



# 지수식 양식장의 수온, 사육밀도, 어체크기가 필리핀산 뱀장어(*Anguilla bicolor pacifica*) 성장에 미치는 영향

최혜승 · 김형곤 · 이정호 · 김봉래 · 이영식\*  
(국립수산과학원 내수면양식연구센터)

## Effects of Water Temperature, Stocking Density and Size Variation on Growth of Philippines eel (*Anguilla bicolor pacifica*) at Intensive Pond Culture System

Hye-Sung CHOI · Hyoung-Gon KIM · Jeong-Ho LEE · Bong-Rae KIM · Young-Sik LEE†  
(Inland Aquaculture Research Center, NFRDI)

### Abstract

To develop aquaculture technologies for Philippines eels (*Anguilla bicolor pacifica*), replacing Japanese eels (*Anguilla japonica*), three different culture experiments were conducted with water temperature(30 days), stocking density by fish size(60 days), size variation(360 days) at different water temperatures, fish sizes and stocking densities in intensive pond culture systems for 360 days. The fish group at 29°C showed the best yield (mean weight of 0.98±0.03 g, survival rate of 96.33±1.26%, specific growth rate of 5.77±0.24% and feed conversion rate of 1.18±0.05) than other water temperature. Optimum yields for mean weights of 3 g, 8 g, 13 g, 18 g and 40 g were found at 469 eels/m<sup>2</sup>, 78~156 eels/m<sup>2</sup>, 78~156 eels/m<sup>2</sup>, 78~156 eels/m<sup>2</sup> and 78 eels/m<sup>2</sup>, respectively(p<0.05). The growth yields of large, medium, and small size groups were 213.20±108.02 g, 145.67±51.10 g, and 7.88±4.98 g, respectively and the feed conversion rate of the small group with low growth rate were not as good as those in the other groups. Eels in the large size group could reach the marketable size in 360 days, while eels showing the growth retardation occupied 10.5~19.0% in total population.

**Key words :** Philippines eel, Pond culture system, Rearing density, *Anguilla bicolor pacifica*

### I. 서론

뱀장어는 다른 어종에 비하여 단백질, 지방, 무기질 등이 풍부하게 함유되어 있어 건강기호 식품으로 각광받고 있다(Kim et al., 2008). 국내에서 필요한 종묘량은 연간 40~50톤이지만 소상량의 변동에 따라 많게는 7톤, 적게는 2~3톤이 채포되고 있어 가격 상승의 원인이 되고 있다.

이에 따라 뱀장어류의 양식의 필요성이 대두되

고 있어 현재는 자연자원의 회복과 보존을 목적으로 유럽과 국내를 비롯한 아시아 일부지역에서 이루어지고 있다. 한편, 국내에서는 뱀장어 주요 양식종인 극동산 뱀장어(*Anguilla japonica*) 종묘의 남획과 자연환경의 변화로 어획량이 감소 추세에 있으며, 뱀장어 양식에 관련된 연구들도 인공먹이 다루기(Kim and Joo, 1967), 뱀장어 초기사육에 관한 연구(Kim and Jo, 1974), 순환여과식을 이용한 뱀장어 양식에 관한 연구(Kim et al., 1977),

† Corresponding author : 055-540-2740, namdu@korea.kr

\* 이 논문은 국립수산과학원 연구비(R2016019)에 의해 연구되었음.

Pellet을 이용한 수조 내 뱀장어 사육실험(Kim and Lee, 1981), 유럽산 및 북미산 민물장어 양식 기술 개발에 관한 연구(Ministry of ceans and Fisheries, 2000) 등으로 극동산 뱀장어에 대한 연구가 주를 이루고 있어 대체 양식어종에 대한 연구가 필요한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서의 실험재료인 필리핀산 뱀장어(*Anguilla bicolor pacifica*) 종묘는 가격이 저렴하고 자원량도 풍부하여 양식 종묘로 이점이 많지만 이 종에 대해서는 생물학적 기초자료 외에 양식을 위한 자료는 국내·외적으로 정립되지 않은 상황이다.

이에 따라 본 연구에서는 필리핀산 무태장어(*Anguilla marmorata*)에 비해 낮은 수온에서는 민감한 반응을 보이거나, 성장속도가 빠르고 극동산 뱀장어와 형태가 유사하며(Luo et al., 2013) 값이 싸고 자원이 풍부한 필리핀산 뱀장어의 양식기술을 개발하는데 그 목적이 있다.

