

2004 年度 深泥池外来魚駆除事業結果

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、全国的にも稀な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（竹門ほか 2002）。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 1997）。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駆除事業が継続されている（京都市観光局 1999；竹門ほか 2002）。

本報告書では、2004 年度に実施された京都市の外来魚駆除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、カムルチ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、現在の駆除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。

2. 調査方法

本研究の調査にあたって、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た。2004 年度は、4 月から 10 月まで週 2 回、モンドリによる捕獲、5 月から 10 月まで週 2 回、エリ網による捕獲、3 月から 2003 年 1 月まで月 1 回、投網による捕獲を行った（Fig.1, 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。カムルチ、オオクチバスについては、尾鰭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。

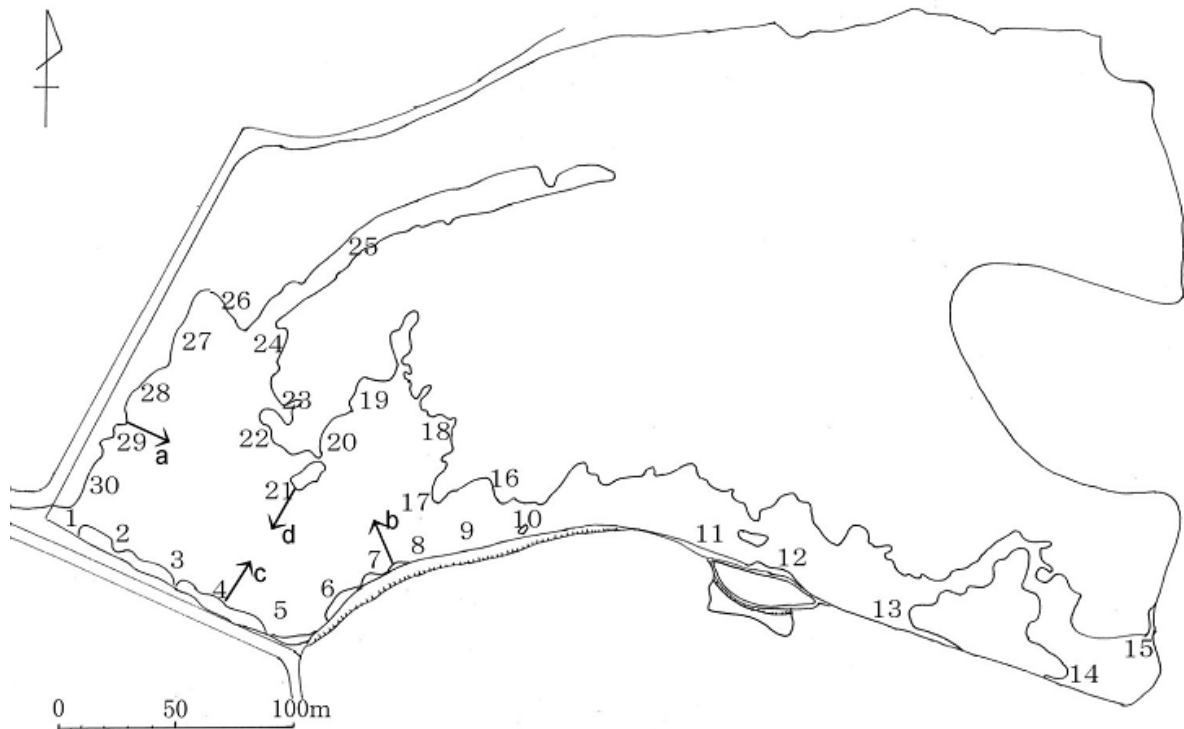


Fig. 1 矢印a-dは、エリ網の設置位置、1-30はモンドリを設置した位置である。エリ網は、1998年にはaとb、1999年にはa,b,c,d、2000年から2002年まではdとc、2003年、2004年はaとcに設置した。モンドリは、2001年には1-10に、2002-2004年は1-30に設置した。なお、2001年にも、1-30すべてに春、夏、秋の各季節1度ずつ仕掛けた。

