

조도 차이를 이용한 어류 차단 효과 분석

강준구¹, 강수진², 김종태^{3*}
¹한국건설기술연구원 하천실험센터
²자연과기술
³경북도청 자연재난과

Analysis of Fish Blocking Effect using Illuminance Difference

Joon-Gu Kang¹, Su-Jin Kang², Jong-Tae Kim^{3*}

¹River Experiment Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Nature & Tech Inc.

³Natural Disaster Division, Gyeongsangbuk Provincial Government

요약 어류는 빛에 대해 민감한 반응을 보이므로 이를 이용한 어류 관리 기술 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 빛을 이용한 어류 차단 시설을 개발하였으며 국내 대표 외래어종인 베스와 블루길을 대상으로 조도 차이를 이용한 차단 효과를 분석하였다. 빛은 발광 다이오드를 이용해 발생시켰으며 바닥에서 수직 방향으로 향하게 설치하였다. 유속은 어류의 소상 능력을 고려하여 총 3단계(0.2, 0.1, 0.05 m/s)로 구분하였으며 학습효과를 방지하기 위해 양육수조에서 1일 이상 휴식한 어류를 대상으로 실험하였다. 실험은 차단시설 적용 시 소상하는 어류 개체수와 차단시설 종료 후 소상하는 개체 수를 비교하는 방식으로 수행하였으며 차단 시설의 효과를 높이기 위해 일몰 후 수행하였다. 실험 결과 조도 차이에 따른 어류 차단효과는 높았으며 전반적으로 베스의 차단율이 블루길보다 낮았다. 전체 실험 개체수를 기준으로 베스의 차단율은 96.33%, 블루길의 차단율은 99.00%이며 소상 개체수를 기준으로 하면 베스는 91.73%, 블루길은 98.73%로 나타났다.

Abstract Fish respond sensitively to light, so it is possible to develop fish management technology using this feature. In this study, we developed a light-based fish barrier and analyzed its blocking effect using the difference in illuminance for the major fish species in Korea, bass and bluegill. The light was generated by a light emitting diode and the facility was installed vertically from the bottom. Considering the fish's ability to travel upstream, the flow rate was divided into three stages (0.2, 0.1, and 0.05 m/s). To prevent the learning effect, an experiment was carried out with fish that had rested for more than one day in a rearing tank. The experiment was carried out in such a way as to compare the number of fish which travelled upstream after the introduction of the fish barrier and that of the fish which travelled upstream after its removal. It was also carried out after sunset to increase the effectiveness of the barrier. According to the results of the experiment, the fish blocking effect depending on the difference in illuminance was high and, overall, the blocking rate for bass was lower than that for bluegill. Based on the total size of the experimental population, the blocking rates for bass and bluegill were 96.33% and 99.00%, respectively. Based on the number of fish that travelled upstream, the blocking rates for bass and bluegill were 91.73% and 98.73%, respectively.

Keywords : Bass, Bluegill, Fish barrier, Illuminance difference, Light

본 논문은 국토교통부 국토교통기술사업화지원사업의 연구비지원(17TBIP-C112927-02)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jong-Tae Kim(Gyeongsangbuk Provincial Government)

Tel: +82-54-880-2366 email: kimjongtae1@korea.kr

Received August 4, 2017

Revised September 13, 2017

Accepted September 15, 2017

Published September 30, 2017

1. 서론

어류는 빛에 대해 시각적으로 매우 민감한 반응을 보이므로 이를 이용한 어류 관리 기술 개발이 필요하다. 특히 발광 다이오드(LED, Light Emitting Diode)는 전기 에너지를 빛에너지로 변환시키는 방식으로 친환경적 소재가 많이 개발되고 전력소모가 적다는 장점으로 어류와 해조류의 어획량 증대를 위한 양식 분야에 적용이 되고 있다[1].

