

# ADCP를 활용한 정체성 조절하천의 유량변화 모니터링 연구

## A Study on Monitoring of Flowrate Variation in Stagnant Controled River using ADCP

김재동\*, 김영도\*\*, 류시완\*\*\*, 서일원\*\*\*\*  
Jae Dong Kim, Young Do Kim, Siwan Lyu, Il Won Seo

### 요    지

하천의 유량자료는 수위, 우량 등과 함께 수문 해석을 위해 매우 중요하다. 유량자료는 수자원을 정확하게 파악하기 위해 가장 중요한 자료이기 때문에 측정을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 유량측정은 다른 수문관측과는 달리 변동성이 크고 오차의 범위가 커서 실제 활용에 많은 한계가 있는 것도 사실이다. 유량은 유속계를 이용하여 현장에서 인력으로 직접 측정되기 때문에 현장의 측정조건, 측정하는 사람의 기술적 숙련도 등에 따라 크게 변화할 수 있는 요소를 가지고 있다. 또한 유량자료는 대부분의 경우 연속적인 자료획득이 곤란하기 때문에 수위-유량관계를 이용하여 연속측정된 수위를 유량으로 환산한다. 이와 같은 수위-유량관계는 현장의 조건이 변화하지 않는다는 가정하에서 이루어지는 것이므로 실제 현장에서 발생하는 변화를 고려할 수 없는 한계가 있다. 본 연구에서 유량 모니터링 대상인 서낙동강은 정체수역으로서 하천의 상류와 하류에 대저수문과 녹산수문이 위치해 있고, 두 수문의 개방시 일정시간 동안의 연속적이고 정확한 유량변화의 측정을 필요로 한다. 서낙동강은 녹산수문에서 바다와의 수위차를 고려하여 수문을 개방하기 때문에 대저수문과 녹산수문의 개방 시기 및 시간이 매 순간 유동적이다. 본 연구에서는 서낙동강의 수질 및 수량 관리를 위하여 수문운영에 따른 유량변화를 측정하고자 하였으며, 전술한 바와 같은 한계를 극복하기 위해 유량측정장비는 최첨단 장비인 ADCP를 활용하였다. ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)는 최근에 하천유량측정을 위해 활용되고 있는 장비로서 음파의 도플러 효과를 이용하여 하천을 횡단하면서 단시간에 유속과 유량을 측정한다. 국내의 경우 1990년대 후반부터 도입된 ADCP는 유량측정 기법과 현장 적용상의 문제가 일정부분 검토되고 있다. 본 연구에서는 기존의 유속계를 이용해서 측정한 유량값과 비교하여 ADCP에 의한 결과를 검증하고, 수문운영에 따른 비정상 유량변화를 모니터링하고자 하였다.

핵심용어 : 수위-유량관계, 정체수역, ADCP, 서낙동강

### 1. 서 론

하천의 유량자료는 이수, 치수, 수질관리 등의 목적으로 사용되고 수위, 우량 등과 함께 수문 해석을 위해 매우 중요하다. 유량자료는 수자원 관리를 위해 정확하게 파악하려고 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 우리나라에는 여름철에 집중되는 강우와 지리적 특성 등으로 유량측정에 있어 변동성이 크다. 그리고 유량측정시 유속계를 이용하여 여러 사람이 측정하다보니 오차의 범위가 크게 발생할 수도 있어서 실제 활용에 많은 한계가 있는 것도 사실이다. 보통 유량자료는 수위-유량관계를 이용하여 수위를 유량으로 환산한다. 이와 같은 수위-유량관계는 흥수등과 같이 현장의 상황을 변화시킬만한 일들이 일어나면 다시 환산해야하는 경우가 발생한다. 본 연구에서 모니터링 대상인 서낙동강은 정체성 수역으로서 상류에는 대저수문, 하류에는 녹산수문

\* 정회원 · 인제대학교 환경공학부 석사과정 · E-mail : [jaedong36@nate.com](mailto:jaedong36@nate.com)

\*\* 정회원 · 인제대학교 환경공학부 조교수 · E-mail : [ydkim@inje.ac.kr](mailto:ydkim@inje.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 창원대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : [minilite@sarim.changwon.ac.kr](mailto:minilite@sarim.changwon.ac.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수 · E-mail : [seoilwon@snu.ac.kr](mailto:seoilwon@snu.ac.kr)

