

誘殺灯を利用した大量誘殺によるアオドウガネの防除

沖縄県農業研究センター ^{あらかき}新垣 ^{のりお}則雄・^{ながやま}永山 ^{あつし}敦士

沖縄県病害虫防除技術センター ^し清 ^{みず}水 ^{ゆう}優 ^こ子

興南施設管理株式会社 ^や屋 ^ら良 ^{かず}一 ^{ひさ}寿

はじめに

青色発光ダイオード (LED) を開発した赤崎 勇 (名城大学教授), 天野 浩 (名古屋大学教授), 中村修二 (米カリフォルニア大サンタバーバラ校教授) の三名に 2014 年ノーベル物理学賞が授与された。この青色 LED の開発によって, 新しい方法で明るく省エネルギーな白色光源を作り出すことが可能となった。この偉大なる発明によって, LED を光源とする電球が普及し, 私たちの日常生活の様々な場面で使われている。さらに, その後の研究によって, 青色 LED の短波長を作り出せる領域が広がり, 紫外線に近い波長まで作り出すことも可能となった。これが紫外線 LED (UV-LED) である。人間が見ることができる光の波長は 360 ~ 830 nm であるが, 一般に昆虫が認識できる範囲は 300 ~ 650 nm とされており, 特に 315 ~ 400 nm 付近の光に誘引されることが知られている。この領域の波長まで LED で作り出すことが可能になったことで, 害虫防除の応用現場でも, UV-LED は広く利用されるようになった。

サトウキビ栽培においてアオドウガネは重要な土壌害虫で, 幼虫は地下部の根や茎部を加害する (比嘉・照屋, 1978; ARAKAKI et al., 2004)。被害がひどい場合は一筆の圃場のサトウキビが枯れ上がり, 収穫不能になる。土壌害虫は一般に農薬による防除が難しく, また大きな河川のない宮古島では飲料水を地下水に依存しているため, 集水域の農地では農薬散布を控えなければならないが, 有効な防除手段がなかった。アオドウガネ成虫は 5 月初旬から 7 月下旬にかけて地上に出現し, 交尾と産卵を行う (比嘉ら, 1978)。成虫は光に誘引され, 特にブラックライト (波長: 300 ~ 400 nm) に強く誘引されることが知られている。誘殺灯で成虫を防除するためにブラックライト誘殺灯 (図-1 B, 口絵① B) が国の補助事業

によって宮古諸島に 1986 年に初めて導入された。それから毎年のように 100 基ずつのペースで異なる地域に設置され, 2003 年には合計導入数は 1,719 基に達した。しかしながら, たびたび襲来する台風で破損することが頻繁にあり, また値段の高いバッテリーも寿命のため 4 年ごとに取り替えねばならず, 維持管理にかなりのコストが必要であった。設置基数が増えるほど地域財政には大きな負担となり, すべてを正常に維持できない状態になった。このため結果的に全体の稼働率が低くなり, 十分な防除効果を上げることはできなかった。ちなみに 2006 年の稼働率は, 耐用年数 (15 年) が過ぎたものを除くと, わずか 20% 程度であった。

近年, アオドウガネ類を対象とした UV-LED ライト (波長: 395 nm) を利用した誘殺灯 (図-1 A, 口絵① A) が興南施設管理 (株) によって開発された。多数の UV-LED ライト誘殺灯が宮古島, 伊良部・下地島, 多良間島に 2008 年に導入され, さらに旧ブラックライト誘殺灯も故障しているものを修繕し, 稼働できる状態にした。そして 2008 年から 1,538 基の UV-LED ライト誘殺灯と 565 基のブラックライト誘殺灯, 合計で約 2,100 基が宮古諸島でアオドウガネの大量誘殺のために稼働することになった。本稿では 2008 ~ 13 年にかけての 6 年間実施された誘殺灯を利用した大量誘殺によるアオドウガ

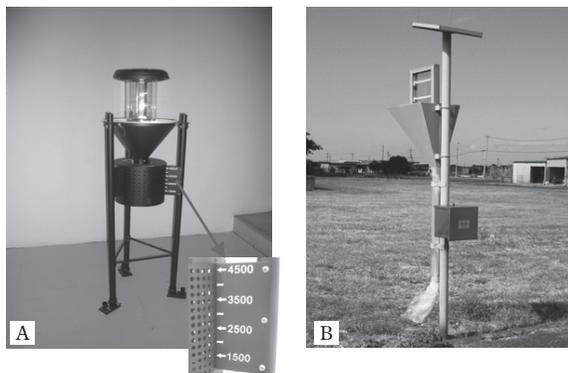


図-1 UV-LED ライト誘殺灯 (A) とブラックライト誘殺灯 (B)

