

絶滅危惧種カワバタモロコをはじめとした水生動物の定着過程 —キリンビール神戸工場レフュジア・ビオトープでの実験—

田中哲夫^{1)*}・佐藤裕司^{2)*}・永吉照人³⁾・谷本卓弥⁴⁾

Settlement process of aquatic animal community including endangered cyprinid fish, *Hemigrammocypris rasborella* (CYPRINIDAE), at the Refuge Bio-tope of Kirin Brew Park Kobe, Kobe, Japan.

Tetsuo TANAKA^{1)*}, Hiroshi SATO^{2)*}, Teruto NAGAYOSHI³⁾,
and Takuya TANIMOTO⁴⁾

要 旨

神戸市北区にあるキリンビール神戸工場のレフュジア・ビオトープに絶滅危惧種カワバタモロコをはじめとした水生動物を導入し、その数の変動と環境要因とを2001年から2009年までの9年間継続して調査した。カワバタモロコは2002年5月の導入直後に急速に増殖し2年後の2004年にはトラップによる採集個体数が4,000個体以上に達した。その後カワバタモロコは減少し、2006年から2009年にかけての採集個体数は600から1,000個体で安定していた。カワバタモロコより後に導入したメダカ、モツゴとドンコも定着したが、タモロコ・トウヨシノボリは定着しなかった。2002年から2003年にかけて導入したスジエビとミナミヌマエビの網引きによる採集個体数は、導入後1・2年の間は増加した。特にミナミヌマエビの個体数は非常に多くなった。後者はその後急激に減少し、2009年には両種とも採集できなかった。絶滅危惧種カワバタモロコが、人工のビオトープでメダカやモツゴまたミナミヌマエビとの共存のもと、比較的容易に増殖・定着することが明らかになった。

キーワード：カワバタモロコ，絶滅危惧種，定着過程，ビオトープ

はじめに

神戸市北区赤松台にあるキリンビール神戸工場のレフュジア・ビオトープに、兵庫県（2003）のレッドリストAランクに、また環境省（2003）の絶滅危惧IB類に指定されているカワバタモロコやメダカをはじめとした魚類とスジエビなどキリンビール神戸工場近辺のため池や水路などの水辺に生息している水生動物を導入し、その後の

増殖・定着あるいは絶滅過程を、特にカワバタモロコの数の増減に焦点を当てて追跡調査した。多くの学校や企業の敷地にビオトープ池がつけられ、そこでどんな対象をどのように調べれば環境学習になるのかと悩んでいる関係者も多い。採用した調査方法は一部の環境要因の測定を除けば、小学高学年になれば実施可能である。詳細なデータを公表することで、小学生にも取り組めるビオトープ池の調査法を示す。

1) 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境マネジメント研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Environmental Management, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Hyogo, Japan

2) 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Hyogo, Japan

3) 〒669-1545 兵庫県三田市狭間が丘3-24-5 (元)兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境再生研究部 Hazamagaoka 3-24-5, Sanda, 669-1545 Hyogo, Japan

4) ひとく地域研究員 兵庫県立伊丹北高等学校 〒664-0012 兵庫県伊丹市鴻池7丁目2-1 Hyogo Prefectural Itamikita high school; Kounoike 7-2-1, Itami, 664-0012 Hyogo, Japan

* 兼任：兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan

材料および方法

水生動物の導入と続く調査を実施したレフュジア・ビオトープは、1998年に神戸市北区の赤松台（東経135°10′59″北緯34°52′33″標高220m）の麒麟ビール神戸工場内に造成された水面面積1,700㎡深さ80cmの人工の小さな池である。水陸移行帯には抽水植物のヒメガマ・フトイ・ショウブ・ツルヨシが、岸边近くの水表植物には栽培種のスイレン・ベニコウホネが、沈水植物にはエビモがビオトープ建設当初に植栽され、2009年現在も引き続き生育している（図1）。ここにカワバタモロコをはじめとした水生動物を近隣の生息池から移入し、その後の各動物の定着・増加状況と、同時に水質など環境要因の変化を追跡調査した。



図1 麒麟ビール神戸工場レフュジア・ビオトープ鳥瞰，トランプ・目視・網引き調査を行った5地点を示す。

水生動物導入前の状況

レフュジア・ビオトープでは、建設時に導入されていた産地不明のメダカを根絶するため、2001年12月17日から2002年1月30日まで池干しを実施し、メダカとともに導入されていたギンブナ・スジエビ・ミナミヌマエビなどを一旦除去した。池底の泥が完全に乾燥することはなかったが、水分を含んだ底泥の中から生きたメダカその他の魚類や甲殻類を発見することはできなかった。この池干しによる既存動物根絶後の2002年5月と7月のトランプ・網引き・目視確認では、産地不明のメダカを確認することはなかった（表2，図9・10）。2002年2月より再び湛水（たんすい：貯水池などに水を満たすこと）を開始，3月末には池の水位は通常の水位80cmに回復し，その後2009年5月に至るまで，多少の変動は認められるが水位は安定していた。

