

버블을 이용한 파랑볼우럭 차단 효과 분석

강준구¹, 김종태^{2*}

¹한국건설기술연구원 하천실험센터

²자연과 기술

Analysis on the Bluegill Blocking Effects using Bubbles

Joon-Gu Kang¹, Jong-Tae Kim^{2*}

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

²Nature & Tech Inc.

요약 외래어종의 유입은 토종어류의 감소 및 수중생태계의 교란을 가져올 수 있기 때문에 어류의 차단 및 관리 방안은 반드시 필요하다. 따라서 본 연구에서는 외래어종의 유입을 차단하기 위해 버블을 이용한 어류 차단 시스템을 개발하였으며 실험수로를 제작하여 차단 가능성을 평가하였다. 버블 발생장치는 공기압축기로 공기를 발생시켜 버블커튼을 만든 후 어류를 차단하는 시스템이며 실험어류는 국내 외래어종인 파랑볼우럭을 대상으로 하였다. 파랑볼우럭의 크기는 0.10 m ~ 0.15 m이며 수심은 0.70 m를 유지하였다. 실험수로의 유속은 어류의 수영능력을 고려하여 3단계로(0.20 m/s, 0.10 m/s, 0.05 m/s) 나누어 실시하였다. 실험 결과 파랑볼우럭은 버블 적용 전 70.07%가 상류로 거슬러 올라가려는 움직임을 보였으며 하류를 서식처로 생각해 움직임이 거의 없는 개체를 고려하면 어류 소상률은 더 높을 것으로 판단된다. 그러나 차단시설을 설치할 경우 대부분의 어류가 버블커튼에 의해 다시 하류로 회귀하는 움직임을 보여 차단효과가 매우 높게 나타났다. 특히 버블을 종료할 경우 빠른 시간 내 다시 상류로 거슬러 올라간 것으로 보아 버블을 이용한 어류 차단효과는 뛰어난 것으로 판단된다.

Abstract The introduction of exotic fish species may reduce the number of native fish species and disturb the aquatic ecosystem. Therefore, measures to block and manage fish species are required. Accordingly, a fish species blocking system using bubbles was developed in this study to block exotic fish species. An experimental channel was produced and the possibility of blocking such exotic fish species was evaluated. The bubble generator is a system that produces a bubble curtain by generating air with an air compressor that blocks fish species. Bluegill, which is an exotic fish species in the country, was tested with this generator. The size of bluegill was between 0.10 m and 0.15 m and the depth of water was maintained at 0.70 m. The flow velocity of the experiment channel was classified into 3 levels (0.20 m/s, 0.10 m/s, and 0.05 m/s) considering the natatorial ability of the fish species. The results revealed that 70.07% of bluegill showed movements to swim upstream before applying the bubble, but it is considered that the ascending rate would be higher given that the fish species thinks downstream is a habitat and showed almost no movement. However, when the blocking facility was installed, most fish species showed movements to return to the downstream again by the bubble curtain, indicating a very high blocking effect. In particular, when the generating bubble was terminated, the fish species swam back to the upstream area very soon, so the fish species blocking effect using the bubble was excellent.

Keywords : Bluegill, Bubble curtain, Exotic fishes, Fish blocking effect, Velocity

본 논문은 국토교통부 국토교통기술사업화지원사업의 연구비지원(16TBIP-C112926-01)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jong-Tae Kim(Nature & Tech Inc.)

Tel: +82-54-843-1810 email: kjtt98@naver.com

Received December 16, 2016

Revised (1st January 2, 2017, 2nd January 11, 2017)

Accepted February 3, 2017

Published February 28, 2017

1. 서론

외래어종의 유입은 서식처의 생물 다양성 위협 및 생태계 파괴를 가져오기도 한다. 이는 특히 인공적으로 조성된 댐이나 보 등에서 기존 생태계 파괴 및 토종 담수어의 급격한 감소를 초래한다[1-5]. 국내의 경우 파랑볼우럭(bluegill, *Lepomis macrochirus*), 큰입우럭(bass, *Micropterus salmoides*), 틸라피아(tilapia, *Tilapia mossambica*) 등이 유입되어 담수생태계를 교란시키고 있다. 이처럼 외래어종의 증가는 토종어류의 감소 뿐만 아니라 수중생태계의 교란을 가져와 수질악화 및 녹조현상을 발생시키므로 파랑볼우럭을 비롯한 외래어종 차단을 위한 연구 및 관리방안이 반드시 필요하다.

