

第3章 全体のとりまとめ資料

1 電気ショックが在来魚に与える影響

背負式電気ショッカーのほか、現在普及しつつある電気ショッカーボートや長野県水産試験場が作製した電気曳き縄などは、水中に電流を流すことによって魚類を一時的に感電させ、捕獲するものです。本事業では、これらの電気を使用する機器が在来魚に与える影響を試験し、その結果から在来魚への影響を軽減する使用方法を提示することを一つの目標としました。くわしい試験結果は、本報告書において埼玉県農林総合研究センター水産研究所、長野県水産試験場、滋賀県水産試験場によって報告されていますが、ここではそれらを統合して、電気ショックの正しい使い方を提案します。

試験結果のまとめ（実験水温は 15 ～ 20° C の範囲で行い、それ以外の場合のみ以下に記載します。電気伝導度は計測した場合のみ以下に記載します。）

（1）受精卵に対する影響（背負式電気ショッカー、パルス直流 120Hz、パルス幅 6 m sec）

ニゴロブナ（電気伝導度 11.0 ～ 12.5 mS/m）

ニゴロブナの卵を人工授精し、受精後 2 時間、40 時間、68 時間経過したものに実効電圧 2V/cm のパルス直流を 10 秒間通電したものと対照卵を比較したところ、孵化率に有意差は認められませんでした。

ホンモロコ（電気伝導度 12.5 mS/m）

受精後 24 ～ 36 時間のホンモロコの卵にニゴロブナと同様に通電しましたが対照卵との間に有意差は認められませんでした。

（2）孵化仔魚に対する影響（背負式電気ショッカー、パルス直流 120Hz、パルス幅 6 m sec、電気伝導度 12.5 mS/m）

ニゴロブナとホンモロコの孵化直後の仔魚に受精卵と同様に通電しましたが、10 日後の生残率に有意差はなく、各 30 尾の脊椎骨にも異常は認められませんでした。

（3）幼魚・若魚の生存と成長に対する影響

コイおよびニシキゴイ（電気ショッカーボート、2.5GPP 型、Smith-Root 社）

体長 6 ～ 13 cm のコイおよびニシキゴイ幼魚については 0.3 ～ 1.8V/cm の直流（120Hz、4A）、交流（60Hz、4A）ともに、30 秒間電気ショッカーをかけた後の死亡は認められませんでした。体長が 6 ～ 7 cm の個体では筋肉内出血は見られませんでした。体長が 11 ～ 12 cm になると内出血が生じることがあり、とくに 1V/cm 以上の電圧で 30 秒間電気を流すと、内出血個体は増加しました。ただし、内出血後 20 日程度経過すると内出血は治癒に向かいました。1V/cm の直流に 10 ～ 30 秒間通電した後、230 日後までの死亡率は多くても 40 尾中 2

尾にすぎず、通電の影響は認められませんでした。

ニゴロブナ（背負式電気ショッカー、パルス直流 120Hz、パルス幅 6 m sec）

体長 9 cm のニゴロブナについて 2V/cm および 5.7V/cm（水温 6.4° C、電気伝導度 13.2 mS/m）で 10 秒間通電しましたが、通電による骨格異常、通電後 1 年間の死魚は認められず、1 年後の体長にも有意差は認められませんでした。体長 13 cm のニゴロブナに 2V/cm（水温 20.8° C、電気伝導度 18.5 mS/m）で 20 ～ 30 秒間通電しましたが、死亡個体は認められませんでした。

キンブナ（電気ショッカーボート、2.5GPP 型、Smith-Root 社、電気伝導度 23.7 mS/m）

体長 2.6 ～ 2.7 cm のキンブナに直流 120Hz、4A と交流 60Hz、4A の電流（どちらも実効電圧は 0.3V/cm）を 30 秒間流したところ、筋肉内出血や脊椎骨異常は認められず、31 日後の成長にも通電の影響は認められませんでした。

