

ISSN 1881-5200
Mar. 2012

島根県水産技術センター研究報告

第4号

平成24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4号

2012年3月

目次

報 文

殺菌冷海水使用による定置網漁獲物の鮮度保持効果	岡本 満・石原成嗣・堀 玲子・井岡 久	1
イワガキの大腸菌浄化手法の確立	堀 玲子	9
沿岸漁業の複合経営に関する研究－Ⅲ —島根県沿岸海域におけるヨコワ(クロマグロ幼魚)ひき縄釣の漁業実態—	森脇晋平・小谷孝治・寺門弘悦	13
沿岸漁業の複合経営に関する研究－Ⅳ —島根半島沿岸海域におけるアカアマダイはえ縄漁業の実態—	森脇晋平・堀 玲子・吉田太輔	23
島根県沿岸域のマアジ漁況 —春～初夏の漁獲量変動におよぼす水温変動の評価—	森脇晋平・寺門弘悦	33
日本海南西沿岸海域におけるマサバの摂餌生態	森脇晋平・宮邊 伸	39

資 料

島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について－Ⅲ	高橋勇夫・寺門弘悦・村山達朗	45
江の川におけるアユの適正収容量の推定	高橋勇夫・寺門弘悦・村山達朗	59

シンポジウム報告

第1回 江の川の天然アユを増やすためのシンポジウム ～今、私達に何ができるのか?～		71
本号掲載要旨.....		81
他誌掲載論文の抄録.....		83

殺菌冷海水使用による定置網漁獲物の鮮度保持効果

岡本 満¹・石原成嗣²・堀 玲子³・井岡 久¹

Freshness maintenance effect of sterilized cold seawater on set net fishery catches

Mitsuru OKAMOTO, Seiji ISHIHARA, Reiko HORI and Hisashi IOKA

Abstract: We investigated the freshness maintenance effect of applying sterilized cold seawater to set net fishery catches in 36 regions off the coast of Shimane Prefecture. The number of bacteria in seawater can be reduced through the use of a sterilized cold seawater supply unit, and washing catches in this sterilized cold seawater reduced surface bacteria counts. The freshness of horse mackerel caught by most set nets was better after the introduction of the sterilized cold seawater supply unit, indicating that the freshness of catches is biochemically and microbiologically improved through its use. However, it is necessary to confirm the proper use of sterilized cold seawater because improvement in freshness was not observed at some set nets.

キーワード：殺菌冷海水，食中毒細菌，鮮度保持，定置網漁獲物，K値

はじめに

島根県は1,027kmの長大な海岸線を有し、複雑な海岸線がある島根半島地域や隠岐地域を中心として定置網漁業が盛んである。2009年の島根県の定置網漁業漁獲量は4,784トン¹⁾で、沿岸における基幹漁業となっている。

しかしながら、近年の漁獲量減少や魚価低迷が漁業経営を圧迫しており、漁獲物鮮度の底上げによる付加価値向上が重要な課題になっている。「鮮度」の指標はK値に代表される生化学的鮮度と一般生菌数などによる衛生学的鮮度があるが、近年の食品に対する安全・安心への意識の高まりにより、衛生学的な鮮度評価が重要になってきた。

2001～2004年にかけて、県下25ヶ所の漁港で漁獲物の鮮度向上を目的とした殺菌冷海水供給装置が導入された。本装置は海水をポンプで汲み上げセラミック濾材で濾過し、紫外線を照射したのち冷却装置内を循環させ0℃まで冷却しタンクに貯蔵しておくものである。²⁾

定置網漁業では、出港直前に殺菌冷海水を漁船の魚槽に積み込み、漁場で漁獲物を直ちに冷却する。

一般的に、魚介類は死直後から低温で貯蔵するほどK値の上昇が抑制されるが、³⁾冷海水の使用によって漁獲物を効率的に冷却できることから、従来の海水氷の使用に比べて高い鮮度保持効果が期待される。また、船上における冷却だけでなく荷捌所などにおける漁獲物の洗浄や冷却に用いることで、腸炎ビブリオ *Vibrio parahaemolyticus* を始めとする食中毒原因細菌の低減、増殖抑制、二次汚染防止の効果も期待される。

また、漁業集落排水施設が稼働している漁港では港内の水質が改善していると推測されるが、横山ら⁴⁾は日本各地4漁港の海水の細菌を調査した結果から、港内海水の使用にあたって殺菌対策が必要であることを指摘しており、漁港付帯設備として殺菌冷海水供給装置の導入と活用は、今後必須の課題でもある。

本調査では、殺菌冷海水の効果実証を行い適切な使用について提言することを目的として、殺菌冷海水供給装置の導入前と導入後における県内各地の定置網で漁獲されたマアジ *Trachurus japonicus* とブリ *Seriola quinqueradiata* の鮮度と微生物数を調査した。

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 総合調整部 General Coordination Division

³ 現所属：島根県浜田水産事務所 Shimane Hamada Regional Office of Fisheries Affairs, Kataniwa Hamada 697-0041, Japan

試料および方法

島根県内の A から AJ の延べ 36 地区の定置網を対象とした。

殺菌冷海水供給装置の効果実証試験 2001 年 9 月から 2002 年 8 月の間に、県内 3 地区 (D, F, H) の殺菌冷海水供給装置について、殺菌前と殺菌後の漁港内海水を滅菌ポリエチレン瓶に採取し、一般生菌数と大腸菌群及び腸炎ビブリオの有無を調べた。測定方法は「食品衛生検査指針 微生物編」⁵⁾ に従った。すなわち、一般生菌数は標準寒天培地平板 (極東製薬工業) に滅菌コンラージ棒で 35°C・48 時間塗抹培養し、培地上に現れた集落を計数した。大腸菌群は乳糖ブイヨン発酵管 (極東製薬工業) に接種し 35°C・24 時間でガス発生を認めたものについて、1 白金耳量を BGLB 発酵管 (極東製薬工業) に接種し 35°C・48 時間培養でガス発生を認めたものから、1 白金耳量を EMB 寒天培地平板 (極東製薬工業) に 35°C・24 時間画線培養後、金属光沢～暗紫赤色の集落が認められたものを陽性とした。腸炎ビブリオは、海水を吸引濾過した 0.45 μ m フィルター (HAWP, Millipore) を 100ml のアルカリペプトン水 (日水製薬) に入れ 37°C・8 時間培養後、食塩ポリミキシンブイヨン (日水製薬) に移し 37°C・18 時間培養し、その 1 白金耳量をクロモアガー・ビブリオ寒天培地平板 (関東化学) に 37°C・18 時間画線培養し分離された紺色コロニーのうち、①オキシダーゼテスト (和光純薬工業) が陽性、②いずれも 37°C・18 時間で、0%、10% 塩化ナトリウム加ブイヨン (Difco Nutrient Broth) で生育せず、3%、8% 塩化ナトリウム加ブイヨンで生育が確認できるもの、③ 1% 塩化ナトリウム加 TSI 寒天培地 (日水製薬) で 37°C・24 時間培養後、斜面が赤色で高層が黄色となるものを陽性とした。

殺菌冷海水の洗浄効果実証試験 2001 年 9 月にブリ若齢魚 (ツバス) を用いた。漁獲後直ちに無処理海水又は殺菌冷海水に浸漬し、帰港後に無洗浄、無処理海水洗浄、殺菌海水洗浄を行い、それぞれ体表細菌数を調査した。魚体表面の 100cm² を検体輸送用試験管付綿棒 (日本綿棒「メンティップ CTB-1512A」) で拭き取り、氷冷滅菌生理的食塩水に懸濁させて持ち帰り分離培養に供した。方法は殺菌冷海水供給装置の効果検証試験に準じた。

殺菌冷海水供給装置導入前調査 1999 年 4 月～6 月、県下 25 地区の定置網で漁獲されたマアジ (平均体長 185 \pm 28 mm, 平均体重 117 \pm 46g) を定置

ごとに箱単位で買い取り、その中から無作為に 5 尾を抽出し、市場での競り時間にあわせて K 値分析用試料とした。

K 値の測定は、背部普通筋肉 2g を 10% 過塩素酸でホモジナイズ、遠心分離により除タンパクした上澄みを pH7 前後に調整したものを高速液体クロマトグラフ (島津製作所製 検出器, SPD-10Avp; 移動相, 100mM リン酸-トリメチルアンモニウム緩衝液 / アセトニトリル = 100/1; カラム, 信和化工 STR-ODS II (150L \times 4.6 mm I.D.); 移動相流速, 1ml/min; カラム温度, 40°C; 検出波長, 254nm) で ATP 関連化合物を定量分析した後、イノシン (HxR) およびヒポキサンチン (Hx) の化合物総量に対する百分率として算出した。

殺菌冷海水供給装置導入後 1 回目調査 2005 年 6 月～7 月に、県内 21 地区の定置網で漁獲されたマアジを箱単位で買い取り、市場での競り時間にあわせて無作為に 5 尾を抽出し K 値を測定した。測定方法は殺菌冷海水供給装置導入前調査に準じた。また、魚体表面の一般生菌数、大腸菌群、腸炎ビブリオを調査した。魚体表面の片身を検体輸送用試験管付綿棒 (日本綿棒「メンティップ CTB-1512A」) で拭き取り、氷冷滅菌生理的食塩水に懸濁させて持ち帰り分離培養に供した。測定方法は殺菌冷海水の洗浄効果実証試験に準じた。

殺菌冷海水供給装置導入後 2 回目調査 2007 年 7 月に、県内 27 地区の定置網で漁獲されたマアジ (平均尾叉長 199 \pm 29 mm, 平均体重 117 \pm 46g) を箱単位で買い取り、その中から無作為に抽出した 5 尾について、官能評価 (眼球色, 体色, 粘液, 臭気) を行うとともに魚体温を測定した。測定方法は殺菌冷海水供給装置導入前調査に準じた。また、3 尾について K 値を測定するとともに、魚体表面の一般生菌数、大腸菌群、腸炎ビブリオの調査を行った。一般生菌数、大腸菌群、腸炎ビブリオとも、スタンプ培地 (デンカ生研「DD チェッカー」) で体側表面をスタンプし、37°C で 18 時間～24 時間培養後の集落を計数した。K 値の測定方法は殺菌冷海水供給装置導入前調査に準じた。

結果および考察

殺菌冷海水供給装置の効果検証試験 結果を表 1 に示した。殺菌冷海水供給装置の殺菌処理によって一般生菌数は平均 4,734cfu/100ml から平均 198cfu/100ml に低減され、殺菌効率は平均 90.5% を示した。

表 1. 殺菌冷海水供給装置の殺菌効果

採取日	定置網名	一般生菌数 (cfu/100ml)		殺菌効率 (%)	大腸菌群*		腸炎ビブリオ*		漁業集落排水施設*2
		殺菌冷海水	無処理海水		殺菌海水	無処理海水	殺菌海水	無処理海水	
2001/9/25	H	700	3,100	77.4	—	—			無
2001/11/30	D	1,720	1,830	6.0	—	+			無
	H	115	1,500	92.3	—	+			無
2001/12/24	D	23	1,750	98.7	—	—			無
	F	1	132	99.2	—	—			有
2002/1/21	D	75	1,018	92.6	—	—			無
	F	64	603	89.4	—	—			有
	H	98	4,600	97.9	—	—			無
2002/2/12	D	135	7,420	98.2	—	—			無
	F	45	790	94.3	—	—			有
	H	27	1,115	97.6	—	—			有
	D	84	1,180	92.9	—	—			無
2002/3/26	F	0	447	100.0	—	—			有
	H	108	233	53.6	—	—			有
2002/5/22	D	57	9,875	99.4	—	+	—	—	無
	F	1	413	99.8	—	—	—	—	有
	H	933	52,500	98.2	+	+	—	—	有
2002/6/17	D	35	1,850	98.1	—	—	—	—	無
	F	2	3,700	99.9	—	—	—	—	有
	H	69	2,500	97.2	—	—	—	—	有
	D	170	1,373	87.6	—	—	—	+	無
2002/7/24	F	233	2,732	91.5	—	—	—	+	有
	H	139	7,200	98.1	—	—	—	—	有
	D	109	5,082	97.9	—	+	—	—	無
2002/8/28	F	11	5,047	99.8	—	—	—	—	有
	H	185	5,082	96.4	+	+	—	+	有
漁業集落排水施設	無平均	277	3,382	86.6					
	有平均	130	5,892	93.9					
平均		198	4,734	90.5					

* (+)陽性, (-)陰性

漁業集落排水施設の稼働に着目すると、殺菌冷海水供給装置による殺菌前の一般生菌数は稼働中の漁港内海水のほうが多かったものの、未稼働の殺菌効率86.6%に対して稼働中の殺菌効率が93.9%であったことから、漁業集落排水施設の浄化処理によって漁港内海水の懸濁物が低減され殺菌冷海水供給装置による殺菌効率が上がったことが一因と推測された。

しかし、一般生菌数、大腸菌群、腸炎ビブリオともに漁業集落排水施設の稼働との対応関係は必ずしも認められず、2002年3月のHのように漁業集落排水施設が稼働しているにもかかわらず殺菌冷海水供給装置による殺菌効率が54%にとどまった例もあり、閉鎖的な漁港内海水には生活排水以外にも河川水、水温、天候、潮流などの諸条件が関与していると推察された。また、腸炎ビブリオは殺菌冷海水供給装置による殺菌後には検出されなかったが、大腸菌は2002年5月と8月のHで殺菌冷海水供給装置による殺菌後も検出された。これらについては定

量試験を行っていないので詳細な原因は不明である。

以上の結果から、殺菌冷海水供給装置による海水の殺菌についてはより効率を高めるための検討が必要であるものの、全体的には良好に殺菌されていることが明らかとなった。

殺菌冷海水の洗浄効果実証試験 ブリ体表の殺菌冷海水による魚体表の洗浄効果を表2に示した。船上で無処理海水に浸漬し帰港後、洗浄なしの場合、一般生菌数が多く 10^4 を超えた。また、船上で無処理海水に浸漬し帰港後、無処理海水で洗浄した場合、一般生菌数は少なかったが腸炎ビブリオが検出さ

表 2. 殺菌冷海水のブリ体表細菌洗浄効果

船上浸漬海水	帰港後の洗浄海水	一般生菌数	腸炎ビブリオ
無処理海水	無し	10,520	—
無処理海水	無処理海水	60	+
殺菌冷海水	殺菌冷海水	40	—
無処理海水	殺菌冷海水	200	—

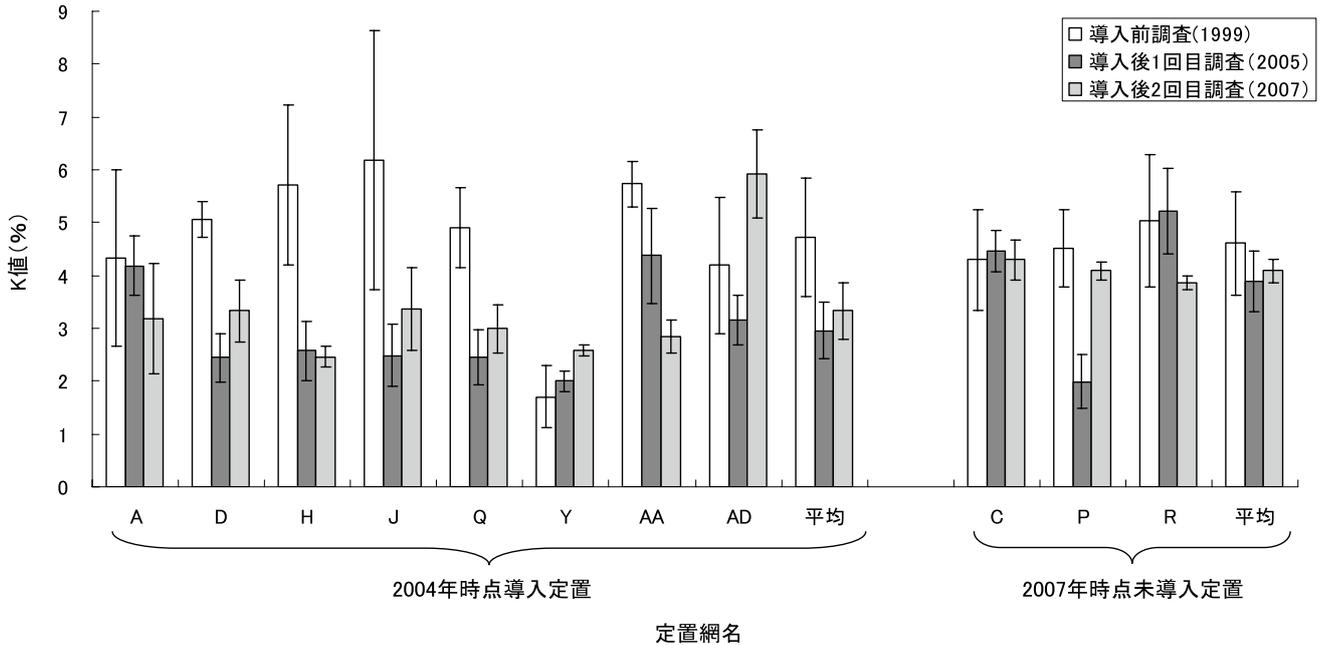


図1. 2004年時点の殺菌冷海水供給装置導入定置網の導入前(1999年), 導入後1回目調査(2005年), 導入後2回目調査(2007年)におけるマアジK値と, 2007年時点の未導入定置における同時期のマアジK値の比較(上下線は標準偏差を示す1999・2005:n=5, 2007:n=3)

れ, 漁港内海水に腸炎ビブリオの存在が示唆された. 一方で, 船上から殺菌冷海水のみを使用した場合, 海水の種類に関わらず, 腸炎ビブリオが検出されず一般生菌数も少なかった. 以上の結果から殺菌冷海水を使った漁獲物の洗浄は, 体表付着細菌の低減に有効であると考えられた.

殺菌冷海水供給装置導入前調査・導入後調査のK値 殺菌冷海水供給装置導入前, 導入後1回目, 2回目の3調査全てでデータを得ることができた定置網別のマアジK値を図1に示した. 各調査における平均値±標準偏差は, 2004年時点における導入定置網では導入前調査の対象定置網の $4.7 \pm 1.1\%$ に対し, 導入後1回目調査の対象定置網が $3.1 \pm 0.5\%$, 導入後2回目調査の対象定置網が $3.4 \pm 0.5\%$ と, 導入後は導入前に比べて低下傾向が認められた. 一方で, 2007年時点における未導入定置網では導入前調査の対象定置網の $4.8 \pm 1.0\%$ に対し, 導入後1回目調査の対象定置網が $3.6 \pm 0.7\%$, 導入後2回目調査の対象定置網が $4.0 \pm 0.2\%$ と, 同様に低下傾向が認められた.

K値について, 導入定置網と未導入定置網ごとに, 導入前に対する導入後1回目, 導入後2回目の百分率を図2に示した. 1回目調査, 2回目調査とも導入定置網のK値が未導入定置網のK値より約20%

低かった.

以上から, 殺菌冷海水使用による漁獲物K値の低減効果が示唆された. しかしながら, 定置網個別(図1)では, 導入定置網のD, H, J, Q, AAで導入前から導入後にかけて大幅なK値の低下が認められた

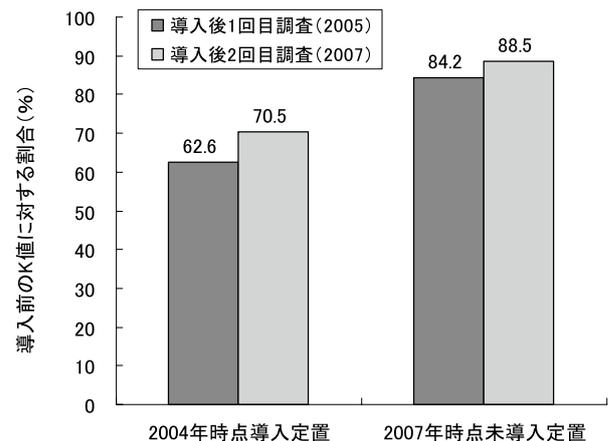


図2. 2004年時点の殺菌冷海水供給装置導入定置網の導入前(1999年)に対する導入後1回目調査(2005年), 導入後2回目調査(2007年)のマアジK値平均値の百分率と, 2007年時点の未導入定置における同時期のマアジK値平均率の百分率の比較.

が、逆に Y, AD では導入前から導入後に K 値の上昇が認められたことから、一部導入定置網において殺菌冷海水が効果的に使用されていないことが示唆された。

殺菌冷海水装置導入後 2 回目調査の詳細 表 3 に 2 回目調査の詳細を示した。一般生菌数 100 以下、大腸菌、腸炎ビブリオともに未検出、K 値は 3% 以下と、全項目において高鮮度と判断された定置網が D, H, V, X, Y, AI の 6 箇所あり、これらは全て殺菌冷海水供給装置を導入していた。また、一般生菌数が 100 以下の定置網が D, H, T, V, X, Y, AI, AJ の 8 箇所あり、これらも全て殺菌冷海水供給装置を導入していた。

しかし、殺菌冷海水供給装置導入定置網については、AA を除き体温が低く保たれていたものの、一般生菌数が 300 以上もしくは大腸菌、腸炎ビブリオが検出されたところもあり、殺菌冷海水が有効に活用されていない可能性が示唆された。また、Z, AA,

AC, AD, AE の 5 定置網では競りまでは蓋のない木箱に入れてあり、氷はほとんど使用されておらず、体温は 10 ~ 20℃を超えていた。さらに、一般生菌数も多く AC を除く 4 定置網では体表のスレも著しかった上、Z は体表の粘液量も多かった。これらのうち、AA では殺菌冷海水供給装置を導入していたことから、殺菌冷海水の導入以前に基本的な鮮度管理に問題があることが示唆された。

なお、AA は殺菌冷海水供給装置導入前から導入後にかけて K 値の低下が認められ (図 1)、長期的には殺菌冷海水による冷却の効果が示唆されたが、殺菌冷海水供給装置導入後 2 回目調査では他の殺菌冷海水供給装置導入定置に比べて漁獲物の外観が良くなく魚体温が高く一般生菌が多かった (表 3)。このため、本調査後に AA の漁労作業から競りまでを現地調査したところ、漁場から漁港までが近すぎ、魚槽内で魚体温が下がらず、盛夏にもかかわらず木箱に入れ、氷をかけずに競りまで放置していたこと

表 3. 殺菌冷海水導入後 2 回目調査の詳細

定置名	殺菌冷海水の導入	体温 (°C)	官能評価			体表細菌数			K 値 (%)	水使用	魚箱の種類
			体色	粘液量	その他	一般生菌数*1	大腸菌*2	腸炎ビブリオ*2			
A	○	4.7	良	少		++++			3.2	○	発泡
B	○	3.5	良	少		++++			3.4	○	発泡
C		3.9	良	少		++++			4.3	○	発泡
D	○	1.8	良	少		++			3.3	○	発泡
E	○	3.4	良	少		++++			5.2	○	発泡
G	○	2.2	良	少		+++	+	+	2.6	○	発泡
H	○	2.2	良	少		++			2.5	○	発泡
J	○	4.5	良	少		++++			3.4	○	発泡
L		4.9	良	少		+++			2.9	○	発泡
P		4.6	良	少		+++			4.1	○	発泡
Q	○	1.9	良	少		+++			3.0	○	発泡
R		2.9	良	少		+++	+	+	3.9	○	発泡
S	○	4.7	良	少		+++			3.6	○	発泡
T	○	5.3	良	少		++			3.2	○	発泡
U	○	2.3	良	少		+++			2.8	○	発泡
V	○	3.8	良	少		++			1.8	○	発泡
X	○	4.8	良	少		++			2.4	○	発泡
Y	○	6.0	良	少		++			2.6	○	発泡
Z		21.0	不良	多	スレ	++++	+	+	6.1		木
AA	○	14.5	不良	少	スレ	++++			2.8		木
AC		10.6	不良	少		++++	+		1.3		木
AD	○	16.7	不良	少	スレ	++++			5.9	○	木
AE		18.3	不良	少	スレ	++++			5.3		木
AG	○	5.6	良	少		++++		+	2.9	○	発泡
AH		4.2	良	少		++++		+	2.3	○	発泡
AI	○	4.1	良	少		++			2.7	○	発泡
AJ	○	2.0	良	少		++		+	1.9	○	発泡

*1 集落数 30~100 (++)、101~300 (+++)、301~ (++++)

*2 1個でも集落が認められれば (+)

が分かった。同様に他の鮮度が良くなかった定置においても、魚槽における冷却の不徹底と水揚げ後の冷却の不徹底が鮮度低下の要因であることが示唆された。その一方で、殺菌冷海水供給装置未導入にも関わらず魚体温やK値を低く保っている定置もあったことから、殺菌冷海水を使用しなくても水を十分に使って漁場から競りまでの冷却を徹底すれば高鮮度を保てること分かった。

以上から、AAについて殺菌冷海水供給装置導入後から経年的にK値が低くなっているにも関わらず、導入後2回目調査で漁獲物の状態が良くなかった原因としては、供試魚の大きさ、調査当時の水温や気温、競りまでの経過時間、研究室までの輸送状況など、3回の調査の条件の違いが推測された。このため、K値だけではなく外観、魚体温、細菌数など、総合的に漁獲物の鮮度を判断する必要があることが示唆された。

まとめ 生化学的鮮度を保つためには漁獲物の低温管理が必須であり、衛生学的鮮度を保つためには低温管理に加えて清浄な海水での洗浄処理も必須である。今回の調査では、殺菌冷海水による船上での冷却によって、漁獲物の生化学的鮮度であるK値を低く保つことが示唆された。衛生学的鮮度については、多くの漁港では水揚げ後の漁獲物の洗浄に漁港内の海水を用いざるを得ないが、紫外線による殺菌によって大幅な細菌数の低減が可能であることが分かった。また、漁業集落排水施設による浄化処理の有効性も示唆された。しかし、殺菌冷海水の使用にあたっての課題も同時に明らかとなった。

漁獲物の低温管理にあたっては、小林ら⁶⁾はイカを用いた試験で、小林、小玉⁷⁾はクロソイとヒラメを用いた試験で、小玉ら⁸⁾はクロソイを用いた試験で、それぞれ外気温よりも日射量のほうが魚体温に及ぼす影響が大きいことを報告している。このことから、水揚げから流通まで漁獲物を直射日光に極力晒さないことも必要と考えられる。今回の調査では競りまで蓋のない木箱に入れていた定置網に体温が高い例が多かったが、殺菌冷海水の効果をより高めるためには、漁獲物の温度低下を確認した上で水を敷いた発泡スチロール箱に入れて蓋をしておくなど、温度上昇を防ぐための対策が必要と考えられた。

衛生学的鮮度の指標となる体表細菌では、一般細菌数の低減に対する殺菌冷海水の効果が示唆されたことから、生化学的鮮度と衛生学的鮮度の両方を保持するためには、殺菌冷海水の使用が従来の水氷以上に有効と考えられた。しかし、今回の調査では

殺菌冷海水供給装置導入定置網でも一般細菌数が多く、大腸菌や腸炎ビブリオが検出されるなど、鮮度面に問題のある例も認められた。

一般細菌や大腸菌は汚染指標菌であり、生活排水や動物のふん便などによる水域の汚染や食品の非衛生的な取扱いや不適切な温度管理によって増える可能性が高い⁵⁾が、今回検出された定置でも同様な原因が推察された。腸炎ビブリオは島根県沿岸域の海水、⁹⁻¹²⁾底泥、¹¹⁻¹²⁾漁獲物¹⁰⁻¹²⁾から夏期から秋期にかけて検出されており、TDH(耐熱性溶血毒)産生性やTRH(TDH類似毒)産生性などヒトに対して病原性を持つタイプも確認されている。¹¹⁻¹²⁾腸炎ビブリオは温度30~37°C、pH8.0の至適環境の対数増殖期で10~13分ごとに分裂して急激に増殖する⁵⁾が、殺菌冷海水の使用によって漁獲物表面の菌体を除去するとともに、低温に保つことで水揚げ後の増殖を抑制することが可能である。以上から、殺菌冷海水の有効活用のためには、漁獲量、外気温、水温などの状況に応じて氷を追加する等の対策が必要であると考えられた。

また、笠井ら^{13,14)}は漁港外よりは漁港内奥に向かうほど海水の一般細菌数が増えること、福島¹²⁾は島根県においてTDH及びTRH産生性腸炎ビブリオが河口付近の汽水域や漁港などの砂や泥の中で長期にわたり定着し温暖な時期に増殖すること、鈴木ら¹⁵⁾は塩分濃度とふん便性大腸菌数の間に中位の負の相関があること、横山ら¹⁶⁾は河口域に近いほど大腸菌あるいは大腸菌群が高い値を示したことをそれぞれ報告していることから、特に河口近くの殺菌冷海水供給装置未導入の定置では漁港内海水の使用を控えるべきである。

以上から、殺菌冷海水の効果的な使用のための留意点は以下のとおりである。

- ① 天候、海水温などを考慮し、十分な量の殺菌冷海水を使用する。漁獲物が多い時は、氷を追加して魚体温を低く保つ。
- ② 水揚げ作業では漁獲物を可能な限り直射日光に晒さずに、選別等は殺菌冷海水で洗浄しながら行う。
- ③ 選別後は直ちに殺菌冷海水に浸漬するか、十分な氷とともに発泡箱に入れる。
- ④ 殺菌冷海水供給装置で処理しない漁港内の海水は使用しない。

また、海水および殺菌冷海水の各細菌数のモニタリングや濾材のメンテナンスなど殺菌冷海水供給装置の日常管理に加え、「地域水産総合衛生管理対策

基本計画策定の手引き」の「環境・衛生管理型漁港の理念」¹⁷⁾で示されているとおり、「水産物の鮮度保持」だけでなく施設、設備、器材、従業員の足指の消毒、異物混入防止などの「作業環境の清潔保持」も必須であろう。

謝辞

本報告のデータを取得するにあたり、検体提供を快諾いただいた島根県漁業協同組合連合会（当時）、県内各沿海漁業協同組合の皆様には厚くお礼申し上げます。また、検体の収集にご協力いただいた歴代の水産業普及員の諸氏に感謝する。

文献

- 1) 平成 21～22 年 第 57 次島根農林水産統計年報. 中国四国農政局島根農政事務所, 松江, 2011.
- 2) 殺菌冷海水供給装置【ウオクール】 | 事業内容 | 法人のお客様 | 島根電工株式会社, http://www.sdgr.co.jp/corporate/newbusinessst/new01_1.html
- 3) 岩本宗昭:魚類の“生き”の保持に関する研究. 島水試研報, 6, 1-59 (1989).
- 4) 横山 純, 笠井久会, 森 里美, 林 浩志, 吉水 守: 漁港で利用される海水の細菌学的調査: 日水誌, 76, 62-67 (2010).
- 5) 食品衛生検査指針 微生物編 (厚生省生活衛生局監修), 社団法人 日本食品衛生検査協会, 東京, pp425. 1990.
- 6) 小林 圭, 小玉茂義, 廣部俊夫: 屋根付岸壁における水産物の鮮度保持に関する現地調査について. 第 52 回北海道開発技術研究発表会 (2009).
- 7) 小林 圭, 小玉茂義: 屋根付岸壁における水産物の鮮度保持. 第 53 回北海道開発技術研究発表会 (2010).
- 8) 小玉茂義, 小林 圭, 佐藤 仁, 岩倉祐二: 屋根付岸壁における水産物の鮮度保持について その 1～現地調査～. 平成 22 年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, 195-196 (2010).
- 9) 石原成嗣, 井岡 久, 開内 洋: 石見海域漁場保全調査 (食中毒原因細菌調査). 平成 15 年度島根県水産試験場事業報告, 28 (2004).
- 10) 福島 博: 島根県における腸炎ビブリオおよびビブリオ・バルニフィカス感染症予防に関する研究 I. 佐陀川における生態調査および島根県東部で漁獲された魚介類における分布調査. 島根保環研所報, 44, 73-82 (2002).
- 11) 福島 博: 島根県における腸炎ビブリオおよびビブリオ・バルニフィカス感染症予防に関する研究 II. 島根県沿岸における腸炎ビブリオおよびビブリオ・バルニフィカスの分布調査. 島根保環研所報, 45, 51-62 (2003).
- 12) 福島 博: 島根県における腸炎ビブリオおよびビブリオ・バルニフィカス感染症予防に関する研究 III. 島根県沿岸における TDH および TRH 産生性腸炎ビブリオの分布調査および市販貝類における汚染調査. 島根保環研所報, 45, 63-72 (2003).
- 13) 笠井久会, 中村哲士, 吉水 守: 砂原漁港の細菌学的調査. 北大水産彙報, 53, 69-73 (2002).
- 14) 笠井久会, 杉山絵美, 吉水 守: 衛生管理型標津漁港の細菌学的調査. 日水誌, 70, 60-65 (2004).
- 15) 鈴木祥広, 花ヶ崎宣昌, 高橋寛敬, 古川隼士, 吉田照豊: 青島漁港周辺水域の細菌学的調査. 水環境学会誌, 30, 597-601 (2007).
- 16) 横山 純, 笠井久会, 古屋温美, 吉水 守: 大腸菌の漁港内分布に及ぼす漁港形状の影響. 日水誌, 77, 409-415 (2011).
- 17) 地域水産総合衛生管理対策基本計画策定の手引き. 水産庁漁港漁場整備部, 東京, 2005, p7.