水生動物の導入

レフュジア・ビオトープ池と同一流域かつ最も近接した池から，カワバタモロコ *Hemigrammocypripis rasborella* 241個体，メダカ *Oryzias latipes* 271個体，モツゴ *Pseudorasbora parva* 167個体，タモロコ *Gnathpogon elongatus* 34個体，トウヨシノボリ *Rhinogobius sp.* OR 62個体，ドンコ *Odontobutis obscura* 2個体，スジエビ *Palaemon paucidens* 約600個体とミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata* 約100個体を2002年から2003年にかけて，滅菌のためメチレンブルーの薬浴処理を行った後に導入した（表1）。

環境要因の測定

水生動物の成育にとって重要な環境要因として水温を，2008年春から2009年春に至るまでの約一年間，オンセツ社のテイドピット温度記録ロガーによって一時間毎にその平均温度を連続的に測定した。溶存酸素の測定にはYSI/Nanotech Inc. のYSI model 58を，電気伝導度の測定には堀場製作所のHORIBA Twin Cond. B-173を，栄

表1 麒麟ビール神戸工場レフュジア・ビオトープに導入した水生動物

和名	年	2002年	2002年	2003年	2003年	2002～2003年 導入合計
	月日	5月19日	8月7日	7月16日	11月15日	
	導入元池地名	神戸市北区長尾	神戸市北区長尾	三田市下相野	神戸市北区長尾	
	池名	田中定雄池	無名池	新池	上津ため池	
	東経	135° 11′ 11″	135° 11′ 2″	135° 9′ 47″	135° 11′ 2″	
	北緯	34° 52′ 50″	34° 52′ 57″	34° 56′ 1″	34° 52′ 57″	
カワバタモロコ		241				241
モツゴ				167		167
タモロコ				34		34
トウヨシノボリ			3	9	50	62
ドンコ				2		2
メダカ			269	2		271
スジエビ			63	14	約500	約600
ミナミヌマエビ					約100	約100

養塩濃度については共立理化学研究所のパックテストで測定した。これら導入動物のモニタリング調査と環境要因の測定は、2001年から2009年にかけて年に2回以上合計21回実施した。

植物プランクトンの量を示すクロロフィル分析用の採水は、2001年9月16日から2009年1月30日にかけて年毎に2回、いずれも午前10時から11時の間に現場で表面水を2L採水し試料水とした。クロロフィルa量は、そのうち500mLをろ過し、ろ紙（グラスファイバーフィルター、ワットマンGF/C）上にトラップされた懸濁物をアセトン抽出し、波長750nm, 663nm, 645nm, 630nmの各吸光度を測定することによった（Scor/Unesco, 1975）。

水生動物調査

水生動物のモニタリング法として以下の3つの方法（田中, 2005）を併用しレフュジア・ビオトープ動物群集の全体像の把握に努めた。

1. トラップ採集：市販の集魚用餌を少量入れたトラップ（網モンドリ：45cm×25cm×25cm；網目；3mm；入り口口径5cm）を調査池の5地点（図1：①～⑤）に設置して30分後に回収し、トラップで捕獲された魚類等の同定後、その数を計測後再びもとの場所に放流した。トラップによる方法ではカワバタモロコをはじめとした遊泳性の魚類を主な調査対象としている。

2. 目視記録：岸边に立ち、1㎡のコドラートを想定し、メダカなど水表面近くの水生動物の行動が定常状態に達したと判断された瞬間の個体数を5地点（図1：①～⑤）で目視記録。この方法ではメダカやアメンボ類など水表面を生活の場とする動物を主な調査対象としている。

3. 網採集：5地点での網引調査（口径；40mm×30mm；網目2mmのたも網による）1m引きサンプリングを5地点（図1：①～⑤）で実施し、採集されたトンボのヤゴやカゲロウ類などの水生昆虫、エビ類また貝類などを35cm×25cmの白色バットにうけ、肉眼とルーペ（×5）により種の同定を現場で行いその数を記録した後に放流した。

なお現場で同定不能の動物のみ70%アルコールで保存し実体顕微鏡下（×10）で同定した。この網による方法では、水生植物中や底質上の水生動物を主な調査対象としている。この3つの調査法を同時に行うことでビオトープ池の動物群集の全体像を把握することを目指した。このうち主に魚類を対象としたトラップによる採集と個体数の計測は、毎年2回程度実施される「ビオトープ観察会」として近隣の小学生数十人とともに実施した。

