

Research Paper

## 낙동강수계 권역별 비점오염원 오염도 평가

이재운\* · 권헌각\* · 최한영\*\*

국립환경과학원 낙동강물환경연구소\*, 을지대학교\*\*

### Evaluation of Pollution Level Attributed to Nonpoint Sources in Nakdonggang Basin, Korea

Jaewoon Lee\* · Heongak Kwon\* · Hanyoung Choi\*\*

Nakdonggang Water Environment Research Center, National Institute of Environmental Research, Goryeong 717-873\*  
Eulji University, 212, Gyeonggi-do, Korea, 461-713\*\*

**요약** : 본 연구에서는 권역별 수질평가 및 비점오염원 배출부하량을 산정하여, 낙동강수계 권역별 비점오염원 오염도를 평가하고, 우선관리구역 선정 및 향후 관리방향을 설정하였다. 낙동강수계 수질평가를 실시한 결과, 중권역별 BOD농도를 기준으로 Ia등급에 해당하는 중권역이 10개, Ib등급이 6개, II등급이 5개, III등급이 1개 중권역에 해당하는 것으로 나타났다. COD 농도의 경우, Ib등급에 해당하는 중권역이 9개, II등급이 6개, III등급이 6개, IV등급이 1개 중권역에 해당하는 것으로 나타났다.

중권역 내 수질 오염도를 검토하여 오염도 순위를 적용하는 기준으로 하였으며, 그 결과 금호강 중권역, 낙동고령 중권역, 낙동밀양 중권역 및 남강 중권역이 선정되었다. 중권역별 토지계 원단위를 활용하여 비점오염원 배출부하량을 산정한 결과, 가장 많은 비점오염부하량을 배출하는 중권역은 금호강 중권역으로 17,706.7 kg/day로 나타났다.

낙동강수계 비점오염원에 대한 수질평가 및 부하량 산정 결과 금호강중권역에 대한 비점오염원 관리가 가장 우선시 되어야 함을 알 수 있었다.

**주요어** : 비점오염원, 우선관리, 유달부하량, 영향 권역

**Abstract** : In this study, the nonpoint sources were evaluated by calculating the Nakdonggang basin regional water quality and nonpoint source pollution load discharged. And were selected the banks of first administration based on the results and the direction of the next administration.

As a results of estimating the water quality about BOD concentration in the mid influence area in the Nakdonggang basin, it was founded that 10 sites for 'Ia' water quality level, 6 sites for 'Ib' water quality level, 5 sites for 'II' water quality level, 1 sites for 'I' water quality level. The estimation of COD concentration in the mid influence area, It showed that 9 sites for 'Ib' water quality level, 6 sites for 'II' water quality level, 6 sites for 'III' water quality level, 1 site for 'IV' water quality level.

The assessment of water quality made Mid influence area of Gumhogang, Nakdong Goryung, Nakdong Milyang and Namgang selected as the mid influence area of high pollution. And delivery loads of nonpoint sources were calculated for mid influence area in Nakdonggang basin(max delivery load : 17,706.7 kg / day for Gumhogang influence area).

As the result of calculating NPS(nonpoint sources) delivery load and water quality at influence area in Nakdonggang basin, Gumhogang influence area was selected as an area for management priority among nonpoint sources.

Keywords : nonpoint sources, management priority, delivery load, influence area

## I. 서론

### 1. 연구의 배경과 목적

강우시 유출되는 비점오염원부하가 수질에 끼치는 영향은 하수처리율이 향상되고 경제활동수준이 높아 질수록 증가하고 있으며, 토지이용이 고밀도로 이용되고 있는 미국의 경우 총 수질오염부하의 50% 정도가 비점오염원에 의한 것으로 조사되고 있다(Ministry of Environment, 1995).

낙동강권역은 물론 우리나라 전역의 급속한 도시화 및 공업화에 따라 토지이용이 고밀도로 이루어지고 있기 때문에 전체 오염유출량에 대한 비점오염 유출량이 점하는 비율이 증가하는 경향에 있으며, 비점오염원의 경우 강우에 의해 유출되어, 직접적으로 하천에 유입되고 있다. 따라서 수역의 수질을 적절히 관리하기 위해서는 유역 내에 분포하는 비점오염 발생량의 공간적 시간적 분포를 우선적으로 파악함과 아울러 수역으로 유출되는 오염발생량을 양적·질적인 측면에서 규명하는 것이 대단히 중요하다(Kwon H. G., 2011). Yur J. H., Kim G. H.(2003)은 금강 유역에서 유량과 수질자료의 상호관련성을 분석한 후 지점에서 비점오염원에 대한 영향을 분석하였다. Kim S. W., Woo S. H., Oh J. M.(2006)은 화성호 유역 비점오염 모니터링을 통한 오염부하량 산정에 관한 연구를 수행하였으며, Kim S. W., Woo S. H., Oh J. M.(2002)은 경안천 유역의 강우사상별 비점오염원 유출특성 및 원단위 조사 결과를 제시하고 있다. Lee H. D., Ahn J. H., Bae C. H., Kim W. J.(2001)은 팔당상수원의 토지이용별 원단위를 산정하였으며, Cha J. M., Shin S. E., Cha G. S.(1999)

은 영산강 수계의 토지이용 및 강우 중심의 비점오염원에 관하여 연구하였다.

