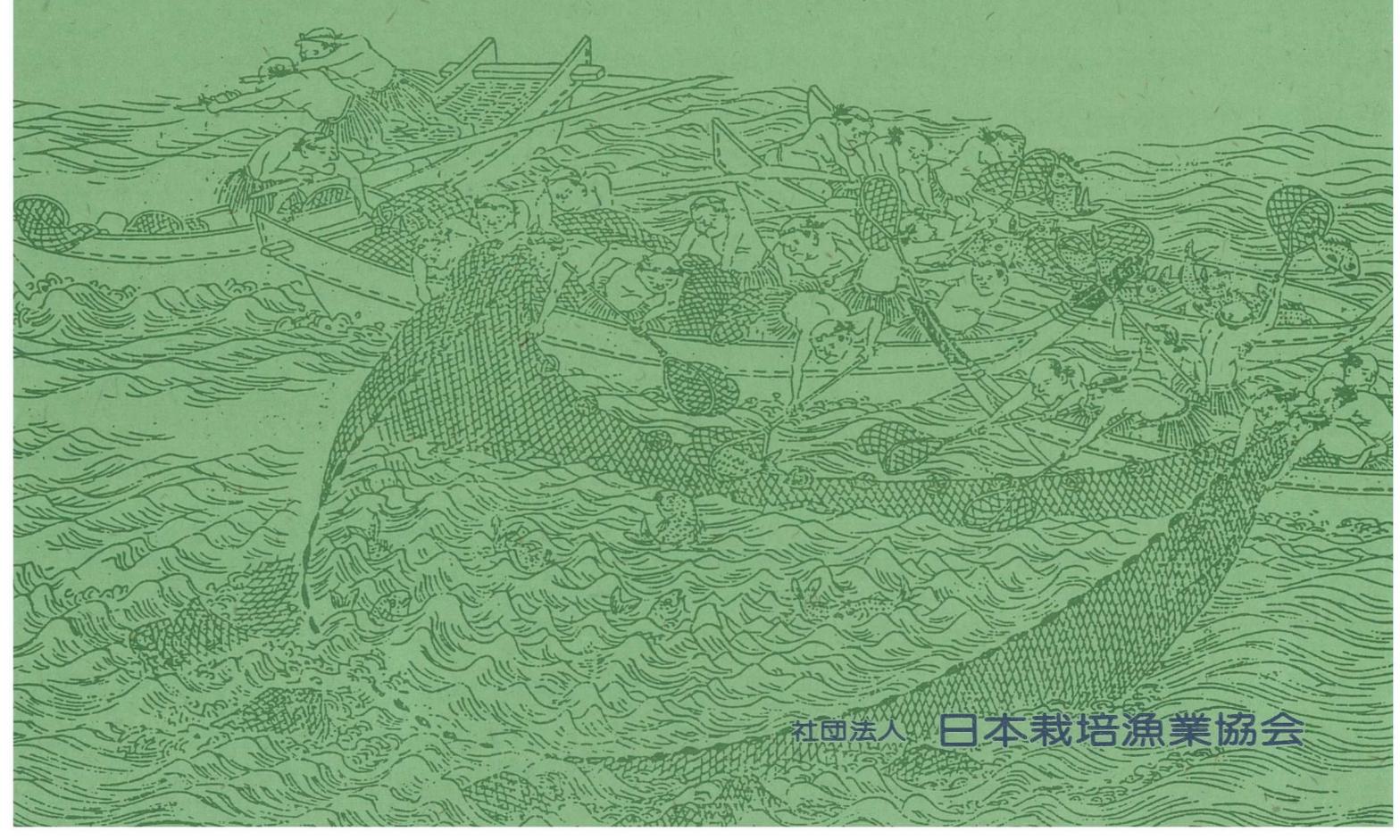


栽培漁業技術シリーズ

ハタハタの生物特性と 種苗生産技術



「ハタハタの生物特性と種苗生産技術」の刊行にあたって

(社)日本栽培漁業協会では、平成5年から水産庁の委託事業として「栽培漁業技術体系化事業」を実施してきた。本事業では、栽培漁業に関する技術の普及を図ることを目的としており、そのために開発された技術を体系的に整理し、現場の技術者のための実践的な技術マニュアルとして、「栽培漁業技術シリーズ」を刊行している。

ここでは、秋田県のご協力を得て、「ハタハタの生物特性と種苗生産技術」という課題で、これまでに秋田県等で解明された本種の生物特性と併せて、秋田県、日裁協等で開発された種苗生産技術について体系的に取りまとめることとした。

ハタハタは北海道および日本海では、回帰型・回遊性底魚資源として重要な魚種であり、特に秋田県では独特の食文化とも関連し重要な位置を占めている。秋田県におけるハタハタの漁獲量は過去最大約2万トンの漁獲量から1991年には70トンまで減少し、以後3年間の全面禁漁の措置がとられた後は、漁業管理と併せて種苗放流による資源増殖の試みが続けられてきた。その結果、最近の漁獲量は約1,000トンまで回復してきている。

ハタハタの種苗生産技術の開発は、昭和57年能登島事業場の開所と同時に始まり、親魚養成・採卵技術の開発、最適な仔魚の餌料や飼育密度等の解明などの基礎的な技術開発を行ってきた。また、昭和59年からは秋田県と共同で技術開発を行うこととなり、親魚確保から放流までの課題を分担して技術開発に当たってきた。平成4年には、能登島事業場において海上網生簀を使った種苗生産技術が開発され、その技術は秋田県で応用され、現在70%近くの安定した生残率で、毎年500万尾の種苗を生産、放流できる技術水準にまで達している。

ハタハタのこれまでに得られた日本海北部系群の天然海域における生物的特性、仔稚魚の生物特性や生態についての知見とともに、親魚の確保から人工授精、ふ化管理、種苗生産技術まで、秋田県水産振興センターと能登島事業場の両機関の技術開発の成果をとりまとめた。

本書を今後のハタハタ栽培漁業の技術普及と定着に役立てていただけると幸いである。

終わりに、本書のとりまとめにご協力をいただいた、秋田県の関係者の皆さんに心より御礼申し上げます。

平成14年3月

社団法人 日本栽培漁業協会
理事長 今村 弘二

「ハタハタの生物特性と種苗生産技術」執筆担当者一覧

第I章

杉	山	秀	樹	秋田県水産振興センター
森	岡	泰	三	(社)日本栽培漁業協会能登島事業場
				(現 (社)日本栽培漁業協会厚岸事業場)

第II章

杉	山	秀	樹	前出
森	岡	泰	三	前出

第III章

杉	山	秀	樹	前出
古	仲		博	秋田県水産振興センター
杉	下	重	雄	秋田県水産振興センター
森	岡	泰	三	前出
長	倉	義	智	(社)日本栽培漁業協会能登島事業場
				(現 (社)日本栽培漁業協会五島事業場)

第IV章

古	仲		博	前出
森	岡	泰	三	前出

第V章

森	岡	泰	三	前出
---	---	---	---	----

ハタハタの生物特性と種苗生産技術

ハタハタの生物特性と種苗生産技術

目次

I. ハタハタ資源増大への取り組みの経緯と考え方	1	III. ハタハタの種苗生産に関する調査・研究	21
1. ハタハタ漁獲量の推移	1	1. 種苗生産工程と調査・研究の目的	21
(1) 日本および韓国における漁獲量	1	2. 親魚養成	21
(2) 秋田県における漁獲量の長期的な推移	2	(1) 底曳き網漁獲魚の飼育と採卵	21
2. 資源増大に向けた基本的な考え方	2	(2) 定置網漁獲親魚の産卵と行動	21
3. 秋田県と日本栽培漁業協会における		(3) 人工種苗からの親魚養成	24
取り組み経緯	3	1) 循環ろ過水槽施設での産卵	24
(1) 秋田県	3	2) 深層水利用研究施設での産卵	25
(2) 日本栽培漁業協会	4	(4) 産出卵の色調	27
4. 種苗放流事業	4	(5) 今後の課題	27
II. ハタハタの生物特性	7	3. 人工授精と卵管理	28
1. 分類	7	(1) 精子運動性、卵の構造と受精機構	28
2. 形態と雌雄の判別	7	(2) 卵の発生過程	29
3. 系群	7	(3) 人工授精と卵管理の方法	30
4. 日本海北部系群の特性	8	(4) 発眼卵の耐性	31
(1) 沖合における分布と回遊	8	(5) 発眼卵の輸送法	32
(2) 産卵のための接岸	10	4. 種苗生産	32
1) 接岸時期	10	(1) 海上網生簀を用いた種苗生産方法	33
2) 生殖腺の発達と接岸日との関係	10	(2) 飼育仔稚魚の生物特性	33
3) 水温が接岸に与える影響	11	1) 成長と発育	33
(3) 発育段階別回遊	11	2) 行動	42
(4) 食性	12	3) 摂餌	45
1) 稚魚	12	4) 絶食耐性と半数致死時の乾重量	52
2) 未成魚	13	5) 代謝量の推定	54
3) 成魚	13	(3) 海上網生簀を用いた種苗生産手法の検討	55
4) まとめ	14	1) 電照がハタハタの生残に及ぼす影響	55
(5) 成長	14	2) 収容密度がハタハタの成長、生残に及ぼす影響	56
(6) 性成熟	14	3) 市販配合飼料の比較試験	58
1) 生殖腺指数の周年変化	14	4) 配合飼料の給餌時間	59
2) 組織学的成熟周期	15	5) アルテミアノープリウスの給餌効果	60
3) 生物学的最小形	16	6) 潮流の速さが生残率に及ぼす影響	61
4) 成熟にともなう血清浸透圧の変化	16	7) 24時間照明が生産種苗に及ぼす影響	62
(7) 産卵形質	17	5. 標識	62
1) 体重と生殖腺重量との関係	17	6. 稚魚輸送	67
2) 体長と産卵数、卵径、卵重量との関係	17	7. 放流前の取り扱いが種苗の性状に及ぼす影響	68
(8) 産卵生態	18	IV. 種苗生産の実践	73
1) 産卵行動	18	1. 秋田県の海上網生簀を用いた種苗生産手法	73
2) 卵塊の出現水深	18	(1) 作業工程の概要	73
3) 卵塊の付着基質と付着位置	18	(2) 親魚の確保	73
4) 卵塊の重量	19	1) 入手計画と入手のための手配	73
5) ふ化時期	19	2) 親魚の入手と搬入	73
6) 産卵場の特徴	20	(3) 人工授精	75

1) 人工授精の考え方	75	2) 卵の管理とふ化刺激	92
2) 採卵に必要な資材	75	3) ふ化仔魚の回収	93
3) 採卵工程	76	4) 留意点	93
(4) 卵管理	77	(4) ふ化仔魚の収容	93
1) 卵管理施設	78	1) 資材	93
2) 卵管理方法	78	2) 仔魚数の計数	93
(5) 発眼卵標識	79	3) 運搬と収容	94
(6) 漁網付着卵と海藻付着卵	80	4) 収容密度	94
(7) 海上網生簀を用いた種苗生産	80	(5) 陸上水槽を用いた種苗生産	95
1) 飼育施設	81	1) 施設, 資材	95
2) 発眼卵の収容	83	2) 飼育管理	95
3) 飼育管理	84	3) 種苗生産実績	99
4) 計数	87	(6) 取り揚げと計数	99
(8) 種苗輸送	87	(7) 種苗の標識付け	101
(9) 種苗放流	88	(8) 種苗輸送	103
(10) 種苗生産事例	88	(9) 放流前の中間育成	106
(11) 問題と今後の課題	89		
2. 日裁協の陸上施設を用いた種苗生産手法	90	V. 問題点と今後の課題	107
1) 作業工程の概要	90		
2) 発眼卵の搬入	90	文 献	109
3) ふ化管理	90		
1) ふ化管理の資材と装置	91	あとがき	113

I. ハタハタ資源増大への取り組みの経緯と考え方

1. ハタハタ漁獲量の推移

(1) 日本および韓国における漁獲量

日本および韓国におけるハタハタ漁獲量の推移を表I 1-1に示した。現在、世界でハタハタ漁獲量が公表されているのは日本および韓国だけである。朝鮮民主主義人民共和国においても漁獲されており、500トン前後が約20年前から秋田港に輸入されているが、全体の漁獲量は不明である。韓国では1971年に24,809トンと最高を記録したが、79年には、1,367トンまで減少した。その後は変動しながらも増加傾向を示し、1987年には12,169トンとなったが翌年に再び大きく減少し、最近では2千トン程

度の漁獲となっている。日本全体の漁獲量は1968年の37,848トンを最大に、77年には2万トンを下回り、87年以降は1万トン以下でその後は漸減し、最近では6千トン程度となっている。道県別には、1962年から78年までの連続する17年間は秋田県が最も多く、この間、国内に占める秋田県の割合は28～57%ときわめて大きなものとなっている。

その後は北海道、兵庫県、鳥取県が順番を代えながら首位を占めている。ここで注目されるのは兵庫県と鳥取県で、両県の漁獲量変動パターンは似通っているものの、その変動係数は他道県と比較してきわめて低い値となっ

表I 1-1 我が国および韓国におけるハタハタ漁獲量の推移 (単位：トン)

年	北海道	青森	秋田	山形	新潟	富山	石川	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	日本全体	韓国
1960	6,558	20	3,834	651	698	90	121	207	203	1,410	738	12	14,542	615
1961	8,567	70	5,741	454	552	163	303	593	432	2,918	985	16	20,794	1,289
1962	7,592	76	7,905	772	826	301	422	778	345	2,883	1,464	29	23,393	5,751
1963	5,153	263	12,003	824	1,103	153	535	678	330	3,040	1,682	80	25,844	2,439
1964	5,400	341	10,350	600	800	0	300	400	200	2,000	1,200	0	21,591	2,659
1965	3,173	1,713	16,610	1,275	1,415	140	749	988	814	3,480	1,863	90	32,310	9,098
1966	4,787	1,431	20,122	956	1,458	122	722	589	637	2,970	2,210	112	36,116	6,219
1967	4,518	674	18,480	1,274	2,047	105	613	352	352	2,344	1,766	89	32,614	7,102
1968	7,444	249	20,223	1,051	1,993	96	497	462	346	2,900	2,476	111	37,848	13,606
1969	7,555	1,045	13,179	1,532	2,326	50	420	350	445	2,042	1,983	119	31,046	9,854
1970	7,647	818	13,015	1,538	1,834	64	893	379	457	2,479	1,662	163	30,949	16,110
1971	7,380	1,331	12,548	2,038	2,841	97	817	332	351	1,769	2,246	118	31,868	24,809
1972	4,945	495	14,422	1,664	2,096	112	840	339	398	2,111	1,767	19	29,208	9,961
1973	5,067	1,341	13,909	1,285	1,819	75	892	386	402	2,979	2,232	49	30,436	20,736
1974	3,388	1,258	17,735	1,647	1,937	113	1,607	282	585	3,135	2,297	17	34,001	12,723
1975	2,855	1,076	16,954	2,516	2,543	89	1,113	244	453	3,281	2,299	58	33,481	7,267
1976	2,290	138	9,658	867	1,038	45	1,522	350	510	4,015	2,366	45	22,844	9,065
1977	2,241	84	4,557	940	1,126	13	896	222	294	2,541	1,800	42	14,756	5,363
1978	2,360	4	3,481	648	1,109	22	819	617	464	1,859	1,146	19	12,548	2,097
1979	2,676	6	1,430	728	810	8	488	209	136	2,393	1,267	18	10,169	1,367
1980	2,142	11	1,919	300	490	23	562	340	216	3,716	2,473	130	12,322	4,348
1981	1,943	15	1,938	517	933	21	978	338	254	2,111	1,241	91	10,380	1,631
1982	3,048	17	1,244	577	884	16	743	241	291	2,787	2,183	131	12,162	2,748
1983	2,458	13	357	168	376	31	553	397	403	3,980	2,591	314	11,641	6,834
1984	1,903	0	74	47	75	10	247	125	138	2,952	2,270	168	8,009	5,295
1985	1,876	3	203	70	166	5	322	186	216	2,426	2,163	183	7,819	7,100
1986	1,501	3	373	328	761	19	634	326	256	3,791	3,303	446	11,741	9,346
1987	1,941	7	286	98	194	27	266	196	184	2,166	2,322	121	7,808	12,169
1988	1,554	8	248	59	134	17	187	211	238	2,638	2,409	70	7,773	4,099
1989	3,055	15	208	37	123	12	265	92	124	1,573	1,369	119	6,992	2,470
1990	2,143	12	150	24	107	9	261	98	158	994	1,335	17	5,308	3,163
1991	1,374	4	70	26	55	3	363	86	246	2,079	3,248	53	7,607	5,034
1992	1,113	3	40	32	70	5	247	69	117	1,643	2,111	101	5,551	4,202
1993	2,947	7	—	44	105	5	131	84	92	1,012	1,281	73	5,781	3,781
1994	2,281	13	—	51	52	2	234	140	151	1,426	1,424	103	5,877	1,466
1995	2,304	11	143	61	90	3	116	101	70	1,469	1,119	21	5,508	2,065
1996	1,323	26	244	50	73	4	237	100	127	2,025	2,321	190	6,720	2,501
1997	2,312	27	469	117	205	10	207	70	65	1,246	1,385	95	6,208	2,194
1998	2,460	6	589	180	290	8	316	135	110	1,449	1,209	42	6,794	—
1999	1,549	2	730	129	282	14	223	66	93	1,723	1,643	161	6,615	—
平均漁獲量	3,571	316	6,459	654	896	53	542	304	293	2,394	1,871	96	17,124	6,541
最大漁獲量	8,567	1,713	20,223	2,516	2,841	301	1,607	988	814	4,015	3,303	446	37,848	24,809
最小漁獲量	1,113	0	40	24	52	0	116	66	65	994	738	0	5,308	615
標準偏差	2,136	501	6,978	637	798	62	357	209	168	802	586	84	10,954	5,404
変動係数	0.60	1.59	1.08	0.97	0.89	1.18	0.66	0.69	0.58	0.33	0.31	0.88	0.64	0.83

ている。このことに関しては、両県の漁獲対象が韓国と同一系群であり資源量が大きいことと、1980年代以前は日本海北部の豊漁と魚価安を背景に漁獲努力の投入量が少ないため、漁獲量が資源量を反映していない結果と推察される。

(2) 秋田県における漁獲量の長期的な推移

秋田県におけるハタハタ漁獲量の推移を図 I 1-1 に示した。同県の漁獲量については、1895年以降、100年を超える記録がある。なお、1939～42年および49年は漁獲記録が欠落している。また、1965～68年の価格暴落を背

景に69～73年の5年間は「生産調整」と称し限度数量以上の荷受け停止を行っている。1992年9月から95年10月までは全面禁漁を実施しており、92年および95年は年間操業を行った漁獲量ではない。

漁獲量は大きな増減を繰り返しており、漁獲量が1万トンを超えたのは1902年と1963～75年までであり、100トンを下回ったのは1984年と91年である（92年は前述のとおり年間操業ではない）。特に、76年以降は急激な減少傾向を示し、83年には千トンを下回り、85年から90年までは200トン前後、91年は72トンと過去最低を記録した。

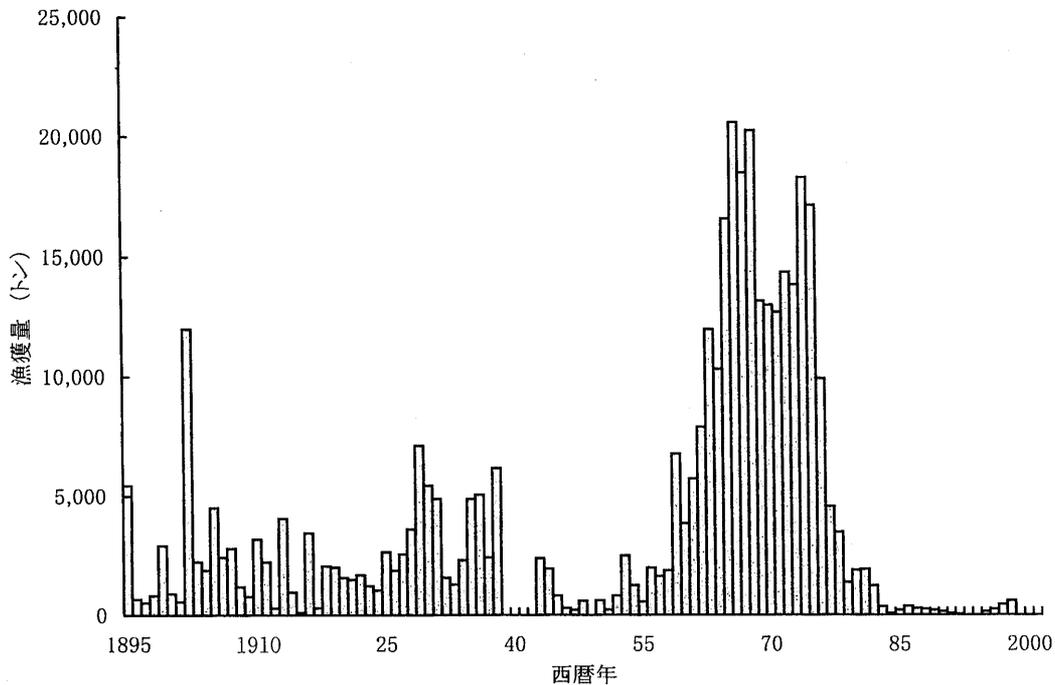


図 I 1-1 秋田県におけるハタハタ漁獲量の長期推移

2. 資源増大に向けた基本的な考え方

漁獲量の推移が示すとおり、ハタハタについては全国的に漁獲量が著しく減少しており、特に、秋田県では1984年以降は最盛期の1%以下と壊滅的な状況となった。その要因については、日本海の水温変動が関与していることが Sakuramoto (1997) によって指摘されている。しかし、例えば1989年の漁獲率が0.78と推定されており（秋田県 1993）、資源量が減少したにもかかわらず、それに見合う漁獲努力量の削減がなかったことも大きいと考えられている（杉山 1999）。

このような状況を前にして、資源の回復を図るために最大の努力をすることは水産関係者の責務である。資源の再生産に対して漁獲が著しく大きな影響を与えていると判断される場合は、漁業管理の必要性が出てくる。また、産卵場が減少し再生産に影響を与えていると推察される場合は、産卵場の整備が検討されるべきである。さらに積極的に、人工的に種苗を添加し資源を回復させる手法として種苗生産・放流についてもその技術的な展開

を図るべきである。

種苗放流は、対象生物の資源水準を基本に計画する必要があることは言うまでもないことである。また、放流による効果の把握などのモニタリングを行わずに、放流自体が自己目的となったり、対象資源の環境収容力を越えた放流などもあってはならないことである。ここでは、ハタハタのように大きな資源変動を持つ魚種に対して、資源の水準に適合した放流の位置づけと期待される機能について表 I 2-1 のように考察する。すなわち、次に述べるのとおり、ハタハタの種苗生産・放流はどのような形であれ、資源の水準を的確に判断しつつ今後とも継続して行っていく必要があるものとする。

① 資源自体の存続が危惧される状態（目安として最大資源量の1%以下まで低下）

種の存続：繁殖集団自体がきわめて小さくなっており、天然における最低限の繁殖集団を確保・維持する為の種苗生産・放流。

② 資源のレベルがきわめて低い状態（目安として最大

表 I 2-1 資源の水準と栽培漁業の機能

資源の水準	栽培漁業の機能	取り組み目標
① 存続危惧	種の存続	繁殖集団の創出
② 極めて低い	資源の修復	一定規模の資源単位の構築
③ 低い	資源の回復	資源の造成
④ 大きな変動	資源の安定	変動の吸収と計画生産
⑤ 回復	資源の維持	資源低下の予防
⑥ 安定	資源の保証	存続の保証

資源量の10%程度まで低下)

資源の修復：将来的な資源の回復を念頭に、その基盤となる最低限の資源単位を構築するための種苗生産・放流。

- ③ 資源のレベルが低い状態（目安として最大資源量の50%程度まで低下）

資源の回復：資源の積極的な回復をはかるために、既存資源にインパクトを与えることができる規模での種苗生産・放流。

- ④ 資源の変動が大きい状態（資源量が一定程度に達したが変動が大きい状態）

資源の安定：資源を安定させるために、一定量を継続して種苗・放流。

- ⑤ 資源が回復した状態（目標とした資源水準に達した状態）

資源の維持：資源を維持するとともに、資源減少に対する予防的措置としての種苗生産、放流。

- ⑥ 資源が安定した状態（資源量が大きく資源が自律的に更新している状態）

資源の保証：将来的な資源変動に対応するために、確立した種苗生産技術を保持し、技術水準の低下を防ぐための種苗生産、放流。

現在のハタハタ資源は、①ないし②の水準にあると考えられる。秋田県においては、ハタハタ資源を回復させるために、漁業管理、産卵場造成および栽培漁業という人の手で実行可能なすべての手法について実施している。また、これらをそれぞれ独立したものとして捉えるのではなく、役割分担を含め、相互に密接な関係を持たせながら展開している。

本書では、主としてハタハタの栽培漁業の確立に向けた取り組みについて述べるが、その基礎となった漁業生物学的知見についても述べている。しかし、漁業管理と産卵場造成については杉山（1999）にレビューしているので、このことに関しては本書では必要事項についてのみ触れることとする。

（杉山 秀樹）

3. 秋田県と日本栽培漁業協会における取り組み経緯

(1) 秋田県

1) ハタハタ資源回復パイロット事業（1980～1982年）

男鹿半島に位置する2漁協が事業主体になり、沿岸の産卵群（秋田県では季節ハタハタと呼称する）を対象に、人工採卵による卵塊または定置網に付着した卵塊をホタテガイ養殖用の垂下籠に収容し、ふ化まで海中に垂下した。ふ化に用いた卵塊数は、1980年50,115個、81年33,720個、82年6,540個であり、3年間で8,740,000円の事業費により約9万個の卵塊について行ったことになる。しかし、未受精卵が多く混じるとともに、卵管理中に死亡や腐敗が認められ、漁業者の一部からはこの方法に懐疑的な意見も出された。

2) ハタハタ種苗生産試験（1983～1988年）

ハタハタ種苗生産技術の確立と、放流用種苗の生産を行うことを目的に、秋田県栽培漁業センター（1985年10月に機構改革を行い現在の秋田県水産振興センターに名称変更）が実施した。生産方法は、12月の沿岸漁獲魚を搬入し人工授精を行い、受精卵の管理およびふ化仔魚の屋内水槽飼育によるもので、放流は1984年から行っている。放流時期は天然ハタハタ稚魚の出現状況を参考にし、沿岸水温が上昇する前の4月中旬から5月上旬に行っており、この状況はほぼ現在まで踏襲されている。

なお、日本栽培漁業協会能登島事業場（以下、日裁協能登島事業場）では1983年度からハタハタを生産対象とするようになり、86年以降毎年、生産種苗を秋田県へ輸送するとともに放流を行っている。

県単独予算で実施してきた本事業は、当初の計画どおり1988年度で終了したが、資源水準が依然としてきわめて低位であり、ハタハタの種苗生産の技術開発は必要であるとの考えから、一般生産事業として翌89年度においても実施した。この段階での評価として次の点が指摘できる。

- ① 秋田県においては30万尾前後の種苗放流が可能レベルに達したが、サイズは全長25mm前後であり、同時期に日裁協能登島事業場で生産した種苗と比較するとかなり小さいものである。
- ② 日裁協能登島事業場では放流種苗にリボンタグ、鰭切除などの標識装着を試験的に行っていたが、この時期の秋田県産種苗は無標識である。
- ③ 日裁協能登島事業場から秋田県への種苗輸送は活魚トラックを使用しており、物理的および金銭的理由から数十万尾が限度である。
- ④ 秋田県における種苗生産数は、当時の屋内水槽飼育

による方法では施設能力の限界から100万尾単位では無理である。

3) 特定海域新魚種量産技術開発事業（1990～1994年）

1990年度（平成2）から国において、特定海域増養殖総合推進対策の一環として、ニシン、マツカワ、ハタハタなどの新たな魚種を対象に、栽培漁業の地元への定着化を推進するため特定海域新魚種量産技術開発事業が始まることとなった。この内容は、対象魚種の漁業実態、卵・稚仔分布などの資源生態調査を実施し、生理、生態、資源特性などの把握をするとともに、日裁協能登島事業場で開発された基礎的技術を応用・導入し、種苗の大量生産のための種苗量産技術開発を行うほか、これら種苗の中間育成について、海域の特性を最大限に利用する効率的手法を開発するというものであった。ハタハタについては秋田県だけが取り組み、本事業を通じて、500万尾の生産という大きな成果を上げることができた。その背景には、特に、網生簀によるふ化から放流種苗の生産までの一貫飼育技術の開発および天然餌料の活用技術の確立などの技術的展開があったことが指摘できる。

4) 特定海域新魚種定着促進技術開発事業（1995～1999年）

本事業は、前述の特定海域新魚種量産技術開発事業を受けて、種苗量産技術の確立、標識手法の確立、放流効果の検討などを目的に着手したものである。本事業を通じて、500万尾の種苗生産が安定的にできるようになったことは、種苗放流による資源添加を図る上で極めて重要な意味を持つものであった。また、ALCによる標識について、発眼卵の装着、標識の確認などの基礎的な技術開発も行った。

5) 放流基礎調査事業（2000～2004年）

これまでの事業において、ハタハタの種苗生産に関する技術開発、技術確立に関しては一定程度の段階に達したと判断された。しかし、放流効果の定量的な把握、放流直後の減耗要因の把握などについては、知見の集積が極めて不十分であった。このため、標識放流に関する技術をまず確立することを基本として本事業に着手している。また、最も効果的な放流サイズ、放流時期、放流場所、適正放流数などについても検討する必要がある、本事業を通じてハタハタを対象とした栽培漁業の確立が着実に図られることが期待される。

（杉山 秀樹）

(2) 日本栽培漁業協会

日裁協能登島事業場では、日本海北部、特に秋田県における重要な漁業対象種であるハタハタの漁獲量が激減したことを受け、1983年の開所と同時に本種を栽培漁業対象種としてとりあげた。以来、秋田県と共同で本種の種苗生産、資源添加の技術開発を行うとともに、1997年からは富山県水産試験場の深層水利用研究施設におい

て、同県と共同で本種の親魚養成技術開発を行っている。

1) 親魚養成技術開発

秋田県の沿岸漁獲量が激減した1990年前後の3年間、日裁協能登島事業場の海水冷却式循環ろ過水槽を用いて親魚養成の技術開発を行った。小規模ではあるが、人工種苗由来の1、2歳親魚の産卵に成功している。その後一時中断していたが、1997年に富山県水産試験場深層水利用研究施設において、海洋深層水を用いた本種の親魚養成技術開発に同県と共同で取り組んでいる。

2) 種苗生産技術開発

種苗生産技術開発は、当初陸上水槽を用いて行われ、その生産尾数は1986年に10万尾を超え、1994年には全長30mmの種苗88.3万尾を生残率65%以上で生産する水準に達した。しかし、施設や生物餌料供給の制約上、この数量が陸上施設における生産の限界であった。この問題は、数百万尾規模の種苗放流が必要とされている秋田県において、さらに深刻であった。そこで、1987～1990年にかけて、人工種苗を早期に沖出しして海上の網生簀に収容し、配合飼料を全面的に使用した飼育技術を検討した。沖出しの時期を、1987年から年々早期化していき、1991年に初めてふ化仔魚から取り上げまでの海上の網生簀による一貫飼育が行われた。

なお、この過程で網生簀の中央水面に設置した夜間電照が、ハタハタの網ずれによる死亡を防止するとともに、天然の餌料生物を網生簀内に集める効果のあることが判明した。現在では、夜間電照は海上網生簀を用いた本種の種苗生産技術の基本となっている。

海上網生簀を使用した種苗生産は、網生簀と電照装置があれば基本的に可能であるため、陸上水槽よりも生産規模の拡大が容易であった。秋田県ではほぼ同時期に開始された特定海域新魚種量産技術開発事業において、500万尾生産を目標としたことから、秋田県と協力して本飼育技術の開発に取り組んだ。その結果、全長30mmの種苗を生残率70%以上で安定的に生産する技術を確立し、秋田県では500万尾の生産が実現した。

3) 資源添加技術開発

種苗放流の効果を検証するための標識技術の開発を行うとともに、秋田県と共同で放流技術の開発を実施した。アリザリンコンプレクソン(ALC)による耳石への大量標識法と耳石の大量処理方法を開発したほか、タグ標識なども検討した。また、放流前の種苗に対する取り扱いの影響を生化学的視点からも検討するとともに、効果的な放流方法の開発にも取り組んだ。しかし、放流効果の定量化や放流技術に関しては、検討の余地がまだ多く残されている。

（森岡 泰三）

4. 種苗放流事業

ハタハタの種苗生産は、前述のとおり1983年に着手し、

その後も継続して秋田県と日裁協能登島事業場とが協力しながら技術開発を行っており、現在では、網生簀によるふ化仔魚から放流種苗まで一貫した生産が可能になった。生産尾数が飛躍的に増大するとともに、放流尾数も毎年500万尾前後と安定してきた。この両機関が行って

きた秋田県への放流数を図 I 4-1に示す。しかし、放流効果を試算するための基礎的なパラメーターは得られていない。ここでは、放流に関する基本的な考え方について考察する。

種苗放流においては、まず天然資源に対するそのイン

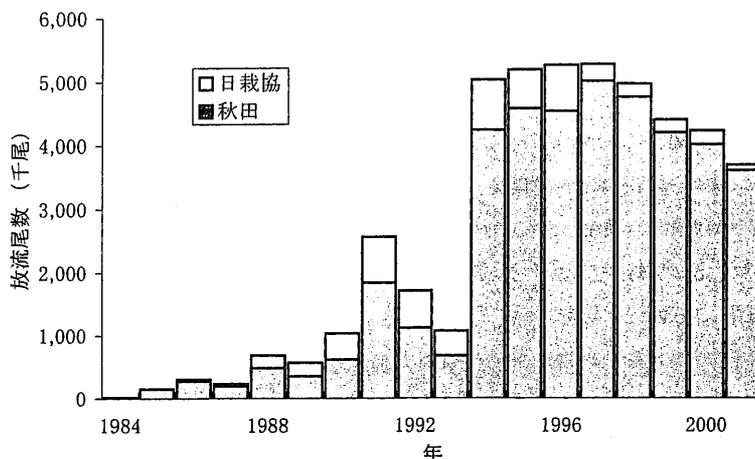


図 I 4-1 秋田県におけるハタハタ放流尾数の推移

パクト (強度) が問題になる。ここで、1983年から15年間の日本海北部系群の平均漁獲量から、放流サイズに換

算した天然稚魚の発生尾数を推定すると、表 I 4-1に示すとおり約3,700万尾となる (杉山 1999)。

表 I 4-1 日本海北部系群の資源動向及び稚魚の発生尾数の推定結果

1 日本海北部4県の漁獲量の推移 (単位:トン)					
年	青森	秋田	山形	新潟	合計
1983	13	357	168	376	914
84	0	74	47	75	196
85	3	203	70	166	442
86	3	373	328	761	1,465
87	7	286	98	194	585
88	8	248	59	134	449
89	15	208	37	123	383
90	27	150	24	107	308
91	5	70	26	55	156
92	4	40	32	70	146
93	22	—	44	105	171
94	13	—	51	52	116
95	11	143	62	90	306
96	6	244	54	73	377
97	10	450	115	181	756

2 最近15年間の資源動向 (単位:トン)					
	青森	秋田	山形	新潟	合計
平均	9.8	218.9	81.0	170.8	451.3
最大	27.0	450.0	328.0	761.0	1465.0
最少	0.0	40.0	24.0	52.0	116.0
標準偏差	7.1	120.3	75.6	176.3	350.3
分散	72.8	55.0	93.3	103.2	77.6

3 6月時点における稚魚発生尾数の推定

- ①日本海北部系群の範囲: 標識放流, 漁獲量の変動傾向など既往知見から, 日本海北部4県とする
- ②平均漁獲量: 日本海北部4県の平均漁獲量である450トンとする。
- ③年齢組成: 漁獲物の体長組成から1歳魚と2歳魚(以上を含む)の割合を6:4とする。
- ④平均重量: 雌雄を込みにした年齢別平均重量を使用。
- ⑤年間生残率: バイオマス解析から処女資源時の $M=0.51$
- ⑥全減少係数: 年齢組成から平均年齢法により $Z=0.88$
- ⑦漁獲係数: $F=Z-M=0.37$
- ⑧ $N_t=N_0*EXP(-z)$
- ⑨1歳魚を当歳に換算した海中尾数: z
- ⑩発生尾数: 当歳尾数/卵から1歳までの生残率(DOIRAPにより0.27%)

一方、秋田県における種苗生産能力は、施設規模から500万尾程度と推察されるが、それがそのまま天然資源に添加されたとすれば、その割合は20%近いものとなり、資源に影響を与えることのできる規模であると考えられる。また、長倉ら(1995)によって放流魚に回帰性および天然での再生産が確認されたことも、栽培漁業対象として積極的に取り組む背景となっている。

また、採卵親魚は定置網で漁獲されるものを使用して

いるほか、現在は漁網に付着した卵塊を回収し種苗生産に使用することも行っており、放流種苗が天然資源に対して遺伝的な混乱をもちこたすことはないと考えている。また、種苗生産過程において魚病は発生していない。

さらに、ハタハタの種苗生産、放流については漁業者からの非常に強い要望があり、これらの実施過程では漁業者の積極的な参画を求めているところである。

(杉山 秀樹)

4 天然稚魚数の推定

年齢	漁獲重量 (トン)	平均重量 (g)	漁獲尾数 (千尾)	資源尾数 (千尾)	ふ化後12カ 月後の 生残尾数 (千尾)	発生尾数 (千尾)	放流時期 の天然稚 魚数 (千尾)
1(1.5歳)	270	50	5,400	9,000	13,974	5,175,691	18,632
2(2.5歳)	180	80	2,250	3,750	14,038	5,199,196	18,717
合計	450		7,650	12,750	28,012	10,374,887	37,350

z:0.88

S1=卵から1歳までの生残率:0.0027

S2=卵から6月までの生残率:0.0036

Z=全減少係数:0.88

E=漁獲率(平成3年資源管理型報告書より):0.60

Ⅱ. ハタハタの生物特性

1. 分類

松原 (1955) は、スズキ目スズキ亜目ハタハタ科 Trichodontidae にエゾハタハタ属とハタハタ属の2属を認め、それぞれ、エゾハタハタ *Trichodon trichodon* とハタハタ *Arctoscopus japonicus* の2種に分類した。その特徴として、エゾハタハタについては「第一背鱗は14~15棘で、むしろ低く、基底部は長く、第二背鱗と接近する。下顎前縁に櫛状に並ぶ触鬚様の突起は顕著」、ハタハタは「第一背鱗は10棘で、高く、基底部は短く、第二背鱗と著しく離れている。下顎前縁に並列する触鬚様突起はない」と記載している。Nelson (1993) は、スズキ目ワニギス亜目にハタハタ科を置き、2属2種を認めている。中坊 (1993, 2000) においても同様に、ハタハタ科をミシマオコゼ科、トラギス科などとともにワニギス亜目に入れ2属2種を認めている。

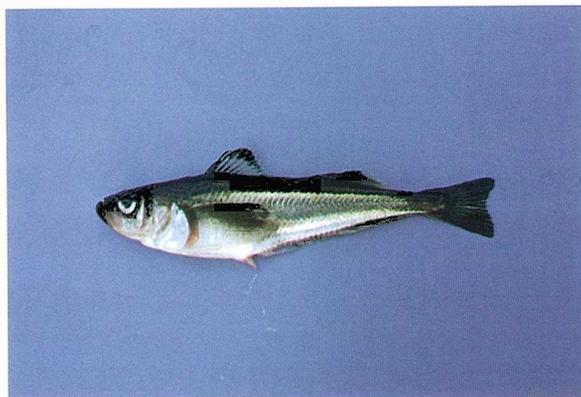
以降、この分類体系は踏襲されてきていたが、白井 (未発表) はミトコンドリア DNA によるカサゴ目の検討を行い、ホッケ、ダンゴウオなどカジカ群4種の近縁群にハタハタを位置づけ、ハタハタをカサゴ目カジカ亜目へ移動すべきであるとした。

従来、ハタハタはスズキ目の中の特化群の一つとして考えられてきたが、カサゴ目への帰属が認められれば、その系統的位置と近縁群の存在が明瞭になり、進化学的に大きな意味を持つだけでなく、生理・生態的な研究に関しても多くの情報を提供することが期待される。

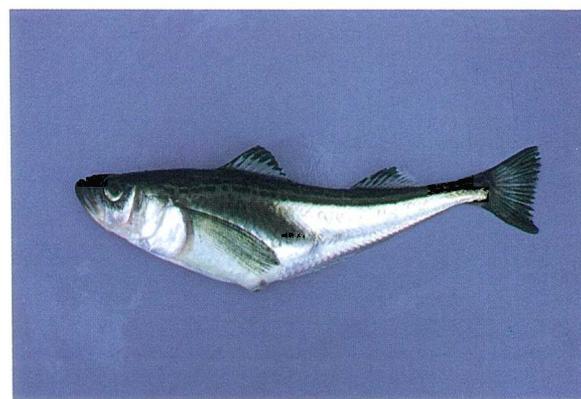
2. 形態と雌雄の判別

尼岡 (1984) によれば、ハタハタの体は写真Ⅱ 2-1と写真Ⅱ 2-2に示すとおりやや細長く、強く側偏する。体に鱗は無く、側線も無い。口は大きく、著しく斜めに向く。下顎は上顎より突出する。前鰓蓋骨に5本の鋭い棘を持つ。背鱗は2つで、著しく離れる。第1背鱗は高く、三角形。尻鱗の基底は著しく長い。体の背縁は黄褐色の斑紋を持つ。体の腹側は銀白色。前田 (1991) によれば、第1背鱗8~14棘条、第2背鱗12~15軟条。尻鱗29~32軟条。胸鱗25軟条。腹鱗1棘5軟条。鰓耙数上枝4~5本、下枝14~16本。脊椎骨数45~52個と記載されている。

体側の斑紋あるいは下顎および下顎峡部の黒色素の分布などは、産地により差異が認められる。北海道では、生時あるいは生鮮時には体中央部から上方に楕円形の暗褐色の斑紋が不規則に10個前後並ぶことが多いが、死後、不鮮明になっていく。日本海北部および日本海西部では、この斑紋が不鮮明である。一方、日本海西部のものは全般的に銀白色が強く、下顎および下顎峡部の黒色素は日本海北部のものに比べて少ない。日本海北部のものは、産卵期になると体上方の黒色が強くなり、特に、第1背



写真Ⅱ 2-1 ハタハタの雄成魚



写真Ⅱ 2-2 ハタハタの雌成魚

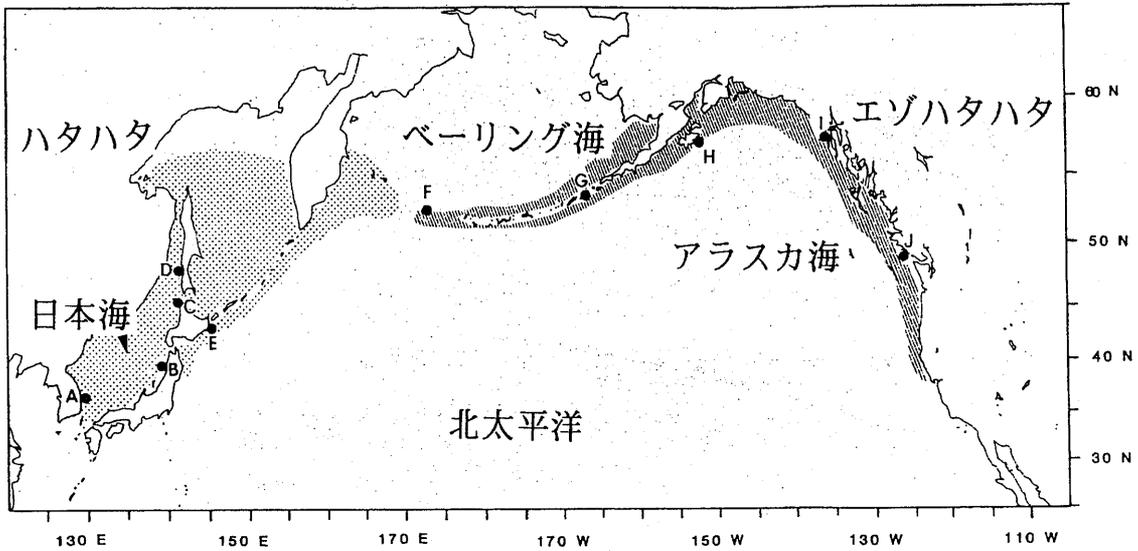
鱗、尾鱗の縁辺が黒くなる。

雌雄の判別は、泌尿生殖孔を観察することにより、外部から容易にできる。雄の場合、写真Ⅱ 2-1に示すとおり体長4 cmを超えると泌尿生殖突起は常に外部に露出しており、体長13cmでは長さ5~10mmの円錐形となって突出している。

3. 系群

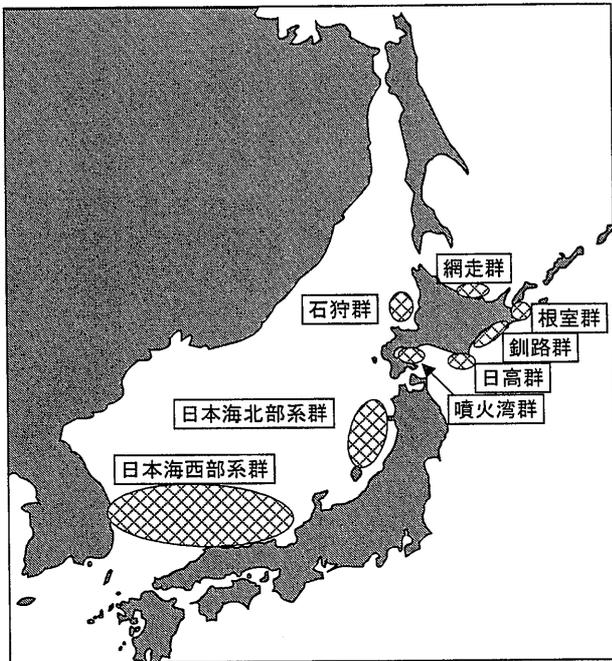
Okiyama (1990) によれば、ハタハタは図Ⅱ 3-1に示したとおり日本海を中心に、北海道、サハリン島、カムチャッカ半島の一部に分布している。一方、エゾハタハタは、アリューシャン列島ブリゾロフ諸島からアラスカ、サンフランシスコ湾にかけての太平洋岸に生息している。この両種は北太平洋において連続的に分布しているが、それぞれの分布は異所性であり、重複していない。

ハタハタは、標識放流の再捕結果や漁獲の変動傾向などから、図Ⅱ 3-2に示すとおりいくつかの系群に分けられている。特に大きい系群は、青森県沖から新潟県沖までを回遊・移動し、秋田県沿岸を主産卵場とする日本海北部系群と、もう一つは、朝鮮半島東岸の北緯38度線付近に産卵場があり、鳥取県や島根県沖まで回遊してくる



図II 3-1 ハタハタ科2種の地理的分布 (Okiyama 1990を改変)

A ヨンドク, B 秋田, C 稚内, D コムスク, E 根室, F アツ
G ダッチハーバー, H コディアク, I シトカ, J パンクーバー



図II 3-2 我が国周辺海域におけるハタハタ系群の分布

日本海西部系群である。北海道に生息しているものはあまり大きく移動しないと考えられており、小林・加賀(1981)は、産卵場に対応して石狩群、噴火湾群、日高群、釧路群、根室群、網走群の6系群に分けている。この他、南・田中(1985)、南ら(1989)によれば、富山湾、若狭湾などにも回遊範囲の比較的狭い地域群が存在している可能性が高い。本州太平洋側では、青森県、岩手県、宮城県でも漁獲記録はあるが、その量はきわめて少ない。

なお、杉山(1997)は、各系群の資源量の大きさが、系群ごとの回遊範囲の広さに対応していることを指摘し

ており、環境収容力や資源の増大目標を考える際に参考になる。

(杉山 秀樹)

4. 日本海北部系群の特性

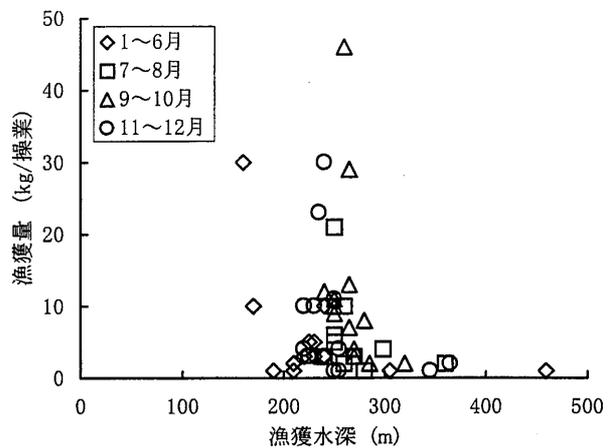
ハタハタ成魚の生物特性について、主として、日本海北部系群に属する秋田県において得られた調査結果(杉山 1991a, 1992b)に基づき述べる。

(1) 沖合における分布と回遊

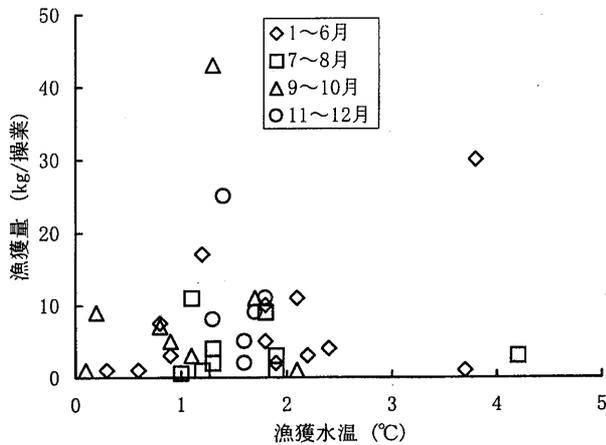
ハタハタが分布・生息している環境について、主として漁獲情報を基に整理した。

1) 沖合における生息環境

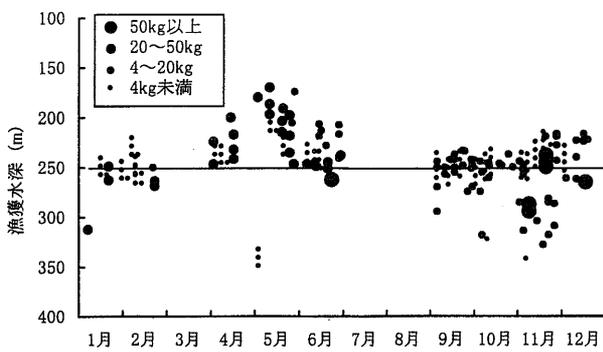
底曳き網試験操業における漁獲水深と漁獲量との関係を図II 4-1に、漁獲場所の水温と漁獲量の関係を図II 4-2に示す。漁獲水深は170~470mの範囲で認められるが



図II 4-1 底曳き網試験操業における漁獲水深と漁獲量との関係



図II 4-2 底曳き網試験操業における漁獲水温と漁獲量との関係



図II 4-3 底曳き網標本船1操業当たり漁獲量と漁獲水深

250m前後が中心で、これに対応して水温的には1.5℃前後が中心となっている。しかし、時期的に1~6月には比較的高水温の200m以浅に出現する傾向が認められる。このことは、図II 4-3に示す底曳き網標本船（秋田県船川港漁協所属）の漁獲水深の時期的推移からも明らかであり、特に4~5月にはこの傾向が顕著に認められる。

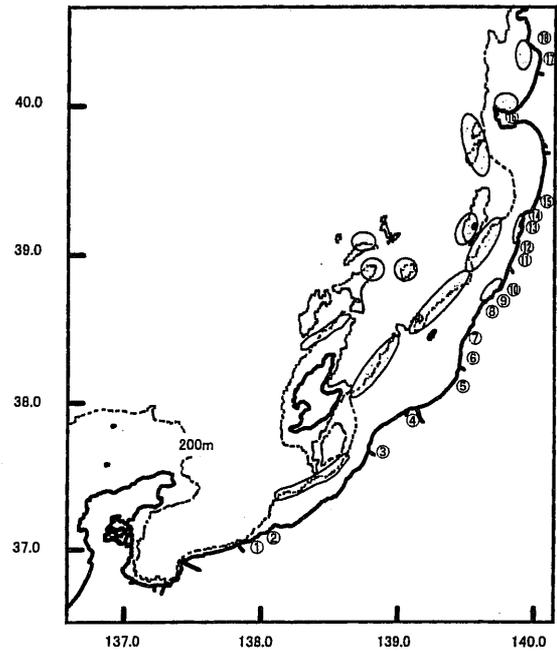
2) 漁場の推移

日本海北部におけるハタハタの漁場は図II 4-4に示すとおりで、沖合においては200m等深線をはさみ礁の周辺を中心に認められている。また、沖合漁場は産卵場である沿岸漁場より南まで広い範囲で分布している特徴が認められている。

新潟県から秋田県までの各市場における底曳き網の月別漁獲量は図II 4-5に示すとおりである。新潟県南部の能生、筒石では3~5月にピークがあり、12月にも若干の漁獲が認められる。出雲崎では12月がピークで、ここ以北の各地区とは大きく異なっている。新潟以北から加茂にかけては、主として3~6月および10~11月にピークが認められる一方、12月の漁獲量は激減する。酒田から船川にかけては春季の漁獲は減少し11~12月の単峰型の傾向を示し、秋田県北部の八森、岩館ではこれが一層顕著となる。

すなわち、漁場の時期別推移からは、出雲崎をはさみ

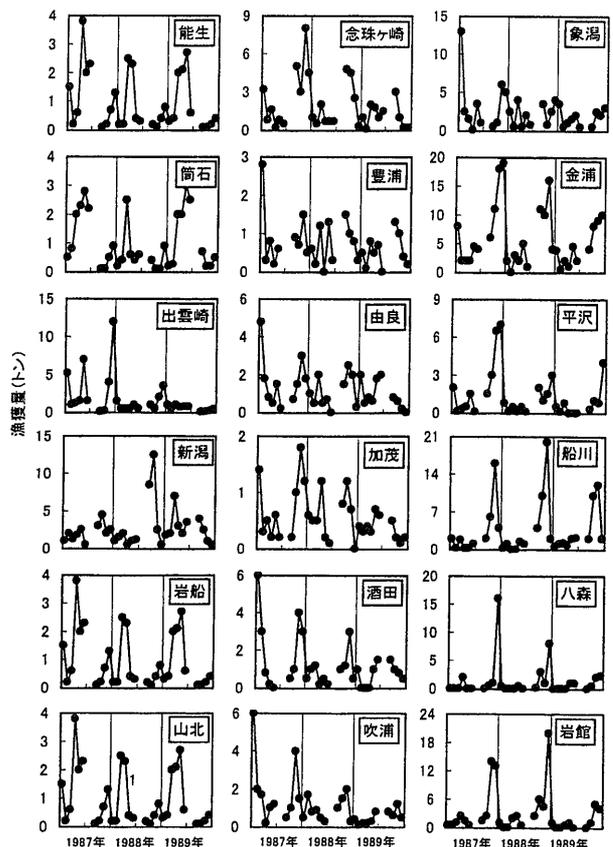
南北でパターンが大きく異なるとともに、新潟から岩館においては春季には南に、秋には北へと漁場の規則的な時期的移動が認められる。



図II 4-4 北部日本海のアタハタ漁場および主な水揚げ港

○ 漁場

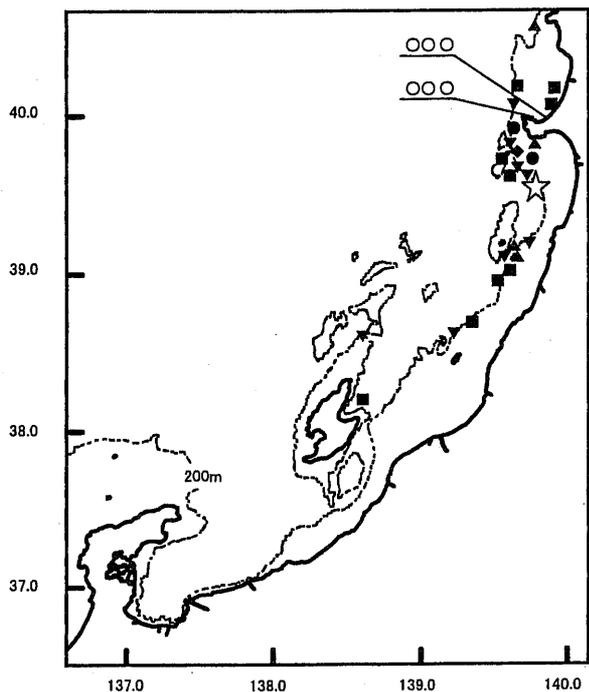
- ① 能生 ② 筒石 ③ 出雲崎 ④ 新潟 ⑤ 岩船 ⑥ 山北 ⑦ 念珠ヶ崎
 ⑧ 豊浦 ⑨ 由良 ⑩ 加茂 ⑪ 酒田 ⑫ 吹浦 ⑬ 象潟 ⑭ 金浦
 ⑮ 平沢 ⑯ 船川 ⑰ 八森 ⑱ 岩館



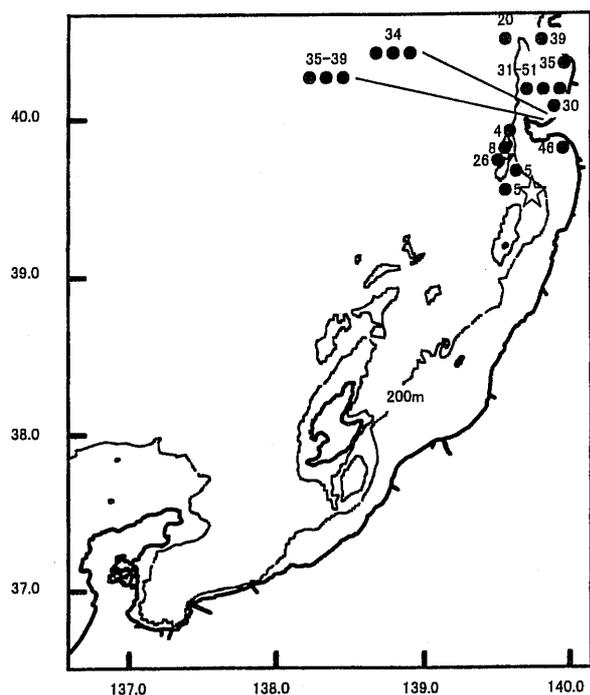
図II 4-5 北部日本海におけるハタハタの地区別漁獲量

3) 成魚の標識放流

1987年12月24日に、男鹿半島南岸から放流した産卵接岸群（12月19～20日に半島北岸の北浦地区で小型定置網により漁獲され人工授精に供試した雄親魚1,653尾）の再捕地点は図Ⅱ 4-6に示すとおりで、翌3～6月には佐



図Ⅱ 4-6 12月に標識放流した接岸親魚の翌年における再捕地点
 ▲：1～2月，■：3～4月，▼5～6月，
 ◆：7月，●：10月，○：12月
 ☆：放流点



図Ⅱ 4-7 11月に底曳き網によって漁獲され標識放流された成魚の再捕地点と放流後の経過日数
 ●：再捕地点，☆：放流点

渡島北方まで南下し、12月の産卵期には放流供試魚の漁獲地点に再び回帰している。また、1989年11月16～17日に秋田市沖合から放流した沖合群（底曳き網漁獲魚872尾）については、図Ⅱ 4-7に示すとおり、すべてが北上するとともに、過半が30～51日経過後に沿岸産卵場で再捕されている。

4) 沖合における移動・分布

以上述べたとおり、佐渡島以北の本州沖合域におけるハタハタの漁場は、主として、秋田県沿岸における産卵場とここから南下した広い範囲の生育場との移動・回遊という、ハタハタ自身の能動的な移動過程で形成されていると推察される。

すなわち、12月中・下旬に秋田県沿岸へ接岸した親魚は産卵後速やかに沖合へ移動し、摂餌場所を確保するため広い範囲で拡散しつつ佐渡島周辺まで南下するとともに、高い摂餌率を示す。その際、3～6月頃は比較的高水温の浅所にも分布するとともに、岩船、山北沖である程度まとまって漁獲される。この時期、主群が地先から移動してしまった山形県北部や秋田県では漁獲がほとんど認められなくなる。9月になり成熟しだすと魚群はまとまりだし、新潟県北部や山形県南部で漁場が形成されるようになり、10月に入ると主群は徐々に北上傾向を示す。

11～12月になると、産卵場を地先に持たない新潟県北部や山形県南部では漁獲が激減するとともに、山形県および秋田県では大きなピークを形成する。この時期は摂餌率が著しく減少しており、移動の契機は摂餌ではなく成熟であると推察される。

このように、沖合におけるハタハタの行動は、限定された産卵場所、短期間に集中する産卵時期、広い範囲の摂餌場所の確保、成熟にともなう摂餌率の急減等のハタハタ自体の生理的・生態的要因を基本としており、ハタハタの沖合における行動は、生育場への南下と産卵場への北上というある程度固定された枠組みの中で主体的に形成されると推察される。

