

## 茨城県平磯港の小規模なアマモ場と砂地の魚類群集構造の比較

小沼亮介<sup>1)</sup>・金子誠也<sup>2), 3)\*</sup>・豊田大晃<sup>1)</sup>・加納光樹<sup>1)</sup>

### Comparison of fish assemblage structures between a small seagrass bed and bare sandy area in the Hiraiso Harbor, Ibaraki Prefecture, eastern Japan

Ryousuke ONUMA<sup>1)</sup>, Seiya KANEKO<sup>2), 3)\*</sup>, Hiroaki TOYODA<sup>1)</sup> and Kouki KANOU<sup>1)</sup>

**Abstract:** In order to clarify fish assemblage structures in small fragmented seagrass beds inside harbors facing the open sea, daytime seine net sampling was conducted over a seagrass bed and adjacent bare sandy area in Hiraiso Harbor, Ibaraki Prefecture, eastern Japan, from May to August 2014. A total of 1126 fish individuals from 29 species and 562 individuals from 20 species were collected in the seagrass bed and sandy area, respectively. Despite the lack of significant differences in environmental properties (water temperature, salinity, turbidity and dissolved oxygen), except for mud content, between the seagrass bed and sandy area, the mean numbers of fish species and individuals per haul were significantly higher in the former throughout the study period, with species composition also differing remarkably between the two habitats. Larger-sized individuals also tended to be more abundant in the seagrass bed compared with the sandy area. These results indicated that fragmentary and small seagrass bed may provide an important habitat for some species.

**Keywords:** *Fish assemblage, Habitat structure, Sandy area, Seagrass bed*

#### 1. はじめに

海産被子植物のアマモ類は、沿岸浅海域や河口域の砂泥地にアマモ場と呼ばれる群落を形成す

る。世界の温帯域のアマモ場には多種多様な魚類が生息しており、一部の水産有用種の稚魚はアマモ場を成育場としても利用していることが示され

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

〒311-2402 茨城県潮来市大生 1375

Water Environmental Field Station, Global and Local Environment Co-creation Institute, Ibaraki University, 1375 Ohu, Itako, Ibaraki 311-2402, Japan

2) 東京大学大学院農学生命科学研究科

〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

Graduate School of Agricultural and Life Sciences,

The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-8657, Japan

3) 日本国際湿地保全連合

〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町 17-1 Wetlands International Japan, 17-1 Odenmachi, Nihonbashi, Chuo, Tokyo 103-0011, Japan

\*連絡著者：金子誠也

〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町 17-1 日本国際湿地保全連合

E-mail : seiya.kaneko@gmail.com

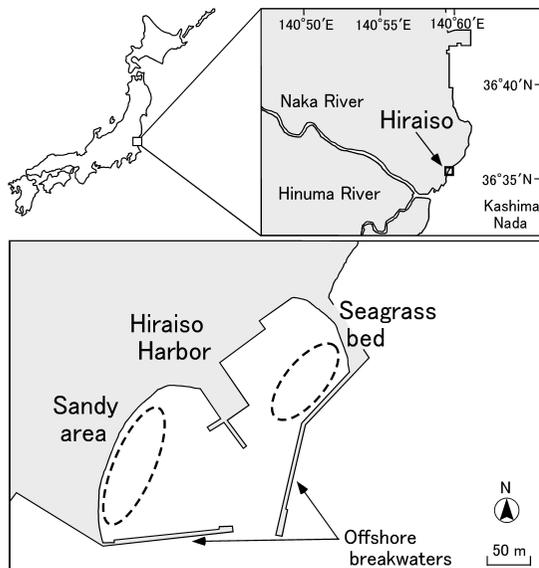


Fig. 1 Map of the study area in Hiraiso Harbor, Ibaraki Prefecture, eastern Japan. Broken lines indicate sampling areas in each habitat.

ている（例えば、EDGAR and SHAW, 1995a; JENKINS *et al.*, 1997; PIHL *et al.*, 2006）。日本各地のアマモ場では古くから多くの魚類相調査が実施され、諸外国と同様にアマモ場には多種多様な魚類が生息しており（例えば、布施, 1962; KIKUCHI, 1974; 小池・西脇, 1977; 木村ほか, 1983; 森口・高木, 2010; MOHRI *et al.*, 2013）、また、タイ類やスズキ、メバル類をはじめとする水産有用種の稚魚がアマモ場に季節的に滞在し成長することも確認されている（布施, 1962; 東, 1981; FUJITA *et al.*, 2002; KAMIMURA *et al.*, 2011）。さらに、アマモ場が提供する餌場や捕食者からの避難場としての機能についても野外・飼育実験によって検証されている（HORINOUCI, 2007; 堀之内, 2011; HORINOUCI *et al.*, 2013）。しかしながら、アマモ場とその周辺の砂地や砂泥地での魚類群集構造の比較については、内湾や汽水湖の比較的規模の大きなアマモ場でいくつかの研究事例があるものの（小池・西脇, 1977; 鈴木・家田, 2003; HORINOUCI, 2005; SATO *et al.*, 2016; 菅原ほか, 2018）、外海に面した港湾の内側の静穏な水域に認められる小規模で断片的

なアマモ場での研究事例は皆無である。

日本沿岸のアマモ場は明治時代以降に衰退の一途を辿り、とくに高度経済成長期には埋立てなどにより急速に減少し、1978–1991年の13年間に国内で消滅したアマモ場の総面積は2,077 haに及ぶ（環境庁自然保護局, 1994）。このような状況下において、国内の内湾や入り江内では、現存するアマモ場を保全する活動のほかに、環境修復や漁場回復のために大規模なアマモ場の再生事業も実施されてきたが（水産庁, 2007）、外海に面した港湾の内側の静穏水域にある小規模なアマモ場の保全についてはほとんど検討されていないのが実状である。

福島県から茨城県にかけての常磐・鹿島灘海域は、親潮と黒潮が交錯する国内有数の好漁場として知られているが、外海に面し波あたりが強く、海岸線が単調であるため、アマモ場は港湾内の静穏な場所にごくわずかに形成されているのみで、その面積は両県合わせても約13 haのみである（環境庁自然保護局, 1994）。本研究では、このような場所に立地する小規模で断片的なアマモ場が魚類の生息場所として果たす役割を把握するため、茨城県平磯港内のアマモ場と砂地で小型地曳網による魚類の定量採集を実施し、魚類の種数や個体数、種組成、体長組成といった群集構造がどの程度異なるのかを明らかにした。

