

昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* を利用した シバオサゾウムシの防除

山下賢一・足立年一・八瀬順也・二井清友・藤富正昭

要 約

シバオサゾウムシに対する昆虫寄生性線虫 *Steinernema carpocapsae* の殺虫活性と防除効果について検討した。

- 1 シバオサゾウムシに対し、現在登録のある殺虫剤では、成虫には殺虫効果が認められたが、幼虫には効果不足であった。*S. carpocapsae* は、成虫に対して殺虫効果(活性)は全く認められなかったが、幼虫に対しては優れた殺虫効果が認められた。
- 2 ゴルフ場の芝草における *S. carpocapsae* の処理時期は幼虫密度が高くなる7月上旬及び10月上旬での防除効果が優れ、シバオサゾウムシに対する *S. carpocapsae* の適用時期を明らかにした。
- 3 *S. carpocapsae* を用いた体系防除では、成虫対象として殺虫剤を5月、7月下旬、9月中旬及び10月中旬に、幼虫対象として *S. carpocapsae* を6月下旬、9月中旬～10月上旬の2～3回散布したところ、シバオサゾウムシを低密度に抑え、被害もなく優れた防除効果が認められた。

Control of Hunting Billbug (*Sphenophorus venatus vestila* CHITTENDEN)
with an Entomogenous Nematode, *Steinernema carpocapsae*.

Ken-ichi YAMASHITA, Toshikazu ADACHI, Junya YASE,
Kiyotomo FUTAI and Masaaki FUJITOMI

Summary

The insecticidal activity and the control effect of entomogenous nematode (*Steinernema carpocapsae*) against hunting billbug (*Sphenophorus venatus vestila* CHITTENDEN) were investigated

- (1) The registered insecticides were effective against hunting billbug adults, but not to the larvae. The entomogenous nematode, *S. carpocapsae* had no insecticidal activity against the hunting billbug adults, but high insecticidal activity against the larvae.
- (2) In the turf, treatment time of the entomogenous nematode *S. carpocapsae* controlled hunting billbug larvae effectively when the larvae density was high in early July and early October. It controlled the larvae completely seven days after application and indicated applicability to the hunting billbugs.
- (3) The integrated control method with entomogenous nematode, *S. carpocapsae* was established from the chemical synthesised insecticide applications against the adults in late May, late July, mid-September and mid-October, and the nematode applications against the larvae in late June and from late September to early October.

This method suppressed the hunting billbug density and showed high control effect without pest damage.

キーワード：シバオサゾウムシ, *Steinernema carpocapsae*, 殺虫効果, 体系防除

緒 言

芝草の主要害虫は、潜土性または潜伏性のものがほとんどで、芝草の地下部を加害する土壌害虫であり、その防除は極めて困難な場合が多い。1989年に行ったアンケート調査¹⁾によると兵庫県内のゴルフ場における芝

草害虫の発生状況は、シバツトガ 69.8%、スジキリヨトウ 67.4%、コガネムシ類 52.3%、シバオサゾウムシ 49.1%となっており、被害が大きな問題となっていた¹⁾。これら主要な芝草害虫の中で、生息密度や被害が最も大きいのはシバオサゾウムシで、61カ所のゴルフ場で発生していた。

年に初めて沖縄で発見され、1980年には九州(福岡)で、兵庫県では1981年に初確認され^{4, 5, 6)}、兵庫県東南部のゴルフ場で問題害虫となった。その後、兵庫県のほか関西一円で確認されており、最近では関東の千葉、茨城、神奈川など各県のゴルフ場で問題になっている。その防除は4月から11月まで4~5回の薬剤散布が行われ、多いところでは月1回の防除を行って被害をどうにか抑えている状況で、発生面積はさらに拡大するものと予想される。

