

資 料

1980～90年代の琵琶湖のアユにみられた線虫※

Raphidascaris biwakoensis について

※本報告は過去に実施した研究の成果を取りまとめたために、現時点では不明な情報があるが、価値の高い情報が含まれていることを考慮し資料として掲載した。

1980～90年代の琵琶湖のアユにみられた線虫

Raphidascaris biwakoensis について

里井 晋一*

Studies About a Nematoda *Raphidascaris biwakoensis* Parasitic on Ayu *Plecoglossus altivelis* T. & S. in Lake Biwa in the 1980～90s

Shin-ichi Sato

キーワード：線虫、*Raphidascaris biwakoensis*、アユ、寄生生態、生活史

琵琶湖のアユ *Plecoglossus altivelis* はコアユとも呼ばれ、線虫 *Raphidascaris biwakoensis* がわずかに寄生していることが古くから知られている。

アユは、鮮魚として、また佃煮として利用されるため、線虫の大量寄生は消費者や加工業者の間で問題視されるほか、アユ養殖業者においても漁獲されたアユ種苗に線虫が大量寄生していることは種苗の品質低下の要因の一つではないかと考えられている。

本線虫は、1928年に藤田¹⁾が琵琶湖のアユ等から見出した *Raphidascaris gigi* と同種であることが判明しているが^{2,3)}、その寄生生態、生活史、感染経路、駆除方法等については未解明な部分が多くある。そこで、琵琶湖のアユの産業的価値を守るため、本線虫の生物学的な調査を実施したので、その概要

を報告する。

1 アユに寄生する線虫の生態および生活史の解明

(1) アユに寄生する線虫の種類について

魚類に寄生するアニサキス科線虫の種類は、*Anisakis*、*Pseudoterranova*、*Contracaecum*、*Raphidascaris*、*Hysterothylacium* の5属あるが⁴⁻⁶⁾ (図1)、アユに寄生する線虫については、虫体の排泄口の位置や胃盲囊や腸盲囊の有無等の形態的特徴により、*Raphidascaris* 属に属するものであった。

種の同定については、今回得られた虫体(線虫)の諸器官の大きさと藤田¹⁾および片岡・門馬⁷⁾が報告した虫体の諸器官の大きさを比較すると表1に示すように、本種は藤田¹⁾が報告したものより大型で

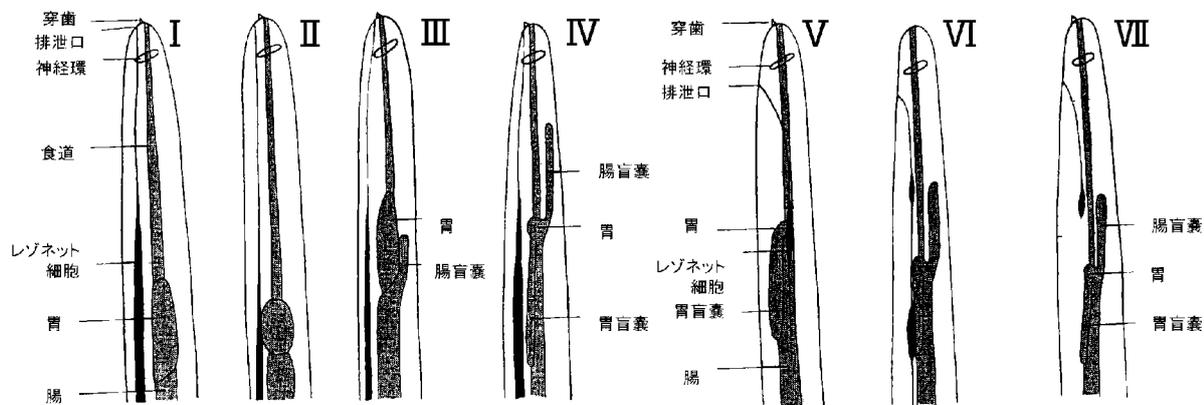


図1 アニサキス亜科幼線虫の形態(前端部)

- I : *Anisakis* sp. (Type I) II : *Anisakis* sp. (Type II) III : *Pseudoterranova* sp.
 IV : *Contracaecum* sp. V : *Raphidascaris biwakoensis* VI : *Hysterothylacium* sp. (Type I)
 VII : *Hysterothylacium* sp. (Type II) 小山(1974)より改写

表1 *Raphidascaris* の諸器官の大きさの比較

単位: mm

報告者	著者		藤田(1928)		片岡・門馬(1934)	
種名	本種		<i>R.gigi</i> FUJITA 1928		<i>R.gigi</i> FUJITA 1928	
雌雄	雄	雌	雄	雌	雄	雌
体長	5.92(4.65-6.97)	12.40(10.63-14.50)	雌より小型	5.3	8.91(6.91-10.28)	大型16.77(16.10-17.79) 中型 9.36(8.50-10.53) 小型 5.85(5.21- 6.18)
体幅	0.27(0.24-0.32)	0.52(0.35- 0.88)		0.3	0.41(0.24-0.50)	大型 0.73(0.68-0.79) 中型 0.42(0.35-0.47) 小型 0.28(0.21 0.41)
食道	0.76(0.55-0.84) <i>0.13(0.12-0.15)</i>	1.12(0.99- 1.25) <i>0.28(0.18- 0.28)</i>		0.57 <i>0.13</i>		1.34(1.24-1.50) <i>0.27(0.24-0.32)</i>
胃盲袋	0.43(0.35-0.50) <i>0.06(0.04-0.07)</i>	0.62(0.53- 0.73) <i>0.10(0.07- 0.13)</i>		0.44 <i>0.07</i>		0.75(0.65-0.85) <i>0.11(0.08-0.14)</i>
腸	4.03(3.96-6.04) <i>0.13(0.10-0.15)</i>	10.62(8.80-12.99) <i>0.26(0.19- 0.36)</i>		4.37		14.55(14.0-15.53) <i>0.40(0.35-0.47)</i>
神経環※	0.37(0.32-0.42)	0.40(0.34- 0.48)		0.24		0.48(0.41-0.53)
陰門※		2.65(2.20- 3.02)		0.6		
交接刺	0.38(0.28 0.44)		0.09		0.36(0.31 0.40)	
宿主	アユ		ギギ		アユ・ニジマス	

表中の斜体字は体長比を示す。

※: 頭端からの距離。

表2 *Raphidascaris biwakoensis* の雌の成虫における特徴的形態の計測値と体長の関係

Type	計測値 (mm)						体長比 (%)	
	体長	体幅	食道	胃	胃盲袋	尾長	体幅	胃盲袋
A	14.571	0.675	1.250	0.125	0.725	0.275	21.59	20.10
A	14.167	0.570	1.150	0.110	0.570	0.400	24.85	24.85
A	11.566	0.560	1.240	0.120	0.660	0.140	20.65	17.52
A	12.222	0.240	0.520	0.050	0.240	0.120	50.93	50.93
A	11.818	0.550	1.190	0.130	0.650	0.220	21.49	18.18
A	10.859	0.450	0.990	0.100	0.580	0.300	24.13	18.72
A	10.631	0.350	1.020	0.070	0.570	0.187	30.37	18.65
平均	12.262	0.485	1.051	0.101	0.571	0.235	25.28	21.49
B	3.434	0.200	0.445	0.030	0.500	0.085	17.17	6.87
B	3.687	0.210	0.470	0.050	0.375	0.170	17.56	9.83
平均	3.561	0.205	0.458	0.040	0.438	0.128	17.37	8.14

あるが、片岡・門馬²⁾が報告したものの範囲内にあり、また形態的特徴も一致していることから、*R.gigi* と同定すべきところである。しかし、John D. Smith³⁾の報告によると、*R.gigi* の幼生形である *R.biwakoensis* が最初に報告されているため、その報告を生かすべきであると述べている。このことについて、それ以降異議を唱える報告がないため、本種の種名を *R.biwakoensis* とし、*R.gigi* は *R.biwakoensis* のシノニムとするのが妥当と考えられた。

(2) *Raphidascaris biwakoensis* の2形態について

本種の雌の成虫について、特徴的形態の計測値と体長の関係を表2に示すように、同種であるが、体長、体幅、体長/体幅、および体長/胃盲袋の計測値等から、明らかに A Type (図2) と B Type (図3) の2形態あることが認められた。

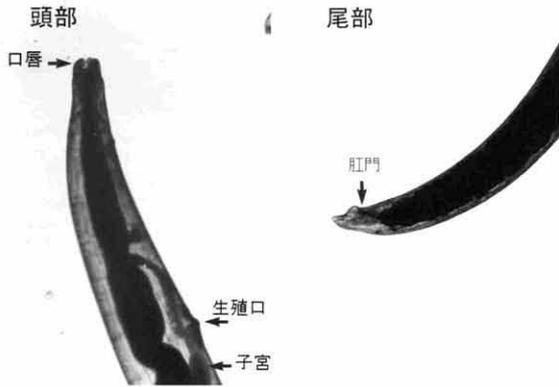


図2 *Raphidascaris biwakoensis* (A type)の成虫(雌)



