

エツ種苗生産における餌料の栄養強化の効果

松本 昌大・白石 日出人・篠原 直哉^a
(内水面研究所)

下筑後川漁業協同組合では、内水面研究所の指導の下、エツの人工種苗生産及び放流に取り組んでいる。しかし、孵化20日後ごろから大量斃死するなど、安定した生産が困難であった。また、放流効果向上のため、より大型かつ活力の高い種苗の放流が望まれている。そこで、本研究では、生物餌料（ワムシ及びアルテミア）の栄養強化を行い、その効果を検証した。栄養強化により、ワムシでは従来の培養では検出されなかったエイコサペンタエン酸やドコサヘキサエン酸が検出されるようになった。また、アルテミアではドコサヘキサエン酸が検出されるようになり、エイコサペンタエン酸の含有量が増加した。これらの栄養強化した餌料を与えると、エツ種苗の生残が向上した。この種苗の脂肪酸組成を調べたところ、ドコサヘキサエン酸含有量が大幅に増加していたことから、これまでの斃死の原因はドコサヘキサエン酸の不足によって生じるものではないかと推察された。また、栄養強化により成長も向上し、魚体が大型化するとともに、麻痺個体の減少など健苗性の向上が認められた。

キーワード：エツ、ワムシ、アルテミア、栄養強化、DHA、生残率の向上、成長の向上

エツ *Coilia nusus* は、日本では有明海と筑後川など有明海湾奥部の流入河川の河口域にのみ生息する¹⁾カタクチイワシ科の魚類である。本種は5月から8月にかけて河川を遡上し、感潮域の淡水域で産卵する。²⁻⁵⁾ この遡上群を対象として、筑後川では流しさし網が5月1日から7月20日まで操業されている。福岡県における流しさし網によるエツの漁獲量は、かつては100トン以上あったが、1985年以降減少し、2007年以降、20トン前後と低水準で推移している（図1）。また、環境省の汽水・淡水魚類のレッドリストにおいて、絶滅危惧Ⅱ類のカテゴリーに、水産庁の日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料⁶⁾では危急種のカテゴリーに位置づけられるなど、資源の減少が危惧されている。

このような背景から、内水面研究所では1996年よりエツの種苗生産技術に関する研究を行っている。1998年には下筑後川漁業協同組合に技術指導を行い、翌年からは同漁協がエツの人工種苗生産及び生産魚の放流を行っている。

エツの種苗生産の過程は以下のとおりである。流しさし網漁業者が漁獲した親魚を用い、船上において乾導法による人工授精を行い、受精卵を得る。受精卵は各漁業者が自宅に持ち帰り、現場でくみ置きした河川水を用いて、孵化させる。孵化仔魚は漁協の育成施設に持ち込み、

500l ないし1,000l の水槽に收容する。孵化仔魚にはこれまでの知見をもとに、^{7, 8)}孵化5日後からシオミズツボワムシ（以下、ワムシという。）を給餌し、10日後頃から徐々にアルテミアに切り替えて、約1ヶ月飼育している。生産した種苗は、漁業者自ら筑後川に放流している。

しかしながら、生産現場では、飼育20日以降から斃死がはじまり、30日後にはほとんど全滅してしまうこともあった。また、生き残った個体の中には体が屈曲したり、光や振動等の刺激を与えると麻痺するものもあった。このため現場からは、エツ種苗の安定した生産と健苗性の向上に関する技術開発が望まれている。

