

## 汽水域に設置された小型定置網内におけるアカエイの餌選択性

鈴木渚斗<sup>1,\*</sup>・山口啓子<sup>2</sup>・中村幹雄<sup>3</sup>

### Prey selectivity of red stingray *Hemitrygon akajei* caught in the small scale set net installed in estuary

Kaito SUZUKI<sup>1,\*</sup>, Keiko YAMAGUCHI<sup>2</sup> and Mikio NAKAMURA<sup>3</sup>

**Abstract:** The red stingray *Hemitrygon akajei* is a predator increasing in abundance in Japan's coastal areas and estuaries. However, few studies have revealed the impact of increased red stingrays on ecosystems and fisheries. This study elucidates the prey selectivity of red stingray in the small scale set net and estimates its impact on fishery in estuaries. Prey items that preyed on by red stingrays in the set nets were identified from the digestion level. Four species, *Sardinella zunasi*, *Engraulis japonicus*, *Nuclaeuola nuclalis*, and *Metapenaeus ensis*, were thought to be preyed upon inside the set nets. The red stingrays tend to prey on dead or weak fish; however, the prey selectivity for *M. ensis* was higher than that for other species despite the low catch of *M. ensis*. Thus, these results indicate that in estuaries, the red stingray is a harmful predator of *M. ensis* in the set-net fishery.

**Key words:** *Hemitrygon akajei*; Prey selectivity; *Metapenaeus ensis*; Estuary

#### はじめに

アカエイ *Hemitrygon akajei* は、トビエイ目アカエイ科に属する板鰓類であり、北海道以南の日本各地から東南アジアまで広く分布する、胎生の魚類である (山口 2018a)。また、アカエイは海洋だけでなく汽水域も生息地として利用する広塩性であり、東京湾や有明海、鳥根県東部に位置する斐伊川水系などにおいて、近年増加していることが知られている (堀口 2005; 環境省 2017; 山口 2018b)。しかし、アカエイに関する調査・研究は極めて少なく、浅海域および汽水域におけるアカエイの増加要因や、増加したアカエイが生態系および水産業に与える影響については、不明な点が多い。

エイ類が水産業に与える影響として、ナルトビエ

イ *Aetobatus narutobiei* やアカエイによる水産有用二枚貝の捕食や食害に関する報告は多く存在するものの (例えば、山口 2003; 川原ら 2004; 横山ら 2014; 鈴木ら 2018)、定置網漁や刺し網漁におけるエイ類による食害報告は極めて少ない。ナルトビエイは、主に貝類を専食する (山口 2006; 伊藤・平川 2009) のに対し、アカエイは雑食性であるため、水産有用種である魚類や甲殻類も捕食することがあり (Taniuchi and Shimizu 1993; 鈴木ら 2018)、定置網漁や刺し網漁において、食害を引き起こす可能性がある。特に、近年のアカエイの増加は、汽水域や浅海域における漁業において食害を引き起こす可能性が高く、早急な調査が必要と考えられる。そこで、本研究は汽水域におけるアカエイの増加が水産業に与える影響を明らかにすることを目的とし、斐伊川水系汽水域内に設置された、小型定置網により漁獲された漁獲物の重量割合および同定置網

2020年11月10日受付；2021年7月2日受理。

<sup>1</sup>現所属：株式会社 海中景観研究所 (Aqua Scape Research Institute Co., Ltd, 1-7-30 Gakuen, Matsue, Shimane 690-0825, Japan).

<sup>2</sup>鳥根大学生物資源科学部 (Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690-8504, Japan).

<sup>3</sup>日本シジミ研究所 (Japan Corbicula Research Institute Inc, 1280-1 Hayashi, Tamayu-cho, Matsue, Shimane 699-0204, Japan).

\*連絡先 (Corresponding author): Tel, (+81) 852-33-7820 (K. Suzuki).

によって漁獲されたアカエイの消化管内容物調査から、アカエイの餌選択性の算出を行った。

また、山口 (2018b) は、近年宍道湖においてアカエイやスズキ *Lateolabrax japonicus*、といった汽水性魚類が増加していることを報告しており、本研究では、アカエイの増加によって生態系や水産業に生ずる影響を考察した。

## 材料と方法

### 調査水域の特徴と調査地点の設定

調査水域である島根県東部に位置する斐伊川水系汽水域と、調査を行った小型定置網の位置を Fig. 1 に示す。

斐伊川水系汽水域は宍道湖、中海を合わせると、日本で最大の汽水域である。中海では1974年以降、国営中海干拓淡水化事業によって中浦水門が建設され、日本海に通じる境水道から中海に流入する海水の経路の障害物となっていた。しかし、2002年の中海・宍道湖淡水化事業中止に伴い、2005年から2009年の間に、中浦水門が撤去された。中海湖心および宍道湖湖心の塩化物イオン濃度を、国土交通省の水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/index.html>) から、中浦水門撤去工事前 (1975～2004年) と、撤去工事着手後 (2005～2016年) で比較すると、撤去工事前の全層塩化物イオン濃度の平均値は、中海10671±928 mg/l、宍道湖1916±559 mg/l であるが、水門撤去工事着手後の2005年から2016年における全層塩化物イオン濃度の平均値は、中海11900±458 mg/l、宍道湖2321±554 mg/l と、近年両湖ともに塩分が高めに推移した。

また、両湖は漁業も盛んな地域であり、二枚貝を除いた漁獲物の多くが、ます網と呼ばれる小型定置網や刺し網、延縄によって漁獲されている。なお、宍道湖ではヤマトシジミ *Corbicula japonica* が漁獲量

の約9割を占めるが、その他にスズキ、ニホンウナギ *Anguilla japonica*、フナ類、シラウオ *Salangichthys microdon* 等が、中海では、スズキやニホンウナギ、サヨリ *Hyporhamphus sajori* 等の魚類および、タイワンガザミ *Portunus pelagicus* (地方名：アオデ)、ヨシエビ *Metapenaeus ensis* (地方名：モロゲエビ)、イサザアミ属 *Neomysis* spp. (地方名：オダエビ) といった甲殻類等が、主な水産有用種である。