図3 *Raphidascaris biwakoensis* (B type)の成虫(雌)

(3) *Raphidascaris biwakoensis* の形態変化

1) 卵から第2期幼生までの形態変化

材料および方法 1993年および1994年の7月にアユの消化管内から母虫を取り出し、シャーレ内の地下水で産卵させて完熟卵(卵径約 $50\mu\text{m}$)を得て、線虫の初期の発育状況を水温 25°C と 15°C で培養して観察した。

結果 水温 25°C で培養した卵(図4)は、2日目には卵内で第1期幼生となった(図5)。4日目には卵内で脱皮して、第2期幼生となり脱皮殻(シート)を付けたまま孵化するのが観察できた(図6)。第2期幼生の大きさは、体長約 $200\mu\text{m}$ であった



図4 卵(約 $50\mu\text{m}$)

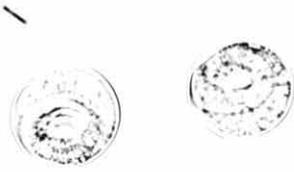


図5 第1期幼生

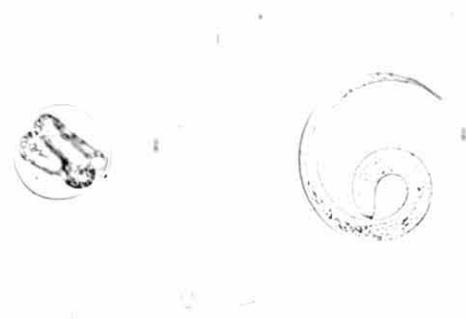


図6 第2期幼生(卵内)

図7 第2期幼生

(被鞘性約 $200\mu\text{m}$)

(図7)。一方、水温 15°C で培養した卵は、4日目には卵内で第1期幼生になり、7日目には卵内で脱皮して、第2期幼生となり、脱皮殻(シート)を付けたまま孵化するのが観察できた。

これらの第2期幼生には、既に穿歯や食道や胃盲嚢が形成されていることが観察できた。

2) アユの消化管内や腹腔内等にいる線虫の形態

材料および方法 1992~1995年の2月から8月に、琵琶湖中のエリ等で採集されたアユについて、生鮮または10%ホルマリン溶液で固定されたものを開腹して、消化管内や腹腔内等に寄生している線虫を実体顕微鏡で剖検して取り出し、虫体の形態や諸器官を観察した。虫体の諸器官の観察は、主として生鮮標本について行った。また、体長、体幅等の測定は万能投影機で行った。

結果 第3期幼生の体形は細長く、体長と体幅の関係を図8に示すが、体長は $1.70\sim 5.90\text{mm}$ 、体幅は $0.10\sim 0.30\text{mm}$ であった。頭部には未発達の間唇と腹側部に1個の穿歯を備えていた。尾部は、細長い円錐形で尾端に1個の鋭棘が認められた。排泄口は神経環の後方の腹面に開口していた。胃盲嚢は発

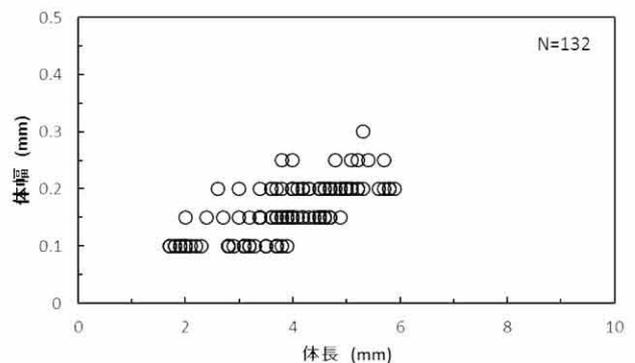
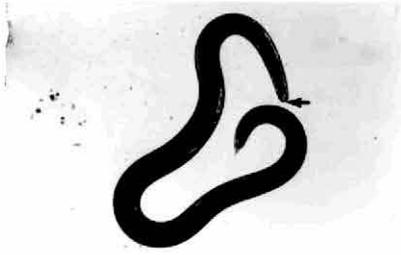


図8 第3期幼生の虫体の体長と体幅との関係



達していた。生殖器は腸管に沿ってらせん状に走っているが、充分には発達していなかった(図9)。

図9 第3期幼生

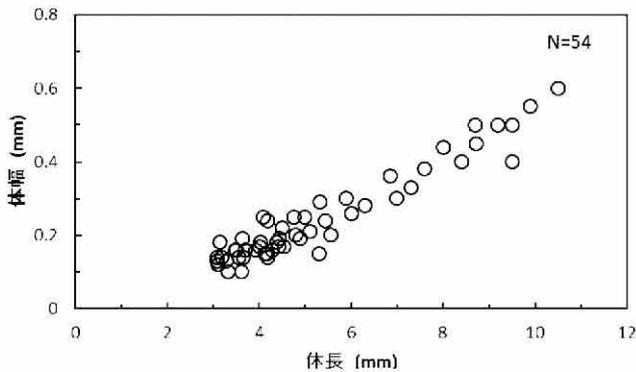


図10 第4期幼生の虫体の体長と体幅の関係

第4期幼生は、体長と体幅の関係を図10に示すが体長3.08mm～10.50mm、体幅は0.10～0.60mmであった。頭部の穿歯は消失しているが、口唇は未発達であった。尾部はやや細長い円錐形で尾端に1個

の鋭棘が認められた。生殖器は腸管に沿ってらせん状に走り、第3期幼生より発達していた(図11)。雌では、子宮口の認められるものもあった。



図11 第4期幼生

成虫の雄の体長は、体長と体幅の関係を図12に示すが4.00～10.50mm、体幅は0.20～0.55mmであった。雌の体長は9.60～14.50mm、体幅は

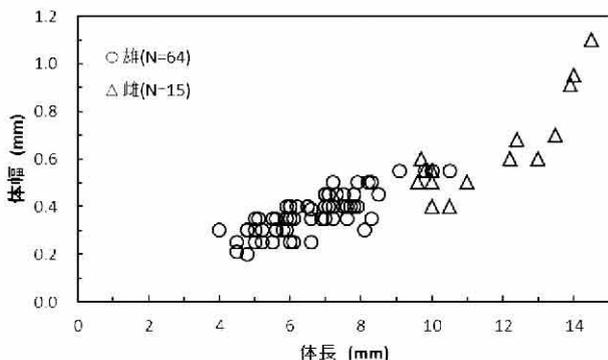


図12 成虫の虫体の体長と体幅の関係

0.40～1.10mmであった。雌は体長、体幅とも第4期幼生と比較して大きな成長は認められなかったが、雌は体長、体幅とも著しく大きく成長していた。頭部には3個の口唇が発達していた。半円形の背側唇には、2個の乳頭があり、また2つの腹側唇には各々1個の乳頭が認められた。雌の唇間は深く窪み、表皮は肥厚していた(図13)。尾部は雌雄により著しく異なった。雄の尾部は末端近くで腹面側に湾曲し、交接刺は細長く、2個とも同長であった(図14)。雌の尾部は雄に比べて長く約3倍であった(図15)。雌雄いずれの個体も尾部は円錐形であ



図13 成虫(雌)



図14 成虫(雄)

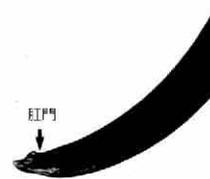


図15 成虫(雌)

るが、雄は雌より鋭角的であり尾端には1個の小さい鋭棘があり、排泄口は神経環の後方の腹面に開口していた。雌の生殖口は胃盲嚢の後方、体長を1:3.8で割る腹面に開口しており、子宮内には短楕円形の卵が充満していた。なお、標本数が非常に少ないが、B Typeのものは、A Typeと比較して、表2に示したように体長が3/10程度と短形であるのが特徴的であった。

線虫類は4回の脱皮を経て成虫になるが、今回の調査ではアユから得られた虫体はいずれも脱皮を確認することは出来なかった。各ステージの測定結果から脱皮の時期を推定すると、体長5.00～6.00mm、

体幅 0.20~0.30mm の時期に 3 回目の脱皮を経て第 4 期幼生になったものと思われる。その後急速に成長して、雌は体長 9.50~10.50mm、体幅 0.40~0.60mm の時期に 4 回目の脱皮をして成虫となり、また雄は体長 5.00~10.00mm、体幅 0.25~0.55mm の時期に 4 回目の脱皮をして成虫になるものと思われた。

