

山梨県におけるミヤイリガイ个体群の消長

—自然増加と薬剤散布による減少のシミュレーション—

梶原 徳 昭

A Change of Population Density of *Oncomelania nosophora* in Yamanashi

Noriaki KAJIHARA

はじめに

山梨県における地方病（日本住血吸虫病）は、毎年の調査にもかかわらず過去10年間ヒト、中間宿主、保虫宿主のすべてに新たな感染は認められていない。しかし、今後の地方病再流行の監視事業を推進するためには、甲府盆地北西部を中心に残存するミヤイリガイへの対応策を検討する必要がある。

筆者は、監視事業の基礎資料とするため、報告されている既存のデータおよび筆者らの観察データに基づき、ミヤイリガイの自然増加と薬剤散布による減少を試算したので報告する。

方 法

ミヤイリガイの生理生態に関する文献および筆者らの観察データを基に、山梨における一般的な貝の生活史を決定し、下記のように増減の算定基準を仮定した。この基準にしたがって、産卵数の違いによる増殖過程と最大密度到達年数を試算した。さらに、毎年実施している殺貝効果判定の結果を加味して貝の減少過程を試算し、薬剤散布によるミヤイリガイ撲滅の可能性を検討した。

シミュレーションの条件^{1)~2)}

- 1 貝の寿命は約3年である。
- 2 産卵数は生息地の条件に影響されるが、ここでは、1産卵期の平均産卵数を80, 54, 23, 18個とした。
- 3 低温下では産卵数、孵化率共に著しく低下し、孵化

には水分条件が大きく影響する。山梨における産卵可能期間は、4月下旬～9月中旬の間と考えられる。

- 4 1産卵期は約50日間とされ、環境条件が良ければより長期にわたるが、稚貝率および出現時期から、本県水田での産卵のピークは6月下旬から8月上旬の間と考えられる。
- 5 気温水温共に10℃を越えると活動が開始され、極端な乾燥などの悪条件下以外では、25～30℃で最も活発となる。
- 6 本県の貝生息地における活動可能期間は、3月下旬～10月中旬の間と考えられる。
- 6 交尾の発現は、3～9月の間にみられるが、その頻度は5月と9月に高くなる。
- 7 稚貝が成熟するまでに要する期間は、平均値でみると春期から夏期の発生貝で3～4ヶ月、初秋期発生貝では4～5ヶ月である。
- 8 ミヤイリガイ(5mm<)の雌雄の比率は、雄：雌=1:1.1～1.4であり平均1:1.2である。
- 9 各发育段階の生存率は、伊藤¹⁶⁾による水田調査の死亡率を採用した。このデータは、他の調査に比して全体的にやや高い死亡率を示し、水田耕起の影響が見られる。

