

낙동강수계 실측유량 자료에 대한 평가

Evaluation for Actual Discharge Data in Nakdong River Basin

김경훈*, 신찬기**, 김용석**, 박배경**
Gyeong-hoon Kim, Chan-ki Shin, Yong-seok Kim, Bae-Kyeong Park

요 지

오염총량관리제의 효율적인 추진을 위해서는 단위유역별로 정확한 배출부하량 산정, 오염부하량 할당 및 이행평가가 필요하고 이를 위해서는 정확하고 정기적인 유량자료의 확보가 필요하다. 이러한 이유로 낙동강수계총량센터에서는 2004년 8월부터 현재까지 8일 간격(30회 이상/년)으로 오염총량관리 단위유역 41개 지점과 시도요구 6개 지점 등 총 47개의 지점에 대해 적·간접적으로 유량자료를 생산하고 있다. 이렇게 획득된 실측유량은 낙동강에서 시간에 따른 지점별 유량 변동추세 파악의 근거자료가 되며, 10년 평균 저수량과 같은 기준유량 산정의 기초자료를 제공하여 주요 수질정책 자료로 활용될 수 있도록 하고 있다.

본 연구에서는 2004년부터 2006년까지 수행된 낙동강수계 단위유역별 유량측정성과에 대한 평가 및 수행결과에 대해 소개하고자 한다.

핵심용어 : 기준유량, 불확실도, 대응수위, 수위-유량관계 곡선식

1. 서 론

우리나라 하천은 강우 집중도가 높고 하상계수가 커서 갈수기 상류지역의 경우 상당수가 건천화되는 특성을 가지고 있다. 이 때문에 제1차 오염총량관리 기간에는 갈수량 기준의 총량관리가 용이하지 않아 대단위 댐 등의 인공시설물에 의한 관리유량을 포함한 저수량으로 관리하고 있으나, 수계의 지점별 목표수질을 설정하고 이를 달성하기 위한 오염부하량을 할당하는 과정에서 정도 높은 유량자료의 확보는 필수적인 요구사항이다.

낙동강수계총량센터에서는 2004년 8월부터 단위유역 47개 지점에 대한 유량측정을 실시하고 있으며, 본 논문에서는 3년간 실측된 지점 자료들을 대상으로 기준축선수, 최대구간유량비, 불확실도 및 등급평가 순으로 유량측정성과에 대한 평가 및 환경부 보통수위표의 제한성을 보완하기 위한 상·하류에 위치한 건교부 T/M수위국간의 대응 수위관계곡선 개발과 수리특성분석 결과를 통해 합리적으로 개발된 수위-유량관계 곡선식 및 불확실도 평가 결과를 소개하고자 한다.

2. 대상유역

대상유역은 낙동강 수계 47개 단위유역(광역시·도 요구지점 6개 소 포함)이며 그림1과 같다.

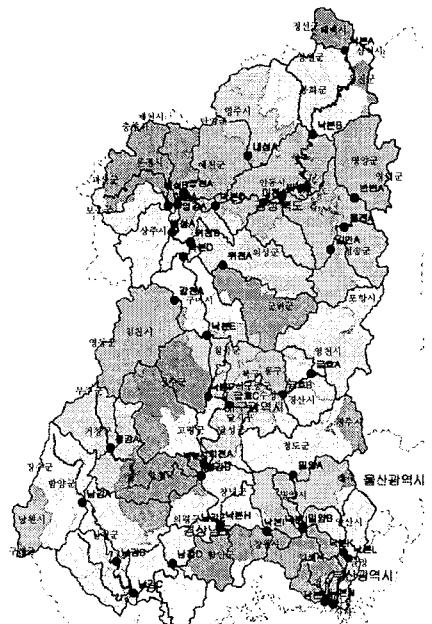


그림 1. 낙동강수계 대상 유역도

* 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 낙동강수계총량센터 전문위원 : dahong@me.go.kr
** 국립환경과학원 낙동강물환경연구소 : scknier@me.go.kr, nierkys@me.go.kr, bkpark@me.go.kr

2.1 유량측정 지점

단위유역별 경계 및 유량측정 지점수는 표1과 같다. 단위유역별 유량산정은 조사지점의 수리적, 지형적 특성(접근성) 등으로 실측이 곤란한 지점에 한해 땜방류량을 활용하거나 비유량법, 물수지 분석 등 간접유량법을 적용하여 산정하고 있다.