이를 위해 본 연구에서는 지수식에서의 사육 수온, 사육밀도, 어체크기가 필리핀산 뱀장어 성장에 미치는 특성을 확인하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 수온실험

필리핀산 실뱀장어 적정 사육 수온을 알아보기 위하여 양성실험을 하였다. 수온은 23, 26, 29 및 32℃까지 3℃ 간격으로 설정하였으며, 실험구별 각각 200마리/0.64m<sup>3</sup>(313마리/m<sup>3</sup>) 3반복으로 설정하여 30일간 사육실험을 하여 성장도와 생존율을 조사하였다.

사육실험은 FRP수조(0.8m×0.8m×0.8m)를 사용하였고, 수온은 히터(220V,1kW) 및 자동온도 감지기(0.1℃ 조절가능)를 설치하여 유지하였다. 사료(단백질 함량 52%, 백자용 배합사료, 수협, 경남 의령군)를 반죽하여 뱀장어 몸무게의 4%를 매일 급여하였다.

### 2. 크기 및 사육밀도실험

크기 및 사육밀도별 양성실험을 위해 최초 실험어류를 400, 300, 200, 100, 50마리/0.64m<sup>3</sup>(625마리/m<sup>3</sup>, 469마리/m<sup>3</sup>, 313마리/m<sup>3</sup>, 156마리/m<sup>3</sup>, 78마리/m<sup>3</sup>)로 사육지에 각각 3반복으로 수용하였다. 실험어류가 성장함에 따라 2개월간 수용밀도를 최초 수용밀도로 재조정 하였고, 총 4단계 성장 실험에 걸쳐 실험 어류의 성장도와 생존율을 조사하였다. 실험 사육 시설을 FRP수조(0.8m×0.8m×0.8m)를 설치하여 실험에 사용하였고, 사육용수의 수온은 히터(220V, 1kW) 및 자동온도 감지기(0.1℃ 조절가능)를 설치하여 수온을 유지하였다. 실험구의 수온은 29±1℃로 설정하였고, 사료(단백질 함량 49%, 치만용 배합사료, 수협, 경남 의령군)를 반죽하여 뱀장어 몸무게의 3~4%를 매일 급여하였다.

### 3. 수질 모니터링

수질관리는 실험기간 동안 뱀장어 성장에 영향을 미칠 수 있는 수온, 수소이온농도(pH), 용존산소량(DO), 암모니아성 질소(TAN), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N) 등을 조사하여 뱀장어의 사육 조건에 영향이 없는 범위로 관리하였다.

수온, 수소이온농도, 용존산소량은 YSI 600 XL(YSI Nanotech, Yellow Springs, Ohio, USA)을 이용하여 측정하였으며, 어류에 급성 독성을 주는 암모니아성 질소와 아질산성 질소는 0.45 μm의 여과지로 여과 후 Spectroquant®의 시약으로 발색시켜 암모니아성 질소 690nm, 아질산성 질소 525nm에서 1cm cell로 흡광도를 측정하여 농도를 분석하였다(NOVA 60).

### 4. 통계 처리

각 실험의 결과 값은 평균±표준편차의 값을 구했으며, 실험구간 유의성 검증(p<0.05)은

Software PASW Statistics version 21.0(IBM, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA test 또는 Two-way ANOVA test와 Duncan test로 검증하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 수온실험

수온별 성장도 및 생존율을 조사한 결과, 전 사육기간(30일)을 통하여 수온 23℃는 총 체중 35.91±0.59 g에서 112.79±7.28 g으로 증가하여 76.88±6.69 g이 증체되었으며, 생존율은 85.83±3.25%이었다. 26℃는 총 체중 35.02±1.52 g에서 150.37±3.80 g으로 증가하여 115.35±2.70 g이 증체되었으며, 생존율은 91.33±1.53%이었다. 29℃는 총 체중 34.71±1.61 g에서 188.79±5.32 g으로 증가하여 154.09±6.14 g이 증체되었으며, 생존율은 96.33±1.26%이었다. 32℃ 실험구는 총 체중 34.90±0.28 g에서 148.96±4.12 g으로 증가하여 114.06±3.96 g이 증체되었으며, 생존율은 92.33±1.26%이었다. 사료계수(FCR)는 수온 23℃ 실험구는 2.36±0.20, 26℃는 1.57±0.04, 29℃는 1.18±0.05, 32℃는 1.58±0.05이었으며, 일간 성장률(SGR)은 각각 4.32±0.05, 5.16±0.04, 5.77±0.24, 5.10±0.06%이었다(<Table 1>).

