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¹⁾Ecological studies on guppy, *Lebistes reticulatus* Peters, I.
Acclimatized guppy in the waters of hot springs in Japan.山 岸 宏²⁾ 中 村 譲³⁾ 和 田 芳 武³⁾沖 野 外 輝 夫⁴⁾ 中 本 信 忠⁴⁾Hiroshi Yamagishi, Yuzuru Nakamura, Yoshitake Wada,
Tokio Okino and Nobutada Nakamoto

はじめに

最近、わが国のいくつかの温泉地の水体に Poeciliidae 科に属する 南米原産胎生魚、グッピー (ニジメダカ)、*Lebistes reticulatus* Peters が自然繁殖している。周知のように、グッピーは水槽内での飼育繁殖がきわめてやさしく、しかも雄は色彩の変化に富むので、観賞用熱帯魚として最も普及した魚種の一つである。

一方、グッピーは単に観賞的価値があるばかりでなく蚊幼虫の天敵としての役割も果たすることができる。グッピーは、同じ科に属するタップミンノー *Gambusia affinis* とともにマラリアを媒介する *Anopheles* や黄熱を媒介する *Aedes* などの蚊幼虫の天敵として 中米南部、セイロン、東南アジアに 1900-1920 年代に定着させる試みがなされたが、それはタップミンノーに比べて極めて少なかった (Gerberich, 1946 の文献目録による)。しかし最近になつて、バンコクとセイロンで野生化したグッピーがフィラリアを媒介する ネッタイエカ *Culex pipiens fatigans* 幼虫の防除に大きな役割を果たすことが明らかになつた (Sasa et al., 1965, 佐々 1965a)。

わが国の気候条件は冬季のグッピーの生存には不適當

であり、グッピーの越冬は不可能と考えられる。しかし温泉地の一年中高い温度を保つ水体が、この熱帯魚に越冬可能な生活条件を提供していたのである。温泉利用による魚類の養殖は、アフリカ産の食用熱帯魚ティラピア *Tilapia* などについてわが国でかなり普及している。しかしグッピーの場合は観賞用として飼育していたものが無意識的に温泉地の水体に入れられ、急速に繁殖したことは、きわめて興味深い。

わが国におけるグッピーの自然繁殖は、最初に落合ほか (1962) によつて長野県戸倉・上山田温泉において行われていることが詳しく報告された。その後、自然繁殖は静岡県蓮台寺温泉 (中村, 1963 が南伊豆で越冬と記載)、福島県内郷温泉および長野県浅間温泉でも発見された。これらの地域におけるグッピーの野生化はいずれも 10 年前後の歴史をもっているようである。どの温泉地においても、野生化の発端はききこみによると、1955 年頃、熱帯魚の飼育が流行し、そのとき殖えすぎたのですてたとか、水の取かえのときに逃逸したものが、温泉廃水を含み、冬季においても水温が 20°C 前後に保たれる水体中で繁殖したことであると思われる。そして、グッピーはこうした条件の存在する範囲で次第に生息圏を拡げたのであろう。

これらの野生化したグッピーの生態を研究することは移入動物の帰化の問題としてだけでなく、蚊幼虫の新しい天敵としても非常に興味がある。筆者らは、1964 年末から、これらの自然繁殖しているグッピーの生態について一連の調査を行つてきた。本報では比較的詳しい調査を行つた戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉の調査を中心に、その結果をとりまとめて報告する。調査はなお継続中であり、戸倉・上山田温泉のグッピー個体群を主とした研究は別報で述べる予定である。

- 1) This investigation was supported in part by a Public Health Service Grant CC-00017 from Nihon Kiseichu Yobokai (Report No. 72)
- 2) 東京大学農学部水産学科
Department of Fisheries, Faculty of Agriculture,
The University of Tokyo.
- 3) 東京大学伝染病研究所寄生虫研究部
Department of Parasitology, Institute for Infections Diseases, The University of Tokyo.
- 4) 東京都立大学理学部生物学教室
Department of Biology, Faculty of Science,
Tokyo Metropolitan University.

図 1. 戸倉・上山田温泉 (a) と蓮台寺温泉 (b) のグッピー生息場所の分布
○ 低密度の通年生息場所, ◎ 高密度の通年生息場所, ● 夏のみの生息場所

生息環境

1. 温泉の泉質

蓮台寺温泉と浅間温泉は単純泉, 戸倉・上山田温泉は弱アルカリ性単純泉, 内郷温泉は含芒硝石膏食塩泉である。そして戸倉・上山田温泉のみが少量の硫化水素を含む。水温は源泉でいずれも 50°C 前後である。

2. 生息場所の特徴

前記 4 カ所の温泉地のグッピーの生息場所の特徴は殆ど共通している。グッピーが一年を通して見られる場所は、主に湯尻といわれる温泉廃水がつくる温泉旅館の庭の中や道路ぞいの流れである。この流れは農業用水路に

