

은대구, *Anoplopoma fimbria* 치어의 장거리 수송에 따른 생존율과 실내 성장 특성

강희웅[†] · 황인준^{*} · 한종철^{*} · 최 진^{*}

[†]국립수산과학원(연구관) · ^{*}국립수산과학원(연구사)

Survival Rate with Long Distance Transplantation and Growth Performance of Sablefish Juvenile, *Anoplopoma fimbria*

Hee-Woong KANG[†] · In Joon HWANG^{*} · Jong Cheol HAN^{*} · Jin CHOI^{*}

[†]National Institute of Fisheries Science(senior researcher) · ^{*}National Institute of Fisheries Science(researcher)

Abstract

We investigated the survival followed long period of transplantation, growth performance in indoor tank of juvenile sablefish. Transplantation time was about 43-45 hours and optimal transportation condition of *A. fimbria* juvenile (TL 3-5 cm, BW 0.2-0.8 g) was 2.9-3.7°C, 31.3-33.4 mg/L (DO) and 28.7 psu. Juvenile sablefish (18.9±0.7 g) were randomly placed in nine experimental tanks, each containing 300 L of water, at 10 individuals/tank. Juveniles were assigned to three treatments (6, 9 and 12°C) in triplicates. After eight weeks, growth performance (weight gain and specific growth rate) of juveniles was increased water temperature-dependently among three treatments. In the rearing of juvenile in indoor tank, sablefish showed a rapid growth with total length (TL) with 49.1±3.0 cm and body weight (BW) with 1,073.2±262.4 g with water temperature 7.2-16.9°C after 17 months of rearing. The relationship between BW and TL was $BW=0.005TL^{3.1177}$ ($r^2=0.9971$). Condition factor was 8.0±1.3. These results suggest that the range of optimum water temperature for juvenile growth was 12-16°C. In addition, the present study demonstrates that sablefish would be a possible aquaculture species under indoor-rearing condition in Korea.

Key words : *Anoplopoma fimbria*, Transportation, Growth performance

I. 서론

은대구(sablefish, *Anoplopoma fimbria*)는 쏨뱅이목 은대구과(Family Anoplomatidae)에 속하며 일본 북해도 이북에서 알류산 열도, 미국 캘리포니아 연안까지의 북태평양에 분포한다(Hanselman et al., 2011; NMFS, 2011; Melissa et al., 2014; Wikipedia, 2022). 특히 대륙붕 사면과 북동 태평

양 해산 부근의 수심 300~2,000 m의 진흙 바닥에 서식하고 있고, 2~5년 사이의 어린 개체는 연안(수심 100~300 m)에 머물며 성체가 되면 깊은 바다로 들어가는 저서성 어류이다(Moser et al., 1994). 체색은 흑갈색으로, 외형은 대구와 비슷하지만 노래미와 임연수어에 가까우며 아래턱에 수염이 없고, 등지느러미가 2개로 대구와 구별된다(Kang et al., 2018a; KIMST, 2018). 서식 수

[†] Corresponding author : 032-745-0710, hwgang@korea.kr

* 이 논문은 2023년도 국립수산과학원 수산시험연구사업 양식생물 자연재해 피해 판별기술 연구(R2023041) 및 동해 특산품종 양식기술 개발(R2018012)에 의해 연구되었음.

온은 4~12°C(평균 10°C 내외)로 성어는 최대 체장 120 cm(평균 80 cm)까지 성장하는 대형종이다. 세계 어획량은 2000년 25,351톤, 2014년 17,801톤으로 최근 급격히 감소하고 있어 미국, 캐나다에서 인공종자를 이용하여 양식하고 있으며, 2012년 은대구 양식생산량은 5,000톤 규모에 이른다(Kang et al., 2018a). 은대구는 black cod 또는 butterfish로도 불리며, 오메가-3 지방산이 풍부하고 맛이 좋아 알래스카, 일본, 한국 등에서 고가로 판매(\$20~30/pound)되는 고부가가치 한해성 어종으로 빠른 성장률로 인해 우수한 양식어종으로 알려져 있다(Matthew et al., 2015; Reid et al., 2017; Wikipedia, 2022). 은대구는 지난 20년 동안 자연산 어획량이 감소한 어종으로, 상업적으로 가치가 있는 종이다. 현재 주요 시장은 북미 서부, 일본과 중국으로 알려져 있다(Lindsay et al., 2014). 어린 은대구는 전장 125 mm에 도달하면 표층에서 근해 저서 서식지로 회유하여 첫 겨울을 보내는 특이한 초기생활사를 감안할 때 환경 조건의 변화에 특히 취약할 수 있다. 이 종의 빠른 성장은 생존에 중요한 조건이지만 성장 특성에 관한 연구는 거의 알려진 바가 없는 실정이다(Joseph et al., 2020).

