

외래어종 관리를 위한 소상 실험 및 평가

강준구, 김종태*
한국건설기술연구원 하천실험센터

Experiment and Assessment of Ascending Capability for Management of Exotic Fish Species

Joon-Gu Kang, Jong-Tae Kim*

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

요약 본 연구에서는 국내에서 서식하는 외래어종인 배스와 블루길을 대상으로 소상능력 실험을 수행하였다. 실험은 대상 어류의 크기에 따라 4개 그룹으로 구분한 후 각 그룹별 4단계 유속에 대한 실험을 진행하였다. 분석방법은 유속에 따라 기준선을 통과하는 개체 수를 영상촬영을 이용해 분석하였으며 어류의 유영 및 소상 가능정도를 육안으로 관찰하였다. 또한 고유속 급류로 인해 5분 내 하류로 내려오면 기준선 통과 개체 수에서 제외하였으며 유속은 좌안, 우안, 중앙에서 측정하여 평균값을 사용하였다. 실험 결과 어종 및 개체 크기에 상관없이 유속이 빠를수록 소상하는 외래어종은 감소하는 것으로 나타났다. 어종별 비교 결과 배스의 소상능력이 블루길보다 높게 나타났으나 개체 크기를 고려하면 차이는 크지 않은 것으로 판단된다. 소상 후 급류로 인해 하류로 밀려 내려오는 경우를 제외하고 실험오차를 고려하면 외래어종이 소상 가능한 한계속도는 1.11 m/s 이상인 것으로 판단된다. 실험 결과는 고유속 흐름을 이용한 어류 차단과 외래어종의 관리를 위한 기초자료로 활용이 가능하며 향후 고유속에서 기준선을 통과하는 어류가 돌발속도에 의한 것인지 순항속도에 의한 것인지 판단하기 위해서는 지속적인 실험과 검증 및 모니터링이 필요하다. 또한 외력에 의한 반응 및 유량에 의한 압력 차이 등을 고려한 어류의 반응 검토도 필요할 것으로 판단된다.

Abstract In this study, an ascending capability experiment was performed with largemouth bass and bluegill, which are exotic fish species inhabiting (the freshwaters) in Korea. The experiment was performed by dividing the subject fish into four groups according to their size and at four flow rates for each group. The number of fish passing through a reference line was analyzed by recording videos, and their swimming and ascending capabilities were observed by the naked eye. The number of fish passing through the reference line did not include those returning downstream within five minutes due to the high flow rate. The flow rate used for the analysis was the mean of the flow rate values measured at the left bank, the right bank, and in the middle of the stream. The results showed that the number of exotic fish migrating upstream decreased as the flow rate increased, regardless of the species and size of the fish. The comparison between the fish species showed that the ascending capability of bass was higher than that of bluegill, but the difference was not significant when considering the difference in the size of the fish. In addition, the upper limit flow velocity allowing the ascending of the exotic fish species was 1.11 m/s, when considering the fish returning to the downstream after the upstream migration and experimental error. The results of the experiment may be used as fundamental data for the blocking of fish and the management of exotic fish species by means of a high flow rate current. Further experiments, verification, and monitoring may need to be conducted continuously to determine whether the fish are able to pass through the reference line at a high flow rate, when they attain a high or cruising velocity. Additionally, the reaction of the fish species should be investigated by considering the response to external forces as well as pressure differences due to the flow rate.

Keywords : Ascending test, Blue gill, Exotic fish, Largemouth bass, Velocity

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

*Corresponding Author : Jong-Tae Kim(KICT)

Tel: +82-54-843-1803 email: kjt98@kict.re.kr

Received August 4, 2016

Revised August 12, 2016

Accepted September 9, 2016

Published September 30, 2016

1. 서론

국내 서식하는 외래어종은 하천 및 호수 생태계에서 급격하게 증가하고 있지만 아직 외래어종에 대한 특성조사는 미흡하다. 특히 외래어종의 개체 수 증가는 생태계의 변화를 가져오므로 외래어종 증가를 조절하기 위해 어류의 유영 및 소상능력에 대한 연구는 반드시 수행되어야 한다. 또한 외래어종은 환경변화에 대응하고 산란 및 성장을 위해 이동하기 때문에 하천 내 유속변화에 대한 반응 연구가 요구된다.

어류의 유영 및 소상에 대한 국내 연구 분석 결과 대부분 어도의 효과 검증을 위한 연구가 대부분이다. Lim[1]은 은어와 붕어를 대상으로 소규모 모형수로(폭 0.8 m)에서 소상실험을 실시하였으며 실험 어종에 대한 유영 특성을 분석하였다. Park[2]은 계단식 어도에서 회유성 어류인 은어와 송어의 생태환경 분석을 위해 소상능력을 평가하였다. 또한 어종별 소상능력을 비교하였으며 계단식 어도의 활용성 증대를 위한 낙차를 결정하였다. Hwang 과 Hur[3]는 남대천과 오십천의 어도 종류에 따른 어류의 소상정도를 비교하였으며 비교결과 어도의 구조는 어류의 이동에 영향을 크게 미치는 것으로 나타났다. Park[4]은 피라미에 대한 유영특성을 분석하고 어도의 합리적인 설계기준을 제시하였으며 Bae et al.[5]은 PIV(Particle Imaging Velocimetry)를 이용하여 은어의 유영능력을 측정하여 어도 설계를 위한 기초자료로 활용하였다.

국외 연구동향 분석결과 어류 유영능력 및 속도에 대한 연구는 다양한 어류들을 대상으로 수행되고 있다. Jain et al.[6]은 홍연어(*Oncorhynchus nerka*)에 대한 유영 특성 및 회복시간에 대해 실험하였으며 어류의 상태 및 수질상태를 고려하였다. Webb[7]은 홍연어의 유영속도와 움직임 변화의 관계에 대해 연구하였으며 Anderson et al.[8]은 어종별 꼬리를 이용한 유동상태를 측정하였으며 운동 메커니즘에 대한 연구를 수행하였다. Drucker와 Lauder[9]는 PIV를 활용하여 어류의 유영능력에 대한 3차원 분석을 실시하고 꼬리를 비롯한 어류의 유영특성을 제시하였으며 흐름 변화에 대한 어류의 반응 및 특성 변화에 대한 연구도 수행되었다(10-12). 그러나 생물실험의 특성 상 소규모의 개체별 실험이 대부분이며 준실규모 실험시설에서 어종 및 개체의 크기별 실험은 수행되지 않았다. 또한 어류 유영을 위한 한계속도에 대

