

참봉어내 간흡충 피낭유충의 감염률 및 분포양상에 관한 연구

고려대학교 의과대학 기생충학교실 및 열대풍토병 연구소

김기홍 · 이재현 · 주경환 · 이준상 · 임한중

서 론

일반적으로 숙주개체에 있어서 기생충 감염의 강도는 숙주에 기생할 수 있는 기생충의 수와 감염에 대한 숙주의 반응, 즉 숙주의 저항성의 강약에 달려있다. 숙주에 있어서 기생충 감염의 증가는 근본적으로 기생충의 수와 숙주와 관련된 기생충의 습성 그리고 숙주개체군의 밀도에 의해 결정되며, 기생충감염의 감소는 감염과정중 기생충의 사멸, 숙주반응에 의한 사멸, 자연적으로 수명이 다함으로 인한 사멸등을 들 수 있다.

위에 예시한 모든 요인들은 시기와 장소에 따라 다르며 따라서 숙주와 기생충간의 역학적인 관계를 파악하기 위해서는 다양한 지역에서 꾸준한 조사가 이루어져야 가능할 것이다.

이러한 숙주와 기생충간의 상호관계를 수리적으로 분석하여 수학적 model을 세운후 실제의 생태계와 연결시키고 또한 그 과정을 통해 수리생물학적 model이 만들어지면 기생충과 숙주간의 상호역학적인 관계의 변화를 예측할 수 있게 될 것이다.

저자들은 위와같은 관점에서 간흡충 유미유충에 가장 민감한 중간숙주인 참봉어와 간흡충 피낭유충간의 상호관계를 수리적으로 조사하였으며 앞으로의 계속적인 조사와 분석을 통해 하나의 완성된 수리생물학적 모델(Mathematical and Biological Model)을 설정함으로써 아직까지도 우리나라에 널리 만연되어 있는 간흡충증의 역학적인면을 파악하고자 본 연구를 시작하였다.

연구내용 및 방법

1. 조사기간 및 조사지역

조사지역은 과거 가장 간흡충증이 유행하던 낙동강유역중 본류 1개 지점(김해 불암동)과 지류 2개 지점(김해 조만포, 사천군 완사)을 선정하여 조사하였으며 조사기간은 1989. 9. 21-1989. 10. 12일에 걸쳐 각 1회씩 실시하였다.

2. 검출 방법

참봉어내 간흡충 피낭유충의 검출은 슬라이드 글라스 압박법(pressure method)을 사용하여 입체현미경하에서 피낭유충의 수를 계산하였다.

3. 분포양상의 통계학적 분석

분포양상에 관한 통계학적 model은 크게 다음의 세 type으로 나눌 수 있다.

1) Poisson분포 (Poisson distribution) : random 분포

2) 음의 이항분포(Negative binominal distribution) : clumped된 분포

3) 양의 이항분포(Positive binomial distribution) : 균일분포

위에 열거한 세 pattern외에도 원총류의 경우는 Polya-Aeppli model이 적용되며, 기생충의 감염밀도가 매우 높은 경우에는 대수정규분포(Log-normal distribution)를 나타낸다.

본 연구에서 사용한 간흡충 피낭유충의 참봉어 개체군내 분포양상에 대한 통계학적 분석은 Ludwig & Reynolds(1988)에 준하였으며 그 공식은

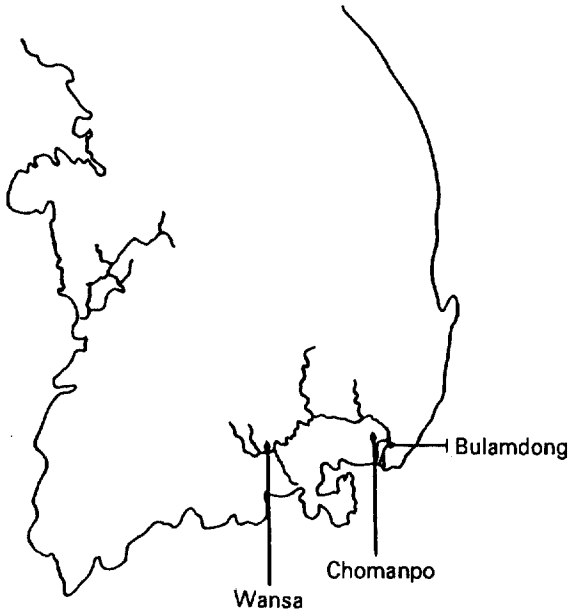


Fig. 1. The surveied areas.