一般に海水魚の必須脂肪酸として、エイコサペンタエ

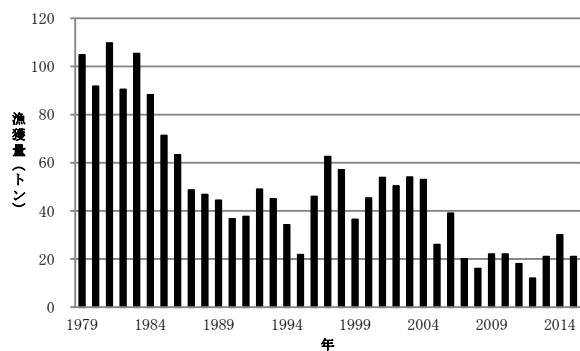


図1 福岡県におけるえつ流しさし網によるエツ漁獲量の推移（水産振興課調べ）

a 現所属：有明海研究所

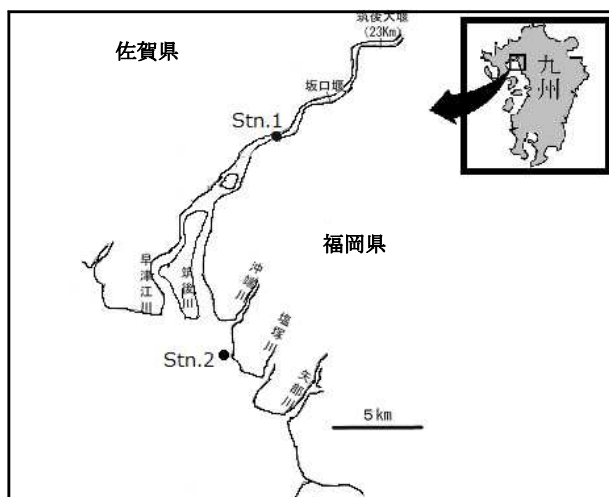


図2 調査点

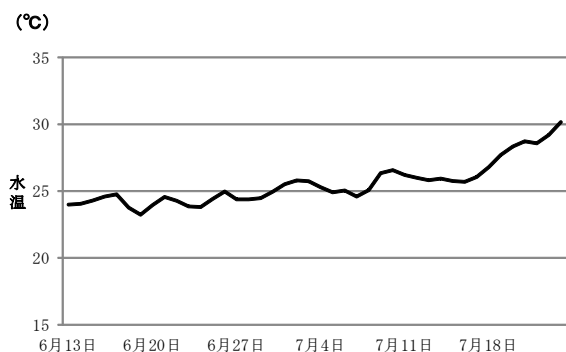


図3 飼育期間中の水温の推移

ン酸（以下、EPA という。）やドコサヘキサエン酸（以下、DHA という。）を含む n-3 系列の高度不飽和脂肪酸（以下、n-3HUFA という。）が知られている。エツの種苗生産における前述の現象は、海水魚の種苗生産において、このような必須脂肪酸の不足で引き起こされる症状に類似していた。⁹⁾ 一般に淡水クロレラで培養したワムシやアルテミアのような生物餌料はこのような必須脂肪酸が不足している¹⁰⁾ ことから、エツの異常はこれが原因の一つではないかと考えた。今回、一般に海水魚において n-3HUFA の中でも必須脂肪酸としての効果が高い DHA に着目し、エツへの餌料にこれを含む高度不飽和脂肪酸を付加した（以下、栄養強化という。）ところ、その効果が確認されたので、ここに報告する。なお、本研究は、有明海漁業振興技術開発事業（国補助）により実施された。

方 法

1. 天然魚の脂肪酸組成

筑後川河口から上流に約12.6km の河川域（Stn. 1 ;

表1 実験に供した各ラウンドの状況

	孵化日	試験開始日	試験終了日	収容尾数	
ラウンド1	2014.6.10	2014.6.13	2014.7.20	試験区	3,700尾
				対照区	3,700尾
ラウンド2	2014.6.12	2014.6.15	2014.7.22	試験区	9,300尾
				対照区	9,300尾
ラウンド3	2014.6.14	2014.6.17	2014.7.24	試験区	7,500尾
				対照区	7,500尾

