

붉바리 서식행동특성을 이용한 사육수조에 쉼터(Shelter) 설치가 어류의 성장에 미치는 영향*

강 창 협**·김 병 훈***·최 송 희***·이 치 훈****·이 영 돈*****

국문요약

이 연구는 붉바리(*Epinephelus akaara*)의 사육 관리 효율성을 제고하기 위하여 암반 지역에 서식하는 붉바리 서식행동특성을 고려하여 사육 수조에 쉼터(shelter)을 제공하였을 때 붉바리의 성장에 미치는 영향을 조사하였다. 실험기간은 2018년 9월부터 2019년 1월까지로, 실험 그룹은 쉼터를 설치하지 않은 대조구와 쉼터를 2개 설치한 실험구 I, 쉼터를 4개 설치한 실험구 II로 구분하여 사육하였다. 사육수조 내 쉼터 설치에 따른 체중 변화를 조사한 결과 대조구에 비해 실험구에서 체중의 증가하였고, 특히 실험구 II에서 체중이 가장 높게 나타났으며, 일간성장율과 사료효율 또한 대조구에 비해 실험구에서 높게 나타났다. 쉼터 설치에 따른 스트레스 반응을 조사하기 위해 CRH mRNA 발현량을 분석한 결과 제한된 공간에 적은 수의 쉼터 설치하는 사육 초기에 CRH mRNA 발현량이 높게 나타났으나 사육환경에 적응하면서 감소하는 경향을 보였다. 쉼터 설치 후 붉바리가 쉼터에 숨어 은신하는 행동이 관찰되었으며, 쉼터의 설치가 붉바리에게 안정적인 사육환경을 제공 할 수 있을 것으로 생각된다. 추후 적정 사육조건에서 쉼터에 반응하는 붉바리의 적응 반응 특성을 토대로 한 생산성 평가가 요구된다.

주제어 : 붉바리, *Epinephelus akaara*, 쉼터(Shelter), 성장, 스트레스

* 본 결과물은 해양수산부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 Golden Seed 프로젝트 사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호:213008-05-5-SB510)

** 대표저자, 어업회사법인 씨알 연구팀장

*** 공동저자, 제주대학교 해양과학연구소 특별연구원

**** 공동저자, 제주대학교 해양생명과학과 박사과정

***** 공동교신저자, 어업회사법인 씨알 주식회사 대표

***** 공동교신저자, 제주대학교 교수

I. 서론

어류는 유영 형태와 서식지의 암반, 모래 등 환경 요소를 이용하는 행동 특성이 다양하다. 어류 양식은 어류의 행동 특성에 가능한 적합 하도록 사육 수조의 크기와 깊이, 형태, 사육수의 순환 등을 고려한 양식 시스템 설계로 생산성을 높이는 데 주력하고 있다 (Chang et al., 1995; Ji et al., 2008; Boo et al., 2002; Kim, 2011).

불바리 등 바리과 어류는 주로 아열대성 지방의 해조류가 많은 암반 지역에 서식하는 연안 정착성 어종으로(Coleman et al., 2010; Masuda et al., 2012; Ndiaye et al., 2015) 잠재적인 포식자로부터 은신하기 위한 피난처로서 해저 암반에 있는 바위 구멍이나 바위틈을 이용하려는 어류의 행동 특성을 보인다(Valdimarsson and Metcalfe, 2005, Steele 1999; Almany, 2004).

불바리는 제주도를 포함한 남해안, 일본 남부, 중국, 대만 등 동남아시아 아열대 해역에 분포하며 식용어로서 기호도가 높고, 고가어종으로 수요도가 증가하고 있지만 최근 남획으로 인해 자원량이 급격하게 감소하는 어종이다. 현재 국제식량농업기구(FAO)와 세계자연보호연맹(IUCN)은 불바리와 자바리 및 다수의 바리과 어종을 포함시켜 자원관리 대상 어종으로 지정하고 있어 세계적으로 바리과 어류의 양식산업화를 위해 어미관리, 수정란 생산, 종자 생산 등의 연구가 활발히 진행 중에 있다(Yamamoto et al., 2000; Okumura et al., 2002; Lee et al., 2020).

최근 연안 어족자원의 효율적 관리를 위하여 어초, 쉼터 등에 대한 어류의 행동 반응에 관한 연구들(Millidine et al., 2006; Ahn et al., 2013; Goyal, 2014)이 다양하게 진행되고 있다. 쉼터와 같은 쉼터가 어류의 성장률에 긍정적인 영향을 미치고 있고(Finstad et al., 2007; Olsson and Nyström, 2009; Goyal et al., 2014), 어류의 생존율 또한 높은 것으로 보고가 되고 있다(Mous et al., 2006; Kawabata et al., 2011). 뿐만 아니라 몸집이 작은 치어들이 성어의 공격을 피하기 위한 은신처로 쉼터를 이용하기 때문에 치어의 생존율이 높으며(Finstad, 2007), 제한된 쉼터를 갖고 동종 어류 간 경쟁을 하는 특이성이 관찰되기도 한다(Goyal, 2014). 하지만 이러한 연구들은 대부분 바다, 연안, 하천, 연못 등 자연 생태계의 어류를 대상으로 한 것이거나, 자연산 어류를 임시 수용하여 연구한 결과들이 대부분으로 양식 어류를 대상으로 사육 수조에 쉼터를 설치하여 어류의 행동 특성이나 스트레스 반응에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

Corticotropin-releasing hormone(CRH)은 부신피질자극호르몬방출호르몬으로서 스트레스 반응에 의해 뇌의 시상하부에서 분비되어 뇌하수체로 전달되고, 뇌하수체에서 부신

붉바리 서식행동특성을 이용한 사육수조에 쉼터(Shelter) 설치가 어류의 성장에 미치는 영향

피질자극호르몬(Adrenocorticotrophic hormone, ACTH)의 분비를 유도하게 된다. 뇌하수체에서 분비된 ACTH는 다시 신장의 부신으로 전달되어, 부신에서의 cortisol 분비를 촉진하게 된다(Mommsen et al., 1999). 어류에 있어 스트레스는 행동변화에 영향을 주고 생존과 밀접한 관련이 있다. 어류는 상처와 포식활동 등 여러 가지 스트레스 요인에 노출되어 있고 스트레스가 어류에 미치는 영향에 관한 많은 연구들이 보고되었다(Tort, 2011).