一方、農薬の使用状況(1989)をみると全殺虫剤使用量のうち、シバオサゾウムシの防除薬剤が65%を占めており¹⁾、近年、ゴルフ場の農薬の使用による環境への影響が問題となっている中で、シバオサゾウムシに対する減農薬化防除技術の確立が重要な課題となっている。そこで、シバオサゾウムシの発生消長や発生経過をもとに殺虫剤の効果的な施用法を検討するとともに、筆者らは1990年頃スジキリヨトウやシバツトガなどの鱗翅目の幼虫に効果が認められていた昆虫寄生性線虫 *S. carpocapsae* に着目し²⁾、芝草害虫の減農薬化対策として、シバオサゾウムシの防除に利用することを考え、効果(殺虫活性)・適応性を検討した。さらに、*S. carpocapsae* の利用による減農薬化に向けた体系防除法を確立したので報告する。

なお、本試験を遂行するに当たり、芝草は場の提供と多大のご援助をいただいた千刈カンツリークラブ(以下、千刈C.C.)丹祐一郎氏、ABCゴルフクラブ(以下、ABC G.C.)岡本宏治氏、三田ゴルフクラブ(以下、三田G.C.)前川恭輔氏をはじめとする各ゴルフ場の関係者に感謝の意を表す。また、本試験のため *S. carpocapsae* を提供していただいた株式会社エス・ディー・エスバイオテック木下正次氏に対し厚く御礼を申し上げる。

材料及び方法

1 薬剤による防除効果

三田市山田 千刈C.C.の18番ホールラフ(ティフトンとノシバの混植)において、1992年と1993年にシバオサゾウムシの成虫及び幼虫に対し、現在登録のある殺虫剤を供試して防除効果を検討した。供試薬剤は表1、2のとおりである。散布方法は水和剤・乳剤については実用濃度を1~2 l/m²ジョロで、粒剤は9 g/m²を手播き散布した。区制・面積は1区10~20 m²とした。調査は薬剤散布前、散布7日後、14日後に行い、各区30 cm×30 cm、深さ10~15 cmの土壌を芝ごと採取し、その土壌中に生息するシバオサゾウムシの成虫・蛹・幼虫数を調査した。なお、死亡虫については土壌を採取す

る前に、各区30 cm×30 cm内の虫数をかき分け法により調査した。

2 昆虫寄生性線虫 *S. carpocapsae* による防除効果

(1) 室内実験における殺虫活性

シバオサゾウムシに対する殺虫活性を知るため、実験室内において殺虫効果を検討した。土壌を入れたシャーレ(径9 cm)に成虫及び幼虫を10頭入れ、*S. carpocapsae*の25万及び50万頭/水2 l/m²をハンドスプレーで散布した。また、対照としてクロロピリホス乳剤1000倍液及びモノクロトホス乳剤1000倍液1 l/m²を散布した。調査は処理3日後、7日後に生死状況を調査した。

(2) 芝草地における防除効果

三田市山田 千刈C.C.、加東郡東条町 ABC G.C.、(ノシバ、ティフトン)において、1991年、1992年に *S. carpocapsae* の殺虫効果を検討した。*S. carpocapsae*を25万及び50万頭/水2 l/m²散布後、茎葉に付着した *S. carpocapsae*を土壌中に侵入させるため水2 l/m²をジョロで散布した。1区20 m²とし、調査は散布直前、7日後、14日後に各区30 cm×30 cm、深さ10~15 cmの土壌を芝ごと採取し、その土壌中に生息するシバオサゾウムシの成虫・蛹・幼虫数を調査した。

(3) ゴルフ場の芝草における防除効果

1991年は千刈C.C.において1区4000 m²、1992年は同C.C.において1区6000 m²、ABC G.C.において1区4000 m²の面積で実用化試験を実施した。*S. carpocapsae*の散布頭数は25万、50万頭/m²となるようにタンク車で調製し、散布液量は千刈C.C.では0.25 l/m²、ABC G.C.では0.5 l/m²とし、散布直後に0.25 l/m²(ABC G.C.は0.5 l/m²)の水をタンク車で散布した。その後スプリンクラーまたはホースで散水した。調査は散布直前、7日後、14日後、38日後に30 cm×30 cm、深さ10~15 cm、試験区内2カ所の土壌を芝ごと採取し、その土壌中に生息するシバオサゾウムシの成虫・蛹・幼虫数を調査した。