## 2. 材料と方法

### 2.1 調査地の概要

茨城県中部に位置する平磯港（36°35'N, 140°61'E）は、外海からの波浪の影響を低減するために昭和初期から強固な防波堤によって周囲が囲まれており、防波堤内側中央の埠頭を挟んで北側と南側の2つに分かれている（Fig. 1）。平磯港の北側（Fig. 1）では、著者の一人の小沼によって2014年3月にアマモ（*Zostera marina*）の複数の小規模な群落が分散して分布していることが確認されており、その総面積は2016年時に50 m<sup>2</sup>程度であったことが報告されている（臼井ほか, 2017）。一方で、平磯港の南側では、2014年3月にアマモの生育は認められず、砂地が広がってい

た。そこで本研究では、平磯港の北側・南側に位置するアマモ場と砂地を調査地として選定した (Fig. 1)。

なお、2014年5-8月の各月に調査地のアマモ場内に任意に設定した5区画 (1区画あたり  $1\text{ m}^2$ ) で計測したアマモの平均株密度 $\pm$ 標準偏差は5月に  $7.2 \pm 2.1$  株/ $\text{m}^2$ , 6月に  $8.4 \pm 1.4$  株/ $\text{m}^2$ , 7月に  $5.8 \pm 0.8$  株/ $\text{m}^2$ , 8月に  $3.6 \pm 0.9$  株/ $\text{m}^2$ , また、平均葉長 $\pm$ 標準偏差 (各月で  $n = 25$ ) は5月に  $49.1 \pm 4.1$  cm, 6月に  $50.4 \pm 3.9$  cm, 7月に  $49.0 \pm 2.2$  cm, 8月に  $56.6 \pm 12.7$  cm であり、7月以降に株数が減少傾向にあるものの、いずれの月もアマモが生育していた。

## 2.2 魚類の採集

2014年5月から8月に、毎月1回の頻度で、大潮の昼の干潮時にアマモ場と砂地で魚類を採集した。採集には小型地曳網 (袖網長4 m, 高さ1 m, 目合2 mm  $\times$  2 mm: 胴網部の長さ4 m, 目合1 mm  $\times$  1 mm) (KANOU *et al.*, 2002) を用いた。採集時には袖網部の両端を2名が持ち、網の開口幅を4 mにした状態で、水深1 m以浅のアマモ場 (小規模なアマモ群落を含む水域) または砂地を、海岸線と平行に20 m, 歩いて曳網した。各月のアマモ場と砂地での曳網回数は5回ずつとした。採集物は現場でただちに10%ホルマリン溶液で固定し、研究室に持ち帰った。

研究室では採集物から魚類のみを選別し、種を同定して発育段階を確認した後、個体数を計数し、体長 (body length) を0.1 mmの精度で計測した。種の同定は中坊 (2013) と沖山 (2014) に、また、魚種リストの科および種の配列、標準和名、学名は中坊 (2013) に従った。仔稚魚の発育段階区分はKENDALL *et al.* (1984) に従ったうえで、ハゼ科稚魚についてのみKANOU *et al.* (2004) に基づいて細分した。体長の定義はLEIS and CARSON-EWART (2000) に従った。

## 2.3 環境の調査

水質調査は、各月の魚類採集と同時に実施した。アマモ場と砂地の魚類採集地点各5か所 (水深

60-80 cm) の中層 (水底から30-40 cm) において、多項目水質計U-52 (HORIBA社製) を用いて水温、塩分、溶存酸素量、濁度を測定し、その平均値を求めて代表値とした。底土の中央粒径値と泥分については、まず、2014年5月にアマモ場と砂地の魚類採集地点各5か所の底土の表層約2 cmから約50 gずつの試料を採取した。研究室でそれらの試料を脱塩し乾燥させた後、30%過酸化水素水を加えて有機物を分解し、上澄みを取り除くことで有機物を除去した。これを乾燥させたものを、目合2000, 1000, 500, 250, 125, 63  $\mu\text{m}$  のステンレス製ふるいでふるい分け、各ふるいに残留した試料の重量を電子天秤で0.001 gまで秤量し、これらの値から累積重量曲線を求めることで、中央粒径値を得た。泥分は粒径63  $\mu\text{m}$  以下の試料の重量が表土全体の重量に占める割合 (%) とした。

## 2.4 解析方法

各生息場所において採集された魚類の種数と総個体数は1曳網 (80  $\text{m}^2$ ) あたりの平均値で示した。魚類の種数と総個体数に、生息場所間 (アマモ場と砂地) と月間 (5-8月) で違いがあるかどうかを二元配置分散分析で明らかにした。月間で有意な差が生じた場合には、多重比較法 (Scheffé test) を用いてどの月の間に違いがあるかを調べた。なお、分析の際、魚類の総個体数のデータについては、変量の等分散性および正規性を得るために対数変換 [ $\log_{10}(x+1)$ ] を行った。調査期間を通して出現した全魚種の体長がアマモ場と砂地で異なるかどうかを明らかにするために、Mann-Whitney's *U* test を行った。

魚類の種組成が生息場所間や月間でどの程度異なるのかを明らかにするために、各月の各生息場所から採集された各種の個体数に基づいて類似度を求め、クラスター分析を行った。類似度にはBray-Curtis指数 ( $PS_2$ ) を、クラスターの連結には群平均法を用いた (小林, 1995)。さらに、アマモ場と砂地の魚類群集の相違性に各種がどの程度貢献しているのかについてはSIMPER解析によって調べた (PIHL *et al.*, 2006)。なお、各月の各

**Table 1.** Mean water temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), water turbidity, mud content and median grain size ( $\pm$  standard deviation) in the seagrass bed (SB) and adjacent sandy area (SA) in each sampling month

