

芝草害虫の微生物的防除

千葉県農業試験場 ^{ふじ} 藤 ^{いえ} 家 ^{あずさ} 梓

はじめに

ゴルフが趣味だという人は多く、国民的スポーツといっ
てよいかもしれない。その反映か、我が国には2,000か
所近いゴルフ場があり、その数はさらに増えようとして
いる。ゴルフ場のこのような増加に伴い、芝草の管理に
用いられる農薬（特に化学合成農薬）が、河川など環境
を汚染するのではないかという懸念が広がっている。実
態としても散布された殺菌剤が河川へ流出し、それが原
因とみられる養殖魚の大量死亡事故も起こっている
(1989年11月22日付け北海道新聞)。

これらの動向に対応し、多くの自治体では、ゴルフ場
における農薬の使用実態や外部への流出に大きな関心を
はらっており、特定の基準に従った調査や規制を実施し
ている。千葉県では特に厳しい規制を実施しており、県
の指導要綱の一部を改正し、新設ゴルフ場では芝草や樹
木の管理に農薬を使用しないことを義務づけ、1990年4
月に施行した。既設ゴルフ場に対しては農薬使用の通減
を要請している。

減農薬管理を目指す場合、安易に農薬を使用している
ゴルフ場では、可能な限り使用量を減らすべきである
(谷, 1990)。しかし、さらなる減農薬や無農薬管理を目
指す場合、代替の防除技術の開発・適用が不可欠であ
る。代替技術として多くの方法が考えられるが、芝草で
は微生物的防除法に大きな期待が寄せられている。そこ
で、芝草害虫を対象に微生物的防除の現状を紹介する。

I 芝草の主要害虫

我が国における芝草害虫は、表-1に示したとおりであ
る。シバオサゾウムシやシバツトガのような外国からの
侵入害虫に大害虫が目立つ。種類数は、有害小動物も含
め50種以上に達するであろう。この中で千葉県のゴルフ
場でしばしば問題になっている重要害虫は、コガネムシ
類（ドウガネブイブイ・ヒラタアオコガネ・マメコガ
ネ・ヒメコガネ・セマグラコガネなど）、シバオサゾウム
シ、シバツトガ、スジキリヨトウである。その他、タマ
ナヤガ、ケラ、ミミズ、モグラによる被害も大きい。

ある害虫が重要害虫か否かを判断する基準は、個体数
と芝草に与える被害の大きさである。前者を客観的に評

価することは、枠法、ライトトラップ、フェロモントラ
ップ、ピットホールトラップなどを用いた調査により可
能である。しかし、野外での害虫密度を正確に反映した
調査結果を得るには、サンプリング理論に基づいた調査
を行う必要がある。ライトトラップやフェロモントラッ
プは、気象条件の影響を受けやすく、またどの範囲の密
度を反映しているのかも明らかではない。ゴルフ場での
害虫の調査法に関する研究は今後の課題である。

一方、後者を客観的に評価することは、さらに容易で
はない。なぜなら、コガネムシ類やシバオサゾウムシの
ような土壌害虫では、被害判定が困難な加害初期から、
枯れ上がる加害終期まで、被害が連続的で評価しにく
い。シバツトガやスジキリヨトウでも事情は同じであ

表-1 我が国における芝草害虫・有害小動物

害虫名	備考
(鞘翅目) コガネムシ類 シバオサゾウムシ クロクシコメツキ	侵入害虫
(鱗翅目) シバツトガ スジキリヨトウ タマナヤガ アカフツツリガ	侵入害虫
(半翅目) チガヤシロオカイガラムシ スナコバナナガカメムシ カメムシ類	侵入害虫
(双翅目) ガガンボ類 キモグリバエ類 ケバエ ユスリカ	
(直翅目) ケラ エンマコオロギ	
(線虫類) シバネコブセンチュウ サツマイモネコブセンチュウ	侵入害虫
(有害動物) ヤスデ ダニ類 ミミズ類 コウベモグラ	

(吉田, 1989より作成)