이 연구는 서식지의 암반 지대에 있는 바위 틈 속에 숨거나 수초 등에 기대는 행동을 보이는 바리과 어류(Harmelin, 1999)의 행동 특성을 토대로 붉바리 사육수조에 PVC 재질의 인공 쉼터를 설치하여 사육 관리 하였을 때 붉바리의 성장과 스트레스 에 미치는 영향 등을 조사하여 붉바리 종자생산과 중간육성 사육관리에 대한 정보를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

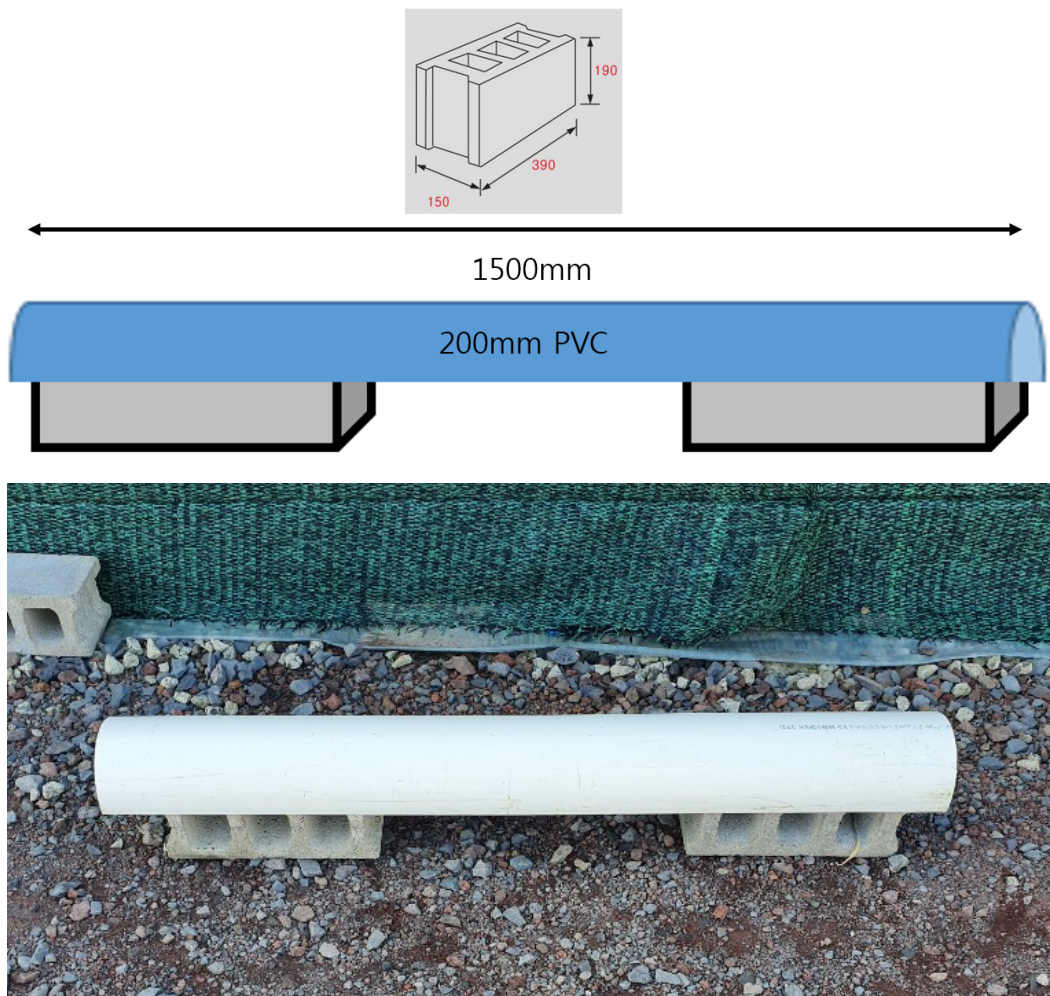
1. 실험어 및 사육관리

실험어는 제주대학교 해양과학연구소에서 사육중인 39개월령 붉바리를 실험에 이용하였다. 실험어는 각각 대조구, 실험구 I, 실험구 II 구분하였고, 수조별로 100마리씩 수용하였다. 실험수조는 제주대학교 해양과학연구소 제6실험실습동내 PP 원형 수조(3 m×3 m×1 m) 4개를 이용하였다. 실험에 사용된 쉼터(Shelter)는 길이 1500 mm 직경 200 mm PVC관을 횡단으로 절단하여 시멘트 블록(150 mm × 390 mm 190 mm) 위에 얹혀 고정 시킨 후 사용하였다(그림 1). 실험 그룹은 쉼터를 설치하지 않은 대조구와 쉼터를 2개 설치한 실험구 I, 쉼터를 4개 설치한 실험구 II로 구분하였다(그림 2). 실험기간은 2018년 9월 14일부터 2019년 1월 8일까지였다. 사육기간 동안 수온은 매일 측정하였고, 용존산소(dissolved oxygen, DO)는 산소발생기를 이용하여 평균 7.7 ± 0.6 mg/L, 사육수 순환 3~4회전/일 범위를 유지하였고, 사료공급은 1일 2회 급이 하였다.

