

島根県水産技術センター研究報告

第 10 号

平成 29 年 3 月

島根県水産技術センター

島根県水産技術センター研究報告

第 10 号

2017 年 3 月

目 次

報 文

島根半島産アカアマダイの年齢組成推定	松本洋典	1
隠岐周辺海域のばいかご漁業における漁具の目合い拡大による効果について	池田博之・為石起司・白石陽平	9

資 料

2015 年の江の川におけるアユの産卵と産卵場の河床の状態	寺門弘悦・曾田一志・古谷尚大・吉田太輔・高橋勇夫	15
マアナゴの漁獲不振にかかる漁場環境調査	寺門弘悦・沖野 晃	21
中海における貝毒原因プランクトンの季節推移	松本洋典	25
本号掲載要旨.....		35
他誌掲載論文の抄録.....		36

島根半島産アカアマダイの年齢組成推定

松本洋典¹

Estimation of the age composition of Red Tilefish (*Branchiostegus japonicus*) in Shimane Peninsula

Hironori MATSUMOTO

キーワード：アカアマダイ，年齢組成，ALK，最尤法

はじめに

島根県においてアカアマダイは重要な水産資源のひとつであり，釣り，延縄，底曳網漁業，刺し網で漁獲されている．ことに島根半島においては地域の漁業を支える最重要資源である．島根県では2004年に第5次栽培漁業基本計画においてアカアマダイを新規栽培漁業対象種に選定し，2006年からは水産技術センター内水面浅海部浅海科において小型水槽を使用した種苗生産技術開発など，主に種苗放流による資源水準向上に取り組んできた．しかしながら，当該水域におけるアカアマダイ資源の評価についての調査研究は，安達¹⁾の報告があるのみで，現状では資源水準の評価，放流効果の検証とも十分に

なされないままである．

島根半島沖で漁獲されるアカアマダイのうちJFしまね平田支所佐香出張所（小伊津漁港）に水揚げされるものは，その取扱いの良さから京阪神市場での評価が高く，「小伊津のアマダイ」として地域ブランドの一角を占めるなど，小伊津漁港は県内のアカアマダイ主産地となっている（図1）．同地におけるアカアマダイの漁獲は釣り，延縄が主たるもので，全長200～600mmのサイズを漁獲対象としている．水揚げされたアカアマダイは，漁船ごとに直ちに3S～2Lの6規格に銘柄分けして出荷する．この規格基準は重量で，200g未満を3S，200～300gを2S，300～400gをS，400～600gをM，600～1000gをL，1000gを超えるものを2Lとしており，JFしまね平田支所佐香出張所ではこの銘柄別漁獲量集計データが日々蓄積されている．

このようなデータをコホート解析などの手法を用いて資源評価に利用するためには，年齢別漁獲個体数に数値変換する必要があるが，その方法としてはAge-Length Key法を用いる場合が多い．安達ら¹⁾は佐香出張所における市場調査で得られた体長組成データから年齢組成を推定して資源評価を試みているが，この時に使用したAge-Length Keyは当該水域のアカアマダイから算定したものでなく，しかも前提条件として雌雄の成長を同一と仮定していた．アカアマダイの成長は地域により異なることのほか，雄が雌を大きく上回ることが知られている^{2),3),4)}．したがって，漁獲物の年齢組成を適切に把握するためのAge-Length Key作成には，当該海域から得たアカアマダイの魚体測定のほか，硬組織を用いた年齢査定を雌雄別に行う必要がある．しかしながら，アカアマダイは単価が非常に高いこと，また処理に

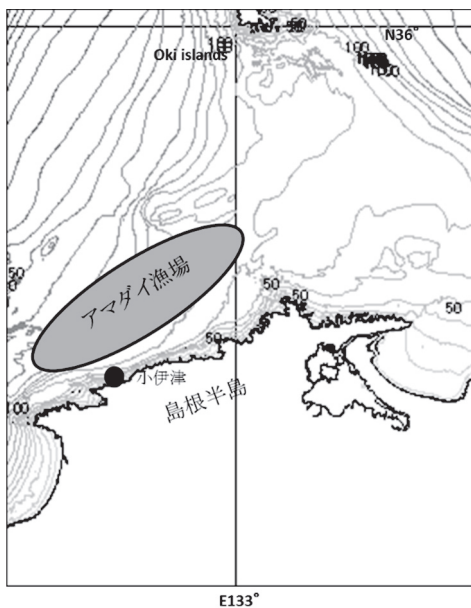


図1. 島根半島沖のアカアマダイ漁場

¹ 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

かかる労力などを勘案すると、Age-Length Key 作成に十分な数量の標本を得ることは困難を伴う。

本稿では、限られた数の標本から最尤法により Age-Length Key を作成することを目的とした。また、これを応用して JF しまね平田支所佐香出張所の銘柄別漁獲量データから資源評価の基礎となる年齢別漁獲個体数を把握する方法についても検討する。

材料と方法

Age-Length Key 作成に使用したのは、JF しまね平田支所佐香出張所に 2015 年夏期（7 月～9 月）に水揚げされた漁獲物 85 尾で、毎月 1 回各銘柄 5 尾以上を無作為に抽出して買い取った（なお、2L サイズだけはいずれの買い取り日にも入手できなかった）。得られた標本は研究室に持ち帰り、直ちに雌雄判別、全長、体重等の測定、年齢査定を行った。年齢査定には耳石を使用し、顕微鏡下（10～20 倍）で表面法による観察を行い、不透明帯と透明帯の境界を年齢指標とした。得られたデータは雌雄別にとりまとめ、Age-Length Key（以下 ALK）作成の計算に供した。

一般的な ALK 作成には、年齢査定に際して全漁獲物の体長組成を網羅し、かつ偏りのない多数の無作為標本抽出が必須となる。しかしながら、前述のように検体購入費用、労力および時間に制約がある状況では従来の方法による推定は困難である。ここで ALK とは体長階級別年齢頻度分布を表現する相関図表で、その各階級の年齢境界を通過する曲線は

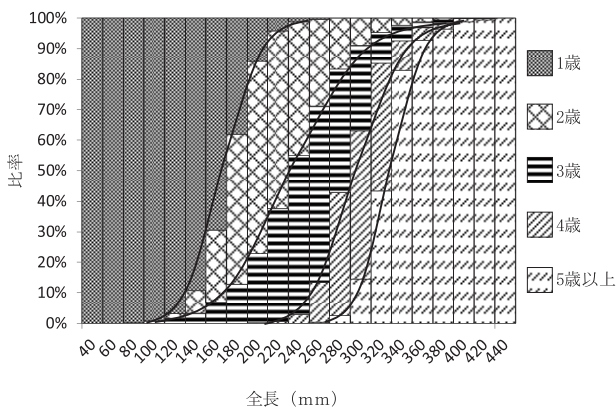


図 2. 本研究における ALK 算定のイメージ

累積確率密度関数となる（図 2）。この関数は 1～K 齢までで構成される魚群の年齢 α と $\alpha + 1$ の境界について、(1) 式に示す複数の年級の平均体長 (μ_t) と、標準偏差 (σ_t) に依拠した正規分布に基づく累積確率分布が混合したシグモイド曲線となる。

$$G(x) = \frac{\sum_{t=\alpha+1}^k n_t \cdot p[N(\mu_t, \sigma_t), x]}{\sum_{t=1}^k n_t \cdot p[N(\mu_t, \sigma_t), x]} \quad (1)$$

ここで n_t は年齢 t の尾数、 $p[N(\mu_t, \sigma_t), x]$ は年齢 t 歳群のうち体長が x である確率を示している。この数式は理論的には、仮にすべての階級を網羅するデータがなくとも、実測値から連続関数の推定値として計算することができる⁵⁾。しかしながら、このやり方では各年齢の平均体長と標準偏差の計測が必要であるためサンプル数の軽減が期待できないこと、また関数が複雑であるためこのままでは取扱いにくいなどの欠点がある。そこで本稿では星野⁵⁾の方法に従い、同様のシグモイド曲線を描くモデルに近似させることで計算の簡便化を図り、各年級間の境界となる確率分布曲線をそれぞれに推定し、これをもとに ALK を作成した。この際に近似するモデルは次式のロジスティック曲線

$$P_t(x) = \frac{1}{1 + \exp(q + r \cdot x)} \quad (2)$$

とした。ここで q および r は推定パラメータであり、 $P_t(x)$ は全長 x の個体が t 齢以上である確率を示している。さらに (2) 式を最尤推定する場合の尤度関数積算値を次式とした⁵⁾。

$$\prod_{i=1}^N \frac{Y_i!}{(Y_i - S_i)! S_i!} P_t(l_i)^{S_i} (1 - P_t(l_i))^{Y_i - S_i} \quad (3)$$

Y, S は全長 l の個体の尾数と、そのうち t 歳以上の尾数をそれぞれ示す。この (3) 式の最大対数尤度をとる q および r を、MS-Excel（株）マイクロソフト社のソルバー機能を使って求め、(2) 式を推定した。この年齢境界関数値の全長階級ごとの差分を求めることで、各全長階級における年齢構成比率が求められる。すなわち、1～4 齢で構成される魚群のうち、全長 l の個体が 1 齢、2 齢、3 齢、4 齢である確率は (2) 式によりそれぞれ $1 - P_2(l)$ 、 $P_2(l) - P_3(l)$ 、 $P_3(l) - P_4(l)$ 、 $P_4(l)$ となり、本報告ではこれを ALK とする。なお、これら年齢境界を示す確率曲線は各年齢について独立であるため、差分が負の値になる可能性もある。この場合は、負の値を 0 とし、隣り合う年齢階級の高い方に負の数値を加え、これを若齢階級から高齢階級へ順に計算することで、全長の各階級の積算値が全て 1 となるように調整した。

このようにして得られた ALK を現場で得られる銘柄別漁獲量に適用するためには、前提として漁獲量

の全長組成分布への変換，および全長組成に応じた性別分離が必要となる．そこで，それらの過程についても検討した．

漁獲量の全長組成分布への変換に使用する資料には，本研究で得られた全長一体重の関係式，2015年7～9月のJFしまね平田支所佐香出張所で記録された銘柄別漁獲量集計データ，および同時期の全長測定調査データを用いた．全長測定調査は毎月1回，月半ばに実施し，同出張所に水揚げされたアカアマダイについて各漁船の帰港直後に測定記録した．

また，性別分離については2003年7月～2007年3月に実施したアカアマダイ成熟度調査の際に得られた魚体測定データを用いた．

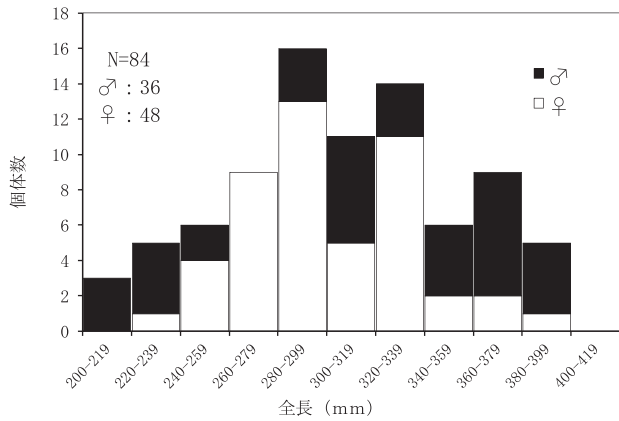


図3. 2015年7～9月に採集したアカアマダイの全長組成

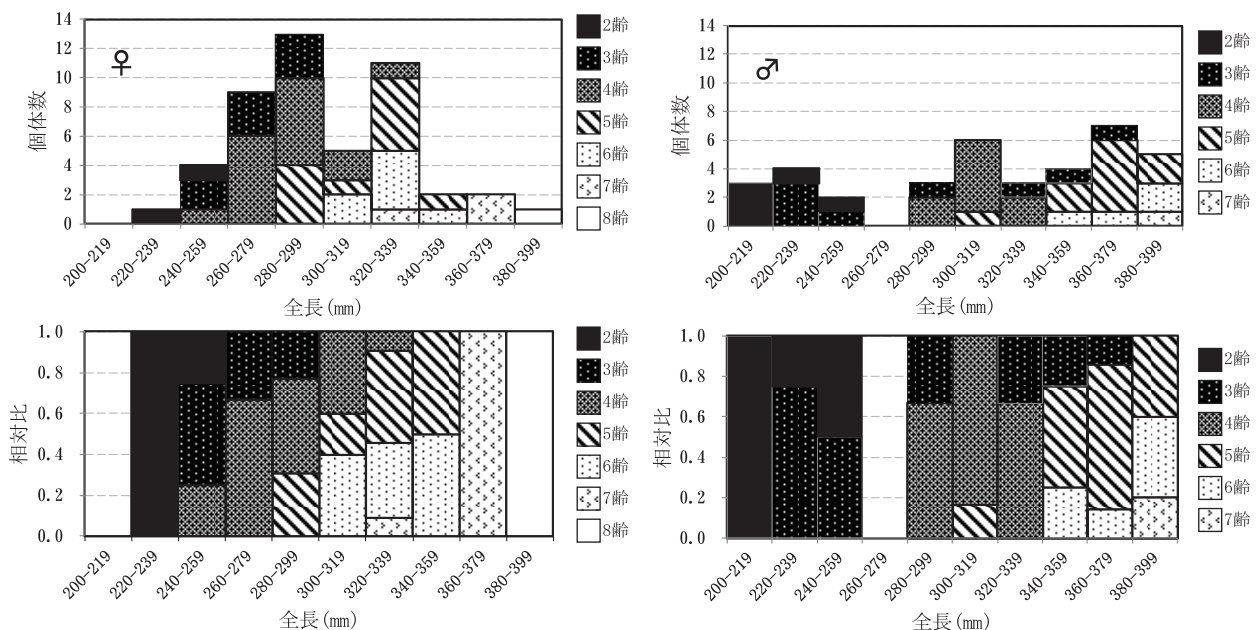


図4. 本研究で使用したアカアマダイの年齢構成

結果

標本の全長組成と年齢 集められた標本の全長組成を図3に示す．標本数は84尾で，このうち雌が48尾，雄が36尾であった．全長は211～394mmの範囲にあり，雌は228～394mm，雄は211～386mmの範囲に分布していた．さらに，年齢査定結果を全長にあわせて図4に示す．査定された年齢は雌で2～8齢，雄は2～7齢の範囲であった．

全長の分布から，小型のものほど雌の比率が高く，大型になるにつれて雄の比率が高くなること，また同齢魚の全長を雌雄で比較すると，雄が雌よりも大型であったことから，アカアマダイの成長は雄が雌を上回るという既存の報告と一致する傾向が確認された．

各年級境界となる確率分布曲線とALKの推定 計算により得られたロジスティック曲線の2つの係数qおよびrを表1に示す．さらにこの曲線を雌雄別に図5に示した．この曲線はそれぞれの年齢階級の境界となる連続関数である．

雌では査定された2～8齢のうち8齢が1個体，雄では2～7齢のうち7齢が1個体と明らかに少なかったため，雌では7齢と8齢をあわせて7齢以上，雄では6齢と7齢をあわせて6齢以上として扱った．すなわち，雌については2-3齢～6-7 ≤ 齢の各境界の5本の曲線，雄については2-3齢～5-6 ≤ 齢の境界となる4本の曲線を推定した．

得られた年齢境界曲線を雌雄で比較すると，全長を示す軸に沿った各年齢境界の間隔について，雄

表 1. 最尤法によって得られた各年齢境界を示すロジスティック曲線式の係数 q と r

性別	係数	3 齢以上	4 齢以上	5 齢以上	6 齢以上	7 齢以上
♀	q	43.2610	19.4027	32.7078	24.4491	46.7912
	r	-0.1782	-0.0731	-0.1083	-0.0738	-0.1319
♂	q	15.1340	10.5271	26.7383	25.1251	*
	r	-0.0651	-0.0363	-0.0780	-0.0652	*

