

秋川上流域におけるナガレタゴガエルの生命表 の作成及び水位と流下行動の相関関係について

2005年

三輪 時男
元、東京農工大学大学院 研究生

| | | |
|-----|--|----|
| 第1章 | 研究の概要..... | 5 |
| 第1節 | ナガレタゴガエル調査研究のこれまでの経緯・背景..... | 5 |
| 1 | 2000年度迄の調査研究..... | 5 |
| 2 | 本書の研究内容と位置づけ..... | 5 |
| 3 | 研究動機と研究意義・背景..... | 6 |
| 第2節 | ナガレタゴガエルの生態的特徴..... | 8 |
| 1 | 1年間の生活期区分、及び、生活史..... | 8 |
| 2 | 回帰移動行動..... | 9 |
| 3 | 生息数・生息域..... | 12 |
| 4 | その他の主要な特徴と一般世間の誤解..... | 14 |
| 第3節 | 研究成果からの社会的効果..... | 16 |
| 第4節 | 本書の各研究テーマにおける方法の問題点と重要性..... | 18 |
| 1 | カエルの体長の記述について..... | 18 |
| 2 | カエルの産卵数の記述について..... | 19 |
| 3 | 両生類の卵径の記述について..... | 20 |
| 4 | 両生類の年令推定の方法について..... | 23 |
| 5 | 両生類の個体群の年令構成・性比の記述について..... | 24 |
| 第2章 | ナガレタゴガエルの生命表①：体長と年令；性成熟年令；寿命..... | 26 |
| 第1節 | 成体の体長と年令——[雄の体長は38–56 mm]という記述は誤り..... | 26 |
| 1 | 方法（約15,000匹の体長計測・約1,000匹の年令査定）..... | 26 |
| 2 | 結果・考察——①：個体群全体での成体の平均体長..... | 27 |
| 3 | 結果・考察——②：捕獲時期による平均体長の比較..... | 30 |
| 4 | 結果・考察——③：成体の年令と体長；性成熟年令；寿命..... | 31 |
| 第2節 | 子ガエルの体長と年令..... | 31 |
| 1 | 方法..... | 31 |
| 2 | 結果・考察——①：子ガエルの捕獲状況と体長の特徴..... | 32 |
| 3 | 結果・考察——②：子ガエルの年令と体長の詳細..... | 33 |
| 第3節 | 成長曲線..... | 33 |
| 第3章 | ナガレタゴガエルの生命表②：産卵数..... | 35 |
| 第1節 | 2000年度までの観察結果の要点..... | 35 |
| 第2節 | 2001・2002年度での産卵（様式・産卵数）調査方法の概略・要点..... | 37 |
| 第3節 | 産卵様式（分産卵・バラバラ分産卵・ダルマ卵塊・超難産と死産）..... | 38 |
| 1 | 方法（2001・2002年度の産卵様式の観察方法）..... | 38 |
| 2 | 結果・考察（2001・2002年度の観察結果から）..... | 39 |
| 第4節 | 産卵数（蔵卵数）——[50–170；平均130個]という記述は甚だしい誤り..... | 43 |
| 1 | 2000年度までの観察調査結果..... | 43 |
| 2 | 方法（2001・2002年度の産卵数の調査・計数方法）..... | 43 |

| | | |
|-----|--|----|
| 3 | 結果・考察——①：2001・2002年度の産卵数の調査結果 | 44 |
| 4 | 結果・考察——②：♀の年令と産卵数 | 44 |
| 5 | 産卵数（蔵卵数）の結論 | 45 |
| 第4章 | ナガレタゴガエルの生命表③：卵径と幼生の全長 | 47 |
| 第1節 | 卵径 — [3.1–3.6 mm] という記述は誤り | 47 |
| 1 | 1991年度～2000年度 & 2001年度の観察結果 | 47 |
| 2 | 2002年度の観察・測定方法 | 48 |
| 3 | 結果・結論 | 48 |
| 第2節 | 幼生 — [成長しても21 mmにしかない] という記述は甚だしい誤り | 49 |
| 1 | 1991年度～2000年度 & 2001年度の観察結果 | 49 |
| 2 | 考察・結論 | 50 |
| 第5章 | ナガレタゴガエルの生命表④：生残率と個体群の年令構成 | 52 |
| 第1節 | 毎1年後の再捕獲率から推定される成体の「見かけ上の生残率」 | 52 |
| 1 | 方法 | 52 |
| 2 | 結果・考察 | 52 |
| 第2節 | 個体群全体の年令構成 | 53 |
| 1 | 2002年度繁殖期・湯場ノ沢での捕獲個体における年令構成 | 53 |
| 2 | 平均的な個体群全体における成体の年令構成 | 53 |
| 3 | 実際の生残率 | 53 |
| 4 | 分散移動割合 | 54 |
| 5 | 結論 | 54 |
| 第6章 | 回帰移動行動に与える沢の水位変動の影響 | 55 |
| 1 | 調査研究の経緯・背景 | 55 |
| 2 | 方法 | 57 |
| 3 | 結果・考察 | 57 |
| 第7章 | まとめ | 60 |
| 第1節 | 現在までのナガレタゴガエルの報告内容の主要な誤りについて | 60 |
| 1 | 産卵数（蔵卵数） | 61 |
| 2 | 卵径 | 61 |
| 3 | 成体の体長 | 62 |
| 4 | 幼生の全長 | 62 |
| 5 | 秋・繁殖期の移動行動と水位変化 | 62 |
| 第2節 | 本研究結果の全体の結論・要約 | 62 |
| 第3節 | 森林内源流域生態系保全上、最重要指標生物であるナガレタゴガエル | 64 |
| 第4節 | あとがき | 67 |
| 1 | 前回の当財団助成研究報告書の誤った記述内容3点について | 67 |

| | | |
|-----|----------------------------|----|
| 2 | 乱獲・密漁や売買が相次ぐナガレタゴガエル | 68 |
| 第8章 | 謝 辞 | 71 |
| 第9章 | 引用文献 | 72 |

第1章 研究の概要

第1節 ナガレタゴガエル調査研究のこれまでの経緯・背景

1 2000年度迄の調査研究

本書の研究内容は、1991年から継続研究しているナガレタゴガエル (*Rana sakuraii*) の一連の研究テーマの一部である。筆者は、1991年12月から東京都桧原村の南秋川水系の小坂志川(沢)を主調査地として(図1-1:巻末に収録)、ナガレタゴガエルの生態学・発生学的研究を始めた。研究の主目的は、ナガレタゴガエルの1年間、及び、一生涯の回帰移動行動の解明(ルート・距離・成体と子ガエルでの行動の違い)である。途中、1996・1997年度の2年間、研究を一時中断させたが、1998年度から研究を再開し、2003年度迄に総計80,006匹を捕獲(表1-1:巻末に収録)、多くを標識し捕獲・再捕獲法により追跡調査している。あと数年は(最低でも実質連続10年度で10万匹捕獲を予定)、継続調査する予定である。主調査地は、2000年度から小坂志川(沢)の西隣の沢である矢沢に変更した。小坂志川の中・下流部の個体数が、1999年度頃から激減してしまったためである。なお、この理由と詳細な個体群密度・総数の年度変化については、別紙で報告し本書では取り扱わない。

2000年度頃までの調査では、まず「移動行動の概要」と「初期発生の特徴」の解明に主眼を置いていた。つまり、「冬眠場所はどこなのか?、繁殖期にどれほどの距離を移動するのか?、春眠するのか?」、そして「およその発生段階図表の作成」等であった。そして、2000年度迄の研究結果の概要については、「秋川上流域におけるナガレタゴガエルの生態学・発生学的研究と生息環境の保全について」(三輪, 2002)で既に述べている。この書では、A. 生態面として、<12月から4月までの、冬眠期・繁殖移動期・春眠期の行動の特徴>; <標識個体の再捕獲率から推定した個体群密度>; <個体群の性比>; <産卵行動の特徴>、B. 初期発生の特徴、C. 生息地の保全、についてまとめている。2000年度迄の野外調査では、実質5年度(1991, 1992, 1998, 1999, 2000)で47,778匹捕獲し、冬眠期・繁殖期・春眠期の詳細なデータが得られ、この3期における行動の特徴が結論づけられた。また、受精卵から変態完了までの初期発生の特徴についても、5年度(1991, 1992, 1994, 1995, 2000)での膨大な詳細なデータ・顕微鏡スケッチ・顕微鏡写真によってまとめられたのである(表1-1)。

2 本書の研究内容と位置づけ

ナガレタゴガエルの生態研究の柱としては、大きく分けると、1、「年間の回帰移動行動の特徴」[①:行動範囲・生息域][②:移動距離・ルート][③:繁殖活動][④:夏の活動域と食性][⑤:秋の移動行動][⑥:冬眠行動][⑦:“分散移動”する個体の割合(→大きな尾根越えをして他の沢へ移動する個体のこと。元の繁殖場所へもどる巡回移動である“回帰移動”に対応する語)][⑧:子ガエルと成体での; また成体の♂と♀での年間移動行動の相違]; 2、「生命表」[年令と体長・生残率・寿命・個体群の年令構成割合・雌の年令と産卵数及び卵径の関係、等の詳細]; 3、「生息数」[個体群密度と年変動、及び、

影響を与える環境・人為的要因」]；4、「性比決定のしくみ」、があげられる。

この内、2000 年度迄には上記の 1 に主眼を置き、1 の①②③⑥がほぼ解明されていた。

そして今回、本書においては、上記の 2 「生命表」について、膨大なデータかつ複数の方法（アプローチ）から結論を出すものである。なお、2001－2003 年度には、上記の内容に主眼を置き、秋の野外調査で 32,227 匹捕獲；各期各場所での約 15,000 匹の丁寧な体調計測；1,000 匹近くの個体による指骨断面から年令査定；約 700 ペアでの産卵行動・産卵数の調査研究、等を実施してきた。

また、この 2 「生命表」についての詳細な結論を出す研究目的には、次の点も大きく関与している。現在もなお、多くの図鑑に記述されている、つまり「日本カエル図鑑（前田・松井, 1999）」に記述されている、すなわち、原著論文である「松井 孝爾, 1978」と「草野 and 福山, 1987」に記述されている内容が誤りだらけであることである。その内、本書の研究テーマである生命表に関する誤りの記述内容は、次の 4 点「[1. 雄の体長は、38～56 mm]、[2. 産卵数は、50～170 個；平均 130 個]、[3. 卵径は 3.1～3.6 mm]、[4. 幼生は成長しても全長 21 mmほどにしかない]」があげられる。これらの記述内容は、皆、甚だしい誤りなのであるが、いっこうに訂正される様子が伺えない。「いいかげん、めんつ・体面にこだわらず、全面訂正すべきではないのか」という日本の両棲類学会への提言も、本研究の一連のテーマの目的である。

そして一方、ナガレタゴガエルの沢の水中下移動行動に与える外的要因（水温・天気・水位の変動）の内、水位について考察するものである。なお上記の 1 ⑤⑦⑧、及び、3 についても 2001 年度以降の調査でおよそ結論を出せるまでに至ったが、本書では取り扱わない。また 1 ④& 4 については、2003 年度迄の時点でも未だ推測の域を出ない状況である。

3 研究動機と研究意義・背景

本研究全体を始めたそもそもの動機・研究目的は、「もしかしたら、このナガレタゴガエルは、沢の水中下を長距離泳いで流下移動するのではないだろうか？。そうだとしたらおもしろいのにな。そうあってほしい。アユやサケのような魚の回帰移動ほどのスケールでないにしろ、長距離泳いで流下移動したなら、必ず上流部へリターンするはずだ。そんな回帰移動行動をしているなら、それを自分が一生をかけて解明してみたい。」という思いからであった。元々、ナガレタゴガエルの“ナガレ”とは、流水地に産卵する（止水地産卵に対して）とか、流水域に生息するという意味であり、流れ下るという意味ではない。けれど筆者は最初の観察時に、直感的に「こいつら、たぶん驚くべき移動行動をしている。おそらく、気づかれていないだけで日本各地の山間部の沢に膨大な数が生息しているはずだ。」と感じたのである。なぜなら、「生息していない・できない沢での、生息を妨げる理由がわからないから」であり、「日本の低山地域全域の沢周辺に生息してなくてはおかしい。特定の地域の沢にしか生息できないなんてことはありえない」と確信めいた感覚があったからである。ある面、魚のように移動行動をしているなら、断続的な生息地域を形成しているのはおかしいのである。「存在することを証明するのはたやすいが、存在しないことを証明するのは難しい」と同様、「生息していることを証明するのは楽だが、生息していないことを証明するのは難しい」、のである。

調査開始当初は、雲をつかむような状態であり、何度も調査をあきらめかけたことがあった。とにかく、調査をしていく上で移動行動様式を知る上で、どうしても大量に捕獲・標識できなければ話にならない。どうやったら大量に捕獲できて大量に標識し、さらに大量に再捕獲できるのか？繁殖期ならば大量捕獲できるだろうが、非繁殖期の冬眠期などに大量捕獲できなければ、移動距離・ルート等が解明できないのである。

そして一方、調査研究開始後に多く英文の論文・総説・テキストを読み進めて行く内にわかったことなのだが、以下の3点も研究の継続意欲を高め・維持してきた要因である。

①：世界の両生類で、魚のように沢・川を長距離回帰移動する種は未だ報告されていないこと（ただし種の特長でなく、地域的に、かつ繁殖期にのみならば、数百m～数kmもの長距離、川を流下移動するカエルの個体群の報告は、欧米で3本ほどある。この点は後述）。②：日本で5～10年以上に及び、両生類の個体群の野外調査を精力的に継続し報告されたものは、ヒキガエルのみであり2つしかないこと（後述する、金沢城での奥野の調査、及び、東京での久居ら調査の報告の2つだけである）。③：ナガレタゴガエルの野外調査をいゆる方法をきちんとコントロールして科学的に研究してきた・しているのが筆者だけであったこと（単なる観察報告は複数あるが）。

また一方で、筆者が研究を続けていく上での大きな動機付け・研究意欲を高めている点には、重要な身分地位についている日本の両生類学者たちへの反発・怒りがある。1つ目に、筆者が調査を始めた当初、他の両生類の研究者からは、「～が長距離、流れ下って移動するわけないだろ。両生類なんて繁殖地から半径100mほどしか移動しないもんだよ、ナガレタゴガエルって言ったって流れ下るっていう意味じゃないんだぜ」と、冷めた目で見られていたこと。2つ目に、ナガレタゴガエルが新種として認知された当時、誰もきちんと調査もしていないのにもかかわらず、複数の重要な身分地位を有する両生類学者がこぞって、「このカエルは希少な種で天然記念物に相当する。それ相応の保護が必要だろう。」などと、全国紙の新聞取材で売名行為的に無責任なでたらめな発言を繰り返し、複数の新聞紙上で記述されたこと。一部の地域では実際に天然記念物への指定へ議会で働きかけたが、膨大な数が生息していることがわかり、没になった経緯もある。3つ目に、都立大学の草野氏が1990年前後に発表してきたナガレタゴガエルの生態面の報告の内容がほぼすべて間違いであったこと（正式な学会誌であるにもかかわらず、実質上、無審査でことごとく論文になってしまったのである）。4つ目には、筆者の未発表の調査研究結果を勝手に、都立大学の草野保氏に公表されてしまったこと。この点に関しては、筆者の油断のようなものもあったのだろう。その当時までは草野氏を信頼し、彼の調査研究報告の結論がほぼ全て間違いであることとその理由（ことごとく方法がおかしかったり、データ無しの推測のみで結論が書かれていること等）、そして、正しい結論等を、中間報告的に教えてしまったのである——「調査結果は必ず教えてくれよ」と言われていたこともあり。ただ、筆者が「今後も調査を継続し、少しずつ論文としてまとめ発表していく予定です」、と書いて送付したのにもかかわらず——。気持ちはわかるが…、それまで彼が、雑誌や新聞で勝手気ままに記述した内容を全て覆されてしまうのだから。この世界ではよくあることだ

が、悪質ですね。当時の筆者の指導教官からは、「おまえがばかなんだよ。論文にして発表する前に、義理立てて大事な内容を教えたら、使われる・盗まれる・発表されるに決まってる。研究者なんてそんな奴ばかりだぞ」と言われたが…。しかし、何で日本の両生類の学界では、こんな犯罪行為が許される・放任されるのだろうか？ 大学の教員なら何をやってもよいのか？と言いたい（ま、この手の話はよくあるし、遺跡の捏造事件とも通じるものがある）。あえて、ここで多少厳しく記述しているのは、裁判に訴えた方が本来よいのだろうが面倒くさいからであり、本書を含め、今後各公表物で、常々訴えていきたいからである。現在、日本の両生類の研究世界は、倫理観が乱れきってしまい、犯罪が横行し、学会内での自浄能力が完全に欠落してしまっている。その結果、ナガレタゴガエルについて正しく記述されている図鑑が日本に1冊も存在せず、全面的に訂正される様子がないうことから伺えるだろう。今さら、「まちがいでした」と全面的に訂正できないのである。5つ目に現在の日本の両生類学の世界では、多くの研究テーマにおいて基準が一定していないこと。詳細な事例は後述（1章4節）するが、体長・産卵数・卵径、等、基本的なテーマにおいて全く基準が一定していないのである。それゆえ、現在、各種の図鑑（日本カエル図鑑、等）に記載されている、ナガレタゴガエルのみならず多くの種における、「体長・産卵数・卵径・等の記述」は誤りだらけなのである。

以上のように、①「ナガレタゴガエルが世界のカエルでも類を見ないような回帰移動行動をしているはずだ、一生かけても無理かもしれないけど…やるだけのことはやってみよう」という興味以外にも、②「ナガレタゴガエルはもちろん誰も調査研究していないが、その他のカエルでも日本で長年に渡り詳細に野外調査した例が皆無に近いこと」、③「日本の両生類の学者たちへの怒りのようなもの」、及び、「両生類の研究の基本的な点について早急に適切な基準を定めないとならないと痛切に感じているため」に、研究を継続しているものである。そしてやっと、うまくいけば、筆者の一生涯中にナガレタゴガエルの生活史に関しては、詳細に解明できるような気が、この1, 2年で感じ始められるようになったところである。

第2節 ナガレタゴガエルの生態的特徴

1 1年間の生活期区分、及び、生活史

本書の主テーマである、ナガレタゴガエルの生命表について考える上でも重要である、一連の研究の主要テーマの結論と言ふべきナガレタゴガエルの生活史の概要を図1-2（巻末に収録）、及び、表1-2（巻末に収録）にまとめた（表1-1も参照）。2002年度迄の調査結果から、ナガレタゴガエルの1年間における生活期は、「夏の移動・活動期：4月下旬～10月中旬」「秋の移動期：10月中旬～12月中旬」「冬眠期：12月中旬～2月上旬」「繁殖移動期：2月上旬～3月中旬」「春眠期：3月中旬～4月下旬」の5期に区分できることがわかった（詳細については、未発表である）。

日本で唯一の典型的な回帰移動性のカエルであるナガレタゴガエルは、夏場には各沢の水源部周辺で活動し、秋の10月中旬頃から冬眠場所（＝繁殖場所近く）である沢の本流

部へと長距離（平均：数百～1,000m）移動する。ちなみに、この秋の移動行動の誘発要因も既に2002年度迄の調査から明らかになった（未発表・投稿中）。12月中旬頃までこの移動行動は続き、浅い流水地で冬眠に落ち着く。そして、2月上旬以降に日最高水温が約5.0℃以上になると、冬眠状態をやめ繁殖移動行動を開始する（繁殖行動開始の誘発要因についての詳細については投稿中）。繁殖期にも、秋の回帰移動に比べれば短いものの、平均で500m前後以上も水中下を移動する。繁殖移動行動は、およそ3月中旬まで続く。奥多摩周辺では、毎年、2月下旬頃に産卵が集中するが、雌の産卵は困難を極め、結局産卵できずに死んでしまったり、4月になっても産卵できずに腹がパンパンの雌も珍しくない。なお、この4月で未産卵♀の確認観察から、繁殖期が4月まで続くかのような報告・記述をしている書が多くあるが、甚だしい誤りである。繁殖個体は、3月中旬頃から春眠に入りおよそ4月下旬頃まで休眠する。そして、4月下旬頃から成体は活動を始め、各沢の本流や支沢・ガレ沢の上流部へと移動していく。一方、その年に産卵された受精卵（胚）は発生進行し、3月下旬～4月上旬に孵化、その後幼生は6月頃に変態完了し上陸、そして、成体同様に上流部へと移動していく（図1－2、表1－2を参照）。

2 回帰移動行動

<①. 移動距離> & <②. 移動ルート>——温帯・亜寒帯に生息する1年間に回帰移動をする種（両生類に限らず）では、一般的に年間に3つのステーションとなる生活場所（A. 冬眠場所 [Hibernation sites]；B. 繁殖活動場所 [Breeding sites]；C. 夏の活動域 [Feeding sites (Summer sites)]）があり、大きく見た場合、回帰移動（Migration；循環型の長距離移動）は、その3ステーション間の循環移動なのである。C→Aの回帰移動が、秋の回帰移動（Autumn migrations）；A→Bが繁殖行動のための回帰移動（Breeding migrations）；B→Cが、（Summer migrations）である。一般に長距離移動種（ナガレタゴガエルを含む）でも、AとBは、ほぼ同所か近接地であることが多い（その理由等はここでは省略）。そのため、回帰移動性の種では、基本的に秋に繁殖場所付近まで長距離の移動（Autumn migrations）をして冬眠するのが普通であり、繁殖期の回帰移動（Breeding migrations）よりも、秋の移動の方が顕著であることが普通である。

さて、前述のように、ナガレタゴガエルの最大の生態的特徴は、独特な回帰移動行動にある。ナガレタゴガエルは秋と繁殖期に長距離の回帰移動をし、現在までに報告されている世界のカエルの内、平均して最も長い距離を移動する種である。距離以上に興味深いのが、沢の水中下を泳ぎ下るという移動ルートである。秋の初期には山の斜面の陸上部も移動するが、秋の移動の最盛期以降と繁殖期には、ほぼ完全に水中下のみの移動である（その時期では気温が低すぎることも1つの理由である）。

このように繁殖行動のために、魚の降下型回帰移動（産卵のために下流へ遊泳移動するウナギのようなタイプ；サケやオオサンショウウオのように上流方面へ移動する「遡上型回帰移動」に対する語）のような沢・川を長距離泳いで移動するカエルの報告は、筆者の知る限り、ナガレタゴガエル以外にこれまでに3本だけである。1つ目が、ヨーロッパのある種のアカガエルのある東欧の国の特定の地域での報告。この地域でのこのアカガエルは、毎年早春に繁殖行動のために、山間部の川を長距離下流へ泳ぎ下り（数百m～数km

も)、毎年特定の止水域で産卵し、夏には上流部へ陸上を遡り移動する。2つ目がヨーロッパのある種のヒキガエルのある東欧の国の特定の地域での報告。前者のアカガエルと似たタイプで、毎年数百m～数kmもの距離を、ゆるやかな流れの小川を泳いで繁殖地へと移動してくる。3つ目が北米の乾燥地域のある種のヒキガエルの報告。この地域のこのヒキガエルは、毎年春の雨期に季節的に生じる川を長距離泳ぎ下り繁殖のための止水域へ移動し繁殖活動する。ただし、これら3本の報告の場合、全て地域的な特徴であり、その種の本来の特徴では無い。また、ナガレタゴガエルのように水中下をまるで底生魚のように泳ぐのではなく、いはゆる水面を泳ぎ下るのである。更には、これら3本の報告とも、繁殖期にのみ長距離泳ぎ下るのであり、秋に冬眠場所への移動のために長距離泳ぐのではない。ところが、ナガレタゴガエルの場合、種本来の特徴として年間に水中下を長距離泳ぎ移動行動する習性があり、更には、繁殖期以上に秋に長距離移動するのである。そういう意味で、世界中で今までに全く似たタイプの報告がない回帰移動性のカエルなのである。申し訳ないが、これら3本の論文も本書ではあえて文献名は示さない。

一方、秋に長距離移動するタイプの報告（流下遊泳移動ではない）は、ヨーロッパのヒキガエル (*Bufo bufo*)、ヨーロッパのアカガエル (*Rana temporaria*) で多くの論文がある。元々、この2種は世界的に有名な典型的回帰移動種のカエルであり（回帰移動の論文では必ず名前があがると言ってもよい種）、このような長距離の回帰移動をする両生類の場合、前述のように秋の回帰移動が顕著なのである。この2種やナガレタゴガエルでは、夏に繁殖地とは離れた場所へ移動し活動する。そして、秋に繁殖地付近まで長距離移動して冬眠するのである。これら3種とも冬の終わりから早春にかけて産卵するタイプの種（=Explosive breeder）であり、とても寒い時期に繁殖活動をし、その後短期間休眠（=春眠）をする。繁殖活動後すぐでは、まだまだ本格的に活動するには寒く、餌となる小動物もまだ活動していないからである。そんな寒い時期に繁殖活動をするためには、繁殖活動場所の近くで冬眠しなければならないのである。繁殖活動場所から遠く離れた夏の活動域で冬眠などしたなら、まだまだ寒い時期に長距離移動しなくてはならずとても危険をともし、繁殖場所の温度（水温）と冬眠場所の温度がかけはなれていたのでは、繁殖行動開始のタイミングをつかみにくいため危険だからである。

＜③. 移動行動開始と停止の条件・誘発要因＞——回帰移動行動の研究では、上記の＜①. 移動距離＞；＜②. 移動ルート＞以外に、＜③. 移動行動開始と停止の条件・誘発要因＞が重要なテーマとなる。ナガレタゴガエルについては、およそ2000年度迄に、「繁殖移動行動の開始は、2月上旬以降の日最高水温 5.0℃以上への上昇で誘発される」ことがわかった。更に、2001－2003年度の野外行動調査結果から、「繁殖移動行動の開始の、より詳細な誘発条件」、及び、「秋の移動行動の開始・停止要因」等も明らかになった（現在、共に論文投稿中）。その結果、ナガレタゴガエルの1年間の生活期は前述の5期に区分でき、本調査地での平均的な月日も明らかになったのである（詳細は未発表）。

＜④. 回帰移動行動における雌雄での相違；成体と子ガエルでの相違＞——長距離の回帰移動種においては、この点もまた重要なテーマである。一般に長距離回帰移動をする種

では、雌雄で、あるいは、成体と子ガエルでは、顕著に移動行動様式に差異があるのが普通である。生誕年に繁殖場所の水域を離れた子ガエルは、性成熟するまでは、秋や繁殖期に移動行動はせず、夏の活動域で冬眠する。つまり、未成熟個体は性成熟するまで繁殖地には戻らず、成体と未成熟個体では冬眠場所が異なるのが普通なのだ。また一方、「秋や繁殖期の移動行動の開始・停止の時期・閾値温度」は雌雄で顕著に異なり、更には「冬眠場所」も雌雄で若干異なるのが普通である。これら移動行動における、雌雄や成体と子での差についての報告は、世界の各種のカエルで多数ある。秋の移動行動は♀が早く開始し、繁殖行動は♂が早くに開始するのが一般的であり、一方、♀よりも♂の方がより移動性が強いのが一般的である（多数の報告論文があるが、本書ではあえて文献名は示さない）。

さて、ナガレタゴガエルでも、雌雄で、また成体と子ガエル（未成熟個体）で、回帰移動行動様式・冬眠場所や春眠場所に顕著な差がある。子ガエルは成体同様、夏に上流方向の本流や支沢・ガレ沢の水源部へと移動するが、成体のように秋に移動行動をせずに夏の活動域で冬眠する。成体は秋に水源部から沢の本流部へ、繁殖地近くへと移動して冬眠する。つまり、前述のように多くの移動性のカエル同様に冬眠場所が成体と異なる。それゆえ、子ガエルでは、秋の移動期、及び、繁殖期の移動行動期は無い。また、成体の雌雄でも、移動様式や冬眠場所等が若干異なるのである（未発表・投稿中）。

この：「移動行動や冬眠場所の雌雄での相違；成体と子ガエルでの相違」が、長年調査を進めていくうちに明らかになり、個体群の様々な研究テーマの調査の難しさを示した。データを取り扱う際に・結論を出す際には、方法のより適切な様々なコントロールを要求されるのである。つまり、①：同一年の同一個体群であってさえも、捕獲する場所（生息域の上流源流部か・下流部か？&本流域での捕獲か・本流の小支沢での捕獲か？）の違いによって＜性比と年令構成＞が顕著に異なってしまう。さらには、②：また同一年の同一場所であってさえも、捕獲時期（秋の流下移動期での捕獲か、繁殖移動期での捕獲か？）によって＜性比と年令構成＞が顕著に異なってしまうのである（表1－3・巻末に収録）。その最たる要因は、2つ。1つに、繁殖活動後、成体♂はほとんど源流部へとリターンするが、成体♀は、比較的、繁殖活動場所の水域に留まりやすいこと。1つに、雌雄ともに、一部が2年目に性成熟し繁殖活動に参加するのだが、この2年目に成熟する割合は♂の方が♀より大きいこと。特に、この2つの要因によって、たとえ同一年の同一個体群でさえ、捕獲時期・場所によって、性比や年令構成が顕著に異なってしまうのである。

例えば、同一沢の同一個体群であっても、秋の流下移動期では、上流源流部ほど極端に♂の比率が大きくなり（♀：♂＝1：5～1：10位）、かつ、若年令個体の比率が大きくなる。対して下流部では上流部に比べると、♂への性比の偏りの割合は小さくなり（♀：♂＝1：1～1：3位）、かつ、老令個体の割合が大きくなる。あるいは、繁殖移動期においても秋ほどではないが、上流源流部や支沢ほど若年令個体が多く；また一方繁殖時期後半ほど若年令個体が多くなる。つまり、平均的な個体群の性比や年令構成の割合を知るには、捕獲時期・場所をも考慮して、複数の場所・時期での捕獲データが不可欠なのである。ナガレタゴガエルのような回帰移動性の種では、たとえ数百匹という、一般的に見れば割合と多いデータ数であっても、たったある一時期の1ヶ所での数百匹程度の捕獲データでは、その個体群の性比や年令構成など示しはしないのであり・そのデータから断定的な報

告などしてはならないのである。

＜⑤．分散移動する個体の割合＞——長距離の回帰移動（Migration）をする種では、分散移動（Dispersal；生誕地から遠く移動し別の繁殖場所で繁殖活動をする、一方通行型の移動）する個体の割合が定住性の強い種よりも大きい。一般的に、「カエルは必ず、自分の生誕地の水域に戻って繁殖活動をする」と思われがちだが、そういうものではない。比較的、自分の生誕地へ必ず戻って繁殖活動をする傾向の強いヒキガエルでさえ、個体群全体の10～15%ほどの個体は、別の池などの水域へ、分散移動して繁殖活動をする。ただし、この分散移動は、たいてい子ガエルによってなされる行動である。つまり、見方を変えれば、多くの個体は、自分の生まれた池などの水域へ戻らないのである（80～90%は戻るわけだが、これを多いととるのか、少ないととるのか、が個人の問題であり、報告する側の思惑・魂胆である）。そして、この習性があるからこそ、どの種でも、生息地の拡大をなしえるのであり、ある生息場所が壊滅的打撃を受けた時に、個体群全体が絶滅せずに済むのである。例えば、1980年にオーストラリアのある地域に移入されてしまったオオヒキガエルは、その後、4年間に毎年平均半径27kmも生息域を拡大していったという。この生息域の拡大も分散移動によるものであり、子ガエルによっている。

ここで、言いたいのは、1つに「カエルは必ず、自分生まれた池などの水域に戻って繁殖活動をする」などといった、間違った迷信のような固定観念を持つてはいけないということ。また1つに、「特に回帰移動性の種や、長距離移動能力のある種では、分散移動割合が大きく、日本のナガレタゴガエルやヒキガエルやヤマアカガエルなどでは、いとも簡単に多くの子ガエルが山の尾根越えをしている」ということを知っていてほしいのである。

さて、ナガレタゴガエルの実際の幾つかの分散移動の例を挙げると——、「矢沢中流部でマークした個体が大きく尾根越えして、小坂志川の湯場ノ沢で再捕獲された個体が2匹」；「矢沢中流部でマークした個体が熊倉沢で再捕獲された個体は多数」；「軍刀利沢でマークした個体が矢沢本流上流で再捕獲された個体や、その逆の個体などは多数」、確認されている（図1－1参照）。驚くほどに、尾根越えしてしまうのである。つまり、大きく見ると、盆堀川・小坂志川・矢沢などは、同一個体群とみなされるのである。ちなみに、今までの断片的なデータからナガレタゴガエルでは、おそらくヒキガエルなどの2倍ほどのおよそ30%位が分散移動をし、ほぼ同所に戻って繁殖活動をしているのは70%ほどと推定されている（未発表）。

3 生息数・生息域

現在もなお、ナガレタゴガエルについては、1980－1990年頃のほとんど科学的に根拠のない報告が元になり、各種の図鑑（「日本カエル図鑑」、等）に数多くの誤った内容が記述され続け、誤りを訂正する様子すら伺えない状況にある。そのうちの最も誤った認識・記述が、希少種だとか、生息地域が限られているといったように思われていることである。新種として認知報告された当時の複数の研究者の勝手なでたらめな報告とは裏腹に、ナガレタゴガエルは長距離の回帰移動をし、簡単に尾根越えをする；そして、その移動能力のためもあり、ヒキガエルやアマガエルなどの比でなく膨大な数が本州各地に生息し日本で

最大生息数のカエルであることがわかったのである。元々、ナガレタゴガエルは、山間部の渓流域で生活する人には昔からごくありふれたカエルなのである。例えば、筆者の調査地域の人は戦前から、「ビロビロガエル」と呼んでいる。調査 1 年目の早春に、筆者は地元の人に、「なんだ、ビロビロガエルを調べてるのか？こんなカエルが何か珍しいのかい？」と聞かれたものである。この時、筆者は、「すごい的を得た呼び名だな（繁殖期に皮膚が伸張した雄のナガレタゴガエルは、まさにビロビロガエルだから）」と思ったと同時に、「何だ、やっぱり、地元の人には、ずっと昔から当たり前のカエルだったんだ」と思ったものである。それ位、冬の終わりから早春にかけて（短期間であるが）、おそろしいほどの膨大な数が見られ、ごくごくありふれたカエルだったのである——山間渓流部の人にとっては。数百や千匹のヒキガエルのカエル合戦など比較の対象にもならないほどに生息数が莫大であり、同一個体群の生息域が広大なのである。沢の上流から下流まで、満遍なくナガレタゴガエルだらけになるのである。正しい内容が報告記述されてこなかったは、ただ単に日本に両生類の生態研究者が皆無に近いこと、そして、両生類研究者において倫理観が欠落している者が多いことによる。研究者に限らないだろうが、皆誰しもが周りから注目されたい有名になりたいがために、つつい虚勢を張ったり誇張をしたりして 1 のものを 10 にも 100 にもし、多大な尾ひれをつけて過大報告をしたり、確固たるデータなど全く無いにもかかわらず既成事実として報告し記述する場合が多々ある。そして、大学の先生のような身分地位を有する者の言ったこと＝真実、ということで世間一般に広まっていく。それでも研究者の多い分野では誤った内容は訂正されやすく、研究上の犯罪行為も弾劾されやすいのだが…。遺跡捏造事件のようなことが日常茶飯事なのである。日本の両棲類の研究分野では。

いずれにせよ、基本的に本州の低山地では、必ずどこの沢にも、ナガレタゴガエル・ヤマアカガエル・ヒキガエルは生息すると見て良い。生息しない沢があるとするならば、よっぽど特殊に人為的な影響を受けているか；天然上、水質に問題のある、限定された沢である。言い方を変えるならば、前述のようにカエルは一般に思われている以上に非常に分散移動能力をもっていて、小さい尾根はもちろん、大きな尾根なども簡単に尾根越えをして移動する（図 1－2 も参照）。そして、これら 3 種は皆、山間部の上流方向、沢の水源方面へ移動する習性を持っている。それゆえ、ある沢に前述の 3 種のカエルが生息するならば、必ず、尾根を隔てた両隣の沢にも、そのまた両々隣の沢にも、…、生息していなければおかしいのである。ただし、両生類でも無尾類のカエルに比べ、有尾類のサンショウウオやイモリの仲間は、分散能力が小さいので、地域的な固有種を形成しやすい。

また一方、生息数のみならずナガレタゴガエルは、同一個体群の生息域の広大さも大きな特徴である。前述のように、基本的にどの沢にもヤマアカガエルやヒキガエル、（タゴガエルも）は生息しているが、これら 2 種の繁殖場所は止水域（沢の大きな淵のへりや、沢の州や沢べりの岩場に生じる大きな水たまり）で、各沢の限定された場所であり、これら 2 種では、各沢で生息数が莫大になることは無い。ところが、ナガレタゴガエルの場合、何と繁殖地域・産卵場所が沢の数百 m～数 km にも渡る全流域なのである。特定の淵というのでないのである。それゆえ、筆者の調査地の小坂志川や矢沢では、成体だけでも流域 1 km に約数千～1 万匹が生息している。小坂志川・矢沢ともに沢の流域全体で、成体だ

けで少なくとも数万匹が生息しているし、ほぼ毎年この個体群密度は不変なのである。ま、だからこそ筆者は、毎年、平均1万匹前後の捕獲をしてきたし、これでさえ、調査地の全体の10%弱の数なのであるから。一方、両沢ともにヒキガエル・ヤマアカガエルも各所で繁殖しているが、成体の生息数は数百～千匹程度である。つまり、ナガレタゴガエルの生息数は、およそ2桁も違う常識はずれの膨大さなのである。

それゆえ、筆者が他の両生類以外の動物の研究者とナガレタゴガエルの話をすると、彼らはどうも「移動距離」よりも、「桁違いな生息数・個体群密度」に最も興味が向かうようなのである。つまり、「なぜ、そんな数が生息できるのか、その最大の要因は何なのか？」という点に、科学者として興味が向くらしいのである。なぜなら、両生類は他の脊椎動物に比べ、移動距離が極端に小さく、ナガレタゴガエルの年間平均1500mほどというのでさえ、両生類以外の研究者には、さほど驚きではないのである——世界の両生類の中では、桁違いな移動距離なのだが。筆者の興味・観点からすると、「桁違いの個体群密度と生息数、日本で最大の生息数のカエル」という事実よりも、「世界で類を見ない独特な回帰移動行動」の方に目が行くのだが…。

4 その他の主要な特徴と一般世間の誤解

ナガレタゴガエルの生態的特徴を3大特徴として表すなら；①：世界で最長距離回帰移動する種で、秋と繁殖期に魚のように水中下を泳ぎ下る。②：ヒキガエルやアマガエルなど他のカエルに比べ、桁違いな個体群密度と生息数を誇り、同一個体群の繁殖活動場所がやはり桁違いに長距離に及ぶ（数百m～数km）。③：個体群の性比が平均して♀：♂＝1：3位だが、顕著に年変動する（この10数年の間に2度だけ、ほぼ1：1に；実質上1：0.8位に♀バイアスになった年がある）。——が挙げられる。

この3大特徴以外に、カエルに興味がある一般の方に述べておきたい特徴と誤解されやすい注意点を挙げると；④：超々難産である。⑤：浅い流水地で冬眠する。⑥：繁殖行動（いはゆる求愛行動、繁殖のための移動行動、産卵行動、等全て）は全て水中下で行われ、基本的に陸上で鳴くことは無く、水中で弱い声で鳴くがこの鳴き声はほとんど♀の誘導には役立っていない。——が挙げられる。

④について——。驚くほどに・恐ろしいほどに産卵が難産なのである。そのために、様々な特徴を生じさせている。

1つ目に、[抱接期間が異常なほどに長い、つまり、抱接してから産卵するまでに日数を要し、繁殖行動開始から終結までの日数が長いこと]。1ヶ月以上も♂は♀に抱接したままというのは珍しくなく、2ヶ月以上に及ぶペアさえいる。ただし、誤解してはいけない。抱接してから産卵までが長いのは（＝繁殖期間が長い）のは、長期間、産卵しようとしなからではない。この点を誤解したり、勝手に解釈して多くの図鑑や書物に「良い産卵場所を探すために、繁殖期間や抱接期間が長い」などと記述しているふとどきな研究者がいる。そうではない、人間でいうなら、超々便秘状態なのである。産みたいのに産めないのである。♀に♂が抱接後、ほとんどのペアがすみやかに、産卵を試みる。つまり、ナガレタゴガエル独特の産卵体勢（倒立姿勢）を取り、何度も何度もきばり、体をそらせて、卵を排出しようと数分間頑張る。だが、出せないのである。これを何日か置きごとに繰り返す。

返すのである。産みたくても、産めない；何度も産もうとするのに成功しないのである。

2つ目に、[産卵が開始されても、つまり、最初の卵が出始めてからも産卵終了までに長時間を要すること。そのために、球形の卵塊にはなりにくいこと]。近縁のニホンアカガエルやヤマアカガエルでは、[一つ一つの卵がナガレタゴガエルに比べて小さいこと]&[ゼリー層が流動的・軟質]の理由から、一気に1分も立たないうちにほぼ全卵の1000～1800個もの卵を出し切る。そのため、ニホンアカガエルやヤマアカガエルの卵塊は球形へのし餅状の楕円形になるのが普通である。ところが、ナガレタゴガエルでは、[一つ一つの卵が大きいこと]&[ゼリー層がより硬質のゲル状]の理由から、平均産卵数180個にもかかわらず、5～10分もかけて産むのである。それも、数個～10個ほどの単位で「による、…による、…による・による、…による…」といった感じに出して産むのである。それゆえ、卵塊は球形になることは少なく、過半数の卵塊でダルマ状やデラウエアのようなぶどうの房状になる。ただし、石の裏や側面に付着させるので、一見、球形～楕円形の卵塊に見えてしまう。が、石の付着部分のみをはずしてみるとわかるのだが、ほとんどが、前述のようにダルマ状かぶどうの房状卵塊なのである。

他にも、[2つや3つの卵塊に分産卵する&日時を分けて分産卵すること]、[汚い言い方だが、下痢便のように、全卵をバラバラとバラバラ産卵する個体も珍しくないこと]、[大きな卵塊を産卵しても、たいていは、その後に数個～10個ほどを更に産卵する、あるいは、腹内に残存しているのが普通であること]、[結局産めずに死んでしまう♀も珍しくないこと]、等の特徴があるが、これらの点については、3章で詳しく取り上げる。

⑤について――。水中冬眠や流水地冬眠は珍しいのか？ いいえ、全く珍しいことではないし、その逆である。一部の図鑑や書には、水中冬眠するのは他に知られていないような、流水地冬眠が特別珍しいことのように記述しているが、それは両生類のことを知らない人（知った気でいる人）が書いた全くのでたらめな記述内容である。一般に冬眠行動をする、つまり温帯・亜寒帯（冷帯）に生息する主要なカエルには、①ヒキガエルの仲間（*Bufo* 属）、②アマガエルの仲間（*Hyla* 属）、③アカガエルの仲間（*Rana* 属）の3グループが挙げられる。そして、一般的に両生類の冬眠様式は、冬眠期間中の耐凍結・耐乾燥・耐低酸素への対策による、生理的・形態的適応特徴から3タイプに分けられ、そして、「夏の活動域と冬眠場所はほぼ同じであることが一般的である（陸生のカエルなら地中冬眠；水辺のカエルなら水中冬眠の場合が多い、ということ）」とも言われる（Pinder, Storey and Ultsch, 1992. 他、参照）。ここでは、詳細な説明は省く。①：ヒキガエルの仲間は、やや硬い土でも深く掘れるような構造の頑丈な手足の指を持っていて、地中の凍結線よりも深く掘り潜ることで低温対策をとっている。強冷になり地中の凍結線が深くなれば、より深くに掘ってもぐり冬眠するのである。けれどヒキガエルには、いはゆる生理的に凍結耐性は無く0℃未満には対応できない。ちなみに、一部の地域では、ヒキガエルの水中下冬眠の報告が複数ある。②：アマガエルの仲間（一部は、tree frogs などとも呼称される）は、一般に-6℃位までの凍結耐性があり（冬期に体液の溶質の成分を変える。南極の海の魚のように。）、浅い地中や厚い枯葉の下、木のウロや、既存の動物が作った穴、等の場所で、自分で深く掘ること無しに冬眠する。アマガエルの仲間にはヒキガエルのような土を深く掘れるような構造の手足の指を持たない代わりに、生理的な凍結耐性により低温対

策をとっているのである。③：一方、アカガエルの仲間（一部は、pond frogs とか water frogs とも呼称される）は水中冬眠が基本で、しかも流水地が多い。アカガエルの仲間では、いはいゆる地中に潜る凍結耐性を有する陸上冬眠種は、*Rana sylvatica*（北米）、*Rana arvaris*（北欧～シベリア）、*Rana lessonae*（ヨーロッパ）の3種だけである（現在までに報告されているのは）。他のアカガエル（*Rana* 属）の種は、北米でもヨーロッパでも、水中や湿地帯の湿った土の中、日本でも水中や水田周辺などの湿った（湿っていた）土の中などである。ナガレタゴガエル（*Rana sakuraii*）やヤマアカガエル（*Rana ornativentris*）が水中冬眠するのはごく当然のことである。それは、アカガエルの仲間の生理的・形態的特徴によっている。アカガエルには、アマガエルのような凍結耐性は無いし（ただし、前述の3種は有することがわかっている）、ヒキガエルのように深く土を掘れる構造の手足の指も持たないため、水中という0℃未満にならない場所での冬眠で、低温対策をとっているのである。しかし、水中では、耐凍結・耐乾燥には都合が良いが、低酸素という障害がある。そのため、アカガエルの多くの種では、他の2タイプに比べ低酸素耐性に極めて強いことがわかっている。一部は、ナガレタゴガエルのように、皮膚を伸張させ、表面積を大きくすることでより多くの酸素を水中から得られるように、形態的に適応させてもいる。ヨーロッパや北米の一部のアカガエルの種では、冬眠中の2～数ヶ月も水中下にずっと留まっているとの報告が多数ある。また、水中でも止水地よりも流水地冬眠が多く選択されるのは、より凍結しにくいこと、及び、酸素が豊富だからである。

