飼育下におけるハモの巣穴形成行動と底質粒径の関係

上田 幸男,* 岡崎 孝博

(2010 年 5 月 31 日受付, 2010 年 10 月 14 日受理)

徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所

Burrowing behavior of daggartooth pike conger *Muraenesox cinereus* in captivity in relation to grain size of bottom sediment

YUKIO UETA* AND TAKAHIRO OKAZAKI

Fisheries Research Institute, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center, Dounoura, Seto-cho, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan

Daggertooth pike conger *Muraenesox cinereus* of 191 to 757 g in body mass caught off Tokushima Prefecture in the Kii Channel were used for these experiments. These fish were individually reared in 200 L aquaria under running water with bottom sediments of sand (1.79 mm, 1.02, 0.48 in mean grain size), muddy sand (0.162 mm), and sandy mud (0.073 mm), and the burrowing behavior in captivity and influence on burrowing behavior by the grain size of bottom sediment were examined from June 2008 and June 2009. In aquaria with sandy mud bottom sediment and muddy sand bottom sediment, *Muraenesox cinereus* burrowed head-first, repeatedly advancing forward and moving backward using its sharp head in the mud, but this behavior was not observed in sand bottom sediments. These laboratory experiment results show that for burrowing the sediment needs to contain mud and in the field *Muraenesox cinereus* is distributed in muddy sediment areas. Casts of burrows showed the following common structural features: a U-shaped tunnel of 6.8 to 15.7 cm depth with two openings; the center of the burrow was curved horizontally and the floor was flat. Many *Muraenesox cinereus* made burrows one after another without staying in a fixed burrow.

キーワード：巣穴，底質粒径，泥分率，ハモ，U 字管

ハモ *Muraenesox cinereus* は，東シナ海・黄海，インド・西太平洋域に分布する。¹⁾ 日本では本州中西部の泥域もしくは砂泥域に分布する。^{2,3)} 特に瀬戸内海，九州沿岸および東シナ海などに比較的資源量の大きい個体群の存在が知られている。³⁻⁶⁾ 徳島県は 1997～2006 年の 10 年間において 111～714 トンのハモの漁獲量があり，⁷⁾ 関西市場へハモを供給する主要産地になっている。とりわけハモの一大消費地である京都市の京都中央卸売市場における 2006～2009 年の府県別取扱量（市場月報：www.city.kyoto.lg.jp/sankan/soshiki/7-1-7-0-0.html，2010 年 5 月 27 日）では徳島県産が全国 1 位になっている。

日本産ハモについては 1950～1970 年代を中心にハモの形態，^{2,3,8,9)} 成長，^{2-4,10,11)} 回遊，¹²⁾ 繁殖，^{2,3,11,13,14)} 摂食生態^{2,3,11,15-17)} および資源⁵⁾ に関する報告がみられるが，

ハモの巣穴形成行動と底質粒径に関する報告はみられない。また巣穴の構造，およびどのような底質に巣穴を形成するか明らかにされていない。

ハモの巣穴形成行動と底質粒径の関係を明らかにすることは，ハモの生息適地および底延縄や小型底びき網漁業によって海底のハモがどのように漁獲されるのかを明らかにし，効率的な操業の確立と資源管理型漁業を推進する上で意義は大きい。

このことから，紀伊水道およびその外域で漁獲されたハモを粒径が異なる砂，泥砂および砂泥を敷設した水槽に収容し，巣穴の形成行動を観察し，底質粒径が巣穴形成行動に及ぼす影響について調べた。

材料と方法

供試魚の入手と予備飼育 供試魚は 2007 年 10 月 30

* Tel : 81-88-688-0555. Fax : 81-88-688-1622. Email : ueta_yukio_2@pref.tokushima.lg.jp

日, 2008年6月17日に紀伊水道外域の徳島県沖で底延縄により漁獲された15個体(体重191~757 g)と, 2008年8月12日, 9月4日に紀伊水道の徳島県海域において小型底びき網により漁獲された16個体(体重212~750 g)である。これらの個体には餌としてマアジやイカなどの切り身を与え, 直径15 cm, 長さ70~100 cmの塩化ビニール製のパイプを挿入した水槽で流水下予備飼育した。いずれの個体も昼夜ともに大部分はパイプ内で沈静していた。