빛에 대한 어류 반응 연구 중 Nemeth and Anderson[2]의 연구에서는 수은등(mercury light)에 비해 섬광(strobe light)이 어류의 반응에 더 효과적이며 낮보다 밤에 효과가 있었다. Mueller et al.[3]은 고휘도 빛에 대한 연어의 반응에 대해 실내실험을 수행하였으며 실험 결과 연어는 섬광에 대해 회피 반응을 보이는 것으로 나타났다. Patrick and Christie[4]는 담수어 3개 어종(*Alosa pseudoharengus*, *Osmerus mordax*, *Dorosoma cepedianum*)을 대상으로 수조에서 빛과 버블에 대한 반응 실험을 수행하였다. 실험 결과 단일 차단에 비해 빛과 버블을 이용한 복합 차단시설의 효과가 높은 것으로 나타났다. 또한 빛의 색은 어류의 성장 및 장애에 영향을 주며 특히 녹색 빛은 양식을 위해 효과가 있다는 연구도 발표되었다[5-7].

수중 환경 조건에 따른 어류 스트레스 반응에 대한 연구도 수행되었다. Nakano et al.[8]은 빛의 밝기 정도에 따른 은연어(coho salmon)의 회피반응 및 스트레스 회복시간 등에 대해 연구하였으며 어종별 환경에 따른 스트레스 반응에 대한 연구도 수행되었다[9-12]. 또한 구조물 설치에 따른 어류 소상 가능성과 도수터널 내 유속 및 압력에 대한 어류 반응에 대한 연구도 수행되었다[13-15].

그러나 기존 연구는 대부분 수조에서 실험이 수행되었으며 어류 양식 및 유인을 위한 내용이 주를 이룬다. 따라서 본 연구에서는 도수터널 내 외래어종을 차단하거나 저수지 어종별 관리를 위해 준 실규모 실험을 실시하였으며 어류 반응 뿐만 아니라 거동 분석을 위해 빛을 이용한 차단시설을 개발하였다. 실험대상은 국내 대표 외래어종인 배스(Large mouth bass, *Micropterus salmoides*)와 블루길(Blue gill, *Lepomis macrochirus*)을 대상으로 하였으며 실험 개체별 차단시설 통과 유무 및 조도 차이를 이용한 차단효과와 차단율을 분석하였다.

2. 연구방법

2.1 실험시설 및 장치

실험 수로는 콘크리트를 이용하여 직사각형 단면(50.0 m × 2.0 m)으로 제작하였으며 최대공급유량은 0.3 m³/s이다(Fig. 1). 실험수로의 측면은 어류거동 분석을 위해 강화유리를 이용하여 제작하였으며 지미집(Jimmy Jib)을 이용해 모든 실험 과정을 촬영하였다. 빛은 LED 조명을 이용해 발생시켰으며 수로 간격을 고려하여 총 8개의 조명장치에서 빛을 발생시킬 수 있게 제작하였다(Fig. 2).

빛 발생장치는 컨트롤 박스를 이용하여 각각의 조명을 조절 할 수 있게 하였으며 전원은 DC 24V이다. 광원은 3W LED를 이용했으며 조명은 바닥에서 수직방향으로 향하게 설치하였다. 빛 차단시설에 대한 설계 제원은 아래의 Table 1과 같다.

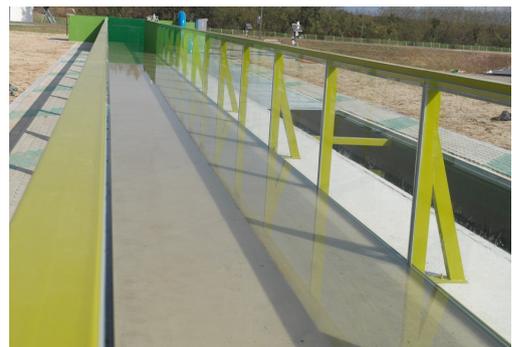


Fig. 1. Experimental channel



Fig. 2. Fish barrier

(a) Lighting installation (b) Illuminant

Table 1. Specification of lighting

Type	Power supply	Illuminant	Housing	Etc.
Light	DC 24V	3W LED×18 ea	130(W) × 110(D) × 70(H)mm	Control Box

