

芝草におけるコガネムシ類の生物的防除法

千葉県農業試験場 ^{ふじ} 藤 ^{いえ} 家 ^{あずき} 梓

はじめに

コガネムシ類は、芝草、畑作物、植木・樹木の苗木等の重要害虫であり、特に幼虫が重大な被害を与える。幼虫は土壌害虫であるため、地上部からは見つけにくく、老齢幼虫期になって被害が現れて初めてその存在に気づくことも多い。しかし、老齢幼虫に対しては化学合成農薬（以下、化学農薬）の効果が一般に低いため、頻繁な散布が行われており、環境への悪影響が懸念されている。特に、大面積で水源地に位置することの多いゴルフ場での多用に対する懸念が強まっている（藤家, 1994）。

農業分野では、化学農薬が引き起こす諸問題に対応するため、総合防除（総合的害虫管理：IPM）という考え方に基いた害虫防除が行われている。総合防除には、①数種の防除技術を矛盾なく利用する、②経済的被害許容水準以下に害虫の個体群密度を低下させる、③害虫の個体群密度や被害を予測する、という三つの概念が含まれている（中筋, 1997）。芝草害虫でも、防除技術の多様化、発生予察、被害解析等総合防除をめざした技術開発が行われている。コガネムシ類を対象には、天敵微生物による防除法の開発が盛んに行われているが（GLARE and JACKSON, 1992）、芝草では天敵線虫（昆虫病原性線虫）と天敵糸状菌（昆虫病原性糸状菌）を用いた技術開発が行われている。

そこで、ここでは芝草を加害するコガネムシ類を対象に行われているこれらの防除技術の開発の現状について紹介する。

I 芝草を加害するコガネムシ類

我が国でも芝草は公園や家庭のみならず、ゴルフ場やサッカー場等でスポーツ用の芝草として広く使われている（表-1）。ゴルフ場では、草種の選択に際しては品質や美観が特に重視され、その上数 mm の草丈に刈り込むといった過酷な管理が行われるため、芝草は病害虫に侵されやすい状況におかれている。コガネムシ類は芝草の重要害虫であり、あらゆる種類の芝草が加害され、容易に黄変・枯死する。

我が国で知られているコガネムシ科の害虫は、表-2 に示したとおりである。これらの中でドウガネブイブ

イ、セマダラコガネ、マメコガネ、アシナガコガネ類、チャイロコガネ、ヒメコガネ等が主要種である。かつてはドウガネブイブの密度が高かったが、最近ではセマダラコガネが全国的に多発している。ヒラタアオコガネ、オオサカスジコガネ、チビサクラコガネ等も地域的に多発して問題になっている（廿日出, 1997）。

表-1 我が国で使われている主な芝草

種 類	学 名	主 な 用 途
(暖地型芝草)		
ノシバ類	<i>Zoysia japonica</i>	ゴルフ場(ラフ)、公園、競技場、空港、地表面保護
コウライシバ類	<i>Z. matrella</i>	ゴルフ場(フェアウェイ、ティー)、公園、競技場、家庭
ヒメコウライシバ類	<i>Z. matrella</i>	ゴルフ場(グリーン)、公園、家庭
ピロードシバ類	<i>Z. tenuifolia</i>	公園
パーミューダグラス類	<i>Cynodon dactylon</i>	公園、競技場、空港、地表面保護
ティフトンパーミューダグラス類	<i>C. dactylon</i> × <i>C. transvaalensis</i>	ゴルフ場(グリーン、フェアウェイ、ティー)、競技場、公園
(寒地型芝草)		
ベントグラス類	<i>Agrostis palustris</i>	ゴルフ場(グリーン)、公園、家庭
	<i>A. alba</i>	地表面保護
	<i>A. tenuis</i>	ゴルフ場(グリーン)
ブルグラス類	<i>Poa pratensis</i>	ゴルフ場(フェアウェイ、ティー、ラフ)、公園、競技場、空港、家庭
	<i>P. trivialis</i>	ゴルフ場(グリーン、フェアウェイ)
フェスク類	<i>Festuca rubra</i>	ゴルフ場(ラフ)、地表面保護
	<i>F. ovina</i>	ゴルフ場(ラフ)、地表面保護
	<i>F. arundinacea</i>	ゴルフ場(ラフ)、競技場、地表面保護、家庭
ライグラス類	<i>Lolium perenne</i>	ゴルフ場(フェアウェイ、ティー)、競技場
	<i>L. perenne</i> × <i>L. multiflorum</i>	ゴルフ場(フェアウェイ)

