野外に生息するマダニ類に対する数種殺虫製剤の防除効果

橋本知幸^{*,1)} 數間 亨¹⁾ 武藤敦彦¹⁾ 皆川恵子¹⁾ 永廣香菜¹⁾

當山啓介²⁾ 足立雅也³⁾ 池田文明³⁾ 駒形 修⁴⁾

富田隆史⁴⁾ 森川 茂⁵⁾ 澤邊京子⁴⁾

¹⁾ 一般財団法人日本環境衛生センター環境生物部 (〒210-0828 川崎市川崎区四谷上町10-6)

²⁾ 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林 (〒299-5503 鴨川市天津770)

³⁾ 日本防疫殺虫剤協会 (〒101-0035 千代田区神田紺屋町46)

⁴⁾ 国立感染症研究所昆虫医科学部 (〒162-8640 新宿区戸山1-23-1)

⁵⁾ 国立感染症研究所獣医科学部 (〒162-8640 新宿区戸山1-23-1)

(受領: 2014年12月31日; 登載決定: 2015年2月9日)

Field evaluation of suppression effect of acaricide formulations against ticks

Tomoyuki HASHIMOTO^{*,1)}, Tohru KAZUMA¹⁾, Atsuhiko MUTO¹⁾, Keiko MINAGAWA¹⁾,

Kana NAGAHIRO¹⁾, Keisuke TOYAMA²⁾, Masaya ADACHI³⁾, Fumiaki IKEDA³⁾,

Osamu KOMAGATA⁴⁾, Takashi TOMITA⁴⁾, Shigeru MORI⁵⁾ and Kyoko SAWABE⁴⁾

* Corresponding author: *Environmental Biology Department, Japan Environmental Sanitation Center, 10-6 Yotsuyakamicho, Kawasaki-ku, Kawasaki 210-0828, Japan*
(E-mail: tomoyuki_hashimoto@jesc.or.jp)

¹⁾ *Environmental Biology Department, Japan Environmental Sanitation Center, 10-6 Yotsuyakamicho, Kawasaki-ku, Kawasaki 210-0828, Japan*

²⁾ *The University of Tokyo Chiba Forest, Graduate School of Agriculture and Life Sciences, 770 Amatsu, Kamogawa 299-5503, Japan*

³⁾ *Hygienic Insecticide Industrial Association of Japan, 46 Kandakonyacho, Chiyoda-ku 101-0035, Japan*

⁴⁾ *Department of Medical Entomology, National Institute of Infectious Disease, 1-23-1 Toyama, Shijuku-ku 162-8640, Japan*

⁵⁾ *Department of Veterinary Science, National Institute of Infectious Disease, 1-23-1 Toyama, Shijuku-ku 162-8640, Japan*

(Received: 31 December 2014; Accepted: 9 February 2015)

Abstract: A field evaluation of the acaricidal effect on ticks was conducted in Chiba Prefecture in 2014. Eleven formulations of organophosphates and pyrethroids, including emulsifiable concentrate (EC), flowable (FL), dust and CO₂ gas formulation, were evaluated simultaneously. These formulations were respectively applied to zones 2 m wide by 17–60 m long with dosages between 0.05–0.25 g AI/m², which are the recommended dosages for cockroach control in buildings. The numbers of ticks collected by the dragging method with flannels were compared between pre- and post-treatment. The genus *Haemaphysalis* and *Amblyomma* were captured during the test period. All the formulations drastically suppressed the tick density on day 1. High reduction rates of more than 90% were observed until day 4 in all formulations, and persistence for at least for 31 days was recognized in fenitrothion EC, FL and fenthion dust. Phenothrin CO₂ gas formulation that flows in the air with little residue in the soil or on foliage also yielded a long suppression effect at a dosage of 0.05 g AI/m². Tick infestation from outside the test plot seemed to be feeble after the treatment. These results suggested that all the formulations achieved superior suppression effect on the ticks.

Key words: tick, acaricide, organophosphate, pyrethroid, suppression, persistence, infestation

緒 言

2013年1月, 国内で初めて確認された重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) は, その後, 西日本を中心に症例が増加し, 最初の症例から2014年11月末までに, 感染者100名以上, 死亡は30名以上に達している (国立感染症研究所, 2014). 野生動物からマダニによって媒介される感染症は日本紅斑熱やライム病なども知られるが, SFTS症例の急増は住民や行

政に危機感をもたらし, 各地でマダニ対策の必要性が生じている.

