

# 2007년 낙동강 유량측정 및 유출특성 분석

## River Discharge Measurement and Analysis for Nakdong-River Basin in 2007

유량조사사업단 낙동강그룹\*

### 요 지

귀중한 수자원을 효율적으로 관리하고 홍수 피해를 저감하고 환경친화적인 수자원의 역할을 제대로 자리매김 하기 위하여 무엇보다 필요한 사항은 신뢰성 있는 유량자료를 기초자료로서 확보하는 것이다. 그러나 유량 측정에 필요한 측정기준의 불명확, 예산과 측정장비의 부족, 전문 인력의 부재로 인해 그동안 유량자료에 대한 문제 제기가 계속되어 온 것이 사실이다. 최근 유량조사사업단의 설립과 함께 정도 높은 유량자료를 생성하고자 유량측정을 전문적으로 담당하는 인력이 유량측정과 분석을 일상적으로 수행하는 등 개선의 노력을 계속하고 있다. 강화된 유량측정 기준과 개선된 방법론에 따른 현장측정을 통해 정밀한 유량측정성과를 확보하였으며, 측정된 유량측정성과의 일상 검증을 통해 보다 정밀한 유량측정성과를 확보하고자 하였다. 또한 유량자료를 생성하여 이를 평가함으로써 유량측정 전 과정이 적절하게 이루어졌는지를 평가하고자 하였다. 그 결과, 낙동강 수계 분류의 주요 9개 대상 지점에 대해 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선을 개발할 수 있었다. 개발된 곡선식을 이용하여 유량자료를 생성하고 상하류간 비교, 유출률 분석 등을 통해 생성된 유량자료를 검토하였다. 확정된 유량자료는 양질의 수준을 갖는 것으로 평가되었다.

## 1. 서론

하천유량은 수자원계획, 댐개발, 용수공급, 하천수질관리 등에 필요한 수자원 기본 자료로서 정확도에 따라 국가 수자원계획이 좌우될 수 있는 중요한 자료이다. 하지만 하천의 유량을 측정할 수 있는 관측소가 제한적으로 분포되어 있고 측정자료는 비연속적으로 측정되고 있어 근본적인 한계가 있을 뿐만 아니라 시시각각으로 변화하므로 불확실성이 높은 특성을 지니고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 정도 높은 유량측정 자료가 필요하다. 본 연구는 유량조사사업단에서 실시한 2007년 낙동강 유역의 28개 유량측정지점 중 낙동강 본류에 위치하고 있는 구담 등 9개 지점을 기준측선수 평가, 최대구간유량비 평가, 불확실도 평가, 등급 평가 순으로 유량측정성과 자체에 대하여 평가하고, 각 지점의 유출특성을 분석하여 측정성과의 타당성 여부를 판단하기 위해 상하류 유출특성 분석 및 동시유량분석을 수행하였다.

**핵심용어** : 유량측정 기준, 유량산정, 수위-유량관계곡선

## 2. 대상유역

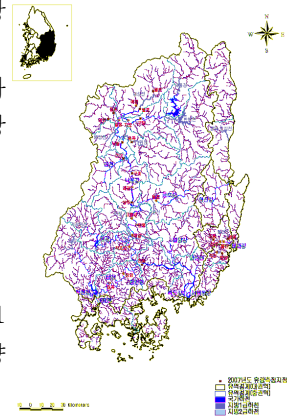
### 2.1 낙동강 유역의 특성

낙동강 유역은 한반도 동남부에 위치하고 있으며, 북쪽으로는 한강 유역, 서쪽으로는 금강 및 섬진강 유역과 분수령을 형성하고 있는 남한 제2유역이다. 낙동강 유역의 유역면적은 남한의 1/4에 해당하는 23,817.3km<sup>2</sup>이며,

\* 유량조사사업단 낙동강그룹 : 김형섭, 김삼은, 이기성, 정찬용, 송인렬, 임혁진, 민경훈, 정영훈, 황수진, 이정석, 이강일

유역의 평균폭은 45.36km, 유로연장은 521.5km, 유역의 동서장은 약 120km, 남북장은 약 200km이다.

낙동강 유역의 일반적인 특성은 산지가 많으며 하폭이 넓고 평탄하나 식생이 불량하여 침식이 심하고 유출이 불규칙하여 홍수와 한해의 피해가 크고 유사로 인한 하상 변동이 특히 심하다.



