

ヒキガエルの生態学的研究

(I) 個体数の推定 1973—1974年

金 森 正 臣*

Ecological studies of *Bufo bufo japonicus* SCHLEGEL

(I) Estimation of population density 1973—1974

Masaomi Kanamori

はじめに

両生綱 (Amphibia) カエル目 (Salientia) ヒキガエル科 (Bufonidae) のカエルはほとんど全世界に分布している。日本産のヒキガエル (*Bufo bufo japonicus* SCHLEGEL, 1838) は、現在の分類では1種とされており (中村・上野 1963), 亜種に関する問題は地方変異が多く、まだ十分に整理されてはいない。本報告のヒキガエルは、関東地方のものであり亜種に分けるとすれば *Bufo bufo formosus* であろうが、本報告では特に亜種の分類を要すると思われないので *B. b. japonicus* としておく。

ヒキガエルは民話やガマ合戦として昔から記録にも残されて来た。また、解剖の実習や実験にも使われ一般に良く知られた種である。類似の種もなく他種と混同されることはない。

このように古くから知られていながらその研究は主に分類と形態に関するものである (岡田1930, 1966, 市川1951, 中村・上野 1963)。生態に関するものは、産卵習性に関係あるものがほとんどでその他については断片的な習性の記述がある程度である (岡田1930, 1966, 市川1951, 中村・上野 1963, 上田高等学校生物班 1964, 芹沢・金井 1970, 清水ほか 1970, 金井 1971, 岩下・松井 1973)。その他、生活場所、食性、運動、密度などに関する報告も少しはあるが (市川1951, 芹沢・金井 1970 野口1966), いずれも断片的なものであり、個体群動態や個生態に関する研究はほとんどない。これは多分に研究場所に適当な所がなく、同一個体の追跡や記号個体の再捕獲が困難であることなどによるものと思われる。

本研究は国立科学博物館付属自然教育園内において行

なわれた。園内は閉鎖環境に近く記号個体の再捕率が高く多くの生態的な知見が得られた。調査は続行中であるが、本報では、1973年5月から1974年までの結果について、主として個体群密度に関する報告を行う。

調査はヒキガエル生態研究グループ (千羽晋示、菅原十一、矢野亮、久居宣夫：以上自然教育園、桜井信夫：文化庁記念物課、金森正臣：大阪市立大学医学部) によって実施されたものである。

本報告をまとめるにあたって、研究グループの諸氏ならびに調査に協力していただいた東京工業大学 宮谷晴久、東京教育大学 宮前睦子、同 平尾紀子、麻布獣医大学 陳節子の各氏に、また各種のコンピュータープログラムの作製や計算でお世話になった鈴木武講師 (大阪市立大学医学部) に記して感謝の意を表する次第である。

調査地および方法

調査地は東京都の中央部、港区白金台5丁目にある国立科学博物館付属自然教育園内で、総面積は約20haである。周囲はコンクリート壁がめぐらされた外側に道路があり、一部では外部に通じているが (門の下部と数箇所の壁の割目)、外とのカエルの出入りはないものと思われる。園内には3箇所の湧水と数箇所の留り水があり、内6箇所から卵とオタマジャクシが確認されている (図1)。

調査地の海拔標高は20~50mにあり、高木層を優占する樹種から大別すると、シイ林、コナラ林、マツ林、ミズキ・ウワミズザクラなどの二次林と低木林、湿地草原などに分けられ (奥田・宮脇1966, 沼田・手塚1966, 延原・岩田1966, 手塚1970) かなり自然な状態が残っている (図1)。