## 調査方法

調査は2017年4月～2018年3月までの期間、斐伊川水系汽水域の上流側にある宍道湖の St.1 および、同水系の下流側にある中海の St.2 (Fig. 1) において、毎月1回小型定置網 (ます網) による漁獲物調査を行った。ます網は垣網と呼ばれる網を魚介類の通り道に設置することで、魚介類が垣網に誘導され、垣網に取り付けられた袋網 (魚介類が一度入ると中々出ることのできない網) に入った魚介類を漁獲する漁法である。また、ます網はいわゆる定置網とは異なり、個人での操業が可能な小型の定置網である。本調査では、調査日の前日に仕掛けたます網を、調査日の早朝に回収し漁獲物調査を行った。漁獲物は、種まで分類した後、種別に個体数の計測と合計重量の測定を行った。また、漁獲されたアカエイについては、体盤幅を測定した後、すぐに消化管を摘出し、消化管内容物の同定および測定を行った。消化管内容物は、可能な限り種レベルの同定を行い、種ごとに個体数と重量の測定を行った。なお、消化が進んでいない餌料生物は、ます網内で捕食されたと判断した。

### データ処理

アカエイの消化管内から出現した餌料生物について、新野ら (2017) に従って、各餌料生物の出現頻度 (Frequency of occurrence : %F)、重量割合 (%W)、個体数割合 (%N)、餌料重要度指数 (Index of Relative Importance : IRI) とその百分率 (%IRI) を求めた。

また、消化が進んでおらず、ます網内で捕食されたと判断した餌料生物については、ます網内におけるアカエイの餌選択性を評価するため、芦澤・坪井 (2013) を参考に Manly の餌選択係数  $\alpha$  を以下の式から求め、その百分率を算出した。なお、ある魚種 X の漁獲重量には、アカエイの消化管内に存在したある魚種 X の重量も加算した。

$$\text{Manly の餌選択係数 } \alpha_i = (r_i/p_i) / \sum_1^m (r_i/p_i)$$

$r_i$  : ある魚種のアカエイ胃内容物の重量比。

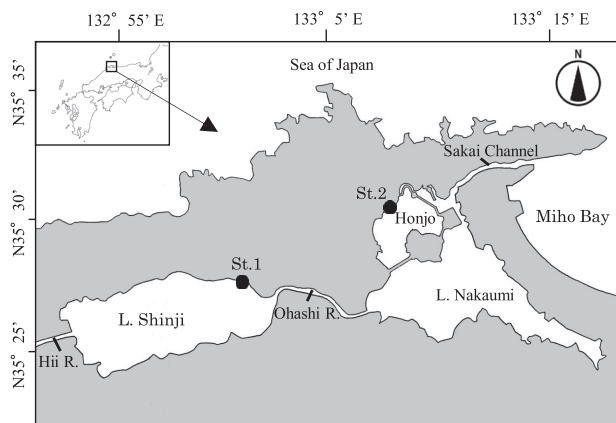


Fig. 1. Index map showing the sampling stations in the Hii River system. ● denotes the location of the set net.

$p_i$  : ある魚種のます網漁獲物中の重量比。  
 $m$  : ます網で漁獲された対象魚種数

結 果

漁獲物調査

St.1, St.2 の各月における漁獲物の個体数と重量をそれぞれ Table 1, Table 2 に示した。

St.1 では32種の魚介類が漁獲され、主な漁獲物は個体数ベースでサッパ *Sardinella zunasi*, スズキ, シラウオ, マハゼ *Acanthogobius flavimanus*, 重量ベースでアカエイ, サッパ, コノシロ *Konosirus punctatus*, スズキであった (Table 1)。サッパは4月から11月に漁獲され、12月以降に漁獲されることはなかった。また、サッパは4月から8月までは全長100 mm を超える個体が多かったが、9月以降は全長40 ~ 50 mm の小型個体が多く漁獲された。スズキは毎月漁獲されたが、そのほとんどが全長約150 ~ 300 mm の個体であった。シラウオは4月と、12月から3月に漁獲され、特に2月に多く漁獲された。マハゼは、4月、7月と、9月から3月に漁獲され、特に12月に多く漁獲された。コノシロは4月から9月、1月に漁獲され、全長約150 ~ 200 mm の個体が多かった。

St.2 では50種の魚介類が漁獲され、主な漁獲物は個体数ベースでカタクチイワシ *Engraulis japonicus*, サッパ, ゴンズイ *Plotosus japonicus*, ヒイラギ *Nuchequula nuchalis*, 重量ベースでアカエイ, コノ

シロ, ゴンズイ, マアジ *Trachurus japonicus* であった (Table 2)。カタクチイワシは5月から1月に漁獲され、4月、2月、3月には漁獲されなかった。またカタクチイワシは、特に6月から10月に漁獲数が多く、ほとんどの個体が全長100 mm 以下の小型個体であった。サッパは6月から1月に漁獲され、特に8月から11月に漁獲数が多かった。また、サッパは St.1 と同様に、6月から8月までは全長100 mm を超える個体が多かったが、9月以降は全長40 ~ 50 mm の小型個体が多く漁獲された。ゴンズイは4月から12月に漁獲され、8月から10月に全長約100 mm 前後の個体が多く漁獲された。ヒイラギは4月と、6月から1月に漁獲され、特に8月と9月に漁獲数が多かったが、8月と9月に漁獲された個体の多くは全長約40 mm の小型個体であった。コノシロは4月と、6月から10月、1月に漁獲され、全長約150 ~ 200 mm の個体が多かった。マアジは、4月と、6月から1月に漁獲され、全長約100 ~ 150 mm の個体が多かった。

ます網におけるアカエイの餌選択性

アカエイが漁獲された月における地点別の標本個体数 (消化管内に同ます網で捕食されたと判断した餌料生物が存在したアカエイの個体数), アカエイ漁獲個体数, 標本個体および漁獲個体の体盤幅 (DW : Disk width) を Table 3 に示した。St.1 では、4月から11月の間に50個体のアカエイが漁獲され、漁獲個体の体盤幅は124 ~ 614 mm であった (Table 3)。ま