## 2.2 유량측정 지점

유량조사사업단에서 실시한 2007년 낙동강수계 28개 유량측정 지점은 다음 표 1과 같으며, 이 중 낙동강 본류에 해당하는 12개 지점 중 36회 측정 지점에 대한 유량 측정성과를 분석하였다.

표 1. 낙동강 수계 유량측정지점

하천명	지점명
낙동강본류	구담,지보,말응,낙동,구미,왜관,성주,고령교,현풍 대암,적포교,진동
내성천/영강/이안천/위천/감천	월호,월포,예천/점촌/이안/용곡/선산
금호강	동촌
태화강	조동,삼호,병영,울산
회야강	석천,망양
남강	대곡,정암

그림 1. 낙동강유역도

## 3. 수문자료의 수집 및 검토

### 3.1 강우량자료 및 수위자료

현재 낙동강 유역에서 운영 중인 기상청 관측소는 표 2와 같으며 건설교통부에서 운영 중인 강우관측소는 무인 관측 특성상 분석에서 제외하고 기상청 자료만을 대상으로 강우량을 검토하였다.

수위자료는 각 지점의 2007년 수위자료를 사용하였으며, 이상치와 결측치에 대해 일부 수정/보완하여 사용하였다.

표 2. 강우관측소별 2007년 월강수량

우량 관측소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연강수량
봉화	0.9	32.0	123.8	7.0	127.0	110.5	244.5	333.5	190.5	17.5	3.7	19.4	1,210.3
영주	4.9	40.6	146.0	14.5	133.5	118.0	341.5	309.5	316.5	24.0	7.9	19.0	1,475.9
문경	4.5	41.2	114.5	29.5	122.5	116.0	266.5	376.5	331.0	25.5	4.7	16.4	1,448.8
상주	10.3	40.5	77.3	28.0	91.2	129.5	230.0	277.5	357.2	15.3	5.5	21.0	1,283.3
안동	1.4	33.7	82.2	17.8	101.3	127.0	173.9	261.5	280.5	21.6	1.9	19.2	1,122.0
의성	0.3	36.0	91.5	20.0	90.0	163.5	172.5	278.0	403.5	33.5	0.0	35.5	1,323.8
구미	1.2	43.0	92.5	44.5	75.5	140.5	211.0	336.5	521.0	25.0	1.0	32.1	1,523.8
대구	0.0	30.0	64.7	24.7	44.5	81.1	107.6	198.0	364.7	29.7	0.0	28.9	973.9
영천	0.5	43.5	72.0	33.0	76.5	120.0	185.0	258.5	294.0	28.5	0.0	30.6	1,142.1
거창	5.0	53.5	89.3	54.0	63.5	109.0	210.0	429.0	629.0	55.5	1.4	29.8	1,729.0
합천	0.6	45.0	92.5	35.5	59.0	58.5	152.0	348.5	386.5	34.0	0.0	20.5	1,232.6
밀양	0.0	38.5	87.5	26.5	65.0	75.0	151.0	290.5	235.5	62.0	0.0	29.5	1,061.0

#### 4. 유량측정성과

##### 4.1 2007년 낙동강수계 유량측정성과

유량조사사업단에서 실시한 2007년 낙동강수계 본류 지점들의 유량측정은 유속계에 의한 측정은 22~28회, 부자에 의한 측정은 8~19회 수행하였으며, 측정실적은 다음 표 3과 같다.

표 3. 유량측정성과 총괄

관측소	계획	유속계		부자		합 계	
		실적	비율(%)	실적	비율(%)	실적	비율(%)
구 담	36	24	66.7	13	36.1	37	102.8
말 응	36	23	63.9	19	52.8	42	116.7
낙 동	36	26	72.2	16	44.4	42	116.7
왜 관	36	22	61.1	14	38.9	36	100.0
고령교	36	25	69.4	15	41.7	40	111.1
현 풍	36	23	63.9	13	36.1	36	100.0
대 압	36	28	77.8	8	22.2	36	100.0
적포교	36	25	69.4	15	41.7	40	111.1
진 동	36	26	72.2	14	38.9	40	111.1

##### 4.2 낙동강수계 지점별 평균 측선수

유속계에 의한 측정에서의 평균측선수는 28~42개로 나타났으며, 부자의 경우 평균측선수가 14~17개로 나타나 모든 지점에서 기준 측선수를 만족하고 있어 유량측정 정확도에 일부 기여 했다고 판단된다. (그림 2 참조).

