Aquatic Animals

水生動物 第 2023 巻
令和 5 年 9 月

霞ヶ浦の張網へのチャネルキャットフィッシュ侵入防止グリッドの設置が魚類・エビ類の漁獲に及ぼす影響

Effects on fish and shrimp catches following installation of a grid to exclude invasive channel catfish from a large set-net in Lake Kasumigaura

古旗崚一 [1,3]・所　史隆 [2]・根本隆夫 [2]・加納光樹 [1*]
Ryoichi Furuhata[1,3], Fumitaka Tokoro[2], Takao Nemoto[2], Kouki Kanou[1*]

[1] 茨城大学地球・地域環境共創機構水圏環境フィールドステーション，茨城県潮来市大生 1375
[2] 茨城県水産試験場内水面支場，茨城県行方市玉造甲 1560
[3] 現所属：株式会社オリエンタルコンサルタンツ，東京都渋谷区本町 3-12-1 住友不動産西新宿ビル 6 号館
[1]Water Environmental Field Station, Global and Local Environment Co-creation Institute, Ibaraki University, 1375 Ohu, Itako, Ibaraki 311-2402, Japan. [2]Ibaraki Fisheries Research Institute, Freshwater Branch Office, Namegata, Ibaraki 311-3512, Japan. [3]Present address: Oriental Consultants Co., LTD., Kanto Regional Office Environmental Department, Sumitomo Real Estate Nishi Shinjuku Building No. 6, 3-12-1 Honmachi, Shibuya, Tokyo, 151-0071, Japan.

[*]Corresponding author; e-mail: kouki.kanou.sci@vc.ibaraki.ac.jp

Abstract

Predation by invasive exotic catfish (*Ictalurus punctatus*) on fish and shrimp catches inside large set-nets is considered a serious problem in inland fisheries in temperate Japan. The effects on fish and shrimp catches following the installation of a grid to exclude the catfish from a large set-net were determined by sampling using bag-nets with and without such grid inside the set-net in the littoral zone in Nishiura, Lake Kasumigaura system each month from October 2015 to September 2017. A total of 926 catfish individuals [3.8–69.0 cm in standard length (SL)] were collected during the study period, individuals smaller than ca. 10 cm SL being abundantly caught by bag-nets with and without grid, and individuals larger than 20 cm SL only by bag-nets without grid. Small fishes and shrimp, including commercially important species, were more abundant in nets with grid installed, whereas larger commercially important species, such as crucian carp (*Carassius* sp.), were more abundant in nets without grid. While the exclusion grid appeared to be an effective tool for excluding larger catfish individuals, their overall usefulness is dependent upon the sizes of other target species.

Key words: channel catfish; exotic species; exclusion grid; set-net

緒言

チャネルキャットフィッシュ *Ictalurus punctatus* はアメリカナマズ科に属する淡水魚で、カナダ南部、アメリカ合衆国中東部、メキシコ合衆国北東部の湖沼や河川下流域に自然分布する（Hubert 1999; 諸澤ら 2019）。日本には 1971 年に養殖目的で初めて持ち込まれ（丸山ら 1987; 野内ら 2008）、自然環境下では 1982 年頃の江戸川での初確認以降に分布を拡大し（尾崎・宮部 2007）、現在までに日本第 2 位の湖面積（220 km^2）を有する海跡湖の霞ヶ浦（西浦、北浦、外浪逆浦、北利根川、鰐川、常陸川の各水域の総称）を含む利根川水系のほか、阿武隈川水系、那珂川水系、宮川水系、矢作川水系、琵琶湖を含む淀川水系などに定着している（片野ら 2010; 山本ら

2014; 鷹崎ら 2018; 諸澤ら 2019; 石崎ら 2022）。本種の定着水域では水産有用種を含む在来の魚類・底生無脊椎動物の捕食（半澤 2004; 遠藤ら 2015; 亀井ら 2021）や底生小型ハゼ類の減少などを含む魚類群集の変化（Matsuzaki et al. 2011）、胸鰭・背鰭の棘による漁網の損壊や漁業者の怪我（荒山・岩崎 2012; 荒山 2015）などが確認されている。本種は 2005 年に「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（以下、外来生物法）」に基づいて特定外来生物に指定されており、飼養、保管、運搬、輸入、野外へ放つことなどが規制され、防除も行われている（諸澤ら 2019）。

霞ヶ浦においてチャネルキャットフィッシュは 1981 年から養殖が試みられ、1994 年頃から湖内での採捕事例が増え、2000 年以降最も優占する外来魚種のひとつとなっており、漁業者による駆除のほか改良型刺し網などを用いた駆除手法の検討も重ねられてきた（荒山・岩崎 2012; 荒山 2015）。これら以外にも各地で刺し網や延縄、置針、釣りなどの駆除手法の検討が行われている（山本ら 2014; 鷹崎ら 2018）。しかしながら、霞ヶ浦では本種の生息量に対して漁獲努力量が少ないためか顕著な生息量の低下は認められていない（荒山・岩崎 2012; 茨城県 2022）。この状況下において、霞ヶ浦で古くから盛んに営まれてきた張網（定置網）漁業［2022 年 3 月末の漁業協同組合への免許件数 18 件、行使件数 1951 件以内、2020 年の漁獲量 51 トン（茨城県 2022）、年間 30 日以上張網漁業を営んだ経営体数 49 経営体（農林水産省 2020）］の現場では、本種の大型個体［標準体長（以下、体長）20 cm 以上］が張網内に同時に入網した水産有用種のワカサギ *Hypomesus nipponensis* やシラウオ *Salangichthys microdon*、小型ハゼ類、テナガエビ *Macrobrachium nipponense* を大量に捕食する被害が発生している（古旗ら 2021）。