合流し、川に流入するが、水温さえ冬季に 20°C 前後あれば年中グッピーが生息している。蓮台寺温泉では、旅館街から川までの距離が短いため冬でも川の水温が高く岸辺の浅水部にグッピーが認められた。春から夏にかけて、温泉の影響の少ない場所でも水温が上昇するにつれて、グッピーは農業用水路などに沿って分散を始め、この水が入る水用に広く分布するようになる。戸倉・上山田温泉では、湯尻から約 500 m もはなれた用水中にグッピーを発見している。戸倉・上山田温泉は湯尻から川までの流程が比較的長い、ここでも夏になるとグッピーが本流の岸や中州の浅水部にふつうに見られるようになる。これらの生息場所の勾配はいずれも緩やかであ

表 1. グッピー生息場所の水質

		流 速	水 温	pH	溶存酸素	H ₂ S	Cl'	ETA 硬度	SO ₄ -S	COD
		cm/sec	°C		ppm	ppm	ppm	CaCO ₃ ppm	ppm	O ₂ ppm
戸倉・上山田温泉	湯尻と付近の水路 (3-9月)	7.3-8.00	17.0-38.5	6.8-8.4	14.2-5.89	0.65	56.7-94.8	40.0-73.5	2-9	3.60-26.1
	千曲川と用水路の合流点 (4-9月)	—	21.8-27.1	6.8-7.0	1.42-3.06	痕跡	61.9	—	—	—
	水田および農業用水 (7-9月)	—	19.4-26.0	7.0-7.2	8.24-9.31	—	—	—	—	0.80-6.85
蓮台寺温泉	用水取入口と用水中流部 (4-8月)	70.4	12.4-26.1	7.2-8.2	6.89-7.27	0	9.98-10.47	37.1-38.7	—	1.38-2.46
	用水中, 下流部 (4-8月)	36.4-92.6	19.7-28.2	7.1-8.2	5.97-6.91	0	55.9	49.5	8	1.50-3.00
	湯 尻 A (4-8月)	8.0	25.2-28.9	7.2-7.4	4.60	0	35.1	81.5	—	—
	湯尻Bと付近の水路 (4-8月)	—	26.0-32.0	7.1-7.9	5.49-4.75	0	105.3	50.0	6	1.72
	水 田 8 月	0	29.8	7.0	4.06	0	10.63	30.7	—	1.28

水質の分析法

pH

比色法

溶存酸素

ポーラログラフ式酸素計およびウインクラーク法

H₂S

チオ硫酸ソーダ滴定法

Cl'

モール法

ETA 硬度

EDTA 滴定法

SO₄-S

簡易比濁法(硫酸バリウム比濁)

COD

アルカリ性高温(湯煎上)過マンガン酸カリ法

る。図1に戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉のグッピー生息場所の分布と夏季のグッピーの分散を示す。

内郷温泉のグッピー生息場所は湯尻およびその付近の水たまりであり、春には付近の水田や川への分散がみられた。浅間温泉では布山(1965)によると、湯尻から川に流入するまでの流れの一つで生息が観察された。

3. 生息場所の水質

温泉廃水の影響を直接受けるグッピー生息場所の水質は、温泉水や汚水の流入の程度によってかなり異なる。表1に戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉の温泉廃水の影響の強い生息場所(湯尻)と影響の弱い生息場所(農業用水, 水田, 川など)の水質を示す。戸倉・上山田温泉では、水温、溶存酸素量、CODなどは日変化のほかに、瞬間的にもかなり激しい変動を示す。図2に戸倉・上山田温泉の湯尻のグッピーの高密度生息場所の一つの水温および電気伝導度の変化を示す。この湯尻は、旅館の浴場の排水から出るものなので、水温の変化はかなり人為的な原因によるものである。戸倉・上山田温泉では溶存酸素量 0.91 ppm, 硫化水素量 1.62 ppm という汚濁のひど

図 2. 戸倉・上山田温泉のグッピー高密度生息場所の 4 月の水温と電気伝導度の変動 (a) と 5-9 月の水温の変動 (b), (b) は自記温度計で測定

い場所 (国立病院から流れ出る 温泉廃水を含む下水) にも冬季にグッピーの生息を認めたが、永続しなかつた。一般に戸倉・上山田温泉は 蓮台寺温泉よりグッピー生息場所の汚濁の程度が高い。表 1 に示した流速は、流心部について測定したものである。流速が 60 cm/sec. をこえるような場所では、グッピーは流心で流れに向つて定位することができない。しかし側壁付近では、流速が局所的に著しく低下するところが多く、こうした場所では稚魚も生息している。流速の比較的はやいわりに大きな流れに生息するグッピーは、おそらく上流から流れてきたものが、こうした局所的に流速のおそい場所に定着し、繁殖したものであろう。農業用水は水門によつてたびたび流量調節が行なわれる。農業用水をそ上したグッピーは、おそらく流量が少く、流速のおそいときに少しづつ上流へ向つたものと思われる。

