

特集：フェロモン研究最近の話題

コスカシバの性フェロモン

鳥取大学農学部	中 ^{なか}	秀 ^{ひで}	司 ^し
名城大学農学部	堀江 ^{ほりえ}	義照 ^{よしてる}	有田 ^{ありた}
信越化学工業	望 ^{もち}	月 ^{づき}	文 ^{ふみ}
東京農工大学 BASE	安 ^{あん}	藤 ^{とう}	昭 ^{あき}
			哲 ^{てつ}

はじめに

スカシバガ科昆虫は全世界に広く分布している昼行性ガ類で、現在までに約1,350種が記載され、日本国内では2亜科12属40種と、さらに数種の未記載種が確認されている(有田・池田, 2000; PUHRINGER and KALLIES, 2004; 岩崎・有田, 2008; 木村, 私信)。スカシバガ類には栽培果樹や森林の構成樹を枯らす重大な害虫が多く含まれるため、古くから研究の対象となっていた。特に配偶行動における研究では雌が放出する性フェロモンに雄が誘引されることが既に知られており、現在までに18種で性フェロモンが同定され、80種以上で性誘引物質が明らかになっている(安藤, 2009)。

スカシバガ科昆虫の性フェロモン成分が初めて明らかにされたのは、米国のモモ園に発生する2種のスカシバガ、*Synanthedon pictipes* と *S. exitiosa* である。TUMLINSON et al. (1974) は、前者が(3E,13Z)-3,13-octadecadienyl acetate (E3,Z13-18:OAc) を、後者が(3Z,13Z)-3,13-octadecadienyl acetate (Z3,Z13-18:OAc) をそれぞれ性フェロモンとして利用すること、両者は互いの性フェロモンで誘引を強く阻害されることを明らかにした。

一方、国内ではバラ科果樹を加害するコスカシバ(*Synanthedon Hector*)、カキを加害するヒメコスカシバ(*S. tenuis*) 等数種のスカシバガ科害虫が報告されており、処女雌トラップなどによってコスカシバを中心に性フェロモンの効果が検証されつつあった(柳沼, 1973; 柳沼ら, 1975)。YAGINUMA et al. (1976) は、TUMLINSON et al. (1974) が報告した2成分とその(E,E)-および(Z,E)-異性体を用いたスクリーニング試験を行い、コスカシバがE3,Z13-18:OAc と Z3,Z13-

18:OAc の1:1混合物に強く誘引されることを明らかにした。また、その後ヒメコスカシバが単独のZ3,Z13-18:OAc に強く誘引され、その誘引はE3,Z13-18:OAc によって強く阻害されることも明らかになった(玉木ら, 1977)。

YAGINUMA et al. (1976) の結果を受けて、交信かく乱剤としてチェリトルア剤(スカシバコン[®], 信越化学工業)が開発され、1989年以降、国内のオウトウ・ウメの果樹園において実用化された。また、スカシバコン[®] はカキ園のヒメコスカシバにも有効であることが明らかとなり、同製剤はカキ園でも利用されている。スカシバコン[®] は果樹園においてコスカシバなどの被害(発生)を強力に抑えることができ、現在に至るまで代表的な交信かく乱剤の一つとされている(若村, 1992; ANDO et al., 2004)。

しかしながら、YAGINUMA et al. (1976) が報告したE3,Z13-18:OAc と Z3,Z13-18:OAc の1:1の混合物に、処女雌と同等以上の誘引活性があったことや、その結果を基にして作られたスカシバコン[®] による交信かく乱が良好な結果をもたらしたことから、本種の性フェロモン成分は分析されないままであり、真の性フェロモン成分は筆者らの研究まで明らかにされなかった(NAKA et al., 2008)。

I 性フェロモン同定のプロセス

性フェロモンを同定するには、コーリング中の処女雌から性フェロモン成分を抽出することが望ましい。スカシバガ科昆虫のほとんどは幼虫期に樹木などを穿孔しその内部を食害するため、卵や若齢幼虫からの飼育が非常に困難である。そのため、コスカシバ性フェロモンの同定には、野外のウメ園で老熟幼虫を採集し、それを羽化させたものを用いた。野田ら(2000)により、本種雄の配偶行動が、照度の低下により解発される可能性が示されている。この結果を参考にして、本種の処女雌を一定時間高照度下に置いた後に照度を落としたところ、多くの処女雌は即座にコーリングを開始したため、目視して

Sex Pheromone of Japanese Cherry Treeborer, *Synanthedon Hector* (Lepidoptera: Sesiidae). By Hideshi NAKA, Yoshiteru HORIE, Yutaka ARITA, Fumiaki MOCHIZUKI and Tetsu ANDO