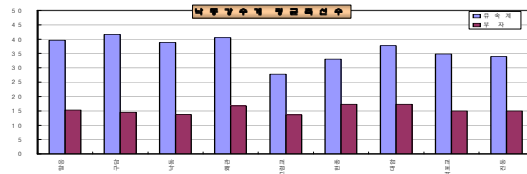
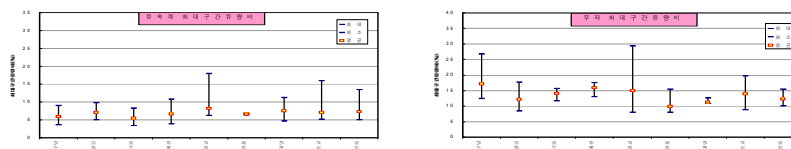


그림 2. 지점별 측선수 비교

##### 4.3 최대구간유량비

2007년에 실시한 대상 지점들의 유량측정 결과를 분석해 보면 유속계의 경우 최대구간유량비는 평균적으로 10% 이하, 부자의 경우는 20% 이하로 매우 양호하게 나타났다. 다만 고령교, 적포교, 진동의 경우 측정 초기의 저유속과 지점에 대한 파악이 미숙한 결과로 최대 10% 이상을 나타내는 지점도 있지만, 지속적인 측정에 의해서 평균 최대구간유량비는 10% 이하로 나타났다(그림 3 참조).



(1) 평-저수시

(2) 홍수시

그림 3. 최대구간유량비 비교

#### 4.4 불확실도

그림 4에서 알 수 있듯이 유속계에 의한 유량측정성과의 총 불확실도 평균치는 지점별로  $\pm 3.1\%$ (적포교) ~  $\pm 4.6\%$ (낙동)의 값을 보이고 있으며, 9개 지점 평균은  $\pm 3.5\%$ 이다. 본 연구에서 측정된 유량측정성과의 등급을 미국 지질조사국의 기준으로 분류하면, 9개 지점 평균 'Good' 수준에 해당한다. 부자에 의한 측정성과의 경우에는 총 불확실도의 평균치가  $\pm 7.5\%$ (현풍) ~  $\pm 9.5\%$ (구담)이고 전체 평균 불확실도는  $\pm 8.5\%$ 이다.

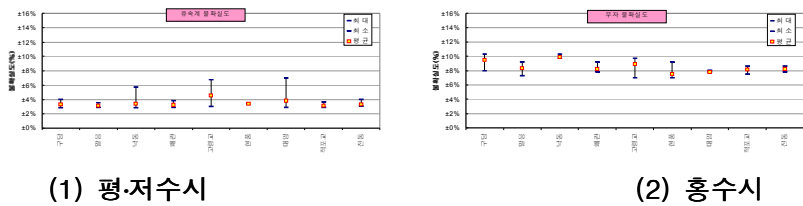


그림 4. 불확실도 비교

#### 4.5 유량측정성과 등급

유량측정성과 전체를 고려하여 지점별 평균을 산출하면 E등급이 41.5%, G등급이 56.3%, F등급이 2.2% 정도를 차지하였다. 전반적으로 9개 지점에서 E등급과 G등급이 97.8%로서 과거에 비하여 매우 좋은 결과를 얻은 것으로 판단된다.

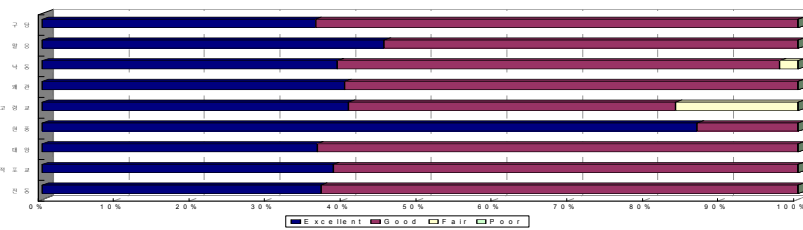


그림 5. 각 지점별 등급비교

### 5. 수위-유량관계곡선식 개발 및 유출 평가

#### 5.1 수위-유량관계곡선 작성 및 유량자료 도시

낙동강 분류 9개 대상 지점에 대해 유량측정성과와 단면자료 및 통제특성 등을 종합적으로 이용하여 수위-유량관계곡선식을 개발하였다. 지점별 수위-유량관계곡선식을 개발하는 데 있어서 다음과 같은 사항에 주안점을 두고 종합적으로 검토하였다.

