

第2章 蛾類性フェロモン

(A) フェロモンとは

pheromone ← pherein 運ぶ + hormon 刺激する
(ギリシャ語)

『体内で生産された後に体外に排出され、
同種^の他個体に特異な行動を引き起こす物質』

Karlson et al., *Nature*, 183: 55 (1959)

集合フェロモン aggregation pheromone

道しるべフェロモン trail pheromone

警報フェロモン alarm pheromone

性フェロモン sex pheromone

鱗翅目蛾類昆虫:

が分泌し を誘引する



(B) 研究の歴史

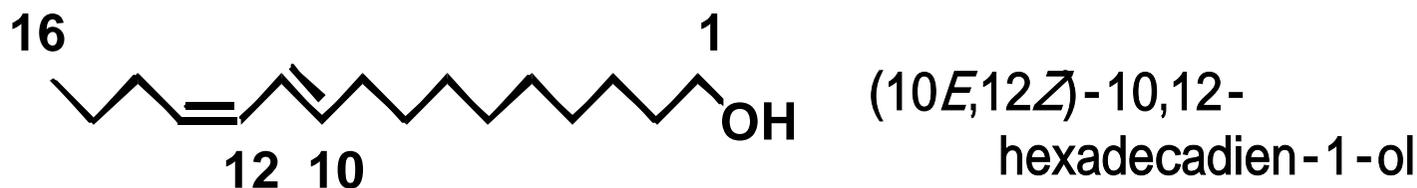
a) カイコ : silkworm moth (*Bombyx mori*)

1939年頃 ~ Butenandtらによる研究: 50万頭の雌

1959年 4-(*p*-nitrophenylazo)benzoate 誘導体 (赤色結晶)
として単離に成功



ボンピコール bombykol と命名



Z. Naturforsch., 14b: 283 (1959), *Ann. Chem.*, 658: 39 (1962)

物質の精製

固体 再結晶 (微量物質に適用可)

油状物質 蒸留 (微量物質では不可)

各種 chromatographyの発見 (1950年代)

(B) 研究の歴史

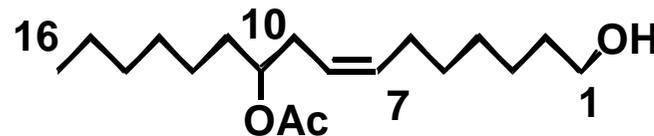
b) マイマイガ : gypsy moth (*Lymantria dispar*)

1869年 試験用に持ち込まれたものが逃亡し、
米国にて大発生



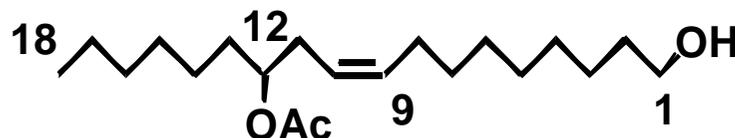
1960年 gyptol が単離・同定された

Jacobson *et al.*,
Science, 132: 1011



1962年 gyplure (合成類縁体) も活性有り

Jacobson *et al.*,
J. Org. Chem., 27: 2670



1970年 Beroza らは8万頭の処女雌から disparlure を同定

Bierl *et al.*, *Science*, 170: 87

1974年 (+)(7*R*,8*S*)の立体配置を帰属

Iwaki *et al.*,
J. Am. Chem. Soc., 96: 7842



(C) 化学構造上の特徴

現在までに性フェロモンが同定された種: **608種**

現在までに性誘引物質が報告された種: **1236種**

sex attractant : 合成化合物の野外試験により発見

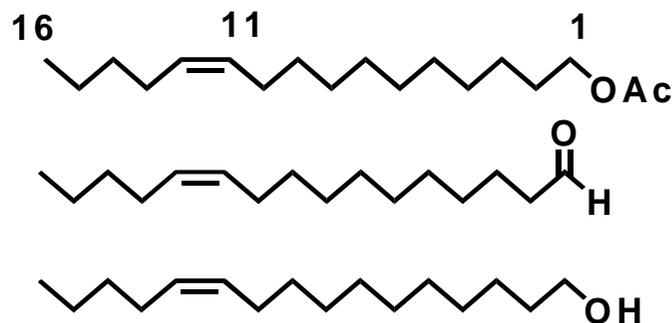
動物 100万種

昆虫 60万種、 鱗翅目昆虫 16万種 (日本: 5千種)

a) Type I : 末端官能基を有する (約 75%)

二重結合の幾何異性と位置

コナガ : diamondback moth (*Plutera xylostella*)



