

# 昆虫サナギによるニシキゴイ稚魚の飼育成績向上試験

青柳敏裕・芦澤晃彦・坪井潤一

ニシキゴイ養殖の基礎となる当歳魚生産において、減耗の激しい1次選別までの歩留まりや成長の向上を図ることは、安定的に優良魚を生産するうえで重要な要素と考えられる。

近年、マダイにおいてイエバエサナギを魚粉代替原料として飼料に添加したところ、成長促進に加え免疫機能の向上が認められたことが報告され<sup>1)</sup>、機能的添加物として製品化されている。

そこでニシキゴイ稚魚の飼育成績向上を目的に、市販のイエバエサナギ（煮沸乾燥製品）を飼料に添加し、歩留まり向上や成長促進が図られるか検討した。同じく昆虫のササギ由来であり安価なカイコサナギ（市販の粉末状集魚剤）についても、同様な効果が認められるか併せて検討した。

## 材料及び方法

### サナギ投与試験

ニシキゴイ（紅白）の毛仔（3日令）を、比色法により1,400尾ずつ試験池6面（池面積5.7m<sup>2</sup>、放養密度約250尾/m<sup>2</sup>）に放養した。地下水（水温約17℃）の少量かけ流し飼育とし、放養から2週間、別途培養したミジンコを1日2回各池に等量散布した。

試験飼料の投与は放養2週間後から開始した。イエバエサナギ区（以下、「ハエ区」という。）、カイコサナギ区（以下、「カイコ区」という。）、対照区の3区を設け、1区2池あてとした。ハエ区は「乾燥マゴットさなぎ」（ファンクショナルフィード株式会社）をミルサーにより稚魚の大きさに応じて破碎したものを、カイコ区は「マルキューさなぎ粉」（マルキュー株式会社）を、こい用配合飼料（科学飼料研究所）にそれぞれ5%（内割り）混ぜ、飼料がマッシュの間は練り餌として、クランブルに切り替えた後はサナギ混合飼料をそのまま散布して与えた。対照区はこい用配合飼料のみを与えた。1次選別までは各池等量給餌とし、選別後は各池の魚体重の5%前後の給餌量とした。各サナギの添加は3次選別まで行った。

1次選別を40-46日令、2次選別を76-85日令、3次選別を146日令でそれぞれ行った。取り揚げ時に適宜全長と体重を測定し、選抜魚と淘汰魚の全数を計数して生残数とした。

ハエサナギまたはカイコサナギ（以下、総称するときは「昆虫サナギ」という。）の添加効果を検定するため、対照区を（ハエ添加，カイコ添加 = 0, 0）、ハエ区を（ハエ添加，カイコ添加 = 1, 0）、カイコ区を（ハエ添加，カイコ添加 = 0, 1）とし、飼育池の効果をランダム要因として一般化線形混合モデルを用いて解析を行った。なお、生残数の解析については二項分布を、その他の解析については正規分布を仮定し、統計ソフトR（バージョン2.14.0）を用いた。

## 生体防御能試験

3次選別から約半年後、採血容易な大きさに成長した1+魚（346日令）を用いて、非特異的生体防御能に対する昆虫サナギの添加効果を検討した。3次選別から試験までの間は、サナギ投与試験の池別に分けたまま飼育し、こい用配合飼料（科学飼料研究所）を給餌した。試験区の設定はサナギ投与試験と同一とし、供試2週間前から1日あたり総魚体重の5%量を給餌した。

2週間のサナギ添加飼料投与後、改良pondサイドキットマニュアル<sup>2)</sup>に基づき、尾部血管から採血して白血球貪食能及び血漿リゾチーム活性を測定した。白血球貪食能の測定には各池30尾、血漿リゾチーム活性の測定には各池10尾を供試した。なお、白血球貪食能測定にあたり、ザイモサン感作のインキュベート条件は供試魚の水温履歴を考慮して20℃、30分としたほか、機器の都合により毛細管の遠心分離を室温で行った。また、リゾチーム活性測定にあたり、マニュアルから25℃を淡水魚血漿のインキュベート温度とみなして25℃でインキュベートした。