한 평가는 다양한 유속 조건의 재현이 필요하므로 실험수행이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 서식하는 외래어종인 배스(큰입우럭, Largemouth Bass, *Mircopterus salmoides*)와 블루길(파랑볼우럭, Blue Gill, *Lepomis macrochirus*)을 대상으로 폭 2.0 m 실험수로에서 어류의 크기별 소상능력 실험을 수행하였다. 또한 어종별 소상가능 유속에 대해 분석하였으며 외래어종의 생태연구 및 관리를 위한 기초자료를 제시하였다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 실험 어종

실험을 위한 외래어종은 배스와 블루길로 선정하였으며 경상북도 안동시 안동호에서 채집하였다. 실험 어종의 크기는 개체 크기의 한계를 고려하여 배스는 4개 그룹, 블루길은 2개 그룹으로 구분하였다. 어류의 관리를 위해 여과와 온도조절이 가능한 실험수조를 제작하였으며 어종 및 크기별로 관리하였다. Fig. 1은 실험 대상 어류인 배스와 블루길을 나타낸다.



(a)



(b)

Fig. 1. Test fishes
(a)Largemouth Bass (b)Blue gill

2.2 실험수로 및 측정장비

어류 소상실험을 위한 수로는 한국건설기술연구원 하천실험센터 순환수로(폭 2.0 m, 길이 50.0 m)에서 수행하였으며 어류 거동의 관찰을 위해 측면은 강화유리로 제작하였다. 소상 실험의 측정장비는 영상촬영장비(비디오카메라), 1차원 프로펠러 유속계(VO1000, KENEX)를 사용하였다(Fig. 2).

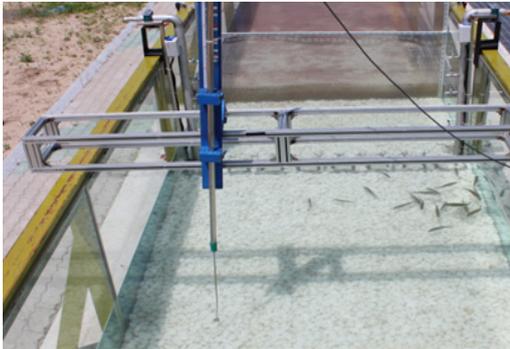


Fig. 2. Experimental open channel and velocimeter(1D)

2.3 실험조건 및 방법

어류의 소상은 어류가 하천을 거슬러 올라가는 것을 의미하는 것으로써 한국수자원학회는 하천설계 기준·해설에서 어도 내 설계유속을 갈수 시 취수잔량이 유하될 때 모든 어종에 대해 0.5 ~ 1.0 m/s로 제시하고 있다[13]. 따라서 본 연구에서는 한국수자원학회의 설계 유속을 기준으로 외래어종에 대한 소상 실험을 수행하였다.

본 연구에서는 유속별로 어류가 소상하여 기준선을 통과하는 개체 수를 측정하여 평가하였다. 각 유속 단계별 실험시간은 5분이며 결과의 정확성을 높이고 실험오차를 줄이기 위해 실험을 4회 반복하였다. 유영능력이 떨어지거나 체력 소모가 많은 개체는 모두 교체하면서 실험을 수행하였다. 또한 영상촬영 및 모니터를 통해 외래어종의 거동 등 소상능력을 분석하였으며 어류의 학습효과와 반복실험으로 인한 체력 및 에너지 저하를 고려해 실험시간을 조절하였다. Fig. 3과 Fig. 4는 각각 배스와 블루길에 대한 실험 사진이며 Table 1은 실험조건 및 내용을 나타내는 표이다.

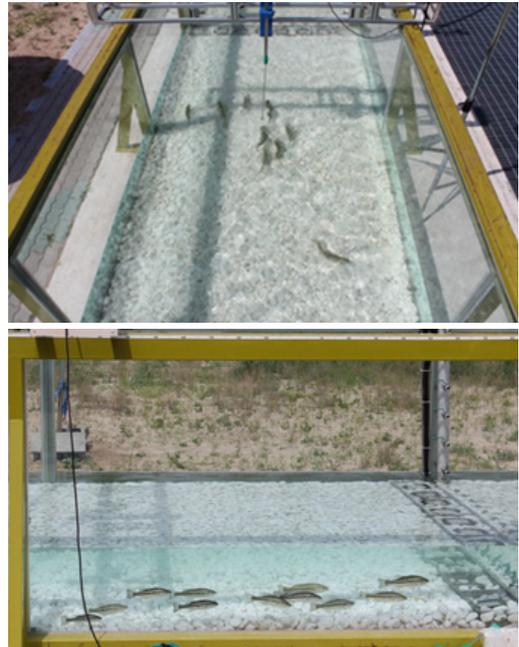


Fig. 3. Experiment on the fish ascending capacity of largemouth bass

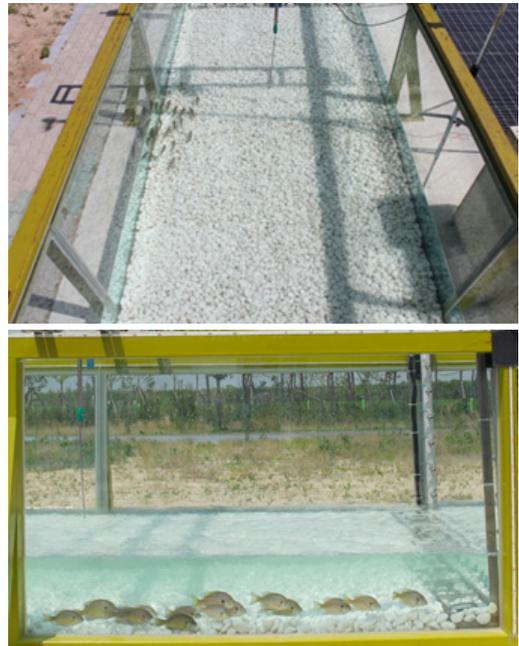


Fig. 4. Experiment on the fish ascending capacity of blue gill

Table 1. Experimental condition on fishes

Test fishes	Group	Size of Fishes (m)	Depth (m)	Number of Experiment(Replication)
Largemouth Bass	A	0.10 ~ 0.15	0.25, 0.35	4
	B	0.15 ~ 0.20		
	C	0.20 ~ 0.30		
	D	0.30 ~ 0.40		
Blue Gill	A	0.10 ~ 0.15		
	B	0.15 ~ 0.20		