チャネルキャットフィッシュによる張網内での漁獲物の食害を低減するため、一部の漁業者は張網の袋網の漏斗口部分や網口部分に格子状のグリッドを取り付けて、本種の大型個体の入網を防止し小型魚類やエビ類を入網させる方法で操業を継続している。霞ヶ浦で使用されているグリッド（スクリーンとも呼ばれる）については、当初、チャネルキャットフィッシュに限らず大型魚の入網を抑制し小型魚を活かして漁獲するために試作された経緯がある（根本ら 2003）。グリッドを取り付けて他種の混獲を防ぐという手法自体は、他地域の定置網漁業の現場でも用いられており、その有効性も検証されている（Kuramoto et al. 2021）。しかしながら、霞ヶ浦ではグリッドの設置の有無によって、本種の大型個体の入網や小型魚類・エビ類の漁獲量にどの程度の差異が生じるのかについてはまだ検証されていない。

本研究では、霞ヶ浦において張網の袋網の漏斗口部分へのグリッド設置の有無によって、入網するチャネルキャットフィッシュと他の魚類・エビ類の重量および体長組成を比較することで、グリッドによる本種の入網防止効果や他の魚類・エビ類の漁獲への影響を明らかにした。

材料および方法

調査地

霞ヶ浦はかつて潮の干満の影響を受ける感潮域であったが、1974 年に下流側の常陸川水門の完全閉鎖によって淡水化された。霞ヶ浦のうち西浦は、面積が 172 km^2、水深が最大約 7 m の広く浅い湖である。茨城県水産試験場内水面支場では、2015 年以降、西浦西岸の阿見町大室地先において張網による漁獲物のモニタリング調査を実施してきた。本研究においても、この地点を調査地に設定した。本調査地の地図や生息環境の概要については、古旗ら（2021）に示されている。

張網とグリッドの形状

本研究では霞ヶ浦の張網漁業者の標準的な大型張網［全長約 100 m で、魚を誘導する垣網（長さ約 75 m、目合 10 mm）、魚がたまるもと網、入網した魚が逃げ出しにくい漏斗状構造がある筒形の3つの袋網(長さ約4 m、直径 65 cm、目合 4 mm）からなるもので、冨永ら（2013）が使用した網と同型］（Fig. 1）を使用した。3 つの袋網のうち中央の袋網の漏斗口部分に、チャネルキャットフィッシュの大型個体の侵入を防止するグリッド［1 辺 12 cm の正方形の塩化ビニルパイプ製枠に目合 3.5 cm × 3.5 cm の角目の網（太さ 1.5 mm のナイロン撚糸製）を張ったもの］を取り付けた（Fig. 1）。なお、本来であれば、グリッドを取り付けない同型の張網を用いて、張網内での袋網の位置関係によって種ごとの採集個体数に差異が生じないことを検証する予備調査を実施してから、グリッドを設置する袋網を決める方が望ましい。本研究ではそのような予備調査を実施できなかったものの、本調査地での張網漁業に熟練した漁業者からの情報に基づき、調査日ごとに垣網の片側のみから一部の魚種がもと網に多く来遊した場合でも袋網間での漁獲が偏りづらいとされる中央の袋網とそれ以外の袋網を比較することとした。グリッドの目合の設定や取り付け位置については、本種の大型個体が張網内に入網するのを防ぎ、また、主たる漁獲対象の小型魚類・エビ類（例えば、ワカサギやシラウオ、小型ハゼ類、テナガエビなど）が入網するように、漁業者と相談の上で決定した。

魚類・エビ類の採集と標本処理

上記の調査地において、2015 年 10 月から 2017 年 9 月にかけて（2016 年 2 月と 2017 年 1–2 月を除く）の各月 1 回ずつ（計 21 回）、上記のグリッド有りと無しの袋網からなる張網を用いて採集調査を行った。この張網の

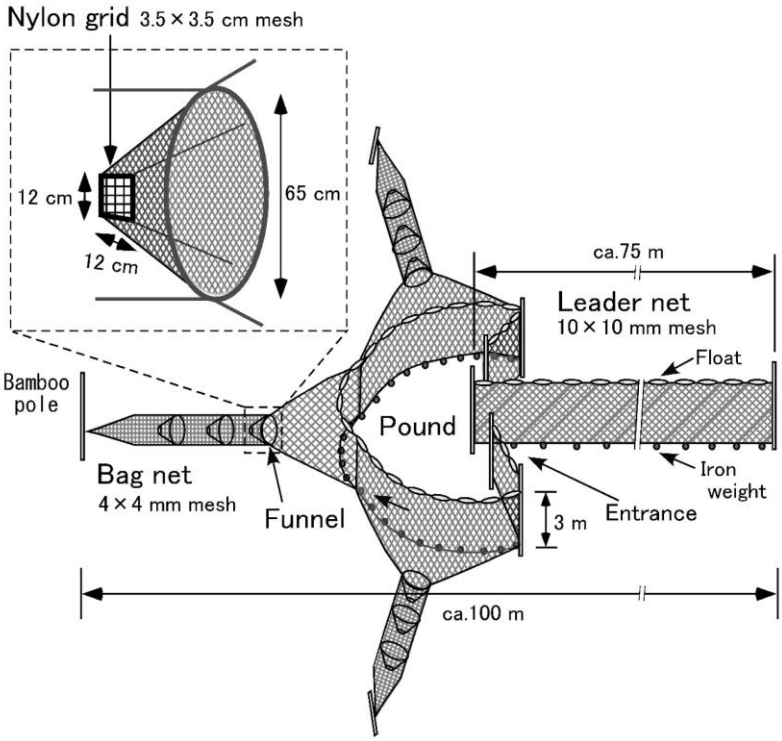

Fig. 1. Schematic illustration of a large set-net comprising bag-nets with and without channel catfish exclusion grid (grid size 12 × 12 cm; 3.5 × 3.5 cm nylon mesh).

