

2006 年度 深泥池外来魚除去事業結果

安部倉完・堀道雄(京都大学理学研究科)・竹門康弘(京都大学防災研究所)

1. はじめに

深泥池は、京都市北部に位置し、面積約 9ha、周囲約 1km 余りの小さな池である。これまでに行われた生物相調査によって、多数の希少種を含むきわめて豊富な種多様性が報告されている(三木 1929; 地学団体研究会 1976; 京都市文化観光局 1981; 京都市建設局 1997)。深泥池は、北方系と南方系の動植物が同所的に生息する点で極めて特異な存在であり、全国で唯一の生物群集指定の天然記念物となっている。1970 年代に行われたボーリング調査の花粉分析の結果から、深泥池は少なくとも数万年間は湿地であり続けたと推定されており(那須 1981)、この池の生物相発達の歴史がきわめて古いことが生物多様性の高さの原因の一つとして考えられる。

この深泥池では、1970 年代までは近畿地方の淡水域で一般的にみられる在来種(フナ類、タナゴ類、モロコ類など)が観察されていた(京都市文化観光局 1981)。しかし、1970 年代後半に、代表的な侵略的外来魚であるオオクチバスとブルーギルが池に侵入して以来、12 種中 7 種の在来魚は全滅または個体数が激減してしまった(Abekura et al. 2004)。また、1979 年以後水生動物の種組成が激変している事実も明らかとなった(竹門 2000)。このため、外来魚が深泥池の動物群集に重大な影響を与えていると考えられ、1998 年からは京都市による外来魚除去事業が継続されている(京都市文化市民局 1999)。

本報告書では、2006 年度に実施された京都市の外来魚除去事業の概要と結果を示し、近年の魚類相の変遷やオオクチバス、ブルーギルの個体数推定値の経年変化について解説する。さらに、オオクチバスとブルーギルの個体数抑制効果について評価するとともに、ブルーギルについては、現在の除去努力を継続した場合の将来の個体数変動について個体群モデルを用いた予測を行った結果を示す。

なお、本事業の実施にあたっては、環境省環境技術開発等推進費「地域生態系の保全・再生に関する合意形成とそれを支えるモニタリング技術の開発」(代表: 矢原徹一)として実施された「深泥池をモデルとした水域集水域の生態系管理手法に関する研究」(担当: 竹門康弘)の事業費も使用した。また、外来魚の除去作業は、ボランティア団体である深泥池水生生物研究会のメンバーによって行われた。さらに、魚類標本の体長体重測定作業については、京都府立東稜高等学校の生物の授業(教諭: 伴 浩治)で実施されたものであり、2005 年に続き 2006 年度も文部科学省の SPP(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)事業の一環として実施された。

2. 調査方法

本事業では、毎年オオクチバス・ブルーギルの産卵床の目視観察と計数の他、エリ網、投網、モンドリによる各魚種の捕獲を行っている。2006 年度には、モンドリによる捕獲を 4 月から 10 月まで週 2 回、エリ

網による捕獲を4月から10月まで週2回、投網による捕獲を4月から10月まで週1-2回それぞれ実施した(添付資料1)。オオクチバス、カムルチの個体数推定は、1998年、1999年、2000年に標識再捕法を用いて行った。推定値の計算には Petersen 法の修正式(Chapman1951)を用いた。ブルーギルは、1999年に標識再捕法で個体数推定を行った。ブルーギルの標識再捕法については、えり網で取れた個体を対象とし、個体識別をしない鱗切り法を用いた。オオクチバスについては、尾鱗にタグをつけて個体識別し放逐した。2001年からはブルーギルの個体数推定には、除去法(Delury1947,1951)を用いた。2006年度は、モンドリによる CPUE によって推定した。また、ブルーギルの年齢は、Cassie's length-frequency example(Cassie, 1954)による判定を使用した。