다음과 같다.

1) Poisson 확률 분포

THE POISSON PROBABILITIES, P(x).

$$P(X) = (\mu^x e^{-\mu}) / X!$$

$$P(0) = e^{-\bar{x}}$$

$$P(1) = (\bar{x})^1 e^{-\bar{x}} / 1! \text{ or } (\bar{x}/1)P(0)$$

$$P(2) = (\bar{x})^2 e^{-\bar{x}} / 2! \text{ or } (\bar{x}/2)P(1)$$

⋮

$$P(r) = (\bar{x})^r e^{-\bar{x}} / r! \text{ or } (\bar{x}/r)P(r-1)$$

THE EXPECTED POISSON FREQUENCIES, Ex.

$$E_0 = (N)P(0)$$

$$E_1 = (N)P(1)$$

$$E_2 = (N)P(2)$$

⋮

$$E_r = (N)P(r)$$

2) 음의 이항분포

THE NEGATIVE BINOMIAL PROBABILITIES, P(x)

$$P(x) = [\mu / (\mu + k)]^x \{ (k + x - 1)! / [1 + (\mu/k)]^k$$

$$P(0) = [\bar{x} / (\bar{x} + k)]^k [(k + 0 - 1)! / (0! (k - 1)!)] [1 + (\bar{x}/k)]^{-k} = [1 + \bar{x}/k]^{-k}$$

$$P(1) = [\bar{x} / (\bar{x} + k)]^k [(k + 1 - 1)! / (1! (k - 1)!)] [1 + (\bar{x}/k)]^{-k} = [\bar{x} / (\bar{x} + k)] (k/1) P(0)$$

$$P(2) = [\bar{x} / (\bar{x} + k)]^2 [(k + 2 - 1)! / (2! (k - 1)!)] [1 + (\bar{x}/k)]^{-k} = [\bar{x} / (\bar{x} + k)] [(k + 1) / 2] P(1)$$

⋮

$$P(r) = [\bar{x} / (\bar{x} + k)]^r [(k + r - 1)! / (r! (k - 1)!)] [1 + (\bar{x}/k)]^{-k} = [\bar{x} / (\bar{x} + k)] [(k + r - 1) / r] P(r - 1)$$

결 과

1. 조사지역별 감염률 및 평균감염수

각 조사지역별 조사된 참붕어의 개체수와 간흡충 피낭유충에 대한 감염률 및 평균 감염수는 Table 1과 같다.

조만포와 완사의 경우는 참붕어 1개체당 간흡충 피낭유충 평균감염수가 282, 308로서 비교적 높은 감염수를 보이고 있으나 불암동은 44개로서 낮은 감염수를 보였다.

2. 간흡충 피낭유충 감염밀도의 변화

김해시 불암동 지역의 참붕어내 간흡충 피낭유충 감염밀도를 과거 박동(1984)이 조사한 자료와 비교하여 그 변화를 보면 Table 2와 같다.

1972년도에는 참붕어 한 마리당 간흡충 피낭유충 감염수는 1,312개였으나 약 10여년후인 1983년에는 양성률은 약간 떨어진 반면 감염수는 160.8개로 크게 줄어들었으며 금번조사에서는 44.3개로

Table 1. The infection rate of *Clonorchis sinensis* metacercaria in each area

	No. of fish	Infection rate (%)	No. of metacercaria per fish
Chomanop	100	99	201.5
Wansa	60	100	308.1
Bulamdong	120	95.8	44.3

Table 2. The change of *Clornorchis sinensis* metacercaria density in Bulamdong.

	Infection rate(%)	No. of metacercaria per fish
1972	100	1,312.4
1973	100	1,233.4
1983	96.7	160.8
1989	95.8	44.3

서 점차 줄어드는 경향을 나타내고 있다(Fig. 2).

3. 분포 양상

1) 사천군 완사 지역

Table 3은 완사지역에서 채집한 참붕어내 간흡

충 피낭유충의 감염수 및 피낭유충 수의 변량을 150으로 하였을때 그 계급에 속하는 참붕어의 개체수, 즉 빈도를 나타낸 것이다.