외래어종에 대한 국외 연구에서 Azuma[6]는 외래어종이 새로운 서식지로 도입이 되면 중간 경쟁이 적절하게 이루어지지 않아서 생태적 확산(ecological release)이 일어나고 개체군이 급격히 증가하여 토종어류의 감소를 초래하게 된다는 연구를 발표하였으며 특히 일본에서 이러한 현상이 심각하게 나타나는 것으로 조사되었다. 또한 Mittelbach[7]는 외래어종의 포식위험과 습성에 대해 연구하여 생태계에 미치는 영향을 분석하였으며 발전소 내 어류의 유입을 차단하기 위한 차단시설 및 이동 경로에 대한 연구도 유럽에서 다수 연구되었다[8-13]. 국내의 경우 Byon and Jeon[14]은 소양호에 도입된 파랑볼우럭의 식성을 조사하여 토종어류와 외래어종의 효과적인 관리를 위한 기초자료를 분석하였으며 Yang and Chae[15]는 안동호에서 우점종의 지위를 획득한 파랑볼우럭의 생태를 파악하여 외래어종의 효과적인 관리를 위한 방법에 대해 연구하였다. 또한 Choi et al.[16]은 대청호의 파랑볼우럭 및 어류군집을 조사하면서 대청호의 생태계 뿐만 아니라 수산 자원의 보존 및 관리에 대한 기초자료를 제시하였으며 Son and Byeon[17]은 국내 외래어종에 대한 현장조사 및 문헌조사를 바탕으로 파랑볼우럭의 국내 분포 현황과 서식처 조건을 분석하였다. 국내·외 연구조사 결과 외래어종의 생태학적인 연구는 전세계적으로 다수 수행되었으나 외래어종을 차단하기 위한 구조물 개발 및 검증에 대한 연구는 아직 미흡하다. 또한 하천환경 및 조건에 따라 어류의 움직임 및 서식처 조건이 달라지기 때문에 유속별 어류차단시설에 대한 효과 검증이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 외래어종인 파랑볼우럭의 행동장애를 이용하여 어류의 유입 및 이동을 차단할 수 있는 시설을 개발하는 것이 목적이며 실험

을 통하여 버블커튼의 차단효과 및 차단율을 유속별로 비교하였다.

2. 연구방법

2.1 실험대상 어류

본 연구에서는 안동호에 서식하는 파랑볼우럭을 대상으로 실험을 수행하였다. 외래어종인 파랑볼우럭은 개체 크기의 범위가 큰입우럭에 비해 넓지 않아 어류 확보가 쉽고 관리가 용이해 실험대상으로 선정하였다. 파랑볼우럭은 농어목 검정우럭과로써 산란기가 길어 번식력이 높은 것으로 알려져 있으며 1969년 내수면 수산자원 증식을 목적으로 일본으로부터 도입되어 방류한 이후 단기간에 최상위 포식자가 되어 분포 범위가 급격하게 증가하고 있다. 최근에는 안동호를 비롯한 대형댐과 중·소형 저수지 뿐만 아니라 강과 하천에서도 서식하고 있는 것으로 나타났다[18].

2.2 실험시설 제작

어류차단시설의 경우 일반적으로 고정장치(fishnet, mesh)를 이용한 직접차단시설(physical barrier)과 어류의 행동장애(bubble, sound, light, electric shock)를 이용한 간접차단시설(behavioural barrier)로 나눌 수 있다. 그러나 유속이 빠를 경우 직접차단시설은 안정성을 확보하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 버블 발생장치를 새로이 제작하여 실험을 통해 어류 차단효과를 검증하였다.