(キーワード: スカシバガ, 性フェロモン同定, 野外誘引試験, (3E,13Z)-3,13-octadecadienyl acetate (E3,Z13-18:OAc), (3Z,13Z)-3,13-octadecadienyl acetate (Z3,Z13-18:OAc), (2E,13Z)-2,13-octadecadienyl acetate (E2,Z13-18:OAc))

コーリングが確認できたものから性フェロモン腺を摘出し、ヘキサン溶液に浸けて性フェロモンを抽出した。

GC-EADを用いて、雄触角の性フェロモン腺抽出物に対する応答を調べたところ、抽出物からは三つの明瞭なEAG応答が得られた。すなわち、本種の性フェロモン候補物質は3物質あり、EAG応答に対応する物質のFIDのピーク面積から、そのうち一つは微量であることが示唆された(図-1)。主要な2物質の保持時間は、性誘引物質として報告されているE3,Z13-18:OAcおよびZ3,Z13-18:OAcのものと同じであった。

筆者らはコスカシバに先行してヒメアトスカシバ(*Nokona pernix*)、モモブトスカシバ(*Macroscelesia japona*)、アシナガモモブトスカシバ(*M. longipes*)の性フェロモンを同定しており(NAKA et al., 2006; 2007; ISLAM et al., 2008)、本種の性フェロモン同定には、これらを同定する過程で合成した化合物群の情報が役に立った。本種抽出物のGC-MS分析において、先のEAG応答を示した3化合物の保持時間とマススペクトルは、合成されたE3,Z13-18:OAc, Z3,Z13-18:OAcおよび(2E,13Z)-2,13-octadecadienyl acetate (E2,Z13-18:OAc)の合成標品のものと完全に一致し、これら3物質が本種の性フェロモン候補物質と考えられた。また、これら3物質の存在比は、4雌当量の抽出物を3組分析した結果、平均でE3,Z13-18:OAc:Z3,Z13-18:OAc:E2,Z13-18:OAc = 36:60:4であった(図-2)。

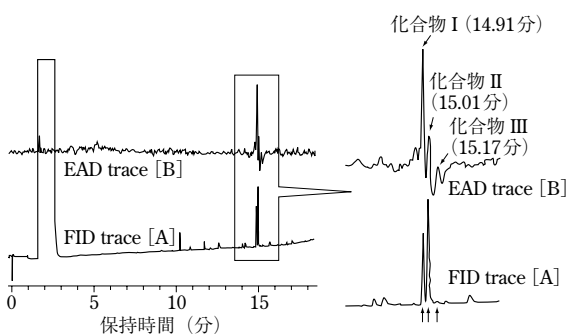


図-1 コスカシバ雌性フェロモン腺抽出物(0.5雌等量)のGC-EAD分析

[A]はFID(flame ionization detector), [B]はEAD(electroantennographic detector)での検出。雄触角は抽出物に含まれる化合物I(保持時間14.91分)、II(同15.01分)、III(同15.17分)に対し、明瞭なEAG応答を示した。この図はNAKA, H. et al. (2008): Appl. Entomol. Zool. 43: 467~474, Fig. 1より引用改変した。

II 野外誘引試験

YAGINUMA et al. (1976)が誘引活性を報告したE3,Z13-18:OAcおよびZ3,Z13-18:OAcは、共にコスカシバの真の性フェロモン成分であり、フェロモン腺中には約4:6で含まれていた。この2成分を使った誘引試験を行ったところ、雄はYAGINUMA et al. (1976)と同じ比率の混合物に最もよく誘引された(試験1:表-1)。次に、E3,Z13-18:OAcおよびZ3,Z13-18:OAcの1:1混合物と、今回の分析結果であるE3,Z13-18:OAc:Z3,Z13-18:OAc:E2,Z13-18:OAc = 36:60:4の混合物とで誘引活性を比較したところ、両者の誘殺数に有意な差は認められなかったが、前者の誘殺数がやや多い傾向にあった(試験2:表-2)。また、E3,Z13-18:OAcおよびZ3,Z13-18:OAcの1:1混合物に様々な量のE2,Z13-18:OAcを加えて誘引試験を行った結果、E2,Z13-18:OAcの量が増加するほど、誘殺数が少しずつ減少したが、明瞭な阻害活性は示さなかった(試験3:表-2)。これらの結果は、フェロモン腺中に存在する微量成分E2,Z13-18:OAcが雄の誘引に寄与しないことを示している。

では、E2,Z13-18:OAcにはどのような役割があるのだろうか。これは推測の域を出ないが、この成分は近縁種との生殖隔離に使われる可能性が考えられる。コスカシバが生息する場所の多くでは、ヒメコスカシバ、フクヰミコスカシバ(*Synanthedon fukuzumii*)等の近縁種が同所的に生息している。*Synanthedon*属の多くの種は、性フェロモン成分にE2,Z13-18:OAcをもつか否かにかかわらず、同物質に強いEAG応答を示す(中ら、未発表)ため、いずれかの種がE2,Z13-18:OAcによって誘引を阻害され、その結果としてコスカシバとの交雑が防がれているのかもしれない。

