

## 病害昆虫の総合防除のための物理、化学、生物学的駆除の開発研究

Developmental and fundamental studies on physical and biological control of arthropod-borne disease vectors for their integrated control

代表研究者	聖マリアンナ医科大学教授 Prof., St. Marianna Univ., School of Medicine	神田 錬 藏 TOZO KANDA
協同研究者	東京大学農学部助教授 Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, Univ. of Tokyo	池庄 司 敏明 Toshiaki IKESHOJI
	大阪府立大学農学部教授 Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, Osaka Prefectural Univ.	櫻本 五男 ITSUO ICHIMOTO
	国立予防衛生研究所衛生昆虫部長 Chief, Div. of Medical Entomology National Inst. of Health	和田 義人 Yoshito WADA
	聖マリアンナ医科大学助手 Assist., St. Marianna Univ., School of Medicine	高井 憲治 Kenji TAKAI
	聖マリアンナ医科大学助手 Assist., St. Marianna Univ., School of Medicine	小川 賢一 Kenichi OGAWA
	東京大学農学部大学院生 Graduate Student, Faculty of Agriculture, Univ. of Tokyo	榎原 充隆 Mitsutaka SAKAKIBARA

Among various control methods with exception of insecticides, replacement of vectors to nonvector taxon or member of species complex from genetic aspects, reduction of vectorial capacity, decreasing of population density by disgenic manipulations, sound trapping of male mosquitoes, use of growth inhibition hormone, over clouding factor for larval control, and oviposition attractant have been developed or their trials were performed beside of fundamental investigation from genetics, ecology and physiology of mosquito vectors.

### 1. Measurment of population density for their population dynamics and control:

A new mathematical model was developed to estimate population parameters of insects by the mark-and-recapture technique. By applying the method for *Aedes albopictus*, the model could effectively used in estimating such parameters as population density and daily survival rate. From ecological study on *Anopheles sinensis* and *Culex tritaeniorhynchus* in rice field, Mie Prefecture their life tables were made. These tables indicated that pupation rate tends to be low in both species when the density of first instar larvae is high. This fact implies that anti-adult control measures are hard to yield the reduction in the population density of the next generation in these mosquitos.

### 2. Biological and developmental studies on the vectors of diseases:

Biological studies for the control of vectors of malaria and filariasis in East Asia, especially emphasising on genetics, ecology, behaviour, physiology, and some other activities relating to epidemiology have been performed. The vector members included in the species group, *hyrcanus*, *minimus*, *leucosphyrus*, *maculatus*, *annularis*, Pyretophorus were proved. In the *An. hyrcanus* group, hybridization tests and cytogenetic investigations proved that existence of diverged cytospecies, *engarensis*, and two cytological types, *sinensis* A and B, which have different susceptibility to *Plasmodium vivax*, and the possibility of eventual species replacement

is considered for the control of malaria in China. In the *An. minimus* group, bionomic studies revealed that the species group is very adaptive to environmental changes and conditions influenced by malaria control operation and other factors. Especially habitat changes of breeding and resting obliged to use of larvicide and growth inhibition chemicals in fields. The *An. leucosphyrus* group was examined on its phylogenetic relationships and genetic affinities. Some differences in behaviour and phylogenetic divergences of two Burmese taxa of the species have been proved due to possession of different breeding habitat relating to malaria endemicity. These can be controlled by using natural enemy at their breeding sites, wells. The wing beat frequencies of females of the member taxa of respective species groups, *hyrcanus*, *leucosphyrus*, *minimus*, and *maculatus* indicated the existence of genetic divergence due to these kind of sexual isolation, and suggested availabilities for sound trapping of male mosquitoes of them.

### 3. Developmental studies on sound trapping of male mosquitoes:

Due to relation to swarming behaviour of male mosquitoes and field application of this methods, fundamental studies for development have been performed. Response to sound of the mosquitoes in different ages and with mating experience were examined on five species of age-known, virgin and nonvirgin males of laboratory colonies of *Culex p. molestus*, *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Anopheles stephensi*, and three species of *Culex tarsalis*, *Culex tritaeniorhynchus*, and *Aedes melanon* which were resting, swarming and sound-traped in field. The response to sound was greatest for 2-day-old *Culex p. molestus* males and for 3- and 4-day-old males of the other six species. Sound responsiveness of the males of the laboratory colonies decreased as a function of age and mating experience. The fecundity of male *Aedes aegypti* was higher for sound-attracted males than males not attracted to sound, but the one of *Culex tarsalis* was different.

Removal of *Culex tarsalis* from a field population in California by sound trapping: Sound trapping of male mosquitoes in the field was improved by introducing an artificial swarm marker. Two weeks of removal sampling by 3 or 6 sets of 12 sound traps from a stand of fleabane with a size of 25×50 meters may have reduced the insemination rate of the unfed resting female population from 22% to zero, while the insemination rate unchanged at 55% in a control area. The removal of sound-sensitive males by this technique may prove efficient for mosquito control than other male manipulation techniques.

Field trials of sound trap for male mansonia: *Mansonia* mosquitoes were more response to sound of 350 Hz as Table 15 shows. The trials was performed for 60 minuits after sunset at breeding area at wast swampy pound in Malaysia, though they are still under way.

### 4. Biologically active substances for mosquitoes:

Overcrowding factors of mosquito larvae: In order to clarify the relationship between larvicidal activity and chemical structure of overcrowding factor against 1st instar larvae of *Culex p. molestus* were synthesized. Among 50 compound of them 3-methylalkanoic acids, 2-methyl-3-pentadecyne-2-ol and 2-methyl-14-pentadecyne-2-ol were most effective.

Ovipositional attractants of mosquitoes: 7, 11-Dimethyloctadecane: Four stereoisomers of this substance were synthesized from (-)-citronellol and (+)-pulegone using as the chiral synths, and their ovipositional attractancy for *Aedes aegypti* were tested. The attractancy of these compounds were approximately 3 time, in contrast to 6.3 times of the natural products.

### Erythro-6-Acetyl-5-hexadecanolide:

In the stereoselective synthesis of this group of compounds were performed, and (5R, 6S)-(-)erythro-6-acetyl-5-hexadecanolide was most effective as attractant among them, and revealed the genus-specific stimulant in the oviposition preference. Though this pheromon is not inducible the oviposition of *Aedes* nor *Anopheles* but against *Culex tarsalis* and *C. quinquefasciatus* it was only twice as inducible as the untreated waters at 1 to ppm of its concentration, in field test at Bakersfield, California, U.S.A.

5. The polymorphic sex determination system of the house fly was compared among 18 populations from different localities throughout Japan. The fly with A<sup>m</sup> chromosomal polymorphism is more distributed in western Japan. Allozyme polymorphism is also under the investigations relating to the phenomena. Reproductively sterile intersex was also demonstrated at Yumenoshima Is., Tokyo.

## 研究目的

病害虫の駆除に、殺虫剤の使用が、害虫そのものの抵抗性の獲得殺虫剤による公害などにより、非常に困難な現状を開拓することは切実な問題となっている。今までに開発されていない強力な効果が期待できる方法を案出し実用化するための研究が望まれている。したがってこのような駆除方法を開発し、駆除方法の開発研究と新しく開発した駆除方法および既存の駆除法のインテグレーションによる害虫管理体制を作ることを目標に研究を行なっている。

殺虫剤によらない病害駆除方法には、従来、生物学的駆除、環境的駆除法、物理的方法が挙げられている。すなわち、生物学的駆除法には天敵による駆除法を、物理学的駆除法には高圧電流による電撃式方法、ライトトラップ法を行なって来ている。しかし、いずれも殺虫剤において強力な駆除効果を發揮する方法ではない。一方、殺虫剤を含む化学的駆除では他に忌避剤、化学不妊剤、そして他の薬剤との併用により効果の期せられる補助剤がある。これらをさておいてこれら以外の方法の開発が望まれている現在、挙げられる方法には下記のものがある。

### 1 遺伝的駆除

- 1-1 放射線照射による不妊化法
- 1-2 化学的不妊剤（既述）
- 1-3 雜種不妊性の利用
- 1-4 細胞質不和合性
- 1-5 転座の利用
- 1-6 他の遺伝的駆除法
  - 1) 致死因子の導入
  - 2) Meiotic drive（減数分裂分離比ひずみ）と性比ひずみの利用
  - 3) 種の置換

### 2 物理的駆除法

#### 羽音による雄蚊の採集殺滅法

### 3 生化学的物質の使用

- 3-1 成長脱皮抑制剤の応用
- 3-2 生物学的活性物質の応用
  - 1) 密度制御物質
  - 2) 産卵誘引物質

以上の方法が挙げられるが、遺伝学的駆除方法は限られた種に応用され成功している。中には実用化の困難な方法もある。本研究では 1-6-3 の種の置換法、2 の羽音による雄蚊の誘引駆除、3 の生化学的物質の使用に関し、基礎的研究と駆除法の開発をして来た成果を中心報告する。

この研究は過去 3 年間駆除可能な方法の開発のための基礎的研究からはじめ成果の完成には至っていないが、多くの可能性を見いだすことができ、引き続き諸駆除法の完成をめざし開発実用化の努力をしてきた。

### 研究成果および考察

当研究では病害虫の生態を解析することにより、個体群動態を知り開発した駆除法の効果の判定する方法の開発、駆除法の病害虫個体群に表れる生理生態上の調査を併せて行なっている。病害虫の生物学的諸性状のうち基礎的調査のかたわら、今まで未開発の系統発生遺伝学、生理学、生態型行動とくに疾病媒介疫学に関する諸性状の解明を行なった。これにより駆除法の開発と方針が解析され、殺虫剤を用いない物理、生理、生態、遺伝、生化学的諸面からの駆除を開発し、これら諸駆除法の実際への応用とインテグレーションによる病害虫管理体制の確立をめざしてきた。

#### 1 個体群動態の調査法に関する研究

病害虫を駆除するに当たり、まず行なうべきは、対象となる病害虫の個体群のサイズを知り、駆除の効果の判定のために動態を知る必要がある。この基本的な生態学的推定方法をどのように実施するかをまず考えなければならない。そこで和田らのグループにより個体群動態の調査法に関する研究により開発された方法を述べる。

病害昆虫の駆除効果の判定をし、個体群動態を知るために生態の解析をすることは駆除に当たってまず、行なわれなければならない。下記の方法を考案し、野外実験例により調べたので述べる。

#### 1-1 蚊成虫の個体群パラメーターの推定方法

病害昆虫の駆除効果の判定、個体群動態の研究に密度や生存率などの個体群パラメーターの推定を用いるが、これには記号放逐法が用いられる。野外での作業に適用しやすくするため、1 回の記

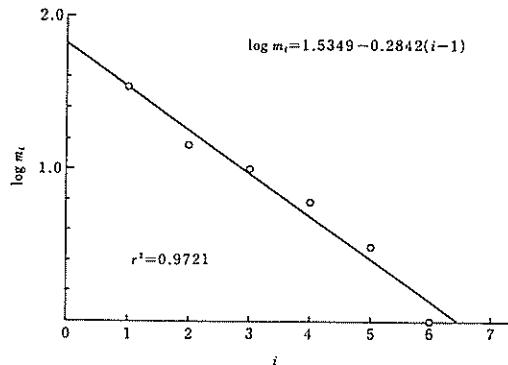


図 1. 自然教育園におけるヒトスジシマカ雌成虫の記号放逐再捕の結果の直線回帰分析。 $i$ : 放逐後の日数,  $m_i$ : 再捕されたマーク個体数。

号個体放逐、多数回の再捕獲により、しかも再捕獲個体をもとにもどさず除去する場合に適用できる方法を、記号個体の減少傾向のみを基にして開発した。これは、放逐  $i$  日後の再捕獲記号個体数  $m_i$  が日生存率および捕獲率が一定であると仮定すると、次式で表されることを利用したものである。

$$m_i = M_0 \varphi p \{ \varphi(1-p) \}^{i-1}$$

ここで  $M_0$  = 放逐した記号個体数,  $\varphi$  = 日生存率,  $p$  = 捕獲率である。

この式は  $i$  と  $m_i$  の対数との間に直線関係が成立することを前提としている。そこで国立化学博物館付属自然教育園において、1982年8月～9月にヒトスジシマカの雌成虫の記号放逐実験を合計6回実施したところ、両者の間にきれいな直線関係を認めることができた。(図1、表1) 日生存率を推定でき、さらに同時に捕獲される未記号個体数からその土地に生息するヒトスジシマカの

成虫密度の推定も可能となった。

しかし、この方法も、放逐記号個体数が対象個体群全体に片寄りなく分布し、また個体群全体から片寄りなく再捕獲を行なうという前提にたっている。したがって、記号個体を複数地点から放逐し、また複数地点で再捕獲しなければならないが、そのためには多大の労力を必要とする欠点がある。

そこで、一地点放逐、一地点再捕獲の場合に適用できる新しい密度推定方法を考案し、ヒトスジシマカの駆除の効果判定や個体群の研究に有用であることがわかった。この方法は、記号個体の分散力および人への誘引の強さが距離の対数に比例するという事実に基づくものである。

#### 1-2 水田に生息する蚊の生態と駆除方法に関する研究

マラリア媒介蚊対策に、殺虫剤の屋内残留噴霧法が重要視され大きな効果を挙げてきた。近年その有効性の低下が各地で報じられ、これに代わる方法として、殺虫剤の対成虫空間散布や対幼虫発生源散布などがあるが、そのマラリア防退上の有効性は媒介蚊の生態学的諸性質にも依存していることが考えられる。たとえば、幼虫時代に大きな密度依存的死亡が起こっている蚊では、成虫の数を一時的にかなり減少させても、次世代の成虫数はほとんど変化しないだろう。逆に、幼虫の密度依存的死亡のたいへん小さい蚊では、成虫数の減少の程度にはほぼ比例して次世代の成虫数が減少し、マラリア防退上の大きな効果が期待できそうである。

このようなアプローチの適否を決めるための基

表 1. 自然教育園におけるヒトスジシマカ雌成虫記号放逐実験の概要。(1982)

実験番号	実験のタイプ	放逐月	放逐日	放逐		回収				
				地点数	蚊数(A)	地点数	蚊数(B)	記号蚊数(C)	記号蚊率(%) (C)/(A) × 100	(C)/(B) × 100
1	A	8/10	3	186	3	130	54	29.0	41.5	
2	B	8/24	7	240	1	54	18	7.5	33.3	
3	B*	8/31	7	198	1	78	42	21.2	53.8	
4	C*	9/16	3	160	2	104	51	31.9	49.0	
5	C*	9/16	3	122	2	71	50	41.0	70.4	
6	C	9/22	3	154	2	78	25	16.2	32.1	

\* 放逐の翌日回収

基礎試料を得るため幼虫の生命表分析を試みた。三重県の三つの地域を実験地にとり、水田のシナハマダラカとコガタアカイエカについての調査を1982~1984年に行なった。蚊の幼虫の採集は各

地域で、毎年6~9月の間1週間にごとに、柄杓により120~250回ずつすくい取ることにより行なった。得られた蚊の幼虫を種類ごとに各令幼虫(蛹を含む)別に数え、これを柄杓による捕獲効

Table 2. Mean density (No./m<sup>2</sup>/day) of each instar larvae and pupae of *Anopheles sinensis* and *Culex tritaeniorhynchus* in rice fields, 1982~1984, in Mie Prefecture, Japan.