イワガキの大腸菌浄化手法の確立

堀 玲子¹

The depuration of *Escherichia coli* by the Iwagaki oyster *Crassostrea nippona*

Reiko HORI

キーワード：イワガキ、大腸菌、浄化、紫外線照射海水

はじめに

島根県のイワガキ *Crassostrea nippona* 養殖は平成 4 年に全国に先駆けて成功した。その後、隠岐島を中心に普及し、平成 18 年以降は 100 t を超える出荷量¹⁾となり、さらに増加を続けている。また、多くはブランド化されて、販売促進活動も進められている。しかしながら、イワガキは二枚貝の性質上、環境水が汚染されている場合には、人間に有害な細菌やウイルスまで取り込んでしまう可能性があり、健康被害の発生が懸念される。そのため、県では安全性の高いイワガキの出荷を目指して平成 18 年に「イワガキの衛生管理マニュアル」を作成した。このマニュアルでは、出荷前の紫外線殺菌海水による浄化処理方法として「イワガキ 1,000 個当たり毎分 36l 以上の換水量で 18 時間以上行う」こととしているが、これは全国的に出荷量の多いマガキで行われている浄化手法を基にしたものである。そこで、イワガキでもマニュアルに示された方法で確実に浄化されるということを検証するため、大腸菌を用いて浄化試験を実施した。

資料と方法

大腸菌浄化試験 試験には殻付き重量 250～350 g のイワガキを用いた。予め、大腸菌群数が 10^3 MPN/100ml となるように調製した水温約 18℃の海水にイワガキを投入し、無通気で 2 時間浸漬することにより大腸菌を取り込ませた。これらのイワガキを紫外線照射海水の換水条件が異なる 3 試験区 (①無換水、②毎分 1l、③毎分 2l) の浄化水槽に 27 個ずつ投入して浄化を行った。試験区 1 は 100l パンラ

イト水槽を用い、試験区 2 及び 3 は 200l アルテミア孵化水槽を用いて上部注水下部排水とした (図 1)。いずれも水量は 100l とした。この内、試験区 2 の毎分 1l の換水条件が県の衛生管理マニュアル 1,000 個当たり毎分 36l に相当する。浄化 0, 3, 6, 18 及び 24 時間後にイワガキ 3 個体ずつ取り上げ、それらの可食部を一つにまとめたものを 1 検体として大腸菌数を測定した。本県のイワガキは 3 月から 6 月までの幅広い水温帯 (10～23℃) で出荷されているため、試験は低水温期 (2 月 23～24 日)、出荷ピーク期 (5 月 28～29 日) 及び高水温期 (6 月 28～29 日) の計 3 回実施した。なお、大腸菌取り込み海水中の大腸菌群数は乳糖ブイヨン培地を用いた MPN 法により、イワガキ可食部の大腸菌数は EC 培地を用いた MPN 法により測定した。



図 1. 大腸菌を取り込ませたイワガキ浄化試験の様子

現地実証試験 県内のイワガキ養殖業者 3 者 (A, B, C) を対象とし、実際に出荷されるイワガキと同じロットのサンプルを用いて、浄化 0, 3, 6 及び 18 時間後の大腸菌数を測定した。なお、養殖業者

¹ 現所属：島根県浜田水産事務所 Hamada Regional Office of Fisheries Affairs, Kataniwa Hamada 697-0041, Japan

は通常 20 時間以上の浄化処理を行うとともに、定期的に民間検査機関において大腸菌及びノロウイルスの自主検査を実施している。そこで、本試験と同ロットの自主検査結果を用いて、浄化前から浄化後までの大腸菌数推移を追跡した。また、試験は低水温期（3 月 11～12 日）及び出荷ピーク期（5 月 11～12 日）の 2 回実施した。

結果

大腸菌浄化試験 図 2 にイワガキ浄化時の大腸菌数の推移を示した。

低水温期の試験では、浄化時の水温は 11.8～13.4℃の範囲にあった。いずれの試験区も事前に取り込まれた大腸菌は浄化 6 時間後までに生食用カキの基準値を下回り、概ね順調に浄化された。しかしながら、無換水の試験区 1 で浄化 18 時間後まで低位に推移したものの、24 時間後には再び増加して基準値を大きく上回った。一方、換水を行った試験区 2 及び 3 では浄化 18 時間後に基準値に近い量の大腸菌が検出されたものの、24 時間後には再び減少した。なお、換水量の多少による浄化速度の差は明確ではなかった。

出荷ピーク期の試験では、浄化時の水温は 17.9～20.0℃の範囲にあった。いずれの試験区も浄化 3 時間後に生食用カキの基準値以下となり、それ以降も低位で推移した。

高水温期の試験において、浄化時の水温は 22.1～24.8℃の範囲にあった。取り込まれた大腸菌は、全ての試験区で浄化 6 時間後に生食用カキの基準値まで低下した。その後、換水を行った試験区 2 及び 3 で順調に排出され、24 時間後には検出限界未満となった。なお、換水量の多少による浄化速度の差は見られなかった。一方、無換水の試験区 1 では 6 時間以降大腸菌数の減少は認められず、24 時間後には再び菌数が増加して基準値を大きく上回った。

現地実証試験 図 3 に生産現場におけるイワガキ浄化時の大腸菌数推移を示した。

低水温期の水温は、生産現場の周辺海域で 10～11℃台で推移していた。A 養殖場では浄化 6 時間後まで 330MPN/100g 存在していたが、その後の浄化で減少し 18 時間後にはほぼ排出された。B 養殖場では浄化前から浄化後まで 18MPN/100g 未満で推移し、養殖海域を含めて清浄に保たれていた。C 養殖場では浄化前に 230MPN/100g の大腸菌数が存在したが、浄化を行うと大腸菌数は速やかに減少し、浄化による

効果が示された。また、いずれの養殖場も 20 時間以上の浄化で大腸菌数は 20MPN/100g 以下の低い水準となった。

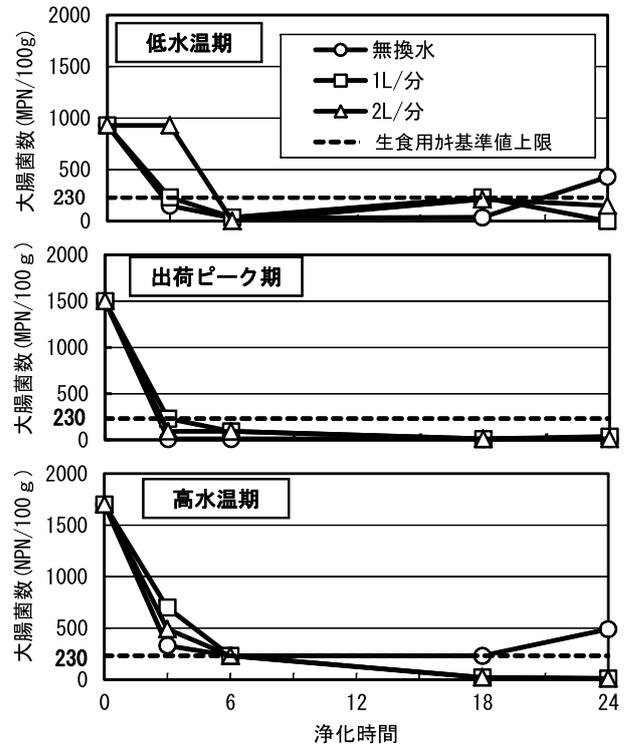


図 2. イワガキ室内実験における浄化時の大腸菌数推移

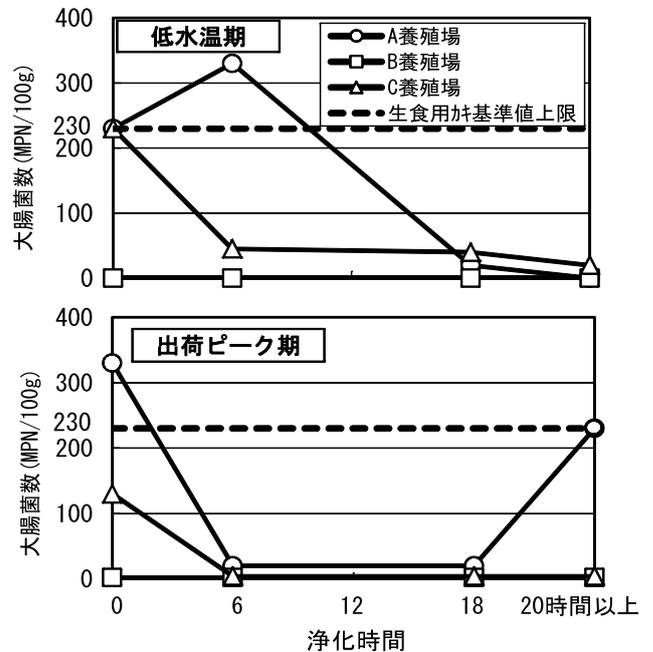


図 3. イワガキ養殖場における浄化時の大腸菌数推移

出荷ピーク期の水温は、生産現場の周辺海域で 15～16℃台で推移していた。A 養殖場は浄化前の大腸菌数が 330MPN/100g と高く、その後の浄化で一

度は減少したものの、再び浄化後に生食用カキの基準値上限である 230MPN/100g まで増加した。この時 A 養殖場では、マニュアルに示された浄化方法を行っておらず、他のイワガキの浄化に用いた後の排水を浄化用海水として使用していた。そのため、後日改めて適正な方法で浄化を行った結果、浄化後の大腸菌数は 110MPN/100g まで低下した。B 養殖場では低水温期の試験と同様に養殖海域を含めて清浄に保たれていた。C 養殖場では浄化前に 130MPN/100g の大腸菌数が存在したが、浄化により速やかに減少した。

考察

室内実験の結果（図 2）から、浄化時の水温が概ね 17℃以上の出荷ピーク期から高水温期にかけては、取り込まれた大腸菌は速やかに排出され、イワガキの活性の高さが伺えた。また、12℃前後の低水温期においても概ね排出されていたが、換水を行った試験区で 18 時間後に基準値に近い値になっていることから、高水温時に比較すると浄化の速度は緩慢もしくは個体差があることが示唆された。また、24 時間後の大腸菌数を比較すると、マニュアルと同量及びそれ以上の換水条件の試験区では、どの水温帯でも基準値以下であるのに対し、無換水の試験区では基準値以上の大腸菌数が検出される場合があった。このことから、浄化水槽中の海水が清浄海水に交換されない場合には、一度イワガキ体内から排出された大腸菌が再度取り込まれる可能性が考えられた。

また、現地実証試験の結果（図 3）からも、生産現場においてマニュアルに基づいた手順で浄化を行うことで、大腸菌は確実に排出されることが明らかとなり、浄化手順の有効性を検証することができた。

ノロウイルスについては培養法が確立されておら

ず、浄化手法の検証をすることができないが、養殖マガキを用いた浄化試験において、取り込まれたウイルスは 10～20℃の水温下で浄化 6 時間後に 1/1,000 以下まで減少することが報告されている。²⁾ したがって、ノロウイルスについても「衛生管理マニュアル」の遵守により、危害リスクの低減が可能であると考えられる。

今回の試験において、ビブリオ属細菌の調査は実施していないが、ビブリオ属細菌は 20℃以上になると増殖適温³⁾となるため取り扱いに注意が必要となる。

いずれにしてもマニュアルの遵守及び、イワガキのみならず養殖漁場や浄化水槽の衛生状態を定期的に監視し、適正な管理をすることによって危害リスクを抑えることが重要である。

謝辞

本研究に対してご協力をいただきました県内イワガキ養殖業者の皆様及び島根県隠岐支庁水産局 高橋一郎氏（現・島根県浜田水産事務所）には厚くお礼申し上げます。

文献

- 1) 第 55 次島根県農林水産統計年報。島根農林統計協会
- 2) 福田美和・川田一伸・矢野拓弥・杉山 明・中山 治・西尾 治・関根大正・櫻井悠郎：養殖カキのウイルス浄化試験。感染症誌，77，95-102（2003）。
- 3) 井岡 久・石原成嗣・開内 洋：日本海海域におけるイワガキの養殖手法に関する研究（先端技術等地域実用化研究促進事業）。島根県水産試験場事業報告，平成 14 年度，27。

沿岸漁業の複合経営に関する研究—Ⅲ —島根県沿岸海域におけるヨコワ（クロマグロ幼魚） ひき縄釣の漁業実態—

森脇晋平¹・小谷孝治²・寺門弘悦¹

Study of the multiple fishery-management of coastal fishery — III
Operations and fishing conditions of trolling line fishery for young tuna,
Thunnus thynnus, in the coastal waters off Shimane Prefecture

Shimpei MORIWAKI, Koji KOTANI and Hiroyoshi TERAKADO

キーワード：ヨコワ， ひき縄釣， 島根県沿岸海域， 漁況

はじめに

島根県で水揚げされるマグロ類の大部分はクロマグロ *Thunnus thynnus* でそのうち約 80% がまき網漁業，約 10% がひき縄釣漁業，残りの約 10% が定置網漁業で漁獲されているが，そのなかでひき縄釣漁業が漁獲対象とするのはクロマグロの幼魚で，この地方では「ヨコワ」と呼ばれている。¹⁾

「ヨコワ」はこの海域の沿岸漁業にとって重要な水産資源生物のひとつであり，ひき縄釣漁業による「ヨコワ」漁況は豊凶が激しいことがひとつの特徴であるが，島根県における「ヨコワ」漁況の調査研究事例は必ずしも充分とはいえない。また，ひき縄釣漁業を含めた釣漁業は他の複数の沿岸漁業種類と組み合わせて沿岸漁業を営むうえで基本的な漁業種類である。²⁾ この報告ではヨコワひき縄釣漁業の実態を明らかにするために実地に乗船するとともに既往の知見を整理し，漁況と海況との対応関係について検討した。

資料と方法

漁況に関する資料は島根県水産技術センターが漁獲管理システムによって収集している県内の属人漁獲統計から該当する部分を抽出した。また長崎県対馬・五島漁場での漁況に関する資料は（独）水産総

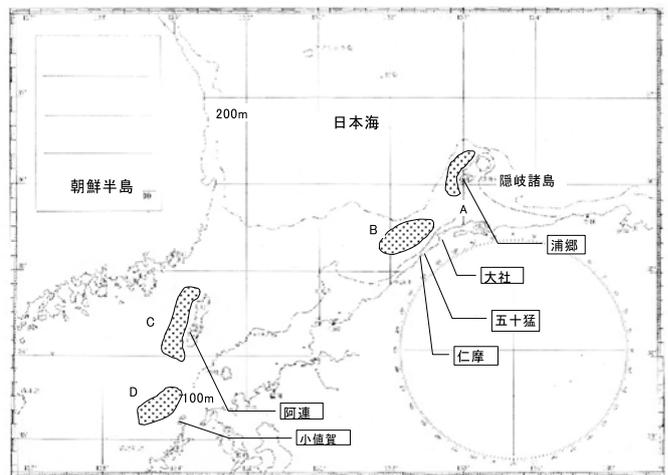


図 1. 調査対象海域の地理的概要．A：隠岐諸島周辺漁場，B：本土側（島根県）漁場，C：対馬漁場，D：五島漁場

合研究センター発行の該当年度の「日本周辺国際魚類資源調査報告書」によった。

調査対象海域を図 1 に示した。漁獲物に関する資料は 2007 年～2009 年にかけて当該の水揚げ漁港で実地に計測した。また依頼した標本船野帳記録から漁場位置及び魚体についての資料を得た。さらに操業の実態を把握するため当該漁船に乗船して漁具や操業方法等を調査した。本土側漁場（図 1，B）では JF しまね大社支所所属第七共栄丸（4.4 t），隠岐諸島周辺漁場（図 1，A）では JF しまね知夫出張

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 島根県隠岐支庁水産局 Oki regional office of Fisheries Affairs, Saigo, Okinoshima 685-8601, Japan

所所属幸進丸 (8.47 t) を調査対象船とした。

海況に関する資料としては、日本海区水産研究所が日本海ブロック内各府県 (青森県～山口県) の水産試験研究機関と協力して得られた水温データをもとに毎月公表している日本海漁場海況速報を用いた。今回の報告では、冬季の対馬海峡に放流された個体の行動記録からクロマグロ幼魚 (ヨコワ) の日中の遊泳水深は 50 ~ 100 m 層であること³⁾, 100 m 深水温分布図はこの海域の海況パターンをよく表現していること⁴⁾を考慮して 100 m 深水温分布図を使用した。

結果と考察

(1) 漁業の実態

① 操業状況

大社支所：乗船調査は 2008 年 11 月 27 日に実施し、午前 5 時に出港した。漁場の選択は礁・瀬あるいは潮の存在を重要視して判断するが、数隻の僚船との無線による情報交換は不可欠でこれらの情報をもとに広範囲に魚群を探索する。

漁場を選定したら両舷からそれぞれ竿を伸ばし (図 2), 竿のしなりと反発力により海面を飛び跳ねて後部につけた擬餌が本物のように動く表層曳の「バクダン仕掛け」 (図 3) と擬餌を海中に潜らせる中層曳の「潜航板仕掛け」によって (図 2), 船速 5.5 ~ 6 ノットで曳く。ヨコワが掛かると群れが船に付いてくるので、バクダン仕掛けに掛かった魚は「オトリ」としてしばらく放置し、潜航板仕掛け

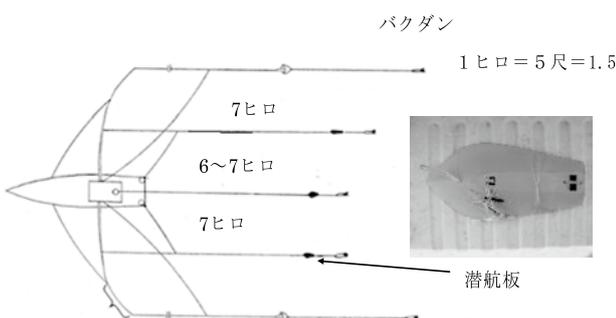


図 2. 操業・漁法の模式図 (JF しまね大社支所)

により魚を次々と釣り上げる。また、バクダン仕掛けに掛かった魚は左右交互に取り込み、常に左右いずれかのバクダン仕掛けに魚が掛かった状態を保つことで、群れの追いを切らさないようにする。漁業者の経験として、『ヨコワは非常にデリケートな魚である。浮いている時にしか釣れない。魚が掛かる

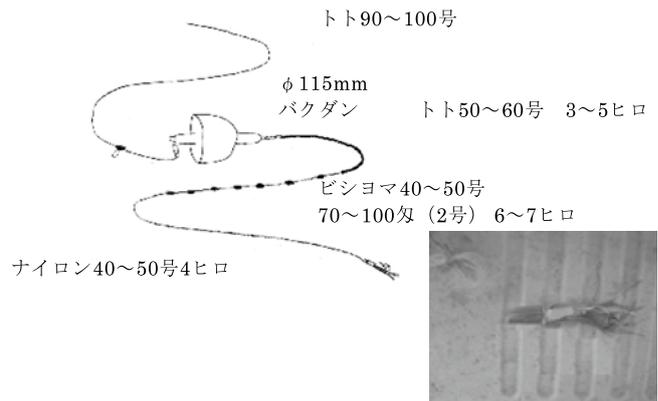


図 3. 漁具の模式図 (JF しまね大社支所)

と群れが船に付いてくるが、一旦大きな魚を取り逃がすと他の魚はそれに付いて行って逃げてしまうのでバラさないよう細心の注意が必要。群れの追いを切らしてしまうと、釣果は散發で終わる。上手な人の船には群れが付いて離れないので傍で操業しても釣れない』という。

なおこの海域での操業については嶋津⁵⁾が詳しく報告している。

知夫出張所：2005 年 10 月 12 日に乗船した。午前 5 時に出港した。漁場に向かう途中で、おもての船上タンクに海水を張る。操業は 10 隻前後の僚船団内で情報交換をしながら漁場の探索を行う。

漁場に着いたら、漁具を投入し、衝突防止のための船団内取り決めにより船体を左回転させながら曳航する。漁具は基本的に図 2 と同じで竿から左右 1 本ずつ、舷 (タツ) から 1 本ずつ仕掛けを出す。上述の大社支所で使用している表層曳の「バクダン仕掛け」 (図 3) は使用していない。

釣獲した魚体は養殖種苗用に生きたまま取り引きされるので細心の取り扱いが基本となる。そのため擬似針は「かえし」のない針を用いている。また魚を鱸やトツタリに当てて傷つけないように慎重に引き揚げ、魚体を手で触れないように針をはずし 2 本の棒の間に防水シートを張った器具* (図 4, A, B) に乗せる。その上で魚体の状態 (針のかかり具合, 出血の程度・有無, 目の充血, 魚体の擦れ, シイラ等によるかみ傷の有無を観察し、それらをクリアしたものを船上タンクに収容する。この船には鱸からおもての収容タンクまで樋が設置してあり、ヨコワはそこを流れていく仕掛けとなっていた (図 4, C, D)。

帰港後、養殖種苗業者がタモでヨコワを一匹ずつ

* 漁業者は「担架」と称している。

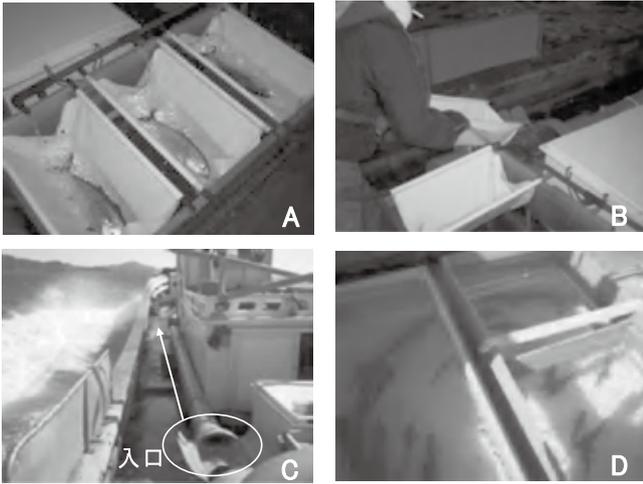


図4. 養殖用種苗の取り扱い (JFしまね知夫出張所)

すくって魚体を検品し、合格すれば生簀に收容する。この段階でも魚体のスレ、出血等があれば除外される。

②漁場

漁場の位置は標本船野帳の記入記録及び漁業者からの聞き取りをもとに推定した。その結果(隠岐諸島周辺漁場:A, 本土側漁場:B)を図1に示した。併せて対馬漁場(C), 五島漁場(D)を既存資料^{6,7)}を参考に記入した。

③漁獲物の生物特性

10月に隠岐諸島周辺漁場(図1, A)で漁獲されるヨコワの体長組成(図5, 左)をみると2007年では24~40cmの範囲にあり、モードは28~30cmである。2008年では範囲24cm~46cm, モードは30~32cmにあった。2009年漁期はモードは26~

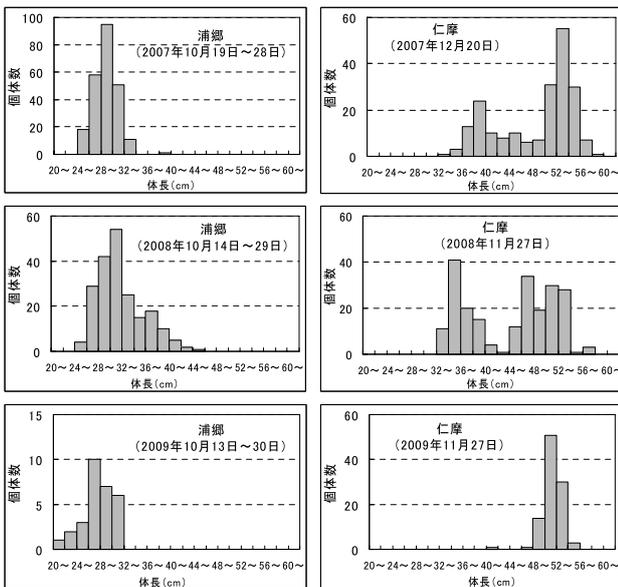


図5. 漁獲されたヨコワの体長組成

28cmにあり、調査した3年間のうちで最も小型であったが、この漁期は隠岐諸島海域におけるヨコワ漁は不漁であったことが指摘される(図6, 上)。

一方2007年~2008年の11月~12月にかけて本土側漁場(図1, B)で漁獲されたヨコワの体長範囲(図5, 右)をみると32~60cmにあり、体長組成には2つの峰があるのに対して、2009年11月では体長範囲は40~56cmで50~52cmにモードのある単峰型の分布であった。これらの2つの海域で漁獲されたヨコワ体長組成の経年的な変化をみると、隠岐諸島周辺漁場では体長組成の大きな変化はみとめられないが、本土側漁場の2009年漁期は2007年及び2008年漁期にみられたそれぞれ体長38~40cmと34~36cmにモードがある相対的に小型魚群が漁獲されなかったことが特徴的であった(図5, 右下)。

(2) 漁獲量の経年変動とその特徴 漁獲量の年変動をみると漁期年による変動が大きい(図6)。漁場別にみると本土側の仁摩・五十猛と大社とでは変動傾向はよく一致しており1~2年間隔で豊凶を繰り返しているように見える。隠岐諸島周辺海域を漁場としている浦郷の年変動と本土側のそれとは詳細にみると微妙な差異があり、本土側漁場(図1, B)でまったく漁獲のなかった2003年, 2005年, 2006年でも隠岐周辺漁場ではある程度の漁獲があり逆に、本土側漁場で豊漁であった2009年に隠岐諸島

表1. 島根県の各水揚げ港間での漁獲量の相関

A. 1998年漁期~2010年漁期			
	五十猛と仁摩町	大社町	浦郷
五十猛と仁摩町	-	***	**
大社町	0.954	-	*
浦郷	0.741	0.642	-

B. 2003年漁期~2010年漁期			
	五十猛と仁摩町	大社町	浦郷
五十猛と仁摩町	-	***	n.s.
大社町	0.989	-	n.s.
浦郷	0.359	0.254	-

***:p < 0.001 n.s.: 相関なし
 **:p < 0.01
 *:p < 0.05

周辺漁場では不漁であったように豊凶が一致しなくなる漁期があった。

実際に各水揚げ漁港の間での相関をみると仁摩・五十猛と大社との間ではきわめて高い相関が認められ、浦郷と本土側の各漁港との間にも相関がみられる(表1-A)。これに対して2003年以降では浦郷と本土側との間には相関はみられなくなった(表1-B)。

(3) 漁獲量の季節変動とその特徴 各漁港での漁獲

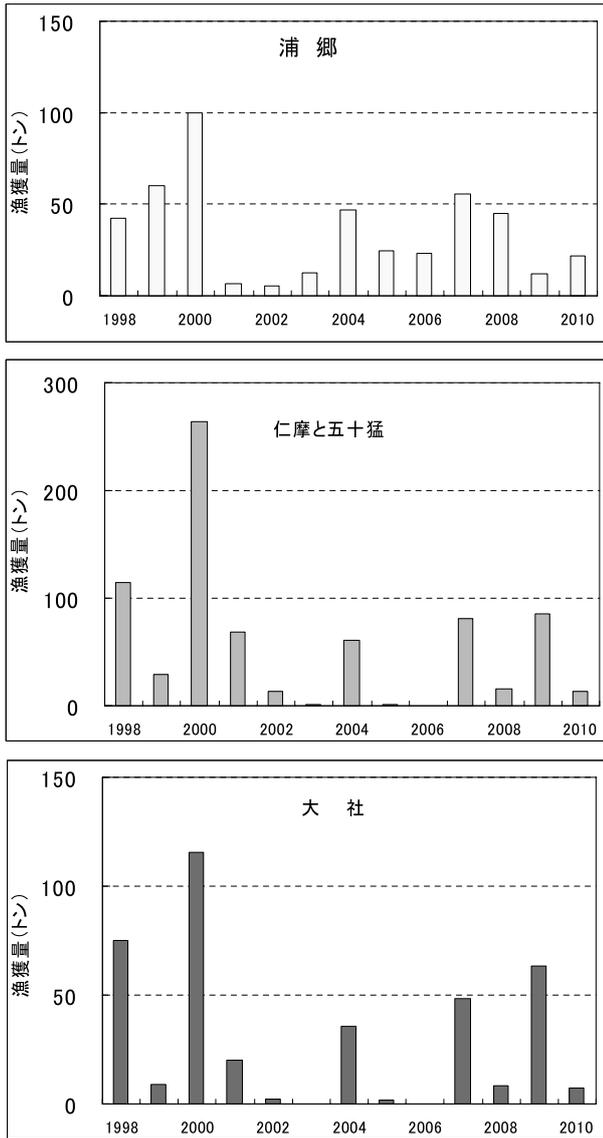


図6. 漁獲量の経年変動

量の月変動 (図7) をみると、本土側の仁摩・五十猛では漁期は10月に始まり12月にピークを迎える。翌年1月にはほとんど漁獲はなく12月中に終漁する。一方隠岐諸島の浦郷では漁期は本土側より早く9月には始まる。ピークは11月でその後、漁獲量は減少するが翌年1月にもみられている。

ただし隠岐諸島の浦郷では年代による漁期のズレがみられているのが特徴的である。2002年以前と2003年以降とで月変動を比較してみると、2002年以前では11月に漁獲のピークがありその後の翌年1月にも12月と比べやや減少するもののある程度の漁獲があった。これに対して2003年以降は漁獲のピークは10月に早まり12月～1月の漁獲量は2002年以前に比較して大幅に減少している。こうした現象が現れる原因として漁獲対象とする魚体の差異が関連している。(1)節で述べたように近年浦

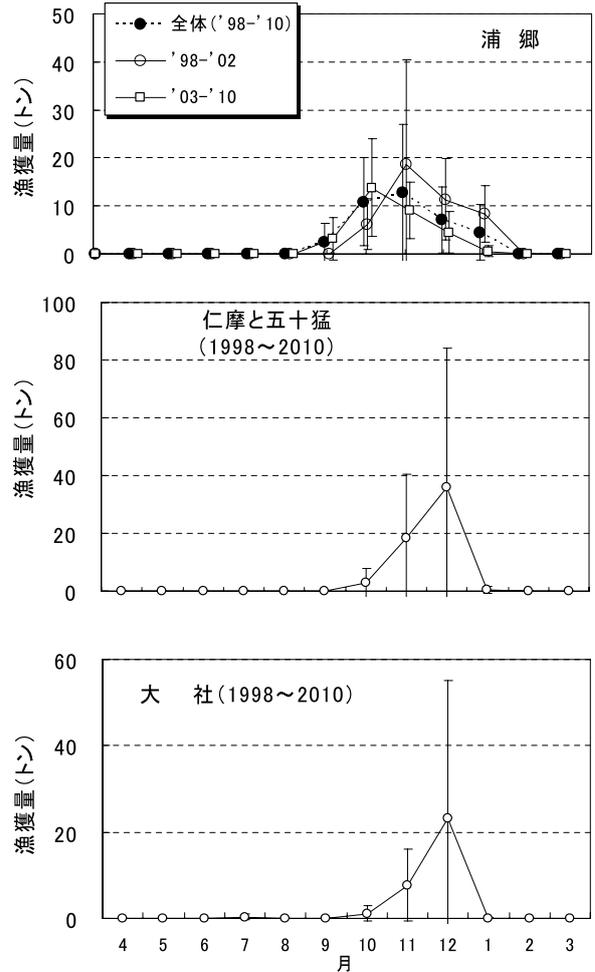


図7. 漁獲量の季節変動

郷では養殖種苗用幼魚が漁獲の主対象である。漁協からの聞き取り*によると (1) 養殖種苗用のヨコワ漁が本格化したのは2003年前後で、それ以前は11月～12月の2kg前後サイズのヨコワを対象として、鮮魚用として漁獲していた。(2) 9～10月の小サイズのヨコワは漁獲対象外で、これを狙った操業はしていなかった。(3) 導入当初は、いつ頃から釣れるか分からず手探り状態であったが、数年後から傾向をつかみ9月頃から操業するようになった。(4) 種苗用ヨコワは重量単価ではなく尾数当たりの値段なので、漁期の早い小さいヨコワ (200～500g) を主に対象とするようになった。

このように浦郷で2003年の前後で月漁獲量の変動パターンに変化がみられる (図7, 上) ことから年代による年漁獲量の漁場間の相関にも差異がみられる (表1-B)。すなわち2003年以降、隠岐周辺漁場と本土側漁場との相関はみられなくなった。この

* JFしまね浦郷支所長古木 均氏による。

ことは両漁場で漁獲対象としているヨコワ群は異なっており (図 5), それらの来遊水準や量的変動も異なっていることを示唆している。

(4) 対馬・五島漁場との関係 島根県沿岸域に限らず対馬北西～西方海域 (対馬漁場: 図 1, C) や五島列島北方～北西海域 (五島漁場: 図 1, D) においてもクロマグロ幼魚を対象とするひきなわ釣り漁業がある。^{6,7)} これらの漁場間の漁獲量の量的変動関係を検討した。対馬漁場の盛漁期の 11 月から 1 月の漁獲量と島根県本土側の漁獲量との関係 (表 2) には統計的に有意な正相関が認められた。しかし, 他の組み合わせ—島根県本土側漁場と五島漁場及び隠岐周辺漁場と対馬・五島との関係—については有意な相関はなかった (表 2)。対馬漁場と五島漁場との間には有意な相関 ($r=0.811$, $p<0.01$) がある。

表 2. 島根県の漁場と対馬漁場との漁獲量の相関

2001年漁期～2010年漁期		
	仁摩と五十猛	浦郷
対馬(阿連)	0.711*	0.209
五島(小値賀)	0.380	0.353

*: $p < 0.05$

(5) 好・不漁と海況パターンとの対比 本土側では 12 月の漁獲量が最も多く好不漁を決定する。そのため本土側の漁況と盛漁期である 12 月 (図 7) の海況パターンをもちいて本土側の漁況との対応関係を検討した。

不漁年の海況パターンには 2 つのタイプが認められる。第 1 のタイプは漁場位置が冷水域の中心が北から北西あるいは遠く西方に位置しており, その結果隠岐海峡から西方の海域が 16～17℃以上の海水に広く覆われ沖合いの冷水域は当該漁業の漁場から隔たっているパターンの海況である (図 8; 左)。2002 年, 2003 年, 2010 年の不漁年のパターンがこの第 1 のタイプに相当する。不漁年の第 2 のタイプは沖合の冷水域が全体として漁場の北から南西方向に位置し, そのため冷水域と暖水域との境界帯が斜めに形成されているというパターンの海況である (図 8; 右)。1999 年, 2005 年, 2006 年がこのタイプに属する。

次に好漁年の海況パターンを検討する。調査期間を通じて年間漁獲量の平均値を大きく超えた年は 2000 年と 1998 年がある (図 6)。2000 年は冷水域暖水域との境界帯が大きく蛇行しながら南北方向に位置し隠岐諸島から日御碕に接近しているのが特徴である (図 9, 左下)。1998 年は弱い冷水域が隠岐諸

島の西側にあるものの冷水域の中心は隠岐諸島北方にあり強い境界帯は東西に位置している (図 9, 左上)。このように調査期間内で特に好漁であったこれら 2 年間の海況パターンは一致しない。やや好漁であった 2007 年と 2009 年の海況パターン (図 9; 右) をみると 2007 年は境界帯が北西方向から隠岐諸島に接近しており, 2009 年では冷水域が日御碕に接近しながら南北方向に張り出し, 海況パターンとしては好漁年であった 2000 年のそれに類似している。ほぼ平均値の漁況であった 2004 年の海況 (図 9; 右下) はやや好漁であった 2007 年のパターンに似ている。このように 1998 年を除けば, 好漁年の海況パターンは沖合の冷水域が隠岐諸島の北西～西に位置し隠岐諸島に接近している傾向にあるといえる。

隠岐浦郷の漁況と海況パターンとの関係は本土側の仁摩, 五十猛, 大社と海況パターンとの関係で基本的に説明が可能であろう。ただ, 種苗用の幼魚の漁獲が盛んになってきた 2003 年以降, 本土側との漁況の相関がなくなってきた (表 1-B) のでこの点について検討する。

隠岐周辺海域でこの期間について好漁であった 2004 年, 2007 年, 2008 年と不漁であった 2003 年, 2009 年との海況パターンを盛漁期の 10 月について対比したが (図 10), 漁況との対応関係は明瞭とはいえない。あえて指摘すれば好漁年の 2007 年及び 2008 年はやや好漁年とした 2007 年 12 月と 2009 年 12 月の海況パターン (図 9, 右) に, 2004 年は並漁年の 2004 年 12 月の海況パターン (図 9, 右下) にそれぞれ類似している。一方不漁年の 2003 年及び 2009 年の海況は不漁年の第 1 のタイプ (図 8, 左) と第 2 のタイプ (図 8, 右) の海況パターンにそれぞれよく似ている。

(6) 漁況の変動要因についての若干の議論 現在までの調査研究によれば, クロマグロは日本海でかなりの規模で産卵することが確認されている。⁸⁻¹²⁾ このことから日本海で漁獲されるヨコワには発生の時期と場所の異なった 2 つのグループの存在が想定されており, ひとつは南西諸島海域で 5～6 月に発生し日本海に来遊してくるグループで, 他のひとつは日本海で 7～8 月ごろ発生するグループである。¹³⁾ 前者は早生まれ群で 11 月初旬までに 46cm に成長し, 後者は遅生まれ群で 11 月初旬までに 36cm に成長すると考えられており, 島根県で漁獲されたヨコワの体長組成 (図 5) と比較すると, モードが 46～52cm 付近にある群は早生まれ群に, 34～38cm 付近