III 真の性フェロモン成分の重要性

雌が生産し放出する真の性フェロモン成分を知ること、性フェロモンを防除に生かすうえで大変重要である。近年、茶園のチャノコカクモンハマキ(*Adoxophyes honmai*)において、市販の交信かく乱剤であるテトラデセニルアセテート剤(ハマキコン®, 信越化学工業)に対する抵抗性の出現が報告された(MOCHIZUKI et al., 2002)。ハマキコン®には、本種性フェロモンの全成分ではなく主要成分のみが使われていたことが抵抗性出現の原因であったため、全成分を含めた新しい交信かく乱剤を供用してこの問題は解決された。スカシバコン®に対する抵抗性はいまだ報告されていないが、スカシバコ

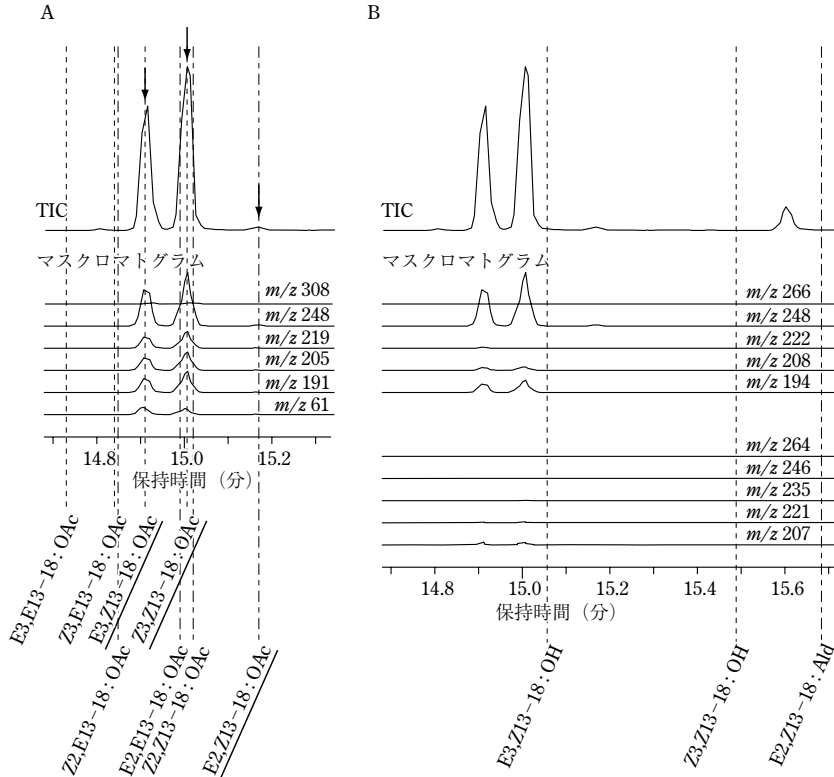


図-2 コスカシバ雌性フェロモン腺抽出物の GC-MS 分析
 化合物 I ~ III の保持時間および検出された分子イオンならびに開裂イオンの強度は、
 これら 3 化合物が順に E3,Z13-18 : OAc, Z3,Z13-18 : OAc 並びに E2,Z13-18 : OAc
 であることを示している。この図は NAKA, H. et al. (2008) : Appl. Entomol. Zool. 43 :
 467 ~ 474, Fig. 2 より引用改変した。

表-1 主要 2 成分による野外誘引試験 (試験 1) a) b)

合成性フェロモン含量 (μg)		誘殺個体数 (平均±標準誤差) c)	
E3,Z13-18 : OAc	Z3,Z13-18 : OAc		
1,000	0	0	b
900	100	0.5 ± 0.5	b
700	300	13.0 ± 2.0	a
500	500	24.5 ± 2.5	a
300	700	7.0 ± 1.0	a
100	900	1.0 ± 0.0	b
0	1,000	0	b
0	0	0	b

a) 試験は茨城県つくば市の農業環境技術研究所構内にて、2004年9月13日から10月12日まで行った (n = 2)。b) NAKA, H. et al. (2008) : Appl. Entomol. Zool. 43 : 467 ~ 474, Table 1 より引用改変。c) 符号は各試験区間に有意差があることを示す (Tukey-Kramer's HSD test, P < 0.05)。

ン®は主要 2 成分のみを使った交信かく乱剤であるため、もし抵抗性が見られたときには、3 成分系の交信かく乱剤が必要になるかもしれない。

スカシバコン®はカキ園のヒメコスカシバにも使われているが、ヒメコスカシバの性フェロモンは、玉木ら (1977) の誘引結果から、Z3,Z13-18 : OAc の 1 成分であることが予想されている。ヒメコスカシバの真の性フェロモン成分についても、コスカシバ同様に同定する必要がある。