Place	Year	<i>Anopheles sinensis</i>				
		1st	2nd	3rd	4th	Pupa
Hilly	1982	2.8883	2.9146	1.1209	0.3383	0.1278
Agricultural	1983	2.5683	2.0496	0.4881	0.1595	0.0892
Area	1984	1.8092	1.1495	0.5756	0.1591	0.1151
Plain	1982	5.4980	13.2357	3.9060	0.8127	0.4482
Agricultural	1983	11.1132	6.1024	2.2337	0.5691	0.1972
Area	1984	2.0770	1.5780	1.3438	0.3613	0.1057
Plain	1982	1.0558	1.8439	1.3260	0.2154	0.1863
Suburban	1983	4.5769	2.5395	0.6387	0.2810	0.0888
Area	1984	0.8984	0.7950	0.2490	0.0962	0.0190

Place	Year	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>				
		1st	2nd	3rd	4th	Pupa
Hilly	1982	32.7130	27.4456	13.7380	9.4314	1.8462
Agricultural	1983	59.7043	4.5794	2.9103	1.3529	0.9189
Area	1984	16.9893	5.3267	5.3312	1.5696	0.9403
Plain	1982	86.1233	31.0997	42.7026	15.1763	7.7485
Agricultural	1983	107.9290	69.0192	47.8279	24.5577	11.6469
Area	1984	15.3714	17.9220	16.1322	4.2232	2.1041
Plain	1982	184.9630	30.6219	21.0895	9.7323	7.4515
Suburban	1983	28.1935	14.0320	9.3390	4.6010	7.1873
Area	1984	5.9108	4.6037	3.7920	2.7895	0.8256

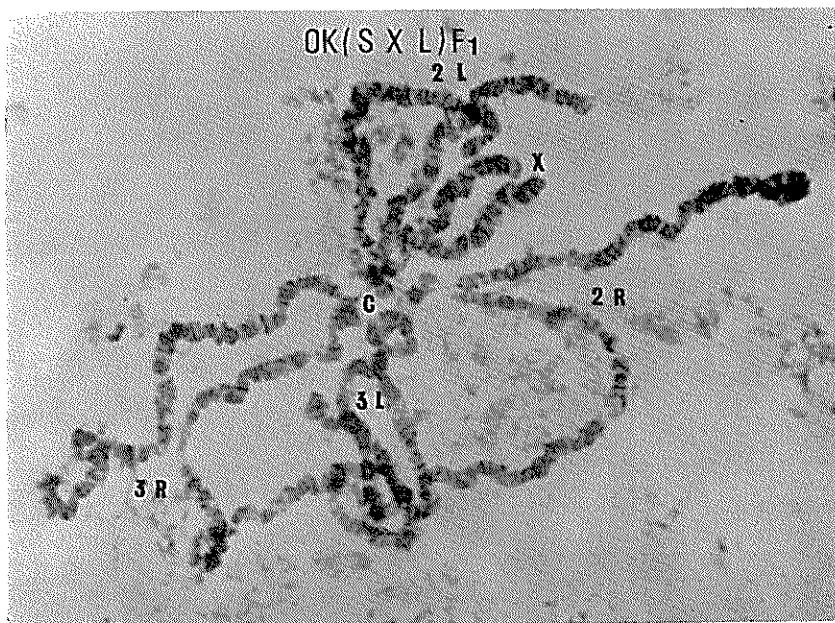


図 2. 全核色体の完全不対合 *F*<sub>1</sub> (*sinensis* *AX* *lesteri*).

率を用いて  $m^2$  当たりの密度に換算した。さらにこの  $m^2$  当たりの密度を採集時の水温下での各令幼虫期間で割って相対密度を求めた。この各令幼虫の相対密度を地域別年別に平均して表 2 に示した。

シナハマダラカとコガタアカイエカについてのこの調査結果からいくつかる点が指摘できる。

(a) どちらの種類も、地域により年により相対密度にかなり大きな変異がみられる。

(b) シナハナダラカでは幼虫後期の死亡率が高く、逆にコガタアカイエカでは幼虫前期の死亡率が高い傾向がある。

(c) どちらの種類も、1令幼虫の密度が高い

場合には蛹化率が低くなる傾向がある。

この(c)の事実は幼虫の密度依存的死亡の存在を示すものである。したがって、たとえば殺虫剤の対成虫空間散布などによって成虫の密度を下げ、産卵数を減らし得たとしても、次世代の成虫数はそれほどには減少しないことになる。

シナハマダラカとコガタアカイエカのどちらが密度依存的死亡が大きいかについては、さらに詳細な研究が必要と思われる。しかしシナハマダラカの方が、高密度で幼虫を飼育すると、死亡率の上昇と発育期間の遅延がより顕著に起こることなどから、幼虫の密度依存的死亡がより強く起こっているように思える。もしそうであれば、疾病防

Table 3. Results from experimental infection for analysis on malaria vector competence of anopheline strains colonised in laboratory against *Plasmodium vivax*.

Species	Strains	No. observed	No. fed	Infected with oocyst		
				No.	Rate	Av. per mosquito
<i>sinensis</i>	URW	100	67	0	0	0
	KNY	100	62	3	4.8	3
<i>stephensi</i>	YER	200	58	17	29.3	6
<i>balabacensis</i>	IMR	100	72	72	100	24

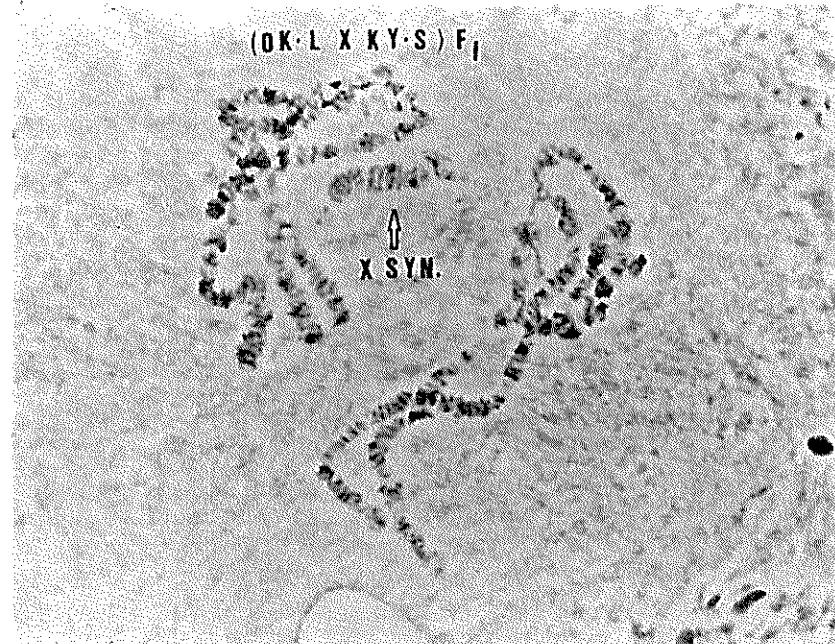


図 3. X 核色体のみ対合  $F_1$  (lesteri X sinensis B).

退のための殺虫剤の対成虫空間散布は、コガタアカイエカの方がより有効であることが予想される。以上のことから、蚊の生活史の中のどの点を攻撃すれば疾病防遏に有効であるかを知るには、生命表の解析が重要なことがわかる。

## 2 遺伝学的研究

### 2-1 マラリア媒介者

#### 2-1-1 *An. hyrcanus* 群

東アジア地域におけるマラリア媒介者は、北から南へ主役媒介者を挙げると、北には *sinensis*, *lesteri* が三日熱マラリアを媒介し、南ではこの 2 種の他に *nigerrimus* が加わるが熱帯熱マラリアには関与しない。北海道東北部には *sinensis* の同胞種であり形態上区別ができない細胞種 *engaensis* が分布しマラリアとの関係については明らかではない。東日本を中心に分布の *sinensis* A 型は X 染色体が *lesteri* との交雑  $F_1$  で不対合（図 2）三

日熱マラリア感染性は極めて低く（表 3）家畜吸血嗜好性である。一方韓国内陸、中国揚子江北岸開拓水田分布の *sinensis* B 型は、交雑  $F_1$  で X が対合で（図 3）*lesteri* とともに三日熱マラリアを媒介し、ヒトおよび、家畜吸血性でなおマレイフィラリアの媒介もする。媒介者の同種内非媒介分類群による置換をめざし、感染型雄蚊の音波（表 5）による誘殺と非感染型雄の放逐による媒介能低下、密度低下を期する置換により駆除の可能性が出てきた。

#### 2-1-2 *An. leucosphyrus* 群

##### 1) マラリア媒介者 10 分類群に関する系統発生学的研究

*An. leucosphyrus* 群のマラリア媒介者は形態上 *leucosphyrus* s.s. *balabacensis*, *dirus*, *takasagonensis* と分けられるが、*leucosphyrus* s.s. の 2 メンバー, *balabacensis* 1 メンバー, *dirus* 3 メンバー,

Table 4. Summarized results from interstrain-crosses among the 6 strains belonging in the *Anopheles leucosphyrus* group from Southeast Asia.

	TSG		CTB		KCH		KTD		IMR		SWK	
	(P)	( $F_1$ )	(P)	( $F_1$ )	(P)	( $F_1$ )	(P)	( $F_1$ )	(P)	( $F_1$ )	(P)	( $F_1$ )
TSG			F	FS	F	FS	F	F	S	—		
CTB	F	FS			F	F	F	FS	F	FS	F	FS
KCH	F	FS	F	F			F	FS	F	FS	F	FS
KTD	F	F	F	F	F	F			I		F	FS
IMR	F	FS	F	F	$F_R$	—	F	F			F	FS
SWK			F	FS	F	FS	F	FS	I			

(P): Parental strains, ( $F_1$ ):  $F_1$  hybrids, F: Fertile in both sexes, FS: Female is fertile whereas male is sterile,  $F_R$ : Fertile whereas progenies were reduced extremely, I: No ability of cross-mating.

Table 5. Wingbeat frequency of *Anopheles leucosphyrus* species group at 4 days after emergence.

Species Taxon	Sex	No. of tested	Frequency (Hz)		Ratio of M/F
			Mean $\pm$ S.E.		
<i>An. balabacensis</i>	Female	12	477.8 $\pm$ 5.4 <sup>b), c)</sup>		1.54
	Male	17	733.9 $\pm$ 10.5		
<i>An. balabacensis</i>	Female	25	504.7 $\pm$ 9.8		1.40
	Male	17	707.4 $\pm$ 23.2		
<i>An. balabacensis</i>	Female	21	530.7 $\pm$ 10.2 <sup>a), b)</sup>		1.39
	Male	19	737.0 $\pm$ 10.8		
<i>An. balabacensis</i>	Female	16	519.2 $\pm$ 10.4 <sup>c), d)</sup>		1.43
	Male	24	743.0 $\pm$ 14.3		
<i>An. leucosphyrus</i>	Female	13	476.1 $\pm$ 8.2 <sup>a), d)</sup>		1.53
	Male	19	728.8 $\pm$ 10.5		

<sup>a)-d)</sup> Means followed by the same letters are significantly different at 1% level of t-test.