Table 1. Number of individuals and total weight of catch from St.1

St.1	Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec		Jan		Feb		Mar		
	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	
<i>Hemirygion akajei</i>	16	24668.0	6	2756.8	7	4100.5	4	3113.5	4	1214.1	8	16080.0	3	11066.5	2	2113.4	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sardinella zunasi</i>	2427	38596.0	1327	21360.0	1102	18400.0	556	8680.0	467	7305.4	1857	14800.0	1453	12500.0	1012	8300.0	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Konosirus punctatus</i>	37	5793.6	53	7422.4	71	9320.0	100	10745.7	35	2499.0	24	2102.8	-	-	-	-	-	-	1	43.7	-	-	-	-	
<i>Engraulis japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	1	1.5	-	-	-	-	-	-	1	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyprinus carpio</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	508.2	
<i>Carassius sp.</i>	1	1599.5	-	-	1	573.1	1	1202.6	-	-	-	-	1	46.5	9	3085.7	6	209.1	-	-	10	2475.1	1	38.5	
<i>Gnathopogon caerulescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6.7	-	-	
<i>Tribolodon hakonensis</i>	3	1210.1	-	-	3	469.5	3	456.3	2	159.0	-	-	1	488.9	5	1035.7	4	1296.8	5	1595.2	3	259.8	3	1361.5	
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	1	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Salangichthys microdon</i>	9	20.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	23.1	388	813.8	1450	3480.5	12	29.8	
<i>Mugil cephalus cephalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	579.3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	49.2	9	810.5	-	-	
<i>Hypoatherina valenciennei</i>	-	-	-	-	-	-	5	30.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Hyporhamphus sajori</i>	4	417.8	4	218.5	2	213.4	1	36.9	1	8.6	-	-	1	23.2	1	25.1	-	-	24	814.7	-	-	-	-	
<i>Hyporhamphus intermedius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7.5	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Lateolabrax japonicus</i>	239	137010.7	101	73302.3	3682	85479.1	749	95575.0	1073	35176.7	278	15230.6	136	40190.2	138	32604.7	299	29114.0	594	56926.8	178	13404.5	32	16362.9	
<i>Lateolabrax latius</i>	1	128.3	-	-	-	-	-	-	1	36.1	25	1106.7	-	-	3	304.8	-	-	-	-	2	249.1	-	-	
<i>Nuchequula nuchalis</i>	-	-	1	3.4	9	97.6	5	60.4	-	-	39	145.4	9	61.5	28	184.7	-	-	2	1.1	-	-	-	-	
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	-	-	-	-	-	-	1	1814.4	-	-	-	-	-	-	1	969.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	1	22.1	-	-	-	-	4	24.4	-	-	1	24.5	1	15.3	4	130.8	368	12560.0	183	5094.9	14	293.5	5	138.1	
<i>Acanthogobius lactipes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.2	4	2.2	97	19.3	14	5.8
<i>Leucopsarion petersii</i>	-	-	-	-	6	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gymnogobius breunigii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.7	1	1.7	-	-	
<i>Glossogobius olivaceus</i>	-	-	-	-	-	1	39.7	1	29.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.2	-	-	-	-	
<i>Tridentiger bifasciatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	9.8	24	18.9	11	2.4	12	10.8	9	6.9	
<i>Tridentiger brevispinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.1	-	-	
<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	268.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Metapenaeus ensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	38.0	4	22.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Palaemon paucidens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.1	3	1.9	
<i>Palaemon macrodactylus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	19.2	17	4.8	114	11.4	5	1.2	
<i>Palaemon orientis</i>	-	-	-	-	-	2	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.5	6	0.7	4	1.7	
<i>Crangon uritai</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.8	-	-	
<i>Eriocheir japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	78.1	-	-	2	107.2	-	-	-	-	-	

- means no catch

Table 2. Number of individuals and total weight of catch from St.2

St.2	Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec		Jan		Feb		Mar	
	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)	n	TW(g)
<i>Hemiryon akajei</i>	-	-	2	4232.3	5	18560.0	6	10359.1	11	7144.8	4	7007.4	7	6852.9	1	181.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnura japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2028.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ophichthus altipennis</i>	-	-	-	-	1	131.6	-	-	1	189.4	-	-	-	-	-	-	1	107.8	-	-	-	-	-	-
<i>Anguilla japonica</i>	1	137.2	-	-	2	149.3	4	406.5	1	92.1	-	-	-	-	-	-	1	130.8	-	-	-	-	-	-
<i>Etrumeus teres</i>	-	-	-	-	5	12.5	28	77.6	1	9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sardinops melanostictus</i>	-	-	-	-	1	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sardinella zunasi</i>	-	-	-	-	10	187.4	11	197.1	116	1842.5	151	1287.3	87	512.0	272	1657.6	60	241.1	2	12.9	-	-	-	-
<i>Konosirus punctatus</i>	4	545.9	-	-	1	146.8	2	138.6	80	3424.4	99	9684.1	12	1381.5	-	-	-	-	1	152.2	-	-	-	-
<i>Engraulis japonicus</i>	-	-	11	55.0	1484	2226.0	70	77.0	274	466.6	108	238.0	95	209.3	2	3.5	1	2.2	6	16.9	-	-	-	-
<i>Tribolodon hakonensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	23	127.8	-	-	20	144.8	-	-	13	158.9	1	616.5	3	1785.6	1	616.0
<i>Plotosus japonicus</i>	3	243.6	106	3010.0	4	87.2	2	79.8	416	2369.7	1602	25960.0	284	7780.0	3	64.5	6	210.1	-	-	-	-	-	-
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	1	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mugil cephalus cephalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	505.6	-	-	-	-	1	528.8	-	-	3	2219.7
<i>Chelon lauvergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	22.1	-	-	1	8.0	1	23.3	1	14.3	-	-	-
<i>Hypoatherina valencienni</i>	-	-	-	-	2	8.9	-	-	6	35.8	1	1.7	2	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hyporhamphus sajori</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strongylura anastomella</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	624.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sebastes schlegeli</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	300.5	-	-	-
<i>Platycephalus sp. 1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6	639.9	-	-	-	-	1	10.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lateolabrax japonicus</i>	1	110.5	5	6.9	8	237.1	6	61.5	63	1707.8	26	951.2	13	732.5	6	688.1	20	1313.4	8	949.8	6	303.4	6	1437.2
<i>Lateolabrax latius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	118.4	1	9.6	3	264.8	7	509.8	-	-	-	-	-	-
<i>Trachurus japonicus</i>	1	53.0	-	-	27	124.6	69	1331.9	16	264.8	111	2716.0	85	2276.1	89	2094.7	6	95.5	24	556.7	-	-	-	-
<i>Nuchequula nuchalis</i>	15	158.3	-	-	3	13.9	8	77.6	1268	1359.2	576	921.0	112	435.1	11	47.3	62	292.2	10	37.6	-	-	-	-
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	33.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhabdosargus sarba</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sillago japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	68.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ditrema temminckii temminckii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	45.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ditrema viride</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	105.7	1	35.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	-	-	-	-	1	14.2	-	-	2	114.9	4	341.8	26	197.5	-	-	1	5.2	-	-	-	-	-	-
<i>Pholis nebulosa</i>	2	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	34.2	-	-	-	-	-
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	1	17.7	-	-	1	2.3	1	7.3	41	270.6	1	7.4	1	6.0	-	-	23	309.6	40	958.8	5	109.4	9	215.3
<i>Cymnogobius heptacanthus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.8	-	-	-	-	-	-
<i>Glossogobius olivaceus</i>	-	-	-	-	-	-	-	3	14.9	-	-	-	-	-	-	-	1	8.2	-	-	-	-	-	-
<i>Chaenogobius gulosus</i>	-	-	-	-	1	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tridentiger obscurus</i>	-	-	-	-	3	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sphyræna pinguis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141	3527.0	26	830.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	63.0	-	-	1	49.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platichthys bicoloratus</i>	-	-	-	-	-	-	1	34.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Takifugu alboplumbus</i>	-	-	10	477.1	3	32.3	-	-	4	75.4	1	14.0	-	-	1	24.7	1	24.5	-	-	-	-	-	-
<i>Takifugu flavipeterus</i>	-	-	-	-	-	-	-	4	9.3	16	146.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Takifugu pardalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6	165.6	4	222.4	2	138.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lagocephalus spadiceus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	367.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Metapenæus ensis</i>	1	2.0	-	-	2	9.4	-	-	-	-	1	2.3	29	222.8	2	15.0	1	1.8	-	-	-	-	-	-
<i>Palaemon macrodactylus</i>	-	-	1	0.7	11	10.5	1	1.0	-	-	-	-	-	-	4	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Philyra pisum</i>	-	-	-	-	1	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Potunus pelagicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4.7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eriocheir japonica</i>	-	-	1	64.2	1	54.1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	424.9	-	-	11	1193.9	10	1307.2	20	2707.5
<i>Pagurus minutus</i>	-	-	1	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	7.8	3	5.2	2	2.6	-	-	-	-
<i>Loliolus (Nipponololigo) japonica</i>	-	-	-	-	1	1.6	9	106.2	-	-	2	42.8	1	19.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Octopus ocellatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	106.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- means no catch