첫째, 2007년 과업기간 중 수위가 상승하지 않아 고수위 곡선 개발에 대한 자료가 존재하지 않는 지점에 대해 단면자료와 측정성과를 분석한 후 제한적으로 사용하였다.

둘째, 유량측정성과의 수리특성 분석과 불확실도 분석 결과 등을 종합적으로 고려하고, 이상치 등을 면밀히 분석하여 이상치로 판단된 유량측정성과를 제외하고 수위-유량관계곡선식을 개발하였다.

셋째, 수위자료의 검토, 유량측정성과 수리특성 분석 결과, 하도 및 단면 통제 변화 등을 종합적으로 고려하여 수위-유량관계의 적용기간 분리가 필요한 경우를 판단하였다.

넷째, 지점별로 하도 및 단면 통계의 특성을 적절히 고려하여 수위-유량관계곡선의 구간을 분리하여 곡선식을 개발하였다.

다섯째, 최적의 수위-유량관계곡선식을 개발하는 데 있어 하도 및 단면 통계의 특성에서 파악된 흐름이 0인 수위(GZF)를 이용하여 대수축 그래프에서 수위-유량관계가 직선이 되도록 하는 도해적 방법과 함께 회귀분석 방법을 이용하였다.

여섯째, 개발된 수위-유량관계곡선은 이용한 유량측정성과의 범위 안에서만 적용 가능하므로 하도 및 단면 통계 특성을 이용하여 저수위와 고수위에 대해 외삽곡선을 작성하였다.

일곱째, 개발된 수위-유량관계곡선은 강우-유출 관계, 상-하류간 유량 비교 등을 통해 종합적으로 검토하였다. 유출양상이 정상적이지 못하다고 판단되는 경우에는 제반 사항을 면밀히 재검토하여 그 원인을 규명하고자 하였고, 이 과정에서 명확히 오류로 판단되는 경우 이 원인을 제거하여 최종적인 수위-유량관계곡선식을 개발하였다.

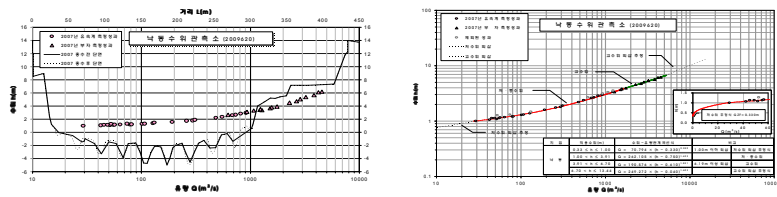


그림 6. 수위-유량관계곡선 작성(2007년 낙동, 진동 지점 예)

## 5.2 연유출률 비교

산정된 유량의 적정성을 평가하기 위한 또 하나의 지표는 지점별 연간 유출률을 검토하는 것이다. 우선 지점별 연간 유출률을 산정하기 위해 수위관측소별 유역평균우량을 산정하였다. 유역평균우량은 산술평균을 통해 산정하였다. 낙동강수계의 연유출률은 지점간의 대체적으로 60% 내외의 적정 수준을 나타내고 있으나, 고령교와 현풍 지점의 경우는 상류에 위치한 취수시설 등에 의하여 유출률이 다소 낮은 결과를 보이고 있다.

표 4. 지점별 유역평균우량 및 유출률

지 점	유역면적 (km <sup>2</sup> )	유역평균우량 (mm)	순유출고 (mm)	순유출률 (%)
구 담	4,304	1,148.9	547.2	47.6
말 응	6,390	1,447.8	775.2	53.5
낙 동	9,369	1,262.2	662.4	52.5
왜 관	11,074	1,341.2	818.0	61.0
고령교	14,034	1,323.3	567.9	42.9
현 풍	14,786	1,278.2	627.3	49.1
대 압	14,980	1,278.2	719.3	56.3
적포교	16,450	1,323.3	734.0	55.5
진 동	20,317	1,293.9	843.9	65.2

## 5.3 기존 곡선식과의 동시유량 비교

낙동강 본류의 9개 지점의 기존곡선식과 금번 개발 곡선식을 적용하여 환산하고 비교 분석하였다.