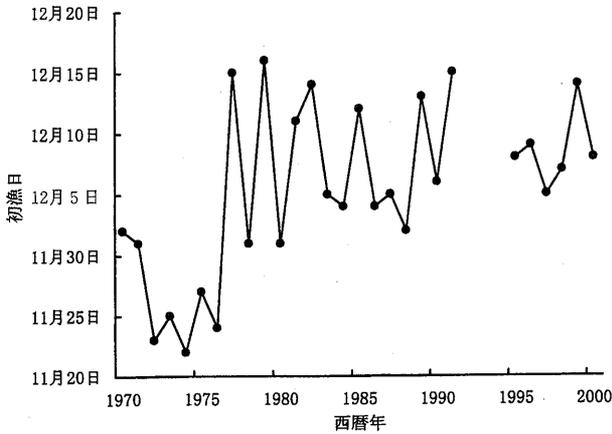
(2) 産卵のための接岸

1) 接岸時期

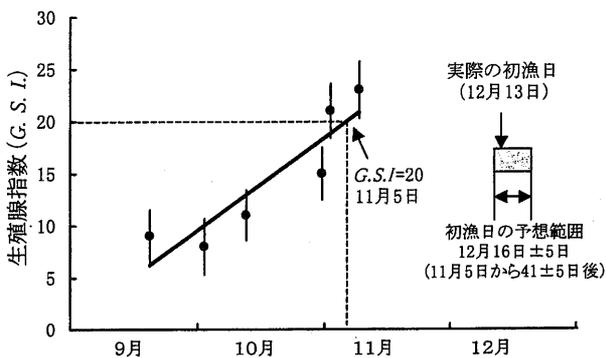
秋田県における過去15カ年の接岸群の漁獲は、図Ⅱ 4-8に示すとおり11月23日から翌1月20日までの期間に認められているが、漁期の開始（初漁日）は、1976年までは11月下旬であったものが77年以降は12月からとなり、79年は12月16日と最も遅くなっている。

2) 生殖腺の発達と接岸日との関係

ハタハタの沖合から沿岸への移動は産卵のためであり、ハタハタが接岸する条件として、第一に生殖腺の発達があげられる。沖合における生殖腺の発達程度から接岸日を推定する方法として藤本（1972）は、精巢 pH の変化、雌雄の生殖腺重量の変化等を使用しているが、最



図II 4-8 ハタハタ初漁日の年変化



図II 4-9 2000年における生殖腺指数 (G.S.I.) の推移とその推移から推定された初漁 (接岸) 予想日および実際の初漁日

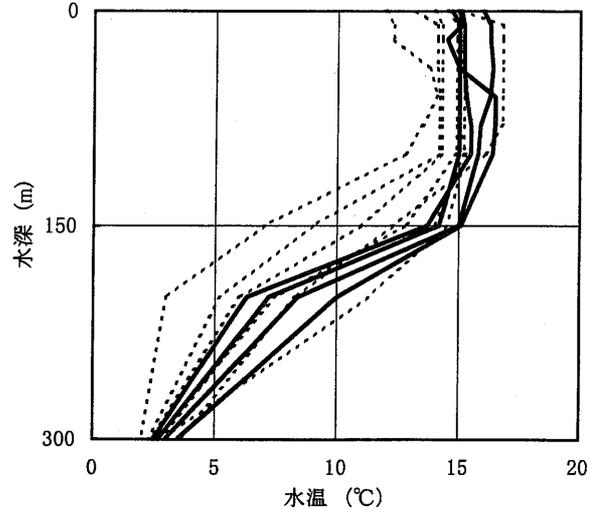
* 黒丸と縦棒は、生殖腺指数(G.S.I.)の平均値±標準偏差を示す。直線回帰式からG.S.I.が20となったのは11月5日と推定された。過去10年ではG.S.I.が20を超えてから41±5日で初漁が認められたことから、初漁日は12月16日±5日と予想。実際の初漁日は12月13日。

近は雌の生殖腺指数を用いている (杉山 1989)。沖合における雌の生殖腺指数(生殖腺重量/内臓除去重量×100, G.S.I.)が20を超えた日を基準として、過去10年間の初漁日とその日から何日間経過して認められたか、に基づき推定している。2000年の場合、図II 4-9に示すとおり20を超えたのは11月5日であり、過去の経過日数は41±5日であったことから、接岸日は12月16日をはさみ前後5日間と予想した。この年の実際の初漁日は12月13日であったが、例年においても、接岸日はほぼ中しているといえる。

3) 水温が接岸に与える影響

1980~89年における各月の沿岸定線観測結果と接岸日との対応では、図II 4-10に示すとおり、12月上旬の男鹿半島入道崎5マイル地点水深150mの水温が13℃以上であった年は初漁日が10日以降にずれ込む場合が多い。このことは、水深250m、水温1.5℃前後に生息していた親魚がそこで一定以上まで成熟し、そこから接岸する際に、途中にある13℃以上の水温帯が生理的障害となり、そこを越せないためと推察される。

このように、接岸時期については沖合での移動過程で



図II 4-10 男鹿半島入道崎沖5マイル地点の12月上旬における水温の鉛直分布

* 破線は初漁日が12月9日以前の年、実線は12月10日以降の年を示す

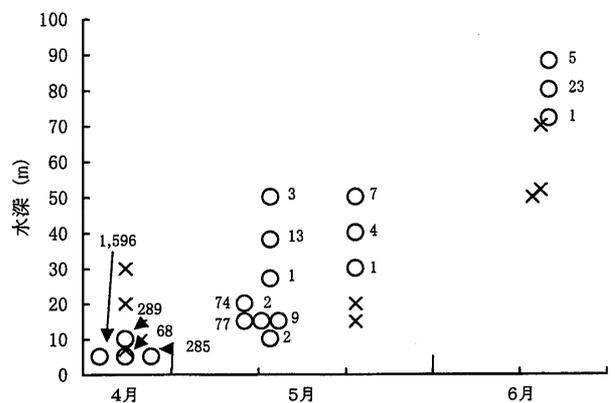
の水温環境が大きく影響していると推察される。

(3) 发育段階別回遊

男鹿半島の産卵場におけるふ化は、遅くとも2月上旬から始まり、盛期は2月中・下旬、ふ化の終了は3月中旬と推定される。ふ化サイズは13mm程度で、既に開口しており、遊泳力がある。沖山 (1988) によれば、藻場でふ化した仔魚は、一時浮遊生活を送るとされている。

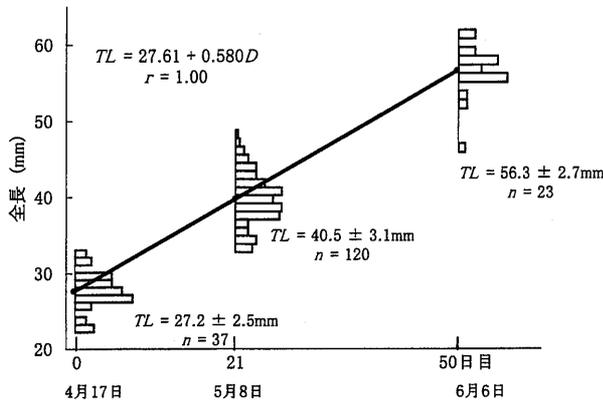
秋田県沿岸では、稚魚は3月下旬に水深10m以浅の砂浜域に出現する。その後、全長25mm程度まで成長した稚魚は、図II 4-11に示すとおり5月中旬には水深40~60mへ移動し、6月上旬には50~60mmに成長し水深100m以深へと移動する。この間の全長30~60mm程度までの成長は速やかで、図II 4-12に示すとおり1日当りの成長速度は0.6mm程度となっている。

4~6月における水温環境は、表層水温が10℃台から17℃台へと急上昇するとともに、5月下旬以降は水深50m以浅に躍層が認められるようになる。稚魚の出現水



図II 4-11 秋田県沿岸におけるハタハタ稚魚の水深別出現状況

* 数字は採集尾数 X印は採集されなかった水深を示す



図II 4-12 男鹿半島北部沖におけるハタハタ稚魚の成長

深はこのような水温の鉛直分布と対応して変化していると推察され、表層水温が15℃以下で水温躍層が発達していない時期は各水深帯で稚魚が出現するが、躍層が発達しだすと稚魚は躍層より下の低水温帯でのみ認められるようになる。なお、杉山(1989)は、海底水温が11~12℃台に上昇することがハタハタ稚魚の深場への移動契機の一つになっていることを示唆している。

ハタハタの分布・移動については、沿岸域稚魚についてはほぼ連続的に把握されているが、これに続く沖合域の未成魚に関しては不明のままであった。しかし、1988年7月10日に「しんかい2000」により男鹿半島入道崎北西、水深372~323mの地点で全長5~6cmの未成魚の直接観察に成功している(杉山・柴田 1989)。現時点では、稚魚期から未成魚期における沿岸から沖合への移動は把握されているが、その過程での各水深における滞留時間、群の形成などについては知見が少ない。成魚の標識放流では、佐渡北部から10月下旬に放流したものが12月に秋

田県沿岸で再捕されており、また、12月に男鹿半島南岸から放流した産卵接岸群が翌年3~6月には佐渡島北方まで南下し、12月の産卵期には漁獲地点に再び回帰している。さらに、11月中旬に秋田市沖合から放流したものは、すべてが北上するとともに、過半が30~51日経過後に秋田県沿岸産卵場で再捕されている。

これらのことから、秋田県沿岸でふ化した仔魚はそこで稚魚期までを過ごし、5~6月の沿岸水温の上昇を契機として速やかに水深200m以深へ移動するとともに、佐渡島周辺まで南下し生育する。翌年の秋以降、新潟、山形沖を北上しながら産卵場である秋田沖へと蠅集し、秋田県沿岸へ接岸、産卵した後、再び速やかに沖合へ移行するとともに、摂餌場所を確保するため広い範囲で拡散しつつ佐渡島周辺まで南下すると考えられる。

(杉山 秀樹)

(4) 食性

1) 稚魚

秋田県沿岸の水深10m以浅の砂浜で採集された稚魚の胃内からは、表II 4-1に示すとおり、4月下旬から5月上旬にかけて沿岸域に生息する稚魚の摂餌対象として、枝角目(*Podon* sp., *Evadne* sp.), かいあし亜綱(*Centropages abdominalis*, *Calanus* sp., *Acartia omorii*, *Paracalanus* sp.), アミ目, 端脚目(*Gammarus* sp.), 長尾亜目, 多毛綱の幼生, 魚類(ハタハタ以外の不明種頭部)が認められた。これらについて、稚魚1尾あたりの出現個体数は最多で、枝角目210個体、かいあし亜綱320個体、多毛綱21個体であった。

全期間を通じ、調査魚にはすべて胃内容物が認められ、空胃のものは無かった。供試魚の採集時間が昼間であり、

表II 4-1 ハタハタ稚魚の摂餌生物の出現頻度と摂餌数の変化

採集月日	4月27日	4月28日	5月11日	5月12日	5月13日			
水深(m)	5	5 10	7	5 8 5	5			
平均全長(mm)	33.4±2.9	35.1±2.7 33.9±3.1	38.5±3.3	41.2±3.0 38.1±4.5 39.8±3.9	39.3±4.2			
測定個体数	22	20 20	20	20 20 20	5			
Cladocera	22.7 ^{*1} (1.8) ^{*2}	50.5 (5.7)	5 (2.0)	100 (65.4)	100 (17.5)	100 (86.5)	90 (4.2)	80 (4.8)
Copepoda	100 (40.9)	100 (54.6)	85 (6.8)	100 (10.2)	100 (8.2)	100 (5.6)	100 (100.5)	
Mysidacea			50 (2.1)	30 (1.0)		5 (3.0)	100 (7.6)	
Amphipoda			5 (1.0)	70 (1.5)	10 (1.0)	20 (1.5)		
PISCES		5 (1.0)			5 (1.0)	5 (1.0)		
POLYCHAETA			95 (6.5)			810 (2.3)		
Others			5 (1.0)					

*1 出現頻度(%)

*2 平均摂餌数

採集漁具が強制的なものであったことを考慮すると、この時期の稚魚は昼間に活発な摂餌習性を示すと推察された。

餌料種類別の摂餌個体出現率ではかいあし亜綱が比較的高い値を示しており、この時期の稚魚にとっては本種が餌生物として重要な地位を占めていると推察された。一方、多毛綱を摂餌している個体では、かいあし亜綱の平均出現個体数が低下していた。

ほぼ同一時期、同一サイズであっても採集地点が異なれば摂餌内容が異なっているが、これは、餌料生物の分布が均一でないこと、稚魚の摂餌対象が限定されていないこと等によるものと推察される。また、4月下旬と比較して5月中旬の方が摂餌対象範囲が広がるとともに、端脚目、アミ目の底生性種が多く認められるようになっていく。このように、ハタハタ稚魚は5～6月にかけて沿岸から沖合へと大きく移動するとともに(杉山 1988)、より底生性が強くなっていく。

2) 未成魚

ハタハタの生態については、沿岸域稚魚についてはほぼ連続的に把握されているが、これに続く沖合域の未成魚に関しては不明のままであった。しかし、1988年7月10日「しんかい2000」により男鹿半島入道崎北西、水深372～323mの地点で全長5～6 cmの未成魚の直接観察に成功している(杉山・柴田 1989)。特に水深372mでは船艇を着底、停止させて未成魚を観察しており、これによれば、「投光器周辺にはテミスが濃密に蝟集していたが、この範囲から少し離れた地点で、テミスに対する摂餌行動が6～7回認められた。その際、開口と同時に体をくねらせたり、摂餌直後に前方に突進するのが観察された」としている。

また、この結果に基づき同年8月に秋田県沖合で行った調査船による底曳き網調査により、八森町沖合水深310mで全長57.3～63.4mm 6尾、22日本荘市沖水深273mで全長66.6～77.0mm 3尾の未成魚が採集され、その胃内容物として、テミス *Themisto* sp. が多く出現

したほか、アミ目、*Metridia* sp. 等が認められている。

3) 成魚

ハタハタ成魚の餌料種類別摂餌個体出現率を表II 4-2に示す。摂餌対象として確認されたものは、テミスのほか、オキアミ目(ツノナシオキアミと推定される)、魚類(キュウリエソ)、十腕目等であった。

調査期間を通じ、12月の産卵期および沿岸産卵漁場では空胃個体の出現率は高く、逆に、産卵期を除く沖合漁場では摂餌個体の出現率は高い値を示す傾向が認められた。

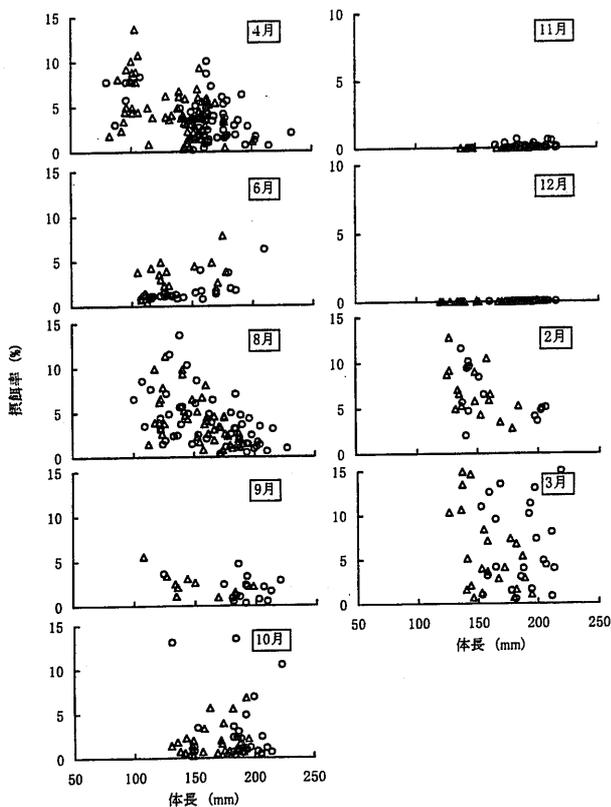
摂餌内容としては、88年7月下旬のように、ほぼ同一時期であっても摂餌対象が異なる場合や、8月の八森沖のように魚類が多く出現する場合も認められたが、全般的にはテミスがもっとも多く出現している。また、これら摂餌生物の重量比率についても、時期により魚類やオキアミ目が大きな比率を占めることがあるが、全体としてはテミスが卓越したものとなっている。

体長と時期・雌雄別の摂餌率(胃内容物重量/内臓除去重量×100)は図II 4-13に示すとおりである。摂餌率は各時期を通じて、雌雄で大きな差は認められず、また、体長との関係においても一定の傾向は認められない。摂餌率は4～8月においては10%を超える値を示すものも少なくないが、9～10月には5%以下が多くなり、11月には全て1%以下となる。そして、産卵のため沿岸に移動した12月下旬には全ての個体の摂餌率は0となる。その後、再び沖合に戻り高い摂餌率を示すようになる。このような摂餌の年周期は、図II 4-14に示すとおりで、成魚の生殖周期と密接な関係を持っていると推察される。

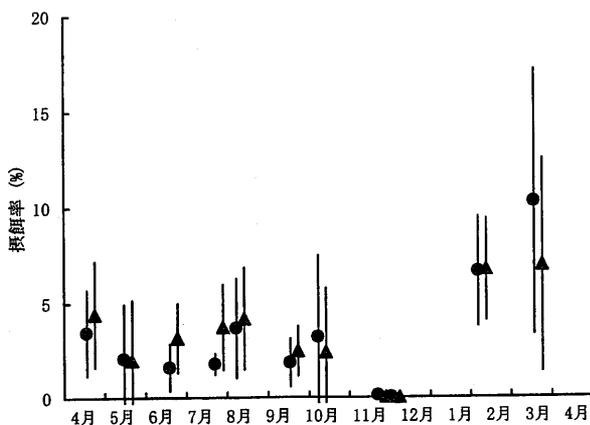
すなわち、成魚の生殖腺は9月以降急速に発達し、12月の比較的短期間の産卵期に、限定された狭い範囲の産卵場へ集結する(雄では生殖腺指数と生理的成熟が一致せず、精液を放出するようになるのは接岸時期だけである)。産卵後は生殖腺指数は急減するとともに、速やかに沖合へ移動し広い範囲に分散する(杉山 1990b)。一方、摂餌率は生殖腺の発達と相反する傾向を示し、産卵

表II 4-2 ハタハタ成魚の各摂餌生物の出現頻度(%)の月変化

年	調査		摂餌生物						
	月	個体数	全体	<i>Themisto</i> sp.	Euphausiacea	PISCES	Decapachia	Others	
1988年	4月	68	100.0	47.1	80.9	2.9	-	-	
	6月	44	100.0	100.0	-	-	-	-	
	7月	41	100.0	85.4	43.9	7.3	-	-	
	8月	21	100.0	85.7	4.8	14.3	-	-	
	9月	28	100.0	100.0	-	7.1	-	3.6	
	10月	32	100.0	100.0	-	-	3.7	-	
	11月	26	100.0	65.4	80.8	11.5	-	-	
	12月	25	-	-	-	-	-	-	
	1989年	1月	22	100.0	100.0	-	9.1	-	-
		2月	31	100.0	100.0	-	-	-	-
		3月	58	100.0	27.6	87.9	-	-	-
		4月	23	100.0	-	100.0	-	-	-
6月		26	100.0	15.4	100.0	-	-	-	
7月		45	100.0	91.1	4.4	8.9	2.2	-	
10月		20	100.0	100.0	35.0	-	-	-	
11月		31	100.0	100.0	-	-	6.3	-	
12月		60	-	-	-	-	-	-	



図II 4-13 ハタハタの体長と摂餌率との関係
* 丸印は雌, 三角は雄を示す



図II 4-14 ハタハタの摂餌率の周年変化
*丸印は雌, 三角は雄の各平均値, 縦棒はSDを示す

期には摂餌個体は認められなくなる。この現象は、生殖腺が胃を圧迫することによる物理的障害、産卵場となっている沿岸浅所には成魚に適合する餌料が存在しないこと、沖合における生息水温が1.5℃前後なのに対し産卵場の水温が10～12℃と高温であることによる生理的障害などにより、摂餌行動が産卵に起因する生理的および生態的な変化の影響を大きく受けた結果と推察される。

4) まとめ

上述のとおり、ハタハタの摂餌に関する特徴としてのことが指摘できる。

① ふ化後2～3カ月間の稚魚期は、極沿岸域でこの時

期の同水域に最も普遍的な動物プランクトンであるかいあし亜綱を中心に比較的多種類を対象に摂餌する。

② 成魚期は主として水深200m以深を生育場とし、日本海で餌生物として大きなバイオマスを持つと考えられているテミストを主対象とするほか、オキアミ、キュウリエソのように特殊ではなく、ハタハタの生息場所に多く存在し、摂餌可能な生物を利用する。

③ 生殖腺が発達し生育場から産卵場へ回帰する頃になると摂餌量が低下し、産卵場では全く摂餌しない。産卵後は速やかに元の生育場に戻り、活発な摂餌を示す。

このように、ハタハタは摂餌対象においてその生息場に多く存在する摂餌可能な餌生物を広く利用すること、生活の場が保育場、生育場、産卵場と異なり各成長段階で時空間的に重ならないこと、それぞれの生活の場で固有の摂餌習性を持つことなどの特徴があり、ハタハタのこれらの独自性が日本海において高い生産量を支えていたハタハタの側からの生物的背景の一つとなっていると推察される。

(5) 成長

秋田県におけるハタハタのふ化サイズは全長13mmで、5月上旬には沿岸域で40～50mmになり、水深200m以深へと移動する。その後の成長は池端(1988)によれば、雄は満1歳112mm, 2歳147mm, 3歳177mmとなり、雌は1歳118mm, 2歳185mm, 3歳222mm, 4歳245mmとなる。成長は雄より雌の方がよく、漁獲の主群は2～3歳魚で、寿命は5年程度と考えられている。

室蘭沖では、北浜(1968)によればふ化全長は11～12mmで、その後の体長は、雄では1歳100mm, 2歳155mm, 3歳183mm, 4歳198mm, 雌は満1歳110mm, 2歳171mm, 3歳204mm, 4歳234mmとなっている。

なお、ハタハタの年齢と成長については、耳石、体長組成などから推定したいくつかの報告がある(山口・伊藤1956, 三尾1967, 催ほか1983など)が、調査年、産地などにより相違している。また、当然のことながら、成長は資源水準によっても異なると推察されることから注意が必要である。

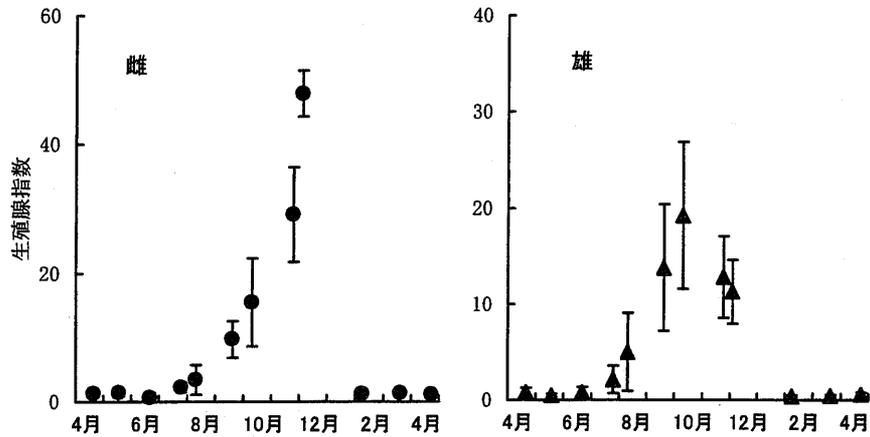
(杉山 秀樹)

(6) 性成熟

1) 生殖腺指数の周年変化

底曳き網(水深218～277m)および定置網(水深25m)により漁獲された標本により生殖腺指数(生殖腺重量/内臓除去重量×100)の推移を調査した結果は図II 4-15に示すとおりであった。

雌は8月から成熟に向かい、生殖腺指数は9月から11月にかけて急速に増大する。さらに、11月下旬の底曳き網漁場から沿岸漁場への生息場所の移動とともに40～50の最大値を示す。産卵後は、翌年の夏期まで1前後の低



図II 4-15 ハタハタの生殖腺指数の年変化
*丸印は雌, 三角は雄の平均値, 縦棒はSDを示す

い値が継続する。

雄は、個体差が大きいものの、8月から10月上旬にかけて急速に成熟に向かい、生殖腺指数は20前後の最大値を示す。その後10月下旬まではほぼ同じ値を示すとともに11月下旬にかけて漸減していき、10前後の値が沿岸においても持続する。生殖行動が終了し沖合に移動後は1未満となり、この状態が翌年の成熟期まで続く。雄におい

ては生殖腺指数のピークと産卵時期は一致せず、生理的に成熟して排精するのはほぼ接岸時に限られる。

2) 組織学的成熟周期

このような生殖腺指数の周年変化に関連して、岡崎(1992)は生殖腺の組織学的観察を行っている。その概要を表II 4-3と4-4に示した。

表II 4-3 ハタハタ卵母細胞の組織学的発達過程 (岡崎 1992を改変)

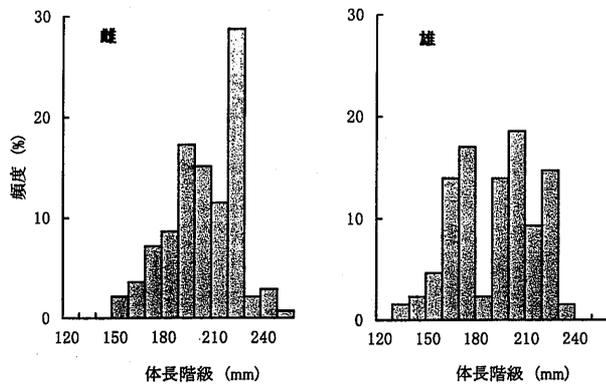
時期	発達段階		性状
産卵後(12,1月) ~ 4, 5月	卵原細胞増殖期	第一次成長期	染色仁期 卵径5~15 μm前後。細胞質は極めて乏しく核が大部分を占める。核内にはヘマトキシリンに濃染する明瞭な染色仁とそれを取り巻く染色糸が存在。
		周辺仁前期	卵径15~100 μm。核内には大型の仁が核膜に接して存在。細胞質は量を増し、ヘマトキシリンに濃染。
		周辺仁後期	卵径100~160 μm。細胞質のヘマトキシリン親和性が薄れる。しばしば細胞質周辺部にヘマトキシリンに濃染する直径約10 μmの卵黄核が観察される。成熟分裂は複糸期の段階にあり、卵黄蓄積が完了するまでこの状態にとどまる。
4, 5月 ~ 10, 11月	第二次成長期	卵黄胞期	卵径150~450 μm。卵黄胞、油球の蓄積が始まる。卵膜の放射線帯がエオシン好性の薄い層として確認できる。
		第一次卵黄球期	卵径470~540 μm。卵黄球はエオシンに濃染し、微小顆粒として周辺部に近い卵黄胞の間の細胞質内に現れ、求心的に蓄積。
		第二次卵黄球期	卵径500~800 μm。増加した卵黄球は互いに融合しその径を増す。核周辺に見られた油球環は分散し、核の形状はやや不整となる。放射線帯は厚みを増し、放射線帯が明瞭に認められる。
10, 11月 ~ 11, 12月	成熟期	核移動期	卵径1,000~1,700 μm。卵黄胞は表層原形質に1列に並び、表層胞の形態を整える。
		成熟期	卵径1,600~2,300 μm。卵黄球はさらに融合が進み、卵黄塊となる。卵核胞は動物局側に局在。卵門が形成され、卵門細胞が観察される。油球は融合し、周辺部に存在。放射線帯は厚さ150 μm、内外の2層が明瞭に観察され、外層には卵膜孔管が観察される。
12, 1月		成熟期	卵径約3,000 μm。動物極側に移動した卵核胞が崩壊し、排卵がおこる。
	退化卵		一部の卵母細胞は完熟卵にまで発育することなく、発達途中で顆粒膜細胞の貪食を受けて吸収。吸収部分は空胞状を呈する。

表Ⅱ 4-4 ハタハタ精子の組織学的発達過程 (岡崎 1992を改変)

時期	発達段階	性状
2,3月 ～ 6,7月	精原細胞増殖期	精原細胞が活発に分裂し、精原細胞包囊を形成。精原細胞は第一次及び第二次精原細胞に區別。第一次精原細胞は直径約15μm、核径7μm。精小囊内壁あるいは包囊間に周年存在。核の中心にヘマトキシリンに濃染する1個の仁、その周りに網目状の染色糸。細胞周囲に不定形のセトリ細胞あり。第一次精原細胞は有糸分裂により第二次精原細胞となり、共通のセトリ細胞に包まれた包囊を形成。第二次精原細胞は、その直径が第一次精原細胞に比べてやや小さく、やがて減数分裂を開始し、第一次精母細胞となる。
6,7月 ～ 11,12月	成熟期	精母細胞が、第一次、第二次減数分裂を経て精細胞となるまでの時期。第一次精母細胞は核径5μmで第一次減数分裂を終了し、核径4μmの第二次精母細胞に、第二次減数分裂を経て精細胞になる。
11,12月 ～ 12,1月	変態期	精細胞が精子に変態する時期。核径2～3μmの精細胞の染色質がヘマトキシリン親和性を減じながら、5～6μmの精子頭部の形態をとるようになる。尾部は約40μm、エオシンに薄く染色。変態を完了した精子は、各包囊中で包囊壁に頭部を向けて規則正しく配列、精子集塊を形成。搾出直後の精子は、精漿中にこの集塊が懸濁。
12,1月～2,3月	後繁殖期	放精後の状態。精小囊中に残存した多量の精子とごく少数の第一次精原細胞が存在。精小囊中の精子集塊は崩壊。

3) 生物学的最小形

産卵接岸群の体長組成は図Ⅱ 4-16に示すとおりで、生物学的最小形は雄130mm、雌150mm程度である。

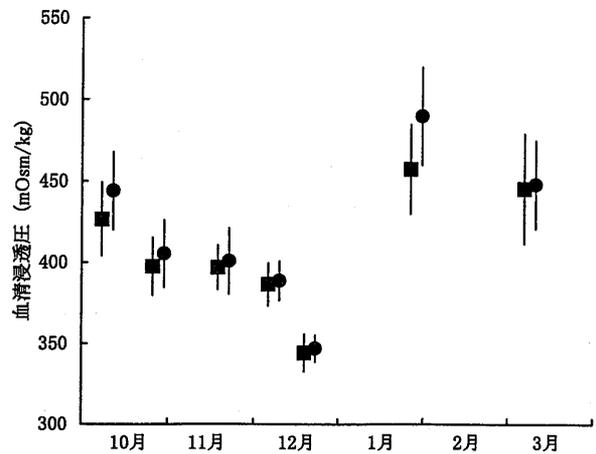


図Ⅱ 4-16 ハタハタ親魚の体長階級別出現頻度

4) 成熟にともなう血清浸透圧の変化

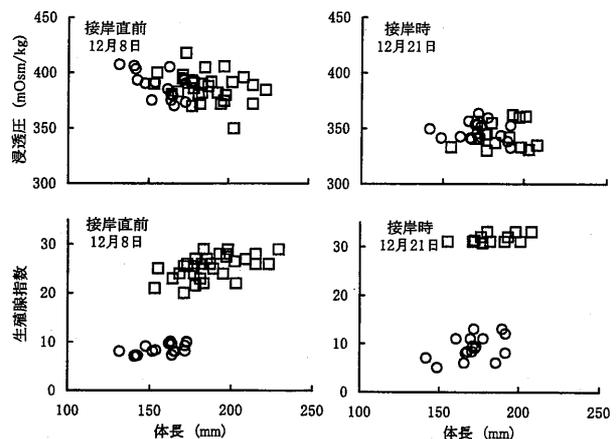
1986年10月から翌87年3月まで、調査船の底曳き網試験操業および小型定置網(12月8日の接岸魚)により漁獲したものについて、直ちに尾部から真空採血管により採血し実験室に持ち帰り分析に供した。魚体は個体ごとに精密測定を行い、生殖腺指数(生殖腺重量/全重量×100)を求めた。血液は血漿分離剤を入れ、4℃、5,000rpm、5分間の遠心操作を行い血清分離を行い、血清は直ちに浸透圧計(Fiske社、Osmometer)により浸透圧の測定を行った。なお、ここで使用する浸透圧とは、ミリオスモル/kg水(m Osm/kg)の単位で示され、1ミリオスモルとは、1kgの水を0.001858℃降下させる溶質量であり、1オスモルはアボガドロ数となる。普通、淡水は0.1～1.0m Osm/kg、海水は約1,000m Osm/kgである。

供試魚の血清浸透圧(以下、浸透圧)の経月変化を図Ⅱ 4-17に示した。浸透圧は、10月7日に440.5±23.2であっ



図Ⅱ 4-17 ハタハタの血清浸透圧の経月的変化

* 四角は雌の平均値、丸は雄の平均値、縦棒は標準偏差を示す



図Ⅱ 4-18 接岸前後におけるハタハタの体長と生殖腺指数および体長と血清浸透圧との関係

* 四角は雌、丸印は雄の値を示す。

たものが、10月24日401.3±17.1と減少し、その後、11月395.8±15.5、12月8日390.8±14.0と大きな変化はなく、接岸時の12月18日には340.3±13.2と最も低い値を

示した。産卵後沖合に戻ってからは、1月461.4±28.6と急上昇し、3月には440.8±24.9となり10月8日の水準にまで再び戻る。

なお、接岸期における供試魚の体長と生殖腺指数および浸透圧の関係は、図II 4-18に示すとおりである。産卵親魚の生殖腺指数は、接岸直前および接岸個体のいずれの場合においても、雌雄ともに体長とかかわりなく一定範囲の値を示す。浸透圧においても、時期により値は異なるものの、雌雄ともに体長との相関は認められない。

このように、産卵期をはさみ浸透圧に大きな変化が認められたことは注目される。ハタハタの場合、産卵期においては生殖腺の成熟とともに、生息水深が大きく変化するという現象があり、これらの変化に対応して浸透圧も変化するものと推察される。なお、同時に行った飼育試験では飼育している環境水に対応して浸透圧も変化するという結果を得ており、天然魚において認められた接岸時の浸透圧低下現象は、成熟が直接的に関与したものではなく、産卵にともなう生息環境の変化に対応した生理的反応と推察される。

(杉山 秀樹)

(7) 産卵形質

1) 体重と生殖腺重量との関係

成熟期のハタハタ雌個体は、腹腔内に卵径3mm前後の大型卵塊と、卵径0.5mm以下の小型卵塊が同時に認められるが、それぞれが独立した塊を形成しており、前者はその年に1回の産卵で全数が産出され、後者は腹腔内に留まり翌年以降の産出卵となる。この大型卵塊と小型卵塊の重量に占める割合は、親の魚体重にかかわらず、大型卵は体重の40~50%であり、小型卵は1%以下の値を示す。

2) 体長と産卵数、卵径、卵重量との関係

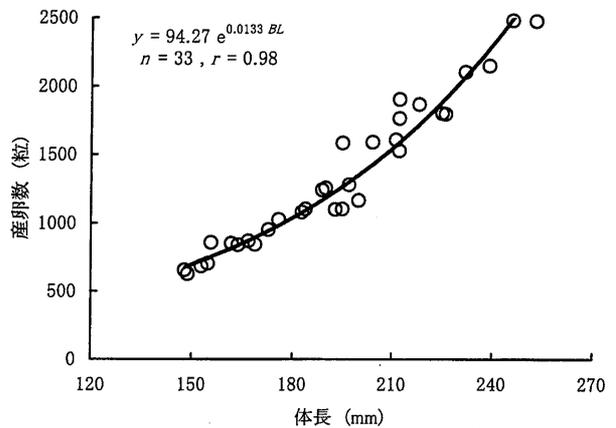
体長と卵数の関係は、図II 4-19に示すとおりで、623粒(体長149mm)から2,451粒(体長242mm)の範囲にあり、同一体長であっても約400粒の相異を示すことがある。しかし、体長(x)と産卵数(y)の関係を指数式にあてはめると、

$$y = 97.613 \cdot e^{0.0131x} \quad (n=32, r=0.99)$$

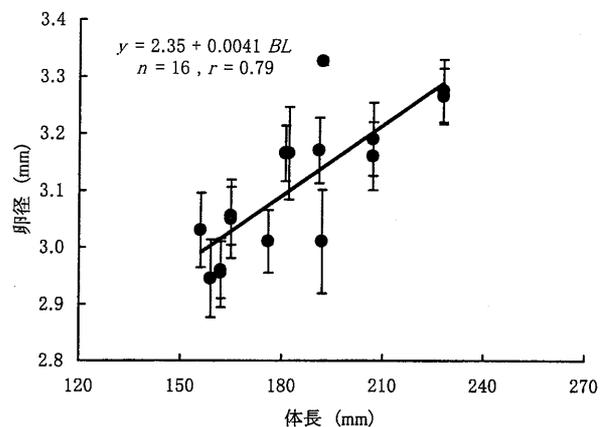
となり、高い相関 ($p < 0.01$) が認められる。

なお、小林(1979)は、北海道のハタハタで年齢別の孕卵数の分布範囲が各水域により違うことを述べており、この点について、秋田県に分布するものについて更に検討する必要があるものと考えられる。また、小林(1979)は、北海道と日本海北部での卵数を比較し、同体長・同年齢であっても前者が著しく多いことを指摘している。

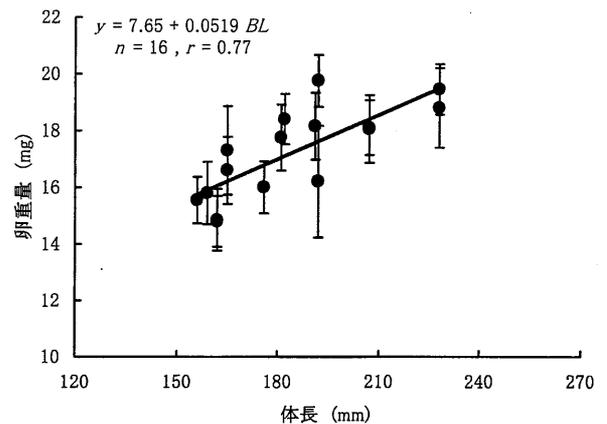
体長と卵径の関係は図II 4-20に示すとおりで、卵径は2.8~3.4mm、個別別の卵径平均値は2.95±0.07mm(体長181mm)から3.33±0.01mm(体長223mm)の範囲にあり、体長(x mm)と卵径(y mm)の関係を直線式



図II 4-19 ハタハタの体長と産卵数との関係



図II 4-20 ハタハタの体長と卵径との関係



図II 4-21 ハタハタの体長と卵重量との関係

にあてはめると、

$$y = 0.0041x + 2.3452 \quad (n=16, r=0.80)$$

となり、高い相関 ($p < 0.01$) が認められる。しかし、同一体長でも卵径は異なり、卵径には体長以外の要因もあると考えられる。

なお、卵径に関する既往の報告では、加藤・大内(1956)が2.8~3.8mmとしており、佐々木(1937)は体長が大きくなるに従い卵径も2.9mmから3.5mmまで増加する

ことを示している。

体長と卵重量の関係は図Ⅱ 4-21に示すとおりで、卵重量は13~21mg、個体別の卵重量平均は 14.80 ± 0.89 mg (体長186mm) から 19.75 ± 0.91 mg (体長192mm) の範囲にあり、体長 (x mm) と卵重量 (y mg) の関係を直線式にあてはめると、

$$y = 0.0519x + 7.651 \quad (n = 16, r = 0.77)$$

となり、高い相関 ($p < 0.01$) が認められる。また、この関係は、前述の体長と卵径の関係を直接的に反映したものとなっている。

一方、三尾 (1976) はハタハタの年齢が高くなるに従い卵巣重量に対する卵数の増加割合が高くなることに注目し検討を行い、卵の重量 (卵総重量/卵数) は年齢に関係なく肥満度に正比例することを示している。さらに、成熟についての諸性質はすべて年齢により異なると強く主張しており、最近のデータについても年齢の面からの再検討が必要であると考えられる。

(8) 産卵生態

秋田県沿岸で調査を行った杉山 (1988a, 1991a, 1992a, 一部未発表) の観察結果に基づき述べる。

1) 産卵行動

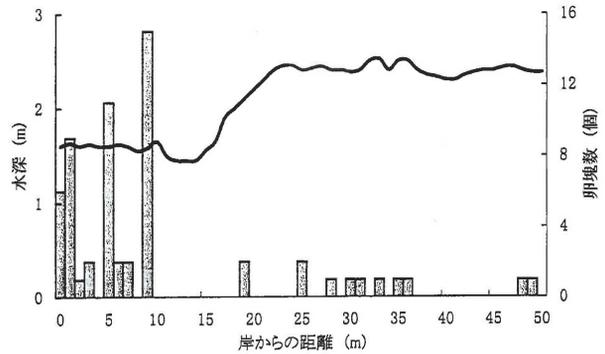
親魚は、成熟が9月以降に急速に進むとともに、11月頃から秋田沖に集結しはじめる。生殖腺が十分に成熟し、かつ、沿岸の水温が13度以下になると、一挙に沿岸まで移動する。最近の産卵期は12月中旬頃から始まり、ピークはわずか10日間程度ときわめて短期間である。産卵場に水中テレビを設置し観察した結果は次のとおりである。

産卵場となる藻場周辺には、夕方頃から雄が集まりだし、時間の経過とともに蟻集する。その間、潜砂する個体も認められる。雌は21時頃から認められるようになり、海藻に吻で触れたり体を海藻の中に入れてりする。産卵は0~4時頃にかけて認められ、雌が海藻の間に体を入れ口を大きく開け1~2秒で放卵すると、すぐに複数の雄が放精する。1尾が産卵すると、短期間にその周辺で他の個体の産卵が認められるようになる。雌は放卵後、直ちに、吻で産着卵をつつく行動を示す。夜明け頃には産卵行動は終了し、多くは沖合へ移動するが、その後も産卵場周辺に残っている個体も認められる。

ハタハタは1回の産卵行動で全ての卵を産出し、卵は海水に触れると相互に強い粘着性を示すとともに、直径3~5cmのほぼ球形の固い卵塊を形成する。卵塊の重量範囲は、10~60gと大きく異なっている。

2) 卵塊の出現水深

1990年1月8日に北浦地先で実施したライトランセクト調査におけるハタハタ卵塊の出現数および水深を模式的に図Ⅱ 4-22に示す。卵塊の分布は均一ではなく、少ない地点では0個/m²、多い地点では15個/m²と大きな



図Ⅱ 4-22 岸からの距離と水深および卵塊数との関係
* 実線は水深、棒は卵塊数を示す

ばらつきが認められた。50mのライトランセクトで認められた卵塊の総数は60個で、このうち最初の10mの範囲で全体の80%に当たる48個が出現した。調査水深は1.0~2.8mで、卵塊は水深1.5m前後に多く出現した。

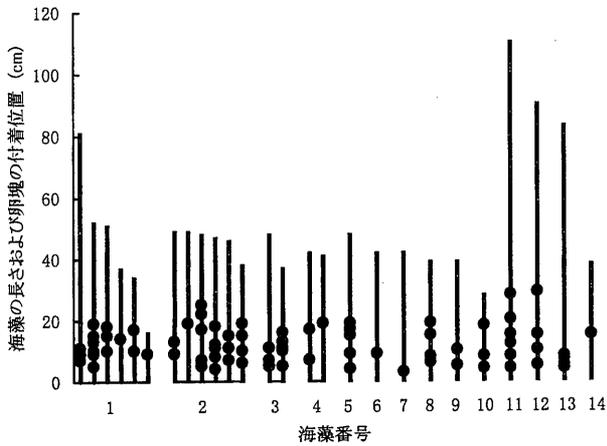
現在までの観察事例では、卵塊の出現水深は0.5~3.8mであり、特に水深1.5~2.5mの範囲で多く認められることが多い。しかし、卵塊の分布は男鹿半島沿岸においても局所的であり、この出現する範囲および相対的な分布量は水深だけで決定されるものではなく、海底地形、流入河川水の影響、海藻の種類および被度などの条件により決定されるものと推察される。

3) 卵塊の付着基質と付着位置

ハタハタは、1回の産卵行動で600~2,300粒程度の全ての卵を産出し、卵は海水に触れると相互に強い粘着性を示すとともに、直径3~5cmのほぼ球形の固い卵塊を形成する。産卵はホンダワラ類の基部で、茎を巻き込むようにして行われることから、卵塊は写真Ⅱ 4-1に示すとおり茎を中心に付着する。調査を通じ産卵基質として認められたホンダワラ類は、ジョロモク *Myagropsis mygagaroides*、フシスジモク *Sargassum confusum*、アカモク *S. horneri*、マメダワラ *S. piluliferum*、ヤツマタモク *S. patens*、ヨレモク *S. tortile*、ノコギリモク *S. macrocarpum*、ホンダワラ *S. fulvellum*、タマハハキモク *S. muticum*、スギモク *Coccophora langsdorfii* などであった。



写真Ⅱ 4-1 海藻に産み付けられたハタハタの卵



図II 4-23 ハタハタの卵塊の付着位置

* 縦棒は付着していた海藻の長さ、黒丸は卵塊の付着位置を示す
海藻1~10はスギモク、11はヨロモク、12はジョロモク、13はヤツマタモク、14はハ
バキモク。海藻1~4は複数の基に産み付けられていた。

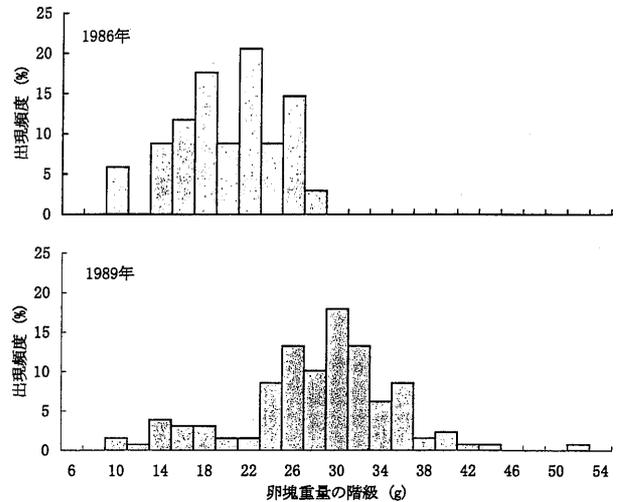
卵塊は、産卵接岸群を対象とした刺し網および小型定置網の網地に付着していることはあるが、天然の基質としてはホンダワラ類以外は認められなかった。北浦地先の産卵場においては、卵塊はスギモク群落に比較的多く出現したが、産卵基質の選択性を意味しているものか、スギモクが他のホンダワラ類より浅所に分布していることが、ハタハタの産卵に適合していることによるものかについては不明である。

1990年1月8日に行った調査における、卵塊の付着位置は図II 4-23のとおりで、卵塊はすべて海藻の基盤から30cm以下で認められた。海藻の長さとおよび卵塊の付着位置とは相関はなく ($p > 0.05$)、基質の種類による付着位置の相違も認められなかった。基盤から近い位置は遠い位置より物理的に安定していると考えられることから、このように卵塊を付着させていることは、比較的長い卵期間に卵塊が基質から離脱しないための適応的な意味があると推察される。

4) 卵塊の重量

卵塊の平均重量は年により大きく異なっており、1989年は29.1gで最低であった1986年の1.55倍であった。これは、図II 4-24に示すとおり卵塊の重量組成が変化していることによるものであり、卵重量は親魚の大きさに比例し、さらに、体長は年齢によって決まるとともに産卵は複数の年級群により行われることから(三尾 1967)、卵重量の年変化は産卵群の年級群組成を反映した結果と推察される。

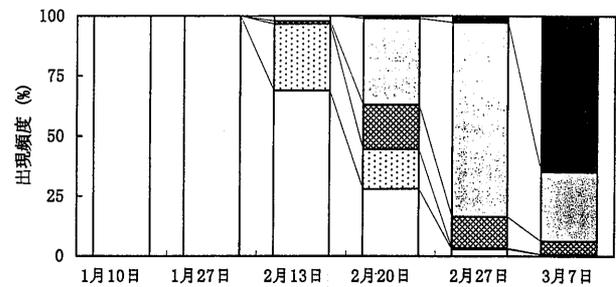
なお、1988年1月20日に行った北浦地先での産卵基質別卵塊重量の調査によれば、スギモクの場合の平均重量は $19.2 \pm 4.5\text{g}$ ($n=23$)、ヤツマタモクでは $18.0 \pm 4.8\text{g}$ ($n=11$) となっており、産卵基質と卵塊重量とは関係が認められなかった。



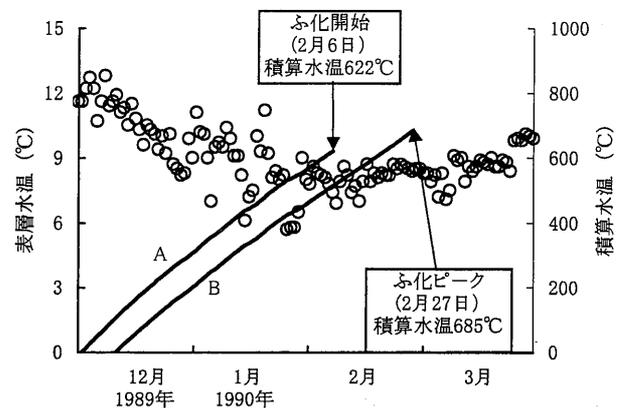
図II 4-24 1986年と1989年における卵塊重量の階級別出現頻度

5) ふ化時期

北浦地区において天然卵塊のふ化状況に関する調査を行った結果、ふ化が認められた卵塊が出現したのは図II 4-25に示すとおり2月13日からであった。この時点では、ふ化が認められた卵塊は31.1%で、残りはまだふ化が始まっていない状態であった。2月20日には、卵塊の61~



図II 4-25 卵塊のふ化率の時期別出現頻度
□0% □1~20% □21~60% □61~99% ■100%



図II 4-26 1989年12月~1990年3月までの地先水温と積算水温

* 丸 : 水温
線A : 産卵開始(12月2日)~ふ化開始(2月6日)までの77日間における積算水温(622°C)
線B : 産卵ピーク(12月11日)~ふ化ピーク(2月27日)までの79日間における積算水温(685°C)

99%がふ化したものの占める割合は36.0%になり、27日にはこの値が80.8%を示した。3月7日には、ふ化が終了した卵塊が65.0%を占めた。以上のことから、この年におけるふ化の盛期は2月末であったと推定される。また、水槽実験では同一卵塊におけるふ化開始から終了までの期間は1週間以上であることから(杉山 1988c)、1989年におけるふ化開始は2月6日以前であり、ふ化の終了は3月14日以降であったと推定される。

一方、1988年の北浦漁協管内における漁期は12月2日から25日までで、1日に1トン以上の漁獲があった日は9日間、10トン以上は12月13日の1日であった。この間の総漁獲量は35.2トンで、これの84.9%が12月8日から14日までの7日間で漁獲された。

以上のことから、天然における産卵およびふ化状況を推定すると、産卵の開始が1988年12月上旬、ふ化のそれは2月上旬であり、産卵のピークは12月中旬、ふ化のそれは2月下旬となる。また、産卵の終了時期については詳細に把握できないが、ふ化の終了時期についてはおおむね3月中旬と推定される。

卵およびふ化時期の水温環境は、図Ⅱ 4-26に示すとおり産卵が始まる12月上旬の約14℃からふ化が始まる翌2月上旬の約7℃までほぼ直線的に下降し、ふ化の終了する3月中旬までは8℃台が続く。これを積算水温で見ると、産卵開始(12月7日)からふ化開始(2月16日)までは622℃、産卵ピーク(12月11日)からふ化ピーク(2月27日)では685℃となり、日数ではそれぞれ62日間および72日間となる。

6) 産卵場の特徴

ハタハタの産卵場が最近も認められているのは、北海道では厚田、網走、厚岸、釧路、襟藻、噴火湾などであり、本州では、青森県の鯨ヶ沢、秋田県の八森、北浦、船川、仁賀保、象潟、富山県の氷見、新湊、石川県の能登島などである。この中である程度の規模の産卵場が認められているのは、本州では秋田県の一部だけである。

男鹿半島での航空写真(写真Ⅱ 4-2)や潜水観察から、産卵場として次の特徴が考えられている。

- ① 沖合との位置関係 水深250m前後に生息していた親魚は、条件が整うと一挙に産卵場にやってくる。このため、生息場所と産卵場の距離が短いこと、言い替えば、等深線が産卵場に迫っていること、あるいは、半島のように沖へ突出していることが挙げられる。
- ② 底質・藻場 段差、起伏のある軟岩盤帯の間を、沖にある広い砂底質帯から陸方向に砂の堆積した溝が走り、そこに大小の転石があり、複雑な様相を呈している。軟岩盤や転石にはスギモク、ヤツマタモクなどが、粗密をもって着生している。
- ③ 周辺との位置関係 藻場は比較的限定された範囲で独立している。周辺には大きな河川があり、このため広い砂浜域が藻場に続いて位置している。また、産卵



写真Ⅱ 4-2 産卵場付近の航空写真

場には小さな河川が流入している。藻場に隣接している砂浜域は稚魚の生育場として機能し、大河川からはその時期に融雪水とともに大量の栄養塩が入り、プランクトンの大量繁殖を支え、小河川は産卵場への回帰の時の記銘として機能している可能性が考えられる。

(杉山 秀樹)

Ⅲ. ハタハタの種苗生産に関する調査・研究

1. 種苗生産工程と調査・研究の目的

ハタハタの種苗生産工程は、基本的には12月における成熟魚の確保と採卵、2月上旬までの卵管理、2～4月の種苗生産および全長30mmサイズでの種苗放流からなり、その間に発眼卵の輸送、標識付け、種苗輸送、中間育成などの工程がある。これらの工程を着実に実行するには、本種の生物特性に関する情報が不可欠である。その情報に基づき、ハタハタに対する取り扱いの技術を工程ごとに開発していく必要がある。前章では、系群、生活史、産卵生態など、本種の生物特性に関する基本的な項目を記述した。本章では、種苗生産を進めるために行った、種々の調査・研究結果を工程別に記載する。

(森岡 泰三)

2. 親魚養成

種苗生産では、1回の生産に必要な数の受精卵をまとめて確保することが要求される。ハタハタでは成熟魚が産卵のために群れをなして接岸してくるので、秋田県と日裁協では産卵場周辺の定置網で漁獲された親魚をまとめて確保し、通常は遅くとも漁獲の翌日までに人工授精を行っている。しかし、漁獲量が少ない年あるいは系群では予定した数の親魚をまとめて確保することが困難になる。このような事態を想定し、沖合いの底曳き網で漁獲された未成熟魚や人工種苗を親魚に養成する技術を検討しておくことは重要である。

本項では、底曳き網によって漁獲されたハタハタを短期飼育することによる採卵の可能性を検討した。親魚養成技術開発を進めるための基礎的知見として、定置網によって漁獲された成熟魚の水槽内での産卵と行動を調べた。さらに人工種苗を親魚に育成する技術に関連する調査・研究について述べる。

(1) 底曳き網漁獲魚の飼育と採卵

杉山(未発表)は、産卵のために接岸する前に、底曳き網によって水深250m帯で漁獲されたハタハタの飼育と採卵が可能であるのかを検討している。11月21日と12月5日にそれぞれ331尾(雄188尾、雌143尾)と219尾(雄129尾、雌90尾)漁獲された中から、活力のある個体を各回雌雄それぞれ50尾選別し(以下、第1回採捕群と第2回採捕群)、標識で区別して屋内5kℓ角型コンクリート水槽1面に収容した。飼育は、水温12.8～10.8℃での砂濾過海水による15回転/日の掛け流しで行い、餌料にはアミのスライスとイカナゴ、サバの切り身を混合したものを、1日当り魚体重の5%を給餌している。

この調査における第1回採捕群の生残率は、雌は飼育2日目で0%であり、雄では2日目が45%、32日目が30%

であった。第2回採捕群の生残率は、雌は2日目が20%、46日目が2%であった。雄は5日目が88%、46日目が30%であった。死亡魚に関して、杉山(未発表)は頭部皮下出血、尾柄基部皮下出血、鰭基部鰭膜内出血、角膜白濁を主徴とした病変が見られたこと、さらに飼育日数の経過とともに筋肉の壊死・融解、潰瘍の形成、尾柄部の欠損などの認められる個体が増加していったことを記録している。一方、採卵に関しては、第1回採捕群では採捕時に卵を搾出したが卵径は小さく軟弱であり、海水に浸漬しても固化しなかったこと、しかし雄は排精したこと、第2回採捕群では、飼育8日目に2尾から採卵して人工授精を行った結果、65.4%の発眼率であったことを記録している。

以上の調査結果は、底曳き網によって漁獲されたハタハタの卵は未熟の状態にあるので完熟するまで飼育を行う必要があることを示唆している。完熟すれば採卵が可能となるが、漁獲時の傷が原因と見られる初期死亡が多いことから、飼育を行う際には親魚の選別を慎重に行い、収容時に薬浴するなどの対策が必要であると考えられる。

(森岡 泰三)

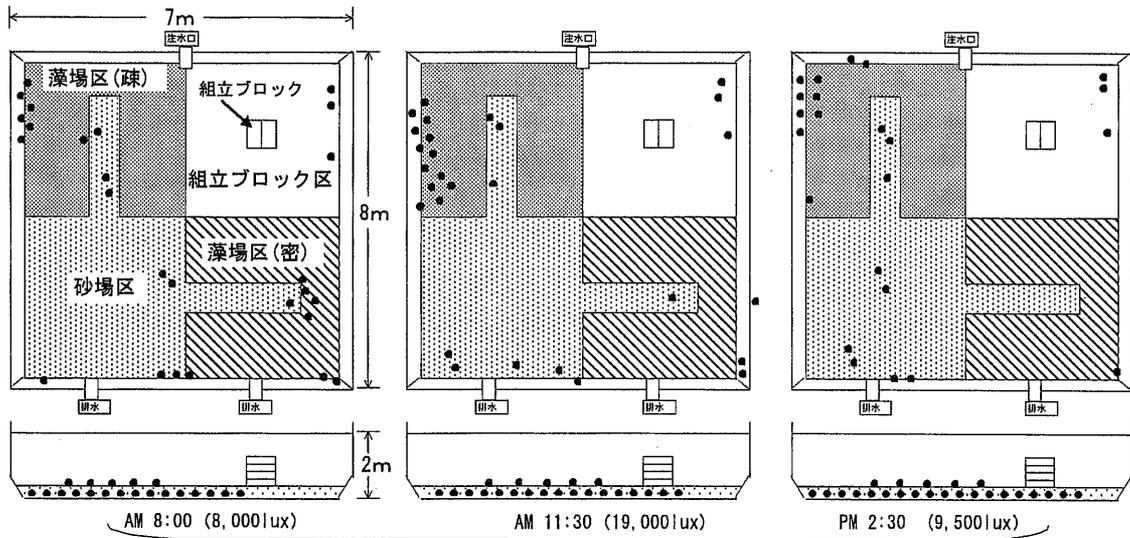
(2) 定置網漁獲親魚の産卵と行動

杉山(未発表)は、産卵のために接岸し、定置網によって漁獲された親魚を飼育し、観察を行っている。この観察は接岸時の生態を解明するために行われたが、親魚養成の手法を検討する際にも有効な観察記録が得られている。屋外100kℓ水槽内に厚さ7cmの砂場区、粗密の藻場区(ホンダワラ類7種)、組立ブロック区および何も設置しない区の4区を設けて天然環境を模し、12月20日に雌雄各200尾を収容して産卵と行動を観察している。餌料にはアミのスライスとイカナゴ、サバの切り身を混合したものを、1日当り魚体重の5%を給餌した。

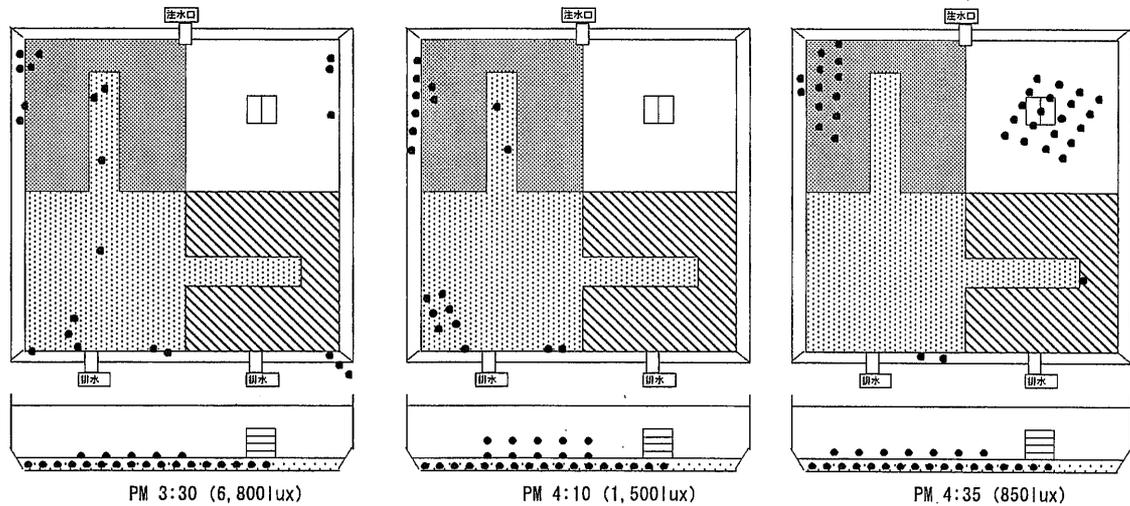
飼育42日目において雌雄それぞれ88.5%および97.0%の高い生残結果が得られている。飼育5日目以降に産卵が認められ、9日目に141個、20日目に11個の卵塊が取り揚げられた。卵塊は藻場の疎区より密区に多く、7種類全ての海藻に産み付けられており、取り揚げた卵塊の表面、内部および平均発眼率はそれぞれ84.4、44.0、65.2%(以上9日目分)および67.9、10.6、40.9%(以上20日目分)であったとされている。なお、各卵塊とも内側の発眼率が低く、特に20日目分では腐敗していたものも多かったことが記録されている。