은대구 양식은 1990년대 후반부터 발달하기 시작하여 2000~2010년에 캐나다 British Columbia에서 소수의 양식장이 운영되었다(Reid et al., 2017). 은대구의 상업적 생산을 위한 기술을 개발하고 최적화하기 위한 연구가 NOAA's Manchester Research Station (Northwest Fisheries Science Center, Port Orchard, WA)에서 수행되고 있으며, 미국과 캐나다에서 소규모의 상업적인 양식이 수행되고 있다(Jensen et al., 1992; Sogard and Olla, 2001; Matthew et al., 2015). 국내에서의 은대구 연구는 염분에 따른 치어의 혈액학적 특징 및 항산화 반응(Kim et al., 2016a), 소화관의 형태 및 조직학적 특징(Kim et al., 2016b), 암모니아 농도에 따른 치어의 성장 및 혈액학적 특징(Kim et al., 2017a), 수온과 염분 변화에 따른 치

어의 성장 및 비특이적 면역반응(Kim et al., 2017b), 수온별 암모니아 노출에 따른 치어의 독성 효과(Kim et al., 2017c), 기초 양식기술 개발(KIMST, 2018) 등 일부가 보고되어 있다.

본 연구의 목적은 높은 상품성을 가지고 있는 은대구의 치어 수송 시 생존율, 치어의 적정 수온 탐색, 장기 사육 성장 특성 등 육상 사육기술 기초자료를 확보하여 한해성 어종인 은대구의 양식 기술 개발에 활용코자 한다.

II. 연구 방법

1. 실험어 이식

본 연구에 사용된 은대구 치어 이식은 미국 NOAA's Manchester Research Station에서 당년에 인공생산된 종자(전장 3~5 cm, 체중 0.22~0.79 g)를 6~7월 총 3회(각 1,000마리) 실시하여 수송에 따른 생존율을 조사하였다. 치어 포장은 보온 박스(64 × 36 × 38 cm, 용적 87 L) 안에 비닐주머니 주위에 아이스팩 및 산소를 주입해 포장하여 수온 변화를 최소화하고 항공으로 치어를 수송하였다. 각 회당 치어 1,000마리는 보온 박스 4개에 각 250마리씩 분산 수용하여 수송하였다. 비닐주머니 포장은 여과해수를 약 1/3 (20 L) 정도 채우고 수온은 4°C 이하, 용존산소량은 30 mg/L 이상 유지하였다.

2. 실험어 사육 및 성장 조사

가. 치어의 적정 수온범위 탐색

은대구 치어의 사육 적수온을 탐색하기 위하여 6, 9, 12°C의 3개 수온구를 설정하여 8주간 사육(3반복)하였다. 실험수조는 원형 300L(ø 74cm × 70 cm)에 체중 18.9±0.66 g인 치어 10마리를 입식하였다. 먹이는 상업용 EP 배합사료를 1일 2회(09:00, 17:00), 생사료(실치, 까나리)를 1회(13:00) 총 3회 반복으로 공급하였다. 상업용 배합사료의 영양성분은 조단백질 50%, 조지방 8%, 회분

13%, 조섬유 2.0%였다. 실치의 조단백질 함량은 20.50%, 조지방은 10.93%였으며, 까나리의 조단백질은 17.61%, 조지방은 24.57%였다. 수온은 히트펌프를 사용하여 6, 9, 12±0.5℃로 조절하였으며, 평균 염분은 32.10±0.55, DO는 7.62±1.73 mg/L였다. 사육 실험 종료 시에는 24시간 절식 후 각 실험구별 전체 무게를 측정하여 증체율 (weight gain, WG), 일간 성장률(specific growth rate, SGR)을 각각 아래와 같이 계산하였다.

$$WG (\%) = \frac{\text{final wet weight (g)} - \text{initial wet weight (g)}}{\text{initial wet weight (g)}} \times 100$$

$$SGR (\% / \text{day}) = \frac{\ln(\text{final mean body weight (g)}) - \ln(\text{initial mean body weight (g)})}{\text{rearing period (days)}} \times 100$$



[Fig. 1] Image of juvenile sablefish, *Anoplopoma fimbria*.

나. 장기 양성시험

은대구의 육상수조식 연중 사육 가능성을 확인하기 위해 장기 사육실험은 2016년 7월 15일부터 2017년 12월 31일까지 17개월간 실시하였고, 은대구 치어는 2016년 7월 이식 시부터 10월 12일까지는 유수식 수조(1,000마리/10톤)로, 이후 시기

부터는 순환여과식 수조(50마리/5톤 밀도)에서 사육하였다([Fig. 1]). 사육환경은 수온, 염분, DO를 수질측정기(YSI-EXO2, YSI Inc., USA)를 이용하여 조사하였다.

