

チャハマキ性フェロモンの地理的変異

農林水産省農業環境技術研究所 **野 口 浩**

性フェロモンに関する最初の報告は、今から約120年前(1879)オオクジャクガの雌に雄が多数集まるといわれる。それから90年後の1969年にA. R. BUTENANDTがカイコガの性誘引物の化学成分をつきとめ、フェロモンという呼び名を提唱した。その後、数種の昆虫で性フェロモンの化学構造が決定されたが、性フェロモンに対するその基本的考え方はいずれも単独成分であり、一つの昆虫に一つの化学成分であるという考え方であった。

ところが、1971年玉木らによってチャノコカクモンハマキとリンゴコカクモンハマキの性フェロモン成分が明らかにされた。この近縁種2種の性フェロモンはいずれもZ9-Tetradecenyl acetateとZ11-Tetradecenyl acetateという共通成分であり、単一成分ではいずれの場合も反応性がなく、混合することによって顕著な反応が起きた。この2種の昆虫で特に重要な知見は、2成分の混合割合によってそれぞれの雄が種特異的に反応が異なることであった。

その後、1970年代は性フェロモンの化学成分の同定が劇的に多く行われ、性フェロモンは複数の成分からなり、その割合が種に特異的に定まっていることが、多くの昆虫で確認されてきた。

複数成分系の性フェロモンを持つ昆虫は、各成分の混合割合によって同種の交尾相手を間違いなく選ぶことが可能とし、種間の生殖隔離に重要な役割を果たしている。しかし、近年の分析機器や技術の進歩によって、同種間において各成分の割合に対する個体や、系統間の違いおよび地理的変異に関する研究が紹介されるようになった。これらの変異が一定方向に強く発達するのであれば種の分化へと進むのであろう。現状ではこれらに関する研究がまだ乏しいことから、本稿ではチャハマキ性フェロモンの量および主成分と微量成分の比率を比較した結果を紹介する。

I 産地の異なる雌の誘引性の違い

チャハマキの防除に性フェロモンを利用した、いわゆ

る交信かく乱法が用いられられて久しい。しかし、性フェロモン製剤の誘引性や交信かく乱剤の効果は地域で期待に反するおそれがある。この可能性を検討する目的で、いくつかの地域でチャハマキの卵塊または幼虫を採集した。茨城県岩井市、埼玉県入間市、静岡県金谷町、愛知県豊橋市および鹿児島県知覧町で採集したチャハマキを人工飼料で飼育し、1~2世代の継代飼育して得られた処女雌2頭を網籠に入れ誘引性を比較した。

ハマキガの一種 Western avocado leafroller moth は地域ごとに異なった三つの性フェロモン成分比を持った系統が存在する。この場合は同じ系統の雌に同じ系統の雄が最もよく反応する(BAILEY et al., 1986)ことが知られている。したがって、地理的に性フェロモンに対する変異がある場合には雄に対する雌の誘引や雌の交尾は同じ産地の雌雄の組み合わせで最も効率よく行われるであろうと考えていた。4か所で野外試験をしたところ雌の誘引性は産地によって異なっていた。しかし、愛知産の雌はいずれの試験地においても誘引性が高く、鹿児島産の雌の誘引性は全体的に低く、結果は予想どおりではなかった(表-1)。この誘引性の違いはそれぞれの雌の放出する性フェロモンによるものか求愛行動の差異によるものであるかはわからない。求愛行動を始める時刻の早遅、求愛行動の持続時間の長短などにより誘引性に差がでる。そこでこれらを比較した結果、産地間に差がなかった。したがって、フェロモン自体に差異があることが考えられた。

このような誘引性の違いが交尾にどのような影響を与

表-1 産地の異なる雌に対する雄の誘引性の違い

試験地	雌の産地				
	茨城	埼玉	静岡	愛知	鹿児島
茨城県岩井市	42.7	22.7	36.0	67.7	17.0
静岡県金谷町	3.7	6.7	5.3	10.0	1.3
愛知県豊橋市	19.3	30.3	16.7	133.0	52.7
鹿児島県知覧町	14.7	8.3	35.0	35.0	8.7

誘引源：羽化後2日の処女雌2頭。

トラップ：粘着トラップ3個。

誘引数：1トラップ、1日当たりの3日間の平均誘引数。

試験日：岩井市7/9~12、金谷町8/8~11、豊橋市8/1~4、知覧町9/2~5。

Geographic Variation of Sex Pheromone of the Tea Tortrix Moth. By Hiroshi NOGUCHI
(キーワード：チャハマキ, 性フェロモン, 地理的変異)

表-2 産地の異なる雌の野外における交尾率(つなぎ雌)