Z11-16:OAc	1.0
Z11-16:Ald	1.0
Z11-16:OH	1

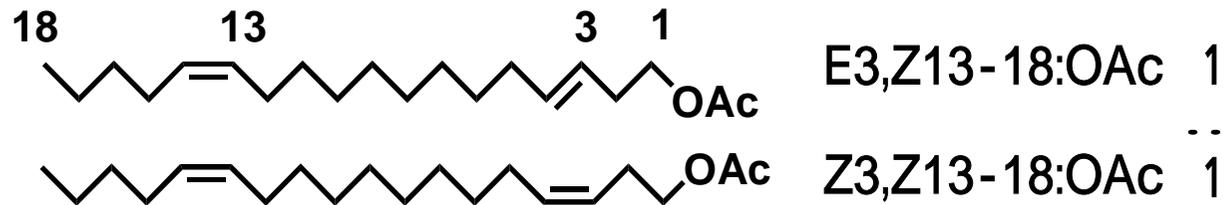
炭素数

官能基

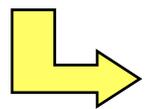
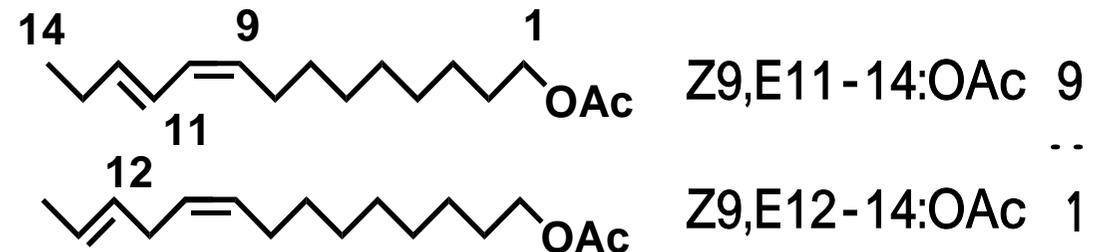
(C) 化学構造上の特徴

a) Type I

コスカシバ : cherry tree borer (*Synanthedon hector*)



ハスモンヨトウ : tobacco cutworm (*Spodoptera litura*)



- i 直鎖1級不飽和アルコール、アセテート、アルデヒド
- ii 直鎖の炭素数: 10 ~ 18
- iii 二重結合数: 1 ~ 3
- iv 複数成分からなり、混合比は種によって一定

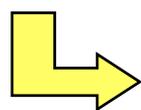
(C) 化学構造上の特徴

b) Type II : 末端官能基がない (約 15%)

ヨモギエダシャク : Japanese giant looper (*Ascotis selenaria cretacea*)



スキバドクガ : clear-winged tussock moth (*Perina nuda*)