2.2 실험방법

본 실험을 수행하기 전 어류 움직임 및 빛의 조도차이 확인을 위해 기초 실험을 수행하였다. 실험 결과 일몰 전에는 빛의 조도 차이가 거의 없는 것으로 나타나 차단시설의 효과를 높이기 위해 본 실험에서는 일몰 후 실험을 수행하였다(Fig. 3). 유속은 어류의 소상능력을 고려하여 총 3단계(0.2, 0.1, 0.05 m/s)로 구분하였으며 수로의 수심은 0.6 m를 유지하였다[15]. 또한 해상도 높은 영상 및 사진 촬영을 위해 바닥에 백색 자갈을 깔아 실험을 실시하였다.

실험은 차단시설 적용 시 소상하는 어류 개체수를 체크하고 차단시설 종료 후 소상하는 개체 수를 체크하여 비교하는 방식으로 수행하였다. 또한 실험 결과의 정확성을 높이기 위해 5회 반복실험을 수행하였으며 학습효과를 방지하기 위해 양육수조에서 1일 이상 휴식한 어류를 대상으로 실험하였다. 어류 개체 크기는 어종별 최대 성장 크기 등을 고려하여 배스는 0.20 m ~ 0.30 m, 블루길은 0.15 m ~ 0.20 m로 선정하였다. 차단율은 일반적으로 전체 실험개체수와 차단 개체수의 비(比)를 이용하지만 어류의 경우 차단된 개체가 차단시설에 의한 것인지 하류를 서식처로 생각해 소상하지 않는 것인지 알 수 없으므로 본 연구에서는 전체 개체 수와 차단시설 종료 후 소상하는 개체수를 기준으로 구분하여 차단율을 계산하였다.

$$A(\text{전체개체수 기준 차단율}) = (a-c)/a$$

$$B(\text{소상개체수 기준 차단율}) = (b-c)/b$$

a : 실험대상 전체 개체 수

b : 차단시설 종료 후 소상 개체 수

c : 차단시설 적용 시 소상 개체 수

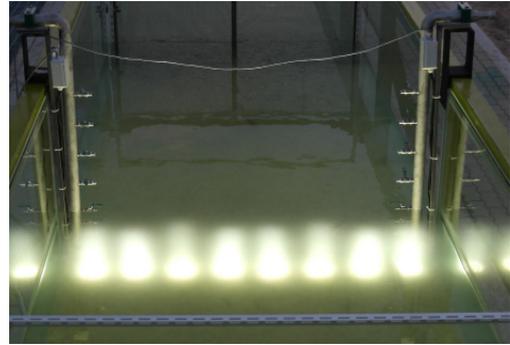


Fig. 3. Application of fish screening facility

2.3 조도 측정

본 실험 전 실험수로의 조도(Illuminance)를 측정하였다. 조도 측정은 광계측기인 T-10WA를 이용하였으며 3회 측정하여 평균값을 사용하였다. 조도의 물리적 정의는 양초 1개의 밝기인 1축광(candle-power)의 광원(光源)으로부터 1 m 떨어진 곳에서 그 빛에 직각인 면의 밝기 정도를 의미하며, 그 단위는 룩스(lux)이다. 다시 말해 광원으로부터의 빛이 주변에 방사되어 외부조건에 의해 산란, 흡수, 굴절되는 빛의 특성이 반영된 밝기 정도를

Table 2. The result of illumination measuring

Stages	Velocity (m/s)	Case	Illuminance (lx)			
			Large mouth bass		Blue gill	
			Out of water	Underwater (10 cm above the light)	Out of water	Underwater (10 cm above the light)
1	0.20	1	955	2795	1110	2824
		2	352	2900	854	2836
		3	216	2830	369	2823
		4	105	2855	217	2850
		5	35	2850	37	2855
2	0.10	1	1085	2872	1032	2884
		2	747	2880	750	2863
		3	255	2875	428	2880
		4	136	2867	269	2874
		5	45	2855	67	2870
3	0.05	1	843	2850	972	2855
		2	650	2864	705	2862
		3	407	2875	456	2835
		4	286	2869	251	2840
		5	120	2837	74	2843

일컫는다[16-17].