Biological Control of Scarabs on Turfgrass. By Azusa FUJIE

(キーワード：芝草, コガネムシ類, 生物的防除法, 天敵線虫, 天敵細菌)

表-2 コガネムシ科の害虫

和名	学名	備考
チャイロコガネ	<i>Adoretus tenuimaculatus</i>	芝草害虫
アオドウガネ	<i>Anomala albopilosa</i>	
ドウガネブイブイ	<i>Anomala cuprea</i>	芝草害虫
サクラコガネ	<i>Anomala daimiana</i>	
エサキドウガネ	<i>Anomala esakii</i>	
ヒメサクラコガネ	<i>Anomala geniculata</i>	芝草害虫
ツヤコガネ	<i>Anomala lucens</i>	芝草害虫
リュウキウスジコガネ	<i>Anomala matsumurai</i>	
ヒラタアオコガネ	<i>Anomala octiescostata</i>	芝草害虫
オオサカスジコガネ	<i>Anomala osakana</i>	芝草害虫
ハンノキヒメコガネ	<i>Anomala puncticollis</i>	芝草害虫
ヒメコガネ	<i>Anomala rufocuprea</i>	芝草害虫
チビサクラコガネ	<i>Anomala schonfeldti</i>	芝草害虫
サンカクスジコガネ	<i>Anomala triangularis</i>	
リュウキウドウガネ	<i>Anomala xanthopleura</i>	
ヒメカンショコガネ	<i>Apogonia amida</i>	
カタモンコガネ	<i>Blitopertha conspurcata</i>	
オキナワセマダラコガネ	<i>Blitopertha okinawaensis</i>	
セマダラコガネ	<i>Blitopertha orientalis</i>	芝草害虫
ヒメアシナガコガネ	<i>Ectinohoplia oducta</i>	芝草害虫
ハナムグリ	<i>Eucetonia pilifera</i>	
アオハナムグリ	<i>Eucetonia roelofsi</i>	
クロハナムグリ	<i>Glycyphana fulvitemma</i>	
ナガチャコガネ	<i>Heptophylla picea</i>	芝草害虫
クロコガネ	<i>Holotrichia kiotonensis</i>	芝草害虫
リュウキウクロコガネ	<i>Holotrichia loochooana</i>	
オオクロコガネ	<i>Holotrichia parallela</i>	芝草害虫
アシナガコガネ	<i>Hoplia communis</i>	芝草害虫
アカビロウドコガネ	<i>Maladera castanea</i>	芝草害虫
ビロウドコガネ	<i>Maladera japonica</i>	
ヒメビロウドコガネ	<i>Maladera orientalis</i>	
オオコフキコガネ	<i>Melolontha frater</i>	芝草害虫
コフキコガネ	<i>Melolontha japonica</i>	
オキナワコフキコガネ	<i>Melolontha masafumii</i>	
オオスジコガネ	<i>Mimela costata</i>	
コガネムシ	<i>Mimela splendens</i>	
スジコガネ	<i>Mimela testaceipes</i>	芝草害虫
タイワンカブトムシ	<i>Oryctes rhinoceros</i>	
コアオハナムグリ	<i>Oxyctetonia jucunda</i>	
ウスチャコガネ	<i>Phyllopertha diversa</i>	芝草害虫
オキナワシロスジコガネ	<i>Polyphylla schonfeldti</i>	
オキナワマメコガネ	<i>Popillia lewisi</i>	
マメコガネ	<i>Popillia japonica</i>	芝草害虫
シラホシハナムグリ	<i>Protaetia brevitarsis</i>	
イシガキシロテンハナムグリ	<i>Protaetia ishigakia</i>	
シロテンハナムグリ	<i>Protaetia orientalis</i>	
カナブン	<i>Rhomborrhina japonica</i>	
クロカナブン	<i>Rhomborrhina polita</i>	
アオカナブン	<i>Rhomborrhina unicolor</i>	
ケブカコフキコガネ	<i>Tricholontha papagena</i>	

