

## 영상분석을 통한 LED 광원에 대한 볼락 (*Sebastes inermis*)의 행동 연구

허겸 · 김민선<sup>1</sup> · 신현옥<sup>2\*</sup>

부경대학교 수산물리학과, <sup>1</sup>군산대학교 해양생산학과, <sup>2</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부

### A study for behavior analysis of rockfish (*Sebastes inermis*) corresponding to the LED light by image analysis

Gyeom HEO, Min-Son KIM and Hyeon-Ok SHIN<sup>1\*</sup>

Department of Fisheries Physics, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

<sup>1</sup>Department of Marine Science& Production, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

<sup>2</sup>Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

In order to establish the basic data for the active use of the LED light source in the aquaculture industry, the experiment about the behavior of rockfish (*Sebastes inermis*) corresponding to the LED light was conducted by image analysis. LED lights for the experiment were one red light (wave length: 622 nm; light power: 811 mW) and two green lights (wave length: 518 nm; light power: 648 mW, wave length: 518 nm; light power: 810 mW). Behavior of the rockfish was analyzed using a moving distance (MD5) for 5 minutes where MD5s during the period of feeding were 20.0 m, 19.6 m, 16.3 m and 20.5 m in the ch1, ch2, ch3 and ch4. At the sunrise, mean MD5 of the entire channel about right before and right after were 6.3 m and 8.2 m. At the sunrise, mean MD5s of the entire channel about right before and right after were 13.6 m and 12.0 m. In the ch1, ch2 and ch3, mean MD5s during the period of 24 hours were 13.2 m, 9.6 m and 6.8 m at experiment 1 and 5.2 m, 3.8 m and 2.9 m in the experiment 2.

Keywords : LED, Behavior, Rockfish, Analysis of images

#### 서론

연안어업의 중요 어류인 볼락은 연안의 천해생물군집에서 높은 생태학적 지위를 차지하며 (Hatanaka and Iizuka, 1962), 연안 환경에 강한 이점으로 양식대상 종으

로서의 높은 가치를 가지고 있다 (Chyung, 1977; Lee and kim, 1992). 그러나 치어의 남획 및 환경오염으로 인한 자원량의 감소가 심화하고 있다 (KORDI, 1997). 볼락의 자원증대를 위한 방안으로 해양목장화 사업 및

\*Corresponding author: shinho@pknu.ac.kr, Tel: +82-51-629-5893, Fax: +82-51-629-5886

수산생물 종묘 방류사업을 이용한 관리가 이루어지고 있으며, 최근에는 방류량이 증가하고 있다 (MOMAF, 2004, 2006; NFRDI, 2007). 볼락에 대한 국내외 연구로는 볼락의 산출 후 초기 성장 및 눈의 조직학적 발달 특성 (Park et al., 2012), 초기생활사 (Kim and Han, 1993; Kim et al., 1993), 양식산 볼락의 성장 특성 (Choi et al., 2005) 등이 있었다.

한편 어업에서 광원의 이용은 어선의 집어등을 중심으로 발전해 왔으며, 최근에는 LED 광원이 개발된 후 생산성의 이점을 바탕으로 양식 산업에서도 LED 광 이용에 대한 연구가 활발히 진행 중이다 (Cha et al., 2010; Choi, 2013).

본 연구는 양식 산업에서의 LED 광원의 적극적인 활용을 위한 기초 자료 수집을 목적으로 수생 환경에서 어류의 변화를 감지하는 것에 대한 대중적인 접근 방법인 영상 분석 (Kane et al., 2005)을 실시하여 광과장 및 광강도에 따른 볼락의 행동 특성을 실험하고 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어

본 실험은 LED 광원에 대한 양식 어류의 행동 변화를 연구하기 위한 것으로 경상남도 통영수산자원연구소에서 태어난 볼락을 부경대학교 용당캠퍼스 실험실로 옮겨와 1개월 이상 사육한 후 사용하였다. 실험은 2014년 3월 14일 (실험①)에 7마리 평균체중 및 평균전장이 16.97 g 및 8.1 cm의 볼락에 대해 실험을 실시하였으며, 2015년 7월 29일 (실험②)에 70마리 평균체중 및 평균전장이 5.69 g 및 6.9 cm의 볼락에 대해 추가 실험하여 행동분석을 실시하였다.