表2 脂肪酸分析に供した個体数

	ラウンド1	ラウンド2	ラウンド3
試験区	775尾	915尾	885尾
対照区	1,311尾	1,005尾	986尾

図2)で2013年8月14日に稚魚ネット表層曳きにより採集された稚魚40尾（以下、川稚魚という。平均全長45.4 ± 6.8mm）、沖端川河口に位置する海域（Stn. 2 ; 図2）で同年8月6日にしげ網により採集された稚魚20尾（以下、海稚魚という。平均全長92.7 ± 6.5mm）について魚体中の脂肪酸組成を分析した。また、2012年7月19日に筑後川で流しさし網により漁獲された雌の成魚1尾（体長290.6mm）の筋肉と卵巣の脂肪酸組成を分析した。脂肪酸組成は、ガスクロマトグラフィー法によりミリスチン酸(14:0) から DHA (22:6n-3) までの19種類を分析し、100g 当たりの含有量（乾重量）として示した。

2. 餌料生物の栄養強化と脂肪酸組成

エツに与える餌料生物（ワムシ及びアルテミア）について、栄養強化した試験区と通常培養の対照区とで脂肪酸組成の比較を行った。また、2013年8月14日に Stn. 1（図2）において稚魚ネット表層曳きによりプランクトンを採集し、脂肪酸組成を分析した。これらのプランクトンはエツの摂餌選択性に従った分離が困難であったことから、夾雑物などを含む形で、湿重量30g 以上になるよう採集し、分析した。脂肪酸組成は、実験1で示した方法で分析し、100g 当たりの含有量（乾重量）として示した。

餌料生物の栄養強化は以下の方法で行った。

ワムシは通常、濃縮淡水クロレラ（生クロレラ V12 : クロレラ工業株式会社）を餌料として、塩分10、水温30°Cで培養している。試験区の栄養強化は、餌料を高度不飽和脂肪酸の豊富なクロレラ（スーパー生クロレラ V12 : クロレラ工業株式会社）に切り替えることで行い、これを毎日9時と16時に給餌した。また、9時の給餌の30分後にワムシを湿重量30g 以上になるように採集し、脂肪酸組成の分析に供した。対照区は、餌料を通常生クロレラ V12として、試験区と同様の給餌を行い、同様に検体を採集した。

表3 天然魚の脂肪酸含有量

脂肪酸の種類		稚魚		成魚		
		川	海	筋肉	卵巣	
ミリスチン酸	14:0	45.2	120.2	414.8	688.7	
ミリストレイン酸	14:1	0.0	15.0	0.0	59.1	
パルミチン酸	16:0	734.0	894.4	6,032.1	2,657.6	
パルミトレイン酸	16:1	62.1	186.7	1,411.0	2,726.2	
	16:2	30.7	46.7	57.8	0.0	
ステアリン酸	18:0	322.3	333.1	608.3	823.8	
オレイン酸	18:1	267.7	236.4	10,850.5	12,145.7	
リノール酸	18:2	n-6	34.9	100.1	192.7	390.0
α -リノレン酸	18:3	n-3	25.5	120.5	105.8	178.7
アラキジン酸	20:0		7.7	10.7	0.0	0.0
ガドレイン酸	20:1		0.0	0.0	96.1	115.5
アラキドン酸	20:4	n-6	134.7	141.1	181.5	291.1
エイコサペンタエン酸	20:5	n-3	315.8	595.1	1,351.9	1,755.1
ベヘン酸	22:0		0.0	0.0	0.0	0.0
エルシン酸	22:1		0.0	0.0	69.9	95.7
リグノセリン酸	24:0		41.2	29.5	0.0	0.0
ネルボン酸	24:1		40.9	31.6	0.0	0.0
テトラコサペンタエン	22:5	n-3	63.8	105.1	282.5	452.4
ドコサヘキサエン酸	22:6	n-3	688.8	619.0	1,011.2	2,334.8
未 同 定			964.8	1014.0	1,720.5	2,971.0
合 計			3,780.1	4,599.2	24,386.6	27,685.4

アルテミアは孵化直後の幼生を、栄養強化剤（パワフルブライン：株式会社北村）を乳化させた塩水（塩分30）に浸漬することで栄養強化した。浸漬時間は16時から翌日9時までの17時間とした。浸漬後、アルテミアを30g以上になるように採集し、脂肪酸組成の分析に供した。対照区は栄養強化剤を含まない塩水で同じ操作を行い、同様に検体を採集した。

