

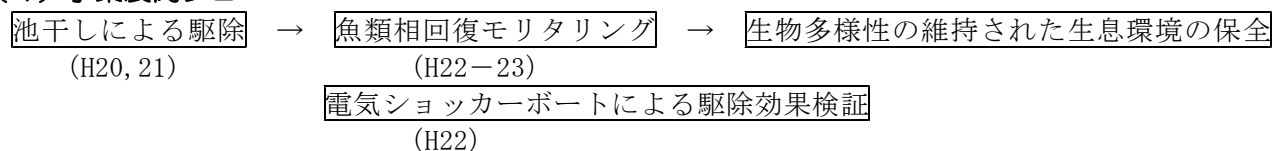
22. 外来種防除事業（公園自然課事業）

(1) 担当：福本 一彦（生産技術室）・前田 浩行・門脇 直（公園自然課）・尾田 昌紀（水産課）・山口 幸也・木村 昭雄（環境省自然環境局皇居外苑管理事務所）・工藤 智（(地独)北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場）

(2) 実施期間：平成20～23年度

(3) 目的：ため池に侵入したオクチバス、ブルーギルによる生態系被害、水産業被害を軽減するため、池干しによる駆除効果について検証する。

(4) 事業展開フロー



(5) 取組の成果

【課題1】：電気ショッカーボートを用いた駆除効果

1) 目的

オオクチバスおよびブルーギルの駆除を行う場合、外来魚が生息する各水域の特性に応じた駆除目標を立て、その目的に即した駆除方法を用いる必要がある。

鳥取市福部町の多鯰ヶ池には「鳥取県希少野生動植物」かつ鳥取県レッドデータブックで「絶滅危惧Ⅰ類」に指定されているミナミアカヒレタビラが1980年の時点では生息していた（長田ら，1981）。しかし、その後オオクチバスやブルーギルが侵入して以降、タナゴ類の生息は確認されていない。そこで、人工産卵床や定置網を用いた外来魚駆除調査が2005年、2006年に行われ、ブルーギルの産着卵約49万粒、オオクチバス268個体、ブルーギル1464個体が駆除されたが、その後の駆除作業や効果検証は行われないうままであった。このため、本水域で実施困難な水抜き以外の効率的な駆除方法の導入が検討された。

このうち、北海道が全国に先駆けて導入した電気ショッカーボート（本体：設置型エレクトロフィッシャーMODEL2.5GPP型（SMITH-ROOT社製）、船舶：組立式FRP救命ボートNKM-1型（日軽産業株式会社製））は水抜きができない水域においても駆除が可能なことや、外来魚の残留個体数を推定し、駆除効果について客観的に評価できることから、近年全国各地で導入されている。

そこで、今回、多鯰ヶ池において電気ショッカーボートを用いた外来魚の駆除試験を行い、その効果について検討したので、その内容について報告する。

また、2009年10月に鳥取市玉津地区の醍醐池において、玉津地区と鳥取県等が協働で行った池干しによるオオクチバス駆除の効果を検証するため、電気ショッカーボートを用いたモニタリング試験を行ったので、併せて報告する。

2) 方法

①多鯰ヶ池における電気ショッカーボートを用いた駆除試験

多鯰ヶ池は面積24.8ha、池の周囲3.4km、最大水深15.1mの天然堰止湖である。この池へのオオクチバスの侵入は1983年頃と推定されており（野村，1993）、その後1993年の時点でオオクチバスが優占種となり、タナゴ類、モツゴ、エビ類が壊滅的な被害を受けたとされている（安藤，1993）。また、ブルーギルは1990年に仔魚が採捕されていることから、この池への侵入はそれ以前であったと推定されている（福本ほか，2010）。

調査区域はスイレンやヒシ等が繁茂する東側区（図1の緑ライン）および砂域や岩盤域からなり水草が東側区に比べて少ない西側区（図1の赤ライン）の2区を設定した。調査は2010年10月10～12日、14～16日の6日間行い、調査回数は東側区で延べ18回、西側区で延べ17回であった。調査開始前に表層水温と電気伝導度を測定した。

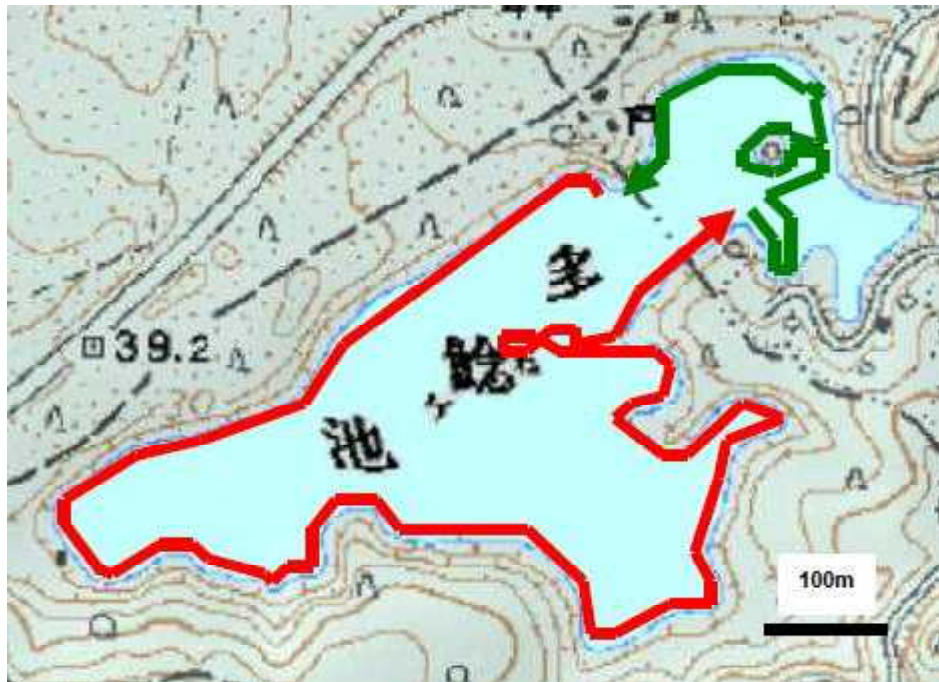


図1 多鯨ヶ池における調査地点（矢印は周回順路を示す）

電気ショッカーボートでの捕獲調査は、各調査区につき1日3周繰り返し行った。ただし、10月10日の西側区でのみ1日2周とした。調査時の電気ショッカーの設定値は全てACモード、Highレンジ（50-700V）、50-60%の出力を維持し、航行速度は2-3 km/毎時であった。捕獲作業は3名、操船は1名で行った。水中放電時に感電麻痺して視認されたオオクチバスおよびブルーギルはタモ網で採捕し、その他の種は種を確認する目的で一部の個体のみ採捕した。採捕されたオオクチバスおよびブルーギルは採捕回次ごとに個体数を計数し、標準体長を測定した。繁殖に寄与すると推定される1+以上魚と、寄与しない0+魚の生息個体数を推定するため、本調査で採集されたオオクチバス37個体（体長58.7-430.0 mm）、ブルーギル38個体（同21.6-135.4 mm）から耳石を取り出し、このうち一部は切片を作成し、Yodo and Kimura (1996) に従い、不透明帯から透明帯への境界を輪紋表示とし、これを年齢とみなして査定を行った。この結果と体長組成図から、0+魚と1+以上魚を区別した。ただし、オオクチバスについては、年齢査定した値を基にMicrosoft Office Excel 2003のソルバーを用いて、以下に示す von Bertalanffy の成長式の最大到達体長 (L_{∞})、成長係数 (K)、始原成長指数 (t_0) を推定し、0+魚と1+以上魚を区別した。