3. 本年度の作業業績

本年度は、エリ網による駆除作業を5月20日から10月24日まで計35日間、モンドリによる駆除作業を4月8日から10月28日まで計47日間、投網による駆除作業を3月27日から10月24日まで計7日間行った。その結果、ブルーギルの1歳魚以上の個体を3045尾、オオクチバスの1歳魚以上の個体を31尾、稚魚を638尾駆除した。また、産卵期には、産卵床の観察も行い、ブルーギルの産卵床を17個（すべて産卵済み）、オオクチバスの産卵床を14個（うち産卵済みは8）駆除した。

4. 本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（Table1）。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。2004年は魚類相には変化はなかった。しかし、深泥池のオーバーフロー近くの用水路からタモロコ2個体とドンコ1個体が発見された。どちらも深泥池にかつて生存しており、現在は、生息が確認されていない種である。水路は深泥池とつながっており、池で絶滅したものと遺伝的にも極めて近い個体群と推定される。魚類相の復元のための個体群としては有望であろう。

Table1. 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

Family	Japanese name	Species	72	77	79	85	98	99	2000	01	02	03	04
Cyprinidae(コイ科)	カラムツ	<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>											
	ホンモロコ	<i>Gnathopogon elongatus caeruleus</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 langsdorfii</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>											
Cobitiidae(ドジョウ科)	シロヒレタビラ	<i>Acheilognathus tabira tabira</i>											
Loricaria(ロリカリア科)	ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>											
Siluridae(ナマズ科)	セイルフィンブレコ	<i>Glyptoperichthes gibbiceps</i>											
Oryziatidae(メダカ科)	ナマズ	<i>Silurus asotus</i>											
Poeciliidae(カダヤシ科)	メダカ	<i>Oryzias latipes</i>											
Channidae(タイワンドジョウ科)	カダヤシ	<i>Gambusia affinis affinis</i>											
Centrarchidae(バス科)	カムルチ	<i>Channa argus</i>											
Cichlidae(カワスズメ科)	オオクチバス	<i>Micropterus salmoides salmoides</i>											
Gobiidae(ハゼ科)	ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>											
	カワスズメ科の一種	<i>Cichlidae sp.</i>											
	ドンコ	<i>Odontobutis obscura</i>											
	トウヨシノボリ	<i>Rhinogobius sp.</i>											
在来種の種数			12	11	9	5	7	6	6	5	6	5	5
外来種の種数			1	4	4	4	6	6	8	6	5	5	5
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%

外来魚の個体群抑制効果

ブルーギル

本年度のブルーギルの個体数は 3238 尾と推定された。前年度は 4675 尾と推定されており、今年は大きく個体数は減少した。駆除開始 7 年目で個体数は 3 分の 1 になったことになる。また、2004 年度は、産卵は確認されたが、稚魚は捕獲されていない。目視でも稚魚の姿を確認することはできなかった。今年は稚魚の生存率が極めて低かったと考えられる。原因として、水の透明度が上昇したため、産卵の様子を確認しやすく産卵床の破壊が効率的だったことや、孵化しても生育場にカナダモの繁茂しており、水面の表層しか生息空間がなく、稚魚は高温にさらされうまく育成しなかったと考えられる。稚魚の新規加入が見られなかったことは本年度のブルーギル駆除の大きな成果の 1 つである。

また、年齢層ごとの個体群の変化を調べた (Table3)。ブルーギルは 1998 年に 9,545 尾から 2000 年に 5,744 尾に減少したが、2001 年には 5775 尾で必ずしも減少しなかった。年齢別に見ると、2000 年、2001 年は 2 歳魚以上は減少したが、1 歳魚は、1999 年 5145 尾、2000 年 3984 尾、2001 年 4199 尾、2002 年 4205 尾と増加していた。1 歳魚の個体群を抑制するためには、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 2001 年よりモンドリによる捕獲を試行した結果、エリ網の 1 歳魚が捕獲される比率が 72% に対し、モンドリは 83% であり、また、モンドリの一作業あたりの捕獲数は、エリ網の 10~20 倍である事がわかった。そのため、モンドリによる除去を行えば 1 歳魚の個体群を抑制できると仮定した。2001 年以降、除去法による個体群推定値では 2002 年 5387 尾と 2003 年 4675 尾、2004 年 3238 尾と減少した。また、今後のブルーギルの個体群の推移を予測するためモデルによる検証を行った (Fig. 2)。個体数の密度が増加すると生存率は低下すると仮定した。その生存

