

吸虫類感染動態解析に関する研究

1. 沖縄宮古島での *Centrocestus formosanus* 感染調査

矢野 原 良 民

(昭和59年10月23日 受領)

Key words: *Centrocestus formosanus*, *Centrocestus armatus*, *Melanoides tuberculatus*,
Transmission dynamics, Incidence, Antagonism

寄生虫感染においては中間宿主の感染率は感染動態と直接関与する点で重要である。しかし吸虫類の第1中間宿主貝類での感染率をみると、大半は非常に低く、感染動態を解析する時の数値的根拠を与えないが、一部の吸虫感染においてその感染率が高い時にその解析が可能となる (Anderson, 1982)。即ち陸生動物を終宿主とする吸虫類においては、その第1中間宿主貝類での自然感染率は、一般に非常に低く1%以下であるが、例外としては人の住血吸虫症流行地でみるように、貝の生息が人間の生活圏と重複する時に限って10%前後の貝の感染率をみる。更に水生動物或いは魚類を好む野禽・水禽類を終宿主とする吸虫類感染でみると、終宿主と貝類の生息域が重複しているため、やはり貝類での高い自然感染率をみる。これらの高い自然感染率から季節変動の解析がなされている。いずれにしろ、生活史からみると、たとえば第1中間宿主貝類では感染率が低くても、貝内で増殖した多数のセルカリアは第2中間宿主の魚類・甲殻類で急激に濃縮され高い感染率(時に100%近い)で終宿主に移行する機会を持つ。このような中間宿主を介しての感染動態について詳しく数量的にみた報告は住血吸虫症の疫学調査にみることができる (Jordan and Webbe, 1982) が、その解析は十分ではない。

Centrocestus formosanus はカワナ類を第1中間宿主、淡水魚類を第2中間宿主、鳥類を終宿主とする腸管内寄生虫である。本種による養殖ウナギの大量斃死事件 (矢野原・影井, 1983) を契機に、沖縄宮古島の東仲宗根において、本吸虫の第1・第2中間宿主、終宿主間での感染状況を調べた。並行して第1中間宿主としてのヌノ

メカワニナの高い自然感染率の背景になっている環境要因、生物学的要因を調べた。その結果、この水系が寄生虫感染の感染動態の中核にある貝類の吸虫類感染機会を詳しくみる疫学条件を具備することが分かったので、その疫学調査の結果について報告する。

以上に加え、本研究の調査地において研究対象の *C. formosanus* の他、近縁種の *C. armatus* を検出したので併せて報告する。これらは台湾及び本邦に見い出される *Centrocestus* 属5種内の2つであり、他3種と同様に鳥類の腸管寄生虫で、人を含む哺乳動物に容易に感染する。そこでこれら5種間における虫種の分類学的独立性と分布並びにこれらの人畜共通寄生虫症としての意義についても考察した。

材料と方法

調査地宮古島は海拔100m以下の低い台地で、地質的には第三紀泥板岩層の表面をサンゴなどによって形成された新期石灰岩の平坦面が海上に隆起してできたものである。位置的には北緯25°付近にあり台湾から東方に約450km離れる亜熱帯性気候の島である (Fig. 1)。宮古島の年間の降雨量は約2,000mmで、月平均気温は6~8月で26~29°Cと上昇し、12~2月で16~18°Cと20°C以下になることはあるが、総じて本土のように激しい月間差をみない。調査水域 (Fig. 2) の1つの水系の上流は宮古島台地の麓、東仲宗根にある湧水を水源に毎分約1,000lの水量で始まる。観察地点として先ず、幅5m水深2~3mの流れが緩やかな観察地点A、次いで50m下流の地点B、更にその200m下流の地点Cを選んだ。地点Bは本研究の主たる観察の場であり、幅2m水深10~15cmで、流れは中央部で30~40cm/secと比較的速い。地点Cは幅1~1.5m水深15~20cmで流れが緩や

本研究は一部文部省科学研究費一般研究(C)59570170及び総合研究(A)59372001の補助を受けた。
鹿児島大学医学部医動物学教室

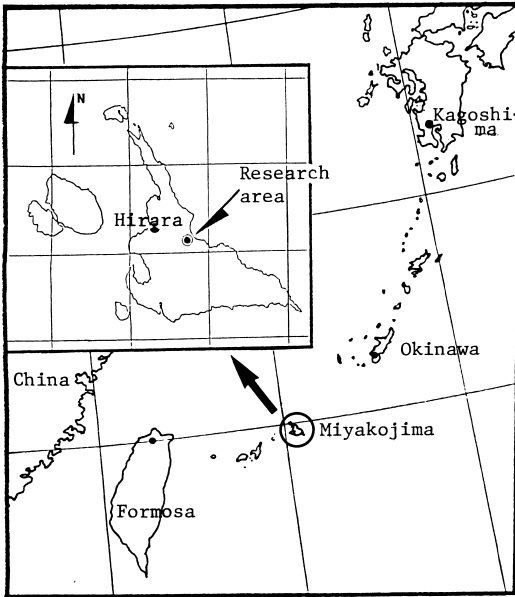


Fig. 1 Map of Miyakojima, Okinawa.

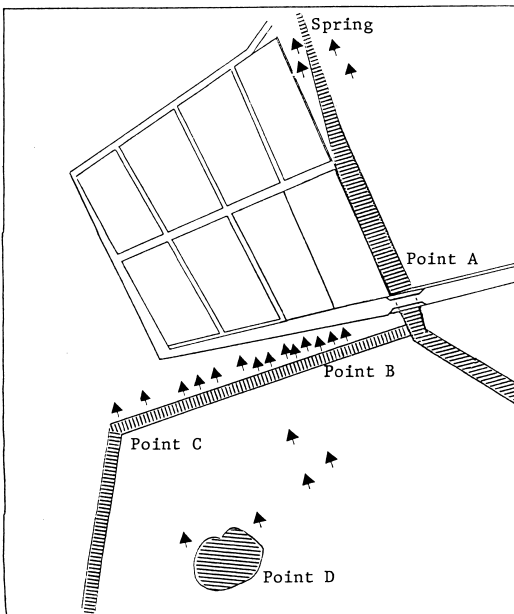


Fig. 2 Brief map of research area (Higashinakasone, Miyakojima).

かである。これとは別の水系で池底に湧水がある、直径15m中央最深部で5mの池を地点Dとし、調査対象とした。湧水温度は年間22~24°Cで地点Aの水温は7~8月で24~26°C、12~1月で21~23°Cと季節差が少な

く、従って、月間差及び日内差もほとんどない。しかし地点B、更に地点Cまでいくと、地表や外気の温度の影響を受けて±1~2°Cの水温の日内変動がみられる。地点Dは地点Aと同じ温度の水が徐々に湧いており、池底では22~24°Cであるが、表層30cmまでは外気温、日照の影響を強く受ける。

調査は第1段階として、1982年に前記の地点A~Dにおいて *C. formosanus* の第1中間宿主の貝類と第2中間宿主の魚類及び終宿主の鳥類と野鼠における感染状況を調べた。その結果に基づいて、観察地点Bのみにおいて、1983年2月から1984年6月まで2カ月間隔で貝類の調査を重点的に行った。

採集した貝類は実験室に持ち帰り、種類別に殻長計測後、小シャーレに1個ずつ水浸させ27°C、24時間後実体顕微鏡下で遊出セルカリアの有無を調べ、セルカリアの種類を記載した。スポロシスト、幼若レジアの段階でセルカリアの出なかった貝は更に2カ月間水槽飼育(25°C)した後、同様にセルカリアを遊出させて陽性貝の検出を行った。得られたセルカリアのうち、特に *Centrocestus* 属吸虫のセルカリアについては眼点の位置、腺細胞の数を観察した。更にこれらをグッピー *Poecilia reticulata*、ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*、モツゴ *Pseudorasbora parva*、フナ *Carassius auratus* に実験感染させ、充分発育したメタセルカリアについて排泄嚢の形と頭棘の数を調べて虫種の同定を行った。

捕獲した魚類は体長計測後エラを取り出し二枚のスライドガラスで圧平して、顕微鏡下で *Centrocestus* 属吸虫のメタセルカリアの寄生数とその発育程度をみた。捕獲した鳥と野鼠については、腸管に寄生する *C. formosanus* 虫体を生食水中に遊出させ、30°C、4時間後実体顕微鏡下にて回収した。