モツゴ（電気ショッカーボート、2.5GPP 型、Smith-Root 社）

キンブナと同様の実験を行いました。体長 2.3 ～ 2.4 cm のモツゴの内出血、脊椎骨異常、成長への影響は直流、交流とも認められませんでした。一方、体長 3.2 ～ 3.3 cm のモツゴに 2V/cm の直流と交流を 30 秒間流したところ、その翌日に 60 尾中それぞれ 12 尾と 7 尾が死亡しました。

（４）成魚の生存と成長に対する影響

コイ（背負式電気ショッカー、パルス直流 120Hz、パルス幅 6 m sec、電気伝導度 12.2 ～ 23.1 mS/m）

体長 30 cm（5 尾）、50 cm（3 尾）、75 cm（1 尾）のコイに 1.5 ～ 2V/cm で 10 秒間通電しましたが、5 か月後までの死亡は認められず、成長についても通電しない対照区との違いは認められませんでした。

キンブナ（電気ショッカーボート、2.5GPP 型、Smith-Root 社、電気伝導度 20.7 ～ 22.1 mS/m）

体長 5.6 ～ 5.9 cm のキンブナに、水温 9.5° C と 19.2° C のそれぞれにおいて、直流及び交流（実効電圧 0.3V/cm）を 30 秒間通電したところ、翌日の死亡個体はなく、脊椎骨異常と筋肉内出血も認められませんでした。

ホンモロコ（背負式電気ショッカー、パルス直流 120Hz、パルス幅 6 m sec、電気伝導度 13.7 mS/m）

体長 9 cm のホンモロコについて、パルス直流 120Hz、2V/cm で 10 ～ 30 秒間通電する試験を行いました。10 秒間の通電では死亡は認められませんでした。20 秒間では 40%、30 秒間では 80% のホンモロコが死亡しました。

モツゴ（電気ショッカーボート、2.5GPP 型、Smith-Root 社、電気伝導度 20.7 ～ 22.1 mS/m）

体長 6.1 ～ 6.6 cm のモツゴに水温 9.5° C と 19.0° C のそれぞれにおいて直流および交流（実

効電圧 0.3V/cm) を通電したところ、通電しない実験区も含めて3区とも翌日に1尾が死亡しただけでした。脊椎骨異常は直流区で1尾のみ見られました。内出血はどの個体でも認められませんでした。

ウグイ、オイカワ、アユ (2本のワイヤーの間に網カゴを設置し、その中に10尾の成魚を収容して通電した)

コンテナにワイヤー端子2本を1mの距離を置いて垂下し、その中央に網カゴに収容した供試魚を10尾ずつ収容しました。直流0.67 V/cmあるいは1V/cmを通電した実験ではアユ(120秒)では死魚は生じず、オイカワでは1V/cmを30秒通電した実験区で3尾の死亡が生じました。交流では、0.33V～1.0Vを30～240秒通電してもウグイは1尾も死亡しませんでした。しかし、アユとオイカワについては120秒以上あるいは0.67 V/cm以上で死亡個体が認められ、交流1V/cmを240秒流すと、どの魚種でも過半数が死亡しました。これらの結果から、電気曳き縄を使用する場合には交流よりも直流が望ましく、またオイカワを含む魚類群集に用いる場合には、通電時間を30秒以内に留める必要があります。なお、対象魚の魚体を大、小2グループに分けたところ、アユでは大、小グループ間で死亡率に有意差は認められませんでした。

(5) 産卵に対する影響 (背負式電気ショッカー、パルス直流 120Hz、パルス幅 6 m sec、電気伝導度 12.2 mS/m)

ニゴロブナ

体長16 cmの成熟したニゴロブナ5ペアに、パルス直流を実効電圧 2V/cmで10秒間通電した後、自然産卵させました。通電の3日後から産卵し、産卵後、孵化率、発生稚魚数、奇形率に通電による影響は認められませんでした。

