

開放的な砂浜海岸である鹿児島県吹上浜の サーフゾーン魚類相

須田有輔¹, 中根幸則², 大富 潤³, 國森拓也⁴

Surf Zone Ichthyofauna in an Open Sandy Shore at Fukiagehama, Southern Kyushu Island, Japan

Yusuke Suda¹, Yukinori Nakane², Jun Ohtomi³, Takuya Kunimori⁴

Abstract : A long term study on the surf zone ichthyofauna in an open sandy shore at Fukiagehama, southern Kyushu Island was carried out using experimental beach seine with 26 m net width, 2 m depth and 4×4 mm square meshed fish bag, in every spring and autumn from 2000 to 2010 and 2013 with additional summer sampling in 2000, 2001, 2006 and 2007. A total of 52,340 individuals from 44 families and more than 85 species were captured in 540 daytime and preliminary 24 nighttime hauls. The surf zone fish community was dominated numerically by ten species such as *Sillago japonica* (40.0%), *Trachurus japonicus* (14.3%), *Hypoatherina valenciennesi* (13.1%), *Mugil cephalus cephalus* (7.1%), *Engraulis japonica* (6.6%), *Takifugu niphobles* (6.2%), *Lateolabrax latus* (3.9%), *Sphyræna japonica* (1.9%), *Paraplagusia japonica* (1.6%) and *Paralichthys olivaceus* (1.0%), and taxonomically by Carangidae (11 species), Clupeidae (7 species), Gobiidae (more than 6 species) and Sparidae (4 species). Relatively large proportion of individuals in late developmental stages such as late juvenile, young and adult dominated the community. The ichthyofauna was also characterized by relatively few species having strong temporal association with surf zone habitat and mixture of demersal, reef and pelagic inhabitants.

Key words : Sandy shore, Ichthyofauna, Surf zone, Fukiagehama, Japan, Surf net

緒 言

砂浜海岸は、干潟、藻場、サンゴ礁、岩石海岸などととも、世界の沿岸環境の多様性を担う重要な構成要素の一つであり、世界有数の日本の海洋生物相の多様性^{1,2)}も、本邦の海岸環境の多様性に因るところが大きいと考えられる。また、砂浜海岸のサーフゾーン（最も沖側の砕波点から前浜にかけての領域）にはシロギスやヒラメなどをはじめ沿岸漁業の重要魚種が生息し、これまで不毛な場所だとみなされることが多かった波浪環境の厳しい砂浜海岸も、沿岸漁業生産にとって重要な役割を担っていることを示唆する知見が少しずつ得られるようになってきた。³⁻¹⁰⁾しか

し、全体的にみれば、砂浜海岸の生態系に関する知見は、干潟、藻場など他の沿岸生態系に比べれば極めて不足している。そのため、海岸侵食対策、環境影響評価、漁場環境改善、生物多様性を保全するうえで重要度の高い海域（重要海域）の選定をはじめ、国や自治体レベルで行われる沿岸環境を対象とした様々な事業において、砂浜海岸の生態系は未だ軽視されている。

水産の観点からみてとりわけ不足しているのが、サーフゾーンで代表される砂浜浅海域の生物相に関する知見である。これは生態学的に最も基本的な情報であると同時に、砂浜を対象にした環境関連事業における調査計画策定にあたって不可欠な情報でもある。しかし、このような基本的

¹ 独立行政法人水産大学校水産学研究科 (Graduate School of Fisheries Science, National Fisheries University)

² 一般財団法人電力中央研究所 (Central Research Institute of Electric Power Industry) (平成16年度水産大学校水産学研究科修了)

³ 鹿児島大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

⁴ 山口県水産研究センター (Yamaguchi Prefectural Fisheries Research Center) (平成21年度水産大学校水産学研究科修了)

† 別刷請求先 (Corresponding author) : suda@fish-u.ac.jp

な情報が不足することから、砂浜海岸における保全対策や環境影響評価では、サーフゾーンそのものが調査の対象外とされたり、あるいは、依るべき情報として、干潟や河口域など近隣の砂浜海岸とは異質の生態系の知見が援用されているのが現状であろう。このような状況では砂浜海岸の生態系の保全へ配慮した事業の実施は困難である。

我が国では1980年代から、小型の採集器具を使ったサーフゾーンの仔稚魚に関する研究が西日本を中心に行われるようになり、^{11, 12)} 例えば、高知県の土佐湾沿岸の砂浜海岸では165種以上もの仔稚魚の出現が確認されている。¹³⁾ その結果、サーフゾーンが仔稚魚の生息場所となっていることは比較的良好に認識されるようになってきた。しかし、仔稚魚期以降の出現に関しては研究例がわずかであり、^{4, 5, 8-10)} 実態はほとんど解明されていない。

本研究では、2000年から継続して行っている鹿児島県の吹上浜をモデルとした砂浜海岸生態系に関する研究において、世界でも最大規模の調査用サーフネットを用いて長期間調査したサーフゾーン魚類相を報告する。

材料と方法

魚類の採集は、鹿児島県薩摩半島の西岸に位置する吹上浜のほぼ中央にあたる南さつま市金峰町大野の京田地先 (Fig. 1; 31°29'03.7"N, 130°18'36.4"E~31°28'56.3"N, 130°18'32.4"E) で行った。吹上浜は総延長が30km以上に達する全国でも有数の開放的な砂浜海岸であり、モルフォダイナミクスに基づく海岸の状態¹⁴⁾ が、北から南に向かって、反射的な状態から、中間的な状態を経て、逸散的な状態へと変化することが大きな特徴である。京田地先はそのうち中間的な状態にあり、海岸には3列の沿岸砂州 (coastal bar) が形成され、大潮時の最低潮時には、岸から2列目までが海面上に露出した (Fig. 2)。

採集には、第一著者が設計開発した大型のサーフネット (YS Surf net)⁹⁾ を用いた。この網は、全体的には帯状の単純な形状であり、中央の開口部2×2mの袋網 (奥行5m; もじ網4×4mm) および左右それぞれ幅12m、深さ2mの袖網からなる。ヘッドロープにはフロート、グランドロープには十分な重さの重り (チェーン) が装着してあるため、曳網中は海面から海底まですべての範囲をカバーすることができる。そのため、この網だけで、遊泳性の表層魚類からカレイ目魚類のような底生魚類まで同時に採集することが可能である。

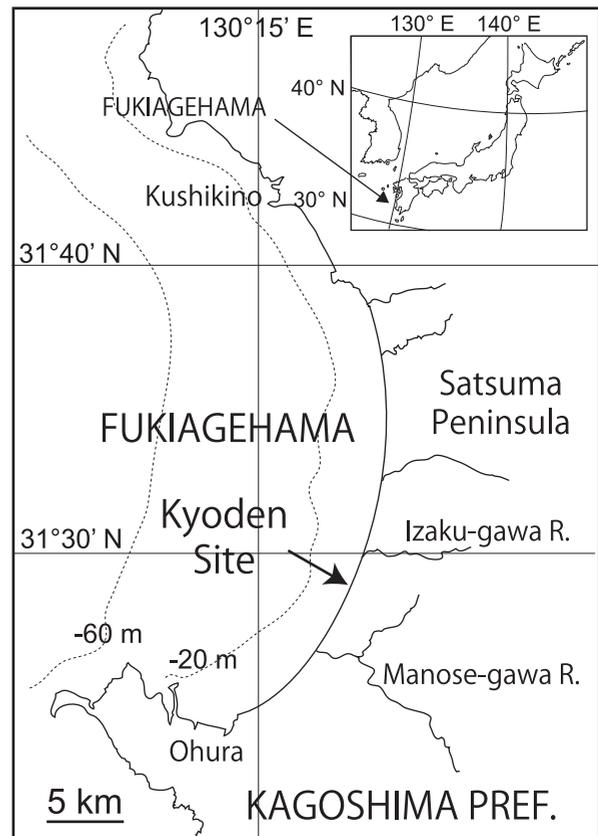


Fig. 1 Map of Kyoden research site.

