



가시화 기법의 생태 수리분야 응용



정 상 화

한국건설기술연구원 수석연구원
kikimorah@kict.re.kr

1. 가시화 기법 소개

하천에서 발생하는 수리적 현상을 이해하기 위해 계획된 절차에 따른 객관적 자료 취득과 이를 바탕으로 수리적 분석을 수행하는 실험이라는 과학적 활동을 실시한다. 이러한 실험은 하천에서 지배적으로 적용되는 법칙의 검증이나 수리적 현상을 이해하기 위한 다양한 정보를 제공할 뿐 만 아니라 인간의 유목적적인 하천 개발(준설, 제방 및 하천 구조물 설치 등)과 하천 복원 활동을 위한 수리 현상의 구조와 기능의 이해에 도움을 준다. 그러나 거대한 규모의 하천을 대상으로 실험을 수행하는 것은 시간, 비용 그리고 객관적 자료 확보에 어려움이 있으며 이를 해결하기 위해 하천에서 발생하는 수리현상을 이상화 또는 개념화시켜 표현한 하천 모형을 통해 접근한다. 특히 하천모형 중 지배적인 상사법칙을 적용하여 규모를 축소시킨 축소모형(일반적으로 수리모형)과 수확모형을 컴퓨터를 이용하여 수치적으로 해석하는 수치모형이 주요 실험 분야이다.

모형실험을 통해 유량, 유속, 수위, 압력, 온도 및 흐름 상태 등 다양한 수리적 정보를 얻을 수 있으며 가시화 기법은 이러한 정보를 시각적으로 가

공하는 방법이다. 즉, 시각적으로 확인되지 않는 수리현상에 대하여 공학적으로 확립된 기법을 적용하여 연구개발에 필요한 정보를 효과적이며 재현성 있게 제공하는 기술로 정의할 수 있다(한국가시화정보학회, 2013). 수리모형실험에서는 유동 가시화 기법을 적용하여 수리현상에 대한 직관적, 통찰적 분석에 적용하고 있으며, 수치 모형은 전산 가시화 기법을 통해 컴퓨터를 이용한 수치모의의 한계인 후처리단계에서의 시각적 현실성을 높이고 있는 추세이다.

유동가시화의 역사는 Leonardo da Vinci (1513)가 기동 주위에서 발생하는 와류를 스케치하여 시각화한 것으로부터 거슬러 올라간다. 따라서 가시화의 역사는 꽤 오래되었음을 알 수 있으나 가시화의 핵심 장비인 광학 및 고속카메라 등이 최근에 개발된 것을 볼 때, 대부분 정성적 유동 가시화 단계에 머물렀음을 알 수 있다. 일반적으로 유동 가시화는 정성적 가시화와 정량적 가시화로 나눌 수 있으며 전자는 유황(flow pattern)이나 유선(streamline)을 육안 관찰하거나, 디지털 카메라 및 캠코더를 이용하여 촬영 후 유동장에 대한 정보를 정성적으로 파악하는 방법이다. 후자는 광학장비를 이용하여 획득한 이미지를 컴퓨터를 이용한 계산 알고리즘을 통해 수리 정보를 수치적으로 나타내는 방법이다. 이러한 구분법 이외에 고전적인 유동 가시화 기법(제1세대)과 컴퓨터를 원용한 유동 가시화 기법(제2세대)으로 분류하기도 한다(이상준, 2003).

토목분야를 포함하여 에너지, 기계, 환경, 생물 등 많은 분야에서 광학 및 기계산업의 기술 발전과



그림 1. Old man with water studies (Leonardo da Vinci, 1513)

더불어 다양한 활용방안이 도출되고 있는 가시화 기법에 관해 소개하는 것은 큰 노력과 많은 지면이 필요할 것이다. 따라서 하천 복원 패러다임에 의해 많은 연구가 수행되고 있는 생태 수리분야 범위에서 유동 가시화 기법과 최근 수리분야와 새로운 접목을 시도하고 있는 음장 가시화 기법에 한하여 소개하고 논의의 장을 마련하는데 의의를 두고자 한다.