표 1. 단위유역별 경계 및 유량측정 지점수

계	광역시·도 경계	일반 시·군 경계	시·도요구 경계
47(55)	8(9)	33(40)	6(6)
주) ()안은 유량조사 개소 수			

2.2 기준수위 설정

총 47개 지점들에 대한 정확한 유량산정을 위해 각 지점별 기준수위를 설정하였으며, 설정된 기준수위에 대한 관리를 위해 수준거표 설치 및 보통수위표에 대한 영점표고 측량을 실시하였다. 표2는 각 지점별 기준수위 측정현황으로 기준측정망 활용지점은 자동수위계 관측자료 지점으로 유량측정 시 보통수위표에 의한 수위를 관측하고, 기준측정망 활용지점 이외의 지점은 보통수위표를 이용하여 수위를 관측하였다.

표 2. 낙동강 수계 기준수위 측정현황 총괄표

측정방법별 분류	지점명	지점수	비고
기준 측정망 이용지점	방류량	남강C, 낙본M, 낙본N	3
	수위국 (T/M)	길안A, 낙본C, 명성A, 낙본D, 낙본E, 낙본F, 금호A, 금호C, 회천A, 남강E*, 낙본J, 밀양B, 낙본K, 낙본L, 임천A*	15
목자판 이용지점	목자판 (기존)	낙본A, 낙본B*, 용전A*, 반변B*, 미천A*, 내성A, 내성B*, 금천A, 영강A*, 이안A*, 위천A, 위천B*, 감천A*, 금호B*, 낙본G*, 황강B*, 낙본H*, 남강A, 남강B*, 남강D, 낙본I*, 황지A, 가야A, 묘산A, 이언A, 백천A,	26
	목자판 (신설)	반변A, 황강A, 밀양A*	3
총 계	—	47	—

* 2006년 대응수위관계곡선 개발 지점(17개소)

2.3 대응수위관계 곡선 개발

낙동강 수계 단위유역별 기준수위 현황은 표2와 같다. 표에서 알 수 있듯이 환경부 유량측정지점 기준수위는 자체 설치한 수동관측지점(보통수위표)과 전교부 자동측정망(T/M)을 혼용하여 사용하고 있다. 전교부 자동측정망을 기준수위로 사용하는 지점의 경우는 추후 유황분석 등을 실시하여 기준유량 산정 시 활용도가 높지만, 보통수위표를 사용하는 지점의 경우는 수문조사 선진화 5개년 계획(하천관리과-1147, 2005. 6. 1)에 의거 각 지점별 자동수위국이 설치되기 이전에는 간접적인 방법을 이용한 분석만을 할 수 있는 제약을 가질 수밖에 없다. 따라서 이러한 지점의 경우는 각 기준수위가 설치된 보통수위표 상하류 지점에 기 설치된 전교부 자동수위국 자료를 활용하여 두 수위간의 대응수위 관계식을 개발하여 추후 분석 시 활용도를 높일 수 있게 하였다. 2006년에 총 17개 지점에 대한 대응수위관계 곡선식을 개발하였으며, 이 중 표3과 그림2는 이안A(금곡교) 수위와 상류 4.6km에 운영 중인 이안T/M(이안교) 수위에서 개발된 대응수위관계식 및 곡선도 시도이다.

표 3. 대응수위 관계곡선식(이안)

단위 유역명	구분	수위범위	대응수위 관계곡선식	비고 (년도/갯수)
이안A	전수위	1.32 3.10	$Y = 0.561 X - 2.371$	06/36
	저수위	1.56 1.90	$Y = 0.187 X - 1.598$	
	중간 수위	1.82 1.92	$Y = 3.993 X - 8.900$	
	고수위	2.14 3.10	$Y = 0.741 X - 2.774$	