사료는 상업용 EP 배합사료(조단백질 50%, 조지방 8.0%, 회분 13.0%, 조섬유 2.0%, 칼슘 1.5%, 인 2.5%)를 1일 2회(09:00, 17:00) 만복 공급하였다. 월별 성장은 전장 0.1 cm, 체중은 0.1 g 단위까지 측정하였다. 비만도(Condition factor)는 비만도지수=체중(g)×10³/체장(cm)³ 과 같이 구하였고, 사육 개체(254마리)의 전장에 대한 체중의 관계를 엑셀프로그램 추세선 옵션을 이용하여 분석하였다.

3. 통계 분석

모든 분석결과는 평균 표준오차로 표기하였고, 결과 값의 통계학적 유의성은 SPSS 통계 프로그램(SPSS Inc.)을 이용하여 ANOVA test를 실시하였고, Tukey's multiple range test를 통해 평균 간 유의적인 차이를 분석하였다(P < 0.05).

Ⅲ. 연구 결과

1. 치어 수송 생존율

미국 현지에서 은대구 치어를 포장, 항공 수송하고 인천공항에 도착해 사육연구동 도착까지 총 소요 시간은 1차~3차에 걸쳐 43~45시간이었다.

<Table 1> Transport condition and survival rate of transplanted sablefish *Anoplopoma fimbria* juvenile

Transplanted date	Size	Water temperature (°C)	Dissolved oxygen (mg/L)	Salinity (psu)	Survival rate (%)
1 st Jul. 2016	TL 4.8±0.6 cm, BW 0.74±0.24 g	1.7±1.1 (0.2~2.6)	47.75±1.90 (45.35~50.00)	13.0±0.2 (12.8~13.3)	0
12 th Jul. 2016	TL 5.0±0.7 cm, BW 0.79±0.25 g	3.9±0.9 (2.9~5.1)	37.94±1.42 (36.36~39.74)	29.0±0.0	99.2
23 th Jun. 2017	TL 3.3±0.6 cm, BW 0.22±0.08 g	3.3±0.4 (2.9~3.7)	32.35±0.83 (31.33~33.35)	28.7±0.0	96.7

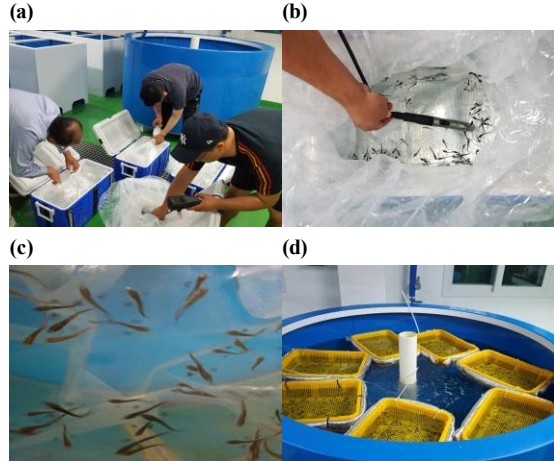
* T.L: Total length, B.W: Body weight

은대구 치어의 1차(2016년 7월 1일) 수송 환경은 수온 1.7±1.1℃, DO 47.75±1.90 mg/L, 염분 13.0±0.2로 수온이 2.0℃ 이하였고 DO가 40 mg/L 이상 고농도로 측정되었다. 수송 생존율은 수송 박스 개봉 시 정상 유영 개체가 없었으며, 전량 폐사하여 0%를 보였다(<Table 1>). 2차(2016년 7월 12일) 수송은 1차 수송 문제점을 개선하여 보온 박스 내 아이스팩 수량을 줄였고 치어가 포장된 비닐 주머니와 얼음이 직접 접촉되지 않도록 저수온 스트레스를 최소화하였다. 수송 환경은 수온 3.9±0.9℃, DO 37.94±1.42 mg/L, 염분 29.0이었고, 수송 생존율은 99.2%였다(<Table 1>). 3차(2017년 6월 12일) 수송환경은 수온 3.3±0.4℃, DO 32.35±0.83 mg/L, 염분 28.7이었고, 수송 생존율은 96.7%였다. 은대구 치어의 장시간 수송 조건은 수온 3~4℃, DO 32.0~38.0 mg/L로 확인되었다(<Table 1>, [Fig. 2]).

