

「円山動物園の森」ビオトープにおける生物多様性向上のための研究 —水辺の造成と両生類の動向に関する記録および環境教育への活用に向けて—

桑原 禎 知¹⁾ 矢部 和 夫²⁾ 酒井 正 幸²⁾

¹⁾札幌市立大学デザイン学部非常勤講師, ²⁾札幌市立大学デザイン学部

抄録: 札幌市円山動物園内に整備した「円山動物園の森」ビオトープにおいて、2009年春の竣工後5年間の両生類の動向を調査した。在来の3種の両生類(エゾサンショウウオ, エゾアカガエル, ニホンアマガエル)がビオトープ内に造成した水辺で産卵を始め, 上陸後に森内で生活する個体の観察も増えている。エゾサンショウウオとエゾアカガエルは水辺を造成した直後の2009年春から卵囊あるいは幼生が確認された。両種の産卵期はおおむね4月下旬から5月中旬であり, 変態後の上陸時期は6月下旬から8月中旬であった。また, 卵囊は確認されていないもののニホンアマガエルのオタマジャクシや上陸直後の幼体は7月から8月に確認されており, 造成した水辺が両生類3種の新しい産卵場所として機能していることが確かめられた。本調査では両生類の観察情報の一部を動物園の森内で自然解説活動を行っている動物園の森ボランティアの協力を得て収集した。動物園の森におけるビオトープ作りは, 生物多様性の向上だけを目標とした活動ではなく, その取り組みの過程と成果を自然解説や環境教育の教材として役立てることが求められている。このため, 森内で行われる生物調査への森ボランティアの参加を促し, また, 解説に有用な調査結果を適切に還元する手法が模索されている。本研究では, 両生類3種の観察情報を成長段階別に時系列化したグラフを逐次更新して提示する仕掛けを作りを行った。

キーワード: ビオトープ, 両生類, 繁殖地, 生物相の還元, 自然解説

Monitoring the Breeding Season and Growth Habit of Three Native Amphibians for Biodiversity Conservation and for Environmental Education Programs in the Biotope Constructed in Sapporo Maruyama Zoo, Northern Japan

Tomoaki Kuwahara¹⁾, Kazuo Yabe²⁾, Masayuki Sakai²⁾

¹⁾Part-time lecturer, School of Design, Sapporo City University, ²⁾School of Design, Sapporo City University

Abstract: We studied the breeding and landing season of amphibians inhabited in biotope area in Zoo. Three native amphibians were spawned on the pond and the waterways constructed in biotope. Spawning of Ezo Salamander *Hynobius retardatus* and Ezo Brown Frog *Rana pirica* were observed from spring in 2009, which was the first growing season after constructing the pond, and continued almost between late-April to middle-May every year. And metamorphosis landing were occurred between late-June and middle-August. In order to accumulate ecological data, growth stage and location of every observed amphibian were recorded by volunteer interpreters of Zoo Forest. The quick analysis of updated data were sequentially reported to interpreters for feedback their nature interpretation and habitat restoration activities.

Keywords: Biotope, Amphibian, Breeding, Habitat restoration, Nature interpretation

1. 緒言

近年の環境に対する関心の高まりにより, 地域の自然

の利用は開発と保全の両面から捉え直すことが必要になってきた。また, 既存の施設や公園などの再整備では, 周辺の自然環境に配慮する事が求められるようになって

いる。

札幌市円山動物園は2007年策定の「札幌市円山動物園基本構想」で定められた同園の3つの行動指針のうち、1)生物多様性の確保に向けた行動および2)自然豊かな円山エリアの中核施設としての行動の2項目の具体策の一つとして、園内に「円山動物園の森(以下、動物園の森)」と命名されたビオトープの整備を進めている。園内には1951年の開園以来大きな開発を免れてきた円山原生林に隣接したエリアがあり、このエリアを生物多様性向上の実践場所として活用することを意図して動物園の森は計画された(図1)。この計画では、かつての円山地区で見られた生物相について、具体的な資料として残る札幌市教育委員会(1958)¹⁾に記載された情報を目安とし、約50年前の札幌の原風景を再現することを目標としている。