各袋網を 13 時に仕掛け、翌朝 7 時に各袋網内に入網した魚類とエビ類を回収した。なお、本調査地の湖底は緩傾斜で、水深は垣網設置個所で約 1.5–2 m、袋網設置個所で約 2–3 m であった。また、調査期間中の深度 1 m 層の水温については、2016 年 1 月に最低の 6.9°C、2017 年 7 月に最高の 29.6°C を記録した。

採集した魚類とエビ類は、現場で氷冷し殺処理したあと、研究室に持ち帰った。研究室では種を同定した後、種ごとに個体数を計数し、重量を電子天秤で 0.01 g の精度で秤量してから、各調査日ごとにグリッド有りと無しのそれぞれで各種につき任意に抽出した約 50 個体を上限とし、体サイズ［魚類では体長、エビ類では頭胸甲長］をデジタルノギスで 1 mm の精度で計測した。種の同定は魚類については中坊（2013）に、エビ類については豊田・関（2014）に従った。なお、トウヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OR の標準和名と学名については藤田（2019）に、ウグイ属 *Pseudaspius* の学名については Sakai et al.（2020）に、オオクチバス *Micropterus nigricans* の学名については Kim et al.（2022）に従った。

解析方法

各調査日の魚類・エビ類各種の単位努力量当たりの漁獲量（CPUE、Catch per unit effort）として、グリッド有りと無しの袋網1つ当たりの重量を用いた。グリッド無しの袋網については左右2つあるため、左右の漁獲物を合算した後に2で除すことで算出した。霞ヶ浦の沿岸帯に生息する魚類には特定の季節だけに出現する種が多く含まれており（碓井ら 2015）、また、漁業者からの聞き取りによると各魚種の漁獲量は同じ月でも調査日や天候条件によって大きく変動する。したがって、グリッド有りと無しの間での主要種のCPUEの比較では、それぞれの種の出現期間に限定し、同じ調査日のグリッド有りと無しのCPUEを対応があるデータとして扱い、Wilcoxon signed-ranks testを行った。全調査期間中に採集されたチャネルキャットフィッシュの体長、本種以外の全魚種の体長、エビ類全種の頭胸甲長のそれぞれが、グリッドの有無によって異なるかどうかについては、Mann-Whitney U-testで検定した。

結果

チャネルキャットフィッシュの CPUE と体長

調査期間中に採集されたチャネルキャットフィッシュは計 926 個体（体長 3.8–69.0 cm）の 384405.4 g であり、全漁獲物の総重量 632310.7 g の 60.79 %を占め、重量においては最も優占する種であった（Table 1）。本種の CPUE（1 袋網当たりの重量）の平均 ± 標準誤差は、グリッド有りで 196.1 ± 88.6 g、グリッド無しで 6692.6 ± 2363.4 g で、グリッド有りがグリッド無しよりも明らかに少なかった（Wilcoxon signed-ranks test、$z = -3.62$、$p < 0.001$）（Table 1）。調査期間中に採集された本種の体長の範囲と平均値±標準偏差はグリッド有りで体長 3.8–23.6 cm と 8.7 ± 3.9 cm、グリッド無しで体長 3.8–69.0 cm と 21.6 ± 18.0 cm であり（Table 1、Fig. 2）、グリッド有りの方がグリッド無しよりも有意に小さかった（Mann-Whitney U-test、$z = -6.40$、$p < 0.001$）。体長組成について詳しくみると、グリッド有りでは体長 4.0–9.9 cm の小型個体が全計測個体数の 76.2 %を占めており、体長 20.0 cm 以上の個体はわずか 2.4 %を占めるのみであった（Fig. 2）。グリッド無しでも体長 4.0–9.9 cm の小型個体が全計測個体数の約 49 %を占めていたが、体長 20.0 cm 以上の個体が約 39 %を、体長 30.0 cm 以上の個体だけでも約 35 %を占めていた。

出現した魚類・エビ類の概要

調査期間中に採集された魚類は、計 32 種

Table 1. Individual numbers, total catch weight, mean ± standard error of CPUE (weight per bag–net), body size ranges and occurrence month of each fish and shrimp species collected monthly using bag–nets with and without channel catfish exclusion grid, attached to a large set–net at the littoral zone in Nishiura, Lake Kasumigaura system from October 2015 to September 2017.

