徳島市に蚊の天敵として移殖した カダヤシに関する観察*

佐藤 英毅^{1,2)} 大久保新也¹⁾ 佐々 学²⁾
和田 芳武²⁾ 元木 貢²⁾ 田中 寛²⁾
山岸 宏³⁾ 沖野外輝夫⁴⁾ 栗原 毅⁵⁾

- 1) 徳島市防蚊対策研究室（徳島市幸町）
- 2) 東京大学医科学研究所寄生虫研究部（東京都港区白金台）
- 3) 帝京大学医学部動物学教室（八王子市大塚）
- 4) 野村総合研究所（鎌倉市梶原）
- 5) 帝京大学医学部医動物学教室（東京都板橋区加賀）

（受領：1972 年 7 月 12 日）

Observations on *Gambusia affinis* introduced into Tokushima as a natural enemy of mosquitoes*

Hideki SATO,^{1,2)} Shinya OKUBO,¹⁾ Manabu SASA,²⁾ Yoshitake WADA,²⁾
Mitsugu MOTOKI,²⁾ Hiroshi TANAKA,²⁾ Hiroshi YAMAGISHI,³⁾
Tokio OKINO⁴⁾ and Takeshi KURIHARA⁵⁾

¹⁾Laboratory for Mosquito Control, Saiwai-cho, Tokushima

²⁾Department of Parasitology, Institute of Medical Science, University of
Tokyo, Shiroganedai, Minato-ku, Tokyo

³⁾Department of Zoology, Faculty of Medicine, Teikyo University, Hachioji, Tokyo

⁴⁾Nomura Research Institute, Kamakura, Kanagawa

⁵⁾Department of Medical Zoology, Faculty of Medicine, Teikyo University,
Itabashi-ku, Tokyo

I. はじめに

徳島市は四国東部、吉野川の河口付近にあるデルタ地帯に発達した現在人口約23万の都市で、土地が低く、下水などの排水が困難で水溜りが多く、かつ周囲が低湿地帯で囲まれているため昔から蚊の発生がきわめて多くて日本脳炎の発生も高率であった。そこで徳島市および医師会が協同して同市医師会館内に1969年から防蚊対策研究室を作り、これに東大医科研寄生虫研究部が協力して蚊の調査および対策の研究を行なうことになり、とくに蚊幼虫の天敵としてのカダヤシ *Gambusia affinis* の利用を重点に作業をすすめた。この報告は1968年秋から3年あまりにわたる期間にあげられた成果のあらましをまとめたものである。なおこの成績の概要は佐藤らに

より1970年度から毎年の日本衛生動物学会に報告され、その要旨が印刷されている。

この調査研究計画は1968年10月に大久保が徳島市医師会会長として防蚊研究室設置にともなう打合せに東大医科研を訪れたときにはじまり、その後佐々、佐藤が1969年4月2日より同市に赴いて蚊発生源などの調査を行ない、佐藤はひきつづき滞在して諸研究作業を担当し今日におよんでいる。同年5月21日より1週間、和田が出張して蚊の調査、ライトラップの運転開始に協力し、さらに和田、元木が7月16日より8月29日の間、佐藤および市衛生部担当者と協同で広範な調査を行なった。また、1971年10月23日より26日の間、山岸、沖野、栗原、和田が参加して主としてカダヤシの密度調査を行なった。また、この報告は主として佐々が1972年4月7日より10日にかけて徳島に滞在し、それまでの3年間に佐藤らにより集積された資料をとりまとめ、また山岸

* この研究は文部省科学研究費（胎生メダカ班）の補助を受けた。

が生息密度に関する調査をまとめて完成したものである。

カダヤシ (トップミノウ) *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) は北米南部に原産する胎生メダカ科 Poeciliidae の淡水魚で、主としてマラリア媒介蚊駆除の目的で今世紀初めころより世界各地に移出され、その成果については多くの報告があつて、Gerberich and Laird (1966) がくわしく紹介している。日本に移入された経過については、中村守純 (1941) の記録によると、1905 年にスタンフォード大学のアルビンシール氏がテキサス州からハワイに 405 尾を送ってそのうち 378 尾が健全に到着し、ハワイ各島で繁殖に成功したものをさらに 1911 年に台湾総督府の井街技師が船便で 500 尾を横浜経由で台湾に送り、うち 124 尾が健全で到着し、同地で繁殖したものを 1916 年に奈良県郡山の金魚商小松春鱗氏が約 200 尾輸入して滋賀、和歌山両県下で繁殖させたという。これについては岡田 (1957)、佐々 (1967, 71, 72) などの解説もあり、ハワイの現況については Nakagawa and Ikeda (1969) がくわしく報告している。

ところで、戦後になっておそらくその子孫と考えられるカダヤシが東京周辺の汚水域にひろく繁殖していることが注目され、マラリア媒介蚊駆除の目的よりも、むしろ下水に発生しフィラリア病を媒介するアカイエカの駆除に有効なことが注目されるにいたつた (佐々, 1970, 71, 72)。徳島市に移植したカダヤシは後述するように 1969 年の 4 月と 5 月の 2 回にわたって羽田空港の排水溝に繁殖していたものを空輸し、一たん比較的小さな人工の池に繁殖させた後、二次、三次の放魚を行なつて、1971 年 8 月から広範な増殖を認めるようになり、下水溝、湿原地帯などの蚊幼虫駆除に顕著な効果をみるにいたつたものである。

II. 野外調査成績

1. 蚊に関する調査

1.1 調査経過

徳島市およびその周辺において、カダヤシの放魚に先立ち蚊に関する全般的な調査をすすめた。これには、幼虫発生源を探して各種類ごとの分布地図を作製すること、ライトトラップを定点に設置し、毎週 1 回の成虫採集を行なうことを主な作業とした。なお材料の一部は佐藤が東京にもちかえり、毎年およそ 11 月より 3 月末までの 4 か月余りは医科研の研究室内でその分類と、カダヤシその他胎生メダカ類に関する基礎実験を行なつた。

1.2 蚊の種類と主要発生源

徳島市およびその周辺でこの期間に採集された蚊の種

類と、その主要発生源は次のとおりである。

Anopheles sinensis Wiedemann, 1828 シナハマダラカ、水田、沼

Culex bitaeniorhynchus Giles, 1901 カラツイエカ、水田

Culex tritaeniorhynchus Giles, 1901 コガタアカイエカ、水田、沼

Culex pseudovishnui Colless, 1957 シロハシエカ、水田

Culex orientalis Edwards, 1921 ハマダラウスカ、水田

Culex pipiens pallens Coquillette, 1898 アカイエカ、下水溝、沼

Culex pipiens molestus Forskal, 1775 チカイエカ、ビルの地下水槽

Culex rubithoracis (Leicester, 1908) アカツノフサカ、沼

Culex infantulus Edwards, 1922 フトシマフサカ、天水溜

Culex vorax (Edwards, 1921) トラフカクイカ、下水溝

Aedes albopictus (Skuse, 1859) ヒトスジシマカ、墓石、竹筒

Aedes togoi (Theobald, 1907) トウゴウヤブカ、水桶

Aedes japonicus (Theobald, 1901) ヤマトヤブカ、墓石

Aedes dorsalis (Meigen, 1830) セスジャブカ、海岸近くの半海水の沼

Aedes vexans nipponii (Theobald, 1907) キンイロヤブカ、水田

Armigeres subalbatus (Coquillett, 1898) オオクロヤブカ、肥料溜

以上の各種のうち、とくに大量の発生が注目されたのはアカイエカで、市内各所の排水ができない下水溝におびただしく見出されたほか、下水が流入する湿地帯、水田の一部などにも多数の幼虫が見出された。市周辺の水田、湿地などにシナハマダラカ、コガタアカイエカ、カラツイエカなどが発生していたことは当然である。また、この地域に特殊な問題として、海岸近くに塩分濃度が 1~1.5% に達するアシの生えた湿原があり、それにシナハマダラカのほか、セスジャブカが繁殖していることが注目された。本種は大雨のあと湿原が冠水すると卵がかえって、そのおよそ 10 日後から成虫が大発生することが特徴で、我々の観察期間においても 1969 年 8 月 22 日より 23 日にかけて台風 9 号により同市におよそ 80 mm の豪雨が あつたあと、9 月 1 日から市内北

