関西自然保護機構会誌 *26*（*2*）：*131－138*，*2004*

奥多々良木発電所ビオトープでのモリアオガエルの産卵状況

梅花女子大学人間科学科　辻　　広志
㈱関西総合環境センター　長野　　修・梅迫泰年

Breeding of the foam-nesting tree frog *Rhacophorus arboreus* at the biotope in Okutataragi power station, in Hyogo Prefecture. Hiroshi Tsuji（*Department of Human Science, Baika Women's College*）, Osamu Nagano and Yasutoshi Umesako（*KansaiEnvironmental Engineering Center Co. LTD.*）

はじめに

近年，両生類の地域個体群の消滅や減少が世界中で報告されており（e.g., Blaustein & Wake, 1990；Houlahan et al., 2000），日本においても定量的なデータはほとんどないものの，多くの種で減少が懸念されている（松井，1996）。両生類個体群の衰退の原因はさまざまであるが，開発による生息環境の破壊が最も大きな原因であろう（e.g., Dodd & Smith, 2003）。特に水辺で繁殖を行う多くの両生類にとって，水域環境の消失や悪化は個体群の存続に致命的なダメージとなる。欧米では，開発を回避できない場合にはそれに変わる保全対策として，代替生息場所の創出による自然環境の復元，いわゆる‘代償ミティゲーション’という手法が昔から取り入れられている（森本，2001）。日本ではミティゲーションによる希少生物の保全の歴史は大変浅く，両生類における代償ミティゲーションの例としては，サンショウウオ類でいくつか実施されているが，カエル類ではほとんど行われていない（井上，1999；夏原，2001）。

兵庫県朝来町の奥多々良木発電所（㈱関西電力）では，モリアオガエルの新たな産卵場所の創出のためのビオトープが1998年に整備された。アオガエル科に属するモリアオガエルは樹上性のカエルで，白い泡巣の卵塊を水面上に張り出した木の枝や水際の草などに産卵するという特異な産卵習性をもつ（前田・松井，1999）。本種は本州に広く分布しているため，国レベルでは保護対象種ではないものの，地方レベルでは学術的な重要性から多くの都府県で保護種に選定されており，兵庫県版レッドデータブックではＢランク（兵庫県内において絶滅の危険が増大している種）に指定されている（兵庫県，2003）。

モリアオガエルの卵塊数や産卵環境に関する調査は数多く行われている（富岡ほか，1996；熊谷，1999；北野，2001；戸田，2001）が，ビオトープの個体群についての詳細な報告はない。ビオトープにおけるモリアオガエルの産卵状況についての記載は，本種の代替生息場所を創出する際の基礎資料となる。特に，ビオトープ施工後の初期の段階で正確な繁殖個体数を記録しておくことは，本種の個体群の定着過程を把握する上で重要であると考えられる。モリアオガエルの雌は１年に１回しか産卵しない（戸田，1991）ため，卵塊数を数えることによりその場所の繁殖雌の個体数をかなり正確に推定することが可能である。このビオトー

関西自然保護機構業績　第356号

プでは，2001年と2002年の繁殖期にそれぞれ１日だけ調査が行われ，モリアオガエルの卵塊数が記録されている（梅迫・長野，2002）が，繁殖期間全体を通した卵塊数調査はまだ行われていない。

本論文では，ビオトープを施工してから５年後のモリアオガエルの産卵状況について報告し，本種にとって望ましいビオトープについて考察する。

本研究を実施するにあたり，㈱関西電力・奥多々良木発電所の竹澤義格氏を始め，発電所の方々にはさきざまな便宜を図っていただいた。㈱関西総合環境センターの植田義輔氏は本研究を行う機会をつくっていただいた。㈶自然環境研究センターの戸田光彦氏にはモリアオガエルの調査方法に関して有益な助言をいただいた。これらの方々に深く感謝申し上げる。