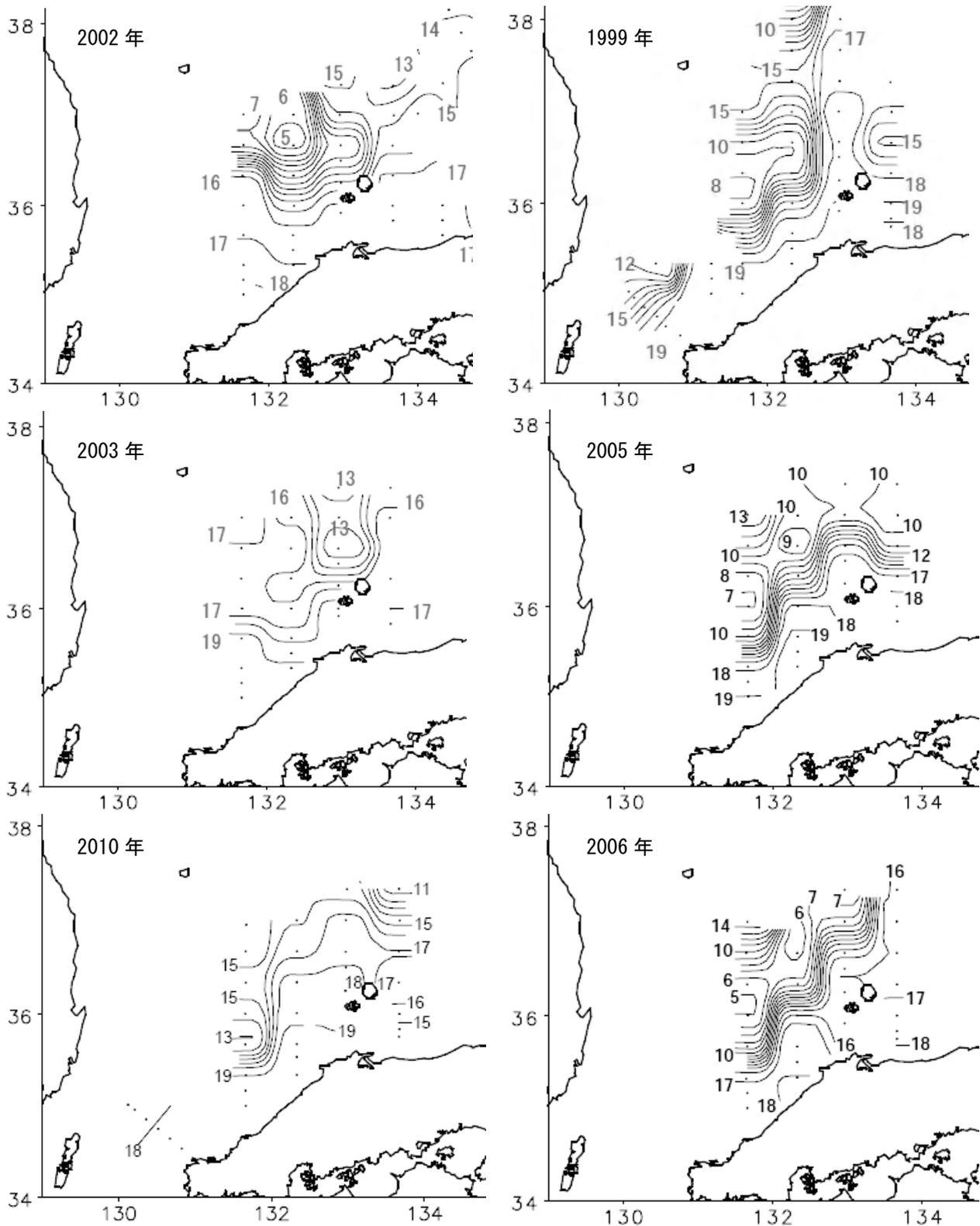


図8. 不漁年の海況 (12月). 第1のタイプ (左). 第2のタイプ (右)

にモードがあるやや小型の群は遅生まれ群にそれぞれ対応するのであろう。

生物調査を行った2007年～2008年では漁獲される魚体の組成に大きな差はみられなかったが(図5;

上・中), 隠岐周辺漁場で不漁であった2009年(図6)には本土側では体長26～30cm程度の小型群はみられず50cm程度の大型群のみであった(図5, 右下)。このことは2009年は日本海発生群の水準が低かつ

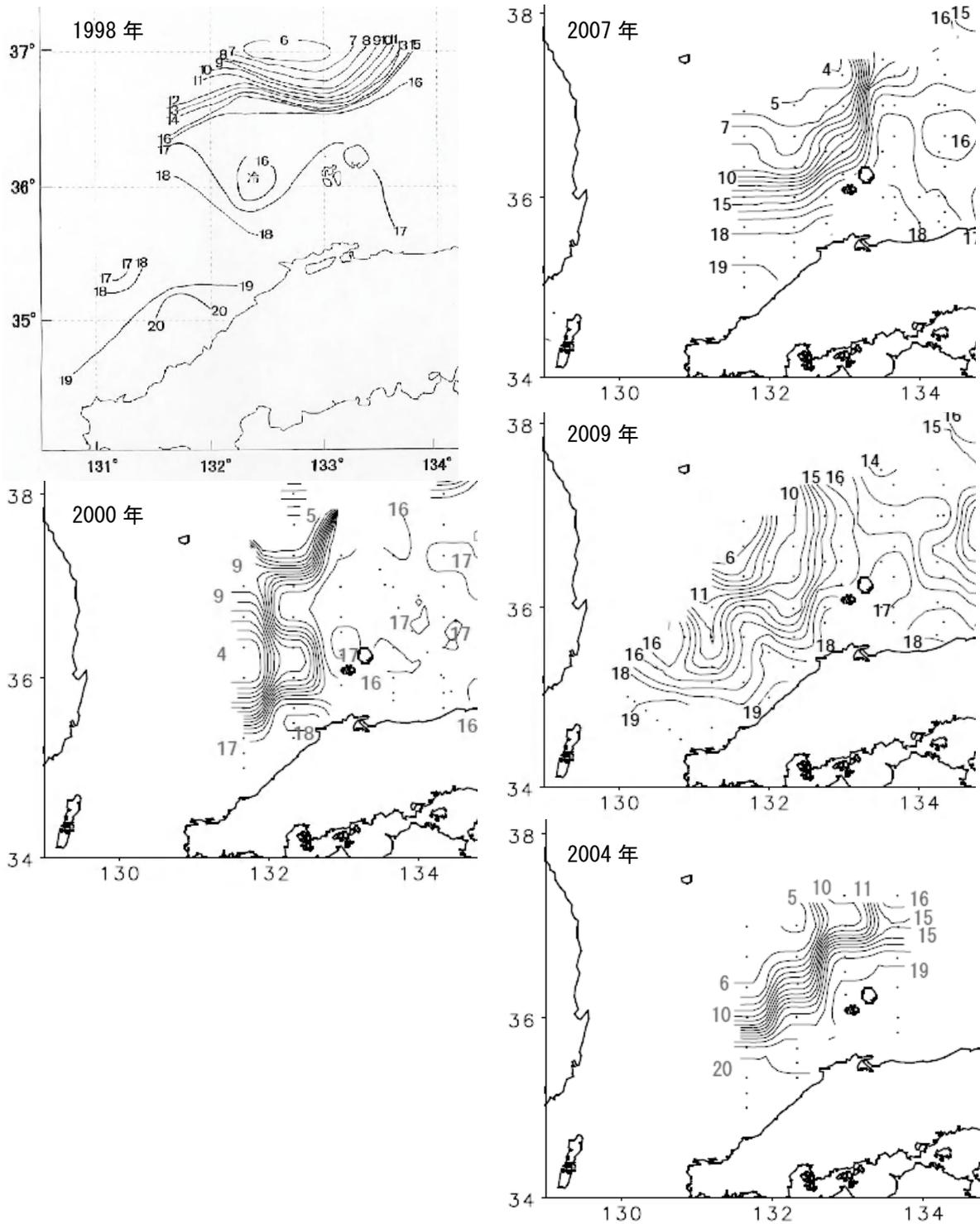


図9. 好漁年・並漁年の海況（12月）

たことに起因するのであろう。このように、島根県沿岸域におけるヨコワひき縄釣漁業の漁況を理解するには2つ発生群の来遊水準を考慮する必要があることがわかる。

島根県本土側漁場（図1, B）と対馬漁場（図1, C）との漁獲量変動に相関がみられた（表2）ことから、0歳魚は秋から冬にかけて島根沿岸から対馬～

九州北西海域へ南下回遊すると推定されるが、それ以前の北上回遊群—早生まれ群—についての知見はきわめて乏しい。これは北上期と思われる夏季に0歳魚を対象とした漁業が九州北西から日本海沿岸海域にはないため、漁業生物学的な情報の入手が困難となっていることによる。今後は北上する0歳魚の量的変動に関する知見の収集が望まれる。

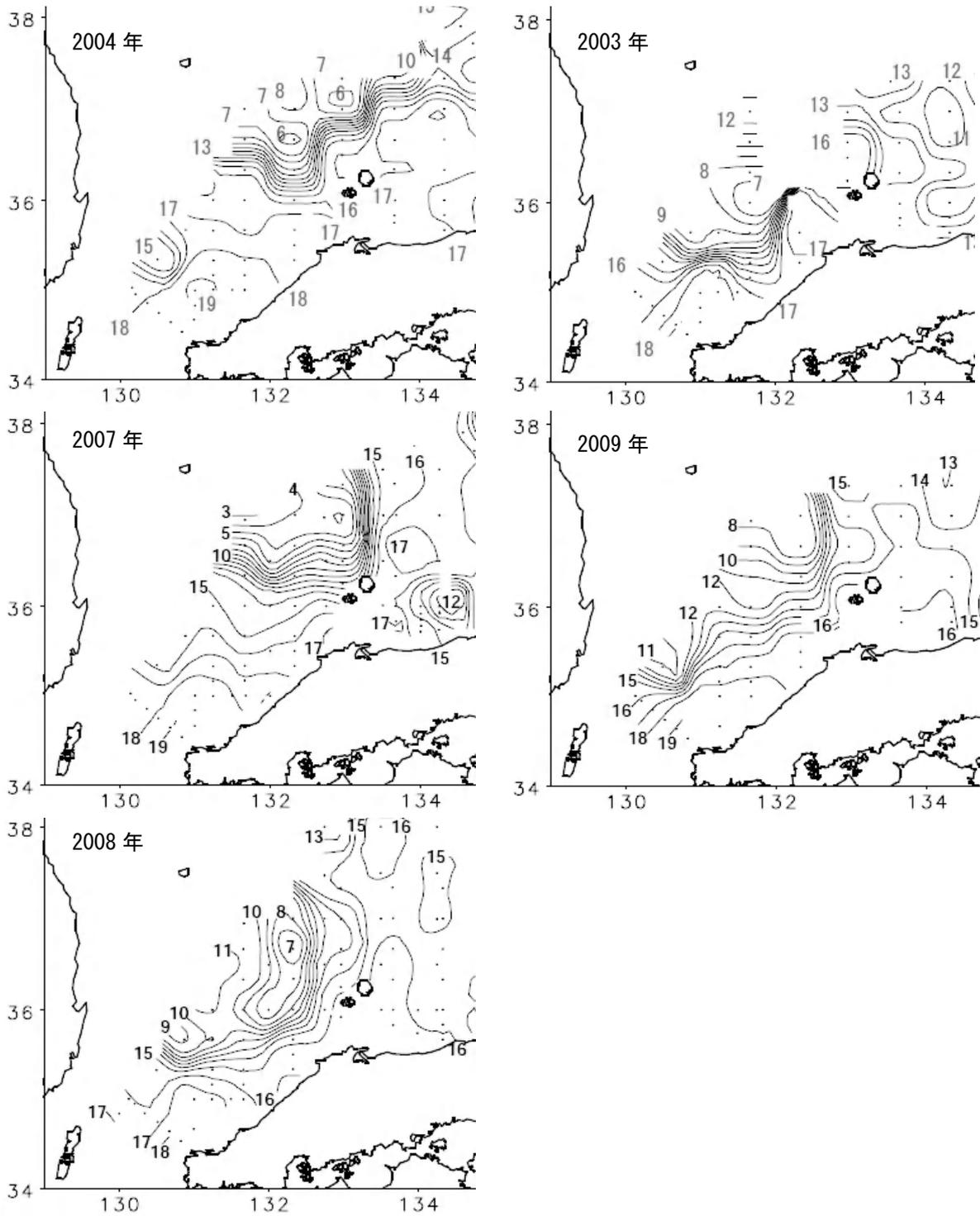


図 10. 隠岐諸島周辺漁場における好漁年（左）・不漁年（右）の海況（10月）

一方漁況と海況とを対比検討した結果からは、好・不漁と海況パターンとの関連はヨコワの南下期に海況パターンの差異により隠岐周辺～島根県西部沿岸海域でどのようなヨコワの回遊ルートが成り立っているのかを解明することが基本的に重要であることが指摘できる。

1998年の例外はあるものの隠岐諸島から日御碕

にかけて沖合冷水域が隠岐諸島～日御碕に接岸している年には好漁であり、逆に冷水域が漁場から遠く離れているかあるいは冷水域と暖水域との境界帯が隠岐諸島～日御碕に接岸せず南西方向に走っているような年は不漁になる可能性がある。

クロマグロ幼魚の適水温帯は17～18℃前後であるが³⁾、①ヨコワの遊泳に適した水温帯の幅がせば

められて沿岸の漁場に魚群が補給されやすい海況パターンの時に好漁していること、逆に②漁場が広く暖水に覆われ魚群が接岸するような条件がない年あるいは齢水域と暖水域との境界帯が斜めに存在し魚群が漁場から速やかに南下しやすくなると予想される海況パターンの中には不漁であるという傾向があるように思われる。

隠岐諸島周辺で11～12月に漁獲されたヨコワの胃内容物調査によるとキュウリエソの占める割合が著しく高いことが確認されている。^{*}日本海南西沿岸海域ではキュウリエソの分布形成位置は水温前線帯の移動に対応しており、このことが餌生物の集合によるスルメイカやマサバの漁場形成効果にとって重要であることが指摘されている。¹⁴⁾索餌回遊群としてのヨコワ南下回遊ルートの形成位置についてもこのような障壁効果¹⁵⁾が作用していると解釈できると思われる。魚群の南下が前線帯によって阻止されるという見かけの現象はこの要因が関連している可能性がある。

もちろん島根県沿岸海域におけるヨコワひき縄釣漁業の漁況は海況条件だけによって決定されるのではない。隠岐諸島周辺海域における漁況と海況との間には本土側漁場の漁況と海況との対応関係ほどには明確な対応関係がみられなかったが、浦郷の養殖種苗用幼魚の漁獲尾数は境港に夏季水揚げされるクロマグロ（成魚）の漁獲尾数との間にある程度の量的相関関係が存在する可能性が示唆されている^{*}ので、海況パターンよりも日本海でのクロマグロの産卵・再生産条件により強く依存しているのかもしれない。この日本海での再生産水準とすでに指摘したようにヨコワ0歳魚の北上回遊期における量的な指標が算出できれば海況条件と併せて島根県沿岸におけるヨコワ漁況がより明確になるであろう。

謝辞

JFしまね大社支所所属第七共栄丸船長江角卓一郎氏並びにJFしまね知夫出張所所属幸進丸船長山本進氏には乗船調査に快く協力していただき深謝します。松江水産事務所吉田太輔普及員には貴重な情報をいただき聞き取り調査にも協力いただいた。また魚体計測資料の一部は「日本周辺国際魚類資源調査」により得られたものである。ここに記してお礼申し上げます。

^{*} 2010年6月5日：石見地域漁業シンポジウム配布資料

文献

- 1) 島根県水産試験場（2003）島根のさかな（クロマグロ）216pp, 山陰中央新報社（松江）.
- 2) 村山達朗・沖野 晃・石田健次・若林英人・由木雄一（2006）沿岸漁業の複合経営に関する研究—I. 島根県におけるいか釣り漁業とはえ縄漁業の実態調査結果. 島水試研報, 13, 1-10.
- 3) 山田陽巳（2001）アーカイバルタグによるクロマグロ幼魚の行動生態の解明. 海洋と生物, 137 (vol. 23 no. 6), 540-546.
- 4) 川合英夫（1972）黒潮と親潮の海況学. 海洋科学基礎講座（海洋物理Ⅱ）, 328pp, 東海大学出版会.
- 5) 嶋津初義（1986）ヨコワの曳縄釣り一水温と好漁場一. 水産技術と経営（1986年3月号）, 43-49.
- 6) 長崎県水産試験場（1983）事業報告（昭和57年度）クロマグロ幼魚分布生態調査, 16-20.
- 7) 長崎県水産試験場（1984）事業報告（昭和58年度）クロマグロ幼魚分布生態調査, 49-55.
- 8) 沖山宗雄（1974）日本海におけるクロマグロ後期仔魚の出現. 日水研報告, 25, 89-97.
- 9) 川口哲夫（1982）鳥取県境港におけるまき網により漁獲された大型クロマグロについて. 水産海洋研究会報, 41, 92-98.
- 10) 西川康夫（1985）実証された日本海におけるクロマグロの産卵. 遠洋（遠洋水研ニュース）, 56, 5-6.
- 11) 西川康夫（1986）1984, 1985年8月, 日本海におけるクロマグロ仔魚の出現について. 水産海洋研究会報, 50 (2), 186-187.
- 12) 河北康之・西川康夫・久保田 正・沖山宗雄（1995）1984年夏季の日本海におけるサバ科魚類を中心とした魚類プランクトンの分布. 水産海洋研究, 59 (2), 107-114.
- 13) 西川康夫（1986）幼稚仔の加入実態（クロマグロ稚仔の分布と豊度の変動）. 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究（マリーナランニング計画）プロGRESS・レポート クロマグロ (6), 遠洋水産研究所, 33-37.
- 14) 野田勝延・森脇晋平（1996）音響学的手法による日本海南西海域のキュウリエソの分布特性. 水産海洋研究, 60 (1), 1-6.

- 15) 川合英夫 (1975) 海洋環境の特性. 海洋生物
資源環境 (海洋学講座 第 15 卷) 11-20, 東
京大学出版会.

沿岸漁業の複合経営に関する研究—Ⅳ

— 島根半島沿岸海域におけるアカアマダイはえ縄漁業の実態 —

森脇晋平¹・堀 玲子²・吉田太輔³

Study of the multiple fishery-management of coastal fishery — IV
Operations and fishing conditions of longline fisheries for red tilefish,
Branchiostegus japonicas, in the coastal waters off Shimane Pen.

Shimpei MORIWAKI, Reiko HORI and Daisuke YOSHIDA

キーワード：アカアマダイ，はえ縄漁業，島根半島沿岸水域

はじめに

島根県で漁獲されるアマダイ類のほとんどはアカアマダイとされ¹⁾，2006 年から 2010 年の年間平均漁獲量は約 156 トンである．そのうちはえ縄漁業や釣り漁業，刺し網漁業などのいわゆる沿岸漁業で水揚げされる割合は 70% を超えており，なかでもはえ縄漁業は最も占有率が高い．

県内のはえ縄漁業のなかでは島根半島西部の「JF しまね平田支所」管内での漁獲量が最も多く，とくに小伊津地区でははえ縄漁業で水揚げされたアカアマダイをプール制で「共同集荷」と「規格化」を行い、「小伊津アマダイ」としてブランド化し県内外で高い評価を得ている．

この報告では島根県東部海域の小伊津地区アカアマダイはえ縄漁業を対象にして操業実態やアカアマダイの漁業生物学的特性，漁況におよぼす要因について調査した結果を述べる．

資料と方法

乗船調査は JF しまね佐香出張所所属新栄丸 (3.89 トン) を選定し，2011 年 7 月 1 日に実施した．漁獲量の資料は調査対象とした該当地区のはえ縄漁業による「アマダイ」を漁獲統計システム²⁾から漁獲重量と銘柄別漁獲箱数を抽出したものをを用いた．JF しまね佐香出張所では漁獲されたアカアマダイを大きさにより 6 つの銘柄に分別して出荷してい

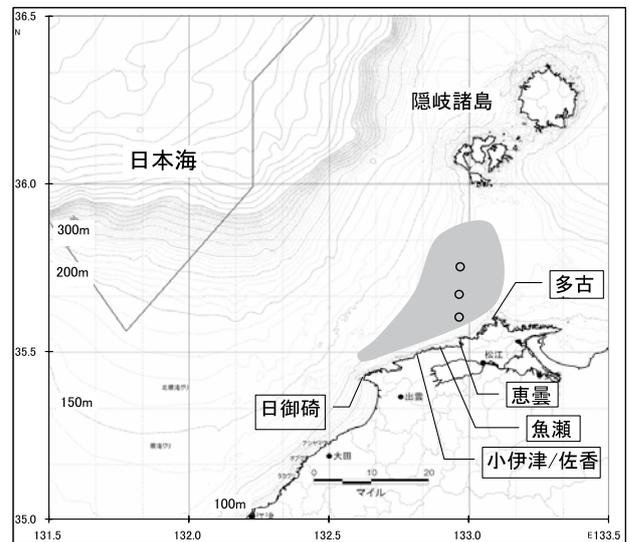


図 1. 調査海域の地理的概要．影の範囲は主漁場，白丸は底層水温の観測地点をそれぞれ示す

る．2006 年 4 月～2008 年 12 月にかけて漁獲されたアカアマダイを同出張所より銘柄別に購入し，生物測定に供した．すなわち，個体ごとに体長，全長，体重，生殖腺重量を計測し，胃内容物を調査した．生殖腺重量指数 (GSI) は $GSI = \text{生殖腺重量} / \text{体重} \times 100$ で求めた．また，この結果から各銘柄の体長分布を求めた．さらに銘柄別の体長分布は正規分布に従うと仮定し，平均体長と標準偏差を用いて銘柄別の体長組成を作成し，2006 年 4 月～2011 年 3 月の期間について銘柄別の体長組成を作成し，それらを積算して体長組成に変換した．得られた各漁期年の体長組成を赤嶺の方法³⁾に従い，複合正規分布に分

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 島根県浜田水産事務所 Hamada regional office of Fisheries Affairs, Kataniwa, Hamada 697-0041, Japan

³ 島根県松江水産事務所 Matsue regional office of Fisheries Affairs, Higashitsuda, Matsue 690-0011, Japan

解した。

水温環境と漁況との関連を調べるため漁場(図1)における底層水温値を使用した。なお、このデータは「我が国周辺水域資源調査推進委託事業」で得られたものである。

結果と考察

操業の実態(図2)

(i) 出航～漁場(出航午前4:00～漁場到着午前4:40)

JFしまね佐香出張所所属のアカアマダイはえ縄漁船は25隻ある。そのうち2隻は家族2人で操業しているが、他の漁船は1人で操業している。

当日の漁場は魚瀬～恵曇沖合の水深90～100mの水域で、底質は砂地であった。該当地区のはえ縄漁業の漁場は日御碕沖～多古鼻沖くらいまでを利用する。漁獲の状況や時期によって「カンナカ瀬」(島根半島と隠岐の中間点の瀬)まで行くこともある。全体として水深は60～120m、底質は砂泥質である。

(ii) 投縄(午前5:00～5:30)

船舶無線による合図で所属漁船が一斉に投入開始する。ブイ、錨を投入後、はえ縄10鉢を投入(多いときには12鉢)する。1鉢は約600mで1鉢当たり100本の枝針がある。

鉢を船縁に置き、船を走らせながら順次針を投入していく。投縄中、15針に1個程度の割合で、錘として縄に拳サイズの小石を付けて投入する。はえ縄は全て1本に繋げながら投入し、2～3鉢置きにブイを取り付ける。針は返しのないものを使用する。餌にはオキアミ、サバの切り身(5:1程度)を使用する。アマダイのみ狙うときはオキアミのみ使用するが、乗船時はアマダイ不漁によりカサゴなども漁獲対象としていたため、サバの切り身を併用した。イカをコウナゴの油に漬けた餌を使うこともある。オキアミは小さいものなら1針に2個付ける。

(iii) 揚縄(午前5:50～午前8:00)

投縄後20分程度置いて揚縄を行う。ラインローラーを使用する。漁獲量によるが、1鉢当たり15分程度かかる。魚が揚がると、ほとんどはハリスを切って漁獲または魚種によっては廃棄する。余裕があれば針を外すが、巻き取りスピードに間に合わない場合が多い。

漁獲物は一時的に海水を張った桶に入れるが、1～2鉢揚げるごとに氷入りのクーラーに移す。この日、10鉢で漁獲したアカアマダイは36匹(200～

800g程度)。その他の漁獲物はレンコダイ、ダイナンウミヘビ、ホウボウ、イトヨリダイ、マアジ、スルメイカ、マアナゴ、マエソ、ヌタウナギ、サメ類などであった。このうち、ダイナンウミヘビの漁獲は特に多く、全て廃棄した。

(iv) 翌日の準備

帰港し出荷後、昼頃から針・餌の取り付けを行う。1鉢準備するのに1時間半程度(針付け・縄の巻き直しで1時間、餌付けで30分程度)が必要で、人によっては、針の取り付けなどを外注することもある。

(v) 集荷作業(図3)

午前10時30分からJFしまね佐香出張所にて集荷作業を行った。ここではプール出荷を行っており、アカアマダイは規格ごとに分けられ共同で箱立てされる。アカアマダイの規格は3S～LLまで6銘柄あり、大きいほうからそれぞれ“LL”、“L”、“M”、“S”、“2S”、“3S”と表記される。

集荷作業では、一人ずつ規格ごとの重さを量り、伝票に記入する。出荷後に各規格の平均単価から水揚げ金額が算出される。

漁獲量変動 この報告では4月から翌年3月までの1年間を1漁期として2000年4月～2011年3月までの11漁期間の年変動を図4に示した。漁獲量の最大は2008年度漁期の48.1トンで、最低は2005年度漁期の17.6トンであった。CPUE(kg/日/隻)の変動は漁獲量のそれとよく類似していることからこれらの変動は資源量の変動を反映していると考えられる(図4)。

この11年間の漁獲量の変動傾向をみると2002年漁期と2008年漁期に漁獲の峰がありその中間年に最低の漁獲量を記録している。この経年変動からは一見、周期性の存在が暗示される。

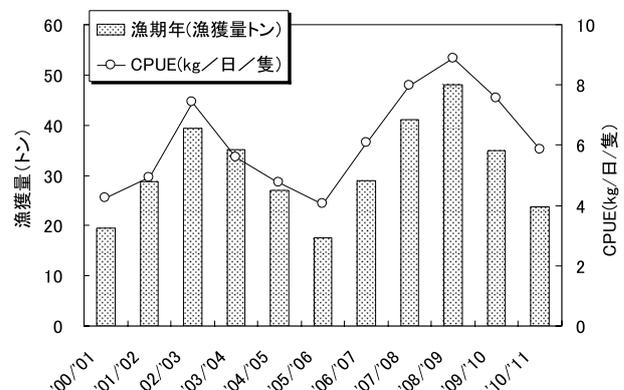


図4. 小伊津漁港のアカアマダイの漁獲量とCPUE(kg/日/隻)の経年変化。4月から翌年3月を1漁期とした



図2. 操業の実態



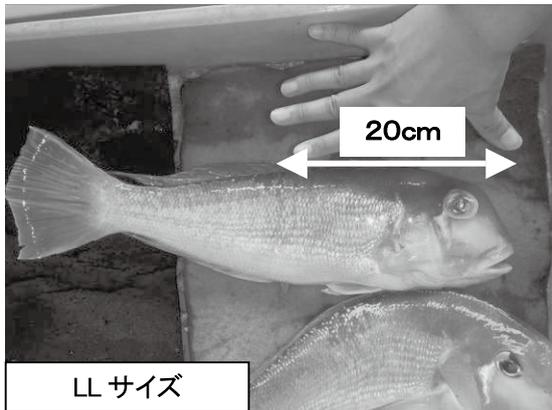
集荷作業の様子



計量

並数	カレイ		甘ダイ		カサゴ	
	入数	記号	入数	記号	入数	記号
2	8~12	LL	1	×	3	2 ~11
25	13~16	L	4	~5	3	12~18
3	17~24	M	6	~7	4	19~
4	25~	S	8	~10	LL	(A) 10~11
		2S	11	~14	M	12~14
		3S	15	~	S	15~

規格と入数



LLサイズ



規格分け



その他①



その他②

図 3. 集荷作業

漁獲量の季節変動 (図 5) をみると標準偏差値は大きいが平均値は春以降上昇して 7~9 月に年間を通じて高いレベルにある. その後 11 月にはいったん低下するが 12~1 月に低いピークを形成し 3 月の最低期を迎える.

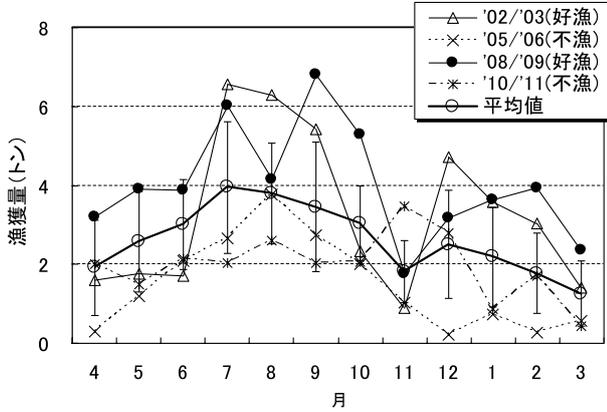


図 5. 小伊津漁港のアカアマダイ漁獲量 (2000 年 4 月~2011 年 3 月) の季節変化

好漁年 (2002/'03 年漁期と 2008/'09 年漁期) では 7~10 月と 12~2 月に漁況が好調となるが, 不漁年 (2005/'06 年漁期と 2010/'11 年漁期) では季節を通じて低調で推移し平均値を超えることは少ない。

資源構造と漁況 6つの銘柄のそれぞれの平均体長と標準偏差, 各銘柄ごとの平均入り個体数及び性比を表 1 に示した. 各銘柄の体長分布は正規分布に従うとして銘柄別の体長組成を作成し, 銘柄別漁獲量を体長組成に変換した. さらに得られた体長頻度分布を複数の単峰型の正規分布に分解した (図 6). その結果, 各漁期とも 4つの単位群に分けられた. 平均体長の小さい群から順に I, II, III, IV としたが, アカアマダイは雌雄で成長に差があり, 雄が雌に比べて成長が早く大型になる^{4,6)}. このことと表 1 とを対比してみると, I 群は 2~3 歳魚で占められ, II 群は 3~4 歳魚, III 群は 5~6 歳魚で大部分が雄と推定される. IV 群は 7 歳魚以上でほとんどは雄である. 全漁期年を通じて II 群が漁獲物の中心になっている. 06 年漁期から 08 年漁期にかけては漁獲量

表 1. 各銘柄の特性値

銘柄名	3S	2S	S	M	L	LL
平均体長(mm)	200.5	230.9	252.9	282.9	325.1	348.0
標準偏差(mm)	13.7	9.8	9.6	14.0	15.8	17.7
平均入り個体数	20.5	11.7	8.8	6.2	4.0	3.0
調査個体数:雄	0	57	110	105	82	3
調査個体数:雌	20	138	97	41	1	0
性比: ♂/(♂+♀)	0.00	0.29	0.53	0.72	0.99	1.00

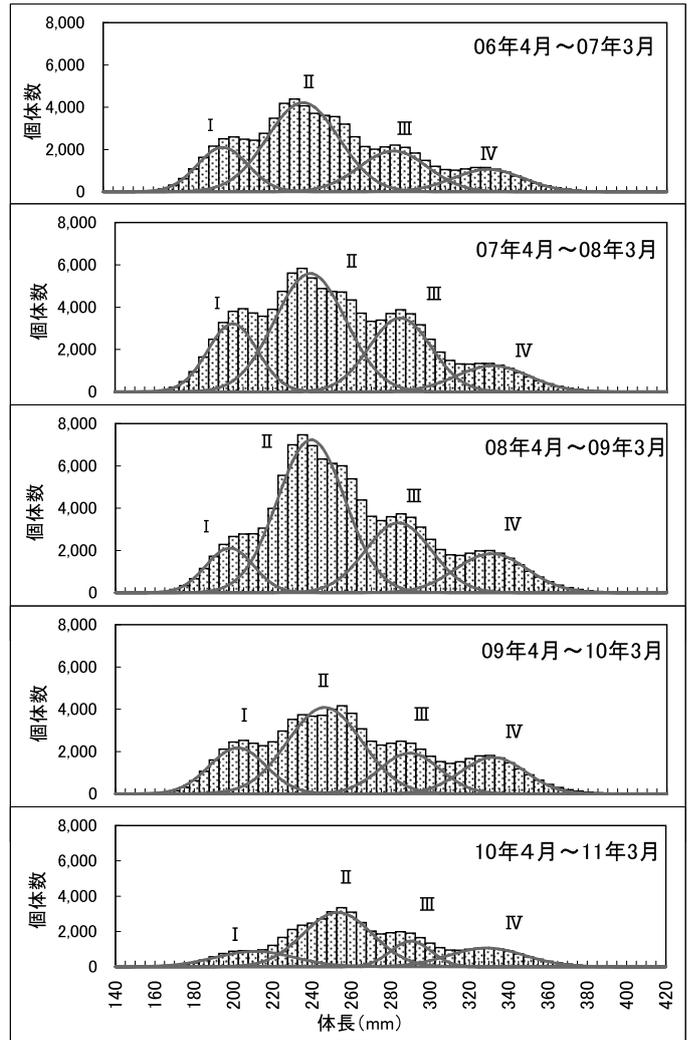


図 6. 銘柄組成から推定した体長組成の経年変化. 複数の正規分布に分解した結果を曲線で示した

は上昇していったが (図 4), この時期は II 群, III 群の割合が増加していった. その後 09 年漁期からは漁況は下降していくにつれて II 群, III 群の占める率は小さくなり IV 群のそれが大きくなった. その結果全体の体長組成は大型化した.

このようにこの海域 (図 1) アカアマダイの漁獲は II 群, III 群が漁獲の中心になっており漁況はその多寡に依存している. そこで各個体群の大きさの継続性を検討するため II 群と次漁期の III 群及び III 群と次漁期の IV 群とのそれぞれの個体群の数量的関係をみると前者では相関関係はなかったが, 後者では $r=0.919$ ($n=4, p<0.1$) の正相関があった.