*balabacensis* と *dirus* との間の中間 2 メンバーとビルマ 2 メンバーそして台湾 1 メンバー計 11 メンバーについて系統発生学的に形態、交配実験、細胞遺伝、酵素タンパク体多型について調べたところ、*leucosphyrus s.s.* とビルマの 2 メンバーは明確な

生殖的隔離が成り立ち、形態上も区別ができた。  
*balabacensis* と *dirus* との間に中間型として 3 メンバーの存在が見られ、両者およびこれらは *balabacensis complex* のメンバーに含まれ *dirus* は形態上も *balabacensis* から分けにくい点でそ

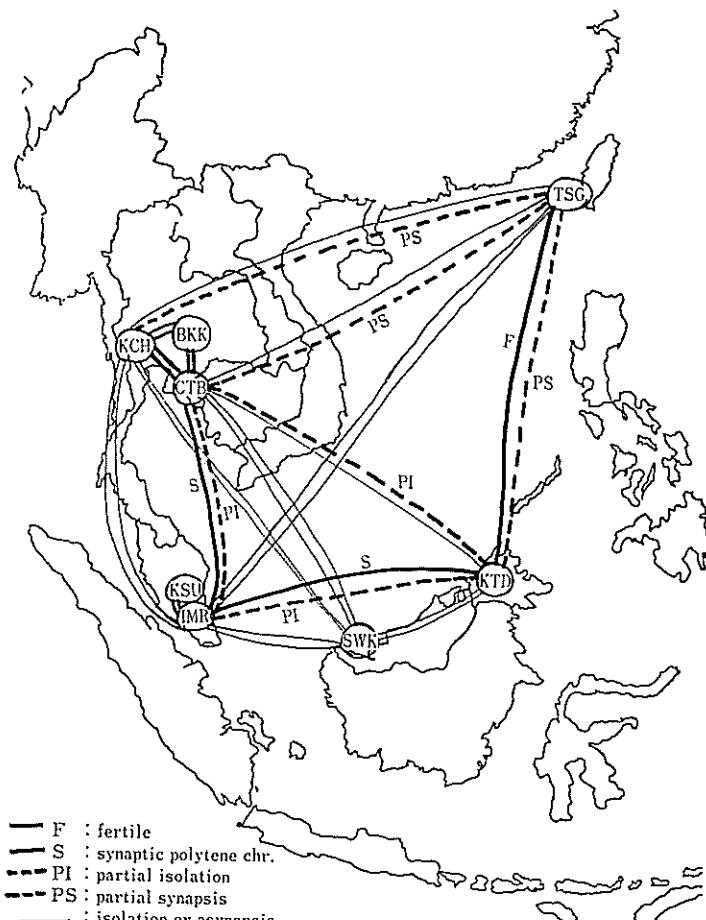


Fig. 4. A comparison on grades of genetic divergences among 8 members of malaria vectors belonging in *An. leucosphyrus* group.

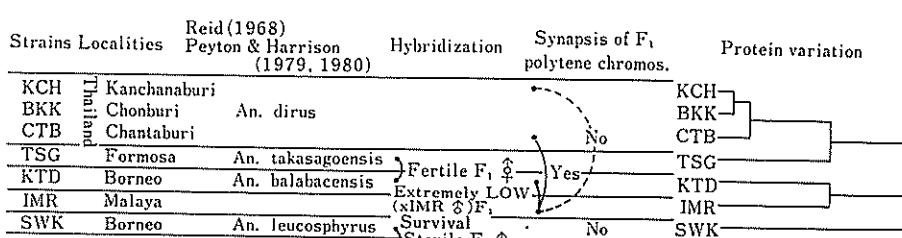


Fig. 5. Relationships among strains of the *An. leucosphyrus* group.

Table. 6. Age composition of *An. minimus* in relation to time of biting.

TLY 1 (indoor)

WSS 1 (indoor)

Time	No. ♀ ♀			Parous rate	No. ♀ ♀			Parous rate
	NP <sup>a)</sup>	P <sup>b)</sup>	Total		NP	P	Total	
18-21	0	2	2	1.000	0	1	1	1.000
21-24	6	11	17	0.647	0	4	4	1.000
24-03	8	10	18	0.556	0	0	0	—
03-06	8	12	20	0.600	0	0	0	—
Total	22	35	57	0.614	0	5	5	1.000
Statistics <sup>c)</sup>	x <sup>2</sup>			1.612				not tested
	d.f. <sup>d)</sup>			3				
	p			0.657				
TLY 2 (verandah)					WSS 2 (verandah)			
18-21	3	8	11	0.727	3	2	5	0.400
21-24	13	16	29	0.552	3	2	5	0.400
24-03	11	15	26	0.577	5	7	12	0.583
03-06	12	16	28	0.571	2	11	13	0.846
Total	39	55	94	0.585	13	22	35	0.629
Statistics	x <sup>2</sup>			1.078				4.979
	d.f.			3				3
	p			0.782				0.173
TLY 3 (open field)					WSS (open field)			
18-21	17	21	38	0.553	10	7	17	0.412
21-24	28	43	71	0.606	20	25	45	0.556
24-03	31	42	73	0.575	17	27	44	0.614
03-06	26	48	74	0.649	14	24	38	0.632
Total	102	154	256	0.602	61	83	144	0.576
Statistics	x <sup>2</sup>			1.278				2.691
	d.f.			3				3
	p			0.734				0.442
TLY 4 (bush fringe)					WSS 4 (forest fringe)			
18-21	17	10	27	0.370	2	1	3	0.333
21-24	34	33	67	0.493	2	3	5	0.600
24-03	27	48	75	0.640	2	5	7	0.714
03-06	25	42	67	0.627	2	2	4	0.500
Total	103	133	236	0.564	8	11	19	0.579
Statistics	x <sup>2</sup>			8.344				1.380
	d.f.			3				3
	p			0.039*				0.710
TLY 5 (high grass/bush)					WSS 5 (high grass)			
18-21	4	5	9	0.556	1	5	6	0.833
21-24	4	11	15	0.733	5	5	10	0.500
24-03	5	11	16	0.688	5	3	8	0.375
03-06	3	6	9	0.667	5	6	11	0.545
Total	16	33	49	0.673	16	19	35	0.543
Statistics	x <sup>2</sup>			0.830				3.023
	d.f.			3				3
	p			0.842				0.388

Table 6. Continued

TLY (total)				WSS (total)				
Time	No. ♀ ♀			Parous rate	No. ♀ ♀			Parous rate
	NP <sup>a)</sup>	P <sup>b)</sup>	Total		NP	P	Total	
18-21	41	46	87	0.529	16	16	32	0.500
21-24	85	114	199	0.573	30	39	69	0.565
24-03	82	126	208	0.606	29	42	71	0.592
03-06	74	124	198	0.626	23	43	66	0.652
Total	282	410	692	0.592	98	140	238	0.588
Statistics	x <sup>2</sup>			2.869				2.274
	d.f.			3				3
	p			0.412				0.518
TLY + WSS (total)								
18-21	57	62	119	0.521				
21-24	115	153	268	0.571				
24-03	111	168	279	0.602				
03-06	97	167	264	0.633				
Total	380	550	930	0.591				
Statistics	x <sup>2</sup>			4.892				
	d.f.			3				
	p			0.180				

<sup>a)</sup> nulliparous, <sup>b)</sup> parous, <sup>c)</sup> Variance test for homogeneity de the binomial distribution, <sup>d)</sup> degrees of freedom, \* significant heterogeneity.

Table 7. Results from biting collection of *An. minimus* by human bait method at two villages in Kanchanaburi Province, Thailand.

Coll. site	Time (hr)								Mosquitoes collected		
	18	20	22	24	2	4	6	av. No.	Time	Total No.	
<b>1. Tha-Lamyai</b>											
Indor	0.2 (0.9)	3.6 (17.4)	2.0 (9.7)	4.4 (21.4)	6.0 (29.1)	4.4 (21.4)		20.6	5	103	
Verandah	3.2 (5.6)	9.2 (16.0)	11.8 (20.6)	10.4 (18.1)	9.2 (16.0)	13.6 (23.7)		57.4	5	287	
Open field	4.3 (5.4)	9.3 (11.7)	14.5 (18.2)	16.4 (20.6)	15.6 (19.6)	19.6 (24.6)		79.7	14	1116	
Bush fringe	2.7 (2.7)	10.8 (10.8)	20.9 (20.9)	25.5 (25.5)	24.4 (24.4)	15.6 (15.6)		99.8	7	697	
High bush	2.3 (4.3)	9.7 (18.0)	15.3 (28.5)	17.0 (31.7)	8.0 (14.9)	7.3 (13.6)		53.7	3	161	
<b>2. Wat Siri Somchai</b>											
Indor	0 (0)	0.6 (23.0)	1.4 (53.8)	0.2 (7.7)	0.2 (7.7)	0.2 (7.7)		2.6	5	13	
Verandah	2.6 (10.3)	3.8 (15.1)	3.6 (14.3)	4.4 (17.5)	4.8 (19.0)	6.0 (23.8)		25.2	5	126	
Open field	3.0 (7.3)	7.0 (17.1)	7.0 (17.1)	6.4 (15.6)	8.5 (20.7)	9.2 (22.4)		41.0	14	574	
Forest fringe	1 (7.5)	2.3 (17.3)	2.0 (15.0)	2.0 (15.0)	3.0 (22.6)	3.3 (22.6)		13.3	3	80	
High grass	2.3 (6.3)	5.0 (13.8)	7.0 (19.3)	5.0 (13.8)	6.0 (16.5)	11.0 (30.0)		36.3	3	109	

の独立種としての取扱いがむずかしく、両者はこれら中間型によりつながっていると考えるのが妥当である。(表 4、図 4、5) 生殖的には不完全隔離の状態にする。細胞遺伝学的に euchromatin は分類群内多型が見られるが、分類群間種間変異再編成は見られなく同型を示した。核型染色体も分類群内多型が見られる。アイソザイムタンパク

体からも遺伝的距離を測定し種内多型とみなされた(図 4、5)。

## 2) 生物学的性状と駆除の応用

ビルマの一分類群はジャングル開拓地住居地区内井戸に発生しヒト家畜吸血性で年中繁殖し、熱帯熱マラリアの媒介をし染色体 3R が逆位固定し、環境順応型で駆除困難であったが、天敵熱帶

Table. 8. Collection record, Total

Species	No. collected	No. dissected (age)	No. dissected (infection)	No. infected
<i>An. aconitus</i>	236	0	57	0
<i>An. annularis</i>	2	1	1	0
<i>An. barbirostris</i>	13	0	3	0
<i>An. campestris</i>	45	0	5	0
<i>An. dirus</i>	26	19	22	1
<i>An. karwari</i>	2	0	2	0
<i>An. kochi</i>	30	0	5	0
<i>An. maculatus</i>	342	113	168	1
<i>An. minimus</i>	4961	1636	1767	8
<i>An. nigerrimus</i>	4	0	3	0
<i>An. pampanai</i>	4	1	1	0
<i>An. peditaeniatus</i>	44	0	6	0
<i>An. philippinensis</i>	322	35	58	0
<i>An. sinensis</i>	1	0	0	0
<i>An. tessellatus</i>	5	0	0	0
<i>An. vagus</i>	5	0	0	0
<i>An. varuna</i>	94	36	54	0
<i>Ae. aegypti</i>	15			
<i>Ae. albopictus</i>	145			
<i>Ae. harvayi</i>	162			
<i>Ae. lineatopennis</i>	62			
<i>Ae. mediolineatus</i>	47			
<i>Ae. mucidus</i>	10			
<i>Ae. niveus</i>	30			
<i>Ae. vexans</i>	42			
<i>Cu. bitaeniorhynchus</i>	4			
<i>Cu. fatigans</i>	23			
<i>Cu. fuscocephalus</i>	97			
<i>Cu. gelidus</i>	8			
<i>Cu. sinensis</i>	6			
<i>Cu. tritaeniorhynchus</i>	1411			
<i>Cu. whitmorei</i>	25			
<i>Ar. flavus</i>	3			
<i>Ar. magnus</i>	4			
<i>Ar. subalbatus</i>	46			
<i>Ma. annulifera</i>	4			
<i>Ma. indiana</i>	21			
<i>Ma. uniformis</i>	16			
Total	8257	1841	2152	10

Table 9. Analysis of *An. minimus* age composition.

			Locality			comparison of parous rates between localities
	TTR	PC	TLY	WSS	SL	
SEPTEMBER						
No. stations	<sup>1</sup> 14/3/0 0.176	297/321/26 0.539	85/60/13 0.462	0	0	
Age composition <sup>a)</sup>						$\chi^2 = 11.033$
Parous rate						d.f. = 2
Comparison of parous rates between stations <sup>b)</sup>	—	$\chi^2 = 171.765$ d.f. = 8 p < 0.001*	—	—	—	p = 0.004*
OCTOBER						
No. stations	0	0	80/196/0 0.710	27/65/0 0.707	5	
Age composition						$\chi^2 = 2/25/0$
Parous rate						0.758
Comparison of parous rates between stations	—	—	$\chi^2 = 5.304$ d.f. = 4 p = 0.258	$\chi^2 = 1.202$ d.f. = 4 p = 0.878	$\chi^2 = 0.141$ d.f. = 1 p = 0.708	$\chi^2 = 0.350$ d.f. = 2 p = 0.839
NOVEMBER						
No. stations	0	0	117/141/0 0.547	71/74/1 0.514	5	
Age composition						$\chi^2 = 0.403$
Parous rate						d.f. = 1
Comparison of parous rates between stations	—	—	$\chi^2 = 4.836$ d.f. = 4 p = 0.305	$\chi^2 = 3.321$ d.f. = 4 p = 0.506	—	p = 0.525
Comparison of parous rates between months	—	—	$\chi^2 = 29.221$ d.f. = 2 p < 0.001*	$\chi^2 = 8.663$ d.f. = 1 p = 0.003*	—	

<sup>a)</sup> nulliparous/parous I/parous II<sup>b)</sup> Variance test for homogeneity of the binomial distribution (Snedecor & Irwin)

c) Degrees of freedom

\* significant heterogeneity

Table. 10. Infection record.