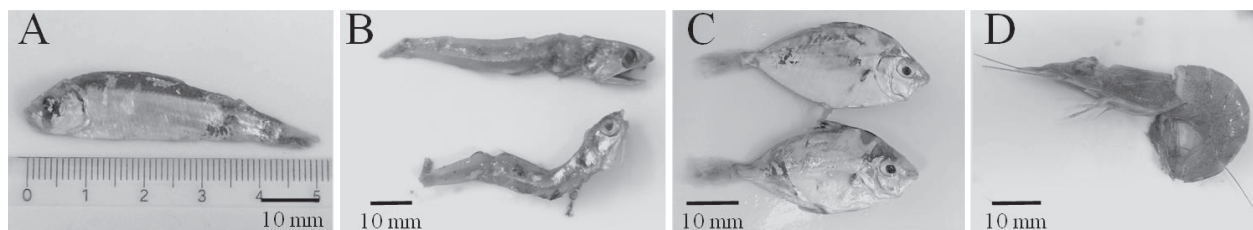
Table 3. Number of specimens and catch of red stingray

		St.1		St.2	
		Specimens	Catch	Specimens	Catch
Apr	n	1	16	0	0
	DW (mm)	614	232-614	-	-
May	n	0	6	0	2
	DW (mm)	-	182-270	-	134-472
Jun	n	1	7	3	5
	DW (mm)	375	200-375	350-610	260-610
Jul	n	0	4	6	6
	DW (mm)	-	206-384	166-453	166-453
Aug	n	0	4	5	11
	DW (mm)	-	124-258	112-386	112-386
Sep	n	5	8	1	4
	DW (mm)	342-474	171-474	518	155-518
Oct	n	2	3	6	7
	DW (mm)	369-570	301-570	153-389	153-389
Nov	n	1	2	0	1
	DW (mm)	354	206-354	-	176

Specimen is the red stingray that preyed fish or shrimp inside the set net.

た、St.1 におけるアカエイ標本個体数は4月に1個体、6月に1個体、9月に5個体、10月に2個体、11月に1個体の計10個体であり、標本個体の体盤幅は342～614 mm であった (Table 3)。St.2 では、5月から11月の間に36個体のアカエイが漁獲され、漁獲個体の体盤幅は112～610 mm であった (Table 3)。また、St.2 におけるアカエイ標本個体数は6月に3個体、7月に6個体、8月に5個体、9月に1個体、10月に6個体の計21個体であり、標本個体の体盤幅は112～610 mm であった (Table 3)。なお、両地点とも12月から3月では、アカエイは漁獲されなかった。

消化が進んでおらず、まず網内で捕食されたと判断した餌料生物はサツパ、カタクチイワシ、ヒイラギ、ヨシエビの4種であった (Fig. 2)。また、消化管内に存在した餌料生物の全長はサツパが40～110 mm 程度、カタクチイワシが40～80 mm 程度、ヒイラギが40 mm 程度、ヨシエビが70～90 mm 程度であった。したがって、本研究ではサツパ、カタクチイワシ、ヒ



**Fig. 2.** Photo of prey items in gastrointestinal tract of the red stingrays that thought to be preyed inside the set net. A : *Sardinella zunasi*, B : *Engraulis japonicus*, C : *Nuchequula nuchalis*, D : *Metapenaeus ensis*.