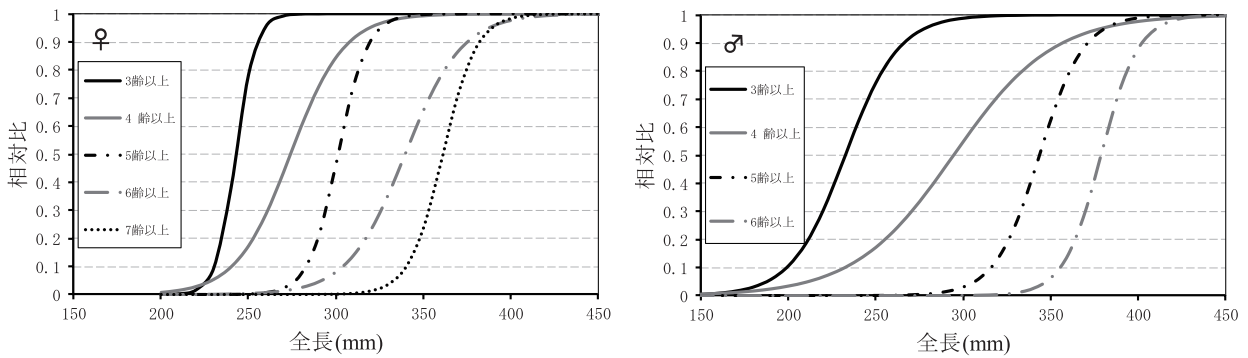


図 5. ロジスティックモデルを適用して推定したアカアマダイの年齢境界曲線

表 2. 2015 年 7 月～9 月に採集したアカアマダイから推定した雌雄別の Age-Length Key

全長 (mm)	♀						♂					
	Age						Age					
	2 齢以下	3 齢	4 齢	5 齢	6 齢	7 齢以上	2 齢以下	3 齢	4 齢	5 齢	6 齢以上	
180 - 189	1.000	0	0	0	0	0	0.957	0.022	0.021	0	0	
190 - 199	1.000	0	0	0	0	0	0.920	0.049	0.031	0	0	
200 - 209	0.999	0	0.001	0	0	0	0.857	0.100	0.043	0	0	
210 - 219	0.993	0	0.007	0	0	0	0.758	0.181	0.061	0	0	
220 - 229	0.960	0	0.040	0	0	0	0.620	0.294	0.086	0	0	
230 - 239	0.800	0.103	0.096	0	0.001	0	0.460	0.422	0.118	0	0	
240 - 249	0.402	0.416	0.180	0	0.002	0	0.307	0.530	0.162	0	0	
250 - 259	0.102	0.582	0.311	0.003	0.004	0	0.188	0.594	0.217	0.001	0	
260 - 269	0.019	0.491	0.473	0.010	0.007	0	0.260	0.607	0.283	0.002	0	
270 - 279	0.003	0.330	0.616	0.035	0.015	0	0.270	0.059	0.576	0.360	0.004	
280 - 289	0.001	0.194	0.669	0.105	0.032	0	0.280	0.032	0.516	0.442	0.009	
290 - 299	0	0.104	0.578	0.255	0.064	0	0.290	0.017	0.440	0.519	0.020	
300 - 309	0	0.053	0.367	0.455	0.124	0.001	0.300	0.009	0.361	0.581	0.044	
310 - 319	0	0.026	0.171	0.573	0.225	0.005	0.310	0.005	0.285	0.609	0.092	
320 - 329	0	0.013	0.064	0.538	0.366	0.019	0.320	0.002	0.219	0.581	0.179	
330 - 339	0	0.006	0.021	0.406	0.498	0.069	0.330	0.001	0.164	0.485	0.314	
340 - 349	0	0.003	0.006	0.258	0.515	0.217	0.340	0.001	0.120	0.339	0.473	
350 - 359	0	0.001	0.002	0.145	0.342	0.509	0.350	0	0.087	0.194	0.597	
360 - 369	0	0.001	0	0.076	0.128	0.795	0.360	0	0.062	0.089	0.637	
370 - 379	0	0	0	0.038	0.026	0.936	0.370	0	0.044	0.032	0.585	
380 - 389	0	0	0	0.019	0	0.981	0.380	0	0.031	0.005	0.468	
390 - 399	0	0	0	0.009	0	0.991	0.390	0	0.022	0	0.324	
400 - 409	0	0	0	0.004	0	0.996	0.400	0	0.015	0	0.201	
410 - 419	0	0	0	0.002	0	0.998	0.410	0	0.011	0	0.115	
420 - 429	0	0	0	0.001	0	0.999	0.420	0	0.007	0	0.062	
430 - 439	0	0	0	0	0	1.000	0.430	0	0.005	0	0.032	
440 - 449	0	0	0	0	0	1.000	0.440	0	0.004	0	0.016	
450 - 459	0	0	0	0	0	1.000	0.450	0	0.003	0	0.008	
460 - 469	0	0	0	0	0	1.000	0.460	0	0.002	0	0.004	
470 - 479	0	0	0	0	0	1.000	0.470	0	0.001	0	0.002	
480 - 489	0	0	0	0	0	1.000	0.480	0	0.001	0	0.001	
490 - 499	0	0	0	0	0	1.000	0.490	0	0.001	0	0	
500 - 509	0	0	0	0	0	1.000	0.500	0	0	0	1.000	
510 - 519	0	0	0	0	0	1.000	0.510	0	0	0	1.000	
520 - 529	0	0	0	0	0	1.000	0.520	0	0	0	1.000	

が雌を上回っていることが示されている。また雌の7歳以上の境界の勾配は300～400mmの範囲で急峻なものとなっており、雌の成長がこの全長範囲で停滞しつつあることを示している。

さらに求められた各年齢境界曲線から全長階級ごとの年齢比を算定し、前述の方法で調整した結果を

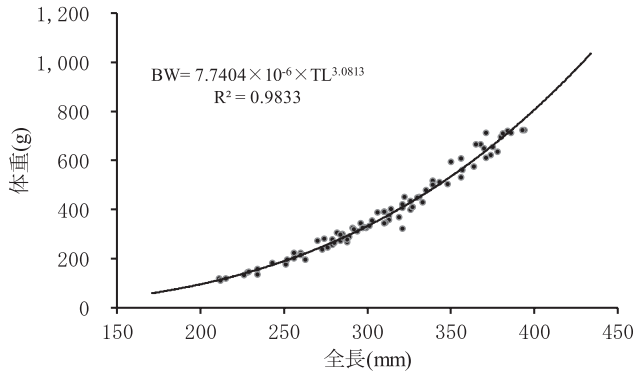


図6. アカアマダイの全長と体重の関係

ALKとして、雌雄別に表2に示した。

全長と体重の関係 標本から得られた測定データをもとに算出したTL(mm)とBW(g)の関係を図6に示す。両者の関係は $BW = 7.7404 \times 10^{-6} \times TL^{3.0813}$ の式で示され、寄与率は0.9833と高い水準であった。

漁獲物全長組成の推定 漁獲量の個体数換算については銘柄ごとに漁獲量をその時期における平均個体重量で除することで推定できる。表3には2015年7～9月のJFしまね平田支所佐香出張所における銘柄別漁獲量、全長測定調査結果による各銘柄の平均全長および全長-体重の関係式により推定した各銘柄平均体重と、これらから算出した銘柄別漁獲尾数を集約して示している。

次に、表3の各銘柄の全長がその平均値と標準偏差に基づく正規分布をすると仮定してその確率を求めたのが表4である。

表3. 2015年夏期に小伊津で漁獲されたアカアマダイの漁獲量、平均全長と標準偏差、平均重量および漁獲個体数

銘柄	3S	2S	S	M	L	2L
漁獲量(kg)	95.2	996.6	1440.5	1696.0	2967.0	501.2
平均全長(mm)	238.0	280.0	307.0	334.6	387.8	447.1
標準偏差	15.54	12.20	11.25	14.64	19.03	13.55
平均重量(g) ^{※1}	162.9	268.6	356.6	465.2	732.5	1135.8
漁獲個体数 ^{※2}	584	3,710	4,039	3,646	4,050	441

※1 $BW = 7.7403 \times 10^{-6} \times TL^{3.0813}$

※2 漁獲個体数 = 漁獲量 / 平均重量

表4. 銘柄別全長分布確率

全長(mm)	銘柄					
	3S	2S	S	M	L	LL
- 199	0.002	0	0	0	0	0
200 - 209	0.014	0	0	0	0	0
210 - 219	0.052	0	0	0	0	0
220 - 229	0.132	0	0	0	0	0
230 - 239	0.222	0	0	0	0	0
240 - 249	0.250	0.002	0	0	0	0
250 - 259	0.190	0.018	0	0	0	0
260 - 269	0.096	0.089	0	0	0	0
270 - 279	0.033	0.232	0.002	0	0	0
280 - 289	0.007	0.318	0.023	0	0	0
290 - 299	0.001	0.232	0.118	0.003	0	0
300 - 309	0	0.089	0.287	0.018	0	0
310 - 319	0	0.018	0.332	0.069	0	0
320 - 329	0	0.002	0.183	0.165	0	0
330 - 339	0	0	0.048	0.255	0.002	0
340 - 349	0	0	0.006	0.251	0.010	0
350 - 359	0	0	0	0.157	0.030	0
360 - 369	0	0	0	0.063	0.073	0
370 - 379	0	0	0	0.016	0.135	0
380 - 389	0	0	0	0.003	0.191	0
390 - 399	0	0	0	0	0.206	0
400 - 409	0	0	0	0	0.169	0.001
410 - 419	0	0	0	0	0.106	0.008
420 - 429	0	0	0	0	0.051	0.043
430 - 439	0	0	0	0	0.019	0.135
440 - 449	0	0	0	0	0.005	0.253
450 - 459	0	0	0	0	0.001	0.282
460 - 469	0	0	0	0	0	0.186
470 - 479	0	0	0	0	0	0.073
480 - 489	0	0	0	0	0	0.017
490 - 499	0	0	0	0	0	0.002
500 - 509	0	0	0	0	0	0
510 - 519	0	0	0	0	0	0
520 -	0	0	0	0	0	0

表5. アカアマダイ漁獲物の全長分布

全長(mm)	銘柄						計
	3S	2S	S	M	L	LL	
- 199	1	0	0	0	0	0	1
200 - 209	8	0	0	0	0	0	8
210 - 219	31	0	0	0	0	0	31
220 - 229	77	0	0	0	0	0	77
230 - 239	129	0	0	0	0	0	129
240 - 249	146	7	0	0	0	0	153
250 - 259	111	67	0	0	0	0	178
260 - 269	56	331	0	0	0	0	387
270 - 279	19	859	9	0	0	0	887
280 - 289	4	1,180	93	1	0	0	1,278
290 - 299	1	859	477	11	0	0	1,348
300 - 309	0	331	1,158	66	0	0	1,555
310 - 319	0	67	1,341	250	0	0	1,658
320 - 329	0	7	741	603	2	0	1,353
330 - 339	0	0	195	929	9	0	1,133
340 - 349	0	0	24	914	39	0	977
350 - 359	0	0	1	573	123	0	697
360 - 369	0	0	0	230	297	0	527
370 - 379	0	0	0	59	549	0	608
380 - 389	0	0	0	10	774	0	784
390 - 399	0	0	0	1	834	0	835
400 - 409	0	0	0	0	686	0	686
410 - 419	0	0	0	0	430	4	434
420 - 429	0	0	0	0	206	19	225
430 - 439	0	0	0	0	75	59	134
440 - 449	0	0	0	0	21	111	132
450 - 459	0	0	0	0	4	124	128
460 - 469	0	0	0	0	1	82	83
470 - 479	0	0	0	0	0	32	32
480 - 489	0	0	0	0	0	8	8
490 - 499	0	0	0	0	0	1	1
500 - 509	0	0	0	0	0	0	0
510 - 519	0	0	0	0	0	0	0
520 -	0	0	0	0	0	0	0

この表4の確率分布に銘柄別漁獲尾数を乗じること
 で漁獲物の全長組成を推定した(表5)。

雌雄別全長組成への分離 2003年7月～2007年
 3月に本海域で漁獲されたアカアマダイ全長と性比
 の関係を表6, 図7に示す。数値は, 測定されたア
 マダイ 899尾のうち雌雄判別が可能であった846尾
 について, 全長階級を40mm刻みで示している。測
 定された全長の範囲は200～470mmであった。

全長200～319mmまでの雌雄比は概ね7:3でほ
 とんど変化がないが, 320mmを超えると急激に雄の
 比率が増え, 360mm以上では9割以上を雄が占める
 ようになる。これは成長の雌雄差に起因するもの
 と考えられ, 本海域のアカアマダイの雌の成長は
 320mm前後で停滞する一方で, 雄の成長はそれ以降
 も継続するためと判断される。

さらに, 全長一性比の関係は一定と仮定して, 対
 応する2015年7～9月の漁獲物全長組成の各階級

表6. 2003年7月～2007年3月に漁獲された
 アカアマダイの全長階級ごとの性比

全長(mm)	♀	♂
200-239	0.703296703	0.296703297
240-279	0.699029126	0.300970874
280-319	0.681355932	0.318644068
320-359	0.421768707	0.578231293
360-399	0.061538462	0.938461538
400-439	0.029411765	0.970588235
440-479	0.000000000	1.000000000

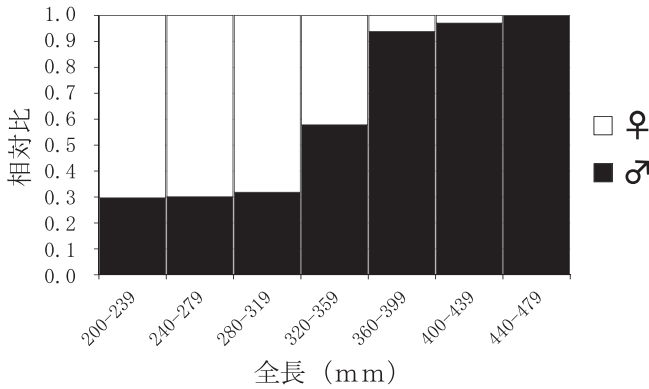


図7. アカアマダイの全長階級ごとの性比
 (2003年7月～2007年3月)

の尾数に各性比値を乗ずること
 で雌雄別の全長組成
 を算出し, 表7に示した。なお, 対応する値のない
 全長200mm未満および470mm以上の階級の性比は直
 近の階級の値を乗じた。

この計算により得られた雌雄の個体数はそれぞれ
 7,242尾, 9,225尾であった。

雌は全長190～439mmの範囲にあり, 300mm前後
 への集中が著しい。一方, 雄では全長190～489mm
 の範囲に分布しており, 380mm前後への集中が見ら
 れるが, 雌に比べると集中は緩やかであった。

雌雄別年齢組成の推定 前項で得られた雌雄別
 全長組成に, 本研究で推定された雌雄別 ALK を対応

表7. 2015年7月～9月のアカアマダイ
 漁獲物の雌雄別全長分布

全長 (mm)	♀	♂
- 199	1	0
200 - 209	6	2
210 - 219	22	9
220 - 229	54	23
230 - 239	91	38
240 - 249	107	46
250 - 259	124	54
260 - 269	271	116
270 - 279	620	267
280 - 289	871	407
290 - 299	918	430
300 - 309	1,060	495
310 - 319	1,130	528
320 - 329	571	782
330 - 339	478	655
340 - 349	412	565
350 - 359	294	403
360 - 369	32	495
370 - 379	37	571
380 - 389	48	736
390 - 399	51	784
400 - 409	20	666
410 - 419	13	421
420 - 429	7	218
430 - 439	4	130
440 - 449	0	132
450 - 459	0	128
460 - 469	0	83
470 - 479	0	32
480 - 489	0	8
490 - 499	0	1
500 - 509	0	0
510 - 519	0	0
520 -	0	0
計	7,242	9,225

表8. 2015年7月～9月のアカアマダイ漁獲物の雌雄別年齢構成

性別	2歳以下	3歳	4歳	5歳	6歳以上
♀	217	824	2,324	2,133	1,742
♂	121	1,529	2,276	2,387	2,910
計	338	2,353	4,600	4,520	4,652

させることで算定した, 2015年夏期(7-9月)の雌雄別年齢組成を表8に示した. ここでは比較のため, 雌の6歳と7歳以上をあわせて6歳以上とした.

漁獲物全体では6歳以上が最も多く, 比較的若齢魚の比率が少ない. 雌雄で比較すると, 雌は4歳魚が最も多かったが, 雄では6歳以上が最も多く, 雌よりも高齢魚の比率が高かった.

考察

通常のALK作成は, 漁獲物の実測値から直接年齢頻度分布を推定することから, その標本抽出に際しては全体の魚群構造を反映するよう大量の標本採集が求められる. しかしながら, アカアマダイはことに単価が高く, 限られた調査費用では通常の方法によるALK作成に十分な標本数は得られない. さらに, 買い取りに際して, ある特定の体長階級範囲の漁獲物が得られない場合もたびたびあり, その場合には, たまたまデータが得られなかった階級の魚は存在しないという不合理を招くことになる. 加えて, アカアマダイのALK作成に際しては雌雄の成長差を考慮しなくてはならない. 表9にこれまでに報告されたアカアマダイについての von Bertalanffy の成長式における極限全長を雌雄別に示す²⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾. いずれも雄の成長が雌を上回っており, その体長差比は雌の全長の10~40%に及んでいる. 本研究における全長と性比との関係でも, 全長320mmから雌の比率が急に低くなり, 360mm以上になると雄がほとんどを占めるという結果を得た. このことは, 本海域産のアカアマダイにおいても雌雄の成長差が確認できるのみならず, この雌雄差が魚群構造の把握をより複雑なものにしていることを示している. したがって, 年齢構造を適切に把握するには雌雄別に推定する必要があり, 従来の方法によるALK作成に必要な標本数はさらに高く見積もられる. また, 環境の変化等によって成長, 生残に影響が及ぶ場合にはALKも大きく変化する可能性があるため, 十分な精

度で算定したALKであっても必ずしも恒久的なものとは言えず, 理想的には定期的に改定すべきものである.

星野⁹⁾は, 資源構造の把握に同様の課題を持つ北海道日本海産マダラについて, 少ない標本から適切に年齢構造把握を実現するために, 体長に対する連続関数として年齢境界となる曲線を導く最尤法推定を検討し, コンピュータシミュレーションによってその方法の妥当性を示した. 本報告で試みたALK算出はこの方法に則っている. 星野⁹⁾はこの方法の利点のひとつとして, 年齢境界曲線の算出には必ずしもすべての体長階級にデータがなくとも推定が可能であることを述べている. 本研究においては, 雄の標本のうち260~279mmの階級を得ることが出来なかったが(図4), その指摘のとおりデータに空白があっても年齢境界曲線を得られることが確認できた.

また尾崎ら⁴⁾は若狭湾において1年を3期に分けて雌雄別ALKを従来の方法で作成したが, その際には1~4月期で580尾(雌391尾, 雄189尾), 5~8月期で772尾(雌498尾, 雄274尾), 9~12月期で967尾(雌602尾, 雄365尾), 合計で2,319尾もの標本数を要し, さらにこの標本収集に6年の期間をかけている. 本研究で夏期のALK算定に使用した標本は2015年7~9月に採集した85尾であったが, すべての季節について算定することを考慮した場合に必要な標本数を通年換算しても400尾未満にとどまる. これらのことからALK構築に際しては, 本研究で示した方法により, 検体購入に要する費用, 期間, および魚体測定や年齢査定にかかる時間, 人員の大きな軽減が期待される.

