

事例研究 CASE STUDY

実験河川におけるエレクトリックショックによる6魚種の捕獲効率

佐川 志朗^{1)*}・萱場 祐一²⁾・皆川 朋子²⁾・河口 洋一³⁾

1) 株式会社ドーコン環境保全部 〒004-0051 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号

2) 独立行政法人土木研究所自然共生研究センター 〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地

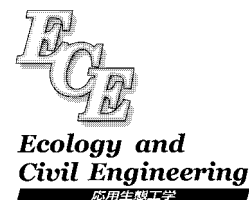
3) 九州大学工学部地球環境工学科 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1

Shiro SAGAWA^{1)*}, Yuichi KAYABA²⁾, Tomoko MINAGAWA²⁾ and Yôichi KAWAGUCHI³⁾: Catchability of six fish species by electrofishing in an experimental stream. *Ecol. Civil Eng.* 8(2), 193-199, 2006.

1) Docon Co., Ltd., Environmental Assessment Dept., 1-5-4-1, Atsubetsuchuuou, Atsubetsu-ku, Sapporo, Hokkaido, 004-0051, Japan

2) Aqua Restoration Research Center, Public Works Research Institute, Mubanchi, Kanyuuchi, Kawashima-kasada-cho, Kagamigahara, Gifu, 501-6021, Japan

3) Department of Earth Resources and Civil Engineering, School of engineering, Kyusyu University, 6-10-1, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka, 812-8581, Japan



Abstract: We examined electrofishing catchability of six most abundant fish species in experimental stream A in the Aqua Restoration Research Center in Gifu, Japan. The electrofishing catchability can be defined as the total catch obtained by electrofishing divided by the sum of catches obtained by electrofishing and by chasing into D-shaped nets. The six species were classified into high catchability species (more than 80% of the catch) (*Plecoglossus altivelis altivelis*, *Misgurnus anguillicaudatus*, and *Cobitis* sp.) and low catchability species (less than 80% of the catch) (*Zacco platypus*, *Gnathopogon elongatus elongatus*, and *Rhinogobius* sp.). Two age groups were confirmed in each of the low catchability species by estimation of the fish size (total length mm). Each peak of the first and the second age groups were positioned less and more than 40 mm, respectively. The catchability of the first age group of *Z. platypus* as a swimming fish was significantly lower than the second age group of the species. The catchability range of *Rhinogobius* sp., a benthic fish, was lower (24%-67%) than that of *Z. platypus* and *G. elongatus elongatus* values. Furthermore, the catchability of the second age group of *Rhinogobius* sp. was lower than that of *Z. platypus*. These results suggest that electrofishing alone is not a suitable capture method because its capture rates for small swimming fish < 40 mm and for all sizes of benthic fishes are low. Therefore, electrofishing should be used along with the D-shape nets and the small swimming fishes and benthic fishes should be chased into the nets. Additionally, we recommend that further studies are required to determine not only the catchability for each of these species but also to study damages by electrofishing to fish under various voltage, pulse, and environmental conditions.

Key words: benthic fish, catchability, electrofishing, *Rhinogobius* sp., swimming fish, *Zacco platypus*

はじめに

魚類の捕獲漁具として用いられているエレクトリックショッカー（フィッシュショッカー、電気ショッカー等の呼称がある。以下、ショッカーと記す）は、1917年始めに北米のBurkeyが特許をとった電気スクリーンから発展し開発されたものである（Holmes 1948; Taylor *et al.* 1957）。それ以降北米では、多くの魚類生態研究の捕獲ツールとして用いられており（Applegate *et al.* 1954）、パルスの設定等様々な研究・改良が行われてきている（McLain & Nielsen 1953; Taylor *et al.* 1957）。海外でのショッカーに関する研究知見は、近年になってからも数多く報告されており、捕獲効率（Meador & McIntyre 2003; Rogers *et al.* 2003; Hansen *et al.* 2004）、魚類への通電閾値（Dolan & Miranda 2003）の他、魚類や卵への損傷や致死に関しては、影響が認められた事例（Ainslie *et al.* 1998; Hebera 1999; Cho *et al.* 2002; Henry *et al.* 2003）、および影響が認められなかった事例（Barrett & Grossman 1988; Cooke *et al.* 1998; Carline 2001）等、多岐にわたる。