⑥について――。どうしても、日本で生活していれば、カエルといえばアマガエルやヒキガエルのように雄が盛んに鳴いて、雌がそれを頼りに雄を探すというイメージが強いだろう。けれど、カエルにはサンショウウオのように、雄が鳴くことをせずに繁殖場所周辺で雌を待ち伏せ・探すタイプも少なくないのである。前者が雌が雄を探すのに対し、後者はその逆なのである。このタイプは、世界各地の早期繁殖種（冬から早春に繁殖活動する）の山間部の種で多く知られている。特に中米の山間部のヒキガエルの仲間の多くは、雄は鳴かず雌を探す・待ち構えるタイプである。ナガレタゴガエルの場合も、筆者は野外で何度も観察もしているが、水中下での弱い鳴き声はどうもほぼ役には立っていないのである。純粋に雄が雌を待ち伏せし、探しているタイプなのである。筆者も当初は、陸上で鳴かずとも水中下での鳴き声が繁殖活動に役立っていると思っていたのだが、そうではなかったのである。いずれにしろ、鳴かずに繁殖活動をするカエルは、特に珍しいわけではないことをわかってほしい。

第3節 研究成果からの社会的効果

本研究の最終目的は、単に独特な生態的特徴の解明のみならず、社会一般への貢献・効果も考慮に入れている。調査2、3年目に、「間違いなく日本のカエルで最大生息数の種であり、世界でも類を見ない長距離回帰移動をしていること」等がわかった時点で、日本の溪流源流域の重要な生態的地位を占める動物であり、そのことを広く認識してもらわないといけないと思うようになったのである。つまり、「ナガレタゴガエルが本州山間部溪流上流域における重要な生態的地位を占め、代表的な動物であること」、そして、「溪流域

の生態系保全を考慮する上で、カジカなどの溪流底生魚と同様に重要な水生の指標動物であること」を、世間一般に認知してもらい、生息地や個体群の保全を訴えていきたいのである。そのためには、まず科学的な研究によって、①「回帰移動行動とその移動行動範囲（生息範囲や、移動性の種なら移動ルートも）」、②「生命表（寿命・産卵数・成長率・生残率・個体群の年令構成割合）」、③「生息数（年変動、及び、減少させる環境・人為的要因も）」、④「夏の活動域と食性」を明らかにしなくてはならない。これらの詳細が明らかになっていなければ、いくら保全・保護だと言っても、説得力に欠ける。2000 年度迄のデータでまとめた「秋川上流域におけるナガレタゴガエルの生態学・発生学的研究と生息環境の保全について」（三輪，2002）では①に主眼がおかれていたが、本書では、上記②に主眼を置いている。ちなみに、今後（数年後には）、③に主眼を置いた「個体群生息数の年変動と影響を与える外的要因」についてまとめる予定であり、その後④の解明で一応、ナガレタゴガエルの生態的研究に終止符が打てる。

なぜナガレタゴガエルが、溪流底生魚のカジカ同様に山間部流域の重要な指標生物なのか？ ナガレタゴガエルは、約半年（11 月上旬～4 月下旬）もの間、水中生活する特殊なカエルのため、溪流底生魚のカジカなどと同様に人為的な流域の氾濫によって壊滅的な打撃を受けるのである。大規模な森林伐採や林道造成をすると、大雨や短時間での大量の降雨によって大量の土砂・砂礫が流出し、多くの淵を埋没し、平瀬・荒瀬にも多くの土砂・砂礫を埋没させて単調な流れにしてしまう。森林が安定していれば普通の大雨や台風程度では大きな溪相の変化は生じないものなのだが…。そのため、カジカやナガレタゴガエルでは、成体が流されたり埋没したり、卵塊・幼生も流出・埋没したりして壊滅的打撃を受けるのである。遊泳性のイワナ・ヤマメ等なら、そのような大打撃は受けないのだが。本調査地の南秋川流域でも、1970 年前後に源流域を大規模伐採し林道造成（奥多摩周遊道路）をしたため、長年に渡り本降りの雨ごとに大量の土砂・砂礫が流出した。そのため多くの淵・トロ場を埋没させ、単調かつ頻繁に溪相が変わる川にしてしまい、南秋川ではカジカはほぼ壊滅したと言われる（徐々に増えてきてはいるが）。ナガレタゴガエルも同様、秋から春に大量の土砂・砂礫の流出・埋没する沢・川では、壊滅的な打撃を受ける。筆者の調査地の小坂志川の下流部でも、林道造成等による大伐採により、現在 2000－2003 年度時点では、1998 年以前の 1／5 位にまで個体数が減少してしまったままである。

カジカとナガレタゴガエルが多数生息し、毎年生息数が安定している沢・溪流は、森林が安定した生態系と言えるのだ。溪相が安定し、淵・平瀬・荒瀬等が連続し、森林が安定していれば、ナガレタゴガエル・カジカは、多数生息していけるのである。脊椎動物で見した場合、遊泳性の溪流魚を除けば、底生魚のカジカ・ナガレタゴガエル・そしてカワネズミが、森林内源流域の生態系保全上の再重要な指標生物であろう。ちなみに、カワネズミも基本的に各水系の沢のどこにでもいる（知らない人が多いが）。筆者も、調査地内で結果的に、今までに 20 匹以上も捕獲してしまったし、全域で確認している。

とにかく、強調しなければならない・誤解されては困るのは、「ナガレタゴガエルは、希少種でもないし、東北地方を除く本州全域に生息し日本のカエルで最大生息数の種である」ということ。このようにあまりにありふれたカエルなのだが、世界最長の回帰移動行動をし、かつ半年も水中生活をするために、生息地の森林内源流域の生態系の保全上、溪

流底生魚のカジカや一部の水生昆虫と共に、最重要指標生物なのである。

第4節 本書の各研究テーマにおける方法の問題点と重要性

現在、日本の両生類生態研究の報告内容には、乱れきった面が多数あることを前述した（第1節3、他）。その一つの側面として、多くの研究テーマにおいて基準が一定していないこと（見方を変えるなら、論文の審査が適正に行われていない）が挙げられる。本書研究の主テーマである生命表においては、「体長の計測」・「産卵数の計測」・「卵径の計測」・「年令の査定」、等が必須項目なのだが、それぞれ方法の基準・規定があいまいだったり、無いのが実情なのである。それゆえ本節では、ナガレタゴガエルの体長・年令・産卵数・卵径、等の詳細なデータ（研究結果）・結論を述べる前に、ナガレタゴガエルに限らず日本の他の両生類の記述内容にも共通するこれらの研究テーマの諸問題を挙げておく。

1 カエルの体長の記述について

両生類の内、無尾類であるカエルの体長は、SVL（=Snout-vent length）か、SUL（Snout-urostyle length）で表される。SVLは、口の先端部（口吻：Snout）から総排出孔（Cloaca）≡肛門（Vent）までの長さ；SULは、口の先端部から尾端骨（Urostyle）までの長さである。一般的には、体長とはSVLを指すことが多い。ただし、野外で生きた個体を計測する場合はSULが用いられることが多く、その方が適していると言われる。例えば、「原色／両生・爬虫類」（千石，1979）の中で、「主としてSVLは固定した標本に、SULは生体を扱う場合に用いられる」と記述している（p.181）。このことは、筆者も実際に約15,000匹の生きたナガレタゴガエルの体長をていねいに計測してきた経験上からも、同意せざるをえない。逆に言えば、野外での生きた個体でのSVL計測は、非常に測定誤差が大きく精度に欠けるのである。

では、なぜ、「野外で生きた個体の体長計測で、平均的に大きな誤差なく適切に計測するにはSULの方が妥当」なのか。生きたカエルの場合、腰の部分を曲げたり&首に相当する部分をすくめてちじこまった姿勢をとりやすい。そこで、計測上の問題点として2点をあげる。

問題点①：ノギスの固定端をどこにとるのか？ 一般的に体長を計測するのには、ノギスを使用される。その場合、ノギスの一端を固定端として用いるわけだが、「生きた個体」に対して、この固定端を、口吻部・尾堆骨部・総排出孔部、のいずれにするのが最も誤差なく、かつなるべく短時間に計測できるのか？ 筆者が経験上から言えるのは、固定端は尾堆骨に当てるのがふさわしいのではないかと、ということ。口吻部では多少強く固定端を当てた場合、頭部をすくめてちじこまりやすく、背中も丸めやすい。特に、後肢を持ち頭部に固定端を当てるようなやり方では、なおさら、頭部・背中をまるめやすい。また、総排出孔に固定端を当てて計測すると、固定端が非常に前後にずれやすい。

問題点②：カエルをリラックスした状態で体を真っ直ぐにさせた状態にしておくにはどうしたらよいのか？ 両生類の生きた個体の体長計測のため、体をリラックスした状態で真っ直ぐに保持するためには、研究者それぞれに、オリジナルな方法を考案して使用して

いるものである（特に、有尾類のサンショウウオの仲間の場合には）。ここでは図示等、詳述を避けるが、筆者も筆者なりのオリジナルな方法で、カエルが自然と真っ直ぐに姿勢を保つように工夫して計測している。

本書で以上の問題点を取り上げたのは、多くの報告論文で体長の記述があいまいで困る点が多いからである。体長が重要なテーマである報告論文でありながら、①野外で生きた個体を多数計測しているのにSVLで計測していることも多いのだが、本当にSVLを計測したのか、どういう工夫をしたのか？；②体長とだけ記述しSVLかSULの区別をしていない報告が多いこと；③SULを計測していながら、平気で論文等報告書にはSVLと記述している人がやたらと多いこと、等が目立つのである。特に、③が多いのである。筆者の経験上言えるのは、野外での生きた個体の計測の場合、どちらかと言えばSULを計測するのが妥当と思う。しかしながら、体長＝SVLが一般的となっている現状から、本研究・本書では野外で生きた個体を大量計測しているのだが、SVL計測に統一し、できる限りていねいに計測した。

2 カエルの産卵数の記述について

「秋川上流域におけるナガレタゴガエルの生態学・発生学的研究と生息環境の保全について」（三輪，2002）の中でも述べているが、日本の両生類の内、無尾類のカエルにおいて、正しく産卵数（蔵卵数）が調査され記述されている種は実に少ないのである。カエルではヒキガエルとダルマガエルと筆者のナガレタゴガエルだけと言ってよい。両生類の1個の卵は数層のゼリー層に包まれ、更にそのゼリー層にくるまれた多数の卵が、サンショウウオの仲間では1対の卵のうに包まれている。また同様にヒキガエルの仲間では、紐状の寒天質の中に包まれ、またアオガエル類では、球形の泡状の中にくるまれ樹上や土手などに陸上産卵される。これらの仲間では、産卵前の♀をわざわざ開腹して卵数を計数しなくても、卵のう中の卵数を計数すれば、ほぼ実際の産卵数（蔵卵数）に一致する。

ところが、アカガエル類やアマガエル類ではそうはいかないのである。アマガエルでは、1つの大きな卵塊として産卵せず、数～十数個ずつ位にバラバラと産卵する。なお、日本のアマガエルの産卵数・時間等に目的をしぼって調査研究された報告論文はいまだない。また、一部のアカガエルの仲間では、夏の初めと終わりの年に2回（あるいは3回）、産卵期がある。また、ヤマアカガエルやニホンアカガエルでは、一気に排出された卵がほぼ一つの塊：1卵塊となるのだが、一部では分産卵することがあるし、またナガレタゴガエル同様、1卵塊として排出後にも数ヶほどは残っていて後に排出することがある（多数確認；未発表）。また、アカガエルの内、タゴガエルやナガレタゴガエルでは、分産卵（2卵塊や3卵塊に、時には、日時を大きくあけて数日後に分産卵する）はごく自然である。更にナガレタゴガエルでは、分散産卵（数ヶずつバラバラに産卵、この場合何日にも分けて産卵）することも珍しくない。その上更に、ナガレタゴガエルでは、「繁殖期後半では中途半端に産卵済みの♀が相当数いること（数ヶだけ産卵し、数日後に大きな卵塊を産卵したり；ちょうど半分ほどを1卵塊として産卵し、数日後に残りを産卵）」、「一度大きな卵塊を産卵した後もたいてい腹内に数ヶ～十数ヶ残置されていること」、にさえ注意しなくてはならないのである。——これらは、全てナガレタゴガエルの超難産に起因している。

それゆえ、アカガエル類やアマガエル類では、繁殖期初期か開始直前の個体を開腹するのが、最も正しい値を知る方法になる。例えば、芹沢 and 芹沢 (1990)、芹沢、谷川 and 芹沢 (1990)を参照。日本のアカガエル類できちんと産卵数(蔵卵数)を計測したのは——単に1卵塊の数ではない——、筆者が知る・考える限り、この芹沢らの報告だけである。科学的に研究したいなら、仮に全ての♀を開腹しないまでも、繁殖期の開始頃に捕獲し、きちんと全卵を排出させる・それを確認できる手立てを考案した上で報告するべきである。

参考までに)、野外でナガレタゴガエルの調査をしていると繁殖期の後半には、数ヶ〜20ヶ、30ヶほどの卵塊が流下してくることが頻繁にある。これは、前述のようなナガレタゴガエルの産卵の特徴による。石裏に産みつけられた卵塊の一部が、流れにはぎとられたものではないのである。また、1991年度、2000年度当時、複数のペアを入れていた水槽で大きなきれいな卵塊の数と産卵済みのペアの数が一致せず、悩んだことが2度あった。「おかしいな、大きな卵塊が3つあるけど、中にいたはずのペアは2組のはずなのに？」

「おかしいな、産卵済みの♀は1匹しか水槽内にいないのに、大きな卵塊は2つある。」と。当時は、「ガラス壁をよじ登り脱走したんだろう」と勝手に、納得していた(よく脱走はあったので)。しかし、違ったのである。分産卵の内でも、一部はとてもきれいに2つの100個強ほどの卵塊に、全く別所に分産卵するのである。

上記のような理由から、ナガレタゴガエルでは、野外の卵塊で計数したり、繁殖期後半のペアで産卵させたり、きちんと全卵を排出させないで計数したりすることが多く、実際の産卵数(蔵卵数)よりも、甚だしく少ない値が報告記述されている。現在多くの図鑑等で、[蔵卵数は、50〜170個、平均130個](原著：草野 and 福山, 1987)と記述されているのだが、甚だしい誤りなのである。

繰り返すが、アカガエル類やアマガエル類では、芹沢らのように、繁殖期初期(ナガレタゴガエルなら、冬眠期中)の♀を開腹するのが最も正しい値を知る方法である。それゆえ、筆者は(残酷とおしかりを受けるのはじゅうじゅう承知しているが)、2001、2002年度の調査では、分産卵の様式と共に、多くの♀を開腹もした上(2年度で総計200匹ほど)、腹内に残っている卵がどの程度の割合であるのかどうか等も調べた(第3章3節参照)。

3 両生類の卵径の記述について

産卵数同様、卵の大きさ(直径)の計測方法については、きちんとした規定などがないのが現状である。それゆえ、ほとんど全ての報告論文では、産卵数・卵径の計測について、方法を詳しく記述したものが無いのである。ところが、産卵数にしても卵径にしても方法に統一性がなければ、同一の♀・卵であっても、当然計測方法の違いで値は異なるのだ。

注意点①——「発生段階」。発生段階によって同じ球形の卵であっても、顕著に大きさは異なる。両生類の卵(胚)は、受精卵〜神経胚初期までは、ほぼ肉眼レベルでは、ほぼ同形の球形をしている。また、両性類の初期発生にある程度詳しい人でなければ、肉眼レベルでは、どの発生段階にある卵(胚)かはわからないだろう。そして、同じ球形であっても、卵割が進むにつれ、更には胞胚期やのう胚期には中に腔が生じるため、直径はどんどん大きくなっていく——それはそれは驚くほどに。＜受精卵〜2細胞期＞と＜のう胚期後期〜神経胚初期＞では、同じ球形であっても、何と約15%位も直径が大きくなる(受精

卵時に直径 3.2 mm だった胚なら、のう胚後期の頃には 3.7 mm ほどにもなる)。ところが、同じ卵(胚)の受精卵の時と、のう胚後期の時のものを同時に見ることは不可能である(写真撮影しておいて、後に並べて見るので無ければ)。一般に、同時に見れないとそれほどに大きくなるとは想像がつかないようである。注意点②——「ゼリー層」。ゼリー層をつけたまま計測するのか、はずすのかで、やはり多少異なってくるのである。厳密には、若干レンズ効果のためゼリー層のついたままの卵を水中下で実態顕微鏡により直径を計測した場合、ごくわずかだが、卵からゼリー層を除去した場合よりも大きくなる。ゆえに、本来ならゼリー層も除去液なりで除去した上で、かつ、受精卵～2細胞期の胚を計測すべきなのである。ところが、ほぼ 100% の報告論文では(特別に発生の観察をする場合でなければ)、まずまちがいなくゼリー層はつけたままで計測して報告されているはずであるが、このことでさえ、どの報告論文にも記述していないのである。注意点③——「固定」。10%ホルマリンや 70%エタノールで固定した卵では、若干大きさは異なる。ホルマリンでは膨純し大きくなり、エタノールでは収縮硬化し小さくなる。注意点④——「時期」。ナガラタゴガエルでは、超極端に難産のため、4月になっても産卵できない個体や、死んでしまう個体も珍しくない。そして、3月末位で産卵できない♀を開腹した場合、たいてい腹内で卵が少し膨潤し大きくなっているのである。同様に、極端に遅い時期の3月末位にバラバラと♀が産卵した卵も、それ以前に同じ♀が産卵した卵の直径よりも甚だしく大きくなっているのである。つまり、極端に遅い産卵の卵や、遅い時期に死んだ雌を開腹した卵では、実際よりも甚だ大きい値を示すことを知っていなければならない。ちなみに、過去の筆者の経験では、仮に遅い3月下旬以降に正常に産卵したとしても、その受精卵は(おそらく卵の“過熟”が原因だろうが)、神経胚まではほぼ正常に発生は進行するが、ほとんどが尾芽胚期以降に発生がストップしてしまうことが多かった。つまり、あまり遅い3月下旬以降の産卵では、仮に正常に受精しても、正常発生能力に欠けているのである(このようなことは、発生学においては、よく知られている)。

さて上記②③は、いはゆる許容範囲内と考えられるが、①④については、きちんと規定しなければ、同一個体の卵でさえ、甚だしく差が生じるのである。①の点について、多少なりともふれているのは、日本の報告論文で筆者が知る限り、Kusano and Hayashi (2002) だけだろう(やっと、林が研究中に気づいたのである)。それでも、きちんと調べているわけではないのだが…。彼らの報告の中で、「タゴガエルの卵の受精卵～のう胚期初期までの直径の変化について」の記述がある。これによると、受精卵時に 2.8 mm だったものが、胞胚期には 3.0 mm になっていて、つまり「7.1%大きくなった」と記述しているのである。これは、筆者のナガラタゴガエルの調査とほぼ一致する。おそらく彼らの場合も、更に「のう胚初期～中期～後期～神経胚初期…」と、計測したならば、神経胚初期時では約 15% 位大きくなっていただろう。おそらく林も研究中に、あまりに大きさが変化することを知って愕然としたのだろう。それゆえ、急きょ断片的な調査、かつ、数少ないサンプル&たった胞胚期までのデータしか示していない。本来なら数多くのサンプルで、少なくとも「のう胚後期」までのデータをとり報告してほしかったし、そうでなければ意味が無い。そして、このこと(受精卵時と胞胚期・のう胚期で甚だしく直径が変わってしまう)がわかったのなら、ナガラタゴガエルでも調査してほしかったのだが…、ナガラタゴガエルについ

ては 1987 年（草野 and 福山）の値をそのまま使用している。後述するように、「ナガレタゴガエルで受精卵時のサンプル数を多くとろうとするなら、約 1 ヶ月以上毎日 24 時間体制で調査でもしなければ不可能」なのである。筆者はこの約 1 ヶ月間室内に閉じこもって産卵を見守るような調査を 3 年度実施してきた。

結局の所、卵径の調査方法は産卵数の調査同様、芹沢 and 芹沢（1990）、芹沢、谷川 and 芹沢（1990）らのように、「繁殖期初期に開腹しその卵を正規に水中で膨潤させる」のが適切な方法と言えよう。けれども、結果的にだが、A：「平地に生息し室内ですぐに産卵してくれる種」では、およそ発生初期の受精卵～桑実胚期～胞胚期の直径が報告されている場合が多く、研究者の方法の違い（発生段階・ゼリー層・固定か非固定か）で値に大きな差は出ていないと思われる。しかしながら、B：「山地性のサンショウウオやナガレタゴガエルの場合のように、一般には受精卵時の胚は見つかりにくく、観察されにくい種」では、たいてい“のう胚期”の頃の直径が報告記述されていて、実際の卵径（＝受精卵～2細胞期の頃の直径）の値よりも顕著に大きな値が多くの図鑑等に記述されている。おそらく、実際の真の値より約 10%ほど大きな値が報告記述されている。つまり、卵径と言っても、産卵直後の卵割前の受精卵～2細胞期の直径を記述していたり、その約 15%も大きくなっているのう胚期後期や神経胚初期の値を記述していたり、と無茶苦茶なことが平気でまかり通っているのが日本の両生類学のお寒い実情なのである。それは、この大きさの甚だしい変化について、いはゆる研究者と呼ばれる人でさえ、ほとんど知らないから、実質上無審査で論文を通していているからである。

ちなみに、初期発生の各発生段階の所要時間のことを知る人であればおわかりのように、受精卵～胞胚期までの卵割期は全体から見ればごくごく短時間で進行してしまう。その後、のう胚期初期からは、非常に発生に時間を要し、のう胚の初期～中期～後期～神経胚初期…とほぼ見た目で同じ球形でありながら、長時間・日数を要する（三輪, 1996, 1997, 2002 参照）。それゆえ、ナガレタゴガエルの卵では、野外で一般に観察されるのはのう胚期の初期～後期の胚である。その上更に、カエルでもナガレタゴガエルでは、室内水槽内で産卵させる場合でも、いつ産むかわからないため——翌日位に産卵するペアもいるが、たいていは数日後、あるいは 1 ヶ月前後もたってから産卵する——、産卵直後の発生開始期の受精卵の直径を計測するのは困難を極める。しかも、サンプル数を多くするとすると、長期間泊り込みの調査研究となるのである。例えば 30 のサンプルが欲しいなら、およそ 100 ペア近くを産卵させる必要があり、しかも連日の泊り込みの調査である。なぜなら、産卵直後を見逃す場合が多く、数多くのペアを数十の水槽で個別に産卵させても、つきっきりで四六時中 24 時間体制で観察でもしなければ、たいてい胞胚期～のう胚期なのである。

現在多くの図鑑等に、[卵径は 3.1～3.6 mm]（原著：草野 and 福山, 1987）と記述されていたり、あるいは 4.0 mm という記述さえあるが、上記のような理由から誤りなのである。ナガレタゴガエルのような種で、受精卵時の卵のサンプルを多数得ようとするならば、調査研究にそれなりの覚悟がいる。「ナガレタゴガエルの受精卵時の卵径は、2 才♀の卵径は、3.00 mm 以上の直径になどにはなることはありえない；そして、一般的な 3－5 才♀でも 3.50 mm 以上になどにはならない」というのが真実である。けれど、一般によく目にしがちな、のう胚期の直径となると話は別である。のう胚期後期～神経胚初期の球形時では、

15%強もおおきくなるのだから、そして、ゼリー層の多少の影響も考慮するなら、4.0 mmと報告したくなる気持ちはわからないでもないが…。

いずれにしても、とにかく困るのは、どの報告論文も「卵径は～」と述べるだけで、「どの発生段階なのか」、「ゼリー層をはずしたのか」、「固定卵・生の卵なのか」等を全く記述していないこと。つまり、皆、「球形の内ならば、ほとんど大きさは変わらず、その誤差は許容範囲だろう」と高をくくっているのであり、「発生段階を特定する」、「ゼリー層をはずす」などという意識がないのである、日本では研究者と呼ばれる・自認している者でさえ。結局、正しくなかりうが、身分・地位を有する研究者が記述したこと＝正しい値として、まかり通っていくわけである。そして、誤りに気づいても、認めたくないためによっぽどの圧力が無ければ訂正はされない。そのため、産卵数も卵径も…、ずっとおかしい記述が訂正されずにいる。何とばかりか話か。全て日本爬虫両棲類学会の責任である。

4 両生類の年令推定の方法について

両生類に限らず、多くの脊椎動物での年令推定には、2種類の方法のいずれか、あるいは両方を使用している。一つは、A：[捕獲—再捕獲法]によって。捕獲個体に標識（マーキング）をし、その後複数年度に渡り再捕獲を実施する。特に、生誕年の個体に大量標識できれば、きちんとした年令・成長率がその後の再捕獲によってわかるわけである。あるいは、生誕年に標識できなくとも、とにかく若い年代の個体なら、「これは確実に、満1年目（あるいは満2年目）の個体」とわかるものである。それらに標識し、その後の再捕獲で年令・成長率がわかる。もう一つは、B：[指骨断面の成長停止線]から査定（＝Skeletochronology）。温帯の脊椎動物では、特に爬虫類や両生類では、冬眠期に成長がほぼ停止するために骨に成長停止の線が生じ、樹木の年輪のようになる。この成長停止線の数（年輪）から査定する。これは、哺乳類の骨や歯でも行われている。また一般にもよく知られているように、外部形態：例えば「鹿の角」「魚の鱗の年輪」によっても、年令査定は行われる。

ただし、上記2つの方法にはそれぞれに欠点がある。それゆえ、両生類の場合でも多くの研究者が述べているように、上記の2種類の方法の両方を加味しないと結論は出すべきではないのである。特に、両生類でも、あまり調査されていない種では、Bの「Skeletochronology」のみでの年令査定はあまりに危険である。なぜなら、1年目の停止線は生じない種や後に吸収される形で消失する種や、あるいは、1年間に区別がつかないほどに鮮明な線が複数できる種がいるし（一つの理由として、夏期にも休眠状態（＝夏眠）になり冬眠期以外にも成長に差が生じるため）、また個体間での線の状態の現れ方に非常に差が大きい。そのために、まずは、1本1本の指が体長～mmの個体のものかを明らかにして調査すること（とにかく、単にその個体群の年令を知りたい場合、1本1本の指とその個体の体長を区別して保存しないで、数十個体の指を一緒に保存した後に、それぞれの指の切片作成しているケースが多いのである）。そして、特に若令の2才・3才での指骨断面の成長停止線の現れ方の特徴を知ること—1本目の線は明確なのか、ダブルラインやトリプルラインが生じやすいのか、そして、ラインの欠損は生じやすいのか、の特徴を知らなければならない。

結局、筆者がナガレタゴガエルを過去約 10 年で 8 万匹以上捕獲し、1 万 5 千匹以上でいいいに体長計測してきて実感するのは、基本は「複数年の捕獲—再捕獲法」と「大量の体長計測」でおよその年令・体長の関係を推定することである。そして、それを補完するために、B の「Skeletochronology」を実施することである。B の「Skeletochronology」だけの報告は、あてになったものではない。± 1 才での誤差を非常に生じやすいのである。A の方法でおよそ 90% 位信頼できるような「年令と体長の関係」を結論づけてから、B をすることによって、「ダブルライン・トリプルライン・ラインの欠損・1 年目のラインの吸収や始めからの欠損」等に対してきちんとした判断を下せるのである。

それゆえ、本調査研究では、まず①：1991-2000 年度捕獲個体の大きさの特徴や再捕獲率などのデータからおよその年令と体長を推測した。②：その上で更に、2001・2002 年度の各時期・各場所で計約 1 万 5 千匹をていねいに体長測定し、年令と体長を推定した。③：②での推定を裏づけ・補完するために、大量の（現在までに約千匹）の指骨断面から年令査定をした。なお、2001・2002 年度に指骨断面からの査定（Skeletochronology）を実施してみて、ほぼ 9 割がたは予想通りの結果であった。ただ、意外であったり、やはり難しいと実感したのは、「3, 4, 5 才で 1 年目のラインが消失することがしばしばだったこと」、「1 年間で鮮明なダブルラインやトリプルラインを生じる個体も多く見られたこと」、「おそらく一部（雄の 51-52 mm 級や♀の 61-62 mm 級は）は 6 才だろうと推測していたらその通りであったこと」などである。図 1-3（巻末に収録）に指骨断面の成長停止線の例を示した。全ての指骨切片を永久ペレパラートにした。また、最初の 200 本（200 枚のプレパラート）は、あまりきれいにできなかったが、その後は指のベストな切断位置（骨の断面とはいっても、どこでもきれいな線が見れるわけではない）、染色、風乾等の作業に習熟し、ほとんどきれいな断面が得られた。ただ、言い訳になるが、個人的に顕微鏡撮影関係の機器の内、ちょうど良い撮影機器が使用できない状況にしばらくあったために、現時点では、きれいな写真がほとんど撮影できていない（ただしプレパラートはしっかりしている）。

5 両生類の個体群の年令構成・性比の記述について

個体群の年令構成を知るのは、様々な点で重要である。これがわかれば、「寿命（最高齢）」、「性成熟年令（最若齢）」がわかり、「それぞれの年令の個体の割合から、およその生残率（死亡率）」がわかり、また、「それぞれの年令の平均体長等から成長率」がわかる。けれど、両生類に限ったことではないが、ほとんど報告例はない。それ位大変な作業なのであり、奥野(1995)の記述を借りれば、「人間で国勢調査をするようなものであり、人間のように、皆が協力して真実を報告してくれるのならまだしも、野外の生物でこれをするとなると…」。更にはナガレタゴガエルのような回帰移動性の種の場合、方法のコントロールが難しい。つまり、平均的なサンプリングをするために注意を要する。老令個体が多くなっている場所で捕獲しても、逆に若齢個体が多くなっている場所で捕獲しても、それらのサンプルの年令割合は、個体群全体の平均的な年令構成とは言えないだろう。また、繁殖活動期に捕獲したサンプルでも初期のものだけでも偏ってしまうし、繁殖活動終期の頃のものだけでも偏ってしまう。あるネットでの捕獲なら、繁殖活動開始から終わりまで

の個体で調べなければならない。定住性が強い種ならば、同一場所で多数の捕獲をすれば、その個体群の平均的な年令構成のサンプルが得られるだろうが。それでも、多数の個体の正確な年令を査定するだけでも重労働であり、少なくとも5年以上の[捕獲—再捕獲]による野外調査を必要とする。

それゆえ、日本の両生類のある個体群での、成長率や寿命・性成熟年令、等を調査報告してきたのは、おそらくヒキガエルだけであり、次の2つの報告だけと言ってよい。1つ目が、金沢大学の奥野 良之助が1973～1981年に金沢城で調査したもの（「金沢城のヒキガエル」1995年、や日本生態学会誌の1984～1988年参照）。2つ目が、国立科学博物館附属自然教育園（東京都港区）の久居 金森、千羽 白根, and 矢野 らのグループが1973年～1985年に自然教育園内で調査したもの（「自然教育園報告」の1975年～1987年などを参照）。これらでさえも、個体群構成の様々な点で詳細に研究されているが、個体群全体の平均的な年令構成割合については、結論付けられていない。いずれにせよ、日本の両生類で個体群のおよその生命表が作成されてきたのは、ヒキガエル（上記の2ヶ所の約10年の調査から）とナガレタゴガエル（筆者の約10年の調査）の3本だけなのである。

一方、「個体群の平均的な性比」についての報告は、更にやっかいな調査であり、このテーマについて報告されたものは、筆者のナガレタゴガエル個体群の報告以外では、日本では唯一上記の奥野のヒキガエル個体群の報告のみなのである。なぜなら奥野の調査では、サンプル数が多いだけでなく、10年近くに及び膨大な数を標識しているため、ダブってカウントすることもなく、そして何よりも、繁殖期以外の季節にも大量に捕獲調査して、その性比データに基づいて論じている。ちなみに、奥野の金沢城のヒキガエル個体群での調査結果は、「非繁殖期の捕獲—再捕獲データから、成体の性比は毎年♀：♂＝1：2.8位であり、2年目に性成熟する割合が♂の方が多いいことを考慮して補正しても、およそ、毎年♀：♂＝1：2.5だった」と記述している。ところが、他の研究者の報告では、せいぜい数年の調査であり、かつ繁殖期のみの性比報告であり、実際の性比を表していない。繁殖場所での捕獲や観察では、実際の性比よりもはるかに雄の比率が大きくなってしまう。雄は長期間、繁殖場所に留まるし、種によっては、雌は2年に一度の繁殖活動であり、繁殖場所には2年に一度しか現れなかったり、…。

実際の性比を知るには、①：非繁殖期の夏の活動期や冬眠期に大量捕獲しなければならない。そして、ここで強調したいのは、①のみならず、詳細に個体群の性比を知るには、次の2点も考慮しなくてはならないことである。②：個体群の各年令ごとに性比を知る必要がある（三輪，2002も参照）。なぜならば、両生類や爬虫類のように、ESD（Environmental Sex Determination）：外部環境による性決定が起こる生物種では、各年令ごとに性比が異なる可能性が大きいからである。♀：♂の比率が、3才の個体では1：3；4才では1：1；5才では1：3のように。③：回帰移動性の種では、雌雄の移動行動の違いから非繁殖期の大量捕獲の性比でさえも、捕獲時期・場所によっては、その個体群の真の性比とは異なる結果を示してしまう（前述の表1－3参照）。そのため、例えばナガレタゴガエルでは、冬眠期や秋の移動期での、上流部と下流部での性比を比較しなければならない。かように、個体群の真の性比を知るには、詳細に個体群の年令構成や寿命・成長率・生残率、等を知るよりも、はるかに難しいのである。

第2章 ナガレタゴガエルの生命表①：体長と年令；性成熟年令；寿命

第1節 成体の体長と年令 — [雄の体長は38–56 mm]という記述は誤り

1 方法（約15,000匹の体長計測・約1,000匹の年令査定）

方法の注意点・要点については、前述の1章4節の1，4も参照していただきたい。

(1)．体長計測——調査初年度の1991年度の冬眠期にも約1,000匹の体長計測をノギスで0.1 mm単位で行っていたのだが、生きた個体を野外で大量に計測する上で随分と難しさを痛感し、測定誤差が気になり報告せず保留にしていた。また、その後の調査で、同年度の同一個体群であつてさえも、捕獲場所の違い[本流の上流部と下流部]や[本流と小支沢]、あるいは同一ネットでの捕獲でも[移動行動期の初期と終期]での違いによって、どうも平均の大きさに明らかな差があるという感触を得ていた。

そのため、2001年度、及び、2002年度に、総合的な体長、及び、年令調査を実施した。両年度共、調査地内の元：小野田セメント(株)のロッジ(三輪, 2004 参照)をベースにし、10月中旬～4月中旬までの半年に渡り、ほぼ1日も欠かすことなく捕獲調査した。特に、両年度共ネット設置時の[秋移動期の10月中旬～12月中旬]、及び、[繁殖移動期の2月初旬～3月下旬]は1日も欠かすことはできないし、欠かすことはしなかった。

それぞれの年度で、①秋の移動期の各ネットトラップでの全捕獲個体；②冬眠期の全捕獲個体；③繁殖移動期の一部のネットトラップの全捕獲個体；④春眠期の全捕獲個体、の体長(SVL)を、ていねいにノギスを用い0.1 mm単位で計測した。成体については、2001年度に、雄3081匹；雌1137匹；2002年度に、雄7026匹；雌2846匹、総計2年度で14,090匹の体長を計測した。なお、子ガエルは、後述するように、総計702匹の体長計測をした。

(2)．年令査定——各捕獲個体の後肢の第3ないし第4指を切断し、1個体の指ごとにチャック付ポリ袋に10%ホルマリンと共に封入し、[雌雄の区別；体長；捕獲日；捕獲場所]を袋に記入した。その後、大学実験室内で凍結ミクローム用のコンパウンドで包埋；20 μ mの厚さでスライス；1つの指で約100切片のスライスを1つのスライドグラスに載せた。薄切後、ヘマトキシリンで染色、エタノールで脱水後、封入材で封入し永久プレパラートにした。

注意した点・工夫した点について、

①：薄切する骨の位置——成長停止線のリングは指骨断面のどこでも見れるものではない。関節部分ではもちろん骨の断面は見れないし、また、各指の1つ1つの指の骨でも両端の関節に近い部分では見ることができない。骨幹のほぼ中央部分付近がよいのである。その中央部分を、万全を期して100切片位は最低スライスして、1つのスライドグラスに取れば、たいてい、幾つかの切片できれいなリングが観察できる。

②：なるべく、短期間で大量の数百～1000以上の指のプレパラートを作成するには——ミクロームで大量の資料の切片を作成するには、それ相応の工夫が必要である。一般的には、ミクロームで大量の資料の薄切などの作業の必要性は無い。1つ1つの資料をていねいに包埋・薄切・染色するというのが普通であり、だからこそ、今まででも、カエル

の大量の個体の年令査定の報告などないのである。ただ、パラフィン包埋での一般的なミクロトームでの切片作成の場合、自動包埋機・自動染色機(極めて高価な機器だが)というものがあり、うまく使用すれば短時間での大量切片・プレパラート作成が可能である。また、パラフィン包埋ならば、楽に長期保存が可能という利点もある。一方、凍結ミクロトームでの切片作成の場合も、工夫によっては、割と短時間での大量のプレパラート作成が可能となる。筆者も、この点の工夫が、今回の調査研究の最大の課題であった。そして、さんざん、凍結用コンパウンドでの包埋のための、いろいろな型枠を作成し試してきた。その結果、使い捨てでなく、毎回使用できるタイプの型枠で、一度に 30 ケ (30 本の指) をコンパウンド包埋し、およそ 1 日平均 30 個体の指の薄切・染色・封入・プレパラート作成がコンスタントにできるようになったのである。詳しくは、ここでは省略させていただく。こういった面での研究上の工夫は、皆、研究者各個人でオリジナルなアイデアを持っているものである。

③: 包埋・薄切までの保存——今回、凍結ミクロトームで薄切した飼料は、一部は捕獲・切断後、数日程度 10%ホルマリン固定した指骨だが、多くは 10%ホルマリンで固定後、数ヶ月～1年以上経過した指骨である。当初この長期固定が、指骨断面観察に大きく悪影響をするか心配であった。が、結論から言えば、指骨断面の成長停止線を見る事に関しては、10%ホルマリンで長期固定保存した指骨でも何ら問題ないということである。ただ参考までに述べておくと——、一般的に、長期ホルマリン固定した資料で、凍結用コンパウンドで包埋・薄切する場合、なるべくきれいな組織切片を作成するには、約 1 日ほどゴムシヨ糖液につけておくとよいと言われる (アラビアゴム&シヨ糖の濃度についての詳細はここでは省略)。今回、筆者も一応、全ての資料を約 1 日ゴムシヨ糖液につけて処理した。

なお、指骨断面の切片を作成し、年令査定したのは、まだ残念ながら (申し訳ないが) 1,000 匹ほどである。これは、雌の年令・体長と産卵数・卵径のデータを優先すべく、まず、2002 年度の湯場ノ沢 (=図 1-1 & 表 2-1 の K 9 トラップ) 捕獲個体の全ての雌の年令査定から始めている。当初は、大それた考えとも言われそうだが、1 年で 5,000 ないし 6,000 匹ほどの包埋・薄切・プレパラート作成をもくろんでいた。

2 結果・考察 — ①: 個体群全体での成体の平均体長

(1). 成体の体長の最適な表現——表 2-1 (巻末に収録) に 2001・2002 年度の各生活期の♂♀の体長 (計測数・平均・SD・最小・最大) を示した。また図 2-1 (巻末に収録) には、2001 年度全体・2002 年度全体・2001+2002 年度全体の体長のグラフを示した。一方、年度の違いによる体長分布の比較のため、図 2-2 (巻末に収録) に同一生活期・同一場所での捕獲による、2001&2002 年度のグラフを示した。

大きく見ると、[年度の違い]; [捕獲ネットの場所の違い (※ただし、移動開始から終結までの全ての個体をサンプリングした場合である)] による、体長の有意な差は雄雌ともに無かった。例えば、2001 年度全体、及び、2002 年度全体での雄雌の体長を図 2-1 で見てもわかるように平均・SD共に、極めて酷似した値であった。また、図 2-2 からわかるように、成体の平均体長&SDは、同一生活期・同一場所でのサンプリングでは、

年度が異なっても全くといってよいほど同じであった。つまり、年度が変わっても、同一場所・同一生活期での全捕獲サンプルならば、グラフの正規分布状態は不変なのである。これは、ある面、当然であろう。人間にしても、1年や2年、数年で、成人の平均身長やSD値が大きく変わることはない。ただし、このことは当然、成体（成人）の場合である。

結論として、ナガレタゴガエルの成体の平均体長は、2001・2002年度全体での値：[雄の成体、平均 45.98 mm、SD 2.03；雌、54.33 mm、SD 2.67]（表 2-1・図 2-1）から、およそ、平均±3SDをとり、

「成体の体長は、雄 40～52 mm 平均 46 mm； 雌 46～62 mm 平均 54 mm」

といったところが最もふさわしい表現と考えられる。

これは、サンプル数が約 15,000 という大きな値というだけでなく、広大な生息域を持つナガレタゴガエルの特性を考慮した上での、＜同一個体群の[複数の捕獲場所]・[異なる捕獲時期]・[異なる年度]、を加味した上での値＞だからである。前述したように、ナガレタゴガエルのような長距離移動性の種で同一個体群の生息域が広大な種では、単なるある1時期のある1ヶ所での数百匹程度のサンプルでは、平均体長など語ることは許されないのである。

ただし、これは奥多摩周辺の場合であって、近畿地方など大きく生息地の離れた地域では、若干、異なるかもしれない。ただ、ナガレタゴガエルについて総合的に調査する研究者は、筆者以外に今後も現れないだろう。

(2). ♂の体長 56 mm という不気味な値——さて、現在多くの図鑑・書物に記載されているナガレタゴガエルの成体の体長は、ほとんどが「日本カエル図鑑」（前田・松井, 1999）の記述—「雄は 38—56 mm 平均 45 mm； 雌は 43—60 mm 平均 51 mm」—によっている。そして、これは、草野・福山（1987）からの引用である。しかしながら、この「日本カエル図鑑」の雄の体長記述は誤りなのである。簡単に言うなら、松井正文氏の転記ミスなのである。おそらく本人も既にわかっているはずなのだが、ナガレタゴガエルの他の多くの誤りだらけの記述と共に、訂正する様子が伺えない。いいかげん、多く一般の人が引用する図鑑なのだから、正しい記述内容に全面訂正してもらわないと困るのだが…。よっぽど多くの読者から訂正要求や抗議がなければ、沈黙をし続け、「日本カエル図鑑」の間違いだらけの内容は訂正されないはずである。それには、学会内部や学会幹部（評議員）の研究上の犯罪行為、等の諸問題があまり公になっては困るから…、という裏に複雑な事情があり、「日本カエル図鑑」のナガレタゴガエルに関する間違いだらけの記述は、当分訂正されないままのはずである。

図 2-3（巻末に収録）が、上記の草野・福山の体長報告のデータである。およそ平均±3SDをとって、「雄で平均 45.5 mm、39—52 mm；雌で平均 51.5 mm、43—60 mm」といったところである。まず重要な点として；[この草野らの調査地は、図 1-1 に示しているように、筆者の調査地とは尾根 1 つ隔てただけの沢で、実質上、筆者の沢と同一個体群ともいえる場所であること] & [彼らの捕獲サンプルは冬眠期・繁殖期のもので混合されていること、及び、繁殖期の開始から終結までの全てではないこと] & [彼らの調査地の沢は源流部に近い場所であり、個体群全体の生息域から見ると上流域であること] があ

る。

さて、草野らの値は、筆者の値とほぼ同値であるが、雄雌共に全体的に小さい値になっている。この理由は、1つには、測定者のくせのようなものもあるだろう。しかし、はっきりしている理由は、[①：後述するように、繁殖期の捕獲サンプルでの体長は、秋の移動期の捕獲サンプルよりも小さくなってしまふこと(理由は後述)]；[②：1章2節2でも述べたように、源流域近くで捕獲サンプリングしたほど、平均体長は小さくなる傾向にあること]である。要するに、2才で性成熟した早熟個体が源流域に近いほど多くなり、また、繁殖期になるとこの早熟個体が源流域から移動してくるからである。これらの点を考慮すると、成体全体の平均体長は、筆者の値と草野らの値は、実質上酷似しているわけである(ある面、当然である。前述のように、ほぼ同一個体群でのサンプリングだから)。つまり、草野らも、繁殖期以外にもサンプリングしたり、もっと下流部でもサンプリングしていたなら、もう少し、平均体長が大きくなっていたはずであり、その場合は、筆者の値と全くと言ってよいほど同じ値となったはずである。

一方、草野らのグラフ・データには大きな問題点が2つある。

1つ目が、年度によって分布にばらつきがありすぎる事。この理由は簡単。何度も述べてきたが、ナガレタゴガエルは長距離の回帰移動性のカエルであるため、サンプリングの適切なコントロールが不可欠なのである。繁殖移動期の捕獲なら、同一場所のネットで、かつ、移動開始から終結までの全てのサンプリングを用いて、各年度を比較しなければならない。また、冬眠期の捕獲と繁殖期の捕獲等を、年度によってごっちゃにしてはならないのである。草野らの場合、調査当初のサンプリングで、捕獲時期・位置が年度によって一定していなかったから、図2-3のような大きなばらつきを生じているのである。本来、捕獲生活期・位置を一定にするなら、年度が異なっても、成体の体長の分布状態に図2-3のような大きな差は生じない(図2-1 & 2-2 参照)。