따라서 본 연구에서는 광원에 대한 직접적인 밝기보다 인간의 시각적 인지측면의 밝기에 초점을 둔 상대적 밝기 개념인 조도를 판단기준으로 적용하였다. Table 2는 각 실험 조건 별 조도 측정 결과를 나타낸다. 수중 조도(조명 위 0.1 m)의 경우 평균 2855.6 lx(최대 2900 lx, 최소 2795 lx) 로써 일정한 값을 보였으나 수로 밖은 일몰 후 어두워짐에 따라 조도 차이가 발생하였다.

조도 측정 결과 배스는 수로 밖에서 1085 lx(2단계 case 1)이하부터 효과가 있으며 조도차이는 1787 lx(2단계 case 1)이상이 되면서 차단효과가 나타났다. 블루길은 수로 밖에서 1110 lx(1단계 case 1)이하부터 효과가 있으며 조도차이는 1714 lx(1단계 case 1)이상이 되면 차단효과가 나타났다.

3. 어류 차단 실험

3.1 배스 차단 실험

배스에 대한 실험 결과 차단시설 적용 시 소상하는 개체는 적었으며 빛 종료 후 대다수의 개체가 상류로 이동한 것으로 보아 차단효과가 높은 것으로 판단된다(Table 3).

1단계(유속 0.20 m/s)의 경우 case 1, case 3에서 각각 1개체, 2개체가 차단시설 적용 시에도 소상하였지만 나

머지 case에서는 소상하는 개체가 없었다. 차단시설 종료 후 소상한 개체 수는 평균 16.40 이며 case 4와 case 5에서는 모든 개체가 빛 종료 후 소상하였다. 2단계(유속 0.10 m/s)의 경우 case 1에서 6개체가 통과했으며 case 4에서는 3개체, case 5에서는 1개체가 차단시설 적용 시에도 통과하였다. 빛 종료 후 소상한 개체 수는 평균 9.80 이다. 3단계(유속 0.05 m/s)에서는 모든 case에서 차단율이 100.00%이며 빛 종료 후 모든 개체가 소상하였다.

Fig. 4와 Fig. 5는 차단시설을 적용한 경우와 종료한 경우의 실험을 보여주는 그림으로써 차단시설 적용 시 상류로 이동하려는 개체들은 빛으로 인해 하류로 돌아오는 움직임을 보였으며 빛 종료 후 빠른 시간 내 상류로 올라가는 것으로 나타났다.

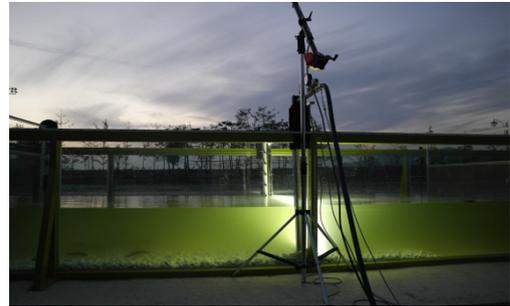


Fig. 4. Response and behavior of large mouth bass (with barrier)

Table 3. Result of fish blocking test using light(bass)