## 結果及び考察

### サナギ投与試験

3次選別までの飼育成績を表1に示す。人為淘汰のない1次選別時の生残数について、昆虫サナギ各区はそれぞれ対照区に対して有意に生残数が多く（ハエ区  $p<0.001$ 、カイコ区  $p=0.008$ ）、昆虫サナギ区間に有意差は認められなかった（ $p=0.51$ ）。すなわち昆虫サナギを飼料に5%添加することで、ニシキゴイ稚魚の初期生残の向上が期待できるものと考えられた。

成長について平均値の開きが大きい3次選別の体重をみると、ハエ区の成長が最もよくカイコ区の成長が劣るように思われたが、昆虫サナギ各区と対照区間に有意差は認められなかった（ハエ区  $p=0.41$ 、カイコ区  $p=0.40$ ）。しかしハエ区は他の2区より顕著に餌の嗜好性が向上しており（図1）、等量給餌により明確な差が生じなかった可能性が考えられた。そのためハエサナギによるニシキゴイの成長促進効果を判断するには、給餌方法に検討の余地があると考えられた。

表1 飼育成績

	1次選別				2次選別			
	生残数	選抜数	全長(cm)	体重(g)	生残数	選抜数	全長(cm)	体重(g)
対照区1	1,128	182	5.1±0.7	2.3±1.1	156	62	8.7±1.3	12.6±5.4
対照区2	896	196	5.4±0.8	2.9±1.4	119	35*	7.5±1.0	8.2±3.3
ハエサナギ区1	1,204	106	4.9±0.8	2.1±0.9	80	33*	8.7±1.1	12.2±5.3
ハエサナギ区2	1,331	213	5.1±0.7	2.1±0.8	162	62	7.8±0.9	9.0±3.4
カイコサナギ区1	1,230	79	4.1±0.6	1.2±0.5	61	6*	7.5±0.9	7.9±3.0
カイコサナギ区2	1,262	330	5.0±1.0	2.4±1.4	237	78	7.8±0.9	8.8±3.4

放養数各1,400尾。全長・体重は平均値±標準偏差（n=30）

※2次選別の選抜数；対照区2は選抜数35尾に淘汰15尾を、ハエサナギ区1は選抜33尾に淘汰17尾を、カイコ区1は選抜6尾に淘汰44尾を加え、それぞれ50尾を3次選別まで飼育

表1 飼育成績（続き）

	3次選別			
	生残数	形付数	全長(cm)	体重(g)
対照区1	38	16	10.5±1.4	20.9±9.0
対照区2	37	22	8.6±1.1	12.5±5.4
ハエサナギ区1	49	22	10.6±1.9	24.2±18.4
ハエサナギ区2	42	19	9.5±1.3	16.3±6.9
カイコサナギ区1	43	13	8.8±0.9	12.7±3.8
カイコサナギ区2	36	11	9.5±1.3	13.3±4.8