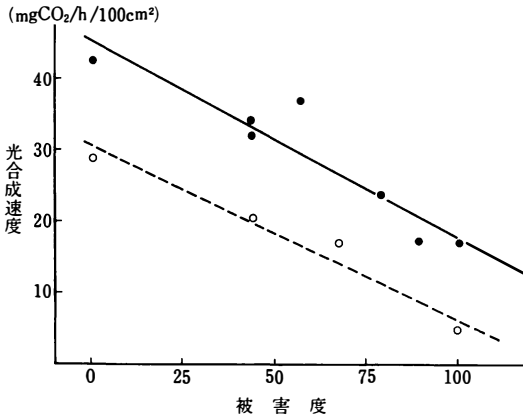


図-1 ドウガネブイブイ幼虫による芝草(ヒメコウライシバ)の被害と光合成との関係(藤家ら, 1994)

●: 1990年 $Y = 44.86 - 0.27X$ ($r^2 = 0.86$, $P < 0.01$)

○: 1991年 $Y = 30.66 - 0.24X$ ($r^2 = 0.98$, $P < 0.05$)

被害度を褐変面積率により4段階(0:0%, 1:1-25%, 2:26-50%, 3:51-100%)に分けて調査し、次式によって被害度を算出した。

$$\text{被害度} = \frac{3N_3 + 2N_2 + N_1}{3 \times (N_3 + N_2 + N_1 + N_0)} \times 100$$

(N_0 , N_1 , N_2 , N_3 は各被害程度を示したサンプル数を示す)

る。また、芝草病害が虫害を助長することも多く、殺菌剤が虫害を抑制することもある。芝草の被害は、農作物の被害調査に使われている被害株率や被害率率などの指標にはなじまない。芝草を切り取れる場合、乾物重が妥当な指標であるが、そうでない場合には外観的な被害程度を用いるしかない。被害は、食害程度や褐変程度として肉眼で判定されるため、調査者の個人差がでるおそれがあるので、事前に十分な目合わせが必要である。個人差を避けるため、色差計などの計器も利用すべきである。しかし、被害程度の外観的な判定という方法は、図-1に示したように、芝草の真の被害(この場合、光合成速度の低下)を反映しており、簡便で有効な被害の評価法といえる。

II 芝草害虫における微生物的防除法

生物的防除法とは、天敵を利用して行う害虫防除法のことをいうが、そのうち微生物天敵を利用した防除法を微生物的防除法という。天敵の利用技術は、「土着天敵の保護」、「天敵の放飼(接種)と定着化」、「天敵の農薬的利用」に分けられるが、微生物天敵でも同じである。

土着天敵の保護は、土着の天敵の働きを高めることによって害虫密度を低い水準で変動させ、実害を小さくして最終的には非害虫化を目指すものである。この方法は

総合防除の理念と一致する。具体的には天敵の生息場所を確保したり、代替寄主を増やしたり、二次天敵を減らしたりする。この方法は即効的ではなく、またケースバイケースのようなところがあり、技術としての一般化が難しい。篤農技術的ともいえる。しかし、独自の工夫により実現できれば、害虫の発生しにくいゴルフ場に行うことができる。

天敵の放飼と定着化は、果樹を加害する侵入害虫で成功している方法である。天敵を放飼し、定着させることによって、半永久的な防除効果をねらうもので、成功すれば理想的である。ゴルフ場は永年作物が栽培されている果樹園に似たところがあり、シバオサゾウムシやシバツトガのような侵入害虫にためしてみる価値はある。

天敵の農薬の利用は、天敵の定着には期待せず大量増殖した天敵を定期的に施用するという方法である。農薬登録された天敵製剤は、生物農薬といわれる。芝草では天敵線虫 *Steinernema carpocapsae* (バイオセーフ®) が農薬登録されている。農作物を加害する鱗翅目害虫を対象にBT剤として広く用いられている天敵細菌 *Bacillus thuringiensis* 製剤も芝草へ適用拡大されつつある。