Stages	Velocity (m/s)	Cases	Number of experimental population	Number of moved individuals		Blocking rate(%)	
				With barrier	Without barrier	A (Total population)	B (Ascending population)
1	0.20	1	20	1	16	95.00	93.75
		2		0	10	100.00	100.00
		3		2	16	90.00	87.50
		4		0	20	100.00	100.00
		5		0	20	100.00	100.00
		AVG.		20	0.60	16.40	97.00
2	0.10	1	25	6	14	76.00	57.14
		2		0	14	100.00	100.00
		3		0	9	100.00	100.00
		4		3	8	88.00	62.50
		5		1	4	96.00	75.00
		AVG.		25	2.00	9.80	92.00
3	0.05	1	20	0	20	100.00	100.00
		2		0	20	100.00	100.00
		3		0	20	100.00	100.00
		4		0	20	100.00	100.00
		5		0	20	100.00	100.00
		AVG.		20	0.00	20.00	100.00



Fig. 5. Response and behavior of large mouth bass (without barrier)

3.2 블루길 차단 실험

블루길에 대한 실험 결과 차단시설 적용 시 소상하는 개체는 적었으며 차단시설 종료 후 대다수의 개체가 상류로 이동한 것으로 보아 차단효과가 높은 것으로 판단된다(Table 4).

1단계(유속 0.20 m/s)에서 실험 개체 수는 평균 20 이며 빛을 적용하면 모든 case에서 소상하는 개체는 없는 것으로 나타났다. 2단계(유속 0.10 m/s)의 경우 case 2에서 2개체가 상대적으로 조도가 낮은 조명과 수로벽 사이로 통과하였으며 빛 종료 후 모든 개체가 소상하였다. 3단계(유속 0.05 m/s)에서는 case 1에서 1개체가 빛 적용시에도 소상하였으며 빛 종료 후 11개체가 소상하였다.

Fig. 6과 Fig. 7은 빛을 이용한 차단시설을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 실험을 보여주는 그림으로써

빛 적용 시 상류로 이동하려는 개체들은 빛으로 인해 하류로 돌아오는 움직임을 보였으며 빛 종료 후 빠른 시간 내 상류로 올라가는 것으로 나타났다.

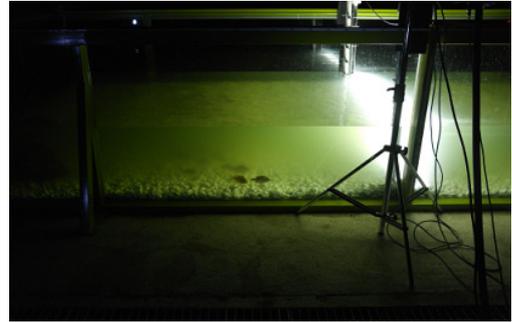


Fig. 6. Response and behavior of bluegill(with barrier)

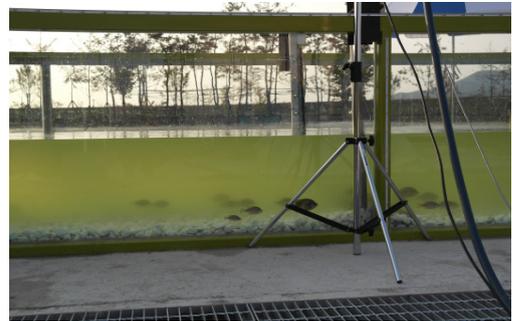


Fig. 7. Response and behavior of bluegill(without barrier)

Table 4. Result of fish blocking test using light(bluegill)

Stages	Velocity (m/s)	Cases	Number of experimental population	Number of moved individuals		Blocking rate(%)	
				With barrier	Without barrier	A (Total population)	B (Ascending population)
1	0.20	1	20	0	8	100.00	100.00
		2		0	9	100.00	100.00
		3		0	20	100.00	100.00
		4		0	20	100.00	100.00
		5		0	18	100.00	100.00
		AVG.		0.00	15.00	100.00	100.00
2	0.10	1	20	0	11	100.00	100.00
		2		2	20	90.00	90.00
		3		0	20	100.00	100.00
		4		0	18	100.00	100.00
		5		0	20	100.00	100.00
		AVG.		0.40	17.80	98.00	98.00
3	0.05	1	20	1	11	95.00	90.91
		2		0	6	100.00	100.00
		3		0	13	100.00	100.00
		4		0	9	100.00	100.00
		5		0	5	100.00	100.00
		AVG.		0.20	8.80	99.00	98.18