4. 生息場所の生物相とグッピーの食性

表 2 に戸倉・上山田温泉と 蓮台寺温泉の典型的

表 2. グッピー生息場所の生物相。戸倉・上山田温泉は 4 月-5 月に湯尻に一つ (高密度生息場所) で、蓮台寺温泉は 4 月-8 月に二つの湯尻のその付近の用水のグッピー生息場所で調査

	戸倉・ 上山田 温泉	蓮台寺 温泉		戸倉・ 上山田 温泉	蓮台寺 温泉
細菌類			原生動物		
<i>Sphaerotilus</i>	冊	+	<i>Carchesium</i> エダワカレツツガムシ	冊	-
<i>Beggiatoa</i>	-	±	<i>Euglena</i> ミドリムシ	±	±
鞭毛藻類			<i>Paramecium</i> ゴウリムシ	+	-
<i>Gonium</i> ヒラタヒゲマワリ	±	-	<i>Vorticella</i> ツリガネムシ	冊	-
<i>Pandorina</i>	±	-	環形動物		
藍藻類			<i>Tubificidae</i> イトミミズ類	-	+
<i>Oscillatoria</i>	±	+	輪虫類		
珪藻類			<i>Trichocerca</i> ネズミワムシ	+	-
<i>Cymbella</i>	+	±	<i>Rotaria</i> ヒルガタワムシ	+	+
<i>Fragilaria</i>	±	-	軟体動物		
<i>Gomphonema</i>	±	±	<i>Gyraulus hiemantium</i>	-	+
<i>Melosira</i>	±	-	<i>Limnaea japonica</i> モノアラガイ	+	冊
<i>Navicula</i>	+	±	<i>Viviparus melleatus</i> タニシ	-	+
<i>Pinnularia</i>	±	-	甲殻類		
<i>Tabellaria</i>	-	±	<i>Cambarus clarkii</i> アメリカザリガニ	-	+
緑藻類			魚類		
<i>Ankistrodesmus</i>	-	+	<i>Carassius carassius</i> ギンブナ	-	+
<i>Chlorella</i>	±	-	<i>Lebistes reticulatus</i> グッピー	冊	冊
<i>Closterium</i>	-	冊	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> ドジョウ	+	-
<i>Microspora</i>	±	-	<i>Tilapia mosambica</i>	-	+
<i>Stigeoclonium</i>	冊	冊	<i>Zacco platypus</i> オイカワ	-	+
接合藻類			<i>Anguilla japonica</i> ウナギ	-	±
<i>Spirogyra</i> アオミドロ	-	+			

表 3. 戸倉・上山田温泉のグッピー高密度生息地の一つの沈澱物量と側壁付着物量

	測定位置	乾 量 g/hr/m ²		有機物量 g/hr/m ²		全 N 量 mg/hr/m ²	
		5 月	9 月	5 月	9 月	5 月	9 月
沈 澱 物	流 れ 上 部	21.30	9.96	3.090	1.230	189.4	—
	流れ中間部	7.66	5.43	1.040	0.529	59.0	—
	流 れ 下 部	—	3.63	—	0.408	—	—
	全 底 面 の推定量	乾 量 g/hr		有機物量 g/hr		全 N 量 g/hr	
		70.90	43.60	10.12	5.02	0.597	—
側 壁 付 着 物	中 間 部	乾 量 g/m ²		有機物量 g/m ²		全 N 量 g/m ²	
		136.2	—	—	—	9.62	—
	全 側 壁 (3.23m ²) の推定量	431.0	—	—	—	31.0	—

沈澱物の採集及び分析法.

湯尻の上流から流出口の間に 5 月は上流・中間に 2 点, 9 月は上流, 中間, 最下部に 3 点の沈澱物採集点を設けた. 採集容器はポリエチレン製バット (24×32 cm) でバットのへりの高さは約 10 cm である. 水中にバットを置いた場合このへりから水面迄の深さは約 9-13 cm の間であつた. 採集時間は 5 月は 19 時間, 9 月は 7 時間であり, バット中に残された沈澱物全量についてその蒸発残渣から乾量で沈澱物量を, その灼熱減量を有機物量として測定した. 5 月の場合には乾量測定後の一部分を用いて全窒素量を測定した.

乾量については 80°C で 1 昼夜乾燥し, デシケータに保存冷却後秤量した.

灼熱減量については電気炉により 600°C 以上で 2-3 時間灼熱し, デシケータ中で冷却後秤量した.

全窒素はケールダール法によつた.

なグッピー生息場所(湯尻)の生物相を示す. ここでは付着性の細菌類と藻類が多く, その中に各種の珪藻類, 原生動物, 輪形動物が生息する. 戸倉・上山田温泉では, これより汚濁が進んだ場所には, 細菌では *Beggiatoa* が現われ, イトミミズ類が多数生息するが, グッピー生息密度は低い. 戸倉・上山田温泉のグッピー生息場所の水質は, 汚水生物学的には α-中腐水性といえよう(津田 1964 の分類に従う). 戸倉・上山田温泉では湯尻に定住する魚類はグッピー以外はドジョウに限られている. 春から夏にかけて分散しているときは, 用水路, 水田などでフナ, オイカワ, メダカなどといつしよに生息する.