2. 치어의 적정 수온범위 탐색

은대구 치어를 이용하여 8주간(2016년 10~12월) 배합사료 및 생사료를 공급하여 사육한 결과, 체중 증가는 실험 개시 시 평균 체중 18.9±0.66 g에서 실험 종료 시 6℃ 시험구는 128.8±5.42 g, 9℃ 시험구는 140.6±3.66 g, 12℃ 시험구는 208.9±3.56 g으로 나타났다. 증체율은 6℃ 시험구가 567.3±4.89%, 9℃ 시험구는 681.1±6.60%, 12℃ 시험구는 971.5±19.75%였고, 일간성장률은 6℃ 시험구가 2.60±0.01%, 9℃ 시험구는 2.82±0.02%, 12℃ 시험구는 3.25±0.03%로 나타났다. 증체율과

일간성장률은 수온 증가에 비례하여 증가하는 특성을 보였다(<Table 2>).



[Fig. 2] Transplantation and adaptation of sablefish juveniles (June 2017). (a) confirmation of juveniles after transportation, (b) measurement of water quality, (c) observation of normal swimming of juveniles, (d) adjustment into indoor tank of juveniles.

3. 장기 양성에 따른 성장 및 비만도 변화

2016년 7월부터 2017년 12월까지 17개월간 은대구 치어의 장기 양성에 따른 수질환경은 수온 7.2~16.9(11.3±2.3)℃, 염분 25.7~34.5(32.0±1.8), DO는 3.22~9.95(5.39±1.22) mg/L로 2017년 6~7월에 수온이 가장 높게 유지되었다([Fig. 3]). 육상수조에서 은대구의 단계별 성장은 실험개시 시(2016년 7월 15일) 크기가 평균 전장 5.0±0.7 cm (평균

<Table 2> Weight gain rate (%/fish) and specific growth rate (SGR) of sablefish *Anoplopoma fimbria* juvenile at different water temperature for 8 weeks¹

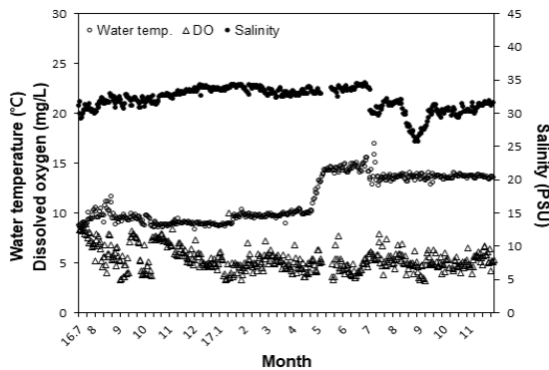
Water temperature (℃)	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Weight gain rate (%/fish)	SGR (%/day)	Survival rate (%)
6	18.91±0.66	128.78±5.42 ^a	567.3±4.89 ^a	2.60±0.01 ^a	100
9	18.91±0.66	140.60±3.66 ^b	681.1±6.60 ^b	2.82±0.02 ^a	100
12	18.91±0.66	208.90±3.56 ^c	971.5±19.75 ^c	3.25±0.03 ^b	100

* ¹Values Mean±SE (n=3) with different superscripts within each column are significantly different ($P < 0.05$).

체중 0.8 ± 0.2 g), 5개월째(2016년 12월)에는 평균 전장 24.5 ± 0.9 cm (평균 체중 134.1 ± 27.5 g), 11개월째(2017년 6월)에는 평균 전장 41.3 ± 2.3 cm (평균 체중 595.9 ± 96.3 g), 시험종료 시 17개월째(2017년 12월)에는 평균 전장 49.1 ± 3.0 cm (평균 체중 $1,073.2 \pm 262.4$ g)로 빠른 성장 경향을 보였다(Fig. 4). 양성기간 전장에 따른 체중과의 관계식은 $BW = 0.0054TL^{3.1177}$, ($r^2 = 0.9971$)로 나타나 직선형으로 증가하였다(Fig. 5). CF는 $4.3 \sim 13.7(8.0 \pm 1.3)$ 를 보였으며 11월~다음 해 1월에 8.9 이상 높은 값을 보였다(Fig. 6)).

