

# 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

2001年

三輪時男

元あきる野市立御堂中学校教諭

# 調査・試験研究の実施内容および成果に関する報告書

## 1. 調査・研究課題；「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」

The ecological, developmental study of *Rana sakuraii*, and conservation of the habitats, in the upper basin of the Akigawa.

## 2. 代表研究者名；三輪 時男、Miwa Tokio

## 3. 実施内容；

### ア. キーワード

*Rana sakuraii*；ナガレタゴガエル

Kosakasi river；小坂志川

Hibernation sites；冬眠場所

Breeding activity；繁殖活動

Breeding migration；繁殖活動のための回帰移動

Long distance migrating downstream；長距離流下移動行動

Population density；個体群密度

Sex ratio；性比（雌雄比）

Oviposition sites；産卵場所

Clutch size；産卵数

### イ. 研究対象場所；南秋川水系の小坂志川、及び、矢沢

### ウ. 要約

南秋川水系の小坂志川、矢沢における、ナガレタゴガエルの生態調査を約10年間実施し、約5万匹捕獲した。その結果多くのことが明らかになった。特に両棲類学全体において重要な3点をあげると、①；個体数が、驚くほどに多いことがわかった。奥多摩での個体群密度は成体だけで、流程100m当たり、約1000匹にもものぼる。小坂志川流域では、成体だけで10万匹以上は棲息し、多摩川水系全体では、少なく見積もっても、成体だけで200~400万匹程度である。②；沢を驚くほど長距離流下移動することがわかった。1シーズンに平均で、1500mほども流下するのだ。秋と繁殖期の2回、長距離流下移動することがわかった。そして、沢沿いを上流部へ遡る習性があることが明らかになってきた。③；個体群の性比は平均して♂：♀ = 1：2~1：3で、顕著

に年変動していることがわかった。そして、性比調節のしくみがわかりかけてきたことである。

#### 4. 今後予想される効果

ナガレタゴガエルの驚くほどの棲息数、そして、1シーズンに平均で1500mほども流下するという流下距離が、公になると多方面から大きな注目を浴びることになる。世界の両棲類学者はもちろん、研究者以外からも様々な観点から注目されるだろう。

予想される効果の1つとしては、ナガレタゴガエルが驚くほどに行動範囲が広く持つことから、山の沢・溪流の生態系保全を考える時、ナガレタゴガエルのことも考慮しなくてはいけなくなるだろうという点である。今までは、沢・溪流の生態系を考える時、アユやイワナ、カジカ等だけでよかった場合でも、今後はナガレタゴガエルを考慮しなくてはならなくなるだろう。魚ほどではないが、このナガレタゴガエルは、世界でも類を見ないほど広い行動範囲を持つカエルなのである。

また1つには、山の両棲類の研究が大きく進展するのではないかという点である。筆者も調査継続中であるが、ナガレタゴガエル以外の一部の両棲類も意識的に沢を長距離流下移動し、すなわち、非繁殖期には沢沿いを上流部へ遡る習性があることがわかってきた。ナガレタゴガエルの本研究が、きっかけとなり、山の両棲類（カエルに限らずサンショウウオにおいても）の行動が少しずつ解き明かされていくのではないかと感じている。

また1つには、発生観察実験で、注目をあびることになるだろう。タゴガエルの仲間の卵は、とにかく発生観察に好適なのである。既に、一部の高校の教科書で取り上げられ、東京学芸大学付属高等学校では、毎年授業で使用しているが、さらに、広い地域で使用されることになるだろう。そして、筆者自身としては、主調査地の小坂志川が、両棲類にとって、とても貴重な重要な場所であることが判明してきたことから、今後は東京都に働きかけ、小坂志川流域全体を保全地域等、動植物保護地区としてもらえるよう、働きかけていきたいと考えている。

#### 5. 本研究により作成した発表論文

まだ、論文として発表したものはない。

あと5年ほどは継続調査をする予定であり、2001年秋～2002年春の1シーズンは大がかりな長期間調査をする予定である。今回の報告書で、10数本の論文のための、およそのまとめができた。

2002年度から、連続して論文を発表していく予定である。

# 目 次

## 第1章；研究の概要

第1節：はじめに	1
1；本調査研究の経緯	
2；研究動機	
3；全体的な研究目的	
4；本調査研究の重要性について	
第2節：ナガレタゴガエルについて	10
1；今までの報告と筆者の研究成果も含めた概要	
2；現在までのナガレタゴガエルについての研究報告（生態面の報告はほぼ全て誤りである）	
3；ナガレタゴガエル以外でのカエルの生態についての研究報告	
第3節：具体的な研究目的・研究テーマについて	14
1；冬眠場所・春眠場所の主要な場所 と 冬眠様式について：→第2章	
2；繁殖行動の詳細について：→第3章	
3；流下距離について：→第4章	
4；個体群の様々な特徴について：→第5, 6, 7章	
5；産卵について：→第8章	
6；発生について：→第9章	
7；その他の研究テーマについて：→第10・11章	
第4節：方 法	17
1；調査地と選定理由	
2；小坂志川・矢沢について	
3；全体の調査方法；	

## 第2章；冬眠と春眠 一生活史①一

第1節：ナガレタゴガエルの生態を知るには冬眠場所を知らなければ始まらない！	29
1；なぜ冬眠場所が重要なのか？	
2；両棲類の冬眠・春眠・夏眠	
第2節：ナガレタゴガエルの冬眠・春眠	
主要場所は州の伏流水部の砂利中である；	32
1；捕獲調査の方法と結果	
2；[冬眠場所・春眠場所] と [冬眠期間・春眠期間] の結論・考察	
第3節：ナガレタゴガエルの冬眠場所への入り方；秋にも長距離流下する	46
1；秋の流下個体の捕獲方法と結果	

2 ; 冬眠場所への入り方の結論・考察	
第4節：ナガレタゴガエルの冬眠中の動き	49
1 ; 小坂志川での冬眠中の動きの実例	
2 ; 冬眠中の動きの結論・考察	
第3章：繁殖行動 — 生活史 ② —	
第1節：両棲類の繁殖行動	50
1 ; 繁殖様式	
2 ; 繁殖行動の誘発要因（外的要因について）	
第2節：ナガレタゴガエルの繁殖期の流下捕獲数	51
1 ; 方法	
2 ; I期（1992年1～3月）の結果・考察<図1-1～3>;	
3 ; II期（1992年1～3月）の結果・考察<図2-1～11>;	
4 ; VIII期（1999年1～3月）の結果・考察<図3-1～6>;	
5 ; IX期（2000年1～3月）の結果・考察<図4-1～7>;	
6 ; X期（2001年1～3月）の結果・考察<図5-1～7>;	
7 ; 上流部のネット捕獲でマーキングした個体が 下流部のネットでの再捕獲される時の雌雄比、の結果・考察<表6>	
第3節：流下数から見た繁殖期の特徴の結論	83
1 ; 繁殖期間;	
2 ; 繁殖期の流下数とその年変動;	
3 ; 捕獲位置(ネットの位置)から見た繁殖期の特徴	
4 ; 別水系による比較	
5 ; ♂♀で見た時の流下行動の比較<表6>	
第4節：水温と繁殖行動の密接な相関関係の結論；最高水温5.0℃で動き出す	85
1 ; 調査地付近水系の繁殖期前後における [最高水温と最低水温、日較差、その時刻、季節変動] についての特徴の結論	
2 ; 水温と繁殖行動についての結論：<図1～4のグラフ参照>	
(1) 繁殖行動開始の水温：日最高水温5.0℃について	
(2) 繁殖行動開始後、[水温と晴天時の1日24時間での行動] の特徴	
第5節：水位・水量と繁殖行動の相関関係の結論	
支沢ほど水位・水量と密接に相関する	90
1 ; 調査地付近水系の水位と降雨・降雪の特徴	
2 ; 水位・水量と繁殖行動についての結論	
第6節：今までのナガレタゴガエルについての繁殖行動の報告が 誤りであることの理由のまとめ；	91

#### 第4章；流下距離 — 生活史 ③ —

第1節：両棲類の行動範囲・繁殖行動のための移動距離 .....	93
1；今までの報告	
2；ナガレタゴガエルの移動距離における3つの重要な点	
第2節：ナガレタゴガエルの繁殖期の流下距離 .....	94
1；方法	
2；結果・考察	
3；繁殖期の流下距離の結論・考察	
第3節：ナガレタゴガエルの秋の流下距離 .....	115
1；方法	
2；結果・考察	
3；秋の流下距離の結論・考察	
第4節：ナガレタゴガエルの冬眠中の流下距離 .....	116
1；方法・結果	
2；考察	
3；冬眠中の流下距離の結論	
第5節：ナガレタゴガエルの流下距離のまとめ；	
1 シーズンで、平均で1,500mほども流下する .....	117
1；1シーズン全体での流下距離の結論	
2；水系・地形・水位（水量）と流下距離	

#### 第5章；個体群密度 — 個体群 ① —

第1節：両棲類の個体群密度 .....	120
第2節：奥多摩でのナガレタゴガエルの個体群密度・総数 .....	121
— 約1000匹/100m(流程)である —	
1；各年度の再捕獲率の結果・考察	
2；再捕獲率から推定する各年度の個体群密度の結果・考察	
3；奥多摩のナガレタゴガエル成体の個体群密度・個体総数の結論	

#### 第6章；性比（雌雄比） — 個体群 ② —

ナガレタゴガエルでは、♀：♂=平均1：2～1：3で、ある要因で年変動する

第1節：両棲類の性比 .....	126
1；これまでの研究	
2；両棲類の性比を考える上での注意点	

第2節：奥多摩でのナガレタゴガエルの性比 .....	128
1；各年度の冬眠期・春眠期の性比の結果・考察	
2；奥多摩のナガレタゴガエル成体の性比の現在までの結論と根拠	
3；ナガレタゴガエル成体の性比についての結論を出せた大きな要因	
第7章；個体群構成 — 個体群 ③ —	
第1節：両棲類の年齢と体サイズ・成長率・生残率・寿命 .....	133
第2節；ナガレタゴガエルの繁殖個体の生残率 .....	134
1；前年度の冬眠期マーク個体の、1年後の再捕獲	
2；1年後の再捕獲率と当年度の再捕獲率から推測される生残率	
第3節：ナガレタゴガエルの子ガエル（未成熟個体）の体サイズと年齢 .....	137
1；子ガエルの捕獲結果	
2；子ガエル(未成熟個体)の体長と年齢の結論（0～2歳までについて）	
第8章；産    卵	
第1節：ナガレタゴガエルの産卵場所 .....	141
1；なぜ、産卵場所や冬眠場所がしっかりと調査されずにきたのか？	
2；ナガレタゴガエルの産卵場所の結果・考察；直接・間接結果から	
3；流下ネットでの捕獲状況から推測される産卵地域；上流部・下流部・支沢での違い	
4；ナガレタゴガエルの産卵場所についての考察・結論	
第2節：ナガレタゴガエルの産卵時刻 .....	147
1；産卵時刻の観察結果・考察	
2；ナガレタゴガエルの産卵時刻についての現時点での結論	
第3節：ナガレタゴガエルの産卵体勢（姿勢）と 難産による [分産卵と分散産卵] & [死産] .....	148
1；ナガレタゴガエルの産卵体勢(姿勢)・難産がとても重要な理由	
2；産卵体勢(姿勢)と産卵行動の観察結果からの結論	
3；ナガレタゴガエルの難産による産卵様式の特徴の結論； [分産卵・分散産卵]・[抱接から産卵までに平均して長時間要する]・[死産]	
第4節：ナガレタゴガエルの実際の産卵数・蔵卵数 .....	154
1；カエルの産卵数・卵径	
2；今までのナガレタゴガエルの産卵数・蔵卵数の報告の誤りの理由	
3；筆者の現在までの結果・考察	
4；分産卵と小型（2歳？）♀の産卵を考慮した平均産卵数の結論	

## 第9章；発 生

第1節：両棲類の発生段階図表 .....	159
1；これまでの両棲類の発生段階図表について	
2；ナガレタゴガエル等、タゴガエルの仲間の発生段階図表の重要性	
第2節：ナガレタゴガエルの発生の観察方法 .....	163
1；全体の方法の要点	
2；各年度の観察実施内容	
第3節：ナガレタゴガエルの発生の観察結果・考察 .....	164
1；ナガレタゴガエルの発生における大きな特徴	
(1)；卵の大きさ (2)；発生過程の色彩 (3)；幼生の腹部が一貫して透けて見える	
2；その他	
(1)；孵化率 (2)；発生に要する時間 (3)；前肢は左右どちらから先に出るのか？	
(4)；幼生は餌を食べるのか？	
第4節：幼生の特徴と今までの報告の誤りの理由 .....	168
1；現在までの数少ない幼生や卵における報告について	
2；幼生の全長の結果・考察	
3；幼生の全長の結論&今までの報告の誤りの理由	
4；幼生の口器と歯式の結果・考察&今までの報告の誤りの理由	
5；ナガレタゴガエルの歯式の簡単な結論	

## 第10章；両棲類の流下行動調査について

第1節：ナガレタゴガエル以外の流下行動 .....	175
第2節：流下行動調査上の注意点・問題点・課題 .....	175
1；ネットトラップの構造と設置場所について	
2；ネット捕獲個体の"死"について	
(1)；水圧や個体どうしの圧力による圧死 (2)；最初の繁殖行動開始後に、急に冷える朝	
3；ネット捕獲調査をしようと思うならば	

## 第11章；今後の課題・問題点

第1節：残された研究課題：専門的な研究テーマ； .....	179
1；夏の行動、食性は？ 夏眠をするのか？	
2；なぜこれほどに個体数が多いのか？	
3；棲息域の規定要因	
4；ナガレタゴガエルの成体の天敵・捕食者	



第12章；小坂志川(沢)の生態系の保全について	
第1節：小坂志川の保全	180
1；主調査地の小坂志川の特異性・重要性について	
2；小坂志川流域の土地について	
3；小坂志川の保全の理由	
第2節：具体的な小坂志川の保全方法	184
第13章；全体のまとめ	
第1節：これまでのナガレタゴガエルの報告の多くの誤りと理由のまとめ	185
第2節：本研究が成立できた大きな要因	188
第3節：本研究の全体のまとめ	188
1；冬眠〔場所・期間・冬眠への入り方・冬眠中の動き〕と春眠〔場所・期間〕	
2；繁殖行動〔繁殖期間・外的誘発要因・場所による違い、等〕	
3；流下距離〔秋の流下・冬眠中の流下・繁殖期の流下〕	
4；個体群密度と、棲息流域の繁殖個体の総数	
5；奥多摩のナガレタゴガエル個体群の性比と性比調節	
6；繁殖個体の生残率	
7；野外での、性成熟までの年令：体長（0～満2才まで）	
8；産卵場所・産卵時刻	
9；産卵体勢・産卵時間・分産卵について	
10；実際の産卵数・蔵卵数	
11；ナガレタゴガエルなどタゴガエル卵の発生における大きな特徴	
12；幼生の特徴；全長、歯式	
13；ナガレタゴガエルの1年間における行動季節区分	
14；個体群の地域差の比較	
15；ナガレタゴガエル以外の両棲類も長距離流下する	
16；沢にネットを設置し、捕獲調査をする際の注意点(1)、(2)、(3)	
17；いまだ多く残されているナガレタゴガエルの生態面での研究課題	
18；小坂志川流域全体の生態系保全についての提言	
19；ナガレタゴガエルの行動生態における3つの大きな疑問とその答え	
第14章；謝辞	201
第15章；引用文献	202

# 第1章；研究の概要

## 第1節；はじめに

第13章で、全体のまとめを述べている。本報告書の内容は、非常に多岐に広範囲にわたる。また、各章のそれぞれのテーマで結論を出すのに、複数年、複数の場所、複数の方法による、多量のデータを取り、それぞれ詳細に説明をしているために、長くなってしまった。まずおよそ全体を見る場合、読者によっては、各図表（グラフや写真等）などと第13章を先に見ていただいた方がよいかもしれない。また、図表のNo.は、章ごとにふってあることを最初に述べておく。

### 1；本調査研究の経緯

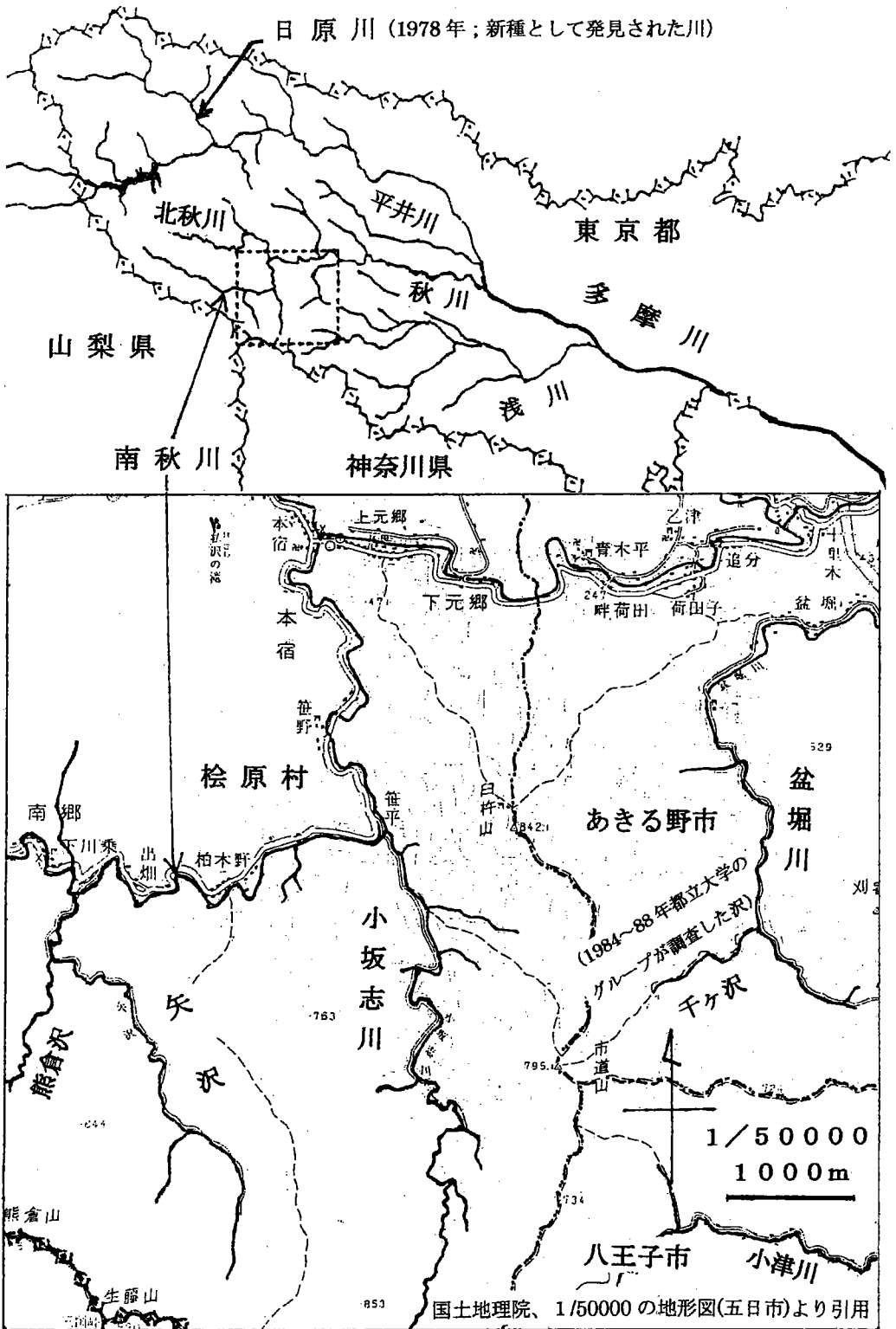
本研究は、1991年秋より、東京都絵原村の南秋川水系の小坂志川（沢）・矢沢を中心に、ナガレタゴガエル (*Rana sakuraii*) の生態学的・発生学的研究を継続しているものである。途中、研究を一時中断したが、1998年よりとうきゅう環境浄化財団より研究助成(3年間)を受け、調査を再開した。今後も10年近くは、調査を継続していくものである。

以下、秋の10月から翌年の春5月までを一年度とし、91年秋～92年春をⅠ期；92年秋～93年春をⅡ期；～；98年秋～00年春をⅧ期；99年秋～00年春をⅨ期；00年秋～01年春をⅩ期として話を進める。〈図1～3〉に調査地の概略を示した。また、〈表1〉に野外での捕獲時期・数・場所を、〈表2〉に産卵・発生に関する各時期の調査項目を簡単にまとめ、〈表3-1～3〉に各期各季節の捕獲数の内訳をまとめて示した。

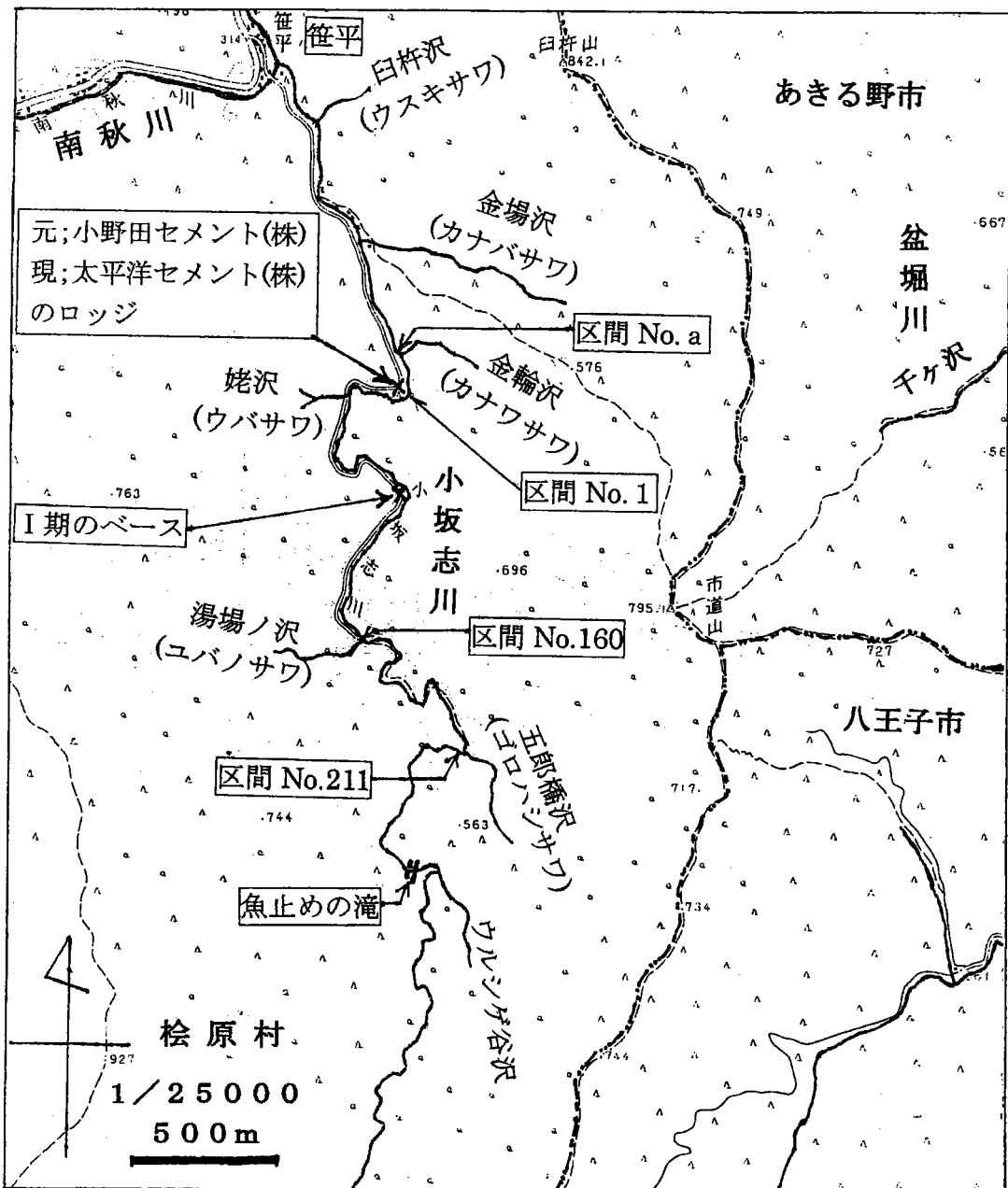
今回、Ⅰ期からⅩ期で通算50,000匹ほど捕獲し、マーキングして追跡調査した結果から、ナガレタゴガエルの繁殖行動を中心にした生態学的研究テーマについて報告する。また一方、実質上4年間に渡る通算1500時間以上の実体顕微鏡下での観察・スケッチ・写真撮影や、90ペアでの産卵行動の観察から、今回、ナガレタゴガエルの産卵行動と初期発生についても報告するものである。

調査当初から、ナガレタゴガエルの棲息個体数が莫大であることがわかり、また、現在までに報告されているナガレタゴガエルの生態面についての多くの内容が誤りであることもわかっていた。が、この10年間、一般には報告をしてこなかった。

今まで報告してこなかった最大の理由は、「ナガレタゴガエルは捕獲しようと思えば、夏以外ならば、数千匹～10万匹など、簡単に捕獲できてしまうこと」にある。冬眠場所や、春眠場所、繁殖期の詳細な特徴・捕獲方法を公表したなら、一部で乱獲されたり、捕獲調査のために結果的に多数死なせたり衰弱させてしまうであろう。この、2,3年それに近い出来事が何件か確認されてもいる。ナガレタゴガエルにしてみれば、幸いにも、本格的に生態調査をする研究者が現れなかったために、平穩に暮らしてきたのであろう。しかし、幸か不幸か、筆者が初めて本格的にナガレタゴガエルの生態調査をしてしまったわけである。



第1章の図1 調査地〔小坂志川・矢沢〕と日原川・盆堀川との位置関係



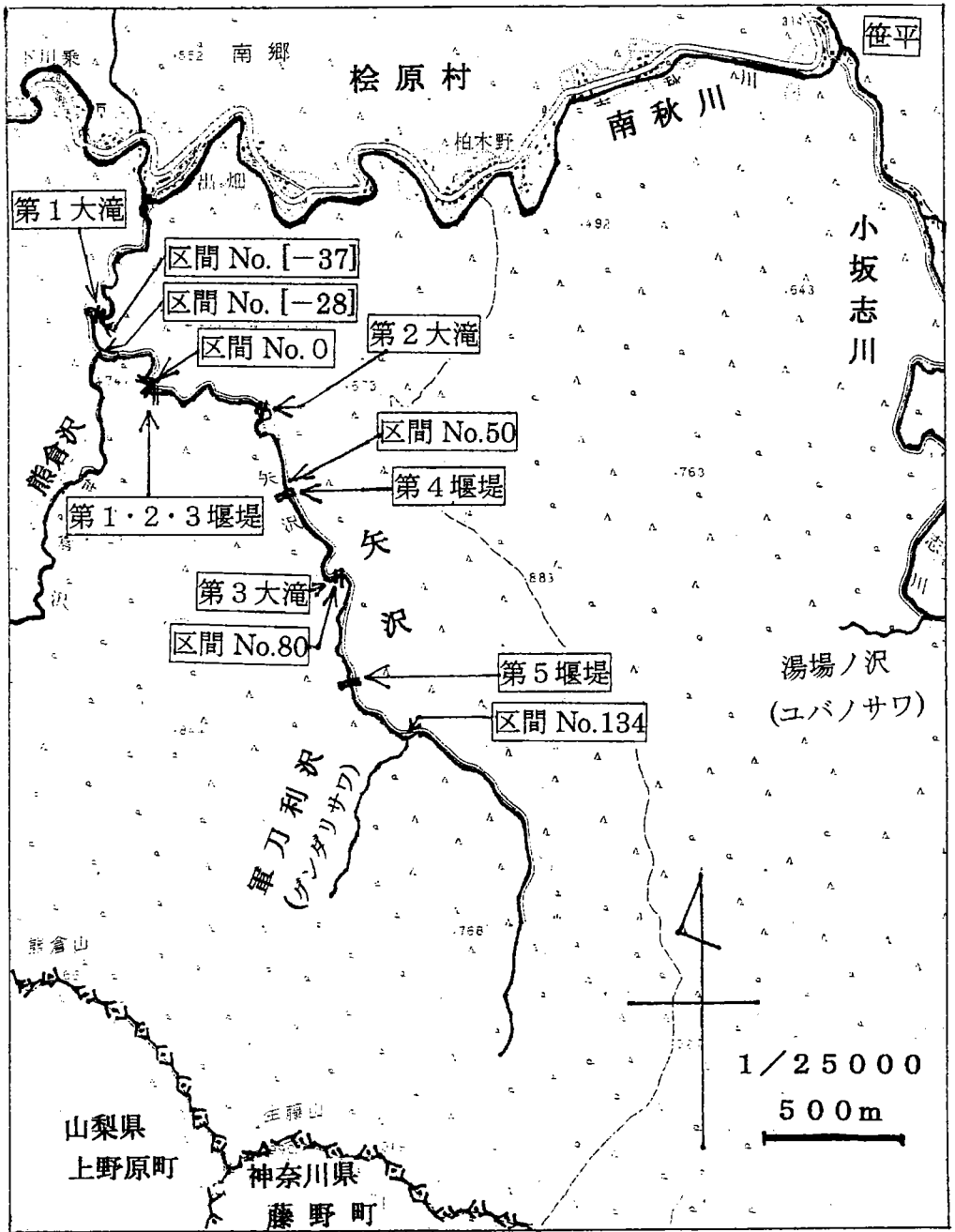
国土地理院、1/25000の地形図(五日市)より引用

### 第1章の図2 調査地〔小坂志川〕の説明

調査区間は、図のNo. a～m、1～211までである。

小坂志川は、多くの支沢を有する。滝は、図の魚止めの滝、1ヶ所だけである。

また、本流には堰堤は1ヶ所もなく、護岸されている流域も少ない。



国土地理院、1/25000の地形図(五日市)より引用

### 第1章の図3 調査地〔矢沢〕の説明

調査区間は、図のNo.-37～0、1～134までである。  
 矢沢での主要な支沢は、熊倉沢と軍刀利沢の2本のみである。  
 本流には、垂直落差の大きな滝が3ヶ所ある。  
 また本流には、堰堤が5ヶ所あり、護岸されている流域も多い。  
 第4堰堤には落差410cm；第5堰堤は落差230cmある。

第1章の表1 各年度の生態調査実施時期と各期の捕獲数

時期・調査地	秋流下期	冬眠期	繁殖流下期	春眠期	年度捕獲計
	10月中旬 ～12月中旬	12月中旬 ～2月上旬	2月上旬 ～3月下旬	3月中旬 ～4月下旬	
	捕獲数(子を含む)と成体の雌雄比%(♀:♂)				
予備調査(91秋) 盆堀川・小坂志川・矢沢		200匹 (25.1:74.9)			200匹
I期;91秋～92春 小坂志川		972匹 (37.4:62.6)	3104匹		4076匹
II期;92秋～93春 小坂志川		1784匹 (35.0:65.0)	9510匹	648匹 (32.6:67.4)	11942匹
III期;93秋～94春 小坂志川				913匹 (25.7:74.3)	913匹
VII期;98秋～99春 小坂志川		2862匹 (29.3:70.7)	5158匹	147匹 (22.4:77.6)	8167匹
IX期;99秋～00春 小坂志川	1672匹 (29.8:70.2)	2013匹 (22.0:78.0)	2506匹	497匹 (23.9:76.1)	6688匹
IX期;99秋～00春 矢沢		1984匹 (26.6:73.4)	611匹	177匹 (20.0:80.0)	2272匹
X期;00秋～01春 小坂志川			2096匹		2096匹
X期;00秋～01春 矢沢		1732匹 (50.0:50.0)	8319匹	874匹 (48.0:52.0)	10925匹
計	1672匹	11547匹	31304匹	3256匹	47779匹

第1章の表2 各年度の産卵・発生の調査観察実施時期と内容

時期・調査地	
I期;92春 大学研究室・小坂志川	研究室内水槽での産卵行動の観察。受精卵～変態完了まで実体顕微鏡下での観察・スケッチ・ホルマリン固定。約110卵塊での卵数計数。
II期;93春 大学研究室・小坂志川	調査地ロッジ内水槽で産卵行動の撮影観察。研究室内で実体顕微鏡下での発生観察。発生段階図表の下書きと全段階のホルマリン固定。
III期;94春 大学研究室・小坂志川	研究室内で受精卵～変態完了までの実体顕微鏡下での観察、ホルマリン固定。初期発生観察用標本(受精卵～神経胚までの15段階の胚を入れたもの)を50本作製。
IV期;95春 大学研究室・小坂志川	94秋に小坂志川から研究室へ5ペア持ち帰り、水温4℃で冬眠継続させる。3月に5～6℃に上げ産卵させ、産卵行動・発生の観察。全発生段階の実体顕微鏡下での写真撮影。
X期;01春 矢沢・檜原村笹平	現地の笹平の水槽内で35ペアを産卵させる。実体顕微鏡下での発生全段階の観察・写真撮影・産卵数の計数。描画装置でのスケッチ。

第1章の表3-1 冬眠期捕獲の簡略まとめ

冬 眠 期	捕獲区間No.	捕獲区間 距離(m)	総 捕 獲 数				マ ー ク し た 数			
			♂	♀	子	計	♂	♀	計	
I 期 予 備 調 査			149	50	1	200	0	0	0	
小 坂 志 川	I 期 (91~92)	a~112	1120.5	572	385	15	972	561	379	940
	II 期 (92~93)	a~132	1415.5	1125	621	38	1784	1074	602	1676
	VIII 期 (98~99)	a~164	1831.5	1965	815	82	2862	1930	791	2721
	IX 期 (99~00)	10 ③~211	2466.0	1524	429	60	2013	1498	420	1918
矢 沢	IX 期 (99~00)	4~134	2079.0	1371	496	117	1984	1343	488	1831
	X 期 (00~01)	-28~90	1934.0	848	847	37	1732	827	823	1650
計			7554	3643	350	11547	7233	3503	10736	

注；元々、指にけがをしている個体や、前年度マークの再捕獲個体にはマークしていない。

第1章の表3-2 春眠期捕獲の簡略まとめ

春 眠 期	捕獲区間No.	捕獲区間 距離(m)	総 捕 獲 数				
			♂	♀	子	計	
小 坂	II 期 (93年春)	a 下~12	361.5	436	211	1	648
	III 期 (94年春)	a 下 ④~131	1488.5	676	234	3	913
志 川	VIII 期 (99年春)	a~48	655.5	114	33	0	147
	IX 期 (00年春)	a~107	1095.0	376	118	3	497
矢 沢	IX 期 (00年春)	32~49	291.5	140	35	2	177
	X 期 (01年春)	-37~50	1453.0	453	418	3	874
計			2195	1049	12	3256	

注；II & VIII期の春眠期にはマークした。それ以外の春眠期にはマークしていない。

第1章の表3-3 秋流下期ネット捕獲の簡略まとめ

秋 流 下 期	ネット位置の 区 間 No.	総 捕 獲 数				
		ペア	♂	♀	子	計
IX 期 小 坂 志	7	0	1170	496	6	1672

第1章の表3-5 I~X期までの捕獲数の簡略まとめ

		♂	♀	子	計
冬 眠 期	I II VIII IX X期の計	7554	3643	350	11547
春 眠 期	II III VIII IX X期の計	2195	1049	12	3256
秋 流 下 期	IX期のみのデータ	1170	496	6	1672
繁 殖 期 流 下	I II VIII IX X期の計	17453	13851	0	31304
	総 計	28372	19039	368	47779

第1章の表3-4 繁殖期流下ネット捕獲の簡略まとめ

繁殖期の 流下期	ネット位置 の区間No.	捕獲数(計ではペア数を2倍している)					死亡個体(総捕獲数の内数)		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
I 期小坂志	計10ヶ所計	694	967	498	251	3104	191	61	252
II 期 小坂志	下流 a下	212	141	48	48	661	8	3	11
	↑ I	384	556	184	134	1642	130	65	195
	7	337	331	156	24	1185	54	20	74
	96	226	325	98	191	1066	38	38	76
	↓ 146	600	564	196	97	2057	114	139	253
	上流 171・172	383	403	163	15	1347	11	10	21
	支沢 金輪沢	56	52	9	0	173	0	1	1
	支沢 姥沢	86	29	6	0	207	0	0	0
	支沢 湯場の沢	205	153	45	37	645	0	0	0
	ソノ他2ヶ所	99	187	55	87	527	16	9	25
計11ヶ所	II期計	2588	2741	960	633	9510	371	285	656
VIII 期 小坂志	下流 10	518	566	167	68	1837	3	2	5
	↓↑ 174	398	516	154	17	1483	6	0	6
	上流 211	499	370	94	19	1481	5	1	6
	支沢 湯場の沢	41	108	20	3	213	2	0	2
	支沢 五郎橋沢	24	76	20	0	144	0	0	0
	計5ヶ所	VIII期計	1480	1636	455	107	5158	16	3
IX 期 小坂志	下流 10	270	357	91	12	1000	2	6	8
	↓↑ 158	175	272	69	6	697	7	8	15
	上流 211	109	291	65	17	591	1	0	1
	支沢 湯場の沢	32	75	4	4	147	0	0	0
	支沢 五郎橋沢	13	35	10	0	71	0	0	0
	計5ヶ所	IX小坂志計	599	1030	239	39	2506	10	14
IX 期 矢沢	4ノミ1ヶ所	168	167	88	20	611	0	0	0
X 期小坂志	10ノミ1ヶ所	849	228	136	34	2096	6	6	12
X 期 矢沢	下流 -11	506	332	85	69	1498	5	3	8
	↓↑ 32・33	767	186	110	93	1923	14	8	22
	上流 135	96	46	50	0	288	0	0	0
	支沢 軍刀利沢	687	302	223	39	1938	0	0	0
	支沢 熊倉沢	631	753	88	569	2672	3	0	3
	計5ヶ所	X矢沢計	2687	1619	556	770	8319	22	11
I ~ X 期： 繁殖期ネット捕獲総計		9065	8388	2932	1854	31304	616	380	996
		♂ : 17453匹・♀ : 13851匹							



この10年で、やっとナガレタゴガエルの生態の概要がわかり、多くの点について結論を出すのに十分なデータもそろった。また、調査を進めるに従い、ナガレタゴガエルの棲息環境の保全の必要性を強く感じ始めたのである。そのため、ナガレタゴガエルの棲息環境の保全を考え推進していくには、もう公表すべきだし、より詳細に具体的に発表すべきだ考えるようになった。一部の棲息地が、何らかの人為的な影響で大きなダメージを受けるかも知れないが、長い目で見て保全を推進するためには、ナガレタゴガエルの本当の姿をつまびらかにしなければならないだろう。どんな生物種でも、保全を考える時に、よく言われることに、「実際の棲息数を知らなければ何も始まらない」がある。

## 2. 研究動機

そもそも筆者の最初の研究動機は、「このナガレタゴガエルは、もしかしたら、沢・川を長距離、意識的に泳いで、流れ下るのではないか。そうだとすると、魚ほどでないにしろ、沢沿いを上流部へ遡る習性があるのではないか。そうだとしたら、すごいことなのにな。そうあってほしい。」という、私的な夢・願望から始めたものである。特に、調査方法にあてががあったのではない。冬眠期・春眠期に大量に捕獲できなければ、何も始まらないのであり、雲をつかむような状態からの出発であった。

ナガレタゴガエルの“ナガレ”とは、流水中に産卵するとか、流水域に棲息すると言う意味で、“流れ下る”と言う意味ではない。ところが、研究調査を進めるうちに、何と当初私が思い描いていたような行動をとることがわかってきたのである。そして、他の行動や発生学上においても、とても興味深い点が多くあることがわかってきたのである。

## 3. 全体的な研究目的

本研究の第1の目的=主目的は、ナガレタゴガエルの生活史全般について； 個体群密度、個体総数の年変動、行動範囲・移動距離（流下距離）、繁殖行動、雌雄比の変動とその調節要因；などを明らかにすることである。特に、上流へ沢沿いを遡る過程を明らかにすることである。そして、ナガレタゴガエルを通して、両棲類全体における共通の研究テーマについて明らかにしていくことである。

第2の目的は、ナガレタゴガエルについて、現在までに報告されている内容：現在各種の図鑑に記載されている内容の多くが誤りであることが、以前からわかっていたのだが、今回この点を正式に訂正するために、科学的方法による多くのデータを元に明らかにすることである。

これまでのナガレタゴガエルの報告には、方法上の不備による誤った報告、データ無しでの報告で論文になってしまっている内容が多数あり、現在までの報告には大きな疑問があり、この点についても筆者のデータから本報告書で再検討し、訂正する。

筆者は、当初から、なぜ特別調査もされずに、データも無しに、目視されやすかったことだけで結論が書かれて論文になってしまっているのか、疑問であった。ナガレタゴガエルの生態面については、有効なデータの元に報告されたものは「繁殖期間」だけだと言ってよい。何度も後述しているが、今までナガレタゴガエルの生態調査がなされずにきた；誤った報告がされ続けた最大の理由は、両棲類の研究者が余りに少ないことである。そのため、方法が全くおかしかったり、データも無しに推測で結論が書かれたような報告でさえも、一度論文になってしまったりすると、誰かがきちんと追試・再検証しない限り、訂正されにくいのだ。（これは、ナガレタゴガエルに限ったことではない）。研究者が多い分野ならば、よい意味でも競争・批判が多いために、誤った内容は、すぐに訂正されるのだが。

第3の目的は、山間部・溪流部の生態系保全についての重要な資料にすることである。そして、本研究の主調査地である小坂志川が、両棲類の棲息地として、特に重要であることが判明してきたため、多摩川水系の中でもこの地について、保全対策を取っていくことである。

また、第4の目的として、ナガレタゴガエルの初期発生について詳細にまとめあげ、実験材料的；生物教育教材的に考察することである。

#### 4；本調査研究の重要性について

本研究における、多くの研究成果の中でも、特に重要な点を最初に述べておく。

まず全体的なこととしては、数万～十万匹に及び、長年に渡って個体群を追った研究は、両棲類では世界でも本研究が初めてと言ってもよいくらいだということ。これは、ナガレタゴガエルの特性のおかげのため、出来得たことである。

次に具体的な研究成果で重要な点としては；

- ①；ナガレタゴガエルは、繁殖行動のために、1シーズンに平均で約1,500mも流れ下る（秋の流下＋繁殖期の流下）。今後の秋の流下調査によって、もっと長くなる可能性がある。これほど広範囲に移動し、このような移動様式、繁殖行動をするのは、世界でこのカエルだけである。さらには、沢沿いを溯る習性があるのだ。ただし、日本以外の国の山間部でも本調査と同様な方法で調査すれば、同じような行動をする種が発見されると、筆者は考えている。
- ②；個体総数が、専門的にも、想像しえないほどに多い。おそらく、日本で最も多いカエルである。  
個体群密度は、1,000匹／流程100m。総数は、成体だけで、小坂志川で10万匹以上、矢沢で約8万匹である。多摩川水系全体で、少なく見積もって200～400万匹以上である。
- ③；性比（雌雄比）が約♀：♂＝1：2～1：3であり、顕著な年変動、1：1～1：4をしている。そして、性比の調節要因としくみが長年のデータの元、わかりかけたことである。

この①②③については、両棲類全体の研究上、日本のみならず、世界的に重要な内容なのである。

## 第2節；ナガレタゴガエルについて

### 1. 今までの報告と筆者の研究成果も含めた概要

ナガレタゴガエル (*Rana sakuraii*) は、1978年に東京都奥多摩の日原川で発見され (松井 孝爾 1978)、1990年に新種として記載された (Matsui, T. and Matsui, M, 1990) 日本産のカエルとしては、最も新しい種である。本州各地の山間部では、昔から知られていたのだが、長い間、近縁種のタゴガエルと同種とされていたために新種とは気付かれなかったのである (松井 孝爾, 1982 など)。例えば筆者のフィールドである秋川水系の一部では、“ピロピロガエル”と呼んでいる。形態上、とても的を得た言い方だと思える。つまり昔から、釣り人や山間部に住んでいた人にとっては、ありふれたカエルだったのだ。ただし、[①：両棲類の研究者があまりに少ないこと]、[②：ただでさえ山中のカエルのため一般の人には目につきにくい上、基本的には水中でしか鳴かず、鳴き声が聞こえないこと]、により、莫大な棲息数にもかかわらず、長らく調査されずにきたのである。

近縁種のタゴガエルとの違いは、[繁殖行動 (時期・場所・方法)]、[繁殖時期の特異な皮膚の伸長]、そして、[水掻きの顕著な発達]、[基本的には水中でしか鳴かない (※水槽で飼うと♀がいない時に、顕著に発情している♂が水面上に出た石の上でけたたましく鳴くことを筆者は何度も経験しているが)]の4点などである。棲息地や繁殖期以外の外部形態(水掻き以外)は、ほぼ同じである。ナガレタゴガエルは、秋に沢の水辺に降りてきて、冬眠に入る準備を始める。そして、少しずつ沢を流下移動しながら、州の砂利中の伏流水地を中心に、奥多摩では12月上旬～中旬頃に冬眠場所に落ち着く(未発表)。2月中旬～下旬頃に、日最高水温が5.0℃を越えると冬眠から目覚め、繁殖行動を開始する(未発表)。まず、雄が雌よりも若干早く冬眠から覚め、沢を少し流下し主に淵で雌を待機する。やや遅れて冬眠から覚めた雌が流下してくると、淵で雄が雌に抱接し、さらに流下して適当な場所 [流れの緩やかな場所の大きな石の下や、流れはそこそこ速い荒瀬でも卵塊自体は流されないような大きな石の下やすきまなど(未発表)] に産卵する。繁殖期間中は、ずっと水中にいたために皮膚がピロピロに伸長している。これは、よりよく皮膚呼吸をするためと考えられている。また、流水中を長距離移動するために、水掻きが顕著に発達している。そして、基本的には水中でしか雄は鳴かない。一方、タゴガエルは、ナガレタゴガエルよりも繁殖行動の時期は遅れ4月頃に、伏流水中や岩窪の水溜まりで、雄が盛んに鳴き雌を呼び込み、そこへ産卵する。タゴガエルでは、繁殖期間中に著しく皮膚が伸長することはないし、水掻きはそれほどに発達していない。

また、皮膚の伸長；水掻きの発達；以外での外部形態の違いとして、成体の大きさがナガレタゴガエルでは顕著に雌の方が大きいのに対し、タゴガエルでは雌雄ほぼ同じであることがあげられる。

また一方、タゴガエルやナガレタゴガエルなど、タゴガエルの仲間の顕著な共通特徴として、<卵と初期発生>があげられる。卵塊は球形をしていて、1卵の大きさは、日本のカエルの中では、最も大きいものの1つであり、3mm強もある。また、幼生の腹部が子ガエルに変態するまで、一貫してずっと透けて見えるという特徴を持っている。この① [卵が大きい]、そして、② [幼生の腹

部が透けているために、前肢や肝臓、胆のう、鰓から肺形成など、内部組織の形成過程が観察できる]、以外にも、③ [大きさだけでなく色彩上からも各器官の形成がとてよく分かる] という初期発生において、独特の特徴がある(未発表)。

産卵数は、日本のカエルの中では最も少ない仲間の1つであり、ナガレタゴガエルの産卵数は、140~250個ほどで、平均で180個ほどである(未発表)。1卵の大きさが大きいことも一つの要因であろうが、産卵には非常に時間を要する。産みたくても産めないのだ。結果的に1度に全部産卵できずに、2つの卵塊に分産卵したり、1卵塊産んだ後に数個~20個ほど雌だけでバラバラ・ポロポロと産み落とすことが多い(未発表)。そのため、1つ1つの卵塊だけで判断すると、実際の産卵数よりもかなり少なく思われてしまう。タゴガエルでも、古くから分産卵することの報告が多数ある。また、難産ゆえに、♀は♂と抱接してからすぐに産卵できる個体もいれば、何度も何度も産卵を試みても産卵できないことも多く、抱接してから産卵できるまでにも、平均すると長時間を要する(未発表)。1週間前後してやっと産卵に成功できる個体もいれば、10日間ほどして結局産めず死んでしまう♀(未発表)や、4月になっても産卵できなかった♀なども多数確認している(未発表)。

ちなみに、ナガレタゴガエルの“ナガレ”とは、流水域に棲息し流水中に産卵するという意味である。南西諸島を除く日本のカエルで、主に山間部の溪流地帯に棲息し溪流の流水中に産卵するのは、タゴガエルの仲間とカジカガエル、そして、ナガレヒキガエルの3つのなかまでである。ヤマアカガエルやアズマヒキガエルも標高の高い溪流部の若干流れのある淵や水たまりにも産卵するが、多くは止水に産卵するものである。

## 2. 現在までのナガレタゴガエルについての研究報告

### (生態面の報告はほぼ全て誤りである)

現在までに、ナガレタゴガエルについての論文となっているものには大きく言って3本ある。

1) ;松井 孝爾・松井 正文による、新種記載の報告(1990)、2) ;草野保・福山 欣司、による繁殖行動における生態的特徴についての報告(1987)、3) ;草野 保・福山 欣司・宮下 のりこ、による指骨断面からの体長と年齢の推定についての報告(1995);以上、外部形態や行動生態学的論文としての3点である。またここ数年、アカガエル属 (*Rana*) のDNAや核型分析からの分類系統学的研究報告中でもナガレタゴガエルが取り上げられている。

以下にもう少し詳しく述べると、まず、1978年の爬虫両棲類学会の講演要旨で、松井 孝爾・桜井 淳史が、初めての報告をしている。これが、最初の報告であり、奥多摩の多摩川水系の日原川で発見し採集したものによる報告である。主に、タゴガエルとの外部形態の違いについて述べている。皮膚が顕著に伸長すること;水掻きが発達していること;幼生の歯式・口器についてなどを報告している。そして、同じく松井 孝爾が、1982年の“アニメ”で、ほぼ同様に外部形態の特徴を中心に報告するとともに、「新潟県や石川県などで、古くから存在は知られていたがタゴガエルと混同されていたようだ」と、述べている。これらの外部形態の報告の内、①幼生の全長;②幼生の

歯式、の内容は誤りである。

次に、やはり奥多摩だが、秋川水系の<sup>・</sup>盆堀川支流千ヶ沢での調査による草野 保・福山 欣司によるもので(1986年; 爬虫両棲類学会講演要旨: 1987年; 爬虫両棲類学雑誌)、これが最初の論文である。内容としては、大きく分けて二つある。一つは外部形態面、体長; 卵サイズについて; もう一つが、繁殖行動の生態的所見についてである。この内容を要約すると、① [産卵数が50~170個; 平均130個である]、② [水温4℃以上になると冬眠から覚め繁殖行動を開始する]、③ [一度繁殖行動が始まると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] 等である。これらの内容は、「Current Herpetology in East Asia (1989)」及び、「アニマ (1990)」の中で再度まとめて述べられている。しかしながら以上の①~⑧の内容は、ほぼ全て誤りである。①~⑤は方法に決定的な不備があり、結論を出せるデータが存在せず、結論自体誤りである。⑥~⑧は、特別に調査もせずデータも無しに、目視されやすかった場所・現象のみから結論付けられた報告であり、結論自体誤りである。

そして、松井 孝爾・松井 正文が、1990年に新種記載論文として、専門紙のHerpetologica に報告したのが、2本目の論文である。この内容は、前述の松井孝爾と草野・福山の内容とほぼ同様である。また、関東地方の山間部を中心とする本州各地から、「ここでもナガレタゴガエルを発見した」という短報・報告が相次いだ。

3本目の論文として、1995年に専門紙の Journal of Herpetology に (Kusano, T., Fukuyama, K. & Miyashita, N.=草野 保・福山 欣司・宮下 のりこ) が報告したものである。指骨断面からのナガレタゴガエルの年令と体長の関係について推定している。

一方、初期発生の特徴に注目した点では、1987年の生物教育学会の講演要旨で、久保田 敏・懸川 雅市が、「~ナガレタゴガエル卵は非常に大きく、高校生物の発生教材として有効である。」と報告している。また、タゴガエルの卵については、長島 義介が、「~タゴガエルの卵は大きく、美しく、~最高の実験材料と考えられる」と述べている(1980; 採集と飼育)。が、タゴガエルの仲間の発生についての論文はいまだなく、まして、発生段階図表や写真などの報告も無く、授業での実践報告例もなかった。そして、筆者が1995年度の修士論文で「ナガレタゴガエル卵の高校生物発生単元への教材化」として、詳しく初期発生の特徴と、実際に授業で使用した実践報告をしている。また、筆者が担当し、平成 10年度版から、三省堂高校生物教科書のグラビアの解説2頁と教科書指導書2頁でナガレタゴガエルの発生について解説している。このグラビアでは、受精卵から変態完了まで、30数枚の実体顕微鏡下での写真を使用し解説している(第9章の図1)。

また一方、ここ数年には、系統分類学的な観点からの論文が数本ある。これらの報告は、ナガレ

タゴガエルとタゴガエルや、また他のアカガエル属 (*Rana*) のカエル (ヤマアカガエルやニホンアカガエルやツチガエルなど) 間でのDNAレベルでの検査や、核型分析の報告である。例として；(Tanaka, M., Matsui, M. & Takenaka, O., 1994年&1995年；日本動物学会講演要旨)、(Tanaka, M., Matsui, M. & Takaneaka, O., 1996年；Biological Systematics and Ecology)、(Ryuzaki, M., Takizawa, N. & Ito, M., 1996年；日本動物学会講演要旨)、(Ryuzaki, M., Takizawa, N. & Ito, M., 1999年；Chromosome Research) など。

### 3. ナガレタゴガエル以外でのカエルにおける生態についての研究報告

最初に、両棲類の総説を幾つかあげておく。日本では、残念ながら全分野における総説はいまだ出版されていない。ただし、「ヒキガエルの生物学」(浦野 明央・石原 勝敏、編、1987年) が、ヒキガエルを中心としてであるが、生態・生理・発生・分類、等全般にわたって、よくまとめられていて、現在唯一の日本における総説と言ってよいだろう。なお、分類系統を中心に、進化・地理的分布等をまとめられているものには、松井 正文の「両生類の進化」(1996年) がある。

外国では、両棲類・爬虫類の総説は多数出版されている。ただし、それぞれに一長一短があり、分野によってはほとんど記述のないものもある。新しいものの内、行動生態の分野について、よくまとめられているものを3つあげておく。「Herpetology」(Pough, F. H. 編、1998)、「A Natural History of Amphibians」(Stebbins, R. C. & Cohen, N. W. 編、1995)。また、「Biology of Amphibians」(Duellman, W. E. & Trueb, L. 編、1994)は、総説としては、よく取り上げられるものだが、前2冊に比べると、行動面についての記述は少ない。

なお、本研究の各テーマに関する他種の両棲類の研究報告については、各章で述べることにする。

[日本での研究報告]；日本では、両棲類の個体群を複数年に渡り調査し、複数年のデータの元に、温度と繁殖行動、行動範囲、移動距離、雌雄比、個体群密度、生残率、等を総合的に調査されてきたのはヒキガエルだけと言ってよいのではないか。特に、次にあげる3つが、現在までの日本における、カエルの行動生態の研究としては、特筆すべきものである。科学的な方法で、多数のデータの元、総合的なテーマに関して、よくまとめられている。

1つめが、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1984～1987年参照)。2つめが、国立科学博物館付属自然教育園(東京都港区)の久居 宣夫らのグループが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)。3つめが、早稲田大学の石居 進が1980年から都内各所で調査したもの (「カエルの鼻」1997、や1995年の動物学雑誌参照)である。

他にもヒキガエルの行動生態に関して、総合的に調査された報告としては、次の2点があげられるだろう。1961,1962年の長野市での落合 照雄の報告、1962～1969年の八王子市での芹沢 俊介・金井 郁夫の報告である。また、ヒキガエル以外にも、短期間での調査や限られたテーマに関して

は、モリアオガエルやアマガエル、カジカガエル、ダルマガエルのなかま、等で報告がある。

が、どうしても、研究者の極端に少ない研究分野ゆえ、良い意味での批判・競争もないために、方法がとうてい科学的とはいいがたいような報告も多数あるのが実情である。

[外国での研究報告]；外国では、日本以上に古くから多くの研究者が、繁殖行動と温度の関係や、行動範囲・移動距離 等について報告している。が、野外の広い個体群の長年に渡る動向についての報告は少ない。

特に、両棲類の性比調節のしくみについて論じた報告はほとんどなく、野外における長年の個体群調査による実証データの元に、雌雄比の年変動などから両棲類の性比調節のしくみについて論じたものは、いまだないといってよい。調査した年々の雌雄比がどうだったか？ という報告は多くあっても、性比調節については触れられることはまずないし、ほとんどが繁殖期の雌雄比であり、それは、実際の個体群の雌雄比を表さないのだ。

### 第3節；具体的な研究目的・研究テーマについて

#### 1. 冬眠場所・春眠場所の主要な場所 と 冬眠様式について：→第2章

①；今までに報告されているような場所（＝[淵や水中の石の下]）が冬眠場所の主要場所ではないことは、筆者の調査当初からすぐにわかっていた。今回、冬眠場所について、実際の数値のデータや図の元に明らかにし、今までに何ら報告のない春眠場所についても明らかにすることである。他の多くの研究テーマの結論を出すためには、どうしても冬眠場所をはっきりさせなければならなかった。それは、冬眠期に大量にマーキングできなければ、調査全体が成立しないからである。また、冬眠場所の主要地がわかることにより、冬眠様式(第2章で説明)が推測されるのである。そして、春眠期にも大量に捕獲できなければ、流下距離がわからない。さらには、雌雄比を知るには、繁殖期の捕獲状況からでは実際の値はわからず、非繁殖期に大量に捕獲したデータからでなければ、実情がわからないからである。冬眠場所・春眠場所の主要地を明らかにしなければ、あらゆる研究テーマにおいて、方法をコントロールすることができないのである。ナガレタゴガエルの生態に関して、現在までの報告がほとんど誤りであることの一番の原因がこの点にある。冬眠場所・春眠場所を調査しないままであったことである。

②；冬眠への入り方を明らかにすることである。冬眠場所の状況から、ナガレタゴガエルでは、冬眠前に非繁殖期の行動域から長距離移動して冬眠に落ち着くことが推測されていた。

③；冬眠中にも、降雨や積雪により、短距離であるが移動することを明らかにすることである。このことは、Ⅱ期（1993年1月）に一部のデータから既にわかっていた。

#### 2；繁殖行動の詳細について：→第3章

①；繁殖期の捕獲数（ネットによる）・観察によって；個体群の繁殖個体数を推定すること、そ

して、繁殖期間を明らかにすること、産卵場所の主要地を明らかにすることなどである。

②；繁殖行動開始と水温の関係について明らかにすることである。

今までの報告 [水温が4℃を越えると繁殖行動を開始する] & [一度繁殖行動が始まると4℃以上の水温が必要というわけではない] (1987, 草野・福山) は誤りであることは、筆者が調査する前からわかっていた。唯一の論文；草野・福山の調査では、沢の水温に日較差が無いと考え、12時頃に水銀温度計で計測しただけで、最高水温でもなく最低水温でもなく、平均水温でもなく、通いの調査で毎日のデータでもない。また、冬眠場所をしっかりと調査していなかった。そして、1月の冬眠中の水温を計測していなかった。これら3点の方法の不備により、彼らの断片的な温度データ自体は正しいのだが、結論を出せるデータが存在せず、結論自体が誤りであった。

③；繁殖行動と水位(降雨・降雪量：融雪)との関係について明らかにすることである。今までの報告 [降雨・降雪との相関関係はない] (1989, 草野・福山) も、上述と同様に方法が不適切であるため、結論がおかしいのである。水温ほどでないが、水位と相関関係があることを明らかにする。

④；同一沢での本流と支沢での比較をすることである。水量の少ない支沢やガレ沢では、水温や水位との相関関係が本流とは異なるので、それを明らかにする。

### 3；流下距離について：→第4章

①；これが主目的の1つである。そのためには、秋の流下距離・冬眠期の短距離の移動・繁殖期の流下距離；の3つに分けて考えなくてはいけないことが調査3年目ほどで確認された。それゆえ、a：秋～冬眠場所、b：冬眠中、c：冬眠明け～春眠場所(=繁殖期の流下)、に分けて考え、1シーズンでの流下距離を複数の方法により推定する。

②；異なる沢；別個体群での流下距離の比較をすることや、堰堤・護岸・滝による流下行動への影響について考察することである。

### 4；個体群の様々な特徴について：→第5, 6, 7章

①；個体群密度；繁殖個体の総数を詳細に推定することである。また、その年変動を明らかにすることである。

②；冬眠期・春眠期のデータから成体の雌雄比を明らかにし、そして、その年変動と性比調節のしくみを考察することであり、重要な主目的の1つである。草野・福山の今までの推測での報告=[1：1である]は誤りである。彼らの論文中的数据からも元々、1：1の結論は導き出せない。

③；複数年に渡る1年後の再捕獲数から、繁殖個体の生残率について考察することである。

④；非繁殖個体(子ガエル)のデータや生残率、再捕獲のデータなどから、年齢級・生命表を推定することである。年齢と体長、繁殖個体の年齢構成の比率などを推定する。



## 5 ; 産卵について : →第8章

① ; 産卵様式 ; 産卵体勢(姿勢)や産卵に要する時間を明らかにし、また、分散産卵や死産について考察することである。ナガラタゴガエルの産卵は、極端に難産で産卵時間が長く、かつ、何度も何度も産卵態勢に入りながら、産卵できずに抱接してから産卵成功までも長時間を要する。そのため筆者は、1週間前後、何度も産卵を試みながら産卵できずに死んでしまった♀を10例ほど確認している。また、難産ゆえ、一度に産みきれないことがしばしばであり、2つの卵塊に分産卵したり、半分~2/3ほど1卵塊で産んだ後、ボロボロと産み落とす個体が多いのである。

② ; 産卵場所の主要場所を明らかにすること、及び、野外での産卵時刻を推定することである。

③ ; 産卵数・蔵卵数を明らかにすること、年齢 ; 体長と産卵数を明らかにすることである。

現在までの [産卵場所の主要場所] や [産卵数] の報告は誤りである。

## 6 ; 発生について : →第9章

① ; 発生段階図表を作成することである。ナガラタゴガエル等、タゴガエルの仲間の発生には、観察上、とてつもない長所がある。しかしながら、今日まで、タゴガエルの仲間の発生段階図表は作成されてこなかった。

② ; 現在、図鑑等に記述されている、幾つかの誤りについて訂正することにある。現在までに報告されている [幼生の歯式]、や [幼生の全長] の記述は誤りである。

## 7 ; その他の研究テーマについて

### (1) ナガラタゴガエル以外の両棲類の流下行動について : →第10章

① ; ナガラタゴガエルの行動調査から結果的に分かってきたのだが、山の両棲類は、ナガラタゴガエル以外にも、意識的に沢を長距離流下移動する。このことについて、ヤマアカガエルを中心として明らかにしていくことである。

② ; ただし、沢・川にネットを設置して流下行動の調査をするには、多くのリスクがある。この点について、現在までの経験をふまえ、しっかりと報告することである。

### (2) ナガラタゴガエルの夏の行動について : →第11章

① ; 流下距離同様に主目的の1つであり、上流へ移動する過程を明らかにすることである。ただし、このテーマについてはいまだ、全く推測の域を脱しない。現在までの一部のデータから、ナガラタゴガエルが上流へ沢沿いを遡る習性があることは、はっきりしたのだが、その過程がわからないのだ。現在までの結果から、有力な幾つかの仮説は立てられているが。

② ; 夏に主に、何を食べているのか？ 夏眠をするのか？ についてである。

### (3) その他 : →第11章

① ; 棲息域の規定要因について明らかにすること。このテーマについても、夏の行動と同様、いまだ推論の段階である。a ; 同一沢で棲息域は、下流はどこまでなのか？ ; 何が規定するのか？

b ; 同一沢では、どの付近が(上流・中流・下流)生活によいのか？

② ; ナガレタゴガエルの成体の天敵・捕食者について考察することである。多くの、直接：間接証拠から、奥多摩；調査地周辺での最大の捕食者はイノシシであると考えている。

## 第4節；方 法

最初に、簡単に全体の方法を説明する。調査地の小坂志川・矢沢を瀬や淵などの地形によって約10～15mおきに区分した。それぞれの区間ごとに、冬眠期のナガレタゴガエルを捕獲し、区間ごとにマーキングした。そして、繁殖期には、沢にトラップ（ネット）を数ヶ所に設置し、流下してくる繁殖個体を捕獲した。また、春眠期にも、各区間ごとに捕獲した。

### 1. 調査地と選定理由

<図1～3>に、調査地；小坂志川・矢沢の概要を示した。

1991年12月に、まず、秋川水系の盆堀川、小坂志川、矢沢で予備調査をした。図1からもわかるように、これら3本の沢(川)は、それぞれ尾根一つを隔てた沢であり、大きな支沢を幾つか持っている。盆堀川(千ヶ沢)は、都立大学の草野・福山らが調査していた沢である。私が、この3本の沢にまず選定したのは、一つに草野・福山のグループの方法・結論に疑問をいただいていたために比較検証のため、同一沢か、すぐ隣の沢がよいと思ったことである。もう一つには、[なるべく自宅住居から近い沢]、[林道が入っていること]、[流域が長いこと]、[あまり堰堤が無く、護岸もほとんどされていないこと]、[流域に民家や人為的施設等がないこと]の5条件が必要であったことである。これらから、まず奥多摩では秋川水系しか考えられなかったし、筆者は幼い頃から、釣り・登山を趣味とし、奥多摩の地理には精通していたのだが、特に秋川水系にはよく出向いていたこともあったために、秋川水系の盆堀川、小坂志川、矢沢にしたのである。そして、この3本の沢で捕獲したところ、小坂志川&矢沢が、非常に個体数が多く、さらに、小坂志川には堰堤が一つも無く、護岸もほとんどされていないことから、小坂志川を主調査地と選定した。盆堀川は、棲息数が少ないこと、堰堤や護岸があまりに多いことから除外した。

また、当初は、矢沢も堰堤が多いことから除外した。しかし、表1にも示したように、ナガレタゴガエルの様子がおよそ分かり、他の沢との比較検討を考える余裕ができたこともあり、IX期(99年秋～00年春)から、西隣の矢沢においても調査を実施している。

### 2. 小坂志川・矢沢について

(1) <地形的な面を中心に>；(図1～3 & 4～7の写真も参照)

①；小坂志川：小坂志川は、南秋川水系最大の支流である<図1>。小坂志沢とも小坂志川とも呼ばれるような、沢と川の間間的な流れである。特徴は、調査地選定の理由でも述べたように、本流部に堰堤が1ヶ所も無く(支沢には、カナバ沢に1ヶ所所有)、護岸されている流域も少ないこと。また、滝(落差1m以上)も上流部に1ヶ所(地元の人の言う魚止めの滝：落差4～5mほど)しかな

いことである<図2>。そして、漁協の保護対象になってきたこともあり、イワナが自然繁殖し多く棲息していること、また、カジカも多く棲息していることである。

南秋川との出合付近で標高約280m、中流部の湯場ノ沢出合で標高約330m、上流部の水が伏流部から流れ出しているあたりで標高約500m位である。本流は流程約6kmほどである。川幅は、下流域～中流域の太平洋セメント(株)ロッジ付近で2～3m前後である。水深は平均20cmほどしかないが、大きな淵(釜)では水深1～2mほどある。同じく中流域でも、湯場ノ沢出合付近になると、川幅は1～2mになり、狭い所では1m弱となる。そして、五郎橋沢出合から上流部では、急に水量も減り川幅も平均で1m前後となり、水深も淵やトロ場を除けば常に10～20cmほどになる。

最大支沢の1つである湯場ノ沢には、以前、鉱泉がわいていたことからこの名前がついていて、本流出合から100mほど入った所に昔の鉱泉の元があるが、現在この場所では沸いていない。

②；矢沢：一方、尾根を隔てた西隣の矢沢は、小坂志川に次ぐ南秋川の支流で、小坂志川とは対照的に、滝・堰堤が多い沢である。図3に示してあるように、本流には、大きな滝が3ヵ所あり、落差数十cmが連続した連瀑帯も一つの大滝と数えるなら、全体で20ヵ所ほどになる。また、堰堤が図1に示してあるように、本流に5ヵ所もある。ただし、第1・2堰堤は、ずいぶんと土砂で埋没してしまった落差20～30cmほどの低い堰堤である。矢沢には、イワナはもちろんいないし、カジカも小坂志川ほど多くは棲息していない。

南秋川出合付近で標高約330m、熊倉沢出合付近で標高約360mほどであり、上流部の水が伏流部から流れ出しているあたりで標高約550m位である。本流は流程約4～5kmほどであるが、熊倉沢という大きな支沢を有する。沢幅は、下流域～熊倉沢出合付近までは2～3m前後、中流域の第3堰堤付近で2m前後である。第2大滝から上流になると、沢幅は1～2mに狭まり、水量もぐっと少なくなる。そして、上流部の軍刀利沢出合から上流部では、急に勾配もきつくなり、沢幅は平均して1m未満となり、水量がぐっと少なくなる。水深は上下流域ともに平均10～20cmほどであり、大きな淵(釜)では水深1～2mある所もある<図4～7>。

また、小坂志川の湯場ノ沢と同様、矢沢も本流の上流部のどこかで鉱泉が沸いているようである(今までに未報告であり、筆者もまだ未発表のことである)。本調査研究で偶然わかったのであるが、冬場で矢沢本流の上流部は、中流部よりも水温が1℃ほども高く、軍刀利沢や熊倉沢と比べると平均して2℃近くも高いのである。

③；上流地域：小坂志川・矢沢の上流部付近は、東京都の〔桧原南部 都自然環境保全地域〕に指定されている<第12章の図1>。都の環境保全地域は全体で43ヵ所指定(自然環境保全地域1ヵ所；緑地保全地域36ヵ所；歴史環境保全地域6ヵ所；平成12年4月現在)があるが、自然環境保全地域はここだけである。ただし、小坂志川・矢沢ともに中流から下流部は保全地域からはずれている。中流部から下流部にかけての土地の半分弱は東京都の土地であり、半分強は地元の人を中心とした私的な土地である。特に、本研究の主調査地である、小坂志川中流域は、太平洋セメント(株)〔元 小野田セメント(株)〕の所有する土地である。

第1章の図4

矢沢の第4堰堤；

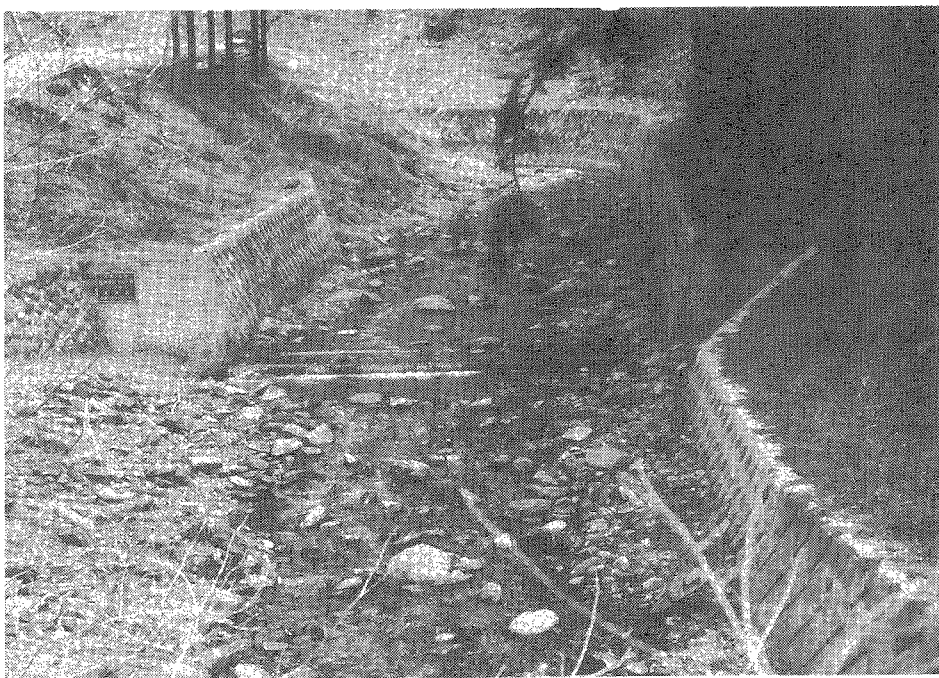
落差410cm



第1章の図5

矢沢の第1大滝；

2段で落差約5.5m



第1章の図6 矢沢の第2堰堤付近の様子

矢沢は、小坂志川に比べ、護岸されている流域が多い。水深10~20cmほど。



第1章の図7 矢沢の区間No.11に設置した流下捕獲ネット

## (2) <両棲類を中心にして>

この小坂志川・矢沢付近には、ナガレタゴガエル以外にも、多くの両棲類が棲息している。ほぼ流域全体にヤマアカガエル・タゴガエル・アズマヒキガエルが、下流部から南秋川本流にかけてカジカガエルが、また、下流部から南秋川本流の水溜まり状の所や人為的な池・水槽にモリアオガエルが多数棲息し、上流部や支沢にはヒダサンショウウオが多数棲息している。特に、小坂志川中流部の太平洋セメント(株)ロッジ下では、上記の6種のカエルが同所で繁殖活動をしている、とても貴重な場所なのである。

## 3. 全体の調査方法；（各テーマの詳細については各章を参照）

### <産卵・発生以外の調査研究方法の流れ>；

- 調査地の詳細な1/500の地図作り。
- 沢の調査区間を決定し、流程10～20mおきに区分・スプレーで印付けし、調査区間をNo. 付け。
- 冬眠期に調査区間内で1,000～3,000匹ほど捕獲しマーキング。……………[12月～1月]
- 自動記録温度計を数ヶ所に設置。……………[1月～4月]
- 流下個体捕獲用ネットを沢の本流3～5ヶ所&大きな支沢に設置。……………[1月末～3月末]  
繁殖期の開始前～終了後の1月末～3月末には、毎日数回、ネット内を回収しチェック。  
本流では、1ネット当り1,000～3,000匹ほど流下し入ってくる。  
ネットで捕獲した個体にも、最下流部のネット以外では、マーキングする。
- 春眠期に、数百匹捕獲。……………[3月末～4月末]

※；IX期（XI期以降も）には、秋流下期にもネット設置；毎日複数回ネット内を回収・チェック。  
……………[10月中旬～12月下旬]

※；ネット設置期間中の [10月中旬～12月下旬] & [1月下旬～3月下旬] は、1日も休めない状態で毎年調査を継続している。

方法の大原則として、[複数年度（I～X期）]、[複数の調査場所（小坂志川・矢沢・軍刀利沢・熊倉沢、等）]、[複数の方法（各テーマ参照）]、を3つの柱として、より方法をコントロールした。とかく、野外の野生生物の生態調査では、しっかりとした方法の取られている研究でさえも、2，3年程度のtemporaryな調査で、かつ、ある1つの調査地でしかない場合がほとんどである。野生動物の生態など、10年間位は継続し、しかも調査地に住み込むような形を取り、かつ複数の調査場所で調査しない限り、何も結論などは出ないし、出してはならないと筆者は考えている。2，3年の予備的調査で、初めて複数の仮説が導き出され、そこで初めて方法がコントロールされるのである。筆者も調査区間が適切に確定でき、MAPが作成されきるのに3年度を要した。冬眠場所の主要地がわかりきるのに、丸1年を要し、春眠場所がわかるのに2～3年度を要した。産卵場所や産卵状況の詳細（分産卵や実際の蔵卵数など）の概要がわかるのにも数年度を要した。

それゆえ、最初の2～3年度は予備調査的に終わり、より客観的に結論を出すためのデータを取るのには、それ以降となったわけである。また、性比や生残率、個体群密度等のデータを取るのにも、最初の2、3年は予備調査的であり、その後数年間データを取らざるを得ないのである。

(1) <調査地のベース> ; <図1, 2>も参照

I期は小坂志林道の路肩にテントを常設し、II期は調査地内にある小野田セメント(株)[現; 太平洋セメント(株)]のロッジを借用して、Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ期は、小坂志川が南秋川と合流する地点の笹平の家を借用し、調査をした。

(2) <予備調査>

I期の91年12月に前述の秋川水系の盆堀川、小坂志川、矢沢;の3本の沢で、それぞれで、冬眠期のカエルをタモアミと素手で、主に素手で捕獲した。

(3) <地図の作成と調査区間の設定> ; <図2, 3>及び、<図8, 9>も参照

1/500の小坂志川と矢沢の地図を作成した。これは、東京都の1/2,500の地形図(図葉名: 矢沢)、小野田セメントのロッジ建設の際に作られた小坂志川下流部の1/1,000の地図、及び、東京都の林務課からコピーしていただいた、小坂志川と矢沢の1/5,000の林班図を元にして、筆者が合計3ヶ月ほどかかって作成した。