3. 배스 소상 실험

배스의 경우 개체 크기에 따라 4개의 그룹으로 구분한 후 각 그룹별 4개 유속에 대한 실험을 진행하였다. 배스의 경우 각 그룹별 4단계는 실험수로 및 펌프 조건을 고려해 수심 0.25 m에서 실험을 실시하였다. 분석방법은 유속에 따라 기준선을 통과하는 개체 수 및 어류의 유영 및 소상 가능정도를 관찰했으며 고유속 급류로 인해 5분 내 하류로 내려오면 기준선 통과 개체 수에서 제외하였다. 유속은 좌안, 우안, 중앙에서 측정하여 평균값을 사용하였다. 측정결과 전반적으로 흐름의 가장자리가 상류 구조물로 인해 중앙부 보다 낮게 측정되었으나 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

3.1 배스 A 그룹

배스 A 그룹은 0.10 m ~ 0.15 m 크기로서 각 유속별 실험 결과는 Table 2와 같다. 실험 결과 전반적으로 유속이 높아질수록 소상하는 개체수는 감소하였다. 저유속에서도 소상하지 않는 개체는 육안 관찰결과 유영은 가능하지만 소상하지 않는 것으로 판단된다. 각 case별 4단계(평균유속 : 1.09 m/s)에서는 개체들이 상류로 올라가려는 움직임을 보이지만 고유속 흐름에 의해 하류로 모두 밀려 내려왔다. A 그룹의 유속 범위는 0.43 m/s ~ 1.11 m/s로 측정되었다. Fig. 5는 A 그룹의 실험결과는 나타낸 그래프이다.

3.2 배스 B 그룹

배스 B 그룹은 0.15 m ~ 0.20 m 크기로서 각 유속 단계별 실험 결과는 Table 3과 같다. 실험 결과 B-1, B-2, B-4의 1단계 개체 소상률이 100%로 나타났다. B-3 1단계의 대부분 개체는 하류 스크린 주변에서 거동하므

로 소상률은 낮았지만 유영능력은 높은 것으로 판단된다. 또한 B-1, B-2, B-4의 3단계와 4단계에서 기준선을 통과하는 개체는 없는 것으로 나타났지만 3단계의 경우 유영은 가능한 것으로 보아 어류 서식환경에 따라 소상하지 않은 것으로 판단된다. B-3의 4단계에서는 상대적으로 유속이 약한 수로벽 사이로 1개체가 소상하였지만 개체의 유영이 어려워(급발진형 유영) 5분 내 하류로 밀려 내려왔다. B 그룹의 유속 범위는 0.40 m/s ~ 1.10 m/s로 측정되었다. Fig. 6은 B 그룹의 실험결과는 나타낸 그래프이다.

3.3 배스 C 그룹

배스 C 그룹은 0.20 m ~ 0.30 m 크기로서 각 유속 단계별 실험 결과는 Table 4와 같다. 배스 C 그룹의 경우 개체 수 확보의 어려움 등으로 인해 총 10마리를 대상으로 실험을 실시하였다. 실험결과 C-1에서는 모든 단계에서 기준선 통과 개체수가 관찰되었으나 고유속인 4단계에서 소상한 개체는 모두 급발진형 유영으로 5분 내에 하류로 밀려 내려왔다. 또한 고유속에 의해 하류 스크린에 붙어 유영능력이 전혀 없어진 개체도 관찰되었다. C-2와 C-3의 4단계에서도 기준선 통과 개체가 있었지만 돌발속도로써 유속이 약한 구조물 틈새로 통과하였으며 C-1과 마찬가지로 5분 내에 하류로 밀려 내려왔다. C-4의 4단계에서는 기준선 통과 개체가 없는 것으로 나타났다. C 그룹의 유속 범위는 0.37 m/s ~ 1.11 m/s로 측정되었다. Fig. 7은 C 그룹의 실험결과는 나타낸 그래프이다.

Table 2. Result on ascending capacity test of group A(largemouth bass)

Group	Size (m)	Total population	Case	Step	Depth (m)	Velocity (m/s)	Ascending population	Rate of ascending (%)
A	0.10 ↓ 0.15	20	A-1	1	0.35	0.47	18	90
				2	0.35	0.66	9	45
				3	0.35	0.77	4	20
				4	0.25	1.11	0	0
			A-2	1	0.35	0.44	19	95
				2	0.35	0.67	13	65
				3	0.35	0.76	6	30
				4	0.25	1.07	0	0
	10	A-3	1	0.35	0.48	9	90	
			2	0.35	0.69	10	100	
			3	0.35	0.76	5	50	
			4	0.25	1.09	0	0	
		A-4	1	0.35	0.43	10	100	
			2	0.35	0.62	8	80	
			3	0.35	0.71	4	40	
			4	0.25	1.08	0	0	

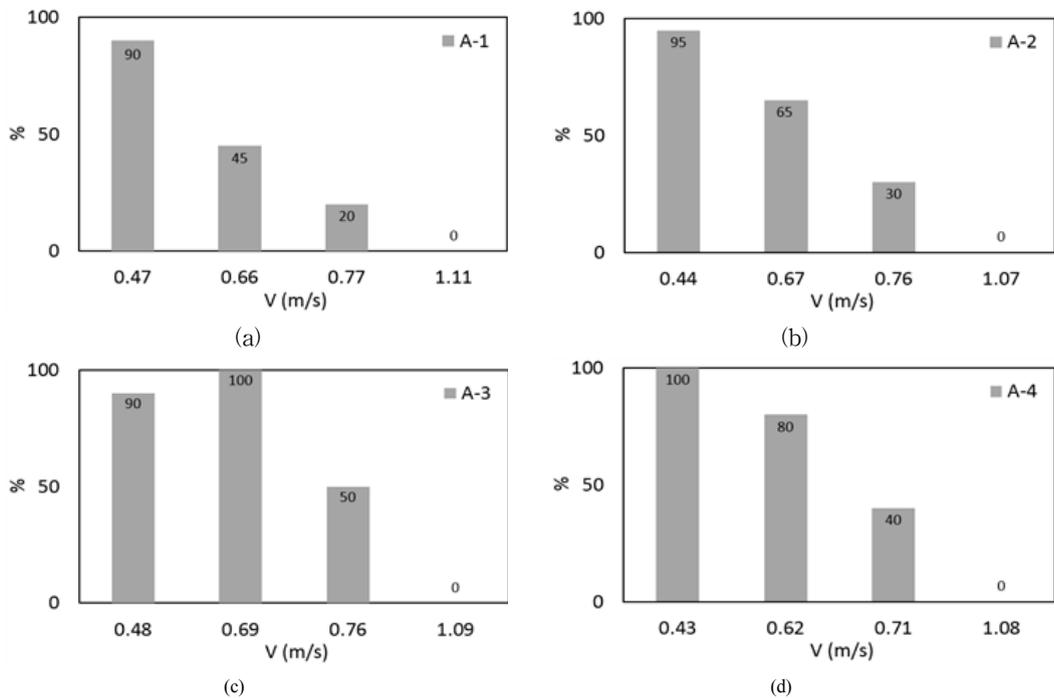


Fig. 5. Result on ascending capacity test of group A(largemouth bass)
(a)A-1 (b)A-2 (c)A-3 (d)A-4

