

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

誌名	水産大学校研究報告 = The journal of the Shimonoseki University of Fisheries
ISSN	03709361
著者名	須田,有輔 村瀬,昇 藤田,剛 竹内,民男
発行元	水産大学校
巻/号	58巻2号
掲載ページ	p. 169-177
発行年月	2009年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



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

須田有輔^{1†}, 村瀬 昇¹, 藤田 剛², 竹内民男²

Occurrence of Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus* in the Surf Zone of a Sandy Beach at Doigahama, Yamaguchi Prefecture, Western Japan

Yusuke Suda¹, Noboru Murase¹, Tsuyoshi Fujita² and Tamio Takeuchi²

Abstract : The occurrence of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and the characteristics of its habitat in the surf zone of a sandy shore at Doigahama, Yamaguchi Prefecture, western Japan, were described. Morphodynamic states of the beach were found reflective in the northern, intermediate in the central and dissipative in the southern areas, respectively. A total of 453 individuals ranging from 12 mm to 164 mm in total length except one of 222 mm were collected by beach seine hauls using the YS surf-net from the surf zone of Doigahama from 1996 to 2008. The juveniles just after settlement occurred in the surf zone firstly in April. Thereafter, their total length reached about 100 mm in October, 120–150 mm in December. Significantly more individuals per haul was caught at low tide than high tide in both day and night.

Key words : *Paralichthys olivaceus*, Sandy beach, Surf zone, Habitat, Morphodynamic states

緒 言

外海に面した砂浜海岸は、その厳しい波浪環境と一見単調な外見のため、生物の少ない不毛な場所だと言われてきた。そのため、砂浜海岸の生態系に対する人々の関心は極めて低く、また、採貝など一部の漁業を除き、漁業生産上の価値も低いとみなされてきた。

しかし、魚類群集に関する最近の研究により、砂浜海岸のサーフゾーンには、従来考えられていた以上に多くの魚類が出現することが報告され¹⁻⁶⁾、砂浜海岸が、とくに若齢期の沿岸魚類にとって重要な生息場であることがしだいに理解されるようになってきた。そのうちヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) は西日本の砂浜海岸における優占種の一つであるばかりか^{1-3,5)}、沿岸漁業や養殖業における価値が極めて高い魚種である。

ヒラメ若齢魚が砂浜域に生息することはよく知られてお

り、出現傾向、食性、被食、成長、減耗機構などについて数多くの研究が行われてきた⁷⁻¹³⁾。これらの研究が実施された砂浜の範囲は、最も岸寄りの領域であるサーフゾーンから、波浪による海底の砂の移動が起こり得る最も深所（移動限界水深、水深20~30m程度）まで亘り、全体的には砂浜海岸の海洋部分をすべてカバーしている。しかし、大部分の研究は、調査船の進入が可能な3m以深に限られており、碎波によって常時攪乱されるサーフゾーンのような極浅所における研究は未だ非常に少ない。

サーフゾーンは陸と海の境界領域にあたり、海岸侵食や人工構造物の設置などによる海浜変形の影響が強く現れる場所である。生態学的にみれば、海浜変形は砂浜生物の生息基盤が変化することを意味し、そこに棲む、とくにヒラメをはじめとする底生性の生物に多大な影響を与えることが容易に予想される。全国的に海岸侵食が深刻さを増す中¹⁴⁾、魚類にとっての砂浜生息場の劣化が懸念されているが¹⁵⁾、

2009年6月29日受付. Received June 29, 2009.

1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

2 山口県下関土木建築事務所 (Shimonoseki Public Works and Construction Office, Yamaguchi Prefecture)

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

十分な知見がないために、具体的な生息場保全策を立てるに至っていないのが現状である。従って、サーフゾーンにおける生物生態を解明することは喫緊の課題といえる。

そこで本研究では、砂浜海岸の生息場所としての価値を評価するための基礎的な知見を得ることを目的として、これまでとくに知見の少ない、砂浜のサーフゾーンを対象に、水産重要種であるヒラメの出現に関して、周年に亘る出現傾向、潮汐や昼夜に伴う変動傾向を明らかにする。

材料と方法

調査場所と調査期間

野外調査は、日本海に面した山口県下関市の西岸北部に位置する土井ヶ浜 (34°17.0'-17.5'N, 130°53.0'-53.5'E) で行った (Fig. 1)。下関市西岸は大部分が岩礁海岸で縁取られ、所々、岬と岬の間に挟まれた土井ヶ浜のような小規模な砂浜海岸が存在する。土井ヶ浜の延長は約1 km、北北西約6 km沖には角島が横たわる。このような地理的な特徴から、土井ヶ浜は、砂浜海岸の中でも入射波が岬や島などである程度遮られる保護的なタイプ¹⁶⁾に分類される。海岸中央部において、水深0~10m範囲の海底勾配は約1/50である (山口県豊田土木事務所の等深線図を元に、水深10m線と海岸線との距離をから算出)。

