存する個体が認められ、特にスミチオン乳剤の死亡率が他の市販殺ダニ剤に比べて低かった。

2) 孵化および脱皮に及ぼす影響

試験②では市販殺ダニ剤処理後の孵化率、孵化した幼ダニの脱皮率、幼ダニと脱皮した第 1 若ダニの死亡率を調べ、結果を表 2-2 に示した。

エトキサゾール乳剤処理後の孵化率は 25ppm で 16.1%と卵の孵化阻止効果が認められ、50%孵化阻止濃度は 2.23ppm、95%孵化阻止濃度は 134.13ppm であった。また、幼ダニから第 1 若ダニへの脱皮は 10ppm 以上では全く観察されず、1ppm で脱皮率 5.7%と脱皮阻止効果がみられた。孵化に比べ低濃度で脱皮を阻止し、脱皮できなかった幼ダニはすべて死亡した。

それに対して市販殺ダニ剤の孵化阻止および脱皮阻止効果は認められず、生

き残った飽血雌成ダニは産卵し、それらの卵は 100% 孵化した。その後、孵化した幼ダニはサンマコー水和剤、ETB 乳剤では孵化後、薬剤に接触して全てが死亡したが、スミチオン乳剤では 77.2% が第 1 若ダニとなった。

3) エトキサゾール乳剤の残効性

試験③ではエトキサゾール乳剤をピペット内に塗抹処理し、処理直後と 5 ヶ月間室内に放置後の薬剤の残効性を調べ表 2-3 に結果を示した。処理直後の孵化率は、2,500ppm で 0%、500ppm で 3.4%、250ppm で 13.6% であった。5 ヶ月後では 500ppm で 13.5%、250ppm で 14.3% と、500ppm で効果の低下がみられたが、他の濃度では有意な差は認められず、また、脱皮率についても処理直後および 5 ヶ月後ともに 0% と幼ダニの脱皮を完全に阻止しており、エキサゾール乳剤の効果は 5 カ月間安定であった。

4) 野外採集個体に対するエトキサゾール乳剤の効果

試験④では実際の養鶏場 2 か所から採集した飽血雌成ダニの死亡率と孵化率および幼ダニの脱皮率を調べ、結果をそれぞれ表 2-4、表 2-5 に示した。24 時間後の死亡率は両県ともに全ての濃度で 0%、48 時間後では、250ppm で福島県 6.7%、新潟県 16.7% と京都で採集し飼育した個体と同様、致死効果はほとんど認められなかった。孵化率では対照がそれぞれ 100%、98.7% であったのに対し、両県の 250ppm での孵化率は福島で 2.9%、新潟で 1.4% と対照と比較して明らかに低く、野外採集個体においても孵化阻止効果が認められた。なお、孵化して幼ダニとなった両県の個体は第 1 若ダニに脱皮できずにすべて死亡した。

2. 野外試験

エトキサゾール乳剤散布による低床式鶏舎 A でのワクモ採集数を表 2-6、ワクモ採集数の推移を図 2-7 に、高床式鶏舎 B での結果を表 2-7 および図 2-8 に示した。低床式鶏舎 A の薬剤散布前のワクモ数は 1 トラップ平均 21,549 頭であったが、薬剤散布 1 週目には 7,611 頭、駆除率 64.7% となった。2 週目では 368 頭、駆除率 98.3% とワクモ数は徐々に減少し、6 週目以降は全く採集されなくなった。20 週目以降、ワクモ数は徐々に増加し 28 週目には薬剤散布前とほぼ同じとなった。薬剤散布前後のワクモ数についてそれぞれ Wilcoxon の符号付順位和検定を行い、等分散性の認められた 26 週目について平均値の差の t 検定を行ったところ、有意水準 5% で散布 26 週目まで薬剤の効果がみられた。高床式鶏舎 B では薬剤散布前のワクモ数は平均 906 頭であったが、薬剤散布 2 週目に 65 頭、4 週目には 22 頭とワクモ数は激減し、駆除率はそれぞれ 92.8%、97.6% となり、18 週目まで駆除率は 98% 以上と高い値で推移した。薬剤散布前後のワクモ数について Bartlett の方法による等分散性の検定を行い、全ての比較において等分散性が認められなかったため Wilcoxon の符号付順位和検定を行ったところ、有意水準 5% で散布 18 週目まで薬剤の効果が認められた。低床式鶏舎 A と高床式鶏舎 B における 2、4 週目の駆除率は、低床式のほうがわずかに高い効果を示したが、ほとんど差は認められなかった。低床式鶏舎 A の発育期ごとの観察では、散布前、卵 9,026 頭、幼ダニ 3,030 頭、若・成ダニ 9,492 頭であったが散布 2 週間後には、卵 108 頭、幼ダニ 41 頭、若・成ダニ 219 頭と、すべての発育期でワクモ数は減少した。20 週目以降から若・成ダニが増えはじめ、卵が採集されるように、24 週目には卵 1,034 頭、幼ダニ 482 頭、若・成ダニ 1,031 頭と全ての発育期で急激に増加した。

市販殺ダニ剤を散布した陽性対照鶏舎におけるワクモ採集数を表 2-8、採集数の推移を図 2-9 に示した。薬剤散布前のワクモ数は平均 12,007 匹であった。薬

剤散布 2 週目には 4,947 頭、駆除率 58.8%となり、4 週目には 2,951 頭、駆除率 75.4%となったが、6 週目に 25,447 頭と急激にワクモ数は増加し、薬剤散布前のワクモ数を越えた。発育期ごとでは、散布前、卵 5,170 個、幼ダニ 23 頭、若・成ダニ 6,814 頭であった。薬剤散布 2 週後、卵 980 個、幼ダニ 250 頭、若・成ダニ 3,717 頭とワクモ数は減少したが、若・成ダニの減少がエトキサゾール散布鶏舎に比べ少なく、幼ダニでは増加した。4 週後には卵 1,409 個、幼ダニ 440 頭、若・成ダニ 1,102 頭と全発育期で増加した。高床式の陰性対照鶏舎での採集数を表 2-9、採集数の推移を図 2-10 に示した。試験開始時、平均 2,310 頭であったワクモ数が、2 週目には 4,401 頭と増加率が約 190%と急激に増加し、14 週目では 66,358 頭となった。

さらに、低床式の鶏舎 A のワクモに対するエトキサゾールの作用点を確認した結果を表 2-10 に示した。薬剤散布前に採取したワクモの孵化率は 99.8%と高く、孵化した幼ダニはすべてが脱皮して第 1 若ダニとなった。これに対し薬剤散布 1 日後では孵化率 4.9%、脱皮率 37.5%と薬剤処理前に比べて低くなった。1 週目以降、孵化する個体がみられたがその数は少なく、孵化した幼ダニは 1 頭も第 1 若ダニに脱皮しなかった。2 週目以降はワクモの採取ができなくなった。

第 4 項 考察

最近の養鶏産業において最も問題となっている害虫はワクモであり、ワクモの駆除対策として、国内では有機リン系やカーバメイト系殺ダニ剤の散布が行われているが、薬剤抵抗性の出現などにより防除が困難となっている(80)。

室内試験において、市販殺ダニ剤 3 種のワクモに対する効果を調べたところ、処理 24 時間後の成ダニの死亡率は供試した全ての薬剤で 60%以下と低く、有機リン系、

カーバメイト系およびピレスロイド系薬剤での感受性の低下が認められ、今回の試験においても薬剤抵抗性を示唆する結果が得られた。エトキサゾール乳剤では飽血成ダニに対する直接的な殺ダニ効果はほとんどみられなかった。しかし、卵の孵化を抑制し、幼ダニでの脱皮率を低下させ、さらに脱皮した第1若ダニをすべて死亡させた。それに対し、市販殺ダニ剤は成ダニ、若ダニおよび幼ダニに対する直接的な殺ダニ効果であり、エトキサゾールは市販殺ダニ剤と作用機作が異なると考えられた。Chauve は有機塩素系、有機リン系、ピレスロイド系、カーバメイト系など約 35 種類の化合物がワクモ防除に用いられているが、それらの多くは効果、食品の安全性、環境上の理由などの点から使用に適さないと述べており、それらに変わる新しい防除方法を提唱している。その1つとして、昆虫成長制御剤（IGR 剤）の利用を挙げている（91）。

Downing らは実験室内において、室内生息性ダニ類のコナヒョウヒダニ *Dematophagoides farinae* に対し、ジフロベンズロンやトリフルムロンといったキチン生成阻害剤が効果を示すと報告している（92）。Nauen と Smagghe はエトキサゾールをヨトウガ *Spodoptera frugiperda* の幼虫に処理した際、キチン生合成を阻害することで外皮中のキチン含有量が異常となり幼虫を死亡させたと提唱した（52）。田村らはエトキサゾールがフタトゲチマダニに対し脱皮、卵の孵化といった効果を示すことを報告している（93）。今回、IGR 剤のエトキサゾールを用いてワクモに対する効果を室内にて調べたところ、孵化と脱皮を阻止するすぐれた効果が認められた。エトキサゾールは従来の薬剤に替わる新しい防除法として利用できると考えられ、さらに同じ鶏に寄生する他のダニ類、トリサンダニに対しても同様の効果を示すと思われた。

Chauve（91）は有用なワクモ剤の最も重要な条件は、ワクモの隠れている生息場所に浸透する能力であり、可能な限り散布された表面に薬剤の活性が残ることであると結論している。実際の鶏舎で実施した野外試験において、市販殺ダニ剤であるカルバリルを1回散布した鶏舎では、2週後にワクモ数が減少したが、駆除率80%と幼・若・

成ダニがそれぞれ採集されており、6週後にはワクモ数は薬剤散布前の2倍となった。Nordenfors と Hoeglund はスウェーデンにおいて、採卵ケージでのワクモに対し、有機リン剤であるメトリホナートを0.15%含む製剤の2回散布を行っており、2回散布の駆除効果は90%であったが、約8週間後には薬剤処理前と同じワクモ数となったと報告している(94)。Meyer-Kuhling ら(85)はフォキシム50%乳剤の200ppm液の2回散布により、少なくとも49日間(約7週間)ワクモの生息密度を抑えることができると述べており、従来の殺ダニ剤による効果の持続期間は6~8週間であると考えられた。それに対し、エトキサゾール乳剤は、1週目から徐々にワクモ数が減少し、室内試験においてエトキサゾール乳剤が飽血雌成ダニに対して直接的な効果がなかったにもかかわらず、若ダニと成ダニ数を2週目で駆除率約90%にまで減少させ、その後26週間の持続効果が認められている。この成ダニの減少と長期間の効果は、ワクモの早いライフサイクルと薬剤の孵化阻害および脱皮阻害作用に起因するIGR効果によるものと考えられた。ワクモは5~8週間生存し、一生の間に約8卵からなる卵塊を4~5個産下する。好条件の場合には、卵から成ダニまで約1週間と言われており、繁殖力が旺盛で非常に成長が早い(86)。Meyer-Kuhling らが実施した試験では無処理鶏舎でワクモ数が試験開始49日目(7週目)には開始時の400%に急増したと報告しており、今回実施した陰性対照鶏舎でも試験開始2週間後にはワクモ数が開始時の191倍、14週間後には2,873倍と急激に増加している。このようなワクモの爆発的な増加については、鶏舎構造とワクモの最適温度条件が関与していると述べており、自動集卵ベルトや従業員の衣類等への付着など機械的にワクモが拡散されると考察している(85)。したがって、ケージシステムや鶏舎構造、ヒトの出入りの頻度などによってワクモの増加速度は異なると考えられ、薬剤の効果の持続期間の長短を一概に論じることはできない。しかし、急激に増加するワクモの駆除において、エトキサゾール乳剤が1回の散布で長期間の残効性を示したことは大いに注目すべき点であると考えられる。

近年、年間を通じてワクモの発生が全国各地で見られ、薬剤抵抗性をもつワクモが出現するなど、養鶏産業ではその駆除対策に苦しんでいるのが現状である。ワクモに対する孵化阻害や脱皮阻害作用、いわゆる IGR 作用を有する薬剤による防除は世界的に報告されていない。本研究からエトキサゾール乳剤は薬剤抵抗性のワクモに対して市販殺ダニ剤よりも優れた効果と長期間の持続性が得られたとして評価された。世界的にワクモの市販殺ダニ剤に対する抵抗性や食品中の薬剤残留の問題が増加している中で、今後、新しい作用を有するエトキサゾールはワクモ駆除に大きく貢献するであろうと考えられる。

第5項 小括

薬剤抵抗性をもつワクモの出現が問題となっており、新しい薬剤の開発が強く望まれている。今回、IGR 剤による新しいワクモ防除剤の開発を目的に、エトキサゾールのワクモに対する効果を室内および野外で評価し、以下の結果を得た。