特に、捕獲効率や通電閾値については先駆的な研究がみられ、サイズ別のニジマス（*Oncorhynchus mykiss*）を用いた実験的検証（Taylor *et al.* 1957）、個体数推定法の一つである除去法を用いての推定および考察（Libosvářský 1966, 1967; 三浦ほか 1972）が報告されている。しかし、海外の魚類の知見を我が国の生息魚類に用いることは適当ではないし、わが国で唯一の研究事例である三浦ほか（1972）は、サケ科魚類であるアマゴ（*Oncorhynchus masou ishikawae*）一種を対象としていることから、他種についての、特にサケ科魚類以外の種についての知見を蓄積させ、今後の調査研究に反映させる必要がある。

本論では、我が国に広く分布する6魚種、すなわちアユ（*Plecoglossus altivelis altivelis*）、オイカワ（*Zacco platypus*）、タモロコ（*Gnathopogon elongatus elongatus*）、ドジョウウ

（*Misgurnus anguillicaudatus*）、シマドジョウ属（*Cobitis* sp.）およびヨシノボリ属（*Rhinogobius* sp.）へのショッカーの捕獲効率に関する一知見を報告する。

材料と方法

調査地および調査時期

岐阜県各務原市に位置する独立行政法人土木研究所自然共生研究センターの実験河川のうち、直線河道を呈している実験河川Aの下流部および中流部で調査を実施した（図1）。下流部は、川幅が底幅3.15 m、河床勾配が1/300となっており、瀬・淵の繰り返しが3つ造成されている。一方、中流部は、川幅が底幅2.75 m、河床勾配が1/800となっており、瀬・淵は存在せず、一様な平瀬が連続する河道を呈する。このような中・下流部に、縦断方向に20 mの魚類調査区を4区設定し（下流部に1区、中流部に3区）、2003年6月13日から30日にかけて、3日に1回の割合で計6回の捕獲調査を実施した（4区×6回=24区）。実験河川の設定流量は0.05, 0.15, 0.25 m³s⁻¹の3タイプとし、各流量で2回の調査を実施した。なお、6回の調査における調査区の重複は最小限となるように調整した。

実験河川は木曾川支流の新境川に合流しており、通常0.10 m³s⁻¹の流量を確保しているため、木曾川からの魚類の移動は周年にわたり可能である。従って、実験河川の生息魚類相は木曾川のものとは大差はなく、今までに29種の魚類が確認されている（佐川ほか 2005）。また、春季には、オイカワやタモロコ等、8種の魚類が繁殖に利用している（佐川ほか 2005）。

調査方法

各調査区において、ショッカー捕獲および追い込み捕獲を実施した。ショッカー捕獲は、調査区の上流を目標（正方形の1辺）5 mmの網で仕切り、Smith-Root

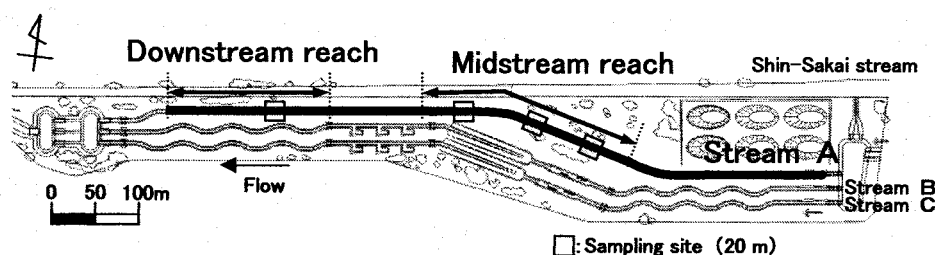


Fig. 1. Location of the study area.

調査水域の概要。

Inc製のショッカー (Model 12B) を用いた採捕 (3名: ショッカーを背負い電流を流す人1名, 感電した魚類をたも網ですくう人2名) を実施した。ショッカーは, 交流, 電圧を200 V, 周波数を60 Hz, パルス幅を2 ms に統一し, 感電した個体をすくい捕り, エアレーションを施したバケツに確保した。なお捕獲時には, 原則的にすくい捕り以外の捕獲行為 (河床の石を退かす等の行為) を行わなかった。