イラギ, ヨシエビの4種について, 出現頻度 (%F), 重量割合 (%W), 個体数割合 (%N), 餌料重要度指数の百分率 (%IRI), Manly の餌選択係数  $\alpha$  を求めた。

Table 4 に標本個体が漁獲された月における地点および餌料生物別の, 出現頻度 (%F), 重量割合 (%W), 個体数割合 (%N), 餌料重要度指数の百分率 (%IRI), Manly の餌選択係数  $\alpha$  を示した。St.1 の4月, 6月, 9月, 11月ではサッパのみが確認されたため, 餌選択性 (% $\alpha$ ) もサッパが100%であった (Table 4)。なお, アカエイ標本個体数が5個体と多かった9月については, 消化管から出現したアカエイ1個体あたりのサッパ個体数も平均16.2個体と, 他の月の平均4.2個体に比べ多かった。St.1 の10月ではサッパとヨシエビが確認されたが, 餌選択性 (% $\alpha$ ) はヨシエビが96.1%と高かった (Table 4)。

St.2 の6月, 7月, 9月ではカタクチイワシのみが確認されたため, 餌選択性もカタクチイワシが100%であった (Table 4)。St.2 の8月では, カタクチイワシ, ヒイラギ, ヨシエビの3種が確認され, 出現頻度 (%F), 重量割合 (%W), 個体数割合 (%N), 餌重要度 (%IRI) はカタクチイワシが高かったが, 餌選択性 (% $\alpha$ ) はヨシエビが96.9%と高かった (Table 4)。St.2 の10月では, カタクチイワシとヨシエビが確認され, 出現頻度 (%F) はカタクチイワシの方が高かったが, 出現頻度 (%F), 重量割合 (%W), 個体数割合 (%N), 餌重要度 (%IRI) はヨシエビのほうが高く, 餌選択性 (% $\alpha$ ) もヨシエビが89.3%と高かった (Table 4)。なお, St.2 においてサッパを捕食していたアカエイは存在しなかった (Table 4)。

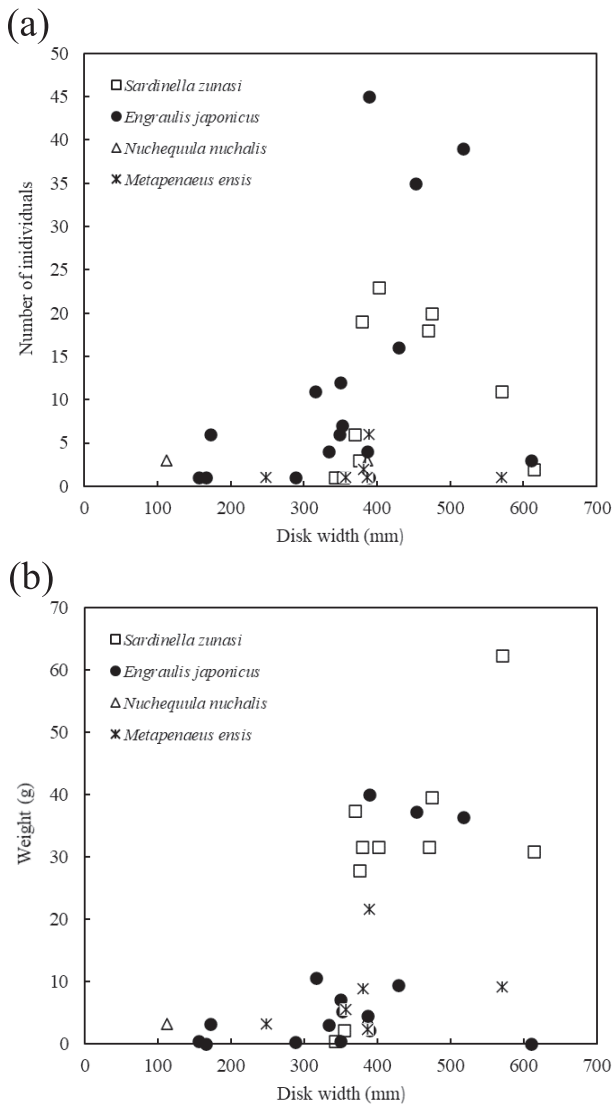
また, アカエイの体サイズと捕食された餌料生物の種類および量の関係を確認するために, アカエイの体盤幅とます網内で捕食された各餌料生物の個体数および重量の関係を Fig. 3 に示した。カタクチイワシは体盤幅116 mm の小型個体から体盤幅610 mm の大型個体が捕食していたのに対し, サッパは, 体盤幅342 mm の中型個体から体盤幅614 mm の大型個体が捕食していた (Fig. 3)。ヨシエビは, 体盤幅248 ~ 570 mm の個体が, ヒイラギは体盤幅112 mm, 386 mm の2個体だけが捕食していた (Fig. 3)。捕食

**Table 4.** Frequency of occurrence (%F), percentage by number (%N), percentage by weight (%W), index of relative importance (%IRI), and prey selectivity (% $\alpha$ ) of prey items that thought to be preyed inside the set net

		<i>Sardinella zunasi</i>		<i>Engraulis japonicus</i>		<i>Nuchequula nuchalis</i>		<i>Metapenaeus ensis</i>	
		St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2	St.1	St.2
Apr	%F	100.0	nd	-	nd	-	nd	-	nd
	%W	100.0	nd	-	nd	-	nd	-	nd
	%N	100.0	nd	-	nd	-	nd	-	nd
	%IRI	100.0	nd	-	nd	-	nd	-	nd
	% $\alpha$	100.0	nd	-	nd	-	nd	-	nd
Jun	%F	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	%W	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	%N	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	%IRI	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	% $\alpha$	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
Jul	%F	nd	0.0	nd	100.0	nd	0.0	nd	-
	%W	nd	0.0	nd	100.0	nd	0.0	nd	-
	%N	nd	0.0	nd	100.0	nd	0.0	nd	-
	%IRI	nd	0.0	nd	100.0	nd	0.0	nd	-
	% $\alpha$	nd	0.0	nd	100.0	nd	0.0	nd	-
Aug	%F	nd	0.0	nd	80.0	nd	40.0	nd	20.0
	%W	nd	0.0	nd	62.4	nd	27.6	nd	10.0
	%N	nd	0.0	nd	78.3	nd	17.4	nd	4.3
	%IRI	nd	0.0	nd	84.3	nd	13.5	nd	2.2
	% $\alpha$	nd	0.0	nd	2.6	nd	0.5	nd	96.9
Sep	%F	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	%W	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	%N	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	%IRI	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
	% $\alpha$	100.0	0.0	-	100.0	0.0	0.0	-	0.0
Oct	%F	100.0	0.0	-	83.3	0.0	0.0	50.0	66.7
	%W	94.0	0.0	-	8.9	0.0	0.0	5.6	91.1
	%N	91.6	0.0	-	33.3	0.0	0.0	8.4	66.7
	%IRI	96.4	0.0	-	25.1	0.0	0.0	3.6	74.9
	% $\alpha$	3.9	0.0	-	10.7	0.0	0.0	96.1	89.3
Nov	%F	100.0	nd	0.0	nd	0.0	nd	0.0	nd
	%W	100.0	nd	0.0	nd	0.0	nd	0.0	nd
	%N	100.0	nd	0.0	nd	0.0	nd	0.0	nd
	%IRI	100.0	nd	0.0	nd	0.0	nd	0.0	nd
	% $\alpha$	100.0	nd	0.0	nd	0.0	nd	0.0	nd

- means no catch of prey items.  
nd means no specimens of red stingray.