化学農薬の使用に対して問題意識を持っているゴルフ場のコース管理者は、試行錯誤的に土着天敵の保護なども試みている。しかし、効率的でマニュアル化しやすい天敵利用法は農薬的利用である。企業が開発に参加しやすいのもこの分野である。したがって、現在ゴルフ場の芝草を対象に研究されている微生物利用のほとんどは、農薬的利用である。

なお、天敵微生物を含めた天敵が環境に及ぼす影響については、注意深く見守る必要がある(広瀬, 1994)。

III 天敵線虫

天敵線虫(昆虫寄生性線虫)は、生物学的には微生物ではないが、便宜上天敵微生物に含まれることが多い。また、芝草を対象に利用が進んでいるので、本稿でも紹介する。

Steinernema 属と *Heterohabditis* 属の天敵線虫の害虫防除への利用が最もよく研究されている(KLEIN, 1990; POINAR, 1990)。わが国でも佐賀大学の石橋らを中心に研究が行われてきた(1987年「昆虫寄生性線虫による生物的防除手法の開発」、1990年「有用線虫による病害虫総合防除法の開発」)。芝草でも、コガネムシ類に効果的な *S. kushidai* が発見されたこと(串田ら, 1987; MAMIYA, 1988)と、*S. carpocapsae* (All)の製剤がアメリカから導入されたことなどがきっかけとなり、防除研究が盛んに行われるようになった。

表-2 芝草(ヒメコウライシバ)柵圃場におけるドウガネブイブイ幼虫に対する天敵線虫 *Steinernema kushidai* と天敵糸状菌 *Metarhizium anisopliae* の防除効果(藤家ら, 1994)

試験区	生存幼虫数/m ²	被害度	乾物重/100 cm ²
天敵線虫	0	33	24.4
天敵糸状菌	1.0	33	23.0
無処理	7.0	100	8.2
幼虫無放飼	0	0	25.9

- 1) 被害度については図-1を参照。
2) 2回処理。最終処理後16日目に調査。

KLEIN (1990) は、芝草を加害するマメコガネなどを対象に行われた *S. carpocapsae*, *S. glaseri*, *H. bacteriophora* を用いた防除試験の例を紹介している。そのほかにも芝草害虫を対象にした線虫による防除試験が多数行われている(例えば, SHETLAR et al., 1988; BUHLER and GIBB, 1994)。廿日出ら (1988) は、殺虫剤と線虫の混用による相乗効果を報告している。一方、殺虫剤の線虫への影響についての報告もある(ZIMMERMANN and CRANSHAW, 1990; 藤家ら, 1993a)。KAYA and GAUGLER (1993) は、他の天敵微生物の存在などのストレスが線虫の感染性を高める可能性を示した。*S. kushidai* は殺虫剤の効果が低いドウガネブイブイに対する防除効果も高く(表-2)、実用化のための研究も進められている。

天敵線虫製剤バイオセーフ®は、1993年にシバツトガ、スジキリヨトウ、シバオサゾウムシを対象に農薬登録された。感染態幼虫25~50万頭/m²を水0.5~2 lに懸濁して散布した後、スプリンクラーなどで水をさらに散布し、茎葉に付着した線虫を洗い流すという処理方法がとられている。兵庫県立中央農業技術センターでは、ゴルフ場で線虫製剤と殺虫剤を組み合わせたシバオサゾウムシの体系防除を試みた。千葉県農業試験場では、線虫製剤だけの防除体系の確立を試みている。

平成6年度現在、*S. kushidai* (コガネムシ類)、*S. glaseri* (コガネムシ類)、*S. carpocapsae* (タマナヤガ)の農薬委託試験が芝草で行われている。

IV 天敵糸状菌

千葉県農業試験場では、畑作物を加害するコガネムシ類を対象に天敵糸状菌 *Metarhizium anisopliae* を用いた防除試験を実施し、その過程で菌の改良を試みた(図-2)。改良菌株 *M. anisopliae* No.31はドウガネブイブイ1齢幼虫に対して殺虫性が高く、速効的であった(YOKOYAMA et al., 1993; 藤家ら, 1993b)。芝草での効果も高く(表-2)、実用化に向けた試験が継続されている。