버블 발생장치는 공기압축기(air compressor)로 공기를 발생시켜 버블커튼(bubble curtain)을 만든 후 어류를 차단하는 시스템으로써 실험수로의 크기에 맞게 제작하였다. 버블 발생장치는 총 24개(수직:10개, 수평:14개)의 노즐을 통해 버블을 발생시킬 수 있으며 압력계(pressure gauge)와 밸브(control valve)를 이용해 버블 강도를 조절할 수 있다(Fig. 1). 실험수로의 바닥은 어류 서식처와 유사한 조건을 위해 0.05 m 내외의 백색자갈을 깔았으며 수로의 측면은 강화유리로 제작하여 어류의 움직임을 관찰하였다(Fig. 2). Fig. 3(a)는 실험수로이며 Fig. 3(b)는 공기압축기, Fig. 3(c)은 버블 발생장치의 밸브 및 노즐 확대사진으로써 노즐 직경은 0.02 m이며 노즐 간격은 0.15 m로 제작하였다. Fig. 3(d)는 수로에 버블 발생장치를 설치한 사진이며 실험 시스템에 대한 제원은 아래의 Table 1과 같다.

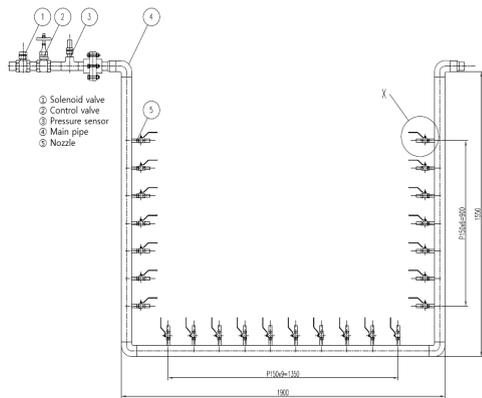


Fig. 1. Fish barrier using bubble

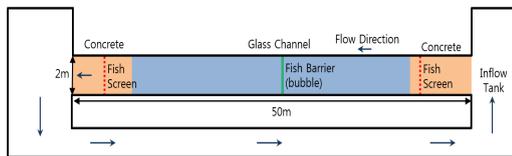


Fig. 2. Experimental channel



(c)



(d)

Fig. 3. Fish barrier and experimental equipment
(a) Experimental channel (b) Air compressor
(c) Nozzle and valve (d) Fish barrier



(a)



(b)

Table 1. Condition of experimental channel and barrier generator

Experimental channel			
Length (m)	Width (m)	Height (m)	Material
50.0	2.0	1.5	Concrete + Tempered glass
Bubble generator			
Width (m)	Height (m)	Nozzle (EA)	
1.9	1.6	24	

2.3 실험방법

실험어류는 0.10 ~ 0.15 m의 크기를 대상으로 하였으며 수심은 0.70 m를 유지하였다. 또한 실험수로의 유속은 어류의 수영능력을 고려하여 3단계로(0.20 m/s, 0.10 m/s, 0.05 m/s) 나누어 실시하였다. 기초실험 결과 파랑 불우럭의 소상 유속은 1.0 m/s였으나 고유속의 경우 버블 흐름에 영향을 주기 때문에 본 연구에서는 버블 흐름에 영향을 주지 않는 유속을 선정하여 실험을 수행하였다.

실험은 차단시설 적용 전 어류가 기준선을 통과하여 상류로 이동하는 개체수와 버블을 적용한 후 이동하는 개체수를 유속별로 비교하여 버블을 이용한 차단효과를 분석하였다. 또한 차단효과의 정확한 분석을 위해 영상 촬영 시스템(jimmy jib)을 구축하였으며 밸브는 모두 개방(full open)하였다. 공기 압력(pressure gauge)의 경우 0.5 MPa 이상에서는 버블 모양이 일정하지 않았으며 버블로 인해 실험 수로 내 흐름 변화가 심해 어류 움직임을 확인하는 것이 어려운 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 최대한 실험 수로 내 흐름의 영향을 주지 않는 조건에서 실험을 수행하기 위해 공기압력을 0.4 ~ 0.5 MPa로 선정하였다(버블 직경 : 0.02 ~ 0.05 m).