率と個体群密度の関係は指数関数で近似される(内田 1951)ものとし、さらに新規加入個体数の推定には Beverton and Holt 型モデル(1957)を用いることで個体群モデルを立てた。

Table 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年は, 2001年度の投網による捕獲数の比率によって求めた. 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
エリ網捕獲日数	112	49	39	23	30	32	33
使用した網の系統数	2	4	2	2	2	2	2
投網捕獲日数	3	28	29	17	11	7	7
投数/日	10	5 - 10	14	14	14	14	28
モンドリ捕獲日数	—	—	—	35	52	47	46
籠数/日	—	—	—	10	30	30	30
刺し網	—	—	—	—	2	—	11
枚/日	—	—	—	—	2	—	2
1+以上							
個体数推定値	9,545	7,477	5,744	5,775	5,387	4,675	3,238
95%信頼限界上限値	-	9,713	-	7,069	6,586	5526	4,628
95%信頼限界下限値	-	5,241	-	4,481	4,188	3825	1,847
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	44
捕獲数/系統・週	21.7	20.4	32.1	30.8	15.9	4.3	2
投網による捕獲数	77	758	786	715	180	115	33
捕獲数/投	2.4	3.5	3.7	3.8	0.9	0.8	0
モンドリによる捕獲数	—	—	—	3,601	4,353	3,817	2,954
捕獲数/籠	—	—	—	13.0	4.2	3.4	2.8
刺し網	—	—	—	—	0	—	14
駆除数	771	2,404	1,452	4,796	4,858	4,027	3,045
0+							
エリ網による捕獲数	3,759	0*	12,679	4,707	2,792	91	0
捕獲数/系統・週	207	—	756	315	248	1.3	0
投網による捕獲数	19	494	222	97	76	7	0
捕獲数/投	—	2.8	2.4	1.1	0.8	0.1	0
モンドリによる捕獲数	—	—	—	119	1,329	419	0
捕獲数/籠	—	—	—	2.8	2.8	0.8	0
駆除数	3,778	494	12,901	4,923	4,197	517	0
産卵床破壊	0	0	0	0	2	7	17
総捕獲数	5,069	3,152	14,353	9,719	9,055	4,544	3,045
総駆除数	4,549	2,898	14,353	9,719	9,055	4,544	3,045

*1999年は, 9月以降, エリ網によって捕獲を行っていない。

Table 3. ブルーギル (*Lepomis macrochirus*)の個体数と捕獲数の年次変動.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5-7月の個体を元に, それぞれを年齢級群を分類した。

	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
個体数推定値	9,545	7,477	5,744	5,775	5,387	4,675	3,238
1+	6,086	5,145	3,984	4,199	4,205	3,951	2,784
2+	2,724	1,940	1,335	1,192	1,014	608	356
3+以上	735	392	426	385	168	117	97
エリ網による捕獲数							
total	1,214	1,900	666	574	325	95	44
1+	774	1,307	462	417	254	80	38
2+	346	493	155	118	61	12	5
3+以上	93	100	49	38	10	2	1
投網による捕獲数							
total	77	758	786	715	180	115	33
1+	19	186	397	361	91	58	17
2+	52	511	370	336	85	54	16
3+以上	6	61	20	18	5	3	1
モンドリによる捕獲数							
total	—	—	—	3,601	4,353	3,817	2,954
1+	—	—	—	3,003	3,744	3,397	2,659
2+	—	—	—	561	588	405	289
3+以上	—	—	—	37	22	15	6
未駆除							
1+	5,293	3,651	3,125	418	117	415	71
2+	2,325	936	810	176	280	137	46
3+以上	635	231	357	291	132	96	89
1+から2+の生存率	-	36.7%	36.5%	38.2%	242.6%	519.0%	85.8%
2+から3+の生存率	-	13.2%	36.5%	32.9%	36.0%	28.4%	41.7%