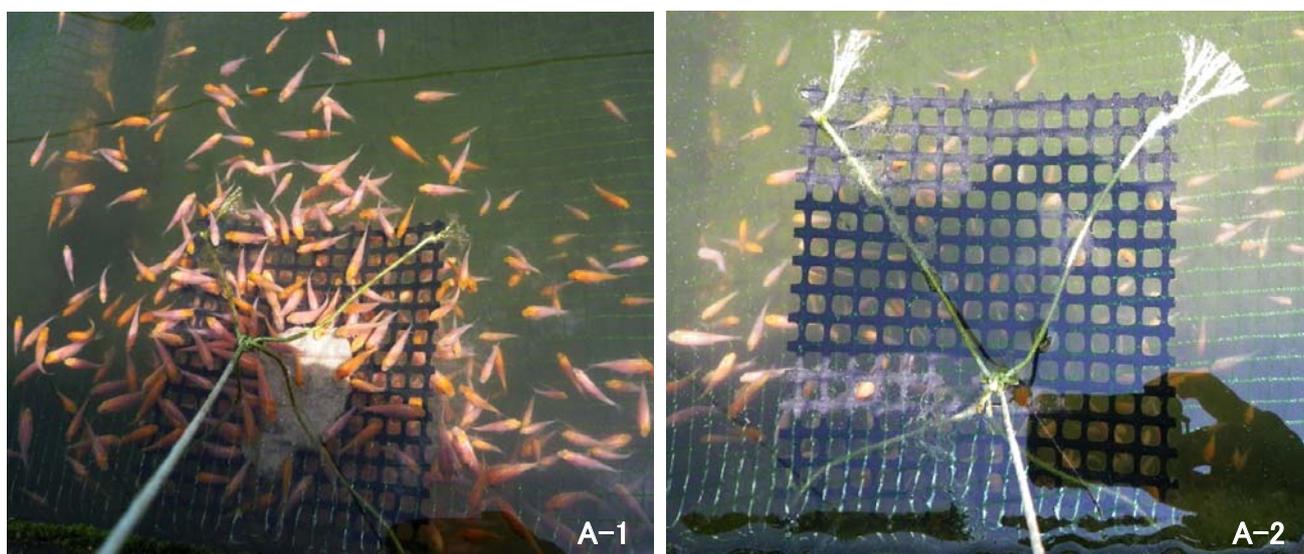


図1 各区の摂餌状況（30日令） A；ハエサナギ区（枝番1・給餌直後，枝番2・給餌30分後）

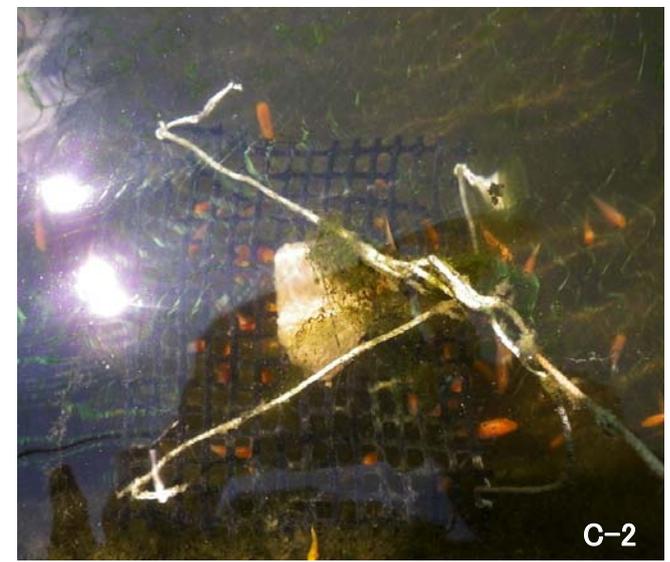
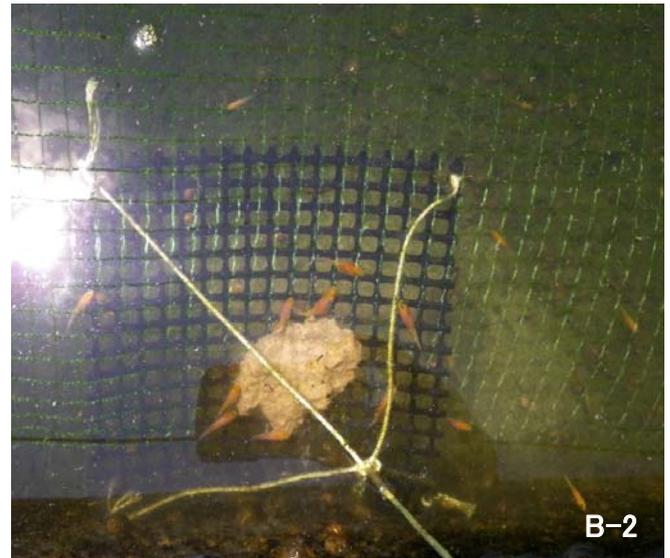
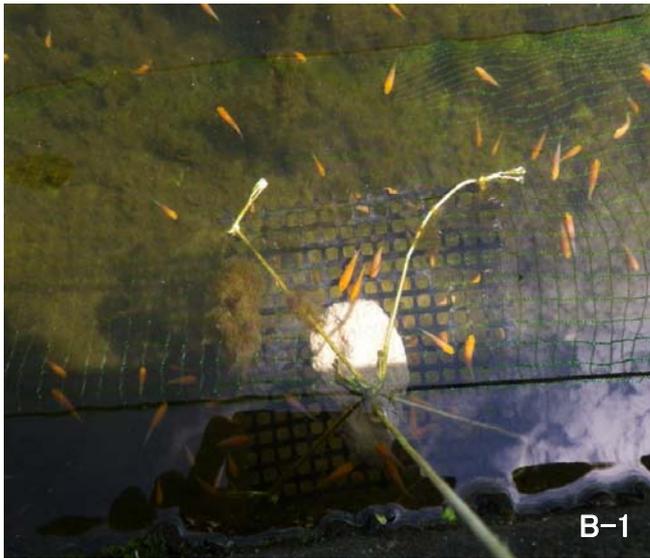