調査方法は、園内にある全長1.8km、巾1~4mの観察道や建物の周辺部の植物のない場所 (図1) を日没後暗くなってから見廻り、出ているカエルを対象とした。

* 大阪市立大学医学部

Osaka City University Medical School

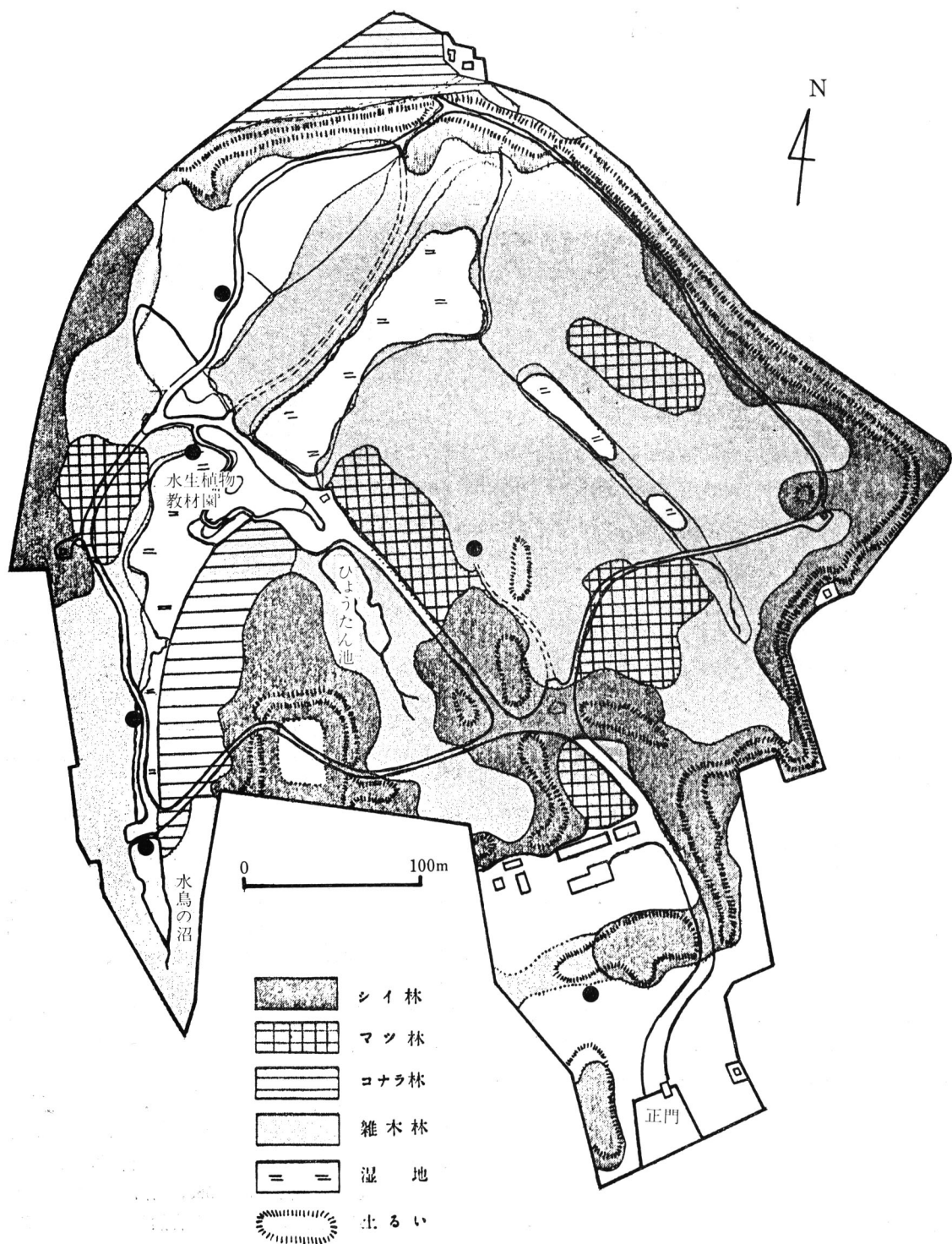


図1 園内植生と水系および産卵確認地点（黒丸）

記号は最初の捕獲の折に指切りによって行ないマーキュロを塗布した（図2）。捕獲ごとに体重、体長、口の最も広い部分（口巾）を測定し、捕獲場所、個体番号を記録して放逐した。体重の測定は100g以下の個体は1g目盛り、100g以上の個体は5g目盛りのさおばかりで