電気の使用についての指針と提案

背負式電気ショッカー、電気ショッカーボート、電気曳き縄等を用いて外来魚を駆除するにあたっては、まず初めに外来魚以外にどのような在来魚が生息しているのかを把握する必要があります。試験の結果、通電後の死亡率が高かったのは河川ではオイカワ、湖沼ではモツゴやホンモロコであり、コイやフナ類では死亡個体はほとんど認められませんでした。在来魚への影響は、交流で大きく、直流やパルス直流では小さいと考えられるので、一ヶ所で10秒以上通電する場合には交流を避けることが望ましいです。また、実効電圧と通電時間はともに在来魚の生残や内出血に影響することが明らかになりました。実効電圧が2V/cmの場合には10秒まで、1V/cm以下の場合には30秒までの通電時間とすることが指針として提案されます。なお、オイカワ、ホンモロコなど比較的通電に弱い魚種がない場合には、この基準は多少緩和されることが考えられます。

なお、琵琶湖内湖や皇居外苑濠等では7～8年間にわたって電気ショッカーボートを使用していますが、次項で説明するように、外来魚が減る一方で在来魚が増え続けています。このことも電気ショッカーボートが適切に使用されていることを示すものです。

電気漁具の使用条件

- ・原則として直流もしくはパルス直流を使用する。
- ・実効電圧 1.5V/cm 以上では通電時間を 10 秒までとする。
- ・実効電圧 1V/cm 以下では通電時間を 30 秒までとする。
- ・附則：電気ショッカーボートで交流を用いる場合、船を移動させながら通電するので、船行速度・操船技術・捕獲者のペダル操作の熟練度がそろえば、実効電圧 1V/cm 以下、同じ場所の通電時間を 5 秒以下として使用できる。

2 外来魚駆除に伴う在来魚の動向と在来魚による 外来魚の繁殖抑制について

今回事業を担当した試験研究機関は、外来魚抑制管理技術開発事業から始めて8年間外来魚駆除を行っており、その成果として在来魚の個体数増加が認められています。

(1) 琵琶湖内湖における在来魚の増加

滋賀県の琵琶湖内湖の曾根沼では、2008年からオオクチバス親魚を電気ショッカーボートで捕獲し、併せてタモ網によって仔稚魚を駆除してきました。その結果、オオクチバス親魚は2011年に1時間あたり7.25尾捕獲されたものが、2014年には0.25尾に減少し、仔稚魚も同様に減少しています。

オオクチバスの減少に伴って、内湖の在来魚は大幅に増加し、2012年以降は各所でホンモロコ、コイ、フナ類の産卵や仔稚魚が多数見られるようになりました。長さ約15mの定置網を4～12月に各月2日ずつ仕掛けて調査していますが、在来魚の種数、捕獲数、多様度、およびエビ類の個体数は著しく増加し、2014年には19種6662個体の在来魚が捕獲されるようになりました(11月末現在)(図1)。

(2) 琵琶湖の在来魚による外来魚の繁殖抑制効果

過去の水産庁事業における研究により、ウグイがオオクチバスやブルーギルの卵・仔稚魚を捕食する効果については報告されています。本事業ではブルーギルの卵や仔稚魚に対するホンモロコ、ニゴロブナ、カネヒラ、コイの捕食効果が実験的に証明されました。

4×2mの屋外実験池においては、ホンモロコがブルーギルの産卵床を頻繁に襲い卵を捕食することが観察されました。ホンモロコ30尾とニゴロブナ10尾をブルーギル雌雄5尾に加えた実験区では、3か月後のブルーギル稚魚数が26尾と47尾にすぎず、在来魚のいない対照区の511尾と662尾、カネヒラ20尾を加えたカネヒラ区の181尾と比べて高い抑制効果が認められました。