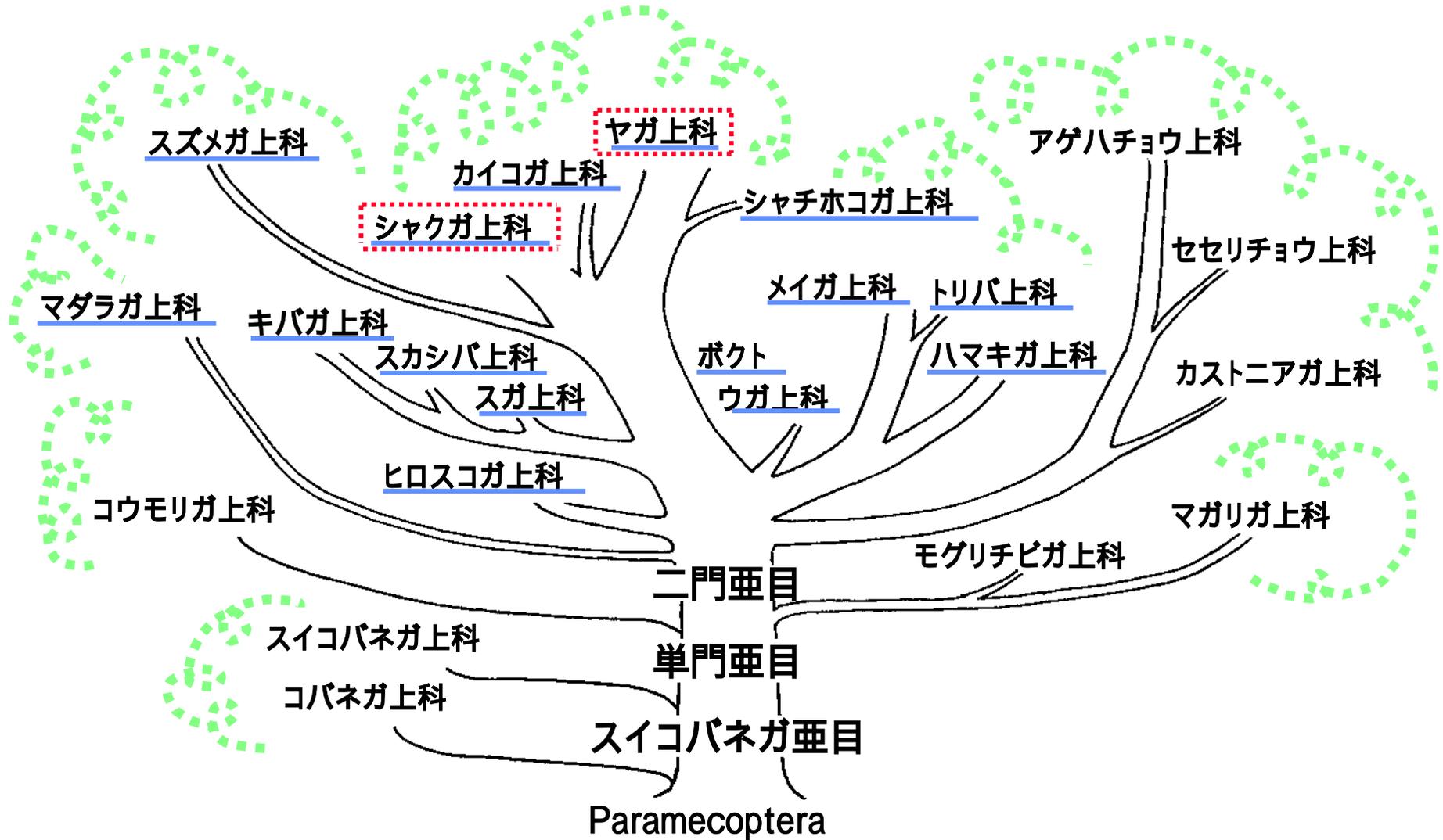


- i 不飽和炭化水素とそのエポキシ化物
- ii 直鎖の炭素数: 17 ~ 23
- iii 二重結合数: 1 ~ 4
- iv リノール酸、リノレン酸から生合成される

(C) 化学構造上の特徴

鱗翅目昆虫の系統樹

— Type I の成分が同定された上科
 Type II の成分が同定された上科



Database

<http://www-pherolist.slu.se/pherolist.php>

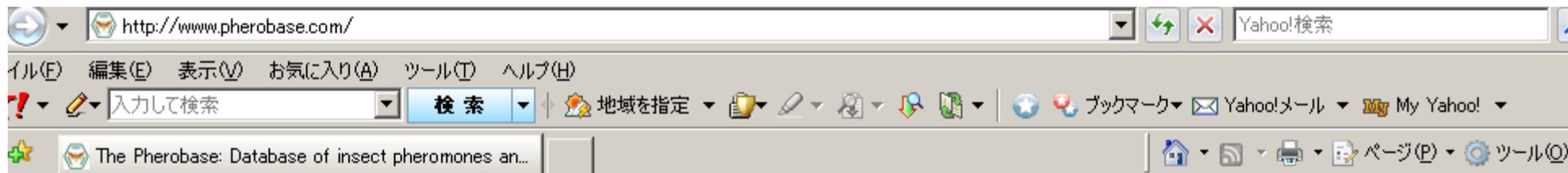
Dr. H. Arn et al.
(Germany)

<http://www.pherobase.com/>

Dr. Ashraf M. El-Sayed
(New Zealand)

<http://www.tuat.ac.jp/~antetsu/LepiPheroList.htm>

農工大・安藤研
(Japan)

 Search The Pherobase

- >> Animal Taxa
 - > Order Index
 - > Family A-Z
 - > Genus A-Z
 - > Species A-Z
 - > Common Name A-Z
 - > All Families
 - > All Common Names
- >> Semiochemicals Index
- >> Semiochemicals & Taxa
 - > Semiochemicals by Family
 - > Semiochemicals by Genus
- >> Synthesis
- >> Semiochemicals details
 - > Kovats Index

- >> Plant Taxa
- >> Floral Compounds
- >> Control
 - > Mating Disruption
 - > Lure and Kill
 - > Mass Trapping
- >> References
 - > References A-Z
 - > Discovery by Author
 - > Discovery by Year
 - > Discovery by Journal
 - > Journal Abbreviation
- >> Contribution Form

- >> The Pherobase Guide
- >> About The Pherobase
- >> Piezoelectric Sprayer
- >> About the Author
- >> The Pherobase Forum
- >> Special Thanks
- >> Required Plugins
- >> Highlight
- >> Links

Chemical Ecology Group at Plant&Food Research

The chemical ecology group at Plant & Food Research, Lincoln has extensive experience in chemical ecology of insects and plants..

[more details ...](#)





Semiochemical
Release Matrix



Genus Index - P

[A](#) [B](#) [C](#) [D](#) [E](#) [F](#) [G](#) [H](#) [I](#) [J](#) [K](#) [L](#) [M](#) [N](#) [O](#) [P](#) [Q](#) [R](#) [S](#) [T](#) [U](#) [V](#) [W](#) [X](#) [Y](#) [Z](#)

Select a genus from the list below to view its details:

ne

mal Taxa

- der Index
- milies A-Z
- Genus A-Z
- pecies A-Z
- ommon Names A-Z
- l Families
- l Common Names

nt Taxa

- iochemicals
- al Compounds
- iochemical Detail
- iochemicals & Taxa
- thesis
- trol
- erences