Family and species	Individual No.	%	Total weight (g)	%	CPUE (g)		Body size (cm)*		Occurrence month**
					With grid	Without grid	With grid	Without grid	
Fishes									
Anguillidae									
Anguilla japonica	13	0.07	7218.5	1.14	237.9 ± 128.4	52.9 ± 30.4	32.0–79.5	63.5–78.0	6, 8, 10, 11
Clupeidae									
Konosirus punctatus	1	0.01	64.4	0.01	0	1.5 ± 1.5		15.7	10
Cyprinide									
Cyprinus carpio	25	0.13	27389.1	4.33	1.2 ± 0.8[b]	454.6 ± 199.6[b]	2.3–7.2	4.4–46.5	1, 3, 4–10, 12
Carassius cuvieri	48	0.26	41144.0	6.51	1.0 ± 1.0[b]	811.1 ± 229.0[b]	7.3–9.4	8.0–35.0	3–6, 8, 12
Carassius sp.	344	1.84	89230.1	14.11	55.4 ± 22.2[c]	1957.2 ± 546.3[c]	3.4–13.2	2.4–33.5	3–12
Carassius buergeri subsp.2	8	0.04	1073.0	0.17	2.9 ± 1.9	16.4 ± 10.8	7.4–12.7	10.4–19.3	3–5, 12
Acheilognathinae spp.	113	0.60	115.4	0.02	3.2 ± 1.4	1.1 ± 0.5	2.6–6.6	2.5–6.9	5–12
Hypophthalmichthys molitrix	60	0.32	949.5	0.15	14.1 ± 12.6	15.4 ± 14.9	6.1–11.6	4.1–11.2	3, 8, 9
Ischikauia steenackeri	1	0.01	570.7	0.09	0	13.6 ± 13.6		30.0	6
Opsariichthys uncirostris	43	0.23	384.0	0.06	2.1 ± 0.8	8.1 ± 4.8	3.2–9.1	2.9–20.1	5–12
Pseudaspius sp.	68	0.36	3626.5	0.57	23.5 ± 13.2	74.6 ± 34.5	4.5–19.4	3.5–32.5	3–12
Pseudorasbora parva	300	1.60	607.7	0.10	15.2 ± 3.9[b]	6.8 ± 3.0[b]	2.3–7.5	1.9–7.7	1, 3–12
Gnathopogon elongatus elongatus	435	2.33	905.0	0.14	21.5 ± 4.4[a]	10.5 ± 3.5[a]	2.3–8.6	2.2–8.7	1, 3–12
Pseudogobio esocinus	1	0.01	6.8	+	0.3 ± 0.3	0	7.4		11
Abbottina rivularis	9	0.05	83.6	0.01	2.5 ± 1.3	0.5 ± 0.4	5.9–9.5	6.8–9.2	1, 3–5, 11, 12
Hemibarbus barbus	70	0.37	7941.0	1.26	14.4 ± 10.7[a]	182.2 ± 100.6[a]	2.8–14.6	3.3–42.6	1, 4–9, 11
Squalidus chankaensis biwae	23	0.12	112.0	0.02	2.0 ± 1.1	1.6 ± 0.8	4.1–8.1	3.7–9.3	4–7, 9, 10
Megalobrama amblycephala	12	0.06	22.0	+	0.1 ± 0.1	0.5 ± 0.5	2.7–4.7	3.9–5.5	8
Ictaluridae									
Ictalurus punctatus	926	4.95	384405.4	60.79	196.1 ± 88.6[c]	6692.6 ± 2363.4[c]	3.8–23.6	3.8–69.0	1, 3–12
Osmeridae									
Hypomesus nipponensis	5512	29.47	31322.2	4.95	598.3 ± 251.6[c]	432.3 ± 236.7[c]	3.1–12.7	2.7–11.7	1, 3–12
Plecoglossidae									
Plecoglossus altivelis altivelis	10	0.05	72.3	0.01	2.7 ± 1.5	0.4 ± 0.3	6.6–11.8	6.3–9.2	4, 5, 7
Salangidae									
Salangichthys microdon	841	4.50	829.6	0.13	29.6 ± 17.5[a]	4.5 ± 3.4[a]	4.2–9.1	4.9–8.9	1, 3–5, 10–12
Salmonidae									
Oncorhynchus keta	4	0.02	7.9	+	0.4 ± 0.3	0.02 ± 0.02	2.7–8.6	3.1	4

Table 1. (continued)

Family and species	Individual No.	%	Total weight (g)	%	CPUE (g)		Body size (cm)*		Occurrence month**
					With grid	Without grid	With grid	Without grid	
Mugilidae									
Mugil cephalus cephalus	4	0.02	1910.9	0.30	4.6 ± 4.6	43.2 ± 31.7	18.6	19.9–37.0	1, 6
Hemiramphidae									
Hyporhamphus intermedius	68	0.36	460.6	0.07	14.7 ± 10.4	3.6 ± 2.4	7.6–16.6	10.5–14.1	5, 7, 8, 10–12
Lateolabracidae									
Lateolabrax japonicus	24	0.13	18891.9	2.99	4.2 ± 4.2[a]	447.7 ± 207.3[a]	10.4–11.6	4.4–65.0	4–9
Centrarchidae									
Lepomis macrochirus	111	0.59	1592.0	0.25	3.5 ± 1.8	36.2 ± 12.7	1.7–9.5	2.2–17.7	5–12
Micropterus nigricans	5	0.03	4686.0	0.74	0	100.3 ± 57.6		12.4–46.0	3, 5, 7, 11
Gobiidae									
Acanthogobius lactipes	66	0.35	64.0	0.01	2.1 ± 1.0	0.5 ± 0.2	2.3–5.4	2.1–5.6	3, 4, 6–12
Tridentiger brevispinis	1024	5.48	602.2	0.10	11.7 ± 4.5	8.5 ± 3.0	1.9–4.6	1.9–7.1	4–10
Rhinogobius sp. OR	440	2.35	111.4	0.02	2.0 ± 1.9	1.7 ± 1.0	2.1–3.0	1.9–2.9	6, 7, 12
Gymnogobius urotaenia	4331	23.16	3186.5	0.50	87.3 ± 36.9[a]	32.2 ± 16.9[a]	2.6–5.3	2.3–5.9	5–7
Shrimps									
Palaemonidae									
Macrobrachium nipponense	3657	19.55	2667.8	0.42	62.4 ± 12.5[a]	32.3 ± 10.0[a]	0.4–2.1	0.4–2.3	1, 3–12
Palaemon paucidens	105	0.56	56.3	0.01	1.3 ± 0.5	0.8 ± 0.3	0.5–1.4	0.5–1.3	3–7, 9, 10, 12
Total	18702		632310.7						

+, < 0.01. *Standard length given for fishes, carapace length for shrimps.

[a, b, c] Significant differences found between CPUE with and without grid by Wilcoxon signed–ranks test: [a]$p < 0.05$; [b]$p < 0.01$; [c]$p < 0.001$.