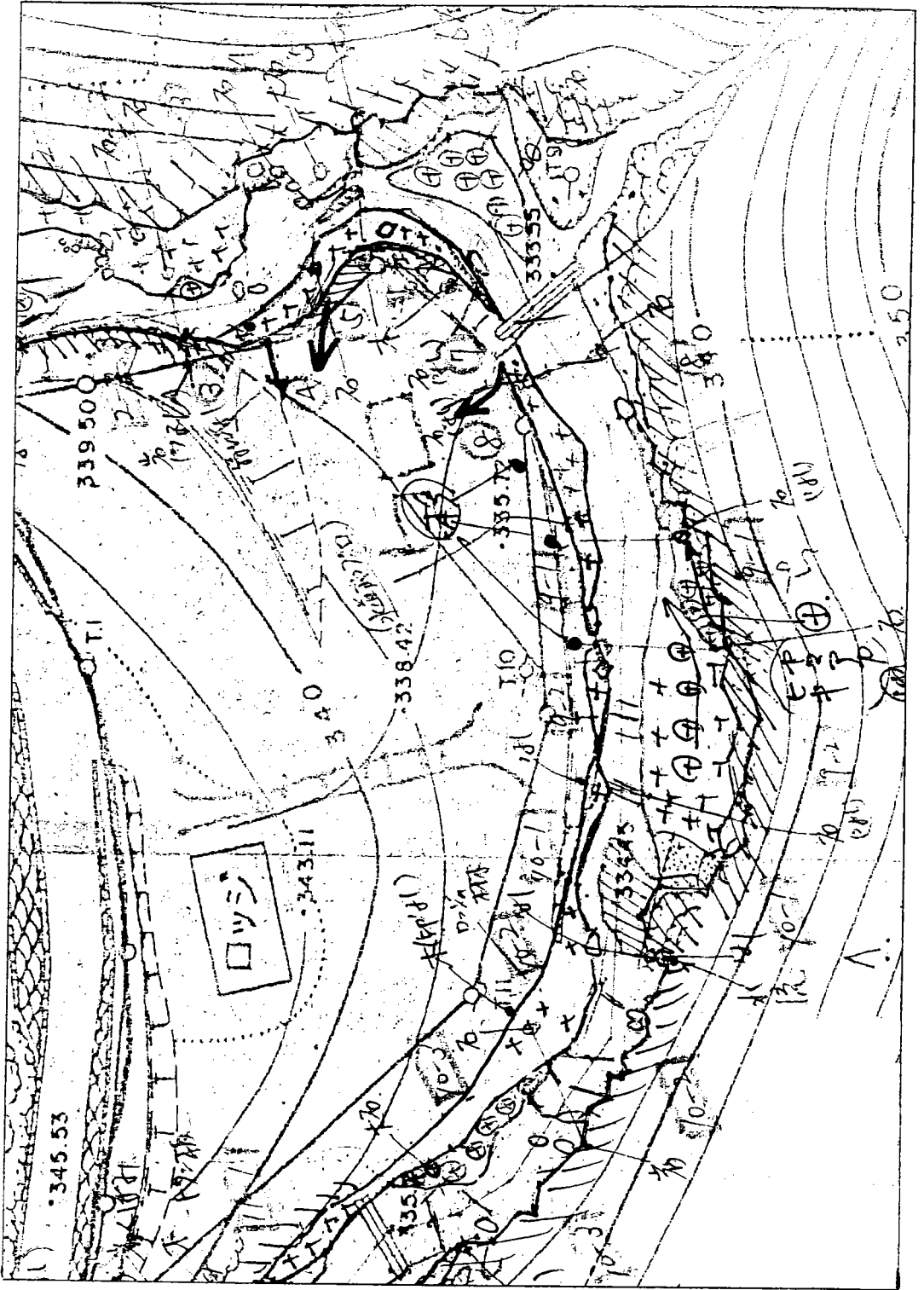
そして、調査区間内の沢を瀬・淵などの特徴ごとに、流程を約10～15m間隔で調査区間を区分し、スプレーペンキで石・岩に余り目立たない程度に目印をした。この区間を1/500のフィールドマップに記入した。一部を<図8, 9>に示す。

(4) <冬眠期・春眠期の捕獲について> ; 表1や第2章の図も参照

素手とタモアミにより捕獲した。捕獲は、どんな流域でもまんべんなく実施し、捕獲しやすい所や巣・団地(後述する)を中心に捕獲したものではない。個体群密度や再捕獲率のことを考えて、捕獲しにくい所やいなさそうな所でも、同様に捕獲を試みたため、1日当たりや時間当たりの捕獲草数には、大きな差があった。より詳細については、第2章で述べる。

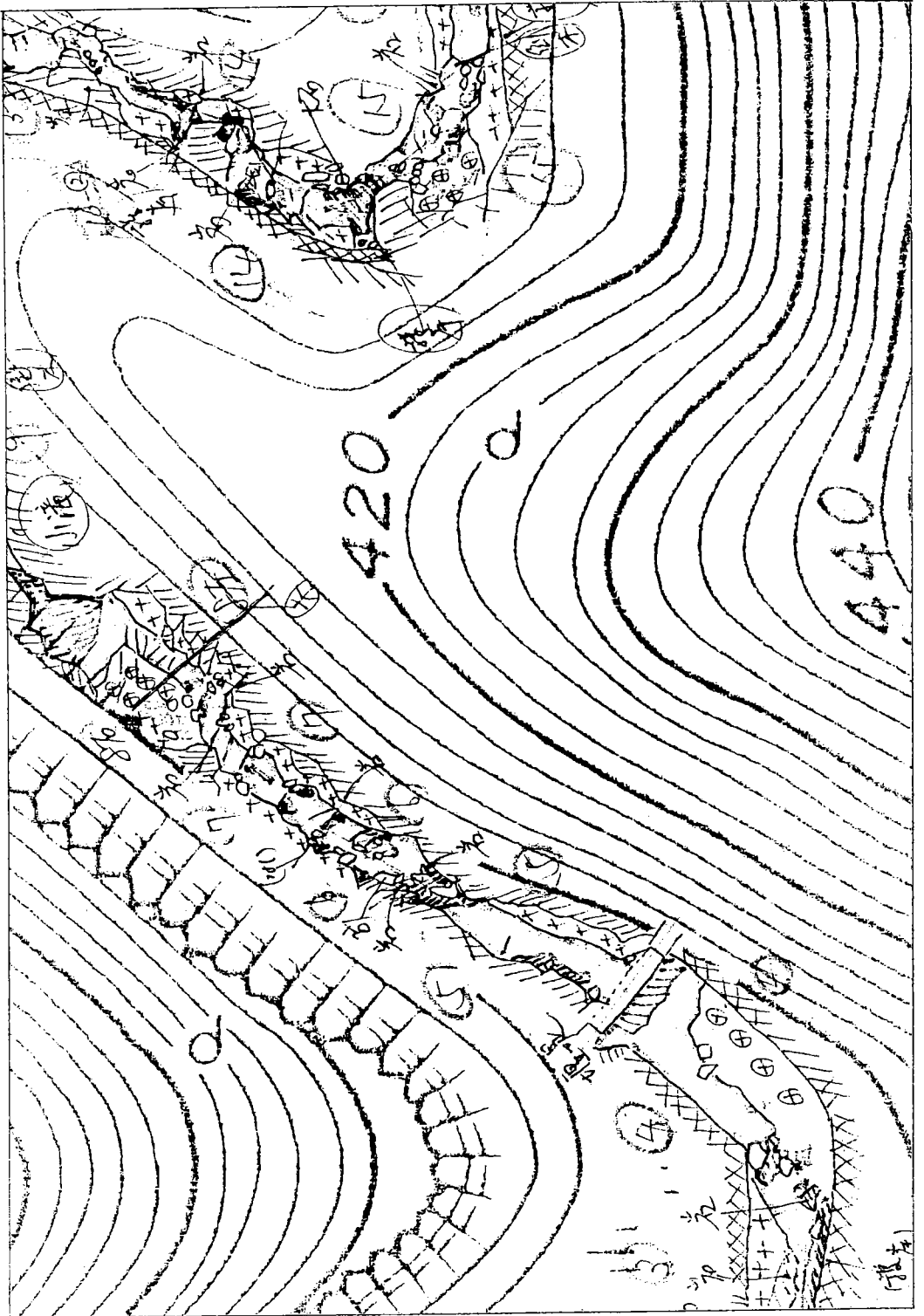
(5) <マーキング方法と捕獲時の調査項目について> ; <図10, 11>も参照

調査区間ごとにグループマーキングをした。マーキング方法は、眼科用のハサミでの指切りと、ポンチを使用しての水掻きへのポンチ穴で行い、[左手・左足・右手・右足]の順番で4ケタの数字とした。5本の足指は、No.1～5とし、水かきへのポンチ穴が、No.6～8である。しかし、マークは基本的には、足のみの2ヶ所にした。I期には、1ヶ所の指切りだけのマークもしたのだが、元々のケガによる個体が想像以上にいることが分かり(とはいっても1%未満であるが)再捕獲の時に混同しかねないので、単なるケガと間違わない様に1ヶ所だけというマークはさけた。また、極力、手指(前肢の指)を切るのを避けた。雄が雌に抱接している時にはさなくてはならず、確認しにくいためである。また、雄が雌に抱接するための婚姻瘤があるために、これを切ると繁殖行動に非常に支障をきたすと思われるからである。そして、雌雄の確認後、独特なけがなどの特徴の



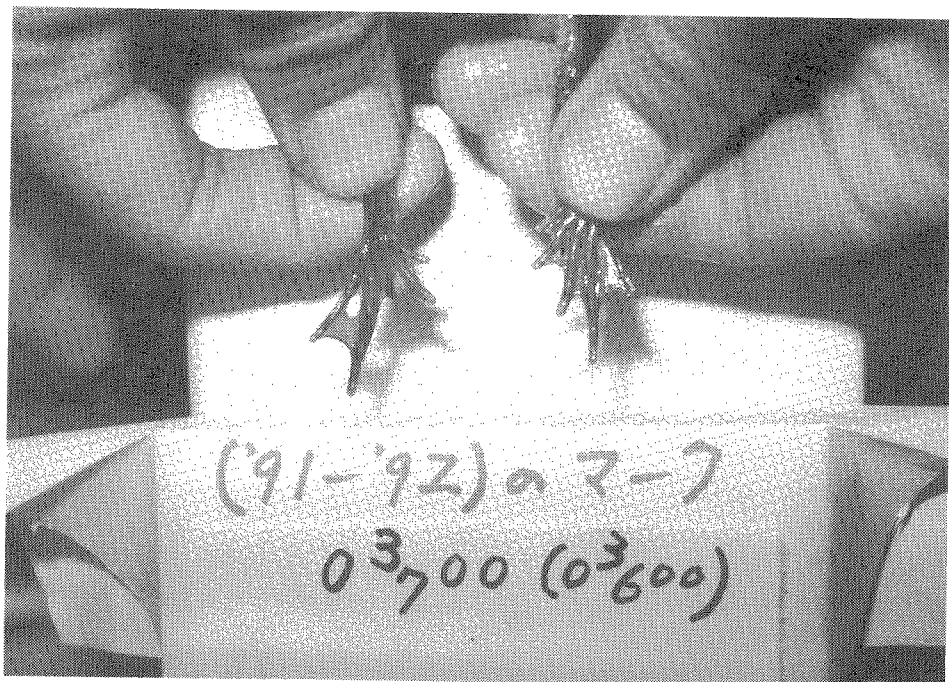
第1章の図8 小坂志川の調査地図の一部分；1/500  
元；小野田セメント株のロッジがある、〔区間No.2～10〕付近





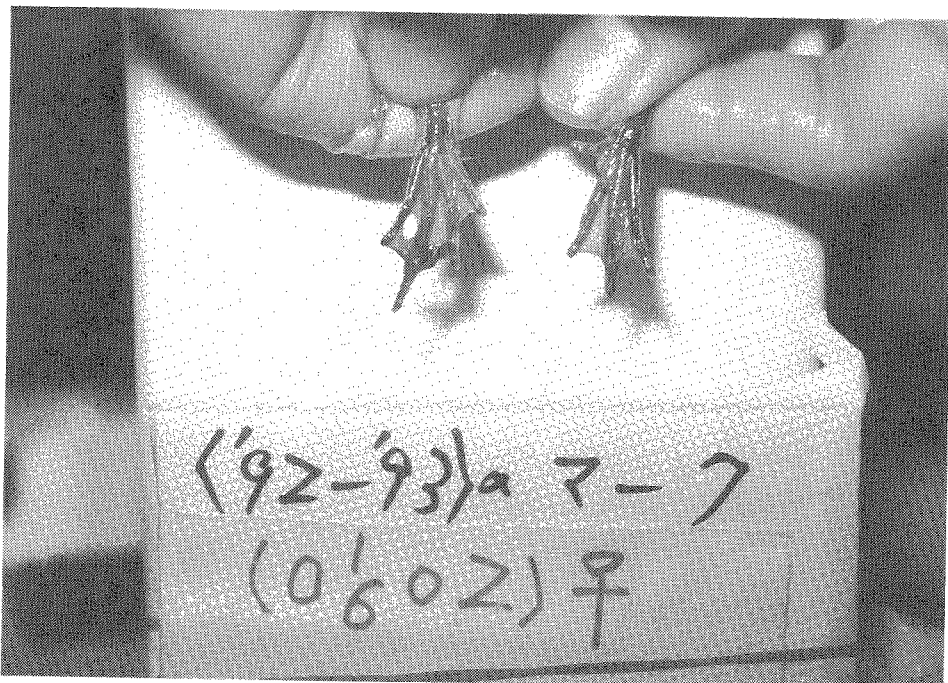
第1章の図9 矢沢の調査地図の一部分；1/500

第3堰堤がある、〔区間No.3～15〕付近



第1章の図10 マーキングの1例

1992年1月にマークした〔03700〕（Ⅰ期当初はこのマークを03600としていた）が、1993年1月に再捕獲された時の状態。指の切断部は数カ月後には黒く癒痕状になる。



第1章の図11 マーキングの1例

Ⅱ期（1993年1月）にマークした例；Ⅱ期には、ごく一部の個体で図のように3ヶ所のマークも実施した。基本は2ヶ所のみである。

ある個体はチェックし、特に大きな個体や小さな個体は全てノギスにより0.1mm単位で体長を計測した。調査区間ごとにグループマーキングをした後、捕獲した区間へリリースした。

#### (6) <温度(水温・気温・水地温)の計測について>

基本的には、沢の複数ヶ所の水温を自記温度計〔表示; 0.02℃; 10分間隔で測定〕で24時間、1～4月まで計測した。水銀温度計でも随時計測し、その値も参考にしつつ、一応、最終的には、標準水銀温度計により0.1℃単位で補正した。IX期のみ秋の10月(1999年)から、水温・気温を計測した。

州の伏流水部の砂利中に集中して冬眠していることがわかり、この場所にセンサーを入れて計測をしたが、ほぼ水深10～20cmほどの水底の石の下にセンサーを入れて計測した場合と同じ値であった。そのため、水温は、直射日光の当たらない、流れのある水深10～20cmほどの水底の石の下のすきまにセンサーを入れて計測した。

#### (7) <繁殖期の流下ガエルの捕獲トラップ(ネット)について>; <図7>も参照

I期(10ヶ所に設置)、II期(11ヶ所に設置)と試行錯誤を重ねた結果、VIII期以降、筆者が使用しているネットを説明する。

入口の所は、ヘラブナ用の替えフラシ(替えタモアミ)の直径40cmや45cmを使用している。底の部分をはサミで切り取って使用し、返しとなるようにしている。入り口の部分には、太い針金を二重に通し、楕円形にして、さらに二重に布をへりに1周縫い付けて補修し、擦り切れるのを防いでいる。本体部は、コンウエットネットの5mm目のネット(東急ハンズで1m幅で売っているもの)を使用し、1m幅のネットを直径40cmほどの筒状にしたものを2つつなげ、丈夫な紐で2重に全体を縫って結合させている。更にこの本体部に、入口のヘラブナ用替えフラシを縫い合わせて、長さ2m弱のネットとする。目は5mm位が、長さは2m位が適している。短いと、流れが速い所の場合、大きな水圧が直接かかり、長時間カエルが入っていると弱ってしまったり、死んでしまったりするからである。また1つに、流れが比較的ゆるやかな場所にセットした場合、カエルが逆に泳ぎ逃れることがありうるからである。また1つに、ピーク時には、丸1日で200～600匹入ってくるため、2m位がちょうどよいのである。そして、目幅は、10mm近いと逃げられてしまうし、3mmほどだと、枯葉や枯れ枝等も流下してくるために目詰まりしやすく水圧によって破損しやすいのである。また、繁殖期の冷える時期には、毎朝毎晩、ネットの空中に出ている部分全体が水しぶきで凍りつくのだが、目が細かすぎるほど凍りやすく、より破損しやすいのだ。

#### (8) <捕獲トラップ(ネット)の設置場所・設置期間について>; 第3章の<図1～5>も参照

VIII・IX・X期には、I・II期の結果をふまえて、次の2点に注意して実施した。1つには、ネットとネットの間隔は、最低500～600mはあけることである。II期の結果から、繁殖期の平均だけでも500m以上は流下し、個体によっては、2,000～3,000m流下することがわかったためである。また1つには、なるべく1月中旬から設置することである。なぜなら、1月中旬～2月上旬にも、降雨によって動き出しの水温である最高水温5℃以上に上昇することがしばしばあること。また逆に、

降雪による急冷によっても冬眠中に流下移動するのがわかったからである。

VIII期には、小坂志川に計5ヶ所；IX期には、小坂志川に計5ヶ所&矢沢に1ヶ所；X期には、小坂志川に1ヶ所&矢沢に計5ヶ所；そして、VIII・IX期はおよそ、1月下旬～3月下旬まで、X期は2月上旬～3月下旬まで設置した。

#### (9) <捕獲トラップ(ネット)の1日の回収時刻と1日の回収の回数について>

VIII・IX・X期には、やはりI・II期の苦い経験・結果(=多数死なせてしまった；第10章)をふまえて、次の2点に注意して実施した。1つには、1日最低でも1回；平均2, 3回は回収すること。そして、繁殖期間中のピーク時である3～5日間は、1日に平均6回ほどは最低でも全てのネットを回収することにした。また、ピーク時の終了後でも、午後から急に冷え込んだ日などは、夜～朝にかけて、複数回、回収して凍死を極力防いだ。

#### (10) <秋の流下ガエルの捕獲について>

繁殖期の流下カエルの捕獲と同様の方法で10月中旬～12月中旬に捕獲した。

#### (11) <産卵・発生に関する観察>

I期には、5ペアほど大学研究室へ持ち帰り、水槽内で産卵の様子(体勢・要する時間、等)を観察し、写真撮影した。そして、その産卵させた卵塊を用い、受精卵～変態完了までを実体顕微鏡下で観察し、各発生段階の胚・幼生をホルマリン固定した。また、現地で1つの大きな石裏に産みつけられた約110卵塊の各1卵塊の卵数を1日かかりで計数した。

II期には、調査地内の当時の小野田セメント(株)のロッジ内で、20ペアほどを2つの大水槽内に持ち込み、やはり産卵の様子(体勢・要する時間、等)を観察し、8mmビデオ&写真撮影した。

また、高校生物の発生観察用教材として、ナガレタゴガエルの受精卵～神経胚まで15段階の初期胚を入れた観察用ガラス管標本を50本作製した。

IV期には、秋(94年10月末)、冬眠準備に入った♂、♀5匹ずつを捕獲し、大学研究室へ持ち帰った。これらを恒温器内で4℃に保ち、冬眠を継続させ、春(95年3月上旬)に水温を5～6℃に上昇させ、研究室の水槽内で産卵させた。また、同時に小坂志川で捕獲し持ち帰った5ペアも研究室水槽内で産卵させた。これらの約10卵塊を用いて、3月上旬～5月中旬まで、発生の観察をした。各卵塊を恒温器内で発生を進行させ、実体顕微鏡下で観察・写真撮影・スケッチをした。II期の結果もふまえ、50の発生段階に設定し、各段階の特徴を詳細に記録した。また、各段階をホルマリン固定した。特に、歯式や幼生の全長については詳細に観察した。

V期には、II・IV期の結果をふまえ、修士論文、「ナガレタゴガエルの高校生物発生単元への教材化」でナガレタゴガエルの発生の概略と観察用標本を用いての授業での実践報告をまとめた。

X期には、現地の笹平の借家室内に、沢でネット捕獲した35ペアを持ち込み、それぞれ別の水槽内で産卵させた。同室内に設置した恒温器内で(01年3月中旬～5月中旬)、受精卵～変態完了までを実体顕微鏡下で観察・写真撮影・描画装置でのスケッチをし、よりしっかりと発生段階を設定した。そして、それぞれ1匹の雌の産卵数を計数した。ただしII期の観察時と同様、5♀は2卵塊

に分産卵をし、過半数は、1つの卵塊を産み終えた後、バラバラと数個～十数個産み落とした。また特に、幼生の全長や歯式については、現在まで誤った記載が多いので、IV期と同様に、よりしっかりと観察した。

#### (12) <地元の住人等からの情報>

長年に渡り、繁殖期間中は調査地にこもるようにして調査してきたこともあり、地元の人からは、時として、興味ある情報を多くいただいた。1つには、イノシシ猟の猟師グループからの「イノシシの胃の中から、ヒダサンショウウオやナガレタゴガエルがたくさん出てくる」という情報である。また1つには、現地の笹平の方々からの多くの情報である。内容については後述する。

#### (13) <川・沢での調査にあたって>

いたずらや、釣り人とのトラブルを避ける意味もあり、林道やネット脇には看板〔漁協に断り許可を得ていること、連絡先、等を書いている〕を備え付けた。I期は、桧原村役場へ届け出ただけで、漁協への届け出が遅れ、迷惑をかけてしまった。その後、遅れながらも毎年、秋川漁協には届け出て、許可を得て調査をしている。本調査のような方法を実施するためには、漁協の協力・許可がなければ、できないのである。特に、3月1日以降にも調査する場合、溪流釣りが解禁になるために、本来ネットでの捕獲など許されるはずもないのだ。

そして、Ⅷ～Ⅹ期には漁協から、3月以降のナガレタゴガエルの繁殖活動が終えるまで、ネットの設置を許可されたために、貴重なデータ（ナガレタゴガエル以外の両棲類の流下状況に関する）が数多く取れたのである（後述）。

## 第2章；冬眠 (Hibernation) と春眠 — 生活史 ① —

### 第1節：ナガレタゴガエルの生態を知るには冬眠場所を知らなければ始まらない！

#### 1；なぜ冬眠場所が重要なのか？

「今まで、ナガレタゴガエルの生態調査はされてこなかった」、と言っても全く過言ではない。最大の理由は、①：[両棲類の研究者が極端に少ないこと]、②：[ナガレタゴガエルがただでさえ山中のカエルの上、基本的には水中でしか鳴かないため、鳴き声が聞こえず発見されにくく、実際の棲息数や産卵場所等がわかりにくい点]にある。そして、今までの生態面での報告は、ほとんどが誤りであった。その根底の理由が、「冬眠場所が調査されてこなかった」ことにある。

では、なぜ、「ナガレタゴガエルの生態を考える上で、冬眠場所が最も重要である。」なのか？。冬眠場所がわかることで；①：棲息数が推測できる。②：冬眠様式（後述）がわかり、秋の行動が推測できる。冬眠場所から逆算して推測すると、冬眠に入る前の秋に長距離流下移動していることが推測できた。③：流下距離や個体群密度等を知るための方法が確立される。冬眠期に大量捕獲しマークできないことには、その後の流下距離、個体群密度の推定のための再捕獲調査ができないのである。④：繁殖行動開始（冬眠明け）の外的誘発要因（温度・水位等）を調査するための方法が確立される。何をパラメータにするべきなのか？、[気温か？地温か？水温か？]、[最低水温か？最高水温か？平均水温か？]、[天気か？水量・水位か？]。方法をコントロールするためには冬眠場所の詳細がわからなくてはならないのである。⑤：冬眠期に大量に捕獲できることで、真の個体群の性比（雌雄比）がわかる。繁殖期の捕獲では、真の性比はわからないのである（後述）。等々。

[冬眠への入り方（冬眠前の長距離流下）]；[棲息数・個体群密度]；[流下距離]；[性比]；[繁殖行動開始の外的誘発要因]；等を調査する場合の方法のコントロールには、[冬眠場所の詳細を知ること・冬眠期に大量捕獲できること]が、必須要因なのである。

では、なぜ、「冬眠場所や産卵場所、等が、たまたま目視されやすい場所のみの報告で、特別に調査されることがなく今日まで来た。」のか？

ナガレタゴガエルは、1978年に奥多摩の日原川で発見された個体が、初めて新種として認識された。最初に、イワナ撮影のためにウエットスーツを着て潜って撮影していた写真家によって、深い淵・釜で発見され、[冬眠場所や産卵場所が、深い淵や水中の石の下]と報告され、一部では[棲息数が少ない]という報告がされた。そのために、[棲息数が少ない、あるいは、タゴガエルやヤマアカガエルと同程度の棲息数]；[冬眠場所や産卵場所が、深い淵や水中の石の下]という、誤った先入観が持たれた。しかし、この発見時の個体は、島流しにあったような一部；氷山の一角であ

り、淵や釜やトロ場にいる個体が、観察・調査しようとする人目に付きやすかっただけなのである。

また元々、ただでさえ山中にいるカエル（タゴガエルやカジカガエル）は、繁殖期以外には、気付かれにくく発見されにくいし、人目に付かない石の下などに産卵する。しかし、繁殖期には鳴き声があるから気付かれ、産卵場所も発見されやすく、実際の棲息数も推測されやすい。ところがナガレタゴガエルでは、基本的には空中では鳴かないために鳴き声が聞こえず、実際の棲息数や産卵場所の主要地がわかりにくいのだ。（ただし、飼育下では、顕著に発情している♂が自ら、水面上に出た石の上に上がり、けたたましく響き渡る声で鳴くことを、筆者は何度も確認している。）それゆえ、ナガレタゴガエルの生態調査をするならば、目視されやすい場所・現象以外にも様々な可能性を考えて、冬眠場所・産卵場所等を調査しなければならないはずである。しかし、実際の多くの個体における冬眠場所・産卵場所等は、特別に調査されることなく今日まで来たのである。

「長い間新種として気付かれなかった」、そして、「発見後も今日まで生態調査がされなかった」理由が、両棲類の生態研究者がほとんどいないこと、基本的に水中でしか鳴かず、鳴き声が聞こえないこと 【最初に誤った報告が論文になってしまったための誤った先入観】にある。

今日までのナガレタゴガエルにおける生態面の報告の内容のほとんど；【冬眠場所、産卵場所、冬眠への入り方、捕食者、産卵数、等】は、空中・水中から目視されやすかった場所・現象のみでの報告で、特別に調査し何かしらのデータの元に結論を出したものではない。特別に調査をし、有効なデータの元報告されたのは 【繁殖期間】 だけである。春眠についての報告もいまだない。

元々、成体だけで、多摩川水系全体で少なく見積もっても推定200~400万匹以上、1つの沢に数万匹前後も棲息し、それだけの数の産卵もされている（後述）。このことがわかっていたなら、また、両棲類の研究者がもう少しいたなら、すぐに目視できる所以外にも、冬眠場所・産卵場所等の調査がされ、誤りだらけの報告がされ続けることもなかっただろう。

なお、本調査地の小坂志川には成体だけで10万匹以上、矢沢でも8万匹ほど棲息しているが、ここが特別に棲息数の多い場所なのではない。ここにしても、繁殖期に幾つかの淵に集まった100~300匹位の大量の♂を見ただけでは、数万匹もいることは想像できないし、そこまでの棲息数があるという気配など全く感じられないのである。実際に冬眠期に大量捕獲をするか、繁殖期にネットでの流下捕獲調査をしない限り、成体だけで1つの沢に数万~10万匹以上も棲息しているとは、空中はもちろん、水中からの目視の観察では推測もできないのだ。

## 2；両棲類の冬眠・春眠・夏眠

両棲類など、変温動物は冬眠をし、早春に繁殖活動をするタイプでは（ヒキガエル、ナガレタゴガエルなど）春眠する。また、一部の種（ヒキガエルも）では、夏眠することが報告されている。

両棲類の生態の分野は、他の研究分野同様、他の脊椎動物に比べると研究例は少ないと言ってよいが、一部の種においては昔から世界各地で研究されてきている。日本における両生類の行動生態

についての研究報告例も少ないが、ヒキガエルについては他の研究分野同様、よく調査されてきている。しかし、日本でも世界でも、両棲類の冬眠・春眠・夏眠に関してのみ報告された文献というのは数が少なく、このテーマについて多くのことが書かれている総説もとても少ない。

幾つか総説をあげると、日本では第1章であげた、「ヒキガエルの生物学」(浦野 明央・石原 勝敏、編、1987)の中で久居 宣夫が、冬眠・春眠について、まとめて記述している。また、「ヒキガエルの生態学的研究 (IX)；繁殖期の行動」(久居ら、1987)の報告書の方が、「ヒキガエルの生物学」以上に、冬眠・春眠・夏眠について様々な観点から述べ、それまでの文献等についてよくまとめられていると思われる。また、第1章でも取り上げた「金沢城のヒキガエル」(奥野 良之助、1995)の中で、ヒキガエルの冬眠・春眠・夏眠について様々な観点から述べられている。

一方、欧米での総説で、冬眠・春眠・夏眠についてよくまとめられているものとしては、「Environmental Physiology of the Amphibians」(Feder, M. E. & Burggren, W. W. 編、1992)があげられる。この中では、冬眠・夏眠だけについても25頁をさき、まとめられている。[どんな場所で冬眠するのか]、[水温や地温との関係]、などについて多くの例があげられている。

この第2章では、ナガレタゴガエルの冬眠に関して以下の3つの問題点について考察する。

- ①；どんな場所に冬眠するのか？である。→第2節の内容である。
- ②；夏の行動域と同じ場所で冬眠するのか？あるいは、秋に繁殖地の近くまで移動して冬眠に入るのか？という問題である。これは、種によって異なる。→第3節の内容である。
- ③；冬眠期間中にも行動をするのか？である。→第4節の内容である。

①；に関しては、ナガレタゴガエルに限らず、どの種においても詳細な研究報告は実に少ないのである。地中・水中・厚い枯葉等の下；というぐらゐのことは、ほとんどのカエルでわかっている。が、地中何cm位の所なのか？とか、地中は地中でも、繁殖地から平均してどれ位の位置なのか？といった、詳細についてはほとんど報告例がない。前述の「Environmental Physiology of the Amphibians」の中ではこの点について随分とまとめられている。しかし、ナガレタゴガエルを含めて一部の種では、詳細はおろか、冬眠場所・春眠場所の主要地がわかっていない、調査がされていないのである。最近、2000年の爬虫両棲類学会の講演要旨での報告「渓流域に生息するカエルの越冬の状況」(小椋 義範、2001)があり、その中で、タゴガエル・ナガレタゴガエル・ヤマアカガエルについての簡単な報告があるが。

②；については、久居が「ヒキガエルの生態学的研究 (IX)；繁殖期の行動」の中で、「冬眠場所については、[秋には移動しないで、非繁殖期の行動域で冬眠する場合]と[秋に行動域から繁殖地の近くまで移動して冬眠する場合]とに分けて考えられる」ことを述べている。この中で、「～一部のカエル類は、秋に行動域から繁殖池の近くまで移動し、そこで冬眠する。」と記述し、幾つかの例を挙げている。また、「ヒダサンショウウオは、成体の多くは産卵のために秋の内に繁殖場所へ集合して冬眠することが推察される」という報告もある(懸川・岸、1993)。



③；については、「ヒキガエルの生物学」中で久居が、冬眠中の早い時期に冬眠が明ける気象条件（気温や地温・水温）に達すると行動は起こすが、内的要因（ホルモン分泌や生殖細胞の成熟）が完了しなければ、繁殖行動は誘発されない点について述べている。つまり、「本来の冬眠期間中に異常に暖かくなると、行動は起こすが繁殖行動には至らない」、ということである。この点は、「金沢城のヒキガエル」(奥野 良之助, 1995)、「カエルの鼻」(石居 進, 1997)でも述べられている。

また逆に、冬眠中に温度が急降下した場合にも冬眠中に移動することが報告されている。この場合は、身の危険（凍結）をさけるために移動するのである。例えば、アメリカのある種のヒキガエルでは、地中で冬眠する深さを、凍結する温度0℃によって移動させる（冷えて、凍結層が深くなると冬眠場所を深くする）ことが知られている（Breckenridge, W. J. & Tester, J. R., 1961）。

## 第2節：ナガレタゴガエルの冬眠・春眠

### 主要場所は州の段状地形部の伏流水部の砂利中である

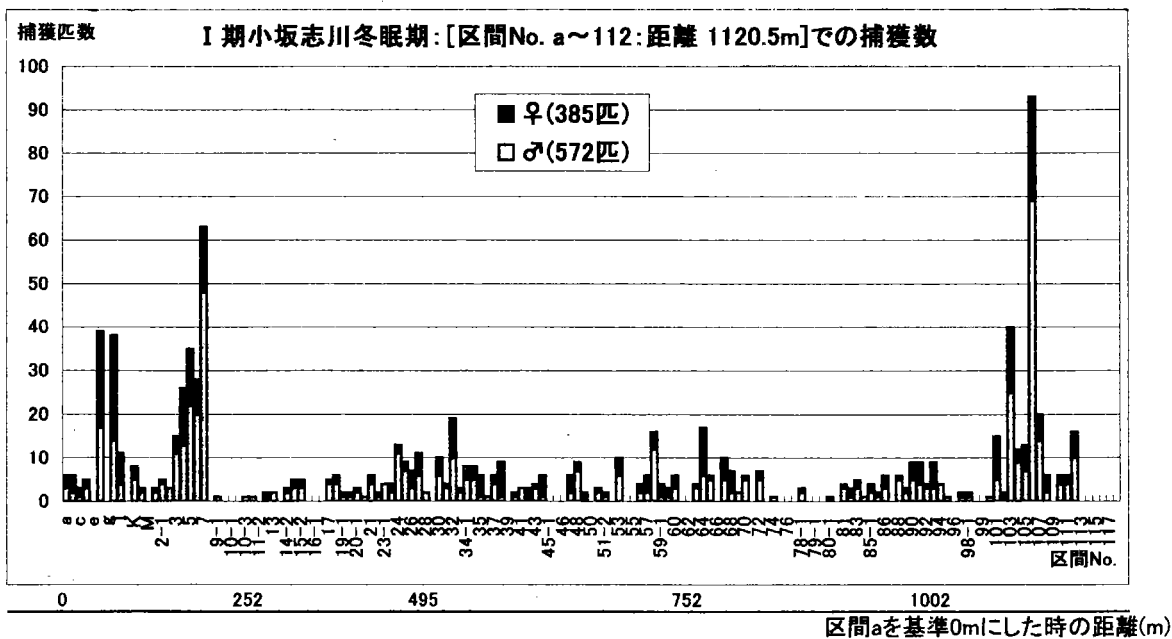
#### 1；捕獲調査の方法と結果・一部考察

(1) 冬眠期；<図1-1~6>に各年度の冬眠期捕獲数のグラフを示した。また、<表1-1~3>に各期の冬眠期捕獲数の詳細を示した。第1章の<表3-1>も参照。

方法・結果の要点をまとめると；

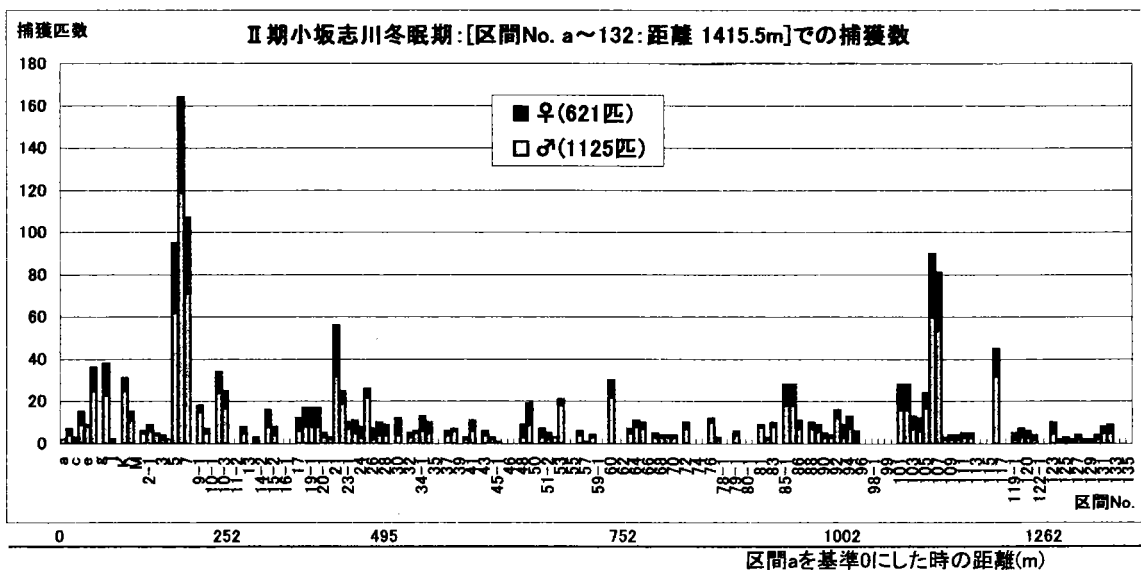
- ①；捕獲は、素手とタモアミで行い、捕獲に際しては、再捕獲による個体群密度の推定のためにも、どの流域でもまんべんなく試みた。捕獲しやすい所を集中的に実施したのではない。
- ②；捕獲期間は、12月~2月上旬に実施した。(IV期での秋の捕獲で10月末には水辺に集まってきているのがわかっていた。そして、IX期の秋の流下調査で冬眠に落ち着くのは12月上旬~中旬であることがわかった(→図4)。そのため、捕獲開始は12月上旬頃からが適切だと考えている。また、捕獲は、ネットに流下個体が捕獲される頃；最高水温が5℃になる頃まで実施した。)
- ③；捕獲数の多くは、後述する巣や団地によるものであり、伏流水状の砂利中であつた。グラフからもわかるように、このような特定の場所に集中していた(→図3)。つまり捕獲姿勢は、ひざまづいての砂利掘りのようなもので、深く水中に入るといのではない。
- ④；小坂志川でも矢沢でも、毎年、冬眠期には調査流程1,000m当り、およそ1,000匹の割合で捕獲できた(→図1)。また、調査区間である中・下流域では、全体で見るとどこでも捕獲され、特に下流の方が多いとか、少ないとかいったことは無かつた。
- ⑤；集中する場所の巣・団地では、数m~10数mの流程で100匹以上楽に捕獲できた。

この集中する場所は、伏流水部であり、幾つかのタイプがある。最も大きな巣は、<図3>に示すような場所で、流れが90°位屈曲する所にできる三角州である。このような州では、瀬の流れから淵やトロ場側へ、30~50cm位の高度差が生じる。そのために、州中を伏流水が流れる。この段状地形の伏流水部の砂利中、及び、州の周囲の湿った砂利中にごっそりとたまっているのだ。また、このような州の外側の流れはごく小水流で大きな石がごろごろとたまっている。ここの高度差が生じて段状地形が形成され、その段々の湿った砂利中にごっそりとたまっているのである。



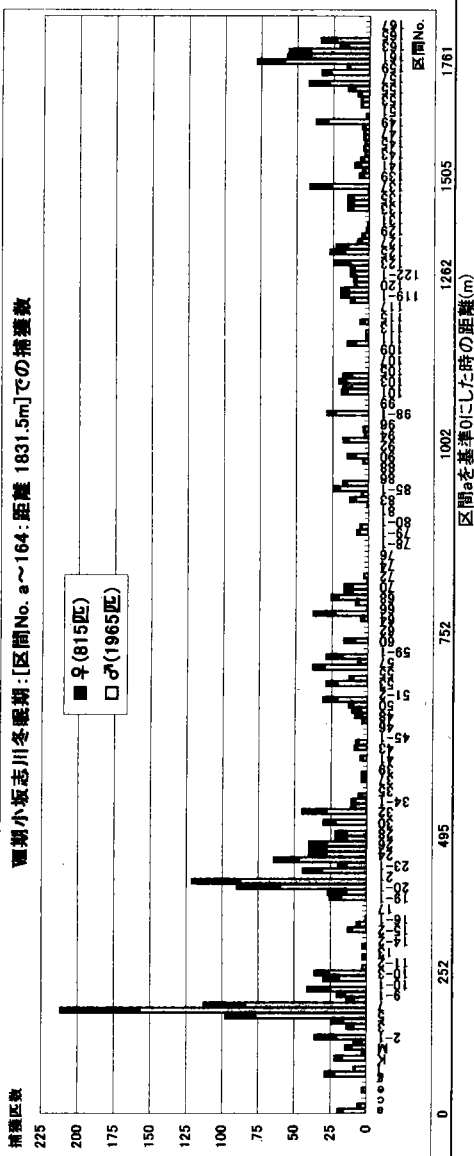
第2章の図1-1 I 期小坂志川冬眠期

(91年12月下旬~92年2月上旬): 区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)

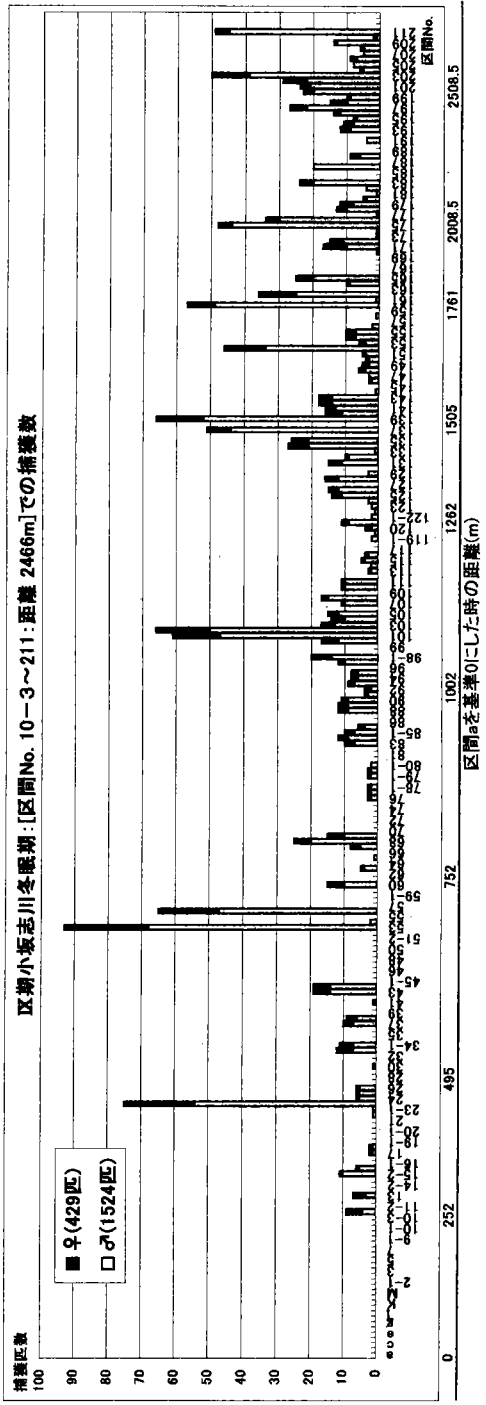


第2章の図1-2 II 期小坂志川冬眠期

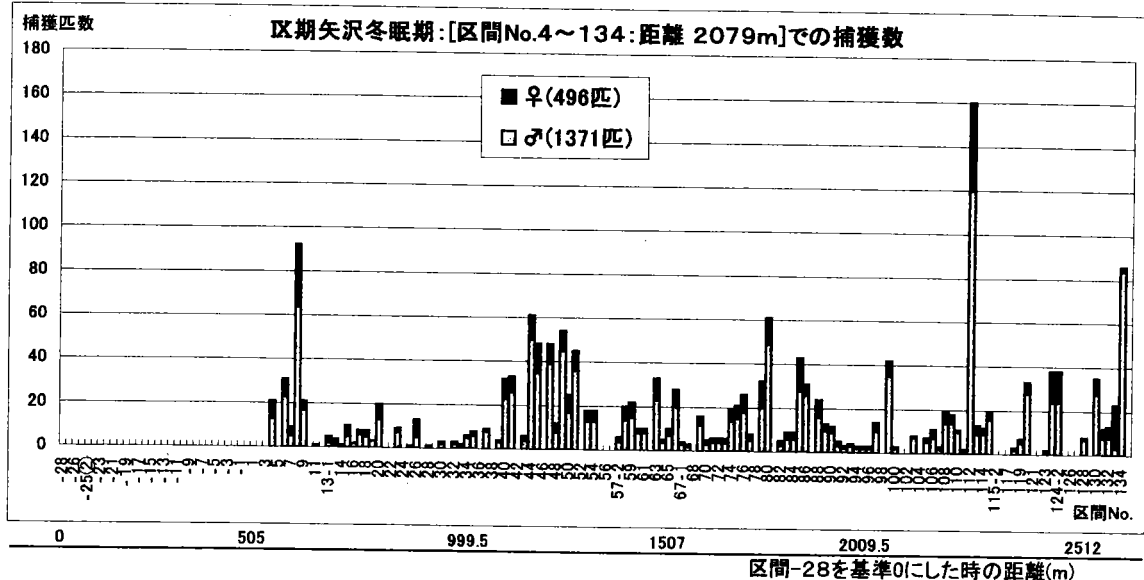
(92年12月下旬~93年2月上旬): 区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)



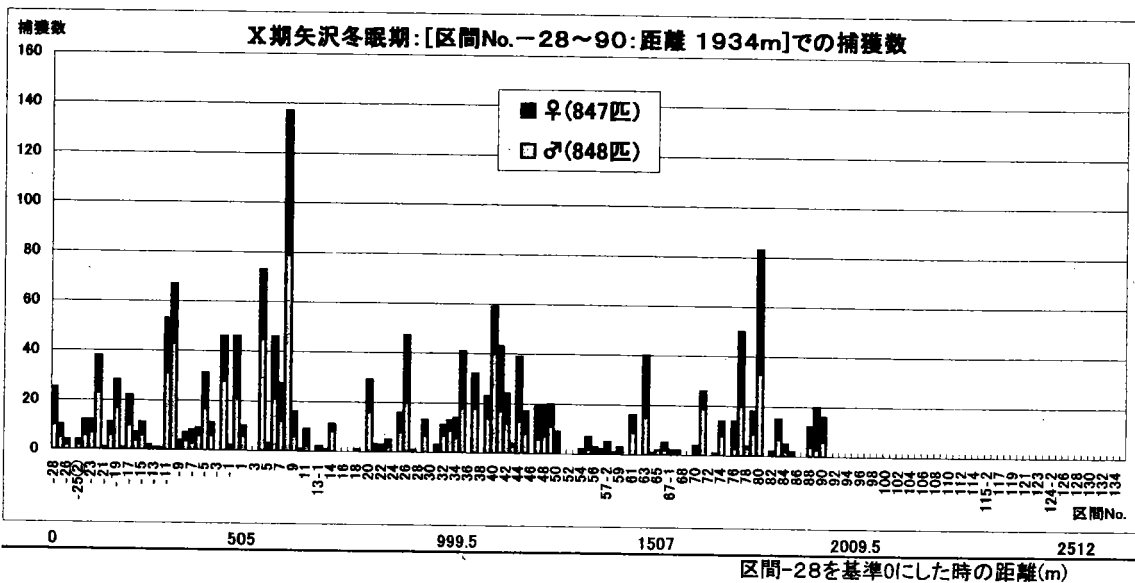
第2章の図1-3 Ⅷ期小坂志川冬眠期  
 (98年12月下旬~99年2月上旬) : 区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)



第2章の図1-4 Ⅸ期小坂志川冬眠期  
 (99年12月下旬~00年2月上旬) : 区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)



第2章の図1-5 IX期矢沢冬眠期  
〔99年12月下旬~00年2月上旬〕：区間ごとの捕獲数（成体ノミ表示）



第2章の図1-6 X期矢沢冬眠期  
〔00年12月下旬~01年2月上旬〕：区間ごとの捕獲数（成体ノミ表示）

第2章の表1-1 小坂志川での冬眠期捕獲数の詳細

小坂志川 I期 冬眠期 [91年12月下旬～92年2月上旬]

捕獲区間・距離	a～112&172		1120.5m		既死♀	計
	♂	♀	子	既死♂		
全捕獲数	572	385	15	0	1	973
実質冬眠期;1/26マデ区間[a～107]	483	289	11	0	1	781
実質雌雄比	62.6%	37.4%				1
マーキングした数	561	379				940
捕獲日 & 備考	1/11～2/11;計10日間 2月始めに既に一度動いた。 2/11の捕獲で産卵済♀を24匹も捕獲。 ※動き出した後の初期では相対的に♀が多く捕獲される。♂が冬眠場所から水中等へ移動しているから。					

小坂志川 II期 冬眠期 [92年12月下旬～93年2月上旬]

捕獲区間・距離	a～132&172		1415.5m		既死♀	計
	♂	♀	子	既死♂		
全捕獲数	1125	621	38	0	1	1785
実質冬眠期; a-116マデノ捕獲	1081	583	30	0	1	1695
実質雌雄比	65.0%	35.0%				
マーキングした数	1074	602				1676
捕獲日 & 備考	12/31～2/6;計15日間 1月下旬の降雨で水温7℃まで上昇し一度動いた&2月7日早くも春一番。93年1月は本降りの降雨多かった。					

小坂志川 VII期 冬眠期 [98年12月下旬～99年2月上旬]

捕獲区間・距離	a～164		1831.5m		既死♀	計
	♂	♀	子	既死♂		
全捕獲数	1965	815	82	6	1	2869
雌雄比	70.7%	29.3%				
マーキングした数	1930	791				2721
捕獲日 & 備考	12/6～2/20;計20日間					

小坂志川 IX期 冬眠期 [99年12月下旬～00年2月上旬]

捕獲区間・距離	10-3～211		2466m		既死♀	計
	♂	♀	子	既死♂		
全捕獲数	1524	429	60	1	0	2014
雌雄比	78.0%	22.0%				
マーキングした数	1498	420				1918
捕獲日 & 備考	1/8～2/27;計20日間 誰かに12月中旬～下旬に、小坂志川・矢沢共に壊滅的に荒らされた					
VIII期冬眠期マーク個体の再捕獲率(1年後)						
VIII冬マーク再捕数	1	2				3
VIII冬捕獲区間内デノIX冬捕獲数	743	247				990
I年後の再捕獲率	0.13%	0.81%				0.30%

第2章の表1-2 矢沢での冬眠期捕獲数の詳細

矢沢 IX期 冬眠期〔99年12月下旬～00年2月上旬〕

捕獲区間・距離	4～134		2079m		既死♀	計
	♂	♀	子	既死♂		
全捕獲数	1371	496	117	1	0	1985
雌雄比	73.4%	26.6%				
マーキングした数	1343	488				1831
捕獲日 & 備考	12/12～1/6；計14日間 誰かに12月中旬～下旬に、小坂志川・矢沢共に壊滅的に荒らされた					

矢沢 X期 冬眠期〔00年12月下旬～01年2月上旬〕

捕獲区間・距離	-28～90		1934m		既死♀	計
	♂	♀	子	既死♂		
全捕獲数	848	847	37	3	0	1735
雌雄比	50.0%	50.0%				
マーキングした数	827	823				1650
捕獲日 & 備考	1/3～2/18；計15日間 この年も誰かに12月中旬～下旬、小坂志川・矢沢共に壊滅的に荒らされた。遅くとも、2/8には動き出していた。					
	IX期冬眠期マーク個体の再捕獲率（1年後）					
IX冬マーク再捕数	9	9				18
IX冬捕獲区間内デノX冬捕獲数	747	758				1505
I年後の再捕獲率	1.20%	1.19%				1.20%

第2章の表1-3 予備調査での冬眠期捕獲数

I期予備調査〔91年12月〕での捕獲数

捕獲沢（捕獲日）	♂	♀	子	計
千ヶ沢（12/19）	15	0	0	15
矢沢（12/22）	28	22	1	51
小坂志川（12/20・23）	106	28	0	134
計	149	50	1	200
雌雄比	74.9%	25.1%		

例えば、小坂志川の区間No.5～7や、105～107である。

2つ目の巢の例は、支沢やガレ沢が本流部へ流入する所や；滝の落ち口の出口付近や；堰堤上部である。ここにも、扇状地状の段状地形の州が形成され、その砂利中にごっそりとたまっている。例えば、矢沢の区間No.4や、80、112、134などである。

他にも例をあげたらきりが無い。要するに、**水位差が生じる段状地形部の伏流水部の砂利中**である。**扇状地のような所でもある。**

⑥；♂ばかり捕獲できる所や、♀ばかり捕獲できる所があった。♂は、全体から見るとごく少数だが、いはゆる深い水中の石の下にも冬眠していることがあった。

(2) 春眠期；<図2-1～6>に各年度の春眠期捕獲数のグラフを示した。また、<表2-1～2>に各期の春眠期捕獲数の詳細を示した。①；[捕獲姿勢や捕獲方法など、また、捕獲場所については冬眠期と同じである]、②；[冬眠期と同様な場所に集中していたが、冬眠期とは異なり、伏流水状の場所だけでなく、岸辺から上がった陸上の石のすきまでも休む個体が多かった]、③；[毎年4月末には水辺で捕獲できなくなったことから、およそ4月末頃に春眠明けし、春眠期間は3月中旬～4月末の1ヶ月半位である]、④；[3月末に降水量の多い降雨が極端に多く増水の激しい年では、4月上旬にはもうほぼ全ての個体が、陸に上がって休んでしまう。Ⅷ期(1999年4月)がそうであった]。ただし、春眠明けと詳細な気象要因については、今後の課題である。

## 2；[冬眠場所・春眠場所]と[冬眠期間・春眠期間]の結論・考察

①；今までに報告されている場所＝[淵や水中に没した石の下(～overwinter under submerged stones. 1989, 草野・福山)]が冬眠場所の主要場所ではない。

②；冬眠場所の主要な場所は、水位差が生じる段状地形部の伏流水部の砂利中である。

例えば、州中の伏流水部や、支沢やガレ沢が本流部へ流入する所などの扇状地上の段状地形の伏流水部の砂利中である。これらのような、特定の場所に集中することが多い。この特定の場所とは、筆者の言う；巢・団地である。

ただし、全く水中の石の下で冬眠しないわけではない。

③；雄と雌では、若干、冬眠場所が異なる。

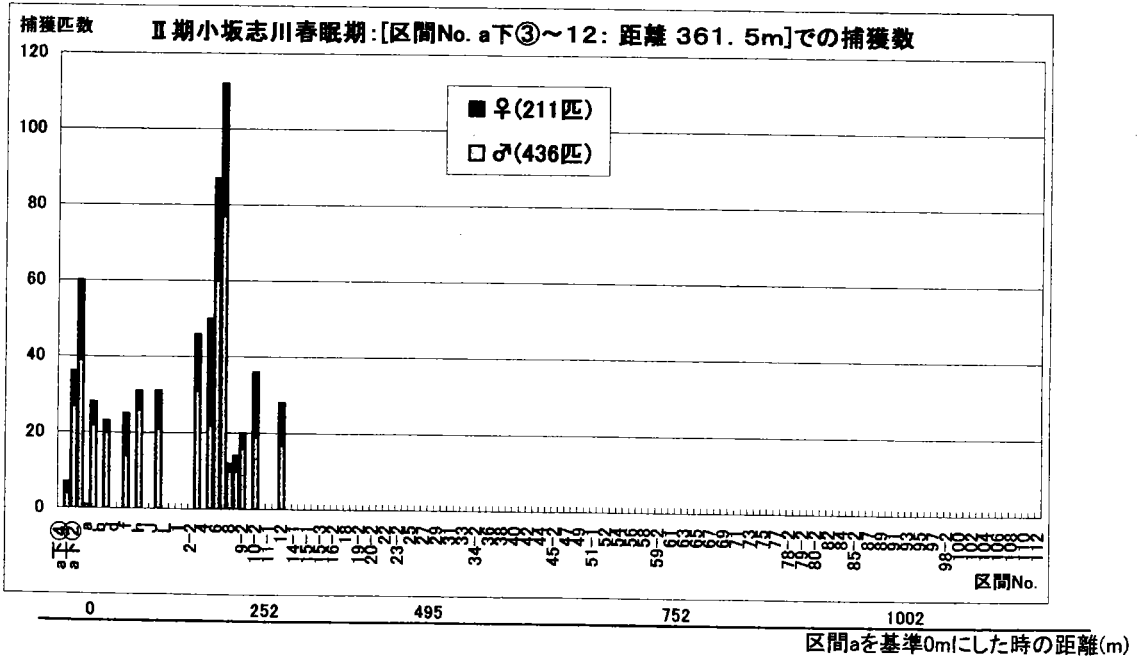
④；冬眠期は、12月中旬～2月上旬である。(この点や冬眠明けについては第3章で詳述する)

⑤；春眠場所はほとんど冬眠場所と同じ場所である。

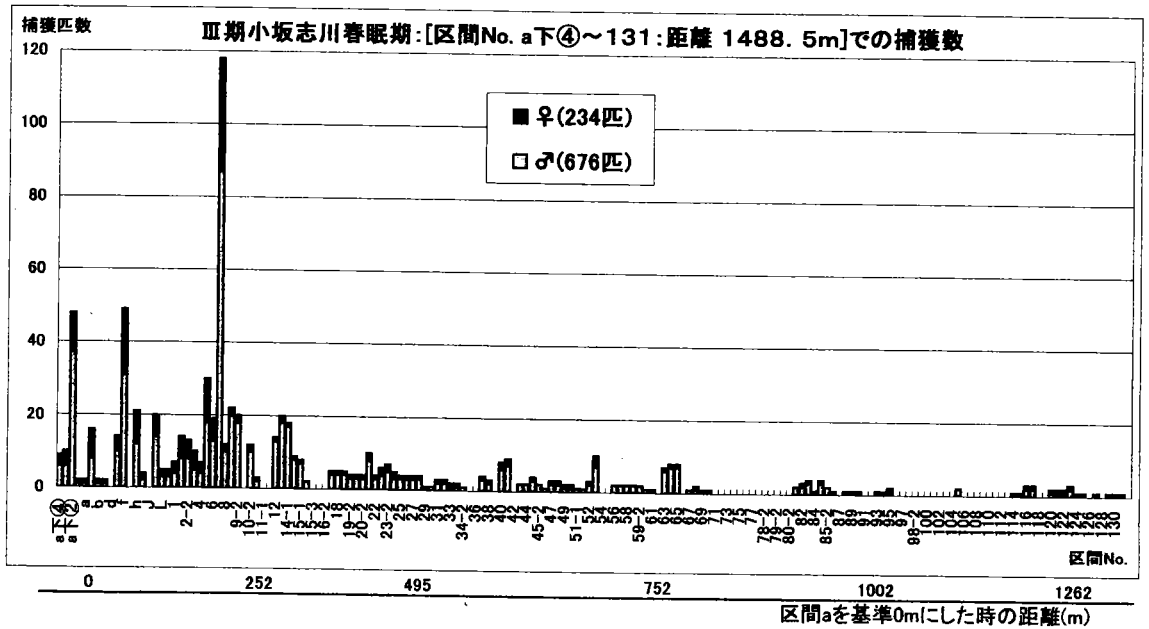
⑥；春眠期は、3月中旬～4月末頃での1ヶ月半ほどである。ただし、3月に増水が激しいと、4月上旬頃には、ほぼ全ての個体が、水際から上がり陸上で春眠する。

①②の根拠・証拠は；

1) 筆者が現在までに冬眠期で1万2千匹近く；通算で5万匹ほど実際に捕獲した結果から。

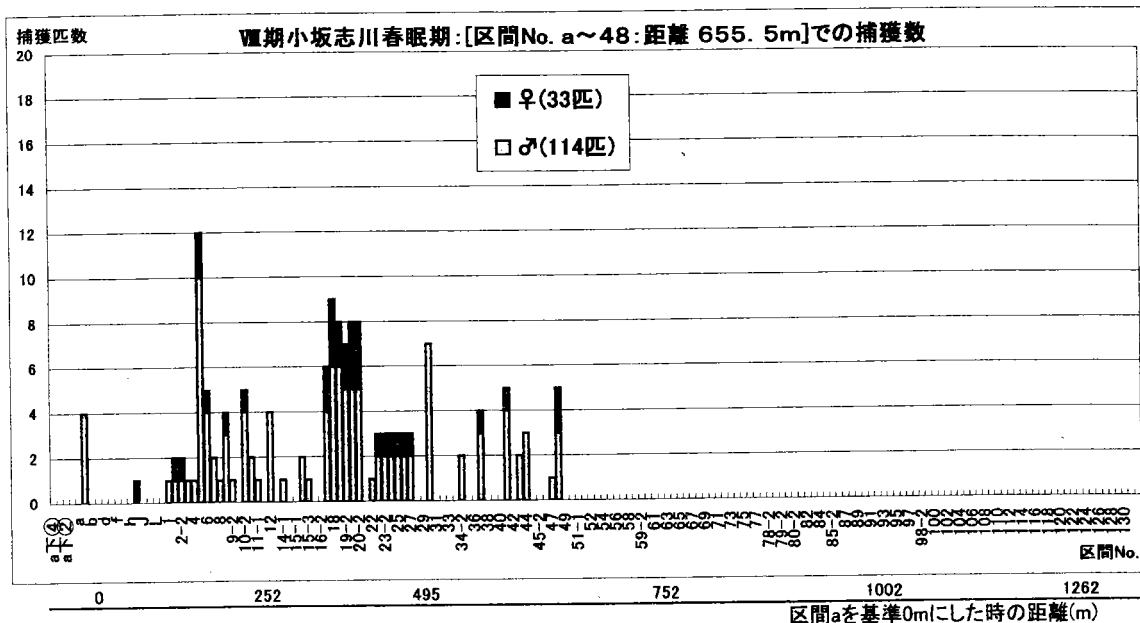


第2章の図2-1 Ⅱ期小坂志川春眠期  
〔93年3月下旬~4月下旬〕：区間ごとの捕獲数（成体ノミ表示）

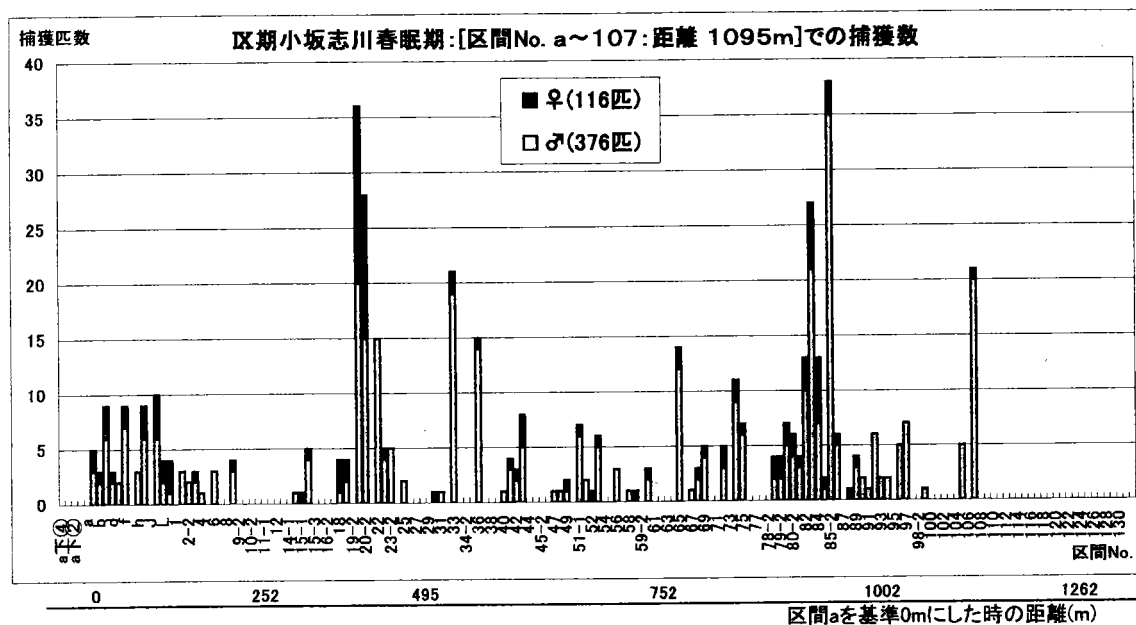


第2章の図2-2 Ⅲ期小坂志川春眠期  
〔94年3月下旬~4月下旬〕：区間ごとの捕獲数（成体ノミ表示）

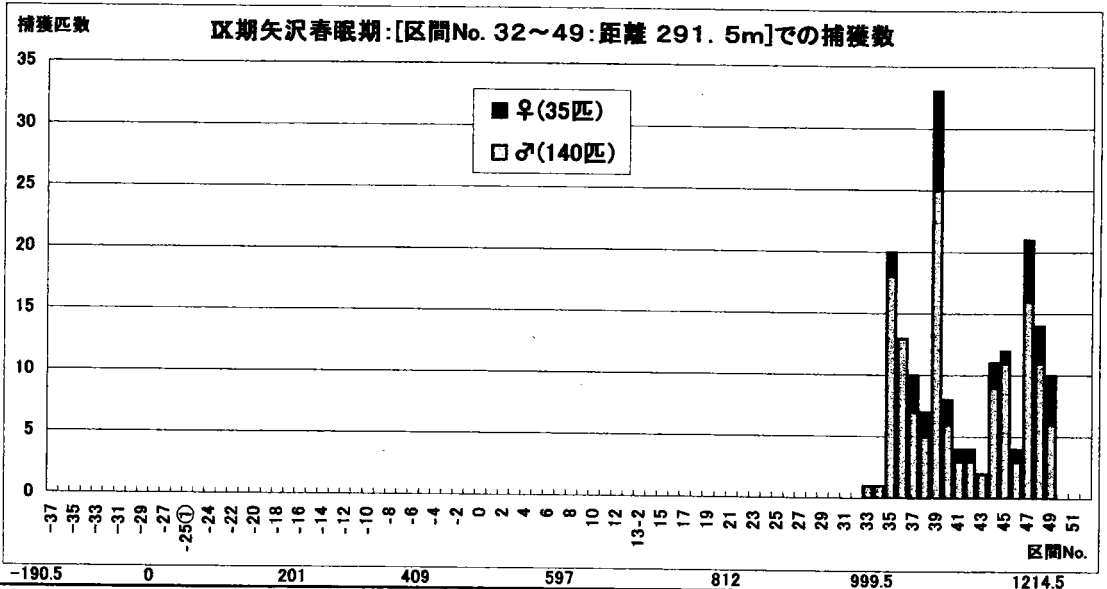




第2章の図2-3 Ⅷ期小坂志川春眠期  
 (99年3月下旬~4月下旬)：区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)



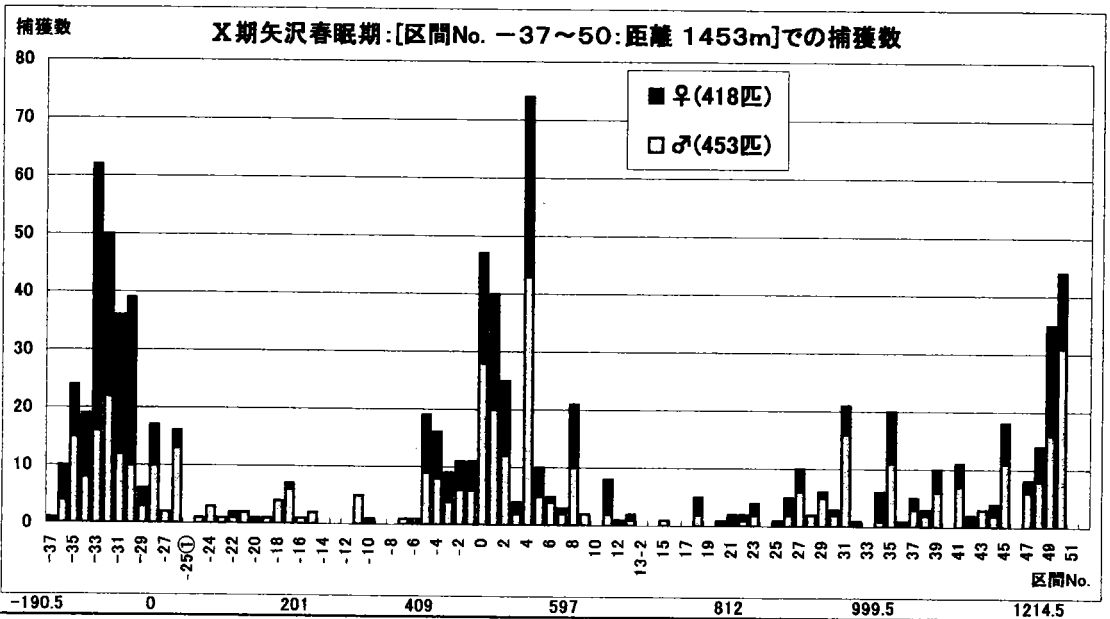
第2章の図2-4 Ⅸ期小坂志川春眠期  
 (00年3月下旬~4月下旬)：区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)



区間-28(=熊倉沢出合)を基準0m+H166にした時の距離(m)

### 第2章の図2-5 IX期矢沢春眠期

(00年3月下旬~4月下旬) : 区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)



区間-28(=熊倉沢出合)を基準0mにした時の距離(m)

### 第2章の図2-6 X期矢沢春眠期

(01年3月下旬~4月下旬) : 区間ごとの捕獲数(成体ノミ表示)

## 第2章の表2-1 小坂志川での春眠期捕獲数の詳細

小坂志川 II期 春眠期 (93年3月～4月下旬)

捕獲区間・距離	a下～12		361.5m	
3/23～4/17 計5日	♂	♀	子	計
捕獲しチェックした計	436	211	1	648
チェック前逃亡(外数)	14	3	0	17
雌雄比	67.4%	32.6%		
II期冬眠期マーク個体の再捕獲率				
冬眠マーク再捕数	37	24		61
再捕獲率	8.5%	11.4%		9.4%

小坂志川 III期 春眠期 (94年3月～4月下旬)

捕獲区間・距離	a下④～131		1488.5m	
4/6～4/24 計7日	♂	♀	子	計
捕獲しチェックした計	676	234	3	913
チェック前逃亡(外数)	14	10	0	24
雌雄比	74.3%	25.7%		
II期冬眠期マーク個体の再捕率(1年後)				
II冬マーク再捕数	6	3		9
II冬捕獲区間内 デノIII春捕獲数	593	211		804
1年後の再捕獲率	1.01%	1.42%		1.12%

小坂志川 VII期 春眠期 (99年3月～4月下旬)

捕獲区間・距離	a～48		655.5m	
3/29～4/4 計4日	♂	♀	子	計
捕獲しチェックした計	114	33	0	147
チェック前逃亡(外数)	6	0	0	6
雌雄比	77.6%	22.4%		
VII期冬眠期マーク個体の再捕獲率				
冬眠マーク再捕数	11	2		13
再捕獲率	9.6%	6.1%		8.8%

小坂志川 IX期 春眠期 (00年3月～4月下旬)

捕獲区間・距離	a～107		1095m	
3/25～4/3 計7日	♂	♀	子	計
捕獲しチェックした計	376	118	3	497
チェック前逃亡(外数)	6	5	0	11
雌雄比	76.1%	23.9%		
IX期冬眠期マーク個体の再捕獲率				
冬眠マーク再捕数	39	12		51
再捕獲率	10.4%	10.2%		10.3%
VII期冬眠期マーク個体の再捕率(1年後)				
VII冬マーク再捕数	2	1		3
VII冬捕獲区間内 デノIX春捕獲数	376	118		494
1年後の再捕獲率	0.53%	0.85%		0.61%

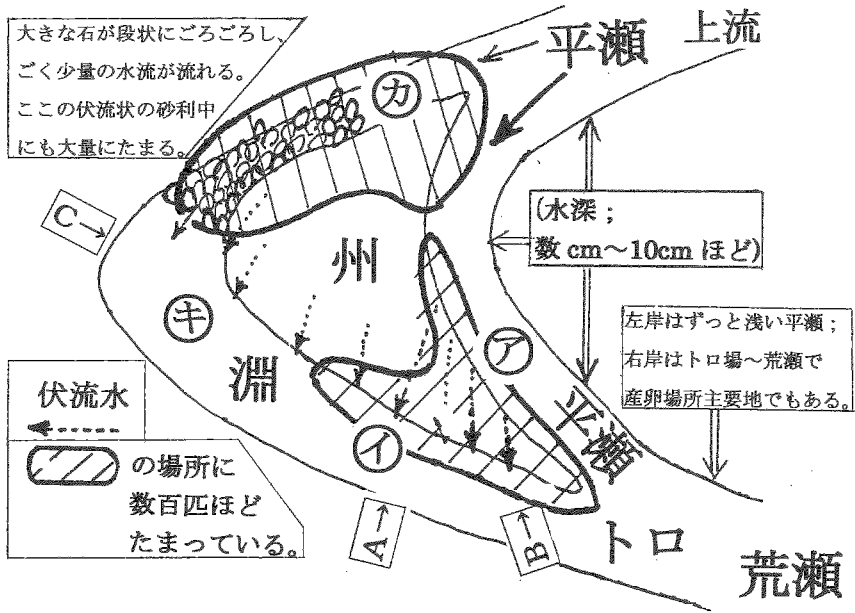
第2章の表2-2 矢沢での春眠期捕獲数の詳細

矢沢 IX期 春眠期〔00年3月～4月下旬〕

捕獲区間・距離	32～49		291.5m	
4/8・9 計2日	♂	♀	子	計
捕獲しチェックした計	140	35	2	177
チェック前逃亡(外数)	6	5	0	11
雌雄比	80.0%	20.0%		
	IX期冬眠期マーク個体の再捕獲率			
冬眠マーク再捕数	13	3		16
再捕獲率	9.3%	8.6%		9.0%

矢沢 X期 春眠期〔01年3月～4月下旬〕

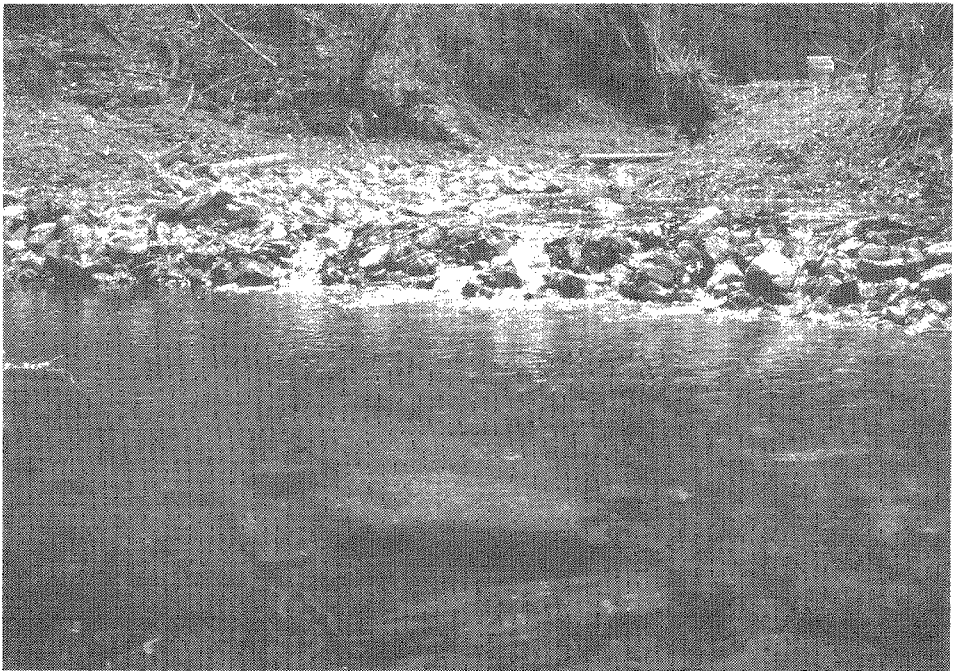
捕獲区間・距離	-37～50		1453m	
3/23～4/24 計11日	♂	♀	子	計
捕獲しチェックした計	453	418	3	874
チェック前逃亡(外数)	51	18	0	69
雌雄比	52.0%	48.0%		
区間 - 28～50での	X期冬眠期マーク個体の再捕獲率			
冬眠マーク再捕数	34	31		65
春眠期捕獲数	363	261		624
再捕獲率	9.4%	11.9%		10.4%
区間 4～50での	IX期冬眠期マーク個体の再捕獲率(1年後)			
IX冬マーク再捕数	7	1		8
X春捕獲数	351	254		605
1年後の再捕獲率	1.99%	0.39%		1.32%



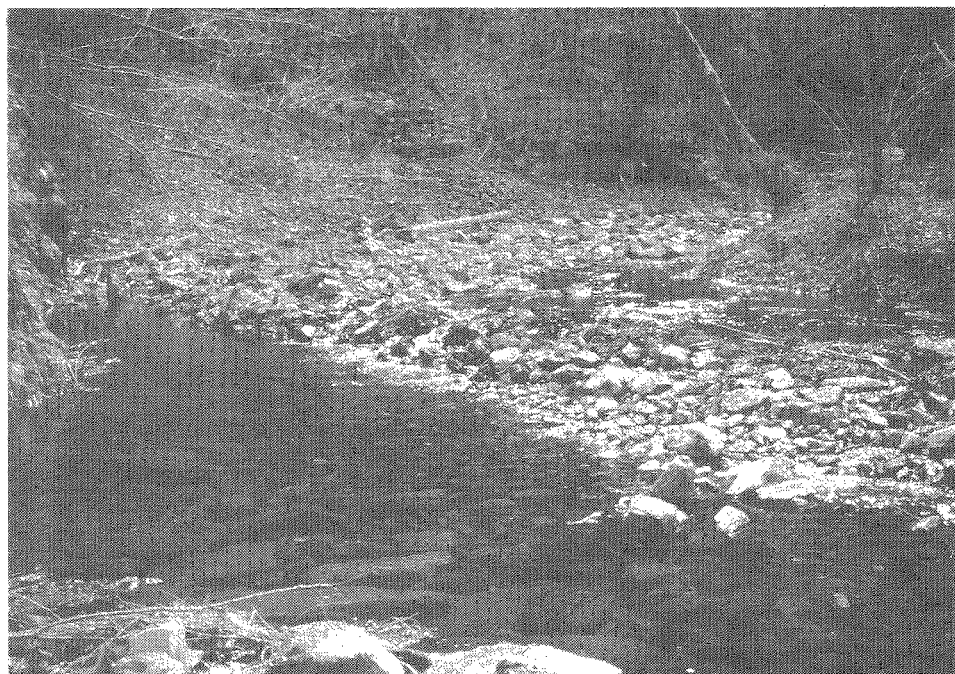
第 2 章の図 3 冬眠場所の大規模な巢の例；略図

㊦と㊩で、水位差が30~50cmほど生じ、㊧と㊨でも、水位差が30~50cmほど生じる。

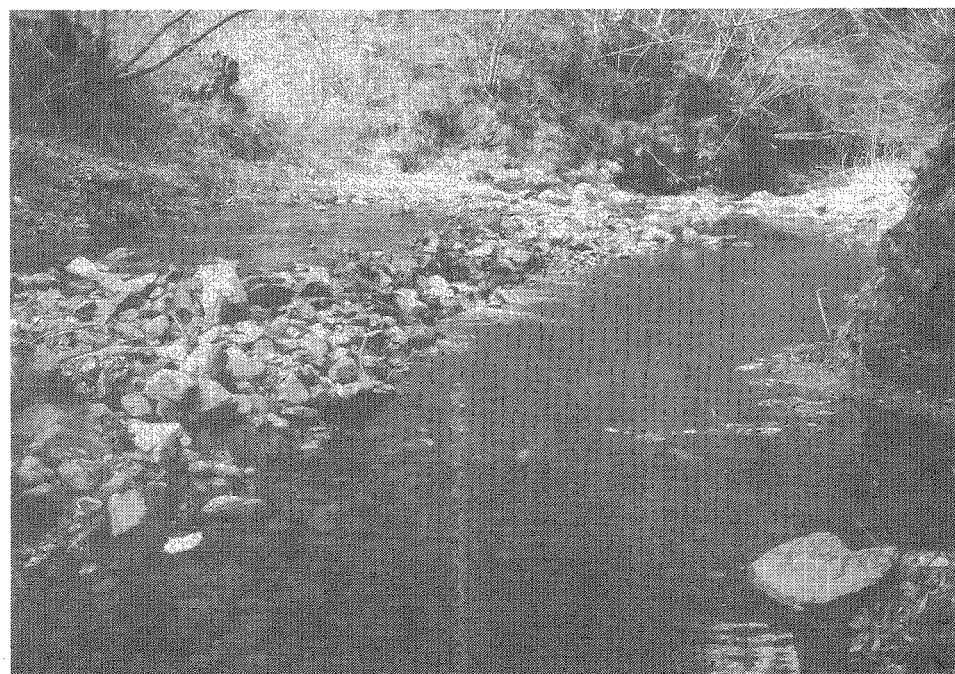
㊦~㊩の州の伏流水部の砂利中や、水量のほとんど無い㊦のような場所の段状地形の砂利中に驚くほど大量に段々に（数段のベッドに横たわるように）たまっている。