材料と方法

調査地

調査を行ったビオトープは，兵庫県のほぼ中央部にある奥多々良木発電所の多々良木ダム上流部のダム湖畔（標高約230m）に位置している（図１）。調査地の北および西側はダム湖で，東側にサワグルミを中心とした人工林があり，南側にはコナラを中心とした自然林が広がっている（図２，３）。

ビオトープは1998年９月に整備が完了した。ビオトープには形状および大きさの異なる池が３カ所（総面積456㎡）と緩やかな流れのある湿地帯

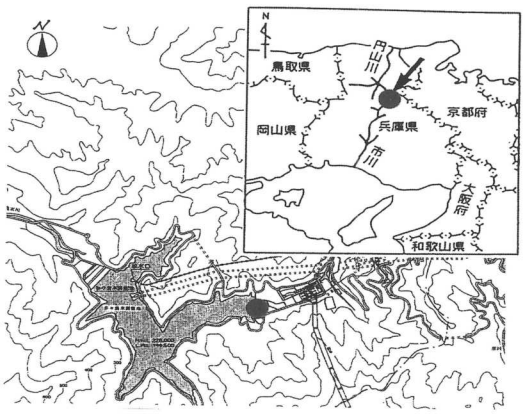


図１． 調査地の位置.

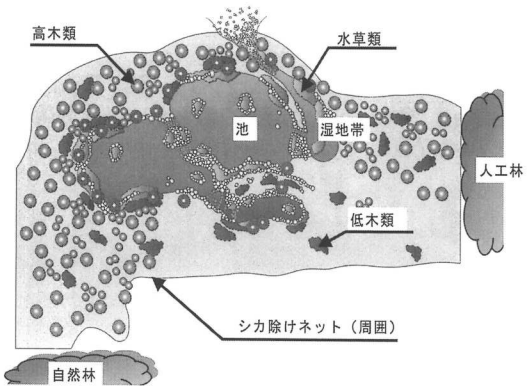


図２． ビオトープの平面図.

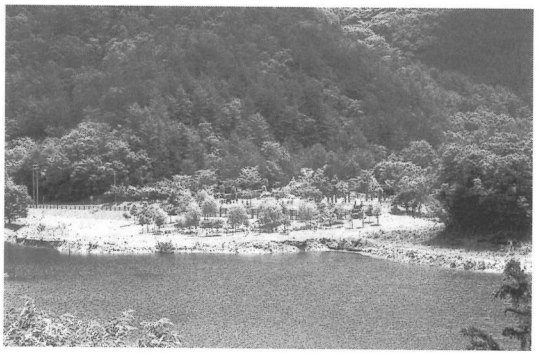


図３． ダム湖の対岸からのビオトープの遠景（６月７日撮影）.



図４． ビオトープの全景（５月24日撮影）.

が１カ所（面積84㎡）設置されている（図２，４）。池の水深は20～60㎝，湿地帯は10～20㎝である。池や湿地の水際は，大礫や巨礫を使用した石組みによって護岸されており，イヤミクリなどの草本類や地衣類が植栽されている。

池や湿地帯の周囲には，シダレヤナギ，クヌギ，コナラ，エノキ，サワグルミから構成される高木類と，イヌザンショウ，カラスザンショウ，ヤマツツジ，ヤマアジサイ，ウツギなどから構成される低木類が植栽されている（樹林面積1800㎡）。高木種の植栽密度は，密生林の標準的な密度である３本／10㎡に設定されており，樹高は約４～８mに成長していた。池や湿地帯の周囲は，シカ除けネット（高さ1.8mナイロン製，木杭止め）が設置されている。

このビオトープでモリアオガエル以外に確認した両生類は，ニホンアマガエル，トノサマガエル，シュレーゲルアオガエル，カジカガエル，イモリの計５種である。爬虫類では，シマヘビのみが目撃されている。

多々良木ダムにおける，2003年の月平均気温（午前９時測定）と月間総雨量はそれぞれ，５月は16.8℃と136.0㎜，６月は20.7℃と208.5㎜，７月は21.6℃と264.5㎜であった。

