

OC5 중소하천의 오염부하량예측에 관한 연구

심창석* 최정우

상주대학교 도시수도시스템공학과

1. 서 론

산업화와 도시화에 따른 물사용량이 증가하고 있는 추세여서 각 나라별 혹은 지방별로 수자원의 확보에 비상한 관심이 집중되고 있는 가운데 환경오염으로 인한 기상변화로 강수량의 잦은 변동과 생활 및 산업 하.폐수의 공공수역으로의 유입량이 증가하고 있어 수량이나 수질측면에서의 양질의 수자원의 확보에 어려움을 가중시키고 있는 실정이다.1) 상수원의 대부분을 하천수에 의존하고 있는 우리나라의 경우 하천의 유지관리를 위한 체계적인 유지관리시스템의 도입이 절실히 요구되고 있다.2) 본 연구에서는 기존의 하천에 대한 현황을 조사 파악하여 하천수의 수질을 개선하고자 낙동강유역을 조사대상 지역으로 선정하여 안동댐 유역내의 문경지역에 대한 유량변동에 따른 오염부하량의 특성을 조사분석 하였다.

2. 조사 및 방법

2.1 조사유역의 현황

낙동강유역의 지리적 현황은 동경 127°29' ~ 129°18', 북위 35°03' ~ 37°13'의 한반도의 동남부에 위치하고, 유역면적이 23,817.3km², 유로연장이 521.5km, 유역 평균폭은 45.36km정도이다. 유역의 형상계수는 0.087(45.36/521.5)인 남한 제 2의 유역으로 남한의 1/4을 차지하고, 유역의 동·서장은 120km, 남·북장은 200km 정도이다. 북쪽으로 한강유역, 서쪽으로는 금강 및 섬진강유역과 접하고 동쪽으로는 태백산맥이 동해안유역과 분수령을 형성있다. 낙동강본류는 태백산(EL.1,549m) 황지천에서 발원하고, 낙동강수계의 범정하천은 국가하천 10개소 총연장 829.5km, 지방1급하천 10개소 총연장 190.5km, 지방2급하천 796개소 총연장 6,440.2km으로 이루어져 있다. 안동댐 유역은 Fig.1과 같이 낙동강수계의 최상단에 위치하며, 유역면적은 전체 낙동강 유역면적의 6.7%에 해당하는 1,584km²정도이고, 년 평균 강우량은 1,092.8mm, 평균 유입량은 5.5×10⁶m³ (30.3m³/초)정도이다.

2.2 유량 측정 및 방법

유량측정지점으로는 경북 문경시 불정동에 위치한 불정교 수위국의 상류 150m 지점으로 하였다. 유속측정시 평·저수시는 UC2 유속계를, 홍수시는 전자파 유속계를 이용하여 측정하였다. 유량계산은 측정된 유속자료로 각지점별 하상단면의 유량을 계산 하는 방법으로 중간단면법 적용하였다. Young(1950)은 중간단면법이 평균단면법보다 계산이 간편하고 보다 더 정확하다는 연구결과를 보고하였고, 본 연구에서는 다음과 같은 식을 매크로로 개발하여 산정하였다.3)