さらに, この境界曲線(図5)を雌雄で比較すると, 雄の成長が雌を上回るのが明瞭に確認できる. また雌の各境界曲線間の幅は雄に比して著しく狭く, 全長300~400mmの範囲で成長が停滞することが表現されている. これは全長と性比の関係で示された360mm以上では雌の比率が著しく低くなるとい

表9. これまでに報告されたアカアマダイの von Bertalanffy 成長曲線の極限全長

報告者	林		山下 ほか		LIM & Misu		京都府海洋水産研究所		尾崎 ほか	
漁場	東シナ海		東シナ海		対馬付近海域		若狭湾		若狭湾	
調査年	1973-1976		1996-2000		1973		1977		2001-2006	
性別	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
L_{∞} (mm)	380※	428※	375	520	454	592	258	362	298.1	336.5

※原報では標準体長で記載

う結果とも一致している。したがって、今回得られた ALK は本種の生物学的特性および海域特性を反映したものであり、本研究で試みた ALK の作成については、実用に際しても十分に有用な手法であると考えられる。

本研究では 2015 年夏期におけるアカアマダイ漁獲物の年齢組成の推定までの過程と結果を試算として示した。しかしながら、今回作成した ALK はあくまでも夏期の漁獲物の特性を反映したものであり、アカアマダイの成長等を考慮するとこれを通年適用するのは妥当ではない。また、雌の各年齢境界の間隔の変化に注目すると（図 5）、曲線の間隔の変化が高齢になるにしたがって規則的に狭くなるのではなく、交互に拡大縮小している。これについては年齢境界ごとの推定精度のばらつきを示している可能性がある。したがって実際のアカアマダイの資源診断については、まだ調査していない秋、冬、春の雌雄別 ALK を作成することに加え、夏期の ALK についてもデータ量を増やして再検討する必要があるだろう。またここに示した年齢組成推定方法は、漁獲物の全長組成推定、雌雄分離、雌雄別 ALK の適用と、複数の手順を踏むため、作業がやや煩雑であることは否めない。今後は産地市場で得られた銘柄別漁獲データから、より簡便に年齢組成を推定するための「Age-銘柄 Key」を構築する必要がある。これらについては今後の課題としたい。

謝辞

調査を行なうにあたり、元 JF しまね平田支所佐香出張所長金築恭二氏はじめ同出張所職員の皆様には格別の協力を頂いた。また、内水面浅海部浅海科

の職員各位には試料の測定・整理にご協力頂いた。ここに記して深謝します。

文献

- 1) 安達二郎, 石田健次 (2002) 隠岐海峡におけるアマダイ延縄漁業とアカアマダイの資源評価. 島根県水産試験場研究報告書, 10, 17-22.
- 2) 林泰行 (1976) 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究 - II. 日水誌, 42, 1243-1249.
- 3) 渡辺健一 (1996) 徳島県太平洋沿岸のアカアマダイの年齢と成長. 平成 5 年度徳島県水産試験場事業報告書, 293-302.
- 4) 尾崎仁, 飯塚寛, 宮崎俊明, 濱中雄一 (2008) 若狭湾西部海域におけるアカアマダイの年齢と成長. 京都府立海洋センター研究報告, 第 30 号, 1-11.
- 5) 星野昇 (2010) 北海道日本海産マダラにおける漁獲物年齢組成の推定方法. 北水試研報, 77, 35-44.
- 6) 山下秀行, 酒井猛, 片山知史, 東海正 (2011) 東シナ海産アカアマダイの成長と成熟の再検討. 日水誌, 77 (2), 188-198.
- 7) P. Y. LIM and H. MISU (1974) On the age determination of the Aka-amadai, *Branchiostegus japonicus* (HOULTUYN), in the adjacent waters of Tsushima Islands. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* 46, 41-51.
- 8) 水産庁研究部研究課 (1979) アカアマダイ資源生態研究. 昭和 53 年度指定調査研究報告概要書, 昭和 54 年

隠岐周辺海域のばいかご漁業における漁具の目合い拡大による効果について

池田博之^{1a}・為石起司¹・白石陽平¹

The effect of increasing the mesh size of the pot fishery gear for the Finely striated buccinum *Buccinum striatissimum* in Oki Islands, Shimane Prefecture

Hiroyuki IKEDA, Tatsuji TAMEISHI and Yohei SHIRAIISHI

キーワード：エッチュウバイ，ばいかご漁業，目合い，資源管理

はじめに

エッチュウバイ *Buccinum striatissimum* は、日本海の水深 180～500m の砂泥域に生息する巻き貝で、隠岐海峡を除く島根県沖合の広い範囲に分布している。隠岐周辺海域では周年、本土側沖海域では小型底びき網漁業の休漁の 6～8 月にばいかご漁業で漁獲されている。

隠岐周辺海域では 4 隻が操業しており、2012 年には 335 トン、2 億 8 千万円の漁獲があり、地域の重要な漁業のひとつに位置づけられている。

隠岐周辺海域におけるばいかご漁具は、1 隻あたり、1 連に 180 個のかごを付けたはえ縄式かごを合計 8 連 (1,440 かご) 使用し、かごは円錐台形で、上面 1 箇所、側面 2 箇所の進入口を有している。かごの目合いは、従来は 10 節であったが、2011 年から小型貝の保護のため試行的に 8 節に拡大している。主な漁場は、隠岐周辺の水深 200～300m の海域で、

昼 2 時頃に出港して 1～3 時間かけて漁場に移動した後、11～16 時間操業してから翌朝 7 時頃に帰港する。操業日は隠岐周辺海域で操業する 4 隻で統一している。4 隻の内 3 隻はずわいがにかご漁業と兼業しており、1 隻がばいかご漁業専業である¹⁾。

近年の漁獲状況を図 1 に示す。1990～1999 年までの漁獲量は 300～400 トンで推移していたが、2000 年以降、漁獲量が大幅に増加した。この一因としては、各船が次々と代船建造し船速が向上したことで、漁場を効率良く利用できるようになったこと等が推測された。その後、2004 年をピークに漁獲量が減少傾向となったことから、2006 年から漁獲箱数制限を開始し、1 航海 1 隻あたり 300 箱 (1,800kg) までとした。さらに、2009 年には漁獲箱数制限を 1 航海 1 隻あたり 250 箱 (1,500kg) まで削減するとともに、関係漁業者間で資源管理協定を締結し、経営体ごとに年間の漁獲量制限 (専業船：180t/年、兼業船：135t/年) と航海数制限 (2 週間

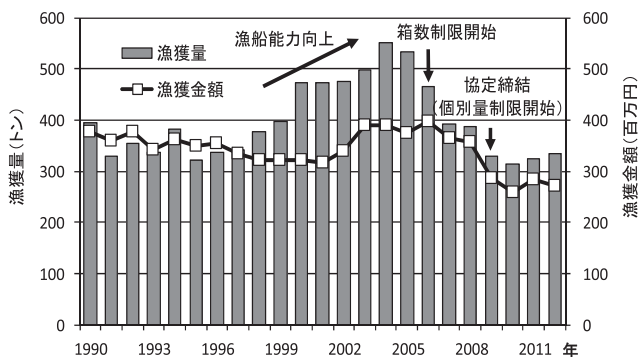


図 1. 隠岐海域のエッチュウバイ漁獲量及び金額の推移

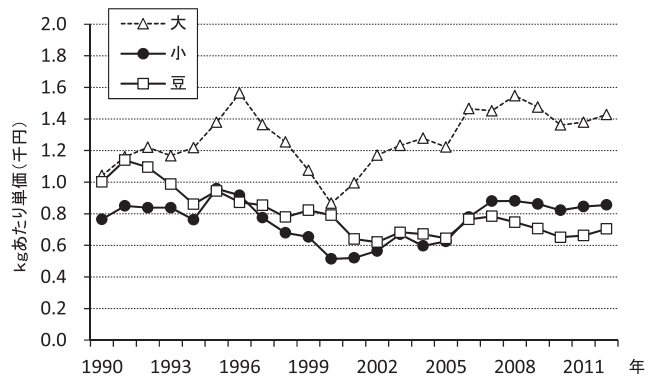


図 2. 銘柄別 kg 単価の変動

¹ 島根県隠岐支庁水産局 Shimane Prefectural Oki Branch Office, Fisheries Division

^a 現所属：島根県農林水産総務課 General Affairs Division for Agriculture, Forestry and Fisheries

に4航海以内 ※当初は2週間に5航海以内)に取り組んでいる¹⁾。その結果、2009年以降の漁獲量はおおむね325トン前後で安定して推移している。

漁獲金額については、単価が若干低下したため(図2)、漁獲量ほどの増加は見られず、1990年以降は3~4億円で推移し、近年は3億円前後で安定している。

漁獲されたエッチュウバイは大きさごとに「大」、「小」、「豆」に選別され、各銘柄の平均殻高は、「大」で約110mm前後、「小」で95mm前後、「豆」で75~80mm前後となっている²⁾。各銘柄の漁獲割合は、1990~1993年にかけては「大」が最も多く、全体の約40%を占めていたが、その後は減少を続け、近年は10%を下回る状況にある(図3)。

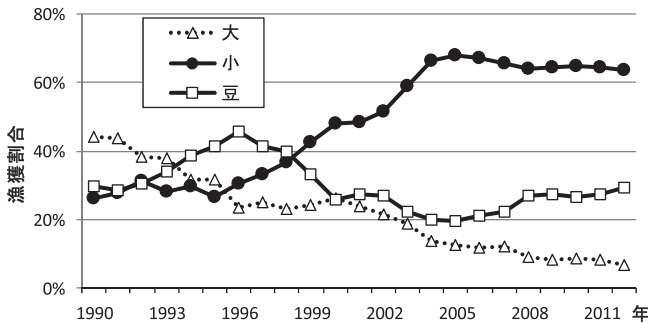


図3. 隠岐海域におけるエッチュウバイの銘柄別漁獲割合の推移

一方で「小」、「豆」の漁獲割合は増え、近年は「小」が約60%を占めているが、2005年以降は「小」も微減傾向にあり、「豆」の割合が漸増している。漁獲物の小型化は資源水準の悪化を示唆していると考えられるため、漁業者自らが資源保護を目的に前述のとおり網目の拡大や漁獲量の制限を行ってきたが、漁獲物の小型化傾向に歯止めがかかっていない。

そこで、さらに小型貝の保護を図る目的で、7節に網目を拡大した漁具の導入を検討するため、従来の漁具(8,10節目合い)と7節の漁具で漁獲量や漁獲物の組成を比較し、目合いを拡大した場合の資源保護の効果並びに経営への影響を検証することとした。

方法

試験は、2013年1~12月に、隠岐周辺でばいかご漁業を営む第二十五福祐丸(19トン)により実施した。試験漁具として7節のかごを使用し、対照漁具として従来用いていた8節と10節のかごを使

用した。対照漁具における8節と10節のかごの使用割合は7:3であった。試験漁具、対照漁具ともに漁具を1連使用し、1連あたりのかご数は180個とした。

漁場は通常の操業と同じ海域とし、出来るだけ試験漁具と対照漁具を隣接した場所に設置し、操業場所、水深、試験漁具と対照漁具における銘柄ごとの漁獲箱数については、漁業者に記録を依頼した。漁獲物については3月12日~12月4日の間に11回、漁港で水揚げされる際に試験漁具と対照漁具における銘柄ごとの殻高、1箱あたり入数を調査した。なお、1航海あたりの漁獲箱数については、エッチュウバイと同時に漁獲されるエゾボラモドキやチヂミエゾボラ(地方名:赤バイ)についても調査した。

結果

漁場 試験時の操業位置を図4に示す。操業場所は隠岐諸島周辺の水深189~262mの海域で、季節

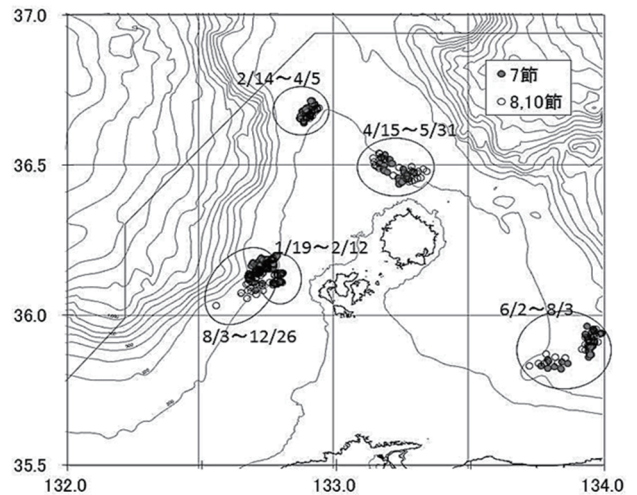


図4. ばいかごの試験操業の位置

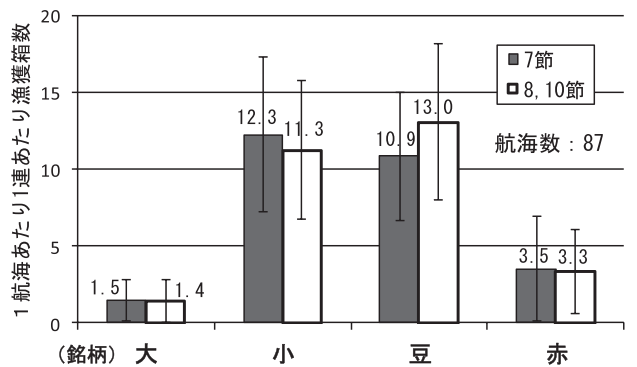


図5. 銘柄別の1航海1連あたり漁獲箱数 (図中の縦線は標準偏差の範囲を示す。)

に応じて漁獲状況等を勘案し、場所を移動しながら操業していた。

1 航海 1 連あたり銘柄別漁獲箱数 試験漁具と対照漁具の、1 航海 1 連あたり銘柄別の漁獲箱数を図 5 に示す。

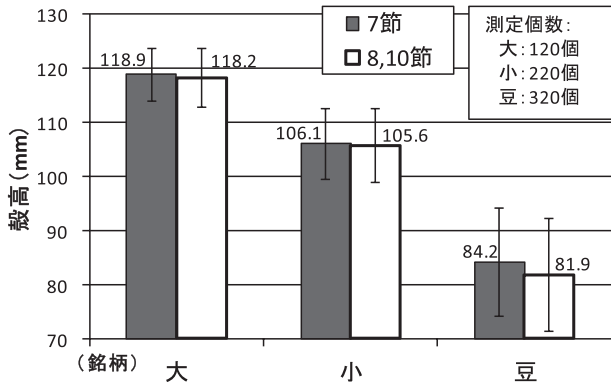


図 6. 銘柄別の平均殻高
(図中の縦線は標準偏差の範囲を示す.)

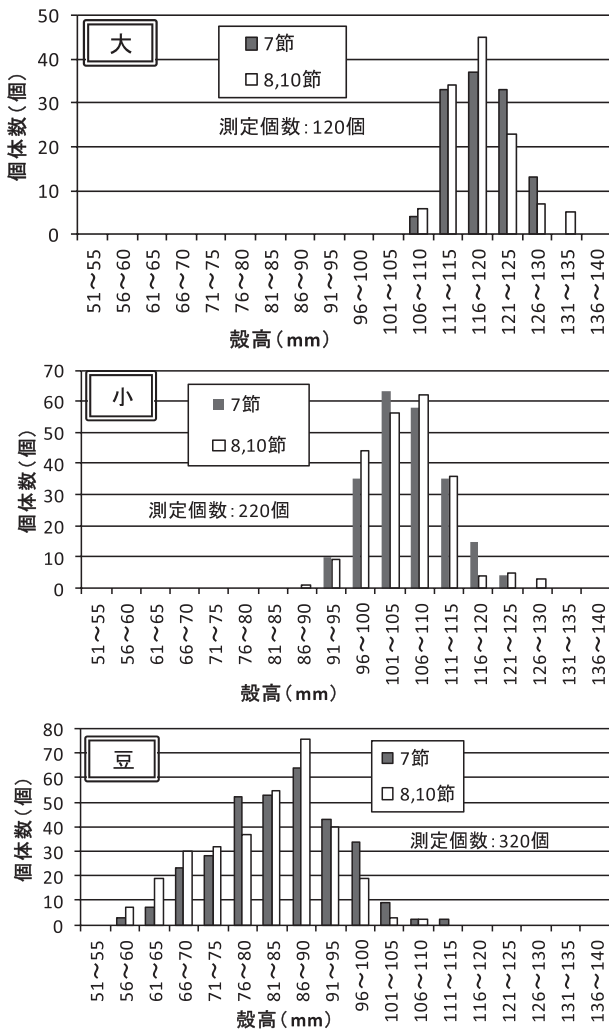


図 7. エッチュウバイの殻高組成

試験期間中に、合計 87 航海行い、試験漁具と対照漁具の 1 航海 1 連あたりの平均漁獲箱数 (±は標準偏差, 以下同様とする) は、それぞれ、大で 1.5 ± 1.3 箱及び 1.4 ± 1.4 箱、小で 12.3 ± 5.0 箱及び 11.3 ± 4.5 箱、豆で 10.9 ± 4.2 箱及び 13.0 ± 5.1 箱、赤パイで 3.5 ± 3.4 箱及び 3.3 ± 2.7 箱であった。

試験漁具と対照漁具の銘柄別の 1 航海 1 連あたりの漁獲箱数の差について student の t- 検定を行ったところ、大、小、赤パイについては統計的に有意な差は見られなかったが、豆については統計的に有意な差が見られた ($p < 0.01$)。

銘柄別殻高 試験漁具及び対照漁具により漁獲されたエッチュウバイの銘柄別の平均殻高を図 6 に、各銘柄の殻高組成を図 7 に示す。

試験漁具と対照漁具の銘柄別平均殻高は、それぞれ、大で 118.9 ± 4.9 mm 及び 118.2 ± 5.5 mm, 小で 106.1 ± 6.5 mm 及び 105.6 ± 6.9 mm, 豆で 84.2 ± 10.1 mm 及び 81.9 ± 10.5 mm であった。

試験漁具と対照漁具の平均殻高の差について student の t- 検定を行ったところ、大、小については統計的に有意な差は見られなかったが、豆については統計的に有意な差が見られた ($p < 0.01$)。

各銘柄の殻高組成を比較すると大、小では特段違いは見られなかったが、豆では殻高 75mm 未満の小型貝について試験漁具で漁獲される個数が対象漁具より少ない傾向であった。

1 箱あたりの入数 試験漁具と対照漁具で漁獲されたエッチュウバイの銘柄別の 1 箱あたりの入数を図 8 に示す。

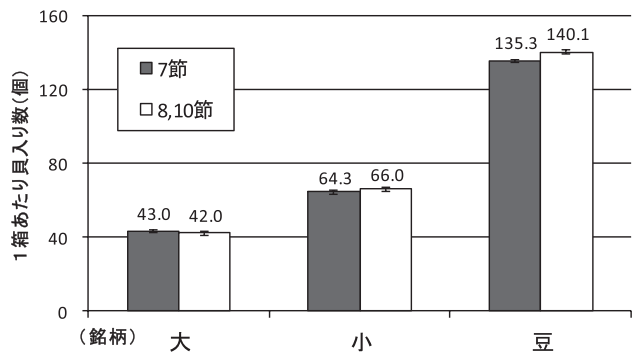


図 8. 銘柄別の 1 箱あたりの入数
(図中の縦線は標準偏差の範囲を示す.)