4. 결과 및 토의

전체 실험 대상 어류 중 빛 적용 유무와 상관없이 소상하지 않는 개체도 있기 때문에 본 연구에서는 빛 적용 시 소상한 개체와 빛이 종료된 후 소상한 개체를 비교하여 차단율을 선정하였다(표 5). 분석결과 유속에 따른 차단율 변화는 판단하기 어렵지만 어종별 차단율의 차이는 있는 것으로 나타났다. 전체 실험개체수를 기준으로 하

면 배스의 차단율은 96.33%이며 블루길의 차단율은 99.00%로 나타났다. 소상 개체수를 기준으로 하면 배스는 91.73%, 블루길은 98.73%로 나타났다. 전반적으로 배스의 차단율이 블루길보다 낮은 것으로 나타났으며 이는 배스의 실험 개체 크기 등 어류 특성에 따른 소상능력이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 8과 Fig. 9는 어종별 대표 움직임 보이는 개체의 움직임을 영상분석을 통해 분석한 결과이다. 분석 결

Table 5. Experimental result on the blocking ratio

Stages	Velocity (m/s)	Blocking ratio (%)			
		A (Total population)		B (Ascending population)	
		Large mouth bass	Blue gill	Large mouth bass	Blue gill
1	0.20	97.00	100.00	96.25	100.00
2	0.10	92.00	98.00	78.93	98.00
3	0.05	100.00	99.00	100.00	98.18
AVG.		96.33	99.00	91.73	98.73

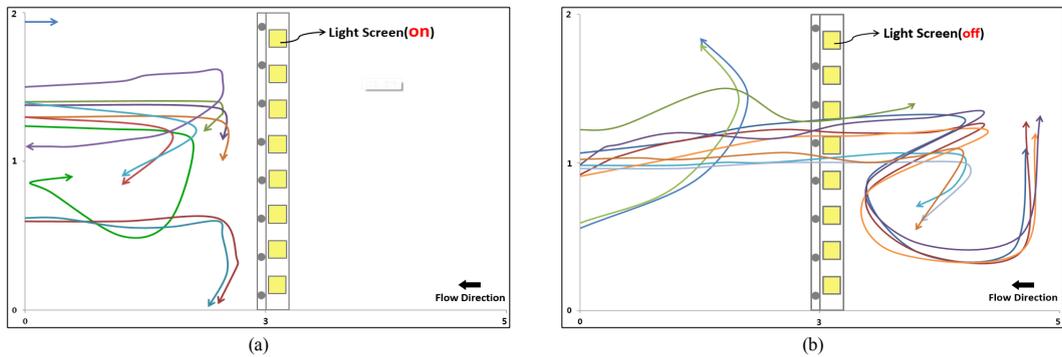


Fig. 8. Changes of behavior on large mouth bass(velocity 1.0 m/s)
(a) with barrier (b) without barrier