(4) 動物プランクトンの体内にいる線虫の形態

材料および方法 1993 年 6~8 月に、琵琶湖中よりプランクトンネットで採集した動物プランクトンの体内に寄生している線虫を実体顕微鏡で剖検して取り出し、虫体の形態や諸器官を観察した。また、体長、体幅の測定は万能投影機で行った。

結果 6~8 月に採集したヤマトヒゲナガケンミジンコ *Eodiaptomus japonicus* に寄生している線虫は、脱皮殻（シート）を付けてなく幼若な第 3 期幼生であった（図 16）。虫体の体長と体幅の関係を図 17 に示すが、体長は 0.70~2.30mm、体幅は 0.03~0.08mm であった。頭部には穿歯があり、食道や胃盲嚢が観察できた。

一方、8 月に採取した動物プランクトンのノロ *Leptodora kindtii* に寄生している線虫は、第 3 期幼



図 16 ヤマトヒゲナガケンミジンコに寄生している幼若な第 3 期幼生

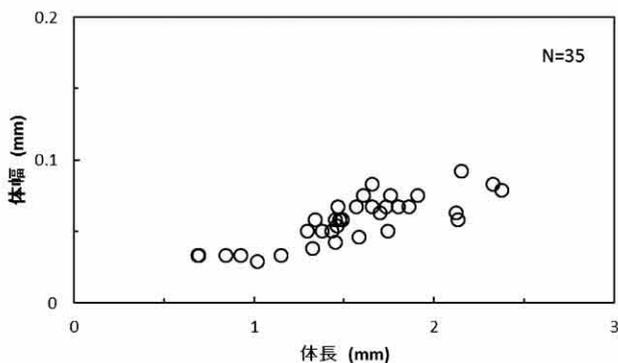


図 17 ヤマトヒゲナガケンミジンコに寄生している第 3 期幼生の虫体の体長と体幅との関係



図 18 ノロに寄生している第 3 期幼生

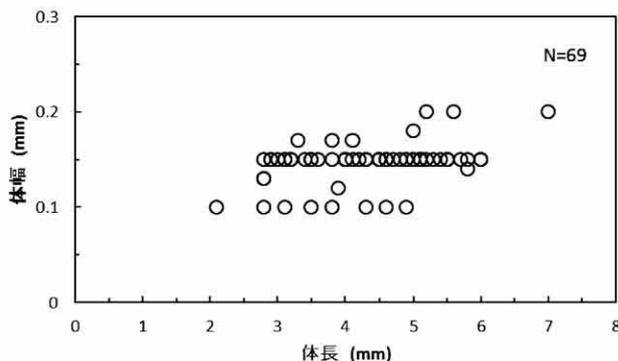


図 19 ノロに寄生している第 3 期幼生の虫体の体長と体幅との関係

生ではあったが（図 18）、ヤマトヒゲナガケンミジンコに寄生しているものより大型であり、体長と体幅の関係を図 19 に示すとおり、体長は 3.00~7.00mm、体幅は 0.10~0.20mm であった。頭部には穿歯があり、尾部は細長い円錐形であった。排泄口は神経環の後方に開口し、胃盲嚢は発達していた。

(5) 線虫のステージ別寄生状況

材料および方法 1993 年の 2 月および 5~8 月に、各月毎にアユ約 100 尾について、消化管内や腹腔内等より線虫を採集した。そして、得られた虫体 (A Type) の形態をステージ別に分類し、出現状況の推移を調べた。

結果および考察 月別の線虫の各ステージ別出現率を表 3 に示す。2 月から 8 月にかけて、アユの消化管内や腹腔内等に寄生していた線虫のステージは、第 3 期幼生、第 4 期幼生、および成虫であった。

2 月と 5 月のステージ別出現率は第 4 期幼生が第 3 期幼生や成虫より少し高い傾向が見られたが、6 月と 7 月では第 4 期幼生の割合が低下し第 3 期幼生の割合が高くなり、8 月ではすべて第 3 期幼生であった。

2 月から 6 月までの成虫の出現率は 22.2~37.5%

表3 2～8月の線虫の各ステージ別出現率の推移

月		第3期幼生	第4期幼生	成虫	合計
2	線虫数(隻)	16	19	10	45
	出現率(%)	35.6	42.2	22.2	100.0
5	線虫数(隻)	130	270	240	640
	出現率(%)	20.3	42.2	37.5	100.0
6	線虫数(隻)	508	38	189	735
	出現率(%)	69.1	5.2	25.7	100.0
7	線虫数(隻)	701	138	20	859
	出現率(%)	81.6	16.1	2.3	100.0
8	線虫数(隻)	44	0	0	44
	出現率(%)	100.0	0.0	0.0	100.0

であったが、7月および8月では2.3%および0%と急激に減少した。2月から5月にかけて寄生した第3期幼生は2度の脱皮を経て、急速に成長し、成虫になるものと思われたが、6月以降に寄生したものは第4期幼生や成虫になる確率はかなり低いように思われた。大部分のものは、そのままのステージでアユの捕食魚であるビワマスやハス等に捕食されていくものと思われた。

なお、2月から7月のアユには、第3期幼生、第4期幼生および成虫の寄生が見られ、本成虫の最終宿主とみなされるが、8月のアユを見ると、第3期幼生であり、他の魚への寄生のための逆搬宿主のようにも思われた。

(6) 線虫の寄生部位

材料および方法 1993年10月から翌年10月のアユについて、消化管内や腹腔内や臓器表面等を実体顕微鏡で剖検して、線虫の寄生部位を調べた。

結果 アユへの線虫の寄生は全調査期間、まだ体表に黒色素のない時期のアユ、即ちヒウオから産卵親魚まで見られ、食道や消化管内や腹腔内や臓器

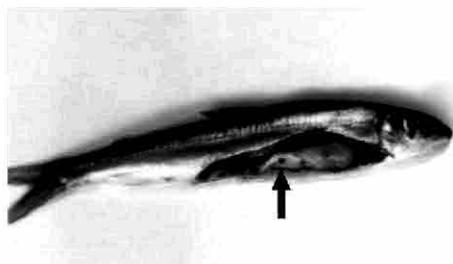


図20 アユの腹腔内の臓器表面に被囊した状態で寄生している線虫



図21 腸管内に寄生している線虫の組織切片像

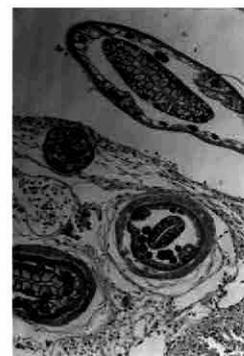


図22 腹腔内に寄生している線虫の組織切片像

表面から見出された。なお、筋肉中への寄生は見られなかった。

消化管内では、胃や腸内の残渣物と共に、あるいは幽門垂や幽門垂間膜にくるまった状態で寄生していた。また、腹腔内では、胃・腸管の周囲、肝臓の表面、脂肪組織、腹壁被膜にくるまった状態で寄生していた(図20～22)。

5月から8月に線虫の寄生が確認されたアユについて、寄生部位、内臓の各臓器別の寄生虫数および

表4 線虫の寄生部位別出現状況

		5月		6月		7月		8月	
調査魚数 (尾)		33		23		27		15	
総寄生虫数 (尾)		196		576		239		132	
平均寄生虫数(隻)		5.9		25.0		8.9		8.8	
		寄生虫数	寄生率(%)	寄生虫数	寄生率(%)	寄生虫数	寄生率(%)	寄生虫数	寄生率(%)
部位別	筋肉	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	腹腔	8	4.1	154	26.7	42	17.6	22	16.7
	内臓	188	95.9	422	73.3	197	82.4	110	83.3
内臓各臓器別	腸管の周囲	3	1.5	108	18.8	41	17.2	19	14.4
	腹壁	0	0.0	46	8.0	0	0.0	0	0.0
	胃の周囲	0	0.0	0	0.0	1	0.4	3	2.3
	肝臓の周囲	5	2.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	幽門垂	38	19.4	88	15.3	100	41.8	93	70.5
	胃内	75	38.3	12	2.1	0	0.0	0	0.0
	腸管内	75	38.3	322	55.9	97	40.6	17	12.9

※ 寄生率はすべて総寄生虫数に対して算出

寄生率を表4に示す。5月の虫体は胃や腸管内に多く寄生し、6月は腸管内に、7月は腸管内や幽門垂に、8月は幽門垂に多く寄生していた。

線虫の寄生部位から体内での移動経路を考えると、ヤマトヒゲナガケンミジンコ等の動物プランクトンの摂餌により経口的に体内に入った線虫は、胃から幽門垂や腸管に移動し、腸管を穿孔して腹腔内に出て、腹腔内を匍匐して、腸管や胃の外面、幽門垂間膜や腹膜、肝臓の表面や脂肪組織内に移動するものと思われた。幽門垂間膜や肝臓表面等に寄生している線虫は、被嚢化した状態で寄生しているものも観察された。なお、腹腔内に寄生していた線虫には、成虫の寄生は見出されなかった。