피낭유충의 수가 1~99개 사이인 참붕어의 수는 20마리로서 가장 높고 피낭유충의 수가 증가함에 따라 그에 속하는 참붕어의 개체수는 점차 줄어들고 있다. Table 3의 관측치를 Poisson분포 공식에 대입하여 분석한 결과 기대치 (Expected value)를 5이상으로 하였을 때 자유도 3, Chi-square값은 4.01으로서 유의수준 0.05에서 유의차가 없으므로 완사지역의 참붕어 개체군내 간흡충 피낭유충의 분포 pattern 은 Poisson분포임을 알 수 있다(Table 4). 관측치와 Poisson분포의 기대치간의 관계

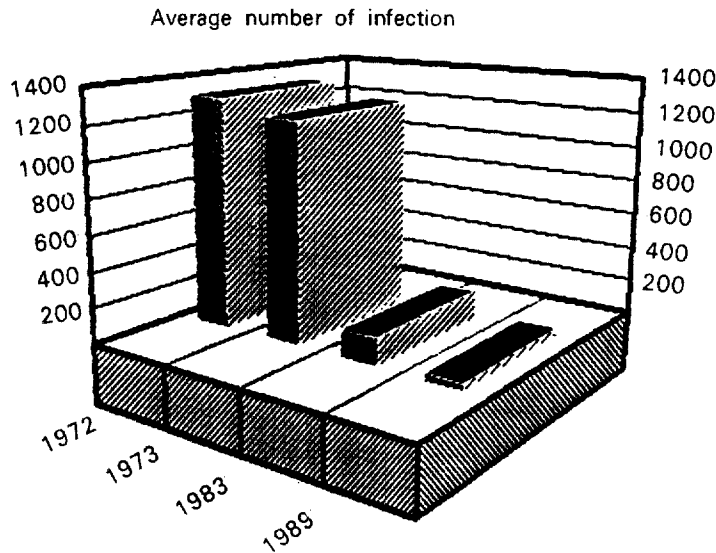


Fig. 2. Change of *Clornorchis sinensis* metacercaria density in Bulamdong.

Table 3. The observed frequency of *Pseudorasvora parva* included in each class of infection number of metacercaria

X= Class	Y= Number of metacercaria	F(x)=Frequency Number of fish containing y individuals
0	0	0
1	1-149	20
2	150-299	17
3	300-449	8
4	450-599	6
5	600-749	5
6	750-899	2
7	900-	2

Table 4. Distribution pattern analysis of *C. sinensis* metacercaria in Wansa(minimum value of Ex allowed : 5)

Class (x)	OBS FREQ (Fx)	EXP FREQ (x)	(Fx-Ex) ² /Ex
0-1	20	16.63	0.68
2	17	15.23	0.21
3	8	12.95	1.89
4	6	8.25	0.62
>=5	9	6.94	0.61

Total Chi-square=4.007336 the D.F=3

를 도표로 나타내면 Fig. 3과 같다.

2) 김해시 조만포 지역

참붕어내 간흡충 피낭유충의 수를 변량 100으로 하여 계급(Class)을 정한후 그 계급내에 속하는 참붕어의 개체수(Frequency)를 나타내면 Table 5와 같다.

피낭유충의 감염수가 1-99개 사이인 참붕어가 22개체로서 가장 많으며 1~399개 사이가 77%로서 대부분의 개체수를 포함하고 있었다. 위의 관측치를 Poisson분포공식에 대입하여 본 바 기대치

Table 5. The observed frequency of *Pseudorasbora parva* included in each class of infection number of metacercaria(Chomanpo).

X= class	Y= Number of metacercaria	F(x)=Frequency Numer of fish containing y individuals
0	0	1
1	1-99	22
2	100-199	21
3	200-299	19
4	300-399	15
5	400-499	9
6	500-599	4
7	600-699	5
8	700-799	0
9	800-899	0
10	900-999	2
11	1000-	2