一方 II 群の大きさが最大でそのため漁況も好調であった 08 年漁期には I 群は前漁期や前々漁期よりも小さくなり, 次年の 09 年漁期からは II 群が小さくなって漁況が低調に転じた前兆のようにも思われる. ただし I 群と次漁期の II 群との間の量的な関係

はみられなかった。

漁業生物学的特性

(i) 体長と全長及び体長と体重との関係

今回の調査で得られた生物測定結果から体長 (BL: mm) と全長 (TL: mm) 及び体長 (BL: mm) と体重 (W: g) との関係について以下の回帰式を得た。

$$\text{雄: BL} = 0.843\text{TL} - 8.931 \quad (\text{N}=358, r^2 = 0.978)$$

$$\text{雌: BL} = 0.826\text{TL} - 2.771 \quad (\text{N}=297, r^2 = 0.976)$$

$$\text{雄: W} = 0.005\text{BL}^{2.975} \quad (\text{N}=358, r^2 = 0.956)$$

$$\text{雌: W} = 0.005\text{BL}^{2.934} \quad (\text{N}=297, r^2 = 0.935)$$

(ii) 胃内容物組成

今回 2006 年 4 月から 2008 年 12 月にかけて調査した 654 個体 (雄 357 個体, 雌 297 個体) の胃内容物の出現頻度 (図 7) をみると, 消化不明物を除けば多毛類の出現が最も高く次いで二枚貝類, エビ・カニ類と甲殻類であった。

アカアマダイの胃内容物を調査したこれまでの知見によると^{4,5)}, 東シナ海産ではエビ類, シャコ類, 魚類, カニ類, 多毛類, 二枚貝類がみられ空胃個体も多く, 若狭湾産本種では十脚類と多毛類が多く貝類, 頭足類は比較的少ないと報告されている。

今回の調査結果では消化不明物以外では多毛類, 貝類, エビ・カニ類を主とする甲殻類でほとんどが占められ, 空胃個体は少なく魚類は出現しなかった。他の海域の結果と詳細に比較すると出現項目, 出現率に差異がみられたが, 本種は基本的にはベントス食の雑食性に属すると思われる。今回の微妙な差異は調査海域, 操業形態・採集方法の違いに起因するものと思われる。

(iii) 生殖重量の季節変化

得られた標本は雄で体長 215mm ~ 380mm, 雌では体長 178mm ~ 305mm の範囲内であった。GSI の変化をみると雄の GSI は大部分が 0.1 未満で 0.1 以上の個体は 15 個体で全雄の 4.2% にすぎない。体長と GSI との関係には相関関係はみられなかった。GSI

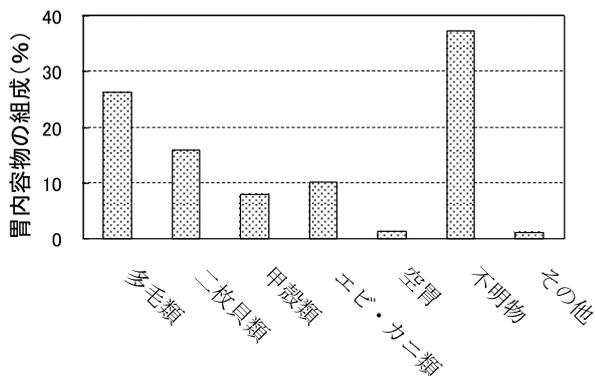


図 7. 胃内容物の組成

が 0.1 以上の個体が出現するのは 6 月下旬から 9 月上旬に限られていた。

雌の GSI では 11 月下旬から翌年 5 月下旬までは GSI が 1.0 未満の個体がほとんどであったが, 6 月下旬以降は GSI 1.0 以上を示す個体の割合が増加してこの傾向は 10 月下旬まで続いた。ただこの期間中でも体長約 200mm 以下の個体では 1.0 を超えることはなかった。体長約 200mm 以下の個体を除いて平均 GSI 値が季節的に最も高くなるのは 8 月下旬 ~ 9 月上旬であると推定できる (図 8)。

GSI の季節的変動から推定してこの海域 (図 1) の本種の産卵期は 6 月下旬 ~ 10 月下旬と推定されその盛期は 8 月下旬 ~ 9 月上旬であると思われる。他の海域のそれと比較すると, 東シナ海産では 5 月 ~ 12 月にかけて産卵期を迎え 9 ~ 10 月が産卵盛期と推定され⁶⁾, 若狭湾海域産での産卵期は 7 ~ 10 月, 産卵盛期は 9 ~ 10 月であり⁷⁾, 山口県日本海沿岸では産卵期は 6 ~ 10 月でその盛期は 9 月と報告されている⁸⁾。

今回の結果からは, 産卵期は概ね他の海域と同じであり産卵盛期は山口県沿岸での結果と一致したといえる。

漁況と底層水温の関係 好漁年として 2002 年と 2008 年, 不漁年として 2005 年と 2010 年の漁期 (図 4) を選び, 本種の生息場の底層水温を比較した (図 9)。水温は最低期の 3 月の 12.1°C から最高値の 22.9°C まで変動した。漁況の季節変動 (図 5) と対比してみたが, 今回調査した範囲では底層水温の変動パターンを好/不漁年といった分類に類別することはできなかった。

東シナ海での本種の漁獲水温を調べた結果によると, 大部分が 14.5 ~ 20.5°C であった⁹⁾。また東シナ海ではえ縄試験操業ではアカアマダイが生息する海底付近の平均水温は 20°C 以下であったことが報告されている⁶⁾。今回の調査によると, 底層水温が 20°C 以上で経過した年でも好漁年が出現し, 逆に 20°C 以下の年でも不漁年がみられた。このようにこの海域では底層水温が短期的に直接漁況に影響を与えている可能性は小さいと思われる。

底層水温は 3 月から上昇していくが, 8 ~ 10 月は年による変動が著しい。これはこの海域に接岸する底部冷水の影響である¹⁰⁾。11 月になると相対的に変動幅は小さくなるが, この時期は水深 100m 以深の水温が年間で最も高くなる¹⁰⁾。この点に注目して漁況の季節変動 (図 5) をみると, 平均的には 11 月に漁況が低調になる時期と底層水温が最も高くな

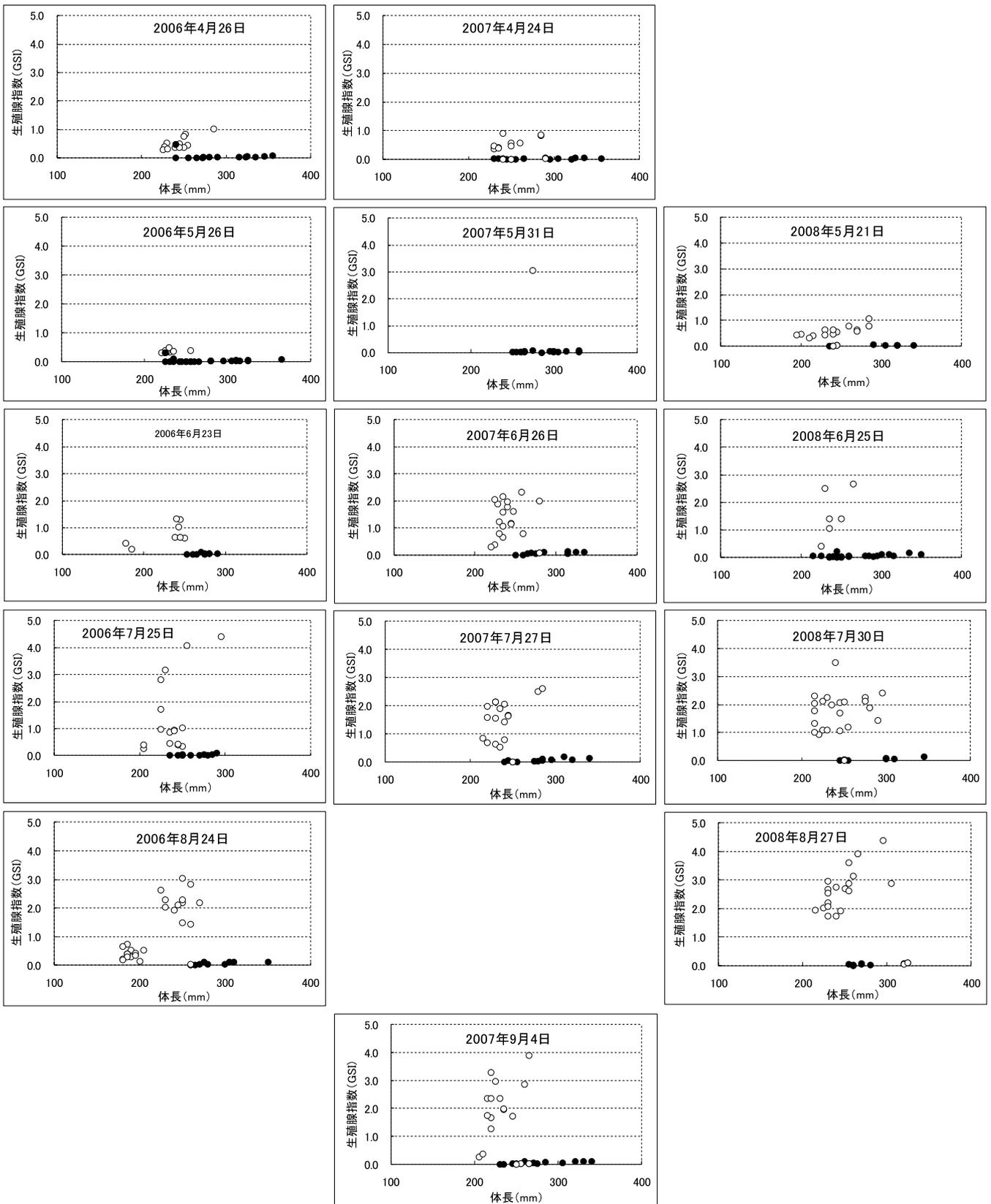


図8. 体長と生殖腺指数 (GSI) との関係の季節変化. 黒丸は雄、白丸は雌をそれぞれ示す (4月～9月)

る時期とは一致している. 本種の漁獲水温は20℃以下であるので11月に底層水温が最高値(2001年～2010年の平均値20.7℃, 標準偏差1.2℃)に達

して適水温帯の上限を超えることが一時的に漁況の低下を招くひとつの要因であろう.

漁況に関する若干の議論 この地先漁場のアカア

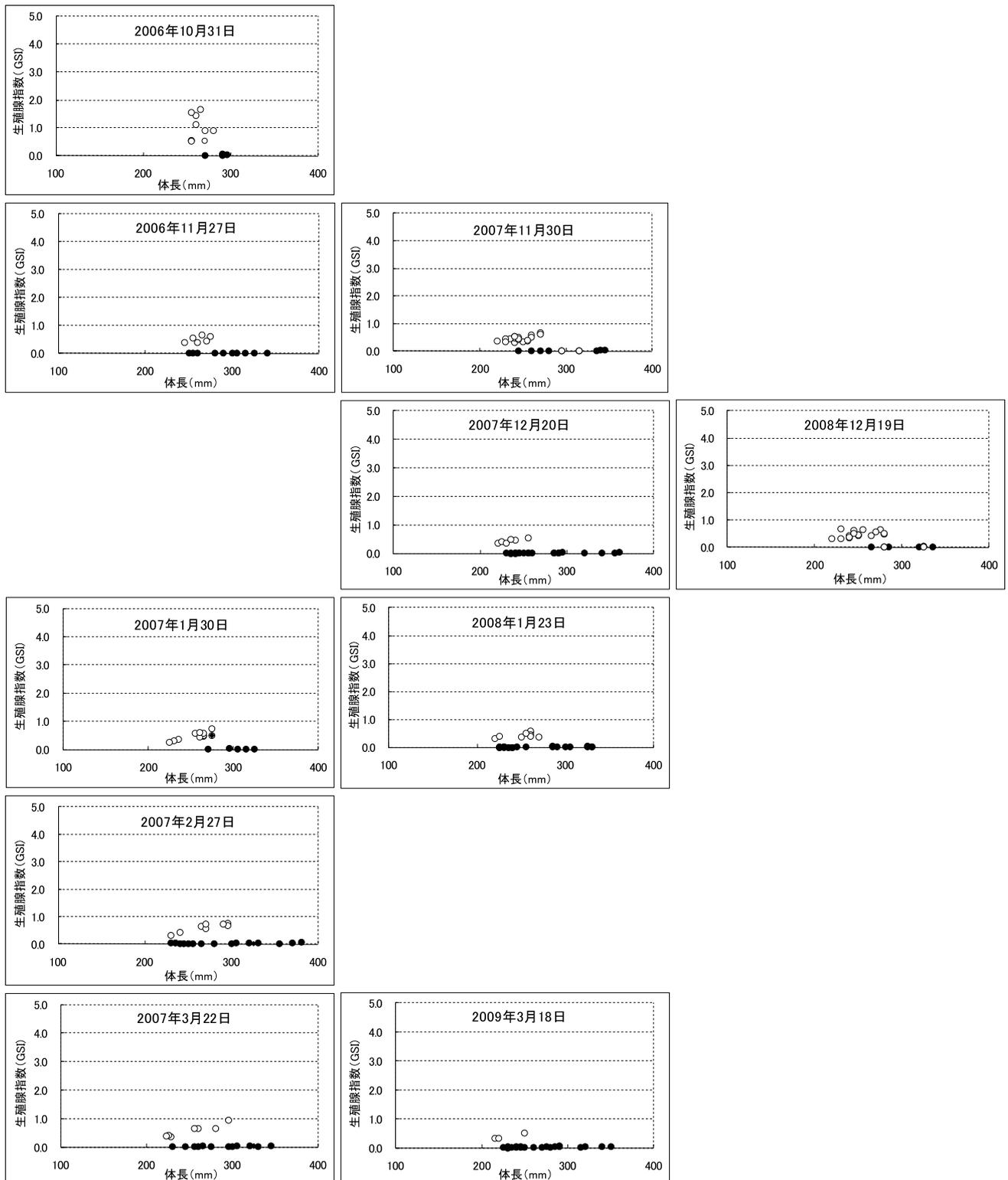


図8 (続き). 体長と生殖腺指数 (GSI) との関係の季節変化. 黒丸は雄、白丸は雌をそれぞれ示す (10月～3月)

マダイ資源はⅡ群及びⅢ群 (図6) によって占められている割合が大きいことが明らかになった. とりわけⅡ群の加入, 生残の状況が直接資源の大きさを決定し, その年の漁況を支配することになる. このⅡ群の経年変化に注目して全体として体長組成の経

年変動をみると前年の漁期にみられた体長組成が1年シフトした形とはなっていない. これはすでに述べたようにひとつには今回提示した単位群組成は必ずしも年齢組成を現わしてはいないことによるのだろう. Ⅱ群と次漁期のⅢ群との間に明瞭な量的変動

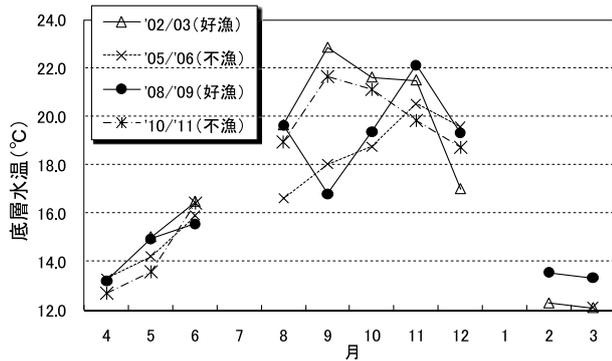


図9. 漁場(図1)の底層水温と好・不漁年との関係

関係がみられなかったのは、アカアマダイの生物特性として雌雄に成長差があるのでⅡ群とⅢ群の雌雄別の個体群の大きさの違いを考慮していないことに起因すると思われる。Ⅲ群とⅣ群は雄で占められる割合が高い(表1)のでこれらの間には有意な正相関がみられたのであろう。今後は雌雄別の個体群動態の解析が必要である。

I群の個体群の経年的な量的変動とⅡ群のそれとを対比してみると、Ⅱ群が減少に転じる前の年にI群が小さくなるという現象がみられ、I群あるいはそれ以前の加入の不調が次漁期以降の漁況に反映されている可能性が考えられることから、注目していく事項であろう。

ところで漁獲量の経年変動(図4)は一見、漁況の周期性を示唆しているようにも窺えるが、太平洋側の徳島県沿岸域においてはえ縄アカアマダイ漁況に3~4年毎に漁獲の山が出現することが報告されている。¹¹⁾ また若狭湾の漕刺網漁業におけるアカアマダイの漁獲量変動においても3~5年間で顕著な増減が認められ、これは卓越年級群の出現に依存すると考えられている。¹²⁾ 異なった海流系あるいは地理的に隔たった海域で漁況の変動特性に周期性がみられるということは、加入過程には海洋環境よりはむしろアカアマダイ特有の共通性に起因した影響に依存する可能性が考えられる。

これは各海域での個体群で卓越年級群が発生する環境条件を探索することを否定するものではない。本種の大きな移動・回遊は報告されていないが、¹³⁾ 小伊津沖で放流された未成魚が島根県西部海域で再捕された事例もあり、特に幼魚期までの生態は不明点が多くこの海域への加入過程を明らかにするには日本海南西沿岸海域における本種の生活範囲を含めた生態の解明が必要である。

謝辞

この調査を行うに当たり、乗船調査にはJFしまね平田支所金築義信氏にご協力いただき、漁業実態調査全体にわたりJFしまね佐香出張所金築恭治所長に便宜を図っていただいた。底層水温値の資料は「我が国周辺水域資源調査推進委託事業」で得られたものである。ここに記して感謝します。

文献

- 1) 漁海況情報「トビウオ通信(7月号)」島根県水産試験場(2003)
- 2) 村山達朗, 若林英人, 安木 茂, 沖野 晃, 伊藤 薫, 林 博文(2005) 漁獲管理情報処理システムの開発. 島水試研報, 12, 67-78.
- 3) 赤嶺達郎(1982) Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラム. 日水研報 33, 163-166.
- 4) 林 泰行(1985) 東シナ海産アカアマダイの漁業生物学的研究. 山口外海水試研報, 20, 1-95.
- 5) 清野精次, 林文三(1977) 若狭湾アカアマダイの生態研究—Ⅱ. 未成魚・成魚の分布. 京都府立海洋センター研究報告, 1, 15-28.
- 6) 山下秀幸, 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) 清野精次, 林文三, 小味山太一(1977) 若狭湾アカアマダイの生態研究—Ⅰ. 産卵と性比. 京都府立海洋センター研究報告, 1, 1-14.
- 8) 河野光久, 天野千絵(2008) 日本海南西海域におけるアカアマダイの産卵期・産卵場および仔魚の出現. 山口県水産研究センター研報, 6, 31-36.
- 9) 山田梅芳, 時村宗春, 堀川博史, 中坊徹次(2007) 東シナ海・黄海の魚類誌(アカアマダイ) 601-622, 東海大学出版会.
- 10) 森脇晋平, 小川嘉彦(1988) “底部冷水”の海況学的特性. 東北水研研報, 50, 25-47.
- 11) 渡辺健一, 上田幸男, 城 泰彦, 石田陽司(1994) 徳島県におけるアカアマダイの漁業実態と資源生態. 徳島県水産試験場事業報告書(平成4年度), 106-118.
- 12) 北原 武(1981) 平均世代時間による水産資源の管理の可能性について. 個体群生態学会

会報, 34, 33-42.

アマダイ. 京都府立海洋センター季報, 69号.

13) 京都府立海洋センター (2000) 丹後海のアカ

島根県沿岸域のマアジ漁況

— 春～初夏の漁獲量変動におよぼす水温変動の評価 —

森脇晋平¹・寺門弘悦¹

Catch conditions of jack mackerel, *Trachurus japonicus*, in coastal waters off Shimane
— Evaluation of temperature conditions on the fluctuation in catches
during period from spring to early summer —

Shimpei MORIWAKI and Hiroyoshi TERAKADO

キーワード：マアジ，漁況，水温，島根県沿岸域

はじめに

2010 年における島根県のマアジ漁獲量は総漁獲量の 26% を占め最も占有率の高い魚種であり，最近 5 ヶ年（2006 年～2010 年）の平均漁獲量は 3.3 万トン，約 32 億円の水揚げ金額を計上し，島根県における最重要魚種であるといえる。

一方島根県西部海域で漁獲されるマアジは他の海域のそれと比較して 4～8 月を中心に脂質含量が高いことが証明され^{1,2)} これを契機にマアジのブランド化が進められている^{3,4)} こうした取り組みの成果により価格の向上もみられており，マアジの漁況とりわけ春～初夏にかけての漁模様に漁業関係者の関心が高まっている。

こうしたことからわれわれは島根県におけるマアジ漁況に関する資料を整理するとともに春～初夏におけるマアジ漁況に及ぼす諸要因について注目し調査検討したところ，若干の知見を得たのでその結果を報告する。

資料と方法

用いた漁獲統計資料は島根県水産技術センターが漁獲管理システム⁵⁾によって収集している県内の属人漁獲統計で，1998 年～2010 年を調査期間とした。

魚体の組成に関する資料は浜田漁港に水揚げする中型まき網漁船からほぼ毎月 1～3 回の無作為抽出による標本採集結果によった。0 歳魚の加入量指標

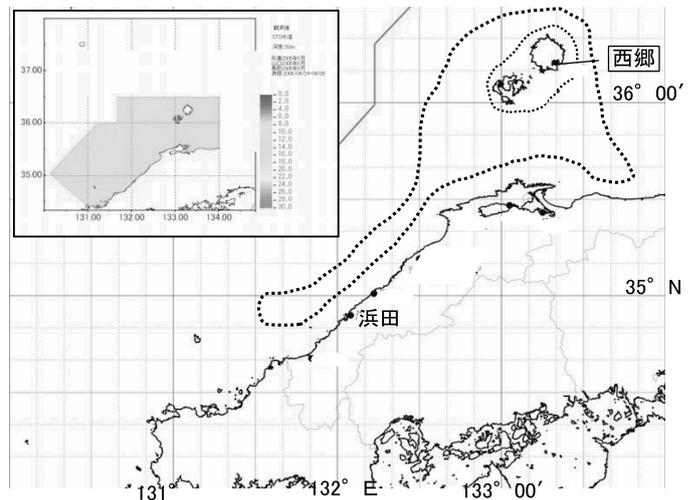


図 1. 調査対象海域の地理的概要．中型まき網漁業の漁場は点線内の範囲．適水塊体積を算出した範囲は左上の枠内に示した図の影の部分

値に関する資料は「我が国周辺水域の漁業資源評価」⁶⁾によった。この指標値は 2003～2010 年にかけてマアジの 0 歳魚が加入する 5 月下旬～6 月中旬に，調査船 4 隻を用いて長崎県男女群島周辺から隠岐諸島周辺の陸棚およびその周辺での定点における中層トロールによる調査結果に基づいている。

水温に関する資料については，これまでの調査研究^{7～9)}からマアジの適生水温を 16℃以上として 5 月における調査対象水域（図 1）における 16℃以上の水塊体積のしめる割合を森脇ほか¹⁰⁾の手法を用いて算出し，占有率を適水温指標値とした。

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

結果と考察

漁業種類別漁獲量とその経年変動 漁業種類別の漁獲量は全体の95%以上はまき網漁業で漁獲されておりそのなかでも中型まき網漁業が約85%を占めている。それ以外では定置網漁業が3.1%、底びき網漁業が0.5%の占有率であった(図2)。

1998年に調査期間中の最高値6.3万トンの水揚げしたが、2003年まで2.6~3.2万トンで経過した。2004年には4.8万トンに増加し、その後は3万トン前後と4万トン台レベルの間を1~2年おきに変動している。対馬暖流系マアジの2010年(平成22年)時点の資源の状態は「資源水準：中位；資源動向：横ばい」と評価されており、この海域のマアジ漁獲量変動は対馬暖流系の資源状態⁶⁾に類似した変動傾向をしているようにみえる。

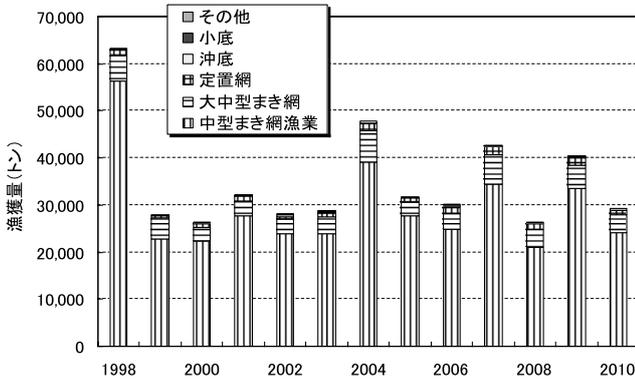


図2. 島根県のマアジ漁獲量の経年変動

漁獲量の季節変動 漁業種類別の漁獲量の季節変動を図3に示した。まき網漁業では2~3月の最低期から4月以降急激に増加して5~7月の盛漁期を迎える。一時的に漁獲量の低下する時期が8月に現れその後9~11月にやや上昇して秋漁を形成する。

定置網漁業では冬季1~3月の漁況はきわめて低調で、6月ピークのいわゆる初夏漁と10月ピークの秋漁はまき網に比べてより明瞭に現れ、秋漁の漁獲量は初夏漁のそれより明らかに少ない。

底びき網漁業の季節変動をみると変動の幅は大きい。3~5月に漁況は上向いており、平均値の推移に注目するとまき網漁業や定置網漁業に比べて1ヶ月早く漁獲の増加が始まっている。ただいずれの漁業種も平均値に対する標準偏差が大きいことから理解できるように盛漁期や漁獲のピークの現れ方は年によって大きく変動する。

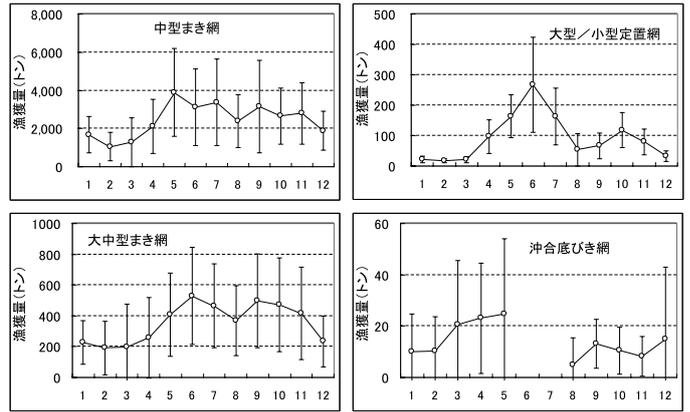


図3. 漁業種類別のマアジ漁獲量の季節変動。縦線は標準偏差を示す

資源構造—漁獲物の体長組成の変化 浜田漁港にまき網漁業で水揚げされた5年間のマアジの体長組成を示した(図4)。冬季1~3月の体長組成をみると130mm~160mmにモードがある群(I)と190mm~210mmにモードあるいはサブモードがある群(II)が出現している。漁獲が上向く4月以降は上述のI群のモードは月を経て11月まで追跡することが可能であったが、II群についてはその後ほとんど出現がなく明確な追跡はできなかった。また6~7月から60mm~90mm台にモードがある小型群(0)が現れ、経月的に追跡できない年もあるが、10~12月のモード・サブモード110mm~140mmの群に継続しているようにみえる。そしておそらく翌年のI群に繋がっていくのであろう。

これまでに得られているマアジ対馬暖流系群の産卵期と年齢・成長の知見⁹⁾から判断して島根沿岸水域に出現するマアジ群のうち6月以降に現れる0群は0歳魚であり、I群のほとんどは1歳魚に相当すると思われる。冬季に現れるII群は満2歳魚に達する直前の群と思われるけれどもその出現比率は小さく、まき網漁業の主漁期の漁獲対象にはなっていない。

このように5年間の体長組成調査(図4)から推測してこの海域(図1)でまき網漁業が漁獲対象としているマアジの主体は盛漁期の0,1歳魚であり、比較的単純で若齢魚に偏った組成で構成されている。

加入量指標値と漁獲量との関係 日本海南西海域では中層トロールにより0歳魚の現存量を推定する手法が開発され¹¹⁾推定された0歳魚現存量指標値と境港に6月~12月に水揚げされる1統あたり0歳魚尾数との間には有意な正相関が認められた。¹¹⁾

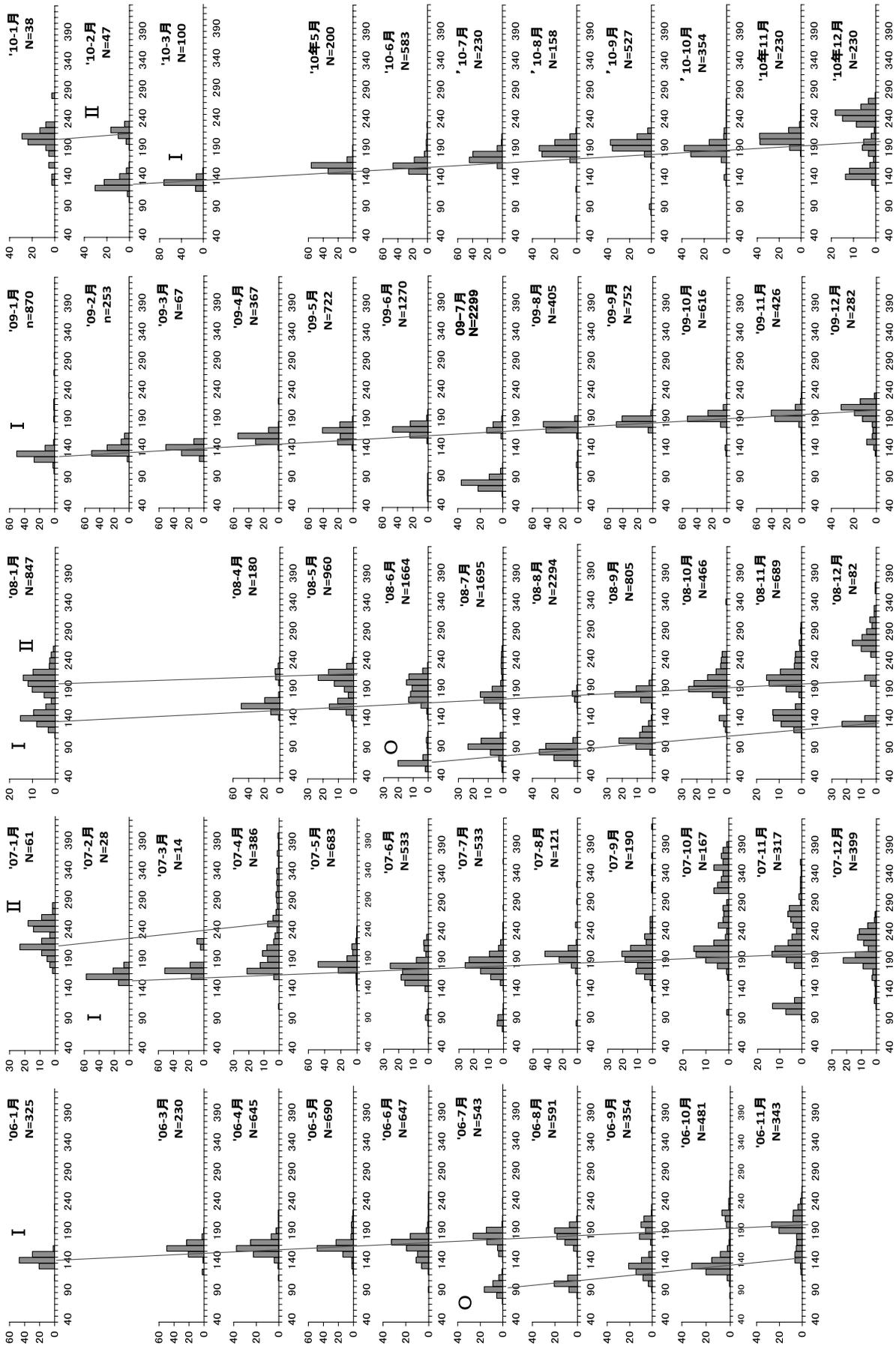


図4. 浜田漁港にまき網漁業で水揚げされたマアジの体長組成・横軸の数値は尾叉長 (mm), 縦軸の数値は組成 (%)をそれぞれ表す

そこで中型まき網漁業の盛漁期である5月～7月(図3)の合計漁獲量と加入量指標値の関係をみると(図5)変動傾向は一致しない($r = -0.22$; $n=8$)。漁獲物の体長組成から5～7月にまき網で漁獲されるマアジは0～1歳魚であり大部分は1歳魚である(図4)ことから1年のタイム・ラグで変動傾向をみたが有意な相関関係は認められなかった(図5; $r = 0.30$; $n=7$)。

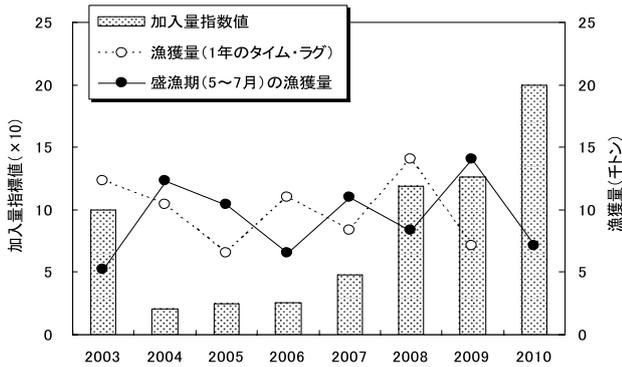


図5. 加入量指標値と5月～7月の漁獲量及び1年のタイム・ラグ漁獲量との関係

このように両者の経年変動の関係をみると当該海域における春～初夏(5～7月)にかけての漁獲量は加入量指標値だけでは説明できず、魚群の来遊のしやすさ、漁場形成のされやすさなど海況条件が関連して起きていることが示唆される。

漁況に及ぼす海況とくに水温の影響と若干の議論
 中型まき網漁業の漁獲量とマアジ適水温指標との関係をみたところ、盛漁期である5月～7月の経年変動は適水温指標の経年変動とよく似た変動傾向を示し(図6)、両者の間には有意な相関関係が認められる($r=0.813$; $n=13$, $p<0.01$)。このことは初夏のマアジの適水温の体積が大きいほどその時の漁獲量が多いことを示している。

この海域で水温と漁況とを関連づけて検討した木所ら^{9,12)}は対馬暖流域の水温が低い年には日本海へのマアジの来遊が制限されることを報告したが、この指摘は定性的な記述に留まっており、今回用いた適水温体積はマアジの適水温空間が拡大するほどその水域のマアジ漁獲量が増加すると言え、今回用いた指標がマアジの来遊条件に適合した結果、よりの確に水温条件とマアジ漁況とを定量的に関連付けたと言えよう。すなわち島根県沿岸のマアジ漁況は魚群の「来遊のしやすさ」に関わる海況要因、言い換えれば「補給機構」に関わる海況条件に依存していると考えられることができる。

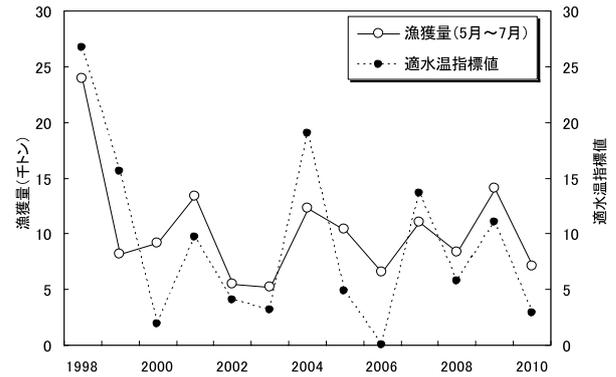


図6. 適水温指標値と5月～7月の漁獲量との関係

0歳魚のこの海域への加入過程は中層トロールによる採集結果を用い主として海流路との関連で議論されている^{9,13)}そして日本海に出現するマアジの大部分は対馬海流の上流域の東シナ海で発生したものと推定されている⁹⁾その後0歳魚が秋以降、越冬期に向けてどのような移動回遊するのはよく分かっていない。志村⁸⁾は標本船調査の結果から0歳魚の一部は隠岐諸島周辺で越冬して瀬付き群になると推測している。また山田⁷⁾は水温、海底地形から鳥取以西が若年魚の越冬場として好適であると考えている。

沖合底びき網漁業の季節的漁獲量変動をみると年々による変動は大きく、まき網漁業に比較すれば漁獲規模ははるかに小さいけれども、秋漁よりも冬～春漁のほうが漁況が上向く傾向がある(図3)。これはマアジが陸棚上の底層を越冬場としていることを示している可能性がある。マアジは初期生活期には浮遊生活を送るが成長とともに生活域はしだいに陸棚上の中・底層に移っていくため、マアジは底魚的な特性も併せもっているとされる^{14,15)}今後は日本海に來遊してから最初の越冬場としての九州西岸海域～日本海南西部陸棚の意義を検証していく必要がある。

越冬後の春以降、水温の上昇とともに漁況が上向いていくのは水温体積と漁獲量が正相関している(図6)ことからマアジの好適水温の空間が拡大していくことで説明できるだろう。今回用いた16℃以上で指標される水塊体積の増減という要因が対馬海流によって輸送されるエネルギーや流路の変動とどのように関わっているのか、さらに加入量指標値も含めたマアジ0～1歳魚の総合的に解釈可能な補給機構について検討していく必要がある。

謝辞

この調査で使用した資料の一部は「我が国周辺水域の漁業資源評価」によって得られたものである。ここに記して関係者に感謝する。

文献

- 1) 開内 洋, 井岡 久, 石原成嗣 (2000) マアジの総脂質含量の季節変動について. 水産物の利用に関する共同研究, 第 40 号, 16-18.
- 2) 開内 洋, 井岡 久, 石原成嗣 (2001) 島根県産マアジの脂質について. 水産物の利用に関する共同研究, 第 41 号, 47-52.
- 3) 清川智之, 井岡 久 (2007) ポータブル型近赤外線分光分析装置によるマアジ, アカムツ脂質含有量の非破壊測定とその活用事例. 島根水技セ研報, 1, 11-17.
- 4) 内田 浩 (2010) 水揚げ現場での脂の乗り (脂質含量) の測定への試み—島根県浜田漁港発“どんちっちあじ”—. ていち, No. 117, 1-8.
- 5) 村山達朗, 若林英人, 安木 茂, 沖野 晃, 伊藤 薫, 林 博文 (2005) 漁獲管理情報処理システムの開発. 島水試研報, 12, 67-78.
- 6) (独) 水産総合研究センター (2011) マアジ対馬暖流系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価 (平成 22 年度) 水産庁増殖推進部.
- 7) 山田鉄雄 (1969) 日本海におけるマアジの分布と漁場に関する考察. 長崎大学水産学部研報, 28, 111-130.
- 8) 志村 健 (2003) 山陰海域のマアジの分布と移動. 鳥取水試報告, 37, 112-117.
- 9) 木所英昭, 安木 茂, 志村 健, 加藤 修 (2005) 日本海西部におけるマアジの加入前の分布様式と対馬暖流の関係. 水研センター研報, No. 14, 1-6.
- 10) 森脇晋平, 向井哲也, 佐々木正 (2009) 日本海南西沿岸水域における長期的な海況変動—出現する水塊体積の経年変動—. 島根水技セ研報, 2, 1-6.
- 11) 志村 健, 大下誠二, 寺門弘悦, 田 永軍 (2009) 日本海南西海域における中層トロールと面積密度法を用いたマアジ当歳魚の現存量推定手法の開発. 日水誌, 75 (6), 1042-1050.
- 12) 木所英昭, 加藤修, 田 永軍 (2007) 対馬暖流の低水温が与えるマアジの日本海への来遊阻害. 水産海洋研究, 71 (1), 48-50.
- 13) 木所英昭 (2004) 日本海沿岸へのマアジの加入過程. マアジの産卵と加入機構—東シナ海から日本沿岸へ—. (水産学シリーズ 139), 83-91.
- 14) 山田鉄雄 (1958) アジに関する研究. 対馬暖流開発調査報告書 4, 145-176.
- 15) 深滝 弘 (1960) 対馬暖流水域におけるマアジ資源の加入過程に関する考察 I. 稚仔魚の出現分布にもとづく考察. 日水研年報 6, 69-85.