沖洲町の約 30 ヘクタールにわたる 湿原に セスジヤブカ 成虫が大発生して近くの約 670 戸の住民に被害が出た。なお、この大雨の前は 8 月 1 日から 22 日までは全く降雨がなく、湿原はかなり乾燥していた。さらに 1970 年 4 月 24 日、25 日に約 60 mm の豪雨があったあと、5 月 1 日から 10 日にかけて同じ地域でセスジヤブカの大発生があった。このさいは、それ以前にも 4 月 11 日に 46 mm、18 日に 24 mm の雨があって、そのころから一部幼虫の発生があったものと考えられる。セスジヤブカの吸血による被害は個人差が大きい、感受性の強い人においては医師が水痘 varicella ではないかと考えたほどの水疱性の反応をおこす例も多くみられた。なお、後述するように、沖洲方面の湿原には 1969 年 10 月にカダヤシを約 100 尾放したあと、1970 年 8 月よりその大繁殖がみられ、それ以後は蚊幼虫の発生がなくなり、セスジヤブカの被害も皆無となった。

1.3 ライトトラップによる蚊成虫の捕集成績

徳島市およびその周辺地域での蚊の各種の分布と発生密度を調べる目的で 1969 年 5 月から 1971 年秋までライトトラップ（富士平スーパーライトトラップ、ブラックライト FHK 6 W）を第 1 図の地点に設置し、冬期を除く蚊の発生期間を通じておおむね毎週 1 回の割合で各地点の蚊の採集を行なった。設置地点は次の 7 カ所で、1969 年度は①②③④、70 年度は①②③④⑤、71 年度は①②③④⑤⑥⑦の各地点で観察した（図 1）。

- ① 徳島市幸町、医師会館 4 階屋上、市街地
- ② 徳島市八万町、佐野邸、水田地帯
- ③ 徳島市新浜本町、第一病院軒先、湿原地帯
- ④ 徳島市川内町、水田地帯
- ⑤ 徳島市幟町、大久保邸、市街地
- ⑥ 阿南市の豚舎内、水田地帯（図外）
- ⑦ 美馬町の豚舎内、水田地帯（〃）

全期間を通じて採集された蚊成虫は、シナハマダラカ、アカイエカ、コガタアカイエカ、シロハシイエカ、

図 1 徳島市におけるカダヤシの定着地点およびライトトラップ設置地点

表 1 徳島市および周辺でライトトラップで採集された蚊の年間総数

採集地点 1. 徳島市幸町, 医師会館4階屋上; 2. 徳島市八万町, 佐野氏宅, 水田地帯;
3. 徳島市新浜本町, 第一病院軒先, 湿原地帯; 4. 徳島市川内町, 水田地帯;
5. 徳島市幟町, 大久保邸, 市街地; 6. 阿南市豚舎; 7. 美馬町豚舎

採集地点	年 度	期 間	An. sin		C. p.p.		C. trit		他 種	不 明
			♀	♂	♀	♂	♀	♂		
1	1969	5.22~10.29	33	5	183	114	159	16	0	16
	1970	3.16~10.21	3	1	75	16	44	7	0	0
	1971	5.12~11.24	31	6	297	90	68	25	0	0
2	69	6.11~10.29	200	197	1,502	1,259	395	301	17	77
	70	4.21~10.28	82	32	1,230	413	201	83	7	0
	71	5.12~10.21	43	10	1,081	495	75	65	22	0
3	69	5.22~10.29	189	108	4,122	10,871	3,315	6,575	45	446
	70	4.09~10.28	105	130	3,255	5,807	1,609	1,397	16	0
	71	5.12~11.24	156	98	3,235	7,278	1,844	1,491	15	0
4	69	5.22~10.29	272	147	363	361	162	32	88	96
5	70	4.24~10.28	23	22	675	662	224	334	21	0
	71	5.12~11.24	8	3	482	424	15	39	20	0
6	71	6.28~ 8.23	5,686	594	5,782	279	12,966	148	399	261
7	71	6.28~ 8.23	51,804	2,820	40,861	2,651	149,705	1,739	314	23,812

カラツイエカ, アカクシヒゲカ, トラフカクイカ, ヒトスジシマカ, セスジヤブカ, キンイロヤブカ, オオクロヤブカの11種で, このうちはじめの3種が大部分を占めていた。アカクシヒゲカは湿原に近い③④地点のみで採集された。

また, 市外の農村地帯の豚舎を代表する⑥, ⑦地点を除いては, 市内とその周辺ではすべてアカイエカが最多数を占め, コガタアカイエカ, シナハマダラカの順であった。各地点の毎週の採集数を各年度ごとに総計した成績を表1に示す。

これをみると, 市街地の①, ④, ⑤地点は総数が少なく, アカイエカが優占しているがコガタアカイエカ, シナハマダラカも相当数が捕えられていることが注目される。湿原に囲まれた②, ③地点では採集蚊数は市街地よりはるかに多く, しかもアカイエカが優占していることが注目される。

各地点の各年ごとの総数を比較すると, おおむね1969年が最も多くて, 1970年が少なく, 1971年はむしろ前年より若干多い傾向がみられる。カダヤシは1969年に移入し, 1970年, 71年に広く放魚し, その繁殖が各地でいちぢるしくなったのは1971年の夏以後であるから, 沖洲町の湿原を例にとってもその蚊幼虫駆除効果は同年の後半から現われており, 1972年以降の観察成績がどうなるかに興味をもたれる。なお, 1970年に観察をは

図2 徳島市第3定点でライトトラップに毎週採集されたアカイエカ♀とコガタアカイエカ♀の数
—•— *C. pip. pal.* ○.....○ *C. tri. sum.*

じめた市街地の⑤地点では、71年にはアカイエカ、コガタアカイエカ、シナハマダラカのいずれもが前年より減少していることが注目される。

各種ごとの季節消長については、詳細なデータは省略するが、各地点ともおおむねアカイエカは6月中旬、下旬に発生のピークを示して8月は減少し、9月に再び小さなピークを示す傾向がみられるのに反して、コガタアカイエカは7月中旬、下旬にピークを生じている。湿原に囲まれた③地点について、各年度の両種の採集数を図示したのが図2である。

2. カダヤシの移殖成績

2.1 カダヤシの輸送と放魚

我々は1968年から69年にかけ徳島市周辺の水域を蚊幼虫調査にともなひてひろく観察したが、その限りにおいてはこの地域にカダヤシがあらかじめ繁殖していた形跡は全くなかった。徳島市への移入は、まず大久保が1968年11月に東京を訪ねたさい、医科研に飼育中の東京羽田空港産のカダヤシを約200尾携行してその一部を大久保邸内の庭石とコンクリートで作られた面積約7 m²、深さ約30 cmの池に放した。

その後の輸送と放魚経過は次のとおりで、いずれも羽田空港内の溝で採集したカダヤシ成魚を清水に移した後、25 cm×30 cmのポリエチレン袋に約1.5 lの清水を入れ、その2袋に約200尾ずつ移し、酸素をポンベから袋内に充填し、口を輪ゴムで閉じ、ダンボール箱に包装した上、翌日の航空貨物便のキャビン保管扱いで徳島空港に輸送した。徳島市では空港でこれを受取った後、同じ日の内に次の各所に放した。