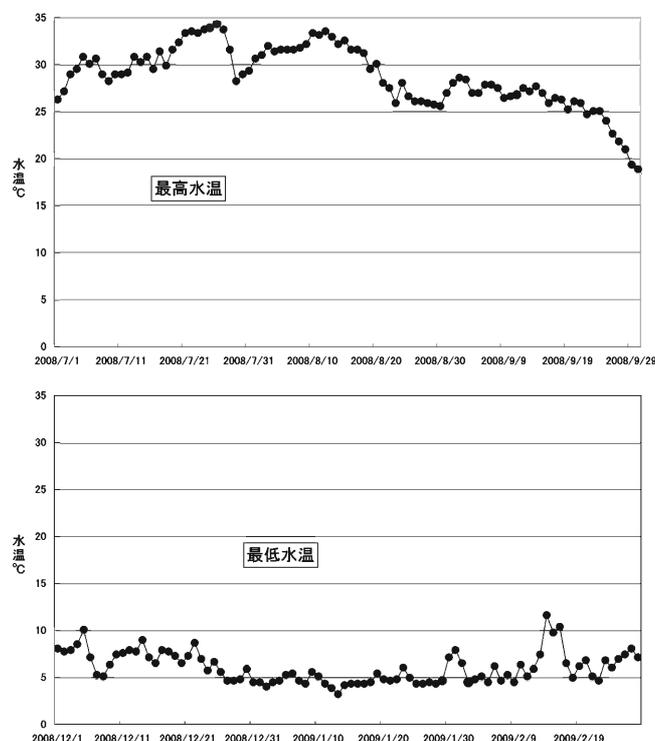


図2 レフュジア・ビオトープ表層水の最高最低水温(2008年夏季と2008年から2009年にかけての冬季それぞれ3ヶ月間)

結 果

1) 環境要因の変化

水 温

2008年の夏季と、2008年から2009年の冬季に計測した水温データロガーによる自動観測の結果、2008年7月26日に34.4°Cの最高水温を記録し、7月下旬から8月上旬にかけていったん低下し8月中旬に再び上昇したが、その後7月26日の最高水温を越えることはなかった。一方最低水温は2009年1月13日に3.2°Cを記録した（図2）。レフュジア・ビオトープの年間温度変化の幅は30°C以上に達し、温度耐性の幅が狭い水生動物にとっては厳しい条件である。

溶存酸素量

レフュジア・ビオトープ池の表層水の溶存酸素量が100%を超えたのは、2002年7月30日の9.6mg/L・10月6日8.8mg/L、2006年6月7日8.3mg/L、2007年5月31日9.2mg/L、2008年5月21日8.7mg/L・2009年3月10日の11.7mg/Lと測定23回中6回であった。表層と80cm下の底層の溶存酸素量の値にはそれほど差がない（図3）。2001年から2004年にかけて、溶存酸素量は7mg/Lから4mg/L程度に徐々に減少した。2005年から再び増加し2008年にかけて4～9mg/Lの間で変動しているが、極端に高いあるいは低い値は測定されず、底層が無酸素近くになることもなかった。

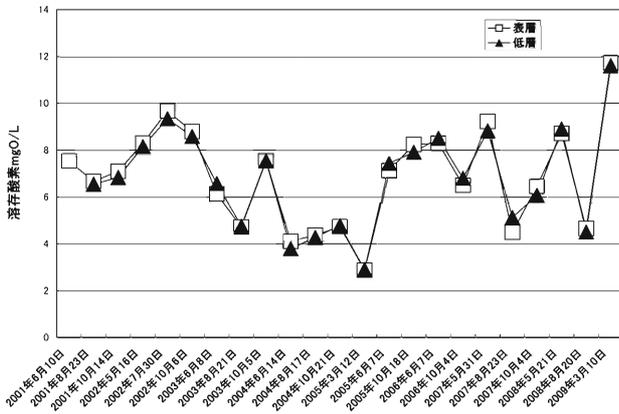


図3 表層・底層水における溶存酸素量 (mgO/L)