### 실험환경

LED 광과장에 따른 볼락의 행동을 분석하기 위하여 먼저 직사각형 모양 (L105 cm×W60 cm×H60 cm)의 수조를 4개 준비하였으며, 각 수조의 수위는 50 cm 정도로 일정하게 맞추었다. 수질 관리를 위해 각 수조는 각각의 순환여과장치와 살균장치를 갖추었으며 1주일에 1번씩 환수를 실시하였다. 수온은 히터와 냉각기를 이용하여 17도로 유지되도록 하였다. 실험 중 LED등이 설치된 두 개의 수조에는 외부에서 수조로 유입되는 자연광을 차단하기 위해 암막 커튼을 설치하여 빛을 차단하였으며,

대조구로 사용한 한 개의 수조에는 암막 커튼을 설치하지 않았다. 실험하는 동안 먹이는 실험어 무게의 약 0.2%의 사료를 각각 오전 9시에서 10시 사이 1회, 오후 5시에서 6시 사이 1회 총 2회에 걸쳐 공급하였다.

### LED 광원 및 영상 촬영

각 수조의 수조 내에 설치한 LED 광원은 L45 cm×W45 cm의 평판형의 광원으로, 한 개의 대조구를 제외한 3개의 수조의 상부에 합판으로 된 구조물을 설치한 후 각각의 수조에 LED 광원 2개씩을 고정시켰다. LED 광원의 사용 시간은 볼락의 성장과 광주기 사이의 실험에서 가장 성장이 좋았던 14시간 주기를 기준으로 하였으며, 6시 및 20시에 각각 점등 및 소등하여 실험을 하였다. 또한 일출과 일몰 그리고 LED등의 점등과 소등에 대해서 볼락의 행동의 변화를 분석하기 위하여 추가로 오전 4시에 점등하여 오후 8시에 소등하는 것으로 1일 16시간을 주기로 설정하여 실험을 실시하였다. LED 광원 이외에 실험실 내에 20 W의 3파장 전구 1개를 6시부터 20시 사이에 매일 점등시킨 상태로 실험을 실시하였으며, 먹이 공급 시에는 실험실 내의 조명을 점등, 먹이 공급 후에는 소등하였다.

LED 광원의 밝기와 파장은 LED 광원 제어 프로그램이 설치된 컴퓨터를 이용하여 조정하였으며, 실험①에서는 4개의 수조 중 3개의 수조에 LED 광원을 설치, 각각 적색광 (Wave length: 622 nm; Light power: 811 mW) 1개, 녹색광 (Wave length: 518 nm; Light power: 810 mW, Wave length: 518 nm; Light power: 648 mW) 2개로 설정하였으며, 비교를 위해 1개의 수조에는 LED 광원을 설치하지 않았다. 실험②에서는 3개의 수조 중 2개의 수조에 LED 광원을 설치, 각각 적색광 (Wave length: 622 nm; Light power: 811 mW) 1개, 녹색광 (Wave length: 518 nm; Light power: 810 mW) 1개로 설정하였으며, 비교를 위해 1개의 수조에는 LED 광원을 설치하지 않았다 (Table 1). Table 1은 광원의 특성을 나타내고 있으며,

Table 1. Specification of each LED light

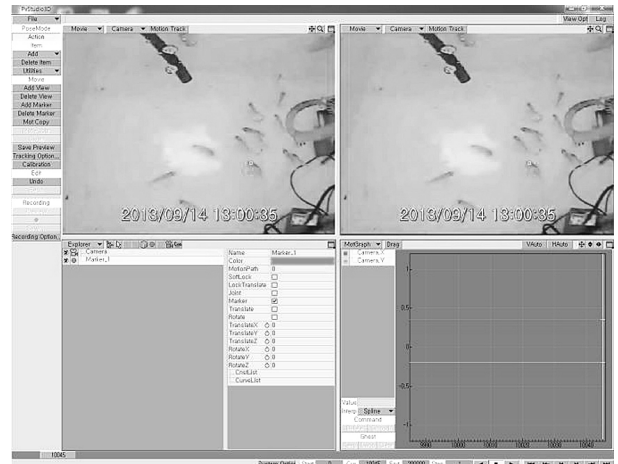
Channel -Tank	Light color	LED value	Wave length (nm)	Light power (mW)
1	Red	110	622	811
2	Green	138	518	810
3	Control			
4	Green	110	518	648

채널① 및 채널②는 광파장에 채널② 및 채널 ④에는 광강도에 차이를 주었다.