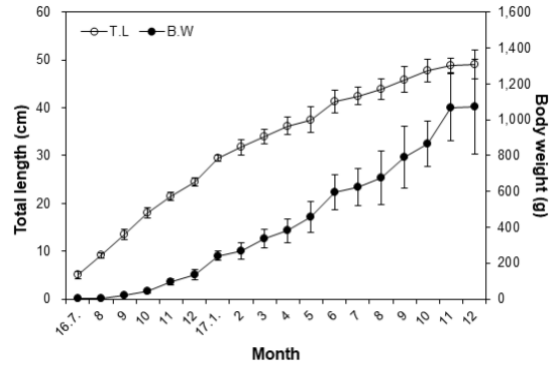
IV. 결론

어류 양식 신품종을 개 한해성 어류는 연평균 수온이 $15 \sim 16^\circ\text{C}$ 이하의 수역에 살고 있으며, 한류의 특징은 낮은 온도 및 염분이며, 용존산소량이나 규산염, 인산염, 질산염 등 영양염류를 많이 함유하고 있다. 은대구는 자연 자원량의 감소 우려로 인해 최근 유럽을 비롯한 여러 국가에서 큰 관심을 가지고 양식 기술 확보를 위해 노력하고 있다(KIMST, 2018). 이에 본 연구에서는 은대구의 사육 기반기술을 확보하고자 은대구 치어를 이식하여 양신품종 개발 가능성을 확인하고



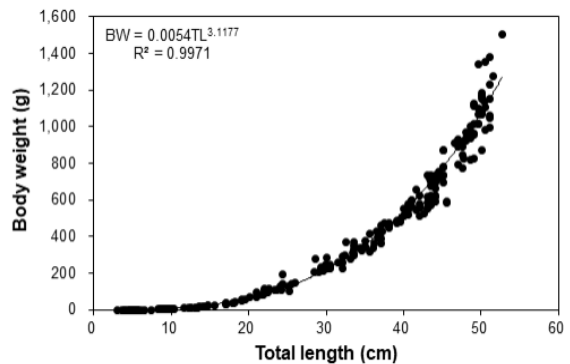
[Fig. 3] Monthly variation of water temperature, salinity and dissolved oxygen in tank (Jul.~Oct. 2016: Flow-through system; Nov. 2016~Dec. 2017: Recirculating system).

자 하였다.

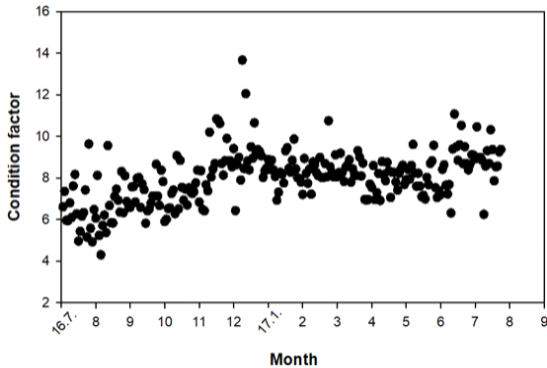


[Fig. 4] Monthly changes of total length and body weight of transplanted sablefish juvenile *Anoplopoma fimbria*.

어류양식에서 우량 종자 확보는 성공을 위한 가장 우선적인 요인 중 하나이다. 본 연구의 은대구 치어 확보는 미국 현지 종자생산 시설에서 생산된 인공 종자를 이용하였고, 종자 수송 총 소요시간은 3차에 걸쳐 43~45시간이었다. 수송 환경은 수온 $1.7 \sim 3.9^\circ\text{C}$, DO $32.35 \sim 47.75$ mg/L였다. 수송 생존율은 1차 0%, 2차와 3차 시기에는 96.7~99.2%로 높게 나타났고, 1차 수송 시 전량 폐사한 원인으로는 환경조건이 수온, DO 뿐만 아니라 염분이 13.0 psu로 낮았던 것으로 추정된다.



[Fig. 5] The relationship between body weight and total length of sablefish *Anoplopoma fimbria*.



[Fig. 6] Monthly changes of condition factor of transplanted sablefish *Anoplopoma fimbria*.

은대구 치어에서 염분 20 psu 이하에서 삼투조절에 필요한 체내 이온 불균형 및 생존율 감소가 보고되어 있어(Kim et al., 2016a), 수송 시 저염분 조건 및 기타 복합적인 영향으로 전량 폐사의 원인으로 생각된다. 본 연구에서 장시간에 걸친 은대구 치어(전장 3~5 cm)의 최적 수송조건은 수온 3.3~3.9℃, DO 32.0~38.0 mg/L, 염분 28~29로 확인되었다. 2015~2017년 국내에 이식된 은대구 치어 수송 환경은 수온 5℃ 조건(총 60시간 소요)에서 약 50% 생존율을 나타냈으며, 장시간의 종자 수송은 활력 저하 및 낮은 생존율을 보였다(KIMST, 2018). 수송밀도별 생존율은 박스 당 250~400마리 범위에서 적정 수송환경을 유지하면 96% 이상 높게 유지된다. 따라서, 은대구 종자 수송 시 생존율 향상을 위해서는 총 45시간 이내의 항공수송, 통관, 국내 수송 등이 안정적으로 빠르게 진행되어야 할 것으로 생각된다.