**Months (January–December) indicated by numerals (1–12), respectively.

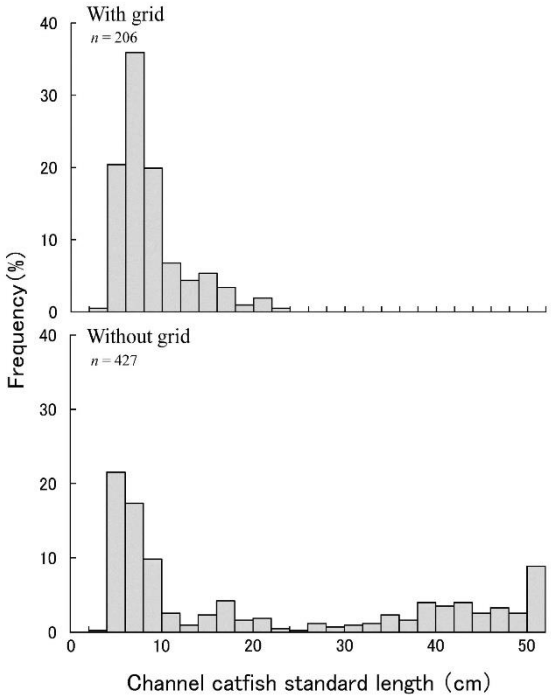

Fig. 2. Size-frequency distributions of channel catfish collected during the study period using bag-nets with and without channel catfish exclusion grid, attached to a large set-net.

14940 個体の 629586.6 g、エビ類は 2 種 3762 個体の 2724.1 g であった（Table 1）。これらの出現種について個体数でみると、ワカサギが 5512 個体と最も多く、全採集個体数の 29.47 %を占め、次いで、ウキゴリ *Gymnogobius urotaenia*（23.16 %）、テナガエビ（19.55 %）、ヌマチチブ *Tridentiger brevispinis*（5.48 %）、チャネルキャットフィッシュ（4.95 %）、シラウオ（4.50 %）、トウヨシノボリ（2.35 %）、タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus*（2.33 %）、ギンブナ *Carassius* sp.（1.84 %）、モツゴ *Pseudorasbora parva*（1.60 %）であり、これら 10 種で全体の 95.2 %以上を占めていた。次に、重量でみると、先述したように、チャネルキャットフィッシュが全漁獲量の総重量の 60.79 %を占め最も多く、次いで、ギンブナ（14.11 %）、ゲンゴロウブナ *Carassius cuvieri*（6.51 %）、ワカサギ（4.95 %）、コイ *Cyprinus carpio*（4.33 %）、スズキ *Lateolabrax japonicus*（2.99 %）、ニゴイ *Hemibarbus barbus*（1.26 %）、ニホンウナギ *Anguilla japonica*（1.14 %）、オオクチバス（0.74 %）、ウグイ属の 1 種（0.57 %）であり、これら 10 種で全体の 97.4 %以上を占めていた。以下では、個体数もしくは重量のいずれか一方で上位 10 種に含まれた計 17 種を、主要種として扱う。

チャネルキャットフィッシュ以外の主要種の CPUE

グリッド有りと無しの間でチャネルキャットフィッシュ以外の主要種の CPUE を比較すると、コイ、ゲンゴロウブナ、ギンブナ、ニゴイ、スズキの 5 種がグリッド無しで明らかに多かったのに対し（Table 1, Wilcoxon signed-ranks test, コイ: $z = -2.90$, $p < 0.01$; ゲンゴロウブナ: $z = -2.93$, $p < 0.01$; ギンブナ: $z = -3.88$, $p < 0.001$; ニゴイ: $z = -2.40$, $p < 0.05$; スズキ: $z = -2.52$, $p < 0.05$）、モツゴ、タモロコ、ワカサギ、シラウオ、ウキゴリ、テナガエビの 6 種がグリッド有りで明らかに多かった（Wilcoxon signed-ranks test, モツゴ: $z = -3.05$, $p < 0.01$; タモロコ: $z = -2.43$, $p < 0.05$; ワカサギ: $z = -3.73$, $p < 0.001$; シラウオ: $z = -2.27$, $p < 0.05$; ウキゴリ: $z = -2.20$, $p < 0.05$; テナガエビ: $z = -2.46$, $p < 0.05$）。残りの主要種 5 種の CPUE については、グリッド有りと無しで有意な差は検出されなかった（Wilcoxon signed-ranks test, ニホンウナギ: $z = -1.46$, $p = 0.14$; ウグイ属の 1 種: $z = 1.40$, $p = 0.16$; オオクチバス: $z = -1.83$, $p = 0.07$; ヌマチチブ: $z = -1.36$, $p = 0.17$; トウヨシノボリ: $z = -0.67$, $p = 0.50$）。

魚類・エビ類の体サイズ組成

グリッド有りと無しの間でチャネルキャットフィッシュ以外の全魚種の体長を比較したところ、有意な差は認められなかった（Mann-Whitney U-test, $z = -1.09$, $p = 0.28$）。

グリッド有りと無しともに、体長 2.0–11.9 cm の体長階級に含まれる小型種（モツゴ、タモロコ、ワカサギ、ヌマチチブ、ウキゴリなど）が全計測個体数の 85 %以上を占めていた（Fig. 3）。ただし、グリッド無しでは体長 14.0 cm 以上の中・大型種［主にギンブナのほかコイやゲンゴロウブナ、スズキ、ニゴイなど（Table 1）］が全計測個体数の約 12 %とよく採集されたが、グリッド有りでは同サイズの個体が全計測個体数の約 0.7 %とほとんど採集されなかった（Fig. 3）。