(7) 餌料プランクトンへの感染調査

材料および方法 1991年7月に、アユの消化管内より母虫を取り出し、地下水をはったシャーレに入れ、卵を産ませた後、水温15℃で培養して孵化仔虫を得た。一方、アユの餌料プランクトンであるヤマトヒゲナガケンミジンコを琵琶湖水よりプランクトン採集用ネットで集め、実体顕微鏡で無感染プランクトンであることを確認の上、感染試験に用いた。また、同様な方法によりダフニア *Daphnia* sp.、ゾウミジンコ *Bosmina longispina* でも試験を行った。

結果 母虫より卵を採集して、水温15℃で培養したところ、培養4日目には卵内で第1期幼生となり、7日目には第2期幼生となり孵化した(図23)ので、8日目にヤマトヒゲナガケンミジンコと接触させたところ、数時間後には図24に示すように感染が成立した。感染率(感染が成立したヤマトヒゲナガケンミジンコの個体数/供試したヤマトヒゲナガケンミジンコの個体数×100)は39個体/45個体×100=87%であった。1個体のヤマトヒゲナガケンミジンコの体腔内には1~5隻の仔虫が感染し、脱皮して幼若な第3期幼生となるのが観察できた。

なお、ダフニアやゾウミジンコでは線虫の感染は成立しなかった。

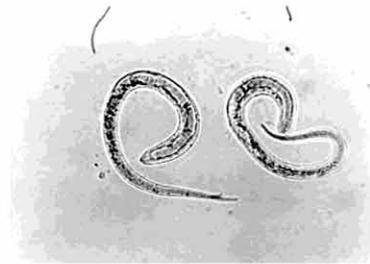


図23 感染仔虫(第2期幼生)

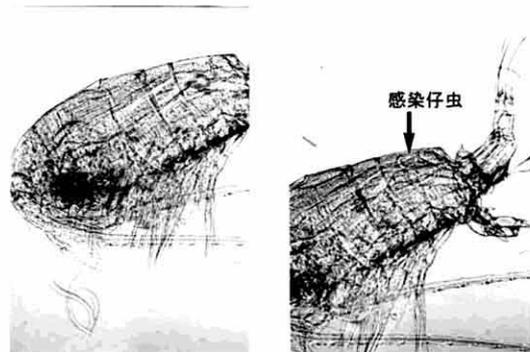


図24 ヤマトヒゲナガケンミジンコに寄生した第2期幼生

(8) アユ以外の琵琶湖産魚類への寄生状況

材料および方法 1983年に琵琶湖中のエリ等で採捕された、ビワマス、ハス、イサザ、ウナギ、ギギ、ウグイ、オイカワ、ヒガイ、およびタナゴ類の成魚(採取された月と魚体の大きさは不明)について線虫の寄生状況を調査した。標本は10%ホルマリン溶液で固定されたものとし、開腹して実体顕微鏡や万能投影機で剖検して線虫の寄生状況を調査した。

結果および考察 各魚種の調査尾数および線虫の寄生状況を表5に示す。ビワマスへの寄生率(寄生魚数/調査尾数×100)は39%、平均寄生虫数(調査で確認された全寄生虫数/調査尾数)は78.0隻/尾、ハスでは81%、56.3隻/尾、イサザでは49%、2.4隻/尾、ウナギでは37%、8.4隻/尾、ギギでは32%、1.3隻/尾、ウグイでは52%、1.1隻/尾、オイカワでは15%、0.3隻/尾、ヒガイでは25%、0.5隻/尾、タナゴ類では19%、0.8隻/尾であった。アユを捕食するビワマス、ハス、ウナギは1尾当た

表5 琵琶湖産魚類の線虫の寄生状況

魚種	ビワマス	ハス	イサザ	ウナギ	ギギ	ウグイ	オイカワ	ヒガイ	タナゴ類
検査尾数 (尾)	61	88	156	19	38	25	55	4	42
寄生率 (%)	39.3	80.7	49.4	36.8	31.6	52.0	14.5	25.0	19.0
平均寄生虫数 (隻/尾)	78.0	56.3	2.4	8.4	1.3	1.1	0.3	0.5	0.8

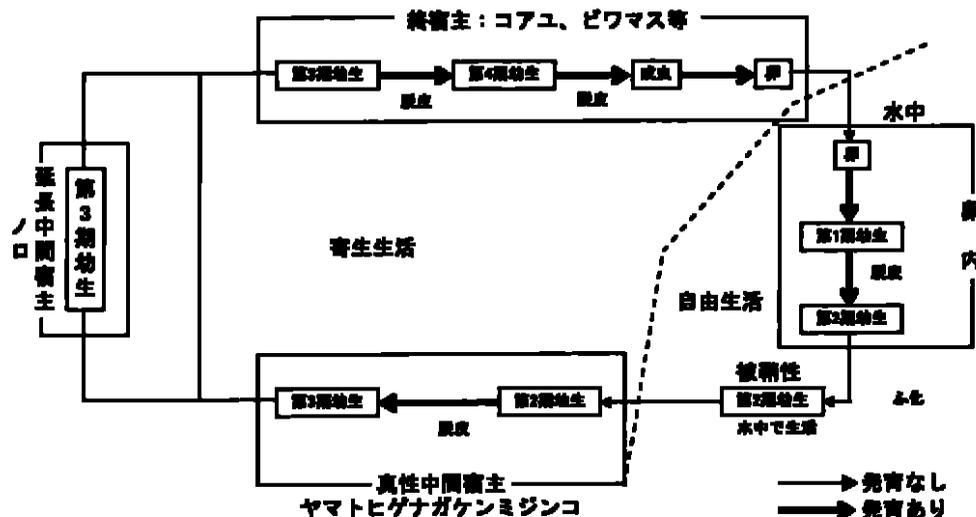


図 25 *R. biwakoensis* の生活史模式図

りの平均寄生虫数が非常に多く、一方、肉食性のウグイ、オイカリ、ヒガイ、タナゴ類では1尾あたりの平均寄生虫数が非常に少ない傾向にあった。

(9) 線虫の生活史の検討

上記(3)~(7)を基に検討を行った結果、本線虫の生活史は次のように考えられた。図 25 に示すように、6月から7月頃にアユ等の消化管内で親虫が産卵し、産出された卵は水中に排出された後、卵内で第1期幼生になり、更に第2期幼生になって孵化して、水中で自由生活をする。この間にアユの餌料である動物プランクトンのヤマトヒゲナガケンミジン

コに摂食されて第3期幼生になり、これをアユが摂食して寄生の増加が起こる。アユやアユを摂食するビワマス等の消化管内で第3期幼生から更に第4期幼生、成虫に成長し、親虫となって消化管内で卵を産み、一生を終えるものと考えられた。

2. アユへの寄生実態調査

(1) 1982年~1984年の寄生状況

材料および方法 1982年12月から1984年6月に琵琶湖の湖中ではエリ、沖すくい網、追いさで網漁法等で、また河口ではヤナ、投網等で採捕されたアユについて、また各年の11月から12月には湖中