図1 摂餌状況 B ; カイコ区, C ; 対照区 (枝番 1 : 給餌直後, 枝番 2 : 給餌 30 分後)

### 生体防御能試験

結果を表 2 に示す。白血球貪食率について、昆虫サナギ各区はそれぞれ対照区より有意に高く(ハエ区  $p=0.004$ , カイコ区  $p=0.011$ )、昆虫サナギ区間に有意差は認められなかった ( $p=0.09$ )。ハエ区では白血球貪食指数も対照区に対して有意に高かった ( $p=0.012$ ) が、カイコ区の貪食指数は対照区に対して有意差は認められなかった ( $p=0.056$ )。

血漿リゾチーム活性について、昆虫サナギ各区はそれぞれ対照区に対して有意差は認められなかった(ハエ区  $p=0.94$ , カイコ区  $p=0.84$ )。

表 2 生体防御能試験結果

	白血球貪食能 (n=30)		血漿リゾチーム活性 (n=10)
	貪食率	貪食指数	
対照区 1	9.6±4.0	3.6±2.8	776.3±448.3
対照区 2	14.0±4.2	4.1±2.1	515.9±367.0
ハエサナギ区 1	26.0±6.8**	5.5±1.3*	753.1±367.5
ハエサナギ区 2	30.1±8.6**	5.9±1.7*	559.2±345.9
カイコサナギ区 1	21.4±7.8**	4.9±1.3	514.6±307.2
カイコサナギ区 2	24.9±6.6**	4.9±1.7	722.1±509.2