$$SL_t = L_{\infty} [1 - \exp\{-K(t - t_0)\}]$$

生息個体数の推定は、公開プログラム「キャプチャー」(<http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/capture.html>) の Population removal 法（変異する確率除去推定）を用いて、採捕回次毎の採捕数から0+魚と1+以上魚別に算出した。

また、算出された値から以下の式により残留個体数および駆除効率を求めた。

$$\begin{aligned} \text{残留個体数} &= \text{推定生息個体数} - \text{実際の採捕数} \\ \text{駆除効率} &= \text{実際の採捕数} / \text{推定生息個体数} \times 100 \end{aligned}$$

3) 結果

【水温・電気伝導度】

調査期間中の平均水温は21.8℃（範囲：20.7-23.1℃）、電気伝導度の平均値は11.40mS/m（同：11.27-11.52 mS/m）であった。

【耳石による年齢査定，体長組成】

年齢査定に供した多鯰ヶ池におけるオオクチバスの年齢および体長範囲は 0+魚が 58.7-156.8mm, 1+魚が 195.6-247mm, 2+魚が 315mm, 5+魚が 415mm, 10+魚が 430mm であった。2010年6月10日をふ化日と仮定して成長曲線を作成したところ，1歳の場合，体長 188.4mm と算出された（図2）。この結果と体長組成から，体長 188mm 以下の個体を 0+魚，それより大型の個体を 1+以上魚とみなした。

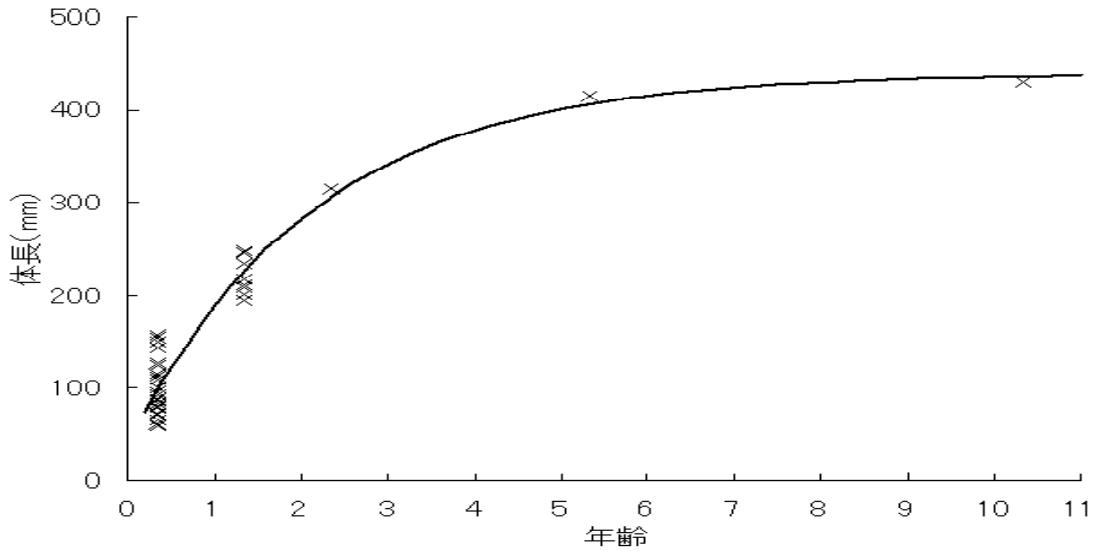


図2 多鯰ヶ池におけるオオクチバスの成長曲線

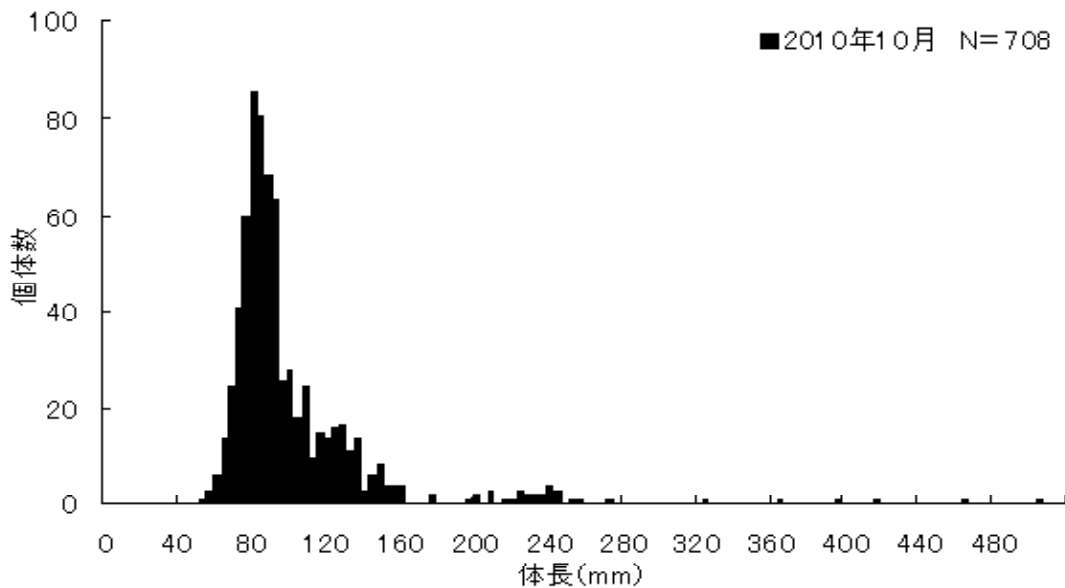


図3 多鯰ヶ池において電気ショッカーボートにより採集されたオオクチバスの体長組成

一方，年齢査定に供したブルーギルの年齢および体長範囲は 0+魚が 21.6-42.6mm, 1+魚が 58.0-97.0mm, 2+魚が 104.3-130.8mm であった。この結果と体長組成（図4）から体長 56mm 以下の個体を 0+魚，それより大型個体を 1+以上魚とみなした。