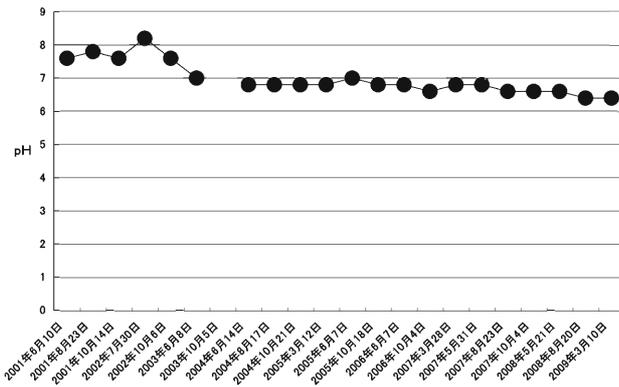


図4 表層水におけるpH

pH値, 栄養塩濃度, COD(化学的酸素要求量), 電気伝導率

pH値は, 2001年6月から2003年6月までは, pH7.0からpH8.2であったが, その後2004年6月から2005年3月にかけてpH6.8と一定であった. 2005年6月にpH7.0を計測したが, その後2005年10月から2009年5月に至る12回の測定中11回がpH6.4からpH6.8の間の弱酸性で安定していた(図4).

栄養塩濃度に関しては, 2001年6月に一回磷酸イオンが0.2mg/L測定された以外は, 亜硝酸・硝酸・磷酸イオンともにパックテストでは検出されない状態が続いた. またアンモニウムイオンについては, 2002~2008年に0.15~0.2mgNH₄⁺/Lと小さな値ながら, 22回の測定中9回検出された(図5).

COD(化学的酸素要求量)値は2001年6・8月, 2004年6・8月, 2007年8・10月, 2008年8月, 2009年5月の合計7回水温の高い夏季に20mg/Lを示したが, 他の15回の測定時には10mg/L以下の値を示した(図6).

麒麟ビール神戸工場でビール容器などを洗浄し浄化した後の「中水」をレフュジア・ビオトープ池へ導入していた2001・2002年には, 電気伝導率200μs/cm前後の値を示していたが, 中水導入を取り止めビオトープ池へ

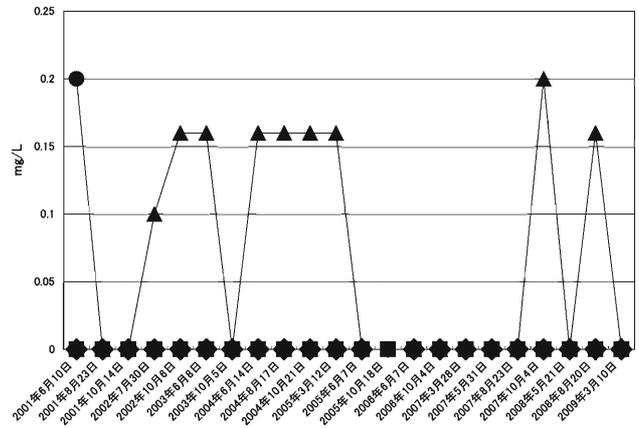


図5 表層水の亜硝酸体窒素(◆: mgNO₂⁻/L)・硝酸体窒素(■: mgNO₃⁻/L)・アンモニウム体窒素(▲: mgNH₄⁺/L)・磷酸(●: mgPO₄³⁻/L), 各栄養塩濃度

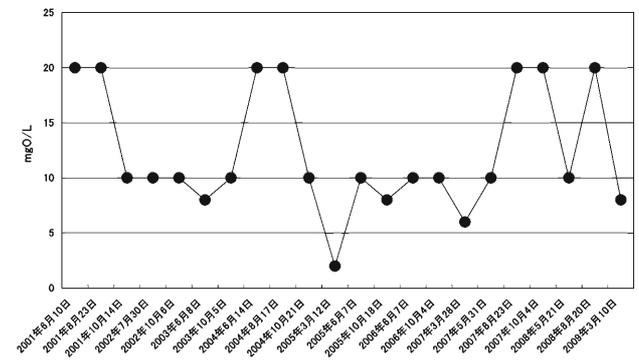


図6 表層水における化学的酸素要求量COD (mgO/L)

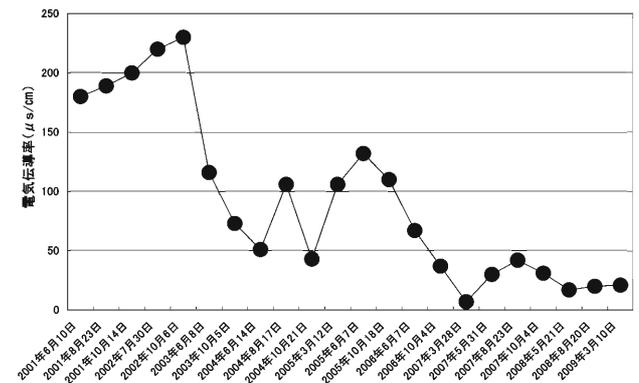


図7 表層水の電気伝導率 (μs/cm)

の供給水を雨水に限った2003年以降急激に低下し, 2007年3月28日にはこれまでの最低値7μs/cmを記録した(図7). 2008年5月21日に17μs/cm, 8月20日に20μs/cm, 2009年3月21日に21μs/cmといずれも極めて低い値を示している.