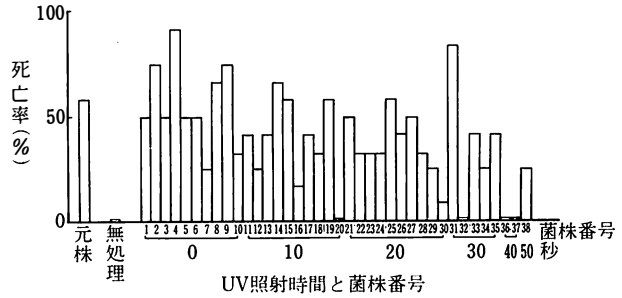


図-2 UV照射した天敵糸状菌 *Metarhizium anisopliae* のプロトプラスト由来の菌株のドウガネブイブイ1齢幼虫に対する殺虫性(YOKOYAMA et al., 1993)

V 天敵細菌

BT剤の生菌製剤チューリサイド®が、シバツトガを対象に芝草に適用拡大されている。さらに、平成6年度には、芝草を加害するシバツトガ、スジキリヨトウ、タマナヤガを対象に6種類のBT剤(生菌、死菌)の農薬委託試験が行われており、近々使えるようになるであろう。私たちがシバツトガとスジキリヨトウを対象にBT剤の効果が高いことを確認している。

アメリカではマメコガネを対象に *B. popilliae* 製剤が市販されているが、今のところわが国では使えない。最近、ドウガネブイブイ幼虫に対する殺虫性が高い *B. thuringiensis* の系統(血清型 *japonensis*; ブイブイ株)がわが国で発見された(OHBA et al., 1992)。すでに圃場レベルで防除試験も行われており、実用化が期待されている。

B. thuringiensis は遺伝子レベルの解析が最も進んだ天敵細菌で、トキシナンパク遺伝子も詳細に研究されている(堀, 1991)。近年、BTのトキシナンパク遺伝子を導入し、害虫抵抗性作物を作出する試みがなされており、タバコ、トマト、ワタ、トウモロコシなどで成功している。わが国でもBTの *cryIA* (b) 遺伝子を導入した害虫(ニカメイガ、コブノメイガ)抵抗性イネが作出されている(FUJIMOTO et al., 1993)。千葉県農業試験場でも、芝草(ペントグラス)にエレクトロポレーション法で *cryIA* (a) 遺伝子を導入することに成功している。

VI その他の天敵微生物

その他の天敵微生物として、原生動物やウイルスがよく知られている。しかし、芝草の害虫を対象としてはほとんど用いられていない。

千葉県農業試験場には化学合成農薬を用いないで管理

している約2 haの芝草圃場がある。スジキリヨトウによる産卵が毎年多数観察されるが、被害は認められない。幼虫密度は低く、わずかに採集できた幼虫には例外なく原生動物(微孢子虫: *Nosema* sp.)の寄生が認められた。単離された *Nosema* sp.の殺虫性は極めて高く、また一般の微孢子虫類が遅効的であるのに比べ、本種は速効的である。しかし、本種も大量培養は難しく、農業的使用には向かない。むしろ、芝草に定着させ、永続的な効果をねらうという方向の技術開発を行うべきであろう。

天敵ウイルスは芝草害虫には用いられていないが、有望なものも多く、今後検討すべきであろう。芝草の緑には松があうようで、松の多いゴルフ場がある。そのようなゴルフ場では、マツカレハ細胞質多角体病ウイルスを利用できる。

そのほかにも多くの生物的資材がゴルフ場向けに出回っている。千葉県農業試験場で試験をした範囲では、因果関係が明らかで害虫に効果のある資材は見当たらない。

おわりに

微生物天敵の利用技術は急速に発展し、ゴルフ場などで芝草管理に広く導入されるであろう。「土着の天敵微生物の保護」という考え方は、広く受け入れられるにもかかわらず、実際に行うには技術的に難しい点が多い。「天敵微生物の接種と定着化」に関する技術開発もほとんど行われていない。これらの技術を試みる価値は十分あるが、当面は「天敵微生物の農業利用」が中心的な技術であろう。微生物農業は多くの優れた性質を持っているが、無定見な使用は化学合成農薬の多用と同様の問題を