山林に広く分布するマダニ対策としては, マダニ侵淫地域への無用な立入りの回避, 忌避剤の使用など, マダニに咬着されないための方策が中心である. しかし人の通行が多く被害リスクが高い場合には, その通行箇所周辺の植生の刈り込み, 野生動物の侵入防止柵の設置, 殺虫剤の処理など積極的な対策を考える必要が出てくる. 米国ではそれらの費用対効

果を数年に渡って検証した事例が知られており (Bloemer et al., 1990; Stafford III, 2004), 殺虫剤散布は費用, 労力が比較的少なく, マダニの密度を効果的に低減させることができる手段の一つとして考えられている. 近年は従来の殺虫剤以外にも, 植物由来成分による野外防除効果 (Dolan et al., 2009; Bharadwaj et al., 2012) も検証されている.

米国では, 野外のマダニに対する殺虫剤散布による防除効果に関する研究は多い (Mount, 1981; Mount and Whitney, 1984; Schulze et al., 1994; Schulze et al., 2000; Hughes et al., 2014) が, わが国では畜産関連施設以外ではマダニ駆除はほとんど実施されてこなかった. 山野における事例としては, 岡村ら (1963) によるツツガムシ駆除のための大規模な殺虫剤散布実験が知られる程度であり報告されていない. 畜産関連施設においても, 現在の傾向としてはブアオンやイヤータグなど, 畜体への直接処理でマダニ駆除を実施しているケースが多く, 牧野への散布は少なくなっている (吉田, 1975; 佐々木ら, 1998; Tamura et al., 2004). SFTS 症例の増加を踏まえて, 日本では山林や住宅地周辺でマダニ防除を標榜する殺虫剤は, 医薬品医療機器等法 (旧薬事法) 上の承認を得ることが必要となり, 厚生労働省はその迅速審査の通知を発出し, その承認申請にあたっては効力を確認した資料の提出が要求されている (厚生労働省, 2013a, b).

このため筆者らは房総半島の山林において複数の殺虫剤の実地における防除効果を評価した. 当該地域はシカ, イノシシ等の中・大型野生動物が多数生息し (浅田, 2011), これらの動物に寄生するマダニ類の密度も高いことが知られている (森・藤曲, 1994; 角田, 2012). このようなマダニ密度が高い地域で効力を評価する機会は貴重であり, 今後のマダニ対策策定への有用性が高いと考えられるので報告する.

材料と方法

対象地および試験期間

試験は千葉県鴨川市から君津市にまたがる東京大学千葉演習林内の郷台林道沿いを対象地とした. 当該地域はシイ, カシ等の照葉樹にアカマツ, コナラなどを加えた林が広がるが, 薬剤処理は日当たりの悪い林縁部の落葉が堆積した箇所

や, ある程度日が当たって草本類の生える場所であった. 試験期間は2014年5月18日~6月19日であった.

供試薬剤

供試薬剤は医薬品医療機器等法によりマダニに対する効能効果が承認された有機リン (フェニトロチオン, フェンチオン), ピレスロイド (ペルメトリン, フェノトリン, テトラメスリン (=フタルスリン), エトフェンプロックス), およびそれらの混合市販製剤で, 液剤8製剤 (乳剤, フロアブル剤), 粉剤2製剤, 炭酸ガス製剤1製剤の合計11製剤とした. 各試験区の長さ, 液剤の希釈倍率, 単位面積当たり希釈液 (液剤) または製剤 (粉剤・炭酸ガス製剤) 処理量, 有効成分換算薬量は Table 1 に示した.

試験方法

1) 処理前調査

上記林道沿いの落葉および植生のある平坦または傾斜地に幅2m×長さ17~66mの帯状に, 試験区を合計26区設定した. 試験区の長さは下記の旗ずり法によって, 散布前日に得られるマダニ数が概ね10頭以上になるように決定し, 各処理区を割り振った. このうち4区を対照区 (水処理2区, 無処理2区) とし, その他22区を薬剤処理区とした. 薬剤処理前日の11時~15時の間に, 各区画の地面に幅70cm×長さ100cmの白フランネル布を棒に固定して, その全面を接地させ約5秒/mの早さで引きずり, 約5mごとに布面に付着したマダニ数を計数した. 布は前後左右に振らずに一方方向にのみ引きずった. 引きずる位置は各区画の中央部分とした. この際, 草丈30cm程度までの草本類はの上から覆いかぶせるように移動し, 木本や倒木がある場合はそれらを回避して試験区から出ないようにした. 布上のマダニは目視により若虫・成虫のみを計数後, 同じ区画内に放した. なお各区とも, 薬剤汚損していない布を使用した.