調査方法

調査は2003年に，モリアオガエルの主要な産卵活動期間である５月初旬から７月下旬にかけて，週に１回あるいは隔週で，計９回実施した。新しい卵塊が確認されなかった７月26日を最後に調査を終了した。

６月１日，14日，29日と７月13日，26日は13時頃から17時頃まで，５月10日，24日と６月７日，21日は14時頃から翌朝の７時頃まで調査を行った。各調査日毎に，ビオトープ内を精査し，前回の調査時以降に新しく産卵されているモリアオガエルの卵塊数を記録した。樹上の高い場所に数卵塊がかたまって産卵されている場合や，地上に落下した卵塊がいくつもの破片に砕け散っている場合には推定卵塊数を記録した。各卵塊について，その位置を地図上にプロットし，産卵場所（樹上，草本上，岩の隙間等），水面あるいは地面からの高さ，卵塊が付着していた植物の種類，卵塊の状態（色や乾燥の程度）を記録した。

なお，2003年においては，ダム湖の水位が夜間に通常のレベル以上に上昇し，ビオトープの池や湿地とその周辺の地面が水没してしまうことがたびたびあった。このような場合には，ビオトープの池や湿地の岸辺付近の樹木・草本上だけではなく，池や湿地から離れた周囲の樹木上でも数多く



図５． 陸地の上に産卵されているモリアオガエルの卵塊（６月１日撮影）．矢印は卵塊を示す．



図６． 変電所前の産卵場所（６月14日撮影）．矢印はモリアオガエルの卵塊を示す．

産卵していた（ダム湖の水位が下がればこれらの卵塊の下には水はない；図5）。このような通常では見られない産卵が数多く含まれているため，本論文では産卵場所の特性に関する詳しい分析は行わず，結果の記載のみにとどめた。

ビオトープから約800m離れた変電所前の道路沿いの側溝周辺（以後，変電所前；図6）でも，ビオトープ整備以前からモリアオガエルの産卵が毎年行われることが知られていた。そこで，ビオトープと変電所前で，産卵活動の期間や季節変動パターンに違いがあるかどうかを調べるために，ビオトープの調査日と同じ日に変電所前でも同様の卵塊調査を行った。調査時間は，ビオトープの調査の開始前と終了後の時間を利用した。ビオトープと変電所前の卵塊数の季節変動のパターンが統計的に異なっているかどうかは，コルモゴロフ・スミルノフ検定（Kolmogorov-Smirnov test；桜谷・夏原，1994）で調べた。

結　果

産卵活動期間

各調査日におけるビオトープと変電所前での卵塊数の調査結果を図7に示す。新しい卵塊は，ビオトープでは6月1日～7月13日まで，変電所前では5月24日～7月13日まで確認された。5月10日には，ビオトープと変電所前ともに，昼夜ともモリアオガエルの成体や雄の鳴き声は確認されていない。5月24日には，変電所前では4卵塊が産卵されていたが，ビオトープではまだ産卵されていなかった。しかしビオトープではこの日，日中と夜間に雄の鳴き声が頻繁に聞かれ，夜間には成体の雄1個体と雌4個体がそれぞれ単独で発見された。両調査地とも，7月13日の日中には成体雄の鳴き声を確認したが，7月26日の日中には全く聞かれなかった。これらの結果から，この地域におけるこの年のモリアオガエルの産卵活動期間は5月中旬から7月中旬の約2ヶ月間と推定された。

卵塊数

ビオトープと変電所前で産卵された推定総卵塊数は，それぞれ158個と52個であった。産卵期間中における1週間毎の推定卵塊数は，ビオトープでは10～72個，変電所前では1～18個と，両調査地ともに大きな変動を示した（図7）。卵塊数の季節変動のパターンは調査地間で有意に異なっており（コルモゴロフ・スミルノフ検定，$P<0.01$），最も多くの卵塊が産卵された週は，ビオトープでは6月8日～14日であったのに対して，変電所前では1週間遅い6月15日～21日であった（図7）。