試験漁具と対照漁具の銘柄別の 1 箱あたりの平均入数は、それぞれ、大で 43.0 ± 3.3 個及び 42.0 ± 2.4 個、小で 64.3 ± 7.4 個及び 66.0 ± 7.0 個、豆で 135.3 ± 16.5 個及び 140.1 ± 19.4 個であった。

試験漁具と対照漁具の銘柄別の1箱あたりの入数について student の t 検定を行ったところ、いずれの銘柄も統計的に有意な差は見られなかった。

考察

小型貝の保護効果について 豆において、1航海1連あたりの漁獲箱数及び平均殻高に統計的に有意な差が見られた。また、殻高組成でも豆では殻高75mm未満の個体が少ない傾向があったことから、漁具の目合いを7節に拡大することで、殻高75mm以下の小型貝が目合いから抜ける割合が高くなることにより、豆の漁獲箱数が減少するとともに、豆の平均殻高が大きくなったと考えられた。

表1. 対照漁具によるエッチュウバイの銘柄別漁獲個数/年

銘柄	漁獲量 (kg)	漁獲箱数 (箱)	1箱あたり入数 (個)	漁獲個数 (個)
大	25,527	4,255	42.5	180,838
小	208,684	34,781	65.2	2,265,982
豆	90,172	15,029	137.7	2,069,493
合計	324,383	54,065		4,516,313

隠岐海域で操業するばいかご漁船4隻がすべて漁具の目合いを7節にした場合の、小型貝の保護個数を次のとおり試算した。

対照漁具によるエッチュウバイの年間漁獲個数は、2010～2012年の隠岐海域におけるばいかご漁業の銘柄別平均漁獲量を6kg/箱として箱数に換算し、これに1箱あたりの入数(図8)を乗じて算出

表2. 試験漁具によるエッチュウバイの推定銘柄別漁獲個数/年

銘柄	漁獲量 (kg)	漁獲箱数 (箱)	1箱あたり入数 (個)	漁獲個数 (個)
大	25,527	4,255	42.5	180,838
小	208,684	34,781	65.2	2,265,982
豆	75,606	12,601	137.7	1,735,158
合計	309,817	51,637		4,181,978

した(表1)。なお、1箱あたりの入数については、統計的に有意な差は見られなかったことから、試験漁具と対照漁具の数値の平均を用いた。

その結果、対照漁具では、年間4,516,313個のエッチュウバイが漁獲され、その内豆は2,069,493個と試算された。(表1)

一方、2010～2012年の漁獲を試験漁具により行った場合の漁獲個数を以下の方法で推定した。すなわち、試験漁具による漁獲個数は、大、小については、1航海1連あたりの漁獲箱数に有意な差は見られなかったことから、対照漁具と同数とした。豆については、対照漁具による漁獲量に試験漁具と対照漁具の1航海1連あたりの漁獲箱数の比を乗じて算出した。

その結果、試験漁具では、年間4,181,978個のエッチュウバイが漁獲され、その内豆は1,735,158個と試算された。(表2)

したがって、隠岐海域で操業する全てのばいかご漁船が漁具の目合いを7節に拡大した場合、対照漁具による全銘柄の漁獲個数の7.4%、豆の16.2%にあたる334,335個の小型貝を保護できると見込まれた。

為石・村山は島根県沖合において漁獲されたエッチュウバイの生殖腺熟度指数(G.S.I)の調査を行い、殻高80mmを超えるとG.S.Iが急激に高くなることから、これらの個体が成熟個体と判断されると報告している³⁾。田中・安達は島根県沖合で漁獲されたエッチュウバイの殻高度数分布の分析により成長曲線を推定している⁴⁾。その結果、3年で82.5mmになることから、3歳貝から成熟して産卵に寄与すると考えられる。豆の殻高組成(図7)を見ると、おおむね75mm未満の個体で、試験漁具の方が対照漁具に比べて漁獲個体数が少ない傾向があった。従って

表3. 隠岐海域のばいかご漁業におけるエッチュウバイの銘柄別漁獲量、金額及び単価(H22～24年の平均値)

銘柄	漁獲量 (kg)	漁獲金額(円)	単価(円/kg)
大	25,527	35,422,500	1,388
小	208,684	175,604,000	841
豆	90,172	60,762,692	674
合計	324,383	271,789,192	838

目合いの拡大により 75mm 未満の個体を保護することで、小型貝の保護につながるとともに、これらの個体が 1～2 年後には産卵に寄与することから、より一層の資源の増大が期待される。

安達・清川は、島根県大田市沖においてエッチュウバイかごの網目の違いによる漁獲物の選択性を調査し、網目の違いによる最小漁獲殻高は 50mm 目合い（7 節（50.5mm）とほぼ同サイズ）では 36mm、40mm 目合い（8 節（43.3mm）と 10 節（33.7mm）の中間サイズ）では 28mm と報告している⁹⁾。しかしながら、今回の調査では対照漁具でも、56mm 未満の個体は確認されなかった。これは、小型貝が船上において選別をされており、56mm 未満の小型貝は、再放流されているためと推察された。しかし、再放流では、漁獲による貝殻の破損や低水温の海底から高水温の表層への温度変化による活力の低下、再放流され海底にたどり着くまでの食害が懸念されるが、目合い拡大により漁獲自体を回避することで、小型貝の保護効果はより高くなると考えられる。

豆の減少に伴う漁獲金額の減少について 漁具の目合い拡大により、豆の 1 航海 1 連あたりの漁獲箱数が 13.0 箱から 10.9 箱に減少することに伴う（図 5）漁獲金額の減少額を次のとおり試算した。

2010～2012 年の隠岐海域におけるばいかご漁業の銘柄別平均漁獲量、金額及び単価は表 3 のとおりである。

前項において、試験漁具及び対照漁具による隠岐海域で操業するばいかご漁船全体の豆の漁獲量はそれぞれ 90,172kg、75,606kg と試算されたので、漁具の目合い拡大により漁獲量は 14,566kg 減少すると見込まれる。これに 2010～2012 年の隠岐海域で漁獲されたエッチュウバイの豆の平均単価 674 円/kg を乗じると、漁具の目合い拡大による漁獲金額の減少額は 9,817,484 円と算出された。

隠岐海域で操業するばいかご漁船全船の 2010～2012 年の平均航海数は 280 航海（専業船（1 隻）：88 航海/隻、兼業船（3 隻）：64 航海/隻）であることから、航海数で案分すると 1 隻あたりの漁獲金額の減少額は専業船で 3,096,086 円、兼業船で 2,251,699 円と算出された。

漁具の目合い拡大による漁獲金額の減少額は、ばいかご漁船全体のエッチュウバイの漁獲金額（271,789,192 円）の約 3.6%にあたる。魚価の低迷

により漁獲金額の減少する一方、燃油価格高騰により経費は増大しており、厳しい漁家経営を強いられている中で、この減少額の影響は小さくないものと推察される。しかしながら、小型貝を保護することは未来への投資であり、数年後には親貝へ成長し再生産に寄与するとともに、単価の高い大型貝の増加が期待されることから、その影響は次第に緩和されていくと期待される。

今後、持続可能なばいかご漁業の実現するための目合い拡大をはじめ、漁獲箱数制限等の資源管理を推進していくためには、取組初期における漁家経営への影響を緩和し、経営を安定させることが重要である。そのためには、付加価値向上による魚価の向上等の対策等を併せて実施することが不可欠である。現状では、エッチュウバイは島根県沖合で漁獲されているにもかかわらず、県内における知名度は低く、消費量も少ない。そこで、関係者と協力して調理法の紹介や一次加工品の製造をすることで地元での消費拡大を図るとともに、観光業者と連携をしながら土産品の開発、宿泊施設や飲食店等への供給体制の構築等に取り組むことでエッチュウバイを広く PR していくことが必要である。

文献

- 1) (独)水産総合研究センター 中央水産研究所 (株)水土舎：資源管理・収入安定対策を活用した資源管理の推進 ～優良・先進事例の紹介。(2013)。
- 2) 道根淳、為石起司、村山達朗：隠岐島周辺海域のばいかご漁業におけるエッチュウバイの資源管理。島根県水産試験場研究報告、第 10 号、1-9 (2002)
- 3) 為石起司・村山達朗：沖合漁場資源調査バイかご漁業における選択漁具の開発。島根県水産試験場事業報告、18 - 25 (1997)
- 4) 田中伸和・安達二郎：大陸棚斜面開発調査 エビ・バイ籠漁業試験。島根県水産試験場事業報告、88 - 120 (1979)
- 5) 安達二郎・清川智之：島根県大田市沖におけるエッチュウバイの資源管理とエッチュウバイかご網の網目選択性。日本海ブロック試験研究集録、第 21 号、23 - 32 (1991)

資料

2015 年の江の川におけるアユの産卵と産卵場の河床の状態

寺門弘悦^{1a}・曾田一志^{2b}・古谷尚大¹・吉田太輔²・高橋勇夫³

Spawning of ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* and the situation of the riverbed in the spawning grounds, in the Gounokawa River in 2015

Hiroyoshi TERAKADO, Kazushi SOTA, Takahiro FURUTANI, Daisuke YOSHIDA and Isao TAKAHASHI

キーワード：アユ，江の川，産卵場，河床の状態，埋没深

はじめに

江の川では天然アユ資源の増大を目的に，江川漁業協同組合（以下，江川漁協）が親魚保護や産卵場の環境改善に取り組んでいる．産卵場の環境を改善するため，2008 年以降，産卵場の河床の状態（河床材料の粒径分布，河床硬度，付着藻類の繁茂状況等）や産卵親魚の多寡に応じて，重機による河床の掘削，天地返し等による産卵場の造成を行ってきた．¹⁾⁻⁵⁾ しかしながら産卵場造成は，河床を浮き石状態とするため，河床材料が流されやすくなる．中上流に複数のダムが存在するために上流からの土砂供給が乏しい江の川で，安易に造成を続けることは産卵場の環境をさらに悪化させる危険性がある．したがって，産卵場の河床の状態や産卵親魚量を検討したうえで，造成の必要性を判断しなければならない．筆者らは 2008 年以降毎年，産卵期前の産卵場の河床の状態や見込まれる親魚量を把握したうえで，江川漁協とも協議しながら造成の必要性を判断してきた．2015 年は，親魚量が少なく，かつ，産卵に適した河床が存在することが確認されたことから，造成は行わず，自然産卵場での産卵状況を調査した．本報告では 2015 年に江の川で実施した一連の産卵場関連の調査結果を報告する．

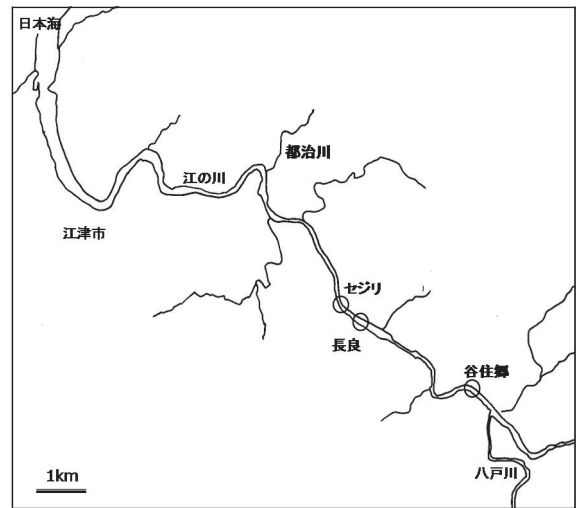


図 1. 江の川における調査地点（上流から谷住郷の瀬，長良の瀬およびセジリの瀬）

資料と方法

1. 産卵期前の産卵場事前調査 産卵場の事前調査を産卵期前にあたる 2015 年 9 月 28 日に，谷住郷の瀬（江津市桜江町谷住郷），長良の瀬（江津市松川町長良），セジリの瀬（江津市川平町）の 3ヶ所（図 1）で行った．これら 3ヶ所の瀬では近年，アユの産卵が確認されている．⁴⁾⁻⁶⁾ 調査日の日平均水位（長良観測所）は 0.89m であった（国土交通省水文水質データベース，<http://www1.river.go.jp/>，2016 年 11 月

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

³ たかはし河川生物調査事務所 Takahashi Research Office of Freshwater Biology, Konan, Kochi 781-5603, Japan

^a 現所属：島根県松江水産事務所 Shimane Prefectural Matsue Regional Office of Fisheries Affairs, Matsue, Shimane 690-0011, Japan

^b 現所属：漁業生産部

10日入手). 各地点を踏査・潜水し, 河床の状態を観察するとともに, 石井の手法⁷⁾に準じてシノを用いて貫入度(河床の柔らかさの目安)を各産卵場の右岸と左岸で測定した(測点29~59点). 河床材料の粒度組成は, 谷田・竹門の簡便階級⁸⁾に従い粒径を区分し, 線形格子法により測定した. すなわち, 10cm間隔で10個の点が刻まれた木製の棒を河床に固定し, 各点の下に位置する河床材料の粒径(長径)を目視で4階級(砂泥:4mm未満, 砂利:4mm-50mm, 石:50mm-250mm, 巨石:250mm-500mm)に区分した. 各産卵場の右岸と左岸でそれぞれ5線分を測定し, 各階級の割合を粒度組成とした. また, 2015年9月25日に小型無人航空機ドローン(Phantom2 Vision, DJI社製)を用いて空撮した画像から河道の形状を把握した. さらに, 各地点で測定した水温から産卵開始時期を推定した.

2 アユの産卵状況調査 2015年11月2日に谷住郷の瀬, 長良の瀬およびセジリの瀬においてアユの産卵状況を調査した. 調査日の日平均水位(長良観測所)は0.64mであった(国土交通省水文水質データベース <http://www1.river.go.jp/>, 2016年11月10日入手). 各地点を踏査・潜水し, 産着卵を目視確認した. 産着卵が確認された場合は, 産卵範囲の外周にポールを立て, その位置情報をハンディGPS(GPSmap60CSx, GARMIN社製)で取得した. GISソフトウェアの地図太郎(東京カートグラフィック社製)の面積測量機能を用いて, 位置情報から面積と形状を求めた. さらに, 卵の埋没深の測定は, 高橋ら¹⁾に従い, 卵が付着している最も深い部分と周辺の河床面との高低差と定義し, 産卵場内で無作為に選定したアユの産卵床で行った.

結果と考察

1. 産卵期前のアユ産卵場の状態

1) 谷住郷の瀬 現在江の川の最上流のアユ産卵場と考えられており, 2011年と2012年には造成を行った. 河道の形状(図2)は前年から大きく変化しておらず, 上流側で分岐し, 蛇行部に向かい合流する. 分岐直後の左岸側の河床(図2の地点C)は粒径20cm以上の礫が主体で, 糸状緑藻が広範囲に生育するため産卵には不適と判断した. これより下流側の河床は砂利(粒径4mm-50mm)が50%程度を占め(図3), 貫入度は10cm以上であり(図4), アユの産卵場として良好な状態であった. ただし, 全体的な糸状緑藻の生育により産卵の適地は限られ, その面積は図2

の地点A, Bで合わせて400m²程度と見積もった.

2) 長良の瀬 現在の江の川の主要なアユ産卵場であり, これまで2008年, 2009年, 2012年, 2013

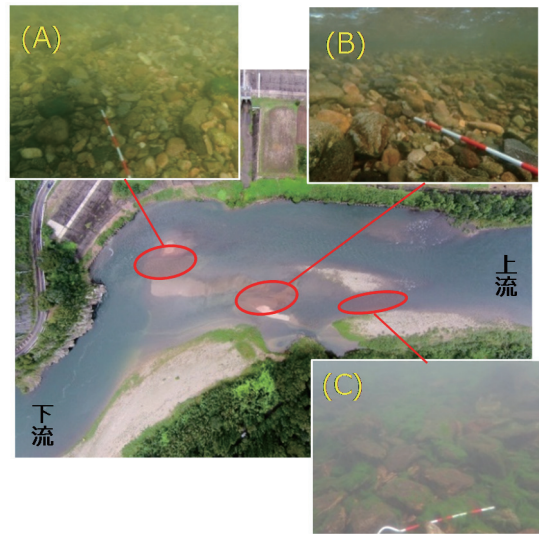


図2. 産卵期前の谷住郷の瀬の空撮画像と河床の状態. 地点A, Bは産卵に適した河床. 地点Cはアユの産卵に不適な河床.

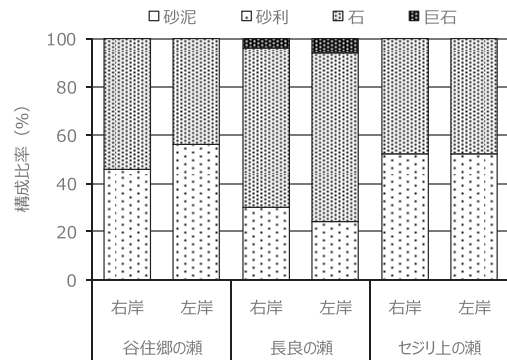


図3. 各産卵場の粒度組成. 谷田・竹門の簡便階級⁸⁾に従い, 砂泥(粒径4mm未満), 砂利(4mm-50mm), 石(50mm-250mm), 巨石(250mm-500mm)の4階級に区分.

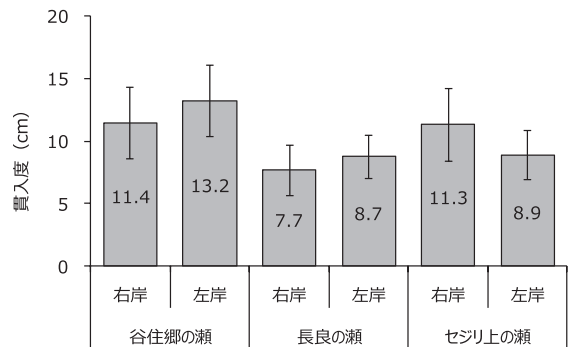


図4. 各産卵場の河床の貫入度. 数値は平均, バーは標準偏差を示す.