矢印はアオドウガネの捕獲数を推定するスケールを示す。

Suppression of Green Chafer *Anomala albopilosa* (Hope) (Coleoptera : Scarabaeidae) Populations by Mass Trapping with Light Traps. By Norio ARAKAKI, Atsushi NAGAYAMA, Yuko SHIMIZU and Kazuhisa YARA

(キーワード: 大量誘殺, LED ライト, ブラックライト, コガネムシ, サトウキビ)

ネの防除効果を報告する (ARAKAKI et al., 2015)。

I UV-LED ライト誘殺灯

光源は漏斗の上であり、12個のUV-LED球(計0.86 W, 395 nm) がらせん状に反射板に取り付けられている(図-1 A)。この光源は透明のアクリル円柱(直径9.7 cm, 高さ20 cm)で覆われている。この円柱は集まってきた昆虫の衝突板としても機能している。ソーラーパネル(直径21 cm, 2.5 W, 6 V)で発電された電力は3個の充電電池(単3型ニッケル水素電池)に蓄電される。誘引されてきた昆虫は漏斗(直径31 cm, 高さ24 cm)によって捕獲かご(直径23 cm, 高さ20 cm)に集められる。捕獲かごには多数の穴(直径6 mm)が開けられており、小昆虫類、例えば益虫のクサカゲロウなどが捕獲されてもこの穴から脱出できる。また、かご内は風通しがよく、捕獲されて死んだコガネムシ類を乾燥した状態で取り出すことができる。かごには捕獲数を推定するためのスケール(幅7.2 cm, 高さ15 cm)が取り付けられており、かごのアオドウガネの堆積高とスケールの目盛を合わせることで大まかにかご内の捕獲数を推定できる。誘殺灯の脚底は、3本の鉄製杭で地面に固定される。ライトは日没後4時間点灯される。

II ブラックライト誘殺灯

ブラックライト誘殺灯は京セラ(株)によって開発された(図-1 B)。漏斗の上に二つのブラックライト蛍光灯(33 cm, 計20 W, 300~400 nm)が水平に取り付けられている。これらの蛍光灯は2 cm 間隔の鉄の棒(直径2 mm)で両サイドを格子状に囲われており、これらの棒は蛍光灯の物理的保護と、誘引された昆虫を下の漏斗へたたき落とす役目も果たす。ソーラーパネル(50.5 × 51.4 cm, 26 W, 12 V)で発電された電力は蓄電池(12 V, 19 kg)に蓄えられる。漏斗(開口部: 50 × 70 cm, 高さ71 cm)の底部にはプラスチックパイプ(直径10.5 cm, 長さ73 cm)が取り付けられており、捕獲された昆虫をビニール袋に集める役割を持つ。ビニール袋の底

部には排水用の穴が開けられている。これらのすべての装置は一本のスチール柱(直径8.9 cm, 高さ330 cm)で支えられており、この柱は地面にコンクリートで固定されている。ライトは日没後3.5時間点灯される。捕獲されたコガネムシ数は重量で推定する。

III 誘殺灯によるアオドウガネ成虫の大量誘殺の方法

2種類の誘殺灯を用いた大量誘殺は宮古島、伊良部・下地島、多良間島の農用地で2008~13年の6年間実施された。島の総面積や農用地面積、また2種類の誘殺灯の設置基数は表-1に示した。伊良部と下地島は狭い水路(一番狭い箇所30 m)で分断されているが、五つの橋でつながっており、さらにアオドウガネ成虫は飛翔能力が高いため、二つの島の間を自由に往来できる。したがって、本稿ではこれら二つの島を一つの島:伊良部・下地島として取り扱った。池間島(283 ha)と来間島(284 ha)は宮古島の1.5 km 北西と南西に位置する小島であるが、橋でつながっており、農業統計上は宮古島市の一地域として取り扱われており、本稿でもそのように取り扱う。これらの宮古諸島の主要作物はサトウキビと牧草、タバコ等である。サトウキビと牧草はアオドウガネの餌植物でもある (ARAKAKI et al., 2013)。