山梨におけるミヤイリガイの生活史

上記の条件から、山梨におけるミヤイリガイの生活史および、6月に1回の集中産卵を想定した場合の貝の成長過程を図1に模式的に示した。

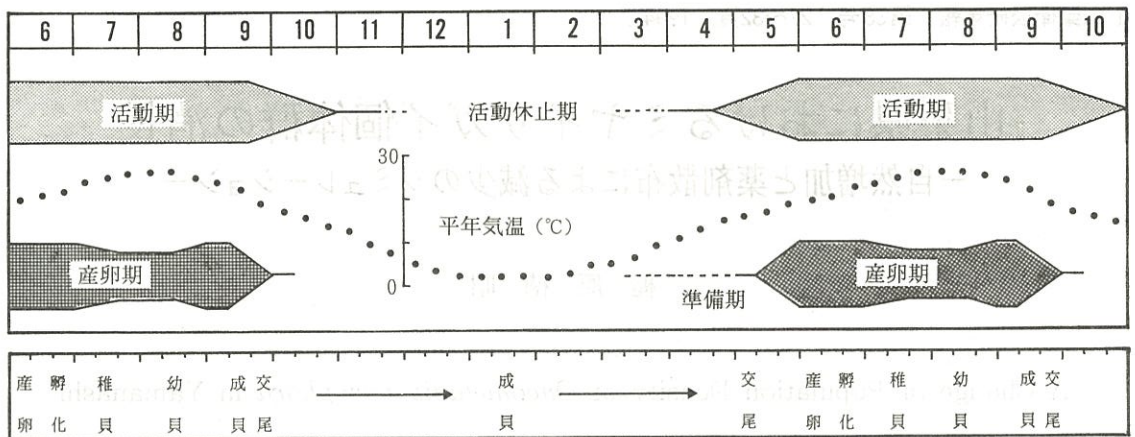


図1 山梨におけるミヤイリガイの生活史と6月に集中産卵を想定した場合の成長過程

結 果

1. 自然状態での個体数増加

成熟貝10匹が年1回6月に集中的に産卵した場合の増殖数の変化を検討する。

P=親貝数=10

E=産卵数=80, 54, 23, 18,

a=孵化率=0.86

b1=春夏期稚貝死亡率=48.2%; 生存率=0.52

b2=夏秋期稚貝死亡率=14.2%; 生存率=0.86

b3=冬春期稚貝死亡率=24.1%; 生存率=0.76

c1=春夏期幼若貝死亡率=69.8%; 生存率=0.30

c2=夏秋期幼若貝死亡率=38.6%; 生存率=0.61

c3=冬春期幼若貝死亡率=48.2%; 生存率=0.52

d1=春夏期成貝死亡率=53.0%; 生存率=0.47

d2=夏秋期成貝死亡率=31.1%; 生存率=0.69

d3=冬春期成貝死亡率=33.2%; 生存率=0.67

e=雌比率=0.55

(1) 生息密度が増殖に影響しない場合

A=増殖貝数

= 雌比率・親貝数・産卵数・孵化率・稚貝生存率

= $e \cdot P \cdot E \cdot a \cdot b1 = 0.2460PE$

B=秋の生存貝数

= 増殖貝数・幼若貝生存率・成貝生存率+生存親貝数

= $0.2460PE \cdot c2 \cdot d2 + P \cdot d1 \cdot d2$

生存率 = $0.1035PE + 0.3243P$

C=翌年春までの生存貝数 = $B \cdot d3 = 0.0693PE + 0.2173P$

1年後の貝数 = $0.0693PE + 0.2173P$

r=増殖率 $r = P(n+1)/Pn$

出発時の成貝数をP=10とすると $C = 0.693E + 2.173$
産卵数がE=80のとき $C = 55.44 + 2.17 = 57.61$,
 $r = 5.761$

同様に, E=54; $r = 3.960$, E=23; $r = 1.811$, E=18;
 $r = 1.465$

成貝10匹が年1回集中産卵した場合の増殖数の変化を図2に破線で示した。図のように, E=80では3年後に2,000匹に達するが, E=23では約9年後となる。

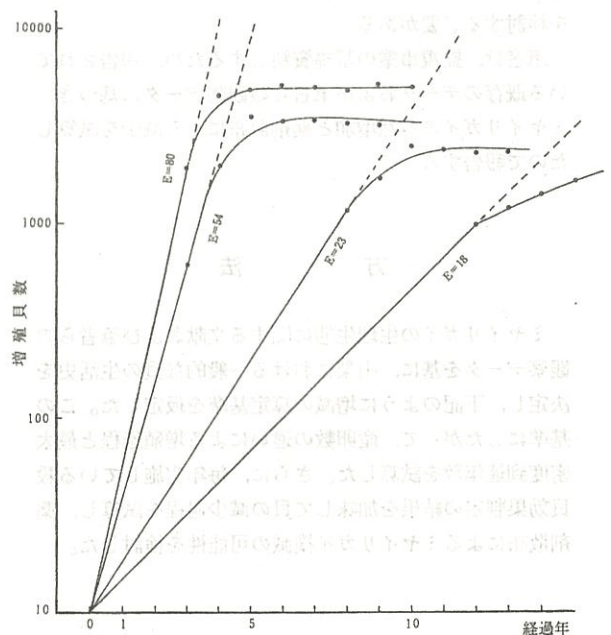


図2 産卵数の違いによるミヤイリガイの増殖

(2) 生息密度が増殖に影響する場合。

一般に自然界における生物は、過密を避ける手段として生息地域の拡大、移動、異なった食物の摂取などの積

極的対応と産卵や産子の減少などの消極的対応で過密の問題を切り抜けている²²⁾。

ミヤイリガイの主要な対応がいずれであるか明確ではないが、運動能力が比較的強く、集中分布すること^{23, 24)}、飼育環境下では明かな密度効果が現れることなどから、自然生息地においても生息密度の増加は産卵数の減少、生育速度の遅延、死亡率の増大などをもたらしていると考えられる。