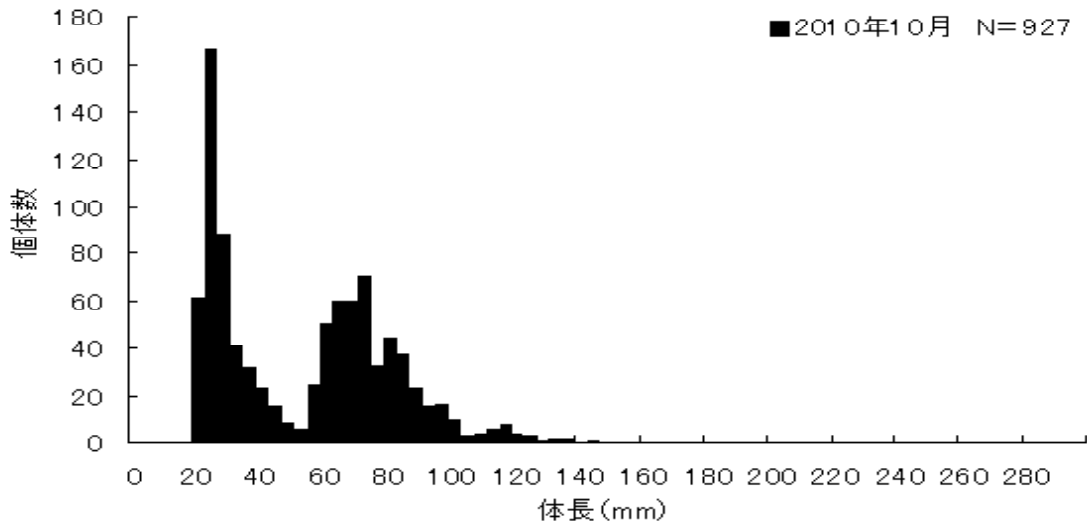


図4 多鯰ヶ池において電気ショッカーボートにより採集されたブルーギルの体長組成

【採捕数，生息個体数推定，駆除効率】

オオクチバスは計 711 個体が採捕され，このうち 0+魚が 680 個体，1+以上魚が 31 個体で 0+魚が採捕個体全体の 95.6%を占めた（表 1）. 調査区別にみると，東側区では 0+魚が 249 個体，1+以上魚が 20 個体，西側区では 0+魚が 431 個体，1+以上魚が 11 個体採捕された. 0+魚の採捕数は，両区ともに採捕回次が増すにつれて減少傾向を示したが（図 5），1+以上魚の採捕数は，西側区では採捕回次に関わらず 0-2 個体で推移した（図 6）.

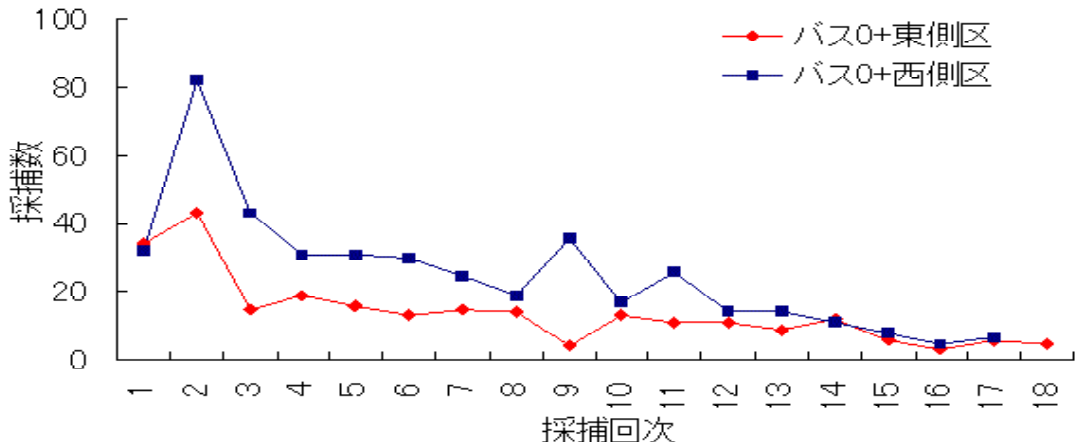


図5 電気ショッカーボートによるオオクチバス 0+魚の採捕数の推移

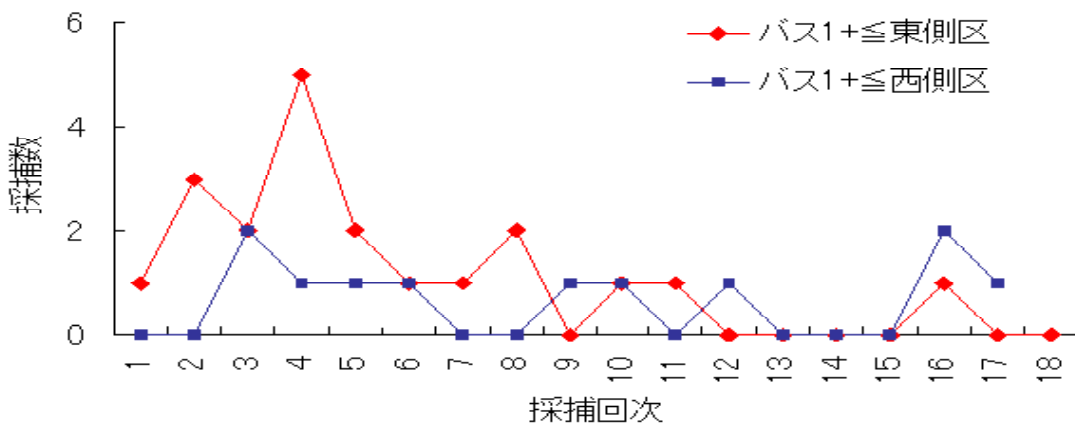


図6 電気ショッカーボートによるオオクチバス 1+以上魚の採捕数の推移

II. H22成果 22 外来種防除事業

オオクチバスの残留個体数は両区併せて 0+魚が 197 個体、1+以上魚が 16 個体と推定された。駆除効率は 0+魚が東側 74.6%、西側 79.4%で、西側区の方が高かったが、両区の駆除効率の間に統計的な有意差はなかった (χ^2 検定, $df=1$, $\chi^2=0.3518$, $p > 0.05$)。一方、1+以上魚は東側 100%、西側 40.7%と算出され、東側区の方が有意に高かった (χ^2 検定, $df=1$, $p < 0.01$)。

表 1 多鯰ヶ池におけるオオクチバスの推定生息個体数、残留個体数及び駆除効率

	0+			1+ \leq		
	東側区	西側区	小計	東側区	西側区	小計
捕獲個体数	249	431	680	20	11	31
推定生息個体数	334	543	877	20	27	47
95%信頼区間	286-449	485-664	—	20-20	15-95	—
残留個体数	85	112	197	0	16	16
駆除効率 (%)	74.6	79.4	77.5	100	40.7	66.0
有意差	ns*			< 0.01		
検定の種類	χ^2 検定			χ^2 検定		