Month	Habitat	Water				Sediment	
		Temperature ( $^{\circ}$ C)	Salinity	DO (mg/L)	Turbidity (NTU)	Mud content (%)	Median grain size ( $\mu$ m)
May	SB	22.2 $\pm$ 0.2	31.4 $\pm$ 0.1	6.8 $\pm$ 0.1	8.5 $\pm$ 0.3	2.5 $\pm$ 0.2	193.9 $\pm$ 3.8
	SA	19.8 $\pm$ 0.1	31.7 $\pm$ 0.1	8.0 $\pm$ 0.5	8.4 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.0	189.4 $\pm$ 4.5
June	SB	21.9 $\pm$ 0.1	30.4 $\pm$ 0.0	8.6 $\pm$ 0.4	3.5 $\pm$ 0.6	—	—
	SA	22.4 $\pm$ 0.2	29.3 $\pm$ 0.1	9.1 $\pm$ 0.6	5.1 $\pm$ 1.3	—	—
July	SB	21.4 $\pm$ 0.1	28.3 $\pm$ 0.4	8.3 $\pm$ 0.4	0 $\pm$ 0	—	—
	SA	21.4 $\pm$ 0.1	28.2 $\pm$ 0.1	8.9 $\pm$ 0.6	0 $\pm$ 0	—	—
August	SB	24.9 $\pm$ 0.1	31.5 $\pm$ 0.0	7.4 $\pm$ 0.2	1.6 $\pm$ 1.6	—	—
	SA	24.6 $\pm$ 0.2	31.0 $\pm$ 0.1	8.0 $\pm$ 0.2	0 $\pm$ 0	—	—

生息場所で採集された魚類の個体数は魚種によって大きく異なり、類似度が個体数の多い種に影響されやすい。そこで、分析の際には個体数の少ない種の貢献度を高めるために、各種の個体数データを対数変換 [ $\log_{10}(x+1)$ ] した。以上の解析には、多変量解析ソフト PRIMER 7 を用いた。

### 3. 結果

#### 3.1 物理環境

各月の各生息場所における水温、塩分、溶存酸素量、濁度、底質の泥分と中央粒径値を Table 1 に示した。水温、塩分、溶存酸素量、濁度の平均値は、調査期間中にそれぞれ 19.8–24.9 $^{\circ}$ C、28.2–31.7、6.8–9.1 mg/L、0.0–8.5 NTU の範囲で変動したが、ほとんどの月で生息場所間での明瞭な差を見出すことはできなかった。底土の泥分と中央粒径値の平均値 $\pm$ 標準偏差は、アマモ場で 2.5  $\pm$  0.2% と 193.9  $\pm$  3.8  $\mu$ m、砂地で 0.1  $\pm$  0.0% と 189.4  $\pm$  4.5  $\mu$ m であり、アマモ場と砂地では底質の中央粒径は同程度だが、アマモ場の方が泥の堆積がわずかに多かった。

#### 3.2 出現魚種の概要

調査期間中に採集された魚類は、仔稚魚を中心とした合計 23 科 37 種 1688 個体であった (Table 2)。生息場所別の種数は、アマモ場では 29 種、砂地では 20 種で、アマモ場の方が砂地よりも多かった。このうち、アマモ場と砂地で共通して採集されたのは 12 種であった。一方、アマモ場のみで採集されたのは 17 種、砂地のみで採集さ

れたのは 8 種であった。生息場所別の総個体数は、アマモ場で 1126 個体、砂地で 562 個体であり、アマモ場が砂地の約 2 倍も多かった。

アマモ場で優占した上位 8 種は、アゴハゼ *Chaenogobius annularis* (アマモ場で採集された魚類の総個体数の 46.8%)、メジナ属の一種 *Girella* sp. (14.9%)、スズキ *Lateolabrax japonicus* (10.1%)、ウミタナゴ *Ditrema temminckii temminckii* (8.1%)、ボラ *Mugil cephalus cephalus* (3.0%)、メバル属の一種 *Sebastes* sp. (2.9%)、クロダイ *Acanthopagrus schlegelii* (2.1%)、ヨウジウオ *Syngnathus schlegelii* (1.8%) であった (Table 2)。一方、砂地で優占した上位 8 種は、コノシロ *Konosirus punctatus* (砂地で採集された魚類の総個体数の 39.3%)、マハゼ *Acanthogobius flavimanus* (21.5%)、イシカワシラウオ *Salangichthys ishikawae* (11.6%)、シロギス *Sillago japonica* (6.6%)、スズキ (4.4%)、アゴハゼ (4.1%)、トラフグ属の一種 *Takifugu* sp. (4.1%)、メナダ属の一種 *Chelon* sp. (2.5%) であった。このように、アマモ場と砂地で優占した種は、アゴハゼとスズキの 2 種しか重複していなかった。

なお、本研究で記録されたウミタナゴとトビイトギンボ *Zoarchias glaber* (Table 2) については、太平洋側の分布域が前者で津軽海峡から福島県、後方で千葉県から三重県とされてきたため (KATAFUCHI and NAKABO, 2007; 中坊, 2013)、本研究によってそれぞれの南限と北限の分布記録が更新された。

**Table 2.** Number of individuals, size range (body length, BL) and developmental stages (DS) of fish species collected by seine net from the seagrass bed (SB) and adjacent sandy area (SA) in Hiraiso Harbor from May to August 2014