1. 室内試験において雌成ダニに対する影響を調べた。その結果、エトキサゾール乳剤の 24 および 48 時間後の死亡率は 500ppm でそれぞれ 0%、10%とほとんど死亡個体は見られず、飽血雌成ダニに対する効果は認められなかった。
2. 市販殺ダニ剤処理後の飽血雌成ダニの死亡率を調べた結果、24 時間後の死亡率はスミチオン乳剤、サンマコー水和剤、ETB 乳剤でそれぞれ 18%、44%、58%、48 時間後では 44%、82%、84%と市販殺ダニ剤に対する低感受性の傾向が認められ、特にスミチオン乳剤の死亡率が他の市販殺ダニ剤に比べて低かった。
3. エトキサゾール乳剤は、25ppm で孵化率 16.1%と孵化阻止効果が認められ、50% 孵化阻止濃度は 2.23ppm、95% 孵化阻止濃度は 134.13ppm であった。

また、幼ダニから第1若ダニへの脱皮は10ppm以上では全く観察されず、1ppmで脱皮率5.7%と脱皮阻止効果が見られ、孵化に比べ低い濃度で脱皮を阻止した。脱皮できなかった幼ダニは全て死亡した。

4. 市販殺ダニ剤処理後、死亡しなかった個体は産卵し、それらの卵は100%孵化した。孵化した幼ダニは、サンマコー水和剤、ETB乳剤では孵化後、薬剤に接触して全てが死亡した。スミチオン乳剤では77.2%が脱皮し第1若ダニとなった。
5. エトキサゾール乳剤の5ヶ月後の残効性について調べたところ、処理直後と5ヶ月後について孵化率および脱皮率に有意差は認められず、5ヶ月後でもエトキサゾール乳剤の効果は有効であった。
6. 福島県および新潟県の養鶏場から採集した野外個体のワクモに対するエトキサゾール乳剤の効果について調べたところ、野外個体でも同様の孵化阻止、脱皮阻止効果が得られ、2県間での有意差は認められなかった。
7. エトキサゾール乳剤を用いて野外の養鶏場でその効果を確認したところ、薬剤散布1週間からワクモ数の減少が認められ、散布2週間には駆除率約90%以上と非常に高い効果を示した。また、駆除効果の持続期間は約26週間であることが統計学的に示された。これらのことから、エトキサゾール乳剤は市販殺ダニ剤に比較して長期間の効果と高い駆除効果が認められた。

以上から、エトキサゾール乳剤はワクモに対して孵化阻止効果、脱皮阻止効果といった殺ダニ効果を示すことを明らかにし、市販殺ダニ剤よりも優れた効果を示すことを見出した。世界的にワクモの市販殺ダニ剤に対する抵抗性や食品中の薬剤残留の問題が増加している中で、エトキサゾール乳剤は今後の新しいワクモ駆除薬剤として非常に有効であると結論された。

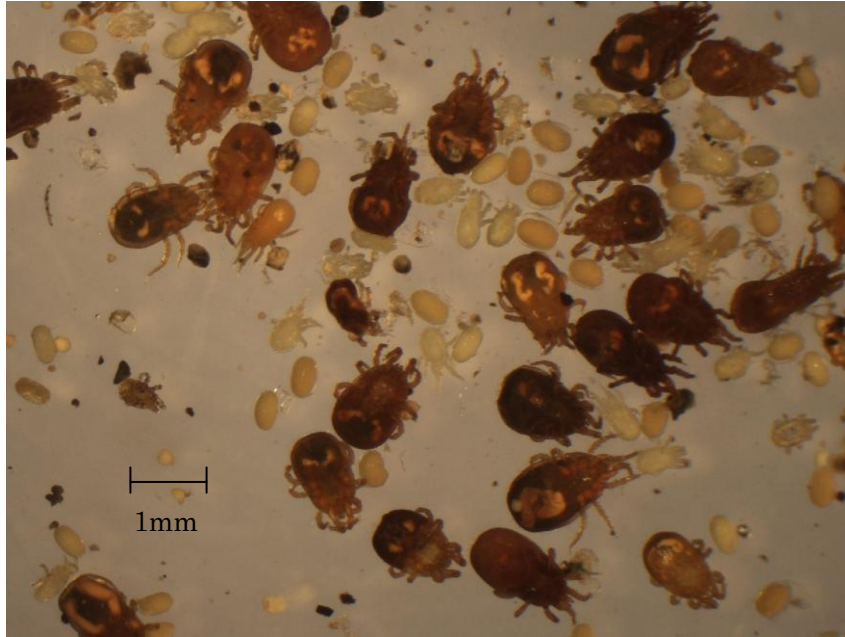


図 2-1 ワクモ *Dermanyssus gallinae*



図 2-2 ワクモに対する感受性試験

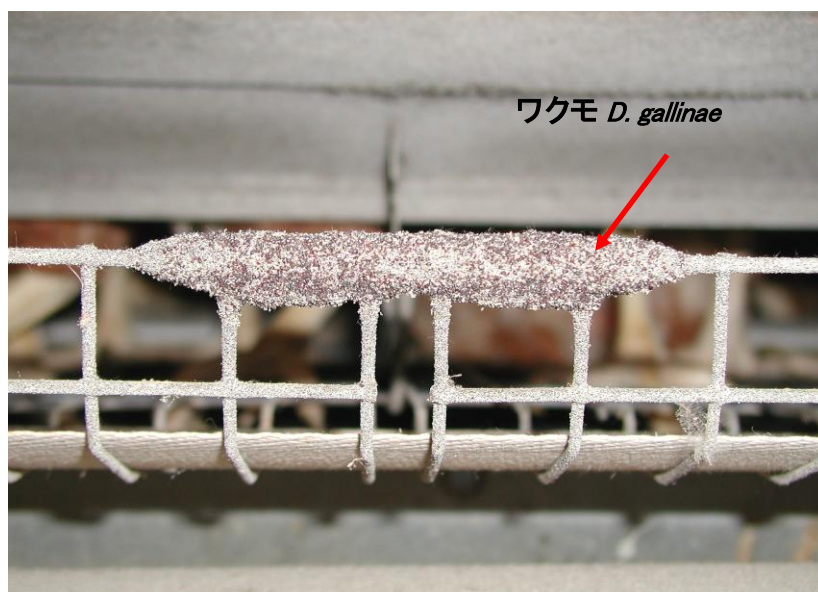


図 2-3 鶏舎内におけるワクモの生息状況(上:水道配管、下:卵受け)