각 수조에 설치한 카메라는 적외선 CCTV카메라로 수조의 세로면에 설치하여 수조의 가로 및 세로면을 촬영할 수 있는 각도로 조정, 24시간 촬영한 후 디지털녹화장치(H0401L, NADATEL Co., Korea)를 사용하여 기록하였다.

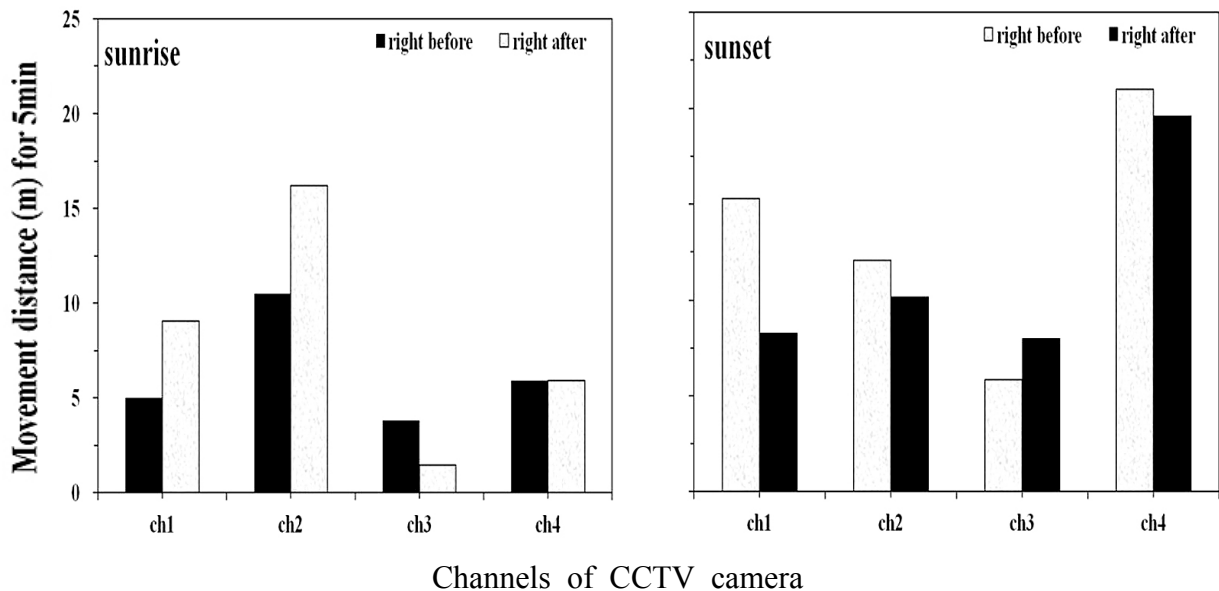
**행동 분석**

행동 분석을 위해 24시간 촬영된 영상을 영상분석 소프트웨어 (PV studio 3D 2.3, PAIKIN COMTEC., Japan)를 사용하여 분석하였다 (Fig. 1). 영상분석 소프트웨어는 자동 및 수동 추적이 가능하며, 최종적으로 추적한 대상의 위치를 엑셀상에 XY좌표로 변환하여 저장이 되는 모델을 사용하였다. 소프트웨어를 사용하여 기록한 영상을 1초당 약 32프레임에 해당하는 정지화면으로 나누어 목표대상의 위치를 수동으로 추적하였으며, 추적대상의 선정은 임의의 하나의 대상을 지정한 후 추적을 실시, 사각지대로의 이동 시 다른 대상을 지정하여 위치 추적을 계속하였다. 추적대상의 변동이 있을 시 두 대상 사이의 거리는 프레임 번호를 기록한 뒤, 계산과정에서 감해 주었다. 실험①은 일출 및 일몰 그리고 LED등의 점등 및 소등에 대해서 각각의 시간을 기준으로 직전과 직후로 나누어서 각각 5분간 추적하였다. 또한 먹이 반응에 대해서 먹이 투입시