産地	供試虫数	交尾数	交尾率(%)	試験地
茨城	45	34	76	茨城県 岩井市 (7/10~12)
埼玉	45	40	89	
静岡	45	36	80	
愛知	40	30	75	
鹿児島	40	32	80	
茨城	29	24	83	静岡県 金谷町 (9/10~12)
埼玉	45	39	87	
静岡	37	30	81	
愛知	46	37	80	
鹿児島	48	37	77	

40 cm×60 cm のベニヤ板上に 10~15 頭のつなぎ雌の糸をテープで止め、翌朝回収後解剖して交尾の確認を行った。

えるかを調査した結果を表-2 に示した。意外にも誘引性の高い愛知産の雌が必ずしも交尾率は高くなく、誘引性の低い鹿児島産の雌が交尾率が低いという傾向はなかった。チャハマキは雌雄の数はほぼ同数であり、また、雌の複数回交尾は少なく、逆に雄は複数回交尾を行うことが多い。したがって、交尾可能な雄の数は常に雌のそれよりも多いであろう、と考えられるので、観察された誘引性の差がそのまま交尾率に反映しないのであろう。次世代への増殖につながる交尾という面から見た場合には、各産地の雌間に差異はないと思われる。

II 性フェロモンの含有量

産地によって雌の誘引性が異なることは、生物学的に興味を持たれる。この原因と考えられた性フェロモンの違いを明らかにする目的で、各産地の処女雌の腹部末端を1頭ずつ切り取り、ガスクロマトグラフィーで性フェロモンを定量分析した(表-3)。

性フェロモンの含有量は各産地によって異なり、愛知産が最も多く1雌当たり約50 ng あり、次いで静岡産の45 ng、茨城産の35 ng、鹿児島産の雌は26 ng と最も少なかった。

今回供試したチャハマキでは、静岡産がかなり以前から交信かく乱法による防除が行われている。

小野(1989)は、交信かく乱法など性フェロモンによる防除にも抵抗性を持つ系統の出現が起こりうることを指摘し、その一つに性フェロモン量の増加をあげている。事実、カリフォルニア州の3か所で採集した野外虫のPink bollworm mothの性フェロモン量が最初の年より後年になって増加していた。また、同種の世界各地の性フェロモン量を調査した結果、その量に大きな変異が

表-3 産地の異なる雌の性フェロモン含有量と成分の割合

産地	性フェロモン量(ng)	Z 11-TDA(%)	Z 9-DDA+ 11-DDA (%)
茨城	34.8	76.7	23.3
静岡	45.0	82.8	12.2
愛知	50.4	88.8	11.2
鹿児島	26.2	69.5	30.5

PEG-20 M 毛細管カラムを用い各処女雌を1頭ずつ分析し、10~15 雌の平均値を示す。内標準物には 15 Ac を用いた。

あることが知られている(HAYNES and BAKER, 1988)。しかし、本種では交信かく乱の影響を受けて、性フェロモン含有量が多くなっているという現象は今のところない。

III 性フェロモン組成

本種の性フェロモンは、Z11-tetradecenyl acetate が主成分であり、Z9-dodecenyl acetate と 11-dodecenyl acetate の2成分が微量成分として構成されている。微量成分の2成分はガスクロマトグラフィーでは分離不可能であるので、今回は主成分と微量成分混合物の比率について産地別に比較した。

この比率は各産地で異なり、主成分の割合が最も多いのが愛知産で約88%、次いで静岡産の約82%、茨城産約77%、最も少ないのが鹿児島産の約70%であった(表-3)。合成品を用いて野外で行った誘引試験では、本種の性フェロモン成分に対する雄の反応は主成分のみでは反応性がなく、また逆に40%以上の微量成分を含有しても反応性は消失する。微量成分を1.7%~17%含有することによって強い誘引性を示す。虫体から抽出した性フェロモンに含有される微量成分量が10%以下であることはないにもかかわらず、雄は通常ではあり得ない比率でも強い反応を示す。一方、性フェロモンの量に対する雄の反応では、雌の放出する量よりも多い量に強く反応する。このように、雄の性フェロモンに対する反応性は成分量や濃度に対して広い幅がある。これらのことから、本種の愛知産の雌の誘引性が高かった理由としては他の産地のものと比べ性フェロモン量が多く、また、成分比も雄が強く反応する比率に適しているためといえる。

本種の場合、雄の反応性には成分比に対してある程度の反応できる幅を持ち、一方、雌が放出する性フェロモンの成分比には愛知産と鹿児島産に見られるように地理的変異がある。