第 2 章の図 3 A 州を **A**→ から見た写真（水面付近の高さから撮影）



第2章の図3 B 州を **B→** から見た写真（約1 mの高さから撮影）



第2章の図3 C 州を **C→** から見た写真（段状地形・伏流水がよくわかる）

2) 冬眠場所の主要場所が「淵や水中に没した石の下」では、はなはだ矛盾し成立しないからである。例えば小坂志川では成体だけでも、10万匹以上匹いることがわかっているから。また、ほとんど水量のない支沢でも数千匹も流下してくるのだから。

3) いくら皮膚呼吸が発達していても、長期間ずっと深い水中にいることが得策とは思えない。

4) 今までの、草野・福山(1987, 1989)や松井 孝爾の報告は、特別に調査したものではなく、目視されやすかった場所のみでの報告なのである。

以上4点である。

が、実際に現場を見れば一目瞭然である。[淵や水中の石の下]に数万、十萬匹と入れるような余裕のあるような流域ではないし、冬眠の集中場所を見ればすぐにわかることである。元々、成体だけで100m流程当り1,000~2,000匹も棲息していることがわかっていたなら、「淵や水中に没した石の下」が冬眠場所の主要場所という報告などされなかったろう。いずれにせよ、他のテーマ同様、断定的な文章で結論付けるならば調査してからにすべきなのだ。

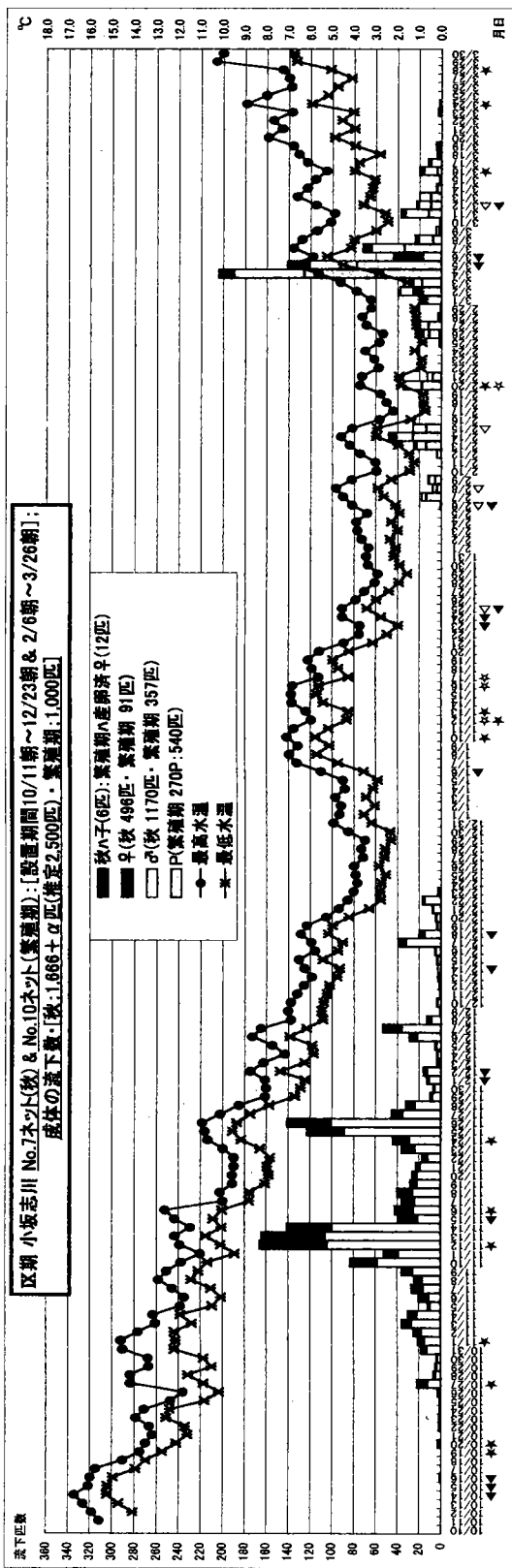
③の根拠・証拠は；今回数値での表やグラフでの説明できないが(整理中)、毎年冬眠期の捕獲をしてみて、♂ばかり捕獲される所、♀ばかりが捕獲される所があるのがわかっている。このことのために、100匹程度の捕獲数で性比を論じることはできないことがわかっている。この理由として、♂は顕著に皮膚が伸長し、皮膚呼吸が効率よくできることである。そのため、♀よりは、より水中で冬眠しやすく、雄雌で冬眠場所に差が生じるのである。

### 第3節：ナガレタゴガエルの冬眠場所への入り方；秋にも長距離流下する

#### 1；秋の流下個体の捕獲方法と結果

捕獲方法は第1章で述べた通りである。<図4>にIX期にはほぼ同位置に設置したネットによる、秋流下期と繁殖流下期における、月日ごとの流下捕獲数を示した。この図にあるように流下数は、[秋流下期：10月16日~12月23日で成体が1,666匹]；[繁殖流下期：2月6日~3月24日で成体がちょうど1,000匹]であった。ただし、秋は、相当に+αして考えなくてはならない。その理由は、1つに、秋には降雨での増水がひんぱんにある上、膨大な枯葉の流下のために、ネットの両脇や上を水流がオーバーフローしてしまうことがしばしばで、流下する個体をカバーしきれなかったことである。また1つに、秋に設置したNo.7のネットは、川幅の2/3ほどしかカバーしていないのである。おそらく、秋には、2,500匹位がここを流下しただろう。しかし、このような補正をしなくても、IX期のデータで見ると、秋の方が繁殖期よりも、圧倒的に流下数が多かったのである。

秋の場合に、繁殖期の流下捕獲と違った点をいくつかあげると；1つには、降雨による増水がひんぱんにあること。さらには、枯葉の流下が大量にあること。この増水と枯葉のために、1日に平均数回は回収しないと、ネットが流されたり破損したりして調査が成立しないことである。また、繁殖期には流下して来ない子ガエルが流下してくることがあげられる。ただし、ほとんどは、網目(5mm)から逃げちゃっているはずだが、一部逃げそびれた子ガエルが捕獲された。



第2章の図4 IX期（1999年秋～2000年春）小坂志川、区間No.7（秋）& No.10（繁殖期）に設置したネットによる〔秋流下数〕と〔繁殖期流下数〕 & 〔最低水温・最高水温〕

- 注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨
- 注2 1日の流下捕獲数＝朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数  
→（例）グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分）
- 注3 12月15日位～12月23日の流下数は自然状態のものではない！
- 注4 IX期もX期も小坂志川・矢沢ともに、どこかのグループに12月中旬に荒らされてしまったための動きである。
- 注5 小坂志の区間6～11付近は、冬場は24時間全く日が射さず、周辺に比べ水温が低く、特に最高水温は低い。
- 注6 この年の1月は、II期（1993年1月）と同様、1月に本格的な降雨が多く水温が上昇した。  
 平年では、1月～2月上旬は、最低水温は1～2℃、最高水温は3～4℃で落ち着く。  
 秋では、成体が1666匹&子が6匹、繁殖期では、成体が1000匹  
 ただし、秋では推定2500匹位。なぜなら、No.7ネットは川幅の2/3ほどしかカバーしていないく、&秋は、  
 何度も増水で激しくオーバーフローした。



## 2 ; 冬眠場所への入り方の結論・考察

- ① ; 今までに報告されている「林から11月に渓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」(1987, 草野・福山)、は誤りである。ナガレタゴガエルの場合、夏の行動域から秋に沢の水辺へ移動した後、冬眠するのになるべく安定した場所；伏流水部の砂利中へ、そして、なるべく繁殖場所近くへと長距離移動する。
- ② ; 奥多摩では、10月中旬～下旬に冬眠の準備のため沢の水際やガレ沢に移動した個体は、少しずつ流下移動しながら、12月上旬～中旬頃に、冬眠に落ち着く(→図4)。
- ③ ; 冬眠に落ち着くのは、最高水温が5℃未満の日が連続するようになる頃と推測される。
- ④ ; 秋には、子ガエルも流下行動をする。ただし、子ガエルの場合は短距離と思われる。

①の根拠は；1) 実際にIX期に秋流下の捕獲調査をした結果からである。

2) 重要な理由は、冬眠場所がある特定の地形の場所に密集するからである。この冬眠状況から逆算すると、秋に長距離流下していなくては、はなはだ矛盾するためである。第2節で冬眠場所について詳しく説明したが、実際に現場を見た人であれば、秋にも長距離流下しなくては、こんなに集中できえないことがわかるであろう。

3) 今までの報告「秋には移動せず越冬する」(草野・福山)は、特に何らか調査がなされたものではなく、秋に目撃した個体による推定から、データ等無しで結論が書かれたものなのだ。草野らも、冬眠場所を調査していたなら、秋に長距離流下移動していることに気付いたのだろうが。筆者自身も、冬眠場所の詳細がわからずに、秋に水辺にいる個体を見る限りでは、秋にそれほど移動するとは推測しなかっただろう。だからこそ、冬眠場所が重要なのである。

③の根拠は；第3章で述べるのだが、冬眠明けは日最高水温が5.0℃以上になることが誘発要因であることははっきりとわかっている。そして、第4節で述べるが、1月の冬眠中にも水温が降雨などで最高水温が5℃以上に上昇すると、短距離動くことがわかっている。これらのことと、IX期の結果(図4)からの推測である。しかし、あと2シーズンほど秋に、調査をしなくては、結論は出せないだろう。なお、2001年秋の調査から③は、ほぼ裏付けられた。

様々な点においてこの5.0℃という数字はナガレタゴガエルにとって重要なのである。

④の根拠は；実際に秋の流下ネット捕獲で当年生まれの子ガエル(=体長26~28mmほど)が6匹捕獲されたことから。本来なら、マス目が5mmのネットからすぐに逃げられるのだが、秋には枯葉が多いためにネットに入ってからすぐに回収された子ガエルは逃げそびれ捕獲されたのである。仮に、マス目が小さければ、100匹以上はネットで捕獲されたと思われる。

## 第4節：ナガレタゴガエルの冬眠中の動き

### 1；小坂志川での冬眠中の動きの実例

第1節でも述べたように、真冬でも、[冬眠明けを誘発するような温度上昇があると動くこと]；その逆に[急に温度が下がっても冬眠中に動くこと]；が一部の両棲類で報告されている。

このことがナガレタゴガエルでも確認された。

①；まず、降雨による水温上昇の場合；Ⅱ期（1993年）やⅧ期（1999年）の1月に多数確認された。例えば、第3章の<図3-2>でわかるように、Ⅷ期の早期に設置した区間No.10のネットで、1月25日の降雨での水温上昇により1月26～28日に捕獲されている。また、Ⅱ期も極端に暖冬で1月24～28日にも連続して降雨があり、最高水温が6℃以上にもなった。この時は、まだネットを設置していなかったのだが、1月末～2月初旬の冬眠期の捕獲で、既に一度動いていた個体が多く確認されたのである。ただし、これら1月の最高水温が5.0℃以上による動きでは、内的要因が整っていないため、繁殖行動には至らなかった。筆者の調査で最も早い時期に産卵が確認されたのは、Ⅱ期の2月7日である。

②；次に、降雪による急冷による動きであるが；Ⅷ期・Ⅸ期の支沢で確認された。例えば、第3章の<図3-6>で小坂志川の五郎橋沢を見ると；2月の月上旬に最低水温が0℃近い日が連続したために、伏流水部の凍結による流下移動のためネットで捕獲されている。さらに、2月11日の大雪でどっと動き流下し、大量にネットで捕獲されている。ところが、この時期、ほぼ同位置の本流では全く動いていないのである。

### 2；冬眠中の動きの結論・考察

- ①；ナガレタゴガエルは、12月中旬頃に冬眠に落ち着くが（奥多摩では）、本来冬眠中の1月～2月上旬にも、降雨による最高水温5.0℃以上への上昇によって短距離移動する。
- ②；同様に、大量の降雪による、伏流水部の凍結によっても短距離移動する。
- ③；上記の①のように冬眠中の1月～2月上旬でも水温上昇で行動はするが、内的要因（ホルモン分泌・生殖細胞成熟、等）が整っていないために、繁殖行動には至らない。

沢の水温は、降雨・降雪による影響が強く、1月でも降雪でなく本降りの降雨があると、最高水温は5～7℃に上昇する（Ⅱ期・Ⅷ期がそうであった）。そのために活動性が高まり短距離移動すると考えられる。またこのような時には、支沢では水温の上昇以上に、水位・水量の急上昇による影響のために、水温とは関係なく冬眠場所を適所へ移動させると考えられる。しかし、内的要因が整っていないために繁殖行動には至らない。

一方、大量の降雪による積雪や、急に強い冷え込みが続くと、州や水量の少ない支沢・ガレ沢での伏流水部・少量の水流部は凍結してしまう。そのために、凍結していない伏流水部などの適切な場所へ冬眠場所を移動させると考えられる。ヒキガエルが地温の急降下での凍結層による変化で、冬眠する地中の深さを変えるように。

## 第3章；繁殖行動 — 生活史② — (Breeding behavior, Breeding activity)

この章では、ナガレタゴガエルの繁殖行動について、[繁殖時期の特徴]、[外的誘発要因 (温度)]、[外的誘発要因 (水位・水量)]、について検討する。なお、「産卵行動」については第8章で述べ、♂♀の抱接様式、繁殖行動のための縄張り行動や鳴き声等については、本報告書では取り上げない。

### 第1節：両棲類の繁殖行動

#### 1；繁殖様式

両棲類の繁殖行動には、様々なタイプがあり、様々な観点から区分がされる。第1章でもあげた、「Herpetology」(Pough, F. H. 編, 1998)、「A Natural History of Amphibians」(Stebbins, R. C. & Cohen, N. W. 編, 1995)、「Biology of Amphibians」(Duellman, W. E. & Trueb, L. 編, 1994)などの総説で詳しく記述されている。また、松井 正文が「両生類の進化」(1996年)の中で、「Biology of Amphibians」の中の「Reproductive models in Anurans」の項を日本語でまとめている。

上記の中で記述されている区分の内、以下に3つの例を；①②③としてあげてみる。

①；どこに産卵するのか；止水に産むもの・流水に産むもの、また、陸上・樹上に産卵するもの、巣を作るもの等がある。②；またどうやって育つのか；幼生が餌を食べて育つもの・食べないで育つもの、親が世話をするもの、等がある。また、③；いつ産卵するのか；早春に繁殖するタイプで繁殖期が数日ほどのもの、初夏から初秋に繁殖する長期繁殖のタイプ、の区分がある。

では、ナガレタゴガエルを上記の区分で当てはめてみると；①；流水に産卵すること（流水中の大きな石の下のすきまに埋め込むようにして産卵する）。②；幼生がほとんど餌を食べずに育つこと（人為的には全く餌を与えなくても自身の多量の卵黄により、変態完了するが、餌を与えれば食べるし、野外では少なからず食べていると考えられる）。③；早期繁殖型であること（ヒキガエルなどと同様に早春に短期間で産卵し、繁殖行動後に一時春眠するタイプである）。

#### 2；繁殖行動の誘発要因（外的要因について）

前述の繁殖様式の他に、繁殖行動を考える時の1つの側面として、繁殖行動を誘発する要因があげられる。外的要因としては、温度、降雨などであり、内的要因としては、ホルモン分泌とそれによる生殖細胞の成熟等である。

両棲類の繁殖行動の誘発要因について、よくまとめられている総説と目立った報告を幾つかをあげてみる。「ヒキガエルの生物学」(浦野 明央・石原 勝敏、編, 1987)の中で、松井 正文が日本のヒキガエルにおける、[繁殖行動と温度や湿度・降水量との関係]をまとめて記述している。また、同書の中で久居 宣夫が、世界各地のヒキガエルにおける、[繁殖行動と温度や湿度・降水との

関係] についての文献を多数まとめて記述している。また、「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」(奥野, 1985) の論文中では、日本・世界各地のカエルにおける繁殖活動と気象要因についての関係がとてよくまとめられている。一方、欧米では、両生類・爬虫類の総説は数多いが、繁殖行動と外的要因に関しては、よくまとめられているものが少ない。ただし前述の、「A Natural History of Amphibians」(Stebbins, R. C. & Cohen, N. W. 編, 1995) では、「温度と繁殖行動の開始の関係」の項があり、主だった文献を列挙している。

上記の中から幾つか身近な例をあげると、長野県松本市郊外にある美鈴湖でのヒキガエル(1974～1976年の調査)は、深さ20cmの地温が6.6℃以上になることが繁殖行動の誘発要因であり、降雨とも相関があるとしている(青柳ら, 1977、& 宇和ら, 1981)。また、国立科学博物館付属自然教育園におけるヒキガエルの調査(1974～1977)では、深さ5cmの最低地温が6℃以上になることが繁殖行動の誘発要因であるとしている(久居・菅原, 1978)。この報告では、詳細に最高気温・最低気温、最高地温・最低地温、そして、降水量を調べ、調査地の傾向を明らかにした上で調査している。また、東京都八王子市でのヒキガエルの調査(1962～1969)では、気温・地温(深さ10cm)・繁殖池の水温と出現個体数の結果から、冬眠場所の地温(深さ10cm)が8℃(午後7時頃の地温＝最高地温)を超えると誘発されるとしている(芹沢・金井, 1970)。

一方、奥野は、「冬眠からの目覚め」と「繁殖行動の誘発」は別で、2段階に考える必要があると述べている。そして、「目覚めは最低気温が0℃から数度上昇することと降雨が重なった時である」「繁殖行動開始は、最低気温が0℃を超え、かつ4～10℃の急激な気温の上昇が見られること、および、当日降雨があること。ただし、日没時の気温が4℃前後、夜の最低気温が0℃以下になると活動は低下し、最低気温が-3～-4℃になると完全に停止する」と報告している(1984,1985)。

## 第2節：ナガレタゴガエルの繁殖期の流下捕獲数

### 1；方法

- (1)；捕獲方法は、第1章で述べたようなトラップ(以下ネット)で行った。
- (2)；I・II・VIII・IX・X期に小坂志川で、IX・X期に矢沢で実施した。
- (3)；ネット設置場所、及び、月日ごとの捕獲数・水温・ネット設置期間の結果をグラフにしたものを以下の図に示した。I期92年を<図1-1～3>&<表1>、II期93年を<図2-1～11>&<表2>、VIII期99年を<図3-1～6>&<表3>、IX期00年を<図4-1～8><表4-1, 2>、X期01年を<図5-1～8>&<表5-1, 2>に示した。
- (4)；水温は第1章で述べたように、複数ヶ所(3～6ヶ所)で、自動記録温度計で測定した。複数ヶ所で24時間計測する必要があるのは、第4節で詳述するが、同一沢でも、24時間全く日の射さない地域と昼には日が射す地域では、晴れた日の最高水温が0.5～1.0℃も異なるからである。また、小坂志川や矢沢程度の沢では、上流部・中流部では、ほぼ水温に差は無いのだが、この地

- 域の上流部には一部で鉱泉がわいているようなのだ。(現在では矢沢本流の上流部のどこかで)。そのため、矢沢では、上流部が中・下流部よりも水温が高いのである。このことから、複数ヶ所で水温を測定し、各ネットでの流下数と水温について、それぞれのネットで水温を補正した。
- (5)； [1日の流下捕獲数] とは、<図1～5>の注2. にも記したように、[朝8,9時～翌朝8,9時の24時間の流下捕獲数] である。例えば、2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で、2/11の朝にネットを回収したときの分である。これは、第4節で述べるが、行動は水温と密接に相関関係があり、1日の流下数を考える場合、上記のような時間帯が適切なためである。
- (6)； I・II期には、全てのネットで、ネット捕獲した時にノーマークであった個体にもマーキングした。VIII・IX・X期では、上流部のネット捕獲個体のみマーキングした。<表6>には、上流のネットでマークした個体が、下流のネットで再捕獲された割合を♂♀ごとに示した。
- (7)；設置した捕獲ネットの設置期間は、各図にも記しているように、それぞれ異なり、全てのネットを繁殖行動開始から終了まで、全ての期間設置したものではない。その理由は；①：I期では、まだ状況がよくわからず、動き出しに対応しきれなかったためである。②：設置した後は1日も休めない(昼夜に限らず)ため、最初のネット設置は後手後手にまわってしまったためである。③：I・II期では、溪流釣りの解禁以降の3月は調査の許可が受けられなかったためである。④：II期には、1つのネットを誰かに持ち去られたり、2つのネットを一時移動された。IX期の秋にはネットを一時動かされ、X期にも1つのネットを一時少し動かされた。
- (8)；VIII・IX期では、全てのネットをほぼ行動開始から3月下旬の終結まで設置した。X期は一部設置が遅れたが、ほぼ開始から3月下旬の終結まで全期間設置した。
- (9)；I・II期に設置した小坂志川本流の区間No.7のネットだけは、沢幅の左岸側の約2/3をカバーするように設置したものであるが、その他のネットは、沢の流れをほぼ完全にカバーするように設置したものである。ただし、降雨や融雪による増水時には、ネットの両脇や上を流れがオーバーフローし、流下個体を完全に全て捕獲しているものではない。
- (10)；ネットを設置した支沢の内、小坂志川の湯場ノ沢、矢沢の軍刀利沢や熊倉沢は、水量の多い沢で、水量は本沢とそれほど差は無い。しかし、小坂志川のカナワ沢・ウバ沢・ゴロハシ沢は、ほとんど水量のない支沢で、沢幅は平均30cmほど、平均水深数cmほどである。

## 2；I期(1992年1～3月)の結果・考察：<表1&図1-1～3>参照

まだ状況が把握しきれなかったこともあり、最も早くから設置したネットでも2月17日からの区間No.96のネットであり、もう既に動き出していた。最高水温4℃では絶対に動き出さない様子がわかり、いつ動き出すのかと思っていた所、2月16日に急に水温が上昇し最高水温が6℃近くになってしまった。それで、急ぎょここに1つであるが設置したのであった。しかし、最高水温はすぐに4℃弱に下がり活動はいったん停止した。その後、26,27日頃に最高水温が再度5℃を超え、行動が再開された。また、区間No.96のネットに遅れて、2月23日に少し上流の区間No.105・106にネット

を設置した。短期間の設置であったが、ほぼNo.96のネットと同じ結果となった。ネットは、他にも数ヶ所設置したが、ほんの短期間のためグラフで示していない。

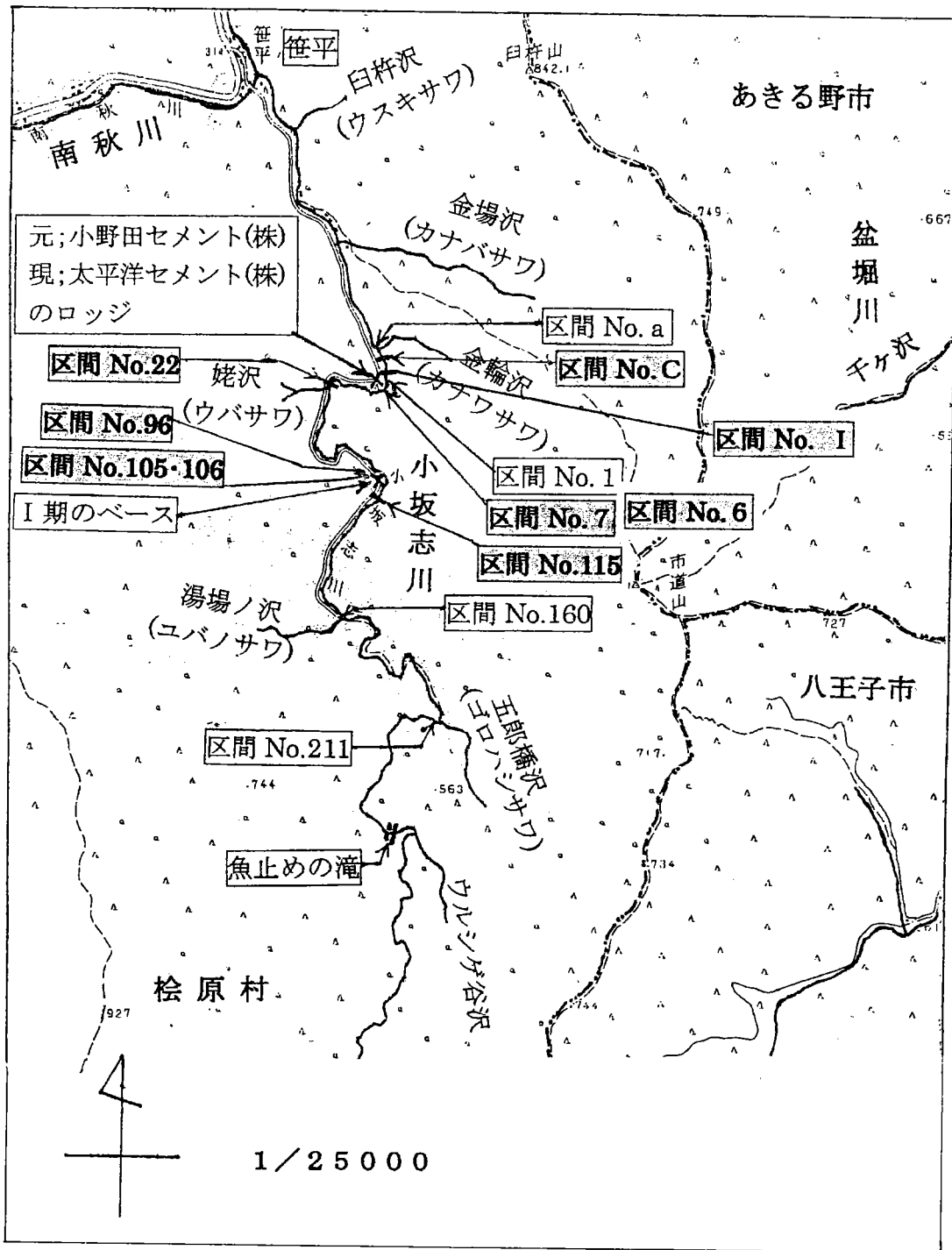
I期の最も重要な点は、ネット捕獲により大量に死なせてしまったことである（第10章で詳述）。

I期の結果をまとめると；

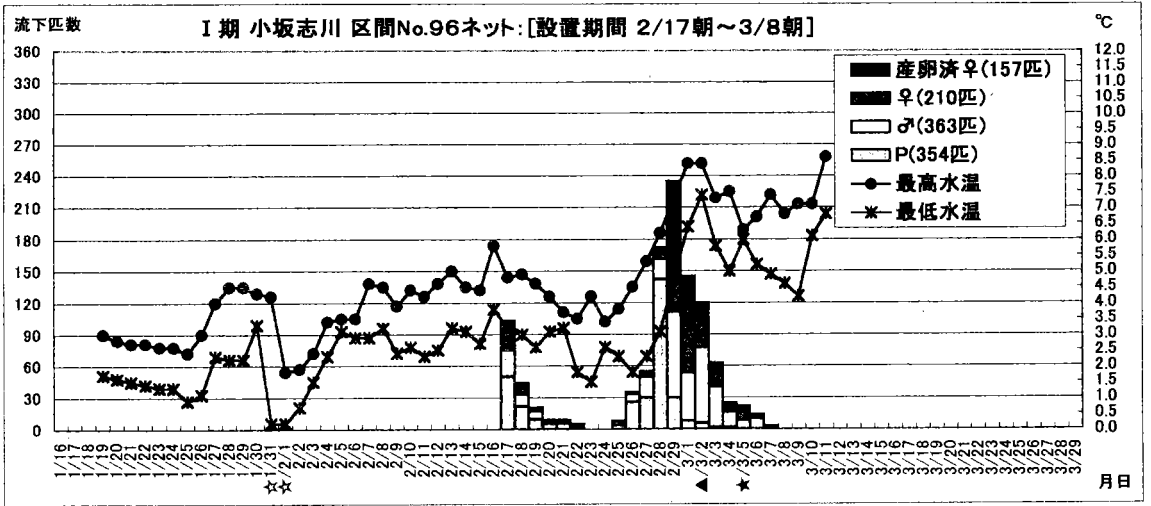
- ①；I期92年春では、2月中旬～3月中旬に繁殖行動が行われた。ただし、I期の終結時期は全く不明である。調査の許可が取れなかったことによる。
- ②；繁殖期間の中でも、そのピーク時は1週間位（2月26日～3月3日）であった。
- ③；繁殖行動は最高水温が5.0℃（0.5℃単位で考えた場合）以上で始まった。
- ④；一度繁殖行動を開始しても、最高水温が4℃前後位に下がる日が続くと停止した。
- ⑤；繁殖期には1つのネットで、ピーク時には1日で200～300匹位捕獲された。
- ⑥；I期では、繁殖期間全体での1ネット当たりの総数ははっきりしなかった。No.96のネットのみ、ほぼ繁殖期の全期間で捕獲し、1,084匹であった。しかし、上流の区間No.105・106のネットで多数死なせたり、衰弱させたりしたことを考慮すると、このネットでは1,300匹位だろうか。
- ⑦；繁殖期間のピーク中には、本格的な降雨（増水するような雨）はなかった。水位・水量との相関関係について、I期の結果から言えることは、「奥多摩のような地域では、平年では、繁殖期間中に本格的な降雨は元々なく、水位が安定している」ということである。
- ⑧；1,000m以上流下する個体が多数確認された。（→第4章）
- ⑨；繁殖期のピーク時に、ネット捕獲により多数死なせたり、衰弱させてしまった。（→第10章）

第3章の表1 I期小坂志川ネットの設置期間と捕獲数

I期ネット 設置期間	ネット位置 の区間No.	捕獲数（計ではペア数を2倍している）					死亡個体（内数）		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
3/3～3/8	C	5	10	5	5	30	0	1	1
2/27～3/6	I	20	90	55	10	195	48	5	53
2/28～3/8	6	79	146	94	28	426	0	4	4
2/29～3/8	7	95	136	26	23	375	5	3	8
3/3～3/7	22	4	10	3	0	21	1	0	1
2/17～3/7	96	177	363	210	157	1084	102	40	142
2/23～3/2	105・106	314	210	105	28	971	35	8	43
3/4～3/7	115	0	2	0	0	2	0	0	0
計	I期計	694	967	498	251	3104	191	61	252



第3章の図1-1 I期繁殖期(1992年2~3月)小坂志川のネット設置場所  
(区間No.C; I; 7; 22; 96; 105・106; 115)

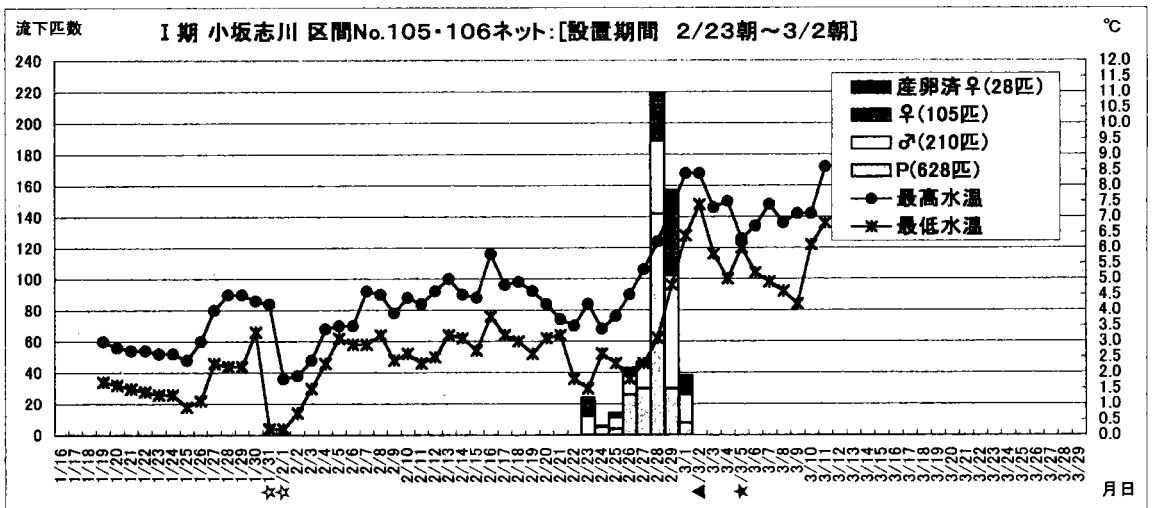


第3章の図1-2 I期(1992年)小坂志川、区間No96に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



第3章の図1-3 I期(1992年)小坂志川、区間No105・106に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



### 3 ; II期 (1992年1～3月)の結果・考察 : <表2 & 図2-1～11>参照

この年は、I期の反省をふまえ、3つのネットを早期の1月30日～2月1日に設置した。また、ネットとネットの距離を長くした。I期に1,000m以上流下する個体が多数いることがわかったためである。また、上流や水量の少ない支沢の状況も知りたくて、<図2-1>のようにネットを複数の支沢などにも設置した。

II期の大きな特徴は、異常に早く2月7日に強烈な春一番となり、2月6日の深夜から2月7日昼過ぎにかけて、谷間でも熱風といっていような強風が吹き、水温・気温ともに急上昇したことである。ただし、翌日からは強い冬型になり、平年の気温・水温に戻り、しばらく、最高水温がちょうど5℃位の日が続いたために、暖かい場所に冬眠していた少数がガラガラと流下してきた。

II期の結果をまとめると；

- ①；II期93年春では、まず1月末に降雨が連続し、最高水温が7℃前後に達し、少数が一時動き、流下しネットで捕獲された。しかし、繁殖行動には至らなかった。2月6、7日(春一番)の急な水温・気温の上昇では、繁殖行動が始まり、ごく一部は産卵を終えた。が、水温低下ですぐにはほぼ停止した。そして、2月16日ころから本格的に繁殖行動が始まった。ただし、II期の終結時期も全く不明である。I期同様、調査の許可が取れなかったことによる。
- ②；繁殖期間の中でも、そのピーク時は1週間～10日間位(2月16日～23日)であった。
- ③；繁殖行動は最高水温が5.0℃(0.5℃単位で考えた場合)以上で始まった。
- ④；I期同様、一度繁殖行動を開始しても、最高水温が4℃前後位に下がる日が続くと停止した。
- ⑤；I期同様、繁殖期には1つのネットで、ピーク時に1日で200～400匹位捕獲された。
- ⑥；繁殖期間中全体では、1つのネットで、本流のネットでは1,000～2,500匹位入ることがわかった。小坂志川では中流域の区間No.146に設置したネットが他の場所に比べはるかに流下数が多かった。この区間No.146ネットは、全繁殖期間中に設置していないし、ピーク時に2日間もはずされてしまったにもかかわらず、2,057匹入った。全期間では、3,000匹を超えたと思われる。支沢の場合はその沢の水量によって異なったが、意外に多いことに驚かされた。湯場ノ沢の1つのネットでも645匹捕獲され、湯場ノ沢出合から少し上流の本流での1,347匹の約半数であった。
- ⑦；繁殖期間のピークの終わる頃に1回本格的な降雨があった。また、ピーク中にも、小雨(本流での水位は変化しない程度)が2回あった。この時期では降雨で水位が上昇すれば必然的に水温が上昇するが、降雨による水位上昇・水量増加の影響で、さらに流下数が増えることがわかった。特に元々水量の少ない支沢(カナワ沢・ウバ沢)で顕著であった。例えば、<図2-10>のウバ沢では；一度本格的な水温上昇で2月16,17日にどっと動いた。そして、2月18～20日で水温が十分に高いのにほとんど流下してこなかったのが、21～23日の本格的な降雨で大増水し、再度、爆発的に流下した。
- ⑧；流域によって、ずいぶんと水温に差があることがわかった。最低水温は、どの場所でもほぼ

同じなのだが、最高水温は日当たりの良い地域と24時間全く日の射さない地域では、晴れた日の場合平均して1~2℃は違うことがわかった。これは、直射とその場の地温の上昇によるものだろう。直射の当たる地帯の伏流水部に冬眠した個体ほど早くに行動することが推測された。

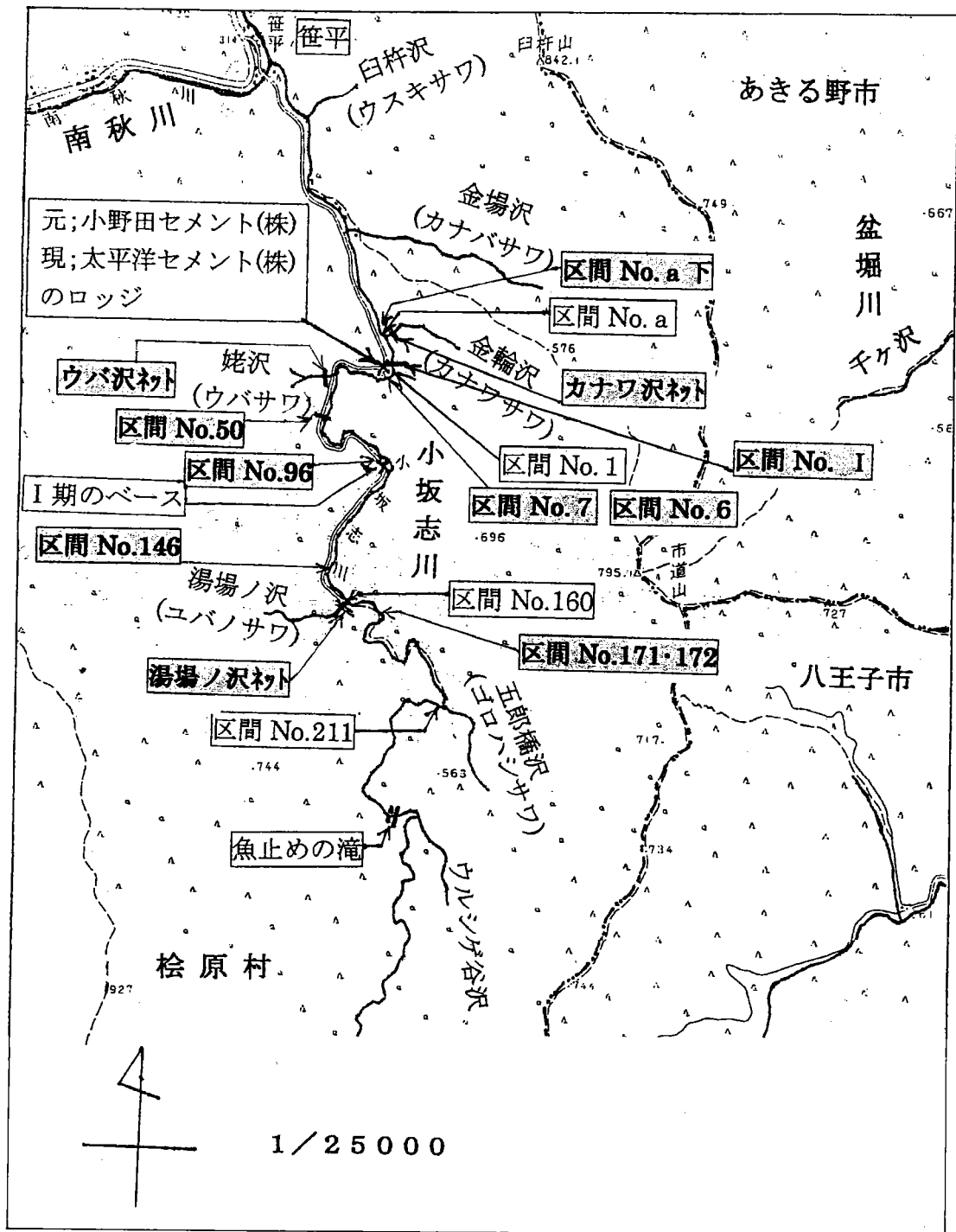
⑨；大繁殖場所(♂が集結し♀を待つ場所&主要産卵場所)とネットの位置関係で流下数や♀の割合が異なることがはっきりした。大繁殖場所のすぐ下流あたりに相当するNo.96ネットでは、他のネットと流下状況が大きく異なった。♀の比率が高く、また、産卵後の♀の割合が異常に高くなっていた。そして、繁殖活動の初期では流下数が少ないという特徴があった。

⑩；2,000m以上流下する個体も多数いることがわかった。(→第4章)

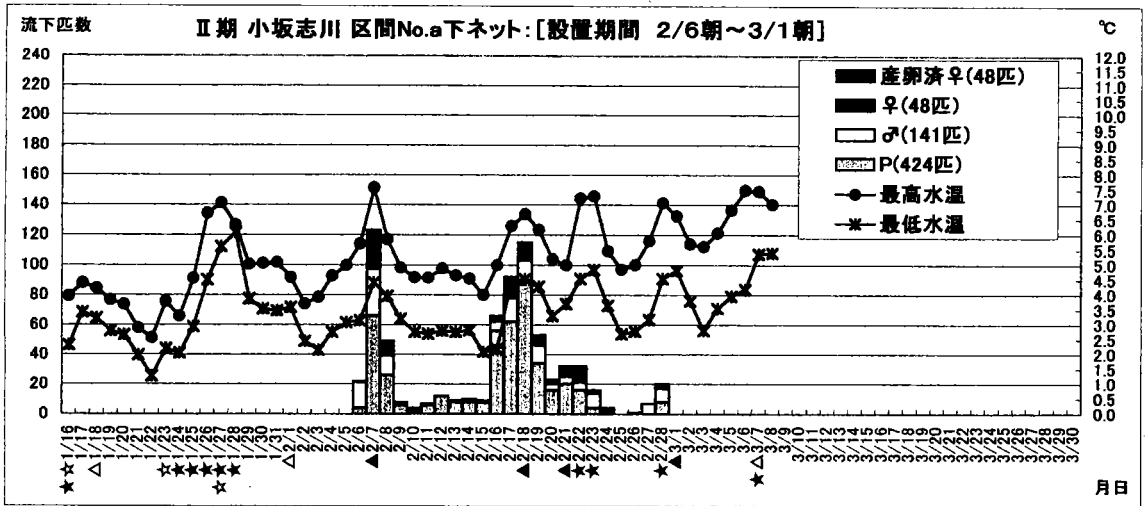
⑪；I期同様、またもネット捕獲により多数死なせたり、衰弱させてしまった。(→第10章)

第3章の表2 II期小坂志川ネットの設置期間と捕獲数

II期ネット 設置期間	ネット位置 の区間 No.	捕獲数 (計ではペア数を2倍している)					死亡個体 (内数)		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
2/6~3/1	a下	212	141	48	48	661	8	3	11
2/1~3/9	I	384	556	184	134	1642	130	65	195
2/16~3/1	6右岸の一部	1	20	3	2	27	0	0	0
2/1~3/9	7	337	331	156	24	1185	54	20	74
2/16~3/1	50	98	167	52	85	500	16	9	25
1/30~3/1	96	226	325	98	191	1066	38	38	76
2/6~3/1	146	600	564	196	97	2057	114	139	253
2/6~3/1	171・172	383	403	163	15	1347	11	10	21
2/6~3/1	金輪沢	56	52	9	0	173	0	1	1
2/16~3/1	姥沢	86	29	6	0	207	0	0	0
2/6~3/1	湯場の沢	205	153	45	37	645	0	0	0
計	II期計	2588	2741	960	633	9510	371	285	656



第3章の図2-1 II期繁殖期(1993年1~3月)小坂志川のネット設置場所  
 (区間No.a下;カナワ沢;1;6;7;ウバ沢;50;96;146;湯場ノ沢;171・172)

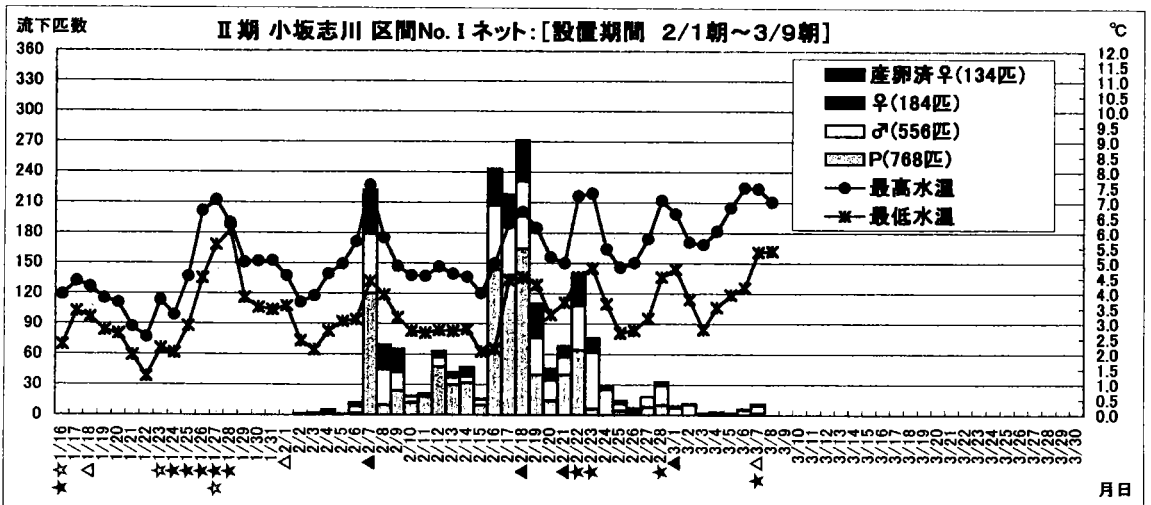


第3章の図2-2 II期(1993年)小坂志川、区間No.a下に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

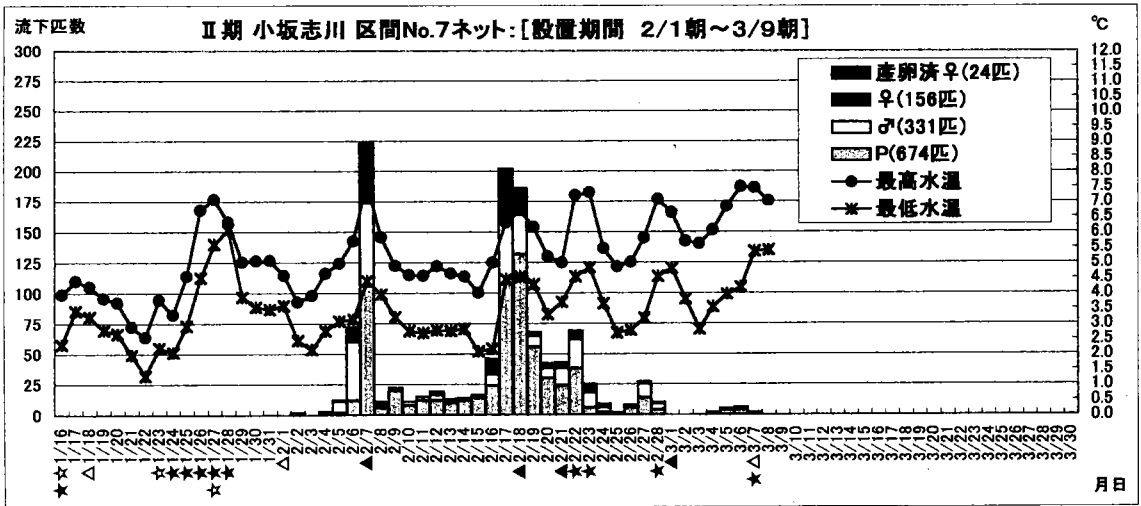


第3章の図2-3 II期(1993年)小坂志川、区間No.Iに設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

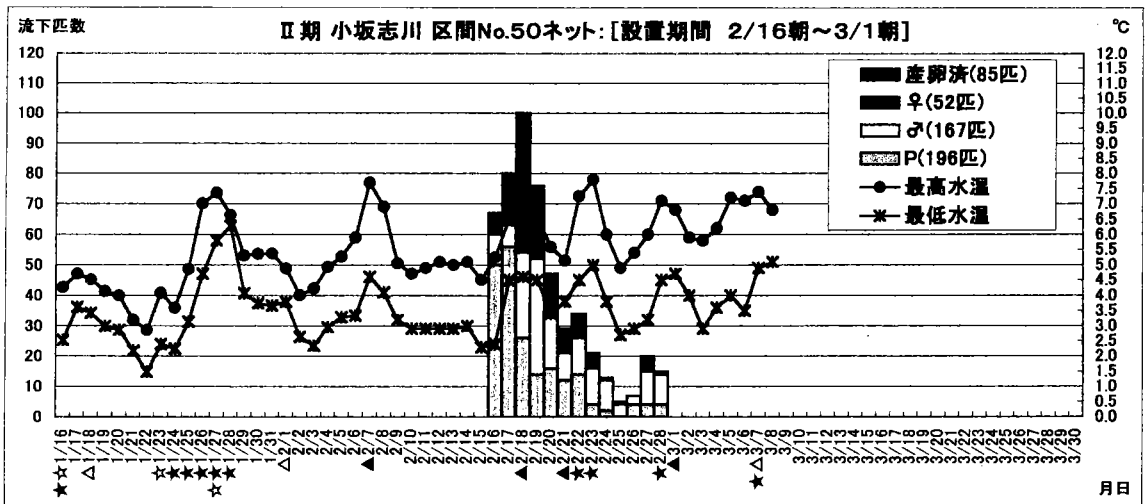
注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



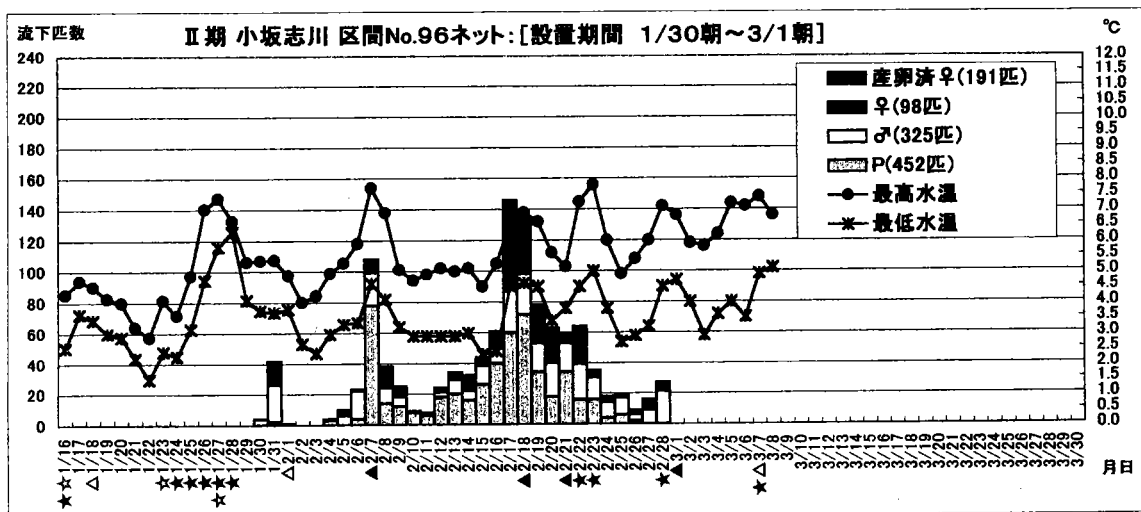
第3章の図2-4 II期（1993年）小坂志川、区間No7に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

- 注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨  
 注2 1日の流下捕獲数＝朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数  
 →（例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分）



第3章の図2-5 II期（1993年）小坂志川、区間No50に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

- 注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨  
 注2 1日の流下捕獲数＝朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数  
 →（例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分）

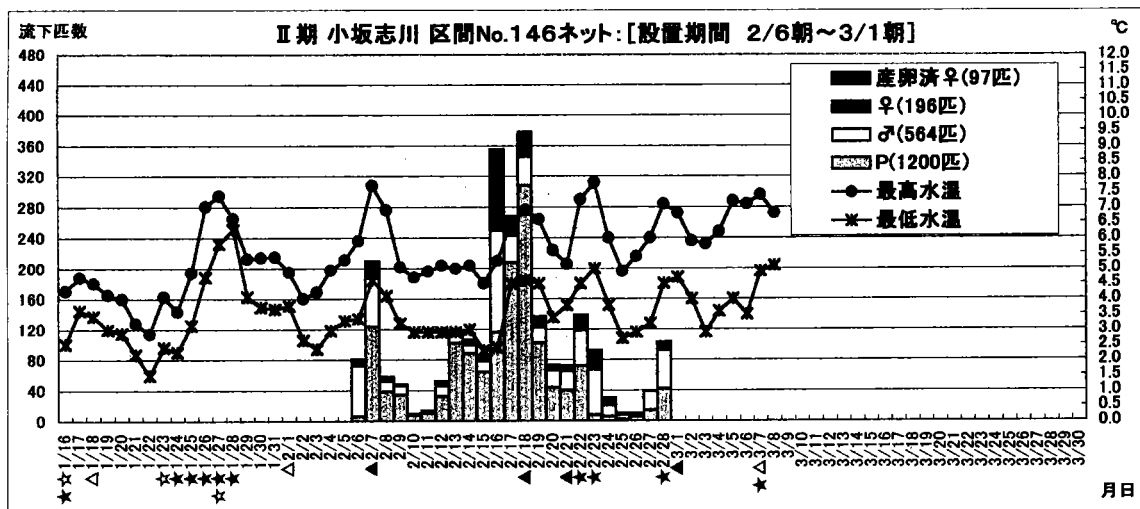


第3章の図2-6 II期 (1993年) 小坂志川、区間No96に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

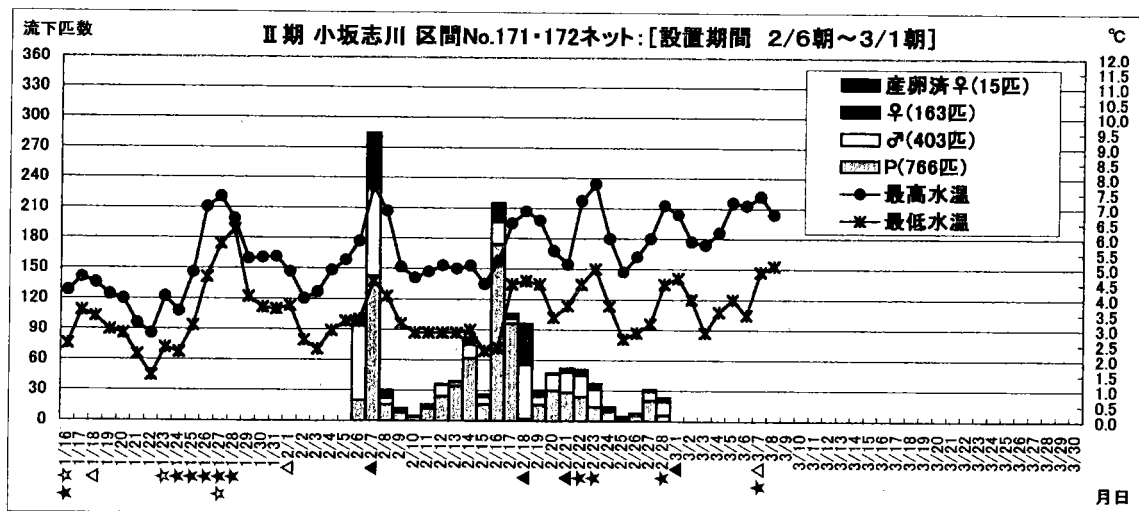


第3章の図2-7 II期 (1993年) 小坂志川、区間No146に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

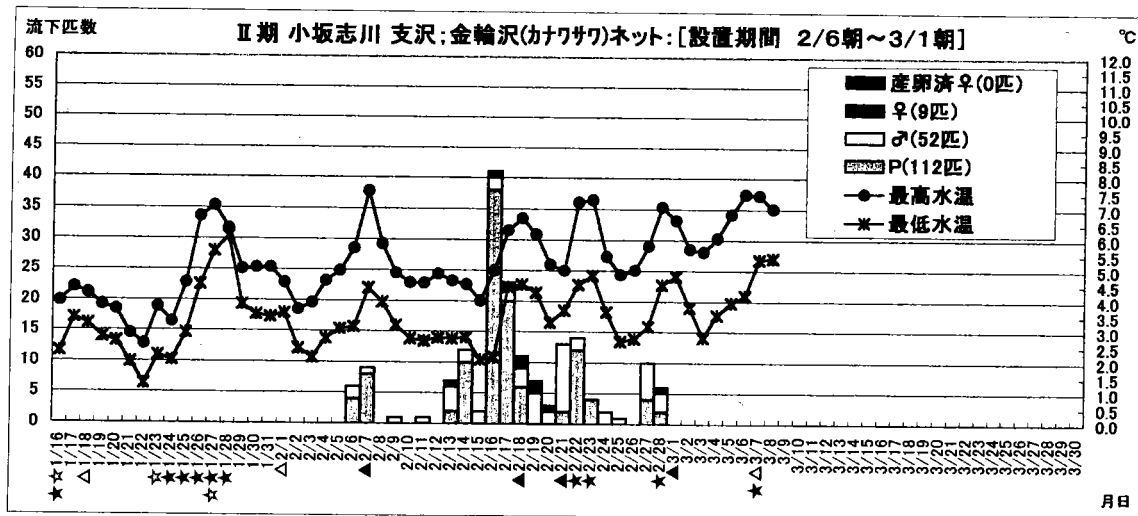


第3章の図2-8 II期(1993年)小坂志川、区間No.171・172に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

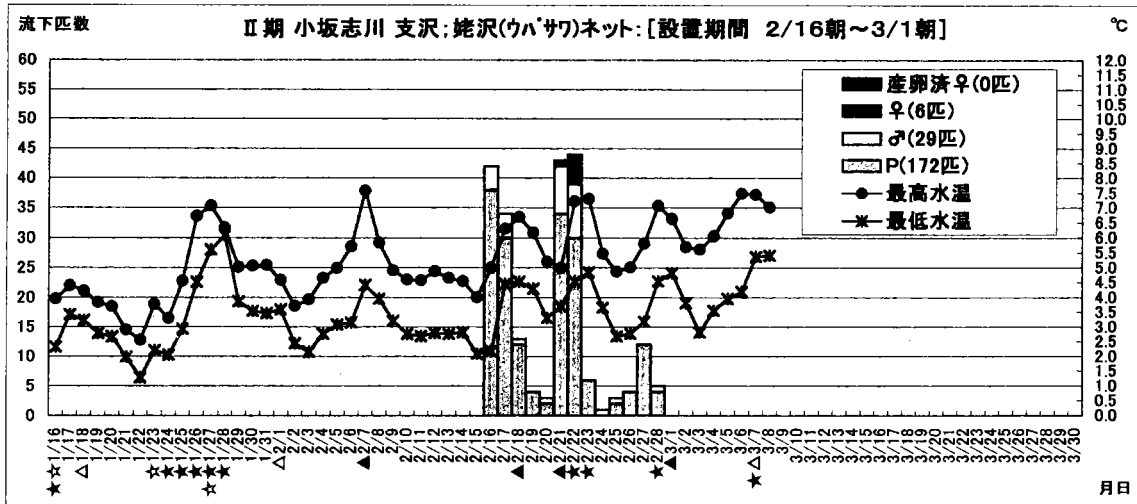


第3章の図2-9 II期(1993年)小坂志川支沢;金輪沢(カナワサワ)に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

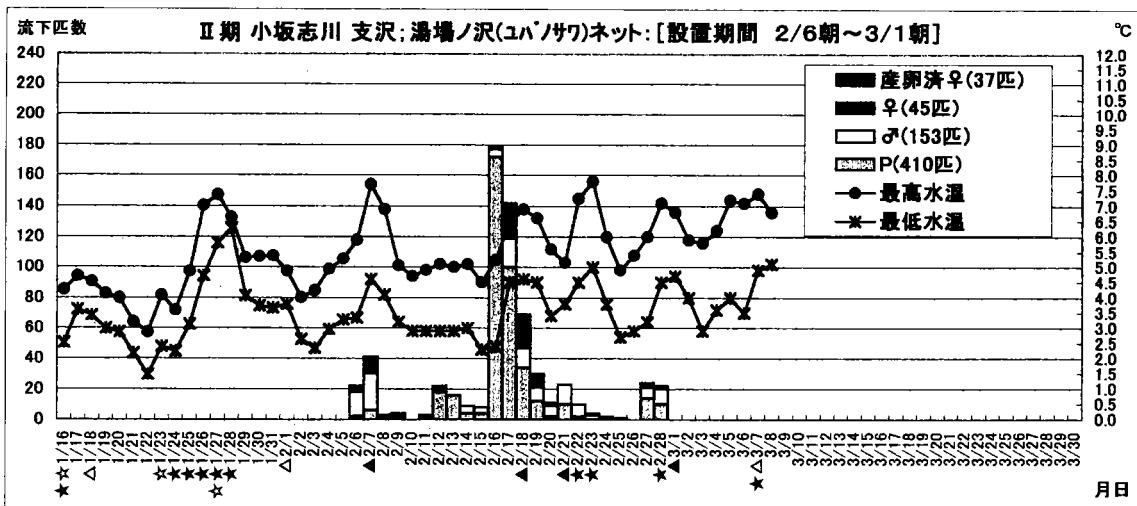


第3章の図2-10 II期(1993年)小坂志川支沢;姥沢(ウバサワ)に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例;グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



第3章の図2-11 II期(1993年)小坂志川支沢;湯場ノ沢に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例;グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



#### 4 ; Ⅷ期 (1999年1～3月) の結果・考察 : <表3 & 図3-1～6> 参照

この年は、さらにⅠ・Ⅱ期の反省もふまえ、1つのネットは1月20日から設置した。1月にも動くことがわかったためである(第2・4章参照)。また、Ⅷ・Ⅸ・Ⅹ期は漁協の許可を得て、3月中～下旬のほぼ完全に動きの止まるまでネット捕獲を実施した。

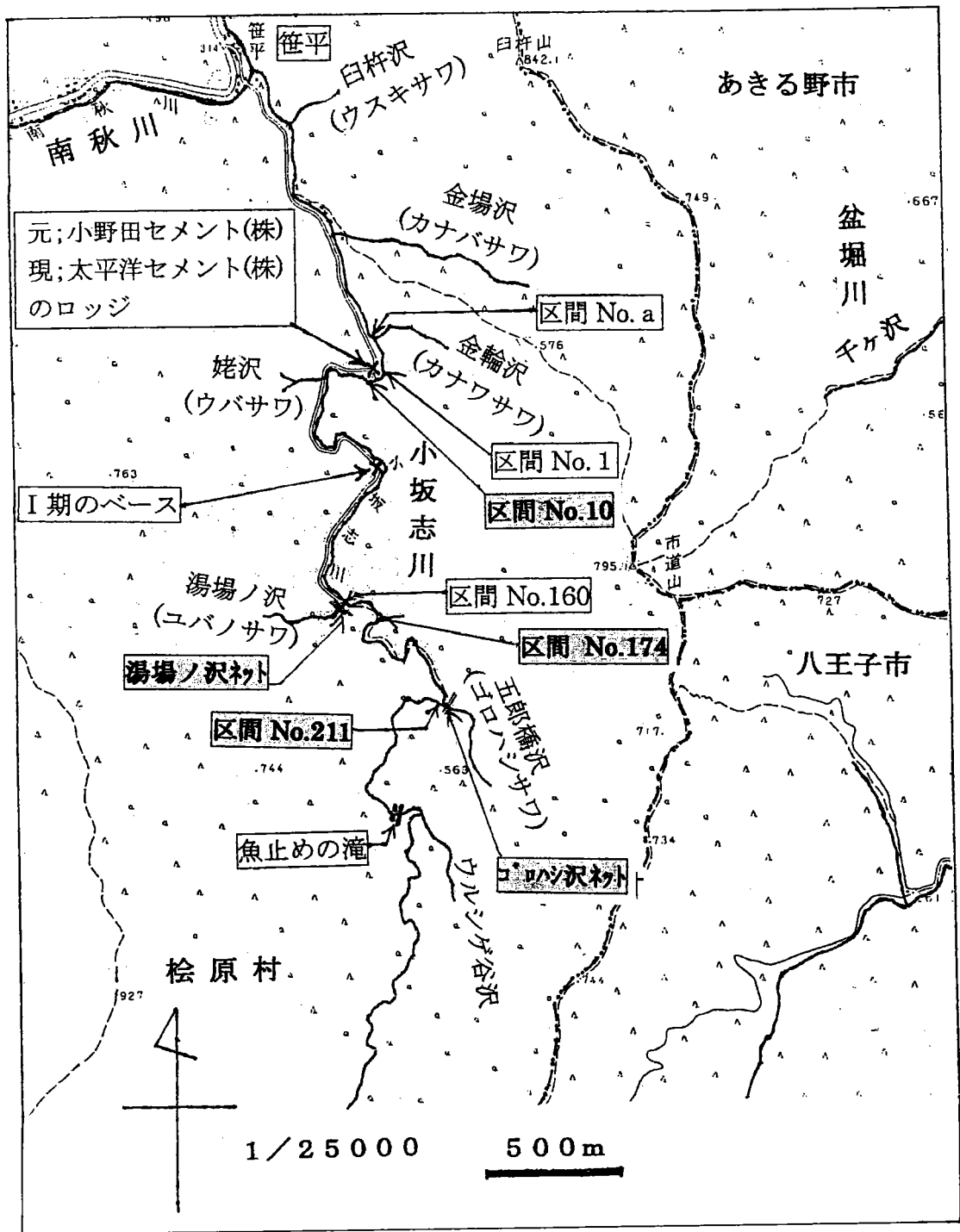
Ⅷ期の大きな特徴は、1月は暖冬で本降りの降雨により水温が5℃まで上昇したため、行動を起こしたこと。一方で2月上旬が平年並み以上に冷え、2月11日に本格的な積雪があり、そのために支沢では凍結によって行動を起こし、流下しネット捕獲されたことである。(第2・4章参照)。

Ⅷ期の結果をまとめると ;

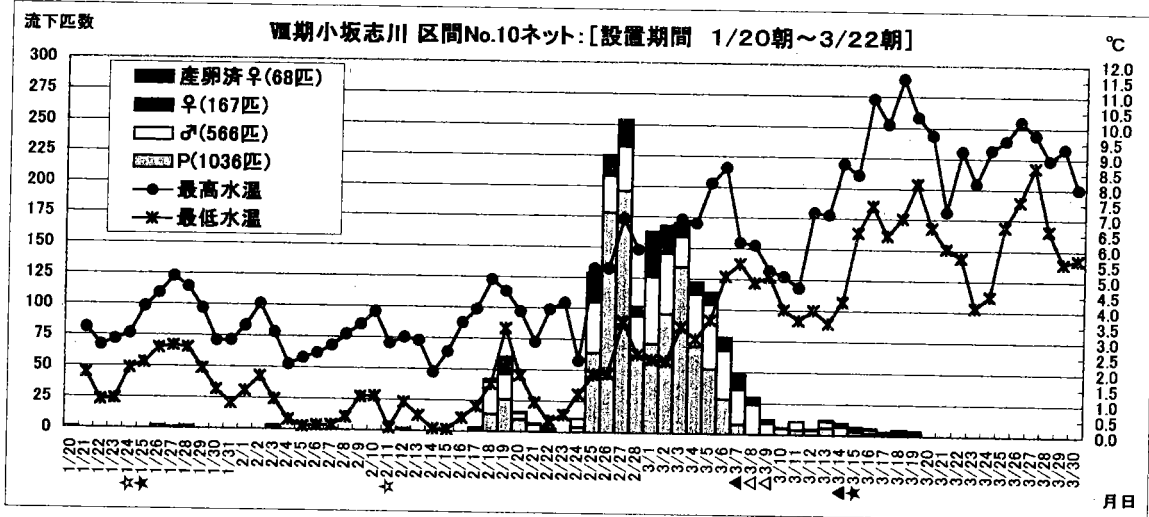
- ① ; Ⅷ期99年春では、Ⅱ期同様にまず1月末に降雨による最高水温の上昇で、少数の個体が動いたが繁殖行動には至らなかった。その後は、安定した冬型の晴天が続き、動かなかった。2月18日に一時水温の5.0℃前後への上昇で繁殖行動が始まったが、水温低下ですぐにほぼ停止した。そして、2月25日頃から本格的に活動が始まった。Ⅷ期の終結時期は3月20日頃であった。
- ② ; 繁殖期間の中でも、そのピーク時は10日間位(2月25日～3月6日)であった。
- ③ ; 繁殖行動は最高水温が5.0℃(0.5℃単位で考えた場合)以上で始まった。
- ④ ; やはり、一度繁殖行動を開始しても、最高水温が4℃前後位に下がる日が続くと停止した。
- ⑤ ; Ⅰ・Ⅱ期同様、1つのネットで、ピーク時に1日で200～400匹位は捕獲された。
- ⑥ ; 繁殖期間中全体では、1つのネットで、本流のネットでは1,500～2,000匹位入った。
- ⑦ ; 繁殖期間中には、本格的な降雨はもちろん、小雨もなく、水位がずっと低かった。このためと思われるのだが、支沢での流下数が極端に少なかった。例えば、Ⅱ期とⅧ期を比べると、本流での流下数はほぼ同じなのに、湯場ノ沢ではⅡ期に645匹だったのが、Ⅷ期では213匹になっている。(→表3・4)
- ⑧ ; 水量の少ない支沢では、本格的な降雪によって伏流水部が凍結することにより、冬眠場所を移動させるため流下することがわかった。例えば、<図3-6>のゴロハシ沢では、本流や水量の多い支沢である湯場ノ沢では、全く動いていない2月7～13日にかけて、低水温・積雪により大量に流下移動している。

第3章の表3 Ⅷ期小坂志川ネットの設置期間と捕獲数

Ⅷ期ネット 設置期間	ネット位置 の区間 No.	捕獲数 (計ではペア数を2倍している)					死亡個体 (内数)		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
1/20～3/22	10	518	566	167	68	1837	3	2	5
2/1～3/22	174	398	516	154	17	1483	6	0	6
2/7～3/22	211	499	370	94	19	1481	5	1	6
2/7～3/15	湯場の沢	41	108	20	3	213	2	0	2
2/7～3/15	五郎橋沢	24	76	20	0	144	0	0	0
計5ヶ所	Ⅷ期計	1480	1636	455	107	5158	16	3	19

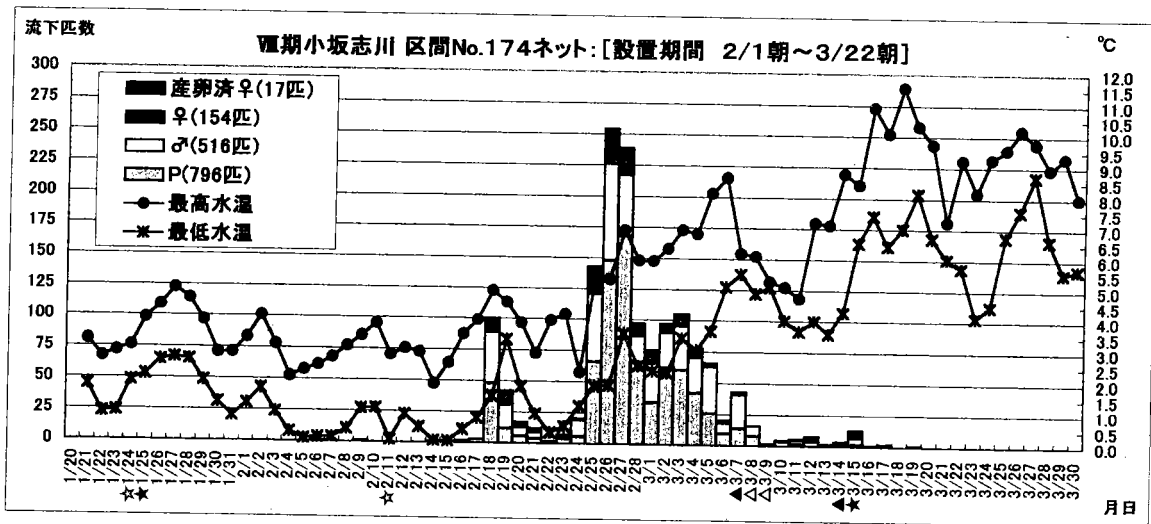


第3章の図3-1 VIII期繁殖期(1999年1~3月)小坂志川のネット設置場所  
 (区間No.10; 湯場ノ沢; 174; 211; ゴロハン沢)



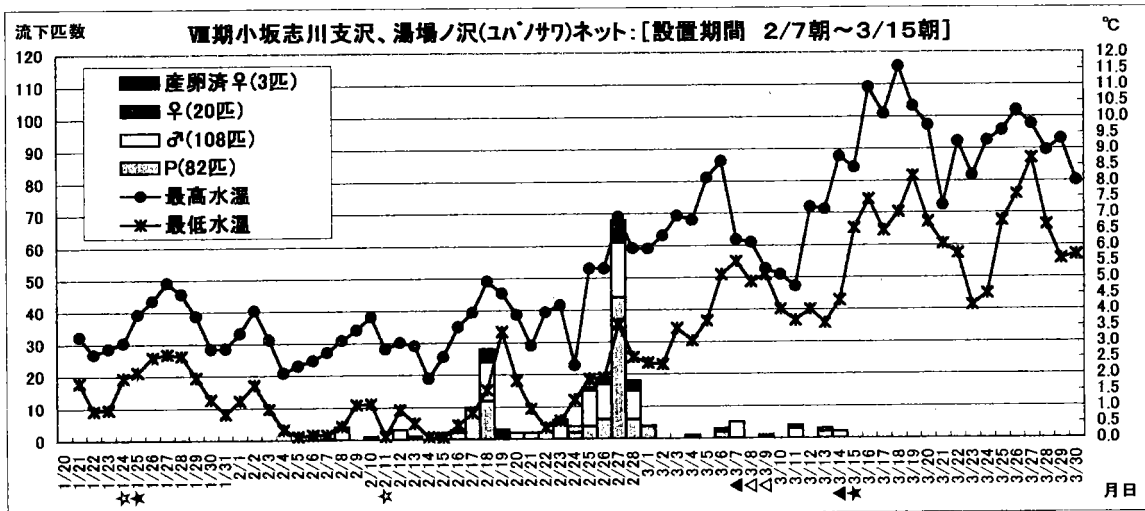
第3章の図3-2 Ⅷ期(1999年)小坂志川、区間No.10に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

- 注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨  
 注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数  
 → (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



第3章の図3-3 Ⅷ期(1999年)小坂志川、区間No.174に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

- 注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨  
 注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数  
 → (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

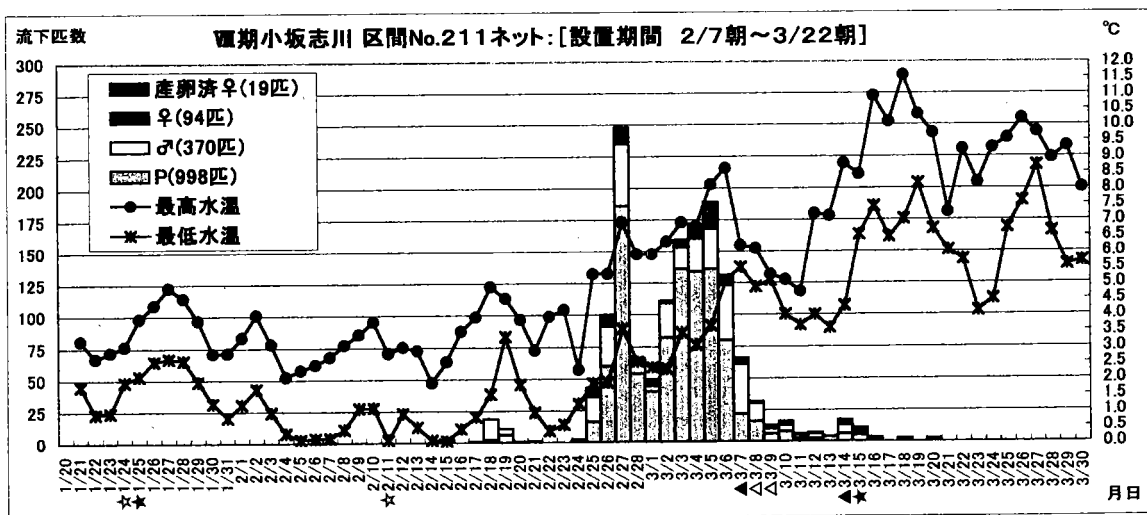


第3章の図3-4 Ⅷ期(1999年)小坂志川支沢、湯場ノ沢出合に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

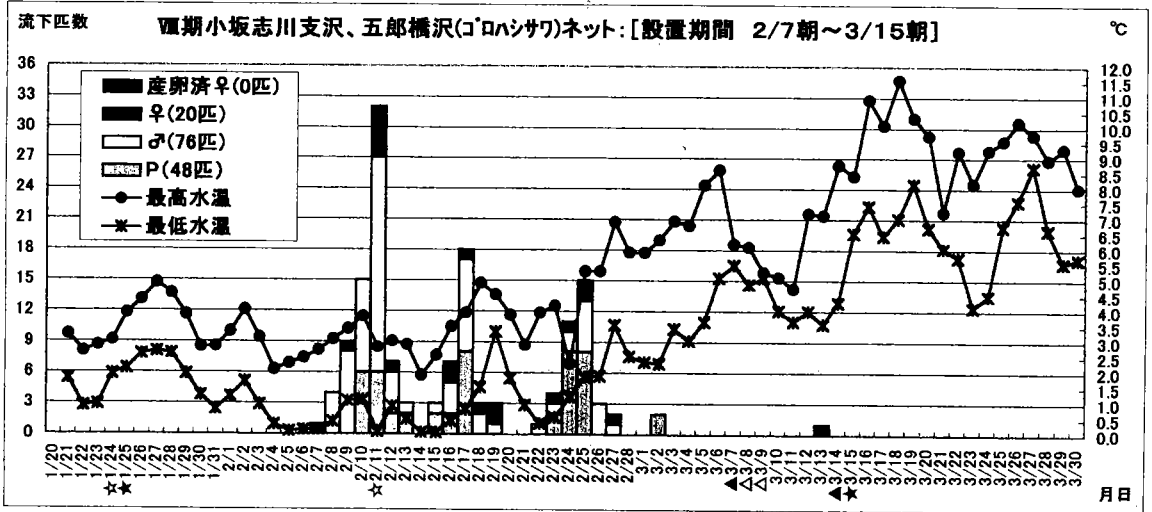


第3章の図3-5 Ⅷ期(1999年)小坂志川、区間No.211に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→(例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



第3章の図3-6 VIII期(1999年)小坂志川支沢、五郎橋沢出合に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