蓮台寺温泉は, 一般に汚濁の程度が低く, 湯尻にもオイカワ, フナ, ウナギがおり, また野生化したテラピア* がいる. このうちウナギとテラピアはグッピーの捕

* かつて温泉利用の養殖をしていたことがあつたらしく, そのいつ散したものが野生化したのであろう.

食者となる.

戸倉・上山田温泉の湯尻の一つでグッピーの消化管内容物をしらべると, 成魚は付着性の細菌類・藻類, その他にプランクトン(珪藻類, 原生動物, 輪形動物)が見られる. 稚魚の食物はこれらプランクトンが主であつた. 成魚ではそれと同時に稚魚を友喰いしていることが認められた. またつねに泥の粒子を含む茶色の内容物がみられた. これは湯尻の沈澱物を直接に食う結果ではないかと考えられる. ちなみに, この流れの沈澱物量は表 3 に示すようにきわめて大量であり, しかもこの沈澱には動物が利用可能と思われる窒素源を含む有機物含量が非常に高いことから, これはグッピーの栄養源として, とくに湯尻のような高密度で生息する場所では, 重要なものであろうと考えられる. いずれにせよ, グッピーは雑食性の強い魚類であることはまちがいない.

グッピーの形質の変異

主として, 戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉で調査を行つた. 両地区ともグッピーの体色は gray の野生型であるが, 戸倉・上山田温泉ではごく少数の golden がみられる(表 4). この golden の生息場所は一カ所に限られ

表 4. 戸倉・上山田温泉の高密度生息場所にみられた golden グッピーの数

	5 月	7 月	9 月
調査個体数	478	335	420
golden	2 (♀)	2 (♀)	1 (♀)
%	0.42	0.60	0.24

発見されたのは早のみであるが 9 月の調査時にはこれ以外に同じ場所でも golden を 2 尾捕えた.

ていない. golden が最初からいたか突然変異で発生したかは明らかではないが, golden は gray に対して劣性で, 単純なメンデル遺伝をするというから (Gordon, 1962), golden が保存される可能性は十分あるわけである.

雄の尾びれの形は oval-tail, top-sword, bottom-sword, double-sword および veil-tail がある(図 3). ただし veil-tail は蓮台寺温泉のみである. 表 5 に戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉のグッピーの雄の尾びれの形の組成を示す. 雌の尾びれの着色の程度は戸倉・上山田産のものでは弱い, 蓮台寺産の雌の中には, 尾びれの一部に淡黄色, 淡黄色, 淡黒色の模様をもつものがあり, 尾びれの幅もいくらか大きい.

戸倉・上山田産の雄では尾びれの長さが体長の 0.8-0.9 倍に達するものがある(double-sword および bottom-sword で). このように, 保護色とならない体色や大き

図 3. 戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉のグッピーの雄の尾びれの形状. 上から oval tail, top-sword, bottom-sword, double-sword, veil-tail

表 5. グッピー雄の尾びれの形質の組成 (カッコ内は個体数)

	戸倉・上山田温泉		蓮台寺温泉	
	4 月	5 月	5 月	8 月
Oval-tail	20.4% (48)	23.2% (71)	84.2% (202)	73.0% (46)
Top-sword	2.1 (5)	1.3 (4)	3.8 (9)	1.6 (1)
Bottom-sword	60.2 (142)	49.4 (151)	2.5 (6)	1.6 (1)
Double-sword	17.4 (41)	26.1 (80)	1.3 (3)	11.1 (7)
Veil-tail	0 (0)	0 (0)	8.3 (20)	12.69 (8)
計	(236)	(306)	(240)	(63)

な尾びれなど、観賞的には価値があつても生存競争の上では不利と思われる形質が野生化したグッピーに保存されつつけているのは、この環境がかれらにとつて多かれ少なかれ適当なものであつたことを物語るのかも知れない。