図 2-4 低床式セミウインドレス鶏舎(鶏舎 A)と薬剤散布



図 2-5 トラップ(ダンボール片)によるワクモ採集



図 2-6 鶏舎内のトラップの設置

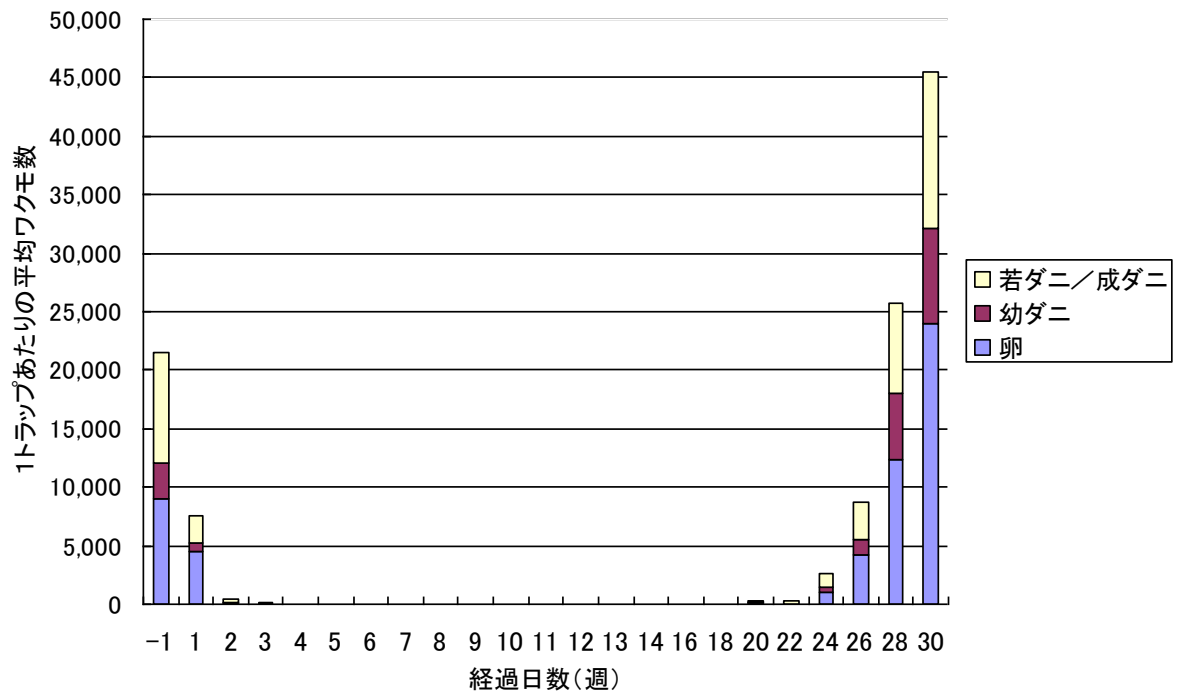


図 2-7 エトキサゾール乳剤を散布した低床式鶏舎でのワクモ採集数の推移

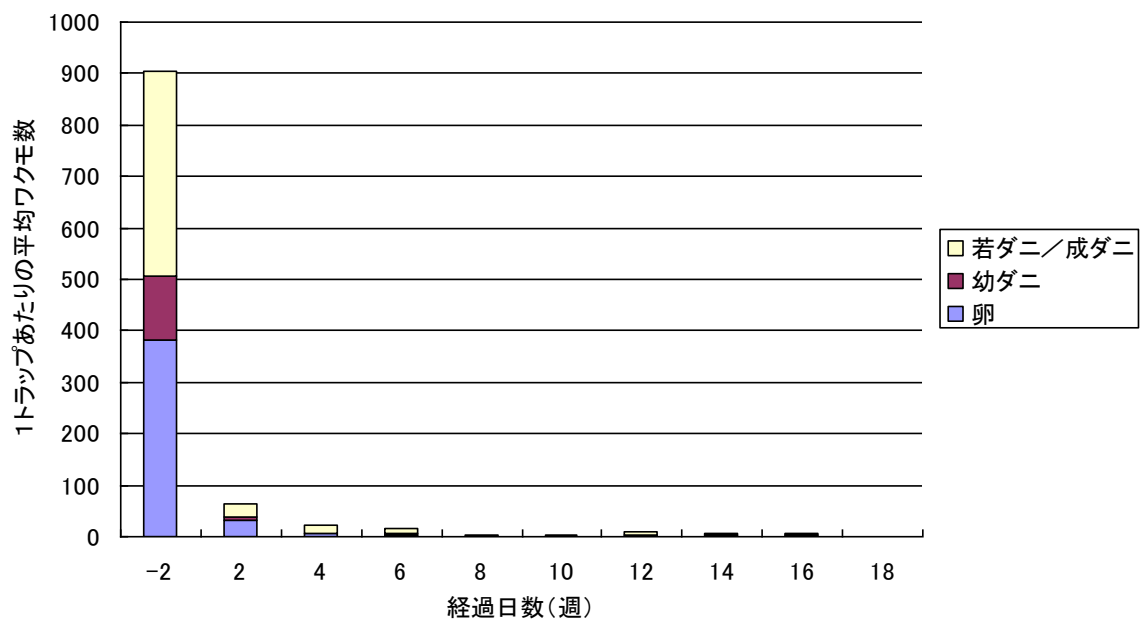


図 2-8 エトキサゾール乳剤を散布した高床式鶏舎でのワクモ採集数の推移

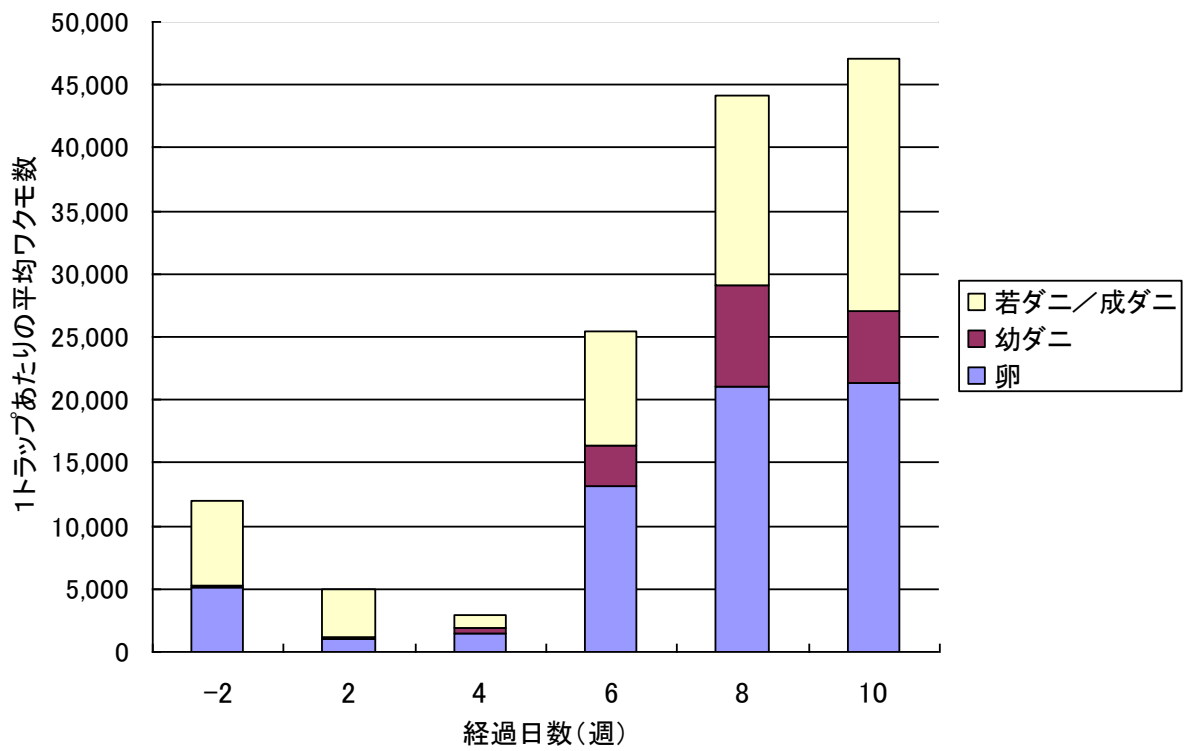


図 2-9 市販殺ダニ剤を散布した低床式鶏舎でのワクモ採集数の推移

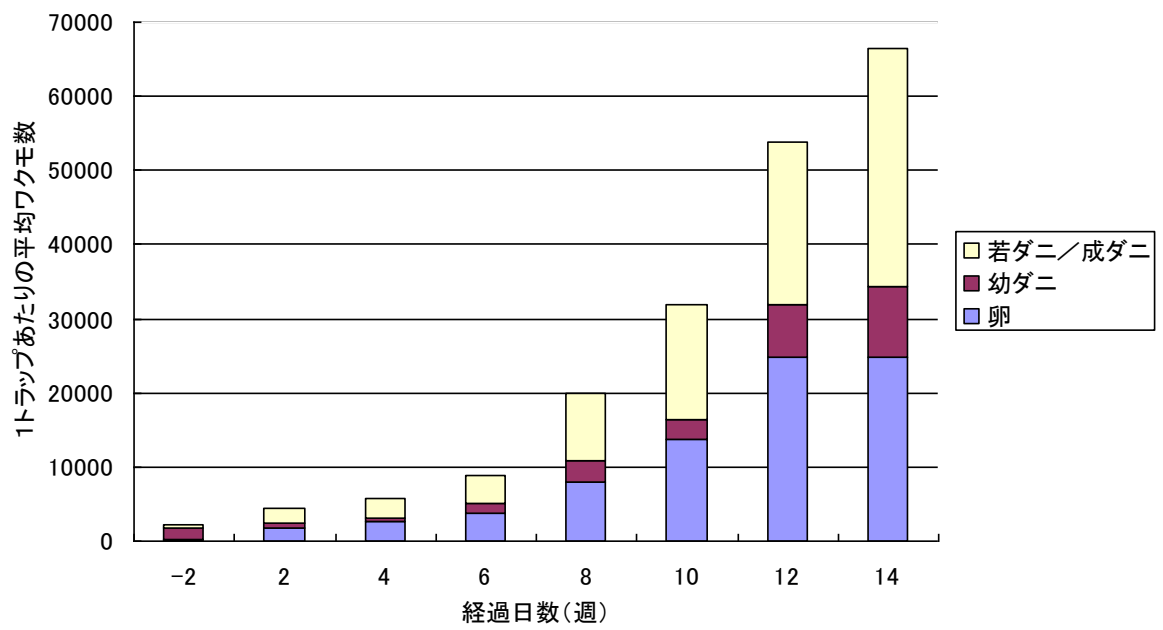


図 2-10 薬剤無散布の高床式鶏舎でのワクモ採集数の推移

表 2-1 各薬剤の飽血成ダニに対する死亡率

供試薬剤	希釈倍率 (倍)	有効成分濃度 (ppm)	死亡率(%)	
			24 時間後	48 時間後
エトキサゾール乳剤	50	500	0 ^a	10 ^b
	100	250	2 ^a	6 ^{ab}
	200	125	0 ^a	0 ^a
	400	62.5	2 ^a	2 ^{ab}
	800	31.25	2 ^a	2 ^{ab}
サンマコー	150	500	44 ^c	82 ^e
ETB乳剤	400	100	58 ^c	84 ^e
スミチオン 10%乳剤	100	1,000	18 ^b	44 ^c
対照(水)	—	—	2 ^a	4 ^{ab}

Tukey's HSDI で統計処理: 異符号間で有意差あり(P<0.05)

表 2-2 各薬剤の飽血雌成ダニ産下卵に対する孵化および脱皮阻止効果

供試薬剤	希釈倍率 (倍)	有効成分 濃度(ppm)	産卵数	孵化率 (%)	幼ダニの 脱皮率(%)	幼・若ダニの 死亡率(%)
エトキサゾール 乳剤	1,000	25.0	24.8	16.1	0	100
	2,500	10.0	25.8	23.3	0	100
	5,000	5.0	20.4	34.3	2.9	100
	10,000	2.5	22.2	58.6	6.2	100
	25,000	1.0	22.0	63.1	5.7	100
	50,000	0.5	21.6	68.5	59.5	87.8
サンマコー 水和剤	150	500	11.3	100	0	100
ETB 乳剤	400	100	2.0	100	0	100
スミチオン 10% 乳剤	100	1,000	19.0	100	77.2	100(幼) 97.8(若)
対照(水)	—	—	18.4	100	100	0

表 2-3 エトキサゾール乳剤の残効性

処理後 の月数	希釈倍率 (倍)	有効成分 濃度 (ppm)	1 匹あたりの 産卵数	孵化率 (%)	幼ダニの 脱皮率 (%)	幼ダニの 死亡率 (%)
0	10	2,500	6.3	0 ^a	0 ^a	100 ^b
	50	500	9.7	3.4 ^a	0 ^a	100 ^b
	100	250	14.7	13.6 ^b	0 ^a	100 ^b
	200	125	12.0	13.8 ^b	0 ^a	100 ^b
5	10	2,500	6.3	0 ^a	0 ^a	100 ^b
	50	500	17.3	13.5 ^b	0 ^a	100 ^b
	100	250	18.7	14.3 ^b	0 ^a	100 ^b
	200	125	12.0	16.7 ^b	0 ^a	100 ^b
対照(水)	—	—	16.3	100 ^c	93.9 ^b	6.1 ^a

Tukey's HSDI で統計処理: 異符号間で有意差あり (P < 0.05)

表 2-4 野外から採集した成ダニに対するエトキサゾール乳剤の影響

採集した県	供試薬剤	希釈倍率 (倍)	有効成分濃度 (ppm)	死亡率(%)	
				24 時間後	48 時間後
福島	エトキサゾール 乳剤	100	250	0	6.7 ^a
		400	62.5	0	6.7 ^a
		800	31.25	0	0 ^a
	対照(水)	—	—	0	0 ^a
新潟	エトキサゾール 乳剤	100	250	0	16.7 ^b
		400	62.5	0	16.7 ^b
		800	31.25	0	6.7 ^a
	対照(水)	—	—	0	0 ^a

Tukey's HSDI で統計処理: 異符号間で有意差あり(P<0.05)

表 2-5 野外から採集した飽血雌成ダニ産下卵のエトキサゾール乳剤に対する孵化
および脱皮に及ぼす影響

県	供試薬剤	希釈倍率 (倍)	有効成分 濃度 (ppm)	1匹あたり の産卵数	孵化率 (%)	幼ダニの 脱皮率(%)	幼・若ダニの 死亡率(%)
福島	エトキサゾール 乳剤	100	250	22.7	2.9 ^a	0 ^a	100 ^b
		400	62.5	16.3	6.1 ^a	0 ^a	100 ^b
		800	31.25	13.7	4.9 ^a	0 ^a	100 ^b
	対照(水)	—	—	15.3	100 ^b	100 ^b	0 ^a
新潟	エトキサゾール 乳剤	100	250	23.7	1.4 ^a	0 ^a	100 ^b
		400	62.5	18.0	1.9 ^a	0 ^a	100 ^b
		800	31.25	31.7	0 ^a	0 ^a	100 ^b
	対照(水)	—	—	15.3	98.7 ^b	100 ^b	0 ^a

Tukey's HSDI で統計処理: 異符号間で有意差あり(P<0.05)

表 2-6 低床式鶏舎におけるエトキサゾール乳剤の効果

経過日数 (週)	1トラップあたりの平均ワクモ数(駆除率%)			
	卵	幼ダニ	若ダニ/成ダニ	合計
薬剤散布前	9,026	3,030	9,492	21,549
1	4,465(50.5)*	794(73.8)*	2,353(75.2)*	7,611(64.7)*
2	108(98.8)*	41(98.6)*	219(97.7)*	368(98.3)*
3	14(99.8)*	4(99.9)*	63(99.3)*	81(99.6)*
4	2(100)*	0(100)*	5(99.9)*	7(100)*
5	0(100)*	0(100)*	1(100)*	1(100)*
6	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
7	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
8	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
9	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
10	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
11	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
12	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
13	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
14	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
16	0(100)*	0(100)*	1(100)*	1(100)*
18	0(100)*	0(100)*	0(100)*	0(100)*
20	70(99.2)*	26(99.1)*	137(98.6)*	232(98.9)*
22	1(100)*	12(99.6)*	232(95.6)*	245(98.9)*
24	1,034(88.5)*	482(84.1)*	1,031(89.1)*	2,547(88.2)*
26	4,232(53.1)*	1,270(58.1)*	3,279(65.5)*	8,781(58.1)*
28	12,388	5,598	7,811(17.7)	25,797
30	23,920	8,229	13,326	45,476

駆除率(%)=[(薬剤散布前のワクモ数-薬剤散布後のワクモ数)/薬剤散布前のワクモ数]×100

* : 薬剤散布前と有意水準 5%で有意差あり

表 2-7 高床式鶏舎におけるエトキサゾール乳剤の効果

経過日数 (週)	1トラップあたりの平均ワクモ数(駆除率%)			
	卵	幼ダニ	若ダニ/成ダニ	合計
薬剤散布前	383	124	399	906
2	31(91.9)*	8(93.5)*	26(93.5)*	65(92.8)*
4	5(98.7)*	2(98.4)*	15(96.2)*	22(97.6)*
6	4(99.0)*	1(99.2)*	10(97.5)*	15(98.2)*
8	0(100)*	0(100)*	3(99.2)*	3(99.7)*
10	0(100)*	0(100)*	2(99.5)*	2(99.8)*
12	1(99.7)*	1(99.2)*	6(90.2)*	8(99.1)*
14	1(99.7)*	2(98.4)*	4(99.0)*	7(99.2)*
16	2(99.5)*	1(99.2)*	4(99.0)*	7(99.2)*
18	0(100)*	0(100)*	1(99.7)*	1(99.9)*

駆除率(%) = [(薬剤散布前のワクモ数 - 薬剤散布後のワクモ数) / 薬剤散布前のワクモ数] × 100

* : 薬剤散布前と有意水準 5% で有意差あり

表 2-8 低床式鶏舎における市販殺ダニ剤 サンマコー水和剤の効果

経過日数 (週)	1トラップあたりの平均ワクモ数(駆除率%)			
	卵	幼ダニ	若ダニ/成ダニ	合計
薬剤散布前	5,170(—)	23(—)	6,814(—)	12,007(—)
2	980(81.0)*	250	3,717(45.5)*	4,947(58.8)*
4	1,409(72.7)*	440	1,102(83.8)*	2,951(75.4)*
6	13,160	3,197	9,090	25,447
8	21,049	8,109	14,992	44,150
10	21,337	5,734	19,969	47,040

駆除率(%) = [(薬剤散布前のワクモ数 - 薬剤散布後のワクモ数) / 薬剤散布前のワクモ数] × 100

* : 薬剤散布前と有意水準 5% で有意差あり

表 2-9 高床式鶏舎におけるワクモの増加(無処理)

