

静岡県における肺吸虫の調査

(4) 川根町のサワガニにおける宮崎肺吸虫感染の 年次変動と宿主内分布様式

記 野 秀 人¹⁾ 寺 田 護¹⁾ 石 井 明¹⁾
望 月 久²⁾ 佐 野 基 人¹⁾

(昭和60年4月11日 受領)

Key words: *Paragonimus miyazakii*, *Geothelphusa dehaani*, annual change, frequency distribution

序 論

宮崎肺吸虫, *Paragonimus miyazakii* Kamo et al., 1961は西日本各地に広く分布するが, 静岡県の大井川流域に産するサワガニ, *Geothelphusa dehaani* に寄生するメタセルカリアは, 初の人体症例の原因となったことで知られている(林ら, 1974; 横川ら, 1974). その後の調査により川根町のサワガニに高率の寄生が認められ, なかでも, 渡島地区は一時80%に及ぶ感染率が報告された(望月ら, 1975; 伊藤・望月, 1975; 林ら, 1977). 1976年以来, 著者らは同地区で継続的に野外調査を行ない(佐野ら, 1977; Sano et al., 1978), それまでこの地方では不明であった第1中間宿主貝が西日本で報告されているアキヨシホラアナミジンナ(*Bythinella nipponica akiyoshiensis*)とは異なる *Saganoa* 属の一新種であることを報告した(佐野ら, 1979).

そこで, 今回は本地区におけるサワガニでのメタセルカリア感染率のその後の推移を明らかにするため, 1976年から1984年に至る9年間の年次変動について検討を加えてみた. まずサワガニでのメタセルカリア感染率ならびに平均感染数について検討し, ついで, 個体群動態の機構を明らかにしてゆく上で重要な要因と思われる, サワガニの個体あたりの宮崎肺吸虫メタセルカリア感染数の頻度分布のパターンについても検討した.

調査地および方法

調査・採集は, 1976年5月14日を第1回として1984年10月30日まで計19回行った. 調査地は, 静岡県榛原郡

川根町渡島地区を流れる大井川支流で, いくつかの砂防ダムで区切られた溪流部から, 民家の間を通って平地部に達する川幅約2mの小流である. 本研究に用いたサワガニは, 最下部の砂防ダムから民家の傍らに至る約150mの間で数人で底石を起こしながら, 手で採集した. この部分は, 下流約100mはコンクリートの川底となっているが, 上流部は自然の状態, あたりは杉の植林と茶畑等になっている. 採集個体数が少ないときは, さらに上流から採集した場合もあった. 上流から上水道に採水していることもあって, 水量は比較的少なく, また, 気象条件によって差が大きかった. 水温は冬期で10°C前後, 夏期で18°C前後であった.

採集したサワガニは研究室へ持ち帰り, 性別を記録し, 甲幅を1mm単位で測定後, 甲殻をはずして内部諸器官を取り出し, 2枚のガラス板で圧平して, 実体顕微鏡下でメタセルカリアを検索した. 取り出したメタセルカリアは, 1.2% NaCl 水溶液中に保存し, 適宜, 犬またはラットに感染させ, 成虫の回収を行なった.

結 果

1976年から1984年まで, 計19回の採集の結果を Table 1 に示す. 総計1,844個体のサワガニが採集され, その平均感染率は52.6%であり, 個体あたりの平均感染数は約1.4メタセルカリアであった. 甲幅の平均値は20.1mmであったが, 個々のサンプルについてみると平均値間で最大5.3mmもの差があった. サワガニは, 孵化後, 年に数回の脱皮を繰り返す, 報告者により若干の差はあるものの, 4年で約18mmに達するとされている(嶺井, 1976; 金森, 1977; Yamaguchi and Takamatsu, 1980;

¹⁾ 浜松医科大学寄生虫学教室 ²⁾ 静岡県予防医学協会

Table 1 Prevalence and mean density of *P. miyazakii* metacercariae in the freshwater crab, *G. dehaani* at Dojima. Mean sizes of the crabs are also shown with standard deviation