第1回輸送、1969年4月17日、合計約400尾、うち130尾を徳島公園内の面積約100 m²、深さ40 cmの池に、50尾を大久保邸内の上述の池内に、徳島市八万町の下水溝2か所に30尾ずつ放した。

第2回輸送、5月7日、合計約400尾、うち220尾を徳島公園内の面積約500 m²、深さ約60 cmの堀に、八万町の廃田と下水溝に50尾ずつ、残余は防蚊研究室等の水槽に保存した。

2.2 繁殖状況と二次放魚以後の成績

以上の堀・池3か所、下水溝と廃田3か所に放したカダヤシはいずれもその場所で生育と繁殖が認められ、約2か月後の1969年5月末には若干の稚魚が確認され、7月末にはそれらが成魚に発育した。7月末に100尾を徳島市北方約13 kmにある松茂町の徳島空港付近の湿地帯に放した。さらに10月には3代目の魚が各地点でおびただしく繁殖しはじめたので、市内63か所の下水溝、湿地帯などに1か所50ないし100尾の割合で放す作業を行なったが、これら二次放魚地点では間もなく冬

となったため、翌年春までに増殖した形跡は認められなかった。

1970年は4月からそれら前年に放魚した地点の観察をはじめたが、最初に放魚した3か所の池、堀のほかにはカダヤシの姿は見られなかった。しかし8月には、前年10月に二次放魚した昭和町の下水溝と、北沖洲町の海岸に接する面積約30ヘクタールに達する広大な湿地帯で、ほぼ全面にわたりカダヤシの棲息が認められ、10月には径30 cmの網で一すくい50～100尾ていど捕獲しうる高い密度に達した。

同年10月からこの湿地帯で採集したカダヤシを徳島市内の73か所の水たまりに三次放魚した。なお、この湿地帯では1969年にはコガタアカイエカ、アカイエカ、セスジヤブカ、シナハマダラカ幼虫のおびただしい発生が認められ、付近住民の被害、とくにセスジヤブカによる皮膚炎の多発がいちじるしかったが、1970年夏以後は蚊幼虫が全く採集されなくなったのは、カダヤシの繁殖にもとづく効果と考えられる。

1971年には4月から再び観察をはじめたが、この年になってようやくカダヤシの広域にわたる繁殖が認められるようになり、1969年、70年に放魚を試みた場所のうち36か所でカダヤシがすみつき、繁殖していることが確認された。そのうち、たとえば山城町のある湿地帯ではすでに在来種のメダカが多く棲息していた場所に1969年10月にカダヤシを放したところ、1970年の観察ではその姿をみなかったが、1971年8月になって急にカダヤシのいちじるしい繁殖が見出され、このときにはメダカとカダヤシはほぼ同じ密度に達していた。

1971年度には、すでに沖洲の湿地などで春から大量のカダヤシを捕えることができるようになったため、従来のように100尾程度を種付けの目的で放魚する段階から、蚊幼虫の発生している下水溝などに1回に数千尾という単位でその直接駆除を試みる方法も実施した。

以上の成績をまとめると、1968年秋以後、東京から3回にわたり移入した合計1,000尾足らずのカダヤシを2年半ほどの期間に二次三次の放魚段階をへて図1に示すように徳島市内と周辺の池、堀、下水溝、休耕田、沼地、水田などにおびただしく繁殖させることができた。

2.3 他地域への輸出

われわれの調査によっても、カダヤシは現在の日本において、福島県内郷、東京の周辺、高知市などにもその存在がたしかめられ、他にもその棲息が報ぜられているところもいくつかあるが、今日においてはすでに徳島市ほど大量で高密度の繁殖がみられ、容易にまとまった数が捕獲できる地域は他にないと思われる。したがって、すでにいくつかの地方公共団体などからその分与を求めら

表 2 徳島市のカダヤシ輸出記録 (1971年末まで)

輸 出 年 月 日	請 求 者	輸 出 先	輸 出 概 数
1970年 8月 4日	鹿児島県衛生部	指 宿 市	1,000
8月 6日	大阪大学微生物病研究所	香川県観音寺	1,000
1971年 4月 5日	小 松 島 市 (徳島県)	同 左	1,500
"	北 島 町 (")	同 左	500
4月 9日	小 松 島 市 (")	同 左	2,500
"	北 島 町 (")	同 左	3,000
4月10日	牟岐町漁業組合 (")	同 左	1,500
4月14日	阿 南 市 (")	同 左	2,000
4月17日	岡山大学寄生虫学教室	岡 山 市	1,000
4月19日	福岡県衛生部	福 岡 市	1,000
4月24日	岡 山 県	岡 山 市	2,000
5月13日	高 砂 市 (兵庫県)	同 左	1,500
5月15日	松 江 市 (島根県)	同 左	1,000
5月18日	岡山大学寄生虫学教室	岡 山 市	5,000
5月27日	津 田 町 (香川県)	同 左	1,000
6月 2日	岡 山 市	同 左	2,000
6月 5日	高 知 市	同 左	100
7月 2日	白 鳥 町 (香川県)	同 左	1,000
7月18日	兵庫県社会保険所	神 戸 市	1,000
7月19日	藤 井 寺 市 (大阪府)	同 左	200
7月22日	板 野 町 (徳島県)	同 左	100
"	大 和 郡 山 市 (奈良県)	同 左	1,000
7月23日	高 松 市 (香川県)	同 左	700
7月28日	小 野 市 (兵庫県)	同 左	1,000
8月 4日	松 山 市 (愛媛県)	同 左	1,500
8月14日	大 野 原 町 (香川県)	同 左	500
8月18日	防 府 市 (山口県)	同 左	1,500
8月20日	吉 井 保 健 所 (長崎県)	同 左	2,500
8月24日	富山県衛生研究所	富 山 市	1,000
9月29日	香川県農業試験場	高 松 市	300
10月15日	熊 野 町 (広島県)	同 左	150
10月25日	琉球政府家畜衛生試験場	那 覇 市	300
11月 4日	広島県海田保健所	海 田 市	300

れてきた。その主要な例をあげておくことは今後のカダヤシの日本における動向を知るうえにも必要と考え、これを表2に示した。

3. カダヤシ放魚の蚊幼虫駆除効果

3.1 カダヤシ定着水域での観察

上述の作業によりカダヤシが新たにすみついた水系 (下水溝、湿地など) について蚊幼虫 (主としてアカイエカ) の駆除効果を観察した成績を表3に示す。

観察個所は1969年度は6、うち3ははじめには蚊幼虫の発生がみられたが、放魚後に蚊幼虫は消失した。また、他の3か所ははじめから蚊幼虫の発生がみられなかった池である。1970年度には7か所のうち4か所では放魚

後に蚊幼虫が駆除され、3か所はもともと蚊幼虫はいなかった。1971年度には36か所 (池3、下水溝16、休耕田4、沼13) にカダヤシの放魚後繁殖を認めたうち、池3はもともと蚊幼虫がいなかったが、下水溝の16中、12と休耕田および沼のすべては、放魚前は蚊幼虫がいたものがその後消失した。ただし下水溝の4か所 (25%) ではカダヤシがすみついたにもかかわらず、蚊幼虫はいぜんとして存在していたが、これはごみなどのためカダヤシの到達しえない場所があるためと考えられた。