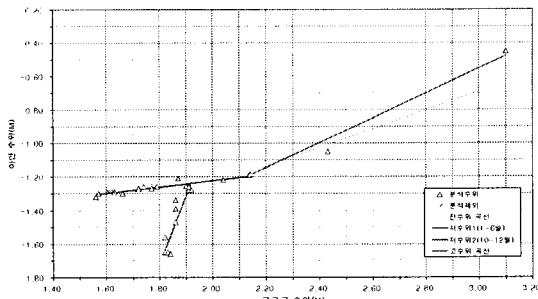


그림 2. 대응수위 관계 곡선 결과 도시(이안A)

3. 유량측정성과 분석

유량측정결과는 거의 대부분이 유속계에 의해 측정된 결과로서 2003년부터 2006년까지 총 3년간 측정된 유량측정성과를 비교하여 보면, 수면폭 대비 측선수 배치는 평균 하폭 60~250m 사이에 2004년과 2005년에는 22개 정도의 측선수를 배치하였으나, 2006년에는 낙동강 수계 수질·유량측정망 통합으로 인한 인력 및 장비 보강으로 1일 측정 지점 수 감소로, 불확실도 향상을 위해 지점별 평균 30개 이상의 강화된 측선수를 사용하였다. 이 결과 최대구간유량비가 2005년까지는 12%를 상회하는 결과를 보이던 것이 2006년에는 10% 이하로 떨어진 것을 알 수 있다. 이와 같은 측선수 강화와 등유량비, 하상상태 등을 고려한 측선수 추가 배치의 영향으로 2005년까지 6~7%(3등급(Fair))였던 불확실도가 2006년에는 5%(2등급(Good)) 이하로 감소한 것을 알 수 있다.