2つ目が、「♂の1匹が56 mmとなっているデータの存在」。

なぜ、松井正文氏は、草野らの論文からの引用時に、「日本カエル図鑑」で「雄の体長は、38-56 mm」という誤った値を使用してしまったのか、誤記してしまったのか？ 元々、草野らのサンプリングで、56 mmという雄がたった1匹いたことになっているが、図2-3を見ればわかるように、55 mm台も54 mm台も、53 mm台でさえも0匹で、かつ52 mm台でさえ、極々少数なのである。また、だからこそ、[平均±3 SD]をとれば、およそ上記のように39-52 mmになり、56 mmなど統計学的にもありえない値なのである。一般的に見て、このたった1匹の、[平均±3 SD]からも遠くかけ離れた、56 mmというデータは、測定ミス(「測定後フィールドノートに記入した時に、46を56と書いた」、あるいは、産卵後の雌では、時に雄と見間違ふことがしばしばあるのだが、「雌の56 mmを雄として記録した」、のいずれかのはず)と考えるのが普通である。人間の身長で言えば、2 m 50 cm かそれ以上といったところだろうか。いずれにしても、科学的に見た場合、つまり統計学上において、このような平均±3 SDから、はるか大きくかけ離れた不気味な56 mmの値は、除外されるものである。しかも、前述のように、その近接する52, 53, 54, 55 mmの個体でさえデータが0なのである。松井氏ともあろう科学を扱う研究者が誤記したのは、単なるケアレスミスとしか思えないのである。繰り返すが、元々の草野らの値でも、平均

± 3 SDでとれば、筆者とほぼ同値の 39–52 mmなのであり、「日本カエル図鑑」の 56 mm という不気味な記述は、単なる松井正文氏のケアレスミスによる誤転記なのである。また、この不気味な 56 mm という値を使用とするならば、松井正文氏は、雌の体長もおおよそ 70 mm 弱の値を使用しなくては、科学者として矛盾するのである。

筆者は、ナガレタゴガエルを過去 8 万匹以上捕獲し、その内の 48,831 匹が成体雄であったが、56 mm の雄などありえなかった。百歩譲って、数十万匹に 1 匹位の割合で、7 才か 8 才まで生存し 56 mm の雄がいたとしても、それは平均的な体長の範囲ではない。

3 結果・考察 — ②：捕獲時期による平均体長の比較

(1). [秋の移動期] vs. [繁殖移動期] —— 前述のように、[年度の違い]；[捕獲ネットの場所の違い（※：ただし、移動開始から終結までの全ての個体をサンプリングした場合である）] による比較では、平均体長に大きな・有意な差はなかった。しかしながら、同一年度の同一場所でのサンプリングでも、[生活期の違い（秋の移動期と繁殖期の移動期での比較）] によっては、平均体長に大きな歴然とした違いが見られた。平均体長は明らかに、有意に、「秋移動期」よりも「繁殖移動期」の方が小さいのである。つまり、年令構成が、決定的に異なるのである。これは、過去の調査の経験上から予想通りであった。表 2–2（巻末に収録）、及び、図 2–4（巻末に収録）に「秋移動期」と「繁殖移動期」の雄雌の体長の比較を示した。なお、表 2–1 も参照していただきたい。

この平均体長の大きな差の理由・要因は、図 2–4 を見れば、一目で察しがつくだろう。要因は大きく言って 2 つある。最大要因は、2 年目に性成熟した早熟の小型成体の雄雌は、他の一般の 3–5 才の成体と行動に差があることである。この早熟 2 才の雄雌は、半分は子ガエルの行動の特徴を伴っているのである。その結果として、「繁殖期には、小型の成体＝2 才の雄雌が（図 2–4 の中で破線の楕円内で示している）、相当数流下移動して捕獲されている」のに対して、「秋の移動期には、これら 2 才の雄雌の捕獲がほぼ皆無」なのである。つまり、1 章 2 節の 1 でも述べたように、ナガレタゴガエルの子ガエルは生誕時の夏に、沢・ガレ沢の源流部へと移動し活動し、性成熟する年令までは、繁殖場所の沢の本流域へは戻らない。そして、2 年目に一部の個体は雄雌共に性成熟するのだが、これら早熟の 2 才個体では、秋に一般成体（3–5 才）の様に移動して本流域で冬眠する割合が小さい。つまり、2 年目に性成熟した早熟小型成体は、他の子ガエル同様に源流域周辺で冬眠し、繁殖期になって本流部へ移動し初の繁殖活動に参加する個体が多いのである。そのため、秋の回帰移動期のネット捕獲では、ほとんど早熟の 2 才個体は捕獲されないが、繁殖期には、（全体から見れば少ないが）相当数の 2 才個体が捕獲されるのである。その結果、この体長の小さい 2 才個体のために、繁殖期には平均体長が小さくなるのである。

2 つ目の要因が、老令個体の割合である。1 つ目の要因と関連するのだが、一度繁殖活動を終えた 2–5 才の成体は、多くは、夏に源流部方向へとリターンするのだが、一部は（特に雌では多くが）、本流の繁殖場所周辺に留まる。そして、秋の移動期のネットトラップ捕獲では、老令個体の割合が多くなる。更には、秋の移動後に冬眠に入った 5 才の雄雌は、そこで老衰的に自然死するため、繁殖期には 2 才個体が加入するのみならず、秋移動期に比べ、老令個体が減少するのである。毎年、冬眠期の捕獲時に、ごくごく極めて少

数なのだが、あたかも寿命で死んだ・大往生したかのような（おそらくほとんどが5才と思われる）、雄雌の死んでまもない個体が、冬眠場所の砂利中で確認されるのである。

（2）．移動行動期の〔初期〕 vs. 〔終期〕——また一方、同一生活期でも、特に繁殖移動期の移動行動の開始の頃と終結の頃との比較で、明らかな平均体長の差：つまり年令構成の差が見られた。なお、申し訳ないが、今回、このデータを表・グラフで示せないことをおわびする。この要因も、2年目に性成熟した早熟の雄雌の行動によっている。いずれにせよ、前述のように、この早熟2年目雄雌の個体は、ある面は子ガエルの特徴を持ちつつ行動しているからである。

例えば、繁殖移動期に相当数出現し捕獲される2才個体は、繁殖期間中でも後半になるほど多くなる。これは、繁殖期間中の日ごとの捕獲数における年令構成の推移をデータで示せばよいわけなのだが、まだその分の年令査定が終了していないことをおわびする。ただ、体長のデータからも、「2才個体の割合は繁殖期の後半へ向かうほど大きくなる、つまり、早熟の2才個体は冬眠明けが、他の一般的な成体（3－5才）よりも遅い（子ガエルの特徴を引きずっている）」ことは、明らかなのである。このことは、1998年の調査から常々気になっていたことなのである。毎年、繁殖期の終わりに近づくにつれ、小型の雌（＝2才雌）が目立つようになるのである。このことから、早熟2才個体は、他の1，2才の子ガエル同様に、源流部域で冬眠していることが推測されるだろう。

4 結果・考察 — ③：成体の年令と体長；性成熟年令；寿命

指骨断面から年令査定した、雄雌の年令と体長の関係を図2－5（巻末に収録）&表2－3（巻末に収録）に示した。

雄雌共に、一部の早熟個体は2年目に性成熟し、一部の個体は6才まで生存することがはっきりとした。これらの結果は、過去の捕獲一再捕獲調査のデータ等から推測されていた年令構成と一致した。なお、個体群全体における成体の各年令の割合、及び、変態時からの成長曲線については後述する。

第2節 子ガエルの体長と年令

1 方法

〔体長計測〕、及び、〔指骨断面の顕微鏡観察による年令査定〕の方法は、成体の場合と同様である。

典型的な回帰移動性のカエルであるナガレタゴガエルの子ガエルは、他の多くの種のカエルの子ガエルに比べ、非常に捕獲が難しい。1991年度から野外捕獲調査を冬眠期中心に実施してきたが、成体の捕獲時・捕獲場所ではめったに子ガエルが捕獲できず、当初、様々な疑問を持っていたものである。もっとも、今までに、子ガエルの捕獲自体を目的にして、捕獲調査を試みたことは無い。まだ成体の調査で手一杯のせいもあり。

そして、成体の年間の回帰移動行動の詳細がわかるにつれ、ようやく、2002年度頃に、「なぜ、成体の冬眠期の捕獲時に子ガエルが捕獲されないのか」の理由がはっきりとわか

ったのである。1章2節2で既に述べたように、子ガエルと成体では、明らかに冬眠場所が異なるのである。そして当然のことながら、子ガエルは、成体の様に秋や繁殖期の移動行動をしないために、トラップネットで捕獲できないのである。そのため、過去全年度の1991－1993&1998－2003年度での子ガエルの捕獲は、成体の捕獲目的の調査時に結果的に捕獲された個体たちである。

2 結果・考察 — ①：子ガエルの捕獲状況と体長の特徴

(1). 捕獲数と捕獲状況——表2－4（巻末に収録）に1991－1993 & 1998－2003年度の各生活期における子ガエルの捕獲数・体長計測数を示した。2003年度までに結果的に、718匹の子ガエルを捕獲できた。その約90%弱が、成体の冬眠期捕獲時における捕獲である。そして、そのほとんどが、沢の本流部でなく、小さな支沢・ガレ沢の本流への流入部付近の大きな石の下の砂利中（常に若干流水があり湿っている）であった。表2－4からもわかるように、秋の本流の沢に設置したトラップネットでもごくごく少数捕獲されたが、これは全て、子ガエルの意思でなく本降りの降雨時などに無理やり流されてしまっただけの個体であった。一方、繁殖期にもトラップネットで極めて少数が捕獲されているが（表2－4）、これは皆、3月中旬以降での捕獲であり、やはり、子ガエルの意思でなく、無理やり流されてしまい動いた個体と推測される。ごくごく一部の子ガエルが3月中旬以降に暖くなり、冬眠明けし行動した時に、その一部が流されてしまったようなのである。

(2). 子ガエルの体長の特徴——各年度に捕獲した子ガエルの体長を図2－6（巻末に収録）に示した。このグラフからわかるように、子ガエルの特徴として、次の2点が挙げられる。①：明らかに、体長のグラフに2つの山があった。そして、これらの2つの群では、大きさ(体長)のみならず、見た目がはっきりと異なった。間違いなく1才と判断される体長25, 26 mm前後の個体たちは、全体に黒っぽい赤褐色であった。まるで、変態時の黒褐色の痕跡を残しているかのように。対して、間違いなく2才と判断される35, 36 mm前後の個体たちは、ほぼ成体の非繁殖期の色で、やや明るいオレンジ色気味の赤褐色であった。②：成体の場合とは異なり、年度によってずいぶん平均体長や分散等のグラフの分布状態に差が感じられた。これは当然のことと思われる。人間にしろ他の多くの動物でも、成体に成長する過程で、最終的にほぼ同じ値の大きさ・体長に成長するだろうが、幼少期、特に生誕1, 2年目は、その年の環境（温度・餌の状況）によって成長率に大きな差が生じるものであるから。そのために、普通は1, 2才の境界体長の30 mm前後の個体はめったに捕獲されないのだが、年度によっては（例えば1998年度・2002年度）、1, 2才の区別が見極めにくい30 mm前後の個体が多数捕獲された。生誕年の夏が冷夏だと成長が悪いだろうし、逆に暑い夏では1年目に成長が早くなるのだろう。一方、2000年度や2003年度のように、くっきりと、体長データの1, 2才がはっきりと区別される年もあった。

3 結果・考察 — ②：子ガエルの年令と体長の詳細

(1). 指骨断面の顕微鏡観察から——2001, 2002, 2003 年度捕獲の子ガエルの指骨は固定保存した。そのほとんどを薄切し、1才か2才かを顕微鏡観察から年令査定した。その結果を図2-7 (巻末に収録) に示した。「25 mm台で2匹、2才の個体が確認されたこと」、一方、「30 mm前後でも2匹、1才の個体が確認されたこと」は、興味深かった。ただし、おそらく1年目の冬の時点で22, 23 mmにしか成長できなかった個体は、ほとんど冬眠中に死んでしまうのではないだろうか、と推測している。そして一方、1年目で30 mm前後にまで達した、成長の早い子ガエルは間違いなく2年目に性成熟するのだろう。

(2). 子ガエルの全捕獲個体の年令——実際に指骨断面から年令査定した子ガエル (図2-7) を元に、全捕獲の子ガエルの体長のグラフ (=図2-6 G) を1・2才に分けてみた。つまり、図2-7からわかるように、31 mm以上の子ガエルは間違いなく2才であり、また一方、各年度でくっきりと1, 2才の分かれた年 (2000 年度・2003 年度) では、自ずと1, 2才が区別された。それゆえ、およそ27-30 mmの子ガエルだけが、外観だけで1才か2才かを区別することが困難な個体であるのだが、元々この境界体長値の個体はごくごく少数であった。この境界体長値の子ガエルで指骨を保存していなかった (指骨断面を査定できない) のは、10匹ほどであり、この10匹ほどを全体からのバランスから1才・2才に分配した。その結果、全捕獲の内の全計測数である702匹の子ガエルの年令 (1才・2才) と体長をグラフで表したのが図2-8 (巻末に収録) である。また、この1・2才の子ガエルの平均・SDを表2-5 (巻末に収録) に示した。

一方、図2-8に、およそ推定される2才時のナガレタゴガエルの[子ガエル・成体♂・成体♀]の体長分布を示した。2才成体♂♀の体長については、図2-5 & 表2-3を参照されたい。図2-8の2才の子ガエル・成体の分布は、相当に確かなものと思われる。

さて、2才の子ガエルの♂♀の区別は、外観からではつけられなかった。四肢の感じや、指の感じからだけでは、決定的に区別できるほどに違わないのである。結局、はっきりとしているのは、ある境界値の体長での区別である。例えば、前述の成体の体長と年令の結果でわかるように、♂は40 mm以上では成体のはずで (図2-5 & 表2-3 参照)、どう考えても40~44 mmの子ガエルは、♀の子ガエルのわけである。けれど、40 mm未満の子ガエルについては、結局の所、現時点では、外観から♂♀を区別することができないでいる。

結論として、子ガエルは1年目の冬眠期前後には、21-30 mm、平均 25.9 mmほどに成長する。そして、2年目には雄雌ともに一部が性成熟する。2年目の冬眠期前後には——、2年目ではまだ未成熟であった子ガエルで25-44 mm、平均 35.7 mmほどに；2年目で性成熟した♂で39-45 mm、平均 43.2 mm；性成熟♀で43-51 mm、平均 47.0 mmに成長する。

第3節 成長曲線

成体の体長と年令の詳細な結果 (図2-5 & 表2-3) と子ガエルの1才・2才の体長 (図2-8 & 表2-5) から、ナガレタゴガエルの成長曲線を図2-9 (巻末に収録) に示した。

毎年、2月下旬を繁殖活動のピークにして産卵が行われ、5月末～6月に変態完了し子ガエルは陸上にあがる。この時の体長が約 7.5–8.5 mmである。一応、3月初旬を基準0として、変態完了時を3ヶ月後として表したグラフである。

なお、カエルでのこれほどまでに、膨大なサンプル数からと詳細な結果からの成長曲線は、ほとんど研究例は無いし、もちろん日本では無い。

第3章 ナガラタゴガエルの生命表②：産卵数

ナガラタゴガエルの最大の生態学的特徴は、「世界でも類を見ない長距離の回帰移動行動」であるが、その最大の要因が、「“超々難産”」とでも言うべき、産卵の特徴にある。Explosive breeder（早期繁殖種）でありながら、相対的に長期間に渡る繁殖期間（産卵期が長い）であるのは、産みたいのに産めない（何度も何度も産卵を試み、きばるのだが産めない）ウルトラ難産に起因している。そのため、1ヶ月以上も抱接しているペアも珍しくないのである。一部の書には、「～良い産卵場所を探すために産卵期間が長い」などと、推測にもかかわらずまことしやかに記述されているが、明らかな間違いである。真のナガラタゴガエルの生態を語るには、「長距離回帰移動行動」と「超々難産」について、詳細に知らなければならないのである。

一方、本章の研究を詳細に実施した最大の理由は、「現在もなお、各種の図鑑・書物に[ナガラタゴガエルの蔵卵数・産卵数は50–170個、平均130個（草野・福山，1987）]などという甚だしい間違った記述がずっと訂正されずにいること」にある。しかも、このデータは、筆者とほぼ同所・つまり同個体群での結果とされている。この誤った報告の理由は、分産卵等の特徴を全く知らないことに起因している。とんでもない、でたらめなありえない記述内容なのである。だいいち、田辺 and 三澤（1997）は、「蔵卵数が178個であった（滋賀県）」、また、金井 and 廣瀬（2001）は「蔵卵数が、186個であった（群馬県）」と報告しているのである。なお、最も正しい表現と考えられるのは、およそ、[平均175～180個、130～250個]である。

ナガラタゴガエルの産卵数や卵径などを研究報告できる・資格があるのは——、きちんと分産卵・バラバラ産卵、等の独特な産卵様式と長時間を要する産卵行動、を数年かけてきちんと観察調査した研究者、そして、初期発生をきちんと観察した研究者のみである。分産卵を知らない・報告していない研究者；産卵最中の行動を複数のペアで観察していない研究者；産卵所要時間や卵の排出のされ方を観察していない研究者などに、報告する資格はない。苦労を重ね、複数のペアで実際の産卵最中を観察した研究者ならば、「なぜ超難産なのか」、「なぜ死産が多いのか」、「なぜ産卵までに日数がかかるのか」、「なぜ産卵が開始されても終わりまでに長時間を要するのか」、「なぜダルマ状やぶどうの房状の卵塊が多いのか」がわかり、「一度の産卵で全卵が排出されない場合の方が多いこと」、「あたかも2匹の♀が産んだがごとくきれいに分産卵する個体も珍しくないこと」に気付くはずであり、報告するはずである。これらのことを気付かない・報告していない研究者（？）には、産卵数・卵径について報告する資格はない。

第1節 2000年度までの観察結果の要点

1991～1995年度の総計約150ペアでの産卵の観察（内、産卵開始～終結までの観察成功は約30ペア）から、[産卵体勢・姿勢]、[所要時間]については、ほぼ結論が出た。この点については、三輪（2002）を参照。ただし、2000年度までの時点では、[産卵時の体勢]・[産卵場所]・[産卵時間]・[初期発生の特徴]等に主眼を置いていたため、きちんとコン

コントロールした方法での1個体の雌の産卵数調査は持ち越されていた。

調査初年度の1991年度から2000年度までのナガレタゴガエル産卵の観察から気付いていた・疑問に思っていた点、すなわち、[真の産卵数調査]をするために必要な方法のコントロールすべき点を項目別に以下に挙げる――；

(1). [超々難産] ——①：初年度の1991年度には約10ペアを大学に持ち帰り産卵をさせたのだが、とにかく難産であることにすぐ気付かされた・驚かされた。いつ産むかがわからないのである。産卵倒立体勢に入って、雄雌共に何度も体をそらせ、きばるのだが、すみやかに産卵できる場合もあるし、何日も繰り返しやっと産卵できる個体もいる。また、産卵開始から終わりまでをビデオに撮影しようと思っても、やはりというか、割と人気を感じると避けるため、ちょっと目を離れた隙に産卵されてしまったり。それでも、約1週間研究室に泊り込み、1ペアでは、開始直前から終わりまで撮影できた。いずれにしろ、産卵ができるまでも日数・時間を要し、そして、産卵開始後も超難産なのであった。

②：調査2年度目の1992年度には、調査地内のロッジに大型水槽・ビデオカメラ等を搬入し、産卵の様子を観察した。約1ヶ月間24時間体勢の末、約100ペアの内、20ペアでの産卵を8mmテープに撮影できた。やはり、産卵までに日数を要し、産卵自体にも時間を要した。また、複数日に分けて産卵する個体も多数確認された。特に、興味深かったのは、当時は余裕も無く1つの水槽に数ペアを入れて観察したのだが、あるペアが産卵最中に他のペアが接触してくると、必ず、産卵を途中でやめてしまうことであった。このことから、野外ではなおさら、分産卵が多数なされていると確信を持った。

更に1993～1995年度の大学実験室内での産卵・発生の観察により、より多くの産卵最中の撮影記録ができ、特徴を観察記録できた。

③：2000年度には、初期発生の発生段階図表の完成のため、調査地の借家に恒温器や顕微鏡・撮影装置、8ヶの水槽、等を搬入し、産卵・発生を観察した（この年は残念ながら、産卵数・卵径が目的では無い）。約30ペアを数ペアずつ水槽に入れて産卵させた結果、やはり、ある♀はバラバラとばらまくように数日に分け産卵し；ある♀はきれいにホボ1；1の2卵塊に分産卵した。またある2匹の♀は、何度も何度もきばって産卵を試みるも排出できず、結局産卵できずに4月上旬に水槽内で自然死した。

(2). [バラバラ産卵等、複数日に分けての産卵が目立つこと] ——野外調査時には、毎年繁殖期後半になると、「30ヶ位の卵塊やバラバラの卵が流下してネットにひんぱんに流下してくること」、&「繁殖期後半の捕獲♀では、尻に数ヶの卵を付けたままの個体がしばしば確認されること」、&「繁殖期後半での流下移動個体のペアでは、どうみても半数位を産卵しているような、中途半端に腹が大きな♀が目立つようになること」等が、確認され常々疑問に思っていた。一方、前述もしたが、実験室水槽内産卵で、「一部の♀はまるでアマガエルにも似て、バラバラと数日に分け産卵すること」が、幾例も確認された。更には、「最初に数ヶだけポロッと産卵後、大卵塊を産卵すること」、逆に、「大卵塊を産卵後に、数ヶバラバラと産卵する個体」が多数確認された。これらのことから、野外でなぜバラバラの卵塊が多数流下してくるのかの疑問が解けたのである。

(3). [不定形な卵塊・実際の産卵数は?] ——野外で沢の大きな石の裏にびっしりと100以上の卵塊が産卵されていることがしばしば観察される。まず1991年度に、これらの

ある1つの大きな石裏の約110の卵塊の卵数を計数した所、「ほぼ1つと思われる卵塊数102；1塊の平均卵数155個」であった（三輪，2002）。この値と、発生観察のために大学実験室で産卵させた1卵塊の平均卵数（1991, 1992, 1994年度：約170個）から、1995年ごろ当時では、「およそ平均産卵数は150～170個位か」とも思った。が、それまでの野外調査の経験から、「1つの卵塊で全てを排出している」とは到底考えられず、結論は持ち越されていた。一方、上記の大きな石裏の約110の卵塊群でも、「1匹による本当に1つの卵塊なのか」、あるいは、「2匹による2卵塊がくっついたものなのか」、等、頭を悩ませる卵塊が多くて悩まされた。例えば、ニホンアカガエルやヤマアカガエルでは、1匹の1つの卵塊はほぼ球形～楕円形である。ところが、ナガレタゴガエルでは、そういう卵塊はごく少数派なのである。

（4）．[死産]——繁殖期後半の3月上旬～下旬になると、野外では死♀（♀の死骸）が多く確認される。これは1991年度から確認され、それが毎年であることから、気になっていた。そして、この死♀は、まず間違いなく全て未産卵♀の個体なのである。1999年頃までは、単純に「産卵に失敗して死んだ♀が多いんだな（人目に付く位だから、実際はもっと多数・何倍もの死♀がいるはず）」位にしか思わず、「何で、これほどまでに、産卵に失敗する♀がいるのか？」の要因については、わからずにいた。

第2節 2001・2002年度での産卵（様式・産卵数）調査方法の概略・要点

さて、1991－2000年度の観察・予備的調査結果をふまえて、[産卵様式（分産卵・ダルマ卵塊、等）]・[真の産卵数]・[真の卵径]、及び[産卵時刻と所要時間]について、方法をきちんとコントロールして結論を出してみたいと考え、詳細な調査研究を2001・2002年度に実施した。2001年度には、調査地内のロッジに約150ヶの水槽を搬入し、2002年度には、2001年度の結果をふまえ、約200ヶの水槽を搬入して、原則1水槽1ペアで産卵させた。水槽の底には砂利を敷き、大きな産卵用&隠れるための石（長径15～20cmほど）を置き、沢の水を入れ水深12cmほどにした。ロッジ内は暖房していないため、室温－2～＋10℃位、水温は4－8℃ほどであった。

また、一度産卵した後も、4月上旬まではずっとリリースしなかった（3月下旬以降は、強制的に残存卵の排出を促すために、雌を直径12cmの小ポリカップに閉じ込めた）。なぜなら、たいていは、一度大きな卵塊として産卵しても、数ヶ～十数ヶを後に排出するか、あるいは、腹内に残しているのが普通であるからである。また、一部の♀は複数日に分け、大きな卵塊を複数産卵するからである。

2001年度には、矢沢支流の熊倉沢で繁殖期の全期間に捕獲した未産卵♀〔（ペア）＋（未産卵の単独♀は、後に♂を抱接させた）〕を全てロッジの水槽へ移し産卵させた。熊倉沢以外にも、補足データのため、他のネットで捕獲した数十ペアをロッジ水槽で産卵させた。

2002年度には、同様に、小坂志川の支流の湯場ノ沢で繁殖期の全期間に捕獲した未産卵♀〔（ペア）＋（未産卵の単独♀は、後に♂を抱接させた）〕を全てロッジの水槽へ移し産卵させた。やはりこの年も、補足データの意味合いで、湯場ノ沢以外のネットで捕獲した50ペアほどもロッジ内の水槽で産卵させた。

以上のように、[産卵様式]、及び、[産卵数]における方法の大原則・不可欠条件は、①：[余裕のある1水槽に1ペア]、②：[一度産卵後も4月上旬位までそのまま放置し、それでも腹に残っている♀も多いので開腹する]、③：[繁殖期後半には一度産卵（少数〜相当数）しているペア♀が捕獲され始めるので、そういったペア♀は産卵数調査としてのサンプルにはカウントしない]、④：[繁殖期の開始から終結までの全ての♀をサンプリングすること]である。これら①〜④を守らなければ、真の産卵数はわからないのである。もしもこれ以外の方法をとるならば、1章4節2で述べたように、「冬眠期に大量に捕獲した♀を開腹する」、のがよく、本来これが最も正しい方法である。とにかく、何度も述べているように、ナガレタゴガエルでは、分産卵は当たり前；全卵排出には複数日を要する；数ヶは腹内に残っていることが多い；繁殖期後半の♀は一度産卵している中途半端な腹をしている個体が相当数見られる；繁殖期開始から終結までの経過で♀の年令構成比率に差がある、等を理解し方法をコントロールしないと、科学的な研究にはならず、科学論文にはならないのである。

もしも他の研究者で、今後、他の地域でナガレタゴガエルの産卵様式や産卵数を調査したいならば、上記の方法を参考にさせていただきたい。

第3節 産卵様式（分産卵・バラバラ産卵・ダルマ卵塊・超難産と死産）

1 方法（2001・2002年度の産卵様式の観察方法）

2000年度までの経験・観察結果から、産卵状況について、以下のように分類記録した。

（1）．＜産卵様式＞——以下の4タイプに分け記録した。

- ① [1卵塊タイプ]：1回の産卵で、1卵塊のみで全卵を排出するタイプ。
- ② [1卵塊＋バラバラ産卵タイプ]：複数日で、1卵塊＋数ヶ〜十数ヶのバラバラ産卵でほぼ全卵排出するタイプ。
- ③ [分産卵タイプ]：大きな卵塊を複数個（2, 3個）、日時を分けて産卵するタイプ。
→ 次の両方を含む（複数の大卵塊のみ）&（複数の大卵塊＋バラバラ産卵）
- ④ [バラバラ産卵タイプ]：30ヶ以上の卵塊は1つも無く、全卵を長期複数日に分けバラバラと産卵するタイプ。

（2）．＜卵塊のタイプ＞——以下の4群に分け記録した。

- ① [ほぼ球形]：球形〜楕円形の卵塊。
- ② [典型ダルマ]：深く、くびれたダルマ状の2塊がくっついた状態の卵塊。
→ 3塊状や4塊状などのダルマ卵塊、ぶどうの房状卵塊、等も含む。
- ③ [ダルマ]：それほど深くはくびれていないが、明らかな複数塊状の卵塊。
- ④ [ややダルマ状]：球形とは言えない程度にくびれたダルマ状の卵塊。

（3）．＜腹内の残存卵数＞——自然死した♀（基本的に産卵できずに死んだ個体で、相当数の卵が腹内に残存）はもちろんだが、産卵後3月下旬〜4月上旬まででも、どうも腹に残存していそうと思われるような♀は全て開腹した。

これは、ある面、残酷な方法ではある。ただ、一度はきちんとした蔵卵数を調査したい・

する必要があるという思いからであり；一方、長年での調査から、驚くほどの個体群密度・個体数であることがわかっている（成体だけで、沢の流程 100m 当り 800～1000 匹以上、小坂志川・矢沢共に、成体だけで数万～10 万匹強も生息し、毎年、この個体群密度は不変）ため、数百匹の♀を開腹しても、許容範囲内なのである。特に、自然産卵した卵をきちんとリリースすればなおさらのこと許容範囲内なのである。どうか、ご容赦願いたい。

2 結果・考察（2001・2002 年度の観察結果から）

（1）．分産卵・バラバラ産卵・ダルマ卵塊の割合——表 3－1（巻末に収録）に 2001 年度の熊倉沢での捕獲ペア・2002 年度の湯場ノ沢での捕獲ペア、による[産卵状況]の各割合を示した。

年度・場所の異なる熊倉沢・湯場ノ沢での産卵様式の割合は、筆者自身、驚くほどに、一致した。正直言って、ここまで似通った値になるとは思わなかった。繁殖移動の開始から終わりまでの全捕獲個体を対象にして調査すれば、少なくとも奥多摩周辺では、このような結果、割合になるのではないか。

この表からわかるように、1 つの卵塊のみで全ての卵を排出できた♀は半数以下の 40% 強で、一方過半数の約 60% は、1 つの卵塊で全卵を排出できなかった。

産卵様式①～④の割合は、①：[1 卵塊タイプ]：2 年度とも約 40% の♀。

②：[1 卵塊＋バラバラ卵タイプ]：2 年度とも全体の 45% ほどの♀。

③：[分産卵タイプ]：やはり 2 年度とも全体の約 9% 強の♀。あたかも複数の♀が産卵したかのように分産卵した。

④：[バラバラ産卵タイプ]：4－6% ほどの♀。

だった（表 3－1）。

一方、両年度共、2.5－2.7% の♀は、ほとんど産めずに 4 月上旬には死んでしまった。

（2）．バラ卵や腹内の残卵数の、全蔵卵数に対する割合——

[産卵様式②だった♀の卵塊以外のバラ卵]、及び、同様に[産卵様式③だった♀の大きな複数卵塊以外のバラ卵]、の平均個数は、表 3－1 にも記述したように、2001 年度で 7.6 個；2002 年度で 9.2 個であった（もちろん、n である母数には、①や④タイプの♀の数は入っていない）。このバラ卵の平均個数には、腹内残存数も含めている。なお、腹内に残存していた平均個数は、2001 年度 5.4 個；2002 年度 7.4 個であった。

結局、大きな 1 卵塊で産んでも、複数の大きな卵塊で産んでも、全体を平均して見ると、卵塊以外に 10 個近くの卵が残っているということである。

（3）．分産卵の特徴と実例——約 1 割の♀が複数卵塊に分産卵したわけだが、その一部、実例を図 3－1（巻末に収録）に示した。

①：図 3－1 A のように、きれいに 1：1 の卵数の卵塊に分産卵するタイプの特徴——今までの経験からでは、70～100 ヶほどの大きな卵塊で 2 つに産卵する分産卵（3 つの大きな卵塊での分産卵も含む）タイプでは、同日に・それほどに時間を空けずに・♂は解除せず、分産卵するのが一般的であり、両卵塊とも正常に受精していた。想像するに、これ

らのタイプでは、左右のどちらかの子宮内の卵を全卵出した後、少し間が空いて、残りの片側の子宮卵を出すのではないかと推測している。ただし一部は、全く日にちを空けて分産卵した。いずれにしる興味深いのは、少し離れた・あるいは随分と離れた位置に産卵することである。このため、「ナガレタゴガエルやタゴガエルは、しばしば分産卵すること」についての知識がない人では、「全く別の♀が産卵したのではないのか」と、だまされやすいのである。筆者も、2000年度までは、ずっとナガレタゴガエル君に、だまされていたのである。「別の♀が産卵したのだろう」、と。それ位、きれいに分産卵するのである。

②：図3-1B-Eのタイプの特徴——これら、大きな100~150位の卵塊と複数の小卵塊の分産卵タイプでも、たいてい、同日の産卵であるが、随分と時間を空けての分産卵である。そして、一部の少数の小卵塊では、たいてい♂が解除してからの産卵であり未受精卵であることが普通であった。

③：図3-1Fのタイプの特徴——このように、[バラバラ産卵]ではないが(上述の筆者の定義参照)、小卵塊を多数産卵するタイプでは、たいてい、複数日に分けての産卵で、最初の最も大きい卵塊(数十ヶの卵)以外は未受精卵のことが多かった。

(4)．バラバラ産卵の特徴と実例——約4~6%ほどの♀がバラバラ産卵であったわけだが、その実例を図3-2(巻末に収録)に示した。

①：興味深いのは、[バラバラ産卵]の場合、最初の産卵後もずっと長い間(数週間も)、♂は抱接し続けることであった。つまり、合計半分以上~9割位の卵を排出しても、たいていの♂は抱接していたのである。対して、前述の[分産卵]タイプでは、♂は、♀が大きな卵を排出すると、まだ相当数の卵が残っていても抱接を解除するのが普通であった。

②：一方、[バラバラ産卵]の場合、♂がずっと長期間に渡り抱接しているにもかかわらず、一部を除きほぼ全ての卵が未受精卵、もしくは、未発生卵であることが普通であった。これは、♂が射精していないのか、あるいは、♀の卵側に問題があるのか、どちらかは不明であるが、おそらく卵側に問題があるのだろう。

③：また一方、この[バラバラ産卵]の♀は、超々難産タイプで、最初の産卵までに非常に日数を要するのが普通で、たいてい3月下旬ないし4月初旬までかかった(図3-2AB&図3-6A-D)。そして、このタイプの多くの♀は自然死した。

④：[バラバラ産卵]タイプの産卵された卵は、[非常に卵が膨潤して卵径が大きいこと]、そして、[同じ♀の排出卵でありながら、大きさが非常に不均一であること]、も大きな特徴であった。自然死の♀の腹内残存卵も腹内で膨潤してしまい、実際の卵径よりも大きくなっているのが普通なのだが、それと同様の理由であろう。それゆえ、このタイプの♀の排出卵で卵径などを計測して、一般的なナガレタゴガエルの卵径として報告してはならないのである。

(5)．ダルマ卵塊の特徴と実例——[バラバラ産卵]ではなく、一般的な大きな卵塊での産卵の場合、球形~楕円形の卵塊は約40%で、過半数がダルマ~ぶどうの房状卵塊であったわけだが、その実例を図3-3(巻末に収録)に示した。

ダルマにも、図3-3Aのような、もうすぐにでも2つの塊に分離しそうなものから、

図3-3BやCのように数ヶ所でくっついたようなタイプ等、様々である。いずれにしても、ナガレタゴガエルの場合、1つのきれいな球形や楕円形の卵塊は少数派である。

そして、強調したい点は、

①：ダルマ〜ぶどう房状卵塊になる最大の理由——、1章2冊4でも少し述べたが、産卵に時間がかかるからである。このことは、実際に産卵最中を何ペアかで観察すれば（相応に体力的に無理がかかるだろうが）、誰でもすぐに理解できるでしょう。近い将来、筆者が約30ペアで8mmビデオで撮影した産卵（開始〜終わり以降まで）が、一般の人にも目に触れることになるかと思います。産卵中のペアの様子にとっても感動すると同時に、ダルマやぶどうの房状の卵塊になる理由がすぐにわかるはずです。数個〜10数個単位で、総排出孔から「によろ、によろ、によろによろ…、によろ、…」と産んでいき、それを倒立姿勢で石の裏や側壁に圧着させていくのです。更には、卵の周囲のゼリー層や卵間のゼリーが非常に硬質なのです。そのために、1つの球形・楕円形になりにくいわけです。

もう1つの理由は、どれ位の割合かは全くわかりませんが、後述する図3-6BDのように、片側の子宮卵の約100個弱を先に排出して、後にもう片側の子宮卵の約100個弱を排出するタイプの♀がずいぶんいることである。このため、あたかも、片側の子宮卵で1卵塊、もう片側で1卵塊として産卵しダルマ状になるわけである。もちろん、左右両方の子宮からほぼ同じ割合で総排出孔から出す♀もいるし、その方が多いと思われるが。

②：大きな石の裏や側壁などに付着していると、一見、1つの球形〜楕円形に見えても、石の付着部分のみをていねいにピンセットではずしてみると、たいていは2つないし複数の塊をくっつけたようなダルマ状・ぶどうの房状であること。

③：分産卵のみならず、このダルマ〜ぶどうの房状卵塊ゆえに、野外では、ちぎれて小卵塊が生じやすいという事実である。バラバラの卵や30個位の卵の塊がよく流下してきてネットで採取されるが、これには、増水時等にダルマ〜ぶどうの房状卵塊の一部がちぎれたものもあると思われる。

(6)．ゼリー層の違いによる卵塊の2つのタイプ——ゼリー層が普通に膨潤した一般的な卵塊と圧縮タイプの卵塊の実例を図3-4（巻末に収録）に示した。[産卵様式]の特徴に多少関わる事項かもしれないのだが、卵塊にはゼリー層の状態で2つのタイプがある。筆者は、これまでに約700ペアで産卵の観察・調査をし、野外でも多数の卵塊を見てきたが、おおよそ、1割弱の卵塊は、図3-4Bのようなタイプであった。全卵がきちんと受精し発生進行しているのだが、ゼリー層や各卵間のゼリーが、まるで固い寒天のようで、固くしまった状態なのである。また一方、ナガレタゴガエルのゼリー層は、元々、ニホンアカガエルやヤマアカガエルに比べ、とても固い寒天状である。このことが、1つ1つの卵径がおおきいのみならず、難産の主要因とも考えられる。

(7)．[難産♀・死産♀] & [腹内残存卵] の特徴と実例——幾つかの典型的な実例を図3-5（巻末に収録）&図3-6（巻末に収録）に示した。2001・2002年度で計約150匹の♀を開腹してきたが、興味深かった点を以下に幾つかあげる。

①：割と多くの卵を出し切れずに死んだ♀の場合、総排出孔に膨潤した1ヶの卵が詰ま

った状態であった個体を多数確認してきた(図3-5)。これは、非常に面白く感じた。図3-5の矢印に示す様に、たった1ヶの膨潤して多少大きくなった卵が詰まっているのである。そのため、他のほとんどの卵は子宮内にあるままで、詰まって残されていたのである。こういう♀を2年度の開腹で15例ほど確認した。

②：一方、(5)でも述べたが、片側の子宮がほぼ空で、片側はほぼ全ての卵(100個弱)が残っていたというタイプも複数確認した。これも興味深く感じた。上述のように、「一部の♀は、明らかに、まず片側の子宮卵を排出し、次にもう片側の子宮卵を排出している」ということがわかったからである。

③：一見、全卵産卵したと見える♀でも、たいてい数ヶは腹内に残存していること。おそらく、一般の研究者・観察者には、20個以下位の残存卵数だと、一見、腹内に残存していることには気付かない。ただし、慣れてくると、10~20個位なら、お腹をよーくさするとおおよそ察しがつく。しかしながら、過去の経験上、10個未満位だとよーくお腹をさすっても、筆者にも判別・判断できなかったため、多くの♀を開腹したのである。

④：腹内の残存卵は、膨潤して大きくなっているのが普通である。正常に産卵できないバラバラ産卵タイプの♀が排出するバラバラ卵同様、死んだ♀の腹内残存卵は、その♀が最初に少し産卵した卵に比べ、異常に膨潤して直径が大きくなっているのである。

(8)．補足——、繁殖期後半では中途半端に一度産卵している♀に♂が抱接していることがしばしばであることは、何度も述べてきた。似たような現象として、繁殖期後半になると、「全て、あるいはほぼ全て産卵を終えた♀に♂が抱接していて、あたかも産卵前に見えること」がしばしばある。それはなぜか？ ♀が腹いっぱい水をためているからである。カエルが腹に水をためる現象はよく知られている。このため、一見全く正常なペアに見えてしまうのである。このことは、1991年度当時から、しょっちゅう確認された。ネットで捕獲時にペアのカウント数を狂わされたものである。最初、ペアと思っていたのも、その後、つまんでチェックしていると尻から水鉄砲のごとく水を吐き出す♀もいたり、…。

また一方、こういった疑似ペアが多い理由には、♀に限らず♂側にも要因がある。♂の繁殖行動の強弱にも個体差が大きく、非常に欲情した♂では、一度完全に産卵を終えた♀に何度も抱接しては、しばらく後に解除することを繰り返す。それどころか、再度、未産卵♀に抱接し、1シーズンに2度も別の♀でペアを形成し、産卵時に射精する♂も確認された。繁殖期後半にネットトラップで捕獲された単独♀に、なるべく早くペア形成させようと、既に他の水槽で産卵済みの♀にしつこく抱接を繰り返す性欲の激しく強い♂と一緒にさせると、すぐにペアを形成し産卵時に再度正常に射精するのである。こんなことを5例ほど確認してきた。おそらく、野外でも少なからず、異なる♀での複数回の産卵時射精をしている♂がいるはずである。

2001・2002年度に、改めて野外での多くの産卵場所・状況を観察してみた所、正常に産卵付着させたと思われる卵塊でもごく少数の30-50位の卵塊も複数確認され、やはり分産卵されることが多いのだなと痛感した。

(9)．産卵様式の結論——、ナガレタゴガエルは、極めて難産であり、そのために多く

の独特な特徴を示す。以下にその要点を列記する。

「抱接してから産卵までに長期間を要し、一部は1ヶ月以上も抱接し続ける」；「1つの大きな卵塊のみで産卵しきれぬ♀は全体の半数弱で過半数に至らない」；「タゴガエルのように、2つや3つの卵塊に別の場所にきれいに分産卵する個体も多い」；「少しずつ時間をかけて産卵することが主因で、卵塊はきれいな球形～楕円形になるのは少数派であり、ダルマ状やぶどうの房状の卵塊になりやすい」；「繁殖期後半には、一度、少数ないし多くを産卵した♀に♂が抱接しているペアが多数捕獲されるようになる。このペアで産卵調査なると、とても少ない産卵数となり、だまされやすい」；「更に繁殖期後半では、ほとんど産卵済みの♀が腹に水をためてあたかも全卵が残っているように見える場合がある。これに♂が抱接している場合が、しばしばあり、捕獲後ずいぶん時間が経過してから、産卵済み♀への抱接であったことに気付かされる」；「結局、ほとんど産卵できずに、ほんのわずかなだけしか産卵できずに4月になって死ぬ♀も多く、繁殖期終わり頃に野外では、死♀が人目にも多くふれるようになる」。

そして、これらの独特な産卵様式のため、正確な産卵数（蔵卵数）の調査には、それ相応のきちんとした方法のコントロールが必須条件となるのである。

第4節 産卵数（蔵卵数） — [50–170；平均130個]という記述は甚だしい誤り

1 2000年度までの観察調査結果

[1991年度の大きな石裏の約110の卵塊中の102卵塊での卵数の計数]、[1991・1992・1994年度での発生観察のため大学実験室で産卵させた、計30ペアでの産卵観察]、[2000年度での約30ペアでの産卵観察]、及び、2001年度の一部の結果から、「およそ一般♀の平均産卵数は170–180個。基本的に130個以上の産卵数であり、最大で300個前後である。一部の小型の♀に限っては、60, 70個位のこともある。」、が確認されていた（三輪，2002）。

しかしながら、前述もしたが、2000年度までは産卵姿勢・場所・所要時間等、と初期発生の観察に主眼が置かれ、産卵数をきちんと調査していなかった。そして、「どうすれば真の産卵数（蔵卵数）がわかるのか」、「どうやって調査すべきなのか」が今ひとつはっきりとしていなかったのである。ただ、はっきりとしていたのは、前述のように、分産卵やバラバラ産卵がごく普通にあるため、その点に注意しなくてはならないことであった。

2 方法（2001・2002年度の産卵数の調査・計数方法）

2000年度までの経験上、産卵数を調査する上で最も注意しなくてはならないのが、[分産卵]・[バラバラ分産卵（分散産卵）]・[腹内残存卵]である。他には、「繁殖期後半では一部産卵済みの♀に♂が抱接しているペアが多くなってくること」・「産卵中のペアに他のペアが接触してくると産卵を途中で止めてしまう事」等であった。それゆえ、繰り返しになってしまいが、2001・2002年度の産卵数調査では、①：[余裕のある1水槽に1ペア]、②：[一度産卵後も4月上旬位までそのまま放置し、それでも腹に残っている♀も多いので開腹する]、③：[繁殖期後半には一度産卵（少数～相当数）しているペア♀が捕獲され

始めるので、そういったペア♀は産卵数調査としてのサンプルにはカウントしない]、④：[繁殖期の開始から終結までの全ての♀をサンプリングすること]を方法の大原則にした。

2001年度は、矢沢支流の熊倉沢に設置したネットトラップにより繁殖期の開始から終わりまでの全期間に捕獲した未産卵♀で調査した。繁殖期にネットで捕獲される未産卵♀は、ほとんどがペアであるが一部は単独の♀である。単独♀の場合は、捕獲後にバケツ内で単独♂と共に入れておくと、しばらく後に♂が抱接しペアになる。2002年度は、小坂志川支流の湯場ノ沢に設置したネットトラップにより繁殖期の全期間に捕獲した全未産卵♀で調査した。この場所の違いは以下の点を目的とした。1つには、年度による比較；1つには、異なる流域での比較；1つには、生息域の最下流域と源流域での比較；である。熊倉沢に設置したネットの位置は、矢沢・熊倉沢流域個体群の最下流域であり、一方、湯場ノ沢に設置した位置は、本流へ注ぐ小支沢であり源流部よりなのである（図1-1参照）。