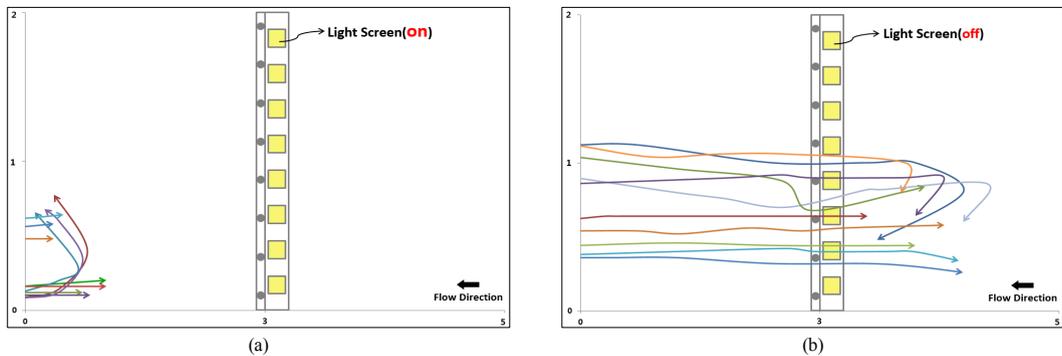


Fig. 9. Changes of behavior on bluegill(velocity 1.0 m/s)
(a) with barrier (b) without barrier

과 어류 특성상 상류로 거슬러 올라가려는 움직임을 보이지만 빛에 의해 회귀하는 움직임을 보였으며 차단시설 종료 후 다시 소상하는 것으로 나타났다. 이는 빛을 이용한 차단시설이 배스와 블루길에 시각적으로 영향을 미치는 것을 의미한다.

5. 결론

본 연구는 빛을 이용하여 외래어종을 차단하고 어종별 관리를 위해 수행된 실험 연구로써 LED 빛을 이용한 차단시설을 개발하였으며 실험을 통해 빛에 대한 반응 및 차단 가능성을 평가하였다. 실험대상은 국내 대표 외래어종인 배스와 블루길이며 유속별 차단율을 제시하였다. 배스의 경우 빛에 대한 차단율은 전체 실험 어류 대상 96.33%, 소상가능 개체수 기준 91.73%이며, 블루길의 차단율은 전체 실험 어류 대상 99.00%, 소상가능 개체수 기준 98.73%이며 차단효과는 블루길이 높은 것으로 나타났다. 이는 실험개체의 크기 차이 등으로 인해 차이가 발생한 것으로 판단된다. 그러나 조도차이, 주변 환경(수로경사, 하상 조건 등), 섬광 유무 등의 차이에 따라 어류의 소상능력은 다르기 때문에 이를 고려한 실험이 추가되어야 한다.