経過日数 (週)	1トラップあたりの平均ワクモ数(増加率% ¹⁾)			
	卵	幼ダニ	若ダニ/成ダニ	合計
試験開始時	330 (-)	1,548(-)	432(-)	2,310(-)
2	1,704(516)	648(42)	2,049(474)	4,401(191)
4	2,624(795)	430(28)	2,804(649)	5,858(254)
6	3,787(1,148)	1,340(87)	3,758(870)	8,885(385)
8	7,910(2,397)	2,898(187)	9,165(2,122)	19,973(865)
10	13,783(4,177)	2,516(163)	15,662(3,625)	31,961(1,384)
12	24,761(7,503)	7,148(462)	21,933(5,077)	53,842(2,331)
14	24,912(7,549)	9,478(612)	31,967(7,400)	66,358(2,873)

増加率(%) = 薬剤散布後のワクモ数 / 薬剤散布前のワクモ数 × 100

表 2-10 低床式セミウインドレス鶏舎(鶏舎A)におけるエトキサゾール乳剤の作用点の確認

	散布前	散布後の経過日数(週)		
		1day	1	2
供試ダニ数	50	50	50	43.6
産卵数	103	97.6	93	47.6
幼ダニ数 (孵化率 ¹)	102.8 (99.8)	4.8 (4.9)	8.2 (7.6)	14.4 (30.3)
第1若ダニ数 (脱皮率 ²)	102.8 (100)	1.8 (37.5)	0 (0)	0 (0)

1. 孵化率(%)=(幼ダニ数/産卵数)×100

2. 脱皮率(%)=(第1若ダニ数/幼ダニ数)×100

表中の数字は5地点の平均

第3章 家畜寄生性ダニ類－マダニ－への応用に関する検討

第1項 序論

日本の放牧地でみられるマダニ種は、九州以北ではフタトゲチマダニ *Haemaphysalis longicornis* が、沖縄県などではオウシマダニ *Boophilus microplus* が優占種として知られていた (95)。しかし、1999年に沖縄県においてオウシマダニが清浄化されて以来、現在ではフタトゲチマダニが全国的な最優占種となっている。他に、マゲシマチマダニ *H. mageshimaensis*、ヤマトマダニ *Ixodes ovatus*、シェルツェマダニ *I. persulcatus* などが見られる (2、7、96)。

マダニは人や動物に寄生し、人獣共通感染症や家畜伝染病予防法での法定伝染病を媒介する等、人獣に深刻な被害を与えるとして重要である。特にオウシマダニはウシのバベシア病の病原体である *Babesia bigemina*、*B. bovis*、アナプラズマ病の病原体である *Anaplasma marginale* などの法定伝染病を媒介する他、Q熱やボレリア症の媒介をするなど放牧衛生上最も重要なマダニとして知られている。また、フタトゲチマダニによる被害も重要で、多数寄生時には吸血による貧血とともに、ウシの *Theileria orientalis* による小型ピロプラズマ病、*Babesia ovata* による大型ピロプラズマ病などを媒介し、牛の健康や生産性に損害をあたえる (2、5、23、25、27、28、29、30、96、97、98、99)。

マダニ類の防除は、古くから有機リン系やカーバメイト系の殺ダニ剤が使用されており、マダニ類に対する薬剤感受性や野外での実用性を評価した報告 (24、98、99、100、101、102、103、104、105、106、107、108、109、110、111) も多く、最近ではピレスロイド系の殺ダニ剤の牛体施用が主流となっている。しかし、昆虫成長制御剤 (IGR 剤) を用いたマダニの防除、特に三宿主性のフタトゲチマダニに対する報告はない。本章では、わが国の放牧牛において問題となっているフタトゲチマダニに対するエトキサゾールの感受性について調べ、野外における効果を検討した。

第2項 材料および方法

1. 室内試験

1) 供試ダニおよび供試薬剤

独立行政法人動物衛生研究所原虫病研究室で継代しているフタトゲチマダニ岡山系統（112）の雌成ダニ、若ダニおよび幼ダニを試験に供した（図3-1）。供試薬剤はエトキサゾール原体（純度96.7%）（50、54、113）を用いた。

2) 試験方法

(1) 産卵と孵化に及ぼす影響

雌成ダニを耳袋法（114）により家兎の耳に約1週間吸血させ、飽血させた。飽血体重を測定後、1、5および10 μ gとなるようにアセトンで希釈した薬剤を1頭ずつマダニの背面にマイクロピペットを用いて滴下処理した。各薬剤濃度に対し10頭の飽血雌成ダニを供試した。アセトン揮発後、1頭ずつマダニを管ビンに收容し、温度25 $^{\circ}$ C、相対湿度100%、恒暗条件下のインキュベータ内に静置した（図3-2）。産卵の観察は薬剤処理後1週ごとに行った。卵へのカビの影響を考慮して、2および3週目に卵を回収し産卵重量を測定した。回収した卵は個体ごとに2および3週目の卵を一緒にして管ビンに入れた。その2週後に孵化状況を実体顕微鏡にて観察した。対照としてアセトン処理区を設け、10頭の飽血雌成ダニを供試した。

(2) 脱皮に及ぼす影響

幼ダニおよび若ダニを前述の方法と同様に家兎の耳に4~6時間吸血させ、飽血させた。9cm径シャーレ内面に1cm²あたり0.1、1および10 μ gとなるようにアセトンで希釈した薬剤を、マイクロピペットを用いて滴下処理した。アセトン揮発後に飽血幼ダニ約150頭と飽血若ダニ約100頭を

それぞれ薬量ごとにシャーレ内に入れた。処理 0.5、3.5 および 24 時間後に幼ダニを 20 頭、若ダニを 10 頭ずつ管ビンに収容し温度 25℃、相対湿度 100%、恒暗条件下のインキュベータ内に静置した（図 3-3）。薬剤処理 4 週後に脱皮数を実体顕微鏡下で観察した。また、対照としてアセトン処理区を設けた。なお、脱皮阻止率（%）は下式により算出した。

$$\text{脱皮阻止率 (\%)} = \frac{(\text{対照区の脱皮数} - \text{処理区の脱皮数})}{\text{対照区の脱皮数}} \times 100$$

2. 野外における殺ダニ効果

1) 試験場所

試験は平成 11 年 6 月 22 日から 7 月 21 日までの 1 ヶ月間、沖縄県八重山郡与那国町内 4 ヶ所の放牧場で行った。試験区として 3 ヶ所（A～C 牧場）、供試頭数 46 頭（A 牧場 12 頭、B 牧場 18 頭、C 牧場 16 頭）および対照区として牧場 1 ヶ所（D）、供試頭数 10 頭を設けた。

2) 供試薬剤および処理方法

供試薬剤として流動パラフィン中のエトキサゾール濃度が 1% となるよう調製した油剤を試作した。供試牛の体重を測定し、体重 100kg あたり 10ml の薬剤を牛の頸部から尾根部までの背中線に沿って滴下処理した（図 3-4、図 3-5）。また、エトキサゾールを含まない油剤を対照区の牛に同様の方法で滴下した。

3) 試験方法

薬剤処理前、薬剤処理 1、7、14、21 および 28 日後に各区の牛から飽血した成ダニ、若ダニおよび幼ダニを採集した。採集した成ダニは体重測定後、1

個体ずつ管ビンに入れ、25℃、相対湿度 100%、恒暗条件下のインキュベータ内で飼育した。採集 28 日後に産卵の有無と産卵重量を測定し、採集 42 日後に卵の状態と孵化率を実体顕微鏡下で観察した。幼ダニあるいは若ダニは、採集後管ビンに入れ、成ダニと同条件下で飼育し、採集 28 日後に脱皮個体数を観察した。また、試験期間中、薬剤処理した牛の皮膚の状態について観察した。

第 3 項 結果

1. 室内試験

1) 産卵と孵化に及ぼす影響

エトキサゾール処理後の産卵重量および孵化率を表 3-1 に示した。対照区の平均産卵重量は 205mg、薬剤処理 1、5、10 $\mu\text{g}/\text{tick}$ 区では、それぞれ 140、152、215mg であった。薬剤処理 1 $\mu\text{g}/\text{tick}$ 区では 10 頭中 3 頭、5 $\mu\text{g}/\text{tick}$ 区では 2 頭が産卵しないかほとんど産卵しなかった。これらと対照区との比較では 1 および 5 $\mu\text{g}/\text{tick}$ 区において若干産卵重量に低下がみられた。産卵しなかった成ダニや産卵量が極端に少なかった成ダニの外観は、褐色あるいは黒色化していた。孵化の観察では対照区の平均孵化率が 99% とほとんどのマダニが正常に孵化したのに対し、薬剤を処理した全ての区においては孵化率 0% を示し、薬剤に接触したマダニの卵の孵化を完全に阻止した。孵化できなかつた卵はその後全て死滅した。

2) 脱皮に及ぼす影響

薬剤処理後の脱皮阻止率を表 3-2 に示した。幼ダニでは 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 24$ 時間処理区において 20 頭中 1 頭に脱皮が認められたが、他の区では脱皮は全く認められず脱皮阻止率 100% を示した。若ダニでは、0.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 0.5$ 時間処理区で 10 頭中 1 頭の脱皮が認められたが、その他の区において脱皮

は全く認められず、 $1\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 0.5$ 時間以上の接触で若ダニの脱皮を 100% 阻止した。薬剤を処理したほとんどの飽血幼ダニおよび若ダニは、薬剤処理 4 週間まで脱皮せず 6 週間目には乾燥してすべてのマダニが死滅した。 $10\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 24$ 時間処理区の幼ダニでは薬剤処理 1 週後でほとんどのマダニが脱皮せずに変色して死亡した。

2. 野外における殺ダニ効果

試験実施前の 5 月に対照区および試験区において放牧牛から飽血マダニを採集し、得られたマダニの種の同定を行った。対照区では雌成ダニ 36 頭、若ダニ 3 頭、幼ダニ 42 頭、試験区では雌成ダニ 42 頭、幼ダニおよび若ダニが各 1 頭ずつ採集され、これらはすべてフタトゲチマダニであった。

放牧牛から採集した飽血成ダニ数、平均体重、平均産卵重量および平均孵化率を表 3-3 に示した。処理 1 日後の平均体重および平均産卵重量は試験区でそれぞれ 102.0mg、55.8mg、対照区では 137.7mg、66.0mg であり産卵重量では両区間に差は認められなかった。しかし、孵化率を比較すると、試験区での薬剤処理前の孵化率は 92.2% であったのに対して、処理 1 日後には 0.4% に減少し、卵の孵化をほぼ完全に阻止した。その後、薬剤処理 7、14、21 および 28 日後に採集した成ダニから得られた卵の孵化率はそれぞれ 9.6、37.8、53.1、70.6% を示した。

表 3-4 に採集した飽血幼ダニおよび飽血若ダニの脱皮率を示した。試験区での薬剤処理前の脱皮率は幼ダニで 84.4%、若ダニで 83.0% を示した。それに対して薬剤処理 1 日後の脱皮率は、それぞれ 0%、1.2% とほぼ完全に脱皮を阻止した。その後、薬剤処理 7、14、21 および 28 日後の脱皮率は、幼ダニで 0、24.5、64.3、62.6%、若ダニで 21.7、28.4、68.9、65.4% を示し、孵化率の場合と同様に徐々に増加した。これらの結果を図 3-6 に示した。対照区の孵化率は薬剤処理前と処理 1 日後において 100% を示し、以降試験期間を通し

て80%以上の値で推移した。幼ダニおよび若ダニの脱皮率は、幼ダニでは28日後の脱皮率が62.5%と低かったが、試験期間を通じてそれぞれ75%以上の脱皮率で推移した。それに対し試験区では孵化率、脱皮率ともに薬剤処理1日後に激減し、その後時間経過とともに徐々に高くなる傾向が認められ、28日後には対照区とほぼ同じとなった。また幼ダニおよび若ダニの脱皮率と孵化率は同じ増加傾向を示した。

薬剤処理後に採集した飽血幼ダニおよび若ダニの脱皮率については、Fisherの直接確立法を用いて検定を行ったところ、本剤は処理1日、7日および14日後に採集した飽血幼ダニまたは若ダニの脱皮のいずれも $P < 0.0001$ で有意に阻害した。また、採集した成ダニから得られた卵の孵化率については、本剤処理1日および14日後に採集したマダニの産卵した卵の孵化を $P < 0.0001$ で有意に阻害した。また、処理7日後についてStudentのt検定を両側検定で行ったところ、 $P < 0.0001$ で対照区と試験区で有意差が認められた。さらに、処理21日後についてはMann-whitneyのU検定では有意差が認められなかったが、Welchのt検定を両側検定で行ったところ $P < 0.0001$ で有意差が認められた。