No.	Date	No. of crabs collected	No. of crabs infected	Infection rate (%)	Mean density (mc/crab)	Mean size of crabs (mm)	S D
1	76.05.14	14	8	57.1	2.36	19.8	2.97
2	76.09.03	63	37	58.7	1.84	21.2	2.13
3	76.10.30	54	27	50.0	1.98	22.6	3.20
4	77.05.16	81	65	80.3	3.60	21.3	2.90
5	78.07.28	113	52	46.0	1.59	19.2	3.04
6	78.09.14	117	41	35.0	0.93	20.7	2.67
7	78.11.01	27	14	51.9	1.67	23.5	1.74
8	78.11.29	34	23	67.7	2.06	22.4	1.89
9	79.04.12	94	36	38.3	0.73	21.1	2.50
10	79.07.23	76	33	43.4	1.33	22.0	2.54
11	79.11.22	15	10	66.7	2.53	22.6	2.69
12	80.04.22	54	19	35.2	0.91	20.7	3.85
13	80.08.27	55	28	50.9	1.36	21.3	2.46
14	82.06.15	128	83	64.8	1.86	20.6	2.84
15	83.06.01	171	111	64.9	1.50	18.8	3.69
16	84.04.20	174	90	51.7	1.26	20.5	2.79
17	84.06.12	247	141	57.1	1.26	19.4	3.67
18	84.08.22	196	93	47.5	0.93	18.2	4.54
19	84.10.30	131	58	44.3	1.01	18.3	5.47
Total		1,844	969	52.6*	1.42*	20.1*	3.70*

* Values calculated from a total of 1844 individual crabs

行天, 1983). そこで本研究では, 採集時毎の小個体の割合の違いによる偏りを除くため, 18mm 以上の計1,476個体について解析を行なった (Table 2).

感染率は1977年に一時高い値を示し, χ^2 検定の結果では年毎の変動も認められた ($p < 0.05$) が, 全体としては50%前後で比較的安定していた (Table 2).

サワガニあたりの平均メタセルカリア数は, 短期間内での変動はあるものの, 時間の経過とともに減少してきているように思われた (Table 3). すなわち, 1978年までは平均メタセルカリア数が2を超える場合が多かったのに対し, その後は, ほぼ1.5前後の値を維持していた. 平均感染数について統計学的検定を行なうにあたり, サワガニあたりのメタセルカリア数の頻度分布を調べてみると, 後述のように集中分布の一つである負の二項分布への適合性が示唆された. 負の二項分布においては, 分散が平均値の関数であり, 統計学的検定にはデータの変換が必要である. そこで, 個々のサワガニあたりのメタセルカリア数 (x) を $X = \log(x+1)$ に変換し (Willi-

ams, 1937), その平均値をプロットした (Fig. 1). t 検定によりサンプル間の差を検定してみると, 感染率と同様に年次による変動はあったが, 1977年5月を除いてみると, 年数の経過による減少傾向は特には認められなかった.

次にサワガニあたりのメタセルカリア数の頻度分布について調べてみた. まず集中度の指標として分散と平均値の比をとってみると, いずれの場合も分散が平均値を上回り, この分布が集中分布であることが明らかである (Table 3). 一般に, 宿主あたりの寄生虫数の頻度分布は負の二項分布に適合することが知られており (Crofton, 1971; Pennyquick, 1971), 肺吸虫についてもケリコット肺吸虫 (Stromberg *et al.*, 1978) や宮崎肺吸虫 (行天, 1983) でこの分布への適合性が報告されている. 今回の結果についても適合性は認められたが, 適合度は必ずしも良くなかった ($0.05 < p < 0.10$). そこで平均こみあい度を使った解析法 (Iwao, 1968) で更に検討した. 全体ではバラツキが多く, 結果が不明瞭なため, 性

Table 2 Comparison of *P. miyazakii* metacercariae infections between two groups of the fresh water crab, *G. dehaani* as divided by size of carapace

No.	Date	No. of crabs examined		No. of crabs infected		Prevalence (%)	
		≥18mm*	<18mm*	≥18mm*	<18mm*	≥18mm*	<18mm*
1	76.05.14	11	3	7	1	63.6	33.3
2	76.09.03	61	2	37	0	60.7	0
3	76.10.30	50	4	26	1	52.0	25.0
4	77.05.16	74	7	64	1	86.5	14.3
5	78.07.28	77	36	44	8	57.1	22.2
6	78.09.14	100	17	39	2	39.0	11.8
7	78.11.01	27	0	14	0	51.9	—
8	78.11.29	33	1	22	1	66.7	100.0
9	79.04.12	85	9	33	3	38.8	33.3
10	79.07.23	73	3	33	0	45.2	0
11	79.11.22	14	1	9	1	64.3	100.0
12	80.04.22	44	10	16	3	36.4	30.0
13	80.08.27	53	2	28	0	52.8	0
14	82.06.15	116	12	74	9	63.8	75.0
15	83.06.01	119	52	83	28	69.8	53.8
16	84.04.20	144	30	72	18	50.0	30.0
17	84.06.12	190	57	117	24	61.6	42.1
18	84.08.22	127	69	72	21	56.7	30.4
19	84.10.30	78	53	42	16	53.9	30.2
Total		1,476	368	832	137	56.4†	37.2†