誘殺灯によるアオドウガネの大量誘殺事業を推進するために、宮古島、伊良部・下地島、多良間島の各地域に調査作業を委託された人がおり、これらの人々が半月ごとに約2,100基の誘殺灯の個体数をスケールや重量で推定した後に、中身を回収し処分した。宮古島市、伊良部町や多良間村のアオドウガネ大量誘殺事業担当はこれらの調査作業員から報告された捕獲データを取りまとめ、最終的に解析のため、農業研究センターにデータが集められた。誘殺灯の設置数が多いので、データを抽出するために、島に均等に誘殺灯が分散するように任意に選んだ地点番号の誘殺灯をそれぞれ宮古島で48基、伊良部・下地島で24基、多良間島では24基を毎年追跡し、基当たりのアオドウガネ捕獲数の年推移を調べた。

表-1 宮古島、伊良部・下地島、多良間島における農耕地面積および設置した誘殺灯数(2008年)

	島総面積 (ha)	農耕地面積 (ha)	サトウキビ 栽培面積 (ha)	UV-LED 誘殺灯数	ブラックライト 誘殺灯数	誘殺灯数 /10 ha
宮古島	16,489	8,972	7,018	1,130	450	1.8
伊良部・下地島	3,854	1,828	1,460	316	63	2.1
多良間島	1,975	967	556	92	52	1.5

IV 誘殺灯に捕獲されたコガネムシ類の種構成と性比

誘殺灯に捕獲されたコガネムシ類の種構成とアオドウガネの性比を調べるために、宮古島に設置されているUV-LEDライト誘殺灯の中から任意で10基を選び、2013年5月初旬～7月下旬まで10日間隔で捕獲かごの中身を取り出し、実験室に持ち帰って種ごとに個体数を調べた。捕獲されたアオドウガネの性は、前脚の形態的差異(酒井・藤岡, 2007)により識別した。

その結果、10基のUV-LEDライト誘殺灯で計6,694個体のコガネムシ類が捕獲された。そのうち、97.2%をアオドウガネが占めていた(表-2)。残りはリュウキュウスジコガネ *Anomala cpustulata cpustulata* Matsumura in Hirayama が2.1%, ミヤコドウガネ *Anomala miyakoana* Nomura が0.6%, リュウキュウクロコガネ *Holotrichia loochooana loochooana* (Sawada) が0.1%であった。このように捕獲されたコガネムシのほとんどはアオドウガネであったことから、以降の統計解析ではすべての捕獲をアオドウガネとみなして処理した。捕獲されたアオドウガネの雌率は69.9%となり、性比は雌に大きく偏っていた。

V 二つの誘殺灯の捕獲効率の比較

UV-LEDライト誘殺灯とブラックライト誘殺灯のアオドウガネ成虫の捕獲効率を比較するために、2005年の宮古島 各100基分、伊良部・下地島 各80基分、多良間島 各60基分の捕獲数を調べた。その結果、宮古島ではブラックライト誘殺灯はUV-LEDライト誘殺灯よりも有意に多くのアオドウガネ成虫を捕獲した(Welchのt検定, $p < 0.01$, 図-2 A)。UV-LEDライト誘殺灯のアオドウガネ捕獲数(2,220頭)はブラックライト誘殺灯のそれ(5,935頭)の37.4%であった。似たような傾向は多良間島においても認められた(図-2 C)。逆に、伊良部・下地島ではUV-LEDライト誘殺灯はブラックライト誘殺灯よりも有意に多くのアオドウガネ成

表-2 宮古島において2013年5～7月にかけて10基のUV-LEDライト誘殺灯で捕獲されたコガネムシ類の種構成

種	総捕獲数	種構成 (%)
アオドウガネ	6,509	97.2
リュウキュウスジコガネ	139	2.1
ミヤコドウガネ	40	0.6
リュウキュウクロコガネ	6	0.1