年と4回の造成を行った。河道の形状(図5)は前年から大きく変化していなかった。右岸側(図5の地点F)は下流側ほどアーマー化(河床表面が粗粒化するとともに堅く締め礫がほとんど動かない状態⁹⁾)が顕著で、その二次的現象として糸状藻類の生育、シマトビケラ類(図6)の営巣が観察された。貫入度は10cm未満(図4)で、河床の礫は50mm以上(石~巨石)のものが多く、産卵を阻害する20cm以上¹⁰⁾のものもみられ(図3)、産卵には不適と判断した。左岸側(図5の地点D)も右岸と同様の状態であったが、左岸寄りの一部(図5の地点E)で河床の礫組成が良好な場所があった。しかし、アユが産卵床を掘るときに砂がはじき出される程の流速がないため、適地とまでは言えなかった。以上から長良の瀬では産卵の適地がないと判断した。

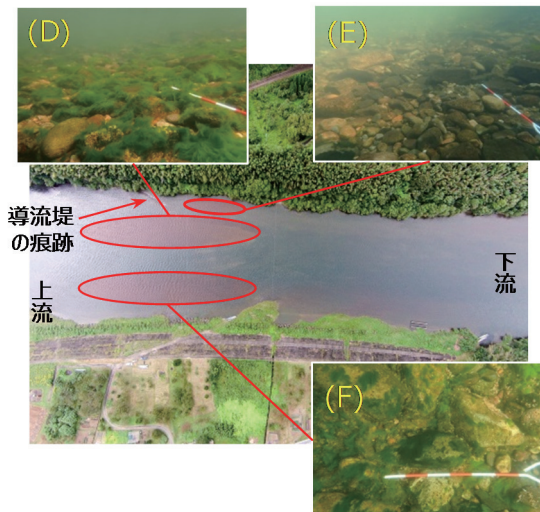


図5. 産卵期前の長良の瀬の空撮画像と河床の状態。地点D, Fはアユの産卵に不適な河床。地点Eは産卵に適地とまでは言えない河床。



図6. 河床の礫に付着するシマトビケラ類

3) セジリの瀬 空撮画像を図7に示した。本来の「セジリの瀬」は、この蛇行部に向かってできる瀬を

指すが、前々年(2013年)の出水により支流の瀬尻川から流出した大量の土砂が合流点に堆積し、その上流部に平瀬(以下、便宜的に「セジリ上の瀬」と呼称)が形成されて以降、アユの産卵に不適な河床となり、産卵は確認されていない。^{5),6)}2015年も河床の礫は20cm以上、糸状緑藻が広く生育している(図7の地点G, H)ため、産卵には不適と判断した。

セジリ上の瀬は、長良の瀬とセジリの瀬の間からややセジリの瀬寄りに位置する(図8)。河床は砂利(粒径4mm-50mm)が50%程度を占め(図3)、全体的にアユの産卵に適した粒度組成であった。しかし、砂州を挟んで左岸側(図8の地点I)は、シマトビケラ類の営巣がみられ貫入度は10cm以下であり(図4)、アユの産卵行動により砂がはじき出される程の流速がないため産卵には不適と判断した。一方、右岸側(図8の地点J)は貫入度が10cm以上あり(図4)、糸状藻類の生育が若干みられたが、大きな阻害要因とはならないと考え、産卵の適地と判断し、その面積は2,000m²程度と見積もった。

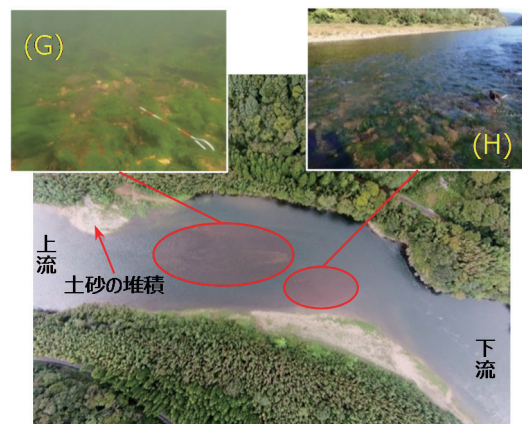


図7. 産卵期前のセジリの瀬の空撮画像と河床の状態。地点G, Hはアユの産卵に不適な河床。

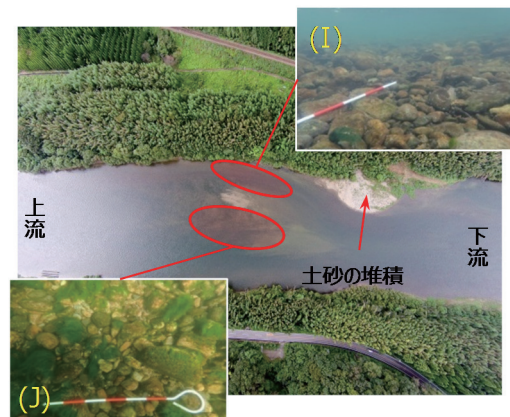


図8. 産卵期前のセジリ上の瀬の空撮画像と河床の状態。地点Iはアユの産卵に不適な河床。地点Jはアユの産卵に適した河床。

4) 産卵場の水温 2015年9月28日の各産卵場の水温は、谷住郷の瀬で22.4℃(15:00測定)、長良の瀬で23.0℃(13:30測定)であった(セジリの瀬では測定せず)。いずれの産卵場でもアユの産卵適水温の14-19℃¹¹⁾までは低下しておらず、事前調査時点では産卵は始まっていないと考えられた。なお、いずれの地点においてもアユは視認できなかった。

5) 産卵場造成の実施の判断 産卵場事前調査の結果、近年の主要な産卵場であった長良の瀬に産卵に好適な場所がほとんど無かったものの、谷住郷の瀬およびセジリ上の瀬で合わせて2,400m²程度は自然状態で産卵が可能と判断した。良好な産卵場であれば産卵面積100m²あたり1億尾がふ化可能(高橋未発表)とすると、前年(2014年)と同程度の流下仔魚量(暫定16.6億尾¹²⁾)分の産卵場は確保できると考えられる。また、2015年はアユの遡上量が低水準であったことから、親魚量は少ない事が見込まれる。以上を踏まえ、江川漁協とも協議したうえで、産卵場造成は実施しないこととした。

2. アユの産卵状況

1) 谷住郷の瀬 谷住郷の瀬におけるアユの産卵範囲を図9に示した。中央部の中州の岸沿いでは帯状に産卵が確認され、産卵面積は40m²であった。右岸寄りの中州の下流側でもごく小規模な産卵場が形成されており、面積は10m²であった。

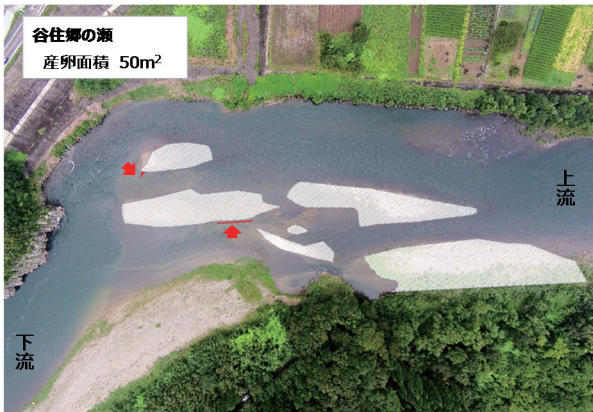


図9. 谷住郷の瀬におけるアユの産卵範囲。産卵範囲(赤い網掛け部)を赤い矢印で示す。

2) 長良の瀬 継続的に産卵場が確認されていた瀬であるが、2015年は産卵が観察されなかった。瀬肩から中央部にかけては20cm以上の大石が多く、その間には砂礫が詰まっていた。瀬尻の河床はやや小さめの礫で構成されていたが、堅く締まった状態になっており、糸状緑藻の生育も見られた。

3) セジリの瀬 アユの産卵はセジリ上の瀬での

み確認され、産卵範囲を図10に示した。産卵場は左岸寄りの中州の下流側に形成されており、産卵面積は1,110m²であった。



図10. セジリの瀬(セジリ上の瀬)におけるアユの産卵範囲。産卵範囲(赤い網掛け部)を赤い矢印で示す。

4) 埋没深 谷住郷の瀬における産着卵の埋没深は、卵数が少ない上に流れが速く正確な計測はできなかったが、およそ5cm程度とかなり浅かった。高橋¹³⁾は良好な産卵環境の目安として卵の埋没深が10cm以上(平均値)あることとしており、これを目安にすると、谷住郷の瀬における産卵環境はあまり良くなかったと判断される。セジリ上の瀬における産着卵の平均埋没深は、9.8±1.2cmで、目安である10cmにはほぼ達しており、「産卵場造成を行わなくても比較的良好な産卵環境が形成されている」という事前調査後の判断は、妥当なものであったと言える。

3. 今後の課題

1) 親魚数 江の川は近年不漁傾向で、親魚不足が続いている。造成の効率を上げるためにも安定的な親魚の確保は必須で、^{9),14)}2011年から行われている産卵保護期間、保護区の拡大(臨時措置)は当面は必須の対策として位置づけられ、今後もしばらくは継続することが必要である。

2) 土砂供給とアユの産卵に適した瀬の形 アユの産卵場は河道(縦断方向)に対して順方向の瀬(長良の瀬のようなタイプの瀬)に形成されることは少なく、河道に対して横断方向に流れる瀬に形成されることが多い。このような形の瀬は、礫が小さくかつ浮き石状態になりやすいためアユの産卵に適している。江の川下流部ではこのような横断型の瀬はほとんどなく、アユは中州周辺で礫が小さくかつ浮き石状態になっている場所を選択して産卵している。

江の川下流部に横断型の瀬が少ない理由は、ダム

や砂防堰堤の建設に伴う土砂供給の不足にあると推定される。今後、河川管理者、ダム管理者などと協議し、置き土などの対策^{15),16)}を実施していかないと、いずれは造成しても十分な産卵ができないような状態が来ることが予想される。

文献

- 1) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗: 島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 2, 39-48 (2009).
- 2) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗: 島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について- II. 島根県水産技術センター研究報告, 3, 69-84 (2011).
- 3) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 曾田一志, 安木茂: 2011年の江の川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 5, 43-52 (2013).
- 4) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 曾田一志, 安木茂, 沖野晃: 2012年の江の川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 6, 19-29(2014).
- 5) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 曾田一志, 安木茂, 村山達朗, 福井克也: 2013年の江の川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 8, 29-37(2015).
- 6) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 曾田一志, 福井克也, 沖野晃: 2014年の江の川におけるアユの産卵状況. 島根県水産技術センター研究報告, 9, 13-20(2016).
- 7) 石井徹:貫入度. アユの産卵場づくりの手引き(魚類再生産技術開発調査報告書), 全国内水面漁業協同組合連合会, 1993, pp.228.
- 8) 竹門康弘: 水域の棲み場所を考える, 「棲み場所の生態学」, 平凡社, 東京, 1995, pp.11-66.
- 9) 高橋勇夫: 産卵場造成の実際, 「アユを育てる川仕事」(古川彰・高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp.116-123.
- 10) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗: 島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について-III. 島根県水産技術センター研究報告, 4, 45-57 (2012).
- 11) 落合明, 田中克: アユ, 「新版魚類学(下)改訂版」, 恒星社厚生閣, 東京, 1985, pp.465-474.
- 12) 寺門弘悦, 曾田一志, 沖野晃: 江の川におけるアユ資源管理技術開発. 島根県水産技術センター年報平成26年度, 31(2016).
- 13) 高橋勇夫: 産卵場造成の必要性和その実際. 天然アユを増やすと決めた漁協のシンポジウム第1回天竜川大会記録集, 天然アユ保全ネットワーク, 2007, pp.11-18.
- 14) 村山達朗: 天然アユ資源はなぜ年変動を繰り返すのか, 「アユを育てる川仕事」(古川彰・高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp.165-174.
- 15) 柳川晃, 鈴木啓祐: 漁協と協働するダムの環境対策(兵庫県猪名川), 「アユを育てる川仕事」(古川彰・高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp.83-89.
- 16) 鈴木崇正, 角哲也, 竹門康弘, 中島佳奈: 土砂供給に伴うアユ産卵環境の変化予測. 京都大学防災研究所年報, 54-B, 711-718(2011).

資料

マアナゴの漁獲不振にかかる漁場環境調査

寺門弘悦^{1a}・沖野 晃¹

Environmental research in the fishing grounds to investigate the cause of poor fishery of the whitespotted conger *Conger myriaster*

Hiroyoshi TERAKADO and Akira OKINO

キーワード：マアナゴ，あなごかご漁業，漁獲不振，底層水温，動物プランクトン

はじめに

あなごかご漁業は，小型機船底びき網漁業（手繰第一種漁業）の休漁期間中の漁業として6月から8月の間に操業される．主にマアナゴ *Conger myriaster* やヌタウナギ *Eptatretus burgeri* が漁獲され，これらの水揚げは休漁期間中の重要な漁業収入源である．2015年6月15日，あなごかご漁業を営む漁業者からマアナゴの漁獲不振が続いているとの連絡があった．漁業者によると，その原因と考えられるものは魚群探知機で海底付近の反応として頻繁に現れ，夜間は底層に沈み，さらに反応が濃くなるという．これらのことから，日周鉛直移動を行う動物プランクトンの一種ではないかと推察した．そこで，あなごかご漁場において，一般的に魚類の行動に影響を与える水温（底層）および魚群探知機の反応付近に生息する動物プランクトンについて調査を行い，マアナゴの漁獲不振との関連性について検討した．

資料と方法

2015年6月19日に漁業調査船の島根丸（総トン数142トン）で以下の調査を行った．同乗した漁業者の案内の下，あなごかご漁場で水深130m付近にて魚群探知機（古野電機製FCV-30：周波数38kHz）に海底から10m程度上に伸びる反応（図1）がある場所を調査点St.1（水深132m；N35° 00′ 53″，E131° 54′ 10″）およびSt.2（水深135m；N35°

03′ 46″，E131° 56′ 03″）とした．各調査点において，NORPAC ネット（目合いGG52）の垂直曳きによるプランクトン採集を行った．採集は，魚群探知機の海底付近に反応を示す動物プランクトンを明らかにするため，(a) 水深約100mから表層まで垂直曳き，(b) 海底から表層まで垂直曳きの2通りとした．採集物は10%ホルマリン海水で直ちに固定した．NORPAC ネットの口部に濾水計（General Oceanics 社製GO-2030RC）と水温水深計（村山電機製STB-500）を装着し，濾水量と層別水温を測定した．採集した時間帯は，St.1が午前11時台，St.2が午後12時台であった．採集した動物プランクトンは可能な限り種まで同定し，総個体数に対する種ごとの個体数の比率を出現率とした．

結果と考察

魚群探知機に出現する反応 魚群探知機で水深120–130m層に記録された帯状の反応（図1）は，同乗した漁業者によるとあなごかご漁業の操業中に見られるものと同様であった．この帯状の反応は従来からDSL（Deep Scattering Layer：深海散乱層）として知られる現象であり，DSLの成因は水温躍層や動物プランクトンの濃密な個体群によることが多いとされる．¹⁾

水温の鉛直分布図を図2に示した．各調査点とも水深120m前後で水温躍層が観察された．水温躍層によりDSLが記録される場合，その温度傾度は

¹ 漁業生産部 Fishery Productivity Division

^a 現所属：島根県松江水産事務所 Shimane Prefectural Matsue Regional Office of Fisheries Affairs, Matsue, Shimane 690-0011, Japan

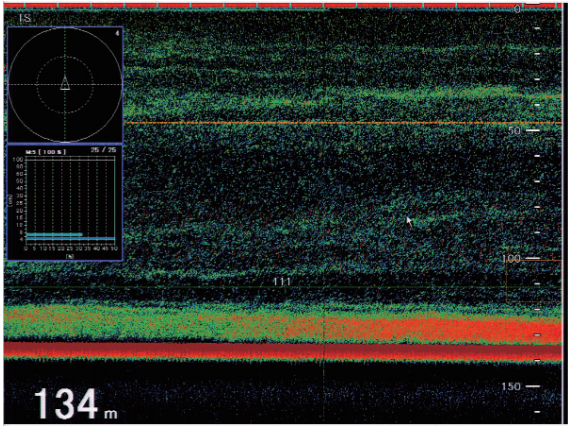


図1. 魚群探知機で海底付近に出現する反応. 魚群探知機の画面をキャプチャーしたもの. 海底から水深120m付近まで帯状の反応が見られた(赤い矢印).

1°C/m位は必要なことが多いとされる.²⁾各調査点の水温躍層の温度傾度をグラフから読み取ると, St.1では約1.0°C/m (115m, 15.5°C→123m, 7.3°C), St.2では約0.9°C/m (122m, 14.5°C→131m, 6.8°C)であった. このことから今回の調査で記録されたDSLは水温躍層により出現した可能性が考えられるが, 水温躍層が日周期的に変動することは考えにくく, 漁業者の言う夜間に反応が沈み込む現象を説明できない.

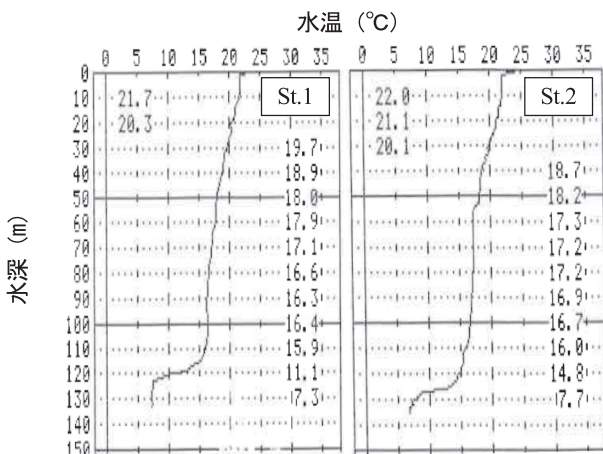


図2. St.1およびSt.2における水温の鉛直分布図. 図中の数字は水深10mごとの測定値.

同定した動物プランクトンの出現率を表1に示した. 全てに共通してウスカワミジンコ *Penilia avirostris* (出現率0.35-0.58), レディオラリア上綱の一種 (出現率0.06-0.25), クモヒトデ綱の一種のオフィオプルテウス幼生 (出現率0.03-0.08) の出現率が高かった. 海底付近のDSLが含まれない水深約100mから表層まで垂直曳きした採集物と比較して, 海底から表層まで垂直曳きした採集物の方に

多く出現する種が, DSLの成因となる動物プランクトンの濃密な個体群を構成すると考えると, ポエキロストム目オンケア科の *Oncaea venusta* (出現率0.05-0.06) のみが該当する. しかし, 同種は暖海性種で, 富山湾での生息水深は昼夜ともに30m以浅に限定していたと報告され,³⁾ 今回のDSLが水深120-130m, 7.3-14.8°Cの低い水温帯で記録されていることから, 同種によるものとは考えにくい. 以上からDSLの成因は動物プランクトンの濃密な個体群による可能性が高いが, 今回の調査結果ではそれを構成する種を特定することはできなかった.

底層水温と漁獲不振の関連性 各調査点とも最深部の水温は7°C前後 (St.1: 7.3°C, St.2: 6.9°C)であった (図2). マアナゴについて, 五利江・大谷⁴⁾は濾過海水を用いた飼育実験下で水温9°C以下ではほとんど摂餌しなかったと報告している. また, Gorie and Nagasawa⁵⁾は明石海峡でのあなごかごの試験操業結果から水温が10°C以下となる冬場はCPUEが低下し, マアナゴの摂餌行動が水温に依存するためとしている. 今回あなごかご漁場の底層水温は7°Cであり, この水温ではマアナゴの摂餌活性が低いと推定され, 漁獲が不調であったと考えられる. 同乗した漁業者によると, あなごかご漁業で僅かに漁獲されるマアナゴは摂食していないとの事であり, 以上の推論を支持すると考えられる.

