



## 참다랑어 *Thunnus orientalis*의 종묘생산과 치어의 적정 사육수조 및 단백질 검토

지승철\*, 타카오카 오사무<sup>1</sup>, 타키이 켄지<sup>1</sup>, 정관식<sup>2</sup>, 한석중  
국립수산물과학원 제주수산연구소, <sup>1</sup>킨키대학 수산연구소, <sup>2</sup>전남대학교 해양과학대학

### Seedling Production of the Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis*

Seung-Cheol Ji\*, Osamu Takaoka<sup>1</sup>, Kenji Takii<sup>1</sup>, Gwan-Sik Jeong<sup>2</sup> and Seock-Jung Han  
Jeju Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Jeju 690-192, Korea  
<sup>1</sup>Fisheries Laboratory, Kinki University, Uragami, Wakayama 649-5143, Japan  
<sup>2</sup>Chonnam National University of College Fisheries and Ocean Science, Yeosu 550-749, Korea

We investigated the growth and survival in seedling production, and growth performance was compared with the different rearing tanks and protein source of formulated feed for juvenile Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (PBT). The survival rate at the end of nursery culture at 30 days after hatching was  $0.69 \pm 0.40\%$ , and total length and mean body weight were  $49.83 \pm 2.52$  mm and  $1.03 \pm 0.09$  g, respectively. Growth performance has no significant difference in fish reared by different tanks forms for 10 days. In order to develop an artificial diet, we evaluated the dietary utility of enzyme treated fish meal (Bio-CP, BIO) for juvenile PBT. Only diet BIO sustained similar growth and higher feed efficiency, and final carcass lipid content as compared to those of Sand lance (SL). These results revealed that BIO-CP a suitable dietary protein source, could sustain growth of PBT.

**Keywords:** Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, Seedling production, Protein source, Growth performance

## 서 론

참다랑어는 우리나라 동해, 남해와 일본 전역 및 태평양, 대서양, 지중해 등의 전세계 온대 해역에 넓게 서식한다. 다랑어류 중 가장 대형종으로 전장이 3 m 내외, 체중은 500 kg 전후로 성장이 대단히 빠르고 맛이 좋아 상품가치가 매우 높다(Kumai, 1998). 최근 참다랑어의 어획량이 급격히 감소하고, 국제적인 자원관리 차원에서 관심이 점차 증가하면서 세계적으로 주요한 증양식 대상종으로 자리잡고 있다. 현재 참다랑어류(Bluefin tuna)의 양식은 지중해 연안, 오스트리아, 멕시코, 일본을 중심으로 이루어지고 있으며, 생산량도 점차 증가하는 추세이다(Anonymous, 2002). 다랑어류의 양식은 완전양식이 아닌 회유하는 치어를 채포하여 상품 크기까지 사육하여 판매하는 중간육성의 형태가 대부분이다(Kumai, 1997). 따라서 종묘의 수급이 매우 불안정하며, 치어 채포 역시 자연 자원의 감소라는 비난을 받고 있는 실정으로 본 종의 종묘생산기술 개발이 매우 시급한 실정이다. 다랑어류는 파나마, 지중해, 인도네시아, 일본 등지에서 자연산을

채포하여 육성한 친어로부터 자연산란에는 성공하였으나, 아직까지 안정적인 종묘생산 기술은 확립되지 않았다(Miyashita et al., 2000a; Wexler et al., 2003).

일본의 참다랑어 양식 연구는 1970년부터 시작되어 1979년에 자연산 친어로부터 자연산란에 의해 처음으로 채란에 성공하였다(Miyashita et al., 2002). 이후 양성기술, 산란유도, 종묘생산 등에 대한 많은 연구를 30년 이상 계속해 온 결과, 1997년에 인공 종묘생산된 치어를 친어로 육성하여 자연산란에 의해 얻어진 수정란으로부터 다시 인공종묘생산에 성공하여 판매에까지 이르는 완전 양식을 2002년에 세계 최초로 성공하였다(Sawada et al., 2005). 그러나 종묘생산과정에서의 극히 낮은 생존율, 가두리 양성 초기의 높은 사망률을 비롯한 해결해야 할 많은 문제점들이 남아있다. 특히 참다랑어의 종묘생산과정에서의 생존율은 0~0.3%로 극히 낮으며, 초기 폐사의 원인규명, 예방 및 해결 방안에 대해서는 아직도 많은 연구가 진행되고 있다(Miyashita et al., 2000c).