飼育試験 200 Lの半球形のパネルライト水槽(長径70 cm, 深さ65 cm)に砂, 泥砂および砂泥を75 L, 深さ25 cmに敷設し, 5~10 L/日の流水下でハモを飼育した。ハモが飛び出さないようにパネルライト水槽にはプラスチック製の蓋を被せた(Fig. 1)。アレック社製記録式水温塩分計ACT20-Dにより, 毎日午前10時の水温と塩分を記録した。いずれの飼育試験においても底質の悪化を避けるため, 餌の捕食状況をみながら, 予備飼育同様の餌を適宜与えた。

Fig. 1 Schematic diagram showing experimental setup to observe the burrowing behavior of *Muraenesox cinereus*. One fish was kept in each 200 L aquarium.

1日1回の割合で午前8時30分を中心に巣穴の形成状況, ハモの水槽内の位置取りおよび行動を観察・記録するとともに, 必要に応じて写真とビデオの撮影を実施した。密閉された暗室で飼育を行い, 観察時には点灯した。飼育の開始前および終了後に供試魚の体重を秤量した。

砂区 5 mm目合のふるいを通した市販の海砂(粗砂)を購入し, 海水で洗浄後飼育試験に供した。4, 2.83, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.075, 0.037 および 0.020 mmのふるいを用いて淘汰分析により粒径組成を調べた(Table 1)。平均粒径は1.02 mm(中央粒径値 $Md\phi$ -0.029)で, 粒径0.75 mm以下の泥の割合を示す泥分率は0.1%であった(Table 1)。以下, この海砂を敷設した試験区を砂2区とした。さらにこの海砂を3.083 mmと0.925 mmのふるいで分画し, 後者に残った平均粒径1.79 mm($Md\phi$ -0.840)の砂を敷設した試験区を砂1区, 0.925 mmのふるいを通して平均粒径0.48 mmの砂を敷設した試験区を砂3区とした。

砂1区および砂3区では2008年11月19日から2009年1月13日にかけて1試験当たり11~16日, 各計5回の試験を実施し, 砂2区では2008年7月8日から11月13日において1試験当たり4~15日, 計5回の試験を実施した(Table 2)。砂1区における供試魚の体重は375~565 g, 砂2区の体重は245~645 g, 砂3区は415~555 gであった。

泥砂および砂泥区 漁業調査船「とくしま」(80トン, 1200馬力)によりハモの主要な漁場である紀伊水道の徳島県海域(北緯33°55.20', 東経134°44.29', 水深41 m)でスミス・マッキンタイヤー採泥器により採取した砂泥を徳島県水産研究所鳴門庁舎に搬入し, 試験に用いた。砂泥に淘汰分析により泥砂の粒径組成を調べた(Table 1)。砂泥の平均粒径は0.073 mm($Md\phi$ 3.786)で, 泥分率は66.5%であった。以下, この砂泥を敷設した試験区を砂泥区とした。砂泥を水槽に敷設後, 各試験の開始前には, 砂泥が固まらないようにスコップでよく攪拌し, 砂泥表面の凹凸をなくすようならした。

Table 1 Particle size distribution (%) of bottom sediments used for the culture experiment of *Muraenesox cinereus*

Bottom sediment	Mesh size (mm) of sieve										Mean diameter (mm)	Mud content (%)	$Md\phi$
	>4.000	4.000 -2.830	2.830 -1.000	1.000 -0.500	0.500 -0.250	0.250 -0.125	0.125 -0.075	0.075 -0.037	0.037 -0.020	<0.020			
Sand 1	0.0	0.0	45.0	47.7	6.4	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	1.790	0.1	-0.840
Sand 2	0.1	0.0	19.4	42.8	33.0	4.3	0.3	0.0	0.0	0.0	1.020	0.1	-0.029
Sand 3	0.0	0.0	0.3	17.9	52.1	23.5	5.3	0.9	0.0	0.0	0.480	0.9	1.059
Muddy sand	0.0	0.0	0.2	6.4	24.8	15.9	11.8	10.1	4.4	26.5	0.162	41.0	2.626
Sandy mud	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	9.7	23.1	27.3	4.9	34.2	0.073	66.5	3.786

Grain size analysis was conducted by screening using 9 mesh sizes of sieve. Mud content shows the ratio of particle size smaller than 0.075 mm.