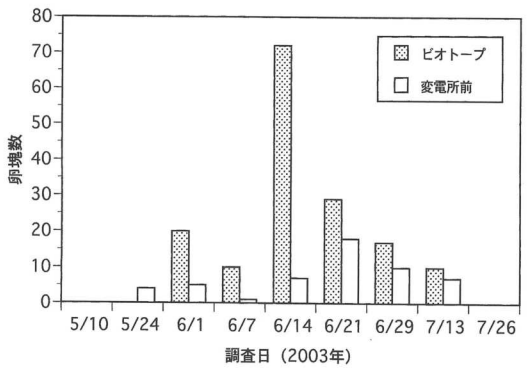


図7． ビオトープと変電所前でのモリアオガエルの卵塊数の季節変動．各調査日に新しく確認された卵塊数が示されている．

産卵場所

ビオトープでの産卵場所は，樹上が91卵塊で最も多く，総卵塊数の57.6%を占めていた。草本上や根元および岩の隙間に産卵された卵塊は，それぞれ27個（17.1%）と9個（5.7%）であった。地面や岩の上に落下していた卵塊は31個（19.6%）で，全体の5分の1に達していた。これは主に6月15日～21日の週に発生した季節はずれの台風の

影響によるもので，多くは樹上から落下したものであると考えられた。台風以外の原因として，ダム湖の水位が上がり，ビオトープが水没した時に，草本上や岩の隙間に産卵された卵塊が流出したものもあると思われる。

変電所前での産卵場所は，側溝の壁面が17個（総卵塊数の32.7%）で最も多く，次いで，側溝上部のコンクリートの壁面上（15個，28.8%），コンクリートの壁面に生えている植物体上（12個，23.1%），樹上（8個，15.4%）の順であった。

考　察

ビオトープ整備5年後の産卵状況

奥多々良木発電所ビオトープでは，整備後1年目と2年目には，関西電力の関係者によってすでに数個の卵塊が目撃されており，整備後3年目の2001年6月27日と整備後4年目の2002年6月20日に実施されたモニタリング調査では，それぞれ10個と28個の卵塊が確認されている（梅迫・長野，2002）。整備5年後の本研究により，初めて繁殖期間全体を通した卵塊数調査が行われ，計158個の卵塊が確認された。つまり，少なくとも約160個体の雌がこのビオトープで産卵を行ったことになる。モリアオガエルの性成熟年齢は，雄は2歳，雌では2～3歳といわれている（戸田，1993）。ビオトープの施工以前に，ビオトープの南側の自然林でモリアオガエルの成体の生息が確認されていることから，整備後1～2年目に産卵された卵塊は近隣の自然林から移動してきた雌によるものであると考えられる。これらの卵塊から孵化した幼生が無事に幼体まで成長できたかどうかは定かではないが，2001年にはビオトープでモリアオガエルの幼生や幼体が多数確認されているので，2003年の卵塊に関しては，このビオトープで産まれた雌によるものも含まれている可能性がある。

ビオトープでのモリアオガエルの繁殖活動のパターンは変電所前のものと若干異なっていた。産卵活動の期間はほぼ同じであったが，産卵活動のピークはビオトープの方が1週間早かった。これは両調査場所の微環境の違いが原因かもしれない。比較的樹木で覆われている変電所前の産卵場所に対して，樹木が十分に成長しておらず開けた環境のビオトープの方が気温がより高かったために産卵活動のピークが早まったのかもしれない。金沢城跡に生息するニホンヒキガエルでは，産卵池間の距離が100m程しか離れていない場合でも，日当たりの良い産卵池の方が日陰の産卵池よりも毎年産卵開始日が早い傾向にある（奥野，1985）。