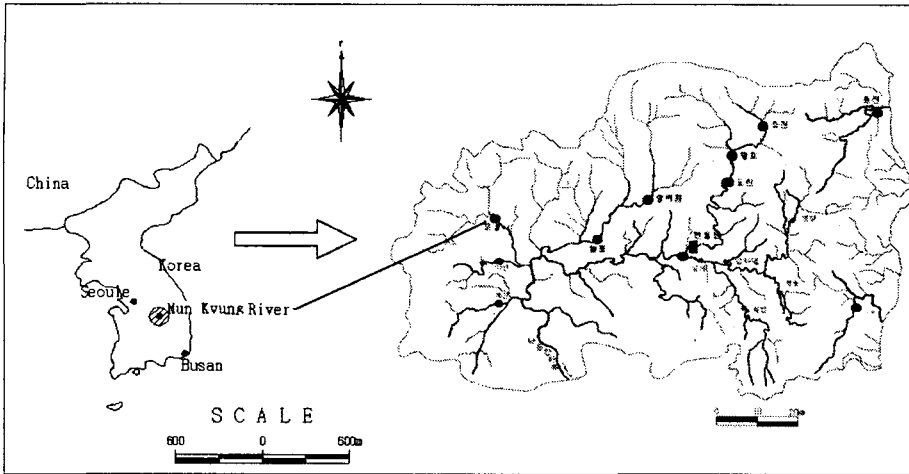


Fig.1 A Map of the Basin of Andong Dam

$$a_x = \frac{b_{x+1} - b_{x-1}}{2} d_x \quad (1)$$

$$q_x = V_x \frac{b_{x+1} - b_{x-1}}{2} d_x \quad (2)$$

- 여기서, q_x : 구분단면에서의 유량
 V_x : x 지점에서의 평균유속
 b_{x+1} : 초기지점에서 x+1 지점까지의 거리
 b_{x-1} : 초기지점에서 x-1 지점까지의 거리
 d_x : x 지점에서의 수심

2.3 수질 측정 및 방법

수질측정은 평·갈수기와 홍수기 유량측정시 동반하여 수행하였다. 측정시기는 2002. 4~2002. 10로서, 조사항목으로는 pH, DO, BOD5, CODMn, SS, T-N, T-P, PO4-P 등 총8개항목으로 Table 1과 같이 수질오염공정시험법에 준하여 분석하였다.4)

수온, pH, DO는 시료채취 지점에서 바로 현장측정을 하였고, 그 외의 항목들은 Table 2와 같이 현장에서 시료를 전처리한 후 실험실로 운반하여 분석하였다.

Table 1. Analyses Methods of Water Qualities

항 목	기 기 명	분석 방법
SS	Glass Filter Apparatus	평량여과법
COD	Water bath	산성-과망간산 칼륨법
BOD	B.O.D Incubator, DO meter	윙클러 아지드화 변법

T-N	광전분광광도계	UV 흡광광도법
T-P	광전분광광도계	UV 흡광광도법
$NH_4 - N$	증류장치	중화적방법
$NO_3 - N$	이온크로마토그래피	이온크로마토그래피법
$PO_4 - P$	광전분광광도계	아스코르빈산환원법

Table 2. Pretreatment Methods of the Samples

측정 항목	시료 용기	보존 방법	최대 보존 기간 (권장 보존 기간)
BOD	P, G	4℃ 보관	48시간(6시간)
COD	P, G	4℃, H_2SO_4 로 pH2이하	28일(7일)
SS	P, G	4℃ 보관	7일
T-N	P, G	4℃, H_2SO_4 로 pH2이하	28일(7일)
PO4-P	P, G	4℃, H_2SO_4 로 pH2이하 즉시 여과한 후 4℃ 보관	48시간
T-P	P, G	4℃, H_2SO_4 로 pH2이하	28일

* P : Polyethylene, G : Glass

3. 연구결과 및 고찰

3.1 수위-유량 관계 곡선식 개발

각 수위국 지점별로 앞에서 제시한 지수방정식 및 n차 방정식 3가지 형태의 수위-유량 관계 곡선식에 대한 식의 유도는 최적해추정법에 의한 회귀 분석을 통하여 실측된 수위 및 유량으로 부터 최적의 회귀식을 유도하고, 실측자료와 계산자료의 상관성에 대한 결정계수(r^2) 산정한 결과 Fig.2로 부터 다음과 같은 Rating-Curve 식인 식(3) (2000년도)과 식(4)(2002년도)을 얻을 수 있었다. 수위·유량관계 곡선식은 상관 계수가 0.8704~0.9967까지의 범위로 분석되어 실측자료에 대한 수위-유량 곡선식을 잘 반영하고 있으며 관측수위 범위내에서는 동일한 수위-유량곡선식을 적용해도 무방한 것으로 검토되었다.5),6)