クロロフィルa量

2001年9月に測定された16.9μg/Lがこれまでに測定されたChl. a量の最も大きな値で, その後急激に減少し2002年12月には0.8μg/Lを示した. 2003年から2008年に

かけてChl. a量は変動しながらも徐々に増加し、2008年9月には14.1 $\mu\text{g/L}$ と9年間にわたる16回の測定中2番目に高い値を示した(図8)。

2) 導入水生動物の個体数変動

カワバタモロコ

2002年5月19日にカワバタモロコを導入した(表1)。およそ半月後の6月6日には導入した個体よりはるかに

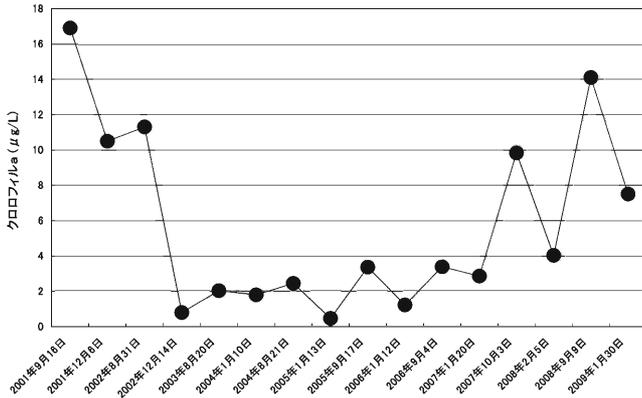


図8 表層水のクロロフィルa量 (µg/L)

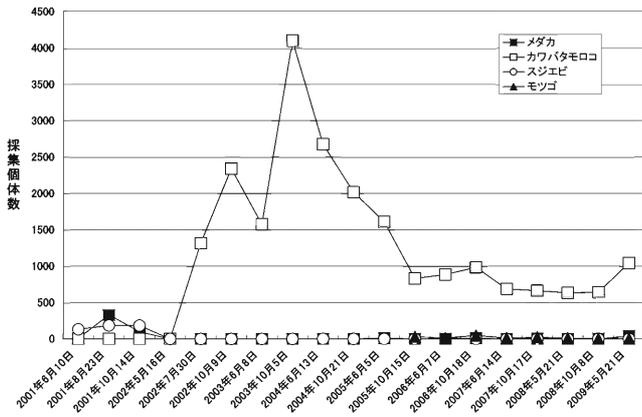


図9 トラップによるカワバタモロコ・メダカ・スジェビ・モツゴの採集個体数(5トラップ採集の合計値)

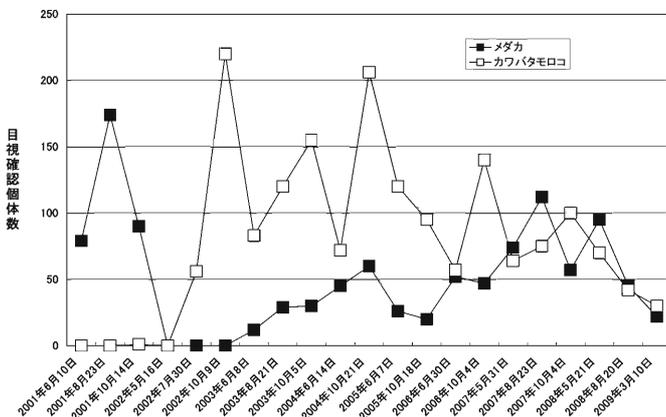


図10 カワバタモロコとメダカの日視確認個体数の変化(5定点観察の合計値/5m²)

小型のカワバタモロコの稚魚が水表面近くで数十個体目視確認された。その後7月30日には56個体のカワバタモロコの稚魚を目視確認し、導入6か月後の10月9日には観察期間中最多の220個体が目視確認でき、それ以降2009年に至るまで変動しつつ徐々に目視確認個体数は減少した(図10)。9年間に渡る21回の調査で、最も多くの個体が網引き調査で採集されたのは、導入後約2か月の2002年7月30日の114個体で、その後2009年に至るまで数個体から数10個体の間で変動している(表2)。目視による最大確認数は放流後6か月後、網引きによる最大採集数は同2か月後と時期が異なるが、何れも放流した年内に記録された。2002年7月30日に実施したトラップ採集では、導入した241個体(表1)よりはるかに多い1,317個体が採集され(図9)、そのほとんどが標準体長30mm以下の稚魚であった。トラップ採集で最も多く採集されたのは、放流一年半後の2003年10月5日の4,104個体(図9)であった。2003年10月5日以降、2004年・2005年とトラップによる捕獲数は減少を続け、2006年以降2009年に至るまでは600~1,000個体と比較的安定していた。カワバタモロコは導入直後に産卵し、2か月後に網引きによる最大採集数を示し、6か月後に目視確認数の最大を示し、1年半後にトラップによる最大捕獲数を記録した。これらの結果から導入したカワバタモロコは極めて大きな初期増殖速度を有していることは明らかである。