Month	Species	Station	Time	No.	Oocysis			Sporozoites
					small	medium	large	
Sept.	<i>An. minimus</i>	PC	4	18—19	27	×	—	—
Sept.	<i>An. minimus</i>	PC	4	22—23	2	—	×	—
Sept.	<i>An. minimus</i>	PC	4	24—01	0	—	—	×
Sept.	<i>An. minimus</i>	PC	4	01—02	3	—	×	—
Sept.	<i>An. minimus</i>	PC	4	05—06	6	—	×	—
Sept.	<i>An. minimus</i>	PC	6	03—04	0	—	—	—
Sept.	<i>An. minimus</i>	PC	1	03—04	0	—	—	—
Oct.	<i>An. minimus</i>	TLY	4	04—01	0	—	—	—
Oct.	<i>An. dirus</i>	TLY	4	04—05	2	—	×	—
Oct.	<i>An. maculatus</i>	PC	11	03—04	2	×	—	—

魚の放逐により駆除を達成する事に成功している(図 5)。

### 3) 羽音に見られる遺伝的分化と羽音による雄蚊の誘引の可能性

マレイ半島原始林内媒介者 *balabacensis* は同種内 *b. introlatus* により、自然に置き換わりつつある。ゴム林からオイルバーム栽培への切り替えと関連しているらしい。この生態系変化の解明に取り組む必要があるが、羽音を記録しこの種内分類群相互について比較すると表 5 に示すとおりであり、遺伝的分化がみられ性的隔離現象の一つとみられる。熱帯熱マラリア原虫に対する感染性の *balabacensis* の雄蚊の誘殺に応用し、*riparis* あるいは *b. introlatus* の雄を導入した置換法が可能であるので目下その準備中である。

#### 2-1-3 コガタハマダラカ群

1) 種形成遺伝的分化: コガタハマダラカ群は *Cellia* シリーズの蚊で、 *minimus complex*, *pampani*, *varuni*, *flavirostris*, *jeiporiensis* が含まれる。他に *aconitus*, *culicifacies* も近縁種である。*minimus complex* は *minimus s.s.* 型, *pampani* 型, *varuni* 型の形態変異群に分けられるがこのうち、*pampani* 型は同所性分類群とともに *minimus s.s.* とは生殖隔離がみられる。しかし、細胞遺伝学的には縞模様は同型で *euchromatin* の上での分類群間の相違はみられない。ヘテロクロマチンの多型が分類群内にみられる。

#### 2) 生態習性と疫学的性質: 吸血活動 (表 6,

7), 主活動環境、嗜好性、自然感染蚊 (表 8, 10), 寿命、個体群動態 (表 8, 9) の関係を調査し、いずれも高い環境順応性を示し、石垣島のものとの違いは、ヒト吸血性、戸外草叢森林周囲での吸血活動の高いこと、清流を降雨水溜を発生源とする点でタイの *minimus* は疫学的に重要である。殺虫剤には感受性が高いが残留噴霧に対し忌避性環境順応性により駆除効果は上がっていない。対幼虫成長抑制剤は効を奏するが広大な地域での応用に難点がある。分類群の羽音振動数の分化を表 14 に示す。

#### 2-1-4 その他のマラリア媒介蚊

*An. maculatus* はマレーシアでは主役媒介者であるがタイでは地域により脇役媒介をしている(表 11, 12, 13)。この種も今のところ 2 分類群に分けられるが、染色体多型が著明である。他に *barbitostoris* 群、*hyrcanus* 群、*aeonitus* 群、*annularis* 群は地理的要因に関連し、自然界において吸血、マラリア伝播に関与している(表 11, 12, 13)。*umbrsous* 群はマレーシアにおいて原始林内媒介者で昼間吸血活動が盛んである。岳陵山脚地帶でのマラリア伝播をなし、今後の駆除対象蚊である。

#### 2-2 マレイフィラリア媒介者

スマカ類はマレイ半島全域、タイ南部の湖沼地に繁殖しマレイフィラリアの媒介をする。中でも *M. bonnae*, *anulifera* は強力な媒介者で、広範な発生源での駆除が大きな問題となっている。池

Table. 11-(1). 家畜吸血ハマダラカ類採集記録と研究室累代飼育維持群系の概要 Thailand (1)

Species	Date Localities									
	Jun. '83 Chain Rai	Jul. '83 Phrae	Jan. '84 Saiyok KCH	Jan. '84 Saiyok KCH	Jun. '84 Ladya KCH	Jan. '84 Ladya KCH	Feb. '84 Suphanburi	Feb. '84 Don Chang	Jul. '83 Sarbur	Jul. '83 Chonburi Kao Mai Kao
the <i>An. minimus</i> group										
<i>minimus</i> s.s.	45	65	98	110*		0		14	28*	18*
<i>pampawai</i>	10	9	198	201*		0		1	1	1
<i>varuna</i>	7	3	11	8	2	0		2	0	
<i>aconitus</i>	176	117	0	1	32*	20	147	16	36	161
<i>An. ramsayi</i>	16	23	81	51	30	10	5	7	7	6
<i>An. culicifacies</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>An. annularis</i>	21	4	0	0	3	3*	21	13	16	0
<i>An. philippensis</i>	13	11	24	1	1	12*	17	9	28*	11
<i>An. maculatus</i>	63	79	0	30*	0	0	0	0	14*	0
<i>An. karwari</i>	33	34	15	3	0	0	3	6	4	6
the <i>barbiostriatus</i> group	128	156	20	30	2	2	217	19	38	17
the <i>hyrcanus</i> group	190	137	20	89	15	30	174	21	57	71
<i>An. kochi</i>	78	35	0	3	0	0	19	27	14	22
the <i>An. pyretophorus</i> group										
<i>sundaiicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>subpietus</i>	13	17	11	0	0	0	14	8	0	4
<i>vague</i>	36	47	17	0	0	0	13	7	5	8
<i>An. tessellatus</i>	21	71	39	0	0	0	6	3	2	11
<i>An. karwari</i> (addition)	8	27	33	0	0	0	2	5	5	3
the <i>An. umbrosus</i> group										
<i>umbrosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>leifer</i>										
<i>baezai</i>										
<i>separatus</i>										
	山脚	山脚	山脚	水田	水田	水田	山脚	山脚	山脚	丘陵

\* 印は遺伝学的疫学的調査研究の必要のため生きたまま日本に持ち帰り累代飼育中。他是現地マヒドール大学にて累代飼育と殺虫剤テストに供している。形態標本は、遺伝学的研究に必要な系統に限定し累代卵、幼虫、蛹、成虫雌雄を保管、系統発生学的資料に供する。

Table 11-(2). Thailand (2)

Species	Date & Locarities						
	Jul. '83 Udon Thani	Jul. '83 Nakon Panom	Feb. '84 Lamlian Chumphon	Feb. '84 Chumphon	Feb. '84 Kraburi Ranong	Feb. '84 Tunga Ngok Pangnga	Feb. '84 Karai Takuatung Pangnga
<i>the An. minimus group</i>							
<i>minimus s.s.</i>	50*			7*		6*	
<i>pampalai</i>		16*					
<i>varuna</i>							
<i>aconitus</i>	7	1		170	200	270	200
<i>An. ramsayi</i>				2		30	8
<i>An. culicifacies</i>						7*	
<i>An. annularis</i>				15*	2*	25*	40*
<i>An. philippinensis</i>	100	38			2*	15*	290*
<i>An. maculatus</i>	15*	7*	220*		150*	60*	15*
<i>An. karwari</i>							1*
<i>the barbirostis group</i>							
	1			100		150	4
<i>the hyrcanus group</i>							
				100		200	10
<i>An. kochi</i>	37	50			20		120
<i>the An. pyretophorus group</i>							
<i>sundanicus</i>				2*			
<i>subpictus</i>				7*		20	
<i>vagus</i>							
<i>An. tessellatus</i>				3000			25
<i>An. karwari</i> (addition)							18
<i>the An. umbrosus group</i>							
<i>umbrosus</i>							
<i>letifer</i>							
<i>baezai</i>							
<i>separatus</i>							
<i>An. balabacensis</i>				3			

Table 12. Malaysia

## (1) Biting collection on human

Species	Date & Locarities		Species	Date & Locarities	
	Feb. '84 100 km north west from Kuala Lumpur			Feb. '84 100 km north west from Kuala Lumpur	
<i>the An. minimus group</i>					
<i>minimus s.s.</i>			<i>An. kochi</i>		
<i>pampalai</i>			<i>the An. pyretophorus group</i>		
<i>varuna</i>			<i>sundaicus</i>		
<i>aconitus</i>	25		<i>subpictus</i>		6
<i>An. ramsayi</i>			<i>vagus</i>		
<i>An. culicifacies</i>			<i>An. tessellatus</i>		
<i>An. annularis</i>	15		<i>the An. umbrosus group</i>		
<i>An. philippinensis</i>	26		<i>umbrosus</i>		83
<i>An. maculatus</i>	69		<i>letifer</i>		17
<i>An. karwari</i>			<i>baezai</i>		5
<i>the An. barbirostis group</i>		27	<i>separatus</i>		11
<i>the An. hyrcanus group</i>		11	<i>An. leucosphyrus group</i>		3

## (2) Larval collection at Gonbak area, State of Selangor

*Anopheles leucosphyrus* group*balabacensis introlatus* 37\**riparis* 5\*

資料は\*以外はすべてマレーシア国立医学研究所に保管。

Table 13. A comparison on prevalences of mosquito vector species by different geographic characters (1) infected Malaysia.

Species	Plant hill	Narrow ricefield valleys	Broad valleys urban	Costal plain inland	Blackish water fringe
<i>maculatus</i>	12,708	2,542	675	314	—
Infec. GUT	45	3	3	0	—
GL.	67	7	3	5	—
<i>'umbrosus'</i>	2,287	—	10	3,800	—
Infec. GUT	8	—	1	56	—
GL.	10	—	—	33	—
<i>letifer</i>	—	4	—	13,339	643
Infec. GUT	—	—	—	64	0
GL.	—	—	—	60	1
<i>baezai</i>	—	—	—	—	1,865
			—	—	10
			—	—	17
<i>umbrosus</i>	—	—	—	3,435	—
			—	14	—
			—	15	—
<i>barbirostris</i>	759	758	1,747	50	5,461
Infec. GUT	—	—	24	—	13
GL.	—	—	14	2	9
<i>hycanus</i>	2,774	4,313	2,442	180	1,449
Infec. GUT	—	—	14	—	—
GL.	—	—	7	—	—
<i>sundaicus</i>	—	—	—	—	12,474
			—	—	5
			—	—	5

Table 14. Wing beat frequency of *Anopheles minimus* at 5 days after emergence.

Taxon	Sex	No. of tested	Wing best Frequency (Hz) Mean±S.E.	Ratio of M/F
KCH-1	Female	7	464.8±7.6	1.53
	Male	10	713.1±22.4	
KCH-2	Female	12	473.1±5.2	1.50
	Male	15	709.3±10.5	
ISG	Female	11	482.5±8.4	1.63
	Male	10	787.2±22.2	

\* KCH-1 and -2 were collected sympatrically from Kanchanaburi, Thailand, and ISG was collected from Ishigaki Is., Japan.

Table 15. A comparison of sound choice in wing-beat-frequency by male mansonian mosquitoes at Pacific Tin Company, Selangor State, Malaysia, September 8 to September 30, 1985.

Wing-beat-frequency (in Hz)	1st Ob.	2nd Ob.	Average
350	30	51	35.5
380	6	9	7.5
440	8	3	5.5
500	3	4	3.5
590	11	4	7.5

Numbers: Number of mosquitoes collected by trap.