또한 빛을 이용한 차단시설은 조도 차이를 이용해 어류를 차단하는 방식으로 일몰 후 효과가 발생하므로 향후 차단시설 설치 시 심도에 따른 조도변화, 일출 및 일몰시간 등을 고려한 설치가 필요하며 환경 조건별 최적의 차단효과를 위해서는 버블, 소리 등 복합적인 어류 차단시설의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] J. S. Lee, *Study of fishes farming using LED under water light*, pp. 1-6, Kumoh National Institute of Technology, 2016.
- [2] R. S. Nemeth, J. J. Anderson, "Response of juvenile coho and chinook salmon to strobe and mercury vapour lights", *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 12, pp. 684 - 692, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1992\)012<0684:ROJCAC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1992)012<0684:ROJCAC>2.3.CO;2)
- [3] R. P. Mueller, D. A. Neitzel, B. G. Amidan, "Evaluation of Infrasound and Strobe Lights for Eliciting Avoidance Behaviour in Juvenile Salmon and Char. In: Behavioral Technologies for Fish Guidance", *American Fisheries Society Symposium* 26, pp. 79-90, 2001.
- [4] P. H. Patrick, A. E. Christie, "Responses of fish to a strobe light/air-bubble barrier", *Fisheries Research*, vol. 3, pp. 157-172, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(85\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0165-7836(85)90016-5)
- [5] C. Y. Choi, H. S. Shin, Y. J. Choi, N. N. Kim, J. Lee, G. S. Kil, "Effect of LED light spectra on starvation-induced oxidative stress in the cinnamon clownfish *Amphiprion melanopus*", *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, vol. 163, no. 3-4, pp. 357-363, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.07.005>
- [6] H. S. Shin, N. N. Kim, Y. J. Choi, C. Y. Choi, "Retinal light input regulates clock genes and immune function in yellowtail clownfish(*Amphiprion clarkii*)", *Biol. Rhythm Res.*, vol. 45, pp. 541-556, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/09291016.2013.870757>
- [7] J. J. Jung, Y. J. Chio, N. N. Kim, J. Y. Choi, B. S. Kim, C. Y. Choi, "Effects of melatonin injection or green-wavelength LED light on the antioxidant system in goldfish (*Carassius auratus*) during thermal stress", *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 52, pp. 157-166, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.03.002>
- [8] T. Nakano, M. Kameda, Y. Shoji, S. Hayashi, T. Yamaguchi, M. Sato, "Effect of severe environmental thermal stress on redox state in salmon", *Redox Biol.*, vol. 2, pp. 772-776, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2014.05.007>
- [9] T. Nakano, T. Kanmuri, M. Sato, M. Takeuchi, "Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia rhodozyma*) on oxidative stress in rainbow trout", *Biochimica et Biophysica Acta*, vol. 1426, pp. 119-125, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(98\)00145-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(98)00145-7)
- [10] R. J. Reiter D. Tan, C. Osuna, E. Gitto, "Actions of Melatonin in the Reduction of Oxidative Stress", *Journal of Biomed Science*, vol. 7, pp. 444-458, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02253360>
- [11] N. Basu, T. Nakano, E. G. Grau, G. K. Iwama, "The effects of cortisol on heat shock protein 70 levels in two fish species", *General and Comparative Endocrinology*, vol. 124, pp. 97 - 105, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1006/gcen.2001.7688>
- [12] R. E. Olsen, K. Sundell, T. M. Mayhew, R. Myklebust, E. Ringø, "Acute stress alters intestinal function of rainbow trout", *Aquaculture*, vol. 250, pp. 480 - 495, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.014>
- [13] J. Ho, J. Coonrod, L. J. Hanna, B. W. Mefford, "Hydrodynamic Modelling Study of a Fish Exclusion System for a River Diversion", *River Research and Applications*, vol. 27, no. 2, pp. 184-192, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/rra.1349>
- [14] S. An, "Computational Fluid Dynamics Simulation of Flow Pattern Change in the Andong-Imha Reservoir Connecting Tunnel Due to Fish Exclusion Screens", *Journal of Korean Society on Water Environment*, vol. 30, no. 5, pp. 477-485, 2014. DOI: <https://doi.org/10.15681/KSWE.2014.30.5.477>

- [15] J. G. Kang, J. T. Kim, "Experiment and Assessment of Ascending Capability for Management of Exotic Fish Species", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 17, no. 9, pp. 265-278, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.9.265>
- [16] J. M. Kim, A. Y. Han, H. Y. Lee, S. R. Lee, D. C. Kweon, "Measurement of MRI Monitor Luminance and MRI Room Illuminance with a Light Probe", *Journal of the Korean Magnetics Society*, vol. 26, no. 5, pp. 168-172, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4283/JKMS.2016.26.5.168>
- [17] J. Lee, I. Park, C. Choi, Y. C. Kim, "An Analysis for the Night illuminance Affected on Light Environments and Weather Conditions", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, vol. 24, no. 1, pp. 25-32, 2016. DOI: <https://doi.org/10.12985/ksaa.2016.24.1.025>

김 종 태(Jong-Tae Kim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 안동대학교 지구환경 과학과 (이학박사)
- 2017년 4월 ~ 현재 : 경북도청 자연재난과

<관심분야>
하천생태학, 수리실험

강 준 구(Joon-Gu Kang)

[정회원]



- 2002년 2월 : 명지대학교 토목환경 공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
수리학, 토목공학

강 수 진(Su-Jin Kang)

[정회원]



- 2004년 8월 : 이화여자대학교 환경 학과 (공학석사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 주식회사 자연과학기술 선임연구원

<관심분야>
환경학, 빅데이터