された餌料生物の個体数について, カタクチイワシはアカエイの体盤幅が大きくなるにつれて増加する傾向があったが, サッパは体盤幅が400 ~ 500 mm の個体



**Fig. 3.** Relationship between disk width of red stingray and (a) the number or (b) the weight of prey items that thought to be preyed inside the set net.

で最大となり、体盤幅500 mm以上の個体では減少した (Fig. 3a)。一方で、捕食された餌料生物の重量について、ヒイラギ以外の3種はアカエイの体盤幅が大きくなるにつれて増加する傾向があり、体盤幅400～500 mmの個体では、カタクチイワシとサツパの重量はどちらも約30～40 gであった (Fig. 3b)。したがって、サツパより体高が低く、1個体あたりの重量が軽いカタクチイワシは、より多くの個体がアカエイに捕食されていたものの、アカエイが捕食できる餌料生物の重量はアカエイの個体サイズに依存していることが示唆された。

#### まず網外におけるアカエイの餌料生物

アカエイの消化管内から出現した餌料生物には、まず網内で捕食されたと判断した種のほかに、体サイズがまず網の目合いより小さい種や、移動性が低く、ま

**Table 5.** Frequency of occurrence (%F), percentage by number (%N), percentage by weight (%W) and index of relative importance (%IRI) of prey items that thought to be preyed by red stingrays outside the set net

	%F	%W	%N	%IRI
St.1 (n=37)				
<i>Neomysis</i> spp.	48.6	9.3	26.9	18.5
<i>Acetes japonicus</i>	2.7	0.0	0.4	<0.1
<i>Palaemon</i> sp.	2.7	0.7	0.1	<0.1
<i>Cyathura</i> sp.	54.1	72.8	67.4	79.6
Amphipoda	18.9	1.2	1.8	0.6
<i>Iravadia elegantula</i>	5.4	0.2	1.0	0.1
<i>Corbicula japonica</i>	10.8	0.3	-	-
<i>Laternula marilina</i>	5.4	13.5	1.6	0.9
Annelida	8.1	2.1	0.7	0.2
St.2 (n=26)				
<i>Neomysis</i> spp.	19.2	0.5	14.8	23.4
<i>Acetes japonicus</i>	3.8	30.8	48.1	24.1
<i>Palaemon</i> sp.	7.7	15.0	14.8	18.2
<i>Philyra pisum</i>	3.8	1.7	1.9	1.1
Sphaeromatidae	3.8	0.3	1.9	0.6
Amphipoda	7.7	0.7	9.3	6.1
<i>Ruditapes philippinarum</i>	11.5	27.8	-	-
<i>Arcuatula senhousia</i>	3.8	0.1	-	-
Annelida	3.8	1.6	3.7	1.6
Unidentified	11.5	21.5	5.6	24.8

す網で漁獲されない二枚貝なども存在したため、これらの餌料生物種についても、出現頻度 (%F)、重量割合 (%W)、個体数割合 (%N)、餌料重要度指数の百分率 (%IRI) を求め、当水域におけるアカエイの主要な餌料生物を推定した。Table 5 に、両地点における餌料生物別の出現頻度 (%F)、重量割合 (%W)、個体数割合 (%N)、餌料重要度指数の百分率 (%IRI) を示した。St.1 では、9種の餌料生物が確認され、出現頻度 (%F) はスナウミナナフシ属 (54.1%) とイサザアミ属 (48.6%) が高かったが、餌料重要度 (%IRI) はスナウミナナフシ属が79.6%と極めて高かった (Table 5)。St.2 では、不明種を含む10種が確認され、出現頻度 (%F) はイサザアミ属 (19.2%) が高く、餌料重要度 (%IRI) はイサザアミ属 (23.4%) とアキアミ (24.1%) が高かった (Table 5)。

## 考 察

#### まず網内におけるアカエイの餌選択性

まず網内でアカエイに捕食されたと判断した餌料生物は4種であり、魚類では主に小型のサツパやカタクチイワシ、ヒイラギが捕食されていたのに対し、甲殻類では、比較的大型のヨシエビが多く捕食されていた (Fig. 2)。St.1 における出現頻度は、漁獲個体数が多く漁獲重量も大きかったサツパが高く (Table 1, Table 4)、St.2 では漁獲個体数が多かったカタクチイ

ワシが高かった (Table 2, Table 4)。一方で、餌選択性については、両地点とも漁獲個体数の少ないヨシエビが高かった (Table 1, Table 2, Table 4)。田上 (2014) は、東京湾で行われたバイオロギングを用いたアカエイの生息域利用に関する研究から、供試魚 (アカエイ) が沖合の定置網や生簀の周辺に移動した理由として、底網から排出されるイワシ等の死んだ魚を捕食している可能性を報告している。本研究においても、ます網内でアカエイに捕食されたと判断した魚類 (サッパ、カタクチイワシ、ヒイラギ) は漁獲個体数が多かったが、水揚げ時にすでに死んでいる個体が多かった。また、ます網内でアカエイに捕食されなかったスズキやゴンズイは漁獲個体数が多かったが、水揚げ時に死んでいる個体は少なかった。したがって、アカエイがます網内で捕食した魚類 (サッパ、カタクチイワシ、ヒイラギ) は、主にます網内で弱った個体または死亡した個体であると考えられた。しかし、餌選択性が高かったヨシエビについては、水揚げ時においても、ほとんどの個体が生きていることから、アカエイはヨシエビについては、生きている個体も捕食していると推察された。