(日本応用動物昆虫学会編:「農林有害動物・昆虫名鑑」(1987)より作成。同名鑑, 細辻・吉田(1989)および筆者らの観察により, イネ科牧草害虫を含め, 芝草害虫とした)

II 天敵線虫の利用

1 天敵線虫

コガネムシ類に対する生物的防除法の中で実用化されているのが, 天敵線虫の利用である(藤家, 1998)。天敵線虫としては, Rhabditida 目 Steinernematidae 科 *Steinernema* 属の *S. glaseri*, *S. carpocapsae* と, Heterorhabditidae 科 *Heterorhabditis* 属の *H. bacteriophora* 等が注目されている。アメリカ合衆国では1929年にマメコガネから *S. glaseri* が発見され, 防除に大々的に利用された。我が国では, 1984年にコガネムシ類幼虫に卓効のある線虫が静岡県で発見され(串田ら, 1987), *S. kushidai* と命名された(MAMIYA, 1988a)。芝草をはじめとして畑作物や苗木類を対象に防除試験等多くの技術開発が行われ(KOIZUMI et al., 1988; OGURA and MAMIYA, 1989; 小倉・大矢, 1992; TACHIBANA et al., 1996; 藤家, 1998), 1997年10月には農薬登録された。

Steinernema 属線虫は *Xenorhabdus* 属の共生細菌を体内に保持しており, *S. kushidai* には *X. japonicus* が共生している(NISHIMURA et al., 1994)。線虫の感染態3期幼虫が標的害虫の口等の開口部から体内に入ると, 線虫の保持している共生細菌が害虫の体内に放出される。共生細菌は害虫の血体腔で増殖し, 害虫に敗血症を引き起こして数日以内に死亡させる。線虫は増殖した細菌や害虫の組織を餌として成長する。そして, 害虫の体内で感染態3期幼虫が第4期幼虫を経て成虫になり, 交尾・産卵し, 通常2世代(悪条件では1世代)を経過し, 再び感染態3期幼虫として害虫の体外へ脱出する(真宮, 1988b)。

2 *S. kushidai* の殺虫性

S. kushidai はドウガネブイブイをはじめとして, 多くのコガネムシ類幼虫に高い殺虫性を示す(串田ら, 1987; MAMIYA, 1989; 藤家ら, 1993a)。ドウガネブイブイ幼虫を用いた調査によると1~3齢のいずれのステージの幼虫に対しても殺虫性は高いが, 摂食量の多い3齢幼虫が線虫を口から取り込みやすく, 最も感染死亡しやすい(図-1)。また, 殺虫性はハスモンヨトウ幼虫には高いが, マツノマダラカミキリやハチミツガの幼虫には低く, ミミズを死亡させることもない(串田ら, 1987)。筆者らの観察によると, 芝草害虫のシバオサゾウムシにも殺虫性を示す。

S. kushidai のドウガネブイブイ幼虫に対する殺虫性は, 温度条件20~30°C(図-2), 土壌(黒ボク土)水分条件30~40%(FUJIE et al., 1996)で高まる。*S. kushidai* は, 水で懸濁した状態での保存適温は15°C前後と *S. carpocapsae* 等と比べると高く, 4°C下では急速に死亡する(藤家ら, 1993a)。一方, ドウガネブイブイ幼虫を対象にした試験によると, 15°Cでは殺虫性は低下