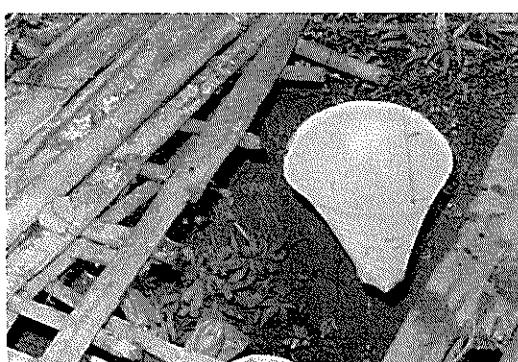


図 6. 新開拓地井戸水に湧く *An. balabacensis* 群の幼虫。

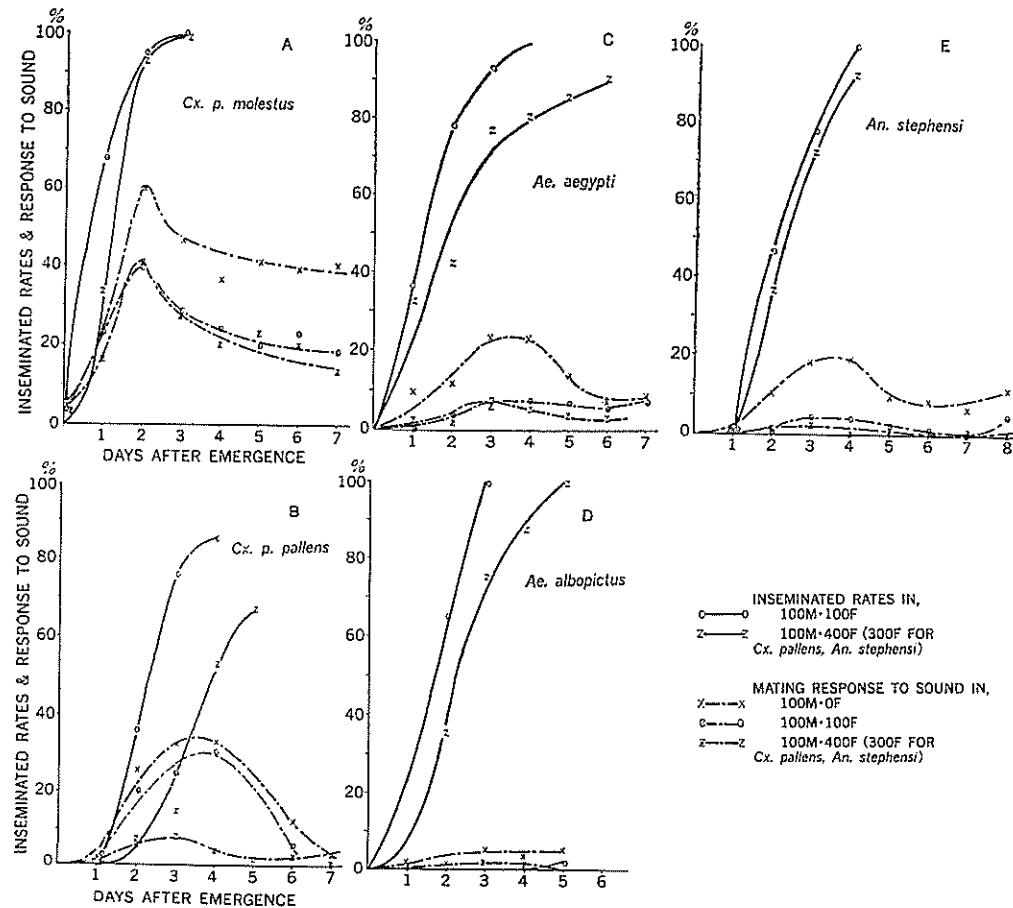


Fig. 7. Response of male mosquitoes to sound and the insemination rates of females in the laboratory plotted as a function of male age.

Table 16. Percentages of female mosquitoes inseminated by males that were either attracted or not attracted to sound.

Mosquito (group)	Sound attracted	Age at start of test, days					
		1	2	3	4	5	6
<i>Cx. p. molestus</i>							
(100·0F)	yes	13 (40)*	29 (92)	34 (47)	7 (70)	13 (38)	2 (43)
	no	24 (50)	30 (71)	21 (28)	18 (20)	26 (28)	15 (24)
(100M·100F)	yes	22 (55)	22 (59)	22 (27)	23 (39)	26 (38)	9 (11)
	no	3 (33)	9 (34)	24 (25)	16 (18)	24 (34)	10 (20)
(100M·400F)	yes	33 (24)	11 (19)	21 (43)	—	0 (27)	—
	no	18 (44)	5 (20)	24 (33)	27 (37)	0 (14)	0 (12)
<i>Ae. aegypti</i>							
(100M·0F)	yes	—	25 (20)	51 (53)	19 (65)	11 (56)	19 (42)
	no	—	10 (42)	14 (21)	9 (23)	14 (28)	6 (34)
(100M·400F)	yes	—	10 (52)	3 (34)	0 (33)	6 (36)	0 (14)
	no	—	9 (25)	0 (30)	4 (34)	0 (32)	0 (22)

\* The figures in parentheses are the number of females dissected.

庄司らの開発している羽音による雄蚊の誘殺を試み表 15 に示すような成績を得ており、実際野外での応用と個体群動態の測定に和田らの方法の応用が期待されている。

### 3 駆除法の開発と基礎的実験および野外調査

#### 3-1 音波による雄蚊の誘殺に関する研究

雄蚊の群飛、交尾行動に関する知見を広げ、蚊の駆除技術として完成することを目標に、開発に当たり、基礎的に次のような調査実験をした。

1) 日令、交尾歴の異なる雄蚊の音源への応答について

雄蚊の羽音の録音あるいは羽音と同周期の電気的な振音に対し野外で群飛する雄蚊の 25% 程度しか誘殺されない。この事実の原因について、音

と音源トラップの構造上の欠陥か、元来群飛雄蚊は 100% 羽音に応答する生理状態になにかの原因が考えられる。このうち生理的要因として雄蚊の日令と交尾欲の高さについて対比調査した。実験飼育 5 種の雄のチカイエカ、アカイエカ、ネットタイイエカ、ヒトスジシマカ、*An. stephensi* について雌蚊の受精率をみたら 2~4 日が最高で 5 日以降急激に減少していた(図 6)。野外でのコガタアカイエカ、*C. tarsalis*, *Ae. melanimon* の群飛蚊を音源トラップで採集した雄蚊でも同様の結果を得ている(図 7)。

そこで音源へ応答する童貞雄と応答しない童貞雄との間で受精率の差はチカイエカではみられなかったが、ネットタイシマカでは応答童貞雄の受精率が高くかつ大きい。また既交尾雄、とくに交尾

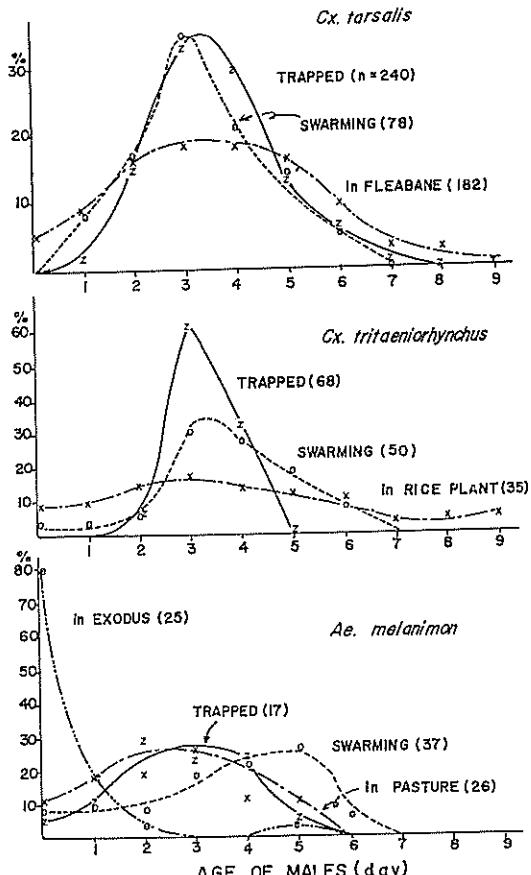


Fig. 8. Age structure of male mosquitoes collected resting, swarming and responding to an acoustical trap in nature.

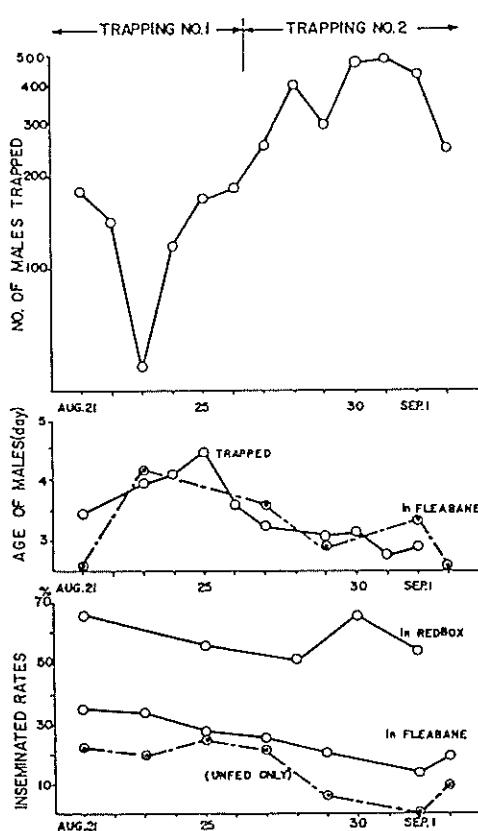


Fig. 9. Impact of the male extraction by sound trapping of *Cx. tarsalis* population in a marsh fleabane batch in California.

Table 17. Number of mosquitoes caught by the acoustical traps.

Stn	Dates ca						Sum (♀)	No/night (♀)
	Jul.	23	24	25	26	27		
1	547	50	209	344	503	369	56	166
2	26	13	21	—	—	304	—	49
3	663	69	104	108	57	419	54	86
3'	62	36	55	—	—	—	—	—
4	214	126	64	217	64	400	58	30
5	449	41	23	8	25	147	—	12
6	93	65	81	31	99	26	85	150
7	261	60	10	106	152	304	170	24
8	28	189	7	258	838	197	168	158
9	206	90	32	21	115	39	—	4
10	488	47	14	45	104	72	239	22
11	430	128	29	211	286	55	136	117
12	96	175	24	216	75	130	—	—
13	376	95	78	609	167	194	—	344
14	—	—	—	—	—	11	300	149
Sum	3939	1184	751	2174	2485	2667	1266	1252
(♀)	(134)	(82)	(214)	(146)	(98)	(102)	(135)	(105)
Nh/Stn	281.3	88.4	53.6	181.2	207.1	190.5	140.7	104.3
(♀)	(9.6)	(5.9)	(15.3)	(12.2)	(8.2)	(7.3)	(15.0)	(8.8)

<sup>a)</sup> Traps were either not operated or malfunctioned.

回数の多い雄蚊は両種とも音源への応答が減少した（表 16）。以上のことから自然界ではわずか少數の超雄蚊が雌蚊を受精していると推定され、全部の雄が個体群の維持に関与していないと考えられる。そこで超雄蚊だけを誘殺することにより、蚊の駆除の効果が上がると考えられる。

2)

#### 野外実験 1) 野外カルフォルニア牧草地における *Cx. tarsalis* の誘殺実験

ベーカーフィールド市の山岳斜面牧草地で *Cx. tarsalis* が係留している 1 ミヨケソウの草叢 25 × 50 m を、12 個の音源トラップ（9 cm のスピーカー、370 Hz, 100 dB SPL, 5~15 秒の断続音）で囲い、8 月 21 日から 9 月 2 日まで 2 週間、毎夕 15~20 分間発音し雄蚊を誘殺した。

その結果、総数 2891 匹の雄蚊を誘殺した。草叢に係留する雌蚊の受精率は 36 % から 9 月 1 日の 14 % へ減少した。さらに他から移入した抱卵蚊を除く未吸血蚊では最初の 22% から 0% へ減少した。この期間、対照区での雌蚊の受精率は 50~65%，平均 50% であった。

① 狹い隔離した地域で、最も音に反応する受精率の高い雄蚊を、効率的に誘殺した。

② 蚊の交尾、群飛場所、時間が完全に一致しており、音源トラップは雄蚊を誘殺するばかりでなく、他の雄蚊の雌蚊との自然交尾を混乱し、阻害する。

③ 羽化による若令雌蚊の加入、増加による平均受精率の低下。結論的には、より詳細な大規模な実験が必要である。

#### 野外実験 2) 筑後市の水田におけるコガタアカイエカの分布と音源トラップの設置位置

前述の孤立した狭い場所での実験と対象に、大水田地帯の一区画で行なった。300 頭のブタ飼育小屋を含む約 1.7 ヘクタールの水田に 14 箇所音源トラップ各 1 個を、地上 1 m に設置した（図 9）。370 Hz, 100 dB SPL, 6~5 秒の断続音を、毎夕 19:42~20:02 時の 20 分間、7 月 23 日から 8 月 4 日までの 11 日間発音し雄蚊を誘殺した（図 9）。一方トラップ設置地点の種、草叢に係留する蚊を捕虫網でくいとり個体数を調べた。

その結果、総数 21257 匹（雌蚊 1116 匹を含む）の蚊を誘殺した（表 17）。トラップ 1 個、1 夜当たりの誘殺数は 1545 匹（雌蚊 87 匹）であった。7 月 24 日、25 日は蚊の群飛時刻に雷雨があり誘殺は激減した。その他の日は 1 トラップ当たりの誘殺数は 104~281 匹で変動した。大量誘殺にもかかわらず雄蚊の減少は見られなかった。しかし雌蚊の誘殺数（雌蚊は音源に直接応答しないとみなされるが）、特にブタ小屋へ飛来し吸血した雌蚊の数は激減した。この傾向は稻に係留する雌蚊でも同様で、雄蚊の大量誘殺による未交尾雌の増加即ち吸血雌蚊の減少であるかもしれない。各位置での音源トラップの蚊の誘殺数を見ると、ブタ小屋に接近した 1~4 の音源トラップの 1 夜当たりの誘殺数の平均は 1745 匹（雌 214 匹）で雌蚊が割に多く、トラップ 5~14 の平均誘殺数は 1357 匹（雌 15 匹）で、水田全般にわたって、ほぼ均等であった。また雌蚊の比率は非常に低い。この傾向は稻、草叢に係留している個体群でも同様であった。したがって、雄蚊は発生源である水田に係留し、（トラップ内壁に粘着剤のかわりに殺虫剤、化学不妊剤を塗布すると有効である）は、野外での 2 実験で将来非常に有効な蚊の駆除法になる可能性を示した。今後、照度感受型のダイオード、電源と人工標識となる太陽電池などによるハードウェアの簡素化と同様に、飛群の雄蚊の個体数推定法、より効率的なトラップの考案などが必要である。多数のスマカ、チョウバエ、ガガンボ、ガなどが誘殺されるので他種昆虫への適用も可能である。

### 3-2 生化学的物質の駆除剤への開発に関する研究

#### 3-2-1 密度制御物質（オーバークラウディングファクター）の合成と生理活性

密度制御物質の主成分はアルキル側鎖を有する炭化水素やアルキル側鎖を有する脂肪酸である（Ikeshoji, 1977）。このような天然物は実用的には殺虫効果が低いので、化学的修飾を行ない、より殺虫効果の高い実用的な物質をさがした。つまり、炭化水素では側鎖または天然物の活性物質として知られている 7-methylocadecane との位置や

Table 18. Most effective synthetic overcrowding factors against *Culex pipiens molestus* Larvae.