ショッカー捕獲のすぐ後に, 追い込み捕獲を実施した。すなわち, 仕切り網が設置された状態の調査区を延長10 m ほどの2区画に区分し, 各区画の下流端をサデ網 (径1 m の半円形, 目合い1 mm) 3個で仕切り, 1名が区画の上流端から足で石を退け, サデ網に向かって水塊を蹴り入れるようにする捕獲を実施した。採捕した魚類は, ショッカー捕獲および追い込み捕獲ごとに種ごとの個体数および全長 (mm) を記録し, 捕獲した区に放流した。

捕獲調査時には水質を測定していないが, 2000年6月30日の午前中の測定では, 水温が24.0°C, 透視度が>100度, pHが7.77, DOが10.37 mg/l, SSが2.6 mg/l, 濁度が1.5度, 電気伝導度が12.8 ms/m であり (菌田 2001), この水質条件は, 捕獲調査時と同程度であったと考えら

れる。

データ解析

本研究では, 下流部および中流部の区分, 調査時流量の違いは解析の観点から外し, 24区で捕獲された全魚類のデータを累積し, 6種の個体数優占種について, 全区での捕獲総個体数を母数とし, 母数が10個体以上を占めた場合について, 母数に占めるショッカー捕獲個体数の割合 (以下, 捕獲効率と定義する) を全サイズ包含および10 mm サイズ区分ごとに算出した。また, 各優占種の全長のヒストグラムを作成し, 解析ソフト FiSAT II Version 1.2.1 (FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations 2005) を用いて, 年級群に相当すると推定される複数の正規分布を抽出した。

なお, 厳密に捕獲効率を議論するためには, 総量 (生息数) を明確にした上で, 捕獲数の割合を示す必要があるが, 本研究では, ショッカー捕獲数に追い込み捕獲数を加えたものを総量として扱った。本研究の実験河川は水面幅3 m 程度と狭く, 水中および水際に大きな礫や植物が存在しない直線河道であったことから, 取り残した魚類は, 本データから示唆される傾向を逸するほど多くなかったものと考えた。

Table 1. Fish collected by electrofishing and chasing into the net in the experimental stream A, in June 2003.
2003年6月に実験河川Aでエレクトリックショッカーと追い込み捕獲で確認された魚類

Species	Japanese name	Sampling method		captured number
		Electrofishing	Chasing	
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	Ayu [†]	○	○	45 (2.02%)
<i>Zacco platypus</i>	Oikawa [†]	○	○	351 (15.72%)
<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	Tamoroko [†]	○	○	138 (6.18%)
<i>Pseudorasbora parva</i>	Motsugo	○	○	17 (0.76%)
<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>	Kamatsuka	○	○	23 (1.03%)
<i>Hemibarbus labeo barbus</i>	Nigoï	○		1 (0.04%)
<i>Carassius</i> sp.	Funa-Zoku	○	○	13 (0.58%)
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Dojou [†]	○	○	162 (7.25%)
<i>Cobitis</i> sp.	Shimadozyou-Zoku [†]	○	○	261 (11.69%)
<i>Silurus asotus</i>	Namazû	○	○	10 (0.45%)
<i>Lepomis macrochirus</i>	Buruugiru	○		2 (0.09%)
<i>Rhinogobius</i> sp.	Yoshinobori-Zoku [†]	○	○	1208 (54.10%)
<i>Chaenogobius urotaenia</i>	Ukigori	○		2 (0.09%)
				2233 (100%)
Number of species	13	13	10	

[†] Six most abundant fish species

The circles indicate captured fish for each method.

結果

捕獲された魚類

調査の結果、13種の魚類が捕獲された (Table 1). ショッカー捕獲では13種、追い込み捕獲では10種であった。全捕獲個体数は2233個体であり、上位6優占種である、アユ、オイカワ、タモロコ、ドジョウ、シマドジョウ属およびヨシノボリ属が全個体数の97%を占めた。

ショッカー捕獲の効率

捕獲された優占6種を、各種の遊泳形態から底生魚3種 (ドジョウ、シマドジョウ属、ヨシノボリ属) および遊泳魚3種 (アユ、オイカワ、タモロコ) に区分した (Fig. 2). 捕獲効率をみると、底生魚および遊泳魚ともに80%以上の高捕獲効率種 (底生魚: ドジョウ81%およびシマドジョウ属82%, 遊泳魚: アユ93%) と80%未満の低捕獲効率種 (底生魚: ヨシノボリ属48%, 遊泳魚: オイカワ71%およびタモロコ57%) が存在した (前者3種と後者3種における t -test, $t=3.46$, $P=0.013$).