する。これには幼虫の摂食活動が低下し、線虫が幼虫体内へ取り込まれる機会が減少することが影響している。また、30°Cまでは高い殺虫性が、35°Cでは線虫が生存できず急激に低下する。

殺線虫効果のある化学農薬との混合散布や近接散布をさける必要がある。ダイアジノン剤やMPP剤(バイジット)へ*S. kushidai*を浸漬して3日後に行った調査では、有意な死亡率の上昇がみられた(藤家ら, 1993 a)。また、線虫の共生細菌に対する殺菌剤の影響については十分解明されていない。BT剤のように混用しても問題がないものも多数あり、相乗効果を期待できる場合もあるかもしれないが、現時点ではなるべく単独施用が望ま

しい。

3 *S. kushidai* の防除効果

芝草において、コガネムシ類幼虫を対象に行ったワグネルポット、枠圃場、ゴルフ場での防除試験の結果、表-3に示したような高い防除効果が得られた。上田ら(1989)は、*S. kushidai*を施用した土壌において50日後にも高い殺虫効果を示すことを報告している。つくば市の線虫施用圃場では、殺虫効果が2年間も認められている(KOIZUMI et al., 1988)。一方、冬期の最低気温が-5.9°Cになった千葉市の圃場では、越冬は可能であるが、生存率は極めて低いと推定された(藤家ら, 1993 a)。

S. kushidai 製剤(芝市ネマ®)は、生きた線虫の感染態3期幼虫を製剤化したもので、コガネムシ類が適用害虫である。線虫を水に懸濁し、25万頭/m²の割合で芝草の上から散布する。散布後、線虫を芝草の根部近くへ確実に落とすため、散水をする。線虫は高温・乾燥や紫外線に弱いので、曇雨天日か夕方に散布する。ドウガネブイブイが平年並みに発生したゴルフ場のグリーンでは、線虫製剤の7月の1回散布と捕殺により、被害の顕在化を防ぐことができた。多発したセマグラコガネへの9月の1回散布でも、越冬幼虫密度の低減効果は高かった。線虫製剤を施用する場合、懸濁液を芝草の表面に散布するという方法が一般的である。したがって、芝地に堆積している芝草の刈りかすの層をいかに通過させ、コガネムシ類幼虫の生息域に線虫を到達させるかが重要な問題であり(ZIMMERMAN and CRANSHAW, 1991)、後処理としての散水の意義は大きい。また、このことは紫外線や高温・乾燥の回避にもつながる。

4 その他の線虫による防除

ゴルフ場や芝草圃場における海外での防除試験では、マメコガネを対象として*S. glaseri*, *S. carpocapsae*, *H. bacteriophora*等が使われることが多く、高い防除効果が報告されている(ALM et al., 1992; KLEIN and GEORGIS, 1992; SELVAN et al., 1993, 1994; VILLANI and WRIGHT, 1988; YEH and ALM, 1995)。しかし、処理ごとの効果のばらつきや線虫の系統による効果の違いが大きい。我が国でも*S. kushidai*以外の線虫のコガネムシ類防除への

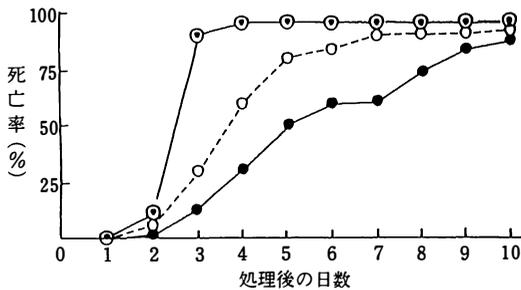


図-1 *S. kushidai* 接種土壌におけるドウガネブイブイ 1, 2, 3 齢幼虫の死亡率 (藤家ら, 1993 a)
●: 1 齢, ○: 2 齢, ◎: 3 齢。