Compounds	LD <sub>50</sub> ppm
3-Methylpentadecanoic acid	0.6 (4.87)*
3-Methylheptadecanoic acid	0.2 (0.09)*
3-Methylnonadecanoic acid	0.05 (0.06)*
3,17-Dimethyloctadecanoic acid	0.15 —
2-Methyl-3-pentadecyne-2-ol	0.65 —
2-Methyl-14-pentadecyne-2-ol	0.18 —

\* Tested against *Culex quinquefasciatus*. Y. S. Hwang et al., J. Agric. Food Chem., 26, 557 (1978).

種類（アルキル基、水酸基など）、不飽和結合の存在（二重結合や三重結合）、および側鎖（アルキル基）を有する脂肪酸の化学構造と生物活性の相

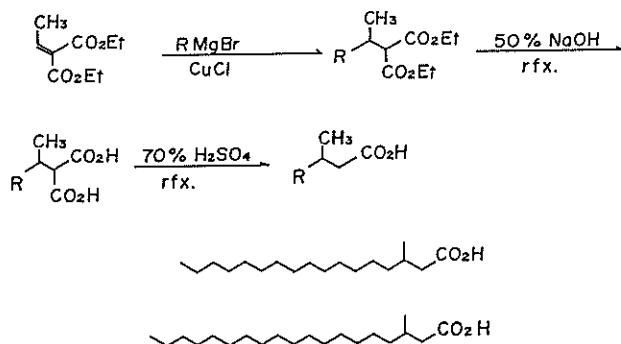
関について、約 50 種の化合物を合成して検討した。

合成品では比較的活性の強い 6-ethylhexadecane の両鏡像異性体 (+) 体および (-) 体を合成し、側鎖アルキル基の結合している不斉炭素原子の立体配置と生理活性との関係も検討した。

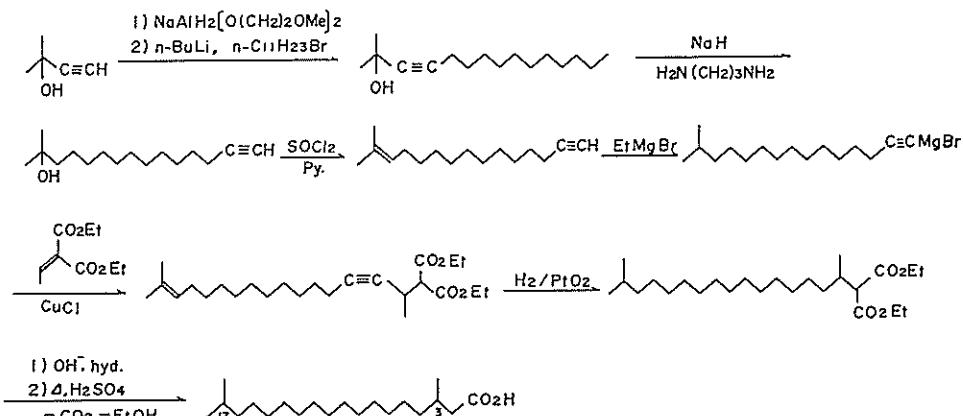
#### その結果

1) 側鎖を有する炭化水素、アルコール類は顯著な生理活性を示さなかった。しかし、表 18 に示すように C-3 位にメチル基を有する脂肪酸 ( $C_{16}$ ~ $C_{20}$  酸) および  $C_{16}$  の三重結合を有する 2 級アルコールの 6 種類の化合物は、殺虫剤のマラソンと同程度の活性を示した（表 18）。この結果から種々の化学的修飾によって、さらに優れた密度制御物質の開発が可能と思われる。

#### Synthesis of 3-Methylalkanoic Acid



Scheme 1. Synthesis of 3-Methylalkanoic Acid (I)



Scheme 2. Synthesis of 3-Methylalkanoic Acid (II)

なお、本研究で開発した3-メチル脂肪酸の合成法（模式図1）は種々のアルキルハライドを用いることによって、相当する脂肪酸が収率よく得られる。また、3-メチルイソ脂肪酸および三重結合を有する化合物の合成法（模式図2）も適用範囲の広い合成法である。

2) 側鎖アルキル基の結合している不斉炭素原子の立体配置は生理活性にほとんど影響がないことがわかった。すなわち、密度制御の効力はラセミ体で十分に発揮できるはずである。このことから、密度制御物質の構造は経済的な方法で合成できる。

### 3-2-2 産卵誘引物質の合成と生理活性

1) 微生物の產生する産卵誘引物質(7, 11-Dimethyl-octadecane)（図10）

ネッタイシマカの産卵誘引物質として、*Ps. aeruginosa*の一菌株より、カプリン酸処理プール中に產生される物質の主成分は7, 11-dimethyloc-tadecaneである(Ikeshoji, 1979)。しかし、合成したこの物質のラセミ体の生理活性は、天然物の約1/3であった。そこで、ラセミ体に存在する4個の立体異性体を(s)-(-)-シトロネロールおよび(R)-(+)のレゴンを不斉炭素源とする高選択的方法で合成した(櫻本, 1982)。生物試験の結果、いずれも天然物の約1/2.5の活性にとどまった。したがって、天然物中には他にマイナー成分が存在し、共力剤として働いているものと推定される。今後このマイナー成分を見いだすことで合成品の活性の増大が期待できる。

2) ネッタイイエカの卵より分泌された産卵誘



Fig. 10. A sound trap set on a black cloth as an artificial swarm marker spread beside a paddy. 2. Male mosquitoes approaching to a sound trap in response to sound. 3. Male mosquitoes stuck on the inside wall of the sound trap.

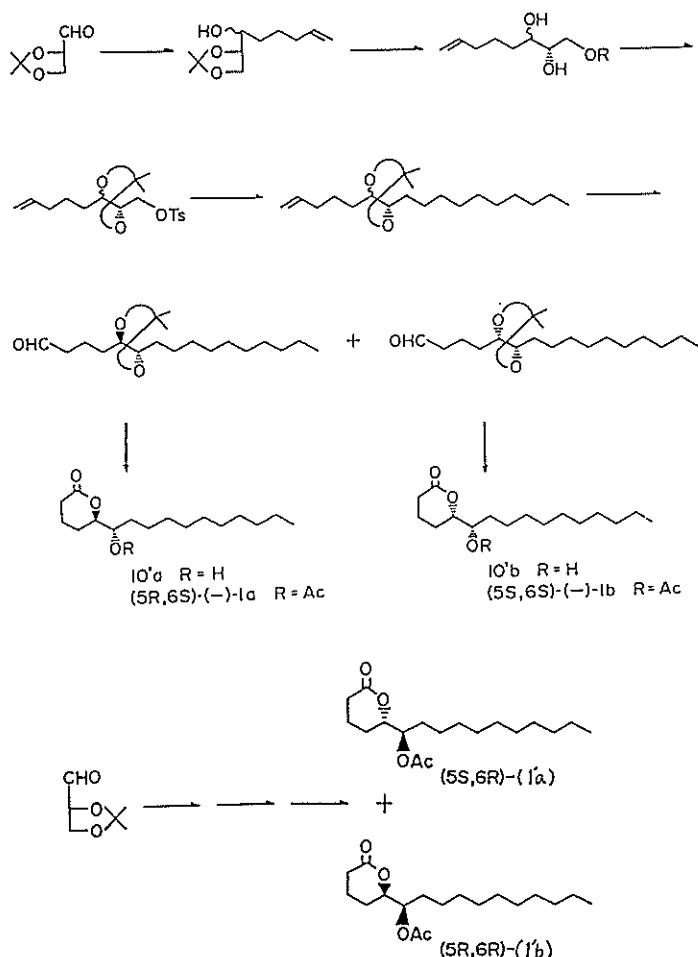
## 引物質 (erythro-6-Acetoxy-S-hexadecanolide)

### a) 生化学的研究

ネッタイイエカの卵から産卵誘引物質として主成分が (la) あるいは (l'a) が分泌されると A. J. Pickett らは報告した。そこで天然物の絶対構造を決定し、生理活性と立体構造の関係については検討した。最初にエリスロ型の (la) および (l'a) のほかにスレオ型の (lb) および (lb') の 4 個の立体異性体を模式図 3 の合成経路で、光学的に 100 % に近く合成した。生物試験の結果、活性の本体は (la) であった (表 19)。その後 J. A. Pickett らも同様のことを報告している。

本物質は他のイエカ属 (チカイエカ、アカイエ

カ) に対しても顕著な生理活性を示したが、ネッタイシマカ、ハマダラカの産卵に対しては不活性で、属特異性が明らかとなつた。なお (l'a) にも若干の効果があった。さらに (la) に対する他の 3 種類の異性体は混合試験で (+) 効果、(-) 効果いずれも示さなかつた (表 20、図 11)。よって (la) と (l'a) の等量混合物 (ラセミ体) で十分な実用価値があるので、極めて短工程で収率のよい経済的な合成法を確立した (模式図 4)。本合成はアルキル側鎖の長さの異なる同族体の合成にも利用できる優れた合成法である。なお、得られた ( ) 体は模式図 5 に示すごとく、微生物を用いて、不齊加水分解し、活性の主成分の (-) 体を



Scheme 3. Chiral Synthesis of erythro-6-Acetoxy-5-hexadecanolide.

光学純度 98.5% 以上の収率で得られた。

### b) 野外における生物試験

櫻本らのチームが合成したものを用いチカイエカの産卵選択性を調べた結果、各異性体は 0.8~8 ppm で (5R, 6S), (5S, 6R), (5R, 6R), (5S, 6S) 体の順で強い活性を示した。しかし (5R, 6S) 体と他の異性体との混合によって活性は上昇しなかった。Cx. p. pallens でも同様な結果を示し、ま

Table 19-(1). チカイエカに対する産卵誘引性  
(CHOICE TEST).

<u>(5R, 6S)</u>	$\xleftarrow{2.4}$	(5S, 6R)	<u>(5S, 6R)</u>	$\xleftarrow{2.0}$	(5S, 6S)
(5R, 6S)	$\xleftarrow{3.2}$	(5S, 6S)	(5S, 6R)	$\xleftarrow{3.1}$	(5R, 6R)
(5R, 6S)	$\xleftarrow{2.6}$	(5R, 6R)	(5R, 6R)	$\xleftarrow{1.5}$	(5S, 6S)

Concentrations of compounds tested were 0.8 ppm  
All oviposition rates are significant at 5% level.

Table 19-(2). Oviposition Preference of *Culex pipiens molestus* against the four Stereoisomers of 6-Acetoxy-5-hexadecanolide (choice test).

A 10 ml quantity of aqueous Triton X-100 (2 ppm) containing the test substance (0.8 ppm) was added to 4.7 cm-diam glass dishes, which were placed side by side in a 30×30×30 cm screen cage in the evening. After standing for 1 day, the dishes were taken out and numbers of egg-rafts laid were counted. The values above the arrows show the oviposition attractant rate.

(5R, 6S)-(-)-(Ia) $\xleftarrow{2.4}$ (5S, 6R)-(+)-(I'a)	(5S, 6R)-(+)-(I'a) $\xleftarrow{2.0}$ (5S, 6S)-(+)-(lb)
(5R, 6S)-(-)-(Ia) $\xleftarrow{3.2}$ (5S, 6S)-(-)-(lb)	(5S, 6R)-(+)-(Ia) $\xleftarrow{3.1}$ (5R, 6R)-(+)-(I'b)
(5R, 6S)-(-)-(Ia) $\xleftarrow{2.6}$ (5R, 6R)-(+)-(I'b)	(5R, 6R)-(+)-(I'b) $\xleftarrow{1.5}$ (5S, 6S)-(-)-(lb)

た Ae. aegypti, An. stephensi に対しては、どの異性体も選択性を示さなかった。したがって、このフェロモンであるといえる。

このフェロモンを加州ベーカーフィールド市で野

Table 20. Oviposition percentages of three different species of mosquitoes to the four isomers of 6-acetoxy-5-hexadecanolide at 0.8 ppm.

	(5R, 6S)	(5S, 6R)	(5R, 6R)	(5S, 6S)
Cx. p. pallens	97.6**	60.2*	50.0	49.7
An. stephensi	38.9	41.1	53.9	58.3
Ae. aegypti	50.8	58.5	44.7	22.8

\*: significant at 5% level, \*\*: significant at 1% level of t-test.