曳網はすべて人力で行い、まず、調査員が曳網開始位置まで網を持ち運び、岸と平行に網を展開したのち、片袖に2~3名の調査員を配置し、岸に向かって曳網した (Fig. 3)。安全性および浮力により調査員の作業性が低下することを避けるため、曳網開始地点の水深は1mとした。吹上浜のような潮位差が比較的大きな砂浜では、前浜勾配が潮位とともに変化することが知られており、¹⁴⁾ その様子は Fig. 2の断面図でも読み取ることができる。高潮時の前浜勾配は急なため、曳網開始地点の離岸距離が20m程度にしかならなかったこともあったが、一方、低潮時は平坦になるため60mほどに達することもあった。そのため、曳網距離は20~60m程度の範囲で異なり、1回あたりの曳網面積も400~1200m²の範囲で変動した。1回の曳網に要した時間は1~3分程度であった。

調査は高波浪時が多くなる冬季は避け、毎年春季 (5月) と秋季 (10~11月) に行ったが、2011年と2012年は曳網調査員が不足したため、調査が実施できなかった。2000年、2001年、2006年、2007年は夏季にも実施した。安全上の理由から、原則として調査は昼間に行ったが、予備的に

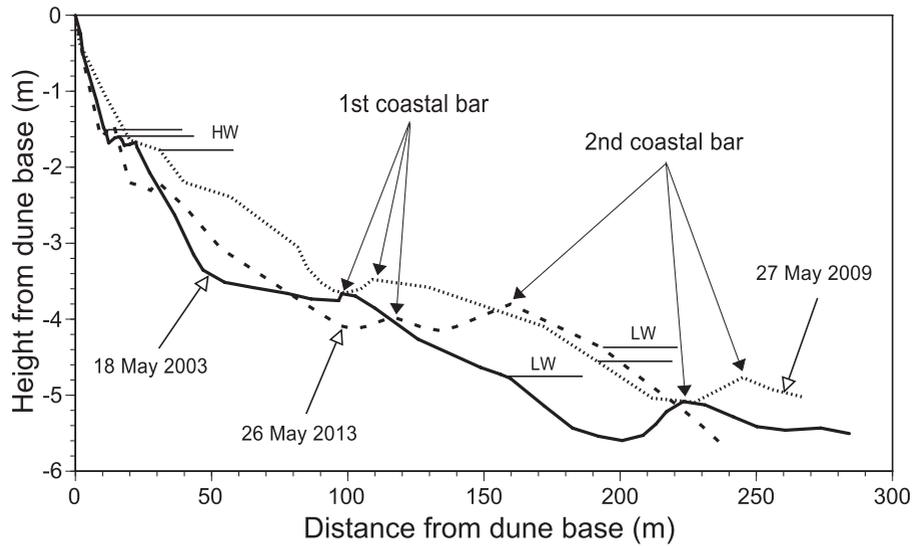


Fig. 2 Beach profiles at Kyoden site. Positions of 1st and 2nd coastal bars and sea levels at high (HW) and low (LW) waters were indicated.

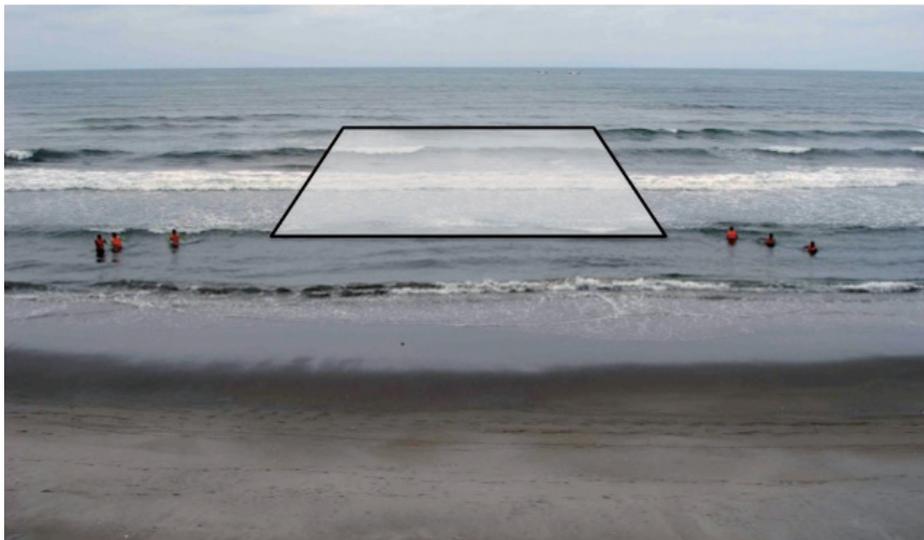


Fig. 3 Approximate area of beach seining.

2000年と2001年は夜間にも実施した。全調査期間の曳網回数は564回（昼間540回，夜間24回）で，春季が260回（昼間254回，夜間6回），夏季が48回（昼間44回，夜間4回），秋季が256回（昼間242回，夜間14回）であった。

採集物は現場で10%ホルマリン水溶液によって固定し，10日から2週間後に固定が完了してから，魚体に付いたホルマリン液を水道水で洗い流し，60%エチルアルコール水溶液に移し替えて保存した。魚種の同定および分類は，日本産魚類検索第二版¹⁵⁾，第三版¹⁶⁾ および日本産稚魚図鑑¹⁷⁾に従った。採集された全個体の全長（Total length: TL）

を1mm単位で測定した。魚種リストには，和名，学名，季節ごとの採集個体数（n）と全長範囲を示した。夜間に採集されたものは括弧内に記した。

各魚種は次の3つの観点からタイプ分けした。

サーフゾーンに出現した発育段階（Developmental stage）に基づく区分

全長と形態学的特徴の他に既存の知見¹⁵⁻¹⁹⁾も参考にしながら，採集された個体の発育段階に基づき次のI~VIII型の8つに区分した。I型（後期仔魚期のみが出現），II型

(後期仔魚～稚魚期), III型(稚魚期), IV型(稚魚期～若魚期), V型(稚魚～若魚～成魚), VI型(若魚期), VII型(若魚～成魚期), VIII型(成魚期)。

サーフゾーンへの出現期間やタイミング (Temporal association) に基づく区分

春季と秋季にそれぞれ5個体以上出現した魚種 (residents : R), 春季または秋季のどちらかだけに5個体以上出現した魚種 (seasonal migrants : M), どの季節でも5個体以下しか出現しなかった魚種 (strays : S) に分類した。

生息環境や生物地理に基づく区分

日本産魚類検索第三版¹⁶⁾で提唱された, 生息環境 (Habitat), 分布パターンと生物地理的要素による区分を元に, 次のように分類した。

- 1 礁魚
 - 1a大陸沿岸温帯浅海岩礁内湾・河口・汽水魚
 - 1b大陸沿岸暖温帯浅海岩礁魚
 - 1c大陸沿岸温帯浅海域のやや深い岩礁魚
 - 1d島嶼熱帯浅海河口・汽水岩礁魚
 - 1e島嶼熱帯浅海サンゴ礁・岩礁魚
 - 1f大陸沿岸温帯陸棚縁～陸棚斜面上部岩礁魚・沖合海山岩礁魚
 - 1g温帯系大陸陸棚斜面下部岩礁
- 2 底魚
 - 2a大陸沿岸温帯河口・内湾の干潟・泥底魚
 - 2b大陸沿岸温帯浅海汽水・内湾砂泥底魚
 - 2c大陸沿岸温帯系内湾砂底・泥底魚
 - 2d大陸沿岸温帯浅海岩礁域砂底魚
 - 2e大陸沿岸温帯大陸棚上砂泥底魚
 - 2f大陸沿岸温帯大陸棚縁～斜面上部・海山魚
- 3 浮魚
 - 3a大陸沿岸温帯内湾・河口・汽水表層魚
 - 3b大陸沿岸温帯沿岸表層遊泳魚
 - 3c大陸沿岸亜熱帯沿岸表層魚
 - 3d大陸沿岸温帯沿岸～沖合表層魚
 - 3e熱帯島嶼沿岸表層遊泳魚
- 4 通し回遊魚
- 5 淡水魚