また、♀の年令と産卵数・卵径の関係を調査するため、♀の年令を指骨断面の顕微鏡観察から査定した。2002年度の湯場ノ沢（176匹）、及び、他のネットでの捕獲♀（22匹）の計198匹は査定が終了しているが、2001年度分はまだ終了していない。

3 結果・考察——①：2001・2002年度の産卵数の調査結果

図3-7（巻末に収録）に2001年度の熊倉沢&2002年度の湯場ノ沢で、それぞれの産卵数（蔵卵数）を示した。熊倉沢・湯場ノ沢で、おおよそ同じグラフになった・SD値がほぼ同値であった。ただし、平均値は、熊倉沢179.7個；湯場ノ沢173.2個で、明らかに差が感じられた。そして、この差の理由は、筆者の当初の予想通りであった。つまり、♀の年令構成の違いなのである。熊倉沢は生息域の最下流部で老令個体が相対的に多いこと；一方、小支沢である湯場ノ沢では若令個体が多いことを以前から感じていた。なお、湯場ノ沢の♀の年令査定は全て終了しているが、熊倉沢の年令査定はまだ終了していない。が、例えば、湯場ノ沢では、6才♂は0匹&6才♀は1匹しか捕獲されなかったが、熊倉沢では♂♀共に5匹ほど捕獲された。また一方、湯場ノ沢では、若令の2才♂は♂で34.3%；♀で9.4%もの割合で捕獲されたが、熊倉沢では、これよりはずっと少ない割合なのである。それゆえ、2才♀を除いたグラフ（A2・B2）でも、やはり熊倉沢の方が、平均産卵数が多かった。老令個体が多いからである。

ただいすれにせよ、過去の断片的なデータ（1991年度の卵塊の卵数や、1991, 1992, 1994年度の実験室内での産卵数や、2000年度の室内での産卵数）と比較してみても、年度や場所により、大きな差はいようであった。サンプル数を多くとるのみならず、きちんと繁殖移動期の開始から終わりまでをサンプリングしたならば、まずまちがいなく平均産卵数は175個位になるようである。

4 結果・考察——②：♀の年令と産卵数

図3-8（巻末に収録）に2002年度分の計198匹の[♀の年令と産卵数]のグラフを示した。産卵数には、明らかに年令で有意差があったが、とりわけ、2才♀の産卵数は独特であった。

2才♀の場合、この年で最少86個；最多166個であった。非常に少数卵なのであるが、

開腹して見ると、多くの2才♀では、完熟してないものの割と成熟した卵が多数確認された。一方、大多数である3才以上の♀では、この2002年度では最少で129個（図3-7 B2 & 図3-8 A）；2001年度の熊倉沢では3才以上の♀の最少は132個であった（図3-7 A2）。つまり、基本的に一般♀（3-6才）での産卵数（蔵卵数）は130個以上と言ってよいのではないかと考えている。つまり、一般的♀（3-6才）では、およそ片側の子宮内に65-125個の卵があると考えられる。

また、2才♀を除くと、よりきれいな正規分布となり、SD値も小さくなり25ほどに一定した（図3-7 A2・B2 & 図3-8 A）。2才♀も含めると、全体のSD値は30-33位になるようだった（図3-7 A1・B1 & 図3-8 A）。

5 産卵数（蔵卵数）の結論

全ての年令を含み、全繁殖期間の捕獲で見ると、ナガレタゴガエルの平均的な産卵数は、「平均175-180個、およそ130-250個」というのが最もふさわしいと考えている。

ただし、2年目に成熟した少数の（成体♀全体の10%弱）早熟♀では、産卵数が大きくばらつく。2才♀は60-200個位の産卵数で差が大きい。2才♀では、腹内でまだ卵が全て成熟できえないことが多いからである。そのため、全体の♀に2才♀の産卵数も含めるとグラフは正規分布からずれてしまいがちである。それゆえ全年令の♀で見ると、[平均175-180、SDは約30-33個]だが、この少数個体の2才♀を除くと、[平均180、SD=25個]になりよりきれいな正規分布を示す。平均的な3才以上の♀では、基本的に130個以下という産卵数はありえない（現在までに1匹だけ129個というのがあるが）。これら平均や最大・最小・SD等は、過去700ペア以上の産卵数を調査してきて、年度を変えても捕獲場所を変えても、ほぼ同じであった。そして、草野・福山（1987）の調査地とはほぼ同所・同個体群での値である。

参考までに——、近縁のタゴガエルでは古くから分産卵の報告が多数ある（宮下，1937；岩澤，1971；中谷，1978）。タゴガエルの産卵数や卵径等が記述されている報告論文は、筆者の知る限り現在までに20本ほどあるのだが、どれもきちんと方法をコントロールしたものではない。ほぼ全ての報告が「“1卵塊”の卵数は～個」という表現に留めている。つまり、1♀の全産卵数を意味しない。が、唯一と言ってよい、古いのであるが最も信頼のおける宮下（1937）の報告によると、「1ペアずつ別の水槽で産卵させた所、4ペア全ての♀が、時間をおいてきれいに2つの卵塊に分産卵した。～53ヶ所の野外の産卵場所の卵塊や多数の水槽での産卵での結果から、産卵数は149-242個で平均200個ほどと思われる」と報告（ただし、この産卵数の報告は、若干、実際より多い値となってしまうと推測されるのだが…。この理由はここでは省略）。いずれにせよ、多くの報告を見る限り、「タゴガエルも地域性や個体差があるが、それ相応の割合で分産卵する傾向があること」、そして、「平均値はおそらく150-180個位だろうということ」である。また筆者は、タゴガエルはナガレタゴガエル同様に、分産卵のみならず、“1卵塊や数卵塊で排出した後でも、数ヶあるいは十数ヶが残っている”という特徴も有するのではないかと推測している（誰も調べていないのだが）。筆者は、誰かに初めて、タゴガエルの本当の産卵数を調べてもらいたいと願っている。アマガエルについても同様に…。気の毒だが、

何度も前述したが芹沢らのように、「繁殖開始初期の♀を多数捕獲して開腹し、成熟卵を計数する」のが最も正確な方法である。

第4章 ナガレタゴガエルの生命表③：卵径と幼生の全長

第1節 卵径 — [3.1–3.6 mm] という記述は誤り

1 1991年度～2000年度 & 2001年度の観察結果

[真の卵径]——筆者の場合、[生態学]以外に、ある程度両棲類の[発生学]も専門にしている。そして、ナガレタゴガエルの詳細な発生段階図表を作成しようと、数年度に渡り、1500時間以上も実態顕微鏡での発生観察をしてきた。それゆえ、胚の大きさや幼生の大きさのデータ等も詳細にとってきた。各発生段階の胚・幼生を写真撮影・スケッチをし、それぞれの段階の胚・幼生を50μmほどホルマリン固定してある。その数年に渡る、いやになるほどの観察個体数・時間の経験から、「幼生は成長しても全長21mmにしかない」というのは、あまりにひどいでたらめな内容であることは、1991年度当時からわかっていていた。一方、いつも気になっていたのが、各種の図鑑での卵径の記述、つまり、元は「日本カエル図鑑」の[3.1–3.6 mm]という卵径の記述である。この値は、「あまりに不適切、実際よりも大きすぎる」と、わかっていたのだが、その誤った報告がなされた主要因が、今一つはっきりしなかったのもので、筆者自身は声高に報告せず保留にしていた。いずれにせよ、筆者が発生の観察のため、受精卵、2細胞期、4細胞期、…と、毎年、実態顕微鏡で観察・スケッチしてきた結果から比較すると、「受精卵時の卵径が[3.1–3.6 mm]」というのはあまりに大きすぎるのであった。ただし筆者は、1991年～2000年度の[発生の観察・発生段階図表の作成の研究]時には、卵が球形である時期の卵径に関しては、初期の受精卵時の未卵割胚～2細胞期頃の胚しか計測していなかった。

そして、2001年度の発生観察時にやっとわかったのである、そして、愕然とさせられたのである。受精卵から卵割が進み、胞胚期には胞胚腔が生じ、そして更に、のう胚期で原腸形成が進み、そして、神経胚初期の初めまではずっと球形なのだが、驚くほどに・恐ろしいほどに直径が大きくなることがわかった。何と、[未卵割時の受精卵]⇒[のう胚期終期～神経胚のごく初期]で約15%も直径が大きくなるのである。けれど、これは、<卵割・胞胚腔形成>・<原腸形成>の胚の構造変化をきちんと考えれば、ごく当然なことなのだが…。当初、きちんと計測する前は、いくら大きくなるといっても2、3%程度だろう、と筆者自身、高をくくっていたのである。それで、なぞが解けたのである。多くの観察者・研究者が、「なぜ、実際の卵径よりも、ずいぶん大きな値を報告・記述しているのか」のなぞが。ヒキガエルのように、室内ですみやかに産卵してくれるカエルなら、いざ知らず。ナガレタゴガエルでは、研究者・観察者の皆がたいてい、「[のう胚期]の頃の胚で計測しているから」、そして、「計測時期の胚の発生段階が一定していないから」、そのために実際の値よりもかなり大きな値が報告され、かつ「値にばらつきも大きい」のである。最もおかしい、責任が問われるのは、両棲類の学会で卵径の規定がない点である。そして、ほとんど全ての両生類の生態学研究者でさえ、「受精卵～胞胚期～のう胚期～神経胚初期で、どれほどに大きさが変化するかを知らない」という、恐ろしい現状がある。とにかく、皆、研究は専門化されている。研究上、発生家さんなら、上述のようなことは割りと知っている人が多いだろうが、生態家さんでは、知っている人はまずいないのである。

2 2002 年度の観察・測定方法

サンプル、つまり、卵径を計測した胚は、正常産卵後の未卵割胚～2細胞期の胚のみに限定した。2001 年度・2002 年度共に、2月中旬～4月中旬まで、調査地内のロッジにずっと泊り込み、約 300 ペアの産卵をつきつきりに観察してきた。そして、2002 年度では、約 220 匹の♀の内、産卵数は 198 ペアできちんと計数できたわけだが、卵径のサンプルとしては、きちんとしたもの（産卵直後の卵）は 51 ♀でしか得られなかった。ただし、参考のため、一応、全て約 220 匹の♀の産卵した卵を計測した。つまり、発生が進行し、胞胚期・のう胚期になっていた卵塊の卵（胚）の直径も計測記録した。

計測方法は；1 匹の♀の産卵した卵を適当に 3 個選び、それらを実態顕微鏡でマイクロメーターを使用し、0.01 mm 単位で計測し記録した。この 3 個の平均値を、この♀の卵径として使用した。1 匹あたりの個数は 3 個で十分と考えた。それ位、正常に産卵した♀の場合、同じ♀の産んだ卵は全くといってよいほど卵径は一致していたからである。ただし、単に 3 個というのではなく、同じ♀の卵であっても随分と差があった場合は、平均的な大きさの 3 個を選んで計測し、その平均値をとった。

いずれにせよ、産卵直後の卵をそれなりのサンプル数を取り計測するには、[まず実態顕微鏡とマイクロメーター等の準備を完了しておくこと]、そして、[200～300 ペアで産卵させ、1 ヶ月ほど泊り込みの体勢をとるか、複数の調査者でローテーションを組んで取り組まないと不可能であること] を認識しておいた方がよい。

3 結果・結論

図 4-1（巻末に収録）に♀の年令と卵径のグラフを示した。このグラフからもわかるように、2 才♀の卵径は、一般♀（＝3-6 才♀；※ただし、卵径の調査では 6 才♀のサンプル[＝産卵直後の卵]をとれていない）と完全に異なる。2 才♀での卵径は 2.76-2.86 mm であった。そして、[2001 年度以前の観察経験]、&、[2002 年度のデータの内、発生が進行して胞胚期やのう胚期の胚で計測した 2 才♀の卵径から逆算推定した受精卵時の卵径値] から考えても、「2 才♀の卵径は、少なくとも 3 mm を超えることはありえない」と言いきれぬ。

一方、一般♀の卵径は、3.03 mm-3.35 mm；平均 3.19 mm（図 4-1 A）であった。そして、年令によってそれほど大きく差はなかった。

図 4-2（巻末に収録）に 2 才♀の産卵卵塊と 4 才♀の産卵卵塊を示した。これは、同じカップに移して撮影したものである。この写真をみてもおわかりのように、2 才♀の卵径は他の一般年令の♀とは顕著に異なるのである。筆者はこのことには、1991 年度から気付いていたが、当時はこの小さな卵塊を産む小型♀が 2 才なのか、3 才なのかを決定できずにいた。なお、ある程度ナガレタゴガエルの卵塊を観察して見慣れた人ならば、2 才♀と他の一般年令♀の卵塊は、同時に 2 つを並べなくとも必ず区別が付くようになります。ただし、一般の 3-5 才の♀では、卵径にそれほどの顕著な差は無いので、筆者でさえ 3-5 才に関しては、卵塊を見ただけでは、何才の産卵卵塊かを確実に判別はできないのです。

結論として、「ナガレタゴガエルの卵径は、2.75–3.35 mm、平均 3.15 mm」というのが最もふさわしいと考えている。もう少し詳しい言い方を示すならば、「2年目に性成熟した少数の（成体♀全体の 10%弱）早熟♀の卵径は 2.75–2.85 mmほどで 3 mmを超えることはありえない；一方、一般♀（3–6 才）の卵径は 3.00–3.35 mm、平均 3.15–3.20 mm」というのがふさわしい表現だと筆者は考えている。

いずれにせよ観察研究し報告する者は、「卵（胚）の直径は、卵割が進むと；また胞胚腔が生じると；更には、のう胚期には原腸形成があるために；驚くほどに・見逃せないほどに大きくなること」を認識していなくては行けない。特に、山地性のサンショウウオやナガレタゴガエルの場合、一般には受精卵時の胚は見つかりにくく、観察されにくい。更にナガレタゴガエルでは、室内水槽内で産卵させても、いつ産むかわからず——翌日位に産卵するペアもいるが、たいていは数日後、あるいは 1 ヶ月前後もたってから産卵する——そのために、産卵直後の発生開始期の卵の直径を計測するのは困難を極める。しかも、サンプル数を多くするととなると、長期間泊り込みの調査研究となるのである。例えば、30 のサンプルが欲しいなら、およそ 100 ペア近くを産卵させる必要があり、しかも連日の泊り込みの調査である。なぜなら、産卵直後を見逃す場合が多いからである。これらの理由から、山間部の両生類では、しばしば、いはゆる実際の卵径（＝受精卵～2 細胞期の頃の直径）よりもずいぶんと大きな値で平気でまかり通っているのが日本の両生類学のお寒い実情なのである。

第 2 節 幼生 —— [成長しても 21 mmにしかない] という記述は甚だしい誤り

1 1991 年度～2000 年度 & 2001 年度の観察結果

前述のように筆者は、ナガレタゴガエルの詳細な発生段階図表を作成のため、数年度に渡る 1500 時間以上も実態顕微鏡での発生観察（受精卵時から変態完了時まで）から、「幼生は成長しても全長 21 mmにしかない」というのは、でたらめな記述内容であると、1991 年度当時からわかっていた。これは、①「計測ミス」、あるいは、②「劣悪な環境で飼育するために尾の成長が非常に悪くて全長が異常に短い個体になってしまった」、③「この記述内容の報告者が、発生観察を何らかの理由で途中で止めてしまった」等の理由と推測される（三輪, 2002）。

筆者の過去 1991, 1992, 1994, 2000 年度の観察結果では、幼生は最大成長時で、平均 26–28 mmになった。なお、もちろん証拠となる多数のホルマリン固定もあるが、「全長 21 mmにしかない」というのがひどい間違いであることは簡単に証明できるのである（後述）。

過去の幼生の観察結果から興味深かった点を以下に 2 つあげる。（三輪, 2002）中でも述べている内容である。

①：野外で成長した、つまり流れのある、流れの速い水量が十分な場所で成長した幼生ほど全長は相対的に明らかに大きかった。そして、この理由は、全体的に大きいのではなく、尾長が長いのである。更に、尾が長いだけでなく、厚くしっかりとしているのである。

対して、室内の小水槽などで飼育（飼育といっても水換えだけで餌はやらないが）すると、野外に比べ尾長の成長が悪く、時には、とても尾の成長が悪く最大時の全長が 20–22 mm 位にしかならないこともある。けれど、体長はほぼ同じなのである。

特に、筆者は 2000 年度には、精力的な春眠期個体の捕獲調査と並行して発生の観察調査をしていたこともあり、それ以前の年度と違い、水換えをとてども怠ってしまった。その結果、幸か不幸か？ 「やたらと尾の成長の悪い幼生を作り出してしまった？」とでもいうべき結果をもたらした。一部は 26–28 mm 前後に成長する幼生もいたり、一方では 20–22 mm にしかならない幼生もいたり、成長がばらつく結果となった。1991–1994 年度の発生観察では（ひんぱんに新鮮な水と交換していたこともあり）、このような尾長の短い幼生など 1 匹も確認されず、皆 26–28 mm 位になったのである。そして、この 2000 年度の春眠期捕獲時に野外で採集してきた幼生を見て、我ながらすごく納得したのである。野外の幼生は、非常に尾が発達しているし長いのである。当然、これは、流れのある場所で成長するためであろう。更には、この 2000 年度時には、大水槽から小ポリカップに卵を移し換える時に、2 卵だけ忘れ、ずっとそのままに置いて忘れたままだった。それがやっと、4 月末になってその大水槽に 2 匹だけ幼生が取り残され成長していることに気付いた。そして、この 2 匹は他の小ポリカップの幼生に比べ、とても尾の成長がよく、27.5 mm ほどになっていたのである。これらから、まちがいなく、水量の十分多い状態で、かつ流れのある状態で成長したなら、少なくとも 28 mm 前後以上になる、と確信したのである。

②：少なくとも野外では採餌していると考えられ、このこともあり、室内で流速の無い水槽で飼育した時よりも大きくなると考えられる。確かに、多くの人が記述報告しているようにナガレタゴガエルやタゴガエルでは、餌を与えなくても変態完了まで成長する。しかし、例えば筆者が、ナガレタゴガエルの幼生にゆでたほうれん草（その当時他の多くの種のカエルの幼生を飼育していたが、それらの餌である）を与えた所、やはり言うべきか食べたのである。そして、ナガレタゴガエルの幼生の口器の様子や、脱糞の様子（餌を与えなくとも当然ある程度成長すると幼生は脱糞を開始する）を見ていても、「必ず野外では、石に付着したケイソウ類等を相当量食べている」と考えるのが妥当である。「飼育する場合、餌を与えなくても成長し変態完了する」のであって、「餌は食べずに変態完了する」のではない。まるで、「野外でも餌を食べない」といった誤解を与える記述をしている書も多く困ってしまうのだが。

2 考察・結論

結論として、「ナガレタゴガエルの幼生は、最大成長時での平均全長は 28–30 mm ほどになる」というのが最もふさわしいと考えている。

その理由は——、筆者が室内でしかも小さな直径 10cm ほどのポリカップ容器に卵塊を入れて、恒温器内で発生観察をした結果では、最大成長時の幼生の平均全長は 26–28 mm ほどであった。しかしながら、これは、流れも無く水量も少なく餌も全く与えていない状態での結果に過ぎない。筆者の経験から、野外では、水量が多く、特に流れがあり変化するためであろうが、尾が特に大きく発達する。少なくとも、野外では室内のしかも劣悪な環境の平均値 26–28 mm よりは大きくなると考えられる。更には、室内での過去の最大値

は 29.5 mmであった（実際は見逃していただけで、もっと大きな幼生もいたと思うのだが…）。これらから考えて、自然状態での幼生は最大成長時の平均全長は 28–30 mm位が最も正しい記述だと考えられる。

補足として、[幼生は成長しても全長 21 mmほどにしかない] がありえない、ひどい間違った記述であることの理由・証拠、並びに日本の両棲類学会の大きな問題点を以下に幾つか述べておく。

[幼生は成長しても全長 21 mmほどにしかない] ——これは（松井，1978）が原著となり各種図鑑が追従記述しているため、全ての書物が、甚だしい誤りの記述を繰り返している。このことは、いかに、日本に両生類の研究で審査できる研究者が皆無に限りなく等しい現状であるかがよくわかる点である。このばかげた記述がまかり通るのは、[両生類の幼生] や [両生類の初期発生形態] を専門にしている研究者が日本に皆無に近いことを意味している。両生類の幼生をある程度専門にしている研究者であれば、この記述内容が、甚だしい誤りであることはすぐにわかるはずである。それはなぜか？ 図 4–3（巻末に収録）にナガレタゴガエルの幼生を示した。図 4–3 B は、「日本カエル図鑑」のナガレタゴガエルの頁にある幼生のイラストである。このイラストで計測してみると、体長：尾長 = 1 : 2.53 位（体長：全長 = 1 : 3.53 位）である。幼生の最大時では、更に尾長が長くなり、幼生は最大全長時に筆者の観察では、体長：尾長が 1 : 3 ~ 3.5 位になる。このことは、多くの図鑑等での写真からも確認できるし、外国の両生類の幼生専門の図鑑等からも推測可能。一方、変態時の子ガエルは体長 8 mm ほどである（この点は多くの研究者・観察者の報告でほぼ一致）。この変態時の体長を正しいとして逆算すると、「21 mm にしか最大全長が達しない幼生というのは、何かしらの成長異常の個体であるか、ナガレタゴガエル以外の幼生を観察したのではないか」というのは自明である。上記の「日本カエル図鑑」のイラストや写真から、幼生の最大時を [体長：尾長 = 1 : 3] と尾長を短めに仮定しても、変態時の体長 8 mm を代入してみてほしい。もう何も言う必要もないだろう…。多くの各社の図鑑で全ての著者が皆、30 mm 近い幼生の写真を載せていながら、平気で「全長 21 mm ほどにしかない」と文章では記述しているのである、何と無責任なことか。結局、自分で調べて図鑑を書くという意識が、どの著者にも無いことを意味している、と同時に、幼生の特徴について多少でも知る研究者が日本にはほぼ 0 だということを意味している。ナガレタゴガエルについて、どの図鑑も間違いだらけのことを記述し続けているが、その最たるものがこの幼生の記述である。

第5章 ナガレタゴガエルの生命表④：生残率と個体群の年令構成

第1節 毎1年後の再捕獲率から推定される成体の「見かけ上の生残率」

1 方法

毎年、冬眠期に1,000～2,000匹ほど捕獲し、調査区間ごとの独特のマーキングをした。その後の繁殖期捕獲におけるマーキング個体の再捕獲率から当年度の調査地域における個体群密度を推定してきた。更に、翌年度の冬眠期に1,000～2,000匹捕獲し、前年度とは異なるマーキングをすると同時に、前年度のマーキング個体をチェックする。この時の前年度マーク個体の再捕獲率から、成体の1年後の生残率を計算から推定してきた。

2 結果・考察

(1). 単純に毎1年後の再捕獲率から推定した成体の生残率「見かけ上の生残率」——

表5-1（巻末に収録）に「[1992年度⇒1993年度]；[1998年度⇒1999年度]；[1999年度⇒2000年度]；[2000年度⇒2001年度]；[2001年度⇒2002年度]；[2002年度⇒2003年度]」、の単純に前年度マーク個体の再捕獲率から計算した、計算上の成体の1年後の生残率を示した。

これら6年度分の値から、♂♀合わせた成体全体の1年後の「見かけ上の生残率」は、およそ15-18%と推定された。ただし、[1998年度⇒1999年度]、及び、[2001年度⇒2002年度]では、生残率がとても小さな値となった。この減少の明らかな・具体的な理由は判明しているのだが、本書では取り上げない。次の研究報告の大テーマである「個体群密度&生息数とその年変動に与える要因」で詳しく述べる。

また一方、♂と♀で比較してみると、年度によって大きくばらついた。♂の方がはるかに生残率が高い年もあれば、♀の方がはるかに大きい年もあった。この理由も既にはっきりとしている。1章4節5で触れたように、ナガレタゴガエルの場合、成体の性比は、年度によって変化する。それは、成体の各年令ごとに性比が異なるからである。そして、その理由は、生誕年の環境要因（おそらく幼生時の周囲の温度）によって性決定がなされるからである。それゆえ、個体群全体の性比が年度によって変化するのと同様に、成体の♂と♀での生残率も当然ながら、年度によって変化するわけである。

さて、重要な点は、この1年後の再捕獲率からの計算上の生残率（表5-1）は、あくまでも「調査地域内と調査地域外での流入・流出個体がない」という仮定の場合である。つまり、「調査地域内の個体（マークした個体はもちろん、非マーク個体も）が、翌年度までに、分散移動して調査地域から外部に出て行った個体」とその逆に「調査地域外から調査地域内に分散移動してきた個体」の数を考慮していないのである。

(2). 「実際の生残率」は？——上述のように、実際には、翌年度には、調査地域から外部へ移動してしまう個体も多数いる。1つには、「調査地のわずかな外部、すなわち隣接した流域（調査地域内からわずかな上流、あるいは、わずかな下流）へ移動した個体」；1つには、「いはゆる分散移動個体（Dispersal）で、大なり小なり尾根を越えて完全に元の繁殖

流域から移動して行った個体]の2つが考えられる。また一方、その逆で外部から調査地域内へ移動してきた個体もいる。ちなみにヒキガエルでは、非常に自分の生誕地に愛着性・執着性が強いが、それでも10-15%ほどは分散移動すると言われる（もちろん、ヒキガエルにも多数の種類がいて一概にひとくくりにはできないが）。これらの点を考慮すると、移入移出がないという仮定での計算上の[見かけ上の生残率]は15-18%であるが、[真の生残率]は30-35%と推定される。この最大の根拠は次々節（3節）で述べる。

第2節 個体群全体の年令構成

1 2002年度繁殖期・湯場ノ沢での捕獲個体における年令構成

方法—— 3章の産卵数調査で述べたように、2002年度の繁殖期の開始から終わりまでの全期間に、湯場ノ沢のネットトラップで捕獲した個体を、指骨断面の顕微鏡観察によって年令査定した。※ただし、♀は全て査定完了しているのだが、♂は全て終えていない。まずペアを形成していた♂、つまり♀に抱接していた♂を査定し、これは全て完了しているが、単独♂に関しては、査定が完了していない。

結果・考察—— 表5-2A（巻末に収録）に♂♀それぞれの2-6才の個体数・割合を示した。特徴としては、①：「3才が主体であった」。②：「2才の早熟個体は♂の方が♀よりもかなり比率が大きかった」。一方、地域の特徴として、この表からだけではわかりにくいのだが；③：「湯場ノ沢では、若令個体の比率が相対的に大きく、老令個体の比率は逆に小さかった」、ことがあげられる。湯場ノ沢のような支沢、すなはち源流部よりでは、若令個体（特に2才）が多く、老令個体は少ないのである。逆に下流部では、例えば2001年度の熊倉沢での繁殖期全期間の捕獲では、♂♀それぞれ5匹ほどが6才で（全体の約2%）、5才も湯場ノ沢に比べ多かった。同様に、小坂志川の生息域最下流部のK5トラップ捕獲でも老令個体の割合は、目に見えて湯場ノ沢よりも大きかった。

2 平均的な個体群全体における成体の年令構成

上記の湯場ノ沢において、③の特徴：捕獲場所の特性を考慮し、平均的な個体群の♂・♀それぞれの年令構成を推定したものが、表5-2B（巻末に収録）である。この割合をより正確に推定するには——とてつもなく大変な作業であるが、本流の上・下流部、等、多くの場所で、繁殖期間の全期間の捕獲個体で年令査定し割合を調べていけば、より確かな値が得られるだろう。が、およそ、現段階では、図5-2Bで、十分確かな割合だと確信している。

一方、表5-2Bの♂♀ごとの年令構成から、♂♀を混合した成体全体の年令構成を推測すると、[2才：15%；3才：55%；4歳：20%；5才：9%；6才：1%]位と推測される（図5-1・巻末に収録）。

3 実際の生残率

推定方法—— 前述のように♂♀ごとの年令構成の実際の結果（表5-2）から、♂♀を混合した成体全体の推測年令構成が図5-1の[2才：15%；3才：55%；4歳：20%；

5才：9%；6才：1%]である。この場合、A年度に成体であった個体が1年後に生存する割合は、「翌年の4－6才の合計である計30%」＋「A年度の早熟2才個体が生残した割合」である。そして、この早熟2才成体の翌年度に生存する割合（＝早熟2才成体が3才時に生存する割合）は、1/3～1/4位と考えるのが妥当かと推測している。それは、[3才⇒4才：20/55]、[4才⇒5才：9/20]等の生存率からの推定である。それゆえ、A年度の早熟2才成体が翌年度に3才として生存するのは、図5－1Bに示すように、成体全体の4%（ないし5%）ほどと推測される。つまり、個体群全体における成体の1年後に生存する割合：[真の生残率]は[34～35%位]と推測されるわけである。

4 分散移動割合

推定方法——①[見かけ上の生残率]と②[真の生残率]から逆算。

- ①：再捕獲率から計算された成体の1年後の[見かけ上の生残率]：15－18%（表5－1）。
②：実際に指骨断面から年令査定をした、2002年度の湯場ノ沢での年令組成（表5－2A）を元に推測された[真の生残率]：34－35%ほど（図5－1）。

[実質上の生残率]が、[見かけ上の生残率]の2倍位ということから、およそ、（1）<いはゆる[分散移動割合]が30%位（上流部から・下流部から・左岸側の支沢源頭から・右岸側の支沢源頭から、大なり小なり尾根越えて移動する個体>；（2）<いはゆる分散移動ではないが、広域の野外調査地ゆえに、捕獲調査区間のわずかに上流部側へ移動した割合が5-10%&わずかに下流部側へ移動した割合が5-10%>、と推測される。

ヒキガエルなどでも、過去の一部の調査報告では「10－15%は分散移動している」とされる。特に、ナガレタゴガエルのような典型的な回帰移動種においては、より分散移動個体の割合は大きいと推測され、上記の30%ほどという値は妥当だろう。特に、他のカエルと異なり、同一個体群の繁殖産卵場所が何と沢の数kmにも及ぶのである。そのため、いはゆる分散移動ではないが沢の調査閉鎖区間外へ移動した個体（＝調査区間のわずかに上流部や下流部へ移出した個体）の割合も考慮するならば、上記のように、[見かけ上の生残率]である[15－18%]（＝過去の毎1年後の再捕獲率から計算された値）の約2倍位が[真の生残率]と考えるのが妥当と思われる。

5 結論

①：過去の毎1年後の再捕獲率から計算される[見かけ上の生残率]；②：2002年度の湯場ノ沢での全捕獲個体の実際の年令組成；③：およそ推測される分散移動個体とわずかに上下流の調査地域外に移出してしまった個体の割合、から、

ナガレタゴガエル個体群の平均的な年令構成は、
およそ、[2才：15%；3才：55%；4歳：20%；5才：9%；6才：1%]と推定される。

ただし、2才の割合は♂の方が♀よりも顕著に大きい。♀で2才は10%弱ほど、♂では20－25%ほどと推測している（現時点までのデータでは）。

個体群全体における成体の1年後の[真の生残率]は、30－35%ほど。分散移動個体の割合は30%ほどと推定される。

第6章 回帰移動行動に与える沢の水位変動の影響

はじめに、この研究テーマについて、結論はでているのだが、想定していたようには、いまだきちんとデータでクリアに示すことがいまだできていないことをお詫びする。

1 調査研究の経緯・背景

両棲類の無尾類のカエル、特に温帯～亜寒帯に生息するカエルは、繁殖活動の時期によって、2つのグループに分類される。1つ目が、[Explosive breeder] (爆発的繁殖種)。この仲間の特徴としては、次の①～⑤が挙げられる——①：冬～早春のまだまだ寒い時期に繁殖活動を行うこと；②：寒いことも要因の一つであるが、繁殖期間が極めて短いこと；③：寒い時期に繁殖活動をし、その期間が短いため、たいてい、繁殖活動後に短期間の春眠を伴うこと；④：山間部のこのタイプの種では、雄が鳴き声を持たず、繁殖活動場所で♀を待ち伏せするタイプの求愛・抱接行動をする種が多く、国で知られていること；⑤：繁殖活動は、水温や気温・地温のある閾値温度への上昇によって誘発されやすいこと。日本では、ヒキガエル・ニホンアカガエル・ヤマアカガエル・ナガレタゴガエル、などが典型種である。2つ目が、[Prolonged breeder] (長期繁殖種)。前者に対してこの仲間の特徴としては——①：初夏～晩夏に繁殖活動を行うこと；②：繁殖活動期間が長いこと；③：種によっては、年に2度ないし3度も繁殖活動を行うこと（年に2度ないし3度、産卵すること）；④：繁殖活動の求愛行動のための鳴き声が顕著であること；⑤：繁殖活動は水温や気温などよりも、降雨日・ある降水量によって誘発されることが多いこと、等が挙げられる。日本では、ダルマガエル・ツチガエル・アマガエル・モリアオガエル、などが典型種である。

そして、[Explosive breeder]の代表的なカエルでは、[繁殖行動の開始や冬眠明け]の誘発要因について、世界各地で昔から多数の研究がなされてきている。それは、上述のように、まだまだ寒い時期に繁殖活動を行うこともあり、温度（水温・気温・地温）が重要な誘発要因であり、非常に敏感で、毎年正確にある閾値温度への上昇によって行動を開始するためである。しかしながら、[Explosive breeder]のカエルでも、「ある閾値温度への上昇が最重要であるが、それ以外にも、降雨やある一定以上の降水量も行動開始の誘発要因として重要である」という研究報告も多い。

さて、[Explosive breeder]に分類されるナガレタゴガエルも、まるで精密温度計のごとく、毎年2月上旬以降の日最高水温 5.0℃以上への上昇によって誘発される。そして、秋の移動行動も、この日最高水温の5℃未満になることによって、完全終結される。一方、長年調査をしてきて、1999年度の繁殖期調査の頃までには、①「繁殖期の移動個体数（ネットトラップで捕獲される数）は、本降りの日には明らかに増加すること」、②「けれど、水位変化を全く伴わないような小雨程度や小雪では、全くと言ってよいほど影響を受けないこと」が、経験上のみならず、データ上からほぼ明らかになっていた。ただし、奥多摩等、日本の太平洋側では、ナガレタゴガエルの繁殖活動開始～ピーク時（2月上～下旬）は、まだ冬型の天気の傾向が強く、基本的には晴天ばかりである。それゆえ、元々、沢の

「水位の上昇」は、繁殖活動誘発の必須要因ではありえない。が、行動誘発の必須要因ではないにしても、影響を与える重要な要因であることは間違いないと考えられた。そして、「繁殖活動が水温の上昇で誘発されること&その閾値温度」の結論がほぼ出たのを受け、「水位変化・水位上昇による流下移動個体数への影響」を明らかにしたいと考え始めたのである。

また一方、このテーマへの研究動機付けとして、草野・福山（1987）が、「繁殖行動と降雨・降雪の相関関係はない」と報告していたことへの強い疑念がある。この報告は、特別なデータに基づいたものではないし、元々、水中で冬眠しているカエルに対して、非常に不適切な表現なのである。水中下にいるカエルに対しては、パラパラの小雨・水位を変化させないような小雨・小雪は、実質上・晴天・曇天に等しいのである。カエルの繁殖行動誘発要因における過去の多くの調査は、ヒキガエルを対象にして実施され、地中冬眠のヒキガエルの場合には、地温・気温上昇と共に、[降雨日] がたいてい重要とされる。これを単純にまねて、草野らは、「[降雨日] について、何か述べなくては」と思ったからなのであろう。しかし、ナガレタゴガエルとヒキガエルでは全く意味合いが異なる。水中下にいるカエルに対しては、「降水量や降雪量」、あるいは、「水位の変化」に注目しなければならないはずである。参考までに——ある面、ナガレタゴガエルに共通するサンショウウオの繁殖活動の研究では、しばしば、ある一定以上の降水量や水位上昇が誘発要因と報告されている。それゆえ、筆者は、草野らの文章を見たときに、結論づけるデータが存在しないことにも強い疑念・不快感を持ったが、それ以上に、「何と的外れな表現なのだろう・水中下にいるカエルに対して意図が理解できない」と感じたのである。

そして更に、筆者は 2000 年度の繁殖期調査において、衝撃的な結果・データに遭遇したのである。2001 年 1 月 27 日に、奥多摩等、太平洋側では約 30 年ぶり的大雪に見舞われた。筆者の調査地の小坂志川・矢沢では 1 日で 50 cm 強の積雪となった。そしてこの年は、その大雪以降 2 月中旬までは、冬らしい寒い日が継続し、大量の積雪が維持された。ちなみに、この年の 1 月～2 月上旬の調査は、大量積雪のためにさんざんラッセルを強いられ大変であった。ところが、2 月 23 日以降、いきなり、4 月上旬並みの陽気が連日続いたのである。そのため、一気に大量の雪が連日解けることとなり、激しい融雪増水が 3 月上旬まで続いたのである。つまり、晴天なのに、激しい増水・水位上昇になったのである。そして、何と、どのトラップネットでも、平年の 2～3 倍の個体が流下移動行動をして捕獲されたのである——個体群密度は平年と変わっていないのにもかかわらず。結局、晴天・曇天・降雨日などでなく、水位の変化が重要なのだと、再認識させられた年であった。晴天でも、融雪で大増水し流下移動個体は大増加するし、一方、小雨・小雪では水位は変化せず、流下移動個体は不変なのである。また、この 2000 年度の結果から、日本海側の生息地では、毎年、融雪による増水が繁殖活動に強く影響していて、太平洋側の地域とは繁殖活動の期間が、何か異なるパターンをとるのではないかと常々思うようになったのである。この 2000 年度の約 30 年振りの大雪・融雪大増水の経験もあって、よりいっそう、「水位と流下移動行動の関係」をきれいにデータで表せないかと思ったしだいである。

以上が、この研究テーマの経緯・背景である。

2 方法

水位の変化をデータで表すには、天気の違いでは意味をなさないし、また、気象観測所などの降水量を使用するにしても、多々、欠点がある。例えば、気象観測所の降水量値は、0時～24時までの1日の降水量、あるいは、1時間あたりの最大降水量で表される。これでもやはり、実際の水位上昇値と降水量値は一致しない。ごく短時間の強雨では一気に増水するものだが、同じ降水量でも、しとしと降り続いた場合では異なる。実際、調査地に最も近いアメダスの観測地点である桧原村小沢の降水量データでは降水量が0mmの日でも、調査地では短時間に激しく降って増水した日が過去に何度もあった。そして何もよりも、前述したように、大雪の年では、暖かい晴天日で降雨無しで、増水するのである。結局、調査地内の適所に自動記録水位計を設置するより他無いのである。ただし、水底が安定し、水流の影響をほとんど受けないような場所で、かつ、両岸が岩場であるトロ場のような場所（両側が垂直の壁になっているプールのような場所）でなければ、センサーを設置しても意味をなさない。水位は水圧で計測するため、流れが強かったり変化する所では、単なる水深の水圧のみならず流速の水圧の影響を受けてしまうのである。一方、瀬や片側が広い河原のような水域では、降雨で増水しても、増水量と水位上昇が全く比例しない——つまり、このような場所での降水量・増水は、上への変化でなく、横方向への変化、つまり沢の幅が広がる方向への変化に寄与してしまうからである。それゆえ、溪流・沢の水位変化の計測は、一般に難しく、センサーの適所への設置が困難なのである。

それでも、どうにか水圧センサーを設置する適所を見つけ、[2001年度の繁殖期間中]、及び、[2002年度の秋の移動期～繁殖期間中]に、自動記録水位計で15分ごとに1mm単位で水位を記録した。

3 結果・考察

[2001年度の繁殖期] & [2002年度の秋移動期～繁殖期]の沢の水位データをきちんととれたのだが、現在まだ、その水位データと1日1日の流下移動個体の捕獲数をどうやってオーバーレイしたら、最もうまく相関を示せるのか思案中である。水温ならば、1日1日の最高水温で示せばうまくいく・うまくいったのだが、水位の場合に1日1日の最高水位と移動個体数とでグラフ化しても、どうも納得のいく、明瞭な相関性を示す最適な図化をできずに苦慮している状況なのである。また、[前日比の水位変化の値]や、[1日の内のある単位時間当たりの水位]、でとるべきなのか？ また一方、1日の捕獲数は、最低水温時刻に相当する朝8時頃～翌日8時頃の24時間で設定している（これはナガラタゴガエルの1日の日周活動パターンの調査結果から決めた）のだが、この境界時刻前後にまたがった水位上昇を、どう扱うべきなのか？ 等に苦慮しているわけである。

また前述のように、元々、繁殖行動は短期間——各ネットでの全捕獲数の1日当り5%以上動いた日をピーク日とするなら、この8年度49ネットで平均6.5日；1日当り1%以上動いた日の初日から最終日を繁殖行動期間とするなら、やはり8年度49ネットの平均で24.8日；これらの日数は年度によってほとんど変わらない（投稿中、未発表データ）——である。そして、その期間中に本降りの降雨は、1度位なものである。確かに、その本降りの降雨日には、前後の日と比較すると流下個体数は増加する。また、前述のように、

2000 年度では、晴天にもかかわらず融雪増水で個体数は増加し、それなりにグラフで示せるのだが…。

結局、本書では、本テーマにおけるデータ・グラフは申し訳ないが示さない。現在までの〔過去8年度・各年複数ヶ所での繁殖期移動個体捕獲調査〕、及び、〔過去3年度での秋の回帰移動個体捕獲調査〕の結果から、およそデータ上ではっきりとしている点について文章で述べるに留めさせていただく。

(1)．秋の回帰移動は、初霜の降りるような冷えた日＝初めて最低気温が4℃以下位になる日（地表面ではもっと温度は低い）の後の、最初の本降りの降雨日に（この日に初めて多数が沢のネットトラップで捕獲されることから）、本格的に開始する（論文投稿中）。つまり、初霜の降りるような初めて地表温が0℃前後になった日に、カエルたちは水中へと入るようである。なお、秋の回帰移動におけるこのような傾向は、外国のカエルでも酷似した研究報告がある（やはり、本書では文献名は伏せさせて頂く）。そして、この秋の移動行動の開始＝初霜後の最初の本降りの降雨日は、調査地周辺で、毎年10月下旬頃である。この移動行動開始の本降りでの増水は、カエルたちが下流の沢の本流部へ移動することを助けているのだろう。夏の生活域である、沢の放流源頭部や支沢・ガレ沢等の源流部は、水が少なく流れが小さい。このような沢の源頭部から長距離移動するためには、一度増水した時でないと、困難なのである。

その後、沢の水中に入ったカエルたちの秋の流下移動行動は、本降りの降雨日ごとにピークを示す。これは、自発的な面・強制的な面が半々といった動きと推測される。秋の回帰移動は、冬眠場所への移動行動である。ナガレタゴガエルにとって、よりよい冬眠場所へ移動するための行動は、——沢の浅い流水地の砂利中といった「安定し、かつ、常に流水のある場所」を選択するための移動行動なのである。それゆえ、いったん、安定した冬眠場所（常に流水が染み出ているような砂利中）と思っても、増水時には場所によっては、その場所の環境は一変する。そのため、半ば強制的に動かされ流されるように動き出し、更によい安定した冬眠場所へと移動することもあり、本降りの増水時に一気に流下移動捕獲個体数が増加すると考えられる。

(2)．繁殖期の移動行動は、水温に最も強く影響を受ける。繁殖移動行動は、2月上旬以降の日最高水温が約5.0℃以上になることで誘発される。一方、秋の移動行動の完全停止条件も、この「日最高水温が5℃未満になること」なのである（論文投稿中）。つまり、ナガレタゴガエルにとっての水温の閾値温度が5℃なのである。

まずここでは、この繁殖行動開始について極めて重要な点を2つ挙げておく。

①：調査地周辺の沢の水温の日較差は晴天時では、秋～1月で1.5℃位・繁殖活動期の2月中旬～下旬で2℃位・3～4月で、年間最大で3℃前後ないし4℃にもなる。これは、日本などの気候の特徴にもよる。日本では、気温も春先の晴天時が最も日較差が大きく、10～20℃以上にもなるのである。この時期の繁殖種において、この年間で「最も気温・水温の日較差が大きい時期」というのは繁殖・産卵期に強く影響している。

②：1月中旬～下旬にも、本降りの降雨があれば毎年日最高水温は5～8℃にもなるが、この時期では繁殖移動行動を開始しない。なぜなら、早期繁殖種のカエルなどの繁殖活動

の誘発条件の第一条件は、「内的要因の完成—生殖細胞の成熟と生殖ホルモンの最適バランスの成立」——だからである。つまり、言い換えれば、第一条件は、「冬眠に入ってから必要最低日数の経過」だからである。「気温や水温の閾値温度への上昇」は第二条件なのである（論文投稿中）。単純に「水温が～℃で繁殖活動を開始するだとか、気温が～℃で繁殖行動を起こす」などと記述している人は、カエル等の生物の基本を理解していない研究者？が書いている記述である。

さて、上記の第一条件「2月上旬以降」・第二条件「日最高水温約 5.0℃以上への上昇」をクリアすると、ナガレタゴガエルは繁殖移動行動を開始する。開始後、本降りの降雨があり、沢の水量・流速が増し水位が上昇すると、沢のネットトラップで捕獲される流下移動個体は増加する。特に激しく増水したときには顕著な捕獲数の増加が見られる。ただし、パラパラの小雨や小雪では影響を受けない。奥多摩のような太平洋側の低山地でも、山間部ゆえ、冬型が強まった時などは、いはゆる風花の小雪・小雨はしばしば見られるが、これでは、水中にいる繁殖期のナガレタゴガエルには晴天・曇天と同じで何も影響しない。一方、大雪の年で、2月に急に暖くなった日には融雪大水を招き、やはり流下移動個体の大増加を招く。しかし、これら、「本降りの降雨」・「晴天時の融雪」による流下移動個体の増加は、単純に“繁殖活動”が強まったとは言えないだろう。“繁殖移動行動”が強まったとは言えるが。前述のように、水量・流速の増加 & 水位上昇は、半ば強制的・半ば自発的に、流下移動を誘発させているのである。