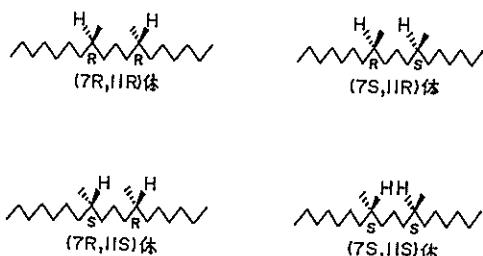


Fig. 11. Four Diastereomers of 7,11-Dimethyl-octadecane

外テストしたところ、1~100 ppm で、Cx. tarsalis, Cx. quinquefasciatus に対し、2倍程度の産卵を刺激した。鶏卵アルブミン 10 ppm と混合すると 5 倍になった。

### 3-2-3 成長抑制剤の蚊幼虫への応用

女王バチ、女王アリなど昆虫類から分離された物質が、他の昆虫類の成長抑制的に作用することを応用し、蚊幼虫からの羽化抑制に用いる方法であるが、蚊科では、ハマダラカ、ヤブカ、イエカ、スマカ類に効果が見られる。

幼虫発生源水域に応用する場合、スマカ、コガタハマダラカでは 0.1 ppm 24 時間作用でその効果がみられ、いずれも 7~10 日羽化をおくらせている。現在なお基礎実験中である。

本剤はタイのコガタハマダラカ発生源の水域山脚地帯に、また、スマカ類にはマレイ半島マレイ諸島湖沼湿地帯における発生源への応用が期待される。野外実験も目下計画中である。

### 4 イエバエの性決定様式の異常と卵巣発育の遅延に関する研究

1940 年代までは、イエバエの性染色体構成は雌が XX、雄が XY とされていたが、その後本来は Y 染色体上の雄性決定因子 M が常染色体

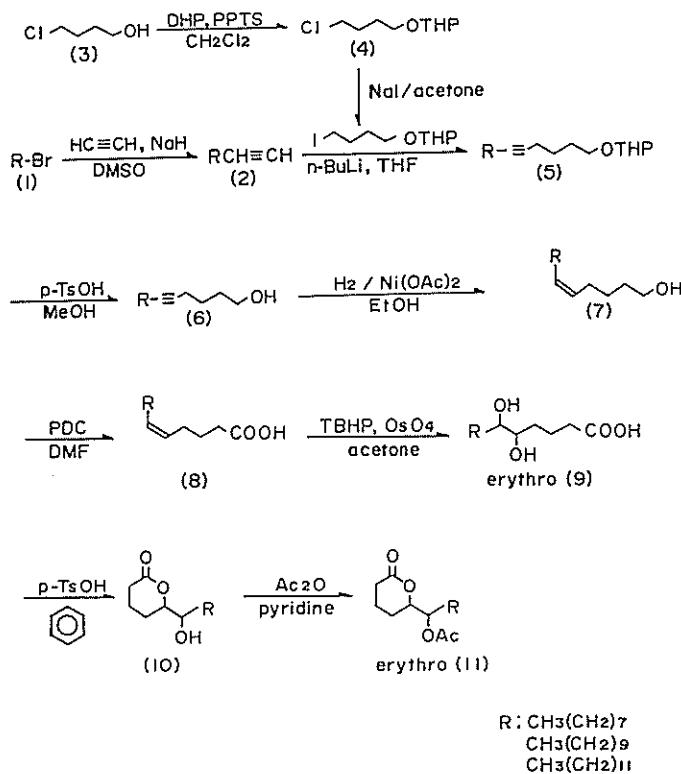
表 21. 他種の蚊の産卵選択性 (%) 0.8 ppm.

	(5R, 6S)	(5S, 6R)	(5R, 6R)	(5S, 6S)
<i>Culex p. pallens</i> (アカイエカ)	97.6**	60.2*	50.0n.s.	49.7n.s.
<i>Anopheles stephensi</i> (ハマダラカ)	38.9n.s.	41.1n.s.	53.9n.s.	58.3n.s.
<i>Aedes aegypti</i> (ネッタイシマカ)	50.8n.s.	58.5n.s.	44.7n.s.	22.8n.s.

\*: significant at 5% level

\*\*: significant at 1% level

n.s.: no significant



Scheme 4. Stereoselective Synthesis of ( $\pm$ )-erythro-6-Acetoxy-5-hexadecanolide and its Homologs.

上に転座したかたちの A 型の雄が増加し、この M を複数個体もつ雄も発見されるようになった。さらに複数個の M に対しても優位性を示す雌性決定因子 F の存在も報告された。

すなわち、イエバエの標準型雌 (A/A; A は常染色体セットの略) は雌性決定因子 F を持たないが、F 因子を持つ雌は複数個の M 因子を合わせ持つことができる。この性質を利用して、採集した蛹から羽化した雌を II<sup>X</sup>F 系統の雄 (II<sup>X</sup>/II<sup>X</sup>; X/X) と交配させる。子孫中に雌が出現すれば雌

親が F 因子を持っていたことがわかる。

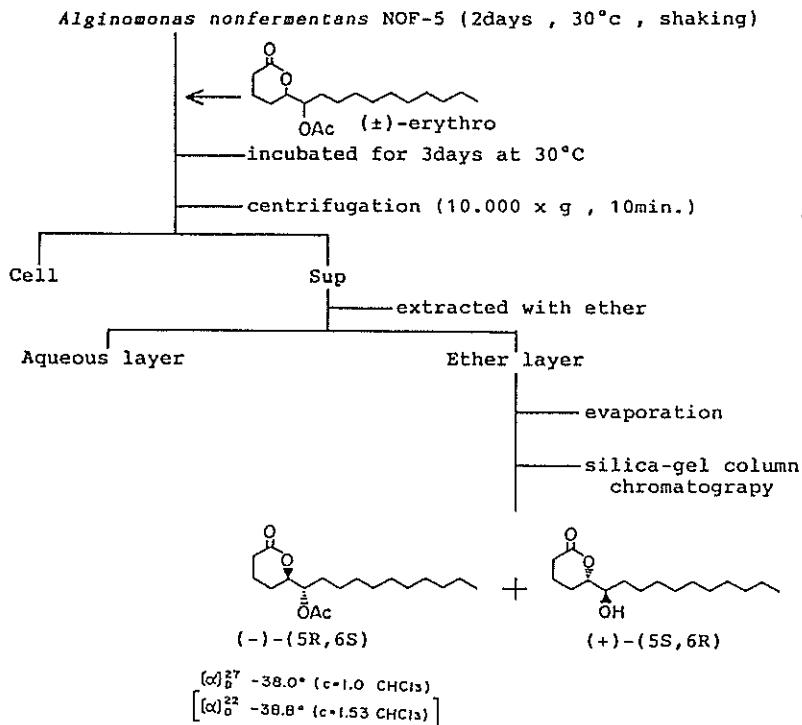
雄性決定因子 M の検出は、標準型雌との交配を続けていく限り M 因子は雄の子孫中にのみ伝わっていく性質を利用する。採集した雄を aabys 系統 (5 対の各常染色体が劣性可視遺伝子で標識されていて、性決定様式については標準型) の雌と交配する。得られた F<sub>1</sub> の雄を aabys 系統の雌に戻し交配して F<sub>2</sub> 世代を得る。この F<sub>2</sub> の雌雄ごとに、標識形質の表現型分離を調べ、戻し交配ごとの F<sub>1</sub> 雄の遺伝子型を知り、さらにそれら

の結果を総合することにより雄親の遺伝子型を推定できる。

上記方法を用いて、イエバエの多型的性決定様

式を日本各地の集団で調べた(図12,13)。その結果次の点が指摘できる。

(a) 正常なXY型のみの集団は発見できなか



Scheme 5. Optical Resolution by the Enantioselective Hydrolysis using *Alginomonas nonfermentans* NOF-5.

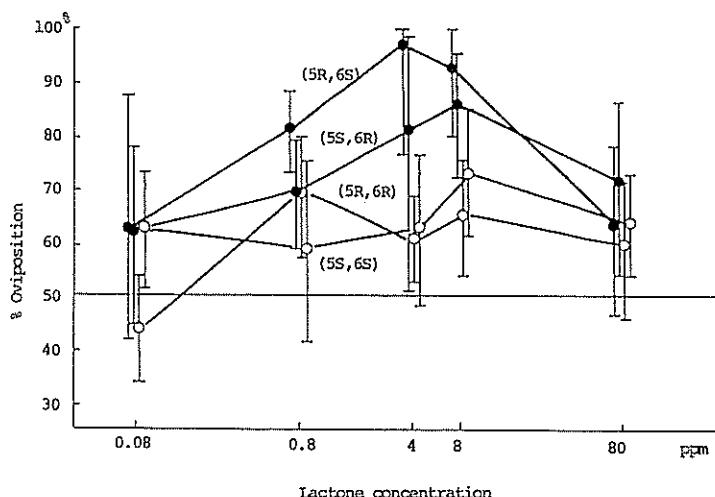


Fig. 12. Oviposition preference of *Cx. p. molestus* of the four isomers of 6-acetoxy-5-hexadecanolide. The bars indicate the 95 confidence limits.

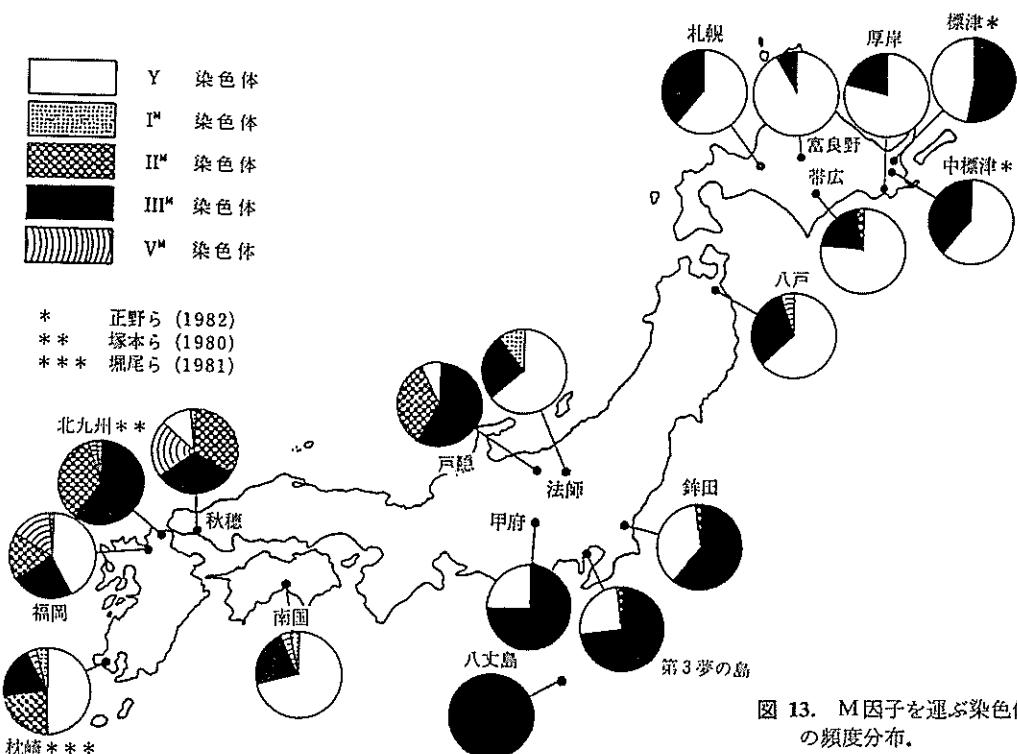


図 13. M因子を運ぶ染色体の頻度分布。

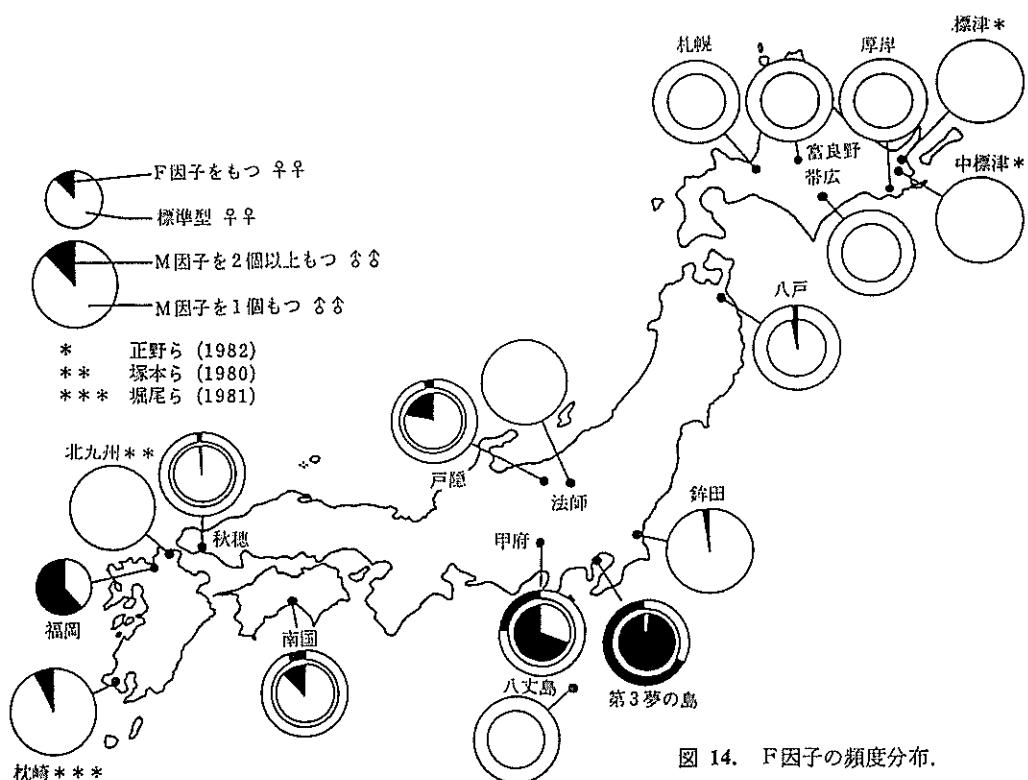


図 14. F因子の頻度分布。

った。

(b) 異常雄性決定染色体 A の中では、M 因子が第 3 染色体に存在する III<sup>M</sup> 型が多かったが、西日本ではより多型的であった。

(c) 異常雌雄決定因子 F の頻度は、東京湾ごみ埋立地第 3 夢の島では高く、その他では低いところが多い。特に北海道では F の存在はこれまで知られていない。

以上のほかに、イエバエの異常な性決定様式と関連して種々の調査研究を実施している。たとえば、F 因子がまだ見つかっていない北海道の 4 か所からイエバエを採集し、これら 4 集団のハエから第 3 染色体を抽出し、M 因子の有無と 6-Pgd isozyme polymorphism を調べた。その結果、M 因子のない第 3 染色体では、4 地点のすべてで s と m が高頻度を示したが、M 因子のある第 3 染色体では、ほとんどが m であった。このことは、III<sup>M</sup> 染色体は多起源的ではなく、どこかで生じた III<sup>m</sup> 染色体が広がって現在の分布を示すようになった可能性が大きいことを示すのである。また、東京湾第 3 夢の島の雌イエバエの交配実験から、生殖的に不妊の間性 (Intersex) の個体がかなり存在している事実を確認した。この間性は、F 因子を持つ雌からの子孫のうち、F 因子も M 因子も持たない雌に生じる物である。