同海岸には、海岸侵食対策として、岸から150~300m沖の水深5~6m前後の場所に捨て石式の3基の人工リーフが、また、海岸の南北両端には突堤が設置されている (Fig. 1)。

野外調査は1996年9月から始め、2000年まではほぼ毎月ごとに周年にわたり昼夜調査を実施したが、その後2005年から2008年6月までは、昼間の調査だけを断続的に行った (Table 1)。2000年までは海岸の中央部だけで調査を行ったが、2005年以降は海岸の北側と南側でも行った。

採集器具と曳網回数

魚類の採集には、砂浜の魚類生態の研究のために、著者の一人須田が開発した調査用曳網 (YS Surf-net) (製作は西日本ニチモウ) を用いた (Fig. 2)。同網は、袖網長12m、深さ2m、袋網開口部2m×2m、奥行き5m、袋網 (fish bag) の網地はナイロン製もじ網4×4mmである。2005年までの調査では、袖網 (wing) の網地が袋網と同じ物を使用したが、袖網部の目合が小さいため、曳網時の海水の抵抗により網の底部が浮き上がることがあったため、2006年以降は、袖網の網地にナイロンモノ蛙又網12号9節 (約19×19mm) を用いて目合を大きくし、水の抵抗による舞上がりを低減させた。底生魚類の逃避を少なくするため、2005年までの網の沈子網には鉛入りの沈子網を使ったが、2006年以降は鉄製のチェーンを這わせ、調査の度におもりが脱着できるようにした。

同網を、海岸線から20~30m程度沖 (水深0.5~1 m) まで運び、そこから岸に向かって人力で曳網した。1回あたりの曳網面積は、調査時の潮位、波浪条件、地形条件などによっても異なるが400m²程度であった。

曳網回数は、昼間が434回 (高潮時188回、下げ潮時12

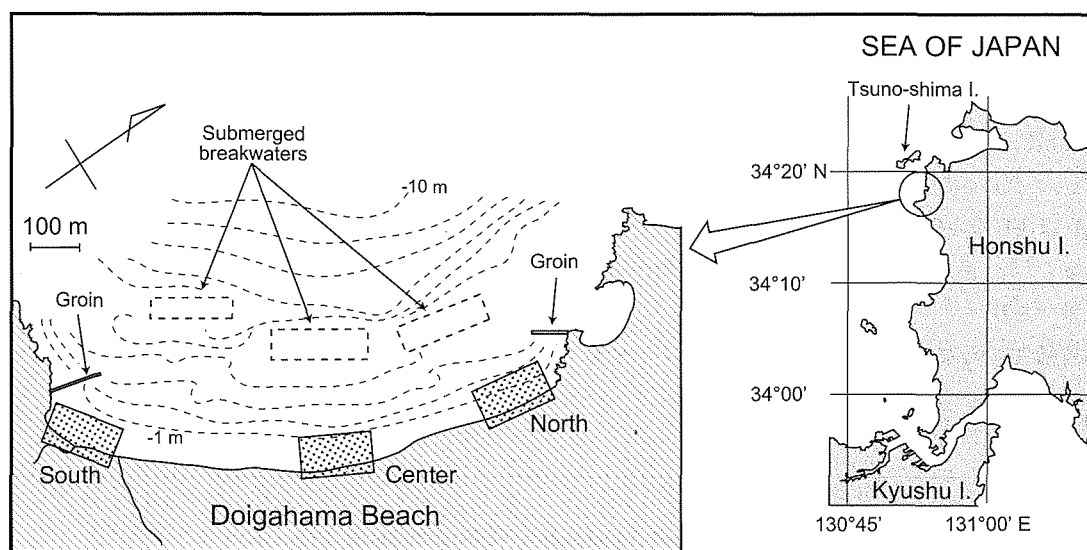


Fig. 1. Map of the research area showing three sampling sites (dotted rectangles) at Doigahama, western Honshu Island, Japan.