**Fig. 1. Software of tracking a target for behavior analysis.**

간을 기준으로 투입 직전 중, 직후로 나누어서 각각 5분간 실시하였으며, 24시간 행동에 대해서는 시간당 5분간 추적하였다. 실험②는 24시간 행동에 대해서는 시간당 5분간 추적하여 실험①의 데이터와 평균을 구해 24시간 행동을 분석하였다. 추적대상의 위치는 엑셀파일에서 X축과 Y축의 2차원 좌표로 나타내어 5분 동안의 이동 거리를 계산하였으며, 24시간 행동은 일출/일몰, LED등의 점등/소등 및 먹이 투입에 대한 결과를 합산하여 분석하였다.



**Fig. 2. Movement distance (m) for 5min during sunrise and sunset.**

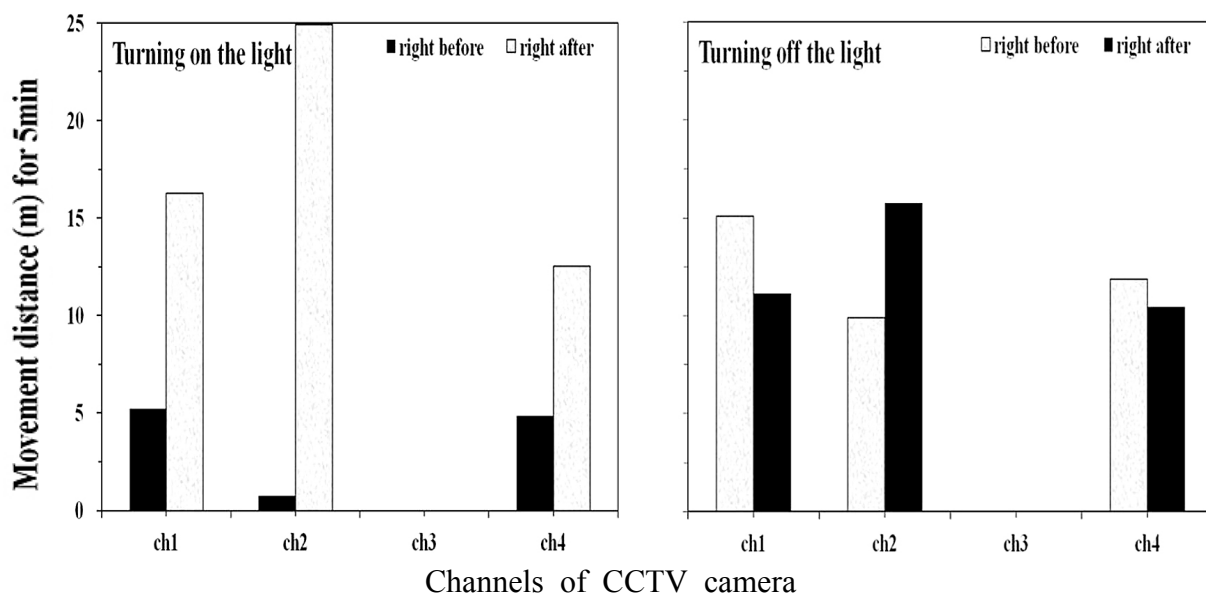


Fig. 3. Movement distance (m) for 5min during turning on/off the light.