*Not significant ($p > 0.05$)

ブルーギルは計 933 個体が採捕され、このうち 0+魚が 454 個体、1+以上魚が 479 個体であった (表 2)。調査区別にみると、東側区では 0+魚が 204 個体、1+以上魚が 100 個体、西側区では 0+魚が 250 個体、1+以上魚が 379 個体採捕され、0+魚、1+以上魚の採捕数は、両区ともに採捕回次が増すにつれて減少傾向を示した (図 7)。

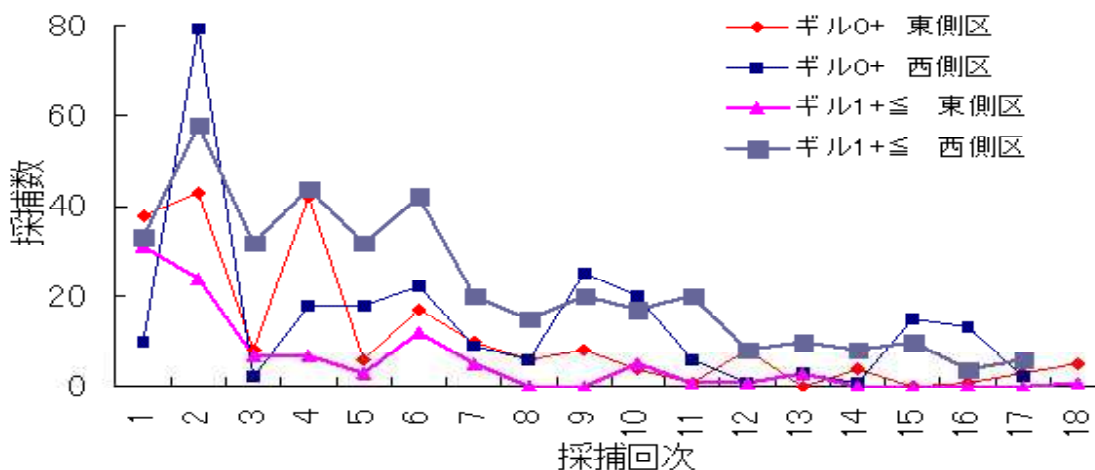


図 7 電気ショッカーボートによるブルーギル 0+, 1+以上魚の採捕数の推移

ブルーギルの残留個体数は両区併せて 0+魚が 117 個体、1+以上魚が 113 個体と推定された。駆除効率は 0+魚が東側 70.6%、西側 88.7%で西側の方が有意に高かった (χ^2 検定, $df=1$, $p < 0.01$)。一方、1+以上魚は東側 85.5%、西側 79.8%で東側の方が高かったが、有意差は認められなかった (χ^2 検定, $df=1$, $\chi^2=1.9615$, $p > 0.05$)。

表 2 多鯰ヶ池におけるブルーギルの推定生息個体数、残留個体数及び駆除効率

	0+			1+ \leq		
	東側区	西側区	小計	東側区	西側区	小計
捕獲個体数	204	250	454	100	379	479
推定生息個体数	289	282	571	117	475	592
95%信頼区間	241-404	259-365	—	104-189	423-590	—
残留個体数	85	32	117	17	96	113
駆除効率 (%)	70.6	88.7	79.5	85.5	79.8	80.9
有意差	< 0.01			ns		
検定の種類	χ^2 検定			χ^2 検定		

【採捕種】

オオクチバス、ブルーギルの他に、ナマズ、フナ属、コイ、オイカワ、ワカサギ、シマドジョウ、ゴクラクハゼ、ヌマチチブ、テナガエビ、ウシガエル、モクズガニ、アメリカザリガニが採集された。

4) 考察

外来魚駆除の際、対象水域に生息する全体の資源量に対する除去指数を 70%以上に維持することで、生息数が減少する可能性が示唆されている（農林水産技術会議，2003）。

多鯰ヶ池では、オオクチバスの駆除効率は、1 +以上魚では東側区が 100%と高かったものの、西側区が 41%と低かった。東側区において駆除効率 100 %と算出されたことについては、感電麻痺しても採集前にスイレンやヒシ中に隠れたり、深い水深帯では透明度の低下により採集できなかった場合もあったため、この値は過大評価と思われる。それでも、西側区に比べて効率的に捕獲できたのは、スイレンやヒシなどの隠れ場が多く、調査区域内に 1+以上魚の生息数が多かったことなどが考えられる。

ブルーギルについては、表層水温 6℃から 18℃の間で CPUE が 20(個体/人/時間)以上と高いが、18℃を超えると CPUE が低下する傾向がある（北海道立水産孵化場，2007，2009）。今回の試験時の表層水温の平均値は 21.8 ± 0.7 ℃でブルーギルの CPUE は 13.1 と低く、従来の知見を裏付けるものであった。ただし、ブルーギルの駆除効率は、1 +以上魚では両区ともに 8 割以上と高く、0 +魚も西側区で 89%と高かった。ブルーギル 0 +魚の駆除効率に東側と西側で差がみられたが、これは西側ではブルーギルが多く謂集する水草や葦、屋根つき係船場周辺の水深が比較的浅いため捕獲しやすかったためかもしれない。

電気ショックボートを用いた試験では、0 +魚や 1 +魚の小型個体が多く採捕され、大型個体の捕獲数は少ない傾向がある（工藤，2007；北海道立水産孵化場内水面資源部，2007；新潟県内水面水産試験場，2009）。本試験で採集されたオオクチバス、ブルーギルともに小型個体が大半を占めており、従来の知見を裏付けるものであった。

今回の試験により、多鯰ヶ池における 1+以上魚の残留数は、オオクチバスが 16 個体、ブルーギルが 113 個体と推定された。皇居外苑濠における調査結果によると、ブルーギルは 2 月の 1+以上魚が約 100 個体でも、その年の 11 月には 0+魚が約 3000-4000 個体新規加入すると推定されている（北海道立水産孵化場，2009）。したがって、今後も継続駆除が必要であり、より効率的に電気ショックボートを用いて駆除を行うには、水温が 18℃以下でヒシやスイレンが繁茂する前、かつ産卵のためにオオクチバスおよびブルーギルが接岸する春期の実施が望ましいと考えられた。