um

- tribute
- de
- ister
- ation



Genus -- Family : Subfamily : Tribe

- [Pachetra](#) - - Noctuidae : Hadeninae
- [Pachnoda](#) - - Scarabaeidae : Cetoniinae
- [Pachycolpura](#) - - Coreidae : Coreinae : Colpurini
- [Pachycondyla](#) - - Formicidae : Ponerinae : Ponerini
- [Pachycoris](#) - - Scutelleridae : Pachycorinae
- [Pachydesmus](#) - - Chelodesmidae : Chelodesminae : Pachydesmini
- [Pachyerannis](#) - - Geometridae : Ennominae
- [Pachygnatha](#) - - Tetragnathidae : Tetragnathinae
- [Pachyliqia](#) - - Geometridae : Ennominae
- [Pachylis](#) - - Coreidae
- [Pachylobius](#) - - Curculionidae : Curculioninae : Molytini
- [Pachyodes](#) - - Geometridae : Geometrinae
- [Pachysphinx](#) - - Sphingidae : Macroglossinae : Smerinthini
- [Pachyteles](#) - - Carabidae : Paussinae : Ozaenini
- [Paecilaemella](#) - - Cosmetidae : Cosmetinae
- [Paederus](#) - - Staphylinidae : Paederinae : Paederini
- [Paqyda](#) - - Crambidae : Pyraustinae
- [Paimoikia](#) - - Xystodesmidae
- [Paleacrita](#) - - Geometridae : Ennominae : Bistonini
- [Paleosuchus](#) - - Alligatoridae : Caimaninae : Caimanini
- [Paliqa](#) - - Crambidae : Pyraustinae
- [Pallenothriocera](#) - - Cleridae
- [Palomena](#) - - Pentatomidae : Pentatominae : Carpocorini
- [Palpita](#) - - Crambidae : Pyraustinae
- [Palthis](#) - - Noctuidae : Herminiinae
- [Paltothyreus](#) - - Formicidae : Ponerinae : Ponerini
- [Pammene](#) - - Tortricidae : Olethreutinae : Grapholitini
- [Panagrellus](#) - - Panagrolaimidae : Panagrellinae



<< Previous Species Next Species >>

Semiochemicals of *Plutella xylostella*, the Diamondback moth



- Home
- Search
- Order Index
- Families A-Z
- Genus A-Z
- Species A-Z
- Common Names A-Z
- Plant Families
- Plant Common Names

Phylum: Arthropoda
 Subphylum: Uniramia
 Class: Insecta
 Order: [Lepidoptera](#)
 Family: [Plutellidae](#)
 Subfamily: Plutellinae
 Genus: [Plutella](#)
 Tribe:
 Author: Linnaeus



- Control
- Discuss this Species
- Edit this Record
- Help
- Image: Google
- Host: Google
- Biology: Google
- Distribution: Google

- Plant Taxa
- Semiochemicals
- Semiochemical Compounds
- Semiochemical Detail
- Semiochemicals & Taxa
- Synthesis
- Control
- References

Purchase high quality pheromones and semiochemicals from trusted sources






Semiochemical(s):

Yang CY 2007	Entomol. Exp. Appl.	124:293		
		Z11-16Ac	0.295	P F ng Korea
		Z11-16OH	0.054	
		Z11-16Ald	0.022	

Brinaina

Zhang MX 2004	Entomol. Sin.	11:37		
---------------	---------------	-------	--	--

(C) 化学構造上の特徴

昆虫が所属する科 (Family) によっては、構造上の共通性がある

↑ 近縁種: 共通の祖先から分化 類似したフェロモン成分を分泌

↔ 何らかの機構で生殖隔離 性フェロモンは異なっている

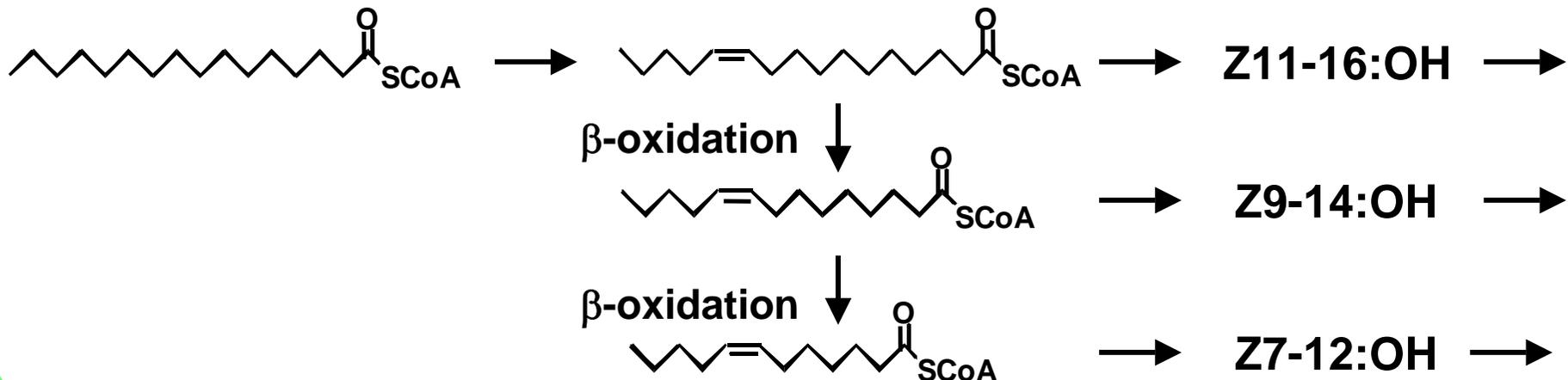
ハマキガ(葉巻蛾)科 ハマキガ亜科 11-14

ノコメハマキガ亜科 8-12

スカシバガ(透羽蛾)科 3, 13-18 2, 13-18

カレハガ(枯葉蛾)科 5, 7-12

ヤガ(夜蛾)科 7-12 9-14 11-16 (ω -5位に二重結合)



(D) フェロモンの多様性

種の保存 鱗翅目昆虫: 世界で 16万種

生殖隔離 空間的な隔離(地理的な分布)
時間的な隔離(発生時期、交尾時刻)
形態的な隔離(交尾器の大きさ、形体)
生理的な隔離(交信手段: 音・化学信号)