結果

1. 淡水産貝類及び魚類の種類

観察地点Aでは貝類としてカワニナ *Semisulcospira libertina* を散見する以外にトウガタカワニナの1種 *Thiara* sp. (1) が少数みられた。魚種はグッピー *Poecilia reticulata*、ハゼ類 *Gobiidae* がみられ、そのうちのグッピーでは多数が群を成して生息する。

地点Bでは貝類としては高密度(500~1000個/m²)にヌノメカワニナ *Melanoides tuberculatus* が生息し、他にイボアヤカワニナ *Tarebia granifera obliquigranosa* (150~300個/m²) が、トウガタカワニナの1種 *Thiara* sp. (2) (20~50個/m²)、カワニナ *S. libertina*

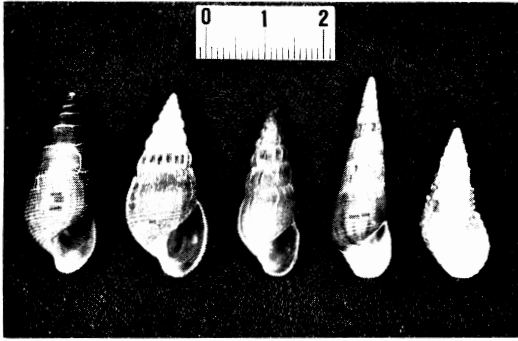


Fig. 3 Five snail species (from left; *Semisulcospira libertina*, *Thiara* sp. (1), *Thiara* sp. (2), *Melanoides tuberculatus*, and *Tarebia granulifera obliquigranosa*) obtained in Higashi-nakasone, Miyakojima.

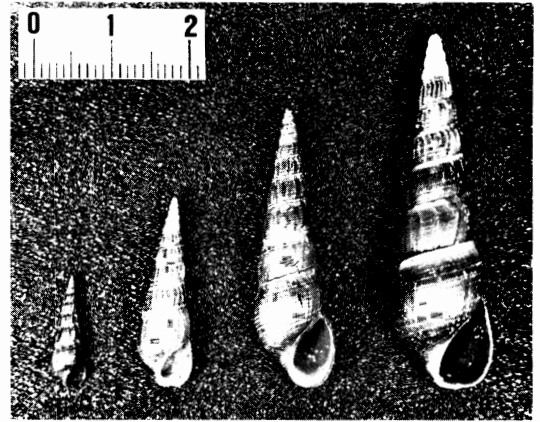


Fig. 4 Various sizes of *Melanoides tuberculatus*.

(5~10個/m²) が生息し、混在して匍匐していた。停水域にグッピーをみることもあるが非常に少ない。

地点Cではヌノメカワニナとイボアヤカワニナが生息し、その密度は夫々地点Bの2倍程度と超高密度であった。グッピーが無数に生息する。

地点Dは貝類としてヌノメカワニナ、イボアヤカワニナの2種が生息し、前者は低密度(岸边で10~20個/m²)で、後者は更に低密度で生息する。無数のグッピーの他、フナ *Carassius auratus* が散見される。

夫々の貝種は Fig. 3 に示した。

2. ヌノメカワニナの生態

ヌノメカワニナは殻長18mm 前後になると1日数個の稚貝を放出する卵胎生の貝である。カルシウムに富むサンゴ砂上に生息するヌノメカワニナは Fig. 4 にみられるように殻頂が無傷で育ち40mm を越えるものも珍しくない。

更に亜熱帯の本調査地では貝の発育が年間を通じてみられる。Fig. 5は1月と7月に15, 20, 25, 30, 35, 40 mm の殻長に近い大きさの貝を夫々50~400個、マニキ

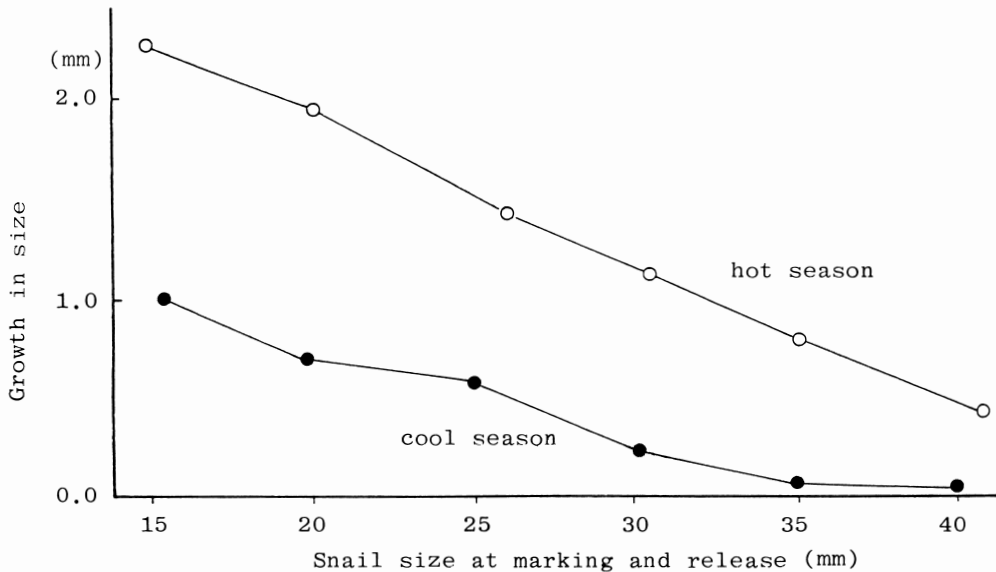


Fig. 5 Growth of variously sized *Melanoides tuberculatus* between capture and recapture one month after marking and release during hot and cool seasons. Snails were released in July and January, respectively.

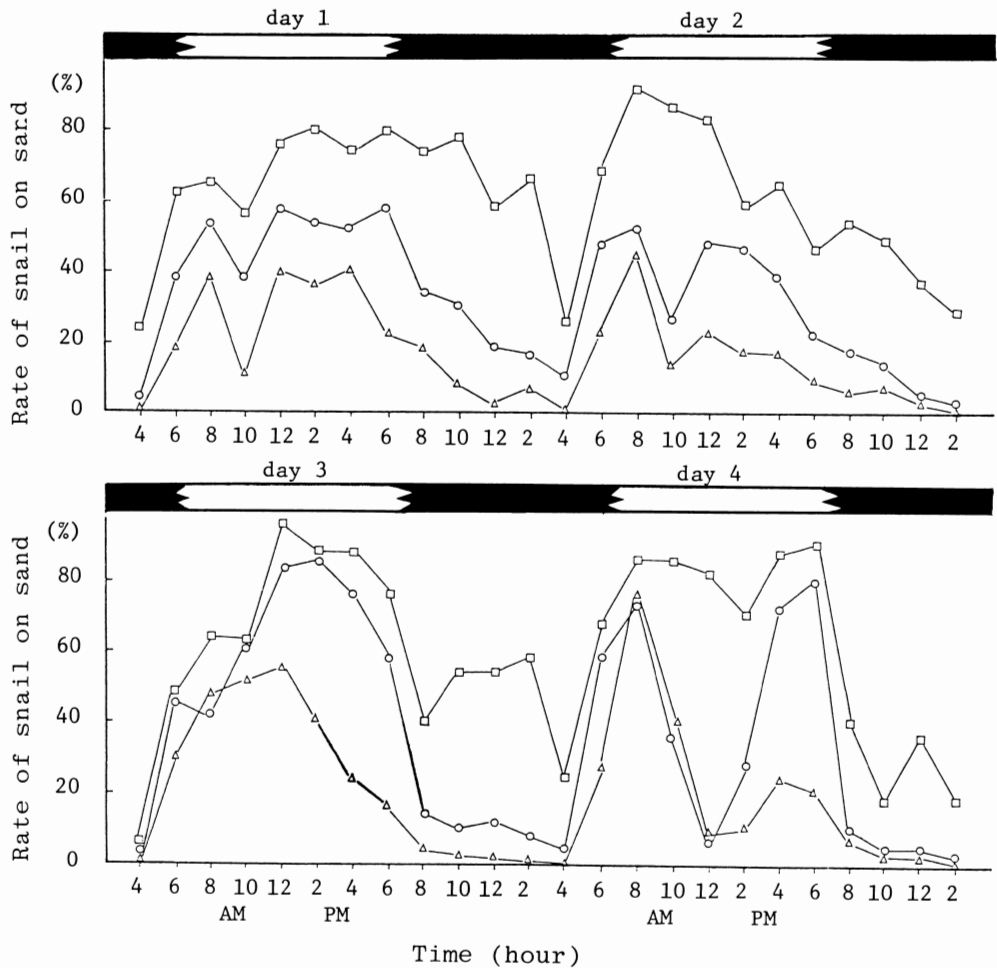


Fig. 6 Rhythmic appearance of three groups (□: snails with 30mm, ○: 20mm, △: 10mm) of *Melanoides tuberculatus* on sands for 4 consecutive days. Weathers on days 1-4 were fine, fine, cloudy and cloudy, respectively. All the snails were placed inside a one meter square iron-frame on coral sands in the steam early in the morning one day before day 1.