なお、カダヤシを放った水域にはもともとメダカがすみついていたところも多く、表3に示すようにそれは1969年度分で6か所中5、1970年で7か所中6、1971

表 3 カダヤシのすみついた水域における蚊幼虫とメダカの棲息状況

年 度 水域数	カ ダ ヤ シ 定 着 箇 所 数			蚊 幼 虫 発 生 へ の 影 響			メダカの棲息		か つ て メダカと 蚊幼虫あり
				消 失 し た	消 失 し ず	元 お ら 来 ず	あ り	な し	
1969 6	池, 堀	3	0	0	3	2	1	0	
	下 水 溝	2	2	0	0	2	0	2	
	休 耕 田	1	1	0	0	1	0	1	
1970 7	池, 堀	3	0	0	3	2	1	0	
	下 水 溝	2	2	0	0	2	0	2	
	休 耕 田	1	1	0	0	1	0	1	
	沼	1	1	0	0	1	0	1	
1971 36	池, 堀	3	0	0	3	2	1	0	
	下 水 溝	16	12	4	0	3	13	3	
	休 耕 田	4	4	0	0	2	2	2	
	沼	13	9	0	4	13	0	9	

年で36か所中20か所におよんでいる。しかし、メダカがいても蚊幼虫が発生していたのはそれぞれ3, 4, 14か所におよんでいる。それにカダヤシを放したあとはじめて蚊幼虫が消失した例が多い。これをみても蚊幼虫駆除効果はカダヤシの方がすぐれていることが分かる。

3.2 下水溝に大量放魚後の蚊幼虫駆除効果

カダヤシを下水溝に放魚した後に、アカイエカ幼虫の

棲息密度がどう変化するかを観察した成績を表4に示す。I, II, III群の下水溝について、それぞれ定距離おきに観察点 A, B, C, 等を作り、その地点においてカダヤシが見出された場合には太字にして、各地点の蚊幼虫数はヒシャク5杯の合計が1~10匹の場合を1, 11~100匹の場合を2, 101~1,000匹の場合を3, それより多い場合を4とした。

表 4 下水溝にカダヤシ放魚後のアカイエカ幼虫発生密度の消長
数字はすくい取り法による棲息密度、ヒシャク5回につき 1: (1~10匹), 2: (11~100匹), 3: (101~1000匹), 4: (1001匹以上); 太字: カダヤシ+

第 I 群	水 温	A	B	C	対 照
7月24日	28°C	3	3	3	3
25	28.5	3	3	4	3
27	31	2	2	3	4
28	30.5	2	3	3	4
30	31	1	1	3	4
8月 2	33	1	1	3	4
4	32	0	1	4	3
6	30.5	1	2	4	4
8	31	2	3	3	4
10	31	1	2	4	4
12	28	1	3	4	4
15	27	0	3	4	4
19	30	0	3	3	4
23	27	0	2	3	4
25	30	0	1	4	4
27	28	0	1	4	4
30	30	0	0	4	4

第 II 群	水 温	A	B	C	D	E	F	G	H	対 照
8月13日	30°C	4	4	4	4	4	3	4	4	4
15	28	4	3	2	3	0	1	0	0	3
19	30	3	1	1	2	3	2	0	1	4
23	29.5	3	3	3	3	1	3	2	0	3
25	30.5	4	3	4	4	3	0	0	0	3
27	29	3	3	4	2	1	0	0	0	3
30	30	4	2	3	4	0	0	0	0	4
9月 1	29	3	3	3	1	0	0	0	0	4

第 III 群	水 温	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	対 照
8月13日	28°C	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4
15	27	4	4	3	3	3	3	3	1	0	0	0	4
16	30	0	4	4	3	3	3	4	3	3	0	0	4
19	29	0	2	1	0	0	1	1	3	0	0	0	4
25	30	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	0	4
27	29	0	0	3	4	2	1	3	3	2	0	0	4
30	28	0	0	3	3	2	1	3	1	0	0	0	3
9月 1		0	1	0	0	1	3	4	2	0	0	0	4

第Ⅰ群の下水溝は長さ各 15 m, 深さ 20 cm, 幅 2 m で, 1970 年 7 月 24 日に A, B, C と対照区に幼虫がそれぞれ密度 3 の発生を示していることを確認した上, カダヤシを A に 400 尾, B, C に 300 尾放した. その結果, カダヤシのいない対照区には 8 月 30 日まで密度 3 ~ 4 の発生がみられたが, A 区では 7 月 27 日よりカダヤシの存在がみられ, その定着と繁殖にともない 7 月末より密度 1 ないし 0 に減少している. B ではカダヤシの増殖がおそく, 8 月初旬にはその存在が認められずに蚊幼虫も密度 2 ~ 3 に発生したこともあるが, 8 月 30 日にいたり蚊幼虫は消失した. C 区では家庭下水の排水溝の直下で, カダヤシはすみつけず, 蚊幼虫は 3 ~ 4 と発生をつづけた (表 4-I).

第Ⅱ群の 8 条の下水はそれぞれ水深約 20 cm, 幅 2 m, 長さ 8 m で, 1970 年 8 月 13 日にカダヤシを 150 尾ずつ, 計 1,200 尾放し, 9 月 1 日まで 8 回の観察をおこなったが, カダヤシがすみついて繁殖した E ~ H の溝ではいずれも蚊幼虫は消失し, それがすみつきえなかった A ~ C と, 対象区ではこの期間中密度 3 ~ 4 の蚊幼虫発生を示した (表 4-II).

第Ⅲ群の下水溝はそれぞれ水深約 20 cm, 幅 2.5 m, 長さ 5 m のもの 12 条で, カダヤシを 1970 年 8 月 13 日に各 100 尾ずつ, A ~ K の 11 条に放した. このうち毎回カダヤシの存在が認められた A, I, J, K では数日後から蚊幼虫の減少ないし消失がみられ, その他の溝ではカダヤシの見出されぬ場合には 2 ~ 3 度の幼虫発生が認められたが, カダヤシの存在するさいには 0 ないし 1, 2 度と減少効果が明らかであった (表 4-III).

以上の成績から, 下水溝にカダヤシを放した場合, このていどの数であってもその定着と繁殖に好適な環境である場合には顕著な蚊幼虫駆除効果がみられるが, 水質が不適であったり, 水が減少してすみつけなかったりする場合もあって, そのさいには効果がないか不完全であった. また, 草が密生したり, 下水にごみがつまって, カダヤシの到達しえない場所ができると, そこに蚊幼虫が発生する例もみられた.

4. カダヤシとメダカの関係の野外調査

徳島市の湿地帯の一部には従前からメダカ *Oryzias latipes* が繁殖していたが, 1969 年 4 月よりカダヤシの移殖をはじめた後, 多くの水域では後者がいちじるしく繁殖してメダカをすでに駆逐しており, 一部ではカダヤシの繁殖が未だ十分でなく両種が共存している場所もみられる. さらに, カダヤシを放した後もいぜんとしてメダカが優占している所もある. このように両種は種間競争の立場にあり, おそらく環境の差と放魚数に応じてそのバランスがきまるものと考えられる. そこで, 徳島市

における両種の棲息密度, 環境条件, 食性などの問題について 1971 年 10 月に山岸, 佐藤, 沖野, 和田, 栗原が次のような野外調査を行なった.

4.1 調査場所

カダヤシの放魚後その繁殖がすでに高密度に達した場所として北沖洲町を, その効果が現われ始めた場所として金沢新田, 繁殖効果が全くあがらぬ場所として川内町を選んだ. 北沖ノ洲町の調査地は幅約 3.5 m, 水深 30 ~ 55 cm の水路で兩岸にヨシが密生している. 金沢新田の調査地はネギ畑の間を流れる幅 2.2 m, 水深 14 cm の流れであり, この場所でのカダヤシの生存は, 本調査にさきだって行なわれた予備調査で初めて確認された. 川内町の調査地は幅 2.5 m, 長さ 17 m, 水深 17 cm の水たまりで, 少し離れたところにある養魚池の排水が流入している. なお, 棲息密度と食性の調査は行なわなかったが, カダヤシとメダカの混生地として他に山城沼 (湿地) についても若干の資料を得たのであけておく.