図1 動物園の森の位置と周辺環境

ビオトープ整備計画の検討のため、2007年に円山動物園の森協議会(以下、協議会)を立ち上げ、円山地区の自然環境の現状に関する事前調査が行われた(矢部ら²⁾)。そして、2009年3月に「円山動物園の森運営計画—これから始まる森づくり活動」を策定した。動物園の森が目指すものとして、空間づくりのテーマ、活動のテーマおよび管理・運営のテーマの大きく3つテーマが掲げられ

ている。本研究は管理・運営のテーマである「円山動物園の森ビオトープの生物多様性向上」のための研究の一環として行われた。さらに、活動のテーマである「身近な環境について学ぶ‘キッカケ’を提供する環境教育の場作り」を踏まえ、森内で実施される動植物に関する調査活動を自然解説や環境教育へ活用することも求められている。現在、動物園の森における自然解説は、動物園の森ボランティア(以下、森ボラ)を中心に行われている。その解説の素材として森内で得られた調査成果を還元する事は重要であり、調査と解説を連携させることの意義は大きい。それは、調査を森ボラに実体験してもらうことで解説の幅を広げるだけでなく、逆に森ボラから解説に必要な情報の要望を受けることで、環境教育に有効な調査内容や手法の検討に還元されることが期待される。

上述のように、動物園の森ビオトープの整備に先立ち、2007年と2008年に動物園の森予定地を含む円山川流域で両生類の生息確認調査が行われた。動物園内では両生類のエゾアカガエルとニホンアマガエルが確認されている。また、円山西町地区ではエゾサンショウウオも確認された。これらの結果から、札幌市教育委員会¹⁾に記載された円山地区に在来の上記の両生類3種全てが整備後のビオトープに自然到来することが見込まれるため、ビオトープ内に水辺として人工池と人工水路を造成した。両生類は良好な水辺と森林がセットになった生息空間を必要とすることから、ビオトープへの両生類の定着過程を記録することは、今後の森づくりや生物相の復元に有用な情報をもたらすと予想される。このため、本研究ではビオトープ空間の造成後、両生類3種がどのタイミングで到来し、繁殖して、定着するのかをモニタリングする事を第一の目的とする。そして、両生類の観察プログラムの提案や解説に有用な旬の情報を共有するため仕組みの整備を第二の目的とする。

2. 研究方法

1) 調査地

動物園の森は、東側を円山の山裾に隣接し、北を円山公園、西を円山動物園、南を円山西町の住宅地に囲まれた南北方向に長い帯状の森林である(図1)。円山川は1981年に発生したS56台風によって大增水し、今の円山公園駅一带は浸水被害を受けたため、現在は住宅地の上端から河岸がコンクリートで三面護岸されている。この護岸化された円山川が動物園の森の中央を南北に貫いているため、森は東側の右岸区と西側の左岸区に分断されている(図2)。このため、動物園の森は円山原始林(天然記念物に指定され生物の採取禁止)と一体化した景観

でありながら、右岸区は円山の山裾と連続した森林となっているが、左岸区と右岸区の間は歩行性小動物や水生生物の行き来は制限され、左岸区は細長く分断されている。この左岸区内に人工池と人工水路が造成され、2009年4月に竣工した(図2)。なお、森内は調査やガイドツアー以外での立ち入りが制限されている。



図2 動物園の森内の水辺の配置

2)産卵状況調査

2007-2008年の事前調査で動物園の森への自然定着が予想された在来3種の両生類の産卵には次のような特性が知られている。エゾサンショウウオのメスは、年1回の産卵期に一度、1対の細長いコイル状の卵囊を産む³⁻⁵⁾。卵囊は水中の枕木や水生植物の茎などに産み付けられるが、しばしば接着部が外れて分離するため、発見される卵塊数は産卵したメス成体数の2倍よりいくらか少なくなる。一方、エゾアカガエルのメスは、年1回の産卵期に一度に一つ卵囊を塊状に産む³⁻⁵⁾。このため、卵塊数を調べることでその場所に産卵したメス成体の数を容易に把握できる。これに対し、ニホンアマガエルは卵囊を一回では産まずに、小さな卵塊として小出にしてばら撒くため、卵塊数からメスの成体数を推定することは難しい³⁾⁴⁾。このため、本研究では特にエゾサンショウウオとエゾアカガエルに注目し、動物園の森における産卵期間の確認と産卵数の増減の記録に努めた。