年級群推定の結果、低捕獲効率種であるオイカワ、タモロコおよびヨシノボリ属には、2つの年級群が確認され、20-40 mm に第1峯 (第1年級群) が、40-80 mm に第2峯 (第2年級群) が位置した (Fig. 3). いずれの

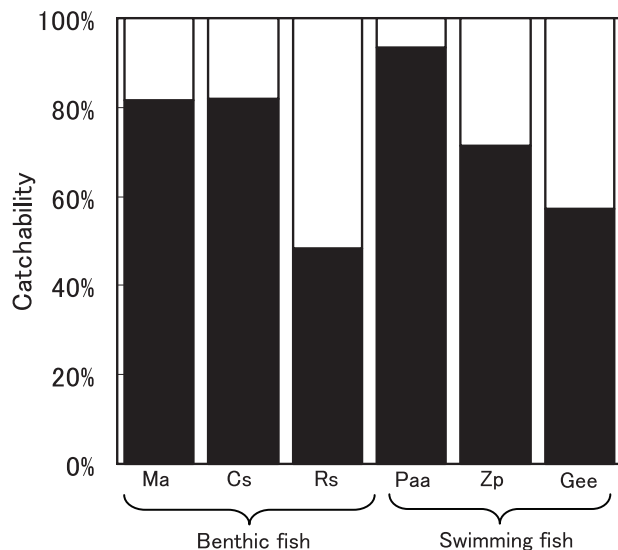


Fig. 2. Catchability of each fish by electrofishing. Ma = *Misgurnus anguillicaudatus*; Cs = *Cobitis* sp.; Rs = *Rhinogobius* sp.; Paa = *Plecoglossus altivelis altivelis*; Zp = *Zacco platypus*; Gee = *Gnathopogon elongatus elongatus*.

(エレクトリックショッカーの魚種別の捕獲効率.)
Ma = ドジョウ; Cs = シマドジョウ属; Rs = ヨシノボリ属; Paa = アユ; Zp = オイカワ; Gee = タモロコ.

種も第1峯以下の各サイズ区分の捕獲効率は50%未満であった。年級群が明確に分かれたオイカワのサイズごとの捕獲効率は、第1年級群が第2年級群より有意に小さかった (t -test, $t=-9.51$, $P<0.001$). また、タモロコの第1年級群の捕獲効率も第2年級群の60-70 mm の捕獲効率である92%より小さかった。ヨシノボリ属のサイズごとの捕獲効率は、オイカワやタモロコと比較して、24-67%と小さく、第2年級群の捕獲効率 (第2峯以上のサイズごとの捕獲効率を解析に使用) は、オイカワのものより有意に小さかった (t -test, $t=-6.56$, $P<0.001$).

高捕獲効率種では、アユおよびシマドジョウ属には1年級群が、ドジョウには2年級群がそれぞれ確認された (Fig. 3). いずれの年級群も全長の平均値は40 mm 以上であり、捕獲された個体のサイズは、アユおよびドジョウは他の魚種よりも、シマドジョウ属はタモロコおよびヨシノボリ属よりも有意に大きかった (シェフェの多重比較検定, $P<0.001$).

考察

魚種による捕獲効率の差異

遊泳魚のうち、低捕獲効率種のオイカワおよびタモロコでは、第2年級群の捕獲効率に比べて、第1年級群の捕獲効率が低かった。以上の結果は、魚体の短い個体ほど捕獲効率が低くなるとした Libosvářský (1966) と一致した。小型個体の捕獲効率が低かった原因としては、魚体が小さいほど電気の刺激の強さが弱まること (Taylor *et al.* 1957) や、Libosvářský (1967) が推察した小型の個体ほど見逃す確率が高いことが寄与していると考えられる。一方、アユの捕獲効率は概して高かったが、捕獲個体がすべて60 mm 以上であり、感電個体の発見が容易であったと考えられる。