このような生残と産卵結果を示したハタハタの行動を、杉山は以下のように記録している。

① 産卵期(12月中旬～1月上旬) 親魚収容後から産卵



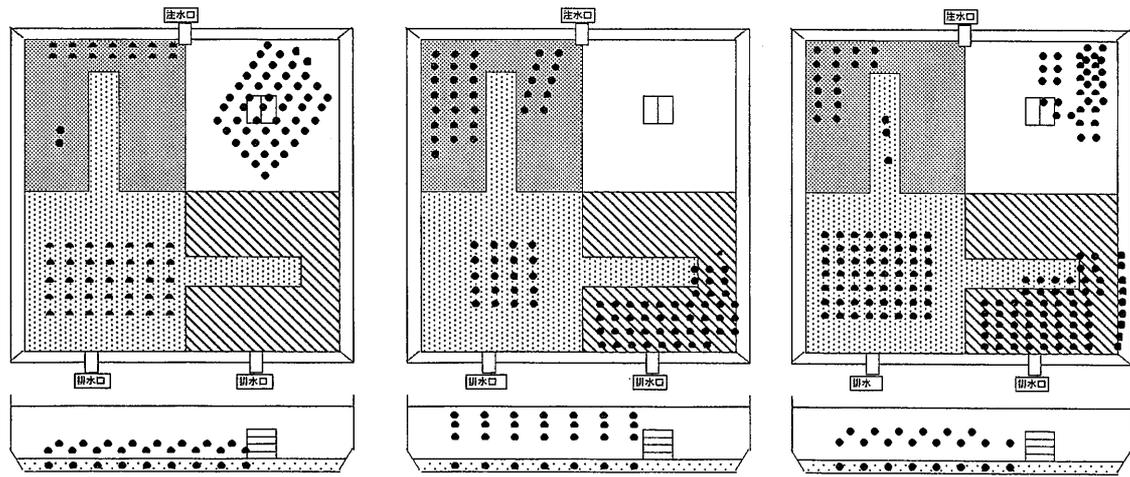
- ・9割以上の個体は潜砂している。
- ・それ以外の個体は注水口下方や水槽の縁に静止しており、移動は少ない。



- ・9割以上の個体は潜砂している。
- ・それ以外の個体は注水口下方や水槽の縁に静止しており、移動は少ない。

・遊泳魚出現

- ・約1割が底層で遊泳。
- ・摂餌行動するもの2~3尾。

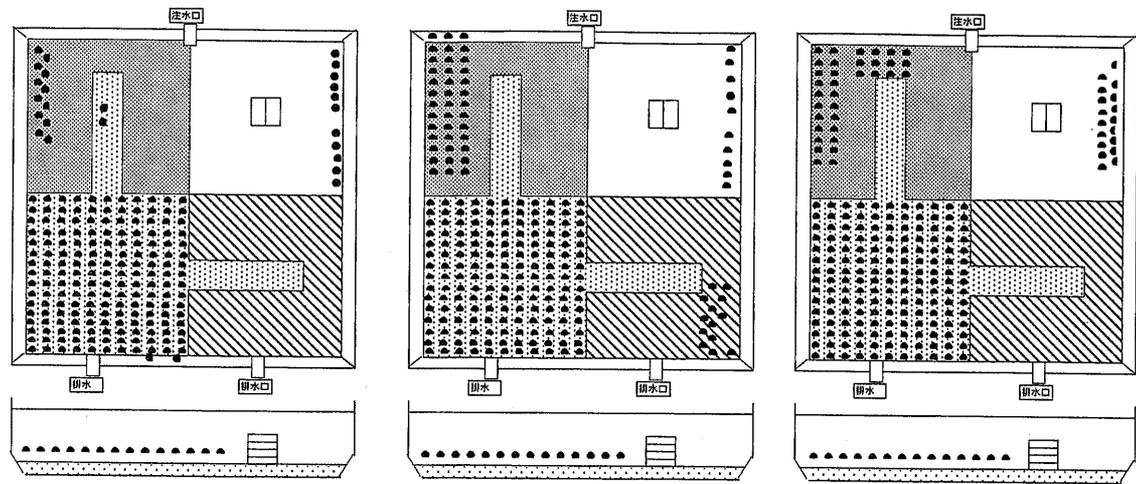


- ・約3割が群を形成し、遊泳。
- ・活発な摂餌行動がみられる。

- ・約3割が遊泳。
- ・遊泳層は、中層から表層へと上昇。
- ・摂餌行動は非常に活発。

- ・約6割の個体が出現し、中層を広く範囲に遊泳。
- ・摂餌行動減少。
- ・光に対して、忌避反応。

図Ⅲ 2-1A 産卵期終了後のハタハタの水槽内における昼夜の行動 (杉山 未発表)



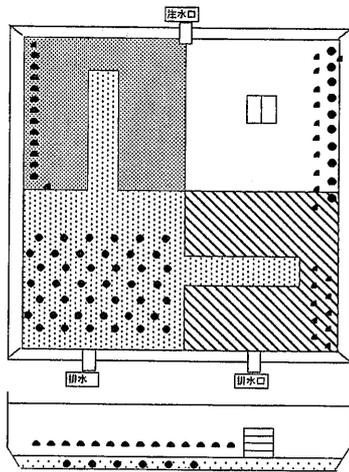
PM 7:00 (<1lux)

- ・約7割の個体出現。一部は注水口下方で定位するが、大部分は砂場区の底層（底から20cm以内）で定位。

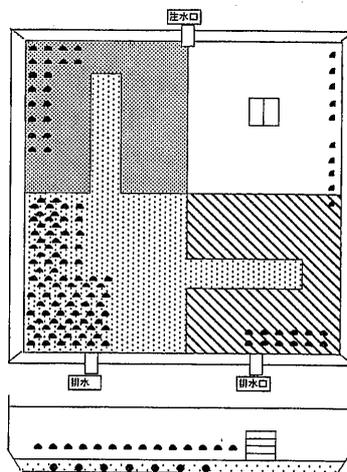
PM 9:00 (<1lux)

- ・ほぼ全数の個体が出現。
- ・大部分は砂場区、一部は注水口下方等の水底から20cm以内で定位。
- ・光に対する反応なし。・摂餌行動する個体はわずか。

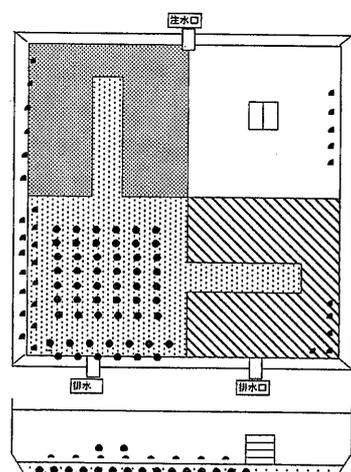
PM 11:15 (<1lux)



AM 1:00 (<1lux)



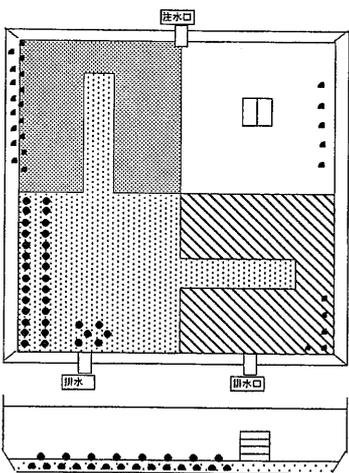
AM 3:00 (<1lux)



AM 5:10 (<1lux)

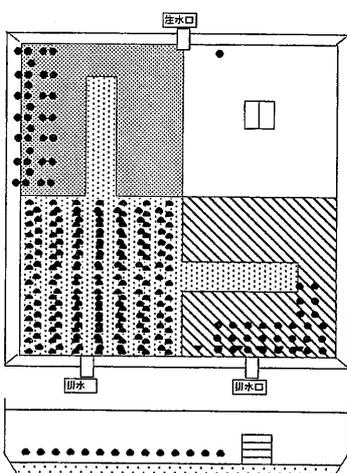
- ・潜砂する個体出現。
- ・出現した個体は3~4割で、底層に定位。

- ・出現個体は約3割。
- ・大部分は砂場や水槽の縁で静止。
- ・底層で定位する個体はわずか。



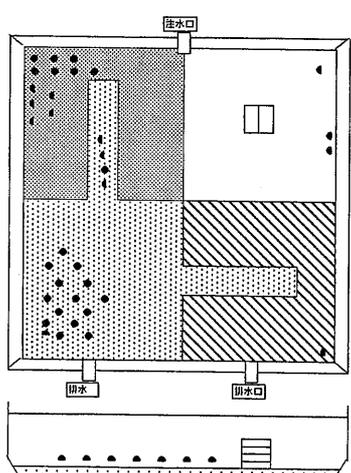
AM 6:15 (<1lux)

- (夜が明け始める)
- ・出現個体は約2割。
- ・定位する個体はなく、すべて水底に静止。



AM 6:30 (<1lux)

- ・前回と同様の状況であったが、投餌開始1~2分後に上図のようにほとんど全数の個体が出現し、活発な摂餌行動がみられた。



AM 7:00 (150lux)

- ・出現個体は、約1割ですべての個体が底層で定位。
- ・投餌すると活発な摂餌行動がみられ、出現個体も2割に増加。

図Ⅲ 2-1B 産卵期終了後のハタハタの水槽内における昼夜の行動 (杉山 未発表)

が終了する頃までは、昼間潜砂する個体は少なく、大部分は群れを形成し中底層で遊泳、もしくは定位していた。定位している個体の約8割は注水口付近に蟄集しており正の走流性が認められる。生餌を投餌した場合、摂餌行動は雄では認められるものの雌ではほとんど認められない。

② 産卵後(1月上旬～中旬) 産卵後から昼間潜砂する個体が次第に増え、1月中旬には約5割の個体が潜砂していた。摂餌は雌雄ともに認められるようになった。

産卵後の親魚の行動について、1昼夜の連続観察を実施した結果は、図Ⅲ 2-1に示すとおり、午前8時30分から午後3時30分までの日中は9割以上の個体が潜砂しており、残りの個体は注水口の下方や砂上およびシートの陰などの水底に静止し移動する個体は非常に少なかった。午後4時過ぎ(1,500lux)から遊泳個体が出現し始め、午後4時35分(850lux)には約1割の個体が底層を遊泳し、一部に摂餌行動が見られた。午後5時(20lux)から5時15分(2lux)にかけては、遊泳個体は約3割に増加し、水槽内に広く分布する傾向がみられた。また、遊泳層も中層から上層へと上昇し、非常に活発な摂餌行動が認められた。午後6時(1lux以下)には約7割の個体が中底層に広く分布し摂餌行動もみられた。午後7時(1lux以下)から午後11時15分(1lux以下)までの夜間では、ほぼ全数の個体が水中に出現する。出現個体の約9割は砂場区の水底から20cm以内に定位し、一部は注水口下方に定位している。一部に摂餌行動を示す個体も認められた。午前1時(1lux以下)から午前3時(1lux以下)では潜砂する個体が6～7割を占めた。他の個体は砂場や水槽の縁の水底から20cm以内のところに定位していた。午前5時10分(1lux以下)から空が白み始める午前6時15分にかけては水底に静止するようになった。夜が明け始めた午前6時30分(1lux以下)では水底に静止している個体は約2割であるが、投餌したところ非常に活発な摂餌行動がみられ、間もなくほぼ全数の個体が出現した。同様な現象は午前7時(150lux)にもみられたが、午前8時45分(1,200lux)には投餌に対する反応は見られず、前日の同時刻と同様に9割以上の個体は潜砂したままであった。

以上のように、ハタハタは昼間はほとんど潜砂しているが、午後4時(1,500lux)過ぎから遊泳し始め、5時過ぎ(20～2lux)には分散し、表層まで上昇しながら非常に活発な摂餌行動を示す。その後、砂質の底層で定位し午前1時すぎには潜砂し始める。そして、明け方の6時(0lux)から7時にかけて再び活発な摂餌行動を示し、8時過ぎにはほとんどの個体が潜砂するという、行動の日周期性が観察された。

このような調査記録からは、定置網によって漁獲された成熟魚は7割以上が産卵を行い、産卵終了後少なくとも3週間は高い生残率での飼育が可能であることが示唆

された。これは、沿岸の定置網によって漁獲されたハタハタでは魚体の損傷が小さく、漁獲水温が飼育水温とほぼ同じであり水温差によるストレスが小さく、さらに産卵が可能な状態にまですでに成熟していたためであると考えられる。天然魚は産卵期を除き普通4℃以下で漁獲されることから、定置網漁獲親魚は、4℃以下で飼育すれば周年飼育による2回目の産卵も不可能ではない。しかし、水槽内の海藻に産み付けられた卵の発眼率は特に水槽収容後時間が経過して産み付けられた卵塊の内側で低く、腐敗が認められている。この原因については不明であるが、過熟や排精の不足のためか、あるいは水槽内では天然のように海藻が波浪によって揺動しないため、卵塊内部が酸欠状態に陥ったことなどが考えられる。したがって、産み付けられた卵は直ちに回収して適正な卵管理を行う必要がある。

また、この調査ではハタハタが日中砂の中に潜り、日没と早朝に活発な摂餌を行うことが明らかにされ、卵は全て海藻に産み付けられている。この観察結果は飼育施設や産卵基盤、給餌方法を検討する際の基礎的知見としてだけでなく、天然における生態を解明するための重要な手がかりを与えている。

(森岡 泰三)

(3) 人工種苗からの親魚養成

ハタハタ人工種苗からの養成親魚による産卵は、1986年にのとじま臨海公園水族館において17卵塊を得た(桶田 1988)のが最初である。その後、日裁協能登島事業場およびのとじま臨海公園水族館においてそれぞれ2例および1例成功している(島 1989, 池口 1992, 長倉 1996)。これらの飼育には海水冷却装置が設置された循環ろ過水槽が用いられたが、最近では、富山県水産試験場と日裁協能登島事業場が、同水産試験場の深層水利用研究施設において海洋深層水の掛け流し飼育による親魚養成技術開発に取り組んでいる。

本項では、循環ろ過水槽施設における事例を紹介するとともに、深層水施設における技術開発結果の概要並びに親魚養成の現状と問題点を述べる。

1) 循環ろ過水槽施設での産卵

桶田(1988)は、石川県にあるのとじま臨海公園水族館の700L循環ろ過水槽(水温8～9℃)において、日

表Ⅲ 2-1 のとじま臨海公園水族館におけるハタハタ人工稚魚の収容状況(桶田 1988を改変)

施設	年・月	体長	尾数
屋内 円形水槽 (φ100×100cm) (実容量700L)	昭和60年 5月	5～6cm	不明

表Ⅲ 2-2 のとじま臨海公園水族館におけるハタハタの飼育方法 (桶田 1988を改変)

成長段階	餌料		水温	換水	照明
	成分	給餌方法			
稚魚期	生きたアミ, 三陸アミ				8:30点灯, 17:00消灯, 停電消灯後もすぐに消えない特殊蛍光灯(10W), 白色蛍光灯(20W×2)および観賞魚用蛍光灯(30W)を使用。
成長期	モイストペレット: 魚肉, 貝肉, オキアミ等に配合飼料(ます2号等)と栄養剤(ユベラフト ¹⁰⁰ , ヘルシーミックスネオ)を添加	約40分かけて飽食量を給餌	8~9℃	循環ろ過方式 水質が悪化した際に適宜換水	
親魚	アジ, イカ, オキアミの細片に栄養剤添加				

裁協能登島事業場が生産した人工種苗を稚魚期にはアミ, 成長期にはモイストペレット, 成魚期には生餌を用いて飼育したところ, 1歳時の8月12日~10月5日に人工海藻に15尾と水槽底に2尾の産卵を確認している。この時の収容状況, 飼育方法を表Ⅲ 2-1と表Ⅲ 2-2に示した。水槽内にはホンダワラタイプ, コンブタイプおよびワカメタイプの人工海藻が設置されていたが, 卵はホンダワラタイプの根幹部のみに産み付けられており, この産卵状況について, 桶田(1988)はゆれの少ない安定した基盤ほど産卵数が多い傾向にあり, 1本ものの海藻よりも2本ものを好む傾向があるとしている。

一方, 島(1989)は, 日裁協能登島事業場の20ℓ循環ろ過水槽(4~5℃)においてオキアミを用いて人工種苗を飼育した結果, 1歳魚では136尾が10月24日~12月30日に, 2歳魚では8尾が10月11~20日に産卵したのを確認している。1歳魚の産卵では, 産卵基盤としてプラスチックの人工海藻および竹製の人工産卵床を設置したところ, 人工海藻に34卵塊, 竹製産卵床に25卵塊が産み付けられ, 残りの77卵塊は水槽底であった。この産卵状況について, 島(1989)は水槽底面に生みつけれられたのではな

く, 産卵基盤の不備が原因で落下したと推察し, 正常な産卵を促すための産卵床の必要性を強調している。

2) 深層水利用研究施設での産卵

森岡・堀田(2001)は, 人工種苗由来の1歳魚を対象として, 海洋深層水を用いた本種の親魚養成の可能性を検討するとともに, 産卵試験, 餌料試験および生殖腺の発達過程調査を行った。これらの試験には, 平均全長12.6cmの雌および12.9cmの雄が用いられている。試験はすべて6月10日に開始され, 飼育水温は4~5℃, 屋内の自然光下で行われた。

i) 産卵試験

海洋深層水を用いた親魚養成が可能であるのかを明らかにするため, 表Ⅲ 2-3に示すとおり, 4ℓ水槽において200尾(雌雄比1:1)が配合飼料および生餌(オキアミ:イカナゴを等分にスライスしたものに総合ビタミン剤を外割で2%添加したもの)を用いて飼育された。日間給餌量は, それぞれ20gおよび200gであり, 産卵基盤として金魚藻型の人工海藻が水槽底に垂下された。

その結果, 表Ⅲ 2-4に示すとおり84%の生残率が得られ, 10月30日~11月23日に43尾の産卵が断続的に認めら

表Ⅲ 2-3 深層水利用施設におけるハタハタの成熟, 産卵試験方法

試験	試験開始サイズおよび尾数						飼育方法				
	雌			雄			水槽容量(ℓ)	飼育水温(℃)		使用餌料および給餌量	
	全長(cm)	体重(g)	尾数	全長(cm)	体重(g)	尾数		平均(範囲)	餌料 ^{*1}	給餌量(g/日)	
産卵試験			100			100	4.0	4.1(2.7-4.8)	DP, FB	40, 200	
餌料試験	(A)	12.6±1.0	16.1±4.7	22	12.9±1.1	17.2±4.8	23	1.0	5.0(3.6-6.8)	DP	20
	(B)			21			24	1.0	5.1(3.6-6.8)	FB	50
成熟過程調査			53			52	4.0	4.0(3.2-4.9)	DP, FB	20, 100	

*1 DP; 配合飼料, FB; 生餌(オキアミとイカナゴを等分にスライスしたものに総合ビタミンを外割で2%添加)

表Ⅲ 2-4 深層水利用施設におけるハタハタの成熟, 産卵試験結果

試験	取り揚げサイズ				生残率(%)	成熟雌/全雌(%)	卵の総数 ^{*3} (粒)	排精雄/全雄(%)	
	雌		雄						
	全長(cm)	体重(g)	全長(cm)	体重(g)					
産卵試験	14.7±1.0	25.8±4.7	14.2±0.7	27.2±5.7	83.5	43/100(43)	30,000		
餌料試験	(A)	15.9±1.0	44.2±12.1 ^{*1}	14.7±0.8	28.1±5.3 ^{*1}	100.0	17/22(77)	9357 ^{*3}	8/23(35)
	(B)	15.6±1.3	33.3±10.8	14.2±0.8	23.4±5.0	97.8	7/21(33)	3526 ^{*3}	9/24(38)
成熟過程調査	非成熟魚	13.8±1.0	22.0±4.4	13.2±1.3	20.1±5.4				
	成熟魚	15.5±1.3 ^{*3}	37.8±11.1 ^{*3}	13.9±0.8	24.5±5.2 ^{*3}	95.2			

*1 B群に対して有意差あり(p<0.05)

*2 餌料試験の卵は搾出により得た。

*3 非成熟魚に対して有意差あり(p<0.05)



写真Ⅲ 2-1 人工海藻に産み付けられたハタハタの卵

れ(写真Ⅲ 2-1), 深層水を用いた親魚養成並びに産卵が可能であることが実証された。

ii) 餌料試験

飼育餌料が成長, 成熟に与える影響を把握するため, 表Ⅲ 2-3に示すとおり, 1 kℓ水槽2面にそれぞれ45尾(雌雄比約1:1)が収容され, 配合飼料と生餌による成長,

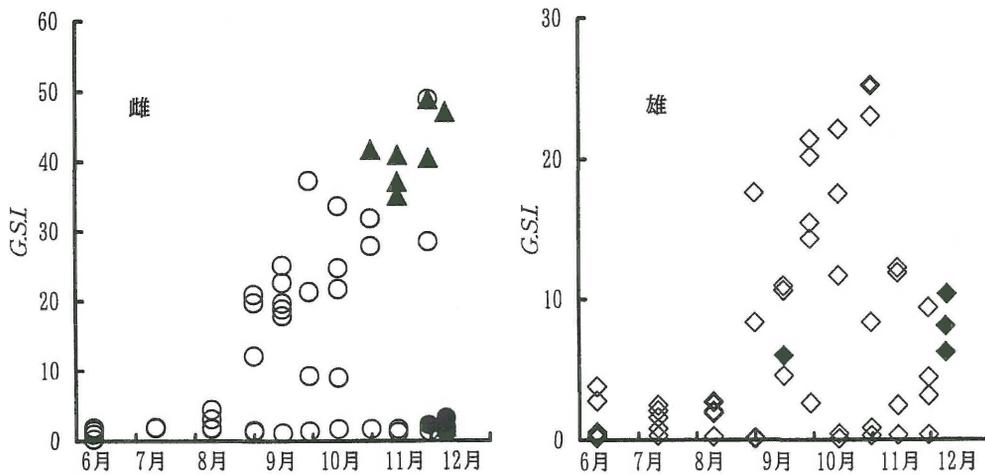
成熟の比較が行われた。A区には配合飼料20gが, B区には生餌50gが毎日給餌された。

その結果, 表Ⅲ 2-4に示すとおり, A区(配合飼料区)がB区(生餌区)よりも成長, 成熟に優れており, 飼料成分がハタハタの産卵状況に影響を与えることが示唆された。雌の成熟率および熟卵数は, A区の77%および9,357粒に対し, B区では33%および3,526粒であった。

iii) 成熟過程調査

生殖腺の発達状況を把握するため, 表Ⅲ 2-3に示すとおり, 4 kℓ水槽において105尾(雌雄比約1:1)が配合飼料20gおよび生餌100gを餌に用いて飼育され, G.S.I, 卵巣卵径および全長が測定された。

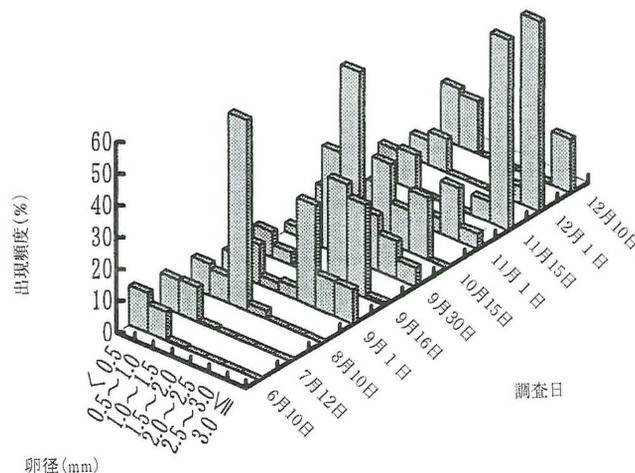
その結果, 図Ⅲ 2-2と2-3に示すとおり, 9月1日にG.S.Iの上昇と卵巣卵径の増大が認められ, 雌雄とも8月に成熟が始まったことが明らかになった。さらに, 図Ⅲ 2-4に示すとおり, 成熟した個体と成熟しなかった個体の全長階級別出現頻度を検討した結果, 成熟率を高めるためには8月までに雌は全長15cm以上, 雄は13cm以



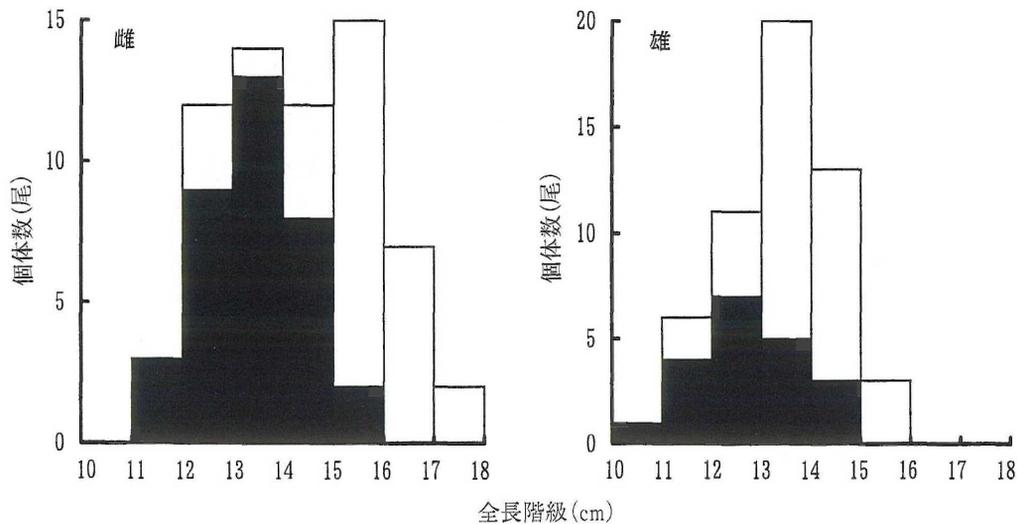
図Ⅲ 2-2 ハタハタの生殖腺重量指数の変化(森岡, 堀田 2001を改変)

* 生殖腺指数(G.S.I.): 生殖腺重量/内蔵除去重量×100

黒丸は産卵済み, 三角は腹部の圧迫によって成熟卵が搾出された個体を示す。黒菱形は, 腹部圧迫によって排精が認められた個体を示す。白丸と白菱形は, 上記以外の個体を示す。



図Ⅲ 2-3 ハタハタの卵巣卵径の経日変化(森岡, 堀田 2001を改変)



図Ⅲ 2-4 8～12月に成熟あるいは成熟中の個体および成熟しなかった個体の全長階級別出現数 (森岡, 堀田 2001を改変)
 □: 成熟あるいは成熟中の個体, ■: 成熟しなかった個体

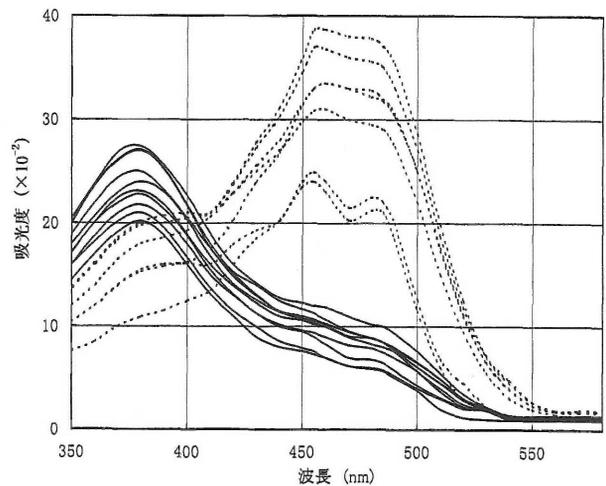
上に育成する必要のあることが示唆された。

(森岡 泰三)

(4) 産出卵の色調

前述した餌料試験によって得られた成熟卵の色調は写真Ⅲ 2-2に示すとおり, 茶, 緑, 橙など親魚ごとに様々であった。しかし, それぞれの親から得られた卵各50粒を5mlのアセトン溶液中ですり潰して色素を抽出して吸光度を調べたところ, 図Ⅲ 2-5に示すとおり, 生餌区の卵から抽出された色素ではすべて450～480nmにピークが認められたのに対し, 配合飼料区ではこの波長帯にピークが認められなかった。この調査結果は, ハタハタの卵の色調が餌料成分の影響を強く受けていることと, さらにそれ以外の要因, 例えば個体の栄養状態や遺伝形質などの影響も受けている可能性のあることを示唆している。

(森岡 泰三)



図Ⅲ 2-5 配合飼料 (実線) 並びに生餌 (破線) により飼育されたハタハタの成熟卵の吸光度



写真Ⅲ 2-2 配合飼料並びに生餌により飼育されたハタハタの成熟卵*

* 上二段は配合飼料, 下二段は生餌により飼育されたハタハタの成熟卵を示す

(5) 今後の課題

これまで記載したように, ハタハタの親魚養成は表層水を用いた冷却式循環ろ過水槽, 深層水のいずれでも可能であることが実証された。しかし, 特に循環ろ過水槽では水質が悪化しやすいためか, 疾病によって飼育中止に追い込まれる事例も多い。また, 深層水施設においても *Aeromonas salmonicida* によるとみられる慢性的な死亡が認められている (反町ら 1999)。これら疾病を防除するためには, 飼育水を清浄に保つこと, ハンドリングを少なくすること, 水温変動を抑えることなど, 飼育の基本を忠実に実践することが重要である。

日裁協能登島事業場の循環ろ過水槽の飼育においては, 飼育開始の前にもろ過水槽内の海水を淡水に置換して複数回の逆洗を行ったあと, pH12の状態でも24時間静置, 中和, 複数回の逆洗の各処理を行っている。このような

処理を行うようにしてから、死亡はほとんど認められなくなっている。しかし、産出された卵の細菌等による感染の有無の検査や、感染していた場合の卵の殺菌についての検討はまだ行われていない。

一方、天然の産卵が12月～翌年1月の実質2週間であるのに対し、養成親魚では産卵が天然よりも早期かつ長期である特徴が見られる。成熟と産卵には、水温、光、餌、飼育密度など、様々な要因が影響していることが考えられるが、その要因は解明されていない。産卵時期が早期であることは早期の種苗生産を可能にすることを意味する。しかし、卵管理のための労力や経費を考えた場合、早期であるほど良いわけではない。さらに産卵期間が長期にわたることは、ふ化仔魚をまとめて得たいという種苗生産の効率化に逆行する問題でもある。また、餌料によって卵の色調が異なることが明らかとなったが、卵質との関係については未解明である。このように、ハタハタの親魚養成には、まだ産卵制御や卵質の検討などといった重要な課題が残されている。

(森岡 泰三)

3. 人工授精と卵管理

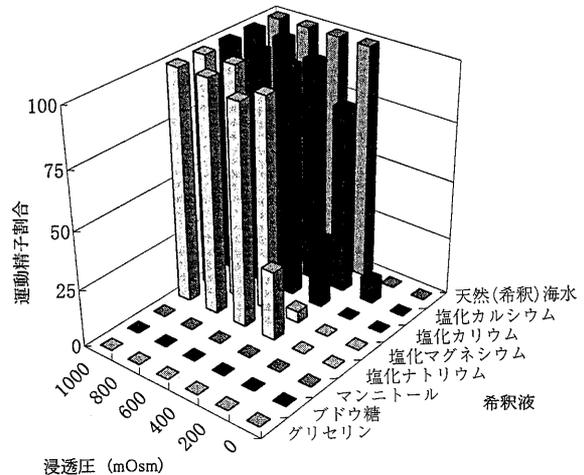
人工授精法は、乾導法と湿導法の2方法に大別される。ハタハタの卵は海水に接水後2分以内の媒精であれば70%以上の受精率が得られることが明らかとなっている(杉山 未発表)。しかし、複数の卵塊に対して湿導法を行うと卵塊が相互に固着して卵管理に支障を来すことになる。すなわち、ハタハタの卵は受精からふ化までに40日以上を要するため、卵の密度が高いと卵塊内部の卵の発生が停止したり、表面の卵よりもふ化時期が遅れてふ化仔魚をまとめて得られないことがある。このようなことから、大量の卵を必要とする種苗生産では乾導法を用いており、受精後の卵管理に関する様々な検討がなされた。

本項では、まず精子の運動性および卵の性状と受精機構に関する既往知見、並びに受精卵の発生過程の観察結果について記載する。次に、受精後の卵管理方法に関する検討結果について述べる。一方、日裁協能登島事業場では、種苗生産に用いる発眼卵を秋田県から無水輸送により搬入している。発眼卵の耐性、および無水輸送が発眼卵の発生、ふ化に与える影響を調査した結果についても併記する。

(1) 精子運動性、卵の構造と受精機構

1) 精子運動性

海産魚の精子は、普通精漿の浸透圧より高い濃度の環境水で希釈されることによって運動するが(Morisawa and Suzuki 1980)、ハタハタの精子は空气中に曝露された時点で活動を開始することを岡崎(1992)が報告している。岡崎(1992)によれば、空气中における精子の活



図Ⅲ 3-1 ハタハタ精子の運動能に及ぼす希釈液の種類、浸透圧の影響(岡崎 1992を改変)

動開始にはCO₂分圧の低下が関係していると推定されており、また希釈精液中においては、希釈液が電解液(特に2価の陽イオン)でありかつ浸透圧が精漿の浸透圧よりも高い条件で活動することが明らかにされている。すなわち、図Ⅲ 3-1に示すとおり200mOsm以下の浸透圧中においては、電解液であっても精子は活動しない。岡崎(1992)はさらに、海水中では精子の活動時間が15~60秒であったことに対し、卵巣液中では5~10分間であったことを報告している。

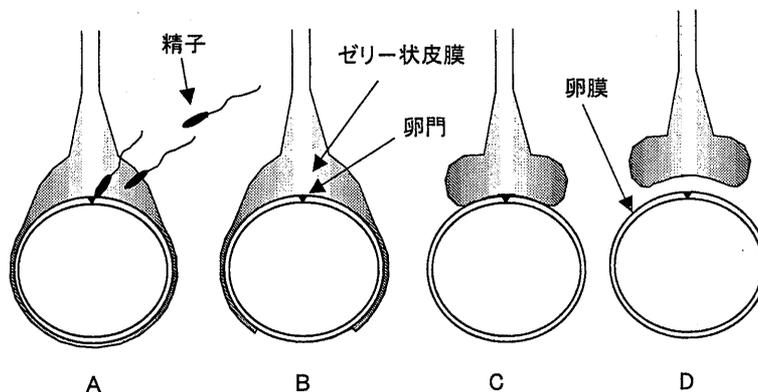
2) 卵の構造と受精機構

ハタハタの卵は塊状になっており、一般に「ぶりこ」と呼ばれている。ぶりこの中央部には、「へそ」とよばれるゼリー状の物質が存在しており、酒井ら(1995)によれば、へそは卵巣薄板の最外層の被膜と思われるものと、それに癒着する帽子状被膜(ハタハタの卵を包むゼリー状の被膜)の伸張したもから構成されている。

岡崎(1992)によれば、搾出されたばかりのハタハタの卵はゼリー状の被膜によって全体が包まれている。被膜は図Ⅲ 3-2Aに示したように動物局側が肥厚して帽子状になっており、そこから伸張して「へそ」に癒着する。卵は、海水に接すると図Ⅲ 3-2B, Cに示したように被膜が収縮反転し、卵膜が露出する。被膜肥厚部は、図Ⅲ 3-2Dに示したように接水後約10分で卵から剥離する。被膜には粘着性がないが、卵膜表面は接水後約1時間粘着性を持っており、この間に卵が相互に固着する。

被膜は微細な繊維から成っており、精子は繊維の間隙間を通過して卵門に到達して受精することが判明している(岡崎 1992)。すなわち、ハタハタの卵は乾導法による授精が可能である。

(森岡 泰三)



図Ⅲ 3-2 ハタハタ卵のゼリー状皮膜脱落過程および精子の皮膜内進入と卵門到達 (岡崎1992を改変)

* A 搾出直後(接水前) 卵はゼリー状皮膜によって全体を包まれる。皮膜の動物局側は肥厚しており、肥厚部から皮膜が連続して糸状にのび、プリコの「へそ」につながる。皮膜は微細な繊維から成っており、精子は皮膜内に進入して卵門に達することが可能。

B~D 接水後 卵は海水に接すると皮膜が収縮反転し、卵膜が露出する。卵膜は接水後数時間粘着性を持ち、隣接した卵とおしが固着して団塊状になる。皮膜肥厚部は、接水後約10分程度で卵から完全に剥離する。

(2) 卵の発生過程

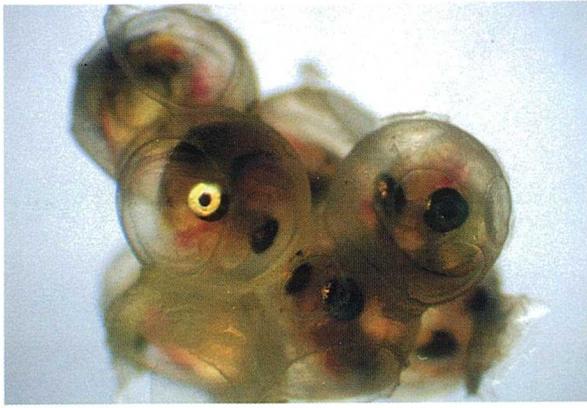
酒井ら(未発表)は、10℃で管理した受精卵の発生状況を記録している。それによれば、ハタハタの卵は表Ⅲ 3-1に示すとおり、受精後7日目で胚体が出現し、8日

目に眼胞が出現する。20日目(積算水温200℃)で眼に色素が現れ、尾部が盛んに動くようになり、胸鰭が出現し、消化管の形成が始まる。24日目では心臓が既に拍動しており、35日齢では口部が発達を開始する。48日目で

表Ⅲ 3-1 ハタハタ卵の胚発生記録(酒井 未発表資料)

受精後の 経過日数 (日)	積算 水温 (℃)	発生段階
0.75	4	2細胞期
1	8	4細胞期
2	14	桑実胚期
3	30	胞胚期
6	60	囊胚期
7	70	胚体出現
8	80	眼胞出現
11	110	原口閉鎖, レンズ形成
12	120	耳胞形成, 脳分化
13	130	脳さらに発達
14	140	中脳さらに肥厚
20	200	中脳さらに肥厚, 前脳に腔所, 尾部が盛んに動く。眼に色素現る(発眼)。胸鰭出現, 消化管形成。
22	220	中脳さらに肥厚, 眼の色素一様に濃くなる, 肝臓出現, 鼻窩形成
24	240	中脳さらに肥厚, 尾部さらに伸長, 腎臓出現, 心臓拍動(既に)
26	260	中脳さらに肥厚, 尾部さらに伸長, 血流あり
28	280	尾部さらに伸長
30	300	尾部さらに伸長, 卵黄表面に黒色素胞
33	330	尾部さらに伸長, 消化管旋回開始
35	350	消化管さらに旋回, 尾部まで血流あり, 口部発達
37	370	口部さらに発達, 消化管さらに旋回
40	400	口部さらに発達
43	430	頭部に淡黄色胞出現
48	480	卵黄さらに収縮
52	520	大きな変化なし
59	590	ふ化開始

* 水温10℃で卵管理



写真Ⅲ 3-1 ふ化直前の発眼卵

は卵黄の吸収が進み、59日目（積算水温590℃）でふ化を開始したとされている。

なお、酒井らの調査は恒温室内に受精卵を静置して発生の管理を行っている。種苗生産では水温8～12℃の流水条件で受精卵を管理しており、この場合のふ化は積算水温400℃から始まり、500～600℃が盛期である。

また、秋田県や日栽協能登島事業場では胚の眼に色素が現れた卵を「発眼卵」と称している。写真Ⅲ 3-1にはふ化直前の発眼卵を示した。

（森岡 泰三）

(3) 人工授精と卵管理の方法

1) 搾出卵塊をそのまま授精させる方法

搾出卵塊を、そのままの状態に加精し海水に触れさせてふ化器に收容する方法で、1983年の人工ふ化に取り組んだ時から5年間程度実施された方法である。現在は行われていない（池端1983, 1984, 1986, 杉山1987）。

① 乾燥したボウルに、1回につき約30尾分の卵塊を搾出する。雄7～10尾の精液を卵塊にかけ、手で良く混ぜる。

② 卵塊を1個ずつ、海水を満した200mlのカップに入れ、約1時間後にとりあげ直径3～6cmのほぼ球形の卵塊を得る。

③ ふ化器として直径20cm、長さ100cmの塩化ビニール管を立て、底面から通水したものをを用い、卵塊を收容する（筒型ふ化器と称している）。このふ化器1本につき約200卵塊を收容し、2～4L/時の海水を通す。

④ ふ化時期が近づくと、ふ化器を稚魚飼育水槽内につるすか、卵塊を取り出し、飼育水槽注水口付近に並べる。

しかし、この方法では筒内に入れた卵塊は動かず、海水の流れ方が悪い場合、卵塊内部が腐敗し発眼率やふ化率が低下したり、ふ化開始から終了までの期間が全体では3週間以上もかかることから飼育開始時の收容サイズに大きければつきが出る等の問題点が認められた。

このことから、ふ化器としてサケ科魚類に使われる縦型ふ化槽を使用したり、卵塊をモジ網の袋に入れ注水口

につるしたりしたが、ふ化率は著しく低いものであった。

2) 通水卵塊法

① 卵塊を搾出し、精液をかける段階までは上記と同様の方法で行うが、吸水以降の手順が異なっている。

② 直径7mmのビニール製エアチューブを約5mの長さで切り、一端を閉じ、10cm感覚で1mm程度の穴を開ける。この穴の部分を中心として精子をかけた受精卵塊を巻き付け、他の一端から海水を通すことにより、卵塊内側から常に海水が出ている状態で吸水させる。

③ このチューブは水深10cm程度の水槽に直に置いておき、ふ化直前に取り外し、ふ化器に收容する。

この方法は、80%前後のふ化率を得ることができる。しかし、設置場所として比較的広い場所を必要とすることや通水量の調整が難しいなどの問題があり、現在は使用されていない。

3) 貫通卵塊法

本方法は、大量に卵塊を処理できることから、現在は主としてこの方法により受精卵を得ている。貫通卵塊を生産に用いる理由と処理工程については、IV章1「秋田県における海上網生簀を用いた種苗生産手法」に記載した。

4) 卵塊分離法

搾出卵塊をそのままの状態でもふ化・管理する方法に対して、卵を1粒ずつ管理するための方法である。その概要は次のとおりである（杉山1988）。

① 乾導法により採卵および加精を行う。

② 卵塊の中央部にある粘着塊（おりこのへそ）をハサミで切り出す。これにより卵は1粒ずつに分離する。

③ 底面の平坦なバットに海水を入れ、バラバラになった卵を相互に触れないようにまき入れる。

④ 約1時間放置し、吸水させる。これにより卵は固くなるとともに、粘着性が失われ1粒ずつに分離した状態になる。

⑤ 卵重量を測定し、ピン式ふ化器に收容する。

⑥ ふ化時期が近づくと、ふ化器の排水パイプを飼育水槽内に入れ、ふ化仔魚を流入させる。ふ化が終了した時点で、ふ化器に残った未受精卵、死卵の重量を測定し、ふ化率を把握する。

なお、ピン式ふ化器とはコレゴヌスのふ化器として開発されたもので（塩瀬ら1984）、1本につき80,000～100,000粒を收容している。この状態で底部から40～50ml/秒程度を通水すると、收容した卵はすべて2～3分間に1回上下動を行う。これにより、收容卵は外圍環境に対しすべて同じ条件で管理されることになる。

卵塊と筒型ふ化器との組み合わせによる従来の方法と、分離卵とピン式ふ化器による方法との比較は表Ⅲ 3-2に示すとおりで、後者は授精作業に若干の手間を要するが、ふ化率が高い、ふ化の同調性が得られる、使用水量が少ない等の利点があり、ハタハタのふ化には非常

表Ⅲ 3-2 ふ化器の比較

	ふ化器	
	筒型	ビン式
卵	卵塊	個々に分離
授精処理	容易	手間を要する
発眼率	55-86%	94-96%
ふ化率	24-73%	88-95%
卵の観察	困難	容易
発眼率ふ化率の把握	不正確	正確
仔魚ふ出期間	3週間以上	2-5日
使用水量	300-500ml/10万粒/秒	40-50ml/10万粒/秒
卵管理	不便	容易
その他		各種試験材料として卵が取り扱いやすい。

に有効な方法であると考えられた。また、分離卵によるふ化仔魚のサイズおよびその後の成長は、卵塊のそれと比較してまったく差がないことも確認されている。しかし、吸水させるための平坦な底面を持つ大型の容器を必要とすること、ビン式ふ化器の排水がつかまること、水量の調節が難しいことなどの問題も認められている。

ただし、1985年には本方法により約200万粒の卵塊を処理したところ、極端にふ化率が低いロットが出現した。これは、授精後、卵分割過程にある卵に対して、よく分離するように手で揉む、重量を測定するために網で受ける、ふ化ビンに入れる時の手荒な扱いなどにより発生過程で死亡したものと推察された。本方法も含め、受精初期の卵の扱いについては、卵の感受性が強い時期や安定期についてさらに知見を集積する必要がある。

発眼後の分離卵は天然卵塊と同様、12時間以上の干出、落下による衝撃等にも十分耐えることができる。この性質を利用し、発眼した分離卵を海水で湿した脱脂綿ではさみ、シャーレやプラスチック容器に入れ乾燥しないように密封し、0~0.5℃においておくことにより、6~7ヵ月間も胚を生きた状態で保存することができる。さらに、卵分離を行うことにより、雌1尾当りの採卵数、親魚のサイズと産出卵の卵径、卵重量との関係等が正確にかつ容易に把握できるようになり、これに関する知見も集積されるようになった。

(杉山 秀樹)

(4) 発眼卵の耐性

水温耐性 水温10, 15, 20および25℃の10L容器内に発眼卵を100粒ずつ収容し、1日、4日および7日目に実体顕微鏡下で心臓の拍動の有無を観察したところ、10℃と15℃区では7日目に全て拍動していた。しかし、25℃区では1日目(翌日)に全て拍動が停止しており、20℃区では4日目に全て停止していた。

低塩分耐性 水温10℃の全海水、1/2海水、1/4海水、1/8海水および淡水200ml中に発眼卵を20粒ずつ収容し、

1日、4日および7日目に実体顕微鏡下で心臓の拍動の有無を観察したところ、全海水、1/2海水および1/4海水では7日目に全て拍動していた。しかし、1/8海水では4日目に19個の拍動が停止しており、1個が7日目に拍動していた。淡水区では4日目に全て停止していた。

乾出耐性 発眼卵塊10個を、乾燥させた容器に入れて気温6.5℃、湿度78%中に7日間静置した。その後、実体顕微鏡下で心臓の拍動の有無を観察したところ、卵内の水分が若干蒸発し、表面が凹むものも認められたが、心臓は拍動していた。

他方、気温25℃、湿度76~83%で同じ試験を実施したところ、3日目に全て拍動が停止していた。

耐衝撃性 0, 2, 4, 6, 8 mの各高さから発眼卵塊を2個ずつ地上のコンクリート面に落下させたところ、卵粒の破裂、卵内仔魚の死亡はいずれの区においても認められなかった。落下させた卵塊をふ化器に収容し7日目に実体顕微鏡下で心臓の拍動の有無を観察したところ、全て拍動していた。

耐圧性 デジタル台秤の上に卵塊2個を置き、木製の板で圧力を加えて0, 10, 20, 50および80kgに達した瞬間に解放したところ、卵塊は20kg以下で元の形状に回復した。50kgでは卵塊1個が断裂し扁平になったが、卵粒は破壊されていなかった。80kg区では2個とも断裂し扁平になったが、破壊された卵の割合は0.91%に過ぎなかった。破壊されなかった卵の心臓は全て、1週間後も拍動していた。

耐候性 発眼卵塊を-1.2~0℃の雪中に埋没させ、1週間、毎日1~2個取り揚げてふ化器に収容し、1週間後における心臓の拍動を観察したところ、埋没後5日以内の卵は全て心臓が拍動していたが、それ以後の卵塊は凍結しており、拍動が停止していた。

まとめ このような調査結果が示すとおり、発眼卵は過酷な環境に対する耐性がかなり高いという特徴を持っている。この特徴は、発眼卵の無水輸送を可能にする重要な要因になっている。

(杉山 秀樹)

(5) 発眼卵の輸送法

前述したとおり、ハタハタの発眼卵はかなり高い環境耐性を持っている。前山 (1985b) によれば、輸送時間が1日程度であれば有水輸送と無水輸送との間のふ化率に差がないとされている。これらのことから、日裁協能登島事業場の種苗生産に用いる秋田県産のハタハタ卵は、発眼卵を秋田県水産振興センターから無水輸送によって搬入している。

無水輸送は、外寸40×44×27cmの発砲スチロール箱を用い、この中に水を軽く切った卵塊を隙間なく詰め込み、蓋をしてガムテープで密封する方法で行う。箱の内壁と卵の間は、保湿と振動防止のためにタオルで2重に覆う。卵の輸送には宅配便を利用している。

この方法による輸送が発眼率やふ化率に与える影響を明らかにするため、秋田県水産振興センターの卵管理施設において積算水温356.2℃に達した6卵塊をそれぞれ半分に分割し、片方の発眼率を調べ、もう片方を日裁協能登島事業場に無水輸送して到着後の発眼率を調べた。さらに、受精時に個々に分離しておいた11卵塊分の卵(積算水温356.2℃)から無作為に500粒ずつ4群を抽出し、

2群を秋田県水産振興センター内でふ化管理し、2群を日裁協能登島事業場に無水輸送してふ化管理し、発眼卵からのふ化率を比較した。なお、輸送時間は21.5時間であり、箱内の気温は7.4~13.0℃であった。

半分に分割した6卵塊の平均発眼率は、表Ⅲ 3-3に示すとおり輸送前と輸送後がそれぞれ54.0%と57.2%であり、両者には有意差がなかった ($p < 0.05$)。また、個々に分離した卵の発眼卵に対する平均ふ化率は、表Ⅲ 3-4に示すとおり、輸送しなかった群が98.3%であり、輸送した群が99.0%でありほぼ同じであった。この結果から、無水輸送は1日の輸送時間であればふ化率や発眼率に影響を与えないことを確認した。なお、長倉 (1993, 1994) によれば、無水輸送は梱包後48時間以内であればふ化率に影響を与えないが、72時間以上経過するとふ化率が低下するとしている。これらの調査結果は、無水輸送の限界がほぼ2日であり、卵は到着後速やかにふ化管理水槽に収容すれば輸送の影響がまず発生しないことを示している。

(森岡 泰三)

表Ⅲ 3-3 無水輸送前後における発眼率 (森岡・古仲 未発表)

卵塊番号	卵塊輸送前			卵塊輸送直後		
	発眼卵数 (粒)	総卵数 (粒)	発眼率 (%)	発眼卵数 (粒)	総卵数 (粒)	発眼率 (%)
1	378	629	60.1	380	669	56.8
2	511	686	74.5	421	570	73.9
3	371	846	43.9	410	783	52.4
4	417	946	44.1	347	636	54.6
5	585	999	58.6	706	1240	56.9
6	375	877	42.8	427	877	48.7
平均			54.0			57.2

表Ⅲ 3-4 無水輸送前後における発眼率とふ化率 (森岡・古仲 未発表)

試験回次	総卵数 ①	発眼卵数 ②	ふ化数 ③	発眼率 ②/①(%)	ふ化率	
					③/①(%)	③/①(%)
輸送前	1	500	429	85.8	84.4	98.4
	2	500	458	91.6	90.0	98.3
	平均	500	444	436	88.7	87.2
輸送後	No.1	500	422	84.4	83.0	98.3
	No.2	500	420	84.0	83.8	99.8
	平均	500	421	417	84.2	83.4

4. 種苗生産

秋田県と日裁協能登島事業場におけるハタハタの種苗生産は、技術開発が開始された当初は陸上水槽を用いていた。しかし、生産尾数が増大するとともに施設や餌料の供給が限界に達したため、仔稚魚を沖出しして網生簀に収容し、そこで生餌等に餌付ける技術が検討された。この沖出しサイズは年々早期化していき、1991年にふ化仔魚から取り揚げまでの一貫飼育が実施された。以来、海上網生簀を用いた種苗生産技術は急速に発展し、2000年現在、日裁協能登島事業場では約50万尾、秋田県では

約500万尾の種苗(平均全長約30mm)を生残率70%以上で安定的に生産する水準に達した。

海上網生簀を用いたハタハタの種苗生産技術は、前章に記載した天然魚の生物学的知見に加えて、飼育仔稚魚の諸特性を様々な視点から解明した知見によって支えられている。また、飼育方法に関する種々の試験を行うことによって、生産技術の水準が高められた。

本項では、まず本種に特徴的な飼育方法である「海上網生簀を用いた種苗生産」とはどのようなものであるのかについて略記し、次に飼育仔稚魚の諸特性に関する研

究の結果を記載する。そして、種苗生産技術を進めるために行った種々の試験と食性調査手法の開発結果について述べる。

(森岡 泰三)

(1) 海上網生簀を用いた種苗生産方法

海上の網生簀にふ化仔魚を收容して育成し、目標サイズの種苗を生産することを指す。

ハタハタは、ふ化サイズが全長約13mmと大型で比較的遊泳力があり、ふ化時からアルテミアノープリウスやかいあし亜綱、枝角目の成体などを摂餌することから、ふ化仔魚の段階から網生簀内で飼育することが可能である。ハタハタの飼育に用いている海上網生簀は、写真Ⅲ 4-1と写真Ⅲ 4-2に示すとおり、中央水面に夜間電照装置と自動給餌器を設置している。この電照は、夜間ハタハタが網ずれするのを防止するとともに、天然餌生物を増集させる効果がある。

日裁協能登島事業場と秋田県では、このような飼育施設にふ化仔魚または発眼卵を收容し、天然餌料を利用しながら配合飼料を自動給餌し、定期的に生簀網を交換する方式で全長約30mmになるまで育成している。なお、



写真Ⅲ 4-1 海上網生簀 (日裁協能登島事業場)



写真Ⅲ 4-2 自動給餌器 (日裁協能登島事業場)

天然餌料の少ない秋田県では、アルテミアノープリウスを併用することによって飼育の安定化を図っている。

(森岡 泰三)

(2) 飼育仔稚魚の生物特性

1) 成長と発育

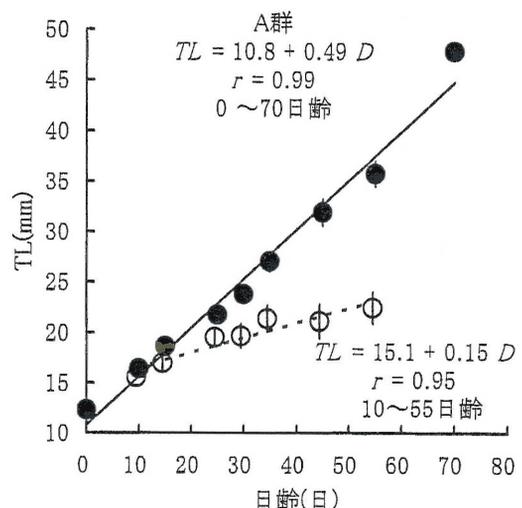
i) 成長速度

魚の成長速度は、種の特性に加えて水温、餌料、水質、飼育密度などといった様々な要因の影響を受けていることが知られている。ハタハタ仔稚魚の成長速度も飼育密度や配合飼料の性状、給餌方法などによって異なることから、日裁協能登島事業場の海上網生簀 (3×3×2.5m, 実容量20kl) 飼育では、以下のような飼育密度が異なる2群からそれぞれ最大と最小の成長速度を示す事例が得られた。そこで、本項では両群の全長、体長、湿重量および乾重量を5～10日間隔で測定した記録に基づき、飼育下のハタハタの成長速度について述べる。

A群とB群は、1998年2月にそれぞれ250尾/kl (A群) および3,000尾/kl (B群) の密度で收容し、夜間電照下に増集する天然プランクトンを餌とし、給餌を一切行わないで飼育した。低密度飼育のA群は高い成長、高い生残率(98.9%)を示し、70日齢まで飼育した。しかし、高密度飼育のB群は55日齢の時点で痩せており、死亡が増大したので飼育を終了した。

① 全長と日齢との関係

両群の、平均全長と日齢との関係を図Ⅲ 4-1に示した。高い生残率を得たA群では、0日齢の12.3mmから70日齢の46.6mmまではほぼ直線的に増大していた。しかし、B群では10日齢で15.5mmに達してから鈍化し、55日齢時点では24.0mmであった。その結果、A群の0～70日齢およびB群の成長が鈍化した10～55日齢における平均全長(TL: 単位 mm)と日齢(D: 単位は日)との間には、それぞれ次式に示す関係が成立した($p < 0.05$)。



図Ⅲ 4-1 ハタハタの日齢と全長の関係

A群 $TL = 10.8 + 0.49D$
 ($n=9, r=0.99, 0 \leq D \leq 70$)

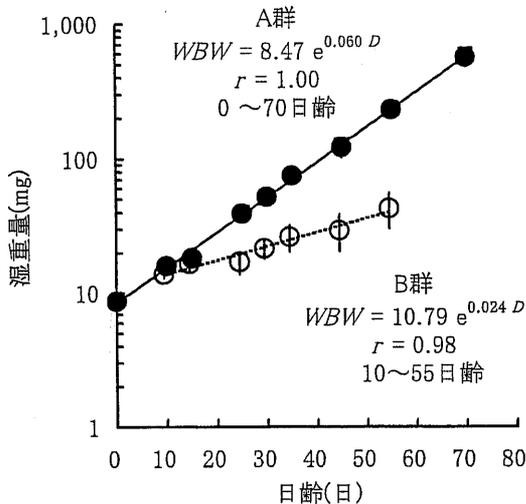
B群 $TL = 15.1 + 0.15D$
 ($n=7, r=0.95, 10 \leq D \leq 55$)

② 魚体重と日齢との関係

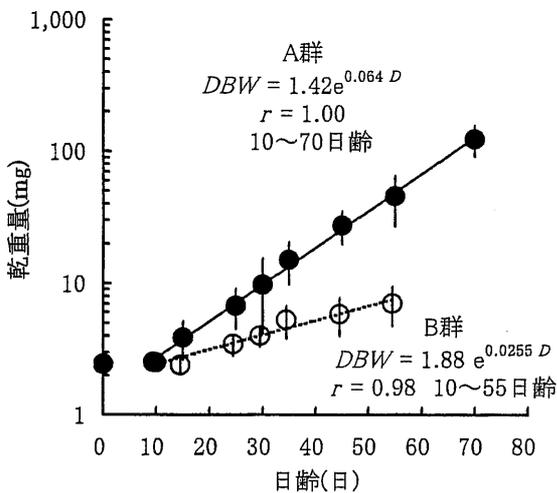
両群の、平均湿重量と日齢との関係を図Ⅲ 4-2に示した。A群では0日齢の8.7mgから70日齢の566.2mgまで指数関数的に増加していた。しかし、B群では10日齢で13.8mgに達してから鈍化し、55日齢時点では42.8mgであった。その結果、A群の0~70日齢およびB群の10~55日齢における平均湿重量(WBW:単位mg)と日齢(D)の間には、それぞれ次式に示す関係が成立した ($p < 0.05$)。

A群 $WBW = 8.47e^{0.060D}$
 ($n=9, r=1.00, 0 \leq D \leq 70$)

B群 $WBW = 10.79e^{0.024D}$
 ($n=7, r=0.98, 10 \leq D \leq 55$)



図Ⅲ 4-2 ハタハタの日齢と湿重量の関係



図Ⅲ 4-3 ハタハタの日齢と乾重量の関係

一方、平均乾重量と日齢との関係については、図Ⅲ 4-3に示すとおり、A群では0日齢の2.4mgと10日齢の2.5mgとの間に有意差がなく ($p > 0.05$)、10日齢以後70日齢の124.2mgまで指数関数的に増加していた。B群の10日齢における乾重量はA群に等しい2.5mgであったが ($p > 0.05$)、55日齢時点では7.1mgであった。その結果、A群の10~70日齢およびB群の10~55日齢における平均湿重量(DBW:単位mg)と日齢(D)の間には、それぞれ次式に示す関係が成立した。

A群 $DBW = 1.42e^{0.064D}$
 ($n=9, r=1.00, 10 \leq D \leq 70$)

B群 $DBW = 1.88e^{0.026D}$
 ($n=7, r=0.98, 10 \leq D \leq 55$)