謝辞

本調査は資源管理・漁業経営安定対策事業により実施された.

文献

- 1) 前田辰昭, 上野元一, 今尾昇: D.L.S.の研究 - II オコツク海のD.S.L.について. 北海道大学水産学部研究彙報, 16, 241-250(1966).
- 2) 石田正己, 鈴木恒由, 佐野典達, 斎藤市郎, 三島清吉: 潮境の探知に就いて. 北海道大学水産学部研究彙報, 10, 291-302(1960).
- 3) 平川和正: 暖海性カイアシ類 *Oncaea venusta* PHILIPPI (Poecilostomatoida) の卵生産への水温影響. 日本海区水産研究所報告, 45, 39-45(1995).
- 4) 五利江重昭, 大谷徹也: 飼育条件下におけるマアナゴの成長. 水産増殖, 45, 485-488(1997).

- 5) Shigeaki Gorie and Kazuya Nagasawa: Strait, Eastern Seto Inland Sea, Japan.
 Biological Aspects of Large Whitespotted
 Conger (*Conger myriaster*) in the Akashi
Aquaculture Science, **60**, 341-348(2012).

表1 St.1 および St.2 において NORPAC ネットで採集された動物プランクトンの出現率 (総個体数に対する種ごとの個体数の比率)

門	綱	目	科	種名	St.1		St.2	
					a*1	b*2	a	b
原生動物	レディオタリア上綱			Radiolaria	0.10	0.11	0.25	0.06
刺胞動物	ヒドロ虫	クダクラゲ		Siphonophora	+*3	0.04	+	+
				Hydrozoa	+	+	+	+
				Larva of Gastropoda			+	+
軟体動物	巻貝			Umbo-larva of Bivalvia				+
		二枚貝						+
環形動物	多毛			Nectochaeta larva of Polychaeta			+	
節足動物	鰓脚	枝角	シダ	<i>Penilia avirostris</i>	0.58	0.56	0.35	0.37
			ウミオオメジシコ	<i>Evadne spinifera</i>	+	+	+	+
				<i>Evadne tergestina</i>	+	+	0.04	0.10
	アゴアシ	(貝形虫亜綱)		Ostracoda	+	+		+
		カラヌス	アカルチア	<i>Acartia danae</i>	+			
			カラヌス	<i>Nannocalanus minor</i>				+
				<i>Calanus sinicus</i>	+			+
				Copepodite larva of <i>Calanus</i>	+		+	+
				Copepodite larva of Calanidae				+
			カンダシア	Copepodite larva of Candaciidae		+		+
			セントロパジェス	Copepodite larva of <i>Centropages</i>	+			
			クラウソカラヌス	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>			+	
				<i>Ctenocalanus vanus</i>	+	+	+	+
				Copepodite larva of <i>Ctenocalanus</i>	+		+	+
				Copepodite larva of <i>Eucalanus</i>				+
			ユウカラヌス	<i>Paraeuchaeta longicornis</i>				+
			ユウキータ	Copepodite larva of Euchaetidae	+	+	+	0.03
			パラカラヌス	Copepodite larva of <i>Paracalanus</i>	+			
			スコレスリックス	<i>Scolecithrix danae</i>		+	+	
			テモラ	Copepodite larva of <i>Temora</i>				+
		キクロプス	オイトナ	<i>Oithona longispina</i>	+			+
				<i>Oithona plumifera</i>	+	+	+	0.03
				<i>Oithona setigera</i>			+	
				Copepodite larva of <i>Oithona</i>	+	+	+	+
		ポエキロストム	コリケウス	<i>Corycaeus affinis</i>			+	
				<i>Corycaeus pacificus</i>		+		
				Copepodite larva of <i>Corycaeus</i>			+	
			オンケア	<i>Oncaea conifera</i>	+			+
				<i>Oncaea mediterranea</i>	+	+	+	+
				<i>Oncaea venusta</i>	+	0.05	+	0.06
			サフィリナ	<i>Sapphirina nigromaculata</i>				+
				Nauplius larva of Copepoda			+	
		(鞘甲亜綱)		Nauplius larva of Thecostraca				+
	軟甲	十脚	ユメエビ	<i>Lucifer</i> spp.	+			
				Zoea larva of Brachyura			+	
毛顎動物	現生矢虫	無膜	ヤムシ	<i>Sagitta minima</i>	+	+	0.04	+
				<i>Sagitta</i> spp.	+	+	+	+
棘皮動物	クモヒトデ			Ophiopluteus larva of Ophiuroidea	0.05	0.03	0.08	0.05
				Larva of Ophiuroidea	+	+	+	
脊索動物	タリア	ウミタル	ウミタル	<i>Dolioletta</i> spp.			+	
				Doliolidae			+	+
	尾虫	尾虫	オタマボヤ	<i>Oikopleura longicauda</i>	+			
				<i>Oikopleura</i> spp.	+		+	+
			サイツチボヤ	<i>Fritillaria formica</i>	+	+		
				<i>Fritillaria pellucida</i>				
				<i>Fritillaria</i> spp.				
総個体数					55,920	29,520	33,480	12,320
出現種類数					31	21	30	33
沈澱量(ml)					21.4	28.2	15.2	28.4

*1 水深約100mから表層まで鉛直曳き

*2 海底から表層まで鉛直曳き

*3 +は出現率が0.03以下を示す

資料

中海における貝毒原因プランクトンの季節推移

松本洋典¹

Seasonal distribution of toxic dinoflagellates in Lake Nakaumi, Shimane Prefecture, Japan.

Hironori MATSUMOTO

キーワード：中海，貝毒，季節推移，*Dinophysis acuminata*

はじめに

中海は、島根県と鳥取県の県境に位置する汽水湖で、東側は境水道により日本海と西側は大橋川により宍道湖と繋がっている。本水域では近年、垂下式二枚貝養殖の可能性が検討され、アサリ、サルボウガイ等の養殖試験が 2011 年から漁業者により実施されている。

水産養殖においては、人への健康被害防止と水産物の安全性を確保することは大きな問題であり、とりわけ二枚貝養殖では貝毒による食中毒の防止が重要である。貝毒の多くは主に麻痺性貝毒と下痢性貝毒に分類されるが、日本においては麻痺性貝毒についての出荷規制基準が 4MU/g、下痢性貝毒では 0.05MU/g に定められており、これを超えると食品衛生法上の措置として出荷が自主規制され深刻な影

響が及ぶことになるため、水域における貝毒発生の察知が最重要課題となる。しかしながら本水域においては貝毒原因プランクトンについての知見はわずかしかないのである。

本研究では中海水域の 4 定点において 2 年間にわたって月 1 回の定期調査を実施し、同水域に出現する貝毒原因プランクトンの出現状況について若干の知見を得たので報告する。

材料と方法

中海で二枚貝養殖試験を実施している境水道連絡部付近 (St. 1, 水深 6m)、中海南部沖合 (St. 2, 水深 7m) と中海南部沿岸 (St. 3, 水深 1.5m)、大根島南部沿岸 (St. 4, 水深 0.8m) の 4 定点に調査定点を設け、2014 年 4 月から 2016 年 3 月までの期

表 1. 本調査で対象とした貝毒原因プランクトン

区分	種名
下痢性	<i>Dinophysis acuminata</i>
	<i>Dinophysis fortii</i>
	<i>Dinophysis caudata</i>
	<i>Dinophysis norvegica</i>
麻痺性	<i>Alexandrium catenella</i>
	<i>Alexandrium tamarense</i>
	<i>Alexandrium tamiyavanichii</i>
	<i>Alexandrium pseudogoniaulax</i>
	<i>Alexandrium ostenfeldii</i>

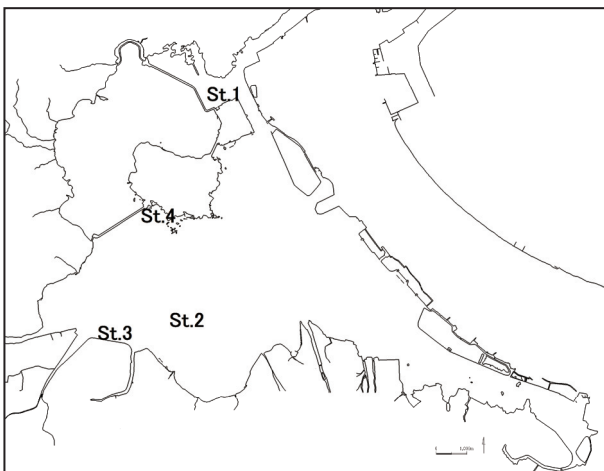


図 1. 調査定点図

¹ 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

間に毎月調査を実施した(図1)。貝毒原因プランクトンのモニタリングとして、St.1, 2は表層(水深0m)と水深3m層, St.3は表層(水深0m)と水深1m層, St.4は表層(水深0m)のみから北原式採水器を用いて海水を各1l採取した。採水に際しては多項目水質計(HydroLab-MS5)による水温および塩分の観測を行った。なお、沿岸の定点での採水観測は岸壁から行ったが、沖合のSt.2のみ水産技術センター内水面浅海部内水面科の協力により、調査船ごずを用いて採水・観測を行った。

採取した海水はそれぞれポリ瓶に入れ、暗所、冷蔵で保管して研究室に持ち帰り、5 μ mメッシュのメンブレンフィルター(Millipore社製)で20倍に濃縮ののち、中性ホルマリンを用いて固定し(最終濃度5%)、後日、貝毒原因プランクトンの観察および計数を行った。観察対象とした貝毒原因プランクトンは表1に示す有殻渦鞭毛藻とし、1試料につき1mlずつ掛線付きスライドグラスに滴下し、倒立顕微鏡を用いて観察、計数した。これを計3回以上実施し、その平均値を計数結果とした。

また、サルボウガイとアサリを対象とした麻痺性および下痢性貝毒についての毒性検査を、それぞれの試験出荷時期にあわせて行った。この検査は島根県保健環境科学研究所において、食品衛生検査指針に基づくマウスによるバイオアッセイ法により、サ

ルボウガイについては2014年10月20日、2015年11月9日に、アサリについては2015年5月11日、2016年3月7日に実施した。検体については、サルボウガイは松江市東出雲町意東沖において島根県水産技術センターが実施している垂下養殖試験で飼育されたものを、アサリは松江市美保関町万原地区の漁業者が実施している養殖試験で養成されたものを供し、いずれも試験当日の朝に採取した。

結果

調査期間中に観察された貝毒原因プランクトンの細胞密度の季節推移を年度ごとに表2, 3に示す。2年間で確認された貝毒原因プランクトンは3種で、下痢性貝毒原因プランクトンは*Dinophysis acuminata*と*Dinophysis caudata*の2種、麻痺性貝毒原因プランクトンは*Alexandrium catenella*の1種であった。調査期間中の各定点の水温および塩分(PSU)観測結果を表4に示す。調査期間において水温は5.3~31.1 $^{\circ}$ Cの範囲、塩分は4.6~31.2の範囲で変動した。

***D. acuminata*の出現傾向** *D. acuminata*の最高細胞密度の経月推移を図2に示す。2014年度において本種は6~7月および11月~翌1月に確認され、調査水域全体での最高細胞密度は7月のSt.3水深

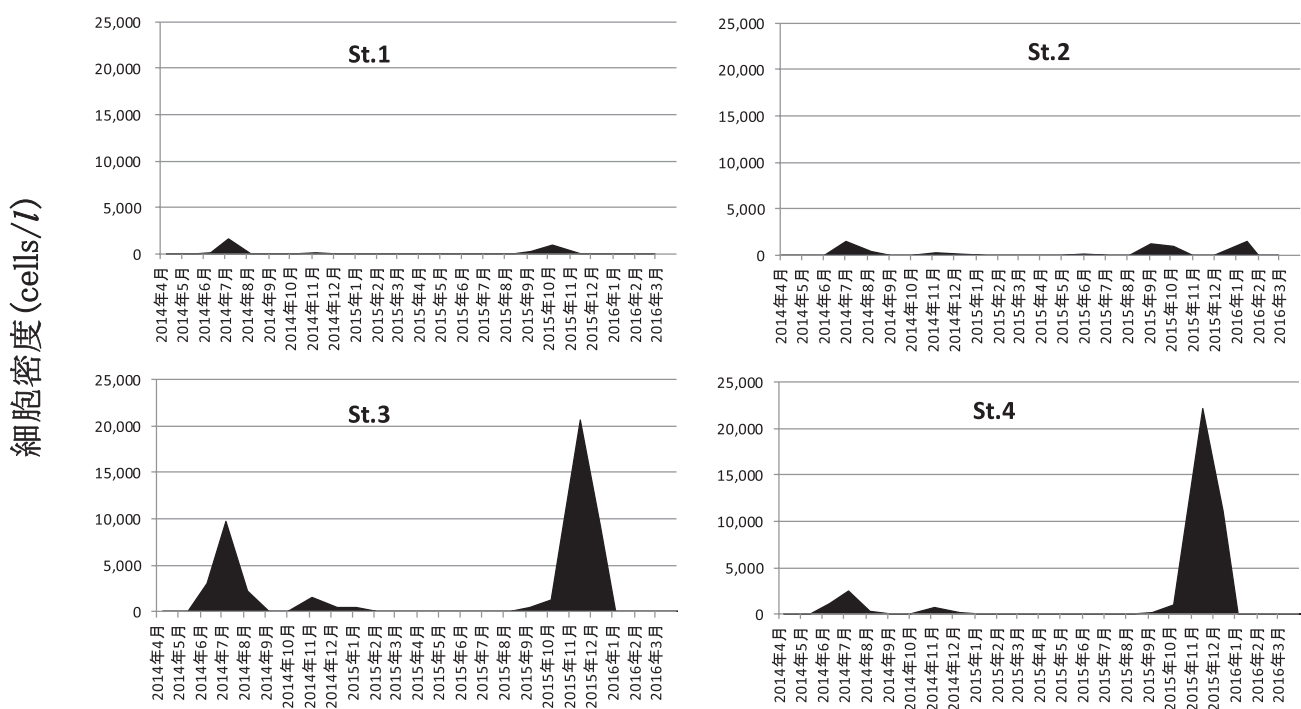


図2. 中海における *Dinophysis acuminata* の最高細胞密度の経月変化

表 2. 2014 年度中海貝毒プランクトン調査結果

St.1(境水道連絡部付近)				
月日	水深0m		水深3m	
	種	細胞密度 (cells/L)	種	細胞密度 (cells/L)
4月9日	ND	-	ND	-
5月15日	ND	-	ND	-
6月11日	<i>Dinophysis acuminata</i>	200	<i>Dinophysis acuminata</i>	101
7月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,600	<i>Dinophysis acuminata</i> <i>Dinophysis caudata</i>	1,568 169
8月7日	ND	-	ND	-
9月5日	ND	-	ND	-
10月2日	ND	-	ND	-
11月6日	<i>Dinophysis acuminata</i>	33	<i>Dinophysis acuminata</i>	168
12月11日	ND	-	ND	-
1月6日	<i>Dinophysis acuminata</i>	13	<i>Dinophysis acuminata</i>	280
2月4日	ND	-	ND	-
3月26日	ND	-	ND	-
St.2(意東沖)				
月日	水深0m		水深3m	
	種	細胞密度 (cells/L)	種	細胞密度 (cells/L)
4月3日	ND	-	ND	-
5月9日	ND	-	ND	-
6月3日	ND	-	ND	-
7月2日	<i>Dinophysis acuminata</i>	717	<i>Dinophysis acuminata</i> <i>Dinophysis caudata</i>	1,500 34
8月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	117	<i>Dinophysis acuminata</i>	467
9月2日	ND	-	ND	-
10月2日	ND	-	ND	-
11月5日	<i>Dinophysis acuminata</i>	233	<i>Dinophysis acuminata</i>	15
12月9日	<i>Dinophysis acuminata</i>	67	<i>Dinophysis acuminata</i>	67
1月16日	ND	-	<i>Dinophysis acuminata</i>	27
2月3日	ND	-	ND	-
3月	欠測	-	欠測	-
St.3(中海南部沿岸)				
月日	水深0m		水深1m	
	種	細胞密度 (cells/L)	種	細胞密度 (cells/L)
4月9日	ND	-	ND	-
5月15日	ND	-	ND	-
6月11日	<i>Dinophysis acuminata</i>	2,450	<i>Dinophysis acuminata</i>	3,000
7月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,333	<i>Dinophysis acuminata</i>	9,767
8月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	33	<i>Dinophysis acuminata</i>	2,267
9月5日	ND	-	ND	-
10月2日	ND	-	ND	-
11月6日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,567	<i>Dinophysis acuminata</i>	417
12月11日	<i>Dinophysis acuminata</i>	467	<i>Dinophysis acuminata</i>	473
1月6日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,473	<i>Dinophysis acuminata</i>	93
2月4日	ND	-	ND	-
3月26日	ND	-	ND	-
St.4(大根島南部沿岸)				
月日	水深0m			
	種	細胞密度 (cells/L)		
4月	欠測	-		
5月	欠測	-		
6月11日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,100		
7月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	2,517		
8月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	267		
9月5日	ND	-		
10月2日	ND	-		
11月6日	<i>Dinophysis acuminata</i>	683		
12月11日	<i>Dinophysis acuminata</i>	187		
1月6日	<i>Dinophysis acuminata</i>	13		
2月4日	ND	-		
3月26日	ND	-		