同様の結果は8×5mの大型実験池において、4×2mの池と比べて2倍の魚類を放流した場合にも認められ、対照区で2072尾及び2615尾のブルーギル稚魚が出現したのに対して、ホンモロコ・ニゴロブナ区では118尾と171尾にすぎませんでした。

ブルーギルの浮上直後の仔魚だけを与えた場合には、上記4種の在来魚はすべてブルーギル仔

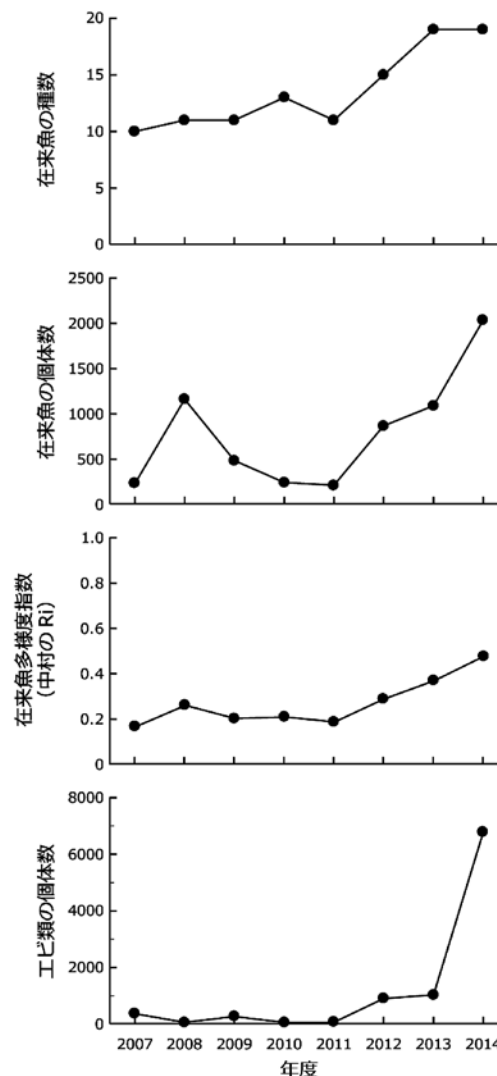


図1 琵琶湖曾根沼における定置網による在来動物の採捕個体数(2014年度は11月末までの資料)

魚を捕食しました。ホンモロコ、ニゴロブナ、カネヒラは全長約 10 mm の 20 日齢のブルーギル仔魚も捕食し、捕食数はホンモロコによるものがもっとも多いことが明らかになりました。

(3) 皇居外苑濠における在来魚の増加

2006 年から 2013 年に皇居外苑濠では電気ショッカーボートを導入してオオクチバスとブルーギルの駆除と在来魚の採捕調査を行いました。北海道の研究報告で説明したように、この間にオオクチバスは根絶され、ブルーギルは一部でリバウンドしたものの低密度に抑制されています。2006～2013 年まで合計 30 回、各濠で電気ショッカーボートによる外来魚駆除をした結果、調査回数が増加するほど、在来魚全体（図 2）及びエビ類（図 3）の CPUE が増加する傾向が、清水濠、凱旋濠、大手濠、桔梗濠、和田倉濠、馬場先濠、日比谷濠とすべての濠で統計的に認められました（Spearman の順位検定）。オオクチバスの根絶、ブルーギルの低密度管理によって着実に在来魚もエビ類も増加していることが確認されました。