이상의 결과를 종합해보면 성장, 생존율, 일간 성장률에서 모두 수온 29℃ 실험구가 가장 높았고, 32℃와 26℃ 실험구는 29℃ 실험구와 비교하여 약간 낮았으며, 23℃ 실험구는 29℃ 실험구보다 현저하게 낮은 것을 확인할 수 있었다 ( $p<0.05$ ).

또한 사료계수에서는 29℃ 실험구가 가장 낮았고, 32℃와 26℃ 실험구는 29℃ 실험구와 비교하여 약간 높았으며, 23℃ 실험구는 29℃ 실험구보다 현저하게 높았다.

Kim & Jo(1974)에 의하면 극동산 뱀장어는 30℃에 가까울수록 성장이 증가하나 31℃ 이상으로 수온이 상승하면 성장이 감소한다고 알려져 있다. 이번 실험의 필리핀산 뱀장어는 29℃에서 성장이나 사료 효율 등이 가장 높았고, 그 이하에서는 수온이 낮을수록 성장이나 사료 효율이 낮아졌으며, 29℃보다 높은 32℃에서 성장이나 사료 효율이 낮아져 기존의 극동산 뱀장어의 경우와 비슷한 결과를 확인할 수 있었다. 그리고 Kim and Lee(1981)는 크기가 25.6 g인 극동산 뱀장어에 고형 사료를 공급한 경우 사료계수가 1.05(사료효율 95.2%)로 이번 실험에서 사료계수 1.18~2.36보다 다소 낮았으며, 일간 성장률은 Kim and Lee(1981)가 발표한 1.3%보다 4.32~5.77%로 수치가 높음을 확인할 수 있었다.

<Table 1> Growth and Survival rate of eel, *Anguilla bicolor pacifica* by water temperature\*

W.T.	No. of eel	Initial		Final		Weight gain (g)	Survival rate (%)	Feed intake	FCR**	SGR***
		Body weight(g)	Total weight(g)	Body weight(g)	Total weight (g)					
23℃	200	0.18±0.00 <sup>a</sup>	35.91±0.59 <sup>a</sup>	0.66±0.02 <sup>a</sup>	112.79±7.28 <sup>a</sup>	76.88±6.69 <sup>a</sup>	85.83±3.25 <sup>a</sup>	180.81±0.10 <sup>ab</sup>	2.36±0.20 <sup>c</sup>	4.32±0.05 <sup>a</sup>
26℃	200	0.18±0.01 <sup>a</sup>	35.02±1.52 <sup>a</sup>	0.82±0.03 <sup>b</sup>	150.37±3.80 <sup>b</sup>	115.35±2.70 <sup>b</sup>	91.33±1.53 <sup>b</sup>	181.02±0.40 <sup>ab</sup>	1.57±0.04 <sup>b</sup>	5.16±0.04 <sup>b</sup>
29℃	200	0.17±0.01 <sup>a</sup>	34.71±1.61 <sup>a</sup>	0.98±0.03 <sup>c</sup>	188.79±5.32 <sup>c</sup>	154.09±6.14 <sup>c</sup>	96.33±1.26 <sup>c</sup>	181.63±0.16 <sup>b</sup>	1.18±0.05 <sup>a</sup>	5.77±0.24 <sup>c</sup>
32℃	200	0.17±0.00 <sup>a</sup>	34.90±0.28 <sup>a</sup>	0.81±0.02 <sup>b</sup>	148.96±4.12 <sup>b</sup>	114.06±3.96 <sup>b</sup>	92.33±1.26 <sup>b</sup>	180.48±1.06 <sup>a</sup>	1.58±0.05 <sup>b</sup>	5.10±0.06 <sup>b</sup>

\*Means±S. D. of triplication. Values in the same column sharing a common superscript are not significantly different ( $p<0.05$ ).

\*\*Feed conversion ratio(FCR)=Feed intake(g)/Weight gain(g)

\*\*\*Specific growth rate(SGR, %/day)=[(Ln(final weight)-Ln(initial weight)]×100/days

일반적으로 양식장에서 극동산 뱀장어의 경우 1년을 양식하여 출하하지만 필리핀산 뱀장어는 2년을 키워야 출하할 수 있다고 알려져 있다. 따라서 이번 실험결과를 미루어보아 극동산 뱀장어보다 필리핀산 뱀장어가 사료 효율이나 성장도가 떨어지기 때문에 출하까지 2년이라는 시간이 필요한 것으로 판단된다.