北米での8種の魚類を対象にした実験では、魚類が感電固化する閾値は、個体のサイズ (特に容積) により規定され、種によつての違いは認められないことが報告されている (Dolan & Miranda 2003). しかし本研究では、ヨシノボリ属の第1、第2年級群のサイズごとの捕獲効率は24-67%と低く、さらに第2年級群の捕獲効率において、ヨシノボリ属がオイカワよりも有意に低かった (図3). この原因として、各種の生息場所特性が関係していると考えられる。すなわち、ヨシノボリ属はオイカワと異なり、河床表面上のみならず河床間隙も生息場所として利用しており、特に産卵期には河床礫の間隙間で育巢することが報告されている (水野 1989). 従つて、ショッ

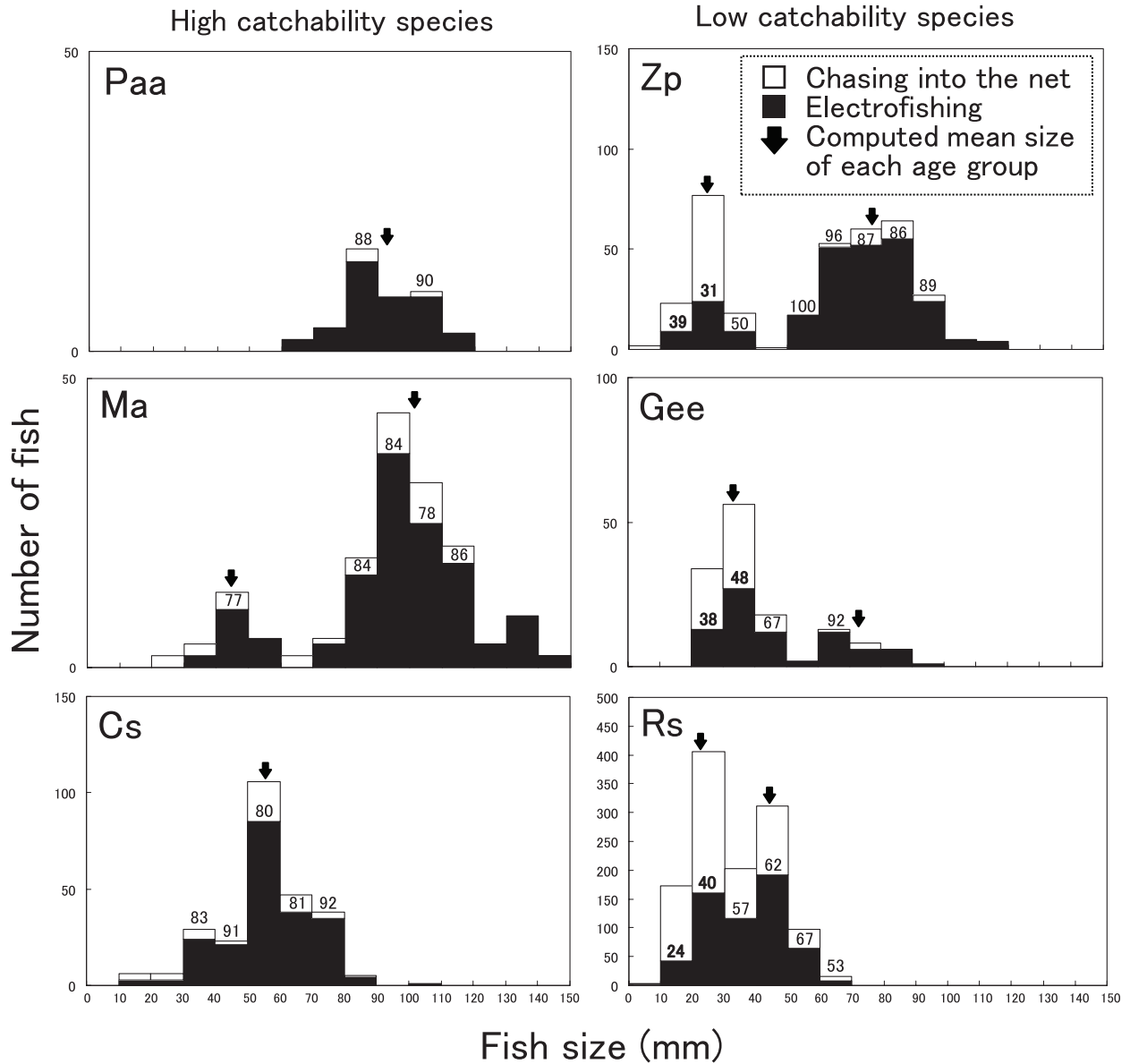


Fig. 3. Frequency histogram for the size (total length) of six most abundant fish species. Numbers indicate electrofishing catchability (%) for each size class. See Fig. 2 for abbreviations of species names.