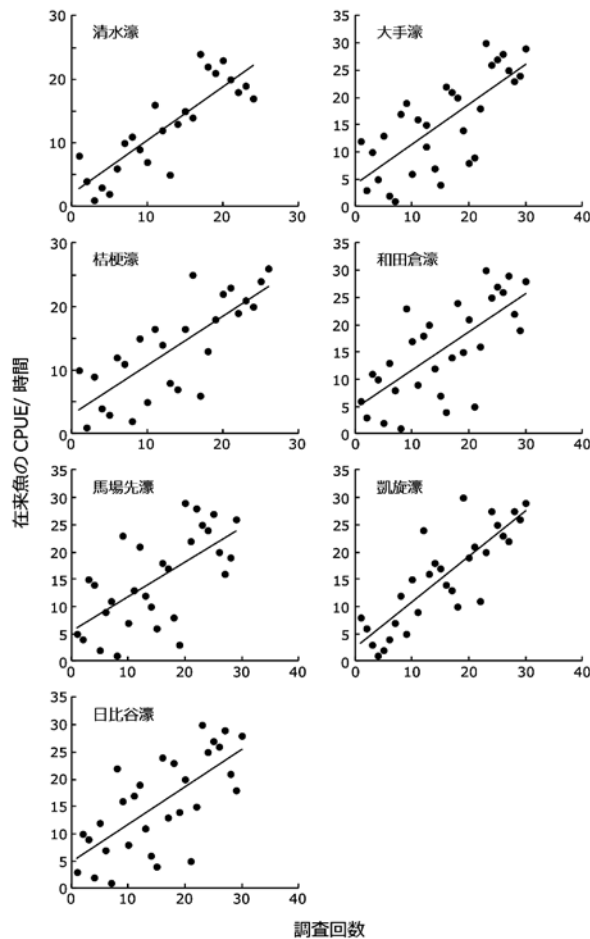


図 2 皇居外苑濠における調査回数と在来魚の CPUE との関係。調査回数は 2006 年以降、何回目の調査かをあらわす。

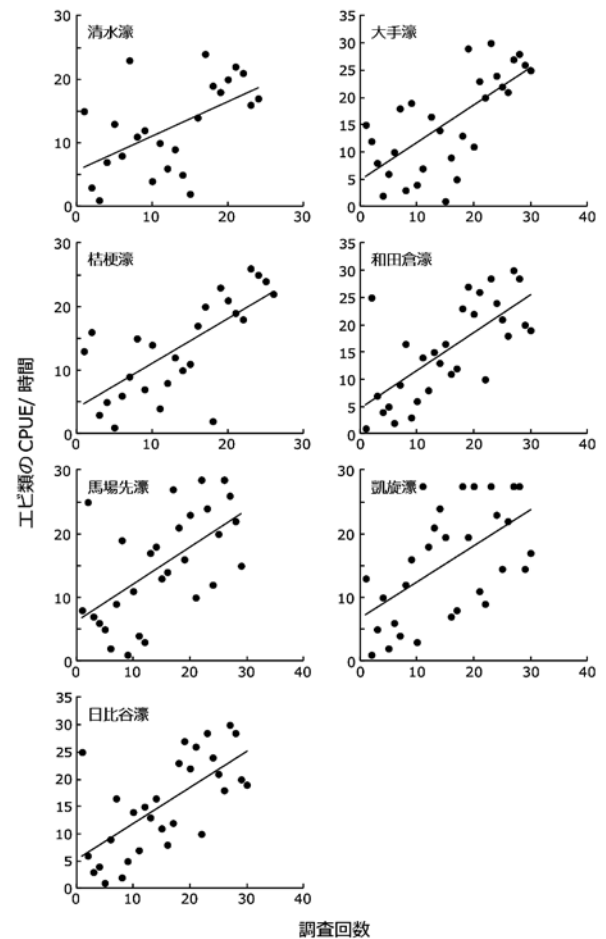


図 3 皇居外苑濠における調査回数とエビ類の CPUE との関係。

(4) 長野県金原ダム湖におけるトウヨシノボリの増加とオオクチバスへの影響

長野県金原ダム湖ではオオクチバスのほかに生息する在来魚はイワナとトウヨシノボリだけです。このうちイワナは最も多い年においても9尾が捕獲されただけであり、個体密度は低いと考えられます。オオクチバス駆除に伴ってイワナの顕著な増加は認められませんでした。トウヨシノボリは大增殖し、現在では繁殖期前に1m²あたり100尾を超える密度に達しています(図4, 写真1)。この数値は、2007年駆除開始時および2013年と比べて著しく高くなっています。トウヨシノボリはオオクチバスの餌料となっていました。一方、トウヨシノボリがオオクチバスの産卵床に侵入し食卵する行動が観察されています。2013年にはオオクチバスが産卵床の卵を守るために多数のトウヨシノボリを攻撃していましたが、やがて産卵床を放棄し、卵はすべて消失したことが確認されています。2014年には2個の産卵床において卵が翌日にすべて消失し、トウヨシノボリに食卵されたと考えられました。ただし、2014年には水深が2～3mの深場において2群の稚魚が出現したので、オオクチバスの卵のすべてがトウヨシノボリに捕食されるわけではありません。在来魚トウヨシノボリの増加とトウヨシノボリによるオオクチバス卵捕食効果はオオクチバス駆除の成果であると考えられます。