3. 餌料の栄養強化による種苗の生残、成長の向上および脂肪酸組成の変化

栄養強化した餌料を与えた試験区と通常の餌料を与えた対照区とで、エツ種苗の生残や成長および飼育稚魚の脂肪酸組成の比較を行った。試験には、えつ流しさし網漁業者が孵化させた孵化仔魚（孵化2日後）を用い、これらは研究所屋内に設置した500ポリエチレンタンク水槽（黒）に収容した。エツの初期飼育の塩分には、1～3が適していることから、¹¹⁾飼育塩分は2とし、循環濾過方式で飼育した。なお、飼育水は加温冷却せず、期間中の水温は最高が30.2℃、最低23.2℃、平均25.5℃であった（図3）。

餌料としては、孵化5日後からワムシを、孵化10日後からアルテミアを与えた。試験区および対照区の餌料培

養は実験2の方法により行った。1回の給餌量については、生産現場の経験則から、ワムシについては飼育水1mlに対して40尾となる量、アルテミアについてはエツ1尾に対して360尾とした。飼育試験は3ラウンド行い、いずれも給餌は9時30分と16時の2回とした。各ラウンドの孵化日、試験開始日（収容日）、試験終了日、収容尾数は表1に示した。

飼育期間は孵化40日後までとし、斃死数は水槽収容直後を除き、孵化3日後から40日後まで毎日計数して、試験区と対照区の生残率の推移を比較した。

試験終了後（孵化40日後）にそれぞれから100尾ずつ回収し、全長を測定した。また湿重量30g以上になる尾数（表2）を採集し、実験1で示した方法により脂肪酸組成を分析し、魚体100g中に含まれる量（乾重量）として示した。

結 果

1. 天然魚の脂肪酸組成

天然魚の脂肪酸組成を表3に示した。魚体100g当たりの脂肪酸の総量は、川稚魚よりも海稚魚のほうが多か

表 4 餌料生物の脂肪酸含有量

(mg/100g)

脂肪酸の種類	ワムシ		アルテミア		天然プランクトン		
	試験区	対照区	試験区	対照区			
ミリスチン酸	14:0	61.3	75.6	97.9	81.3	200.6	
ミリストレイン酸	14:1	112.5	84.4	103.4	92.4	20.4	
パルミチン酸	16:0	549.0	657.9	1,312.6	1,119.0	789.8	
パルミトレイン酸	16:1	89.1	79.3	315.2	237.2	196.4	
	16:2	175.4	245.8	80.7	66.0	22.3	
ステアリン酸	18:0	145.2	173.1	672.8	553.6	382.5	
オレイン酸	18:1	75.9	94.6	2,448.7	2,068.4	64.3	
リノール酸	18:2	n-6	922.4	1,417.7	841.7	704.7	81.4
α-リノレン酸	18:3	n-3	265.3	361.3	3,450.6	3,088.4	127.2
アラキジン酸	20:0		0.0	0.0	24.7	19.6	11.2
ガドレイン酸	20:1		33.7	37.7	66.4	57.4	0.0
アラキドン酸	20:4	n-6	18.0	26.7	98.2	74.1	125.8
エイコサペンタエン酸	20:5	n-3	167.5	0.0	480.5	334.0	898.9
ベヘン酸	22:0		0.0	0.0	73.4	64.3	47.1
エルシン酸	22:1		21.3	23.3	80.8	63.9	18.1
リグノセリン酸	24:0		29.1	30.6	0.0	0.0	44.4
ネルボン酸	24:1		21.8	23.6	0.0	0.0	50.0
テトラコサペンタエン	22:5	n-3	79.6	0.0	0.0	0.0	51.6
ドコサヘキサエン酸	22:6	n-3	262.8	0.0	146.0	0.0	786.0
未 同 定			1,493.6	1,548.6	2,586.7	2,330.7	1,032.7
合 計			4,523.5	4,880.2	12,880.3	10,955.0	4,950.7