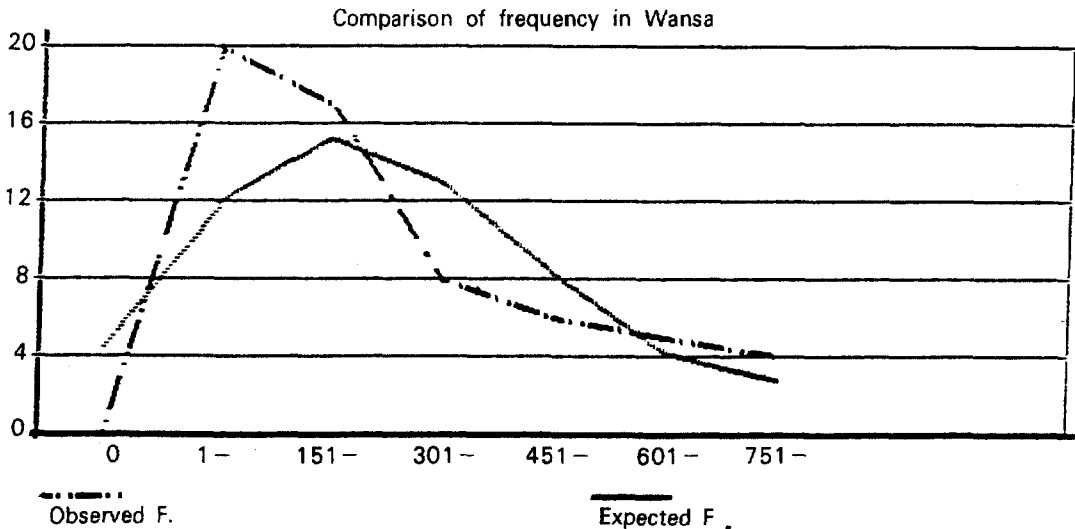


Fig. 3. The illustration of observed frequency and poisson expected frequency in Wansa.

Table 6. Distribution pattern analysis of *C. sinensis* metacercaria in Chomanpo (minimum value of Ex allowed : 5)

Class (x)	OBS FREQ (Fx)	EXP FREQ (Ex)	(Fx-Ex) ² /Ex
0-1	23	16.63	2.83
2	21	20.32	0.02
3	19	22.15	0.45
4	15	18.11	0.53
>=6	13	11.35	0.24
Total Chi-square=4.79114 with D.F=4			

를 5 이상으로 하였을 때 자유도 4, Chi-square값 4.75로서 유의수준 0.05에서 유의차를 인정할 수 없다(Table 6). 따라서 조만포지역의 참봉어 개체군내 간흡충 피낭유충의 분포는 Poisson분포를 하고 있으며, 관측치와 Poisson분포 기대치간의 분포 곡선을 비교하면 Fig 4와 같이 잘 부합되고 있음을 알 수 있다.

3) 김해시 불암동 지역

간흡충 피낭유충의 수를 변량 15로 하여 계급(Class)을 정하였을 때 그에 속하는 참봉어의 개체수(Frequency)는 Table 7와 같다.

이와 같은 관측치를 바탕으로 Poisson공식에 대입한 바 기대치 5이상일 때 자유도 5, Chi-square값 73.34로서 유의수준 0.05에서 유의차가 인정되므로

불암동지역의 참봉어 개체군내 간흡충 피낭유충의 분포는 Poisson분포가 아님을 알 수 있다.

또한 위의 관측치를 다시 음의 이항분포에 대입하여본 바 k값이 23.8로 계산되었다. 여기서 k값이 나타내는 의미는 k값이 0인 경우 완전한 random 분포를 나타내는 것이며 k값이 커질수록 clumped 된 정도가 심해지는 것을 표시하는 것이다. 계산된 k값을 이용하여 음의 이항분포 기대치를 계산한 바 기대치 5이상일 때 자유도 5, Chi-square값 60.24로서 유의수준 0.05에서 역시 유의차가 인정되므로 음의 이항분포에도 속하지 않음을 알 수 있다.

그러나 k값이 높은 점과 Chi-square값의 비교를 통해 불암동 지역의 참봉어 개체군내 간흡충 피낭유충의 분포 pattern은 Poisson분포에서 음의 이항분포로 이행해가는 중간단계로 추측되어진다.

4. 간흡충 피낭유충 감염수의 계급별 참봉어 개체수

각 지역별 간흡충 피낭유충 감염수를 일정한 변량으로 나누어 계급을 설정한 후 그 계급과 참봉어 개체수와의 어떠한 관계가 있는가를 알아보기 위하여 직선회귀를 사용하였으며 그 결과는 Table 10과 같다.