そこで、自然状態により近い増殖様式を得るため、生息密度の上限から逆算して下記のような仮定を設けた。

この仮定では、密度増加に伴う成貝死亡率の増加は無視し、ミヤイリガイは主として産卵数の減少により過密に対応すると仮定している。

- 1 生息密度が1,000/㎡までは当初の産卵数と仮定する。
- 2 生息密度が1,000/㎡前後：産卵数は当初の80%に減少すると仮定。
- 3 生息密度が2,000/㎡前後：産卵数は当初の40%に減少すると仮定。
- 4 生息密度が3,000/㎡前後：産卵数は当初の20%に減少すると仮定。
- 5 生息密度が4,000/㎡以上：増殖率が1前後となるように、産卵数が $E=11\sim 12$ 、 $r=0.980\sim 1.049$ に減少すると仮定。

成貝10匹が年1回集中産卵し、密度効果が現れる場合の増殖数の変化を図2に実線で示した。破線は密度効果を考えない場合の増殖数の変化である。

図のように、 $E=80$ では4年後にほぼ5,000/㎡に達し、その後はこの密度を維持する。 $E=54$ では4年後に2,000/㎡となり、5年後には3,000/㎡を越えるが、仮定3を適用すると徐々に減少し、3,000/㎡前後で安定すると推定された。また $E=23$ では9~10年後に2,000/㎡に達し、安定密度は2,000/㎡前後と推定された。

今回設定した仮定のみによっても、産卵数の違いが安定密度の違いとして推定された。しかし、産卵数が生息密度だけでなく他の要因に影響されるならば、要因としての環境条件、対応する安定生息密度を新たな仮定として設定しなければならない。

2. 薬剤散布による個体数の減少

(1) 生息貝の全てが殺貝の対象となった場合

増殖を検討したのと同様に、春秋各1回の薬剤散布による個体数の減少を求めた。

P = 春期生息貝数：当初の生息貝数は成貝のみ5,000

匹とする。

E = 産卵数

X = 殺貝率：薬剤散布は貝の齢に関係なく同一の効果を示すと仮定するが、ここでは図2のように春期(4月下旬)および秋期(10月中下旬)の殺貝時には全ての貝は成貝となっている。

春期殺貝率 $=X1$ 、秋期殺貝率 $=X2$ とするが、殺貝率 X は両期とも同率 $X=X1=X2$ と仮定する。

f = 殺貝後の生残率 $=1-X$

A = 増殖貝数 $=0.2460PE$

F = 秋期殺貝前の生存貝数 = 増殖貝数 + 生残成貝数
 $=A \cdot f \cdot c2 \cdot d2 + P \cdot f \cdot d1 \cdot d2 = (0.1035E + 0.3243) \cdot f \cdot P$

G = 秋期殺貝後の生残数 $=F \cdot f = (0.1035E + 0.3243) \cdot f2P$

H = 翌春生存貝数 = 秋期殺貝後の生残数 \cdot 冬春期生存率

$= (0.1035E + 0.3243) \cdot f2P \cdot c3 = (0.0693E + 0.2173) \cdot f2P$

初年度 $P=5,000$ 、 $E=80$ 、 $X=90\%$ とすると、

$H = (0.0693E + 0.2173) \cdot f2P = (346.5E + 1086.5) \cdot f2$

増殖率 r は $r=0.0576$ 、

同様に $X=80\%$: $r=0.2305$ 、

$X=70\%$: $r=0.5185$

産卵数が80個($E=80$)であるような生息地において、殺貝率の違いによる生息貝数の減少経過を見たのが図3である。

図に見られるように、春秋2回の薬剤散布がいずれも90%の殺貝効果を示した場合でも、当初生息していた5,000匹の貝が1匹以下になるのは3年後となり、殺貝効果が70%台に低下すると、1匹以下になるのに13年を要すると推定された。