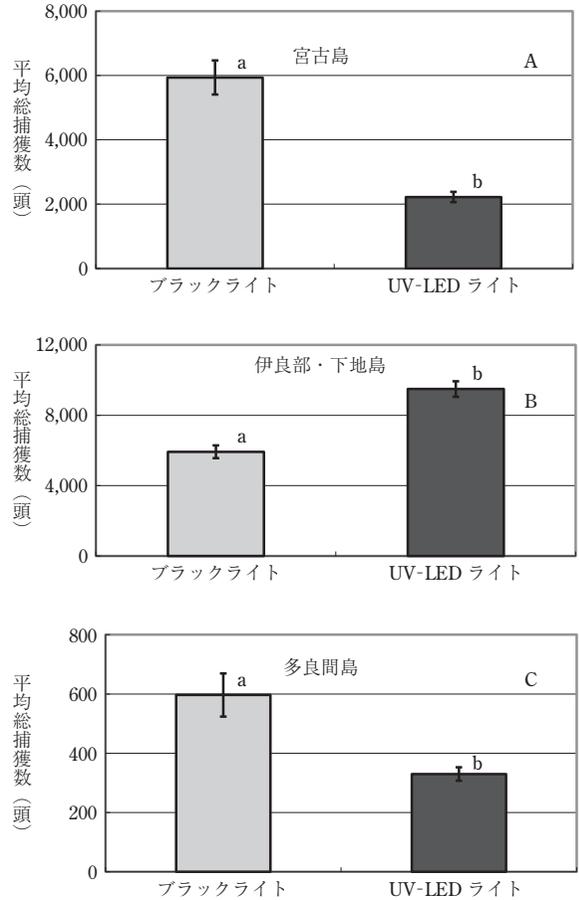


図-2 宮古島 (A)、伊良部・下地島 (B) および多良間島 (C) におけるUV-LEDライト誘殺灯とブラックライト誘殺灯の基当たりアオドウガネの平均誘殺数(2005年)
異なる英小文字は1%レベルで有意差があることを示す(Welchのt検定)。

虫を捕獲した(Welchのt検定, $p < 0.01$, 図-2 B)。UV-LEDライト誘殺灯のアオドウガネ捕獲数(9,495頭)はブラックライト誘殺灯のそれ(5,924頭)の160.3%であった。しかしながら、これらの島間で2種類の誘殺灯によるアオドウガネ誘殺数の逆転の原因は不明である。

VI 大量誘殺によるアオドウガネ成虫の基当たり捕獲数の年推移

宮古島においては、防除期間中の2008～13年にかけてアオドウガネの平均総捕獲数は2,859頭から1,354頭へと有意に減少し(ポアソン回帰分析, $p < 0.001$), 52%の減少が認められた(図-3 A)。伊良部・下地島に

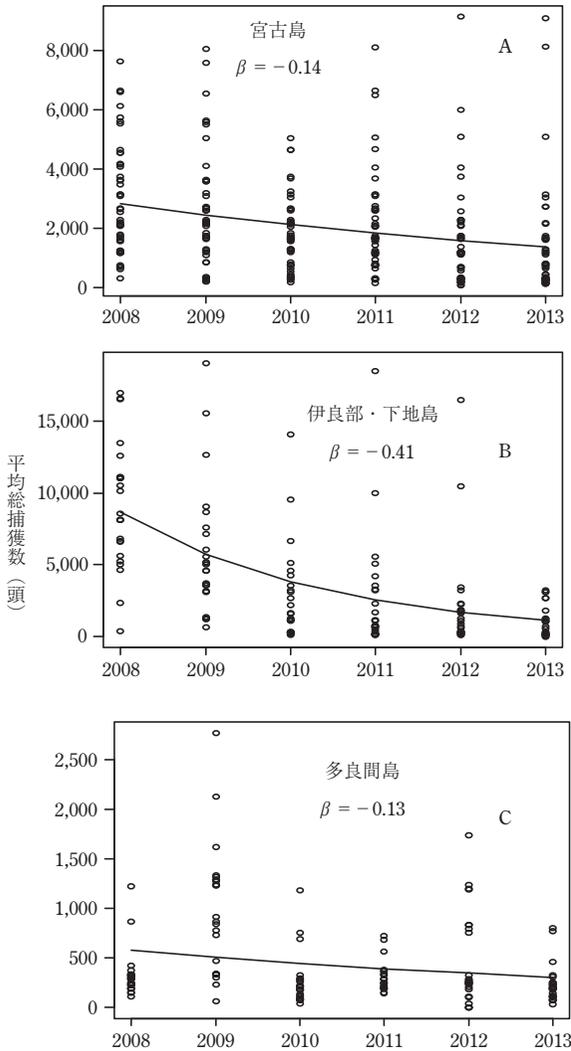


図-3 宮古島 (A) における UV-LED ライト誘殺灯 48 基、伊良部・下地島 (B) 24 基および多良間島 (C) 24 基における 2008～13 年にかけてのアオドウガネ成虫の年平均捕獲数のポアソン回帰検定 ($p < 0.001$), β はポアソン回帰の傾き