이 위치하고 있으며, 이와 같은 수문들에 의하여 하천의 유량이 조절되는 호소형 하천이다. 서낙동강은 평상 시에는 광활한 김해평야의 주요 농업용수 공급원으로 사용되고, 홍수시에는 거대한 유수지의 역할을 하고 있으며 환경부의 수질오염총량제의 시행계획 대상지역으로 지정되었다. 홍수시 유역의 60% 이상이 침수되는 수해 상습지구에 해당되며, 대저수문과 녹산수문에 의해 조절되고 있어 자연적인 하천흐름이 원활하지 않은 정체수역이다(경남지역환경기술개발센터, 2007). 비정상 수질모델링을 수행하고, 모의결과를 검증하기 위해서는 연속적으로 측정한 유량자료가 필요한데 서낙동강은 상하류에 위치한 대저수문과 녹산수문을 열어야만 유량이 발생하기 때문에 단기간에 정확한 유량자료를 얻는데 어려움이 있다. 본 연구에서는 대하천유속계를 이용한 유속면적법의 시간적 한계를 극복하기 위해 Q-보트에 장착된 ADCP를 이용하여 서낙동강에서의 비정상 유량변화를 측정하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 프로펠러유속계에 의한 유량측정

본 연구에서는 정체성 수역인 서낙동강의 수문 개방시 유량측정을 위해 교량이 있는 세 지점을 지정하여 유속 및 하폭을 측정하여 유량을 측정하였다. 그림 1은 서낙동강을 나타낸 것이며 첫 번째 지점은 대저수문을 표시한 것이다. 두 번째 점부터 마지막 점은 유량 측점 지점인 김해교, 강동교, 녹산수문을 나타낸 것이다. 그림 2는 유속측정에 필요한 프로펠러 유속계로 Valport사의 BFM002를 보여주고 있다. 하폭은 교량을 기준으로 적정단면을 나누어 유량을 측정하였다.

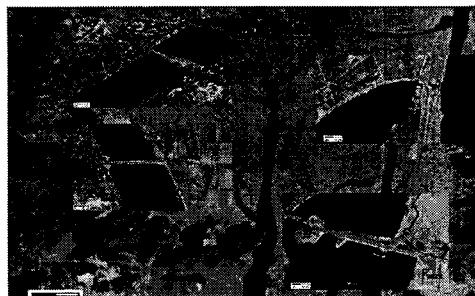


그림 1. 서낙동강 유량측정 지점



그림 2. 프로펠러 유속계

### 2.2 ADCP에 의한 유량측정

ADCP는 물속으로 일정한 주파수의 초음파를 전송하고, 부유하는 입자들에 의해 반사되어 돌아오는 반향파를 수집한 후 송신주파수와 수신주파수 사이의 도플러 효과를 이용하여 유속을 측정한다. 이 때 ADCP는 돌아오는 반향을 시차를 두고 분석하여 연직유속분포를 측정한다(그림 3 참조). 또한 ADCP는 하상으로부터 반사된 강한 음파 신호를 탐지하여 수심을 측정하고, 하상 추적 기능을 활용하여 보트의 속도와 시간당 횡단거리를 계산한다. 이렇게 얻어진 유속, 수심, 횡단 거리를 이용하여 유량을 계산한다. ADCP는 자체적으로 나침반을 내장하고 있어 하천을 직선으로 횡단하지 않아도 유량을 측정할 수 있다는 장점을 가진다(그림 4 참조, 이찬주 등, 2006).

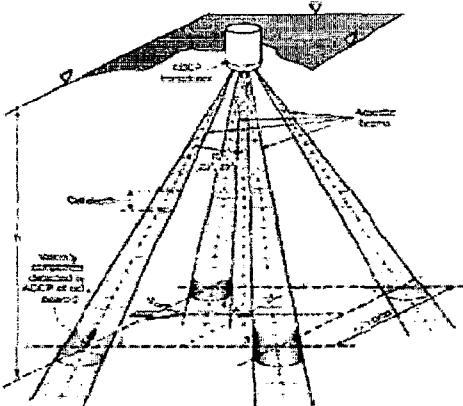


그림 3. 연직유속분포 측정(Muste 등, 2004)