수온은 어류의 모든 생리적 대사 반응에 직접적인 영향을 미치는 대사조절인자(Brett and Groves, 1979)로서, 어류의 생존과 성장에 영향을 미치는 가장 중요한 환경요인이다. Park et al. (1999)은 수온의 급변이 어체의 생리적 변화를 야기시키고 스트레스 요인으로 작용하여 생체 내 대사와 혈액 성상에 영향을 끼친다고 보고하였다. 양식생물의 성장은 수질 환경 중 수온이 가장 중요하며, 어종별 적수온 범위가 상이하다. 양

식생물은 적수온 범위를 벗어나면 대사기능이 떨어져 성장에 영향을 주므로 적수온 파악이 매우 중요하며, 이러한 적수온 범위 내에서는 수온이 높을수록 성장이 수온에 비례하여 증가한다(KIMST, 2018). 본 연구에서 은대구 치어(평균 체중 18.9±0.66 g)의 적정 수온 범위를 파악하고자 6, 9, 12℃의 3개 시험구에서 8주간 사육한 결과, 수온 증가와 비례하여 증체율 및 일간성장률이 증가하였다. Kim et al.(2017b)가 은대구 치어(평균 체중 68.4±4.6 g)를 8~20℃(2℃ 간격)에서 4개월간 양성했을 때 일일성장량(전장, 체장) 및 비만도가 12 및 14℃에서 유의적으로 증가하였고(P<0.05), 14℃ 구간에서 성장률이 가장 높게 나타났다. 또한, Joseph et al.(2020)은 치어(전장 21.8~28.9 cm)의 최적 성장은 12~16℃로 보고하였다. 본 연구에서는 두 선행 연구보다 더 작은 개체를 사용하였고, 3 구간의 수온 설정 그리고 8주간의 실험 기간 등을 고려했을 때 향후 연구에서 적정 사육 수온 구간에 대한 세밀한 수온 구간 설정 및 장기간의 사육 실험을 통해 은대구 치어기 사육 적정 수온 구명이 요구된다.

은대구 치어(평균 전장 5.0±0.7 cm, 평균 체중 0.8±0.2 g)의 17개월 양성기간 동안 사육 환경은 수온 7.2~16.9 (11.3±2.3)℃, 염분 25.7~34.5 (32.0±1.8), DO 3.22~9.95 (5.39±1.22) mg/L였고, 성장은 11개월째에 평균 전장 41.3±2.3 cm (평균 체중 595.9±96.3 g), 17개월째에 평균 전장 49.1±3.0 cm (평균 체중 1,073.2±262.4 g)로 1 kg 이상으로 증가하였다. 국내에서 은대구 치어의 육상수조 성장은 수온 5~13℃ 조건에서 1년만에 평균 전장 40 cm, 평균 체중 700 g으로 성장하여(KIMST, 2018) 본 연구와 비슷한 성장 경향이 보고되어 있다. 캐나다에서 은대구 종자생산은 자연산 어미를 확보하거나 보존 중인 어미를 이용하여 연중 생산(수온 6~10℃)하고, 양성은 육상수조(부화자어~체중 30 g)와 해상가두리를 연계(수온 7~12℃)하여 1년에 1 kg까지 성장하는 냉수성 어류로 알려져 있다(KIMST, 2018). 캐나다에서 양식

산 은대구가 1년만에 1 kg까지 성장하여 본 연구보다 빠른 이유는 육상과 해상가두리를 연계하여 사육밀도, 수질 등 사육환경이 양호했을 것으로 추측된다. 또한 동해안의 민간양식장 현장시험에서 17개월만에 체장 55 cm (체중 1,300 g)으로 성장하여 본 연구보다 빠른 성장을 보였는데 이는 해수냉각시설을 이용하여 연중 사육수온을 13~14°C 유지하였기 때문으로 생각된다(KIMST, 2018). 캐나다 밴쿠버에서 해상가두리를 이용한 은대구의 IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) 19개월간 양성에서 월간 평균수온은 7.0~14.1°C로 나타났으며, 직선형 성장 관계를 보여(Reid et al., 2017) 본 연구와 비슷한 성장 경향을 보였다.