2. 생태 수리적 응용

2.1 유동 가시화 기법

유체와 함께 이동하는 입자의 변위정보가 포함된 유동이미지를 이용한 입자영상유속측정법은 시간간격동안 움직인 입자 변위를 구하는 방법에 따

라 PSV (Particle Streak Velocimetry), PIV (Particle Image Velocimetry), PTV (Particle Tracking Velocimetry), LSV (Laser Speckle Velocimetry)로 나눌 수 있다(그림 2 참조). 유동 가시화 기법의 대표적인 장비는 PIV (Particle Image Velocimetry, 입자영상유속계)라고 해도 과언이 아니다. 그림 3에 보인 바와 같이 PIV 장비는 레이저, 광학장치, 기록장치, 그리고 입자로 구성되어 있으며 상당히 고가임에도 불구하고 유동장을 흐름의 교란없이 취득할 수 있다는 장점과 전자산업의 괄목할 만한 발전으로 정확도가 높아져 다양한 연구분야에 응용되고 있다. 또한 3차원 유속장을 측정할 수 있는 Steroscopic PIV 및 Holographic PIV와 더불어 생체 내부 유동을 측정하는 Echo PIV와 X-ray PIV, 그리고 광학현미경을 이용하여 micro/nano 규모의 유동을 측정할 수 있는 Micro/Nano PIV 등이 개발되어 유동 가

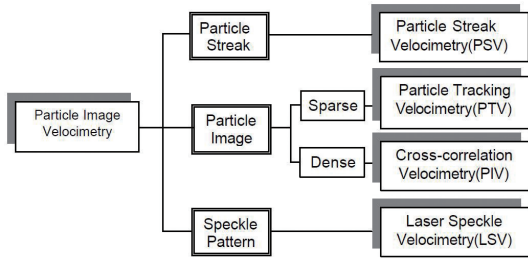


그림 2. 유속장 측정 기법에 따른 분류(이상준, 2005)
시화 기법의 생태 수리 분야 응용성을 더욱 높이고 있다.

Delavan and Webster (2012)는 수생태계에서 먹이사슬관계에 놓여있는 계와 조개 사이에서 조개의 출수관에서 유출되는 흐름(Excurrent jet)이 포식자인 계에게 어떤 영향을 주는지 PIV를 활용하여 흐름과의 상관성을 분석하였으며, 미에너지국의 PNNL (Pacific Northwest National Laboratory)에서는 수차에 의해 발생하는 제트류에서 치어의 생물학적 반응과 유동현상을 관찰하기 위하여 PIV 시스템을 활용하였다(윤광석,

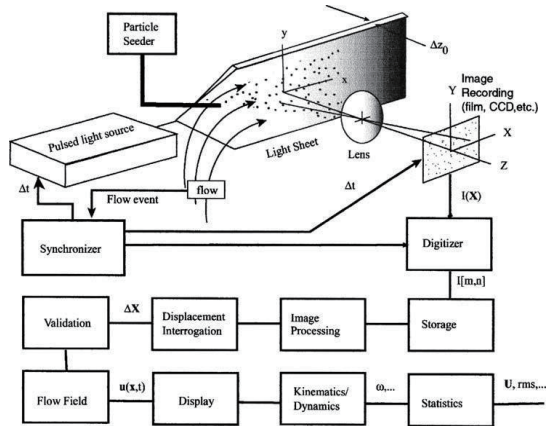


그림 3. 전형적인 PIV 시스템(Adrian, 2005)

2013). 이러한 연구 사례를 통해 과거 전통적인 수리학 분야에서 난류 계측에 한정적으로 활용되어 온 유동 가시화 기법이 생물, 환경, 생태 등 다양한 연구분야와의 접목을 통해 적용 범위를 넓힐 수 있으며 이는 생태 수리학적 연구의 발전에 도움이 될 것으로 판단된다.

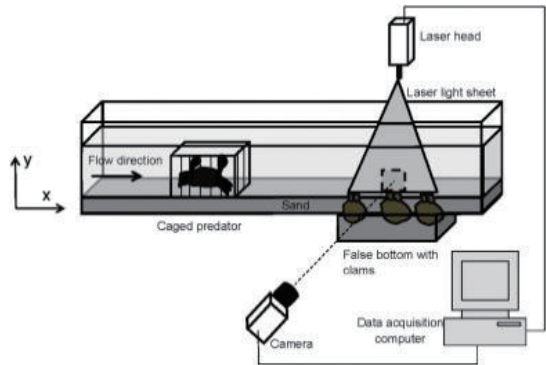
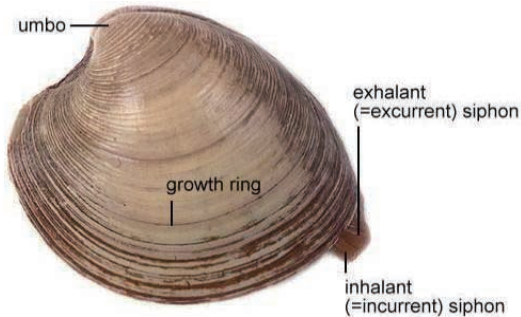