なお、St.1 の4月では、アカエイの漁獲数が多いかつ餌候補であるサッパの漁獲数が多かったが、サッパを捕食していた標本個体数が少なかった。これは、サッパの産卵期は4月から9月であり (中村 2007)、同ます網で漁獲されたサッパはいずれも全長100 mm を超える成熟個体であったのに対し、漁獲されたアカエイの体盤幅は614 mm の一個体を除けば、体盤幅200 ~ 350 mm の小型個体が多かった (Table 3)。したがって、アカエイの個体サイズに対して餌候補であるサッパの個体サイズが大きすぎたことが考えられた。また、アカエイに捕食された餌料生物の種類および個体数は、アカエイの体盤幅によって異なっていたこと (Fig. 3)、St.2 では餌候補である小型のサッパも存在したものの、漁獲個体数が多かったカタクチイワシが捕食されていたことから、アカエイはます網内において、漁獲個体数が多く遭遇頻度が高い漁獲物で、捕食しやすいサイズのものを主に捕食していることが考えられた。

#### 汽水域におけるアカエイの主な餌料生物

St.1 ではスナウミナナフシ属とイサザアミ属が、St.2 では、イサザアミ属とアキアミの出現頻度が高かった (Table 5)。越川 (2017) は、宍道湖においてアカエイ幼魚の消化管内からイサザアミが出現したことを報告しており、鈴木ら (2018) は、斐伊川水系におけるアカエイの食性調査から、宍道湖でアカエイがイサザアミを高頻度で捕食していることを報告してい

る。一方で、Taniuchi and Shimizu (1993) が東京湾で行ったアカエイの食性調査や、金澤 (2003) が有明海で行ったアカエイの食性調査では、アミ類の出現頻度が低く、カニ類やエビ類が主な餌料であったことから、イサザアミ属は汽水域におけるアカエイの主要な餌であることが推察された。また、宍道湖 (St.1) では、スナウミナナフシ属の餌重要度が高かったことから (Table 5)、スナウミナナフシ属は宍道湖を利用するアカエイにとって重要な餌となっていることが考えられた。

#### 漁業への影響

本結果からは、宍道湖 (St.1) のます網漁におけるアカエイの主要な魚種への食害リスクは低いものと考えられた。宍道湖におけるます網漁の漁期は9月~3月であり、対象魚は、スズキ、コイ *Cyprinus carpio*、フナ類、マハゼ、シラウオ等である (島根県立宍道湖自然館ゴビウス・ホシザキグリーン財団 2002)。本研究において、上記の魚種を捕食していたアカエイは存在しなかった。また、宍道湖 (St.1) では、冬場の水温低下に伴って、アカエイが漁獲されなくなることから (Table 1)、フナ類やマハゼ、シラウオといった冬場に多く漁獲される魚種と、アカエイが混獲されることが少ないと考えられる。さらに、鈴木ら (2018) は、アカエイはヤマトシジミを餌料として利用していないことを報告しており、本研究でアカエイの消化管内から出現したヤマトシジミも誤食と考えられる殻の割られていない小型個体であった。したがって、本結果からは、宍道湖において、アカエイが食害を及ぼす可能性は低いことが示唆された。

石飛ら (2000) によると、中海・宍道湖において、サッパの利用度は低く、ほとんど出荷の対象になっていないことから、アカエイによるサッパの捕食は、当水域における水産業にはあまり影響しないことが考えられた。また、カタクチイワシについても、餌選択性が高く (Table 4)、アカエイ1個体当たりの捕食量も多い (Fig. 3) が、当水域において、カタクチイワシを対象とした漁はなく、ます網によって混獲された個体の一部が出荷される程度であるため、アカエイによるカタクチイワシの捕食についても、当水域における水産業にはあまり影響しないことが考えられた。

一方、ヨシエビはクルマエビ科に属するエビで、沿岸性が強く湾内で操業する底引き網や小型定置網の重要な漁獲対象であり (三宅 1982; 山根 2014)、当水域においても重要な水産種である。本結果より、ます網内において、アカエイのヨシエビに対する餌選択性が高いこと (Table 4)、出現頻度が高くヨシエビを捕食するアカエイが多いこと (Table 4)、ヨシエビの漁獲

数 (Table 1, Table 2) に対して捕食された個体数が多い (Fig. 3a) こと, まず網内でアカエイは生きたヨシエビを捕食している可能性が高いことから, 少なくともまず網内において, アカエイはヨシエビの食害生物であることが考えられた。アカエイは腹側に当たった生物を胸鰭で底質に押さえつけ, 口に運ぶことで捕食を行う。したがって, 岩礁の隙間等を利用するスジエビ類に比べ底質に潜る習性があるヨシエビはアカエイにとって捕食しやすい餌であると考えられる。またヨシエビは個体サイズが比較的大きく1個体あたりの重量が大きいこと, 餌料効率がよいことも考えられ, アカエイはヨシエビを選択的に捕食することが推察された。

Lim et al. (2019) は, 同じアカエイ科の *Brevitrygon heterura*, *Hemitrygon bennetti*, *Telatrygon biasa* の野外における食性調査から, クルマエビ科 (特にヨシエビ属である *Metapenaeus brevicornis* と *M. affinis*) が, これらのエイ類にとって重要な餌であることを報告している。また, Taniuchi and Shimizu (1993) が東京湾で行ったアカエイの食性調査からも, アカエイの餌料生物としてクルマエビ *Marsupenaeus japonicus* やサルエビ *Trachysalambria curvirostris* といったクルマエビ科のエビ類が含まれている。したがって, まず網外においてもアカエイが好んでクルマエビ科エビ類を捕食している可能性も考えられ, 今後, ヨシエビをはじめとしたクルマエビ科エビ類の漁業とアカエイの資源量との関係について注視する必要があると考えられた。

## 要 約

近年日本の沿岸域で急激に増加しているアカエイが, 生態系や水産業に与える影響を明らかにすることを目的とし, 島根県東部に位置する汽水域である宍道湖, 中海に設置されたます網内におけるアカエイの餌選択性を調査した。まず網内において, アカエイは死んだ魚や弱っている魚を捕食している可能性が高いことが明らかとなった。しかし, ヨシエビについては, 水揚げ時に生きている個体が多いのにも関わらず, アカエイのヨシエビに対する餌選択性が高く, 漁獲量に対して被食量も多かった。したがって, 汽水域におけるます網漁において, アカエイがヨシエビの食害生物であることが推定された。