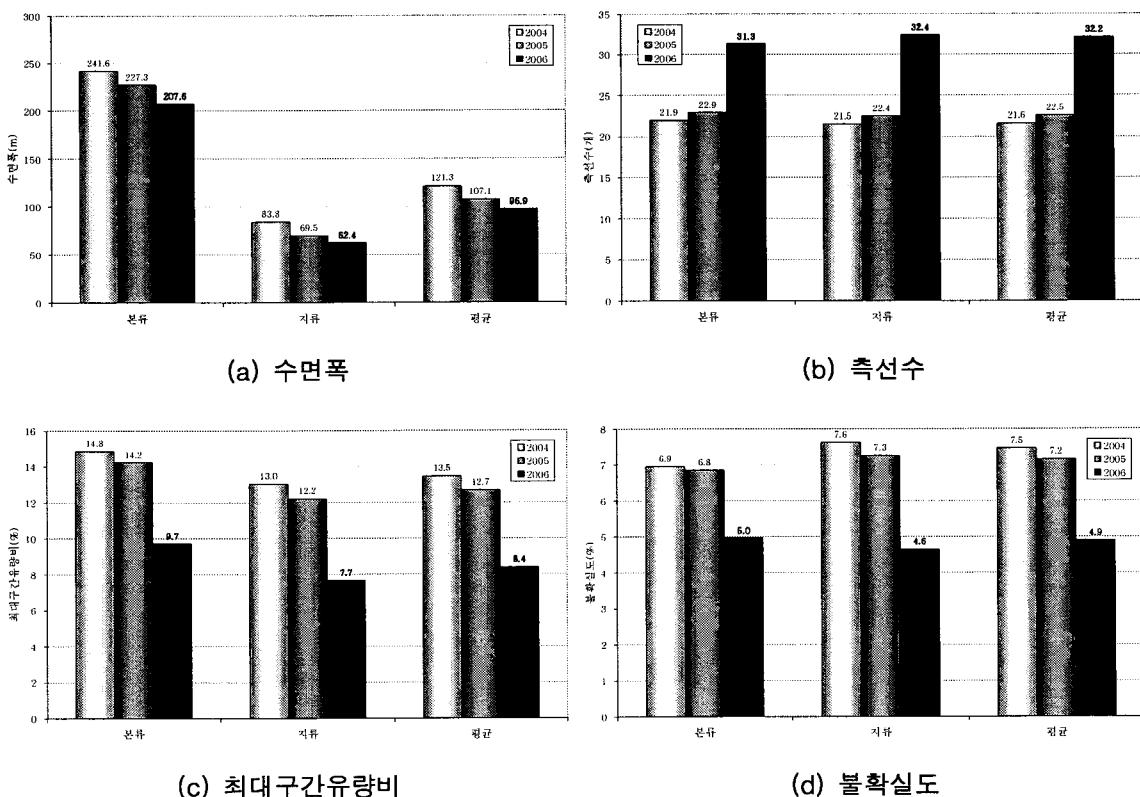


그림 3. 연도별 유량측정성과 분석결과

4. 수위-유량관계 곡선식

4.1 곡선식 개발

적절한 수위-유량관계 곡선식을 개발하기 위해서는 수위자료의 검토, 유량측정성과의 수리특성 분석 결과, 하도 및 단면통제 변화 등을 종합적으로 고려하여 수위-유량관계의 적용기간 및 구간분리가 필요한지를 파악하여 개발하여야 한다. 하지만 환경부 오염총량지점들에서 측정되는 유량측정성과는 건교부와 같이 주요 호우사상별 수위변화에 따른 유량을 측정하지 않고 정해진 일정간격(8일)에 따른 각 지점별 실측유량을 측정한 값이다. 따라서 흥수기와 같이 첨두사상을 측정할 수 없으며, 흥수기 부정류 흐름에서 발생하는 동일 수위별 다른 유량측정결과를 보이는 루프형 수위-유량관계(=히스테르시스)를 측정하는데 한계가 있다. 따라서 이와 같은 단점을 보완하고자 건교부 유량측정지점과 일치하는 지점의 경우는 최근에 측정된 유량측정성과 자료를 활용하여 고수위에 대한 수정 곡선을 삽입하여 보완된 수위-유량관계 곡선식을 개발하였다.

그림4는 오염총량관리 단위유역 중 낙본D(낙단교) 유량측정지점으로 이 지점은 건교부 T/M 낙동수위국이 설치된 지점이다. 그림에서 보듯이 수위 3.6m 이상의 수위에서는 건교부 자료를 활용하여 곡선을 보완한 것을 확인 할 수 있다.

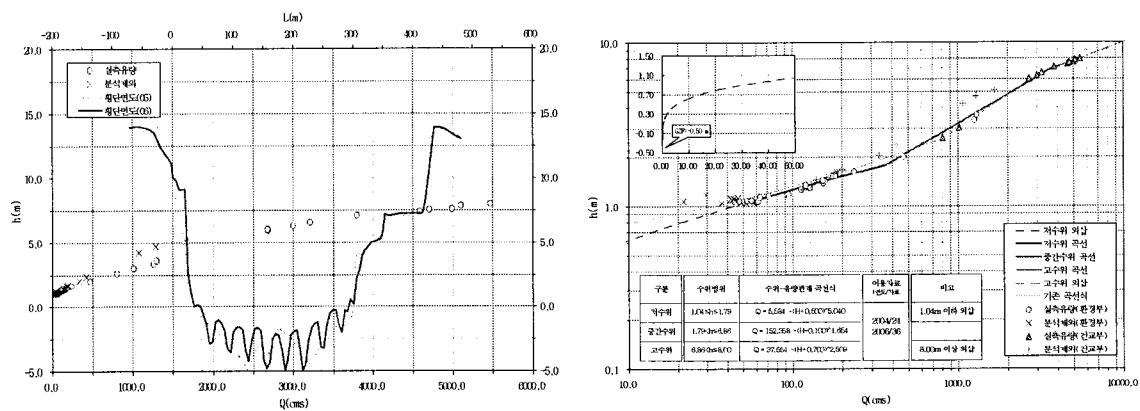


그림 5. 2006년 수위-유량관계 곡선 개발 예(낙본D-낙동T/M)

4.2 불확실도 평가

표 4. 수위-유량관계 곡선식의 불확실도

단위유역(지점명)	계산유량과 실측유량차이에서 발생하는 불확실도(S_{mr})		수위-유량관계곡선에 대한 실측유량의 표준오차(S_e)		비고
	2005년	2006년	2005년	2006년	
낙본A(도화동산)	44.3	30.1	22.2	15.0	
낙본B(양삼교)	32.6	35.0	16.3	17.5	
:	:	:	:	:	
백천A(선원교)	38.6	57.4	19.3	28.7	
임천A(마천)	23.2	31.3	11.6	15.6	
최대	94.7	83.8	47.3	41.9	
최소	9.6	8.2	4.8	4.1	
평균	38.6	33.5	19.3	16.7	