## 5 ; IX期 (2000年1~3月) の結果・考察 : <表4 & 図4-1~8> 参照

この年は、1ヶ所で10月11日からネットを設置して調査をした。それは、II期当時から推測されていたのだが、冬眠場所の特徴から逆算すると、秋に長距離移動していないと矛盾するからである。間違いなく、秋に長距離移動していると思いつつ、ずっと忙しくてできなかったのだが、やっとIX期に実施したのである。

また、様々な点での比較のため、別水系の矢沢でも短期間であるがネット捕獲を実施した。

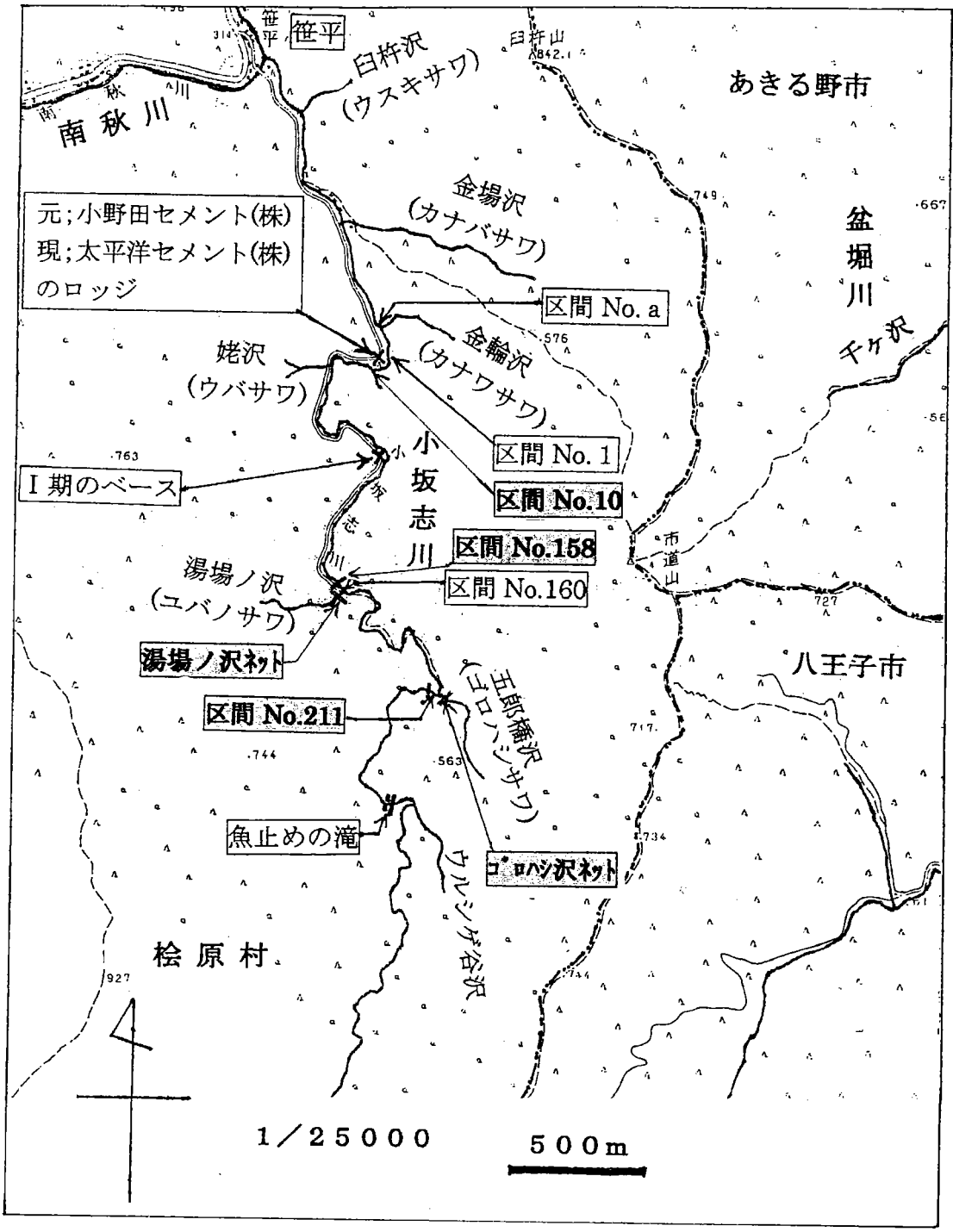
IX期の大きな特徴は、1月末~2月末が、ここ20年位の中で最も冷えたであろうということである。そのために、繁殖行動開始が際立って遅れた。本格的な始動は3月4日であった。ただし、2月上旬に2度最高水温が5℃前後に上昇したため、一部の個体は、2月中にドラドラと行動をした。これは、前述のように、日当たりのよい地域では最高水温が他よりも高いことにもよる。

IX期の結果をまとめると;

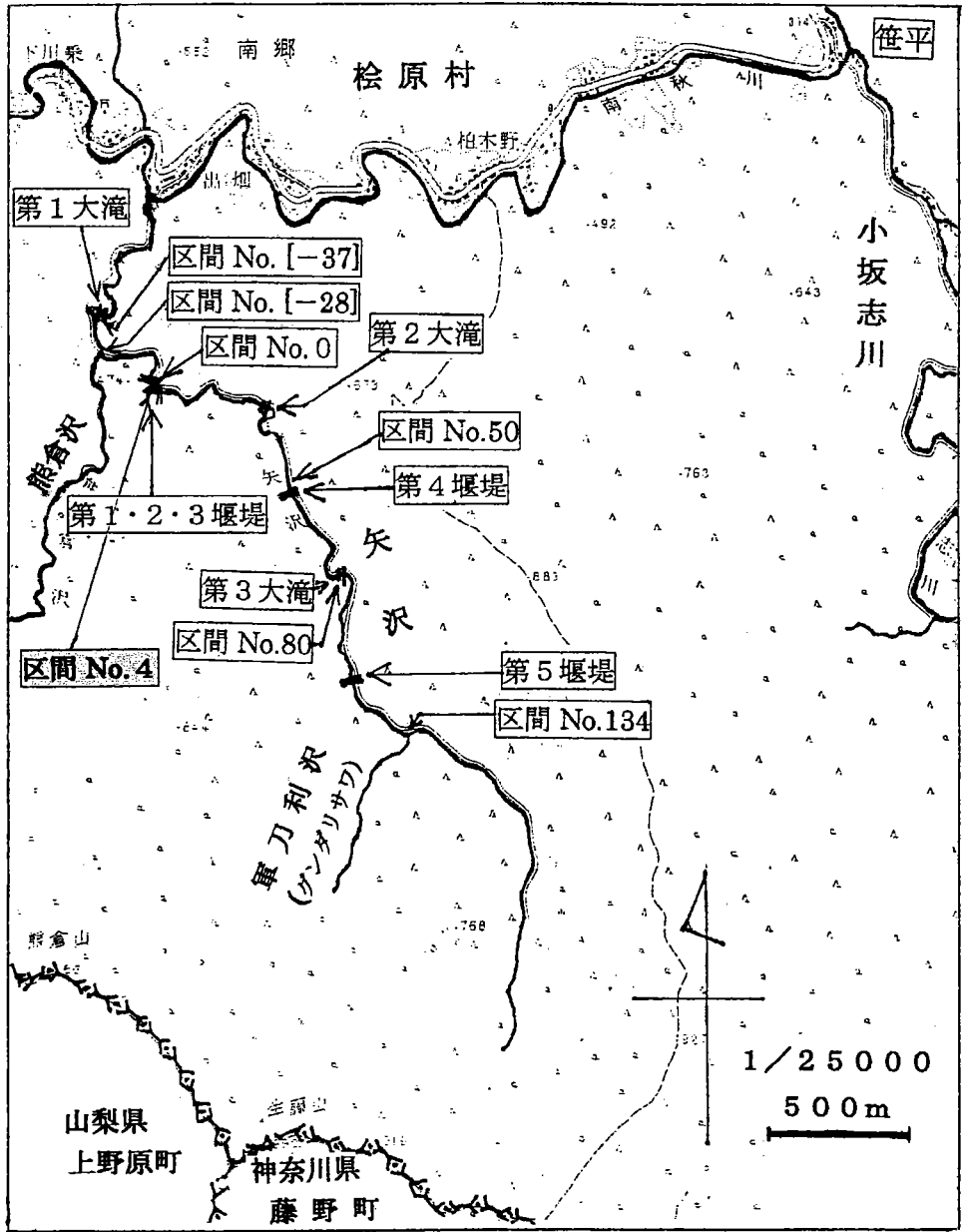
- ① ; IX期00年春では、2月7, 8日 & 14日に一時水温の5.0℃前後への上昇で一部の地域で、繁殖行動が始まったが、水温低下ですぐにほぼ停止した。そして、3月4日頃から本格的に活動が始まった。IX期の終結時期は3月25日頃である。
- ② ; 繁殖期間の中でも、そのピーク時は5日間位 (3月4日~8日) であった。
- ③ ; 繁殖行動は最高水温が5.0℃ (0.5℃単位で考えた場合) 以上で始まった。
- ④ ; やはり、一度繁殖行動を開始しても、最高水温が4℃前後位に下がる日が続くと停止した。
- ⑤ ; 繁殖期間のピーク中には、本格的な降雨はなかった。
- ⑥ ; VIII期と同様、水量の少ない支沢の五郎橋沢では、単なる水温よりも、降雪や気温の低い状態が長く続くことでの伏流水部凍結により、冬眠場所を移動させ流下することがわかった。支沢では、低温や水量によつての相関関係が顕著なのである→IX期の<図4-7>やVIII期の<図3-6>。
- ⑦ ; 流下数の年変動がデータではっきりとした。No.10のネットで、VIII期に1,837匹だったのが、IX期には1,000匹であった。また、No.211のネットで、VIII期に1,481匹だったのが、IX期には591匹であった。他のネットでも同様に、IX期にはVIII期の半分強の数しか流下してこなかった。

第3章の表4-1 IX期小坂志川ネットの設置期間と捕獲数

IX期ネット 設置期間	ネット位置 の区間 No.	捕獲数 (計ではペア数を2倍している)					死亡個体 (内数)		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
2/6~3/26	10	270	357	91	12	1000	2	6	8
2/6~3/28	158	175	272	69	6	697	7	8	15
2/6~3/26	211	109	291	65	17	591	1	0	1
2/6~3/20	湯場の沢	32	75	4	4	147	0	0	0
2/6~3/20	五郎橋沢	13	35	10	0	71	0	0	0
計5ヶ所	IX小坂志計	599	1030	239	39	2506	10	14	24



第3章の図4-1 IX期繁殖期(2000年1~3月)小坂志川のネット設置場所  
 (区間No.10; 湯場ノ沢; 158; 211; ゴロハンサワ)



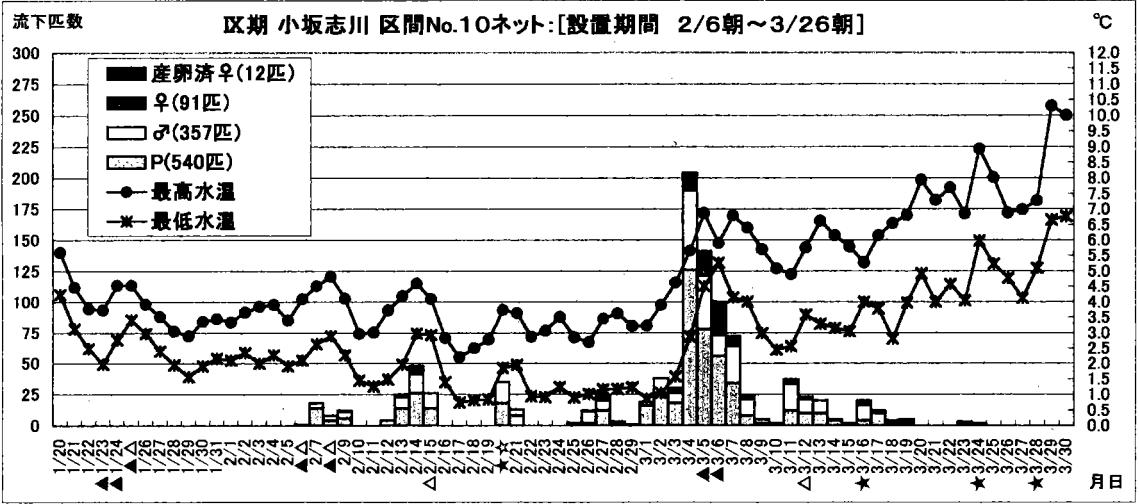
国土地理院、1/25000の地形図(五日市)より引用

第3章の図4-2 IX期繁殖期(2000年1~3月)矢沢のネット設置場所  
(区間No.4のみ)

第3章の表4-2 IX期矢沢ネットの設置期間と捕獲数

IX期ネット 設置期間	ネット位置 の区間No.	捕獲数(計ではペア数を2倍している)					死亡個体(内数)		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
2/12~3/25	4ノミ1ヶ所	168	167	88	20	611	0	0	0



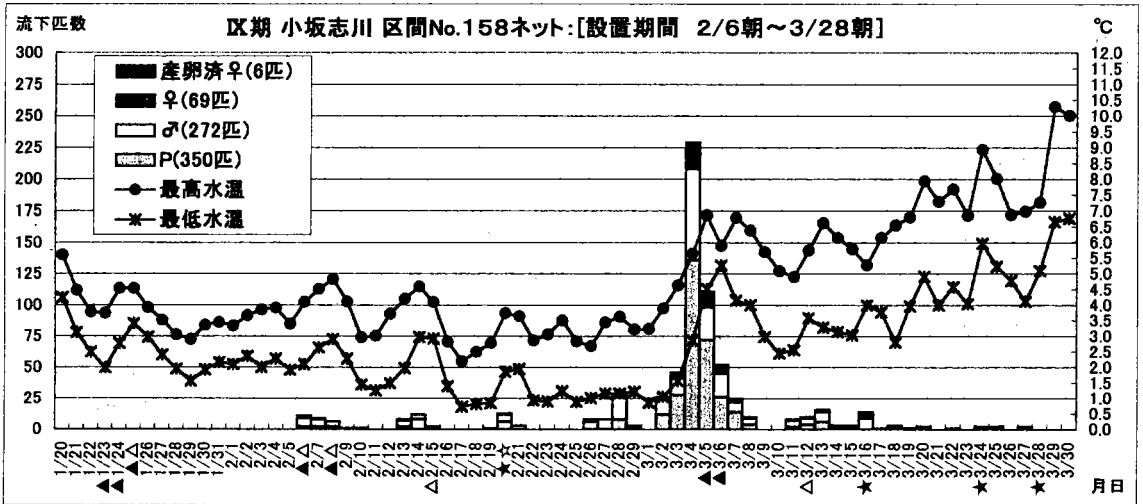


第3章の図4-3 IX (2000年) 小坂志川、区間No.10に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数＝朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

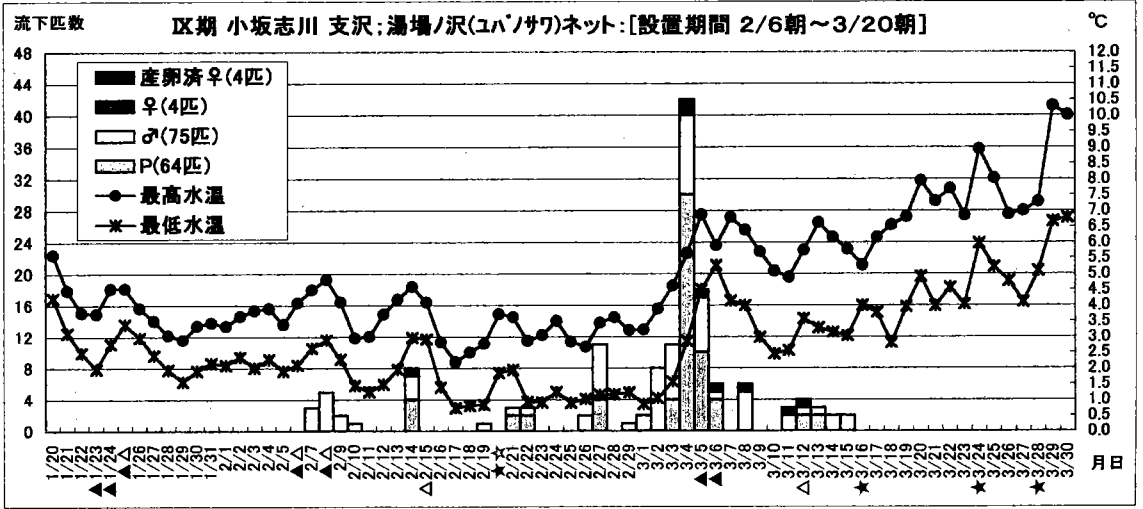


第3章の図4-4 IX (2000年) 小坂志川、区間No.158に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数＝朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

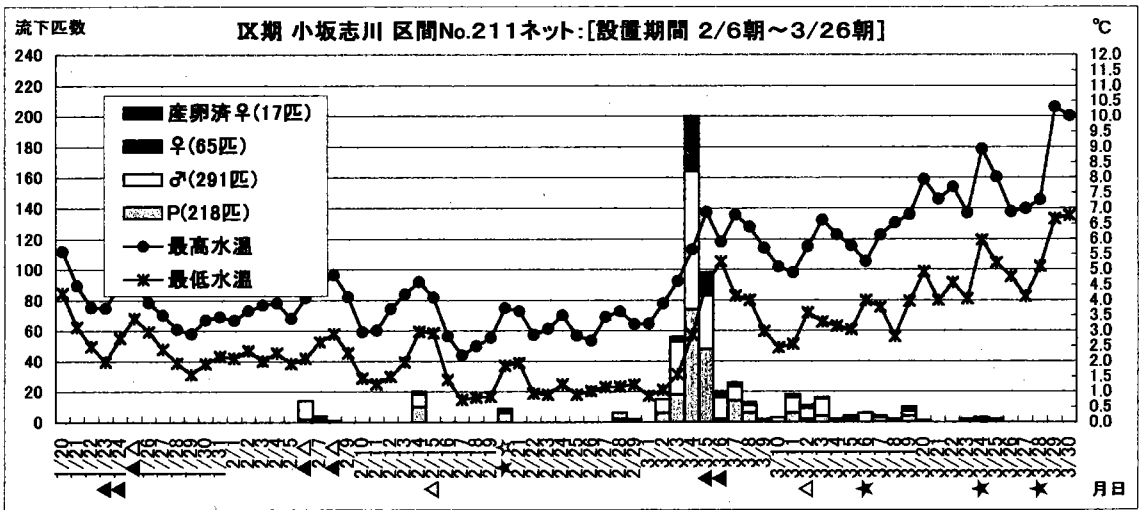


第3章の図4-5 IX(2000年)小坂志川支沢、湯場ノ沢(ユバノサワ)に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

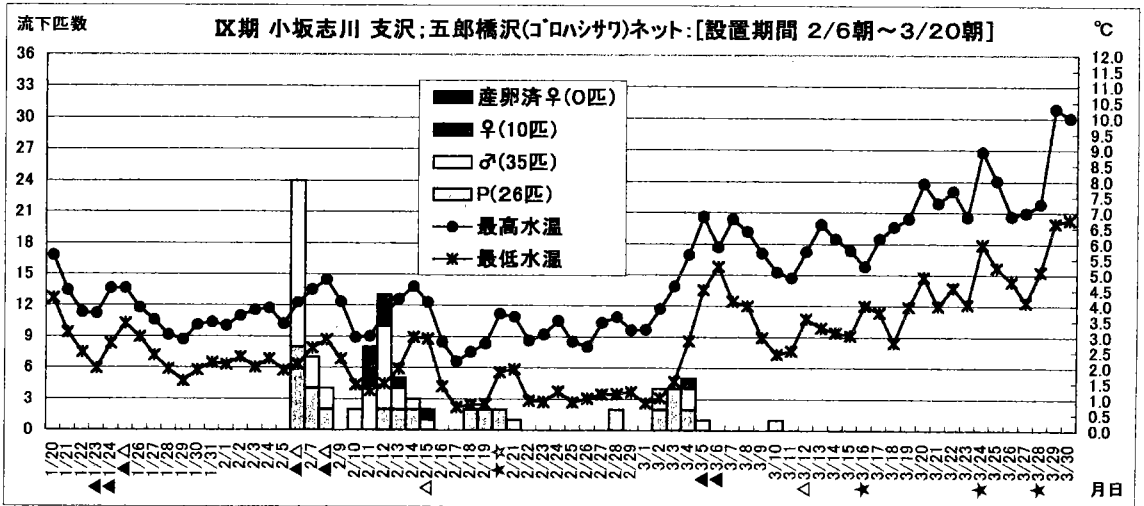


第3章の図4-6 IX(2000年)小坂志川、区間No.211に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

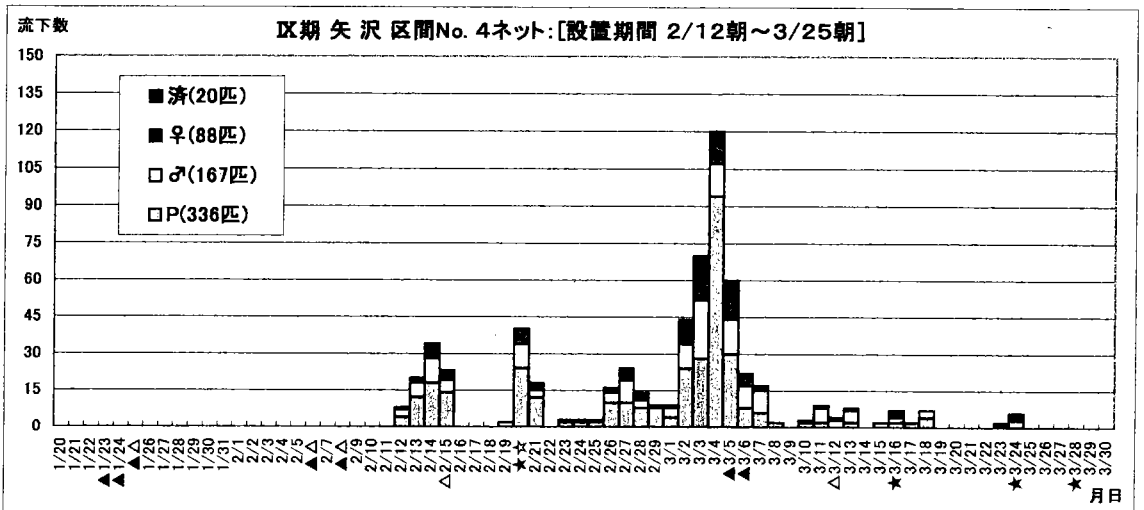


第3章の図4-7 IX (2000年) 小坂志川支沢、五郎橋沢 (ゴロハシサワ) に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



第3章の図4-8 IX (2000年) 矢沢、区間No.4 に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

## 6 ; X期 (2001年1~3月) の結果・考察 : <表5 & 図5-1~8> 参照

この年は、IX期とは逆に、矢沢をメインとし、小坂志川・矢沢の2水系でネット捕獲を実施した。X期の大きな特徴は、[大量積雪と融雪による大增水]と[2月中旬以降4月まで異常に暖かった]ことである。そのため、II期と繁殖期間は似ていて、ピークはほぼ2月中に終結してしまった。前年のIX期が3月に始まったのとは好対照である。そして、晴天にもかかわらず、日本海側を思わせるかのような融雪による長期間に渡る大增水が生じたことである。

しかし、X期は2月中旬までは冷え込んで、各地で観測史に残る積雪や凍結が記録された。富士五湖では結氷が激しく長く穴釣りができ、東北・北海道の湖では記録的な結氷となった。また、長野県南部では観測史上最高の積雪になるなど、太平洋側の山間部では、1月に大量の積雪があった。奥多摩でも約30年ぶりの積雪になり、1月27日の降雪では、調査地付近で平均積雪45cmほどになり、毎日ラッセルでの調査になった。この雪は3月初めまで残った。

X期の結果をまとめると;

①; X期01年春では、2月中旬までは冷え込みが強く、また積雪量も多く繁殖行動は起こらなかった。しかし、2月20日以降、異常に暖かくなり、かつ融雪による大增水も加わり、一気に爆発的に繁殖行動が開始され、それぞれの地域でピークも短期間で終了した。

X期の終結時期はIX期同様に3月25日頃である。

②; 矢沢での繁殖期間のピーク時は上下流での温度差が激しく著しくずれた。

[上流のNo.135ネットでは、始まりは不明で2月18日頃まで]、[中流部のNo.32・33ネットでは、2月19~24日位]、[下流部のNo.11ネットでは、2月21~28日位]、[軍刀利沢では、2月22~3月3日位]、[熊倉沢では、2月22~3月3日位]であった。

③; 繁殖行動は最高水温が5.0℃(0.5℃単位で考えた場合)以上で始まった。

④; やはり、一度繁殖行動を開始しても、最高水温が4℃前後位に下がるとほぼ停止した。(→2月26日の軍刀利沢や熊倉沢や11ネット)

⑤; 増水・水位上昇により、流下数は、過去最大になった。繁殖期のピークに合わせるかのように、2月21日から晴天にもかかわらず、融雪により大增水した。晴天での増水のため、<図4のグラフ中の本格的降雨・降雪記号の★や☆>からではわからない。この増水・水位上昇は3月10日頃まで半月以上も続いた。さらに、繁殖期のピーク後半に本格的な降雨があったことも、増水に拍車をかけた。小坂志川のNo.10ネットで見ると、このX期には、個体群密度はIX期とほぼ同じなのに、流下数は3倍になり、VIII期に比べても1.5倍ほどになった。また、軍刀利沢のような水量の少ない支沢でも、1ネットで総計1,938匹にのぼり、ピーク時には1日で1ネットに400匹以上にのぼった。これは、融雪による大增水が長期間続いたためと推測される。

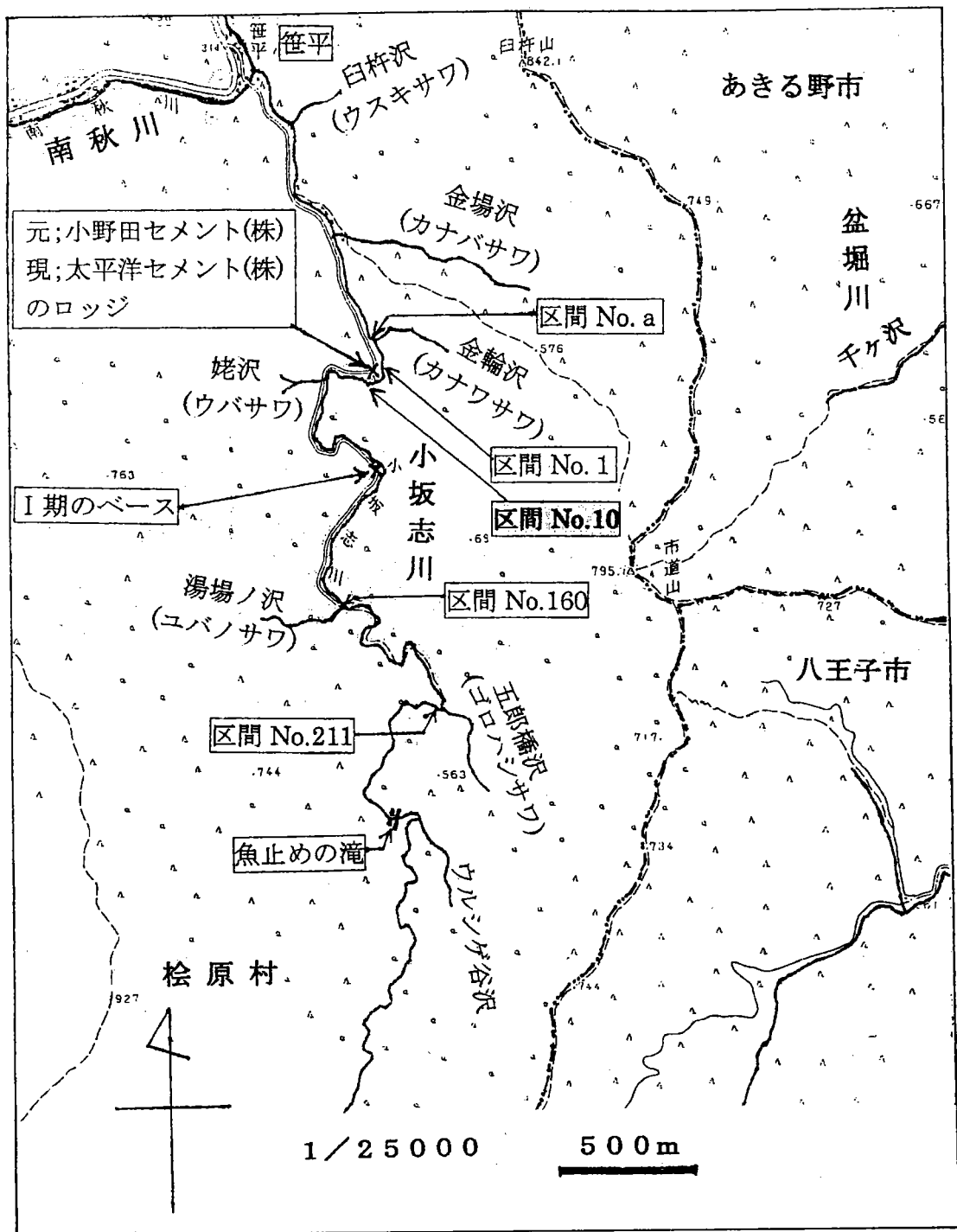
- ⑥；流下数の年変動がデータでははっきりとした。上記のように、個体数の変動が無くとも、水位・水量の変動で流下数が顕著に変動することがはっきりとした。
- ⑦；繁殖期の始まりが早く、ピークが2月末で終わったにもかかわらず、意外なことに終結時期はⅧ期・Ⅸ期とほぼ同じで3月20日～25日だった。
- ⑧；また、矢沢では本流の上流部の方が際立って水温が高いことに、調査途中で気付かされた。鉱泉によるもののようだ。そのため、中下流部では2月20日過ぎに行動し始めたのに、上流部（軍刀利沢出合より上流）では、下流部の熊倉沢付近よりも2℃も高く、繁殖行動は既にほぼ終結していた。そのため、矢沢で水温との関係を調べるには、小坂志川以上にさらに多数温度計を設置する必要があることがわかった。

第3章の表5-1 X期小坂志川ネットの設置期間と捕獲数

X期ネット 設置期間	ネット位置 の区間No.	捕獲数 (計ではペア数を2倍している)					死亡個体 (内数)		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
2/6～3/24	10ノミ1ヶ所	849	228	136	34	2096	6	6	12

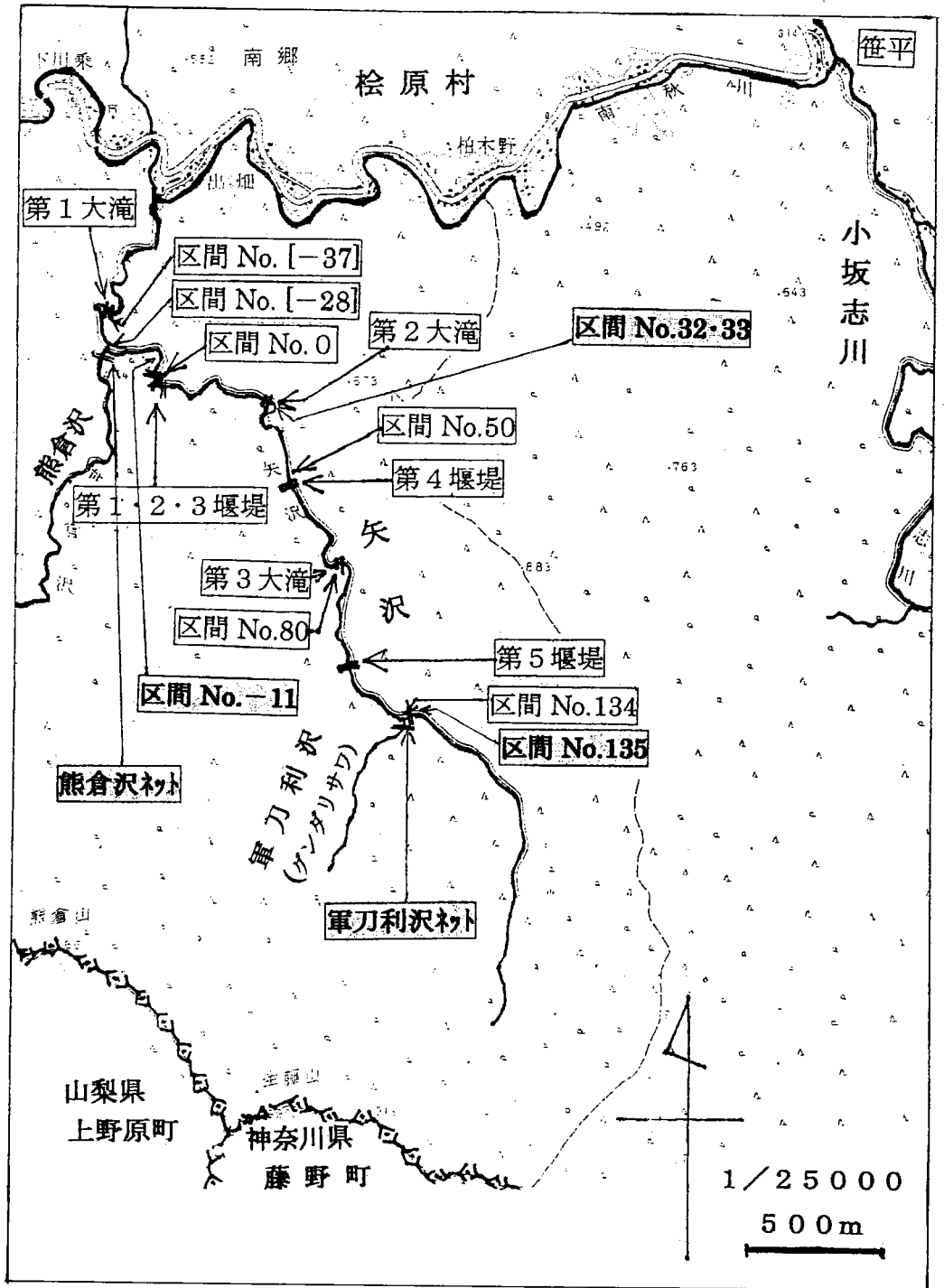
第3章の表5-2 X期矢沢ネットの設置期間と捕獲数

X期ネット 設置期間	ネット位置 の区間No.	捕獲数 (計ではペア数を2倍している)					死亡個体 (内数)		
		ペア	♂	♀	産卵済♀	計	♂	♀	計
2/8～3/25	-11	506	332	85	69	1498	5	3	8
2/18～3/25	32・33	767	186	110	93	1923	14	8	22
2/18～3/24	135	96	46	50	0	288	0	0	0
2/18～3/24	軍刀利沢	687	302	223	39	1938	0	0	0
2/18～3/25	熊倉沢	631	753	88	569	2672	3	0	3
計5ヶ所	X矢沢計	2687	1619	556	770	8319	22	11	33

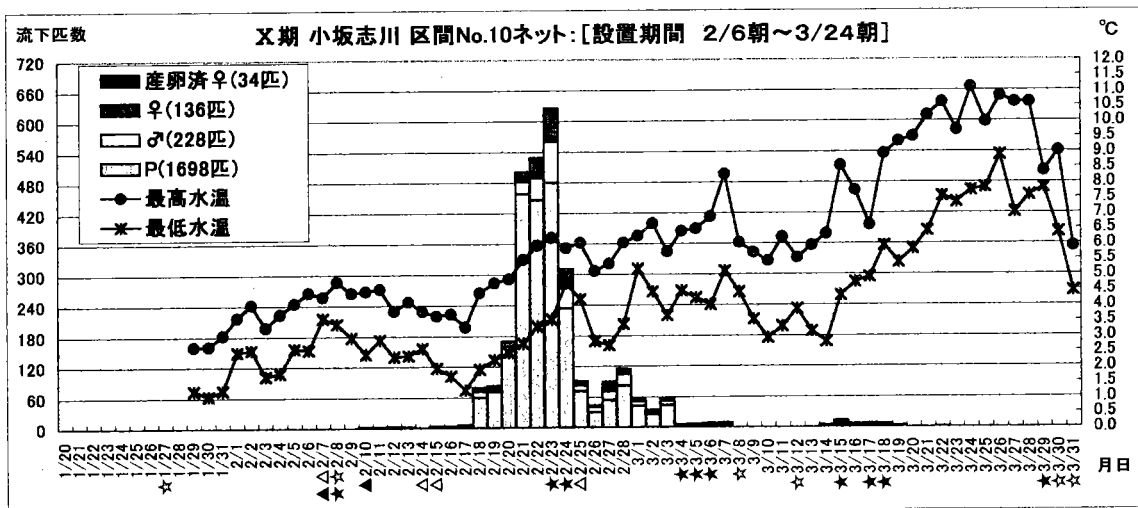


国土地理院、1/25000の地形図(五日市)より引用

第3章の図5-1 X期繁殖期(2001年1~3月)小坂志川のネット設置場所  
(区間No.10のみ)



第3章の図5-2 X期繁殖期(2001年1~3月)矢沢のネット設置場所  
(区間No.-11; 32・33; 134; 軍刀利沢; 熊倉沢)

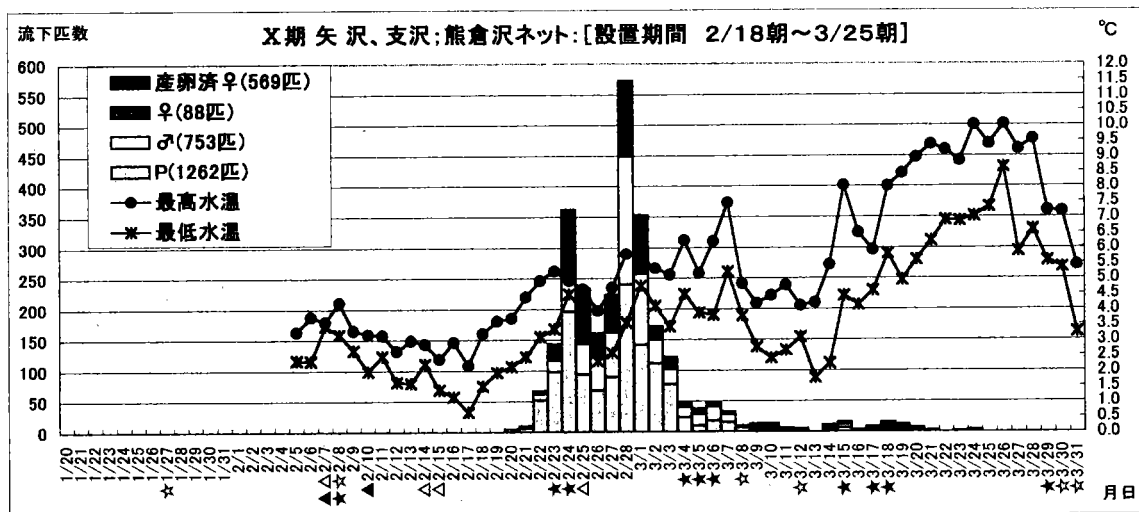


第3章の図5-3 X(2001年)小坂志川、区間No.10に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



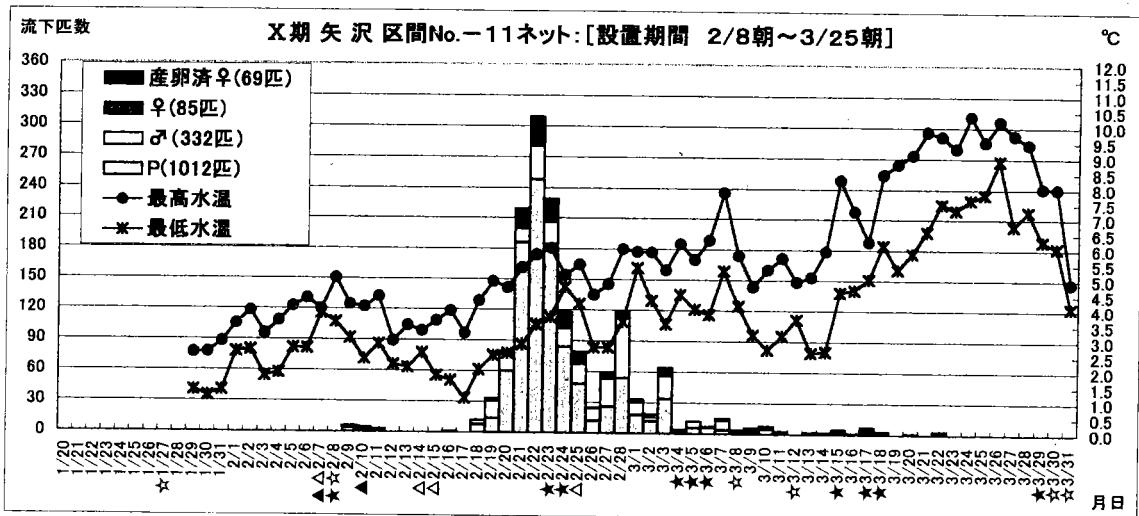
第3章の図5-4 X(2001年)矢沢の支沢、熊倉沢に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆：積雪を伴う本降りの雪 △：小雪 ★：本降りの雨 ▲：小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時～翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例；グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝～2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



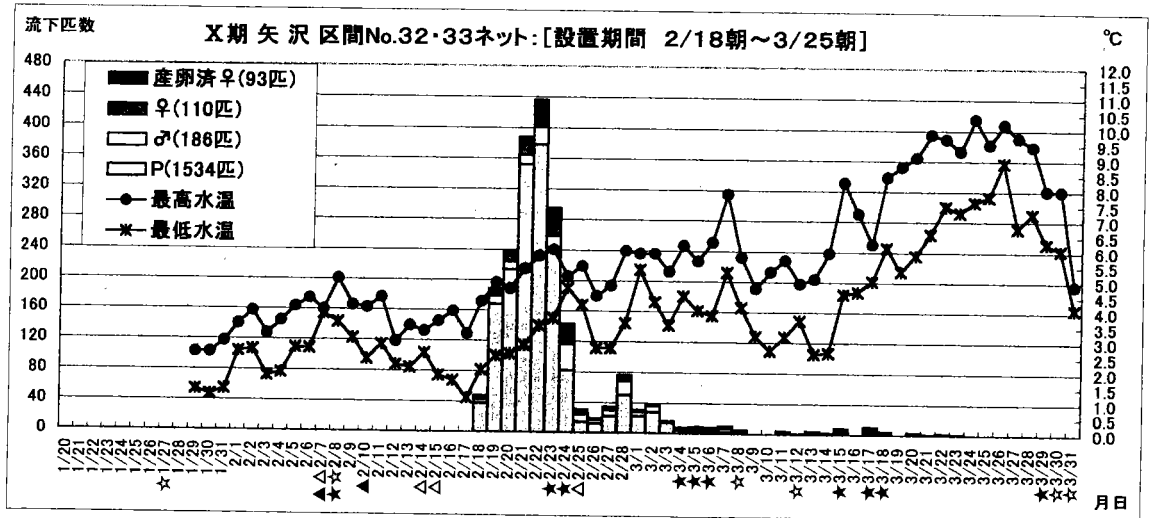


第3章の図5-5 X(2001年)矢沢、区間No.-11に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

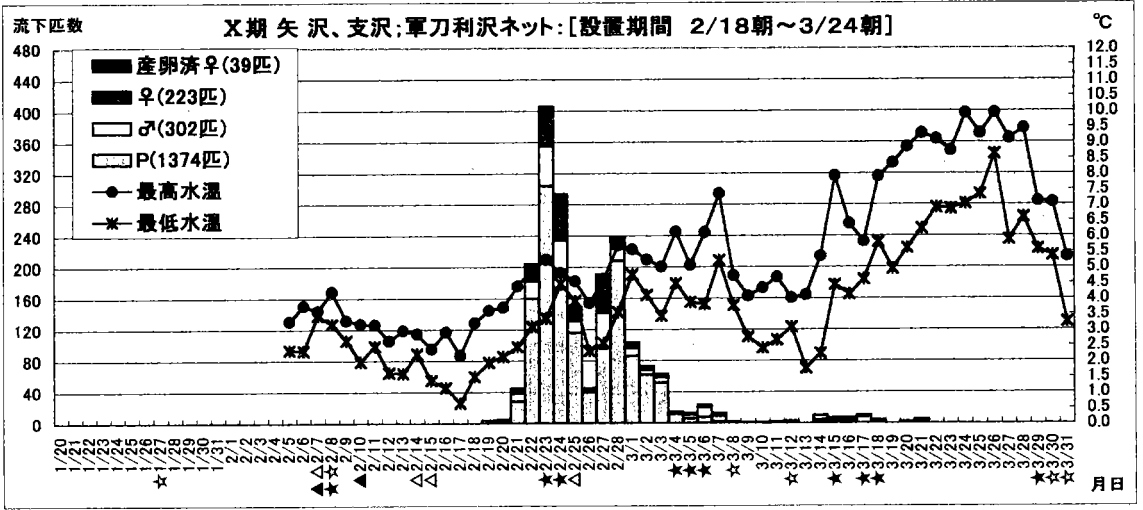


第3章の図5-6 X(2001年)矢沢、区間No.32・33に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

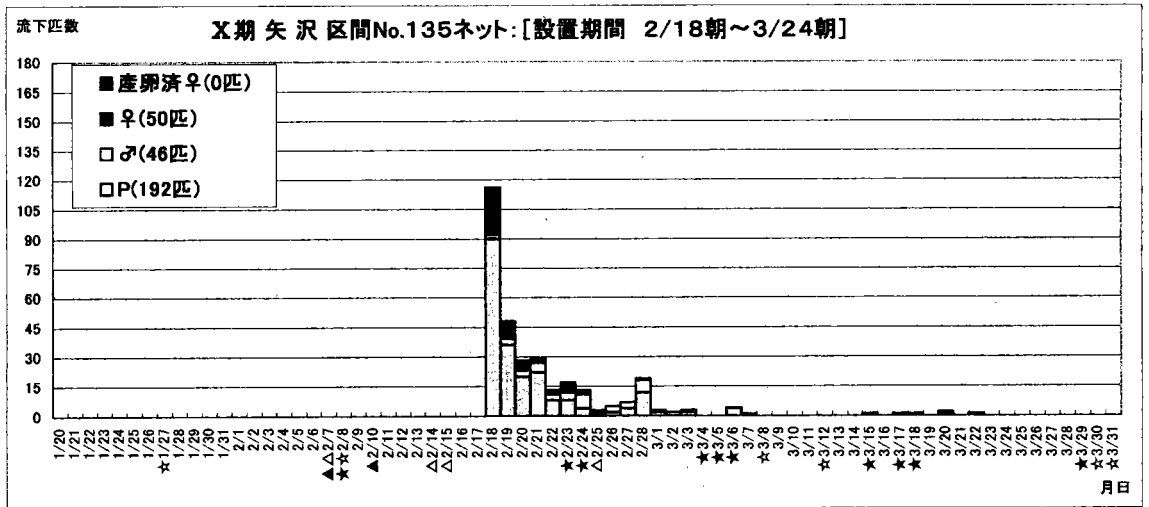


第3章の図5-7 X(2001年)矢沢の支沢、軍刀利沢に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数と最高水温・最低水温

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)



第3章の図5-8 X(2001年)矢沢、区間No.135に設置したネットによる繁殖期の流下捕獲数

注1 ☆:積雪を伴う本降りの雪 △:小雪 ★:本降りの雨 ▲:小雨

注2 1日の流下捕獲数=朝8、9時~翌朝8、9時の流下捕獲数

→ (例; グラフ中の2/10の流下捕獲数とは、2/10の朝~2/11の朝の分で2/11朝に回収した分)

注3 水温は、数m隣の軍刀利沢よりも2月~3月上旬で常に約1.5~2.0℃も高かった。軍刀利沢との出合付近に比べると約1.0℃高かった。下流部で繁殖行動が始まった頃、また軍刀利沢や熊倉沢ではまだ動いていない頃に、この地点ではほぼ終結していた。

7；上流部のネット捕獲でマーキングした個体が下流部のネットでの再捕獲される時の雌雄比、の結果・考察<表6>

表6からわかるように、上流のネットではマークした個体が、下流部のネットでは再捕獲される割合は、♀の方が圧倒的に♂よりも大きかった。ところが、実際の雌雄比は、圧倒的に♂の方が大きいのである<第6章の表1>。つまり、流下行動は、♀が主導なのである。また、ネット捕獲での雌雄比は、実際の雌雄比よりも、相対的に♀の方が大きくなってしまっているのである。

第3章の表6 上流のネットではマークした個体の下流ネットでの再捕獲数 & ネット捕獲での雌雄比と実際の雌雄比との比較

	上流ネットでのマーク個体の 下流ネットでの再捕獲数		ネット流下捕獲数 での平均雌雄比		冬眠期・春眠期捕獲数 での平均雌雄比	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
I 期	106	203	55.6%	44.4%	62.6%	37.4%
II 期	469	616	57.7%	42.3%	66.2%	33.8%
VIII 期	33	40	60.6%	39.4%	74.2%	25.8%
IX 期	1	3	65.1%	34.9%	76.7%	23.3%
X 期	84	87	51.8%	48.2%	51.0%	49.0%

- ① この表の再捕獲数だけから見ても、♀主導で流下することがわかる。
- ② ネット捕獲では相対的に♀が多くなってしまふ。また、第8章の表1からもわかるように、ネットの位置（上流・下流）（大繁殖場所からの距離）（本流・支沢）によっても雌雄比が大きく異なるのである。そのため、ネット捕獲では実際の性比（雌雄比）はわからない。  
逆に、繁殖期の目視による淵の観察では、相対的に♂が多くなってしまふ。
- ③ I・II期では、ネットの数も多く、全てのネット捕獲時にマークしているためにネットマーク個体の再捕獲数が多い。

### 第3節：流下数から見た繁殖期の特徴の結論

(水温、水位・水量の相関関係については次節)

#### 1；繁殖期間

- ①；奥多摩での繁殖期間は、2月中旬～3月下旬である。水温に強く影響されるため、年により・場所により異なるが、早い年には2月5日前後から繁殖行動が始まる。ただし、終結は常に、3月20～25日頃である。まず♂が♀よりも若干早く行動を開始し、流れのほとんどない淵・釜・トロ場を集まり、♀がやって来るのを待ち受ける。ここで♂は♀に抱接しペアが形成される。その後、良い産卵場を求め流下し、主に石の下のすきまへ産卵する。
- ②；ピーク期間はどんな年でも、1週間前後（5日～10日間ほど）である。
- ③；水温の上昇で1月中旬～2月初めにも行動するが、この時は内的要因（ホルモン・生殖細胞の成熟等）が整っていないためであろうが、繁殖行動には至らない。つまり、冬眠に入ってから積算日数が最も重要なのである。
- ④；筆者が産卵を伴う実質的な繁殖行動を確認した最も早い開始日は、Ⅱ期（1993年）の2月7日である。最も遅かったのが、Ⅸ期（2000年）の3月4日である。

#### 2；繁殖期の流下数とその年変動

- ①；小坂志川でも矢沢でも、本流の1ネット当たりの流下数はほぼ同じであった。  
繁殖期間全体では、本流の1ネットに1,000～3,000匹流下し捕獲される。  
繁殖期間のピーク時の1日での、本流の1ネット当たりの流下数は、200～600匹ほどである。
- ②；流下数は年によって変動する。今までの調査のデータから明らかな理由は2つある。  
1つは、個体総数の変動によるもの。第5章で詳述するが、Ⅰ、Ⅱ、Ⅷ期はほぼ個体群密度・総数は同じであったが、Ⅸ・Ⅹ期にそれまでの1/2～2/3に激減した。そのため、Ⅸ期にはⅧ期の半分強の流下数となった。  
1つは、水位・水量の変動によるもの。降雨・融雪により、水位・水量が増大すると、流下数が増大する（＝平均流下距離が大きくなる）のだ。Ⅹ期には前述したように、約30年振りの積雪で、異常な年であった。まるで日本海側の山間部を連想させるかのように、晴天なのに気温上昇のために、融雪により1週間以上に渡り大増水を引き起こした。このため、Ⅹ期はⅧ期以前より、個体群密度・総数は少なくⅨ期と同じ位のはずなのに、流下数は過去最大となった。

#### 3；捕獲位置(ネットの位置)から見た繁殖期の特徴

##### (1) 上流部と下流部による流下数の違い

繁殖期の流下数で見ると、中流部で最も流下数が多い。これは、夏の活動域が上流部で、秋に上流～中流部に移動し冬眠することによるものだろう。

## (2) 本流と支沢（水量の少ない小さな支沢）による違い

水量の少ない支沢では、繁殖行動の外的誘発要因は、水温よりも、水位・水量が大きく影響する。元々、冬～早春に本格的な降雨があれば、水温は必然的に急上昇する。そして、支沢では本流に比べ降雨による水位の変化が大きく、水温よりも増水によって一気に動くのであろう。

## (3) 繁殖場所との位置による違い；（第8章の表1も参照）

大繁殖場所(多くの♂が♀を待つ場所&主要産卵場所)のすぐ下流あたりに設置したネットでは、他の場所のネットと流下捕獲内容が大きく異なる。小坂志川のⅠ・Ⅱ期に設置した区間No.96ネットがこれに相当し、♀の比率が相対的に高く、雌雄比は常にほぼ1：1になる。また、産卵後の♀の割合が♀全体に対して30～40%と異常に高くなる。そして、繁殖行動開始当初の数が少ないのである。これは、動き出した個体がネットのすぐ上流で、留まってしまうからだろう。

## 4；別水系による比較

小坂志川水系（同一個体群）と、矢沢水系（同一個体群）で流下数の状況を見ると、特に大きな違いはなかった。水温5.0℃での動き出しは当然のことながら同じであるし、流下数がほぼ同じであった。個体群密度がほぼ同じなのである。また、矢沢には大滝や大堰堤が複数あるにもかかわらず、流下状況が同じであった。流下距離もほぼ同じか、矢沢の方が少し長い位なのである（第4章で詳述）。つまり、垂直落差数m程度の滝や堰堤が数ヶ所あった位では、流下状況に影響しないと考えられる。おそらく奥多摩では、人為的な障害が無く、十分棲息流域がある場合には、秋川水系・多摩川本流水系でも流下数の状況はほぼ同じであると推測される。

## 5；♂♀で見た時の流下行動の比較<表6>

上流部のネットで捕獲しマーキングした個体が、下流部のネットで再捕獲される数が圧倒的に♂よりも♀の方が多いことから、流下行動は♀が主導であることが、はっきりと結論付けられた。そのため、ネット捕獲では、実際の雌雄比よりも、♀の方が相対的に大きくなる。

## 第4節：水温と繁殖行動の密接な相関関係の結論；最高水温5.0°Cで動き出す

### 1；調査地付近水系の繁殖期前後における

#### [最高水温と最低水温、日較差、その時刻、季節変動] についての特徴の結論

<表7-1, 2>に小坂志川・矢沢での水温のデータを示した。また、<図1~5>のグラフの温度も参照していただきたい。小坂志川水系と矢沢水系（小坂志川の西隣り）では、ほぼ同じ結果であった。ただし、同じ水系でも、詳細に見ると特徴的な違いが幾つかあった。

奥多摩小坂志川周辺<第1章の図1も参照>での沢の水温の特徴をまとめると；

- ①；海水温や地温などと同様、水温は気温よりも最高や最低の時期・時刻が遅れる。例えば、久居らが、国立科学博物館附属自然教育園での2~3月の調査で「気温は午前5~6時に最低を、午後0~2時に最高を記録し、地温は深さ5cmで最低が午前7~8時、最高が午後3~4時；深さ10cmでは最低が午前8~9時に、最高が午後5~6時に記録する。」（久居・菅原, 1978）と述べている。
- ②；1月下旬~2月中旬にかけてが、最も低温になる。
- ③；特殊な時間帯に周辺に日が射すような地点でない限り、最低水温は8時頃、最高水温は15時頃、平均水温は12時頃である。ただし、最低水温は季節（日の出の時刻の変遷）により変動する。
- ④；本格的な降雨のあるようなことがなければ、暖冬であろうとも、1月~2月中旬には、平均して最低水温は1~2°C台、また平均して最高水温は3~4°Cほどである。
- ⑤；水温は、気温や直射よりも、降雨・降雪による直接影響が大きい。1月にも本格的な降雨があると水温は一気に上昇し、最高水温は5~7°Cになる。ただし、2、3日で平常に戻る。また一方、本格的な10cm以上位の積雪があると、最低水温は約0°Cになり、しばらくは水温の日較差が小さくなる。毎年、積雪のために最低水温が0~1°Cの時期が数日訪れる。特に、支沢の小水流部や伏流水部は凍結する。
- ⑥；晴れた日の日較差は、12~1月では1.5°C~2°Cほど。2月で2~2.5°Cほど、3月で2~3°C、4月で3°C近くになる。ただし、前述のように晴れていても積雪後は、しばらく日較差は小さい。気温の日較差も、春先が最も大きい。
- ⑦；沢では、1年中24時間全く日の射さない地域もあれば、日中必ず日の射す地域もある。特に、太陽の南中高度の低い冬場では、その差が激しい。このため、最低水温は、ほぼ同地域であれば同じなのだが、最高水温は、晴れた日には場所によってずいぶん異なる。特に、2月末~3月上旬の繁殖行動開始の頃、移動性高気圧に覆われて穏やかに晴れるような日には、最高水温の地域差が1~2°C近くにもなる。全く日の射さない地域ではこんな日でも日較差が2°C強であるのだが、日中ずっと日の射す地域周辺では、日較差が3~4°C以上にもなる。

重要な点として、以上のことは、当然ながら、草野らの盆堀川（小坂志川の東隣り）での断片的なデータ（昼頃に計測した水温のデータ）ともほぼ一致する。

### 第3章の表7-1 I・II・Ⅷ期の水温の詳細（月ごとの最低・最高・平均水温）

#### I期（1992年）の区間No.103地点での水温

1/19～3/11	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
1月(19日～)	8:13	1.44	14:14	3.37		2.41	1.72	0.9
2月	8:20	2.38	14:17	4.63		3.21	1.66	0.2
3月(～11日)	7:41	5.47	14:36	7.22		6.35	1.75	4.2
2/1～3/11	8:11	3.23	14:22	4.91		4.07	1.68	
1/19～3/11	8:11	2.90	14:25	4.63		3.76	1.69	0.2

備考；1/31午後～2/1朝まで大雪；1/31の最低は23時、最高は0時 2/1の最低は0時  
；3/2夕方～夜、小雨；3/1夜～2朝気温一定下がらず 3/5本降り大雨

#### II期（1993年）の区間No.103地点&7地点での水温

##### 〔II期No.103地点〕

2/7～3/5	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
2/7～3/5	8:54	3.62	14:51	5.89	12:26	4.76	2.27	2.3

##### 〔II期No.7地点〕

1/16～3/5	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
1月(16日～)	8:06	3.25	15:23	4.43	11:54	3.64	1.18	1.28
2月	7:32	3.26	15:22	5.18	11:32	4.02	1.93	1.99
3月(～11日)	7:27	3.69	14:36	5.97	11:06	4.63	2.28	2.71
2/1～3/5	7:31	3.32	15:15	5.30	11:28	4.11	1.98	
1/16～3/5	7:42	3.41	15:18	5.14	11:27	4.53	1.72	

備考；この年の1月は異常に暖冬で降るのは雨ばかりで積雪無く最低水温が、あまり下がらなかった。1月は異常に降雨降雪が多く、風花程度も含むと18日間も降雨・降雪。特に1月25日～28日に大量の降雨量で水温は、7度前後まで上昇し、ネットはまだ設置していなかったのだが、冬眠期の捕獲状況から推測しても、一度、1月末の水位上昇で随分と移動した。1月～2月上旬まで冬型にならず、2月7日には春一番で谷間でも強風（熱風）が吹く。2月以降で2月21日の夜～22日の朝に初の本降りの降雨

#### Ⅷ期（1999年）の区間No.174地点&10地点での水温

##### 〔Ⅷ期No.174地点〕

2/1～3/13	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
2月	7:20	1.02	12:59	3.49	10:49	2.22	2.55	0.02
3月(～13日)	6:48	3.86	12:42	6.37	10:22	5.07	2.60	2.26
2/1～3/13	7:07	1.92	12:53	4.41	10:40	3.12	2.56	

##### 〔Ⅷ期No.10地点〕

1/21～4/12	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
1月(21日～)	8:43	1.75	14:23	2.89	12:19	2.32	1.14	0.78
2月	7:52	0.99	14:22	2.73	11:49	1.86	1.74	0.16
3月	6:56	5.35	14:08	7.6	10:58	6.47	2.25	2.46
4月(～12日)	7:05	7.2	14:07	9.95	10:39	8.58	2.76	4.95
2/1～3/10	7:39	1.77	14:24	3.57	11:37	2.67	1.8	
1/21～4/12	7:32	3.65	14:15	5.65	11:27	4.65	2	

### 第3章の表7-2 IX・X期の水温の詳細（月ごとの最低・最高・平均水温）

IX期（2000年）の小坂志川区間No.158地点&10地点、矢沢No.4地点での水温

〔IX期No.10地点〕

10/12～4/22	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
10月(12～)	7:24	12.67	14:34	13.77		13.22	1.10	10.24
11月	8:09	9.69	15:14	10.63		10.16	0.94	6.54
12月	8:28	4.40	16:57	5.37		4.98	0.78	2.38
1月	8:22	3.79	15:43	4.60		4.20	0.82	1.52
2月	8:01	1.68	15:15	2.90		2.29	1.22	0.78
3月	7:07	3.78	13:40	6.12		4.95	2.34	0.85
4月(～22)	6:26	8.38	13:35	10.67		9.53	2.30	6.14
2月～3/10	7:46	1.96	14:51	3.36		2.66	1.40	

〔IX期No.158地点〕

2/7～4/20	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
2月(7～)	8:49	1.57	14:30	3.47		2.52	1.9	0.74
3月	6:52	3.96	13:59	6.64		5.3	2.68	0.87
4月(～20)	8:04	8.26	13:34	11.06		9.66	2.79	6.22
2月～3/10	8:22	1.75	14:15	4.05		3.02	2.05	

〔IX期No.4矢沢〕

2/12～3/17	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
2月	8:13	1.33	16:00	2.77		2.05	1.43	0.52
3月(～17)	9:27	3.04	15:30	5.57		4.43	2.27	0.62
2月～3/10	8:58	2.26	15:42	4.05		3.48	1.94	

X期（2001年）の小坂志川区間No.10地点&矢沢各地点での水温

〔X期No.12地点〕

1/29～5/2	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
1/29～2月	7:34	2.72	14:03	4.81		3.77	2.1	1.06
3月	6:56	5.33	13:46	7.91		6.62	2.58	2.81
4月	6:42	9.02	13:18	12.23		10.63	3.21	3.55
2月～3/10	7:20	3.27	14:13	5.40		4.33	2.13	3.78

〔X期矢沢No.32地点〕

2/5～4/18	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
2月(5～)	7:24	2.84	13:00	4.41		3.67	1.65	1.69
3月	6:54	5.20	12:44	7.36		6.28	2.15	2.64
4月(～18)	7:22	7.94	13:28	10.91		9.42	2.97	3.55
2月～3/10	7:07	3.21	13:08	4.85		4.06	1.69	

〔X期軍刀利沢〕

2/12～5/2	最低水温		最高水温		平均水温		日較差 平均(°C)	最低水温 Min.(°C)
	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)	平均時刻	平均(°C)		
2月(12～)	8:00	2.34	14:31	3.81		3.08	1.49	0.65
3月	7:25	4.71	15:06	6.62		5.81	2.21	1.72
4月	7:07	7.92	15:03	10.58		9.40	2.96	2.85
2月～3/10	7:40	2.89	14:40	4.31		3.66	1.55	



## 2；水温と繁殖行動についての結論：〈図1～5のグラフ参照〉

### (1) 繁殖行動開始の水温：日最高水温5.0℃について

- ①；0.5℃単位で考えた時、ナガレタゴガエルは、2月に最高水温が5.0℃を超えると繁殖行動を始める。一日中晴れた日なら、朝の最低水温が3℃ほどで最高水温が5℃に達する。
- ②；今までの報告；「水温4℃で冬眠から覚め繁殖行動を開始する」、[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。]（1987, 草野・福山 → 図6）は誤りである。この結論を出したデータの方法は、昼頃に水銀温度計で水温を計測したもので、ほぼ、晴れた日の場合での平均水温に相当する。最低水温でもなく、最高水温でも、平均水温でもない。また、通いの調査で毎日のデータでもなく、更には、冬眠中の1月には計測していないのだ。つまり、日較差を考慮すると、「最高水温5℃以上で動き出す」、あるいは、「最低水温3℃以上で動き出す」、という2つの仮説が導き出されるのみで、元々、結論を出せるデータは存在しない。そして最高水温で見ると、毎年1月中に、たびたび4℃以上になるのだが、繁殖行動には至らないのだ。更には、筆者の調査から、朝、最低水温が3℃位で、日中くもったり寒気が流入したりして、最高水温が4℃ほどにしかならない日では行動は誘発されなかった（図1-2の2/18～21など、多数）。また、最初の動き出しは最高水温後の夕方である。これらのことから、後者の仮説；「最低水温3℃以上で動き出す」は棄却される。
- ③；冬眠中の1月中旬～2月初めでも、最高水温が5℃前後や5℃を越えることが、しばしばあり、行動を起こすが、繁殖活動には至らない。最高水温は、例年1月中にも4℃を超えるし、本降りの降雨があると1月に既に、5～7℃に達するのである。最高水温5.0℃以上の他に、内的要因（ホルモン分泌、生殖細胞の成熟等）の完了も必要なわけである。つまり、繁殖行動誘発の第1条件は、[冬眠に入ってから積算日数]であり、第2条件が、[日最高水温5.0℃を超えること]、なのである。
- ④；一度繁殖行動を開始しても、最高水温が4℃前後位に下がる日が続くとほぼ停止する。
- ⑤；冬眠場所の陽射しの有無によりナガレタゴガエルの動き出しが微妙にずれる。これは、ほぼ同地域であっても冬眠場所により、最高水温が日射しにより異なるためである。特に、第2章で詳述したように、冬眠場所の主要地は州の伏流水部の砂利中であるからである。

### (2) 繁殖行動開始後、[水温と晴天時の1日24時間での行動]の特徴

現在整理中でグラフ・表にして示せないことをお詫びする。各年度の繁殖期のピーク中には、数日間の連続24時間調査を複数回実施してきた。1日に何度もネットを回収しないと死なせてしまうし、なるべくネット内に留めさせないためにである。その結果をまとめると；

- ①；繁殖期のピーク時での流下数は、最高水温の午後3時頃～夜中の24時頃までが最も多く、翌日の午前3時頃までは多く流下した。最低水温の午前7～8時頃にはほぼ停止した後、翌日が急に冷えない限り、午前9時頃から、再び行動し始めた。そのため、[1日の流下捕獲数]を最低水温の午前8,9時～翌日の午前8,9時にしたのである。
- ②；最高水温は5℃ほどで動き出しても、最低水温が3℃位まで十分に降下する日では、午前1～2時位には、ほぼ動きは停止した。しかし、最低水温も4℃位までにしか下がらない日では、最低水温の頃に最も少なくなるものの、ほぼ24時間動き続けた。

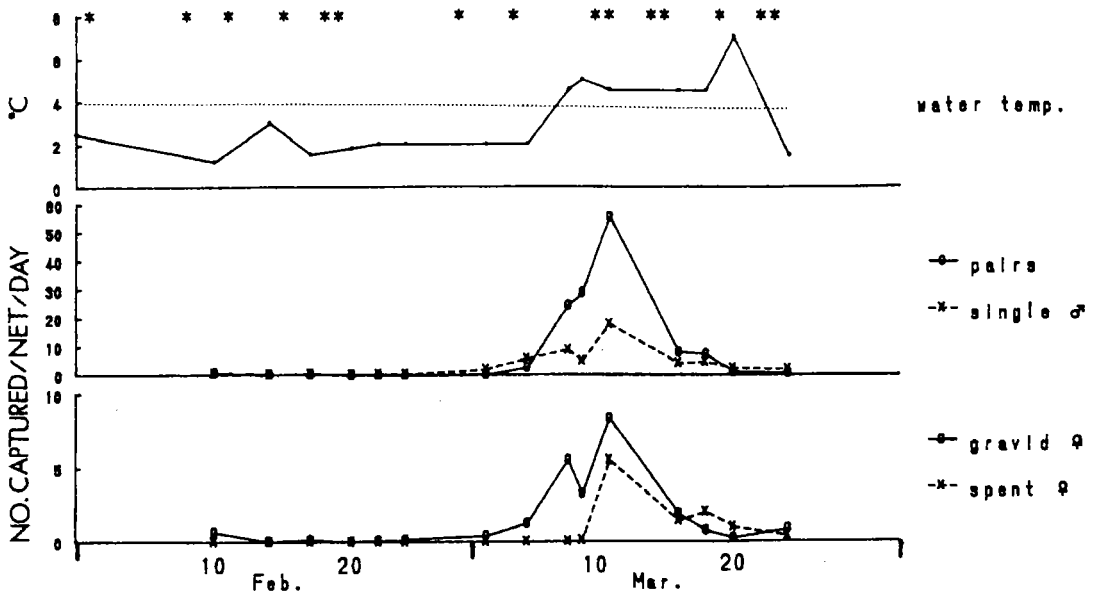


FIG. 3. Seasonal change of breeding activity in 1986. Asterisks indicate snowfall or rainfall. Water temperature was measured on the bottom of the stream at noon. Drifting frogs were captured by nets. The ordinate of the middle and bottom charts represents the average number of frogs captured per net and per day.

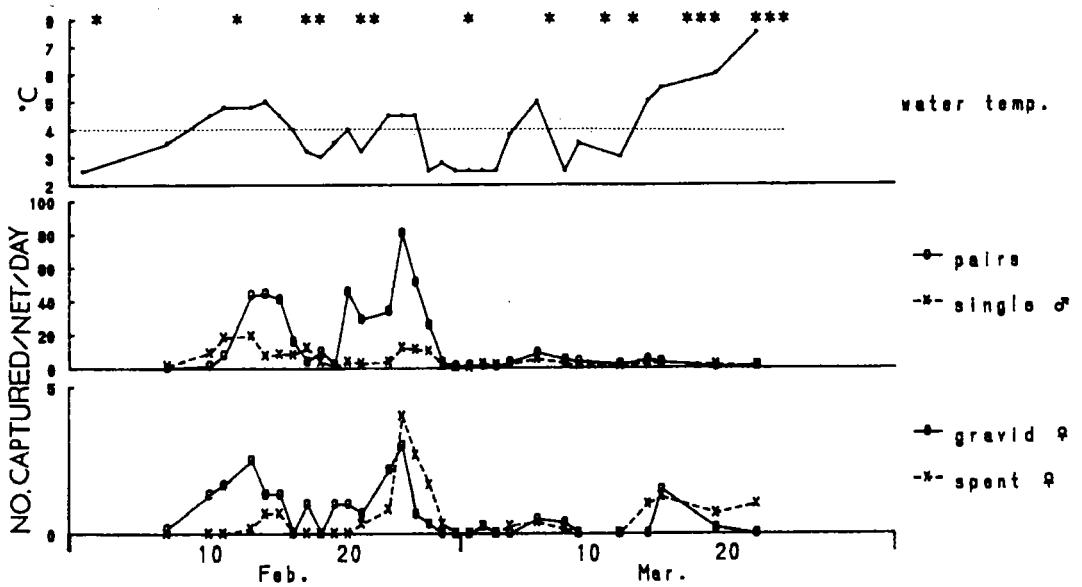


FIG. 4. Seasonal change of breeding activity in 1987. Other remarks as in Fig. 3.