상관계수 r은 r값이 1 혹은 -1인 경우는 완전한 상관을 나타내며, r값이 0인 경우는 전혀 상관이 없음을 나타내는 지수로서 간흡충 피낭유충의

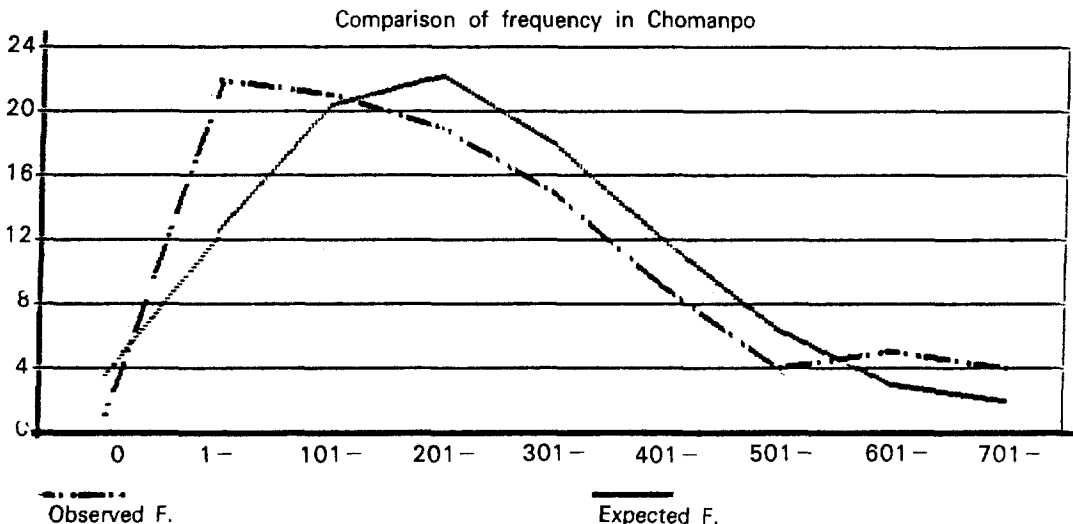


Fig. 4. The illustration of observed frequency and poisson expected frequency in Chomanpo.

Table 7. The observed frequency of *Pseudorasvora parva* included in each class of infection number of metacercaria

X= Class	Y= Number of metacercaria	F(x)=Frequency Numer of fish containing y individuals
0	0	5
1	1-15	33
2	16-30	30
3	31-45	14
4	46-60	8
5	61-75	5
6	76-90	5
7	91-105	8
8	106-120	3
9	121-135	1
10	136-150	1
11	151-165	1
12	166-180	3
13	181-	3

Table 8. Distribution pattern analysis of *C. sinensis* metacercaria in Bulamdong (minimum value of Ex allowed : 5)

Class (x)	OBS FREQ (Fx)	EXP FREQ (Ex)	(Fx-Ex) ² /Ex
0-1	38	17.62	23.57
2	30	23.15	2.03
3	14	26.23	5.71
4	8	22.30	9.17
5	5	15.16	6.81
6	5	8.59	1.50
>=7	20	6.94	24.56
Total Chi-square=73.3449 with D.F=5			

Table 9. Distribution pattern analysis of *C. sinensis* metacercaria in Bulamdong (minimum value of Ex allowed : 5)

Class (x)	OBS FREQ (Fx)	EXP FREQ (Ex)	(Fx-Ex) ² /Ex
0	5	5.00	0.00
1	33	14.88	22.08
2	30	23.06	2.09
3	14	24.79	4.69
4	8	20.76	7.84
5	5	14.43	6.16
6	5	8.66	1.54
>=7	20	8.44	15.82
Total Chi-square=60.23225 with D.F=5			

감염수가 높은 조만포, 완사지역은 r값이 -0.93, -0.90으로서 상당히 높은 상관관계를 가지고 있으며, 또한 이 두 지역은 피낭유충수의 계급이 커질수록 즉, 감염수가 높아질수록 그에 속하는 참봉어의 개체수는 낮아지는 반비례관계가 성립됨을 알 수 있다. 그러나 간흡충 피낭유충의 감염수가 낮은 불암동의 경우는 r값이 -0.37로서 피낭유충수의 계급별 그에 속하는 참봉어 개체수와는 거의 상관관계가 없음을 알 수 있다.

각 지역별 직선회귀에 의해 얻어진 직선방정식을 도표로 나타내면 Fig. 5와 같다.

5. 참봉어 크기별 간흡충 피낭유충 감염수
참봉어의 크기 구분을 1cm 단위로 하여 그 길이에 속하는 참봉어내 간흡충 피낭유충의 평균 감염수를 계산한 결과는 Table 11과 같다.