③ まとめ

全長と日齢との関係式の傾きからは、A群はふ化してから70日齢まで0.49mm/日の速度で成長した。安村(1984)、南・田中(1985)、杉山(1988)によると、秋田県沿岸や信濃川河口流域で調査されたハタハタ仔稚魚の成長速度が0.23~0.46mm/日の範囲にあることから、A群の成長速度は報告されている天然魚と同等以上である。一方、B群の成長が10日齢から鈍化した原因については、両群がほぼ同じ場所で飼育されていることと、B群と同じ収容密度条件で配合飼料を給餌した飼育例では55日齢時点で28.4mmに達したことが報告されていることから(長倉1988)、餌不足によるものであったことが考えられる。なお、10日齢以前ではA群とB群の間で成長差が認められず、乾重量が増加しなかった。これは、この時期のハタハタが主に卵黄の栄養を利用しているためである。

ii) 全長と体長、体重との関係

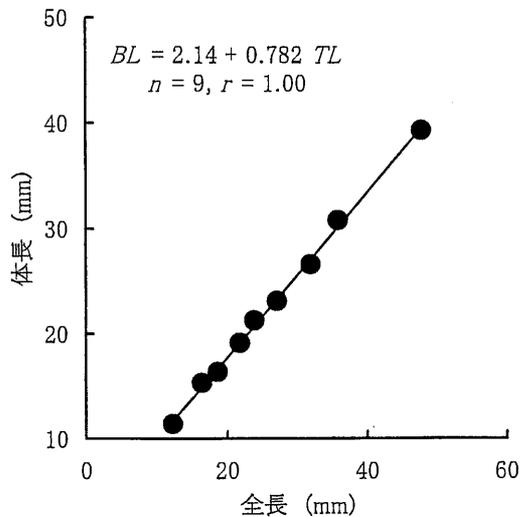
A群仔稚魚の平均全長(TL:単位mm)と平均体長(BL:単位mm)との関係、平均湿重量(WBW:単位mg)と平均乾重量(DBW:単位mg)との関係、および平均全長と平均湿重量との関係を図Ⅲ 4-4~6に示した。これらの間には以下の関係式が成立した ($p < 0.05$)。

$BL = 2.14 + 0.78 TL$
 ($n=9, r=1.00, 0 \leq D \leq 70$)

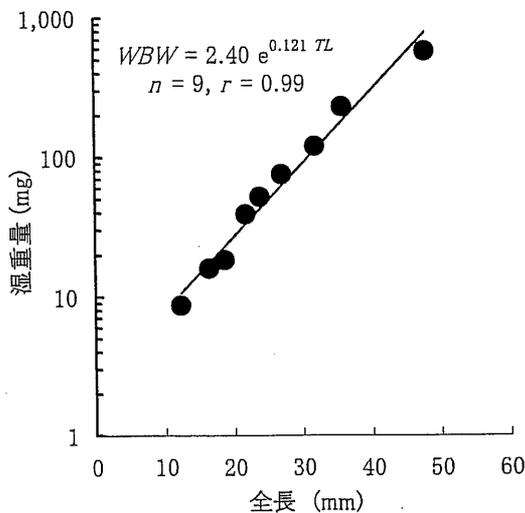
$DBW = -0.900 + 0.219 WBW$
 ($n=9, r=1.00, 10 \leq D \leq 70$)

$WBW = 2.40e^{0.121 TL}$
 ($n=9, r=0.99, 0 \leq D \leq 70$)

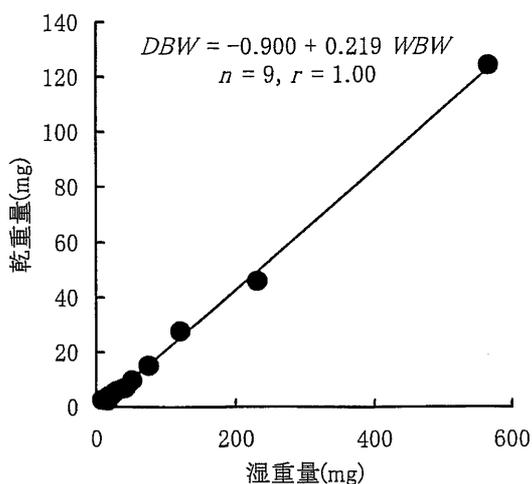
(森岡 泰三)



図Ⅲ 4-4 ハタハタの全長と体長の関係



図Ⅲ 4-5 ハタハタの全長と湿重量の関係



図Ⅲ 4-6 ハタハタの湿重量と乾重量の関係

Ⅲ) 形態学的発育

一般に、ふ化したばかりの海産魚類仔魚は体長数 mm 以下で開口しておらず、眼も機能化していないことが多い。体は膜鰭で覆われており、鰭条は発現しておらず、遊泳力は無いに等しい。卵黄の栄養はふ化してから食物を摂取するまでの数日間における生命の維持と組織・器官の分化のために消費されると考えられる。これに対し、本種は比較的大型で発達の進んだ状態でふ化し、遊泳力がある。摂餌はふ化後48時間以内に認められるが、約24日齢まで卵黄が認められる。

本項においては、このような特徴を持つハタハタ仔魚の成長ともなう外部形態の変化を、Ⅲ章4(2)-1「成長速度」の項に記載したA群とB群の観察記録に基づき概説する。表Ⅲ4-1には、両群の形態発育の速度を示した。なお、生理生化学的な発育と成長に関する調査結果との整合性をとるため、体長 (body length) (Leis and Trnski 1989)を測定のために用いた。

① ふ化仔魚

ふ化したばかりの仔魚は、体長が11.4mmあり、写真Ⅲ4-3や図Ⅲ4-7Aに示すとおり開口しており、眼球に黒色素が発現している。体型は細長く、膜鰭に覆われ、大きな卵黄を持っている。体背面の黒色素は未発達である。脊索末端は直線状であるが、尾鰭条が発現している。

② 卵黄仔魚期

ふ化仔魚は、長径2.7mm前後の大きな卵黄と直径1.7mm前後の油球を一つ持っている。卵黄は約24日齢の後上屈仔魚期まで、油球は稚魚に移行する30~35日齢まで認められる。

③ 前上屈期

ふ化~約5日齢(体長約13mm)が前上屈期である。

④ 上屈期

約5~15日齢(体長約13~16mm)の間に、図Ⅲ4-7Bに示すとおり脊索末端部が上屈する。この期では胸鰭条が発現する。

⑤ 後上屈期

後上屈期では、表Ⅲ4-1に示すとおりA群とB群との間で発育速度の違いが見られる。A群では約15~35日齢(体長約16~23mm)であったのに対し、B群では約15~45日齢(体長約15~18mm)であった。この期においては、図Ⅲ4-7Cに示したように20日齢前後で尻鰭条と第2背鰭条が発現し、30~35日齢の間に第1背鰭条と腹鰭条が発現し、膜鰭の退行と消失が認められる。本種に特徴的な形質に関しては、前鰓骸骨棘が約20日齢で内・外縁に発現する。前鰓骸骨棘は、稚魚期に内縁棘が退失するが、外縁の5棘はさらに発達して成魚にも認められることをOkiyama (1990)が報告している。

⑥ 稚魚期

各鰭の条数が定数に達し、写真Ⅲ4-4に示したような稚魚に移行したのは、A群では約35日齢(体長23.1mm)、

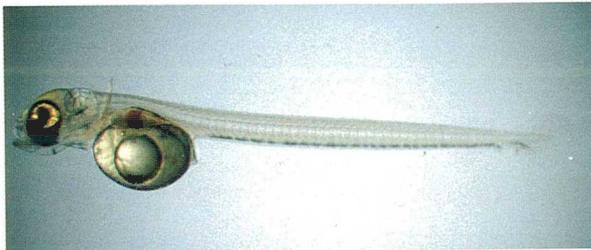
表Ⅲ 4-1 海上網生簀において夜間電照に蝸集する天然プランクトンを餌として飼育されたハタハタの形態変化

期	フェーズ	形態・体型	A群		B群	
			日齢	体長(mm)	日齢	体長(mm)
仔魚期	卵黄仔魚	開口(済み), 眼の黒色素出現(済み)	0	11.4	0	11.4
		細長い体型・膜鱭に覆われる	0~		0~	
		大型の卵黄が存在	0~25		0~25	
		卵黄が小さくなる	15		15	
	前上屈仔魚	油球の消失	35		30	
		脊索末端部が直線状	0~5	~13.4	0~5	~13.4
	上屈仔魚	尾鱭条発現(済み)	0		0	
		脊索末端部が上屈開始~ほぼ終了	5~15	~16.4	5~15	~15.1
	後上屈仔魚	胸鱭条発現	10		10	
		尻鱭条発現	20	17.8	20	16.0
		第2背鱭条発現	20		20	
		前鰓骸骨発現	20		20	
		尾鱭条が定数に到達	25	19.1	30	17.5
		膜鱭の退失開始	25		30	
第1背鱭条発現		30		35		
腹鱭条発現		30		35		
稚魚期	膜鱭がほぼ退失	30	21.3	40~45	18.2	
	全ての鱭の条数が定数に達する	35	23.1	40~45	18.2	
	体背面に黒色素が急速に発達	45	26.6	45	18.2	
	体幅が肥厚し, 成魚の体型に近似する	55	39.3	-	-	

*期とフェーズ区分はKendall *et al.* (1983)に従った。

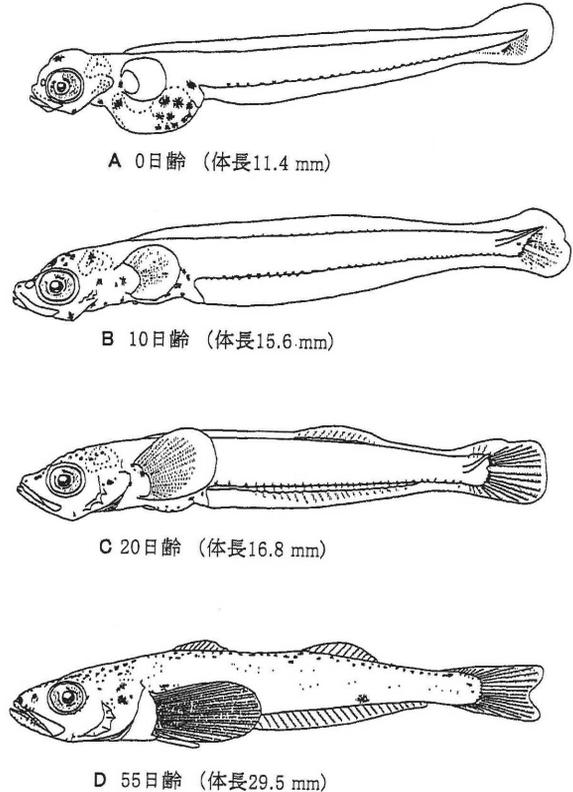
*A群:250尾/klで飼育し生残率98% B群:3000尾/klで飼育し生残率46%(55日齢)

*体長はLeisら(1989)に従い, 脊索末端部の上屈が完了するまでは脊索長(NL), 完了後は標準体長(SL)を測定した。

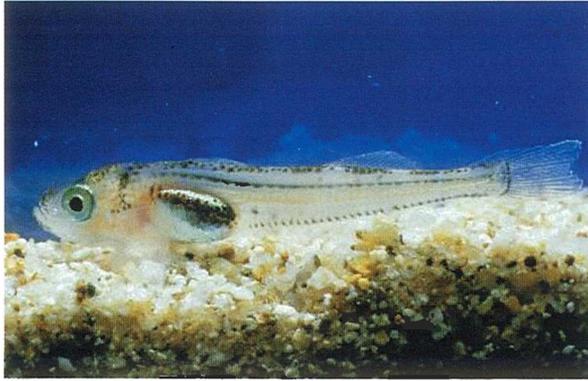


写真Ⅲ 4-3 ハタハタのふ化仔魚

B群では45日齢(体長18.2mm)であった。その後, A群では45日齢になると体背面の黒色素が急速に発達し, それまで細型であった体型が丸みを帯び, 55日齢になると図Ⅲ 4-7Dに示したように形態, 体表面の色素の状態, 体型が成魚に近似した。また, 稚魚や成魚が普段の遊泳に用いる器官として重要な胸鱭については, A群では鱭条の分節が45日齢頃に始まった。



図Ⅲ 4-7 A群におけるハタハタ稚仔魚の外部形態(長倉 未発表)



写真III 4-4 ハタハタの稚魚

⑦ まとめ

以上のように、ハタハタはその成長とともに仔魚膜をはじめとする仔魚の形質が消失し、各鱗など成魚の形質が発現して A 群では体長23.1mm、B 群では体長18.2mm で稚魚となった。天然における稚魚移行サイズについては、信濃川河口流域の体長19.7mm 以上（南・田中 1985）や、秋田県沿岸の体長20mm 以上（Okiyama 1990）が報告されている。このように、稚魚移行サイズは飼育環境や調査された海域によって異なるが、体長20mm 前後が仔魚から稚魚へのおよその移行点になっている。

ただ、体長20mm 前後のハタハタは成魚にくらべて体型が細長く、体背面の色素も十分に発達していない。“成魚的形質”が出揃うのはもう少し後になってからである。例えば、A 群では55日齢、体長39mm 頃にほぼ出揃った。25～55日齢（体長19～39mm）は、膜鱗の退失、各鱗や色素の発達、細長かった体型が丸味を帯びるなど、体型的、形態的変化の著しい時期であった。

（森岡 泰三）

iv) 生理・生化学的発育・成長

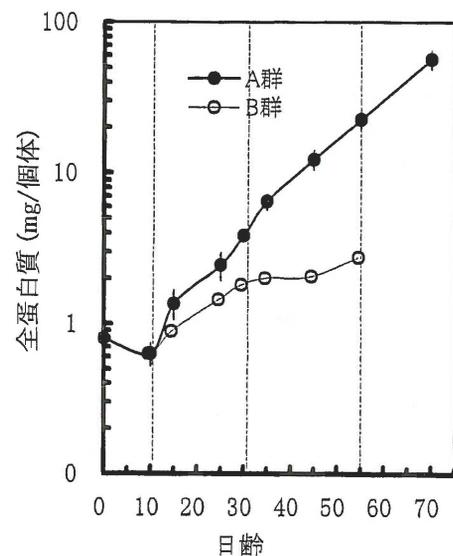
仔稚魚の成長と発育を細胞レベルで見た場合、蛋白質の合成をとまなう新たな細胞の分化は発育を、細胞数や細胞体積の増大は成長を意味する。新たな細胞が分化すれば、個体の生化学的性状も変化する。その変化から個体の成長や発育の様式を推定する試みがニシン（福田 1986）、ブリ（李 1994）などで行われている。

本項では、Ⅲ章4-(2)-1)-i)「成長速度」に記載した A 群と B 群、すなわち海上網生簀において夜間電照下に飼集する天然餌生物のみを餌として育成したハタハタ、特に250尾/klの低収容密度で育成した結果、順調な成長と高い生残率を示した A 群の生体成分やそれらの比率、酵素の活性の変化から、本種の細胞レベルでの発育、成長の特徴を捉え、生理・生化学的視点による発育、成長の特徴を整理して発育段階区分を試みる。

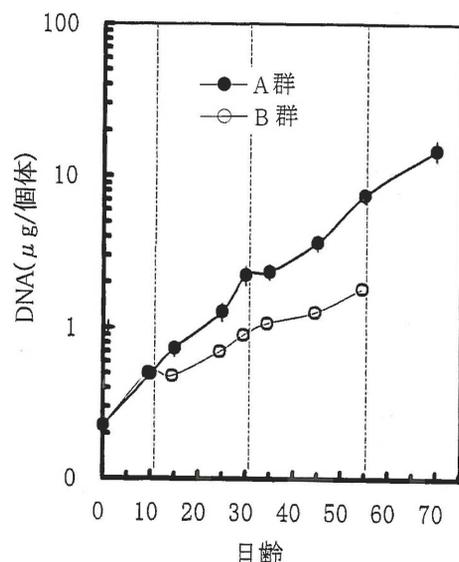
① 細胞数の増大による成長期と細胞体積の増大による成長期

シマアジ(Takii *et al.* 1994)、ブリ(李 1994)、サケ(中野ら 1985)などでは、体構成の主成分である全蛋白質の量、細胞数の指標とされる DNA の量、細胞の大きさの指標とされる全蛋白質/DNA 比、あるいは蛋白質合成活性の指標とされる RNA/DNA 比の変化から、成長過程において主に細胞の数が増す時期と、細胞の大きさが増す時期が交代することが推定されている。

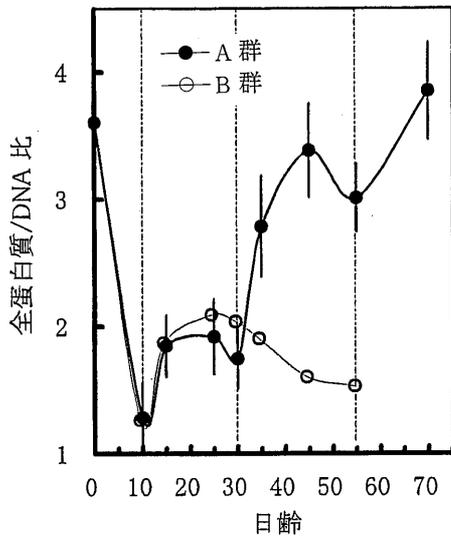
A 群の場合、全蛋白質量の変化は前述した乾重量と良く似ており、図Ⅲ 4-8に示すとおり、卵黄の吸収が盛んなふ化後10日齢まで減少した後、指数関数的に増加していた。一方、DNA 量は図Ⅲ 4-9に示すとおり、減少することなく増加の一途を辿り、特に稚魚に移行する前の30日齢以前の増加が概して顕著であった。その結果、図



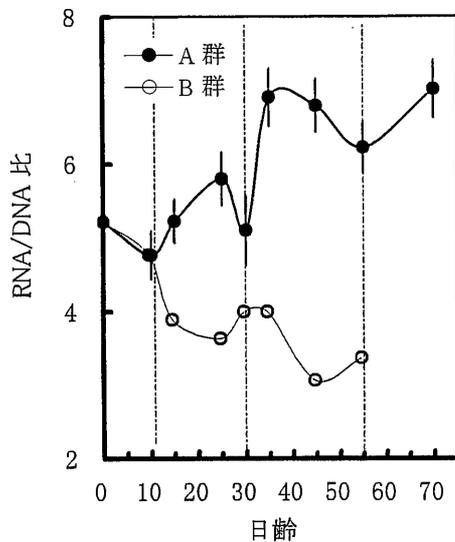
図Ⅲ 4-8 全蛋白質量の変化



図Ⅲ 4-9 DNA量の変化



図Ⅲ 4-10 全蛋白質/DNA比の変化



図Ⅲ 4-11 RNA/DNA比の変化

Ⅲ 4-10に示すとおり、全蛋白質/DNA比がふ化後10日齢に顕著に低下し、仔魚期の30日齢までが低く、稚魚期

に高い値を示した。RNA/DNA比も図Ⅲ 4-11に示すとおり、全蛋白質/DNA比とほぼ同じような変化を示していた。このような変化は、仔魚期は概して細胞数が増す時期であり、稚魚期ではむしろ細胞体積の増大が卓越する時期であることを示唆する。仔魚期は組織、器官の形成に重点がおかれ、稚魚期はそれらの機能が充実する結果、細胞の栄養状態が好転して細胞の大きさが増すものと考えられる。

ただ、蛋白質/DNA比の変化を細かく見ると、仔魚期では30日齢、稚魚期では55日齢に谷が認められる。この時期は、先の表Ⅲ 4-1に示した稚魚移行期または体型、形態が成魚様に急速に近くなる時期に一致していることから、新たな組織、器官の分化が集中したために細胞の大きさが一時的に小さくなったと考えられる。外見上の成長は一様であっても、細胞の成長様式はかなり複雑であり、その変化は発育と密接に関係している。

② 蛋白質の日間成長率とRNA/DNA比

一般に、魚類仔稚魚の蛋白質の日間成長率とRNA/DNA比との間には正の比例関係が認められる(例えば中野1985)。日間成長率(以下、 G_{pi})は、以下の式によって求められる。

$$G_{pi} = (\ln Pt_2 - \ln Pt_1) / (t_2 - t_1) \times 100$$

ここで、 Pt_2 は時刻 t_2 における全蛋白質量、 Pt_1 は時刻 t_1 (ただし $t_1 < t_2$)における全蛋白質量、 $t_2 - t_1$ はサンプリングインターバル(日)を示す。

A群およびB群の、RNA/DNA比、日間成長率(G_{pi})および形態発育期との関係を表Ⅲ 4-2および図Ⅲ 4-12に示した。ハタハタの G_{pi} は、卵黄の吸収が盛んなふ化後10日間を除き、RNA/DNA比に比例していた。しかし、同じRNA/DNA比に対する G_{pi} は、形態発育期が若いほど高い傾向が見られた。後上屈仔魚期および稚魚期における G_{pi} とRNA/DNA比との間には、それぞれ以下の関係式が成立した。

$$\text{後上屈仔魚期 } G_{pi} =$$

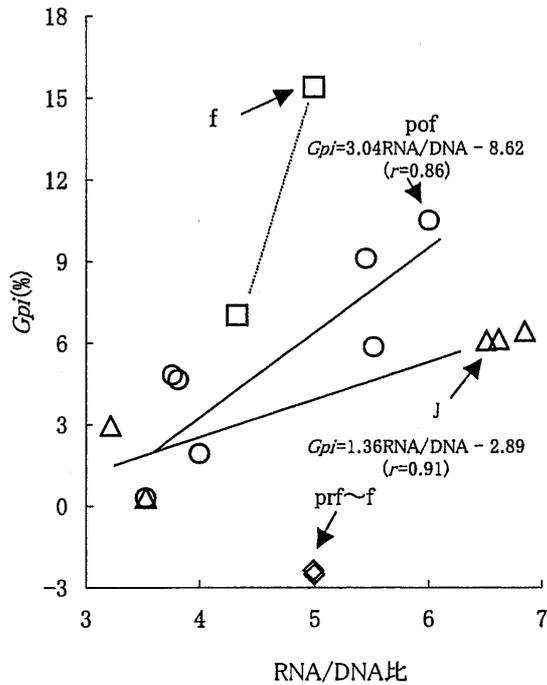
$$-8.62 + 3.04 \text{ RNA/DNA } (n=7, r=0.86) \quad \textcircled{1}$$

表Ⅲ 4-2 ハタハタのRNA/DNA比と蛋白質の日間成長率との関係

日齢 $t_1 \sim t_2$	A群			B群		
	RNA/DNA 比	G_{pi} (%)	形態 発育	RNA/DNA 比	G_{pi} (%)	形態 発育
0~10	5.0	-2.4	prf~f	5.0	-2.5	prf~f
10~15	5.0	15.4	f	4.3	7.0	f
15~25	5.5	5.9	pof	3.8	4.8	pof
25~30	5.5	9.1	pof	3.8	4.6	pof
30~35	6.0	10.5	pof	4.0	1.9	pof
35~45	6.9	6.4	J	3.5	0.3	pof~J
45~55	6.5	6.1	J	3.2	2.9	J
55~70	6.6	6.1	J			

* $G_{pi} = (\ln Pt_2 - \ln Pt_1) / (t_2 - t_1) \times 100$ 但し、 Pt_i は t_i 日齢における全蛋白質量、 $t_2 - t_1$ はサンプリングインターバル(日)を示す。

prf: 前上屈仔魚フェーズ, f: 上屈仔魚フェーズ, pof: 後上屈仔魚フェーズ, J: 稚魚期(Kendall *et al.* 1983)



図Ⅲ 4-12 ハタハタの RNA/DNA 比と蛋白質の日間成長率 (G_{pi}) との関係

* prf: 前上屈仔魚フェーズ, f: 上屈仔魚フェーズ, pof: 後上屈仔魚フェーズ, J: 稚魚期

稚魚期 $G_{pi} =$

$$-2.89 + 1.36 \text{ RNA/DNA } (n=5, r=0.91) \text{ ②}$$

この結果は、後上屈仔魚期では稚魚期よりも同じ RNA/DNA 比でより大きな蛋白質量の増加が期待できることを意味し、仔魚期と稚魚期では生理機能が異なっていることを示唆する。このように发育段階によって回帰式の傾きが異なることは、ブリ (李 1994) においても認められている。

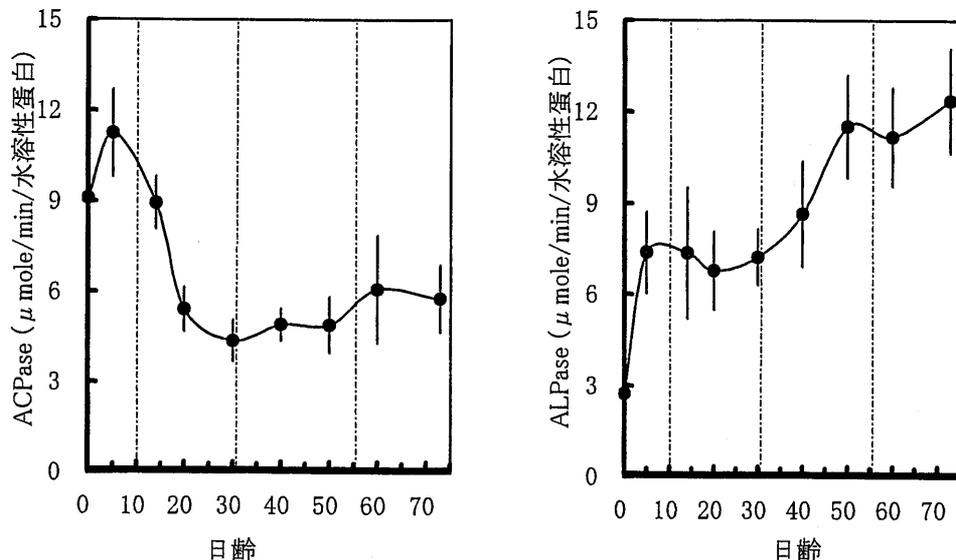
他方、RNA/DNA 比と G_{pi} とは比例関係にあること

から、RNA/DNA 比を測定することによって仔稚魚が飢餓状態にあるのかを推定する試みがなされている (中田 1998)。 G_{pi} が 0 となる時の RNA/DNA 比は、①式からは 2.84、②式からは 2.12 と見積もられる。これらの値は、ニシン仔魚の 2.06 (Robinson and Ware 1988) や summer flounder 仔魚 (Malloy and Targett 1994) の 2.13 と同じかやや大きく、サケ稚魚の 3.41 (中野 1985) よりも小さい。成長、生残率の劣った B 群の RNA/DNA 比が 3~4 であったことから (図Ⅲ 4-11)、もし、飼育魚や放流魚、天然稚魚の中に 3~4 がそれ以下の値を示す個体が認められたら、その個体の成長はあまり良くないことが考えられる。

③ 消化酵素活性

ACPase ACPase は、リソゾームの標識酵素であり、リン酸化合物の分解に関わっている。卵黄の吸収期に高い活性を示すことがコイ (里見 1969)、サケ (中野ら 1985) など知られている。A 群の ACPase 比活性は、図Ⅲ 4-13 に示すとおり、5 日齢における活性が最も高く、卵黄体積が小さくなる 20 日齢までに急速に低下して以後安定していた。

ALPase ALPase は、仔魚初期においては細胞の飲作用によって、腸管上皮細胞中に取り込まれた外部蛋白質粒の周りで活性が認められている (田中 1975)。また、この活性は硬骨が形成される時期に高まることや (鈴木 1985)、カツオの成魚では中腸腺や肝臓で高いことが報告されている (Abe 1981)。A 群の ALPase 比活性は、図Ⅲ 4-13 に示すとおり、5 日齢まで急速に高まった後一時的に低下し、30 日齢から再び上昇して 50 日齢以後高い値で安定していた。5 日齢は硬骨の形成は始まっているが、摂餌は 2 日齢から認められている。よって、5 日齢における ALPase の活性上昇は外部蛋白質の細胞内消化が始まったことを意味していると考えられる。

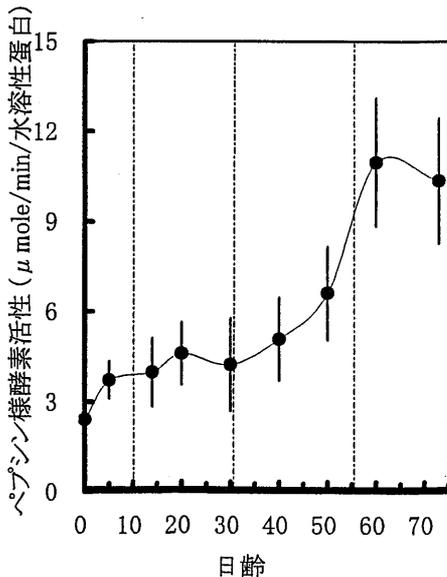


図Ⅲ 4-13 ACPase 及び ALPase 比活性の変化

30~50日齢における活性上昇が何に起因しているのかは不明であるが、酒井(未発表)は40日齢頃のハタハタで中腸腺の形成を認めている。

ペプシン様消化酵素活性 ペプシン様消化酵素活性は、サケ稚魚ではその活性の主たる部分が胃の消化酵素のペプシンと、細胞内消化酵素のカテプシンDであったことが報告されている(中野 1985)。胃腺分化後に活性が急速に高まることから、ペプシン様酵素活性は胃の機能化を反映していると考えられている(中野 1985)。ハタハタの胃は、ふ化した時点で既に分化してはいるが、川合(1997)によれば胃腺は15日齢頃形成が始まり、25日齢頃から数が増し、酒井(未発表)は30日齢で機能すると推定している。

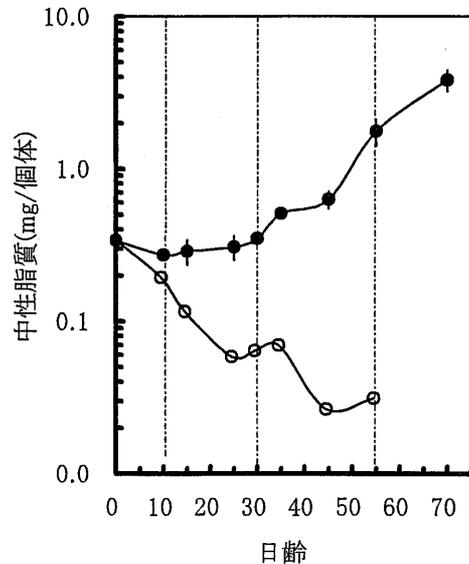
A群のペプシン様消化酵素の比活性は、図Ⅲ 4-14に示すとおり、ふ化後30~60日齢にかけて急速に高まっており、胃の消化機能がこの期間中に急速に充実して一定の水準に達したことが示唆される。胃腺分化期以前のペプシン様消化酵素活性については、川合(1997)によれば10日齢のハタハタ仔魚は同日齢のヒラメ、マガレイ、ニシン、マダイ、マダラなどよりも1桁高い活性を持っている。その活性の主たる部分はカテプシンDであり、これが卵黄蛋白を盛んに分解する結果、10日齢までに生体の全蛋白質量が減少するものと推察される。



図Ⅲ 4-14 ペプシン様消化酵素活性の変化

④ トリグリセリド (TG)

TGは、有酸素下で代謝されるエネルギー成分であり、飢餓時の運動を支える生体成分として極めて重要である。A群のTG量は、図Ⅲ 4-15に示すとおり、10日齢まで減少したあと、30日齢まではほぼ横ばいの状態であった。このことから、細胞数の増す成長が卓越する仔魚期はTGの摂取量が少ないか、あるいは摂取された



図Ⅲ 4-15 中性脂質 (TG) 量の変化
●— A群 ○— B群

TGが蓄積されることなく、もっぱら成長のために消費されていることが推察される。TG蓄積が急速に高まるのは45日齢以降であった。

⑤ 筋肉に関する性状

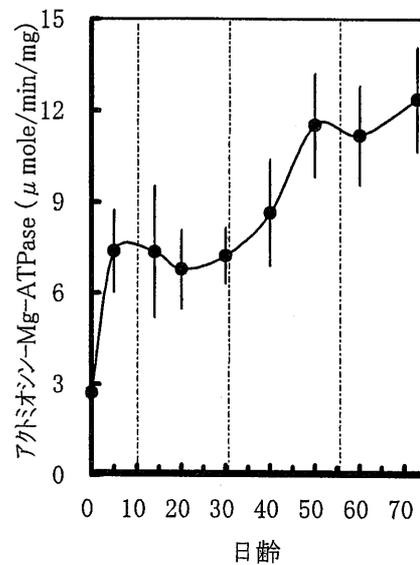
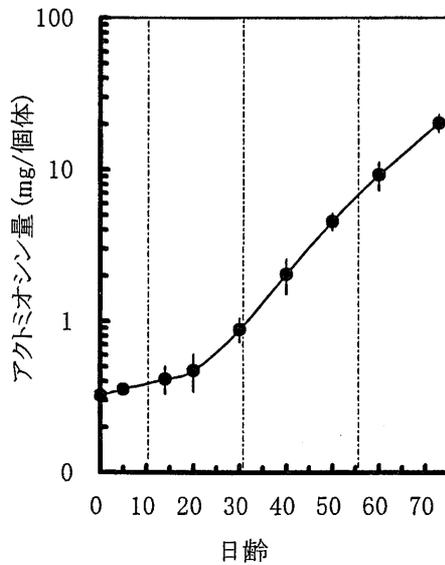
アクトミオシンは、筋肉の主成分である。A群では図Ⅲ 4-16に示すとおり、ふ化後増加の一途を辿っており、特に20日齢以後の増加が著しい。これは筋肉がふ化直後から発達し続けていることと、その本格的な発達が20日齢頃からであることを示している。

一方、アクトミオシン-Mg-ATPase比活性は、筋肉の収縮速度の高まりを示すものであり(Barany 1967)、その活性は魚の突進速度に関係していると考えられている。A群の活性は、図Ⅲ 4-16に示すとおり、ふ化後5日齢まで顕著に高まった後に一時的に低下し、30日齢頃から再び増加して50日齢以後安定していた。ふ化初期の活性上昇は、鰭、筋肉が発達初期の状態にある中で比較的活発な遊泳を行うための生理的対応である。30日齢以後に関しては、アクトミオシン、アクトミオシン-Mg-ATPase、TG量の順に高まっており、これは筋力が組織、収縮能、エネルギー供給の順に充実していくことを意味している。

⑥ 生理的発育段階区分

以上の調査結果を総合すると、順調に成長したA群では各生体成分やそれらの比、酵素の活性の大きく変化する時期が、10日齢、約30日齢および約55日齢に集中していることがわかる。これらの日齢を境として、時期の早いものから順に生理的発育の第Ⅰ期、第Ⅱ期、第Ⅲ期および第Ⅳ期と称した場合、各期の特徴は以下のとおりである。

第Ⅰ期 DNA量が増加し、RNA/DNA比が比較的高い値を示す。その栄養源としては摂餌が確認され、



図III 4-16 A群のアクトミオシン量及びアクトミオシン-Mg-ATPase 比活性の変化

ALPase が活性を示すことから、摂餌物の栄養の利用が始まっていると考えられる。しかし、この期では ACPase の高い活性と全蛋白質および TG 量の減少が認められる。別の調査においては、摂餌するしないに関わらずふ化後 8 日齢までは乾燥体重が一様に減少することが明らかとなっている。すなわち、第 I 期は卵黄の栄養にはほぼ依存しており、卵黄蛋白が急速に分解されて再合成され、活発な細胞分裂をともなう新たな組織、器官の形成が進行している時期であると考えられる。また、遊泳に関する生理的対応が図られる時期でもある。

第 II 期 A 群と B 群との間で生化学的性状に差が生じ、第 I 期で減少していた全蛋白質や TG が増加に転じる時期である。卵黄や油球が残存していることはこれらの利用が続いていることを示唆するが、栄養源の主体は摂餌物由来に変化している。なお、ふ化仔魚の飢餓による半数死亡日数は約 24 日である。第 I 期に続き DNA 量が高い増加を示すが、全蛋白質/DNA 比から示唆される細胞の大きさは小さい。すなわち、第 II 期は細胞の増殖的成長が卓越する時期であり、摂餌物の栄養にはほぼ依存しながら、新たな組織、器官の形成が活発に進行する時期である。

第 III 期と第 IV 期 第 III 期では、その始めの短期間に全蛋白質/DNA 比や RNA/DNA 比の顕著な増大が認められ、一転して細胞体積が大きな時期となる。さらに ALPase 活性やペプシン様消化酵素活性、アクトミオシン-Mg-ATPase 活性の上昇が認められるなど、調査された中では最も変化の大きな時期である。それとは対照的に、IV 期は変化が少なく、安定した状態で発育が進行する時期と見なすことができる。

⑦ 生理的变化と形態的变化の同調性

このように、生理的な発育は段階的であり、第 II 期から第 III 期に移行する過程において細胞の成長様式には大

きな転換が認められる。この移行期は、形態的に稚魚に移行する時期とほぼ一致する。また、第 III 期は生理的変化の大きい時期であるが、この時期は形態的、体型的な変化の大きい時期とほぼ一致している。生理的変化と形態的变化は表裏一体の関係にあると考えられる。他方、B 群では生理的な発育段階区分が困難であった。このことは、低成長かつ死亡が多く発生するような状態の仔稚魚では、発育の同調性が失われてしまうことを示唆している。

V) 消化機能の発達

これまで記載してきたように、ハタハタ仔魚の消化管はふ化した時点ですでに食道と胃と腸に分化しており、比較的高いペプシン様酵素の活性を示す。しかし、胃腺の組織学的観察 (川合 1994, 酒井 未発表) や、A 群の比活性の変化は、胃の機能化が稚魚期に移行してから急速に進行することを示唆している。渡辺 (1985) によれば、蛋白質は胃腺分化期以前では細胞外消化が不十分であり、粒子のまま腸管上皮細胞中に取り込まれて細胞内消化を受けるため、配合飼料の蛋白のように熱変性されたものでは飲作用による細胞内消化が困難であるとされている。この見解に従えば、ハタハタはふ化仔魚の段階から配合飼料単独で飼育することが可能ではあるが、胃腺分化期以前では生物餌料を併用することがより確実な成長につながると予想される。酒井 (未発表) によれば、幽門垂の形成開始はふ化後 40 日齢であり、胃の盲囊の形成開始は 50 日齢からとされている。これらの器官形成がペプシン様酵素の活性上昇期とほぼ同じであることは、蛋白質の消化機能が 40 日齢頃から飛躍的に高まることを示唆している。

(森岡 泰三)

2) 行 動

ハタハタのふ化仔魚は比較的遊泳力があり、早い時期に群れを作る。仔魚は尾鰭を振動させて泳ぐが、稚魚になると胸鰭を普通の遊泳に用いるようになる。また‘Japanese sandfish’の英名が示すように、砂の中に潜る習性を持っている。潜砂する行動は、天然では杉山・柴田(1989)が体長約5 cmで確認しているが、発現サイズは不明である。

本項では、ハタハタのふ化直後の行動、仔魚の成長とともに遊泳速度の変化、走性と成群性、稚魚の潜砂について述べる。

i) 仔魚の遊泳力

ふ化してから無給餌飼育した仔魚(以下、絶食群)と、3日齢以後アルテミア幼生を給餌した仔魚(以下、給餌群)を用いて、仔魚の成長とともに遊泳速度の変化と絶食が遊泳速度に与える影響について24日齢まで調べた。遊泳速度の測定は、福田(1998)を参考に、図Ⅲ 4-17に示した直径16mm、長さ1.5mの透明管内で以下に示す方法により行った。仔魚を管の中に10尾ずつ収容して5分静置した後、通水を開始し、15秒間隔で流量を0.25 L増大させた。流量の測定にはデジタル式流量計(NF1N-PTN型、愛知機械電気株式会社製)を用い、流量を管の断面積で除した値を流速とし、仔魚が脱落を開始する時の流速を最大持続遊泳速度とした。飼育と遊泳速度の測定は水温8.6~9.4℃で行い、測定終了後、仔魚の体長と尾鰭の条数、および卵黄体積(長径×短径の回転楕円体を想定)を調べた。

本調査によって得られた最大持続遊泳速度の平均値は、図Ⅲ 4-18に示すとおり、ふ化後2時間目では250cm/minであった。給餌群の遊泳速度は、8日齢の450cm/minまで急速に高まった後増加が鈍り、24日齢では590cm/minであった。一方、絶食群の最大持続遊泳速度は、8日齢まで給餌群とほぼ同じであったが($p > 0.05$)、10日齢から給餌仔魚よりも小さくなり($p < 0.05$)、20日齢になると急速に低下した。給餌群の

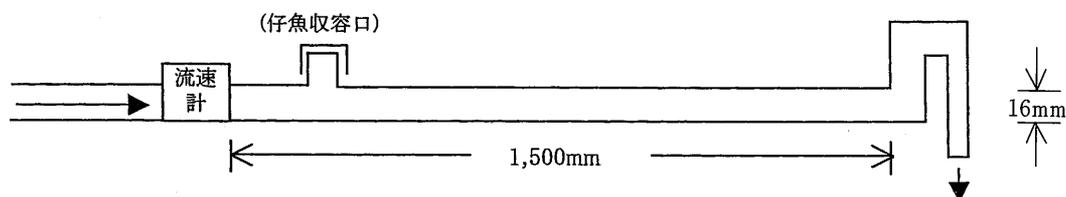
平均体長は、図Ⅲ 4-19に示すとおり、ふ化後2時間目の12.7mmから24日齢の15.8mmまではほぼ直線状に増大し、10日齢以後、絶食仔魚との間に体長差を認めた($p < 0.05$)。尾鰭条とその節数に関しては、図Ⅲ 4-20に示すとおり、両群とも12日齢に常数に達した。しかし、給餌群の鰭条の節は絶食群よりも約1週間早い12日齢に発現しており、発達速度に大きな違いが見られた。卵黄は、図Ⅲ 4-21に示すとおり、両群とも24日齢までにはほぼ消失した。

本試験の結果が示すように、ハタハタのふ化仔魚は比較的遊泳力があり、この特性は海上網生簀による種苗生産を可能にする重要な要素の一つになっている。仔魚は日齢が進むとともに卵黄体積が減少し、尾鰭の鰭条数や節数が増していく。さらに仔魚は成長とともに筋肉の主成分であるアクトミオシンが増加することも明らかとなっており、これらは仔魚が成長とともに遊泳時に受ける水の抵抗が減少し、水を捉えて掻く力が高まっていくことを示唆している。

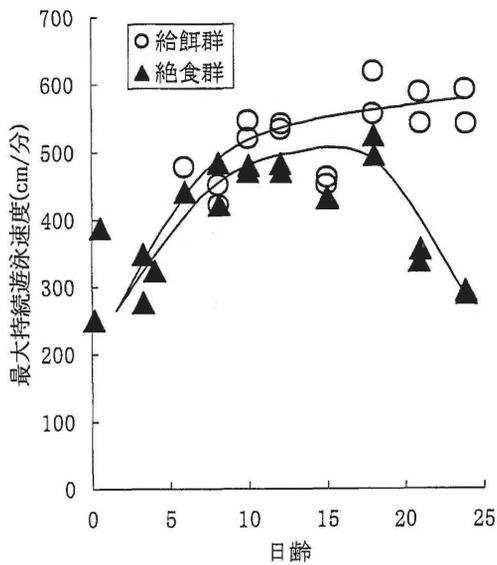
遊泳速度が8日齢まで急速に高まる現象に関しては再現性が得られており、筋肉の収縮速度に関するアクトミオシン-Mg-ATPaseの活性が一時的に高まる時期とほぼ一致している。また、8日齢以前では給餌群と絶食群との間に体長や鰭条の発達の差が認められず、遊泳速度に差がなかった。これは仔魚が主に卵黄の栄養に依存しているためである。8日齢を過ぎると成長、発育に絶食の影響が出始め、遊泳速度の差となって認められるようになる。絶食群の遊泳速度が約20日齢以後低下したことは、卵黄からのエネルギー供給がこの時期にはほぼ限界に達したことを示している。

ii) ふ化直後の行動

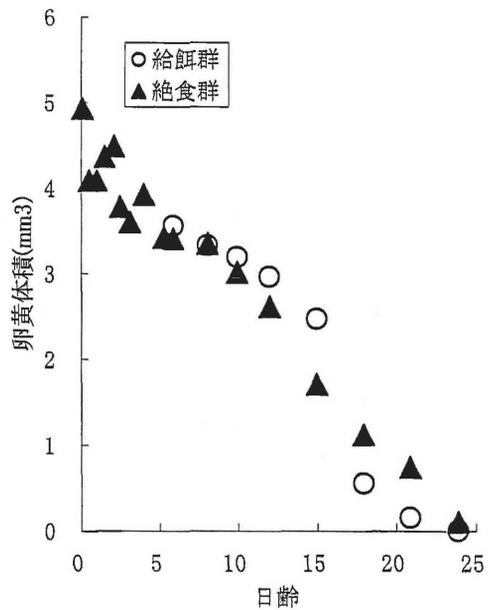
屋内8ℓ楕円型FRP製水槽内においてハタハタのふ化直後の行動を観察した結果によれば、多くの仔魚は卵からふ出する際に2~3秒間体を小刻みに震動させたあと、水平に泳ぎ始める。一部はそのまま水槽壁に達するが、この時写真Ⅲ 4-5に示したように頭を上にして浮上



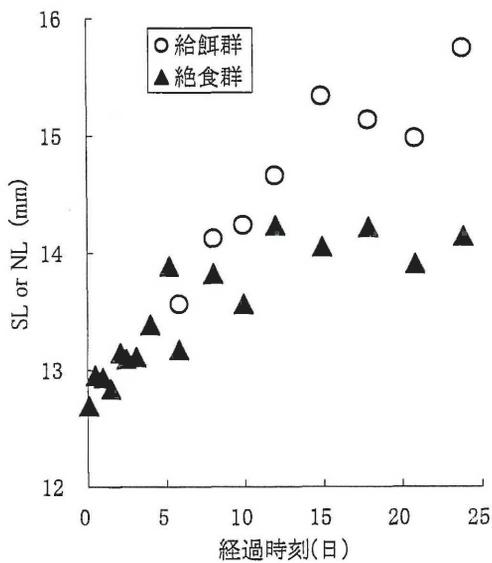
図Ⅲ 4-17 仔魚の最大持続遊泳速度測定装置



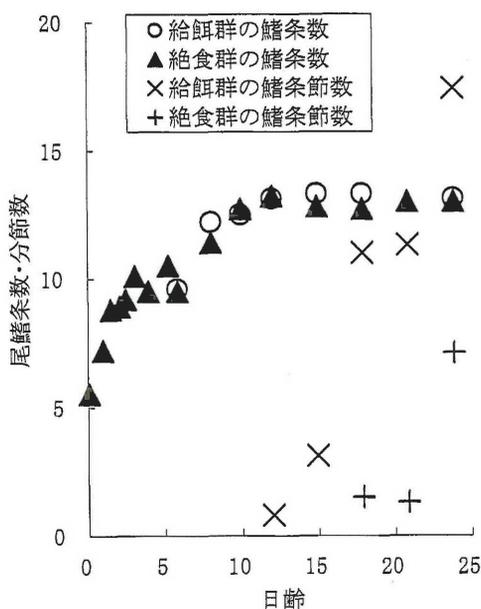
図Ⅲ 4-18 日齢と仔魚の最大持続遊泳速度



図Ⅲ 4-21 日齢と仔魚の卵黄体積



図Ⅲ 4-19 日齢と仔魚の体長

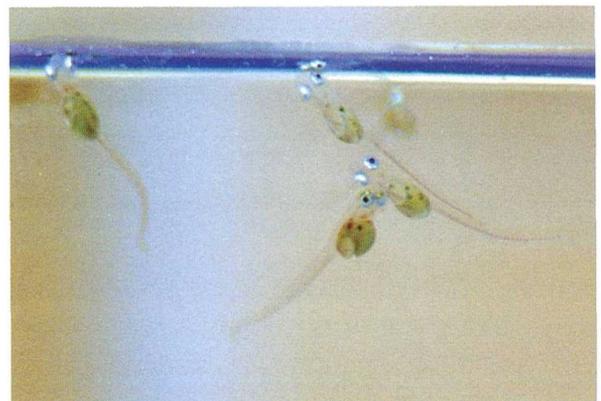


図Ⅲ 4-20 日齢と仔魚の尾鰭条数及びその節数

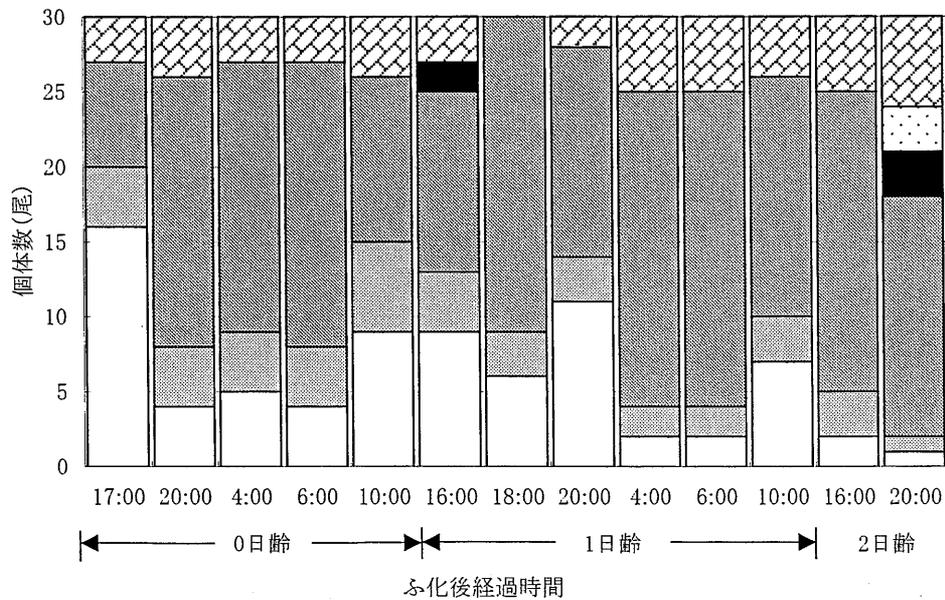
するような行動を示す。2 l水槽の中央水面に60W 電球を設置し、ふ化仔魚30尾を收容して51時間、随時行動を観察したところ、図Ⅲ 4-22に示すとおり、ふ化1時間後の17時では約半数が水槽壁で浮上するような行動を示したが、時間経過とともに漸減し、2日齢ではほぼ全て水槽底に対して水平に遊泳するようになった。なお、実容量が20l以上あるような水槽や網生簀内では浮上するような行動はあまり見られない。また、図Ⅲ 4-22に示すとおり、底に横たわるふ化仔魚が認められることがあるが、その多くはやがて死亡する。

iii) 走性と成群性

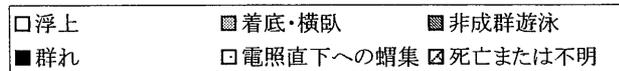
本項では、Keenleyside (1955)に従い、ある魚が光刺激に向かって定位または遊泳する行動を‘光走性’，網膜上の一点に一定の視覚刺激を維持し続けようと定位または遊泳する行動を‘目標走性’，水流に逆行して定位または遊泳する行動を‘水流走性’，他の1尾以上の魚



写真Ⅲ 4-5 浮上するふ化仔魚



図Ⅲ 4-22 2ℓ水槽内におけるふ化仔魚の行動変化



に反応して相互に誘引され近くに留まる結果形成される集団を‘群れ’と定義する。

① 走性

ハタハタのふ化仔魚は、透明管の中に収容して片方から通水すると流速に耐えられなくなって脱落する直前まで一定の位置を保とうとする。また、懐中電灯を透明管に近づけると光源に向かって集まってくる。このようなことから、ハタハタはふ化した時点で既に‘光走性’や‘目標走性’、‘水流走性’を持っていると考えられる。しかし、観察時の条件によって仔魚が光源に向けて集まってくる状況に若干の違いが見られ、2ℓ円型水槽内では図Ⅲ 4-22に示すとおり、電照下に蝟集し始めるのは2日齢からである。8ℓ楕円型水槽内の観察によれば、電照直下に積極的に集まるのは3日齢頃からであり、集まった仔魚の一部は水面付近で濃密なパッチを形成する。

② 成群性

2ℓ水槽内での観察によれば、図Ⅲ 4-22に示すとおり、群れの形成を認めたのはふ化23時間後および51時間後のわずか2回であり、しかも2～3尾の少数が数分間形成した程度であった。一方、50ℓ水槽を用いた種苗生産では、14日齢から群泳行動がほぼ水槽全体で始まった。17日齢では夜間に250Wの電照を水面上から照射したところ、照射直後に濃密な群れを形成して普段よりも速い速度で水槽内を周回するのを確認した。他方、杉山(未発表)は100ℓ水槽内で仔魚の行動を観察した結果、7日齢までは群れが観察されず、8日齢で初めてパッチ状の群れを確認し、16～17日齢から群れで遊泳する現象を確認している。このような観察結果から、ハタハタの成

群性はふ化後1週間内では発現していないに等しく、その後発現し始めて2週間目にほぼ完全に発現すると考えられる。

魚が群れを作る意義に関しては、群れサイズが大きいほど餌の発見が早いことが Pitcher *et al.* (1982)によって実験的に示されており、効率的な摂餌や外敵からの逃避などが考えられている。飼育下のハタハタの場合では電照直下を中心として濃密な群れを形成するので、そこに配合飼料を投下すれば餌付きやすい。あるいは取り揚げの際に群れで移動するので旋網による捕獲が簡単などといった効果をもたらす。

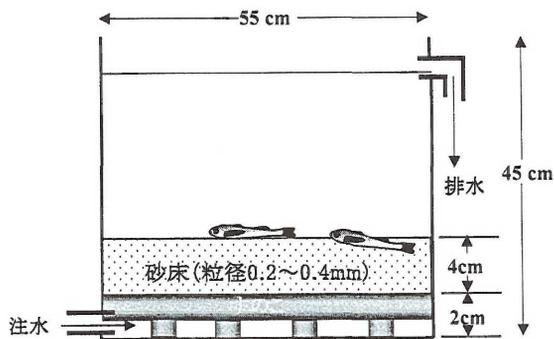
iv) 潜砂行動

ハタハタが潜砂する際には、まず砂上に静止し、続いて体を小刻みに振動させるとともに胸鰭で砂を煽るようにして、体をほぼ水平を保ったまま砂中に埋没させ、写真Ⅲ 4-6に示すとおり、眼を含む頭部上半を露出した状態で動きを止める。

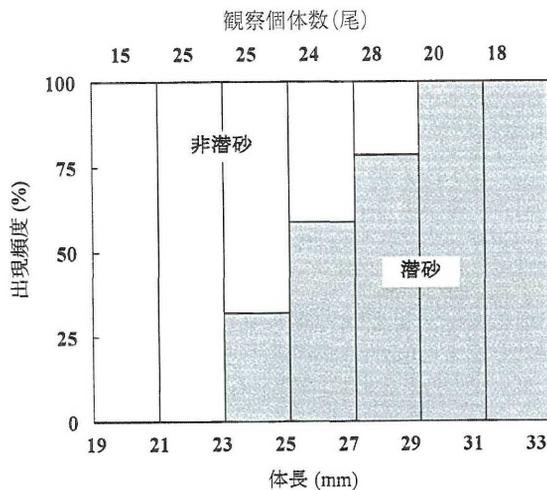
体長20.1～34.5mmの飼育仔稚魚140尾を用いて、図Ⅲ 4-23に示す粒径0.2～0.4mmの比較的均一な砂を敷いた100Lの実験水槽内にハタハタを1回につき10尾放流し、放流10分後から30分後まで水槽水を強くかき混ぜる刺激を与え、潜砂した個体および潜砂しなかった個体の数と体長を測定した。10.2～11.6℃の自然水温で日中に観察を行ったところ、潜砂を確認した稚魚の最小体長は23.2mmであった。潜砂した個体の割合は、図Ⅲ 4-24に示すとおり、体長階級が大きくなるに従って次第に増加し、体長27.0～28.9mmでは78.6%の個体が、体長30.0mm以上ではすべての個体が潜砂した。しかし、刺激を与えない場合には、潜砂は全く認められなかった。



写真Ⅲ 4-6 潜砂した稚魚



図Ⅲ 4-23 ハタハタの潜砂試験装置



図Ⅲ 4-24 潜砂個体の体長階級別出現頻度

潜砂行動を示すハタハタの全長については、調査船「しんかい2000」に乗船して秋田沖を調査した杉山・柴田(1989)が、372mの深海底において、泥の中に潜る全長5~6cmの未成魚の行動を観察したものが最小である。今回の試験の結果、ハタハタは体長23~30mmの間に潜砂が可能になることが明らかとなった。本試験に用いたハタハタは、体長23mmで各鱗の鱗条が定数に達していた。よって、本種は稚魚に移行する時期から一部の個体が潜砂可能になると考えられる。一方、潜砂の際の重要な器官である胸鱗では、体長約27mmから鱗条の分節が

始まっていた。この体サイズは多くのハタハタが潜砂した体サイズであり、さらにTGの順調な蓄積が開始される体サイズでもある。筋力に関しては「生理・生化学的発育・成長の項」に、組織、収縮能、エネルギー(TG)供給の順に高まることを指摘した。これらのことは、本種が潜砂可能になることと、形態学的、生理学的に見た体力の発達とが深い関係にあることを示唆している。

なお、刺激を与えない全く潜砂しない状況下において、これを潜砂行動の「発現」と捉えてよいのかについては検討の余地を残す。しかし、本種が体長23~30mmの間に潜砂が可能になることは事実であり、それが体力の発達と密接に関係していることも事実であると思われる。瘦せて体力的に劣った種苗では例え体長30mmであっても潜砂が不可能かもしれない。もしそうであるなら、潜砂は種苗性の指標の一つになりうる。多くのハタハタの潜砂が可能になる体長27mmは、放流サイズの目安になると考えられる。

(森岡 泰三)

3) 摂餌

餌環境と摂餌は、仔稚魚の生残、成長に影響を与える基本的要素であり、給餌量や餌料系列などといった給餌方法に関する基準作りを行う上で重要な要素である。ハタハタはふ化時からアルテミアノープリウスのような比較的大型の動物プランクトンを摂餌するが、約25日齢までは卵黄の存在が認められる。海上の網生簀を用いた種苗生産では、中央水面に設置された夜間電照の直下に多種多様な動物プランクトンが集まり、ハタハタの重要な餌となっている。

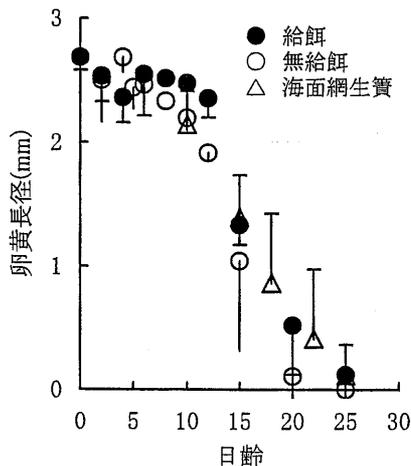
本項では、まず卵黄から摂食物への栄養源の転換過程について述べ、次にハタハタのアルテミア飽食量について述べる。海上網生簀を用いた飼育に関して、まず餌生物の出現の特徴を示し、次いで250尾/kℓの収容密度で天然餌生物のみを餌として飼育したハタハタの摂餌、および種苗生産条件下のハタハタの摂餌について述べる。さらに、仔魚期の摂餌量は微量であるため測定が難しい。その推定方法についても記載する。

1) 卵黄から摂食物への栄養源の転換

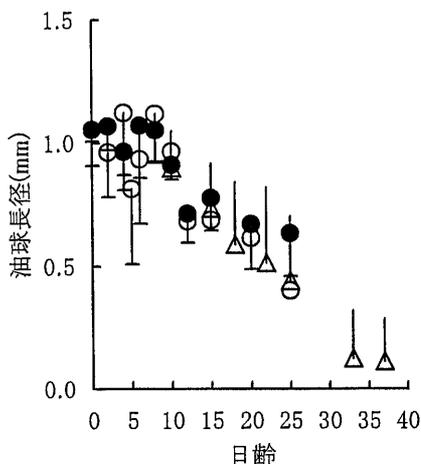
陸上水槽2面にふ化仔魚を収容し、アルテミアノープリウスを餌に用いた飼育(給餌群)と無給餌飼育(絶食群)を行った。さらに海上網生簀に250尾/kℓの密度で収容し、夜間電照下に蝸集する天然餌生物を餌として飼育を行った(海上飼育群)。これら3群について卵黄径と油球径、体長および乾燥重量を定期的に調べ、さらに給餌群と海上飼育群については摂餌開始の日齢を確認することによって、卵黄から摂食物への栄養源の転換過程を検討した。

この調査においては、給餌群と海上飼育群は2日齢で既に30個体中5~7個体が摂餌しており、3日齢では30

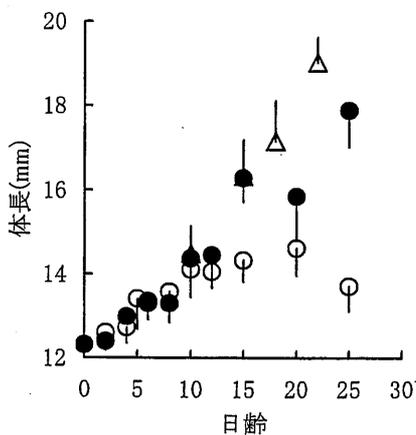
個体全てが摂餌していた。一方、卵黄は図Ⅲ 4-25に示すとおり、25日齢までにほぼ消失し、油球は図Ⅲ 4-26に示すとおり、35日齢までにほぼ消失していた。このように2、3日齢～約30日齢にかけては卵黄や油球を吸収しながら摂餌も行っていることから、この間は卵黄・油球と摂餌物の両方から栄養を摂取していると考えられる。しかし、給餌群と絶食群の平均体長は、図Ⅲ 4-27