양성 방법에 있어서도 일반 양식 어류와는 차이를 보이는데, 유영력과 회유성이 강한 참다랑어는 육상 수조에서의 사육이 매우 어렵다. 대부분의 양성은 해상 가두리에서 이루어지며, 강한

\*Corresponding author: jsc0414@nfrdi.go.kr

유영력을 고려하여 대형 가두리에서 사육되고 있다. 가두리의 형태도 양식 초기 사각과 팔각형이 사용되기도 하였으나, 사육 과정에서 높은 폐사를 보여 현재는 거의 대부분 원형가두리를 사용하여 사육하고 있다(Harada et al., 1971). 또한 참다랑어를 비롯한 다랑어류의 영양요구량과 사료에 관한 연구 자료가 매우 미흡한 관계로 생사료에 의존하여 양성되고 있다. 생사료의 공급은 자연자원의 감소, 수질환경 문제, 병원균 감염 등의 많은 문제점을 가지고 있으며, 양식 생산량이 증가할수록 사용에 많은 어려움이 예상되므로 배합사료의 개발이 조속히 이루어져야 할 필요가 있다. 그러나 다랑어류는 배합사료에 대한 기초성이 낮고, 어분에 대한 소화력이 현저히 낮아 실용 배합사료 개발에 많은 어려움이 있다(Carter et al., 1998, 1999).

본 연구에서는 참다랑어의 종묘생산과 치어사육기술 향상을 목적으로 종묘 생산과정에서의 성장과 생존 및 사육수조와 배합사료의 단백질원의 차이에 따른 사육성적에 대하여 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 종묘생산

수정란은 2005년 8월 10일 일본 아마미 오오시마에서 사육 중인 5, 6년생 친어(어체중 100~150 kg)로부터 자연산란에 의해 얻어졌다. 산란은 저녁 8~10시 사이에 이루어졌으며, 수온은 28.1°C였다. 수정란은 다음날 아침 비행기로 운송되어 저녁 7시 와카야마현 긴키대학 수산연구소 우라가미 종묘센터에 수용하였다. 총수정란 수는 810,000개였으며, 부상란은 680,000개로 부상률은 84.0%였다. 부상란은 40톤 원형수조(φ 6 m) 3개에 일정하게 나누어 수용하였다. 사육수 공급은 여과해수를 13~85 L/min로 자어가 성장함에 따라 점차 늘여주었다. 수질안정과 사육수조 내 먹이생물의 먹이공급을 목적으로 해산 클로렐라와 담수 농축 클로렐라를 부화 후 17일까지 공급하였다. 먹이는 부화 2~17일까지 Rotifer, 8~25일까지 Artemia, 돌돔 부화자어는 9~32일째, 25일째 이후에는 배합사료(자체제작)와 양미리 mince를 혼합 공급하여 사육하였다(Table 1). 사육기간 중의 수온과 용존산소는 각각 26.2±1.3°C, 7.8±0.3 mg/L였다. 종묘생산 과정에서의 성장변화를 조사하기 위해 부화 후 0, 4, 8, 15, 17, 21, 25, 28 그리고 32일째 각 수조별 20마리씩, 36, 42 그리고 44일째는 10마리를 무작위로 추출하여 전장을 측정하였다. 또한 부화 후 25일째 생존율, 성장 등의 사육성적을 조사하고 새로운 수조에 수용하였으며, 부화 후 30일째 종묘생산을 종료하고 사육성적을 조사하였다. 종묘생산 종료 후 잔존한 치어는 동일수조에 수용하고 사육하면서 성장조사 및 별도의 사육 실험에 사용하였다.

### 사육수조의 형태에 따른 치어의 생존과 성장

실험어는 종묘생산을 통해 얻어진 부화 후 30일째의 평균체중 1.03 g, 평균전장 4.9 cm 의 참다랑어 치어를 사용하였다. 실험

**Table 1.** Results of seedling production of the artificially hatched Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*

	Post-hatching days	
	25 days	30 days
Total length (mm)	30.11±3.21	49.83±2.52
Body weight (g)	0.28±0.08	1.03±0.09
Survival rate (%)	0.99±0.47	0.69±0.40
Other fish rate (%)	2.17±0.23	3.21±0.04

**Table 2.** Growth performance of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* reared by different tank forms for 10 days<sup>1</sup>

	CT2.0	RT2.0	CT3.5
Final body weight (g)	1.61±0.2	1.45±0.1	1.24±0.2
Weight gain (%) <sup>2</sup>	473.2±83.3	417.9±20.2	341.1±63.1
Feed efficiency (%) <sup>3</sup>	53.5±17.5	63.0±3.9	65.9±10.9
Survival rate (%)	62.0±22.0	52.0±8.0	52.0±4.0
Condition factor	12.3±0.5	12.9±0.3	13.0±0.2

<sup>1</sup>Values are mean±SD of two replicate group.