쉼터 설치에 따른 체성장 변화를 조사하기 위해 사육 후 7주와 16주차에 실험구별 실험어의 체중(body weight, BW)과 전장(total length, TL)을 전수 조사하였다. 체중은 전자저울로 0.1 g까지, 전장은 1.0 mm까지 측정하였다. 실험 기간 중 성장에 대한 분석은 총 증중량(total weight gain), 일간성장율(daily growth rate), 일간섭이율(daily feeding rate), 사료계수(feed efficiency)를 계산하여 각 실험구간의 값을 비교하였다. 총 증중량, 그리고 일간 성장률, 일간 섭이율, 사료효율은 다음과 같은 공식으로 계산하였다.

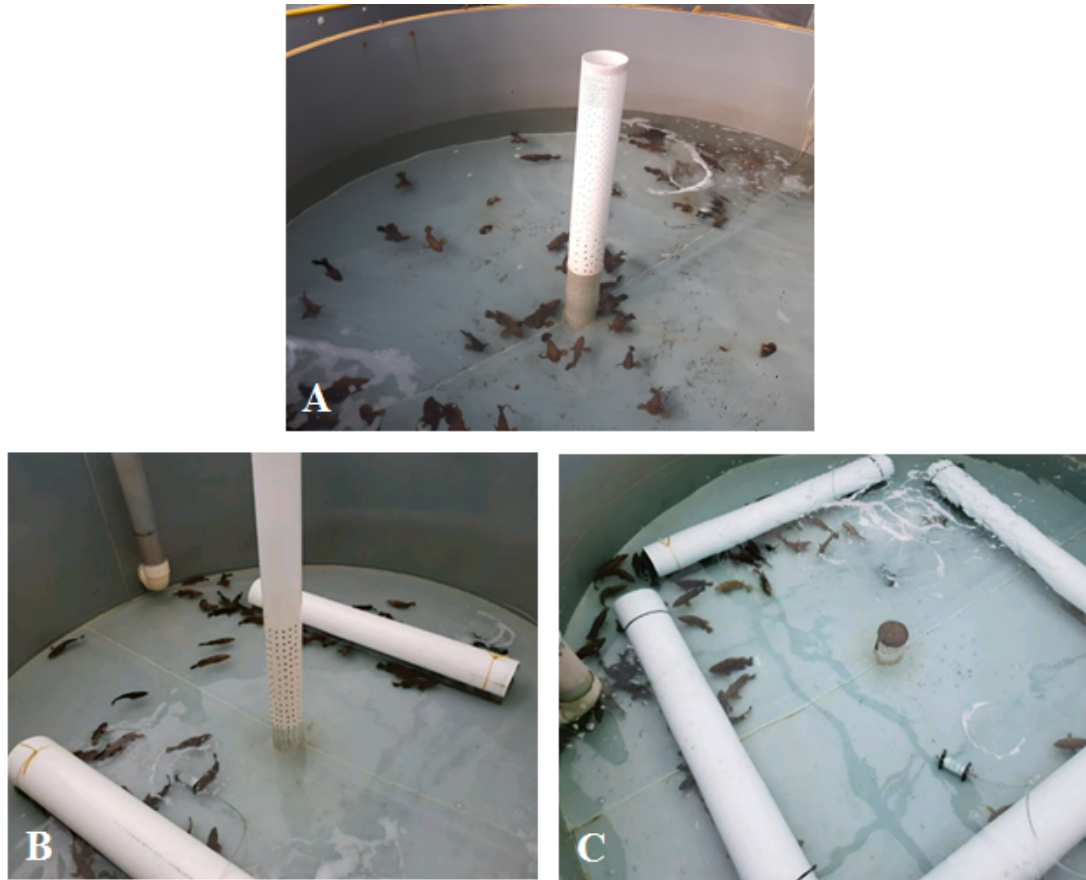
- 총 증중량 = 시작시 총중량 - 종료시 총중량
- 일일성장율 = {(In 실험종료 시 체중)-(In 실험시작 시 체중)}/(사육일수)×100
- 일일섭이율 = (총급여량×100)/{(시작시 중량 + 종료시 중량) × 사료공급일수/2}
- 사료효율 = (증체량/사료공급량)×100

실험수조별 스트레스에 의한 반응을 확인하기 위한 분석실험은 각 실험구별 5마리씩 무작위로 채집한 후 2-phenoxyethanol을 이용하여 실험어를 마취시켜 뇌 조직을 적출하였다. 뇌의 시상하부에서 분비되는 CRH mRNA 발현 분석을 위하여 뇌를 적출 하여 유전학적분석 전까지 -80℃에서 보관하였다.



[그림 1] Shape of the shelter used in the experiment.

붕바리 서식행동특성을 이용한 사육수조에 쉼터(Shelter) 설치가 어류의 성장에 미치는 영향



[그림 2] Shape of shelters setting in the experimental tanks. A, control group; B, treatment I; C, treatment II.