(2) 生息貝の一部が殺貝対象から除外される場合

山梨における春秋の殺貝実施時期は、春期は4月下旬から5月上旬、秋期は10月下旬が中心となっている。田植の時期も同一地域内で1カ月近くの開きがあり、生息地の環境条件は様々であるが、春期殺貝は水田への通水前におこなわれる。また、気温の上昇によりミヤイリガイはすでに活動期に入っているが、薬剤散布時には全ての貝が活動状態に入っていない。

秋期殺貝の適期は稲刈り直後であるが、実状は田植と同様にその時期がバラバラであり、薬剤散布が遅れると石垣や物陰に隠れる貝が増加するなど、有効な殺貝作業の実現にとって障害となる困難な条件が多い。この欠点を補うために繰り返し殺貝が実施されてきたが、最近ではその実施率は低下しているのが現状である。

このように水田における真の殺貝効果は、作業方法が

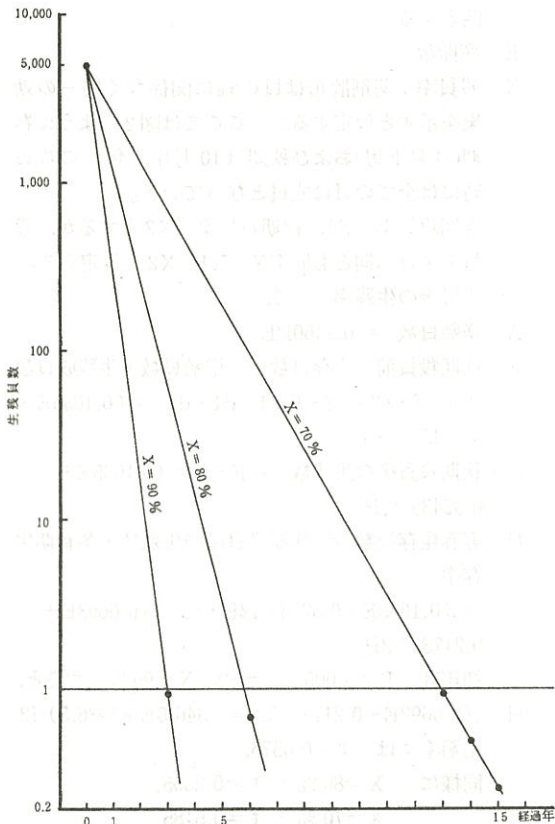


図3 殺貝率の違いによるミヤイリガイの減少
(産卵数80 (E=80)の生息地において全ての貝を
対象とし、年2回春秋に殺貝作業を実施した場合)

一定しているとしても、作業時期の貝の活動状態に左右され、すべての生息貝を殺貝対象とすることは難しい。実際の殺貝率は部分的に実施される殺貝効果判定の結果より低いことが予想される。

以上のことから、従来から実施している薬剤散布は、ミヤイリガイ生息数にある程度減少させることはできるが、作業によってその撲滅を図ることは図3に示した以上の長期間を要し、現実的には不可能と判断される。

考 察

(1) ミヤイリガイの増殖

自然生息地におけるミヤイリガイの産卵可能期間は4ヶ月にわたり、この期間を通じて、いずれかの雌により常に卵が産み続けられるため、様々な発育段階の貝が年間を通じて見いだされる^{4,11,16)}。また、生息貝に占める稚貝と幼貝の比率はおおむね9~11月に高率⁵⁾となることから、ミヤイリガイ6月下旬~8月にかけて産卵のピークを迎えるものと考えられる。

これらの観察結果は、6月に集中的に産卵するとした今回のシミュレーションの仮定とは異なっている。しかし、2~4月に採集した成熟貝は、9~11月採集の成熟貝に比して速やかに産卵を開始するだけでなく、その数も多いことが報告⁸⁾されている。この報告は、ミヤイリガイが既に春先には産卵可能状態(図1 準備期)にあって、生息地の環境条件によっては一斉に産卵を開始する可能性を示唆している。