第7章 まとめ

第1節 現在までのナガレタゴガエルの報告内容の主要な誤りについて

現在、多くの図鑑等におけるナガレタゴガエルについての記述内容には、多くの誤りがあることを繰り返し述べてきた。それは、原著論文であるA（松井, 1978）やB（草野 and 福山, 1987）が多くの誤りだらけの記述をしていたからであり、新種記載論文（Matsui and Matsui, 1990）と「日本カエル図鑑（1999）」も前2本A Bの論文の内容を引用記述していることに起因している。そして、日本で出版されてきたカエルの図鑑（きちんと千〜数千の原著論文等から記述している）には、「日本産蛙総説（岡田, 1978（1930））」と「日本カエル図鑑」の2書だけといって過言ではない。後者の図鑑も多くを前者によっている。なぜなら、それ位に日本のカエルの研究はなされておらず、原著論文・報告がないのである。そして、現在の他の多くの図鑑等の記載は、「日本カエル図鑑」の内容を転記したものである（無許可のものも多数見受けられるが）。それゆえ、「日本カエル図鑑」の内容に誤りがあれば、一般の人が多く目にする図鑑等の内容もほぼ全てそのまま誤った内容が転記されている。そのため、日本のほぼ全ての図鑑に記述されている、ナガレタゴガエルの記述内容は、誤りばかりである。すなわち、残念ながら、ナガレタゴガエルについて、ほぼ正しい内容が記述されている図鑑はいまだ1冊も出版されていない（2004年度時点）。

ナガレタゴガエルについての記述、以下の①～⑭の内、①～⑥&⑨～⑭は、全て誤りである。また、⑦⑧も非常に不適切な表現であり、誤りと言っても過言ではない。これらは、一部は全くの想像にもかかわらず断定的に記述報告されたもの；また一部はごく断片的なデータから推測された作り話に近い内容なのである。皆、科学的に根拠があって報告されたものではない。きちんと科学的に（方法をコントロールして）調査をし、その結果から結論付けるデータがあって誤った報告をしているのなら、許されるし、責められるべきことではないのだが、そうではないのである。遺跡捏造事件のようなことが、研究者が極めて少ない両棲類の生態研究界では、ひんぱんに横行しているのである。

- ① [産卵数は、50～170 個；平均 130 個である]、
- ② [水温 4℃で冬眠から覚め繁殖行動を開始する]、
- ③ [一度繁殖が始まると 4℃以上の水温が必要というわけではない]、
- ④ [繁殖行動と降雨・降雪との相関関係はない]、
- ⑤ [繁殖個体の性比は 1：1 である]、
- ⑥ [林から 11 月に溪流に移動した個体はその後余り移動せず水中の石の下で越冬する]、
- ⑦ [冬眠場所は水中の石の下である]、
- ⑧ [産卵場所は淵様の部分に集中する]
- ⑨ [幼生は成長しても全長 21 mmほどにしかない]
- ⑩ [歯式は 1：2 + 2／2 + 2：1、または、1：2 + 2／1 + 1：2 で、成長すると退化して、1：1 + 1／1 + 1：1 となる]
- ⑪ [卵径は 3.1～3.6 mm]
- ⑫ [森林の林床で、昆虫・クモ・ミミズなどの土壌動物を食べて暮らしている]

⑬ [カワネズミが主要な捕食者である]

⑭ [雄の体長は、 ～56 mm]

これら①～⑧は、上記Bから引用されている内容；⑨⑩は、上記Aから引用されている内容で；⑪は、B & 松井正文氏個人のデータから引用されている内容です。⑫⑬は、都立大学の草野氏が、誰も調査もしていないのに、勝手に断定的な文章で、「日本動物大百科 第5巻 (平凡社) (1996)」等で記述している内容で (彼は、しょっちゅうこのようなこと：遺跡捏造事件のような研究上の犯罪行為を繰り返して困ってしまうのだが)、もちろん、原著論文は存在しない。⑭は、実質上、松井正文氏が、Bから引用し「日本カエル図鑑」に記述した時に、転記ミスをしたもので、ずっとそのまま訂正されていない。

本節では、ナガレタゴガエルにおける本書の研究テーマに関する (= 上記の①④⑨⑪⑭) 主要な誤りの記述内容について、以下に簡単に再整理しておく。それ以外の②③、⑤～⑧等の誤りの理由と正しい結論、等については別紙 (三輪, 2002) を参照していただきたい。なお筆者の調査データは、上記の草野らとほぼ同所のほぼ同一の個体群でのものである。

1 産卵数 (蔵卵数)

① [蔵卵数は、50～170 個、平均 130 個] —— (草野 and 福山, 1987) が原著となり、それを追従し松井らが新種記載論文で引用 (Matsui and Matsui, 1990) し、各種図鑑が追従記述 (「日本カエル図鑑」「日本動物大百科 第5巻」等) しているが、明らかな甚だしい誤りである。元々、具体的な方法や特徴、等など何一つ一言も記述していないのにもかかわらず審査が通り、不幸なことに論文となってしまった。この値は、単に彼らの目にした卵塊の卵数に過ぎない。分産卵やバラバラ産卵、等の特徴を知らないことが主因で誤った報告がなされてしまったのである。なお、「蔵卵数が 178 個であった (滋賀県)」(田辺 and 見澤, 2001)、また、「蔵卵数が、186 個であった (群馬県)」(金井 and 廣瀬, 1997) は正しい。正しくは、[産卵数 (蔵卵数) は平均 175～180 個、130～250 個]。

2 卵径

[卵径は 3.1～3.6 mm] —— (草野 and 福山, 1987) が原著となり各種図鑑が追従記述しているが、誤りである。これは、①「単に卵径といっても球形の胚の内、いつの発生段階かが一定されていないため」、②「ほぼ全ての研究者が [球形の内の卵 (胚) ならば、未卵割の受精卵でも、胞胚期でも、のう胚期でも、それほどに大きさは変化しない] という大きな誤解・偏見」、③「ナガレタゴガエルの産卵の独特な特徴のために、産卵直後の未卵割の卵 (胚) のサンプルを得るのは難しく、特にこの時期のサンプル数を多く取るには非常に困難を極める」、の3点が主因で誤った報告がなされてきた。より詳細な理由は本文参照。同じ卵 (胚) でも、のう胚後期～神経胚初期の頃には、受精卵時に比べて約 15% 前後も直径が大きくなる。例えば、受精卵時に直径 3.1 mm だった胚は、のう胚後期～神経胚初期の頃には 3.5～3.6 mm ほどにもなる。正しくは、「卵径 (受精卵～卵割初期の頃) は、2.75～3.35 mm ほどで、平均 3.15 mm ほどである」。

3 成体の体長

[♂は、38-56 mm] ——「日本カエル図鑑 (1999)」で松井が(草野 and 福山, 1987)から引用したのだが、56 mmという記述は誤り、ありえない値である。簡単に言うならば松井氏の転記ミス。正しくは、[雄：40-52 mm平均 46 mm；♀：46-62 mm平均 54 mm]。

4 幼生の全長

[幼生は成長しても全長 21 mmほどにしかない] —— (松井, 1978) が原著となり各種図鑑が追従記述しているが、甚だしい誤りである。このことは、いかに、日本に両生類の研究で審査できる研究者が皆無に等しい現状であるかがよくわかる点である。このばかげた記述がまかり通るのは、[両生類の幼生] や [両生類の初期発生形態] を専門にしている研究者が日本に限りなく皆無に近いことにも起因している。両生類の幼生をある程度専門にしている研究者であれば、この記述内容が甚だしい誤りであることはすぐにわかるはず。多くの各社の図鑑で皆、30 mm近い幼生の写真を載せていながら、平気で「全長 21 mmほどにしかない」と文章では記述しているのである。ナガレタゴガエルについて、どの図鑑も間違いだらけのことを記述し続けているが、その最たるものがこの幼生の記述である。正しくは、[幼生は、最大成長時で、平均全長 28-30 mmほどになる]。

5 秋・繁殖期の移動行動と水位変化

[繁殖行動と降雨・降雪との相関関係はない] —— (草野 and 福山, 1987) が原著となり一部で追従記述しているが、あまりに不適切な表現である。元々、このことを結論付けるデータは存在せず単なる推測報告であった。水中下のナガレタゴガエルにとって、重要なのは水位の変化するような増水である。[本降りの降雨] や [大雪の年の晴天時の高温での融雪] による増水によって、流下移動個体は増加する。また一方、[林から 11 月に溪流に移動した個体はその後余り移動せず水中の石の下で越冬する] (草野 and 福山, 1987) という内容は全くの誤りである。が、この点については、別紙で報告する。

第2節 本研究結果の全体の結論・要約

1991 年度から調査を継続し 8 万匹以上のナガレタゴガエルを捕獲してきた。そして、約 15,000 匹をていねいに体長計測し、約 1,000 匹を指骨断面から顕微鏡観察により年令査定した。また、7 年度で約 700 ペア以上の産卵を観察(産卵様式・所要時間・産卵時刻、等)し、方法を詳細にコントロールし約 400 匹の♀の産卵数(蔵卵数)を計数した。また、産卵直後の未卵割の～2細胞期頃の胚の直径を約 50 匹の♀の産卵胚で計測した。それらの結果・結論を以下に要約する。

1. 年令と体長・性成熟年令・寿命・成長率——奥多摩周辺では、毎年 2 月下旬に繁殖ピークになり産卵が集中する。3 月下旬～4 月上旬に孵化した幼生は、最大時には平均 28-30 mmほどになり、5 月下旬～6 月に変態完了し上陸する。この時の体長(SVL)は、平均 7.5-8.5 mmほどである。1 年目の冬眠期前後には、21-30 mm、平均 25.9 mmほどに成長する。そして、2 年目には雄雌ともに一部が性成熟する。2 年目の冬眠期前後には——、

2年目ではまだ未成熟であった子ガエルで25–44 mm、平均35.7 mmほどに；2年目で性成熟した♂で39–45 mm、平均43.2 mm；性成熟♀で43–51 mm、平均47.0 mmに成長する。そして、3年目には皆、性成熟し繁殖活動に参加する。3年目の冬眠期前後（＝3才）で、[雄・雌]の平均体長(mm)は、[45.2・52.5]；4才[47.5・54.7]；5才[49.6・57.6]；6才[52.6・60.8]に成長する。多くの55%ほどの成体は3才で、ごくごく一部が6才まで生存する。個体群全体の成体の体長は、平均±3SDをとり、雄で40–52 mm、平均46 mm；雌で46–62 mm、平均54 mmほどである。

2. 産卵数と卵径——「産卵数(蔵卵数)は130–250個、平均175–180個ほどである」。この値は奥多摩地域のものであるが、年度が異なっても、場所が異なっても、同じであった。ただし、2才雌（ごく一部：成体♀全体の10%弱ほどは2年目に性成熟する）の産卵数は非常にばらつく。この2才雌では60–100個ほどの産卵数の個体もいれば、3、4才と同様に150–200個ほどの個体もいる。この2才♀を開腹してみると、未成熟卵が多数あることがわかる。2才♀を除くと、きれいな正規分布となり、平均180個；SD=25個ほどになる。現在までの調査で確認した、一般的な♀（3才以上）での最少産卵数は、129個であった。ナガレタゴガエルは超々難産のため、1つの大きな卵塊で全ての卵を排出できるのは半数以下である。[2つや3つの卵塊に日時を分けての分産卵]、[1つの大きな卵塊で産卵後も腹内に相当数残っていて、後にバラバラと産卵する場合]や、[結局産めずに死ぬ♀]などが、ごく普通に観察される。この分産卵等の特徴が考慮されていなかったことが主因で、多くの図鑑等での産卵数の記述が甚だしく誤っているのである。

「卵径は、2.75–3.35 mmほどで、平均3.15 mmほどである」。ただし、早熟の2才雌（成体♀全体の10%弱）では、2.75–2.85 mmほどで、3 mmを超えることはありえない。一方、一般♀（3–6才）の卵径は3.00–3.35 mm、平均3.15–3.20 mmほどで（3才3.18 mm；4才3.22 mm；5才3.28 mm）年令によって大きくは変わらない。2才雌の卵は、3才以上の雌の卵と大きさが顕著に異なり、一目で区別がつく。卵（胚）は、同じ球形の期間でさえも、発生が進行すると驚くほどに直径が大きくなる。同じ球形でも、のう胚期の後期から神経胚期のごくごく初期の頃では、受精卵の直径よりも約15%大きくなる。それゆえ、受精卵時に3.2 mmであった胚は、胞胚期後期～のう胚期初期には約8%増の3.4–3.5 mmに、のう胚期後期～神経胚初期には、約15%増の3.7 mmほどにもなる。このことを認識している研究者が皆無に近く、多くの図鑑等での卵径の記述が甚だしく誤っているのである。

3. 個体群の成体全体の年令構成——成体は2–6才で構成され、この割合は、[約15%が2才；約55%が3才；約20%が4才；約9%が5才；約1%が6才]と推定された。

4. 沢の水位と移動行動——約半年近くも水中下生活するナガレタゴガエルにとっては、水温の変化と共に、水位・流速の変化は、移動行動誘発の重要な要因である。水位は、小雨や小雪では変化しない。一方、太平洋側の地域でさえ大雪の年では、晴天でも気温上昇での融雪により大增水を引き起こし、水位・流速が増大する。繁殖期間中に、本降りの降雨や融雪による水位上昇が起これば、流下移動個体が増加し、ネットトラップでの捕獲数が増加する。この増加は、半ば強制的に流されたような個体にもよっているだろうが、多くは自発的に移動していると思われる。溪流・沢でも流れのほとんど無い所へ産卵のために移動したいからであろう。ほとんど流れの無かった所に休息していたペアの位置が、増

水で流れが速くなり移動したと推測している。

第3節 森林内源流域生態系保全上、最重要指標生物であるナガレタゴガエル

一連のナガレタゴガエルの研究目的には、前述したように（1章3節）、社会一般への貢献・寄与・効果といった側面がある。ナガレタゴガエルは、生息域の広大さ・独特な移動ルート・半年間もの水中下生活からわかるように、本州山間部の溪流源流域における重要な生態的地位を占め、「溪流源流部の生態系保全を考える上で、重要な指標生物」なのである。一般的にはいまだ認知されていないが、おそらく脊椎動物としては、この生態系での最も主要な種のはずである。ただし、まだまだナガレタゴガエルが「長距離の水中下移動行動をし半年間も水中下生活をする事」、「桁外れな生息数・生息域を有すること」の2点を、日本の一般の人はもちろん、様々な役所の河川環境保全に関わる人でさえも、また両生類の研究者でさえ知らない人が多いのが現状である。この最大の理由は、間違いなく筆者が、身分地位を有さないからであるが…。例えば、筆者が大学の教員などのような地位身分であったなら、もう既に日本中でナガレタゴガエルの誤解は解かれ、独特な行動・莫大な生息数が認知され、各地で市民グループがナガレタゴガエルのために活動を始めているだろうが…。そして、多くの大学等の両生類学者が、新種として認知された当初に、「希少種であり保護が必要・天然記念物に相当する」、と調査もせず根拠も無く宣伝し、各全国紙でもそのまま報道された経緯もあり、彼ら大学の研究者にしてみると、今更、自分たちの前言を自らひっくりかえしたくはないがために沈黙をしている。そして、ナガレタゴガエルの虚偽の報告は訂正されず、真実の公表は封印されているのである。

では、筆者の一連の研究成果をふまえ、「ナガレタゴガエルが溪流生態系保全上の重要な指標生物であること」と「ナガレタゴガエルの生息地の保全の必要性」を、どうやって広く認知してもらっていくのがよいのか？ まずは多くの人に、①「独特な長距離移動行動をするため、とてつもなく広い行動範囲を有し、約半年弱もの長期間、溪流底生魚のカジカ同様に水中生活すること」；②「日本で最大生息数のカエルであり、本州各地（おそらく東北地方にはいないと思われるが）の山間部に生息していること」、をきちんと知ってもらう必要がある。その上で、③「大規模な森林伐採や林道造成による、大雨ごとの人為的な源流域の土砂・砂礫の流出・埋没が、溪流底生魚のカジカやナガレタゴガエルに対して壊滅的にダメージを与えること」を伝える必要がある。

とにかく、溪流の生態系保全上で考慮される・採り上げられるのは、遊泳性回遊魚であるサケ科の魚やアユばかりである。これら回遊溪流魚のための魚道や自然護岸、等による河川の保全ばかりに目が向きがちなのである。しかし、これら遊泳性回遊溪流魚には、森林伐採・林道造成等による人為的な土砂・砂礫の流出・埋没による打撃は、それほどものではない。しかしながら、あまり認知されていないが、カジカ等の溪流底生魚や溪流底生魚と同様な生態的地位にある・酷似した生息状況にあるナガレタゴガエルにとっては壊滅的打撃なのである。カジカ、そして、ナガレタゴガエルが多く生息している沢・溪流は、森林が安定し溪相が安定し、森林内源流水域の生態系がよく保全されている、と言えるのである。カジカ、ナガレタゴガエルは、日本全体で見るとかなり広範囲に生息しているこ

とからも、森林内源流水域の生態系の重要な指標生物なのである。

ただし、ナガレタゴガエルを通して溪流源流域生態系保全を訴えていこうとする場合の問題点・課題点を2つあげると――

(1)．ナガレタゴガエルが「希少種」ならば、あるいは、「限られた地域の固有種」ならば、すぐに多くの人に保護・生息地保全の必要性が認知されるだろう。ところが、ナガレタゴガエルは、全くその逆で、日本で最大の生息数を誇るカエルであり、本州各地の低山地に広く生息し、鳥で言えばスズメのような、魚で言えば、ちようどヤマメ・アマゴに相当する。そんなカエルを通して生息地の生態系の保全の必要性を一般に認知してもらうには、どうするべきか？ それには、きちんとナガレタゴガエルの世界でも類を見ない長距離回帰移動行動の特徴を；特に、上記の①「移動距離・行動範囲が桁違いに広範囲であること」&②「半年もの間、水中生活をし、その内の長期間を休眠状態で過ごすこと」の2点を一般の多くの人に認知してもらうことが大前提となる。この独特な移動行動をきちんと認知してもらわなければ、「生息地の保全」だとか「重要な源流域の指標生物」だとかと、公的機関に言っても相手にされない。逆に言えば、この上記①②が広く一般に認知されれば、自ずと生息地の保全の必要性をわかってもらえるだろう。繰り返すが、希少種だから保護・保全などではないし、日本で最大生息数であり、かつ広範囲に生息するカエルであることを忘れてはいけない。独特な移動行動をし行動範囲が桁違いに広大であること、かつ、半年近くも溪流底生魚に似た生息行動をするからこそ、ナガレタゴガエルが生存していくためには、源流域森林生態系の保全が必要なのである。これは、溪流底生魚のカジカにも当てはまることである。

(2)．保護・保全に関連する研究内容の公表の仕方とタイミングには、時間的な順序・公表内容、等に細心の配慮・注意が必要である。へたに、様々な基礎研究がきちんと終わっていない内に、売名行為的に、断片的に多くのことを公表したのなら、多くの生息地で乱獲が相次ぎ、被害の方が大きくなる場合が多い。ある生物種の保護や生息地保全を推進する場合、とにかく、その保護・保全活動行為が裏目に出て、生息地での乱獲を伴うものだから――たとえどんなに生息地の情報を隠していても。それゆえに、ある生物種：あまり知られていない種の保護・生息地保全を考える時には、場合によっては、何もしない・研究成果等も何も公表しないことが、その生物種にとって最良である場合もままある。それゆえ、筆者のこのナガレタゴガエルの一連の調査においても、あまり表立って公表することを意識的に避けてきたし、一部マスコミの取材も断ってきた経緯がある。早い内に多くを公表したり、多くの取材に応じれば、筆者自身やフィールドは、ある面有名になるだろうが、その反面、代償として、一部の心無い者による乱獲や生息地の破壊を招くのは目に見えているから。調査地がわからないような工夫をし、テレビ等で保護・保全目的で放映されても、必ず、デメリットとして、乱獲・生息地の破壊が伴う。それゆえ、まずは、保護・保全をとるためには、基礎研究がほぼ終了してからであり、テレビ等での放送内容には細心の注意が必要なのである。

さて、筆者は、ナガレタゴガエルの生態研究の一応の目途が立った 2001 年頃からナガ

レタゴガエルを通して源流域生態系の保全を訴えていくことを強く意識し始め、多くの研究結果を広く知ってもらいたい気になり始めた。そして、上記（１）（２）のことをふまえ、2002 年時に、いったんテレビ朝日の「宇宙船地球号」という番組での放送内定を取り付けた。あるプロダクションを通じ、このテレ朝の 30 分番組で、生息地保全に向け、ナガレタゴガエルの独特な回帰移動行動を主テーマとして放送してもらうこととなり、1 年がかりで「ナガレタゴガエルの生態からみた生息地の保全を訴える番組の作成」の撮影を始めていたのである。テレ朝との最初の打ち合わせ時の番組企画案のテーマが「ナガレタゴガエル・驚異の大移動——生息地の生態系の保全に向けて——」であった。ナガレタゴガエルの長距離回帰移動行動が伝わる番組になれば、森林内溪流源流域の生態系保全の必要性が自明になるだろう、という思いからである。しかしながら、いざ撮影がしばらく進むと、制作プロダクション側が、筆者を主人公にした、人間ドキュメンタリー的な番組構成にすると番組の趣旨の変更を強く主張し、カエルの行動生態の撮影など置き去りにされてしまった。筆者を主人公にし、筆者の調査活動と調査地の地名・概観・四季のうつろいを前面に出し、調査地の重要性と保全を訴える番組構成、にするという。しかし、これでは、視聴者に保護・保全の必要性などうまく伝わらない。それどころか、心無い多くの密漁者による、調査地の破壊を急速に進めるだけ。前述のように、ナガレタゴガエルは日本最大生息数のカエルで希少種ではない。だから、まず、保護・保全への布石を打つには、きちんとしたナガレタゴガエルの行動生態を伝える番組でなければならない。カエルを主人公にし、カエルの年間の移動行動を詳細に伝える内容だからこそ、調査地の名前を出すことを承知したのに；カエルの行動をきちんと伝える内容の番組なら、調査地の実名をあげてもかまわない、ということでの撮影のスタートだったのに。いつからなのか、プロダクション側の考えが、筆者やテレ朝との打ち合わせ時と変わってしまった。そのため、1～2 月と撮影が進んだ後、筆者側から、撮影・放映を断固として断ったのである。「視聴者にナガレタゴガエルの回帰移動行動の詳細が伝わらず、単に小坂志川・矢沢を保全したい旨の内容の番組なら、保護・保全には何ら寄与せず、単に、各地からこの地へ密漁者を引き寄せるだけだ」と、強く抗議して。

結局、今現在、ナガレタゴガエルの真の行動生態をテレビ等で伝える、という手段はいったん、立ち消えとなった。今はまず、この 2, 3 年で主要な研究テーマについて、欧米の国際誌で論文を発表すること。そして、日本各地、特に本州各地の一般の両生類や水生生物の観察者・愛好者に、ナガレタゴガエルの真実の生態を知ってもらい、全国的な生息域調査や市民グループでの活動の盛り上がり重要だと考えている。ただし、後述しているが、予想通りとでも言うべきか、「各地でナガレタゴガエルの乱獲・密漁が相次いでいること」、更には「インターネット上でナガレタゴガエルのペアを売買し始めてしまったこと（1 ペア 2000 円や 1500 円で売っている[2004 年 12 月時点]、ばか者がいる。筆者が知っているのが、たまたまこのばか者だけであり、おそらくもっと多数の人間が売りに出しているのだろう）」、のために、「早く手を打たねば」、「多くの人にきちんと正しい情報を伝え全国規模で生息地保全に向けての手を打たねば」、と焦りを感じている所である。

第4節 あとがき

1 前回の当財団助成研究報告書の誤った記述内容3点について

一連の本研究における、とうきゅう環境浄化財団研究助成の前回の研究報告書である、2002年の「秋川上流域におけるナガレタゴガエルの生態学・発生学的研究と棲息環境の保全について」209 pp.（とうきゅう環境浄化財団）において、筆者の考察で推測違いをしてしまった内容が3点あったのだが、本書の内容と関連するので、ここで報告させていただきたい。3点ともデータが足りずに、推測間違いをしてしまったのである。

①：幼生の全長について、筆者は前回、最大成長時の平均全長は[26–28 mm]ほどという値で結論づけたが、本書では、[28–30 mm]としている。この理由は本文にも書いたが、およそ以下のようなことからである。前回の報告書を提出した後、1991, 1992, 1994, 1995年度のデータやスケッチを再チェックした所、小ポリカップで恒温器内での劣悪な環境での飼育にもかかわらず、ほぼ全年度で最大時に26–28 mmに、そして、最大では29.5 mmにもなっていた。2000年度は、本書でも述べたように、春眠期捕獲調査と並行していたこともあり、随分ずさんに、あまり水換えをせずに飼育してしまい、過去の年度に比べ、随分と尾の成長の悪い個体が多く生じてしまったのである。この2000年度では、平均26 mmほどにしかならず、前回はこの2000年度を基準にして、野外では[26–28 mm]位かと推測し記述していたのである。が、前述したように、普通に水換えをして飼育する分には、小容器内でさえ、過去のデータからすると平均26–28 mmになっていたし、個体によっては30 mm近くになるものも多数いた。このことから推測すると、野外では少なく見積もっても[28–30 mm]という表記がふさわしいのである。

②：本書の表5–1にも生残率の値がある。これらの値の[2000⇒2001年度]分までは前回の報告書に載せてある。そして、[1998⇒1999年度]に小坂志川において、極端に生残率が小さくなった理由について、前回の報告書では、奥多摩周辺全域での自然環境的な要因（人為的では無い）、台風や冷夏や乾燥など、と推測していた。が、間違いであった。その後の、[2001⇒2002年度]や[2002⇒2003年度]のデータ、等から、よりはっきりとしたのだが、矢沢では、少なくともこの10年ほど、個体群密度・個体総数に変化は無い。1999年頃を境に個体数が激減したのは、小坂志川だけだったのであり、それは下流部においてであった。現在も小坂志川下流部は、1999年以前と比較すると、何と20–30%ほどしか生息していない状況である。そして、この理由をはっきりとしたのである。人為的な大量の森林伐採と林道造成に伴う、本降りの降雨の度に生じる人為的な大量の土砂・砂礫の流出が主因だったのである。これらの詳細な点については、次回の研究報告で述べる。

③：前回の報告書では、「個体群の成体は80%ほどが同一年令と推測される」と記述してしまったのだが、これはあまりに早計な推測であった。この根拠は、本書でも何度も述べた表5–1の[見かけ上の1年後の成体の生残率]が15–18%程度であることであった。そして、前回、強調したかったのは、「ほとんどが同年令の個体のため、2年後にまで生存する個体はまずいないために、2年度分の種類のマークで済んだこと」にあった。つまり、初年度に約50種類のマーキングを使用したなら、翌年は別種の約50種類のマーキングをしなくてはならないが、翌々年には、初年度のマークが使用可能なのである。さて、

ところが、実際の「[真の生残率]」は、5章で詳しく述べたように、およそ 30–35%なのであり、主年令は3才で全体の約 55%を占める」、というのが正しかったのである。これは、調査翌年度までに、調査地域外へ分散移動したり、外部から移入したりする個体の割合を考慮しなければならなかったからなのである。

2 乱獲・密漁や売買が相次ぐナガレタゴガエル

個人的な夢から、1991 年より調査を開始し、2003 年度迄で野外調査は実質 8 年度実施、総計 8 万匹以上捕獲し、多くをマーキングして追跡調査してきた。当初、生活史・年間の回帰移動の解明には、「うまくいっても 10 年以上はかかるだろう（この年数には具体的に理由がある）。一生かかっても無理かもしれない」と思った。実質、約 10 年で解明できたのは相当に運がよかったと思う。広大な山中に、1 つの沢だけで数万匹～20 万匹という数のカエル達。ただひたすらに、勘・体力にまかせて捕獲・追跡調査し、毎年毎年新しい発見があったために、頑張って継続調査してきた。そして、日本では皆無に等しいが、世界でも、両生類の野外生態調査を長年に渡って実施してきた研究は、よくとり上げられるもので 3, 4 件しかないことも、常々励みになっていた。また一方、自分の一生をかけた壮大な夢だからであり、前述のように、日本の大学の両生類学研究者に、度々ひどい目に合わされてきたことへの怒りがバネになっていた。そして、ようやく、生態研究の多くのテーマの内、「性比決定のしくみ」以外については、あと 5 年ほどでしっかりと結論を出せる感触を得た。また、この報告書が公表される頃から、国際誌に論文が連続して発表されるであろうという目途も立った。

しかしながら、やはりというか予期していたことではあるが、1998 年頃から、困った問題が頻発するようになってしまった。1 つには、各地でナガレタゴガエルの乱獲とでも言える状況が増加拡大傾向にあること。そして 1 つには、一部、故意に筆者のフィールドの小坂志川・矢沢を毎年激しく荒らしていく連中がいて、毎年、気が滅入っている状態であり、止む気配が無いどころか拡大傾向にあることである。また 1 つには、インターネット上でナガレタゴガエルが売買されるまでになってしまったこと。2004 年 12 月下旬に、「ナガレタゴガエルのペア、1 ペアで 2000 円」とあるのをネット上で見つけてぎょっとした。予想していたことだけど、早く、何か手を打たないと…、と焦っている所である。

まず、1998 年頃から、都立大学の草野氏が「筆者の調査地に行けば、たくさん捕獲できる」と複数の観察・研究者に教えるようになったために、多くの人間が小坂志川・矢沢にナガレタゴガエルの捕獲に入るようになってしまった。当時、筆者が草野氏に抗議した所、「何だ。まだ調査していたのか。もうやっていないと思ったから…」と言われ、「ふざけるな。」と腹を立てたものである。ただこの時には、筆者は、まだ草野氏が平凡社の図鑑中に、無断で筆者の調査結果を公表していたという恐ろしい犯罪行為については、知らずにいた。他人の未発表の調査結果を勝手に公表するのも、あまりに極悪非道な研究上の犯罪行為であるが、自分のフィールドが実際は調査地に値しないような劣悪な環境だからといって、他人のフィールドを複数の人間に捕獲場所として知らせるなど、言語道断だと思うのだが…。ただ、この抗議の際には、どうも何か他の事で草野氏は筆者にびくついてい

たようだった。つまり（後にわかったのだが）、この時の筆者のもう抗議の電話が、結果的に筆者の調査地が荒らされてしまったこと以上に、筆者の重要な未発表の調査結果を勝手にすっぱぬいたことへの、怒りの抗議電話だと思っていたようなのである、草野は。この時から、草野氏は私を徹底して避けるようになった。一度でも謝罪があれば、あったのなら、まだしも。私が、きちんとした身分地位を有していないからであるが、本来なら、草野氏の行為は、遺跡捏造事件以上の犯罪行為であり、研究界から追放されていてもおかしくないものなのだが。やりきれない。日本の両生類学界は腐りきってしまっている。

そして一方、1999 年から現在まで、毎年、大規模に小坂志川・矢沢を冬眠期のナガレタゴガエル捕獲のために荒らされ続けている——3 人グループの同一犯によって。毎年、看板上で「筆者が漁協に許可をもらい毎年継続して調査しているので、沢を荒らさないで下さい。ナガレタゴガエルを捕獲するなら他の沢でやって下さい。捕獲や調査をするにしても、他の研究者の調査地でやるべきではないし、少なくとも漁協に断って許可をとってやるべきではないのですか…」と書いているにもかかわらず。筆者も密漁の現場に一度遭遇したが、逆に、脅された。また、連中と林道を車で 2 度すれちがったこともある。いつも同じグループで 2 人ないし 3 人で捕獲しているのである。特に不気味であったのが；一度(2002 年)、林道で 3 人組のオフロード車とすれちがいざまに、お互い車を止めて、筆者が「何をしてるんですか。カエルですか。(小坂志川・矢沢に 12～2 月に来る者のほとんどはナガレタゴガエルが目的である)」と鎌をかけた（こいつらあの 3 人組だと思ったが、確信を持てなかったこと、そして、内 1 人は風体の悪い強面の人であり、常々怒らせたら何をされるかわからないという恐怖感があることもあり、鎌をかけた）。すると、何と運転していた風体の悪い奴が、私に向かって「あんたもこれ。」と言って、人差し指を曲げて、あんたもカエルの密漁？とにやけて言ってきたのである。そして、筆者の報告書等を見たからなのか、「砂利堀するとけっこう獲れるんだよな」とにやついたのである。ところが、他の同乗者から何かささやかれた後、急発進し逃げて行った。どうも、他の 2 人の同乗者（私はこの奥にいた 2 人には、はっきりと見覚えがあった）と私の目が合い、私がここで継続調査をしている研究者だと気づいて、運転者に耳打ちしたようなのである。毎年、こんな調子である。あいつら、何が目的で毎年大量に捕獲していくのか。ただ、2000 や 3000 匹程度捕獲するだけなら、まだそれほどに筆者の調査に大きな影響は出ない。それ位に莫大な生息数だから。ただ、困り果てるのは、まるで、沢をブルドーザーが通ったように、荒らしていくこと。あいつらのやっている行為は、密漁というより生息地の破壊なのである、毎年。地元の人や漁協の人には同情してもらっているのだが。あいつらは、確信犯だから。

1999 年から、あいつらに荒らされ始めたのだが、それでも、2002 年までは、12 月の冬眠期だけであった。ところが、筆者の報告書を見たり、筆者の調査の様子を毎年伺っていたからなのか、とうとう、あいつらは、2002 年には秋の移動期にネットを張って捕獲しだし、更に 2003 年 3、4 月には春眠期にも小坂志川・矢沢で捕獲し始めたのである。さすがに、繁殖期には、筆者が毎日林道を往復してネットトラップを回収チェックしているため、出くわすのを避けて、やらないようであるが。

ある地元の知り合いの釣人が、2003 年の春に矢沢で溪流釣り最中に、あの 3 人組の密漁

捕獲最中に遭遇し、「おまえら。このカエル獲っていいのかよ。調査している人がいるだろ。それに、そんなにめちゃくちゃ石をほっくり返されたら釣りにならないだろ。いいかげんにしろ。いま駐在所に連絡するからな。」と言ったら、バケツに入っていた数十匹のナガレタゴガエルを沢に放り捨てて、車に乗ってものすごい勢いで逃げて行ったそうである。また、やはり調査地で知り合った日ノ出町の昆虫研究者に教えてもらったことには、連中は、「2003 年秋にネットを設置して矢沢でナガレタゴガエルを捕獲していた」、との由。

筆者の調査地の小坂志川・矢沢が、特別に生息数が多いわけでもなく、他でも莫大な数が生息しているのに、連中にしてみると、確実に捕獲できる保障のある地で捕獲したいのだろうが…、やりきれないし、毎年、怖い思いをさせられている。

他にも、ナガレタゴガエルの密漁者による不気味な出来事は、この数年多数ある。元々、筆者が、毎年、林道の各所に看板を設置し、林道からも見える各所に大きなネットトラップを設置して、調査をしているのだから、相当数の人が、どんなふうにしたら大量に捕獲できるか知っている。現地で知り合った大多数の人は皆、好意的な親しみやすい観察者ばかりなのだが。ごく一部は、ネットトラップを持ち去っていく奴がいたり（2度盗まれた）、まねて、周辺の沢で漁協の許可なしにネットを設置する者がいたり…。

また一方、この南秋川水系のみならず、多摩川水系のあちこちで、筆者と同形式のネットトラップをしかけてナガレタゴガエルを大量捕獲したり、そのために大量死させている事件が相次いでいる——漁協に断らず、設置しているのである。

おそらく、筆者の耳に入ってきてないだけで、奥多摩以外の周辺部でも似たような事件が頻発し始めているだろう。1991 年以降、筆者が調査を継続し、調査地で毎年数多くのカエルの観察者・研究者と出会い、会話をしてきた。そして、前回のとうきゅう財団の報告書（三輪，2002）に目を通した者も相当数いるだろう。恐れていた事態が急速に全国各地に広まり始めている。今後、本州各地の溪流でナガレタゴガエル捕獲目的のための、無許可のネットトラップ設置による、密漁が相次ぐだろう。数千・数万など簡単に捕獲できてしまう、ありふれた魚のようなカエルだから。

ある程度の犠牲は止むを得ないと当初から覚悟している——筆者がどんな形にしろ、ナガレタゴガエルの真の生態の報告をしたら、各地で乱獲され、漁協といさかいをおこすだろう、ということは。けれど、もうこんな悪い状況になってしまってきた以上、きちんとテレビの力でも借りて、全国的に、ナガレタゴガエルの生態と一般的な捕獲方法等を知らしめるべきだと思う。特に、各地の漁協関係の人に、何らかの形で早急に知らせなくてはいけなくなってきたと感じている。沢・溪流にネットトラップのような、いはゆる漁具を仕掛けるには、必ず漁協の許可が必要だが、多くの人間が故意に、密漁に走るから。漁協とのトラブルもさることながら、複数の人間で、複数の沢に大量にネットを設置されたら、数万～10 万匹など簡単に捕獲されてしまう。目的はともあれ、一部の地域では、心無い者たちによって、恐ろしい事態になるかもしれない。いずれにせよ、2，3 年後には、何らか全国的な形で運動を開始しないと、まずい状況になってしまったと、筆者は考えている所である。

第8章 謝 辞

まず始めに、本調査研究に研究助成をしていただいた、とうきゅう環境浄化財団に深く感謝する。前回の助成研究に引き続き、またしても完了報告の提出を長らく待っていただいた。

また、本研究の成立には、絶対に欠かせなかった調査地水域でのネット捕獲調査を長年にわたり許可して下さった、秋川漁協に心より感謝する。特に、前々参事であり前組合長の高取 良作氏・元漁協事務所の森屋 安子氏・漁協事務所の足利 えみ子氏には、長年に渡り大変お世話になった。また前参事の下野 利一氏・現参事の宮崎 征一郎氏・現組合長の戸倉 弘氏・現桧原支部長の小峰 平八氏にも、大変お世話になった。この方々の協力無しには、本調査はありえなかった。深く感謝する。そして、小坂志川の調査地内にある、元；小野田セメント(株)＝現；太平洋セメント(株)のロッジの管理者である、川野 政信氏には、調査開始当初から調査地で様々な便宜を計っていただいた。約 200 もの水槽や実体顕微鏡・撮影装置等をこの調査地内にあるロッジに搬入して研究できたことで、産卵に関する、詳細かつ、より正しいデータを取ることができた。他にも、調査地では、地元の方々に有益な情報を頂き、また様々な援助をしていただいた。ここにお礼を述べさせていただく。

一方、研究面では、東京農工大学の 古林 賢恒先生、東京農工大学附属図書館の大関玲子氏、東京学芸大学の故・高城 忠先生、小川 潔先生、元東京学芸大学の岡 俊樹先生には、大変お世話になった。また凍結ミクロトームの操作や凍結資料作成等に関して、矢島 岳夫氏(株・ファインテック)に多くの点でご教示頂いた。

他にも、一連の調査研究過程において、山中 和子氏・蜂須 浩嗣氏・小尾 實氏に精神的に支えられた。深く感謝する。

第9章 引用文献

一連の本研究をまとめるにあたって、約 1,000 の英文の論文を読んできたし読まざるを得なかった。元々、日本には両棲類の生態に関して、有用な引用文献は皆無に等しいし、特にナガレタゴガエルに関して正しく記述された文献は未だないからである。ナガレタゴガエルと、よく似た行動をとる；似た形態を有する；初期発生が酷似している、といったカエルの報告は、日本以外の国の両生類で多数ある。特に、*Rana temporaria* (= common frog, ヨーロッパの最も一般的なアカガエルで、ナガレタゴガエル・ヤマアカガエルに近縁であり、行動様式が様々な点で非常によく似ている)；*Bufo bufo* (= common toad, ヨーロッパの最も一般的なヒキガエルで、ナガレタゴガエルと回帰移動様式の点でよく似る)；*Ascaphus truei* (= tailed frog (=尾ガエル), 北米の唯一の山間部溪流性のカエル、生息地が酷似するために、様々な点でナガレタゴガエルと生活史が似ている面があり、初期発生はそっくりである)；*Heleophryne* spp. (= ghost frogs (=幽霊ガエル), 南アフリカ周辺の溪流性のカエル。日本のイシカワガエルに似る。前種の尾ガエル同様、生息地がナガレタゴガエルと似るために、様々な点で似た面がある。やはり初期発生はそっくりである)；and *Trichobatrachus robustus* (= African hairy frog (=毛ガエル), アフリカ中部のカエル、ナガレタゴガエル同様に繁殖期に雄が長期間水中に生活するために、その時期に雄の皮膚が極端に伸張する)、の5種である。ナガレタゴガエルを研究し論じるには、これらのカエルは知らなくてはならないし、これらの種を詳しく知らずして、ナガレタゴガエルの論文を書くことはできない・語ることが許されないはずである。また、両生類の冬眠行動の様式、及び、回帰移動行動の様式についても、詳しく知っていなければ、ナガレタゴガエルを語れない・論文など書く資格など無いはずである。それぞれ重要な論文であり、本書に関するテーマにおいても本来数百本は挙げなくてはならないのだろうが、今回は近々発表され続けていく正式な論文を優先させていたくため、本書での引用文献は、基本的に日本のもののみで、かつ、ごくごく一部のみに限定した。ご容赦願いたい。

久居 宣夫. (1975) ヒキガエルの生態学的研究 (II). ヒキガエルの成長.

自然教育園報告 6: 9-19.

久居 宣夫 and 菅原 十一. (1978) ヒキガエルの生態学的研究 (V). 繁殖期における出現と気象条件との関係について. 自然教育園報告 8: 135-149.

久居 宣夫. (1981) ヒキガエルの生態学的研究 (VI). 雌雄による成長と性成熟の差異. 自然教育園報告 12: 103-113.

久居 宣夫. (1987) I、日本のヒキガエル；I・3、成長と成熟. In 「ヒキガエルの生物学」 浦野明央. and 石原勝敏. (編) p. 32-52. 裳華房, 東京.

久居 宣夫, 千羽 晋示, 矢野 亮 and 菅原 十一. (1987) ヒキガエルの生態学的研究 (IX). 繁殖期の行動. 自然教育園報告 18: 1-13.

岩澤 久彰. (1971) タゴガエル. 遺伝 25: 39-42.

金井 賢一郎 and 廣瀬 文男. (1997) 群馬県産のナガレタゴガエルの分布と体測定値について. 群馬生物 46: 24-28.

- 金森 正臣. (1975) ヒキガエルの生態学的研究 (I). 個体数の推定 1973-1974 年. 自然教育園報告 6: 1-7.
- 金森 正臣. (1982) ヒキガエルの生態学的研究 (VII). 出現個体数. 自然教育園報告 13: 1-4.
- 草野 保. (1996) ナガレタゴガエル. In 「日本動物大百科 第5巻 両生類・爬虫類・軟骨魚類」 千石 正一, 疋田 努 and 松井 正文 (編). 日高 敏隆 監修. pp. 34-35. 平凡社, 東京.
- 草野 保 and 福山 欣司. (1987) 東京都五日市町盆堀川における仮称ナガレタゴガエルの体の大きさと繁殖活動. 爬虫両棲類学雑誌 12: 65-71.
- Kusano, T., Fukuyama, K. and Miyasita, N. (1995) Age determination of the stream frog, *Rana sakuraii*, by skeletochronology. *Journal of Herpetology* 29: 625-628.
- Kusano, T. and Hayashi, T. (2002) Female size-specific clutch parameters of two closely related stream-breeding frogs, *Rana sakuraii* and *R. tagoi tagoi*: female size-independent and size-dependent egg sizes. *Current Herpetology* 21: 75-86.
- 前田 憲男 and 松井 正文. (1999) 「日本カエル図鑑」 改定版. P. 56-59; 68-71. 文一総合出版, 東京.
- 松井 孝爾. (1978) 奥多摩産アカガエル属の1種について(講演要旨). 爬虫両棲類学雑誌 7: 105.
- Matsui, T. and Matsui, M. (1990) A new brown frog (genus *Rana*) from honshu, Japan. *Herpetologica* 46: 78-95.
- 三輪 時男. (1996) ナガレタゴガエルの高校生物発生単元への教材化について. 東京学芸大学修士論文.
- 三輪 時男. (1997) ナガレタゴガエルの発生. In 「生物 I B 改訂版」(高校生物教科書). 三省堂, 東京.
- 三輪 時男. (2002) 「秋川上流域におけるナガレタゴガエルの生態学・発生学的研究と棲息環境の保全について」 209 pp. とうきゅう環境浄化財団, 東京.
- 宮下 忠義. (1937) 下伊那産タゴガエルに就いての二三の考察. 信濃教育 37: 26-48.
- 中谷 高嘉. (1978) タゴガエルの年令に伴う卵巣囊の発達と産卵について. 爬虫両棲類学雑誌 7(4): 98.
- 岡田 彌一郎. (1978) 「日本産蛙総説 復刻版」 ※1930 年出版の復刻版. 234 pp. & pl. 1-29. 第一書房, 東京.
- 奥野 良之助. (1984) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究IV. 変態後の成長と性成熟年令. 日本生態学会誌 34: 445-455.
- 奥野 良之助. (1985) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究V. 変態後の生残率と寿命. 日本生態学会誌 35: 93-101.
- 奥野 良之助. (1985) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究VI. 成長にともなう移動と定着. 日本生態学会誌 35: 263-271.
- 奥野 良之助. (1985) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究VII. 成体の行動圏と移動. 日本生態学会誌 35: 357-363.