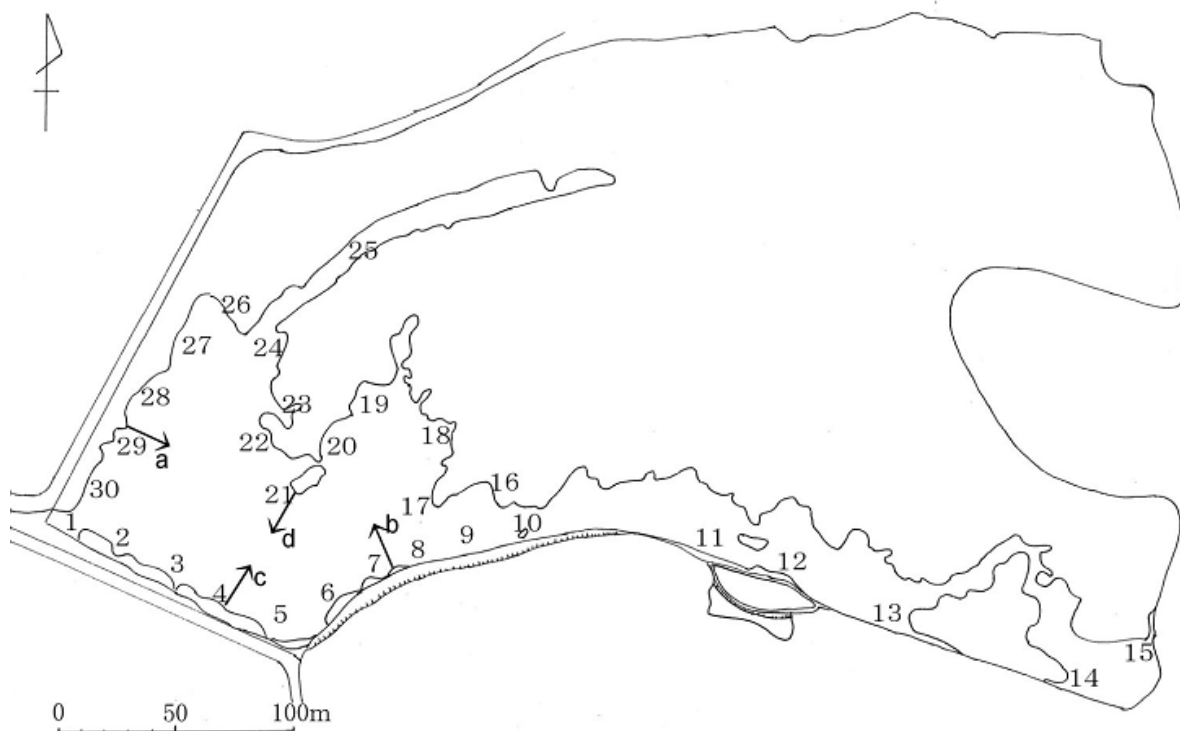


図1. 矢印 a-d は、エリ網の設置位置、1-30 はモンドリを設置した位置である。エリ網は、1998年には a と b、1999年には a,b,c,d、2000年から2002年までは d と c、2003-2006年は a と c に設置した。モンドリは、2001年には 1-10 に、2002-2006年は 1-30 に設置した。なお、2001年にも、1-30 すべてに春、夏、秋の各季節1度ずつ仕掛けた。

3. 2006年度の作業業績

本年度は、エリ網による除去作業を4月9日から10月22日まで計39日間(うち設置に2日間)、モンドリによる除去作業を4月9日から10月26日まで計43日間(うち設置に2日間)、投網による除去作業を4月23日から10月15日まで計12日間、刺し網による除去を4月2日から6月1日まで計19日間行った(添付資料1,2)。その結果、ブルーギルの1歳魚以上の個体を205尾、稚魚を370尾、オオクチバ

スの1歳魚以上の個体を28尾、稚魚を25,613尾除去した(表2,4)。また、産卵期には、産卵床の観察も行い、ブルーギルの産卵済みの産卵床を38個、オオクチバスの産卵済みの産卵床を6個除去した(表2,4)。

4. 2006年度の結果および考察

魚種相の変遷

1970年代には、ニホンバラタナゴ、カワバタモロコ、シロヒレタビラ、メダカなど、京都市のレッドデータブックに記載されている在来種が多くいたが、外来魚であるオオクチバスやブルーギルが池に侵入して以来、12種中7種の在来魚は全滅または個体数が激減してしまった(表1)。1972年には外来種の種数比率は7.7%だったものが、2003年には50%になっており、魚類の種多様性は著しく減少した。2005年はペットだと思われるカーディナル・テトラとプレコ的一种が一匹ずつ捕獲された。2006年5月21日の南のエリ網に体長80cmのビロコオオナマズが捕獲された。琵琶湖から人為的に放流されたものと思われる。

表1. 深泥池における魚類相の変化

：在来種，：国内外来種，：国外外来種，*：深泥池に注ぐ細流にて採取

科名	名前	学名	72	77	79	85	98	99	2000	01	02	03	04	05	06
コイ科	カワムツ	<i>Zacco temminckii</i>													
	オイカワ	<i>Zacco platypus</i>													
	カワバタモロコ	<i>Aphyocypris rasborella</i>													
	タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>													
	ホシモロコ	<i>Gnathopogon elongatus caerulescens</i>													
	モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>													
	コイ	<i>Cyprinus carpio</i>													
	ゲンゴロウブナ	<i>Carassius auratus cuvieri</i>													
	ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorffii</i>													
	オオキンブナ	<i>Carassius carassius buergeri</i>													
キンギョ	<i>Carassius auratus</i>														
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>														
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>														
ニッポンバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus kurumeus</i>														
シロヒレタビラ	<i>Achellognathus tabira tabira</i>														
ドジョウ科	ドジョウ	<i>Miagurnus anguillicaudatus</i>													
ロリカラリア科	セイルフィンプレコ	<i>Glyptoperichthes gibbiceps</i>													
ナマズ科	ナマズ	<i>Silurus asotus</i>													
	ビロコオオナマズ	<i>Silurus biwaensis</i>													
メダカ科	メダカ	<i>Oryzias latipes</i>													
カダヤシ科	カダヤシ	<i>Gambusia affinis affinis</i>													
タイワンドジョウ科	カムルチ	<i>Channa argus</i>													
バス科	オオクチバス	<i>Micropterus salmoides salmoides</i>													
	ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>													
カワズメ科	カワズメ科の一種	<i>Cichlidae sp.</i>													
ハゼ科	ドンコ	<i>Odontobutis obscura</i>													
	トウヨシノボリ	<i>Rhinogobius sp.</i>													
カラシ科	カーディナル・テトラ	<i>Paracheilichthys axelrodi</i>													
	在来種の種数		12	11	9	5	7	6	6	5	6	5	5	4	4
	外来種の種数		1	4	4	4	6	6	8	6	5	5	5	8	6
	外来種の種数比率		7.7%	26.7%	30.8%	44.4%	46.2%	50.0%	57.1%	54.5%	45.5%	50.0%	50.0%	66.7%	60.0%