4.2 調査方法

個体数調査はマーキング法によった. マーキングは現場で捕えた魚をニュートラルレッドの 1/10,000 水溶液に 10 ~ 20 分間入れて体を赤色に染色して放す. 赤色のマーク個体がもとの魚群の中に分散していく様子は肉眼でよく観察できる. この方法はひれ切りなどのマーキングよりも能率的である. 約 1 時間後マーク個体と非マーク個体の完全な混合が確められたら, 魚の捕獲を行なう. 捕獲はたも網を用いると, マーク個体をねらいやすいので, 1 × 1 m の四手網により無差別に行なった. 金沢新田と川内町では水路の一定区間をサラン網で仕切り, 魚の出入りをとめてこの作業を行なった. 個体数の推定値の計算はリンカン指数法 (伊藤, 1963) によって行なった. 沖ノ洲町は水路を仕切ることができなかったで, マーキング法をあきらめ, 面積 1 m² の四手網を 15 分間沈めて引上げる (網を沈めたあと人は草むらのかげにかくれ, 魚をできるだけ驚かさないようにする) ことを場所を変えながら 5 回行ない, その平均値をもって密度とした.

植物プランクトンは調査用に水 250 ml をホルマリンで固定し, 動物プランクトンは水 10 l をプランクトンネットですくって採集し, ベントスは一辺 50 cm のわく内の泥を集めてふるいでふるって採集した. 捕獲した魚の一部は直ちにホルマリンで固定し, 消化管内容物検査用に使った.

4.3 結果と考察

表 5 に調査場所の水質を示す. いずれも流れはきわめておそいかほとんど流れていない場所で, 最大の特徴は塩素イオンがきわめて多いことである. これは吉野川

表 5 調査場所の水質 (1971年10月23日)

	流 速 cm/sec	水 温 °C	泥 温 °C	pH	溶 存 酸 素 O ₂ mg/l (%)	Cl ⁻ mg/l	COD O ₂ mg/l
金 沢 新 田	7.8	22.6	22.8	8.1	9.12 (108%)	14500	10.76
川 内 町	2.8	18.3~19.4	18.8~19.9	7.3	3.80~5.66 (42.5~62.0%)	1410	0.94
沖 ノ 洲	/	22.0	22.1	8.0	7.41 (87%)	14800	13.44
山 城 沼	/	17.8	18.4	8.4	5.20~6.20 (57~68%)	/	/

表 6 マーキング法と四ツ手網法による個体数の推定

方 法	マーキング法			四 手 網 法	
水 域	金 沢 新 田	川 内 町	北 沖 洲		
魚 種	カダヤシ	メダカ	メダカ	カダヤシ	メダカ
記号個体数 R	437	74	647	2,083	1
捕獲個体数 C	1,990	267	890	(5 回計)	(5 回計)
再捕獲個体数 r	97	7	36		
推定総個体数 $\hat{N}$	8,965 ± 888	2,498 ± 820	16,013 ± 2,579		
1 m ² 当り密度 $\hat{N}/m^2$	272 ± 27	76 ± 25	377 ± 61	417 ± 287	0.2

$\hat{N}=CR/r$, $V(\hat{N})=R^2C(C-r)/r^3$; V はバリエンス。
 r が R の10%以下のときは次式を用いた。

$\hat{N}=(C+1)R/r+1$; $V(\hat{N})=R^2(C+1)(C-r)/(r+1)^2(r+2)$

通じて海水が入りこむことと関係があり、金沢新田と北沖ノ洲町の塩分濃度は河口部の汽水域のそれに匹敵する。しかし両地ともとも COD の値もかなり高いので、生活排水の影響を受けていると考えられる。

表6にマーキング法とすくい取り法によって推定したカダヤシとメダカの個体数と棲息密度を示す。ここで興味があるのは金沢新田のカダヤシとメダカの合計の棲息密度が、川内町のメダカおよび北沖ノ洲町のカダヤシと大差ないことである。このことは300~500尾/m²程度が棲息可能な密度で、カダヤシとメダカは同じ生態的地位を争っているものと推定される。金沢新田ではカダヤシを放魚してから1年半で、カダヤシがメダカを圧迫するに至っているが、川内町では1年半の期間が経過してもまだ増殖が始まっていない。一方、北沖ノ洲町ではすでにカダヤシが完全にメダカを制圧しているが、5回の採集でただ一尾のメダカが得られたことは、かつてはここにもかなりの数のメダカが棲息していたことを想像さ

図3 カダヤシとメダカの体長分布

せるものである。

図3に調査地のカダヤシとメダカの体長分布を、表7に体長の平均値とその変動と分布曲線の歪みを示す。カダヤシ、メダカとも場所によるサイズの差が明瞭である。佐藤の観察によると、秋になると大型のカダヤシが減るとのことであるが、北沖ノ洲町のカダヤシは雌雄と

表 7 カダヤシとメダカの体長の平均値と、その変動と分布曲線の歪み

			測定 個体数 n (尾)	平均 体長 $\bar{x}$ (mm)	標準 偏差 s	変動* 係数 CV (%)	歪度** S_k
沖ノ洲	カダヤシ	♂	62	21.9	2.1657	9.88	-0.6503
		♀	75	22.8	4.2227	18.48	-0.4985
川内町	メダカ		101	20.9	3.8969	18.63	-0.2248
金沢新田	カダヤシ	♂	109	22.4	2.4210	10.78	-0.1038
		♀	137	27.9	5.4975	19.70	+0.2133
	メダカ		163	30.6	3.8133	12.46	-0.5917
山城沼	カダヤシ	♂	8	26.0	4.6828	18.01	+1.5000
		♀	50	32.6	4.9635	15.22	+0.2747

* $CV=s/\bar{x} \times 100$

** $S_k = \sum (x - \bar{x})^3 / ns^3$ (S_k は正規分布の歪みを示す指標で $S_k = 0$ なら分布曲線が左右対称, $S_k > 0$ ならモードが中央値の左に, $S_k < 0$ なら右にかたよる).

もに、体長のモードが他の2地点のそれより明らかに小さく、これが大型魚の死亡によって起こったとは思われない。

表8に棲息地の生物相とカダヤシおよびメダカの食性を示す。カダヤシ、メダカともに植物および動物プランクトンを主に食べていたが、ベントスは消化管から発見されなかった。なお、金沢新田と北沖ノ洲町の生物相は珪藻類の *Amphiprora* と *Pleurosigna*、動物では *Polychaeta* のように汽水性のものが多い。

以上の調査から、カダヤシはメダカと食物と棲息空間に関して完全な競争種であるといえる。放流されたカダヤシが1年余りの間にその分布域を広げた理由の1つは、メダカが卵生であるのに対してカダヤシが胎生であって稚魚の生存率が高く、また産子回数が多いことがあげられる。生まれたばかりの稚魚のサイズはカダヤシがメダカよりはるかに大きいから、メダカの稚魚はカダヤシの成魚にかなり捕食されると思われる。そのほか、攻撃性に関しては後述するようにカダヤシがメダカよりはるかに強烈であるので、行動による直接の圧迫も軽視できない要因である。このようにメダカとカダヤシの競争においては多くの場合カダヤシが有利と考えられるから、大量の（少なくとも1万尾以上）のカダヤシを1水域に放魚すれば、ごく短い時間でメダカを制圧する可能性は大きい。毎年放魚してもカダヤシが見られない場所があるのは100尾単位の放魚ではそれがメダカとの競争において数の上でメダカの圧迫を受けるため急速な増殖

はできないことによるのであろう。このさい注意を要するのは、カダヤシによるメダカの圧迫が、外来（帰化）生物による在来の生物相の消滅という自然破壊の問題につながることである。