3 シバオサゾウムシに対する体系防除

シバオサゾウムシの発生経過から防除モデルと処理時期を設定し、殺虫剤及び *S. carpocapsae* による減農薬化体系防除の実証試験を1992年及び1993年に実施した。1992年は千刈C.C.で、1993年は千刈C.C.とABC G.C.で実施した。1992年は1区6000 m²、1993年は1区約10000 m²(1ホール)で、*S. carpocapsae*の散布頭数は25万及び50万頭/m²となるようにタンク車で調製し、懸濁液を0.3~0.5 l/m²散布した。その直後に、線虫を土壌中に流し込むため線虫処理区域にタンク車で散水し、さらに、広域に分散させるためスプリンクラーで散水する方

法を行った。成虫に対してはクロルピリホス乳剤を千刈 C.C. では 500 倍液の 0.25 l / m², ABC G.C. では 1000 倍液の 0.5 l / m² をタンク車で散布した。調査は試験開始の 5 月から 11 月まで、月 2~3 回実施した。方法は各区 30 cm × 30 cm, 深さ 10~15 cm の土壌を 2 カ所芝ごと採取し、その土壌中に生息するシバオサゾウムシの成虫・蛹・幼虫数を調査した。

結 果

1 薬剤による防除効果

表 1, 2 に示すように、シバオサゾウムシ成虫に対する防除効果はクロルピリホス乳剤、ダイアジノン乳剤、メソミル・ダイアジノン粒剤などが高かったが、MEP 乳剤、モノクロトホス粒剤は低かった。また、幼虫に対する防除効果はいずれの供試薬剤とも認められなかった。

2 昆虫寄生性線虫 *S. carpocapsae* による防除効果

室内試験では表 3 に示すように、幼虫に対して 50 万頭 / m² 処理で 3 日後には死亡率 100% に達し、高い防除効果を確認した。しかし、成虫に対しては効果が認められなかった。1991 年と 1992 年にゴルフ場の芝草にお

表 1 シバオサゾウムシ成虫に対する防除効果

供試薬剤	シバオサゾウムシの成虫生息数 (m ² 当たり)	
	散布前	散布 7 日後
クロルピリホス乳剤 ×500・250ml / m ²	56	0
クロルピリホス乳剤 ×1000・1 l / m ²	78	11
ダイアジノン乳剤 ×500・250ml / m ²	33	0
M E P 乳剤 ×500・250ml / m ²	22	22
モノクロトホス乳剤 ×500・250ml / m ²	22	67
メソミル・ダイアジノン粒剤 9 g / m ²	56	0
無 散 布	56	56

表 2 シバオサゾウムシ幼虫に対する防除効果

供試薬剤	シバオサゾウムシの幼虫生息数 (m ² 当たり)		
	散布前	散布 7 日後	散布 14 日後
クロルピリホス乳剤 ×1000・1 l / m ²	100	100	56
ダイアジノン乳剤 ×500・250ml / m ²	56	56	44
M E P 乳剤 ×500・250ml / m ²	67	78	133
イソキサチオン乳剤 ×500・250ml / m ²	33	100	67
メソミル・ダイアジノン粒剤 9 g / m ²	22	89	67
無 散 布	100	1333	89

いて小面積 (1 区 : 20 m²) の効果試験を実施した結果、25 万及び 50 万頭 / m² とともに、いずれの試験においても対照のクロルピリホス乳剤 1000 倍液に比較し、処理 6 日後には極めて幼虫の生息数が少なく、優れた防除効果が認められた (表 4)。次に、*S. carpocapsae* を大面積 (4000~6000 m²) で検討したところ、1991 年 10 月の試験では 25 万頭及び 50 万頭 / m² とともに幼虫に対して優れた防除効果が認められた (表 5)。1992 年には表 6, 7 に示すとおり、25 万頭 / m² で実施した結果、処理 7~14 日後には幼虫を低密度に抑制し、高い防除効果が認められた。