表 3. 2015 年度中海貝毒プランクトン調査結果

St.1(境水道連絡部付近)				
月日	水深0m		水深3m	
	種	細胞密度 (cells/L)	種	細胞密度 (cells/L)
4月9日	ND	-	ND	-
5月15日	ND	-	ND	-
6月8日	ND	-	ND	-
7月2日	ND	-	ND	-
8月12日	ND	-	ND	-
9月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	233	<i>Dinophysis acuminata</i>	200
	<i>Dinophysis caudata</i>	183	<i>Dinophysis caudata</i>	317
10月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	950	<i>Dinophysis acuminata</i>	767
11月17日	<i>Dinophysis acuminata</i>	27	<i>Dinophysis acuminata</i>	33
12月15日	<i>Dinophysis acuminata</i>	13	<i>Dinophysis acuminata</i>	13
1月6日	ND	-	ND	-
2月2日	ND	-	ND	-
3月1日	ND	-	ND	-
St.2(意東沖)				
月日	水深0m		水深3m	
	種	細胞密度 (cells/L)	種	細胞密度 (cells/L)
4月3日	ND	-	ND	-
5月1日	ND	-	ND	-
6月2日	<i>Dinophysis acuminata</i>	100	<i>Dinophysis acuminata</i>	33
7月7日	ND	-	ND	-
8月4日	ND	-	ND	-
9月3日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,283	<i>Dinophysis acuminata</i>	83
	<i>Dinophysis caudata</i>	33	<i>Dinophysis caudata</i>	17
10月6日	<i>Dinophysis acuminata</i>	833	<i>Dinophysis acuminata</i>	933
11月	欠測	-	欠測	-
12月	欠測	-	欠測	-
1月16日	<i>Dinophysis acuminata</i>	67	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,517
2月	欠測	-	欠測	-
3月	欠測	-	欠測	-
St.3(中海南部沿岸)				
月日	水深0m		水深1m	
	種	細胞密度 (cells/L)	種	細胞密度 (cells/L)
4月9日	ND	-	ND	-
5月15日	ND	-	ND	-
6月8日	ND	-	ND	-
7月2日	ND	-	<i>Alexandrium catenella</i>	17
8月12日	ND	-	ND	-
9月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	450	<i>Dinophysis acuminata</i>	350
	<i>Dinophysis caudata</i>	67	<i>Dinophysis caudata</i>	167
10月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,267	<i>Dinophysis acuminata</i>	633
11月17日	<i>Dinophysis acuminata</i>	20,633	<i>Dinophysis acuminata</i>	18,367
12月15日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,373	<i>Dinophysis acuminata</i>	9,183
1月6日	ND	-	ND	-
2月2日	ND	-	ND	-
3月1日	ND	-	ND	-
St.4(大根島南部沿岸)				
月日	水深0m			
	種	細胞密度 (cells/L)		
4月9日	ND	-		
5月15日	ND	-		
6月8日	ND	-		
7月2日	ND	-		
8月12日	ND	-		
9月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	167		
10月7日	<i>Dinophysis acuminata</i>	1,017		
11月17日	<i>Dinophysis acuminata</i>	22,117		
12月15日	<i>Dinophysis acuminata</i>	11,133		
1月6日	ND	-		
2月2日	ND	-		
3月1日	ND	-		

表 4. 採水時の水温と塩分

2014年度					2015年度				
St.1(境水道連絡部付近)									
月日	0m		3m		月日	0m		3m	
	水温℃	塩分	水温℃	塩分		水温℃	塩分	水温℃	塩分
4月9日	14.4	5.6	13.9	8.1	4月9日	15.9	12.5	13.1	31.2
5月15日	17.3	20.4	17.6	20.9	5月15日	19.7	21.8	19.6	22.2
6月11日	23.8	20.9	23.7	21.0	6月8日	21.6	25.6	21.2	26.4
7月7日	25.7	22.3	25.0	23.7	7月2日	24.2	24.1	24.0	24.2
8月7日	27.3	22.7	27.4	27.1	8月12日	29.4	25.1	28.1	29.4
9月5日	27.6	23.5	28.5	27.4	9月7日	22.3	24.1	22.9	24.3
10月2日	24.6	21.2	24.9	22.6	10月7日	21.1	18.5	21.8	23.3
11月6日	16.7	20.3	17.1	21.6	11月17日	16.9	20.5	16.8	24.4
12月11日	8.7	17.9	9.1	18.9	12月15日	11.7	19.1	11.6	19.6
1月6日	6.4	16.9	7.0	19.4	1月6日	9.0	7.5	9.7	15.6
2月4日	6.5	11.4	6.4	12.8	2月2日	5.6	15.1	5.8	16.6
3月26日	10.4	13.8	10.4	15.3	3月1日	6.6	13.8	6.7	14.3
St.2(意東沖)									
月日	0m		3m		月日	0m		3m	
	水温℃	塩分	水温℃	塩分		水温℃	塩分	水温℃	塩分
4月3日	15.8	5.2	13.5	13.9	4月3日	14.4	13.1	14.2	13.6
5月9日	17.9	20.8	17.7	21.4	5月1日	21.1	12.9	18.5	19.1
6月3日	23.7	22.4	21.9	26.6	6月2日	24.2	16.9	22.6	24.3
7月2日	27.4	20.8	26.3	22.8	7月7日	24.7	15.9	23.9	25.5
8月7日	26.8	14.5	25.5	22.1	8月4日	31.1	22.4	28.5	25.5
9月2日	26.1	11.2	26.1	11.5	9月3日	26.4	17.1	25.8	25.1
10月2日	23.2	16.2	23.5	19.4	10月6日	21.7	15.0	21.8	17.8
11月5日	16.9	13.2	17.4	17.7	11月5日	16.2	14.4	18.5	24.8
12月9日	8.9	17.0	10.3	20.7	12月2日	12.9	17.1	12.6	19.1
1月16日	5.4	7.2	6.3	13.8	1月6日	9.2	14.1	11.3	20.5
2月3日	5.4	5.0	6.4	9.4	2月4日	6.1	8.7	6.1	17.3
3月	欠測	欠測	欠測	欠測	3月2日	7.1	9.6	7.2	14.3
St.3(中海南部沿岸)									
月日	0m		1m		月日	0m		1m	
	水温℃	塩分	水温℃	塩分		水温℃	塩分	水温℃	塩分
4月9日	15.2	8.8	15.4	8.1	4月9日	16.2	11.2	16.2	13.4
5月15日	18.5	20.9	18.5	20.9	5月15日	19.2	13.9	18.9	13.9
6月11日	24.5	21.8	24.5	21.8	6月8日	22.3	18.3	22.4	20.2
7月7日	25.3	18.1	25.3	21.3	7月2日	24.8	20.6	24.1	22.8
8月7日	27.4	14.7	28.2	23.1	8月12日	30.3	22.1	30.3	22.2
9月5日	26.7	17.2	28.2	17.2	9月7日	22.8	11.9	22.9	12.3
10月2日	24.1	10.8	24.1	10.9	10月7日	22.0	16.3	22.2	16.7
11月6日	17.1	12.8	17.1	16.0	11月17日	16.7	10.2	16.7	10.2
12月11日	9.5	15.9	9.5	16.4	12月15日	12.2	9.9	11.9	13.8
1月6日	6.4	16.9	7.0	19.2	1月6日	8.7	12.8	9.3	13.5
2月4日	6.8	4.6	6.8	6.5	2月2日	5.3	7.3	5.8	9.0
3月26日	12.7	6.9	12.7	7.1	3月1日	6.1	12.6	6.7	13.0
St.4(大根島南部沿岸)									
月日	0m				月日	0m			
	水温℃	塩分				水温℃	塩分		
4月	-	-			4月9日	15.8	11.5		
5月	-	-			5月15日	19.4	22.2		
6月11日	24.6	20.0			6月8日	21.4	15.5		
7月7日	26.3	19.4			7月2日	24.0	22.8		
8月7日	27.5	20.2			8月12日	30.0	22.3		
9月5日	26.4	12.2			9月7日	24.5	20.2		
10月2日	23.5	14.4			10月7日	21.5	17.0		
11月6日	15.8	13.8			11月17日	16.8	16.3		
12月11日	9.3	17.7			12月15日	11.2	11.3		
1月6日	6.4	15.0			1月6日	9.2	14.7		
2月4日	6.7	8.4			2月2日	5.6	11.9		
3月26日	13.1	9.0			3月1日	6.7	14.4		

1m層の9,770cells/lであった。各定点における年間の出現傾向から、2014年度の本種の出現期は2回で、その出現ピークは7月であったと判断された。一方、2015年度における本種の出現傾向は2014年度と異なり出現ピークおよび出現期が調査定点毎にやや異なる傾向があったものの、6月および9月～翌年1月の二期間に分かれて確認され、調査水域全体での最高細胞密度は11月のSt.4水深0m層の22,117cells/lであった。

2カ年の調査期間において、調査地点および出現密度で相違はあるものの本種は中海水域において比較的高い頻度で確認された。また本調査期間中に *D. acuminata* が初めて観察されたのは2014年6月であったが、この時の出現定点と密度に注目すると、中海南部沿岸水深1m (3,000cells/l) > 中海南部沿岸表層 (2,450cells/l) > 大根島南部沿岸表層 (1,100cells/l) > 境水道連絡部表層 (200cells/l) > 境水道連絡部中層 (100cells/l) で、概ね中海奥部>外海近接部の傾向が見られた。この傾向は本種の観察された期間中継続していた。

D. caudata の出現傾向 *D. caudata* の最高細胞密度の経月推移を図3に示す。2014年度において本種は7月にSt1, 2で確認されたのみで、最高細胞密度はSt1水深3m層の167cells/lであった。一方、2015年度において本種は9月にSt1, 2, 3の3点で確認され、最高細胞密度はSt.1水深3m層の317cells/lであった。

2カ年の調査期間において、本種の中海水域での出現は各年とも7～9月の夏期に一回だけ出現し、継続的に確認された前述の *D. acuminata* と異なる傾向を示した。また、調査期間中に観察された際の最高細胞密度を記録した定点は共通してSt.1であった。

A. catenella の出現 *A. catenella* は2015年の7月にSt.3で確認され、その際の細胞密度は17cells/l

表5. 中海産二枚貝の貝毒検査結果

検査機関		島根県保健環境科学研究所			
検査対象種		サルボウガイ		アサリ	
検査年月日		2014/10/20	2015/11/9	2015/5/11	2016/3/7
検査項目	1.麻痺性貝毒	ND	ND	ND	ND
	2.下痢性貝毒	ND	ND	ND	ND

単位: 可食部換算 (MU/g)
「食品衛生検査指針 理化学編に定める方法」による

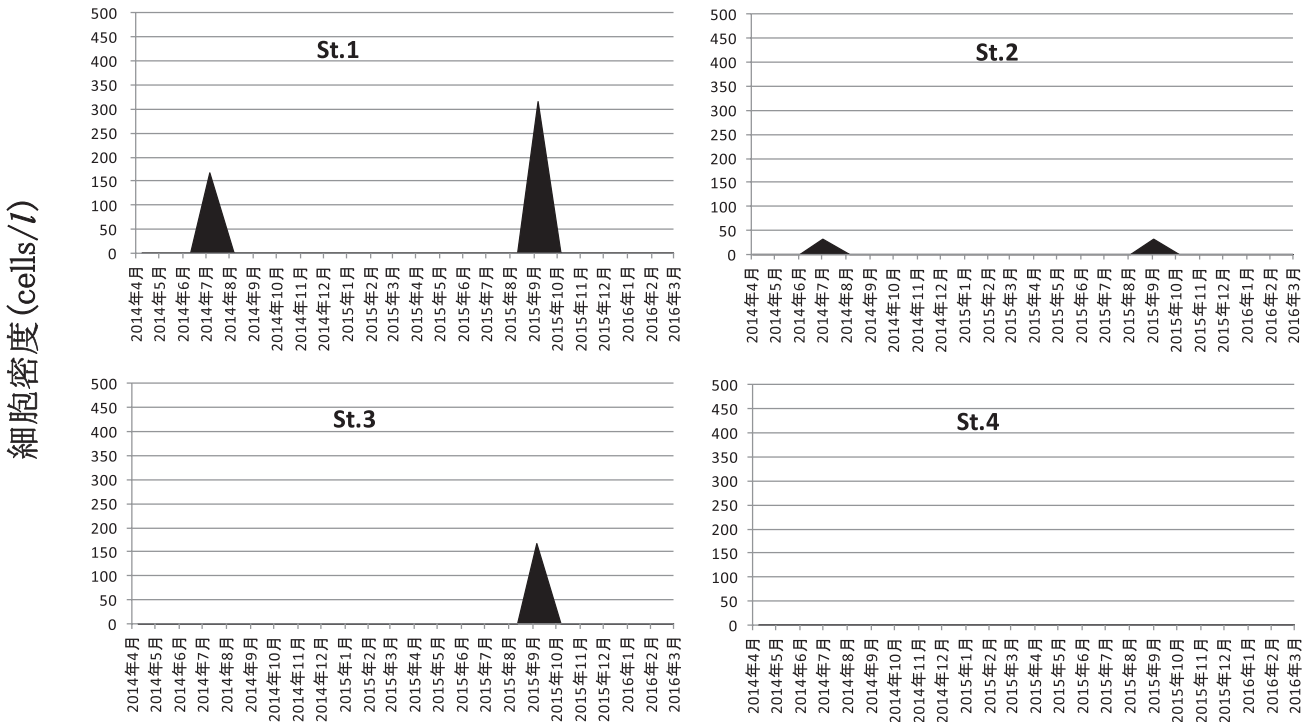


図3. 中海における *Dinophysis caudata* の最高細胞密度の経月推移

であった。確認されたのはこの1回のみで、出現傾向については言及できない。

貝毒毒性検査 中海産二枚貝を対象とした貝毒毒性検査結果を表5に示す。サルボウガイ、アサリとも麻痺性貝毒および下痢性貝毒は検出されなかった。

考察

海面二枚貝養殖における貝毒による食中毒被害防止対策は、出荷に先んじて漁場および生産物の安全性を確認することが基本である。そのための具体的な手段として、原因プランクトンおよび貝毒毒性についてのモニタリング調査は不可欠であり、その水域の貝毒発生傾向を事前に評価しておくことは、調査・検査の効率的な実施にとって有効である。

本調査においては3種の貝毒原因プランクトンが確認され、それぞれの出現傾向に若干の相違が認められた。

調査期間内で最も頻繁に、また高密度で確認された貝毒原因プランクトンは *D. acuminata* であった。本種は汎世界的に分布し、日本周辺でも高い頻度で

出現するプランクトンで、下痢性貝毒原因種として知られている¹⁾。図4に調査期間内における本種の出現密度と、その時の水温・塩分の関係を示す。本種は冬から夏まで幅広い水温帯で、また塩分についても汽水域の大きな変動にあわせるように広い塩分帯で確認されており、これらは本水域における本種の常在性を示している。また、中海西部の水深の浅い沿岸での出現密度が高く、水深の深い定点、もしくは外海の影響を受けやすく流れのあると思われる定点での出現密度が相対的に低くなる傾向が調査期間を通じて継続していた。これらから、本種が中海沿岸西部の浅い水深域を中心に再生産している可能性が示唆される。

また、本種は2カ年とも夏期と秋以降の2回の出現期間を示したことが特徴的であった。本水域における本種の出現については、冬と夏の2回観察され、観察される場合は比較的まとまった密度を示したという報告があり²⁾、本調査における特徴と符合する。また、出現の際の細胞密度と塩分 (PSU) の関係に注目すると (図4)、高水温期では20～25の高塩分帯で細胞密度が高く、秋以降は10～15の比較的低塩分に高い傾向が見られる。しかしながら、これら

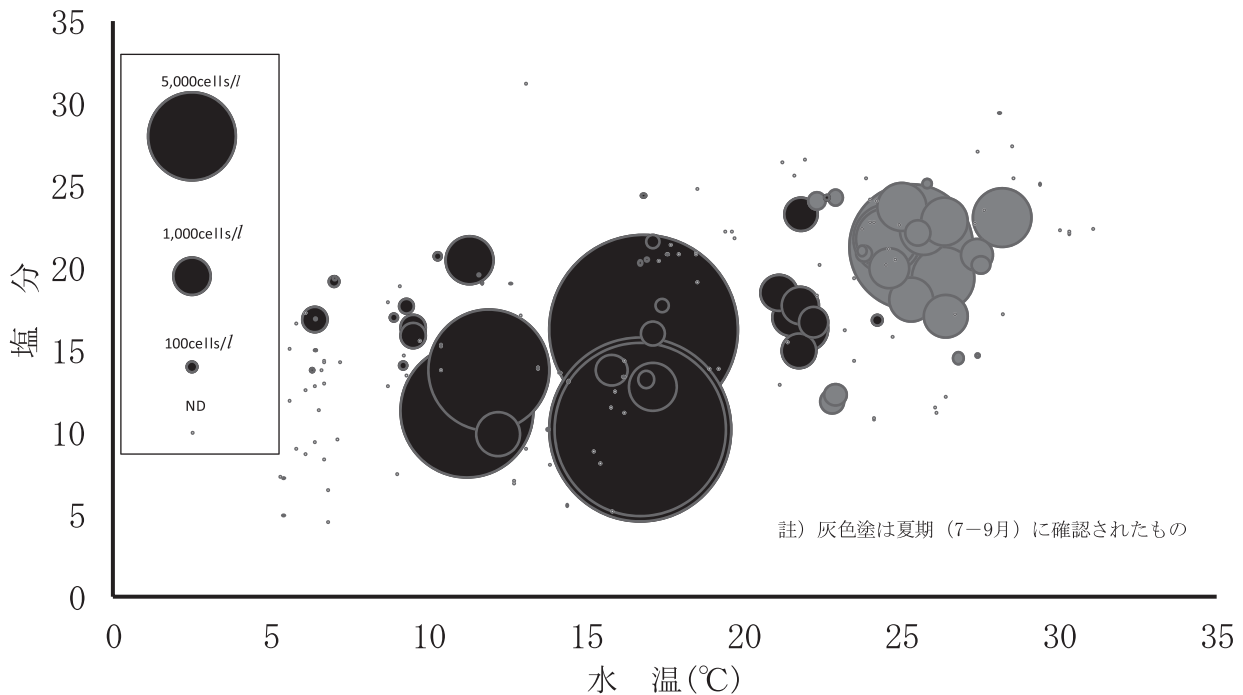


図4. 中海における *Dinophysis acuminata* の出現密度と水温・塩分の関係

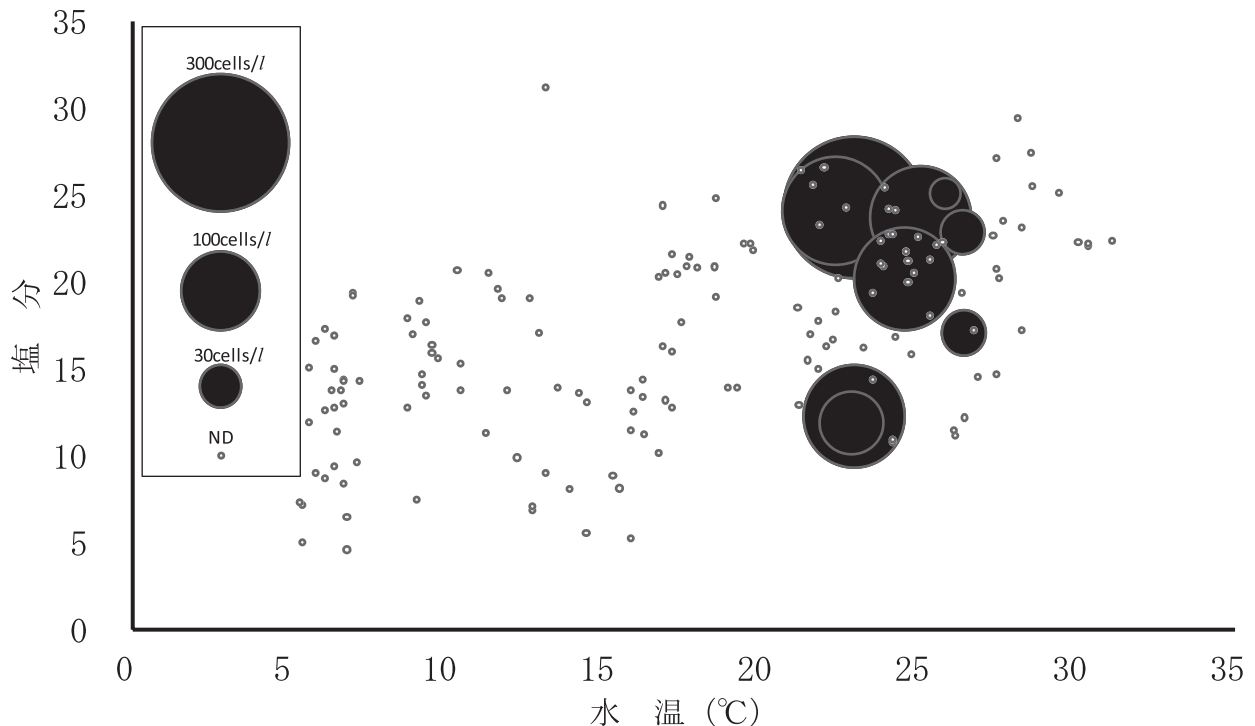


図5. 地中海における *Dinophysis caudata* の出現密度と水温・塩分の関係

については今のところ検討するだけの材料が揃っていない。

D. acuminata の次に多く確認されたのは *D. caudata* であった。本種は熱帯から温帯の暖流の影響の強い水域での出現頻度の高い下痢性貝毒原因種であり、西日本では夏に確認されることが多い¹⁾。本調査においても本種が確認されたのは7～9月の高水温期であり水温20℃以下では見られなかった(図5)。また、確認された際の密度は外海と接続する境水道連絡部付近に偏っていた(図3)。これらのことから、本種の中海水域での出現は偶発的な外海からの流入に起因すると考えられる。