Family	Species (code)	May		June		July		August		Total			BL (mm)	DS*	
		SB	SA	SB	SA	SB	SA	SB	SA	SB	SA	Total			
Clupeidae	<i>Sardinella zunasi</i>						1				1	1	10.8	Po	
	<i>Konosirus punctatus</i> (Kp)	1	143	7	78			4		12	221	233	7.6-24.1	Pr-J	
Engraulidae	<i>Engraulis japonica</i>						1				1	1	25.2	Po	
Osmeridae	<i>Hypomesus nipponensis</i> (Hn)	1	9							1	9	10	13.7-25.8	F, Po	
Salangidae	<i>Salangichthys ishikawae</i> (Si)				39		26				65	65	19.3-30.3	Po	
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>							1		1	1	1	238.0	J	
Syngnathidae	<i>Syngnathus schlegelii</i> (Ss)				3		7		10		20	20	97.8-232.0	J, A	
Mugilidae	<i>Mugil cephalus cephalus</i> (Mc)	29		1			3		1		34	34	19.3-55.1	J	
	<i>Chelon</i> sp. (Ch)				14						14	14	9.1-13.5	J	
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus sajori</i>						1				1	1	92.6	J	
Sebastidae	<i>Sebastes</i> sp. (Se)	8		5			18		2		33	33	35.5-71.8	J	
Lateolabracidae	<i>Lateolabrax japonicus</i> (Lj)	51	1	45	8	13	9	5	7		114	25	139	21.5-119.9	J
Sparidae	<i>Acanthopagrus schlegelii</i> (As)	3	1	10	1	5		6			24	2	26	7.5-33.6	Po, J
Sciaenidae	<i>Nibea mitsukurii</i> (Nm)								1		1	1	5.2	Po	
Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i> (Sj)					1	1		36	1	37	38	7.1-15.2	Po, J	
Embiotocidae	<i>Ditrema temminckii temminckii</i> (Dt)			22			60		9		91	91	48.6-145.0	J, A	
Girellidae	<i>Girella</i> sp. (Gi)	6		27			135				168	168	15.1-47.4	J	
Cottidae	<i>Pseudoblepius cottoides</i> (Pc)	12		5			1				18	18	20.0-56.3	J	
	<i>Pseudoblepius percoides</i>						1		1		2	2	83.1-97.5	A	
Stichaeidae	<i>Zoarchias glaber</i>	6					1		1		8	8	52.9-90.8	J, A	
Pholidae	<i>Pholis nebulosa</i>	4					4				8	8	66.0-117.8	J	
	<i>Pholis crassispina</i>						1				1	1	95.7	J	
Blenniidae	<i>Omobranchus elegans</i>			1			1				2	2	14.0-16.0	J	
Gobiidae	<i>Luciogobius guttatus</i>						1				1	1	6.2	Po	
	<i>Acanthogobius flavimanus</i> (Af)	13	121	2							15	121	136	8.0-15.1	Po-J <sub>2</sub>
	<i>Rhinogobius</i> sp. (Rh)						3			1	3	1	4	9.3-11.6	J <sub>1</sub>
	<i>Favonigobius gymnauchen</i> (Fg)	6							7	1	13	1	14	9.5-58.1	J <sub>3</sub> , A
	<i>Gymnogobius petschiliensis</i>	1									1	1	1	21.5	J <sub>2</sub>
	<i>Gymnogobius urotaenia</i> (Gu)	1	7								1	7	8	10.4-23.6	Po-J <sub>2</sub>
Sphyrinaeidae	<i>Chaenogobius annularis</i> (Ca)	235	23	279			13				527	23	550	3.6-21.1	Pr-J <sub>3</sub>
	<i>Sphyrina obtusata</i> (So)								3		3	3	51.3-69.5	J	
	<i>Sphyrina japonica</i> (Sja)		3		1	2	3				2	7	9	39.7-66.5	J
Pleuronectidae	<i>Kareius bicoloratus</i>		1								1	1	46.4	J	
	<i>Pleuronectes yokohamae</i>				1						1	1	70.8	J	
Tetraodontidae	<i>Takifugu</i> sp. (Ta)			2			13	21	2	2	17	23	40	2.1-16.5	Y-J
	<i>Takifugu pardalis</i>						2				2	2	2	20.3-36.5	J
	<i>Takifugu poecilonotus</i>			1			2				3	3	3	34.9-74.8	J
Total number of species		15	9	15	6	20	9	13	6	29	20	37			
Total number of individuals		377	309	411	141	286	64	52	48	1126	562	1688			

Codes shown in Fig. 4

\*DS: A, adult; F, flexion larva; J, juvenile; J<sub>1-3</sub>, juvenile gobiids; Po, postflexion larva; Pr, preflexion larva; Y, yolk sac larva.

### 3.3 種数と総個体数

各月のアマモ場と砂地における1曳網(80 m<sup>2</sup>)あたりの平均種数と平均総個体数を Fig. 2 に示した。種数と総個体数が生息場所間と月間で異なるかどうかを二元配置分散分析で調べたところ、どちらも生息場所間と月間において有意な差が認められ、交互作用は存在しなかった (Table 3)。種数と総個体数は、ともにアマモ場で砂地よりも有意に多かった (Scheffé test, 種数,  $p < 0.001$ ; 総個体数,  $p < 0.05$ )。月間で比較すると、種数については5月と7月に8月よりも多く、総個体数に

ついては5月に7月よりも、また5月と6月に8月よりも多かった。

### 3.4 種組成

各月のアマモ場と砂地で採集された魚類の種組成の類似度に基づいてクラスター分析を行ったところ、類似度 30% で4つのグループに分けられた (Fig. 3)。すなわち、5-8月のアマモ場 (グループ I)、5月の砂地 (グループ II)、6月と7月の砂地 (グループ III)、8月の砂地 (グループ IV) であり、本調査期間中において魚類の種組成はアマモ

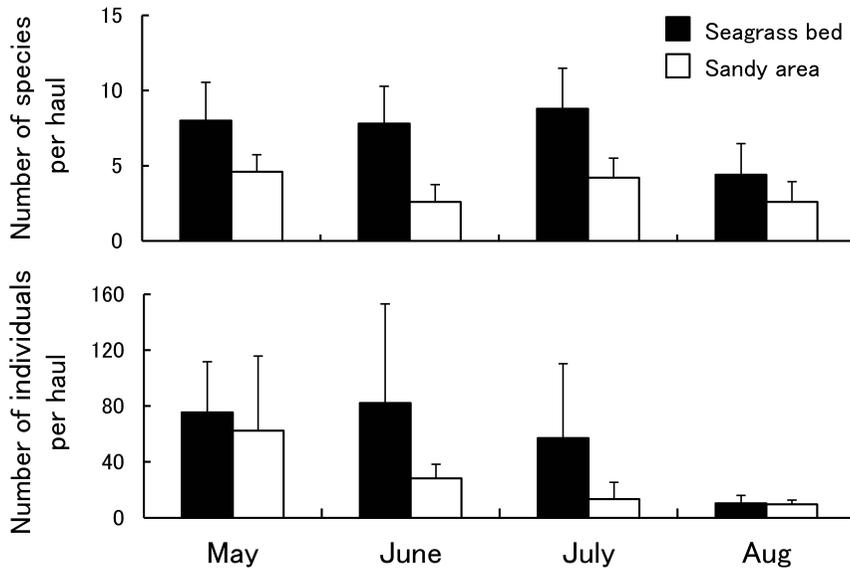


Fig. 2 Mean numbers of fish species and individuals per seine net haul (80 m<sup>2</sup>,  $n = 5$ ) in the seagrass bed and sandy area in Hiraiso Harbor from May to August 2014. Vertical bars indicate standard deviations.