Table 3. Result on ascending capacity test of group B(largemouth bass)

Group	Size (m)	Total population	Case	Step	Depth (m)	Velocity (m/s)	Ascending population	Rate of ascending (%)
B	0.15 ~ 0.20	20	B-1	1	0.35	0.42	20	100
				2	0.35	0.57	14	70
				3	0.35	0.77	0	0
				4	0.25	1.07	0	0
			B-2	1	0.35	0.40	20	100
				2	0.35	0.60	10	50
				3	0.35	0.79	0	0
				4	0.25	1.06	0	0
			B-3	1	0.35	0.45	9	45
				2	0.35	0.64	8	40
				3	0.35	0.74	0	0
				4	0.25	1.09	0	0
			B-4	1	0.35	0.44	20	100
				2	0.35	0.60	20	100
				3	0.35	0.81	0	0
				4	0.25	1.10	0	0

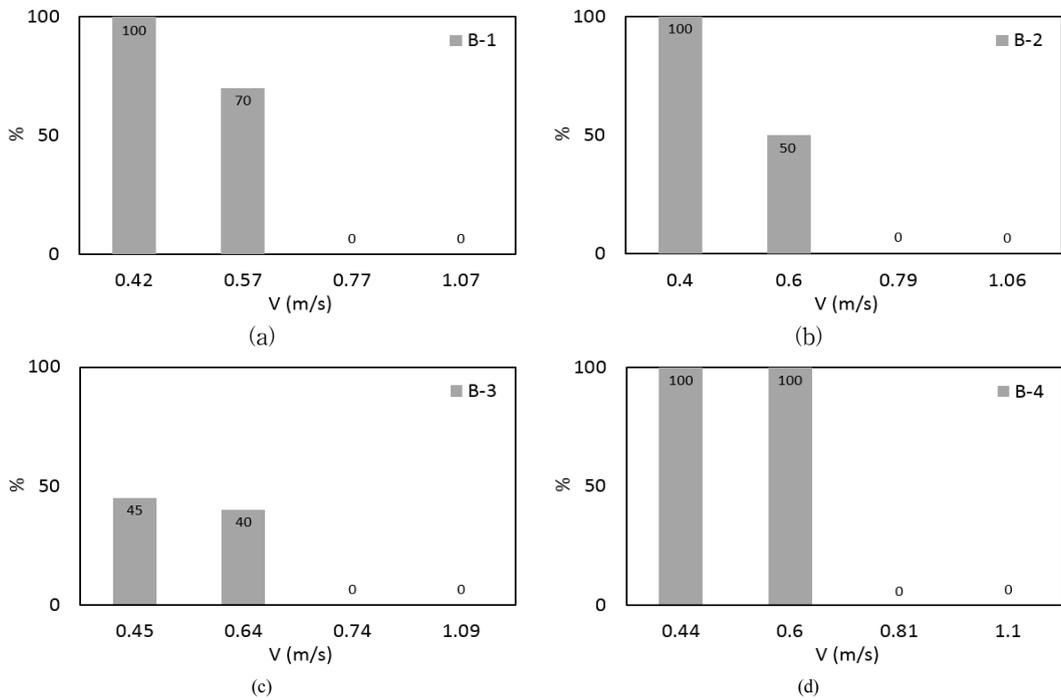


Fig. 6. Result on ascending capacity test of group B(largemouth bass)
 (a)B-1 (b)B-2 (c)B-3 (d)B-4

Table 4. Result on ascending capacity test of group C(largemouth bass)

Group	Size (m)	Total population	Case	Step	Depth (m)	Velocity (m/s)	Ascending population	Rate of ascending (%)
C	0.20 ~ 0.30	10	C-1	1	0.35	0.37	10	100
				2	0.35	0.65	9	90
				3	0.35	0.83	9	90
				4	0.25	1.10	0	0
			C-2	1	0.35	0.42	10	100
				2	0.35	0.70	8	80
				3	0.35	0.82	8	80
				4	0.25	1.01	0	0
			C-3	1	0.35	0.41	10	100
				2	0.35	0.67	10	100
				3	0.35	0.83	4	40
				4	0.25	1.09	0	0
			C-4	1	0.35	0.44	10	100
				2	0.35	0.68	10	100
				3	0.35	0.86	3	30
				4	0.25	1.11	0	0