## 2. 사육밀도별 사육실험

개체 크기별 사육 적정 사육밀도를 조사한 결과, 개체크기가 3 g 일 때 생존율은 사육밀도가 469, 78마리/m<sup>2</sup>에서 91% 이하였으며, 313, 156마리/m<sup>2</sup>에서 93% 이상으로 469, 78마리/m<sup>2</sup>보다 높은 것을 확인할 수 있었다(p<0.05). 그리고 사료 효율이나 일간 성장률은 사육밀도에 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다. 개체크기가 8 g일 때 생존율은 사육밀도가 469와 313마리/m<sup>2</sup>에서는 87% 이상으로 다른 사육밀도보다 높았으며, 일간 성장률은 사육밀도가 낮을수록 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 개체크기 13, 18, 40 g에서는 469마리/m<sup>2</sup>의 사육밀도가 높아서 결과 값에서 제외하였다. 생존율은 사육밀도와 무관하게 모두 94% 이상으로 개체크기 8 g 이하보다 높았고 일간 성장률은 사육밀도가 낮을수록 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다(<Table 2>). 실험 결과를 종합해보면 일간 성장률을 기준으로 필리핀산 뱀장어의 경우 단위면적(m<sup>2</sup>)당 개체크기가 3 g일 때 <469마리/m<sup>2</sup>, 8~18 g은 <156마리/m<sup>2</sup>, 40 g은 <78마리/m<sup>2</sup>까지 방양하여 사육할 수 있을 것으로 판단된다.

극동산 뱀장어는 단위면적(m<sup>2</sup>)당 개체의 크기가 1 g일 때 310마리, 5 g은 230마리, 8 g은 140마리, 15 g은 125마리까지 방양하여 사육할 수 있다(Ministry of Oceans and Fisheries 2000). 또한 우리나라 지수식 개인 양만장에서는 극동산 실험장어를 단위면적(m<sup>2</sup>)당 120~790마리까지 방양하여 순치를 하고 1~2 g일 때는 240~350마리/m<sup>2</sup>

를 방양하며, 성장함에 따라 최종 52~70마리까지 사육밀도를 조절하여 1 kg당 5마리의 식용어를 생산하고 있다. 따라서 필리핀산 뱀장어의 경우 실험장어 시기에는 극동산 뱀장어보다 높은 사육밀도에서 사육이 필요하고, 성장함에 따라 극동산 뱀장어와 비슷한 사육밀도에서 사육이 가능할 것으로 판단된다.

## 3. 지수식 사육실험

지수식 사육지(PP 원형수조: Ø 3.8m, 11.3m<sup>3</sup>)에서 가장 낮았으며, 일간 성장률은 대그룹이 0.24~1.16%, 중그룹은 0.64~2.22%, 소그룹은 0.58~2.91%였고 전 사육기간 폐사는 거의 없는 것으로 확인되었다(<Table 3>).

지수식 사육실험 기간 동안 그룹별 평균체중의 변화를 나타내었다. 사육기간 240일까지는 전 그룹에서 2배 정도의 체중 증가가 있었으나 그 이후는 성장함에 따라 체중 증가율이 감소 하였다.

성장도 측정 시 12개월 후 체중조성의 분포를 보면 성장이 양호한 대그룹은 식용어(3~4미/kg)로 판매가 가능한 정도의 비율이 62.8%였고, 중그룹은 7미/kg의 비율이 35.7%였으며 성장이 둔한 소그룹에서는 100미/kg의 열성어 비율이 13.5%였다(<Table 4>).

Ministry of Oceans and Fisheries(2000)에 의하면 6개월 사육 시 극동산 뱀장어는 성장이 둔한 열성어가 9.7%, 유럽산 뱀장어는 10.4%, 북미산 뱀장어는 15.6%가 확인되었다고 하였으며, 일반 개인 양식장에서 극동산 뱀장어의 경우 6개월 사육 시 열성어가 약 15% 정도가 확인된다고 하였다. 본 실험에서 10.5~19.6%의 열성어가 나타나는 현상은 Ministry of Oceans and Fisheries(2000)보다 높지만 일반 양식장의 열성어 비율과 비슷한 수치임을 확인할 수 있다.