グッピー個体群の動態

1. 個体数の季節的変動

戸倉・上山田温泉の旅館の中庭にある湯尻(図 4)に生息するグッピー成魚をひれ切り(胸びれ)でマーキング

図 4. 戸倉・上山田温泉の湯尻の一つのグッピーの高密度生息場所

表 6. 戸倉・上山田温泉のグッピー高密度生息地の一つにおける成魚の推定個体数

		4 月 25-26 日	5 月 25-26 日	7 月 12-13 日	9 月 27-28 日
記号個体数	R	462	455	333	336
捕獲個体数	C	613	492	207	420
再捕個体数	r	16	37	17	20
推定個体数	$\hat{N}$	16690 ± 3870	7338 ± 1321	3774 ± 840	6736 ± 1107
密 度	$\hat{N}/m^2$	2318 ± 583	1019 ± 183	524 ± 117	949 ± 154

$$\text{推定個体数は } \hat{N} = \frac{(C+1)R}{r+1}$$

$$\text{ハリアンスは } V(\hat{N}) = \frac{R^2(C+1)(C-r)}{(r+1)^2(r+2)}$$

Bailey (1952) による。

し、その個体数を季節的に推定した*。ここはグッピー生息密度が最も高い場所の一つである。ひれ切りは、体

* Bailey (1952) の修正したリンカン法によつて計算した。グッピーの捕獲にはセルピンを用い、マーキングは MS-222 の約 1: 7500 溶液で麻酔して行い、放流後 24 時間で再捕獲を行つた。

図 5. 戸倉・上山田温泉 (a) と蓮台寺温泉 (b) の体長組成, (a) は全部同一場所の魚, (b) は 4 月と 5 月が同一の湯尻, 8 月は水田

長 14 mm 以上の第 2 次性徴 (雄のしりびれの変形と体の模様の出現) によつて雌雄の区別がつく魚についてのみ行つたので, 推定値には稚魚が含まれていない。その結果を表 6 に示す。この結果から, グッピーは春には非常に高い生息密度に達しているが, 夏から秋には個体数が著るしく減少している。これは農業用水や水田の水温が高くなるにつれて起るそれらへのグッピーの分散と関係があるように思われる。密度が最高 2000 尾/m² 前後に達しうるのは, 捕食者がいないこと, 食物となるもの (稚魚を含めても) がかなり豊かであることによるのであろう。

2. 体長組成と性比

戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉のグッピー成魚の体長組成を図 5 に示す。測定した個体数は毎回 300 以上である。戸倉・上山田温泉では前述の湯尻における個体数推定を行つたときにグッピーの体長組成を測定したので, 全部同一場所の個体群のものである。

戸倉・上山田温泉のグッピーは蓮台寺温泉のものより大型である。前者では, 夏から秋にかけて体長のモード

がより小型の個体に移る傾向が明瞭にみとめられた。これはおそらく, この季節に大型魚が多く死亡し, 分散によつて生息密度が低下したため, 夏に生まれる稚魚の生存が著るしく好転し, この稚魚が秋に個体群の主要部分を占めることによつて起つたのではないかと想像される。このように, 環境条件の変化が少い湯尻においてもグッピー個体群に季節的と考えられる変化が起つている。

体長組成と同時にしらべた成魚の性比を表 7 に示す。戸倉・上山田温泉では雄が雌より少い。

3. 産子数

戸倉・上山田温泉のグッピー親魚を飼育して得た一回の産子数と, 解剖で得たよう子数と体長の関係を図 6 に示す。よう子数は発眼した成熟胚のみについて数えた。体長約 40 mm までは体長と産子数の間に相関がみられる。飼育によつて, 体長 22 mm に達した雌が第 1 回の産子をすることが観察された。雌の産子間隔は, 水温 25°C で 32-34 日であつた。

4. 生 長

表 7. グッピーの性比

戸倉・上山田温泉		4 月		5 月		7 月		9 月	
		♀ ♂		♀ ♂		♀ ♂		♀ ♂	
	個体数 %	660 60.9	425 39.1	633 58.9	439 41.4	371 69.1	166 30.9	360 52.9	335 47.1
蓮台寺温泉		4 月		5 月		8 月			
		♀ ♂		♀ ♂		♀ ♂			
	個体数 %	131 45.3	158 54.7	510 53.7	441 46.3	76 54.7	63 45.3		
蓮台寺温泉		4 月		5 月		8 月			
		♀ ♂		♀ ♂		♀ ♂			
	♂/100♀	64		69		45		93	
蓮台寺温泉		4 月		5 月		8 月			
		♀ ♂		♀ ♂		♀ ♂			
	♂/100♀	121		86		83

図 6. 戸倉・上山田温泉のグッピー親魚の産子数(飼育により測定)と産子数(解剖により測定)と体長との関係

図 7 に戸倉・上山田産のグッピー親魚を研究室で産子させて得た 1 腹の稚魚の一部(雌雄各 5 尾)を水温 25°C で水の濾過装置をつけた水槽(45×23×31)cm³ で乾燥ミジンコを十分にあたえて飼育したときの体長および体重の生長曲線を示す。雌は雄に比べて生長の個体変異が大きい。雌の一尾は生後 72 日で第 1 回の産子を行った。この時期の前後から、雌では産子による体重の増加・減少が起つてくる。

蚊幼虫の天敵としてのグッピーの役割について

水田は大量の蚊の発生源であり、その大部分はコガタアカイエカ *Culex tritaeniorhynchus* とシナハマダラカ *Anopheles sinensis* である(緒方, 中山, 1963)。グッピー