<sup>2</sup>Weight gain = (final body weight-initial body weight)/(initial body weight) × 100.

<sup>3</sup>Feed efficiency = (fish weight gain × 100)/total feed intake.

험어는 표면적 2.0 m<sup>2</sup> 의 1.5톤 원형 수조(Circular tank; CT2.0), 표면적 2.0 m<sup>2</sup> 의 1.5톤 사각수조(가로×세로, 1×2 m, Rectangular tank; RT2.0) 그리고 표면적 3.5 m<sup>2</sup> 의 1.5톤 원형수조(CT3.5)로 형태와 표면적을 달리한 사육수조에 각각 25마리씩 2반복으로 수용하였다. 사료공급은 자체 제작한 배합사료를 1일 6회, 어체중의 약 4~5%를 공급하였다. 사육기간 중의 생존율 변화를 조사하고, 실험 종료 후에는 실험어의 어체중, 전장을 각 개체별로 측정하여 성장, 사료효율, 비만도를 조사하였다. 사육기간 중의 수온과 용존산소는 각각 26.1±0.4°C, 8.0±0.2 mg/L였다

### 사료종류에 따른 치어의 성장과 생존

실험사료는 양미리 *Hypopterychus dybowskii* (Sand lance, SL) mince를 대조구로 하여, 갈색어분(Brown fish meal, BFM)과 효소처리어분(Bio-CP)을 주 단백질원으로 한 배합사료를 제조하였다. 지질원으로 대구간유를 10% 첨가하고, 바타민과 미네랄은 Halver (1957) 처방에 따라 각각 5%, 4.5%를 첨가하였다(Table 3). 사료제조는 준비된 원료에 30%의 수돗물을 넣어 고무 혼합한 후 모이스트펠렛기에서 1.2 mm크기로 성형하여 사용 전까지 -20°C에 냉동 보관하였다.

실험어는 긴키대학 수산연구소 양식종묘센터에서 종묘생산된 평균체중 1.46 g의 참다랑어 치어를 사용하였다. 실험어는 1.5톤 원형 수조에 각각 40마리씩 2반복으로 수용하고, 각 실험사료를 1일 6회 반복 공급하여 10일간 사육하였다. 사육수는 각 수조에 여과해수를 5 L/min로 동일하게 공급되도록 조절하였으며, 사육기간 중의 수온과 용존산소는 각각 26.9±0.5°C, 7.96±0.5 mg/L였다. 실험 종료 후 실험어 각 개체의 어체중, 전장을 측정하여 성장, 사료효율, 비만도를 계산하였다. 어체성분

**Table 3.** Formulation and chemical proximate composition of test diets

Ingredients	SL	BFM	BIO
Sand lance	100		
Brown fish meal		63	
BIO-CP fish meal			63
Wheat gluten		10	10
Cod liver oil <sup>1</sup>		10	10
a-Potato starch		3	3
Vitamin mixture <sup>2</sup>		5	5
Mineral mixture <sup>2</sup>		4.5	4.5
Soy bean lecithin		2	2
Taurine		2	2
Feeding stimulants <sup>3</sup>		0.5	0.5
Proximate analysis (% of dry matter basis)			
Crude protein	67.2	51.5	54.5
Crude lipid	21.0	19.8	24.7
Crude sugar	-	8.3	5.6
Crude ash	10.9	12.2	5.7

<sup>1</sup>Cod liver oil 9 : DHA oil (70% of DHA content) 1.

<sup>2</sup>Halver (1957).

<sup>3</sup>The mixture of alanine 13.7, glutamic acid 8.5, histidine 232.8, lysine 44.1, IMP · Na<sub>2</sub> 200.9 mg.

분석을 위해 각 실험구별로 10마씩을 추출하여 분석 전까지 -40°C에 냉동 보관하였다. 실험사료 및 전어체의 일반 성분분석은 AOAC (1990)의 방법에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소질량법(N×6.25), 조지방 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접회화법으로 분석하였다.