行なった。測定はすべて捕獲場所で行ないただちに放逐した。

調査期間は第1回、1973年5月3～6日（4日間）、第2回、6月14～16日（3日間）、第3回、6月30～7月1日（2日間）、第4回、7月7～8日（2日間）、第5回、7月14～15日（2日間）、第6回、7月21～22日（2日間）、第7回、10月6～9日（4日間）、第8回、11月8日（1日間）、第9回、1974年3月8～10日（3日間）、第10回、5月4～6日（3日間）、第11回、6月1～2日（2日間）、第12回、7月6～7日（2日間）、第13回、8月17～18日（2日間）、第14回、9月7～8日（2日間）、第15回、10月26～27日（2日間）、第16回、11月21～22日（2日間）である。第9回の調査は産卵の最盛期で産卵場所に集合した個体の調査で他の調査次の調査場所とは異なるが、時間的には日没後のほぼ同じ時間である。第16回の調査は冬眠直前と思われ、以降に出現は確認できなかった。

調査結果

調査結果を1日ごとに新個体数（ u_i ）と再捕個体数（ m_i ）に分けて表1に示した。第2回の6月16日は、全体の約半分の道路を見廻っただけである。

調査結果を調査次1回ごとにまとめて、新個体数と再捕個体数に分け表2に示した。この場合、同一個体が同一調査回に何回捕獲されても再捕個体数は1として整理

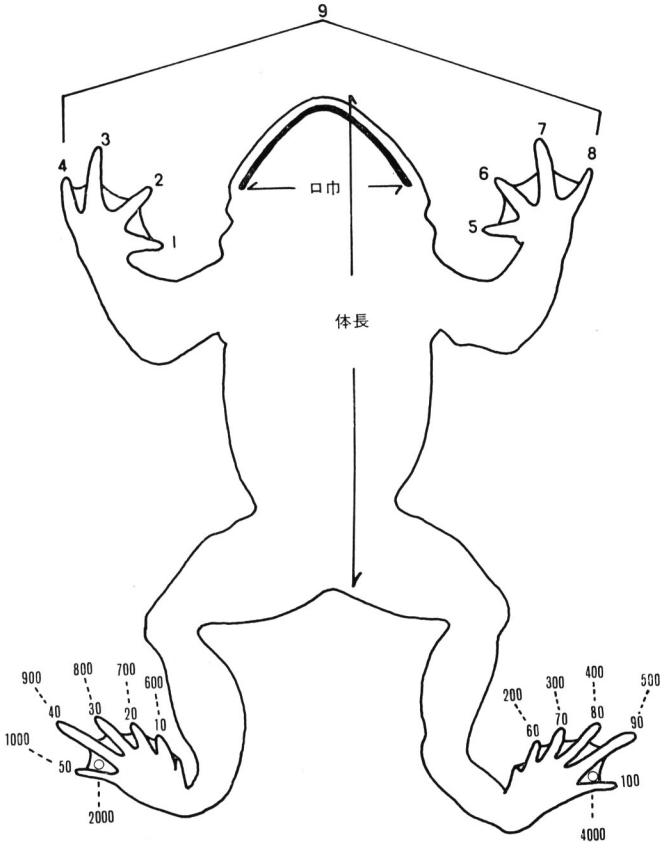


図2 記号の方法と測定部位

表1 1日ごとの捕獲成績

調査次(i)	1				2				3		4		5		6		7			
年 月	1973. 5				6				6, 7		7		7		7		10			
日	3	4	5	6	14	15	16*		30	1	7	8	14	15	21	22	6	7	8	9
新 個 体	59	2	10	6	64	20	12	23	14	8	10	7	10	3	0	23	55	13		6
再 捕 個 体		3	1	2	20	19	12	50	38	39	34	21	36	21	7	11	16	3		1
合 計	59	5	11	8	84	39	24	73	52	47	44	28	46	24	7	34	71	16		7