図 7. 戸倉・上山田温泉産のグッピー親魚より得た一腹子の生長, ●, × は平均値, 幅は最大個体と最小個体による。

ーが野生化している温泉地ではどこでも、春から秋までグッピーが水田に広く分散する可能性があるので、蚊幼虫の捕食者としての役割を果すものと思われる。

私たちはグッピーの調査と同時に、戸倉・上山田温泉では 7 月と 9 月に、蓮台寺温泉では 8 月に水田の蚊幼虫の調査を行った。

戸倉・上山田温泉では 7 月の調査日が、田植え直後(数日から 1 週間位)であつたため、水田内のグッピーの数はまだ少く、調査には不適當であつた。一応、ひしやく(直径 13 cm, 容積 750 cc)による、すくい取りを 1 枚の田について 10 回行う方法で 6 枚の田で蚊幼虫の採集を行ったがコガタアカイエカとシナハマダラカは全くとれなかつた。

9 月 28 日の調査時には、水を落した水田が多かつたが、グッピーが生息している地区で調査した 8 枚の水田のうち蚊幼虫が発見されたのは 3 枚で、各 10 回のすく

- 1) 町役場の衛生担当者の話によると、田畑へは 6 月末—7 月始めにヘリコプターによるマラソン 3 % 粉剤の散布が行われただけのようである。1964 年にはチカイエカが便所の浄化槽に発生し、薬剤を配布したとのこと。一般にこの地区は蚊が少ないという。

いとりでとれた蚊幼虫の数は合計でコガタアカイエカ 2, アカイエカ 4, シナハマダラカ 2 と非常に少なかった。

蓮台寺温泉では 8 月 23-25 日に調査を行った。ここでは温泉街の東側一面に水田があり多数のグッピーが入っていた。数十枚の水田を上記と同じ方法でしらべたが、ただ一枚の田でシナハマダラカの若齢幼虫が一匹みつかっただけであつた。これと比較のためこの地区より約 3 km 北の落合(蓮台寺温泉を流れる稲生沢川の上流)の水源地付近の水田には多数のコガタアカイエカの幼虫と少数のハマダラカとコガタクロウスカらしい幼虫がみられた。この地区は前日に BHC 粉剤を散布したとのことであつた。

また、水田で捕えたグッピー 10 尾を解剖して消化管内容物を検査したところ、水生昆虫の摂食が認められたが、蚊幼虫の破片と思われるものは発見できなかった。

このように蓮台寺温泉では、水田からの蚊の発生はきわめて少いと思われる。しかし、蓮台寺と落合で蚊成虫の採集をブラックライトとドライアイスの併用のトラップで行ったところ、表 8 に示すように蓮台寺地区でも多

表 8. 蓮台寺温泉と落合においてトラップに入つた蚊 (8 月 23 日 18 時 30 分から翌日 6 時まで, 8 月 23 日の日没 18 時 25 分ブラックライトとドライアイス併用のトラップ使用)

蚊 の 種 類	蓮台寺温泉	落 合
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	209+2 ♂	324+2 ♂
<i>Culex pipiens</i>	9	1
<i>Culex bitaeniorhynchus</i>	2	0
<i>Culex whitniorei</i>	2	1
<i>Aedes vexans</i>	8	4
<i>Anopheles sinensis</i>	6	8
不 明	6	11
	242+2 ♂	317+2 ♂

数のコガタアカイエカが採集された。コガタアカイエカの産卵経験の有無を Detinova (1962) の方法による卵巢 relic 数でしらべたところ、蓮台寺では 10/49 が、落合では 16/50 が 1 回産卵であつた。蓮台寺でもコガタアカイエカの成虫が採れたが、調査の前日 8 月 22 日に台風が伊豆半島を通過したことの影響があり、また蚊の飛翔距離の問題があるので、これが当地で発生したものか否かはここで論ずるのは難しい。

考 察

現在グッピーが自然繁殖している温泉地に共通な生息場所の特徴は、i) 水温が常に 20°C 前後に維持されて

いる。ii) 生息場所の勾配が緩やかで、流速はおそい。iii) 温泉の泉質が魚類の生息に有害でないことであろう。

これらのグッピーは耐寒性を獲得していない。これは戸倉・上山田温泉においても、蓮台寺温泉においても、冬一春の間には、同じ水系であつても、温泉の影響が少く、水温の低い場所にはグッピーがみられないことから考えられる。おそらく、夏に水田に入つたグッピーは冬には死滅してしまうのであろう。戸倉・上山田温泉の湯尻で 3 月に採集したグッピーを無暖房の室内で放置したところ、9°C 以下では死亡することがわかつた。戸倉・上山田温泉のグッピーの分布圏は、落合ら (1962) の調査時と殆どかわつていないことも耐寒性が獲得されていないと考える理由の一つになるであろう。