3 シバオサゾウムシに対する体系防除

1992 年は *S. carpocapsae* の 25 万頭、50 万頭 / m² 散布区はシバオサゾウムシを調査期間中には低密度に抑制し、被害も認められなかった。一方、無散布においては 7 月下旬に生息密度が高まり、大きな被害が発生したため、成虫を対象にクロルピリホス乳剤の散布を行ったところ、シバオサゾウムシの成虫密度が減少した。1993 年には 2 カ所のゴルフ場で、*S. carpocapsae* を 25 万頭 / m² で処理した結果、被害は 7 月、10 月とも全く認め

表 3 シバオサゾウムシに対する *S. carpocapsae* の殺虫効果 (室内)

線虫及び薬剤	処理 3 日後		処理 7 日後			
	生 死	死虫率 (%)	生 死	死虫率 (%)		
成虫	(%)					
<i>S. carpocapsae</i> 50万頭 / m ²	18	2	10.0	13	7	35.0
<i>S. carpocapsae</i> 25万頭 / m ²	10	0	0.0	8	2	20.0
クロルピリホス乳剤 × 1000 1 l / m ²	0	19	100			—
イソキサチオン乳剤 × 1000 1 l / m ²	0	20	100			—
無 処 理	17	3	15.0	16	4	20.0
幼虫						
<i>S. carpocapsae</i> 50万頭 / m ²	0	14	100			—
無 処 理	8	0	0.0	8	0	0.0

表 4 シバオサゾウムシに対する *S. carpocapsae* の防除効果 (千刈)

線虫及び薬剤	散布量	シバオサゾウムシ幼虫生息数 (m ²)		
		散布前	6 日後	13 日後
<i>S. carpocapsae</i> 50万頭 / 2 l / m ² + 水 2 l / m ²		200	0	0
<i>S. carpocapsae</i> 25万頭 / 2 l / m ² + 水 2 l / m ²		100	0	0
クロルピリホス乳剤 × 1000 2 l / m ²		122	33	22
無 処 理		100	100	67

表 5 大面積における *S. carpocapsae* の防除効果 (1991 : 千刈)

線虫	散布量	シバオサゾウムシ幼虫生息数 (m ²)			
		散布前	17 日後	41 日後	73 日後
<i>S. carpocapsae</i> 50万頭 / m ² 250ml + 水 2 l / m ²		39	0	0	0
<i>S. carpocapsae</i> 25万頭 / m ² 250ml + 水 2 l / m ²		—	56	0	11
無処理		133	189	144	89

られず、成・幼虫数とも低密度に抑制され、顕著な防除効果が認められた(図2, 3, 4)。一方、無散布の幼虫密度は処理区の4~5倍(夏期最高20倍)となり、被害は激甚となった。

表6 秋期大面積における *S. carpocapsae* の防除効果(千刈C.C.:1992)

処理区	シバオサゾウムシの生息数(30cm×30cm, 深さ10~15cmの土壤中)															
	散布前(10/5)				散布7日後(10/12)				散布14日後(10/19)				散布39日後(11/13)			
	成虫	蛹	幼虫	計	成虫	蛹	幼虫	計	成虫	蛹	幼虫	計	成虫	蛹	幼虫	計
<i>S. carpocapsae</i> 25万頭/m ²	7	0	46	53	8	1	5	14	7	1	6	14	2	0	0	2
					(24)				(28)				(4)			
無散布	2	6	16	24	3	2	21	26	0	0	23	23	0	0	24	24
					(100)				(100)				(100)			

数値は土壤中2カ所の合計, ()内は補正密度指数

表7 秋期大面積における *S. carpocapsae* の防除効果(ABC G.C.:1992)

処理区	シバオサゾウムシの生息数(30cm×30cm, 深さ10~15cmの土壤中)															
	散布前(10/6)				散布7日後(10/12)				散布14日後(10/19)				散布39日後(11/12)			
	成虫	蛹	幼虫	計	成虫	蛹	幼虫	計	成虫	蛹	幼虫	計	成虫	蛹	幼虫	計
<i>S. carpocapsae</i> 25万頭/m ²	0	4	67	71	1	7	4	12	1	1	0	2	1	0	1	2
					(12)				(3)							
無散布	0	0	34	34	-	-	-	-	2	0	6	8	0	0	14	14
					(100)				(100)							