8	9			10			11		12		13		14		15		16	
11	1974. 3			5			6		7		8		9		10		11	
8	8	9	10	4	5	6	1	2	6	7	17	18	7	8	26	27	21	22
50	4	35	14	28	16	2	72	61	44	23	35	20	10	5	79	27	1	1
10	4	19	17	39	10	3	87	89	62	78	63	27	29	20	54	40	2	0
60	8	54	31	67	26	5	159	150	106	101	98	47	39	25	133	67	3	1

* 6月16日は約コースの半分を調査しただけの資料

表2 調査次 (i) ごとの捕獲成績 新個体 (u_i) 再捕個体 (m_i) 捕獲数 (n_i)

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
u_i	78	96	37	18	17	3	97	50	53	46	133	67	55	15	106	2
m_i	—	27	65	54	49	24	26	10	24	46	136	114	78	46	78	2
n_i	78	123	102	72	66	27	123	60	77	92	269	181	133	61	184	4

した。

各種の推定値の計算は JOLLY (1965) の式に、記号は 巖 (1971) に従った。計算のための資料の整理 (m_{ji} : j 時点で最後に捕獲されその後 i 時点で捕獲された個体) を表3に示した。各種の推定値は表4に示した。 i 時点の総個体数 (N_i) の分散 ($V(N_i)$) の中の推定誤差による成分 (巖1971) を $V(\hat{N}_i)_1$ として計算した。これは 巖 (1971) の $V(\hat{N}_i)$ の式の前項にあたる部分で分散の母集団変動による部分は $V(N_i) - V(N_i)_1$ である。計算式 (巖1971) 上は、加入数 B_i が0になると不可能となるので省略した。

考 察

調査日1日ごとの捕獲成績 (表1) を見ると明らかに、1973, 1974年ともに5月の調査では連続した調査日であっても前日と著しく捕獲個体数の異なることがある。この時期は気温が低く、変動も激しいためと考えられる。菅原ほか (1969) によると5月上旬の気温は15°C前後にあるため、日によってはカエルの活動範囲と思われる10°C (市川1951) よりも低くなる場合もある。同様な現象は10, 11月の調査の折にもあり、1973年の10月6, 7日の最低気温は14.2°C, 14.8°Cであるが、8, 9日は最低12.0°C, 9.0°Cで捕獲数が9日に低い。また、11月も上旬に調査した1973年では数が多いが下旬になった1974年ではほとんど活動している個体がなくわずかに4頭を発見しただけである。11月の最低気温は上旬では5~10°Cのことが多いが中旬では2~8°C下旬では0~6°Cとなり、やはりこの付近の温度が問題となろう。

しかし、これらの気温とは関係の少ない7月頃であっても、1973年7月22日のように急に少なくなる場合もある。

これらのことから、各調査日を1回の調査をすると、捕獲率が非常に変動する結果となろう。従って、連続した日をまとめて1回の調査とする方が適当と考え、表2にまとめた。 $i = 1 \sim 16$ の調査のうち、第7, 8, 9次および15次においては、再捕個体より新個体が多い結果となった。第7, 8, 15次の調査では、30gを中心とした50g以下の個体が新個体のほとんどを占めた。このことは、生長による加入と考えられる。計算の結果もこ

のことを示している (表3, 4)。第9次の調査は他の調査次と異なり、湿地に産卵のために集まった個体である。ここで新個体が多かったことは、他の調査次の路上での調査だけでは、園内カエルの一部分は調査範囲に入らないことを示していると云えよう。従って今回の調査対象は園内全域のカエルの総数が調査できたのではなく、路上に出現する個体の総数と考えられる。しかし、今後、産卵行動などがくり返されて行く間には、園内の総数も推定できるのではなかろうか。

第10, 11次の調査では、前年の同時期の調査に比較して、50g以下の個体の数が多かった。この結果、総個体数に大きな開きがあった (表4)。これは、年変動を示すものか、第1, 2次調査の时期的なわずかなずれか、あるいは調査者の経験による発見率の差かは、今後の調査をまたなければならない。