キュアで標識した後地点Bに放流し、1カ月後再び回収して殻長の増加をみた成績である。1カ月後の回収は放流数の20~40%が可能であった。平均15mmの貝群は7月で2.2mmの急速な成長があり、1月でも1.0mmの成長があった。20mm以上の貝群になると発育速度は徐々に緩やかになるが7月では40mmの貝でも良好な発育がみられた。

Fig. 6は貝が砂に潜る性質(潜砂性)をみたもので、砂上で活動上の貝の数の時間的推移をみた。観察地点Bにおいて貝の殻長(10, 20, 30mm)の異なる3つのグループ毎に夫々マニキュアで標識した後、1m四方の枠内に観察前日の朝方より投入し、1晩放置した後午前

4時から観察を開始した。いずれの時間においても殻長10, 20, 30mmの順に砂上で活動するものの割合が多くなる。概して早朝6時から砂上に現われ午前8時には多数が砂上にいる。その後晴の日(day 1, day 2)には午前10時に一時的に砂の中に潜り(砂中休止)、その後12時に再び砂上で活動が盛んになる。一方曇の日(day 3, day 4)には晴の日にみられた午前10時の砂中休止が12時(day 4)に移動したり、不明瞭(day 3)になる。貝は日没後には徐々に砂上から姿を消し翌日の午前4時にはほとんどが砂の中に潜る。いずれにしても30mmの貝群は日中砂に潜ることはほとんどない。

ヌノメカワニナに日周期の潜砂性の存在が明らかにな

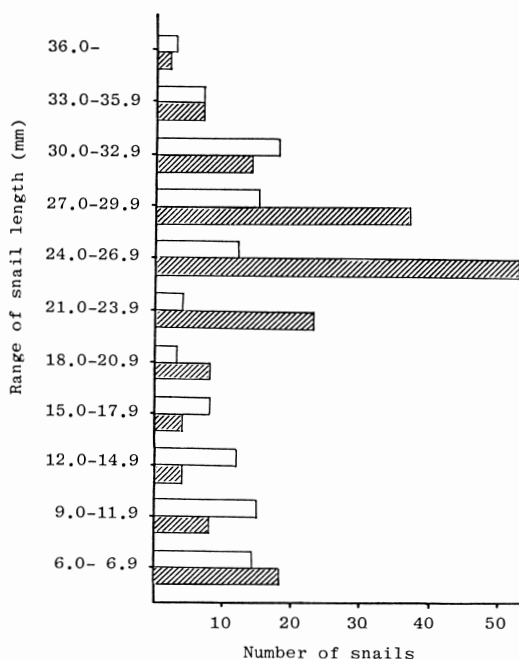


Fig. 7 Size distribution of population for *Melanoides tuberculatus* at two different foci (▨, □) of 30 cm square.

ったことから、単位面積（30cm 四方）あたりの砂上及び砂中の全ての生息数を大きさ別にみた。Fig. 7は地点Bの異なった2カ所での大きさ別生息貝数の度数分布である。2カ所で共に、18~20mmの成貝になるまで減少していくが、それ以上で逆に個体数は増加し、第1の測定個所では24~27mmの貝群に大きなピークを、第2では30~33mmの貝群に小さなピークを認めた。

3. 貝類の *Centrocestus* 属吸虫感染

a). 第1期調査

1982年2月と8月に地点A~Dにおいて採集した全ての貝類の吸虫類感染をみた結果を Table 1に示した。*C. armatus* については地点Aに生息するカワニナのみ2%（8月）の感染率をみた。一方、*C. formosanus* については全ての地点で採集されたいずれかの貝種にその寄生をみた。即ち地点Aではトウガタカワニナ（1）に6%の感染率で、その他の地点ではヌノメカワニナに21~76%の高率に *C. formosanus* の感染をみた。*C. formosanus* 及び *C. armatus* のセルカリアは Fig. 8（1a, 2a）にあるように眼点の位置、腺細胞の数が夫々7対と4対と異なることで容易に鑑別できる。

Centrocestus 属以外の吸虫類についてはヌノメカワ

ニナでは4種、トウガタカワニナ(2)で2種、イボアヤカワニナで2種の吸虫類セルカリアを検出したが未同定であるので一括した感染率を示した。

C. formosanus と貝種の関係についてみると、地点Bではヌノメカワニナに40%以上の高い感染があるにもかかわらず、カワニナ、イボアヤカワニナ、トウガタカワニナ(2)に全くその感染をみなかった。このことから *C. formosanus* はこれら3種には感染しないように思われる。

一方、*C. armatus* については地点Aのカワニナに少数が感染していたが、地点Bのカワニナには調べた範囲内ではその感染がみられなかった。

貝の大きさに注目してみると、Table 1に示すように夫々の検査貝は成貝であり又その中でも大きな貝が採集されていることに気づく。本研究の材料である *C. formosanus* とそれが多数感染しているヌノメカワニナについては貝の生態学的観察から砂上にいる大きな貝だけでなく砂の中に潜っている小さな貝を含む全てを採集することにより真の自然感染率を得られると考え次の観察を行った。

b). 第2期調査

調査は地点Bにおいてヌノメカワニナに限って行った。1983年2月、4月、6月の3回にわたって予備的に貝の大きさを考慮せず砂上及び砂中からヌノメカワニナを採集し検査したその結果を Table 2に示す。便宜的に9~18mmの未成貝と18~30mm及び30mm以上の成貝に分けてみると、30mm以上の貝群では50~68%の高い感染率がみられ、先の Table 1での地点Bのヌノメカワニナの感染率（42%、59%）と同様な結果である。一方18mm以上の成貝でみると、6月になって感染貝は急に少なくなった。これには18~30mmの成貝群が示す感染貝の減少が反映している。

このことから引き続いて8月より1984年の6月まで2カ月毎に砂上及び砂中から無作為に1,000~3,000個の大量のヌノメカワニナを採集して *C. formosanus* の感染をみた。その結果を3mm間隔で大きさ別の貝群に分け、夫々の感染率を求めたのを Table 3に示した。いずれの時期でも12mm未満のヌノメカワニナには全く感染がみられなかった。12mm以上の貝の中から感染したものがみられるが、いずれの時期でも21mm以下のものの感染率は高くなかった。それ以上の大きさになると急速に感染率が上昇し始め、30mm以上になると、年間を通じて高い感染率を保持していた。詳細にみると21~24mmの貝群で2月と4月では特に急激に感染率が上昇してい