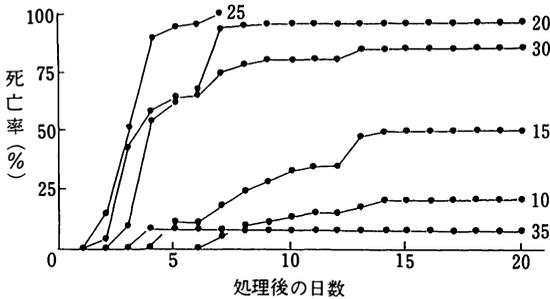


図-2 ドウガネブイブイ幼虫に対する *S. kushidai* の殺虫性への温度の影響 (FUJIE et al., 1995)

表-3 ヒメコウライシバを植えたワグネルポットと枠圃場におけるドウガネブイブイ幼虫に対する *S. kushidai* と *M. anisopliae* の防除効果(藤家ら, 1994より作成)

試験区	ワグネルポット (1/2,000 a)			枠圃場 (1m ²)		
	生存幼虫数 (頭/ポット)	被害度 ^{a)}	乾物重 (g/ポット)	生存幼虫数 (頭/枠)	被害度 ^{a)}	乾物重 (g/ポット)
<i>S. kushidai</i>	0 a	22	42.6 b	0 a	33	24.4 bc
<i>M. anisopliae</i>	1.3 b	50	30.4 a	1.0 ab	33	23.0 b
無処理	12.0 c	100	14.5 a	7.0 b	100	8.2 a
幼虫無放飼	0 a	0	74.7 b	0 a	0	25.9 b

^{a)}: 被害を4段階に分けて被害度を算出。同一項目で同一英文字を付けた平均値間には、5%水準で有意差なし。

利用が試みられている。特に、*S. glaseri* が注目されており、実用化に向けた技術開発が行われている。また、土着の天敵線虫の探索も行われている。

III 天敵糸状菌の利用

1 *Metarhizium anisopliae* の改良と製剤化

M. anisopliae の殺虫性を改良するため、菌糸プロトプラストに紫外線を照射した (YOKOYAMA et al., 1993)。プロトプラスト由来の菌株のうち、No. 31 菌株は元株と比べて殺虫性が高く、速効的であった。菌の培養方法としては、SDY 液体培地で数日間培養したものを接種源とし、固形培地でさらに培養するのが一般的である。固形培地資材として各種の穀物等が利用されている。*M. anisopliae* No. 31 株の場合、25°C で SDY 平板培地で菌株を 2~3 週間培養し、さらに SDY 液体培地で 3 日間培養したものを接種源とする。ふすまをペレット状に加工した培地資材 (キノブラン®) を入れてショ糖水を加えた培養袋に菌を接種し、25°C で 2 週間培養することにより、大量に増殖することができる。

大量増殖した *M. anisopliae* を定期的に施用する農業の利用をめざす場合、使いやすい形態にして大量に生産する必要があるため、製剤化が不可欠である。そのため、*M. anisopliae* No. 31 株を対象とした製剤化も試みられている。製剤化された資材は取り扱いが容易で、殺虫性も高まった (表-4)。殺虫性の向上には、製剤化の過程で添加したオイルが重要な役割を果たしていた。このことは、海外でもほぼ同時期に明らかにされ、バッタの防除に威力を発揮している (BATEMAN et al., 1993)。なお、*M. anisopliae* は、土着の天敵微生物として広い範囲に分布しており、害虫密度を穏やかに低下させるという重要な役割を持っていることも忘れてはならない。

2 *M. anisopliae* による防除試験

芝草において、コガネムシ類幼虫を対象に行ったワグネルポットと枠圃場での防除試験の結果、幼虫に対する防除効果が高かったわりには被害は発生した (表-3)。この現象は、ワグネルポットのような狭い容器内の試験では、1 頭でも幼虫が生き残った場合、その加害が激しいために起こったと考えられる。サツマイモやラッカセイ圃場でも高い防除効果が得られており、微生物農薬としての商品化が期待されている (FUJIE and YOKOYAMA,