次に、グリッド有りと無しの間でエビ類の頭胸甲長を比較したところ、有意な差が認められた（Mann-Whitney U-test, $z = -5.43$, $p < 0.001$）。グリッド有りと無しのどちらも頭胸甲長 14 mm 未満の個体が全計測個体数の 85 %以上を占めていたものの、グリッド無しの方で頭胸甲長がやや大きい傾向がみられた（Fig. 4）。

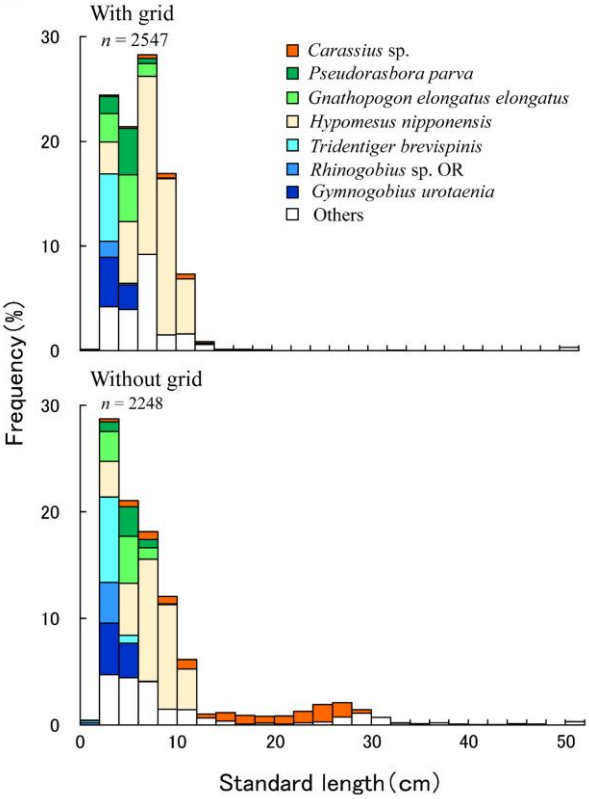

Fig. 3. Size-frequency distributions of all fishes (except channel catfish) collected during the study period using bag-nets with and without channel catfish exclusion grid, attached to a large set-net.

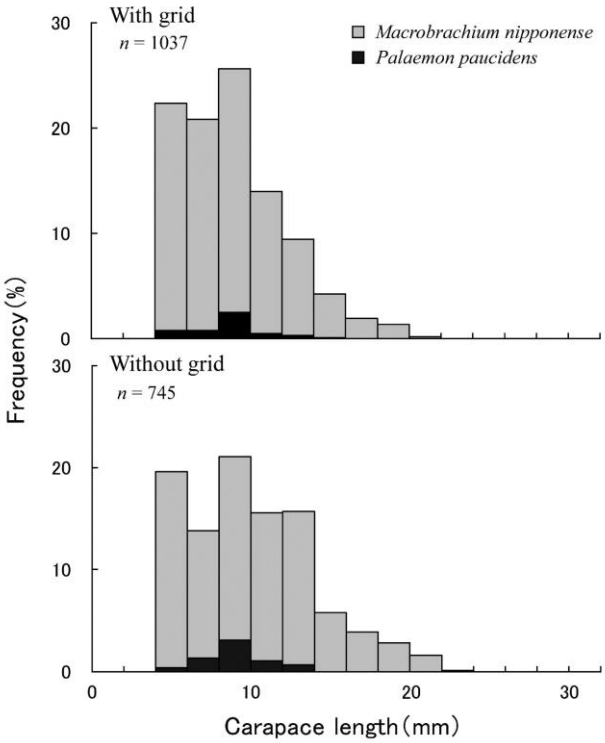

Fig. 4. Size-frequency distributions of all shrimps collected during the study period using bag-nets with and without channel catfish exclusion grid, attached to a large set-net.

考察

調査期間中に採集されたチャネルキャットフィッシュは、全漁獲物の総重量の60.79 %を占め、重量においては最優占種であった。本種のCPUEの平均値は、グリッド有りで196.1 g、グリッド無しで6692.6 gであり、グリッドを取り付けることで本種の入網量（重量）を30分の1以下にまで減らすことができた。本種の体長についてみると、グリッド有りと無しともに体長4.0–9.9 cmの小型個体が多かったが、グリッド有りでは体長20.0 cm以上の個体は全計測個体数のわずか2 %程度であったのに対し、グリッド無しでは体長20.0 cm以上の個体が約39 %を、体長30.0 cm以上の個体が約35 %を占めていた。したがって、グリッドを設置した場合には、本種の体長10 cm未満の小型個体の

入網は防げないものの、体長20 cm以上の大型個体の入網はほぼ防げることが明らかとなった。春季から夏季にかけての霞ヶ浦の張網内において本種の体長10 cm未満の個体はほとんど餌を食べないが、体長10–19.9 cmの個体は同時に入網した小型魚類（ワカサギやシラウオ、ハゼ類など）やテナガエビをわずかに捕食し、さらに体長20 cm以上の大型個体は小型魚類やテナガエビなどを大量に捕食することが示されている（古旗ら2021）。そのため、グリッドの設置は漁獲物の食害をもたらす本種の大型個体の入網防止に役立つと考えられる。なお、本種の体長20 cm未満の個体については大型個体と比べて漁獲物の食害への関与は小さいものの、背鰭・胸鰭の棘が鋭く、漁業者の怪我や漁網の損壊の原因にもなりやすいため（荒山・岩崎2012; 荒山2015）、今後とも、効果的な対策について検討する必要がある。