어류 치어는 어린 개체로 자연환경에서 포식자로부터 위협 등이 있어 첫 해가 전형적인 장애요인이며 생존은 수온, 먹이 이용성과 같은 성장에 영향을 미치는 환경조건과도 연관되어 영향을 받는다. 성장에 영향을 미치는 환경조건은 저위도 지역 어종에 비해 고위도 지역 어종에 더 큰 영향으로 작용한다(Melissa et al., 2014). 한해성 어종으로 알려진 명태(*Gadus chalcogrammus*)는 수정란의 부화율이 5°C에서 가장 높고, 7일간 소형(8~12 cm) 및 대형(20~25 cm) 치어의 반수치사온도(LT50)는 각각 19.1 및 18.9°C로 나타나 명태의 최적성장 수온은 8°C 이하로 보고하였다(Choi et al., 2020; Kim et al., 2022). 대서양연어(*Salmo salar*) 치어 성장의 최적수온은 15°C로 알려져 있어(Kang et al., 2018b), 본 연구 및 기존 은대구 치어 적정수온인 14°C 이하와 비슷한 경향을 보였다. 어류의 초기 생활사 단계는 생물(예: 포식, 자원이용성) 및 비생물요인(예: 수온 및 용존산소)에 의해 복합적으로 폐사율이 높게 발생한다(Garvey et al., 1994; Garvey and Marschall, 2003; Chandler and Bjornn, 1988; Einum and Flemming, 2000). 은대구의 다양한 수온 및 그에 따른 생리적 반응을 이해하면 환경변화에 대한 성장반응을 예측하는 도구로 사용할 수 있다(Joseph et al.,

2020). 은대구의 치어(평균 전장 17.1±2.4 cm, 평균 체중 75.6±5.7 g)의 고수온(17°C) 사육조건일 때 암모니아 노출 독성은 강하게 영향을 받으며, 혈장 글루코스, heat shock protein (HSP 7), 코티솔 등 스트레스 인자가 급격히 증가하여(Kim et al., 2017a) 은대구의 사육 시 고수온(17°C) 조건은 성장 저하 및 생리적 스트레스 요인이 되는 것으로 생각된다.

현재 은대구의 국내 수요는 고급 레스토랑과 한식당에서 제한적으로 이용되고 있으나 글로벌 시장 수요나 국내 양식기술 기반을 고려해 볼 때 국내 양식 개발 가능성이 매우 높은 품종이다. 본 연구 결과의 기초자료 등을 활용하여 은대구를 연어류(은연어, 대서양연어)에 이어 한해성 양식 품종 다양화 및 신소득 창출에 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

본 연구는 은대구 치어의 장기 수송 생존율, 실내수조에서 치어의 적정 수온 탐색, 장기 사육 특성을 조사하였다. 치어(전장 3~5 cm, 체중 0.2~0.8 g) 수송시간은 43~45시간이 소요되었고, 적정 수송조건은 수온 2.9~3.7°C, DO 31.3~33.4 mg/L, 염분 28.7 psu이었다. 치어(18.9±0.7 g)의 수온별(6, 9 및 12°C) 8주간 실험결과 증체율과 일간성장률은 수온 증가에 비례하여 증가하였다. 은대구는 실내수조에서 17개월 장기 양성했을 때 1kg 이상으로 빠른 성장을 보였으며, 성장을 위한 최적 수온범위는 12~16°C였다.

References

- Brett JR and Groves TDD(1979). Physiological energetics. In: Hoar. W.H, D.J. Randall and J.R. Brett.(eds.), Bioenergetics and growth. Fish Physiology. 8. Academic Press. New York. 279~352.
- Chandler GL and Bjornn TC(1988). Abundance, growth, and interactions of juvenile steelhead relative to time of emergence. Trans. Am Fish Soc 117, 432~443.