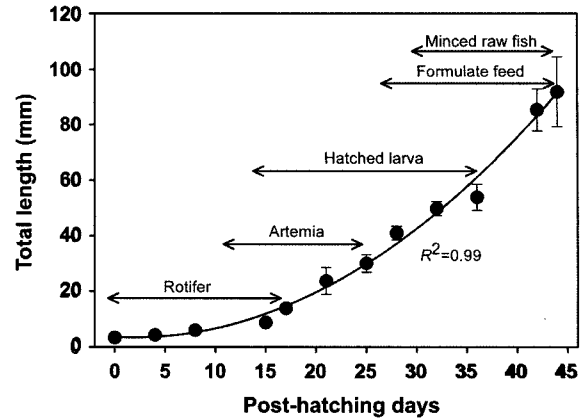
모든 결과의 통계처리는 ANOVA-test를 실시하여 Tukey's test로 평균간의 유의성을 SPSS 프로그램(Cicago, IL, USA)을 사용하여 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 대량 종묘생산

종묘생산 과정에서의 참다랑어의 전장 변화와 먹이계열을 Fig. 1에 나타내었다. 부화자의 평균 전장은 3.33±0.39 mm이었으며, 15일째는 평균 8.75 mm, 32일째는 49.83 mm 그리고 44일째는 91.88 mm까지 성장하였다. 참다랑어의 초기 성장은 동일한 회유성 어종인 방어 *Seriola quinqueradiata* (Temminck et Schegel) 보다 부화 30일째 기준으로 약 2.5배 빠르며 (Miyashita, 2002), 부화 후 30일 이후 양미리 mince가 공급되면서 급속한 성장을 보였다.

참다랑어의 종묘생산 과정에서의 먹이계열은 다른 어류와 큰 차이는 없으나, 부화 후 10일째부터 부화자어를 공급하는 것이 가장 큰 특징이다. 이는 종묘생산의 생산성 저하의 원인으로 작용하는데, 이를 개선하기 위해 알테미아에 대한 영양강화 연구가 수행되었으나 부화자어 공급시보다 성장, 생존율과 필수지



**Fig. 1.** Growth and feeding schedule of the artificially hatched Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* during the nursery culture.

방산 이용율이 현저히 저하하는 것으로 보고되었다(Seoka et al., 2007). 또한 아직까지 배합사료 개발이 이루어지지 않아 생사료 mince를 공급함으로써 사육수의 수질오염 및 사육관리가 문제점으로 지적되고 있다. 참다랑어 치어의 배합사료 개발 역시 일본에서 주로 연구가 수행되고 있으며, 현재 섭이유인물질, 단백질 평가 등의 연구를 통해 영양요구량 설정 및 기초사료 조성설계를 위한 노력들이 꾸준히 실시되고 있다(Ji et al., 2007; Takii et al., 2007b).

참다랑어의 종묘생산 결과 중 생존율은 25일째와 30일째 각각 0.99와 0.69%로 낮았으며, 타 어종의 혼입 비율은 생존한 참다랑어 치어 대비 25일째 각각 2.17, 3.21%였다(Table 2). 일본 긴키대학 수산연구소는 1994년부터 본격적인 참다랑어 종묘생산 연구가 수행되었고(Kumai, 1998), 1994년의 종묘생산에서의 생존율은 0.07%였으며, 2003년에는 3.73%까지 향상되었으나 아직 타 어종에 비해 극히 낮다(Sawada et al., 2005). 낮은 생존율의 원인으로는 초기의 부레발달, 공식 그리고 충돌에 의해 높은 사망을 보이는 것이 일부 밝혀져 있다(Miyashita, 2002). 본 연구에서도 1% 미만의 극히 낮은 생존율 보여 안정적인 종묘생산을 통한 인공종묘의 공급을 위해서는 초기감모 예방을 통한 생존율 향상이 가장 시급한 선결과제이다(Sawada et al., 2000).

참다랑어의 산란은 수온 21.8°C 이상, 대형 가두리에서 자연산란에 의존하여 이루어지고 있다(Miyashita et al., 2000a). 특히 가두리에서 산란한 수정란을 수거하는 과정에서 타 어종의 수정란이 혼입되는 일이 빈번히 발생하고 있다. 본 실험에서도 전체 생존치어의 2~3%의 혼입율을 보였으며, 어종은 전갱이 *Decapterus muroadsi*와 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*이었다. 이러한 타 어종의 혼입은 초기사육에서 참다랑어 부화자어의 먹이경쟁을 악화시켜 생산성저하의 원인으로 작용하며, 이를 개선하기 위해서는 육상수조에서의 친어 관리 및 수정란확보가 이루어질 필요가 있다(Wexler et al., 2003). 그러나 참다랑어는 유영력이 대단히 강해 육상수조에서 사육할 경우 벽에 부딪혀

서 사망하는 일이 빈번히 발생한다(Miyashita et al., 2000b). 이러한 이유로 아직 육상수조에서의 사육은 매우 어려우며, 이 시기부터는 가두리에 수용하여 사육하게 된다. 그러나 가두리 사육 과정에서도 충돌과 환경적응 실패 등의 다양한 원인으로 높은 사망률을 보이며, 1 kg 정도의 종묘크기까지의 생존율은 0~0.3% 정도로 보고되고 있다(Sawada et al., 2005).