2) 薬剤処理

薬剤処理は2014年5月19日に実施した. 供試薬剤11製剤について, 各々2試験区を割当て, 反復とした. このうち液

Table 1. Test agents and application condition.

Test agent*	Dilution rate	Amount applied (/m ²)	Dose (g AI/m ²)	Length of test plot** (m)	
				Replication 1	Replication 2
Fenitrothion 10% EC	×20	50 mL	0.25	60	30
Fenitrothion 10% FL	×20	50 mL	0.25	47	44
Fenitrothion 5%, Tetramethrin 0.5% EC	×10	50 mL	Feni 0.25, Tetra 0.025	24	26
Fenthion 5%, Tetramethrin 0.5% EC	×5	50 mL	Fen 0.5, Tetra 0.05	17	21
Phenothrin 10% EC	×20	50 mL	0.25	24	26
Permethrin 5% EC	×20	50 mL	0.125	33	49
Etofenprox 7% EC	×10	50 mL	0.35	30	24
Etofenprox 5% EC (+S421)	×30	50 mL	0.083	21	52
Control (water)	water only	50 mL	—	52	51
Fenitrothion 1.5% dust	direct	20 g	0.3	43	40
Fenthion 1% dust	direct	30 g	0.3	46	26
Phenothrin 1% CO ₂ gas	direct	5 g	0.05	36	23
Control (untreated)	—	—	—	66	22

* EC: Emulsifiable Concentrate, FL: Flowable. Tetramethrin = Phthalthrins. ** Width of all test plot was 2 m.

剤は容量比で所定倍率に水で希釈し、全自動噴霧器（B&G製；エクステンダーパン）により、地面から15～50 cmの距離から区画内にできるだけ均一に処理した。粉剤は散粉器（共立製；D-9）を用い、炭酸ガス製剤は専用ノズルを用いて同様に処理した。対照区は水処理区のみ、50 mL/m²の割合で水を全自動噴霧器で散布した。処理薬量は医薬品医療機器等法で既承認のゴキブリ駆除を目的とした残留処理や空間処理等の用法用量とした（Table 1）。

3) 処理後調査

薬剤処理の1, 4, 7, 16, 31日後に、処理前と同様の方法で試験区内のマダニ数を計数した。処理前後の調査は晴れまたは曇りの日に実施し、調査時の対照区付近の気温は18.0～25.7℃であった。薬剤処理後10 mm以上の降雨は、処理後2, 3, 8, 17, 18, 19, 23, 24日目にあり、18, 19日目は50 mm以上の降水量であった（気象庁君津市坂畑観測所データ）。なお、マダニの種類構成をみるために、薬剤処理日および7日後に4つの対照区の近傍（距離は合計で20～30 m）で、旗ずり法によって得られたマダニの若虫と成虫を採集同定した他、31日後には各試験区内で採集されたマダニを同定した。

4) 効力評価

試験区の長さが異なるため、旗ずり法によって得られたダニ総数を距離10 m当たりのダニ数に換算し、処理区におけるダニ数の減少率を、各区の処理前後のダニ数から、Mount (1981) に従い、下式により算出した。

$$\text{減少率 (\%)} = \{1 - (T_n/T_0)/(C_n/C_0)\} \times 100$$

T_n : 処理区 n 日後平均ダニ数, T_0 : 処理区処理前平均ダニ数

C_n : 対照区 n 日後平均ダニ数, C_0 : 対照区処理前平均ダニ数

また、処理後調査で得られたダニ数データ（反復2回×観察5回）を試験区間で多重比較した（Steel-Dwass法）。比較する対照区は液剤（8製剤）では水処理対照区、粉剤と炭酸ガス製剤（計3製剤）は無処理対照区とした。さらに、処理前密度が防除効果に及ぼす影響を検討するために、反復ごとに処理前ダニ数と処理後合計ダニ数の相関を検討した