5) 残された課題

- ・オオクチバス駆除後の池内生物相回復過程のモニタリング

【課題2】：醍醐池における池干し後のモニタリング調査

1) 目的

池干し後の生物生息状況を把握する。

2) 方法

醍醐池は鳥取市玉津地区に位置する面積約 0.0084km²、周囲約 350m の農業用ため池である（図8）。

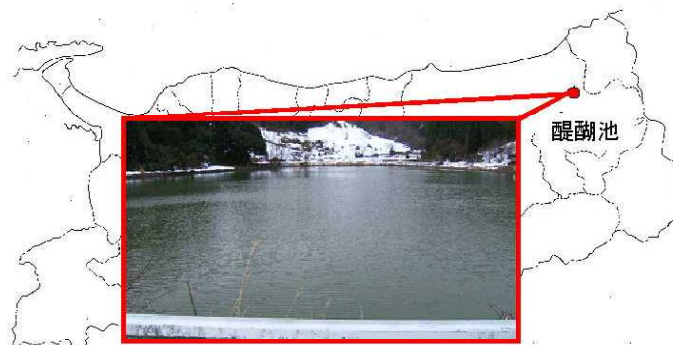


図8 調査地点

調査は 2010 年 10 月 13 日に行った。池の岸沿いを中心に 15 分間周回を 1 回（予備試験）、30 分

間周回を 4 回行った。感電麻痺して視認された魚類を採集し、種別に個体数を計数し、標準体長を測定した。また、オオクチバスは採集された個体から一部を取り出し、湿重量の測定、胃内容物調査を行い、肥満度、餌料出現率を以下の式により求めた。

$$\text{肥満度} = \text{湿重量 (g)} / (\text{体長 (mm)})^3 \times 10^6$$

$$\text{餌料出現率} = \text{ある餌生物を捕食していた個体数} / (\text{総個体数} - \text{空胃個体数}) \times 100$$

採集された在来種は生かしたままタルに一時收容し、試験終了後池内へ放流した。生息個体数推定、環境条件の測定は多鯰ヶ池の方法に準じた。

3) 結果

【水温・電気伝導度】

調査期間中の平均水温は 22.7 °C (範囲 : 21.6-24.0 °C)、電気伝導度の平均値は 10.31mS/m (同 : 10.29-10.36mS/m) であった。

【耳石による年齢査定, 体長組成】

年齢査定に供した醍醐池におけるオオクチバスの年齢および体長範囲は 0+魚が 89.6-114.3mm, 1+魚が 200-290mm であった。この結果と体長組成 (図 9) から体長 120mm 以下の個体を 0+魚, 200mm 以上の個体を 1+以上魚とみなした。

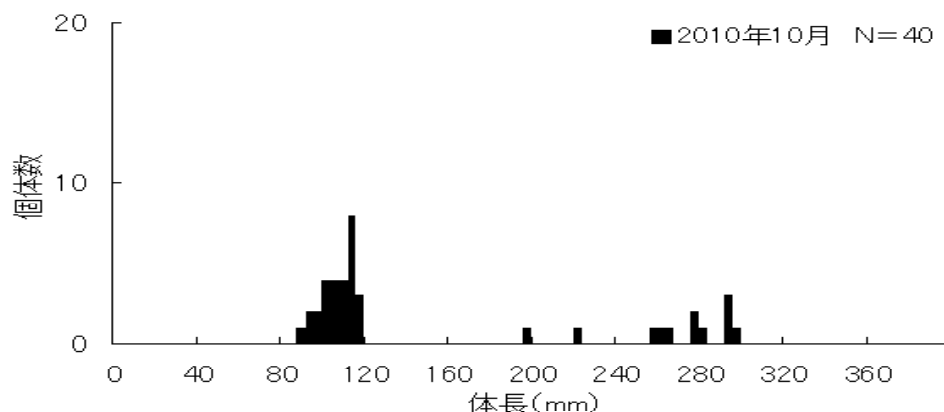


図9 醍醐池において電気ショッカーボートにより採集されたオオクチバスの体長組成

【採捕数, 生息個体数推定, 駆除効率】

オオクチバスは計 40 個体が採捕され, このうち 0+魚が 28 個体, 1+魚が 12 個体で, 0+魚が採捕個体全体の 70%を占めた (表 3)。0+魚, 1+魚の採捕数は, 採捕回次が増すにつれて減少傾向を示した (図10)。

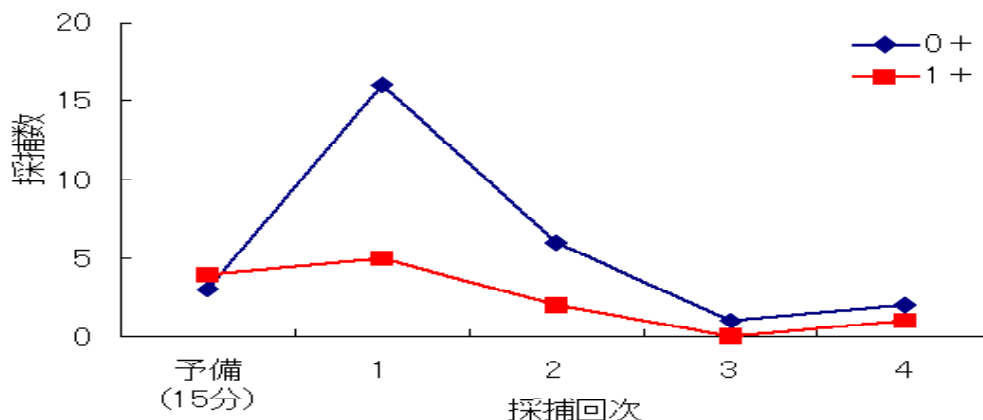


図 10 電気ショッカーボートによるオオクチバス 0+, 1+魚の採捕数の推移

オオクチバスの残留個体数は 0+魚が 8 個体, 1+魚が 4 個体と推定された。

駆除効率は0+魚が77.8%、1+魚が75.0%で0+魚の方が高かったが、両区の駆除効率の間に統計的な有意差はなかった（Fisherの直接確率法による適合度検定、 $p > 0.05$ ）。

醍醐池におけるオオクチバスの推定生息数の推移を図11に示した。2010年10月の推定生息数は52個体で、2009年10月の1333個体から大きく減少し、前年同期比3.9%であった。

表3 醍醐池におけるオオクチバスの推定生息個体数、残留個体数及び駆除効率

	オオクチバス		
	0+	1+	小計
捕獲個体数	28	12	40
推定生息個体数	36	16	52
95%信頼区間	31-59	13-35	-
残留個体数	8	4	12
駆除効率(%)	77.8	75.0	76.9
有意差	ns		
検定の種類	Fisherの直接確率法による適合度検定		