Table 9의 관측치를 도표로 나타내면 Fig. 6과

Table 10. Linear regression of frequency according to class

Chomanpo	Class interval 100 $Y = -2.43X + 23.56$ $r = -0.93$
Wansa	Class interval 150 $Y = -2.66X + 19.96$ $r = -0.90$
Bulamdong	Class interval 15 $Y = -1.22X + 15.17$ $r = -0.37$

같으며 참봉어의 크기가 커질수록 간흡충 피낭유충의 평균감염수는 점차 커짐을 알 수 있다.

이러한 참봉어의 크기와 피낭유충 평균감염수간에는 어떠한 관계가 있는가를 알아보기 위하여 직선회귀를 하여본 바 Table 12와 같은 직선방정식 및 상관계수를 얻었다.

조만포, 완사, 불암동지역 모두가 감염수와는 관계없이 상관계수 r 값이 거의 1에 가까운 값을 나타냈으므로 참봉어의 크기와 간흡충 피낭유충의 평균감염수와는 정의 상관관계가 성립됨을 알 수 있다. 이를 도표로 나타내면 Fig. 7과 같다.

Table 11. Average number of *C. sinensis* metacercaria according to fish size

	Bulamdong	Chomanpo	Wansa
4.1-5.0	16.4	97.3	113.6
5.1-6.0	26.9	162.9	231.9
6.1-7.0	61.4	242.9	401.2
7.1-8.0	83.9	415.4	635.3
8.1-9.0	-	439.0	-

고 찰

숙주 개체군내에서의 기생충분포는 random분포보다는 주로 밀집된 분포를 나타낸다. 이러한 밀집현상은 숙주의 기생충 감염에 대한 유전적, 행동학적 혹은 환경요인등에 기인한 감수성이 각기 다르기 때문이다. 따라서 이러한 밀집된 기생충 개체군에 있어서 기생충의 평균밀도는 별로 큰 의미를 갖지 못 한다.

Crofton(1971)은 이러한 기생충의 밀집된 분포를 음의 이항분포로 나타내었으며, 밀집된 정도는 지수 k 에 의해 표시되었다. 그 후 Boxshall(1974), Kang et al(1975)도 기생충의 숙주개체군내 분포가 음의 이항분포임을 밝힌바 있으며, May(1977)

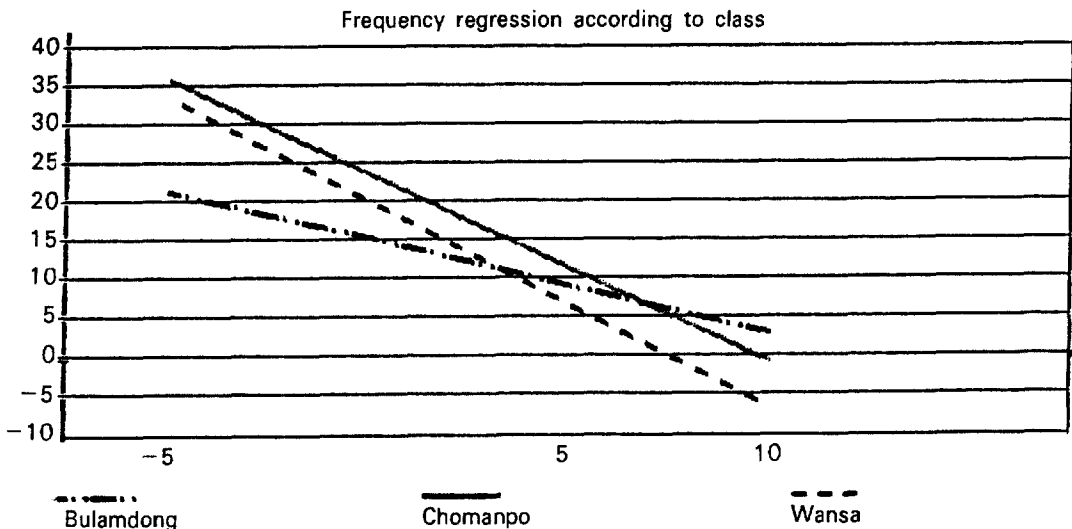


Fig. 5. Frequency regression according to class.