稚貝が成熟するまでに要する期間は、平均値でみると春~夏期発生貝で3~4ヶ月、秋期発生貝では4~5ヶ月である¹⁷⁾。したがって、5月に発生した稚貝が発育条件に恵まれて成長したとすると、8月中旬には成貝(6.0mm<)に達し、水田内に水のある9月中旬までには産卵可能な状態になると推定される。この推定は、貝の性的成熟が始まるのが、雄では殻長5mm以上、雌では5.5mm以上であること、さらに、6.5mm雌貝の貯精のうち精子保有率は60%であり、輸卵管内に卵細胞が見られるのは6.5mm貝の約半数であること^{13,15)}からも妥当であろう。しかし一方で、産卵後の卵は孵化可能な状態に成熟するまでに、20~25Cで約20日を要する⁸⁾ことが知られており、新たに成熟した貝が産卵し、稚貝が孵化して越冬可能な段階(殻長2mm)に発育できるか否か¹¹⁾は、生息地及びその年度の環境条件に大きく依存するものと考えられる。

松田¹⁰⁾は、好適条件下であれば、貝は2年間に7代を経過できる能力を有していることを報告している。山梨においても、増殖率は低いと予想されるが、新成熟貝が年内に産卵する可能性も残されており、今回のシミュレーション以上に急激に増殖する地点が出現する可能性も残されている。

(2) ミヤイリガイの増殖に対する密度効果

個体数増加に密度効果が見られる場合の理論式はロジスティック式として知²⁰⁾られているが、ミヤイリガイについては詳細な実験データが不足しているため、逐次計算により概略を図示するにとどめた。

好適生息地(E=80)における最大密度5,000/m²を前提とした幾つかの仮定を基に試算すると、産卵数53と23の生息地では、それぞれほぼ3,000/m²、2,000/m²で安定密度に達すると推定された。

現在山梨に残存する主なミヤイリガイ生息地(韭崎市、八田村、竜王町、中富町)は、いずれも貝の繁殖に好適な条件を満たしている地域であるが、中でも竜王町・富竹新田の土壌は、生存繁殖に好適な自然土壌として知られている^{19,20,21)}。

これらの自然生息地でおこなった25cm枠法による密度調査では、300匹前後が最高密度であり²⁰⁾、約5,000匹/1m²(1/2cm²)に相当する。

自然界は短期間に様々な変化を見せ、ミヤイリガイの生息を規定する水分条件は、人為的な要因も加わってより短期間で一変することもしばしばである。筆者らは、比較的安定しているはずの水田地帯にもこの傾向がみられ、ミヤイリガイの生息地点が年毎に微妙に変化する一方、長期間にわたって多数の貝の生息が確認できる生息地点があること、さらに、5,000/1㎡に達する高密度生息地は、地域的のみならず同一休耕田内においても限極されていることを観察している^{24,26)}。

松田¹⁰⁾は、実験室内の閉鎖環境下において、飼育密度が1匹/10.5cm²(約1,000匹/㎡)になると産卵数の減少と成貝の死亡率が急激に増加することを報告している。密度効果が現れる生息密度は生息環境により異なると考えられるが、自然条件下においても貝の生存が物理的要因だけでなく生物的要因にも大きく影響されることを示唆している。

今回のシミュレーション結果と自然生息地における実態との異同を検討するため、条件の異なる生息地において、ミヤイリガイの増殖過程、産卵抑制の主要因などを解明することが今後の課題である。

(3) ミヤイリガイの減少

本県におけるミヤイリガイの増殖と生息地の拡大は、各種殺貝対策の実施により明かに抑制されている²⁷⁻³⁰⁾。しかし、1955年以降の生息面積の縮小は、水路のコンクリート化を含む土地利用形態の変化に負うところが大きく、1970年以降では薬剤散布との相関は認められなかった³⁰⁾。現在残存しているミヤイリガイ生息地はいずれも、貝にとって好適な条件を備えている。

図3に示したように、好適な生息地においても、すべての貝を対象にした春秋の殺貝率が90%であれば、生息数は急激に減少し3年後には0となることが期待できる。しかし、薬剤散布の適期である6~9月は農作物、農作業と競合するため薬剤散布は困難であり、従来の薬剤散布ではすべてのミヤイリガイを殺貝対象にすることは難しく、実質殺貝率90%を維持することは至難である。

仮に実質殺貝率を70%前後とすると、生息数0までには10年以上を要することになり、ミヤイリガイが生息適地に残存していることを考えると、薬剤散布によるミヤイリガイの撲滅は極めて困難と言わざるを得ない。