Table 3. Results of a two-way ANOVA testing differences in mean numbers of fish species and individuals per haul between the seagrass bed and adjacent sandy area from May to August 2014

	df	MS	F	p	Scheffé test
Number of species					
Habitat	1	140.63	37.13	< 0.001	SA < SB
Month	3	18.89	4.99	< 0.05	Aug < May = July
Habitat × month	3	5.63	1.49	0.24	
Error	32	3.79			
Number of individuals					
Habitat	1	0.68	7.54	< 0.05	SA < SB
Month	3	1.05	11.69	< 0.001	July < May, Aug < May = June
Habitat × month	3	0.13	1.43	0.25	
Error	32	0.09			

場と砂地で異なっており、かつ、アマモ場の方が砂地と比べて月間での種組成の変動が小さい傾向も認められた。

アマモ場と砂地の魚類群集間の相違性に対して、どの種がどの程度寄与しているのかをSIMPER解析によって調べたところ、相違性に寄与していた上位15種は、アゴハゼ、ウミタナゴ、メジナ属の一種、コノシロ、メバル属の一種、イシカ

ワシラウオ、クロダイ、ヨウジウオ、マハゼ、ボラ、スズキ、シロギス、トラフグ属の一種、アサヒアナハゼ *Pseudoblennius cottoides*、ヒメハゼ *Favonigobius gymnauchen* であり、これらの種の積算貢献度は76.1%を占めていた (Table 4)。これらの種のうち、アゴハゼ、ウミタナゴ、メジナ属の一種、メバル属の一種、クロダイ、ヨウジウオ、ボラ、スズキ、アサヒアナハゼ、ヒメハゼの

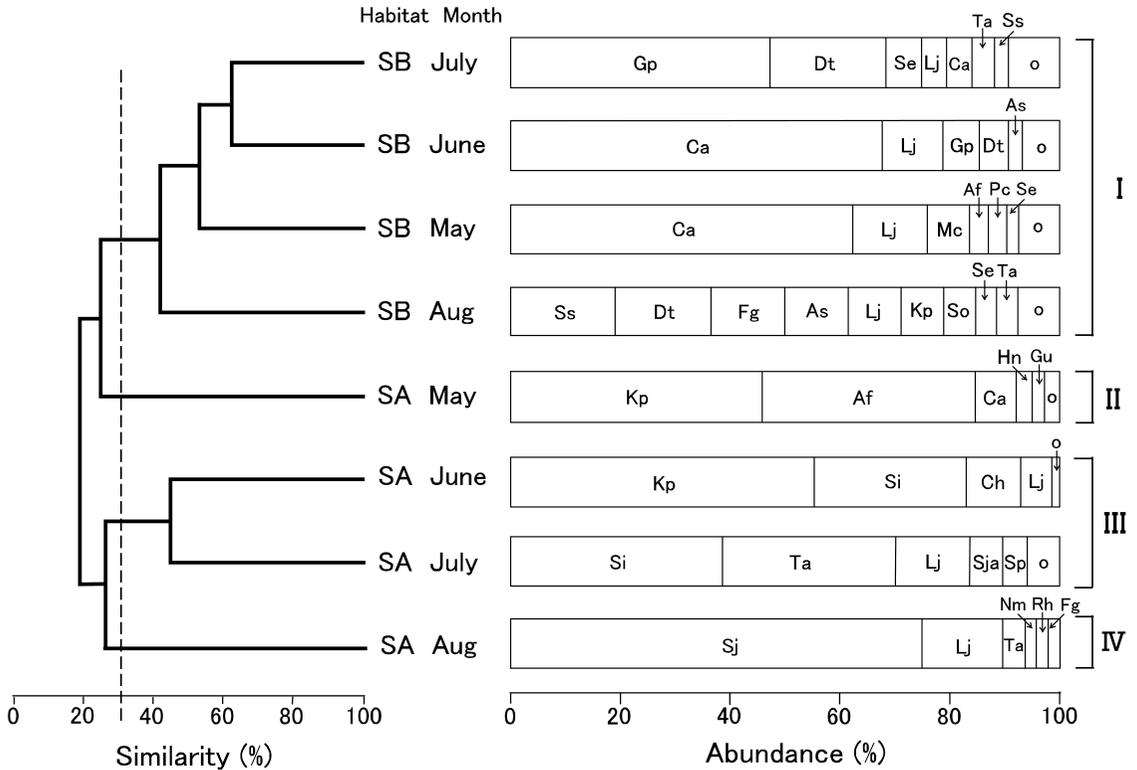


Fig. 3 Dendrogram obtained from cluster analysis based on the number of individuals of each fish species collected from each habitat (SB, seagrass bed; SA, sandy area) in Hiraiso Harbor from May to August 2014, and percentage abundance of dominant fish species in each habitat in each month. Assemblages divided into four groups (I-IV) at 30% level of similarity. Fish species abbreviations given in Table 2; O indicates fish species comprising less than 3% of total abundance in each habitat in each month.

10種はアマモ場で砂地よりも個体数が多く、残りの5種は砂地でアマモ場よりも個体数が多かった。

3.5 体長

アマモ場と砂地のそれぞれで調査期間を通して出現した全魚種の体長組成を Fig. 4 に示した。生息場所間で出現した全魚種の体長を比較したところ、アマモ場の方が砂地よりも有意に大きかった (Mann-Whitney's *U* test,  $z = -13.46, p < 0.001$ )。アマモ場と砂地ではそれぞれに異なる優占種の仔稚魚 (体長 3 cm 未満) が多く出現するほか、アマモ場ではメジナ属の一種やスズキ、ボラ、メバル属の一種の大型の稚魚 (体長 3 cm 以

上) が多く、アマモ場のみでウミタナゴやヨウジウオといった小型魚類の成魚が出現することも確認された (Fig. 4, Table 2)。

4. 考察

本調査地のアマモ場と砂地との間で物理環境を比較したところ、水温や塩分、溶存酸素量、濁度に明瞭な差は認められなかった。一方、底質の泥分は、アマモ場の方が砂地よりもわずかに多かった。これは、アマモの立体構造によって波浪や水流の影響が弱まることによって、泥が堆積しやすくなったためと考えられた。