外来魚の個体群抑制効果

ブルーギル

ブルーギルは1998年に9,545尾から1999年に7,477尾、2000年に5,744尾に減少したが、2001年には5,775尾で必ずしも減少しなかった(表2)。1999年には1,2歳魚の個体数は減少したが、その後

2001 年にかけて 1,2 歳魚は増加した。ただし, 3,4 歳魚は減少した(図 2)。したがって, 投網やエリ網によって全体の個体数の 1/3 程度除去する方法では, 3 歳魚以上の個体数は抑制出来ても, 1-2 歳魚の個体数は抑制できなかったことが, 全体として個体数が減少しなかった理由であったと考えられる。投網, エリ網だけでなく, それ以外の方法でも除去する必要があると考えた。そこでモンドリによる捕獲を試行した。結果, 2001 年度以降, 除去数が 2000 年の 1,452 尾から 4,796 尾まで増加した。しかし, 2002 年 5,387 尾と 2001 年と比べ殆ど減少しなかった。2,3,4 歳魚の個体数は 2001 年より増加していた。これは, モンドリを併用することで除去数が増加し個体数密度が減少したことによって, 高齢魚の生存率が上昇したためと考えられる(表 3)。そこで 2002 年度はブルーギルの除去努力を増やし, モンドリによる捕獲を夏だけではなく, 産卵期前の 4-5 月にも実施した。その結果, 2003 年 4675 尾, 2004 年 3,238 尾, 2005 年 1,011 尾と徐々に減少し始めた(表 1)。2006 年のブルーギルの個体数 210 ± 43 尾と推定され大きく減少した。

また, 2003 年度以降池の水の透明度が上昇したことに伴い産卵床の破壊数が増えた。産卵床の破壊は, 新規加入数の抑制につながり, 2004 年度以降の 1+の個体数の減少に寄与したと思われる。特に, 2004 年度の稚魚の捕獲は 0 尾であり, 2005 年の一歳魚の新規加入も 92 尾と推定された。産卵床の破壊が成功すれば新規加入を大きく抑制できることが分かった。一方で 2005 年以後, 稚魚の捕獲数は増加している。また, 産卵床を破壊しても卵が捕食されずに残っていたのが観察されることがあった。成魚の密度が極端に減少した結果, 密度効果が軽減されて稚魚の生存率が高まっている可能性がある。

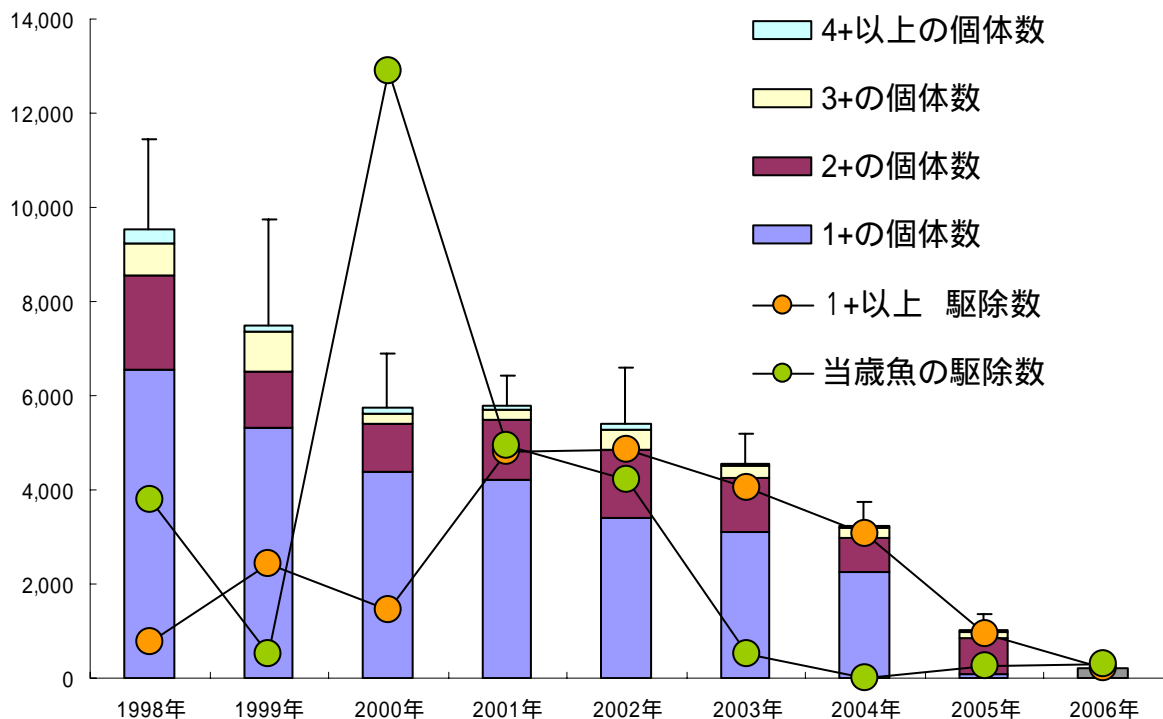


図 2. ブルーギルの年齢別個体群の変化

表 2. ブルーギル (*Lepomis macrochirus*)の個体数と捕獲数の年次変動. 推定には1998、1999年はPetersen法の修正式 (Chapman, 1951) を用いた. 2001年、2002年は除去法を用いた. 2000年の個体推定値と推定誤差は、2001年度の投網による捕獲数の比率と分散比率によって求めた. 2006年は2002-2005年のCPUEと分散比率から個体推定値と推定誤差を求めた. 1歳魚以上の平均捕獲数は、5月から7月の各漁法の捕獲数から求めた. 0歳魚は、9月から10月の各漁法の捕獲数から求めた.