性フェロモンの多様性

炭素数・二重結合の数、位置・立体化学・官能基の種類
多成分(成分の種類・混合比の違い)

種の分化 異なった性フェロモンでの交信

例1) コカクモンハマキ: 混合比の変化
Z9-14:OAc + Z11-14:OAc

チャ型 *Adoxophyes honmai* 7 : 4

リンゴ型 *A. orana fasciata* 13 : 4



(D) フェロモンの多様性

種の分化 異なった性フェロモンの利用

例1) コカクモンハマキ: 混合比の変化

Z9-14:OAc + Z11-14:OAc

チャ型 *Adoxophyes honmai* 7:4

リンゴ型 *A. orana fasciata* 13:4



例2) コカクモンハマキ: 微量成分の追加

チャ型 + E11-14:OAc + Me10-12:OAc (63:31:4:2)

リンゴ型 なし

例3) アワノメイガ 化学構造の変化

ヨーロッパ種 *Ostrinia nubilalis* Z11-14:OAc + E11-14:OAc

アジア種 *Ostrinia furnacalis* Z12-14:OAc + E12-14:OAc



: 生合成系の変化
: 受容体の変化

同調

タンパク質レベルでの解明 \Rightarrow ホットな研究

(E) 蛾類性フェロモンの利用

E-1) 利用法

合成フェロモン： 特定の 蛾を強く誘引する

発生予察： 殺虫剤散布の適期を知る

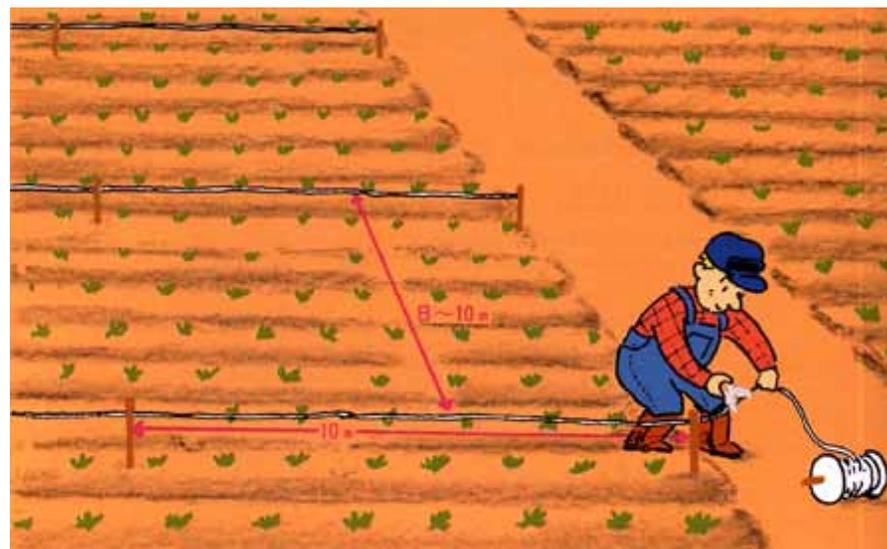
捕獲用トラップ、誘引源(1 mg / ゴムキャップ)

大量誘殺： 圃場に多数のトラップを設置し、 を大量に誘殺する。ただし、生き残った は複数回交尾可能なため、防除効果は低い。

交信攪乱： 圃場を性フェロモンで満たし、 間のコミュニケーションを妨害する。

↑ 可能？

ハマキコン、コナガコンなどが農薬として登録され、実用化されている。



E-2) 交信攪乱の機構

未確定

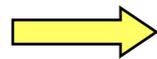
可能性として

蛾の無駄な興奮(麻痺)と誘引
処女の遮蔽
合成フェロモンの高い濃度による
天然性フェロモンの混合比を乱す

天然性フェロモン



最強の誘引力を示す



最適な交信攪乱効果を示すか？

“ハマキコン” Z11-14:OAcのみ

日本で最初に登録された攪乱剤(1983)

茶園 コカモンハマキ、チャハマキ

リンゴ園 コカモンハマキ、リンゴモンハマキ、
ミダレカクモンハマキ



E-3) 交信攪乱剤の使用実績 (2002年)

Crop	Insect	Country	Applied field
Forest	gipsy moth	USA	230,000 ha
Cotton	pink bollworm moth	USA	40,000 ha
		Israel	5,000 ha
Apple	coddling moth	USA	63,000 ha
Pear			
Grape	grapevine moth	Italy	73,000 ha
Tea	small tea tortrix	Japan	500 ha
Vegetable	diamondback moth	Japan	2,000 ha

小林利美、*バイオコントロール*、9:27-34 (2005)

Ando *et al.*, *Topics Curr. Chem.*, 239: 51-96 (2004)

E-4) 攪乱剤：環境にやさしい防除剤

フェロモンの使用による第2次害虫の間接防除

供試薬剤： E8,E10-12:OH + 12:OH + 14:OH

対称害虫： codling moth 対称作物： 梨

キジラミ (psyllids)

	被害率 (%)	頭数 / 100葉
フェロモン処理区	2	2
慣行防除区	75	429

ハダニ (two spotted mite)