産卵状況の調査は、調査者によって卵塊の判別基準が異なる可能性を考慮して、計数については主著者が一元的に行った。4月中旬から5月下旬を重点観察期間とし、おおよそ1週間から10日おきに動物園の森内にある水辺を一巡して、産卵に訪れている成体の有無と前調査以降に新たに産まれた卵塊数を記録した。エゾアカガエルについては卵塊数を記録したが、エゾサンショウウオについては、確実に1対となっているものと千切れて2本の卵囊に分かれるものがあることから、卵囊数を記録した。

3)成長段階と観察時期

在来3種の両生類はいずれも卵囊は水中に生まれ、ふ化した幼生(カエル類ではオタマジャクシと呼ばれる)は

水中で成長する。そして2-3ヶ月後には変態して幼体となり上陸する。数年間の陸上生活を経て成体となり、産卵期に水辺を訪れて産卵する。両生類の一生において水辺を利用するのは産卵と初期成長の数ヶ月間であることから、多くの時間を過ごす上陸後の森林内での生育状況を把握することは重要になる。このため、産卵状況調査



上：エゾサンショウウオと卵囊



中：エゾアカガエルと卵塊



下：鳴くニホンアマガエル

写真1 円山動物園の森で観察された両生類

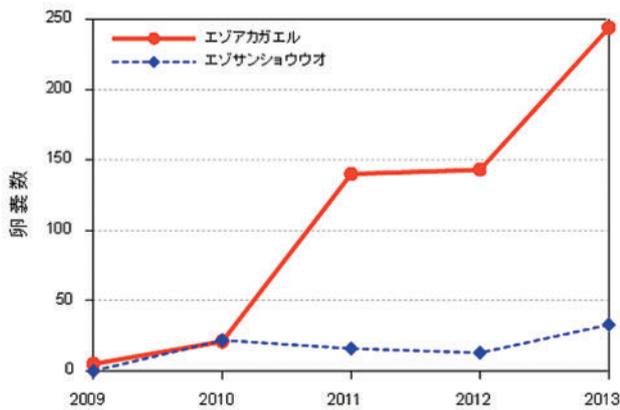


図6 動物園の森内での両生類の産卵数の推移

表1 動物園の森内での両生類の産卵状況の内訳

調査年	エゾサンショウウオ(本)				エゾアカガエル(塊)			
	合計	人工池	水路	右岸溝	合計	人工池	水路	右岸溝
2009	0	0*	0	0	5	5	0	0
2010	22	18	0	4	21	21	0	0
2011	16	12	2	2	140	139	1	0
2012	13	7	6	0	143	142	1	0
2013	33	24	3	6	244	242	2	0

かった。

エゾアカガエルは、2009年4月の人工池の造成直後から産卵(卵塊数5)が確認され、その後2010年に21卵塊、2011年に139卵塊、2012年に142卵塊確認され、2013年には242卵塊と造成後3年目から激増している(表1, 図6)。人工池での産卵は、2012年は4月14日に初確認されたが、池の解氷が遅れた2013年は4月24日に始まった。エゾアカガエルの産卵は人工池では融雪状況に左右されて前後するが、おおむね毎年4月下旬から5月上旬に集中していた(図7)。具体的には産卵は池の水が完全に解けた直後に一斉に開始していた。一方、人工水路ではわずか4例の産卵ではあるが、その時期は2011年は人工池の産卵終了よりも一週間遅く、2013年は一週間早かった。また、右岸の側溝や南奥の枝沢での産卵は確認できなかった。