Year	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
エリ網捕獲日数	112	49	39	23	30	32	33	36	37
使用した網の系統数	2	4	2	2	2	2	2	2	2
投網捕獲日数	3	28	29	17	11	7	7	18	12
投数/日	10	5 - 10	14	14	14	14	28	28	28
モンドリ捕獲日数				35	52	47	46	42	40
籠数/日				10	30	30	30	30	30
刺し網					2		11	26	19
枚/日					2		2	5	5 - 8
1+以上									
推定方法	CPUE	M & R	CPUE	除去法	除去法	除去法	除去法	除去法	CPUE
個体数推定値	9,545	7,477	5,739	5,770	5,383	4,708	3,105	1,010	211
95%信頼限界上限値	11,466	9,736	6,894	6,406	6,576	5,343	3,621	1,285	253
95%信頼限界下限値	7,624	5,218	4,584	5,134	4,189	4,073	2,589	735	169
マーク個体数		254							
再捕獲数		33							
エリ網による捕獲数	1,214	1,900	666	574	325	95	45	17	9
捕獲数/系統・週	21.7	20.4	32.1	30.8	15.9	4.3	2.4	0.4	0.4
投網による捕獲数	77	758	786	715	180	115	33	34	57
捕獲数/投	2.4	3.5	3.7	3.8	0.9	0.8	0.1	0.1	0.0
モンドリによる捕獲数				3,601	4,353	3,817	2,954	885	139
捕獲数/籠				13.0	4.2	3.4	2.8	0.9	0.2
刺し網					0		14	1	0
駆除数	771	2,404	1,452	4,796	4,858	4,027	3,046	937	205
0+									
エリ網による捕獲数	3,759	0*	12,679	4,707	2,792	91	0	0	7
捕獲数/系統・週	207		756	315	248	1	0	0	0
投網による捕獲数	19	494	222	97	76	7	0	27	3
捕獲数/投		3	2	1	1	0	0	0	0
モンドリによる捕獲数				119	1,329	419	0	238	360
捕獲数/籠				2.8	2.8	0.8	0.0	0.5	1.1
駆除数	3,778	494	12,901	4,923	4,197	517	0	265	370
産卵床破壊	0	0	0	0	2	7	17	36	38
総捕獲数	5,069	3,152	14,353	9,719	9,055	4,544	3,046	1,202	575
総駆除数	4,549	2,898	14,353	9,719	9,055	4,544	3,046	1,202	575

表3 ブルーギル (*Lepomis macrochirus*)の年齢別個体数と季節ごとの捕獲数の年次変動。Cassie's length-frequency exampleを用い、1998-2004年度のエリ網、投網、モンドリの3種の各漁法によって捕獲された総個体を元に、それぞれを年齢級群を分類した。

Age group Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
全体								
総駆除	771	2,418	1,452	4,796	4,858	4,030	3,045	1010
総残存推定数	8,774 ± 1,316	5,059 ± 1,611	4,287 ± 884	974 ± 464	525 ± 757	678 ± 421	60 ± 359	73 ± 275
1+								
個体推定値(%)	6,541 ± 1,316 (68.5)	5,334 ± 1,611 (71.3)	4,391 ± 884 (76.5)	4,212 ± 464 (73.0)	3,415 ± 757 (63.4)	3,118 ± 421 (66.2)	2,160 ± 359 (69.6)	92 ± 25 (9.1)
残存推定数	6,013 ± 1,316	3,609 ± 1,611	3,281 ± 884	711 ± 464	333 ± 757	450 ± 421	41 ± 359	6 ± 25
総駆除	528	1,725	1,110	3,501	3,082	2,668	2,119	86
春の駆除数	528	1,196	370	350	1,356	1,001	939	44
夏の駆除数	0	105	519	2,648	1,470	1,393	824	32
秋の駆除数	0	424	221	503	256	274	356	10
生存率*	19%	28%	39%	203%	347%	150%	1824%	-
2+								
個体推定値(%)	2,022 ± 407 (21.2)	1,166 ± 352 (15.6)	1,013 ± 204 (17.7)	1,280 ± 141 (22.2)	1,445 ± 320 (26.8)	1,154 ± 156 (24.5)	677 ± 112 (21.8)	748 ± 204 (74.0)
残存推定数	1,859 ± 407	789 ± 352	757 ± 204	216 ± 141	141 ± 320	166 ± 156	14 ± 112	55 ± 204
総駆除	163	377	256	1,064	1,304	988	663	693
春の駆除数	163	261	85	106	574	371	294	355
夏の駆除数	0	23	120	805	622	516	258	258
秋の駆除数	0	93	51	153	108	101	111	80
生存率*	45%	28%	26%	191%	194%	134%	893%	-
3+								
個体推定値(%)	690 ± 139 (7.2)	843 ± 255 (11.3)	224 ± 45 (3.9)	198 ± 22 (3.4)	412 ± 91 (7.7)	273 ± 37 (5.8)	222 ± 37 (7.2)	125 ± 34 (12.4)
残存推定数	634 ± 139	570 ± 255	168 ± 45	33 ± 22	40 ± 91	39 ± 37	3 ± 37	9 ± 34
総駆除	56	273	56	165	372	234	219	116
春の駆除数	56	189	19	16	164	88	97	60
夏の駆除数	0	17	26	125	177	122	85	43
秋の駆除数	0	67	11	24	31	24	37	13
生存率*	15%	17%	30%	272%	71%	105%	1125%	-
4+以上								
個体推定値(%)	292 ± 59 (3.1)	134 ± 41 (1.8)	111 ± 22 (1.9)	75 ± 8 (1.3)	125 ± 28 (2.3)	37 ± 5 (0.8)	46 ± 8 (1.5)	45 ± 12 (4.5)
残存推定数	268 ± 59	90 ± 41	83 ± 22	13 ± 8	12 ± 28	5 ± 5	1 ± 8	3 ± 12
総駆除	24	44	28	62	113	32	45	42
春の駆除数	24	30	9	6	50	12	20	21
夏の駆除数	0	3	13	47	54	17	17	16
秋の駆除数	0	11	6	9	9	3	8	5