モリアオガエルの産卵場所の創出は，小規模ながら日光宇都宮道路建設の際にも行われ，元の産卵場所（農業用の水桶）から約160mほど離れた代替産卵池（コンクリート製；直径150cm，深さ約25cm）での産卵に成功している（井上，1999）。両生類は一般的に自分が産まれた場所に戻って産卵を行うという，いわゆる‘母池回帰性’が強く（Duellman & Trueb，1986），例えば，ニホンヒキガエルでは嗅覚を使って繁殖場所への道すじを記憶している（石居，1997）。しかしモリアオガエルの場合には，新しく創出した産卵場所で1年目から産卵が行われることから，自分が産まれた場所に必ずしも固執しているようには思えない。これは水際の植物体上に泡巣を造るという本種の特異な産卵習性と関係があるのかもしれない。このような陸上産卵では水位の変動によって幼生の孵化に失敗する可能性があるので，産卵場所の選択に柔軟に対応できる性質を備えている方が有利であろう。モリアオガエルがどのような感覚器官（例えば，視覚，嗅覚，聴覚）を使って適切な産卵場所を探し出すのかは全くわかっておらず，今後より効果的に保全を行う上で解明しなければならない問題である。

モリアオガエルの代替産卵池では何に留意すべきか？

モリアオガエルの１繁殖期の総卵塊数についての報告は多く，例えば，群馬県大峰山の古沼では122～723個（15年間の調査；富岡ほか，1996），石川県金沢城跡では約250～300個（７年間；戸田，2001），長野県茶臼山高原の茶臼山自然園では59～72個（４年間；熊谷，1999）である。調査地の面積が異なるため単純に比較はできないが，奥多々良木発電所ビオトープの総卵塊数（158個）は，上記の個体群のものと比べてけっして少ない値ではない。つまり，このビオトープはモリアオガエルの産卵場所として適切であると考えられ，新たな産卵場所の創出に成功したと言えるだろう。

しかし，‘産卵場所’として適切であっても，‘繁殖場所’として適切であるとは限らない。つまり，泡巣から幼生が孵化し，水中で幼生が成長し，幼体への変態に成功して初めて繁殖場所として適切であると判断される。当初の計画では，この時期水没する頻度が非常に少ないとされたことから，この地点がビオトープの造設場所として選定された。しかし調査を行った2003年は，ダム湖の水位の上昇によってビオトープがたびたび水没し，池や湿地でない場所の樹上に産卵してしまい，その結果ほとんどの卵塊において，孵化した幼生は水中に落下することができなかった。実際には可能な限り，卵塊を水際に移植したり，地面に落下した孵化直後の幼生を池の水中に放したものの，幼生の数は水没していない昨年や一昨年と比較して激減していた。したがって，この年に限っては，このビオトープはモリアオガエルの繁殖場所として適切でなかったと言える。このことを踏まえて，地上に泡巣を造るという特殊な産卵習性をもつモリアオガエルの産卵池を造設する際には，泡巣から孵化した幼生が確実に水中に落下できるよう十分に配慮する必要がある。

モリアオガエルは樹上だけでなく，さまざまな場所に産卵することが知られている（前田・松井，1999）。このビオトープでも，池の周囲のシダレヤナギの樹高がまだ低かった2001年と2002年には，多くの卵塊が池の水際の草の根元や護岸石の隙間に産卵されており，孵化にも成功していた（梅迫・長野，2002）。代替産卵池の周囲に大きな木がない場合は，池の周囲に草や石を配置し，植林した木が成長するまでの間の産卵場所として利用させる必要がある。ただしこの場合，タヌキやイタチなどの地上性の捕食者に注意する必要がある。このビオトープでは，タヌキが産卵前の雌を捕食しているのが数回目撃され，おそらくタヌキに食われた跡と思われる卵塊の残骸が地上でいくつも確認された。このような地上性の捕食者を避けるために，モリアオガエルが安全に産卵できるようなある程度の高さの人工的な産卵場所を水際に設置するのも一つの案である。

おわりに

急峻な地形と雨量に恵まれた日本では，エネルギー開発として数多くのダムが建設されてきた。山中に建設される水力発電所では，ダム堤本体，ダム貯水池，発電所，開閉所，送水管路，送電線鉄塔などの建設に伴い広大な面積の自然環境が消滅・改変するだけに，生態系や稀少生物の保全に対して日本でも昔から様々な対策が講じられてきた（村田・小牧，2001）。しかし，ミティゲーションという概念による生態系や稀少生物の保全の取り組みは，最近始まったばかりである（村田・小牧，2001）。環境にやさしいダム建設を実現するためには，ミティゲーションの技術開発と評価方法の確立が重要な課題である。そういう意味で，この奥多々良木発電所のビオトープは，‘モリアオガエル・ビオトープ’としてだけではなく，

‘発電所ビオトープ’としての貴重なモデルケースなので，今後，適切な管理とモリアオガエル個体群の長期間のモニタリングが行われることを期待したい。

引用文献

Blaustein, A. R. & Wake, D. B. 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon? Trends in Ecology and Evolution 5 : 203-204.