Table 1 Prevalence of trematode infection in fresh-water snails in the Higashi-nakasone area of Miyakojima, Okinawa on Feb. and Aug., 1982

| Feb. 1982 | | | | | Aug. 1982 | | | | |
|---|------------|-----------------------|-------------|---------|-----------|------------|-----------------------|-------------|---------|
| No. exam. | Snail size | No. (%) infected with | | | No. exam. | Snail size | No. (%) infected with | | |
| | | <i>Centrocestus</i> | other trem. | total | | | <i>Centrocestus</i> | other trem. | total |
| Point A | | | | | | | | | |
| <i>Semisulcospira libertina</i> * | | | | | | | | | |
| 52 | 25.1±2.2 | 0(0) | 0(0) | 0(0) | 249 | 33.1±2.9 | 4(2) | 0(0) | 4(2) |
| <i>Thiara</i> sp. (1)† | | | | | | | | | |
| / | / | / | / | / | 32 | 29.2±2.6 | 2(6) | 0(0) | 2(6) |
| Point B | | | | | | | | | |
| <i>Semisulcospira libertina</i> | | | | | | | | | |
| 7 | 24.0±1.7 | 0(0) | 0(0) | 0(0) | 50 | 26.9±2.3 | 0(0) | 0(0) | 0(0) |
| <i>Melanoides tuberculatus</i> † | | | | | | | | | |
| 200 | 30.8±3.7 | 83(42) | 55(28) | 138(69) | 140 | 34.6±2.9 | 82(59) | 51(36) | 133(95) |
| <i>Thiara</i> sp. (2) | | | | | | | | | |
| 53 | 23.5±2.7 | 0(0) | 9(17) | 9(17) | 110 | 25.1±2.6 | 0(0) | 24(22) | 24(22) |
| <i>Tarebia granulifera obliquigranosa</i> | | | | | | | | | |
| 24 | 19.1±1.6 | 0(0) | 0(0) | 0(0) | 26 | 19.6±1.5 | 0(0) | 1(4) | 1(4) |
| Point C | | | | | | | | | |
| <i>Melanoides tuberculatus</i> † | | | | | | | | | |
| 300 | 27.5±3.0 | 228(76) | 23(8) | 251(84) | 370 | 33.1±2.9 | 141(38) | 52(14) | 193(52) |
| Point D | | | | | | | | | |
| <i>Melanoides tuberculatus</i> † | | | | | | | | | |
| 86 | 29.2±3.5 | 33(38) | 22(26) | 55(64) | 150 | 32.9±3.3 | 31(21) | 52(35) | 83(55) |
| <i>Tarebia granulifera obliquigranosa</i> | | | | | | | | | |
| 100 | 24.2±2.3 | 0(0) | 0(0) | 0(0) | 115 | 25.0±2.7 | 0(0) | 2(2) | 2(2) |

* infected with *C. armatus*

† infected with *C. formosanus*

る。大きさ別の感染率を暑い時期(6~10月)と涼しい時期(12~4月)で分けて図示したのが Fig. 9である。6~10月の貝群と比べて12~4月のものは感染率曲線からは明らかに24~27mmにもう一つのピークをもつ2峰性である。

更に別の観点から、特徴的な感染率の推移を示す24~27mmの貝群、30mm以上の安定して高率を示す貝群、そして採集した全ての大きさの貝群の3者について年間について年間推移をみたのが Fig. 10である。24~27mmの貝群が示す感染率のパターンは明らかな季節変動を示し、貝の感染の機会と関係があると思われる。全ての大きさの貝群が示すパターンは8月に最も低くなる緩やか

な季節変動が窺われる。30mm以上の貝群では常に高い感染率ながら4月に更に高くなる傾向があったが季節変動としては明白でない。

さて *C. formosanus* 以外の吸虫類については特に36mm以上の貝群では10, 12月で夫々28/84, 16/46と感染が高く、その時の *C. formosanus* の感染が相対的に夫々32/84, 16/46と50%を割っている。虫種について、増加した他種吸虫類の大部分は *C. formosanus* のレディアよりも強力な咽頭を持つレディアのものであった。

4. 魚類の *Centrocestus* 属吸虫感染

グッピー、ハゼ類、フナを採集したが検査は多数群でいるグッピーについて1982年2, 4, 8, 12月に各地点

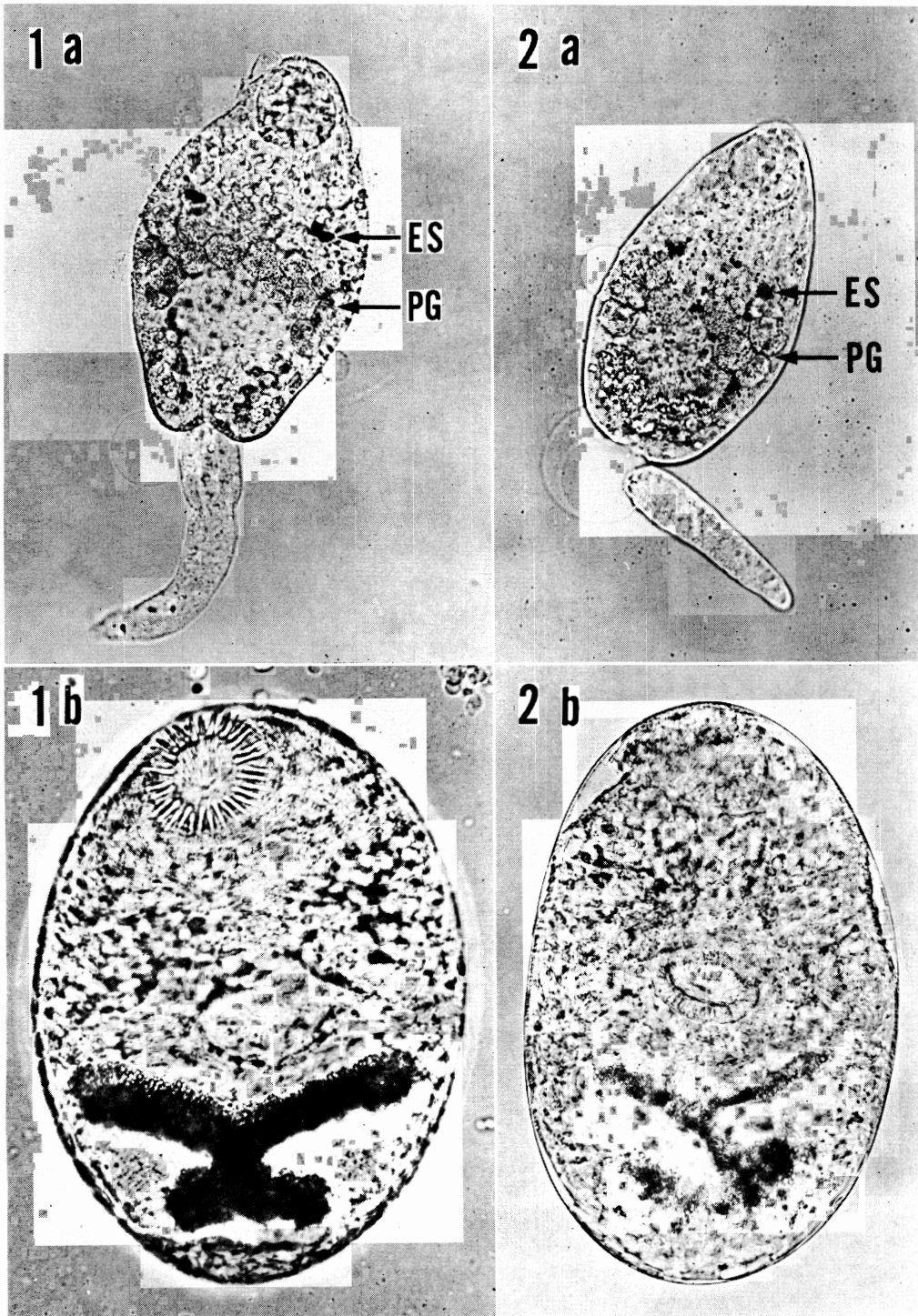


Fig. 8 Cercariae (1a, 2a) and metacercariae (1b, 2b) of *Centrocestus formosanus* (1-) and *C. armatus* (2-). ES, eye spot; PG, penetration gland.