個体群モデル

モンドリによる駆除は個体群抑制に効果があり、2006 年は個体数を大きく減少させることできた。どの程度まで個体群抑制は可能なのか検証するため、生存率と密度の関係について各年齢級別に式を求め、個体群モデルを立て将来予測をすることにした。また、今回、個体群動態の不確実性を考慮するため、乱数を使ってプログラムによりシミュレーションを行なった。

個体数の密度が増加すると生存率は低下する、また、その生存率と個体数密度の関係は指数関数によく近似される(内田 1941)と新規加入個体の推定には漸近的な、Beverton and Holt 型モデル(1957)を用い、個体群モデルを立てた。また、ブルーギルの最低成熟サイズは 10cm といわれおり、本調査地では 10cm 以上のサイズになるのは 4 年以上かかる。繁殖個体群は 4+以上とし、性比も 1:1 と仮定した。産卵期は 6-7 月といわれており、3-5 月の繁殖期前に除去した四歳魚以上の個体はすべて繁殖できなかったと考えた。ブルーギルは一匹の雄が複数のメスの卵を一つの産卵床に産卵させること、一方、巣がもてなかった雄がスニーキングすることが知られている。それらの比率が実際にどうであったか分からないため、本研究では簡単に産卵床を一つ破壊することに、雄雌一尾ずつ二尾の繁殖を阻止したと仮定した。ただし、産卵床を破壊された個体は駆除個体にはカウントされていない。

Beverton and Holt recruitment equation:

$$M_{y-1} = (1 - Rb_{y-1})(1 - Rs_{y-1})N_{\leq 4, y-1} \quad - (1a)$$

$$N_{1, y} = \frac{\alpha_0 M_{y-1}}{1 + \beta_0 M_{y-1}} \quad - (1b)$$

$$\lambda_y = \frac{\alpha_0 M_{y-1}}{1 + \beta_0 M_{y-1}} \frac{1}{N_{\leq 4, y-1}} \quad \lambda \text{ は新規加入係数} \quad - (1c)$$

y : 年 M_y : 繁殖に成功した個体数 Rs_y : 繁殖期前に除去された個体数 Rb_y : 産卵床の破壊率、破壊した産卵床の数 $\times 2$ / 繁殖期前に除去されずに残った 4 歳魚以上の個体数

Utida equation:

$$S_{a-1, y-1} = N_{a, y} / R_{y-1} N_{a-1, y-1} \quad (a = 1, 2) \quad - (2a)$$

$$S_{3, y-1} = N_{\leq 4, y} / R_{y-1} (N_{3, y-1} + N_{\leq 4, y-1}) \quad (a = 3) \quad - (2a)$$

$$P_y = N_{1, y} + N_{3, y} + N_{2, y} + N_{\leq 4, y} \quad - (2b)$$

$$D_y = (1 - R_{y-1})P_{y-1} \quad - (2c)$$

$$S_{a, y} = \alpha_a \exp(-\beta_a D_y) \quad (a = 1, 2, 3) \quad - (2d)$$

(1c),(2)より以下の数列にしたがって, y 年の個体数を決定する.

$$\begin{bmatrix} N_{1, y} \\ N_{2, y} \\ N_{3, y} \\ N_{\leq 4, y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \lambda_y \\ S_{1, y-1}(1 - R_{y-1}) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_{2, y-1}(1 - R_{y-1}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{3, y-1}(1 - R_{y-1}) & S_{3, y-1}(1 - R_{y-1}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N_{1, y-1} \\ N_{2, y-1} \\ N_{3, y-1} \\ N_{\leq 4, y-1} \end{bmatrix} \quad - (3)$$

D_y : 個体数密度

R_y : 駆除率 = 駆除数/個体数

α_a, β_a ($a = 0, 1, 2, 3$) を決定するためにシミュレーションを行った。1998年から2005年の8年分の個体数推定値を正規乱数使って変動させ、各年の年齢ごとの生存率を求める試行を繰り返した。ただし、1998, 2000年は個体推定を行っていない為、それぞれ1999, 2001年の分散を使って個体数を変動させた。