なお、試験期間中、薬剤処理した牛の皮膚に異常は認められなかった。

第4項 考察

現在、わが国の放牧衛生においては、フタトゲチマダニが媒介する牛の小型ピロプラズマ病が最重要疾病となっている。本病の対策として、ピレスロイド系薬剤フルメトリンを用いたプアオン製剤やペルメトリン含有イヤータグなどによるマダニ防除が行われている。諸外国においてもマダニ媒介性疾病に対して同様の方法による各種殺ダニ剤を用いた防除が行われている。しかし、ピレスロイド系薬剤や有機リン系薬剤などに対するマダニの薬剤抵抗性の出現が、これらの防

除を困難にしていることが報告されている（101、108、115）。わが国においても沖縄県黒島で採集されたオウシマダニに有機リン系薬剤クマホスに対する抵抗性獲得が確認され、さらにこれらはカーバメイト系薬剤 BPMC や、黒島では未使用のプロポクスルに対しても抵抗性を示すことが報告されている（98）。これまでにフタトゲチマダニの薬剤抵抗性獲得に関する報告はないが、同種薬剤の長期にわたる連用はマダニの薬剤抵抗性獲得を促し、薬剤による防除を困難にすることが懸念される。

Beugnet と Chardonnet は、ピレスロイド系薬剤、有機リン系薬剤抵抗性オウシマダニの防除方法として、数種類の異なる殺ダニ剤を交互に使い分けることを提案している（101）。一方、ハエ類やカ類等の衛生害虫、農業害虫分野においては、薬剤抵抗性の出現を予防するために害虫の天敵利用、トラップによる物理的防除などの従前の方法による防除も再認識され、これらと殺虫剤を組み合わせる必要最小限の薬剤で害虫密度を減少させる方法が検討されている（39）。その新しい試みの1つが IGR 剤の利用であり、ピレスロイド系、有機リン系殺虫剤と IGR 剤を併用した害虫防除が近年では一般的となってきた（41）。

エトキサゾールは植物寄生性ハダニに対して低濃度で殺卵、脱皮阻害作用があり、ペルメトリン、アセフェート、カルバリル、フルフェノクスロン抵抗性のアブラムシに対して、脱皮阻止作用を有することが報告されている（54）。しかし、動物寄生性のマダニ類に対して IGR 剤を応用した報告（116、117）や実用化の例はほとんどないことから、エトキサゾールのフタトゲチマダニに対する効果を検討した。室内試験の結果、エトキサゾールはフタトゲチマダニの幼ダニおよび若ダニの脱皮を $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ の低濃度でほぼ完全に阻止し、成ダニにおいても $1 \mu\text{g}/\text{tick}$ の濃度でその卵の孵化を完全に阻止したことから、動物寄生性マダニに対してハダニと同様の作用を示すことが明らかとなった。

そこでエトキサゾール 1% 含有製剤を試作し、野外における効果を検討したところ、フタトゲチマダニの幼ダニ、若ダニの脱皮と卵の孵化を阻止することがで

きた。特に、薬剤処理 1 日後に放牧牛から採集した成ダニの孵化率をほぼ 100% 阻止したことは注目すべき点であった。フタトゲチマダニの雌成ダニが 1 回に産卵する数は 2,000~3,000 個といわれている (118)。すなわち、成ダニが産卵する卵の孵化を完全に阻止すれば、新しく誕生する幼ダニの発生を抑える結果となり、放牧地のマダニ生息密度を減少させることができると考えられ、エトキサゾールの野外における有用性が示唆された。

また、野外試験での本剤の効果持続期間は約 3 週間であった。しかし、野外では紫外線や風雨の影響があるため薬剤の効果や持続期間は一定しないと考えられる。Dorn らは、南アフリカで *Amblyomma hebraeum*、*Rhipicephalus evertsi*、*Rhipicephalus appendiculatus*、*Hyalomma truncatum* などの三宿主性マダニに対するフルメトリンの効果試験を行い、1 週間から 2 週間の持続効果があったと報告している (104)。Hamel らは、同様にアフリカで一宿主性のオウシマダニに対するフルメトリン効果試験を行い、3 週間以上の効果が持続すると述べている (105)。このように野外では同一薬剤であっても標的とするマダニ種、地域によって効果が異なる結果となることから、今回得られたエトキサゾールの効果持続期間の長短を一概に論ずることはできない。しかしながら、生態学的にその防除が困難とされる三宿主性マダニに対する Dorn ら (104) の報告、また今回の結果が亜熱帯地域に属する沖縄県与那国島での結果であることから考えると、約 3 週間の効果持続期間は実際の使用場面に耐え得るものと思われた。

本試験において採集されたマダニは、試験期間を通じて全てがフタトゲチマダニの雌のみであった。このことから、本試験場所に生息するマダニは産卵に雄が関与しない単為生殖系統のフタトゲチマダニが最優占種であると考えられた。

マダニに駆除を目的とした薬剤の処理は、昔から色々な方法が行われているが、中でもプアオン法は省力的かつ経済的であるとして世界的に主流となっている。今回、このプアオン法による薬剤処理を行いエトキサゾールの効果を調べたところ良好な結果が得られた。エトキサゾールは有機リン系薬剤やピレスロイド系

薬剤に比べ哺乳動物に対して安全性が高く、環境中では速やかに分解されることから環境に対して影響が少ない(54)。したがって、本剤は今後の牧野におけるマダニの防除において新しい薬剤となり得ると考えられた。

第5項 小括

フタトゲチマダニに対するエトキサゾールの効果について実験室内で評価した。また、IGR剤による新しいマダニ駆除剤開発を目的に製剤を作製し、野外における効果を検討した。

1. エトキサゾール $1\mu\text{g}/\text{tick}$ を飽血成ダニに処理した結果、その卵の孵化を100%阻止した。
2. 飽血幼ダニでは、 $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 0.5$ 時間処理すると100%、飽血若ダニでは、 $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 3.5$ 時間および $1\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 0.5$ 時間処理で100%の脱皮阻止効果を示した。
3. エトキサゾール1%含有製剤を作製し、牛に寄生しているマダニに対してブアオン法により野外での効果を調べたところ、処理1日後の牛体から採取した幼ダニ、若ダニの脱皮および成ダニの産卵した卵の孵化をほぼ完全に阻止した。殺ダニ効果は処理後、時間経過とともに低下傾向を示したが、処理1週後の孵化率は9.6%、4週後には対照区とほぼ同様の値を示し、本剤の効果持続期間は約3週間であった。

以上から、本剤は放牧牛に寄生する幼ダニおよび若ダニの脱皮を阻害し、さらに成ダニの産卵する卵の孵化を阻止することから放牧場でのマダニの生息数を減少させることができると考えられた。エトキサゾールは今後、牧野における新しいマダニ防除剤として期待できるものと考えられた。



図 3-1 フタトゲチマダニ *Haemaphysalis longicornis* 左: 幼ダニ、中央: 若ダニ、右: 成ダニ

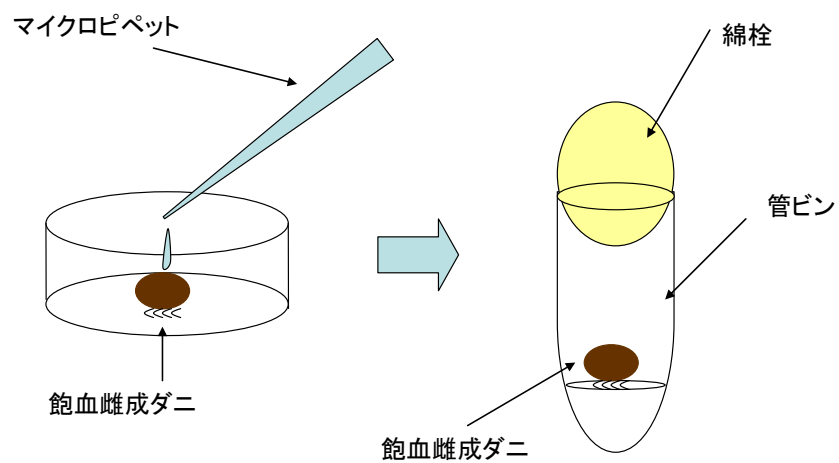


図 3-2 飽血雌成ダニにおける薬剤処理方法

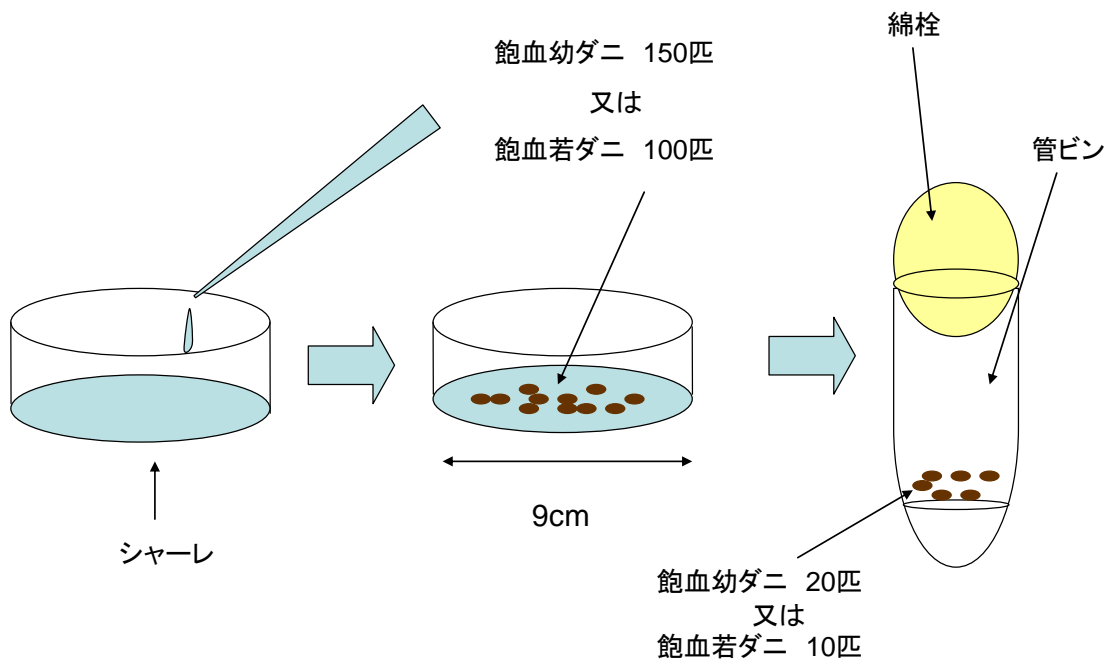


図 3-3 飽血幼ダニおよび飽血若ダニにおける薬剤処理方法



図 3-4 牛体への薬剤処理方法(プアオン法)