*生存率 = $N_{a,y}/(N_{a-1,y-1} - R_{a-1,y-1})/N_{a,y}$

$N_{a,y}$: y年度のa才魚の個体推定値, $R_{a,y}$: 除去数

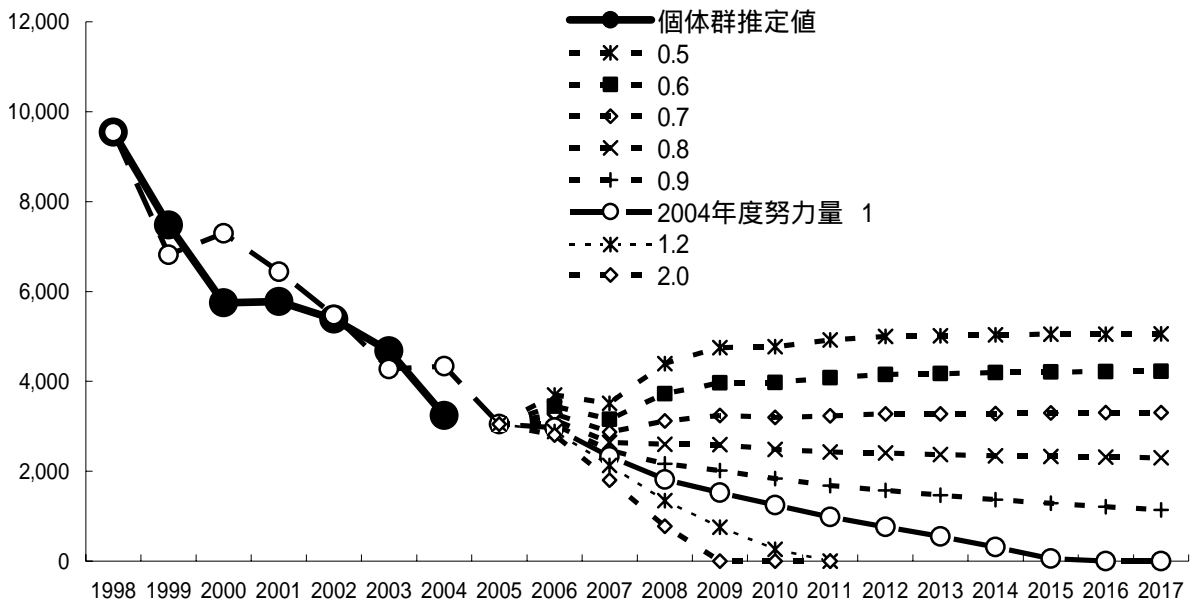


Fig. 2 2004年度努力量を1とし、2005年度以降、努力量を変え駆除を続けた場合のブルーギル個体群の推移モデル。 は1998-2004年の努力量

その結果、2004年度の努力量を続けた場合、10年後の2015年には100個体以下となる。また、今の努力量の1.2倍の駆除を行えば、2011年、2倍の駆除努力を行えば2009年にはほぼ、個体数は0になると予想された。今後、より人手をかけるか、駆除方法の改良によって2004年度以上の駆除努力を行うことは可能と思われる。しかし、個体数密度が極めて低くなれば、エリ網や投網などの漁法はあまり有効ではないと思われる。そのため、根絶を考えるのであれば新たな手法を導入する必要があるだろう。