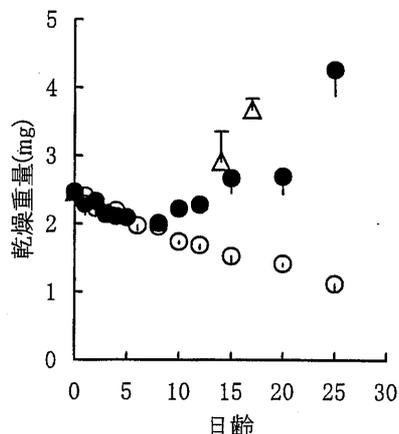
図Ⅲ 4-25 ハタハタふ化仔魚の卵黄長径の経日変化



図Ⅲ 4-26 ハタハタふ化仔魚の油球長径の経日変化



図Ⅲ 4-27 ハタハタふ化仔魚の体長の経日変化



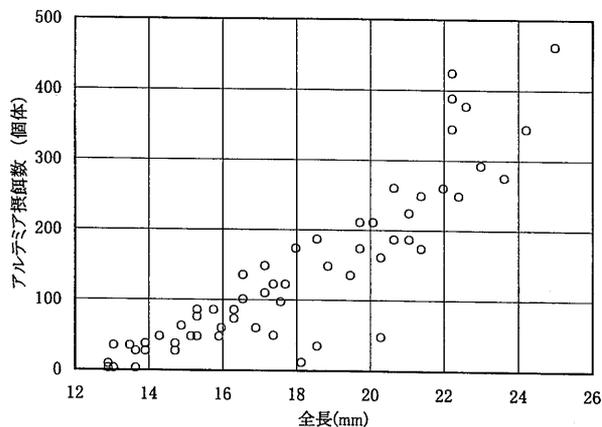
図Ⅲ 4-28 ハタハタふ化仔魚の乾燥重量の経日変化

に示すとおり10日齢まで有意差が認められない ($p > 0.05$)。平均乾重量に関しては、図Ⅲ 4-28に示すとおり両者とも8日齢まで有意差が認められず ($p > 0.05$)、一様に減少する。このようなことから、約8日齢までのハタハタの主な栄養源は卵黄であり、摂餌物の栄養にはあまり依存していないと考えられる。

ii) アルテミアの飽食量

前山 (1985) は、陸上水槽においてアルテミア幼生を主体として飼育されたハタハタの全長と摂餌数との関係を調べており、その結果を図Ⅲ 4-29に示した。この図からは、例えば全長13mm および16mm の仔魚ではアルテミア幼生を最大約30個体および約100個体摂餌していたと読みとることができる。そこで、ある全長における最大摂餌数をアルテミア幼生の飽食数とし、飽食数にアルテミア1個の重量である12mg (前山 1985) を乗じた値を飽食量として、飽食数、飽食量、飽食時の摂餌率 (飽食量/魚体重 $\times 100$) を全長別に推定した。

図Ⅲ 4-29から推定したハタハタの全長別のアルテミア飽食数および摂餌率を表Ⅲ 4-3に示した。全長13mm のハタハタの飽食数、飽食量、飽食時の摂餌重量比率は、それぞれ30個、0.36mg および3.1%であった。これらの



図Ⅲ 4-29 ハタハタの全長とアルテミア幼生摂餌数との関係 (前山 1985を改変)

表Ⅲ 4-3 ハタハタの全長とアルテミア幼生の飽食量との関係

ハタハタ 全長 (mm)	湿重量 (mg)	アルテミア飽食量		摂餌率 (%)
		個体数 (個)	湿重量 (mg)	
13	11.6	30	0.36	3.1
14	13.0	40	0.48	3.7
16	16.6	100	1.20	7.2
18	21.2	175	2.10	9.9
20	26.9	260	3.12	11.6
22	34.3	350	4.20	12.2
24	43.7	440	5.28	12.1

値はハタハタの成長とともに増大し、全長24mmでは、それぞれ440個、5.28mgおよび12.1%に達すると推定された。全長13mm および全長24mm の仔稚魚各50万尾を飽食させるには、それぞれ1,500万個および22,000万個

のアルテミア幼生が必要であると見積もられる。

iii) 海上網生簀におけるハタハタの摂餌

① 天然餌生物の網生簀内出現状況

日裁協能登島事業場においては、ハタハタ飼育に用いているのと同じ網生簀、すなわち先の写真Ⅲ 4-1に示した中央水面に60W 夜間電照装置を設置した網生簀（3×3×2.5m, 実容量20kl）において、エアリフト装置を用いて電照直下に蝟集する天然餌生物の採集を行い、マダラの種苗生産に供している。この装置の採集能力は高く、装置を作動させた翌朝の網生簀内では普段数多く残存しているはずの餌生物がほとんど認められない。

森岡（日水誌印刷中）は、上述した装置によって採集された天然餌生物の数を前夜の網生簀内出現数であることとして、2000年2月17日～4月12日に1網生簀内に出

表Ⅲ 4-4 海上小割網生簀において夜間採集された餌生物種目の個体数組成 (%) 及び出現総数

餌生物種目	2月17日	2月22日	2月27日	3月3日	3月8日	3月13日	3月18日	3月23日	3月28日	4月2日	4月7日	4月12日
GASTROPODA	7.5				1.0	0.3	4.9	25.5	0.3	0.1		
BIVALVIA	1.9	1.2		0.4	0.6		4.0			0.1	1.1	8.1
POLYCHAETA									0.1		0.4	0.3
SAGITTIDAE											0.4	
OIKOPLEURIDAE			0.5								0.4	
CRUSTACEA												
Cladocera												
<i>Podon leuckarti</i>	40.4	92.3	85.2	73.3	41.7	60.6	33.1	43.8	23.2	55.3	57.3	52.4
<i>Evadone nordmanni</i>	13.1	1.2	3.0	3.8	3.4	0.7	0.5	2.3	1.1	1.0	0.4	2.0
Copepoda												
<i>Acartia omorii</i>	3.0	0.6	0.3	0.4	0.5	1.3	1.5	0.2		0.0	7.1	0.3
<i>Acartia steueri</i>			0.2	0.3	0.7	1.7	5.9	0.6				
<i>Paracalanus parvus</i>	6.0	0.2	0.8	3.4	1.0	2.7	10.4	2.9	2.1	0.7	6.0	2.0
<i>Centropages abdominalis</i>	2.2	2.1	6.5	7.9	46.2	25.6	13.8	8.4	63.3	37.1	2.8	3.5
<i>Calanus sinicus</i>			0.2	0.1	1.0	1.7	6.9	1.5	0.1	0.2	1.1	3.8
<i>Calanus spp.</i>		0.1			0.2	0.3			0.1	0.0		0.3
<i>Metridia pacifica</i>				0.1		0.7	2.0	0.6				
<i>Oithona similis</i>	1.5	0.3	0.5	0.6	0.5	1.0	1.0	0.6	0.2	0.2	0.7	1.8
<i>Oithona atlantica</i>	1.1	0.1	0.3	0.4	0.2		0.5	0.2	0.2	0.1	0.7	1.0
<i>Oithona spp.</i>								0.6				2.0
<i>Oncaea spp.</i>					0.1	0.3					0.7	
<i>Corycaeus affinis</i>	0.7			0.1	0.1				0.3			
Harpacticoida			0.2				0.5		0.1	0.1		
Copepoda nauplius	1.1	0.1	0.8									
Balanidae												
Balanidae cypris	0.4	0.7		0.4							1.1	
Balanidae nauplius	1.1	0.1				0.3					1.4	0.5
Cumacea	0.4			0.3		0.2		0.2				0.3
Amphipoda												
<i>Paradexamine sp.</i>	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.1	0.1		0.8
<i>Jassa sp.</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	1.0	0.3	0.0	0.0		0.5
Other Amphipoda	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.1	0.1	0.4	0.8
Euphausiacea												
Euphausiacea calyptopis	1.5	0.0	0.2	0.0	0.2	0.3	0.5	1.5	4.8	2.3	2.6	8.6
Euphausiacea furcilia	1.5	0.1	0.5		0.8	0.7		0.2	0.3	0.4	1.1	1.5
Euphausiacea adult												0.3
Flabellifera							0.5	0.4	0.3	0.1		2.8
Decapoda												
Hippolytidae juvenile									0.2	0.1		1.8
Hippolytidae 1st zoea	1.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	1.0	0.6	0.5	0.1	1.1	0.8
Hippolytidae 2nd~zoea	12.0	0.2	0.2	5.3	1.0	0.2	8.9	7.6	2.2	1.3	6.8	5.3
Callinassidae zoea								0.0	0.0			
Paguridae zoea	1.1	0.1	0.2	0.4	0.2		1.0	1.3	0.2	0.1	5.0	0.3
Eubrachyra zoea	1.5			2.5			0.5			0.0		2.0
FISH larva	0.4	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	1.0	0.5	0.1	0.0	1.7	0.3
出現総数 (千個体)	356	1,841	876	1,064	1,102	791	506	1,425	3,447	3,934	422	1,291

現した餌生物の種組成を明らかにしている。それによると、表Ⅲ 4-4に示すとおり、一晚に36万～393万個体出現しており、枝角目の *Podon leuckarti*, *Evadone nordmanni*, かいあし亜綱の *Acartia omorii*, *Centropages abdominalis*, *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis* 他10種、オキアミ目やモエビ目の各幼生群、端脚目、仔魚など、出現生物はのべ38分類群にのぼっていた。 *P. leuckarti* と *C. abdominalis* が主要な出現生物であり、調査期間の後半にオキアミ目とモエビ目の各幼生群が増大していたことが報告されている。この出現数に関しては、例えば *C. abdominalis* は、密度に換算して最大11.5万個体/klに達しており、これは網生簀の設置されている七尾湾北湾内において小路(1994)が局所的に認めた同種の最大密度よりも2桁高い値であった。

網生簀内には多種多様な餌生物が数多く出現することから、夜間電照が天然餌生物を集める効果はかなり大きいといえる。しかし、網生簀内における天然餌生物の出現個体数は、例えば1995年と1996年の2～3月における平均出現数が1日当り67.6万個体と16.0万個体というように(未発表)年によって異なっている。さらに表Ⅲ 4-4に示したように日によって出現数に幅があり、森岡(日水誌印刷中)は、荒天や半月～満月の晴天の夜では出現数が低下するとしている。さらに網生簀内と七尾湾北湾内では出現生物の個体数組成が異なっていることも指摘されており、ノープリウス幼生のような微細なプランクトンの出現数は少ない。網生簀内における餌生物の出現状況は、その年の餌生物の発生状況に加えて、日々の海況の変化や水塊の移動、動物プランクトンの光に対する反応が種や発生段階によって異なることなど、様々な要因の影響を受けていると考えられる。

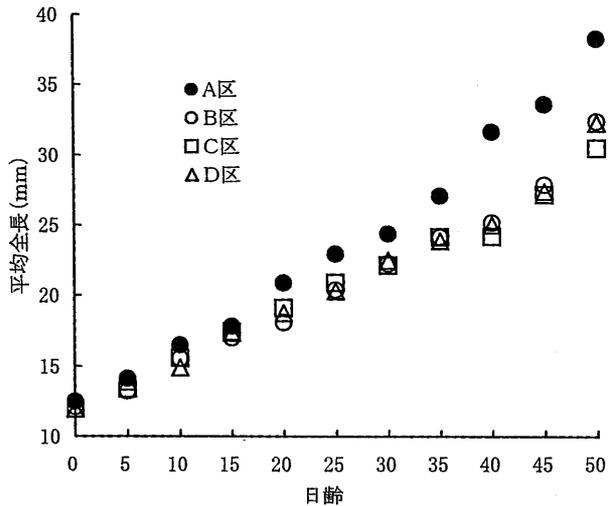
② 250尾/klの収容密度で天然餌生物のみで飼育されたハタハタの摂餌

森岡(日水誌印刷中)は、上述した餌生物調査と並行して2月22日に250尾/klの密度(5千尾)で収容され、天然餌生物のみを餌として飼育されたハタハタ仔魚(以下、A区)の摂餌と成長、生残を4月7日まで調べている。それによれば、収容時(3日齢)に平均全長12.5mmであったハタハタは、図Ⅲ 4-30に示すとおり4月7日(53日齢)に38.3mmに達し、0.5mm/日の高い日間成長速度と98%の高生残率を示している。

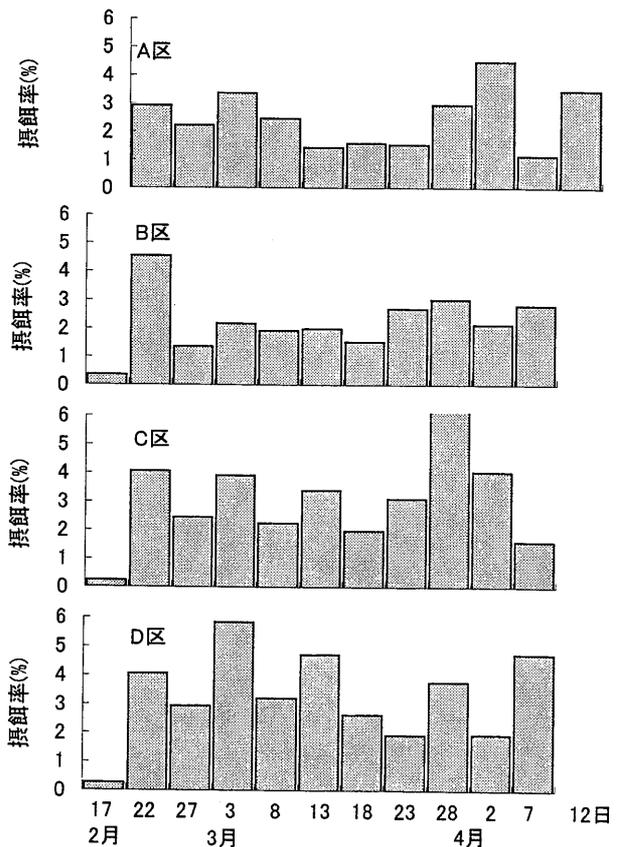
このような高成長、高生残率を示したハタハタは、表Ⅲ 4-5に示すとおり、収容した当日に摂餌を開始していた。摂餌量は、飼育開始当日に乾重量で35μgであったものが成長とともに増大し、最終的には1,664μgに達していた。しかし、摂餌量が低下した日もあった結果、図Ⅲ 4-31に示すとおり、摂餌率は1.4～4.5%の範囲で変動し、3月13～23日にかけてと4月7日に1.5%前後の低い値を示した。この摂餌率の低下原因については、低下した日が天然餌生物の出現量が比較的に少なかった日

と一致していることから、餌不足によるものと推察されている。

摂餌生物に関しては、表Ⅲ 4-5に示すとおり、飼育を開始した当日に *P. leuckarti* と *P. parvus* を摂餌していた。2月27日には *Acartia omorii* やオキアミ目の幼生など新たに3分類群が出現し、3月8日には *C. sinicus* が出現し、次第に多様化、大型化していき、最終的にのべ16分類群にのぼっている。しかし、ある摂餌生物の摂餌物全体に対する数の割合(個体数比率, N%)および重量の



図Ⅲ 4-30 ハタハタの平均全長の経日変化



図Ⅲ 4-31 各区の摂餌率の経日変化

表Ⅲ 4-5 海上小割網生簀にて無給餌飼育されたハタハタ仔稚魚の成長、摂餌種目の平均個体数、平均重量、個体数比率 (N%) 及び重量比率 (W%) の経日変化

	2月22日		2月27日		3月3日		3月8日		3月13日		3月18日	
測定個体数	20		20		20		15		15		30	
全長(mm)	12.5 ± 0.6		14.1 ± 1.0		16.5 ± 0.9		17.8 ± 0.8		20.9 ± 0.9		23.0 ± 1.2	
乾重量(μg)	1.2 ± 0.2		1.9 ± 0.4		2.1 ± 0.4		3.0 ± 0.5		5.1 ± 0.8		8.0 ± 1.5	
摂餌個体数 (個)	6.6		4.4		13.3		10.9		4.9		3.2	
摂餌物重量 (μg)	34.9 ± 19.2		45.9 ± 61.5		69.3 ± 19.3		70.8 ± 30.6		73.4 ± 41.6		131.6 ± 226.5	
摂餌重量比率(%)	2.9 ± 1.5		2.2 ± 2.4		3.4 ± 1.2		2.4 ± 1.1		1.4 ± 0.8		1.6 ± 2.8	
摂餌種目	N%	W%	N%	W%	N%	W%	N%	W%	N%	W%	N%	W%
Cladocera (Total)	98.5	99.4	79.5	39.7	100.0	100.0	93.9	75.1	27.0	7.9	31.6	4.0
<i>Podon leuckarti</i>	98.5	99.4	79.5	39.7	100.0	100.0	93.9	75.1	24.3	7.7	31.6	4.0
<i>Evadone nordmanni</i>									2.7	0.2		
Copepoda (Total)	1.5	0.6	13.6	5.9			4.3	7.7	68.9	70.9	63.2	33.3
<i>Paracalanus parvus</i>	1.5	0.6	6.8	1.3			1.2	0.4	27.0	3.6	41.1	1.9
<i>Centropages abdominalis</i>							1.8	6.0	40.5	57.5	12.6	6.4
<i>Calanus sinicus</i>									1.4	9.9	9.5	24.9
<i>Acartia</i>			6.8	4.7			1.2	1.3				
<i>Oithona similis</i>												
<i>Corycaeus affinis</i>												
Cumacea												
Euphausiacea calyptopis			2.3	6.5			1.2	5.6				
Euphausiacea furcilia												
Amphipoda												
Flabellifera												
Decapoda (Total)			4.5	47.8					4.1	21.2	2.1	5.6
Hippolytidae 1st. zoea									1.4	1.2		
Hippolytidae 2nd.< zoea			4.5	47.8					2.7	19.9	2.1	5.6
Paguridae megalopa												
Eubranchyura zoea												
Fish larva											3.2	57.2
INCECT												
Artifishial dry peret							0.6	11.6				
Unidentified food												

	3月23日		3月28日		4月2日		4月7日		4月12日	
測定個体数	30		30		20		20		20	
全長(mm)	24.4 ± 1.4		27.1 ± 1.4		31.7 ± 1.1		33.6 ± 1.9		38.3 ± 2.7	
乾重量(μg)	10.6 ± 2.5		16.1 ± 3.3		25.9 ± 3.4		35.7 ± 7.4		49.0 ± 10.2	
摂餌個体数 (個)	26.9		27.1		59.5		33.8		68.8	
摂餌物重量 (μg)	163.1 ± 108.8		469.5 ± 22.3		1167.4 ± 575.5		618.3 ± 897.0		1664.3 ± 587.7	
摂餌重量比率(%)	1.5 ± 0.9		2.9 ± 1.4		4.5 ± 2.1		1.6 ± 2.0		3.5 ± 1.1	
摂餌種目	N%	W%	N%	W%	N%	W%	N%	W%	N%	W%
Cladocera (Total)	92.3	76.2	17.6	4.7	51.3	12.1	73.0	18.0	30.0	5.6
<i>Podon leuckarti</i>	92.3	76.2	17.6	4.7	51.3	12.1	73.0	18.0	29.6	5.5
<i>Evadone nordmanni</i>									0.4	0.0
Copepoda (Total)	6.2	15.6	71.6	84.1	47.2	48.3	22.7	12.9	56.2	56.8
<i>Paracalanus parvus</i>	2.7	0.9	4.2	0.5	3.3	0.3	16.4	1.8	3.3	0.3
<i>Centropages abdominalis</i>	2.9	9.9	66.6	81.2	43.8	47.1	5.0	5.8	47.9	41.8
<i>Calanus sinicus</i>	0.2	4.5	0.4	2.3	0.2	0.9	0.9	5.3	3.2	14.4
<i>Acartia</i>	0.1	0.1								
<i>Oithona similis</i>			0.2	0.0			0.3	0.0	0.6	0.1
<i>Corycaeus affinis</i>	0.2	0.2	0.2	0.1					1.2	0.2
Cumacea									0.1	0.1
Euphausiacea calyptopis	0.4	1.8	3.3	5.7	0.3	0.4	0.4	0.7	6.7	8.3
Euphausiacea furcilia							0.1	0.4	1.2	2.1
Amphipoda							0.4	4.8	0.2	1.8
Flabellifera									0.2	0.0
Decapoda (Total)	1.1	6.4	0.9	5.5	0.1	0.1	1.9	10.6	5.4	23.2
Hippolytidae 1st. zoea	0.9	1.9			0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2
Hippolytidae 2nd.< zoea	0.2	4.5	0.9	5.5			1.5	8.9	4.8	21.8
Paguridae megalopa							0.1	1.6	0.1	1.2
Eubranchyura zoea							0.1	0.1		
Fish larva					1.0	38.7	0.4	18.2	0.1	2.3
INCECT			6.5							
Artifishial dry peret										
Unidentified food			0.1		0.2	0.5	0.9	34.3		

割合 (重量比率, W%) から推定される主要摂餌生物は、全長18mm 以下では枝角目 (*P. leuckarti*)、全長18~35mm ではかいあし亜綱(主に *C. abdominalis*)と枝角目、全長35~41mm ではかいあし亜綱とオキアミ目、モエビ目の幼生群というように、網生簀内に出現した餌生物の個体数組成を反映していた。

このような調査結果が示すとおり、250尾/klのような

低い密度で飼育されたハタハタは、収容の当日に天然餌生物を摂餌し始め、給餌を行わなくても高い成長速度と生残率を示す。摂餌生物は網生簀内に出現する餌生物の個体数組成を反映しつつ、ハタハタの成長とともに多様化、大型化していく。しかし、餌生物の出現数の少ない夜には摂餌率が低下することがある。

③ 3,000尾/klの収容密度で給餌飼育されたハタハタの

摂餌

森岡（未発表）は、A区と共通の親魚群から得た3日齢の仔魚を、A区よりも5日前の2月17日に3,000尾/kLの密度（6万尾）で収容して、以下に記載した給餌条件による飼育を4月7日まで行っている（以下、B区、C区、D区）。

イ B区 粒径400 μ と700 μ mの配合飼料を、ハタハタの成長に応じて使い分けながら、魚体重の8~16%を毎時50~100gのペースで17時から連続的に自動給餌。

ロ C区 魚体重の12~18%の凍結プランクトン（以下、凍結餌料）を16時30分に袋網に入れて電照横の水面上に垂下。

ハ D区 配合飼料と凍結餌料をB区、C区と同じ方法で給餌。

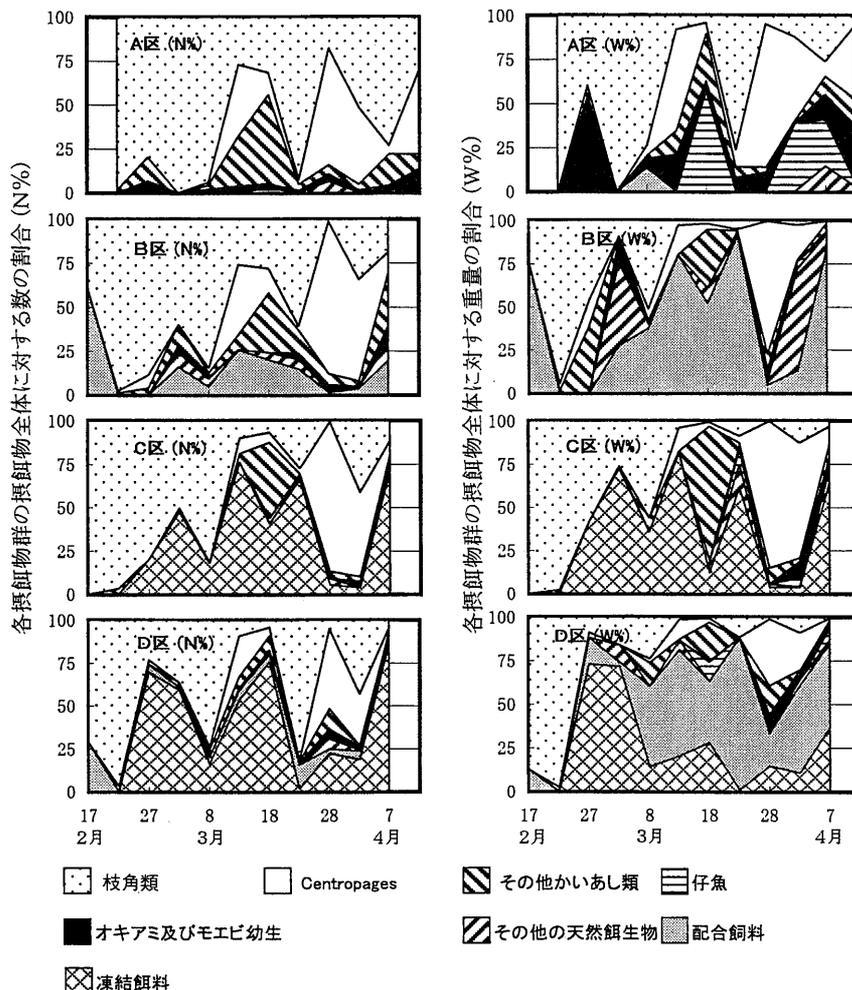
これらのうち、B区が日裁協能登島事業場における通常の種苗生産方法である。C区は、消化機能が低レベルであると推定される仔魚期の成長を促進するため、配合飼料のかわりに北極圏産天然プランクトン（*C. abdominalis* とほぼ同じサイズの DIAPTOMIDAE が卓越）の凍結輸入品による飼育を試みたものである。配合飼料と凍結餌料を併用給餌したD区では、B区とC区以上の高

い成長、生残率の達成を狙った。

飼育試験終了時におけるB区、C区およびD区の平均全長は、図Ⅲ 4-30に示すとおり、それぞれ32.4mm、30.5mm および32.3mmであり、A区の38.3mmよりも小さく、B区=D区>C区の順であった（ $p < 0.05$ ）。生残率は、それぞれ62.0%、65.1%および64.8%でほぼ同じであり、A区の98%よりも小さかった。A区とB~D区との間では13日齢以後平均全長に有意差が生じ（ $p < 0.05$ ）、飼育日数の経過とともに全長差が拡大していった。以下には、このような成長、生残結果を示したB区~D区の摂餌の特徴について述べる。

B区~D区仔稚魚の平均摂餌率は、それぞれ2.2%、3.1%、3.3%であり、A区の2.5%とほぼ同じであった（ $p > 0.05$ ）。しかし、摂餌率の経日変化については図Ⅲ 4-31に示すとおり、A区では天然餌生物の出現量の少ない夜に摂餌率が低下していたことに対し、B区~D区では3月3日（飼育15日目）以降、表Ⅲ 4-4に示した餌生物出現量の変動との相関が認められなかった。これは、配合飼料や凍結餌料を摂餌しているためである。

ハタハタの消化管内容物を、枝角目、*C. abdominalis*、*C. abdominalis* 以外のかいあし亜綱、仔魚、オキアミ目



図Ⅲ 4-32 各試験区における摂餌物群の個体数比率（N%）及び重量比率（W%）の経日変化

とモエビ目の幼生, その他の天然餌生物, 配合飼料, 凍結餌料の8分類群に集計して個体数比率 (N%) および重量比率 (W%) を求めた結果を図Ⅲ 4-32に示す。B区～D区では摂餌量の34～59%が配合飼料や凍結餌料で占められており, 摂餌内容は飼育日数の経過とともに概して以下のように変化していた。

B区 配合飼料と枝角目→枝角目と *C. abdominalis* 以外のかいあし亜綱→配合飼料→ *C. abdominalis* とその他→配合飼料

C区 枝角目→枝角目と凍結餌料→ *C. abdominalis* 以外のかいあし亜綱と凍結餌料→ *C. abdominalis* →凍結餌料

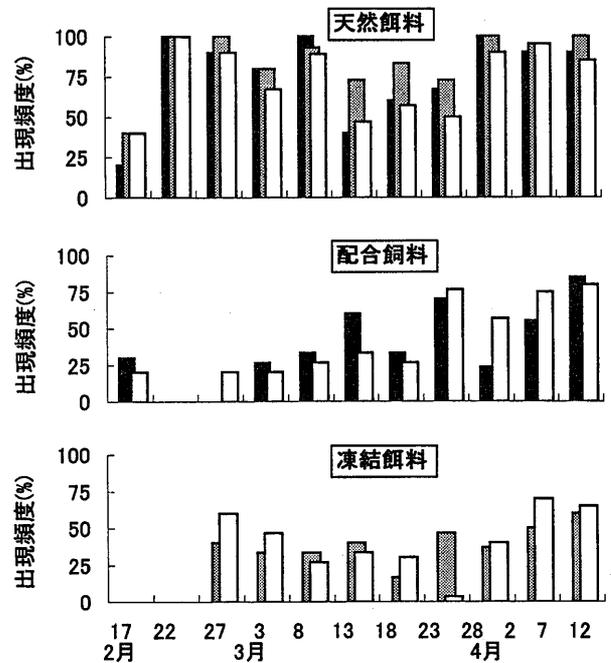
D区 枝角目→枝角目と凍結餌料→ *C. abdominalis* 以外のかいあし亜綱, 凍結餌料, 配合飼料→凍結餌料と配合飼料

この調査結果が示すように, 3,000尾/klの収容密度で行われる種苗生産では, 配合飼料や凍結餌料が天然餌生物とともに主要餌料になっている。「成長速度」の項に記載したとおり, 天然餌生物だけでは成長速度, 生残率が極めて低くなる。

しかし, 配合飼料や凍結餌料の消化管内出現頻度は, 特に飼育初期に天然餌料よりも小さい傾向にある。図Ⅲ 4-33の出現頻度が示すとおり, B区～D区における天然餌生物の出現頻度はそれぞれ平均75.6%, 85.2%および73.6%であるのに対し, 配合飼料は37.9 (B区) と39.5% (D区) であり, 凍結餌料では32.4 (C区) と34.1% (D区) である。また, 配合飼料の出現頻度は, 図Ⅲ 4-33に示すとおり飼育日数の経過とともに概して増大はする。しかし, 表Ⅲ 4-4の3月28日や4月2日のように, 天然餌生物が特に多く出現した夜では, 図Ⅲ 4-32が示すように給餌物の重量比率が低下して天然餌料の比率が上昇する。すなわち, 天然餌生物は給餌物よりもハタハタの嗜好性が高いため, 配合飼料などに対する餌付きを阻む要因になっている。なお, 図Ⅲ 4-32が示すように2月17日と22日は凍結餌料を摂食していない。凍結餌料の摂餌は全長16mm以上の仔稚魚においてこの餌料とほぼ同じサイズである *C. abdominalis* とともに認められており, 全長16mm以下のハタハタでは凍結餌料が大きすぎて摂餌が不可能であることが明らかとなった。また, データとして示していないがA区における摂餌個体の出現頻度が100%であるのに対し, B区～D区では平均88%である。B区～D区では摂餌不良の個体が存在するため成長速度や生残率が低下するものと思われる。

④ 摂餌量の推定法

ここで, 前述した食性調査における摂餌量の推定法について述べる。摂餌量は, 直接測定することが望ましい。しかし, 仔魚期の摂餌量は微量であるため直接測定が難しい。このため, Berg (1979) や Takatsu *et al.* (1994) らは, 摂餌生物を種や目レベルで分類して分類群ごとに



図Ⅲ 4-33 B区, C区およびD区の天然餌生物, 配合飼料および凍結餌料を摂餌していた個体の出現頻度
■: B区, ▨: C区, □: D区

計数し, これらに予め測定しておいた各分類群の平均重量を乗じる方法によって摂餌重量を推定している。本項では, この方法による摂餌量の推定方法を「復元法」と称する。

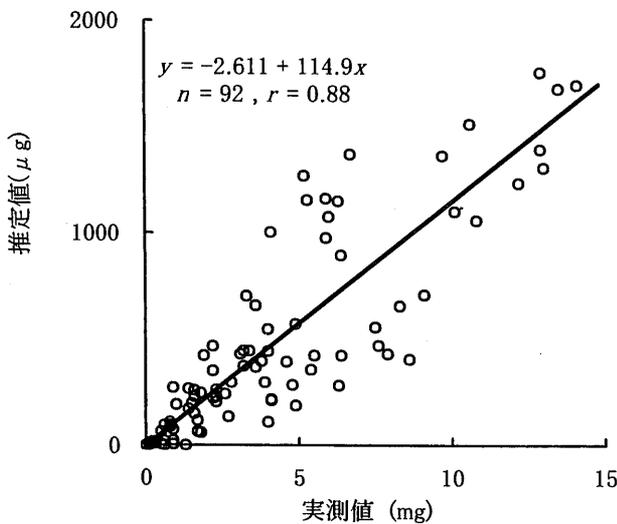
復元法 前述したハタハタの摂餌量についても, 生物餌料に関しては Berg (1979) や Takatsu *et al.* (1994) らの報告を参考に復元法を用いて推定した。すなわち, 全長22mm以上の個体については消化管内容物重量の直接測定が可能であったが, それ以下の仔魚については直接測定が困難であった。そこで, 網生管内に出現した餌生物の体長を分類群毎に測定して平均値を求め, それを Uye (1982), 弘田 (1985, 1987) の体長と体重の関係式に代入して乾重量に変換した。その結果については, 表Ⅲ 4-6に記載したとおりである。分類群は枝角目とかいあし亜綱については種レベルで分類し, それ以外は目レベルで分類した。またオキアミ目のように発生段階によって大きさがかなり異なる生物については, 分類群を2～3の発生段階に区分して復元法によって推定した。

その結果, 図Ⅲ 4-34に示すとおり, 消化管内容物重量の直接測定値と復元法による推定値との間には, 高い相関関係が認められた。これは, ハタハタが摂餌していた天然餌生物が外骨格を有する甲殻類であり, 同定と計数が比較的容易であったことと, 幾つかの種類についてはその発生段階によって2～3の分類群に細分した結果, 消化管内容物重量が高い精度で推定し得たためであると考えられる。しかし, 本方法は, 配合飼料のような不定形の摂餌物の重量を推定することができない。

充満度法 充満度法は, 消化管内容物の充満の程度を

表Ⅲ 4-6 ある餌生物の平均乾重量 (Uye 1982及び弘田1985,1987の回帰式から推定)

餌生物種目	乾重量 (μg)	餌生物種目	乾重量 (μg)
GASTROPODA	10.7	Balanidae	
BIVALVIA	4.3	Balanidae cypris	14.8
POLYCHAETA	0.4	Balanidae nauplius	6.2
Cladocera		Cumacea	21.0
<i>Podon leuckarti</i>	4.3	Amphipoda	196.6
<i>Evadone nordmanni</i>	1.0	Euphausiacea	
Copepoda		Euphausiacea calyptopis	29.9
<i>Acartia omorii</i>	7.1	Euphausiacea furcilia	44.7
<i>Acartia steueri</i>	8.1	Euphausiacea adult	131.2
<i>Paracalanus parvus</i>	2.0	Flabellifera	0.9
<i>Centropages abdominalis</i>	21.1	Decapoda	
<i>Calanus sinicus</i>	109.3	Hippolytidae zoea I	13.4
<i>Calanus spp.</i>	7.0	Hippolytidae zoea II~	109.8
<i>Metridia pacifica</i>	123.0	Hippolytidae juvenile	228.3
<i>Oithona similis</i>	2.9	Callianassidae zoea	56.1
<i>Oithona atlantica</i>	0.7	Paguridae zoea	192.7
<i>Oithona spp.</i>	0.7	Eubrachyra zoea	12.0
<i>Oncaea spp.</i>	3.2	FISH larva	752.2
<i>Corycaeus affinis</i>	4.5		
Harpacticoida	3.4		
Copepoda nauplius	0.1		



図Ⅲ 4-34 ハタハタ胃内容物重量の実測値と推定値との関係 (全長22mm以上)

指数で評価する方法である。前述したハタハタの摂餌量についても、記載はしていないが大野 (1992) の基準、すなわち 0 : 内容物なし ~ 5 : 消化管のしわが見られない状態の6段階に区分して充満度の測定を行った。その結果、充満度指数の変動と摂餌率の変動が比較的良く一致したことを認めている (森岡, 日水誌印刷中)。充満度法は、Pillay (1952), Hynes (1950) からも仔稚魚の消化管内容物調査に用いている。しかし、Berg (1979) は値が主観的であるとして充満度法に対しては否定的である。また、摂餌重量を示し得ないという欠点があるため、この方法単独で仔稚魚の摂餌内容を客観的に評価することは難しい。

充満度法と復元法の併用 充満度法は、条件次第では配合飼料のような不定形摂餌物の重量推定に用いること

が可能である。すなわち、前述したハタハタの摂餌調査においては、充満度指数の変動と摂餌率の変動が比較的良く一致した結果、配合飼料を単独に摂餌していない個体については胃充満度指数と胃内容物の摂餌率との間、および腸管充満度指数と腸管内容物の推定値との間に図Ⅲ 4-35に示す相関関係が認められた。

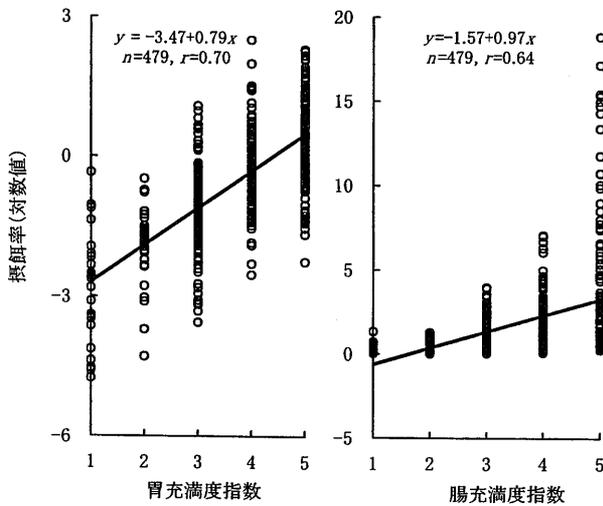
このように、相関関係が認められる場合には充満度指数を関係式に代入し、魚体重で徐することによって摂餌量を推定することが可能となる。前述したハタハタの摂餌量は、図Ⅲ 4-35に示す関係式に基づき推定したものである。

ただし、この方法は、①摂餌率の元となる摂餌量とハタハタの乾重量が、相関係数は高い ($r = 0.99$) が推定値である。②充満度指数と摂餌率との間の相関係数が低い、③充満度指数の値は主観的である、④配合飼料と生物餌料の比重の違いが考慮されていない、などの問題があり、推定誤差がかなり大きいことが予想される。この方法を使用する際には、①餌生物は湿重量を実測して、摂餌率は湿重量で計算する、②充満度指数は主観的であるため、摂餌率との関係式は調査ごとに作成する、③得られた値を配合飼料の比重で補正する、などの対策が必要である。

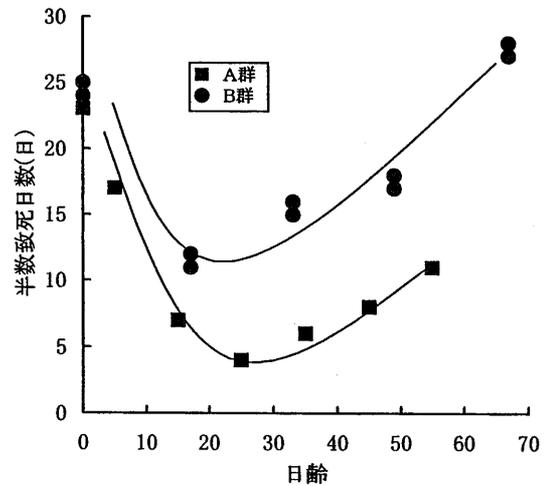
(森岡 泰三)

4) 絶食耐性と半数致死時の乾重量

魚の絶食耐性と飢餓時の性状は、種苗生産下の仔稚魚の危険期や栄養状態を知る手がかりとして重要である。また、放流サイズや放流後の栄養状態を検討する際の基本資料としても重要である。本項では、ハタハタの成長にともなう絶食耐性の変化と半数致死時の乾重量について述べる。



図Ⅲ 4-35 配合飼料を単独に摂餌していなかったハタハタの消化管充満度指数と摂餌率(消化管内容物重量/魚体重)の関係



図Ⅲ 4-36 日齢と飢餓による半数致死日数との関係

i) 絶食耐性

夜間電照装置が設置された海上網生簀 (3×3×2.5m) において、1996年に4,500尾/kℓの收容密度で配合飼料と電照下に謂集した天然餌料を餌とした飼育群 (A群) と、1998年に250尾/kℓの收容密度で天然餌料のみを餌とした飼育群 (B群) について、それぞれ200尾を採集し、0.5kℓ水槽に收容して飢餓による半数致死日数を定期的に調べた。A群は全長で日間0.27mmの成長を示し、66日目における生残率が67.6%であった。B群の日間成長速度と生残率(65日目)は、それぞれ0.50mmと98.0%であった。

ハタハタの飢餓による半数致死日数は、図Ⅲ 4-36に示すとおり、A群では0日齢が23日で最も大きく、25日齢の4日にまで低下したあと再び上昇して55日齢では11日となった。調査時の平均水温は、35日齢までが9.5~10.3℃、45日齢と55日齢は11.5℃と12.5℃であった。B群では、0日齢が24.5日であり、17日齢の11.5日に低下したあと上昇して、33日齢の15.5日を経て67日齢では27.5日となった。調査時の平均水温は、0日齢、17日齢がともに9.2℃、33~67日齢は10.4~12.2℃であり、A群における調査とほぼ同じ水温であった。

これらの調査結果が示すとおり、ハタハタはふ化仔魚の飢餓耐性が比較的大きい。その半数致死日数である23~24.5日は、卵黄がほぼ消失する時期に一致している。逆に飢餓耐性の最も低い17日齢や25日齢は、卵黄が小さくなって消失する時期に一致している。さらに余剰のエネルギー成分である脂質の蓄積量が少なく、細胞数の指標とされるDNA量が高い増加を示し、全蛋白質量/DNA比から推定される細胞体積の小さい時期とも一致している。すなわち17日齢や25日齢では卵黄の栄養が減少して枯渇するが、摂食物から得た栄養があまり蓄積されることがなく、むしろ新たな組織、器官の形成に消費

表Ⅲ 4-7 絶食試験の調査水温

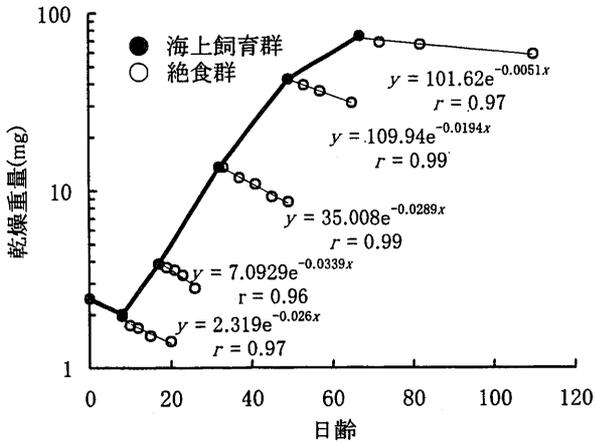
試験群	日齢 (日)	水温 (°C)		
		平均	最小	最大
A群	0	9.5	8.8	10.1
	5	9.5	8.8	10.1
	15	9.7	8.8	10.3
	25	10.0	9.3	10.5
	35	10.3	9.7	10.9
	45	11.5	9.7	12.5
B群	55	12.5	11.9	13.5
	0	9.2	8.3	9.8
	17	9.2	8.3	9.8
	33	10.4	9.6	11.4
	49	11.8	9.8	12.8
	67	12.4	12.2	13.1

されているため飢餓耐性が低くなるものと考えられる。一方、30日齢を過ぎると飢餓耐性は上昇に転じる。これは稚魚に移行して消化機能が充実し、栄養状態が好転して脂質などの蓄積が増大する結果と考えられる。ハタハタにとって卵黄の吸収が進む仔魚期は、飢餓耐性が小さくなる危険期であるといえる

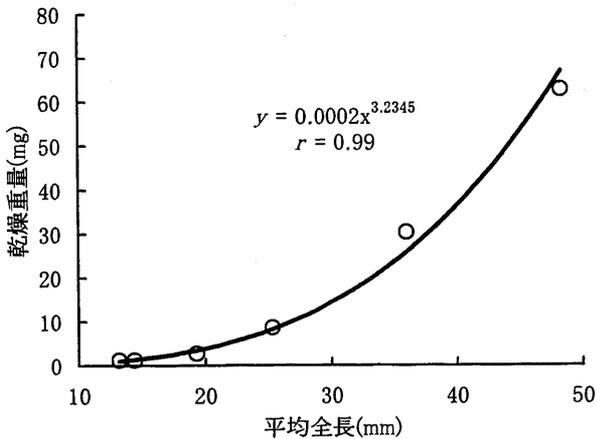
なお、B群よりも成長速度と生残率の劣ったA群では、同日齢のB群仔稚魚に比べて飢餓耐性が小さかった。高密度飼育されたA群では配合飼料に餌付くまでは摂餌不足の状態にあり、個体の栄養状態が低レベルであるために飢餓耐性が低くなると考えられる。

ii) 半数致死時の乾重量

絶食耐性の項に記載した、高成長、高生残率を示したB群における絶食時の乾重量の変化を測定し、日齢 (0日齢が起算日) との間で回帰式を計算した結果を図Ⅲ 4-37に示した。図Ⅲ 4-37に示した回帰式および図Ⅲ 4-36に示した飢餓による半数致死日数からは、ふ化仔魚 (平均全長13.2mm) あるいは外的栄養の影響が出る直前の8日齢仔魚 (平均全長14.4mm)、17日齢仔魚 (平均全長19.3mm)、33日齢の稚魚移行期 (平均全長25.3mm)、49日齢稚魚 (平均全長36.0mm) および67日齢稚魚 (平均



図Ⅲ 4-37 海上生簀に250尾/klで収容し、夜間電照に集まった天然プランクトンを餌として飼育されたハタハタおよびそれらを絶食された際の乾燥重量の変化



図Ⅲ 4-38 ハタハタの全長と半数致死時の乾重量との関係

全長48.3mm)の半数致死時の乾重量は、それぞれ1.2mg, 2.7mg, 8.6mg, 30.3mg および62.8mgと見積もられた。すなわち、半数死亡時の乾重量は、図Ⅲ 4-38に示すとおり、測定された全長範囲において、全長の約3乗に比例して大きくなっていった。

各日齢仔稚魚の半数致死時は、絶食前に比べて体重がそれぞれ47.1%, 32.3%, 36.1%, 28.8%および13.1%減少しており、発育段階が進むにつれて飢餓時に消費することのできる生体成分(主に蛋白質、脂質、炭水化物)の含有率が減少しているか、あるいはこれらの生体成分の消費の限界が発育初期よりも早く訪れることが考えられる。

(森岡 泰三)

5) 代謝量の推定

前項では、海上網生簀において天然餌生物のみを餌として順調に成長したハタハタの乾重量の増加(G:成長)と、絶食時の乾重量の減少に関する情報が得られた。絶食時における乾重量の低下は、代謝終産物の排泄を含む呼吸(R)によるものである。

ハタハタが、その順調な成長のために1日当たりどれだけの量の食物を必要とするのかは、給餌方法を検討する上で極めて重要である。その重量は、成長(G)分と呼吸(R)分と摂食物が消化されずに排泄された分(E)からなる。本項では、ハタハタの成長にともなう代謝量、すなわちG+Rの変化を乾重量ベースで推定し、さらに $G/(G+R) \times 100$ で示される成長の効率について検討した。

ハタハタの呼吸(R)による1日当たりの体重の減少については、図Ⅲ 4-37に示した絶食時における日齢と体重との関係式から、8日齢(平均全長14.4mm)、17日齢(平均全長19.3mm)、33日齢(平均全長25.3mm)および49日齢(平均全長36.0mm)ではそれぞれ0.048mg, 0.023mg, 0.384mg および0.816mgであると計算される。

一方、図Ⅲ 4-37に示すとおり、海上飼育された仔稚魚は8日齢以後、ほぼ指数関数的に体重が増加している。そこで上記日齢(t_1)における1日の体重増加については、次式で求めた成長係数に t_1 時における乾重量を乗じて求めた。すなわち、

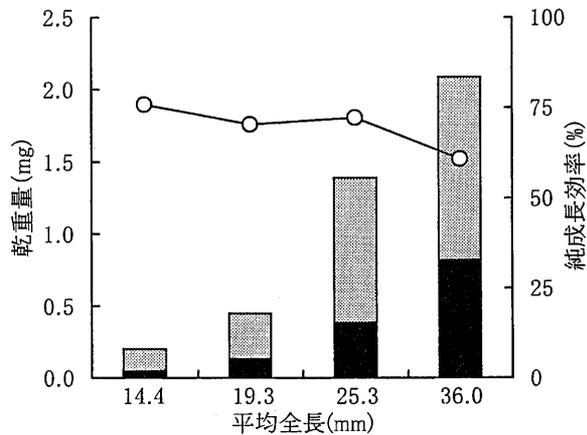
$$G_{t_1} = DW_{t_1} \times \exp \{ (\ln DW_{t_2} - \ln DW_{t_1}) / (t_2 - t_1) \}$$

ここで、 G_{t_1} は t_1 日齢における1日の体重増加量(乾重量, mg)、 DW_{t_1} は、 t_1 日齢における乾燥重量、 DW_{t_2} は t_2 日齢($t_2 > t_1$)における乾重量を示す。

この計算式によって得られた体重の増加量に、先に記載した呼吸による減少量を加えた結果、8日齢(平均全長14.4mm)、17日齢(平均全長19.3mm)、33日齢(平均全長25.3mm)および49日齢(平均全長36.0mm)における仔稚魚の1日の代謝量は、図Ⅲ 4-39に示すとおり、それぞれ0.20mg, 0.45mg, 1.39mg および2.09mgであると計算された。

この代謝量に関しては、平均全長14.4mmの仔魚では海上網生簀飼育における主要な摂餌生物である*P. leuckarti*(平均4.3 μ g)47個体分に相当しており、*C. abdominalis*(平均21.1 μ g)10個体分に相当している。同様に全長25.3mmではそれぞれ323個体と66個体分に相当している。消化されないまま排泄される分を考慮すると、実際にはこれらの数以上の餌生物が1日に摂餌されていたと考えられる。

一方、各全長時における成長の効率 $\{G/(G+R) \times 100\}$ に関しては、図Ⅲ 4-39に示すとおり8日齢(平均全長14.4mm)、17日齢(平均全長19.3mm)、33日齢(平均全長25.3mm)および49日齢(平均全長36.0mm)ではそれぞれ75.9%, 70.5%, 72.3%および60.9%であり、成長とともに効率が低下していた。この現象に関しては、生理・生化学的発育と成長の項に記載したRNA/DNA比と蛋白質の日間成長率との関係から示唆されたこと、すなわち同じRNA/DNA比では仔魚期が稚魚期よりもより高い蛋白の増加が期待されることと基本的に一致している。原因は不明であるが、稚魚期は仔魚期よりも相対



図Ⅲ 4-39 ハタハタの全長別1日当り成長量 (G)と呼吸量 (R) および成長の効率 (G/(G+R)×100)

■呼吸量(R) ■成長量(G) —○—純成長効率

的に呼吸量が大きくなる結果、成長の効率が低下してしまう。

(森岡 泰三)

(3) 海上網生簀を用いた種苗生産手法の検討

ここでは、日裁協能登島事業場で行われた飼育技術に関する種々の試験について述べ、生残、成長に及ぼす諸要因について検討する。また、海上網生簀を用いた種苗生産では、ハタハタは電照によって夜中も明るい環境下で育成される。このような飼育方法がハタハタの行動に与える影響について調べた結果についても併せて述べる。

1) 電照がハタハタの生残に及ぼす影響

ハタハタの海面海上網生簀での飼育は1987年から開始され(島 1991)、当初は陸上水槽で生産した種苗を中間育成する目的で行われた。その際、天然の動物プランクトンを利用するため、網生簀の中央水面に60W電球を設置し、夜間電照を行った(島 1991, 広川ら 1992)。その後、網生簀でふ化仔魚から飼育を始めるにあたって、天然の動物プランクトンの有効利用という観点から行われた夜間電照であったが、その効果について、天然プランクトンを蝟集させる以外の重要な知見が得られたので、それらについて記載する。

電照の効果をみるため、ふ化仔魚を低密度(500尾/kl)で網生簀へ収容し、夜間電照を行った場合と行わなかった場合について、その生残状況等を比較した。その結果、表Ⅲ 4-8に示すとおり、夜間電照を行った網生簀での45日目の取り揚げ時の生残率は99%であったのに対し、夜間電照を行わなかった網生簀では収容後数日で生残魚は観察されなくなり、44日目の取り揚げ時の生残率は0%であった(長倉 1993)。なお、試験期間中は配合飼料等の給餌を行わなかったが、動物プランクトン等の天然餌料の利用は可能な状態であった。このように、収容密度を低くすれば配合飼料等の給餌なしでも、電照により蝟

表Ⅲ 4-8 夜間電照の有無による飼育試験結果

	電照あり	電照なし
収容年月日	1991年2月13日	1991年2月13日
小割のサイズ(実容量:kl)	3×3×2.5m (20)	3×3×2.5m (20)
収容尾数(尾)	10,000	10,000
収容時の平均全長(mm)	13.1(11.7~14.2)	13.1(11.7~14.2)
取り揚げ年月日	1991年3月29日	1991年3月28日
飼育日数(日)	45	44
取り揚げ時の平均全長(mm)	33.4(29.4~36.3)	—
生残率(%)	98.8	0

集した動物プランクトン等を摂餌することで高い生残率が得られることがわかった。

また、ふ化仔魚から網生簀で飼育を行った種苗生産事例の生残率を比較すると、電球のフィラメントが切れて消灯する事故(以下、消灯事故)がなかった事例では表Ⅲ 4-9に示すとおり、62~65%であったのに対し、飼育途中で消灯事故があった事例では6~44%と極端に低い結果となった。点灯の有無は毎日朝夕確認しているため、これらの事例での消灯事故はいずれも一晩だけである。ここで、年により消灯事故のあった網生簀での生残率に差がみられたのは、消灯時間の長さ、その時の魚の活力、収容密度、海況等の影響を受けたためと考えられる。

このような消灯事故に起因する大量死亡の原因は、電照がない暗闇中での魚体と網とのすれであると考えられる。ハタハタ仔稚魚の網ずれに対する抵抗力は成長するにつれ増し、全長30mmになるとタモ網で魚を取り揚げても死亡等の問題は生じない。一般的には飼育初期にくらべると後期の方が消灯事故の影響を受けにくく、実際、全長24mm以降に消灯事故があった事例では表Ⅲ 4-9に示すとおり、死亡がほとんど見られなかった。ただし、収容密度、時化等の条件によっては全長24mm以降でも生残率が極端に低くなることもあり、消灯事故をおこすと安定した生残率が望めなくなる(長倉 1996)。

このように、電照は夜間魚を網生簀中央部に定位させ、魚体と網との接触を防ぎ網ずれに弱い時期の生残率を向上させる効果があるほか、配合飼料へ餌付く前の仔魚の良い餌となる天然プランクトンを網生簀内へ誘導し集める効果がある。特に飼育初期の夜間電照は必要不可欠で

表Ⅲ 4-9 飼育途中の消灯事故による大量死亡事例

年	消灯事故時 飼育日数(日)	消灯事故時 全長(mm)	収容密度 (尾/kl)	取り揚げ時 生残率(%)
1992	14	18	2,000	8.6
1992	24	20	2,000	44.0
1993	28	20	2,200	19.9
1994	42	24	4,000	5.9
(参照:飼育途中で消灯事故がなかった事例)				
1992	-	-	2,000	61.7 *1
1993	-	-	2,000	64.8
1994	-	-	4,000	64.5 *2

*1 8事例の平均生残率

*2 4事例の平均生残率

あり、飼育途中での消灯事故は生残率に重大な影響を及ぼすので、それらを防止するためのバックアップ体制が必要である。具体的には、電球の寿命を把握し球切れ前に取り替える、1日1回は電照の点灯を確認する、電気ケーブル等電気まわりの損傷等に常に注意を払うなどの対策が考えられる。

(長倉 義智)

2) 収容密度がハタハタの成長、生残に及ぼす影響

海上飼育においては、夜間電照下に蝟集する天然餌生物が餌として利用されるので、500尾/kl以下の収容密度であれば給餌を行わなくても高い生残率が得られる。しかし、種苗生産では高い飼育効率が要求されるため、収容密度を上げて給餌飼育を行う必要がある。給餌する飼餌料に関しては、ハタハタ仔魚は配合飼料単独による飼育が可能である。そこで、収容密度と成長、生残および配合飼料への餌付けとの関係について検討した。

ふ化仔魚の収容密度が配合飼料への餌付けに及ぼす影響を把握するため、日裁協能登島事業場の網生簀(3×3×2.5m, 実容量20kl)において、収容密度を2,000~6,000尾/klの範囲で3~4段階に変えた試験区を設け、配合飼料を給餌し、配合飼料を摂餌している個体の出現頻度(配合飼料を摂餌している尾数/観察尾数×100)を調べた。

30日齢から配合飼料を給餌した場合の出現頻度の推移を図Ⅲ 4-40に示した(長倉 1996)。給餌21日目の配合飼料を摂餌している個体の出現頻度をみると、収容密度4,000尾/klと6,000尾/klで85~94%と80%以上であったのに対し、収容密度2,000尾/klと3,000尾/klでは40~56%と60%以下であり、大きな差がみられた。なお、このような現象は給餌14日目からみられた。

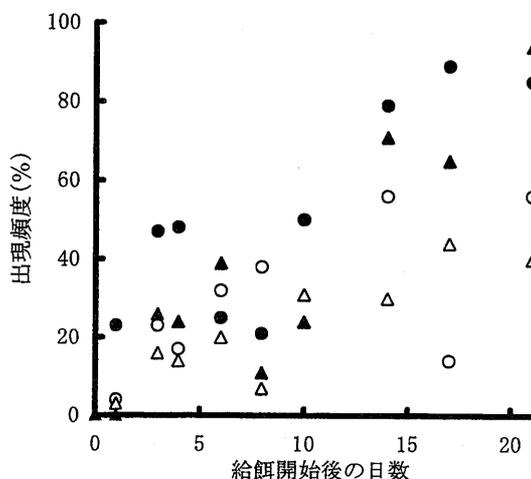
5日齢から配合飼料を給餌した場合の配合飼料を摂餌している個体の出現頻度の推移を図Ⅲ 4-41に示した。収容密度の最も低い2,000尾/klでは給餌開始後15日目まで配合飼料の摂餌はみられなかったが、20日目以降、急激に出現頻度は上昇した。一方、収容密度4,000尾/klと6,000尾/klでは0~5日目に配合飼料の摂餌がみられ、その後も順調に出現頻度は上昇した。そして、40日目にはすべての試験区で出現頻度が100%に達した。

さらに、収容密度が生残率および取り揚げ時のサイズへ及ぼす影響について検討したところ、1995年は図Ⅲ 4-42および図Ⅲ 4-43のとおり、また、1996年は図Ⅲ 4-44および図Ⅲ 4-45のとおりであった(長倉 1997, 長倉 1998)。すなわち、1995年の生残率は収容密度3,000尾/kl以上でほぼ同じであり、最も収容密度の低い2,000尾/klで他の試験区より若干高くなった。さらに、取り揚げ時サイズも同様の傾向があり、収容密度3,000尾/kl以上でほぼ同じであり、最も収容密度の低い2,000尾/klで他の試験区より若干大きくなった。一方、1996年では収容密度が高くなるにしたがい、生残率が低くなる傾向がみら

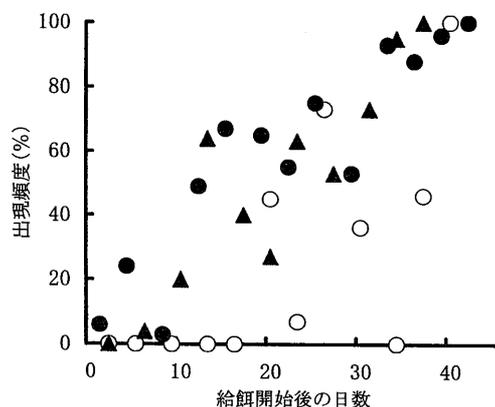
れたが、取り揚げ時サイズは各試験区ではほぼ同じであった。

このように、1996年は収容密度が高くなるにしたがい生残率が低くなったのに対し、1995年は最も収容密度の低い試験区で若干生残率が高く、それ以上の収容密度では生残率に差がみられなかった。また、両年とも収容密度が取り揚げ時のサイズに及ぼした影響は小さかった。しかし、収容密度別成長(全長)の推移をみると、図Ⅲ 4-46のように1995年では20日齢および30日齢では収容密度が高いほど平均全長が小さくなっており、その後収容密度が高いほど平均全長の増加が速くなり、取り揚げ時には収容密度間であまり差がみられなくなった。

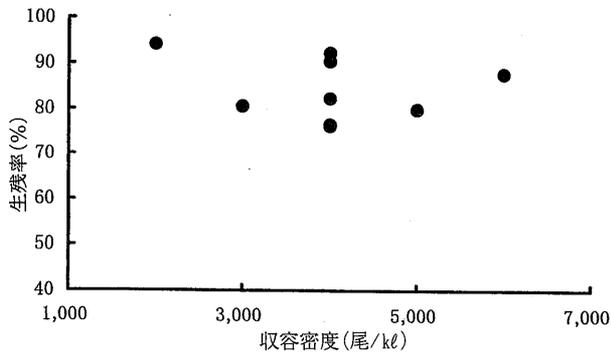
図Ⅲ 4-41のように、高密度区(収容密度4,000尾/klと6,000尾/kl)での配合飼料を摂餌している個体の出現頻度は30日齢でも50%程度に留まっていたことから、飼育初期の成長は天然プランクトンの摂餌量の影響を大きく受け、高密度区になるほど1尾当りの天然プランクトンの摂餌量が減ることから、20日齢および30日齢では収