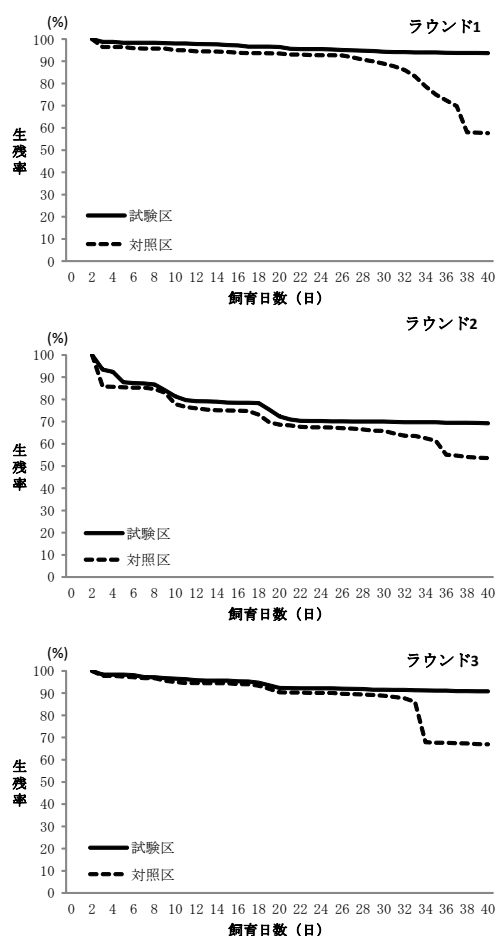


図 4 生残率の推移

った。成魚はさらに脂肪酸が多く、筋肉で海稚魚の5.3倍であった。成魚の筋肉と卵巣では脂肪酸の総量はほとんど変わらなかった。

海稚魚は川稚魚に対して、ミリスチン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、リノール酸、α-リノレン酸などが多く、n-3HUFA については、同様の比較でα-リノレン酸が4.7倍、EPA が1.9倍、テトラコサペンタエン酸が1.6倍と多く、DHA は0.9倍であった。成魚の筋肉は、海稚魚よりもミリスチン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、オレイン酸などが多く、n-3HUFA については、同様の比較でα-リノレン酸は0.9倍、EPA は2.3倍、テトラコサペンタ酸は2.7倍、DHA は1.6倍であった。成魚の卵巣は筋肉に対して、パルミチン酸以外の脂肪酸が多く、n-3HUFA については、同様の比較でα-リノレン酸は1.7倍、EPA は1.3倍、テトラコサペンタエン酸は1.6倍、DHA は2.3倍と多かった。n-3HUFA のみに着目すると、川稚魚、海稚魚、成魚（筋肉）、成魚（卵巣）の順に多い傾向があった。

2. 餌料生物の栄養強化と脂肪酸組成

餌料生物および天然プランクトンの脂肪酸組成を表 4 に示した。ワムシでは試験区と対照区で脂肪酸の総量はほぼ変わらなかった。n-3HUFA についてみると、対照区ではα-リノレン酸が多く検出されたものの、EPA、テトラコサペンタエン酸、DHA は検出されず、試験区ではこれらが全て検出された。