Table 2 Details of the rearing conditions in each experiment and number of burrows made by *Muraenesox cinereus*

Bottom sediment	Experiment No.	Date		Number of days (A)	Body mass (g)		Temperature (°C)			Sampling locality	Number of burrows (B)	B/A
		Start	End		Start	End	Min.	Mean	Max.			
Sand 1	1	19-Nov-08	29-Nov-08	11	565	555	17.1	17.7	18.3	Tokushima	0	0
	2	29-Nov-08	14-Dec-08	16	435	425	15.1	15.9	17.2	Tokushima	0	0
	3	14-Dec-08	24-Dec-08	11	525	505	14.0	14.7	15.1	Tokushima	0	0
	4	24-Dec-08	3-Jan-09	11	375	367	11.6	12.8	14.4	Tokushima	0	0
	5	3-Jan-09	13-Jan-09	11	478	471	10.7	11.6	12.2	Tokushima	0	0
Sand 2	1	8-Jul-08	14-Jul-08	7	645	—*	22.2	22.0	23.8	Mugi	0	0
	2	14-Jul-08	17-Jul-08	4	540	—*	23.4	23.6	23.8	Mugi	0	0
	3	1-Oct-08	11-Oct-08	11	500	480	23.3	24.1	24.4	Tokushima	0	0
	4	11-Oct-08	21-Oct-08	11	415	390	22.9	23.2	24.1	Tokushima	0	0
	5	30-Oct-08	13-Nov-08	15	245	235	19.7	20.7	21.6	Tokushima	0	0
Sand 3	1	19-Nov-08	29-Nov-08	11	475	435	17.1	17.7	18.3	Tokushima	0	0
	2	29-Nov-08	14-Dec-08	16	555	535	15.1	15.9	17.2	Tokushima	0	0
	3	14-Dec-08	24-Dec-08	11	415	380	14.0	14.7	15.1	Tokushima	0	0
	4	24-Dec-08	3-Jan-09	11	505	497	11.6	12.8	14.4	Tokushima	0	0
	5	3-Jan-09	13-Jan-09	11	453	438	10.7	11.6	12.2	Tokushima	0	0
Muddy sand	1	19-Jan-09	7-Feb-09	20	399	393	9.7	10.1	11.0	Mugi	4	0.20
	2	7-Feb-09	20-Feb-09	14	192	179	9.5	10.0	11.0	Mugi	0	0
	3	20-Feb-09	7-Mar-09	16	346	334	9.5	9.9	10.2	Mugi	3	0.19
	4	7-Mar-09	17-Mar-09	11	325	320	10.0	10.2	10.7	Mugi	0	0
	5	17-Mar-09	6-Apr-09	21	472	453	10.7	11.1	11.8	Mugi	0	0
	6	6-Apr-09	26-Apr-09	21	191	181	11.8	13.3	14.6	Mugi	0	0
	7	26-Apr-09	15-May-09	20	757	718	13.7	15.4	17.0	Mugi	0	0
	8	15-May-09	4-Jun-09	21	462	423	16.5	17.7	18.9	Mugi	0	0
Sandy mud	1	25-Jun-08	16-Jul-08	22	610	610	20.6	22.0	23.8	Mugi	10	0.45
	2	21-Jul-08	8-Aug-08	19	330	285	24.2	25.7	27.1	Mugi	0	0
	3	6-Oct-08	13-Oct-08	8	305	270	23.3	24.0	24.4	Tokushima	0	0
	4	6-Oct-08	21-Oct-08	16	750	645	22.9	23.5	24.4	Tokushima	0	0
	5	28-Dec-08	23-Jan-09	27	212	201	10.7	11.7	13.0	Tokushima	2	0.07
	6	24-Jan-09	13-Feb-09	21	356	342	9.7	10.0	11.0	Mugi	7	0.33
	7	30-Mar-09	19-Apr-09	21	395	377	10.8	12.3	14.2	Mugi	11	0.52
	8	11-May-09	1-Jun-09	22	320	—*	16.5	17.6	18.9	Mugi	15	0.68

* not weighed

2008年6月25日から2009年6月1日まで1試験当たり8~27日間飼育し、計8個体について試験を実施した (Table 2)。砂泥区における供試魚の体重は212~750 gであった。