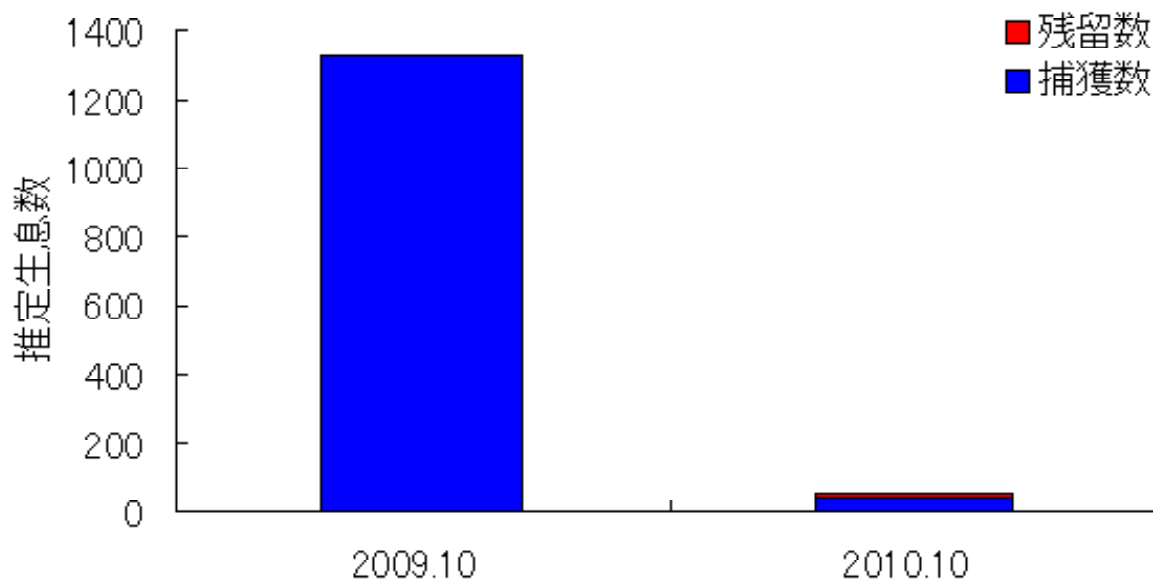


図11 醍醐池におけるオオクチバスの推定生息数の推移

【採捕された種および個体数】

オオクチバス以外に、フナ属、ドジョウ、ドンコ、トウヨシノボリ、ヌカエビ属、ウシガエル幼生、アメリカザリガニが採集され（表4）、このうち、2009年未確認種はドジョウ、トウヨシノボリ、ヌカエビ属およびウシガエル幼生であった。

表4 醍醐池で採集された種の個体数(%)

種	2009		2010	
	個体数	(%)	個体数	(%)
オオクチバス	1333	91.1	40	35.1
フナ属	84	5.7	22	30.7
コイ	22	1.5	0	0
ドンコ	13	0.9	13	11.4
ドジョウ	0	0	6	5.3
トウヨシノボリ	0	0	13	11.4
アメリカザリガニ	11	0.8	2	1.8
ヌカエビ属	0	0	5	4.4
ウシガエル幼生	0	0	多数	-
合計	1463	100	114	100

注) 2009年は池干し、2010年は電気ショッカーボートにより採集された個体数(%)を示す。

【体長組成の比較】

図 12～15 にドンコ、フナ属、トウヨシノボリ、ドジョウの体長組成を示した。

池干し時の 2009 年 10 月の各種の体長範囲は、ドンコが 120 - 180mm、フナ属が 104 - 310mm で、両種ともに中・大型個体のみ採集された。

一方、池干し後の 2010 年 10 月には、ドンコは体長 30mm、60mm 付近にモードがみられ、再生産後の成長が確認された(図 12)。フナ属の体長範囲は 130-197mm の中型で、小型個体や大型個体はみられず、128-148mm、176-192mm にモードがみられた(図 13)。トウヨシノボリの体長範囲は 24 - 45mm で 32 - 40mm にピークが認められた(図 14)。ドジョウの体長範囲は 66 - 175mm で 130mm 以上の大型個体が多かった(図 15)。