エツ種苗生産における餌料の栄養強化の効果

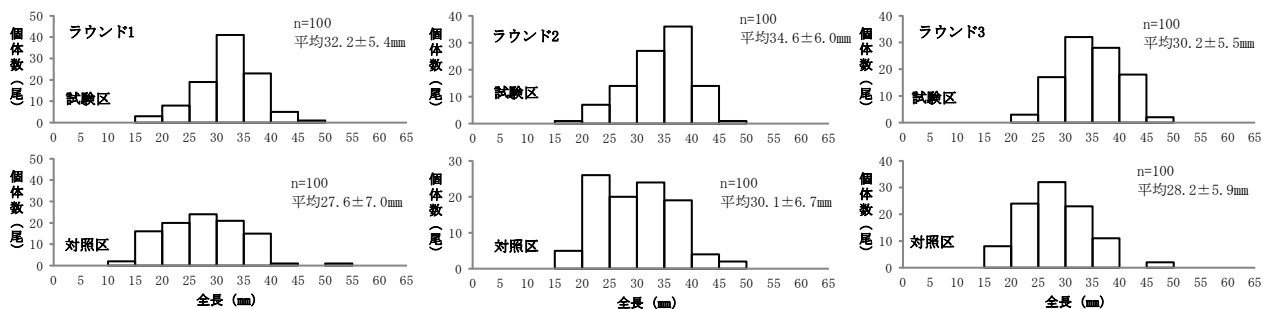


図5 孵化40日後の全長組成

表5 孵化40日後の脂肪酸含有量

脂肪酸の種類	ラウンド1		ラウンド2		ラウンド3		川稚魚
	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	
ミリスチン酸 14:0	27.1	36.8	21.5	27.1	18.8	28.9	45.2
ミリストレイン酸 14:1	16.4	29.3	13.7	21.4	11.5	21.3	0
パルミチン酸 16:0	711.1	782.2	615.8	691.9	603.9	748.2	734
パルミトレイン酸 16:1	46.9	71.6	37.2	52.3	47.3	66.6	62.1
16:2	42.1	47.6	37.6	40.4	34.8	44.1	30.7
ステアリン酸 18:0	461.0	483.5	401.3	423.2	412.0	481.2	322.3
オレイン酸 18:1	625.5	892.0	535.9	713.8	468.9	746.4	267.7
リノール酸 18:2	184.0	348.0	163.6	290.1	121.6	274.7	34.9
α-リノレン酸 18:3	363.5	834.5	336.4	626.5	186.9	529.3	25.5
アラキジン酸 20:0	18.2	18.9	14.1	14.9	13.6	17.4	7.7
ガドレイン酸 20:1	0.0	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0
アラキドン酸 20:4	175.4	147.2	156.7	144.5	148.0	160.3	134.7
エイコサペンタエン酸 20:5	316.5	289.5	299.2	268.7	210.2	278.8	315.8
ベヘン酸 22:0	40.6	51.8	36.5	40.8	35.4	48.8	0
エルシン酸 22:1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
リグノセリン酸 24:0	28.3	23.6	24.5	26.2	29.9	25.8	41.2
ネルボン酸 24:1	23.6	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0	40.9
テトラコサペンタエン 22:5	101.3	119.2	103.9	126.6	98.7	141.5	63.8
ドコサヘキサエン酸 22:6	645.8	89.7	510.3	79.7	505.8	104.0	688.8
未 同 定	900.1	1,379.4	835.7	1,129.3	725.9	1,128.2	964.8
合 計	4,727.4	5,673.5	4,143.9	4,717.4	3,701.2	4,845.5	3780.1

アルテミアでは脂肪酸の総量は試験区の方がやや多く、対照区の1.2倍であった。n-3HUFAでは、試験区、対照区ともにα-リノレン酸とEPAが検出され、試験区の方がやや多かった。DHAは試験区のみで検出され、テトラコサペンタエン酸は両区とも検出されなかった。その他の脂肪酸は全て試験区の方がやや多かった(1.1~1.4倍)。

天然プランクトンでは脂肪酸の総量は試験区のアルテミアより少なく(0.4倍)、試験区のワムシと変わらなかった(1.1倍)。天然プランクトンを試験区のワムシと比べると、ミリスチン酸やパルミトレイン酸、ステアリン酸、アラキドン酸、EPA、ネルボン酸、DHAなどが特に多く、DHAは試験区のワムシの3倍であった。同じく試験区のアルテミアと比べると、ミリスチン酸、EPA、DHAなどが特に多く、DHAは試験区のアルテミアの5倍であった。

3. 餌料の栄養強化による種苗の生残、成長の向上および脂肪酸組成の変化

試験期間中の生残率の推移を図4に示した。ラウンド

1では30日以降の対照区で生残率が減少したのに対し、試験区はほとんど斃死がなかった。最終的な生残率は試験区が93.7%に対し、対照区は57.6%であった。ラウンド2では27日まで試験区と対照区に生残率の差はみられなかったが、それ以降は対照区が生残率がより減少し、36日以降は大きく生残率が減少した。最終的な生残率は、試験区が69.3%で、対照区が53.6%であった。ラウンド3では33日以降に對照区が生残率が急激に減少した。最終的な生残率は試験区が90.8%で、対照区は67.0%であった。いずれのラウンドも試験区の方が対照区よりも有意に生残率が高かった(比率の差の検定:p<0.05)。