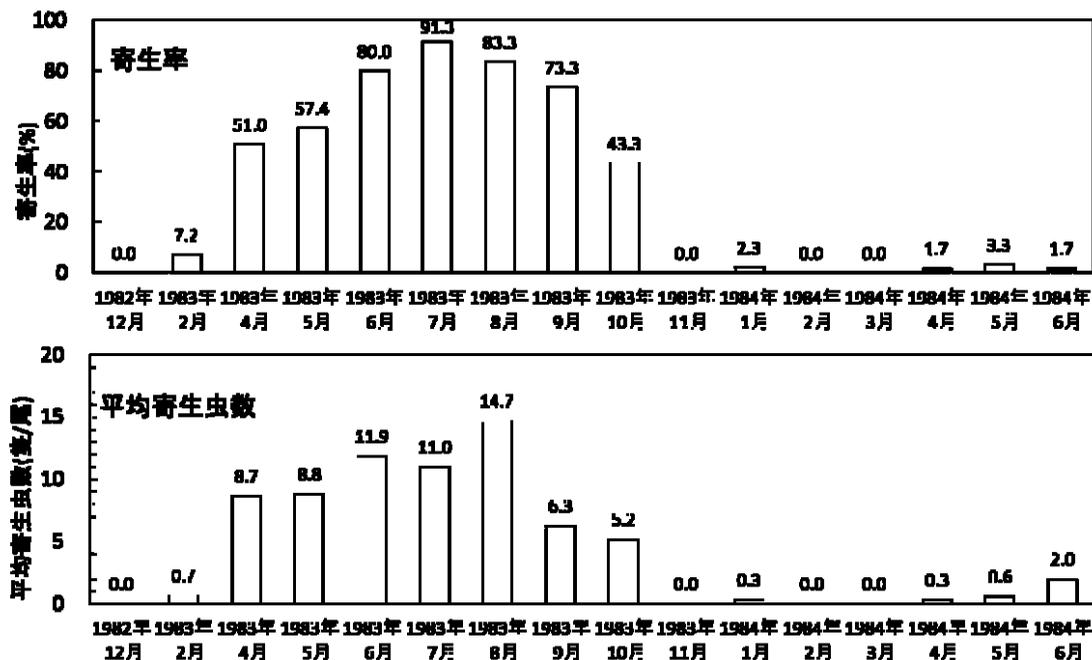


図 26 1982~1984年における線虫の寄生状況

で角型幼生網で採捕された、まだ体表に黒色素のない時期のアユ、即ちヒウオについて、鮮魚または10%ホルマリン溶液で固定されたもの概ね20尾を開腹して、消化管内や腹腔内等に寄生している線虫を実体顕微鏡で剖検して、線虫を取り出して、寄生状況を調査した。各月の寄生率および平均寄生虫数は、各月1~4回実施した結果の平均値とした。

結果 アユへの線虫の寄生状況を図26に示したが、1983年4月から6月にかけて寄生率、平均寄生虫数ともに急激に増加し、4月の平均寄生率は51%、平均寄生虫数は8.7隻/尾であったものが、6月には平均寄生率が80%、平均寄生虫数は11.9隻/尾となった。そして、7および8月には寄生率、寄生虫数ともに高く、7月には平均寄生率の最高である91.3%、8月には平均寄生虫数の最高である14.7隻/尾となった。その後、10月には低くなり、平均寄生率は43.3%、平均寄生虫数は5.2隻/尾となった。1984年にはほとんど寄生が見られなかった。ヒウオでの平均寄生率、平均寄生虫数は、1982年は3.0%、1.7隻/尾、1983年は寄生は見られなかった。

(2) 1985年~1987年の寄生状況

材料および方法 6月から7月の時期にエリで採捕されたアユについて、また10月から12月には湖中で角型幼生網で採捕されたヒウオについて、10%ホルマリン溶液で固定されたもの概ね20尾を開腹

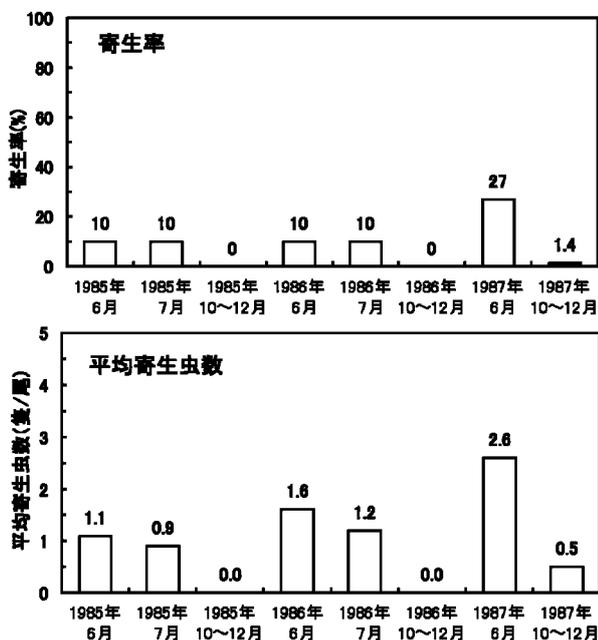


図27 1985~1987年における線虫の寄生状況

して、消化管内や腹腔内等に寄生している線虫を実体顕微鏡で剖検して、線虫を取り出し、寄生虫数や寄生率等を調査した。各月の寄生率および平均寄生虫数は、各月数回実施した結果の平均値とした。

結果 アユへの線虫の寄生状況を図27に示すが、1985年6月および7月の平均寄生率はそれぞれ10%、平均寄生虫数はそれぞれ1.1および0.9隻/尾、1986年6月および7月の平均寄生率はそれぞれ10%、平均寄生虫数は1.6および1.2隻/尾であった。1987年6月の平均寄生率は27%、平均寄生虫数は2.6隻/尾であった。

10~12月におけるヒウオでの平均寄生率、平均寄生虫数は、1985年と1986年では寄生は見られなかった。1987年は平均寄生率は1.4%、平均寄生虫数は0.5隻/尾であった。

(3) 1988年~1995年の寄生状況

材料および方法 主に4月から7月の時期にエリ、沖すくい網、ヤナ等で採捕されたアユについて、また10月から12月には湖中で角型幼生網で採捕されたヒウオについて、生鮮または10%ホルマリン溶液で固定されたもの概ね20尾を開腹し、消化管内や腹腔内等に寄生している線虫を実体顕微鏡で剖検して線虫を取り出し、寄生虫数や寄生率等を調査した。各月の寄生率および平均寄生虫数は、各月数回実施した結果の平均値とした。