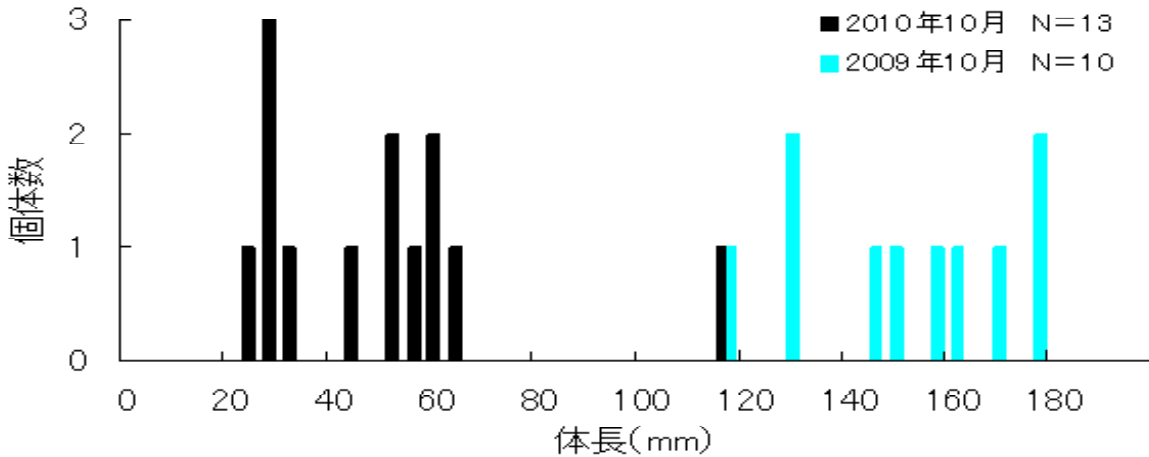


図 12 醍醐池におけるドンコの体長組成の比較

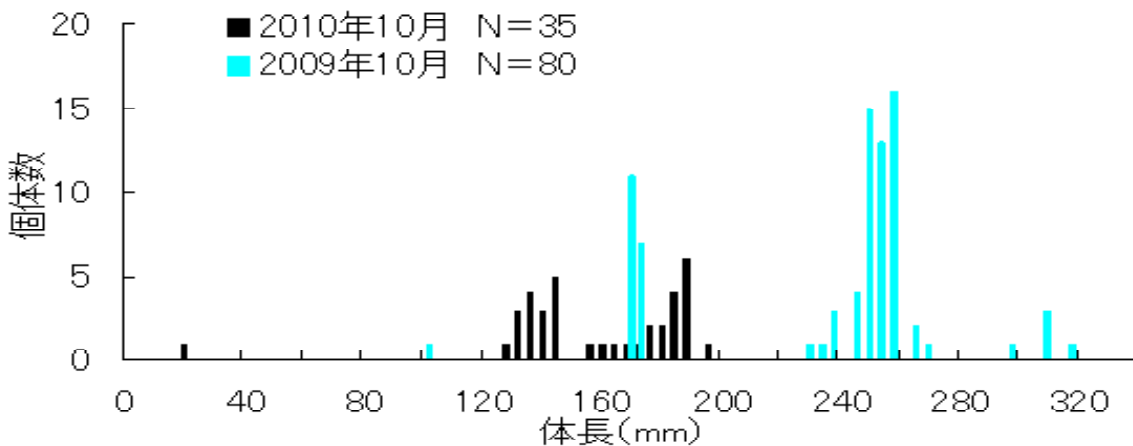


図 13 醍醐池におけるフナ属の体長組成の比較

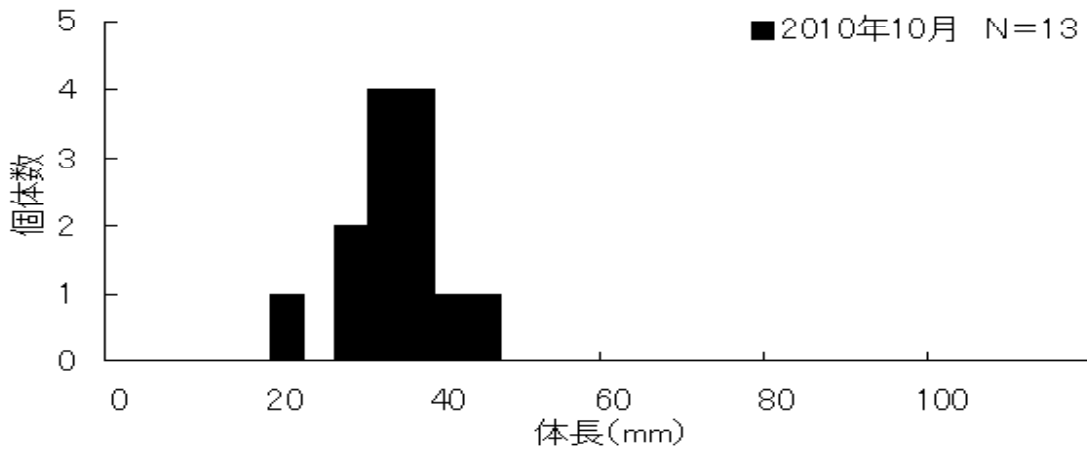


図 14 醜圃池におけるトウヨシノボリの体長組成

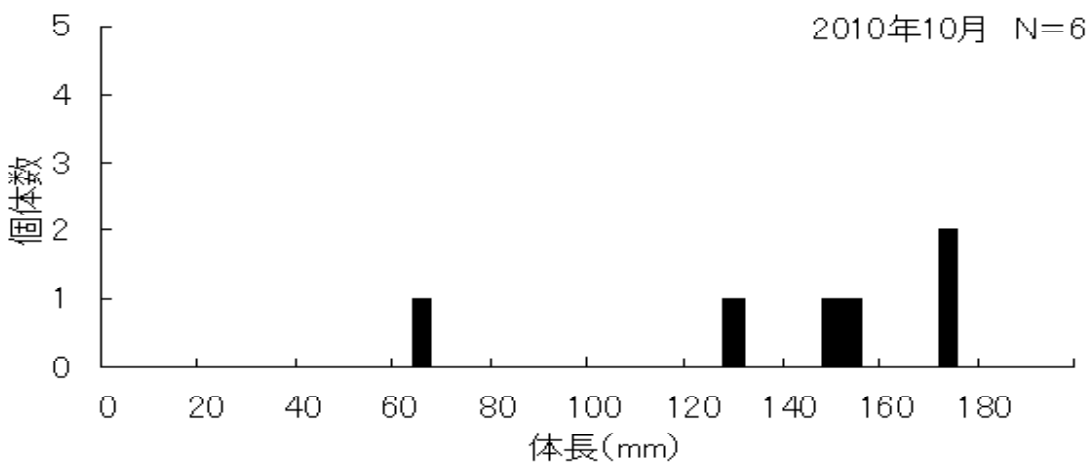


図 15 醜圃池におけるドジョウの体長組成

【肥満度】

2009年10月と2010年10月に醜圃池で採捕されたオオクチバスの肥満度を図16に示した。

2010年10月に採集されたオオクチバスの肥満度の平均値(±標準偏差)は 30.5 ± 2.7 で、2009年10月採捕魚の 25.0 ± 3.4 に比べて有意に高かった (Mann-Whitney の U 検定: $U = 59$, $p < 0.01$)。

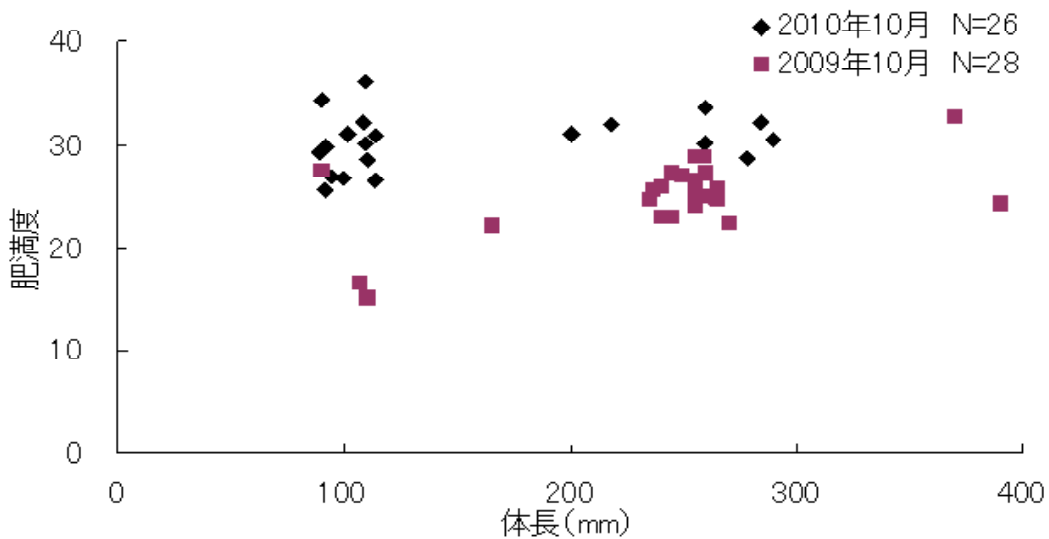


図 16 醜圃池で採捕されたオオクチバスの体長別肥満度

【胃内容物】

2010年10月に醍醐池で採捕されたオオクチバスの餌料出現率を図17に示した。空胃率は体長200mm以上が12.5%、200mm未満が0%であり、両体長区分の個体の空胃率の間に有意差はなかった（Fisherの直接確率法による適合度検定、 $p > 0.05$ ）（表5）。体長200mm以上の個体ではオタマジャクシが主餌料であり、その他ハゼ科魚類、アメリカザリガニが出現した。一方、200mm未満の個体ではユスリカ幼虫が主餌料であり、その他昆虫類、エビ類、トウヨシノボリの順に出現率が高かった。