日本海南西沿岸海域におけるマサバの摂餌生態

森脇 晋平¹・宮邊 伸²

Feeding habits of mackerel, *Scomber japonicus*, in the coastal waters southwestern Japan Sea

Shimpei MORIWAKI and Shin MIYABE

キーワード：マサバ，摂餌生態，胃内容物，日本海南西沿岸海域

はじめに

マサバは 1970 年代の「サバ類（マサバ）漁獲時代」には，日本海側山口県～福井県の日本海西部海域での漁獲量が 20 万トンレベルにおよび，当海域の浮魚類の中では最重要魚種であった。最近ではサバ類の漁獲量が減少しているが，2005 年～2008 年の平均で約 3.4 万トン水揚げされており，日本海南西沿岸海域で操業するまき網漁業の主要な漁獲対象魚種のひとつである。

このような重要魚種の摂餌生態を調査することは，魚類の資源変動機構を理解するための知見，及び適切な資源管理を実施するための知見を得るうえで基礎的な作業のひとつで，対馬暖流系マサバの食性についても従来から多くの調査研究が行われてきた。^{1～3)}しかしながら，これまでは胃内容物のリスト作成に留まっているように思われる。

マサバは魚種交替を行う浮魚類のなかでは相対的に大型の魚種で，仔魚期の段階から動物食性・魚食性を示し，マサバの食性を調査することは自身の生き残りや他の生物に与える影響を解明するうえで重要な課題であると思われる。今回我々はマサバ食性の変動を生物的環境との関連性に視点を当てて解析を行うように努め，若干の知見を得たので報告する。

資料と方法

調査に用いたマサバは，2010 年 3 月～2011 年 3 月にかけて日本海南西沿岸海域の浜田沖及び隠岐諸

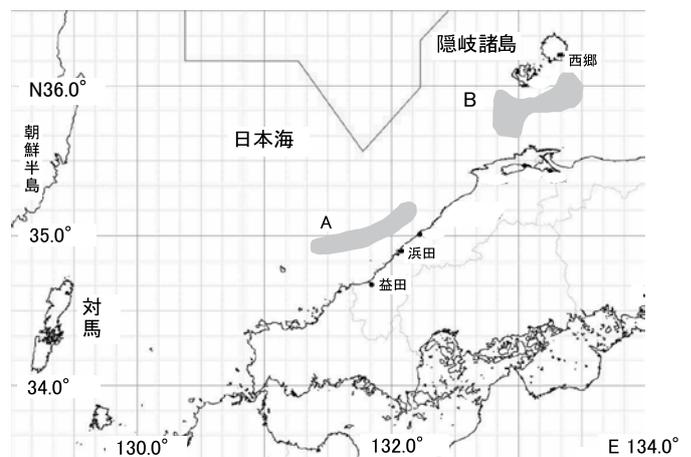


図 1. 調査対象海域の地理的概要. A：浜田沖漁場； B：隠岐諸島周辺漁場

島周辺海域（図 1）で操業したまき網漁業の漁獲物の中から採集した。

得られたマサバの体長，体重を測定した後，開腹して胃を取り出し切開して内容物を電子天秤上に移し重量を求めた。胃内容物は可能なかぎり詳しく種類を査定し，個体毎に記録した。

ただ，消化の程度が著しく進んだ状態のものもあり種名まで査定できない場合も多くあった。この報告では胃内容物組成を各標本毎の餌料出現頻度の百分率⁴⁾で示した。また摂餌率を（胃内容物重量 / 体重 × 100）により求めた。

結果と考察

胃内容物の種類と出現頻度 日本海南西沿岸海域

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 鳥取県水産試験場 Tottori Prefectural Fisheries Experimental Station, Sakaiminato 684-0046, Japan

でまき網漁業により漁獲されたマサバ 35 標本 1,936 個体の胃内容を調査した (付表 1, 2). その結果, 次の種類がマサバの胃内容物に見出だされた. すなわち,

- ①魚類: カタクチイワシ, マアジ, ウルメイワシ, マイワシ, サイウオ類が確認できた.
- ②頭足類 (イカ類): やや大型でそれほど消化の進んでいない個体についてはスルメイカとケンサキイカが査定できた. それ以外の小型個体についてはケンサキイカは墨汁嚢上に発光器が存在することで確認できたが, 無いものについては同定できなかった. またミミイカ類も 1 例出現した.
- ③甲殻類: これらは浮遊性の小型種が大部分を占め, 消化の進んだものも多くあった.
- ④サルパ類: 筋肉質状で桃色～黄褐色を呈し, 西村の報告⁵⁾と一致するのでそれと認めた. どの個体もかなり消化が進んでおり種名の査定は困難であった.
- ⑤魚鱗: 上記以外に直径 3～4mm の円鱗がしばしば見出だされた. これらの鱗は噴門部あるいは盲囊中にあった. 盲囊部に存在するものは薄い粘膜状の物質に包まれていたので摂取後ある程度の時間が経過したものと判断した.

浜田沖漁場 (図 1, A) で漁獲された 1,476 個体を調査した結果 (付表 1), 魚類 15.9%, イカ類 10.3%, 甲殻類 14.8%, サルパ類 35.8% の出現頻度を示した. このようにマサバの餌料としてはサルパ類が最も多く魚類と甲殻類がこれに次いでいた. 魚類のうちではカタクチイワシが最も多く捕食されていた. 一方, 隠岐諸島周辺漁場 (図 1, B) での結果 (付表 2) によれば, 魚類 19.3%, イカ類 1.3%, 甲殻類 18.0%, サルパ類 28.5% の出現頻度を示した.

今回の調査結果から対象とした海域においては, 魚類, 甲殻類, イカ類及びサルパ類がマサバの主要な餌となっていることが明らかになった. また胃内容物の種類や出現頻度の順位, 組成を比較したところ, 浜田沖漁場と隠岐諸島周辺漁場との間に大きな差異があるとはいえない.

胃内容物出現頻度の季節変化 前節で明らかになった胃内容物の各種類の胃内における出現頻度の季節変化を検討するため, 1ヶ月毎にまとめて図 2, 3 に示した. 魚類の出現頻度は 6 月から急激に増大して 9 月以降は減少して低レベルで経過した. イカ類の出現頻度は 5 月に高く, 次いで 3 月, 10 月, 12 月でもやや高い数値が得られた. 甲殻類のそれは浜田沖漁場では 11～12 月にピークがみられ隠岐諸島

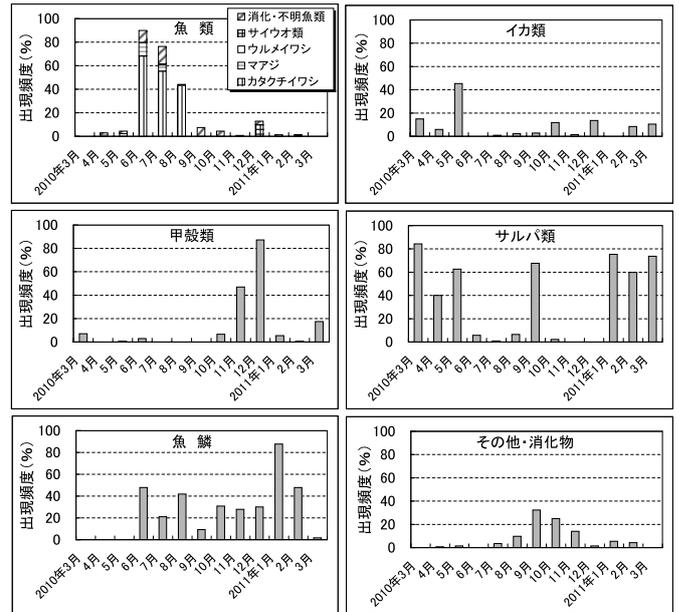


図 2. 浜田沖漁場における胃内容物組成の季節変化

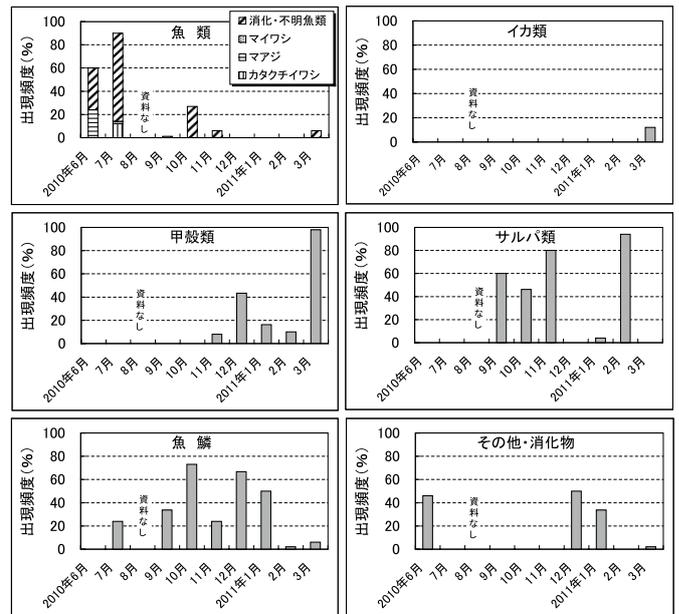


図 3. 隠岐諸島周辺漁場における胃内容物組成の季節変化

周辺漁場では 3 月にピークが現れた. サルパ類の出現頻度は 6～8 月ではきわめて低い水準であり, 浜田沖漁場では 10～12 月では全く出現しない状況を示したが, それ以外の月では高い水準を維持した. このように浜田沖漁場では主に 6～8 月の魚類を捕食する時期と 11～12 月の主に甲殻類を捕食する時期とに明瞭に分かれ, 5 月はイカ類を捕食する頻度が高くなった. またサルパ類は魚類・甲殻類の出現頻度の低い時期に高くなる傾向が顕著に認められた.

隠岐諸島周辺漁場でも基本的に浜田沖漁場と同様な変動が認められ、両漁場間に大きな差異はなかった。すなわち、この海域のマサバ食性には明瞭な季節変動—食性の転換—がみられた。

摂餌率と捕食魚類の体長組成 平均摂餌率は0.11%～9.23%の範囲を変動した(付表1,2)。そのモードは1%未満台にあった。しかし、平均摂餌率が1%以上の比較的高い時期は6～8月と11～12月に集中し、それぞれ魚類と甲殻類の捕食頻度が高い時期と一致する。

捕食された魚類のうち個体数の多かったカタクチイワシとマアジの体長組成を図4,5に示す。カタクチイワシは浜田沖漁場では6月30日にモードが40mmに、7月23～28日にモードが70～95mmに、8月18日にはモードが100mmにそれぞれみられた(図4,左)。隠岐諸島周辺漁場では7月14日に体長80mm台の魚体がみられたが(図5,左)、大多数を占める不明魚もやや消化が進んでいるもののこの大きさのカタクチイワシと推定された。一方マアジでは6月9～10日のモード30mm～50mmから7月16日のモード60mmに変化した(図4,右;図5,右)。

若干の議論 対馬海流系マサバの食性調査^{1～3)}によればその主要な餌生物は魚類、とりわけカタクチイワシ、甲殻類、サルパ類であり、今回得られた結

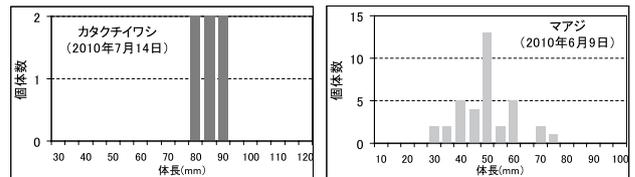


図5. 隠岐諸島周辺漁場における捕食された魚類の体長組成. 左:カタクチイワシ;右:マアジ

果はこれらの諸研究の結論と一致している。

この調査で用いた解析手法では、サルパ類の出現頻度が高い水準を示した。マサバの餌生物としてのサルパ類の重要性は西村^{2,5)}によって指摘されているが、今回得られた結果からはサルパ類と魚類・甲殻類とは相補的關係にあるように思われる。すなわち、マサバの餌生物としての魚類・甲殻類が量的に減少あるいは消滅した時期にサルパ類の捕食が活発化するよう思われる。

胃内容物に魚鱗がしばしば見出されたが、マサバ自身の魚鱗あるいは同時に漁獲された魚類の鱗もふくまれていた。噴門部及び盲嚢部にみられたが、前者の鱗の消化はまったく進んでいない状態であり、後者のそれは粘液に包まれ明らかに消化が進んでいた。これまで胃内容物中の鱗は漁獲中に誤飲されたものと考えられている。^{3,5)} 噴門部のものはそれで理解できるが、盲嚢部の鱗はその考えでは不自然である。盲嚢部に出現したのは浜田漁港で水揚げされた標本に多かったが、浜田漁港に水揚げするまき網漁業は通常、日の出前の1回操業であるので漁獲中に飲み込んだとすれば噴門部に見出されるだろう。盲嚢部中の消化の進んだ鱗は、漁獲されるかなり以前に高密度に集群してあるいは索餌中に狂奔し、その最中に剥がれた鱗を摂取したと考える。マサバはかなり貪食な魚種で捕食可能な状態にある物体は雑多な物まで食うことが報告されている^{6,7)} ことからこの考えを支持することができる。

平均摂餌率は0.1～9%台と標本毎に大きく変動したが、1%未満の数値が最も多く出現した。これは、体長14～27cmのマサバ199尾を飽食状態までカタクチイワシを餌として与えて得られた平均摂餌率5.9%⁸⁾を著しく下回る。この結果は、漁獲される際に胃内容物を吐出する可能性を考慮しても、自然界では群個体の平均摂餌率は本来個体がもつ最大摂餌率に比較してかなり低い水準に抑えられる⁸⁾という考えを支持する。

マサバの胃内容物組成には明瞭な季節変動がみられた。食性の転換という現象はマサバ自身の餌選択性とマサバを取りまく餌生物の組成の変化という生

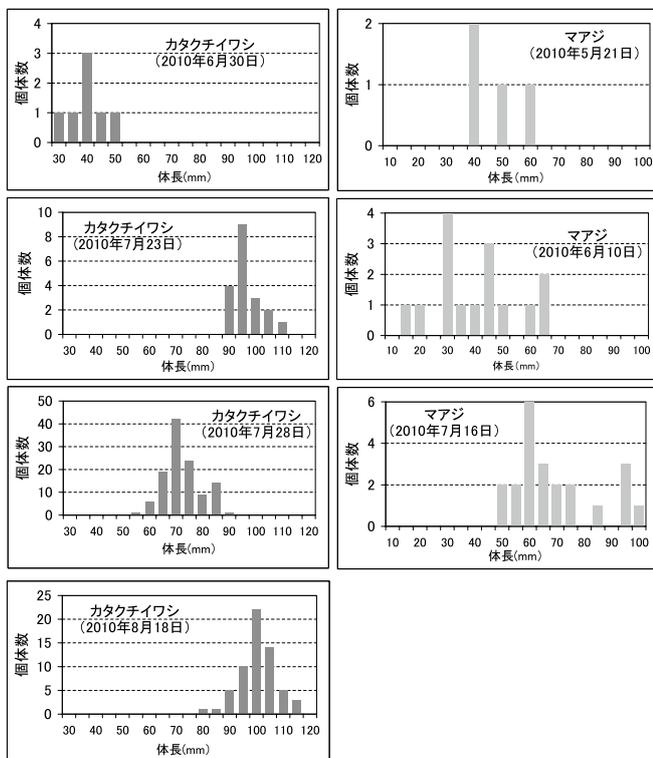


図4. 浜田沖漁場における捕食された魚類の体長組成の変化. 左:カタクチイワシ;右:マアジ

物的環境との2つの要因によって生起すると考えられる。

中層トロール網を用いた幼稚魚の採集結果によると日本海南西部沿岸海域には5月下旬以降、尾叉長20～50mmのマアジが来遊してくる。^{9,10)} カタクチイワシについては同質の資料はないが、島根半島沿岸で操業する「いわしすくい網漁業」は5月下旬から6月上旬に始まり体長約3cmのカタクチイワシが主な漁獲対象種であり、6月に漁獲量のピークを迎え7月下旬の体長約8cmのカタクチイワシをもって終漁する。¹¹⁾ このように、この海域でマアジとカタクチイワシが急増する時期とマサバが捕食している魚類—マアジとカタクチイワシ—の出現頻度が高まる時期との一致がみられたことは餌生物の量的変動が食性転換に強く作用することを示している。

一方、浜田沖漁場に近い山口沖における動物プランクトンの群集構造の季節変動を調べた結果¹²⁾によるとカイアシ類が最優占群であり、その出現量のピークは3月、6月、11月にある。マサバの食性の季節的変動をみると、甲殻類の出現頻度の高い時期は浜田沖漁場では11～12月にある(図2, 左)。実際、2007年11月14日に益田市沖北約60マイルの地点で夜間停泊中の試験船「島根丸」の灯下に大量の小型甲殻類のニホンウミノミとそれを捕食する多数のマサバが狂奔群泳しタモ網でたやすくすくえた。^{*} 隠岐諸島周辺漁場では甲殻類の出現頻度の高い時期は12月と3月にあり(図3, 左) 浜田沖漁場でも3月に低い出現がみられている。このようにカイアシ類の出現の時期とマサバの甲殻類への食性転換期—11～12月及び3月—はよく一致する。すなわち、魚類と同様に甲殻類についてもその量的消長がマサバの食性転換に大きく関与していることを示している。

すでに述べたように、魚類と甲殻類が貧弱になる時期にサルパ類の出現頻度が高くなった。近年、サルパ類をふくむ浮遊性被囊類の海洋生態系における重要性が指摘されている¹³⁾が、サルパ類の自然における季節的な量的消長期に関する情報も含めた生態的な知見は乏しく、マサバの餌生物としての評価は今後の課題であろう。

6～8月にかけてはマサバは専ら魚類を捕食していたが、魚種が同定可能であったものについてみるとカタクチイワシが圧倒的に多く、マアジは個体数

でその1/5弱程度であった。高橋⁶⁾は体型や骨格の硬軟の差異に伴うマサバのより強いカタクチイワシへの選択性を飼育実験から明らかにしている。また、いわしすくい網の漁獲物組成はカタクチイワシが圧倒的に多くマアジはごくわずかである。¹¹⁾ この差は必ずしも現存量を反映したものではないかもしれないが、マサバのカタクチイワシへの嗜好性の強さとマアジの量的な少なさとが作用したものと考えられる。

捕食されたカタクチイワシの体長組成の経時的変化をみると6月30日のモード40mmから8月18日のモード100mmまでマサバはカタクチイワシの成長段階に対応した捕食活動をしているようにみえ、来遊してくるカタクチイワシをいわば選り好みせずに捕食していると思われる。ただ、この海域(図1)には2月～4月にかけて体長13cm以上のカタクチイワシが来遊する¹⁴⁾が、2～3月にはマサバはカタクチイワシを捕食していなかった(附表1, 2)。このことは両者の体長や遊泳能力の相互関係により、この時期のマサバはカタクチイワシを捕食できなかったものと推測される。

一方マアジはカタクチイワシに比べて早い時期から捕食され6月9～10日のモード30mm～50mmから7月16日のモード60mmに変化した。それ以降では7月23日に体長約70mmのマアジを1尾捕食したのみであった。今回の食性調査を実施した同年(2010年)に島根県沖合で6～7月に実施された中層トロールによるマアジ幼魚の採集結果によればマアジ体長のモードは20～30mm台にあり、マサバが捕食していたマアジは共存していると思われるマアジのモードと比較して大きかった。すなわちマサバは大型のマアジを選択しており、カタクチイワシに対する摂餌選択性とは異なる可能性が示唆された。この点についてはマサバと餌生物のマアジ幼魚との遊泳層の相異といった視点からの検討も必要となろう。

このようにマサバの食性の変化は第一義的には外部環境の変化を反映したものと考えられるが、細部にわたって検討するとカタクチイワシとマアジへの選択の差にみられたようなマサバ自身に起因すると思われることによっても変化すると考えられ、今後はこれら諸要因に焦点をあてた解明が待たれる。

謝辞

* 島根県水産技術センター内部資料

には胃内容物の査定にあたり有益な示唆・指導をいただいた。鳥取県水産試験場増田紳哉場長と島根県水産技術センター寺門弘悦主任研究員には草稿の段階で有益な指摘をいただいた。厚くお礼申し上げる。この研究の一部は「我が国周辺水域資源調査推進委託事業」で得られたものである。

文献

- 1) 松井 魁・前田 弘 (1958) マサバの食性. 対馬暖流開発調査報告書 4, 92-105.
- 2) 西村三郎 (1959) 1958年新潟県沿岸で漁獲されたマサバの餌料と摂餌生態. 日本海区水研年報, 5, 77-87.
- 3) 飯塚景記・濱崎清一 (1986) 日本海南西海域から東シナ海におけるマサバの生態-II. 漁場群別の生物特性. 西水研研報, 63, 15-48.
- 4) 畑中正吉・飯塚景記 (1962) モ場の魚の群集生態学的研究-I. 優占種をとりまく魚類の栄養生態学的地位. 日水誌, 28, 5-16.
- 5) 西村三郎 (1958) 中部日本海産マサバの摂餌に関する一知見—トガリサルパの摂取について—. 日水研年報, 4, 105-112.
- 6) 高橋正雄 (1966) マサバの摂餌生態に関する研究 I. 食性と摂餌の選択性. 広島大学水畜産学部紀要, 6, 431 - 446.
- 7) 狩谷貞二・高橋正雄 (1969) マサバにおける胃内容物量と摂餌量との関係. 日本水産学会誌, 35(4), 386-390.
- 8) 大方昭弘 (1987) 海洋における生物生産過程と沿岸環境一種の生産過程と群集 (5) —. 海洋と生物, 48 (第9巻, 1号), 65-70.
- 9) 木所英昭・安木 茂・志村 健・加藤 修 (2005) 日本海南西部におけるマアジの加入前の分布様式と対馬暖流の関係. 水研センター研報, 14, 1-6.
- 10) 志村 健・大下誠二・寺門弘悦・田 永軍 (2009) 日本海南西海域における中層トロールと面積密度法を用いたマアジ当歳魚の現存量推定手法の開発. 日本水産学会誌, 75 (6), 1042-1050.
- 11) 森脇晋平・開内 洋・中村初男・小谷孝治・竹森昭夫 (2011) 沿岸漁業の複合経営に関する研究-II. —島根半島沿岸域における「いわしすくい網漁業」及び「いわし浮しき網漁業」の操業実態と漁況—. 島根水技セ研報, 3, 1-13.
- 12) Hirakawa K., Kawano M., Nishihama S. and Ueno S. (1995) Seasonal Variability in Abundance and Composition of Zooplankton in the Vicinity of the Tsushima Straits, Southwestern Japan Sea. Bull. Japan Sea Natl. Fish. Res. Inst., 45, 25-38.
- 13) 石井晴人・秋保太郎・松田宗平 (2008) ゼラチン質プランクトン. 海洋プランクトン生態学—微小生物の海—. p. 194-217, 成山堂書店.
- 14) 志村 健・山本 潤・森本晴之・大下誠二・下山俊一・桜井泰憲 (2008) 春季の日本海鳥取沖におけるカタクチイワシの成熟と産卵. 水産海洋研究, 72(2), 101-106.

付表 1. 浜田沖漁場の調査概要

期日	魚類										その他・ 消化物					
	調査個体数	平均尾叉長 (mm)	平均体重 (g)	空胃個体数	最大摂餌率 (%)	平均摂餌率 (%)	魚類計 (%)	カタクチ イワシ	マアジ	ウルメ イワシ		マイワシ	サイウ 消化・不明 魚類	イカ類	甲殻類	サルバ類
2010年3月18日	141	270.1	249.0	6	6.86	0.62	0					21	10	119		
4月9日	57	242.3	177.3	14	2.13	0.40	0					6		38		
4月26日	78	233.3	158.8	58	2.78	0.11	4	1			3	2		16		1
5月6日	72	254.7	225.6	7	4.28	0.92	0					34		43		2
5月21日	67	256.3	239.7	2	5.26	1.33	6				3	29	1	44		
6月10日	20	258.6	242.4	0	4.23	1.51	9				2		1	4	13	
6月30日	49	279.3	330.1	0	8.14	4.32	53				5		1	20		
7月16日	30	288.5	337.9	2	7.20	2.72	13				8		1	24		
7月23日	25	199.5	100.0	1	20.56	9.23	27				9			1		
7月28日	59	303.2	407.8	10	9.28	4.31	47		1			1				
8月10日	24	208.3	116.7	0	7.07	2.68	0					1		6	24	2
8月18日	69	297.2	408.5	5	9.28	2.33	41	40			1	1		15	7	
9月10日	48	250.5	208.2	2	4.37	1.25	8				8	2		33	10	9
9月28日	60	251.2	200.9	6	7.89	0.27	0				4	1		40		26
10月12日	65	246.6	189.0	7	7.89	1.83	4				4	14	9	3	33	8
10月21日	71	249.6	186.8	30	0.83	0.14	2				2	2		3	9	26
11月7日	73	246.1	175.8	21	14.85	1.30	0						13		21	19
11月19日	63	239.2	159.1	2	7.35	1.86	1				1	2	51		17	
12月13日	73	245.0	178.2	1	18.51	8.88	16			13	3	17	60		39	2
12月22日	60	259.8	226.1	3	7.43	1.93	1				1	1	56		1	
2011年1月11日	73	268.5	231.8	1	3.61	1.34	1				1		4	55	64	4
2月3日	71	270.3	223.7	7	1.77	0.42	2			1	1		1	59	33	4
2月24日	71	249.5	170.9	14	5.42	0.66	0					12		26	35	2
3月28日	57	257.0	210.5	9	2.46	0.50	0					6	10	42	1	0
計	1,476			208			235	151	17	1	0	14	217	529	359	116

付表 2. 隠岐諸島周辺漁場の調査概要

期日	魚類										その他・ 消化物					
	調査個体数	平均尾叉長 (mm)	平均体重 (g)	空胃個体数	最大摂餌率 (%)	平均摂餌率 (%)	魚類計 (%)	カタクチ イワシ	マアジ	ウルメ イワシ		マイワシ	サイウ 消化・不明 魚類	イカ類	甲殻類	サルバ類
2010年6月9日	50	304.4	408.3	4	3.99	0.42	30				18					
7月14日	50	162.4	52.4	0	13.93	3.23	45			1	38				12	
9月15日	50	233.9	172.6	3	1.87	0.47	1				1			45		
9月30日	30	240.6	178.9	1	3.19	1.31	0							3	27	
10月1日	26	220.1	131.1	0	8.11	3.25	7				7			12	19	
11月15日	50	243.0	159.9	1	1.81	0.28	3				3			40	12	
12月10日	30	258.7	198.9	0	1.75	0.53	0						4	20	15	
2011年1月11日	50	277.6	237.4	9	1.17	0.25	0						13	1	22	19
1月14日	24	259.1	186.1	0	1.86	0.69	0						12	2	15	6
2月21日	50	261.1	200.3	3	2.67	0.80	0						5	47	1	
3月4日	50	264.4	226.7	1	6.62	2.14	3				3	6	49	3	3	1
計	460			22			89	6	12	0	0	70	83	150	131	64

資料

島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について－Ⅲ

高橋勇夫¹・寺門弘悦²・村山達朗³

Construction of spawning ground of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis*
in the western river, Shimane Prefecture – III

Isao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAKADO and Tatsuro MURAYAMA

キーワード：アユ，産卵，産卵場造成，高津川，江の川

はじめに

島根県西部の主要河川である，高津川及び江の川では天然アユの遡上量を増大させるために漁業協同組合が中心となって様々な取り組みを行っている。しかし，近年の夏季から秋季にかけての少雨傾向と，堰堤による砂利供給量の不足により，下流部のアユ産卵場の河川環境は年々悪化してきている。そこで，高津川および江の川におけるアユの主要産卵場の機能回復を「造成」によって図ること，さらにそこでの産卵状態を検証することを目的として調査を行った。

I. 産卵場事前調査

資料と方法

産卵場の事前調査として 2010 年 8 月 30 日に図 1 に示した江の川の谷住郷の瀬，長良の瀬，瀬尻の瀬，2010 年 8 月 31 日に図 2 に示した高津川の虫追（むそう）の瀬，バイパス上の瀬，バイパス下の瀬，長田の瀬，エンコウの瀬において潜水して河床の状態（礫組成，河床硬度等）を観察した。陸上からは瀬の周辺の河原の礫組成や流路形状を観察した。

結果と考察

1) 高津川

対象とした虫追の瀬からエンコウの瀬の間は，産

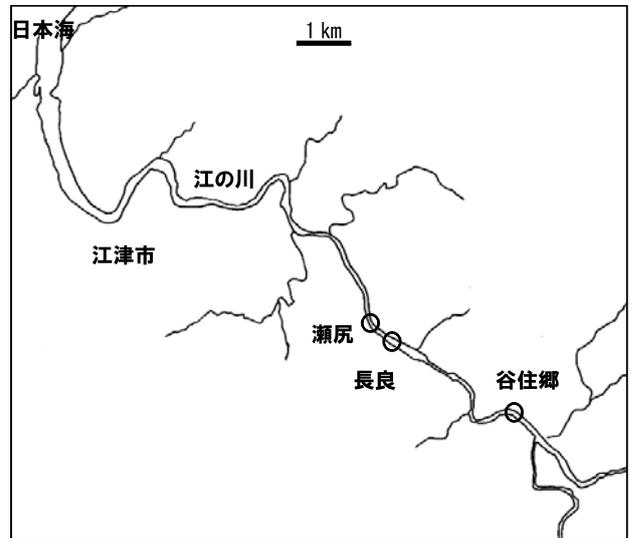


図 1. 江の川において産卵場候補とした瀬



図 2. 高津川において産卵場候補とした瀬

¹ たかはし河川生物調査事務所 Takahashi Research Office of Freshwater Biology, Konan, Kochi 781-5603, Japan

² 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

³ 現所属：農林水産部水産課 Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Matsue, Shimane 690-8501, Japan

卵に適当な小石底（径1-20cm）の浅瀬が広がり、それに隣接しての雌の親魚の休み場となる淵やトロ場もある。さらに、ふ化した仔魚の餌（プランクトン）が多い汽水域に近いので、ふ化仔魚の流下時における減耗が少ない点でも有利であることから、いずれもアユの産卵場に適した区間である。上記区間の河床の礫は、アユの産卵に適した5-50mm程度の礫が多いものの、産卵を阻害する20cm以上の礫が混入した場所も多い（長田の瀬等）。また、2010年は砂泥の混入がかなり多く（図3）、堅く締まった状態となっていた。したがって、産卵期の前に台風などによる出水がない場合は、河床が攪拌されず、堅く締まった状態のまま産卵期を迎えることになるため、産卵場を造成する方が望ましいと判断された。また、高津川漁協への聞き取りやこれまでの潜水調査結果を総合すると、2010年の親魚はサイズは小振りであるものの、数はかなりの程度残っていると



図3. エンコウの瀬の河床材料（河床表面には産卵に適した小石が多い（上）が、その下には産卵を阻害する砂泥が多く礫間が目詰まりしている（下））

判断された。以下に各調査地点について詳述する。

（1）虫追の瀬 2009年に産卵場造成を行い、アユの産着卵が確認できた場所である。左岸側に一本瀬が形成され、その右岸側に浅瀬が広がり、一本瀬に流れ込む形状になっていた。浅瀬の河床は全体的に軽いアーマーコート状態にあり、アユの産卵に好適な浮石状態ではなかった。河床表面の礫は5～20cm主体であった。その下層には産卵場に適した5cm以下の礫が多く埋まっていたが、砂泥も多く詰まっていた。後述するエンコウの瀬と異なり、河床勾配があつて良い。調査当日は、すでにアユが瀬についていた。