<Table 2> Growth characteristic of eel, *Anguilla bicolor pacifica*, by size and density\*

Size (g)	Density (No. of eel/m2)	Initial		Final		Weight gain (kg)	Survival rate (%)	Feed intake	FCR**	SGR****	
		Body weight (g)	Total weight (kg)	Body weight (g)	Total weight (kg)						
3	469	2.80±	0.84±	6.41±	1.70±	0.86±	88.40±	3.84±0.21 <sup>a</sup>	3.3±0.1 <sup>a</sup>	1.38±	
		0.15 <sup>a</sup>	0.05	0.44 <sup>a</sup>	0.06	0.02 <sup>c</sup>	5.52 <sup>a</sup>				0.15 <sup>a</sup>
	313	2.75±	0.55±	5.89±	1.11±	0.56±	93.80±	7.48±4.96 <sup>a</sup>	3.6±1.2 <sup>a</sup>	1.26±	
		0.26 <sup>a</sup>	0.05	1.06 <sup>a</sup>	0.23	0.18 <sup>b</sup>	2.93 <sup>ab</sup>				0.15 <sup>a</sup>
		2.83±	0.28±	6.85±	0.67±	0.39±	98.30±				1.47±
156	0.12 <sup>a</sup>	0.01	0.23 <sup>a</sup>	0.03	0.03 <sup>b</sup>	2.08 <sup>b</sup>	6.25±0.96 <sup>a</sup>	2.4±0.2 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>		
78	3.00±	0.15±	6.71±	0.30±	0.15±	90.70±	22.05±9.81 <sup>b</sup>	3.2±0.7 <sup>a</sup>	1.33±		
0.00 <sup>a</sup>	0	0.94 <sup>a</sup>	0.04	0.04 <sup>a</sup>	2.31 <sup>a</sup>	0.23 <sup>a</sup>					
8	469	8.37±	2.51±	16.28±	4.33±	1.82±	88.56±	1.07±0.18 <sup>a</sup>	1.9±0.2 <sup>a</sup>	1.11±	
		0.30 <sup>a</sup>	0.09	0.12 <sup>a</sup>	0.23	0.16 <sup>b</sup>	3.98 <sup>a</sup>				0.05 <sup>a</sup>
	313	8.27±	1.65±	18.86±	3.26±	1.61±	87.33±	1.19±0.66 <sup>a</sup>	1.6±0.5 <sup>a</sup>	1.34±	
		0.08 <sup>a</sup>	0.02	4.88 <sup>ab</sup>	0.63	0.64 <sup>b</sup>	5.35 <sup>a</sup>				0.41 <sup>ab</sup>
		8.30±	0.83±	24.27±	1.99±	1.16±	82.67±				1.75±
156	0.20 <sup>a</sup>	0.02	5.95 <sup>ab</sup>	0.45	0.44 <sup>ab</sup>	9.29 <sup>a</sup>	1.74±1.28 <sup>a</sup>	1.7±0.6 <sup>a</sup>	0.41 <sup>b</sup>		
78	8.60±	0.43±	27.27±	1.12±	0.69±	82.67±	2.31±0.88 <sup>a</sup>	1.5±0.3 <sup>a</sup>	1.91±		
0.20 <sup>a</sup>	0.01	3.88 <sup>b</sup>	0.13	0.12 <sup>a</sup>	3.06 <sup>a</sup>	0.22 <sup>b</sup>					
13	313	13.00±	2.60±	21.91±	4.35±	1.82±	99.30±	1.74±0.66 <sup>a</sup>	2.9±0.6 <sup>b</sup>	0.87±	
		0.91 <sup>a</sup>	0.18	0.80 <sup>a</sup>	0.17	0.16 <sup>c</sup>	1.15 <sup>a</sup>				0.17 <sup>a</sup>
	234	13.07±	1.96±	22.60±	3.35±	1.61±	98.90±	1.77±0.42 <sup>a</sup>	2.4±0.3 <sup>b</sup>	0.91±	