表5 オオクチバス食性調査に用いた標本数および空胃率

体長区分	標本数	空胃個体数	空胃率 (%)	有意差	検定の種類
200mm以上	8	1	12.5	ns	Fisherの直接確率法
200mm未満	12	0	0		

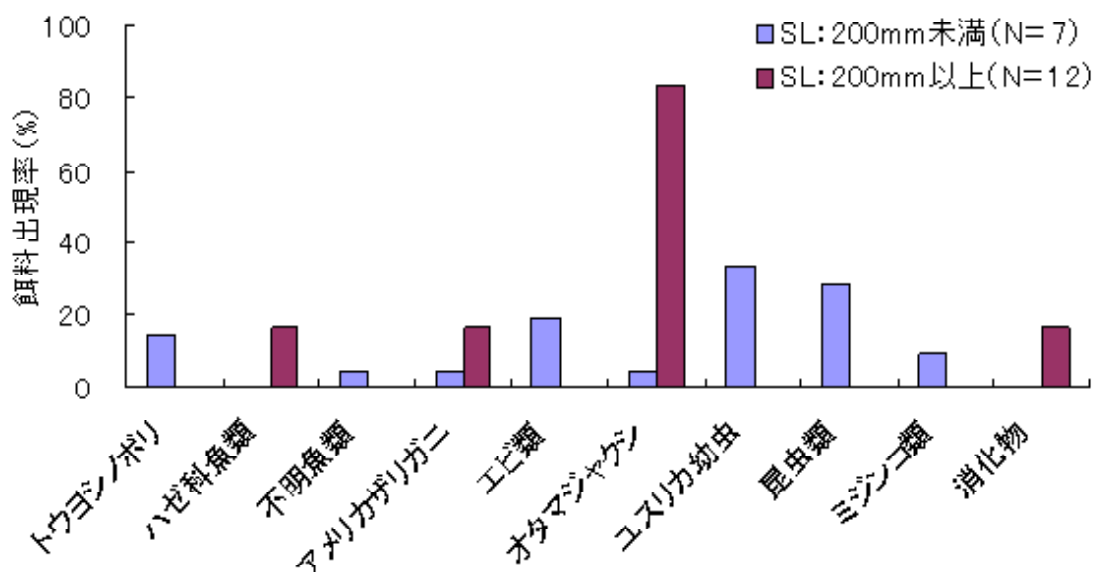


図17 醍醐池におけるオオクチバスの食性調査結果

4) 考察

醍醐池では池干し後も0+魚、1+魚と推定されるオオクチバスが採捕された。その第1の可能性として、2009年の池干し時に、池内全ての魚類を取り上げることができなかったため、水たまりなどで生き延びた個体が2010年初夏に再生産したことが考えられる。第2の可能性として、上流のため池に生息する小型のオオクチバスが増水時に流出し、池干し後の醍醐池に侵入し、再生産したことが考えられる。ため池管理者への聞き取りによると、上流のため池から醍醐池へ流入する水路にスクリーン等は設置されてなかったという。なお、上流のため池は2008年に改修工事が行われており、その際は池が干上がった状態であった。この池で小型のオオクチバスを確認したのは2010年10月だったので、2009年ー2010年の間に密放流が行われた可能性が高い。第3の可能性として、池干し後に小型のオオクチバスが密放流され、再生産した可能性が指摘できる。

以上の状況を踏まえると、今後、醍醐池上流のため池でオオクチバス駆除を行った上で、醍醐池に残留しているオオクチバスの駆除も併せて行っていく必要がある。

一方、在来種については、2009年にみられなかったトウヨシノボリ、ドジョウ、ヌカエビ属やドンコの再生産後の成長が確認され、回復傾向がみられた。

また、ウシガエル幼生も多数確認された。さらに、オオクチバスの胃内容物をみると、2009年に採集された体長200mm以上の個体は空胃率が高く、共食いが認められ、ユスリカ幼虫が主餌料であったが、2010年は前年にみられなかったオタマジャクシやトウヨシノボリ、エビ類等が出現していたことから、オオクチバスの肥満度も2009年に比べて有意に増加していた。

以上のような状況は、池干しによるオオクチバスの減少により、オオクチバスの捕食圧が低下す

る一方、オオクチバスにとっては餌料環境が向上したためと考えられた。

なお、フナ属は中型個体のみみられたが、小型個体がみられなかった原因は不明である。また、コイが2010年に採集されなかったこと、フナ属およびドンコの大型個体のみみられなかったのは、2009年池干し時に別の池へ一時収容したことによるものと考えられた。

本試験により、電気ショッカーボートは農業用ため池でも活用できることが明らかになった。外来魚が侵入したため池では継続した池干しの実施が望まれるが、労力等の課題により現実的には困難な場合が多い。電気ショッカーボートを池内へ収容できる場所が確保できることが前提条件だが、今後、電気ショッカーボートは、外来魚が侵入しても池干しが行われていないため池や、池干し後のモニタリングに有効活用できるものと考えられた。

5) 引用文献

- 安藤重敏(1993)アカヒレタビラ. pp96-97. In: 江原昭三・鶴崎展巨(編)鳥取県のすぐれた自然 - 動物編. 鳥取県衛生環境部自然保護課, 327pp.
- 福本一彦・三上裕香・檜垣英司(2010)鳥取県多鯰ヶ池における魚類相. 山陰自然史研究, 4: 15-21.
- 北海道立水産孵化場内水面資源部(2007)北海道におけるブルーギル調査 - 電気ショッカーボートによるブルーギル抑制効果の開発. 健全な内水面生態系復元等推進事業報告書: 251-264.
- 北海道立水産孵化場(2009)電気ショッカーボートによる外来魚の駆除技術の開発. 平成20年度外来種抑制管理技術開発事業報告書: 1-10.
- 工藤 智(2007)電気ショッカーボートによるブルーギルの抑制効果の開発. 魚と水, 43: 43 - 47.
- 長田芳和・藤川博史・福原修一(1981)鳥取県多鯰ヶ池で採集されたアカヒレタビラについて. 日本生物地理学会誌, 36(7): 48-53.
- 新潟県内水面水産試験場(2009)在来魚が増殖可能な外来魚生息密度基準の解明と外来魚繁殖抑制に関する研究. 平成21年度外来魚抑制管理技術開発事業報告書: 1-10.
- 野村幸弘(1993)鳥取市湖山池の魚類相について. 鳥取県立博物館研究報告, 30: 1-10.
- 農林水産技術会議事務局(2003)数理シミュレーションによる個体群管理技術の検討と生態系への影響評価. 外来魚コクチバスの生態学的研究及び繁殖抑制技術の開発: 103-112.