3. 어류차단실험

3.1 버블 적용 전 실험(Non-barrier)

버블에 대한 어류 차단율을 비교·분석하기 위해 버블 적용 전(Non-barrier) 어류 소상물에 대한 실험을 진행하였다. 실험은 유속에 따라 각각 5회 반복하였으며 반복 실험에 의한 어류의 학습효과를 고려해 회복시간을 가진 후 다음 실험을 진행하였다. 실험은 각 case 별 총 5분간 진행하였으며 상류로 이동하는 어류의 개체수를 비디오 영상을 통해 측정하였다. Fig. 4는 차단시설이 없는 상태에서 파랑볼우럭의 이동을 보여주는 사진으로써 빠른 시간 내 기준선을 통과하여 상류로 올라가는 것으로 나타

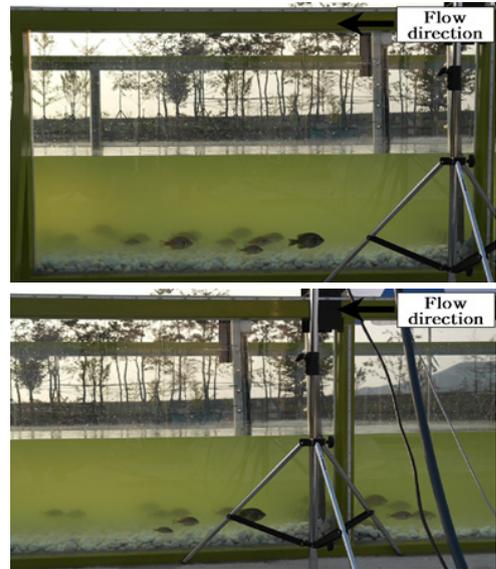


Fig. 4. Behavior of Bluegill(non-barrier)

났다.

소상물 분석결과 파랑볼우럭은 최고유속인 0.20 m/s에서 평균 64.00%가 상류로 이동하였으며 최대 소상물은 A-2의 86.67%이다. 유속 0.10 m/s에서 소상물은 평균 75.00%로 나타났으며 최대 소상물은 B-1, B-3의 89.29%이다. 최저유속인 0.05 m/s에서는 71.20%의 평균 소상물을 보였으며 최대는 C-2의 88.00%로 나타났다(Table 2, Fig. 5). 어류 특성상 대부분의 어류가 소상하려는 움직임을 보이지만 하류를 서식처로 생각해 상류

Table 2. Ascending rate of non-barrier condition

Fish	Case	Velocity (m/s)	Number of Experimental population	Number of moved individuals	Ascending rate(%)
Bluegill	A-1	0.20	30	18.0	60.00
	A-2		30	26.0	86.67
	A-3		30	22.0	73.33
	A-4		30	14.0	46.67
	A-5		30	16.0	53.33
	Average	30	19.2	64.00	
	B-1	0.10	28	25.0	89.29
	B-2		28	18.0	64.29
	B-3		28	25.0	89.29
	B-4		28	18.0	64.29
	B-5		28	19.0	67.86
	Average	28	21.0	75.00	
	C-1	0.05	25	13.0	52.00
	C-2		25	22.0	88.00
	C-3		25	19.0	76.00
C-4	25		19.0	76.00	
C-5	25		16.0	64.00	
Average	25	17.8	71.20		

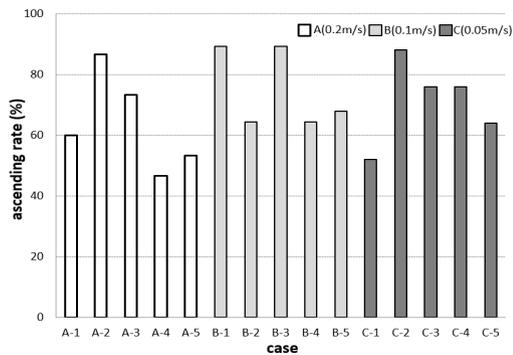


Fig. 5. Ascending rate of non-barrier condition

로 이동하지 않거나 움직임이 거의 없는 개체를 고려한다면 실제 소상률은 더 높을 것으로 판단된다.