グリッド有りと無しの間で主要種の CPUE を比較すると、グリッド有りの方がモツゴ、タモロコ、ワカサギ、シラウオ、ウキゴリなどの小型魚種やテナガエビが多い傾向がみられた。これらの種のうち、ワカサギ、シラウオ、ウキゴリ、テナガエビの 4 種はいずれも霞ヶ浦の重要な漁獲対象であるが（萩原・熊谷 2007; 冨永ら 2013）、張網内において大型のチャネルキャットフィッシュに大量に捕食されている実態がある（古旗ら 2021）。そのため、これら 4 種がグリッド有りで多い傾向がみられたのは、グリッドを取り付けたことでチャネルキャットフィッシュの大型個体が入網しなくなり、捕食されなかったことと関連付けられる。この他にも、袋網内の狭い空間に本種の大型個体が先に多く入網した場合には、小型種が忌避し入網しづらくなる可能性（古旗ら 2021）もある。いずれにしても、張網の袋網部分にグリッドを設置することで、本種の大型個体の入網を防止し、水産有用種である小型魚種の漁獲の効率を上げられると考えられた。

チャネルキャットフィッシュを除いた全魚種の体長については、グリッド有りと無しの間で有意な差は検出されなかった。これはグリッド有りと無しともに体長 2.0–11.9 cm の体長階級に含まれる小型種（モツゴ、タモロコ、ワカサギ、ヌマチチブ、ウキゴリなど）が全計測個体数の 85 %以上も占めていたことに起因している。一方で、グリッド無しでは体長 14.0 cm 以上の中・大型種［主にギンブナのほかコイやスズキなどで、霞ヶ浦では漁獲対象（冨永ら 2013）でもある］は全計測個体数の約 12 %と比較的よく採集されたが、グリッド有りでは同サイズの個体は約 0.7 %とほとんど採集されないという傾向が認められ、グリッドを取り付けるとチャネルキャットフィッシュ以外の中・大型種の漁獲の効率を下げてしまう可能性も示された。以上のことを勘案すると、張網の袋網部分へのグリッド取り付けの有無については、漁獲したい対象種の種類や大きさ、チャネルキャットフィッシュの混獲状況に基づいて、季節や場所によって柔軟に変更することが重要であると考えられた。なお、本研究では各種の体高、体幅、体胴周長といった基礎データを計測していなかったため、それらとグリッドの網目の高さや幅、内周長を比較することによってグリッドを通過し袋網に入網しうる種ごとの体サイズについて十分に議論することができなかった。今後、グリッドの形状を改良する際には、少なくともチャネルキャットフィッシュについてはそのような計測を実施し、グリッドによるサイズ選択性の詳細について把握しておくことが望まれる。

近年、チャネルキャットフィッシュは琵琶湖や阿武隈川などの他水域でも増加傾向が認められている（鷹崎ら 2018; 石崎ら 2022）。さらに今後、張網漁業が営まれている他水域に侵入し生息密度が高くなった場合には、霞ヶ浦のように張網内での本種による小型魚類・エビ類の食害が発生するおそれがある。

地域によって漁獲対象種は異なるため、それぞれの地域の特性に応じて、本研究で用いたグリッドを改良し、利用していくことが望まれる。ただし、グリッドの設置は、あくまで本種が高密度で生息し現状の防除技術のみでは根絶が困難な水域において張網漁業を継続し、漁業収入を得るための苦肉の策でしかない。霞ヶ浦の張網漁業者の間ではすでにグリッドが広く利用されているが、それによって本種の大型個体への駆除圧が低下し、本種の個体数低減化が進まない事態に陥っている可能性もある。このような現状に鑑みると、張網漁業の存続のためにグリッドを活用する場合においても、対象水域からの本種の根絶や低密度管理を目指して個体数を減らす効果的な防除技術（例えば、グリッドの設置個所や袋網の形状を工夫することで本種を駆除できるようにする方法など）の開発に努めることが望まれる。

謝辞

本研究を行うに当たり、採集調査に同意していただいた霞ヶ浦漁業協同組合の方々、採集調査にご協力いただいた霞ヶ浦漁業協同組合の大﨑　匠氏、標本の採集や測定にご協力いただいた茨城県水産試験場の荒井将人氏、綿引　悟氏、大塚久美子氏、富川孝史氏、調査方法について有益なご助言をいただいた茨城県水産試験場の須能紀之氏と荒山和則氏、千葉県水産総合研究センター内水面水産研究所の尾崎真澄氏、茨城大学広域水圏環境科学教育研究センターの山崎和哉氏、平山拓弥氏、内田大貴氏、適切なご助言をいただいた匿名の 2 名の査読者、英文を校閲していただいた Graham S. Hardy 氏に心より御礼申しあげる。

引用文献

荒山和則・岩崎　順 (2012). 霞ケ浦における近年の外来魚問題―チャネルキャットフィッシュの現状と駆除―. 日本水産学会誌 78: 761–764.

荒山和則 (2015). 霞ケ浦における近年の外来種問題―チャネルキャットフィッシュの現状―. 水環境学会誌 38 (A): 56–59.

遠藤友樹・金子誠也・猪狩健太・加納光樹・中里亮治・亀井涼平・碓井星二・百成　渉 (2015). 茨城県北浦の沿岸帯におけるチャネルキャットフィッシュの摂餌特性. 水産増殖 63: 49–58.

藤田朝彦 (2019). トウヨシノボリ. 山渓ハンディ図鑑　増補改訂 日本の淡水魚. （編）細谷和海. 山と渓谷社, 東京, p. 474–476.

古旗崚一・所　史隆・根本隆夫・加納光樹 (2021). 春季から夏季の霞ヶ浦の張網内におけるチャネルキャットフィッシュによる魚類・エビ類の捕食実態. 日本水産学会誌 87: 652–661.

萩原富司・熊谷正裕（編）(2007). 平成調査新・霞ヶ浦の魚たち. 霞ヶ浦市民協会, 土浦.

半澤浩美 (2004). 霞ヶ浦におけるチャネルキャットフィッシュ(*Ictalurus punctatus*)の食性. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告 39: 52–58.