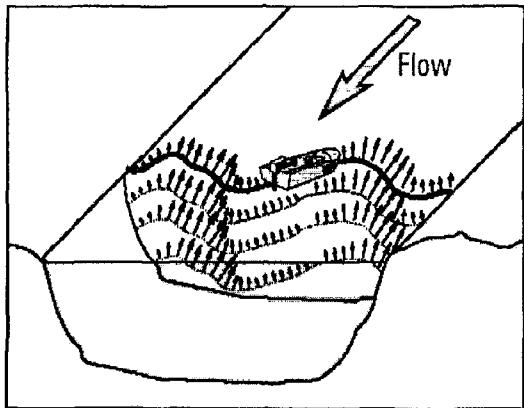


그림 4. 유속벡터를 이용한 유량 계산

ADCP는 하천단면 전체에서 유량을 측정할 수 없는 단점을 지니고 있다. 하천의 우안과 좌안에서 주로 하천의 수심이 낮기 때문에 측정이 불가능하며, 사람의 육안으로 ADCP와 양안과의 측정 불가능한 거리를 입력하여야 한다. 이러한 측정 불가능한 지역은 측정된 지역의 유속으로 추정하여 유량측정값을 계산한다. 본 연구에서는 인제대학교 수자원재해관리사업단에서 보유하고 있는 RDI사의 WorkHorse RioGrande ADCP 와 프로펠러 유속계를 이용하여(그림 5 참조) 강동교 지점에서 대저수문과 녹산수문의 개방시 비정상 유량 변화를 모니터링하였다.

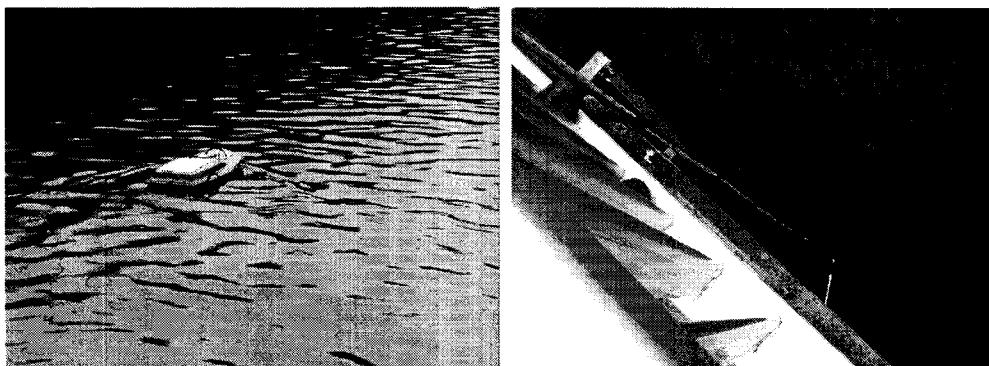


그림 5. ADCP와 프로펠러 유속계를 이용한 유량 측정(강동교 지점)

### 3. 연구결과 및 고찰

그림 6은 2006년 8월10일, 10월19일, 12월18일 프로펠러 유속계를 이용하여 각 지점별 유량을 그래프로 나타낸 것이다. 8월 10일 자료에서는 대저수문과 녹산수문을 동시에 개방하고 일정시간이 지난 후에 김해교와 강동교에서 모두 같은 시간대에서 최대유량값을 기록했다. 10월 19일 자료는 첫 지점인 김해교는 13시30분에 최고점을 기록한 반면 두 번째 측정지점인 강동교에서는 13시에 최대유량을 기록했다. 12월 18일에는 강동교가 13시에 최대유량을 나타냈고, 김해교는 14시에 최대유량을 나타냈다.