魚類の種数と総個体数は、調査期間を通じてアマモ場で砂地よりも有意に多かった。また、アマ

**Table 4.** Fish species most responsible for the assemblage structure difference between the seagrass bed (SB) and adjacent sandy area (SA), listed in order of contribution to the average Bray-Curtis dissimilarity

Rank	Species	Mean number of individuals		Contribution (%)	Cumulating contribution (%)
		SB	SA		
1	<i>Chaenogobius annularis</i>	131.8	5.8	8.8	8.8
2	<i>Ditrema temminckii temminckii</i>	22.8	0.0	7.0	15.8
3	<i>Girella</i> sp.	42.0	0.0	6.8	22.6
4	<i>Konosirus punctatus</i>	3.0	55.3	6.7	29.3
5	<i>Sebastes</i> sp.	8.3	0.0	5.7	35.0
6	<i>Salangichthys ishikawae</i>	0.0	16.3	5.2	40.2
7	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	6.0	0.5	4.7	44.9
8	<i>Syngnathus schlegeli</i>	5.0	0.0	4.6	49.5
9	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	3.8	30.3	4.5	54.1
10	<i>Mugil cephalus cephalus</i>	8.5	0.0	4.4	58.4
11	<i>Lateolabrax japonicus</i>	28.5	6.3	3.8	62.3
12	<i>Sillago japonica</i>	0.3	9.3	3.6	65.9
13	<i>Takifugu</i> sp.	4.3	5.8	3.6	69.4
14	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	4.5	0.0	3.5	72.9
15	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	3.3	0.3	3.3	76.1
16	<i>Zoarchias glaber</i>	2.0	0.0	2.4	78.6
17	<i>Sphyraene japonica</i>	0.5	1.8	2.3	80.9
18	<i>Pholis nebulosa</i>	2.0	0.0	2.1	83.0
19	<i>Chelon</i> sp.	0.0	3.5	2.0	85.0
20	<i>Hypomesus nipponensis</i>	0.3	2.3	1.7	86.7
21	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	0.3	1.8	1.6	88.3
22	<i>Sphyraena obtusata</i>	0.8	0.0	1.3	89.7
23	<i>Rhinogobius</i> sp.	0.8	0.3	1.2	90.9

モ場と砂地の間では、種組成も大きく異なっていた。したがって、本調査地のように外海に面した港湾の内側の静穏な水域に形成される小規模で断片的なアマモ場であっても、周辺の砂地とは異なる魚類群集が形成されることが明らかになった。同様に、国内外の内湾や河口域にある規模のより大きなアマモ場でも、周辺の砂地や砂泥地と比べて魚類の種数が多く、それらの個体数密度が高い傾向にあること、また、種組成も異なることが確認されている（例えば、CONNOLLY, 1994; EDGAR and SHAW, 1995a; JENKINS *et al.*, 1997; PIHL *et al.*, 2006; SATO *et al.*, 2016; 菅原ほか, 2018）。

SIMPER 解析の結果、本調査地のアマモ場の魚類群集に大きく寄与した種としてアゴハゼ、ウミタナゴ、メジナ属の一種、メバル属の一種、クロダイ、ヨウジウオ、ボラ、スズキ、アサヒアナハ

ゼ、ヒメハゼの 10 種が、また、砂地の魚類群集に大きく寄与した種としてコノシロ、イシカワシラウオ、マハゼ、シロギス、トラフグ属の一種が挙げられた。これらのうち、アゴハゼ、メジナ属、メバル属、クロダイ、スズキの仔稚魚は他地域のアマモ場でも季節的に出現し、しばしば優占する種であり、また、ウミタナゴ属やヨウジウオ、アサヒアナハゼは他地域のアマモ場で周年滞在するとされている種である（木村ほか, 1983; MOHRI *et al.*, 2013; 菅原ほか, 2018）。一方で、砂地で多かったコノシロやイシカワシラウオ、シロギス、マハゼの仔稚魚は他地域の砂浜海岸や干潟域で優占的に出現し、そこに滞在して成長することが知られている（例えば、加納ほか, 2000; 荒山ほか, 2002, 2003）。したがって、本調査地のアマモ場と砂地での魚類群集の相違性は、これらの種が生活史の