メダカ

池干しを実施し既存の水生動物を根絶する2002年5月以前のトラップ採集では、産地不詳のメダカが2001年6月に9個体、同8月に333個体、同10月に99個体がトラップで採集された。しかし、産地不詳のメダカを根絶後、再び導入した2002年8月(表1)以降においてメダカはトラップによってはほとんど採集されなくなり、2002年5月から2004年6月までの2年にわたって6回行われたトラップ調査では全く採集されなかった。その後2005年の6月に13個体、2006年の10月に11個体、2005年の6月に13個体と少ない状態が続く、2009年5月に39個体とやや増加したが採集数の少ない傾向が続いている(図9)。一方メダカの日視確認数は、2002年8月7日の再導入以降増加傾向にあり、毎観察時に50個体から100個体程度は確認されている(図10)。網引きによるメダカの採集数は、カワバタモロコの導入前の2001年6月に6個体、同8月に14個体、同10月に2個体であった(表2)。カワバタモロコが定着した後も2009年5月に至るまで、その数は10個体程度以下と少ないがほぼ毎回採集されていて、カワバタモロコとともに定着し共存が可能であることを確認した。

表2 網引採集による水生動物の個体数（5地点合計）

年 月日	年	2001年	2001年	2001年	2002年	2002年	2002年	2003年	2003年	2003年	2004年	2004年	2005年	2005年	2006年	2006年	2007年	2007年	2007年	2007年	2008年	2008年	2009年
		6月10日	8月23日	10月14日	5月16日	7月30日	10月6日	6月8日	8月21日	10月5日	6月14日	10月21日	6月7日	10月15日	6月7日	10月4日	3月27日	5月31日	8月23日	10月4日	5月21日	8月20日	3月10日
魚類	メダカ	6	14	2	—	—	—	—	—	3	—	—	—	2	—	2	4	10	11	4	5	5	4
	カワバタモロコ	—	—	—	—	114	5	3	1	10	34	30	33	32	17	2	—	8	22	1	10	13	13
	ドンコ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	1	—	9	3	2	25	2	1	13	8	1
	モツゴ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	2	—
	トウヨシノボリ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
両生類	オタマジャクシ類	1	—	—	16	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	トノサマガエル	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
トンボ目	ギンヤンマ類	—	—	—	—	1	3	2	—	4	—	—	3	1	—	1	2	—	3	—	—	2	—
	シオカラトンボ	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ショウジョウトンボ	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	不均翅亜目(その他)	—	—	—	—	4	5	—	21	61	8	4	1	7	3	5	14	3	141	118	31	173	19
	クロイトトンボ類	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	均翅亜目(その他)	—	—	1	3	4	23	—	10	44	5	6	2	18	15	28	14	16	33	119	19	83	36
カゲロウ目	フタバカゲロウ	—	1	—	—	18	8	—	10	10	—	—	3	—	—	—	36	—	24	—	—	20	19
トビケラ目	ホソバトビケラ	—	—	—	1	—	1	2	13	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	イワトビケラ類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2	2
半翅目	アメンボ類	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	マツモムシ類	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	コオイムシ類	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ミズムシ類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	8	8
双翅目	フサカ類	—	—	—	8	—	—	1	—	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	2	1
	ユスリカ類	—	3	3	—	13	40	59	185	267	43	78	53	—	109	58	96	17	68	21	252	22	132
甲虫目	ガムシ類	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ミズスマシ類	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	22	—
	その他甲虫類(幼虫)	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	8	—	—
甲殻目	スジエビ	30	37	14	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ミナミヌマエビ	16	25	19	—	—	—	—	—	5	9	17	57	19	227	53	45	304	417	2	3	—	—
貝類	ヒメタニシ類	—	—	—	—	3	—	—	—	57	47	29	—	—	18	37	10	10	38	26	12	25	2
	モノアラガイ類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ヒラマキガイ類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1
	サカマキガイ類	—	—	—	36	36	5	—	13	8	5	—	1	—	3	2	—	—	23	12	4	4	1
	カワナナ類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	34	22	—	3	2	—	1	—	—
イトミミズ類	イトミミズ類	—	5	13	—	5	—	101	229	145	13	48	3	7	12	13	9	14	93	57	40	45	53
ヒル類	ヒル類	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
その他動物		—	—	—	—	—	—	3	36	—	—	1	32	—	3	—	—	1	2	6	—	—	—