* Carapace width † Values calculated from total individual crabs

別にプロットして回帰直線の式を計算すると、雄では切片 $\div 0$ 、傾き >1 となり、やはり負の二項分布に適合することが示唆された (Fig. 2b)。一方、雌では切片 >0 となり、傾きは1に近いが、平均こみあい度が飛び抜けて高いサンプルを除くと1よりも大きくなり (Fig. 2a)、いずれの場合でも、負の二項分布以外の集中分布への適合性が示唆された。しかし、実際に前者の場合の分布として Neyman A型と複合ポアソン分布をあてはめると、その適合度は極めて悪かった (Table 4)。

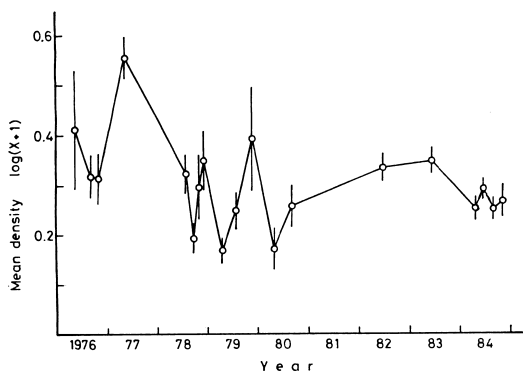
サンプル数と変動パターンとの関係について検討するため、Morisita (1959) の $I\bar{d}$ 示数を用いて相対誤差を計算し、ついでサワガニあたりの平均メタセルカリア数の許容精度を30%とした時に相対誤差がそれ以下になるために必要な最少サンプル数を各回について求めてみた (真喜屋, 1980) (Table 3)。全体としては、ほとんど各回とも十分量のサンプルを得ていたが、1976年5月、1979年11月および1980年4月の3回のサンプル数が過少であった。

考 察

川根町渡島地区における宮崎肺吸虫は、林ら (1977) が同じ18mm以上の個体について報告した70~80%よりはやや低いものの、この9年間にわたり、依然高い感染率を示し、人体感染の可能性を十分に保持していることが明らかとなった。サワガニあたりのメタセルカリア数では、1978年以降低いレベルへ移行しているが、統計学的には大きな差はみられなかった。ただ、分散と平均値の比および $I\bar{d}$ 示数の減少からもわかるように、集中度は減少してきており、サワガニあたりの最大感染数の変化も平行していた (Table 3)。このことは、宮崎肺吸虫個体群の大きさとは別に、サワガニ個体群への伝播の過程に何らかの変化が起こっていることを示唆するものと思われる。しかし、今回の結果では採集月がまちまちであることもあって、季節的な変動の関与も無視できない。ただ、その季節性も、秋から晩秋に多くなる傾向 (林ら, 1977; 行天, 1983) は、1978, 79年にはみられ

Table 3 Some statistical values concerning the number of *P. miyazakii* metacercariae per crab, relative error in each sample, and minimum necessary sample size