ニホンアマガエルは、産卵調査期間中に卵塊を確認する事は出来なかった。

2) 成長段階と活動時期

エゾサンショウウオは、人工池では5月中旬からふ化した幼生が観察された(図7)。ふ化した幼生は水中で成長し、7月中旬頃から変態を始める個体が出現し、8月中旬にはほぼ全ての個体が上陸して池を離れた。なお、記録上幼生が最も遅く観察されたのは2013年8月25日であった。上陸後の若い幼体の観察例は、2010年7月10

日と8月8日のわずかに2例のみであった。成体の観察例も2009年4月から2013年10月の間で計14例にとどまり、そのうち産卵場所から離れた林内での観察は2013年10月5日の1例のみであった。

エゾアカガエルのふ化幼生(オタマジャクシ)は、2012年には4月29日に確認されたが、それ以外の年は5月5日前後からであった。なお、人工水路ではこれまでのところオタマジャクシは確認されていない。オタマジャクシの変態上陸は6月下旬から7月上旬に始まり、最も遅くまでオタマジャクシが観察されたのは2012年は8月12日、2013年は8月11日であった。上陸後に幼体は人工池から出発して森内を移動した。9月には人工水路を越えて南下する個体も発見された。成体は春の産卵期直後に一度姿を消したが、その後6月上旬以降は10月下旬まで林内で散発的に観察された。

ニホンアマガエルの卵塊は2013年までに確認されていないが、2011年以降オタマジャクシが7月下旬から8月上旬に人工池内で観察された。また、陸上生活に入っ

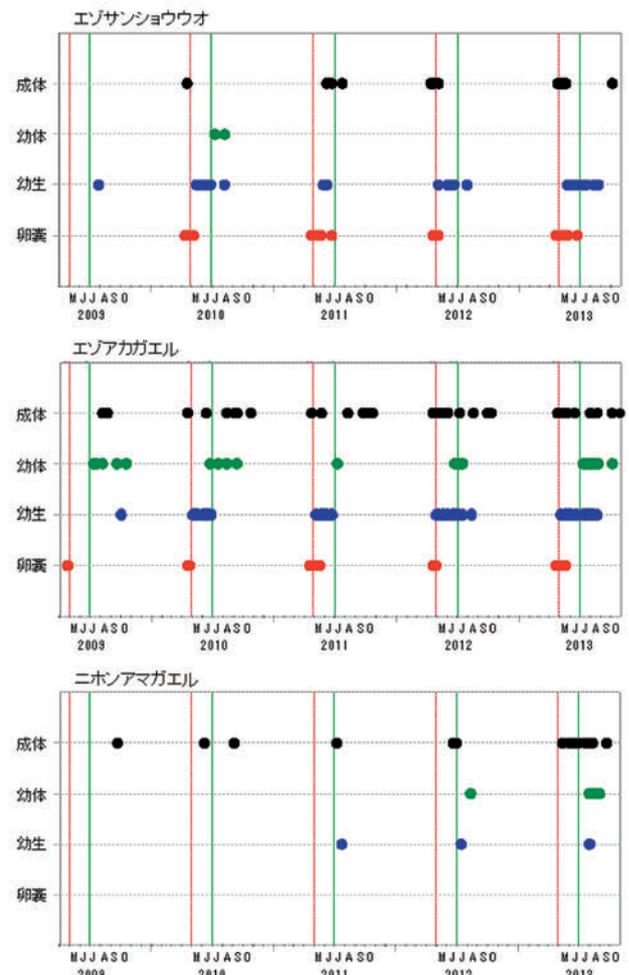


図7 2009年から2013年に動物園の森内で観察された両生類3種の成長段階

図中の赤丸は卵囊、青丸は幼生、緑丸は幼体、黒丸は成体を表す。縦線は各年の赤-5/1と緑-7/1を示す。

た仔ガエル(幼体)も2012年以降は8月から9月に観察された。成体は6月から9月に散発的に目撃されていたが、目撃数は2013年に増加した。また、2013年7月19日に人工池で行った夜間観察で♂成体5個体が鳴いているのを確認している。なお、ニホンアマガエルについては、動物園の森に隣接する円山動物園内の熱帯動物館の野外プール付近でも夏季の夜間に複数個体の泣き声が確認された。