ドンコ・モツゴ・タモロコ・トウヨシノボリ

2003年7月16日に、雌雄それぞれ1個体計2個体のドンコを導入したが（表1）、この1ペアに由来するドンコ稚魚が、2004年6月に3個体、2006年6月に9個体、2007年5月に25個体、2008年5月に13個体とコンスタントに網引き採集で確認されていて、2009年時点では定着に成功している（表2）。

2003年7月16日に導入した167個体のモツゴ（表1）は目視観察によってほとんど確認することができなかった。網引き調査でも2006年6月に1個体、2008年8月に2個体採集されたのみである（表2）。ただトラップ採集では、2005年10月に30個体、2006年6月に13個体、同10月に49個体捕獲されていて、その数は少ないがビオトープに定着した。

2003年7月16日に34個体のタモロコを導入した（表1）。その後のモニタリング調査でタモロコは、2003年のトラップによる採集で数個体が確認されたのみで、2004年～2009年の間には稚魚また成体のいずれも、3つの方法の総てで確認されていない（表1、図9・10）。同じように2002年から2003年にかけて62個体導入したトウヨシノボリは、トラップによっては全く捕獲されていない。網引き調査でも2006年6月に1個体を確認（表2）したのみで、2007年以降総ての方法で確認できていない。このことからタモロコとトウヨシノボリは、ともに定着に失敗したと考えられる。

スジエビとミナミヌマエビ

スジエビは、2002年～2003年にかけて約600個体を導入し、ミナミヌマエビは、2003年に約100個体前後を導入した（表1）。スジエビの方が後者より導入時期が早くまた導入個体数も多い。その後の網引き調査で、スジエビは2004年～2005年にかけて合計3個体が採集されたが、その後2005年10月から2009年には1個体も採集されていない（表2）。一方ミナミヌマエビは約1年後の2004年6月・10月に網引きで採集されはじめ、2006年10月には227個体、2007年8月には304個体が採集され一旦は定着し個体数も増加した。しかし、2008年には5月に2個体、8月に3個体と急激に減少し、2009年3月の網引き調査では採集することができなかった（表2）。スジエビは導入後その数を増やすことなく定着に失敗し、ミナミヌマエビは導入後数年は再生産し定着したが、その後絶滅した可能性が高い。

トンボ類のヤゴ

網引き採集によるトンボ類ヤゴ（以下ヤゴ）の個体数は、池干しの後の2002年1月30日から2003年8・10月までは増加傾向にあった、しかし2004年には一転して減少した（表2）。2005年まではショウジョウトンボやシオ

カラトンボなどの不均翅亜目のトンボのみではなく、クロイトトンボ類など均翅亜目のトンボの数も減少傾向にあったが、2006年には均翅亜目のヤゴの数がやや増加し、2007年8月23日に均翅亜目33個体・不均翅亜目141個体、2008年8月20日に均翅亜目83個体・不均翅亜目173個体が採集され増加傾向にある（表2）。

その他の底生動物

貝類ではヒメタニシ・カワニナ類・サカマキガイ類が、網引き採集で捕獲されたが採集数は一定していなかった（表2）。モノアラガイ類は2005年10月に1個体採集されたのみで、サカマキガイ類は2002年をピークにして減少し2008年にはほとんど採集されなくなった。これに対し底泥中や水生植物に住むユスリカ類とイトミミズ類は、数が比較的多くまた安定して網引きで採集された。ヒメタニシ類が、貝類では最も数が多く安定して採集されたが2008・2009年には減少に転じた（表2）。

展 望

カワバタモロコの産卵と初期増殖率

2002年5月19日に導入したカワバタモロコは、導入直後に産卵しその後急激に増加した（表2、図10）。導入直後にカワバタモロコがすぐに産卵する現象は、他にも知られており、兵庫県三田市香下の面積75㎡の小さな池に2003年5月18日に雄雌各10個体を導入したところ、1ヵ月後の6月22日に数個体の稚魚を確認し、9月21日には250個体近くの稚魚が今回と同じ網引き調査で採集された（田中、2010）。また放流1年後の2004年4月下旬の個体数を標識再捕法で推定したところ4,243個体、同じ方法で2年後の2005年4月下旬には10,119個体に増加したことが報告されている（田中、2010）。今回導入した241個体のカワバタモロコはレフュジア・ビオトープ池でも導入直後に産卵し、続いて浮上稚魚が急激に増加し、それが目視観察（図10）や網引き調査の結果（表2）に現れたことは明らかである。これまでカワバタモロコの産卵期は6月から7月であり、その後一年で標準体長40mm程度に成長・成熟する能力を持つとされていた（田中ほか、2001）。今回5月19日に導入したカワバタモロコに由来する稚魚を6月6日に確認したことから、レフュジア・ビオトープに導入したカワバタモロコは、導入元のため池（表1）で5月下旬には産卵・放精が可能な状態に成熟していると推察される。