JOLLY 法と除去法による推定の差を検討するため、 $i = 3, 4, 5, 6$ の調査次を使用した。第3~6次の間は約1ヶ月間で比較的捕獲率も一定だと考えられるので除去法も可能であると思われる。

JOLLY 法の m_{ji} の資料の整理を表5に結果を表6に示した。除去法は ZIPPIN (1956) の方法によった。結果は推定個体数 ($\hat{N}$) = 170であった。

これらの推定値の差は、表4の場合には、 $i = 3, 4, 5, 6$ の存在するすべてを推定していると考えられ、表6の場合には、この4調査次に観察路上で活動していた個体数となる。また、この期間にのみに限れば、一見捕獲率は一定のようであるが、移出入の関係から除去法の使用は困難であろうことが推察される。

さらにこれらの資料は、今後、個体の場所の移動や産卵行動による、標識、未標識個体の拡散などの資料が蓄積されてから再検討する必要がある。

表5 JOLLY 法の資料の整理

n_i	s_i	m_i				
102	102	—	$i=3$			
72	72	37	37	4		
66	66	42	12	30	5	
27	27	22	3	4	15	6

表3 JOLLY の方法による推定値は算出不能標識率

n_i	s_i	m_i													
78	78	—	$i=1$												
123	123	27	27	2											
102	102	65	17	48	3										
72	72	54	5	12	37	4									
66	66	49	2	5	12	30	5								
27	27	24	0	2	3	4	15	6							
123	123	26	2	1	5	5	6	7	7						
60	60	10	0	0	0	0	0	0	10	8					
77	77	24	0	6	3	2	7	3	2	1	9				
92	92	46	3	3	5	7	6	2	12	4	4	10			
269	269	136	4	10	10	8	11	4	32	13	9	35	11		
181	181	114	0	3	1	0	6	0	10	4	5	10	75	12	
133	133	78	1	0	0	1	1	1	1	1	1	2	18	51	13
61	61	46	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	19	21
184	184	78	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	9	18
4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
															0

m_{ji} : j に最後に捕獲されその後 i で捕獲されたもの

n_i : i 時点の捕獲数

s_i : i 時点の放逐数

m_i : i 時点の再捕数

表4 JOLLY 法の資料の整理

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\hat{a}_i$	—	0.220	0.637	0.750	0.742	0.889	0.211	0.167	0.312	0.500	0.506	0.630	0.586	0.754	0.424	0.500
$\hat{M}_i$	—	73.47	144.18	156.32	161.96	209.82	215.77	448.26	700.78	308.86	269.24	207.55	235.94	217.38	446.00	—
$\hat{N}_i$	—	334.68	226.26	208.42	218.15	236.05	1020.76	2689.56	2248.37	617.71	532.55	329.53	402.30	288.27	1052.10	—
$\hat{\phi}_i$	0.942	0.851	0.863	0.929	1.172	1.014	1.433	1.406	0.410	0.759	0.516	0.859	0.747	1.919	—	—
$\hat{B}_i$	19.45	-58.49	13.22	24.50	-19.72	781.44	1226.61	-1534.43	-303.53	63.86	54.75	119.12	-12.32	498.84	—	—
$\hat{\lambda}_i$	—	0.795	1.068	1.127	0.923	4.265	1.838	0.594	0.671	1.136	1.199	1.421	0.959	1.902	—	—
$V(\hat{N}_i)$	—	2553.42	331.14	315.81	396.77	1374.72	36026.98	800138.1	348197.9	7200.72	1867.96	708.98	2526.15	2709.61	0.113×10^7	—
$V(\hat{N}_i)_2$	—	2535.10	275.39	247.52	324.09	1318.93	35972.95	800138.1	348197.9	7088.70	1690.39	528.70	2353.19	2537.05	0.113×10^7	—
$\sqrt{V(\hat{N}_i)_1}$	—	50.35	16.59	15.73	18.00	36.32	189.66	894.50	590.08	84.19	41.11	22.99	48.51	50.37	1063.49	—