## 謝 辞

日本シジミ研究所の職員の皆様には, サンプル提供と情報提供等多大なご支援をいただいた。島根大学生物資源科学部の倉田健悟准教授には, 本研究に対して

の議論とアドバイスをいただいた。また, 島根大学生物資源科学部の石山侑樹さんには, 標本の処理や測定を手伝っていただいた。お世話になった方々に, 深く感謝の意を表し, 厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 芦澤晃彦・坪井潤一 (2013) 下曾根コロニーにおけるカワウの餌魚種選好性. 平成23年度山梨県水産技術センター事業報告書, pp. 25-29.
- 堀口敏宏 (2005) 東京湾における底棲魚介類の種組成と生物量の変遷. 国立環境研究所ニュース, **24**, 3-6.
- 石飛 裕・平塚純一・桑原弘道・山室真澄 (2000) 中海・宍道湖における魚類および甲殻類相の変動. 陸士学会誌, **61**, 129-146.
- 伊藤龍星・平川千修 (2009) 胃と腸の内容物からみた周防灘南部沿岸におけるナルトビエイの食性. 水産技術, **1**, 39-44. [Ito, R. and C. Hirakawa (2009) Observation of stomach and intestinal contents to reveal the feeding habits of the longheaded eagle ray, *Aetobatus flagellum*, in the coastal waters of southern Suo-Nada, Seto Inland Sea, Japan. *J. Fish. Tec.*, **1**, 39-44 (in Japanese with English abstract).]
- 金澤孝弘 (2003) 水温下降期の有明海におけるアカエイの漁獲分布と食性. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, **13**, 149-152.
- 環境省 (2017) 有明海・八代海等総合調査評価委員会報告, **8**, pp. 366-376.
- 川原逸朗・伊藤史郎・山口敦子 (2004) 有明海のタイラギ資源に及ぼすナルトビエイの影響. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, **22**, 29-33.
- 越川敏樹 (2017) 宍道湖・中海・美保湾で貝類を食べる魚類とその状況. 平成28年度星崎グリーン財団環境修復プロジェクト報告書, 47-56.
- Lim, KC., VC. Chong, PE. Lim, T. Yurimoto and KH. Loh (2019) Feeding ecology of three sympatric species of stingrays on a tropical mudflat. *Marine Biol. Assoc. U. K.*, **99**, 999-1007.
- 三宅貞洋 (1982) 原色日本大型甲殻類図鑑 (I). 保育社, 大阪, p. 11.
- 中村幹雄 (2007) 宍道湖と中海の魚たち (日本シジミ研究所編), 山陰中央新報社, 島根, pp. 50-51.
- 新野洋平・柴田淳也・富山 毅・坂井陽一・橋本博明 (2017) 瀬戸内海中央部燧灘周辺におけるタチウオ *Trichiurus japonicus* の食性. 日水誌, **83**, 34-40. [Niino, Y., J. Shibata, T. Tomiyama, Y. Sakai and H. Hashimoto (2017) Feeding habits of the cutlassfish *Trichiurus japonicus* around Hiuchi-Nada, central Seto Inland Sea, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi.*, **83**, 34-40 (in Japanese with English abstract).]
- 島根県立宍道湖自然館ゴビウス・ホシザキグリーン財団 (2002) 宍道湖・中海の漁具, 漁法. ホシザキグリーン財団, 島根, pp. 65.
- 鈴木渚斗・山口啓子・門脇稔享・門脇 祥・松本洋典・中村幹雄 (2018) 斐伊川水系における水産有用二枚貝



- に対するアカエイの捕食特性. *Laguna*, **25**, 31-38. [Suzuki, K., K. Yamaguchi., T. Kadowaki., S. Kadowaki., H. Matsumoto and M. Nakamura (2018) Predatory characteristics of the red stingray *Dasyatis akajei* for the commercially important clams in the Hii River system. *Laguna*, **25**, 31-38 (in Japanese with English abstract).]
- 田上英明 (2014) 沿岸域総合的管理のための先駆的科学技术適用の取り組み, バイオロギングによる魚類の生息域利用調査に関する研究. 海洋政策研究, **12**, 53-83. [Tanoue, H. (2014) Application of advanced technology to integrated coastal management : Assessment of fish habitat use by Bio-Logging. *Ocean Policy Stud.*, **12**, 53-83 (in Japanese).]
- Taniuchi, T. and M. Shimizu (1993) Dental sexual dimorphism and food habits in the stingray *Dasyatis akajei* from Tokyo Bay, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 53-60.
- 山口敦子 (2003) 有明海のエイ類について—二枚貝の食害に関連して. 月刊海洋**35**, 241-245.
- 山口敦子 (2006) 日本沿岸域へのナルトビエイ *Aetobatus flagellum* の出現と漁業への影響. 月刊海洋号外, **45**, 75-79.
- 山口敦子 (2018a) 小学館の図鑑 Z (ゼット) 日本魚類館 (中坊徹次編), 小学館, 東京, pp. 54-55.
- 山口啓子 (2018b) 宍道湖・中海における水産資源と水環境. 水環境学会誌, **41**, 233-236. [Yamaguchi, K. (2018) Fishery resources and water environment of Lakes Shinji and Nakaumi. *Journal of J. Soc. Water. Env.*, **41**, 233-236 (in Japanese).]
- 山根史裕 (2014) ヨシエビ種苗生産の歴史. クルマエビ類の成熟・産卵と採卵技術 (奥村卓二・水藤勝喜編), 公益財団法人愛知県水産業振興基金, 愛知, pp. 15-19.
- 横山佳裕・森川太郎・藤井暁彦・内田唯史・中西 弘 (2014) 二枚貝類の保全に向けたナルトビエイ (*Aetobatus flagellum*) 個体群モデルの開発と効果的な駆除方法の検討. 水環境学会誌, **37**, 111-117. [Yokoyama, Y., T. Morikawa, A. Fujii, T. Uchida and H. Nakanishi (2014) Development of a population model and study of an effective extermination method for *Aetobatus flagellum* for the conservation of bivalves. *J. Soc. Water Env.*, **37**, 111-117 (in Japanese with English abstract).]