数値は土壤中2カ所の合計, ()内は補正密度指数

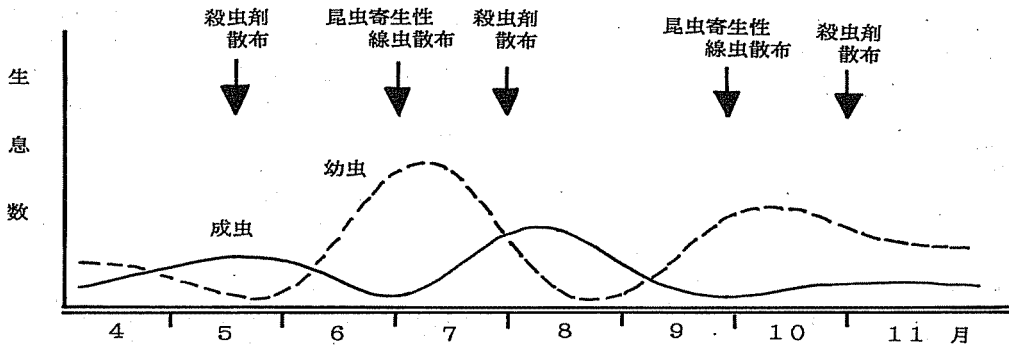


図1 シバオサゾウムシの発生模式図と防除モデル

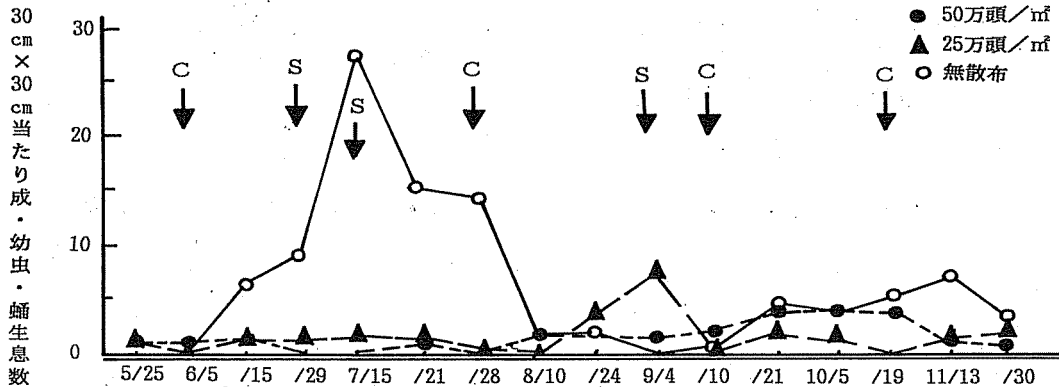


図2 シバオサゾウムシに対する体系防除の実証(1992:千刈C.C)

注) C:クロルピリホス散布 S: *S. carpocapsae* 散布

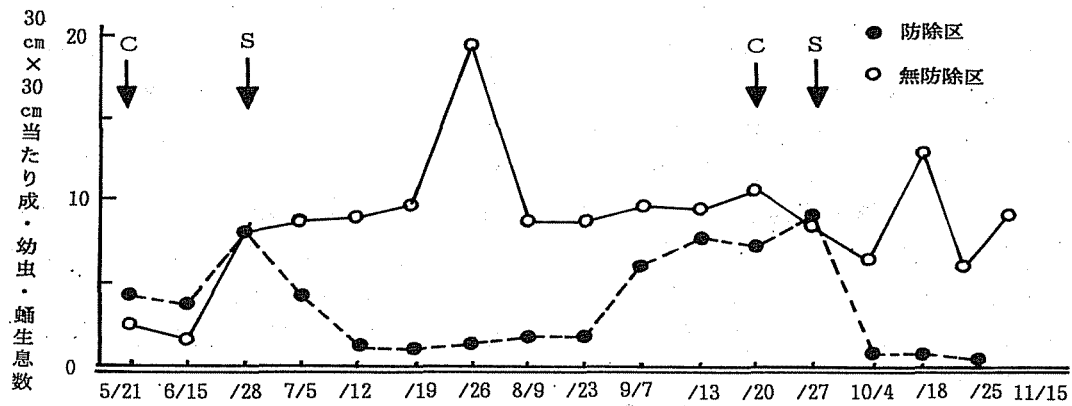


図3 シバオサゾウムシに対する体系防除の実証-1 (1993: 千川 C.C)