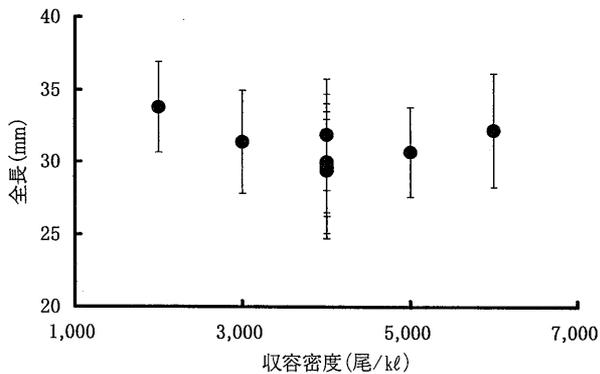
図Ⅲ 4-40 配合飼料を摂餌した個体の出現頻度の経日変化
○ 収容密度2,000尾/kl △ 収容密度3,000尾/kl
● 収容密度4,000尾/kl ▲ 収容密度6,000尾/kl



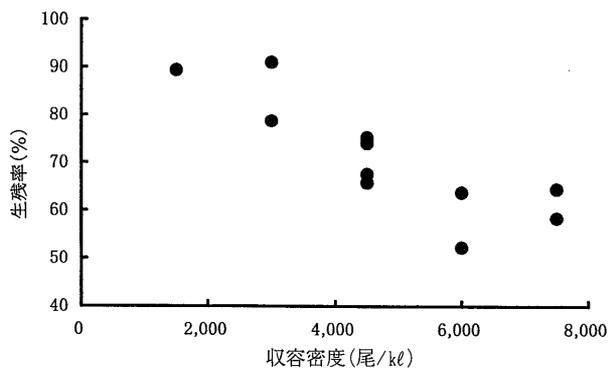
図Ⅲ 4-41 配合飼料を摂餌した個体の出現頻度の経日変化
○ 収容密度2,000尾/kl ▲ 収容密度6,000尾/kl
● 収容密度4,000尾/kl



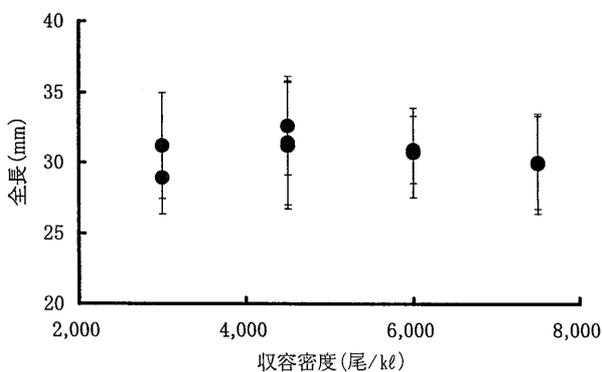
図Ⅲ 4-42 収容密度と生残率との関係 (1995)



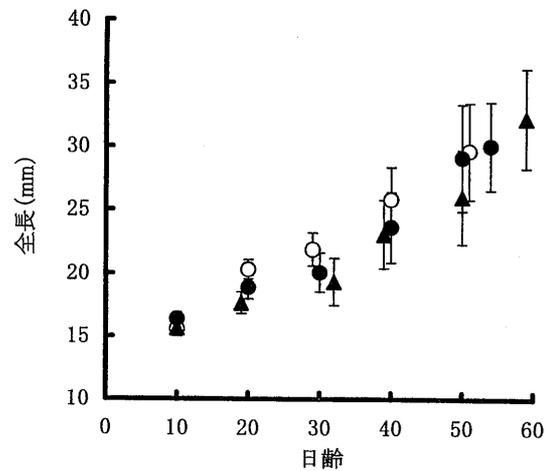
図Ⅲ 4-43 収容密度と取り揚げサイズとの関係 (1995)



図Ⅲ 4-44 収容密度と生残率との関係 (1996)



図Ⅲ 4-45 収容密度と取り揚げサイズとの関係 (1996)



図Ⅲ 4-46 異なる収容密度で飼育されたハタハタの平均全長の推移 (1995)

○ 収容密度2,000尾/kl ● 収容密度4,000尾/kl
▲ 収容密度6,000尾/kl

容密度が高いほど平均全長が小さくなったと考えられる。そして、高密度区では30日齢以降、栄養価の高い配合飼料の摂餌が活発になったため、成長のスピードがあがり、取り揚げ時サイズは各試験区間であまり差がみられなくなったと思われる。

1996年についても1995年と同様の成長経過がみられたが、1996年は20～40日齢に高密度区(収容密度4,000尾/kl以上)での死亡が多くみられた。これは配合飼料に餌付いていないサイズの小さい種苗の死亡であり、これが、高密度区で生残率が低下した原因である。1995年と1996年のこのような違いは、当海域(網生簀設置海面)における天然プランクトンの発生量が両年で違っていたことによると思われる。すなわち、当海域での日栽協能登島事業場における採集装置1基当たりの天然プランクトンの平均採集量は1995年2,3月が67.6万個/日であったのに対し、1996年2,3月が16.0万個/日であり、1995年の24%程度であった。そのため、1996年は高密度区で配合飼料に餌付く前に餌不足で死亡したものが多かったと推察される。

このように、餌料として配合飼料のみを給餌する飼育では、適正収容密度はその海域の天然プランクトンの発生量に大きな影響を受け、また、同じ海域でも年により天然プランクトンの発生量が異なるため、適正収容密度も変化することとなる。当事業場地先では収容密度が3,000尾/klまでであれば配合飼料のみ給餌することで生残率65%以上で安定した種苗生産ができています。天然プランクトンが多い海域であれば、より高密度での飼育が可能であろう。しかし、前述のとおり、天然プランクトンの発生量は年により変動することから、安定した生産を行うにはアルテミアノープリウス等の生物餌料の給餌を併用する必要がある。

したがって、配合飼料のみの給餌を考えた場合は、利

用海域における天然プランクトン発生量を把握し、その量に見合った密度での種苗生産を行う必要がある。一方、コスト・労力をかけることが可能であれば、アルテミアノープリウス等の生物餌料を併用することでより高密度で、かつより安定した生産を行うことが可能となる。なお、秋田県では冷凍したアルテミアノープリウスを配合飼料と併用して給餌することで安定した生産を行っている。

(長倉 義智)

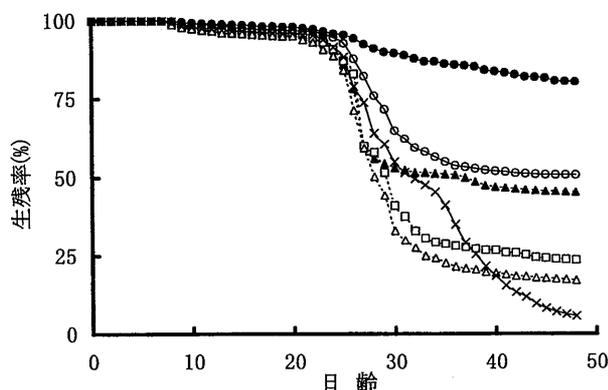
3) 市販配合飼料の比較試験

配合飼料の性状（銘柄）がハタハタ仔魚の生残・成長に及ぼす影響をみるため、陸上水槽で数種の市販配合飼料を単独給餌して飼育し、仔魚の成長および生残を比較した。

配合飼料には6社から市販されている粒径範囲が約400~600 μ の6種類（1社1銘柄）を用い、各銘柄で1区ずつ全部で6区の試験区を設定した。飼育には0.5kl水槽6面を用い、各水槽にそれぞれ3,000尾のふ化仔魚（0日齢）を収容し試験を開始した。飼育水温は8.2~11.3 $^{\circ}$ Cの範囲にあり、配合飼料の給餌量は各区とも0~5日齢は0g、6日齢10g、7~20日齢15g、21~24日齢17g、20~50日齢20gとし、1日4回に分けて給餌した。その結果、表Ⅲ 4-10に示すとおり、6区が最も良好な成長を示し、次いで5区が良好な成長を示した。また50日齢における生残率は、図Ⅲ 4-47に示すとおり、1区45.1%、2区23.6%、3区17.2%、4区5.6%、5区50.7%および6区80.2%であり、6区が生残率が最も高く、次いで

表Ⅲ 4-10 市販配合飼料試験における日齢別の平均全長

日齢	平均全長(mm)					
	1区	2区	3区	4区	5区	6区
15	15.1	14.8	15.0	15.5	15.4	16.0
	(0.68)	(0.71)	(0.73)	(0.65)	(0.37)	(1.18)
30	18.2	16.5	18.0	19.0	19.2	20.7
	(1.20)	(0.93)	(1.23)	(1.12)	(1.97)	(1.94)
50	20.3	19.6	22.7	20.2	23.7	25.2
	(1.84)	(1.76)	(1.68)	(2.00)	(1.96)	(2.53)



図Ⅲ 4-47 各区における生残率の推移

●—6区 ○—5区 △---3区
 ×—4区 □--2区 ▲--1区

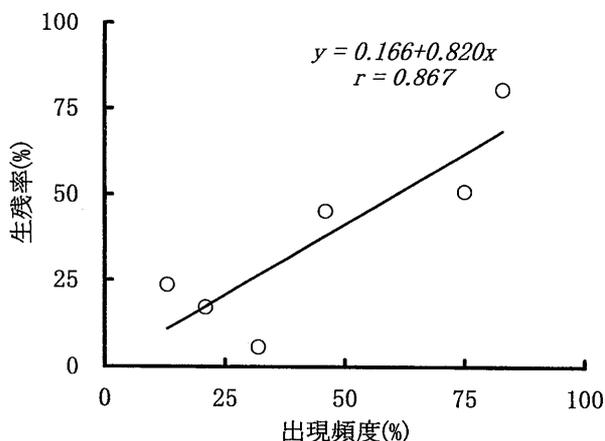
5区が生残率が高かった。このように、5区と6区では成長・生残とも他の区に対し良好で、特に6区は良好であった。

各区とも死亡魚は、図Ⅲ 4-47に示すとおり25~30日齢に集中してみられた。これは、本種ふ化仔魚の飢餓による半数致死日数が約24日であることから、主に飢餓によると推察される。配合飼料の摂餌開始は表Ⅲ 4-11に示すとおり、全ての区で給餌開始3日目（8日齢）に認められ、その後配合飼料を摂餌している個体の出現頻度は上昇した。15日齢における配合飼料を摂餌している個体の出現頻度と50日齢の生残率との間には、図Ⅲ 4-48に示すとおり、正の相関が認められ、本種の生残のためにはこの日齢までに摂餌を行うことが重要であることが示唆されたものの、これについては同じ銘柄の配合飼料を使用した試験ではないため、同じ銘柄の配合飼料を使用し、摂餌開始日数を変えた試験を行って検討する必要がある。

前述のとおり、本試験において仔魚は8日齢から配合飼料の摂餌が確認されたが、アルテミアノープリウスや天然プランクトンなどの生物餌料を給餌すると仔魚は2~3日齢までに摂餌を開始し、8日齢を過ぎると絶食下においたふ化仔魚との乾燥重量差が拡大し始める。したがって、陸上水槽での配合飼料単独給餌による飼育で成長促進を考えた場合、給餌方法・配合飼料の性状を改善

表Ⅲ 4-11 各区における配合飼料を摂餌した個体の日齢別出現頻度

日齢	出現頻度(%)					
	1区	2区	3区	4区	5区	6区
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	7.5	2.5	10.0	7.5	12.5	12.5
15	46.0	13.0	21.0	32.0	75.0	83.0
30	97.3	94.0	98.2	94.8	98.2	99.1
50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0



図Ⅲ 4-48 15日齢における配合飼料摂餌個体の出現頻度と50日齢における生残率との関係

するなどして8日齢までにできるだけ配合飼料に餌付けるか、あるいはこの時期にアルテミアノープリウス等の生物餌料を給餌する必要がある。なお、海上飼育の場合は天然プランクトンが多い海域であれば、8日齢までに摂餌を軌道にのせることは容易である。

このように、本種は市販配合飼料の単独給餌でふ化仔魚からの種苗生産が可能であるが、配合飼料の性状（銘柄）が仔魚の成長・生残へ及ぼす影響は大きく、本種の飼育にあった配合飼料を選択し使用することは非常に重要なことである。また、成長を促進するためには8日齢までに摂餌を軌道にのせること、さらに少なくとも15日齢までの配合飼料の摂餌率がその後の生残に影響を及ぼす可能性があることが示唆されたが、後者についてはさらに検討を要する。

（長倉 義智）

4) 配合飼料の給餌時間

配合飼料の給餌時間の違いが生残率・成長等へ及ぼす影響を把握するため、海上網生簀（3×3×2.5m）において、1日当りの給餌量は同じであるが夜間のみ給餌する区（給餌時間：0：00～1：30，4：00～5：30，18：00～21：00）と日中のみ給餌する区（給餌時間：7：00～9：00，11：00～13：00，15：00～17：00）を設け、各区の生残率、成長および配合飼料を摂餌している個体の出現頻度を比較した。

その結果、表Ⅲ 4-12に示すとおり、取り揚げ時の生残率は夜間のみ給餌した区では66～75%であったの対

し、日中のみ給餌した区では42%であり、夜間のみ給餌した区が高かった。また、取り揚げ時の平均全長も夜間のみ給餌した区が日中のみ給餌した区より大きかった。これらの全長差は図Ⅲ 4-49に示すとおり10日齢からみられ、その後拡大した。

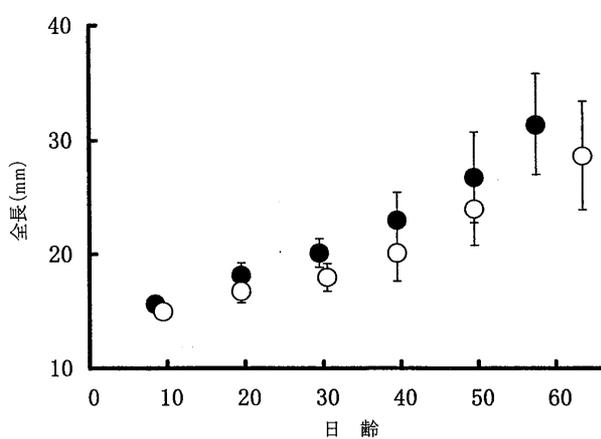
さらに、配合飼料を摂餌している個体の出現頻度の推移を比較したところ、図Ⅲ 4-50に示すとおり、夜間のみ給餌した区は5日齢から配合飼料を摂餌している個体がみられ、その後順調に出現頻度が上昇したのに対し、日中のみ給餌した区では30日齢からようやく摂餌がみられ始め、その後の出現頻度の上昇も鈍かった。その結果、夜間のみ給餌した区の出現頻度が100%に達した50日齢でも日中のみ給餌した区では出現頻度が60%にとどまっていた。

このように、日中のみの給餌では配合飼料への餌付けはうまく行われず、それが生残・成長を悪くしていることがわかった。当初、日裁協能登鳥事業場では陸上飼育に準じ日中のみの給餌を行っていたが、夜間を主体にした給餌に切りかえたところ、その後の生残率・成長が飛躍的に向上したことが長倉（1996，1997，1998）や森岡（1999）によって示されている。

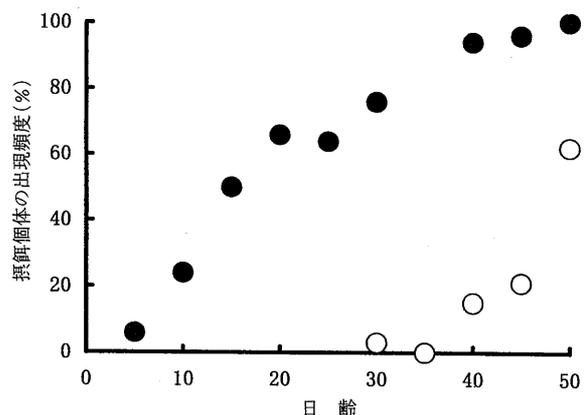
一方、夜間のみでなく日中も給餌することで、さらに生残・成長等が向上することを期待して、主に夜間に給餌するが日中も給餌する区（A区、給餌時間：0：00～1：30，4：00～5：30，11：00～11：30，15：00～15：30，18：00～20：30）、夜間のみ給餌する区（B区、給餌時

表Ⅲ 4-12 夜間給餌区と日中給餌区の成長・生残結果

給餌時間	収容年月日	収容時密度 (尾/kl)	取り揚げ			
			年月日	日齢(日)	生残率(%)	全長(mm)
夜間	1996.2.6～8	4,500	1996.4.6	60	75.2	31.4±4.40
夜間	1996.2.12	4,500	1996.4.19	65	67.6	31.2±4.50
夜間	1996.2.13	4,500	1996.4.19	66	65.8	32.6±3.52
日中	1996.2.13	4,500	1996.4.17	64	41.6	28.6±4.77



図Ⅲ 4-49 夜間給餌区と日中給餌区における平均全長の推移
●夜間のみ給餌 ○日中のみ給餌

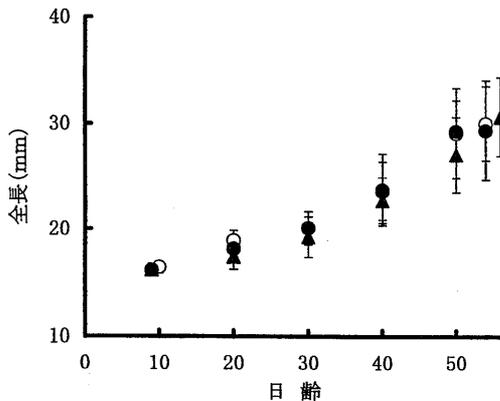


図Ⅲ 4-50 夜間給餌区と日中給餌区における配合飼料を摂餌した個体の出現頻度の推移
●夜間のみ給餌 ○日中のみ給餌

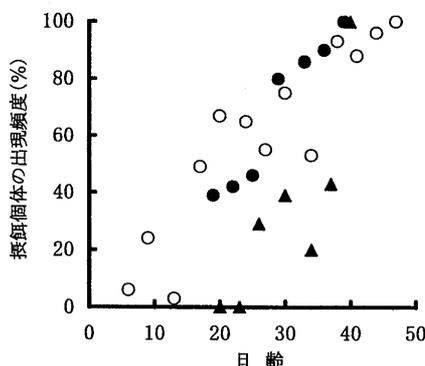
間：0：00～1：30，4：00～5：30，18：00～20：30）および1日中定量を給餌する区（C区，給餌時間：0：00～1：00，4：00～5：00，8：00～9：00，12：00～13：00，16：00～17：00，20：00～21：00）を設け，これらについて生残・成長等を比較した。その結果，取り揚げ時の生残率はA区では82～90%，B区では76～92%とほぼ同様に高い値であったのに対し，C区では57%と低かった。また，取り揚げ時の全長は各区で相違なかったものの，図Ⅲ 4-51に示すとおり，成長の推移をみるとC区での飼育20～50日目の成長がA区およびB区より劣った。さらに，配合飼料を摂餌している個体の出現頻度の推移を比較したところ，図Ⅲ 4-52に示すとおり，C区が他の2区に比べ配合飼料の摂餌開始時期が遅れた。

このように，A区とB区では生残・成長・配合飼料への餌付き状況に差がみられなかったことから，少なくとも40日齢までは日中の給餌は必要ないと思われる。むしろ，日中の給餌を行うことで，特に飼育初期ではほとんどが残餌となり，それが網生簀内の水質悪化あるいは網生簀の目詰まりを助長するという弊害をもたらす。このことから，ハタハタが配合飼料に完全に餌付く以前における日中給餌は害あって，利がないことと思われる。

（長倉 義智）



図Ⅲ 4-51 異なる給餌時間による飼育試験の成長
○主に夜間給餌 ●夜間のみ給餌 ▲1日を通して給餌



図Ⅲ 4-52 異なる給餌時間による飼育試験における配合飼料摂餌個体の出現頻度の推移
○主に夜間給餌 ●夜間のみ給餌 ▲1日を通して給餌

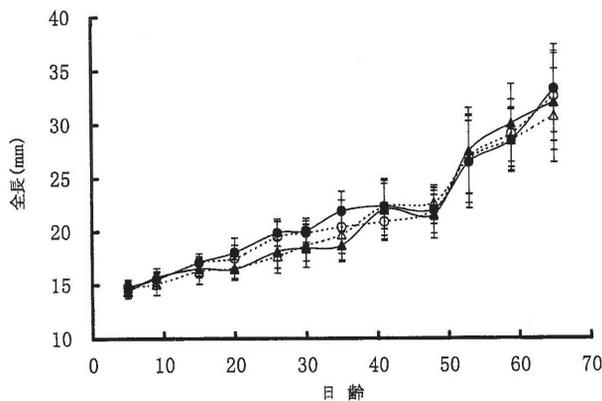
5) アルテミアノープリウスの給餌効果

「収容密度がハタハタの成長，生残に及ぼす影響」の項において，高密度試験区では生残率等の飼育結果が天然プランクトン発生量の影響を受けやすく，また，天然プランクトンが少ない海域でもアルテミアノープリウス（以下，アルテミア）等の生物餌料を使用することで高密度での生産が可能となることが示唆された。さらに，「市販配合飼料の比較試験」では8日齢までにできるだけ摂餌を軌道に乗せることが仔魚の成長促進のためには必要であり，そのためのアルテミアの利用法あるいは効果について論議した。また，秋田県では日裁協能登島事業場での高密度試験区と同等の飼育密度（6,000尾/kℓ）で配合飼料に冷凍のアルテミアを併用することで，約70%の安定した生残率を得ている。

これらのことから，天然プランクトンの発生量に関係なく高密度で安定した生産が行える可能性があると思われるアルテミアの給餌効果について検討した（森岡2000）。1998年に秋田県で行われたものと同一密度（6,000尾/kℓ）となるようにふ化仔魚12万尾を海上網生簀（3×3×2.5m）に収容した試験区を4区設定した。飼育は66日齢まで行い，この間，配合飼料を夜間自動給餌し，さらに5～35日齢に1区では毎日，2区では2日毎，3区では3日毎にアルテミアを朝10時に給餌した。4区には，アルテミアは給餌しなかった。アルテミア給餌区におけるアルテミアの給餌量は飼育日数の経過とともに増やしたが，給餌する日における1日当り給餌量（500～2,800万個体）は給餌各区で同一とした。アルテミアに対する栄養強化は行わなかった。なお，35日齢頃より配合飼料の摂餌が軌道にのることから，アルテミアの給餌は35日齢までとし，それ以降は配合飼料のみの給餌とした。

その結果，アルテミア給餌区の日中におけるアルテミアの摂餌は良好であり，図Ⅲ 4-53に示すとおり，アルテミアの給餌頻度が高い1区は35日齢まで，2区は30日齢まで3区および4区にくらべて成長が速かった。しかし，40～50日齢まで各区の平均全長の増加が停滞し，表Ⅲ 4-13に示すとおり，試験終了時にかろうじてアルテミアの給餌頻度が高いほど平均全長が大きいという結果にとどまった。また，生残率は表Ⅲ 4-13に示すとおり，アルテミアの給餌頻度が高いほど高かった。試験区全体を通して生残率が低いのは，飼育初期に荒天による死亡が大きかったためである。なお，アルテミアの給餌後，アルテミアを給餌しなかった4区の稚仔魚サンプルの消化管内に全くアルテミアがみられなかったことから，アルテミア給餌が他の試験区の設定に影響を与えることはなかったと思われる。

このように，アルテミアの給餌はその頻度が高いほど，ハタハタの生残率を向上させる効果のあることがわかった。したがって，その効果はとくに天然プランクトンの



図Ⅲ 4-53 アルテミア給餌試験における平均全長の推移

●— 毎日給餌 ○- - 2日毎に給餌
 ▲— 3日毎に給餌 △- - 給餌なし

表Ⅲ 4-13 アルテミアノープリウスの給餌効果試験結果

	1区*	2区*	3区*	4区*
平均全長(mm)	33.2±4.1	32.5±4.2	32.0±4.5	30.7±4.4
生残率(%)	48.3	45.8	37.5	34.5

* 1区:毎日アルテミアノープリウスを給餌
 2区:2日毎にアルテミアノープリウスを給餌
 3区:3日毎にアルテミアノープリウスを給餌
 4区:アルテミアノープリウスの給餌なし

少ない海域では大きいことが想定され、このような海域でも労力・コスト等を勘案してアルテミアの給餌を併用することが可能であれば、高く安定した生残率を確保できるものと思われる。

また、アルテミアを毎日または1日毎に給餌すると成長が促進されることもわかった。本試験ではアルテミアの給餌が35日齢までであったが、これを飼育終了時まで続けた場合の成長・生残への影響、さらにアルテミアの適正給餌量については今後の検討課題である。

(長倉 義智)

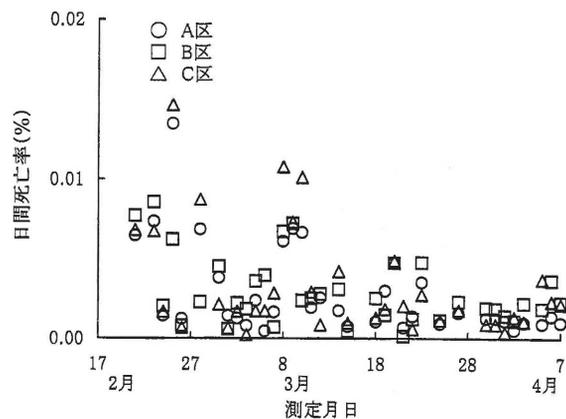
6) 潮流の速さが生残率に及ぼす影響

ハタハタの海上飼育では、飼育の初期にまとまった死亡を認めることがある。このような死亡は荒天時に頻発することから、潮流が強くなることの影響ではないかと考えられた。そこで、日裁協能登島事業場の網生簀3面に3日齢の仔魚を3,000尾/kl密度で収容して種苗生産を行い(A区, B区, C区)、各区の死亡数をほぼ毎日朝9時に計数するとともに、B区外側の水面下1mにおける流速を電磁流速計(ACM-8M型,アレック電子株式会社製)を用いて1時間毎に記録した。

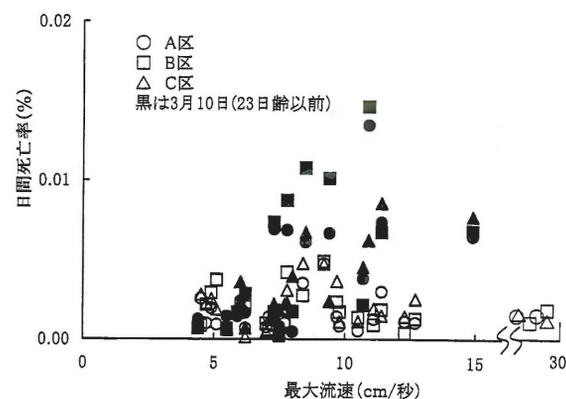
その結果、各区の日間死亡率は図Ⅲ 4-54に示すとおり日変動が大きいが、概して飼育初期に高く、約23日齢(飼育20日目)まで低下した後に低い値で安定する傾向にあった。ハタハタの日間死亡率とその前日の最大流速との関係は、図Ⅲ 4-55に示すとおり23日齢までは潮流の速度に比例して日間死亡率が高くなる傾向にあり、それ以後については、流速と日間死亡率との間に明確な相

関が認められなかった。

以上のように、日裁協能登島事業場の網生簀で種苗生産されたハタハタは、飼育初期ほど死亡数が大きく、約23日齢まで潮流の影響を受けやすいことが示唆された。網生簀の周辺ではしばしば潮流が発生し、写真Ⅲ 4-7に示すように生簀網が持ち上げられ、生簀網の角が断続的に閉塞することがある。このような際には、生簀網辺縁部の水面付近に分布していた仔魚が生簀網ごと断続的に乾出したり、生簀網の角に分布していた仔魚が断続的に



図Ⅲ 4-54 各区の日間死亡率の推移



図Ⅲ 4-55 最大流速と死亡率との関係



写真Ⅲ 4-7 潮流で持ち上がる生簀網

挟まれたりしていた。従って仔魚は、過度の潮流が発生すると生簀網にすれるために死亡率が増大するものと考えられる。ただし、A区～C区と同時期に250尾/klの収容密度で飼育したハタハタ(D区)では、98%の高生残結果を得た。D区では仔稚魚は生簀網の底の方に分布しており、潮流によって生簀網の角が閉塞する際にはそこから逃避していた。このことから、潮流の悪影響は栄養状態が悪くて衰弱した仔魚に対してより強く働いていることが考えられる。いずれにせよ、特に仔魚期においては潮流対策が必要である。秋田県では生簀網の周辺にシートを張り、生簀網の底に鉄枠を設置することによる潮流対策を施している。

(森岡 泰三)

7) 24時間照明が生産種苗に及ぼす影響

0.5kl水槽を2つの暗室内にそれぞれ1基設置し、これらに、網生簀において55日間飼育を行った後30日間8kl水槽において屋内自然光下で飼育した種苗を、各100尾収容した。A区は、60W電球を用いて12時間周期の明暗条件下におき、B区は24時間明条件下におき、7～10℃の水温で45日間の予備飼育を行った。その後、暗室内の0.5kl水槽にA区またはB区のハタハタ(平均全長58.4～63.7mm)を5尾収容し、60W電球による12時間周期の明暗条件下で、ハタハタの行動を暗視カメラを用いて観察した。実験水温は10℃であり、試験は各区2回ずつ行った。

この試験における、各区の予備飼育期間中の生残率はそれぞれ96%および97%であった。行動観察の結果、両区とも明条件下においては群泳行動を示し、暗条件下においては成群が解消された。両区の間に行動の違いは認められなかった。

(森岡 泰三)

5. 標識

他の魚種同様、ハタハタにおいても生態の解明、放流効果の把握等のため放流する稚仔魚に標識を装着する必要がある、その標識装着の技術開発が行われている。

稚仔魚の大量標識手法として、マダイでは、ふ化仔魚および稚魚でのアリザリン・コンプレクソン(以下、ALCと略称する)による耳石標識が検討され、これによる実用的な大量標識が可能となった(桑田・塚本1987, 1989)。また、マダイではALCにより標識したふ化仔魚および稚魚を放流し、放流効果調査が実施されている(虫明ら1990, 日本栽培漁業協会1991)。

一方、ハタハタのふ化仔魚および全長70mmまでの小型魚の標識方法として、リボン型標識(前山1985, 1986)、鱗切除(前山1986)、塩酸テトラサイクリン(島1988, Tsukamoto1990)、ALC(島1988, 広川ら1992, 長倉ら1995)による事例がみられる。このうちALCについては実用的な大量標識が行われるように

なった(広川ら1992, 長倉ら1995)ことから、ここではALC標識について記載する。

なお、ALCによる標識法は、蛍光物質の標識剤(ALC)溶液に魚体等を浸漬し、耳石成長輪の形成過程で耳石中に取り込まれた標識剤の蛍光を利用する方法である。ALCは耳石以外の硬組織および体側筋などの軟組織にも取り込まれるが、軟組織ではすみやかに代謝される。また、硬組織においても耳石、鱗以外の硬組織では耳石、鱗より早期に代謝される(神奈川県水試1993)。このことから、耳石あるいは鱗によるALCの識別は安定した標識となるが、ハタハタは鱗がないため耳石を用いる。

(1) 標識試験

1) 発眼卵での標識手法

ALCの使用量および標識装着時の労力節減等のため、卵での標識の可能性を試験した。積算水温等より推定し、できるだけふ化間近の発眼卵を染色液(ALC濃度:0,100,200,400mg/l)に24時間浸漬した。浸漬時間を24時間としたのは、主に実際の作業性を考慮した結果である。標識時の受精からの積算水温は385℃、染色液水温は9.0～9.4℃であり、ふ化は標識終了後4日目から始まった。62～66日齢に耳石(扁平石)のALC標識を観察した。その結果、標識は染色液のALC濃度が200mg/lでは一部個体で確認できず、400mg/lで全個体で確認できたことから、標識装着には染色液のALC濃度が400mg/l以上必要であると思われた。また、表Ⅲ5-1に示すとおり、染色液のALC濃度が400mg/lもふ化率への悪影響は認められず、ふ化仔魚の異常等もみられなかった。さらに、表Ⅲ5-2および図Ⅲ5-1に示すとおり、その後の飼育においても成長・生残への悪影響はみられなかった。

サケ・マスの発眼卵に対するALC標識では、関ら(1988)によれば50mg/lでも標識が識別できるとされている。ハタハタではサケ・マスよりもかなり高濃度の染色液を使用する必要があることになる。

一方、大量標識を行った際に水温のわずかな高低が標識装着の結果に大きな影響を及ぼす可能性が考えられたため、染色液のALC濃度が400mg/lの時の水温が標識装着に及ぼす影響を検討した。

その結果、ふ化時に標識が確認できる浸漬時間は、表Ⅲ5-3に示すとおり、水温が8℃では48時間、10℃では12時間以上であることがわかった。また、10℃で標識したものをふ化後80日目まで飼育し標識の視認状況をみたところ、浸漬時間が12時間では視認性が低下したのに対し、24時間以上では視認性は良好であった。

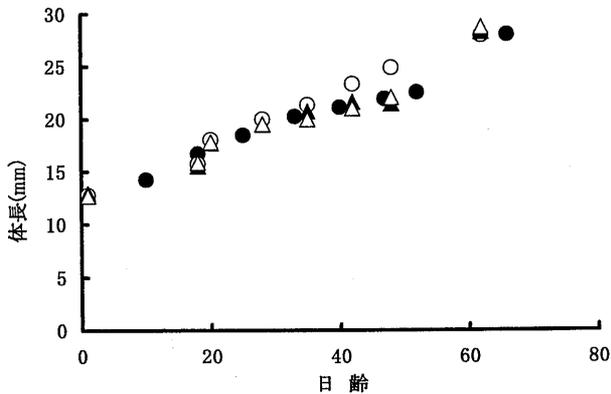
さらに、標識装着魚の飼育を継続し、ALC標識がいつまで識別できるのかを調べたところ、表Ⅲ5-4に示すとおり、ふ化後459日(体長139mm)まで識別できることを確認した。なお、ふ化後300日を過ぎるころから耳

表Ⅲ 5-1 発眼卵でALC標識した卵のふ化結果

ALC濃度(mg/l)	0	100	200	400	平均
供試卵数(粒)	10,000	10,000	10,000	10,000	
ふ化年月日	1993.2.14~3.5	1993.2.18~3.5	1993.2.18~3.2	1993.2.18~2.27	
ふ化仔魚数(尾)	5,731	5,413	6,708	6,971	
ふ化率(%)	57.3	54.1	67.1	69.7	62.1

表Ⅲ 5-2 発眼卵でALC標識した仔魚の飼育試験結果

	ALC濃度(mg/l)			
	0	100	200	400
収容月日	1993.2.14~2.21	1993.2.19~2.22	1993.2.19~2.21	1993.2.19~2.21
収容尾数(尾)	3,617	3,644	3,630	3,571
取り揚げ月日	1993.4.21	1993.4.21	1993.4.21	1993.4.21
飼育日数(日)	66	62	62	62
取り揚げ尾数(尾)	2,897	2,832	2,905	3,270
取り揚げ時生残率(%)	80	78	80	92
取り揚げ時体長(mm)	28.0(22.0~34.4)	27.9(23.9~31.5)	28.2(22.6~33.3)	28.6(23.9~32.3)



図Ⅲ 5-1 発眼卵でALC標識したハタハタの平均体長の推移
●0mg/l 区 ○100mg/l 区 ▲200mg/l 区 △400mg/l 区

石を研磨しないと識別できないほど耳石が肥厚するものがみられたが、これについては塩酸で耳石の肥厚部分を溶かすことで写真Ⅲ 5-1に示すとおり識別ができる。

このように、発眼卵でのALC標識は染色液の水温が標識装着状況へ及ぼす影響は大きく、染色液のALC濃度400mg/l、浸漬時間24時間、染色液水温10℃でALC標識は装着でき、その後の飼育へも悪影響を及ぼさないことがわかった。さらに、ふ化後459日(体長139mm)までALC標識は識別できたものの、ふ化後300日を越えると耳石の肥厚によりそのままでは識別困難となるものがあることがわかった。

(長倉 義智)

表Ⅲ 5-3 標識時の水温および浸漬時間が標識装着に及ぼす影響

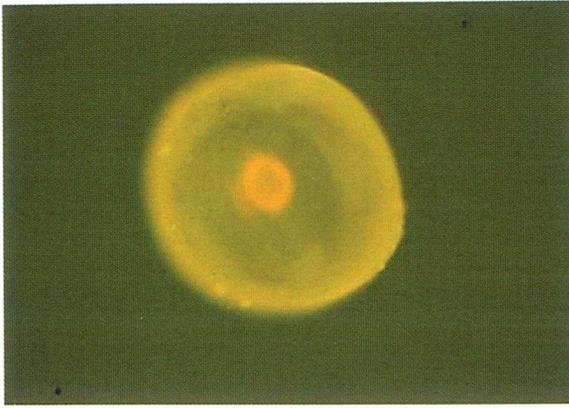
水温(℃)	浸漬時間(時間)	ALC濃度(mg/l)	標識装着状況*
8	6	400	-
8	12	400	+
8	24	400	+
8	48	400	++
10	6	400	+
10	12	400	++
10	24	400	++
10	48	400	++
10	48	0	-

*ふ化仔魚での標識装着状況であり、以下の3段階で評価した。
- : 検鏡で全く標識が視認できない
+ : 検鏡で標識が視認できるが、明瞭でない
++ : 検鏡で標識が明瞭に視認できる

表Ⅲ 5-4 発眼卵で装着されたALC標識の識別試験結果

サンプリング年月日	ふ化後日数(日)	サンプリング尾数(尾)	体長(mm)		ALC標識識別率(%)	
			平均±標準偏差	範囲		
1992.	6.19	125	20	49±4	40~59	100
	7.20	156	20	55±8	42~69	100
	8.20	187	20	58±7	45~72	100
	9.21	219	20	69±8	51~87	100
	10.20	248	20	75±11	57~99	100
1993.	11.23	282	20	95±12	65~113	100
	1.26	346	17	98±11	93~135	94*
	4.2~22	412~432	30	110±11	91~128	100
	5.2~19	442~459	4	117±18	102~139	100

*ただし、研磨すれば100%識別可

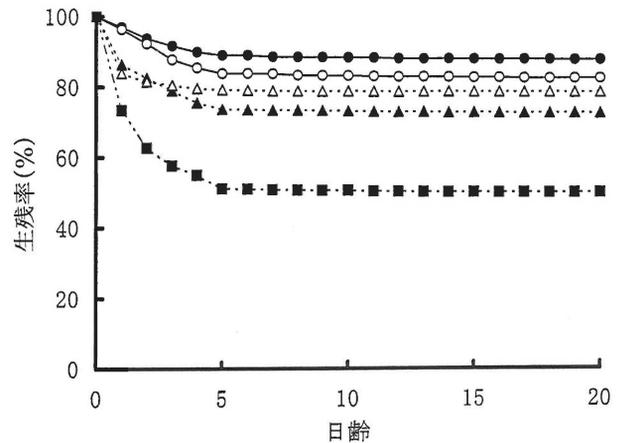


写真Ⅲ 5-1 蛍光顕微鏡で観察した ALC 標識

2) ふ化仔魚での標識手法

ふ化仔魚での標識の可能性を試験した。試験区として染色液を添加しない対照区と染色液の ALC 濃度 50, 100, 200 および 400mg/l の 5 区を設け、ふ化仔魚を染色液（対照区は生海水）に 24 時間浸漬した。浸漬時間を 24 時間としたのは発眼卵標識と同様、実際の作業性を考慮した結果である。浸漬時の染色液水温は 9℃ であり、浸漬終了後、各区ごとに 100 l 水槽内で飼育を行った。81 日齢に取り揚げ、ALC 標識を観察したところ、すべての ALC 標識区で耳石（扁平石）に ALC 標識を確認できた。しかし、図Ⅲ 5-2 に示すとおり、飼育開始 3 日間の死亡率は対照区で 8.4%、50mg/l 区で 12.4%、100mg/l 区で 21.0%、200mg/l 区で 19.6%、400mg/l 区で 42.9% であり、100mg/l 区以上の実験区で死亡が多く、特に 400mg/l 区で多かった。

また、62 日齢の生残率をみると、表Ⅲ 5-5 に示すとおり、対照区および 50mg/l 区で 80% 以上であったのに対し、100mg/l 区以上の実験区では 70% 以下であり、特



図Ⅲ 5-2 ふ化仔魚で ALC 標識した仔魚の生残率の推移
 ●— 0mg/l 区 ○— 50mg/l 区 ▲— 100mg/l 区
 △— 200mg/l 区 ■— 400mg/l 区

に 400mg/l 区では 47% と低かった。さらに、400mg/l 区では飼育 20 日目の観察において他の区ではみられない脊椎骨彎曲が 7% みられた。

他の魚種では、桑田・塚本(1987)によればマダイでは 80mg/l の 12 時間浸漬がよく、80mg/l の 24 時間浸漬では生残率が低下し、関ら(1988)によればサクラマス・ヤマメでは 24 時間浸漬で安全に標識できるのは 100mg/l 以下であり、シロサケでは 400mg/l の 24 時間浸漬でも安全であるとされている。シロサケを除けば 24 時間浸漬での安全濃度は 100mg/l 以下である魚種が多く、ハタハタもこの中に含まれる。

しかし、ふ化仔魚での ALC 標識は死亡率が高く、形態異常のみられた試験区もあることから実用的ではないと考えられる。

(長倉 義智)

表Ⅲ 5-5 ふ化仔魚で ALC 標識した仔魚の飼育試験結果

	ALC 濃度 (mg/l)				
	0	50	100	200	400
収容年月日	1991.2.12	1991.2.12	1991.2.12	1991.2.12	1991.2.12
収容尾数(尾)	3100	2800	3100	3100	2700
生残率(%)*	83.9	80.1	69.6	67.5	47.0
体長(mm)*	30.5 (27.6~35.1)	28.8 (24.5~33.4)	32.3 (28.1~36.8)	29.7 (23.8~33.6)	30.4 (26.7~33.9)

* 62 日齢

3) 稚魚での標識手法

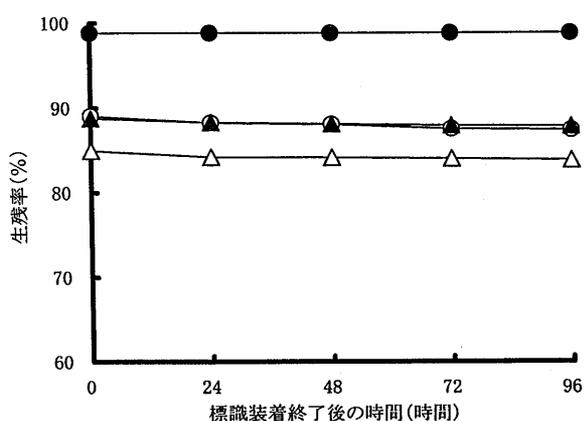
稚魚に対する ALC 標識の可能性については、島・小林(未発表)が、染色液を添加しない対照区と染色液の ALC 濃度 50, 100 および 200mg/l の 4 試験区を設け、平

均全長 28mm の種苗を染色液（対照区は生海水）に 24 時間浸漬し、標識の装着状況および標識後の死亡を調べている。これによると、ALC 濃度 50mg/l 以上の試験区で ALC 標識の装着を確認しているが、表Ⅲ 5-6 に示す

表Ⅲ 5-6 稚魚に対する ALC 標識濃度の影響把握試験結果

	ALC濃度 (mg/l)			
	0(対照区)	50	100	200
標識装着終了0時間後の 累積死亡率(%)	0	0	0	12.0
標識装着終了24時間後の 累積死亡率(%)	0	0	0	14.0

*全長28mmで実施



図Ⅲ 5-3 ALC 標識装着時の収容密度と装着後の生残率との関係

● 1.5万尾/40ℓ ○ 4.0万尾/40ℓ ▲ 6.0万尾/40ℓ △ 8.0万尾/40ℓ

とおりに、200mg/l 区では標識装着にともなう死亡がみられ、その死亡率は標識後24時間までで14%に及んでいる。さらに、島・與世田(未発表)は平均全長26mmの種苗において ALC 濃度25mg/l に24時間浸漬する方法でも明瞭な ALC 標識の装着を確認している。

また、島・小林(未発表)は実容量40ℓの小型水槽で ALC 標識時の収容密度の検討を行っており、これによると平均全長32.7mmの稚魚を用い収容密度1.5, 4.0, 6.0および8.0万尾/40ℓでそれぞれ ALC 濃度100mg/l に24時間浸漬したところ、図Ⅲ 5-3に示すとおり、試験中の死亡は標識装着時の死亡がほとんどであり、4万尾/40ℓ以上の収容密度で死亡率が10%以上になった。ここではさらに1.5~4万尾/40ℓの間に試験区を設定し再試験の必要があるとしている。その後、これらの知見を基に大型水槽(実容量10~15ℓ)での ALC 標識装着の事例を重ねたところ、3万尾/40ℓまではとくに問題となるような死亡はみられなかった。

このように、全長30mm サイズで ALC 標識装着を行うにあたって ALC 濃度25mg/l 以上に24時間浸漬することで耳石(扁平石)への標識装着は可能であるが、ALC 濃度200mg/l、24時間浸漬では死亡が多く使用できないこと、標識装着時収容密度は3万尾/40ℓ以下で行う必要がある、4万尾/40ℓは死亡が多くなることがわかっ

た。

(長倉 義智)

(2) 標識の確認方法

1) 成魚

試験操業や市場から購入したハタハタ成魚は、必要な項目を測定した後に標識の有無を確認する。本来であれば、標識魚が見つかった場合にはどの個体が人工種苗であるかを区別し、種々の測定データや、外見等を天然魚と比較して両者の差異の有無を比較検討したいところであるが、耳石を摘出する作業は非常に煩雑なため、ここでは秋田県で行っている、個体識別を行わない標識の確認方法を述べる。

i) サンプルの処理法

サンプルは測定後に冷凍保存し後日耳石を摘出し標識の有無を確認する。保存の際にはできるだけ容積を小さくするために、頭部のみを切除し保存する。その際には耳石が傷付かないように切断し、ビニール袋等に入れる。また、袋には油性ペン等で、サンプルの情報(採集月日、場所、銘柄、雌雄等)を記入し、袋内部には同様の情報を記入した紙片を入れる。

ii) 耳石の摘出および保存法

保存していた頭部から、ピンセット等で片側の耳石(扁平石)を取り出し、耳石上の肉片等附着物を水洗する。その後耳石が乾燥しないように水またはエタノール中に保存する。耳石が乾燥したり、日光に当たると耳石自体が発光し標識が確認しづらくなることもあるため十分に注意する。

耳石摘出後即座に蛍光顕微鏡で検鏡するか、即座に検鏡できない場合は、水又はエタノール中に保存し、冷暗所にて保管する。なお、保管期間にはできるだけ短い方がよい。保存容器には保存液の揮発による耳石の乾燥を防ぐために、完全に密封できるものを選ぶ、また、一度カビ等の附着物質が耳石に付くと標識確認ができなくなるため、水の場合は、腐敗しないように適時入れ替える必要がある。

iii) 耳石の検鏡法

検鏡の際には室内をなるべく暗くする。部屋の照明を

落とすことができない場合は、黒いビニール袋等で顕微鏡を覆い、その中で検鏡する。耳石は、ホール状に加工したスライドガラスの各ホールに水を滴下し、耳石の凹状面が上になるよう置く。検鏡倍率は、稚魚標識であれば、40倍でも標識の確認が可能である。しかし、発眼卵標識の検出は極めて困難であるため、倍率40倍の通常照明で耳石の核を探した後に100倍にし、B励起G励起の順で検鏡する。

iv) その他

耳石の大量処理については、頭部を水酸化ナトリウム溶液中で溶解させる方法が長倉（未発表）によって開発された。しかし、検鏡する耳石数が倍になることから、現在は人手によって耳石を摘出している。また、発眼卵でのALC標識を天然で成魚となった段階で確認することは困難とされてきたが、標識の装着と確認の技術が向上したことによってそれが可能になりつつある。ただ耳石を研磨せずに検鏡して確認できる発眼卵標識は、標識の付き方がかなり良いものに限定されている。このため砥石による研磨と塩酸による溶解によって、標識装着後に肥厚した部分を効率的に除去する方法を開発しているところである。

2) 仔稚魚

放流直後の追跡調査においては、人工種苗の移動・成長の情報が必要不可欠である。また成魚に比べ仔稚魚の耳石摘出は容易であるため、秋田県での標識の確認の際には、個体識別をする作業を行っている。

i) サンプルの処理法

採集したサンプルは、その数が少ない場合は、体長等を測定した後即座に標識の有無を確認するが、数が多くその作業が困難な場合は、魚体をそのまま凍結保存する。なお、後日の測定や耳石摘出を考慮すると、サンプルは小分けしてビニール袋等に保存するとよい。

ii) 耳石の摘出法

保存していたサンプルを適度（個々体が分離できる程度）に解凍し並べ（秋田県では100尾）、体長等を測定後片側の耳石を摘出する。耳石上の肉片等附着物はピンセットで、あるいは水分を含ませた紙（キムワイプ等）上でこすりとりとよい。摘出した耳石は、ホール状に加工したスライドガラスの各ホールにあらかじめ水を滴下しておき、耳石の凹状面が上になるよう置く。耳石を摘出し終わった魚体は、順番が変わらないように冷蔵庫に保存しておく。

iii) 耳石の検鏡法

検鏡の際には室内をなるべく暗くする。部屋の照明を落とすことができない場合は、黒いビニール袋等で顕微鏡を覆い、その中で検鏡する。検鏡倍率は100倍とし、B励起G励起の順で検鏡する。基本的には、G励起の方が標識の発見率が高いため、標識の有無を判断するのはG励起で行う。しかしG励起では、耳石の輪郭が見

えにくく、耳石の核部分を判断しにくいことや、肉片等の附着物や耳石のひび等が標識の様に見えることがあることから、視野の明るいB励起でまず検鏡する方がよい。

iv) 標識魚が見付かったら

検鏡の結果標識魚が確認されたら、標識魚と思われる個体のもう一方の耳石を検鏡し確認する。

v) その他

この一連の作業は、非常に細かく、注意を要する作業である。ちなみに1日8時間作業すると、かなり慣れた人でも1日当たり500～600尾が限界である。

(杉下 重雄)

(3) 問題点と今後の課題

これまでの知見より、標識時の発育段階別（発眼卵、ふ化仔魚、稚魚）のALC濃度とALCの標識としての可能性について整理すると、表Ⅲ 5-7のようになり、各発育段階でALCを標識剤とした浸漬法による耳石標識が可能であることが判明している。

しかし、その使用にあたっては標識時の発育段階で一長一短がある。表Ⅲ 5-8に示すように発眼卵での標識は発眼卵がハンドリング等のショックに非常に強いこと、海水から取り出して簡単に移動できること、一度に大量の標識が可能であることなど操作性に優れていると考えられる。また、発眼卵と稚魚での標識に使用するALC量を比較すると、稚魚で標識（50mg/l、24時間）する場合、稚魚の標識時密度を3万尾/klとすると、1万尾

表Ⅲ 5-7 標識サイズ毎のALC濃度の違いによる標識としての可能性

標識時サイズ	ALC濃度 (mg/l)					
	0	25	50	100	200	400
卵	×	—	—	×	×	○
ふ化仔魚	×	—	○	△	△	▽
全長30mm	×	○	○	○	△	—

○：使用可（標識後、相当の期間、ALCの蛍光が確認でき、生残率も良好）
 △：相当の期間、ALCの蛍光は確認できるが、標識後の生残率が若干低い。
 ▽：生残率が低く、使用不可
 ×：ALCの蛍光が確認できない個体がみられた、あるいは確認できなかった。
 —：未試験

表Ⅲ 5-8 ALC標識の処理と確認の容易さおよび経済性の比較

項目	標識装着の対象		
	卵	ふ化仔魚	全長30mm
確認のしやすさ	×	△	○
確認可能期間	×	—	○
処理効率	○	×	△
経済性	○	△	×

○：3発育段階のうちで、もっともすぐれている
 △：3発育段階のうちで、2番目にすぐれている
 ×：3発育段階のうちで、もっとも悪い
 —：不明

当り（全長約30mm）16.7gが必要になる。これに対し、発眼卵で標識（400mg/l，24時間）する場合、発眼卵から全長約30mmの稚魚までの歩留まりを勘案すると、全長約30mm時で、1万尾当り4.4gが必要となり、稚魚での標識に比べ25%ほどですむことになる。ALC標識における最大の問題点としてALC自体が非常に高価であることがあげられるが、その点からは発眼卵での標識の経済的効果は大きい。

一方、前述のとおり発眼卵での標識では、装着時の染色液水温に注意を払う必要があること、標識部分が小さいことからくの見落としによる放流効果等の過少評価の可能性があること、また、耳石を研磨等特別な処理をしないで識別できるのがせいぜい1年程度であるのに対し、稚魚での標識では少なくとも3年は識別可能と思われる、これらの点では稚魚での標識が優れている（長倉ら1995年）。

このようなことから、ハンドリングに弱い全長28mm以下でALC標識魚を放流するなど、稚魚での標識が困難である場合あるいは短期間の追跡でよい場合には、発眼卵で標識する方法が有効であり、一方、長期間にわたる追跡が必要な場合は稚魚での標識が有効である。発眼卵で標識するか、稚魚で標識するかは、標識の目的や各種事情により使い分ける必要がある。

（長倉 義智）

6. 稚魚輸送

日裁協能登島事業場でのハタハタ種苗の生産量は、1986年10万尾を超えた（前山 1988）。それにともない、これらの種苗を秋田県地先において中間育成して放流するため、日裁協能登島事業場のある石川県から秋田県へ輸送する必要が生じた。この輸送にはトラックによる陸路で15時間ほどを要すること、この時点でハタハタ稚魚の長距離輸送の知見は皆無であったことから、日裁協能登島事業場では石川県から秋田県までのハタハタ稚魚の輸送試験を1986年から行った。以下にその輸送試験結果の概要を記す。

輸送試験の初年度である1986年には、輸送中に魚体が潰されたり、切断された死亡魚が多かった。これは水槽内の動揺が予想以上に激しく、この動揺にあわせて水槽の底に置かれた酸素分散器が移動し魚体に損傷を与えたものと推察された。また、この時の輸送中の生残率は、

平均全長42.3mmでは85.5%であったのに対し、平均全長30.2mmでは27.3%と低かったことから、全長30mmサイズでの輸送には細心の注意が必要であることが示唆された（與世田 1988）。1987年には酸素分散器を水槽の底に置かず、水中に吊し、さらに輸送する魚体のサイズを全長35mm以上としたところ輸送中の生残率は97～99%と飛躍的に向上した（島 1989）。さらに1988年以降は輸送の途中で山形県栽培漁業センターにおける換水、輸送水槽の形状・輸送時密度試験を行うなどして、現在では陸路15時間かかる石川県から秋田県までの輸送は安定した技術として確立された。

一方、種苗生産技術の向上による種苗の活力向上もあって、前述のとおり当初は全長30mmサイズでの輸送は困難と思われていたが、1993年には平均全長31.3mmでの輸送で97.1%、1996年には平均全長32.9mmでの輸送で98.4%と高生残率で輸送でき、全長35mm以下での輸送も可能となっている（長倉 1995, 1998）。

前述の輸送水槽の形状および輸送時密度の試験結果について以下に記す。

1989年に輸送水槽の形状が輸送中の生残率に及ぼす影響をみるため、蒲鉾型をしたポリエチレン製ローリー型水槽（容量：1.2kl，7面）と活魚輸送車積載水槽（FRP角型，容量：1.8kl，6面）を用いて石川県から秋田県までの輸送試験を行い、輸送中の生残率等を比較している（島・小林 未発表）。その結果、表Ⅲ 6-1に示すとおり、ローリー型水槽ではすべての水槽でほぼ100%の生残率であったのに対し、角型水槽ではすべての水槽で生残率がローリー型水槽より劣り89～96%の生残率であった。このように、水槽の形状は輸送中の生残を左右する重要な要素の一つであることがわかった。

また、1988年に輸送時の密度試験として輸送開始時密度を1.17～1.75万尾/klに設定して、石川県から秋田県までの陸路15時間の輸送をローリー型水槽で行っている（島・與世田 未発表）。これによると、全長37.0mmの種苗を、途中、山形県栽培漁業センターで換水して輸送したところ、表Ⅲ 6-2に示すとおり、輸送中の死亡率は輸送密度が1kl当り1.2万尾および1.4万尾で0.7～2.1%であったのに対し、1.7万尾ではその3倍前後の5.2～6.0%となり、全長37mmサイズの種苗を安全に輸送できる輸送密度を1.4万尾/kl以下としている。これは1kl当たりの輸送重量に換算すると4.1kgである。その後、

表Ⅲ 6-1 輸送水槽の形状の違いが輸送結果に及ぼす影響

	ポリエチレン製ローリー型水槽(実水量：1.2kl)								FRP角型水槽(実水量：1.8kl)						合計	
	1	2	3	4	5	6	7	小計	1	2	3	4	5	6		小計
輸送開始時尾数(万尾)	1.54	1.16	1.80	1.87	1.58	1.55	1.54	11.04	2.18	2.79	1.55	1.55	1.63	1.77	11.47	22.51
輸送密度(万尾/kl)	1.23	0.93	1.44	1.50	1.26	1.24	1.23		1.21	1.55	0.86	0.86	0.91	0.98		
輸送中の死亡尾数(万尾)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0.10	0.12	0.12	0.15	0.20	0.89	0.89
輸送生残率(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	90.8	96.4	92.3	92.3	90.8	88.7	92.2	96.0

島・小林(未発表)

表Ⅲ 6-2 日裁協能登島事業場から秋田県まで陸上輸送したハタハタの収容密度と死亡率との関係(島・與世田 未発表)

	ポリエチレン製ローリー型水槽(実水量:1.2kl)						
	1	2	3	4	5	6	7
輸送開始時尾数(万尾)	1.4	1.4	1.45	1.7	1.7	2.0	2.1
輸送密度(万尾/kl)	1.17	1.17	1.21	1.42	1.42	1.67	1.75
輸送中の死亡尾数(万尾)	0.03	0.02	0.01	0.035	0.03	0.12	0.11
輸送生残率(%)	97.9	98.6	99.3	97.9	98.2	94.0	94.8

*全長37mmの稚魚で実施。途中、山形県栽培漁業センターで換水を行い、所要時間は15時間。

表Ⅲ 6-3 日裁協能登島事業場から秋田県へのハタハタ稚魚輸送結果の概要

年度	期間 (月.日)	回数	使用水槽		密度 (万尾/kl)	平均全長 (mm)	生残率 (%)
			型	数量(延べ)			
1989	4.19~20	1	ローリー型	7	0.93~1.50	38.0 (29.0~47.0)	100
1991	4.17~24	3	ローリー型	42	1.67~1.73	34.5~39.6 (28.4~47.5)	97.2 (95.7~98.6)
1992	4.20~5.11	3	ローリー型	35	1.12~1.61	35.1~46.1 (28.9~55.5)	94.8 (91.5~98.9)
1993	4.22~26	2	ローリー型	28	1.24~1.27	31.3~35.2 (23.7~42.3)	97.2 (97.1~97.3)
1994	4.25~5.14	4	ローリー型	49	1.15~1.62	36.8~46.8 (28.1~58.0)	98.8 (97.7~99.9)
1995	4.24~5.13	3	ローリー型	42	1.18~1.39	39.6~49.8 (28.2~58.7)	96.8 (91.8~99.9)
1996	4.16~5.10	3	ローリー型	42	1.56	32.9~41.9 (25.7~50.8)	98.1 (97.3~98.7)
1997	4.10~11	1	ローリー型	14	1.90	35.4 (32.3~40.8)	92.8
1998	4.20~4.30	2	ローリー型	14	1.31	41.5~43.2 (33.2~52.8)	98.3
1999	4.18~4.19	1	ローリー型	14	1.40	36.4 (28.5~44.1)	98.3
2000	4.19~4.20	1	ローリー型	14	1.51	34.4 (29.2~41.9)	98.5
2001	4.19~4.20	1	ローリー型	7	1.07	35.1 (28.9~41.4)	99.4

本試験結果に基づいてローリー型水槽での石川県から秋田県への輸送が行われた。それらの輸送結果の詳細を表Ⅲ 6-3に示した。これによると前述の試験結果と異なり、全長40mm以下では輸送密度1.7万尾/klであれば高い生残率が得られている。これは種苗生産技術向上に起因する種苗の活力向上によるところが大きいと思われる。しかし、1.9万尾/klでは輸送の生残率が低くなった。

このようなことから、全長40mm以下の種苗の輸送密度は1.7万尾/klまでは高い生残率での輸送が可能であろうが、これは上限に近い数値であることから、より安全を期するのであればそれ以下の輸送密度(1.4~1.5万尾/kl)を選択した方がよいと思われる。

(長倉 義智)

7. 放流前の取り扱いが種苗の性状に及ぼす影響

日裁協能登島事業場では、放流前のハタハタ種苗に対して、アリザリンコンプレクソン(ALC)による耳石への標識付け、その後約1週間の給餌飼育、秋田県男鹿市北浦漁港までの種苗輸送、および同漁港内の網生簀における約1週間の給餌飼育という4つの作業工程を行っている。本項では、これらの取り扱い工程を早いものから順に標識付け、輸送前飼育、種苗輸送および放流前飼育と称することとし、標識付けと種苗輸送がハタハタにどのような影響を与えるのか、および輸送前飼育と放流前飼育によるハタハタの体力回復効果について生化学的視点から検討した結果を述べる。