平均値±標準偏差

\*\*: $p<0.01$ , \*: $p<0.05$ ,  $p$  値はそれぞれ対照区との比較

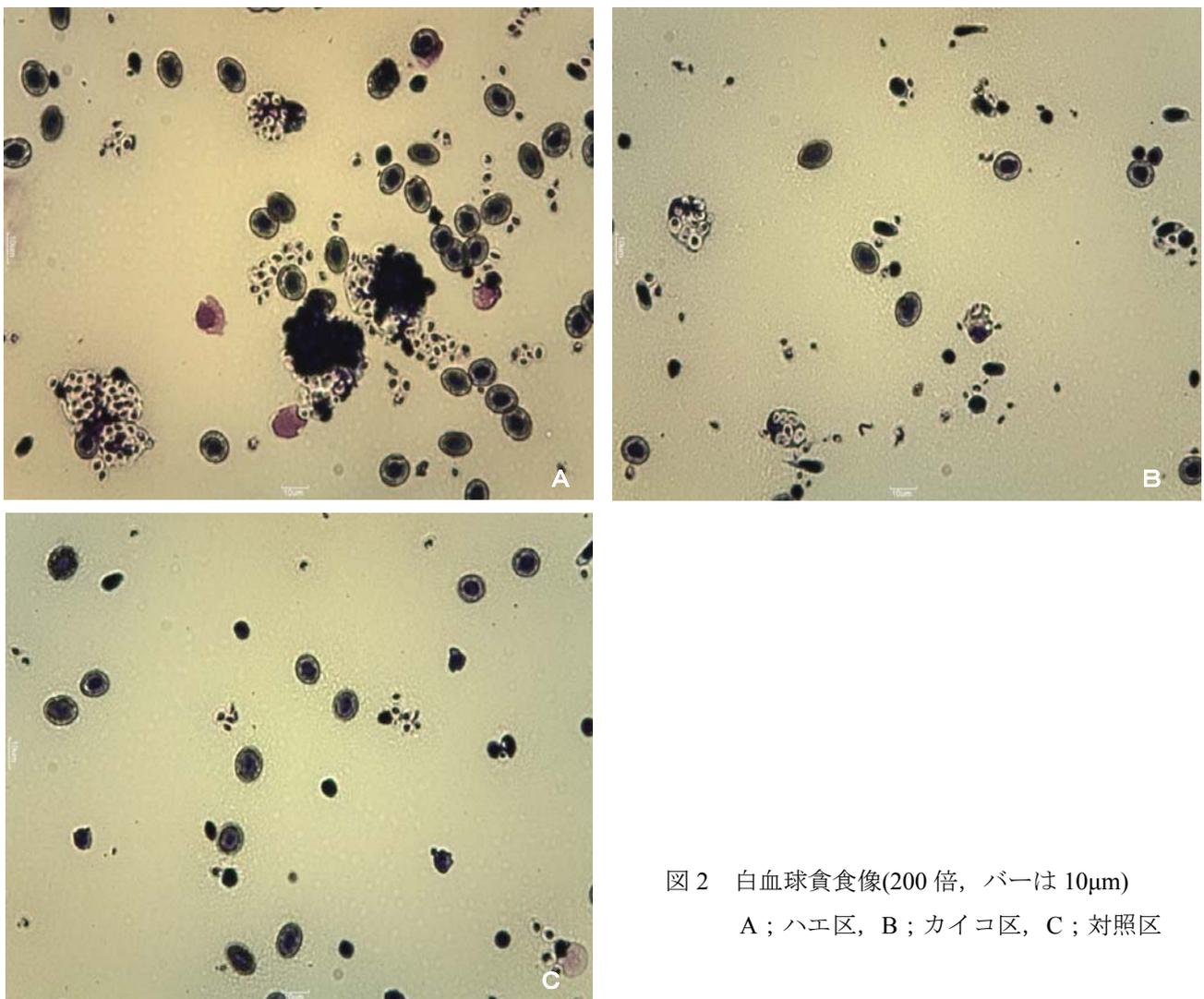


図 2 白血球貪食像(200倍, バーは 10µm)  
A ; ハエ区, B ; カイコ区, C ; 対照区

生体防御能試験の結果、昆虫サナギ由来製品を飼料に2週間添加することで、ニシキゴイの白血球貪食能が賦活化されることが示された(表2, 図2)。魚類の生体防御について、マダイでは抗体産生が可能となるのにふ化後25-30日程かかるなど、小型卵で短期間に発生する魚類の多くはふ化時にリンパ系組織が未発達であるとされる<sup>3)</sup>。仔魚の生体防御には非特異的防御機構こそ重要と考えられている<sup>3)</sup>ことから、1次選別(40-46日令)の際に認められたニシキゴイ稚魚の生残向上には、昆虫サナギ添加による非特異的防御能の賦活化が寄与している可能性が考えられた。

## 要約

1. ニシキゴイ稚魚の飼育成績向上を目的として、市販飼料に5%量の昆虫(ハエまたはカイコ)サナギ製品を添加し、生残、成長について検討した。
2. 1次選別の結果から、昆虫サナギの添加によりニシキゴイの初期生残が向上するものと期待された。
3. 昆虫サナギの添加による成長促進効果は確認できなかったが、ハエサナギを添加した場合のニシキゴイの嗜好性向上は顕著であり、給餌方法(飽食給餌等)によっては成長促進効果も期待できると考えられた。
4. 昆虫サナギの添加によりニシキゴイの白血球貪食能が賦活化されることが示され、初期生残向上に寄与している可能性が考えられた。

## 文献

- 1)三浦猛(2010):魚粉代替飼料原料としてのイエバエ幼虫とサナギの有効性, 養殖, 588, 44-46.
- 2)日本水産資源保護協会(1998):改良pondサイトキットマニュアル(平成9年度版)
- 3)鈴木譲(2002):第12章 生体防御. 魚類生理学の基礎, 恒星社厚生閣, 東京, 233-247.