**사육수조의 형태에 따른 생존과 성장**

사육수조 형태에 따른 생존율 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 실험 시작 후 4일째까지 RT2.0구가 타 실험구보다 낮은 생존율을 보였으나, 5일째 이후에는 차이를 보이지 않았다. 10일간의 사육실험 결과, 성장률에서 CT3.5구가 약간 낮았으나 유의차는 없었으며, 사료효율, 생존율 그리고 비만도에서 실험구간의 유의차는 없었다(Table 2).

참다랑어는 가두리에서 주로 양성되며, 가두리의 형태는 거의 대부분 원형으로 최근에는 그 크기도 점차 대형화되고 있다(Cheshire et al., 2005). 이는 강한 회유성을 가진 참다랑어의 특성을 고려한 것으로 참다랑어는 유영시 원형가두리의 가장 자리를 타고 무리를 지어 유영한다(Okano et al., 2005). 참다랑어의 양식 초창기 일부 사각과 팔각형 가두리에서 양성이 시도되었으나 모두 폐사하였다. 특히 사각형 가두리의 경우 조류에 의해 가두리 그물이 일부 들려지거나, 모서리 부분이 접혀질 경우 참다랑어가 유영과정에서 그곳에 머리를 부딪쳐 폐사하는 일이 빈번히 발생하였다(Harada et al., 1971). 이러한 특성을 참고로 한 본 연구에서 원형(CT2.0)과 사각(RT2.0)의 수조 형태에 따른 폐사율과 사육 성적의 유의차는 인정되지 않았다. 또한 생존율의 실험구간의 편차가 심했는데, 충돌사의 시간적인 발생차이가 주요 원인으로 작용하였다. RT2.0구의 초기 생존율이 낮았던 것은 초기 먹이 적응의 어려움이 영향을 미친 것으로 보인다. 사각수조의 경우 수용 직후 실험어가 무리를 지어 정상적인 유영을 하고 먹이를 먹는 데 약 2~3일정도가 소요되었으나, 원형 수조의 경우 먹이 적응의 문제는 없었다. 따라서 사각형태의 수조에서의 사육시는 초기 환경적응과 먹이 적응에 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

참다랑어는 약 5 cm 이상이 되면 사육수조의 벽에 충돌하여 폐사하며, 충돌시 평소 유영속도의 약 40배 이상의 빠른 속도로 사육수조의 벽에 돌진한다(Miyashita, 2002). 이러한 충돌에 의해 머리와 척추 부분의 골격에 심한 손상을 입어 폐사하거나, 생존하더라도 기형어가 된다(Fig. 3). 유영력이 강한 참다랑어의 충돌사를 방지하기 위해 표면적을 1.5배 크게 한 CT3.5구를 설정하였으나, 생존과 성장에 큰 영향을 미치지 않았다. 이는 넓은 표면적이 유영 공간의 제공 보다는 충돌시 가속력을 증가시키는 충분한 거리를 제공하는 원인으로 작용한 것으로 생각되어진다. 사육수조의 형태와 표면적의 차이는 참다랑어 치어의 생존과 성장에 큰 영향을 보이지 않았다. 이는 실험 5일째부터의 충돌에 의한 폐사가 원인으로 작용한 것으로 판단되며,

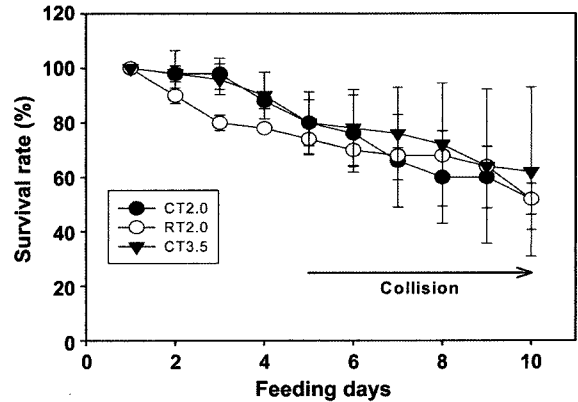


Fig. 2. Changes in survival rate of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* reared by different tank forms. Data represent the mean and standard deviation (n=2).