（2）バイパス上・バイパス下の瀬 国道9号バイパスの上下に位置する瀬である。バイパス上の瀬は直線的な早瀬で、全体的に大石（20cm以上）が多かった。バイパス上の瀬では、これまでアユが産卵した実績はない。バイパス下の瀬はアユの産卵に適した礫があるものの、面積がわずかであった。

（3）長田の瀬 2008年と2009年に産卵場造成を行い、両年とも産着卵が確認できた場所である。中央部に一本瀬があり、昨年（2009年）よりその流芯が左岸よりに変化した。流れの強い場所が多く、中・小型のアユが産卵に使える場所は瀬の辺縁部のわずかな面積に限られるであろう。右岸の河原は砂の混入が多いものの、産卵場の河床材料に適した小石（5-50mm）の堆積が多く見られた。

（4）エンコウの瀬 2008年と2009年に産卵場造成を行い、両年とも産着卵が確認できた場所である。流芯が左岸よりに偏り、右岸側には袋状にワンドが広がり、そこから流れの緩い瀬が流芯に向かって流れる形状になっていた。昨年（2009年）に比べ、瀬の位置が上流よりに変化した。瀬の河床は5cm以下の礫が主体だが、その下層は砂泥が詰まっていた。流芯部の河床は3～10cmの礫が主体であった。全体的に河床勾配が緩やかなことと産卵に適した礫（5-50mm）が少ないことが問題と考えられた。

2) 江の川

対象とした瀬尻の瀬から谷住郷の瀬の間は、産卵に適当な浅瀬が点在するものの、河床材料の粗粒化が進みつつある。また、ふ化した仔魚の餌（プランクトン）が多い海域に近いことが重要であるが、近

年の河床低下のため、産卵場から海域の距離は遠くなっている。その間の汽水域がアユ仔魚の保育場として好適な条件を備えていれば、大きな問題はないものの、江の川の汽水域の環境についてはまだ不明な点が多い。上記区間の河床の礫は、アユの産卵に適した 5-50 mm 程度の礫はあるものの、河床材料の粗粒化が進みつつあり、産卵を阻害する 20cm 以上の礫が混入した場所も多い。また、2009 年までの調査では砂泥の混入がかなり多く、堅く締まった状態となっていた。しかし、2010 年は長良の瀬の下流側に産卵に好適な浮き石の小石底が観察された(図 4)。面積はおおよそ 1,500m²ほどあった。江川漁協への聞き取りによると、2010 年は夏場から不漁傾向で、事前調査で潜水した際もアユはほとんど観察されなかった。したがって、産卵期においても親魚数はかなり少ないと判断された。以下に各調査地点について詳述する。



図 4. 長良の瀬（下流側）の河床（産卵に適した小石が浮き石状態で堆積していた）

(1) 谷住郷の瀬 左岸側の瀬は、河床が軽くアーマーコート化し、砂の混入が多かった。上流側の瀬尻に部分的に産卵に適した箇所があったが、わずかな面積である。左岸側の河原に昨年（2009 年）まで多く堆積していた産卵に適した小石は流失していた。

(2) 長良の瀬 2008 年と 2009 年に産卵場造成を行い、両年とも産着卵が確認できた場所である。河床のアーマーコート化は軽かったが、5 cm 以上の礫が主体で、産卵を阻害する 20 cm 以上の大石も多く混入していた。また、石の表面に緑藻が付着し、産卵場としては不適な状態であった。ただし、長良の瀬の下流部に小石が堆積し、右岸から左岸に向

かってかけ上がり状の浅瀬が形成されていた。さらにその下流から瀬尻の瀬との間に産卵に適した小石が広範囲に分布しており、自然産卵場として機能すると考えられた。

(3) 瀬尻の瀬 昨年（2009 年）までは左岸側に一本瀬が流れ、その右岸側に浅瀬が広がる形状であったが、2010 年 7 月の大雨により、全体的な瀬に変化した。これまで自然の産卵場として好適な状態であったが、大雨で小石が流失し、上流からの小石の供給がないため岩盤がむき出ししている箇所がしばしば観察された。砂の混入も多く、自然産卵場として機能する可能性は低いと考えられた。

Ⅱ. 産卵場整備の基本方針

資料と方法

事前調査で得られた情報（河床の状態、親魚の量など）をもとに、造成場所、必要面積、造成方法などを検討した。

1) 高津川

(1) 造成場所の選定 産卵適地である虫追の瀬からエンコウの瀬の間には、①虫追の瀬、②バイパス上の瀬、③バイパス下の瀬、④長田の瀬、⑤エンコウの瀬がある(図 2)。このうち、②バイパス上の瀬は河床材料が粗く（径 30cm 程度の礫が多い）、造成する場合、時間がかかる上に産卵実績も乏しいため産卵しない可能性も高いと考えられた。また、③バイパス下の瀬は面積が小さいため、造成してもその効果があまり期待できない。以上から、今年の造成候補地として、①虫追の瀬、④長田の瀬、⑤エンコウの瀬の 3ヶ所を選定した。ただし、②バイパス上の瀬については、高津川漁協が試験的に造成して様子を見たいということで、漁協が独自に造成を行うことになった。

(2) 造成プラン 3つの候補地の造成プラン（方針と手順）を図 5～9 に示した。長田の瀬とエンコウの瀬については 2 種類のプランを策定したため、全部で 5 種類のプランとなった。

(3) 造成面積の検討 高津川のアユの適正生息数（天然遡上範囲を限定した場合）は約 340 万尾と試算されており、仮にそれをすべて天然遡上でまか

なうとすれば、ふ化量（流下量）として、約 57 億尾が必要と推定されている。¹⁾ ただし、現在は資源水準が低下しているため、24 億尾を当面の目標とすることが提言されている。²⁾ 筆者のこれまでの調査では、産卵場造成によって理想的な産卵環境を提供できれば、産卵場 100m²あたり 1 億尾の仔魚のふ化が十分期待できる（もちろん、産卵場面積に対して十分な数の親魚が確保できていることが条件となる）。この値を当てはめれば、当面、高津川に必要な産卵場面積はおよそ 2,400m²と推定される。ただし、造成した区域全体を産卵に好適な状態に整備することは難しく、全体面積の 70%が好適な状態にできれば上出来である。このことを考慮すると、造成面積としては約 3,500m²が目標値となる。2010 年の造成プランの組み合わせ（4 通り）の、合計造成

面積、作業日数、1 日あたりの造成面積を表 1 に示した。このうち、ケース 3・4 については造成面積が不足しており、まず除外した（親魚が少ないのであればケース 4 でも可であった）。残った 2 ケースの中で、効率の良い組み合わせはケース 2 で、造成予定面積も 3,400m²と目標値をほぼ満足している。以上から、漁協に薦める造成プランとしてはケース 2 が妥当と判断された。ただし、ケース 2 は最下流のエンコウの瀬の造成面積が狭く、仔魚の生き残りという面からは若干のハンディを抱えることになる。

（4）作業工程 ケース 2 における作業要領（使用機材、タイムスケジュール等）を表 2 に示した。

虫追の瀬の造成プラン

問題点

- ① 瀬肩には産卵に適した小石が多いが、全体的に砂泥の混入量が多い。
- ② 現状の地形では産卵可能面積が狭い（水深不足）。

造成方針

- ① 左岸側に導流堤を設置し、水を右岸側に回す
- ② 河床表面の大礫・砂泥を除去して、小砂利浮き石底をつくる
- ③ 河床の起伏を均して産卵可能面積を広げる（全体で 1500 m²程度を目標にする）

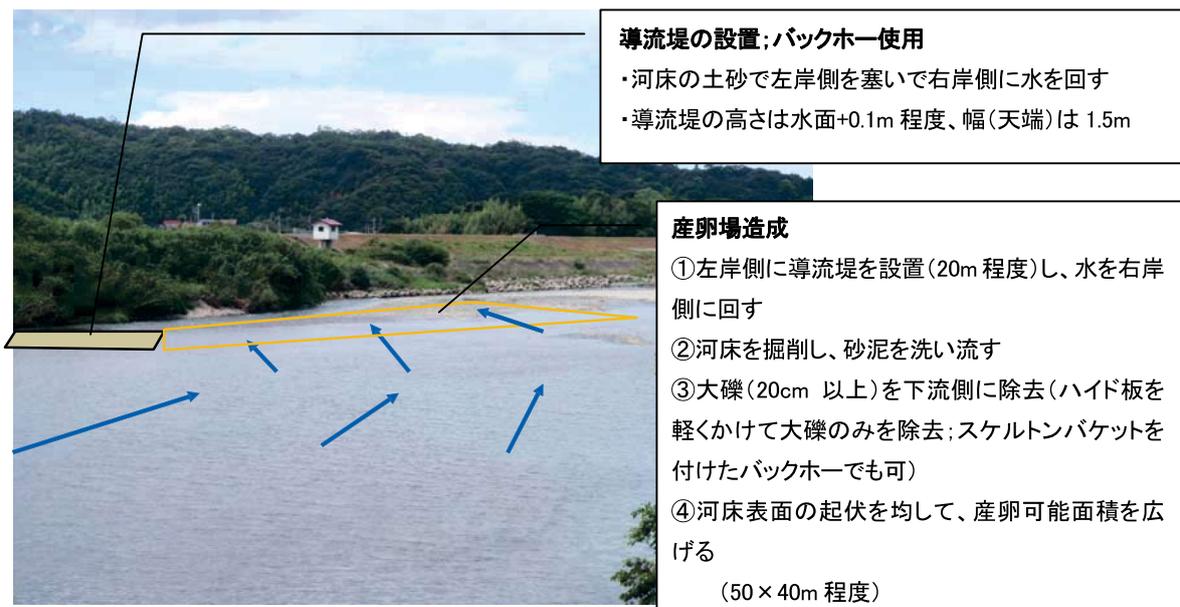


図 5. 虫追の瀬の造成プラン

長田の瀬の造成プラン（その1：水路案）

問題点：一本瀬になったため、産卵可能面積が狭い

造成方針：左岸側砂州に水路を掘削し、産卵場を形成する（造成面積：1500 m²）

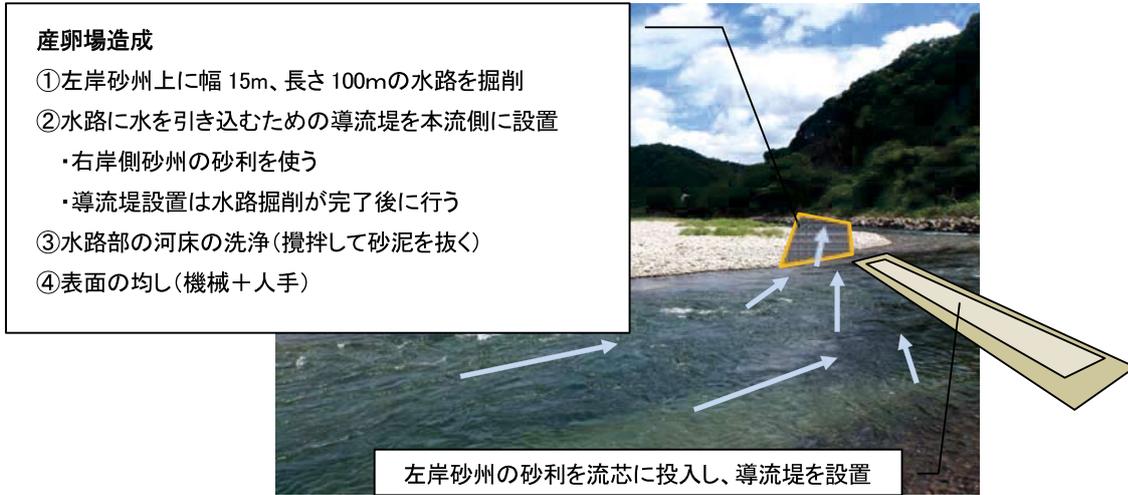


図6. 長田の瀬の造成プラン（その1：水路案）

長田の瀬の造成プラン（その2：砂利投入案）

問題点

- ①一本瀬になったため、河床表面の石が大きくなり、産卵に適した小石が少ない。
- ②産卵可能面積が狭い。
- ③砂が多い。

造成方針

- ①上流側の水位を維持しなければならないので、瀬肩に手をつけない。
- ②瀬の左右岸の砂州上の砂利を流芯に投入→水面を上げる（岸側への水の供給）。
- ③全体を均しながら広げる（造成目標面積：800 m²）



図7. 長田の瀬の造成プラン（その2：砂利投入案）

エンコウの瀬の造成プラン（その1：導流堤プラン）

問題点

- ①瀬肩に産卵に適した小石が多いが、砂泥を多く含む。
- ②造成するには河床勾配が緩すぎる（砂が抜けにくい）。

造成方針

- ①左岸側に導流堤を設置し、水を右岸側に回す
- ②河床表面の大礫・砂泥を除去して、小砂利浮き石底をつくる
- ③河床の起伏を均して産卵可能面積を広げる（750 m²程度を目標にする）

産卵場造成;主にブルドーザ使用

- ①造成範囲の地盤高をほぼ同じレベルに整地
- ②左岸側に導流堤を設置(20m 程度)し、水を右岸側に回す
- ③河床を掘削し(深さ 20cm 程度)、砂泥を洗い流す
- ④大礫(20cm 以上)を下流側に除去(ハイド板を軽くかけて大礫のみを除去)
- ⑤河床表面の起伏を均して、産卵可能面積を広げる
(50 × 15m 程度)
- ⑥表面の仕上げ均し(機械+人手)

導流堤の設置;バックホー・キャリアダンプ使用

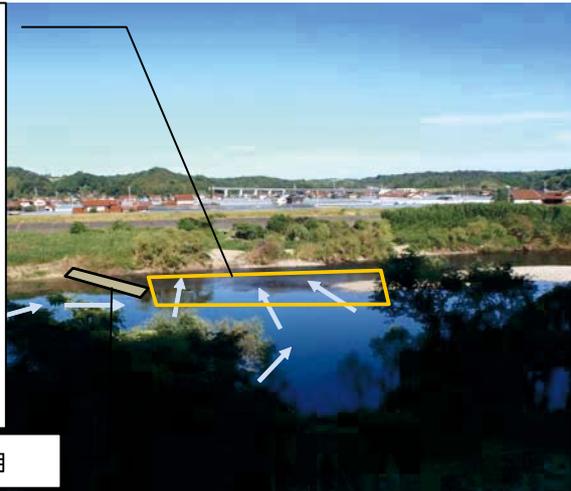


図8. エンコウの瀬の造成プラン（その1：導流堤プラン）

エンコウの瀬の造成プラン（その2：簡易整備プラン）

問題点：その1と同じ

造成方針

- ①地形上、広い造成面積を取ることが難しく作業効率が悪いいため、簡便な整備にとどめる
- ②現状河床を攪拌して、砂泥を除去して、小砂利の浮き石底をつくる（400 m²程度を目標）
- ③全体を均しながら広げる（造成目標面積：800 m²）

産卵場造成;主にブルドーザ使用

- ①造成範囲の地盤高をほぼ同じ状態に整地
- ②造成範囲の河床を掘削し(深さ 20cm 程度)、砂泥を洗い流す
- ③大礫(20cm 以上)を下流側に除去(ハイド板を軽くかけて大礫のみを除去;スケルトンバケットを付けたバックホーでも可)
- ④河床表面の起伏を均して、産卵可能面積を広げる
(40 × 10m 程度)
- ⑤表面の仕上げ均し(機械+人手)

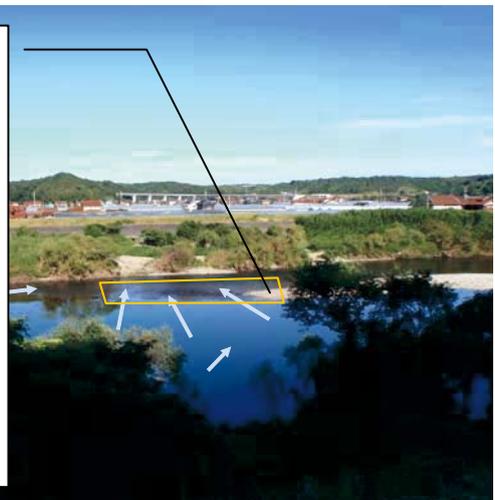


図9. エンコウの瀬の造成プラン（その2：簡易整備プラン）

表 1. 造成プランの組み合わせ

造成場所		造成予定面積 (m ²)	作業日数 (日)	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
虫追		1,500	1.5	○	○	○	○
長田	プラン1	1,500	1.5	○	○		
	プラン2	800	0.6			○	○
エンコウ	プラン1	750	2.0	○		○	
	プラン2	400	0.3		○		○
合計面積 (m ²)				3,750	3,400	3,050	2,700
合計作業日数 (日)				5.0	3.3	4.1	2.4
1日あたりの造成面積(m ²)				750	1,030	744	1,125

表 2. 高津川産卵場造成ケース 2 における作業要領案

高津川産卵場造成(ケース2)作業要領	
1) 使用機材、準備品	
<ul style="list-style-type: none"> ・ バックホー (バケットサイズ 0.7 m³程度) : 1 台 (バケットは、普通のホーバケットと、スケルトンバケットの 2 種類欲しい) ・ ブルドーザ (中型) : 1 台 (エンコウの瀬で、「導流堤プラン」を採用する場合は、キャリアダンプも必要) ・ レーキまたは三つ又ぐわ+軍手を参加人数分 ・ 川に入ることができる準備 (胴長、タイツ、川たび等 ; 人数分) 	
2) 工程 (表 1 に示したケース 2 を想定)	
◆虫追の瀬 : 10 月 8-9 日 (1.5 日)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ バックホーで左岸側に導流堤を設置 (水を右岸側に集める) →0.5 日 (バックホーは 8 日中に長田の瀬に回しておく) ・ ブルドーザで河床掘削 (砂泥の洗い流し) →0.5 日 (10 月 8 日午後) ・ 表面の整地 (大礫の除去+ハイド板で粗均し) →0.5 日 (10 月 9 日午前) 	
◆長田の瀬 :	
10 月 9 日	
<ul style="list-style-type: none"> ・ バックホー (スケルトンバケット) で水路を掘削 (掘削した土砂は水路の右岸側に) →1.0 日 ・ ブルドーザで水路の整地 (10 月 9 日午後) 	
10 月 10 日	
<ul style="list-style-type: none"> ・ バックホーで右岸側砂州の土砂を使って本流に導流堤を設置 (水路の流れ具合を見ながら導流堤の大きさを調整) →0.5 日 (10 月 10 日午前) ・ ブルドーザで水路表面の洗浄と整地 (10 月 10 日午前) 	
◆エンコウの瀬 :	
10 月 10 日 (作業が遅れた場合は 10 月 11 日午前)	
<ul style="list-style-type: none"> ・ ブルドーザで河床掘削 (砂泥の洗い流し) + 表面の整地 (大礫の除去+ハイド板で粗均し) →0.3 日 (10 月 10 日午後) 	

(5) 産卵場を造成する上での今後の課題 高津川の主産卵区域では近年河床が低下する傾向が見られ、2009年まで主産卵場であったエンコウの瀬は、このままでは産卵場としての機能が失われかねない。そのため、産卵環境の変化には十分注意を払う必要がある。国土交通省の「高津川水系河川整備計画」には「アユの産卵場の保全」が河川整備の目標の一つにあげられている。³⁾ 産卵場の保全は本質的には河川の土砂管理であり、これを漁協が行うことは事実上できない。今後は、河川管理者である国交省の理解と協力を仰ぎながら、産卵場を保全していくことも重要な課題と言える。

2) 江の川

2010年は江の川は不漁であり、親魚数はかなり少なくなると予想され、予備調査時に観察された長良の瀬の浮き石河床の面積で十分に收容できると判断し、造成は行わないこと（必要性が低い）を漁協と協議のうえ決定した。

Ⅲ. 高津川における産卵場造成

資料と方法

策定した造成プランをもとに、水産技術センターと高津川漁協が協議し、2010年の産卵場造成に関して下記のように決定した。

- ①造成は10月10日前後に実施する。
- ②造成場所は上流から虫追の瀬、バイパス上の瀬、長田の瀬、エンコウの瀬の4カ所とする。
※バイパス上の瀬はプランには入れていなかったが、漁協が試験的に施工することになった。
- ③造成面積はできるだけ広く取る。

なお、造成に使用した重機は、バックホーが「HITACHI Zaxis200」、ブルドーザーは「CATERPILLAR D5G」であった。オペレーターはそれぞれ高津川漁協の組合員である石川氏と川崎氏であった。

結果と考察

1) 造成

(1) 虫追の瀬 2010年10月7-8日に行った（作業期間は1.5日）。造成形状を図10に示した。造成候補地は全体的に浅かったため、左岸側から導流堤を築き、造成予定地に水を回したうえで造成作業を

行った。右岸側は干出していた水際部分を掘削・拡幅し産卵場として整備した。ここでは元々あった大きめの礫はハイド板（ブルドーザ等の前についているプレート）で右岸または下流に押しやり、産卵に適した小礫中心の礫構成にふるい分けした（ハイド板で河床表面を浅く押し、フルイのような効果が得られ、大きめの礫を選択的に取り除くことができる）。造成面積は約1,900m²であった。



図10. 虫追の瀬の造成形状（黄色の線で囲まれた部分が造成部分、青い太線は築堤した導流堤）

(2) バイパス上の瀬 2010年10月7-8日に行った（作業期間は1.5日）。本地点の造成は漁協が独自に行ったものである。右岸側の砂州上に産卵に適した小礫があったため、それを集めて造成地に敷設した。造成形状を図11に示した。造成面積は約1,200m²であった。



図11. バイパス上の瀬の造成形状（黄色の線で囲まれた部分が造成部分）

(3) 長田の瀬 2010年10月9日および10月11日に行った(10月10日は増水のため作業ができなかった)。先に検討した2つのプランのうち、砂利

投入プランが採択されたが、プランよりも造成面積を拡大することが要求された。作業の手順は以下の通りであった(図12)。



図12. 長田の瀬の造成状況(2010年10月9日・11日)

- ①左岸側の水際にあった小石を産卵基質として利用（後で投入）するために、いったん河原の上に押し上げて保存した。
 - ②左岸側の水際付近から流芯に向けて、ブルドーザで河床を掘削。砂泥を除去するとともに、地盤高を下げて水の通りを良くした。また、径の大きい石は流芯に押し出し、造成面から除去した。
 - ③成型が完了した造成面に河原に保存してあった砂利をバックホーで投入し、ブルドーザで敷設。その際、岸側から流芯に向けてブルを動かすことで、ハイド板に最後に残る径の大きな石（産卵の妨げになる）を流芯側にまとめた。
 - ④右岸側の河原の砂利を水際に産卵基質として投入（メインの造成地である左岸側に水を回す意味もあった）
 - ⑤左岸側の瀬肩部分に水路を掘削し、造成面の水量を増やした。
 - ⑥造成面をブルドーザのハイド板で均した。その際、ブルドーザは下流側から上流側にバックで動かした（水流によって砂利が動き、砂が流れるとともに、造成面がフラットになりやすい）。
- 長田の瀬は河床に砂の量が多いため、砂が抜けきらない部分もあったが、概ね良好な状態にすることができた。造成形状を図13に示した。造成面積は左右岸合わせて約2,500m²であった。



図13. 長田の瀬の造成形状（黄色の線で囲まれた部分が造成部分）

ただし、造成の数日後に高津川漁協が左岸側の干出を確認し、高津川漁協の判断により追加の造成工事が行われた。造成時より水量が減った場合の左岸側の干出は当初から想定しており、その減少分を補うよう当初のプランより造成面積を拡大したのだが、左岸は良い産卵場であったとの経験からその干

出の出現を是が非でも避けたいという願望が働いたためであった。造成部の中央に、上流から下流にかけて細長い導流堤を築堤し、左岸に回る水量を増加させる追加工事が行われた。また、右岸側の河原は砂の混入が著しく多いため、切り崩して河床材料とした場合、完全に砂を抜き切ることが困難である。また、水流でそこが崩れれば、逐次河床に砂が供給されてしまう。従って、今後の造成では、右岸側の河原は極力現状を維持することが最適であると考えられた。

（4）エンコウの瀬 10月9日の増水により水位が上昇したため、造成作業が困難となり、中止した。

産卵場造成の効果判定

産卵場造成の主目的は、河床の粒度組成を産卵に適した小石主体のものに変えること（大石の除去、砂泥の洗い流し）と、堅く締まった河床を掘削して、浮き石状態にすることにある。造成効果の判定は、河床の硬度の目安としてシノによる貫入度を測定した。測定方法は全内漁連の方法⁹⁾に準じた。

高津川の産卵場における造成前後での平均貫入度の変化を図14に示した。造成前後で平均貫入度を比較すると、いずれの地点でも造成後に深くなっており、造成効果があったと判断される。

IV. 産卵場調査

資料と方法

2010年10月28日～29日に実施した。高津川では造成した産卵場とその周辺の主要産卵場を対象とした。造成を行っていない江の川では過去の調査で産卵の実績のあった瀬尻の瀬、長良の瀬、谷住郷の瀬を対象とした(図1)。上記調査範囲を踏査・潜水し、産着卵の有無を確認した。産着卵が確認された範囲の外周にポールを立て、産卵場の形状を記録するとともに面積を測量した。さらにランダムに卵の埋没深を測定した。埋没深は卵が付着している最も深い部分と周辺の河床面との差と定義した。

結果と考察

1) 高津川

（1）虫追の瀬 卵は河床整備した区域（黄色の

囲い部分) とその下流側で確認された (図 15). 造成区域の下流側で産卵していたのは, 造成区の砂利が増水の際に下流側に流されたためと推察された. また, 造成区の上流側で産卵がなかったのは, 礫の径がやや大きかったことと, 造成の際の均しが甘く, 人工的な起伏が残っていたためにアユが嫌った⁶⁾ 可能性が高いと判断された. 産卵面積は 920m²で, 造成面積 (1,900m²) に対する割合は 48%であった.

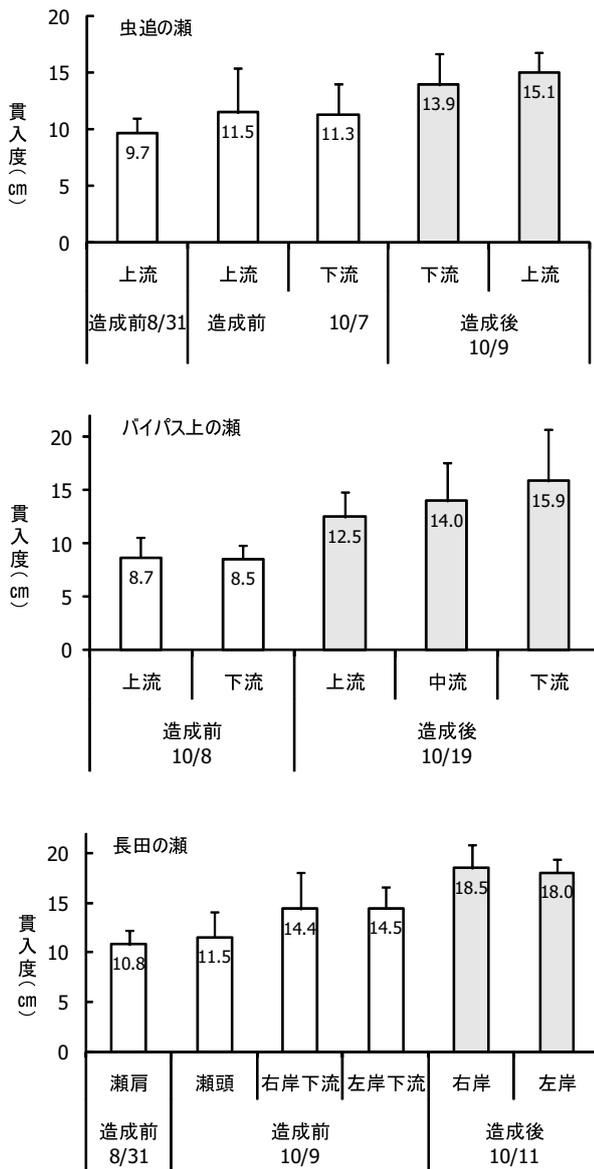


図 14. 高津川における造成前後における平均貫入度の比較 (バーは標準偏差を示す)

(2) バイパス上の瀬 造成区域の下流側の一部分で産卵を確認した (図 16). 産卵面積は 36m²で, 造成面積 (1,200m²) に対する割合は 3%であった. 本産卵場においてアユがほとんど産卵しなかった理由は分からないが, 本地点のように過去に産卵実績のない瀬では, 造成しても産卵しないというケースが他河川でも観察される.



図 15. 虫追の瀬の産卵範囲 (赤い網掛け部)



図 16. バイパス上の瀬の産卵範囲 (赤い網掛け部)

(3) 長田の瀬 産卵場における卵の分布状況を図 17 に示した. 卵密度は比較的高くかつ造成した産卵場の右岸側上流部を除く広い範囲で産卵が行われていた. また, 造成区の下流側には造成後の増水で流下した小石底が広がり, そこでも産卵が確認された.

産卵面積は2,200m²で、造成面積(2,500m²)に対する割合は約88%であった。



図17. 長田の瀬の産卵範囲(赤い網掛け部)

(4) エンコウの瀬(自然産卵場) 瀬の流芯部分に帯状に卵が分布していた(図18)。産卵面積は340m²であった。



図18. エンコウの瀬の産卵範囲(赤い網掛け部)

2) 江の川

(1) 長良の瀬(自然産卵場) 産卵場における卵の分布状況を図19に示した。長良の瀬の瀬落ちから下流の平瀬にかけて産卵を確認した。卵密度は全体にやや低かったが、産卵面積は1,750m²で、産卵場を造成(砂利投入)した2009年(1,840m²)⁷⁾とほぼ同程度の面積であった。

(2) 瀬尻の瀬(自然産卵場) 例年、瀬の中央～瀬尻付近にかけて大規模な産卵場が形成されるが、本年はまったく産卵していなかった。原因として、河床表面に堆積していた小石が流失したうえに上流からの供給がなく、河床材料が粗粒化したことがあげられる。



図19. 長良の瀬の産卵範囲(赤い網掛け部)

(3) 谷住郷の瀬(自然産卵場) 今回の調査では産卵は確認できなかった。釣り人の話では、親魚もほとんど取れないとのことであった。

3) 卵の埋没深からみた産卵場造成の効果判定

産卵場造成の目的の一つは卵の埋没深を深くして、食卵の被害⁸⁾を軽減したり、重ね産みによる卵の流下(同じ場所で産卵を繰り返すと先に産み付けられていた卵が剥離する)を低減させることにある。産卵場造成の有効性を判断する目安として、高橋⁹⁾は埋没深が10cm以上(平均値)あることとしている。高津川では造成した産卵場のうちバイパス上の瀬以外は10cm以上の埋没深があり(図20)、かつ自然産卵場のエンコウの瀬の値(7.6cm)よりも深かったことから、「効果有り」と判断できる。江の川の長良の瀬は、10.9cmと調査した5つの産卵場の中で最も良い値であったが、砂利投入を行った2009年の14cm⁷⁾には届かなかった。

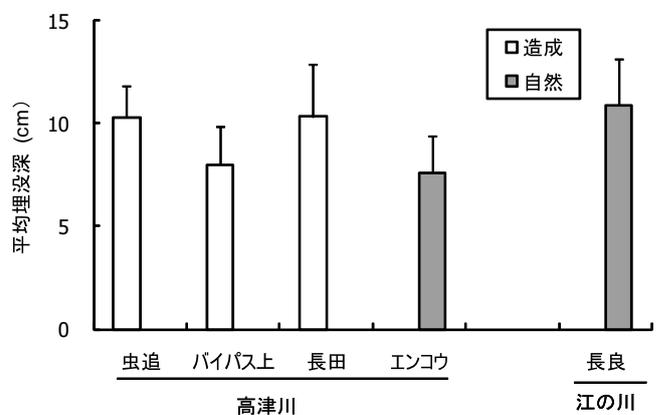


図20. 造成産卵場と自然産卵場における卵の埋没深(バーは標準偏差を示す)

4) 産卵場造成手法の改善点と今後の課題

高津川の虫追の瀬では均し不足により、アユに忌避されたと思われる区域があった。造成の過程でこの均し作業は最も重要な作業と言え、これの善し悪しで、産卵可能面積が決まってしまう。仕上げの均し作業は入念に行う必要がある。また、エンコウの瀬では、河床低下が起き産卵場造成が困難な状況になっていた。原因は過去に行った造成により瀬肩部分が柔らかくなり、出水の際に土砂が流されやすくなったことにあるように思える。高津川は現在土砂収支のバランスが悪く、上流からの礫の供給量が減少しているのかもしれない。しばらくは河床低下を起こしにくいように瀬肩部分に重機を入れないように配慮する必要がある。さいごに、造成場所の選定が重要である。今回の造成では、バイパス上の瀬を試験的に施工したが、過去に実績のないこの瀬ではやはり産卵はほとんど行われなかった。造成場所の選定に当たっては、過去に実績のあった場所から選定する方が望ましい。

参考文献

- 1) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗, 曾田一志 : 高津川におけるアユの適正収容量の推定. 島根県水産技術センター研究報告, 2, 49-64 (2010).
- 2) 村山達朗・曾田一志・寺門弘悦 : 高津川漁協はなぜ産卵保護を強化したのか? , 「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. 64-71.
- 3) 国土交通省中国地方整備局 : 高津川水系河川整備計画 (2008).
- 4) 全国内水面漁業連合会 : 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. 234.
- 5) 高橋勇夫:天然アユが育つ川, 築地書館, 東京, 2009, pp. 194.
- 6) 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.
- 7) 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).
- 8) 高橋勇夫, 東健作:ここまでわかったアユの本. 築地書館, 東京, 2006, pp. 265.
- 9) 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.