その後トラップによる採集個体は2003年をピークに2004年から2006年にかけては減少傾向に転じ、2007・2008・2009年には5トラップによる合計採集個体数が600～1,000個体程度で安定した（図9）。ただトラップによる採集個体数は採集効率が不明であり、このことを

もって導入したカワバタモロコの個体群が安定していると断定することはできない。レフュジア・ビオトープ池のカワバタモロコの個体数の推定、また再生産が安定して行われていることを示す体長構成・令構成の精査が必要である。

導入適地と共存可能な水生動物

レフュジア・ビオトープ池で、カワバタモロコとともに安定して共存しうる魚類はメダカ（図10）ならびにモツゴとドンコ（表2）である。ただ今回の操作実験では先にカワバタモロコを導入し、その後にメダカ等を導入した。逆にメダカやモツゴが既に定着している池にカワバタモロコを放流した場合、カワバタモロコが定着できるか否かは不明である。同じように兵庫県のため池に普通に住んでいるミナミヌマエビやスジエビが既に定着している池に、カワバタモロコを後から導入した場合にも定着が可能かどうかを検証する必要がある。

現在兵庫県でカワバタモロコの生息が確認されている池は10か所以下（兵庫陸水生物，2008）と危機的な状況にある。種の絶滅を回避するには、もともと住んでいた池あるいは潜在生息域内の数多くの池にカワバタモロコを導入するのも、絶滅リスクを軽減する一つの方法である。「導入ガイドライン」を策定するには、本報で示した生息適地の物理的・化学的条件と魚類をはじめとした共存しうる動物群集の情報を基礎に据えた「生態的導入ガイドライン」とともに 遺伝的な多様性を踏まえた「遺伝的導入ガイドライン」を早急に整備し実践する必要がある。

謝 辞

レフュジア・ビオトープの調査地を提供していただいたキリンビール神戸工場に感謝します。またビオトープ

観察会・ビオトープ調査会に参加された延べ数百人の近隣の小学生をはじめとした皆さんに特に感謝します。調査データの整理や報告をまとめるに当たっては、南恵美子さん・隅野光代さんの助けを借りました。なおこの研究は2001年から2009年まで継続しているキリンビール神戸工場からの調査委託「キリンビール神戸工場内レフュジア・ビオトープの研究」と、人と自然の博物館流域生態研究部門研究「共生の過去・現在・未来」の援助を受けて実施しました。

文 献

- 兵庫県（2003）改定・兵庫の貴重な自然—兵庫県版レッドデータブック2003—。兵庫県環境保全課，神戸，382p。
[<http://www.pref.hyogo.jp/JPN/apr/hyogoshizen/reddata2003/index.htm>]
- 兵庫陸水生物研究会（編）（2008）兵庫県の淡水魚。兵庫県立人と自然の博物館，自然環境モノグラフ，4，三田，243p。
[http://www.hitohaku.jp/publications/pdf3/mono_4.pdf]
- 環境省（2003）改定・日本の絶滅の恐れのある野生生物。財団法人自然環境研究センター，東京，230p。
[http://net.jmc.or.jp/books_nature_reddatabook.html#rdb4]
- Scor/Unesco(1975) Determination of photosynthetic pigments in seawater. Monogr. Oceano. Methodol., 1, 1-69.
- 田中哲夫・山科ゆみ子・三浦康弘（2001）ため池のカワバタモロコ個体群の変動。関西自然保護機構会誌，23(2)：99-107。
- 田中哲夫（2005）ため池を調べる。兵庫県立人と自然の博物館（編），ひとはくフィールドワーク入門，68-78，人と自然の博物館，三田，91p。
[<http://www.nat-museum.sanda.hyogo.jp/publications/book.html>]
- 田中哲夫（2010）総論ため池，丸山直樹・亀崎直樹・小金澤正昭・前川光司・大泰司紀之・後藤晃・樋口広芳・和田一雄・千石正一・渡邊邦男（編），野生動物保護の事典：314-320，朝倉書店，東京，792p。

(2010年8月2日受付)

(2010年10月23日受理)