### 결 과

#### 일출 및 일몰에 따른 행동 분석

Fig. 2는 실험①의 볼락의 일출 및 일몰에 대한 반응을 분석하기 위해 2014년 3월 14일의 일출시 및 일몰시인 06시 37분 및 18시 30분을 기준으로 일출 및 일몰의 직전과 직후의 5분간의 이동거리 (MD5: Movement distance for 5 min)를 채널별로 나타낸 것이다. 일출 직전의 MD5는 ch1, ch2, ch3 및 ch4에서 각각 5.0 m, 10.5 m, 3.9 m 및 5.9 m이었으며, 채널 전체의 평균 MD5는 6.3 m이었다. 직후의 MD5는 각각 9.1 m, 16.2 m, 1.5 m 및 5.9 m이었으며, 채널 전체의 평균 MD5는 8.2 m이었다. 일몰 직전의 MD5는 각각 15.3 m, 12.1 m, 5.8 m 및 21.0 m이었으며, 채널 전체의 평균 MD5는 13.6 m이었다. 직후의 MD5는 각각 8.3 m, 10.1 m, 8.0 m 및 19.6 m이었으며, 채널 전체의 평균 MD5는 12.0 m이었다 (Fig. 2).

#### 점등 및 소등에 따른 행동 분석

Fig. 3은 실험①의 볼락의 LED 광원의 점등 및 소등의 직전과 직후의 MD5를 채널별로 나타내고 있으며, ch3은 대조구로 제외되었다. 점등 직전 MD5는 각각 ch1, ch2 및 ch4에서 각각 5.2 m, 0.8 m 및 4.9 m이었으며, 채널 전체의 평균 MD5는 3.6 m이었다. 직후 MD5는 각각 16.3 m, 24.9 m 및 12.5 m이었으며, 채널 전체의 평균

MD5는 17.9 m 이었다. 소등 직전 MD5는 각각 15.1 m, 9.9 m 및 11.9 m이었으며, 채널 전체의 평균 MD5는 12.3 m 이었다. 직후 MD5는 각각 11.2 m, 15.8 m 및 10.5 m이었으며, 채널 전체의 평균 MD5는 12.5 m이었다 (Fig. 3).

#### 먹이 투입에 따른 행동 분석

Fig. 4는 실험①의 볼락의 먹이 투입의 직전, 중, 직후의 평균 MD5를 채널별로 나타내고 있으며, ch1, ch2, ch3 및 ch4에서 각각 20.0 m, 19.6 m, 16.3 m 및 20.5 m이었다 (Fig. 4).

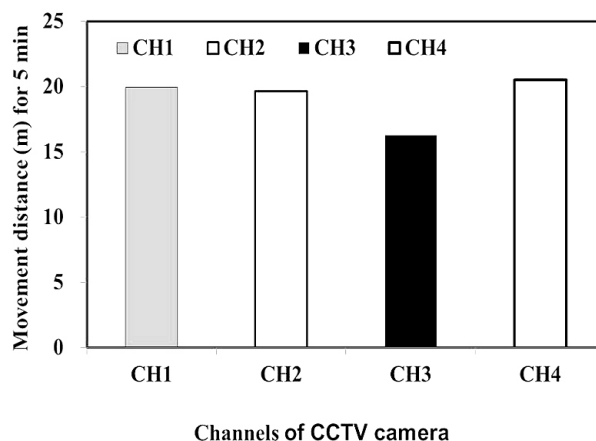


Fig. 4. Movement distance (m) for 5min during feeding.

24시간 행동 분석

Fig. 5는 실험①의 볼락의 24시간 동안의 각 시간당 MD5를 채널별로 나타내고 있으며, 평균 MD5는 ch1, ch2 및 ch3에서 각각 13.2 m, 9.6 m 및 6.8 m이었다. 각 채널별로 MD5가 최대였던 시간은 ch1, ch2 및 ch3에서 각각 8시 (27.8 m), 6시 (24.1 m) 및 21시 (20.4 m)이었다. 일출 후 (7시)에서 일몰 전 (18시)까지의 평균 MD5는 각각 14.9 m, 10.5 m 및 7.2 m이었으며, 일몰 후 (19시)에서

일출 전 (6시)까지의 평균 MD5는 각각 10.4 m, 9.1 m 및 39.6 m이었다 (Fig. 5).