		0.47 <sup>a</sup>	0.07	1.34 <sup>a</sup>	0.15	0.64 <sup>b</sup>	1.92 <sup>a</sup>				0.09 <sup>a</sup>
		13.67±	1.37±	23.93±	2.38±	1.16±	99.30±				0.94±
156	1.10 <sup>a</sup>	0.11	0.40 <sup>a</sup>	0.03	0.44 <sup>a</sup>	1.15 <sup>a</sup>	2.50±0.48 <sup>a</sup>	2.5±0.2 <sup>b</sup>	0.14 <sup>b</sup>		
78	13.40±	0.67±	26.87±	1.34±	0.69±	100.00±	1.90±0.25 <sup>a</sup>	1.3±0.1 <sup>a</sup>	1.16±		
0.92 <sup>a</sup>	0.05	1.51 <sup>b</sup>	0.08	0.12 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>					
18	313	18.08±	3.62±	27.12±	5.14±	1.52±	94.83±	1.61±0.71 <sup>a</sup>	2.3±0.5 <sup>b</sup>	0.67±	
		0.43 <sup>a</sup>	0.09	1.09 <sup>a</sup>	0.24	0.29 <sup>b</sup>	4.65 <sup>a</sup>				0.06 <sup>a</sup>
	234	18.42±	2.76±	29.73±	4.37±	1.60±	98.00±	1.01±0.20 <sup>a</sup>	1.6±0.2 <sup>a</sup>	0.80±	
		0.28 <sup>a</sup>	0.04	1.80 <sup>ab</sup>	0.16	0.17 <sup>b</sup>	2.40 <sup>a</sup>				0.11 <sup>ab</sup>
		18.40±	1.84±	32.29±	3.09±	1.25±	95.67±				0.94±
156	0.44 <sup>a</sup>	0.04	0.89 <sup>b</sup>	0.15	0.15 <sup>b</sup>	2.31 <sup>a</sup>	1.17±0.27 <sup>a</sup>	1.4±0.2 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>		
78	18.20±	0.91±	31.49±	1.48±	0.57±	94.67±	3.03±0.27 <sup>b</sup>	1.7±0.1 <sup>a</sup>	0.91±		
0.40 <sup>a</sup>	0.02	3.52 <sup>b</sup>	0.04	0.03 <sup>a</sup>	9.24 <sup>a</sup>	0.15 <sup>b</sup>					
40	313	45.94±	9.19±	58.98±	11.19±	2.00±	94.80±	2.28±0.57 <sup>a</sup>	4.4±0.4 <sup>c</sup>	0.42±	
		5.84 <sup>a</sup>	1.17	3.28 <sup>a</sup>	0.81	0.36 <sup>b</sup>	4.48 <sup>a</sup>				0.16 <sup>a</sup>
	234	47.82±	7.17±	63.07±	9.07±	1.90±	96.00±	2.01±0.64 <sup>a</sup>	3.7±0.6 <sup>bc</sup>	0.46±	
		1.90 <sup>a</sup>	0.28	2.91 <sup>a</sup>	0.06	0.28 <sup>b</sup>	4.06 <sup>a</sup>				0.03 <sup>a</sup>
		41.23±	4.12±	61.85±	6.04±	1.92±	97.70±				0.69±
156	5.95 <sup>a</sup>	0.59	2.00 <sup>a</sup>	0.31	0.32 <sup>b</sup>	4.04 <sup>a</sup>	1.54±0.48 <sup>a</sup>	2.9±0.4 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>ab</sup>		
78	42.47±	2.12±	69.48±	3.33±	1.21±	96.00±	2.01±0.84 <sup>a</sup>	2.3±0.5 <sup>a</sup>	0.83±		
5.32 <sup>a</sup>	0.27	2.07 <sup>b</sup>	0.07	0.27 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup>	0.16 <sup>b</sup>					