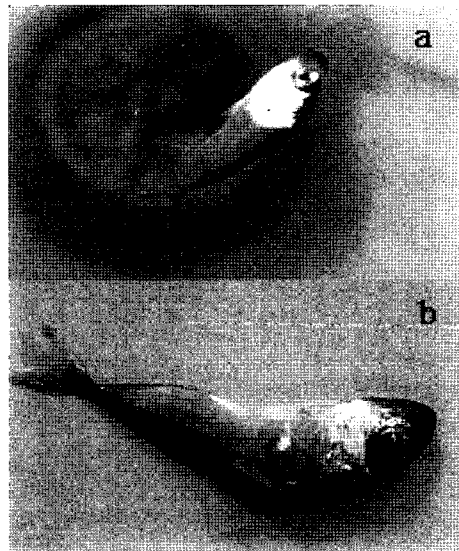


Fig. 3. Photo images of PBT juveniles collided against rearing tank wall was the main cause of mortality (a). The dorsal part between the head and trunk is bent in almost all dead PBT juveniles (b).

참다랑어 종묘생산의 생산성을 높이기 위해 시급히 선결해야 할 과제 중의 하나이다.

**사료종류에 따른 생존과 성장**

사료 단백질 종류에 따른 사육실험 결과를 Table 4에 나타내었다. BIO구는 실험 종료시의 평균체중과 성장률에서 SL구와 유의차를 보이지 않았으나, BFM구는 유의적으로 낮았다(P<0.05). 또한 BIO구는 사료효율에서는 가장 높은 값을 보였으나, 생존율에서는 유의적으로 낮았다. 비만도와 실험 종료시의 전어체 수분, 조단백질 그리고 조회분 함량은 실험구간의 유의차를 보이지 않았으나, 전어체 조지방 함량은 BIO구가 SL구보다 유의적으로 높았다(P<0.05).

일본의 참다랑어 양식은 1 kg 내외의 치어를 채포하여 2년

**Table 4.** Growth performance and proximate carcass composition of juvenile Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* fed diets with difference protein sources for 10 days<sup>1</sup>

	SE	BFM	BIO
Final body weight (g)	5.4±0.1 <sup>b</sup>	3.2±0.2 <sup>a</sup>	5.0±0.2 <sup>b</sup>
Weight gain (%) <sup>2</sup>	267.6±12.5 <sup>b</sup>	164.6±17.63 <sup>a</sup>	234.4±16.13 <sup>b</sup>
Feed efficiency (%) <sup>3</sup>	84.6±10.6 <sup>a</sup>	74.9±6.8 <sup>a</sup>	126.3±14.5 <sup>b</sup>
Survival rate (%)	61.3±1.8 <sup>b</sup>	62.5±14.1 <sup>b</sup>	42.5±3.5 <sup>a</sup>
Condition factor <sup>4</sup>	11.9±0.7	10.4±0.1	11.8±1.1
Proximate carcass composition (%)			
Moisture	77.6±0.8	78.2±1.0	75.9±1.3
Crude protein	15.9±0.8	15.3±1.7	15.3±1.2
Crude lipid	1.8±0.6 <sup>a</sup>	2.5±0.2 <sup>ab</sup>	3.2±0.7 <sup>b</sup>
Crude ash	2.8±0.5	3.1±0.4	2.6±0.2

<sup>1</sup>Values (mean±SD of two replicate group) with a different superscript within the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>Weight gain = (final body weight-initial body weight)/(initial body weight) × 100.

<sup>3</sup>Feed efficiency = (fish weight gain × 100)/total feed intake.

<sup>4</sup>Condition factor = final body weight/body length<sup>3</sup>.

정도 양성한 후 출하하며, 스페인, 오스트리아, 멕시코 등의 경우는 10~30 kg을 체포하여 3~10개월 단기간 양성하여 판매하는 형태로 이루어지고 있다(Clark, 2005; Sylvia, 2005). 이러한 이유로 영양요구량 설정을 위한 사육실험은 실험구 설정이나 측정 등의 어려움을 이유로 쉽게 행해지지 못하고 있다. 또한 일부 행해진 사료 실험에서 다랑어류는 배합사료의 주 단백질원으로 사용되는 어분의 이용율이 현저히 저하하는 것으로 밝혀졌다(Carter et al., 1998). 본 연구에서도 양어사료의 주 단백질원으로 사용되는 갈색어분(BFM)은 SL구나 BIO구에 비해 매우 낮은 성장 결과를 보였다.