除去数より個体数が上回り残存数が負になった場合、その年齢群の個体数は絶滅したという事実はないことから個体数を 1 とした。生存率が 100%を超えることもある。定数の決定の際には(1b) ,(2b)を以下の式に変形し、主成分軸により近似した。

$$\frac{1}{y} = \frac{1 + \beta_0 x}{\alpha_0 x} = \frac{1}{\alpha_0 x} + \frac{\beta_0}{\alpha_0} \quad - (4a)$$

$$Y = \frac{1}{\alpha_0} X + \frac{\beta_0}{\alpha_0} \quad - (4b)$$

$$\log y = -\beta_a x + \log \alpha_a \quad (a=1,2,3) \quad - (5a)$$

$$Y = -\beta_a X + \log \alpha_a \quad - (5b)$$

n=10000 の試行回数元、求められた定数の値は、

$$\frac{1}{\alpha_0} = 0.00315 \pm \text{s.e. } 0.000989 \quad \frac{\beta_0}{\alpha_0} = 0.000220 \pm \text{s.e. } 0.0000168 \quad \text{残差} = 0.0000419 \pm \text{s.d. } 0.0000112$$

$$\beta_1 \quad \log \alpha_1 = 1.40 \pm \text{s.e. } 0.873 \quad \text{残差} = 0.895 \pm \text{s.d. } 0.761$$

$$\beta_2 = 0.000298 \pm \text{s.e. } 0.000135 \quad \log \alpha_2 = 0.898 \pm \text{s.e. } 0.768 \quad \text{残差} = 0.974 \pm \text{s.d. } 0.554$$

$$\beta_3 = 0.000349 \pm \text{s.e. } 0.0000934 \quad \log \alpha_3 = 0.609 \pm \text{s.e. } 0.511 \quad \text{残差} = 0.770 \pm \text{s.d. } 0.206$$

となった。

将来予測と今後の方針

2006 年以降、2004 年程度の 300 時間の捕獲努力量を続けるとして、捕獲効率 R_y , Rs_y , Rb_y は下記の範囲で一様分布すると仮定した。(4a),(5b)において、定数を上記の平均値に用い、変動の範囲は過去の捕獲実績の変動幅を元にした。求められた生存率は残差を用いて変動させた。これにより、同じ密度であっても生存率や新規加入数は変動させた。試行は 5000 回行った。その結果、2007 年は 2006 年より多い 324 尾になると推定された。その後、2006 年レベルの駆除努力を継続すれば、2009 年には 37 尾に減少し、2011 年には絶滅確率が 50%を越えると推定された。このシミュレーションの結果から、もし完全に産卵床を破壊できなければ 300 個体以下に減少させることは困難であることがわかった。そこで、2007 年度には、刺し網で産卵場所を囲い込む手法や人工産卵床の導入によりブルーギルの繁殖を徹底的に阻止する予定である。産卵床破壊率を 95-100%と仮定した場合、2008 年の個体数予測値は 107 尾、2009 年の個体数予測値は 20 尾となり、2012 年には 90%以上の確率で根絶可能と予想される(図 4)。

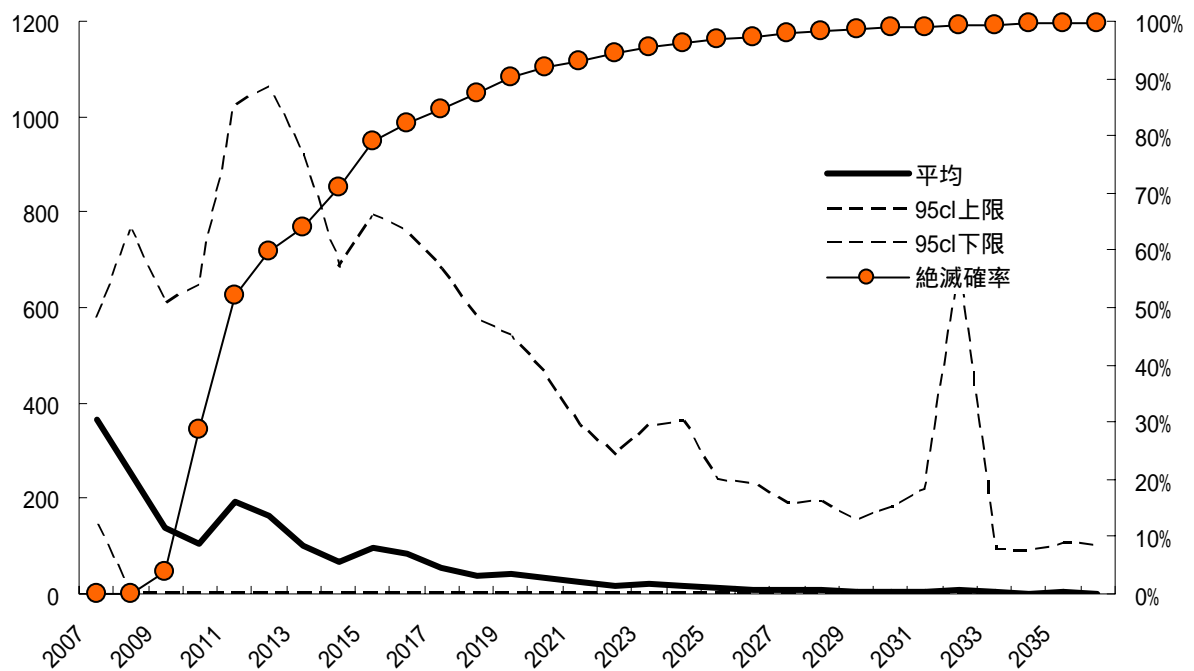


図 3. 当初個体数が 210 個体 (2006 年時点) で現在の駆除努力を続けた場合の個体数変動と絶滅確率の予測値. ここでは, 駆除率(個体数/駆除数): 85-98%, 産卵床破壊率: 70-90%と仮定した.