Table 1. Number of beach seine hauls, total number of Japanese flounder (N), number of Japanese flounder per haul (N/haul) and catch frequency (hauls with Japanese flounder/total number of hauls, F%)

Date	Day																Night																		
	High tide				Ebb tide				Low tide				Flood tide				High tide				Ebb tide				Low tide				Flood tide						
	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul	F %	Haul	N	N/haul
Sept-9	2	0	0.00	0	2	0	0.00	0	5	3	0.60	20	4	0	0.00	0	2	1	0.50	50	2	0	0.00	0	2	0	0.00	0	2	0	0.00	0			
Oct-96	2	0	0.00	0	4	0	0.00	0	11	1	0.01	9	4	0	0.00	0	6	1	0.17	17	2	0	0.00	0	5	2	0.40	20	2	0	0.00	0			
Nov-96	4	0	0.00	0	2	1	0.50	50	2	0	0.00	0																			4	1	0.25	25	
Dec-96					4	0	0.00	0	2	0	0.00	0	2	0	0.00	0	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0							
Feb-97	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0							
Mar-97	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0													2	0	0.00	0	2	0	0.00	0			
Apr-97	8	0	0.00	0					4	0	0.00	0					4	0	0.00	0					4	0	0.00	0							
May-97	6	2	0.33	17					4	4	1.00	50					2	0	0.00	0	2	4	2.00	100	4	4	1.00	50	4	2	0.50	25			
June-9	6	3	0.50	33					2	2	1.00	50	2	1	0.50	50	4	2	0.50	50					4	7	1.75	75							
Sept-9	4	1	0.25	25					4	3	0.75	25					4	1	0.25	25					4	1	0.25	25							
Oct-97	4	0	0.00	0					4	0	0.00	0					4	2	0.50	25					4	2	0.50	50							
Nov-97	2	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	1	0.50	50															
Dec-97	2	1	0.50	50					2	0	0.00	0												2	0	0.00	0								
Feb-98	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0												2	0	0.00	0								
Mar-98	2	0	0.00	0					2	0	0.00	0																							
Apr-98	2	0	0.00	0					2	1	0.50	50					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
May-98	8	34	4.25	50					4	9	2.25	50					2	0	0.00	0				4	23	5.75	75								
June-9	4	4	1.00	100					6	13	2.17	67					4	7	1.75	75	2	6	3.00	100	4	31	7.75	75	4	20	5.00	75			
July-98	2	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	3	1.50	50	2	2	1.00	50	2	5	2.50	100	2	1	0.50	50			
Sept-9	2	1	0.50	50					4	1	0.25	25					4	1	0.25	25	4	7	1.75	75	4	8	2.00	100	2	5	2.50	100			
Oct-98	2	0	0.00	0					2	1	0.50	50					2	2	1.00	100	2	2	1.00	50	2	0	0.00	0	2	1	0.50	50			
Nov-98	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	2	1.00	50								
Dec-98	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	1	0.50	50								
Jan-99	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
Feb-99	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
Mar-99	4	0	0.00	0					2	1	0.50	50					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
Apr-99	4	1	0.25	25					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
May-99	4	2	0.50	25					2	6	3.00	100					2	1	0.50	50				2	2	1.00	50								
June-9	4	4	1.00	75					2	19	9.50	100					2	3	1.50	50				2	4	2.00	100								
July-99	2	2	1.00	50					4	4	1.00	75					2	6	3.00	100				2	10	5.00	100								
Oct-99									4	0	0.00	0					4	1	0.25	25				2	1	0.50	50								
Nov-99	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
Dec-99	2	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
Feb-00	4	0	0.00	0													2	0	0.00	0				4	0	0.00	0								
Apr-00	4	0	0.00	0					2	0	0.00	0					2	0	0.00	0				2	0	0.00	0								
May-00	4	0	0.00	0					4	2	0.50	50												4	21	4.20	75								
June-0	4	21	5.25	50					6	33	5.50	83					4	14	3.50	75				2	5	2.50	100								
July-00	4	1	0.25	25					4	10	2.50	100					4	8	2.00	100				4	14	3.50	100								
Sept-0	2	0	0.00	0					2	1	0.50	50					2	1	0.50	50				2	0	0.00	0								
Nov-00	4	0	0.00	0					2	1	0.50	50					2	1	0.50	50				2	1	0.50	50								
Oct-05													12	0	0.00	0																			
Nov-05	12	3	0.25	25																															
Dec-05									12	1	0.08	8																							
Jan-06													12	0	0.00	0																			
Feb-06													12	0	0.00	0																			
Jan-07													12	0	0.00	0																			
Apr-07													12	0	0.00	0																			
May-07	12	0	0.00	0																															
June-07													12	1	0.08	8																			
Sept-07													12	0	0.00	0																			
Oct-07	12	0	0.00	0																															
June-0	12	0	0.00	0									12	3	0.25	17																			
Total	188	80			12	1			130	116			104	5			92	56			14	21			97	144			22	30					

回, 低潮時130回, 上げ潮時104回), 夜間が225回(高潮時 92回, 下げ潮時14回, 低潮時97回, 上げ潮時22回)の計 659回であった(Table 1)。7月初旬から8月いっぱい