この他に2013年9月に国内外来種であるツチガエルが森内で初確認されている。

3) 観察情報の記録

2009-2010年は両生類の観察情報を他の動物の観察と合わせて汎用の用紙を作成して記録を集めたが(図3)、記録の回収数は2009年が12件、2010年は34件であった。別様式であるガイド日報では(図4)、2009年は67報中4件に両生類の記述が残っていたが、動物汎用記録用紙と重複しないものは2件で、さらに発見場所と成長段階も記録されていたのはわずかに1件であった。2010年は172報中35件に観察記録が記述されていたが、有効な情報が抽出できたのは10件にとどまり、また、内5件は池内での卵囊と幼生の記録で、陸上生活期の幼体あるいは成体の記録はわずかに5件であった。このため、日報からの両生類の観察情報の抽出作業は非効率と判断し、最小限必要な記録項目をエラー少なく記入出来るように調整した両生類専用の記録様式を作り直し(図5)、2011年春から使用した。森ボラとの意見交換で、動物汎用記録用紙と森ボラ日報は共に自由記述形式に近いため、一つの観察を2つの用紙に記述するのが煩雑で時間が掛かるという点と記入した情報が共有情報として提示されるまでの時間が長い点が問題視された。これについては、両生類専用記録用紙と体裁を近づけた情報記入フォームをPC上に作成し、自動集計によって図7に近い形のグラフを即更新して提示する仕組みを整備した。なお、両生類専用様式による記録の回収数は2011年に27件、2012年が27件、2013年は41件であった。ただし、一枚の用紙に複数箇所での観察記録が記述可能で、上陸期のエゾアカガエル幼体のように近くでほぼ同時に多数の個体を観察した記録も散見されたため、観察個体数の集計は本稿では見送った。

4. 考察

1) 両生類の繁殖と定着

動物園の森が2009年4月に竣工してから現在までに、在来の両生類3種はいずれも造成した水辺(主に人工池)

を産卵場所として利用したことが確認された。特にエゾアカガエルは、造成後2年目の2011年春から産卵数が顕著に増加した。エゾサンショウウオは林内で陸上生活する成体や幼体をほとんど観察出来ていないが、卵囊は2010年春から毎年確認している。ニホンアマガエルも卵塊は確認されていないものの、オタマジヤクシや上陸直後の幼体(仔ガエル)が2012年夏以降に観察されるようになった。このことは、両生類3種が水辺を造成する前の動物園の森エリア内を往来していたことを示唆し、また、一部の個体が造成された水辺を認知して産卵場所として利用を始めたことを意味する。

エゾアカガエルの産卵数が2011年春から急増していたことは、1)良好な生育場所と繁殖地を探して動物園の森外から森内へ侵入した個体が人工の水辺を認知して定着した、あるいは2)動物園の森内(特に人工池)で2009年以降に生まれた個体が森内にとどまり繁殖集団に加入し始めたことを推察させる。もし繁殖個体の多くが産卵のために森外から動物園の森内に移動して来ると想定した場合、産卵数が2011年以降の急増したことを十分に説明出来ない。したがって、2009年以降に森内で生まれた個体が性成熟して繁殖集団に加入したと考えるのが妥当であろう。ただし、野外の自然環境下におけるエゾアカガエルの初成熟年齢などの生活史は十分に解明されておらず³⁾⁴⁾、今後の研究で明らかにすべき課題である。