	被害率 (%)	頭数 / 100葉
フェロモン処理区	3	3
慣行防除区	53	2327

小川欽也、バイオコントロール、2:18-23 (1998)

E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

全くない



理由 森林害虫が多く、農業害虫が少ない
簡便な合成法が確立していない

disparlure (マイマイガ)は実用化されている
エポキシ系性フェロモン(二重結合を含まない)

ヨモギエダシャクの交信攪乱法の確立

ハマキコンの使用で無農薬栽培 → 茶園で大発生

研究のポイント

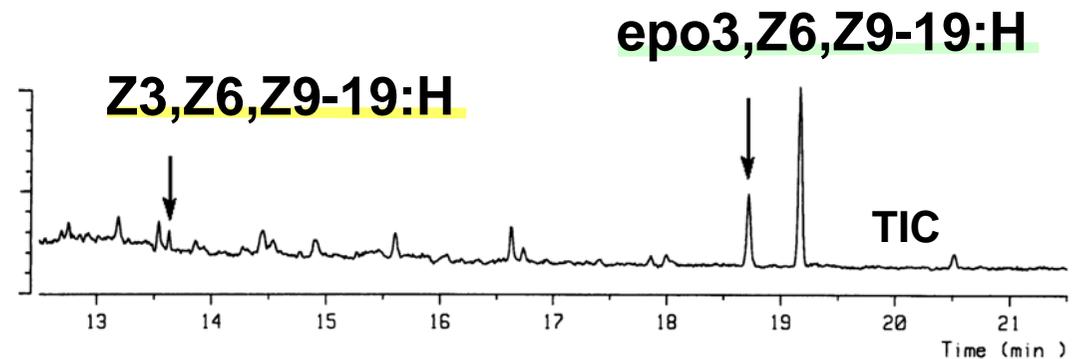
- ・最初の実験例
- ・簡便な攪乱試験の可能性？
- ・最適な攪乱剤 = 天然系の性フェロモン ？

E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

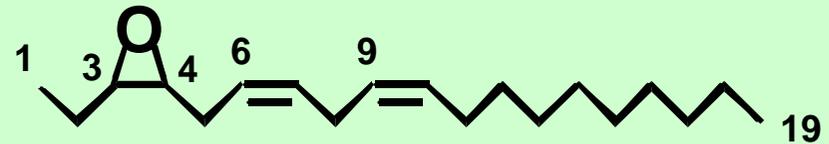
a) 性フェロモンの同定

Ascotis selenaria cretacea Butler, (Geometridae: Ennominae)

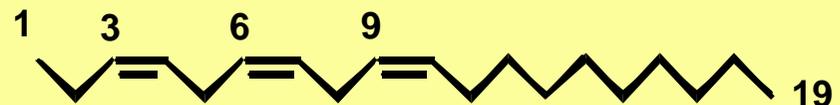
Japanese Giant Looper ヨモギエダシャク



(Z,Z)-cis-3,4-epoxy-6,9-nonadecadiene



(Z,Z,Z)-3,6,9-nonadecatriene



E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

b) 野外誘引試験

Field Attraction of *A. s. cretacea* in Tea Gardens in Mie Prefecture
by **epo3,Z6,Z9-19:H** (1 mg/septum) Mixed with Related Compounds

Mixed compound dose (mg/septum)	Average of captured males (N/trap/night)		
	Z3,Z6,Z9-19:H^a	Z3,epo6,Z9-19:H^b	Z3,Z6,epo9-19:H^b
1.0	0.00	0.04	0.02
0.5	0.61	0.06	0.17
0.1	3.39	2.52	2.74
0.05	8.00		
0.01	14.39		
0.00 (control)	5.83	3.64	3.64