Table 2 Prevalence of *Centrocestus formosanus* infection in *Melanoides tuberculatus* by size

| Snail size (mm) | No. infected / No. examined (%) | | |
|-----------------|---------------------------------|--------|--------|
| | Feb. | Apr. | June |
| 9-18 | 0/42 | 1/61 | 1/176 |
| | (0.0) | (1.6) | (0.6) |
| 18-30 | 4/23 | 4/22 | 11/138 |
| | (17.4) | (18.2) | (8.0) |
| 30- | 11/22 | 13/19 | 15/24 |
| | (50.0) | (68.4) | (62.5) |
| Adult (18-) | 15/45 | 17/41 | 26/162 |
| | (33.3) | (41.5) | (16.0) |
| Total | 15/87 | 18/102 | 27/338 |
| | (17.2) | (17.6) | (8.0) |

毎に常に100尾捕獲して、特に詳しく行った。尚地点Dのフナ20尾（8月捕獲）の全てのエラに多数の *C. formosanus* のメタセルカリアを認めた。ハゼ類については十分な個体数が得られず全く検査してない。

Table 4 に示したように地点A以外では、ほとんど全てのグッピーが *C. formosanus* に感染している。Fig. 11はグッピーのエラに多数の *C. formosanus* メタセルカリアが寄生している状況を示したものである。Fig. 8 (1b) は典型的な同種メタセルカリアである。 *C. armatus* の感染がカワニナにみられた地点Aからのグッピーにおいてはそのメタセルカリアは全く検出できなかった。実験的には *C. armatus* のセルカリアはグッピー (0/50)、フナ (0/20) には感染せず、モツゴ (20/20)、ドジョウ (20/20) によく感染し、Fig. 8 (2b) がドジョウより得られたメタセルカリアである。地点Aからのグッピーでは約25%に *C. formosanus* の感染がみられたが、一尾あたりの寄生数は少ない。A地点での *C. formosanus* のメタセルカリア感染はトウガタカワニナ (1) 由来と思われる。

地点C及びDに生息しているグッピーのエラでのメタセルカリアの発育程度をみると、Table 4に示すように、眼点を有しX字状の排泄囊を有しない未熟なメタセルカリアの占める割合は全数の20%を越えていた。先の実験的なセルカリア感染を行ったグッピー、フナでの発育過程では15日前後 (25°C) でメタセルカリアは眼点を消

失することから、ここでは年間を通じていつも新しい感染が起こっていることが推測できた。

5. 鳥類・野鼠の *Centrocestus* 属吸虫感染

鳥類の捕獲は種々の困難性がある。サギ類、ヨシゴイ類は禁猟鳥であり特にゴイサギは国の保護鳥でもあるので、入手は極めて限られた。即ち Table 5は3カ年にわたって観察できた鳥類について得た結果である。

宮古島での鳥類の種類と飛来時期については久貝・山本 (1981) の報告が詳しい。渡り鳥であるゴイサギ *Nycticorax nycticorax nycticorax* (Fig.12(1)), コサギ *Egretta garzetta garzetta*, チウサギ *Egretta intermedia intermedia*, ダイサギ *Egretta alba alba* のうち、6羽全部のゴイサギと5羽中1羽のコサギの腸管に *C. formosanus* の寄生をみた。一方留鳥であるリュウキュウヨシゴイ *Ixobyrychus cinnamomeus* (Fig. 12(2)) の3羽中1羽にもその感染をみた。検査した虫体のなかには *C. armatus* をみなかったが混在の可能性は充分にある。全てのゴイサギで5,000~10,000隻、リュウキュウヨシゴイで約470隻の虫体を検出できた。Fig. 13は主な終宿主とみられる鳥類の季節的飛来 (久貝・山本, 1981) を作図したものである。

ネズミトラップで捕獲したクマネズミ、ハツカネズミの夫々25、5頭は全て *Centrocestus* 属吸虫には感染していなかった。実験的には、ラット (5/5)、ハムスター (10/10)、犬 (2/2) に容易に感染し、特にハムスターでは多数 (5,000) のメタセルカリアの感染が可能であった。

考 察

吸虫類の中間宿主貝類での感染率を調査する時、貝の大きさが感染率に直接影響することはよく経験する。即ち意識的に大きな貝を採集することで人為的に感染率がよく観察される。本研究においても第1期の貝類調査では寄生虫種をみる目的から比較的採集のし易い大型貝に偏る傾向があった。このような採集法は一般的に実施されており寄生虫の新しい分布や新寄生虫の検出の際には有意に説明する感染率を示すが、感染動態を追求する目的では余りに多くの誤差が貝の採集法そのものに含まれていて、感染動態の解析が非常に困難である。事実、Webbe (1962) や Parperna (1968) は貝におけるビルハルツ住血吸虫の高い感染率は生息密度が低い時に、即ち大きな貝だけが採集される時にみられるが、たとえ貝の高い感染率を示しても、必ずしも人への感染疫学上の高い重要性和結びつかないとしている。貝類における吸虫感染の疫学で貝の大きさを要因として重視した報告に

Table 3 Results of survey on prevalence of trematode (*C. formosanus* and others) infections in *Melanooides tuberculatus* as tabulated by snail size and examination month

| Size of snail (mm) | Date of Collection and examination | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------------|-------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-------------|
| | 1983 | | | 1984 | | | 1984 | | | 1984 | | |
| | Aug. | Oct. | Dec. | Feb. | Apr. | June | Aug. | Oct. | Dec. | Feb. | Apr. | June |
| 6-9 | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| 9-12 | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| 12-15 | 3 (0.7) | 0 (0) | 1 (0.6) | 178 (1.0) | 0 (0) | 0 (0) | 25 (1.0) | 0 (0) | 0 (0) | 104 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| 15-18 | 5 (0.5) | 0 (0) | 1034 (0.9) | 9 (0.3) | 0 (0) | 299 (0.3) | 1 (1.2) | 0 (0) | 84 (3.0) | 0 (0) | 268 (1.3) | 0 (0) |
| 18-21 | 21 (4.9) | 2 (0.5) | 432 (4.1) | 58 (1.7) | 8 (0.2) | 1432 (1.7) | 1 (1.7) | 467 (1.7) | 0 (0) | 569 (3.0) | 1 (0.1) | 1 (0.4) |
| 21-24 | 14 (10.5) | 1 (0.8) | 133 (10.4) | 50 (4.4) | 6 (1.3) | 479 (11.7) | 22 (11.7) | 188 (0.5) | 1 (0.3) | 338 (22.8) | 6 (0.8) | 3 (0.6) |
| 24-27 | 12 (23.1) | 2 (3.8) | 52 (18.4) | 27 (18.4) | 5 (3.4) | 147 (3.4) | 25 (24.3) | 2 (1.9) | 103 (1.9) | 30 (36.6) | 2 (1.3) | 9 (4.8) |
| 27-30 | 18 (29.5) | 2 (3.3) | 61 (23.0) | 29 (23.0) | 6 (4.8) | 126 (4.8) | 22 (19.8) | 0 (0) | 111 (0) | 7 (22.6) | 1 (2.1) | 6 (7.9) |
| 30-33 | 22 (62.9) | 1 (2.9) | 35 (70.5) | 67 (70.5) | 2 (2.1) | 95 (2.1) | 35 (43.8) | 3 (3.8) | 80 (3.8) | 5 (33.3) | 1 (3.7) | 2 (4.3) |
| 33-36 | 17 (68.0) | 2 (8.0) | 25 (72.0) | 72 (72.0) | 4 (4.0) | 100 (4.0) | 49 (66.2) | 4 (5.4) | 74 (5.4) | 10 (62.5) | 0 (0) | 1 (4.5) |
| 36- | 9 (52.9) | 6 (35.3) | 17 (38.1) | 32 (38.1) | 28 (33.3) | 84 (33.3) | 16 (34.8) | 16 (34.8) | 46 (34.8) | 5 (50.0) | 1 (8.3) | 1 (4.3) |
| Adult (18-) | 113 (15.0) | 16 (2.1) | 755 (13.6) | 335 (13.6) | 59 (2.4) | 2463 (2.4) | 177 (16.6) | 27 (2.5) | 1069 (2.5) | 151 (14.2) | 1 (0.1) | 23 (2.0) |
| Total | 121 (5.2) | 16 (0.7) | 2340 (9.0) | 344 (9.0) | 60 (1.6) | 3816 (1.6) | 180 (10.7) | 27 (1.6) | 1690 (1.6) | 152 (12.9) | 1 (0.1) | 23 (1.6) |

Note: The first column indicated below each month shows results on *C. formosanus*, the second column on other trematodes and the third column No. examined. Figures in parentheses show %.