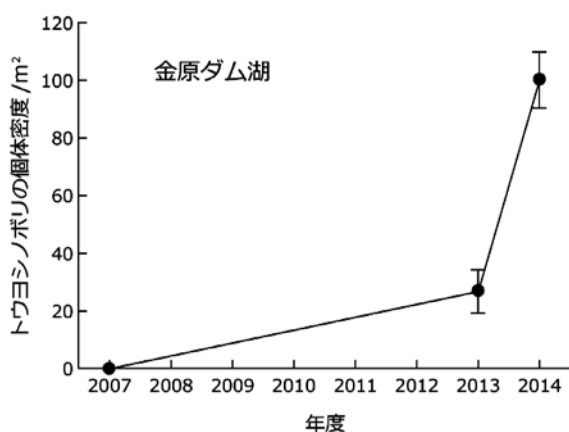


図4 金原ダム湖におけるトウヨシノボリの個体密度(6月)



写真1 金原ダム湖のトウヨシノボリ(2013)

(5) 新潟県内の倉ダム湖における在来魚の増加

内の倉ダム湖では卵・仔稚魚及び成魚の駆除によって、コクチバスを低密度に管理しています。刺網によるコクチバスの成魚捕獲数は、2009年をピークに2010年から減少し、現在に至っています。内の倉ダム湖の在来魚は電気ショッカー調査を始めた2009年には全く採捕されませんでした。2010年から捕れ始め、以後年々増加して2014年に至っています。電気ショッカーボートのほか、刺網や投網、トラップ(カゴ網)による採捕を加えたところ、在来魚でもっとも多かったのはウグイで

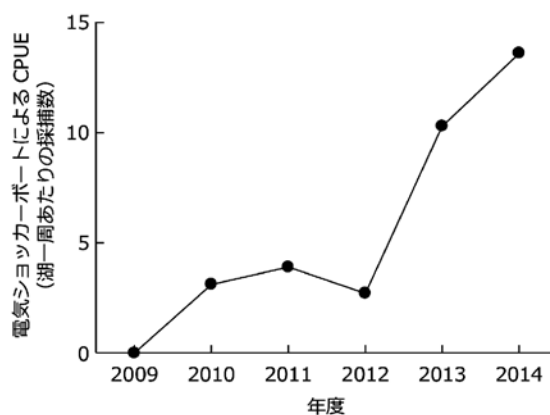


図5 新潟県内の倉ダム湖における電気ショッカーボートによる在来魚のCPUE。ボートによる湖一周あたりの採捕数を示した。

152 個体が採捕され、ついでワカサギの 106 個体、イワナの 47 個体、フナ類の 10 個体が続きました。ワカサギは種苗放流されておらず、すべて自然産卵によるものですが、2014 年には 84 個体が採捕され、著しく増加しました。またウグイでは、体長が 10 cm を超える大型個体が 2014 年に増加しました。これらの在来魚がコクチバスの卵や仔魚を襲うことは他の湖沼で観察されており、今後のコクチバスに対する抑制効果が期待されます。