- Choi J, Han GS, Lee KW, Byun SG, Lim HJ and Kim HS(2020). Effect of water temperature on the egg hatch and early growth of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*). Korean J Ichth 32(2), 78~83. <https://doi.org/10.35399/ISK.32.2.6>
- Einum S and Flemming IA(2000). Selection against late emergence and small offspring in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Evol 54, 628~639.
- Garvey JE, Stein RA and Thomas HM(1994). Assessing how fish predation and interspecific prey competition influence a crayfish assemblage. Ecol 75, 532~547.
- Garvey JE and Marschall EA(2003). Understanding latitudinal trends in fish body size through models of optimal seasonal energy allocation. Can J Fish Aquat Sci 60(8), 938~948. <https://doi.org/10.1139/f03-083>
- Hanselman DH, Lunsford CR and Rodgveller CJ(2011). Assessment of the sablefish stock in Alaska. In: Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for the Groundfish Resources of the Gulf of Alaska and Bering Sea/Aleutian Islands. North Pacific Fishery Management Council, Anchorage, Alaska, 307~412.
- Jensen JOT, Clarke WC, Whyte JNC and Damen W(1992). Incubation and larval rearing of sablefish (*Anoplopoma fimbria*) and Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*). Bull Aquac Assoc Can 92(3), 49~51.
- Joseph RK, Anne HB, Ron AH and Matthew WC(2020). Growth of young-of-year sablefish (*Anoplopoma fimbria*) in response to temperature and prey quality: Insights from a life stage specific bioenergetics model. J Experi Mar Bio Ecol 526, 151340. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2020.151340>
- Kang HW, Jun JC, Yang SJ, Choi J, Byun SG and Kim JW(2018a). Survival rate and growth characteristics by transplantation of sablefish, *Anoplopoma fimbria*. Abstracts 2018 spring meeting of the ichthyological society of Korea. 83.
- Kang HW, Kim KI, Lim HJ and Kang HS(2018b). Effect of water temperature on the expression of stress related genes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. Korean J Environ Biol 36(2), 131~139. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.2.131>
- KIMST(2018). Development of sablefish, *Anoplopoma fimbria* culture technologies. Oceans and Fisheries R&D Report. 194.
- Kim JH, Park HJ, Hwang IK, Kim DH, Oh CW, Lee JS and Kang JC(2016a). Alterations of hematological parameters, plasma constituents and antioxidant responses in the sablefish *Anoplopoma fimbria* depending on salinity. Korean J Fish Aqua Sci 49(6), 830~837. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0830>
- Kim SJ, Kang JC and Lee JC(2016b). Morphology and histology of the digestive organ in the sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Teleostei: Anoplopomatidae). Korean J Ichthyol 28(1), 19~27.
- Kim JH, Park HJ, Hwang IK, Han JM, Kim DH, Oh CW, Lee JC and Kang JC(2017a). Alterations of growth performance, hematological parameters and plasma constituents in the juvenile sablefish, *Anoplopoma fimbria* depending on ammonia concentrations. Fish Aqua Sci. 20(4). <http://dx.doi.org/10.1186/s41240-017-0049-9>
- Kim JH, Park HJ, Kim KW, Hwang IK, Kim DH, Oh CW, Lee JC and Kang JC(2017b). Growth performance, oxidative stress, and non-specific immune responses in juvenile sablefish, *Anoplopoma fimbria* by changes of water temperature and salinity. Fish Physiol Biochem 43(5), 1421~1431. <http://dx.doi.org/10.1007/s10695-017-0382-z>
- Kim JH, Park HJ, Han JM, Kim DH, Oh CW, Lee JC and Kang JC(2017c). Toxic effects of juvenile sablefish, *Anoplopoma fimbria* by ammonia exposure at different water temperature. Environ Toxicol Pharmacol 54, 169~176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2017.07.008>
- Kim SS, Lee CJ, Yoo HK, Choi J, Byun SG, Kim WJ, Lim HJ and Park JS(2022). Effect of water temperature on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) embryos, larvae and juveniles: survival, HSP70 expression, and physiological responses. Aquaculture 554, 738136.
- Matthew AC, Kenneth CM, Thomas HW, Sean MO, Cort J, Andrew J, Douglas A I and Frederick WG(2015). Culture of sablefish (*Anoplopoma fimbria*) larvae in four experimental tank designs. Aqua Engine 69, 43~49.
- Melissa AH, Aimee AK and Mark B(2014). Maturity

- and growth of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, along the U.S. West Coast. Fisheries Research 159, 56~67.
www.elsevier.com/locate/fishres
- Moser HG, Charter RL, Smith PE, Lo NCH and Ambrose DA(1994). Early life history of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, off Washington, Oregon, California with application to biomass estimation. Calif. Coop. Oceanic Fish Invest 35, 144~159.
- NMFS (National Marine Fisheries Service)(2011). Fisheries Economics of the United States, 2010. U.S. Dept. Commerce, NOAA Tech, Memo. NMFS-F/SPO-118, 175pp. Available at: <https://www.st.nmfs.noaa.gov/st5/publication/index.html>
- Park MR, Chang YJ and Kang DY(1999). Physiological response of the cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* to the acute changes of water temperature. J Aquacult 12, 221~228.
- Reid GK, Forster I, Cross S, Pace S, Balfry S and Dumas A(2017). Growth and diet digestibility of cultured sablefish *Anoplopoma fimbria* : Implications for nutrient waste production and Integrated Multi-Trophic Aquaculture. Aquaculture 470, 223~229.
- Sogard MS and Olla BL(2001). Growth and behavioral responses to elevated temperatures by juvenile sablefish *Anoplopoma fimbria* and the interactive role of food availability. Mar Ecol Prog Ser 217, 121~134.
- Wikipedia(2022). Sablefish. [en.wikipedia.org/wiki/ Sablefish](https://en.wikipedia.org/wiki/Sablefish).
-
- Received : 23 March, 2023
 - Revised : 02 May, 2023
 - Accepted : 09 May, 2023