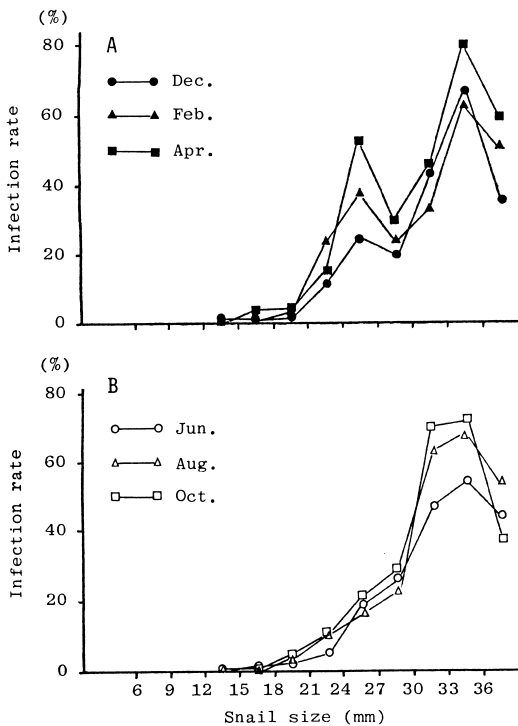


Fig. 9 Prevalence curves of *Centrocestus formosanus* infection by size in *Melanoides tuberculatus* during cool (A) and hot (B) seasons.

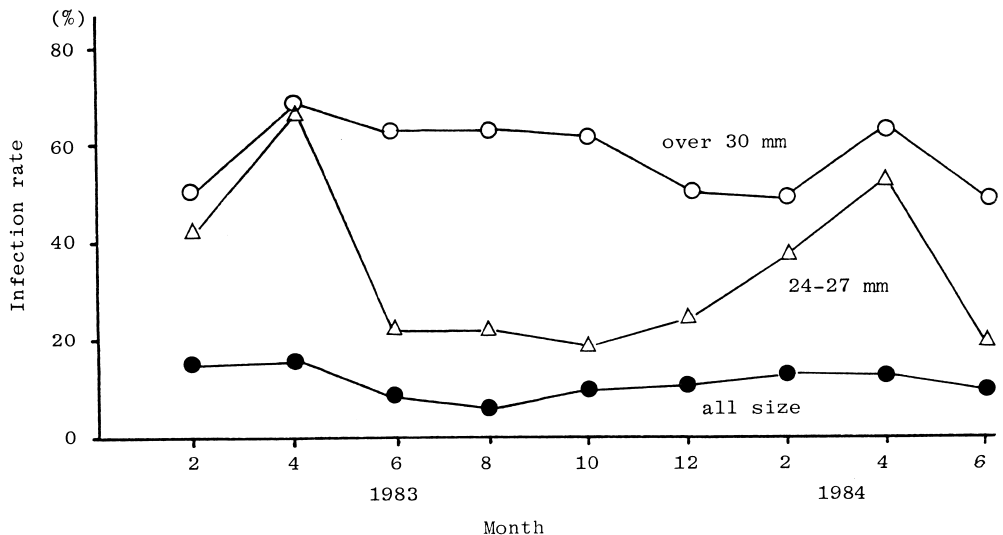


Fig. 10 Annual variations of infection of *Melanoides tuberculatus* with *Centrocestus formosanus* in groups of three different sizes.

は伊藤ら (1959), Webbe (1962), 影井(1966), Parperna (1968), 赤羽ら (1971), Upatham *et al.*, (1981), Fashuyi (1981) のものがあるが, 貝の感染率, 生息密度, 貝の大きさ等の互いの有機的関係からは充分に感染動態の解析がなされているとはいえない。

本研究では貝採集法の基本的検討を行った後, 感染動態に關する要因分析を詳しく行った。貝における吸虫類感染に季節変動があるのはよく知られている。感染率が季節変動する原因には先ず第1に貝の生息地への感染源の移動, 即ち終宿主の季節的移行ないし飛来がある。第2に貝と虫卵あるいはミラシジウムとの接触機会に影響する水量の季節変動, 第3に貝の生息数の季節変動がある。第4に四季あるいは乾雨季での水温・水質の変動, 第5にアンタゴニストとして作用する他種吸虫類の繁殖の季節変動がある。

以上の5つの主要な要因のうち第1の終宿主の移動は動物, 特に鳥類の回帰行動が問題となる。本研究では *C. formosanus* は自然界で鳥類のみに感染しており, この第1要因は重要視された。

第2の水量については本研究では年間ほぼ一定でその影響はない。

第3の貝の生息数の変動については第2の水量の変動とも関連がある。典型的には住血吸虫流行地での *Biomphalaria* あるいは *Bulinus* の貝種で知られている。即ち, 雨季後で水位が高い時には貝の生息数は少ない

Table 4 Infection of guppies with *Centrocestus formosanus* metacercariae

| Time and location of observation | No. of fishes examined | No. positive | Total no. of metacercariae | No. (%) of immature metacercariae* |
|----------------------------------|------------------------|--------------|----------------------------|------------------------------------|
| Feb., 1982 | | | | |
| A | 100 | 25 | 39 | 0(0) |
| C | 100 | 100 | 4311 | 1412(33) |
| D | 100 | 88 | 710 | 140(20) |
| Apr., 1982 | | | | |
| A | 100 | 24 | 44 | 11(25) |
| C | 100 | 97 | 5046 | 1487(29) |
| D | 100 | 99 | 878 | 203(23) |
| Aug., 1982 | | | | |
| A | 100 | 27 | 38 | 7(18) |
| C | / | / | / | / |
| D | 100 | 91 | 522 | 155(30) |
| Dec., 1982 | | | | |
| A | 100 | 23 | 37 | 5(14) |
| C | / | / | / | / |
| D | 100 | 92 | 444 | 143(32) |

* Immature metacercaria was that with eye-spots but without X-shaped excretory vesicle.



Fig. 11 Many metacercariae of *Centrocestus formosanus* in gills of the second intermediate host, guppy.

が、やがて停水域で熱帯環境下に植相が質量とも充実すると、世代長の短いこれらの貝類の生息数は急速に増加する。生息数の増加と水量の減少が同時に進行し、生息密度が最大になる。更に水量が少なくなると貝の生息に不適となり、乾季の終りには大きい貝だけが生き残るようになる。しかし本研究では年間を通じて水量がほぼ一定で、貝の生息数も常に高密度で目立った変動はなかった。又調査水域には天敵となるカニが多数生息し、貝の摂食数は少なくないが、極めて高い貝の生息密度が常に

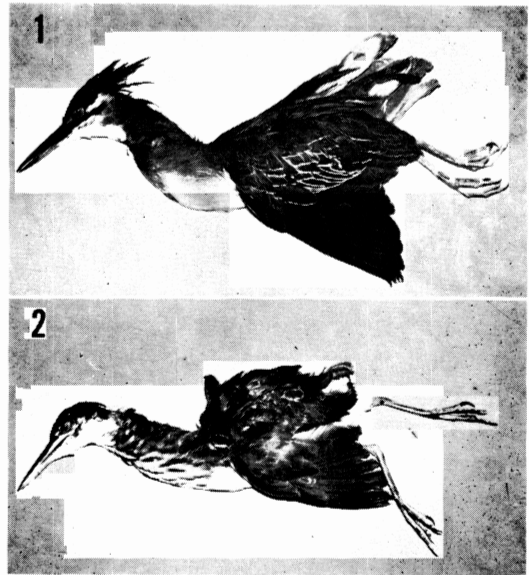


Fig. 12 Night-heron (1) (wing span, 30cm) and cinnamon-bittern (2) (14cm) serving as the natural final hosts of *Centrocestus formosanus*.