出現魚種の多様性は2つの多様度指数 (Shannon-

Wiener's H' , Simpson's $I-D$) によって, 季節間の魚種組成の類似性はBray-Curtisの類似度指数 (S) によって表した。Shannon-Wienerの多様度指数の計算式においては対数の底を自然対数 e とした。²⁰⁾ 多様度指数と類似度指数の計算には群集生態学解析用のソフトウェアPRIMER ver.5²¹⁾を用いた。

結 果

全調査期間を通して, 44科85種以上, 52,340個体 (昼間83種以上, 41,547個体; 夜間27種以上, 10,793個体) が採集された (Tables 1, 2)。このうち, 春季は57種 (夜間13種), 夏季は33種 (7種), 秋季は50種 (20種) であった。

魚種リスト

軟骨魚綱 Chondrichthyes

メジロザメ目 Carcharhiniformes

メジロザメ科 Carcharhinidae

1. スミツキザメ *Carcharhinus dussumieri* (Müller and Henle, 1839)

春季: n=1, TL 405 mm。

2. メジロザメ属未定種 *Carcharhinus* sp.

夏季: n=1, TL 433 mm。

サカタザメ目 Rhinobatiformes

ウチワザメ科 Platyrrhinidae

3. ウチワザメ *Platyrrhina tangi* Iwatsuki, Zhang and Nakaya, 2011

秋季: n=1, TL 332 mm (n=3, TL 221~223 mm)。

トビエイ目 Myliobatiformes

アカエイ科 Dasyatidae

4. アカエイ *Dasyatis akajei* (Müller and Henle, 1841)

春季: n=1, TL 1200 mm; 夏季: n=26, TL 65~300 mm;

秋季: n=7, TL 197~288 mm (n=2, TL 350, 440 mm)。

硬骨魚綱 Osteichthyes

カライワシ目 Elopiformes

カライワシ科 Elopidae

5. カライワシ *Elops hawaiiensis* Regan, 1909

秋季: n=1, TL 40 mm。

ソトイワシ目 Albuliformes

ソトイワシ科 Albulidae

6. ソトイワシ *Albula* sp.

春季：n=1, TL 65 mm；夏季：n=1, TL 52 mm；秋季：
n=15, TL 26~54 mm。

ウナギ目 Anguilliformes

ウミヘビ科 Ophichthidae

7. ホタテウミヘビ *Ophichthus altipennis* (Kaup, 1856)

春季：n=2, TL 286, 306 mm (n=69, TL 246~414 mm)
；秋季：n=1, TL 357 mm (n=1, TL 316 mm)。

8. レプトセファルス幼生 *Leptocephalus* larvae

秋季：n=2, TL 36, 49 mm。

ニシン目 Clupeiformes

ニシン科 Clupeidae

9. ウルメイワシ *Etrumeus teres* (De Kay, 1842)

春季：n=205, TL 73~98 mm。

10. キビナゴ *Spratelloides gracilis* (Temminck and Schlegel,
1846)

春季：n=2, TL 65, 75 mm；夏季：n=21, TL 20~39
mm；秋季：n=6, TL 29~74 mm。

11. マイワシ *Sardinops melanostictus* (Temminck and
Schlegel, 1846)

春季：n=8, TL 14~27 mm；秋季：n=1, TL 102 mm。

12. カタボシイワシ *Sardinella lemuru* Bleeker, 1853

春季：n=1, TL 215 mm。

13. オグロイワシ *Sardinella melanura* (Cuvier, 1829)

夏季：n=2, TL 39, 90 mm；秋季：n=2, TL 56, 78 mm。

14. ヤマトミズン *Amblygaster leiogaster* (Valenciennes,
1847)

秋季：n=3, TL 76~182 mm (n=1, TL 88 mm)。

15. コノシロ *Konosirus punctatus* (Temminck and
Schlegel, 1846)

春季：n=11, TL 236~256 mm (n=1, TL 260 mm)；
夏季：n=1, TL 155 mm；秋季：n=1, TL 165 mm。

カタクチイワシ科 Engraulidae

16. カタクチイワシ *Engraulis japonica* Temminck and
Schlegel, 1846

春季：n=2,633, TL 19~98 mm；夏季：n=5, TL 36~56
mm；秋季：n=105, TL 20~110 mm。

17. ミズスルル *Encrasicholina heteroloba* (Rüppell, 1837)

秋季：n=1, TL 64 mm (n=8, TL 68~80 mm)。

ナマズ目 Siluriformes

ゴンズイ科 Plotosidae

18. ゴンズイ *Plotosus japonicus* Yoshino and Kishimoto,
2008

秋季：n=1, TL 113 mm。

サケ目 Salmoniformes

アユ科 Plecoglossidae

19. アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* (Temminck and
Schlegel, 1846)

春季：n=5, TL 40~111 mm (n=1, TL 44 mm)。

ヒメ目 Aulopiformes

エソ科 Synodontidae

20. オキエソ *Trachinocephalus myops* (Forster, 1801)

春季：n=1, TL 157 mm。

採集個体はわずか1個体であったが、2013年の春季に
は、ラネル内で頻繁に目視された。

Table 1. Number of individuals caught and classifications of developmental stage, temporal association and habitat