No.	Date	No. of crabs examined	Mean density (mc/crab)	S D	S E	Var. /Mean	Maximum burden	I δ index	Relative error	Minimum sample size
1	76.05.14	11	2.82	4.07	1.23	5.88	14	2.63	0.441	23
2	76.09.03	61	1.90	3.01	0.39	4.76	15	2.96	0.203	28
3	76.10.30	50	2.10	3.27	0.46	5.10	12	2.93	0.221	27
4	77.05.16	74	3.93	4.07	0.47	4.22	19	1.81	0.121	12
5	78.07.28	77	2.06	3.73	0.43	6.75	27	3.76	0.207	37
6	78.09.14	100	1.01	1.88	0.19	3.49	11	3.47	0.187	39
7	78.11.01	27	1.67	2.22	0.43	2.95	7	2.15	0.258	20
8	78.11.29	33	2.09	3.01	0.52	4.35	13	2.57	0.252	23
9	79.04.12	85	0.76	1.31	0.14	2.23	6	2.62	0.186	33
10	79.07.23	73	1.38	2.14	0.25	3.33	9	2.67	0.182	27
11	79.11.22	14	2.64	3.69	0.99	5.16	13	2.50	0.378	21
12	80.04.22	44	1.05	2.87	0.43	7.87	18	7.57	0.418	84
13	80.08.27	53	1.42	2.27	0.31	3.63	8	2.85	0.221	29
14	82.06.15	116	1.81	2.24	0.21	2.78	12	1.98	0.115	17
15	83.06.01	119	1.76	1.92	0.18	2.10	8	1.63	0.100	14
16	84.04.20	144	1.30	1.90	0.16	2.77	9	2.36	0.122	24
17	84.06.12	190	1.42	1.75	0.13	2.16	10	1.82	0.090	17
18	84.08.22	127	1.19	1.63	0.14	2.23	8	2.03	0.122	21
19	84.10.30	78	1.29	1.62	0.18	2.03	6	1.79	0.142	18

Fig. 1 Annual change in mean density of *P. miyazakii* metacercariae per crab transformed to logarithmic values. Vertical bars show standard error.

たものの、79年の変動は有意ではなく、また、1984年には季節による差はほとんどみられず、一定の傾向は認められなかった。

サワガニあたりのメタセルカリア数の頻度分布については、負の二項分布への適合性が示唆されたが、雌の場

合にみられたように、他の集中分布への適合性も否定できない。負の二項分布の成因も複合分布であると言われている (Pielou, 1969) が、雌の場合に推定される分布型が、いずれも「コロニー」を基にした複合分布である (Iwao, 1968) ことは、その成因について示唆的である。宮崎肺吸虫感染における「コロニー」が、第1中間宿主貝体内で無性的に増殖したセルカリアの集団であると考えると、サワガニにおける分布型は、貝からサワガニへの伝播様式の特性に左右されると考えられる。この点は、終宿主による虫卵の散布、第1中間宿主貝の感染動態などと共に年次変動にも大きく関与するであろう。しかし、現在のところではこれらに関する情報は乏しい。今後の動態を予測してゆく上でも、これらを含めた調査が不可欠になると思われる。

川根地区のサワガニにおけるメタセルカリアの感染動態を今後とも調査解析してゆく上で、サンプルの大きさは重要な問題となる。今回の結果では、全体としてはほとんどが十分量のサンプル数を得ていた。集中度が増加すれば必要サンプル数は大きくなるが (真喜屋, 1980)、この数年は集中度が減少しているため、必要サンプル数

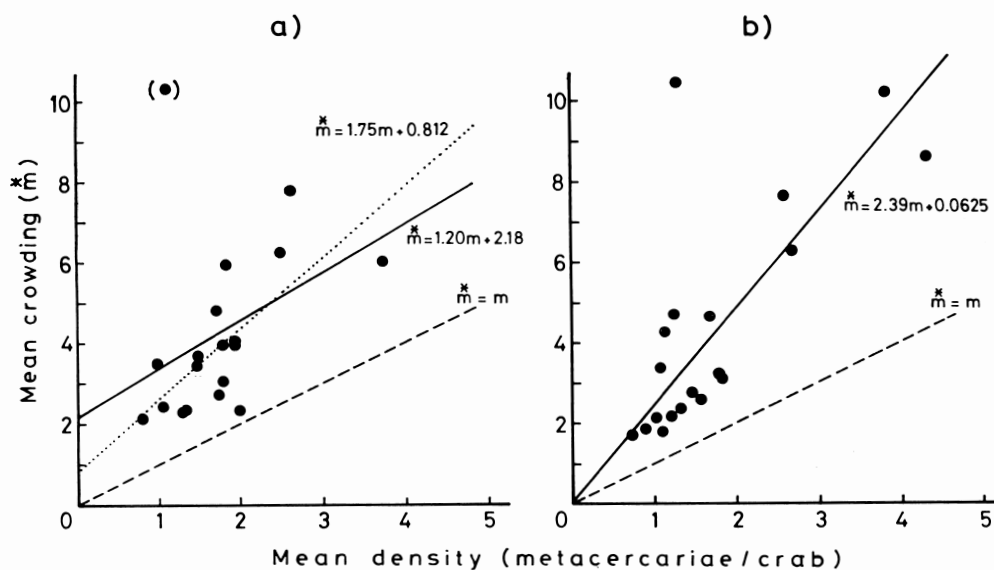


Fig. 2 Linear regressions between mean crowding (\bar{m}^*) and mean density (\bar{m}), and those without extreme values in parenthesis (dotted lines). Broken lines show those in Poisson distribution. a: Female. b: Male