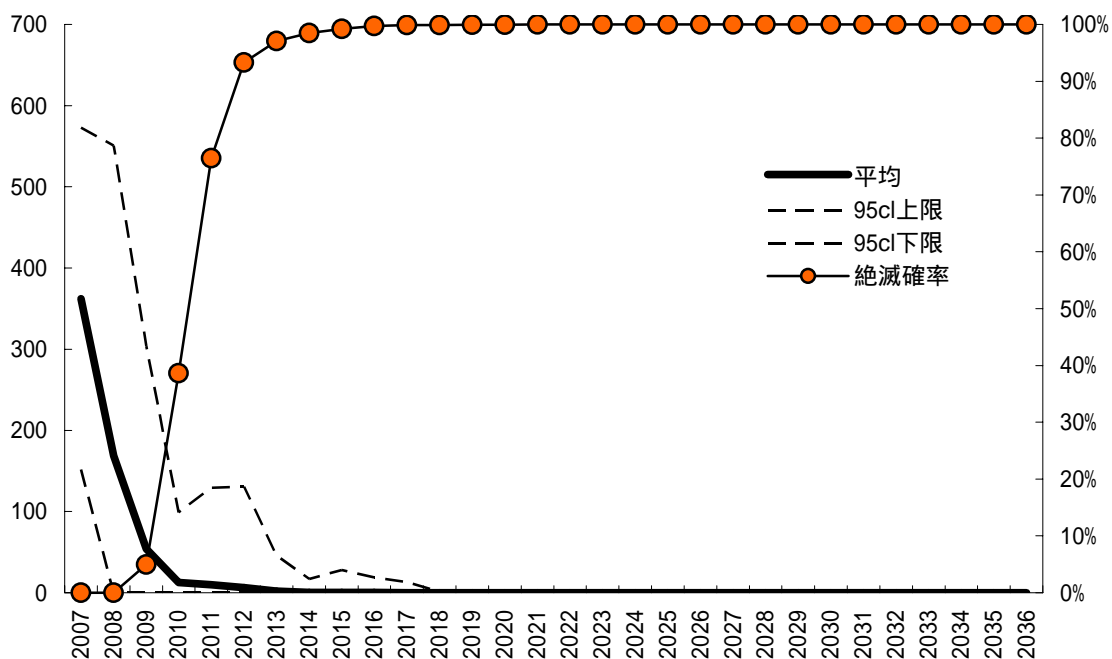


図 4. 当初個体数が 210 個体 (2006 年時点) で徹底的に繁殖阻止の努力を続けた場合の個体数変動と絶滅確率の予測値. ここでは, 駆除率(個体数/駆除数): 85-98%, 産卵床破壊率: 95-100%と仮定した.

オオクチバス

一方、オオクチバスの捕獲数は去年の 35 尾から今年は 28 尾と減少傾向にあった（表 4）。しかし、稚魚の捕獲数は、タモアミの分を除いても 7,800 尾から 9,700 尾と増加傾向にある。稚魚期のオオクチバスはブルーギルの捕食圧が低下しているため、大量に生き残ってしまう可能性が考えられる。2007 年度には、オオクチバスについてもブルーギルと同様に、産卵床の破壊の方法の改善によって対応する予定である。

表4 オオクチバス (*Micropterus salmoides salmoides*)。個体数の推定には Petersen 法の修正式 (Chapman, 1951) を用いた。1 歳魚以上の平均捕獲数は、5 月から 7 月の各漁法の捕獲数から求めた。0 歳魚も同じく、5 月から 7 月の各漁法の捕獲数から求めた。

Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
エリ網捕獲日数	112	49	39	23	30	32	33	36	37
使用した網の系統数	2	4	2	2	2	2	2	2	2
投網捕獲日数	3	28	29	17	11	7	7	18	12
投数/日	10	5 - 10	14	14	14	14	28	28	28
モンドリ捕獲日数				35	52	47	46	42	40
籠数/日				10	30	30	30	30	30
刺し網					2		11	26	19
枚/日					2		2	5	5 - 8
タモアミ									2
1+以上									
個体数推定値	83.6	48.4	33.7	*	*	*	*	*	*
95%信頼限界上限値	109.4	75.1	57.2						
95%信頼限界下限値	57.8	21.8	10.1						
マーク個体数	24	12	7						
再捕獲数	12	4	2						
エリ網による捕獲数	45	19	12	0	1	4	1	1	1
捕獲数/系統・週	0.7	0.3	0.5	0.0	0.1	0.2	0.06	0.05	0.04
投網による捕獲数	1	21	2	3	6	4	2	7	5
捕獲数/投	0.03	0.20	0.03	0.04	0.04	0.02	0	0	0
モンドリによる捕獲数				0	4	4	4	2	5
捕獲数/籠				0	0.004	0.001	0	0.003	0.007
刺し網による捕獲数					4		24	25	17
駆除数	12	24	7	3	15	12	31	35	28
0+									
エリ網による捕獲数	1,290	591	616	285	36	453	539	7583	9,642
捕獲数/系統・週	54	16.4	26.9	15.8	1.8	21.6	29.9	379.2	402
投網による捕獲数	7	14	59	33	39	4	4	100	2
捕獲数/投	0.2	0.4	0.2	0.3	0.1	0.05	0.02	0.23	0.02
モンドリによる捕獲数				19	37	35	95	64	41
捕獲数/籠				0.1	0.03	0.03	0.04	0.06	0.06
タモアミによる捕獲数									15,900
駆除数	1,297	605	675	337	112	492	638	7,747	25,585
産卵床破壊									
	0	数個	2	5	4	5	8	14	6
総捕獲数	1,343	645	689	340	123	504	669	7,782	25,613
総駆除数	1,309	629	682	340	127	504	669	7,782	25,613