그림 4. 조개의 구조(좌) 및 Delavan과 Webster의 PIV 시스템(우)

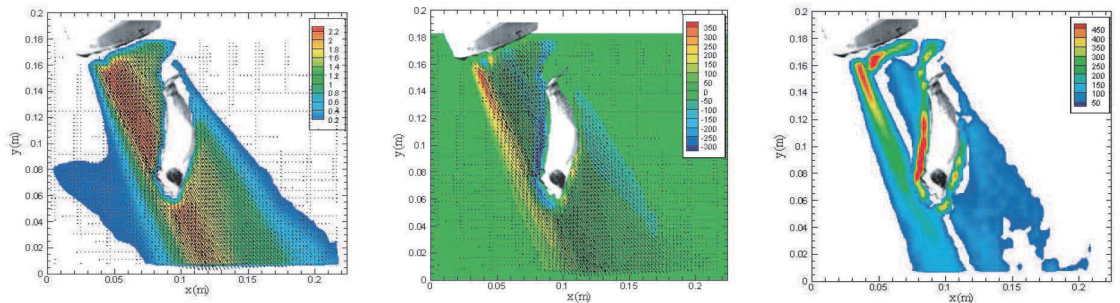


그림 5. 치어 단계의 송어 주위에 발생하는 평균유속장, 와류장, 노출압력

2.2 음장 가시화 기법

음장 가시화 기법은 물리적으로 존재하나 시각적으로 확인이 불가능한 소리에 대하여 물리현상을 직관적으로 파악하기 용이하게 가시화 하는 방법이다. 음장 가시화 기법은 직접적(정성적)인 기법과 간접적(정량적)인 기법으로 나눌 수 있다. 직접적인 기법은 Schlieren법, Shadowgraph법, Kundt법, 그리고 Laser Holography법 등이 있으며, 간접적인 기법으로는 Sound mapping, Sound intensity mapping, 그리고 Beam-forming 기법이 활용되고 있다. 그림 6과 그림 7은 Schlieren법과 Sound mapping 기법에 의한



그림 6. 구의 초음속 이동에 의한 음장 가시화 (Schlieren법)

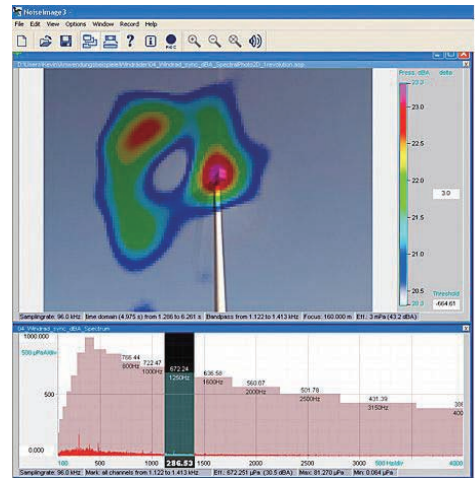


그림 7. Sound mapping을 이용한 풍력발전기의 음장 가시화

음장 가시화 사례를 보여준다.

현재까지 음장 가시화 기법은 건축음향, 기계 소음 제어, 음향 설비 성능향상, 그리고 악기 제조 분야에서 주로 활용되었다. 그러나 최근 하천에서 친수기능이 강조되면서 친수시설 내 설치되는 음향 설비 및 여가 활동, 다양한 수상레저 시설의 확충 등으로 하천 생태계에서 소리에 대한 영향이 점차 증가하고 있다. 그리고 미국 국립공원에서는 공원 내에서 발생하는 다양한 소리에 대한 특성을 연구하여 소리경관(Soundscape) 설계에 적용하기 위한 시도를 하고 있으며, 국내에서는 강정교령보에 수리특성을 이용한 물품금 시설을 설치하여 소리 음계를 재현한 바 있다.

Sakurai et al. (2001)은 도수를 통한 에너지 소산구조물(댐 여수로 감세공)에서 발생하는 초저주파 음향에 대한 발생 매커니즘과 추정방법에 대해 연구하여 초저주파 발생 저감 설계방안을 제시하였다. Tonolla et al. (2009)은 실험수로에서 자갈과 벽돌의 배열에 따른 수리적 특성과 음향의 발생 및 수중 전파에 대한 연구를 수행하였고 2010년에는 스위스의 주요 하천에 형성되어 있는 5가지 서식처의 형태에 따른 음향 특성을 연구하여 소리에 의한 생태적 영향에 대해 제시하였다(Tonolla et al. 2010). Goforth (2012)는 미국 5대호 복원사업의



일환으로 수행되고 있는 외래종의 하천 번식 차단 연구에서 산란처의 서식조건을 악화시키기 위한 수단으로 음향 및 약한 전기장을 활용하는 방안을 제시하였다. 더 나아가 최근에는 어도의 기능 강화를 위한 어류 유인 기술, 수력 등 발전 설비 보호를 위한 어류 접근차단 기술, 특정 어종의 보호 및 퇴치를 위한 어류행동 제어 기술 및 서식처 기능 강화 기술 등에 소리를 활용하는 생태 수리적 연구가 진행되고 있다.