結果および考察 1988年4~11月の寄生状況を

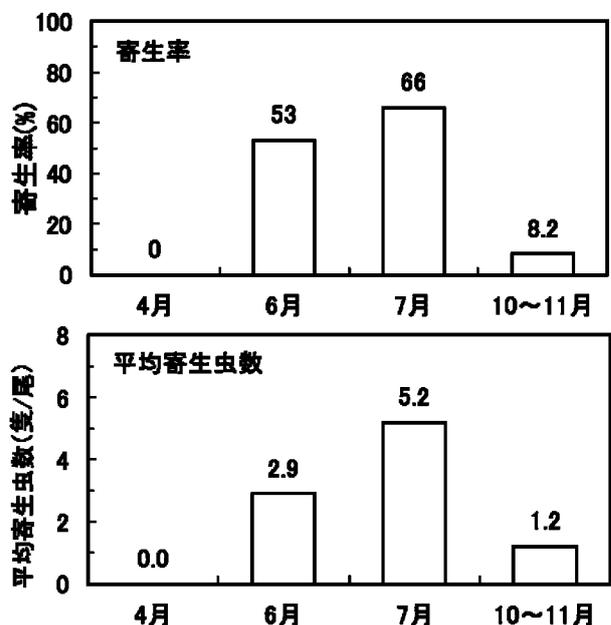


図28 1988年における線虫の寄生状況

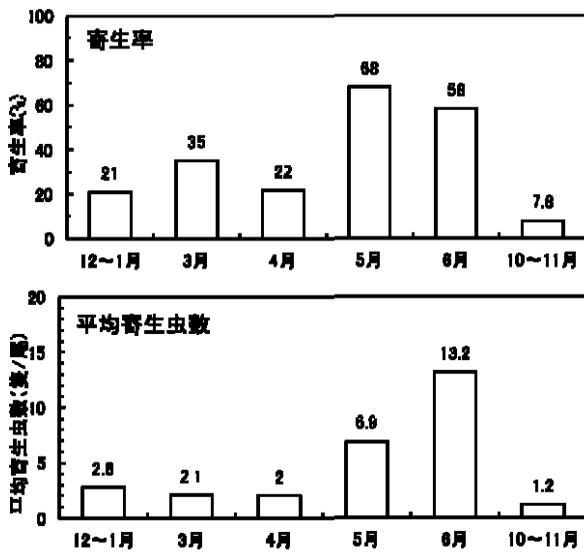


図 29 1988 年 12 月～1989 年における線虫の寄生状況

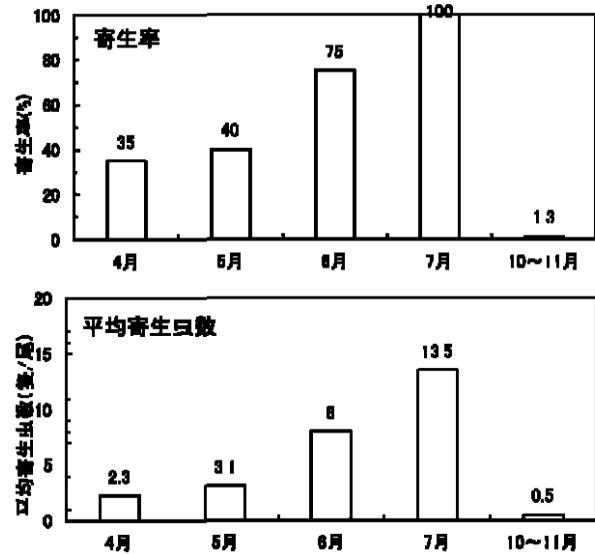


図 30 1990 年における線虫の寄生状況

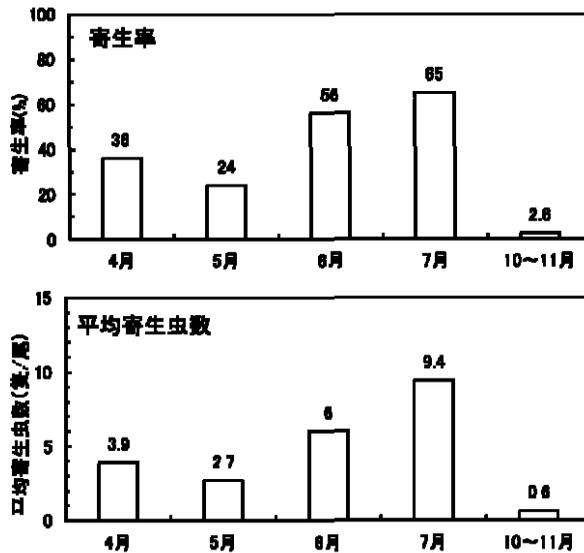


図 31 1991 年における線虫の寄生状況

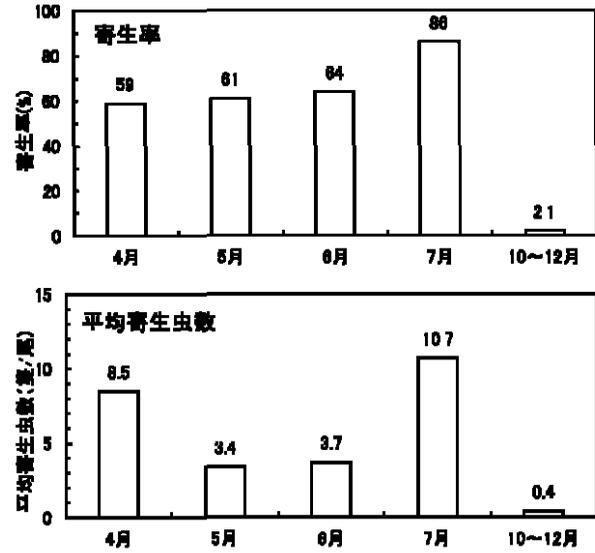


図 32 1992 年における線虫の寄生状況

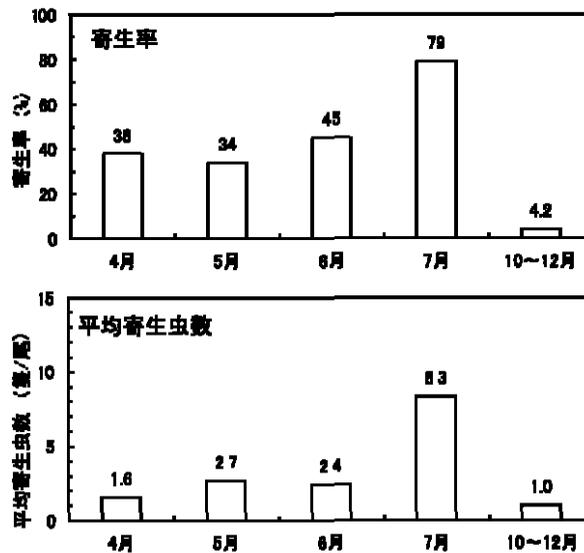


図 33 1993 年における線虫の寄生状況

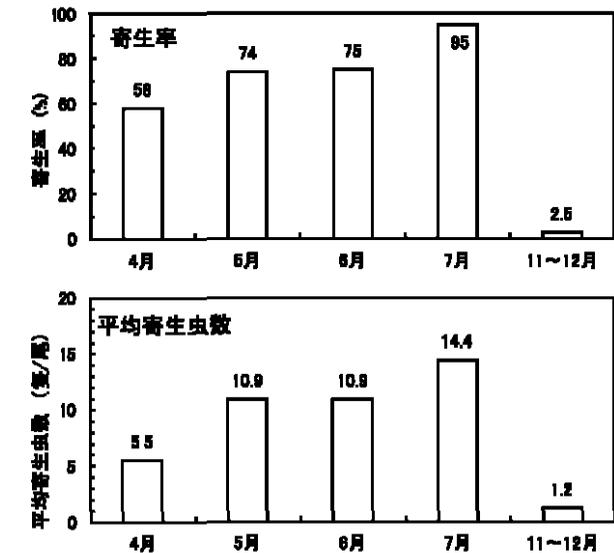


図 34 1994 年における線虫の寄生状況

図 28 に示す。4 月は寄生が見られなかったが、6 月には平均寄生率が 53%、平均寄生虫数が 2.9 隻/尾、7 月には平均寄生率が 66%、平均寄生虫数が 5.2 隻/尾に増加した。一方、10 月から 11 月のヒウオへの寄生状況は、平均寄生率が 8.2%、平均寄生虫数が 1.2 隻/尾であった。

1988 年 12 月から 1989 年 11 月の状況を図 29 に示す。12 月から 4 月の平均寄生率は 21~35%、平均寄生虫数は 2.0~2.8 隻/尾で横ばい傾向であったが、5 月から急増し、5 および 6 月の平均寄生率はそれぞれ 68 および 58%、平均寄生虫数はそれぞれ 6.9 および 13.2 隻/尾であった。一方、10 月から 11 月のヒウオへの寄生状況は、平均寄生率が 7.8%、平均寄生虫数が 1.2 隻/尾であった。

1990 年 4 月から 11 月の状況を図 30 に示す。4 月および 5 月の平均寄生率はそれぞれ 35 および 40%、平均寄生虫数はそれぞれ 2.3 および 3.1 隻/尾であったが、6 月には急増し、平均寄生率は 75%、平均寄生虫数は 8.0 隻/尾となった。さらに 7 月には平均寄生率 100%、平均寄生虫数は 13.5 隻/尾となった。一方、10 月から 11 月のヒウオの寄生状況は、平均寄生率が 1.3%、平均寄生虫数は 0.5 隻/尾であった。

1991 年 4 月から 11 月の状況を図 31 に示す。4 月は平均寄生率は 36%、平均寄生虫数は 3.9 隻/尾、5 月は 24%、2.7 隻/尾であったものが、6 月には 56%、6.0 隻/尾、7 月には 65%、9.4 隻/尾に増加し、1989 年や 1990 年と同様の傾向を示した。一方 10 月から 11 月のヒウオへの寄生状況は、平均寄生率が 2.6%、平均寄生虫数は 0.6 隻/尾であった。

1992 年 4 月から 12 月の状況を図 32 に示す。4 月は平均寄生率が 59%、平均寄生虫数は 8.5 隻/尾、5 月は 61%、3.4 隻/尾、6 月は 64%、3.7 隻/尾であったものが、7 月には 86%、10.7 隻/尾に増加した。一方、10 月から 12 月のヒウオへの寄生状況は、平均寄生率 2.1%、平均寄生虫数 0.4 隻/尾であった。

1993 年 4 月から 12 月の状況を図 33 に示す。4 月は平均寄生率は 38%、平均寄生虫数は 1.6 隻/尾、5 月は 34%、2.7 隻/尾、6 月は 45%、2.4 隻/尾であったが、7 月には 79%、8.3 隻/尾に増加した。一方、10 月から 12 月のヒウオへの寄生状況は平均寄生率は 4.2%、平均寄生虫数は 1.0 隻/尾であっ

た。

1994 年 4 月から 12 月の状況を図 34 に示す。4 月は平均寄生率は 58%、平均寄生虫数は 5.5 隻/尾、5 月は 74%、10.9 隻/尾、6 月は 75%、10.9 隻/尾であったが、7 月には平均寄生率が 95%、平均寄生虫数が 14.4 隻/尾に増加した。一方、11 月から 12 月のヒウオへの寄生状況は、平均寄生率は 2.5%、平均寄生虫数は 1.2 隻/尾であった。

1995 年 4 月から 11 月の状況を図 35 に示す。4 月は平均寄生率は 59%、平均寄生虫数は 3.1 隻/尾、5 月は 40%、3.2 隻/尾、6 月 63%、6.5 隻/尾であったが、7 月には 88%、13.6 隻/尾に増加した。一方、10 月から 11 月のヒウオについては、寄生が見られなかった。