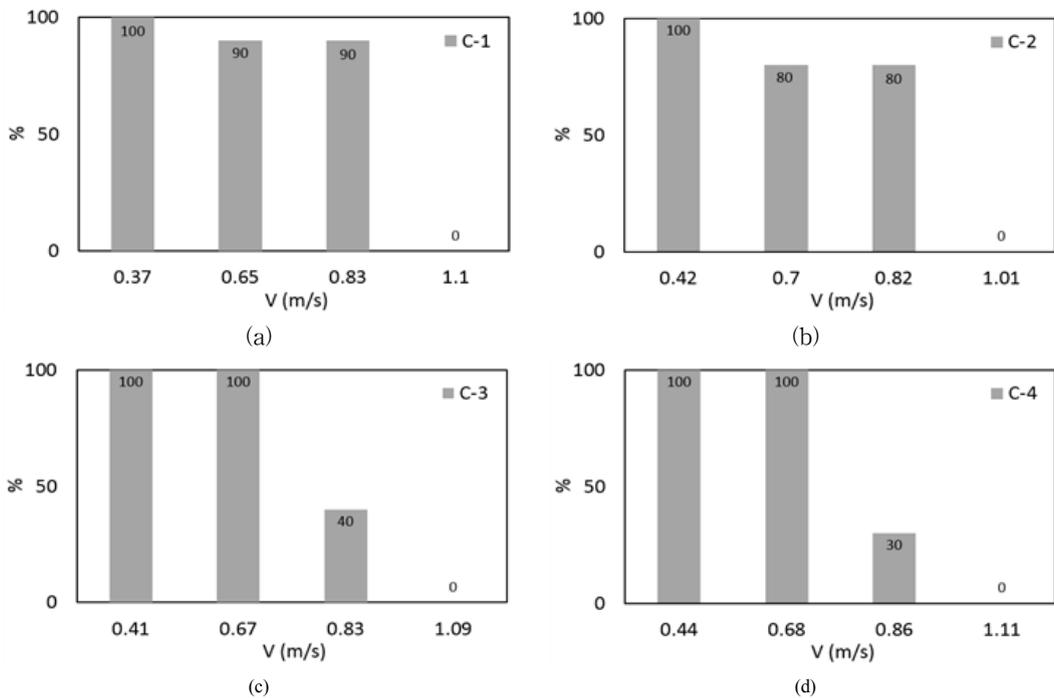


Fig. 7. Result on ascending capacity test of group C(largemouth bass)
 (a)C-1 (b)C-2 (c)C-3 (d)C-4

3.4 배스 D 그룹

배스 D 그룹은 0.30 m ~ 0.40 m 크기로서 각 유속 단계별 실험 결과는 Table 5와 같다. 배스 D 그룹의 경우 실험 개체의 확보가 어려워 개체수가 일정하지 않았다. 실험 결과 D-1과 D-4의 4단계에서는 기준선 통과 개체수가 없었으며 D-2와 D-3의 4단계에서는 각각 2개체, 3개체가 소상하였지만 대부분 상대적으로 유속이 약한 구조물 수로벽 사이로 통과하였으며 5분 내에 고유속 흐름에 의해 하류로 밀려 내려왔다. D 그룹의 유속 범위는 0.34 m/s ~ 1.10 m/s로 측정되었다. Fig. 8은 D 그룹의 실험결과는 나타낸 그래프이다.

4. 블루길 소상 실험

블루길의 경우 성어 크기를 고려하여 2개의 그룹으로 구분한 후 각 그룹별 4개 유속에 대한 실험을 진행하였으며 분석 방법은 배스와 동일한 방법으로 진행하였다.

4.1 블루길 A 그룹

블루길 A 그룹은 0.10 m ~ 0.15 m 크기로서 각 유속 단계별 실험 결과는 Table 6과 같다. 실험 결과 전반적으로 유속이 높을수록 상승하는 개체수는 감소하였으며 고유속에서는 움직임이 적은 것으로 나타났다. 모든 case의 3, 4단계에서 소상 개체는 없었으며 A-2와 A-3에서는 2단계에서도 소상 개체는 없는 것으로 나타났다. A-1 3단계와 4단계에서는 소상하려는 개체가 소수 관찰되었지만 모두 고유속 및 흐름으로 인해 하류로 내려왔으며 유영이 불가능한 개체도 관찰되었다. A 그룹의 유속 범위는 0.42 m/s ~ 1.07 m/s로 측정되었다. Fig. 9는 A 그룹의 실험결과는 나타낸 그래프이다.

4.2 블루길 B 그룹

블루길 B 그룹은 0.15 m ~ 0.20 m 크기로서 각 유속 단계별 실험 결과는 Table 7과 같다. 실험 결과 모든 case의 3, 4단계에서 기준선을 통과하는 개체는 없었으며 B-3의 4단계에서는 2개체가 구조물 수로벽 사이로 통과하였으나 3분 내에 고유속에 의해 하류로 밀려 내려

왔다. B-1 1단계의 경우 상승하는 개체가 적었지만 (40%) 영상 분석 결과 어류의 유영에는 문제가 없는 것으로 나타났다. 전반적으로 유속이 높아질수록 상승하는 개체수는 줄어들었으며 시간이 지나면 활동 가능한 개체수도 줄어들었다. B 그룹의 유속 범위는 0.40 m/s ~ 1.11 m/s로 측정되었다. Fig. 10은 B 그룹의 실험결과는 나타낸 그래프이다.

5. 외래어종의 소상가능 한계속도 분석

본 연구에서 외래어종의 소상가능 한계속도는 기준선 통과 개체수가 없는 경우의 유속이며 고유속으로 인해 5분 이내에 하류로 내려오는 경우도 제외하였다. Fig. 11과 Fig. 12는 배스 및 블루길의 개체 크기에 대한 유속별 소상정도를 나타내는 그래프이며 Fig. 13은 어종별 모든 실험 결과를 도시한 그래프이다. 그래프 분석 결과 어종 및 크기에 상관없이 유속이 빠를수록 소상하는 외래어종은 적어지는 것으로 나타났다. 또한 배스의 소상능력이 블루길보다 높게 나타났으나 개체 크기를 고려하면 차이는 크지 않는 것으로 판단된다. 따라서 소상 후 밀려 내려오는 경우를 고려한 분석 결과 1.11 m/s 이상의 경우 외래어종의 소상이 어려운 것으로 판단된다. 그러나 서식처 환경의 적응 등에 따라 소상하지 않는 경우가 고려되어야 하며 유량 조건 변화에 대한 어류의 반응도 고려되면 한계속도에 차이는 있을 것으로 판단된다.

Table 5. Result on ascending capacity test of group D(largemouth bass)

Group	Size (m)	Total population	Case	Step	Depth (m)	Velocity (m/s)	Ascending population	Rate of ascending (%)
D	0.30 { 0.40	10	D-1	1	0.35	0.34	6	60
				2	0.35	0.50	9	90
				3	0.35	0.75	3	30
				4	0.25	1.07	0	0
			D-2	1	0.35	0.39	9	90
				2	0.35	0.60	7	70
				3	0.35	0.75	0	0
				4	0.25	1.09	0	0
	20	D-3	1	0.35	0.46	17	85	
			2	0.35	0.61	15	75	
			3	0.35	0.79	7	35	
			4	0.25	1.10	0	0	
	10	D-4	1	0.35	0.43	7	70	
	9		2	0.35	0.62	4	44	
	4		3	0.35	0.77	2	22	
			4	0.25	1.06	0	0	