$$Q = 52.2209 H^{2.5993} \quad (0 \leq H \leq 3.5) \quad (3)$$

$$Q = 79.1618(H - 0.0751)^{1.9252} \quad (0.21 \leq H \leq 4.60) \quad (4)$$

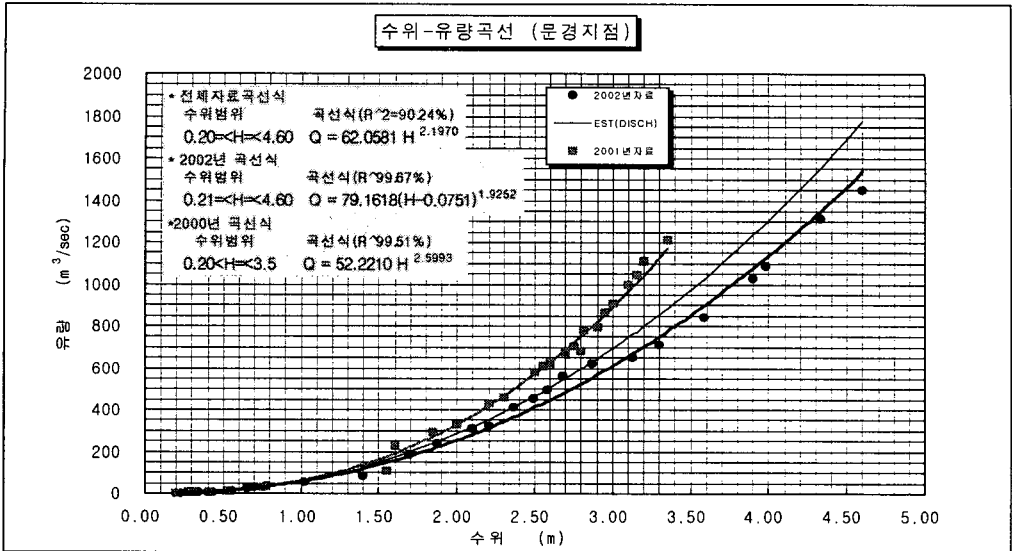


Fig. 2 Rating Curves of Munkyoung Basin

3.2 수질분석현황

문경 지점의 4~10월동안의 수질을 측정분석한 결과 Fig.3에 나타난 바와 같이 BOD 0.4~6.1mg/L, COD 2.6~7.5mg/L, SS 4.5~61.2mg/L, T-N 1.6~6.2mg/L, T-P 0.05~0.312mg/L를 나타냈다. BOD와 COD의 경우 대체로 상수원수Ⅱ급수 수질을 나타내고 있으며, 8월 태풍으로 인하여 일시적으로 수질이 악화 된 양상을 나타내었다.