は, 土井ヶ浜一帯が海水浴場として利用されるため, とくに禁煙期である7月下旬から8月はいずれの年も調査を実施できなかった。

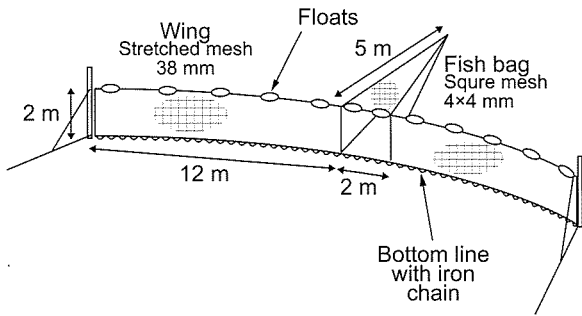


Fig. 2. Diagram of the experimental beach seine YS Surf-net.

データ分析

1 曳網あたりの採集個体数を, 昼夜と潮位 (高潮・低潮) という 2 要因の間で, 二元配置分散分析法を用いて比較した。採集個体数が比較的多かった1997年から2000年までの5月と6月のデータを, 一つのデータセットにまとめた上で分析した。同様に, 昼夜と潮位の2要因間に見られる採集個体の全長の差の有無を, 1998年6月と2000年6月それぞれのデータを用いて, 二元配置分散分析法により検討した。

いずれも分析に先立ち, Kolmogorov-Smirnov検定により正規性の検討を行った。正規性が確認できなかった場合は元のデータを対数変換した上で二元配置分散分析を行った。その際, 元のデータ値 (Y) に0が含まれる場合, 1を加えlog (Y+1) とした¹⁷⁾。

以上の統計分析には, 統計プログラムSPSS Ver.10.0 for Windows版を用いた。

結果

ハビタットの特徴

土井ヶ浜をはじめ下関市西岸の響灘沿岸の最大大潮時の潮位差は1.5m程度であり¹⁸⁾, 潮位差による海岸の区分¹⁹⁾によれば, ミクロタイダル・ビーチ (潮位差が2m以下) に区分される。海岸地形は, 海岸の北側から南側に向かって変化していく様子が観察された。すなわち, 海岸勾配は徐々に緩やかになり, 2005年~2008年に行ったレベル測量に基づけば, 汀線から前浜にかけての勾配は, 北側が1/15~1/29 (平均 1/24), 中央が 1/14~1/74 (1/30), 南側が 1/33~1/83 (1/46) であった (Fig.3)。さらに, 北側地

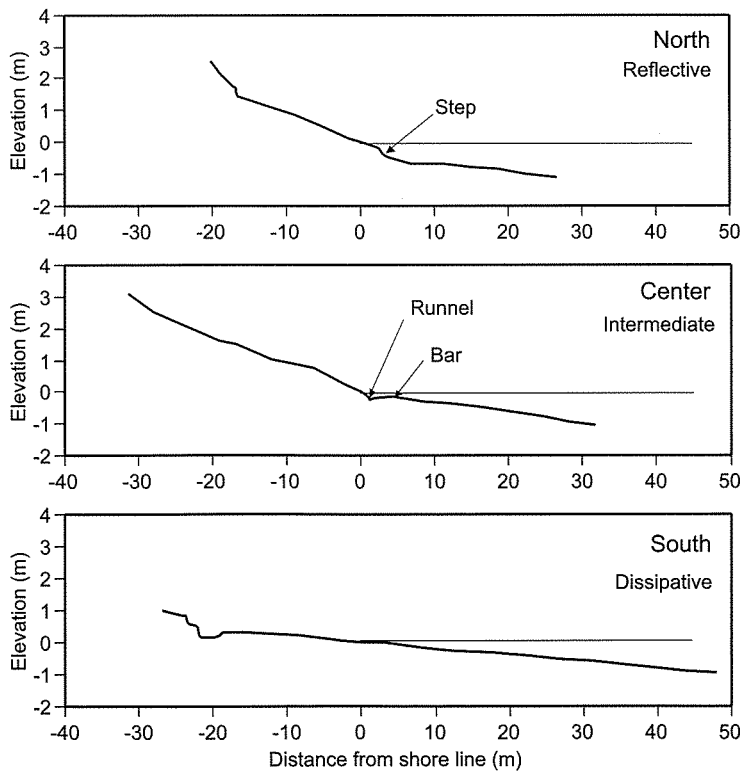


Fig. 3. Beach profiles at three sampling sites at Doigahama showing the change of morphodynamic conditions (reflective, intermediate and dissipative). Leveling was conducted at high tide on 16 January 2006 (spring tide).