Fig. 6은 실험②의 볼락의 24시간 동안의 각 시간당 MD5를 채널별로 나타내고 있으며, 평균 MD5는 ch1, ch2 및 ch3에서 각각 5.2 m, 3.8 m 및 2.9 m이었다. 각 채널별로 MD5가 최대였던 시간은 ch1, ch2 및 ch3에서 각각 16시 (9.0 m), 20시 (15.4 m) 및 14시 (5.0 m)이었다. 일출 후 (7시)에서 일몰 전 (18시)까지의 평균 MD5는

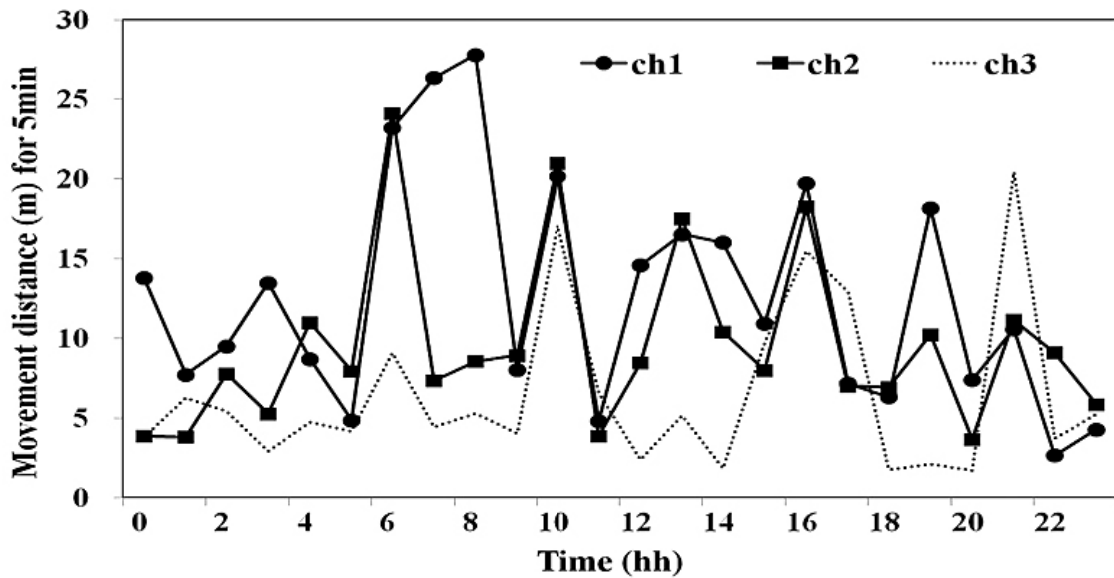


Fig. 5. Hourly movement distance (m) for 5 min (March 14, 2014).

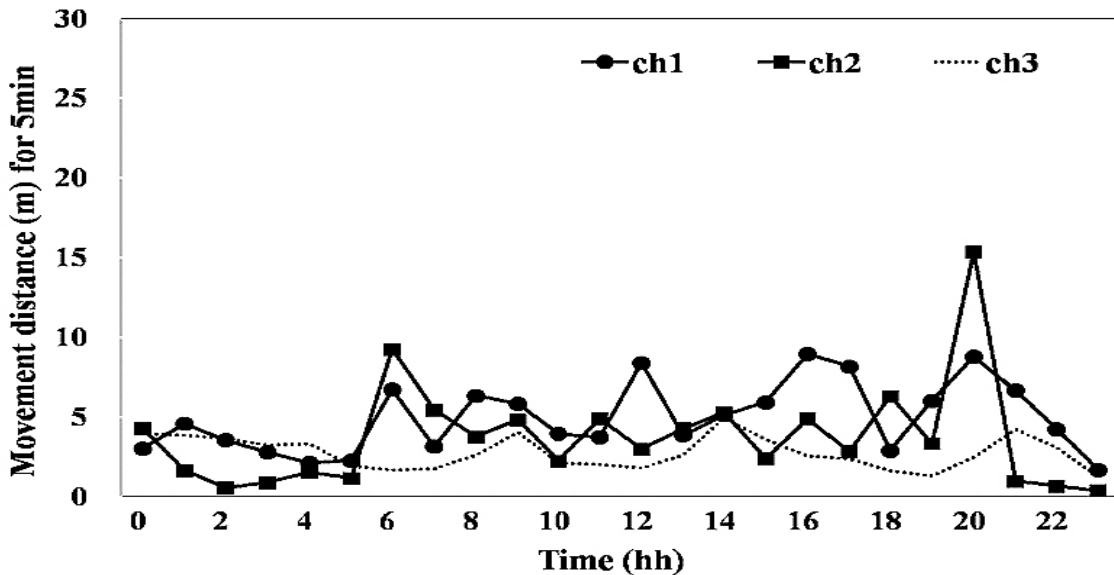


Fig. 6. Hourly movement distance (m) for 5 min (July 29, 2015).