Species	2000			2001			2002		2003		2004		2005		2006	
	Sp	Sm	At	Sp	Sm	At	Sp	At	Sp	At	Sp	At	Sp	At	Sp	Sm
1 <i>C. dussumieri</i>																
2 <i>Carcharhinus</i> sp.																1
3 <i>P. tangi</i>									1							
4 <i>D. akajei</i>			1							1						
5 <i>E. hawaiiensis</i>													2			
6 <i>Albula</i> sp.	1					1			4							1
7 <i>O. altipennis</i>			1										2			
8 <i>Leptocephalus</i>																
9 <i>E. teres</i>																
10 <i>S. gracilis</i>									2	1	3					3
11 <i>S. melanostictus</i>							8									
12 <i>S. lemuru</i>																
13 <i>S. melanura</i>		1	1						1							
14 <i>A. leiogaster</i>																
15 <i>K. punctatus</i>	10															
16 <i>E. japonica</i>						1	2		25	4	1535					1
17 <i>E. heteroloba</i>			1													
18 <i>P. japonicus</i>										1						
19 <i>P. a. altivelis</i>	4										1					
20 <i>T. myops</i>																
21 <i>S. schlegeli</i>											4					
22 <i>M. c. cephalus</i>	2122	1		19	3		37		140	7	260	4	2		29	
23 <i>C. haematocheilus</i>									33							
24 <i>M. perusii</i>													1			
25 <i>H. tsurugae</i>	5															
26 <i>H. valenciennesi</i>	245			235		100		427	857	517	250	1	39	1937	37	1
27 <i>H. sajori</i>					1				3			1				
28 <i>H. yuri</i>																
29 <i>A. hians</i>											2					
30 <i>S. anastomella</i>											1					
31 <i>T. c. crocodilus</i>																
32 <i>C. spinosus</i>	4			1			1									
33 <i>Platycephalus</i> sp. 1								1								
34 <i>Platycephalus</i> sp. 2		1								1						
35 <i>L. latus</i>	10	1	2	44	1		27	7	108	349	599		3		103	70
36 <i>L. japonicus</i>											1					
37 <i>S. doederleini</i>				1												
38 <i>S. boops</i>							1									
39 <i>S. nigrofasciata</i>																
40 <i>T. japonicus</i>			3				1	2		1	201				134	2
41 <i>S. lysan</i>						1		6				3		10		
42 <i>S. tol</i>								2		7	3					1
43 <i>T. baillonii</i>			1					13		6		28		26		
44 <i>T. blochii</i>	1			1				2		1	2					
45 <i>A. djedaba</i>										1						
46 <i>C. sexfasciatus</i>										11	12			6		
47 <i>C. papuensis</i>																5
48 <i>C. ignobilis</i>										2						
49 <i>G. speciosus</i>						1										
50 <i>N. nuchalis</i>																
51 <i>Lutjanus</i> sp.				1												
53 <i>P. cinetus</i>		5														4
54 <i>R. sarba</i>	2															
55 <i>A. schlegelii</i>	12								12							3
56 <i>A. latus</i>								1		1	1		1		1	
57 <i>P. major</i>																
58 <i>N. mitsukurii</i>																
59 <i>Sil. japonica</i>	1	4	12957	247	41		1	73	509	1556	8		39	376	7	7
60 <i>U. vittatus</i>										1						
61 <i>P. nyctereutes</i>																
62 <i>T. jarbua</i>		1			2					14						
63 <i>R. oxyrhynchus</i>		3														
64 <i>M. strigatus</i>									2							
65 <i>G. punctata</i>	5								1	1	16					
66 <i>Hyp. japonica</i>											1					
67 <i>P. anomala</i>																
68 <i>P. plebeius</i>								3		6	1					
69 <i>M. fusiforme</i>	1		1				1		31	2	6		6			
70 <i>P. breviceps</i>										1						
71 <i>A. lactipes</i>													1			
72 <i>S. dotui</i>								18		2						
73 <i>F. gymnauchen</i>								28		7		1				
74 <i>G. urotaenia</i>	295			1				10								
75 <i>G. breunigii</i>	35															
76 <i>Gobiidae</i> spp.			1							126		7			5	
77 <i>S. pinguis</i>					23											1
78 <i>Sph. japonica</i>								110		5						
79 <i>P. olivaceus</i>	4			21				20	2	283	2	35		28	3	12
80 <i>T. oligolepis</i>					3			38		89				17		6
81 <i>Het. japonica</i>			19	3												
82 <i>P. japonica</i>	8	18	25	11	5	7	10	79	76	110	58	4	115	41	10	
83 <i>A. bilineata</i>			15				1				1		1			
85 <i>T. niphobles</i>	17	61	5	30	13	3	34	48	241	809	108	94	322	61	128	12
	2793	96	13033	368	299	155	349	666	2550	3419	3116	138	577	2463	472	112

/zoogeography for daytime catch. Sp, spring, Sm, summer, At, autumn. For detail of the classification, see text

		2007		2008		2009		2010		2013		Subtotal			Total	Stage	Tempo	Habitat
At	Sp	Sm	At	Sp	At	Sp	At	Sp	At	Sp	At	Sp	Sm	At				
						1						1			1	VI	S	2e
													1		1	VI	S	2e
														1	1	VI	S	2d
1		26	1		1				1			1	26	7	34	VII	M	2e
														1	1	III	S	3e
5					4							1	1	14	16	III	M	3e
								2				2		1	3	VI	S	2e
														2	2	I	S	—
				205								205			205	III	M	3b
		18		1	1							2	21	6	29	IV	M	3b
			1									8		1	9	III	M	3b
									1			1			1	VII	S	3c
			1										2	2	4	IV	S	3c
									2					3	3	III	S	3c
		1	1									11	1	1	13	VII	M	3a
	134	4		801	83	83	17	53				2633	5	105	2743	IV	R	3b
														1	1	III	S	3c
														1	1	VI	S	1b
												5			5	II	M	4
										1		1			1	VI	S	2e
												4			4	IV	S	1a
1	145	4	1	19	25	39	20	75	2			2887	8	60	2955	IV	R	1a
												33			33	IV	M	1a
												1			1	VI	S	1d
												5			5	VII	M	3d
		28		271	37	148	13	74	115	103		1959	1	3475	5435	V	R	3b
												3	1	1	5	V	S	3b
									1					1	1	VIII	S	3c*
												2			2	VIII	S	3b
												1			1	VIII	S	3b
1								24	2			30		3	3	VII	S	3b
															30	IV	M	2e
														1	1	VII	S	2c
														2	3	VII	S	2c
		3		2		36	98	16	12	109	29	1057	75	497	1629	IV	R	1b
	1					1						3			3	VIII	S	1a
												1			1	III	S	1g
												1			1	III	S	1f
														2	2	VI	S	3b
	30			2658		2897		2	2	17		5940	2	6	5948	IV	R	3b
		6	9		2	2	1	2	21		2	6	55	63	63	IV	M	1b
												3	1	9	13	IV	M	1b
36								1	3		2			116	116	VI	M	2c
												4		3	7	IV	S	2c*
		3						4					3	5	8	VI	M	3c
		11		1						2		12	11	20	43	IV	R	1e
												5		5	5	VI	M	1e
		10										10		2	12	VI	M	1e
								1				1			1	III	S	1e
		1										1	1	1	2	IV	S	2b
												1			1	III	S	1c
		13											22		22	IV	M	1b
						2						4			4	V	S	1a
	1							2				27	3		30	V	M	1a
					6						3			8	11	V	M	1a
										3		5			5	VI	M	2e
2			1											3	3	VI	S	2c
155	14	160	44		4	5		1	305	100	7	685	418	15518	16621	V	R	2c
	1											1			2	IV	S	2e
1			3	1										1	1	VI	S	1b
													6	15	21	IV	M	2b
													3		3	IV	S	2b
					1							2		1	3	III	S	1b
												24		1	25	III	M	1b
												1			1	III	S	2f
		1											1		1	III	S	2e
		7					8					1	7	17	25	IV	M	2e
1		2			2			2		2		49	2	6	57	V	R	2c
					2									3	3	III	S	1b
												1			1	VI	S	2b
												20			20	III	M	2a
								3		2		54			54	V	M	2b
	2											306			306	III	M	5
												35			35	III	M	5
	2				4							141	1	5	147	—	—	—
					3								24	3	27	IV	M	1b
	2			402		17		240			25	801			801	IV	M	1b
				3	1						1	409		8	417	IV	R	2e
		8				2		1		46		207	3		210	V	M	2e
											1	3			23	VII	M	2e
11	35	16		1	14		1				1	326	39	296	661	V	R	2c
												4		15	19	VII	M	2e
2		171	42	26	67	126	93	19	39	6	3	1057	257	1266	2580	V	R	2e
216	408	461	373	4155	369	3225	322	557	390	417	48	18987	968	21592	41547			

Table 2. Number of individuals caught and classifications of developmental stage, temporal association and habitat/zoogeography for nighttime catch. Sp, spring, Sm, summer, At, autumn. For detail of the classification, see text