↑ strong inhibition

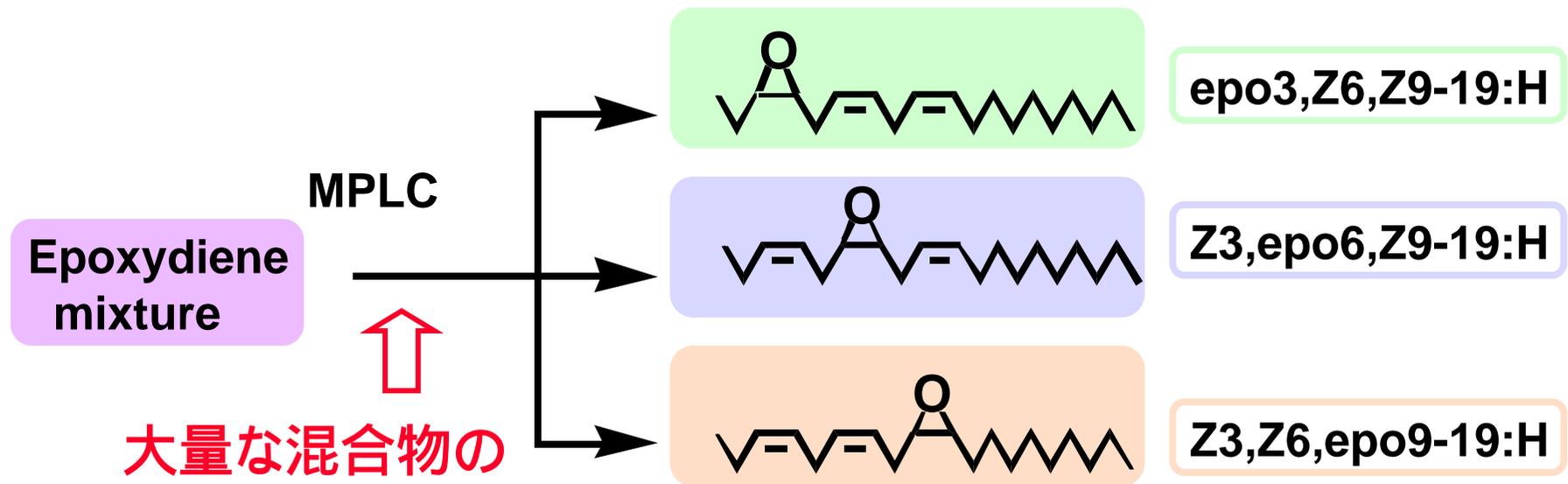
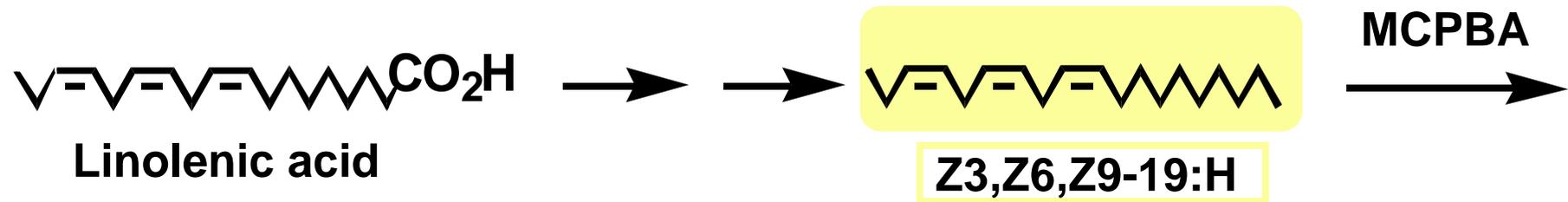
← synergistic effect

a From Aug. 16 to 22, 1997, in Yokkaichi-shi.

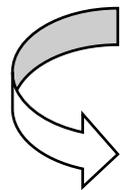
b From Aug. 11 to Sept. 16, 1997, in Kameyama-shi.

E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

c) フェロモン等の合成法



大量な混合物の
分離は困難



混合物の攪乱効果を評価

E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

d) Formulation



ポリエチレン製剤

一本当たり約60mgの化合物が封入されている。



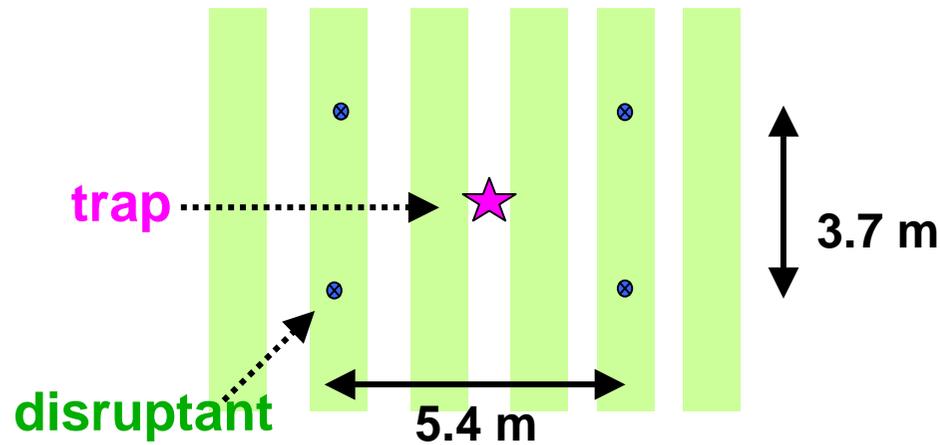
製剤の茶園での設置

回収を容易にするために、荷札を付けている。

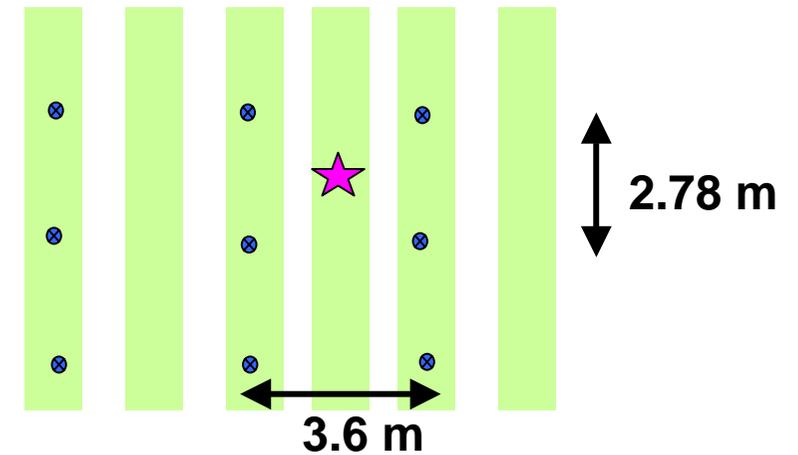
E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