3.2 버블 적용 후 실험(With-barrier)

차단시설의 차단율을 분석하기 위해 본 연구에서는 공기압축기를 이용해 버블을 발생시킨 후 5분 동안 수로에서 어류의 반응을 관찰하였다. 실험은 유속에 따라 각각 5회 반복하였으며 반복실험에 의한 어류의 학습효과를 고려해 회복시간을 가진 후 다음 실험을 진행하였다. 또한 버블 종료 후 5분 동안 어류의 움직임도 관찰하여 버블이 실제 어류에 미치는 영향을 분석하였으며 상류로 이동하는 어류의 개체수는 비디오 영상을 통해 측정하였다. Fig. 6은 버블 적용 시 파랑볼우럭의 이동을 보여주

는 사진으로써 상류로 이동하려는 어류의 움직임이 없거나 다시 하류로 돌아오는 것으로 나타났다.

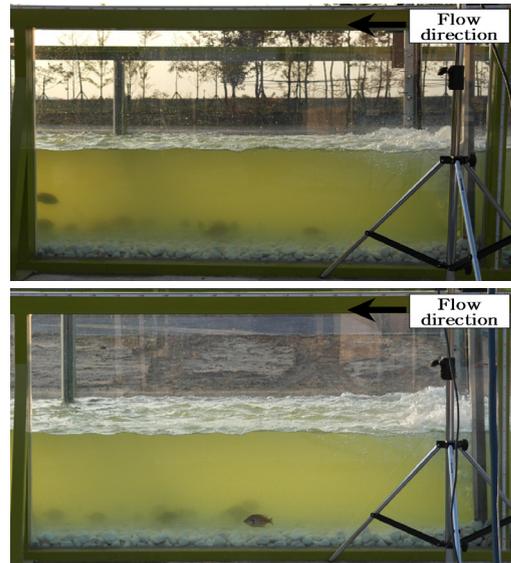


Fig. 6. Behavior of bluegill(with-barrier)

소상률 분석 결과 상류로 이동한 개체는 유속별로 0.8%~2.4%로써 버블을 이용한 차단율은 매우 높은 것으로 나타났다. 대부분의 개체는 상류로 이동하려는 움직임을 보이다가 버블커튼 앞에서 하류로 돌아가는 것으로 관찰되었으며 버블 종료 후 다시 상류로 이동하였다.

Table 3. Ascending rate of with-Barrier condition

Fish	Case	Velocity (m/s)	Number of Experimental population	Number of moved individuals		Ascending rate(%)	
				with barrier	without barrier	with barrier	without barrier
Bluegill	WA-1	0.20	25	0.0	16.0	0.0	64.00
	WA-2		25	0.0	24.0	0.0	96.00
	WA-3		25	0.0	22.0	0.0	88.00
	WA-4		25	1.0	14.0	4.0	56.00
	WA-5		25	0.0	18.0	0.0	72.00
	Average	25	0.2	18.8	0.8	75.20	
	WB-1	0.10	25	0.0	15.0	0.0	60.00
	WB-2		25	2.0	16.0	8.0	64.00
	WB-3		25	0.0	16.0	0.0	64.00
	WB-4		25	0.0	15.0	0.0	60.00
	WB-5		25	0.0	22.0	0.0	88.00
	Average	25	0.4	16.8	1.6	67.20	
	WC-1	0.05	25	0.0	19.0	0.0	76.00
	WC-2		25	2.0	21.0	8.0	84.00
	WC-3		25	0.0	18.0	0.0	72.00
WC-4	25		1.0	17.0	4.0	68.00	
WC-5	25		0.0	23.0	0.0	92.00	
Average	25	0.6	19.6	2.4	78.40		