5. カダヤシに関する実験室内観察

5.1 カダヤシの飼育と産子

カダヤシは近縁のグッピーなどと異なって、普通のガラス水槽で飼育してもなかなか子を産まず、また子を産んでも親が食べてしまつて、繁殖させることはできないということはわれわれも長年にわたり経験したところで、防蚊研究室のガラス水槽においても、1970年4月に放したカダヤシは2年あまり生存しているが、まったく増殖はみられない。

しかし、同じカダヤシも屋外の人工池に放すと、面積4m²、深さ25cmのいどの小さな池の場合でもかなりの繁殖がみられた。さらに大きな池、沼、湿地帯などにおいては、きわめてよく繁殖し、おびただしい棲息密度に達する。産出から成魚に達するには野外では夏にはおよそ2か月を要するにすぎない。これらの問題についての観察成績は別に詳述する予定である。

産子数：カダヤシ♀が1回に何尾の子をうむか、また産子の間隔はどのくらいかについて、野外で十分に発育した♀を繁殖期間の6月中旬から8月上旬の間に採集し、個別に水槽にセットした産子箱に放って観察した。飼料としてはマウス飼育用固型飼料をあたえた。産子数は表9に示すとおりで、この装置内で産子した♀の体長は平均 3.72 ± 0.60 mm (最小2.6mm, 最大5.5mm)、1回の産子数は平均 67.41 ± 49.57 (最少17, 最多213) であった。この成績をみると、山岸ら(1967)がグッピーについて観察を行なった結果と同じように、産子数と親の体長の間には高度の相関がみられ、その回帰直線は素データ（各♀の実測体長0.1mm単位、産子数も実数）をもとに計算した結果では、 y を産子数、 x を体長とすると、

$$y = 70.06x - 193.32$$

となり、相関係数は0.852、 $t=12.28$ という値をえた。なお、体長と産子数の関係を前者は0.2mm単位、後者を20尾単位のクラスにまとめて表示したのが表9である。その結果、体長はほぼ正規分布を示すが、産子数については平均値の67.4尾より多く産子した個体は21.7% (59尾中16尾) にすぎず、少数の個体が異常な多産を行なう傾向がみられた。

産子間隔：カダヤシの♀が1回子をうんだあと、何日後に次の産子を行なうかは自然界で観察することはできないので、水槽中で飼育したものについてしらべた。1970年6月～7月の間に野外で採集した♀を産子箱に入れ、

表 8 調査地の生物相とカダヤシ (K) ないしメダカ (M) の消化管に現われたもの

生 物 名		金 沢 新 田	川 内 町	北 沖 洲
Cyanophyceae	<i>Aphanocapsa</i>		++	
	<i>Merismopedia</i>		r	
	<i>Oscillatoria</i>	++ KM		+ K
Diatomeae	<i>Achnanthes</i>			r
	<i>Amphiprora</i>	++ KM		r K
	<i>Cyclotella</i>	+	+++ M	r
	<i>Cymbella</i>	r KM		r K
	<i>Diatoma</i>	r		
	<i>Fragilaria</i>	+++		++
	<i>Melosira</i>			+
	<i>Navicula</i>	r KM	r M	+ K
	<i>Nitzschia</i>	+ KM	r	r K
	<i>Pleurosigma</i>	++ KM		+ K
Chlorophyceae	<i>Golenkinia</i>		r	
	<i>Pediastrum</i>	r	r M	
	<i>Scenedesmus</i>		+ M	
Protozoa	Ciliata		r	
	<i>Euglena</i>	+	r	r
	<i>Eudorina</i>		r M	
	<i>Pandorina</i>		r M	
	<i>Vorticella</i>		r	
Trochelminthes	<i>Brachionus</i>		r M	
	<i>Keratella</i>		r M	
	<i>Polyarthra</i>		r M	
	<i>Trichocerca</i>		r M	
Nemathelminthes	Nematoda	+		r
Annelida	Polychaeta			r
	Oligochaeta	+	r	+
Arthropoda : Crustacea	Ostrachoda		r M	
	Copepoda	+ M	+ M	r
	Amphipoda			r
	Chironomidae	r	r	r
Vertebrata :	<i>Carassius carassius</i>		+	
	<i>Oryzias latipes</i>	+	++	r
	<i>Gambusia affinis</i>	+		++

固型飼料 (マウス繁殖用) をあたえ、約 27°C の室温で保存したところ、第 1 回の産子からこの状態で第 2 回の産子をしたものは 6 尾で、その間隔はそれぞれ 10 日、21 日、25 日、30 日、42 日、45 日 (平均 28.8 日)、そのうちさらに第 3 回の産子をしたものは 3 尾で、その間隔は 33 日、39 日、41 日 (平均 37.7 日)、さらにそのうち

の 1 尾は 31 日後に第 4 回の産子をおこなった。

カダヤシに関しては、自然界ではさらに短い間隔で多くの子をうむと推定されるが、この観察でも水温が 27°C 前後である限り年間を通じて長くともおよそ 1 か月の間隔で産子をくりかえすものと考えられる。

5.2 蚊幼虫捕食数の観察

表 9 カダヤシ♀の体長と1回の産子数の関係

産子数 体長 (mm)	0 19	20 39	40 59	60 79	80 99	100 119	120 139	140 159	160 179	180 199	200 219	Total
2.6	2	1										3
2.8		1										1
3.0	1	1										2
3.2	1	5	3									9
3.4		2	6									8
3.6		3	4									7
3.8		1	3	4	2	1						11
4.0		1	1	1		1						4
4.2				2	1	1	2					6
4.4				1								1
4.6						1		1			2	4
4.8									1			1
5.4											2	2
計	4	15	17	8	3	4	2	1	0	1	4	59

図 4 カダヤシとグッピーの蚊幼虫捕食実験成績

グッピーの蚊幼虫捕食能についてはすでに Yamagishi (1966) の報告もあるが、この方法にならい、カダヤシ、グッピーの両種について♀ 15 尾ずつを個別に容器に入れ、25°C においてチカイエカ *Culex pipiens molestus*

4 令幼虫をあたえ、7 日間（一部の魚については 11 日間）にわたりその捕食数をしらべた。蚊幼虫は実験室内で累代飼育した川崎系を用い、毎日 50 匹ずつをあたえ、もしそれを食い尽した場合にはさらに 50 匹を追加することを原則とし、24 時間後に残存幼虫数を数え、これを除去して新しく 50 匹をあたえた。

その結果は表 10 と図 4 に示すように、1 尾 1 日あたりの平均捕食数はカダヤシで最高 73.6、最少 16.0、平均 32.4、標準偏差 12.87、グッピーで最高 48.6、最少 15.7、平均 29.4、標準偏差 7.83 という成績であった。また、体長と捕食数の相関をしらべると、カダヤシでは相関係数 $r=0.5122$ 、 $t=2.1503$ となり、 $N=15$ 、したがって t 分布表からはほぼ 5% の危険率で相関がないという仮定が否定される。グッピーでは $r=0.0541$ 、 $t=-0.1951$ で、体長と捕食数の間には相関が認められない。それは図 4 B にも明らかである。

実験を開始してから毎日の蚊幼虫捕食数の平均をしらべると、図 4 に示すようにカダヤシ、グッピーとも第 1 日の捕食数が最高で、それぞれ 58.3、45.3 を示し、その後次第に減少して第 5 日ころからほぼ 20 匹の水準に落ち着くという傾向がみられた。

5.3 低温に対する耐性

1966 年から東京の医科研構内で野外に人工池を作り、カダヤシおよびグッピーを越冬させた観察では、グッピーは毎年 12 月中に水温が約 10°C になると全滅したが、カダヤシは 1、2 月中に水面が氷結し、水底温度が約 4°C に冷却されても越冬して、すでに 5 年あまり同一の池内棲息がつづいている。徳島市においても野外です

表 10 グッピーおよびカダヤシのチカイエカ 4 令幼虫捕食数 (個別, 1 週間観察)