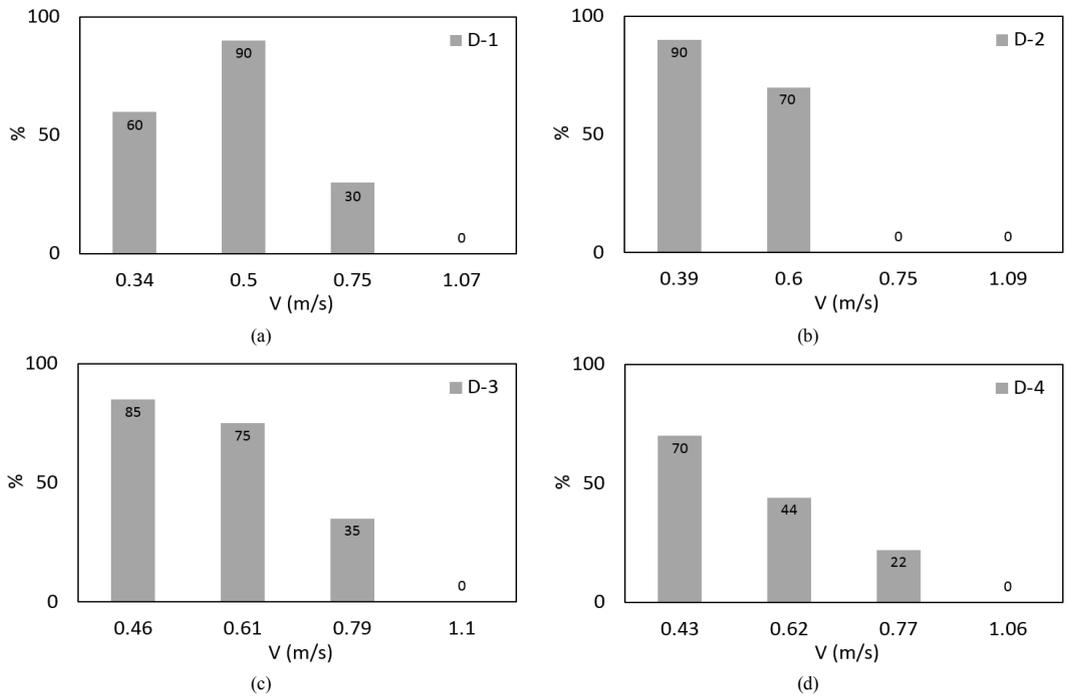


Fig. 8. Result on ascending capacity test of group D(largemouth bass)
(a)D-1 (b)D-2 (c)D-3 (d)D-4

Table 6. Result on ascending capacity test of group A(blue gill)

Group	Size (m)	Total population	Case	Step	Depth (m)	Velocity (m/s)	Ascending population	Rate of ascending (%)
A	0.10 ~ 0.15	20	A-1	1	0.35	0.43	18	90
				2	0.35	0.61	20	100
				3	0.35	0.77	0	0
				4	0.25	0.98	0	0
			A-2	1	0.35	0.42	20	100
				2	0.35	0.68	0	0
				3	0.35	0.81	0	0
				4	0.25	1.04	0	0
			A-3	1	0.35	0.46	20	100
				2	0.35	0.61	0	0
				3	0.35	0.79	0	0
				4	0.25	0.99	0	0
			A-4	1	0.35	0.45	20	100
				2	0.35	0.66	13	65
				3	0.35	0.79	0	0
				4	0.25	1.07	0	0

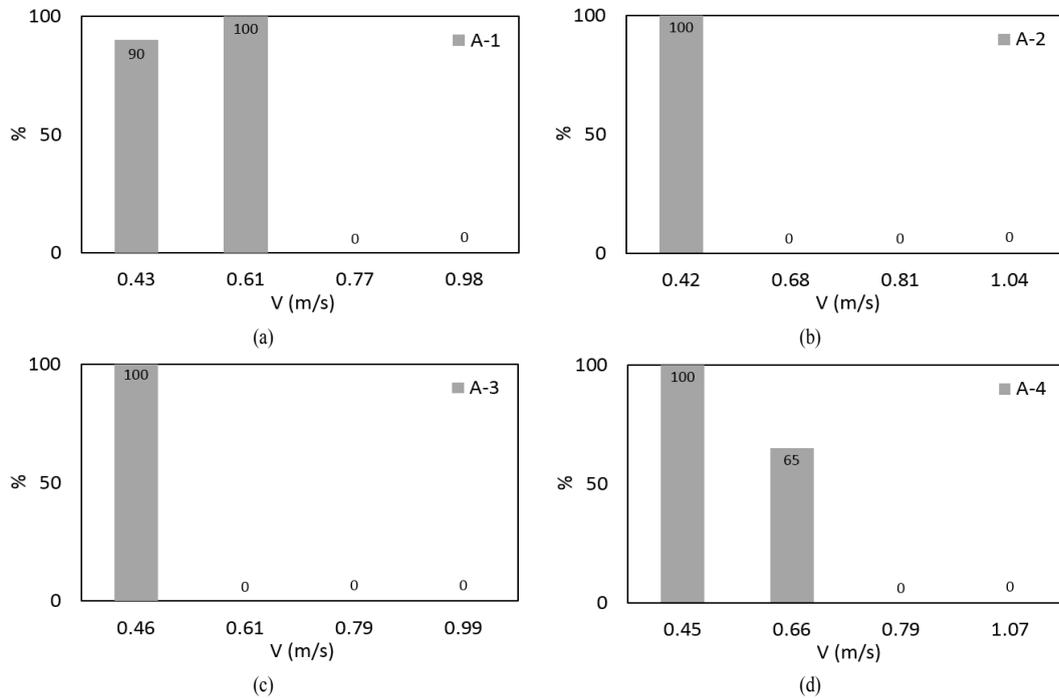


Fig. 9. Result on ascending capacity test of group A(blue gill)
(a)A-1 (b)A-2 (c)A-3 (d)A-4

Table 7. Result on ascending capacity test of group B(blue gill)

Group	Size (m)	Total population	Case	Step	Depth (m)	Velocity (m/s)	Ascending population	Rate of ascending (%)
B	0.15 ~ 0.20	20	B-1	1	0.35	0.41	8	40
				2	0.35	0.56	19	95
				3	0.35	0.80	0	0
				4	0.25	1.10	0	0
			B-2	1	0.35	0.40	18	90
				2	0.35	0.54	10	50
				3	0.35	0.80	0	0
				4	0.25	1.11	0	0
			B-3	1	0.35	0.42	10	100
				2	0.35	0.63	10	100
				3	0.35	0.81	0	0
				4	0.25	1.08	0	0
			B-4	1	0.35	0.43	10	100
				2	0.35	0.59	5	50
				3	0.35	0.81	0	0
				4	0.25	1.10	0	0