$\hat{a}_i$: 標識率、 $\hat{M}_i$: 標識個体数、 $\hat{N}_i$: 総個体数、 $\hat{\phi}_i$: 生存確率、 $\hat{B}_i$: 加入数、 $\hat{\lambda}_i$: 加入率、 $V(\hat{N}_i)$: N_i の分散、 $V(\hat{N}_i)_1$: 分散の推定誤差による成分

ま と め

表6 JOLLY 法による推定値

i	3	4	5	6
$\hat{a}_i$	—	0.514	0.636	0.815
$\hat{M}_i$	—	68.76	72.80	—
$\hat{N}_i$	—	133.81	114.40	—
$\hat{\phi}_i$	0.674	0.702	—	—
$\hat{B}_i$	43.60	20.52	—	—
$\hat{\lambda}_i$	—	1.219	1.038	—
$V(\hat{N}_i)$	—	331.82	469.70	—
$V(\hat{N}_i)_1$	—	302.41	427.21	—
$\sqrt{V(\hat{N}_i)_1}$	—	17.39	20.67	—

自然教育園内で、1973年から1974年にかけて16回のヒキガエルの調査を行ない次の結果を得た。

1. 1973年5, 6, 7月には、観察路上に出現していたヒキガエルは、200~350個体程度であった。
2. 1973年10, 11月には、1000~2700個体程度に増加した。これは主に小さな個体が生長して調査可能範囲に加入して来たためと考えられる。
3. 1974年3月の産卵期には、大きな個体だけでも標識率が低いことが推察された。これは、観察路上に出現しない個体が存在することを示していると思われる。
4. 1974年5月~9月には300~600個体程度であった。1973年に比較しての増加分は小さな個体の増加があとと思われる。
5. 1974年の10月にも前年と同じように個体の著しい増加が観察され約1000個体のレベルに達した。

文 献

- 市川衛 (1951) 蛙学 (第3版) 裳華房 東京 239pp
- 巖俊一 (1971) 標識再捕による動物個体の推定 生物学 23: 14—22
- 岩下文彦・松井正文 (1973) 両生類 上田小県誌 (5): 219—228
- JOLLY, G.M. (1965) Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model Biometrika Vol. 52 No. 1—2: 225—247.
- 金井郁夫 (1971) ヒキガエル調査報告 昭和46年 八王子市教育委員会 東京 52pp
- 中村健児・上野俊一 (1963) 原色日本両生爬虫類図鑑 保育社 大阪 214pp
- 延原肇・岩田好宏 (1966) 自然教育園のつる植物と群落遷移 自然教育園の生物群集に関する調査報告 (1): 37—48
- 野口惇 (1966) 自然教育園内のヒキガエル個体群について 自然教育園の生物群集に関する調査報告 (1): 94—98
- 沼田真・手塚映男 (1966) 自然教育園内植物群落の組成と構造 自然教育園の生物群集に関する調査報告 (1): 15—36
- 岡田弥一郎 (1930) 日本産蛙総説 岩波書店
- OKADA, Y. (1965) Fauna Japonica (Amphibia) Biogeographical Society of Japan.
- 奥田重俊・宮脇昭 (1966) 自然教育園の植生と現存植生図 自然教育園の生物群集に関する調査報告 (1): 1—14
- 芹沢俊介・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
- 清水明・岩下文彦・広瀬幸男・井出修一・青沼賢三・辰野袈裟義・藤沢庸助・香川敏明 (1970) 上小地方のカエル類の研究について 上小教育 (101): 88—93
- 菅原十一・日吉房雄・手塚映男 (1969) 自然教育園内の微気象について (1) 自然教育園報告 (1): 25—31
- 手塚映男 (1970) 自然教育園のミズキ群落の組成と構造 自然教育園報告 (2): 1—7
- 上田高等学校生物班 (1964) 真田町傍陽実相院におけるニホンヒキガエルの実態 すが平その自然と人文 菅平研究会 89—92
- Zippin, C. (1956) An evaluation of the removal method of estimating animal population Biometrics 12: 163—189.



写真1 自然教育園とその周辺



写真2 産卵に集まったヒキガエル