(1) 方法

本試験には、1997年に海上網生簀を用いて種苗生産を行い、4月2日に50kl陸上水槽に収容した後、1日絶食させた平均体長27.3mmのハタハタ種苗35.0万尾を用いた。種苗に対する取り扱いの概要は表Ⅲ 7-1に記載したとおり、試験0～1日目に標識付け、1～7日目に輸送前飼育、7～8日目に種苗輸送、8～13日目に放流前飼育を行った。標識付けは、Ⅳ章の「日裁協の陸上施設を用いた種苗生産手法」に記載した方法に従って稚魚密度23,500尾/kl、ALC濃度50ppm、溶存酸素濃度150%、水温10.6～10.7℃の止水条件で24時間行った。輸送前飼育は、標識付けを行った水槽において7,000尾/klの密度で開始し、水温9.8～11.0℃の濾過海水を15回転/日で掛け流し、1日当り魚体重の3%の配合飼料を4回に分けて手まきした。種苗輸送は、Ⅳ章の「日裁協の陸上施設を用いた種苗生産手法」に記載した方法に従ってハタハタを絶食させ、19,050尾/klの収容密度で水温10.5～10.8℃、溶存酸素濃度150%の条件下で14時間かけて行った。放流前飼育は、北浦漁港内の網生簀(5×5×4m、

実容量75kl)2面を用いて、2,315尾/klの初期密度で配合飼料に加えて凍結したアルテミア幼生を与えた。飼育水温は、10.2～10.3℃であった。

試験期間中、死亡数を毎日計数して生残率を把握した。標識付けの直前と直後、種苗輸送の直前と直後および放流前飼育2日目と終了時(放流直前)に種苗の採集を行い、全長を測定後、個体全体を用いて生化学的性状を調べた。調査項目は、体構成の主要成分である全蛋白質、全蛋白質の合成活性の指標として用いられているRNA/DNA比、リソゾームの標識酵素であり、細胞内のリン酸化合物の分解に関わるACPaseの比活性、有酸素条件で代謝されるエネルギー成分のトリグリセライド(TG)および無酸素条件で代謝されるエネルギー成分のグリコーゲンとした。さらに、網生簀の沖に生息している天然稚魚を放流の翌日に周辺海域で採集し、放流直前の人工種苗との間で全長と生化学的性状を比較した。標本当りの測定個体数は10～15個体とし、標本間で平均値をt検定によって比較した。

表Ⅲ 7-1 放流前のハタハタ種苗に対する取り扱い工程とその方法

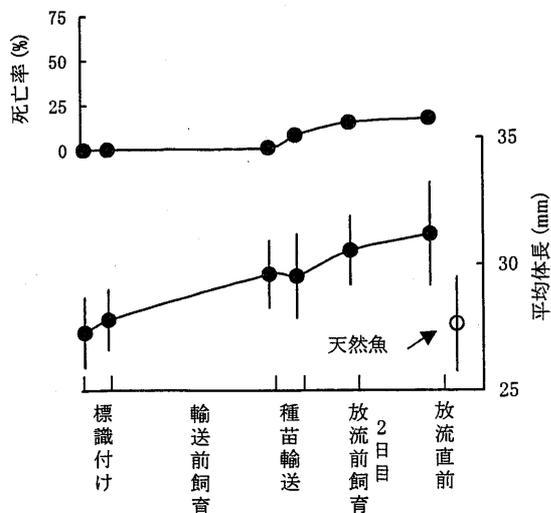
工程	実施日時	方法
標識付け	0日目 9:00	稚魚密度23,500尾/kl, 50ppmで24時間浸漬, 無給餌, 無換水, 水温10.6～10.7℃, 酸素飽和度100～150%, 1日目の9:00～12:00の間に染色液を換水し, 50kl水量に復帰。
	～	
	1日目 12:00	
輸送前飼育	1日目 12:00	開始時の稚魚密度7,000尾/kl。魚体重の3%の配合飼料を実験1日目～6日目まで給餌。7日目は絶食。水温10.5～10.8℃。
	～	
	7日目 18:00	
種苗輸送	7日目 18:00	32万尾を保冷車の1.2kl水槽14基に均等に収容し, 無給餌条件下で14時間かけて輸送した。水温10.5～10.8℃。
	～	
	8日目 12:00	
放流前飼育	8日目 12:00	北浦漁港内の網生簀(5×5×4m実水量75kl)2面を用いて, 2,135尾/klの初期密度で, 輸送前飼育と同じ給餌を行った。水温10.2～10.3℃。
	～	
	13日目 9:00	

(2) 結果

観察 標識付けにおいては、ALCの濃縮溶液を水槽内に添加した直後にハタハタが狂奔するのを認めた。標識付け直後におけるハタハタの泳ぎは緩慢であり、約半数が水槽底に静止しており、衰弱している様子が窺えた。しかし、その日のうちにほぼ全て遊泳するようになり、輸送前飼育終了時では標識付けによる衰弱から完全に回復しているかに見えた。種苗輸送の終了時においては生残していた魚の80%以上が水槽底に静止しており、標識付け時以上に衰弱している様子が窺えた。放流前飼育に

おいては、収容した当日はほぼ全てが網生簀の底付近に分布しており、給餌しても摂餌している様子は窺えなかった。しかし、翌日は摂餌が認められるようになり、飼育終了時は活発に摂餌するようになった。

成長と生残 標識付け、輸送前飼育、種苗輸送および放流前飼育の各工程における種苗の死亡率は、図Ⅲ 7-1に示すとおり、それぞれ0%、1.4%、7.2%および10.0%であった。種苗輸送中と放流前飼育2日目までの間にまとまった死亡が認められ、この間の死亡が全体の79%を占めていた。各工程中においては図Ⅲ 7-1に示すとおり、



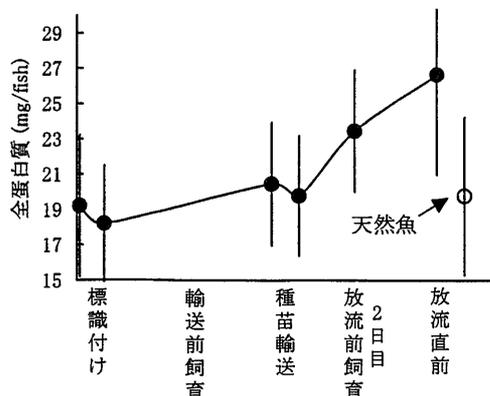
図Ⅲ 7-1 各取り扱い工程における死亡率及び平均体長の変化

種苗は輸送中を除き体長が増大し、放流前飼育終了時(放流直前)における平均体長は、放流の翌日に周辺海域で採集された天然稚魚よりも大きかった($p < 0.05$)。

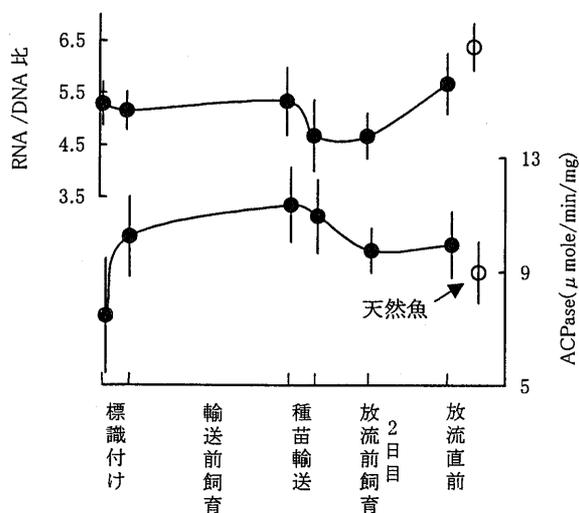
生化学的性状 生体の全蛋白質量の平均値は、図Ⅲ 7-2に示すとおり、人工種苗では標識付けと種苗輸送では増加が認められず、輸送前飼育と特に放流前飼育中に増加が認められた。放流直前の人工種苗の平均値は天然稚魚よりも有意に大きかった($p < 0.05$)。なお、輸送前飼育と放流前飼育中の日間増加率は、それぞれ2.0%と6.0%であった。

RNA/DNA 比の平均値は、図Ⅲ 7-3に示すとおり、人工種苗では標識付けの直前から輸送前飼育終了時までの間は5.2~5.3であり、ほぼ同じ値で推移した。種苗輸送終了時に4.8に低下し、輸送前飼育終了時の値との間に有意差が認められた($p < 0.05$)。放流前飼育2日目も4.8であったが、その後上昇して放流前飼育終了時に5.7に達した。放流前飼育終了時の値は、標識前の値よりも有意に大きかったが、天然魚の6.4よりも有意に小さかった($p < 0.05$)。

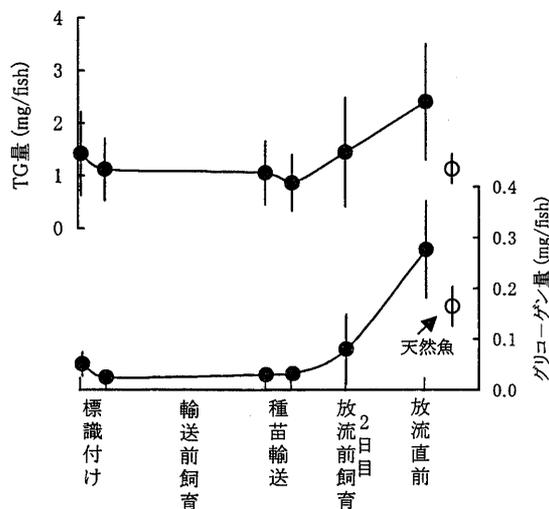
ACPase 比活性の平均値は、図Ⅲ 7-3に示すとおり、



図Ⅲ 7-2 各取り扱い工程における全蛋白質量の変化



図Ⅲ 7-3 各取り扱い工程における RNA/DNA 比及び ACPase 比活性の変化



図Ⅲ 7-4 各取り扱い工程における TG 量およびグリコーゲン量の変化

標識付けと輸送前飼育の間に上昇し、活性の高い状態が種苗輸送終了時まで継続し、放流前飼育2日に低下した。標識付け直後の値はその直前の値よりも有意に大きく($p \gg 0.01$)、輸送前飼育終了時の値よりも有意に小さかった($p < 0.05$)。放流前飼育終了時の値は、種苗輸送直後の値よりも有意に小さかったが($p < 0.05$)、標識前の値および天然魚の値よりも有意に大きかった($p < 0.05$)。

余剰のエネルギー成分に関しては、TG 量の平均値は図Ⅲ 7-4に示すとおり、人工種苗では輸送前飼育中に増加が認められず、種苗輸送の直後に試験期間中で最低の値を示した。標識付けの前後、輸送前飼育の前後および種苗輸送の前後における平均値の間に有意差は認められなかったが($p > 0.05$)、種苗輸送直後の値は標識付け直前の値よりも有意に小さかった($p < 0.05$)。放流前飼育では増加を示し、放流前飼育終了時の値は標識前の値お

よび天然魚の値よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。グリコーゲン量の平均値は、図Ⅲ 7-4に示すとおり、人工種苗では標識付け終了時に低下し、その低い値が輸送前飼育を経て種苗輸送の終了まで継続したあと、放流前飼育中に増加した。標識付けではその前後の値の間で有意差が認められ ($p < 0.05$)、輸送前飼育の前後および種苗輸送の前後の値の間ではいずれも有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。放流前飼育終了時の値は標識前の値および天然魚の値よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。

(3) 考 察

標識付けにおいては、ハタハタはほぼ全て生き残ったが衰弱していた。生体内の全蛋白質、RNA/DNA 比、TG 量の各平均値に関しては明らかな変化が認められなかったが、ACPase の高い活性上昇とグリコーゲン量の低下が認められた。グリコーゲンは、激運動下において無酸素下で供給されるエネルギー成分であり、強制遊泳下のニシン仔魚や、空气中に曝露されたマダイ稚魚などでその減少が認められている (Fukuda 1990, 中野ら 1989)。標識付けではハタハタは絶食下に曝されたうえ ALC 原液の添加による刺激を受けて狂奔したことから、標識付けの際に認められたグリコーゲンの低下は飢餓と激運動によるものと考えられる。一方、ACPase の活性の上昇は、生体内におけるリン酸化化合物の分解が昂進したことを示唆している。染色液に浸漬中のハタハタは、ALC に加えて高密度、飢餓、水質悪化などといった様々なストレス下に曝露されており、それらに対して代謝を高め、エネルギー成分を消費することによって生命の維持を図ったと考えられる。

輸送前飼育においては、衰弱からの回復と全蛋白質量の増加が認められた。しかし増加の程度は放流前飼育に比べて低めであった。ACPase の更なる上昇が認められたことは、細胞内物質の分解が標識付けに続き依然活発であったことを示唆している。さらに TG 量およびグリコーゲン量の増加が認められなかったことから、ハタハタの衰弱からの回復は外見ほど進んではいなかったと考えられる。

種苗輸送においては、まとまった死亡が認められ、RNA/DNA が低下した。ACPase 活性は依然高い値を示しており、TG 量が調査期間中最低の値を示した。これらのことは、種苗輸送がハタハタに対して強い生理的打撃を与えたことを示している。種苗輸送中のハタハタは、振動、高密度、自己の排泄物による水質の悪化、飢餓など、様々なストレス下に曝露されており、一部の稚魚がそれに耐えられなかった結果、生残率が低下したと考えられる。

放流前飼育においては、飼育 2 日までに死亡がおさまり、蛋白質の順調な増加と RNA/DNA 比の上昇、ACPase 比活性の低下、エネルギー成分の増加が認めら

れた。放流直前の種苗の体長、全蛋白質量、RNA/DNA 比およびエネルギー成分量は標識前のそれらよりも大きかった。さらに体長、全蛋白質量およびエネルギー成分量が天然魚のそれらよりも大きかった。魚の体サイズは被食の程度に影響を与え、RNA/DNA 比の大きさは蛋白質の合成速度、すなわち個体の成長速度に影響を与える。エネルギー成分の十分な蓄積は飢餓耐性の向上に繋がる。このような視点からは、放流前飼育はそれまでの取り扱いによって低下した種苗の生化学的性状の回復に効果的であっただけでなく、種苗の放流後の生残、成長能力を標識前の水準や、ある部分では天然魚の水準以上に向上させたと考えられる。

本試験を通してみると、ハタハタは標識付けや種苗輸送時の様々なストレスに対して代謝の状態を変化させ、蛋白質やエネルギー成分を消費しながら適応しようとしている様子が窺える。その変化した代謝の状態は、各取り扱い工程の終了後に速やかに元の状態に復帰するわけではなく、輸送前飼育では期間中全てにわたり、放流前飼育では少なくとも飼育 2 日目までは継続していたと考えられる。輸送前飼育が順調でなかった原因については不明であるが、体内に取り込まれた ALC の代謝を含む標識付けの影響が考える以上に大きかったことや、配合飼料の単独給餌であったため、活きたアルテミアを給餌した場合に比べて給餌頻度が実質的に劣っていたこと、放流前飼育に比べて高密度飼育であったことなどが考えられる。いずれにせよ、輸送前飼育中に代謝の状態の回復とエネルギー成分の蓄積に成功していたら、種苗輸送以降の死亡が今回よりも抑制されたかもしれない。その意味において、輸送前飼育は放流前飼育とともに種苗放流を成功させるための重要な取り扱い工程であるといえる。

(森岡 泰三)

IV. 種苗生産の実践

種苗生産に関わる年間工程は、前年の秋における親魚の接岸予測に始まり、年末における親魚の確保と人工授精、翌年1月までの卵管理、2～4月の種苗生産、全長3cmサイズで取り揚げ、放流である。これらの工程の間に標識付けや、秋田県から日裁協能登島事業場への卵の輸送、逆に日裁協能登島事業場から秋田県への種苗輸送などがある。

本章においては、秋田県および日裁協能登島事業場が実践している種苗生産の全工程を記載する。海上網生簀を用いた種苗生産に関しては、秋田県が行っている方法を記載する。陸上水槽を用いた種苗生産に関しては、現在では両機関とも行っていないことから、日裁協が現在行っている種苗生産の全工程の中で、海上飼育の工程を過去に行った陸上飼育の方法に替えて記載する。

(森岡 泰三)

1. 秋田県の海上網生簀を用いた種苗生産手法

(1) 作業工程の概要

秋田県におけるハタハタの種苗生産は、11月に親魚の入手のための手配を関係機関に対して行い、12月に採卵し、翌年1月下旬まで卵管理を行う。その後発眼卵に対してALCによる標識付けを行った後、2月上旬に発眼卵を海上の網生簀に収容してふ化させ、種苗生産を開始する。4月中旬に全長30mmに達した稚魚を取り揚げて計数する。生産した種苗の半分以上は網生簀から直接海に放流し、残りは他の海域に輸送して、直接放流あるいは中間育成してから放流する。本項においては、工程別にその方法を記載する。

(2) 親魚の確保

1) 入手計画と入手のための手配

まず、生産計画に基づき、確保したい親魚数の見積もりを行う。雌親魚数(Y)の見積もりは、生産尾数(X)、種苗生産における生残率(α)、卵のふ化率(β)、その年に接岸する雌1尾当りの孕卵数(γ)のパラメータを用いて行う。すなわち、

$$Y = X / \alpha / \beta / \gamma$$

の式により、雌の親魚数を見積もる。なお、 α 、 β の各パラメータは、最近の種苗生産事例の平均値を参考にし、それよりも幾分小さめに設定する。雄の数は、雌の数の30%程度とする。孕卵数は、接岸前の試験操業によって漁獲された親魚の平均体長(BL)を把握しておき、それを以下の体長と産卵数との関係式¹⁾に代入して推定する。

$$\text{孕卵数} = 97.613 \cdot e^{0.0131BL} \quad (n=32, r=0.99)$$

なお、近年秋田県においては卵からの生残率50%前後で約400万尾の種苗を安定的に生産しており、この生産目標を変えていない。雌1尾当りの孕卵数が約1,000粒前後であることから、800万粒を確保するために雌8,000尾、雄2,500尾が必要であると見積もっている。雄が雌よりも少数であることの問題は発生していない。

次に、見積もられた数の親魚を各漁協から確保するための計画書を作成し、ハタハタ資源対策協議会の下部組織の種苗生産部会から計画に関する了承を得る。各漁業協同組合に出向し、ハタハタ漁業操業代表者に集まってもらい種苗生産計画を説明し協力を得る。

2) 親魚の入手と搬入

i) 必要資材

¹⁾ II章4(7)「産卵形質」参照

親魚の入手と搬入に必要な資材を表IV 1-1に示した。

表IV 1-1 親魚の入手と搬入に必要な資材

漁船に積み込むもの
キャンバスシート水槽 (サイズ60×60cm, 深さ60cm)
純酸素ポンペ (容量 1.5kℓ)
酸素調整器 (関東タイプの活魚用)
酸素分散器 (カマボコタイプ8.5×9cm, 長さ28cm)
ホース (外径 13mm, 内径 6.5mm)
漁協に収容するために設置するもの
FRP角形水槽1.0kℓ×4基 (外寸200×110cm, 深さ81cm)
純酸素ポンペ 7.0kℓ×2本
酸素調整器 関西タイプの活魚用
酸素分散器 カマボコタイプ (8.5×9cm, 長さ60cm)
ホース (外径 13mm, 内径 6.5mm)
活魚輸送 (漁協から水産振興センター)
1トン, 2トン, 4トン車 (0.8kℓ水槽を1~4基積載)
水産振興センターに収容するために設置するもの
雌親魚水槽 (30kℓ 2基, 5kℓ 1基, 2.5kℓ 2基, 日別・地区別に収容)
雄親魚水槽 (10kℓ 3基, 地区別に収容)

ii) 入手と搬入

① 親魚の漁獲

親魚は主に、男鹿市北浦漁協管内の28経営体の定置網により漁獲されたものを用いる。沖の底曳き網によって漁獲された親魚の卵は未熟であるため、^{2,3}採卵に用いることはできない。12月になり、ハタハタが産卵のために接岸^{4,5}すると、定置網の操業はハタハタの産卵が活発化する夜間に行われる。出漁は午後9時頃であり、水揚げは午後10時頃から翌朝まで続くことがある。人工授精に用いる親魚は、写真IV 1-1に示す各定置網漁船に積載したシート水槽 (60×60×60cm, 実容量150L) 1基に雌雄どちらか一方を15kg以下の密度で収容し、活魚として漁協の荷捌き所に持ち帰る。

² II章4(6)「性成熟」参照

³ III章2(1)「底曳き網漁獲親魚の飼育と採卵」参照

⁴ II章4(2)「産卵のための接岸」参照

⁵ III章2(2)「定置網漁獲親魚の産卵と行動」参照



写真IV 1-1 漁船に積載する輸送用シート

② 採卵場への搬入

漁船が持ち帰った魚は、漁協職員が雌雄別に計量した後、ただちに活魚トラック水槽に収容して採卵場所である秋田県水産振興センターに輸送して写真IV 1-2に示すように水槽内に収容する。輸送には0.8kℓ水槽を1~4基積載した1トン, 2トンおよび4トンの3台のトラックを使用する。輸送用の水槽には砂濾過海水を満たして酸素調整器の圧力を0.5~0.6kg/cm²に設定し、純酸素通気を施す。各水槽に収容密度が80kg/kℓ以下になるように雌雄別々に収容し、約30分かけて輸送を行う。

③ 漁協における親魚の一時的保管

明け方近くに漁獲された親魚については、漁協の荷捌き所に設置してある写



写真IV 1-2 センターに活魚で搬入

真IV 1-3に示す活魚水槽に収容して一時的に保管する。保管の際の収容密度は80kg/kℓ以下とし、収容中は純酸素通気および海水のかけ流しによる水質維持を行う。



写真IV 1-3 荷捌き所の保管水槽

(3) 人工授精

1) 人工授精の考え方

種苗生産用の受精卵は、人工授精によって確保する*⁶。ハタハタの卵は沈性不分離卵であり、乾導法による人工授精が可能である。海水に接した卵は約1時間粘着性を持ち、卵を相互に固着させる性質を持っている。授精作業後、卵塊をそのまま海水に触れさせると卵塊の間隙が小さくなり、ふ化率が低下することがある。この問題に対処するため、人工授精後の処理は、卵塊に対して穴を十文字に貫通させる「貫通卵塊法」を用いる。

なお、定置網によって得られたハタハタ親魚は、人工授精を3日以内に行わないと発眼率が低下することが示唆されている。また、漁獲後10時間以内であれば死亡した個体でも活魚と同等の発眼率が得られることがわかっている。これらの知見に基づき、人工授精は漁獲の翌日に行う。

2) 採卵に必要な資材

採卵に必要な資材を表IV 1-2に示した。採卵には、水槽に収容している親魚をすくい取るためのタモ網、親魚を一時的に蓄えるための籠網、人工授精に用いるためのプラスチック製ボール、ボールや親魚に付着した水分を拭い去るためのタオル、授精させた卵を、いわゆる「貫通卵塊」にするための「貫通卵塊作成器」、作成器に付着させた卵を硬化させるための水槽が必要である。貫通卵塊作成器は、写真IV 1-4に示した形状をしており、直径16mmの塩化ビニール製パイプにより、70×70cmの方形枠を作り、これに直径6mmの荷造り用ロー

⁶ II章3「人工受精と卵管理」参照

プを縦横に等間隔で7本ずつ結び、49カ所の交点を作る。プラスチック製ボールは、あらかじめ淡水で良く洗浄しておき、水分を拭き取ったものを使用する。

表Ⅳ 1-2 採卵に必要な資材

タモ網 (形状は扇羽型, 網目7mm, 網部寸法 355×265mm, 柄の長さ 600mm 及び1500mm)
プラスチックの穴あきカゴ (外寸縦475×横310mm, 深さ247mm)
ポリ容器 (径15cm, 10~15個)
タオル (50枚, 長さ870×330mm)
採卵台 (エレクターパイプ長さ200×幅90cm, 高さ90cm)
貫通卵塊作成棒 塩化ビニール管70×70cm (径16mm), 径6mmの荷造り用ロープを縦横等間隔に 7本結び, 49カ所の交点を作る
貫通卵塊収容水槽 (2.5ℓ 2基)
ナイロンネット袋 (80枚, 縦60cm, 横30cm, 目合い5mm)
筒型卵収容器 (20本)



写真Ⅳ 1-4 貫通卵作成器

3) 採卵工程

まず水槽内に収容しておいた雌親魚を約30尾単位ですくい取って写真Ⅳ 1-5のようにプラスチック籠に入れ、雄を海水入りのバケツに収容する。



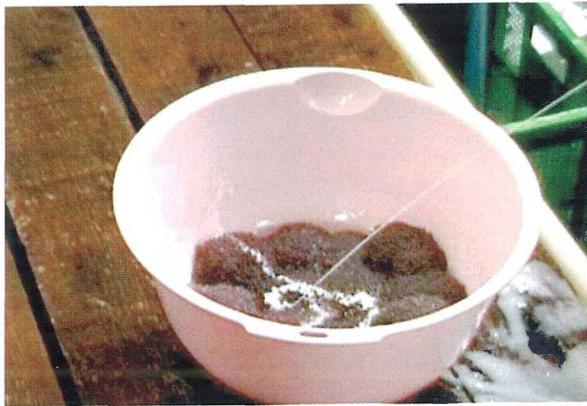
写真Ⅳ 1-5 雌を籠に収容

次に、写真Ⅳ 1-6のように1尾ずつ雌を取りあげて体に付着した水分をタオルで除き、卵を搾出して作業台上にあらかじめ用意してあったボールの中に収容する。卵は、総排泄口に軽く指を挿入した後に腹部を圧迫すると卵塊として搾出される。



写真IV 1-6 魚体の水分を拭い卵を搾出

ボール内の卵塊が10～15個に達したら、タオルで体の水分を除去した3～5尾の雄を用いて写真IV 1-7のように媒精処理を行う。透明性の高い精液は使用しない。媒精後、容器の中の卵塊を手で揉んで精子を卵塊内部に浸透させる。



写真IV 1-7 媒精

貫通卵塊法 水槽（2.5kl）の中に収容しておいた貫通卵塊作製枠のロープの交点に、卵塊を写真IV 1-8のように付着させて硬化させる。2～3時間後に貫通卵塊作製器からロープを外し、卵塊からもロープを抜く。これにより、硬くなった卵塊を貫通していたロープの部分に空隙ができ、縦横に穴のあいた卵塊を得る。硬化中における注水量は150L/min 以上とする。



写真IV 1-8 貫通卵作製器に卵を付着させる

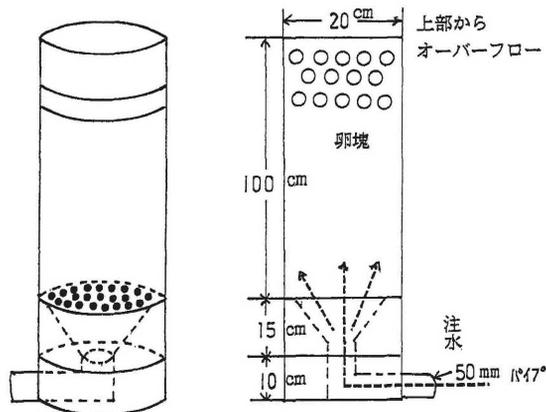
(4) 卵管理

卵塊の管理は、陸上水槽内に設置した10数本の筒型収容器内において、12月

の人工授精後ふ化が始まる直前の1月下旬まで行う。

1) 卵管理施設

筒型収容器の見取り図を図IV 1-1に、それを固定する資材を表IV 1-3に示した。筒型収容器は径20cm、高さ1.25mの塩化ビニール管を底部から通水するように加工したものである。筒型収容器は、写真IV 1-9のように20ℓ陸上水槽内に設置し、製品名エレクターパイプで作製した60×60cm高さ60cmの枠内に2本ずつ固定する。注水に関しては、通常4本を1組として直径50mmのホースおよび塩化ビニール管を用いて配管する。



図IV 1-1 筒型収容器

表IV 1-3 筒型卵収容器を固定する資材

塩化ビニールパイプ(径200mm) 長さ 1.3m×2本
塩化ビニールパイプ(径50mm) L型ソケット 4個
塩化ビニールパイプ(径50mm) T型ソケット 1個
塩化ビニールバルブ(径50mm) 1個
厚さ2mmの穴あき塩化ビニール板を径195mmに切る。各2枚
塩化ビニールパイプ(径50mm) 1m(短く切り継ぎ手に用いる)。
エレクターパイプ(外径27.5mm) 長さ 0.6m 24本
エレクターパイプ部品名 J4 8個
エレクターパイプ部品名 J12B 16個
エレクターパイプ部品名 J15A 8個



写真IV 1-9 水槽内に設置した筒型収容器

2) 卵管理方法

貫通卵塊作製枠のロープから外した卵塊について、約5分間の水切り後、ナイロン製の網袋に3kgずつ入れ、筒型収容器1本当たり500~600千粒(10~12kg)を採卵日が判別できるようにして収容する。筒型収容器の上部には卵塊を入れた袋が露出しないように網を置き、その固定は写真IV 1-9に示すとおり、径20cmの塩化ビニール管を高さ10cmに切断し、側面の1ヵ所を縦に切り

筒型卵収容器の上部に填める。これにより注水量の計測も容易になる。

筒型収容器に対する通水には、砂濾過海水を用いる。通水量は40～50L/minで開始し、発眼したら50～60L/minに増加させる。筒型収容器から溢れた海水は、自然水温が10℃以上ある12月から翌年の1月中旬までは掛け流しにする。10℃以下に低下してからは水槽水を8kl水位に保ち、換水率を4回転/日に設定し、10℃に加温し、水中ポンプを用いて筒型収容器内との間で循環させる。なお、筒型収容器に通水する海水の温度を10℃以下にしない卵管理は、発眼卵に対するアリザリンコンプレクソン（ALC）標識の装着が10℃以上で確実にに行えるという調査結果^{*7}に基づき、改善した方法である。

⁷ Ⅲ章5-1「発眼卵での標識手法」参照

(5) 発眼卵標識

秋田県においては、種苗放流の効果を検証するために発眼卵の胚の耳石にALC標識を装着している。本種の発眼卵に対するALCの至適濃度、至適浸漬時間および至適水温は、それぞれ400mg/L、24時間および10℃であることが明らかにされているので、^{*7}この浸漬条件で、胚の耳石径が最も大きくなるふ化直前、すなわち受精後の積算水温380～420℃の卵に対して行う。

1) 材料

標識装着には、ALC、ALCの溶解作業に用いる1kl水槽および網袋（目合62μm）、酸素通気設備一式が必要である。

2) 方法

① 水温管理 標識装着作業中とその前後における卵管理水温はすべて10℃で行う。

② 染色液浸漬前日の処理 卵管理を行っている隣の水槽（20kl）に、400mg/ml ALC溶液を作製して一晩水温10℃の通気下におく。染色液の量は、1,000万粒に対して8klである。染色液の作製方法は、写真IV 1-10のように、まず1kl水槽に海水を800L入れて、これにALC400gを溶解させる。溶解の際には目合い62μmの網袋を用いて溶かす。最後に海水を注水して1klに調整した後、20kl水槽に移す。この溶解作業を染色液が規定量に達するまで繰り返す。



写真IV 1-10 1kl水槽内でALCを溶解

③ 染色処理 卵管理を行っている水槽の海水を全て廃棄し、そのかわりに前日に作製した染色液を水中ポンプを用いて注水し、24時間の染色処理を行う。処理中は、純酸素通気によって溶存酸素濃度を過飽和状態に保ち、写真IV 1-11のように染色液を水中ポンプを用いて筒型収容器に通水し、筒から20kl水槽内に溢れた液を再び通水させる。



写真Ⅳ 1-11 ALC 標識処理中の水槽

(6) 漁網付着卵と海藻付着卵

次に、漁網付着卵と海藻付着卵について述べる。漁網付着卵とは、写真Ⅳ 1-12 のように定置網に産み付けられた卵のことであり、海藻付着卵とは、海藻に産み付けられた卵が海藻ごとちぎれて定置網の中に混入したものを指す。これらは網から取り揚げて海にそのまま戻してもふ化には至らないが、網袋に収容して水中に垂下すれば網袋が揺動して海藻に産み付けられた卵と同じようにふ化する。



写真Ⅳ 1-12 漁網付着卵

漁網付着卵と海藻付着卵を前述した方法で卵管理した場合、漁網付着卵の発眼率は人工授精で行ったものより低い傾向を示すが、海藻付着卵はほとんど変わらないことがわかっている。

このように、漁網付着卵と海藻付着卵は本来ふ化することのできない卵である。しかし、適切に管理することによってふ化が可能となるため、漁業者の協力を得て収集し、親魚からの採卵が予定数に達しない場合の補填に用いたり、以下に示す種苗生産時のふ化器内でふ化直前まで管理した後に網袋に入れて、地先の海中に垂下したり、ふ化させて海に直接放流することも可能である。

(7) 海上網生簀を用いた種苗生産

秋田県では、男鹿市船川港椿地区の漁港内に設置した網生簀を用いて種苗生産を行っている。飼育には実容量54.6klの網生簀24面を用い、この中にふ化器を設置し発眼卵を収容してふ化させる。ふ化させる期間は2週間であり、収容

した発眼卵の数からふ化期間中に死亡した仔魚の数とふ化しなかった発眼卵の数を徐した数を収容尾数とする。ふ化仔魚の収容密度は、3,000～6,000尾/klに設定する。餌料はアルテミアノープリウスと配合飼料を用いて2月上旬～4月中旬まで飼育を行い、全長30mmサイズの稚魚で取り揚げる。

1) 飼育施設

飼育に用いる資材の一覧を表IV 1-4に示した。

表IV 1-4 飼育に用いる資材と仕様

資 材	仕 様
筏	アルミ製6基。1基当り5.0×5.0mの網生簀4面。外枠(通路)の幅は50cm。小割の中央に同じ幅の通路が設置されている。
電 源	陸電100V+発電機
配 電 盤	陸電用が岸壁に2台。容量は25Aでコンセントは6個。タイマー付き。
給 餌 器	Φ165×265(H)、3.6Kg、100V、0.29A。 餌の粒径0.3～0.5mm。貯蔵量2.1kg、トレイ穴Φ15(小穴)及び20mm(大穴)各2穴。落下量毎時約50g(小穴)及び約90g(大穴)。バケツを掛けている。
コントローラ	15分単位の調整が可能
電 照	船舶用耐震60W電球。船舶用防水フードに収納したものを1網生簀当り2個、そのうち1個は発電機から配電。
生 簀 網	4.8×4.55×3.0m(実容量54.6kl)で目合い360経、240経、180経、160経のモジ網。交換時に網どうしを連結するためのファスナー付き。
沈 子	3Kgの鉛沈子を1生簀網当り4個、及び径20mmの鋼管枠(4.8×4.8m)1個。
網の底掃除	ハンディポンプ(ホースの径20mm)を用いて、網の外に排水する。
防潮シート	シートの底の部分を袋にして、Φ50mmの鉄管を取り付けたものを、筏の周囲に水面下50cmまで垂下。
防鳥ネット	目合い5cm
その他	観察用の箱メガネ、筏を固定する碇とロープ、死亡魚を取り揚げるタモ網とバケツ、凍結餌料を垂下するための袋網など。



写真IV 1-13 飼育に用いる筏

筏 写真IV 1-13に示す10×10mのアルミ製の筏(星軽金属工業(株)社製)6基を使用している。各筏には、網生簀を4面設置することができる。筏は直線状に配置し、潮流対策^{*8}として周囲をキャンバス製シートで囲う。このシートは1枚の長さ12m、高さ1.2mであり、下部は袋状になっており、そこに径50mm、長さ6mの垂鉛メッキ管が差し込まれている。管は自在継ぎ手で連結されている。

⁸ Ⅲ章4(3)-6「潮流の速さが生残率に及ぼす影響」参照

生簀網 生簀網は、4.8×4.6×3.0mで目合い360経、240経、200経、180経、160経のものを各28枚用意し、ハタハタの成長に応じて使い分ける。筏に設置するには四隅に3kg沈子を取り付け、さらに径20mmの鋼管枠を生簀網内側の底に垂下する。

配電 電気系統は、停電による大量死亡^{*9}を防止するために100Vの陸電と発電機(DA-3505型、デンヨー株式会社製)を用い、陸電は写真IV 1-14に示す堤防に設置した配電盤2基からタイマーを介して網生簀の機器に電力を供給する。発電機は、午後4時から翌朝9時まで作動させる。

⁹ Ⅲ章4(3)-1「電照がハタハタの生残に及ぼす影響」参照



写真IV 1-14 配電盤

自動給餌器 各網生簀の中央部水面上に自動給餌器(YDF-160型、YAMAHA(株)社製)を各1台設置する。

電照装置 船舶用耐震60W電球を船舶用防水フードに収納し、各網生簀の中央部水面上に2個ずつ設置する。これらの電球は、それぞれ陸電、発電機から電力の供給を受ける。

底掃除機 写真IV 1-15に示す小型自給式ポンプ(32-TRD5.55S型、荏原(株)社製)に径20mmのパイプを取り付けたもの。



写真IV 1-15 底掃除機

籠型ふ化器 写真IV 1-16に示す形状をしており、発眼卵を網生簀内でふ化させるために用いる。材質は目合い1 cmのプラスチックネットであり、縦150cm×横40cm、高さ40cmの籠を3区画に分けている。籠の中央部には径30mmの塩化ビニール管が取り付けられており、管の下部には5 cm間隔で2列の細孔が開けられている。水中ポンプを用いてこの管（散水管）の中に通水すると、海水が細孔から斜め下方に向かって吐出され、卵塊に対して揺動のふ化刺激¹⁰を与える。

¹⁰ IV章2(3)「ふ化管理」参照

その他 防鳥ネット、観察用の箱メガネ、筏を固定する碇とロープ、死亡魚を取り揚げるタモ網とバケツ、凍結餌料を垂下する網袋など。



写真IV 1-16 籠型ふ化器

2) 発眼卵の収容

ふ化器の設置 籠式ふ化器1基を各網生簀の中央付近の水面に浮かせて、籠の高さの約半分が水面下になるよう筏に固定する。筏の中央網生簀外側に水中ポンプ（250W）1台を取り付け、そこから4基のふ化器の散水管に配管する。

発眼卵の収容 ふ化器の中に、目標とする仔魚の収容数に10%を上乗せした数の発眼卵を、卵塊のままALC標識の翌日（積算水温約420℃）に収容する。例えば仔魚の収容数を25万尾（4,500尾/kl）にするために平均発眼率80%、卵1個の平均重量が20mgの卵塊群を用いる場合は、 $25万 \times 1.1 / 0.8 \times 0.02 / 1000kg$ 、すなわち6.9kgの卵塊を収容する。このように卵塊の収容は重量換算で行うので、卵塊の発眼率および個々の卵の重量の平均値をあらかじめ求めておく必要がある。

発眼率と卵重量 発眼率および卵重量については、陸上水槽内の筒型収容器において流水管理していた卵塊の発眼率を、受精後の積算水温が350℃以上に達してから測定する。測定方法は、まず各筒型収容器の上部、中部、下部からそれぞれ5個の卵塊を採取する。次に個々の卵塊を半分に分割する。分割した片方の卵塊の総重量を測定（Xg）し、個々の卵に分離する。分離した卵について、発眼卵数（H個）および発眼していない卵の数（I個）を計数する。ある筒型収容器内の卵塊の発眼率と、個々の卵の重量は、次式によって計算された値とする。1つの収容器につき約1,500粒、全体で約30,000粒が測定される。

ある筒型収容器内の卵の発眼率 = $H / (H + I) \times 100$ (%)

ある筒型収容器内の卵1個の重量 = $X / (H + I)$

なお、発眼率は通常80～90%であり、卵1個の重量は約20mgである。

ふ化刺激 ふ化器に収容した卵塊に対しては、水中ポンプに接続した散水管から海水を吐出させ、揺動によるふ化刺激を与える。ふ化刺激を与える時期は卵収容後2週間とし、終了後はふ化器を網生簀内から撤去する。

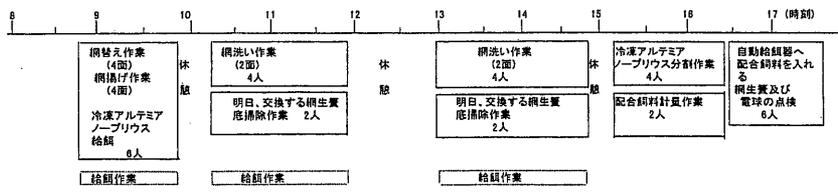
収容尾数 ふ化刺激期間中、毎日網底の死亡魚を取り揚げて計数し、さらに

ふ化刺激が終了した時点でふ化していなかった発眼卵の数を計数する。これらの合計値を収容した発眼卵の数から除した値を収容尾数とする。

3) 飼育管理

i) 1日の作業スケジュール

網生簀24面の1日の飼育管理スケジュールを図IV 1-2に示した。作業人員は7人で6日出勤で1日休みの6人体勢で行う。作業は、生簀網交換を4面行い、汚れた生簀網を船外機船に収容する。次に凍結アルテミアノープリウス（以下、アルテミアという）を網生簀の中央棧橋に吊した40目合いナイロン袋に入れて与える。その後、船外機船で交換した生簀網を防波堤の網洗い場に揚げる。



図IV 1-2 1日の飼育管理作業スケジュール

休憩後、2グループに分かれて、網洗い作業は4人で午前、午後に各2面ずつ、終了後に凍結しておいたアルテミアの分割と配合飼料の計量を行う。一方は2人で筏に行き翌日に交換する網生簀を午前、午後に各2面の底掃除を行う。なお、日齢50日目以降には午前、午後に手まきで配合飼料を給餌する。

夕方(16:30)は全員で筏に行き、各網生簀の自動給餌器に配合飼料を入れ、施設、網生簀の点検をする他、筏を囲むシート内に入った藻、ビニールなどをタモですくい陸上に上げる。最後に発電機を始動させて、陸上からの電気との2系統の電球の点灯を確認するとともに、電球の切れたものはすぐに交換する。

ii) 餌料と給餌

日栽協における海上飼育では天然餌生物の有効利用を図っているが、¹¹秋田県では網生簀周辺海域における天然餌生物の発生量が少なく、かつ日栽協の1.5~2倍の収容密度でハタハタを飼育するため、天然餌料の有効利用を期待することが難しい。高密度飼育下においては、配合飼料の単独給餌では配合飼料に餌付かない個体が多くなり生残率が低下すること、¹²またアルテミアを給餌すると生残率が向上することが明らかとなっている。¹³そこで、配合飼料とアルテミアを併用することによって飼育の安定を図っている。

配合飼料は、ハタハタの飼育に最も適した市販品を用い、¹⁴粒径400 μ mと700 μ mの2種類を成長に応じて使い分ける。3,000尾/k ℓ 、4,500尾/k ℓ および6,000尾/k ℓ の収容条件で飼育した際の餌料系列および給餌量を、表IV 1-5に示した。

配合飼料の給餌は、発眼卵収容後（以下、飼育）20日目に開始し、飼育が終了するまでの間、網生簀の中央の歩み板に設置した自動給餌器を用いて以下の時間帯に行う。すなわち、配合飼料は夜間に給餌するとハタハタの餌付きが良くなることが明らかにされているので、¹⁵飼育55日目までは夜間のみ6回(18:00~18:30, 19:00~19:30, 20:30~21:30, 22:30~23:30, 1:00~1:30, 3:30~4:00)行う。飼育55日目になると配合飼料にほぼ餌付くので、それ以後は夜間の6回に加えて、日中の午前、午後に1回ずつ手まきで行う。

アルテミアの給餌は、飼育5日目に開始して飼育終了まで行う。アルテミアは活きたまま給餌するのが効果的と思われるが、ふ化施設のある秋田県水産振興センターから網生簀までの距離が遠いうえ、途中で船を用いるため活きたま

¹¹ Ⅲ章 4(2)-3)「摂餌」参照

¹² Ⅲ章 4(3)-2)「収容密度がハタハタの成長、成残に及ぼす影響」参照

¹³ Ⅲ章 4(3)-5)「アルテミアノープリウスの給餌効果」参照

¹⁴ Ⅲ章 4(3)-3)「配合飼料の比較試験」参照

¹⁵ Ⅲ章 4(3)-4)「市販配合飼料の給餌時間」参照

まの運搬が難しい。そこで栄養富化したものを凍結して網生簀まで運搬し、中央水面下に垂下した40目合いのナイロン袋に収容して徐々に自然解凍させる方法で与える。栄養富化処理は、1klの水槽にアルテミアを8,000万個収容し、スーパー AI (クロレラ工業 (株) 社製) を200g 添加して24時間行う。給餌は、午前 9 時30分に 1 回行う。

表Ⅳ 1-5 収容密度別の餌料系列と給餌量

飼育日 齢	収容密度3,000尾/kl			収容密度4,500尾/kl			収容密度6,000尾/kl			
	アルテミア ノゾブラス (万個)	配合餌料 Aタイプ (400μm) (g)	配合餌料 Bタイプ (700μm) (g)	アルテミア ノゾブラス (万個)	配合餌料 Aタイプ (400μm) (g)	配合餌料 Bタイプ (700μm) (g)	アルテミア ノゾブラス (万個)	配合餌料 Aタイプ (400μm) (g)	配合餌料 Bタイプ (700μm) (g)	配合餌料 Cタイプ (700μm) (g)
1										
2										
3										
4										
5										
6	1,000			1,000			1,000			
7	1,000			1,000			1,000			
8	1,000			1,000			1,000			
9	1,000			1,000			1,000			
10	1,000			1,000			1,000			
11	1,000			1,000			1,000			
12	1,000			1,000			1,000			
13	1,000			1,000			1,000			
14	1,000			1,000			1,000			
15	1,000			1,500			2,000			
16	1,000			1,500			2,000			
17	1,000			1,500			2,000			
18	1,000			1,500			2,000			
19	1,000			1,500			2,000			
20	1,000	100		1,800	120		2,000	200		
21	1,000	100		1,800	120		2,000	200		
22	1,000	100		1,800	120		2,000	200		
23	1,000	100		1,800	120		2,000	200		
24	1,000	100		1,800	120		2,000	200		
25	1,000	100		1,800	120		2,000	200		
26	1,000	100		1,500	120		2,000	200		
27	1,000	100		1,500	120		2,000	200		
28	1,000	100		1,500	120		2,000	200		
29	1,000	100		1,600	120		2,000	200		
30	1,000	100		1,600	120		2,000	200		
31	1,500	100		2,000	120		2,500	200		
32	1,500	120		2,000	150		2,500	200		
33	1,500	120		2,000	150		2,500	200		
34	1,500	120		2,000	150		2,500	200		
35	1,500	140		2,000	170		2,500	230		
36	1,500	150		2,000	180		2,500	230		
37	1,500	170		2,000	200		2,500	250		
38	1,500	170		2,000	200		2,500	250		
39	1,500	180		2,000	210		2,500	260		
40	1,500	190		2,000	220		2,500	270		
41	1,500	200		2,000	230		2,500	280		
42	1,500	220		2,000	250		2,500	300		
43	1,500	230		2,000	260		2,500	310		
44	1,500	120	60	2,000	135	68	2,500	160	80	80
45	1,500	125	63	2,000	140	70	2,500	165	83	83
46	1,500	135	68	2,000	150	75	2,500	175	88	88
47	1,500	145	73	2,000	160	80	2,500	185	93	93
48	1,500	124	62	2,000	136	68	2,500	156	78	156
49	1,500	132	66	2,000	144	72	2,500	164	82	164
50	1,500	140	70	2,000	152	76	2,500	172	86	172
51	1,500	144	72	2,000	156	78	2,500	176	88	176
52	1,500	144	72	2,000	156	78	2,500	176	88	176
53	1,500	158	74	2,000	166	82	2,500	186	92	186
54	1,500	123	123	2,000	140	140	2,500	156	156	156
55	1,500	130	130	2,000	146	146	2,500	163	163	163
56	1,500	136	136	2,000	153	153	2,500	170	170	170
57	1,500	143	143	2,000	160	160	2,500	176	176	176
58	1,500	146	146	2,000	166	166	2,500	183	183	183
59	1,500	156	156	2,000	176	176	2,500	193	193	193
60	1,500	163	163	2,000	186	186	2,500	200	200	200
61	1,500	176	176	2,000	190	190	2,500	210	210	410
62	1,500	183	183	2,000	200	200	2,500	220	220	420
63	1,500	110	220	2,000	120	240	2,500	132	264	264
64	2,000	114	228	2,000	124	248	2,500	136	272	272
65	2,000	122	244	2,000	132	264	2,500	144	288	288
66	2,000	130	260	2,000	140	280	2,500	156	312	312
67	2,000		345	2,000		375	2,500		410	610
68	2,000		370	2,000		400	2,500		430	630
69	2,000		395	2,000		425	2,500		450	650
70	2,000		405	2,000		440	2,500		460	660
71	2,500		425	2,500		455	2,500		480	680
72	2,500		425	2,500		455	2,500		480	680
73	2,500		450	2,500		475	2,500		500	700
74	2,500		465	2,500		490	2,500		520	720
75	2,500		480	2,500		500	2,500		520	720
76	2,500		500	2,500		500	2,500		600	800
77	2,500		500	2,500		500	2,500		600	800
78	2,500		500	2,500		500	2,500		700	900
79	2,500		500	2,500		500	2,500		700	900
80	2,500		500	2,500		500	2,500		700	900
計	113,500	6,409	9,447	138,000	7,268	10,157	166,000	9,318	11,212	14,924

iii) 生簀網の交換

生簀網は、上部の一辺に凹または凸のチャックが取り付けられており、2つの生簀網を連結することが可能である。網生簀の交換は飼育15日目後から5日間隔で行い、その作業手順は以下のとおりである。なお、便宜上交換される側の生簀網を「古い網」、交換する洗浄済みの生簀網を「新しい網」と称する。

- ① 網生簀の中に入っている鋼管棒を上げ、写真Ⅳ 1-17に示すように古い網と新しい網をチャックにより接続し、中央の所に鉛沈子 (3kg) を付けて網が沈むようにする。



写真Ⅳ 1-17 2つの網を連結して中央部を沈める

- ② 新しい網を広げて写真Ⅳ 1-18に示すように中央の歩み板に一時固定し、写真Ⅳ 1-19に示すように古い網を手繰りで上げて、稚魚を新しい網に移動させる。この時、中央の歩み板に長さ3～4 mの竹竿を持った人がそれを使い稚魚を追えばスムーズな移動ができる。



写真Ⅳ 1-18 中央の歩み板に仮留め



写真Ⅳ 1-19 古い網を手繰り寄せて魚を移動させる

③ 中央の歩み板に仮留めしておいた網接続部分を取り揚げた古い網側に移動させ、チャックによる連結をはずし、写真IV 1-20に示すように新しい網を歩み板に固定する。これで網替えは終了する。

汚れた網は、船外機船に積み込んで岸壁に持ち帰り、その日のうちに洗浄して翌日に再び使用する。



写真IV 1-20 新しい網を固定する

iv) 底掃除

網生簀の底掃除は、底面に残餌や糞由来すると考えられる粘液様物質や死亡魚を除去して飼育環境を良好に保つために飼育20日目から毎日行う。その方法は、自給式ポンプに取り付けた管を用いて、網の外に汚物を吸い出す。吐出口には網袋を付けて死亡魚を回収して死亡状況の把握に利用する。なお、粘液様物質の発生は配合飼料を日中給餌していた時に多く発生したが、夜間主体に配合飼料を給餌する方式に変えてからは減少し、底掃除時間の軽減が図られている。

4) 計数

生産したハタハタの計数は、天然稚魚が沿岸に生息している時期に放流することを考慮して、4月中旬に全長約30mmで行う。計数方法は、IV章2「日裁協の陸上施設を用いた種苗生産手法」における計数方法に準じて行う。

(8) 種苗輸送

生産した種苗の一部は、北浦漁港内に設置した網生簀に陸上輸送し、数日間中間育成後に放流している。この輸送では、網生簀から椿漁港岸壁までは1klポリカーボネート水槽2基を積載した船外機船を用い、椿漁港岸壁から北浦漁港岸壁までは0.8kl水槽4基を積載した4トントラックを用いる。トラック輸送の所用時間は、約40分である。輸送は網生簀単位で行い、1回に13~24万尾を運ぶ。船外機船の水槽内の種苗の収容密度は、8.3~12.8万尾/klであり、トラックの水槽内の種苗密度は、4.2~6.4万尾/klである。

輸送工程は、まず生簀網を絞って種苗を取り揚げやすいように種苗密度を高める。次に種苗を写真IV 1-21に示すようにバケツですくって、写真IV 1-22に示すように船外機船の水槽内に均等に収容する。酸素通気を行いながら岸壁まで航走し、写真IV 1-23に示すトラックに積載した水槽に均等になるように収容する。酸素通気を行いながら北浦漁港岸壁まで陸送し、漁港内に設置してある網生簀内に、径50mmのホースを用いてサイフォン方式で種苗を収容する。なお、酸素飽和度は150%に設定する。また、輸送の前日は餌止めを行う。



写真Ⅳ 1-21 魚をバケツで回収



写真Ⅳ 1-22 船の2水槽に均等に収容



写真Ⅳ 1-23 輸送トラックの水槽に収容

(9) 種苗放流

種苗放流は、ハタハタを飽食させた後、網生簀の岸壁側の取り付け紐を解いて片面を沈下させ、種苗を網生簀外に移動させる方法で行う。

(10) 種苗生産事例

秋田県においては、これまで記載してきた方法に従って受精卵を確保して種苗生産、種苗放流を行っている。1999年の生産を例にとると、前年の12月10～18日に北浦、八森、平沢地区沿岸の定置網によって漁獲された雌（平均体長

19.8cm) 6,706尾および雄(平均体長17.1cm) 3,349尾を用いて人工授精を行い、8,500千粒の受精卵を確保した。これに加えて、漁網付着卵を11,000千粒確保した。卵管理は1月25日まで、円筒型卵収容器(径200mm×1m)24本を用いて水温9.0~13.0℃(平均10.8℃)で行い、1月5日以後は加温により10℃以上に維持した。なお、人工授精卵の平均発眼率は81.9%(43.9~95.6%)、また漁網付着卵は69.6%(32.3~87.7%)であった。ALC標識の装着は、1月20日と25日にそれぞれ積算水温396~432.5℃および397~419.6℃の発眼卵に対して行った。種苗生産の概要を表IV 1-6に示した。樺漁港内に設置した網生簀24面を用いて、1月23日、26日、27日および29日に発眼卵を収容してふ化させ、仔魚密度を2.6~7.6千尾/klに調整して飼育を行った。69~88日間飼育した結果、平均全長34.2mmの種苗456.4万尾(生残率69.0%)を取り揚げて、放流した。なお、これまでの放流実績に関しては、I章4項「種苗放流事業」に記載したとおりである。

表IV 1-6 1998年におけるハタハタ種苗生産の概要(秋田県)

育成 回数	発眼卵 収容日	飼育開始時		平均 全長 (mm)	平均 体重 (mg)	給餌量		取り揚げ					
		収容 尾数 (千尾)	収容密度 (千尾/kl)			配合 飼料 (kg)	冷凍ア ルテミア (億個)	月日	飼育 日数 (日)	平均 体長 (mm)	平均 体重 (g)	尾数 (千尾)	生残率 (%)
1	1月23日	165	3.0			33.6	15.6	4月17日	81	27.2	0.20	119.0	72.1
2	"	234	4.3			33.6	15.6	4月17日	81	27.1	0.20	186.0	79.5
3	"	383	7.0			33.5	15.6	4月17日	79	26.8	0.19	278.0	72.6
4	"	295	5.4			33.5	15.6	4月17日	79	27.6	0.21	233.0	79.0
5	"	266	4.9			36.3	17.5	4月23日	85	24.5	0.14	220.0	82.7
6	"	273	5.0			35.4	17.5	4月26日	86	26.7	0.20	228.0	83.5
7	1月26日	217	4.0			28.7	14.7	4月17日	69	30.8	0.32	125.0	57.6
8	"	220	4.0			28.9	14.7	4月17日	69	30.1	0.31	133.0	60.5
9	"	218	4.0			28.7	14.7	4月17日	69	31.3	0.33	130.0	59.6
10	"	222	4.1			28.9	14.7	4月17日	69	29.8	0.29	135.0	60.8
11	"	241	4.4			28.8	14.8	4月17日	69	30.1	0.29	149.0	61.8
12	"	241	4.4			37.4	18.7	4月21日	74	28.8	0.25		
								4月26日	78	34.1	0.48	113.8	47.2
13	"	227	4.2	12.5	1.9	28.6	14.8	4月17日	78	29.7	0.26	138.0	60.8
14	"	227	4.2	~	~	28.6	14.8	4月17日	78	29.2	0.26	137.0	60.4
15	"	144	2.6	13.3	2.2	39.5	19.0	4月22日	85	29.7	0.27	68	47.2
								4月26日	88	34.8	0.52		
16	"	229	4.2			39.5	19.3	4月21日	84	27.4	0.21	108	47.2
								4月26日	88	34.8	0.52		
17	"	240	4.4			33.4	15.9	4月17日	79	28.6	0.25	167.0	69.6
18	"	370	6.8			33.4	15.9	4月17日	79	27.5	0.21	257.0	69.5
19	1月27日 ^{*2}	157	2.9			40.2	18.9	4月22日	85	27.2	0.21		
								4月26日	88	34.1	0.48	74.2	47.2
20	1月29日 ^{*2}	414	7.6			33.3	15.8	4月17日	77	25.5	0.16	288.0	69.6
21	1月27日 ^{*2}	286	5.2			33.1	16.2	4月17日	79	26.5	0.20	232.0	81.1
22	1月29日 ^{*2}	277	5.1			32.9	15.8	4月17日	77	26.4	0.18	234.0	84.5
23	1月29日 ^{*2}	261	4.8			32.9	15.8	4月17日	77	24.9	0.14	210.0	80.5
24	1月29日 ^{*2}	283	5.2			32.9	15.8	4月17日	77	25.6	0.15	237.0	83.7
合計	1月23日 ~29日	6,090	4.6			795.6	387.7	4月17日 ~26日	69 ~88	24.5 ~34.8	0.14 ~0.52	4,564	69.0

*1 4.8×4.6×3.0m(実容量54.6kl)の網生簀24面を使用した。

*2 1月23日に収容した網生簀においてこの日までにふ化しなかった卵塊を収容した。

(11) 問題と今後の課題

近年、ハタハタの種苗生産技術は平均全長約30mmの種苗400万尾を生残率70%前後で安定的に生産する水準に達している。このような水準に達したのは、①発生量が不安定な天然餌料に頼らず、アルテミアを基本餌料として配合飼料を併用する給餌方法を採用したこと、②ハタハタの飼育に適した配合飼料を夜間に給餌するとともに、アルテミアを午前中に1回だけ給餌することによって、配合飼料に対する餌付けの促進を図ったこと、③防潮シートおよび沈子枠を設置することによって、潮流の影響を抑制したこと、④網の交換を早めに行い、底掃除を励行することによって水質悪化を防止したこと、さらに、⑤電照を陸電と発電機からの2系統にして、停電やフィラメント切れが原因で大量死亡が発生する確率を低下させたことなどによると考える。

しかし、ふ化直後に比較的大きな死亡が認められるので、これを抑制することが課題の一つである。ふ化直後に死亡が大きいの、仔魚が潮流に耐えられないためであると考えられる。実際、防潮シートを筏の周囲に設置し、さらに沈子枠を網底に設置して網なりを整えたことによって死亡はかなり抑制されて

いる。ただし、ふ化刺激を発眼卵を収容した直後（積算水温420℃）に開始しているため、発生段階の低い仔魚がふ出している可能性がある。日裁協では、積算水温510℃に達してからふ化刺激を与えており、ふ化刺激の方法と開始する時期については検討の余地が残されている。

餌料に関しては、1995年の生産に使用した配合飼料およびアルテミアの数が、100万尾当りそれぞれ223kg および66億個であったものが、2000年の生産では191kg および77億個となっており、餌料費は年々低下してはいる。しかし、餌料費削減の余地はなお残されていると考える。例えば北極圏産の冷凍コペポードはアルテミアよりも安価で、栄養的価値が高く、安定的に入手することが可能である。全長16mm 以上のハタハタは摂餌することがわかっているため、^{*16}適切に使用すれば全長16mm 以上のハタハタに関して有効な餌料になりうる。また、ハタハタの消化機能の発達を考慮して、^{*17}仔魚期の給餌量をさらに削減することも検討に値する。

(古仲 博)

¹⁶ Ⅲ章 4(2)-3)「摂餌」参照

¹⁷ Ⅲ章 4(2)-1)「成長と発育」参照

2. 日裁協の陸上施設を用いた種苗生産手法

(1) 作業工程の概要

日裁協能登島事業場のハタハタ種苗生産では、1月下旬に秋田県水産振興センターから発眼卵を搬入し、陸上水槽施設においてふ化管理を行っている。2月上旬にふ化した仔魚を用いて4月中旬まで種苗生産を行い、全長32mm 以上に達した稚魚を取り揚げて計数し、ALC 標識を装着する。標識付けによって低下した体力の回復を1週間程度の給餌飼育によって促し、4月下旬に秋田県男鹿市北浦港に輸送する。漁港内の網生簀において約1週間中間育成を行ったあと、そこから種苗を放流する。なお、取り揚げサイズを全長32mm (体長27mm) に設定しているのは、このサイズになると形態や体型が成魚に近くなり、^{*18}生理・生化学的な変化の著しい時期がほぼ終了すること、^{*19}および実際、タモ網などによる取り揚げに強くなることなどによる。