資料

江の川におけるアユの適正収容量の推定

高橋勇夫¹・寺門弘悦²・村山達朗³

Estimation of optimum capacity of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis*
in the Gounokawa River, Shimane Prefecture

Isao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAKADO and Tatsuro MURAYAMA

キーワード：アユ，適正収容量，江の川，浜原ダム

はじめに

島根県西部に位置する江の川のアユの漁獲量は、下流域にあたる江川漁協分だけでも最盛期（昭和49年）には500トンあったが、平成22年にはついに10トンにまで減少した。また、平成21年の流下仔魚量は4億4千万尾と、調査データのある昭和62年～平成11年の平均約10億尾の3分の1まで落ち込み、江の川のアユ資源は危機的な状態にあるといえる。従って、一刻も早くアユ資源の回復を図る必要がある。しかしながら、江の川は島根県・広島県の2県に跨ることに加え、複数の漁協が存在す

る。また、複数のダムによって河川が分断された状況にあることから、流域全体で統一的な対策を早急に講じることは難しい。そこで、島根県では江の川流域の各漁協に対し、再生産が確実な浜原ダムより下流域においてアユ資源を増やす取り組みを提案している。こうした取り組みを進めるうえでは客観的な増殖目標を設定し、それを各漁協が共通の認識として持ち、達成状況を確認しながら取り組むことが効果的である。そこで、この取り組みを進めるうえでの増殖目標となる浜原ダムより下流域のアユ漁場の適正収容量を検討した。



図 1. 水面面積調査範囲（網掛けした部分は調査区間①～④の範囲を示す）

¹ たかはし河川生物調査事務所 Takahashi Research Office of Freshwater Biology, Konan, Kochi 781-5603, Japan

² 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

³ 現所属：農林水産部水産課 Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Matsue, Shimane 690-8501, Japan

I. 水面面積調査

資料と方法

水面面積の測定は江の川本川の浜原ダム（邑智郡美郷町）から松川橋（江津市松川町）の間で実施した（図1）。調査区間別の実施日は以下のとおりであった。

調査区間①：浜原ダム～明塚放水口：2010年4月26日

調査区間②：明塚放水口～濁川合流点：2010年4月26日・4月28日

調査区間③：濁川合流点～八戸川合流点：2010年6月25日・2011年3月7日

調査区間④八戸川合流点～松川橋：2010年6月25日・2011年3月7日

上記の調査範囲を踏査し、表1に従って河床型（早瀬・平瀬・淵・トロA・トロB）の区分を行った。さらに、区分された河床型ごとに航空写真上で地図情報処理ソフト「地図太郎」（東京カートグラフィック株式会社製）の測量機能を用いて水面面積を求めた。

結果と考察

水面面積 河床型別の水面面積とその構成比を表2に整理した。江の川の浜原ダム下流の本川のアユ漁場の水面面積は約361万 m^2 であった。1969年に行われた同様の調査では、水面面積は377万 m^2 ¹⁾と算定されており、1969年から現在まで大きな変化はないと言える。

表1. 河床型の区分（水野・御勢¹³⁾を参考に一部追加した）

河床型	深部の水深	水面の状態	流速	底質
早瀬	浅い(1m以下)	白波が立つ	速い	玉石～岩盤
平瀬	浅い(1m以下)	緩い波立ち	やや速い	玉石～砂利
淵	深い(2m以上)	鏡状	遅い	岩盤,玉石～砂利
トロ(A級)	中程度(2m以下)	シワ状の波立ち	やや遅い	玉石～岩盤
トロ(B級)	中程度(2m以下)	鏡状	止水状	玉石～砂利、砂

表2. 江の川の浜原ダムから下流の本川における河床型別水面面積

河床型		浜原ダム～ 明塚放水口手前	明塚放水口～ 濁川合流点	濁川合流点～ 八戸川合流点	八戸川合流点～ 松川橋	合計
早瀬	面積(m^2)	31,211	113,464	140,014	26,770	311,459
	構成比(%)	5.9	8.4	11.5	5.1	8.6
平瀬	面積(m^2)	101,666	227,434	345,662	254,344	929,105
	構成比(%)	19.3	16.9	28.4	48.5	25.7
淵	面積(m^2)	19,342	22,916	91,068	38,597	171,922
	構成比(%)	3.7	1.7	7.5	7.4	4.8
トロA	面積(m^2)	91,554	646,588	306,290	204,526	1,248,957
	構成比(%)	17.4	48.0	25.2	39.0	34.6
トロB	面積(m^2)	282,061	336,992	333,772	0	952,826
	構成比(%)	53.6	25.0	27.4	0.0	26.4
合計	面積(m^2)	525,833	1,347,393	1,216,806	524,238	3,614,270
	構成比(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

河床型の構成 河床型別の構成（図2）を見ると、瀬（早瀬および平瀬）の割合は、浜原ダムから濁川の間がおよそ25%程度と少なく、トロが全体の70%以上を占めた。一方、濁川合流点から下流では、平瀬の割合が増加し、特に八戸川合流点から松川橋の間では平瀬が50%近くを占めた。

流速がないためにアユの生息には適していないトロBの割合は、浜原ダムから明塚放水口の間で著しく高く、全体の50%以上を占めた。この区間は浜原ダムに貯水された水が明塚発電所の放水口までバイパスされるために流量が少ない。そのため、本来はトロA（アユの生息に好適）であった部分が、トロBに変化したと判断される。

河川の状態 1970年頃の江の川本川の水は、生

物学的な水質判定で「きわめて清らか」と判定されていたが、²⁾ 近年は平水時でも恒常的に微弱な濁りがあり（図3の左上；潜水しての透明度は1.5-2m程度）、河床には泥分の沈着が多い。

河床は、ダムにより土砂供給が減少しているためにアーサー化が進み（図3の左下）、大規模な出水がない限り河床材料が動くことはないと考えられた。実際、瀬では河床に大型糸状緑藻や苔類（スギゴケの仲間）の繁茂が目立ち始めており（図3の右上下）、河床がほとんど動かなくなっていることを裏付けている。苔類はもとより糸状緑藻もアユの餌とはならないため、³⁾ こうした石が多い場所はアユに忌避される。これらの植物の繁茂は、実質的にはアユの生息場を縮小させていると考えられる。

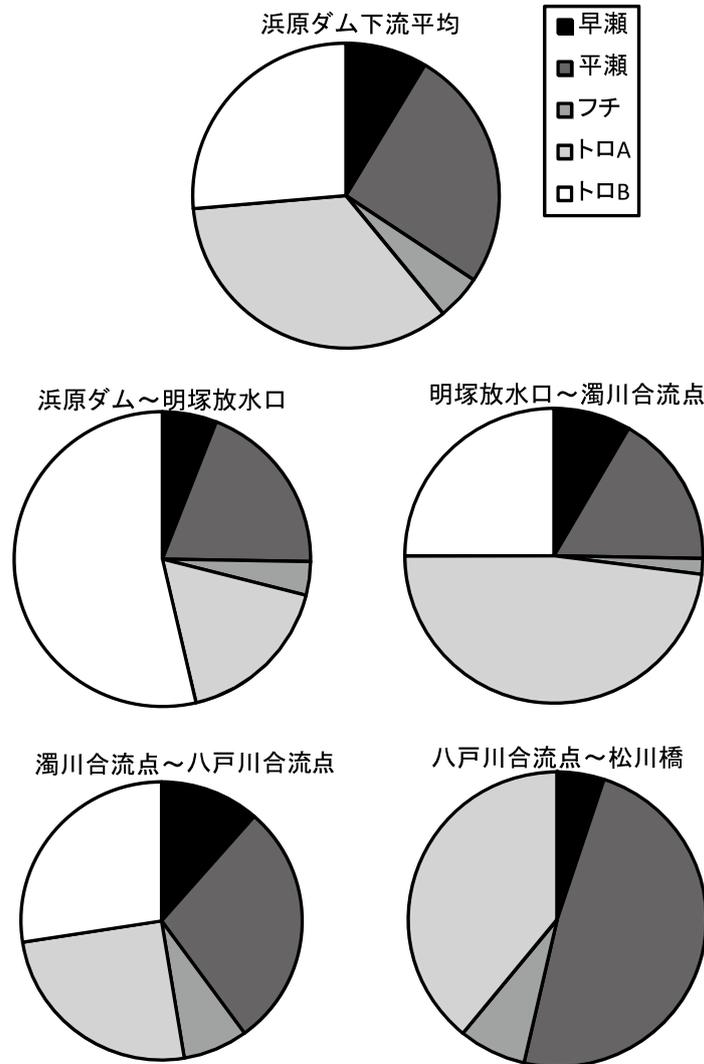


図2. 浜原ダム下流の江の川本川の河床型の構成（面積比）



図3. 江の川の平常時の水色と瀬の河床の状態

II. アユの適正収容量の検討

資料と方法

ここでは、上記の水面面積に「適正と思われるアユの収容密度」を乗じて、適正収容量を試算する。なお、本資料で用いる「適正収容量」は環境収容力から求めたものではなく、各地の河川で潜水観察やサンプリングを行ってきた結果⁷⁾をベースにして、江の川のアユの収容密度を検討し、それをもとに算定した値である。

河床型ごとの収容密度（表3）は、潜水観察を含む現地踏査によって把握した底石の大きさ、藻類の生産性、水通し等の条件を考慮して決定した。上記のとおり、現在の河川環境はダムの影響などが顕在化して、かなり悪化している。このことを考慮して収容密度は低めに見積もった。また、標準的な収容密度の他に型重視、数重視（サイズは小型化）の計3つのケースを設けた。なお、適正収容量は6月1日の解禁時点を想定している。

さらに、参考として河川環境が良く、アユの年間漁獲量（島根県分）が200-500t程度であった1970年代⁴⁾を想定した収容密度（表4）を用いた適正収容量の試算も行った。この収容密度は江の川本

来の生産力に近いと考えている。なお、ここで言う「河川環境が良い」とは、生物学的な水質判定で「きわめて清らか」²⁾であることを指す。

表3. 河床型ごとの収容密度（現在の河川環境を考慮したケース）

河床型	密度(尾/m ²)		
	適正 (標準的)	型重視 (サイズは大型化)	数重視 (サイズは小型化)
早瀬	1.2	1.0	2.0
平瀬	0.9	0.7	1.5
淵	0.5	0.3	0.8
トロA	0.8	0.6	1.5
トロB	0.1	0.0	0.2

表4. 河床型ごとの収容密度（1970年代を想定したケース）

河床型	密度(尾/m ²)		
	適正 (標準的)	型重視 (サイズは大型化)	数重視 (サイズは小型化)
早瀬	2.0	1.5	3.0
平瀬	1.5	1.0	2.0
淵	0.8	0.6	1.0
トロA	1.5	1.0	2.0
トロB	0.5	0.2	0.6

結果と考察

適正収容量 現在の河川環境下における区域別の河床型別の適正収容量を計算し付表1(1)～(5)に、1970年代を想定した適正収容量の計算結果を付表2(1)～(5)に示した。さらに区域別の集計結果を表5および表6に示した。

現在の河川環境下における浜原ダムから下流の江の川本川のアユの収容数は、標準的な場合で約239万尾(167t)と試算された(表5, 図4)。また、型を重視した場合の収容量は176万尾(159t)、数重視の場合は422万尾(211t)と算定された。

これに対して、河川環境が良好であった1970年代を想定した適正収容量は、標準的な場合で約450万尾(315t)と現状の2倍程度に試算された(表6, 図4)。

区間別の収容量の多寡(収容力)を比較するために、収容数を標準的としたケースでの平均密度を求めた(表5, 図5)。浜原ダムから明塚放水口の間での平均密度は0.46尾/m²と、他の区間の0.66-0.85尾/m²と比べると低かった。この区間は減水区間であるためアユの生息に適さないトロBの比率が53%と高く(図2)、このことが収容力を下げた要因となっている。

種苗放流で河川を適正に利用するための「基準密度」は、0.3～0.7尾/m²(解禁時)と言われている。^{5,6)}

これと比較すると、今回算定された江の川の密度は概ね「基準密度」を満足している。しかし、サイズがばらつく天然遡上主体の河川では1尾/m²が普通であると言われており、⁷⁾ 江の川の場合も天然遡上が主体であることを考えるとやや少なめの密度と判断される。

表5. 江の川におけるアユの適正収容量(現在の河川環境を考慮したケース)

区間		水面面積 (m ²)	収容量					
			適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
			平均密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	平均密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	平均密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
本川	浜原ダム～明塚放水口手前	525,833	0.46	240,072	0.31	163,111	0.81	424,136
	明塚放水口～濁川合流点	1,347,393	0.67	903,274	0.50	667,495	1.21	1,623,690
	濁川合流点～八戸川合流点	1,216,806	0.66	803,056	0.49	593,072	1.15	1,397,564
	八戸川合流点～松川橋	524,238	0.85	443,954	0.65	339,106	1.47	772,724
	合計(浜原ダム～松川橋)	3,614,270	0.66	2,390,355	0.49	1,762,784	1.17	4,218,115
全体の生産量(t)			167.3		158.7		210.9	
想定される平均体重(g)			70		90		50	

※全体の生産量(t)=平均体重×収容数

表6. 江の川におけるアユの適正収容量(1970年代を想定したケース)

区間		水面面積 (m ²)	収容量					
			適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
			平均密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	平均密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	平均密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
本川	浜原ダム～明塚放水口手前	525,833	0.97	508,754	0.59	308,053	1.27	668,649
	明塚放水口～濁川合流点	1,347,393	1.28	1,724,788	0.84	1,125,365	1.72	2,313,545
	濁川合流点～八戸川合流点	1,216,806	1.23	1,497,696	0.81	983,368	1.66	2,015,277
	八戸川合流点～松川橋	524,238	1.47	772,724	1.00	522,184	1.98	1,036,649
	合計(浜原ダム～松川橋)	3,614,270	1.25	4,503,963	0.81	2,938,970	1.67	6,034,120
全体の生産量(t)			315.3		264.5		301.7	
想定される平均体重(g)			70		90		50	

※全体の生産量(t)=平均体重×収容数

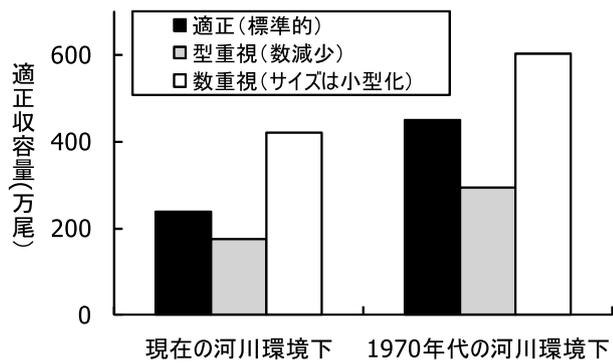


図4. 江の川における適正収容量

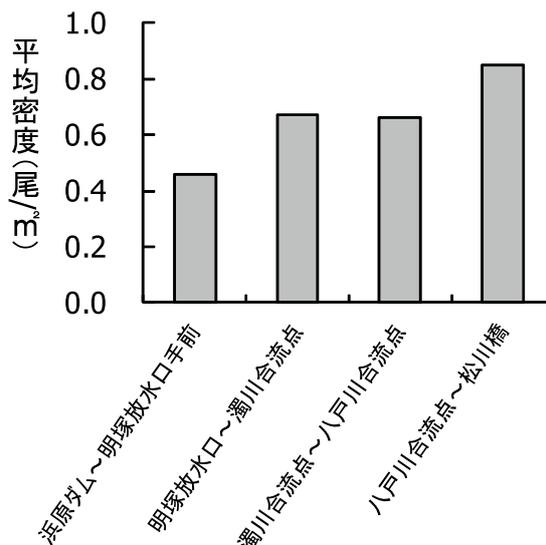


図5. 江の川における区間別の平均密度の比較 (現在の河川環境下で標準のケース)

表7. 適正収容量(標準)の再生産に関する試算. 浜原ダム下流全域に天然アユの遡上があり、かつ浜原ダム上流には遡上できないと仮定した場合

項目	計算値	単位	根拠・計算式
江の川の浜原ダム下流本川のアユ漁場面積	A	3,614,270	m ² 2010年度実測値
適正収容量(標準)	B	2,390,355	尾 A×0.66尾/m ²
遡上から解禁までの生残率	C	60	% 90年頃の放流魚の歩留まり
適正収容量を達成するために必要な遡上量	D	3,983,925	尾 B/C×100
回帰率(遡上量/前年流下量)	E	0.1	% 原田 ¹⁰⁾ から低い値を採用
必要流下量	F	40	億尾 D/E×100
卵のふ化率	G	60	% 内田 ¹¹⁾ より
必要卵数	H	66	億粒 F/G×100
メス1gあたり抱卵数	I	800	粒 内田ほか ¹²⁾ より
産卵期必要なメスの総重量	J	8,299,844	g H/I
産卵期のメスの平均体重	K	70	g
産卵期に必要なメスの個体数	L	118,569	尾 J/K
産卵期に必要なアユの個体数	M	237,138	尾 L×2(雌雄比は1:1)
解禁から産卵期までの生残率		10	% M/B×100

漁獲量の期待値 得られた適正収容量に漁獲率を乗じて、さらに漁期を通じての漁獲時のアユの平均重量を乗じて、標準的な漁獲期待量を算定すると、それぞれ以下のようなになる。なお、アユの漁獲率は河川によって幅が大きいですが、平均的には漁獲率は50-60%⁸⁾といわれているので、1970年代は60%、現在を50%とした。現在の漁獲率が低いのは、釣

り人や組合員の減少を考慮したためである。また、漁獲時のアユの平均重量は70gとして計算した。

現在の河川環境下：239万尾×0.5×70g＝84 t
 1970年頃の河川環境下：450万尾×0.6×70g＝189t

1970年代の江の川のアユの漁獲量(島根県分)

は200-500tで、平均的には350t程度である。⁴⁾ 今回の試算の対象区域は支流も含めた島根県分の江の川のおよそ1/2程度であるので(図1)、按分すると1970年代に今回の試算の対象区域で平均的に漁獲されていたアユの量はおよそ175tとなり、今回の期待値の推定と概ね一致する。

一方、現在の河川環境下における漁獲期待値84tは、2000年以降の漁獲量が数t~70t(平均:36±25トン)である現状⁴⁾と比べると大きな値となった。この理由ははっきりしないが、村山⁴⁾は冷水病などで河川内での生残率が低下した場合に、漁獲努力量を禁漁期の拡大、漁法規制などによって低下させないと、不漁年が頻発するようになることを指摘している。現在の江の川は著しい不漁が続いているにもかかわらず、6月1日の解禁日から網が解禁になるなど漁獲規制はほとんど行われておらず、村山の指摘どおりになっている可能性が高い。

適正収容量を維持するための再生産サイクルの検討 江の川の解禁時(6月1日)に適正収容量を確保するためには、前年の秋にどの程度の数の親魚が必要となるかを試算した(表7)。なお、表7では浜原ダムから下流の本川全域に天然遡上が到達し、かつ、浜原ダムから上流には遡上しない、つまり、魚道の機能制限により、一定期間遡上させない方策をとると仮定したケースで計算した。

試算に使用した係数のうち、回帰率1/1000は海の条件が悪い場合を想定しており、実際にはもっと高い(1/500程度)ことも多いと考えられる。一方、卵のふ化率60%は種苗生産の際の値がベースになっている。産卵環境が悪い場合、例えば、河床のアーマー化した場合、流下卵が増えるといったことが生じるため、実際にはもっと悪くなる。そのため産卵条件が悪い年は産卵場造成などによって環境の改良を行うことが求められる。さらに、メス1gあたりの抱卵数も、産卵期に冷水病が発生した場合は抱卵状態で斃死することがあるため、実際にはもっと少なくなることが考えられる。

試算の結果、産卵期に必要な親魚数は24万尾(平均体重を70gとすると約17t)と算定された。江の川における近年のふ化仔魚量は3-4億尾程度⁹⁾である。回帰率を1/1000とすると、種苗放流を行わないと仮定した場合の解禁時の資源量は18-24万尾となり、漁獲を全く行わないとしても親魚量が目標値に対して不足することになる。このように危機的な状況にあることを認識し、漁場管理にあたる必要がある。

参考文献

- 1) 川那部浩哉, 水野信彦: 江川本流の河川形態の現況と過去の状態の復元の試み. 江川水系の生物に関する総合開発調査, 1-20 (1970).
- 2) 西村 登: 江川の水生昆虫. 江川水系の生物に関する総合開発調査, 39-65 (1970).
- 3) 内田朝子: 矢作川中流域におけるアユの消化管内容物. 矢作川研究, 6, 5-20 (2002).
- 4) 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.
- 5) 宮地伝三郎: アユの話, 岩波書店, 東京, 1960, pp. 226.
- 6) 岐阜県水産試験場: 適正放流基準の検討とりまとめ. アユの放流研究(アユ資源研究会昭和63年~平成2年度のまとめ), 全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会, 31-38 (1992).
- 7) 高橋勇夫・東 健作: ここまでわかったアユの本, 築地書館, 東京, 2006, pp. 175-177.
- 8) 川尻 稔: アユの地中養殖と河川放流に就いて. 日水誌, 15(3), 103-108 (1948).
- 9) 寺門弘悦, 村山達朗: 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22年度, 印刷中 (2012)
- 10) 原田滋雄: 和歌山県中紀における近年のアユ資源変動について. アユ資源研究会研究発表報告書(平成15~17年度のとりまとめ), 全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会, 83-86 (2006).
- 11) 内田和男: アユの親魚の密度が卵や子アユの生き残りに与える影響. 平成17年度中央水産研究所主要研究成果集研究の動き, 4, 37 (2006).
- 12) 内田和男, 清水昭男, 阿部信一郎, 佐藤年彦, 桂和彦, 坂野博之: 鼠ヶ関川におけるアユ個体数の推定. 水産総合研究センター研究報告別冊, 5, 197-202 (2006).
- 13) 水野信彦, 御勢久右衛門: 河川の生態学, 第1版, 築地書館, 東京, 1993, pp. 8

付表 1(1). 江の川におけるアユの適正収容量の計算 (浜原ダム下流本川合計)

浜原ダム下流本川合計

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	311,459	1.2	373,751	1.0	311,459	1.6	622,918
平瀬	929,105	0.9	836,195	0.7	650,374	1.4	1,393,658
淵	171,922	0.5	85,961	0.3	51,577	0.8	137,538
ト口A	1,248,957	0.8	999,166	0.6	749,374	1.2	1,873,436
ト口B	952,826	0.1	95,283	0.0	0	0.2	190,565
計	3,614,270	0.66	2,390,355	0.49	1,762,784	1.17	4,218,115

付表 1(2). 江の川におけるアユの適正収容量の計算 (浜原ダム～明塚放水口)

本流 浜原ダム～明塚放水口手前

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	31,211	1.2	37,453	1.0	31,211	2.0	62,422
平瀬	101,666	0.9	91,499	0.7	71,166	1.5	152,499
淵	19,342	0.5	9,671	0.3	5,802	0.8	15,473
ト口A	91,554	0.8	73,243	0.6	54,932	1.5	137,330
ト口B	282,061	0.1	28,206	0.0	0	0.2	56,412
計	525,833	0.46	240,072	0.31	163,111	0.81	424,136

付表 1(3). 江の川におけるアユの適正収容量の計算 (明塚放水口～濁川合流点)

本流 明塚放水口～濁川合流点

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	113,464	1.2	136,157	1.0	113,464	2.0	226,928
平瀬	227,434	0.9	204,690	0.7	159,203	1.5	341,150
淵	22,916	0.5	11,458	0.3	6,875	0.8	18,333
ト口A	646,588	0.8	517,270	0.6	387,953	1.5	969,882
ト口B	336,992	0.1	33,699	0.0	0	0.2	67,398
計	1,347,393	0.67	903,274	0.50	667,495	1.21	1,623,690

付表1(4). 江の川におけるアユの適正収容量の計算 (濁川合流点～八戸川合流点)

本流 濁川合流点～八戸川合流点

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	140,014	1.2	168,017	1.0	140,014	2.0	280,028
平瀬	345,662	0.9	311,095	0.7	241,963	1.5	518,492
淵	91,068	0.5	45,534	0.3	27,320	0.8	72,854
ト口A	306,290	0.8	245,032	0.6	183,774	1.5	459,435
ト口B	333,772	0.1	33,377	0.0	0	0.2	66,754
計	1,216,806	0.66	803,056	0.49	593,072	1.15	1,397,564

表1(5). 江の川におけるアユの適正収容量の計算 (八戸川合流点～松川橋)

本流 八戸川合流点～松川橋

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	26,770	1.2	32,125	1.0	26,770	2.0	53,541
平瀬	254,344	0.9	228,910	0.7	178,041	1.5	381,516
淵	38,597	0.5	19,299	0.3	11,579	0.8	30,878
ト口A	204,526	0.8	163,621	0.6	122,716	1.5	306,789
ト口B	0	0.1	0	0.0	0	0.2	0
計	524,238	0.85	443,954	0.65	339,106	1.47	772,724

付表 2(1). 江の川における 1970 年代のアユの適正収容力の計算 (浜原ダム下流本川合計)

浜原ダム下流本川合計

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	311,459	2.0	622,918	1.5	467,189	3.0	934,377
平瀬	929,105	1.5	1,393,658	1.0	929,105	2.0	1,858,210
淵	171,922	0.8	137,538	0.6	103,153	1.0	171,922
ト口A	1,248,957	1.5	1,873,436	1.0	1,248,957	2.0	2,497,915
ト口B	952,826	0.5	476,413	0.2	190,565	0.6	571,696
計	3,614,270	1.25	4,503,963	0.81	2,938,970	1.67	6,034,120

付表 2(2). 江の川における 1970 年代のアユの適正収容力の計算 (浜原ダム～明塚放水口)

本流 浜原ダム～明塚放水口手前

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	31,211	2.0	62,422	1.5	46,816	3.0	93,632
平瀬	101,666	1.5	152,499	1.0	101,666	2.0	203,331
淵	19,342	0.8	15,473	0.6	11,605	1.0	19,342
ト口A	91,554	1.5	137,330	1.0	91,554	2.0	183,107
ト口B	282,061	0.5	141,031	0.2	56,412	0.6	169,237
計	525,833	0.97	508,754	0.59	308,053	1.27	668,649

付表 2(3). 江の川における 1970 年代のアユの適正収容力の計算 (明塚放水口～濁川合流点)

本流 明塚放水口～濁川合流点

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	113,464	2.0	226,928	1.5	170,196	3.0	340,391
平瀬	227,434	1.5	341,150	1.0	227,434	2.0	454,867
淵	22,916	0.8	18,333	0.6	13,749	1.0	22,916
ト口A	646,588	1.5	969,882	1.0	646,588	2.0	1,293,175
ト口B	336,992	0.5	168,496	0.2	67,398	0.6	202,195
計	1,347,393	1.28	1,724,788	0.84	1,125,365	1.72	2,313,545

付表 2(4)． 江の川における 1970 年代のアユの適正収容力の計算（濁川合流点～八戸川合流点）

本流 濁川合流点～八戸川合流点

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	140,014	2.0	280,028	1.5	210,021	3.0	420,042
平瀬	345,662	1.5	518,492	1.0	345,662	2.0	691,323
淵	91,068	0.8	72,854	0.6	54,641	1.0	91,068
ト口A	306,290	1.5	459,435	1.0	306,290	2.0	612,580
ト口B	333,772	0.5	166,886	0.2	66,754	0.6	200,263
計	1,216,806	1.23	1,497,696	0.81	983,368	1.66	2,015,277

付表 2(5)． 江の川における 1970 年代のアユの適正収容力の計算（八戸川合流点～松川橋）

本流 八戸川合流点～松川橋

河床型	水面面積 (m ²)	収容量					
		適正(標準的)		型重視(サイズやや大型)		数重視(サイズは小型化)	
		密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)	密度 (尾/m ²)	収容数 (尾)
早瀬	26,770	2.0	53,541	1.5	40,156	3.0	80,311
平瀬	254,344	1.5	381,516	1.0	254,344	2.0	508,689
淵	38,597	0.8	30,878	0.6	23,158	1.0	38,597
ト口A	204,526	1.5	306,789	1.0	204,526	2.0	409,052
ト口B	0	0.5	0	0.2	0	0.6	0
計	524,238	1.47	772,724	1.00	522,184	1.98	1,036,649

シンポジウム報告

第 1 回 江の川の天然アユを増やすためのシンポジウム ～今、私達に何ができるのか?～

First symposium for the local population of ayu *Plecoglossus altivelis altivelis*
in the Gounokawa River

主催：島根県

共催：江川漁業協同組合，江の川漁業協同組合，可愛川漁業協同組合，西城川漁業協同組合，広島県

後援：社団法人 水産資源保護協会

日時：平成 23 年 2 月 15 日（金）13:30 ~ 16:30

場所：みよしまちづくりセンターペペラホール（広島県三次市十日市西 6 丁目 10-45）

参加人数：約 280 名

コンビーナー：高橋勇夫（たかはし河川生物調査事務所）

趣旨説明：北沢博夫（島根県水産技術センター）

「基調講演」

天然アユを増やすことの意味と技術

高橋勇夫（たかはし河川生物調査事務所）

「研究発表」

1. 河川環境とアユ漁業の変遷に学ぶ

村上恭祥（元・広島県水産試験場長）

2. 浜原ダム下流域におけるアユの適正収容量の推定と産卵場・流下仔魚調査結果

寺門弘悦，村山達朗（島根県水産技術センター）

「パネルディスカッション」

漁協，水産行政，研究者のそれぞれの立場からの総合討論

「おわりに」

趣旨説明

江の川のアユ漁獲量は下流域にあたる江川漁協分だけでも最盛期(昭和 49 年)には 500 トンあったが，平成 22 年はついに 10 トンにまで減少した。また，平成 21 年の流下仔魚量は 4 億 4 千万尾と，調査データのある昭和 62 年～平成 11 年の平均約 10 億尾の 3 分の 1 まで落ち込み，江の川のアユ資源は非常に危機的な状態にあるといえる。この原因はアユの過剰漁獲だけでなく，河川構造物による環境への負荷やアユの回遊阻害，瀬・淵の消滅による環境収容力

の低下，河床の硬化による産卵場面積の減少など多岐にわたる。さらに，これまで資源添加の役割を果たしてきた放流種苗の回収率の低下も大きな問題となっている。これらの問題を解決するためには，アユ資源の管理者である江の川流域の漁業協同組合が県境を越えて協力するだけでなく，流域住民，河川管理者，水利用者が現状に対する共通の認識を持ち，対策を協議する必要がある。そこで，関係者が一堂に会し，今後の具体的な行動につなげるためのシンポジウムを開催した。

「基調講演」

天然アユを増やすことの意味と技術

高橋勇夫（たかはし河川生物調査事務所）

キーワード：天然アユ，産卵親魚の保護，産卵場造成，環境保全

アユは日本人にはなじみの深い魚で、万葉の時代から夏の風物詩として季節感を運び、その爽やかな香りから香魚とも呼ばれてきた。近年では釣りの対象として人気が高く、釣り人口（年間延べ遊漁者数）はピーク時（1990年代初頭）には670万人に達していた。

ところが、1990年代後半からアユの漁獲量が急激に減少し始めた（図1）。原因として、河川環境悪化や冷水病などの病気の蔓延などがあげられているが、はっきりとしたことは分かっていない。しかし、我々日本人が古くから親しみ、食料としてきたアユが失われていくことは看過することではないし、どこにでもいたアユがこれほどまでに急激に減少した背景には、私たちの生活様式が目に見えないところで環境を悪化させていることを示唆しているように思える。

本講演では、持続的な生物資源であるアユが非持続的な利用をされたために衰退しつつある過程を概観するとともに、今後我々は何をすべきなのか、各地の事例をもとに考えてみたい。

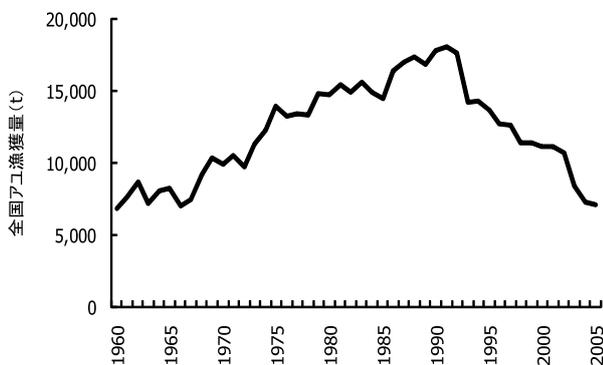


図1. 全国のアユの漁獲量の変化

1. 現行漁業制度の抱える問題点

第5種共同漁業権（川の漁業権）の特徴は、漁業権者である漁協に増殖義務を課し、自治的に内水面漁業の管理にあたらせたことにある。一般的に「増殖」とは、①漁業管理（禁漁区や禁漁期により乱獲を防ぐ対策）、②生息環境の改善（産卵場の整備、隠れ場の造成など）、③種苗の移植・放流に大別される。これらを河川の実情にあわせて組み合わせ、資源の増殖を図ることが望ましい。しかし、河川の漁協が行っている増殖は種苗放流に偏重しており、天然アユ資源の増殖に有効な対策はほとんど行われてこなかった。このように「増殖」が「放流」と著しく限定的に解釈されるようになった一因は、1963年の水産庁漁政部長通達において「増殖とは稚魚または親魚の放流、産卵床造成等の積極的人為的手段」と定義され、「禁漁区・禁漁期の設定などの消極的な資源管理は増殖とは認めず」とされたことにある。

この通達により、天然のアユ資源を持続的に維持管理する事業は「増殖」と認められにくくなり、増殖義務＝放流義務といういびつな考え方が漁協や釣り人の間にも浸透していった。川の釣り堀が始まったのである。

1990年代後半になって、全国的にアユの不漁が目立ちはじめた。これまで絶対的な増殖策と思われてきた種苗放流が限定的な増殖効果しか持たないことが次第に明らかになってきたのである。

2. 減りゆくアユ資源とその原因

アユの漁獲量は1991年をピークに減少に転じ、15年後の2005年には半分以下となった（図1）。不漁の原因として、河川の荒廃、気候変動、冷水病の蔓延、カワウの食害といったことがあげられている。ただ、主な原因は川あるいは地域によって異なり、たとえば、多くの方がアユ減少の原因とする河川の荒廃についても、清流といわれる四万十川（高知県）でアユが激減している一方で、

開発し尽くされた感のある矢作川（愛知県）で近年豊漁となっているなど、それですべてを説明することはできない。ここではまず、アユが減少した原因とされるものをいくつか概観してみる。

2.1. 河川環境悪化

高度経済成長期以降のダム建設や河川改修、水質汚濁によって川は変貌してきた。ダムを例にとれば、河川環境の変化は、建設直後から起きる生息場所の分断、流水の減少など、悪影響であることが誰の目にも分かりやすいものばかりでなく、川底の粗粒化（土砂がダムによって堰き止められることで下流では河床表面から小石がなくなってしまう現象；図2）、川原の消失のように建設から30年、40年と経てゆっくりと二次的な変化を生み、生き物を生きづらくしているものもある。アユの産卵場は小石底であることが必須条件だが、ダムができて30年以上経過した河川では、粗粒化が進み、産卵環境が劣化する。産卵場を失ったアユはもはや次世代を残すことすらままならない。そして天然アユは急速に減っていくのである。

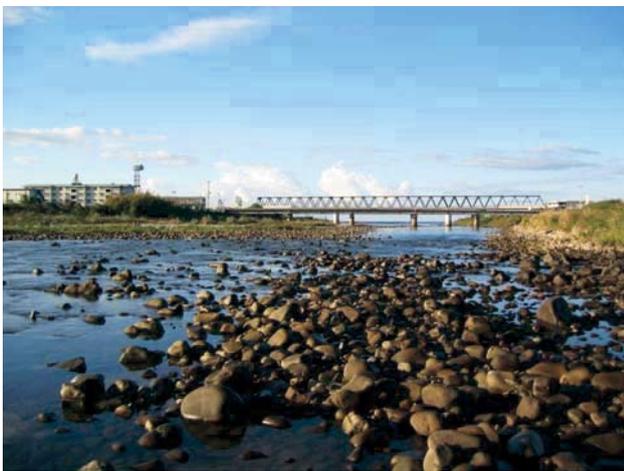


図2. 上流のダムで土砂が止められるために下流部まで川底が粗粒化した川（高知県奈半利川）

ダムの建設は1950年代以降に急増した。電源開発促進法（1952年）、水資源開発促進法（1961年）などの戦後の河川開発関連法制の整備を受けて、大型ダムが急ピッチで建設されるようになったのである。興味深いことに、アユの漁獲量が減少に転じた90年代初頭は、ダムが日本の河川に急増した1950～60年代からちょうど30～40年後にあたる。その頃にアユの生息がいよいよ厳し

くなる「閾値」に達した川が多くなってきたというのは考えすぎだろうか。

2.2. 冷水病の蔓延

アユの冷水病はもともと日本には無い病気だったのだが、1990年代後半に全国の河川に広がった。冷水病に感染した琵琶湖産のアユを規制もしないままに放流用に使い続けたことが蔓延を助長したと考えられている。