図 3-5 薬剤処理前における野外でのフタゲチマダニの寄生

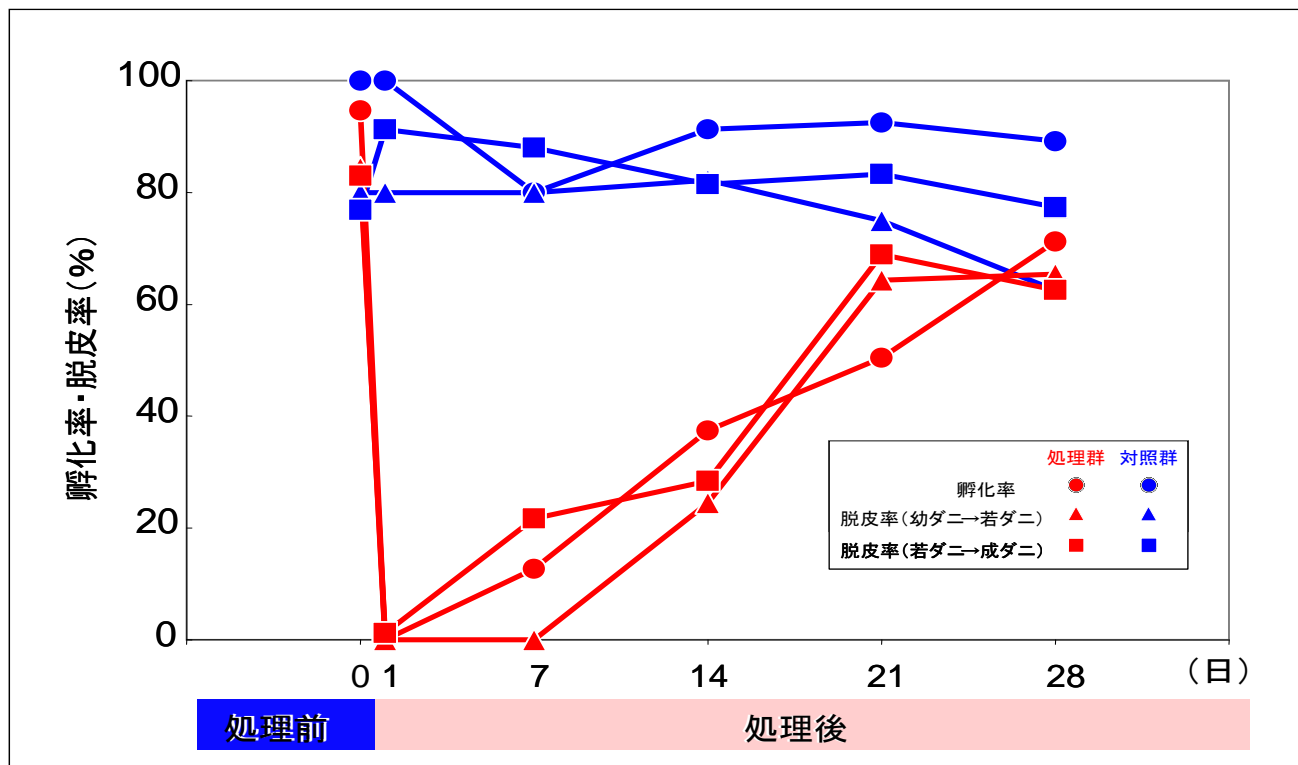


図 3-6 野外の牛から採集した飽血マダニの孵化率および脱皮率

表 3-1 実験室内におけるエトキサゾール処理後のフタトゲチマダニ卵の孵化率

濃度(μ g/tick)	No.	雌成ダニの体重 (mg)	産卵重量(mg) ¹⁾	孵化率(%)
10	1	389	247	0
	2	411	264	0
	3	341	207	0
	4	337	205	0
	5	379	235	0
	6	342	207	0
	7	387	204	0
	8	340	203	0
	9	320	173	0
	10	365	209	0
	平均	361±29	215±26	0
5	1	306	180	0
	2	352	205	0
	3	318	194	0
	4	370	177	0
	5	326	160	0
	6	320	3	0
	7	303	182	0
	8	345	211	0
	9	320	0	—
	10	341	210	0
	平均	330±21	152±81	0
1	1	325	0	—
	2	320	192	0
	3	325	191	0
	4	366	223	0
	5	350	209	0
	6	301	0	—
	7	300	174	0
	8	313	0	—
	9	340	207	0
	10	345	207	0
	平均	328±22	140±98	0
対 照	1	311	183	100
	2	359	220	100
	3	336	190	90
	4	326	183	100
	5	345	203	100
	6	342	208	100
	7	348	201	100
	8	399	238	100
	9	354	209	100
	10	372	215	100
	平均	349±24	205±17	99.0

¹⁾ 処理2～3週間放置後に集められた卵

表 3-2 実験室内におけるエトキサゾールのフタゲチマダニに対する脱皮阻止効果

濃度 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	接触時間 (hr.)	幼ダニ			若ダニ		
		供試数	脱皮数	阻止率(%)	供試数	脱皮数	阻止率(%)
10	0.5	20	0	100	10	0	100
	3.5	20	0	100	10	0	100
	24	20	1	95.0	10	0	100
1	0.5	20	0	100	10	0	100
	3.5	20	0	100	10	0	100
	24	20	0	100	10	0	100
0.1	0.5	20	0	100	10	1	88.9
	3.5	20	0	100	10	0	100
	24	20	0	100	10	0	100
Control	0.5	20	18	—	10	9	—
	3.5	20	20	—	10	10	—
	24	20	20	—	10	9	—

阻止率(%) = (対照区の脱皮数 - 処理区の脱皮数) / 対照区の脱皮数 × 100

表 3-3 野外でのエトキサゾール製剤処理の牛体から採集したフタゲチマダニの孵化率

		処理後の経過日数					
		0	1	7	14	21	28
処理区	採集した雌成ダニ数	55	25	48	23	35	17
	体重 (Mean(+)-SD,mg)	102.4±55.5	102.0±61.9	92.1±51.4	139.0±90.6	100.7±65.2	117.1±67.3
	卵重量 (Mean(+)-SD,mg)	66.1±45.5	55.8±41.4	52.6±35.7	84.7±58.8	57.3±39.3	61.1±38.8
	孵化率(%)	92.2	0.4	9.6	37.8	53.1	70.6
対照区	採集した雌成ダニ数	7	7	3	15	8	13
	体重 (Mean(+)-SD,mg)	140.1±61.6	137.7±32.2	101.7±25.7	163.8±45.5	149.6±45.4	148.5±62.9
	卵重量 (Mean(+)-SD,mg)	94.7±41.0	66.0±12.3	53.3±44.8	100.7±29.9	79.4±29.9	84.2±34.7
	孵化率(%)	100	100	80	91.3	92.5	89.2

表 3-4 野外におけるエトキサゾール処理後の牛体から採集したフタゲチマダニの幼ダニおよび若ダニの脱皮率

		処理後の経過日数											
		0		1		7		14		21		28	
		L	N	L	N	L	N	L	N	L	N	L	N
処理区	採集したダニ数	77	94	101	85	43	69	196	88	171	135	281	191
	脱皮数	65	78	0	1	0	15	48	25	110	93	176	125
	脱皮率(%)	84.4	83.0	0	1.2	0	21.7	24.5	28.4	64.3	68.9	62.6	65.4
対照区	採集したダニ数	15	26	15	23	15	25	29	27	24	24	24	31
	脱皮数	12	20	12	21	12	22	24	22	18	20	15	24
	脱皮率(%)	80.0	76.9	80.0	91.3	80.0	88.0	82.8	81.5	75.0	83.3	62.5	77.4

L, 幼ダニ N, 若ダニ

結 論

衛生害虫の被害を防ぐには人獣への寄生を阻止し、環境に生息する衛生害虫を駆除することが重要であり、薬剤を用いた化学的防除が一般的に行われている。しかし、生涯を体表で過ごす衛生害虫は少なく、その多くは吸血などの際に接触する一時寄生者である。そのため薬剤を用いる場合、体表に処理するだけで無く周辺環境にも処理することが多く、薬剤を環境中に多量に散布するなど使用方法を誤ると、ヒトや動物の健康、畜産物への薬剤残留、自然環境の破壊などの問題を引き起こす。さらに、同種薬剤の継続的使用は、薬剤抵抗性を獲得した害虫の増加を招く。したがって駆除にあたっては、対象とする衛生害虫の生理、習性、発生場所、生活環、人獣への影響を考慮したうえで、もっとも適切な方法を採用しなければならず、悪影響を及ぼさない程度まで衛生害虫を減少させることが重要である。室内生息性ダニ類や家畜寄生性ダニ類の駆除に使用する薬剤は、主に有機リン系やピレスロイド系など数種の薬剤が使用され、ヒトと家畜に共通した薬剤が使用されている。しかしこれらの薬剤は効果や安全性の点で問題も多いため、新しい薬剤の開発が望まれている。

農業害虫の分野ではハダニ類に対し、キチン合成阻害活性を有するフルフェノクスロンやエトキサゾールなどのIGR剤が実用化されている。しかし、室内生息性ダニ類や家畜寄生性ダニ類の分野ではIGR剤の効果および実用化についてはほとんど検討されていなかった。そこで、本論では昆虫に対し選択的に作用し、人獣に対する毒性が低いIGR剤に着目し、これまで未検討であったエトキサゾールの室内生息性ダニ類および家畜寄生性ダニ類に対する効果について、室内および野外研究を実施し、ダニ類防除の可能性について検討し、次の知見を得た。

【室内生息性ダニ類】

室内生息性ダニ類のコナヒョウヒダニ、ケナガコナダニおよびミナミツメダ

ニを用いて、エトキサゾールの増殖抑制効果、コナヒョウヒダニの各発育期に対する効果を調べた。また、シート製剤を作製し防除効果について調べた。

エトキサゾールはコナヒョウヒダニとケナガコナダニに対して 20ppm 濃度で、ミナミツメダニに対しては 1mg/m²で 90%以上の増殖抑制効果を示した。コナヒョウヒダニの卵にエトキサゾールを処理すると 1,000ppm で孵化阻害率 93.3%と孵化を強く抑制し、雌成ダニに処理しても 1 日後の産下卵の孵化を強く抑制し、1,000ppm では孵化率 0%と完全に孵化を阻止した。また、幼ダニから若ダニへの脱皮を阻止した。さらにエトキサゾールを 0.25g/m²含有させたシート剤は、処理 7 週後の増殖抑制率 82.8%とコナヒョウヒダニの増殖を抑え、ミナミツメダニでは完全に増殖を抑制した。エトキサゾール含有シート剤は市販品とほぼ同等の効果を示し、ミナミツメダニに対しては市販品より高い活性を示し、今後の新しい駆除薬剤として非常に有効であると結論された。

【家畜寄生性ダニ類（ワクモ）】

薬剤抵抗性をもつワクモの出現により新しい薬剤の開発が強く望まれている。今回の試験結果からも、市販殺ダニ剤処理 24 時間後の飽血成ダニの死亡率はスミチオン乳剤、サンマコー水和剤、ETB 乳剤でそれぞれ 18%、44%、58%、48 時間後では 44%、82%、84%と市販殺ダニ剤に対する低感受性の傾向が認められ、特にスミチオン乳剤の死亡率が他の市販殺ダニ剤に比べて低く、有機リン系、カーバメイト系、ピレスロイド系薬剤に対して低感受性のワクモが認められた。そこで、ワクモの駆除を目的としてエトキサゾール乳剤を試作し、その効果を室内および野外で確認した。室内試験において、エトキサゾールはワクモに対し、孵化阻止効果と脱皮阻止効果が認められ、50%および 95%孵化阻止濃度はそれぞれ 2.23ppm、134.13ppm であった。幼ダニから第 1 若ダニへの脱皮は 10ppm 以上では全く観察されず、孵化に比べ低濃度で脱皮を阻止した。脱皮できなかつた幼ダニはすべて死亡した。また、エトキサゾールの 5 ヶ月後

の残効効果を調べたところ、5ヶ月後でもエトキサゾール乳剤の効果は安定であった。さらに、福島県および新潟県の養鶏場から採集した野外個体に対するエトキサゾール乳剤の効果についても調べたところ、同様の孵化阻止、脱皮阻止効果が得られた。これらのことから、エトキサゾール乳剤はワクモの駆除に有効な薬剤となりうると考えられた。

さらにエトキサゾール乳剤の効果を野外の養鶏場で確認したところ、薬剤散布1週間からワクモ数の減少が認められ、散布2週間には駆除率約90%以上と非常に高い効果を示した。また、駆除効果の持続期間は約26週間であることが統計学的に示された。これらのことから、エトキサゾール乳剤は市販殺ダニ剤に比較して長期間の効果と高い駆除効果が認められた。世界的にワクモの市販殺ダニ剤に対する抵抗性や食品中の薬剤残留の問題が増加している中で、エトキサゾール乳剤は今後の新しいワクモ駆除薬剤として非常に有効であると結論された。

【家畜寄生性ダニ類（マダニ）】

エトキサゾールのフタトゲチマダニに対する効果を評価した。エトキサゾール $1 \mu\text{g}/\text{tick}$ を飽血成ダニに処理した結果、その卵の孵化を100%阻止した。飽血幼ダニでは、 $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 0.5$ 時間で100%、飽血若ダニは、 $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 3.5$ 時間および $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 0.5$ 時間で100%の脱皮阻止効果を示した。

さらに、エトキサゾール1%含有製剤を作製し、牛に寄生しているマダニに対してプアオン法により野外での効果を調べたところ、処理1日後の牛体から採取した幼ダニ、若ダニの脱皮および成ダニの産卵した卵の孵化をほぼ完全に阻止した。殺ダニ効果は処理後に低下傾向を示したが、処理1週間後の孵化率は9.6%、4週間には対照区とほぼ同様の値を示し、本剤の効果持続期間は約3週間であった。以上から、本剤は放牧牛に寄生する幼ダニおよび若ダニの脱皮を阻害し、さらに成ダニの産卵する卵の孵化を阻止することから放牧場でのマ

ダニの生息密度を減少させることができると考えられた。エトキサゾールは今後、牧野におけるマダニ防除剤として期待できるものと結論された。

以上のように、ヒトの住環境で特にアレルギーとして問題となるコナヒョウヒダニ、ケナガコナダニ、ミナミツメダニを用いてエトキサゾールが室内生息性ダニ類に対し有効であり、住環境に生息するダニ類の防除に応用可能であることを実験的に証明した。

また、最近の養鶏場において深刻な問題となっているワクモについて、実験的に効果を証明するとともに、養鶏場において鶏寄生性のダニ類に対しエトキサゾール製剤の有効性を実証した。

さらに、国内の放牧地で疾病媒介者として問題となっているフタトゲチマダニについても実験的にその効果を明らかにし、放牧地においてエトキサゾール製剤が牛寄生性ダニ類に対しても有効であることを実証した。