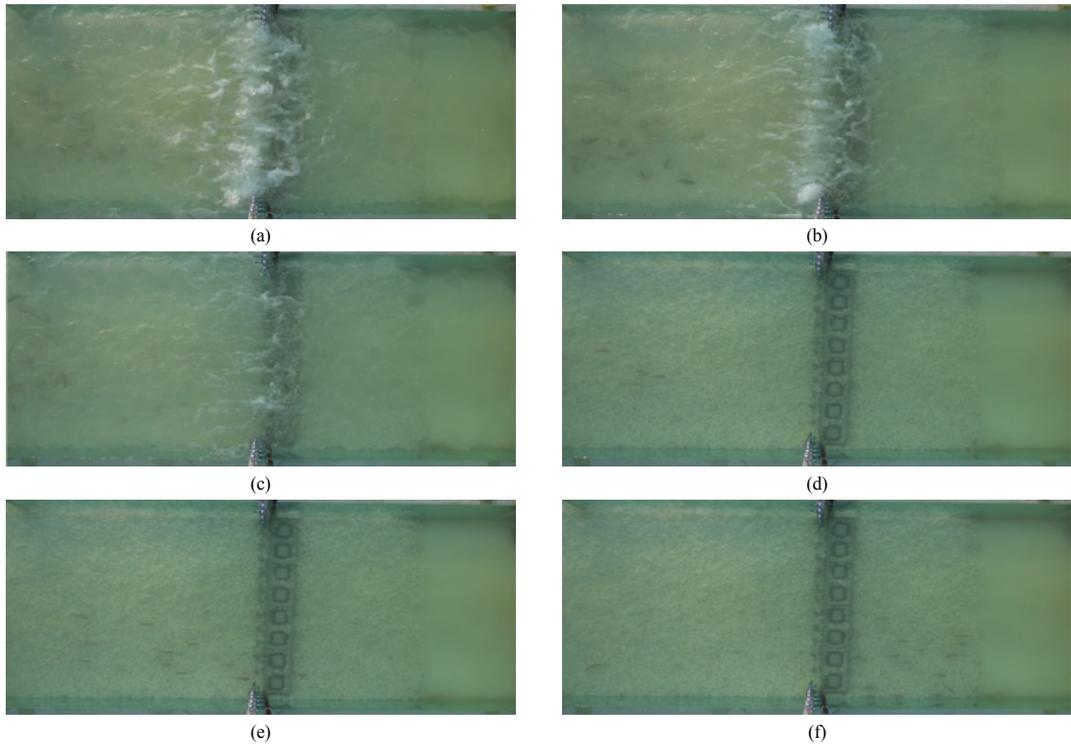


Fig. 7. Behavior of bluegill by with-barrier condition

버블 종료 후 파랑볼우럭은 최고유속인 0.20 m/s에서 평균 75.20 %가 상류로 이동하였으며 최대 소상률은 WA-2의 96.00 %이다. 유속 0.10 m/s에서는 평균 67.20 %로 나타났으며 최대 소상률은 WB-5의 88.0 %이다. 최저유속인 0.05 m/s에서는 78.40 %의 평균 소상률을 보였으며 최대 소상률은 WC-5의 92.00 %로 나타났다 (Table 3). Fig. 7(a)와 Fig. 7(b)는 실험수조에서 버블로 인해 파랑볼우럭이 상류로 올라가지 못하는 사진이며 Fig. 7(c)의 경우 버블 적용 5분 후 종료 시 영상을 나타낸다. Fig. 7(d) ~ Fig. 7(f)는 버블 종료 후 실험 개체의 이동을 나타내는 사진으로써 빠른 시간 내 상류로 이동하는 것을 확인하였다.

4. 분석 및 고찰

버블에 대한 실험 결과 파랑볼우럭은 차단시설이 없는 경우 상류로 소상하지만 차단시설이 있으면 버블커튼으로 인해 하류로 다시 돌아가는 움직임을 반복하였다. 또한 버블을 종료할 경우 빠른 시간 내 다시 소상하는 것으로 나타났다.