- 奥野 良之助. (1985) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究Ⅷ. 繁殖活動に及ぼす気象の影響. 日本生態学会誌 35: 527-535.
- 奥野 良之助. (1985) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究Ⅸ. 繁殖期における♂の行動. 日本生態学会誌 35: 621-630.
- 奥野 良之助. (1986) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究Ⅹ. 抱接と産卵. 日本生態学会誌 36: 11-18.
- 奥野 良之助. (1986) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究ⅩⅠ. 年令・大きさと♂の抱接成功率. 日本生態学会誌 36: 87-92.
- 奥野 良之助. (1986) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究ⅩⅡ. 生息場所集団の年令構成と個体数変動. 日本生態学会誌 36: 153-161.
- 奥野 良之助. (1987) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究ⅩⅢ. 種内個体間の諸関係. 日本生態学会誌 37: 75-79.
- 奥野 良之助. (1988) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究ⅩⅣ. 個体の生活史および障害個体の生存. 日本生態学会誌 38: 27-34.
- 奥野 良之助. (1995) 「金沢城のヒキガエル」 どうぶつ社, 東京.
- Pinder, A.W., Storey, K.B. & Ultsch, G.R. (1992) Estivation and Hibernation. In 「*Environmental physiology of the amphibians*」 (ed Feder, M.E. & Burggren, W.W.), pp. 250-274. The University of Chicago Press, Chicago.
- 千羽 晋示. (1978) ヒキガエルの生態学的研究 (Ⅳ). 発信機装着による行動軌跡. 自然教育園報告 8: 121-134.
- 千石 正一, 疋田 努 and 松井 正文. (編). 日高 敏隆 監修. (1996) 「日本動物大百科 第5巻 両生類・爬虫類・軟骨魚類」 平凡社, 東京.
- 千石 正一. (1979) 「原色／両生・爬虫類」 206 pp. (p.181) 家の光協会, 東京.
- 芹沢 孝子 and 芹沢 俊介. (1990) トノサマガエルーダルマガエル複合群の繁殖様式Ⅲ. トウキョウダルマガエルの性成熟と産卵. *Japanese Journal of Herpetology* 13: 70-79.
- 芹沢 孝子, 谷川 洋子 and 芹沢 俊介. (1990) トノサマガエルーダルマガエル複合群の繁殖様式Ⅳ. トノサマガエルーダルマガエル複合群の繁殖様式. *Japanese Journal of Herpetology* 13: 80-86.
- 白根 輝清. (1982) ヒキガエルの生態学的研究 (Ⅷ). ヒキガエルの日常行動における規則性. 自然教育園報告 13: 5-12.
- 田辺 真吾 and 見澤 康充. (2001) 滋賀県からのナガレタゴガエルの記録. 爬虫両棲類学会報 2001(2): 66-68.
- 矢野 亮. (1978) ヒキガエルの生態学的研究 (Ⅲ). ヒキガエルの行動. 自然教育園報告 8: 107-120.

図 ・ 表

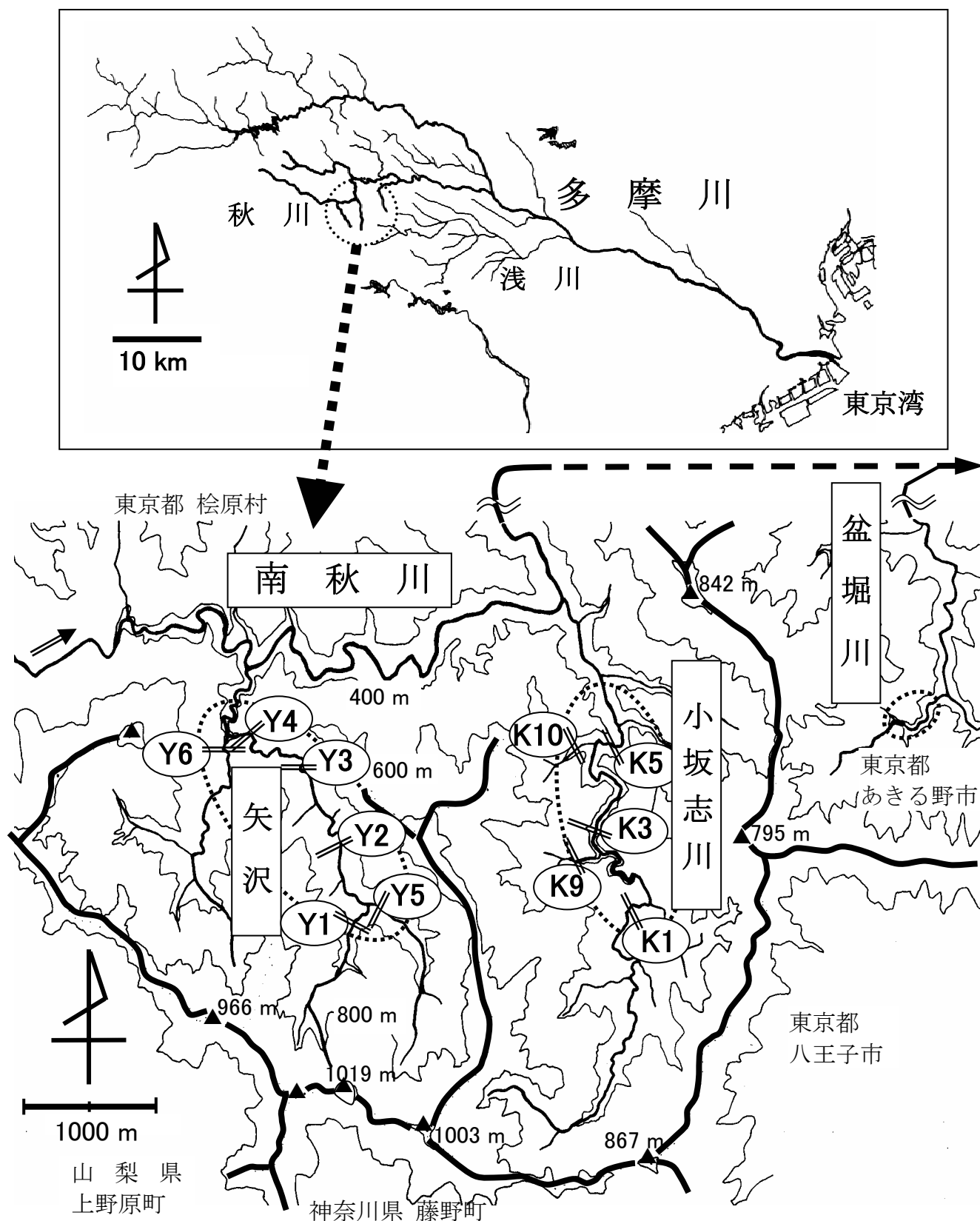


図 1-1. 調査地の小坂志川と矢沢.

破線の楕円内が調査地域。Y1～6、及び、K1～10 は、ネットトラップの設置場所を示している(K2, 4, 6, 7, 8, 11 は本報告書では取り扱わないトラップ)。盆堀川の破線地域は、1984～1988 年に都立大のグループが観察した沢を示している。等高線間隔は 200m。

| 年度 | A 捕 獲 数 | | | | | | | | | | | | B 産卵・発生の調査研究 | | | |
|------|-----------------|------|----|----------------|------|-----|---------------|-------|----|---------------|------|----|-----------------|---------|-----|-----|
| | [秋の移動期] | | | [冬眠期] | | | [繁殖移動期] | | | [春眠期] | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 10月中旬～ 12月中旬 | | | 12月中旬～ 2月上旬 | | | 2月上旬～ 3月中旬 | | | 3月中旬～ 4月下旬 | | | 産卵 行動 | 産卵 数 | 卵径 | 発生 |
| | ♂ | ♀ | 子 | ♂ | ♀ | 子 | ♂ | ♀ | 子 | ♂ | ♀ | 子 | | | | |
| 1991 | ————— | | | 721 | 435 | 16 | 1661 | 1442 | 0 | ————— | | | ○ | ○ | △ | ○ |
| 1992 | ————— | | | 1125 | 621 | 38 | 5329 | 4181 | 0 | 436 | 211 | 1 | ◎ | △ | ——— | △ |
| 1993 | ————— | | | ————— | | | ————— | | | 676 | 234 | 3 | △ | ——— | ——— | ——— |
| 1994 | ————— | | | ————— | | | ————— | | | ————— | | | ◎ | ○ | △ | ◎ |
| 1995 | ————— | | | ————— | | | ————— | | | ————— | | | ——— | ——— | △ | ◎ |
| 1998 | ————— | | | 1965 | 815 | 82 | 3116 | 2042 | 0 | 114 | 33 | 0 | △ | ——— | ——— | ——— |
| 1999 | 1170 | 496 | 6 | 2895 | 925 | 177 | 1964 | 1153 | 0 | 516 | 153 | 5 | △ | ——— | ——— | ——— |
| 2000 | ————— | | | 848 | 847 | 37 | 5383 | 5032 | 0 | 453 | 418 | 3 | ○ | ○ | △ | ◎ |
| 2001 | 1361 | 312 | 11 | 569 | 177 | 36 | 4337 | 2738 | 8 | 267 | 69 | 1 | ○ | ◎ | ○ | ○ |
| 2002 | 3791 | 1572 | 49 | 2011 | 655 | 184 | 4768 | 2963 | 17 | 320 | 139 | 1 | ○ | ◎ | ◎ | ○ |
| 2003 | ————— | | | 873 | 756 | 43 | 2163 | 2037 | 0 | ————— | | | ——— | ——— | ——— | ——— |
| 小計 | 6322 | 2380 | 66 | 11007 | 5231 | 613 | 28721 | 21588 | 25 | 2782 | 1257 | 14 | | | | |

表 1－1．2003 年度までの各年度の捕獲数 & 産卵・発生の調査研究項目。

A．捕獲数は、総計 80,006 匹（成体♂ 48,832 匹・成体♀ 30,456 匹・子ガエル 718 匹）、2000 年度までに総計 47,778 匹；2001－2003 年度で 32,227 匹。捕獲方法は、冬眠・春眠期は素手及びタモ網で；秋及び繁殖移動期は沢の水中に設置したネットトラップによる。

B．◎は、方法をコントロールし、詳細に観察・計測した年度を；○は観察した実数・時間等は多いのだが方法が若干コントロールされていなかった年度；△は補助的予備的な、大ざっぱな観察にとどまっている年度を示している。

B 1：[産卵に要する時間]・[産卵時刻]・[産卵場所]・[産卵時の姿勢]・[分産卵の様式と割合（全卵を 1 塊として産卵する♀の割合は全体の半数以下である）]、等を調べた。

B 2：1991 年度（野外の一つの石の裏に付着していた卵塊約 110 を計数&大学の水槽で産卵させた 7 ペアの卵径の計数）・1994 年度（大学の水槽で産卵させた 15 ペアの“卵塊の卵数”の計数）・2000 年度（調査地内のロッジの水槽で産卵させた 35 ペアの“卵塊の卵数”の計数）・2001 年度（調査地内ロッジに搬入した約 150 ケの水槽で産卵させた約 350 ペアの産卵数の計数）・2002 年度（同様に約 200 ケ搬入した水槽で産卵させた約 250 ペアの産卵数の計数）。

B 3：それぞれの年度で発生の観察のかたわら実態顕微鏡で卵（胚）の直径を観察し、2003 年度には、きちんと発生初期の胚[受精卵～2細胞期]の直径を 51 匹の♀の卵で計測し、更に、受精卵～2細胞期～4細胞期～・・・～胞胚期～のう胚期（前中後期）～神経胚初期、の胚が球形をしている間の直径の変化を調べた。

B 4．水温 15℃の恒温器内で、受精卵～変態完了までの約 50 ステージの発生段階について[所要時間]・[大きさ]・[各部及び全体のスケッチ]・[顕微鏡写真撮影]・[ホルマリン固定]、等を調査研究した。

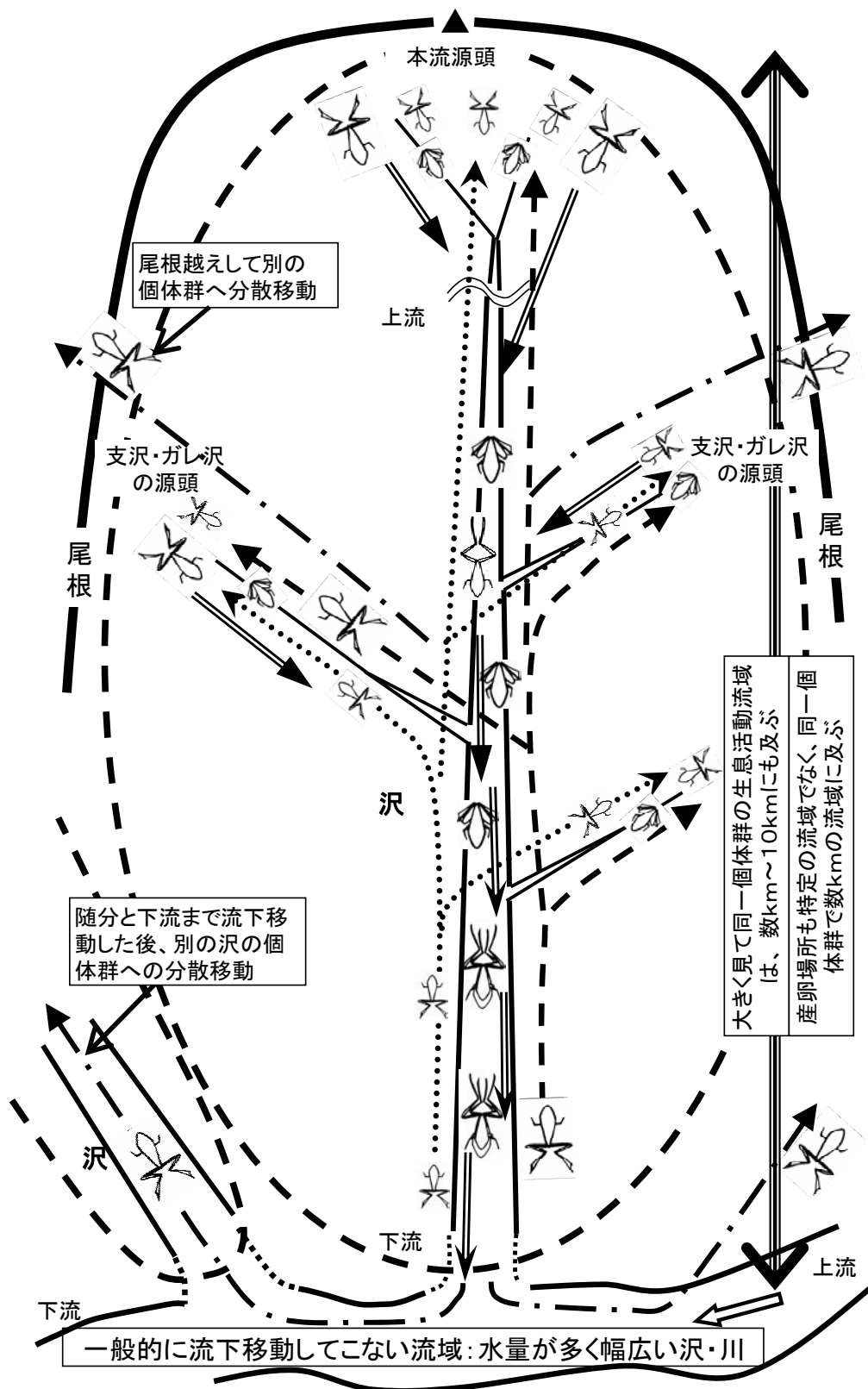


図1－2．ナガレタゴガエルの生活史．

各矢印&カエルの図の説明は表1－2を参照。全体の内容も表1－2に対応している。破線の楕円形内が、およそ同一個体群としての生息域を示す。

| 生活期 | 期間 | 特徴・説明 |
|---|-----------------|--|
| [夏の移動・活動期] | | |
| 成体  | 4月下旬 ~ 10月中旬 | (Summer migration・Summer active period) 繁殖活動後、♂のほとんどは各沢・支沢・ガレ沢の源流部へと移動(リターン)する。一方♀は♂ほどにリターンせず、繁殖活動後も沢の本流域に留まる傾向がある。 |
| 1 子ガエル:  | およそ6月 ~ 11月中旬 | 2月中~3月上旬に産卵・3月下~4月上旬に孵化・5月下~6月に変態完了し上陸。全ての子ガエルは上流部へと移動する。子ガエルは成体に比べ分散移動する割合が大きい。 |
| 分散移動個体 (Dispersal)  | | 支沢・ガレ沢の源頭から尾根越えて隣の沢の源流域で夏を過ごし、生誕地の流域とは別所で繁殖活動をする個体。ナガレタゴガエルでは、30%近くが分散移動すると推定される。 |
| [秋の移動期] | | |
| 2 成体のみ  | 10月中旬 ~ 12月中旬 | (Autumn migration): 初霜の日の後の最初の降雨日に開始 ♂♀共に2年目に一部が性成熟し、この2年目の成体を含め成体は下流部へと移動する。子ガエル(=1年目全体&2年目のほとんどの個体)は移動しない。上流部での捕獲ほど圧倒的に♂の割合が大きくなる(一度繁殖活動した成体の内、♀は♂ほど夏に上流部へリターンしないから&2歳で性成熟する割合は♂の方が♀より大きいから)。 |
| [冬眠期] | | |
| 3 成体:  | 12月中旬 ~ 2月上旬 | (Hibernation) 繁殖場所近く迄移動した後に、浅い流水地(州や荒瀬の大きな石の下の湿った砂利中など)で冬眠する。しかし、冬眠中も完全な休眠状態にはならず、常にリアクティブな状態である。 |
| 子ガエル:  | およそ11月中旬 ~ 4月中旬 | 夏場の活動域のガレ沢や支沢の源頭部を中心に冬眠する。そのため本流部での成体捕獲時には、ほとんど捕獲できない。 |
| [繁殖移動期] | | |
| 4 成体のみ  | 2月上旬 ~ 3月中旬 | (Breeding migration): 2月上旬以降の日最高水温5℃で誘発 1月中・下旬頃でも毎年のように水温が5-8℃になる時期があるが、この時期では繁殖移動行動を開始しない。開始が2月上旬の年でも下旬の年でも完全な繁殖移動行動の終わりは毎年3月25日頃である。 |
| [春眠期] | | |
| 5 成体:  | 3月中旬 ~ 4月下旬 | (Spring torpid period) 冬眠場所とほぼ同所で休眠するが、既に随分と暖かいこともあり、水際近くの陸上の石下等でも休眠。 |
| 子ガエル: | | 子ガエルは繁殖活動をしていないので、子ガエルの冬眠期の終わり頃の時期が成体の春眠期と重なる。 |

表 1 - 2. ナガレタゴガエルの年間の 5 生活期.

各矢印を含め全体の内容が、図 1 - 2 に対応している。

| | | 生活期 | 流域 or 時期 | | | |
|---|--------------------|-----------|---------------|---|--------|-----|
| A | 捕獲数 | [秋の移動期] : | 上流源流部 | Ⅶ | 中流部 | 下流部 |
| | | [繁殖移動期] : | 上流源流部 | | 中流部 | 下流部 |
| B | 性比の♂への偏り | [秋の移動期] : | 上流源流部 | | 中流部 | 下流部 |
| | | | 秋移動初期 | | 秋移動後期 | |
| | | [繁殖移動期] : | 上流源流部 | | 中流部 | 下流部 |
| | | | 支沢ネット ≧ 本流ネット | | | |
| C | 年齢構成、 [若齢個体の割合] | ほぼ全年 : | 上流源流部 | | 下流部 | |
| | | | 支沢 | | 本流 | |
| | | | 繁殖活動初期 | | 繁殖活動後期 | |

表 1－3. 同一個体群の捕獲時期・捕獲場所の違いによる個体数・性比・年齢構成の違い.

ナガラタゴガエルでは、<①：顕著な回帰移動行動をする、②：雌雄で移動行動に顕著な差がある、③：子と成体で行動に差がある>のために、同一個体群の同一年度の捕獲調査であつてさえも、捕獲時期や場所（上流・下流、本流・支沢）の違いによって、捕獲数や捕獲個体の性比・年齢構成が顕著に異なる。

捕獲数（生息数）は基本的に生息域の上流部ほど多くなる。性比は基本的に上流ほど雄のバイアス（雄への性比の偏り）がより大きくなる。ただし、繁殖移動行動は主にペアによるものなので、ほぼ毎年、繁殖移動個体のネット捕獲での性比は、1：1～1：1.5 位で一定となる。また、秋の移動行動開始（≒冬眠への入り）は♀の方が早いために、秋の移動開始初期での捕獲では♀の比率の方が大きく、しだいに圧倒的に♂の比率が大きくなる。一方、上流部ほど若齢個体の比率が大きくなる。2才で性成熟した早熟個体は、相対的に他の成体よりも冬眠明け＝繁殖行動開始が遅い傾向にある。

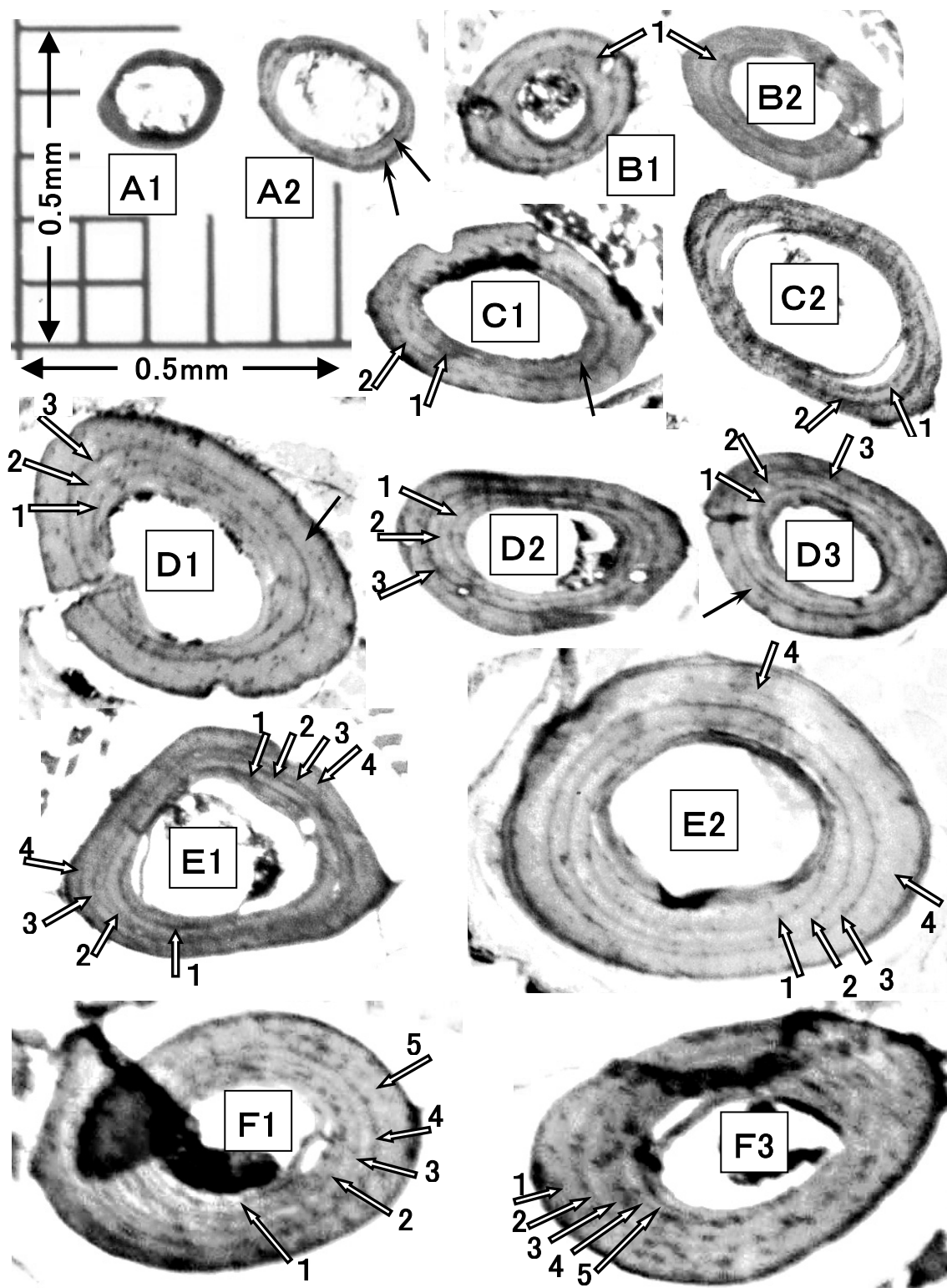


図1－3．ナガレタゴガエルの後肢の指骨断面。

A：1才、B：2才、C：3才、D：4才、E：5才、F：6才。白抜き矢印(No.付き)は、成長停止線を示し、1＝1回目の冬眠期を意味する。実線矢印は疑似線を示す（※ 特に、3，4年目には疑似線が生じやすく、冬期成長休止線の2本目3本目の間、ないし3本目・4本目の間に明らかな線が生じる→あたかも夏眠をして夏期にも成長停止したかのよう）。A2などは指骨断面からだけでは3才と間違え、3才でも指骨断面からだけでは5才に見間違えるように明瞭な4本ラインが入る場合も少なくない。スケールバーは全てに共通。これら指骨は、後肢の第3指ないし4指で、かつ切断面の位置は一致していない。

| | 生活期 | 捕獲 | ♂: 体長 SVL (mm) | | | | | ♀: 体長 SVL (mm) | | | | |
|-----------------|-----------------|------|----------------|-------|------|------|------|----------------|-------|------|------|------|
| | | 場所 | 計測数 | 平均 | SD | MIN | MAX | 計測数 | 平均 | SD | MIN | MAX |
| 2001年度 | 秋移動期: ネット捕獲 | Y5 | 465 | 46.15 | 1.67 | 39.9 | 51.4 | 68 | 55.22 | 2.89 | 44.8 | 59.9 |
| | | Y1 | 515 | 46.06 | 1.81 | 40.4 | 52.9 | 101 | 54.71 | 2.61 | 46.7 | 61.7 |
| | | Y4 | 100 | 46.54 | 2.23 | 41.1 | 51.6 | 34 | 55.04 | 3.58 | 43.9 | 59.9 |
| | | K1 | 63 | 46.15 | 2.00 | 41.5 | 50.3 | 20 | 55.52 | 1.60 | 52.7 | 58.7 |
| | | K9 | 66 | 46.40 | 1.78 | 41.6 | 50.1 | 37 | 54.83 | 2.20 | 50.4 | 59.3 |
| | | K5 | 103 | 46.46 | 1.82 | 42.1 | 50.5 | 45 | 55.45 | 1.98 | 51.1 | 59.4 |
| | 冬眠期 | 矢沢 | 557 | 45.73 | 2.00 | 40.9 | 50.9 | 170 | 55.09 | 2.99 | 45.2 | 60.7 |
| | | 小坂志川 | 9 | 45.25 | 1.44 | 43.1 | 47.3 | 3 | 55.32 | 2.54 | 52.8 | 57.9 |
| | 繁殖移動期: ネット捕獲 | Y6 | 576 | 46.01 | 2.05 | 40.1 | 53.9 | 340 | 54.36 | 3.12 | 43.5 | 61.1 |
| | | K5 | 369 | 45.78 | 2.09 | 40.3 | 51.8 | 254 | 53.73 | 2.79 | 43.7 | 60.3 |
| 春眠期 | 矢沢 | 258 | 46.00 | 2.07 | 40.1 | 51.9 | 65 | 54.4 | 3.27 | 44.0 | 59.3 | |
| 2002年度 | 秋移動期: ネット捕獲 | Y5 | 619 | 45.84 | 1.84 | 42.0 | 53.7 | 221 | 54.64 | 2.37 | 47.8 | 60.6 |
| | | Y1 | 1085 | 46.04 | 2.09 | 41.0 | 52.9 | 362 | 54.23 | 2.33 | 46.3 | 61.4 |
| | | Y2 | 651 | 46.21 | 1.99 | 41.7 | 52.1 | 240 | 54.73 | 2.20 | 48.4 | 59.8 |
| | | Y3 | 457 | 46.48 | 2.27 | 40.2 | 52.3 | 297 | 54.43 | 2.43 | 46.0 | 62.3 |
| | | Y4 | 150 | 46.35 | 2.27 | 41.1 | 52.1 | 79 | 53.98 | 2.56 | 47.1 | 59.2 |
| | | K9 | 601 | 46.73 | 1.98 | 41.2 | 52.6 | 280 | 55.41 | 2.46 | 45.9 | 61.0 |
| | | K10 | 62 | 45.89 | 1.75 | 41.8 | 50.9 | 37 | 55.54 | 2.17 | 51.4 | 59.6 |
| | | K5 | 84 | 46.93 | 2.18 | 42.8 | 51.4 | 44 | 55.49 | 2.62 | 48.9 | 61.5 |
| | 冬眠期 | 矢沢 | 1999 | 45.70 | 2.03 | 39.8 | 53.1 | 651 | 54.10 | 2.46 | 44.2 | 62.8 |
| | 繁殖移動期: ネット捕獲 | K9 | 504 | 45.47 | 1.88 | 39.1 | 51.5 | 190 | 53.04 | 2.94 | 43.7 | 60.8 |
| | | K10 | 231 | 46.07 | 1.87 | 41.5 | 51.4 | 99 | 53.45 | 2.56 | 45.5 | 60.4 |
| | | K5 | 275 | 46.13 | 1.85 | 41.8 | 51.5 | 215 | 54.10 | 2.59 | 45.6 | 60.8 |
| | 春眠期 | 矢沢 | 308 | 45.19 | 2.21 | 40.2 | 51.2 | 131 | 52.86 | 2.55 | 44.5 | 58.6 |
| 2001年度計 | | | 3081 | 46.00 | 1.96 | 39.9 | 53.9 | 1137 | 54.51 | 2.95 | 43.5 | 61.7 |
| 2002年度計 | | | 7026 | 45.97 | 2.06 | 39.1 | 53.7 | 2846 | 54.26 | 2.55 | 43.7 | 62.8 |
| 2001 & 2002年度総計 | | | 10107 | 45.98 | 2.03 | 39.1 | 53.9 | 3983 | 54.33 | 2.67 | 43.5 | 62.8 |

表 2-1. 成体の体長：2001 & 2002 年度の各生活期・各場所の全捕獲による。

上記の移動個体捕獲ネットについては、移動開始から停止までの捕獲全個体を計測している。が、両年度共に、一部のネットでの捕獲個体については、時間的制限から体長は計測していない（雌雄の個体数やマークのチェックのみ）。一方、秋・繁殖移動期にしろ、冬眠・春眠期にしろ、全捕獲数の 0～3 % ほどは、捕獲後の体長計測前・最中に逃亡されているため、体長計測数は、全捕獲数より若干少ない。

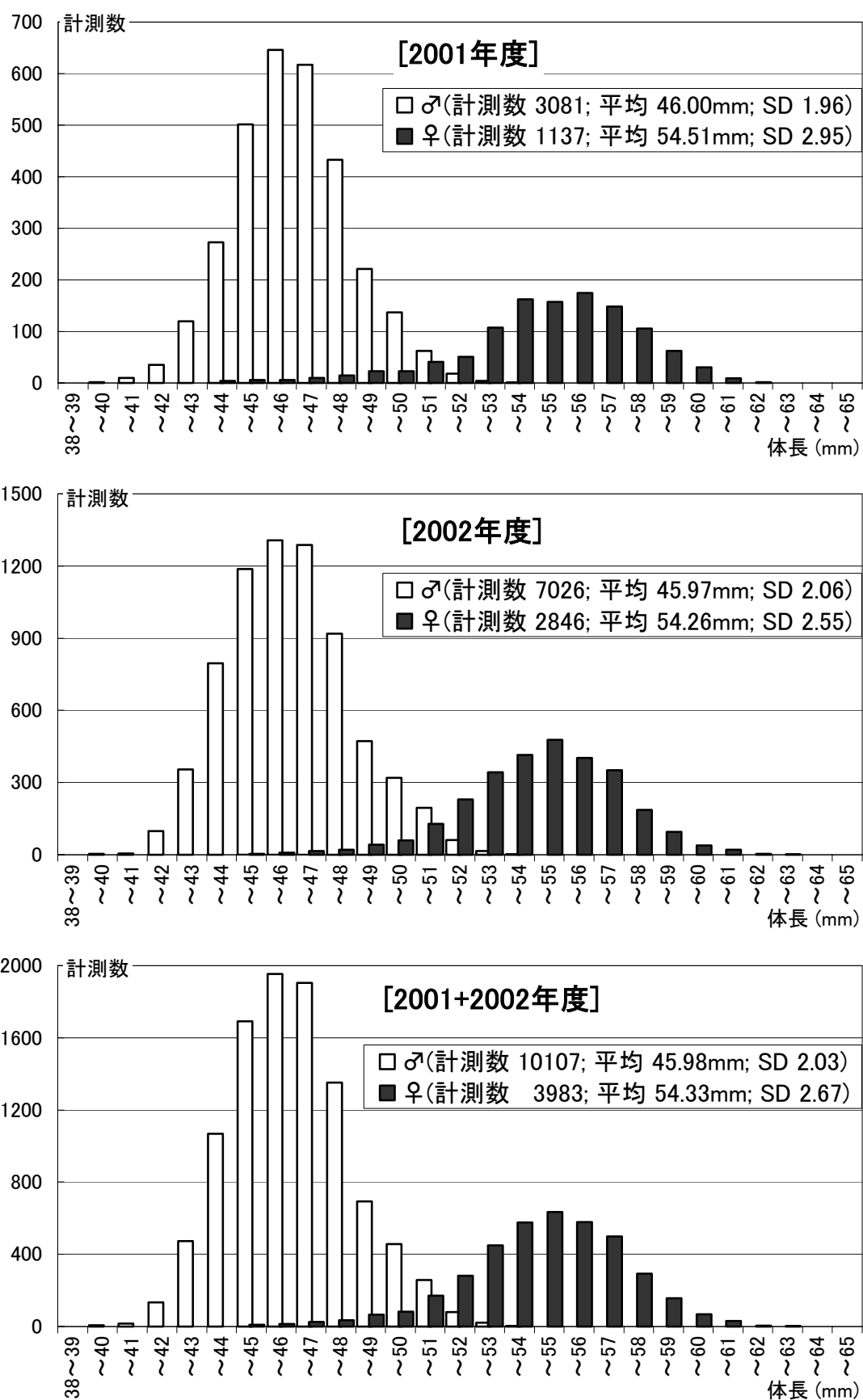


図 2－1．成体の体長（SVL）.

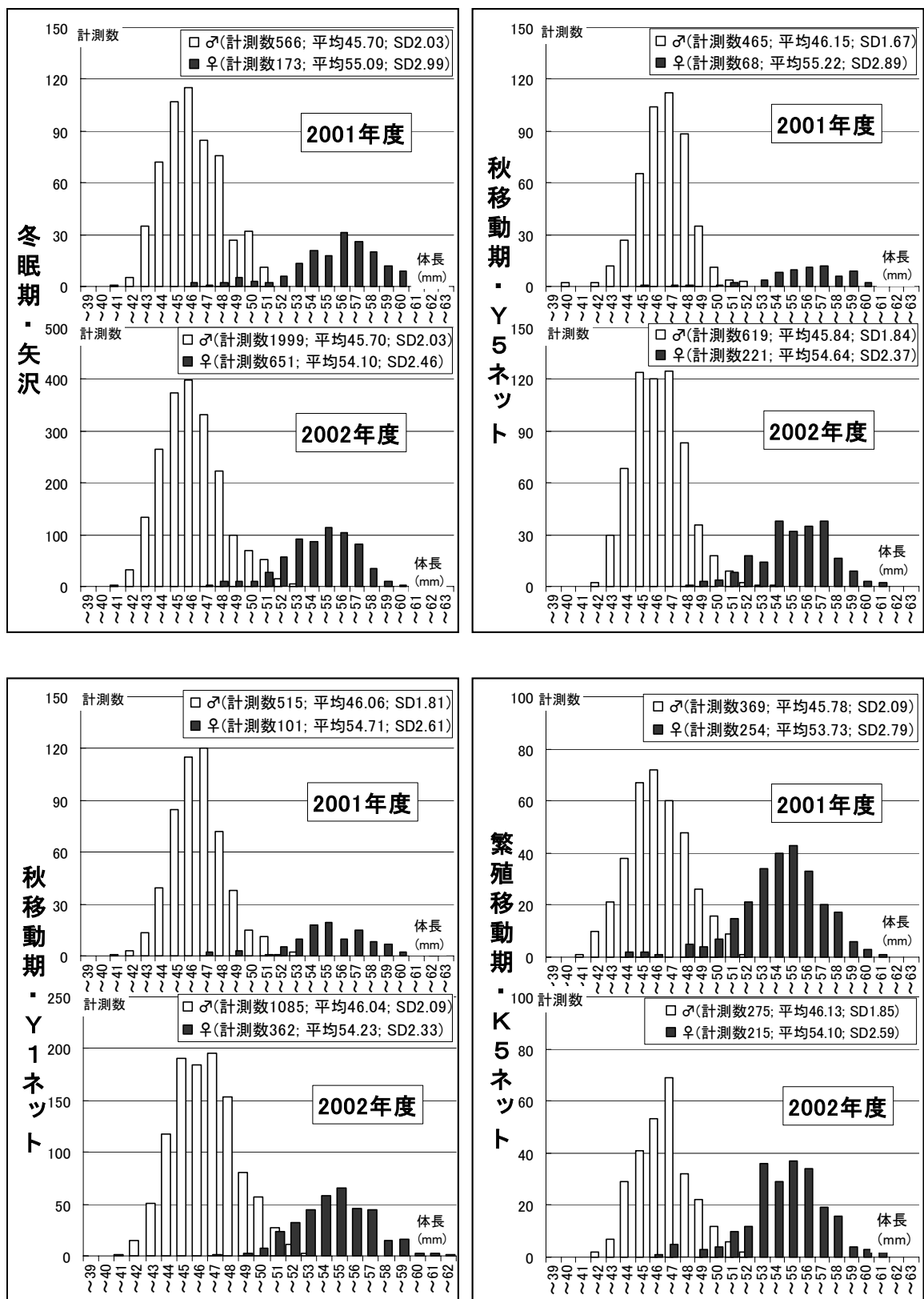


図 2-2. 成体の体長 (SVL) 分布の年度による比較.

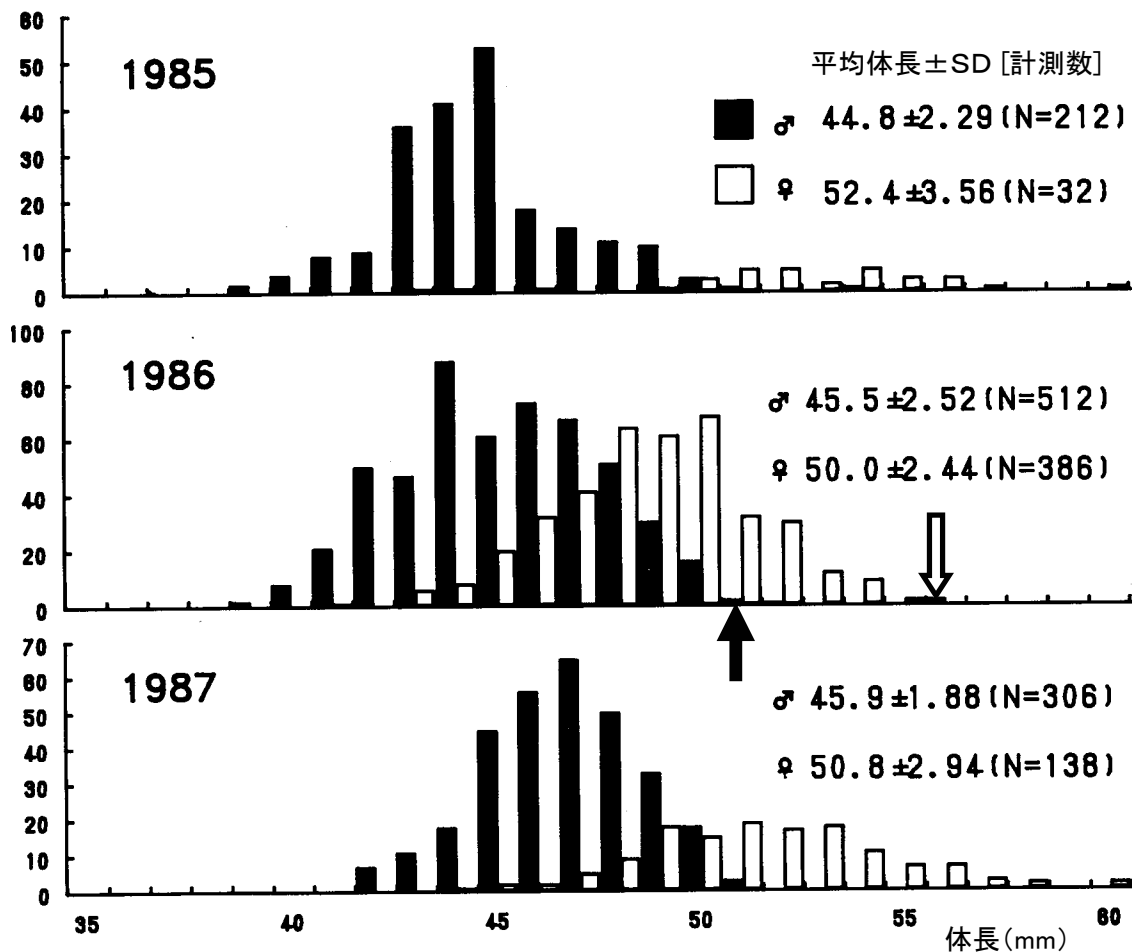


図2-3. 草野・福山 (1987) のナガレタゴガエルの成体の体長 (SVL) のグラフ.

これは、筆者とほぼ同所・同個体群での冬眠期・繁殖移動期の捕獲個体によっている。問題点が2点ある。①: たった1匹の雄が56mmとして記録されていること (白抜き矢印)。ところが55, 54, 53mmはもちろん、52mm台の雄でさえ1匹も記録されず、51mm台 (矢印) でさえ極々少数であり、この雄の56mmの値は、記録ミスか; 産卵後の♀を♂と見誤った可能性が大。②: 年度によって、極端にグラフがばらついていること。この最大の理由は、捕獲時期・位置が一定していないためと推測される。例えば、繁殖移動期だけのサンプルで、かつ、開始から終結まで全てのサンプルを使い、きちんと計測していれば、年度の違いで“成体”の体長がこれほどにばらつくことはありえない (図2-1 & 2、表2-1を参照)。

| 年度 | トラップネット | ♂: 体長 SVL (mm) | | | ♀: 体長 SVL (mm) | | |
|------|---------------|----------------|---|-------|----------------|---|-------|
| | | 秋移動期 | > | 繁殖移動期 | 秋移動期 | > | 繁殖移動期 |
| 2001 | 全ネット | 46.18 | | 45.92 | 55.03 | | 54.09 |
| | 小坂志 (K5) | 46.46 | > | 45.78 | 55.45 | > | 53.73 |
| 2002 | 全ネット | 46.23 | | 45.79 | 54.67 | | 53.57 |
| | 小坂志 (K5,9,10) | 46.68 | > | 45.79 | 55.43 | > | 53.57 |

表 2－2．成体の平均体長の比較：[秋の移動期] vs. [繁殖移動期].