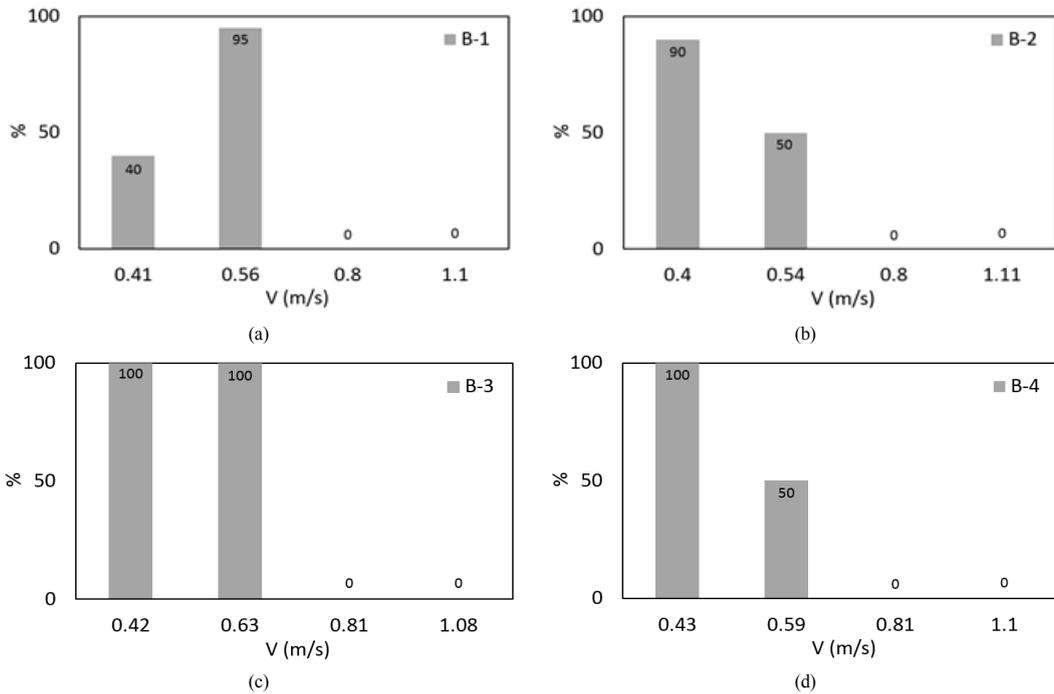


Fig. 10. Result on ascending capacity test of group B(blue gill)
(a)B-1 (b)B-2 (c)B-3 (d)B-4

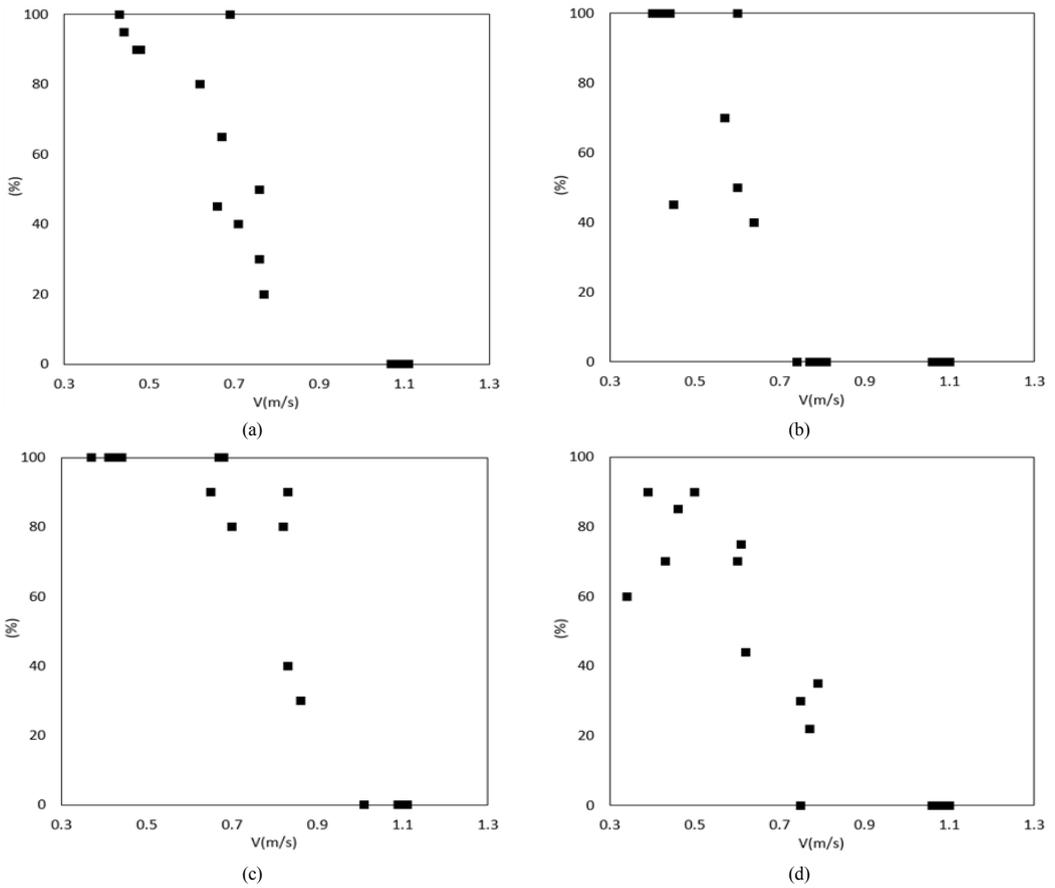


Fig. 11. Result of ascending capacity test(largemouth bass)
 (a)0.10 m ~ 0.15 m (b)0.15 m ~ 0.20 m (c)0.20 m ~ 0.30 m (d)0.30 m ~ 0.40 m