수위-유량관계 불확실도는 수위-유량관계에 의해 계산된 유량이 실측유량과의 차이에서 발생하는 불확실도(S_{mr})와 수위-유량관계곡선에 대한 실측유량의 표준오차(S_e)에 의해서 계산될 수 있다. 환경부 낙동강 수계에서는 수위-유량관계 곡선식 개발을 2005년과 2006년에 각각 개발하였으며, 그 결과를 요약하면 표4와 같다. 95% 신뢰수준에서 산출된 계산유량과 실측유량차이에서 발생하는 불확실도(S_{mr})은 2006년도에는 최소 8.2%(남강Eb(왜관대교))에서 최대 83.8%(금천Aa(금남교))까지 분포를 보이고 있으며 평균 33.5%이다. 또한 수위-유량관계곡선에 대한 실측유량의 표준오차(S_e)는 4.1~41.9%(평균 16.7%)를 보였다. 2005년도 측정치(평균 $S_{mr}=38.6\%$, $S_e=19.3\%$)와 대비해서 전반적으로 수위-유량관계 곡선식의 불확실도가 개선된 것으로 분석되었다. 이와 같은 불확실도 감소는 특정수위에 대한 환산유량의 신뢰도 향상으로 이어져 유황분석을 통한 기준유량 산정 시 보다 정확한 계산값을 제공해 줄 것으로 기대된다.

5. 결 론

2004년 8월 이후 총 3년간 수행된 낙동강 수계 유량측정성과에 대한 평가 및 수위-유량관계 곡선식 개발에 대한 평가를 수행하였다. 2006년 이후 수질-유량측정망 통합에 따른 전문인력 및 장비보강으로 양질의 유량자료를 확보할 수 있게 되었다. 이는 측정기준 및 방법의 강화로 이어져 2006년 측정성과에 대한 불확실도를 5%(2등급(Good)) 이하로 감소시킬 수 있었다. 이와 같은 불확실도 감소는 측정자료의 품질수준이 향상된 것을 의미하며, 양질의 측정성과를 이용하여 개선된 방법론(구간 및 기간분리, GZF 결정 등)을 적용한 수위-유량관계 곡선식을 개발할 수 있게 되었다.

또한 2006년에는 환경부 기준수위 중 수동관측지점(보통수위표)의 제한성을 극복하기 위해 상·하류에 운영 중인 건교부 자동수위국간의 대응수위관계 곡선을 개발하여 추후 유황분석 시 활용도를 높일 수 있게 하였으며, 각각의 수위국에 대한 수위-유량관계곡선식을 별도로 개발하여 그 활용도를 높일 수 있게 하였다.

본 연구의 세부 사항들을 살펴보면 아직 미흡한 부분들이 있으며, 향후 연구에서는 개발된 곡선식을 이용한 유황분석 및 유출평가를 수행하여 개발된 곡선식의 합리성 및 환산된 유량의 타당성에 대한 평가를 수행하여 보다 개선된 결과를 산출할 수 있도록 하겠다.

감 사 의 글

본 연구는 낙동강수계관리위원회 역무대행 사업으로 국립환경과학원 낙동강물환경연구소에서 수행한 낙동강수계 유량측정망 운영사업 결과입니다.

참 고 문 헌

1. 낙동강물환경연구소(2004, 2005, 2006). 낙동강수계 유량측정망 운영결과보고서, 국립환경과학원
2. 과학기술부/건설교통부, 21세기 프론티어연구개발사업(2004). 하천 유량측정 지침(SWRRC Technical Report TR 2004-01)
3. 환경정책평가연구원 (2004). 낙동강 오염총량 관리를 위한 기준유량 설정 최종보고서
4. 부산대학교(2005), 낙동강수계 제2차 수질오염총량관리 기준유량안 설정
5. 건설교통부(2007), 제2회 수문관측 심포지엄