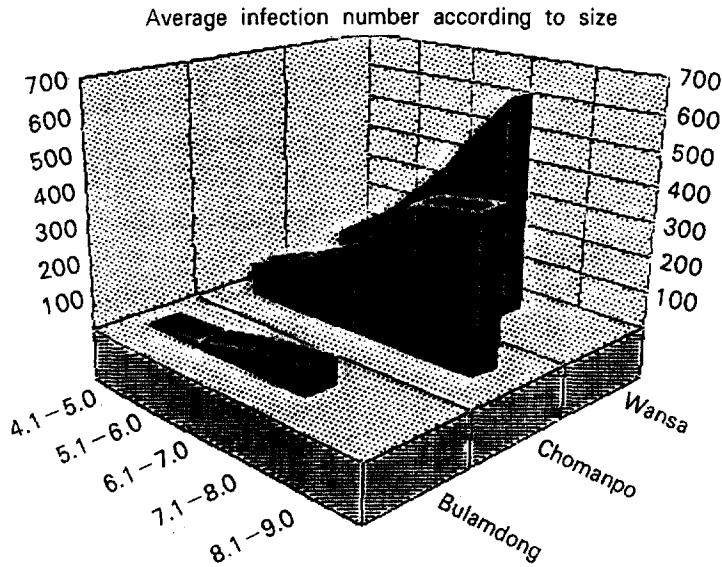


Fig. 6. Illustration of average infection number of metacercaria according to fish size.

Table 12. Linear regression of *C. sinensis* metacercaria number according to fish size

Chomanpo	$Y = 93.58X - 336.79$ $r = 0.98$
Wansa	$Y = 143.83X - 542.16$ $r = 0.99$
Bulamdong	$Y = 23.72X - 95.15$ $r = 0.98$

는 Crofton의 Model에 있어서 단점을 수정하여 좀 더 생물학적 model에 가까운 숙주-기생충간의 관계를 제시하였다.

한편, 김등(1979)은 간흡충 피낭유충의 참봉어 개체군내 분포양상이 대수정규분포로 표현된다고 하였으며, 그 이유로서 간흡충은 인체감염률이 높고 참봉어가 다른 숙주보다 간흡충 유미유충에 대한 감수성과 피낭유충의 부하량이 높다는 점등을

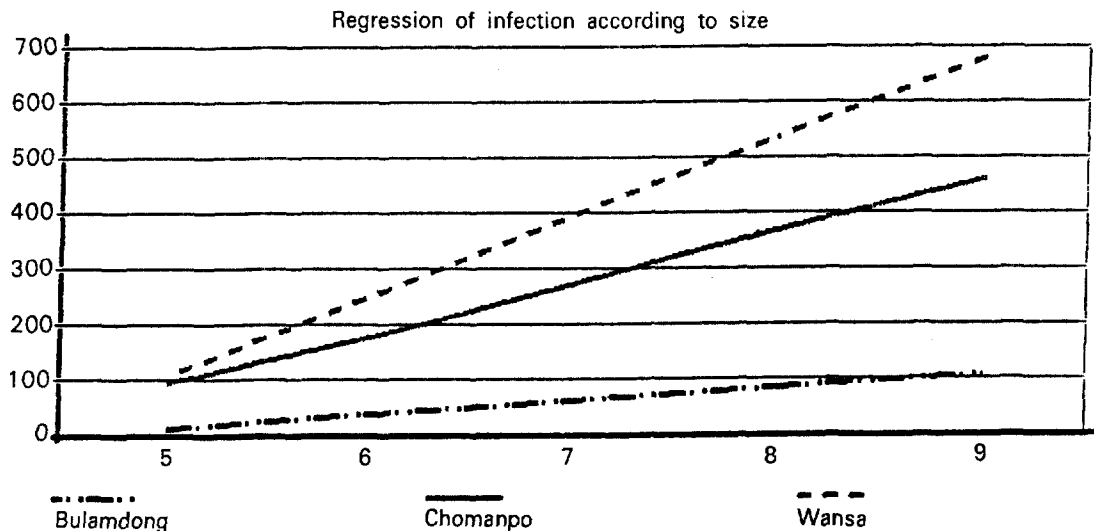


Fig. 7. Illustration of linear regression of infection number according to fish size.

들었다. 금번 조사에서 완사, 조만포지역이 음의 이항분포가 아닌 Poisson분포를 나타낸 이유도 또한 위에 열거한 요인때문일 것으로 사료된다. 그러나 불암동 지역이 Poisson분포와 음의 이항분포 사이의 분포양상을 나타낸것은 감염률의 저하와 감염수의 저하로 인해 점차 음의 이항분포로 이행해가는중간단계이기 때문인것으로 추측된다.