ま と め

年1回の集中産卵を仮定したシミュレーションの結果、ミヤイリガイ個体群の変化は以下のようにまとめることができる。

- 1) ミヤイリガイの産卵数が12個以上であるような環境条件を備えた生息地では個体数の増加が見られる。
- 2) ミヤイリガイに好適な生息地(E=80)では急速な生息貝数の増加が見られ、翌年にはほぼ6倍となり、4年後には5,000/㎡の安定密度に達する。
- 3) ミヤイリガイの産卵数が54個であるような生息地では、安定密度に達するのに5年を要し、その密度は3,000/㎡前後と推定された。
- また、産卵数が23個であるような生息地では、10年で安定密度に達し、その密度は2,000/㎡前後と推定された。
- 4) ミヤイリガイに好適な生息地(E=80)において、生息しているすべての貝を殺貝対象とし、春秋2回の薬剤散布のいずれもが殺貝率90%であった場合、ミヤイリガイは3年後に0となることが期待できる。
- 5) 従来の薬剤散布によって、実質90%の殺貝率を得ることは至難である。残存するミヤイリガイを撲滅するためには、より長期にわたっての勢力的殺貝作業が必要となり、実際的には薬剤散布による撲滅達成は不可能と言わざるを得ない。

引用文献

- 1) 杉浦三郎：日本病理学会雑誌，21，480~483(1931)
- 2) Sugiura, S.: Mit. Path. Inst. Med. Fukul. Niigata. Jap. 31, 18 (1933)
- 3) McMullen, D. et. al.: Amer. J. Hyg., 54, 402~415 (1951)
- 4) 川本修二：京都府立医大雑誌，55, 873~892 (1954)
- 5) 飯島利彦：ミヤイリガイ 山梨県寄生虫予防会 (1960)
- 6) Wong, C.L. and Wagner, E.D.: Amer. J. of Trop. Med. & Hyg., 6, 949~959 (1957)
- 7) Otori Y. and Ritchie L.S.: 寄生虫誌，3, 38~42 (1954)
- 8) 野島尚武：熱帯医学，15, 23~35 (1973)
- 9) 松田 肇：寄生虫誌，18, 523~529 (1969)
- 10) 松田 肇：寄生虫誌，20, 481~489 (1971)
- 11) 岡本謙一：寄生虫誌，9, 701~705 (1960)
- 12) 飯島利彦：寄生虫誌，8, 1~15 (1959)
- 13) 橋本 魁：寄生虫誌，9, 42~48 (1960)
- 14) 中尾舜一，田中隆文：日本生態学会誌，8, 101~106 (1958)
- 15) 橋本 魁：寄生虫誌，8, 76~80 (1959)
- 16) 伊藤洋一：寄生虫誌，19, 494~507 (1970)
- 17) 保阪幸男ら：寄生虫誌，8, 745~747 (1959)
- 18) 橋本 魁：寄生虫誌，8, 951~957 (1959)

- 19) 二瓶直子：寄生虫誌, 27, 345~355 (1978)
- 20) 二瓶直子：寄生虫誌, 27, 463~472 (1978)
- 21) 二瓶直子：寄生虫誌, 27, 515~526 (1978)
- 22) 内田俊郎：動物の人工論 日本放送出版協会 (1972)
- 23) 真喜屋清：寄生虫誌, 29, 293~304 (1980)
- 24) 梶原徳昭, 岸本里香：山梨衛公研年報, 38, 20~26 (1994)
- 25) 伊藤嘉昭, 村井 稔：動物生態学研究法, 古今書院 (1978)

- 26) 梶原徳昭ら：未発表データからの推測は結果は目録 (1989)
- 27) 葉袋 勝, 梶原徳昭：山梨衛公研年報, 33, 18~22 (1989)
- 28) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 31~34 (1990)
- 29) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 35~42 (1990)
- 30) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 36, 19~27 (1993)

参考文献

1) 佐藤正雄：日本寄生虫学会誌, 21, 493~493 (1967) S. Sato, J. Parasitol. Soc. Japan 21, 493-493 (1967)

2) 梶原徳昭, 岸本里香, 山梨衛公研年報, 38, 20~26 (1994) T. Kawahara, S. Kimura, S. Yamanashi J. Parasitol. Soc., 38, 20-26 (1994)