エゾサンショウウオは、造成後2年目の2010年春から毎年♀10個体前後に相当する卵塊数を記録したが、エゾアカガエルのような明瞭な増加は見られなかった。これは、1)動物園の森周辺に生息するエゾサンショウウオの個体数が少ないために森外から森内の水辺にたどり着く個体がそもそも少ない場合、2)森内に造成した水辺で生まれた個体の生残率が低いため成熟個体が増えていない場合あるいは3)森内で生まれた個体が未だ初成熟齢に達していない場合の三通りが考えられる。エゾサンショウウオもエゾアカガエルと同様に成熟齢など野外の自然条件下での生活史は十分には明らかにされておらず³⁻⁵⁾、今後の精査が必要である。また、森内の水辺で生まれた個体の上陸後の育成・成熟に好適な環境がどの程度森内に存在するのにかについての調査を進める必要がある。さらに、人工池以外の森内の水辺(人工水路と右岸側溝)でも、エゾサンショウウオの産卵が確認されているものの、受精不良や胚発生の途中で死亡する卵がほとんどで、個体群の再生産には現在は寄与出来ていないと考えられる。今後はこの問題の原因と対策も考えていかねばならない。

ニホンアマガエルも成体が人工池の近くで確認された時期は6月以降とエゾサンショウウオやエゾアカガエル

よりも遅く、また幼生(オタマジャクシ)も8月前後に観察されていたことから、森内におけるニホンアマガエルの産卵時期はエゾサンショウウオやエゾアカガエルとは違い、6-7月と推察される。2013年はニホンアマガエルの成体や上陸後の幼体(仔ガエル)の目撃報告が増えたことから、今後も産卵時期や生育環境の調査を継続する必要がある。

さらに、動物園の森を含めて円山地区ではこれまで外来性の両生類は確認されていなかったが、2013年9月に森内で本州産のツチガエルが初確認された。本種は札幌市南部の常盤、滝野、西岡などの地区で近年増加しており⁶⁾、円山地区への侵入が懸念されていた。今後は本種の動物園の森内への定着を防ぐための対策の検討が急務となる。

2) 環境教育への活用へ向け

動物園の森内での産卵が確認された3種の両生類(エゾサンショウウオ、エゾアカガエル、ニホンアマガエル)はいずれも円山地区の在来種であり、水辺の造成によって新たな産卵場が創出されたことはビオトープ環境の整備の成果として分かりやすい。さらに、これまでの両生類の観察成果を自然解説や環境教育の素材という視点から整理すると、1)人工池における卵塊や幼生(オタマジャクシ)の観察は5月から6月に容易に実施でき、かつ産卵環境の造成の効果として自然解説の話題として取り上げやすい。また、2)森内での幼体や成体の観察は現在のところ散発的であるが、今後観察例を増やすことで季節や場所などである程度予測可能な観察対象とすることが目標となる。たとえば、落葉が進む10月上旬を過ぎると森内で両生類の観察はほとんどなくなる。一方、3)初春のエゾサンショウウオとエゾアカガエルの産卵は雪融け直後の4月下旬から5月上旬に集中していた。特にエゾアカガエルは産卵場に集まった個体が日中も動き回り、水面に浮かぶ卵塊を産むため、産卵行動を観察する機会も得やすい。しかし、森ボラによる来園者向けの解説活動はGW明けの5月中旬から始まるため(2013年のガイド期間は5/12-11/27)、産卵行動の観察の機会は提供出来ていない。今後は、どのような観察会が企画可能かを含めて、協議会や森ボラによる観察研修を行いつつプログラム化の検討を進めるべきだろう。また、4)ニホンアマガエルの産卵期は6-7月と推定されている。他所の個体数の多い繁殖地では、日中も産卵場に滞在するオスの鳴き声を頻りに聞くことが出来るが、個体数が少ないであろう動物園の森内では、閉園後の夕方以降が鳴き声や産卵行動の観察に適した時間帯であり、現状ではプログラム化は難しい。いずれにせよ、本研究で得られ

た動物園の森内における両生類3種の生態情報はまだ不足しており、今後も調査を続けながら、実施可能な観察プログラムを試行していくことが望ましいだろう。

環境教育は、既存のプログラムを解説者が実施するだけにとどまらず、解説者によるプログラムの改善や新しい情報を盛り込んだ更新が重要とされる。また、プログラム作りそのものが解説者自身の解説スキルを向上させる効果も期待される。同じ現場を活動対象とする調査者と解説者が連携することは、調査結果の解説への還元だけでなく、解説や環境教育のニーズを反映した調査手法の改良を図れる。本研究では、解説者である森ボラの調査への参加と観察記録様式の改訂のための意見交換という形での連携を試み、調査結果の迅速な更新提示を実現するための記録様式の改善につながった。今後は本研究の成果を活用した具体的な観察プログラムの提案と試行を進める段階になる。