3. CRH mRNA 발현 비교

실험어에서 적출된 뇌 조직들은 total RNA를 분리하기 위하여 RiboEx™(GeneAll, Korea)를 사용하여 완전히 균질화 시켰다. 균질화된 뇌 조직에 들어가 있는 tube에 Chloroform을 첨가한 후 원심분리기로 원심분리하여 상층액만을 분리시켰으며, iso-propanol을 첨가하여 RNA pellet을 획득하였다. RNA pellet은 DEPC가 첨가된 75% 에탄올을 이용하여 수세한 후 RNase-free 증류수에 용해시켜 total RNA를 얻었다. 획득된 total RNA는 RQ1 RNase-Free DNase (Promega, USA)를 이용하여 처리 후, Nano Vue(GE Healthcare, Ver.1.0.1, UK)를 이용하여 A260/A280nm의 비율이 1.7~2.1 범위 내의 값을 갖는 RNA만을 선택하여 실험에 사용하였다. Total RNA는 PrimeScript™ 1st

strand cDNA synthesis Kit(Takara, Japan)를 사용하여 합성하였다. 합성된 붐바리 뇌의 cDNA를 사용하여 real-time quantitative PCR을 수행하여 CRH mRNA 발현을 분석하였다. Real-time quantitative PCR에 사용된 primer는 partial sequencing된 CRH유전자의 부분염기서열을 이용하여 중 특이적인 primer를 제작하여 이용하였다(표 1). 분석은 CRX96TM Real-Time System(BIO-RAD, USA)과 Evagreen premix PCR kit(abm, Canada)를 이용하여 수행되었으며, β -actin을 reference gene으로 이용하였다.

<표 1> Primer sets used in real-time quantitative PCR

Gene	Primer information	
	Primer	Sequence (5'-3')
CRH	CRH F	AGCGGCTTGGAGAGGAGTAT
	CRH R	AGCTGGAGTTGCAATGCTCT
β -actin	β -actin F	GAGGGGTATCCTGACCCTGA
	β -actin R	CTCCTCAGGGGCAACTCTC

4. 통계 분석

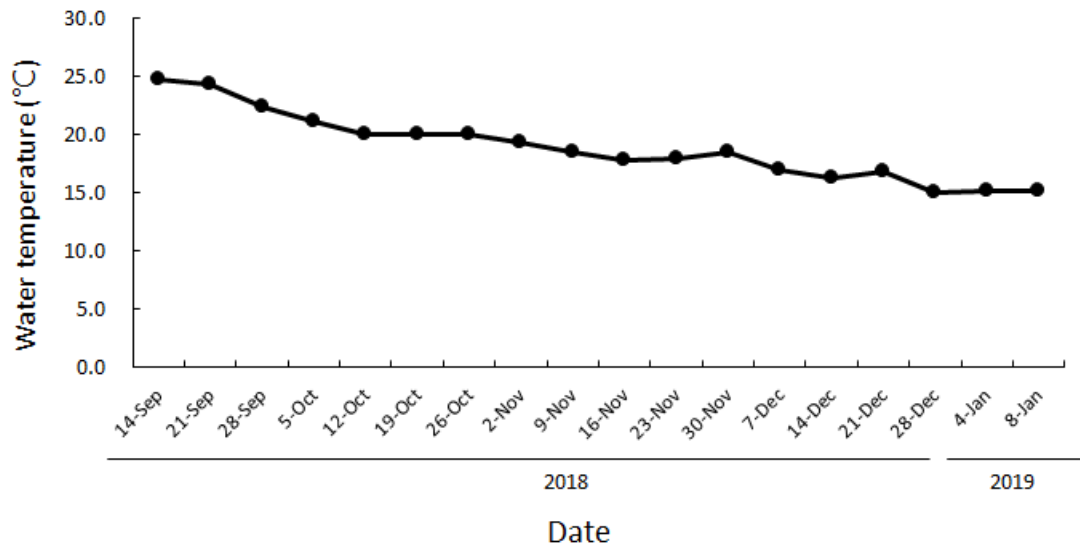
통계 분석은 SPSS version 21.0을 이용하였으며, ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 측정 평균값끼리의 유의성을 검정하였다.

III. 결과

1. 사육수온 변화

섬터 설치에 따른 붐바리의 체성장 변화를 조사하기 위해 실험기간인 2018년 9월 14일부터 2019년 1월 08일까지 수온변화를 조사한 결과 9월 평균수온 최대 $24.3 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 이었고 이후 점차 감소하기 시작하여 1월 평균수온이 $15.0 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ 로 최저 값을 나타냈다([그림 3]).

붉바리 서식행동특성을 이용한 사육수조에 쉼터(Shelter) 설치가 어류의 성장에 미치는 영향



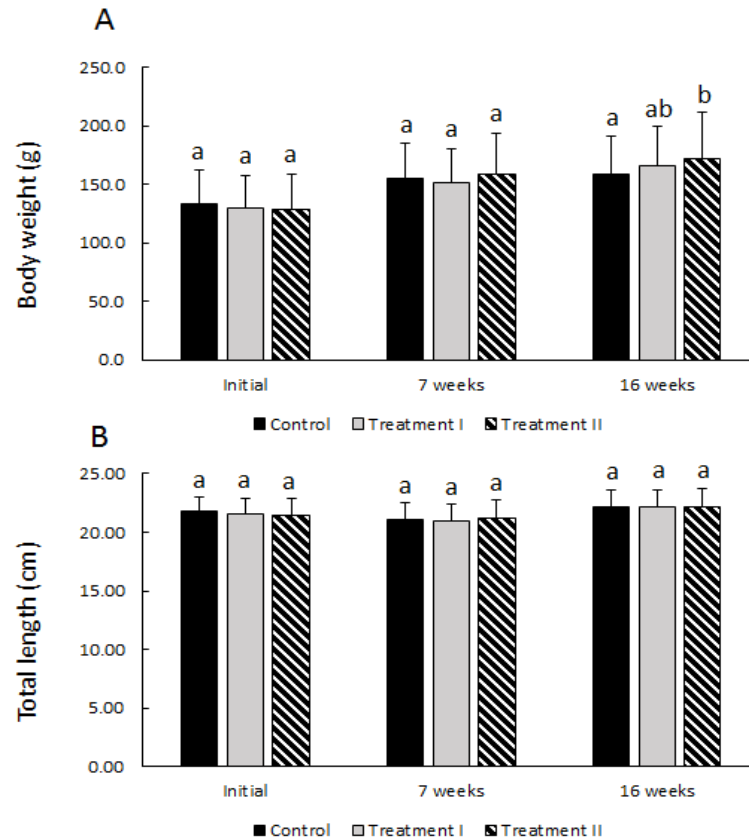
[그림 3] Change of water temperature in experimental period (September 2018 to January 2019).