\*Means±S. D. of triplication. Values in the same column sharing a common superscript are not significantly different ( $p<0.05$ ).

\*\*Feed conversion ratio(FCR)=Feed intake(g)/Weight gain(g)

\*\*\*Specific growth rate(SGR, %/day)=[(Ln(final weight)-Ln(initial weight)]×100/days

<Table 3> Growth performance of eels cultured in dead water system for 360days

Experimental group	Rearing days	Initial		Final		Weight gain (kg)	FCR	SGR***
		Body weight (g)	Total weight (kg)	Body weight (g)	Total weight (kg)			
Elvers	60	0.15±0.03	1.80	3.13±1.13	29.48	27.68	2.00	5.06
Middle	60	3.51±1.14	24.6	7.67±4.61	55.35	30.75	2.43	1.30
Small		1.04±0.50	4.80	3.13±1.13	12.71	7.83	3.49	1.58
Large		16.05±9.58	35.36	24.75±13.83	97.05	61.69	1.35	0.72
Middle	60	4.78±1.17	23.89	18.11±13.53	51.50	27.61	1.53	2.22
Small		1.43±0.35	8.81	8.20±6.30	22.37	13.56	1.58	2.91
Large		64.26±25.99	65.20	129.04±33.65	131.49	66.29	1.87	1.16
Middle	60	20.48±9.76	72.40	30.90±22.72	143.64	71.24	1.84	0.69
Small		4.43±1.36	33.00	6.63±3.25	67.31	34.31	1.68	0.67
Large		142.56±35.17	135.61	164.49±75.25	228.30	92.69	1.73	0.24
Middle	60	34.02±18.08	131.31	66.29±34.99	214.82	83.51	1.70	1.11
Small		7.31±4.14	58.96	10.37±11.06	105.94	46.98	1.73	0.58
Large		164.49±75.25	228.30	213.20±108.02	291.57	63.27	3.03	0.43
Middle	60	99.03±36.22	131.47	145.67±51.10	170.50	39.03	3.72	0.64
Small		4.80±2.10	42.03	7.88±4.98	62.57	20.54	2.91	0.83

\*Feed conversion ratio(FCR)=Feed intake(g)/Weight gain(g)

\*\*Specific growth rate(SGR, %/day)=[(Ln(final weight)-Ln(initial weight))/days]×100

<Table 4> Percent of Philippines eels' size by rearing time(eels/kg\*, %\*\*)

Group	Rearing days											
	60		120		180		240		300		360	
	Body weight*	Ratio**	Body weight	Ratio	Body weight	Ratio	Body weight	Ratio	Body weight	Ratio	Body weight	Ratio
Large	-	-	60	52.0	16	38.4	7	41.6	6	56.8	5~3	55.6
Middle	280	83.4	210	35.0	49	42	30	40.3	10	32.7	7	32.5
Small	960	16.6	700	13.0	225	19.6	137	18.1	110	10.5	100	11.9

#### 4. 수질 모니터링

수질 환경에 대해서 주 1회 수소이온농도, 용존산소량, 암모니아성 질소 및 아질산성 질소에 대하여 모니터링 하였다. 그 결과 수소이온농도는 6.77~7.89, 용존산소량 4.13~8.18 mg/L, 암모니아성 질소 0.01~2.53 mg/L 및 아질산성 질소의 농도는 0.017~1.260 mg/L로 조사되었으며, 용존산소량 8.18 mg/L, 암모니아성 질소 2.53 mg/L, 아질산성 질소 1.26 mg/L의 농도가 일시적으로 다소 높은 시기가 있었으나 암모니아성 질소, 아질산성 질소의 급성 독성 농도보다 대부분 아주 낮았으며(Kim et al., 2007; Kim & Yang, 1996), 대량 폐사하거나 입 올림, 움직임이 둔한 현상 등은 없었다. 그리고 매일 사료 급여 후 30분 이내에 사료를 모두 섭취하는 것을 확인하였다. 따라서 수질이 이번 실험 결과에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

#### IV. 요약

필리핀산 실뱀장어를 대상으로 수온, 개체 크기, 사육밀도 및 지수식별 사육실험을 하여, 극동산 뱀장어(*Anguilla japonica*)의 대체어종으로 필리핀산 뱀장어(*Anguilla bicolor pacifica*)의 양식기술을 개발하기 위함이다. 본 연구의 결과를 요약해보면 필리핀산 뱀장어의 양식의 적정수온은 29℃를 정점으로 고수온이나 저수온에 비해 성장, 생존율, 일간 성장률, 증식 속도 모두 29℃ 실험구가 가장 높았고, 32℃와 26℃ 실험구는 29℃ 실험구가 가장 높았고, 32℃와 26℃ 실험구는 29℃ 실험구와 비교하여 약간 낮았으며, 23℃ 실험구는 29℃ 실험구보다 현저하게 낮은 것을 확인할 수 있었다. 또한 사료계수에서는 29℃ 실험구가 가장 낮았고, 32℃와 26℃ 실험구는 29℃ 실험구와 비교하여 약간 높았으며, 23℃ 실험구는 29℃ 실험구 보다 현저하게 높았다. 크기 및 사육밀도 별 성장실험에서 개체크기 3 g일 때 사육밀도