Species	2000			2001			Subtotal			Total	Stage	Tempo	Habitat
	Sp	Sm	At	Sp	Sm	At	Sp	Sm	At				
3 <i>P. tangi</i>			3						3	3	VI	S	2d
4 <i>D. akajei</i>			1			1			2	2	VII	M	2e
7 <i>O. altipennis</i>	54		1	15					69	1	VI	S	2e
14 <i>A. leiogaster</i>						1			1	1	III	S	3c
15 <i>K. punctatus</i>				1				1	1	1	VII	M	3a
17 <i>E. heteroloba</i>						8			8	8	III	S	3c
19 <i>P. a. altivelis</i>	1							1	1	1	II	M	4
22 <i>M. c. cephalus</i>	3658		4					3658	4	3662	IV	R	1a
26 <i>H. valenciennesi</i>	1		6152			103		1	6255	6256	V	R	3b
35 <i>L. latus</i>			20			1			21	21	IV	R	1b
41 <i>S. lysan</i>			2			1			3	3	IV	M	1b
43 <i>T. baillonii</i>			5						5	5	VI	M	2c
52 <i>G. equulus</i>					1			1	1	1	III	S	2c
58 <i>N. mitsukurii</i>			1						1	1	VI	S	2c
59 <i>Sil. Japonica</i>	3		230	2		214		5	444	449	V	R	2c
62 <i>T. jarbua</i>			4		4			4	4	8	IV	M	2b
67 <i>P. anomala</i>	2							2	2	2	III	S	2e
68 <i>P. plebeius</i>			1		2			2	1	3	IV	M	2e
73 <i>F. gymnauchen</i>		1						1	1	1	V	M	2b
74 <i>G. urotaenia</i>	9							9		9	III	M	2e
76 Gobiidae spp.					5	8		5	8	13	—	—	—
79 <i>P. olivaceus</i>			7	1	1			1	1	7	IV	R	2e
81 <i>Het. Japonica</i>			1						1	1	VII	M	2e
82 <i>P. japonica</i>	3		54	35		7		38	61	99	V	R	2c
83 <i>A. bilineata</i>			4	1				1	4	5	VII	M	2e
84 <i>C. rivulata</i>				1				1		1	III	S	1b
85 <i>T. niphobles</i>	27		26	15	51	39		42	51	65	V	R	2e
	3758	1	6516	71	64	383		3829	65	6899	10793		

トゲウオ目 Gasterosteiformes

24. ナンヨウボラ *Moolgarda perusii* (Valenciennes, 1836)

ヨウジウオ科 Syngnathidae

春季: n=1, TL 173 mm。

21. ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli* Kaup, 1856

トウゴロウイワシ目 Atheriniformes

春季: n=4, TL 70~145 mm。

トウゴロウイワシ科 Atherinidae

ボラ目 Mugiliformes

25. ギンイソイワシ *Hypoatherina tsurugae* (Jordan and Starks, 1901)

ボラ科 Mugilidae

春季: n=5, TL 119~126 mm。

22. ボラ *Mugil cephalus cephalus* Linnaeus, 1758

春季: n=2,887, TL 14~265 mm (n=3,658, TL 16~46 mm)

; 夏季: n=5, TL 36~158 mm (n=3, TL 25~48 mm)

; 秋季: n=60, TL 21~219 mm (n=4, TL 32~99 mm)。

26. トウゴロウイワシ *Hypoatherina valenciennesi* (Bleeker, 1853)

春季: n=1,959, TL 66~152 mm (n=1, TL 127 mm) ;

夏季: n=1, TL 101 mm ; 秋季: n=3,475, TL 37~188

mm (n=6,255, TL 55~116 mm)。

23. メナダ *Chelon haematocheilus* (Temminck and Schlegel, 1845)

春季: n=33, TL 32~102 mm。

ダツ目 Beloniformes

サヨリ科 Hemiramphidae

27. サヨリ *Hyporhamphus sajori* (Temminck and Schlegel, 1846)

春季：n=3, TL 45~60 mm；夏季：n=1, TL 188 mm；
秋季：n=1, TL 241 mm。

28. ユリサヨリ *Hyporhamphus yuri* Collette and Parin, 1978

秋季：n=1, TL 340 mm。

ダツ科 Belonidae

29. ハマダツ *Ablennes hians* (Valenciennes, 1846)

春季：n=2, TL 670, 750 mm。

30. ダツ *Strongylura anastomella* (Valenciennes, 1846)

春季：n=1, TL 730 mm。

31. オキザヨリ *Tylosurus crocodilus crocodilus* (Péron and Lesueur, 1821)

秋季：n=3, TL 325~485 mm。

スズキ目 Perciformes

ホウボウ科 Triglidae

32. ホウボウ *Chelidonichthys spinosus* (McClelland, 1844)

春季：n=30, TL 11~131 mm。

コチ科 Platycephalidae

33. ヨシノゴチ (シロゴチ) *Platycephalus* sp. 1

夏季：n=1, TL 66mm；秋季：n=1, TL 278 mm。

34. マゴチ (クロゴチ) *Platycephalus* sp. 2

秋季：n=2, TL 49, 70 mm。

2個体の幼魚だけが採集されたが、秋季には、サーフゾーンあるいはラネル内で全長50 cm程度の大型個体がたびたび目視された。

スズキ科 Lateolabracidae

35. ヒラスズキ *Lateolabrax latus* Katayama, 1957

春季：n=1,157, TL 20~279 mm；夏季：n=75, TL 91~177 mm；秋季：n=497, TL 60~263 mm (n=21, TL 180~328 mm)。

36. スズキ *Lateolabrax japonicus* (Cuvier, 1828)

春季：n=3, TL 455~620 mm。

イシナギ科 Polyprionidae

37. オオクチイシナギ *Stereolepis doederleini* Lindberg and Krasnyukova, 1969

春季：n=1, TL 25 mm。

ムツ科 Scombroptidae

38. ムツ *Scombroptus boops* (Houttuyn, 1782)

春季：n=1, TL 59 mm。

アジ科 Carangidae

39. アイブリ *Seriolina nigrofasciata* (Rüppell, 1829)

秋季：n=2, TL 251, 258 mm。

40. マアジ *Trachurus japonicus* (Temminck and Schlegel, 1844)

春季：n=5,940, TL 32~118 mm；夏季：n=2, TL 103, 105 mm；秋季：n=6, TL 86~172 mm。

41. イケカツオ *Scomberoides lysan* (Forsskål, 1775)

春季：n=2, TL 27, 33 mm；夏季：n=6, TL 32~60 mm；
秋季：n=55, TL 13~175 mm (n=3, TL 25~34 mm)。

42. ミナミイケカツオ *Scomberoides tol* (Cuvier, 1832)

春季：n=3, TL 27~34 mm；夏季：n=1, TL 62 mm；
秋季：n=9, TL 25~118 mm。

43. コバンアジ *Trachinotus baillonii* (Lacepède, 1801)

秋季：n=116, TL 47~227 mm (n=5, TL 72~229 mm)。

44. マルコバン *Trachinotus blochii* (Lacepède, 1801)

春季：n=4, TL 19~33 mm；秋季：n=3, TL 105~134 mm。

45. クロボシヒラアジ *Alepes djedaba* (Forsskål, 1775)
夏季: n=3, TL 83~86 mm; 秋季: n=5, TL 100~156 mm。

46. ギンガメアジ *Caranx sexfasciatus* Quoy and Gaimard, 1825
春季: n=12, TL 38~58 mm; 夏季: n=11, TL 117~160 mm; 秋季: n=20, TL 37~185 mm。

47. オニヒラアジ *Caranx papuensis* Alleyne and Macleay, 1877
夏季: n=5, TL 97~106 mm。

48. ロウニンアジ *Caranx ignobilis* (Forsskål, 1775)
夏季: n=10, TL 104~174 mm; 秋季: n=2, TL 165, 166 mm。

49. コガネシマアジ *Gnathanodon speciosus* (Forsskål, 1775)
春季: n=1, TL 40 mm。

ヒイラギ科 Leiognathidae

50. ヒイラギ *Nuchequula nuchalis* (Temminck and Schlegel, 1845)
夏季: n=1, TL 39 mm; 秋季: n=1, TL 73 mm。