2. 사육수조에 쉼터(Shelter) 설치에 따른 붉바리 체성장 변화

쉼터 설치에 따른 붉바리의 체성장 변화를 조사하기 위해 실험 시작시(2018년 9월 15일)와 사육 후 7주차(2018년 11월 3일), 16주차(2019년 1월 8일)에 체중과 전장을 측정하였다.

실험 시작시 쉼터를 설치하지 않은 대조구 붉바리의 평균체중은 133.1 ± 28.6 g, 쉼터를 2개 설치한 실험구 I 붉바리의 평균체중은 129.8 ± 27.2 g, 쉼터를 4개 설치한 실험구 II 붉바리의 평균체중은 128.6 ± 30.0 g으로 대조구와 실험구간 유의적인 차이는 없었다. 실험 종료 시(사육 후 16주차) 붉바리의 평균체중 변화를 조사한 결과, 대조구는 158.5 ± 32.8 g, 실험구 I은 165.8 ± 33.7 g, 실험구 II는 171.5 ± 40.3 g으로 각각 성장하였고, 실험구 II 붉바리의 평균체중이 대조구에 비해 유의적으로 높았고($P < 0.05$), 실험구 I도 대조구와 유의적 차이는 없었지만 상대적으로 높게 나타났다([그림 4A]).

전장의 변화를 조사한 결과, 실험 종료 시 대조구 붉바리의 평균전장은 22.2 ± 1.4 cm, 실험구 I 붉바리의 평균전장은 22.2 ± 1.5 cm, 실험구 II 붉바리의 평균전장은 22.2 ± 1.6 cm로 실험 구간에 유의적 차이는 없었다([그림 4B]).



[그림 4] Change of body weight (A) and total length (B) according to the difference of shelters number. Values are mean±SEM. The significant difference are identified by the different low case letters(P<0.05 by Duncan's multiple range test).

3. 일간성장율, 일간섭이율 및 사료효율 변화

실험기간 동안 쉼터 설치에 따른 일간성장율, 일간섭이율 및 사료효율을 실험종료 시 분석한 결과, 일간성장율은 쉼터를 설치하지 않은 대조구에서 0.10%, 쉼터를 2개 설치한 실험구 I은 0.19%, 쉼터를 4개 설치한 실험구 II는 0.20%로 쉼터를 설치하지 않은 대조구에 비해 쉼터를 설치한 실험구에서 높은 값을 나타냈다. 일간섭이율은 대조구 0.60%, 실험구 I 0.65%, 실험구 II 0.62%를 보였다. 사료효율을 분석한 결과, 대조구는 16.3%, 실험구 I은 29.7%, 실험구 II는 32.7%로 대조구에 비해 쉼터를 설치한 실험구에서 높은 값을 나타냈고, 쉼터를 많이 설치한 실험구 II에서 가장 높은 값을 나타냈다(<표 2>).

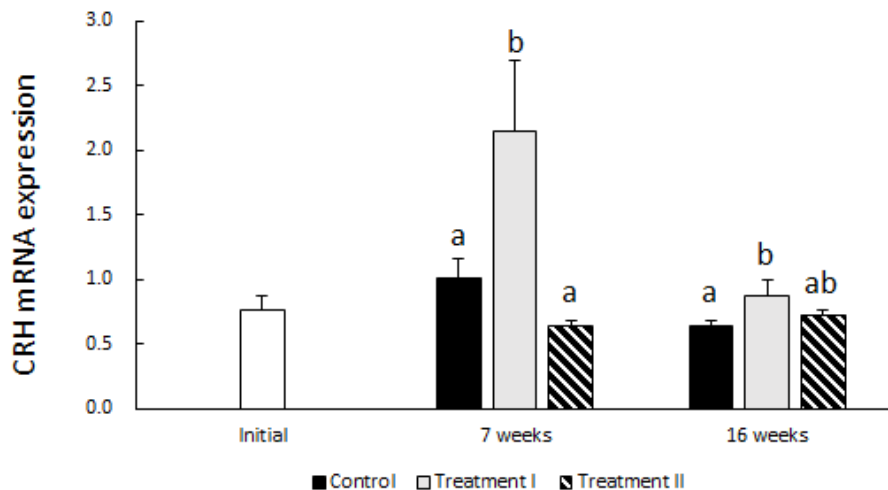
붉바리 서식행동특성을 이용한 사육수조에 쉼터(Shelter) 설치가 어류의 성장에 미치는 영향

<표 2> Change of daily growth rate, daily feeding rate and feed conversion ration according to the difference of shelters number

Experimental group	Daily growth rate (%)	Daily feeding rate (%)	Feed efficiency rate (%)
Control	0.10	0.60	16.3
Treatment I	0.19	0.65	29.7
Treatment II	0.20	0.62	32.7

4. 쉼터 설치에 따른 CRH mRNA 발현 변화

쉼터 설치에 따른 붉바리 뇌에서의 CRH mRNA의 발현변화를 조사한 결과, 실험 7주차 (2018년 11월 3일) 실험구 I 붉바리가 대조구와 실험구 II 붉바리에 유의적으로 가장 높았으나, 실험 종료 시 16주차(2019년 1월 8일) 실험구 I 붉바리의 CRH mRNA 발현값이 낮아지는 경향을 보였지만, 대조구와 실험구 II에 비해 유의적으로 높게 나타났다([그림 5]).



[그림 5] Change of CRH mRNA expression in brain of red-spotted grouper according to the difference of shelters number. Values are mean±SEM. The significant difference are identified by the different low case letters (P<0.05 by Duncan's multiple range test).