第3章の図6 「水温4°Cで動き出す」と報告した論文のデータ  
(草野・福山、1987. より引用)

(水温は昼頃の値で、最高水温でもなく、最低水温でもなく、平均水温でもない。)  
 ([この予備調査的データ]と[晴天時の水温の日較差]から、2つの仮説が導き出される。  
 1つは、「最低水温3°C以上で動く」というもの。1つは、「最高水温5°C以上で動く」というもの。  
 いずれにせよ、このデータからは、結論は導き出せない。)

## 第5節：水位・水量と繁殖行動の相関関係の結論；支沢ほど水位・水量と密接に相関する

### 1；調査地付近水系の水位と降雨・降雪の特徴

〔冬の水位が少ない状態で安定していること〕は、水温以上に、ナガレタゴガエルの棲息、冬眠に重要な要素だと考えられる。太平洋側の低山地である奥多摩では、1～2月には平野部とほぼ同様で、晴天の日が続く。つまり、本格的な降雨；沢の本流の水位を上昇させるような降雨は、ナガレタゴガエルの繁殖期間中のピーク時には基本的には無いのである。2月に本格的な降水量になる場合は基本的に雪である。本格的な降雨があるのは、繁殖期のピークの終わり頃か、終了後である。筆者の調査期間中では、Ⅱ期とⅩ期で繁殖期のピーク時の終わり頃にのみ、本格的降雨を経験した。ただし、東京都心部に比べると、降水量0mm程度の小雨・小雪は割りと多く（図1～5のグラフに示した△や▲）、これらも考慮するなら、降雨日・降雪日は割と多くなる。山よりの平野部や長野県等の盆地などでは、晴天なのに風花のように小雪が舞うのと同様である。

### 2；水位・水量と繁殖行動についての結論：Ⅰ～Ⅹ期の結果から

- ①；水位上昇や水量増加は、水温のような、繁殖活動の重要な必須要因ではない。元々、奥多摩など太平洋側の低山地では、繁殖期のピーク時に本格的な降雨は基本的には無いからである。
- ②；重要な外的な誘発要因ではないが、本格的な降雨がある時には、流下数に明らかな相関関係を示す。同様に大量な積雪のある年に、晴天であっても融雪により増水し水位が上昇すると流下数がどっと増えるのである。これは、特に、水量のほとんど無い支沢で顕著である。
- ③；水量の少ない支沢では、水位の低下にも相当する凍結によっても短距離流下移動をするが、これは繁殖行動のための流下ではない。
- ④；今までの報告、〔繁殖行動と降雨・降雪との相関関係はない〕は、不適切である。この結論は、ほんのわずかの小雨や風花程度の晴れていても降るような小雪も含め、降雨日・降雪日として考えたものである（→図6の\*記号）。又、全日の調査でもなく、調査地への通いの調査である。重要なのは、どこに冬眠しているのかである。伏流水部など水中に冬眠しているカエルを考えるならば、バラバラ程度の小雨や風花程度の小雪；降水量が0mmのような降雨・降雪との相関関係を調べても意味が無い。冬眠場所を考慮するならば、水位・水量を考えるべきで、〔水位を変化させるような降雨〕と〔晴天でも増水させる融雪〕をパラメータにしなければいけないのだ。晴れていても大雪の年で、急な気温上昇のある年では、融雪により大增水するのである。地中冬眠なら、降雨日・降雪日がよく、晴天時の融雪増水などは考慮しなくてもよいだろうが。そして、降雨日・降雪日ではなく、水位・水量とは、相関関係があるのだ。

## 第6節；今までのナガレタゴガエルについての繁殖行動の報告の誤りの理由のまとめ；

第1章であげた今までの報告、②「水温4℃以上になると冬眠から覚め、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。」(1987, 草野・福山)は誤りであり、④「繁殖行動と降雨・降雪との相関関係はない。」(1989, 草野・福山)は、不適切である。

これらは、<図6>のデータによって結論付けられているが、方法に大きな誤りが4つある。

1点目が、[冬眠場所を特別に調査しなかったこと]。2点目が、[水温の日較差を考慮せず昼頃に水銀温度計で測定しているのみで、最高水温でもなく、最低水温でもなく、平均水温でもなかったこと]。3点目が、[冬眠中の1月に水温の調査をしなかったこと]。4点目が、[冬眠場所から考えると水位・水量をパラメータとすべきであるのに、水位・水量を考慮しなかったこと]である。

つまり、[冬眠場所・冬眠期間中の詳細]が、繁殖行動の誘発：冬眠明けの外的誘発要因を調べる上での、方法決定の必須条件なのである。どこの場所の温度で、最高温度か・最低温度か・平均温度か？；であり、降雨日・降雪日が重要なのか？；水位上昇・水量増加が重要なのか？；である。また、冬眠期間中の水温状況は？；晴天での融雪による大增水・水位上昇は？；水温以外の必須の要因は？；等が重要なのである。

更には、草野・福山の論文には、自らの結論を否定する文章・データが論文に幾つも書かれているのだ。

例1)、今までの唯一のナガレタゴガエルの生態報告の論文(1987, 草野・福山)の内容は、再度、まとめなおして「Current Herpetology in East Asia」(1989)の中で記述されているのだが、この本の中では、新たに、[繁殖期のある晴天日における1日24時間の調査データ・グラフ]を加えて述べている。この24時間のグラフを見ると、8:30頃に最低水温、昼頃に平均水温、15:00頃に最高水温、水温の日較差が2~2.5℃となっている。この内容(最高水温や最低水温の時刻、晴天時の水温の日較差、等)は、前述した様に筆者のデータと一致する。つまり、彼らの昼頃に水銀温度計で計測していたデータから、彼ら自身の24時間の水温の日較差・最高水温と最低水温の時刻を加味して推測すれば、元々、「最高水温5.0℃以上で動き出す」、「最低水温3.0℃以上で動き出す」という仮説が導き出されるのみであり、彼ら自身のデータからは、「4.0℃以上で動き出す」という説は導き出されないし、データと矛盾するのである。

つまり、仮に、ある人が興味を持ち追試をしたとする。この人は、午後3時頃の最高水温の頃にだけ水温を測定するようなおかしな調査をしたら、4℃などという結論は全くありえず、

「5℃を超えると動き出す」という結論を出しただろう。一方逆にある人は、朝の8時頃にだけ水温を測定するようなおかしな調査をしたら、やはり、4℃などという結論は全くありえず、「3℃を超えると動き出す」としただろう。なぜなら、晴れた日の朝約3℃で最高水温は5℃になるからである。

例2) また、草野・福山の論文(1987)の中で、「1986年の冬は、例年になく寒い冬で2月中には水温も2℃前後と低かった。」とか、「1987年は暖冬の傾向が強く、2月10日には水温が4℃を超えて～」と述べている。この内容も、水温の日較差を無視して、昼頃に計測しているのみからくる、また、冬眠中の1月に水温計測せずに調査した不備による、誤った内容の文章であり、一般の人に大きな誤解を与える。しかも、例1) で述べたように、「自らの文章は誤りでありました」と認めるがごとくに、晴天時の1日24時間の水温のデータを後に載せているのである。

最低水温で見ると、寒い年で、1～2月には連日0～1℃台になり、暖かい年でさえも、1～2月の最低時期には連日2℃台になる。その一方、最高水温で見ると、毎年1月中に4℃を超える日が何度かあり、本降りの降雨のあるような日には1月に既に、5～7℃に達する。つまり、彼ら自身の24時間調査の温度データと彼ら自身の論文中の文章は、完全に矛盾しているのだ。

繰り返すが、彼らの断片的な温度データ自体は、筆者とまったく同じ内容で正しいと思われる。しかし方法がおかしく、結論を出せるデータが存在せず、結論が誤りである。仮説は立てられるが、全ての面において、予備調査で終わっている。都立大学の伊藤嘉昭先生が「結論は倒れても、データは死なず～」というようなことをおっしゃっていたそうであるが、このことがそのまま当てはまる。冬眠場所を調査し、最高水温・最低水温等も調査し、冬眠期中の水温も調査していたならば、全く筆者と同じ結論に達していたわけである。ただし、彼らは、最初に調査を試みた研究者の内の一人として、評価されるべきである。筆者自身、彼らの「晴天時の昼頃の約4℃」という予備調査の結果から、まず、幾つかの仮説を導き出し、詳細に検討を重ねていったのだから。

## 第4章 ; 流下距離 — 生活史 ③ —

### 第1節 ; 両棲類の行動範囲・繁殖行動のための移動距離 (Breeding Migration)

#### 1 ; 今までの報告

両棲類の行動範囲・繁殖活動のための移動距離についての文献を1つ1つ挙げたらきりがないので、ここでは、よくまとめている最近の総説を挙げた上、その中から幾つか特殊な例を挙げてみる。前述の「ヒキガエルの生物学」(浦野 明央・石原 勝敏、編、1987)の中で久居宣夫が、繁殖行動と行動域について、とてもよくまとめて記述している。また、同様の報告書として、「ヒキガエルの生態学的研究 (IX) ; 繁殖期の行動」(久居ら、1987)があり、この報告書の方が、「ヒキガエルの生物学」以上に、日本のものでは最もよくまとめられていると思われる。一方、欧米の両棲類・爬虫類の総説の内、行動範囲・繁殖活動のための移動距離について、よくまとめられているものとしては、「Herpetology」(Pough, F. H. 編、1998)、「A Natural History of Amphibians」(Stebbins, R. C. & Cohen, N. W. 編、1995)があげられる。

以上の3冊の本と1本の報告書の中から幾つか例を挙げてみる。ヨーロッパのある種のアカガエルでは、冬眠場所から産卵場所の湖の水辺へ、一部の個体は15kmも移動したが、他のほとんどの個体は、200~300mだけしか移動していなかったという (Tunner, 1992)。また、スイスのある種のヒキガエルでは、産卵池と夏の行動域が500~1,500m離れているが、秋に池の近くまで移動し冬眠し、繁殖活動が終わると再度夏の行動域へ戻るといふ (Heusser, 1969)。ドイツでの同種のヒキガエルの調査でもほぼ同様な報告がされている (Sinsch, 1990)。また、カナダのある種のアカガエルでは、毎年産卵のために500mほど移動するという (Oldham, 1967)。

ただし、これらの例は、特殊な例であり、両棲類の移動距離や行動範囲は他の脊椎動物に比べれば、短く狭く、数十m~数百m未満位なのが普通である。

一方、両棲類の移動行動については、別の興味深い研究面がある。両棲類には魚のように回帰習性、帰巢性のようなものがあり、成体になると産まれた場所へ戻ってくるという習性を持つものが多い。このことに関しては、幾つかの研究側面がある。1つには、どうやってもどることができるのか、におい?・地磁気?、といった研究側面である。また1つには、何年後に戻ってくるのか?、どれほどの距離移動して戻れるのか?といった研究側面である。

後者の研究側面に関しては、人為的に長距離離れた場所へ強制的に移動させる実験が昔から実施されてきている。強制移動させられた個体が本来の棲息地・産卵場所へ戻れるのか?、どれほどの距離を戻れるか、どれ位の割合が戻れるか、が幾つかの種のカエル・サンショウウオで調べられてきた。その内、特殊な例をあげると; アメリカのある種のサンショウウオは、最長8kmの距離を戻ったという。また、このサンショウウオは、上流や下流に2km移動させた時には、90%が本来の行動域に戻ったということが報告されている (Twitty, 1964, 1966)。また、前述のスイスのヒキガエルでは、最長で3kmの距離を元に戻ったという (Heusser, 1969)。ただし、これらは、人為的に移動

させた時のもので特殊なケースである。

また一方、両棲類の繁殖行動のための移動を考えるとときに考慮しなくてはならないことに次の点がある。[非繁殖期の行動域で冬眠し、秋には移動しない場合]と[秋に行動域から繁殖地の近くまで移動してから冬眠する場合]とがあることを考慮しなくてはならない。後者の場合は、移動を考える時、2段階で考える必要があるわけだ。久居（久居宣夫,1987）は；一部のカエル類は、秋に行動域から繁殖池の近くまで移動し、そこで冬眠する、と記述し、前述のスイスのヒキガエル（Heusser, 1969）の例など、幾つかの例を挙げている。第2章で述べたように、ナガレタゴガエルは後者の典型例であり、秋にも長距離流下するのである。

## 2；ナガレタゴガエルの移動距離における3つの重要な点

以上のように、両棲類において一部の種では長距離移動したという実例報告はあるが、そのような種でも平均で見ればそれほどの距離を移動していない；長くても数百m未満なのである。これから述べるナガレタゴガエルにおいて、移動距離に関する重要なことには3点あげられる。

- ①；平均で1シーズンに1,500mほども移動し、3,000m前後移動する個体も多数いること。
- ②；その移動形態である。まるで魚の回帰習性・帰巢性を思わせるかのように、意識的に沢（川）の水中を泳いで流下することである。
- ③；秋にも、繁殖期と同じかそれ以上に流下移動することであり、秋の流下・冬眠中の流下・繁殖期の流下の3段階に考えなくてはいけないということである。

## 第2節；ナガレタゴガエルの繁殖期の流下距離

1. 方法；<図1；繁殖期の流下距離のまとめ> & <図5>を参照していただきたい。

(1) 基本的な方法は4つ（A、B、C、D）に分けて考えられる。

A；[冬眠期にマークした個体が流下途中でネットで再捕獲された時の距離]

これは、平均して考えると、全体の1/2の距離になる。ネットのすぐ上流から来た個体もあれば、はるか上流から来た個体もある。そして、ここを通過後どこまで行くのかはわからない。

B；[流下途中でネットで捕獲しネットでマークした個体のネットから春眠場所までの距離]

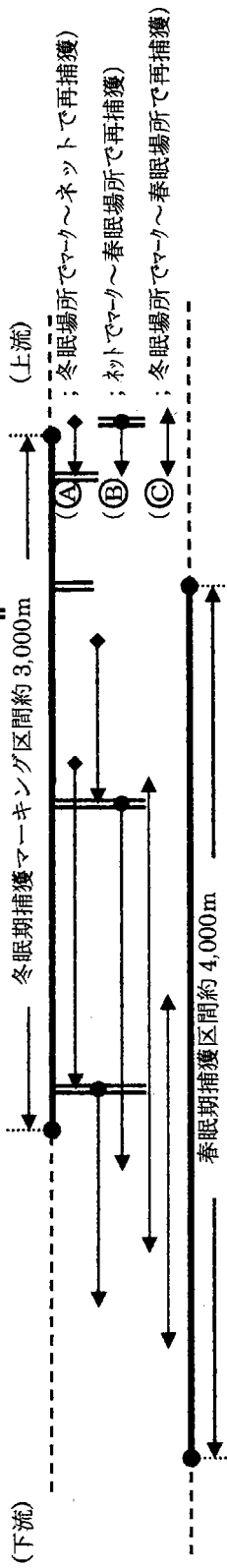
ネット捕獲個体にも、マーキングをする。そして、春眠期にこのネットマーク個体を再捕獲した時の、ネットから春眠場所までの距離。この方法では、Aの場合と同様、実際の流下距離の平均1/2である。出発点からネットまでの流下移動距離が不明なのである。

C；[冬眠期にマークした個体を、春眠期に再捕獲した時の距離]

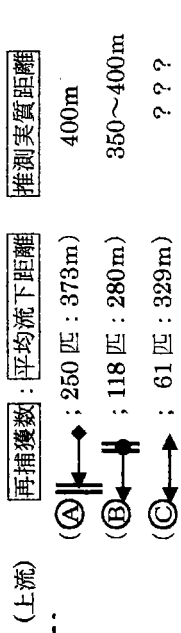
D；[上流のネットでマークした個体が、下流のネットで再捕獲された時の距離]（I期・II期のみでの方法）。I期・II期では、ネット設置数が多く、全てのネットでもマークしたために、

<理想的な[冬眠期捕獲区間・距離]>

( || ; ネット)

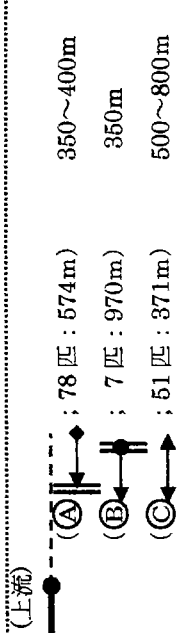


<II期>



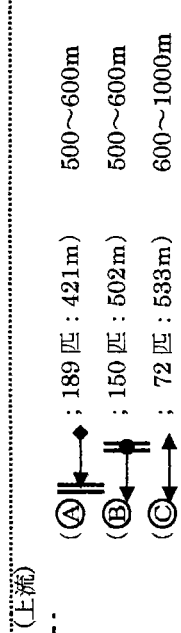
推測繁殖期平均流下距離 計; 700~800m

<IX期>



推測繁殖期平均流下距離 計; 700m

<X期>



推測繁殖期平均流下距離 計; 800~1,000m

第4章の図1 繁殖期の流下距離のまとめ; 理想的な冬眠期・春眠期の捕獲区間距離&II・IX・X期の再捕獲データ



上流のネットでマークした個体が下流のネットで再捕獲される距離のデータが多数取れたのである。

## (2) それぞれの方法には欠点がある。(→図1を参照)

方法で、重要なのは、①；[冬眠期の捕獲区間・距離と、再捕獲時の春眠期の捕獲区間・距離を、十分に長くし、偏りを無くすこと]、②；[再捕獲数を多くすること]である。棲息流域や流下距離を考慮すると、冬眠期捕獲区間が3,000m位で10,000匹位捕獲でき、春眠期捕獲区間が4,000m位が理想である(→図1の<理想的な[冬眠期捕獲区間・距離]&[春眠期捕獲区間・距離]>)。

しかし実際の冬眠期の捕獲数は1,000~3,000匹位で、全体から見ると少なく、また、捕獲場所が全体から見ると、秋に長距離流下して繁殖場所に近い所の捕獲に偏ってしまっていたのである。特に、春眠期にはあまり捕獲できず、捕獲区間も極端に短かったのである。なぜならば、春眠期間が冬眠期間に比べ短く、雨天や増水も多く、私的な都合上からも、捕獲日数が少なかったためである。

そのため、今までのABCの方法では実際の平均距離よりもずっと短い結果になりやすい。

理由は2つ。最大の理由が、<図1>を見るとよくわかるように、現在までのように、冬眠期・春眠期の捕獲区間が短い調査では、必然的に長距離のデータが隠れて；現れてこないことである。もう1つが、冬眠期に大量に素手で捕獲した州(巢)の個体は、既に[秋流下期]に極めて長距離流下した個体の集団であり、[繁殖期]には相対的に平均よりも短距離しか動かない集団のためである。

また、特にⅡ期の春眠期捕獲でのB・Cのデータでは、実際より短い結果になっている。それは、Ⅱ期の春眠期の捕獲区間が極端に短い上(361.5m)、捕獲場所が特定の場所(冬眠場所の大規模な州)に集中しているのである。産卵場所と隣接している大規模な州(巢)で冬眠した集団(=相対的に見て、秋により長距離流下した集団)では、繁殖期後も移動せずに同所で春眠している個体(=繁殖期の流下距離が0~10m程度の個体)を、複数確認しているのだ。この付近で産卵した後、再度この州に戻り春眠していたり、あるいは繁殖行動に参加できなかったと思われる♂が再度この州で春眠していたのである。

また、B、C共通の欠点として、春眠期捕獲時の4月には、既に上流へ短距離移動していた個体を少ないながら確認していることである。流下しきった地点から、3月中旬以降に適切な春眠場所へ上流に移動しているのである。この点からも、B、Cでは、実際の流下距離よりも、少ない値のデータとなってしまふ。さらには、春眠期には、短期間&短距離でしか捕獲できないため、B、Cでは、データのばらつきが大きくなりやすいのである。

ただ幸い、流下数が莫大であり(つまり、流下距離が大きい)、流下ネットでは大量に捕獲できるため、冬眠期に長距離区間でマークすれば、A方法では再捕獲数データが相当に多く取れる。そのため、A方法が最も有効なのである。理想としては、複数の調査員で冬眠期に長距離区間で捕獲し、ネットも多くし、回収を平均1日に5、6回にしてネット内に留める時間を極力少なくすれば、相当に実際の値に近いデータが取れるだろう。そして、B、Cでもより有効なデータを取るには、

春眠期に長距離の範囲で2,000匹位捕獲すれば、より正確な値が出るだろう。いずれにせよ、春眠期の捕獲区間が短く、春眠期の捕獲数が少ない値しかとれない現状では、B・Cでは偏りが大きい。現状では、Aの2倍位が最も妥当な繁殖期の流下距離と推測される。

### (3) 補足方法として、各年度の流下総数と個体群密度を比較することである。

流下総数は、第3章の〈表1～5〉を参照されたい。各年度の個体群密度は、第5章の〈表1・2〉を参照されたい。また、第7章の表3に全体をまとめて表示してある。

(1)で述べたA, B, C, D, の方法でも、多数の再捕獲が得られているが、(2)で欠点を説明したように、春の再捕獲区間が極端に短いために、A, B, Cでデータのばらつきが出てくる。これを補足するために、流下総数と個体群密度の比較が有効なのである。

仮に、ある2つの年度で、個体群密度がほぼ同じなら、流下距離はほぼ流下総数に比例すると考えてよいだろう。つまり、個体群密度がほぼ同じなら、流下総数が多い年の方が平均流下距離は長いと考えてよいだろう。また、流下総数が同じで、個体群密度が異なるなら、個体群密度が小さかった年の方が流下距離は長いと考えられるだろう。

例えば、小坂志川でⅡ期とⅨ期を比べると、個体群密度は、Ⅸ期ではⅡ期の約2/3に減っている。流下総数は、Ⅸ期にはⅡ期の約2/3～1/2にまで減っている。このことから、[Ⅱ期の平均流下距離]≧≒≒[Ⅸ期の平均流下距離]位と考えてよいだろう。Ⅸ期の方が若干Ⅱ期よりも、相対的に流下数が少ない＝平均流下距離が短いのは、Ⅸ期には繁殖期間中に全くといってよいほど降水量が無く、水位・水量が小さかったためである（再度、後述）。

この10年間の結果から、個体群密度（個体総数）と流下総数は、ほぼ比例している。つまり、平均流下距離に大きな年変動は無いと考えられるのだ。ただし、X期のみ例外であった。繁殖期に大增水があると、個体群密度（個体総数）に関係なく流下数が爆発的に増大する（→第3章）。X期がそうであった。Ⅸ・X期は、Ⅷ期以前に比べ個体群密度は小さいにもかかわらず、X期には融雪による大增水のために、流下総数が増大し過去最大となったのである。Ⅸ期とX期を比べると、個体群密度はほぼ同じか、若干X期に小さくなっている。一方、流下総数は、小坂志川のNo.10 ネットでの比較でも、矢沢のNo.4 とNo.11の比較でも、X期にはⅨ期の2～2.5倍もの流下総数になったのだ。このことから、少なくとも、[Ⅸ期の平均流下距離]<[X期の平均流下距離]と考えられる。

以上のように、第3章でも述べたが、過去のデータから、大きな水位の変動が無ければ、個体群密度（個体総数）と流下総数は比例している。つまり、大きな水位の変動が無ければ、平均流下距離に大きな年変動は無いと考えられるのだ。このことをふまえると、よりいっそう確かな、平均的な流下距離が推定されるのだ。

1. 2年間だけでのデータだとか、個体群密度や流下総数のデータ無しでは、相当に当てずっぽうな推測流下距離になってしまっただろう。

## 2. 結果・考察

### (1) II期小坂志川での繁殖期(1993年2・3月)の流下距離

結果を<図2-1~4>のグラフに、まとめを<図1>&<図5-1>に示した。

II期の結果のまとめ：重要な点は；

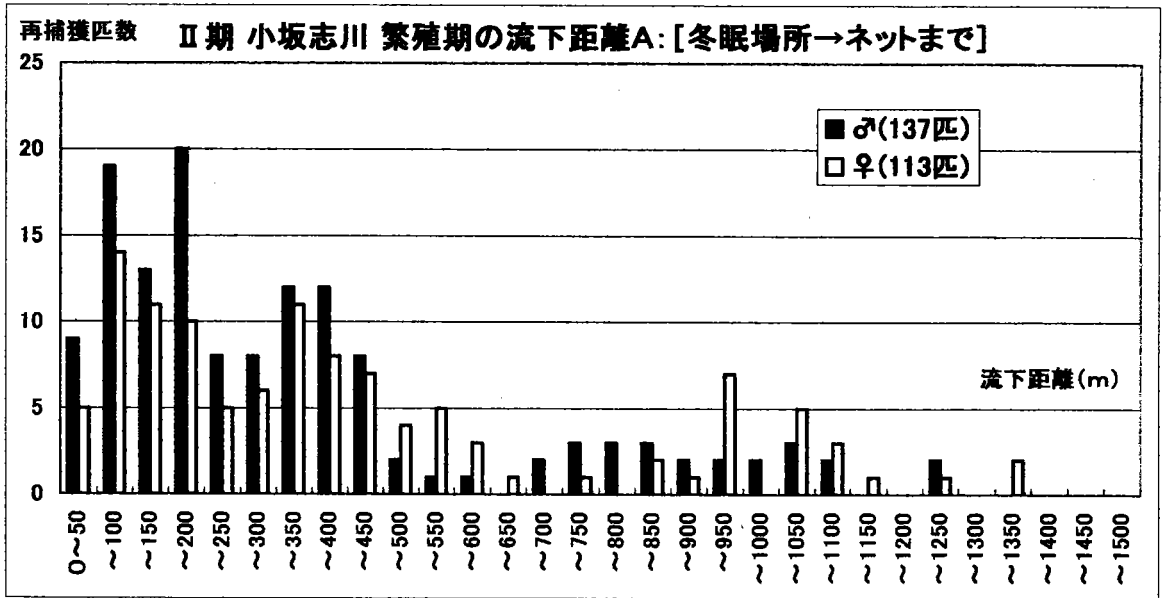
- ①；流下数・流下距離の状況が分かりきれなかったために、ネットの数を多くした。
- ②；ネットの数を多くしたために、ネットでの再捕獲数は多くなったが、多数死なせたり、衰弱させてしまった。
- ③；ネットとネットの間隔が短すぎたこと&1日1回の回収では少なすぎたこともあり、ネット中に留め、流下を留めてしまう時間が平均24時間以上にもなってしまった。
- ④；各ネットでもマークしたため、ネットでマークした個体がさらに下流のネットで再捕獲されるデータが数多く取れた。
- ⑤；冬眠期の捕獲区間が1,410mほどしかないので、<図1>からもわかるように、必然的に流下距離の結果データは相当に短くなってしまふ。
- ⑥；春眠期の捕獲区間はわずか361.5mで、しかも州(巣)に偏って捕獲していたため、春眠期には有効なデータがあまり取れなかった。<図1>からもわかるように、II期の特にBとCのデータは、A以上にさらに実際よりも短い結果となってしまう、あまり当てにならない。
- ⑦；<図2-1>Aでは、再捕獲数250匹で平均372.7mであった。Aからだけで判断するならば、全体の平均流下距離は、この2倍+ $\alpha$ で800m位と考えられる。
- ⑧；<図2-4>Dの結果から、繁殖期だけでも、3,000m前後流下する個体が多数いることがわかった。なぜなら、Dの結果では、[最初の上流のネットに来るまでの距離]&[下流のネット通過後の距離]は含まれていないのだから。

### (2) IX期小坂志川での繁殖期(2000年2・3月)の流下距離

結果を<図3-1~3>とIX期繁殖期流下のまとめを<図1>&<図5-2>に示した。

IX期の結果のまとめ：重要な点は；

- ①；元々、Ⅶ→Ⅸ期にかけて、個体群密度がⅦ期以前の2/3~1/2に激減したこともあり、最捕獲数が少なかった。さらに、IX期の繁殖期には水量が少なく、小雨さえもほとんどなかったこともあり、流下数が少なかった。
- ②；<図3-1>Aでは、再捕獲数78匹で平均573.7mであった。Aからだけで判断するならば、全体の平均流下距離は、この2倍位の1,200m位である。<図1>からわかるように、冬眠期捕獲区間が十分長いため、IX期のAのデータは相当に実際の値に近いものと考えられる。



Ⅱ期小坂志川での流下距離 (m) : [冬眠場所～ネット]

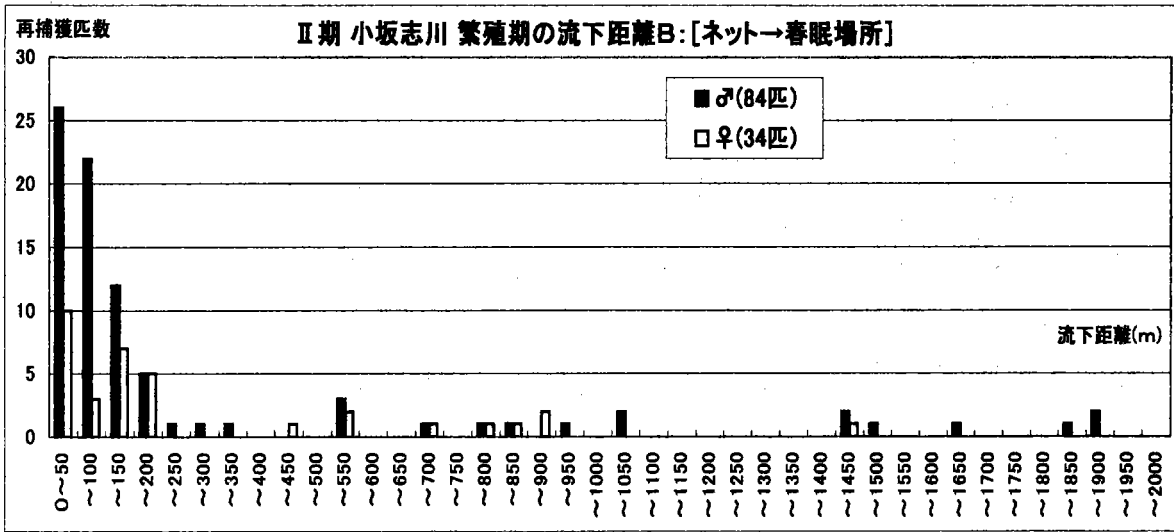
A	全体	♂	♀
総積算距離(m)	93167.0	46451.5	46715.5
再捕獲数(匹)	250	137	113
平均流下距離(m)	372.7	339.1	413.4

(図1も参照していただきたい)

- 注1 全調査区間が1410mほどなので最大でも約1410m。
- 注2 流下途中ネットで、平均して合計24時間以上留めてしまった。
- 注3 Ⅱ期は繁殖ピーク時にネット捕獲で多数死なせてしまった。
- 注4 しかし、A方法ではネットのすぐそばから来た個体はもちろん入るのだが、冬眠場所とほぼ同所で繁殖行動をし、ほとんど移動しなかった個体のデータが少なくなる傾向がある。

上記を考慮すると、実際なら、Ⅱ期のAの平均流下距離は、400m位だろう。

第4章の図2-1 Ⅱ期繁殖期(1993年2、3月)の流下距離A  
[冬眠期マーク個体の、繁殖期ネット捕獲での再捕獲による]



II期小坂志川での流下距離 (m) : [ネット～春眠場所]

B	全体	♂	♀
総積算距離(m)	33038.5	23919.0	9119.5
再捕獲数(匹)	118	84	34
平均流下距離(m)	280.0	284.8	268.2

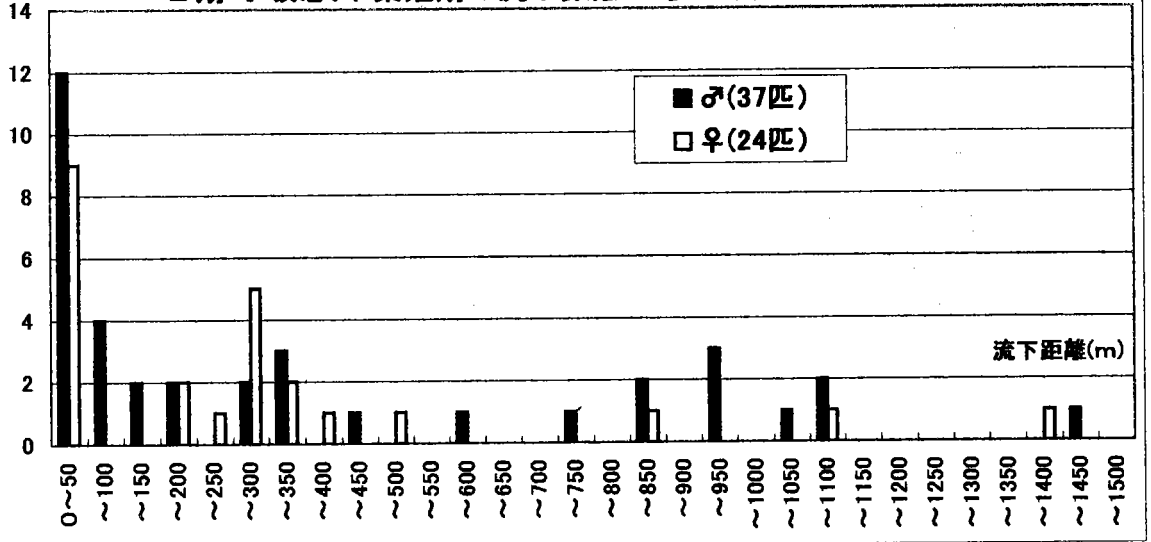
(図1も参照していただきたい)

- 注1 全調査区間が1960mほどなので最大でも約1960m。
- 注2 流下途中ネットで、平均して合計24時間以上留めてしまった。
- 注3 II期は繁殖ピーク時にネット捕獲で多数死なせてしまった。
- 注4 春眠期捕獲区間がわずか360mと短すぎる。a区間よりも下流でも春眠期に捕獲していたなら、500m前後のデータが多くなったはず。
- 注5 4月春眠期捕獲時に一部は既に少し遡っている(後述)。

上記を考慮すると、実際ならII期のBの平均流下距離は、ほぼAと同じなはずで、350~400m位だろう。

**第4章の図2-2 II期繁殖期(1993年2、3月)の流下距離B**  
**[繁殖期のネットでのマーク個体の、春眠期の再捕獲による]**

再捕獲匹数 **Ⅱ期 小坂志川 繁殖期の流下距離C: [冬眠場所→春眠場所]**



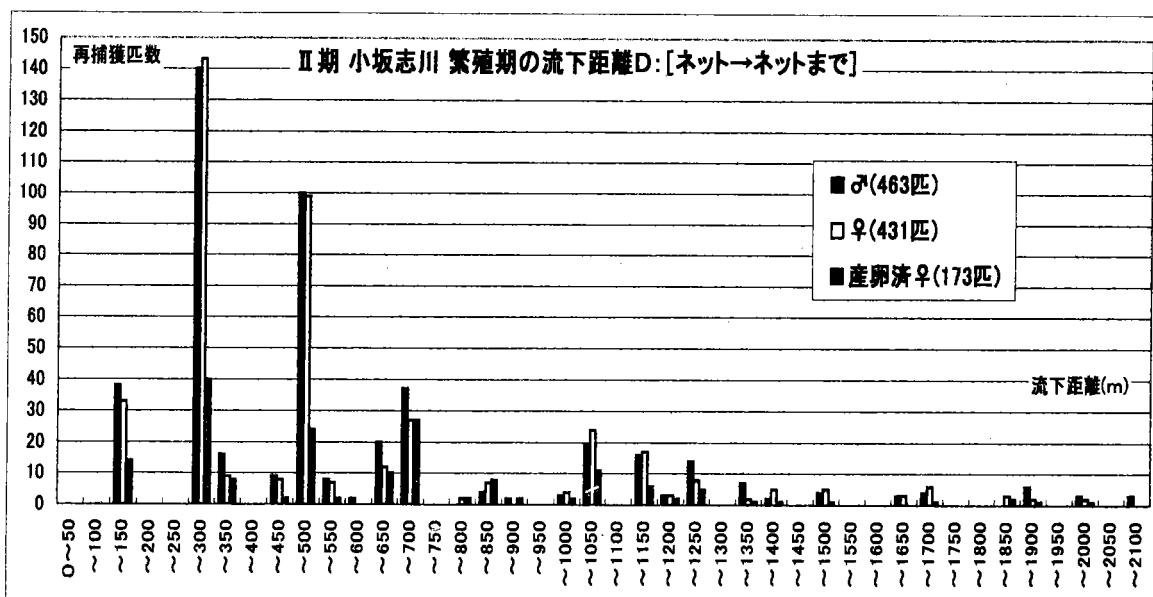
Ⅱ期小坂志川での流下距離 (m) : [冬眠場所~春眠場所]

C	全体	♂	♀
総積算距離(m)	20054.0	13281.0	6773.0
再捕獲数(匹)	61	37	24
平均流下距離(m)	328.8	358.9	282.2

(図1も参照していただきたい)

- 注1 全調査区間が1460mほどなので最大でも約1460m。
- 注2 流下途中ネットで、平均して合計24時間以上留めてしまった。
- 注3 Ⅱ期は繁殖ピーク時にネット捕獲で多数死なせてしまった。
- 注4 春眠期捕獲区間がわずか360mと短すぎた。a区間よりも下流でも春眠期に捕獲していたなら、500m前後のデータが多くなっただろう。
- 注5 4月春眠期捕獲時に一部は既に少し遡っている(後述)。
- 注6 Ⅱ期春眠期で0~50mのデータが多いのは、捕獲が巢に偏っていたため。

第4章図2-3 Ⅱ期繁殖期(1993年2、3月)の流下距離A  
[冬眠期マーク個体の、繁殖期ネット捕獲での再捕獲による]



II期小坂志川での流下距離 (m) : [ネット～ネット]

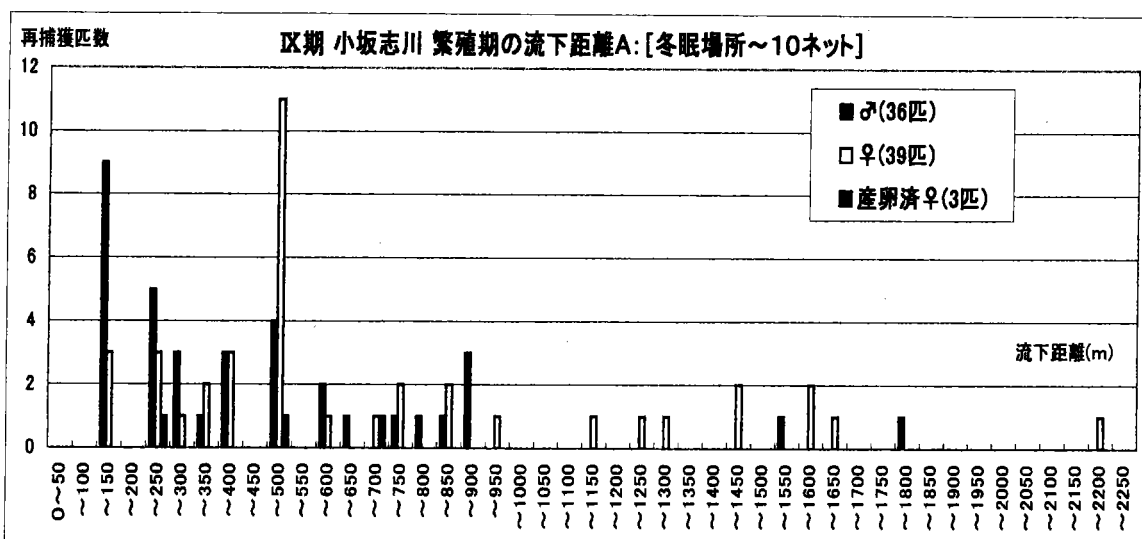
D	全体	♂	♀
総積算距離(m)	602325.5	259961.0	342364.5
再捕獲数(匹)	1067	463	604
平均流下距離(m)	564.5	561.5	566.8

(図1も参照していただきたい)

注 このグラフは図1-1～3とは、本質が異なる。D方法ではネット～ネット間の短距離しか動かなかった個体のデータが現れないため、平均流下距離が大きくなる。そのため、このデータからは、平均流下距離はわからない。

しかし、このデータには、[最初のネットに来る前までの距離] & [下流のネット通過後の距離] は含まれてなく、実際の流下距離は、このDの値の2倍以上なのである。このDの結果からも繁殖期だけで、平均で1000m近く流下すること、&、3000m前後流下しているのも随分いることがわかる。

第4章の図2-4 II期繁殖期(1993年2、3月)の流下距離C  
[冬眠期マーク個体の、春眠期の再捕獲による]



IX期小坂志川での流下距離 (m) : [冬眠場所~ネット]

A	全体	♂	♀
総積算距離(m)	44752.0	16395.0	28357.0
再捕獲数(匹)	78	36	42
平均流下距離(m)	573.7	455.4	675.2

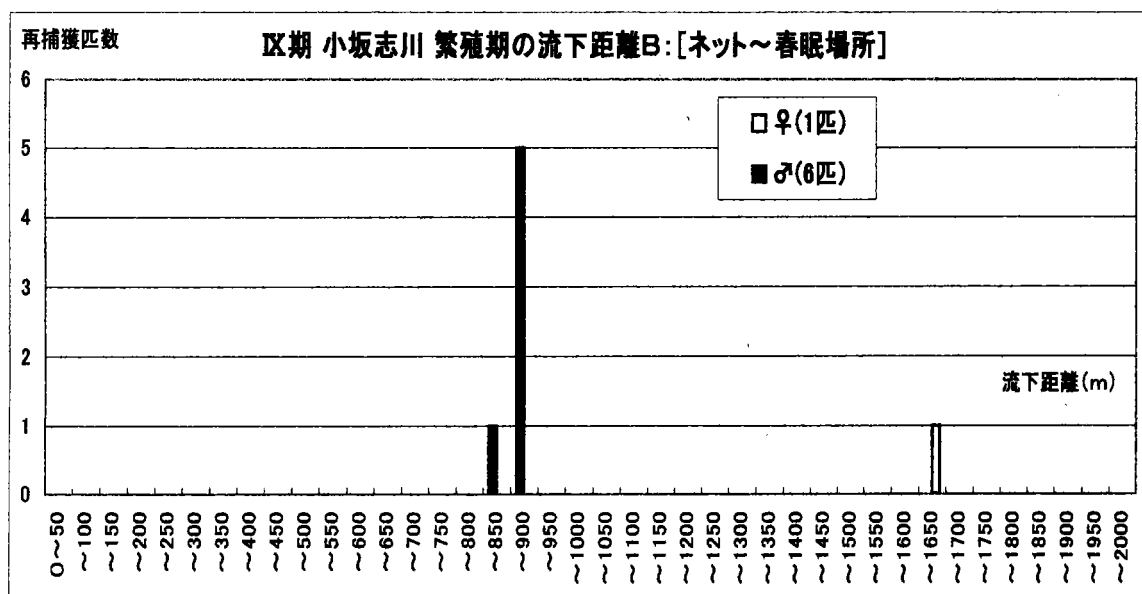
(図1も参照していただきたい)

- 注1 全調査区間が2460mほどなので最大でも約2460m。  
 注2 No.158ネットより上流の個体は、158ネットで留められている。  
 注3 しかし、A方法ではネットのすぐそばから来た個体はもちろん入るのだが、冬眠場所とほぼ同所で繁殖行動をし、ほとんど移動しなかった個体のデータが少なくなる傾向がある。

上記を考慮すると、実際なら、IX期のAの平均流下距離は350~400m位だろう。

第4章の図3-1 IX期繁殖期(1993年2、3月)の流下距離D  
 [繁殖期のネット捕獲時のマーク個体の、下流のネットでの再捕獲による]





IX期小坂志川での流下距離 (m) : [ネット～春眠場所]

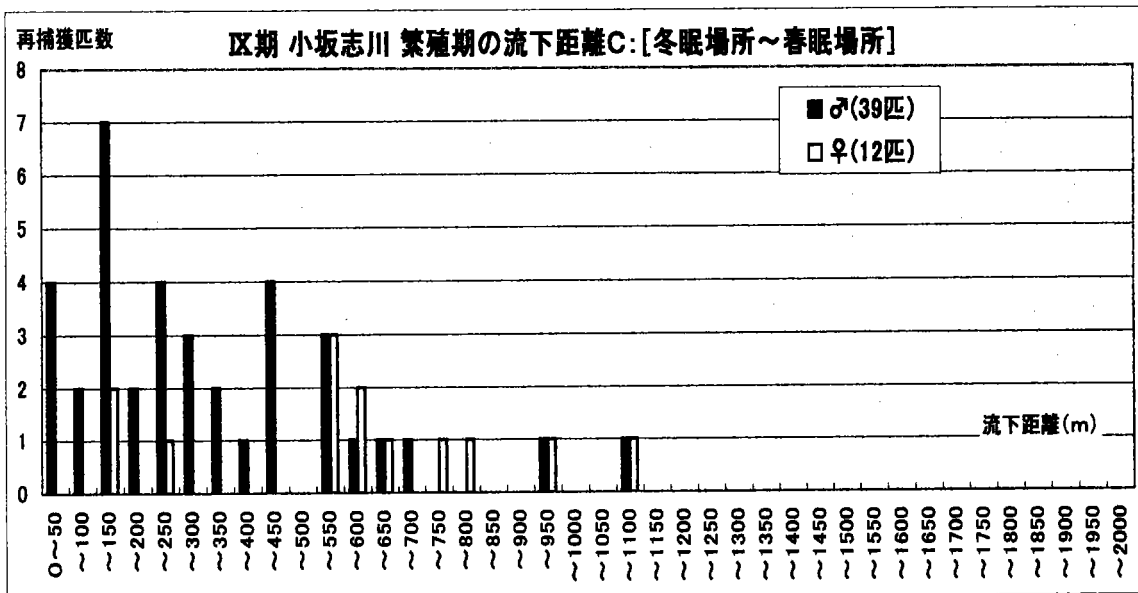
B	全 体	♂	♀
総積算距離(m)	6787.0	5161.5	1625.5
再 捕 獲 数(匹)	7	6	1
平均流下距離(m)	969.6	860.3	1625.5

(図1も参照していただきたい)

- 注1 注1 全調査区間が2800mほどなので最大でも約2800m。  
 注2 再捕獲数が少なすぎ、このデータ・グラフは、平均流下距離  
 に対しては、参考にならないだろう。  
 注3 4月春眠期捕獲時に一部は既に少し遡っている(後述)。

上記を一応考慮& Aのデータを考慮すると、実際なら、IX期のBの平均流下距離はAとほぼ同じなはずで、350m位だろう。

第4章の図3-2 IX(2000年2、3月)の流下距離B  
 [繁殖期のネットでのマーク個体の、春眠期の再捕獲による]



IX期小坂志川での流下距離(m) : [冬眠場所~春眠場所]

C	全体	♂	♀
総積算距離(m)	18893.5	11536.0	7357.5
再捕獲数(匹)	51	39	12
平均流下距離(m)	370.5	295.8	613.1

(図1も参照していただきたい)

- 注1 全調査区間が2460mほどなので最大でも約2460m。  
 注2 流下途中ネットで、平均して1ネット通過当り12時間留めている。  
 注3 春眠期捕獲区間が短すぎる。できれば、もっと上流&下流でも春眠期に捕獲すべき。  
 注4 4月春眠期捕獲時に一部は既に少し遡っている(後述)。

第4章の図3-3 IX(2000年2、3月)の流下距離C  
 [冬眠期マーク個体の、春眠期の再捕獲による]

### (3) X期矢沢での繁殖期（2001年2・3月）の流下距離

結果を<図4-1~3>とX期繁殖期流下のまとめを<図1>&<図5-3>に示した。

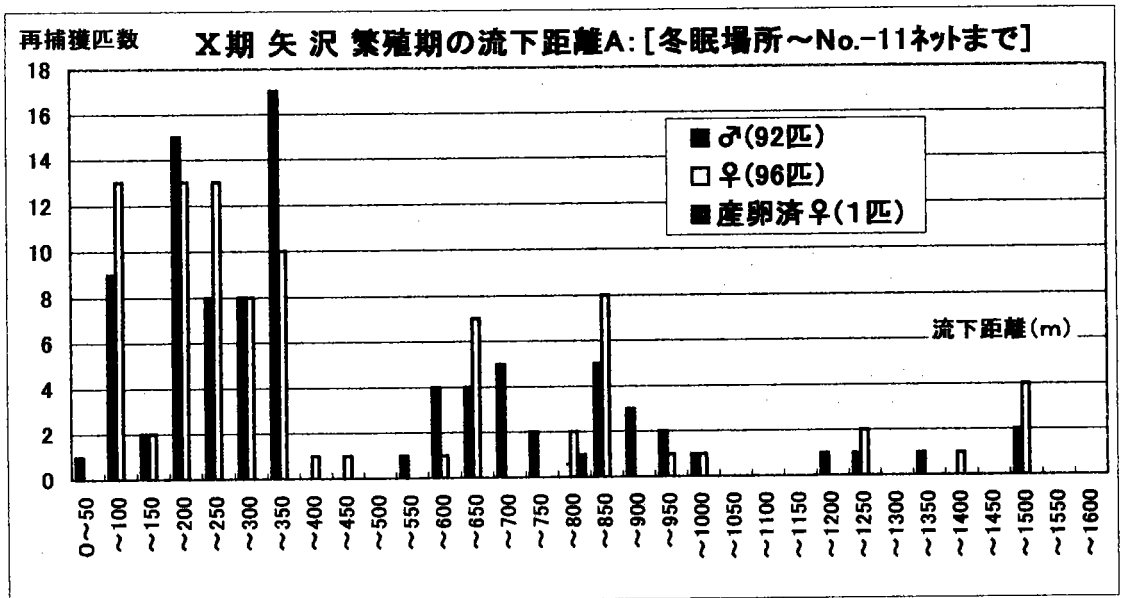
X期の結果のまとめ：重要な点は；

- ①；X期は、およそ30年振りの積雪と2月20日以降の異常な暖かさによる融雪によって、半月近い増水が生じた。そのため、過去最大の流下数・流下距離となった。
- ②；<図4-1>Aでは、再捕獲数189匹で平均421.4mであった。Aからだけで判断するならば、全体の平均流下距離は、この2倍位の900m位である。

### (4) I期・Ⅷ期小坂志川での繁殖期（1992年&1999年2・3月）の流下距離

I期（1992年2・3月）には、まだ数百~3,000mも流下するとは全く予想していなかった。また、冬眠期の捕獲数；マーク個体数も少なく、再捕獲数が少なかった。さらには、捕獲区間も短くて、有効なデータがほとんど取れなかった。ただし、最上流のネットから最下流のネットまで（約1,000m）流下する個体が多数いることがわかった。また、莫大な流下数から、「繁殖期だけでも平均して数百mは流下しては、はなはだ矛盾する」ことが推測された。

また、Ⅷ期（1999年2・3月）にも、小坂志川のみであるが春眠期再捕獲調査を実施したのだが、この年は早春の3月末~4月に本降りの降雨が多く増水が極端に激しかったために、4月上旬には、ほとんどが水辺から陸上に上がり春眠していた。このため、春眠期にほとんど捕獲ができなかったため、再捕獲データがほとんど無いのである。



X期矢沢での流下距離 (m) : [冬眠場所～No.-11ネット]

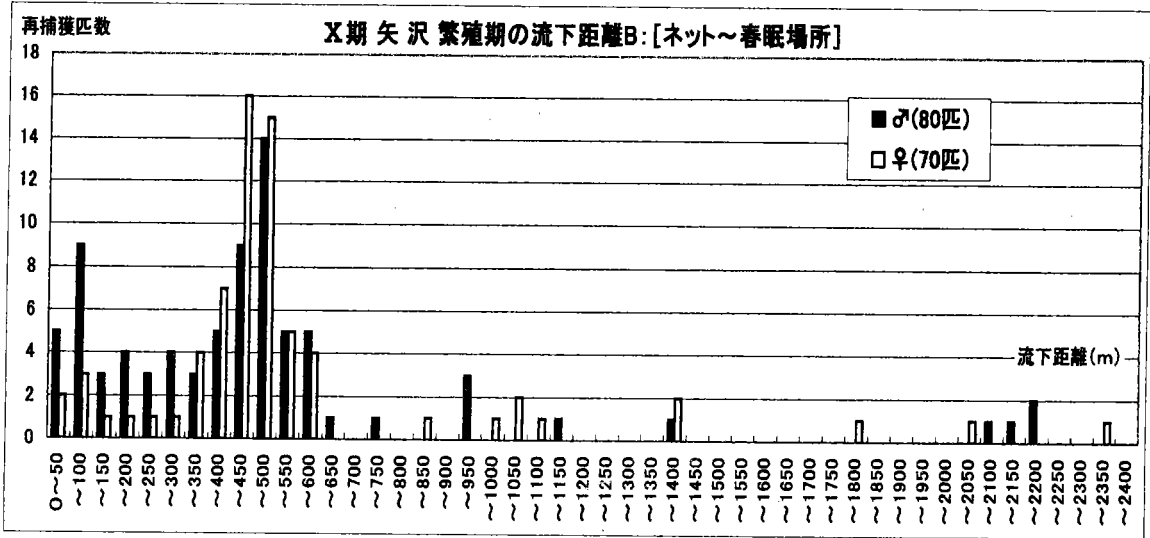
A	全体	♂	♀
総積算距離(m)	79638.5	38837.0	40801.5
再捕獲数(匹)	189	92	97
平均流下距離(m)	421.4	422.1	420.6

(図1も参照していただきたい)

- 注1 注1 全調査区間が1640mほどなので最大でも約1640m。  
 注2 約半数は、途中No.32・33ネットで、平均12時間留めている。  
 注3 冬眠期捕獲区間が短すぎる。  
 注4 しかし、A方法ではネットのすぐそばから来た個体はもちろん入るのだが、冬眠場所とほぼ同所で繁殖行動をし、ほとんど移動しなかった個体のデータが少なくなる傾向がある。  
 注5 IX期とX期で個体群密度と総流下数を比較すると、X期の方がIX期よりも流下距離は長いはずである。

上記を考慮すると、実際なら平均、Aの流下距離は、ほぼBと同じ位なはずで、500～600m位だろう。

第4章の図4-1 X期繁殖期(2001年2、3月)の流下距離A  
 [冬眠期マーク個体の、繁殖期ネット捕獲での再捕獲による]



X期矢沢での流下距離 (m) : [ネット～春眠場所]

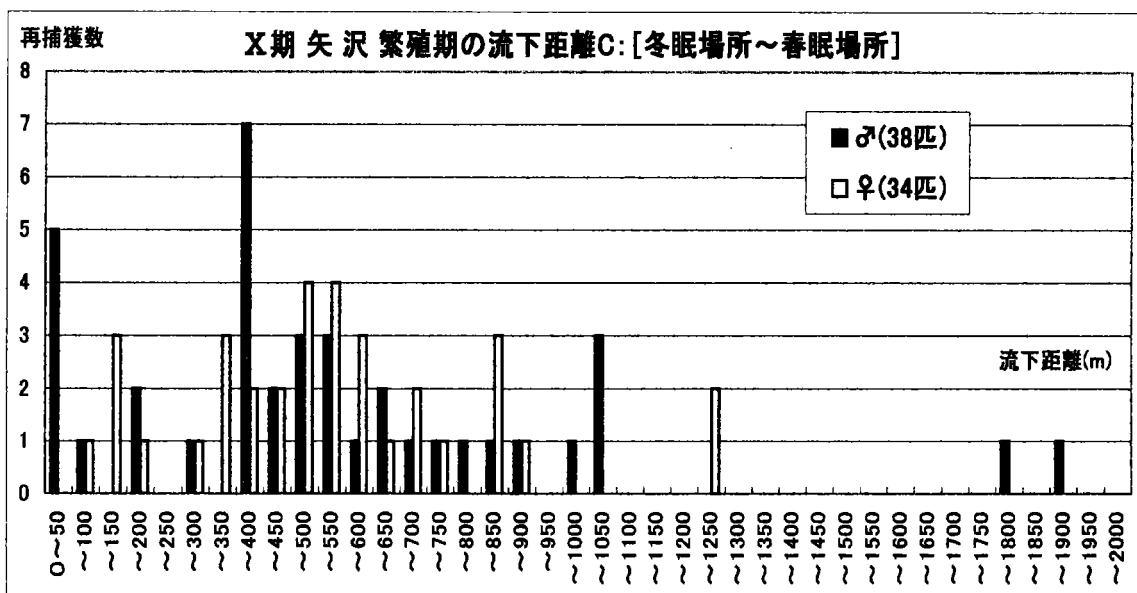
B	全体	♂	♀
総積算距離(m)	75341.0	37593.0	37748.0
再捕獲数(匹)	150	80	70
平均流下距離(m)	502.3	469.9	539.3

(図1も参照していただきたい)

- 注1 注1 全調査区間が2800mほどなので最大でも約2800m。  
 注2 流下途中ネットで、平均して1ネット通過当り12時間留めている。  
 注3 X期矢沢では、冬に区間91付近が、大量の伐採木・枯葉で頑丈なダムになってしまっていた。また、上流の区間134ネットは、設置時に既に繁殖期が終了し200匹位しかマークしてない。つまり、実質調査区間は32・33ネットまでの1180mほど。  
 注4 4月春眠期捕獲時に一部は既に少し遡っている(後述)。

注1～4を考慮すると(特に注3)、実際のBの平均流下距離は、ほぼ500～600m位だろう。

第4章の図4-2 X(2001年2、3月)の流下距離B  
 [繁殖期のネットでのマーク個体の、春眠期の再捕獲による]



X期矢沢での流下距離 (m) : [冬眠場所～春眠場所]

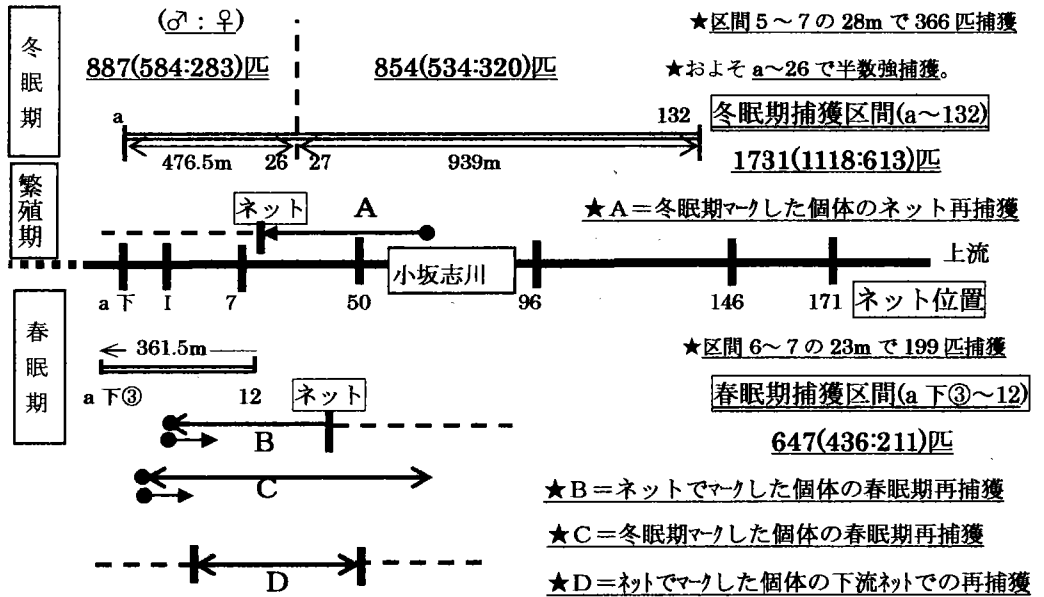
C	全 体	♂	♀
総積算距離(m)	38373.0	20766.5	17606.5
再 捕 獲 数(匹)	72	38	34
平均流下距離(m)	533.0	546.5	517.8

(図1も参照していただきたい)

- 注1 注1 全調査区間が2100mほどなので最大でも約2100m。
- 注2 流下途中ネットで、平均して1ネット通過当り12時間留めている。
- 注3 春眠期捕獲区間が短すぎる。もっと下流でも春眠期に捕獲していたなら、500m前後のデータがもっと多かっただろう。
- 注4 4月春眠期捕獲時に一部は既に少し遡っている(後述)。

上記を考慮すると、実際なら平均、Cの平均流下距離は600~1000m位だろう。

#### 第4章の図4-3 X期繁殖期(2001年2、3月)の流下距離C [冬眠期マーク個体の、春眠期の再捕獲による]

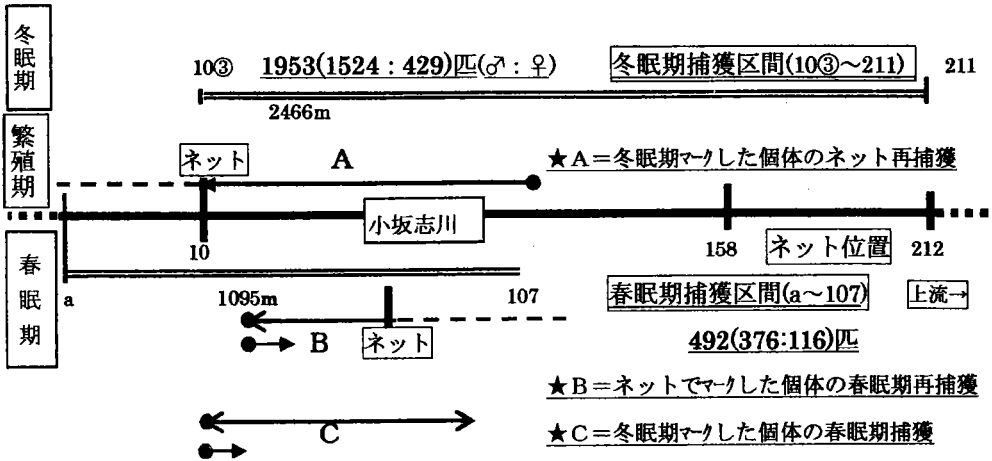


注意：Ⅱ期には、まだまだ流下状況も 春眠状況もよくわからず、

Ⅷ期以降での考慮点以外にも以下の4点を考慮しなくてはならない。

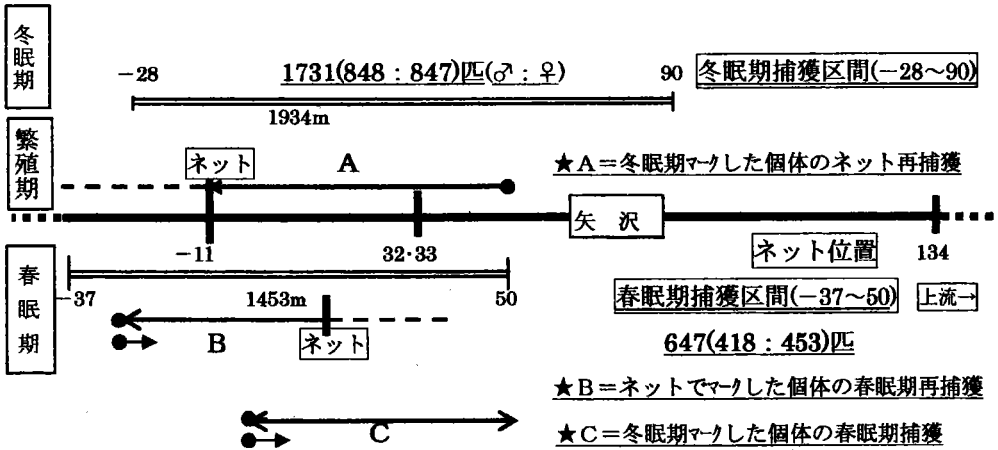
- ①； ネットの回収チェックが1日1回では繁殖ピーク中には対応しきれず、ネットに長時間も留めてしまう結果となった。ピーク時の2, 3日は1つのネットに24時間で200～600匹ほど入ってくる。それらをチェックし、ネットでもマークをしていたために、場所によってはいったん回収後リリースするのが丸1日後になってしまった。ただでさえ、1日1回の回収では、平均12時間(=24/2)はその場に留めてしまうのである。
- ②； 繁殖期だけでも500～1,000mも流下することがわかっていなかったために、ネットとネットの間隔を短くしすぎたため、複数回ネットに留めた個体も多数いた。
- ③； ①②の理由=ネットに長時間留め、かつ複数回留めることにより、ピーク時には水圧とカエルどうしの圧力により、多数死なせてしまったり、衰弱させる結果になった。(詳細は後述)
- ④； Ⅱ期には、春眠場所がまだ把握しきれなかったために、春眠期の捕獲数が少ない上に、春眠期の捕獲区間が短すぎ、春眠期ではあまり有効なデータが取れなかった。

#### 第4章の図5-1 Ⅱ (1992年12月～1993年4月) 小坂志川 (中・下流域) での捕獲区間・繁殖期の流下距離の詳細



平均流下距離(m)	全体(再捕獲数)	♂ (再捕獲数)	♀ (再捕獲数)
A(冬眠場所~繁殖期ネット)	574m (78)	455m (36)	675m (42)
※B(繁殖期ネット~春眠場所)	970m (7)	860m (6)	1630m (1)
C(冬眠場所~春眠場所)	371m (51)	296m (39)	613m (12)

第4章の図5-2 IX (1999年12月~2000年4月)の小坂志川(中・下流域)での捕獲区間・繁殖期の流下距離の詳細



平均流下距離(m)	全体(再捕獲数)	♂ (再捕獲数)	♀ (再捕獲数)
A(冬眠場所~繁殖期ネット)	421m (189)	422m (92)	421m (97)
B(繁殖期ネット~春眠場所)	502m (150)	470m (80)	539m (70)
C(冬眠場所~春眠場所)	533m (72)	547m (38)	518m (34)

第4章の図5-3 X (2000年12月~2001年4月)の矢沢(中流域)での捕獲区間・繁殖期の流下距離の詳細



### 3. 繁殖期の流下距離の結論・考察；（→図1にまとめて図示している。）

#### (1) II期(1993年2～3月)小坂志川(中下流域)での繁殖期における流下距離の結論

<図2-1～4>のグラフ、<図1> & <図5-1>、及び、[総流下数]から

II期の繁殖期流下距離の平均は、およそ800m位である。

繁殖期だけでも半数近くは、1,000m前後流下し、3,000m前後流下する個体も多数いる。

根拠と要点は；

①；A(冬眠場所～途中のネットまでの距離)の平均は、実際のデータでは372.7mだが、実際にはおよそ、400～500m位であろう。理由は、図2-1の注にもあるように、[冬眠期の捕獲区間が1415.5mと短すぎ、長距離のデータが現れにくいこと]；[ネットとネットの間隔が短すぎ、複数回ネットに入り長時間留められた個体がいること]等である。<図1>を見れば、長距離のデータが必然的に現れないことが一目でわかるであろう。

しかしながら、A(冬眠場所～途中のネットまで)のデータには、ネットのすぐ上流から来た個体はもちろん入るのだが、冬眠場所とほぼ同所で繁殖行動をして、ほぼ移動しなかった個体のデータが少なくなる傾向がある。

以上を総合的に考慮するならば、実質的なAの平均は400～500m位であろう。

②；B(ネット～春眠場所まで)の平均は、実際のデータでは、280.0mとなっているが、平均すると本来Aとほぼ同距離で実質は400m位であろう。理由は、図2-2の注にもあるように、Bのマーク個体はネット捕獲時にマークした個体であり、[ネット中に長時間(平均30時間ほど)留めてしまっていた] & [多数衰弱させてしまっていた]；のである。特に重要な理由は、[春眠期の捕獲期間が短すぎ、必然的に長距離のデータが現れにくいこと]等である。<図1>を見れば、A以上に、II期のB、C方法では、長距離のデータがほとんど現れてこないのがわかるであろう。

③；C(冬眠場所～春眠場所まで)の平均は、実際のデータでは328.8mとなっているが、このII期の春眠期でのデータ、特にCは、あまり参考にならないのである。<図1>も参照。

1. 方法；(2)の項でも述べたように、春眠期の捕獲には偏りが多く、特にII期の春眠期のデータは、参考程度にしかならないことである。その理由は、II期の春眠期の捕獲区間は、わずか361.5mであり必然的に長距離のデータが現れず、捕獲数も少なくそのほとんどは、区間5～8の大規模な巣での捕獲であることである。元々、これら大規模な巣に冬眠していた個体は、秋に極めて長距離流下した個体の集団であり&繁殖期にはほとんど動かない個体が、他の地域で冬眠した個体に比べ相対的に多いことがわかっている。また1つには、春眠期の捕獲時(4月)には既に、一部の個体は流下しきった場所から上流へ移動して捕獲されることがわかっていることである。

また1つには、途中ネットで長い間留めていたことを考慮する必要があるからである。

- ④；単純に考えると、 $A + B$  ( $372.7 + 280.0 = 652.7\text{m}$ )；であるが、上述の①②での補正をして；  
 II期小坂志川(中下流域)での繁殖期における流下距離の平均は800mほどと考える。
- ⑤；<図2-4>から、繁殖期の流下だけでも3,000m位流下するのも多数いることがわかる。

(2) IX期(2000年2~3月) 小坂志川(中下流域)での繁殖期における流下距離の結論

<図3-1~3>のグラフ、<図1>&<図5-2>、及び、[総流下数]から

IX期の繁殖期流下距離の平均は、II期とほぼ同じはずでおよそ800m前後である。

根拠と要点は；前述のII期の場合とデータの解釈内容的にはほぼ同様である。

- ①；A(冬眠場所~途中のネットまでの距離)の平均は、実際のデータでは573.7mである。冬眠期捕獲区間も十分長かったので、実際でも、この値位であろう。

しかしながら前述したように、A(冬眠場所~途中のネットまで)のデータには、ネットのすぐ上流から来た個体はもちろん入るのだが、冬眠場所とほぼ同所で繁殖行動をして、ほぼ移動しなかった個体のデータが少なくなる傾向がある。

また、方法(3)で述べたように、小坂志川でII期とIX期を比べると、個体群密度は、IX期ではII期の約 $2/3$ に減っている。流下総数も、IX期にはII期の約 $2/3 \sim 1/2$ にまで減っている。このことから、IX期のAの平均流下距離はII期の400~500mと同じ位と推測される。(⇒<第3章の図表2, 4>&<第5章の表2>、を参照)

これらを考慮するならば、実質的なAの平均は、400~500m位であろう。

- ②；B(ネット~春眠場所まで)の平均は、実際のデータでは、969.6mとなっているが、これはデータ数が少なすぎて(再捕獲数は♂6匹；♀1匹)参考にならないだろう。平均すると本来Aとほぼ同距離であろう。

Bで春眠期の再捕獲数が少なかった理由の1つは、元々、ネットでのマークが最上流の区間だけであったことによる。複数ネットで調査するとき、時間に十分な余裕がないとネットでのマークはできないのである。ネットでもマークをしていると、長時間その場に留めてしまい、動きに多大な支障を与え、かつ衰弱や死に追いやるためである。もう1つには、IX期は、流下個体数が相対的に極端に少なかったことである。

- ③；C(冬眠場所~春眠場所まで)の平均は、実際のデータでは370.5mとなっているが、実際には500~1,000m前後と推測する。この理由は、II期の場合とほぼ全て同様である。が、いずれにしても、<図1>を見てもわかるように、長距離のデータが現れにくいのである。

- ④；単純に考えてみると $A \times 2 = 1,147.2\text{m}$ とも取れるし、 $A + B = 1543.3\text{m}$ とも取れる。

また、 $C + \alpha$ 位にも取れる。が、①②③を考慮して、特に①で述べた、II期とIX期での総流下数の比較を考慮するならば、IX期小坂志川(中下流域)での繁殖期における流下距離の平均は少なくとも、II期と同じ位で、800mほどと考える。

### (3) X期(2001年2~3月)矢沢(中下流域)での繁殖期における流下距離の結論

<図4-1~3>のグラフ、<図1>&<図5-3>、及び、[総流下数]から

X期の繁殖期流下距離の平均は、およそ1,000~1,200m前後か、それ以上である。

根拠と要点は；前述のⅡ期・Ⅸ期小坂志川の場合とデータの解釈内容的にはほぼ同様である。

- ①；A(冬眠場所~途中のネットまでの距離)の平均は、実際のデータでは421.4mだが、実際には、600m位であろう。その理由は、1つには、冬眠期の捕獲区間が、ネットから上流1640mしかないこと。また、途中のネットで一度留められていることである。

しかしながら前述したように、A(冬眠場所~途中のネットまで)のデータには、ネットのすぐ上流から来た個体はもちろん入るのだが、冬眠場所とほぼ同所で繁殖行動をして、ほぼ移動しなかった個体のデータが少なくなる傾向がある。

また、流下総数を見てみると、小坂志川でも矢沢でも、X期にはⅨ期の2~2.5倍流下しているのだ。そして、個体群密度は、Ⅸ期とX期でほぼ同じなのである。つまり、X期の方がⅨ期に比べ、平均流下距離は長くなければおかしい。(⇒<第3章の図表4,5>&<第5章の表2>、を参照) これらを考慮するならば、実質的なAの平均は600m位であろう。

- ②；B(ネット~春眠場所まで)の平均は、実際のデータでは、502.3mとなっている。実際でも、これ位の値であろうし、Aとほぼ同距離で600m位だろう。ただし、<図1>からもわかるように、長距離のデータが現れにくいのであり、ネット中に、長時間、留めているのである。
- ③；C(冬眠場所~春眠場所まで)の平均は、実際のデータでは533.0mとなっているが、実際には1,000m前後と推測する。これも、<図1>からもわかるように、長距離のデータが現れにくいのである。

B、Cの補正の理由は、Ⅱ期・Ⅸ期の場合とほぼ同様である。春眠期の再捕獲では、捕獲区間が短いこと、冬眠期の捕獲マークした区間も短いこと。また1つには、春眠期の捕獲時(4月)には既に、一部の個体は流下しきった場所から上流へ移動して捕獲されることがわかっていることである。また1つには、Aと同様に、ネットで長い間留めていたことを考慮する必要があるからである。等である。

- ④；単純に考えてみると $A \times 2 = 842\text{m}$ とも取れるし、 $A + B = 923\text{m}$ とも取れる。

また、 $C + \alpha$ 位=600~1,000m位にも取れる。が、①②③を考慮して、特に①で述べた、Ⅸ期とX期での総流下数の比較を考慮するならば、X期矢沢(中下流域)での繁殖期における流下距離の平均は少なくとも、Ⅸ期よりも大きく、補正した $A + B$ の1,000~1,200mほどと考える。

- ⑤；ただし、X期では、繁殖期に融雪による異常な増水があったため、繁殖期の流下数・流下距離が大きくなったのであって、秋の流下距離は、Ⅸ期などとほぼ同じであったと推測される。

#### (4) 繁殖期における冬眠場所から春眠場所までの流下距離の結論；→<図1>

- ①；奥多摩付近の個体群での、繁殖期における流下距離は、平均800mほどである。
- ②；小坂志川と矢沢でほぼ同じ結果であったことから、十分に棲息流域があり、棲息環境（主に気象条件）が同様な沢ではほぼ同距離と思われる。
- ③；繁殖期のみの流下でも、2,000～3,000mに達する個体も多数いる。
- ④；流下距離は、[年によって]、[同一沢でも上下流によって]、[地域によって]、異なる。  
繁殖期に水位・水量が増すと、流下数は増え、流下距離も長くなる。（X期がそうであった）  
上流域に棲息していた個体ほど平均した流下距離は長い。（本報告書ではデータ・グラフとして示していないが、少ないながら、データがとれている。）  
棲息流域の短い沢では、当然のことながら、流下距離は短いと推測される。
- ⑤；これらのことは、繁殖期に設置したどのネットにも、総計1,000～3,000匹位流下することからも、推測される値である。
- ⑥；複数年度で、複数の方法により、再捕獲数も多く、[個体群密度]や[流下総数]との比較も考慮しての結論であり、上記の値は相当に実数に近い値だと思われる。  
ただし、[棲息流域]・[平均流下距離]を考慮するならば、理想としては、<図1>に示したように、冬眠期捕獲区間を3,000m位に、春眠期捕獲区間を4,000m位にし、再捕獲データを多くするために、ネットを多く設置し、複数の調査員でひんぱんにネットを回収チェックすべきであろう。

### 第3節；ナガレタゴガエルの秋の流下距離

#### 1. 方法

まだ、IX期（1999年10月～12月）に実施したのみであり、流下距離の推定方法としては、ただ1つ、同一年度・同位置ネットでの流下捕獲数を、秋と繁殖期で比較することである。

IX期の小坂志川における、[秋のNo.7ネットでの捕獲数・日数]と[繁殖期のNo.10ネットでの捕獲数・日数]を比較し、その比率から、およそ秋の流下距離を推測するのである。

#### 2. 結果・考察；秋の方が、繁殖期よりも圧倒的に流下数が多い。

第2章の<図4>にIX期の小坂志川での、秋流下と繁殖期流下の月日ごとの捕獲数を示してある。流下数は、[秋流下では、10月16日～12月23日で成体が1,666匹]；[繁殖期では、2月6日～3月24日で成体が1,000匹]であった。ただし、秋は、繁殖期以上に $+a$ して考えなくてはならない。その理由は、1つには、秋には降雨での増水がひんぱんにあり、ネットの両脇や上を水流がオーバーフローしてしまうことがしばしばで、流下する個体をカバーし切れなかったためである。1つには、秋に設置したNo.7ネットは川幅の2/3ほどしかカバーしていないためである。このような補正をし

なくても、秋の方が繁殖期よりも圧倒的に流下数が多かった。平均で、秋の方が繁殖期よりも約2倍位多いと考えられる。

### 3. 結論・考察

- ①；第1節で述べたように、両棲類では、[そのまま非繁殖期の行動域で冬眠する場合]と、[非繁殖期の行動域から繁殖活動場所の近くに移動して冬眠する場合]、の2タイプがある。  
ナガレタゴガエルは、後者のタイプであり、その上、繁殖期にも長距離移動するタイプである。
- ②；秋の平均流下距離は、繁殖期の流下距離とほぼ同じか、それ以上である。  
繁殖期の流下距離から推測すると、秋には平均で500~1,000m位か、それ以上であろう。
- ③；しかし、1年度分のデータしかなく、しっかりと結論を出すには、あと2シーズンのデータは必要であろう。なお、秋流下でも具体的なデータを取る方法がわかったために、現在調査継続中である。近い内に、しっかりとしたデータの元、結論を出せると考えている。

①の根拠は；1つには、実際にIX期に秋流下の捕獲調査をした結果からである。

もう1つの重要な理由は、[第2章；冬眠]の中でも触れたように、冬眠場所がある特定の地形の場所に密集するからである。この冬眠状況から逆算すると、秋に長距離流下していなくては、はなはだ矛盾するため、秋にも流下捕獲調査を実施したのである。

②の根拠は；結果で述べたことの繰り返しになるが、同年度において、秋と繁殖期でほぼ同位置に設置したネットによる流下数が、圧倒的に秋流下の方が多く、かつ、流下期間も長かったことである。

## 第4節；ナガレタゴガエルの冬眠中の流下距離

### 1. 方法・結果

具体的に、冬眠中に移動した距離を測定する方法は、現時点ではわからない。はっきりしているのは、第2章、第3章でも述べたように、冬眠中にも、降雨による水温上昇、降雪による凍結によって、移動し流下することがわかっていることである。それは、II期やVIII期、IX期にネットでの捕獲で確認された。また、I期、II期、X期の2月上旬の繁殖行動前に、冬眠期の捕獲をしていた所、既に動いている個体を複数、再捕獲したことによってもわかったのである。

### 2. 考察

冬眠中の1月~2月上旬における流下移動は、特殊な気象条件によって起こるものである。

[第2章；冬眠]、[第3章；繁殖行動]の中でも述べたように、理由には2つあった。

1つは、1月中の本降りの降雨による水温上昇と水位上昇(例；II期の1月やVIII期の1月が好例)。

この場合、水温が本来活動を始める温度やそれ以上の高温の6～7℃に上昇するために短距離移動する。また、支沢の水位・水量が急上昇し、水温とは関係なく冬眠場所を移動させるのだ。

もう1つは、積雪や低温が続く伏流水部の凍結によるもの。支沢や州の伏流水温・地温の急冷によって、冬眠場所を短距離移動させる場合である（Ⅷ期の2月の積雪時の五郎橋沢などが好例）。

これらの2つのことは、第2章でも述べたように、他種のカエルでも報告されている。

以上2つのことの基本は、冬場の水位にある。つまり、ナガレタゴガエルの棲息地では、冬眠期に降雨など本来無く、水位・水量が安定しているのである。冬眠中に水位が変化すると、必然的に温度が変化するのだ。

つまり、冬眠中でも動く場合は、水量の少ない支沢を中心にして起こるのである。

個体群全体や平均的な年度で考えた場合、冬眠中の移動距離は、微々たるものと考えられる。

### 3. 結論；

①；冬眠中でも水温上昇や伏流水部の凍結によって流下移動するが、全体から見ればごく微々たる距離で、平均しても数m程度だと考えられる。

②；ただし、水量の少ない支沢で冬眠に落ち着いていた個体の場合は、冬眠中でも、平均数十m位流下すると思われる。支沢では、水位・水量の変化が激しく、凍結もしやすいからである。

## 第5節；ナガレタゴガエルの流下距離のまとめ

### 1. 1シーズン全体での流下距離の結論

<図6；ナガレタゴガエルの1年間の動きの概要>に、流下行動、流下距離の概要の全体をまとめて示した。

ナガレタゴガエルの流下距離を考えるには、[秋の流下距離]、[冬眠中の流下距離]、[繁殖期の流下距離]、の3つに分けて考えなくてはいけない。この内、前述のように、冬眠中の流下距離は微々たるものなので無視してもよいかと考える。そして、[秋の流下距離] ≥ [繁殖期の流下距離] と考えられる。このことから、図6にも示したように、流下距離の結論は；

①；1シーズンでの流下距離は、平均で、1500m位だと考えられる。

この値は、秋の流下調査のデータが増すと、さらに大きくなると思われる。

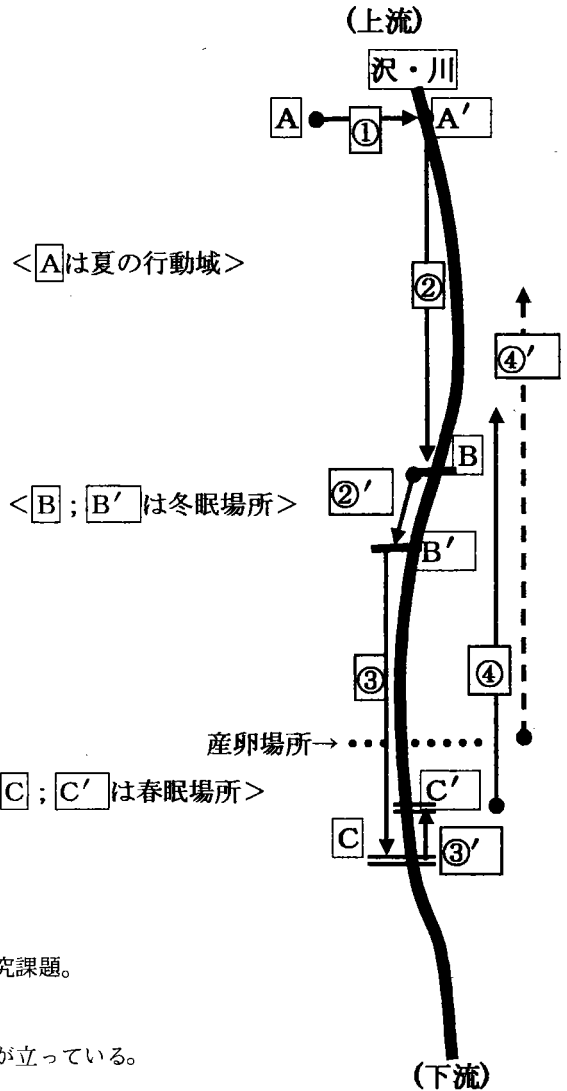
②；大量のデータから推定される繁殖期の平均流下距離は、700～800m位である。

③；秋の流下距離は、繁殖期とほぼ同距離かそれ以上で、少なくとも500～1,000mほどと考えられる。

④；冬眠の最中の1月中旬～2月初めにも流下するが、全体から見ると距離は微々たるものである。

- ① ; 冬眠前水辺への移動期  
[A → A'] : 10月中旬～下旬
- ② ; 秋流下期 (冬眠前の流下期)  
[A' → B] : 10月下旬～12月中旬
- ②' ; 冬眠中の短距離移動期  
[B → B'] : 1月上旬～2月上旬
- ③ ; 繁殖期の流下期  
[B' → C] : 2月上旬～3月中旬
- ③' ; 春眠前の短距離移動  
[C → C'] : 3月上旬～3月中旬
- ④ ; 春眠明け後の動き  
[C' → ] : 5月上旬～  
以上 ; 繁殖個体(成体)

- ④' ; 変態後の動き  
[産卵場所 → ] : 6月上旬～



- ※ ④&④' についてのデータはごくわずか。  
いまだほとんど不明。研究当初からの最大の研究課題。
- ※ ②については、データはまだ少ないが、  
距離・温度等について、ほぼ結論は出せるめどが立っている。

1. [② : 秋流下の流下距離] ≥ [③ : 繁殖期の流下距離]
2. [③ : 繁殖期の流下距離] : 平均700～800m前後
  - 上流域と下流域で異なる。同年度でも上流域の棲息個体の方が流下距離が長い。
  - 繁殖期の水位・水量によっても異なる。
  - 個体群密度によっても異なる。
3. 1シーズン全体の平均流下距離(②+③) ; 1500mほどである。

第4章の図6 ナガレタゴガエルの1年間の動きの概要

## 2. 水系・地形・水位（水量）と流下距離

現時点までの結果から；小坂志川・矢沢の異なる水系、異なる個体群での流下距離は、ほぼ同距離か、矢沢の方が、少し長い位であった。また、第3章で述べたように流下数もほぼ同数である。

この結果は、当初筆者には意外な結果であった。間違いなく、小坂志川の方が、流下距離は長いと想像していた。なぜなら、小坂志川の方が圧倒的に流域が長いし、矢沢には、落差数mの大きな滝や大きな堰堤が本流に多数あるからである。