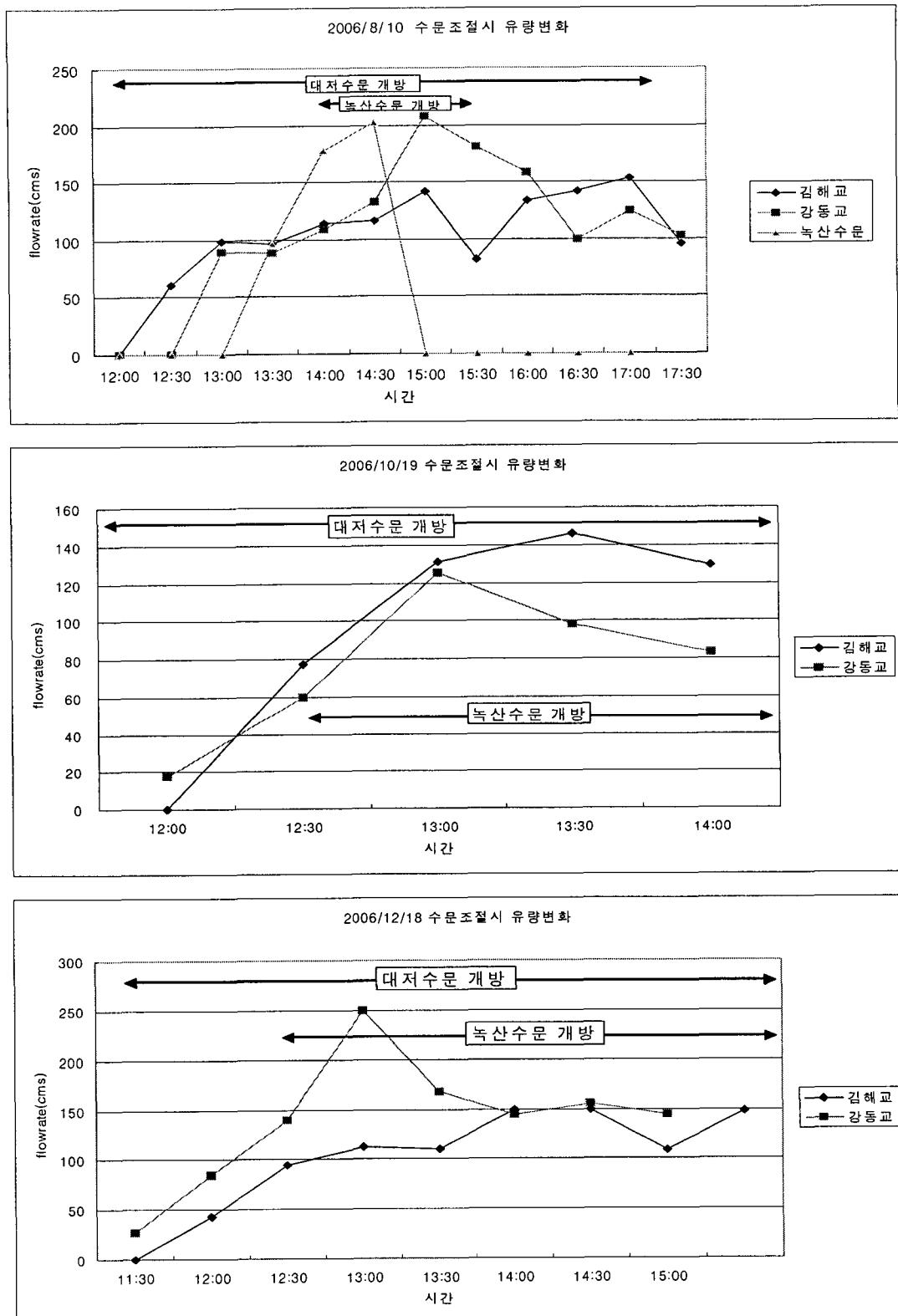


그림 6. 대저-녹산수문 개방시 지점별 유량변화

표 1은 2007년 3월3일 대저수문과 녹산수문 개방시 ADCP와 프로펠러 유속계를 이용하여 유량을 측정하여 비교한 것이다. ADCP는 2회 왕복하여 4회 유량을 측정하였다. ADCP를 이용한 유량측정과 프로펠러를 이용한 유량측정 값에서는 평균 2%의 오차를 보였고, 최대 6%의 오차를 보였다. 그리고 각 경우마다 ADCP 측정 시간을 달리하였는데 보트스피드를 천천히 운행하여 측정시간을 오래 한 3번째 경우에서 프로펠러 유속계와 유량측정값이 비슷함을 보였다. 이와 같은 결과를 통해 정체성 수역인 서낙동강의 수문운영시 정확한 유량측정값을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

표 1. ADCP와 프로펠러를 이용한 유량측정 비교

측정 지점	측정 장비	Case	Flow Speed (m/s)	측정 하폭 (m)	유량 (cms)
강 동 교	ADCP	#1	0.102	191.2	65.5
		#2	0.102	196.2	64.4
		#3	0.102	198.8	61.4
		#4	0.095	176.0	61.0
		average		190.5	63.1
	프로펠러 유속계	Velocity-area method			61.6

#### 4. 결 론

향후 본 연구에서는 기 수행한 ADCP와 프로펠러 유속계를 통한 유량측정값을 비교·검정하고 보다 많은 지점에서의 유량 모니터링을 통해 오차범위를 최소화하여 본 연구결과를 바탕으로 정체성 수역인 서낙동강에서의 적절한 수문개방 시간을 실무자에게 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행되었습니다(KRF-2006-003-D00804).

#### 참 고 문 헌

- 김원, 윤광석, 김동구, 차준호 (2002). ADCP를 이용한 유량측정, 2002년도 한국수자원학회 학술발표회  
논문집
- 경남지역환경기술개발센터 (2007). 서낙동강 대저수문과 녹산수문 운영시 유량 및 수질 모니터링, 인제대학교  
낙동강유역환경연구센터 연구보고서.
- 이찬주, 김원, 김동구, 김치영 (2006). ADCP를 이용한 유량측정, 수문관측 심포지엄, pp. 128
- Muste, M, Yu, K., Spasjjevic, M. (2004). Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean  
river flow characteristics; part I: moving vessel measurements. Flow measurement and  
instrumentation, Vol.15, NO.1