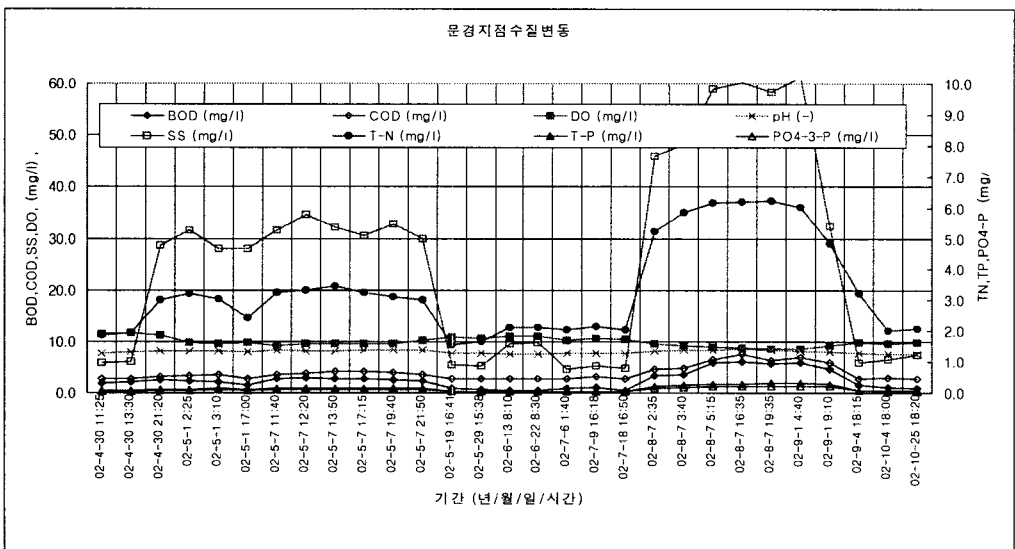


Fig. 3 Variation of Water Qualities at Munkyoung Region

pH의 경우 상류하천의 일반적인 경향처럼 평균 pH 7.4~8.7정도를 보였고, 하천수의 수질에서 가장 민감한 DO의 경우 8.5~11.6mg/l 정도로 대체로 양호하였다. T-N의 경우 호소수의 기준을 적용할 때 으로 상수원수 3급이상을 나타냈고, 다만 TP가 태풍시 외에는 양호한 상태를 나타내고 있기 때문에 부영양화가 크게 진행되지는 않을 것으로 판단된다. SS의 경우 호우시 부유물질과 토사의 유입에 의해 수질의 변동이 크게 나타나는 것은 일반적인 현상으로 우려할 사항은 아니나, 전체 수질이 나쁘게 나타난 현상에 대해서는 추가적으로 검토할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

3.3 수질-유량과의 관계

수질과 유량의 상관성을 조사하기 위해 도시한 결과 유량과 수질변동의 관계를 Fig. 4~6에, 유량과 수질의 상관분석결과를 Table 3과 4에 정리하였다. 하천 유량과 수질의 관계는 일반적으로 직접적인 관련이 적고, 강우의 형상과 상태에 따라 수질의 변동이 크게 나타난다. 본 유역의 유량의 변동에 대하여 가장 밀접한 상관성을 갖는 수질항목은 SS로 나타났다. T-N 역시 다소의 상관성이 있음을 보였고, 다른 항목들은 시기적인(계절적) 변화에 더 민감한 결과를 나타내었다.

Table 3에 정리된 유량과 수질의 상관성에 있어서는 DO와 pH를 제외한 전항목이 유량과 상관성이 높게 나타났으며 T-N과 T-P의 경우는 다소 낮게 나타났다.

Table 4의 유량과 부하량의 관계로부터 유량과 부하량의 상관성이 대부분의 수질별로 높게 나타났다. 이는 금년의 경우 집중호우의 영향으로 호우시 수질이 크게 악화됨으로써 유량의 증가와 수질의 상태가 일치한 것으로 판단된다.

3.4 상관분석 결과

수질과 유량의 상관분석 결과보다 오염부하량과 유량과의 상관분석 결과가 보다 양호한 결과를 보임으로써 수질과 수량에 대한 본 측정결과의 신뢰도가 양호한 것으로 나타났다.