D. acuminata は三重県で120cells/lの密度でムラサキガイを毒化した事例がある³⁾一方で、宮城県において1,800cells/lを超える高密度の出現が確認されても貝が毒化しない事例も報告されており⁴⁾、その毒力に大きな地域差が存在していることが知られている。本調査において確認された *D. acuminata* の調査水域全体での最高細胞密度は2015年11月の22,117cells/lで非常に高い値であったが、これと同期的に実施したサルボウガイを用いた毒性検査では下痢性貝毒は検出されなかった。これらから判断して、本水域における *D. acuminata* の毒力は強くないと考えられる。本調査においては夏期に毒性試験を実施していないため、夏期に出現する *D. acuminata* および *D. caudata* と二枚貝の毒化の関係については

不明であるが、本水域における二枚貝養殖の出荷時期として想定されるのはサルボウガイの秋～冬、アサリについては冬～春であるため、現状の出荷体制においては本調査で確認された2種の *Dinophysis* 属プランクトンによる下痢性貝毒発生のリスクは大きくはないと考えられる。

麻痺性貝毒原因プランクトンについては *A. catenella* が確認されたが、確認頻度は2015年7月の1度だけで、密度も17cells/lと極めて低かった。また、二枚貝を用いた4回の毒性検査では麻痺性貝毒の検出はなかったものの、本種が確認された夏期については実施していないため、本水域における麻痺性貝毒のリスクについては不明である。

本調査はわずか2カ年の期間の結果に過ぎないため、この水域の有害プランクトンを網羅したとは言えず、この結果をもって本水域の貝毒発生のすべてを評価するのは早計である。例えば、鳥取県の汽水湖である湖山池では、これまで全く報告のなかった *Alexandrium ostenfeldii* による麻痺性貝毒が発生した事例⁵⁾が近年報告されており、未報告の有害プランクトンが今後本水域に出現する可能性も十分に考えられる。また、本水域においても過去に麻痺性貝毒原因種である *Gymnodinium catenatum* の出現記録がある²⁾。しかしながら *G. catenatum* のような無殻の渦鞭毛藻は、ホルマリン固定によって形状が崩れ、同定が著しく困難となるため、検鏡用試水の処

理にホルマリンを使用した本調査では観察の対象としなかった。したがって、二枚貝養殖による水産振興を検討中の本水域においては、今後も継続的に本水域でのモニタリングを継続し、出現プランクトンおよび二枚貝毒化の動向を長期的に把握する必要がある。また、併せて無殻の渦鞭毛藻を対象とした検鏡用試水の処理方法についても検討すべきである。

文献

- 1) 福代康夫, 高野秀昭, 千原光雄, 松岡數充 編 (1995) 日本の赤潮生物 写真と解説. 34-37pp, 内田老鶴圃, 東京.
- 2) 小島夏彦, 三浦常廣, 中村幹雄 (2002) 中海の渦鞭毛藻 (予報). LAGUNA (汽水域研究), 9, 31-45.
- 3) 畑 直亜, 鈴木敏之, 辻 将治, (2011) 伊勢湾における有毒渦鞭毛藻 *Dinophysis* 属の発生とムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis* の毒化との関係. 日水誌, 77(6), 1065-1075.
- 4) Hoshiai G, Suzuki T, Yamasaki M, Taguchi S(1997) A case of non-toxic mussels under the presence of high concentrations of toxic dinoflagellate *Dinophysis acuminata* that occurred Kesenuma Bay, northern Japan. Fish Sci. 63, 317-318.
- 5) 国立研究開発法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所 (2015) 議事要録. 水産業関係研究開発推進会議漁場環境保全関係研究開発推進会議赤潮貝毒部会, 37pp.

本号掲載要旨

(報文)

島根半島産アカアマダイの年齢組成推定

松本洋典

アカアマダイは成長の雌雄差が大きいこと、単価が高いため得られる標本数が限られるなどの理由から、島根県海域においては年齢組成を適切に把握するための Age-Length Key が構築されていなかった。そこで島根県東部の小伊津漁港に 2015 夏期に水揚げされたアカアマダイ漁獲物を用いて、銘柄別漁獲量データを用いた年齢別漁獲個体数の算出方法、および限られた数の標本から最尤法によって Age-Length Key を作成する方法について検討した。

得られた Age-Length Key は既知のアカアマダイの生物学特性および海域特性を十分に反映したもので、実用に際して矛盾は生じないと考えられた。今後はこの手法を利用して他の季節についても Age-Length Key を構築する必要がある。

隠岐周辺海域のばいかご漁業における漁具の目合い拡大による効果について

池田博之・為石起司・白石陽平

隠岐周辺海域では、エッチュウバイを漁獲対象とするばいかご漁船が 4 隻操業しており、地域の重要な漁業となっている。しかし、平成 12 年以降、代船建造による漁船能力の向上により漁獲圧が上昇したこともあり、漁獲量が急激に増加したが、平成 17 年以降は減少傾向にある。

そこで、資源の維持・増大及び持続的利用を図るための手法の 1 つとして、小型貝を保護するために漁具の目合いを 7 節に拡大した試験操業を実施し、資源保護の効果及び経営への影響を検証した。

その結果、4 隻全てのかごの目合いを拡大した場合、現状では出荷している小型貝を年間 33 万個保護できる一方で、漁獲金額は一時的に年間 200 ～ 300 万円 / 隻減少すると試算された。しかし、数年後には保護した小型貝が親貝として再生産に寄与することで資源の持続的利用が可能となる上、単価の高い大型貝の資源量増加により、長期的にはその影響は緩和されるものと期待される。

(資料)

2015 年の江の川におけるアユの産卵と産卵場の河床の状態

寺門弘悦・曾田一志・古谷尚大・吉田太輔・高橋勇夫

江の川における 2015 年のアユの産卵場の河床の状態等を調査し、造成の必要性を検討した。谷住郷の瀬およびセジリ上の瀬で少なくとも合計 2,400m² 程度の産卵の適地が見込まれた。これに親魚量が少ない事を加味し、江川漁協とも協議のうえ造成は行わないと判断した。その後の産卵状況の調査から、谷住郷の瀬とセジリ上の瀬で合計 1,160m² で産着卵を確認し、事前調査の判断が妥当であったと考えられた。

マアナゴの漁獲不振にかかる漁場環境調査

寺門弘悦・沖野 晃

あなごかご漁業でのマアナゴの漁獲不振の原因を調べるため、漁場内の 2 地点で底層水温および漁業者が原因と疑う魚群探知機に出現する反応(動物プランクトンと仮定)について調査した。その結果、反応を示す動物プランクトンは特定できなかった。漁場の底層水温は約 7℃ であり、マアナゴの摂餌活性が低下する水温帯であった。したがって、マアナゴの漁獲不振の原因は低水温によるものと考えられた。

中海における貝毒原因プランクトンの季節推移

松本洋典

近年、垂下式二枚貝養殖の可能性が検討されている中海水域において、2 年間にわたって貝毒原因プランクトンについて検鏡調査を月 1 回、サルボウガイとアサリを対象とした麻痺性および下痢性貝毒についての毒性検査をそれぞれの出荷時期にあわせて 4 回実施した。

確認された貝毒原因プランクトンは 3 種で、下痢性貝毒原因プランクトンでは *Dinophysis acuminata* と *Dinophysis caudata*、麻痺性貝毒原因プランクトンでは *Alexandrium catenella* であった。これらのうち最も頻繁に確認された *Dinophysis acuminata* は本水域における再生産の可能性が示唆された。

毒性検査では麻痺性貝毒、下痢性貝毒のいずれも検出されなかったが、今後も継続的に本水域でのモニタリングを継続し、出現プランクトンおよび二枚貝毒化の動向を長期的に把握する必要がある。

他誌掲載論文の抄録

島根県高津川におけるアユの天然魚と放流魚の混合率の推定

寺門弘悦・村山達朗・金岩 稔

日本水産学会誌, 82(6), 911-916 (2016)

2009年から2012年の高津川で漁獲されたアユの側線上方横列鱗数度分布に多重正規分布を当てはめ、天然魚と放流魚の混合率を推定した。高津川のアユの系統は、海産(天然魚)と2種類の人工産(放流魚)の3種類であった。アユの遡上を阻害する堰堤の上流・下流側の漁場における天然魚の混合率のブートストラップ平均はそれぞれ26.3-58.8%および82.6-100%であり、アユの遡上状況を反映した妥当な推定値が得られた。

島根県東部におけるゴギ生息状況調査(2014年)

曾田一志・福井克也・南里敬弘・若林英人
ホシザキグリーン財団研究報告, 19, 155-163 (2016)

2014年に島根県東部を流れる斐伊川水系および神戸川水系、伯太川水系においてイワナ *Salvelinus leucomaenis* の亜種であるゴギ *Salvelinus leucomaenis imbricus* の生息状況調査を行った。その結果、調査を行った16支流のうち10支流においてゴギの生息が確認された。1m²あたりの生息密度は0.015~0.151尾であった。イワナも2支流で生息が確認された。また、過去の調査記録との比較を行い、ゴギの保全について考察を行った。

致死条件の異なるシイラの貯蔵中における魚肉の白色化と軟化

清川智之、井岡久、岡本満、石原成嗣
水産技術, 8(2), 53-60(2016)

致死条件や保蔵低温処理が魚肉の破断強度や色調、pH、乳酸量、K値の経時変化に及ぼす影響を測定し、白色化や軟化の進行状況やその原因について検討した。延髄切断などの処理を行うことで、死後数時間程度はpHの低下や乳酸量の増加速度に違いがみられたが、速やかに一定の水準に達し変化はほとんどみられなくなった。最終的に到達するpHや乳酸量等それぞれの値は船上処理の方法とはあまり関係なく、同じ漁法や漁獲日であっても個体ごとに差がみられた。致死直後のpH及び乳酸量は処理方法や致死条件によって異なるが、完全硬直後の値とは明確な関係は認められなかった。これらのことから、船上処理による肉質の改善は難しいと思われた。

卵数法を用いた宍道湖、中海におけるワカサギ親魚の資源量推定

藤川裕司・今井千文

水産海洋研究, 80(2), 124-128(2016)

宍道湖のワカサギは1994年以来不漁が続いており、宍道湖漁業協同組合は産卵親魚の保護策として、主な産卵場である斐伊川の河口域を、産卵期に刺網操業禁止域としている。しかし、資源はいまだに回復しておらず今後、さらなる対策を検討する必要がある。その基礎資料とするため、資源量推定を実施した。ワカサギは砂礫に付着卵を生みつけるため、産卵数を調べることによって親魚の資源量を推定することが可能である。そこで、本研究では、卵数法を用いて資源量の推定を行った。2004年の産卵期に斐伊川内の主要産卵場の面積は242,987m²、底質の深さ6cmまでの単位面積(0.05m²)当たりの卵数の平均値は88.4粒であり、深さ6cmまでの産卵量は429,601,016粒と推定された。これより、産卵雌親魚資源尾数は39,247尾、雌雄の資源量は861kgと算出された。しかし、底質を層別に調べた結果、ワカサギの卵は底質の深さ15cmまで存在し、深さ6cmまでの2.25倍であった。この値で補正すると産卵親魚資源量は1,937kgと推定された。

宍道湖におけるヤマトシジミの幼生加入と成長速度に及ぼす塩分の影響

石飛 裕・向井哲也・南里敬弘・若林英人・勢村 均・

森脇晋平・山室真澄・神谷 宏

水産増殖, 64(3), 309-319 (2016)

宍道湖の東岸と西岸で、スミス・マッキンタイヤー採泥器で2011年4月から2014年3月までの3年間、月1回二枚貝ヤマトシジミの検体を採取した。殻長ヒストグラムを作成し、複合正規分布関数に分解して、殻長分布の変化から成長を検討した。ヤマトシジミは観測した3年間のいずれも5月から9月に成長した。6月中旬から9月下旬にわたる産卵盛期の前半に着底した稚貝は、11月までに平均殻長5mm程度に成長し、冬季は成長しなかった。他方、後半に着底した稚貝は、11月までに平均殻長2mm未満になることが分かった。暖候期に宍道湖上層の塩分が3.5より低かった2011年は、産卵盛期前半産まれの子貝が出現せず、全体的に成長速度が低かった。同じく塩分が高かった2013年は、産卵盛期前半産まれの子貝が多数出現し、全体的に大きく成長した。宍道湖におけるヤマトシジミ

の幼生加入と成長は湖水塩分に影響されることが示唆された。

九州沿岸と日本海南西海域から採集された、小さい体サイズのダイオウイカ若体の初記録 (英文)

和田年史・窪寺恒己・山田守彦・寺門弘悦
Marine Biodiversity Records, **8**, e153 (2015)

2013年4月-6月, 日本の沿岸域で小さい体サイズのダイオウイカ *Architeuthis dux* 若体3個体が採捕された。そのうち1個体は鹿児島県内之浦湾で採捕され, 外套背長は140.8mm, 重量は44.81gであった。残りの2個体は島根県浜田沖で採捕され, 両個体とも外套背長は332.0mm, 重量はそれぞれ390.63gと356.95gであった。全標本の形態学的特徴のほとんどがダイオウイカのもものと一致し, さらに遺伝子解析の結果も同種である事を示した。本論文では形態測定値と写真によりダイオウイカ若体の形態的特徴を提示する。

マサバ筋肉寄生性ディディモゾイドの遺伝子解析 (英文)

阿部仁一郎・岡本 満
Acta Parasitologica, **60**(3), 557-562(2015)

海産魚の筋肉寄生性ディディモゾイドの分類は, その特異な寄生と形態による観察の困難さと宿主特異性が不明なことから未だ明確ではない。本研究ではマサバ体側筋から得たディディモゾイドと他魚種由来ディディモゾイドとの相違を多遺伝子座 (18S rDNA, 28S rDNA, ITS-2 及び *coxI*) の系統樹解析で明らかにすることを目的とした。18S rDNA の解析では, マサバとタイセイヨウサバ由来株とは別種と考えられた。同様にマサバ由来株は, 18S rDNA 以外の遺伝子座の解析でも, 他魚種由来ディディモゾイドとは別種と考えられた。このことから, 筋肉寄生性ディディモゾイドには, コショウダイ及びコロダイ型, マダイ型, トビウオ型, タイセイヨウサバ型, マサバ型, ツチホゼリ型の少なくとも6種が存在するとともに, 遺伝子解析は海産魚の筋肉寄生性ディディモゾイドの識別に有用であることを示した。

編集委員長

村山達朗

編集委員

竹森昭夫・井岡 久

事務局

向井哲也

島根県水産技術センター研究報告 第10号

2017年（平成29年）3月発行

● 編集・発行

島根県水産技術センター研究報告編集委員会

〒697-0051 島根県浜田市瀬戸ヶ島町25-1

TEL 0855-22-1720 FAX 0855-23-2079

● 印刷

有限会社 西村印刷

〒691-0003 島根県出雲市灘分町503-2

TEL 0853-62-2424 FAX 0853-62-2471

REPORT
OF
SHIMANE PREFECTURAL FISHERIES
TECHNOLOGY CENTER
NO.10
CONTENTS

Original

Estimation of the age composition of Red Tilefish (<i>Branchiostegus japonicus</i>) in Shimane Peninsula	Hironori MATSUMOTO	1
The effect of increasing the mesh size of the pot fishery gear for the Finely striated buccinum <i>Buccinum striatissimum</i> in Oki Islands, Shimane Prefecture	Hiroyuki IKEDA, Tatsuji TAMEISHI and Yohei SHIRAISHI	9

Notes

Spawning of ayu, <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> and the situation of the riverbed in the spawning grounds, in the Gounokawa River in 2015	Hiroyoshi TERAKADO, Kazushi SOTA, Takahiro FURUTANI, Daisuke YOSHIDA and Isao TAKAHASHI	15
Environmental research in the fishing grounds to investigate the cause of poor fishery of the whitespotted conger <i>Conger myriaster</i>	Hiroyoshi TERAKADO and Akira OKINO	21
Seasonal distribution of toxic dinoflagellates in Lake Nakaumi, Shimane Prefecture, Japan.	Hironori MATSUMOTO	25