IV. 고찰

최근 어류 양식은 기존의 대량생산을 위한 양식 시스템 체제에서 벗어나 품질의 질을 높이고 친환경적인 어류 생산을 위한 양식 시스템으로 전환이 요구되고 있다. 이에 따라 어류를 양식하는데 있어서 적합한 환경 조건을 찾기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

바리과 어류는 주로 해조류와 산호초가 많은 암반 암석 지역에 주로 서식한다(Ndiaye, 2015). Masuda(2012)는 일본 후쿠이(Fukui) 해역에서 (35°32'N / 135°30'E)에서 수중 촬영을 한 결과 붉바리를 포함한 바리과 어류들이 암초, 암반 그리고 콘크리트 인공 구조물 속에서 대부분 관찰이 되었고, 멕시코만 북동부 연안에서 관찰된 Red grouper(*Epinephelus morio*)도 연안의 암초 지대에 주로 서식하였다(Coleman, 2010).

이 연구는 붉바리가 자연상태에서 독립적으로 암반 사이에서 은신하여 서식하는 특이적인 행동 특성에 착안하여 진행되었으며, 안정적인 붉바리 사육조건을 탐색하기 위하여 자연환경조건과 유사할 수 있는 쉼터(Shelter)를 수조내에 설치하여 붉바리를 사육하였다. 수조 내 쉼터 설치가 붉바리에게 미치는 영향을 조사하기 위하여 붉바리의 체성장변화를 분석한 결과, 쉼터 4개를 수조에 설치한 실험구 II에서 쉼터를 설치하지 않은 대조구와 쉼터를 2개 설치한 실험구 I에 비해 체중이 증가하는 경향을 보였다. 또한 일간성장율과 사료효율을 분석한 결과 쉼터를 설치하지 않은 대조구에 비해 쉼터를 설치한 실험구에서 높은 값을 나타냈고, 실험구간 내에서도 쉼터를 보다 많이 설치한 실험구 II에서 보다 높은 값을 나타내었다. 특이적으로 수조 내 쉼터 설치 후 붉바리들이 설치된 쉼터 밑과 그 주변으로 숨어들어가는 행동 특성이 관찰되었다. 인도 Kurukshetra 대학 어업수산 연구소에서 *Clarias Batrachus*를 수조에 수용하여 다양한 크기의 PVC 파이프들을 한 개의 수조에만 설치를 하여 성장 실험을 한 결과 PVC 파이프를 설치한 수조의 *C. Batrachus*들의 체중과 체장 모두가 설치하지 않은 수조의 어류들 보다 높았다(Goyal, 2014). 이 연구에서도 쉼터를 설치한 실험구의 붉바리 체중이 쉼터를 설치하지 않은 대조구의 붉바리 체중에 비해 증가하였고, 일간성장율 및 사료효율 또한 쉼터를 설치한 실험구에서 대조구에 비해 높은 값을 나타냈다.

어류의 시상하부-뇌하수체-신장부속(hypothalamus-pituitary-interrenal, HPI)축은 스트레스 상황에서 자극을 받으며, HPI축은 주로 부신피질자극호르몬방출호르몬(Corticotropin-releasing hormone, CRH)을 생산하고 방출한다. CRH는 뇌하수체에서 부신피질자극호르몬(Adrenocorticotrophic hormone, ACTH)의 분비를 촉진하고, ACTH는 다시 신장의 부신으로 전달되어, 스트레스 호르몬인 cortisol 분비를 촉진한다고 알려져

있다(Wendelaar Bonga, 1997; Flik et al., 2009). 이러한 스트레스에 반응하는 CRH를 이용하여, 수조 내 쉼터 설치가 붉바리 뇌에서의 CRH mRNA 발현에 미치는 영향을 분석한 결과, 사육 후 7주차에서 쉼터 2개를 설치한 실험구 I 붉바리가 쉼터를 설치하지 않은 대조구 붉바리와 쉼터를 4개 설치한 실험구 II 붉바리에 비해 CRH mRNA 발현량이 상대적으로 증가하였지만, 이후 사육환경에 적응하면서 실험 종료시 CRH mRNA 발현량이 감소하는 경향을 보였다. Senegalese sole(*Solea senegalensis*)를 대상으로 사육밀도(1.9, 4.7 그리고 9.8 kg/m²)에 따른 스트레스 반응 실험에서, 저밀도로 사육한 어류보다 고밀도로 사육한 어류에서 CRH mRNA와 cortisol level이 높게 나타났고(Wunderink et al., 2011), Barellor et al.(2009)은 Jundiá (*Rhamdia quelen*) 치어를 대상으로 사육수조 색깔과 쉼터 설치 유무에 따른 스트레스 반응 실험에서 쉼터가 설치된 어류의 cortisol level이 감소하여 치어의 스트레스를 저감시켰다고 보고하였다. 일본 세이카이 국립 어류 연구소 (Seikai National Fisheries Research Institute)에서는 사육하고 있는 black-spot tuskfish(*Choerodon schoenleinii*)를 이시카섬 연안에서 포획한 포식자인 white-streaked grouper(*Epinephelus ongus*)와 함께 수용하여 일부 수조에만 쉼터를 설치를 하여 실험을 한 결과 쉼터가 있는 수조에서의 black-spot tuskfish 치어의 생존율이 높은 것으로 나타났다(Kawabata, 2010), 영국 글래스고 대학 생물 의학 생명과학연구소(Institute of Biomedical & Life Sciences)에서 연어 치어 그룹으로 쉼터 비교 실험을 하여 두 그룹 간 표준 대사율(Metabolism)변화와 체색 변화를 관찰한 결과 쉼터가 없는 수조에서의 연어 치어 그룹의 체색이 더 어둡고 산소 소비율이 30% 더 높게 나타나 쉼터의 존재가 어류의 스트레스를 저감 시키는 것으로 나타났다(Millidine, 2006). 이처럼 어류에 있어 쉼터의 제공은 어류의 생존 및 스트레스 저감에 효과가 있는 것으로 평가되고 있다. 그러나 인도 Kurukshetra 대학 어업수산연구소 *C. Batrachus* 쉼터 영향 실험에서 어류들이 제한된 쉼터를 갖고 서로 경쟁을 하는 행동 특성 등이 빈번하게 발견이 되었다(Goyal, 2014). 이 연구에서도 쉼터 설치에 따른 스트레스 반응을 분석한 결과, 쉼터를 설치하지 않은 대조구와 쉼터를 4개 설치한 실험구 II에 비해 쉼터를 2개 설치한 실험구 I에서 스트레스 반응이 상대적으로 높게 나타나 *C. Batrachus* 결과와 마찬가지로 유사한 행동 특성 등이 관찰이 되어 제한된 공간내에 적은 수의 쉼터 설치에 오히려 쉼터를 차지하려는 경쟁으로 인해 어류의 스트레스를 증가시킬 수 있어 종에 따른 적정 쉼터 설치에 관한 연구들이 요구된다.