¹⁸ Ⅲ章 4(2)-1)「成長と発育」参照

¹⁹ Ⅲ章 4(2)-1)「成長と発育」参照

現在、当事業場のハタハタ種苗生産は海上の網生簀を用いて行っているが、海上飼育以外の工程は陸上水槽飼育の場合とほとんど変わらない。本項では、過去に行われていた陸上水槽を用いた種苗生産方法に、現在行っているふ化管理から放流前の中間育成の方法を加えて、工程別に記載する。

(2) 発眼卵の搬入

ハタハタの卵は、1日程度の輸送時間であれば有水輸送と無水輸送ではふ化率に特に差が出ないことが明らかにされている。さらに発眼卵は高い環境耐性を持っており、^{*20}48時間以内の輸送であれば無水条件がふ化率に影響を与えないことから、^{*21}当事業場では積算水温350℃前後の発眼卵を無水状態で輸送している。無水輸送は、外寸40×44×27cm の発泡スチロール箱を用い、この中に水を軽く切った卵塊を隙間なく詰め込み、蓋をしてガムテープで密封する。箱の内壁と卵の間は、保湿と振動防止のためにタオルで2重に覆う。卵の輸送には宅配便を利用しており、秋田県水産振興センター内で午後4時頃梱包し、男鹿市内の集配所に5時に届け、日裁協能登島事業場に翌日の2時頃到着する。

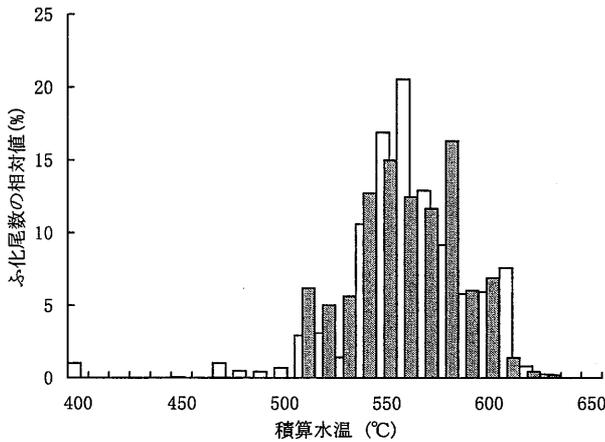
²⁰ Ⅲ章 3(4)「発眼卵の耐性」参照

²¹ Ⅲ章 3(5)「発眼卵の輸送法」参照

(3) ふ化管理

ハタハタの卵は、受精後の積算水温が400℃前後に達した時点でふ化が始まるが、本格的なふ化は図IV 2-1に示すとおり、およそ500～600℃の間に認められる。400℃以上になると卵に強通気や強い水流などの刺激によって比較的簡単にふ化するため、管理の方法によってはふ化期間が長くなり、ふ化仔魚がま

とまって得られないことがある。そこで、最初は通気や水流を抑制しておき、510℃に達した時点で強通気と散水によるふ化刺激を開始するという、ふ化期間を短縮させるための調整を行う。以下にふ化管理の資材、ふ化装置、ふ化した仔魚の回収の方法および留意点を記載する。



図IV 2-1 ふ化刺激の開始時期別ふ化尾数の推移
□ 400℃からふ化刺激 ■ 510℃からふ化刺激

1) ふ化管理の資材と装置

i) 資材

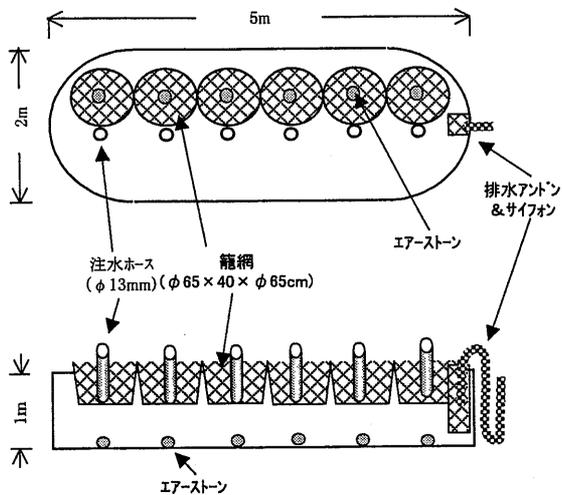
卵のふ化管理に用いている資材とその規格を表IV 2-1に示した。ふ化管理には、8 kℓ水槽1面、籠網とエアーストーンと注水器と散水器が各6個、プラスチック製ふ化器1個、ストレーナー2個、サイフォンホース合計4本、仔魚回収水槽2面、電照装置1基、その他水温計、カップとバケツが複数個、底掃除用サイフォンが必要である。

表IV 2-1 ふ化管理に用いる資材

資材	規格・仕様	数量	備考
ふ化水槽	8m ³ 楕円型FRP製、縦2m、横5m、深さ1m、末端半径1m、水位90cm	1	
籠網	円錐台型、上面の直径65cm、底面の直径55cm、高さ40cm、網の目合い5mm	6	卵塊収容用
エアーストーン		6	籠網直下の水槽底の設置
注水器	径13mmのホース製品名ミストスプリンクラー	6	籠網直上に設置
散水器	製品名ミストスプリンクラー、(株)タカギ社製	6	籠網直上に設置
プラスチックふ化器	ハッチングジューMPC-6型、(株)アース社製	1	個々に分卵してしまっただのふ化用
ストレーナー	目合い250μm(60目)	2	排水用
サイフォンホース1	直径30mmカナラインホース 3m	2	排水、仔魚回収用
仔魚回収水槽	0.5kℓポリカーボネート	2	水槽周りはシートで遮光
サイフォンホース2	直径25mmカナラインホース 2m	2	仔魚回収水槽の排水用
電照装置	60W電球(防水フード付き)	1	ふ化水槽内の仔魚を集める
タイマー		1	電照点灯用
水温計		1	積算水温の確認
カップ、バケツ	2~10ℓ	数個	水槽表面のアグ取り用他
底掃除用サイフォン	径13mm程度	1	卵殻、死亡魚の除去

ii) ふ化刺激開始2日目までのふ化管理装置

ふ化刺激を開始して2日目までのふ化管理装置を図IV 2-2に示した。8 kℓ楕円型FRP製水槽内に籠網6個を直線状に配置し、その直下の水槽底にエアーストーンを各1個、直上に注水ホース各1本を配置する。注水ホースの先端は籠網の外側に出しておく。排水はストレーナーを介したサイフォンにより行い、ふ化した仔魚が水槽内に滞留するようにしておく。

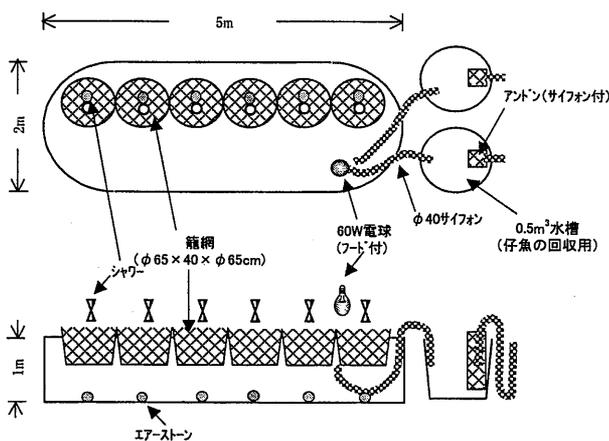


図VI 2-2 ふ化刺激開始2日目までのふ化管理装置

iii) ふ化刺激開始3日目以後のふ化管理装置

ふ化刺激を開始してから3日目以後のふ化管理装置を図IV 2-3に示した。注水ホースの先端に散水器を取り付け、その先端を籠網の中央部水面上2 cm の位置に配置する。籠網からやや離れた位置の水面にふ化仔魚を集めるための電照装置を設置する。電照は下部を除きアルミホイルで覆ってスポットライト状にし、仔魚が電照直下に集まりやすいようにする。電照の点灯時間は、タイマーを用いて朝4～9時までとする。

8 l水槽内の排水用ストレーナーは、午後5時から翌朝9時までの間撤去する。そのかわりに8 l水槽の横に仔魚の回収用の水槽（以下、回収水槽）として0.5 l水槽2面を配置する。直径30mmのサイフォン2本を用いて電照直下の海水を、これら回収水槽の中に仔魚とともに流入させる。回収水槽の排水は、ストレーナーを介したサイフォンで行い、仔魚が回収水槽内に滞留するように設定する。



図VI 2-3 ふ化刺激開始3日目以後のふ化管理装置

2) 卵の管理とふ化刺激

到着した卵は、ただちに梱包を解き、秋田県の計数方法^{*22}に従って卵の数と発眼卵率を測定する。次に、卵塊を2～3に分割してふ化刺激の開始2日目までのふ化管理装置に示された8 l水槽内の籠網に均等に収容する。籠網直下からの通気量を3.5L/minに設定し、注水量を13～15L/minに設定する。個々に分離した卵は、ハッチングジャーに収容して排水口が水面付近に位置するようにふ化水槽内に配置しておく。

²² IV章 1(7)-2)「発眼卵の収容」参照

積算水温が510℃に達したら、籠網直下からの通気量を7.0L/minに増大させる。同時に、注水ホースに散水器を接続し、卵に海水を水面からシャワーにして吹き付ける。この刺激により、普通その日の夜から多数のふ化が認められる。翌朝、その多くは水槽壁面で頭を斜め上にして泳いでいるが、丸1日経過すると水平遊泳する個体が増加し、2日経過すると電照下に謂集する個体が増加する。^{*23}

²³ Ⅲ章4(2)-2)「行動」参照

3) ふ化仔魚の回収

刺激を開始して2日目の夕方に、ふ化刺激開始3日目以後のふ化管理装置に示した条件に設定し、翌朝から電照下に謂集した仔魚の回収を開始する。なお、ふ化が始まると卵殻や死亡魚、個々に分離した発眼卵が水槽底に蓄積するようになるので、これらを毎日底掃除によって回収して、その中の活卵をハッチングジャーに収容する。

4) 留意点

日栽協能登島事業場の種苗生産は数十万尾規模であり、数百万尾規模の秋田県とは異なり、ふ化仔魚を比較的容易に集めて運搬することが可能である。また、ふ化仔魚は、ふ化後8日以内であれば絶食の影響はほとんど発生しない、^{*24}遊泳力はふ化後急速に高まる、^{*25}海上網生簀ではふ化初期ほど潮流の悪影響を受けやすい^{*26}などの特徴がある。このため、飼育する場所に関わらず、ふ化した仔魚は2～3日程度ふ化水槽内に滞留させておき、遊泳力と光走性が強くなり始めた時点^{*27}で回収して種苗生産に供する。

²⁴ Ⅲ章4(2)-3)「摂餌」参照

²⁵ Ⅲ章4(2)-2)「行動」参照

²⁶ Ⅲ章4(3)-6)「潮流の速さが生残率に及ぼす影響」参照

²⁷ Ⅲ章4(2)-2)「行動」参照

夜間電照の点灯時間帯を早朝に設定しておけば、ふ化仔魚の多くは夜間8kl水槽内に滞留することになる。8kl水槽は0.5klの回収水槽よりも水流が弱く、空間が広いことから仔魚が衰弱しにくい。水槽が設置されている棟内では、仔魚が夜に水槽壁に衝突するのを防止することを狙いとして蛍光灯などによる間接照明を行うと良い。

ハッチングジャーは、個々に分離された卵を管理する際に使い勝手の良いふ化器である。底面が半球状になっており、注水は最底面からのup-wellingになっている点は、コレゴヌス用のふ化器^{*28}と同じである。発泡スチロール板を円形にくり抜いてハッチングジャーを差し込めば、ふ化水槽内に浮かべておくことができる。ふ化仔魚はハッチングジャー最上にある樋から海水とともにオーバーフローされ、水槽水中に泳ぎ出る。

²⁸ Ⅲ章3(3)「人工授精と卵管理の方法」参照

(4) ふ化仔魚の収容

1) 資材

必要資材は、表Ⅳ 2-2に記載したとおりである。

表Ⅳ 2-2 ふ化仔魚の収容に用いる資材

資材	規格・仕様	数量	備考
バケツ	10～15L	10	
カップ	2L	10	
攪拌棒	直径13mm、長さ約1mの塩化ビニルパイプの先端に直径25cmの円盤を取り付けたもの	1	計数、仔魚収容用
サイフォンホース	直径25mmカプラインホース 2m	2	
ストレーナー	目合い260μm(60目)	2	
フローグリブ		1	仔魚運搬用

2) 仔魚数の計数

まず、回収水槽(0.5kl水槽)の水量を400Lに調整する。続いて、写真Ⅳ 2-1に示すように直径13mm、長さ約1mの塩化ビニル製パイプの先端に直径25cmの円盤を取り付けた「攪拌棒」を押すようにしながら水槽水を攪拌し、水槽内に仔魚が均等に分散した時点で最低4個の2Lカップで仔魚を一気に水槽水ごと採集する。各カップの水量およびふ化仔魚数を測定して400L分に引き伸ばす。カップの数は多いほど良い。



写真IV 2-1 ふ化仔魚の計数

3) 運搬と収容

計数した仔魚を、0.5kℓ水槽ごとフォークリフトで運搬し、種苗生産用の水槽横に置く。0.5kℓ水槽の海水をストレーナーを介して200Lに減水し、残された仔魚を海水ごと10Lバケツや2Lカップですくい、種苗生産水槽の水面から静かに収容する。サイフォンを用いる収容方法は、仔魚が衰弱するので行わない。

4) 収容密度

これまでの陸上水槽における種苗生産結果の概要を表IV 2-3に示した。ふ化仔魚の適正収容密度は検討されていないが、平成元年以降は概ね6~7千尾/kℓの収容密度で飼育されている。

表IV 2-3 日栽協能登島事業場の陸上水槽におけるハタハタ種苗生産結果の概要

年度	生産 回数	水槽 (kℓ)	収容		飼育		日数 (日)	取り揚げ			備考		
			尾数 (万尾)	密度 (千尾/kℓ)	水温 (℃)	換水量 (回/日)		主な餌料	尾数 (万尾)	密度 (千尾/kℓ)		平均全長 (mm)	生残率 (%)
S59	1	20	2.18-3.12	8.55	4.3	6.3-9.9	4.0-6.0	60	7.82	3.9	29.1	91.5	飼育初期に死亡が集中 Ar-n依存が極めて高い
S60	1	20	1.24-2.9	11.3	5.7		4.0-6.0	66	5.5	2.8	34.9	49.6	
S61	1	20	1.19-1.28	10.4	5.2	7.0-10.0	1.0-2.0	78	6.6	1.3	29.4	63.5	生物餌料不足 S60より25-41%減の生物餌料 給餌量
	2	20	2.25-3.1	11.8	5.9	7.0-13.0	1.0-4.0	63	8.4	4.2	30.2	71.2	
S62	1	10	2.1	1.4	1.4	8.7		59	0.7	0.7	26.5	50.4	
	2	50	2.14	12.9	2.6	9.3		66	4.03	0.8	34.2	31.2	
S63	1	20	2.8-2.14	16.9	8.5			77	8.9	4.5	37	52.7	
S63	2	20	2.13-2.16	19.2	9.6	6.9-10.6	1.0-3.0	59	15.1	7.6	29.2	78.6	ふ化仔魚収容 期間短縮、養 成Ar、シリン コの大長供給に よる成長差が 短縮、生残率 向上
H1	1	24	2.2-2.6	25.1	10.5	8.8-10.7		49	19.3	8	28.5	83.5	
	2	24	2.7-2.11	16	7	9.8-10.5		52	12.4	5.4	29.9	77.3	
H2	1	50	2.7-2.13	35.1	7	10.1	0.5-4.5	56	32.1	6.4	23.9	91.4	
	2	50	2.15-2.20	37.1	7.4	10.1	0.5-4.5	49	33	6.6	26.6	88.9	
H3	3	30-50	2.14-2.15	16.7	3.3	10.2	2.0-4.5	71	6	1.2	35.9	35.9	配合餌料多用 試験 配合餌 料の餌付悪い
	1	50	2.4-2.9	36.3	7.3	8.9		62	26.7	5.3	31	73.5	生物餌料主体 の飼育
H3	2	50	2.13-2.18	36.2	7.2	9.1		58	24.6	4.9	32.7	68	
	3	50	2.9-2.11	32.7	6.5	9.5		74	18.5	3.7	41	56.6	配合餌料主体 の飼育 配合 餌料に餌付か なかった個体 が25日前後 から死亡 自 動給餌導入 により、昨年 より生残率向上
H4	4	50	2.11-2.13	29.8	6	9.4		69	18.5	3.7	40.3	62.1	
H4	1	50	2.18-2.20	34.2	6.8	10.4		58	29.8	6	34.7	87.1	配合餌料主体 で、自動給餌 により水中浮 遊時間延長 Ar-nは従来の 1/3量

(続き)

生産		収容			飼育		取り揚げ				備考		
年度	回次	水槽 (kℓ)	尾数 (万尾)	密度 (千尾/kℓ)	水温 (℃)	換水量 (回/日)	主な餌料	日数 (日)	尾数 (万尾)	密度 (千尾/kℓ)		平均全長 (mm)	生残率 (%)
	2	50	2.16- 2.18	35	7	10.5	Ar-n, 養成 Ar, モイナ, シ ラス・アミのス イス	68	20.4	4.1	32.7	58.3	スライスの餌付 けに失敗
	1	50	2.16- 2.19	29.5	5.9	10		57	19.6	3.9	30.2	66.4	配合餌料主体 で、自動給餌 により水中浮 遊時間延長 Ar-nは従来の 1/3量、冷凍 養成Ar併用に よる配合餌料 の餌付き促進 効果認められ ない
H5	2	50	2.19- 2.22	29.5	5.9	10	Ar-n, 養成 Ar, 冷凍養 成Ar, 配合 餌料	55	4.14	3.7	30.4	61.8	
H6	1	50	2.9- 2.11	34.5	6.9	8.9	Ar-n, 養成 Ar, 配合餌 料	69	20.5	4.1	35.5	59.4	配合餌料の自 動給餌+(夜間 電照下)の手 続きにより、 餌付き時期短 縮 給餌量28% 削減 Ar-nは従 来の1/3量

(5) 陸上水槽を用いた種苗生産

1) 施設, 資材

飼育管理に必要な資材とその規格を表IV 2-4に示した。飼育管理には、水槽、自動給餌器、エアストーン、ストレーナー、自動底掃除機、アク取り器、バケツ、カップ類、水温計、タモ網などが必要である。1994年まで種苗生産に使用していた水槽を写真IV 2-2に示した。この水槽は八角型のコンクリート製で、水深1.7m、実容量50kℓ、水槽中央部および側面下部に排水口がある。

表VI 2-4 飼育管理に用いる施設と資材

施設・資材	規格・仕様	数量
水槽	50kℓ RC製八角形(実容量45kℓ)	1
自動給餌器	YDF-160型 (株)YAMAHA社製	2
エアストーン		10
ストレーナー	80×80×80cm枠, 380径~200径	1
自動底掃除機	製品名「かす兵衛」(株)ヤンマー社製	1
アク取り器		1
バケツ, カップ類		複数
水温計		1
タモ網		1



写真IV 2-2 飼育水槽

2) 飼育管理

i) 水温と照度

仔稚魚の水温環境に関しては、天然ではおよそ7~15℃の範囲で仔稚魚が認められており、海底水温が11~12℃への上昇が深所への移動契機の一つと推定されている。^{29, 30}飼育下では、耳石の日輪を検討した Tsukamoto *et. al.* (1991)が、水温10~14℃に上昇する時期に稚魚の成長が速くなり、それ以上の

²⁹ II章4(3)「発育段階別回遊」参照³⁰ II章4(8)-5)「ふ化時期」参照

水温では逆に成長が鈍化することを報告している。また、前山(1985)、島(1990)は14~15℃では大量死亡が発生しやすいことを指摘している。このような知見は、飼育を14℃以下で行う必要があることを示している。実際の種苗生産では、全長30mmの取り揚げサイズまで自然水温で飼育する結果、水温範囲は8~12℃となっている。

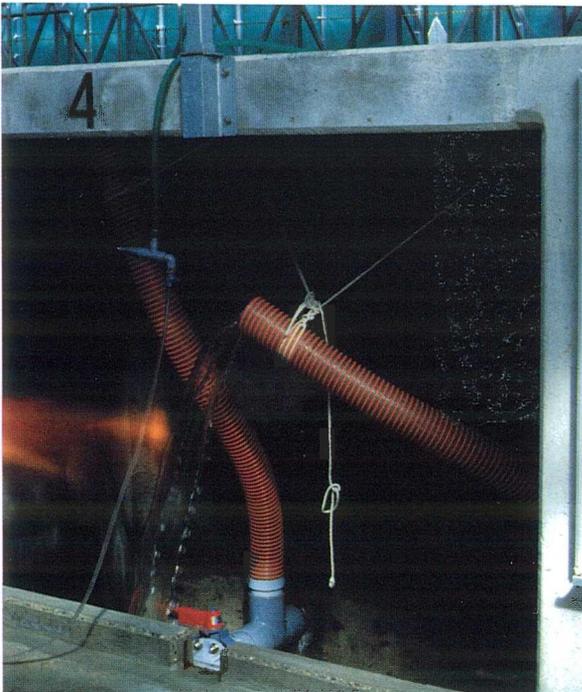
一方、照度が本種仔稚魚の発育・成長に及ぼす影響は検討されていない。屋内自然光下で飼育を行っている。

ii) 飼育水と換水

砂ろ過海水を用いる。注水量を0.5~4.5回/日の範囲に調整し、飼育水に濁りが認められた際には、換水率をさらに高める。換水ホースを介して、側面下部の排水口から水槽外に排出する。排水口の外側には写真IV 2-4に示すとおり、ホースが立ち上っており、その高さで水槽水位の調整を行う。目合いは、仔魚の成長に応じて380~200μmを用い、4~5日に1回洗浄を行う。ふ化後2週間目以降は、直径100mmの塩化ビニール管を半分に切って作製した樋のエアリフトにより、30~300cm/分程度の水流を作って換水効率を高める。



写真IV 2-3 排水用ストレーナ



写真IV 2-4 排水側のホース

iii) ナンノクロロプシスの添加

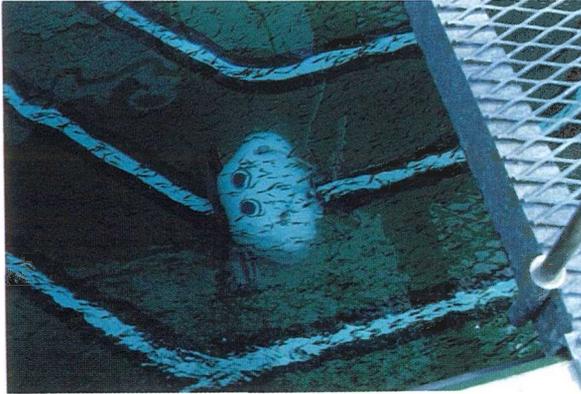
ナンノクロロプシスは、添加しない。

iv) 通 気

底掃除の邪魔にならないように、6～8個のエアーストーンを水槽壁に沿って配置する。適正通気量は未検討であるが、過度の水流が発生しない通気量は約5L/分である。

v) 底掃除

1日に1回、写真IV 2-5に示すような自動底掃除機を用いて行う。この時、死亡魚の数を計数して死亡状況を把握する。



写真IV 2-5 自動底掃除機

vi) 水面の汚物除去

水面に浮かんだ汚物は、写真IV 2-6に示す専用の除去装置によって一カ所に集め、柄杓で除去する。



写真IV 2-6 油膜除去装置

vii) 餌料と給餌方法

ハタハタは、ふ化してから約8日齢まで主に卵黄の栄養に依存していることから、^{*31}8日齢までに摂餌が軌道に乗るように5日齢から給餌を開始する。本種はふ化仔魚の段階から配合飼料単独で飼育が可能ではあるが、^{*32}生物餌料なしでは仔魚期の成長、生残率が低下することがあるためアルテミアを併用する。ただし、アルテミア単独では栄養障害が発生する恐れがあり、また成長とともに給餌量が膨大になるという欠点もある。^{*33}このようなことから、飼育ではアルテミア中心から配合飼料中心、配合飼料単独へと順次転換していくような給餌方法が必要である。

その方法に関しては、配合飼料はハタハタに適した市販品を用い、^{*34}またハタハタが活きた餌を嗜好する傾向があるので、^{*35}アルテミアの前に配合飼

³¹ Ⅲ章4(2)-3)「摂餌」参照

³² Ⅲ章4(3)-3)「市販配合飼料の比較試験」参照

³³ Ⅲ章4(2)-3)「摂餌」参照

³⁴ Ⅲ章4(3)-3)「市販配合飼料の比較試験」参照

³⁵ Ⅲ章4(2)-3)「摂餌」参照

料を給餌する。自動給餌器を使用することによって給餌の頻度を高め、さらに仔稚魚の行動を観察しながら適時手まきを行うことによって餌付きの促進を図る。なお、夜間に点灯して仔魚を集め、そこに給餌すると餌付きが早くなる。

表IV 2-5には、日裁協能登島事業場の最後の陸上飼育事例である平成6年度の飼育データを示した。この飼育では、50kℓ水槽に34.5万尾のふ化仔魚を収容し、69日間の飼育で平均全長35.5mmの種苗21.5万尾を取り揚げている。餌料には、アルテミア幼生、4日間養成したアルテミア、配合飼料A、B、C、およびD（粒径400μmおよび700μm）を用いており、その餌料系列と給餌量は以下に示したとおりである。

表IV 2-5 日裁協の50kℓ陸上水槽における種苗生産の飼育データ

日齢 (日)	飼育環境		餌料と給餌量				成長と摂餌率、生残率			備考
	水温 (℃)	pH	生物餌料		配合飼料 ¹⁾		全長 (mm)	湿重量 (mg)	配合飼料の 摂餌率 ²⁾ (%)	
			アルテミア/ -ナリウス (万個)	養成アル テミア (万個)	飼料A (g)	飼料B (g)				
1			70				12.9	9.1	100.0	
2	8.4		70						98.6	
3	8.0		70						97.1	
4	7.9	8.32	70						95.7	
5	7.4	8.32	70	1,000		500	13.7	10.3	94.4	
6	7.7	8.25	300	1,000		500			93.5	
7	7.6	8.26	300	1,000		500		22.0	92.8	
8	8.3	8.30	300	1,000		1,000			92.6	
9	8.1	8.28	300	1,000		1,000			92.4	
10	8.5	8.31	300	2,000		1,000	15.6	13.5	45.0	92.3
11	8.6	8.32	300	2,000		1,200			38.0	92.1
12	8.6	8.33	300	2,000		1,500			49.0	91.9
13	8.5	8.30	300	2,000		1,500				91.7
14	8.7	8.31	300	3,000		1,500			47.0	91.5
15	8.7	8.23	300	3,000		1,500	17.0	16.5	50.0	91.3
16	7.6	8.27	300	3,000		1,500			59.0	91.2
17	7.9	8.29	300	3,000		1,500			63.0	91.0
18	8.0	8.30	300	3,000		1,500			75.0	90.8
19	8.3	8.30	300	3,000		1,500			72.0	90.6
20	8.2	8.29	300	3,000		1,500			79.2	90.4
21	8.2	8.21	300	3,000		1,500	17.9	18.6	81.0	90.3
22	8.1	8.37	300	3,000	2,000	1,500			80.0	90.1
23	8.3	8.30	300	3,000	2,000	1,500			36.0	89.9
24	8.5	8.31	300	3,000	2,000	1,500			84.0	89.7
25	8.4	8.33	300	3,000	2,000	1,500			72.0	89.5
26	8.3	8.32	300	3,000	2,000	1,500			54.0	89.4
27	8.7	8.24	300	3,000	2,000	1,500	19.1	21.0	60.0	89.2
28	8.9	8.23	340	3,000	2,000	1,500			76.0	89.0
29	9.0	8.23	340	3,000		1,000	19.8		87.0	88.5
30	8.6	8.24	340	3,000		800				87.8
31	8.6	8.21	340	3,000		800	21.6	44.5	95.0	86.0
32	8.4	8.31	340	3,000		800				84.1
33	8.3	8.25	350	3,000		800				82.5
34	8.0	8.23	350	3,000		800	21.6	43.0	93.0	81.0
35	8.3	8.23	350	3,000		800				80.0
36	8.3	8.23	350	3,000		250				83.0
37	8.5	8.23	350	3,000		750				88.0
38	8.5	8.22	350	3,000		1,000	23.5	60.7		87.5
39	9.2	8.20	350	3,000		1,000				86.0
40	9.0	8.32	350	3,000		1,000				98.0
41	9.0	8.26	350	3,000		1,000				98.0
42	8.8	8.30	350	3,000		1,000				89.6
43	9.1	8.27	350	3,000		1,200				68.3
44	9.2	8.22	350	3,000		1,000	24.7	70.8		95.0
45	9.0	8.23	350	3,000		1,200				98.0
46	8.6	8.24	350	3,000		1,100				96.0
47	8.7	8.25	350	3,000		1,100				98.0
48	9.2	8.24	350	3,000		1,100				96.0
49			350	3,000		1,200				98.0
50	9.5	8.23	350	3,000		1,300	25.8	97.7		98.0
51	9.4	8.21	350	3,000		1,200				95.0
52	9.6	8.22	350	3,000		1,200				96.0
53	9.9		350	3,000		1,200				96.0
54			350			1,200	29.2	133.7		64.8
55	10.3	8.14	430			1,000				98.0
56	10.6	8.11	430			1,000				100.0
57	11.0		430			1,000				100.0
58	10.3	8.10	430			1,000	30.2	156.0	100.0	63.9
59	10.6	8.14	430			1,000				63.7
60	10.2	8.14	430			1,000				63.5
61	10.1	8.10	430			1,000				63.3
62	10.1	8.08	430			1,250	30.3	173.4	100.0	63.1
63	10.8	8.09	430			750				62.8
64	11.0	8.09	430			750				62.6
65	10.7	8.10	430			750				62.4
66	11.2	8.07	430			750	32.8	222.0	100.0	62.2
67						500				62.2

¹⁾ 配合飼料AとBの粒径は400μm、CとDの粒径は700μm。

²⁾ 生残率は毎日の死亡尾数のデータを取り上げ時の生残率で補正した。

- ① アルテミア幼生 5～9日齢では1,000万個、10～13日齢では2,000万個、14～53日齢では3,000万個を15時に給餌する。なお、アルテミアの給餌量は飽食量よりも少ない。30日齢(全長約20mm)を例にとると、この時は約30万尾が生残していることから、飽食させるには7,800万個のアルテミア幼生が必要である。^{*36}
- ② 養成アルテミア 22～28日齢に2,000万個を16時に給餌する。
- ③ 配合飼料 生物餌料を使用している間は8時、10時、12時および14時から各30分、生物餌料の使用を終了してからは、前述の時刻に加えて16時から30分間、以下の1日量を分割して自動給餌する。
- A タイプ(400 μm) 5～7日齢に毎日500g、8～10日齢1,000g、11日齢1,200g、13～28日齢1,500g、29日齢1,000g、30～35日齢800g。
- B タイプ(700 μm) 36日齢に250g、37日齢750g、38～62日齢1,000～1,250g、63～66日齢750g。
- C タイプ(700 μm) 29～33日齢700～900g、34～54日齢1,000g、55～67日齢500g。
- D タイプ(700 μm) 55～60日齢1,000g、61～66日齢1,500～1,750g、67日齢3,000g。

3) 種苗生産実績

陸上水槽を用いたハタハタの種苗生産は、先の表Ⅳ 2-3に示したとおり、昭和59年～平成6年にかけて20～50kl規模の水槽を用いて行われた。飼育の開始は主に2月上中旬であり、収容密度は1.4～10.5千尾/kl、平均水温10℃前後および0.5～6.0回転/日の換水条件でシオミズツボムシ、アルテミア幼生、養成アルテミア、培養ミジンコ、活きたあるいは凍結された天然プランクトン、アミのミンチ、配合飼料など、多様な餌が用いられた。しかし、餌料系列は次第に単純化され、最終的にはアルテミア幼生、養成アルテミア、配合飼料となっている。

49～78日間の飼育で、平均全長24～41mmの種苗が0.7～33万尾取り揚げられた。取り揚げ時の最大密度は6.6千尾/kl、最高生残率は、91.4%である。多種類の生物餌料を多用すれば生残率は高くなる。ただし、ハタハタが配合飼料に餌付きにくくなり、餌料経費が膨大になってしまう。この問題に対処するために、海上網生簀を用いた種苗生産技術が開発された。なお、電照に集まる仔魚を選択的に採集して種苗生産に供する方法は、昭和の末期から平成の初めにかけても行われている。

飼育の詳細なデータについては、表Ⅳ 2-5に示したとおりである。

(6) 取り揚げと計数

稚魚の計数には、通称「比色法」を用いる。複数の70L容器に稚魚を収容し、稚魚数が正確にわかっている容器1つをコントロールとして、個体数不明の容器の稚魚数を密度の濃さ加減から推定する。

1) 資材

旋網(縦60cm、長さ10m、目合い2mm)、タモ網、70L容器(白よりも有色が良い)10個以上、10Lバケツと2Lカップそれぞれ約10個、カウンター人数分および筆記用具が必要である。

2) 方法

底掃除を入念に行った後、水槽水位を50cmに減水する。次に旋網で魚を写真Ⅳ 2-7のように囲い、個体密度を高める。写真Ⅳ 2-8に示すようにタモ網で魚をすくい、その中の魚を乾出させないように2Lのカップを用いて水ごとすくい取りバケツに回収する。あらかじめ用意しておいた隣の水槽の周りに70L容器を並べ、海水を10L入れる。このうち1個に2,000尾を正確に計数し



写真IV 2-7 稚魚を旋網で囲う



写真IV 2-8 稚魚をすくう



写真IV 2-9 比色による計数

て収容し、水量を40Lに調整しておく。

残り全ての70L容器に、魚を目測で2,000尾前後になるように収容する。収容が完了したら容器の水量を40Lに調整し、写真IV 2-9のようにコントロールと比色して尾数を推定し、記帳する。その後、2個の容器を無作為に抽出して稚魚数を計数し記帳する。比色、計数し終えた容器内の魚は隣の飼育水槽に収容する。計数が1回で終了しない場合は、この作業を繰り返す。

計数が終了したら、計数値の補正を以下の方法で行う。すなわち、比色法により推定された総個体数を n とする。このうち無作為抽出された容器の稚魚

の推定個体数を、 $b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n$, またその実測値を、 $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$ (ただし、 $2 \leq i \leq n$) とする。計数值 N を以下の式により求める。

$$N = n \times \sum a_i / \sum b_i + 2,000$$

なお、2,000はあらかじめ用意したコントロール容器内の尾数である。

(7) 種苗の標識付け

取り揚げ、計数では取り扱いによって種苗が衰弱するので、ALC 標識は計数終了後、複数日間の給餌飼育を行った後に行う。ALC 標識は、3万尾/ kl 以下の密度で50ppm の24時間浸漬で行う。^{*37}

³⁷ Ⅲ章 5(1)-3) 「稚魚での標識」参照

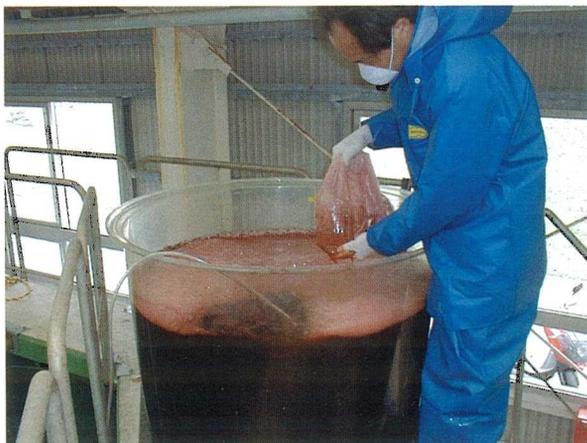
1) 資材

ALC, 0.5 kl 水槽2面, ALCを溶解させるための袋網(NXX25ボルテイングクロス)酸素瓶, 分散器10個, エアーストーン10個, 排水用ストレーナおよび水中ポンプ, 直径40mmのホース20m, 水温計, 酸素計, 場合によっては海水水, 海水冷却装置。

2) 方法

標識付けの前日の朝から、ハタハタを餌止めする。水槽の横に0.5 kl 槽2面を設置し、写真IV 2-10に示すように各500Lの海水中に所要量のALCを均等に溶解させて原液を作製する。この溶解には袋網を用いる。所定量とは、水槽水にこの原液を添加して50ppm濃度の染色水を作製するために必要な量である。原液の作製は、標識付けの前日に行い、一晚通気を行って十分に溶解させる。

標識付けの当日、まず底掃除を入念に行い、次にハタハタの密度が2~3万尾/ kl になるように水槽水位を減水させる。分散器およびエアーストーンを等間隔に配置して、通気を始める。溶存酸素濃度は、100~150%に設定する。水温は、12℃以下に設定する。もし、水温がそれ以上に上昇するようであれば、海水水や海水冷却機を用いて水温を低下させる。水温は、経験上10℃位が望ましい。



写真IV 2-10 ALCの溶解

水温と溶存酸素濃度を確認後、40mmホースを用いてALC原液の注入を開始する。このとき、写真IV 2-11に示すように注水は水槽壁側から内側に向かって行う。この方法によって、稚魚は水槽中心に集まり、水槽壁への衝突が避けられる。

ALCの原液を注入後、写真IV 2-12に示すように24時間静置する。水温と溶存酸素濃度のチェックを2時間ごとに行い、必要に応じて調整を行う。



写真IV 2-11 ALC液の添加



写真IV 2-12 標識処理中の水槽

24時間後、注水とともに写真IV 2-13に示すように水中ポンプによる排水を開始する。換水は4時間程度かけて行い、最初の2時間は浸漬時の水位を維持したまま行うことによって、換水の効率を高める。なお、注水は写真IV 2-14に示すようにハタハタへの刺激を最小限にするため水面下で袋網を介して行う。また、廃液はあらかじめ用意してあった別の水槽内に回収する。



写真IV 2-13 ストレーナを介して排水



写真IV 2-14 注水

約4時間が経過すると飼育水の透明度がやや回復してくるので、給餌を開始する。ハタハタは標識付けによって衰弱しているのを、配合飼料とともにアルテミア幼生を給餌して摂餌を促す。ALCの廃液は、次亜塩素酸ソーダで分解し、一晚曝気したあと翌日にチオ硫酸ソーダによって中和を行う。塩素計で塩素が完全に中和されたのを確認後廃棄する。

(8) 種苗輸送

種苗輸送の前には、給餌飼育を十分に行ってハタハタの体力を良く蓄えさせておく必要がある。1週間以上給餌飼育を行ったあと、輸送の前日の昼から絶食させる。種苗輸送は、写真IV 2-15に示す10トン保冷車に輸送用の水槽を積み込み、その中にハタハタを収容して行う。目的地は秋田県男鹿市北浦漁港であり、所要時間は約14時間である。途中、山形県栽培漁業公社において約3時間の換水を行う。道路事情や目的地における作業の時間帯を考慮し、夜11時に出発し、目的地に13時に到着させる。以下に25万尾前後を輸送するための資材



写真IV 2-15 種苗輸送用保冷車

と方法を記載する。以下の方法による輸送は、全長30～40mmの種苗では1.7万尾/kl位が安全に輸送できる限界である。^{*38}

³⁸ Ⅲ章6「稚魚輸送」参照

1) 車両と資材

10トン保冷車2台、1.2klローリー型水槽14基、発泡スチロールボード14枚、発泡スチロールのクッション24個、酸素瓶4本、酸素瓶のコック2個、レギュレータ2個、流量調節機(4本用)4台、分散器14本、旋網1枚、注水設備(50mm塩ビパイプの簡易配管)2式、50mmホース30mを2本、排水用ストレーナ付きホース14本、ガムテープ、溶存酸素計、水温計、懐中電灯、小型のタモ網2個、バケツ10個、2Lカップ1個、海水水10Lを14枚、予備の分散器、レギュレータ、電池など。

2) 方法

保冷車への資材の積み込みは、午後2時までに開始する。まず酸素瓶2本を各車に積み込み、次いで写真Ⅳ 2-16に示すように貨物室の一番前に酸素の流量調整器を取り付ける。発泡スチロールボードを床に敷き、その上に洗浄消毒済みの輸送水槽を、車1台につき7基積載する。水槽の横側を角形のクッションで固定し、分散器を各水槽に配置すれば写真Ⅳ 2-17に示すように基本的な準備が終了する。



写真Ⅳ 2-16 酸素の流量調整器



写真Ⅳ 2-17 収容準備完了

4時頃から、各水槽内への注水を開始する。1.2klの水槽に1kl注水する。この注水と並行して、飼育水槽の減水を始める。

ハタハタの輸送水槽への収容作業は、午後6時に開始する。収容作業は前述した計数作業と基本的に同じである。旋網でハタハタを濃縮してタモ網ですく

い、それを2Lカップで海水ごとすくい取ってバケツに移し、各輸送水槽に均等になるように収容する。輸送水槽中の酸素通気は、取り揚げ作業の開始とともに開始する。

輸送水槽内へのハタハタの収容は、7時30分頃には完了させる。その後、50mm ホースと簡易配管、および写真IV 2-18に示したストレーナー付きの排水用ホースを用いて、写真IV 2-19に示すような掛け流し方式による換水を10回転以上行う。



写真IV 2-18 換水用ストレーナ



写真IV 2-19 換水作業

10時30分に水槽水位をほぼ満水にし、注排水資材を撤去して輸送車に積み込む。海水氷を水槽当り1枚入れ、酸素通気と溶存酸素濃度が100～150%であることを確認後、蓋をして写真IV 2-20に示すように分散器が輸送容器の底すれすれに位置するように通気ホースをガムテープで固定する。

午後11時に出発し、途中山形県栽培漁業公社において3時間かけて換水を行ない、13時に目的地に到着させる。この間、2時間毎に溶存酸素濃度と水温の確認を行うとともに、死亡した魚を除く。水温は、山形県や秋田県の海水温を考慮して10℃前後とする。

目的地に到着したら、ただちに50mmのホースを用いてサイフォン方式でハタハタを網生簀に収容して輸送が終了する。



写真Ⅳ 2-20 酸素分散器の固定

(9) 放流前の中間育成

放流前の中間育成は、種苗輸送によって低下したハタハタの体力回復を促すために、秋田県男鹿市北浦漁港内に設置した網生簀（5×5×4m、実容量75kℓ）2面を用いて放流前の約1週間行う。飼育密度は約2,000尾/kℓ、飼育水温は10～11℃で、1日に魚体重の3%の量の配合飼料を4回に分けて給餌する。凍結したアルテミア幼生を併用することもある。さらに、夜間電照装置を設置して、天然の動物プランクトンの増集を図る。放流は、魚を飽食させた後、網生簀の堤防側を沈下する方法によって行う。この方法によって放流された稚魚は、狂奔状態に陥ることなく成群して移動していく。

（森岡 泰三）

V. 問題点と今後の課題

これまで記載してきたとおり、ハタハタの種苗生産技術開発は500万尾の種苗放流を行うという目標を掲げて取り組まれ、その目標を実現するだけの技術水準に達した。これは効率的な採卵と卵管理の技術、および海上網生簀を用いた種苗生産技術が開発された結果である。これらの技術は、ハタハタの生物特性に関する調査や、授精方法開発のための種々の試験、飼育下のハタハタの成長、生残に及ぼす諸要因などを検討して得られた知見などによって支えられている。

しかし、IV章1項の「秋田県の海上網生簀を用いた種苗生産手法」の最後に記載したように、飼育方法に関しては、ふ化の方法や給餌の方法になお検討の余地を残している。また、種苗の質が放流に適していなかったり、放流の方法が不適であれば放流効果を期待することはできない。これらの課題を検討するための背景となる、飼育下の仔稚魚の発育と成長、行動、生態についてはIII章で検討したが、天然魚や放流魚の生理、生態、行動についての情報がまだ蓄積中の段階にある。今後は、フィー

ルド調査と研究室レベルでの実験を並行することによって、放流効果を現在よりも高められるような質を備えた種苗を生産する方法や、より効果的な放流の方法を開発していく必要がある。

他方、生産経費の削減も重要な課題である。餌料費を削減することとともに、漁網付着卵や海藻付着卵の占める割合を増やして卵の調達コストを下げる取り組みも重要である。付け加えて、漁網付着卵などは通常利用されることがなく、自然海ではふ化することのない卵であるが、管理の方法が適切であれば人工授精卵と同等にふ化する。海の中で確実にふ化させる技術を開発して実践することは、資源を増大させるために有効な手段の一つと考える。

結論として、生産経費を下げながら良質の種苗を生産し、適正な方法で放流する技術を開発すること、および漁網付着卵を積極的に利用する技術を開発することが今後の課題である。

(森岡 泰三)

文 献

- 1) Abe H. (1981) Similarity between Alkaline Phosphatase and Nucleotide Pyrophosphatase from Skipjack Liver *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 275-280.
- 2) 尼丘邦夫 (1984) ハタハタ 日本産魚類大図鑑 解説, 東海大学出版会, 東京, 213.
- 3) 秋田県 (1993) ハタハタ(資源解析), H 2 年度広域資源培養管理推進事業報告書, 北海道~富山県, 105-124.
- 4) Barany B. (1967) ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *J. Gen. Physiol.*, 50, 197-219.
- 5) Berg J. (1979) Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to preliminary study of the prey of *Gobiuscu*. *Mar. Biol.*, 50, 263-273.
- 6) 藤本隆二 (1972) ハタハタ談義 秋田県水産試験場報告, 秋田県, 68.
- 7) Fukuda M. (1990) Changes in glycogen contents in the juvenile herring muscle during swimming exercise. *Noppon Suisan Gakkaishi*, 56(1), 163.
- 8) 福田雅明 (1988) ニシン稚仔魚の発育過程 栽培技研, 17(1), 69-80.
- 9) Hynes H. The food of freshwater sticklebacks, with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.* 1952; 21: 182-205.
- 10) 広川潤・長倉義智・島康洋 (1992) ハタハタの種苗生産と資源添加の取り組みについて 第5回ハタハタ研究協議会報告書, 日水研, 31-39.
- 11) 弘田禮一郎: 動物プランクトンの体長/体重関係, 炭素量, ライフスパン. 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究(第I期)成果報告書, 科学技術庁研究調整局, 243-250(1985).
- 12) 弘田禮一郎: 動物プランクトンの体長等の測定 周辺海域漁場基本図表作製事業動物プランクトン調査マニュアル, 水産庁研究課, 8-19(1987).
- 13) 池口新一郎 (1992) 能登島臨海公園水族館におけるハタハタ飼育の現状 第5回ハタハタ研究協議会報告書, 日水研, 28-29.
- 14) 池端正好 (1983) ハタハタ種苗生産試験について 昭56秋田栽セ事報, 72-80.
- 15) 池端正好 (1986) ハタハタ種苗生産試験 昭59秋田水試栽セ事報, 秋田県, 232-236.
- 16) Keenleyside M. (1955) Some aspects of the schooling behavior of fish. *Behaviour*, 8, 183-248.
- 17) Kendall A., Ahlstrom E., Moser H. (1983) Early life history stages of fishes and their characters, *American Society of Ichthyologists and Herpetologists, USA, Special Publ.* 1, 11-22.
- 18) 桑田博・塚本勝巳 (1987) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識—I. 標識液の濃度と標識保有期間. 栽培技研, 16 (2), 93-104.
- 19) 桑田博・塚本勝巳 (1989) アリザリン・コンプレクソンによるマダイ稚仔魚の耳石標識—II. 大量標識. 栽培技研, 17 (2), 115-128.
- 20) 川合真一郎 (1997) 消化生理に基づく強化 H7年度健苗育成技術開発研究成果の概要, 水産庁研究部 110-134.
- 21) 神奈川県水産試験場 (1993) 鱗からのALC標識の検出 平成4年度広域資源培養管理推進対策事業報告書(栽培資源調査), 28-35.
- 22) Last J. (1978) The food of three species of Gadid larvae in the eastern english channel and southern north sea. *Mar. Biol.*, 48, 377-386.
- 23) Leis J., Trnski T. (1989) The larvae of Indo-Pacific shorefishes. New South Wales *Univ. Press* (in association with The Australian Museum). Australia, 24-25.
- 24) Malloy K. and Targett T. (1994) The use of RNA:DNA ratios to predict growth limitation of juvenile summer flounder (*Paralichthys den.* *Mar. Biol.*, 118, 367-385.
- 25) Morisawa M. and Suzuki K. (1980) Osmolality and potassium ion: Their roles in initiation of sperm motility in teleosts. *Science*, 210, 1145-1147.
- 26) 三尾真一 (1967) ハタハタの資源生物学的研究 I. 年齢・成長および成熟, 日水研報, 18, 23-37.
- 27) 虫明敬一・伊藤捷久・長谷川泉・佐野隆三(1990) 愛媛県御荘湾におけるマダイのふ化仔魚放流試験の結果について 栽培技研, 18 (2), 115-127.
- 28) 森岡泰三 (1999) ハタハタ種苗生産技術開発 平9日裁協事業年報, 日裁協, 200-201.
- 29) 森岡泰三 (2000) ハタハタ種苗生産技術開発 平10日裁協事業年報, 日裁協, 202-204.
- 30) 森岡泰三, 堀田和夫 (2001) 海洋深層水で飼育されたハタハタの成熟と産卵 海洋深層水研究, 英和出版印刷社, 2(1), 66-71.
- 31) 前田圭司 (1991) ハタハタ 漁業生物図鑑 北のさかなたち, 北日本海洋センター, 北海道, 132-133.
- 32) 前山清 (1985a) ハタハタ種苗生産技術開発 昭59日裁協事業年報, 日裁協, 188-194.
- 33) 前山清 (1985b) ハタハタ親魚養成技術開発 昭59日裁協事業年報, 日裁協, 50-51.
- 34) 前山清 (1986) ハタハタ資源添加技術開発 昭60

- 日裁協事業年報, 日裁協, 338-339.
- 35) 前山清 (1988) ハタハタ種苗生産技術開発 昭和61年度日裁協事業年報, 220-222.
- 36) 前山清・島康洋 (1989) ハタハタ種苗生産技術開発 昭62日裁協事業年報, 日裁協, 186.
- 37) 南卓志・田中實 (1985) アカヒゲ漁で漁獲されたハタハタ稚魚, 日水研報, 35, 1-10.
- 38) 南卓志・梨田一也・今村明 (1989) 富山湾におけるハタハタの接岸・産卵状況 第3回ハタハタ研究協議会報告書, 秋田県, 42-44.
- 39) 松原喜代松 (1955) 魚類の形態と検索 第1版. 石崎書店, 東京, 790.
- 40) Nelson J. (1993) Fishes of the world 3rd edition, Jhon Wiley & sons, New York. 397.
- 41) 日本栽培漁業協会 (1991) 平成元年度委託・共同研究報告検討会討議要録 協会研究資料, 49, 24-32.
- 42) 中田薫 (1997) 黒潮周辺海域におけるマイワシの初期餌料環境に関する研究 中央水産研究所研究報告, 中央水研, 9, 19-128.
- 43) 中野広・安藤義秀・白旗総一郎 (1985) 成長にともなうサケ稚魚の酸性フォスファターゼ活性, 総蛋白質, RNA および DNA 量の変化 北水研報告, 50, 71-77.
- 44) 中野広・安藤義秀・白旗総一郎 (1985) 成長にともなうサケ稚魚の酸性プロテアーゼ活性の変化 北水研報告, 50, 83-85.
- 45) 中野広・小野木博一・大橋誠之・丸山敬悟 (1989) マダイの空中放置時における生化学的性状に関する研究 栽培技研, 17, 107-113.
- 46) 長倉義智 (1993) ハタハタ種苗生産技術開発 平3日裁協事業年報, 183-186.
- 47) 長倉義智 (1995a) ハタハタ親魚養成技術開発 平5日裁協事業年報, 49-50.
- 48) 長倉義智 (1995b) ハタハタ資源添加技術開発 平5日裁協事業年報, 309-313.
- 49) 長倉義智・島康洋・杉山秀樹・白幡義広・柴田理 (1995) 放流した耳石標識ハタハタの再捕 栽培技研, 23(2), 125-129.
- 50) 長倉義智 (1996a) ハタハタ種苗生産技術開発 平6日裁協事業年報, 日裁協, 164-165.
- 51) 長倉義智 (1996b) 海上小割網におけるハタハタの種苗生産 日本海 B 試験研究収録, 日水研, 33, 31-37.
- 52) 長倉義智 (1997) ハタハタ種苗生産技術開発 平成7日裁協事業年報, 日裁協, 186-187.
- 53) 長倉義智 (1998a) ハタハタ種苗生産技術開発 平8日裁協事業年報, 日裁協, 183-184.
- 54) 長倉義智 (1998b) ハタハタ資源添加技術開発 平8日裁協事業年報, 日裁協, 284.
- 55) 中坊徹次(編) (1993) 日本産魚類検索, 全種の同定. 東海大学出版会, 東京, 1474.
- 56) 中坊徹次(編) (2000) 日本産魚類検索, 全種の同定, 第二版. 東海大学出版会, 東京, 1748.
- 57) Okiyama M. (1990) Contrast in reproductive style between two species of sandfishes (Family Trichodontidae). *Fish. Bull. U.S.*, 88, 543-549.
- 58) 沖山宗雄 (1988) ハタハタの初期生活史研究について 第2回ハタハタ研究協議会報告書, 秋田県, 21-28.
- 59) 桶田俊郎 (1988) 展示水槽内における「ハタハタ」の産卵とふ化について 第2回ハタハタ研究協議会報告書, 秋田県, 29-31.
- 60) 大野淳 (1992) マダイの粗放的種苗生産に関する研究 日裁協特別研究報告2号, 日裁協, 1-110.
- 61) Pillay T. (1952) A critique of the methods of study of food of fishes. *J. zool. Soc.*; 4: 185-200.
- 62) Pitcher T., Magurran A. and Winfield I. (1982) Fish in large shoals find food faster. *Behav. Ecol. Sociobiol.*
- 63) Robinson S. and Ware D. (1988) Ontogenetic development of growth rates in larval Pacific herring, *Chupea pallasii*, measured with RNA-DNA ratios in Strait of Georgia, British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45, 1422-1429.
- 64) 李培翼 (1994) ブリの初期発育に関する形態学的・生化学的研究 H6年度東水博士学位論文.
- 65) Sakuramoto K. Kitahara T. and Sugiyama, H. (1997) Relationship between temperature and fluctuation in sandfish catch (*Arctoscopus japonicus*), ICES Journal of Marine Science, 54.
- 66) Shin-ichi Uye (1982) Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *Journ. Oceanogr. Soc. Japan.* 38(3), 149-158.
- 67) 酒井 清・岡崎巧・Strussmann C. (1995) ハタハタ種苗育成に関する基礎研究「排卵とぶりこの”へそ”について」, 1995年度日本水産学会春期大会講演要旨.
- 68) 塩瀬淳也・山崎隆義・富永正雄 (1984) *Coregonus* 属の人工飼育に関する研究 I 導入の経過と飼育 長野水試研報1, 21-30.
- 69) 小路淳 (1995) 石川県能登島周辺海域におけるマダラの初期生活史および本種種苗の放流, 追跡調査. 1994年度京都大学水産学部卒業論文. 1-108.
- 70) 杉山秀樹 (1987) ハタハタ種苗生産試験 昭60秋田水産振興セ事報, 231-235.
- 71) 杉山秀樹 (1988a) ハタハタの再生産形質に関する研究 第2回ハタハタ研究協議会報告書, 秋田県, 32-39.
- 72) 杉山秀樹 (1988b) ハタハタの卵塊分離によるふ化技術の改良 日本海 B 試験研究収録, 日水研, 13,

- 9-15.
- 73) 杉山秀樹 (1988c) ハタハタ種苗生産試験 昭61秋
田水産振興セ事報, 277-282.
- 74) 杉山秀樹 (1991) ハタハタの食性と摂餌行動 第4
回ハタハタ研究協議会報告書, 日水研, 25-31.
- 75) 杉山秀樹 (1992a) ハタハタは藻場がふるさと ア
ニマ, 239, 58-61.
- 76) 杉山秀樹 (1992b) ハタハタ生活史研究の現状と
課題 第5回ハタハタ研究協議会報告書, 日水研,
40-43.
- 77) 杉山秀樹 (1999) ハタハタの漁業実態と資源生態に
基づく管理 月間海洋, 17, 177-185.
- 78) 杉山秀樹・柴田理 (1989) 「しんかい2000」による
ハタハタの生態と生息環境に関する研究 海洋技術セ
ンター研報, 111-118.
- 79) 関泰夫・塚本勝巳・岩橋正雄 (1988) サケ・マス
の発眼卵・仔魚の耳石標識 新潟県内水面水産試験場
調査研究報告, 14, 13-19.
- 80) 島康洋 (1991) 海上生簞網を利用したハタハタの
種苗生産について 第4回ハタハタ研究協議会報告書,
日水研, 32-35.
- 81) 島康洋 (1989) ハタハタ資源添加技術開発 昭和62
年度日裁協事業年報, 326.
- 82) 島康洋 (1988) ハタハタの耳石標識試験 第2回
ハタハタ研究協議会報告書, 秋田県水産振興センター,
51-54.
- 83) 反町稔・堀田和夫・大津順 (1999) ハタハタに発
生した非定型 *Aeromonas salmonicida* 感染症 富山水試
研報, 11, 1-8.
- 84) 里見至弘 (1969) コイ稚魚の体成分(核酸, 磷脂質,
全窒素, 全燐, 水分) におよぼす飽食と絶食の影響 淡
水研報, 19, 47-72.
- 85) 鈴木不二男 (1985) 軟骨と骨はどのようにしてで
きるか 細胞工学, 東京, 4, 149-159.
- 86) Takatsu T., Nakatani T., Mutho T., and Takahashi
T. (1995) Feeding habits of Pacific cod larvae and
juveniles in Mutsu Bay, Japan, *Fisheries Sci.*, 61 (3),
415-422.
- 87) Takii K., Seoka M., Tanaka O., Furuta S., Naka-
mura M. and Kumai H. (1994) Chemical composition,
RNA and RNA contents, and alkaline phosphatase
activity with growth of Striped Jack larvae through
juveniles. *Fisheries Science*, 60 (1). 73-76
- 88) Tsukamoto K. and Shima Y. (1990) Otolith dai-
ly increment in Sandfish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*,
56 (7), 1083-1087.
- 89) Tytler P. and Calow P. (1985) Fish energetics new
perspectives. The Johns Hopkins Univ. Press in USA.
- 90) 田中克 (1975) 消化器官. 「水産学シリーズ 8 稚
魚の摂餌と発育」 恒星社厚生閣, 東京, 7-23.
- 91) Uye S. (1982) Length-weight relationships of im-
portant zooplankton from the Inland Sea of Japan.
Journ. Oceanogr. Soc. Japan, 38(3), 149-158.
- 92) 與世田兼三 (1988) ハタハタ資源添加技術開発
昭和61年度日裁協事業年報, 373-374.

あ と が き

ある魚種の資源増大を図ろうとする時、基本となるのは、対象の漁業実態の把握と生態的知見である。この上に立って具体的な手法を展開しない限り、その効果の発現は期待できないだろう。

また一般に、天然資源が自律的に更新している場合や資源の増減が物理環境のみに依存している場合は、人間の手による働きかけは不必要であることが多いと考えられる。あるいは、対象に対する人為的働きかけ自体が多すぎたくインパクトを与えない可能性もある。

しかし、ハタハタにおける現状のように、資源の再生産に対して漁獲が著しく大きな影響を与えていると判断される場合は、漁業管理の必要性が出てくる。また、産卵場が減少し再生産に影響を与えていると推察される場合は、産卵場の整備が検討されるべきである。さらに、人工的に添加し漁獲を安定させる手法として種苗生産・放流についてもその可能性を追求すべきである。放流された種苗は、その時点で天然魚と同様に漁業管理が行われ、成長に従い産卵に参加することにより、資源の確実な造成が図られることになる。

秋田県と日本栽培漁業協会がハタハタの種苗生産・放流に取り組んでから20年以上が経過しており、種苗の安定的な量産に関しては一定程度の水準に達したと考えられる。このような中で、両機関において「ハタハタの種

苗生産マニュアル」を作成しようとの声が出てきた。しかし、担当者としては、マニュアルの段階まで達していない、種苗放流後の追跡調査や放流効果調査が途上であり、とりまとめは時期尚早であるとの意見も出された。一方では、現在までに得られている知見をまとめるだけでも意味がある、種苗生産技術の背景となる生物特性に関する知見をまとめて欲しい、現状をまとめないと次のステップに移行できない、などの意見も出された。さらに、ハタハタ資源回復のために現在までに行ってきたハタハタの再生産形質、天然稚魚の出現状況、食性、資源などに関する知見は資源添加技術にフィードバックさせるべきものである。今回の印刷物についてはこれらの観点からとりまとめたが、ハタハタの資源添加に関する調査・研究はある意味ではエンドレスであり、今後とも、関係機関と協力しながら精力的に取り組んでいく必要がある。

最後になるが、ハタハタ資源の持続的な発展のために今後とも続く長い道のりの過程で、このようなとりまとめを行う機会を与えていただいた、日本栽培漁業協会、秋田県の関係者の皆様に心から感謝します。

秋田県水産振興センター所長
赤間 健太郎

栽培漁業技術シリーズ No. 8

ハタハタの生物特性と種苗生産技術

平成14年3月25日発行

発行 社団法人 日本栽培漁業協会
〒101-0047 東京都千代田区内神田3-14-8
ニシザワビル5階
電話 (03) 5296-3181(代)

印刷所 日昇印刷株式会社
〒104-0043 東京都中央区湊1-14-14
電話 (03) 3553-3161(代)