Table 4 Fitness test of the frequency distribution of *P. miyazakii* metacercariae in female crabs

No. of metacercariae per crab	Frequency observed	Frequency calculated*		
		NB	NA	DP
0	393	393.0	510.9	393.0
1	223	207.7	76.4	93.0
2	132	124.4	96.2	132.6
3	62	77.5	85.3	109.0
4	43	49.2	62.1	75.6
5	23	31.5	41.2	51.0
6	15	20.4	26.4	33.8
7	16	13.2	16.8	21.6
8	14	8.6	10.6	13.4
9	6	5.6	6.5	8.1
10+	15	10.8	9.5	10.9
Total	942	942.0	942.0	942.0
Fitness	X ²	14.73	351.68	245.23
	df	8	8	8
	Pr	0.065	<0.001	<0.001

* NB : Negative binomial
 NA : Neyman type A
 DP : Double Poisson

も減少している。従って、同じ地区からのサンプルであっても、その分布の集中度によって必要サンプル数が変化するため、一定のサンプルサイズを決定することは難しい。性別の解析を行なう可能性と、実際の採集では小個体も含まれることを考慮すると、一つの目安として100個体前後のサンプリングが必要であると考えられる。

結 論

静岡県川根町渡島地区のサワガニに寄生する宮崎肺吸虫のメタセルカリアについて、1976年から1984年までの9年間にわたり調査を行ない、甲幅18mm以上の個体を用いて、その感染状況の年次変動およびサワガニあたりの平均メタセルカリア数について解析を行なった。

1) サワガニの感染率は、この9年間約50%前後で安定した値を示した。サワガニあたりの平均メタセルカリア数については、減少してきているような傾向はみられたものの、統計学的には特に大きな変化は認められなかった。

2) メタセルカリア数の頻度分布は集中分布し、全体として負の二項分布に適合した。しかし、集中度は減少してきている。平均こみあい度による解析では、雄は負の二項分布への適合性が示唆されたが、雌は他の集中分布への適合性が示唆された。