1996; YOKOYAMA et al., 1998)。本種には土壤消毒剤は明らかに影響するが、一般の化学農薬は影響しないようである。例えば、5 種類の化学農薬を対象にした実験では、グリホサート剤と MPP 剤が菌の発育を阻害したが (YOKOYAMA et al., 1993)、土壤中ではほとんど影響しないようである。

おわりに

芝草害虫でも、総合防除をめざした技術開発が行われている。防除技術の多様化に関する技術開発は盛んに行われているが、発生予察や被害解析に関する技術開発は今後の課題である。ゴルフ場の芝草で被害許容水準を設定する場合、グリーンでは限りなく低い水準が求められるため、当面フェアウェイ、ラフ、ナーセリーでの設定をめざすべきであろう。生産芝草での設定は十分可能である。化学農薬中心の防除と比べ、減化学農薬や無化学農薬による芝草管理では、コストや手間がかかるわりに、防除効果が期待どおりではないことが多い。しかし、コストや手間をどれだけかけられるかは、社会情勢や経済情勢に大きく支配される。今後、防除技術の開発をさらにすすめるとともに防除効果の評価に自然環境や社会環境への負荷という要因も加えられるような社会情勢を築く必要がある。

主な参考文献

- 1) BATEMAN, R.P. et al. (1993): Ann-Appl. Biol. 122: 145~152.
- 2) 藤家 梓 (1994): 植物防疫 48: 478~481.
- 3) ——— (1998): 芝草研究 26: 171~179.
- 4) ———ら (1993 a): 応動昆 37: 53~60.
- 5) ———ら (1993 b): 千葉農試研報 34: 91~97.
- 6) ———ら (1994): 同上 35: 1~7.
- 7) FUJIE, A. et al. (1995): Appl. Entomol. Zool. 30: 23~30.
- 8) GLARE, T. R. and T. A. JACKSON eds. (1992): Use of Pathogens in Scarabs Pest Management. Intercept Ltd., Andover, Hampshire, 298 pp.
- 9) 串田 保ら (1987): 応動昆 31: 144~149.
- 10) 廿日出正美 (1997): 芝草の害虫とその防除. 芝草・芝地ハンドブック (北村文雄・眞木芳助・柳 久・大久保昌・野間 豊), 博友社, 東京, pp. 279~321.
- 11) MAMIYA, Y. (1988a): Appl. Entomol. Zool. 23: 313~320.
- 12) 真宮靖治 (1988 b): 林業技術 No. 557: 15~19.
- 13) 中筋房夫 (1997): 総合的害虫管理学. 養賢堂, 東京, 273 pp.
- 14) NISHIMURA, Y. (1994): World Journal of Microbiology & Biotechnology 10: 207~210.
- 15) 小倉信夫・大矢慎吾 (1992): 植物防疫 46: 334~337.
- 16) POINAR, Jr., G. O. (1992): Nematodes Associated with Scarabaeidae. In: Use of Pathogens in Scarab Pest Management (T. A. JACKSON and T. R. GLARE eds.), Intercept Limited, Andover, Hampshire, pp. 93~109.
- 17) TACHIBANA, M. et al. (1996): J. Invertebr. Pathol. 68: 152~159.
- 18) YOKOYAMA, T. et al. (1993): Appl. Entomol. Zool. 28: 451~461.
- 19) ——— et al. (1998): ibid. 33: 215~218.

表-4 *M. anisopliae* No. 31 製剤のドウガネブイブイ幼虫に対する殺虫性(藤家ら, 1993 b を改変)

試験区	分生子数/ml	死亡率(%)	50%死亡日数
製剤	1×10 ⁶	70.4	9
	1×10 ⁷	92.6	8
培養物	1×10 ⁶	42.6	12
	1×10 ⁷	48.1	8
無処理	—	0	—