Fig. 8은 어류차단시설 적용 전·후의 파랑볼우럭 소상률 변화를 유속별로 나타낸 그래프로서 유속에 상관없이 버블 종료 후 어류의 소상률이 다시 높아진 것은 버블을 이용한 차단시설이 어류차단에 효과가 있다는 것을 의미한다. 특히 버블 적용 전 전체 개체의 평균 소상률 (70.07%)과 버블 종료 후 전체 개체의 평균 소상률 (73.60%)이 비슷하게 나타난 것으로 보아 파랑볼우럭의 경우 버블 종료 후 빠른 시간 내 환경에 적응해 상류로 이동하는 것으로 판단된다.

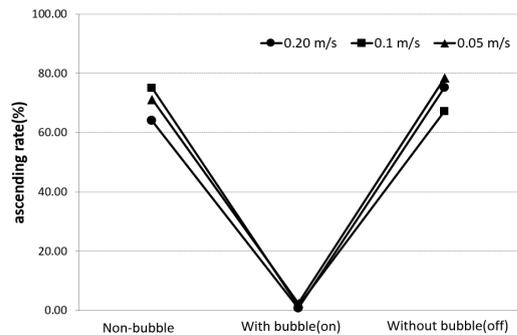


Fig. 8. Variation of ascending rate of bluegill on velocity

5. 결론

본 연구는 외래어종의 유입을 차단 및 저감하기 위해 어류차단시설을 개발하는 것이 목적이며 실험을 통해 차단시설을 검증하고 가능성을 확인하였다. 실험 결과는 아래와 같다.