각각 5.5 m, 4.2 m 및 2.9 m이었으며, 일몰 후 (19시)에서 일출 전 (6시)까지의 평균 MD5는 각각 4.4 m, 3.3 m 및 22.7 m이었다 (Fig. 6).

## 고찰

본 논문에서는 볼락의 5분간의 이동거리 (MD5)를 활동량의 지표로 사용하였으며, 실험①에서 자연광의 영향을 받도록 구성된 대조구에서는 볼락의 활동량이 일출 직전이 직후보다, 일몰 직후가 직전보다 큰 것으로 나타났으며, 대조구를 제외한 LED광을 설치하고 자연광을 차단하는 암막커튼을 사용한 다른 채널에서는 일출 직후가 직전보다 일몰 직전이 직후보다 큰 것으로 나타났다. 자연광의 영향을 받는 대조구와 자연광을 차단한 채널에서 서로 상반된 결과를 나타낸 점에서 실험어가 자연광 및 LED 광원에 반응하여 활동성이 상반된 결과를 나타내었다고 판단된다.

실험① 및 실험②의 24시간 행동 분석에서 대조구에서는 볼락의 활동량이 일몰시에서 일출시 사이가 일출시에서 일몰시 사이보다 약 6배 높은 수치를 나타내었다. 자연광을 차단한 채널에서는 볼락의 활동량이 일출시에서 일몰시 사이가 일몰시에서 일출시 사이보다 미세하게 높은 수치를 나타낸 점과 비교하였을 때, 자연광의 영향을 받은 야행성 어종인 볼락이 자연광의 영향을 받아 야간에 더 활동성이 강한 것으로 판단된다.

본 연구에서의 실험은 반복적인 실험이 아닌 1회 또는 2회 실험의 결과이며, 수조환경에 순응된 어류의 실험이므로, 볼락이 생물학적으로 빛의 유무에 의해 활동성이 달라진다고 단언할 수 없다고 생각된다. 추후 추가적인 실험을 통해 보완을 할 필요가 있다고 생각된다. 실험①에서 적색광을 설치한 ch1에서의 볼락의 활동량은 먹이 투입에 대해서 녹색광을 설치한 ch2와 ch4에 비해 유의하거나 저조한 활동량을 보였으나, 실험① 및 실험②의 24시간 행동 분석에서 ch1에서의 볼락의 활동량이 가장 크게 나타났다. 활동량을 측정된 개체수 및 실험수가 적어 비교하는데 한계는 존재하지만, 적색광은 어류의 먹이 섭취에 긍정적으로 작용하지만 성장으로는 유도하지 않는다는 *volpato et al. (2013)*과 크게 상반되지 않는다고 생각된다. 양식어류의 성장연구에 활용하기 위해서 실험어의 활동량과 먹이 섭취와의 관계를 보다 면밀히 연구할 필요가 있다고 생각된다.

본 연구는 한정된 공간에서 임의의 한 마리의 볼락을 추적하였으며, 볼락의 수직이동거리를 배제한 수평이동 거리에 한하여 볼락의 활동성을 나타낸 결과로 활동성을 나타내고 대표하는데 한계가 존재한다. 실험어 또한 연령이 낮은 볼락에 한정되었으므로 더욱더 신뢰할 만한 결과를 위해 추가적으로 상대적으로 연령이 높은 볼락을 사용하여 비교분석할 필요가 있다고 생각된다.

## 결론

본 연구는 2014년 3월 14일 및 2015년 7월 27일에 각각 1개의 적색광, 광강도가 다른 2개의 녹색광 및 광원을 설치하지 않은 대조구를 이용하여 실시되었으며, 볼락을 대상으로 실험한 결과를 토대로 볼락의 행동 특성을 분석하였으며, 양식 산업에 적합한 LED 광원을 찾기 위한 기초 자료 수집을 목적으로 실시되었다.