（Spearman順位相関検定）。

結 果

薬剤処理前の各区のダニ数は3.31～16.50頭/10 mであった（Table 2）。薬剤処理区の1日後のダニ数は例外なく顕著に減少し、速効的な防除効果が見られた。90%以上の減少率は全ての区で4日後まで見られ、フェニトロチオン乳剤・フロアブル剤、フェンチオン粉剤では少なくとも31日後まで90%以上を維持し続けた（Table 2）。ただし、処理後日数の経過を考慮せずに試験区間で多重比較すると、薬剤処理区間では全ての組み合わせで有意差は認められなかったが、フェンチオン・テトラメスリン混合乳剤、フェノトリン乳剤は7～16日後のダニ数増加の影響により、対照区との有意差も認められなかった（Fig. 1）。このため、各処理区の処理後合計ダニ数を処理前ダニ数と比較した結果、高い相関（ $n=22$, $rs=0.787$, $p=0.0003$ ）が見られ、処理前密度が高い場合、処理後の捕獲数も多くなる傾向が見られた（Fig. 2）。

期間中に見られたマダニの種類構成はTable 3の通りで、処理前はオオトゲチマダニ *Haemaphysalis megaspinosa* Saito がやや多かったが、処理後には対照区でも本種は得られず、フタトゲチマダニ *H. longicornis* Neumann が多い傾向にあった。なお、処理31日後の試験区外では、ここに示された種以外にヤマトマダニ *Ixodes ovatus* Neumann, ツノチマダニ *H. cornigera* Neumann が得られた。

考 察

1) 速効性と持続性

有機リン剤とピレスロイド剤の処理面にチャバネゴキブリなどを接触させると、一般的には後者のほうが速効的に作用する（新庄ら, 2013）。また、北岡・藤崎（1971）は複数の室内試験において、フタトゲチマダニ幼虫やオウシマダニ *Boophilus microplus* (Canestrini) 飽血雌成虫では、ピレスロイドのほうが有機リンよりも速効的であることを示している。今回の条件ではこれらの差を検出することはできず、どの薬剤もほぼ一様に、1日後に高い減少率を示した。Mount (1981) は、有機リン剤のダイアジノン粒剤と乳剤の

Table 2. Changes of mean numbers of ticks of 2 replications and percentage reduction.

Test agent	Mean numbers of ticks per 10 m length (% reduction)					
	day - 1	day 1	day 4	day 7	day 16	day 31
Fenitrothion 10% EC	5.33	0.08 (98.0)	0.17 (95.2)	0.17 (94.1)	0.00 (100)	0.00 (100)
Fenitrothion 10% FL	4.18	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.21 (93.1)	0.00 (100)
Fenitrothion 5%, Tetramethrin* 0.5% EC	9.44	0.21 (97.2)	0.21 (96.6)	0.38 (92.3)	0.83 (88.0)	0.82 (73.1)
Fenthion 5%, Tetramethrin* 0.5% EC	16.50	0.00 (100)	0.00 (100)	0.48 (94.5)	2.86 (76.5)	2.07 (61.0)
Phenothrin 10% EC	8.24	0.00 (100)	0.00 (100)	1.96 (55.1)	0.59 (90.2)	0.96 (63.7)
Permethrin 5% EC	5.70	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.25 (86.2)
Etofenprox 7% EC	8.29	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	1.17 (56.3)
Etofenprox 5% EC (+S421)	6.68	0.00 (100)	0.00 (100)	0.95 (73.0)	0.24 (95.2)	0.57 (73.4)
Control (water)	3.31	2.63	2.14	1.75	2.44	1.07
Fenitrothion 1.5% dust	4.73	0.00 (100)	0.00 (100)	0.33 (92.5)	0.28 (93.8)	0.33 (85.3)
Fenthion 1% dust	6.02	0.00 (100)	0.00 (100)	0.19 (96.6)	0.00 (100)	0.11 (96.2)
Phenothrin 1% CO ₂ gas	7.52	0.00 (100)	0.36 (96.0)	0.50 (93.0)	2.10 (71.0)	0.43 (88.0)
Control (untreated)	3.79	2.42	4.47	3.56	3.64	1.82

*Tetramethrin=Phthalthrln.

Table 3. Developmental stages and numbers of ticks captured near/in the control plots during study period.