469마리/m<sup>2</sup>, 8 g일 때는 사육밀도 78~156마리/m<sup>2</sup>, 13 g일 때는 사육밀도 78~156마리/m<sup>2</sup>, 18 g일 때 사육밀도 78~156마리/m<sup>2</sup>로 확인되었고, 개체크기 40 g에서 사육밀도 78마리/m<sup>2</sup>가 사료효율과 일간 성장률이 긍정적으로 유의미한 결과를 보였다 ( $p<0.05$ ). 지수식 사육법에서 360일 동안 양식한 결과, 대, 중, 소 세 그룹으로 나뉘었고 대그룹은 213.20±108.02 g, 중그룹은 145.67±51.10 g, 소그룹은 7.88±4.98 g으로 성장하였다. 이 중 대그룹은 식용어로 판매가 가능한 수준 이었고, 사육개체 전체의 10.5~19.0%가 성장이 둔한 열성어로 확인되었다. 본 연구는 필리핀산 실뱀장어에 관한 사육연구로서 이후 수입될 실뱀장어의 국내 양식을 위한 주요한 기초자료로 활용 될 것으로 기대된다.

#### References

- Baker, M. N.(2006). Studies on Fish Production : Growth and Survival of Eel (*Anguilla anguilla*) Fingerlings fed at Different Intake Levels, JOURNAL OF THE ARABIAN AQUACULTURE SOCIETY. 1(2), 131~141.
- Kim, Dae-Hyun & Park, Sung-Woo(2016). Jaundice in Cultured Eel (*Anguilla japonica*), THE JOURNAL OF FISHERIES AND MARINE SCIENCES EDUCATION. 28(6), 1573~1580.
- Kim, Dong-Wan · Koo, Jae-Geun & Park, Sung-Woo(2007). Effects of Aspirin on Nitrite Toxicity in Cultured Eel (*Anguilla japonica*), J. Fish Pathol., 20(3), 291~297.
- Kim, In-Bae & Jo, Jae-Yoon(1974). Rearing of the early stage of the eel *Anguilla japonica*. Bull. Korean Fish. Soc. 7(4), 179~186.
- Kim, In-Bae · Kim, Yong-Uk & Jo, Jae-Yoon(1977). Rearing of the eel *Anguilla japonica* in recirculating aquariums. Bull. Korean Fish. Soc. 10(2), 115~124.
- Kim, In-Bae & Lee, Sook-Hee(1981). An Experiment on the Rearing of Eels with Pellet Feed. Bull. Korean Fish. Soc. 14(1), 29~31.
- Kim, J. D. & Joo, T. K.(1967). Artificial Food

- Control of Fingerling Eel (*Anguilla japonica*), Bulletin of National Fisheries Research and Development Agency, 2, 57~65.
- Kim, Min-Soo & Yang, Han-Choon(1996). Histopathological study of acute toxicity of ammonia to the eel, *Anguilla japonica* in high temperature and pH levels, J. Fish Pathol., 9(2), 147~155.
- Kim, Seong-Won · Rim, Sang-Koo · Sohn, Sang-Gyu and Lee, Jin-Hwan(2008). Comparison of Growth and Water Quality in Juvenile Japanese Eel, *Anguilla Japonica* Fed Commercial Extruded Pellet and Paste Type Diets. THE JOURNAL OF FISHERIES AND MARINE SCIENCES EDUCATION, 20(1), 90~94.
- Lee, Nam-sil · Kim, Jae-Hong · Lee, Bae-Ik · Kim, Shin-Kwon · Na, Jin-Ho · Kim, Kwang-Seog and Kim, Dae-jung(2015). Morphological and Molecular Identification of a Tropical Glass eels *Anguilla marmorata* and *A. bicolor pacifica* from Philippines Coast. THE JOURNAL OF FISHERIES AND MARINE SCIENCES EDUCATION, 27(4), 1109~1117.
- Luo M · Guan R · Li Z and Jin H(2013). The effects of water temperature on the survival, feeding, and growth of the juveniles of *Anguilla marmorata* and *A. bicolor pacifica*. Aquaculture, 400-401, 61~64.
- Ministry of Oceans and Fisheries(2000). A study on the aquaculture of european and American eel, 113.
- Tesch F. W.(1977). The Eel, Biology and management of anguillid eels. Chapman and Hall, London, 434.
- 
- Received : 09 March, 2017
  - Revised : 12 May, 2017
  - Accepted : 07 June, 2017