실험①의 볼락의 먹이 투입의 직전, 중, 직후의 평균 MD5를 채널별로 나타내고 있으며, ch1, ch2, ch3 및 ch4에서 각각 20.0 m, 19.6 m, 16.3 m 및 20.5 m이었다. 일출시의 직전 및 직후의 채널 전체의 평균 볼락의 5분간의 이동거리 (MD5)는 각각 6.3 m 및 8.2 m이었으며, 일몰시의 직전 및 직후의 채널 전체의 평균 MD5는 각각 13.6 m 및 12.0 m이었다. 실험①의 24시간의 평균 MD5는 ch1, ch2 및 ch3에서 각각 13.2 m, 9.6 m 및 6.8 m이었으며, 실험②의 24시간의 평균 MD5는 ch1, ch2 및 ch3에서 각각 5.2 m, 3.8 m 및 2.9 m이었다. 볼락의 활동성은 24시간 평균으로는 적색광에서 가장 활동성이 높은 것으로 나타났으나 먹이 투입시에는 다소 낮게 나타났다. 대조구 및 그 외의 채널을 비교하였을 때 대조구에서는 볼락의 활동성이 일출 일몰 즉 자연광의 영향을 받아 야간에 활동성이 높은 것으로 나타났다.

이와 같은 연구결과는 빛과 볼락의 활동성 사이의 관계를 파악하여 볼락 양식에 적합한 LED 광원 개발의 기초자료가 될 것으로 판단된다.

## References

- Choi CY. 2013. Development of the high valued product of marine fish using an environmental-friendly LED light. Korea Maritime University.
- Choi HJ, Hong KP, Oh SY, Noh CH, Park YJ, Myoung JG, Kim JM, Hur JW, Zhang CI and Park IS. 2005. Growth

- Characteristics of Cultured Dark-Banded Rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier. J Aquaculture 18(3), 147-153.
- Chyung MK. 1977. The Fishes of Korea. Il-Ji Sa Publishing Co, Seoul, 107-108.
- Hatanaka MY and KK Iizuka. 1962. Studies on the fish community in the Zostera area-III. Efficiency of production of *Sebastes inermis*. Jap Fish Soc 28, 305-313.
- Kane AS, Salierno JD and Brewer SK. 2005. Fish models in behavioral toxicology: Automated techniques, updates, and perspectives. Ostrander, Gk, ed. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 559-590.
- Kim YU and Han KH. 1993. The early life history of the rockfish, *Sebastes inermis*. 1. Egg development and morphology of larvae by artificial treatment in aquarium. J Korean Fish Soc 26, 458-464.
- Kim YU, Han KH and Byun SK. 1993. The early life history of the rockfish, *Sebastes inermis*. 2. Morphological and skeletal development of larvae and juveniles. J Korean Fish Soc 26, 465-476.
- KORDI. 1997. A study for the marine ranching program in Korea. Ecosystem management model and stocking technique. Korea Ocean Research and Development Institute, Bachelor of Science in Physical Education, 97602-00-1073-3, 361.
- Lee TY and Kim SY. 1992. Reproduction and embryonic development within the maternal body of ovoviviparous teleost, *Sebastes inermis*. Bull Korean Fish Soc 25, 413-431.
- MOMAF. 2004. Studies on the Development of Marine Ranching Program in Tonyeong, Korea. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Seoul, Korea, 1-1125.
- MOMAF. 2006. Studies on the Development of Jeonnam Archipelago Marine Ranching Program in Korea. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Seoul, Korea, 1-640.
- NFRDI. 2007. Effects of Released Fisheries Resources in 2007. National Fisheries Research and Development Institute, 1-256.
- Volpato GL, Bovi TS, Freitas RHA, Silva DF, Delicio HC, Giaquinto PC and Barreto RE. 2013. Red light stimulates feeding motivation in fish but does not improve growth. PLOS ONE 8, 1-5.
- 
2016. 03. 17 Received  
2016. 05. 12 Revised  
2016. 05. 17 Accepted