さらに平均粒径0.073 mmの砂泥と平均粒径0.48 mmの砂3区の底質を混合し、平均粒径0.162 mm (Mdφ 2.626, 泥分率41%)の泥砂を敷設した試験区を泥砂区とした (Table 1)。2009年1月19日から2009年6月4日まで1試験当たり11~21日飼育し、計8回の試験を実施した (Table 2)。泥砂区における供試魚の体重は191~757 gであった。

巣穴のかたどり 試験終了時に巣穴が形成された砂泥区の試験5, 6において、大部分の海水をサイフォンで抜き、水温1~3°Cの冷海水を巣穴に投入することによ

りハモに麻酔をかけ、ハモを取り除いた。さらにサイフォンで巣穴内の海水を抜き、ドライヤーで乾燥し、巣穴に市販の石膏を流し込み、巣穴をかたどった。石膏の型を壊さないように砂泥中から掘り出した後、巣穴の長さ、深さ、および中央部の周囲の長さを計測した。

結 果

飼育 飼育期間中の水温は9.5~27.1°Cであった (Table 2)。試験の前後で供試魚の体重は砂泥区試験1を除いて1~14%減少した。砂2区の試験1, 2および砂泥区の試験3においてそれぞれ試験開始後7, 4および8日目に蓋の隙間から飛び出して死亡した3個体を除いて試験中に供試魚の死亡はみられなかった。

砂区 砂1~3区では各5回、計15回の試験、延べ

Fig. 2 *Muraenesox cinereus* of 346 g in body mass burrowing into mud in muddy sand-2 experiment on 22 February, 2009 (A). *Muraenesox cinereus* of 610 g in body mass hiding in burrow with enlarged entrance formed for itself in sandy mud-1 experiment on 3 July, 2008 (B). Entrance and exit of burrow formed by *Muraenesox cinereus* of 212 g in body mass in experiment sandy mud-5 on 23 January, 2009 (C), and the cast of the U-tube shaped burrow using plaster; experiment sandy mud-5 on 23 January, 2009 (D, E).

168 日の観察期間において一度もハモの巣穴や潜砂行動を観察することはなかった (Table 2)。また砂 3 区では全観察日 49 日のうち 21 日 (42.9%) で砂面に着底していたが、底質粒径の大きい砂 2 区と 1 区では着底頻度が著しく低く、それぞれ 2.0%, 0% であった。

泥砂区 計 8 回の試験を実施したところ、試験 1 と 3 で潜砂行動が観察された (Table 2, Fig. 2-A)。試験 3 では 2 月 22 日に頭部から底質に潜って、頭部から底質表面に出たために頭部には泥が付着しているハモが観察された (Fig. 2-A)。いずれの試験においてもハモが巣穴から出た後には、巣穴が崩壊した。このため巣穴の形状をかたどることができなかった。巣穴が崩壊した後の凹みにハモが着底する場面が観察された。全ての試験においてハモは底面に着底した。

砂泥区 計 8 回の試験を実施し、試験 1 および 5~8 の 5 回の試験でそれぞれ 2~15 の巣穴の形成を確認した (Table 2, Fig. 3)。試験 1, 6, 8 において開口部が 1 か所の巣穴が一部の観察日でみられたが、全試験の大部

分の観察日で 2 つの開口部を有する U 字管状の巣穴がみられた。試験 1 の 7 月 3 日には明瞭な壁面のある筒状の巣穴にハモが頭部を隠していた (Fig. 2-B)。

試験 1 および 6~8 ではハモは游泳と巣穴形成を繰り返して、巣穴を移動した。試験 1 の 7 月 3~8 日 (6 日間), 7 月 9~16 日 (8 日間), 試験 6 の 2 月 1~4 日 (4 日間), 2 月 5~13 日 (9 日間), 試験 7 の 4 月 4~7 日 (4 日間), 4 月 9~11 日 (3 日間), 4 月 13~19 日 (7 日間), 試験 8 の 5 月 16~18 日 (3 日間), 5 月 19~22 日 (4 日間), 5 月 27~30 日 (4 日間) には 3 日以上巣穴内に止まっていた (Fig. 3)。これに対して、試験 5 では、投入翌日の 12 月 29 日に U 字管状の巣穴を形成し、12 月 29 日~1 月 23 日の 26 日間同一の巣穴内で生息し、前後の反転をすることも、餌を食べることも、巣穴外に出ることも観察できなかった。ハモの巣穴内での動きによって徐々に巣穴の開口部はすり鉢状に変化した (Fig. 2-C)。