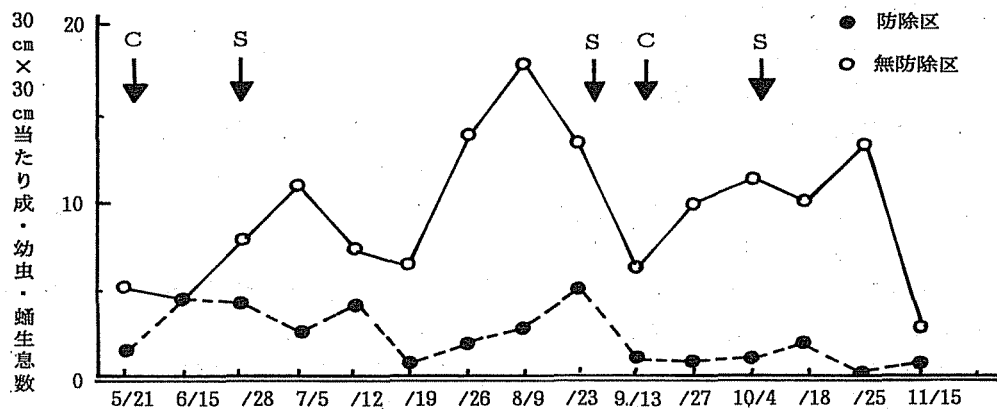


図4 シバオサゾウムシに対する体系防除の実証-2 (1993: ABC G.C)

注) C: クロルピリホス散布 S: *S. carpocapsae* 散布

表8 芝草害虫の減農薬化防除体系

月	4	5	6	7	8	9	10	11
シバオサゾウムシ 多発生		○		●	○		●	(○)
中発生		○		●	(○)		●	
少発生		○					●	
対象害虫		シバ オサ 成虫	シバ オサ 成ガ 虫	シバ オサ 成ガ 虫	シバ オサ 成ガ 虫		シバ オサ 成ガ 虫	シバ オサ 成虫

注1 ○: クロルピリホス乳剤, イソキサチオン乳剤ほか ●: 昆虫寄生性線虫 (*S. carpocapsae*)

2 (): 臨機散布を示す

3 土壌を掘り上げシバオサゾウムシを調査する。

考 察

シバオサゾウムシに対する殺虫剤の防除効果は、成虫には有効であったが、幼虫に対しては劣った(表1, 2)。これはシバオサゾウムシの成虫は地表面近くに生息し⁵⁾、農薬の影響を受けやすいが、幼虫は土壤中に生息するため、通常の散布では薬液が土壤中に浸透できず、幼虫が薬液に触れる機会が少ないことによると考えられる。このことが殺虫剤による幼虫防除の問題点の一つと思われる。しかし、被害は幼虫の食害が大きいため、幼虫防除に重点をおく必要がある。そこで、殺虫剤に代わる *S. carpocapsae* に着目し、殺虫活性・適応性・散布方法などについて1991年から検討した。

昆虫寄生性線虫は土壤中に生息し、昆虫に寄生して死亡させる線虫である。わが国においても昆虫寄生性線虫はサツマイモのコガネムシ類²⁾や土壌害虫(鱗翅目幼虫)を対象に実用化試験が行われている。また、アメリカでは *S. carpocapsae* を人工的に大量培養し、芝、クランベリー、柑橘類の土壌害虫を対象に使用されている。この *S. carpocapsae* の殺虫活性は表3, 4, 5に示すように、室内・芝草地の試験とも優れた防除効果が認められ⁶⁾、シバオサゾウムシに適用できることを確認し、化学合成農薬に代わる生物的防除法として、利用できるものと考えられた。しかし、*S. carpocapsae* は生物であり、乾燥や紫外線、高温(30℃以上)、酸素欠乏等の条件に極めて弱く、容易に死滅するため、十分な防除効果をあげるためには、極力直射日光をさけ、十分の水ですみやかに本線虫を土壤中(サッチ層)に侵入させることが防除効果に大きく影響する。