おわりに

スカシバガ科昆虫には、果樹や森林の害虫となっている種類が多い。また、近年では、今まで問題化していなかったスカシバガ科昆虫が新たに害虫化する例が出てきている。例えば、栽培ブドウに対するクビアカスカシバ (*Toleria romanovi*) の被害はここ数年で急激に拡大しており、全国的に問題となっている。また、北海道では栽

表-2 主要2成分に微量成分E2,Z13-18:OAcを加えた野外誘引試験(試験2, 3)^{a) b)}

	合成性フェロモン含量 (μg)			誘殺個体数 (平均±標準誤差) ^{c)}
	E3,Z13-18:OAc	Z3,Z13-18:OAc	E2,Z13-18:OAc	
試験2:	500	500	0	89.5 ± 10.9 n.s.
	360	600	40	62.3 ± 10.6
試験3:	500	500	0	17.0 ± 8.8 n.s.
	500	500	50	12.3 ± 3.9
	500	500	100	11.8 ± 2.2
	500	500	300	13.0 ± 5.8
	500	500	500	8.5 ± 4.0
	0	0	0	0

^{a)} 試験2は愛知県春日井市の名城大学農学部付属農場にて, 1998年5月22日から10月20日まで4回に分けて行った($n=4$). また, 試験3は同地にて2005年8月18日から10月5日まで行った($n=4$). ^{b)} NAKA, H. et al. (2008): Appl. Entomol. Zool. 43: 467~474, Table 2より引用改変. ^{c)} 符号は各試験区間に有意差があることを示す(Tukey-Kramer's HSD test, $P < 0.05$).

培カーランツに対して, 侵入害虫スグリコスカシバ(*Synanthedon tipuliformis*)による被害が報告されている(岩崎・有田, 2008). 幸いこの両種に対しては, 前者は2008年から発生予察用性フェロモン製剤が市販され, 後者は世界的な害虫であるため性フェロモンの研究が進んでいる。

しかしながら, 他のスカシバガ科昆虫が新たに害虫化する可能性は十分に考えられるため, 日本国内のスカシバガ科昆虫について, その性フェロモン成分を知っておくことは重要だと考えられる。筆者らは, 2002年度から国内のスカシバガ科昆虫を対象に, 性フェロモン成分の網羅的同定作業を進めており, 現在までにキウイの害虫であるキクビスカシバ(*Nokona feralis*), クリを加害するカシコスカシバ(*Synanthedon quercus*)等未発表のものを含め18種について, 成分同定あるいは近縁種の成分を用いた誘引試験を行った。また筆者らは, これらスカシバガ科昆虫の配偶行動解析を同時に進めており, 雄は性フェロモンと雌の姿や斑紋など視覚情報の両者を

頼りにして雌にたどり着くことを明らかにしている。これらの知見は, スカシバガ科昆虫が害虫化した場合にその制圧に貢献するものと考えている。

引用文献

- 1) ANDO, T. et al. (2004): Top. Curr. Chem. 239: 51~96.
- 2) 安藤 哲 (2009): 蛾類性フェロモンデータベース, <http://www.tuat.ac.jp/~antetsu/LepiPheroList.htm>
- 3) 有田 豊・池田真澄 (2000): 擬態する蛾 スカシバガ, むし社, 東京, 203 pp.
- 4) ISLAM, MD. A. et al. (2007): J. Chem. Ecol. 33: 1763~1773.
- 5) 岩崎暁生・有田 豊 (2008): 蝶と蛾 59: 45~48.
- 6) MOCHIZUKI, F. et al. (2002): Appl. Entomol. Zool. 37: 299~304.
- 7) NAKA, H. et al. (2006): Biosci. Biotechnol. Biochem. 70: 508~516.
- 8) ——— et al. (2007): J. Chem. Ecol. 33: 591~601.
- 9) ——— et al. (2008): Appl. Entomol. Zool. 43: 467~474.
- 10) 野田好孝ら (2000): 蝶と蛾 51: 301~308.
- 11) PUHRINGER, F. and A. KALLIES (2004): Mitt. Ent. Arb. Gem. Salzkammergut 4: 1~85.
- 12) 玉木佳男ら (1977): 応動昆 21: 106~107.
- 13) TUMLINSON, J. H. et al. (1974): Science 185: 614~616.
- 14) 若村定男 (1992): Japan Pest. Inf. 61: 26~31.
- 15) 柳沼 薫 (1973): 植物防疫 27: 446~450.
- 16) ———ら (1975): 福島県園芸試験場研究報告 5: 43~59.
- 17) YAGINUMA, K. et al. (1976): Appl. Entomol. Zool. 11: 266~268.