この他、試験 1 の 7 月 7 日に巣穴から出て餌のマブジ (尾叉長 13 cm) を捕食し、尾鰭で巣穴を探りながら

Fig. 3 Daily burrowing and behavior of *Muraenesox cinereus* in each experimental aquarium (70 cm in diameter) with sandy mud sediments. Arrows in each aquaria show positions and directions of experimental fish. Black circles with number show the order of burrows made by *Muraenesox cinereus*.

巣穴内に戻るハモを観察した。試験6では、試験開始日の1月24日の投入直後に逆さ状態になり頭部から体をくねらせながら潜泥するハモを確認した。

試験終了時に巣穴が残された試験5, 6について石膏により巣穴をかたどった。試験5の巣穴の全長と深さはそれぞれ56.8 cm, 15.7 cmであった (Fig. 2-D, E)。

巣穴の開口部はすり鉢状を呈し、中央部は巣穴が緩やかに湾曲していた。中央部の周囲の長さは15.6~16.3 cmで、断面は底面が平坦な半円状を呈していた。供試魚の胴回りは8.1 cmであり、明らかにそれよりも太い巣穴を形成した。試験6の巣穴の全長は84.2 cm, 深さは6.8 cmであった。試験1と同様に巣内部は水平方向に

湾曲し, 中央部の底面は平坦であった。その周囲の長さは12.1~12.6 cmで, 供試魚の胴回り9.8 cmよりも長かった。

水温と巣穴形成行動 泥砂区では水温9.5~11.0°Cの1~3月に試験1, 3で潜砂行動がみられたが, 同様の水温(9.5~11.0°C)であった2, 3月の試験2, 4では潜砂行動がみられなかった。砂泥区では水温9.7~23.8°Cの1~7月および12月には巣穴の形成がみられ, 水温23.3~27.1°Cの7, 8, 10月には巣穴の形成がみられなかった(Table 2)。

飼育日数当たりの巣穴形成個数については, 水温が10.7~13.0°Cに低下する12~1月の試験5では0.07個/日と低い値を示したのに対し, 水温が上昇傾向にある3~7月の試験1と試験7, 8において0.45~0.68個/日と高い値を示した(Table 2)。

考 察

巣穴形成行動 巣穴の形成が確認された泥砂区の2試験および砂泥区の5試験のうち砂泥区の試験6において胴体をくねらせながら頭部から潜泥するハモを観察したことから, 自然界においてもハモは頭部から潜泥するものと考えられる。また潜泥直後, 底質表面から出たハモの頭部に砂泥が付着していることも(Fig. 2-A), 頭部からの潜泥を示唆するものと考えられる。

ハモの巣穴ができるまでの過程をまとめると, ハモは体をくねらせて頭部から潜泥する。潜泥直後は泥を被る状態にあるが, ハモが巣穴内を前後進することにより, 徐々に巣穴内壁面の砂泥が固まり, 明確な壁面があり開口部がすり鉢状になったU字管状の巣穴が形成されるものと考えられる。

巣穴の形状 砂泥区の試験5, 6でかたどられた2個体の巣穴の石膏型の共通点は, 2つの開口部を有するU字管状であること, 開口部がすり鉢状になっていること, および巣穴中央部はいずれも水平方向に緩やかに湾曲し, その底面は平坦であることであった。石膏型を採取しなかった巣穴においても大部分がU字管状を呈しており, 1つの開口部のみを有する巣穴は比較的少なかった(Fig. 3)。これらの巣穴についても潜泥の過程で一方の巣穴が閉じた可能性が大きいと考えられる。

底質粒径の影響 砂区1~3では巣穴の形成や潜砂行動が全く観察されなかった(Table 2)。砂区1(平均粒径1.79 mm)や砂区2(同1.02 mm)では底面に着底することがほとんどなく, 常に浮遊した状態を呈すること, および砂区3(同0.48 mm)では着底頻度が高まることから, ハモは同じ砂質域であっても, 粗い粒子を避けて, より微細な粒子を好んで着底するものと考えられる。