Species	day 0	day 7	day 31	
	Near control	Near control	In control	In treatment
<i>Haemaphysalis flava</i>	N2, A1	N1		A1
<i>H. kitaokai</i>	A3			
<i>H. longicornis</i>	N2	N8, A2	N12, A3	N23, A13
<i>H. megaspinosa</i>	N6, A2			
<i>Amblyomma testudinarium</i>		A1	N1	

N: nymph, A: adult. Larvae were not counted throughout the study. Values in day 0 and day 7 show the numbers of ticks near the control plots (total 20–30 m long). Values in day 31 show total numbers of ticks in the control (4 plots) and in the treatment (22 plots).

Fig. 1. Comparison of the numbers of ticks post treatment.

Values are mean $\pm$ S.D. of 2 replications and 5 observations. No significant differences are observed among formulations with same letters (Steel–Dwass' test, $p < 0.05$).

Fig. 2. Correlation of the numbers of ticks between pre- and post-treatment (total).
rs means Spearman's correlation coefficient.

速効性を実地試験により比較し、粒剤は処理後の降雨などによってマダニの潜み場所である土壌表面や落葉層への有効成分の溶出が促進されるが、降雨がない条件では効力発現が遅くなるとしている。粉剤も粒剤同様、有効成分を乾燥状態で保持しているため、液剤よりも遅効的な結果となる可能性があった。今回、薬剤処理～1日後までの間に降雨はなかったが、1日後に全ての粉剤処理区でダニ数0を示したことから、20～30 g/m²という処理量であれば、マダニに対して速効性を発揮することを示唆している。一方、炭酸ガス製剤では成分の担体は液体ではなく炭酸ガスである。その粒子は0.3～3 μmと細かく、液剤と異なり、大部分が気層を短時間で通過する。このため、液剤以上にすばやく拡散するが、落葉の隙間のような部分には到達しないか、到達したとしても有効成分の暴露量が低いのではないかという不安があった。しかし処理1日後から高い減少率を示したことから、マダニへの暴露は十分であったものと判断された。なお、今回の処理薬量は米国の野外マダニを対象にした先行研究に比べて一部の製剤を除き、高いものであった (Mount, 1981; Mount and Whitney, 1984; Schulze et al., 2000; Hughes et al.,

2014). Hughes (2014) は cypermethrin では 0.1 g AI/m^2 未満の処理, λ -cyhalothrin では 0.015 g AI/m^2 未満の処理 (いずれもピレスロイド) で, 最短でも6週間の効力持続があるとしている. また, Mount (1981) は野外散布時の *Ixodes scapularis* Say に対する90%有効薬量 ED_{90} を, ペルメトリン乳剤を使用した場合が 0.017 g AI/m^2 , 有機リンのダイアジノン乳剤が 0.072 g AI/m^2 と算出しており, 今後, より低薬量での効力評価が課題である.

一方, 野外での殺虫剤の効力持続性については, 散布回数を減らす観点では長いほうが望まれるが, 非標的生物等への影響を減らす観点では高リスクの時期だけ効力を発揮し, 害虫密度の低下後は速やかに分解されるべきであろう. 一般的にマダニの生息環境は生物多様性が高く, 他の方法と組合せて対応することが望まれる. このため, 処理後1カ月間効力が持続すれば十分であると考え. 土壌表面や水中において, 殺虫剤の有効成分は光分解や加水分解によって徐々に失活するが (Mikami et al., 1985, Sakata et al., 1992), 初期薬量が多ければ, 効力持続性も長くなることが予測される. フェントロチオン乳剤・フロアブル剤, フェンチオン粉剤では31日後でも90%以上の高い減少率を維持しており, さらに長期に渡って効果が見られた可能性はあるだろう. また, 効果が持続したもう一つの要因としては, 処理区へのマダニの侵入状況が挙げられる. 今回の試験区は帯状の狭いエリアで, 試験区周辺のマダニ生息密度は高いと思われる, マダニは侵入しやすい状況であったと考えられる. 一方で, 残効性は低いと思われる炭酸ガス製剤だけは有効成分が全て地面に落下したと仮定しても 0.05 g AI/m^2 であり, それほど高くない. それでも処理後のマダニの捕獲数が少なかったのは, 処理区外からのマダニの侵入圧が弱かった可能性が考えられた.