グッピーはある程度の汚水に生息できることは、戸倉・上山田温泉の調査から判明した。だが低酸素条件にとても強いわけではない。筆者らが戸倉・上山田温泉で実験したところ¹⁾、溶存酸素量 0.42-0.45 ppm 以下では雌雄ともに窒息死することがわかつた。このような低酸素条件に対する抵抗性を Yamagishi (1964) のフナ稚魚のものと比較すると、ギンブナ・ゲンゴロウブナと殆ど同程度で、底生性に移行しつつあるキンブナ稚魚よりずっと弱い。

グッピーの温泉地における野生化の実現は胎生魚のものと生物学的特性と切り離して考える事はできない。タプミンノー (*Gambusia affinis*) は、生息環境の諸条件の大きな変動によつて生ずる大幅な個体数の減少を急速に回復するように適応して発達した魚類の一種と考えられる (Nikolsky, 1953)。つまり、産子回数が非常に多く、生まれてくる稚魚は卵生のものよりはるかに進んだ発育段階にあるため、稚魚の死亡率はきわめて低い。*Gambusia* 属の世界各地における環境順化の成功はこうした特徴に負うことが大きいと考えられるが、これはグッピーの場合にもあてはまる。

グッピーの産子間隔は短く (Turner, 1937 によると 22-60 日)、産子数も少なく、稚魚の生存率も高いから、非常に大きな繁殖力をもつことになる。この大きな繁殖力は、夏季の水田への分散移動が、越冬場所から出た魚によつて行われるだけでなく、移動中に産れた魚によつて加速されることを可能にすると思われる。短期間に広い範囲にわたる移動が実現するのはこうした事情によるのであろう。また、グッピーの雌が一度雄と交尾すると

- 1) 100 cc の酸素ビンにグッピーを一尾入れ、グッピーの生息する水中に放置し、仮死におちいつたときの溶存酸素量を測定した。ビンに入れたグッピー生息場所の水の溶存酸素量は 2.12 ppm であつた。

数カ月間は雄なしに子を産める (Winge, 1937) こともこのような場合には非常に有利であろう。

分散がまだ行われない時期に戸倉・上山田温泉の湯尻の一つのグッピーの生息密度は非常に高まっていた。このような 2000 尾/m² という密度に達し得たのは、グッピーが典型的な雑食性の魚で、利用しうるものは何でも食うことによるところが大きいと考えられる。Silliman and Gutsell (1958) が底面 (44×24) cm² の水槽で3年以上にわたってグッピーを飼育したところ、成魚の個体数は最高 137 尾 (1297 尾/m²) に達したというから、私たちが得た推定値が現実性のないものではあるまい。

このように強い繁殖力は、蚊幼虫の防除にグッピーを利用する場合、グッピー個体数の短期間における増大を期待できるので非常に有利である。それと同時に、グッピーは小さな浅い水体の生活に適応している表層性の魚であるから、蚊幼虫の捕食魚として好適である。グッピーのネッタイエカ幼虫の捕食魚としてすぐれていることは Sasa et al. (1965) が実験的に報告している。山岸 (未発表) は、小型と中型のグッピー成魚の雌が 1 日に捕食しうるアカイエカ 4 齢幼虫数は水温 25°C で 10-36* であること、出生当日の稚魚が 2 齢幼虫を活発に捕食することを認めた。このように出生直後の稚魚が蚊幼虫の捕食に参加できることは、胎生魚の大きな特色で、ふ化後一定期間、微小なプランクトンに頼る卵生魚の子魚には全く期待のできないことである。

戸倉・上山田温泉と蓮台寺温泉の水田の蚊幼虫とグッピーの関係の調査は不十分であつたが、この時期に他の地区の水田に非常に多く発生するコガタアカイエカが殆ど見つからなかつたことは、長年にわたってグッピーが水田に入る結果、この地区の水田から発生する蚊の個体数の準位を常に低く抑えているのではないかと想像させる。

以上述べたことから考えられるように、わが国の温泉地には、グッピーが繁殖する条件を備えたところがまだあるであろう。もしもつと広汎な調査を行うなら、すでにグッピーが野生化している場所をさらに発見できるかもしれない。これらの温泉地は、蚊幼虫の天敵としてのグッピーを大量に供給できる天然の養殖場となりうる。またわが国の亜熱帯地域ではグッピーの自然越冬が可能であるかも知れない。なおグッピーを水田の蚊幼虫の防除に使用する場合、中干しなど水田の水落としと農薬散布のさい、魚に対する適当な配慮が必要になる。

ま と め

わが国の 4 つの温泉地 (蓮台寺, 浅間, 戸倉・上山田,

内郷) において、温泉廃水を含む水体中に南米原産の胎生魚、グッピーが野生化し、自然繁殖を続けていることを確認し、主に戸倉・上山田および蓮台寺でグッピー個体群とその環境についての調査を行った。グッピーは冬季には温泉廃水の混入する場所のみに生息する。これらの場所の水温は 20°C 前後に維持されている。戸倉・上山田温泉のこのような場所の一つで、グッピーは冬の終りには非常に高密度に達していた。しかし夏になるとグッピーは温泉の影響の少ない農業用水、水田、川の岸辺の浅水部などへ広く分散する。この時期には越冬場所の個体数は著しく減少した。