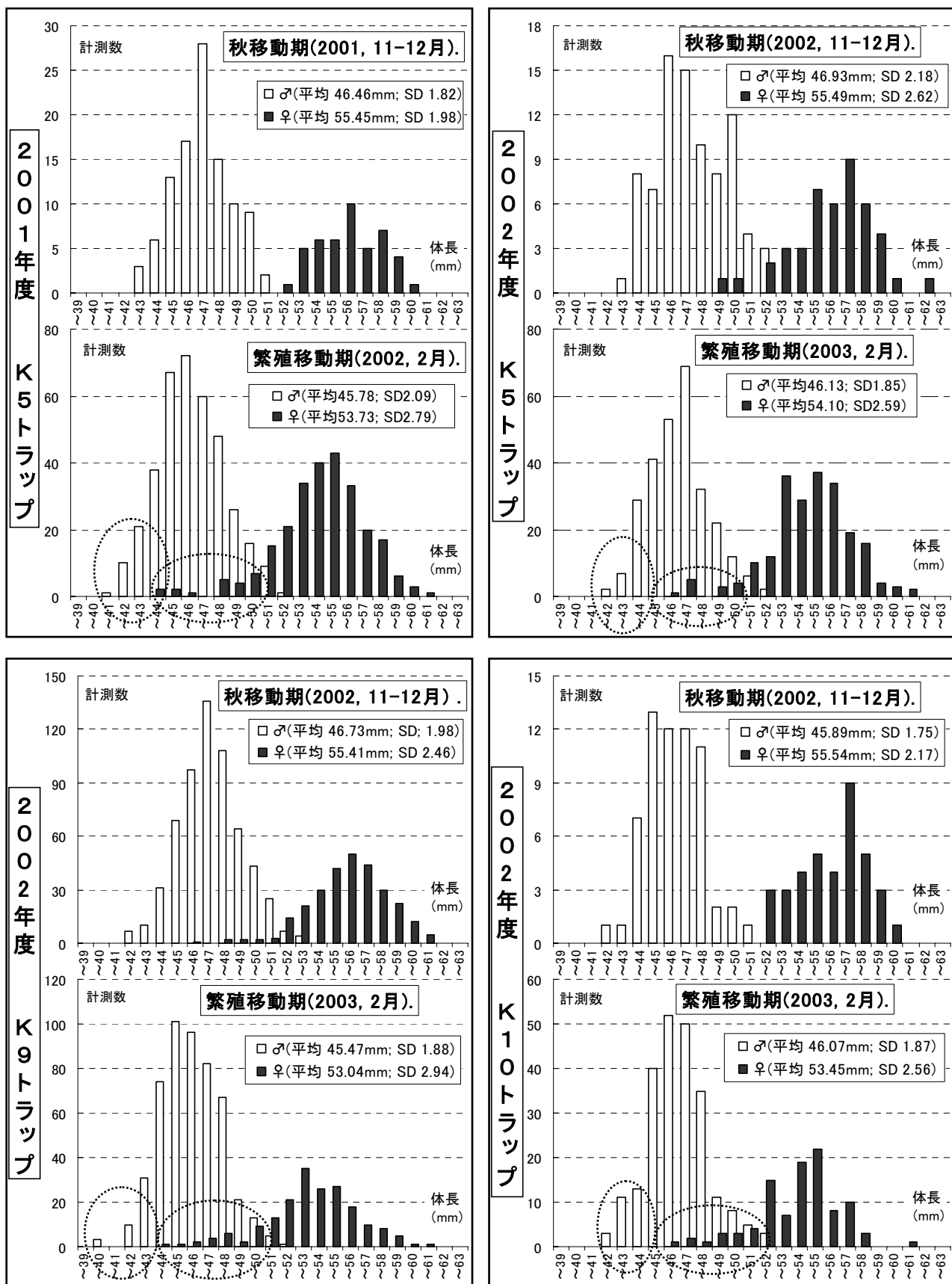
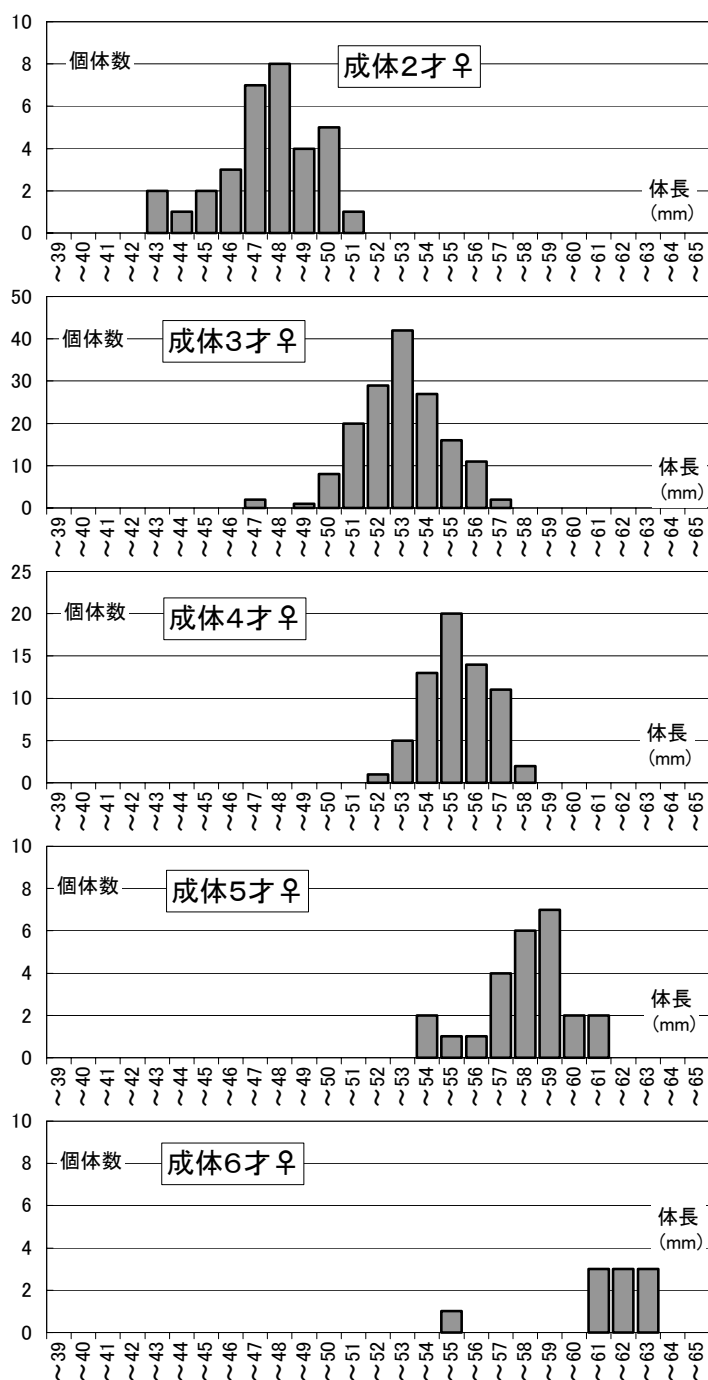
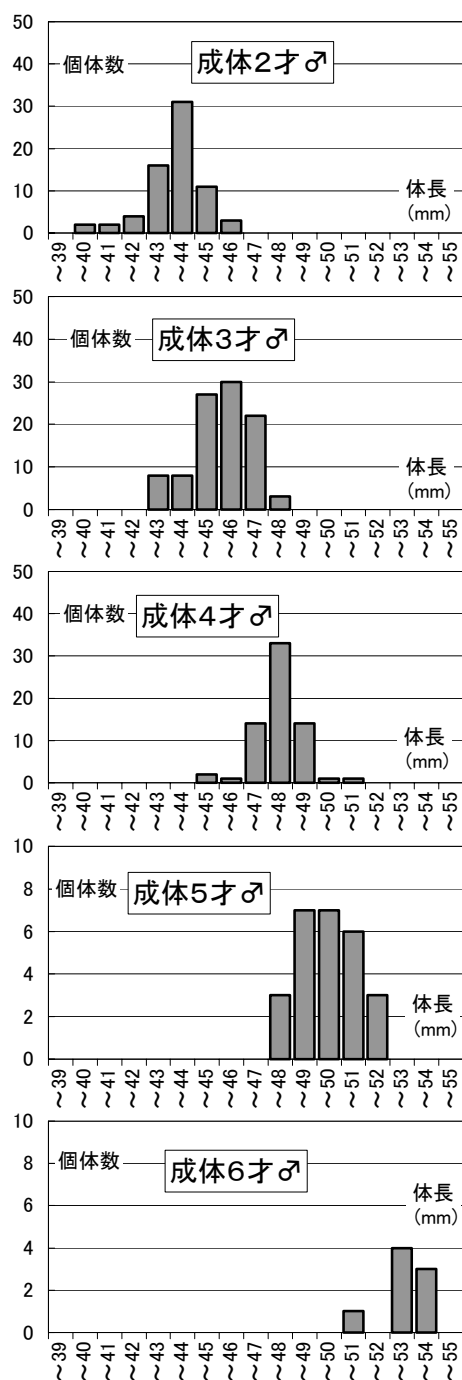


図 2-4. 同一年度・同一場所での秋移動期と繁殖移動期での体長の比較.

繁殖移動期の点線の楕円内は、およそ2年目に性成熟した早熟個体（2才♂：縦楕円；2才♀：横楕円）を示す。トラップの位置は図1-1を参照。



| ♂：体長 SVL (mm) | | | | | | ♀：体長 SVL (mm) | | | | |
|---------------|------|------|------|------|---------|---------------|------|------|------|------|
| 2才 | 3才 | 4才 | 5才 | 6才 | | 2才 | 3才 | 4才 | 5才 | 6才 |
| 69 | 98 | 66 | 26 | 8 | 顕鏡観察個体数 | 33 | 158 | 66 | 25 | 10 |
| 43.2 | 45.2 | 47.5 | 49.6 | 52.6 | 平均(mm) | 47.0 | 52.5 | 54.7 | 57.6 | 60.8 |
| 1.13 | 1.20 | 0.98 | 1.18 | 0.92 | SD | 1.98 | 1.77 | 1.27 | 1.90 | 2.45 |
| 45.2 | 47.5 | 50.1 | 52.0 | 53.9 | MAX(mm) | 50.5 | 56.8 | 57.5 | 60.9 | 62.8 |
| 39.6 | 42.4 | 44.1 | 47.8 | 50.8 | MIN(mm) | 42.8 | 46.7 | 51.7 | 53.3 | 54.1 |

図2-5 & 表2-3. 指骨断面の顕鏡観察から査定した成体 (♂・♀) の年令と体長.

| 年度 | 秋移動終期 (11下～12中旬) | | 冬眠期 (1月) | | 繁殖期終期 (3月中・下旬) | | 春眠期 (4月) | | 各年度計 | | 体長(mm) SVL | |
|------|---------------------|-----|-------------|-----|-------------------|-----|-------------|-----|------|-----|---------------|------|
| | 捕獲数 | 計測数 | 捕獲数 | 計測数 | 捕獲数 | 計測数 | 捕獲数 | 計測数 | 捕獲数 | 計測数 | MIN | MAX |
| 1991 | 未調査 | | 16 | 16 | 未調査 | | 未調査 | | 16 | 16 | 25.4 | 41.0 |
| 1992 | 未調査 | | 38 | 37 | 未調査 | | 1 | 0 | 39 | 37 | 27.2 | 38.4 |
| 1993 | 未調査 | | 未調査 | | 未調査 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 28.0 | 27.5 |
| 1998 | 未調査 | | 82 | 79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 79 | 22.9 | 40.5 |
| 1999 | 6 | 5 | 177 | 177 | 0 | 0 | 5 | 3 | 188 | 185 | 21.5 | 43.9 |
| 2000 | 未調査 | | 37 | 37 | 0 | 0 | 3 | 3 | 40 | 40 | 21.5 | 41.0 |
| 2001 | 11 | 11 | 36 | 34 | 8 | 8 | 1 | 1 | 56 | 54 | 23.2 | 43.8 |
| 2002 | 49 | 48 | 184 | 183 | 17 | 15 | 1 | 1 | 251 | 247 | 21.6 | 43.0 |
| 2003 | 未調査 | | 43 | 42 | 0 | 0 | 未調査 | | 43 | 42 | 21.3 | 42.1 |
| 計 | 66 | 64 | 613 | 605 | 25 | 23 | 14 | 11 | 718 | 703 | 21.3 | 43.9 |

表 2－4. 各年度・各生活期の子ガエルの捕獲数・体長計測数.

子ガエルは基本的に秋や繁殖期に回帰移動行動をとらないが、冬眠前頃の本降りの降雨時や春先の子ガエルにとっての冬眠明け頃の本降りの降雨時に、半ば強制的に流されてごく少数がネットで捕獲される。これは、成体同様に流水地冬眠であるために生じる。これらは、成体と異なり自発的な流下移動行動ではない。1991, 1992 年度の成体の繁殖期調査は3月初旬で終わっているため、この表では未調査となっている。

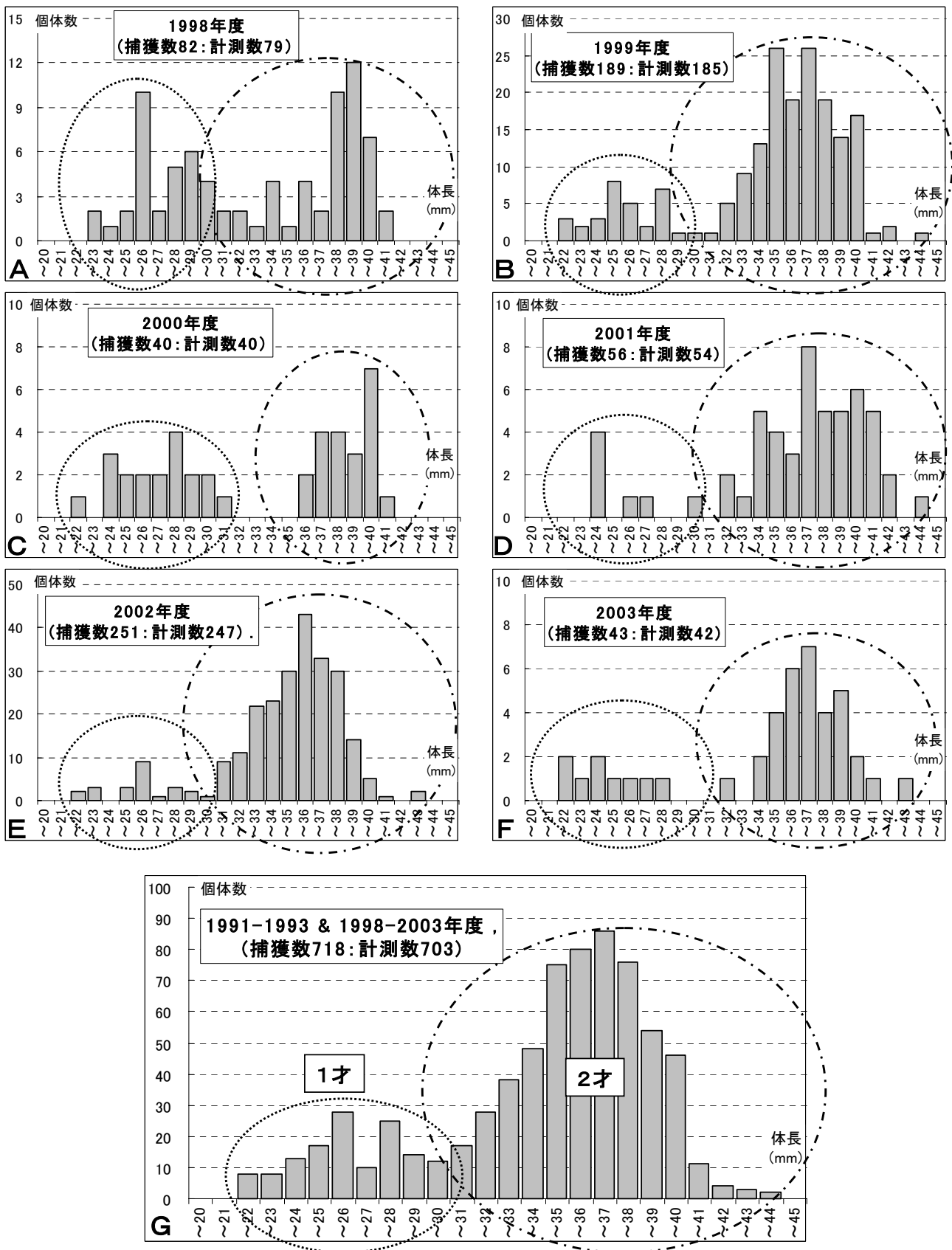


図2-6. 子ガエルの体長 (SVL)。

A～F: 各年度; G: 全年度。点線の楕円内はおよそ1才の個体を、1点破線の楕円内は2才の個体を示す。

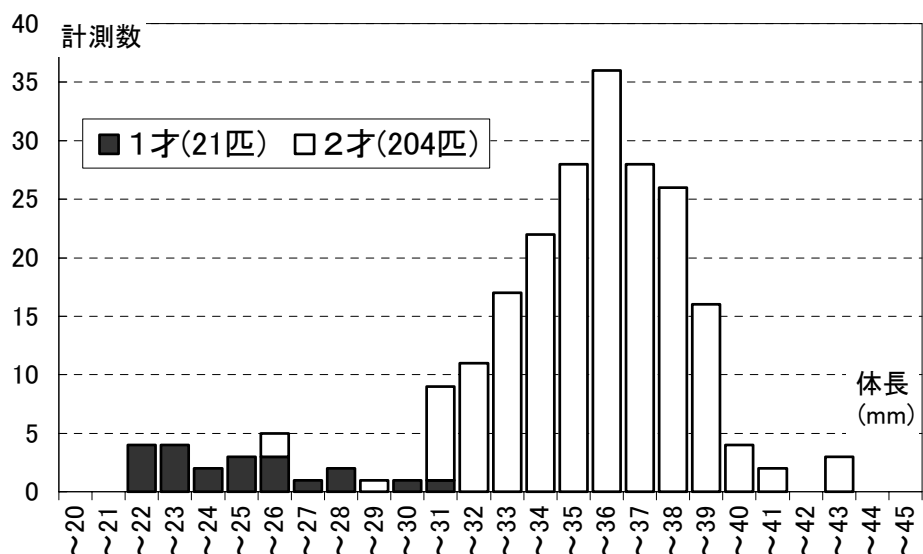
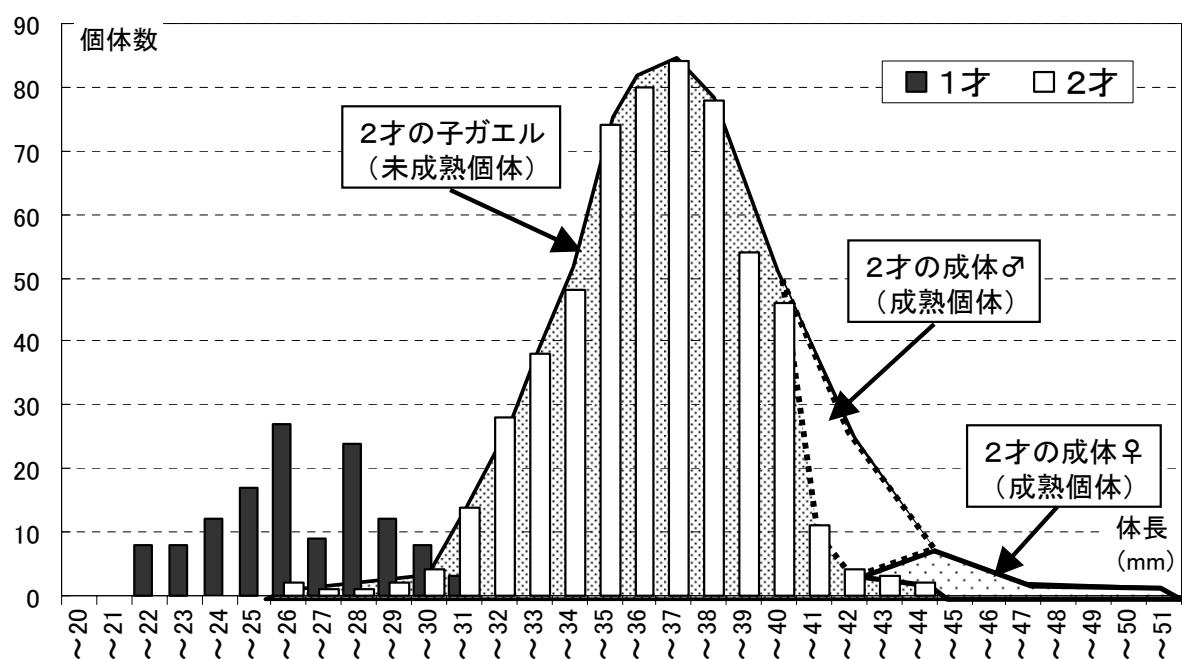


図 2－7．指骨断面の顕鏡観察から査定した子ガエルの年令と体長(SVL)。



| 体 長 (SVL) | 1才 | | 2才 | |
|--------------|-------|-------|---------|---------|
| | 子ガエル | 子ガエル | 成体 ♂ | 成体 ♀ |
| 計測個体数 | 128 | 575 | 69 | 33 |
| 平均(mm) | 25.9 | 35.7 | 43.2 | 47.0 |
| SD | 2.23 | 2.72 | 1.13 | 1.98 |
| Max (mm) | 30.7 | 43.9 | 45.2 | 50.5 |
| Min (mm) | 21.3 | 25.2 | 39.6 | 42.8 |
| およその範囲 | 21-31 | 25-44 | 39-45 | 43-50 |

図 2－8 & 表 2－5．子ガエルの年令と体長 & 2才 [成体&子ガエル] の体長分布。

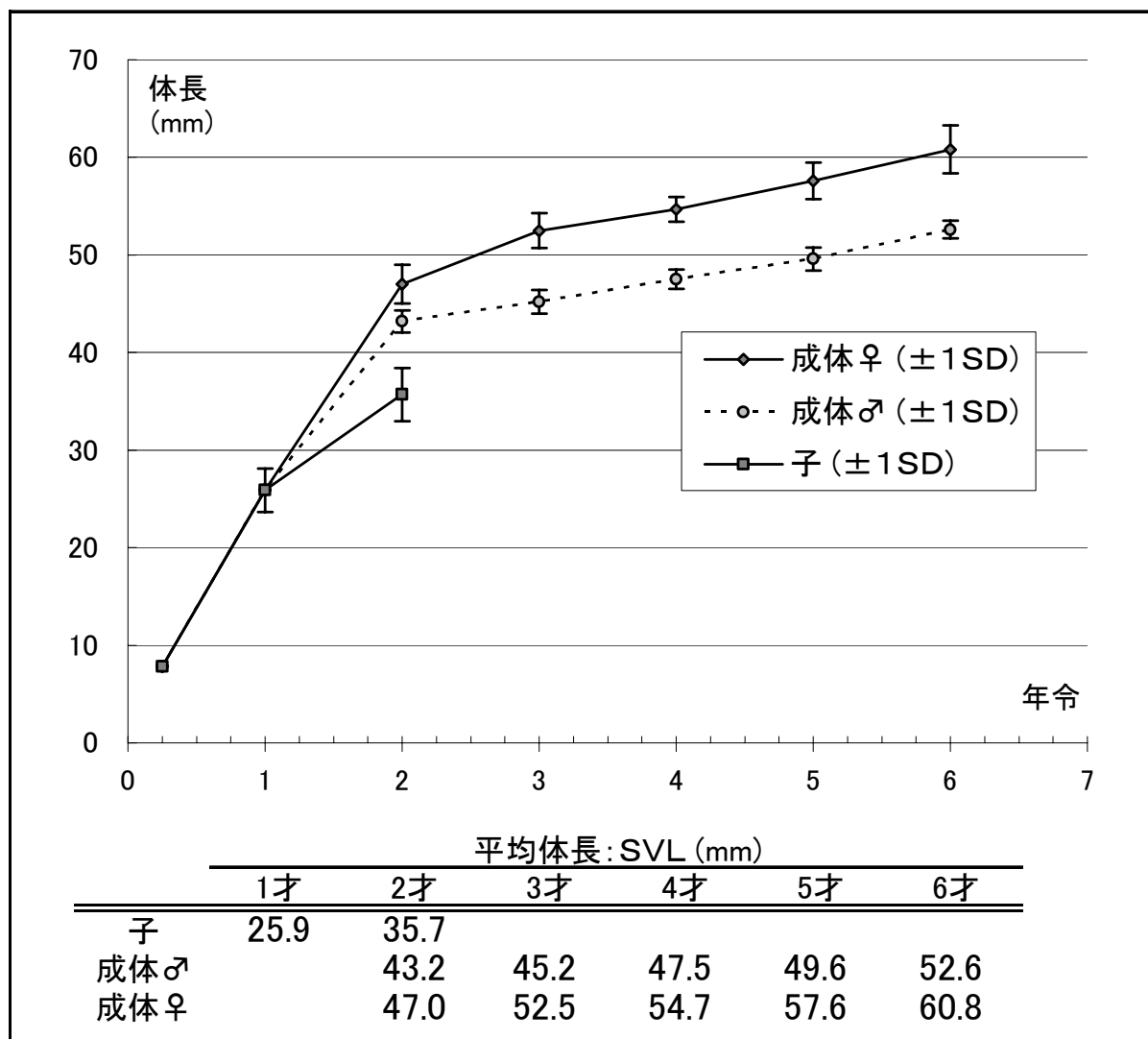


図2-9. ナガレタゴガエルの成長曲線.

子ガエルの最初の点は生誕年の5月末～6月の変態完了時の体長7.5～8.5mmを示す。

| 2001年度熊倉沢：N = 262匹 | | | | | | | | | | | | 死♀ | | |
|--------------------|-----------|-----------|----------|-----------|---------------------------------|-----------|----------|-----------|--------------------------|---------------|------------|----|----------------|----------------|
| 産卵 様式 | 1卵塊ミテ全卵排出 | | | | [1卵塊+バラ卵] or [複数卵塊] or [バラバラ産卵] | | | | | | | | 左の 内数 | |
| | 卵塊の形状 | | | | 1卵塊+バラバラ卵(A) | | | | [分産卵]： 2ヶ所以上に 複数卵塊 | | バラバラ 産卵 | | | |
| | ホホ 球形 | 典型 ダルマ | ダルマ 状 | ヤヤダ ルマ | ホホ 球形 | 典型 ダルマ | ダルマ 状 | ヤヤダ ルマ | 複数卵 塊ミ | 卵塊+バ ラ卵(B) | | | ホホ 産メ ス死 | ホト ト産 デ死 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 全体に対 する割合 | 40.5% | | | | 46.6% | | | | 9.2% | | 3.8% | | 2.7% | |
| ♀個体数 (匹) | 42 | 23 | 9 | 32 | 33 | 29 | 36 | 24 | | | | | 4 | 3 |
| | 106 | | | | 122 | | | | 8 | | 16 | | 10 | |
| | | | | | 262 | | | | | | | | 7 | |

(A)(B)のバラ卵の平均：7.6個 ※卵30個以上は1つの卵塊とし、30個未満をバラ卵として計数

| 2002年度湯場ノ沢：N = 236匹 | | | | | | | | | | | | 死♀ | | |
|---------------------|-----------|-------|------|-------|-----------------------------|-------|------|-------|--------------------------|-----------|--------|------|--------|---------|
| 産卵様式 | 1卵塊ミデ全卵排出 | | | | [1卵塊+バラ卵]or[複数卵塊]or[バラバラ産卵] | | | | | | | 左の内数 | | |
| | 卵塊の形状 | | | | 1卵塊+バラバラ卵(a) | | | | [分産卵]： 2ヶ所以上に 複数卵塊 | | バラバラ産卵 | | | |
| | 卵塊の形状 | | | | | | | | | | | | | |
| | ホホ球形 | 典型ダルマ | ダルマ状 | ヤヤダルマ | ホホ球形 | 典型ダルマ | ダルマ状 | ヤヤダルマ | 複数卵塊ミ | 卵塊+バラ卵(b) | | | ホホ産メス死 | ホトン産メス死 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 全体に対する割合 | 40.3% | | | | 44.5% | | | | 9.3% | | 5.9% | | 2.5% | |
| ♀個体数(匹) | 2 | 56 | 34 | 3 | 3 | 64 | 38 | 0 | 5 | 17 | 14 | 1 | 5 | |
| | 95 | | | | 105 | | | | | | | | 6 | |
| | | | | | 236 | | | | | | | | | |

(a)(b)のバラ卵の平均：9.2個 ※卵30個以上は1つの卵塊とし、30個未満をバラ卵として計数

表3-1. 産卵様式の割合 — 2001・2002年度の調査から.

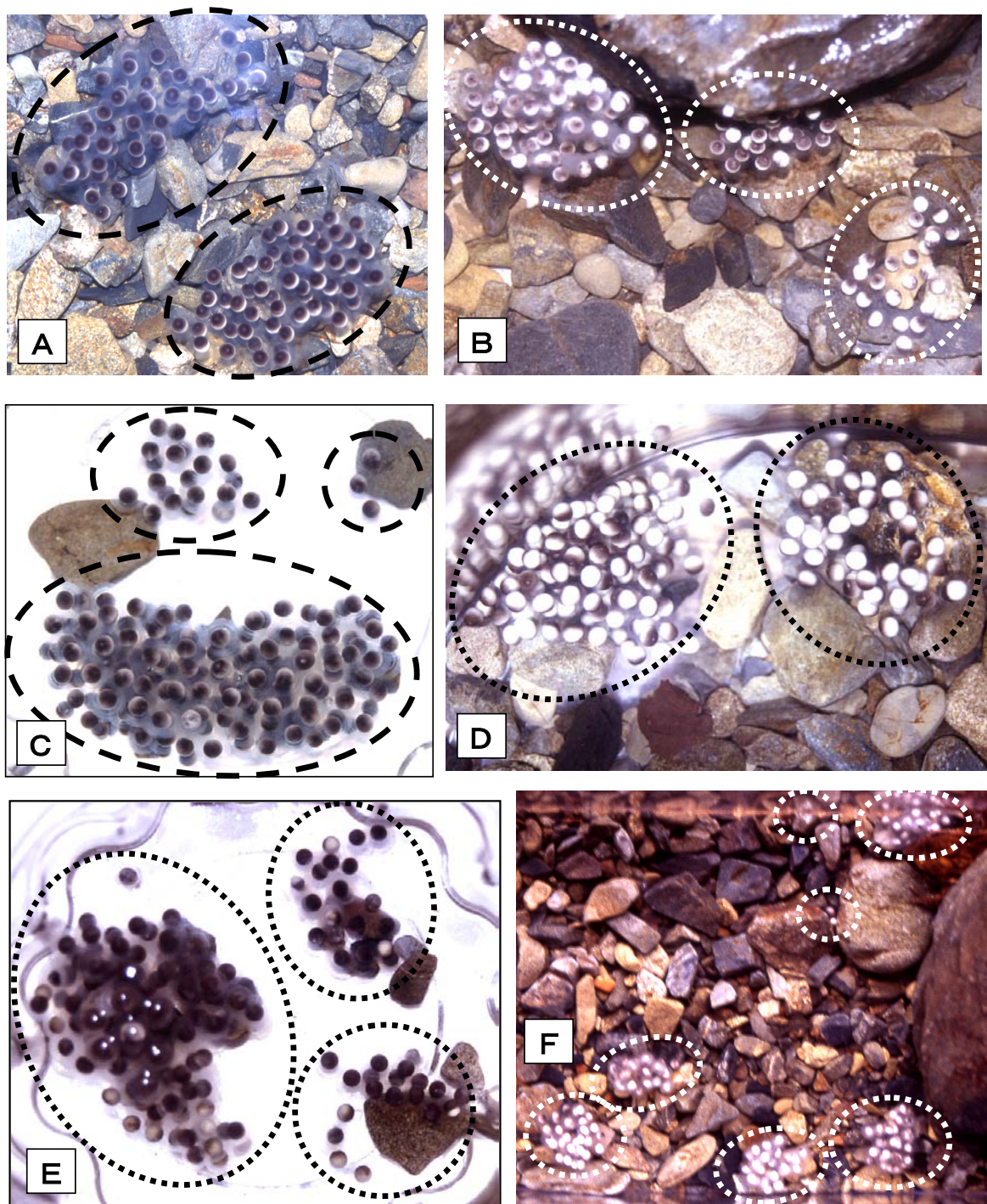


図3－1．分産卵の例.

A : 3才♀の2卵塊分産卵：産卵数は、この2卵塊のみ($73+59$)=132ヶの少卵。B : 3才♀の4卵塊分産卵(写真には1卵塊は写っていない)；産卵数は、この4卵塊のみの($124+25+23+15$)=187ヶ。C : 4才♀の分産卵；産卵数は、この3塊のみの($190+21+3$)=214ヶ。D : 4才♀の2卵塊+バラバラ産卵；産卵数は、(大塊 147+小塊 55)+バラバラ卵(22)=224ヶ。これらは3/23,24,25の3日に分けて産んだ。E : 3才♀の3卵塊+バラバラ産卵；産卵数は、(大塊 150+小塊 22+小塊 19)+バラバラ卵(10)=201ヶ。F : 3才♀の6卵塊+バラバラ産卵；産卵数は、小塊($42+34+31+28+20+9$)+バラバラ卵(28)=192ヶ。このペア♀は2/18に捕獲し、2/28に4卵塊産卵し、♂はいったん解除したが翌日再度抱接し、3/2に2卵塊産卵し、その後連日バラバラ産卵、結局ようやく3/21に♂は抱接を解除した。※C, Eは水槽からポリカップに移して撮影している。

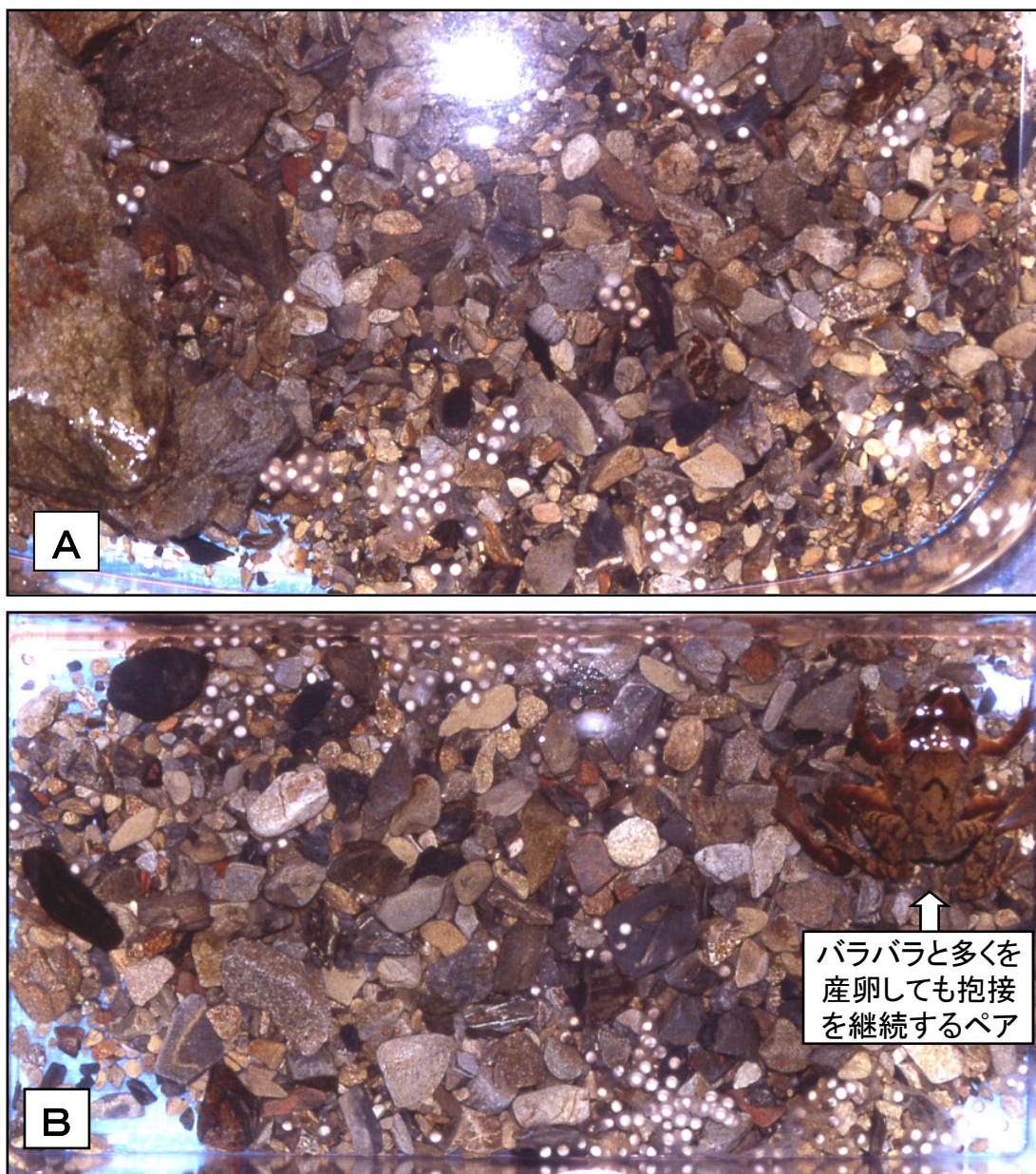


図 3 - 2. バラバラ分産卵の例.

A : 3 才♀のバラバラ分産卵 : 産卵数は、 $(17+16+10+9+9+8+7+7+7+6+5)+$ バラバラ $(49)=150$ ヶの少卵。このペア♀は 2/11 に捕獲し、何度も産卵を試みるも排出できず、やっと 3/2 に初めてバラバラと産卵できたが、♂はまだ解除せず、翌日再度バラバラ産卵し、♂は解除した。が、その後♀は単独で、連日バラバラと産卵し続けた。

B : 3 才♀のバラバラ分産卵 : 産卵数は、 $(23+7+7+6+8+6)+$ バラバラ $(135)+$ 開腹(左子宮に 11 ヶ残) $=203$ ヶ。このペア♀は 2/15 に捕獲し、何度も産卵を試みるも排出できず、やっと 2/23 に初めて 23 ヶ産卵できたが♂はまだ解除せず。そして翌日から 3/2 までバラバラと産卵し続け、やっと♂は 3/2 に解除した。その後♀は死に開腹した所、左子宮のみに 11 ヶ残。

バラバラ分産卵タイプの場合、♂は最初の産卵以降もずっと数日～1 ヶ月位も抱接を継続するのが普通である。また、最初の産卵後、ある程度日数が経過して♂が解除しても、その後も♀単独でバラバラと産卵し続けるのが普通である。また一方、♀の側に要因があるのだろうが、ほとんど全ての卵が正常発生しないこと；卵が異常に膨潤していて卵径が大きく、かつ同じ♀の卵でありながら卵径にばらつきも大きいこと、等の特徴がある。

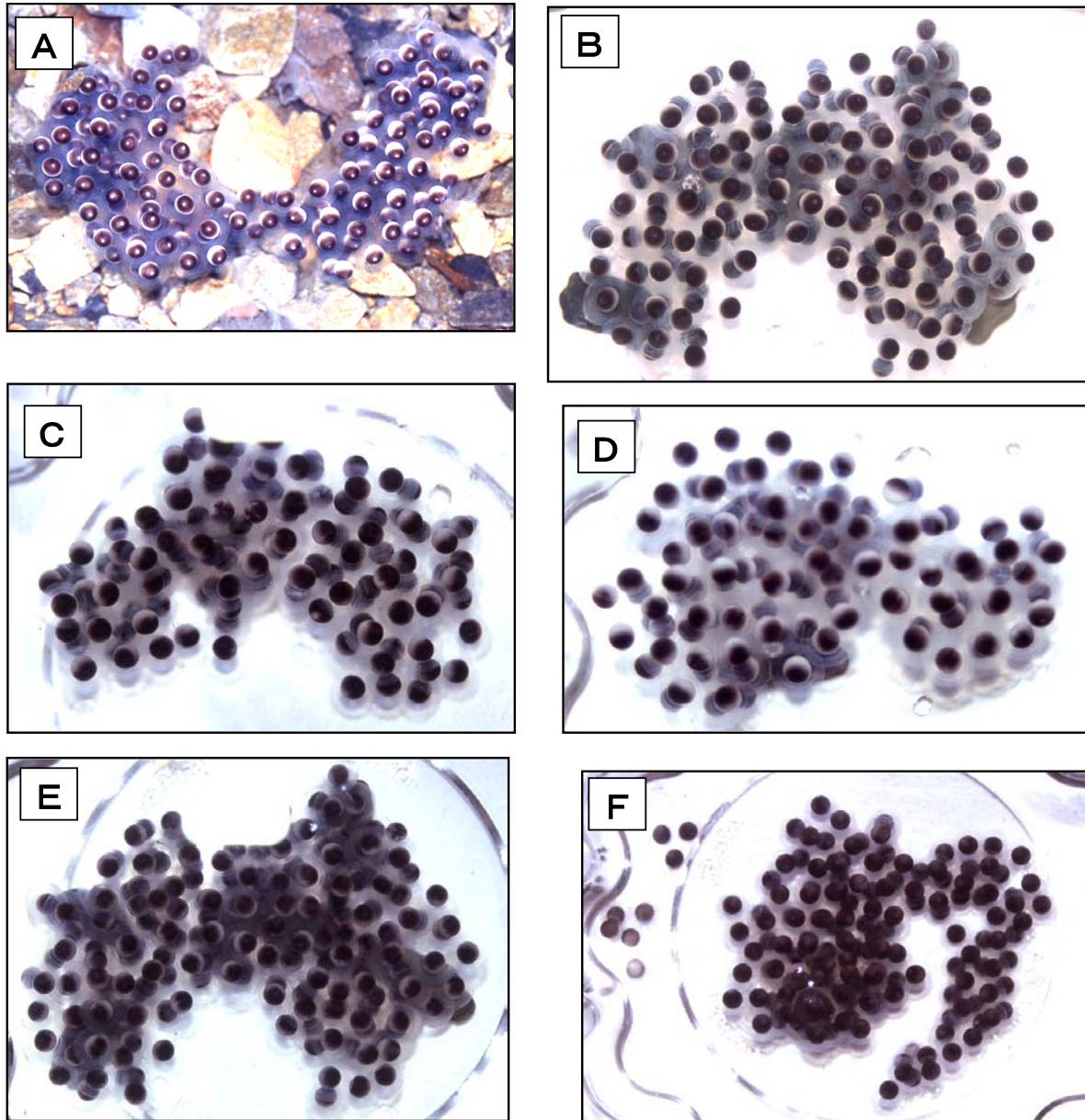


図 3－3．ダルマ卵塊の例.

A : 3才♀のホボ 1 : 1 のダルマ卵塊(が、これは後日、自然に離れ 2 卵塊になった) ; この♀の産卵数は、ダルマ(86+94)+腹内残(右子宮に 2 ケ)=182 ケ。B : 5才♀のホボ 1 : 1 のダルマ卵塊 ; この♀の産卵数は、ダルマ(97+104)のみで=201 ケ。C : 5才♀のダルマ卵塊 [1 : 1 : 1] の 3 塊状 ; この♀の産卵数は、このダルマ(198)+バラバラ(1+1)+腹内残(右子宮 3 + 左子宮 1)=204 ケ。D : 5才♀の約 2 : 1 位のダルマ卵塊 ; この♀の産卵数は、ダルマのみで計 221 ケ。E : 5才♀の約 2 : 3 のダルマ卵塊 ; この♀の産卵数は、ダルマ(213)+バラバラ(1+1+1)=216 ケ。F : 3才♀の約 3 : 2 のダルマ卵塊(が、これも後日、自然と離れ 2 卵塊になった) ; この♀の産卵数は、ダルマ(162)+バラバラ(5+3)=170 ケ。

※A－E の胚は全て受精卵～2細胞期初期 ; F の胚は神経胚初期。※B－F は、水槽からポリカップに移して撮影している。※蛍光灯の光の反射で C E 上部の図が一部消えている。

ナガレタゴガエルの場合、自然に産卵され大きな石に付着した卵塊は、一見、球状や楕円形に見えていても、ていねいに石に付着している部分のみをはずすと、たいていはダルマやぶどうの房状の卵塊である。球形にならず、ダルマやぶどうの房状になる最大の理由は、全卵を一気に排出せず数個～10 数個位単位で少しずつ時間をかけて排出されるからである。

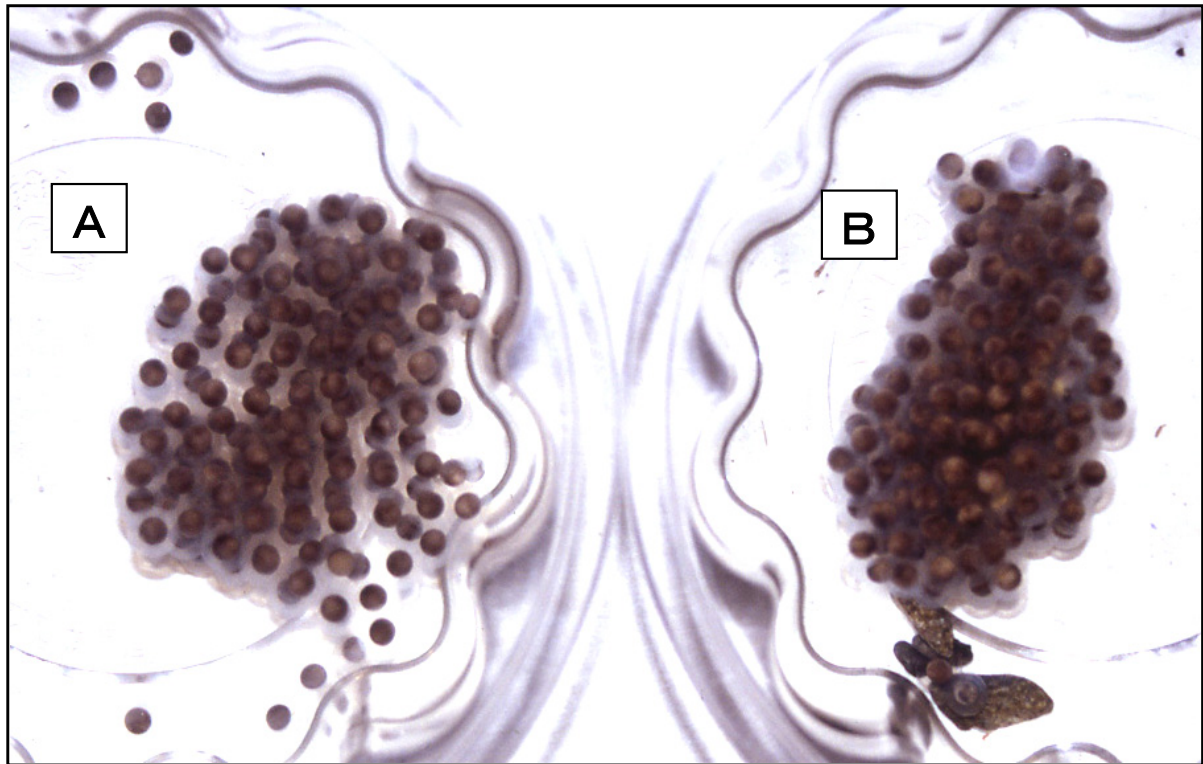


図 3－4．ゼリー層の状態による卵塊の 2 つのタイプ．

A(図左)：ノーマルタイプ：ある 3 才♀の産卵卵塊(わかりにくいですがホボ 1 : 1 のダルマ状卵塊である)で産卵数はちょうど 200 ケ。B(図右)：圧縮タイプ：これは、ある 5 才♀の産卵卵塊で産卵数はちょうど 240 ケ。

産卵 1，2 時間後位には、各卵のゼリー層や卵間のゼリーはふくらみきり、そして全ての胚は動物極を上にして定位する。ふくらみきった状態では、ほとんどの卵塊は、およそ A のような感じになるのだが、一部の 1 割位の卵塊はずっとゼリー層が固くしまった状態で B のようなままである。ただしこの B 卵塊でも、正常に発生進行し孵化する。

※A B 共に、石裏に産卵していたものをピンセットではなくしポリカップに移し撮影している。※A B 共に、神経胚初期の胚である。

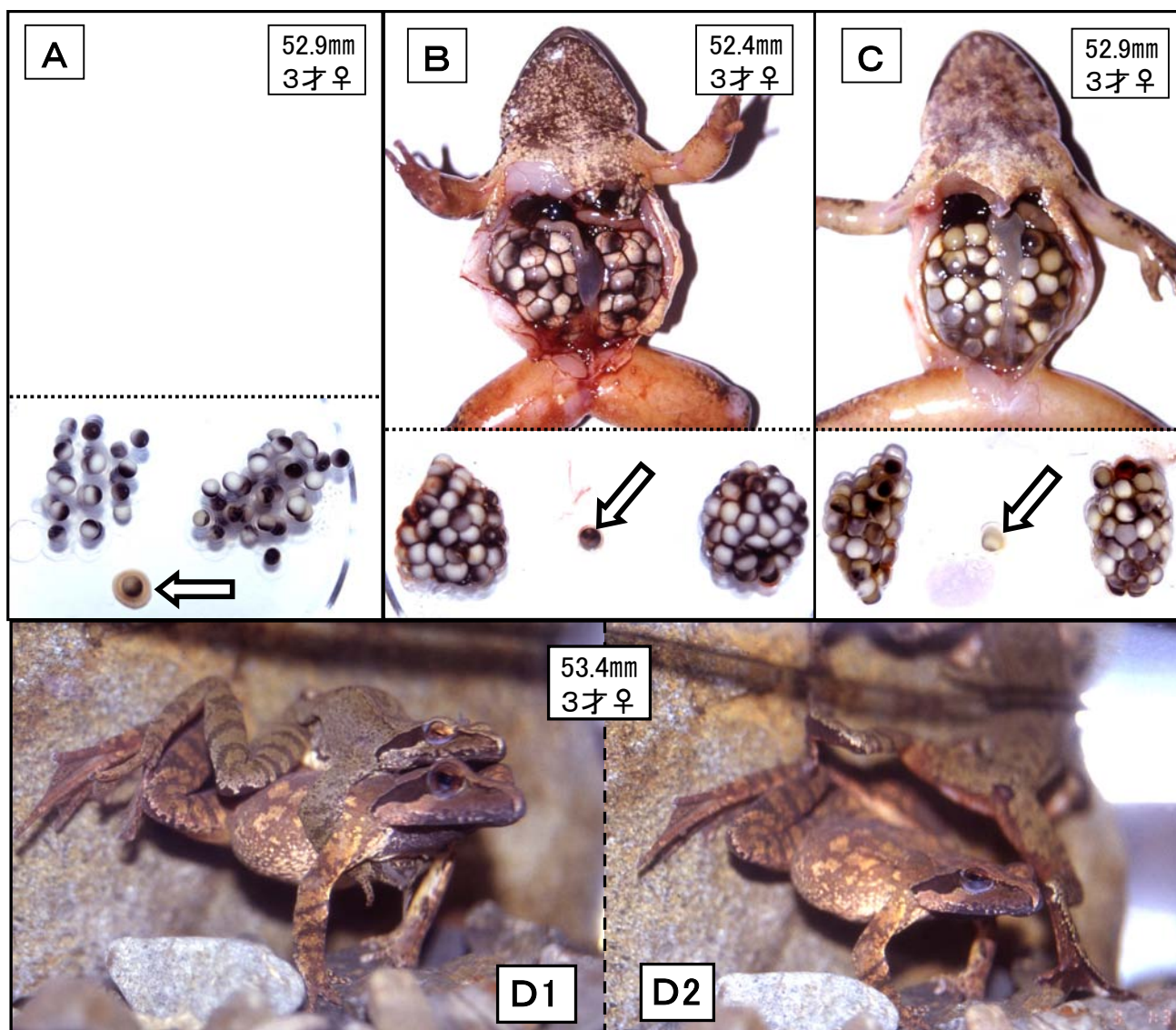


図3-5. 難産♀の特徴Ⅰ— 総排出孔(肛門)に1ヶの卵が詰まっていたタイプ.