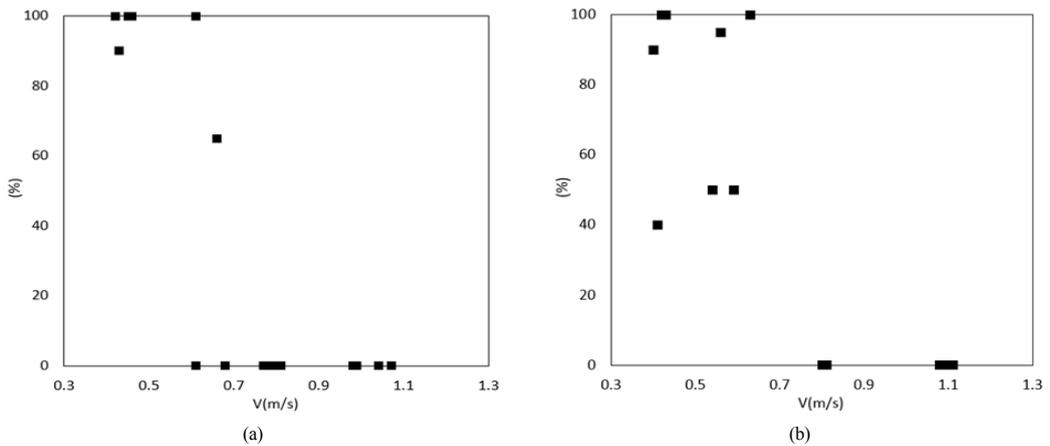


Fig. 12. Result of ascending capacity test(blue gill)
 (a)0.10 m ~ 0.15 m (b)0.15 m ~ 0.20 m

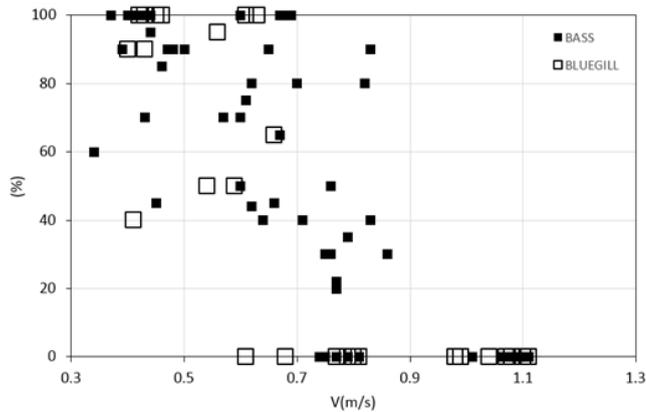


Fig. 13. Comparison of ascending capacity on bass and bluegill

6. 결론

본 연구에서는 외래어종의 유영 특성 분석을 위해 준 실험규모 실험수로에서 어류의 소상능력실험을 수행하였다. 대상 어류는 베스와 블루길이며 개체 크기별 실험을 실시하였다. 실험결과 고유속인 4단계에서 대부분의 어류는 소상하지 못하는 것으로 나타났으며 어류 크기별 소상하는 개체가 소수 있었지만 돌발속도인 급발진형 유영이며 5분 이내 고유속의 흐름에 의해 하류로 밀려 내려왔다.

따라서 본 연구에서는 외래어종의 소상가능 한계속도를 약 1.11 m/s(수심 0.35 m)로 산정하였다.

그러나 유량 조건의 변화가 발생하면 소상가능 한계 속도에 차이는 있을 것으로 판단되며 고유속에서 기준선을 통과하는 어류가 돌발속도에 의한 것인지 순항속도에 의한 것인지 판단하기 위해서는 지속적인 모니터링이 필요하다. 특히 어류의 특성 및 소상능력을 평가하려면 많은 개체에 대한 반복적인 실험을 통해 자료를 확보하여야 한다. 또한 경사도와 외력에 의한 반응 및 유량에 의한 압력 차이 등을 고려한 어류의 반응 검토 및 실험도 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Y. S. Lim, "An Analysis of Hydraulic Characteristics and Fish Swimming Performance associated with Distance between Baffles in the Ice-Habor Fishway", pp. 4-26, Myong Ji University, 2010.
- [2] S. D. Park, "Assessment of Ascending Capacity of Migratory Fish in Fishways by Eco-hydraulic Experiments", *Journal of Korea Water Resources Association*, vol. 34, no. 4, pp. 381-390, 2001.
- [3] C. S. Hwang, H. Hur, "Fish Migration through Fishways on Namdae-cheon in Yangyang and Osib-cheon in Yungdeok", *Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers*, vol. 42, no. 5, pp. 70-77, 2000.
- [4] Y. S. Park, "An Experimental Study on th Swimming Performance of Local Migrating Fish for Culvert Fishway Design", pp. 25-49, Myong Ji University, 2007.
- [5] J. H. Bae, K. H. Lee, J. K. Shin, Y. S. Yang, J. H. Lee, "Measurement of Swimming Ability of Silver Fish using a Particle Imaging Velocimetry", *Journal of The Korean Society of Fisheries Technology*, vol. 47, no. 4, pp. 411-418, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2011.47.4.411>
- [6] K. E. Jain, I. K. Birtwell, A. P. Farrell, "Repeat Swimming Performance of Mature Sockeye Salmon following a Brief Recovery Period", *Journal of Zoology*, vol. 76, no. 8, pp. 1488-1496, 1998.
- [7] P. W. Webb, "Hydrodynamics and Energetics of Fish Propulsion", pp.1-156, Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 1975.
- [8] E. J. Anderson, W. R. McGillis, M. A. Grosenbaugh, "The Boundary Layer of Swimming Fish", *Journal of Experimental Biology*, 204, pp. 81-102, 2001.
- [9] E. G. Drucker, G. V. Lauder, "Locomotor on Forces on a Swimming Fish: Three-dimensional Vortex Wake Dynamics Quantified using Digital Particle Image Velocimetry", *Journal of Experimental Biology*, 202, pp. 2393-2412, 1999.
- [10] G. Triantafyllou, M. Triantafyllou, M. Grosenbaugh, "Optimal Thrust Development in Oscillating Foils with Application to Fish Propulsion", *Journal of Fluids Struct.*, 7, pp. 205-224, 1993.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/jfls.1993.1012>
- [11] P. Domenici, R. W. Blake, "The Kinematics and Performance of Fish Fast-start Swimming", *Journal of*

Experimental Biology, 200, pp. 1165–1178, 1997.

- [12] M. J. Wolfgang, J. M. Anderson, M. A. Grosebaugh, D. K. P. Yue, M. S. Triantafyllou, “Near-Body Flow Dynamics in Swimming Fish”, *Journal of Experimental Biology*, 202, pp. 2303–2327, 1999.
- [13] Korea Water Resources Association, “*River Design Criteria*”, pp. 432–453, Korea Water Resources Association, 2009.

강 준 구(Joon-Gu Kang)

[정회원]



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

<관심분야>
수리학, 토목공학

김 종 태(Jong-Tae Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 안동대학교 지구환경과학과 (이학박사)
- 2011년 11월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
하천수리학, 수리실험