Guppy: <i>Poecillia reticulata</i>									Top Minnow: <i>Gambusia affinis</i>								
Body length (mm)	Number of larvae consumed per day								Body length (mm)	Number of larvae consumed per day							
	1	2	3	4	5	6	7	Average		1	2	3	4	5	6	7	Average
41	43	50	50	28	16	15	4	29.4	36	200	42	67	66	89	18	33	73.6
39	50	50	50	37	13	14	15	32.7	34	78	18	13	41	51	42	27	38.6
36	69	47	22	8	13	22	11	27.4	34	27	30	13	0	14	15	13	16.0
35	50	50	50	19	44	22	29	37.7	33	36	50	50	55	19	12	6	32.6
35	74	6	8	28	21	5	13	22.1	31	50	50	50	73	17	39	27	43.7
33	50	50	49	42	25	21	27	37.7	31	50	50	39	29	11	9	9	28.1
33	29	50	12	16	41	39	24	30.1	30	98	50	24	24	32	16	21	37.9
33	10	36	39	23	35	22	28	27.6	30	50	50	50	44	7	12	13	32.3
31	7	28	20	12	12	15	16	15.7	30	50	26	29	24	12	6	17	23.4
30	43	33	11	34	29	13	20	26.1	29	29	13	8	4	47	40	16	22.4
30	50	50	38	23	13	30	14	31.1	27	50	50	33	15	11	28	12	28.4
29	27	42	56	40	29	31	24	35.6	27	50	50	32	24	8	12	14	27.1
29	50	50	25	14	15	3	8	23.6	26	15	44	15	28	27	38	23	27.1
26	28	26	18	27	22	9	18	21.1	26	50	50	32	9	9	21	19	27.1
26	100	42	53	52	31	12	50	48.6	25	42	7	24	29	49	25	18	27.7
Average	45.3	40.7	33.4	26.9	23.9	18.2	20.1	29.8	Average	58.3	38.7	31.9	31.0	26.9	22.2	17.9	32.4

でに冬を 3 回越して繁殖がつづけられている。

実験的に低温にさらしてみても両種の差は歴然としている。たとえば、佐藤ら (1970) がすでに報告したように、1 l 入りメスシリンダーに 7~10 尾のカダヤシまたはグッピーを入れ、上から氷を徐々に加えて 20°C から 5 分ごとに 1°C の割合で温度を下げていくと、カダヤシは 4°C までは健全で、2.5°C で約半数が転倒するが、グッピーは 13°C から転倒がみられ、10°C で約半数が転倒し、8°C で全部転倒することが 5 回のくりかえしでいずれも同様の結果であった。

1972 年 2 月には、クールニクス (コマツ・ヤマト, CTR-120 型) を用い、500 ml のビーカー中に各種の魚を放って 23°C から 3°C まで、1 時間に 1°C ずつの割合で冷却する実験を 2 回行なった。カダヤシ (♀ 10 尾) は 21 時間後、3°C において 1 尾のみ転倒、メダカは 10 尾の全部が 3°C でも転倒しなかった。グッピー (♀ 10 尾) は 11°C で 2 尾、10°C で全部が転倒、ブラックモーリー♀ 10 尾は 8°C までは転倒せず、7°C で全部転倒、セルフフィンモーリー、ソードテイル、プラティ、テラピアは各♀ 5 尾を用いたが、2 回ともいずれも 11°C まで健全で 10°C で全部転倒、リミアは第 1 回は 8°C で、第 2 回は 7°C で全部倒れた。またアフリカ原産の *Notobranchius guntheri* は最も低温に弱く、7 尾のうち 17°C で 3 尾、16°C で 4 尾、15°C で 7 尾が転倒した。

5.3 遊離塩素のカダヤシに対する毒性

カダヤシやグッピー (ニジメダカ) を水道水に放すと死亡することが多く、それは遊離塩素の毒性にもとづくものと推定されるので、それらの飼育管理に必要な基礎資料をうるため実験をおこなった。たとえば東京の水道水で遊離塩素濃度が 0.60 ppm のものを用い、これに脱イオン水を加えて各段階に希釈したものを調製し、それぞれに 20 尾ずつの魚を放したところ、初濃度が 0.6 ppm の場合にはカダヤシは 3 時間、グッピーは 2 時間で全部転倒 (のち死亡)、0.5 ppm では両種とも 3 時間で約半数が死亡したが残りは生存し、0.45 ppm ではグッピー 4、カダヤシ 2 が、また 0.4 ppm ではグッピー 1 が 3 時間後に転倒したほか生存し、0.3 ppm では全部生存した。すなわち、カダヤシ、グッピーともこれを飼育するためには遊離塩素量を 0.3 ppm 以下にすることが必要と考えられる。

考 察

カダヤシは蚊幼虫の天敵として、とくにマラリアの予防の目的で今世紀の初めころからヨーロッパ、アジアの多くの地域に移植され、その成績については多くの報告がある (Gerberich and Laird 1966)。しかし、それによって実際にマラリアの予防に成果があったという事実はほとんど知られていない。それはおそらくカダヤシの繁殖に適する水域と、マラリア媒介蚊の発生水域とが多く

の場合一致していないためであろう。たとえば東南アジアのマラリア主要媒介蚊である *Anopheles minimus*, *An. maculatus* は主として山脚の湧水や小川に, *An. aconitus* は水田に発生している。これに対し, カダヤシはむしろ人家周辺の下水が流れこむ汚水域によく繁殖し, アカイエカ为天敵として有効なものと考えられる。

徳島市へのカダヤシ移植は, はじめから都市周辺の汚水が流入する溝, 池, 湿地などに発生する蚊の駆除を目的に行なわれたことは従来のマラリア予防という目標と異なっている。しかも, 数十万の人口をもつ都市域でわずか2年のうちにこのように旺盛で広範な繁殖がみられ, 蚊の発生抑制に大きな成果を収めたという例は徳島がはじめてであろう。また, この地域の地理的環境がたまたまカダヤシの繁殖に適していたこともたしかで, この魚がどんな環境においてもこうした成果をあげうるとは考えられない。

徳島において数十ヘクタールにわたる湿地帯に放したカダヤシがおびただしく繁殖して, セスジヤブカを主体とした蚊の毎年大発生を予防したことは天敵による害虫駆除の成功の一例として注目される。このような場合, 従来のような殺虫剤による駆除に比べて効果が持続すること, 労力と費用がいらないこと, 環境汚染がないことなど, あらゆる面でこの生物学的方法がすぐれていることが示された。

しかし, このような天敵利用の方法があらゆる蚊幼虫発生源に有効であるとは限らない。徳島市の場合にも, 水の乾きやすい所や, ごみの多い下水など, カダヤシの効果がみられなかった場所もある。また, カダヤシの導入がメダカなどの在来生物を駆逐するという, 外来生物による自然界のバランスの破壊が今後どのような方向にすすむかについても監視をつづける必要があらう。

まとめ

カダヤシは1916年に日本に移入され, 東京周辺の汚水だまりなどに繁殖しているが, これを蚊幼虫の天敵として利用するため1969年4月に徳島市に移殖したところ, 住宅地周辺の池, 湿地, 下水溝, 廃田などにいちじるしく繁殖し, それらに発生する蚊幼虫駆除に大きな効果を示した。

徳島市周辺についてライトトラップによる蚊幼虫の定期捕集, 幼虫発生源の調査などを3年余りにわたりつづけた。この地域でおよそ16種の蚊が採集され, それぞれの季節消長や発生源などの生態を明らかにしたが, とくにアカイエカが広い水域におびただしく繁殖していること, 海岸の湿地帯にセスジヤブカの多発していることが注目された。