維持されているのでその影響は考慮しなかった。

第4の水温・水質の変動は貝の増殖や吸虫卵の発育・生死と関係する。本調査地では水源が地下水で水温・水

Table 5 Infection of *Centrocestus* species in birds

| Bird species | No. of birds examined | No.(%) positive |
|--|-----------------------|-----------------|
| Migratory birds | | |
| Night-heron (<i>Nycticorax nycticorax nycticorax</i>) | 6 | 6(100) |
| Little egret (<i>Egretta garzetta garzetta</i>) | 5 | 1(20) |
| Plumed egret (<i>Egretta intermedia intermedia</i>) | 2 | 0(0) |
| Great white egret (<i>Egretta alba alba</i>) | 1 | 0(0) |
| Resident bird | | |
| Cinnamon bittern (<i>Ixobryhus cinnamomeus</i>) | 3 | 1(33) |

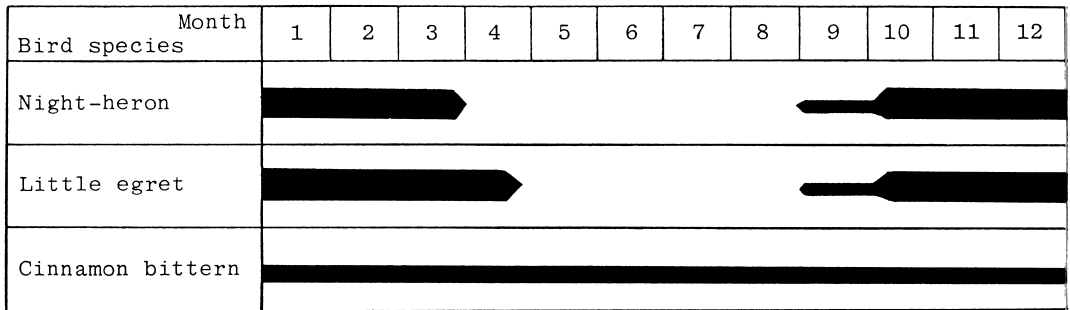


Fig. 13 Annual appearance and frequency of migratory and resident birds (qualitative data from Kugai and Yamamoto, 1981)

質とも年間を通して安定し、調査水域の流水は湧水直後の水温の $\pm 1 \sim 2^\circ\text{C}$ であるに過ぎない。

第5のアンタゴニストの存在は Lim and Heyneman (1972) によってその重要性が強調されている。本研究でも Table 3 にあるように36mm 以上の貝において10, 12月に *C. formosanus* の感染率が35%前後と、30~36mm の貝群が示す60%前後に比べると著明に低く、代りに *C. formosanus* より強力な咽頭を持つ他種吸虫のレディアが寄生しているのが観察された。これから他吸虫類のレディアが *C. formosanus* のスポロシストあるいはレディアを食食するというアンタゴニストとしての役割を考えざるを得ない。しかし何故36mm 以上の貝群でこの現象が出現したかは不明である。36mm 以上の貝の個体数が全採集数に占める割合で3%以下と低いので、本研究で以下に行う考察には第5の要因は支障にならない。

以上からこの調査地水系では終宿主の鳥の定期的飛来

が貝の感染率の季節変動を起こす唯一の大きな要因とみなされた。

このような背景に、ヌノメカワニナの *C. formosanus* の感染状況をみると、貝の大きさを問わずに採集した貝全ての感染率の月別推移は、4月をなだらかな山の頂上とするパターンを示し、18mm 以上の成貝の感染率は不規則なパターンになり、更に30mm 以上の老成貝のそれは4月にやや感染率が高いようにみえるが明確なピークはない。ところが24~27mm の貝群が示す月別感染率の推移 (Fig. 10) は鳥の飛来 (Fig. 13) と一致するものである。同じような変動が21~24mm の貝群でもみられるが、そのピークは2月にあり、24~27mm での4月と時間的なずれがある。貝の発育速度と貝内でのセルカリアまでの発育期間 (1カ月半) を考慮すると、21~24あるいは24~27mm の貝群が示す感染率の月別推移はヌノメカワニナの *C. formosanus* の感染の機会に関連しているようにみえる。このような、ある大きさの貝

群の感染率が *C. formosanus* による感染機会に関連して季節変動する原因には2つの事が考えられる。1つはこの吸虫に対して貝の感受性がある大きさの前後で非常に差があることであり、2つにはこの貝種では小さな貝群は強い潜砂性をもつという生態的特徴があることである。特に後者の潜砂性については特に幼若貝では砂に潜り、吸虫の虫卵あるいはミラシジウムとの接触機会が少ないことが考えられる。今回はヌノメカワニナの大きさ別の感受性の差が基本にあつて貝の潜砂性等の生態が関与して24~27mmの貝群の感染率の推移が独特のパターンを呈したと思われ、今後は貝の大きさ別の感受性の差等の詳しい観察が必要である。

C. formosanus の第1中間宿主としては、錦織(1924)はカワニナ類5種をあげており、その後伊藤(1963)、小宮(1965)は台湾・日本で *C. armatus* と同様にカワニナ *Semisulcospira libertina* であるとし、Yamaguti(1975)は *Melanoides tuberculatus chinensis* 及び *Melania* spp. であるとしている。これらは錦織(1924)による所見と、Chen(1942)の観察を考慮している。錦織(1924)のあげた5種のカワニナのうち2種(*Melania libertina*, *Melania reiniana*)は現在ではカワニナ *Semisulcospira libertina* のシノニムとされており、台湾に広く分布する *Melanoides formosensis* や *Melanoides tuberculatus* (本研究のヌノメカワニナ)等が記載されていないことなど、貝分類上多くの疑問点があると思われる。

いずれにしても本研究では、*C. armatus* はカワニナ *S. libertina* のみに感染があり、*C. formosanus* はヌノメカワニナ *M. tuberculatus* に高度の感染が、トウガタカワニナの一つで未同定の *Thiara* sp. (1)にわずかに感染が確認され、この2種吸虫が第1中間宿主を明確に別にすることが認められた。

更に *Centrocestus* 属吸虫では終宿主が主として魚を摂取する鳥類であることから、その吸虫の分布・分散は鳥の行動、生活圏によって非常に影響されると思われる。即ち媒介する貝が存在すれば陸上・海上を問わず非連続的にその吸虫が分布する可能性がある。事実、本研究での地点Aにみられるように、*C. armatus* によるカワニナの感染はあるが好適な第2中間宿主の魚類がおらず、吸虫の生活史が完結しないこともあり得た。

さて、*C. armatus* 及び本研究で中間宿主がより明らかになった *C. formosanus* 以外には3種の *Centrocestus* 属吸虫が知られているが、この3種ではそれらの第1中間宿主の貝種が全く不明である。

形態分類上は *C. formosanus kurokawai*, *C. nycticoracis*, *C. asadai* について前2者は *C. armatus* と相似し、後1者は *C. formosanus* に酷似するが、これら3種の独立性はもっぱらメタセルカリアの頭棘の数が鑑別点であった。

以上のことを総括すると、*Centrocestus* 属吸虫の種類と分布については全国的疫学調査の必要があり、これら5種類の *Centrocestus* 属吸虫と、各種淡水あるいは汽水性の貝種と魚種との種々の組み合わせによる感受性試験が夫々の中間宿主の決定あるいは *Centrocestus* 属5種吸虫の独立性を検討する上で必要がある。

Centrocestus 属吸虫は鳥類が終宿主であるが、人を含む哺乳動物に容易に感染するのは田部(1922)、錦織(1924)、青景(1956)、三島(1959)の人体試験、又本研究の動物実験感染で窺い知ることができる。本吸虫メタセルカリアは魚類のエラに寄生しているので人への感染機会は少ないと考えられるが、大量感染の機会(ドジョウの踊り食い等)も考えられるので、人畜共通寄生虫症の1つとして注意する必要がある。

ま と め

沖縄宮古島の東仲宗根地区の水系にて肉食性の鳥類を終宿主とする吸虫種 *Centrocestus formosanus* を指標に第1中間宿主のカワニナ類、第2中間宿主の淡水魚類、そして渡り鳥あるいは留鳥の感染状況を調べた。又それらの自然生息の背景となっている環境要因を観察分析し、以下の知見を得た。

① 調査水系はサンゴ砂質で、カワニナ類の発育に適し、又地下水を水源とし、水質、水温、水量がほぼ一定しているので、カワニナ類が年間を通して安定して大量に増殖生育している。又感染源である渡り鳥が一定時期(主に冬期)にのみ回帰生息するので、貝への感染時期が限られ、貝での吸虫感染動態の観察、解析が容易であった。

② 第1中間宿主ヌノメカワニナ *M. tuberculatus* の2カ月毎の周年採集調査で、*C. formosanus* は12mm以下の未成貝では感染がないが、殻長18mm以上の全成貝ではほぼ15%前後、30mm以上の大型成貝では50%以上の感染率を常に示しており、貝の成長に伴う感染の蓄積が認められた。