Hubert, W. A. (1999). Biology and management of channel catfish. Am. Fish. Soc. Symp. 24: 3–22.

茨城県 (2022). 霞ヶ浦北浦の水産. 霞ヶ浦北浦水産事務所, 土浦.

石崎大介・臼杵崇広・三枝　仁・上垣雅史・田口貴史・根本守仁・酒井明久・亀甲武志 (2022). 琵琶湖および流出河川瀬田川におけるチャネルキャットフィッシュの生息状況. 魚類学雑誌 69: 75–85.

亀井涼平・荒山和則・横田賢史・須能紀之・Strüssmann, C. A. (2021). 霞ケ浦におけるチャネルキャットフィッシュの季節的および日周的な摂餌活動様式. 水産増殖 69: 31–42.

片野　修・佐久間　徹・岩崎　順・喜多　明・尾崎真澄・坂本　浩・山崎裕治・阿部夏丸・新見克也・上垣雅史 (2010). 日本におけるチャネルキャットフィッシュの現状. 保全生態学研究 15: 147–152.

Kim, D., Taylor, A. T., Near, T. J. (2022). Phylogenomics and species delimitation of the economically important Black Basses (*Micropterus*). Sci. Rep. 12: 9113.

Kuramoto, Y., Fujimori, Y., Ito, R., Kobayashi, Y., Sakurai, Y. (2021). Measures for co-existence

between seals and coastal large-scale salmon set net fisheries: Mitigation of catch damage by the use of rope grid. Fish. Res. 242: 106041.
丸山為蔵・藤井一則・木島利通・前田弘也 (1987). アメリカナマズ. 外国産新魚種の導入経過. 水産庁研究部資源課・水産庁養殖研究所, 東京, p. 123–125.
Matsuzaki, S. S., Takamura, N., Arayama, K., Tominaga, A., Iwasaki, J., Washitani, I. (2011). Potential impacts of non-native channel catfish on commercially important species in a Japanese lake, as inferred from long-term monitoring data. Aquat. Conserv. Mar. Freshwater Ecosyst. 21: 348–358.
諸澤崇裕・加納光樹・今井　仁 (2019). 魚類 Pisces. 最新 日本の外来生物.（編）自然環境研究センター. 平凡社, 東京, p.139–200.
中坊徹次（編）(2013). 日本産魚類検索　全種の同定　第三版. 東海大学出版会, 秦野.
根本隆夫・熊丸敦郎・杉浦仁治・久保田次郎 (2003). 小魚を活かしてとるための張網の工夫―スクリーン付き張網漁獲試験. 茨城県内水面水産試験場研究報告 38: 46–55.
農林水産省 (2020). 2018 年漁業センサス報告書　第 7 巻内水面漁業に関する統計. https://www.maff.go.jp/j/tokei/census/fc/2018/200313.html. (accessed on 27 August 2023).
尾崎真澄・宮部多寿 (2007). 利根川下流域におけるチャネルキャットフィッシュの漁獲実態. 千葉県水産総合研究センター研究報告 2: 33–41.
Sakai, H., Watanabe, K., Goto, A. (2020). A revised generic taxonomy for Far East Asian minnow *Rhynchocypris* and dace *Pseudaspius*. Ichthyol. Res. 67: 330–334.
鷹崎和義・和田敏裕・森下大悟・佐藤利幸・佐久間　徹・鈴木俊二・川田　暁 (2018). 福島県内の阿武隈川水系における外来魚チャネルキャットフィッシュの分布，サイズ組成，および成熟状況. 水産増殖 66: 41–51.
冨永　敦・半澤浩美・野内孝則・荒山和則 (2013). 霞ヶ浦における魚類及び甲殻類の現存量の経年変化. 陸水学雑誌 74: 1–14.
豊田幸詞・関　慎太郎 (2014). 日本産淡水性・汽水性甲殻類 102 種　日本の淡水性エビ・カニ. 誠文堂新光社, 東京.
碓井星二・加納光樹・荒山和則・佐野光彦 (2015). 茨城県北浦のヨシ帯における魚類群集構造の季節変化. 日本水産学会誌 81: 964–972.
山本大輔・酒井博嗣・阿部夏丸・新見克也・吉田　誠 (2014). 矢作川におけるチャネルキャットフィッシュの生息状況と採集方法. 矢作川研究 18: 25–31.
野内孝則・荒山和則・冨永　敦 (2008). 霞ヶ浦北浦で確認された外来魚の導入経緯. 茨城県内水面水産試験場研究報告 41: 47–54.

和文要旨

わが国の内水面漁業では大型定置網（張網）の内部での外来種チャネルキャットフィッシュによる小型魚類・エビ類の食害は深刻な問題として認識されている。張網への本種の侵入を防止するグリッドの取り付けが魚類・エビ類に及ぼす影響を把握するため、2015 年 10 月から 2017 年 9 月にかけて霞ヶ浦（西浦）の沿岸帯の張網内においてグリッド有りと無しの袋網を用いた採集調査を実施した。調査期間中に採集されたチャネルキャットフィッシュは計 926 個体（体長 3.8–69.0 cm）であった。本種の体長 10 cm 未満の個体はグリッド有りと無しの両方で多く、また、体長 20 cm よりも大きな個体はグリッド無しのみで多く採集された。水産有用種を含む多くの小型魚類やエビ類はグリッド無しよりも有りで多く採集されたが、ギンブナなどの大型魚類を含む一部の水産有用種はグリッド無しの方が多く採集された。したがって、本研究のグリッドはチャネルキャットフィッシュの大型個体の侵入防止には有効であるものの、漁獲対象となる他魚種の大きさに応じて使い分けることが望まれる。

Received: 1 August 2023 | Accepted: 30 August 2023 | Published: 3 September 2023