과거 수리학에서 주로 다루었던 연속방정식과 운동량방정식에서 한걸음 나아가 에너지방정식에 대한 고려를 통해 소리에 대한 접근이 가능하게 되었으며 생태 수리분야에서 또다른 연구분야를 제시하였다. 그리고 음장 가시화 기법은 하천 공간에서 발생하는 음향과 생태 수리특성의 상관관계 분석에 도움이 될 것으로 예상된다.

3. 맺음말

가시화 기법은 하천 공간에서 취득한 다양한 자료와 정보를 효과적으로 가공할 수 있도록 도움을 줄 수 있으며 컴퓨터, 고속카메라 등 전자산업의 발전에 따라 정확도 및 활용성은 더욱 증대될 것이

다. 이에 따라 과거에 미처 알지 못했던 수리 현상이나 하천 생태 변화의 수리적 동인(動因)을 통찰적으로 규명하는 데 많은 기여를 할 수 있다. 또한 생태 수리분야에서 유동 가시화 기법과 음장 가시화 기법을 활용하여 서식처의 기능 강화를 위한 Bio-informed design(생물정보기반 설계)에 적용할 수 있는 가능성이 높다. 그러나 가시화 기법의 생태 수리적 적용이 타당하기 위해서는 많은 데이터를 바탕으로 실험 및 해석기법을 확립할 필요가 있다. 특히 생태 수리분야에서는 모형화하는데 한계가 있기 때문에 가시화 기법의 검증과 적용 범위를 확인하기 위하여 실제 하천에서 모니터링한 자료와의 비교·검토가 반드시 필요하다. 마지막으로 다수의 연구자에 의해 하천에서의 생태 수리적 매커니즘이 규명되는 과정에서 가시화 기법이 많이 활용되기를 희망한다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 기관고유사업의 연구비 지원(2013-0174-1-1)에 의해 수행되었습니다. 

참고문헌

1. 윤광석(2013), SLP 6차 보고서, 한국건설기술연구원.
2. 이상준(2005), PIV Velocity Field Measurement Techniques – Theory and Practice, POSTECH.
3. Adrian R. J. (2005), Twenty years of particle image velocimetry, Experiments in Fluids, Vol. 39, pp. 159~169.
4. Delavan S.K. and Webster D.R. (2012). Predator and flow influence on bivalve clam excurrent jet characteristics, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Vol. 432-433, pp. 1~8.
5. Tonolla, D., Lorang, M. S., Heutschi, K., and Tockner, K. (2009). A flume experiment to examine underwater sound generation by flowing water, Aquatic Sciences, Vol. 71, pp. 449~462.
6. Tonolla, D., Acuña, V., Lorang, M. S., Heutschi, K., and Tockner, K. (2010). A field-based investigation to examine underwater soundscapes of five common river habitats, Hydrol. Process., Vol. 24, Issue 22, pp. 3146~3156.
7. Goforth, R. (2012). Shocking Asian Carp out of Midwest Rivers Not a Viable Option, The fish site, December 21, p. 1.
8. Tsutomu Sakurai, Josuke Kashiwai, and Masato Ono. (2001). Sound Characteristics Generated by Hydraulic Jump-type Energy Dissipaters and those Estimating Methods, Journal of Japan Society of Dam Engineers, Vol. 11, No. 2, pp. 117~129.
9. <http://www.acoustic-camera.com/en/applications/application-wind-turbine> (2013), 풍력 발전기 음장 가시화 기법 홈페이지
10. <http://fuckyeahfluidynamics.tumblr.com/post/13641815708/this-schlieren-image-shows-a-sphere-traveling-at> (2013), Schlieren법 관련 홈페이지
11. http://www.ksvi.or.kr/1s_01.html (2013), 한국가시화정보학회 홈페이지
12. <http://www.sndgems.com/drawings-notes-diagrams-sketches-outlines.htm> (2013), 레오 나르도 다 빈치 스케치 홈페이지