*エリ網で、1+以上の個体が捕獲されなかったため推定できなかった。

5. 引用文献

Abekura, K., Hori, M. and Takemon, Y. (2004) Changes in fish community after invasion and during control of alien fish populations in Mizoro-ga-ike, Kyoto City. *Global Environmental Research*: vol. 8: 145-154.

Beverton, R. J. H., Holt, S. J. (1957). On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery*

Investigations, London, Series II, 19: 1-533.

Cassie, R.M. (1954) Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust.J.Mar.Freshwater Res., 5: 513-522.

Chapman, D. G. (1951) Some properties of the hyper-geometric distribution with application to zoological censuses. University of California Publications in Statistics 1:131-160.

Delury, D. B. (1947) On the estimation of biological populations. Biometrics 3:145-167.

Delury, D. B. (1951) On the planning of experiments for the estimation of fish populations. Fisheries Research Board of Canada 8:281-307.

久野英二(1986)動物の個体群動態研究法 1 個体数推定法. p39-42. 共立出版, 東京.

香川県水産試験場(1992)平成3年度外来魚現地実態調査報告. 外来魚対策検討委託事業報告書, 香川.

京都市岩倉上賀茂線深泥池検討委員会(1997)京都市岩倉上賀茂線深泥池検討委員会報告書. 京都市観光局文化保護課, 京都.

京都市観光局(1981)深泥池の自然と人 深泥池学術調査報告書. 京都市文化観光局, 京都.

京都市文化市民局(1999)天然記念物深泥池生物群集保存修理事業報告書. 京都市文化観光局, 62pp.

三木茂(1929)深泥池特に浮島の生態研究. 京都府史蹟名勝天然記念物調査報告 10:pp. 63-64. 京都市文化観光局, 京都.

竹門康弘(2000)深泥池(みぞろがいけ)における外来魚の影響と防除. 環境動物調査手法 10: 48-64. 日本環境動物昆虫学会.

添付資料1 深泥池における外来魚駆除期間

	えり網設置数	えり網時期	投網	モンドリ設置数	モンドリ時期	産卵床破壊	刺し網
1998年	2(a,b)	3 - 7月.9 - 11月	4 - 6月				
1999年	4(a,b,c,d)	3 - 7月	3 - 11月			4 - 7月	
2000年	2(c,d)	5 - 7月.9 - 11月	4 - 12月			4 - 7月	
2001年	2(c,d)	5 - 7月.9 - 11月	4 - 12月	10個(1-10)	5 - 10月	4 - 7月	
2002年	2(c,d)	5 - 7月.9 - 10月	4 - 10月	30個(1-30)	4 - 11月	4 - 7月	6月
2003年	2(a,d)	5 - 7月.9 - 10月	3 - 10月	30個(1-30)	4 - 10月	4 - 7月	
2004年	2(a,c)	5 - 7月.9 - 10月	3 - 10月	30個(1-30)	4 - 10月	4 - 7月	4 - 6月.9月
2005年	2(a,c)	4 - 7月.9 - 10月	4 - 10月	30個(1-30)	4 - 10月	4 - 7月	4 - 6月.9 - 10月
2006年	2(a,c)	4 - 7月.9 - 10月	4 - 10月	30個(1-30)	4 - 10月	4 - 7月	4 - 6月

添付資料2 各年の外来除去努力量

	えり網		投網		モンドリ		刺し網		産卵床除去		総努力量 (時間)
	(系統数)	(日数)	(日数)	努力量 (時間)	(筆数)	(日数)	努力量 (時間)	(系統数)	(日数)	努力量 (時間)	
1998	(2)	(112)	(3)	4.5	-	-	-	-	-	-	60.5
1999	(4)	(49)	(28)	42	-	-	-	-	(36)	18	109
2000	(2)	(39)	(29)	43.5	-	-	-	-	(20)	10	73
2001	(2)	(23)	(17)	25.5	(10)	(35)	175	-	(18)	9	221
2002	(2)	(30)	(11)	16.5	(30)	(52)	208	(2)	(2)	4	261
2003	(2)	(32)	(7)	10.5	(30)	(47)	188	-	(29)	14.5	229
2004	(2)	(33)	(7)	14	(30)	(46)	184	(2)	(17)	17	248
2005	(2)	(36)	(18)	30.5	(30)	(42)	168	(5)	(26)	26	256
2006	(2)	(39)	(12)	20.5	(30)	(43)	172	(8)	(19)	19	244