優占6種のサイズ(全長)別ヒストグラム。グラフ上の書き込み数値は、サイズ区別のショッカーの捕獲効率(%)を示す。略字の種名はFig. 2に示す。

カーにより河床間隙中で感電固化したヨシノボリ属は、発見率が低くなったと推定される。一方、ヨシノボリ属と同じ底生魚であるドジョウおよびシマドジョウ属の捕獲効率は一様に高かった。これらの魚種については、他の魚種と比較してサイズが小さく、発見率も小さくなると考えられる小型の個体の生息数が少なく、このことが高い捕獲効率の一因であると考えられる。

魚類捕獲方法の提案

本研究では、ヨシノボリ属についてはサイズ区分全体

にわたって、オイカワおよびタモロコについては40 mm以下のサイズ区分についてのショッカー捕獲効率がそれぞれ小さくなり、全体としての捕獲効率が低下することが明らかとなった。以上より、ヨシノボリ属および小型のコイ科魚類を対象とした捕獲調査に際しては、捕獲方法を検討する必要がある。特に、小型個体が出現している時期に除去法等によって個体数推定する場合には、捕獲効率の異なる個体が混在することにより、母集団のサイズを過小評価してしまうことになるため注意が必要で

ある。本調査で実施した追い込み捕獲で多くの小型個体やヨシノボリ属が捕獲されたことから、ショッカーをかける箇所の下流側にさで網をセットしておいて通電し、現認できる感電個体はたも網ですくい捕りし、そのすぐ後に通電場所の礫を足で退かせながら水をさで網に押し入れるような捕獲方法を併用することが望ましい。

おわりに

本研究は、一河川の一時期のものであり、ショッカーの電圧、パルスモードも統一しての事例であった。しかし、魚類の捕獲効率は、パルスの設定、対象河川の温度や電気伝導度等の環境条件により異なることが報告されている (Hebera 1999; Hansen 2004)。また、ショッカーによる捕獲は、卵の致死 (Cho *et al.* 2002)、稚仔魚の致死 (Henry *et al.* 2003)、幼魚の成長阻害 (Ainslie *et al.* 1998) 等の悪影響を及ぼすことが報告されている。従って今後は、本邦産魚類を対象として、様々な環境条件、ショッカー設定下での捕獲効率の研究に併せ、各種の成長段階別の影響程度に関する研究を行い、効果的で魚類個体群への影響を最小限とする魚類捕獲手法を検討する必要がある。

謝 辞

独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所の森田健太郎博士、社団法人北海道栽培漁業振興公社の眞山紘博士には、年級群推定に関する情報をいただいた。また、担当編集委員および2名の校閲者の方々に有益な御助言をいただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

摘 要

本研究は、水面幅約3mの直線河道を呈する実験河川において、24調査区における努力量を統一させた魚類捕獲調査を行い、エレクトリックショッカーの捕獲効率を算出し、各種に対するショッカーの効用および効果的な魚類捕獲の方法について考察することを目的とした。

調査の結果、底生魚および遊泳魚ともに捕獲効率が高い種および低い種が存在し、前者としては、アユ、ドジョウおよびシマドジョウ属が、後者としては、オイカワ、タモロコおよびヨシノボリ属が該当した。オイカワおよびタモロコの捕獲効率が低かった原因としては、第1年

級群である40mm以下の小型個体の発見率が小さかったことが示唆された。また、ヨシノボリ属については、微生物息場所である河床間隙中で感電した個体が発見できなかったために、第1、第2年級群を含めた全サイズ区分にわたって捕獲効率が低かったことが考えられた。

ヨシノボリ属やコイ科魚類の稚仔魚が分布する河川でショッカーを用いて捕獲を行う際には、たも網を用いて感電個体をすくい捕ると併せて、あらかじめ通電する箇所の下流に目の細かいさで網を設置しておき、すくい捕りのすぐ後に、足で石を退かせながら水をさで網に押し入れるような捕獲方法を併用することが望ましい。