が、冷静に考えてみたところ、小坂志川の場合、調査地が棲息流域全体で見ると中流部～下流部であること、が大きく関係していたようだ。矢沢の場合、調査地は棲息流域の上流域の下流部～中流域である。おそらく、小坂志川でも、調査地をもっと上流域にして調査すれば、流下距離は長くなるだろう。元々、下流部で冬眠している個体は、秋に長距離流下してきたものと考えられ、それゆえに、下流部に大規模な巣・団地的な集団冬眠場所が多いのである。

つまり、結論としては、

- ①；元々夏に、本流源流部や支沢の源頭付近など、より上流部で棲息していた個体ほど、より下流部で棲息していた個体よりも、長距離流下する。  
それゆえ、冬眠期の捕獲マーク地域を上流にするほど、平均流下距離の調査結果は大きくなり、逆に、下流部で冬眠期の捕獲マークをするほど、平均流下距離の調査結果は小さくなりやすい。
- ②；棲息流域が十分長ければ、別水系の別個体群であっても、流下距離はほぼ同じである。  
→小坂志川と矢沢の個体群での流下距離は、ほぼ同じである。
- ③；落差数mの滝や堰堤では、流下距離に影響はほとんど無いと思われる。
- ④；繁殖期に、大量の融雪や大雨で水位・水量が激しく増大すると、流下数が増大する、つまり平均流下距離も大きくなる。ただし平年では、繁殖期に水位・水量が激しく増大することはめったになく、冬眠期・繁殖期には、水位が低く安定しているのだ。つまり、平均流下距離は、毎年ほぼ同距離である。

①の根拠は；今回、本報告書では、流下距離のデータのグラフは、各再捕獲個体の流下距離（m）しか表示しなかった。しかし、もう一つの表示方法として、[どこから、どこに移動したか]という見方がある（整理中）。この点から見た場合、上流に冬眠していた個体ほど、長距離流下移動していることがわかっている。



## 第5章； 個体群密度 (Population Density)

### — 個体群 ① —

#### 第1節； 両棲類の個体群密度

個体群の研究テーマとしては、個体群密度と個体総数、寿命や生残率、性比、性成熟年齢、など多岐にわたる。いずれもその種を知り、種の保全を考える上でも重要なテーマである。

その内、個体群密度の研究も、棲息地域の個体の総数や個体群の構成を知る上で、重要である。一部の種では、昔から多くの研究がある。両棲類の個体群密度について、よくまとめている総説や文献を挙げた上、その中から幾つか特殊な例を挙げてみる。

まず総説としては、「Biology of Amphibians」(Duellman, W. E. & Trueb, L. 編, 1994) が挙げられる。この中から、幾つか例を挙げてみる。外国では、日本と違い、一部のサンショウウオはごく普通に多数棲息していて、捕獲しやすいためか？、カエルに比べはるかに多くの研究報告がある。これらサンショウウオの報告では、棲息地での密度はほとんどが、 $0.01\sim 0.5$ 匹/ $m^2$ 位である（「Biology of Amphibians」中のp.211の表より）。高密度や、個体群総数の多い例をあげると、西アフリカのある種では、ある年の調査で、 $5.92$ 匹/ $m^2$ 、別の年の調査では、 $4.28$ 匹/ $m^2$ であったという (Lamote, 1959)。アメリカのある森林における調査では、4種類のサンショウウオが、 $36.1$ haで $106,508$ 個体も捕獲された。ただし、この内の約 $95,000$ 個体は、その土地ではありふれた種の1種で占められていたという (Burton & Likens, 1975)。また、アメリカのあるサンショウウオは、 $116$ 匹/ $m^2$  という高密度であったという。これは、大量の藻類が、外敵からの保護に役立ったためや、餌が当時、大量にあったためと推定されている (Tupa, & Davis, 1976)。

日本の例では、東京都の国立科学博物館附属自然教育園 (約 $20$ ha) でのヒキガエルの研究 (1973~1985年) において、1973年5~7月には出現個体数が $200\sim 350$ 匹、1974年5~9月には $300\sim 600$ 匹程度であったという報告がある (金森, 1975)。また、同研究では、繁殖期の1日の繁殖場所への最大出現個体数が $100\sim 150$ 個体だったという (金森, 1982)。また、奥野の1973~1981年での金沢城 (五万 $m^2$ に3つの繁殖池) の主要な1つの池 ( $33m^2$ ) でのデータでは、推定で毎年 $1,000\sim 3,000$ 匹が繁殖に参加したという (奥野, 1986 他)。また、1962~1969年での芹沢・金井の東京都八王子市真覚寺の心池での調査では、繁殖期に毎年 $1,500\sim 3,000$ 匹出現したという (芹沢・金井, 1970)。ここは、個体数が極端に多く有名な場所の1つであった。ただし、これらの例の場合、人為的な影響などで、絶滅したり (金沢城)、激減したりしている個体群である。ヒキガエル以外には、モリアオガエル、ダルマガエル等で、個体群の研究報告がある。

いずれにしろ、日本では、奥野や久居も述べているように、長年にわたって個体群を総合的に調査している両棲類の研究例はほとんどないのが実情である。ナガレタゴガエルについては、筆者が生態研究を初めて本格的に行っているのだが、個体群の調査ができえたのは、ナガレタゴガエルの場合；棲息状況の特殊性があったからである。それは、第13章にまとめているが、個体群総数が莫

大であったこと、そして、調査の基本となる非繁殖期の大量捕獲==冬眠期や春眠期の大量捕獲、が可能であったことによる。

## 第2節；奥多摩でのナガレタゴガエルの個体群密度・総数；

約1000匹/100m(流程)である

### 1；各年度の当年度内における再捕獲率の結果・考察

<表1-1>に小坂志川での再捕獲率の結果を、<表1-2>に矢沢での再捕獲率の結果を示した。それぞれ、冬眠期にマークした個体の再捕獲率であり、Aが繁殖期に流下してきた個体をネット捕獲した時の再捕獲率；Bが春眠期に素手やタモアミで捕獲した時の再捕獲率である。

これらの結果の特徴をまとめると；

- ①；I期が4.97%となっている以外は、8～10%ほどで一定していた。I期は、まだ冬眠場所の主要地がわからずに、捕獲数が少なかったことによる。II期以降は、冬眠場所がよくわかったので、調査員である筆者の冬眠期の捕獲の仕方にばらつきがないためであろう。
- ②；各年度とも、繁殖流下期と春眠期での再捕獲率はほぼ同じであった。特に、矢沢では全く同じだったといってもよい結果となった。小坂志川で多少差がある理由は、春眠期の捕獲区間の偏りによる。元々小坂志川は、矢沢に比べ、棲息流域が長く広くて、冬眠場所が矢沢以上に、巣・団地に極端に集中するため、矢沢以上に、より長い区間で再捕獲を実施しないと、多少データに差が生じるのである。そのため、元々、春眠期には冬眠期に比べ、捕獲区間が短かかったために、小坂志川では多少差が生じている。それでも全体的に見ると、冬眠期でも春眠期でも、ほぼ8～10%ほどで一定していた。
- ③；♂♀で見ると、再捕獲率での差はないように思える。♂の方が多く再捕獲される年もあったし、♀の方が多かった年もあった。また、このことは、冬眠中の死亡はほとんど無く、冬眠中にどちらかの方が多く死亡するなどということは無いということである。
- ④；小坂志川と矢沢での再捕獲率は若干矢沢の方が大きい、ほぼ同じであった。

### 2；再捕獲率から推定する 各年度の個体群密度の結果・考察

<表2-1>に小坂志川での推定される個体群密度を、<表2-2>に矢沢での推定される個体群密度を示した。また、第7章の<表1>に〔個体群密度〕〔繁殖個体の1年後の生残率〕〔平均流下距離〕〔性比〕等をまとめて表示した。

これらの結果の特徴をまとめると；

- ①；小坂志川や矢沢でのナガレタゴガエルの個体群密度は、およそ1,000～2,000匹/100m(流程)であった。
- ②；小坂志川と矢沢という別水系で個体群密度はほぼ同じであった。

第5章の表1-1 小坂志川における冬眠期マーク個体の当年度春での再捕獲率

A ; 繁殖期のネット捕獲での再捕獲率				I 期 92 年 春	B ; 春眠期の捕獲での再捕獲率			
No. I ネットでの再捕獲					春眠期での再捕獲			
	♂	♀	計			♂	♀	計
冬期マーク再捕獲数	18	34	52		冬期マーク再捕獲数	未調査	未調査	未調査
流下ネット捕獲数	595	452	1047		春眠期捕獲数			
再捕獲率	3.03%	7.52%	4.97%		再捕獲率			

No. I ネットでの再捕獲				II 期 93 年 春	春眠期での再捕獲			
	♂	♀	計			♂	♀	計
冬期マーク再捕獲数	82	55	137			冬期マーク再捕獲数	37	24
流下ネット捕獲数	940	702	1642		春眠期捕獲数	436	211	647
再捕獲率	8.72%	7.83%	8.34%		再捕獲率	8.49%	11.37%	9.43%
					A B 合計	8.65%	8.65%	8.65%

No. 10 ネットでの再捕獲				VII 期 99 年 春	春眠期での再捕獲			
	♂	♀	計			♂	♀	計
冬期マーク再捕獲数	88	56	144			冬期マーク再捕獲数	11	2
流下ネット捕獲数	1084	753	1837		春眠期捕獲数	114	33	147
再捕獲率	8.12%	7.44%	7.84%		再捕獲率	9.65%	6.06%	8.84%
					A B 合計	8.26%	7.38%	7.91%

No. 10 ネットでの再捕獲				IX 期 00 年 春	春眠期での再捕獲			
	♂	♀	計			♂	♀	計
冬期マーク再捕獲数	36	42	78			冬期マーク再捕獲数	39	12
流下ネット捕獲数	627	373	1000		春眠期捕獲数	376	118	494
再捕獲率	5.74%	11.26%	7.80%		再捕獲率	10.37%	10.17%	10.32%
					A B 合計	7.48%	11.00%	8.63%

第5章の表1-2 矢沢における冬眠期マーク個体の当年度春での再捕獲率

A ; 繁殖期のネット捕獲での再捕獲率				IX 期 00 年 春	B ; 春眠期の捕獲での再捕獲率			
No. 4 ネットでの再捕獲					春眠期での再捕獲			
	♂	♀	計			♂	♀	計
冬期マーク再捕獲数	25	21	46		冬期マーク再捕獲数	13	3	16
流下ネット捕獲数	335	276	611		春眠期捕獲数	140	35	175
再捕獲率	7.46%	7.61%	7.53%		再捕獲率	9.26%	8.57%	9.14%
					A B 合計	8.00%	7.72%	7.89%

No. -11 & No. 32・33 ネットでの再捕獲				X 期 00 年 春	春眠期での再捕獲			
	♂	♀	計			♂	♀	計
冬期マーク再捕獲数	150	163	313			冬期マーク再捕獲数	34	31
流下ネット捕獲数	1577	1487	3064		春眠期捕獲数	363	261	624
再捕獲率	9.51%	10.96%	10.22%		再捕獲率	9.37%	11.88%	10.42%
					A B 合計	9.48%	11.10%	10.25%

## 第5章の表2-1 小坂志川での再捕獲率から推測する個体群密度

冬眠期マーキングガエルの再捕獲率(表1-1の平均)から推測する個体群密度

小坂志川	冬 眠 期 捕 獲			再 捕 獲 率 (%) 表1-1ヨリ	流 程 1 m 当 た り の 推 定 生 息 数	お よ そ 流 程 100 m 当 た り の 推 定 生 息 数
	マークした 個 体 数	捕獲区間 距 離	流 程 1 m 当 た り の マーク数			
	A	B	$C = A / B$	D	$C \times 100 / D$	
I 期	940匹	1120.5m	0.839匹/m	4.97%	16.9匹/m	1690匹/100m
II 期	1676匹	1415.5m	1.184匹/m	8.65%	13.7匹/m	1370匹/100m
VIII 期	2721匹	1831.5m	1.524匹/m	7.91%	19.3匹/m	1930匹/100m
IX 期	1918匹	2466.0m	0.778匹/m	8.63%	9.02 /m	902匹/100m

## 第5章の表2-2 矢沢での再捕獲率から推測する個体群密度

冬眠期マーキングガエルの再捕獲率(表1-2の平均)から推測する個体群密度

矢 沢	冬 眠 期 捕 獲			再 捕 獲 率 (%) 表1-2ヨリ	流 程 1 m 当 た り の 推 定 生 息 数	お よ そ 流 程 100 m 当 た り の 推 定 生 息 数
	マークした 個 体 数	捕獲区間 距 離	流 程 1 m 当 た り の マーク数			
	A	B	$C = A / B$	D	$C \times 100 / D$	
IX 期	1831匹	2079.0m	0.881匹/m	7.89%	11.2 /m	1120匹/100m
X 期	1650匹	1934.0m	0.853匹/m	10.25%	8.32 /m	832匹/100m

調査は継続中であり、このことは、よりはっきりと結論付けられると思われる。

十分な棲息流域があれば、奥多摩全体でも個体群密度はおよそ1,000匹/100m(流程)ではないかと考えられる。もちろん、元々、棲息流域が極端に短い場所ではこの限りではないし、小坂志川も含め、棲息流域が長距離にわたる川・沢では、上流部と下流部では異なるであろう。

③；II期～VIII期では、高密度1,370～1,930匹/100m(流程)であったのに対し、IX期・X期では、2/3～1/2近くに激減している。このことは、小坂志川でIX期の流下数がVIII期の流下数の半分近くに減ったこととも一致している。これは、VIII期からIX期にかけての夏(1999年の夏)に、奥多摩等の地域に気象的に何か大きな原因があったためと考えられる。いずれにせよ、人為的な要因では無いと考える。なぜなら、2つの水系での結果だからである。

※ 小坂志川のみデータしかなかったなら、VIII期からIX期における、激減は林道延長工事による上流からの大量の土砂流入によるものと考えてしまっていた。小坂志川では、1995年から1998年位にかけて、小坂志川林道の大幅な延長工事があった。現在、林道は東京都と山梨県界の笹尾根近くまで達している。このために、大量の土砂が上流から流入し、特に大雨の時には多く流入した。まだしばらく、斜面が安定しない限り、大雨ごとに下流への土砂流入は続くだろう。この影響と、VIII

期には春を中心に大雨が多かったせい、小坂志川ではⅨ期の冬1999年12月時点では、筆者がこの10年間で見たことの無いような変貌振りを示した。大きな淵が、それまでのほとんど半分未満の規模になってしまい、水深が1mを超す淵・釜が全く無くなってしまったのである。1994年にも林道拡幅工事と大雨による大量の土砂流入で川床がずいぶん上がって驚かされたが、1999年ほどではなかった。そのため、Ⅸ・Ⅹ期のデータをきちんと解析する前までは、Ⅷ期からⅨ期への個体数激減は、「小坂志川のみ現象であり土砂の大量流入によることが一番の原因だろう」、と考えていた。しかし、データをしっかりと整理した結果、この減少は小坂志川に限ったことではないようであり、土砂流入ではないと確信した。矢沢では、もう少なくとも10数年は林道の工事はされてなく、筆者が1991年に予備調査をした時と、1999年、2000年で沢の様子には全く変化は無いのである。冷静に考えてみると、川・沢への土砂流入は、産卵期の卵や幼生には大きなダメージを与えるが、成体にはたいして影響は無いであろう。つまり、小坂志川でのⅧ期からⅨ期での大量土砂流入が個体群に大きなダメージを与えたとしても、その結果・数字として現れるのは、Ⅷ期産卵での個体が成体となる年である。

### 3；奥多摩のナガレタゴガエル成体の個体群密度・個体総数の結論

①；棲息流域が十分な川・沢での、奥多摩におけるナガレタゴガエルの個体群密度は、およそ1,000匹/100m(流程)である。（\*ただし、成体のみである）

特に、繁殖期中流域では、3,000匹/100m(流程)位に達すると考えられる。

この個体群密度は、年により変動する。

また、棲息流域の上流部・下流部では差があり、下流部で小さい。

②；小坂志川水系での総数は、最低10万匹以上、矢沢水系（熊倉沢を含む）では8万匹前後は棲息していると考えられる（棲息地の流程から）。

③；奥多摩全体、つまり多摩川水系全体では、200～400万匹位棲息していると思われる。

南秋川水系では、小坂志川・矢沢の20万弱を含めて少なくとも30万匹；北秋川水系で少なく見積もっても20万匹、そして、南秋川・北秋川と養沢川や盆堀川等を含めた秋川水系全体では、少なく見積もっても合計70～80万匹位であろう。そして、多摩川水系全体；（=丹波川、小菅川、日原川、大丹波川、等々含め、かつ秋川水系も含めた全体）では、少なく見積もっても上記の数字となる。

①②の根拠は；単純な個体群密度からのみによる推定ではない！。

繁殖期に設置したどのネットにも、本流では平均して2000匹近く入ることからも推定される数字である。例えば、Ⅱ期には、調査区間1,900m足らずで、6ヶ所に設置した本流のネットだけで、

約8,000匹もネットに入ってきたのだ。しかも、これらのネットは繁殖期間中の平均して約2/3の期間しか設置していないのである。また、Ⅷ期では、2466mの間の3つのネットだけでも4801匹入り、Ⅹ期では、2512mの間で4つのネットだけで8031匹も入ってきている。これらのことから、最捕獲率からの計算で出された個体群密度のデータが裏付けられるのだ。

この数字は一般的には、とても驚く値であろう。ヒキガエルなど昔から、繁殖期に大量に繁殖池に集まることで知られるが、そんな比の話ではないのである。まさに、けた違いなのである。

## ②③の根拠と注意点；

小坂志川・矢沢では、沢の源流源頭よりも上部～南秋川本流出合迄；つまり、流域全域にナガレタゴガエルは棲息していることは確認している。ただし、下流部ではごく少数であり、上流部でも水量・沢幅が狭まるとともに、それに比例するように、少ない様である。1,000匹/100m（流程）とは、棲息流域の中流部付近の平均的な値を意味している。これを考慮して、各支沢や上流部では、その沢幅・水量から、小密度として相対計算し、推定したのが、小坂志川水系全体で10万匹～、矢沢水系全体で8万匹ほど、である。

〔棲息流域範囲〕は、将来の重要なテーマの1つであり、鍵は「下流域は、どこまで棲息に適するのか？」である。＜元々、沢幅が広く水量の大きい流域＞&＜晩秋～早春にかけての時期に、水位・水量の変動が大きい流域＞では棲息できないことは、多くのデータから推測されている。他には、水温・水質が大きく関与しているだろう。

## 第6章 ; 性比・雌雄比 (Sex ratio) — 個体群② —

ナガレタゴガエルでは、♀ : ♂ = 平均 1 : 2 ~ 1 : 3 で、ある要因で年変動する

### 第1節 ; 両棲類の性比

#### 1 ; これまでの研究

両棲類の性比についての研究報告は、他の脊椎動物と比べ極めて少ない。しかも、その少ない内の、ほとんどが、ある個体群の性比がどうだったか、という結果報告であり、なぜ、そういう比率なのかという性比調節についてふれたものではない。さらには、それら性比の結果報告でさえ、ほとんどが繁殖期における調査のもので、実質的な個体群の性比ではないのだ。

この10年ほど、脊椎動物における性比調節の研究が大きな研究テーマの1つとなっている。どんな場合に♂が多くなり、♀が少なくなるのか、その逆にどんな場合に♀が多くなるのか、そして、性比の偏りがなぜその種に有利なのか、といった研究である。生物種によっては、性比が1 : 1でない場合が一般的であったり、様々な要因で性比が年や季節によって変動する種がある。脊椎動物の性比調節について、鳥類では猛禽類を中心に、哺乳類では鹿を中心に、研究報告が多く出され総説も多く書かれている。特に、爬虫類についての研究報告は1970年代以降多数ある。卵を恒温器(孵化器)で発生させるときの温度によって、雌雄が決定されるというものである。温度によって、性ホルモンの分泌が左右され、性が決定されるのである。つまり、環境により、性が決定される ; ESD (= Environmental Sex Determination) なのである。しかしながら、両棲類の場合、研究者が少ないことが一番の理由だと思われるが、ほとんど研究報告がなく、特に最近のものがあまりに少ない。それでも、古いものが多いが20位の報告がある。ここでは、数冊の総説をあげ、幾つかの例について述べる。

脊椎動物の性の決定のしくみ・性比調節について書かれた総説はたくさんあるのだが、両棲類を扱っているものはほとんどない。性決定についての研究では権威のある Charnov でも、著書「The Theory of Sex Allocation」(1982)の中では、両棲類に関しては1例しかあげていない。これは個人的に、両棲類には関心がなかったからだと思われる。この1例は、Hertwig が1912年の報告で、「ヨーロッパのある種のアカガエルの場合、受精の時期が平年時よりも遅れると、圧倒的に♂が多くなる」というものである。一方、両棲類の性比調節の研究報告も複数含まれている総説には、「Genes and Mechanisms in Vertebrate Sex Determination」(Scherer, G. & Schmid, M. 2001) や「Sex Chromosomes and Sex Determination in Vertebrates」(Solari, A. J. 1994) や「Sex Determination and Primary Sex Differentiation in Amphibians」(Hayes, T. B. 1998) や「Hormones and Reproduction in Fishes, Amphibians, and Reptiles」(Norris D. O. & Jones

R. E., 1987) や「Evolution of Sex Determining Mechanisms」(Bull, J. J. 1983) があげられる。また古くなるが「Sex Determination」(Bacci, G., 1965)、「Intersexuality」(Armstrong, C. N. & Marshall, A. J., 1964)などがあげられる。これらの中からいくつか例をあげてみる。

あるサンショウウオでは、性染色体がZW型である。人間のようにXY型では、♂がXY、♀がXXの組み合わせであるが、ZW型では、♂がZZ、♀がZWである。両棲類では、XY型の種とZWの種がいて、どちらのタイプも多くいる。ナガレタゴガエルはXY型である。上記のZW型のサンショウウオでは、本来♂はZZ型であるのに、繁殖期の高温がZW型の♂を生じさせるという。また、ある種のカエルの幼生(オタマジャクシ)では、18-21℃では、雌雄比が1:1になり、10℃の低温では、100%が♂になったと報告している。他にも、あるアカガエルの幼生の温度による性比の変動の報告がある。また、あるサンショウウオでは高温が生殖器をオス化させるという報告などもある。また、両棲類の性転換の報告も魚ほどではないが、多くある。

日本人では、単なる性比報告ではなく、両棲類の性比調節について述べたものは、筆者の知る限り3本ほどであるし、日本人が両棲類の性比調節についてまとめたものはいまだない。

以上のことと総説の中のことをまとめると、両棲類の性比については；

- A；受精の時期；1つには、卵の過熟(Egg overripeness)による、♀側の卵の原因によるもの。  
1つには、♂側の精子に原因があるものがある。
- B；幼生期の周囲の温度；爬虫類のように、初期発生時の周囲温度で性比が調節される場合である。
- C；変態後の周囲の温度による場合；
- D；ホルモンのバランスによる場合；1つには、受精前の親における要因の場合。1つには、成長してからの自らの場合である。

などに分けて考えられる。

## 2；両棲類の性比を考える上での注意点

1で述べた、研究報告例などもふまえた上、注意しなくてはいけない点が幾つかあがる。

- ①；遺伝子DNAレベルや染色体レベルでの性比と、外部形態生殖器での性比とで、考え方が違うことである。前述のように、ZW型で、ZZの♂やZWの♂が生じたり、また、XY型でも本来♂はXYなのに、XXの♂も生じる。逆に、♀でも同様なことが生じる。それゆえ、外見上の性比とDNAレベルや染色体レベルでの性比では、結果が異なるのである。
- ②；①と半分重複するが、成長後に外環境・内環境によって性比が変わる性転換の場合があることである。[発生初期や受精直後の性比]と、[それらが性成熟し成体になった時の性比]とに



分けて考えなければいけない場合があることである。

- ③；成体で性比を見るとき、成長するまでの間で♂と♀で死亡率の違いがあるのか、である。
- ④；両棲類や爬虫類などの性比を見るときに、繁殖期の調査では、実際の性比がわからないことである。それは、繁殖場所に集まった♂はずっとその場にいるが、♀は産卵後すぐにいなくなる種や、♀は2年に1回、3年に1回のように毎年繁殖活動をしないう種もあるからである。つまり、成体で性比を見るときには、非繁殖期にまんべんなく大量に捕獲する必要がある。冬眠場所・春眠場所などが、♂♀で多少異なる場合もあるから(ナガレタゴガエルも)である。
- ⑤；また同様に成体で性比を見るとき、年齢構成を考慮しなくてはならないことである。個体群を構成する成体の年齢が複数に及ぶとき、年齢ごとの性比を見なくてはならないのである。もしも、繁殖期の温度環境で性比が異なる場合には、1年ごとに性比が変化するわけで、複数年齢で個体群が構成されているならば、一見、相殺されて、わからなくなるのである。例えば、個体群の構成年齢の主体が、4～7歳の4つの年齢なら、その年齢ごとに性比を見なければいけないのである。もしかしたら、4歳では1：5、5歳では1：1、～というように年齢で(=繁殖年度ごとの環境で)異なるかもしれないのである。

この報告書を読まれる方で、両棲類の性比を論じようとするならば、前述の数冊の総説は必ず読み、又、上記の注意点①～⑤をふまえることを、切望する。

## 第2節；奥多摩でのナガレタゴガエルの性比

### 1；各年度の冬眠期・春眠期の性比の結果・考察

<表-1, 2>に各年度の冬眠期・春眠期における成体の捕獲数とその性比を示し、表の結果を簡単なグラフにして<図1>に示した。また、繁殖期の流下捕獲での、各ネット捕獲ごとの性比を第8章の<表1>に示してある。

これらの結果の特徴をまとめると；

①；非繁殖期である冬眠期・春眠期での性比はほぼ一致した。このことから、実際の性比を表していると思われる。

②；繁殖期の流下ガエルの捕獲では、やはり実際の性比はわからなかった。なぜならば、♀が主導で流下行動するために、実際の性比よりも相対的に♀の比率が大きくなってしまふことである。さらには、ネットの位置によって性比の値にばらつきが大きいことである。

例えば、上流に設置したネットと；下流に設置したネットでは、性比が異なる。同様に、水量の少ない支沢と本沢でも、性比の値が異なる。また、第3章でも述べたが、ネットの位置が大繁殖場所のすぐ下流では♀が相対的に大きくなる。→<第8章の表1>&<第3章の表6>。

一方、淵などでの目視等での観察では、けた違いに♂が多くなってしまふ。

③；性比は年度で顕著な変動を示した。I・II期では、1：2。III・VII・IX期では1：3～1：4。

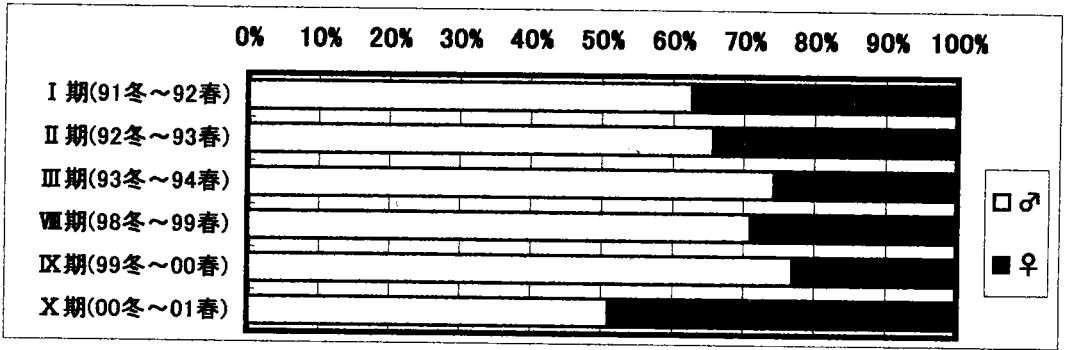
第6章の表1-1 小坂志川（沢）、矢沢におけるナガレタゴガエルの“性比”の年変動

冬眠期捕獲・春眠期捕獲数から見た性比の年変動

	小坂志川						矢沢							
	成体数			雌雄比			成体数			雌雄比				
	♂	♀	計	♂ %	♀ %	♂ / ♀	♂	♀	計	♂ %	♀ %	♂ / ♀		
I 期冬眠期	483	289	772	62.6%	37.4%	1.67	1	91年秋～ 92年春						
II 期冬眠期	1081	583	1664	65.0%	35.0%	1.85	1	92年秋～ 93年春						
II 期春眠期	436	211	647	67.4%	32.6%	2.07	1	93年秋～ 94年春						
III 期春眠期	676	234	910	74.3%	25.7%	2.89	1	94年秋～ 98年春						
VII 期冬眠期	1965	815	2780	70.7%	29.3%	2.41	1	98年秋～ 99年春						
VII 期春眠期	114	33	147	77.6%	22.4%	3.45	1	99年秋～ 00年春	1371	496	1867	73.4%	26.6%	2.76
IX 期冬眠期	1524	429	1953	78.0%	22.0%	3.55	1	00年秋～ 01年春	140	35	175	80.0%	20.0%	4.00
IX 期春眠期	376	118	494	76.1%	23.9%	3.19	1		848	847	1695	50.0%	50.0%	1.00
X 期冬眠期									453	418	871	52.0%	48.0%	1.08
X 期春眠期														

第6章の表1-2 I～X期までの総捕獲数から見た雌雄比

	♂	♀	計	♂ %	♀ %
冬眠期	7554	3643	11547	67.5%	32.5%
春眠期	2195	1049	3256	67.7%	32.3%
秋流下	1170	496	1672	70.2%	29.8%
繁殖期流下	17453	13851	31304	55.8%	44.2%
総計	28372	19039	47779		



第6章の図1 小坂志川(沢)、矢沢にけるナガレタゴガエルの“性比”の年変動

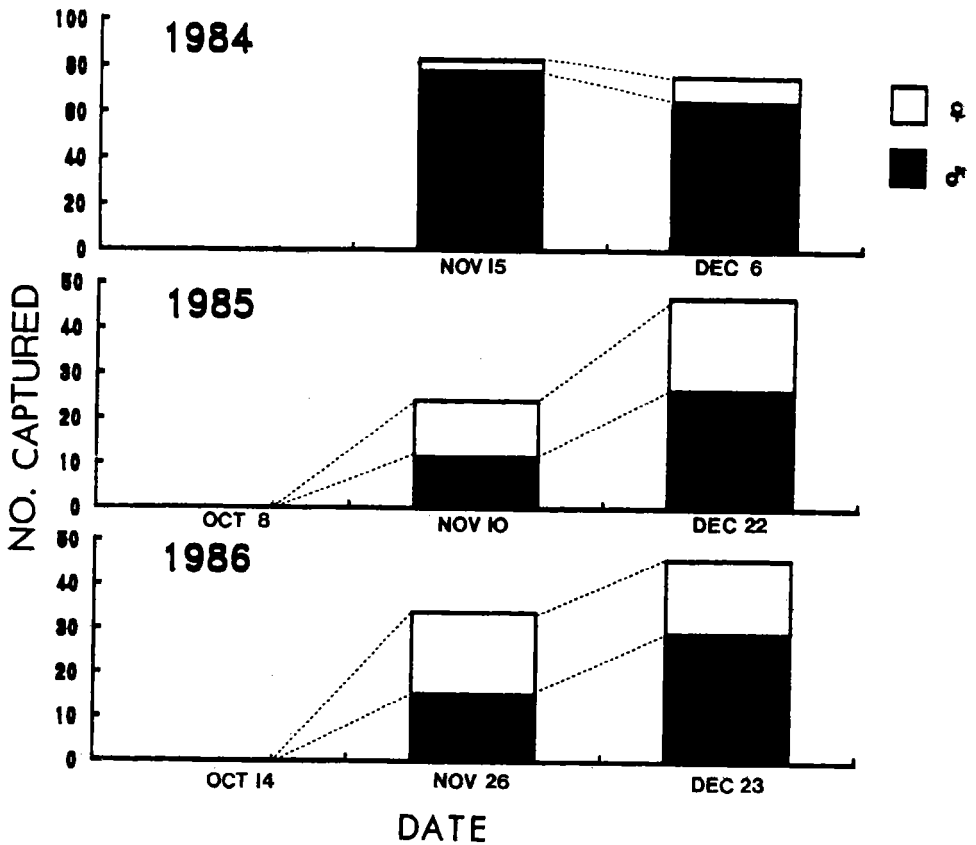


FIG. 2. The number of overwintering frogs captured in the stream in autumns of 1984-1986.

第6章の図2 「ナガレタゴガエル個体群の性比が1:1である」と結論付け報告された論文のデータ  
(草野・福山、1987. より引用)

X期には1:1となった。X期に1:1になったのは驚きであった。このことで、性比は年変動を示すこと、そして、そのはっきりとした理由が推測されることになった。なお、XI期では、およそ1:3~1:4であった(精査中)。

④;異なる水系;つまり異なる個体群(小坂志川・矢沢)でも性比はみごとに一致した。

⑤;この10年間で見ると、およそ平均して、ナガレタゴガエルの性比は、[♀1:2~1:3♂] といってよいだろう。10年間での総計では、冬眠期も春眠期も、[♀32%:♂68%] であった(表1-2)。

⑥;今までの報告[繁殖個体の性比は1:1である](1987, 草野・福山)は、誤りである。この報告は、<図2>によっている。第1の理由として、元々、この<図2>のデータからも1:1は支持されない。これは、3年間の内の1年;1984年を♂が多いのを不自然として、恣意的に除外して検定したものなのである。また、他の2年だけで見ても検定の仕方によっては、1:1は棄却される。第2の理由として、30~50匹や100匹程度のサンプル数ではまずいのである。単に多ければよいわけではないが、ナガレタゴガエルの場合、個体数が多く、また多少♂♀で冬眠・春眠場所が異なる。そのため、筆者のこの10年間の冬眠期・春眠期捕獲(1日あたり100~200匹)でも、捕獲日、捕獲場所で雌雄比が異なることがあるのだ。冬眠期の全捕獲数で見ると、♀:♂=1:3の年でも、ある1日の約100匹の捕獲では1:1の日もあった。このような例はこの10年で多数あったが、ここではあえて図表では示さない。せめて1つの冬眠期なら、最低200匹程度のサンプル数は必要である。いずれにせよ、[水温と繁殖行動の関係]の場合などと同様、草野・福山らのデータ自体は正しい。が、データ数や検定方法など、方法に不備があり結論を出せるデータが存在しないのである。仮に彼らのデータから推測しても、雌雄比はおよそ、[♀1:2~3♂]であるし、顕著に年変動するのである。

## 2;奥多摩のナガレタゴガエル成体の性比の現在までの結論と根拠

①;ナガレタゴガエルの奥多摩の各水系における個体群の性比はおよそ、♀:♂=1:2~1:3である。小坂志川、矢沢での性比が一致することから、おそらく、ほぼ同環境の棲息地では、この値ではないかと考える。

②;今までの報告[繁殖個体の性比は1:1である]は、誤りである。

③;この1:2~1:3の性比は、1:1~1:4と、年変動する。

④;性比の年変動は、その個体群の成体が産まれた年の繁殖状況によるものと考えられる。

両棲類も一般的に、ESD (=Environmental Sex Determination)であると、筆者は推測している。

④の根拠は3つある；

1つに、次章で詳述するが、ナガレタゴガエルの繁殖個体の年齢構成を見ると、約80%が同一年齢と考えられ、このために成体の性比が顕著に変化するのである。もしも、1歳以降などの成長後の周りの環境により性比が変動するならば、複数の年齢に影響が及んでいなければおかしい。ところが、性比の年変動の結果・データを見る限り、各年齢ごとに何かの要因が働いている。

1つに、成長後の死亡率に性による違いは無いと考えられること。前の理由で述べたように、ナガレタゴガエルの場合、繁殖個体の年齢がほぼ同一である。それでいて、性比が顕著に年変動するからには、性よっての死亡率が大きく異なるとは考えられない。

1つに、何か特殊な一群体群への影響ではないこと。矢沢でも、小坂志川でも、性比はみごとに一致し、さらに個体群密度も前述したようにみごとに一致していたのである。ということは、マクロな広範囲での要因である。以上から、死亡率の性による大きな違いが無く、成長後の要因でなく、マクロな広範囲にわたる要因なのである。以上から、性比は各年齢の個体の[各年度の誕生時・繁殖期の環境]が原因であるはずなのだ。

では、繁殖時期にどうだと、性比がどうなるのか？。現在、一つの有力な；ほぼ確実な仮説が立てられていて、それを支持するデータもあるのだが、本報告書では、まだ未発表とさせていただく。近い内にナガレタゴガエルにおける確実な性比調節のしくみがわかる予定である。

### 3；ナガレタゴガエル成体の性比についての結論を出せた大きな要因

大きな理由が2つある。1つは、他の研究テーマの研究成立理由と同じで、大量に棲息し、さらには非繁殖期の冬眠期・春眠期にも大量捕獲ができたことである。

また1つには、繁殖個体がほぼ（推定約80%）同一年齢であったこと。このことと、早期繁殖種ゆえに、各年度の気象条件で繁殖時期に差が出やすかったことにより、性比が顕著に年変動した；してくれたことである。もしも、多くの複数年齢で繁殖個体が構成されていたなら、個体群全体で性比を見ると、年齢ごとの性比の違いは相殺され、性比の年変動には、気付くことが無かったかもしれない。そうであったなら、有力な性比調節のしくみにも気付けなかっただろう。

## 第7章； 個体群構成； 年齢構成を中心にして

### — 個体群 ③ —

#### 第1節； 両棲類の年齢と体サイズ・生残率・寿命

個体群は一般的には、異なる年齢、そして雌雄で構成されている。個体群の研究テーマとしては、他の章で取り上げた、個体群密度と個体総数、性比、の他にも、成長率や寿命など多岐にわたる。この章では、ナガレタゴガエルの個体群の年齢構成について、生残率や子ガエルの体サイズ等から推定していく。

両棲類における；年齢と体サイズ、年齢ごとの成長率、季節ごとの成長率、性成熟年齢、1年ごとの死亡率あるいは生残率、寿命等の報告について、幾つかの総説と文献をあげてみる。「Biology of Amphibians」(Duellman, W. E. & Trueb, L. 編, 1994)、「Herpetology」(Pough, F. H.ら編, 1998)、の中から一部をあげると；

単に、体サイズだけで見ると、最大のもは、サンショウウオの仲間であり、日本のオオサンショウウオなどのアジアのサンショウウオである。これらの種では、最大全長で1500mmほどになる。一方、カエルでは、西アフリカの種で、体長300mm、3.3kgにもなるものがある。

寿命を見てみると、カエルの仲間では身近な小型のものは、2～6年位の短いものが多い。ただし、日本のヒキガエルのように大型の仲間は寿命が7～8年と長い。一方、サンショウウオの仲間は、カエルに比べると長く、数年～10年以上のものが多い。ただし、野外での自然状態での寿命の記録・報告は、ほとんど無いのが現状である。

人為的に飼育した場合の寿命は、捕食者や餌などの要因の影響もあり、長くなるのが普通である。例えば、飼育下では、ある種のヒキガエルでは36年生存したとか(この報告はどれも内容に怪しい面もある)、約10種のカエルで、10～20年生きたという報告がある。一方、やはりサンショウウオでは長く、前述のアジアのオオサンショウウオらでは、50～55年の記録がある。他にも、20年以上生きた記録が、サンショウウオでは多くある。

また、一部の種では、飼育下と自然状態での比較がなされている。例えば、ある種のアマガエルでは、飼育下では3.5年も生きるが、野外では2年以下である。また、飼育下と自然状態で、ほとんど差が無かったという種の報告もある。逆に、飼育下の方が短かったという報告もある。いずれにせよ、私たちの身近な小型のカエルでは、2～6年位なものである。

成長率については、カエルにおいての変態直後から1年ごとの体長の成長率や、サンショウウオでも全長や体長の1年ごとの成長率が、一部の種で報告されている。他にも1年間で見たときの、月ごとや季節ごとでの成長率の報告も一部の種である。例えば、熱帯の種ではほぼ1年中成長し、成長率も他の地帯に比べ著しく早いというもの。多くの種で、変態後1年目の成長率が早いというもの。同種でも、温度・餌等の環境で成長率も違い、性成熟年齢も異なるなどの研究報告がある。

また、前述の寿命の研究では、一部の種の個体群で、年齢ごとの死亡率・生残率から、生命表

[生残率・最高寿命・平均寿命・年齢ごとの平均余命、などをまとめたもの] が作られ報告されている。

また、性成熟年齢についての報告がある。多くの種で、♀の方が♂よりも成熟するのに1年遅れるという報告がある。それは、生殖器官の成熟に要するエネルギーが♀で大きいための理由が考えられている。このことは、両生類に限ったことではない。

他にも、1年間=1シーズンでの月ごとの、個体群全体の構成数における成体と子の比率などの報告がある。

さて、身近な日本の例では、これまでの章で何度も取り上げている、国立科学博物館附属自然教育園での久居らの報告、金沢城での奥野の報告で、ヒキガエルの総合的な調査における、性成熟年齢や成長率等が報告されている。

久居らの報告では、ヒキガエルでは、♂は多くが1歳の秋(=変態上陸後約17~18ヶ月)に性成熟し、♀では一部が2歳の秋に性成熟し、翌年の春に繁殖活動に参加する。最初の繁殖活動に参加するのは、♂が2~3歳、♀が3~4歳である。雌雄の性別による成長の差は、陸上に上がってから2年間では認められなかったが、産卵期での体重差は、♀の方が80~100g重かった。(久居, 1975, 1981)。

奥野の報告では、性成熟年齢は、♂で一部が2歳、主力は3, 4歳で、♀は一部が2, 3歳、大半は4, 5歳という。成長の個体差は、1歳時では大きく、成長に従い小さくなる。0歳では、冬眠前まで直線的に成長するが、1, 2歳時では春に集中する。6歳でほぼ120mmに達し、成長はほぼ止まる(1984)。生残率は、卵から1歳までで非常に小さく、0.3%; 1-2歳で約40%; 2-3歳で40~70%; 3-4歳で70-90%; 以降低下していくが5歳までは50%以上を維持する。そして、6-8歳まで生きると報告している(1985)。

また、久居・奥野は、各年齢での体長や体重を報告している。

## 第2節；ナガレタゴガエルの繁殖個体の生残率

### 1；前年度の冬眠期マーク個体の、1年後の再捕獲

#### (1) 方法；

過去10年間での生態調査は途中一時中断している。また、I期には冬眠期のマーク数が少なかったことと指切箇所が1ヶ所だけのマークもしたためケガの個体と混同しやすく、[I期⇒II期]での再捕獲データは使えなかった。以上から、現時点で、1年後に再捕獲できたデータとしては、[II期⇒III期]；[VIII期⇒IX期]；[IX期⇒X期]の3年度分のものである。

しかしながら、大量の捕獲・マークをしていてデータ数は十分多いと考えている。

さらに、A：冬眠期⇒翌年の冬眠期；B：冬眠期⇒翌年の繁殖期；C：冬眠期⇒翌年の春眠期というように、3種類の方法によっている。

このように、本研究ではほとんどのテーマにおいて、大量のデータはもちろん、複数年で、複

数ヶ所で、さらに、複数の方法によって、実施されている。異なる年や、異なる場所での違いも知るためであり、より方法をコントロールするためである。

(2) 結果；<表1-1~3>に、1年後の再捕獲数・率を示した。

Ⅱ期⇒Ⅲ期では1.0%，Ⅷ期⇒Ⅸ期では、0.4~0.6%，Ⅸ期⇒Ⅹ期では1.1%ほどであった。Ⅱ期⇒Ⅲ期では、Aのみの方法であったが、Ⅷ期⇒Ⅸ期；Ⅸ期⇒Ⅹ期では、A・B・Cのすべての方法によった。その結果、A・B・Cでほぼ同じ値になっていることから、このデータは支持されるだろう。さらに、このデータを支持できることが次の生残率からも伺える。

## 2；1年後の再捕獲率と当年度の再捕獲確率から推測される生残率

### (1) 計算上の各年度の生残率の結果・考察

<表2>にⅡ期⇒Ⅲ期；Ⅷ期⇒Ⅸ期；Ⅸ期⇒Ⅹ期の推定計算上の生残率を示した。

例えば、Ⅱ期では冬眠期マーク個体のその年度の繁殖期や春眠期での再捕獲確率が、平均8.65%であった<第5章の表1>。そして、これらのマーク個体の翌年Ⅲ期での再捕獲率が、1.12%であった。

よって、1年後に生存していた個体は、 $1.12 \div 8.65$ で表せる。

生残率の結果をまとめると；

①；Ⅱ期⇒Ⅲ期でのⅡ期の繁殖個体の生残率は12.9%であった。

Ⅷ期⇒Ⅸ期でのⅧ期の繁殖個体の生残率は5.2%であった。

Ⅸ期⇒Ⅹ期でのⅨ期の繁殖個体の生残率は14.4%であった。

②；生残率の結果は、今までの多くの章で結論づけていたことと、驚くほどに一致した。

1つには、流下数や個体群密度が、Ⅷ期⇒Ⅸ期にかけて、小坂志川でも矢沢でも約1/2に減っているのである。このことが、生残率でも、裏付けられたわけである。再度、後述するが、あらゆる面から、Ⅷ期⇒Ⅸ期の夏（1999年の夏）に個体数を激減させる何かがあったのは疑いようが無いのである。

特に興味深いのは、個体群密度の場合では、Ⅸ・Ⅹ期が共に、Ⅷ期までの2/3~1/2になっているのに対し、生残率はⅩ期には回復している。これは、Ⅷ期⇒Ⅸ期にかけての夏では、1つの年齢にだけでなく、個体群全体に減少させる要因があったことを示している。そのため、Ⅹ期には、生残率は回復したのに、個体群密度は、Ⅸ期のまま小さいのである（→表3）。

まさに〔流下数〕〔個体群密度〕〔生残率〕の変動の結果が驚くほどに一致したのである。

③；この生残率から、繁殖個体は1年後には80%前後が死ぬことが伺えた。この繁殖個体の高い死亡率(=小さな生残率)がわかったことで、性比の年変動の理由が一つははっきりしたのである。前章でも述べたように、繁殖個体の死亡率がこのように高率だからこそ、性比が顕著に年変動を示した(示してくれた)のである。そして、繁殖個体がほぼ同一年齢で構成されていることになるのだ。〔性比の年変動〕と〔繁殖個体の死亡率の高さ〕の2つのはっきりとしたデータから、繁殖個体がほぼ同一年齢(80%ほど)であることがはっきりとした。



第7章の表1-1

小坂志川Ⅱ期冬マークの1年後の再捕獲

Ⅱ冬→Ⅲ春：93年1月マーク→94年4月捕獲

〈1年後の前年マーク〉  
個体の再捕獲率

Ⅲ期春眠期捕獲；	♂	♀	計
Ⅱ期冬眠マークの再捕獲数	6	3	9
Ⅲ期春眠期捕獲数； (Ⅱ期冬眠捕獲区間内)	593	211	804
再捕獲率	1.01%	1.42%	1.12%

第7章の表1-2

小坂志川Ⅷ期冬マークの1年後の再捕獲

Ⅷ冬→Ⅸ冬：99年1月マーク→00年1月捕獲

第7章の表1-3

矢沢Ⅸ期冬マークの1年後の再捕獲

Ⅸ冬→Ⅹ冬：00年1月マーク→01年1月捕獲

Ⅸ期冬眠期捕獲；	♂	♀	計
Ⅷ期冬眠マークの再捕獲数	1	2	3
Ⅸ期冬眠期捕獲数； (Ⅷ期冬眠捕獲区間内)	743	247	990
再捕獲率	0.13%	0.81%	0.30%

Ⅹ期冬眠期捕獲；	♂	♀	計
Ⅸ期冬眠マークの再捕獲数	9	9	18
Ⅹ期冬眠期捕獲数； (Ⅸ期冬眠捕獲区間内)	747	758	1505
再捕獲率	1.20%	1.19%	1.20%

Ⅷ冬→Ⅸ春：99年1月マーク→00年4月捕獲

Ⅸ冬→Ⅹ春：00年1月マーク→01年4月捕獲

Ⅸ期春眠期捕獲；	♂	♀	計
Ⅷ期冬眠マークの再捕獲数	2	1	3
Ⅸ期春眠期捕獲数； (Ⅷ期冬眠捕獲区間内)	376	118	494
再捕獲率	0.53%	0.85%	0.61%

Ⅸ期春眠期捕獲；	♂	♀	計
Ⅸ期冬眠マークの再捕獲数	7	1	8
Ⅹ期春眠期捕獲数； (Ⅸ期冬眠捕獲区間内)	351	254	605
再捕獲率	1.99%	0.39%	1.32%

Ⅷ冬→Ⅸ秋：99年1月マーク→99年11月捕獲

Ⅸ冬→Ⅹ繁殖期：00年1月マーク→01年3月捕獲

Ⅸ期秋流下期捕獲；	♂	♀	計
Ⅷ期冬眠マークの再捕獲数	5	2	7
秋流下捕獲数	1170	496	1666
再捕獲率	0.43%	0.40%	0.42%

Ⅹ期捕獲；ネットNo.11	♂	♀	計
Ⅸ期冬眠マークの再捕獲数	9	5	14
流下捕獲数	724	595	1319
再捕獲率	1.24%	0.84%	1.06%

Ⅷ冬→Ⅸ繁殖期：99年1月マーク→00年3月捕獲

Ⅸ冬→Ⅹ繁殖期：00年1月マーク→01年3月捕獲

Ⅸ期捕獲；ネットNo.10	♂	♀	計
Ⅷ期冬眠マークの再捕獲数	3	1	4
流下捕獲数	627	373	1000
再捕獲率	0.48%	0.27%	0.40%

Ⅹ期捕獲；ネットNo.32・33	♂	♀	計
Ⅸ期冬眠マークの再捕獲数	14	5	19
流下捕獲数	853	892	1745
再捕獲率	1.64%	0.56%	1.09%

Ⅷ冬；1年後：上記計

Ⅸ冬；1年後：上記計

	♂	♀	計
Ⅷ冬マーク再捕獲数	11	6	17
Ⅸ期捕獲数	2916	1234	4150
再捕獲率	0.38%	0.49%	0.41%

	♂	♀	計
Ⅸ冬マーク再捕獲数	39	20	59
Ⅹ期捕獲数	2675	2499	5174
再捕獲率	1.46%	0.80%	1.14%

第7章の表2 繁殖個体の1年後の生残率

	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		
	〈第5章の表1-1、2〉より			〈第7章の表1-1~3〉より			B/A	B/A	B/A
	♂	♀	計	♂	♀	計	♂	♀	計
II⇒III期	8.65%	8.65%	8.65%	1.01%	1.42%	1.12%	11.7%	16.4%	12.9%
小坂志川	119/1376	79/913	198/2289	6/593	3/211	9/804			
VIII⇒IX期	8.26%	7.38%	7.91%	0.38%	0.49%	0.41%	4.6%	6.6%	5.2%
小坂志川	99/1198	58/786	157/1984	11/2916	6/1234	17/4150			
IX⇒X期	8.00%	7.72%	7.89%	1.46%	0.80%	1.14%	18.3%	10.4%	14.4%
矢 沢	38/475	24/311	62/786	39/2675	20/2499	59/5174			

(2) 繁殖個体の生残率の結論

①；ナガレタゴガエルの繁殖個体における、生残率は15~20%位であると考える。

根拠は；VIII期⇒IX期は例外とすると、データでは13~15%であるが、前年度のマーク個体が調査区間外へ分散していることを考慮する必要があるからである。

もちろん、これは平均的な値であり、VIII期⇒IX期のように、特別な気候変動で個体群全体が減少することもあり、時には、より小さくなる。なお、X⇒XI期の生残率は、精査中であるが、平年通り約13%であった。

②；繁殖個体のほとんど80%ほどが同一年齢である。

なお、各年度の〔個体群密度〕〔繁殖個体の1年後の生残率〕〔流下総数の年変動〕〔性比〕〔繁殖期のピーク時期〕等を、第7章の〈表3〉としてまとめて表示した。

第3節；ナガレタゴガエルの子ガエル（未成熟個体）の体サイズと年令

非繁殖個体の子ガエルの調査には、重要な要素がたくさんある。例えば、最大サイズの子ガエルの体長と繁殖個体の最小サイズの個体から、性成熟年齢が推定することができる。また、子ガエルの体長の組成；グラフでの分布などから、子ガエルの年齢と体長の関係や成長率がわかる。しかし、ナガレタゴガエルなど種によっては、成体よりも子ガエルの捕獲は非常に難しいのである。

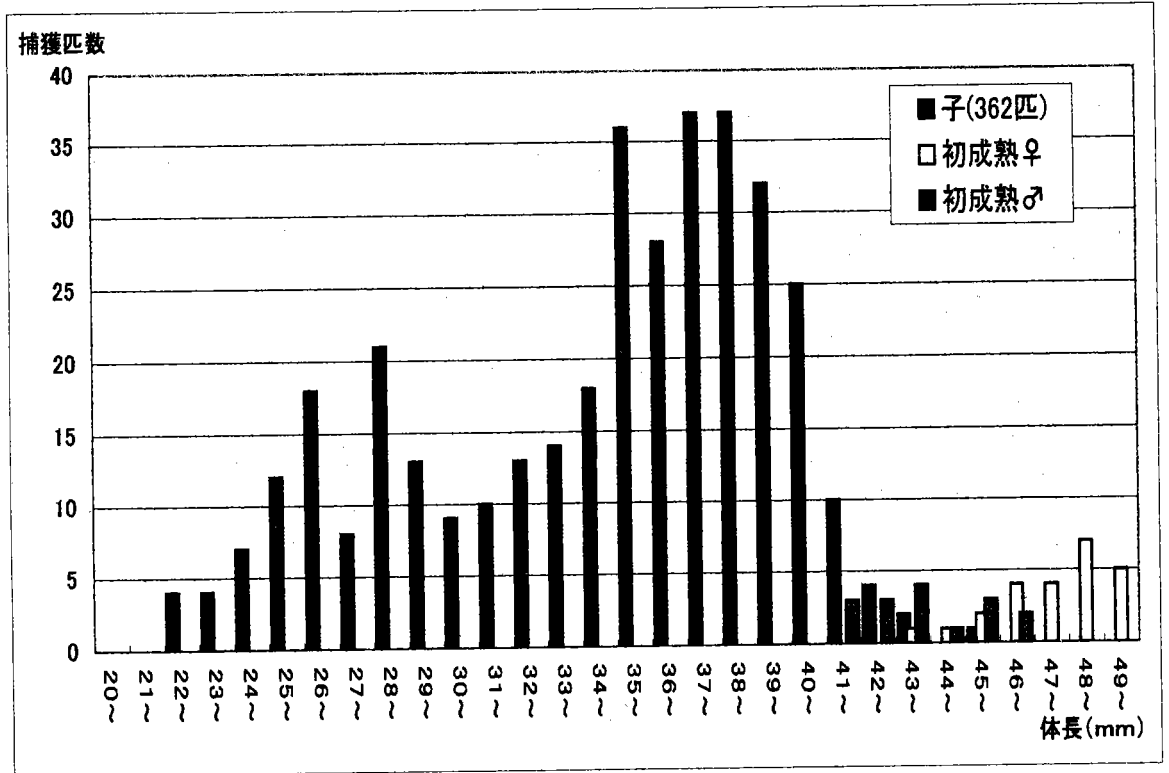
1；子ガエル(未成熟個体)の捕獲結果

第1章の〈表3-1~5〉に示しているように、筆者は過去に子ガエル（未成熟個体）を総計368匹捕獲してきた。この内、体長をノギス(0.1mm)で計測した362匹をグラフに表したのが〈図1〉である。測定誤差も考え、ほとんどは0.5mm単位で、一部は0.1mm単位で記録している。

第7章の表3 [個体群密度]・[繁殖個体の生残率]・[流下数]・[繁殖期の平均流下距離]・[性比]のまとめ

	A；第5章より 個体群密度 匹/100m(流程)	B；第7章より 繁殖個体の 1年後の生残率	C；第3章より 小坂志川の1ネット での流下総数(匹)	D；第4章より 繁殖期の平均 流下距離(m)	E；第3章より 繁殖期の ピーク期間	F；第6章より 性比 % ♂：♀
I期(1991年)	1690		1700		I期(91年秋～92年春)	37：63
	◇	12.9%				
II期(1992年)	1370		1500	700～800m	2/26～23	33：67
		???				
III期(1993年)	???			???	III期(93年秋～94年春)	26：74
――						
VIII期(1998年)	1930		1840	???	VIII期(98年秋～99年春)	25：75
	◇	5.2%	1999年春～秋に個体数を大きく減らす、何か大きな気象的要因があった。			
IX期(1999年)	950		1000	700m	IX期(99年秋～00年春)	25：75
	◇	14.4%				
X期(2000年)	850		2500	800～1000m	X期(00年秋～01年春)	50：50
	◇	推測12～13%				
XI期	推測800～900			推測700～800m	XI期(01年秋～02年春)	推測33：67
特殊要因が 働かない場合 の平均的な値	1000～2000匹 /100m	12～13%	ネットの位置(上 流・下流)(本沢・ 支沢)等で異なる	700～800m、1 シーズン(1年間)で は1500m	2/25～3/5頃	1：2～1：3

- ① VIII期→IX期にかけて、個体数を大きく減少させる何か気象的要因があったために、IX期では個体群密度&流下数が1/2～2/3に激減した。
- ② X期になっても、個体群密度が回復しなかったのは、VIII期→IX期にかけての個体数減少は、個体群全体の年齢に対して減少させる要因が働いたためである。そのため、生残率ではIX期→X期には回復しているにもかかわらず、個体群密度は小さいままなのである。
- ③ 流下総数と個体群密度は、基本的には比例している。Cの値は、小坂志川のNo.7～10付近の値で、一部補正してある。
- ④ X期で、個体群密度がIX期同様小さいのに、流下数が大きいのは、融雪による大増水のためである。
- ⑤ 流下距離は、繁殖期の水位・水量に強く影響を受ける。
- ⑥ 性比は、繁殖期(誕生時)の気候により調節される。(詳細は本報告書では控えていただく)
- ⑦ 冬眠前の秋にも、繁殖期と同じか、繁殖期以上に長距離流下する。1シーズン全体での平均流下距離は1000～1500mにものぼる。



冬眠期・春眠期・秋流下期に368匹捕獲した子の内、体長（頭胴長）を計測した362匹

### 第7章の図1 子（未成熟個体）の体長と繁殖初参加個体の体長

また、子ガエルの一部は、アルコール固定して標本にしてある。また、受精卵～変態完了時の子ガエルまでの全発生段階を多数ホルマリン固定してある。

結果をまとめると；

①；捕獲された368匹の子ガエル（未成熟個体）の体長は、最小22.0mm～最大45.0mmであった。26～28mm位の個体と35～39mm位の個体では、全く外観が異なり、すぐに区別ができた。

②；子ガエルは捕獲されにくかった。筆者の場合は、過去に総計5万匹も捕獲していて、成体の捕獲に慣れていることがあり、冬眠期を中心に成体の捕獲のついでに結果的に子ガエルも捕獲されてしまっているというのが実情である。もしも、子ガエルだけを目的に捕獲しても、捕獲できる数は2～3倍になる程度であろう。冬眠場所は成体と大して変わらず、一言で言えば砂利中である。ただし、成体に比べ、より水流のない伏流水部の砂利中や、ガレ沢の砂利中などである。とにかく、小さいために、成体では入れない小さなすきまや、深いすきまに入っているために、簡単には捕獲できないのである。なお、草野らの報告では、総計60個体の子ガエルが捕獲でき、それらは、15～41mmであったという(1995)。

## 2；子ガエル(未成熟個体)の体長と年齢の結論（0～2歳までについて）

①；2月末～3月初めに産卵され受精した卵は発生を続け6月上旬頃に変態完了し、子ガエルは上陸する。変態完了時は体長7.5～8.5mmほどである。

満1歳：1年目の冬眠前や冬眠期明け頃には、26～28mmほどに成長する。

満2歳：2年目の秋～3年目の春には、35～39mmほどに成長する。

②；40.0～43.0mmの個体で♀と思われる（外観では断定はできないが）個体は全て未成熟であった。最大で45.0mmの個体が未成熟であった。逆に、筆者の10年間での捕獲調査における最小の繁殖個体の♀は、43.5mmであった。

このことから、43～44mm位が、筆者のこの10年間における結果から推定される、♀の成熟個体・未成熟個体の境界体長である。

♂では、この10年間で、繁殖に参加した最小個体は41.5mmであった。また、♂の40mm台前半の個体は、他の繁殖個体と外観が全く異なる。

③；上記の小型♀の性成熟個体（40mm台後半）が、2歳（2年目に性成熟した）の一部なのか、3歳（3年目に性成熟した）の一部なのか、現在、調査中である。捕獲される割合から推測すると、2歳だと考えられるのだが？。いずれにせよ、この小型♀は他の♀と外観が全く異なるのである。

①の根拠は；

冬眠期・春眠期に捕獲された368匹の子ガエル（未成熟個体）の体長が、最小22.0mm～最大45.0mmであり、26～28mm位の個体と35～39mm位の個体では、全く外観が異なること。グラフにした時にも、2つの山になることである。→<図1>

なお、第4節として、[成体の年令と体長]、[個体群の繁殖個体全体における各年令の割合]を本報告書で発表するつもりでいたのだが、X期に2つの大きな疑問点が生じてしまい、現在、より詳細に結論をだすために調査継続中である。

## 第8章 ; 産 卵 (Oviposition)

### 第1節 ; ナガレタゴガエルの産卵場所

本書では、繁殖行動については、♂と♀の出会いや縄張り行動、鳴き声等は取り上げない。

ここでは、第3章で取り上げていなかった、産卵行動の体勢・時間等について検討する。

第3章で述べた繁殖様式の中で産卵場所を取り上げた。日本における流水性=流水に産卵するカエルは、ナガレタゴガエルを含むタゴガエルの仲間；ヒキガエルの一種のナガレヒキガエル；カジカガエルの仲間；の3群である。タゴガエルとカジカガエルは、独特な鳴き声もあり、また、繁殖期が春~夏であることもあり、昔からよく知られよく研究されている。

タゴガエルは、岩の小さい横にあいている穴・くぼみの中の水溜りや、伏流水部の水溜りや、♂が地中の伏流水部まで穴を掘りそこに産卵巣を作る、など多くの報告がある(菅原, 1990; 大木・長谷川, 2000; 長島, 1980; 岩沢, 1971; 市川, 1938; 等)。つまり、卵塊は一般には目に付かない所に産み付けられるのだ。しかし、大きな独特な声で鳴くために、繁殖期にはすぐにわかり、卵塊も発見されやすいのである。

一方、カジカガエルも溪流の石の下すきまに産み付けるために、卵塊は人目に付かないのだが、繁殖期に独特な声で鳴くために気付かれやすく、卵塊も見つけやすいのである。

ところが、ナガレタゴガエルの場合は、以下の理由で発見されにくく、筆者が調査するまで本格的に調査されることがなかった。

#### 1 ; なぜ、ナガレタゴガエルの産卵場所や冬眠場所が調査されずにきたのか？

最大の理由は、両棲類の研究者があまりに少ないことである。それゆえ、一度報告があると、再検証されにくく、最初の報告が誤りだとずっと訂正されないのである。以下に要点をまとめると；

- ① ; 上述のタゴガエル・カジカガエルとは異なり、ナガレタゴガエルでは、[繁殖期が山中の冬の終わりから早春にかけてである]、[基本的に空中では鳴かず、鳴き声が聞こえない]、[産卵場所がカジカガエルとほぼ同様で基本的に人目には付かない]。これら3条件のために、棲息数や棲息状況同様に産卵場所にしても、すぐに人目に付く所だけが報告され、それが全てのよように思われ調査されずにきたのである。
- ② ; 第2章でも述べたが、ナガレタゴガエルは「最初に、深い淵・釜で、イワナ撮影のためにウェットスーツを着て潜って撮影していた写真家によって、発見された」ことから、冬眠場所や産卵場所=深い淵の石の下という固定観念が持たれ続けたのである。現在でも多くの本・図鑑ではそのまま書かれている。たしかに、深い淵・釜で発見され、そういう場所にもいるし、一部はそこで産卵もするが、そこが主要場所ではない。ところが、たまたま淵・釜で目撃されただけであり、氷山の一角にすぎなかったのにもかかわらず、その発見以降、冬眠場所も、春眠

場所も、産卵場所も特に調査されることがなかった。

③；実際の目視の観察では氷山の一角しかわからないことに気付かれなかったためである。実際に流下ネットで捕獲しないと実感がわからないのだが、繁殖個体だけでも、小坂志川で10万匹以上、矢沢で8万匹は棲息している。100～300匹位♂が集まっている淵も複数観察されるが、これも全体から見ればあまりに微々たる数なのである。単純に考えて、500匹集まるような産卵場所を仮定するならば、それが、沢に200ヶ所以上もあることになるのだ。目視以外の有効な方法を駆使しないと産卵行動はわからないのに、特に調査がされずにきたのである。

## 2；ナガレタゴガエルの産卵場所の結果・考察；直接・間接結果から

第4章や第5章で述べたように筆者の、複数年・複数ヶ所・複数の方法での、莫大なデータの元、小坂志川や矢沢では、1,000匹/100m(流程)の密度で棲息しているのは疑いようが無く、特に、中流域では、さらに高密度なのだ。このことから単純に考えても、冬眠場所と同様に産卵場所が、「大きな淵・釜のような所が主要場所」ではなはだ矛盾する。そのため筆者は、繁殖個体だけで数万～10万匹以上は棲息していることがわかった時点で、「いったい冬眠場所の主要地はどこなのか」と同様に、「産卵場所の主要地はいったいどこなのか」と毎日の様に考え始めた。

確かに、♂は♀を待ち伏せするために大きな淵・釜に大集結し、そこでペアが形成され、そういった淵の岩場にも♀は産卵はする。しかし、①；大きな釜や淵には、元々、大きな石はほとんど流されて無い（現地を歩けばすぐわかる）。②；産卵体勢の点からも岩の裏などにはあまり産み付けられない（第3節参照）。③；淵の岩壁の様な場所では、水中の捕食者を考えても不利で、④；増水時の水流・水圧を考えても不利である。⑤；もしもナガレタゴガエルが、♂が♀と出会い抱接する場所＝産卵場所ならば、なぜにあれほどの莫大なペアの数が流下行動をするのか？。これら①～⑤から考えても、さらには実際の観察から考えても、また棲息数から推定される産卵数から考えても、全体から見れば、淵の岩場に産卵されるのはごく少数なのである。つまり、人が水中に潜っても見えないような所が主要場所なのである。

また、カエルでは必ずしも、♂が♀と出会い抱接する場所＝産卵場所というわけではない。全く同じ種もいるが、多少離れている場合もある。

ただし、棲息地が広範囲にわたることや、水中での鳴き声を聞き入れることを考えると、♂が♀と出会い抱接する主要な場所に関しては、間違いなく大きな淵や釜である。

<図1>は、あるトロ場と瀬の境付近の水深20cmほどの所にあった、55cm×25cmほどの石の下のすきまに産み付けられた多数の卵塊である。

この石には、約120の卵塊が付いていて、これらの卵塊のそれぞれの卵数を計数した。これは、降雨の増水時に、ひっくり返ったものである（写真撮影と観察のためにわずかに移動しているが）。ひっくり返った理由は、筆者が想像するには、次の通りである。石の下のすきまに産卵する時に、



第8章の図1 I期(1992年3月)に小坂志川の中流域のトロ場の石の裏全体に産み付けられた多数の卵塊(この石はひっくり返っている)

上の写真の左上にある石(黄色い折れ尺が写っている)を拡大したのが下の写真である。折れ尺からもわかるように、この石は55cm×25cm位である。これらの卵塊の卵数を計数したのが、第8章の図3の黒棒グラフである。



少しずつ石の下の砂利も掘り出されていく。そして、多くの卵塊のゼリー層によって、石はより不安定になる。そこへ急な増水によって、ひっくり返ってしまったのだろう。

およそ、こういった所が産卵場所の主要場所であり、カジカガエルと似通っている場所である。

筆者は、繁殖期の終わった春眠期にも毎年大量に捕獲調査を実施してきた。その春眠期捕獲において、水中の石をひっくり返した時に、数個～20個ほどの小卵塊や、しっかりした卵塊も多数、採集してきた。また、主だった淵・釜やトロ場を観察してきた。これらの実際の観察と、後述する産卵体勢・姿勢から、産卵場所の主要地が上述のような場所であると確信したのである。

### 3；流下ネットでの捕獲状況から推測される産卵地域；上流部・下流部・支沢での違い

実際の流下ネットでの捕獲結果から、産卵場所について考察する。実際の目視の調査では、前述したように、ごく限られた情報しか得られない。＜表1＞に各期の流下ネットで捕獲された組成；♂・♀・産卵後の♀の割合を示した。結果をまとめると；

- ①；水量の少ない支沢では、産卵後の♀が捕獲されなかった。このことから、ほとんどの個体は本流まで流下移動して産卵すると考えられる。例えば、Ⅷ・Ⅸ期の小坂志川の五郎橋沢や、Ⅱ期の小坂志川の金輪沢や姥沢である。もちろん、これらの沢でも一部の♀は、所々の小さな水溜り状の所、荒瀬の水の落ち口の釜の石の下には産卵していると考えられる。
- ②；上流部のネットでは、支沢同様に産卵後の♀の割合が小さかった。このことから、春～秋の活動期や冬眠場所は上流部が主体だが、産卵場所は、中流～下流域が中心であると考えられる。例えば、Ⅹ期の矢沢の本流、区間No.135ネットでは、産卵後の♀は1匹も流下してこなかった。

### 4；ナガレタゴガエルの産卵場所についての結論

- ①；主に、浅いトロ場の大きな石の下のすきまに産み付ける。  
[流れのゆるやかな場所の大きな石の下のすきま] や、[流れは早い但水量が少なく、大きな石の下の局所的には流れがない石の下のすきま] などである。山を登る人や釣り師が言う、トロ場でも多少流れの速い大きな石がたくさんある浅いトロ場の、その大きな石の下などである。
- ②；ただし、他の多くのカエルが産卵場所が限られているのに対し、筆者のこれまでの観察から言えることは、あらゆる場所；淵・釜・トロから荒瀬・平瀬・砂利中でも産卵するということである。とにかく、主要場所は、空中からはもちろん、水中からも目視でわからない所である。
- ③；これら産卵場所は、産卵体勢と大きな関係がある。(後述)
- ④；産卵場所は本流の中流～下流域が中心である。
- ⑤；大きな淵の岩場にも産卵するが、ここが主要場所とは様々な点から考えられない。

第8章の表1

繁殖期のネットごとの雌雄比とネットの位置による産卵済♀(済♀)の捕獲割合

			ネットNo.	♂	♀	計	♂ %	♀ %	済♀ (♀ ノ内数)	(済♀ ／♀)
I 期 小 坂 志 川	↓	本流	I	110	85	195	56.4%	43.6%	10	11.8%
		本流	6の右岸	68	68	136	50.0%	50.0%	23	33.8%
		本流	6の左岸	157	133	290	54.1%	45.9%	5	3.8%
		本流	7	231	144	375	61.6%	38.4%	23	16.0%
	↑	本流	96	540	544	1084	49.8%	50.2%	157	28.9%
		本流	105	311	270	581	53.5%	46.5%	12	4.4%
	上流	本流	106	213	177	390	54.6%	45.4%	16	9.0%
		本流	他3ヶ所	31	22	53	%	%	5	22.7%
II 期 小 坂 志 川	↓	本流	a下①	353	308	661	53.4%	46.6%	48	15.6%
		本流	I	940	702	1642	57.2%	42.8%	134	19.1%
		本流	6の右岸	21	6	27	77.8%	22.2%	2	33.3%
	↑	本流	7	668	517	1185	56.4%	43.6%	24	4.6%
		本流	50	265	235	500	53.0%	47.0%	85	36.2%
		本流	96	551	515	1066	51.7%	48.3%	191	37.1%
		本流	146	1164	893	2057	56.6%	43.4%	97	10.9%
	上流	本流	171	786	561	1347	58.4%	41.6%	15	2.7%
		支沢	金輪沢	108	65	173	62.4%	37.6%	0	0.0%
		支沢	姥沢	115	92	207	55.6%	44.4%	0	0.0%
		支沢	湯場の沢	358	287	645	55.5%	44.5%	37	12.9%
VIII 期 小 坂 志 川	↓↑	本流	10	1084	753	1837	59.0%	41.0%	68	9.0%
		本流	174	914	569	1483	61.6%	38.4%	17	3.0%
	上流	本流	211	869	612	1481	58.7%	41.3%	19	3.1%
		支沢	湯場の沢	149	64	213	70.0%	30.0%	4	6.3%
	支沢	五郎橋沢	100	44	144	69.4%	30.6%	0	0.0%	
IX 期 小 坂 志 川	↓↑	本流	10	627	373	1000	62.7%	37.3%	12	3.2%
		本流	158	447	250	697	64.1%	35.9%	6	2.4%
	上流	本流	211	400	191	591	67.7%	32.3%	17	8.9%
		支沢	湯場の沢	107	40	147	72.8%	27.2%	4	10.0%
	支沢	五郎橋沢	48	23	71	67.6%	32.4%	0	0.0%	
IX期矢沢本流			4	335	276	611	63.0%	37.0%	59	21.4%
X 期 矢 沢	↓↑	本流	-11	838	660	1498	55.9%	44.1%	69	10.5%
		本流	32・33	953	970	1923	49.6%	50.4%	93	9.6%
	上流	本流	135	142	146	288	49.3%	50.7%	0	0.0%
		支沢	軍刀利沢	989	949	1938	51.0%	49.0%	39	4.1%
	支沢	熊倉沢	1384	1288	2672	51.8%	48.2%	569	44.2%	
X期小坂志川本流 : No.10				1077	1019	2096	51.4%	48.6%	34	3.3%

⑤の根拠は；以下の(1)～(5)である。

- (1)；莫大な棲息数から逆算・推測すると、冬眠場所と同様に、大きな淵・釜のような所が産卵主要地では矛盾して成立しえない。前述したように、小坂志川だけでも、成体だけで10万匹以上は棲息する。200匹集まる産卵場所で仮定するならば、500ヶ所になる。
- (2)；同様に、莫大な流下数から考えると、ペアが形成されるのは、大きな淵・トロ場が中心であるが、産卵場所の主要地は別である。
- (3)；産卵体勢から考えても(次節参照)、大きな淵・釜のような所が主要地では矛盾して成立しえない。ほぼカジカガエルと同様な場所；石の下のすきまである。
- (4)；水中の捕食者や、増水時の水流の影響を考えると、淵の岩場が主要地とは考えられない。
- (5)；実際の観察；特に春眠期の観察から。春眠期の再捕獲時に結果的にナガレタゴガエルの卵塊や幼生を捕獲するのであるが、その結果からである。

## 第2節；ナガレタゴガエルの産卵時刻

### 1；産卵時刻の観察結果・考察

筆者は現在までに、産卵体勢の観察のため&発生の観察のために、水槽内でⅠ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ・Ⅶ・Ⅸ・Ⅹ期で約90ペアの産卵を観察し、30ペアほどの産卵最中を写真撮影し、15ペアほどを8mm撮影してきた。特に、Ⅱ・Ⅹ期には、発生段階をしっかりと設定するために、産卵時刻を確定しなくてはいけなかったため、何度も徹夜し産卵時刻と、正確な産卵に要する時間を記録した。

これらの屋内での十分水温の高い水槽での飼育下での結果では、特に、朝・昼・夕方・夜・深夜のどこかの時間帯に多いということは全く無かった(データ整理中)。

一方、野外での観察であるが、ネットでの流下捕獲において、産卵を終えた♀は夕方から夜半にかけて多く入ってくる。ただし、明け方でも十分に水温が高く、行動が活発の時は、特に時間帯に関係なく流下してくる。おそらく、野外の場合では、一般の行動と同様に、産卵行動も水温に強く影響されるために、最高水温後の夕方～夜半にかけてが、産卵のピークになるのだろう。そして、朝でもそれほどに水温が下がらない時には、明け方前後でも産卵するのだと思われる。

### 2；ナガレタゴガエルの産卵時刻についての現時点での結論

- ①；産卵時刻は、最高水温後の夕方～24時頃が最も多くなる。最高水温は動き出しの5℃前後までしか上昇せず、明け方に水温が3℃前後まで下がる日では、0時～10時頃は行動が停止し、産卵行動も停止する。一方、最高水温が6℃前後まで上昇し、明け方にも水温が4℃位までしか下がらない日では、明け方には少数にはなるが24時間産卵行動は持続される。
- ②；飼育下の水槽中で水温が十分高い状況の場合では、産卵時刻は、特別にある時間帯に集中することはない。

### 第3節；ナガレタゴガエルの産卵体勢(姿勢)と 難産による[分産卵と分散産卵] & [死産]

ヒキガエルやモリアオガエル、ニホンアカガエル、ヤマアカガエル等、身近な場所に棲息している種や、産卵最中が普通に外から目視できる種(隠れた場所での産卵で無い種)では、産卵体勢や産卵に要する時間は、多く報告されている。しかし、一部の種では、詳しい産卵の体勢や時間の報告はされていないのが実情である。最近では、エゾアカガエルについて産卵時の体勢や時間帯を、竹中が報告している(1989, 1994, 1997)。種において、皆、独特な体勢をとる。このエゾアカガエルでも、抱接状態(♂が♀を抱きかかえている状態)や♀が産卵中の♂の足の動きなどが、この種独特である。しかし、ナガレタゴガエルについては、スケッチや写真での記載はもちろんのこと、文章での記載も公式な文献ではいまだにないのである。ただし、筆者自身が修士論文(1996)と高校生物の教科書(1997)で、複数の写真で解説をしている。

前節で述べたように筆者は現在までに、水槽内で約90ペアの産卵を観察し、30ペアほどの産卵最中を写真撮影し、15ペアほどを8mm撮影してきた。ここでは、これらの観察結果を元に、産卵体勢・産卵時間・分産卵等について詳しく述べることにする。

なお、[両棲類での♀の産卵を誘発する要因]は様々である。例えばある種では、「♂が♀に抱接する際、♀の両脇付近を強く圧迫することが♀のホルモン分泌に影響を与え、産卵を誘発する」という報告がある。しかし、他の多くの種や、ナガレタゴガエルでは、まだ誰も調べてはいない。本研究では、♀の産卵(ホルモン分泌)を誘発する要因については触れない。