2) ダニ種間・发育段階と薬剤感受性

マダニ種間での防除効果の違いとして, Schulze et al. (2000) は薬剤感受性や行動性の違いが要因になるとしている. 今回, 試験期間中に採集されたマダニの多くはチマダニ属であり, これらの感受性は概ね類似したものと想像される. より大型のタカサゴキラマダニ *A. testudinarium* Koch は処理7日, 31日後に計2頭採集されたのみで, チマダニ属との感受性の違いは不明であったが, Schulze et al. (2000) の示唆のように, 大きさや行動が異なるダニ種間では, 野外散布時の効果が異なることは考えられるだろう. また, 殺虫剤感受性は同一種の中では小型の幼虫ほど高く, 成虫は低い傾向が経験的に知られるが, 処理前に若干見られた幼虫は, 観察者によっては見落としがちであることなどから, その数は効果判定に算入しなかった. 作業者が歩きながら手で噴霧処理する方法は, 車載式噴霧器 (Mount and Whitney, 1984) やヘリコプター散布 (Schulze et al., 1994) に比べて撒きムラが少ないため, 集合性の強い幼虫数が多い時期に, その数も算入して効果判定すると, より高い駆除効果となった可能性がある. 今般のSFTSのように発症時期やベクターマダニの发育に季節性が見られる場合 (国立感染症研究所, 2014) には, 薬剤散布等の対策時期も自ずと決まるが, 地域によって駆除対象種は変わるので, マダニの薬剤感受性の種間差, 効果判定法の検証が必要である.

謝 辞

本研究実施に当たり, 住化エンバイロメンタルサイエンス (株) 中尾加津巳氏, 住友化学 (株) 岡本央氏, 日本液炭 (株) 芳村健治氏, 田中崇氏, フマキラー・トータルシステム (株) 丸山尚氏, 三井化学アグロ (株) 小曾根努氏, 鵬図商事 (株) 五十嵐真人氏, 勝永秀人氏には薬剤・散布機器提供ならびに薬剤散布のご協力を頂いた. またサンケミファ (株), 大日本除虫菊 (株) 各社からも薬剤のご提供を頂いた. さらに東京大学千葉演習林には調査フィールド使用の便宜を賜り, 同大学農学生命科学研究科の松本芳嗣, 三條場千寿両博士には調査地選定の労を賜った. 日本環境衛生センター新庄五朗氏には文献をご教示頂いた. 各関係者に厚くお礼申し上げます. なお, 本研究の一部は厚生労働科学研究費補助金 新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業 (H25-新興-指定-009) の助成を受けて行われた.

文 献

- 浅田正彦. 2011. 千葉県におけるニホンジカの分布域および個体数推定 (2010年). 千葉県生物多様性センター研究報告, 3: 16-27.
- Bharadwaj, A., Stafford, K. C. III and Behle, R. W. 2012. Efficacy and environmental persistence of nootkatone for the control of the blacklegged tick (Acari: Ixodidae) in residential landscapes. *J. Med. Entomol.*, 49: 1035-1044.
- Bloemer, S. R., Mount, G. A., Morris, T. A., Zimmerman, R. H., Barnard, D. R. and Snoody, E. L. 1990. Management of lone star ticks (Acari: Ixodidae) in recreational areas with acaricide applications, vegetative management, and exclusion of white-tailed deer. *J. Med. Entomol.*, 27: 543-550.
- Dolan, M. C., Jordan, R. A., Schulze, T. L., Schulze, C. J., Manning, M. C., Ruffolo, D., Schmidt, J. P., Piesman, J. and Karchesy, J. J. 2009. Ability of two natural products, nootkatone and carvacrol, to suppress *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in a Lyme disease endemic area of New Jersey. *J. Econ. Entomol.*, 102: 2316-2324.
- Hughes, T. N., Richardson, A. G., Hoel, D. F., Mejeoumov, T., Farooq, M. and Stoops, C. A. 2014. Suppression of *Amblyomma americanum* (Ixodida: Ixodidae) for short-term field operations utilizing cypermethrin and lambda-cyhalothrin. *J. Med. Entomol.*, 51: 709-712.
- 北岡茂男, 藤崎幸蔵. 1971. オウシマダニとフタトゲチマダニに対する駆除剤の効力検定. 防虫科学, 36-1: 27-34.
- 国立感染症研究所. 2014. 重症熱性血小板減少症候群. 国立感染症研究所HP. [accessed Dec 2, 2014] <http://www.nih.go.jp/niid/ja/sfts/3143-sfts.html>
- 厚生労働省. 2013a. マダニの防除を標榜する殺虫剤の取り扱いについて. 薬食審査発0626第1号. 平成25年6月26日厚生労働省医薬食品局審査管理課課長通知. [accessed Feb 9, 2015] http://www.whoirei.mhlw.go.jp/cgi-bin/t_docframe2.cgi?MODE=tsuchi&DMODE=SEARCH&SMODE=NORMAL&KEYWORD=%83%7d%83%5f%83%6a&EFSNO=6393&FILE=FIRST&POS=0&HITSU=10
- 厚生労働省. 2013b. マダニの防除を標榜する殺虫剤の取扱いに係る質疑応答集 (Q&A) について. 平成25年6月26日厚生労働省医薬食品局審査管理課事務連絡. [accessed Feb 9, 2015] http://www.whoirei.mhlw.go.jp/cgi-bin/t_docframe2.cgi?MODE=tsuchi&DMODE=SEARCH&SMODE=NORMAL&KEYWORD=%83%7d%83%5f%83%6a&EFSNO=6395&FILE=FIRST&POS=0&HITSU=28
- Mikami, N., Imanishi, K., Yamada, H. and Miyamoto, J. 1985. Photodegradation of fenitrothion in water and soil surface, and its hydrolysis in water. *J. Pestic. Sci.*, 10: 263-272.