フエダイ科 Lutjanidae

51. フエダイ属の1種 *Luthanus* sp.
春季: n=1, TL 34 mm。

クロサギ科 Gerreidae

52. クロサギ *Gerres equulus* Temminck and Schlegel, 1844
(夏季: n=1, TL 16 mm)

イサキ科 Haemulidae

53. コシヨウダイ *Plectorhinchus cinctus* (Temminck and Schlegel, 1843)
夏季: n=22, TL 40~104mm。

タイ科 Sparidae

54. ヘダイ *Rhabdosargus sarba* (Forsskål, 1775)
春季: n=4, TL 16~418 mm。

55. クロダイ *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker, 1854)
春季: n=27, TL 14~366 mm; 夏季: n=3, TL 103~117 mm。

56. キチヌ *Acanthopagrus latus* (Houttuyn, 1782)
春季: n=3, TL 346~380 mm; 秋季: n=8, TL 11~369 mm。

57. マダイ *Pagrus major* (Temminck and Schlegel, 1843)
春季: n=5, TL 59~86 mm。

ニベ科 Sciaenidae

58. ニベ *Nibea mitsukurii* (Jordan and Snyder, 1900)
秋季: n=3, TL 145~175 mm (n=1, TL 277 mm)。

キス科 Sillaginidae

59. シロギス *Sillago japonica* Temminck and Schlegel, 1843
春季: n=685, TL 14~194 mm (n=5, TL 122~193 mm); 夏季: n=418, TL 15~201 mm; 秋季: n=15,518, TL 14~282 mm (n=444, TL 17~70 mm)。

ヒメジ科 Mullidae

60. ミナミヒメジ *Upeneus vittatus* (Forsskål, 1775)
春季: n=1, TL 146 mm; 秋季: n=1, TL 66 mm。

ハタンボ科 Pempheridae

61. ミエハタンボ *Pempheris nyctereutes* Jordan and Evermann, 1902
秋季: n=1, TL 85 mm。

シマイサキ科 Teraponidae

62. コトヒキ *Terapon jarbua* (Forsskål, 1775)

夏季：n=6, TL 9~76 mm (n=4, TL 14~15 mm)；秋季：n=15, TL 42~119 mm (n=4, TL 15~85 mm)。

63. シマイサキ *Rhynchopelates oxyrhynchus* (Temminck and Schlegel, 1842)

夏季：n=3, TL 15~204 mm。

カゴカキダイ科 Microcanthidae

64. カゴカキダイ *Microcanthus strigatus* (Cuvier, 1831)

春季：n=2, TL 13, 20 mm；秋季：n=1, TL 10 mm。

メジナ科 Girellidae

65. メジナ *Girella punctata* Gray, 1835

春季：n=24, TL 15~31 mm；秋季：n=1, TL 25 mm。

イボダイ科 Centrolophidae

66. メダイ *Hyperoglyphe japonica* (Döderlein, 1884)

春季：n=1, TL 67 mm。

67. イボダイ *Psenopsis anomala* (Temminck and Schlegel, 1844)

(春季：n=2, TL 45, 49 mm)；夏季：n=1, TL 28 mm。

ツバメコノシロ科 Polynemidae

68. ツバメコノシロ *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782)

春季：n=1, TL 47 mm；夏季：n=7, TL 56~129 mm (n=2, TL 68, 82 mm)；秋季：n=17, TL 56~181 mm (n=1, TL 138 mm)。

ホカケトラギス科 Percophidae

69. マツバラトラギス *Matsubaraea fusiforme* (Fowler, 1943)

春季：n=49, TL 18~68 mm；夏季：n=2, TL 71, 74 mm；秋季：n=6, TL 41~72 mm。

イソギンボ科 Blenniidae

70. ニジギンボ *Petroscirtes breviceps* (Valenciennes, 1836)

秋季：n=3, TL 34~41 mm。

ハゼ科 Gobiidae

71. アシシロハゼ *Acanthogobius lactipes* (Hilgendorf, 1879)

春季：n=1, TL 61 mm。

72. シラスイハゼ *Silhouettea dotui* (Takagi, 1957)

春季：n=20, TL 32~40 mm。本種は環境省第4次レッドリストでは準絶滅危惧 (NT) と評価されている。²²⁾

73. ヒメハゼ *Favonigobius gymnauchen* (Bleeker, 1860)

春季：n=54, TL 15~71 mm (n=1, TL 67 mm)。

74. ウキゴリ *Gymnogobius urotaenia* (Hilgendorf, 1879)

春季：n=306, TL 17~38 mm (n=9, TL 20~32 mm)。

75. ビリンゴ *Gymnogobius breunigii* (Steindachner, 1880)

春季：n=35, TL 16~26 mm。

76. ハゼ科未同定種 Gobiidae spp.

春季：n=141, TL 13~226 mm；夏季：n=1, TL 25 mm (n=5, TL 18~26 mm)；秋季：n=5, TL 14~31 mm (n=8, TL 15~34 mm)。

カマス科 Sphyraenidae

77. アカカマス *Sphyraena pinguis* Günther, 1874

夏季：n=24, TL 37~66mm；秋季：n=3, TL 26~34 mm。

78. ヤマトカマス *Sphyraena japonica* Bloch and Schneider, 1801

春季：n=801, TL 33~109 mm。

カレイ目 Pleuronectiformes

ヒラメ科 Paralichthyidae

79. ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel, 1846)

春季: n=409, TL 12~162 mm (n=1, TL 99 mm);
(夏季: n=1, TL 15 mm); 秋季: n=8, TL 123~196
mm (n=7, TL 139~310 mm)。

80. アラメガレイ *Tarphops oligolepis* (Bleeker, 1858-59)

春季: n=207, TL 14~102 mm; 夏季: n=3, TL 64~75
mm。

ササウシノシタ科 Soleidae

81. ササウシノシタ *Heteromycteris japonica* (Temminck and Schlegel, 1846)

春季: n=3, TL 94~102 mm; 秋季: n=20, TL 80~117
mm (n=1, TL 125 mm)。

ウシノシタ科 Cynoglossidae

82. クロウシノシタ *Paraplagusia japonica* (Temminck and Schlegel, 1846)

春季: n=326, TL 25~312 mm (n=38, TL 108~297
mm); 夏季: n=39, TL 45~263mm; 秋季: n=296,
TL 41~300 mm (n=61, TL 47~295 mm)。

83. オオシタビラメ *Arelia bilineata* (Lacepède, 1802)

春季: n=4, TL 340~430 mm (n=1, TL 288 mm); 秋
季: n=15, TL 193~382 mm (n=4, TL 204~231 mm)。

フグ目 Tetraodontiformes

フグ科 Tetraodontidae

84. キタマクラ *Canthigaster rivulata* (Temminck and Schlegel, 1850)

(春季: n=1, TL 33 mm)。

85. クサフグ *Takifugu niphobles* (Jordan and Snyder, 1901)

春季: n=1,057, TL 48~196 mm (n=42, TL 68~192

mm); 夏季: n=257, TL 12~164 mm (n=51, TL 82~
177 mm); 秋季: n=1,266, TL 10~209 mm (n=65, TL
21~188 mm)。

魚類相の特徴

分類学的にみると、軟骨魚類はスミツキザメ、メジロザメ科の1種、ウチワザメ、アカエイの4種で、残りはすべて真骨魚類であった。種数が多かった科は、全体的には、アジ科の11種、ニシン科の7種、ハゼ科の6種、タイ科の4種であった。季節的には、春季ではアジ科とハゼ科がそれぞれ6種、ニシン科が5種、タイ科が4種、夏季ではアジ科が7種、ニシン科が3種で、タイ科とハゼ科は1種、秋季はアジ科が9種、ニシン科が5種、タイ科とハゼ科が1種であった。アジ科は季節を問わず種数が多かった。ハゼ科は種数は多かったものの、事実上、春季だけの出現に限られた。