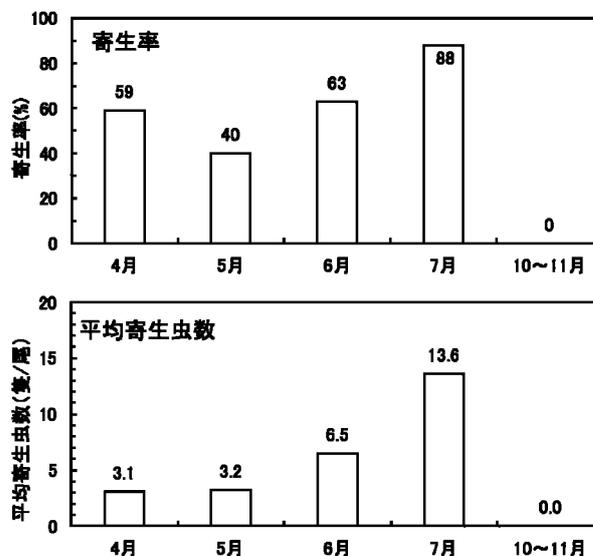


図 35 1995 年における線虫の寄生状況

(4) 夏期(6 月~7 月)のアユへの線虫寄生状況の経年変化

材料および方法 1983 年から 1995 年までの 13 年間の夏期(6~7 月)におけるアユへの線虫寄生率の資料を基にして、経年変化を調査した。

結果 夏期におけるアユへの線虫寄生率の経年変化を図 36 に示す。1983 年にはアユへの平均寄生率が 86%と非常に高かった。1984 年から 1986 年には 2~10%と低かったが 1987 年 6 月には 27%と増加し、1988 年から 1990 年にかけて急増した。そして、1990 年以降は 60.5~87.5%で推移した。

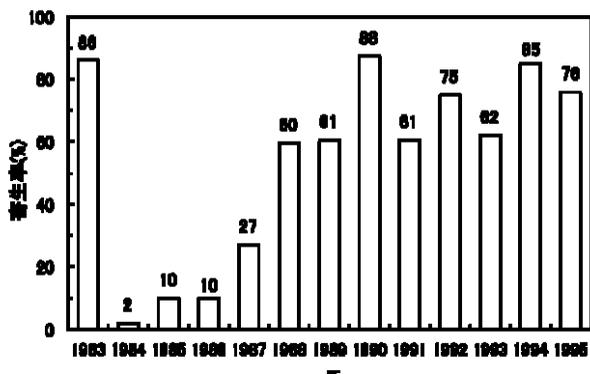


図 36 夏の線虫寄生率の経年変化

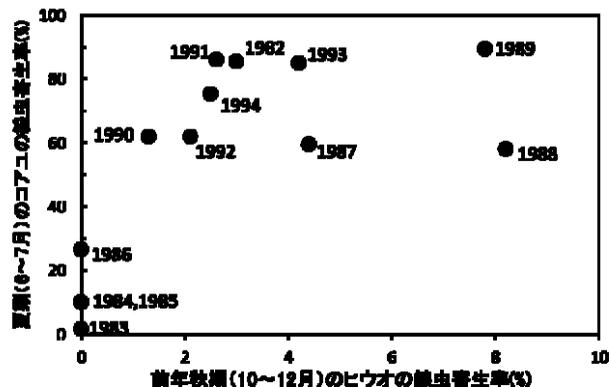


図 37 ヒウオ期の線虫寄生率と夏のアユの線虫寄生率との関係

(5) ヒウオへの線虫寄生と夏のアユへの線虫寄生との関連

材料および方法 1982年から1995年までの14年間の秋期(10~12月)のヒウオへの線虫寄生率と翌年の夏期(6~7月)のアユへの線虫寄生率との関連を資料を基に検討した。

結果 ヒウオ期の線虫寄生率と夏のアユへの寄生率との関係を図37に示す。秋期のヒウオへの寄生率が0%のときは、翌年の夏期のアユへの寄生率も低く、1.7~27.0%で平均12.2%であった。一方、秋期にヒウオへの寄生が認められたときは、翌年の夏期のアユへの寄生率は58.0~87.5%、平均

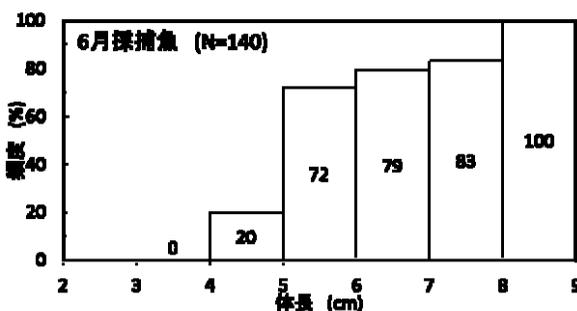
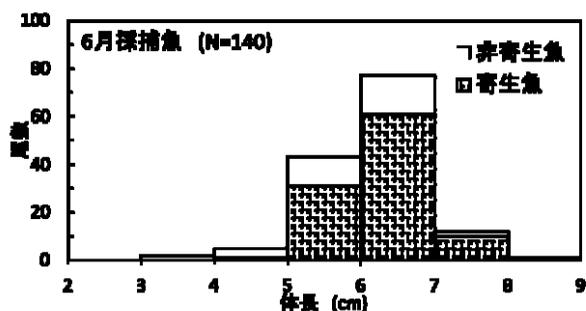
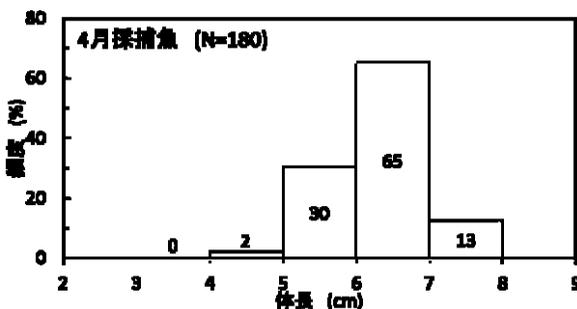
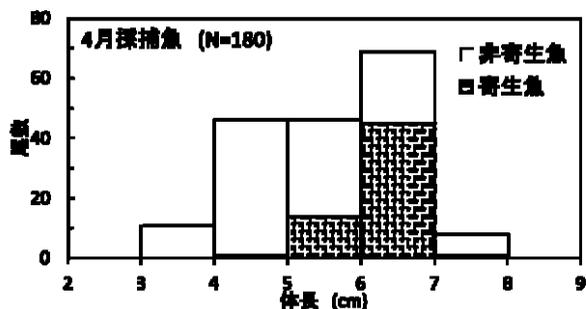
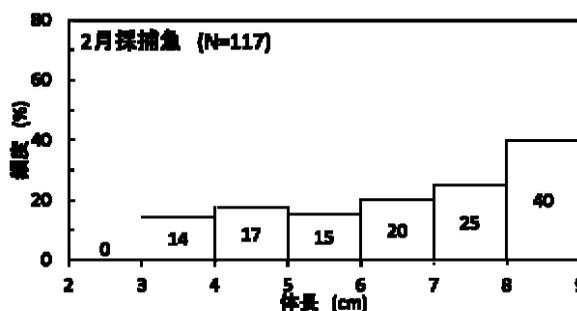
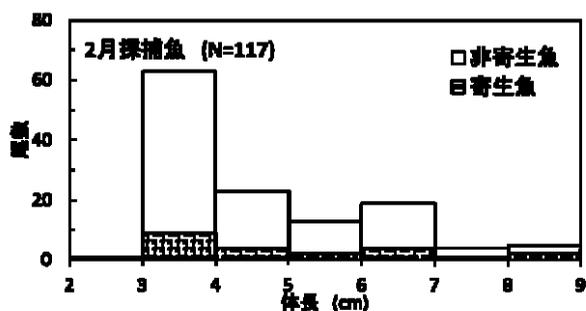


図 38 アユの体型別寄生魚出現状況

図 39 アユの体型別寄生魚出現率

72.1%と高くなる傾向が認められた。

(6) アユの体型と線虫の寄生率との関係

材料および方法 1983年2月、4月、および6月に琵琶湖湖中のエリで採捕されたアユについて、10%ホルマリン溶液で固定した後、体長を測定し、実体顕微鏡で剖検して線虫を取り出して計数し、体長と寄生率との関係を調査した。

結果および考察 アユの体型別寄生魚出現状況を図38に、体型別寄生魚出現率を図39に示した。

2月採捕魚の体長組成は体長3cmから4cmのものが最も多かったが、線虫寄生魚の割合は低く14%、寄生魚の平均寄生虫数は3.4隻/尾であった。各体長組成における線虫寄生魚の割合は14~40%で、体長が大きくなるほど、寄生魚の割合は増加傾向が認められた。

4月採捕魚の体長組成は体長6cmから7cmのものが最も多く、線虫寄生魚の割合は65%、平均寄生虫数も増加し、9.5隻/尾であった。各体長組成における寄生魚の割合は0~65%で、体長7cmから8cmの群を除き、体長が大きくなるほど、寄生魚の割合も急激に増加した。

6月採捕魚の体長組成は、4月と同様に体長6cmから7cmのものが多く、寄生魚の割合は79%、平均寄生虫数も15.6隻/尾に増加した。体長が大きくなるほど寄生魚の割合も高くなった。