BFM구의 낮은 성장결과는 방어처럼 참다랑어도 어분에 대한 낮은 소화효소 활성에 기인한 소화능력의 저하로 영양소 이용율이 감소하였기 때문으로 판단된다(Takii et al., 1998). 참다랑어는 양어사료에 일반적으로 사용되는 갈색어분(Chilean fish meal)의 소화율이 고등어 *Scomber japonicus* 보다 현저히 낮으며, 갈색어분을 주 단백질원으로 사용해 제조한 배합사료로 사육하였을 때 저조한 성장결과를 보였다(Takii et al., 2007a, b). Ji et al. (2008)은 이러한 참다랑어의 갈색어분의 낮은 이용율을 어분 제조시 거치는 열처리 과정에서 발생하는 단백질의 구조적 변성이 주 원인이라고 보고하였다.

본 연구에서 미생물 효소처리 어분인 BIO-CP는 높은 이용율을 보여 참다랑어 배합사료의 단백질원으로 높은 이용 가능성을 보였다. 아직 BIO-CP의 높은 이용율에 대한 정확한 원인에 대해서는 밝혀지지 않아 정확한 원인 구명을 통해 좀 더 높은 이용율의 단백질을 개발할 필요가 있다. 한편 전어체 지질 성분 함량에서 BIO구가 유의적으로 높은 값을 보였는데 BIO-CP는 자체 분석결과, 지질 함량이 약 18%이며 실험 사료 제조시 10%의 어유가 첨가됨으로써 실험사료의 지질 함량이 약 25%로 SL보다 높았다. 또한, SL의 단백질 함량이 67.2%인데 비해 BIO구는 54.5%로 단백질에 대한 지질의 비율이 매우 높

은 값을 보인 것이 전어체 지질 축적에 영향을 미친 것으로 보인다. 추후 단백질과 지질의 사료내 적정 비율에 대한 검토가 반드시 필요할 것으로 생각된다.

본 실험 결과, BIO-CP는 참다랑어의 배합사료 단백질원으로서 높은 이용율을 보였으며, 참다랑어 배합사료개발의 귀중한 기초 자료가 될 것으로 생각된다. 앞으로 참다랑어의 실용배합사료 개발을 위해서는 배합사료의 단백질을 비롯한 지질, 탄수화물, 비타민 등의 적정 함량을 밝혀 사료 조성을 완성하고, 미성어를 대상으로 장기 사육을 통해 실용성을 확인할 필요가 있다.

## 요 약

참다랑어 *Thunnus orientalis*의 종묘생산기술개발을 위해 대량 종묘 생산과정에서의 성장과 생존, 사육수조와 배합사료의 단백질원의 차이에 따른 성장효과 대하여 조사하였다. 종묘생산 실험 결과 부화 후 30일째의 생존율은 0.69%, 전장과 평균체중은 각각 49.83±2.52 mm, 1.03±0.09 g이었다. 사육수조 형태 차이에 따른 사육실험 결과, 성장률, 사료효율, 생존율 등 사육성적의 실험구간의 유의차는 없었다. 참다랑어 치어의 배합사료 개발을 위한 적정 단백질 평가에서 BIO구가 실험 종류시의 평균 체중과 성장률에서 SL구와 유의차를 보이지 않았으며, 사료효율과 실험 종류시의 전어체 조지방 함량은 BIO구가 SL구보다 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 본 연구결과 BIO-CP가 참다랑어 치어용 배합사료의 적정 단백질원으로 평가되었다.

## 사 사

본 연구는 일본 문부과학성 21st Century COE program 및 수산특정연구과제(RP-2008-AQ-117)의 지원에 의해 수행되었습니다. 본 연구에 많은 도움을 주신 긴키대학 수산연구소의

Murata Osamu 소장님을 비롯한 우라가미 실험장 및 종묘센터 직원들께 감사드립니다.