e) Field tests

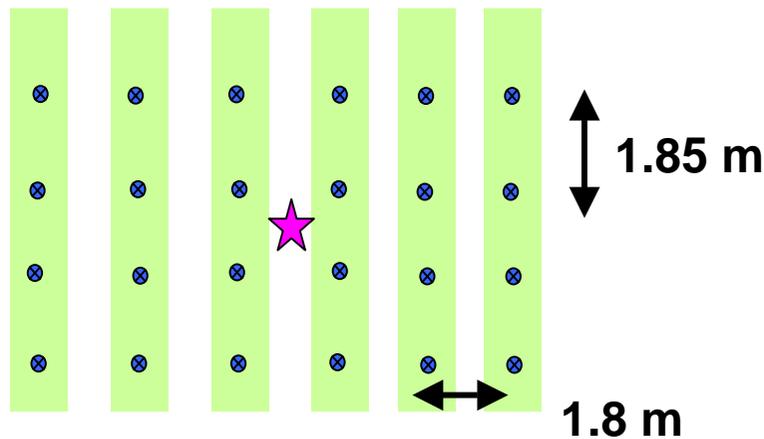
(i) 50 tubes / 10a (16 tubes / 180 m²)



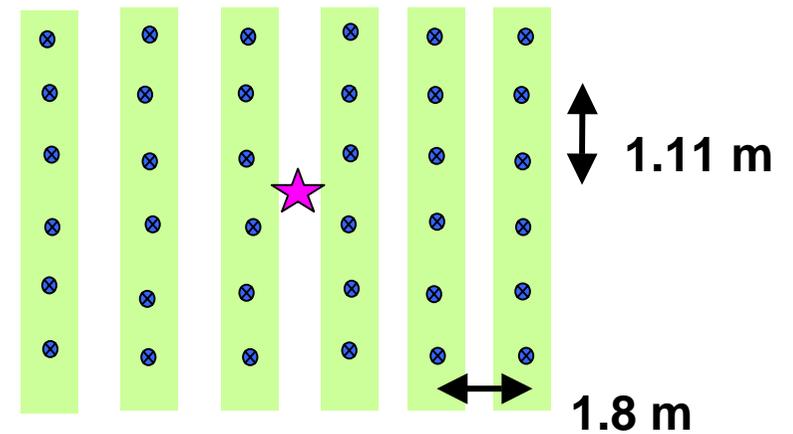
(ii) 100 tubes / 10a (16 tubes / 90 m²)



(iii) 300 tubes / 10a (48 tubes / 82 m²)



(iv) 500 tubes / 10a (48 tubes / 70 m²)



Evaporation of Triene: 0.546 mg/tube/day

Evaporation of Epoxydiene: 0.386 mg/tube/day

E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

f) Result #1

Field attraction of *A. s. cretacea* by traps which was permeated with Z3,Z6,Z9-19:H released from dispensers

Dispenser (N/10a)	Average of captured males [N/night, (disruption,%)]				
	Test I ^a	Test II ^b	Test III ^b	Test IV ^c	Test V ^c
0	2.00	0.96	5.27	3.71	15.00
50	0.67 (67)	0.07 (93)	1.07 (80)	0.43 (88)	0.67 (96)
100	0.67 (67)	0.11 (89)	0.47 (91)	0.43 (88)	0.00 (100)
300	0.33 (84)	0.25 (74)	0.53 (90)	0.00 (100)	0.00 (100)
500	0.00 (100)	0.00 (100)	0.27 (95)	0.00 (100)	0.00 (100)

Lures of traps
a : epo3,Z6,Z9-19:H (1mg/septum)
b : epo3,Z6,Z9-19:H (5mg/septum)
c : virgin females (three)

E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

g) Result #2

Field attraction of *A. s. cretacea* by traps permeated with an epoxydiene mixture released from dispensers

Dispenser (N/10a)	Average of captured males [N/night, (disruption,%)]				
	Test I ^a	Test II ^b	Test III ^b	Test IV ^c	Test V ^c
0	2.67	1.18	4.27	10.71	21.67
25	-	0.04 (97)	0.13 (97)	-	0.00 (100)
50	0.00 (100)	0.00 (100)	0.07 (98)	0.00 (100)	0.00 (100)
100	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)
300	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)
500	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)	0.00 (100)

Lures of traps;

^a : epo3,Z6,Z9-19:H (1mg/septum)

^b : epo3,Z6,Z9-19:H (5mg/septum)

^c : virgin females (three)

E-5) Type II 性フェロモンの攪乱剤としての利用

h) 交尾阻害

Mating ratio of *A. s. cretacea* females tethered in a tea garden which was permeated with triene or an epoxydienes mixture released from dispensers

Dispenser (N/10 a)	(A) Triene ^a			(B) Epoxydiene mixture ^b		
	No. of females		Mating ratio (%)	No. of females		Mating ratio (%)
Tethered	Mated	Tethered		Mated		
0	11	11	100	14	14	100
25	-	-	-	13	3	23
50	10	6	60	14	4	29
100	9	6	67	14	1	7
300	10	8	80	12	0	0
500	10	4	40	12	0	0

^a Tested from Sept. 7 to 14, 1999.

^b Tested from Sept. 7 to 18, 1999.