散布方法として当初は *S. carpocapsae* を 2 l / m² の水に 25 万頭、50 万頭になるように調製し、芝草地に均一にジョロで散布し、散布後 2 l / m² の水で芝草の茎葉に付着した線虫を洗い落とし、サッチ層までなるべく早く移行させる方法で実施した。この方法で散布するとシバオサゾウムシの幼虫に対して優れた防除効果が認められたが、実際にゴルフ場で使用する場合、水の使用量が大量に必要となることから、大面積に散布する場合は、本報の材料及び方法2, (3)で示すように、タンク車で所定の線虫液を散布し、その後タンク車及びスプリンクラーで散水する方法が効率的と思われる。散布時間帯は線虫の特性から、夕方や曇天・雨中散布が適していると考えられる。

次に、シバオサゾウムシの発生推移調査^{3, 7)}から、図1の発生模式図と防除モデルを作成し、1992, 1993年に減農薬化体系防除の実証を行った。図2, 3, 4のように、成虫を対象として、殺虫剤を5月, 7月下旬、

10~11月の3回使用し、幼虫対象には *S. carpocapsae* を6月下旬と9月下旬~10月上旬の2回使用する防除体系で、両年とも *S. carpocapsae* を組み入れた試験区はシバオサゾウムシを低密度に抑制し、被害は全く認めなかった。一方、無散布では被害が発生した。この体系で化学合成農薬の使用を2~3回削減することが可能と考えられた。なお、シバオサゾウムシに対して優れた効果を示す *S. carpocapsae* は、スジキリヨトウやシバツトガに対しても効果が高く、*S. carpocapsae* を組み入れた体系防除は、化学合成農薬の使用を半減することができた。この体系はすでに一部のゴルフ場で実施されている。

今後は、*S. carpocapsae* の効果を発揮させるためのより効率的な散布方法を検討する必要がある。また、シバオサゾウムシの発生は地域によって異なるため、ピットフォールトラップを設置して成虫の発生消長を把握することや、土壌を掘り起こして成虫・幼虫・蛹の生息密度をゴルフ場自ら把握することが、シバオサゾウムシの防除を実施する上で重要と考えられる。

引用文献

- (1) 西口真嗣・今井國貴・広瀬敏晴・八瀬順也(1990): 兵庫県内のゴルフ場における害虫の発生実態—とくにシバオサゾウムシについて—: 関西病虫害研究会報 32, 73.
- (2) 小倉信夫・大矢慎吾(1992): 昆虫寄生性線虫 *Steinernema kushidai* によるコガネムシ類幼虫防除の可能性: 植物防疫 46, 334-337.
- (3) 清水喜一(1993): シバオサゾウムシの人工飼育と生活史の推定: 第37回日本応用動物昆虫学会講演要旨 159.
- (4) 角田三郎・廿日出正美・荒木隆男・近内誠登・福井宏・香月繁孝(1992): 病害虫・雑草の発生生態と防除方法(緑の安全推進協会) 99-101.
- (5) 保田淑郎(1991): シバオサゾウムシ(ダズバン普及会) 1-12.
- (6) 飯田 格ほか(1990): 芝草病害虫・雑草防除の手引(日本植物防疫協会) 54-56.
- (7) 山下賢一・足立年一・八瀬順也・二井清友(1992): シバオサゾウムシの発生推移: 第36回日本応用動物昆虫学会講演要旨 174.
- (8) 八瀬順也・足立年一・山下賢一(1994): *Steinernema carpocapsae* を利用したシバオサゾウムシの体系防除: 第38回日本応用動物昆虫学会講演要旨 217.