これらの結果から、IGR 作用を有するエトキサゾールが、室内生息性ダニ類および家畜寄生性ダニ類に対し高い殺ダニ活性を示すことを実験的に明らかにし、野外においてその効果を実証することができた。今後、これらのダニ類に対して IGR 剤が従来薬剤に変わる次世代の薬剤となり得ると考える。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本論文に多大なるご指導とご校閲を頂きました東京大学大学院農学生命科学研究科応用生命化学専攻 渡邊秀典教授ならびに石神健准教授に深謝申し上げます。

取り纏めにあたり数々のご助言、励ましを頂きました元東京大学大学院農学生命科学研究科応用生命化学専攻 北原武前教授に感謝の意を表します。

本論文の取り纏めにあたり終始ご有益なご助言、ご指導を賜りました独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛生研究所九州支所 神尾次彦領域長に心から感謝の意を表します。

共同研究者としてご指導、ご協力頂きました同動物衛生研究所 金平克史主任研究員、同動物衛生研究所東北支所 寺田裕上席研究員、河本真理子主任研究員、千葉県畜産総合研究センター養鶏・養豚部 村野多可子部長、財団法人日本環境衛生センター東日本支局環境生物部 武藤敦彦部長、橋本知幸課長、皆川恵子主任研究員、住友化学株式会社 千保聡チームリーダー、波多腰信上席研究員、住化ライフテック株式会社 橋本洋輔氏に感謝申し上げます。

さらに、本論文の作製に際し、深いご理解を賜りました住化ライフテック株式会社 対馬和礼社長、椿洋一郎取締役支配人に心から御礼申し上げます。

引用文献

- 1 Auger, A., Nantel, J., Meunier, N., Harrison, J.R. (1979) Skin acariasis caused by *Dermanyssus gallinae* (De Geer): an in-hospital outbreak. *Can. Med. Assoc. J.* 17: 700-703.
- 2 今井壮一、藤崎幸蔵、板垣匡、森田達志 (2009) 図説獣医衛生動物学. 講談社. pp325.
- 3 Kirkwood. A.C. (1969) Anaemia in poultry infested with the red mite *Dermanyssus gallinae*. *Vet. Rec.* 80: 514-616.
- 4 緒方一喜、栗原毅、篠永哲、新庄五朗、田中生男 (2000) 住環境の害虫獣対策. 日本環境衛生センター, 川崎. pp402.
- 5 坂本与市、岡田一次 (1981) 畜産昆虫学. 文永堂, 東京. 298pp.
- 6 鈴木猛、緒方一喜 (1989) 改定増補 日本の衛生害虫—その生態と駆除—. 新思潮社, 東京. pp270.
- 7 高田伸弘 (1990) 病原ダニ類図譜. 金芳堂, 京都. pp216.
- 8 高橋正和、正野俊夫、梅原利之 (1990) Pyridabenのクワガタツメダニ, コナヒョウヒダニおよびケナガコナダニに対する殺ダニ効力ならびに増殖抑制効果. *衛生動物* 41: 257-260.
- 9 Green, W.F. and Woolcock, A. J. (1978) Tyrophagus putrescentiae: An allergenically important mite. *Clin. Allergy* 8: 135-144.
- 10 Hage-Hamsten, M. V., Johansson, S. G. O., Hoglund, S., Tull, P., Wiren, A. and Zetterstrom, O. (1985) Strogae mite allergy is common in a farming population. *Clin. Allergy* 15: 555-564.

- 11 Hage-Hamsten, M. V., Machado, L., Barros, M. T. and Johansson, S. G. O. (1990) Comparison of clinical significance and allergenic cross-reactivity of storage mites *Blomia kulagini* and *Lepidoglyphus destructor* in Sweden and Brazil. *Allergy* 45: 409-417.
- 12 石井明(1975) 日本におけるヒョウヒダニ類とアレルギーの研究. *衛生動物* 26 : 173-179.
- 13 Korsgaard, J. and Hallas, T. E. (1979) Tarsonemid mites in Danish house dust. *Allergy* 34: 225-232.
- 14 Platts-Mills, T. A. E. and Chapman, M. D. (1987) Dust mites : Immunology, allergic disease, and environmental control. *J. Allergy Clin. Immunol.* 80: 477-500.
- 15 高岡正敏 (2000) [総説]わが国における室内塵ダニ調査と検出の概観. *J. Acarol. Soc. Jpn.* 9(2): 93-103.
- 16 高橋正和、和田義人(1987) ケナガコナダニに対する数種殺虫剤のろ紙残渣接触法による感受性. *衛生動物* 38 : 253-254.
- 17 Arkle, S., Guy, J. H. and Sparagano, O. (2006) Immunological effects and productivity variation of red mite (*Dermanyssus gallinae*) on laying hens-implications for egg production and quality. *World's Poultry Sci. J.* 62: 249-257.
- 18 Cosoroaba, I. (2001) Massive *Dermanyssus gallinae* invasion in battery-husbandry reared fowls. *Med. Vet.* 152: 89-96.
- 19 Pilarczyk, B., Balicka-Ramisz, A., Ramisz, A. and Pajak, B. (2004) Influence of *Dermanyssus gallinae* on health and production in layers. *Medycyna Weterynaryjna*. 60: 874-876.
- 20 Valiente, M. C., Chauve, C. and Zenner, L. (2005) Vectorial role of some dermanysoid mites (Acari, Mesostigmata, Dermanyssoidea). *Parasite.* 12: 99-109.

- 21 Wood, H. P. (1917) The Chicken mite; Its life history and habits. In: Bulletin No. 553 (ed. Howard, L. O.). pp. 1-14. *U. S. Department of Agriculture, Washington DC.*
- 22 Cencek, T., Ziomko, I. and Majdanski, R. (2000) Acariasis attributed to the bird mite *Dermanyssus gallinae*. *Medycynaryjan Weterynaryjna* 56: 11-116.
- 23 藤崎幸蔵 (1995) マダニ. 「新版獣医臨床寄生虫学 (産業動物編)」新版獣医寄生虫学編集委員会編 文永堂出版, 東京. pp201-210.
- 24 藤崎幸蔵, 高橋幸男, 神尾次彦, 河津信一郎 (1988) Fulmethrinのフタトゲチマダニに対する効果. *畜産の研究* 42(2): 67-68.
- 25 小川清彦, 柳田宏一, 中西喜彦, 東條英明, 末広義文, 小山田翼 (1977) 放牧牛におけるダニの寄生・ピロプラズマの感染状況と生理状態の季節的変動. *鹿児島大学農学部学術報告* 49-58.
- 26 Teel, P. D., Donahue W. A., Strey, O. F. and Meola. R. W. (1996) Effects of pyriproxyfen on engorged females and newly oviposited eggs of the lone star tick (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 33: 421-425.
- 27 寺田裕 (2011) 小規模放牧における衛生状況とマダニ動態. *動衛研研究報告* 117: 11-18.
- 28 照井信一 (1994) 中山間地を活用した家畜の育成と衛生対策. *家畜衛生研究会報* 40: 15-20.
- 29 富沢勝 (1993) 放牧牛の衛生管理. *畜産の研究* 47: 470-474.
- 30 若林光伸 (1994) 放牧牛の小型ピロプラズマ病予防対策 (1). *畜産の研究* 49(7): 73-80.

- 31 浅野昌司、釜田壹、亀井正治、谷茂男、岡本秀俊（1984）鶏糞に処理したアルトシッド10Fのイエバエ羽化阻害効果. *衛生動物* 35 : 307-314.
- 32 Hatakoshi, M., Osumi, T., Kishida, N. and Nakayama, I. (1985) Effect of the JH active oxime ether compounds on housefly, *Musca domestica* L. *Jpn. J. Sanit. Zool.* 36(4): 327-331.
- 33 Kawada, H., Dohara, K. and Shinjo, G. (1987) Evaluation of larvicidal potency of insect growth regulator, 2-[1-methyl-2-(4-phenoxyphenoxy)ethoxy]pyridine, against the housefly, *Musca domestica*. *Jpn. J. Sanit. Zool.* 38(4): 317-322.
- 34 Kawada, H., Kojima, I. and Shinjo G. (1989) Laboratory evaluation of a new insect growth regulator pyriproxyfen, as a cockroach control agent. *Jpn. Sanit. Zool.* 40(3): 195-201.
- 35 川田均、小浜卓司、安部八洲男（1994）昆虫成長制御剤ピリプロキシフェン水溶性粒剤のチカイエカおよびアカイエカに対する防除効果. *環動昆* 6(2) : 68-77.
- 36 Kawada, H., Senbo, S. and Abe, Y. (1992) Effects of pyriproxyfen on the reproduction of the housefly, *Musca domestica*, and the German cockroach, *Blattella germanica*. *Jpn. J. Sanit. Zool.* 43(3): 169-175.
- 37 Li Zhang, Harada, K. and Shono, T. (1998) Cross resistance to insect growth regulators in pyriproxyfen-resistant housefly. *Appl. Entomol. Zool.* 33(1): 195-197.
- 38 千保聡、川田均、伊藤高明、安部八洲男（1993）各種殺虫剤に対するネコノミの感受性および昆虫成長制御剤ピリプロキシフェンのノミ防除への応用. *屋内害虫* 15 (2) : 94-98.
- 39 Williams, C. M. (1956) The juvenile hormone of insect. *Nature* 178: 212-213.
- 40 今井長兵衛（2000）衛生害虫分野におけるIPM. *環動昆* 11(4) 183-197.

- 41 中村知史 (1998) 昆虫成長制御剤開発の最近の動向. *植物防疫* 52(7) : 1-5.
- 42 Williams, C. M. (1967) Third-generation pesticides. *Sci. Am.* 217: 15-17.
- 43 Mitsui, T. (2000) Insect growth regulators based on disruption of insect cuticle formation. *J. Pestic. Sci.* 25: 150-164.
- 44 Trisyono, A and Chippendale, G. M. (1997) Effect of the nonsteroidal ecdysone agonists, methoxyfenozide and tebufenozide, on the European corn borer(Lepidoptera:Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 90: 1486-1492.
- 45 Palma, K.G., Meola, S. M. and Meola, R. W. (1993) Mode of action of pyriproxyfen and methoprene on eggs of *Ctenocephalides felis*(Siphonaptera:Pulicidae). *J. Med. Entomol.* 30: 421-426.
- 46 Wright, J. E. and Spates, G. E. (1976) Reproductive inhibition activity of the insect growth regulator TH6040 against the stable fly and the house fly: effects on hatchability. *J. Econ. Entomol.* 69: 365-368.
- 47 Miller, R.W., Knapp, F. W., Hall, R.D., Williams, R. E., Doisy, K. E., and Webb, J. (1990) Field Evaluation Boluses for fly control on pastured cattle. *J. Agric. Entomol.* 7(4): 305-319.
- 48 Miller, R. W., Hall, R.D., Williams, R. E., Pickens, L. G. and Doisy, K. A. (1991) Diflubenzuron Boluses for fly control on dairy cattle. *J. Agric. Entomol.* 8(2): 117-126.
- 49 吉岡由明、武衛和夫 (2000) ネコノミに対する幼若ホルモン様活性化化合物 pyriproxyfenの殺卵効果. *Med. Entomol. Zool.* 51(1): 27-31.
- 50 Suzuki ,J., Ishida, T., Shibuya, I. and Toda, K. (2001) Development of a new acaricide, Etoxazole. *J. Pestic. Sci.* 26: 215-223.
- 51 Tanji, I., Tsukidate, Y. and Morikawa, C. (1996) Study of novel acaricide YI-5301(2) Effects of some aphididae. *Jan. J. Appl. Entomol. Zool.* 40: 90.