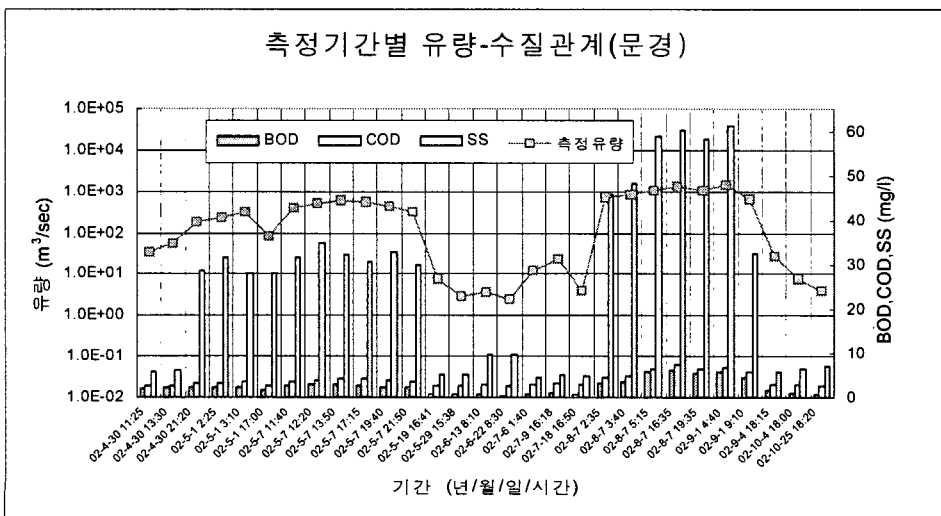


Fig. 4 Variations of BOD, COD, SS and Flow Rate at Munkyung Region

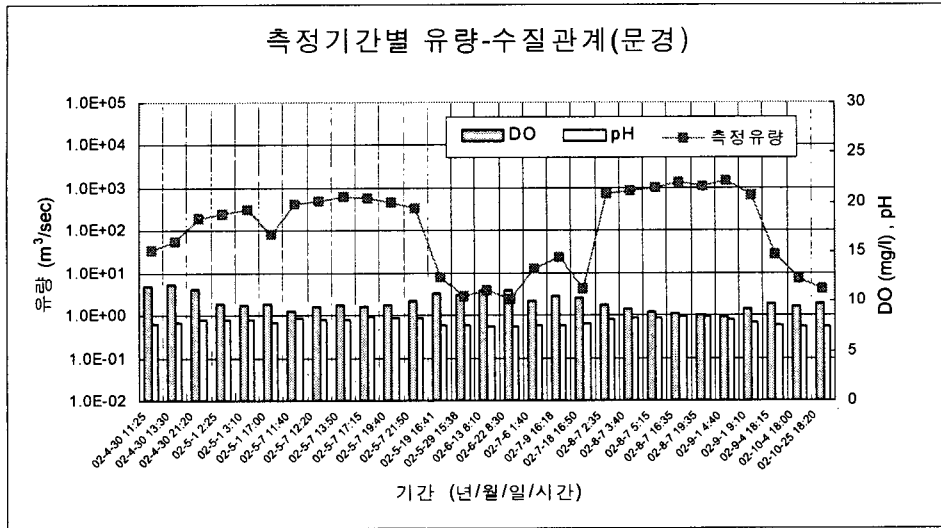


Fig. 5 Variations of DO, pH and Flow Rate at Munkyeong Region

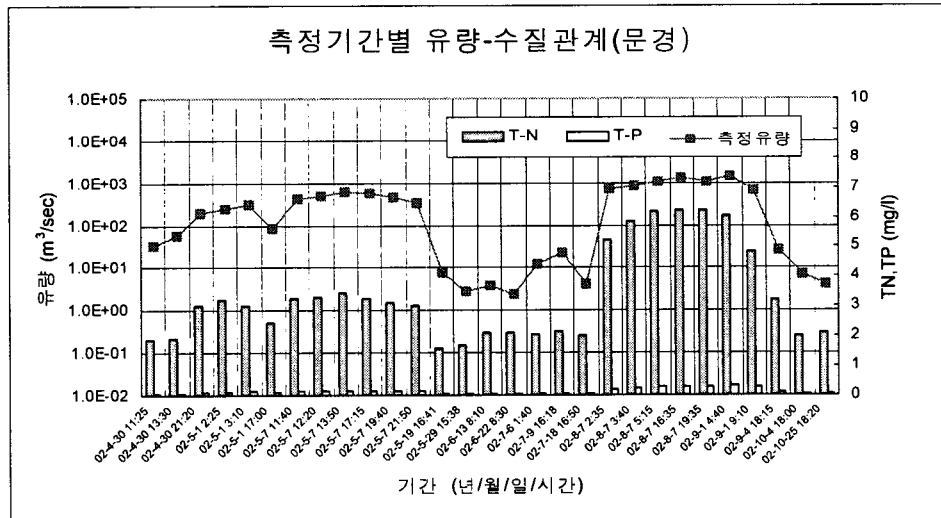


Fig. 6 Variations of T-N, T-P, and Flow Rate at Munkyeong Region

Table 3. Results of Correlation Analysis for Water Qualities and Flow Rate(FR)

	F.R	BOD	COD	DO	pH	SS	TN	TP	PO ₄ ⁻³
F.R	1.0000								
BOD	0.9544	1.0000							
COD	0.9638	0.9557	1.0000						

DO	-0.7743	-0.7194	-0.7615	1.0000					
PH	0.7724	0.7681	0.6807	-0.6180	1.0000				
SS	0.9456	0.9230	0.8910	-0.7616	0.8664	1.0000			
T-N	0.9469	0.9373	0.9378	-0.7708	0.7264	0.9336	1.0000		
T-P	0.9563	0.9699	0.9526	-0.7812	0.7563	0.9389	0.9639	1.0000	
PO ₄ ⁻³	0.9542	0.9701	0.9549	-0.7699	0.7568	0.9344	0.9614	0.9984	1.0000