試験終了後(孵化40日後)の全長組成を図5に示した。ラウンド1の平均全長は試験区が32.2±5.4mmで、対照区は27.6±7.0mmであった。ラウンド2の平均全長は試験区が34.6±6.0mmで、対照区は30.1±6.7mmであった。ラウンド3の平均全長は試験区が30.2±5.5mmで、対照区は28.2±5.9mmであった。いずれのラウンドも、対照区よりも試験区の方が有意に大きかった(t検定:p<0.05)。

各ラウンドにおける試験区と対照区、実験1で示した

川稚魚の脂肪酸組成を表5に示した。脂肪酸の総量は、全てのラウンドにおいて試験区と対照区でほぼ変わらなかった。n-3HUFAについてみると、 α -リノレン酸は試験区より対照区の方が多く、1.3~2.3倍であった。DHAは対照区よりも試験区の方が多く4.9~7.2倍であった。各ラウンドの試験区と川稚魚の脂肪酸の総量を比較すると、試験区の方が多い傾向がみられた。組成をみると、ミリスチン酸やリグノセリン酸、ネルボン酸、DHAなどは、川稚魚の方が多く、オレイン酸、リノール酸、 α -リノレン酸、アラキジン酸、アラキドン酸、テトラコサペンタエン酸は試験区の方が多かった。DHAに着目すると、対照区では川稚魚の12~15%しかなかったが、試験区では川稚魚の73~94%と増加した。

考 察

餌料生物の脂肪酸分析から、天然プランクトンは従来培養していたワムシやアルテミアに比べ、海水魚の必須脂肪酸であるn-3HUFAのうち、EPAやDHAを豊富に含有していた。また、天然魚の脂肪酸分析から、天然魚は成長に伴い、n-3HUFAが高まっていることがわかった。これらのことから、天然魚はこのような天然プランクトンを摂餌し、成長とともにEPAやDHAの含有量を増加させるものと考えられた。また、雌成魚ではその筋肉中よりも卵巣のn-3HUFAの含有量が多かったことから、これらの脂肪酸を卵に蓄えていることが示唆された。特にDHAの増加は他のn-3HUFAに比べ大きく、優先的に卵に蓄えている可能性が考えられた。

餌料の栄養強化試験の結果、ワムシやアルテミアには天然プランクトンよりも少ないものの元来含有していなかったDHAが付加されていた。また、種苗飼育試験において、栄養強化した餌料を与えると、生残に向上がみられた。同時に、魚体のn-3HUFAのうち α -リノレン酸含有量は減少した一方、DHA含有量は4.9~7.2倍に増加した。これは天然の稚魚と比べると若干少ないか、ほぼ同等であった。このことから、現場の種苗生産において孵化20日後以降にみられる斃死は、卵から受け継ぎ体内に蓄えられたDHAが消費され、不足することによって生じるものではないかと推察された。したがって、DHAを主眼とした餌料の栄養強化は、エツ種苗の生残向上に効果を発揮するものと考えられた。

エツの人工種苗は、全長20mm以上で鰾が、全長35mm以上で消化管が発達し、全長40mm以上でほぼ成魚と同じ体型になる。⁹⁾したがって、放流の目安を十分な摂餌能力と遊泳力を有するであろう全長40mm以上の種苗とすることで、放流後の生残向上が期待できる。EPAや

DHAといったn-3HUFAには成長促進効果があることが多くの魚種で知られているが、⁹⁾本研究でもこれらを付加した栄養強化の餌料を与えた種苗は従来の餌料を与えた種苗に対して有意に全長が大きく、孵化40日で40mm以上の個体が全体の20~51%に達した。加えて、これまで大量斃死の問題で困難であった長期飼育が餌料の栄養強化によって可能となれば、大型種苗の安定生産につながり、放流効果の向上につながるものと考えられる。