참붕어의 길이와 간흡충 피낭유충의 평균감염수간의 관계가 정의 비례관계로 나타났으나 참붕어의 성숙시 길이가 10cm에 달하는 것으로 미루어 좀더 많은 성체의 조사와 또한 참붕어의 연령별 면역학적, 행동학적인 면이 밝혀져야만 확실한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

이러한 분포양상의 통계적 분석 결과나 수리적인 방법에 의한 결과등은 좀 더 깊은 연구를 하기 위한 기초작업이 되는 것이며 또한 이러한 작업들이 믿을 만한 일반적인 가설로 공식화되기 위해서는 많은 회수의 반복조사와 새로운 지역에서의 시험검정이 필요할 것이다.

결 론

참붕어 개체군내 간흡충 피낭유충의 분포양상 및 참붕어와 간흡충 피낭유충간의 연관성을 연구하고자 일단 과거에 가장 간흡충증이 유행하던 낙동강유역의 3개 지점을 선정하여 조사를 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1) 조만포와 완사지역은 감염율 99~100%, 평균감염수 282-308로서 비교적 높은 감염도를 나타내었으며, 불암동의 경우는 감염률 95.8%, 평균감염수 44로서 낮은 감염도를 나타냈다.

2) 조만포와 완사 지역에서 채집한 참붕어 개체군내 간흡충 피낭유충의 분포양상은 Poisson분포이며, 불암동은 Poisson분포에서 음의 이항분포로 이행해가는 중간형태로 나타났다.

3) 금번 조사지역에 있어서의 참붕어의 길이와 간흡충 피낭유충의 평균감염수간에는 정의 상관관계가 있었다.

References

1) Boxshall GA : *The population dynamics of Le-*

peophtheirus pectoralis(Muller) : dispersion pattern. Parasitology 69 : 373-390, 1974

2) Crofton HD : *A quantitative approach to parasitism. Parasitology 63 : 179-193, 1971*

3) Kang SY, SY Cho & BS Seo : *Studies on the lungfluke, Paragonimus iloktsuenensis. IV A mathematical analysis on meacercarial density of paragonimus iloktsuenensis in crab host, Sesarma dehaani. Kor J Parasit 13(1) : 31-37, 1975*

4) Ludwig JA and JF Reynolds : *Statistical Ecology John. Wiley & Sons pp337, 1988*

5) 김연기 · 장신영 · 이순형 : 간흡충 피낭유충의 참붕어내 감염밀도에 대한 통계학적 분석. *Kor J Parasit 17(2) : 127-311, 1979*

6) 박수배 · 주경환 · 임한중 : 간흡충증 농후유행지(김해시)에 있어서의 역학적추이에 관한 연구. *Kor Univ Med Jour 21(1) : 77-90, 1984*

=ABSTRACT=

Studies on the Infection Rate and Distribution Pattern of Metacercaria of *Clonorchis sinensis* in *Pseudorasbora Parva*

Ki-Hong Kim, Jae-Hyun Yie, Kyoung-Hwan Joo, Joon-Sang Lee, Han-Jong Rim

Department of Parasitology and Institute, for Tropical Endemic Disease, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea

The distribution pattern of *Clonorchis sinensis* metacercaria in *Pseudorasbora parva* population and correlation between *P. parva* and metacercaria of *C. sinensis* were studied. The surveyed areas were Chomanpo and Bulamdong, Kim-Hae Gun which were endemic area of clonorchiasis, and Wansa, Sa-Chon Gun, Souh Kyong-Sang Do.

The results are as follows :

1) The areas of Chomanpo and Wansa showed high infectivity in 99-100% of infection rate and 282-308 of average infection number per fish. But the area of Bulamdong showed rela-

vely. low infectivity in 95.8% of infection rate and 44 of average infection number.

2) The distribution patterns of *C. sinensis* metacercaria in *P. parva* population which were collected in Chomanpo and Wansa were shown Poisson distribution and the distribution pattern in Bulamdong showed mid-pattern of shifting over

from Poisson distribution to Negative binomial distribution.

3) The correlation between *P. parva* length and average number of *C. sinensis* metacercaria in the present studied areas represented as direct proportion relationship.