玉木(1972)は、複数系性フェロモンの成分比が連続的に変化することによって種分化へ発達することを指摘

表-4 静岡県野外虫と飼育虫の性フェロモンの比較

	野外虫	飼育虫
含有量(ng)	47.1	39.9
主成分(%)	82.4	81.2
微量成分(%)	17.6	18.8

野外虫：1世代，飼育虫：200世代以上。
値はいずれも50雌の平均値。

している。本種での成分比と反応性の差異が、生物学的にどのような意味を持つものであるかについては非常に興味深い点であり、今後の研究に期待したい。

IV 飼育虫と野外虫の性フェロモンの比較

長期間室内条件下で累代飼育を続けると性フェロモンの成分比または量に変化が生じるのであろうか。もし、変化が生じるのであれば愛知産と鹿児島産のどちらの方向に変わっているかを知ることができれば、本種の性フェロモンは将来どのような成分比あるいは含有量になるかを予測できる可能性がある。このような目的で静岡県金谷町で野外虫を採集し、人工飼料を用いて1世代飼育したものと、1978年同所で採集以後人工飼料を用い、室内条件下で200世代以上累代飼育を続けてきたものと性フェロモンを比較した。その結果主成分と微量成分の割合は両者間に差がなかったが、含有量はわずかに野外虫のほうが多かった(表-4)。

ハマキガの一種 Redbanded leafroller moth でも同様に長期間室内で累代飼育されたものと野外で採集したものとを比較を行っている。その結果は本種と同様に成分比の差はほとんどなく、量は野外虫のほうが多かった(MILLER and ROELOFS, 1980)。このように成分比を安定した形で保持しているのは複数成分系性フェロモンの持つ役割、つまり種間の生殖隔離に重要な意味を持っているからであろう。性フェロモン量が飼育虫よりも野外虫のほうが多い例は数種の昆虫で知られている(例えば、HAYNES and BAKER, 1988)。

野外虫の雌がなぜ性フェロモン量を多く放出するか、その生物学的意味については今のところ不明であるが、雌が性フェロモンを放出する目的は雄を誘引し、交尾に成功することにある。交尾に成功するためには同種の雌間で雄を得る競争があって当然であり、例えば、羽化後日数を経た雌ほど求愛行動を行う時刻が早まることや、羽化後まもない雌よりも羽化後2~4日経った雌のほうが性フェロモン含有量が多くなることが知られている(野口, 1991)。同種の雌間で性フェロモン量を多く放出しようとする競争が行われて、それがこのような結果に

なっている可能性もある。

おわりに

本種の性フェロモンに対する変異は、地理的傾斜や方向性はなく、各地域で独立して保持されている。また、寄主植物は28科31種(川辺, 1964)と意外に多いが、幼虫、成虫とも移動性は鈍く、大きな移動が可能とすれば、苗木などによる人為的な条件によるものであろう。今回、愛知産と鹿児島産の雌間で雄に対する誘引性が異なったが、このような現象はもっと狭い地域内でも起こりうる。例えば、愛知県内にも鹿児島産のような、逆に鹿児島県内にも愛知産のような個体群が生息しているところがあるかもしれない。

複数系性フェロモンの成分比は間違いなく自分の結婚相手であることを認識させる重要な役割を持っている。交信かく乱剤などによる環境の変化で彼らの交尾行動が妨げられた場合、彼らがそれに対抗しうる手段として3方法が考えられる。

(1) 雌単独で変化して支障のない性フェロモン量を増加させる。(2) 雄単独で変化して支障のない性フェロモンとは別の雌の放出している化学成分を感受成分とする。(3) 雌雄が同時に同調して変える必要がある性フェロモン成分比または成分を変化させる。

本種の場合、雌は地域によって成分比が異なったが、雄はどの地域においても一定の成分比に強く誘引された。このことは雌雄が必ずしも同時に変化していないことを示している。本種を対象として性フェロモンを用いた防除を実施して10数年が経つが、まだ期待どおりの結果を得られない場合がある。性フェロモンを用いた防除法を確立するためには、事実を把握し、解決しなくてはならない問題点がまだ多く残されている。これらの研究には単に防除のための補助的な研究だけではなく、生物学的に新たな知見を必要とする大きな研究課題も残されている。

引用文献

- 1) BAILEY, L. M. et al. (1986): J. Chem. Ecol. 12: 1239~1245.
- 2) HAYNES, K. F. and T. C. BAKER (1988): J. Chem. Ecol. 14: 1547~1560.
- 3) 川辺 湛 (1964): 日本産ハマキガ類の覚え書(2)研究と評論 11: 17~25.
- 4) MILLER, J. R. and W. H. ROELOFS (1980): Environ. Entomol. 9: 359~363.
- 5) 野口 浩 (1991): 農環研報告 7: 73~138.
- 6) 小野知洋 (1989): 植物防疫 43(6): 47~52.
- 7) TAMAKI, Y. et al. (1971): Appl. Ent. Zool. 6: 139~141.
- 8) ——— (1971): Kontyu 36: 338~340.
- 9) 玉木佳男 (1972): 生物と科学 24: 119~129.