구담에서 진동까지의 평수시 유량이 하류로 갈수록 증가하는 경향을 나타내고 있다. 다만 4월 15일 현풍 지점의 경우 유량반전이 일어나는데 이것은 1시간단위 계기수위를 활용한 민감도 차이에 의한 결과로 볼 수 있다.

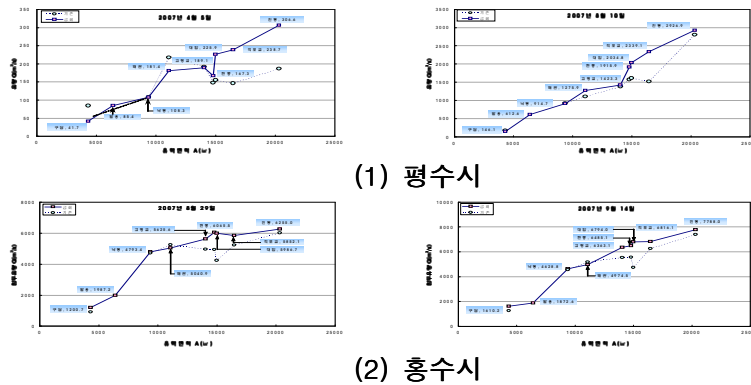


그림 7. 과거 곡선식과 금번 개발 곡선식에 의한 동시유량 비교

### 5.4 연간 총 유출량 비교

낙동강 본류의 9개 지점에 대한 연간 총 유출량을 비교해 보았다.

그림에서 보듯이 상류에서 하류로 갈수록 총 유출량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 다만 왜관 지점에서 고령교 지점 사이에 연간 유출량이 반전을 나타내고 있는데, 이것은 고령교 상류지역의 취수량에 의해서 연간 유출량이 적은 것으로 나타났고, 고령교 이후에서는 다시 유출량이 정상화 되는 것을 볼 수 있다. 추후 고령교 상류지역의 물이용 형태를 좀 더 면밀히 분석하여 이에 대한 원인을 더욱 자세히 연구할 예정이다.

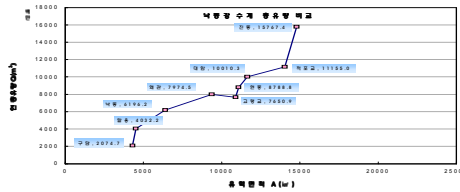


그림 8. 지점별 연간 유출량 비교

## 6. 결론

2007년 유량조사사업단의 출범과 함께 낙동강유역 9개 수위관측소 지점의 유량측정성과에 대해 분석하였다. 낙동강유역 각 지점의 측정성과를 분석한 결과 최대구간유량비, 불확실도, 등급 모두 정밀도 높은 결과를 보였다. 또, 연유출률 분석, 상하류간 유량 분석 등의 결과 적정한 양상으로 보이고 있어 유량측정 및 수위-유량관계 곡선식 개발이 전반적으로 적절히 수행되었음을 보여준다. 유출분석의 경우 정밀한 유량측정과 수위 및 강우량 자료의 처리능력 향상으로 얻어진 결과로 유량조사 및 자료검증의 중요성을 보여준다. 유량조사사업단 출범으로 인하여 보다 정확한 유량측정성과의 확보 노력과 함께 전문 유량측정장비를 보강하고 전문인력을 확보하여 과거와 비교하여 점점 더 정교한 유량자료를 생성하고 있는 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 건설교통부 낙동강홍수통제소(2004), 낙동강수계(달지, 구담, 예천, 무성) 유량측정조사 보고서.
2. 건설교통부 낙동강홍수통제소(2006), 낙동강수계 본류(왜관 외 4개소) 유량측정조사 보고서.
3. 건설교통부 낙동강홍수통제소(2006), 낙동강수계 본류(진동 등 3개소) 유량측정조사 보고서.
4. 건설교통부 낙동강홍수통제소(2006), 낙동강수계 지천(적포교 외 3개소) 유량측정조사 보고서.
5. 건설교통부 낙동강홍수통제소(2007), 낙동강수계 유량측정조사 보고서.