泥砂区では潜砂行動が2試験で観察されたが, 明瞭

な壁面のある巣穴は形成されなかった(Table 2)。これに対して砂泥区では巣穴が5試験で観察された(Table 2)。これらの結果は泥には一定の粘性があり, 砂泥区ではハモが明瞭な壁面がある巣穴を形成することが可能なのに対し, 砂は流動性が強く, 砂区では有形状の巣穴の形成が困難なことを反映したものと考えられる。また泥砂区では潜泥行動がみられても, 巣穴の形成に至らなかったことは, 泥砂に含まれる砂の流動性を反映した結果と考えられる。

一方, 粒径の粗い砂区ではハモの着底さえ認められなかったことから, 砂がハモに忌避する感覚を与えるものと考えられる。

ハモの分布と底質の関係については, 鹿児島県西薩海域および志布志湾において, ハモが平均粒径0.077 mm以下(Mdφ 3.7以上)の細泥域を選択して生息することが報告されている。¹⁸⁾ 本研究では平均粒径0.073 mm(Mdφ 3.786)の砂泥質で巣穴の形成がみられ, 平均粒径0.480(Mdφ 1.059)の砂質で巣穴がみられなかったことはこの報告と一致する。平均粒径0.162 mm(Mφ 2.626)の泥砂で潜泥がみられたことは新しい知見である。

他魚種との比較 巣穴を形成する海産魚類としてハモと同じウナギ目であるチンアナゴ *Heteroconger hassi*,¹⁹⁾ ゴマホタテウミヘビ *Pisodonophis boro*,²⁰⁾ アカアマダイ *Branchiostegus japonicus*,^{21,22)} およびアマダイ科の魚類 *Caulolatilus microps*,²³⁾ *Lopholatilus chamaeleonticeps*²⁴⁾ が知られており, いずれも巣穴という表現が用いられている。チンアナゴでは固い尾部をドリル状に回転させ, 潜砂することが報告されている。しかし, ハモはチンアナゴと異なり, 細く柔らかい尾部を使わずに, 推進力と尖った吻部を利用して頭部から潜泥することが初めて明らかになった。またハモは一度形成された巣穴において尾部で巣穴を探るように巣穴に戻ることから, 尾部は感覚器官のような役割を果たすものと考えられる。

飼育試験からアカアマダイの人工種苗は頭部からトンネル状の巣穴を形成することが報告されており,^{21,22)} ハモと共通する。しかし, ハモでは巣穴の中央部が水平方向に湾曲するのに対して, アマダイでは中央部が直線的な点において異なる。

巣穴形成の季節変化 砂泥区では1~7月および12月に巣穴の形成がみられ, 7, 8, 10月に巣穴の形成がみられなかったことから(Table 2), 低水温期の方が巣穴を形成する可能性が高いと考えられる。巣穴形成の頻度は水温が低下する12~1月には低く, 水温が上昇する3~7月に増加することから, 水温下降期には巣穴内で沈静し, 水温上昇期には巣穴から出て巣穴の場所を変えながら徐々に移動を始めるものと考えられる。

飼育試験により人工巣穴に対するハモの日周行動の季

節変化を調べた研究（岡崎，上田未発表）では，水温が高い時期ほど巣穴から出て行動する個体が多くなるという。本研究の結果はこの飼育試験と概ね一致する。

本研究からハモの尖った吻部は巣穴形成行動に適した形態と言える。またこのように，室内の飼育試験結果から得られたハモの巣穴形成行動と底質粒径の関係から自然界におけるハモの巣穴形成行動，巣穴を形成する場所や時期および生息適地を推し量ることができる。ただし，本研究では直径 70 cm の水槽を用いて小規模な飼育試験を実施したものであり，広い自然界とスケールが異なることを留意する必要がある。

今後は，フィールドにおける巣穴の観察を行うとともに，漁獲情報から得られる知見を併せてハモの巣穴形成行動と漁獲の関係を明らかにしたいと考える。

謝 辞

本研究に用いた標本の購入に便宜を図っていただいた徳島市漁業協同組合および牟岐東漁業協同組合の販売担当者にお礼を申し上げる。最後に研究を担当する機会を与えていただいた徳島県農林水産総合技術支援センター水産研究所の大西圭二前所長および試験に用いた砂泥を採取いただいた漁業調査船とくしまの乗務員に深謝する。本論文を丁寧に査読いただき，最後まで励ましていただいた編集委員の先生に記して謝意を表する。