生ずる。

これを避けるには、特定的手段に偏ることがないよう、物理的・生態的防除手段も開発し、それらを組み合わせる用いることが不可欠である。さらに、品質絶対の風潮を改め、病害虫に強い、地域に適した芝草の利用も考えてみてはどうであろうか。

引用文献

- 1) BUHLER and T. J. GIBB (1994): J. Econ. Entomol. 87: 638~642.
- 2) 藤家 梓ら (1993a): 応動昆 37: 53~60.
- 3) ———ら (1993b): 千葉農試研報 34: 91~97.
- 4) ———ら (1994): 同上 35: 1~7.
- 5) FUGIMOTO, H. et al. (1993): Bio/Technology 11: 1151~1155.
- 6) 廿日出正美ら (1988): 芝草研究 17: 53~58.
- 7) 広瀬義躬 (1994): 農業技術 49: 145~149.
- 8) 堀 秀隆 (1991): 植物防疫 45: 493~497.
- 9) KAYA, H. K. and R. GAUGLER (1993): Annu. Rev. Entomol. 38: 181~206.
- 10) KLEIN, M. G. (1990): Entomopathogenic Nematodes in Biological Control (R. Gaugler and H. K. Kaya eds.), Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 195~214.
- 11) 串田 保ら (1987): 応動昆 31: 144~149.
- 12) MAMIYA, Y. (1988): Appl. Entomol. Zool. 23: 313~320.
- 13) OHBA, M. et al. (1992): Letters in Applied Microbiology 14: 54~57.
- 14) POINAR, G. O., Jr. (1990): Entomopathogenic Nematodes in Biological Control (R. Gaugler and H. K. Kaya eds.), Boca Raton, Florida: CRC Press, pp. 23~61.
- 15) SHETLAR, D. J. et al. (1988): J. Econ. Entomol. 81: 1318~1322.
- 16) 谷 利一 (1990): 芝草研究 18: 153~170.
- 17) YOKOYAMA, T. et al. (1993): Appl. Ent. Zool. 28: 451~461.
- 18) 吉田正義 (1989): 植物防疫 43: 660~664.
- 19) ZIMMERMANN, R. J. and W. S. CRANSHAW (1990): J. Econ. Entomol. 83: 97~100.

学会だより

○第1回農業レギュラトリーサイエンス研究会シンポジウムの開催について

テーマ: 農業科学におけるレギュラトリーサイエンスの役割と展望

主催: 日本農業学会

日時: 平成7年1月18日(水) 10:30~17:20

参加費: 10,000円(懇親会費を含む)

場所: JAホール

千代田区大手町1-8-3(地下鉄丸ノ内線大手町駅下車)

交通: 地下鉄丸ノ内線大手町駅下車(A3出口はJAビルに直結しております)

・半蔵門線大手町駅下車1分・地下鉄東西線・千代田線、都営三田線大手町駅下車徒歩約5分・JR東京駅より徒歩約10分

演題(仮題)

1. レギュラトリーサイエンスとは何か
内山 充氏(国立衛生試験所)
2. レギュラトリーサイエンスと農薬
宮本純之氏(住友化学工業株式会社)
3. リスク学のアプローチ
池田三郎氏(筑波大学社会学系)
4. 農薬の環境影響とリスクマネジメント
中西準子氏(東京大学環境安全研究センター)
5. 総合討論
農業科学におけるレギュラトリーサイエンスの役割
玉川重雄氏(三井東圧化学株式会社)
農業科学におけるレギュラトリーサイエンスの展望
と方向
山本広基氏(島根大学農学部)
6. 懇談会

連絡先: 〒360 埼玉県熊谷市久保島1372

埼玉県農業試験場 環境生物部 中村幸二氏

TEL0485-21-5041 FAX0485-22-1840