個体数の多かった魚種は、春季がマアジ (31.3%), ポラ (15.2%), カタクチイワシ (13.9%), トウゴロウイワシ (10.3%), ヒラスズキ (5.6%), クサフグ (5.6%), 夏季がシロギス (43.2%), クサフグ (26.5%), ヒラスズキ (7.7%), 秋季がシロギス (71.9%), トウゴロウイワシ (16.1%), クサフグ (5.9%) であった。一方、5個体以下の魚種が、春季では32種 (56.1%), 夏季では20種 (60.6%), 秋季では28種 (56.0%) と、どの季節も60%程度を占めた。

発育段階をみると (Fig. 4)、稚魚期~若魚期 (IV) が26%で最も多く、次いで、稚魚期のみ (III) が24%, 若魚期 (VI) 19%の順であった。後期仔魚期 (I) や後期仔魚期~稚魚期 (II) という、初期のものだけが出現した魚種はウナギ目のレプトセファルス幼生とアユのみであった。

サーフゾーンへの時間的な依存性で、1年間の多くの時期に出現する魚種 (R) は11種 (13%) に過ぎず、ほぼ半数の種が一時的あるいは受動的に來遊したもの (S) であった (Fig. 4)。季節的な出現傾向を示した魚種 (M) は38%であった。

生息環境や生物地理に基づいた区分によれば、大陸沿岸温帯大陸棚上砂泥底魚が18%で最も多く、次いで、大陸沿岸暖温帯浅海岩礁魚が14%, 大陸沿岸温帯沿岸表層遊泳魚が13%, 大陸沿岸温帯系内湾砂底・泥底魚が11%の順であった (Fig. 4)。大きくみれば、底魚が38%, 礁魚が32%, 浮魚が25%であった。

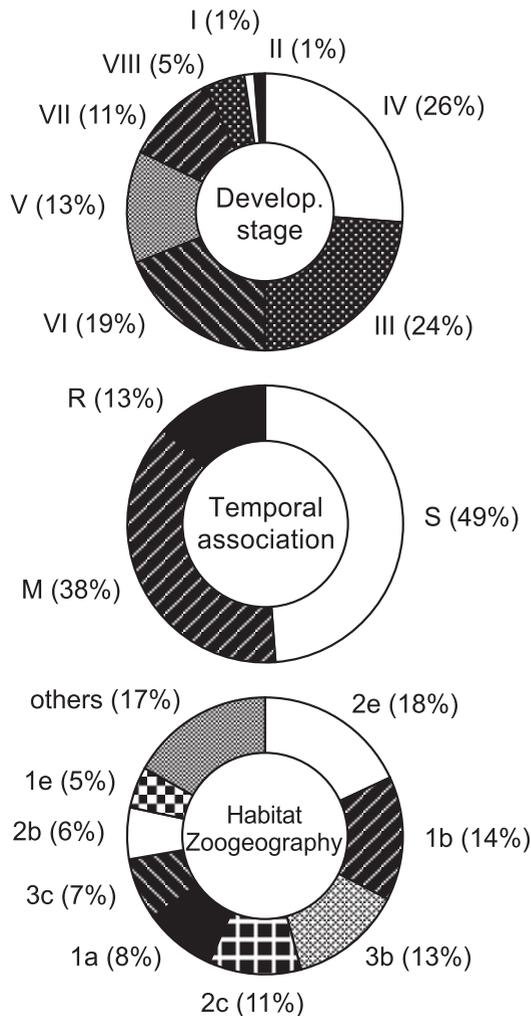


Fig. 4 Type compositions in developmental stage (above), temporal association (middle), and habitat/zoogeography (bottom).

Shannon-Wiener (H') および Simpson ($I-D$) による種の多様性は、全体的には $H'=2.031$, $I-D=0.787$, 春季が $H'=2.222$, $I-D=0.839$, 夏季が $H'=1.872$, $I-D=0.733$, 秋季が $H'=1.003$, $I-D=0.453$ であった。春季と夏季に比べて秋季の多様性が低かったが、シロギス 1 種で個体数の 72% も占めたことにより、個体数に著しい偏りが生じたためである。Bray-Curtis の類似度指数 (S) は、春季-夏季が 23.4%, 春季-秋季が 42.6%, 夏季-秋季が 36.7% であった。

考 察

吹上浜では、筆者らにより 2000 年から 2004 年 5 月時点までの魚類相が報じられているが、²³⁾ 本研究ではそれに加えて、スミツキザメ、メジロザメ属の 1 種、カライワシ、ウ

ナギ目の 1 種 (レプトセファルス幼生)、ウルメイワシ、カタボシイワシ、オキエソ、ユリサヨリ、オキザヨリ、アイブリ、ミナミイケカツオ、オニヒラアジ、コガネシマアジ、マダイ、ミエハタンポ、メダイ、アシシロハゼの 17 種が新たに記録された。これら 17 種のうち、ウルメイワシ、ミナミイケカツオ、オニヒラアジの 3 種は定義上、季節的出現種 (M) に区分されたが、残りはすべて一時的出現種 (S) であった。しかし、これらの季節的出現種も、ウルメイワシは 2008 年春季に 205 個体が採集されたのみであり、他の 2 種も採集個体数が多いものではなかった。

一方、吹上浜では本研究に用いたサーフネットとは同タイプであるが小型のサーフネット (幅 16m) を用いた研究が 2006 年から 2007 年にかけて行われており、計 56 魚種が記録されている。¹⁰⁾ そのうち、サバヒー *Chanos chanos*, カエルアンコウ *Antennarius striatus*, ハチ *Apistus carinatus*, イネゴチ *Cociella crocodila*, セダカクロサギ *Gerres erythrourus*, スズメダイ *Chromis notatus notatus*, ユゴイ *Kuhlia mugil*, バケヌメリ *Eleutherochir mirabilis*, ヌメリゴチ *Repomucenus lunatus*, シロウオ *Leucopsarion petersii*, ツバメウオ *Platax boersii* の 11 種は本研究では記録されなかった魚種である。吹上浜^{11, 12, 24)} あるいは日本の別の開放的な砂浜海岸³⁾ で行われた研究も参考にすれば、この中でサバヒー、バケヌメリ、ヌメリゴチ、シロウオは、季節によっては吹上浜に比較的頻繁に出現する魚種だと考えられる。

本研究では夜間の調査は予備的に行った程度であったが、クロサギとキタマクラの稚魚は夜間のみ採集された。しかし、両種ともわずか 1 個体に過ぎず、昼間と夜間の魚類相とくに違いがあるとは言えない。むしろ、夜間にはホタテウミヘビが多く採集されたことが特徴的であり (とくに、春季では昼間が 2 個体、夜間が 69 個体)、山口県の土井ヶ浜でも同様であった。⁴⁾

これまで日本のサーフゾーンで報告された魚類^{3, 4, 6, 11-13)} は、本研究の発育段階の区分に基づけば大部分が I~III 型という後期仔魚~稚魚期の範囲に区分されるものであり、本研究の結果とは大きく異なった。これは、本研究で採用した器具が、同形式の従来の器具 (網幅 4~5m 程度) に比べると幅で 5 倍以上の規模があり、このような大きさの違いが魚種組成の違いとなって表れたと考えられる。実際、山口県の土井ヶ浜では、本研究で使用したものと同一形状の網と小型網による魚類相が同時に調べられており、両者の間には大きな違いが存在した。⁴⁾ また、吹上浜にお