オオクチバス

本年度のオオクチバスの駆除数は成魚25尾、稚魚638尾、産卵床(卵アリのみ)8個となった。1998年は約84個体だったものが2000年には約33個体と推定され、2001年以降、えり網による捕獲数0-1個体と減少していた。深泥池において、エリ網、投網による捕獲で、個体群を抑制することは可能であると考えられる(Table4)。しかし、バスの捕獲数は去年に比べ大幅に増えている。4月には40センチを超える大型の個体が多数捕獲された。しかし、深泥池でこのようなサイズが取れることはまれで、観察もされていない。とある掲示板では放流をしたことをうかがわせるような書き込みがなされており、その書き込みのタイミングと時を同じくして、一度捕獲された痕のある個体が捕獲された。こうしたことから、深泥池でオオクチバスの密放流が行われている可能性は非常に高い。稚魚の魚影も去年に比べ明らかに濃くなっており、密放流の効果と競争相手であるブルーギルの駆除の思われるものが顕著に現れた形となった。今後、オオクチバスは個体数が回復してしまう可能性もあり、何らかの

行政的な対処も必要である。

Table 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。各漁法の1日あたりの努力量はTable 2を参照。

Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
エリ網捕獲日数	112	49	39	23	30	32	33
使用した網の系統数	2	4	2	2	2	2	2
投網捕獲日数	3	28	29	17	11	7	7
投数/日	10	5 - 10	14	14	14	14	28
モンドリ捕獲日数	—	—	—	35	52	47	46
籠数/日	—	—	—	10	30	30	30
刺し網	—	—	—	—	2	—	11
枚/日	—	—	—	—	2	—	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	0	0	0	0
再捕獲数	12	4	2	0	0	0	0
エリ網による捕獲数	45	19	12	0	1	4	1
捕獲数/系統・週	0.7	0.3	0.5	0.0	0.1	0.2	0.06
投網による捕獲数	1	21	2	3	6	4	2
捕獲数/投	0.03	0.20	0.03	0.04	0.04	0.02	0.0
モンドリによる捕獲数				0	4	4	4
捕獲数/籠				0	0.004	0.001	0
刺し網による捕獲数					4		24
駆除数	12	24	7	3	15	12	31
0+							
エリ網による捕獲数	1,290	591	616	285	36	453	539
捕獲数/系統・週	54	16.4	26.9	15.8	1.8	21.6	29.9
投網による捕獲数	7	14	59	33	39	4	4
捕獲数/投	0.2	0.4	0.2	0.3	0.1	0.05	0.02
モンドリによる捕獲数				19	37	35	95
捕獲数/籠				0.1	0.03	0.03	0.04
駆除数	1,297	605	675	337	112	492	638
産卵床破壊							
	0	数個	2	5	4	5	8
総捕獲数	1,343	645	689	340	123	504	669
総駆除数	1,309	629	682	340	127	504	669

*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。



写真1. 刺し網で捕れたオオクチバス



写真 2. 傷跡のあるオオクチバス

カムルチ

カムルチについては駆除を行っていないにもかかわらず 1998 年には 539 個体だったものが 2002 年には 210 個体と推定され、明らかに個体数を減らしていた (Table 5)。2003 年は個体数は増加しているが推定誤差が大きく、有意に増加しているとはいえなかった。今後、カムルチの個体数の減少がブルーギルやオオクチバスの駆除に伴う現象なのか、それとも、別な要因、たとえば、産卵場所の破壊、カムルチの餌となっているカエルなどの両生類の減少など、さまざまな角度から検討する必要があるだろう。

Table 5. カムルチ (*Channa argus*). 個体数の推定には Petersen 法の修正式 (Chapman, 1951) を用いた。各漁法の 1 日あたりの努力量は Table 2 を参照。

Year	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
エリ網捕獲日数	112	80	39	23	22	32	33
投網捕獲日数	3	28	29	17	10	7	7
モンドリ捕獲日数				35	42	47	46
刺し網捕獲日数					2		11
1+以上							
1歳魚以上の個体数	538.5	498.1	365.5	234.7	210.0	448.0	*
95%信頼限界上限値	750.5	607.1	535.3	376.4	328.1	730.2	
95%信頼限界下限値	326.5	389.1	195.8	92.9	91.7	165.8	
マーク個体数	82	123	47	22	15	32	5
再捕獲数	15	39	10	3	1	2	0
エリ網による捕獲数	104	161	83	33	16	32	4
投網による捕獲数	0	0	0	0	0	0	0
モンドリによる捕獲数				15	3	2	2
刺し網による捕獲数					0		9
駆除数	8	2	5	7	3	3	10
0+							
エリ網による捕獲数	1	2	309	0	0	0	0
投網による捕獲数	0	0	0	0	0	0	0
モンドリによる捕獲数							
駆除数	1	0	0	0	0	0	0
総捕獲数	105	184	392	48	19	34	15
総駆除数	9	2	5	7	3	3	10