3. アユに寄生する線虫の駆除方法の検討

(1) 地下水で飼育した場合

材料および方法 1993年の6月に琵琶湖流入河川河口のヤナで漁獲されたアユ種苗を飼育池に收容し、地下水(水温18~19℃)で給餌飼育した。そして、毎月1~2回の割合で40尾ずつ無作為にサンプリングし、実体顕微鏡で剖検して線虫の寄生虫数や寄生率の推移を調べた。

結果および考察 飼育魚の線虫の寄生状況を図40に示す。試験を開始した6月18日では線虫の寄生率は97.5%、平均寄生虫数は55.3隻/尾であったが、10日後の6月28日では線虫の寄生率は67.5%、平均寄生虫数は5.4隻/尾と減少した。そして、約2ヶ月後の8月18日では寄生率は47.5%、平均寄生虫数は4.6隻/尾に減少した。さらに3ヶ月後、試験開始から5ヶ月後の11月14日では寄生

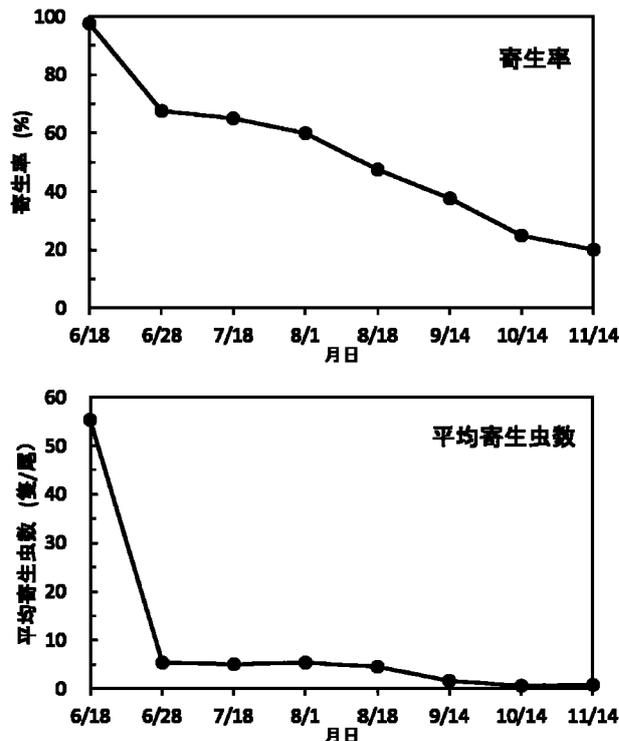


図40 地下水での飼育魚の線虫寄生状況の推移

率20.0%、平均寄生虫数は0.8隻/尾となった。池中に脱落した線虫は他の魚に授餌されない限り、自由生活できるステージではないので、早晚死ぬ運命にあると思われた。このように地下水で飼育することにより、線虫は自然脱落し、寄生虫数は減少することがわかった。

(2) 駆除剤を用いた場合

材料および方法 1993年の6月に、滋賀県水産試験場の排水路で琵琶湖より遡上してきたアユをヤナで採捕して、9面の池に2kgずつ收容し、水温19~20℃の地下水で1週間予備飼育した後、第1回目は4面の飼育池を使い、4種類の薬剤、ファジン、デパラシン、パンミンス、およびベルミプレックスについて、魚体重1kgあたり表6に示す投薬量をフィードオイルで配合飼料に添加して経口投与した後、8日目に各区より20尾ずつ取上げた。また、第2回目は同様に4面の飼育池を使い、4種類の薬剤、カマラ、トリクロルフォン、ヘブサイドおよびピメラメートについて、魚体重1kgあたり表6に示す投薬量をフィードオイルで配合飼料に添加して経口投与した後、7日目に各区より20尾ずつ取上げた。同時に対照区の飼育池から20尾取り上げ、実体顕

表6 薬剤による駆除試験区

試験区	投薬区				対照区
	1	2	3	4	
薬剤名	ファジン	デバラシン	パンミンス	ペルミプレックス	
成分名	スチポヘン	パーペンダゾール	酒石酸モランテル	メチレンビス、 メチルベンゼン	
投薬量	2ml/kg	0.1g/kg	0.15g/kg	0.55g/kg	
投薬期間 (日)	4	2	4	2	

試験区	投薬区				対照区
	5	6	7	8	
薬剤名	カマラ	トリクロルフォン	ペプザイド	ピペラメート	-
成分名	カマラ	トリクロルフォン	ナイチアザイド	ピペラジン、シクロ ヘキシルファメート	-
投薬量	1.5g/kg	1.0g/kg	1.0g/kg	2.0g/kg	-
投薬期間 (日)	2	4	4	4	-

表7 薬剤による駆除試験結果

試験区	投薬区				対照区
	1	2	3	4	
薬剤名	ファジン	デバラシン	パンミンス	ペルミプレックス	
検査尾数 (尾)	20	20	20	20	
総寄生虫数 (隻)	102	138	223	47	
平均寄生虫数 (隻/尾)	5.1	6.9	11.2	2.4	

試験区	投薬区				対照区
	5	6	7	8	
薬剤名	カマラ	トリクロルフォン	ペプザイド	ピペラメート	-
検査尾数 (尾)	20	20	20	20	20
総寄生虫数 (隻)	104	151	34	142	214
平均寄生虫数 (隻/尾)	5.2	7.6	1.7	7.1	10.7

顕鏡で剖検しながら、寄生虫数や寄生率を調べ、駆除効果を検討した。

結果 各投薬区と対照区の平均寄生虫数を表7に示す。8種類の薬剤のなかでペルミプレックスおよびペプザイドの投薬区で寄生虫数が少ない傾向があり、統計的には(ウイロキソン法)ペプザイドで有効性が認められた。

4. アユに寄生している線虫の冷蔵・冷凍による殺滅

材料および方法 1989年7月に彦根市磯田地先の琵琶湖のユリで漁獲されたアユを、シャーレ1枚毎に1尾ずつ入れて冷蔵庫内(2～3℃)および冷凍庫内(-18℃)に一定時間保存した。そして、魚体から線虫を取り出して死滅状況を観察した。なお、肉眼で観察、あるいは水を張ったシャーレ内で観察して、

動かないものを死滅と判定した。

結果 冷蔵庫内での生存状況を表8に、冷凍庫内での生存状況を表9に示す。冷蔵庫内での線虫の死滅状況は、6時間後でも多くの線虫が生存していて、死滅する様子は見られなかった。一方、冷凍庫内での線虫の死滅状況は、1時間後では生存しているものが見られたものの、3時間後では生存しているものはなく、全て死滅していた。これらのことから、アユに寄生している線虫を死滅させるには、冷凍庫内(-18℃)で冷凍状態を少なくとも3時間以上保持する必要があることがわかった。

表8 冷蔵庫内での線虫の生存状況

経過時間	検体No.					
	1	2	3	4	5	6
1	0	65/71*	5/14	6/14	1/1	1/13
3	2/2	0	6/10	18/18	1/1	1/2
6	0	0	1/1	0	17/18	0

※生存虫数／寄生虫数

表9 冷凍庫内での線虫の生存状況

経過時間	検体No.					
	1	2	3	4	5	6
0.5	13/13*	2/2	1/1	1/1	6/18	1/1
1	5/13	10/19	8/21	4/9	0	5/9
3	0/1	0/8	0/2	0/4	0/5	0/12
6	0/13	0/4	0/7	0/1	0/1	0/30

※生存虫数／寄生虫数

文 献

- 1) 藤田経信(1928)：琵琶湖産魚類に寄生する蠕形類（補遺），動物学雑誌，40，303-314.
- 2) Satyu YAMAGUTI(1961)：NEMATODES OF FISHIES, SYSTEMA HELMINTHUM, Vol III, 35-36.
- 3) JOHN, D. SMITH(1984)：Taxonomy *Raphidascaris* spp. (Nematoda, Anisakis) of fishes, with a red escription of *R. aus*(Bloch, 1772), Can. J. zool, 62, 685-694.
- 4) 小山力他(1969)：海産魚類およびスルメイカより見出される Anisakidae 幼線虫の形態学のおよび分類学的検討, 寄生虫学雑誌, 18, 466-487
- 5) 小山力他(1974)：魚類とアニサキス, 恒星社厚生閣, 東京, 9-43.
- 6) 影井昇(1974)：Anisakis 属線虫の生活史, 最新医学, 24, 389-400.
- 7) Naokata KATAOKA・Kenji MOMMA(1934)：Helminthes from Salmonoid Fish, *Plecoglossus altivelis* T&S., 日本水産学会誌, Vol III, No. 2, 59-64
- 8) 片岡直方・門馬健次(1933)：アユの蠕蟲所見, 養魚と農園, 兵庫出版社, 257-275