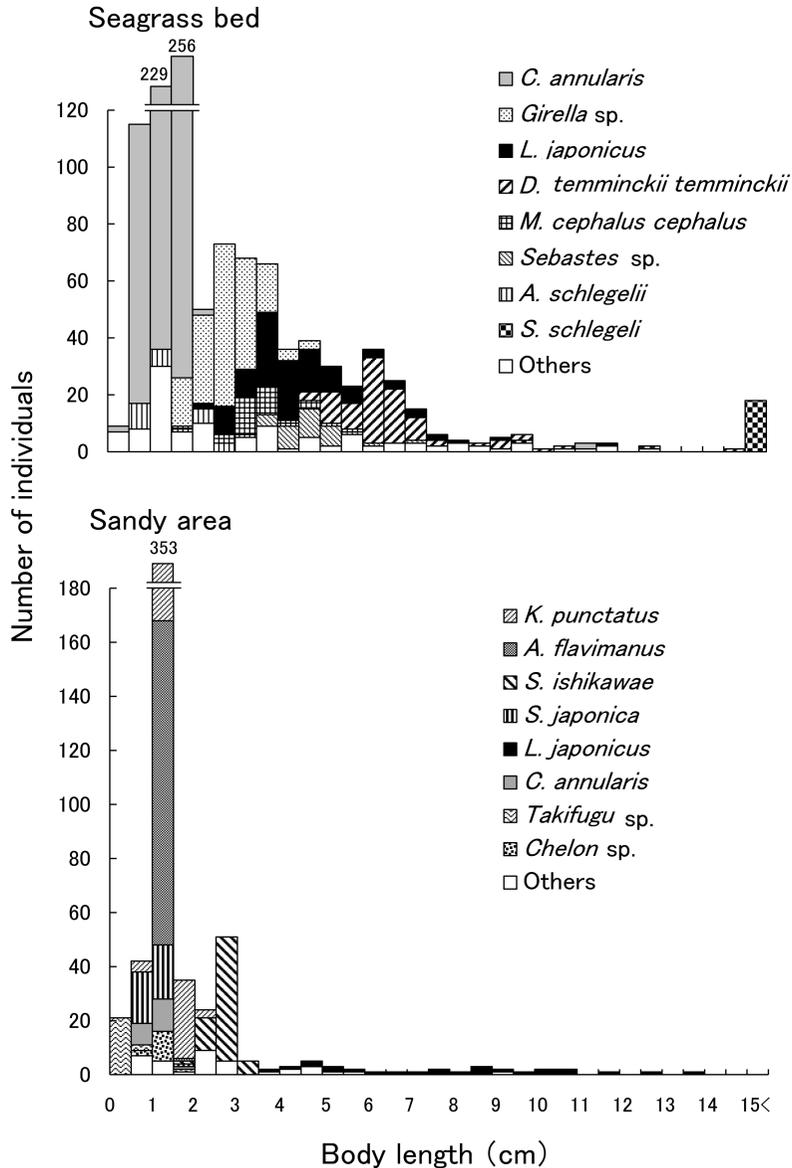


Fig. 4 Frequency distributions of body lengths of all fishes collected in the seagrass bed and sandy area in Hiraiso Harbor from May to August 2014.

中でそれぞれの生息場所を利用する，ということで説明する。

本調査期間中にアマモ場と砂地で出現した全魚種の体長を比較したところ，アマモ場の方が砂地よりも明らかに大きかった。このような生息場所間での体長組成の差異には，アマモ場では体長3

cm未滿の仔稚魚だけでなく，体長3 cm以上のメジナ属の一種やスズキ，ボラ，メバル属の一種などの稚魚が多いうえに，アマモ場のみでウミタナゴやヨウジウオといった小型魚類の成魚が出現することが関わっていた。他地域の大規模なアマモ場では，スズキやクロダイなどの一部の種が季

節的に滞在して成長し、その滞在期間が周辺の砂地や砂泥地と比べて長いことが示されている (FUJITA *et al.*, 2002)。また、ウミタナゴ属やヨウジウオ、アサヒアナハゼなどの小型魚類が周年滞在することも報告されている (木村ほか, 1983; MOHRI *et al.*, 2013)。

一般的に、アマモ場に多くの魚類が生息するのは、この場所が魚類の餌場や捕食者からの避難場として機能しているためであると考えられている。これまでの研究によって、アマモ場には魚類の餌となる小型底生無脊椎動物が豊富に存在し (KIKUCHI, 1974; EDGAR and SHAW, 1995b; YAMADA *et al.*, 2010)、また、アマモが形成する複雑な立体構造は一部の魚食魚の摂餌行動を制限しうることが報告されている (堀之内, 2011)。さらに、アマモ場が波浪や水流の影響を弱めることで、仔稚魚が滞在しやすい静穏域を創出している可能性もある。しかしながら、本研究では、水質環境と各種の個体数および体長しか調べておらず、流動条件、各種の微小生息場所や餌利用パターン、捕食者の生息密度などを把握していないため、どの魚種がアマモ場のどのような機能を主に利用していたかについては判断がつかなかった。

内湾に位置する小規模で断片的なアマモ場は、面積が小さくともアマモ場を利用する魚種が多く生息しており (Horinouchi *et al.*, 2009; 森口・高木, 2010)、地域のアマモ場の保全施策を検討するうえで無視できない存在である。本研究によって、外海に面した港湾の内側に認められる小規模で断片的なアマモ場でもアマモ場特有の魚種が多く生息し、周辺の砂地とは異なる魚類群集が形成されることが明らかとなった。さらに、本調査地のアマモ場ではウミタナゴとトビイトギンポの南限・北限記録が更新されるなど、生物地理学的にも重要な場所と判断できる。先述したように、福島県から茨城県にかけての常磐・鹿島灘海域にはアマモ場が非常に少ないため、この海域の生物多様性保全の観点からは、本調査地のような小規模なアマモ場も保全する価値があると考えられる。今後は、このようなアマモ場の保全施策についても検討することが望まれる。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、採集調査に同意していただいた那珂湊漁業協同組合の方々、採集調査に協力していただいた茨城大学広域水圏環境科学教育研究センターの遠藤友樹氏と滑川結香氏 (現、茨城県農林水産部)、英文校閲をしていただいた Graham S. Hardy 博士と適切なお指摘を賜った2名の査読者に心より感謝いたします。

## 引用文献

- 荒山和則・今井 仁・加納光樹・河野 博 (2002): 東京湾外湾の碎波帯の魚類相. *うみ*, **40**, 59-70.
- 荒山和則・今井 仁・藤田 清・河野 博 (2003): 砂浜海岸碎波帯におけるシロギスの初期生活史. *日本水産学会誌*, **69**, 359-367.
- 東 幹夫 (1981): 稚魚育成場としてのアマモ場の役割. 藻場・海中林 (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, p. 34-56.
- CONNOLLY, R. M. (1994): Removal of seagrass canopy: effects on small fish and their prey. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **184**, 99-110.
- EDGAR, G. J. and C. SHAW (1995a): The production and trophic ecology of shallow-water fish assemblages in southern Australia I. Species richness, size-structure and production of fishes in Western Port, Victoria. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **194**, 53-81.
- EDGAR, G. J. and C. SHAW (1995b): The production and trophic ecology of shallow-water fish assemblages in southern Australia II. Diets of fishes and trophic relationships between fishes and benthos at Western Port, Victoria. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **194**, 83-106.
- FUJITA, S., I. KINOSHITA, I. TAKAHASHI and K. AZUMA (2002): Species composition and seasonal occurrence of fish larvae and juveniles in the Shiman-to Estuary, Japan. *Fish. Sci.*, **68**, 364-370.
- 布施慎一郎 (1962): アマモ場における動物群集. *生理生態*, **11**, 1-22.
- HORINOUCHE, M. (2005): A comparison of fish assemblages from seagrass beds and the adjacent bare substrata in Lake Hamana, central Japan. *Laguna*, **12**, 69-72.
- HORINOUCHE, M. (2007): Review of the effects of within-patch scale structural complexity on sea-