- 森啓至, 藤曲正登. 1994. 千葉県におけるマダニ類の分布と季節消長. ダニと疾患のインターフェイス (SADI組織委員会編), pp. 25–28. YUKI 書房, 福井.
- Mount, G. A. 1981. *Amblyomma americanum*: Area control of overwintered nymphs and adults in Oklahoma with acaricides. *J. Econ. Entomol.*, 74: 24–26.
- Mount, G. A. and Whitney, R. W. 1984. Ultralow-volume mists of chlorpyrifos from a tractor-mounted blower for area control of the lone star tick (Acari: Ixodidae). *J. Econ. Entomol.*, 77: 1219–1223.
- 岡村正明, 川村浩, 穴戸亮, 疋田美智子, 北岡正見. 1963. 1960年秋富士山麓に発生した恙虫病の流行とBHC野外大量散布の本流行に対する阻止効果について. 日本伝染病学会雑誌, 36: 540–546.
- Sakata, S., Mikami, N. and Yamada, H. 1992. Degradation of pyrethroid optical isomers in soils. *J. Pestic. Sci.*, 17: 169–180.
- 佐々木均, 市川ひろみ, 岩城和久, 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fenpropathrinの防除効果. 酪農学園大学紀要, 22: 221–224.
- Schulze, T. L., Jordan, R. A. and Hung, R. W. 2000. Effects of granular carbaryl application on sympatric populations of *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) nymphs. *J. Med. Entomol.*, 37: 121–125.
- Schulze, T. L., Jordan, R. A., Vasvary, L. M., Chomsky, M. S., Shaw, D. C., Meddis, M. A., Taylor, R. C. and Piesman, J. 1994. Suppression of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae) nymphs in a large residential community. *J. Med. Entomol.*, 31: 206–211.
- 新庄五朗, 伊藤靖忠, 水谷澄. 2013. 薬剤概論. 住環境の害虫獣対策 (緒方一喜ら編著), pp237–318. 日本環境衛生センター, 川崎.
- Stafford III, K. C. 2004. Tick Management Handbook. 66 p. The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Heaven. [accessed Dec 2, 2014] available from: <http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/bulletins/b1010.pdf>.
- 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. *J. Med. Entomol. Zool.*, 55: 303–311.
- 角田隆. 2012. 千葉県から記録された中型・大型哺乳類寄生性マダニ類. 千葉中央博自然誌研究報告, 12: 33–42.
- 吉田利男. 1975. 放牧牧野におけるマダニ駆除に関する生態学的研究. 信州大学教養部紀要. 第二部, 自然科学, 9: 27–111. [accessed 2 Dec. 2014] https://soar-ir.shinshu-u.ac.jp/dspace/bitstream/10091/4329/1/Liberal_arts_S09-04.pdf