甚大な漁業被害をもたらす病気ではあるが、菌そのものの病原性は弱い。健康な魚であれば発病することは少なく、水温の急変や濁り等でストレスを受けた時に発病する。病原性はたいして強くもない冷水病菌がしばしば甚大な被害をもたらす背景には、日本の川の荒廃があると考えられている。水量の減少や水質汚濁等、今の川にはアユのストレス（冷水病の引き金）となるものがあまりにも多いため、冷水病の蔓延を助長しているというものである。それらは川を開発する際に環境対策を怠ってきたツケであり、冷水病は「アユがいなくなる」という分かりやすい形でそれを見せてくれているように思える。

2.3. 種苗放流への偏重

種苗放流という増殖システムの効果は限定的であるにもかかわらず、それに偏重したことで今日のアユ資源の減少を招いてしまっている（図3）。そのみならず放流に偏重したことで、そこから派生的にいろいろな問題も生じている。たとえば、アユに大きな被害を及ぼしている冷水病は、冷水病菌を保菌していることが分かっているが琵琶湖産の稚アユを放流し続けたために蔓延した。カワウの食害は、種苗放流がそれを助長している面がある。河川の荒廃にしても、魚類の生息環境を保全するような対策が増殖努力として認められていたならば、そのことが河川の荒廃を抑止したであろうことは想像に難くない。

このように、第5種共同漁業権の「増殖義務」を「放流義務」と限定的に解釈し、それを推し進めることでアユという資源を維持しようとした時から*、言い換えると持続的な生物資源を非持続的な増殖システムに乗せた時から今日のアユ資源の衰退は始まっていたのである。

*高度経済成長の中で進められる河川開発に対して、微々たる経済効果しかない水産側から異論をとねえることは事実上できず、いわば「苦肉の策」として種苗放流が選択されたという面がある。

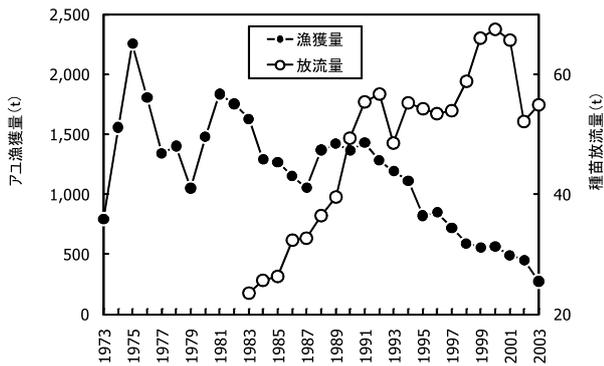


図3. 高知県におけるアユの漁獲量と種苗放流量。
放流量の急増に反して漁獲量は減少した

3. 天然アユの復活は可能か？

河川の荒廃にともなう生態系サービスの低下が顕在化すると同時に、市民が川を自分たちの共有財産として意識し始めた今、環境との調和を図る施策はもはや避けて通れなくなっている。環境修復、自然との共生といったことはたやすい作業ではないが、私たちが生存していくためにも取り組まなければならない課題であることは多くの人々に理解され始めた。

その第一歩として、身近な資源である天然アユを増やすことに取り組むことは、「共生」への具体策を見つけるためにも意味がある。ただ、これまで放流に頼りすぎたこともあって、天然アユを増やすための技術や制度の整備が立ち後れている。天然アユを復活させることはもう無理だという悲観的な意見も少なくない。天然アユを復活させることは果たして可能なのか？高知県奈半利川での取り組みとその成果を紹介し、天然アユ復活の可能性について考えてみたい。

3.1. 奈半利川での天然アユの復活の試み

奈半利川は電源開発が積極的に行われた河川で、中上流に昭和30年代に3つのダムが建設された。河川水は発電のために高度に利用されており、ダムの貯水池や減水区が流程60kmの大部分を占め、川本来の水量を保っているのは源流部のみとなっている。また、大雨の際にダム湖に流入した濁水が貯留されるため、ダムの下流では1ヶ月以上も濁水が続くことが毎年のようにあり、これまで大きな漁業被害を出してきた。住民と川をつないでいたきれいな水やアユが失われたことで、住民の川離れも急速に進みつつある。

このように奈半利川は、天然アユが正常に生息

するには厳しい環境にあり、実際に資源量は大きく減少していた。これに対して、奈半利川淡水漁協では漁業被害の補償金などを原資に大量の種苗放流を行ってきたが、全国的な例にもれず、その成果は乏しく、訪れる釣り人もほとんどいない状態になっていた。

筆者は2005年から奈半利川におけるアユ減少の理由と対策を検討するために、アユの生態調査を漁協、電力会社と共同で始めた。まず分かってきたことは、アユの産卵場が著しく劣化（ダムによる河床の粗粒化：図2）していたことであった。アユの産卵に不可欠な浮き石底は消失しており、これが奈半利川から天然アユが減少した要因の一つとなっていた。

対策として産卵場の造成を始めた。この工事は本来は漁協の増殖行為として行われるべきものであるが、産卵環境悪化の原因がダムにあることがはっきりとしたため、ダムを利用している電力会社と漁協が共同で行っている。さらに、アユの産卵期間中は産卵しやすいように発電量の調整によって河川の水位をできるだけ一定に保つという対策（発電効率はかなり低下する）も取られている。

産卵場造成と並行して、産卵に必要な親魚数21万尾（川の収容力から必要な親魚数を算定した）を確保するために、夏場から秋の産卵期にかけていくつかの漁獲規制（投網の禁漁区設定、産卵保護期間の延長、産卵保護区域の設定など；これらはいずれも「増殖」とは認められない対策である）を漁協が自主的に設けた。この対策の効果はめざましく、規制を開始した2006年には目標の親魚数21万尾（10月時点）にまったく届かない5.5万尾であったものが、3年後の2009年には42万尾にまで増加した。

このような対策の効果は、ふ化する仔魚の数で検証しており、産卵場を造成し始めて以降、ふ化量は数十倍レベルで増えた（図4）。しかし、対策を始めた当初、ふ化量の飛躍的な増加の割には翌年の遡上量は増えなかった。海水温の上昇に伴いアユがふ化する時期と海で仔魚が生き残りやすい時期のミスマッチが起きていたためであった。その後、産卵場を造成する時期を遅らせることで産卵期を幾分遅めにコントロールするなどの対策を追加し、2009年以降は比較的安定した遡上量が得られるようになった。とくに2010年は高知県下のほとんどの河川で天然遡上が少なかった中で、奈半利川で天然遡上が多かったことは対策の

効果が大きいと考えられた。これまで種苗放流一辺倒であった漁協の組合員らが天然アユが増えてきたことを実感できたことで、放流だけに頼らない増殖策—産卵場造成のみならず、資源量のモニタリング、壊れた魚道の応急修理など—も始めるといった波及効果も見えてきた。

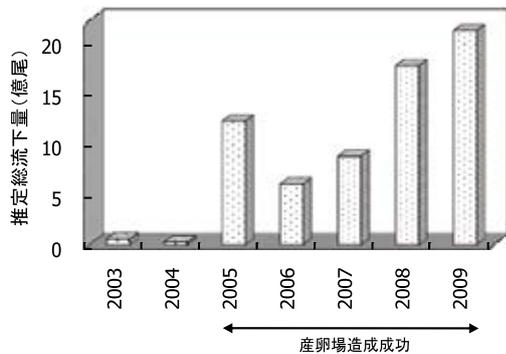


図4. 奈半利川におけるアユ仔魚のふ化量の経年変化。産卵場造成を実施して以降急増した

調査を始めて8年、対策の効果を実感できるような結果が得られ始めて2年しか経っておらず、まだ効果を十分に検証できたわけではない。ただ、科学的なデータを元に対策を講じることで、天然アユを増やすことの可能性は感じられるようになってきた。漁協だけでなく、漁協と敵対しがちだった電力会社も協力して対策を実行できたことにも、今後に向けて意味があると考えている。

3.2. 天然アユを増やすうえでの今日的課題

「研究報告」

1. 河川環境とアユ漁業の変遷に学ぶ

村上恭祥（元・広島県水産試験場長）

キーワード：江の川、天然アユ、河川環境、漁場荒廃

はじめに

広島県にはアユを放流する漁協が20程度あるが、天然アユが遡上するとされている漁協は4漁協だけであり、実際に遡上が確認されているのは江の川だけである。広島県ではアユは放流しないとほとんど獲れない魚である。何十年という年月をかけて天然アユはほとんどいなくなってしまう、絶滅危惧種の範疇にあると考えている。こう

天然アユ資源の保全是流域の環境保全と深く関わる。それゆえに漁協単独で対応することには限界があり、市民や行政等の協力が得られなければ、資源の維持は難しくなっている。ここで問題となるのは、地域によって程度の差はあれ、住民と漁協あるいは住民と川の関わりが稀薄になっていて、天然アユ資源の保全是もとより河川の環境保全についても理解や協力が得られにくい状態となっていることである。漁協が地域から乖離した存在となった原因として、漁協によるアユや川の私物化があったことなどを指摘できる。他方、住民の川に対する関心が稀薄になった理由としては、自らの生業や生活の場面において直接的な関わりがなくなったことなどがあげられている。

疲弊した川で天然アユを復活させることは、技術的には可能であっても、そのことに多くの人たちが関心を寄せ、協力しなければ、実現はむずかしい。ただ、展望がないわけではない。愛知県の矢作川では、漁協が川の環境を良くし天然アユを復活させる取り組みを始めたことで、行政や市民だけでなく、敵対しがちな水利組合や電力会社の協力が得られるようになってきている。兵庫県の武庫川では、漁協や行政が市民グループに協力する形で天然アユをシンボルとした環境保全活動が始まっている。

このような新しい取り組みの中から川や天然アユを持続的に利用する仕組みが再構築されることを期待したい。

した状況のなかで天然アユ復活に向けた取り組みを進めるための基礎資料として、今日のアユ不漁の原因を、アユを取り巻く環境の変遷をみながら考えていきたい。

アユの漁獲動向

図1に昭和43年～平成16年までの江の川における島根県、広島県のアユの漁獲量と浜原ダムの

遡上量を示した。島根県側では昭和50年代以降、減少傾向にある。一方、広島県では平成10年頃までは100～150トンで横這い傾向が続き、最近になって減少し始めた。浜原ダムの遡上量との関係を見ると、島根県側では漁獲量とはある程度相関がみられるため、天然遡上型であるといえる。一方、広島県側では、昭和51年、昭和54年と浜原ダムのアユ遡上量が多いと漁獲量が多くなる年も認められるが、長期的に見ると漁獲量との関連性は見出せない。従って、広島県側は天然遡上量の多寡に左右されない放流依存型といえる。なお、浜原ダムを越えないと当然広島県側にはアユは遡上してこないが、その遡上数は600万尾からゼロに近い年まで変動が激しい。過去54年間の状況をみると、10万尾未満は36%、100万尾未満だと80%となる。

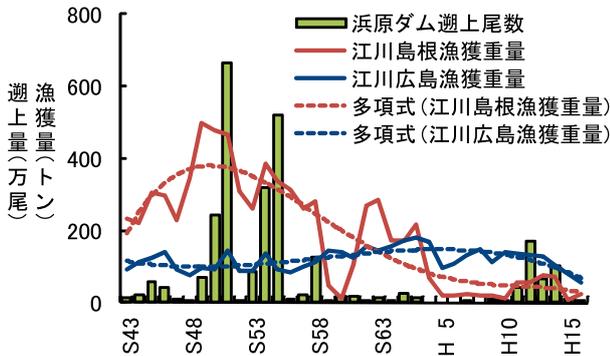


図1. 江の川におけるアユの漁獲量と浜原ダムの遡上量

江の川全域の天然アユの遡上量

浜原ダムを超えるアユの比率は、広島県側にとって気になる数値である。平均体重を65gとして、島根県の遡上量のうち50%が漁獲されると仮定して推定した江の川全体の遡上量に対する浜原ダムの遡上量の比率は、長期的な傾向としては高まっており、近年は20%程度と考えられる。これは下流にアユが住みたくないことの裏返しではないかと考えている。このことは今後の取り組みのなかで重要な因子になると思われる。

江の川広島県側での天然アユの恩恵

広島県側では、放流量は増えているが漁獲量が横這いなので効率は非常に下がっている。広島県側の実際の採捕率から、放流アユの平均的な採捕率60%との差をみると減少傾向にあるといえ、天

然アユの恩恵は微小と推察される。これは広島県側のアユ漁獲量の減少が、天然遡上に支配されない要因によりアユの採捕率が下がっていることが原因であることを示唆している。重量ベースで漁獲量を放流量で除算した数値(図2に示す倍率指数)をみると、昭和40年代は1.5前後あったが、以後放流量は増加したにもかかわらず島根県と同様昭和50年以降は悪化し始め、平成8年以降は0.5以下まで減少した。

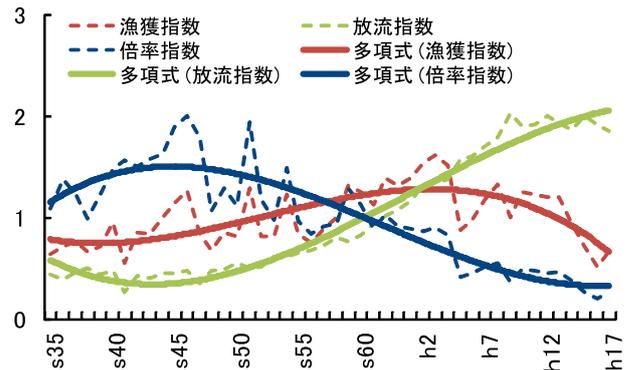


図2. 広島県側の江の川におけるアユの漁獲量、放流量(指数化して表す)および漁獲量を放流量で除算した倍率指数の動向

広島県側の採捕率の変遷

広島県側での昭和35年から平成22年のアユ採捕率(図3、平成20年以降は推定値)の推移と異常気象や河川整備などの主な出来事との関連を検証した。

天然アユの遡上量に支配されない広島県側では、環境要因、天候条件、利水・治水の工事などがアユの採捕率に影響を与えられられる。特に昭和47年の水害以後の長期的な河川工事、昭和53年の旱魃、昭和58年の水害、平成5年～7年の天候異常が挙げられる。地球温暖化の影響も良く言われるが、広島は30年間で2℃上がっており、30年前の広島は今の福井県辺りの気温と同じであるということになる。また、2℃の気温差は標高が

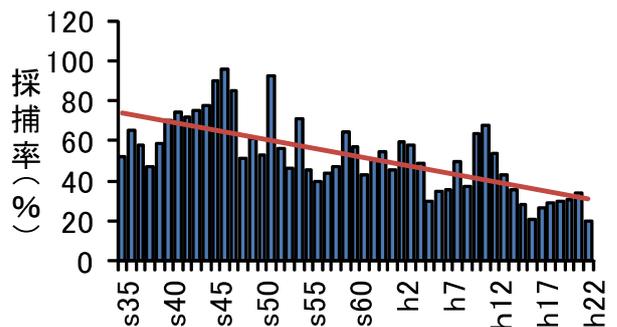


図3. 広島県側の江の川にけるアユの採捕率

200 m上がったことと同じで、江津の方の温度が三次まで上がったことになる。全国的にアユ漁場が北偏している原因はこうした状況からも理解することができる。このような我々にはどうしようもないことも原因の一つであるが、一番の問題はダムである。昭和49年に土師ダム、平成18年に灰塚ダム、他にも様々な取水堰ができた。ダム建設の影響はすぐには現れない。次項で指摘するように、ダム建設による河床の変化は、10年以上たって表面化する。このため、こうしたダムの建設年とアユの採捕率の落ち込み時期は一致しない。しかし、以後の様々な河川工事が積み重なり、これに異常気象が引き金になって、一気にアユが不漁になり、さらに異常気象が続くことで、回復できない状況になっていると考えられる。さらに種苗の質の変化がこうした状況を助長している。

10年以上経過した後に突然やってくるダム稼働や河川改修の影響

土師ダムが出来てから35年が経過した。土師ダムができて10年目までは、極端な環境変化は感じなかった。ダム下流に流れる水が少なくなるが、ある程度の期間はそのままの状態が保たれ、10年位は何

も見えてこない。しかし、それ以降、河道の平坦化、礫・河原の減少が目立ち、さらに長年続いた河川整備の影響が重なり、20年経ってやっと異常に気づき、30年経って皆が騒ぎ出した。江の川には江の川取水堰や灰塚ダムのような若いダムもあり、今後これらの影響を注視する必要がある。

おわりに

上流側から江の川水系をみると、河川整備による河川荒廃が漁場の生産力を低下させアユの不漁を引き起こした。また、放流種苗の質が低下し、採捕率低下の一因となった。こうしたアユ不漁が漁協経営の不振を招いている。実際、土師ダム下流域では緑藻の繁茂により漁場は荒廃し、西条川では、河床が岩盤むき出しになり、アユの好漁場が消失した。また、護岸整備により礫の供給がなくなり、下流の産卵場にも悪影響を与えている。こうした状況に異常気象、さらなる河川改修、長雨・旱魃といったマイナス要因が複雑に絡み合い、不漁が引き起こされる。江の川の天然アユの復活は上流の漁協にとっても夢であり、関係機関が川やアユの現状を共有したうえで、連携した取り組みを展開してほしい。

2. 浜原ダム下流域におけるアユの適正収容量の推定と産卵場・流下仔魚調査結果

寺門弘悦，村山達朗（島根県水産技術センター）

キーワード：アユ，適正収容量，浜原ダム，産卵場，流下仔魚

はじめに

江の川のアユ漁獲量は昭和49年には江川漁協分（島根県側）だけでも500トンあったが、その後減少傾向が続き、平成4年には100トンを割り込み、平成22年はついに10トンにまで落ち込んだ。これは江の川のアユ資源の大半を支えていた天然遡上アユが激減したことが主な要因と考えられる。この主原因として、河川環境の悪化が考えられるが、それだけでなくアユの資源状態を顧みない漁獲も原因の可能性もある。そこで、産卵期の親魚量を推定し、江の川の適正収容量と比較す

ることで、漁獲制限の必要性について検討した。また、アユの再生産に最も影響を与える産卵場の環境変化を調査した。

（1）流下仔魚量と親魚量の変化

産卵期におけるアユの親魚量を推定するため平成21年から流下仔魚量調査を実施した。調査は10月～12月、週1回の頻度で実施し、最下流の産卵場である瀬尻の瀬の直下でプランクトンネットを用いて夕刻から深夜にかけて1時間おきに流下仔魚を採集した。調査結果から算出した流下仔

魚量は、平成21年は4億4千万尾、平成22年は2億6千万尾（暫定値）であった。島根県では昭和62年～平成11年にも流下仔魚量の調査を実施していたが、当時の流下仔魚量の平均値は10億尾であり、現在はその1/2～1/4まで減少していることが明らかとなった（図1）。また、ふ化率を60%、雌1gあたりの抱卵数を800粒、雌1尾60g、雌雄が同数と仮定して推定した産卵時の親魚尾数は雌雄込みで平成21年が3万尾、平成22年はさらに減少して1万8千尾と推定された。

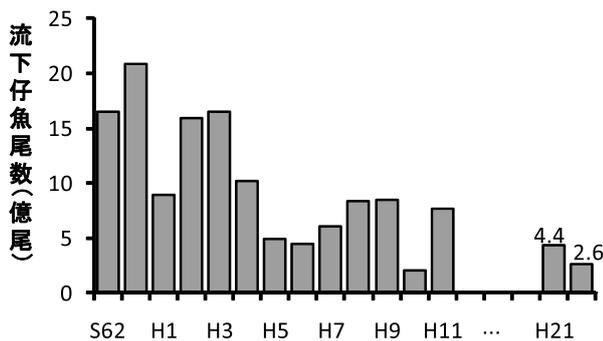


図1. 江の川におけるアユ流下仔魚尾数の経年動向

(2) 浜原ダム下流域の適正収容尾数

「適正収容量」とは川の環境に応じたアユの生息可能な数量をいう。今回は島根県統合型GISを利用し航空写真から求めた浜原ダムより下流域の江の川本流の水面面積360万 m^2 を表1にある区間に分け、それぞれ適正な収容密度を0.6尾/ m^2 、0.8尾/ m^2 、遡上から解禁までの生残率を60%と仮定して試算した。その結果、浜原ダムより下流域の江の川本流域では、解禁時点で268万尾のアユが生息可能であると推定された。これを満たす遡上量は446万尾となる。さらに海での生残率を0.16%（高津川の平均値）とすると、前年の流下仔魚量は30億尾、親魚量としては20万尾が必要となる。

これは現在の親魚量のおよそ10倍に相当する。

表1. 浜原ダム下流における水面面積、収容密度及び収容尾数

区間	水面面積 (m^2)	収容密度(暫定) (尾/ m^2)	収容尾数 (尾)
浜原ダム～明塚発電所の放水口手前	527,589	0.6	316,553
明塚発電所の放水口～八戸川合流点手前	2,556,636	0.8	2,045,309
八戸川合流点～松川橋	528,197	0.6	316,918
合計	3,612,422	0.74	2,678,780

(3) 産卵場の環境悪化

江の川のアユ産卵場は、河口から10～15kmの位置に存在する。近年の産卵場は上流から谷住郷の瀬、小松の瀬、長良の瀬、瀬尻の瀬の4ヶ所であると言われていた。しかし、平成20、21年に行った潜水調査で、自然の産卵場として機能する瀬は、最下流の「瀬尻の瀬」の1ヶ所のみであることが確認された。アユの産卵場は、粒径5～50mmの小石が主体の浮き石底で、かつ河口域までの距離も重要となる。「瀬尻の瀬」以外は、産卵を阻害する粒径20cm以上の大石が多く、砂泥が河床を固く締めており、アユの産卵には不適な状態であった。中国地方の最大河川である江の川で、アユが産卵できる場所はたった1ヶ所しかないという危機的な状況が明らかとなった。また、平成21、22年の産卵面積と推定した親魚尾数から求めた親魚(雌)密度はそれぞれ5.4尾/ m^2 、5.2尾/ m^2 で、総産卵数・流下仔魚総数を最大にする32尾/ m^2 と比較して低い。これは現在の低い親魚量水準では産卵場は足りるが、適正収容量（現在の10倍水準）では不足することを意味する。

以上のことから、江の川の天然アユを増やすためにはまず十分な数の親魚を保護し、それに合わせた産卵場を確保することが重要であることがわかる。

「パネルディスカッション」

漁協、水産行政、研究者のそれぞれの立場からの総合討論

漁協、水産行政、研究者のそれぞれの立場の有識者8名をパネラーとして、「江の川の天然アユをどうやって増やすか？」をテーマとしたパネルディスカッションを行った。進行・とりまとめ役

となるコーディネーターは「たかはし河川生物調査事務所」の高橋勇夫氏が行った。パネラーは以下のとおりであった。

漁協の立場から：

江の川漁業協同組合 代表理事組合長 辻駒健二 氏
 江川漁業協同組合 代表理事組合長 天野勝則 氏
 可愛川漁業協同組合 代表理事組合長 篠原貞生 氏
 西城川漁業協同組合 代表理事組合長 谷川 巖 氏

水産行政の立場から：

島根県農林水産部水産課 調整監 吉尾二郎 氏
 広島県農林水産局農水産振興部水産課 事業調整監 宮林豊 氏

研究者の立場から：

島根県水産技術センター 科長 村山達朗 氏
 元 広島県水産試験場長 村上恭祥 氏

パネルディスカッションの概要

各漁業協同組合から現状と抱える問題点についてコメントがあった。各漁協ともアユが獲れなくなったことは共通しているが、その原因は上流域と下流域では異なることが明らかとなった。上流域では放流アユが漁獲の主体であり、その回収率が低下していることが問題である。一方、下流域では天然アユが漁獲の主体であり、その資源が減少していることが大きな要因である。ただし、河川環境が悪化していることは上流・下流とも共通の問題であった。

ここで、パネラーの一人である村山氏から、島根県が江川漁協に提案している、天然アユ資源を増やすための取り組み案を紹介した。その概要は、危機的状況にある江の川のアユ資源の早急な回復措置として、まず浜原ダムより下流域に限定した増殖対策を実施してはどうかという提案である。具体的には、浜原ダム下流域の漁獲規制の強化（禁漁期の延長、禁漁区の拡大）と浜原ダムのアユ遡上制限による親魚量の確保である。この取り組み

を5年間を目安に実施し、浜原ダムより下流域のアユ資源が増えたところで、上流域も含めた増殖対策に発展させていくという内容である。

この提案に対し上流域の漁協から、江の川のアユ資源を増やすためには、天然アユを増やすことに加えて、放流アユの回収率を回復させることも必要であり、島根県の提案にはこれに対する対策が不足しているとの指摘があった。また、下流域の禁漁措置は下流域の漁業者に大きな負担を強いることになり、産卵場造成には上流側も人的、資金的に協力するべきであるとの意見もあった。このように抱える問題は異なるが、アユを増やしたいという想いは共通であり、県・漁協の境を超えてこれから協力してはどうかという高橋コーディネーターの提案に対し、各県・各漁協とも賛同した。

本号掲載要旨

(報文)

殺菌冷海水による定置網漁獲物の鮮度保持効果

岡本 満・石原成嗣・堀 玲子・井岡 久

島根県全域 36 地区の定置網漁業を対象として、殺菌冷海水の漁獲物に対する鮮度を調査した。殺菌冷海水供給装置によって海水中の細菌数を低減できること、殺菌冷海水での洗浄によって漁獲物体表の細菌数を低減できることが分かった。各定置網で漁獲されたマアジの鮮度は殺菌冷海水供給装置導入前に比べて導入後において全体的に向上していた。以上から、殺菌冷海水の使用によって漁獲物の鮮度を向上できることが明らかとなった。しかし、殺菌冷海水の使用にもかかわらず鮮度向上が認められない定置網もあったことから、正しい使用法について再点検する必要がある。

イワガキの大腸菌浄化手法の確立

堀 玲子

全国的に出荷量の多いマガキの浄化手法を基に作成された「イワガキの衛生管理マニュアル」に示された手法において、イワガキでも確実に大腸菌が浄化されることを検証するため浄化試験を実施した。室内実験の結果、マニュアルと同量またはそれ以上の換水を行った場合、大腸菌は確実に排出されるが、無換水条件では 24 時間後に生食用カキの基準値を超える大腸菌数が検出された。生産現場においても、適正な方法で浄化することにより、大腸菌は確実に排出されることが明らかとなった。マニュアルの遵守、養殖漁場及び浄化水槽の衛生状態を定期的に監視することで、危害リスクを抑えることが重要と考えられた。

沿岸漁業の複合経営に関する研究—Ⅲ

—島根県沿岸海域におけるヨコワ(クロマグロ幼魚)ひき縄釣の漁業実態—

森脇晋平・小谷孝治・寺門弘悦

島根県沿岸海域のヨコワひき縄釣漁業の実態を明らかにするため乗船及び既往知見を整理し、漁況と海況の対応関係を検討した。島根県の各水揚げ漁港の間で相関があるが、浦郷で養殖種苗用の漁獲が本格化した 2003 年以降季節的漁獲量の変動パターンに変化がみられる。漁場に冷水域と暖水域との境界帯が南北に形成されている年は好漁であり、逆に漁場から遠く離れている年は不漁である。南下回遊が境界帯によって阻止されるという見かけの現象は餌生物が境界帯に集積されることが関連している可能性がある。

沿岸漁業の複合経営に関する研究—Ⅳ

—島根半島沿岸海域におけるアカアマダイはえ縄漁業の実態—

森脇晋平・堀 玲子・吉田太輔

島根県東部海域のはえ縄漁業の操業実態やアカアマダイの生物特性、漁況について調査した。漁況の経年変動からは周期性が暗示された。季節変動は春以降上昇して 7~9 月に高いレベルにある。11 月には一時的に低下するが、底層水温が最高値に達することが要因であろう。盛漁期に底層水温が漁況に影響を与えている可能性は小さい。胃内容物は多毛類、貝類、エビ・カニ類で空胃個体は少なかった。産卵期は 6 月下旬~10 月下旬、盛期は 8 月下旬~9 月上旬である。

島根県沿岸域のマアジ漁況

—春~初夏の漁獲量変動におよぼす水温変動の評価—

森脇晋平・寺門弘悦

島根県のマアジ漁況に関する資料を整理し、漁況に及ぼす諸要因について検討した。当該海域の盛漁期である 5~7 月の漁獲量は加入量指標値だけでは説明できず、魚群の来遊のしやすさ、漁場形成のされやすさなど海況条件が関連していることが示唆された。中型まき網漁業の漁獲量と適水温指標との関係をみたところ、5 月~7 月の経年変動と適水温指標のそれとの間には有意な相関関係が認められる。島根県沿岸のマアジ漁況は魚群の補給機構に関わる海況条件に依存していると考えた。

日本海南西沿岸海域におけるマサバの摂餌生態

森脇晋平・宮邊 伸

日本海南西沿岸海域でまき網漁業により漁獲されたマサバ 35 標本 1,936 個体の胃内容物を調査した。魚類、甲殻類、イカ類及びサルパ類がマサバの主要な餌となっていた。食性は 6~8 月の魚類を捕食する時期と 11~12 月の主に甲殻類を捕食する時期とに分かれ、5 月はイカ類を捕食する頻度が高くなった。サルパ類は魚類・甲殻類の出現頻度の低い時期に高くなる傾向が顕著に認められた。平均摂餌率は 0.11%~9.23% の範囲を変動した。食性の変化は第一義的には外部環境の変化を反映したものと考えられるが、マサバ自身に起因することによっても変化すると考えられた。

(資料)

島根県西部河川におけるアユ産卵場造成 について－Ⅲ

高橋勇夫・寺門弘悦・村山達朗

島根県西部の主要河川である、高津川と江の川では、近年の夏季から秋季の小雨傾向と、堰堤による砂利供給量の不足により、下流部のアユ産卵場の環境は年々悪化している。そこで、両河川におけるアユ産卵場の機能回復を「造成」によって行い、さらにそこでの産卵状態を検証した。高津川では3ヶ所 5560 m²を造成し、産卵面積の割合は57%であった。造成した産卵場のうちバイパス上の瀬以外は10cm以上の埋没深があり「効果あり」と判断できた。一方、江の川は親魚数が少ないことが予想され、自然産卵場の面積で十分収容できると判断し、造成は行わなかった。

江の川におけるアユの適正収容量の推定

高橋勇夫・寺門弘悦・村山達朗

江の川のアユ資源回復に向けた取り組みを進めるうえでの増殖目標となるアユ漁場の適正生息数を検討した。アユの再生産が確実な浜原ダムより下流域を踏査し、5つの河床型（早瀬、平瀬、淵、トロA、トロB）に区分した。それぞれの水面面積と、江の川の環境を考慮して決定した収容密度から適正生息数を検討した。その結果、標準的な適正生息数は239万尾（167t）と試算された。また、平均密度は0.66尾/m²であり、天然遡上主体の河川での平均的な密度1尾/m²と比較すると、やや少なめの密度と判断された。

他誌掲載論文の抄録

近赤外分光法および超音波を用いたマフグの雌雄判別方法の検討

内田 浩

水産物の利用に関する共同研究 第 51 集, 46-48 (2011).

市場で取引される魚の中には、雌雄で価格に大きな差が生じる種がある。外部形体で判別可能な種もあるが、タラやフグ類は難しい。そこでマフグを対象として、近赤外分光法および超音波を用いて非破壊での雌雄判別方法を検討した。雌雄の違いは生殖腺成分の違いとの仮説から、生殖腺位置に相当する体表から近赤外スペクトルを測定した。スペクトルは 880 ~ 930nm および 940 ~ 980nm の間では雌雄が分離していた。このスペクトルから粗脂肪含量は雄の方が大きく、逆に水分含量は雌の方が大きいと推察された。これらは別途測定した生殖腺の成分と一致した。また、スペクトルの主成分分析からも雌雄分離は可能と判断された。超音波画像診断では、生殖腺と肝臓との違いは確認できたが、卵巣と精巣の区別は容易ではなかった。

島根県における網漁業で漁獲されたマアジの鮮度

岡本 満・堀 玲子・井岡 久

内田 浩・藤川裕司

水産物の利用に関する共同研究 第 51 集, 49-52 (2011)

定置網とまき網で漁獲されるマアジの付加価値向上のため、それぞれの鮮度実態や鮮度管理実態を調査した。県内 27 ヶ所の定置網のうち、殺菌冷海水を使用している定置の漁獲物の鮮度概ね良好だったが、殺菌冷海水を使用していない定置の漁獲物は、体表にスレや粘液が目立つ例や魚体温が高い例が多く認められた。殺菌冷海水は使用しているが鮮度の向上が見られなかった定置を現地調査したところ、漁場が至近なため漁獲物の魚体温が低下しないうちに水揚げし、さらに外気温の高い屋外で施氷もせず放置されており、鮮度管理手法の改善の必要性が示唆された。まき網では大中まき網漁業と中型まき網漁業の鮮度や魚槽温度を調査した。いずれも漁獲物は良く冷却され基本的な鮮度管理に問題は認められなかった。

島根県出雲市沖でバイ籠により得られたコエビ類と異尾類

本尾 洋・山内健生・向井哲也

ホシザキグリーン財団研究報告第 14 号, 257-261 (2011)

島根県沖のバイ籠の試験操業で 5 種類の十脚甲殻類が採集された。それらは キタツノモエビ (*Eualus middendorffi*), ホッキョクイバラモエビ (*Lebbeus polaris*), ラスバンホンヤドカリ (*Pagurus rathbuni*), ミゾテホンヤドカリ (*Pagurus undosus*), ゴトウヤドカリ (*Elassochirus cavimanus*) であった。このうちホッキョクイバラモエビは北海道から山口県までの日本海では初記録であった。

編集委員長

北沢博夫

編集委員

森脇晋平・勢村 均

事務局

藤川裕司・井岡 久・村山達朗(水産課)

島根県水産技術センター研究報告 第4号

2012年(平成24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 島根県浜田市瀬戸ヵ島町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.4 CONTENTS

Originals

Freshness maintenance effect of sterilized cold seawater on set net fishery catchesMitsuru OKAMOTO, Seiji ISHIHARA, Reiko HORI and Hisashi IOKA	1
The depuration of <i>Escherichia coli</i> by the Iwagaki oyster <i>Crassostrea nippona</i>Reiko HORI	9
Study of the multiple fishery-management of coastal fishery —III Operations and fishing conditions of trolling line fishery for young tuna, <i>Thunnus thynnus</i> , in the coastal waters off Shimane PrefectureShimpei MORIWAKI, Koji KOTANI and Hiroyoshi TERAOKADO	13
Study of the multiple fishery-management of coastal fishery —IV Operations and fishing conditions of longline fisheries for red tilefish, <i>Branchiostegus japonicus</i> , in the coastal waters off Shimane Pen. Shimpei MORIWAKI, Reiko HORI and Daisuke YOSHIDA	23
Catch conditions of jack mackerel, <i>Trachurus japonicus</i> , in coastal waters off Shimane — Evaluation of temperature conditions on the fluctuation in catches during period from spring to early summer— Shimpei MORIWAKI and Hiroyoshi TERAOKADO	33
Feeding habits of mackerel, <i>Scomber japonicus</i> , in the coastal waters southwestern Japan Sea Shimpei MORIWAKI and Shin MIYABE	39

Notes

Construction of spawning ground of ayu <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> in the western river, Shimane Prefecture —IIIIsao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAOKADO and Tatsuro MURAYAMA	45
Estimation of optimum capacity of ayu <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> in the Gounokawa River, Shimane PrefectureIsao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAOKADO and Tatsuro MURAYAMA	59

Symposium

First symposium for the local population of ayu <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> in the Gounokawa River	71
--	----