これらのグッピーは下水の混入する汚濁のかなり強いところにも生息しうる。しかし耐寒性はない。

グッピーの生長は非常に早く、産子間隔も短いので、急速に個体数が増加する。このような性質と強い雑食性によつて、水田その他の水たまりの蚊幼虫の駆除にグッピーを利用することができる。調査した 2 つの温泉地の水田にはシナハマダラカとコガタアカイエカの幼虫が極めて少なかつた。

本研究について種々の御教示を下さつた東京大学農学部水産学科大島泰雄教授、東京大学伝染病研究所寄生虫研究部長佐々木教授、長野西高等学校生物班の皆さん、予備調査を行った伝研寄生虫研究部の諸氏、筆者らの依頼で浅間温泉の調査を行った松本市の布山喜章氏、本調査に随時協力された東京都立大学理学部生物学科の香川幸一郎氏、渡辺昌希氏、調査に種々の便宜をはかられた上山田町の飯島安雄氏、村尾豊治氏に深謝する。

文 献

- 1) Bailey, N. T. J. (1952) : Improvement in the interpretation of recapture data., J. Am. Ecol., **21**, 120-127.
- 2) Detinova, T. S. (1962) : Age-grouping methods in Diptera of medical importance. WHO Monograph, **47**, 216 pp.
- 3) 布山喜章 (1965) : 私信.
- 4) Gerbrich, J. B. (1946) : An annotated bibliography of papers relating to the control of mosquitoes by the use of fish, Amer. Midl. Naturalist, **36**, 87-131.
- 5) Goldon, M. (1962) : Guppies. A guide to the selection, care and breeding of guppies. 32 pp. 245 Cornelson Ave., Jersey city.
- 6) 中村守純 (1963) : 原色淡水魚類検索図鑑. 258 頁, 北隆館, 東京.
- 7) Nikolsky, G. V. (1963) : Ekologia ryb, 368 pp. Izd. Vysshya shkola, Moskva.
- 8) 緒方一喜・中山孝夫 (1963) : 水田における蚊幼虫の発生動態に関する研究, とくに稲作管理との関係をめぐって. 衛生動物, **14**, 157-166.
- 9) 落合照雄ほか (1962) : 上山田・戸倉温泉地域に棲息するグッピーについて. Papyrifera (長野西高等学校生物班雑誌), **7**, 51-66.
- 10) Sasa, M., Kurihara, T., Dhamvanij, O. and C. Harinasuta (1965) : Observation on a mosquito-eating fish "Guppy", *Lebistes reticulatus*, breeding

* 前日にも蚊幼虫をあたえてある条件で。

in polluted waters. Japan. J. Exp. Med., 35, 63-80. — 11) 佐々学 (1965): 私信. — 12) Silliman, R. P. and J. S. Gustell (1958): Experimental exploitation of fish populations. Fish. Bull. Fish. & Wildl. Ser., 58, 214-252. — 13) 津田松苗 (1964): 汚水生物学, 258 頁, 北隆館, 東京. — 14) Turner, C. L. (1937): Reproductive cycles and superfetation in poeciliid fishes. Biol. Bull., 72, 145-164. — 15) Winge, Ö. (1937): Succession of broods in *Lebistes*. Nature., 140, 467. — 16) Yamagishi, H. (1965): Comparative study on the growth of the fry of three races of Japanese crucian carp, *Carassius carassius* Linné with special reference to behaviour and competition. J. J. Ecol. 15, 100-113.

Summary

The authors confirmed that a aquarium fish of South America, guppy (*Lebistes reticulatus* Peters) has been acclimatized in the sewages of hot spring water of Rendaiji (N 34° 42', E 138° 12'), Asama (N 36° 15', E 138° 00'), Togura-Kamiyamada (N 36° 29', E 138° 05') and Uchigo (N 37° 02', E 140°

51') from several years ago. Regular surveys of the guppy populations and the enviromental factors of habitats were mainly made in Togura-Kamiyamada and Rendaiji.

Water temperature of the habitats of guppies was maintained about 20°C even in winter season. These guppies were not cold-resistant. They begin to disperse to irrigation streams, rice fields and shallows of rivers in summer. In one of the winter habitats population density of guppy attained to extreme high level until end of winter, but it remarcably decreased in summer as dispersion of fish proceeded. The guppies showed so rapid growth and so great fecundity that they could fill the summer habitats in shorter time. It can be supposed that guppy is suitable to be used as a predator of mosquito larvae which emerge in rice fields and other smaller water bodies by the reason of its euryphagy and rapid increase in number. In the rice fields of Rendaiji and Togura-Kamiyamada, very little larvae of *Anopheles sinensis* and *Culex tritaeniorhynchus* were discovered.