今後は、本邦産魚類の各種に対して、様々な水質条件、ショッカー設定下での捕獲効率を明らかにするとともに、各魚類の成長段階ごとにショッカーの影響程度を把握し、効果的で魚類個体群への影響を最小限とする魚類捕獲手法の検討を行う必要がある。

引用文献

- Ainslie B. J., Post J. R. & Paul A. J. (1998) Effects of pulsed and continuous DC electrofishing on juvenile rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management* **18**: 905-918.
- Applegate V. C., Macy P. T. & Harris V. E.* (1954) Selected bibliography on the applications of electricity in fishery science. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Special Science Report: Fisheries No. **127**: 1-55.
- Barrett J. C. & Grossman G. D. (1988) Effects of direct current electrofishing on the Mottled Sculpin. *North American Journal of Fisheries Management* **8**: 112-116.
- Carline R. F. (2001) Effects of high-frequency pulsed-DC electrofishing on a wild brown trout population. *North American Journal of Fisheries Management* **21**: 571-579.
- Cho G. K., Heath J. W. & Heath D. D. (2002) Electroshocking influences chinook salmon egg survival and juvenile physiology and immunology. *Transactions of the American Fisheries Society* **131**: 224-233.
- Cooke S. J., Bunt C. M. & McKinley R. S. (1998) Injury and short term mortality of benthic stream fishes? A comparison of collection techniques. *Hydrobiologia* **379**: 207-211.
- Dolan C. R. & Miranda L. E. (2003) Immobilization thresholds of electrofishing relative to fish size. *Transactions of the American Fisheries Society* **132**: 969-976.
- Hansen M. J., Newman S. P. & Edwards C. J. (2004) A reexamination of the relationship between electrofishing catch rate and age-0 Walleye density in Northern Wisconsin Lakes. *North American Journal of Fisheries Management* **24**: 429-439.
- Hebera J. W., Strange R. J. & Saxton A. M. (1999) AC electrofishing injury of large brown trout in low-conductivity streams. *North American Journal of Fisheries Management* **19**: 120-126.
- Henry T. B., Grizzle J. M. & Maceina M. J. (2003) Electroshocking-induced mortality of four fish species during post-hatching development. *Transactions of the American Fisheries Society*

- ies Society **132**: 299-306.
- Holmes H. B.* (1948) History, development, and problems of electric fish screen. U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Special Science Report: Fisheries No. **53**: 1-62.
- Libosvářský J. (1966) Successive removals with electrical fishing gear—a suitable method for making population estimates in small streams. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* **16**: 1212-1216.
- Libosvářský J. (1967) The effect of fish irritation by electrofishing on the population estimate. *Ekologia Polska Seria A / Komitet ekologiczny, Polska academic nauk.* **15**(4): 91-105.
- McLain A. L. & Nielsen W. L.* (1953) Directing the movement of fish with electricity. U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Special Science Report: Fisheries No. **93**: 1-24.
- Meador M. R. & McIntyre J. P. (2003) Effects of electrofishing gear type on spatial and temporal variability in fish community sampling. *Transactions of the American Fisheries Society* **132**: 709-716.
- 三浦泰蔵・白石芳一・石田昭夫 (1972) 溪流性魚類の個体数推定におけるエレクトリック・ショックカーの効用. 北海道さけ・ますふ化場研究報告 **26**: 41-48.
- 水野信彦 (1989) カワヨシノボリ. 「日本の淡水魚」(川那部浩哉・水野信彦編). pp. 600-601. 山と溪谷社. 東京.
- Rogers M. W., Hansen M. J. & Beard Jr. T. D. (2003) Catchability of Walleyes to fyke netting and electrofishing in Northern Wisconsin Lakes. *North American Journal of Fisheries Management* **23**: 1193-1206.
- 佐川志朗・萱場祐一・荒井浩昭・天野邦彦 (2005) コイ科稚仔魚の生息場所選択—人工増水と生息場所との関係—. *応用生態工学* **7**: 129-138.
- 藪田顕彦 (2001) 水質への影響. 「平成 12 年度自然共生研究センター研究報告書」. pp. 12-24. 独立行政法人土木研究所自然共生研究センター. 各務原.
- Taylor G. N., Cole L. S. & Sigler W. F. (1957): Galvanotaxic response of fish to pulsating direct current. *Journal of Wildlife Management* **21**(2): 201-213.
- (*印を付した文献は直接参照していない)