においては、平均総捕獲数は 9,059 頭から 1,025 頭へと有意に減少し (ポアソン回帰分析, $p < 0.001$), 89%の減少が認められた (図-3 B)。多良間島においては、平均総捕獲数は 324 頭から 233 頭へと有意に減少し (ポアソン回帰分析, $p < 0.001$), 28%の減少があった (図-3 C)。

VII 防除後のアオドウガネ幼虫の密度変化

誘殺灯による大量誘殺事業の 6 年間の防除効果を確認するために、宮古島、伊良部・下地島、多良間島で 2014 年 1 月にそれぞれ 51, 20, 10 箇所のサトウキビ圃場

で 6 株を掘り取り、幼虫密度の調査を行った。掘り取った株数はそれぞれ 306 株, 120 株, 60 株であった。防除前年のデータとして、2005～06 年にかけて同じようにサトウキビ圃場で調べられたアオドウガネ幼虫密度の値と比較した。

その結果、宮古島においては株当たりの平均アオドウガネ幼虫密度は防除前年の 1.34 頭から防除後の 0.12 頭へと有意に減少し (GLMMs 検定, $p < 0.0001$), 91%の減少が認められた (図-4 A)。伊良部・下地島においても似たような株当たりの平均幼虫密度の減少が見られ (GLMMs 検定, $p < 0.0001$), 90%の減少が認められた (図

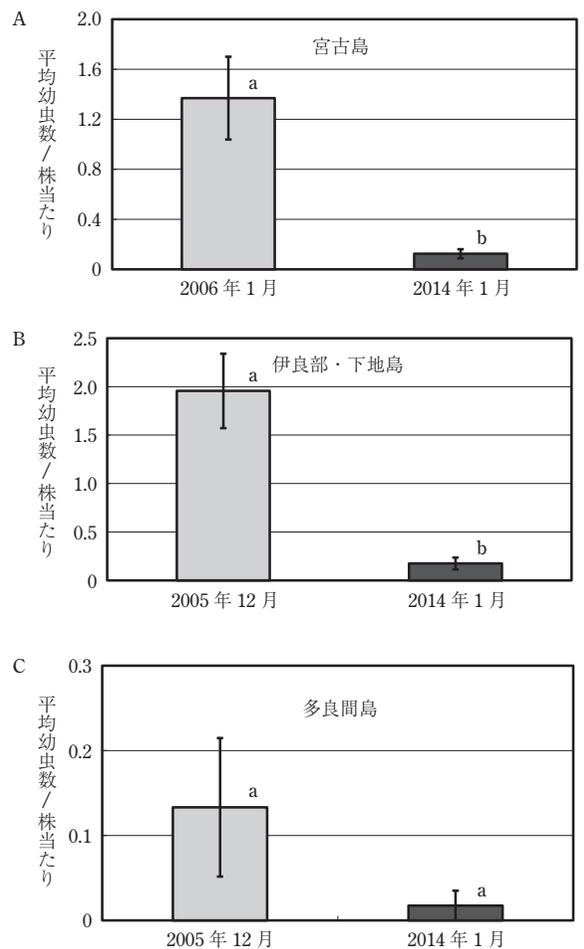


図-4 宮古島 (A)、伊良部・下地島 (B) および多良間島 (C) における防除前年 (2005 年 12 月および 2006 年 1 月) と誘殺灯を利用した大量誘殺による 6 年間の防除後 (2014 年 1 月) のサトウキビ株当たりの平均アオドウガネ幼虫密度
異なる英小文字は 0.01% レベルで有意差があることを示す (GLMMs 検定)。