いても、5m幅の小型サーフネットを使った研究では夏季にサバヒー *Chanos chanos* の仔魚が報告されているが、²⁴⁾ 本研究による大型サーフネットではまだ採集されたことがない。同一のサーフゾーンにおいて、漁獲性能が異なる器具を用いて魚類相を調べた研究は、土井ヶ浜の他には、福岡県の三里松原、⁸⁾ スコットランド、^{25, 26)} オーストラリア南西岸²⁷⁾ など数例を数えるのみである。また、前述した吹上浜における16mの小型サーフネットによる研究¹⁰⁾ の採集調査のタイミングは本研究と同一ではないものの、採集魚種にある程度の違いが観察されたので、魚類相を詳細に把握するには漁獲性能の異なる器具を幅広く用いた研究がさらに必要であろう。

種の多様性は全体的にはかなり高かったが、秋季には中程度であった。これは、2000年の秋季にシロギス稚魚が12,000個体以上も採集されたことによる著しい偏りによるものである。シロギス、カタクチイワシ、ボラなどの稚魚はパッチ状で分布するため、曳網時におけるそのような集群との遭遇の有無が採集結果を大きく左右する。季節間の種組成の類似性はそれほど高くなく、季節ごとに独特な群集が形成されていると考えられる。

カタクチイワシ、ボラ、トウゴロウイワシ、ヒラスズキ、マアジ、シロギス、マツバラトラギス、ヒラメ、クロウシノシタ、クサフグなど、採集個体数や採集頻度からみて吹上浜の代表魚種とみなせる魚種は、カタクチイワシとマアジを除けば初回の調査時(2000年5月)だけに採集された。季節的な出現傾向を示した32魚種のうち初回の調査で採集されたのは10種に過ぎなかったが、開始後3年以内には6割の魚種が採集された。一方、一時的な出現種では、オキエソ(2013年)やアイブリ(2010年)のように、研究期間の後半になって初めて採集された魚種もいた。魚種のタイプによって採集傾向に以上のような相違がみられたので、調査計画の立案にあたっては、調査期間や頻度などを十分考慮すべきである。

謝 辞

現場調査の拠点および寄宿地として京田農村振興研修センターの利用を快く認めていただいた、南さつま市金峰町大野京田地区の歴代の自治会長ならびに住民の皆様へ深く感謝の意を表す。魚種の採集に関して同意をいただいた加世田市漁業協同組合および江口漁業協同組合、野外調査手続きに関してご協力いただいた鹿児島県および串木野海

上保安部に感謝申し上げる。現場調査に協力いただいた、水産大学校須田研究室および鹿児島大学水産学部大富研究室の学生諸氏にお礼申し上げる。貴重なご指摘ご意見を賜った匿名の2名の査読者にお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) Costello MJ, Coll M, Danovaro R, Halpin P, Ojaveer H, Miloslavich P: A census of marine biodiversity knowledge, resources and future challenges. *PLoS ONE*, 5 (8), e12110 (2010)
- 2) Fujikura K, Lindsay D, Kitazato H, Nishida S, Shirayama Y: Marine biodiversity in Japanese waters. *PLoS ONE*, 5 (8), e11836 (2010)
- 3) 須田有輔・五明美智男: 砂浜海岸砕波帯における魚類仔稚分布と物理環境. 水産工学研究集録, (1), 39-52 (1995)
- 4) Suda Y, Inoue T, Uchida H: Fish communities in the surf zone of a protected sandy beach at Doigahama, Yamaguchi Prefecture, Japan. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 55, 81-96 (2002)
- 5) Suda Y, Shiino S, Nagata R, Fuzawa T, Hiwatari T, Kohata K, Hamaoka S, Watanabe M: Revision of the ichthyofauna of reflective sandy beach on the Okhotsk coast of northern Hokkaido, Japan, with notes on the food habits of some fish. *Proceedings of the 20th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice*, 23-28 (2005)
- 6) Nanami A, Endo T: Seasonal dynamics of fish assemblage structures in a surf zone on an exposed sandy beach in Japan. *Ichthyological Research*, 54, 277-286 (2007)
- 7) 須田有輔: 吹上浜の研究の背景と概要. ミニシンポジウム記録, 開放的な砂浜海岸における水産生物と環境, 吹上浜をモデルとした生態研究. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 74 (5), 920-921 (2008)
- 8) Inoue T, Suda Y, Sano M: Surf zone fishes in an exposed sandy beach at Sanrimatsubara, Japan: Does fish assemblage structure differ among microhabitats? *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 77, 1-11 (2008)
- 9) 須田有輔・村瀬 昇・藤田 剛・竹内民男: 山口県土

- 井ヶ浜の砂浜海岸サーフゾーンにおけるヒラメの出現. 水産大学校研究報告, 58 (2), 169-177 (2009)
- 10) Nakane Y, Suda Y, Sano M: Responses to fish assemblage structures to sandy beach types in Kyushu Island, southern Japan. *Marine Biology*, 160, 1563-1581 (2013)
 - 11) Senta T, Kinoshita I: Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of western Japan. *Transactions of the American Fisheries Society*, 114, 609-618 (1985)
 - 12) 千田哲資・木下 泉 編: 砂浜海岸における仔稚魚の生物学. 水産学シリーズ116. 恒星社厚生閣, 東京 (1998)
 - 13) 木下 泉: 砂浜海岸砕波帯に出現するヘダイ亜科仔稚魚の生態学的研究. *Bulletin of Marine Sciences and Fisheries, Kochi University*, (13), 21-99 (1993)
 - 14) Short AD ed.: *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. John Wiley and Sons, Ltd., Chichester (1999)
 - 15) 中坊徹次 編: 日本産魚類検索全種の同定第二版. 東海大学出版会, 東京 (2000)
 - 16) 中坊徹次 編: 日本産魚類検索全種の同定第三版. 東海大学出版会, 東京 (2013)
 - 17) 沖山宗雄 編: 日本産稚魚図鑑. 東海大学出版会, 東京 (1988)
 - 18) 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫 編: 日本産魚類大図鑑第2版. 東海大学出版会, 東京 (1988)
 - 19) 落合 明・田中 克: 新版魚類学下. 恒星社厚生閣, 東京 (1986)
 - 20) Clarke KR, Warwick RM: Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation 2nd ed. Primer E Ltd., Plymouth (2001)
 - 21) Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research: PRIMER 5 for Windows ver. 5.2.9 software CD (2000)
 - 22) 環境省生物多様性情報システムホームページ. 絶滅危惧種情報 (www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html) (2014年3月12日閲覧)
 - 23) 中根幸則・須田有輔・大富 潤・早川康博・村井武四: 中間型砂浜である鹿兒島県吹上浜の近岸帯における魚類相. 水産大学校研究報告, 53 (2), 57-70 (2005)
 - 24) Senta T, Hirai A, Kanashiro K, Komaki H: Geographical occurrence of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskål) fry in southern Japan. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Nagasaki University*, (48), 19-26 (1980)
 - 25) Gibson RN, Ansell AD, Robb L: Seasonal and annual variations in abundance and species composition of fish and macrocrustacean communities on a Scottish sandy beach. *Marine Ecology Progress Series*, 98, 89-105 (1993)
 - 26) Gibson RN, Robb L, Burrows MT, Ansell AD: Tidal, diel and longer term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. *Marine Ecology Progress Series*, 130, 1-17 (1996)
 - 27) Ayvazian SG, Hyndes GA: Surf-zone fish assemblages in south-western Australia: do adjacent nearshore habitats and the warm Leeuwin Current influence the characteristics of the fish fauna? *Marine Biology*, 122, 527-536 (1995)