前述のように、東京湾第 3 夢の島には異常な性決定を行なうイエバエが多いが、このイエバエ集団は生理的にも特異で、卵巣の発育が著しく遅延する個体や、卵巣の発育のためにタンパク体を必要としない無タンパク生殖を示す個体が多数含まれている事実も明らかにし得た。その原因については生化学的に追及中である。

一方、第 3 夢の島のイエバエ集団における殺虫剤抵抗性の発達については、長年にわたって追及してきた。殺虫剤抵抗性の発達は、第 3 夢の島だけでなく、日本各地のごみ処分場や養鶏場などで大きな問題となっている。興味があることは、イエバエの殺虫剤抵抗性の発達と、性決定様式の異常や生理的特異性がほぼ同時期に出現したらしいことである。しかし、その因果関係については今後の研究に待たねばならない。

新しい角度からイエバエの対策を考えていきたい。それは、現在日本各地のイエバエはほとんどの有機りん剤に抵抗性で、またピレスロイドに対する抵抗性の発達のきざしもみられ、有効な殺虫剤がまったくなくなる恐れさえあるからである。性決定様式の異常、たとえば M 因子をホモに持つ雄と正常の雌との間からは雄のみが生じるという事実や、F 因子を持つ雌の子孫には生殖的不妊の個体も含まれること、などを考慮したイエバエの対策も可能となるだろう。それがどのような形のものであるにしろ、生態学ないし集団遺伝学の立場からの追及が必要である。

## 研究発表

### 誌上発表

- 1) a) T. Ikeshoji: *J. Pesticide Sci.*, 2, 77 (1977).  
b) T. Ikeshoji and M.S. Mulla; *Environ. Entomol.*, 3, 482-486 (1974).
- 2) T. Ikeshoji, I. Ichimoto et al., *J. Pesticide Sci.*, 4, 187-194 (1979).
- 3) Tozo Kanda, K. Takai, Chiang, G. L., Cheong, W. H., and S. Sucharit: Hybridization and some biological facts of even strains of the *Anopheles leucosphyrus* group (Reid, 1968). *Jap. J. Sanit Zool.*, 32, 321-329, (1981).
- 4) B. R. Laurence and J. A. Pickett: Erythro-6-Acetoxy-5-hexadecanolide, the major component of a mosquito oviposition attractant pheromone. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 59-60, (1982).
- 5) Tozo kanda, W. H. Chenog, Oguma, K. Takai, G. L. Chiang, and S. Sucharit: Systematics and cytogenetics of the *hyrcanus* group, the *leucosphyrus* group and *Pyretophorus* group in East Asia. Recent development in the Genetics of Insect diseasevectors, Stipes Publ. Co. Champaign U.S.A., 1982, 506-522.
- 6) Tozo Kanda, K. Takai, Chaing G. L., Loong K. P., S. Sucharit, and W. H. Cheong: Phylogenetic interpretation and chromosomal polymorphism found among 9 strains of human malaria vectors of the *Anopheles leucosphyrus* group (Colles, 1956). *Jpn. J. Genetics*, 58, 193-208, (1983).
- 7) Tozo kanda, Kenichi Ogawa, S. Sucharit, Chiang G. L., and C. Harinasuta: Cytogenetic and hybridization studies among 3 strains morphologically variable and belonging to *Anopheles minimus* Theobald from Japan and Thailand. *Cytologia* 49, 865-881, (1984).
- 8) 和田義人, 高橋正和, 池本孝哉: 自然教育園の蚊について, 自然教育園報告, 第 15 号, 1-2, (1984).

- 9) Sakakibara, M., T. Ikeshoji, K. Machiya and I. Ichimoto: Activity of four stereoisomers of 6-acetoxy-5-hexadecanolide, the oviposition pheromone of Culicine mosquitoes. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 35, 401-403 (1984).
- 10) M. Sakakibara, T. Ikeshoji, K. Machiya and I. Ichimoto: Activity of four stereoisomers of 6-acetoxy-5-hexadecanolide, the oviposition pheromone of culicine mosquitos. *Jap. J. Sanit. Zool.*, 35, 401-403 (1984).
- 11) Ikeshoji, T.: Agestructure and matingstatus of the male mosquitoes responding to sound. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 36, 95-101 (1985).
- 12) Ikeshoji, T., M. Sakakibara and W. K. Reisen: Removal sampling of male mosquitoes from field populations by sound trapping. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 36, 196-200 (1985).
- 13) Aqui, N., M. Takahashi and Y. Wada: The effect of adult foods on the egg development of houseflies, *Musca domestica*, with notes on an autogenous strain. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 36, 231-233 (1985).
- 14) Myat Myat Thu, W. Tun Lin, A. Sebastian, Tozo kanda and Khin May: Preliminary biological study on two taxa of the *Anopheles bla balabacensis* complex. *Jpn. J. Genetics*, 60, (1985).
- 15) Tozo Kanda, T. Matsunari, K. Takai, W. H. Cheong, K.P. Loong and S. Sucharit: Biological validity of a morphological species *Anopheles takasagoensis* Morishita, 1946. *Jpn. J. Genetics*, 60 (1985).
- 16) Agui, N., M. Takahashi, Y. Wada, S. Izumi and S. Tomio: The relationship between nutrition, vitellogenin, vitellin and ovarian development in the housefly, *Musca domestica* L. *J. Insect Physiol.*, 31, (1985) in press.
- 17) 池庄司敏明: 昆虫の音と防除への利用. 日本音響学会誌 (1985) 印刷中.
- 18) Ikeshoji, T.: Distribution of male mosquitoes in paddy fields investigated with with acoustical traps (1985) (in preparation).
- 19) B. R. Laurence, K. Mori, T. Otsuka, J. A. Picett and L. J. Wadhams: Absolute configuration of mosquito oviposition attractant pheromone, 6-Acetoxy-5-hexadecanolide. *J. Chem. Ecol.*, 11, 643-648 (1985).
- 20) K. Machiya, I. Ichimoto et al.: A combinent synthesis of four stereoisomers of 6-Acetoxy-5-hexadecanolide, the major component of the mosquito oviposition attractant pheromone. *Agric. Biol. Chem.*, 49, 643-649 (1985).
- 和 57 年 6 月).
- 2) 神田鍊蔵, 小川賢一, Myat Myat Thu, 高井憲治: コガタハマダラカの種群内系統間の交配実験と細胞遺伝学的観察 (同上).
- 3) 神田鍊蔵, 松成多喜子, 高井憲治: *Anopheles leucosphyrus* 種群 8 系の進化学的見解 (同上).
- 4) 神田鍊蔵: 東アジア地域におけるマラリア媒介者の進化学的見解, マラリアの基礎的研究シンポジウム第 24 回日本熱帯医学会, (昭和 57 年 10 月).
- 5) 富田隆史, 和田義人: 夢の島におけるイエバエ *Musca domestica* の多型的性決定様式, 第 54 回日本遺伝学会大会, (昭和 57 年 11 月).
- 6) 横本五男: 生理活性 (光学活性) 天然物の合成, 日本農芸化学会関西支部大会シンポジウム, (昭和 57 年 10 月).
- 7) 高橋正昭, 和田義人, 栗原 裕, 池本孝哉: 記号放逐法によるヒトスジシマカの生態に関する研究 1, 成虫の移動, 第 35 回日本衛生動物学会大会, (昭和 58 年 4 月).
- 8) 和田義人, 池本孝哉, 栗原 裕, 高橋正和: 記号放逐法によるヒトスジシマカの生態に関する研究 2, 個体群ペラメータ推定法, (同上).
- 9) 池本孝哉, 和田義人, 高橋正和, 栗原 裕: 記号放逐法によるヒトスジシマカの生態に関する研究, 成虫の密度と日生存率, (同上).
- 10) 富田隆史, 和田義人: 日本におけるイエバエ *Musca domestica* の多型的性決定様式, (同上).
- 11) 神田鍊蔵: 蚊科の細胞遺伝学的研究, 第 35 回日本衛生動物学会大会, (昭和 58 年 4 月).
- 12) 横本五男, 町谷幸三: 蚊の産卵誘引物質, Erythro-6-Acetoxy-5-hexadecanolide の合成, 昭和 58 年日本農芸化学会大会, (昭和 58 年 3 月).
- 13) 高井憲治, 神田鍊蔵, W. H. Choong, S. Suchasit: *Anopheles leucosphyrus* 種群の遺伝的変異, (同上).
- 14) 小川賢一, 神田鍊蔵, 高井憲治: 日本およびタイ国における *Anopheles minimus* の地域集団間の形態変異と遺伝的知見について, 第 35 回日本衛生動物学会東日本支部大会, (昭和 58 年 10 月).
- 15) 松成多喜子, 神田鍊蔵, 高井憲治: *Anopheles leucosphyrus* 群における台湾系統を中心とした交配実験, (同上).
- 16) 横原充隆, 池庄司敏明, 町谷幸二, 横本五男: Erythro-6-acetoxy-5-hexadecanolide の蚊に対する産卵誘引性, (同上).
- 17) 横本五男, 紙谷 寛: モノテルペンを出発物質とする光学活性な昆虫フェロモン, カイロモンの合成, 日本農芸化学会関西支部例会, (昭和 58 年 7 月).
- 18) 富田隆史, 和田義人: イエバエの III<sup>m</sup> 染色体における酵素遺伝子座の多型性, 第 55 回日本遺伝学会大会, (昭和 58 年 10 月).
- 19) 安居院宣昭, 高橋正和, 和田義人, 泉 進, 富野士郎: イエバエの卵巣発育とビテロジエン合成のホルモン制御, 第 54 回日本動物学会大会, (昭

## 学会発表

- 1) 池庄司敏明: 雄蚊誘引のための音源トラップ型と不妊剤の残効性, 第 34 回衛生動物学会大会, (昭

- 和 58 年 10 月).
- 20) 横本五男, 町谷幸三, 吉沢 透, 池庄司敏明, 横原充隆: カの産卵誘引物質, Erythro-6-Acetoxy-5-hexadecanolide の合成と生理活性, 日本農芸化学会大会, (昭和 59 年 4 月).
- 21) 神田錬蔵: 東アジアにおけるマラリア媒介蚊の問題点, 第 36 回日本衛生動物学会大会, ミニシンポジウム, (昭和 59 年 4 月).
- 22) 富田隆史, 和田義人: 北海道産イエバエの III<sup>M</sup> 染色体における 6-Pgd 遺伝子産の多型性, (同上).
- 23) 池庄司敏明: 雄蚊の交尾欲と走音性, 第 36 回衛生動物学会支部会, (1984 年 10 月).
- 24) 高井憲治, 神田錬蔵, Supat Suehasit: マラリア媒介蚊 *An. leucosphyris* 群における酵素変異に基づいた系統学的関係, (同上).
- 25) 小川賢一, 神田錬蔵, 高井憲治: コガタハマダラカ群の生物学的性状と疫学的関係, 第 36 回日本衛生動物学会東日本支部大会, シンポジウム疾病媒介動物, (昭和 59 年 10 月)
- 26) 高井憲治, 神田錬蔵, 小川賢一: *Anopheles hyrcanus* 種群, *An. leucosphyrus* 種群のメンバー間の相互関係, シンポジウム疾病媒介動物, (同上).
- 27) 池庄司敏明: 水田におけるコガタアカイエカの分布と音トラップによる誘殺, 第 37 回衛生動物学会支部会, (1985).
- 28) 高井憲治, 神田錬蔵, 松成多喜子, 小川賢一, S. Sucharit: タイ産 *An. maculatus* における形態的亜種の遺伝的分化, 第 37 回日本衛生動物学会大会, (昭和 60 年 3 月).
- 29) 神田錬蔵・松成多喜子, 高井憲治: 東南アジアにおけるマラリア媒介ハマダラカ類の細胞遺伝学的研究, (同上).
- 30) 富田隆史, 和田義人: 北海道産イエバエの III<sup>M</sup> 染色体における 6-pgd 遺伝子産の多型性 (II), 第 37 回日本衛生動物学会大会, (同上).
- 31) 横本五男, 町谷幸三, 吉沢 透: (±)-erythro-6-Acetoxy-5-hexadecanolide とその同族体の合成, 昭和 60 年日本農芸化学会大会, (昭和 60 年 7 月).