* 標識再捕を行ったが再捕獲されなかったため個体数推定ができなかった。

添付資料 1 深泥池における外来魚駆除に対する投入努力量の経年変化

深泥池における外来魚駆除方法

	えり網設置数	エリ網時期	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	5 - 6月				
1999年	4(a,b,c,d)	4 - 7月	5 - 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,d)	5 - 7月,9 - 10月	3 - 10月	30個(1-30)	4 - 10月	4 - 7月	4 - 6月,9月

深泥池における駆除日数

	エリ網(3人/日)	投網(2人/日)	モンドリ(4人/日)	刺し網(3人/日)
1998年	112	3		
1999年	49	28		
2000年	39	29		
2001年	23	17	35	
2002年	30	11	52	2
2003年	32	7	47	
2004年	35	7	47	17

添付資料2 深泥池における2003年度の魚種・動物種別捕獲総個体数

表 2004年度、エリ網による捕獲数。5月20日エリ網設置 10/24日 終了

月	作業日数	ブルーギル1+以上	ブルーギル 当歳	バス 上	バス 1+以上 当歳 魚	カムルチ	コイ	フナ	モツゴ
5月	4(1)	18	0	1	366	0	0	1	1
6月	8	15	0	0	150	2	0	0	0
7月	8	10	0	0	21	2	0	4	1
9月	5	0	0	0	0	0	0	1	0
10月	8(1)	2	0	0	0	0	0	0	0
合計	35	45	0	1	537	4	0	6	2

*括弧内は実際の捕獲作業。作業日数には、エリの設置、洗浄作業日数も含む

表 2004年度、モンドリによる捕獲数。4月8日設置 10/28日 終了

月	作業日数	ブルーギル1+以上	ブルーギル 当歳	バス 上	バス 1+以上 当歳 魚	フナ 上	フナ 1+以上 当歳 魚	カムルチ	モツゴ
4月	7	403	0	1	0	1	0	0	10
5月	7	842	0	0	0	0	0	0	0
6月	8	961	0	1	7	3	0	1	1
7月	9	409	0	0	4	0	0	0	0
8月	1	377	36	1	6	1	0	1	0
9月	6	179	134	1	8	0	1	0	0
10月	8	182	244	0	10	0	0	0	0
11月	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	47	3353	414	4	35	5	1	2	11

*括弧内は実際の捕獲作業。作業日数には、モンドリの設置、洗浄作業日数も含む

表 2004年度、投網による捕獲数。

月	作業日数	ブルーギル1+以上	ブルーギル 当歳	バス 上	バス 1+以上 当歳 魚	(大)ゲンゴロウブナ	(稚)ゲンゴロウブナ	カムルチ	モツゴ
3月	1	2	0	0	0	0	0	0	0
4月	1	11	0	2	0	1	0	0	1
5月	1	3	0	0	0	0	0	0	0
6月	1	4	0	0	0	0	0	0	0
7月	1	5	0	0	0	0	0	0	0
8月	0	0	0	0	2	0	0	0	0
9月	1	6	0	0	0	0	0	0	0
10月	1	2	0	0	2	0	0	0	0
合計	7	33	0	2	4	1	0	0	1

表 2004年度、刺し網による捕獲数。

月	作業日数	ブルーギル1+以上	バス 上	(大)ゲンゴロウブナ	カムルチ
4月	7	15	10	10	3
5月	2	6	1	3	4
6月	1	3	3	2	2
7月	0	0	0	0	0
8月	0	0	0	0	0
9月	1	0	0	2	0
10月	0	0	0	0	0
合計	11	24	14	17	9