이러한 연구 결과들과 이번 실험에서 관찰된 붉바리의 특이 행동 특성은 인위적인 쉼터의 설치가 붉바리에게 자연조건과 유사한 안정적인 환경을 조성할 수 있다고 사료되며, 이런 쉼터 환경조건이 아마도 붉바리의 스트레스 저감과 성장률 및 생존율 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 생각된다.

참고문헌

- Ahn, C. H., Joo, J. C., Lee, S., Oh, J. H., Ahn, H., Song, H. M., 2013, "An experimental approach to secure freshwater fish shelter according to the water level fluctuations in a shallow pond", *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 35(9): 666-674.
- Almany, G. R., 2004, "Differential effects of habitat complexity, predators and competitors on abundance of juvenile and adult coral reef fishes", *Oecologia*, 141: 105-113.
- Barcellos, L. J. G., Kreutz, L. C., Quevedo, R. M., Rosa, J. G. S., Koaoski, G., Centenaro, L., Pottker, E., 2009, "Influence of color background and shelter availability on jundiá (*Rhamdia quelen*) stress response", *Aquaculture*, 288: 51-56.
- Boo, K., Cho, H., Shin, S., 2003, "Depressurized circulating water channel design using CFD", *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 40(4): 22-29.
- Coleman, F. C., Koenig, C. C., Scanlon, K. M., Heppell, S., Heppell, S., Miller, M. W., 2010, "Benthic habitat modification through excavation by red grouper, *Epinephelus morio*, in the Northeastern Gulf of Mexico", *The Open Fish Science Journal*, 3: 1-15.
- Chang, Y. J., Ko, C. S., Yang, H. S., 1995, "Comparison on seedling production of marine fishes between recirculating and running seawater system", *Journal of Aquaculture*, 8(2): 117-131.
- Finstad, A. G., Einum, S., Forseth, T., Ugedal, O., 2007, "Shelter availability affects behaviour, size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon", *Freshwater Biology*, 52: 1710-1718.
- Flik, G., Klaren, P. H. M., van den Burg, E. H., Metz, J. R., Huising, M. O., 2006, "CRF and stress in fish", *Gen. Comp. Endocrinol.*, 146: 36-44.
- Goyal, A. K., Saxena N., Saini V., 2014, "A Laboratory study on the effect of shelter availability on *Clarias Batrachus* growth performance", *International Journal of Pure and Applied Zoology*, 2(3): 228-230.
- Harmelin, J., Mireille, H., 1999, "A review on habitat, diet and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)", *Mar. Life*, 9(2): 11-20.
- Ji, S. C., Takoka, O., Takii, K., Jeong G. S., Han, S. J., 2008, "Seedling production of the Pacific bluefin Tuna *Thunnus orientalis*", *Journal of Aquaculture Society*, 21(4): 272-277.
- Kawabata, Y., Asami, K., Kobayashi, M., Sato, T., Okuzawa, K., Yamada, H., Yoseda, K., Arai, N., 2011, "Effect of shelter acclimation on the post-release survival of hatchery-reared black-spot Tuskfish *Choerodon schoenleinii* : laboratory experiments using the reef-resident predator white-streaked grouper *Epinephelus ongus*", *The*

붉바리 서식행동특성을 이용한 사육수조에 쉼터(Shelter) 설치가 어류의 성장에 미치는 영향

Japanese Society of Fisheries Sciences, 77: 79–85.