移入したカダヤシは約3か所の池で一たん繁殖させた後, さらに多数の蚊幼虫発生源に二次, 三次の移殖をおこなった。この魚がすみついた水域ではいずれも蚊幼虫駆除効果がいちじるしく見られた。とくに海岸近くの数十ヘクタールにわたる湿地帯に毎年周期的にセスジヤブカ, シナハマダラカ, コガタアカイエカなどの大発生があつて住民の被害がいちじるしかったが, カダヤシ導入の翌年から蚊の発生がまったくみられなくなった。

各水域に放したカダヤシについてその分布, 棲息密度の動向, 在来種のメダカとの競争関係, 蚊幼虫駆除効果などの野外調査と, 実験室内での産子数, 産子間隔, 低温に対する耐性, 蚊幼虫捕食能, 遊離塩素などの毒物の影響について観察を行なった。

本稿を終えるにあたり, 多大なご援助を賜った徳島市長武市一夫氏, 同市保健衛生部の職員諸氏, 蚊の採集運搬にご協力いただき, ご助言をいただいた元徳島市保健衛生部長佐野茂夫博士(現徳島県小松島保健所長), 終始ご協力とご便宜を賜った徳島市医師会の諸氏, 協力を賜った大高正俊氏, 種々ご教示をいただいた東京大学医科学研究所寄生虫研究部の諸兄, そして徳島市のカダヤシの種となった東京空港でのカダヤシの採集にご便宜を計られ, ご協力をいただいた, 東京空港検疫所衛生課長長尾正巳博士, 同検疫所引地徳郎技官の各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- Gerberich, J. B. and Laird, M. (1966): An annotated bibliography of papers relating to control of mosquitoes by the use of fish (Revised and enlarged to 1965). WHO/EBL/66. 71 (mimeographed, 107 pp.)
- 伊藤嘉昭(1963): 動物生態学入門—個体群生態学編. 395 pp., 古今書院, 東京.
- Mallars, J. L. and Fowler, J. R. (1970): Mosquito eating fishes in California, 27 pp. California Mosquito Control Association, Visalia, California.
- 長沢佳熊, 越村栄之助, 福田秀男(1968): 熱帯魚グッピーによるパラチオンおよびシアン化カリウムの定量とパラチオンのLD₅₀ およびシアン化カリウムのED₅₀. 衛生試験所報告, 86: 32-36.
- Nakagawa, P. Y. and Ikeda, J. (1969): Biological control of mosquitoes with larvivorous fish in Hawaii. WHO/VBC/69. 173 (mimeographed, 25 pp.).
- 中村守純(1941): タップミンノウの飼育. 採集と飼育, 16: 186-7.
- 岡田弥一郎(1957): マラリア蚊幼虫の天敵としての魚類(防蚊魚類)ことにトップミノウについて. 環境衛生, '57(10): 6-13.

- Rosen, D. E. and Bailey, R. M. (1963) : The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography, and systematics. *Bull. American Museum of Natural History*, **126**, Article 1, 176 pp.
- Sasa, M., et al. (1965) : Studies on mosquitoes and their natural enemies in Bangkok, Pt. 2. Insecticide susceptibility of the larvae of *Culex pipiens fatigans*, *Aedes aegypti* and the mosquito eating fish *Lebistes reticulatus* : Pt. 3. Observations on a mosquito eating fish "guppy", *Lebistes reticulatus*, breeding in polluted waters. *Jap. J. Exp. Med.*, **35**(1) : 51-80.
- 佐々学, ほか (1967) : 鼠族昆虫駆除事業構造改善に関する研究レポート (その3) : 生物学的駆除, とくに淡水魚の利用による蚊幼虫駆除について. *生活と環境*, **12**(7) : 20-23.
- 佐々学 (1971) : 生物を利用する環境衛生の改善, とくに胎生メダカ科淡水魚の利用について. *学術月報*, **23**(10) : 601-606.
- 佐々学 (1972) : 生物を利用する環境衛生の改善—とくに胎生メダカ科淡水魚の利用について—. 文部省研究報告集録 (昭46, 人間生存と自然環境). 108-116.
- 佐藤英毅, 和田芳武, 元木貢, 大久保新也 (1970) : 徳島市における蚊の研究. *衛生動物*, **21**(2) : 121-122.
- 佐藤英毅, 和田芳武, 元木貢, 佐々学 (1970) : 日本に土着した *Poeciliidae* 科淡水魚の2種 *Lebistes reticulatus* (ニジメダカ) および *Gambusia affinis* (カダヤシ) の蚊幼虫天敵としての性質の比較. *衛生動物*, **21**(2) : 125.
- 佐藤英毅, 大久保新也 (1971) : 徳島市に移入したカダヤシ *Gambusia affinis* の繁殖状況と蚊幼虫駆除成績について. *衛生動物*, **22**(2) : 90-91.
- 佐藤英毅, 大久保新也 (1972) : 徳島におけるカダヤシ *Gambusia affinis* およびメダカ *Oryzias latipes* の分布について. *衛生動物*, **22**(4) : 244.
- 山岸宏, 中村謙, 和田芳武, 沖野外輝夫, 中本信忠 (1966) : グッピーの生態学的研究 I. 日本の温泉地において自然繁殖するグッピーについて. *衛生動物*, **17**(1) : 48-58.
- Yamagishi, H. (1966) : Ecological studies on the guppy, *Lebistes reticulatus* Peters. II. Experiments on predation of mosquito larvae by guppies. *J. Faculty of Science, Shinshu Univ.*, **1** : 79-92.
- 山岸宏, 沖野外輝夫, 中本信忠, 中村謙, 和田芳武 (1967) : グッピーの生態学的研究 III. 戸倉・上山田温泉の湯尻に環境順化したグッピー個体群について. *日本生態学雑誌*, **17**(5) : 206-213.

Summary

The top minnow, *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853), is a viviparous poeciliid fish native

of the southern United States, and has been introduced into a number of countries mainly with the purpose of malaria control. In Japan, the fish is known to be imported in 1916 via Hawaii and Taiwan, and has been found recently to be breeding widely in polluted waters in and around the city of Tokyo. The present paper deals with the results of observations on *Gambusia* introduced from Tokyo to Tokushima City of Shikoku Island in April 1969.

Tokushima is a city situated on the delta of Yoshino River, where tremendous numbers of mosquitoes were breeding every year in swamps, ditches and rice paddies difficult to be drained. Surveys were carried out on the larval breeding places, and on the seasonal prevalence of adults with light traps set at 6 stations. Of 14 species of mosquitoes found in this area, *Culex pipiens pallens* was predominant and most widely distributed, while *Anopheles sinensis* and *Culex tritaeniorhynchus* were also found abundantly in some swamp areas. In some salt marshes near the sea coast, tremendous breeding of *Aedes dorsalis* was observed in the rainy seasons.

Under such environmental conditions, it was considered by us that the introduction of *Gambusia* might be an effective measure for the control of mosquitoes, and two shipments of about 400 fishes collected from sewage ditches in the Tokyo International Airport were made to Tokushima by air cargo in April and May, 1969. The fishes were released and bred first in certain ponds and pools, and were further distributed to other ponds, swamps and ditches from the autumn of 1969. Especially successful and effective was the culture of *Gambusia* in the salt water marshes where *Aedes dorsalis* had been breeding; from August 1970, one year after the first batch of some 500 fishes were released, they became visible in high population densities all over the swamps, and thereafter complete eradication of the mosquito larvae could be achieved from these areas.

Field and laboratory studies were made with *Gambusia* thus successfully established in large number of pools in and around this city. The results are described in this report on its distribution, the trend of increase in the population densities, the competition with the indigenous fishes such as *Oryzias latipes*, the capacity as a predator of mosquito larvae, the correlation of the number of young borne with the body size of the mother fishes, the intervals of the births, the resistance to the cold temperature and to various poisonous substances in water, etc.