#### 1；ナガレタゴガエルの産卵体勢(姿勢)・難産がとても重要な理由

単に調査報告がされていないという理由だけでなく、なぜことさらに、産卵体勢(姿勢)と産卵時間が重要なのか？それには2つの大きな意味がある。

##### 産卵場所に大きく関連する。

どの種においても、産卵体勢(姿勢)と産卵場所は密接な関係にある。「こういう場所だから、こういう体勢になる」とか、逆に、「こういう体勢だから、こういう場所に産む」、という関係がある。産卵体勢から、なおさらに、産卵場所が前述のような場所でなければおかしいと確信した。

##### 難産ゆえ産卵時間が長く、産卵数と死産とに大きく関係する。

1つ1つの卵が大きいことが最大の理由と思われるが、極めて難産である。そのため、①：産卵時間が長い。②：抱接してから産卵できるまでにも、平均すると長時間を要する。③：これらの難産；産卵を途中でやめる等のために、一度で産み切れずに、2卵塊に分産卵したり、1卵塊産んだ後に、バラバラ・ボロボロと産み落とすことが多い。そのため、実際の産卵数は、1つ1つの卵塊で計数してもわからない。最低限1匹の♀から産卵された卵を区別して全て計数するか、

卵巣を調べるか、強制排卵させないとわからない。④：難産のため死産も多い。⑤：難産のため、毎年4月の春眠期捕獲時にも産卵できていない♀を複数確認するのだ。死産にまでは至らなかったのだろう。

## 2；産卵体勢(姿勢)と産卵行動の観察結果からの結論

<大きな3つの特徴>；①：斜めの倒立姿勢で産卵する(図2)。

②：難産のため、産卵に要する時間が長い。

③：難産のため、抱接してから産卵までにも平均すると長時間を要する。

<産卵の開始から終了までの行動>を順序立てて説明する。

①；<図2>や<第9章の図1-1>のように、♀は、前肢を底の砂利につけふんばり、斜めの倒立姿勢を取り、後肢の足全体とお尻の部分を産卵場所に付け、卵塊を付着させる場所を確認するようなしぐさをする。そして、♀は産卵態勢に入り、より前肢でふんばり何度も体をそらせる。

♂も♀が産卵態勢に入ると、時々、後肢で♀の腹をこする動作を繰り返し、♀の産卵を促す。このような産卵体勢のために、<図1や第9章の図1-1>のように石の裏や側面にびっしりと産み付けられるのだ。ただし例外として、倒立姿勢を取らずに水底や枯葉中に産卵する場合や、淵や釜の水底ではない中間部にある岩のへりや裏にびっしりと産卵する場合がある(確認済み)。

②；産卵ができる場合には、♀が産卵姿勢を整えた後、1～5分後には産卵が始まる。産卵態勢に入ってから産卵が始まるまでにも時間を要するのだ。産卵できなかったタイプでは、何度か♀が体をそらせる運動を繰り返した後5分後位には産卵をあきらめる。その後、数時間後に再度産卵を試みる。水槽での飼育下では、産卵態勢に入ってから1回で産卵できる場合と、2回以上の試みが必要なものは、およそ半々であった。

③；産卵が始められると、数個ずつ卵を出しながら5、6分かけて一応産卵を終える。産卵中は、♀だけでなく、♂も何度も体をそらせる運動を繰り返す。また、♂は足全体をくゆらし、精子を卵塊全体に行くようするかのような動きを繰り返す。これらは、8mmに幾例も撮影してある。産卵時間は、産卵体勢に入ってから産卵終了までだと、平均して10分以上はかかる。産卵が始まってから=1個目の卵が出てきてからだと、平均5、6分であるが、産卵体勢に入ってから、1個目の卵が出てくるまでに時間がかかるのである。お尻の部分、産卵管の孔に2、3個の卵が見えるまでにはなるのだが、出るまでに時間がかかるのだ。

④；一応ほぼ全て卵が出終えたあと、♂が、まず左右どちらかの片腕を♀の脇からはずす。そして、斜めによたつきながら♀から離れる。ただし、観察中1度だけ例外があった。♂が♀を抱いていた腕をゆるめると、何と♀の方が先にその場から離れて石の下のすきまに潜り込んで休

んだのである。そして、この時の♂は、その後も♀がいらない状態で、2分ほども体をそらせる運動を繰り返したのである。♀が離れた後も精子を卵塊に放出していたのだろう。これは、例外であり、基本は、♂が片腕からはずし、斜め上に離れていくのである。

⑤；産卵後の動きには、♂♀ともに2タイプがある。1つは、すぐに水面に上がり、しばらく空中に顔や口先を出し呼吸をし、その後に、水底の石のすきまの砂利中へもぐりこんで休むタイプ。もう1つは、水面に上がらずすぐに、水底の石のすきまの砂利中へもぐりこんで休むタイプである。また、♂♀での違いは、♀の場合、たいていは、産卵後しばらく2分前後は、水底に死んだように横たわっていることである。そのため、うっかり産卵最中の様子を見逃すと、卵塊のそばに♀がやささらばえた体で、死んだ様に横たわっていることが目撃される。

基本は上述の①～⑤のようであるが、今までに1例だけ例外が観察された。この例外のペアは、最初は何度か石の下や水槽の側壁に産卵姿勢をとったのだが産卵できずに、4度目に、水槽の底の砂利の上で、倒立姿勢をとらずに産卵した。ただし、体のそらせ方や、産卵時間等については、全て一般のナガレタゴガエルと同様であった。なお、ヤマアカガエルの♀は、♂と抱接後すみやかに産卵体勢に入り、一気に全卵を排出産卵する。ナガレタゴガエルに比べ、1つ1つの卵が小さいことが産卵を楽にしているように感じる。また、石の下のすきまなどではなく、空中から普通に目視できる浅い水中の水底に（→太陽熱による温度上昇の利点がある）、倒立姿勢は取らずに産卵する。

### 3；ナガレタゴガエルの難産による産卵様式の特徴の結論；

**[分産卵・分散産卵]・[抱接から産卵までに平均して長時間要する]・[死産]**

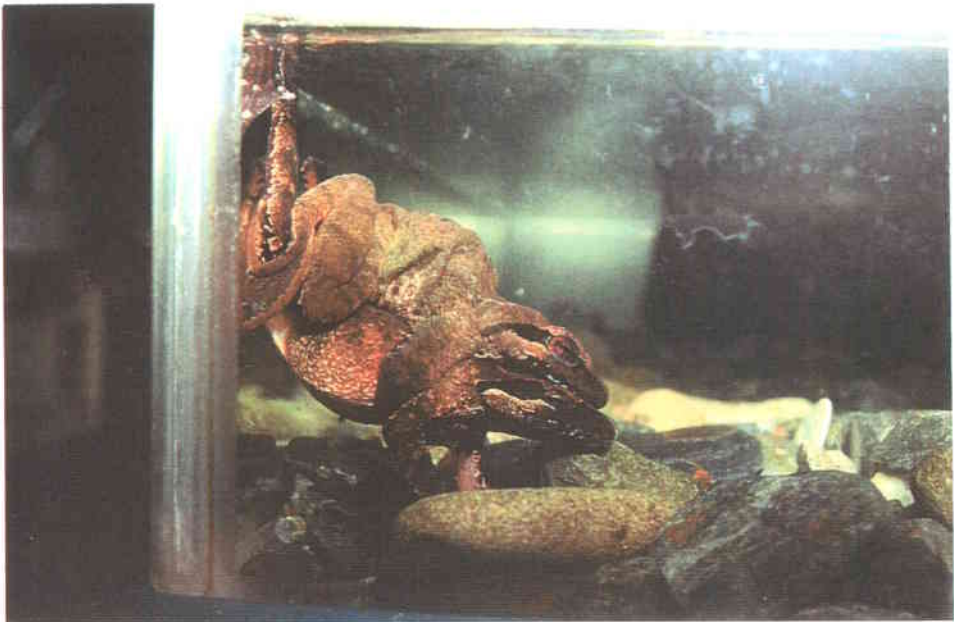
筆者の約90ペアでの観察と一部野外での観察を中心に；

①；1つ1つの卵が大きいとか、難産のため、1回の産卵で全て産卵できない場合が多い。これには、単に「1回の産卵で全ての卵を出し切れない」という以外にも「他の個体に接触されて産卵を途中でやめてしまう（難産のため、産卵時間が長いことが災いしているのだろう）」という理由もある。そのため、2つの卵塊に分産卵したり、1卵塊産んだ後に、数個～20個の卵をバラバラ・ボロボロと産み落とすことが多い（第4節でも詳述）。更には、全卵を1つの卵塊として産卵した場合も、その卵塊は、ダルマ状（2つの塊が合わさった状態）になっていることがしばしばである。

実際に観察した約90ペアでは、1回で全てを産卵できない場合の方が、1回で全て産卵できる場合よりも多かった。また、産卵最中に他のペアが接触してくると、産卵を途中でやめてしまうことが、水槽内での観察ではごく普通に観察された。水槽内の産卵観察では、産卵最中のペアが、他の個体に横に接触されたり、上に乗りかかられて、正常に産卵を継続させた♀は1例も確認されなかった。野外では、特定の石などに、産卵場所・時刻が集中することを考えると、飼育下の水槽内以上に、分産卵が行われていることが想像される。現在までの結果から考えて卵数が100個前後の卵塊や30個ほどの卵塊は、間違いなく分産卵のものと考えられる。なお、XI期の詳細な調査から、



第8章の図2-1 ナガレタゴガエルの基本産卵姿勢（真横から）



第8章の図2-2 ナガレタゴガエルの基本産卵姿勢（真横から）

♀が後肢とお尻付近で、卵を付着させる所を確認する。そして、♀が前肢でふんばり、斜めの倒立状態の姿勢をとり、♂♀ともに何度も体をそらす運動を繰り返して産卵する。卵は数個ずつ出されてくる。産卵体勢に入ってから、産卵終了までには10分以上かかる。



第 8 章の図 2 - 3 ナガレタゴガエルの基本産卵姿勢（真上から）



第 8 章の図 2 - 4 ナガレタゴガエルの基本産卵姿勢（後方から）



60~100個の卵数のしっかりした卵塊は、<♀の1対の卵巣の内の1卵巣分のもの>あるいは<早熟の♀(2歳?)のごく一部で卵巣内での成熟が悪く、半分ほどしか成熟卵にならなかった個体の卵塊>、とわかった。そして水槽内で約200ペアを産卵させ、石に付着した卵塊をていねいにはずすと、約半分の100卵塊において<ダルマ状=2つの塊がくっついたような状態>であった。これは、卵巣のう1対分を意味しているのだろう。サンショウウオが、バナナ状の1対の卵のうを産むのと似ているのだ。体が小さい割に、極端な大きな卵を産むために、片方の卵巣のう分の卵を出し、その後に片方の卵巣のうの卵を出すようであり、その過程で、くびれが生じやすいのかと筆者は推測している。ヤマアカガエルが、ほぼ1つの楕円球形(くびれの無い)の卵塊で産むのとは好対照である。

以上のことは、野外での観察とも一致するのである。繁殖期間中、バラバラの数個~10個前後の卵塊が流れてネットに入ってくるのがほぼ毎日であり、また、不可解な30~40個位の小卵塊も流下してくる。これらのことは、ヤマアカガエルなどでは、考えられないのである。

- ②; 「産みたくても産めない」場合が多く、抱接してから産卵が成功するまでに平均して長時間を要する。実際に約90ペアで産卵に立ち会ってきたが、ほとんどのペアで抱接後すみやかに産卵態勢には入るのだが、1回の試みで産卵できるペアもいるが、産めないペアも多いのだ。何度も何度も産卵態勢に入り、何度も何度も数分間きばり♂♀ともに何度も体をそらせる運動をしながらも産めず、数時間後に再度試み産めず、~、ということを繰り返すペアが多数いるのである。そのため、数日~1週間以上かかって、やっと産卵に成功するペアも多いのである。
- ③; また、数回~10回ほど産卵を試みても、産卵できずに♀が死ぬことがある。観察中の5ペアでは、何度も何度も産卵態勢に入ったが結局産めず、10日後位に♀が死んでしまった。この時の♂は、しばらくは死んだ♀に抱接したままである。実際、調査当時から、野外で繁殖期の終わり頃になると、単独の産卵のできていない♀の死骸や、この死骸♀に抱接したままの♂を見かけることがよくあり、当初はなぜかわからなかった。が、今では、これは産卵ができずに死んだ♀だと考えている。
- ④; また、結局4月になっても産卵できずにいる♀も多い。毎年4月の春眠期捕獲時に産卵できていない♀を複数捕獲する。死産には至らなかったのだろう。腹にパンパンになった卵が吸収されるわけもないので、毎年複数確認される、4月中旬頃で産卵できていない♀は結局死ぬのではないか、と思っている。
- ⑤; 「なるべく良い産卵場所を探すために、♀は♂が抱接してから産卵までに時間を要する」と一部で推測され書かれている(1987, 1996, 草野)が、筆者は、これは不適切だと考える。産卵場所や産卵行動も実際の観察・調査もしていなかったための誤った推測であろう。筆者がこの10年5万匹捕獲し、産卵行動も多数見てきて、ナガレタゴガエルについて言えることは、「産みたくても産めない・産みきれない」場合が多いということである。上述のように、ほとんどのペアはすみやかに産卵態勢には入るのだが、産めないのである。それを何度も繰り返すのである。また、野外で産卵場所の適所はいくらでもある。なるべく良い産卵場所を探すために産卵までに時間がかかるとは、実際の産卵観察や産卵場所からは到底考えられないのだ。

## 第4節；ナガレタゴガエルの実際の産卵数・蔵卵数

繰り返しになるが、両棲類の研究者はあまりに少ない。その弊害として、一部の報告は、しっかりと方法で調べられたのではないにもかかわらず、正式な（審査のある）論文となってしまう、長い間誤ったことがそのまま、図鑑等書かれ続けていることである。研究者が多ければ、良くも悪くも競争や追試（ある報告を別の研究者が調べなおす）がなされ、いいかげんな審査で論文になってしまった内容もすぐに訂正される。しかし、研究者が少ない分野では、誰かがきちんと追試して論文にしない限り、長い間訂正がされない。ナガレタゴガエルはほとんどの報告が誤りであるのに、ずっと訂正されずに今日まで来た。その多くの事柄の1つが産卵数・蔵卵数でもある。

### 1；カエルの産卵数・卵径

日本のカエルの内、ツチガエルやダルマガエルでは、同一個体の♀が年に2回や3回産卵する。これは一度の産卵期に2回に分けて産むのではなく、産卵期が2度あるのである。また一方、一部のカエルでは、産卵期は一度だが、2回に分産卵したり、小卵塊を複数産卵するものもある。

ところが、これらツチガエルやダルマガエルにおいて、同一個体の♀が複数回産卵することが発見報告されたのも古いことでない。特にツチガエルでは最近のことなのである（Chang, J. C. W., 1992, 1994）。それまでは、例えば、5、6月頃に産卵する♀と、8月頃に産卵する♀は、別の個体だろうと思われていた。

また、一部の種（ナガレタゴガエルも）では、上記のように分産卵するために、野外の卵塊を調べるだけでは、実際の産卵数、蔵卵数はわかりようが無いのである。

それゆえ、産卵数、蔵卵数を調べるには、しっかりと決まった方法でなければおかしいのであるが、規定が無いのが実情である。しかし、芹沢 孝子・谷川 洋子・芹沢 俊介らが、「トノサマガエル、ダルマガエルの一腹卵数（蔵卵数）と卵径」（1990）の中で、「Kuramoto (1978) が強制排卵させた卵を数え、トノサマガエルの一腹卵数を～、ダルマガエルの一腹卵数を～と報告した。Moriya (1954) が強制排卵させた卵を測定して～」という記述をしている。そして、この芹沢らは、固定標本の卵巣内に含まれる大形卵を数えることで一腹卵数としている。本来このように、産卵数を調べるには、卵巣内を計数するとか、強制排卵させるとか、しなくてはいけない。まして、分産卵するような種で、野外の卵塊で計数した値などもってのほかなのである。

また、卵径（卵の大きさ）も本来、一定の決まった方法による報告でなければおかしいのである。なぜなら、両生類の卵はゼリー層に包まれていて、そのまま、実態顕微鏡下でマイクロメーター等で測定しても、それは実数ではない。ゼリー層のために、驚くほどに拡大されて見えるのである。例えば、市川 (1938) は、タゴガエルについて、「卵径は、2.7～3.0mm、ただし、卵のう（ゼリー層）に在る時は、3.5～3.7mmと測られる」と、記述している。ではゼリー層をはずして計測するにしても、どうやって計測するのか。これにしても産卵数同様、残念ながらしっかりと規定がないのである。例えば、前述の芹沢らは、「卵径の測定方法はBerry (1964) の方法を参考にした」と記述している（芹沢 孝子・芹沢 俊介, 1990）。

ちなみに、特殊な液でゼリー層だけ除去する方法は昔から知られている（浦野・石原，1987. 石原，1980. 石原・山上，1983. 石原・田中，1977. など）。筆者は、ゼリー層除去については、毎回ピンセットで切れ目を入れ、新聞紙上で転がしてははずす旧来の方法でのみ実施してきた。

## 2；今までのナガレタゴガエルの産卵数・蔵卵数の報告の誤りの理由

### (1) 近縁のタゴガエルも分産卵する

タゴガエルにおいては、ずいぶんと古くから、分産卵するという報告が多数ある（市川，1938；岩沢，1971；中谷，1978；など多数）。例えば岩沢は、「♀は続けて2卵塊を産み、♂はそれがふ化するまで近くにひそんでいることが多い。～」と記述している。また、市川は、「一卵塊の卵数は、平均147個で、まづ150内外で大差はないようである。」と記述している。

タゴガエルが分産卵することと、ナガレタゴガエルの方が大型であることから、おおざっぱな、ナガレタゴガエルの産卵数を推測もできるかと思われる。つまり、タゴガエルの報告からだけでも、ナガレタゴガエルの少数卵の卵塊は、分産卵されたものだという推測がされる。実際、筆者は、何度も分産卵を観察しているし、1卵塊産んだ後にバラバラ・ボロボロ産み落とすことを何度も観察し、水槽内では1度の産卵で全て産卵しきれることの方が少数であることがわかっている。

つまり、元々、タゴガエルのことを考慮するならば、ナガレタゴガエルの産卵数を1つ1つの卵塊や、まして、野外の卵塊で計数した値で報告するなど、あまりにおかしいのである。サンショウウオやヒキガエル、モリアオガエルのように、ゼリー層以外に、更に卵のう等で包まれて産卵される卵塊なら、いざ知らず。

また特に、タゴガエルに興味深いのは、上記の中谷（1978）の報告で、「産卵初年時では、左右一对の卵巣囊を持ち、年次（産卵回数）を追って2対、3対になる。～」という点である。

なお、ナガレタゴガエルの卵巣のうに関しては、常に1対であることがわかっている。

### (2) ナガレタゴガエルの産卵数・蔵卵数

今までのナガレタゴガエルの場合の産卵数の報告；[50～170個で、平均130個である（サンプル卵塊数=30）]は、サンプル数が少ないこと、そして何よりも、分産卵（2つの卵塊に分けて産む）や分散産卵（1卵塊生んだ後、バラバラ・ボロボロ産み落とす）が全く考慮されていない報告である。そのため、実際よりもはるかに少ない値となっている。

1で述べたように、産卵数を調べるには、卵巣内のう卵数を計数するか、適切な方法で強制排卵させるか、によらなければならない。その上、特に分産卵するタイプの種（ナガレタゴガエルやタゴガエル等）では、野外の卵塊の計数では、実際よりも相当に少ない値になるのである。

しかし、筆者も調査2年目に、分産卵や分散産卵がひんばんにあることを知るまでは、1卵塊の卵数は平均100～150位で、1匹の♀の産卵数もこれ位だろうと思ったりもした。が、その一方では、調査1年目から、10数個～30個位の小卵塊が多数確認され、不思議に思っていた。

### 3；筆者の現在までの結果・考察；〈図3〉

現在までに、1度に多くの卵塊を調査したのはA；I期1992年春とB；X期2001年春の2度である。今回は、この2度の調査結果を中心に報告する。

#### ◆〔A；I期1992年春：野外での卵塊〕の結果

この時には、まだ分散産卵や分産卵の状況はわからずにいた。3月末に、〈図1〉にある一つの石の下に産み付けられたしっかりとした卵塊を計数した。はっきりと1卵塊と認識した102卵塊の卵数を計数し、その結果を表したのが〈図3〉の黒棒グラフである。なお、観察時の各卵塊の胚の発生の進行具合からすると、産卵された時期は大きく分けて3回あったようだ。

1卵塊の卵数は、51個～301個であった。単純にこれらを平均すると、155個であった。ただし、Aは、あくまでも、野外の卵塊の卵数であり、実際の産卵数よりはずっと少ない値となっている。

#### ◆〔B；X期2001年春：個別の水槽内で産卵させた♀の産卵数〕の結果

調査地内の笹平の屋内で、ほぼ個別の水槽内で産卵させた♀の産卵数を計数した（一部の大水槽では、2～3ペアを一緒に入れた）。この30ペアの産卵数の結果を表したのが〈図3〉の白棒グラフである。Bでは、バラバラの卵や分産卵したものも含めての、産卵数である。

1匹の♀の産卵数は、65個～250個であった。単純に全体を平均すると162個；60～70個の4匹の♀の産卵数を除くと、平均は177個であった。

#### 〔A・Bの結果からの考察〕

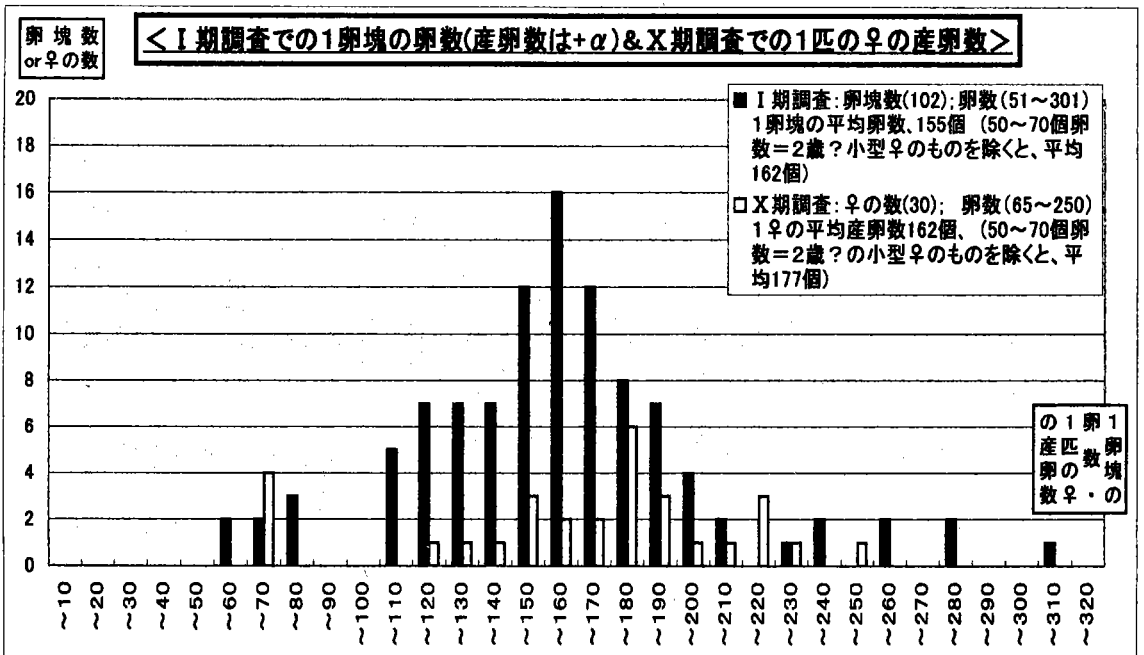
A Bともに、ほぼ似通ったグラフにはなった。しかし、図中にも記述したし、前述もしたように、野外での卵塊の卵数はあてにならない。Aは参考程度に考えてもらいたい。

Bでは、ほぼ確実な相当に信頼できるデータと考えられる。それは、ほぼ別個の水槽で産卵させ、バラバラの卵等も計数したものだからである。やはりというか、個別にしたのにもかかわらず、5匹の♀は2卵塊に分産卵したし、多くは、1卵塊産卵後に、バラバラ・ボロボロと産み落とした。ただし、Bでも実数よりグラフでは若干少なめの値となっている。なぜかという、最終的に、各個体をリリースした後、水槽を洗う際に、砂利中から未チェックのバラバラの卵を20～30個確認したのだが、いつどれが産んだのかわからずデータに入れていないのである。

これらの結果から、Aの100～130個前後の卵塊の多くは怪しいと思われる。図には示さなかったが、II期やIV期にも発生段階観察のため、水槽内で産卵させてきたが、100個前後というのは全く確認したことがないし、X期のBのデータにもない。つまり、このグラフのI期の野外の100～130個の卵塊は、それぞれの♀から全て出されたものではないと、推察されるのだ。

そして、昔から気になっていたのは、卵数30個位の卵塊は全く不自然なのだが、卵数60～70個の卵塊が、他の卵塊と何かははっきりと異なることであった。それが、X期のBのデータから一部解明

された。第7章の「子の体長」の節でも述べたように、体長（頭胴長）48mm前後の♀（おそらく2歳？）は、他の♀と外観が全く異なる。X期には、それまでの経験からはほぼ別個の水槽で産卵させた所、この小型♀の一部では、産卵数が60~70個であった。それで、一部なぞが解けたのである。ごく一部確認されるしっかりとした卵塊で60~70個の由来の一部は、2歳？で性成熟した小型♀であろう。ただし、この小型♀でもたいていは、140~200個ほど産むのである。そして、やはり、30個位の不自然な卵塊は、分産卵の卵塊と考えられる。



**第8章の図3 I期調査での1卵塊の卵数(産卵数とは異なる) & X期調査での1匹の♀の産卵数**

- 注1 I期は野外の卵塊を計数した値なので、1匹の♀の産卵数を考えるならば+αする必要がある。
- 注2 X期は別個の水槽内で産卵させ、2卵塊に分産卵したり、1卵塊生んだ後にバラバラ産み落とした卵も計数しているの、ほぼ確かな数。
- 注3 ナガレタゴガエルは1度で産みきれず、1卵塊生んだ後バラバラ産み落としたり、2卵塊に分産卵することが多い。  
 ▶野外の卵塊では、実際の産卵数はわからない。◀
- 注4 体長45~48mm位(2歳?)の♀の産卵数は60~70個ほどである。実際の産卵数は、実際に繁殖期に卵巣を調べなくてはわからない。

#### 4 ; 分産卵と小型 (2歳?) ♀ の産卵を考慮した平均産卵数の結論

- ① ; 現在までの報告、「産卵数は50~170個」や、「蔵卵数は平均130個」という記載は完全な誤りである。ナガレタゴガエルの場合、[2つに分けて産む分産卵] や [1卵塊産んだ後に、数個~20個位をバラバラ・ボロボロと♀単独で産み落とす ; 分散産卵] が多いのであるが、この点が全く考慮されていなかった。そのため、実際の産卵数、蔵卵数よりも、相当に少なくなっているのである。なお、近縁のタゴガエルでも分産卵の報告は、古くから複数ある。また、2卵塊に分産卵しないまでも、ダルマ状の卵塊になることがしばしばであり、このこともあり、野外では卵塊が分かれやすいのである。
- ② ; 体長48mm前後の♀ (満2才? ; 一般よりも早く成熟した♀) の一部の個体の産卵数は、60~70個ほどのことがある。が、この場合も開腹するとわかるのだが、成熟しきれなかった卵を、多数卵巣のうに抱えているのだ。ただし、この小型♀でも、たいていは140~200個ほどの産卵数である。
- ③ ; 一般的な産卵数は140~250個ほどで、平均180個ほどである。
- ④ ; 卵数が60~100個前後の卵塊や30~50個ほどの卵塊は、間違いなく分産卵のもの、あるいは、ごく一部の早熟の♀で、卵の成熟が悪かった個体のものと考えられる。
- ⑤ ; XI期の調査 (主目的の1つが産卵) で多くの疑問点をはっきりとした。<基本的に、130個以下の産卵数はありえない。> ; <60~100個ほどのしっかりとした卵塊は、♀の1対の卵巣の内の1つの卵巣のうのもので、分産卵されたものである。> ; <基本的に、小型の♀でも大型の♀でも、卵巣のうは1対であり、1つの卵巣には70~120個ほどの卵をかかえている。> ; <小型♀と大型♀で異なる主要な点は、卵数でなく、卵の大きさであった。> ; <きちんと産みきれない感じのする♀の腹を開くと、片方の卵巣のうがほぼ空であった♀を複数確認した。> ; <繁殖期の後半になると、一度半数ほど産卵した♀に♂が抱接しているケースがあり、そのペアで産卵させると、少ない卵数のため、錯覚・誤解をまねく。> ; 以上のように、XI期には、よりコントロールした方法で約200ペアを産卵させ、かつ約50匹の♀の腹を開いて調査もした結果、産卵数について一部残っていた疑問がほぼ全て解けたのである。どんな♀でも、蔵卵数は、140~250個ほどで、平均180個ほどである。2つの卵塊に分産卵したり、ダルマのような形の卵塊になることがしばしばである主要な原因は、難産ゆえに、一度で出し切れず、およそ、1つの卵巣のう分の卵ともう1つの卵巣のう分の卵のためである。詳細は、筆者の論文を参照されたい。
- ⑥ ; 論文ではないが、短報として、田辺・見澤が、「滋賀県のある1匹のナガレタゴガエルの♀の蔵卵数が178個であった」(2001)、また、金井・廣瀬が、「群馬県のナガレタゴガエルの蔵卵数が186個であった」(1997)と報告している。これらは、きちんと開腹したり、個別に産卵させている値であり、全く正常な、平均的な値なのである。一般的な♀を開腹するなり、個別に産卵させるなり、強制的に排卵させるならば、180個前後であり、多いものでは300個前後である。

## 第9章；発 生 (Development)

### 第1節；両棲類の発生段階図表

#### 1；これまでの両棲類の発生段階図表について

両棲類に限らず、受精卵からの発生過程を一定の基準で段階分けし、各発生段階を図示し、特徴をまとめたものが、発生段階図表（発生段階表）である。両棲類では、受精卵～変態完了までを、約50段階に分類し、多くの種で作成公表されてきた。胚や幼生の外部形態からそれぞれの種の特徴を知る上で重要であり、専門レベル～中学・高校レベルの実験観察の上からも重要なものである。身近な両生類で発生段階図表が作成されているものには、以下にあげるものがある。ヒキガエルについては、市川・田原(1966, 1989)、十亀(1974)、岩沢(1987)が作成公表している。また、モリアオガエルについては、Ichikawa(1931)、岩沢・河崎(1979)が、ニホンアカガエルについては、田原(1959, 1974)が、トウキョウダルマガエルについては、岩沢・森田(1980)が、ニホンアマガエルについては、岩沢・二上(1992)が作成公表している。多様な実験材料として昔から、使用されているアフリカツメガエルについては、Nieuwkoop(1967)、石原・田中(1977, 1978)、田中(1980, 1983)が作成公表している。また、アカハライモリについては、梶島・江口(1966, 1980, 1989)が作成公表している。

また、カエル類の発生段階の共通項をまとめて、カエル類全体の基本的な発生段階図表をGosnerが設定し報告している(1960)。現在では、世界のカエルの多くの発生段階図表は、このGosnerの報告を基準に発生段階を設定している場合が多い。ただし、日本では、古くから実験上においても、ヒキガエルが身近なため、日本の発生段階図表は、ヒキガエルを基準に考えられることが多いと思われる。なお、これら発生段階図表を多数まとめて報告しているものとしては、「Amphibian Morphogenesis」(Fox, H. 1983.)があげられる。

これら発生段階図表は、実験材料によく用いられる種を中心に、日本ではヒキガエル、アフリカツメガエル、アカハライモリ等で作成されてきた。その後、他種間での胚や幼生の発生段階の比較の目的などからも、多くの種で作成されるようになってきた。しかしながら、科学の進歩とともに、外部形態での系統分類学が注目されなくなってしまったように、マクロな実体顕微鏡レベルにおける外部観察からの発生は注目されなくなってしまったのが実情である。それゆえ、元々、両棲類学者が極端に少ないこともあり、両棲類の外部形態レベルでの発生に関する報告（発生段階図表や幼生の歯式）は、ほとんどなくなってしまった。

#### 2；ナガレタゴガエル等、タゴガエルの仲間の発生段階図表の重要性

外部形態レベルでの発生研究である発生段階図表は、あまり注目されなくなり、日本でもこの20年ほどでは、前述のように一部の大学研究室が、伝統的に両生類の発生段階図表を作成公表しているくらいなのである。しかしながら、今日までナガレタゴガエルなどのタゴガエルの仲間では作

成されていない。そして、全く別の科であるのだが、ナガレタゴガエルと卵や発生過程や幼生がそっくりなカジカガエルでも作成されていないのである。

これらタゴガエルの仲間やカジカガエルの仲間には、外部形態レベルでの観察において、他の日本のカエル類には無い、とても重要な点があるのだ。1点目は、卵がとても大きいこと。2点目は、大きいのみならず、色彩上から [=発生過程での色素の移動状況] から、胚の発生過程がとてもよくわかること。この2つの点から、肉眼レベルで初期発生の過程が観察可能なのである。そして3点目は、幼生（オタマジャクシ）の腹部内部が、変態完了まで一貫して透けて見えることである。以上の大きな3点の特徴から、実験観察材料としては、とても重要なのである。

これまで、このような大きな長所があるにもかかわらず、タゴガエルの仲間での発生段階図表が作成されてこなかったのは、これらのカエルが山中のカエルであること、元々両棲類学者が少なくタゴガエル卵の特徴がほとんど知られずに来たためであろう。

ただし、発生段階図表の作成にまでは至っていないが、タゴガエルの仲間の卵の発生についての特徴を報告する文献が一部である。例えば、タゴガエルについては、市川（1938）、岩沢（1965 a）により、「幼生（オタマジャクシ）が変態し子ガエルになるまで腹面が透明で、内部の器官形成が観察できる」ことが、簡単な文章のみであるが記述されてきた。また、長島（1980）が、「～タゴガエルの卵は大きく、美しく、～ 最高の実験材料と考えられる。」と述べている。

そして、ナガレタゴガエルについても、久保田・懸川（1987）が、生物教育学会の講演要旨中で、「ナガレタゴガエル卵は発生の観察材料として好適である」と述べているが、論文にはなっていない。その後、筆者が実際に、ナガレタゴガエル卵の発生観察用標本（受精卵～神経胚後期まで15種類のホルマリン固定標本を封入したガラス管、50本）を作製し、高校生物の授業で実践使用してきた。この標本は、現在まで、東京学芸大学附属高等学校の生物の授業で継続使用されている。そして、1996年の修士論文「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」で報告した。また、これらを受け、1997年の高校生物教科書（三省堂）で「ナガレタゴガエルの発生」が取り扱われ、32枚の写真とともに説明されている。〈図1-1, 2〉

以上のように、タゴガエルの仲間における、実際に授業での実験観察実践例も筆者の報告例のみであり、スケッチや写真での報告例も筆者の修士論文のみである。いまだ、発生段階図表はもちろん、発生段階の特徴を記述した専門の論文での報告例はない。

筆者は、ナガレタゴガエルの発生において驚くべき特徴があることが、I期の1992年春にわかってから、行動生態面だけでなく、発生面に魅了されてきた。

本書では、全体的な発生過程の特徴について概略を説明報告する。また、現在までの報告の誤りについて検討し報告する。発生段階図表については、近い内に専門誌上で発表する。



# ⑧ ナガレタゴガエルの発生

(本文p.82~87) ⑥~⑳の( )内の数字は水温16℃における産卵後の発生時間(⑥~⑳の単位は時間)



②産卵(7~8分かけて進む)



①抱接



③卵塊(産卵直後)



④卵塊(産卵後45分)



⑤受精卵



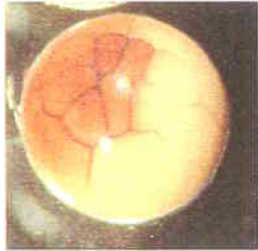
⑥2細胞期(7.5)



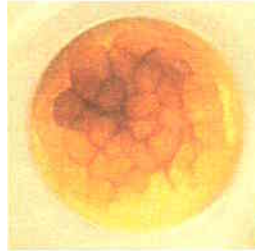
⑦4細胞期(9.5)



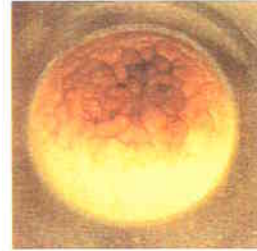
⑧8細胞期(11.0)



⑨16細胞期(12.5)



⑩桑実胚期(16.0)



⑪胞胚初期(20.0)



⑫胞胚後期(33.5)



⑬原腸胚初期(I):50.5)



⑭原腸胚初期(II):65.0



⑮原腸胚中期(70.0)



⑯原腸胚後期(81.0)

## 第9章の図1-1 「ナガレタゴガエルの発生」

(筆者執筆;三省堂の高校生物IB教科書より)



⑰神経胚初期(I)(91)



⑱神経胚初期(II)(94)



⑲神経胚中期(I)(97)



⑳神経胚中期(II)(102)



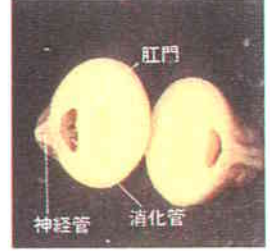
㉑神経胚後期(I)(106)



㉒神経胚後期(II)(114)



㉓神経胚後期(II)



㉔神経胚後期(II)断面



㉕尾芽胚期(5.5日)



㉖受精直後(9日)



㉗幼生(外鰓ができあがっている)(11日)



㉘腸や心臓が見える。右腹部上部に桃色の肝臓が見えはじめる (27日)



㉙肝臓が大きくなっているのが見える。また、からだの内部で前肢ができあがっている



㉚肝臓の下に緑色の胆が見える (47日)



㉛変態した子ガエル(9週)

成体の体長は雌50mm, 雄45mm (1, 2)

卵・胚の直径は3.5mm (3 ~ 24)

幼生の全長は12mm (27)

おたまじゃくし・子ガエルの体長 (28は頭胴長) は8.5mm / 28 ~ 31



㉜雌をまかうける雄

## 第9章の図1-2 「ナガレタゴガエルの発生」

(筆者執筆；三省堂の高校生物I B教科書より)

## 第2節；ナガレタゴガエルの発生の観察方法

### 1；全体の方法の要点

- ①；基本は、調査地の小坂志川や矢沢から、捕獲してきたペアを室内の大水槽内で産卵させ、それぞれの卵塊を小容器に移し替え、恒温器内で発生を進行させた。餌は全く与えなかった。
- ②；受精卵～変態完了までを実体顕微鏡で観察した。各発生段階の胚・幼生を実体顕微鏡下で背面・腹面・横面等から写真撮影・スケッチをした。各部分（口器・歯列・前肢・後肢・各指等）の拡大も写真撮影し、スケッチした。また、各発生段階の胚・幼生をホルマリン固定した。
- ③；市川・田原（1989）のヒキガエルの発生段階図表を基本としつつ、Gosner（1960）も参考に、Ⅰ～Ⅳ期（1992・1995）には、50段階に設定した発生段階図表の下書きを作成した。Ⅹ期（2001）には、より詳細に記録し、描画装置でのスケッチも行った。
- ④；比較のため、タゴガエル、カジカガエル、ヒキガエル、ニホンアカガエル、ヤマアカガエルの発生の観察も行った。

### 2；各年度の観察実施内容

Ⅰ期（1992年3月上旬～4月下旬）には、小坂志川から5ペアほど大学研究室へ持ち帰り、水槽内で産卵させ、それらの卵塊を用い、受精卵～変態完了までを実体顕微鏡下で観察した。市川・田原（1966・1989）のヒキガエルの発生段階図表を基準にして、ナガレタゴガエルの発生段階を設定し、各発生段階の胚・幼生をホルマリン固定した。

Ⅱ期（1993年3月）には、調査地内のロッジ内で、20ペアほどを水槽内で産卵させ、この卵塊を発生段階ごとにホルマリン固定した。1993年7～8月にかけて、高校生物授業での発生観察用教材として、ナガレタゴガエルの受精卵～神経胚まで15段階の初期胚を入れた観察用ガラス管標本を50本作製した。

Ⅳ期の始まりである94年秋（10月末）には、冬眠準備に入った♂♀5匹ずつを捕獲し、大学研究室へ持ち帰った。これらを恒温器内で4℃に保ち水槽内で冬眠を継続させ、春（95年3月上旬）に水温を5～6℃に上昇させ、研究室の水槽内で産卵させた。また、同時に小坂志川で捕獲し持ち帰った5ペアも研究室水槽内で産卵させた。これらの約10卵塊を用いて、3月上旬～5月中旬まで、変態完了するまでの発生を観察した。各卵塊を恒温器内で発生を進行させ、実体顕微鏡下で観察・写真撮影・スケッチをした。Ⅱ期の結果もふまえ、発生段階を設定し、各段階の特徴・タイムテーブル（各段階までに要する時間）を詳細に記録した。また、各段階をホルマリン固定した。特に、幼生の口器；歯式；全長については詳細に観察した。

Ⅴ期（1995～1996年）には、Ⅱ～Ⅳ期の結果をふまえ、修士論文として、ナガレタゴガエルの発生についての概略をまとめた。

Ⅹ期（2001年3月中旬～5月中旬）には、現地の笹平の借家室内に、沢でネット捕獲した35ペア

を持ち込み、複数の水槽内で産卵させた。これらの卵塊を同室内に設置した恒温期内で、変態完了までを実体顕微鏡下で観察・写真撮影・描画装置でのスケッチを行った。V期までよりもさらに、しっかりと発生段階を設定した。幼生の全長や歯式については、現在まで誤った記載が多いので、IV期と同様に、よりしっかりと観察した。

### 第3節；ナガレタゴガエルの発生の観察結果・考察

#### 1；ナガレタゴガエルの発生における大きな特徴

前述のようにタゴガエルの仲間には、発生の観察における大きな長所が多数あり、その代表が以下の(1)~(3)の3点である。

なお、カジカガエルは、分類上は全く異なる仲間なのだが、卵や発生過程、幼生がタゴガエルの仲間ととてもよく似ている。ただし、ナガレタゴガエルなどよりは、全体的に黒っぽく、ナガレタゴガエルほどには、腹部が透けてない。

##### (1)；卵の大きさ

<図2>にa；ナガレタゴガエル、b；アズマヒキガエル、c；ニホンアカガエルのそれぞれほぼ同発生過程である神経胚期の胚を示した。スケールバーは2mmである。これは、実体顕微鏡下での撮影である。

図にあるように、ナガレタゴガエル卵の直径は3.0mm強である。日本のカエルでは、最も大きな卵の仲間の1つである。しかし、第8章第3節でも述べたように、産卵数は平均180個前後と少ない。大型卵・少数産卵タイプのカエルである。

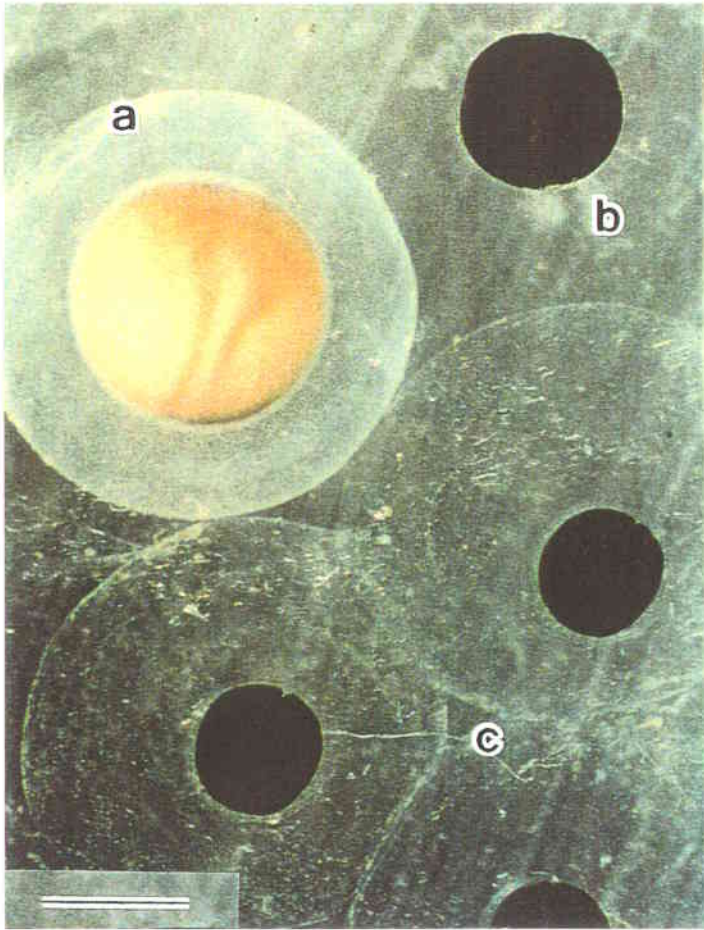
##### (2)；発生過程の色彩

<図1-1, 2>や<図2>を見ると、単に大きいからだけでなく、色彩上(色素粒の移動状況から)、胚の凹凸がわかりやすいのが理解できるだろう。特に、高校生物の初期発生で扱われる、[原腸胚期における；原口や卵黄栓の形成過程<図4, 5>]や、[神経胚期における；神経板や神経管の形成過程<図1-1, 2>]が色彩上、凹凸がはっきりとし、とてもよくわかるのである。仮に、ヒキガエルやニホンアカガエルなどを同じ大きさに拡大して発生過程を見ても、ナガレタゴガエル卵ほどには、凹凸がはっきりとせず観察しにくいのだ。

##### (3)；幼生の腹部が一貫して透けて見える

<図1-1, 2>に示しているように、タゴガエルの仲間では、極端に腹部が透けていて、内部の各器官が形成する過程が肉眼や実体顕微鏡で観察できるのである。例えば、前肢が形成されていく状態も見えるのだが、後肢とほぼ同時進行なのである。一見、後肢が先に出てくるので、前肢は後肢よりも遅れて形成されるように思われてしまうのだが、同時進行なのである。また、3葉の肝臓や、緑色の胆のうや、えらが肺へ移行する状態や、心臓の2心房などもはっきりとわかるのだ。

前述の岩沢も、「市川(1938)は、幼生の腹面の皮膚が透明で、そこを通して胆のうの胆汁貯留が見られることを指摘したが、他の内臓や前肢の発育状態もよく透視できる。」と記述している



第9章の図2 神経胚初期の a ; ナガレタゴガエル、 b ; ヒキガエル、 c ; ニホンアカガエルの胚

(1971)。しかし、この市川・岩沢らも、簡単に文章で述べただけで、誰もタゴガエルの仲間の発生段階図表はおろか、発生過程の報告はされずに今日まで来た（筆者が修士論文でまとめているが）。

## 2；その他；本書では、以下の点だけについて述べさせていただく。

### (1)；孵化率

正常な産卵期に水槽内で産卵させた約90卵塊においては、筆者の観察結果では、90%以上は変態完了まで正常に発生した。ただし、元々、どの卵塊にも数個～10個程度（＝5%未満程度）の未授精卵があり、発生しなかった。1卵塊は平均180個ほどである。なお、XI期でも、やはり、90%以上正常に孵化した。

### (2)；発生に要する時間

およそは、三省堂の教科書<図4, 5>に記載している通りである。これは、筆者のIV期（1995年3～5月）の結果に基づいている。X期に再調査・観察して、多少結果の異なった点もあるが、ほぼ同じである。

3月中旬に受精させ、受精卵から変態まで15°C前後で発生を進行させると、5月中旬頃に変態完了する。野外では、3～4月の水温が低いこともあり、変態するのは6月に入ってからである。なお、第1卵割の始まるまでの時間や、詳細なタイムテーブルについては、近い内に発表する発生段階図表で述べさせていただく。

### (3)；前肢は左右どちらから先に出るのか？

このことは、呼吸孔が左右どちら側に見えるか、というテーマと同様、カエルの幼生の共通テーマである。この点は、岩沢（1965 a）が、よく調べている。興味深いのは、岩沢の報告では、「タゴガエルの場合、8卵塊の144個体の観察結果では[右から先に出る個体が多かった]』というものである。筆者が、約10,000個体は観察してきた結果では、ナガレタゴガエルでは、左から出る個体の方が多かった。また、左から出る個体と、左右ほぼ同時に出る個体はほぼ同数であったことである。タゴガエルでも、左右ほぼ同時の個体も相当数いたらしい。いずれにしても、左右で見ると、タゴガエルとナガレタゴガエルで、逆なのが興味深い点である。

### (4)；餌を食べるのか？

発生観察のためには、全く餌は与えなかった。ただし、興味半分の一部の幼生に、他のカエル（ヒキガエル等）の飼育に使用していた、ゆでたほうれん草を上げた所、食べた。タゴガエルの仲間は、卵黄が豊富で、飼育下で餌を与えずとも変態完了をするのだが、与えれば食べるし、野外では全く食べないということはあるまいだろう。

なお、以上の(1)(4)に関しては、まだしっかりと数値・データで示せる状態ではない。

## 第4節；幼生の特徴と今までの報告の誤りの理由

### 1；現在までの数少ない幼生や卵における報告について

現在まで、ナガレタゴガエルの発生に関する論文は発表されていない（筆者の1996年の修士論文のみである）。そのため、発生過程や幼生についての記述はほとんどない。しかし、しっかりとしたデータの元ではないのだが、現在までに幾つかの報告がされている。

#### (1)；今までの報告の要点

卵、発生過程についての今までの報告をまとめると以下の①～⑦である（「日本カエル図鑑」1999年；「日本動物大百科 第5巻 両棲類・爬虫類・軟骨魚類」1996年、など）。この第4節では以下の内の、特に⑥⑦について、検討する。

- ①；卵径は3.1～3.6mm。⇒方法を一定にして、再検討が必要。
  - ②；蔵卵数は130個ほど。⇒方法の不備により完全に誤りである。
  - ③；6月に変態完了し陸上に上がる。⇒きちんと野外での複数のデータで数値で示すべきである。
  - ④；変態時の体長は8～9mmほどである。⇒ほぼ妥当な値であると考える。
  - ⑤；幼生は、多量にある卵黄により、ほとんど餌を食べないらしい。  
⇒ほぼ適切な表現であると考える。
- 一部の報告では、「幼生は、全く餌を食べずに変態する」とある。⇒これは誤りである。
- ⑥；幼生は成長しても全長21mmほどにしかならない；⇒明らかに誤りである。
  - ⑦；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。⇒不適切な表現であり誤りである。

#### (2)；今までの報告の誤りや再検討の必要性の理由

全体的に言えることは；今までの章で、ナガレタゴガエルの生態面での報告は、方法の不備やデータ不足、あるいは結論を出すデータが存在しないにもかかわらず結論が書かれ、困ったことに論文になってしまったことを述べてきたが、それと同様である。上記の①～⑦の記述の内容のほとんどが、原著論文中にどんな方法で調査・観察したとかが記載しておらず、本来必要な数値のデータや、写真やスケッチなどが無いのである。例えば、「①では、どうやってゼリー層をはずし、どういう方法で卵径を計測したのか」；「②では、どういう方法で蔵卵数を調べたのか、強制排卵か；卵巣を調べたのか」；「⑥；どういう飼育下での幼生なのか」；「⑦；どれだけの卵塊や個体で歯式を調べたのか」、等が記載されておらず、②⑥⑦は誤りなのである。

①②についての理由は第8章で詳述したので、ここでは再度述べることはしない。

③については、他の多くのテーマと同様、今までにデータ・数値の元に発表されているものではなく、ごく一部の目撃情報に基づいている。誰かが数年間、地道に6月に毎日観察し、数値で示してもらいたいものである。

④に関しても、③同様、野外でのデータの記述ではなく、基本的に飼育下の値である。が、ほぼ妥当な値だが、実際よりも少し大きすぎると思われる。筆者の計測では7.5～8.0mm程度である（→図5参照）。

⑤については、ほぼ適切な表現だろう。しかし、餌を与えれば食べるし、ましてや、野外では多少は食べていると考えるのが正しいと思われる。

⑥⑦については、誤りであり、不適切な表現である。おそらく、方法がおかしかったのであろうと、推測される。が、前述したように、「⑥；どういう飼育下での幼生なのか」；「⑦；どれだけの卵塊や個体で歯式を調べたのか」、等が記載されておらず、結論付けられた理由は不明である。

## 2；幼生の全長の結果・考察→<図3～6>も参照

筆者は、調査期間中、成体を約5万匹捕獲してきた。卵塊も数千卵塊は見えてきた。そして、約90の卵塊を室内で産卵させ、変態完了まで、約10,000の胚や幼生を観察してきた。また、春眠期捕獲時にも、野外で孵化前後の多くの卵塊や幼生を捕獲してきた。

その発生観察結果と野外から捕獲してきた幼生を飼育した結果・考察をまとめると；

- ①；幼生は、平均して全長25～26mm前後になった（図3，4）。特に一部の卵塊の個体たちは、28mm前後になり、最長29mmほどになった。なお、筆者の設定した50の発生段階の内の、ステージ42～45（=Gosnerのステージ36～39）で最大になった。また、ステージ48（=Gosnerのステージ42）の、両前肢が外部に出た頃の幼生（尾が退化し始めた頃の幼生）でも、全長はまだ22～24mmであった⇒<図5>。※図5の幼生は23.5mmある。
- ②；飼育下では水の量や流れが最も関係すると思われるのだが、ごくごく一部の卵塊の幼生では、全長が小さいままであった。IV期の1卵塊とX期の2卵塊でのみ、幼生の全長が最大でも19～20mmにしか達しなかった<図6>。しかし、これ以外は全ての卵塊の個体で全長25～26mm前後か、それ以上になった。
- ③；興味深いことに、前述した全長の小さな幼生でも、体長や体幅はほとんど正常な25mmほどの個体と変わらなかった。つまり、この全長の差は、ほとんど尾の長さによるものである。そして、X期にたまたま、大水槽から小容器に移し変えるのを忘れて、大水槽で生育していた2匹の幼生がいたのだが、これらは他よりも全長が大きくなり、27.5mmになった。
- ④；野外での春眠期捕獲時に、ふ化直前やふ化したばかりの卵塊をたくさん捕獲するのだが、野外の幼生ほど、全長が大きい。つまり、尾が長くしっかりとしているのだ。X期に、このことにはっきりと気付き、水量が多く流れが多少ある状況だからこそ、尾がしっかりとし、長くなるのだと確信した。飼育下で、尾の成長が不均一であるのはこのためと考えられる。元々、幼生の時に、餌を多量に食べるタイプの種では、栄養状態が体長や全長に強く影響を及ぼすだろう。しかし、ナガレタゴガエルでは、幼生時に餌をほとんど食べないと考えられる。このことから、全長の差は、尾の長さによるのが大きいのだろう。いずれにせよ、実際に飼育してみればわかるのだが、野外のものと飼育下では、長さはもちろん、尾の感じが異なるのである。



### 3 ; 幼生の全長の結論 & 今までの報告の誤りの理由

詳細は、近い内に発表する発生段階図表で述べるが、ここでは要点のみ記す。

- ①；幼生は、最大全長が平均して25~26mm前後となる。この時、体長：全長=1：3.2~3.4ほどになり、尾が長い。個体によっては、30mm近くに達する。また、飼育下では、野外よりも全長は平均して小さくなる。飼育状況によっては、ごく一部で20mm位にしかならないこともある。
- ②；全長の個体差は、異常個体でない限り、主に尾の長さによる。筆者の現在までの経験では、20mm位にしかならなかった個体でも28mm前後に達した個体でも、平均した25mm位の個体と体長や体幅が変わらなかった。野外の幼生ほど、尾がしっかりとっていて長いのである。
- ③；一部の図鑑に記述されている、「成長しても21mmにしかならない」(1999, 「日本カエル図鑑」) というのは、あまりにおかしい。なぜなら、この図鑑や他の図鑑中でも文章では、「成長しても21mmにしかならない」と記述していながら、載せている幼生の写真は、25~26mmあるのである。筆者の<図3~5>や「日本カエル図鑑」等の図鑑の写真を見ればわかるように、平均的な幼生の最大に成長した時の状態は、体長：全長=1：3.2~3.4位なのである。もしも、変態時の体長が各図鑑にあるように、8~9mmならば、幼生の全長は25~30mmでないと矛盾する。実際に写真では、25~26mmの幼生を載せていながら、「成長しても21mmにしかならない」と記述し続けているのは、あまりにおかしいのである。この、おかしい内容の元の記載が何によるのか、筆者にはさっぱりとわからないのだが、おそらく、飼育状況によるものだろう。
- ④；なお、実際の観察以外の、しっかりとした証拠・根拠として、<図3~6>に複数の写真を載せたが、実物として、各発生段階の固定標本も大量にある。

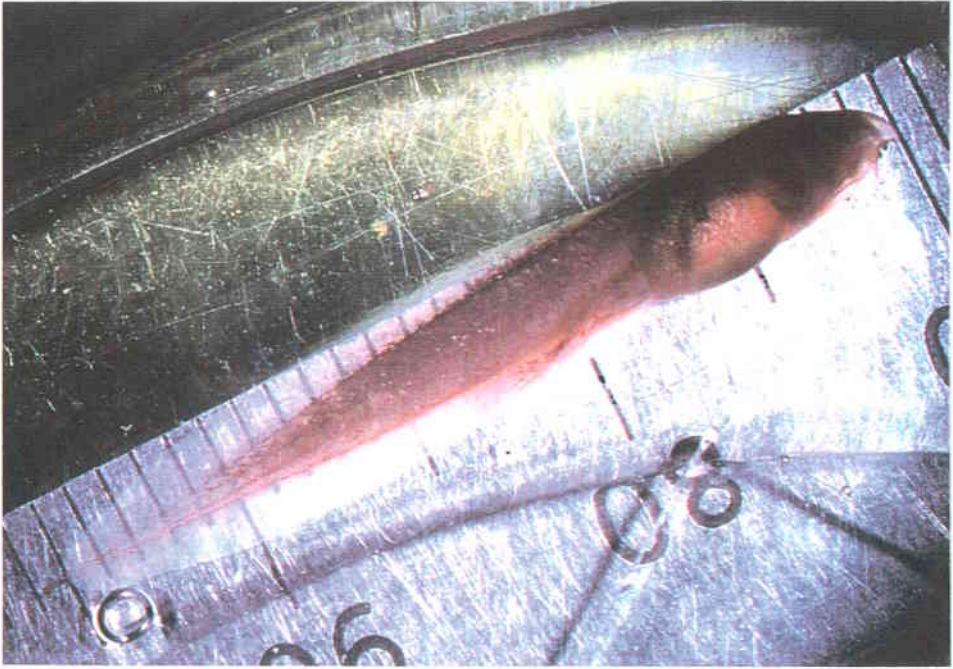
### 4 ; 幼生の口器と歯式の結果・考察&今までの報告の誤りの理由

カエルの仲間の幼生の歯式については、日本では、本郷 敏夫 (1974, 1977, 1978)・岩沢 (1971, 1975等) が最もよく研究し報告している。

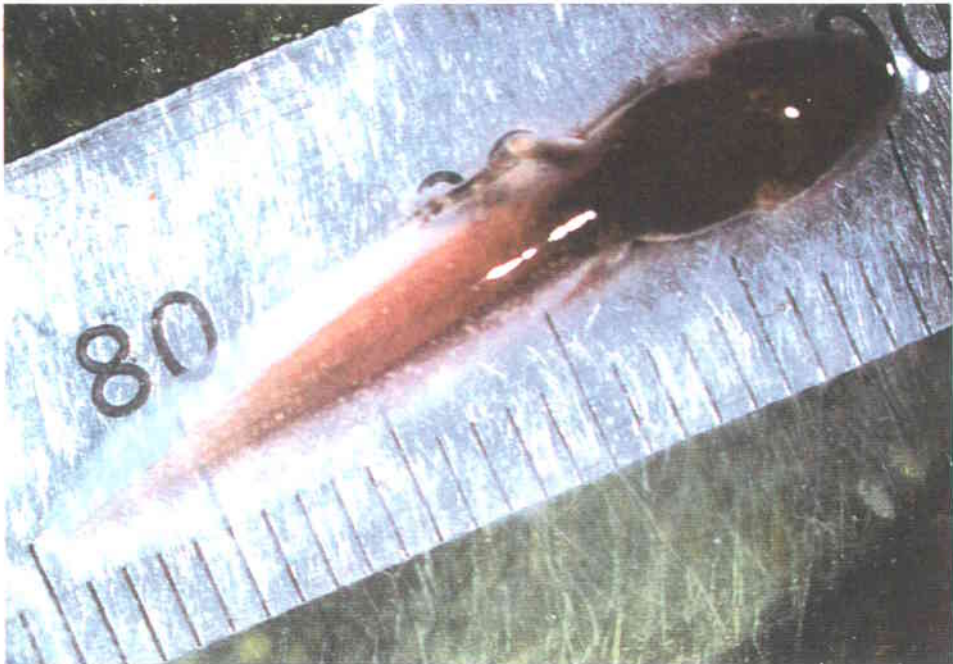
本郷は、「~一度記載された歯式については、再度詳しく検討を加えた形跡がない。」(1977) という文章を記述し、多くの疑問を投げかけている。本郷の論文から言えることは、1つには、歯式は同種でも個体差が大きく変異が多いということ。1つには、同じ個体でも、歯式の変化：形成・退化の過程が激しいこと。1つには、どの種も再検討が必要だということである。

また、岩沢は、「タゴガエルの歯列の発生は、上唇から始まり、~。特に下唇の歯列の発生状態に変異が多い。」と記述している。これは、筆者が10年間ナガレタゴガエルの歯式を観察してきた結果と全く同じなのである。

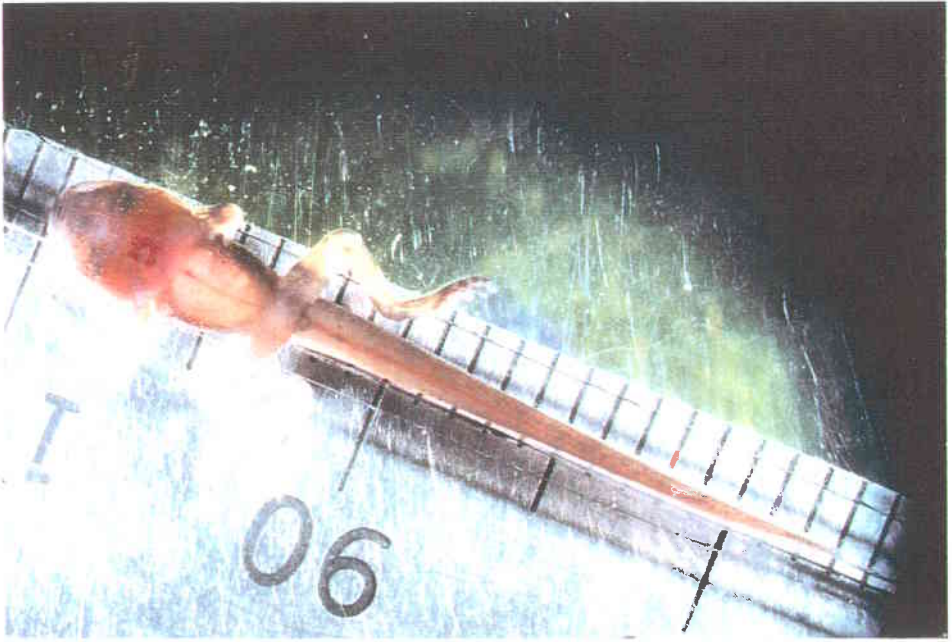
歯式の観察は大変なのである。なぜかというと、1つに、幼生の歯式を観察するには、大変根気のいる作業なのだ。実体顕微鏡で幼生を軽い麻酔をするなどの方法で逆さまにして、実体顕微鏡で口の部分を拡大して観察するのだが、これを莫大な数実施するのである。また1つには、個体に



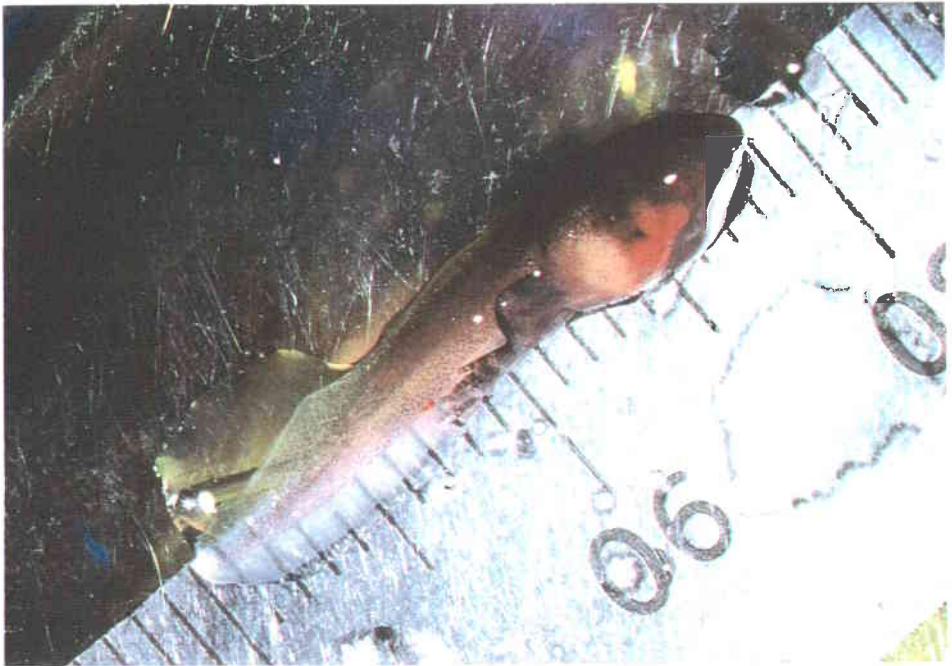
第9章の図3 平均的な幼生の全長（25～26mm前後になる）



第9章の図4 平均的な幼生の全長（25～26mm前後になる）



第9章の図5 前肢が外部に出る頃=尾が退化し始めた頃の幼生の全長  
(まだ22~24mmある)



第9章の図6 尾の成長の悪い幼生

飼育下では、尾の成長が悪く全長が20mm前後となることがある。  
野外の幼生ほど、尾がしっかりとしていて長い。

よる変異が大きく、同一個体でも形成・退化の過程が激しいため、毎日、複数の卵塊の、複数の個体を、その都度姿勢を固定して顕微鏡観察し続けなければならないのである。ゆえに、1ヶ月近く、この観察のために、毎日、時間を費して初めてわかるのである。筆者は、3年度以上に渡り、合計1,500時間以上、実体顕微鏡で、観察・撮影・スケッチを実施した。

ところが今までの歯式の報告は、一部の個体やごく一部の卵塊での観察であったり、全発生段階の観察無しに報告されていることも多いのである。それゆえ、多くの人が研究しないと、本当の所、歯式はどうなっているのかわからないのである。筆者の経験上言えることは、その種の発生段階図表をしっかりと作成した人でなければ、実際の歯式の変化・変異などわからないはずである。ところが、前述のように元々、発生段階図表を作成している研究者は一握りである。

また、こういう研究テーマでは、最低限、スケッチや写真が必須条件だと思われるのだが、ナガレタゴガエルでは、それなしに論文になってしまっているのだ。

つまり、根気のいる作業のため、観察個体数や、観察卵塊数や、観察する発生段階によって、報告に偏りがでやすいので、多くの卵塊で、毎日随時、複数の個体を観察しないと歯式はわからないのである。

両棲類学の世界はとにかく狭く、本郷も述べているように、「誰かが一度論文にしてしまったことを、追試や検討がされることがほとんどない」のが怖い点なのだ。

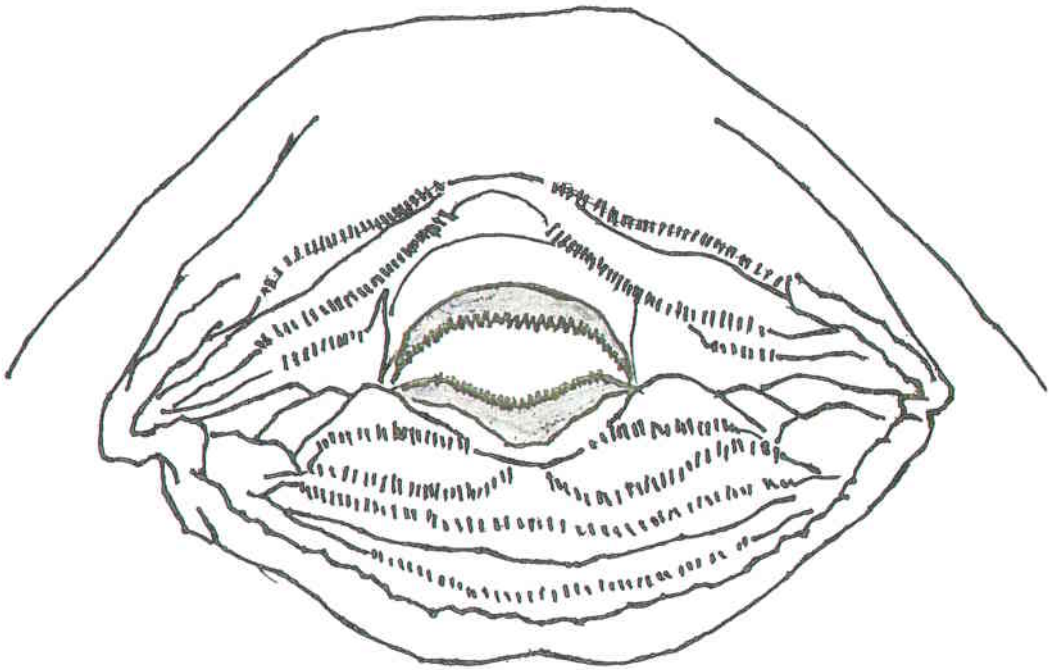
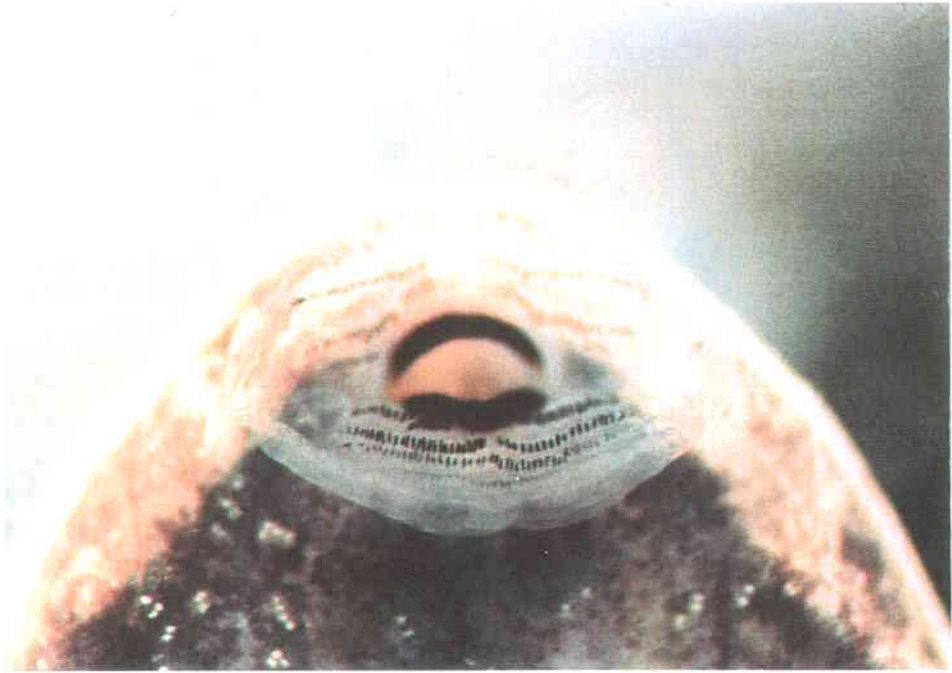
## 5；ナガレタゴガエルの歯式の簡単な結論

- ①；ナガレタゴガエルの歯式は、本郷が詳しく述べているタゴガエルと同様、個体差が大きく、個体による変異が大きい。また、同一個体でも形成・退化の過程で変化が激しい。
- ②；歯式 (Labial teeth formula : LTF) は、完成時には、下の歯列は4列となり、<図7>のように、 $1 : 2 + 2 / 2 : 2 + 2$  となる。岩沢がタゴガエルで報告しているように、下唇の歯列には変異が大きく、 $1 : 2 + 2 / 1 : 2 + 2$  で終える個体も多く、これ以外の歯式で終わる個体もある。それでも口器の下の部分の下唇には歯列のための4列のひだがある。

前述の本郷や、岩沢・河崎 (1979) や岩沢・二上 (1992) からも、それぞれの種で述べているように、歯式は変異も大きく、形成・退化の過程でも変化が激しいものである。

ところが、いったい、現在までのナガレタゴガエルの歯式の報告では、どれだけの卵塊で、どれだけの個体で、どれだけの発生段階の観察なのか、数字も写真もなく、謎である。少なくとも、「歯式は、安定していて、 $1 : 2 + 2 / 1 : 2 + 2$  である」(1978; 松井 孝爾) は、観察数があまりに少なく、歯式はともかく、「安定している」というのは、とうてい信用しがたく、誤りである。

なお、詳しい [歯式の形成・退化の過程]、[変異のタイプ] については、本書ではさしひかえる。



第9章の図7 ナガレタゴガエルの幼生の口器：歯式が完成した頃

1 : 2 + 2 / 2 : 2 + 2 で〔下が4列・上が3列〕である。  
 ただし、タゴガエルと同様に個体差が大きく変異が大きい。  
 さらには、同一個体でも、形成・退化の過程で変化が大きい。

## 第10章 ; 両棲類の流下行動調査について

### 第1節 ; ナガレタゴガエル以外の流下行動

ナガレタゴガエルに限らず、また日本に限らず溪流に棲息する両棲類の生態学全体における重要なテーマで、今まで、全く顧みられなかったテーマである。本書では、一部の簡単な結果報告に留めさせていただく。

筆者もナガレタゴガエルの調査で結果的に多くのデータから、わかってきたのだが、ナガレタゴガエルに限らず山の両棲類は意識的に沢を長距離流下する。逆に見れば、夏に、上流へ移動しようとする。今までに筆者のような、沢に長期間ネットを設置し、毎日捕獲調査する研究がなされてこなかったために、知られずにきた重要なテーマなのである。

結果を簡単にまとめると ;

- ① ; 奥多摩では、ナガレタゴガエルの♂→ナガレタゴガエルの♀→ヒダサンショウウオ→ヤマアカガエルの♂→ヤマアカガエルの♀→ヒキガエル→カジカガエルの順で流下してくる。毎年、ナガレタゴガエルの繁殖活動の終わり頃になると、ヤマアカガエルの♂が多くなる。そして、ヤマアカガエルの♀が多くなり、ヒキガエルやカジカガエルが流下してくると、それはナガレタゴガエルの流下の終わりを意味するのだ。  
ナガレタゴガエル以外の両棲類も、故意に長距離流下行動しているのである。
- ② ; ただし、秋にも長距離流下移動するのは、ナガレタゴガエルとヤマアカガエルのみである。
- ③ ; 特にヤマアカガエルは、ナガレタゴガエル同様に、驚くほどに長距離流下する。  
ヤマアカガエルにも一部マーキングしたのだが、2,000m以上流下した個体を複数確認し、長距離、上流へ遡って移動した個体も確認している。

### 第2節 ; 流下行動調査上の注意点・問題点・課題

たまたま、今まで両棲類の生態調査を実施しようとする研究者がほとんどいなかったために、山の両棲類はほとんど謎だらけであった。ナガレタゴガエルも、筆者が初めて調査するまでは、本当の生態が不明なことだらけであった。本書が製本され、出版されると、間違いなく多くの人（アマチュアの自然観察者、研究者等々）が流下ネットでの捕獲調査を始めるだろう。

そのために、ネット捕獲調査をしようと思われる、本書を読まれた研究者や自然観察者に、どうしても言っておかねばならないこと、どうしても読んでもらわねばならないことがある。

第1章の方法の項でも、述べたことだが、沢でネット捕獲調査をするには、注意しなければならない重要な点が幾つもあることである。

1つには、覚悟して調査しないと、多数死なせてしまうこと。

1つには、必ず漁協の許可を取ること。また、毎日、林道を往復するなら森林組合の許可も取ることである。以下に、ネット調査をする上での注意点を詳述する。

## 1；ネットトラップの構造と設置場所について

第1章でも述べたように、筆者の場合、試行錯誤の末に、ナガレタゴガエルの流下捕獲ネットは、網目は5mmのコンウエットネット（東急ハンズから購入）を使用している。入り口は直径45cmのヘラブナ用のフラシを底の部分を取り、太い針金を通して使っている。本体部分は、コンウエットネットを縫い合わせて、約2mにして使用している。

網目が3mm位だと、枯葉などでつまり圧力を受けやすく、また、空中に出ている上部のネット全体が凍りやすく破損しやすい。また、10mm位になると、水流で網目は狭まるものの、入ってもしばらくすると逃げてしまう。

また、ネットの長さは、小さな支沢に設置する場合は短くてよいのだが、例えば小坂志川や矢沢の中流域の本流に設置する場合は、2m位でないと繁殖期のピーク時に死なせてしまう個体が多くなる。それは、本流だと、設置できるような場所では、必然的に流れの速い所である。それゆえ、水圧が大きくかかる。特に、繁殖期のピーク時である3、4日は、1日で1つのネットに200~600匹以上入るので、個体どうしの圧力もかかる。また、繁殖期に急に明け方冷えるときは、特に死にやすく、ネットが長いとそれも防げるのだ。筆者は、ネットの後方の両端にも、ひも（太いたこひも）を付けていて、それを岸辺へ引っ張り、石でひもを固定してネットの端は水圧がかからず、そばの石などで隠られるようにしている。

いずれにしても、これらを参考にして注意して使用してもらいたい。

## 2；ネット捕獲での“死”について：〈表1〉

〈表1〉に、繁殖期の流下ネット捕獲時の総捕獲数と死亡個体数について示した。

なお、春眠期の捕獲では、捕獲のため死なせた個体は1匹もない。冬眠期の捕獲では、捕獲時に誤って石で圧死させたのが、2,000匹に1匹位の割合である。

表からわかるように、I期・II期には、多数死なせてしまった。なお、極端に衰弱していた個体は、死として計数している。I期には、流下捕獲総数に対して9.0%、II期には7.8%である。死んでしまう理由が詳細にわかったので、VIII・IX・X期では、流下捕獲数全体に対し0.4~0.5%である。ただし、表にも説明しているように、1シーズンに数匹~10匹ほどは、自然死したものがネットに入ってくる(繁殖期間最中に冷えた日が中心)のだが、これも死の数に入れている。

以下に、死なせてしまった理由の主要な2点について述べる。

### (1) 水圧や個体どうしの圧力による圧死

何度も書いてきたが、小坂志川や矢沢ほどの沢の本流では、繁殖期のピーク時には1日で、少ない場所でも200匹以上、多い場所では500匹以上、ネットに入ってくるのである。

<図1>は、小坂志川の中流域で繁殖期のピーク時にほぼ24時間に入ったナガレタゴガエルである。このように、ネットに入ったカエルは、ネットの返しになっている入り口をバケツに入れ、ネットを逆さまにし、カエルを含めてネット中のもの全てを入れるのである。この図は、約350匹で10ℓのバケツがほぼカエルでいっぱいになっている。こんな状態が連続するのである。

つまり、繁殖期のピーク時には、水圧+個体どうしの圧力で死んでしまうのである。また、毎日図のように、バケツに回収するのだが、1日1回の回収では、1回の捕獲数が多すぎて、バケツに入れたことでの個体どうしの圧力でも多数圧死させてしまったのである。

## (2) 最初の繁殖行動開始後に、急に冷える朝；本流ネットでは凍死しやすい

ナガレタゴガエルは、午後3時頃の最高水温が5.0℃に達することで行動を開始することは、詳しく述べてきた。そして、一度、行動開始しても、最高水温が4℃前後に下がってしまうと、ほぼ停止することも詳しく述べてきた。この最高水温が、ちょうど5.0℃位だと、さほど動かず、特に最低水温は3℃位になるので、朝には動かない。ところが、一度最高水温が6℃近くまで上がり、繁殖がピークになった後で、冬型が強まり明け方に最低水温が2～3℃に下がった日では、4時間おき位にネットを回収していても、夜半にネットに入ってきた個体はネット中で凍死しやすいのである。ただし、これも本流のネットの場合である。

## 3；ネット捕獲調査をしようと思うならば

小坂志川や矢沢レベルの沢で、本流にネットを設置して調査をしようと思うならば；

(1) 現地にほぼ住み込む形で調査する気がないのならやってはならない。

なぜかという、ネットの回収を毎日複数回、深い山中で実施し続けるには、通いでは無理であるから。そして、死なせない・衰弱させないために次の2点を守ってほしい。

①；繁殖期間の前やほぼ終結する頃は、1日1回の回収でよいが、繁殖期間中は、1日に数回、特にピーク時には、1日に2～4時間おきには回収すること。

②；繁殖期のピーク前や、ピーク後でも、昼間暖かかったのに、翌朝急に冷える日には、夜半～明け方にかけて、複数回収すること。

(2) 必ず、その水系の漁協に許可を得ること。

(3) 林道が入っている沢での調査になり、毎日、林道を何往復もすることになる。それゆえ、場合によっては、その森林組合にも断って調査をするべきである。



## 第10章の表1 流下捕獲ネットによる死亡個体数

流下捕獲数全体に対する死の割合

	♂ 死	♀ 死	全 死 数
I 期	191	61	252
割合	12.3%	4.9%	9.0%
II 期	371	285	656
割合	7.6%	8.0%	7.8%
VIII 期	16	3	19
割合	0.5%	0.1%	0.4%
IX 期	10	14	24
割合	0.3%	0.9%	0.5%
X 期	28	17	45
割合	0.5%	0.3%	0.4%

注1 各期ともに、5匹ほどはネットでの死ではない。繁殖期間中に急に冷えた時に、自然死したものが、白色化した状態でネットに流れ入ったものである。

注2 ネットでの死の原因は2つ。1つは、繁殖期ピーク時に大量にネットに入り、水圧に加え、カエル同士の圧力による圧死。もう1つは、繁殖活動開始後に急に冷えた時には、明け方に短時間でもネット中いることで凍死することである。



第10章の図1 繁殖期のピーク時の1日で1つのネットで捕獲されるナガレタゴガエル

およそ、1日で1つのネットに200~600匹入る。

この写真は、10ℓのバケツで、約350匹が入っている。

## 第11章 ; 今後の課題・問題点

### 第1節 ; 残された研究課題 : 専門的な研究テーマ

重要なことが多く、テーマ自体明かせないことばかりであるが、幾つかあげてみる。

#### 1 ; 夏の行動、食性は? 夏眠をするのか? . . .

「森林の林床で、昆虫・クモ・ミミズなどの土壌動物を食べ～」などと、調査もされず、推測で報告されている(1996, 草野)が。まず、夏に最低でも、数百は捕獲して、胃の内容物を調査しなくてはならないだろう。

#### 2 ; なぜこれほどに個体数が多いのか?

1と関連したテーマである。なぜ、小坂志川や矢沢程度で10万匹前後、多摩川水系だけで、少なく見積もって200~400万匹以上も棲息しているのか?。同じ山中に棲息しているタゴガエルやカジカガエルと比べ; [鳴き声が聞こえず捕食者に発見されにくい] [2~3月の早期に産卵することも、捕食者に対して有利である] [産卵場所がカジカガエル同様、石の下で発見されにくい] という理由だけでは、説明がつかないほどに棲息数が莫大なのである。この答えを出す鍵は、夏にある。

#### 3 ; 棲息域の規定要因 ; このテーマについても、夏の行動と同様、いまだ推論の段階である。

a ; 同一沢で棲息域は、下流はどこまでなのか? ; 何が規定するのか?

b ; 同一沢では、どの付近が(上流・中流・下流)生活によいのか? 何が規定するのか?