点では汀線のすぐ海側にステップと呼ばれる小段差が現れ、中央部では汀線の海側がやや溝状となり、そのすぐ沖側が低い沿岸州となっていた。この沿岸州は低潮時には海面上に露出した (Fig. 4)。南側は一様に非常に緩い勾配が続いていた。

Shortによる地形的動態に基づく海岸の分類に従えば^{20,21)}、土井ヶ浜の北側は反射的、中央は中間的、南側は逸散的な状態にあり、同一の海岸でありながら地形的な環境条件が異なることがわかった。

ヒラメの出現

全調査期間で453個体のヒラメが採集された。全長222mmの1個体を除き、全長範囲は12mmから164mmであった (Fig. 5)。総計659回の曳網のうち、ヒラメが採集されたのは153回であった。冬季の採集頻度 (F%) は非常に低かったが、5~10月の温暖期は概ね50%以上であった (Table 1)。

1曳網当たりのヒラメ採集個体数 (N/haul) は0個体から、1999年6月に観察された9.5個体に亘った (Table 1)。1回あたりの曳網面積はおよそ400m²なので、それを元に単位面積あたりの分布密度を求めれば最大で0.02個体/m²である。月別の平均をみれば、5月が0.004個体/m²、6月が0.006個体/m²、7月が0.004個体/m²、9月が0.002個体/m²、10月が0.001個体/m²と、6月がピークとなった (Table 1)。

採集個体数が比較的多かった1997年から2000年までの5月と6月のデータを一つにまとめて、二元配置分散分析法によって1曳網あたりの採集個体数を、昼夜、潮位 (高潮時、低潮時) 間で比較した (Table 2)。その結果、昼夜と潮位の間での交互作用は認められなかった (P=0.574)。また、昼夜の間では有意な差が認められなかったが (P=0.887)、高潮時と低潮時の間では5%の危険率で有意な差が認められた (P=0.013)。すなわち、昼夜間には1曳網当たりの採集個体数に違いはないが、昼夜とも高潮時よりも低潮時に多くの個体が採集されるという傾向がみられ



Fig. 4. Photos of Doigahama at high water (above) and low water (below) showing the coastal bar exposed at low tide.

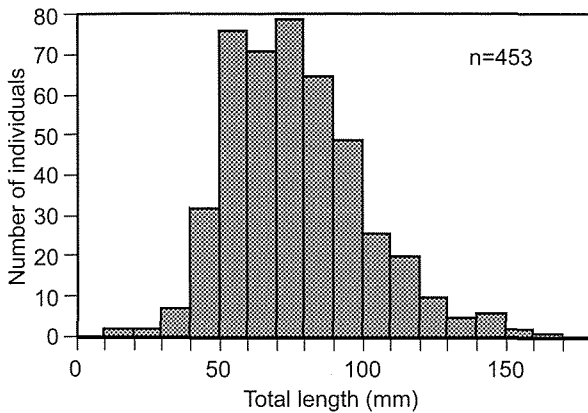


Fig. 5. Length-frequency distribution of Japanese flounder collected in the sandy beach surf zone at Doigahama from October 1996 to June 2008.

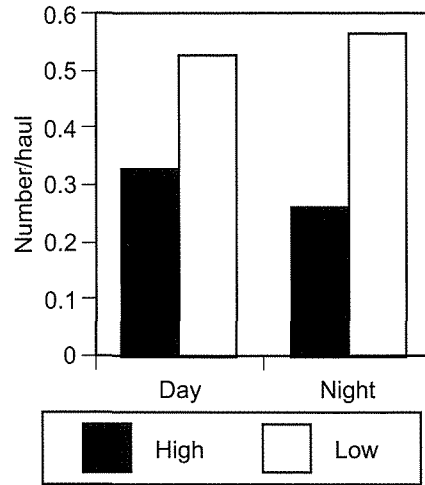


Fig. 6. Means of the number of individuals of Japanese flounder per haul in a two-way ANOVA showing significant effect of factor *Tide*, non-significant effect of factor *Day/Night*, and non-significant interaction (May and June 1997 to 2000).