-4 B)。多良間島では統計的な有意差はない (GLMMs 検定, $p > 0.05$) が, 73%の減少が認められた (図-4 C)。

VIII 誘殺灯によるアオドウガネ成虫の大量誘殺の防除効果

前述したように, 多数の誘殺灯によるアオドウガネの大量誘殺法は, 島のような隔離された環境では, 防除効果が高いことが実証された。

一般に性フェロモンによる害虫の雄成虫大量誘殺の場合は防除効果がないか, あるいは効果が不安定なことが多い (小川・ウィツガル, 2005)。雄は何度でも交尾できるので, 雄を多数捕獲しても残った雄が何度でも交尾すれば防除効果は期待しにくい。そのため現在では防除の主流は交信かく乱法に移っている。一方, 誘殺灯による大量誘殺の場合は, 雌成虫も直接除去することから, 確実に次世代の密度を下げることにつながる。しかも, アオドウガネにおいては雄よりも雌のほうが多く誘殺されるため, さらに防除効果は高まる。我が国では終戦後に稲の害虫であるニカメイガやサンカメイガの防除のために青色蛍光灯を用いての大量誘殺による防除が全国規模で実施されていた (石倉, 1991)。1948年には全国で67,952基の誘殺灯が設置され, さらなる増設が計画されていた。しかし, 益虫も殺傷するとしてGHQから中止命令が1949年に出され, その後有機塩素系殺虫剤による防除へと移行していった。今回の多数の誘殺灯によるアオドウガネの大量誘殺法による防除は, 宮古諸島という限定された地域ではあるが, 甲虫では初の成功事例となる。

なぜアオドウガネでは雄よりも雌のほうが多く誘殺されるのだろうか? その理由として次のことが考えられる。サトウキビ畑で羽化した成虫の卵巣や精巣は未熟であり, 餌を食べる必要がある。ところが, サトウキビ葉は餌として不適なので, 畑から広葉樹の繁る海岸や森林のほうへ移動しなければならぬ。成虫は特に海岸植生のクサトバラの葉が好物で, この群落に集合し, そこで葉を食べ, 交尾を繰り返しながら性成熟する。性成熟した雌は産卵のために再びサトウキビ畑に移動するが, そ

の過程で誘殺される確率が高くなると考えられる。一方, 雄のほうは海岸植生にとどまって新しい雌との交尾の機会を狙うほうが繁殖成功率は高くなるので, 誘殺される確率が低いと考えられる。このような雌雄の繁殖行動の違いが反映しているのであろう。

おわりに

旧式のブラックライト誘殺灯は前述したように, メンテナンスにかなりのコストが掛かるため, 設置基数が増えるほど地方自治体には経済的に大きな負担となり, 維持管理できない状況が生じてしまう欠点があった。UV-LEDライトの登場はこの状況を大きく変えることになった。UV-LEDライトの電力消費 (0.86 W) はブラックライト (20 W) に比べると遥かに少なく, このことによりソーラーパネルは小型になり, さらに充電電池も単3型とコンパクトになり, 数百円で買える代物となった。電球も長寿命である。すべての重量をあわせても6 kgと軽量なので持ち運ぶことができ, アオドウガネ成虫の出現する3か月間だけ野外に設置し, 残りの9か月は倉庫に保管するという可動式的な使用が可能となった。また, 台風が接近してきた場合も一時的にUV-LEDライト誘殺灯を倉庫に避難させることにより, 台風による破損が生じない。これらの理由により, UV-LEDライト誘殺灯の維持コストが安くなり地方自治体でも安定して利用できることになった。やがて旧式のブラックライト誘殺灯は耐用年数が過ぎるにつれて消滅し, すべてがUV-LEDライト誘殺灯になるであろう。

引用文献

- 1) ARAKAKI, N. et al. (2004): *Appl. Entomol. Zool.* **39**: 455 ~ 462.
- 2) ——— et al. (2013): *ibid.* **48**: 331 ~ 335.
- 3) ——— et al. (2015): *ibid.* **50**: 291 ~ 296.
- 4) 比嘉俊昭ら (1978): 九病虫研究会報 **24**: 132 ~ 135.
- 5) ———・照屋林宏 (1978): 同上 **24**: 136 ~ 138.
- 6) 石倉秀次 (1991): 誘蛾燈史-誘蛾燈による稲螟虫の防除, 日本植物防疫協会, 東京, 164pp.
- 7) 小川欽也・ピーターウィツガル (2005): フェロモン利用の害虫防除-基礎から失敗しない使い方まで, 農山漁村文化協会, 東京, 144pp.
- 8) 酒井 香・藤岡昌介 (2007): 日本産コガネムシ上科図説 第2巻 食葉群 I, 昆虫文献 六本脚, 東京, p.127.