文 献

- 1) 波戸岡清峰. ハモ科. 「日本産魚類検索，第二版」(中坊徹次編) 東海大学出版会，東京，2000.
- 2) 松原喜代松，落合 明. 「魚類学（下）」恒星社厚生閣，東京，1965.
- 3) 高井 徹. 日本産重要ウナギ目魚類の形態，生態および増殖. 水講研報 1959; 8: 1-349.
- 4) 多々良 薫. 紀伊水道のハモについて. 内海水研報 1953; 4: 107-117.
- 5) 大滝英夫. 東シナ海・黄海産ハモの漁業生物学的研究. 西水研報 1964; 32: 59-113.
- 6) 高井 徹. 瀬戸内海におけるハモの再生産について. 栽培技研 1979; 8: 77-82.
- 7) 平成 9～18 年徳島農林水産統計年報. 農林水産省徳島農政事務所，徳島，1999～2008.
- 8) 高井 徹，吉岡俊夫，前川兼祐，八柳健朗. 内海産ハモ属二種の比較形態学的研究. 水講研報 1954; 3: 255-273.
- 9) 大滝英夫，花淵信男. ハモ属の資源生態学的研究，第 3 報，ハモ *Muraenesox cinereus* の形態について. 西水研報 1957; 11: 69-80.
- 10) 大滝英夫. ハモ属の資源生物学的研究，第 5 報，ハモ *Muraenesox cinereus* の年齢と成長について. 西水研報 1961; 21: 47-66.
- 11) 松清恵一. 山口県瀬戸内海における重要生物の生態学的研究，第 20 報，ハモ *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL). 山口内海水試業績 1959; 60: 93-100.
- 12) 大滝英夫. 標識放流による以西底魚資源の研究. 漁業資源研究会議報 1971; 12: 73-97.
- 13) 西川昇平. ハモの精巣における生殖細胞の季節変化. 水講研報 1957; 6: 281-284.
- 14) 野中英夫，花淵信夫. ハモ属の資源生態学的研究，第 4 報，ハモ *Muraenesox cinereus* の生殖について. 西水研報 1957; 11: 81-87.
- 15) 大滝英夫. ハモ属の資源生物学的研究Ⅱ，ハモの食性. 日本誌 1955; 21: 73-81.
- 16) 岡田啓介. 東シナ海に生息するハモの摂餌生態について 2・3 の考察. 西水研報 1970; 38: 131-146.
- 17) 三尾真一，田川 勝，篠原富美子，山田梅芳. 東シナ海・黄海における底魚類の食物関係に基づく群集生態学的研究. 西水研報 1984; 61: 1-221.
- 18) 山口厚人. 薩南海域におけるハモ分布調査. 南西外海の資源・海洋研究 1991; 7: 39-49.
- 19) Schepper DN, Kegel DB, Adriaens D. Morphological specializations in Heterocongrinae (Anguilliformes: Congridae) related to burrowing and feeding. *J. Morphol.* 2007; 268: 343-356.
- 20) Schepper DN, Kegel DB, Adriaens D. *Pisodonophis boro* (Ophichthidae: Anguilliformes): specialization for head-first and tail-first burrowing? *J. Morphol.* 2007; 268: 112-26.
- 21) 本藤 靖，益田玲爾，津崎龍雄. アカマダイ人工種苗の巣穴形成能力の発現. 栽培技研 2002; 29: 85-89.
- 22) 町田雅春，竹内宏行，中川 亨，渡辺 税，升間主計. アカマダイ人工種苗の巣穴形成に及ぼす標識の影響. 栽培技研 2007; 35: 23-27.
- 23) Able KW, Twichell DC, Grimes CB, Jones RS. Tilefishes of the genus *Caulolatilus* construct burrows in the sea floor. *Bull. Mar. Sci.* 1987; 40: 1-10.
- 24) Able KW, Twichell DC, Grimes CB, Jones RS. Sidescan sonar as a tool for detection of demersal fish habitats. *Fish. Bull.* 1987; 85: 725-736.