Table 2. Results of two-way ANOVA for the differences of number of individuals collected among two factors (day/night, tides). The data in May and June from 1997 to 2000 were compiled to single data set

Source	df	MS	F	P
Day/Night	1	0.001	0.020	0.887
Tide	1	0.489	7.020	0.013
D/N × Tide	1	0.022	0.323	0.574
Error	27	0.070		
Total	30			

た (Fig. 6)。

Fig. 7 は採集月ごとの全長組成を時系列に並べたものであり、峰の移動から大まかにヒラメの成長過程を追うことができた。すなわち、4月に全長10~20mmの個体が加入し(例えば、1998年4月、1999年4月)、その年の6月には全長60~70mm、10月には100mm前後、12月には130~140mmまで成長し、翌年の3月に150mm程度(例えば、1999年3月)に達した。

採集個体数が比較的多かった1998年6月と2000年6月について、二元配置分散分析法を用いて、昼夜、潮位(高潮時、低潮時)間における全長の比較を行った(Table 3)。両年とも昼夜と潮汐の間の交互作用は認められなかった(1998年 $P=0.468$, 2000年 $P=0.879$)。しかし、昼夜間あるいは潮位間の違いは年によって異なった。1998年は、昼夜間、潮位間とも有意な差が認められなかった(昼夜間 $P=0.616$; 潮位間 $P=0.530$)。一方、2000年は、潮位間では有意な差が認められなかったが($P=0.800$)、昼夜間では5%の危険率で有意な差が認められ($P=0.014$)、夜間の採集個体の全長の方が昼間よりも大きかった。(Fig. 8)

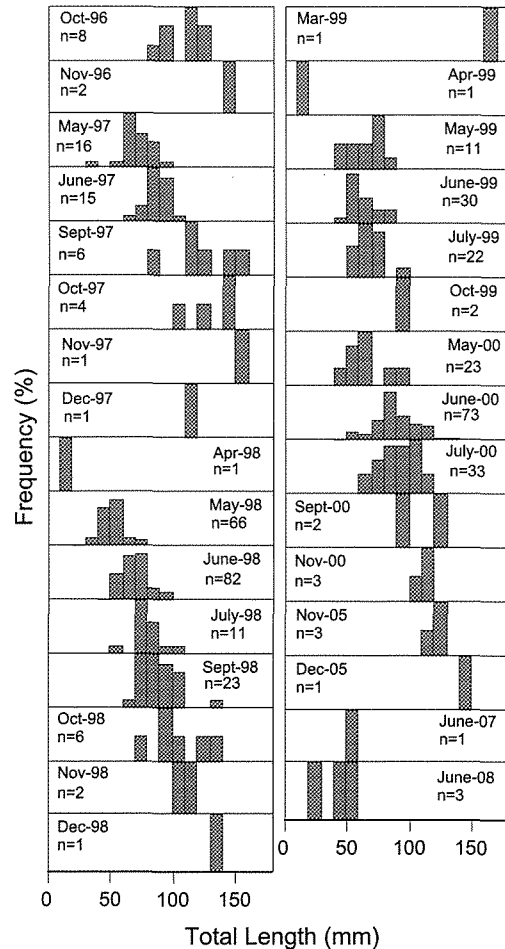


Fig. 7. Length-frequency distributions of Japanese flounder from October 1996 showing an increase in total length (TL) through time of young fish occurred in the sandy beach surf zone at Doigahama. Length of each ordinate shows 100%.

Table 3. Results of two-way ANOVA for the differences of total length among two factors (day/night, tides). The data in June of both 1998 and 2000 were analyzed

Source	df	MS	F	P
《1998》				
Day/Night	1	27.077	0.254	0.616
Tide	1	42.572	0.400	0.530
D/N × Tide	1	57.037	0.536	0.468
Error	51	106.441		
Total	54			
《2000》				
Day/Night	1	1996.652	6.375	0.014
Tide	1	20.230	0.065	0.800
D/N × Tide	1	7.340	0.023	0.879
Error	69	313.177		
Total	72			

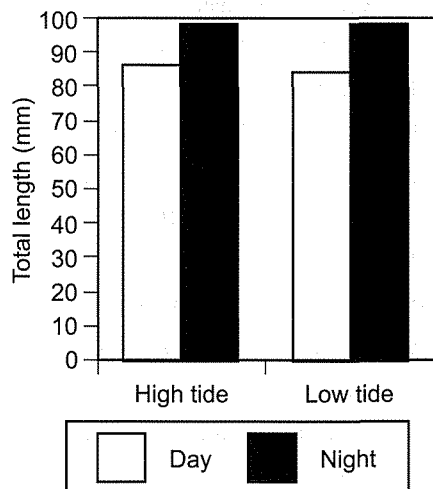


Fig. 8. Means of total length of Japanese flounder in a two-way ANOVA showing significant effect of factor *Day/Night*, non-significant effect of factor *Tide*, and non-significant interaction (June 2000).