下筑後川漁協でも今回の成果をもとに餌料の栄養強化を行った結果、2014年の生産では、生残率が前年の15%から35%に、日間成長率も0.51mm/dayから0.60mm/dayに向上した。

n-3HUFAの欠乏症の症状として、遊泳異常(ショック症状)、脊椎の湾曲や屈曲などが様々な魚類で知られている。⁹⁾n-3HUFAの一つであるDHAは、淡水魚では α -リノレン酸からの転換が可能であるが、海水魚では不可能であり、海水魚では淡水魚よりもDHAを強く要求する。⁹⁾エツもその一生のほとんどを汽水や海水で過ごすことから、その他の海水魚と同様に α -リノレン酸からのDHA転換ができないことが推察される。栄養強化した餌料を給餌すると、魚体中の脂肪酸含有量はn-3HUFAのうちDHAのみが大幅に増加した。よって、従来の種苗生産でみられたような種苗の遊泳異常や脊椎の異常は、DHAの不足が原因の一つと想定された。

餌料の栄養強化を実施する以前は、遊泳するエツを飼育水ごと容器に急激に汲み上げると、麻痺したように動けなくなる個体があった。下筑後川漁協生産施設の放流直前のエツに対して、この操作を行ったところ、栄養強化実施以前の2011年には、この割合が47.5%に達したが、栄養強化実施後の2014年には麻痺個体がなくなり、同時に脊椎の異常もみられなくなった。

以上のように、今回行ったエツ種苗に与える餌料の栄養強化の成果は、種苗の安定生産や大型化、健苗性の向上に寄与するものとして、既に現場での活動に役立っている。漁業者らは、エツ資源の回復に向け長年にわたり地道な種苗生産、放流活動を継続しており、研究所では今後も作業の軽減を含めた種苗生産技術の開発、改善に取り組みしていきたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、孵化仔魚の入手にご協力いただいた下筑後川漁業協同組合の塚本辰己中間育成センター長をはじめ、増殖委員、えつ流しさし網漁業者の皆様に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 田北徹. 有明海産エツについて. 長崎大学水産学部研究報告 1967 ; 22 : 45-56.
- 2) 田北徹. 有明海産エツ *Coilia* sp. の産卵及び初期生活史について. 長崎大学水産学部研究報告 1967 ; 23 : 107-122.
- 3) 石田宏一, 塚原博. 有明海及び筑後川下流域におけるエツの生態について. 九州大学農学部学芸雑誌 1972 ; 26(1-4) : 217-221.
- 4) 田北徹, 増谷英雄. エツ *Coilia nasus* の産卵域. 長崎大学水産学部研究報告 1979 ; 46 : 7-10.
- 5) 松井誠一, 富重信一, 塚原博. エツ *Coilia nasus* Temminck et Schlegel の生態学的研究Ⅱ-卵発生及び仔魚に及ぼす塩分濃度の影響. 九州大学農学部学芸雑誌 1986 ; 40(4) : 229-234.
- 6) 水産庁. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料. 1994 ; 160-168.
- 7) 林宗徳, 池田伸義. エツの卵稚仔調査と増殖について. 平成元年度福岡県有明水産試験場研究業務報告 1991 ; 61-67.
- 8) 篠原直哉. 種苗生産時におけるエツ稚魚の餌料の変化および諸器官の形成状況について. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2013 ; 23 : 9-16.
- 9) 竹内俊郎. 魚類の栄養と栄養素に対する要求. 「改訂魚類の栄養と飼料」(渡邊武編) 恒星社厚生閣, 東京. 2009 ; 115-134.
- 10) 渡邊武. 魚類の種苗生産と生物餌料. 「改訂魚類の栄養と飼料」(渡邊武編) 恒星社厚生閣, 東京. 2009 ; 186-203.
- 11) 福永剛, 浜崎稔洋. エツの受精, 孵化および初期飼育と塩分濃度. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 1998 ; 8 : 67-71.