Dodd, C. K., Jr. & Smith, L. L. 2003. Habit at destruction and alteration: historical trends and future prospects for amphibians. In: Amphibian Conservation (ed. Semlitsch, R. D.), 94-112. Smithsonian Books, Washington and London.

Duellman, W. E. & Trueb, L. 1986. Biology of Amphibians. 670pp. McGraw-Hill, New York.

Houlahan, J. E., Findlay, C. S., Schmidt, B. R., Meyer, A. H. & Kuzmin, S. L. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. Nature 404: 752-755.

兵庫県（編）. 2003. 改訂・兵庫の貴重な自然 兵庫県版レッドデータブック2003. 382pp. 財団法人ひょうご環境創造協会，兵庫.

井上　修. 1999. 道路.「増補応用生態工学序説」応用生態工学序説編集委員会（編），105-119. 信山社サイテック，東京.

石居　進. 1997. カエルの鼻　たのしい動物行動学. 189pp. 八坂書房，東京.

北野　聡. 2001. 戸隠地域の古池ならびに種池におけるモリアオガエルの産卵環境. 長野県自然保護研究所紀要 4，別冊 1 ：257-262.

熊谷聖秀. 1999. 茶臼山高原のモリアオガエル（*Rhacophorus arboreus*）の産卵状況・孵化率及び食物消費について. 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績 36：29-37.

前田憲男・松井正文. 1999. 改訂版 日本カエル図鑑. 223pp. 文一総合出版，東京.

松井正文. 1996. 両生類の進化. 256pp. 東京大学出版会，東京.

森本幸裕. 2001. ミティゲーションのしくみ.「ミティゲーション－自然環境の保全・復元技術－」森本幸裕・亀山　章（編），11-20. ソフトサイエンス社，東京.

村田辰雄・小牧博信. 2001. 発電所建設.「ミティゲーション－自然環境の保全・復元技術－」森本幸裕・亀山　章（編），325-346. ソフトサイエンス社，東京.

夏原由博. 2001. 両生類・は虫類.「ミティゲーション－自然環境の保全・復元技術－」森本幸裕・亀山　章（編），205-221. ソフトサイエンス社，東京.

奥野良之助. 1985. ニホンヒキガエル *Bufo japonicus japonicus* の自然誌的研究Ⅷ. 繁殖活動に及ぼす気象の影響. 日本生態学会誌 35：527-535.

桜谷保之・夏原由博. 1994. 資源生物系の統計学. 183pp. 文教出版，大阪.

戸田光彦. 1991. 金沢城跡におけるモリアオガエルの生命表. 爬虫両棲類学雑誌14(2)：96.（講演要旨）

戸田光彦. 1993. 北国の樹上生活者－モリアオガエル.「週刊朝日百科 動物たちの地球 第99号 トノサマガエル・モリアオガエルほか」（倉本満編），82-85. 朝日新聞社，東京.

戸田光彦. 2001. 金沢城跡におけるモリアオガエルのメタ個体群動態. 爬虫両棲類学会報 2001 (1)：49.（講演要旨）

富岡克寛・広瀬文男・金井賢一郎. 1996. 群馬県

大峰山古沼におけるモリアオガエルの産卵調査．爬虫両棲類学雑誌 16(4)：154．（講演要旨）
梅迫泰年・長野修．2002．モリアオガエルの産卵場所の創出その２．平成14年度日本造園学会全国大会 シンポジウム・分科会講演集，121．