考 察

砂浜海岸の浅所におけるヒラメの出現傾向についてはこれまで不明な点が多かったが、本研究により、砂浜海岸のサーフゾーンには、従来報告されていたような、着底直後から稚魚期までの個体だけではなく、全長150mm程度の若魚期までのヒラメが出現することが明らかとなった。従来から使われている、仔稚魚を対象にした小規模で目合の細かい採集器具（例えば^{11,12)}では、本研究で多く採集された若魚サイズの個体の採集は困難である。サーフゾーンの魚類生態をより詳しく研究する上でも、本研究で使ったような大型の採集器具による調査が必要である。

全長組成の時系列 (Fig.6) によれば、初春の3月に160mm程度の個体が出現しているものの (1999年)、土井ヶ浜のサーフゾーンにヒラメが高密度に出現するのは4月から12月までであった。したがって、冬季には越冬のため深所に移動し、その後はサーフゾーンに戻ることなく、沖合の生息場で若魚期以降の生活を続けるものと考えられた。予備的に行った本種の食性分析によれば、サーフゾーン出現期のヒラメは波打ち際に固有のアミ類を主要な餌としていることから (須田未公表データ)、ヒラメはサーフゾーンを稚魚期・若魚期の生息場や餌場として利用していると考えられる。

砂浜海岸の岸沖方向のヒラメの分布密度に関して、鳥取県の砂浜域では、サーフゾーンのような浅所でのデータはないが、水深5~10m帯の約0.1個体/m²を最高に、沖へ向かって低くなることが観察されている¹⁰⁾。本研究の土井ヶ浜のサーフゾーン内のヒラメ分布密度は、最も多く採集された6月の平均値で0.006個体/m² (最大で0.02個体/m²)であり、最大でも鳥取沿岸の5~10m帯の1/10程度であった。同一砂浜でサーフゾーンから沖までの分布傾向が調べられた例がないために、鳥取沖合水深5~10m帯に比べて土井ヶ浜サーフゾーンの方が低かった理由は不明である。若魚期のヒラメにおけるサーフゾーン生息場の意義やサーフゾーン出現期以降のヒラメの生態を理解する上でも、今後、岸沖方向の分布域全体に亘る研究が必要であろう。

本研究では、土井ヶ浜が場所によって地形的な環境条件が異なることが示されたものの、そのような違いとヒラメの出現に関する検討までは行うことができなかった。しかし、土井ヶ浜同様、同一海岸内で地形的な違いが見られる鹿児島県吹上浜^{22,23)}では、砂浜タイプ (反射型、中間型、逸散型) 間で魚類群集構造が異なることが報告されている^{24,25)}。一方で、捕食魚による捕食圧の違いは、砂浜タイプ間では認められなかったが、同一タイプ内でもラネル (低潮時に露出した沿岸州の岸側に形成される浅い水域) と沿岸州沖側では差が見られた^{24,26)}。このように、砂浜タイプのみならず海岸地形はヒラメをはじめ砂浜魚類の生息と大きな関わりをもっていると考えられる。本研究でも、ヒラメの分布密度が昼夜とも高潮時より低潮時に高くなるという傾向がみられたが、このことは前浜勾配が、高潮時よりも低潮時の方が緩くなることと関係しているかもしれない。一方、夜間の採集個体の大きさの方が昼間より大きかったことについては、地形的な影響よりも、昼夜に対するヒラメあるいは餌生物の応答の違いが大きく関わってい

るのではないかと考えられる。

砂浜海岸に建設される離岸堤, 潜堤, 突堤などの海岸保全施設は多少なりとも海浜変形をもたらすので, それが砂浜生物の生息にどのような影響を及ぼすのか予測することは, 砂浜生息場の保全を考慮した海岸保全事業のありかたを考える上で重要なことである。そのためには, 沿岸域の一般的な環境影響評価予測の対象となる水質や底質だけではなく, 生息場の地形的な特徴についても十分把握する必要があるだろう。

謝 辞

フィールド調査の実施にあたり, 土井ヶ浜中央海水浴場の駐車場を調査期間中の基地として開放して下さった故藤井義典氏, および魚介類の採集に同意いただいた旧豊北町漁業協同組合(現山口県漁業協同組合和久支所)に心から謝意を表す。調査に協力いただいた水産大学校須田研究室の学生に感謝する。本研究の一部は, 山口県土木部の平成17~19年度官学共同研究の一環として, 財団法人山口県建設技術センターと共同で実施したものである(課題名「海岸侵食対策工事の海浜生態系保全効果の評価に関する研究」)。山口県土木部および同財団の関係各位に深謝する。