3) 梶原徳昭：寄生虫誌, 27, 463~472 (1978) T. Kawahara: Parasitol. Soc. Japan 27, 463-472 (1978)

4) 梶原徳昭：寄生虫誌, 27, 515~526 (1978) T. Kawahara: Parasitol. Soc. Japan 27, 515-526 (1978)

5) 梶原徳昭：寄生虫誌, 29, 293~304 (1980) T. Kawahara: Parasitol. Soc. Japan 29, 293-304 (1980)

6) 梶原徳昭, 岸本里香：山梨衛公研年報, 38, 20~26 (1994) T. Kawahara, S. Kimura: S. Yamanashi J. Parasitol. Soc., 38, 20-26 (1994)

7) 伊藤嘉昭, 村井 稔：動物生態学研究法, 古今書院 (1978) I. Ito, N. Murai: Animal Ecology Research Methods, Kinokuniya (1978)

8) 梶原徳昭：寄生虫誌, 27, 345~355 (1978) T. Kawahara: Parasitol. Soc. Japan 27, 345-355 (1978)

9) 梶原徳昭：寄生虫誌, 27, 463~472 (1978) T. Kawahara: Parasitol. Soc. Japan 27, 463-472 (1978)

10) 梶原徳昭：寄生虫誌, 27, 515~526 (1978) T. Kawahara: Parasitol. Soc. Japan 27, 515-526 (1978)

11) 内田俊郎：動物の人工論 日本放送出版協会 (1972) N. Uchida: Artificiality of Animals, Nippon Broadcasting System (1972)

12) 真喜屋清：寄生虫誌, 29, 293~304 (1980) M. Makinouchi: Parasitol. Soc. Japan 29, 293-304 (1980)

13) 梶原徳昭, 岸本里香：山梨衛公研年報, 38, 20~26 (1994) T. Kawahara, S. Kimura: S. Yamanashi J. Parasitol. Soc., 38, 20-26 (1994)

14) 伊藤嘉昭, 村井 稔：動物生態学研究法, 古今書院 (1978) I. Ito, N. Murai: Animal Ecology Research Methods, Kinokuniya (1978)

15) 梶原徳昭ら：未発表データからの推測は結果は目録 (1989) T. Kawahara et al.: Unpublished Data and Inference from the Results of the Survey (1989)

16) 葉袋 勝, 梶原徳昭：山梨衛公研年報, 33, 18~22 (1989) Y. Hagiwara, T. Kawahara: S. Yamanashi J. Parasitol. Soc., 33, 18-22 (1989)

17) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 31~34 (1990) T. Kawahara et al.: S. Yamanashi J. Parasitol. Soc., 34, 31-34 (1990)

18) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 35~42 (1990) T. Kawahara et al.: S. Yamanashi J. Parasitol. Soc., 34, 35-42 (1990)

19) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 36, 19~27 (1993) T. Kawahara et al.: S. Yamanashi J. Parasitol. Soc., 36, 19-27 (1993)

寄生虫誌, 27, 345~355 (1978) 梶原徳昭ら：未発表データからの推測は結果は目録 (1989) 葉袋 勝, 梶原徳昭：山梨衛公研年報, 33, 18~22 (1989) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 31~34 (1990) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 35~42 (1990) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 36, 19~27 (1993)

山梨衛公研年報, 38, 20~26 (1994) 伊藤嘉昭, 村井 稔：動物生態学研究法, 古今書院 (1978) 梶原徳昭ら：未発表データからの推測は結果は目録 (1989) 葉袋 勝, 梶原徳昭：山梨衛公研年報, 33, 18~22 (1989) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 31~34 (1990) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 35~42 (1990) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 36, 19~27 (1993)

おとま

山梨衛公研年報, 38, 20~26 (1994) 伊藤嘉昭, 村井 稔：動物生態学研究法, 古今書院 (1978) 梶原徳昭ら：未発表データからの推測は結果は目録 (1989) 葉袋 勝, 梶原徳昭：山梨衛公研年報, 33, 18~22 (1989) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 31~34 (1990) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 34, 35~42 (1990) 梶原徳昭ら：山梨衛公研年報, 36, 19~27 (1993)