2カ月毎の採集時期別に、貝のサイズ別にみた感染率の年間推移では、6、8、10月の採集では、前記の貝の成長に伴う感染の蓄積を示す曲線(ピークが33~36mm)が示されたが、12、2、4月の採集では、24~27mm

の貝群での感染率のピークが別に認められ、この時期、このサイズの貝に急激な感染の機会の増すことが窺われた。

この点を、全採集貝、24~27mm の貝、30mm 以上の貝の3群についての年間推移曲線の比較から、24~27mm の貝群のみが、4月にピークを示す特徴的な感染率の推移を示す季節変動を指摘でき、終宿主鳥類(渡り鳥)の調査地への回帰時期に一致すると考えられた。

③ 感染貝が多数生息しているこの水系で捕獲されたグッピーは全て濃厚なメタセルカリアの感染がみられた。幼若メタセルカリアが毎回の調査で20%を越すので、年間を通じて継続的に感染が起っていると考えられた。入手できたゴイサギ(渡り鳥)の全て(6/6)の腸管に大量(5,000匹以上)の *C. formosanus* が寄生していた。一方リュウキュウヨシゴイ(留鳥)には3羽中1羽に500匹以下の寄生がみられた。

④ 尚、本水系には、ヌノメカワニナ以外にカワニナ *S. libertina* 及びトウガタカワニナの1種 *Thiara* sp. (1)も生息しているが、*C. formosanus* はヌノメカワニナに濃厚に寄生し、*Thiara* sp. (2)には僅かに寄生がみられた。カワニナには *C. formosanus* の寄生はみられず、*C. armatus* の中間宿主となっていることが確認された。

稿を終るにあたり、本研究の直接の御指導を頂いた鹿児島大学医学部医動物学教室佐藤淳夫教授および野島尚武助教授に、また数々の貴重な御助言を頂いた鹿児島大学名誉教授故今井貞彦博士、平田国雄博士に深甚の謝意を表します。更に実験、観察に協力を頂いた神里忠司、船井聡彦の両氏、当医動物学教室の野田伸一、内川隆一の両助手に感謝致します。

本論文の要旨は、第52, 53回日本寄生虫学会総会及び XI International Congress for Tropical Medicine & Malaria において発表した。

文 献

- Anderson, R. M. (1982) : Epidemiology. In *Modern Parasitology*, ed. by F.E.G. Cox. Blackwell Scientific Publications, London, 204-251.
- 青景金吾 (1956) : 瀬戸内海中国地方海域の半鹹水産魚類に於ける吸虫類の研究. 東医事新誌, 73, 217-224.
- 赤羽啓栄・原田行雄・大島智夫 (1971) : 肝蛭症の予防に関する研究. 第1報 中部高冷地におけるヒメモノアラガイの発育と体内の肝蛭幼虫寄生状況. 寄生虫誌, 20, 72-80.
- Chen, H. T. (1942) : The metarercaria and adult of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924), with notes on the natural infection of rats and cats with *C. armatus* (Tanabe, 1922). *J. Parasitol.*, 28, 285-298.
- Fashuyi, S. A. (1981) : Effect of seasonal changes on trematode infection and transmission potentials of natural populations of freshwater snails. *Acta Parasitol. Polonica*, 28, 109-116.
- 伊藤二郎・望月 久・野口政輝 (1959) : 静岡県下のカワニナに寄生する吸虫類幼生の研究. 寄生虫誌, 8, 913-922.
- 伊藤二郎 (1963) : メタ ゴニムスおよび其の他の異形吸虫類. 日本における寄生虫学の研究3. 編集, 森下 薫, 小宮義孝・松林久吉. 目黒寄生虫館, 171-237.
- Jordan, P. and Webbe, G. (1982) : Epidemiology. In *Schistosomiasis*, ed. by p. Jordan and G. Webbe. William Heinemann Medical Books, London, 227-292.
- 影井 昇 (1966) : 横川吸虫症の疫学的研究. II. 第1中間宿主カワニナ類における横川吸虫セルカリアの疫学的研究. 公衆衛生院研究報告, 15, 25-37.
- 小宮義孝 (1965) : 日本および近接地域のメタセルカリア. 日本における寄生虫学の研究5. 編集, 森下 薫・小宮義孝・松林久吉. 目黒寄生虫館, 1-309.
- 久貝勝盛・山本 晃 (1981) : 宮古群島の鳥類目録. 沖生教研会誌, 14, 15-29.
- Lim, H. K. and Heyneman, D. (1972) : Intra-molluscan inter-trematode antagonism : a review of factors influencing the host-parasite system and its possible role in biological control. In *Advances in Parasitology*, Vol. 10, ed. by Ben Dawes. Academic Press, London & New York, 191-268.
- 三島輝章 (1959) : *Centrocestus* 属吸虫の一新種並其の発育史に関する研究. 東医事新誌, 76, 291-299.
- 錦織正雄 (1924) : 一新吸虫スタムノゾーマ, フォルモザースム (*Stamnosoma formosanus* n. s.) 並ニ其ノ発育史ニ就テ, 台湾医誌, 234, 181-228.
- Parperna, I. (1968) : Studies on the transmission of schistosomiasis in Ghana. II. The infection rate of snails at transmission sites. *Ghana Med. J.*, 7, 63-70.
- 田部 浩 (1922) : 淡水産魚類ヲ中間宿主とする吸虫類ノ研究. 第一 新腸寄生虫 *Stamnosoma armatum* n. g. n. sp. 京医会誌, 19, 239-252.

- 17) Upatham, E. S., Koura, M., Ahmed, M. D. and Awad, A. H. (1981): Studies on the transmission of *Schistosoma haematobium* and the bionomics of *Bulinus (Ph.) abys-sinicus* in the Somali Democratic Republic. Ann. Trop. Med. Parasitol., 75, 63-69.
- 18) Webbe, G. (1962) : The transmission of *Schistosoma haematobium* in an area of Lake Province, Tanganyika. Bull. Wld. Hlth. Org., 27, 59-85.
- 19) Yamaguti, S. (1975) : A synoptical review of life histories of digenetic trematodes of vertebrates. Keigaku Publishing, Tokyo, 590 pp with 219 plates.
- 20) 矢野原良民・影井 昇 (1983): *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) のメタセルカリアに関する研究— I. 養殖ウナギにおけるメタセルカリアの鰓寄生と異常斃死. 魚病研究, 17, 237-241.

Abstract

ON ANALYSIS OF TRANSMISSION DYNAMICS OF TREMATODE INFECTION
1. *CENTROCESTUS FORMOSANUS* INFECTION IN MIYAKOJIMA, OKINAWA

YOSHITAMI YANOHARA

(Department of Medical Zoology, Faculty of Medicine,
Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan)

Surveys of *Centrocestus formosanus* in snails, fishes, and birds and rodents were carried out at 3 points along a stream and 1 point of a pond in Higashi-nakasone, Miyakojima, Okinawa.

Both of *Melanooides tuberculatus* and *Thiara* sp. (1) were found to be infected with *C. formosanus*, while only *Semisulcospira libertina* with *C. armatus*. Guppies captured were infected with tremendous number of *C. formosanus* metacercariae, 20 % of which were immature, showing heavy continuous infection. All of 6 night-herons, migratory birds, were heavily infected with more than 5,000 *C. formosanus*, while one of 3 cinamon-bitterns, resident birds, were lightly infected.

A total of 13,301 snails, *Melanooides tuberculatus*, from one target among 4 points were examined for detection of *C. formosanus* cercariae at intervals of two months for one and a half years. The infection rate in the snails was found to increase with snail size when examined in June, Aug. and Oct.. It also increased with snail size at each survey conducted in Dec., Feb. and Apr., but with a small peak around size of 24-27mm. Further, monthly prevalence rates in old snail groups over 30mm were always more than 50 %, whereas those in snail groups over 18mm were around 15 %. As for a snail group of 24-27mm, however, monthly prevalence rate corresponded with the appearance of final hosts, migratory birds such as night-heron, and annual rate-pattern raised its curve in Dec. and Feb., and peaked in Apr.