- 어류차단을 위한 버블발생장치는 공기압축기를 이용해 버블커튼을 만든 후 어류를 차단하는 방식으로 개발하였으며 압력계 및 밸브를 이용해 버블의 강도를 조절할 수 있게 제작하였다.
- 실험 결과 파랑볼우럭은 버블 적용 전(Non-barrier) 70.07%가 상류로 거슬러 올라가려는 움직임을 보였으며 하류를 서식처로 생각해 움직임이 거의 없는 개체를 고려하면 소상률은 더 높을 것으로 판단된다. 또한 버블을 이용한 차단시설을 설치할 경우 ((With-barrier) 대부분의 어류가 버블커튼에 의해 다시 하류로 회귀하는 움직임을 보여 차단율이 매우 높게 나타났다. 특히 버블을 종료할 경우 빠른 시간 내 다시 상류로 거슬러 올라간 것으로 보아 버블을 이용한 어류 차단효과는 뛰어난 것으로 판단된다.
- 버블 발생 장치를 현장에 적용 시 하상 경사, 구조물 등으로 인한 설치의 어려움을 해결하기 위해 버블 발생 장치의 소형화 및 경량화가 필요하며 향후 다양한 어종과 개체수가 증가된 실험을 통한 데이터의 누적이 필요하다. 또한 대형 외래어종의 경우 버블 강도의 조절이 고려되어야 하며 버블 적용 시간의 장시간 유지와 어란(Fish egg)의 유입도 차단할 수 있는 방법에 대한 연구가 추가되어야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] Y. P. Hong, Y. M. Son, "Studies on the interspecific association of community including *Micropterus salmoides* population, introduced fish in Korea", *Korean Journal of Ichthyology*, vol. 15, pp. 61-68, 2003.
- [2] J. S. Choi, "Fish Fauna and Community in Cheongpyeong Reservoir", *Korean Journal of Limnology*, vol. 38, no. 1, pp. 63-72, 2005.
- [3] M. H. Ko, J. Y. Park, Y. J. Lee, "Feeding Habits of an Introduced Large Mouth Bass, *Micropterus salmoides* and Its Influence on Ichthyofauna in the Lake Okjeong", *Korean Journal of Ichthyology*, vol. 20, no. 1, pp. 36-44, 2008.
- [4] W. O. Lee, I. R. Lee, H. Y. Song, I. C. Bang, "Genetic differentiation of the largemouth bass *Micropterus salmoides* from the major rivers and reservoirs in Korea assessed by AFLP", *Korean Journal of Limnology*, vol. 41, no. 3, pp. 395-401, 2008.
- [5] W. O. Lee, H. Yang, S. W. Yoon, J. Y. Park, "Study on the Feeding Habits of *Micropterus salmoides* in Lake Okjeong and Lake Yongdam, Korea", *Korean Journal of Ichthyology*, vol. 21, no. 3, pp. 200-207, 2009.
- [6] M. Azuma, "Ecological release in feeding behavior: the case of bluegills in Japan", *Hydrobiologia*, vol. 244, pp. 269-276, 1992.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00007042>
- [7] G. G. Mittelbach, "Predation and resource partitioning in sunfish(Centrarchidae)", *Ecology*, vol. 65, pp. 499-513, 1984.
DOI: <https://doi.org/10.2307/1941412>
- [8] N. S. Adams, D. W. Rondorf, S. D. Evans, J. E. Kelly, "Effects of Surgically and Gastrically Implanted Radio Transmitters on Growth and Feeding Behavior of Juvenile Chinook Salmon", *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 127, pp. 128-136, 1998.
DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1998\)127<0128:EOSAGI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1998)127<0128:EOSAGI>2.0.CO;2)
- [9] J. B. McLaren, L. R. Tuttle, "Fish survival on fine mesh traveling screens", *Environmental Science & Policy*, vol. 3, pp. 369-376, 2000.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(00\)00041-1](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(00)00041-1)
- [10] J. S. Welton, W. R. C. Beaumont, R. T. Clarke, "The Efficacy of Air, Sound and Acoustic Bubble Screens in Deflecting Atlantic Salmon", *Fisheries Management and Ecology*, vol. 9, pp. 11-18, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.2002.00252.x>
- [11] J. E. Ehrenberg, T. W. Steig, "Improved Techniques for Studying the Temporal and Spatial Behavior of Fish in a Fixed Location", *ICES journal of Marine Science*, vol. 60, pp. 700-706, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1054-3139\(03\)00087-0](https://doi.org/10.1016/S1054-3139(03)00087-0)
- [12] A. O. Kasumyan, "Acoustic Signaling in Fish", *Journal of Ichthyology*, vol. 49, no. 11, pp. 963-1020, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032945209110010>
- [13] R. W. Perry, J. R. Skalski, P. L. Brandes, P. T. Sandstrom, A. P. Klimley, A. Ammann, B. MacFarlane, "Estimating Survival and Migration Route Probabilities of Juvenile Chinook Salmon in the Sacramento-San Joaquin River Delta", *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 30, pp. 142-156, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1577/M08-200.1>
- [14] H. K. Byon, S. R. Jeon, "Feeding habit of Bluggill, *Lepomis macrochirus* Introduced in Korea", *Korean J. Environ. Biol.*, vol. 15, no. 2, pp. 165-174, 1997
- [15] H. J. Yang, B. S. Chae, "Ecological Study on the Bluegill, *Lepomis macrochirus* Rafinesque in the Andong-Dam Reservoir", *Korean Journal of Limnology*, vol. 30, no. 2, pp. 135-143, 1997.
- [16] S. S. Choi, H. B. Song, S. O. Hwang, "Study on the Fish Community in the Daechong Reservoir", *Korean Journal of Limnology*, vol. 30, no. 2, pp. 155-166, 1997.

- [17] Y. M. Son, H. K. Byeon, "Distribution of Bluegill, *Lepomis macrochirus* introduced in Korea", *Journal of Seowon University*, vol. 14, pp. 37-49, 2000.
- [18] National Fisheries Research & Development Institute, *Distribution, Utilization and Management strategy of Introduced Freshwater Fish*, Report(TR-2010-AQ-027) of National Fisheries Research & Development Institute, pp. 17-21, 2009.
-

강 준 구(Joon-Gu Kang)

[정회원]



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

<관심분야>
수리학, 토목공학

김 종 태(Jong-Tae Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 안동대학교 지구환경 과학과 (이학박사)
- 2016년 11월 ~ 현재 : 주식회사 자연과 기술 책임연구원

<관심분야>
하천생태학, 수리실험