- Kim, P. K., 2011, “Effects of stocking density and dissolved oxygen concentration on the growth and hematology of the parrotfish *Oplegnathus fasciatus* in a recirculating aquaculture system (RAS)”, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(6): 747–752.
- Lee, C. H., Hur, S. W., Kim, B. H., Soyano, K., Lee, Y. D., 2020, “Induced maturation and fertilized egg production of the red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*, using adaptive physiology of photoperiod and water temperature”, *Aquaculture Research*, 27: 2084–2090.
- Masuda, R., Matsuda, K., Tanaka, M., 2012, “Laboratory video recordings and underwater visual observations combined to reveal activity rhythm of red-spotted grouper and banded wrasse, and their natural assemblages”, *Environmental Biology of Fishes*, 95(3): 335–346.
- Millidine, K. J., Armstrong, J. D., Metcalfe, N. B., 2006, “Presence of shelter reduces maintenance metabolism of juvenile salmon”, *Functional Ecology*, 20: 839–845.
- Mommsen, T. P., Vijayan, M. M., Moon, T. W., 1999, “Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation”, *Rev Fish Biol Fish*, 9: 211–268.
- Mous, P. J., Sadovy, Y., Halim, A., Pet, J. S., 2006, “Capture for culture: artificial shelters for grouper collection in SE Asia”, *Fish and Fisheries*, 7: 58–72.
- Ndiaye, W., Diouf, K., Samba, O., Ndiaye, P., Panfili, J., 2015, “The Length–weight relationship and condition factor of white grouper (*Epinephelus aeneus*, Geoffroy Saint Hilaire, 1817) at the south–west coast of Senegal, West Africa”, *International Journal of Advanced Research*, 3(3): 145–153.
- Okumura, S., Okamoto, K., Oomori, R., Nakazono, A., 2002, “Spawning behavior and artificial fertilization in captive eared red spotted grouper, *Epinephelus akaara*”, *Aquaculture*, 206: 165–173.
- Olsson, K., Nyström P., 2009, “Non–interactive effects of habitat complexity and adult crayfish on survival and growth of juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus*)”, *Freshwater Biology*, 54: 35–46.
- Steele, M. A., 1999, “Effects of shelter and predators on reef fishes”, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233: 65–79.
- Tort, L., 2011, “Stress and immune modulation in fish”, *Dev Comp Immunol*, 35: 1366–1375.
- Valdimarsson, S. K., Metcalfe, N. B., 2005, “Shelter selection in juvenile Atlantic salmon, or why do salmon seek shelter in winter?”, *Journal of Fish Biology*, 52(1):42–49.
- Wendelaar Bonga, S. E., 1997, “The stress response in fish”, *Physiol. Rev*, 77: 591–625.
- Wenderink, Y. S., Engels, S., Halm, S., Yufera, M., Martinez–Rodrigues, G., Flik, G., Klaren,

- P. H. M., Mancera, J. M., 2011, "Chronic and acute stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis*): The involvement of cortisol, CRH and CRH-BP", *General and Comparative Endocrinology*, 171: 203-210.
- Yamamoto, K., Nanbu, T., Miyagawa, M., Isshiki, T., Kusaka, A., 2000, "Water surface tension-related deaths in prelarval red-spotted grouper", *Aquaculture*, 189: 165-176.

Abstract

Effects of shelters in the rearing tank on fish growth using the
behavioral characteristics of red spotted grouper,
Epinephelus akaara

Kang, Chang-Hyoun*·Kim, Byeong-Hoon**·Choi, Song-Hee***·Lee, Chi-Hoon****
·Lee, Young-Don*****

To enhance the efficiency of the breeding control of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara*, this study investigated effect on the behavioral characteristics, growth and stress response of red spotted grouper, when providing a rest area (artificial fish shelter) in a rearing tank, taking into account the ecological habits of the fish inhabiting the rock-bottomed areas. The fish was divided into the control group (no shelter), treatment I (two shelters) and treatment II (four shelters), respectively. The experiment was conducted from September 2018 to January 2019. The body weight was higher in treatment II than in control and treatment I ($p < 0.05$). The daily growth rate and feed efficiency rate were higher in treatment I and II than in control. Most of the red spotted grouper's behavior in the rearing tank showed a tendency to form a group under the shelter. The corticotropin-releasing hormone (CRH) mRNA expression in the brain was increased in the treatment I, but then decreased. These results indicate that the shelter may be provide a stable management condition in rearing tank for the red spotted grouper.

Key Words : Red spotted grouper, *Epinephelus akaara*, shelter, Body weight, CRH

* First Author, CR Co., Ltd.

** Co-Author, Marine Science Institute, Jeju National University

*** Co-Author, Jeju National University

**** Co-Corresponding author, CR Co., Ltd.

***** Corresponding author, Professor, Marine Science Institute, Jeju National University

교신 : 이영돈 63333 제주특별자치도 제주시 조천읍 함덕5길 19-5,
제주대학교 해양과학연구소
(E-mail: leemri@jejunu.ac.kr)

이치훈 63333 제주특별자치도 제주시 조천읍 함덕5길 19-5,
어업회사법인 씨알 주식회사
(E-mail: chlee074@hanmail.net)

논문투고일 : 2021. 01. 30

심사완료일 : 2021. 02. 15

게재확정일 : 2021. 02. 20

제주학회 회보

(2020년 8월 ~ 2021년 2월)

□ 『濟州島研究』 제54집 발간(2020. 8)

- 연구논문 8편

□ 2020년 (사)제주학회·(사)한라산생태문화연구소 공동 세미나

- 행사명 : 「충암 김정 유배 500년」기념 세미나 및 충암 유적지 답사
- 일시 및 장소
 - 세미나 일시 : 2020년 10월 30(금). 14:00~17:00(제주대박물관시청각교육실)
 - 답사 일시 : 2020년 10월31일(토). 10:00~12:00(제주시 원도심 일대)
- 주최 : (사)제주학회
- 주관 : (사)한라산생태문화연구소

※ 세미나 일정

◎ 개회식

- 사회 : 김종찬(제주대박물관 학예연구사)

- 개회사 : 정광중(제주학회 회장)
- 환영사 : 김찬수(한라산생태문화연구소장)

◎ 세미나 발표

- 사회 : 김종찬(제주대박물관 학예연구사)

- 발표 1 : 충암, 그는 누구인가(홍기표 국사편찬위원회 사료조사위원)
- 발표 2 : 충암의 『제주풍토록』 다시 읽기(김일우 제주역사문화나눔연구소장)
- 발표 3 : 충암 적거지 복원과 활용방안(강문규 전 언론인, 작가)

◎ 토 론

- 좌장 : 허남춘(제주대 국문과교수)

- ▶ 오상학(제주대 지리교육전공 교수)
- ▶ 김진철(탐라문화연구원 특별연구원)
- ▶ 김오순(제주문화예술재단 예술지원팀장)