引用文献

- 1) Suda Y, Inoue T, Uchida H : Fish Communities in the Surf Zone of a Protected Sandy Beach at Doigahama, Yamaguchi Prefecture, Japan. *Estuar Coast Shelf Sci*, 55, 81-96 (2002)
- 2) Suda Y, Inoue T, Nakamura M, Masuda N, Doi H, Murai T : Nearshore Ichthyofauna in the Intermediate Sandy Beach, Doigahama Beach, Yamaguchi Prefecture, Japan. *J Nat Fish*, 52, 11-29 (2004)
- 3) 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児島県吹上浜の近岸帯における魚類相. *水大校研報*, 53, 57-70 (2005)
- 4) 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. *Proc 20th Int Symp Okhotsk Sea & Sea Ice*, 23-28 (2005)
- 5) Inoue T, Suda Y, Sano M : Surf Zone Fishes in an Exposed Sandy Beach at Sanrimatsubara, Japan : Does Fish Assemblage Structure Differ among Microhabitats? *Estuar Coast Shelf Sci*, 77, 1-11 (2008)
- 6) Nanami A, Endo T : Seasonal Dynamics of Fish Assemblage Structures in a Surf Zone on an Exposed Sandy Beach in Japan. *Ichthyol Res*, 54, 277-286 (2007)
- 7) 南 卓志 : 生活史特性. 南 卓志, 田中 克(編), ヒラメの生物学と資源培養, 水産学シリーズ112. 恒星社厚生閣, 東京, 9-24 (1997)
- 8) 乃一哲久 : 初期生態. 南 卓志, 田中 克(編), ヒラメの生物学と資源培養, 水産学シリーズ112. 恒星社厚生閣, 東京, 25-40 (1997)
- 9) 乃一哲久, 草野 誠, 植木大輔, 千田哲資 : 長崎県大瀬戸町柳浜においてヒラメ着底仔稚魚を捕食する魚類の食性. *長大水研報*, (73), 1-6 (1993)
- 10) 古田晋平 : 鳥取県におけるヒラメ人工種苗放流技術の開発に関する行動・生態学的研究. *鳥取水試報告*, (35), 1-76 (1998)
- 11) Amarullah MH, Senta T : The R-H Push-net, a Gear for Study of Juvenile Flatfishes along the Beach. *Bull Fac Fish Nagasaki Univ*, (65), 9-14 (1989)
- 12) Subiyanto, Hirata I, Senta T : Larval Settlement of the Japanese Flounder on Sandy Beaches of the Yatsushiro Sea, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(7), 1121-1128 (1993)
- 13) Yamamoto M : Feeding Ecology of Settled Japanese Flounder in Nursery Grounds in Eastern Hiuchi-Nada, the Seto Inland Sea, Japan. *Bull Kagawa Pref Fish Exp Stn*, (8), 17-67 (2007)
- 14) 宇多高明 : 日本の海岸侵食. 山海堂, 東京 (1997)
- 15) 須田有輔, 井上 隆 : 削り取られる砂浜, 魚類の生息にどのような影響を与えるか. 2006年度日本魚類学会公開シンポジウム, 生息場所の劣化が沿岸魚類群集に与える影響, 講演要旨集, 21-27 (2006)
- 16) 時岡 隆, 原田英司, 西村三郎 : 海の生態学, 生態学研究シリーズ3. 築地書館, 東京 (1972)
- 17) Sokal RR, Fohlf FJ : Biometry 3rd ed. WH Freeman and Company, New York (1995)
- 18) 財団法人日本水路協会海洋情報研究センター : 電子潮

- 見表2009年版CD-ROM (M-100-09) (2008)
- 19) Komar PD: Beach Processes and Sedimentation, 2nd ed. Prentice Hall, New Jersey (1998)
- 20) Short AD: Wave Dominated Beaches. In: Short AD (ed) Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. John Wiley & Sons Ltd. (1999)
- 21) Brown AC, McLachlan A: 砂浜海岸の生態学 (須田有輔, 早川康博 訳), 東海大学出版会, 東京 (2002): Ecology of Sandy Shores. Elsevier, Amsterdam (1990)
- 22) 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. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 74(5), 920-921 (2008)
- 23) 西隆一郎: 吹上浜の物理環境と砂浜の形成要因, 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. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 74(5), 928-929 (2008)
- 24) 中根幸則: 吹上浜の魚類-魚類群集の構造は砂浜タイプによって異なるのか, 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. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 74(5), 924-925 (2008)
- 25) 中根幸則: 砂浜タイプの違いが汀線域における魚類群集の構造に及ぼす影響. 東京大学博士課程学位論文 (2009)
- 26) Nakane Y, Suda Y, Hayakawa Y, Ohtomi J, Sano M: Predation Pressure for a Juvenile Fish on an Exposed Sandy Beach: Comparison among Beach Types Using Tethering Experiments. *La mer*, 46, 109-115 (2009)