5. 結論

円山動物園の森に2008年度に造成した水辺において、造成直後の2009年春から円山地区に在来の両生類3種の産卵が確認され、その後5年が経過して森内での観察例は増えている。これは保全対象となる種の個体が周辺地に残存する状況下では、利用可能な環境を整備する事によって野生生物自身の移動能力と繁殖特性により、自律的な個体群の復元が可能なことを示す事例と言える。各地の自然公園やビオトープの整備では、施工効果を早める目的で他所から生物が導入されることがある。遺伝子の解析技術が普及し、かつて他所からの移植歴がある個体群の中に在来個体群には見られない遺伝子が見つかるなど、遺伝的な攪乱による生物多様性保全の面での導入のマイナス効果が指摘され、再導入のための指針も作られている⁷⁾。円山動物園の森ビオトープ計画では、長い時間をかけて円山地区に在来の生物相を復元する事を目標としており、他所個体群からの導入はこれまで見送っている。今後は造成された水辺の周囲で植生遷移が徐々に進み、それに伴って両生類などの動物の動向も変化すると予想される。両生類の産卵場として創出した水辺が現時点で機能していることから、今後は上陸後の生育環境となる森林内での両生類の生態の把握が重要になる。

本研究では、両生類の産卵状況と観察情報を自然解説などに活用しやすい形で記録し、還元する仕組み作りを模索した。解説活動時の観察は、生態調査での観察と異なり記録される生物対象も多くなり、個々の種に対する情報は少なくなりがちである。このため、調査者が必要

とし、かつ解説者が簡便に確実に記録を残せるような様式の整備は重要になる。

本報告では動物園の森全体での両生類の産卵状況の年推移と成長段階別の観察可能時期についてまとめた。今後は、動物園の森内での両生類3種の生息適地を明らかにするための環境分析を行うとともに、それぞれの種の観察に適した時期と場所を加味した観察プログラム作りを進めることが重要となる。

謝辞

本研究は、一部2009～2013年度札幌市立大学受託研究(「円山動物園の森」ビオトープの生物多様性向上のための研究)の支援を受けて行われた。

本研究を進めるにあたり、札幌円山動物園職員、動物園の森協議会メンバーおよび動物園の森ボランティアの皆さんの協力を受けた。ここに記して謝意を示す。

文献

1)札幌市教育委員会。札幌円山の自然科学的研究。札幌市、

p.105, 1958

- 2)矢部和夫, 桑原禎知, 宮田小百合, 酒井正幸:「円山動物園の森」ビオトープ計画のための円山地区に分布する森林群落の評価。札幌市立大学研究論文集 3:19-25, 2009
- 3)前田憲男, 松井正文:日本カエル図鑑。文一総合出版, p.223, 1999
- 4)内山りゅう, 前田憲男, 沼田研児, 関慎太郎:日本の両生爬虫類。平凡社, p.336, 2002
- 5)佐藤孝則, 松井正文:北海道のサンショウウオたち。エコ・ネットワーク, p.261, 2013
- 6)斎藤和範, 有田智彦:北海道のツチガエル *Rana rugosa* (Ranidae, Amphibia)は native か? immigrant か?. 旭川市博物館研究報告 3:11-17, 1997
- 7)日本魚類学会. 生物多様性の保全をめざした魚類の放流ガイドライン。日本魚類学会, 2005
<http://www.fish-isj.jp/info/050406.html> 2014年1月23日
- 8)IUCN Reintroduction Specialist Group.
Amphibian Re-introduction Guidelines. IUCN. 2012
http://www.iucnsscrg.org/images/download/Amphibian_Translocation_Guidelines_Final_Sept_2012.pdf 2014年1月23日