3) $I\delta$ 示数を用いてサワガニあたりの平均メタセル

カリア数の相対誤差が30%以下となる必要最少サンプル数を計算すると、ほとんどのサンプルで必要数を満たしていたが、集中度が高いサンプルなどで過少であった。

文 献

- 1) Crofton, H. D. (1971): A quantitative approach to parasitism. *Parasitology*, 62, 179-193.
- 2) 行天淳一(1983): サワガニ(第2中間宿主)における宮崎肺吸虫の生態学的研究. *寄生虫誌*, 33, 555-575.
- 3) 林 滋生・山本 久・菅沼洋達・元吉晴子・秋山雅晴(1974): 宮崎肺吸虫症人体例5例の報告および感染経路に関する調査成績について. *寄生虫誌*, 23(増), 60.
- 4) 林 滋生・鈴木了司・川中正憲・熊田三由・加藤桂子・児玉邦子・遠藤卓郎・保阪幸男・村田以知男(1977): 宮崎肺吸虫の疫学的研究. 静岡県川根地区のサワガニにおけるメタセルカリア寄生状況の解析. *寄生虫誌*, 26(増), 41.
- 5) 伊藤二郎・望月 久(1975): 静岡県におけるサワガニの宮崎肺吸虫被囊幼虫の分布とその寄生状況. *寄生虫誌*, 24, 241-249.
- 6) Iwao, S. (1968): A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.*, X, 1-20.
- 7) 金森正博(1977): サワガニの生態1. 成長. 採集と飼育, 39, 126-127.
- 8) 真喜屋 清(1980): フィリピンにおける日本住血吸虫中間宿主具 *Oncomelania quadrasi* 個体群の分布様式と駆除評価法に関する研究1. 分布様式, 必要標本数および密度変化の有意差検定法の検討. *寄生虫誌*, 29, 293-304.
- 9) 嶺井久勝(1976): サワガニ, 清流に生きる. *アニマ*, 41, 10-15.
- 10) 望月 久・本間達二・殿岡初美・伊藤二郎・秋山雅晴・大野吉夫(1975): 静岡県における宮崎肺吸虫について. サワガニに寄生する宮崎肺吸虫メタセルカリアの分布状況について. 静岡県衛生研究所報告, No. 18, 51-56.
- 11) Morisita, M. (1959): Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Facul. Sci. Kyushu Univ. Ser. E*, 2, 215-235.
- 12) Pennycuik, L. (1971): Frequency distributions of parasites in a population of three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus* L., with particular reference to the negative binomial distribution. *Parasitology*, 63, 389-406.
- 13) Pielou, E. C. (1969): An introduction to mathematical ecology. John Wiley and Sons, Inc.
- 14) 佐野基人・石井 明・望月 久・秋山雅晴(1977): 静岡県大井川流域の宮崎肺吸虫の分布とその中間宿主の調査について. *公衆衛生*, 41, 654-656.
- 15) Sano, M., Araki, K., Ishii, A., Maeda, M. and Arisaka, K. (1978): Epidemiological survey of lung fluke, *Paragonimus miyazakii* in Shizuoka Prefecture, Japan. *Int. J. Zoon.*, 5, 75-79.
- 16) 佐野基人・石井 明・記野秀人・林 道明・藤生好則・伊藤二郎(1979): 静岡県における肺吸虫の調査(2) 宮崎肺吸虫の第1中間宿主およびその幼虫について. *寄生虫誌*, 28, 211-217.
- 17) Stromberg, P. C., Toussant, M. J. and Dubey, J. P. (1978): Population biology of *Paragonimus kellicotti* metacercariae in central Ohio. *Parasitology*, 77, 13-18.
- 18) Williams, C. B. (1937): The use of logarithms in the interpretation of certain entomological problems. *Ann. Appl. Biol.*, 24, 404-414.
- 19) Yamaguchi, T. and Takamatsu, Y. (1980): Ecological and morphological studies on the Japanese freshwater crab, *Geothelphusa dehaani*. *Kumamoto J. Sci. Biol.*, 15, 1-27.
- 20) 横川宗雄・荒木国興・斎藤祺一・百瀬達也・木村満・鈴木昭次・千葉直彦・久津見晴彦・葉袋勝(1974): 最近関東地方に多発した宮崎肺吸虫症について. 一特に免疫血清診断法について一 *寄生虫誌*, 23, 167-179.

Abstract

EPIDEMIOLOGICAL STUDIES ON THE LUNG FLUKE IN SHIZUOKA PREFECTURE
(4) ANNUAL CHANGES IN *PARAGONIMUS MIYAZAKII* INFECTION
AND FREQUENCY DISTRIBUTION PATTERN IN A FRESHWATER CRAB,
GEOTHELPHUSA DEHAANI, AT KAWANE-CHO

HIDETO KINO¹⁾, MAMORU TERADA¹⁾, AKIRA I. ISHII¹⁾, HISASHI MOCHIZUKI²⁾
AND MOTOHITO SANO¹⁾

(¹⁾ *Department of Parasitology, Hamamatsu University School of Medicine,*
Hamamatsu, Japan ; ²⁾ *Shizuoka-ken Association of Health Service)*

Surveys of crabs, *Geothelphusa dehaani*, for the infection with *Paragonimus miyazakii* metacercariae have been conducted from 1976 to 1984 at Dojima, Kawane-cho, Shizuoka Pref. Of total 1844 crabs collected, 1476 individuals with carapace width of 18 mm or more were examined in detail.

The prevalence was rather stable, showing around 50 % during these 9 years. Although the mean density of metacercariae per crab appeared to have declined, the statistical analysis showed little significant change.

The frequency distribution of metacercariae per crab was found to fit to the negative binomial distribution. Levels of aggregation of each sample came to decline through the years. Analysis using values of mean crowding suggested a fitness to the negative binomial for male, but to the other complex distributions for female.

The necessary minimum sample sizes were calculated using $I\delta$ index. Only a few samples were below the minimum requirement at a level of 30 % in relative error, whereas the most samples were over the optimum size.