### 참고문헌

- Anonymous, 2002. Prospect of cultured tuna supply in 2002. *Aquanet*, 5, 91. pp.
- AOAC, 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists. 15th ed. Arlington, Virginia, 1298 pp.
- Carter, C. G., M. P. Bransden, R. J. van Barneveld and S. M. Clarke, 1999. Alternative methods for nutrition research on the southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*: in vitro digestibility. *Aquaculture*, 179, 57-70.
- Carter, C. G., G. S. Seeto, A. Smart, S. Clarke and R. J. van Barneveld, 1998. Correlates of growth in farmed juvenile southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* (Castelnau). *Aquaculture*, 161, 107-119.
- Cheshire, A., M. Fernandes, M. Loo and P. Lauer, 2005. Abstract, *World Aquaculture 2005*, p. 570.
- Clarke, S. M., 2005. Abstract, *World Aquaculture 2005*, p. 125.
- Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonoid fishes. *J. Nutrition*, 62, 225-243.
- Harada, T., H. Kumai, K. Mizuno, O. Murata, M. Nakamura, S. Miyashita and H. Hurutani, 1971. On the rearing of young bluefin tuna. Reprint from the *Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kinki University*, 4, 153-157.
- Ji, S. C., O. Takaoka, A. K. Biswas, M. Seoka, K. Ozaki, J. Kohbara, M. Ukawa, S. Shimeno, H. Hosokawa, and K. Takii, 2008. Dietary utility of enzyme-treated fish meal for juvenile Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Fish. Sci.*, 74, 54-61.
- Ji, S. C., O. Takaoka, M. Seoka, J. Kohbara, H. Hosokawa S. Shimeno, G. S. Jeong, S. W. Lee and K. Takii, 2007. Identification of feeding stimulants for juvenile Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* in muscle extract of horse mackerel, *Trachurus japonicus*. *J. Aquacult.*, 20, 19-25.
- Kumai, H., 1998. Studies on bluefin tuna artificial hatching, rearing and reproduction. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 64, 601-605.
- Kumai, H., 1997. Present state of bluefin tuna aquaculture in Japan. *Suisanzoshoku*, 45, 293-297.
- Miyashita, S., 2002. Studies on the seedling production of the Pacific bluefin tuna *Thunnus thynnus orientalis*. *Bull. Fish. Lab. Kinki Univ.* 7, 1-171.
- Miyashita, S., O. Murata, Y. Sawada, T. Okada, Y. Kubo, Y. Ishitani, M. Seoka and K. Hidemi, 2000a. Maturation and spawning of cultured bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. *Suisanzoshoku*, 48, 475-488.
- Miyashita, S., Y. Sawada, N. Hattori, H. Nakatsukasa, T. Okada, O. Murata, K. Takii, Y. Mukai and H. Kumai, 2000b. Mortality of northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) due to trauma caused by collision during early growout culture. *J. World Aquacult. Soc.*, 31, 632-639.
- Miyashita, S., Y. Tanaka, Y. Sawada, O. Murata, N. Hattori, K. Takii, Y. Mukai and H. Kumai, 2000c. Embryonic development and effects of water temperature on hatching of the bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Suisanzoshoku*, 48, 199-207.
- Okano, S., Y. Mitsunaga, A. Ishikawa, W. Sakamoto and H. Kumai, 2005. An acceleration data-logger provide new information on swimming bluefin tuna in a net cage. *Memoirs of the Faculty of Agriculture of Kinki University*, 38, 187-196.
- Sawada, Y., S. Miyashita, M. Aoyama, M. Kurata, Y. Mukai, T. Okada, O. Murata and H. Kumai, 2000. Rotifer-size selectivity and optimal feeding density of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, larvae. *Suisanzoshoku*, 48, 169-177.
- Sawada, Y., T. Okada, S. Miyashita, O. Murata and H. Kumai, 2005. Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel) life cycle. *Aquacult. Res.*, 36, 413-421.
- Seoka, M., M. Kurata, Y. Hatanaka, A. K. Biswas, S. C. Ji and H. Kumai, 2007. Possible nutrients in *Artemia* affecting the larval growth of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Aquaculture Sci.*, 2007, 55-64.
- Sylvia, P., 2005. Abstract, *World Aquaculture 2005*, p. 631.
- Takii, K., M. Nakamura, K. Urakawa, S. Miyashita, T. Nasu, Y. Kudo, Y. Tanaka and H. Kumai, 1998. Soybean trypsin inhibitors inhibit trypsin-like and basic proteinase activities of cultured-fishes. *Fish. Sci.*, 64, 935-938.
- Takii, K., M. Seoka, M. Izumi, H. Hosokawa, S. Shimeno, M. Ukawa and J. Kohbara, 2007a. Apparent digestibility coefficient and energy partition of juvenile Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* and chum mackerel, *Scomber japonicus*. *Aquaculture Sci.*, 55, 571-577.
- Takii, K., M. Seoka, N. Ohara, T. Nasu, S. Oda, S. Miyashita, M. Ukawa, S. Shimeno and H. Hosokawa, 2007b. Dietary utility of chilean fish meal and pollack liver oil for juvenile Pacific bluefin tuna. *Aquaculture Sci.*, 55, 579-585.
- Wexer, J. B., V. P. Scholey, R. J. Olson, D. M. Margulies, A. Nakazawa and J. M. Suter, 2003. Tank culture of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*: developing a spawning population for research purposes. *Aquaculture*, 220, 327-353.

원고접수 : 2008년 10월 23일

심사완료 : 2008년 11월 10일

수정본 수리 : 2008년 11월 12일