Table 4. Results of Correlation Analysis for Organic Loadings and Flow Rate

	F.R	BOD	COD	SS	TN	TP
F.R	1.0000					
BOD	0.9586	1.0000				
COD	0.9734	0.9964	1.0000			
SS	0.9721	0.9917	0.9917	1.0000		
T-N	0.9775	0.9880	0.9908	0.9954	1.0000	
T-P	0.9667	0.9931	0.9922	0.9908	0.9931	1.0000

본 연구에서는 오염부하량과 유량의 관계를 항목별로 회귀분석하여 관계식을 유도하였으며 관계식의 유도에 사용된 방법은 “최적해 산정 프로그램”에 의해서 산출하였다. 각각 항목별 관계식은 식(5)~(9)와 같이 주어지고, 이들 주어진 식들을 통하여 오염정도가 높은 각 지천별 장래의 오염부하량(BOD, COD, SS, TN, TP)의 예측이 가능할 것으로 판단되며, 유량과 오염부하량과의 관계는 향후 더욱 많은 자료를 축적하여 신뢰성이 있는 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

$$LBOD = 3.584 Q^{1.679} \quad (R^2 = 0.982) \quad (5)$$

$$LCOD = 14.367 Q^{1.519} \quad (R^2 = 0.989) \quad (6)$$

$$LSS = 517.94 Q^{1.315} \quad (R^2 = 0.981) \quad (7)$$

$$LTN = 23.534 Q^{1.435} \quad (R^2 = 0.986) \quad (8)$$

$$LTP = 0.375 Q^{1.589} \quad (R^2 = 0.984) \quad (9)$$

4. 결 론

1. 수위-유량곡선식을 산정한 결과에서 각각의 수위-유량관계 곡선식은 결정계수가 0.9812~0.9987까지의 범위로 분석되어 실측자료에 대한 수위-유량 곡선식을 잘 반영할 뿐만 아니라 관측수위 범위내에서는 동일한 수위-유량곡선식을 적용해도 무방한 것으로 나타났다.

2. 안동댐 지천인 문경지점의 하천수 수질이 BOD를 기준으로 할 때 약1, 2등급, 총질소와 총인을 기준을 볼 때 호소수 수질의 4등급에 해당되므로 수질오염원이 생활환경으

로부터 하·폐수가 발생하는 점오염원과 농업활동으로부터 발생하는 비점오염원에 의한 영향이 큰 것으로 나타나 각 지천에 대한 수질개선 대책이 요망되며, 특히 호우시 폐수의 무단 방류에 대한 대책이 시급한 것으로 판단된다.

3. 수질의 상관분석 결과에서 수질과 유량의 상관분석 결과보다 수질부하량과 유량과의 상관분석 결과가 보다 양호한 결과를 보임으로써 수질과 수량에 대한 본 측정결과와의 신뢰도는 높게 나타났다.

참 고 문 헌

- 최정우, 현길수, 송인수, 1003, 생활하·폐수의 합병처리를 위한 혼합폐수처리시스템의 구성 및 혼합 수질예측, 한국수처리기술지, 제6권, 제1호, pp.3-10.
- 강용태, 현길수, 1997, 낙동강 수계의 오염원에 대한 총량규제에 따른 수질개선예측, 한국수처리기술지, 제5권, 제1호, pp.3-10.
- Kennedy, E.J., 1983, Computation of Continuous Record of Strem flow, Techniques of Water Resources Investigations of United States Geological Survey, Chapter A13, U.S Geological Survey, pp 1-53.
- 환경부, 2000, 수질오염공정시험방법.
- 한국수자원공사, 2001, 안동·임하댐관리단, 안동·임하댐 관리년보.
- 한국수자원공사, 2001, 안동·임하댐관리단, 안동·임하댐 유량측정보고서.