「繁殖期後半では一度少し産卵を終えたペア♀が多数捕獲されること」や「それらの一部の♀は、結局産卵しきれずに死んでしまうこと」はナガレタゴガエルの産卵の特徴である。この死産♀を開腹してみると、1ヶだけ膨潤した卵が、総排出孔に詰まっていることがしばしば確認される(上図の矢印)。ある程度産卵排出している途中で詰まってしまうのである。

A(♀個体の写真無し): 3/6に捕獲。一度、相当数産卵済みの♀に♂が抱接していたペア♀(♀の腹をよく観察すれば、慣れた研究者ならば、一度少し産んでいるのかはわかる)。死後、開腹→(1ヶ総排出孔に詰まり子宮内に右20&左39)計60ヶが腹内に残。B: 3/18に捕獲。一度、少し産卵済みの♀に♂が抱接していたペア♀。死後、開腹→(1ヶ総排出孔に詰まり子宮内に右70&左72)計143ヶが腹内に残。実際の産卵数は180ヶ位だったろう。C: 2/19に捕獲。何度も産卵を試みるも排出できなかったタイプ。何と、3/14にやっと初めて少しだけ産卵でき、3/14,16,17,21とバラバラ産卵後に死。死後、開腹→(1ヶ総排出孔に詰まり子宮内に右53&左41)計95ヶが腹内に残。排出卵は74ヶで、蔵卵数は計169ヶ。D: 何度も何度もきばって産卵を試みるも1ヶも排出できなかったタイプ。3/10に捕獲: 一度少し産卵済みの♀に♂が抱接していたペアである。水槽内でも何度も何度も産卵を試みたが(D1)、結局産めず、とうとう♂は4/3になって解除(D2)した。その後、単独♀で2ヶだけ産卵し、その後死。♀の死後、開腹→(1ヶ総排出孔に詰まり子宮内に右79&左74)計154ヶが腹内に残。計156ヶだが、実際の産卵数は180ヶ位だったろう。

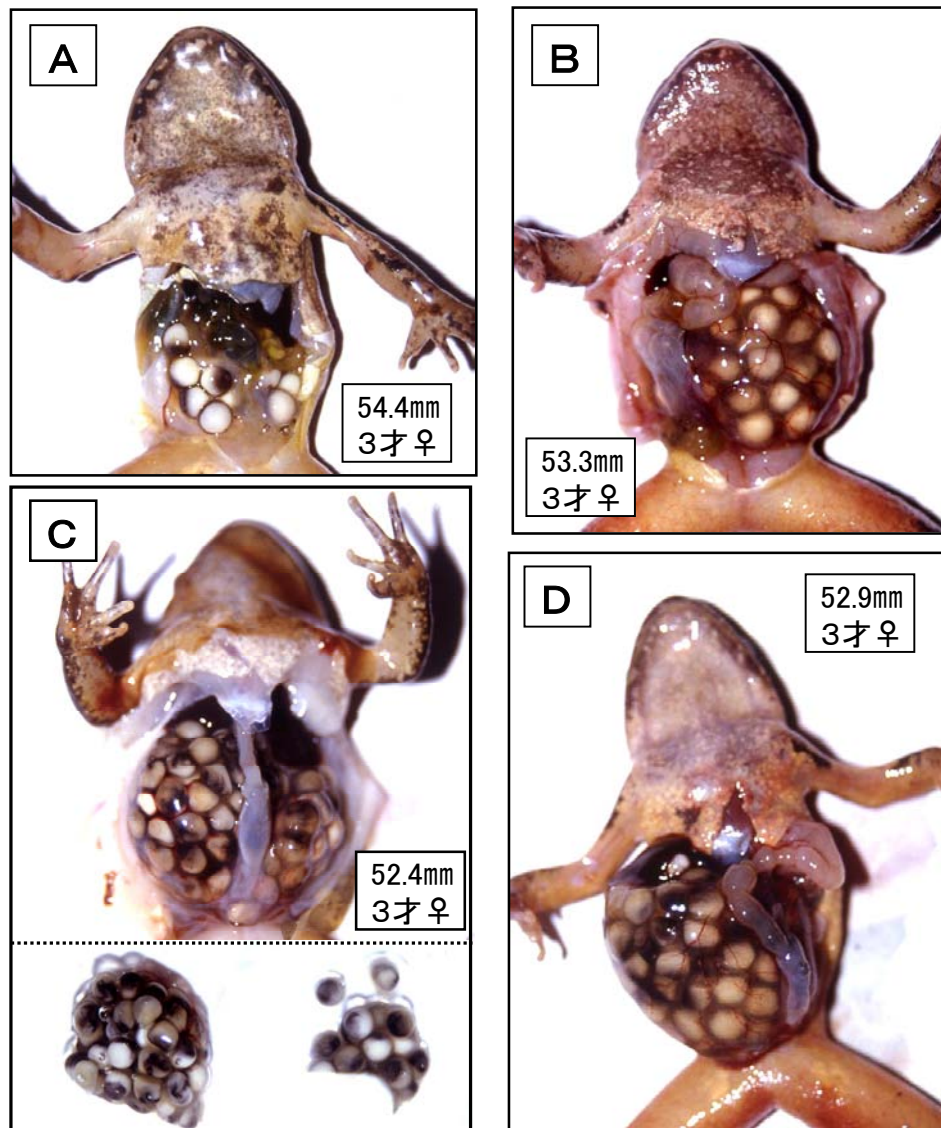


図 3-6. 難産♀の特徴Ⅱ— その他のタイプ.

[1ヶだけ膨潤した卵が、総排出孔に詰まっている]タイプ以外で、[一度相当数の卵を産卵後に、残りを産卵できずに腹内に多数の卵が残る]タイプ。やはり、このタイプの♀の一部は、4月に自然死した。興味深いのは、時に片側の子宮にだけ100近くが残り、もう片側の子宮には数ヶだけ残っていることがしばしば確認されることである(Bや特にD)。

A : 2/ 21 に捕獲したペア♀。何度も何度もきばって産卵を試みるも1ヶも排出できなかったタイプ。ようやくと何と 3/ 24 8:00 にととうとう産卵でき、172ヶの卵塊を排出後、♂は解除。その後単独♀でバラバラに11ヶ産卵し、その後♀は自然死。死後、開腹→(子宮内に右7&左3)計10ヶが腹内に残。総計、蔵卵数=193ヶ。B : 3/ 9 に捕獲。3/ 16 に多くを産卵後、♂は解除・再抱接を繰り返し、♀はバラバラ産卵をする。4/ 2 に♀は自然死。死後、開腹→(子宮内に右2&左33)計35ヶが腹内に残。排出卵は178ヶで、蔵卵数は計213ヶ。C : 3/ 17 に捕獲した、一度少し産卵済みのペア♀。3/ 17,18,19,20 とバラバラ産卵し、その後自然死。死後、開腹→(子宮内に右71&左24)計95ヶが腹内に残。排出卵も95ヶで、蔵卵数は計190ヶ+ α 。※蛍光灯の反射で左子宮残卵の下部が消えている。D : 3/ 14 に捕獲した、一度相当数産卵済みのペア♀。3/ 17 に2ヶのみ産んで♂は解除。3/ 24 に♂が再抱接し、数日に分け15ヶバラバラ産卵し、4/ 2 に♀は自然死。死後、開腹→(子宮内に右86&左3)計89ヶが腹内に残。総計2+15+89だが、どう考えても左側の子宮に90前後以上はあったわけで、実際の蔵卵数は計180ヶ+ α ほどと推定される。

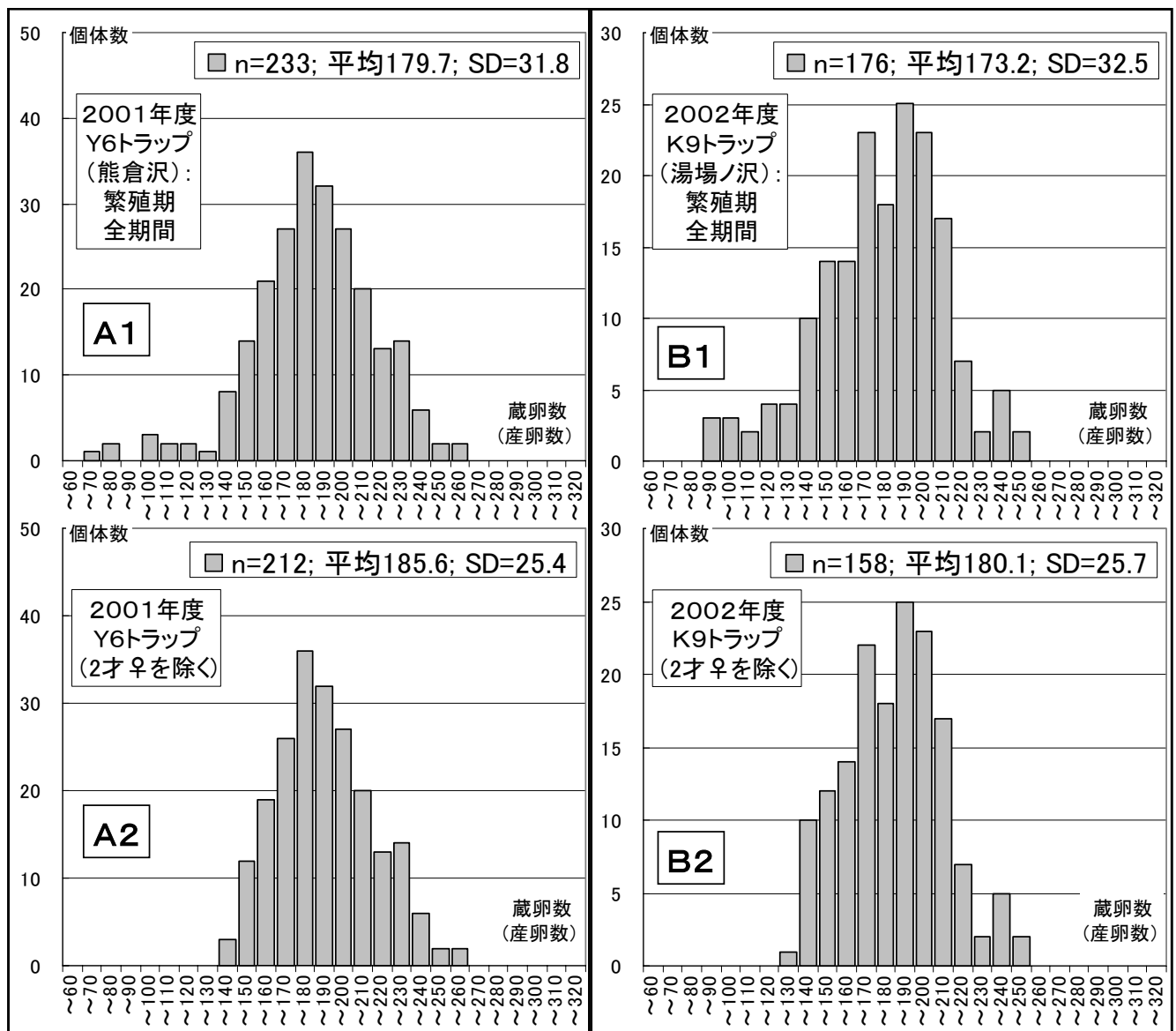
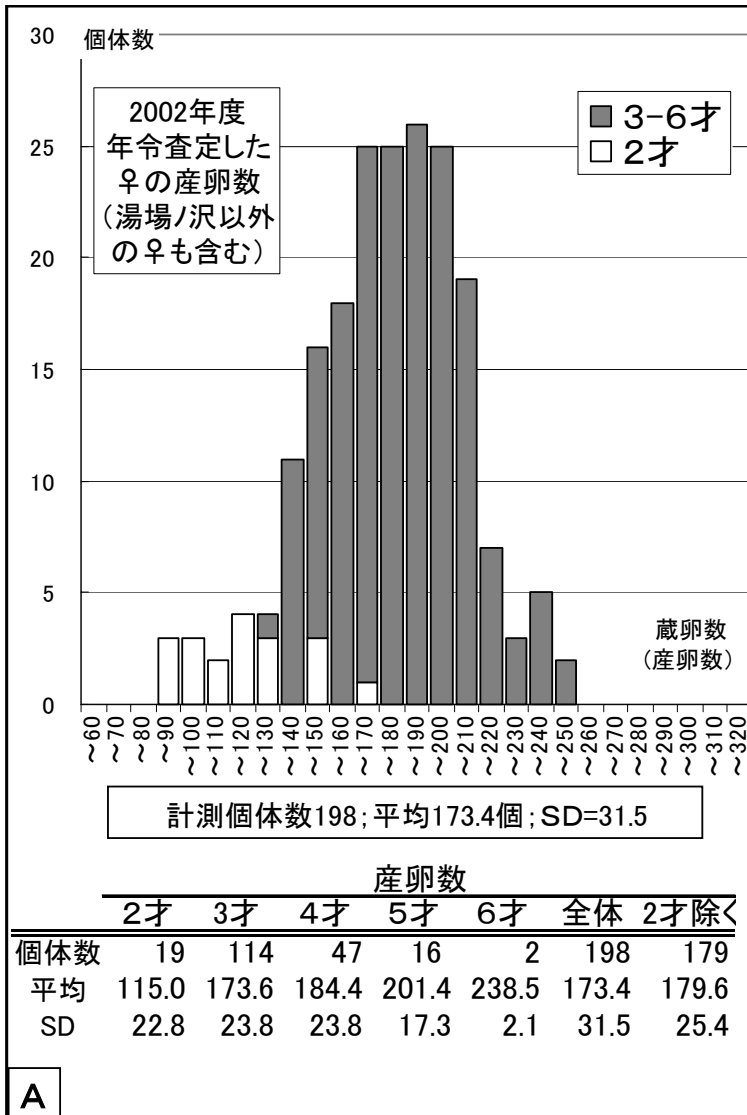


図3-7. ナガレタゴガエルの産卵数 — 2001・2002年度捕獲♀による。

A: 2001年度矢沢の支流: 熊倉沢で繁殖期全期間に捕獲した未産卵♀の産卵数(蔵卵数)。A1は、全♀のグラフ。A2は、2オと推定される♀を除外したグラフ(※: 2001年度の熊倉沢の個体は、まだ指骨断面での年令査定が終了していない)。

B: 2002年度小坂志川支流: 湯場ノ沢で繁殖期全期間に捕獲した未産卵♀の産卵数(蔵卵数)。B1は、全♀のグラフ。B2は、2オ♀を除外したグラフ。

Aの捕獲位置は生息域の最下流部で老成個体が多く、一方、Bの位置は源流部で若令個体が多い。そのため平均産卵数は必然的に、Aの方がBよりも多少大きな値となる。トラップの位置は図1-1を参照。



A

図3-8. ♀の年令と産卵数.

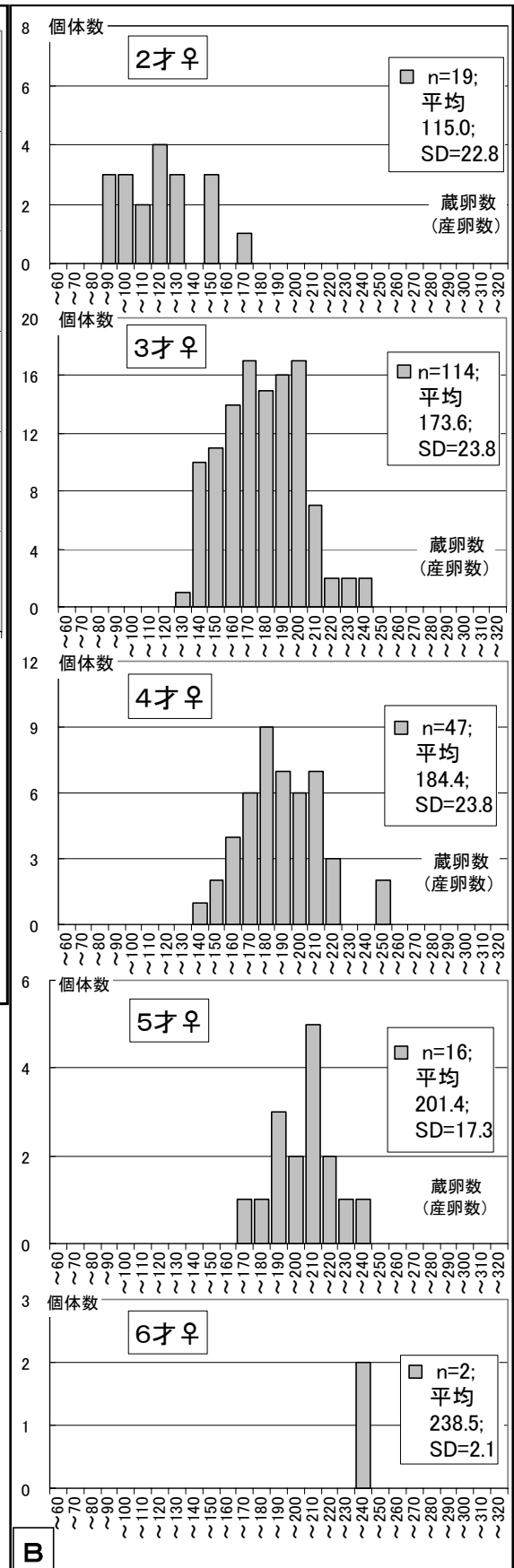
2002年度捕獲♀による。

小坂志川支流のK9トラップ(湯場ノ沢)での全捕獲♀176匹 & 他のネット捕獲22匹の計198匹の指骨断面から査定した年令と産卵数。

A(図左): 全体のグラフと

各年令の平均産卵数&SD

B(図右): Aの各年令の産卵数のグラフ



B

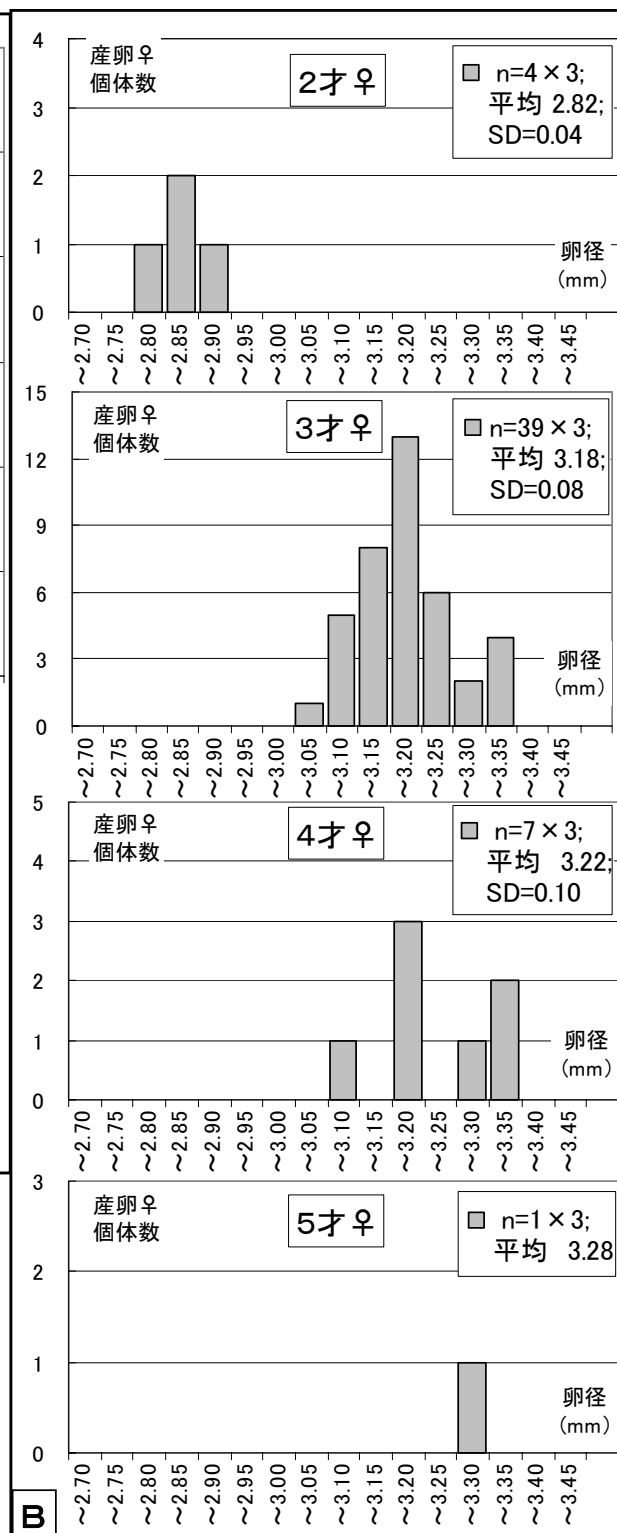
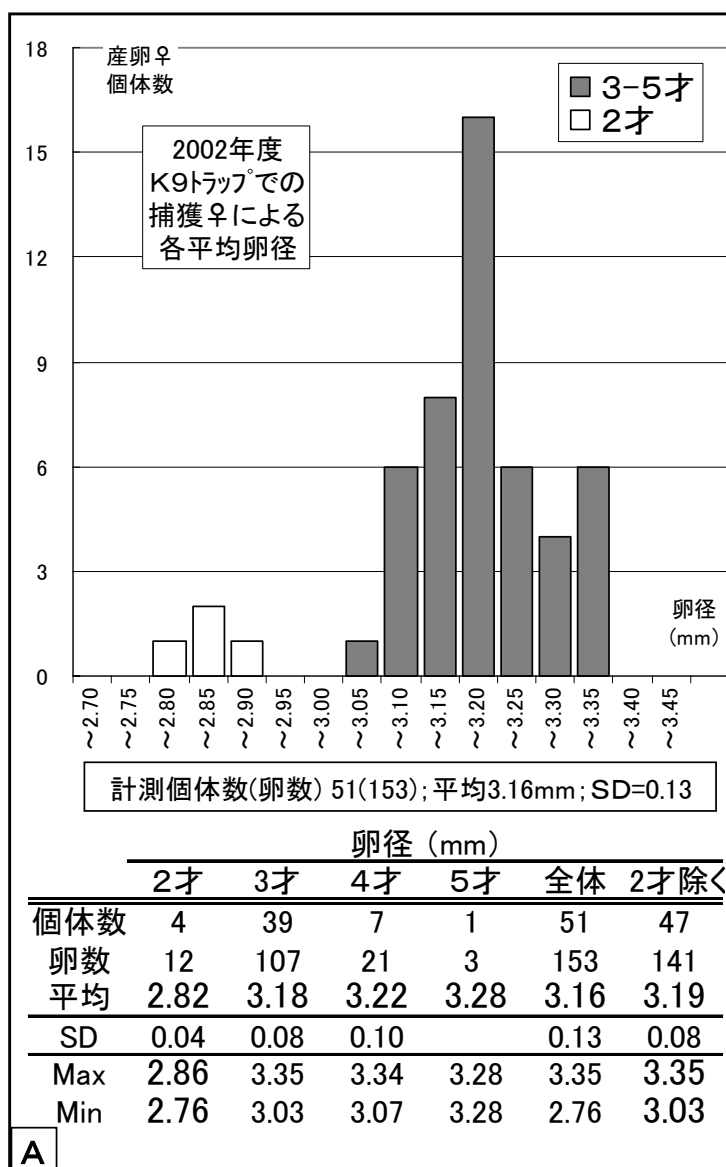


図4-1. ♀の年令と卵径.

2002年度小坂志川支流のK9トラップ(湯場ノ沢)での捕獲♀による。

各♀の産卵卵塊の各3個の卵径の平均値をとっている。同じ♀の正常な産卵卵塊での卵径は全くといってよいほど同値である。

A(図左): 全体のグラフと

各年令の卵径&SD

B(図右): Aの各年令の卵径のグラフ

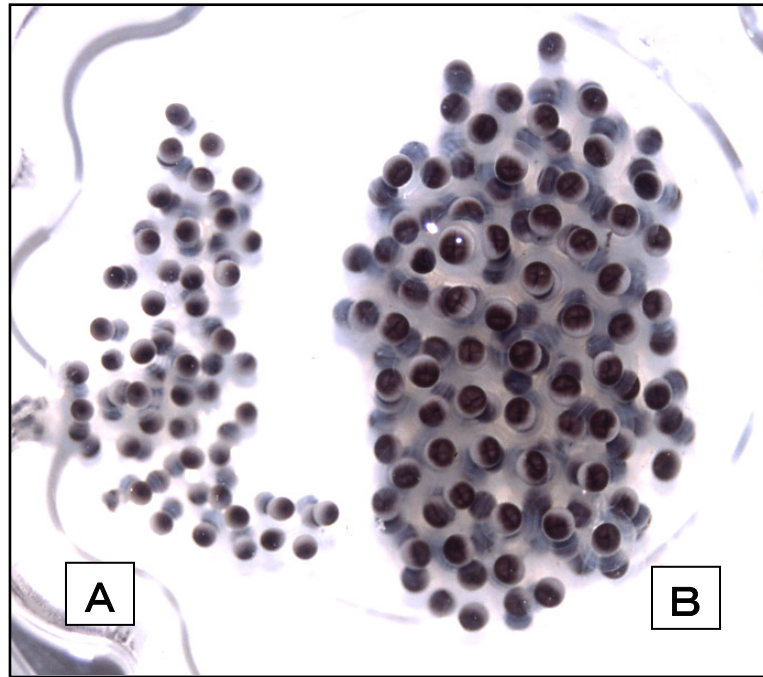


図4－2． 2才♀と他の一般♀(3－5才)の卵塊・卵径の比較.

A(図左)：2才♀(体長48.2 mm)の卵塊：産卵数はわずかに90ヶ；平均卵径2.85 mm。

B(図右)：4才♀(体長54.5 mm)の卵塊：産卵数は187ヶ；平均卵径3.18 mm。

Aは2細胞期初期・Bは4細胞期初期でほぼ同発生段階の胚である。共に、水槽内の石に付着産卵していたものをピンセットではずし、同じポリカップ内に入れて撮影している。早熟の2才♀の卵径は2.75－2.80 mmほどで3 mm以上になることはありえない。そのため、2才♀の産卵卵塊は、他の一般♀(3－5才)の産卵卵塊(卵径：3.00－3.35 mm)との判別が、肉眼で容易にできる。

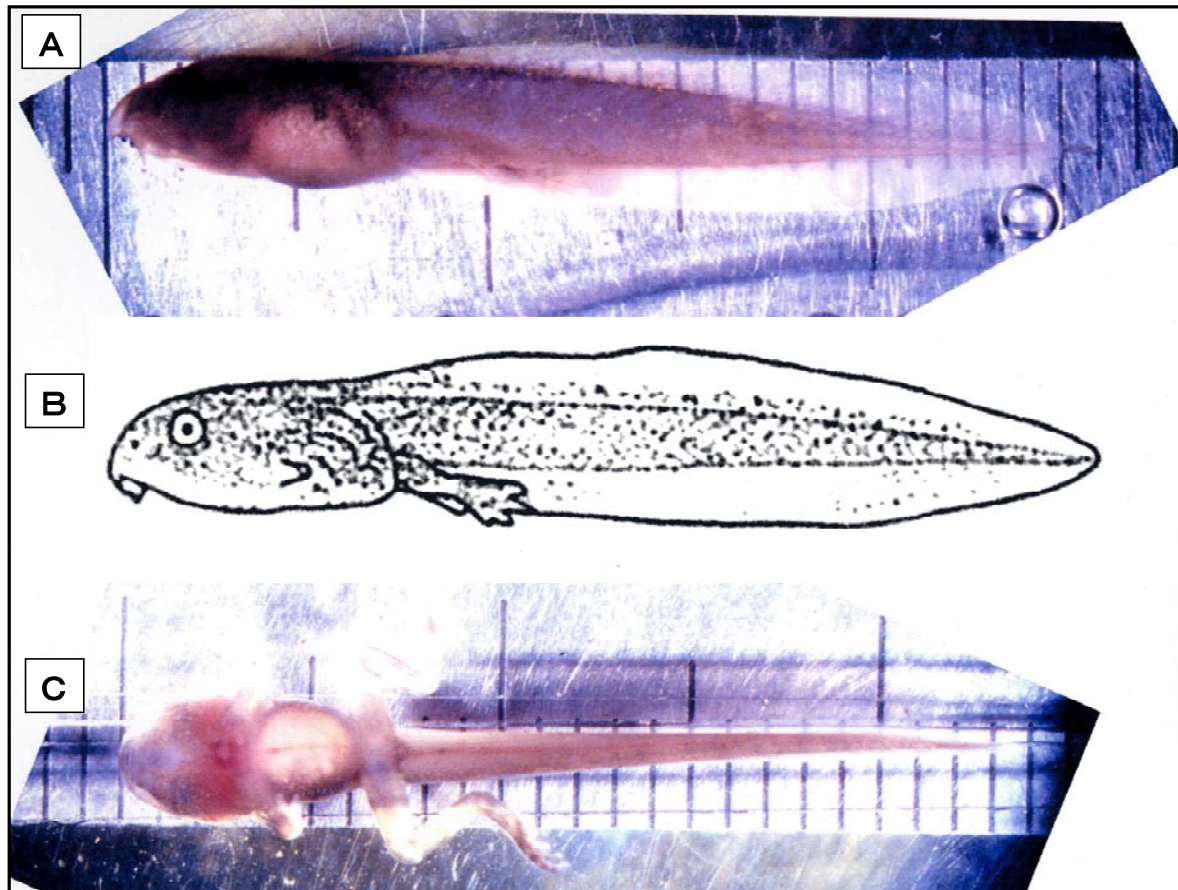


図4－3．ナガレタゴガエルの幼生の体長・全長．

A：筆者が 2000 年度の産卵発生観察時に撮影した個体で、全長 25.5 mm時の幼生（2001 年 4 月下旬）。最大成長時は、更に大きくなり、全個体 26－28 mmになる。

B：「日本カエル図鑑」（前田 and 松井, 1999）のイラストを引用。最大時の幼生は、更にもう少し成長した時の大きさであり、尾の長さはこのイラストよりも更に少し長くなる。およそ、体長：尾長＝1：3～3.5 位になる。このことは、「日本カエル図鑑」のイラストや実際の写真、他の図鑑の幼生の写真を見ても自明。つまり、変態完了時の子ガエルの体長がヒキガエルとほぼ同じ 8 mmほどであり、上図のような幼生である限り、多くの図鑑で記述している「成長しても 21 mmにしかない」というのはただの作り話にすぎないのである。

C：筆者が 2000 年度の産卵発生観察時に撮影した個体。尾が退化し始めている幼生で全長 24.0 mm時のもの（2001 年 5 月下旬）。

なお、幼生の最大成長時の平均全長は、筆者の 3 年度の観察（恒温器の小カップ内での飼育）ではおよそ 26－28 mmであるが、野外では少なくともこれよりも大きく、平均で 28－30 mm位と推測される。

| | A: 当年度の再捕獲率 | | | B: 1年後の再捕獲率 | | | 1年後の生残率(B/A) | | |
|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------|---------|--------------|-------|-------|
| | ♂ | ♀ | 計 | ♂ | ♀ | 計 | ♂ | ♀ | 計 |
| 1992⇒1993年度 | 7.02% | 6.66% | 6.86% | 1.01% | 1.42% | 1.12% | 14.4% | 21.4% | 16.3% |
| 小坂志川 | 227/3234 | 166/2494 | 393/5728 | 6/593 | 3/211 | 9/804 | | | |
| 1998⇒1999年度 | 8.26% | 7.38% | 7.91% | 0.13% | 0.81% | 0.30% | 1.6% | 11.0% | 3.8% |
| 小坂志川 | 99/1198 | 58/786 | 157/1984 | 1/743 | 2/247 | 3/990 | | | |
| 1999⇒2000年度 | 8.00% | 7.72% | 7.89% | 1.20% | 1.19% | 1.20% | 15.1% | 15.4% | 15.2% |
| 矢 沢 | 38/475 | 24/311 | 62/786 | 9/747 | 9/758 | 18/1505 | | | |
| 2000⇒2001年度 | 9.48% | 11.10% | 10.25% | 1.08% | 2.94% | 1.52% | 11.4% | 26.5% | 14.8% |
| 矢 沢 | 184/1940 | 194/1748 | 378/3688 | 6/553 | 5/170 | 11/723 | | | |
| 2001⇒2002年度 | 4.91% | 7.44% | 5.89% | 0.65% | 0.24% | 0.54% | 13.2% | 3.2% | 9.2% |
| 矢 沢 | 26/530 | 25/336 | 51/866 | 8/1238 | 1/416 | 9/1654 | | | |
| 2002⇒2003年度 | 10.46% | 11.35% | 10.81% | 2.98% | 0.66% | 1.90% | 28.5% | 5.8% | 17.6% |
| 矢 沢 | 183/1750 | 131/1154 | 314/2904 | 26/873 | 5/757 | 31/1630 | | | |

表 5－1. 調査地域内における成体の 1 年後の [見かけ上の生残率].

2003 年度までの結果から、特殊な要因がなければ 15－18%位と推測される。

なお、[1998⇒1999 年度] & [2001⇒2002 年度] において、生残率が小さくなっている理由は、具体的に明らかになっている（本書では省略）。一方、♂♀で値が年度によって随分と異なっている理由もはっきりとしている。元々、個体群全体の性比が年度によって顕著に変動するのである。これは、生誕年の外部環境の温度によって性決定されるためだと推測している。そのため、各年令ごとに性比が異なっているのである（この詳細についても本書では省略）。

ただし、この生残率の値は、「調査地域内と外部で個体の出入りが全くない」と仮定した場合の計算値で [見かけ上の生残率] である。1 年後に外部へ分散移動する個体や、外部から調査地域内へ分散移動してきた個体の数を考慮するならば、実際の生残率はおおよそ 30－35%位と推定される（⇒図 5－1 参照）。

| A | ♂ (N=181匹) | | | | | ♀ (N=190匹) | | | | |
|--------|------------|-------|-------|------|------|------------|-------|-------|------|------|
| | 2才 | 3才 | 4才 | 5才 | 6才 | 2才 | 3才 | 4才 | 5才 | 6才 |
| 個体数 | 62 | 81 | 30 | 8 | 0 | 18 | 106 | 46 | 16 | 2 |
| 各年令の割合 | 34.3% | 44.8% | 16.6% | 4.4% | 0.0% | 9.6% | 56.4% | 24.5% | 8.5% | 1.2% |

| B | ♂ | | | | | ♀ | | | | |
|--------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|----|
| | 2才 | 3才 | 4才 | 5才 | 6才 | 2才 | 3才 | 4才 | 5才 | 6才 |
| 各年令の割合 | 25% | 55% | 18% | 6% | 1% | 8% | 55% | 25% | 11% | 1% |

表 5－2． 個体群全体における成体♂・♀それぞれの年令構成.

A：2002 年度の湯場ノ沢で繁殖期の全期間に捕獲した個体。これは、実際に指骨断面から年令査定をしたデータによる。※♀は全捕獲個体を年令査定終了 190 匹＝(未産卵 179＋産卵済み 11)しているが、♂は、まだ♀に抱接していた分のみ、単独♂の査定は終わっていない。

B：Aを元に、個体群の平均的な値を推定した年令構成。この推定の根拠は、①：[Aの湯場ノ沢は源流部よりであること]、かつ、[Aは繁殖移動期のデータであること⇒図 2－2 も参照] のために若令個体の比率がかなり高いことを考慮した。②：2001 年度の熊倉沢の繁殖移動期捕獲個体の年令査定はまだ終了していないが、この熊倉沢の部分的なデータも考慮した(⇒図 3－7 も参照)。熊倉沢では、ほぼBか、あるいはBよりも老齢個体の比率が高いと現時点で推定されている。これらからの推定がBであるが、おおよそ適切な値だと確信している。

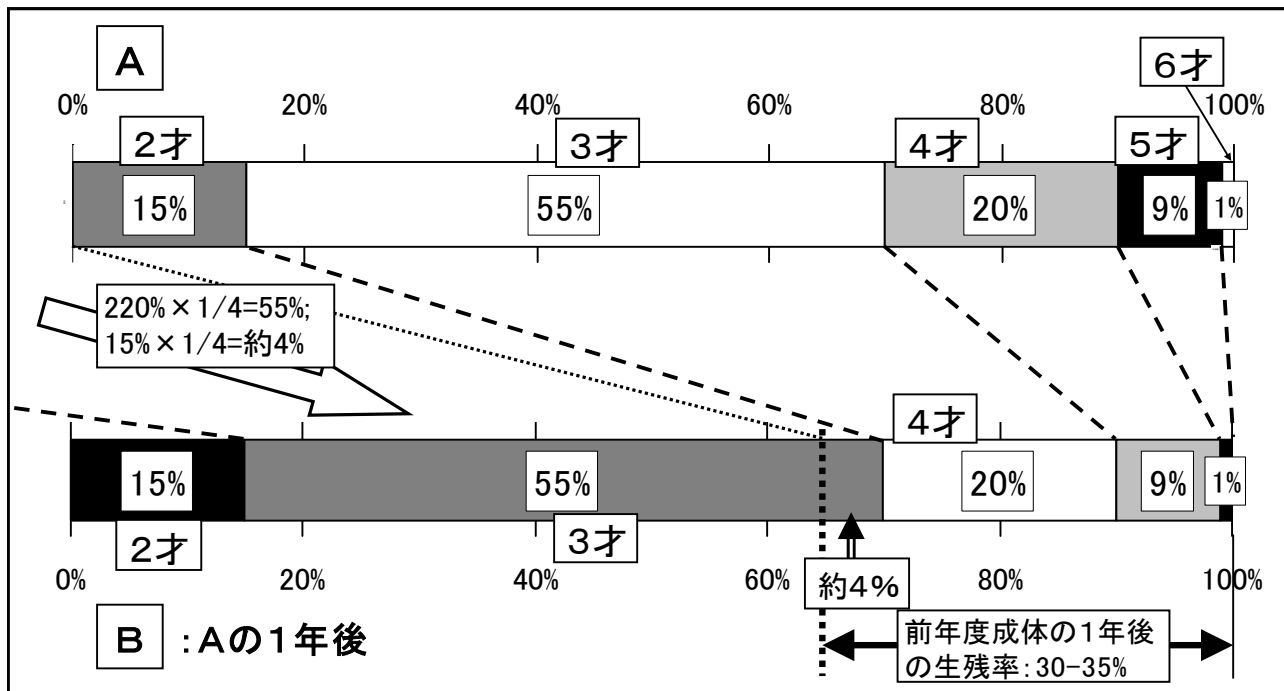


図5－1．個体群全体における成体(♂・♀混合)の年齢構成と生残率の関係．

A：(♂・♀)混合の成体全体の平均的な年齢構成割合。⇒表5－2も参照

B：Aの1年後。A年度の成体の1年後の「実際の生残率」が34－35%ほどであることを図示している。右下に示している「4－6才の30%」＋「3才の約4%」の割合である。

Aの割合は、実際のデータ（2002年度の湯場ノ沢の実際の年齢査定結果からの割合）に基づき全個体群の一般的な割合に換算推定されたもので、相当に正確な割合と思われる。

一方、これまでの野外調査における、マーク個体の1年後の再捕獲率から単純計算される成体の生残率（＝「見かけ上の生残率」）は、「15－18%」ほどであった（表5－1）。しかし、1年後までに移出入した個体－＜出：「同じ沢の調査区域隣接の上下流へ移動した個体」＆「大きく尾根越えて別の沢へ分散移動した個体」＞＆＜入：調査区域外部から調査区域内へ移入してきた分散移動個体＞－を考慮した場合、およそ、成体の「真の生残率」は「見かけ上の生残率」の2倍位と考えられる。つまり、実際の捕獲個体を指骨断面から年齢査定した個体群の一般的な年齢構成割合から導き出される1年後の生残率（上図の「34－35%」）と一致する。すなわち、『野外での膨大な捕獲－再捕獲調査データによって導き出された生残率』と『大量の指骨断面から査定した個体群の年齢構成』の関係は上図のように一致するのである。

一方、実際の生残率が、見かけ上の生残率の2倍位ということから、1年後までに調査区域外へ移動するのは；およそ、①：「いはゆる分散移動する割合が30%位（上流源頭から尾根越え；はるか下流へ移動した後、別の沢へ遡上；左岸側の支沢源頭＆右岸側の支沢源頭から尾根越えて別の沢へ移動する個体）」、②：「いはゆる分散移動ではないが、広域の野外調査地ゆえに、捕獲調査区間のわずかに上流部側へ移動した割合が5-10%＆わずかに下流部側へ移動した割合が5-10%」と推測されるわけである。これは、一つに、「「ヒキガエルなどの10－15%ほどの分散移動割合」に比べ、回帰移動性のナガレタゴガエルでは、分散移動個体は30%程度だろう」という推測も含んでいる。実際に、矢沢中流部でマークした個体が大きく尾根越えて、東隣の小坂志川の湯場ノ沢で再捕獲された個体が2匹；矢沢中流部でマークした個体が西隣の熊倉沢で再捕獲されたのは多数；軍刀利沢でマークした個体が東隣の矢沢本流上流で再捕獲された個体や、その逆の個体なども多数確認されている。驚くほどに、尾根越えてしまうのである。

「^{あきがわじょうりゅういき}秋川上流域におけるナガレタゴガエルの^{せいめいひょう}生命表の作成及び^{さくせいおよ}水位と^{すい}水位と

^{りゅうかこうどう}流下行動の^{そうかんかんけい}相関関係について」

(研究助成・一般研究 VOL. 27-NO. 155)

著 者 ^{みわ}三輪 ^{ときお}時男

発行日 2006 年 3 月 31 日

発行者 財団法人 ^{とうきゅう}とうきゅう環境浄化財団

〒150-0002

東京都渋谷区渋谷 1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)

TEL (03) 3400-9142

FAX (03) 3400-9141