#### 4 ; ナガレタゴガエルの成体の天敵・捕食者

筆者の多くの、直接: 間接証拠から、奥多摩; 調査地周辺での最大の天敵・捕食者は、間違いなくイノシシであると考えている。筆者も当初は信じられなかったのだが。

奥多摩では毎年イノシシ猟が冬場を中心に行われているのだが、これらのイノシシの胃から大量にナガレタゴガエルやヒダサンショウウオや沢ガニが見つかるのである。また、紀伊半島地域では昔から、ブチサンショウウオのことを、イノシシが好んで食べるので、「シシムシ」とか「イノシシゴント」と呼ぶのである(1973, 1980, 「くまの文庫」など)。イノシシにしてみると、沢ガニは1年中、ナガレタゴガエルも10月末~4月末まで砂利掘りして大量に捕獲できるのだ。また実際にイノシシの食べた痕跡も何度も確認している。夏場では、イタチ・テン、ヘビが中心であろう。カワネズミがえらく強調されているようだが、これはあまりにおかしい。現場を知る者であれば矛盾することにすぐに気づくことである。筆者自身、カワネズミをネットや、結果的にタモアミでも8度捕獲したこともある。また、ナガレタゴガエルを食べられてしまったこともあるが、全体から見れば、カワネズミによる捕食など極めてごくわずかである。だいいち、水中生活のため、食べたくてもナガレタゴガエルの繁殖期のピーク時の1週間前後にしか食べれないのだ。ちなみに、同所に数多く棲息するヒダサンショウウオの最大の捕食者も、間違いなくイノシシだと考えている。

## 第12章；小坂志川（沢）の生態系の保全について

本研究の大きな成果として、一般の人にも興味深いこととしては、

- ①：ナガレタゴガエルが驚くほど多く棲息していること、東京都で最も多く棲息するカエルである。
- ②：1シーズンで平均1,500mほども流下し、沢沿いを遡ること、があげられる。

このことから、山の<sup>上</sup>流域の生態系保全を考えるとときには、魚同様、ナガレタゴガエルのことも考慮しなくてはならないわけである。山の<sup>下</sup>流域の生態系保全を考えるとときには、とかく、魚のみが大きく取り上げられやすい。ダムでアユのために魚道をつくるとか、イワナ・ヤマメ・カジカなどがすぐに思い浮かぶ。ところが、今回、筆者の研究報告により、ナガレタゴガエルが莫大な数、棲息し、長距離流下する、そして、沢沿いを遡ることがわかったのである。

30年ほど前、奥多摩有料道路が作られ、大量の土砂が流出し、南秋川水系の本流は、大きなダメージを受けた。大きな淵・釜・トロ場が壊滅し、長い間単調な流域になってしまった。このことで、底生の魚のカジカが、南秋川本流では、壊滅的ダメージを受けたい。おそらく、ナガレタゴガエルもこの時に、大きなダメージを受けただろう。

今回筆者は、本研究の結果から、調査地の内の1つ；小坂志川の生態系を保全していかななくてはならない、と強く考えるようになった。

今回、具体的な場所も、具体的な調査方法もつまびらかにしてきたのは、どうしても、ここを保全対象地区にしてもらいたいからである。乱獲を恐れるなら、調査地も調査方法も具体的なことは、ふせるのが普通だろう。しかし、ここを、具体的に保全対象地にしていきたいと考えるからこそ、場所も実際の生態の状況も公表した。遅かれ早かれ、ナガレタゴガエルというカエルが驚くべき行動をしていることは知れ渡る。

そして、本報告書を伴い、具体的に東京都に働きかけていこうと考えている。以下に、その理由を、前章までのナガレタゴガエルの研究結果・結論もふまえて、述べ、具体的な方策をあげる。

### 第1節；小坂志川の保全

#### 1. 主調査地の小坂志川の特異性・重要性について

主調査地の1つ、小坂志川は、ナガレタゴガエル以外にも、驚くほどに多くの両棲類が繁殖している。さらには、この流域は、特に<sup>下</sup>流域・沢の生物にとって、とても貴重な生態系であることがはっきりとわかってきた。

今回の調査研究結果から、特に、“小坂志川”が、両棲類の棲息地として、重要な貴重な場所であることがはっきりしたわけだが、それは、まとめると以下の点による。

①；ナガレタゴガエルの棲息数が莫大で、棲息流域が長いことである。

成体(親ガエル)が、平均して流域100m当たり約1,000匹棲息している。

棲息流域が約10kmほどあり、棲息数は成体だけでも10万匹以上である。

このナガレタゴガエルは、1シーズン(1年)に平均で1,500mほども流下する、という驚くべき行動をする。

小坂志川水系全体では、10万匹前後と推測され、一つの川・沢では、もしかすると日本で小坂志川が最も多いのではないかと思われる。私が実際に調査したのは、盆堀川・小坂志川・矢沢だけなので、他の水域については、推測になるが、多摩川水系全体では、少なく見積もっても200~400万匹位いると思われる。東京都で最も数の多いカエルは、間違いなくナガレタゴガエルである。個体数にも驚かされるが、行動学上とても重要なカエルなのである。

②；小坂志川；特に中流部の、太平洋セメント[元；小野田セメント] (株)のロッジ下付近が、特に、特殊・重要で、驚くほど多くの種のカエルがここで、毎年繁殖活動を行っている。

ナガレタゴガエルはもちろん、他にタゴガエル；モリアオガエル；カジカガエル；ヒキガエル；ヤマアカガエル；計6種ものカエルがこのロッジ下付近で多数繁殖活動をしている。また、各支沢や上流部には、ヒダサンショウウオが多数棲息している。日本全体で見ても相当に特殊な地域ではないのかと思われる。

今春(01年)の3月にも、ロッジ下の川の池状の所だけでヤマアカガエルが28卵塊産卵した。

また、モリアオガエルも今年は5月3日から産卵を始め、5月26日現在33卵塊も産卵した。

おそらく、今年は、100卵塊近くは産むだろう。隣の矢沢にも、ナガレタゴガエルは密度的には小坂志川と同じくらいいて、水系全体で8万匹位はいる。また、タゴガエル；ヤマアカガエル；ヒキガエルもいる。しかし、カジカガエルは小坂志川ほどに多数いないし、モリアオガエルも小坂志川ほどに多くはない。矢沢では、小坂志川のロッジ下のような狭い地域で6種もそろい、繁殖活動をしている所もない。

③；幸いこの地域の上流部は、東京都の[桧原南部 都自然環境保全地域]となっていることである。

特に小坂志川は、古くから秋川漁協が手厚く保護してきたため、ヤマメ以外にもイワナやカジカが多数棲息しているのである。そして、小坂志川には、ずっと奥まで林道が入ってはいるものの、本流に1ヵ所も堰堤が無く、護岸されている流域も極めて少ないのである。

秋川水系では、イワナが自然繁殖し、カジカが多く棲息し、流域の長い沢で堰堤が1ヵ所も無いのは小坂志川だけであり、多摩川水系全体で見ても貴重な水系なのである。

## 2；小坂志川流域の土地について；<図1>参照

小坂志川上流部は、昭和55年に〔桧原南部 都自然環境保全地域〕に指定された（東京都の環境保全地域；平成8年発行、等参照）。

また、中流～下流部の半分近くは東京都の土地であるが、残りは、私有地である。特に、小坂志川中流域の右岸は、太平洋セメント(株)(元 小野田セメント(株))の土地で広葉樹がほとんどである。最初、当時の小野田セメント(株)が、碎石目的で購入したのだが、購入直後から、都の自然環境保全地域の間接的規制や環境問題が社会一般に広がり、碎石できない状況になり、その後は、会社のロッジを建てたり、植栽するのみで放置状態になっている。「太平洋セメント(株)としても、碎石はできない状態なので、ここの土地はどこかに売りたい、買ってほしいらしい」、と聞いている。

## 3；小坂志川の保全の理由；

①；ナガレタゴガエルの棲息数が莫大で、かつ、棲息流域が長い。

流域全体で、成体だけで10万匹以上。個体群密度は、1,000匹/100m（流程）。

1シーズン（1年）に、平均1,500mほども流下する。

②；驚くほどに、両棲類が多種多数棲息している。→ 6種のカエル；〔ナガレタゴガエル・タゴガエル・モリアオガエル・アズマヒキガエル・ヤマアカガエル・カジカガエル〕 & 〔ヒダサンショウウオ〕

③；イワナ・カジカも多く、堰堤が1ヶ所も無く護岸もほとんどない。

④；ここ数年小坂志川を始め、矢沢、多摩川水系の大丹波川等、ナガレタゴガエルの捕獲のために荒らされる事が多くなったことである。昨冬、今冬と2年続けて、どこかのグループによるナガレタゴガエル捕獲のために、小坂志川も矢沢も大規模に荒らされてしまった。

⑤；小坂志川中流の太平洋セメント(株)のロッジとその土地を買い取りたいという個人が現れたということを知ったこと。筆者自身、簡単な取材で、読売新聞・毎日新聞・NHKテレビから接触があり、3年前には、読売新聞での取材を受け、小坂志川で私が調査をしていることが載ったりもしました。また、調査地では多くの観察者・研究者と会い話をしました。そんなことの影響や、最近カエルの観察者が増えたこともあり、小坂志川には、年々多くのマスコミヤ観察者が、冬～春に入ってくるようになった。

本報告書が公になれば、この地域はもちろん、他地域でも、一時的にせよ、山の両棲類がネットでの捕獲により乱獲されるだろう。そのために、報告書の内容が広く知れ渡るよりも、早くに、小坂志川は、保全対象として手を打たなくてはと考えている。

⑥；幸い、この地域は、上流部は既に「桧原南部 都自然環境保全地域」である。そして、中流域の土地所有者である太平洋セメント(株)としては、所有している土地を全て、どこかに買い取ってほしい状況なのである。



## 第2節；具体的な小坂志川の保全方法

東京都の自然保護に関する条例は、平成12年12月に一部が改正された。動植物や地域全体の自然環境を保全・保護するには、大きく分けて2つの方法；以下のA Bがある。

A；保全地域として指定すること。「東京における自然の保護と回復に関する条例及び同条例施行規則」（東京都環境局自然環境部、平成13年3月）の第4章に相当。

B；東京都希少野生動植物保護区として指定すること。同上の第5章に相当。

Aでは、保全地域内に、保護すべき動植物の種類ごとに、野生動植物保護地区を指定することができる。現在、この保護地区は、八王子市に5種の植物を対象にした1地区の指定があるだけである。Bでは、Aの保全地域以外で、野生動植物の個体とその生息地・生育地を一体的に保護を図ることを目的としている。

筆者は、小坂志川流域全体を上記Bの東京都希少野生動植物保護区として指定していただきたいと考えている。両棲類の研究では、今までに世界でも類のないような調査結果を理解してもらえれば、何らかの手だてを講じてくれることと考える。筆者自身に、既に多くの研究実績があり、身分地位があれば、より早く話が進むのであろうが、現時点ではそういう状況ではない。どうか、早い時期に保全地域にできればと願うばかりである。

## 第13章 ; 全体のまとめ

### 第1節 ; これまでのナガレタゴガエルの報告

#### ①～⑬の再検討 ; 誤りとその理由のまとめ

- 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] ; 以上①～⑧ (1987, 草野・福山)
- ⑨ [幼生は成長しても全長 2.1 mm ほどにしかならない] (1999, 「日本カエル図鑑」)
- 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] ⇒再検討が必要。
- ⑪ ; 卵径は3.1～3.6mm。⇒再検討が必要。
- ⑫ ; 森林の林床で、昆虫・クモ・ミズなどの土壤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。(⑫⑬は、1996, 「日本動物大百科 第5巻」など)

以上①～⑬については、元々、方法の不備により再検討が必要であった。

ナガレタゴガエルの生態面については、現在まで、有効なデータの元に結論付けられているのは、[繁殖期間]のみなのである。他の生態面については、有効なデータの元に論文になっているものは無い。ところが、結論付けるデータも無いのにもかかわらず、上記の①～⑬以外にも多くのことが、論文上や図鑑上で断定的に記述されているのだ。

筆者は、上記の結論が書かれた論文の調査場所とはほぼ同所で10年間約5万匹捕獲し、筆者自身の多くの研究テーマとは別に、過去の以上の報告についても、様々な方法で再調査した。

本章では、「上記の①～⑬の内容が誤りであること、あるいは、再検証が必要であること」について、再度まとめて理由を簡単に述べる。詳細は各章を読んでいただきたい。

① ; ナガレタゴガエルは、タゴガエル同様に、2つの卵塊に分産卵したり、1卵塊産んだしばらく後に、バラバラ・ポロポロ産み落とすことが多いのだが、この点を全く考慮せずに、単なる野外



の卵塊等での、1つ1つの卵塊の計数によるデータで結論が出され、実数よりかなり少ない値で報告されているのだ。仮に、産卵数や蔵卵数という言葉を使わずに、“i個の卵塊の卵数”という限定句として記述するのなら、今までの報告は許されるかもしれないが。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。このことを考えれば、元々、1つ1つの卵塊では、わかりようがないのである。また、水槽内で産卵させた場合も、最低限、1ペアごとに分けて飼育し、なおかつ、1つの卵塊以外の卵も計数しなくてはならない。なお、一部の図鑑等では、タゴガエルの産卵数も[30個~160個]となったままだが、これも再調査が必要である。

＜なお、ナガレタゴガエルの実際の産卵数は、140~250個、平均180個位である＞。

近年、短報として、[田辺・見澤が、178個(2001)]、[金井・廣瀬が、186個(1997)]、という報告があるが、これは、方法的にも正しく、値としても平均的な値であり正しいのである。

②③；今までの報告は、12時頃に計測した水温のデータによるもので、通いの調査で毎日のデータでもない。最高水温でもなく、最低水温でもなく、平均水温でもないデータによる。水温の日較差や最高水温、最低水温について何ら考慮されていない(→第3章の図6)。また、冬眠場所を調査した上での調査でもない。さらには、冬眠中の1月~2月上旬の水温計測も実施していない。12時頃に計測した温度データ自体は正しいのだが、結論を出せるデータが存在せず、また、結論が誤りであった。12時頃では、晴れた日では、ほぼ平均水温を示し、また、晴天時の日較差(約2℃)を考慮するならば、「最低水温3℃以上で動き出す」「最高水温5℃以上で動き出す」という2つの仮説が導き出せるのみである。しかし、最低水温3℃ほどだが、昼間くもったりして、最高水温が4℃強位にしかならない場合では、動き出さないのである。また、毎年、元々1月の時点で、最高水温で見ると、4℃を超えるのは幾日もあるが動かないのだ。1月中から水温計測していたならば、「1月中に4~6℃になっても繁殖行動を起こさない」ことに気付いたのだろうか。更には、1月~2月初めでも、降雨で増水すると、最高水温は5~7℃に達し、動き出しの水温をはるかに超えるため行動を起こし流下する。しかしこの時期では、内的要因(ホルモン・生殖細胞成熟等)が整っていないために繁殖行動には至らないのである。[冬眠に入ってからの積算日数]が、最も重要な要因で、その次が、水温なのである。予備調査で終わらせず、水温の日較差や最高水温、最低水温についても考慮して調査を実施していたならば、筆者と、全く同じ結論になっていたのである。仮に草野・福山の論文で、「2月以降で、晴れた日で12時頃の水温が4℃以上になると動き出す」という位まで限定した表現にしていたならば、あながち誤りとは言えなかったが。

＜なお、実際の動き出しの水温の、正確な表現は、「2月上旬以降で日最高水温が5.0℃以上になると、繁殖行動を開始する」である＞。寒気の流入など無い、一般的な晴れた日の朝；最低水温が3.0℃だと、およそ12時頃で4.0℃、そして、およそ最高水温が5.0℃になる。

④；元々、水中に近い状態で冬眠しているのだから、パラパラ程度の小雨や風花程度の小雪の日を全て降雨・降雪日として、調査し結論を出すのが不適切であり、無意味なのだ(→第3章の図6)。冬眠場所から考えて、水位・水量で調査しなくてはいけない。なぜなら、1つには、X期(2001年)

のように、晴天の日でも、融雪による大増水が起きるのだから。また1つには、降水量0mmのよう  
な小雨・小雪では、水量・水位は不変であるのだから。

〈なお、実際に水位・水量の増加と繁殖行動とは、相関関係があるのだ〉。

元々、太平洋側の奥多摩では、平年時、ナガレタゴガエルの繁殖期のピーク中に本降りの降雨があ  
ること自体がめったに無い。筆者の経験でもⅡ期(1993年)とⅩ期(2001年)の繁殖期でピーク時の終  
わり頃にあっただけである。ただし、山中ゆえに、太平洋側の冬場でもごくわずかの小雨や風花程  
度の小雪は意外と多いのである。これらを対象として、降雨・降雪と相関関係がないと言っても全  
く無意味である。冬眠場所を考慮するならば、水位・水量を考えなくては行けない。

⑤；元々、草野・福山らの書かれた論文のデータからも1：1は支持されていない(第6章の図2)。

一部のデータを除外して検定し、1：1としているのだ。また、サンプル数が極度に少なすぎて、  
元々、何も結論付けるだけのデータ自体が存在していない。

〈なお、実際の性比は、平均して、♀：♂=1：2～1：3で、顕著に年変動するのである〉。

⑥；秋に流下移動するのかどうか調査せずに推測で断定的な文章で書かれたものである。これも、  
[冬眠場所を調査しなかったこと]に起因している。冬眠場所を調査していたならば、<秋に長距  
離流下移動している>ことはわかったと思われる。

⑦⑧；冬眠場所・産卵場所も、目に付きやすかった所からの報告で、特に調査はせずに、推測で  
断定的な文章で書かれたものである。冬眠場所を調査していれば、秋の移動も推測できただろうし、  
個体数が莫大であることも推測でき、産卵場所等多くのことが、一般の目視の観察ではわかりよう  
が無いことに気づいたと思われる。産卵場所も、水中から目視できるのは、氷山の一角にすぎない  
のだ。

⑫；誰も調査していないのに推測で断定的な文章が書かれている内容である。誰かが、夏の行動  
を調べ、胃の内容物を調べた上で報告するべきだと考える。

⑬；これも、推測で断定的な文章が書かれている内容である。

⑨；飼育下で、たまたま、水量の関係で20mm前後にしかならなかった個体を誰かが報告したもの  
が一人歩きしているようだ。普通に十分な水量で発生させたなら、平均で25～26mmになる。特にま  
ずいことには、各種図鑑において、「幼生は成長しても全長21mmほどにしかならない」と記述し  
ていながら、25～26mmになっている幼生の写真を載せているのである。調査もせずに誰かが口  
にしたことが、ずっと一人歩きしているのだ。いずれにせよ、きちんと、方法を明記し、データの元  
に報告すべきである。

⑩；これも、⑨同様に、一部の人がごく少数のサンプルで報告したものが一人歩きしているよう  
であり、写真も図も報告されていないのである。本文でも書いたが、幼生の歯式は、個体間で変異  
が大きく&同一個体でも形成・退化で変異が大きい。そのため、多数の卵塊・多数の個体・同一個  
体でも毎日のように実態顕微鏡下で観察しなければ、わかりようが無いのである。

⑪；産卵数と同様、方法に規定を設けるべきだと考える。ゼリー層に包まれた卵からゼリー層を

除去して実直径を計測する方法を一定にすべきなのである。一部の報告は、ゼリー層を除去せずに、マイクロメーターで計測しているために、実際よりもかなり大きな値なのである。

## 第2節；本研究が成立できた大きな要因

- ①；動機付けとして、これまでにナガレタゴガエルの生態的研究がされていなかったことである。  
今まで、最低限コントロールされた方法で、データに基づくナガレタゴガエルの生態調査報告が無かったのである。
- ②；膨大な個体数が棲息していたことにすぐに気付けたことである。  
南秋川水系の沢では、成体だけで、棲息流域100mに1,000匹程度棲息している。  
多摩川水系だけで少なく見積もっても、成体だけで、200~400万匹位と推定される。
- ③；調査方法のベースとなる冬眠期に素手等で大量に捕獲できることがわかったことである。  
同様に春眠期にも大量に捕獲できることがわかったことである。
- ④；繁殖個体がほとんど同一年齢であったことである。繁殖個体の約80%は同一年齢であり、このことで、性比の年変動が顕著になり、様々なことがわかった。
- ⑤；④と関連するが、繁殖個体の生残率が極めて低かったこと(15~20%)。このことにより、マーキングの種数が、2年間分で済んだことである。生残率が高いと、3年分は種類がないと、混同してしまい指切り標識個体の追跡ができないのだ。
- ⑥；秋川漁協の方々；特に前参事で現組合長の高取氏や、前参事の下野氏等の協力・許可が受けられたことである。特に溪流釣り解禁以降にもネット捕獲調査許可を受けられたこと。

今回の研究が成立できた大きな要因は以上の①~⑥であった。

この内、⑥が最も重要であった。秋川漁協の許可無しに調査はできないし、特に前述もしたが、溪流釣り解禁以降の3月に調査を実施するには、漁協の協力無しにはありえないのである。

## 第3節；本研究結果の全体のまとめ

第7章の表3に各年度の[個体群密度]・[繁殖個体の生残率]・[流下数]・[繁殖期の平均流下距離]・[性比]をまとめて1つの表にしたので、これも参照していただきたい。

### 1；冬眠 [場所・期間・冬眠への入り方・冬眠中の動き] と春眠 [場所・期間]

- ①；冬眠場所の主要な場所は、水位差が生じる段状地形部の伏流水部の砂利中である。  
いはゆる水中の石の下ではない。ただし、全く水中の石の下で冬眠しないわけではない。
- ②；特定の場所に集中し冬眠することが多い。この特定の場所とは、筆者の言う；巣・団地である。集中する場所の典型例は、第2章<図3>のような州に形成される段状地形の湿った砂利中である。

あるいは、支沢・ガレ沢・小水流が本流部へ流入する所などの扇状地状の段状地形の伏流水部の砂利中である。いずれにしても段状の地形が形成されて、その中を水流が染み込む様に流れている砂利中である。一度知ってしまえば、膝まづいて砂利堀をする感じで、素手とタモアミで、大きな巣では、数mほどで100匹以上は楽に捕獲できるだろう。

③；雄と雌では、若干、冬眠場所の主要場所が異なる。理由の1つは、♂では著しい皮膚の伸長により、より効率よく皮膚呼吸ができ、♀以上に、水中に長く居れることである。

④；奥多摩での冬眠期は、12月中旬～2月上旬である。

⑤；10月中旬～下旬に冬眠準備のため、沢の水際へ移動して来た個体は、少しずつ流下しながら移動し、12月中旬頃に冬眠に落ち着く。

⑥；冬眠に落ち着くのは、最高水温が5℃未満の日が連続するようになることである。

⑦；全体から見ると、秋の方が、繁殖期よりも流下数・流下距離ともに圧倒的に大きい。

⑧；本来冬眠中の1月～2月上旬にも、降雨による最高水温5.0℃以上への上昇のために、行動を起こすことが2年に1度位はある。しかし、十分水温が高くても、内的要因（ホルモン分泌・生殖細胞の成熟等）が整っていないために、繁殖行動にまでは至らない。

⑨；また、1月～2月上旬の冬眠中に、急に冷え、寒波が続いたり、大量の積雪があると、一部の伏流水部が凍結することで、冬眠場所を移動させるために、1～2月上旬にも移動する。

⑩；春眠場所はほぼ冬眠場所と同じである。ただし、半数近くは、水際から陸上部へ少し上がって春眠する。特に、3月末～4月上旬に本格的な降雨が連続するような年では激しい増水・水位上昇のために、4月上旬頃には、もうほぼ全て、水際から陸上へ上がってすきまへ入り込み春眠する。

⑪；春眠期は3月中旬～4月下旬の1ヶ月半ほどである。

## 2；繁殖行動 [繁殖期間・外的誘発要因・場所による違い、等]

①；繁殖行動は、2月上旬以降で、最高水温が5.0℃（0.5℃単位で考えた時）に達すると、開始される。ただし、前述のように1月中旬～2月初めに、5℃を越えても繁殖行動には至らない。つまり、水温の上昇以上に、[冬眠に入ってから積算日数]が重要なのである。

♂の方が♀より若干早く目覚め流下し、大きな淵など、流れのほとんど無い場所に集結し、♀の流下してくるのを待ち受ける。ここで、形成されたペアは、さらに下流へ産卵するのに適した場所を求めながら流下し、主に石の下のすきまに産卵する。

②；奥多摩での繁殖期間は、大きく見ると、平均して2月10日～3月25日位の1ヶ月半である。同一水系でも、水温の差によって、活動開始の日には大きく差がある。

③；繁殖行動の開始日やピーク時は、年によって大きく差があるが、不思議と完全終結は、どんな年でも3月20～25日である。これも、冬眠明けには、まず、[冬眠してからの積算日数]が重要であると同様に、繁殖行動が可能な日数が、ホルモンバランス的に決まってくることに関与しているのだろう。

④；繁殖期のピーク期間は、どんな年でも、1週間前後（5～10日ほど）である。

⑤；筆者が確認した最も早い、産卵を伴う実質的な繁殖行動の開始日は、Ⅱ期（1993年）の2月7日であり、最も遅かったのは、Ⅸ期（2000年）の3月4日である。

⑥；奥多摩では、沢の水温は；1月下旬～2月中旬にかけて最も低温になる。この時期で、日最低水温は、1～2℃、日最高水温は、3～4℃である。特殊な時間帯に周辺に日が射すような地点で無い限り、最低水温は8時頃、最高水温は15時頃、平均水温は12時頃である。晴れた日の日較差は、12～1月では、1.5～2.0℃；2月で2.0～2.5℃；3～4月では2～3℃位である。ただし、天気によって異なる。また、冬場では、日中に日が射す地帯と、24時間全く日の射さない地帯とでは、晴れた日の最高水温が1～2℃は異なる。

⑦；一度最高水温5℃で繁殖行動が開始されても、その後最高水温が4℃前後位に下がる日が連続すると、繁殖行動はほぼ停止する。

⑧；2月中旬以降で、晴れた日ならば、朝の最低水温が3.0℃位だと、最高水温が5.0℃になり、動き出す目安となる。

⑨；繁殖行動・産卵行動の中心は、棲息流域の中流域の下流部である。

ネット捕獲数から見ると、棲息流域の中流域での流下数が最も多い。また、中流域の内でも上流部では、♀全体の流下数に対する産卵済みの♀の割合が0に近いことから、繁殖行動の中心は中流域の下流部である。さらには、水量の少ない支沢でのネット捕獲で、産卵済みの♀がほぼ0匹であることから、繁殖行動地域の中心は、本流部であり、中流域である。

⑩；繁殖行動と水位上昇について；

水位上昇は、水温5.0℃のような、繁殖行動の誘発における必須要因ではない。

しかし、必須要因ではないが、水位上昇と流下数・繁殖行動には相関関係がある。

元々、奥多摩では、ナガレタゴガエルの繁殖期のピーク時に本格的な降雨はめったに無い。筆者が経験したのも、Ⅱ期とⅩ期（1993&2001年）の繁殖期ピーク時の終わり頃の2度だけである。

しかし、この2度の増水時や、毎年繁殖期のピーク後に2回ほどある降雨での増水時には、流下数が増大する。また、Ⅹ期（2001年）は特異な年で、約30年ぶりの積雪になり、繁殖期のピーク時には、晴天にもかかわらず、気温上昇での融雪により、1週間近く大增水した。そのために、流下数が過去最大になった。

つまり、奥多摩などでは、平年では、冬眠期には水位が低く安定しているし、それが必要条件なのだろう。ところが、水位が上昇すると、水温も上がると同時に活動性が高まるのだ。

⑪；繁殖期の流下行動は、♀が主導である。このことが、数字の上からはっきりと示された。実際の雌雄比は、圧倒的に♂の方が多いのにもかかわらず、ネットでマークした個体が、さらに下流のネットで再捕獲される数が圧倒的に♀の方が多いのである。さらには、ネットで捕獲される雌雄比が、実際の雌雄比より♀の比率が大きくなることから、♀が主導で流下行動しているのが伺える。

### 3；流下距離 [秋の流下・冬眠中の流下・繁殖期の流下]

①；秋の流下距離：両棲類の冬眠は、[非繁殖期の行動域でそのまま冬眠するタイプ] と、[非繁殖期の行動域から繁殖場所近くへ移動して冬眠するタイプ] の2つに分けられる。ナガレタゴガエルでは、明らかに後者であり、かつ長距離移動するタイプである。秋の10月中旬～下旬に、沢の水辺に来た個体は、12月上旬～中旬の冬眠に落ち着くまで(=水位の落ち着く頃)、長距離流下する。秋の流下距離は、繁殖期の流下距離よりも長いと推定され、平均で700～800m以上である。

②；冬眠中の1月～2月上旬の流下距離：内的要因(ホルモン、生殖細胞等)が整わない内の冬眠最中にも、水温上昇で行動を起こし流下移動するが、全体的から見れば微々たるもので、平均しても数十m未満程度と思われる。

③；繁殖期の流下距離：小坂志川や矢沢では、平均700～800mほどである。ただし、同水系の同地域でも、繁殖期の水位により、平均流下距離は大きく年変動する。また、同じ水系では、上流域に冬眠していた個体ほど、平均流下距離が長くなる。

④；繁殖期のみ流下距離でも、2,000～3,000m以上に達した個体を多数確認している。

⑤；1シーズンでの平均流下距離は、1,500mほどである。

これは、秋の流下距離+繁殖期の流下距離である。現在、秋の流下調査のデータが1年度分しかなく、あと2年分のデータが増えると、平均流下距離はさらに長くなる可能性がある。

⑥；小坂志川と矢沢では、長年の調査結果から、個体群密度や平均流下距離等、あらゆる面ではほぼ同じである。小坂志川では、堰堤が1つもなく、滝もはるか上流域に1つあるだけである。一方の矢沢には、数m～10mの滝や堰堤が複数あるにもかかわらず、同じなのである。このことから他の水系でも、棲息流域がほぼ同距離の水系では、ほぼ同距離流下すると考えられる。

### 4；個体群密度と、棲息流域の繁殖個体の総数

①；奥多摩での、十分棲息流域のある水系での個体群密度は、約1,000匹/100m(沢の流程)である。

②；これは年変動し、この10年間ではⅠ期～Ⅷ期(1991年12月～1998年12月)では、1,500～2,000匹/100mであったのが、Ⅸ・Ⅹ期では、激減し、1,000匹/100mとなっている。

③；多くのデータから、1999年の春～夏に、広い地域に影響を及ぼす気象的要因があり、奥多摩周辺全体で、個体数が激減したことは確かなのだが、詳しい理由はわかっていない。

④；棲息流域から推測すると、個体総数は、小坂志川水系で最低10万匹以上、矢沢水系(熊倉沢を含む)では8万匹前後である。ただし、これは繁殖個体のみである。

⑤；多摩川水系全体では、成体だけで少なく見積もっても、200～400万匹位棲息していると思われる。南秋川水系では、小坂志川・矢沢の20万弱を含めて少なく見積もってもとも30万匹；北秋川水系で少なく見積もっても20万匹、そして、南秋川・北秋川と養沢川や盆堀川等を含めた秋川水系全体では、少なく見積もっても合計70～80万匹位であろう。そして、多摩川水系全体；(=丹波川、

小菅川、日原川、大丹波川、等々含め、かつ秋川水系も含めた全体)では、少なく見積もっても上記の数字となる。

#### 5；奥多摩のナガレタゴガエル個体群の性比と性比調節

①；長い年数で見ると、平均して、♀：♂=1：2～1：3である。

これは、長年、非繁殖期の冬眠期と春眠期に大量に捕獲したデータによる。

常に、冬眠期と春眠期では、同じ比になったので間違いないと思われる。

②；この1：2～1：3の性比は、1：1～1：4と、年変動する。Ⅰ・Ⅱ期では、1：2であった。Ⅲ・Ⅶ・Ⅸ期では、1：3～1：4であった。が、Ⅹ期には、なんと1：1になった。(Ⅺ期では、1：3～1：4であった。)

③；小坂志川、矢沢での性比が一致することから、おそらく、ほぼ同環境の棲息地では、この値ではないかと考えられる。

④；性比の年変動の理由・性比調節のしくみについては、過去のデータから有力な仮説が立てられているが、本書では、まだ発表は差し控えさせていただく。

#### 6；繁殖個体の生残率

①；ナガレタゴガエルの繁殖個体における1年後の生残率は15～20%位であると推定される。

根拠は； 過去のほぼ多数のデータからの信頼できる計算結果は；

Ⅱ期の繁殖個体の1年後の生残率は12.9%である。(Ⅱ期⇒Ⅲ期での再捕獲確率等、から)

Ⅶ期の繁殖個体の1年後の生残率は5.2%である。(Ⅶ期⇒Ⅸ期での再捕獲確率等、から)

Ⅸ期の繁殖個体の1年後の生残率は14.4%である。(Ⅸ期⇒Ⅹ期での再捕獲確率等、から)

Ⅶ期⇒Ⅸ期の5.2%は例外としても、前年度のマーク個体が調査区間外へ分散していることを考慮する必要があるので15～20%位であろう。もちろん、これは平均的な値であり、特別な気候変動で個体群全体が減少することもあり、時により小さくなる。Ⅶ期⇒Ⅸ期(1999年春～夏)には、何か大きな気象的要因で奥多摩周辺全体のナガレタゴガエルの個体数が減ったのである。なお、Ⅹ期⇒Ⅺ期では、約13%であり、精査中である。

②；つまり、繁殖個体のほとんどが、80%ほどが同一年齢である。このことも1つの重要な要因で、個体群の性比が顕著な年変動を示すのである。

#### 7；野外での、性成熟までの年令：体長(0～満2才まで)

①；2月末～3月初めに産卵され受精した卵は発生を続け6月上旬頃に変態完了し、子ガエルは上陸する。変態完了時は体長7.5～8.0mmほどである。

満1歳：1年目の冬眠前や冬眠期明け頃には、平均26～28mmに成長する。

満2歳：2年目の秋～3年目の春には、35～39mmほどに成長する。

②；冬眠期・春眠期に捕獲された368匹の子ガエル（未成熟個体）の体長は、最小22.0mm～最大45.0mmであった。26～28mm位の個体と35～39mm位の個体では、全く外観が異なり、すぐに区別ができる。

いずれにせよ、空中からはもちろん、見えない所が主要産卵場所である。

③；40.0～43.0mmの個体で♀と思われる（外観では断定はできないが）個体は全て未成熟であった。最大で45.0mmの個体が未成熟であった。一方、筆者の10年間での捕獲調査における最小の繁殖個体の♀は、43.5mmである。43～44mm位が、筆者のこの10年間における結果から推定される、♀の成熟・未成熟の境界体長である。

♂では、この10年間で、繁殖に参加した最小個体は41.5mmである。♂の40mm台前半の個体は、他の繁殖個体と外観が全く異なる。

④；上記の小型♀の性成熟個体（40mm台後半）が、2歳（2年目に性成熟）の一部なのか、3歳（3年目に性成熟）の一部なのか、現在、詳細に調査中である。捕獲される割合から推測すると、2歳だと考えられるのだが？。

## 8；産卵場所・産卵時刻

①；主に、浅いトロ場の大きな石の下のすきまに産み付ける。

[流れのゆるやかな場所の大きな石の下のすきま] や、[流れは早いが水量が少なく、大きな石の下の局所的には流れがない石の下のすきま] などである。山に登る人や釣り師が言う、トロ場でも多少流れの速い大きな石がたくさんある浅いトロ場の、その大きな石の下などである。

大きな淵の岩場にも産卵するが、ここが主要場所とは様々な点から考えられない。

②；ただし、他の多くのカエルが産卵場所が限られているのに対し、筆者のこれまでの観察から言えることは、あらゆる場所；淵・釜・トロから荒瀬・平瀬・砂利中でも産卵していることである。

いずれにせよ、空中からはもちろん、水中からも見えない所が主要産卵場所である。

③；これら産卵場所は、産卵体勢と大きな関係がある。（後述）

④；産卵場所は本流の中流～下流域が中心である。

⑤；産卵時刻は、行動時間と同様に、最高水温後の夕方～24時頃が最も多くなる。最高水温は動き出しの5℃前後までしか上昇せず、明け方に水温が3℃前後まで下がる日では、0時～10時頃は行動が停止し、産卵行動も停止する。一方、最高水温が6℃前後まで上昇し、明け方にも水温が4℃位までしか下がらない日では、明け方には少数にはなるが24時間産卵行動は持続される。

⑥；約90ペアの産卵最中の観察から、飼育下の水槽中で水温が十分高い状況の場合では、産卵時刻は、特別にある時間帯に集中することはなく、24時間どの時間帯でも産卵した。

## 9；産卵体勢・産卵時間・分産卵について；第8章の複数の写真も参照

①；産卵体勢：まず♀が前肢を水底にふんばり、後肢とお尻部分で卵塊を付着させる場所を確認



するかのようなしぐさをし、斜めの倒立姿勢をとり産卵態勢に入る。♂♀ともに、産卵最中は何度も体をそらせる運動を繰り返す。♂は♀が産卵態勢に入った後、産卵開始前では♀の腹を後肢でこするようにして産卵を促す。産卵中の精子を放精中には、足をひろげ水かき全体をくゆらせて、精子を卵塊全体に行き渡らせるような動きをする。

②；産卵時間が長い。産卵に要する時間は、産卵体勢に入ってから産卵終了までだと、平均して10分以上はかかる。産卵が始まってから＝1個目の卵が出てきてからだと、平均して5、6分である。産卵体勢に入ってから、1個目の卵が出てくるまでに時間がかかるのである。お尻の部分、産卵管の孔に2、3個の卵が見えるまでにはなるのだが、出るまでに時間がかかるのだ。

③；産卵後：♂が左右どちらかの片腕を♀の脇からはずし、斜めによたつきながら♀から離れる。その後の動きには、♂♀ともに2タイプがある。1つは、すぐに水面に上がり、しばらく空中に顔や口先を出し呼吸をし、その後に、水底の石の下のすきまや砂利中へもぐりこんで休むタイプ。もう1つは、水面に上がらず、すぐに水底の石のすきまの砂利中へもぐりこんで休むタイプである。また、♂♀での違いは、♀の場合、たいていは、産卵後しばらく2分前後は、水底に死んだように横たわっていることである。そのため、うっかり産卵最中の様子を見逃すと、卵塊のそばに♀がやせさらばえた体で、まるで死んだ様に横たわっていることが目撃される。

④；難産、かつ、産卵に要する時間が長いために、結果的に2つの卵塊に分産卵したり、1つのしっかりとした卵塊を産んだ後に、バラバラ・ボロボロと数個～20個ほど産み落とすことが多数観察された。実際に水槽で観察した約90ペアでは、1回で全てを産卵できない場合の方が、1回で全て産卵できる場合よりも多かった。

⑤；産卵最中に他のペアが接触してくると、産卵を途中でやめてしまう。水槽内での観察では、横に接触されたり、上に乗리카かれても、正常に産卵を継続させた♀は1例も確認されなかった。野外では、特定の石などに、産卵場所・時刻が集中することを考えると、飼育下の水槽内以上に、分産卵が行われていることが想像される。現在までの結果から考えて卵数が100個前後の卵塊や30個ほどの卵塊は、間違いなく分産卵のものと考えられる。

⑥；抱接してから産卵までにも平均して長時間を要する。産卵時間が長いだけでなく、「産みたいのに産めない」場合が多いのである。ほとんどのペアで抱接後すみやかに産卵態勢には入るのだが、1回の試みで産卵できるペアもいるが、産めないペアも多い。何度も何度も産卵態勢に入り、何度も何度も数分間きばり♂♀ともに何度も体をそらせる運動をしながらも産めず、数時間後に再度試み産めず、～、ということを繰り返すペアが多数いるのである。そのため、数日～1週間以上かかって、やっと産卵に成功するペアも多いのである。

⑦；抱接後、数回～10回ほど産卵を試みても、産卵できずに10日後位には♀が死ぬことがある。筆者の観察では5ペアの♀で確認された。実際、調査当時から、野外で繁殖期の終わり頃になると、産卵できていない♀の死骸や、この死骸♀に抱接したままの♂を見かけることがよくあり、当初はなぜかわからなかった。が、今では、これは産卵できずに死んだ♀だと考えている。

⑧；結局4月になっても産卵できずにいる♀もいる。毎年4月の春眠期捕獲時に産卵できていない♀を複数捕獲する。死産には至らなかったのだろう。

⑨；「良い産卵場所を探すために、抱接から産卵までに長時間かかる」という報告があるが、不適切である。抱接後、ほとんどのペアで、すみやかに産卵態勢には入る。産みたくても産めないのだ。これは、実際の産卵行動や産卵場所を調査せずに推測からの報告である。

## 10；実際の産卵数・蔵卵数

ナガレタゴガエルでは、タゴガエル同様に、一度の産卵で全部出し切れることが少なく、2つの卵塊に分産卵したり、1卵塊+バラバラの卵の産み落としが多いので、産卵数の調査では、この点を考慮する必要がある。また、1卵塊で全卵が産卵された場合でも、ダルマ状の卵塊になることがしばしばである。

①；体長48mm前後の♀（満2歳？or満3歳；一般よりも早く成熟した♀）の産卵数は、60～70個のことが時にある。ただし、これら小型の♀でも、たいてい140～200個ほどの産卵数である。

②；一般的な産卵数は140～250個ほどで、平均180個ほどである。

③；卵数が60～100個前後の卵塊や30～50個ほどの卵塊は、間違いなく分産卵のものと考えられる。特に、60～100個のしっかりした卵塊は、1対の卵巢の片方の卵巢のもの、あるいは、早熟の♀（2歳？）のごく一部で、卵の成熟が悪く、成熟卵が半分ほどであった個体のものである。1つの卵巢のうちには、70～120個ほどの卵をかかえている。基本的に、130個以下の蔵卵数はありえない。

## 11；ナガレタゴガエルなどタゴガエル卵の発生における大きな特徴

①；卵の大きさ： 直径は3.0mm強で、卵黄が多いタイプである。

②；発生過程の色彩： ヒキガエルやニホンアカガエルなどの卵を同じ大きさに拡大して発生過程を見ても、ナガレタゴガエル卵のように凹凸がはっきりとせず観察しにくい。これは、卵黄が、ヒキガエルとモリアオガエルの中間位の量であることのためである。モリアオガエル卵では、ほぼ全体が卵黄で占められ、魚のように盤割に近いような卵割様式になる。ナガレタゴガエルでは、モリアオガエルとヒキガエルの中間的なタイプである。それゆえ、大きいだけでなく、色彩上からも、卵割の様子が鮮明に観察できる利点がある。特に、高校生物の初期発生で扱われる、[原腸胚期における；原口や卵黄栓の形成過程]や、[神経胚期における；神経板や神経管の形成過程]が色彩上、凹凸がはっきりとし、とてもよくわかるのである。第9章<図1>

③；幼生の腹部が一貫して透けて見える： タゴガエルの仲間の卵では、極端に腹部が透けていて、内部の各器官が形成する過程が肉眼や実態顕微鏡で観察できるのである。例えば、前肢が形成されていく状態も見えるのだが、後肢とほぼ同時進行なのである。また、3葉の肝臓がはっきりとわかるし、緑色の胆のうもはっきりとわかる。えらが肺へ移行する状態や、心臓の2心房などもはっきりとわかるのだ。

## 12；幼生の特徴；全長、歯式

①；幼生は、最大全長が平均して25～26mm前後となる。この時、体長：全長＝1：3.2～3.4ほどになり、尾が長い。個体によっては、30mm近くに達する。

また、飼育下では、野外よりも全長は平均して小さくなる。

②；全長の個体差は、異常個体でない限り、主に尾の長さによる。筆者の現在までの経験では、20mm位にしかならなかった個体でも28mm前後に達した個体でも、平均した25～26mm位の個体と体長や体幅があまり変わらなかった。野外の幼生ほど、尾がしっかりとっていて長いのである。

③；ナガレタゴガエルの歯式は、本郷や岩沢が詳しく述べているタゴガエルと同様、個体差が大きく、個体による変異が大きい。また、同一個体でも形成・退化の過程で変化が激しい。

④；歯式 (Labial teeth formula：LTF) は、完成時には、下の歯列は4列となり、<第9章；図7>のように、1：2＋2/2：2＋2 となる。1：2＋2/1：2＋2で終える個体も多いが、それでも口器の下の部分の下唇には歯列のための4列のひだがある。

## 13；ナガレタゴガエルの1年間における行動季節区分

[冬眠期；12月上・中旬～2月上旬]：[繁殖行動期；2月上旬～3月中・下旬]：[春眠期；3月中旬～4月末]：[夏の行動期；5月～10月上・中旬]：[秋～冬の流下期；10月中旬～12月上・中旬]：に区分される。

現在まで、夏に関しての報告は全く無く、筆者自身データが無い。夏にも、大量に捕獲し、胃の内容物を調べたり、行動追跡を実施していくことが、今後の最大の課題である。

## 14；個体群の地域差の比較

当初は、意外だったのだが、小坂志川・矢沢という別水系の個体群でも、個体群密度・流下距離・性比の年変動、等がほぼ同じであった。それゆえ、流下数も生残率も、あらゆる面で同じであった。矢沢では滝や堰堤が多く、小坂志川では全く無く、沢の雰囲気・流れの様子が異なるのにである。

このことから、筆者の主目的の1つでもあった、「別水系の比較」に関しては；

棲息流域が十分にある水系での、ナガレタゴガエル個体群の特徴は、前述してきたことがほぼ全て当てはまると考える。ただし、降雪、融雪、水位の関係から、日本海側の山中の個体群においては、独特な相違点があるのではないかと、常々想像している。

## 15；ナガレタゴガエル以外の両棲類も長距離流下する

①；奥多摩では、ナガレタゴガエルの♂→ナガレタゴガエルの♀→ヒダサンショウウオ→ヤマアカガエルの♂→ヤマアカガエルの♀→ヒキガエル→カジカガエルの順で流下してくる。

毎年、ナガレタゴガエルの繁殖活動の終わり頃になると、ヤマアカガエルの♂が多くなる。そして、ヤマアカガエルの♀が多くなり、ヒキガエルやカジカガエルが流下してくると、それはナガレ

タゴガエルの流下の終わりを意味する。極端な寝坊の小型♀などでも、3月末で終わりである。

②；ただし、秋にも長距離流下移動するのは、ナガレタゴガエルとヤマアカガエルのみである。

③；特にヤマアカガエルは、ナガレタゴガエル同様に、驚くほどに長距離流下する。

ヤマアカガエルでも一部マーキングしたのだが、2,000m以上流下した個体も複数確認し、長距離、上流へ遡った個体も確認している。

#### 16；沢にネットを設置し、捕獲調査をする際の注意点(1)、(2)、(3)

(1)小坂志川や矢沢レベルの沢で、本流にネットを設置して調査をしようと思うならば；

現地にはほぼ住み込む形で調査する気がないのならやってはならない。死なせたり、衰弱させたりするからである。なぜかという、ネットの回収を毎日複数回、深い山中で実施し続けるには、通いでは無理であるから。そして、死なせない・衰弱させないために次の2点を守るべきである。①；繁殖期間の前やほぼ終結する頃は、1日1回の回収でよいが、繁殖期間中は、1日に数回、特にピーク時には、1日に2～4時間おきには回収すること。②；繁殖期のピーク前や、ピーク後でも、昼間暖かかったのに、翌朝急に冷える日には、夜半～明け方にかけて、複数回収すること。

(2)必ず、その水系の漁協に許可を得ること。

(3)林道が入っている沢での調査になり、毎日、林道を何往復もすることになる。それゆえ、場合によっては、その森林組合にも断って調査をするべきである。

#### 17；いまだ多く残されているナガレタゴガエルの生態面での研究課題

現在精査中で重要な点で明かせないテーマは別として、幾つかあげると、

①；夏の行動である。食性は？、夏眠するのか？、等であり、夏の行動がわかれば、現在抱いている多くの研究テーマについて、有力な仮説が立てられるのだが・・・。

②；なぜ、これほどまでに個体数が多いのか？。考えようによっては、タゴガエルやカジカガエル、ヤマアカガエルでも、ナガレタゴガエルに近い位の棲息数がいてもいいわけである。ところが、ナガレタゴガエルは、約1,000匹/100mも棲息し、多摩川水系だけでも、成体のみで200～400万匹以上は、棲息している。今まで誰もナガレタゴガエルの生態調査をしなかったために、知られていなかったのである。この莫大な棲息数の理由は、[鳴き声が聞こえず捕食者に発見されにくいこと]：[繁殖期が早いことから捕食者に発見されにくいこと]：[産卵場所が石の下のすきまなどで水中の捕食者からも発見されにくく捕食されにくいこと]；などだけでは、説明がつかないのではないか？。いずれにせよ、鍵になるのは、夏の行動・食性なのだ。

③；棲息流域の規定要因である。どれほど下流まで棲息できるのか？。

夏において、上流・中流・下流、どのような流域が最適なのか？などである。

④；天敵・捕食者である。現在、様々なデータから、奥多摩での最大の天敵・捕食者は、イノシシだと考えている。奥多摩では、冬場を中心に毎年イノシシ猟が行われる。仕留められたイノシシ

は胃の中身を調べる習慣があるのだが、この胃の中から、ナガレタゴガエルやヒダサンショウウオや沢ガニが多数出てくるのである。また、紀伊半島地域では、昔から、ブチサンショウウオのことを「シムシ」とか「イノシシゴンタ」などと呼ぶ。イノシシが好んで食べるからである。調査地でも、冬眠期や春眠期にイノシシが砂利堀してナガレタゴガエルや沢ガニを食べた痕跡を多数確認している。イノシシにしてみると、沢ガニは1年中、ナガレタゴガエルについても10月末～4月末まで半年以上にも渡って、砂利堀して大量に捕獲できるのである。夏場では、イタチ、テン、ヘビが続くのだろう。カワネズミの捕食を強調している報告が一部であるが、あまりに不適切だと考える。筆者自身、カワネズミをネットで捕獲したことも、タモアミで捕獲したこともあるし、ナガレタゴガエルを食べられてしまったこともある。しかし、カワネズミなどは、ナガレタゴガエルを食べられるのは、ナガレタゴガエルの繁殖期のピーク時の1週間ほどしかないのである。

### 18；小坂志川流域全体の生態系保全についての提言

調査地の1つ、小坂志川は、ナガレタゴガエルを始め、驚くほどに多くの両棲類が繁殖している。さらには、この流域には、特に溪流・沢の生物にとって、とても貴重な生態系であることがはっきりとわかってきた。そのため、よりここ小坂志川の生態系を明らかにするとともに、東京都に小坂志川流域全体の生態系の保全を働きかけていきたいと考えている。その具体的理由と具体的方策は、第12章を参照していただきたい。

### 19；ナガレタゴガエルの行動生態における3つの大きな疑問とその答え

(1)；

→<なぜ、長距離、意識的に流れ下るの？>→ [繁殖行動のため、そして、難産だから]

＝世界的に見て、このナガレタゴガエルほど、長距離移動（流下）するカエルは報告されていない。そして、溪流の沢の水中を流下移動し、さらに沢沿いを長距離遡る習性のあるカエルもこれだけである；元々、溪流性のカエルが少ないことも1つの理由です。

→私は、韓国や中国でも、私と同様な方法で調査がなされたなら、ナガレタゴガエルと同様な沢を長距離流下移動する&沢沿いを遡るカエルが発見されると推測しています。

①； [流れ下る・移動する] のは、繁殖行動のため。産卵場所への移動のためである。

両棲類では、一般的に、どのカエルでも、どのサンショウウオでも、回帰性・帰巢性の習性がある。自分の生まれた繁殖場所で繁殖行動をするのである。特に止水性のヒキガエルやアマガエルやモリアオガエルでは、全く同じ池・沼へ戻り産卵する。

→なぜ戻れるのか？ ごく一部、調査研究された報告例では、「におい」によって戻れるのだろう、ということである。一方、ナガレタゴガエルなど流水性のカエルでは、元々、産卵場が流動的なため、完全に自分が生まれた場所に戻るわけではなく、ほぼ同じ場所、とか、同じ沢、とか言う意味である。

②；では、ナガレタゴガエルが、世界にも類を見ないほどに長距離流れ下るのは、なぜ？

→根本的な理由はわからないが、「難産だからである。産みたいのに産めず、そのため、♂が早に抱接してから産卵に成功するまでに長時間、長い日数を要し、流下する。」

→「でも、それならば、産むまでに日数を要しても、別に泳ぎ流れ下らず、ずっと最初に気に入った近くの産卵場所にいればよいのではないのですか？」と言われてしまうと良い返答ができないのが実情です。まるで、「なぜ、サケが長距離、回遊する必要があるのか？」のように。

③；特に、「良い産卵場所を探し回って、長距離流れ下るのではありません。」それは、水槽でペアの様子をじっくり観察したり、野外の産卵場を観察してわかったことなのです。

→ペアは、皆、たいていすみやかに、産卵をしようとは試みるのです。しかし、産み出せないのです。それを繰り返すのです。一度、何度もきばって産卵しようと数分間頑張っても産めず、その後、数時間から丸1日ほどして、再度、産卵を試みて、また産めず、それを繰り返すのです。更には、やっと産卵が成功する場合でも、数個ずつ卵を産み出していき、全卵を出し切るまでに長時間を要するのです。そして、やっと産卵し終わると、オス・メス共に死んだようにぐったりとなり、しばらく横たわるのです。それは、もう誰もが感動します。そして、良い産卵場など野外にはいくらでもあるのです。このことは、1つの沢に数万匹も満遍なく棲息していることから推測できるでしょう。

(2)；

→<なぜ、他のカエルに比べ、桁違いに(2桁も3桁も違うほどに)、棲息数が、棲息密度が莫大なのか？> =完全な適切な答えは無いのが実情です。

下記のような、幾つかの理由・要因はあげられるのですが、それだけでは説明が付かないほどに、他のカエルに比べ莫大な数が棲息しているのです。

逆に見ると、他のカエルがなぜそんなに少ないのか？と私は問いかけたいくらいです。

<棲息数が莫大でありうるための、はっきりとしている理由>；

- ①；山地の沢の源流部に棲息し天敵が少なく捕食されにくい。
- ②；繁殖時期が2月という冬の終わりで、やはり多くの天敵がまだ冬眠中であり捕食されにくい。
- ③；山地というだけでなく、鳴き声が聞こえず、極めて天敵に気づかれにくく、捕食されにくい。  
(→同じ山中のタゴガエル・ヤマアカガエル・カジカガエル、等は、鳴き声が聞こえるために、すぐに人にも天敵にも気づかれる。)
- ④；産卵場所も、空中からでも・水中からでも、気づかれにくいような、石の下のすきまに隠すように埋め込むように産むため、空中の天敵からも・水中の天敵からも、卵さえも捕食されにくい。
- ⑤；幼生(オタマジャクシ)は、ほとんど餌を食べずに、自身の多量の卵黄ですみやかに成長し変態する&極めて敏捷で、魚の幼生のように泳力にたけていて、普段は沢の水中の石・砂利のすきまにかくれていて、幼生時にも天敵に見つかりにくく捕食されにくい。

(3)；

→<なぜ、日本で最も棲息数が多く・本州各地に棲息し、世界でも類を見ないような長距離移動していることが、今まで知られずに来たの？ 調査されずに来たの？>

①；「元々山中に棲息し人目に付きにくい」

②；「両棲類の生態の研究者が皆無に等しい状態である」

③；「山中に棲息しているのみならず、鳴き声が聞こえないために、ほとんど気づかれない」

④；「繁殖時期がまだまだ寒い時期で釣り人もほとんど入らない時期であり気づかれにくい」

⑤；「さらに繁殖行動の期間のピークがわずか5～10日間ほどである」

⑥；「産卵場所の主要場所も、空中からも水中からも見えない石の下のすきまで気づかれにくい」

以上の理由から、今まで、このナガレタゴガエルの本当の姿・生態は、知られずに；調査されずにきたのである。

## 第14章 ; 謝 辞

まず始めに、本研究調査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。特に、筆者の私的な事情から、報告書の原稿をずいぶんと遅延させてしまい大変迷惑をかけたのだが、こころよ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、前々参事であり現組合長の高取 良作氏、漁協事務所の森屋 安子氏には、長年にわたりお世話になった。また前参事の下野氏、現参事の宮崎氏、漁協事務所の足利氏にも、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、調査地の小坂志川にある、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。同様に、中西 通雄氏には、調査地の笹平の家を3年間にわたって貸していただいた。また、現地での8mm撮影に関して、元；五日市町役場、現；あきる野市役所の栗原 達夫氏に大変お世話になった。他にも、調査地では、地元の多くの方々にも助けていただいた。ここにお礼を述べさせていただきます。

一方、研究面では、元；東京学芸大学の岡 俊樹先生、現；東京学芸大学の 高城 忠先生には、大変お世話になった。また、現；東京学芸大学附属高等学校の生物科教諭の中西 克爾先生にも、大変お世話になった。また、引用文献で、度々名前をあげさせていただいた、国立科学博物館付属自然教育園（東京都港区）の久居 宣夫先生には、当時筆者には手に入りにくかった文献を数本送っていただき、ご教示も頂き大変助かった。また、「シムシ」のことを教えてくださった動物写真家の松久保 晃作氏や、調査開始時にナガラタゴガエルのことについて、その当時までで推測された事を元に質問に答えていただいた東京都立大学の草野 保先生や、調査地の各種情報を教えていただいた桧原村役場の方々、小坂志川の保全について相談のって下さった東京都環境局自然環境部の川津 雄一氏、小坂志川・矢沢の1/5,000の林班図をコピーして下さった東京都林務課の方々、多くの情報を教えていただいた地元のイノシシ猟のグループの方々にお礼を述べる。



## 第15章 ; 引用文献

### 1 ; 総説や書籍

#### (1) 両棲類の生態全般にわたるもの ;

Duellman, W. E. and Trueb, L. (1994) 「Biology of Amphibians」 The Johns Hopkins University Press, London.

石居 進. (1997) 「カエルの鼻」八坂書房, 東京.

松井 正文. (1996) 「両生類の進化」東京大学出版会, 東京.

奥野 良之助. (1995) 「金沢城のヒキガエル」どうぶつ社, 東京.

Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzky, A. H. and Wells, K. D. (1998) 「Herpetology」 Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Stebbins, R. C. and Cohen, N. W. (1995) 「A Natural History of Amphibians」 Princeton University Press.

浦野 明央. and 石原 勝敏. (1987) 「ヒキガエルの生物学」裳華房, 東京.

#### (2) 冬眠・夏眠の生理面

Feder, M. E. and Burggren, W. W. (1992) 「Environmental Physiology of the Amphibians」 The University of Chicago press, Chicago & London.

#### (3) 性比調節

Armstrong, C. N. and Marshall, A. J. (1964) 「Intersexuality」 Academic Press

Bacci, G. (1965) 「Sex Determination」 Pergamon Press

Bull, J. J. (1983) 「Evolution of sex determining mechanisms」 The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., Menlo park, California.

Chrnov, E. L. (1982) 「The Theory of Sex Allocation」 Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Hayes, T.B. (1998) 「Sex Determination and Primary Sex Differentiation in Amphibians : Genetic and Developmental Mechanisms」 J. Experimental Zoology 281 : 373-399.

Norris, D. O. and Johns, R. E. (1987) 「Hormones and reproduction in fishes, amphibians and reptiles」 Plenum Press, New York, New York.

Scherer, G. & Schmid, M. (2001) 「Genes and Mechanisms in Vertebrate Sex Determination」 Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Berlin.

Solari, A. J. (1994) 「Sex Chromosomes and Sex Determination in Vertebrates」 CRC Press Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo.

#### (4) 発生

Fox, H. (1983) 「Amphibian Morphogenesis」 Humana Press, Clifton.

## (5) 図鑑

- 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.
- 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.

## 2 ; その他の文献

- 青柳 正彦., Bufo研究会. and 宇和 紘. (1977) 美鈴湖におけるヒキガエル (*Bufo bufo formosus*) の産卵行動に関する研究. 信州大学理学部紀要 12 : 65-77.
- Berry, P. Y. (1964) The breeding patterns of seven species of Singapore Anura. J. Anim. Ecol. 33(2) : 227-243.
- Breckenredge W. J. and Tester J. R. (1961) Growth, local movement and hibernation of the Manitoba toad, *Bufo hemiophrys*. Ecology 42 : 637-646.
- Burton, T. M. and Likens, G. E. (1975) Salamander populations and biomass in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. Copeia 1975 : 541-546.
- Chang, J. C. W. (1992) ツチガエルの繁殖行動について. 爬虫両棲類学雑誌(講演要旨) 14 : 208.
- Chang, J. C. W. (1994) Multiple Spawning in a Female *Rana rugosa*. Jap. J. Herpetology 15 : 112-115.
- Gosner, K. L. (1960) A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. Herpetologica 16 : 183-190.
- Hertwig, R. (1912) Ueber den derzeitigen stand des sexual-problems. Biol. Zbl.32 : 1-45.
- Heusser, H. (1968) Die Lebensweise der Erdkrote *Bufo bufo* (L.) ; Wanderrungen und Sommerquartiere. Rev. Suisse Zool. 75 : 927-982.
- Heusser, H. and Otto, J. (1968) Wandertrieb und populationspezifische Sollzeit der Laichwanderung bei der Eudkrote, *Bufo bufo* (L.). Ibid. 75 : 1005-1022.
- Heusser, H. (1969) Das Orientierungsproblem. Ibid. 76 : 443-518.
- 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, I・4. 行動生態学. 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.
- 本郷 敏夫. (1974) タゴガエルの幼生歯. 採集と飼育 36 : 150-151.
- 本郷 敏夫. (1977) オタマジャクシの歯式に関する検討. 秋田自然史研究 9 : 1-3.
- 本郷 敏夫. (1978) カエルの幼生歯形成過程の類別. 生物秋田 22 : 13-16.
- Ichikawa, M. (1931) On the development of the green frog, *Rhacophorus schlegelii* var. arborea. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ, Ser B 6 : 17-38.
- 市川 衛. (1938) 一種の山赤蛙 *Rana tagoi* OKADA の発生; 特に胚の適応形質に就て. 動物学雑誌 50 : 62-81.
- 市川 衛. and 田原 胖. (1966) ヒキガエルの発生段階図表. In 「脊椎動物発生学」久米 又三. (編). p.178-195. 培風館, 東京.
- 市川 衛. and 田原 胖. (1989) ヒキガエルの発生段階表. In 「脊椎動物の発生(上)」岡田 節人 (編). p.357-373. 培風館, 東京.
- Ishii, S., Kubokawa, K. and Kikuchi, M. (1995) Orientation of the Toad, *Bufo japonicas*, toward the Breeding Pond. Zoolog. Sci. 12 : 475-484.
- 石原 勝敏. (1980) 発生学実験. 発生学実験 (科学と実験). 共立出版, 東京.
- 石原 勝敏. and 田中 昌子. (1977) アフリカツメガエルの発生 (1). 遺伝 31, 88-96.
- 石原 勝敏. and 田中 昌子. (1978) アフリカツメガエルの発生(2). 遺伝 32, 32-42.
- 石原 勝敏. and 山上 健二郎. (1983) 図説; 教材生物 (下); 科学と実験 (別冊). 下, pp 173-181. 共立出版, 東京.
- 岩澤 久彰. (1965 a) 無尾両生類 5 種における変態経過の比較考察. 医学と生物学 71 : 340-343.
- 岩澤 久彰. (1965 b) タゴガエルにおける短い蝌蚪期と甲状腺機能との関係. 解剖学雑誌 40 : 214-219.
- 岩澤 久彰 (1971) タゴガエル. 遺伝 25 : 39-42.
- 岩澤 久彰. (1975) タゴガエルの幼生歯の発生と脱落. 爬虫両棲類学雑誌 6 : 14-15.
- 岩澤 久彰. (1987) 発生段階図表. In 「ヒキガエルの生物学」浦野 明央. and 石原 勝敏. (編) p.256-265. 裳華房, 東京.
- 岩澤 久彰. and 河崎 直子. (1979) モリアオガエルの発生段階図表. 爬虫両棲類学雑誌 8 : 22-35.
- 岩澤 久彰. and 森田 由美子. (1980) トウキョウダルマガエルの発生段階図表. 動物学雑誌 89 : 65-75.
- 岩澤 久彰. and 二上 順子. (1992) ニホンアマガエルの発生段階図表. 爬虫両棲類学雑誌 14 : 129-142.
- 梶島 孝雄. and 江口 吾朗. (1966) イモリの発生段階表. In 「脊椎動物の発生」久米 又三. (編) pp154-177. 培風館, 東京.

- 梶島 孝雄. and 江口 吾朗. (1980) イモリの発生段階表. In 「発生学実験 (科学と実験;別冊)」 石原 勝敏 (編) pp242-245. 共立出版, 東京.
- 梶島 孝雄. and 江口 吾朗. (1989) イモリの発生段階表. In 「脊椎動物の発生(上)」 岡田 節人. (編) pp333-355. 培風館, 東京.
- 懸川 雅市. and 岸 富士夫. (1993) ヒダサンショウウオの水中越冬と繁殖. 爬虫両棲類学雑誌 (講演要旨) 15 : 80-81.
- 金井 賢一郎. and 廣瀬 文男. (1997) 群馬県産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.
- 久保田 敏. and 懸川 雅市. (1987) 新種ナガレタゴガエルの観察 (生物教育学会講演要旨集). 生物教育 9.
- Kuramoto, M. (1978) Correlations of quantitative parameters of fecundity in amphibians. Evolution 32(3) : 287-296.
- 草野 保. (1990) 清流に潜むナガレタゴガエル. アニマ 213 : 39-43.
- 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. p.34-35. 平凡社, 東京.
- 草野 保. and 福山 欣司. (1986) ナガレタゴガエルの繁殖生態 (講演要旨). 爬虫両棲類学雑誌 11 : 196-197.
- 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. and Fukuyama, K. (1989) Breeding Activity of a Stream-Breeding Frog (*Rana* sp.) In 「Current Herpetology in East Asia」 Matsui, M., Hidaka, T. and Goris, R. C. (編) Herpetol. Soc. Jap., Kyoto., Kyoto.
- Kusano, T., Fukuyama, K. and Miyasita, N. (1995) Age determination of the Stream Frog, *Rana sakuraii*, by Skeletochronology. J. Herpetology 29 : 625-628.
- Lamote, M. (1959) Observations ecologiques sur les populations naturelles de *Nectophrynoides occidentalis* (fam. Bufonides), Bull. Biol. France Belgique. 43 : 355-413.
- 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.
- 松井 孝爾. (1982) 新種「ナガレタゴガエル」を発見. アニマ 111 : 12-18.

- 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
- Moriya, K. (1954) Studies on the five races of the Japanese pond frog, *Rana niguromaculata* Hallowell I. Differences in morphological characters. *J. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B, Div. 1*, 15 : 1-21.
- 長島 義介. (1980) 弥彦山に見られるタゴガエルの生態. 採集と飼育 42 : 150-151.
- 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.
- Nieuwkoop, P. D. and Faber, J. (1967) Normal Table of *Xenopus laevis* (Daudin). Normal Table of *Xenopus laevis* (Daudin). pp 252p+VI. North-Holland Pubi.Co., Amsterdam.
- 落合 照雄. (1983) ニホンヒキガエルの生殖期の集合行動 1. 採集と飼育 45 : 350-354.
- 落合 照雄. (1983) ニホンヒキガエルの生殖期の集合行動 2. 採集と飼育 45 : 396-397.
- 落合 照雄. (1984) ニホンヒキガエルの生殖期の集合行動. 採集と飼育 46 : 442-444.
- 小椋 吉範. (2001) 渓流域に生息するカエルの越冬の状況 (Hibernation of stream-dwelling frog 爬虫両棲類学会報 (第37回講演要旨) 50.
- 奥野 良之助. (1984) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究 I. 生息場所集団とその交流. 日本生態学会誌 34 : 113-121.
- 奥野 良之助. (1984) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究 II. 活動性と気象条件の関連. 日本生態学会誌 34 : 217-224.
- 奥野 良之助. (1984) ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然史的研究 III. 活動性の季節変化と終夜変化. 日本生態学会誌 34 : 331-339.
- 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齢. 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. 成長とともに移動と定着. 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. 年齢・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. 生息場所集団の年齢構成と個体数変動. 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ⅫⅢ. 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ⅫⅣ. 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.
- Oldham, R. S. (1967) Orienting mechanisms of the green frog, *Rana clamitans*. Ecology 48 : 477-491.
- 大木 淳一. and 長谷川 雅美. (2000) 房総半島に生息するタゴガエルの産卵及び越冬場所に関する地質環境. 爬虫両棲類学会報 (講演要旨) 2000 (1) : 52.
- Ryuzaki, M., Takizawa, N. and Ito, M. (1996) Karyotypes of *Rana sakuraii* and *Rana tagoi* distributed in Nishitama district in Tokyo. Zoolog. Sci. (講演要旨) 35.
- Ryuzaki, M., Takizawa, N. and Ito, M. (1997) Evidence for heteromorphic sex chromosomes in males of *Rana tagoi* and *Rana sakuraii* in Nishitama district of Tokyo. Chromosome Res. : 31-42.
- 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.
- 芹沢 俊介. and 金井 郁夫. (1970) ヒキガエルの観察. 東京都高尾自然科学博物館報 2 : 25-46.
- 芹沢 孝子. and 芹沢 俊介. (1990) トノサマガエル-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. Jap. J. 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-ダルマガエル複合群の繁殖様式Ⅳ. トノサマガエル-ダルマガエル複合群の繁殖様式. Jap. J. Herpetology 13 : 80-86.
- Sinsch, U. (1990) Migration and orientation in anuran amphibians. Ethology, Ecology and Evolution 2 : 65-79.
- 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.

- 菅原 隆博. (1990) 京都北山におけるタゴガエルの繁殖生態. (講演要旨) 爬虫両棲類額雑誌 13 : 145.
- 田原 胖. (1959) ニホンアカガエルの正常発生段階表. I. 初期発生 (Stages1-25). 実験形態学雑誌 13 : 49-60.
- 田原 胖. (1974) ニホンアカガエルの正常発生段階表. II. 後期発生 (26-40). 大阪教育大学紀要 23 : 33-53.
- 竹中 踐. (1989) エゾアカガエルの繁殖行動. 爬虫両棲類学雑誌(講演要旨) 13 : 46.
- 竹中 踐. (1994) エゾアカガエルの繁殖行動 2. 爬虫両棲類学雑誌(講演要旨) 15 : 150.
- 竹中 踐. (1997) エゾアカガエルの繁殖時間帯. 爬虫両棲類学雑誌(講演要旨) 17 : 68.
- 田辺 真吾. and 見澤 康充 (2001) 滋賀県からのナガラタゴガエルの記録. 爬虫両棲類学会報 2001 (2) ; 66-68.
- 田中 昌子. (1980) アフリカツメガエルの発生段階図. In 「発生学実験 [科学と実験; 別冊]」. 石原 勝敏.(編) p. 246-253. 共立出版, 東京.
- 田中 昌子 (1983) アフリカツメガエルの発生段階図. In 「図説; 教材生物 [科学と実験; 別冊]」. 石原 勝敏. and 山上 健二郎.(編) p. 173-181. 共立出版, 東京.
- Tanaka, T., Matsui, M. and Takenaka, O. (1994) Estimation of phylogenetic relationships among Japanese brown frog from DNA sequences. Zoolog. Sci. (講演要旨) 36.
- Tanaka, T., Matsui, M. and Takenaka, O. (1995) Molecular phylogeny of Japanese brown frogs. Zoolog. Sci. (講演要旨) 38.
- Tanaka, T., Matsui, M. and Takenaka, O. (1996) Phylogenetic Relationships of Japanese Brown Frogs (*Rana* : Ranidae) Assessed by Mitochondrial Cytochrome b Gene Sequences. Biochem. Syst. Ecol. 24 : 299-307.
- 十亀 好雄 (1974) ヒキガエルの正常発生. 遺伝 28 : 33-39.
- 東京都環境局. (平成13年3月) 「東京における自然の保護と回復に関する条例及び同条例施行規則」, 東京都環境局自然環境部計画課 (編).
- 東京都環境保全局. (平成8年3月) 「東京都の保全地域」, 東京都環境保全局自然保護部保全課 (編).
- Tunner, H. G. (1992) Locomotory behaviour in water frogs from Neusiedlersee (Austria, Hungary). 15km migration of *Rana lessonae* and its hybridogenetic associate *Rana esculenta*. Proceedings of the 6th Ordinary General Meeting of the Societas Europaeae Herpetologicae, Budapest. 449-452.
- Tupa, D. D. and Davis, W. K. (1976) Population dynamics of the San Marcos salamander, *Eurycea nana* Bishop, Texas J. Sci. 27 : 179-195.
- Twitty, V. C. (1959) Migration and Speciation in Newts. Science 130 : 1735-1743.

- Twitty, V. C., Grant, D. and Anderson, O. (1964) Long distance homing in the newt *Taricha rivularis*. Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A. 50 : 51-58.
- Twitty, V. C. (1966) Of Scientists and Salamanders. Freeman, San Francisco, CA.
- 宇和 紘., 渡辺 雄二., 板倉 康則., 浅井 聡司. and 塩野 拓久. (1981) ヒキガエルの産卵出動の地温による予測. 動物学雑誌 90 : 157-163.
- 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.



---

あきか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  
せいたいがく はっせいがかくてきけんきゅう せいそくかんきゅう ほぜん  
生態学・発生学的研究と棲息環境の保全について」

(研究助成・一般研究VOL. 23-No.131)

著者 みわときお 三輪時男  
発行日 2002年3月31日  
発行 財団法人とうきゅう環境浄化財団  
〒150-0002  
渋谷区渋谷1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)  
TEL (03)3400-9142  
FAX (03)3400-9141

---