- 52 Nauen, R. and Smagghe, G. (2006) Rapid report Mode of action of etoxazole. *Pest Manag. Sci.* 62: 379-382.
- 53 渋谷一郎(1998) エトキサゾール (バロック®フロアブル) . *農薬時報* 平成10年9月号 : 2-5.
- 54 鈴木純二、石田達也、渋谷一郎、戸田和哉(2001) 殺ダニ剤エトキサゾールの開発. *日本農薬学会誌* 26 : 215-223.
- 55 八洲化学工業株式会社研究開発部 (2000) エトキサゾールの毒性試験の概要. *日本農薬学会誌* 25: 463-467.
- 56 須藤千春、彭城郁子、伊藤秀子、道端正孝(1991) 木造および高層集合住宅におけるヒョウヒダニ類の生息状況に対する居住環境の影響. *衛生動物* 42 : 255-265.
- 57 須藤千春、彭城郁子、伊藤秀子、道端正孝(1992) 木造住宅における室内塵性ダニ類の生態に関する研究, とくに部屋比率、ダニ類の生息状況, およびアレルギー患児の居住環境について. *衛生動物* 42 : 255-265.
- 58 須藤千春、彭城郁子、伊藤秀子、道端正孝(1993) ヒョウヒダニ類の生息状況に及ぼす部屋の用途および床材の影響. *衛生動物* 44 : 247-255.
- 59 中島芳明、今井長兵衛、夏原由博 (1990) 室内塵性コナヒョウヒダニ *Dermatophagoides farinae*に対するfenthion, fenitrothionおよびpermethrinの殺ダニ効力の実験室内評価. *生活衛生* 34 (4) : 163-168.
- 60 Natuhara, Y. (1989) New wet sieving method for isolating house dust mite, *Jpa. J. Sanit. Zool.* 40 : 333-336.
- 61 千坂京子、南手良裕、大神弘、勝田純郎(1985) ケナガコナダニとコナヒョウヒダニに対する各種ピレスロイドの増殖抑制効果. *衛生動物* 36 : 7-13.
- 62 高橋正和、和田義人(1988) クワガタツメダニの各種殺虫剤に対する感受性について. *衛生動物*. 39 : 369-370.

- 63 田中生男 (1974) ケナガコナダニに対する殺虫剤の室内効力試験成績. *日環セ所報* 1: 80-83.
- 64 杉浦 実 (1995) 市販防虫紙の室内塵性ダニに対する増殖抑制効果. *ペストロジ一学会誌* 10(1): 1-4.
- 65 Kim, S. S. and Seo, S. G. (2001) Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womenrsleyi* and the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Appl. Entomol. Zool.* 36: 509-514.
- 66 Combs, R. J. Jr. and Lancaster, J. L. Jr. (1965) The biology of the northern fowl mite. *Ark. Agr. Exp. Sta. Rept. Ser.* 138: 1-10.
- 67 Matthyse, J. G. C., Jones, C. J., Pumasini, A. (1974) Development of Northern fowl mite population on chickens, effects on the host, and immunology. *Search Agri.* 4(9): 1-38.
- 68 Savos, M. G. (1971) Poultry lice and mite cont. *Poult. Dig.* 30: 392-393.
- 69 村野多可子、並木一男、椎名幸一、石原克己、松本有紀子 (2006) 鶏ワクモ. *日本獣医学会学術集会講演要旨* 141: 141.
- 70 中前均 (2001) 鶏に寄生するワクモとトリサシダニの生態. *動薬研究* 61: 1-10.
- 71 Nordenfors, H., Hoglund J., and Uggla, A. (1999) Effects of Temperature and Humidity on Oviposition, Molting, and Longevity of *Dermanyssus gallinae*(Acari: Dermanyssidae). *J. Med. Entomol.* 36(1): 68-72.
- 72 Beugnet, F., Chauve, C., Gauthey, M. and Beert, L. (1997) Resistance of the red poulty mite pyrethroids in France. *Vet. Rec.* 140: 577-579.
- 73 Cooper, N. A. and Cobb, R. M. (1987) Use of flumethrin for the control of *Dermanyssus gallinae* in broiler breeder flocks. *Aust. Vet. J.* 64(3): 83.

- 74 Fiddes, M. D., Le Gresley, S., Parsons, D. G., Epe, C., Coles, G. C. and Stafford, K. A. (2005) Prevalence of the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) in England. *Vet. Rec.* 157: 233-235.
- 75 Fletcher, M. G. and Axtell, R. C. (1991) Susceptibilities of northern fowl mite, *Ornithonyssus sylviarum* (Acarina:Macronyssidae), and chicken mite, *Dermanyssus gallinae* (Acarina:Dermanyssidae), to selected acaricides. *Exp. Appl. Acarol.* 13: 137-142.
- 76 Nordenfors, H. and Chirico, J. (2001) Evaluation of a Sampling Trap for *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *J. Econ. Entomol.* 94(6): 1617-1621.
- 77 Hoglund, J., Nordenfors, H. and Uggla, A. (1995) Prevalence of the Poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, in different types of production systems for egg layers in Sweden. *Poult. Sci.* 74: 1793-1798.
- 78 Liebisch, A. and Liebisch, G. (2001) *Dermanyssus gallinae*: Testing acaricide resistance and new products for control in Germany. *The 18th. Int. Con. World Ass. Adv. Vet. Parasitol.*: 28.
- 79 Lundh, J., Wiktelius, D. and Chirico, J. (2005) Azadirachtin-impregnated traps for the control of *Dermanyssus gallinae*. *Vet. Parasitol.* 130: 337-342.
- 80 村野多可子、並木一男、椎名幸一ら. (2008)国内におけるワクモ*Dermanyssus gallinae*の市販殺虫剤に対する抵抗性の出現. *日獣会誌* 61: 287-293.
- 81 Nordenfors, H., Hogland, J., Tauson, R. and Chirico, J. (2001) effect of permethrin impregnated plastic strips on *Dermanyssus gallinae* in loose-housing systems for laying hens. *Vet. Parasitol.* 102: 121-131.
- 82 Zeman, P. (1987) Encounter the poultry red mite resistance to acaricides in Czechoslovakia poultry farming. *Folia Parasitol.* 34: 369-373.

- 83 Zeman, P., Kuntos, J., Domkar, P., Uridil, J., Plachy, J. and Homolac, M. (1986) Current methods of controlling *Dermanyssus gallinae* in Czechoslovakia. *Veterinarstvi*. 36: 375-376.
- 84 Zeman, P. and Zelezny, J. (1985) The susceptibility of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778), to some acaricides under laboratory condirions. *Exp. Appl. Acarol*. 1: 17-22.
- 85 Meyer-kuhling, B., Pfister, K., Muller-Lindloff, J., Heine, J. (2007) Field efficacy of phoxim 50% (ByeMite) against the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* in battery cages stocked with laying hens. *Vet. Parasitology* 147: 289-296.
- 86 Foulk, J. D. and Matthyse, J. G. (1963) Experiments on control of the northern fowl mire. *J. Econ. Entomol*. 56: 321-326.
- 87 Arthur, F. H. and Axtell, R. C. (1983) Susceptibility of northern fowl mites in North Carolina to five acaricides. *Poult. Sci*. 62: 428-432.
- 88 SAS Institite. (1985) SAS User' s Guide: Statistics. 956pp. SAS Institute, Cary, NC.
- 89 Yoshida, M. and Abe, T. (1984) Statistical Method for Livestock Industry (The second edition). 320 pp. *Japan Livestock Industry Association, Tokyo*.
- 90 Nordenfors, H. and Chirico, J. (2001) Evalution of a sampling trap for *Dermanyssus gallinae* (Acari:Dermanyssidae). *J Econ Entomol*. 94(6): 1617-1621
- 91 Chauve, C. (1998) The poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer. 1778): current situation and future prospects for control. *Ved Parasitol*. 79: 239-245.
- 92 Downing, A. S., Wright, C. G., Farrier, M. H. (1990) Effects of five insect growth regulators on laborayory populations of the North American house-dust mote, *Dermatophagoïdes farina*. *Exp. Appl. Acarol*. 9: 123-130.

- 93 Tamura, Y., Tsubaki, Y., Terada, Y., Kohmoto, M. and Kamio, T. (2004) The efficacy of etoxazole against *Haemaphysalis longicornis*(Acari; Ixodidae), as a tick control agent. *Med. Entomol. Zool.* 55: 303-311.
- 94 Nordenfors, H. and Hoglund, J. (2000) Long-term dynamics of *Dermanyssus gallinae* in relation to control measure in aviary systems for layers. *Bt. Poultry. Sci.* 4: 533-540.
- 95 松本英人、森 滋樹 (1986) 獣医住血微生物病 (南哲郎、福永徹編集). 近代出版, 東京. pp. 228-259.
- 96 北岡茂男 (1975) わが国の放牧牛寄生マダニの種類とその分布—牧野ダニの生息実態とフタゲチマダニ優占の要因—. *畜産の研究* 29: 47-50.
- 97 神尾次彦 (1995) タイレリア. 新版獣医臨床寄生虫学 (産業動物編). 文永堂出版. pp19-29.
- 98 平安名盛己、慶留間智厚 (1990) 黒島由来オウシマダニの各種殺ダニ剤に対する感受性. *日獣会誌* 43: 436-440.
- 99 北岡茂男、藤崎幸蔵 (1971) オウシマダニとフタトゲチマダニも対する駆除剤の効力検定. *防虫科学* 36: 27-34.
- 100 Ahrens, E., Davey, R. B. and George, J. E. (1988) Flumethrin applied as a pour-on and whole-body spray for controlling cattle tick (Acari: Ixodidae) on cattle. *J. Econ. Entomol.* 81: 1133-1136.
- 101 Beugnet, F. and Chardonnet, L. (1995) Tick resistance to pyrethroids in New Caledonia. *Vet. Parasitol.* 56(4): 325-38.
- 102 Davey, R. B., Ahrens, H. E. and Garza, J. Jr. (1980) Control of the southern cattle tick with insecticide-impregnated ear tags. *J. Econ. Entomol.* 73(5): 651-653.

- 103 Davey, R. B. Ahrens, E. H. and George, J. E. (1992) Efficacy of Cyhalothrin and Lambdacyhalothrin against *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *J. Econ. Entomol.* 85(6): 2286-2290.
- 104 Dorn, H., Hamel, H.D. and Stendel, W. (1982) The efficacy of flumethrin (Bayticol) against multi-host cattle ticks in South Africa under field conditions. *Vet. Med. Rev.* 2: 147-157.
- 105 Hamel, H.D., and Van Amelsfoort, A. (1985) Tick control with Flumethrin 1% m/v pour-on under South African field conditions. *Vet. Med. Rev.* 2: 132-145.
- 106 Mansingh, A. and Rawlins, S. C. (1979) Inhibition of oviposition in the cattle tick *Boophilus microplus* by certain acaricides. *Pestic. Sci.* 485-494.
- 107 Owen, I.L. (1985) Field efficacy of ear tags impregnated with insecticide against the cattle tick *Boophilus microplus*. *Aust. Vet. J.* 62(1): 24-25.
- 108 Roulston, W.J., Nolan J., Kerr, J.D., Wilson, J.T., Thompson, P.G., and Schotz, M. (1981) A survey for resistance in cattle ticks to acaricides. *Aust. Vet. J.* 57(8): 362-371.
- 109 佐々木仁、市川ひろみ、岩崎和久、椿洋一郎、田村佳子、野上義隆(1998)放牧牛に寄生するマダニに対するFenprothrinの防除効果. *酪農学園大学紀要* 22(2) : 221-224.
- 110 Stendel W. and Fuchs R. (1982) Laboratory Evaluation of Flumethrin, a New Synthetic Pyrethroid for Control on One- and Multi-host Ticks. *Vet. Med. Review.* 2: 115-127.
- 111 滝澤英幸、鈴木肇、有村正利、大塩行夫、椿洋一郎、岡沢茂 (1986) パーメスリン含有耳標 (イヤータグ) による牛体ダニ防除ならびに牛体への影響. *家衛研会報* 23 : 25-30.

- 112 Fujisaki, K., Kitaoka, S. and Morii, T. (1976) Comparative observation on some bionomics of Japanese ixodid ticks under laboratory culutural conditions. *Natl. Inst. Anim. Hlth Quart.* 16: 122-128.
- 113 Suzuki, J., Ishida, T., Kikuchi, Y., Ito, Y., Morikawa, C., Tsukidate, Y., Tanji, I., Ota, Y. and Toda, K. (2002) Synthesis and Activity of Novel Acaricidal/Insecticidal 2,4-Diphenyl-1,3-oxazolines. *J. Pesticide. Sci.* 27: 1-8.
- 114 Kamio, T., Fuzisaki, K. and Minami, T. (1987) The improvement of “ear bag” method for tick infestation. *Proc. Jap. Assoc. Acarol.* 14: 1-4.
- 115 Nolan, J., Wilson, J.T., Green, P.E. and Bird, P.E. (1989) Synthetic pyrethroid resistance in field samples in the cattle tick (*Boophilus microplus*). *Aust. Vet. J.* 66(6): 179-182.
- 116 Donahue, W. A., Teel, P. D., Strey, O.F. and Meola, R.W. (1997) Pyriproxyfen effects on newly engorged larvae and nymphs of the lone star tick (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 34: 206-211.
- 117 Otto, F. S., Pete, D. T. and Michael, T. L. (2001) Effects of pyriproxyfen on off-host water-balance and survival of adult lone star tick (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 38: 589-595.
- 118 Yamaguti, N., V.J.Tipton, H.L.Keeqan, and Toshioka, S. (1971) Ticks of Japan, Korea, and The Ryukyu is lands. *Brigham Young Univ. Sci. Bull. Biol. Ser.* 15: 1-226.