- grass fishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **350**, 111-129.
- HORINOUCI, M., P. TONGNUNUI, K. NANJYO, Y. NAKAMURA, M. SANO and H. OGAWA (2009): Differences in fish assemblage structures between fragmented and continuous seagrass beds in Trang, southern Thailand. *Fish. Sci.*, **75**, 1409-1416.
- 堀之内正博 (2011): アマモ場—シェルター機能の再検討—。浅海域の生態系サービス—海の恵みと持続的利用 (小路 淳・堀 正和・山下 洋編), 恒星社厚生閣, 東京, p. 53-66.
- HORINOUCI, M., N. MIZUNO, Y. JO, M. FUJITA, Y. SUZUKI, F. ARANISHI and M. SANO (2013): Habitat preference rather than predation risk determines the distribution patterns of filefish *Rudarius ercodes* in and around seagrass habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **488**, 255-266.
- JENKINS, G. P., H. M. A. MAY, M. J. WHEATLEY and M. G. HALLWAY (1997) Comparison of fish assemblages associated with seagrass and adjacent unvegetated habitats of Port Philip Bay and Corner inlet, Victoria, Australia, with emphasis on commercial species. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **44**, 569-588.
- KAMIMURA, Y., A. KASAI and J. SHOJI (2011): Production and prey source of juvenile black rockfish *Sebastes cheni* in a seagrass and macroalgal bed in the Seto Inland Sea, Japan: estimation of the economic value of a nursery. *Aquat. Ecol.*, **45**, 367-376.
- 環境庁自然保護局 (1994): 第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書 (干潟, 藻場, サンゴ礁調査) 第2巻 藻場. 財団法人海中公園センター.
- 加納光樹・小池 哲・河野 博 (2000): 東京湾の干潟域の魚類相とその多様性. *魚類学雑誌*, **47**, 115-129.
- KANOU, K., H. KOHNO, P. TONGNUNUI and H. KUROKURA (2002): Larvae and juveniles of two engraulid species, *Thryssa setirostris* and *T. hamiltonii*, occurring in the surf zone of Trang, southern Thailand. *Ichthyol. Res.*, **50**, 73-77.
- KANOU, K., M. SANO and H. KOHNO (2004): A net design for estimating the vertical distribution of larval and juvenile fishes on a tidal mudflat. *Fish. Sci.*, **70**, 713-715.
- KATAFUUCHI, H. and T. NAKABO (2007): Revision of the East Asian genus *Ditrema* (Embiotocidae), with description of a new subspecies. *Ichthyol. Res.*, **54**, 350-366.
- KENDALL JR., A. W., E. H. AHLSTROM and H. G. MOSER (1984): Early life history stages of fishes and their characters. *In* H. G. MOSER, W. J. RICHARDS, D. M. COHEN, M. P. FAHAY, A. W. KENDALL JR. and S. L. RICHARDSON (eds.) *Ontogeny and Systematics of Fishes*. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol., Lawrence, KS, p. 11-22.
- KIKUCHI, T. (1974): Japanese contributions on consumer ecology in eelgrass (*Zostera marina* L.) beds, with special reference to trophic relationships and resources in inshore fisheries. *Aquaculture*, **4**, 145-160.
- 木村清志・中村行延・有瀧真人・木村文子・森 浩一郎・鈴木 清 (1983): 英虞湾湾口部アマモ場の魚類に関する生態学的研究-I: 魚類相とその季節的变化. 三重大学水産学部研究報告, (10), 71-93.
- 小林四郎 (1995): 生物群集の多変量解析. 蒼樹書房, 東京, 194 pp.
- LEIS, J. M. and B. M. CARSON-EWART (2000): *The Larvae of Indo-Pacific Coastal Fishes: An Identification Guide to Marine Fish Larvae*. Brill, Leiden, 850 pp.
- 小池啓一・西脇三郎 (1977): 伊豆半島下田湾および鍋田湾アマモ場の魚類相の季節的变化. *魚類学雑誌*, **24**, 182-192.
- MOHRI, K., Y. KAMIMURA, K. MIZUNO, H. KINOSHITA, S. TOSHITO and J. SHOJI (2013): Seasonal changes in the fish assemblage in a seagrass bed in the central Seto Inland Sea. *Aquaculture Sci.*, **61**, 215-220.
- 森口朗彦・高木儀昌 (2010): 山口県周防大島町逗子ヶ浜地先の局所的で小規模な多年的に維持されるアマモ場における動物群集の消長. *水産技術*, **3**, 43-59.
- 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, 2428 pp.
- 沖山宗雄編 (2014): 日本産稚魚図鑑 第二版. 東海大学出版会, 秦野, 1639 pp.
- PHIL, L., S. BADEN, N. KAUTSKY, P. RÖNNBÄCK, T. SÖDERQVIST, M. TROELL and H. WENNHAGE (2006)

Shift in fish assemblage structure due to loss of seagrass *Zostera marina* habitats in Sweden. Estuar. Coast. Shelf Sci., **67**, 123-132.

SATO, M., M. HORINOCHI, M. FUJITA and M. SANO (2016): Response of fish assemblage structures to annual and perennial life cycles of seagrass *Zostera marina* in Lake Hamana, central Japan. Ichthyol. Res., **63**, 445-459.

菅原将太・梶山 誠・島田裕至・丸山啓太・河野 博 (2018): 東京湾内湾の富津海岸アマモ場と盤洲干潟砂泥底域の魚類相. 日本生物地理学会会報, **73**, 128-142.

水産庁 (2007): アマモ類の自然再生ガイドライン. 水産庁漁港漁場整備部計画課調査班, 226 pp.

鈴木輝明・家田喜一 (2003): 三河湾奥に存在するアマモ場内・外の魚類群集の相違. 愛知県水産試験場研究報告, (10), 21-24.

白井健司・池澤広美・鷗沢美穂子・田中法生 (2017): 茨城県の海岸におけるアマモの記録と生育状況. 茨城県自然博物館研究報告, (20), 43-46.

YAMADA, K., M. HORI, Y. TANAKA, N. HASEGAWA and M. NAKAOKA (2010): Contribution of different functional groups to the diet of major predatory fishes at a seagrass meadow in northeastern Japan. Estuar. Coast. Shelf Sci., **86**, 71-82.

受付: 2020年7月7日

受理: 2020年8月27日