비점오염원은 강우 시 주로 토지계 오염원에서 배출되는 특성을 가지고 있어 수질오염총량제 지침에서 제시하고 있는 토지계 원단위를 통해서 비점오염원 발생부하량을 산정하기도 하나, 원단위 산정 시 주거지역 및 시가지 지역에서 과대 산정되는 경향을 가지고 있어 정확한 비점오염원 부하량을 산정하는데 그 한계를 가진다. 과학적인 비점오염부하량 산정을 위해서는 생활계 오염원에서 유출되는 관거 월류수, 축산계에서 배출되는 축산퇴비, 토지계 오염원에서 유출되는 토지계 오염원 등의 자료를 조사하여 각 오염원에서 강우 시 유출되는 비점오염 부하량 산정이 필요하다.

### 2. 연구의 범위

본 연구에서는 낙동강수계 중권역별 비점오염원에 의한 오염도를 평가하기 위하여, 권역별 수질평가를 수행하였고, 추가적으로 비점오염원 배출부하량을 산정하였다. 두 결과를 토대로 낙동강수계 권역별 비점오염원 오염도를 평가하고, 우선관리유역 선정 및 향후 관리방향을 설정해 보았다. 현재 수립된 중권역에 대한 계획에서 향후 소권역별 비점오염원 관리계획을 수립 시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 연구의 방법

낙동강수계 권역별 비점오염원의 오염도 평가 방법으로 수질평가 및 토지계 배출부하량을 산정하여 오염도 평가에 사용하였다. 비점오염원의 경우 토지계 오염원이 대부분을 차지함으로써 각 소유역별 토

지계 배출부하량을 산정하고 소유역 단위유역당 배출 부하량을 산정함으로써 수계 내 최다 발생 소유역을 비점오염원에 의한 오염도가 높은 유역으로 선정된다. 분석된 비점오염원 배출부하량 및 수질 현황 등을 종합적으로 검토하여 낙동강수계 권역별 비점오염원 오염도를 평가하였다.

1) 비점오염원 부하량

비점오염원에 의한 부하량 산정모형은 도시지역과 비 도시지역으로 구분하여 접근하며 미국의 경우 1970년대와 1980년대 초반에 걸쳐 많이 개발되었다 (SWMM, CREAMS, AGNPS). 이러한 모형은 실측에 근거한 간단한 원단위법에서 복잡한 지표수 및 지하수의 양과 질을 의사화 하는 것까지 다양하다. 국내에서는 비점오염원에 의한 부하량 산정을 위해 원단위를 적용하거나, 비 도시지역의 경우에는 토양 유실량 예측공식(USLE)을 대부분 사용하고 있다. 그 외에 기존에 개발된 모형을 활용하기도 하는데, 도시 지역에는 축적 세정 이론에 근거한 SWMM, STORM 등의 모형을 주로 사용하고, 비 도시 지역의 경우에는 토양 유실량 예측공식에 근거한 AGNPS 등이 주로 사용된다. 그런데, 원단위에 의한 토지 이용별 오염 부하량은 대개 연간 발생량을 추정하는 것으로 강우 특성의 변화나 지형특성의 변화에 따른 영향을 고려하기 어려우므로 유역별 점 및 비점오염원에 적용하기에는 많은 제약이 따른다. 또한, 기존에 개발된 모형을 사용하는 경우에는 주로 단기 사상에 따른 수질 변화를 예측하기 위한 목적으로 활용되고 있어 일 단위 이상의 장기적인 오염 부하량 변화특성을 파악하는 데는 적합하지 않거나 요구하는 입력 자료가 너무 많아 그 활용성이 떨어진다. 따라서 비 도시지역에서 일반적으로 적용하는 토양 유실량 예측공식과 도시지역에서의 오염원 부하량 예측에 사용되는 축적/세정 이론을 주로 활용하고 있다.

2) 중권역별 수질평가

수질오염총량관리 수질·유량측정망(이하 ‘총량측정망’)은 수질오염총량관리 시행으로 대상지역의 수질현황 및 수질변동과 연계한 총량제 이행사항을 평

가하고, 단위유역 말단에서 수질과 정확한 유량을 파악하여 수질오염총량관리에 필요한 기초자료를 확보하기 위해서 운영되는 지점이다. 단위유역 41개 지점과 단위유역 내 시군경계에 유역에 대한 46개 지점 및 기타 수질예보제 6개 지점을 포함하고 있다. 또한 지류 수질·유량측정망은 낙동강수계 22개 중권역에 속한 지류들을 대상으로 총 183개 지점을 포함하고 있으며, 이를 중점관리(29개 지점) 및 일반관리(154개 지점) 대상지류로 분류하여 각 지점별 현장조사 주기를 조절하여 모니터링을 실시하고 있다.

본 연구에서는 소하천 및 지류 모니터링 결과를 활용하여, 중권역 및 소권역에 대한 수질 평가를 위해 해당 연구 사업별 조사(측정) 지점이 존재하는 22개 중권역을 기준으로 평가하였다. 중권역 구분 결과, 낙동강수계의 경우 강원도, 전라도, 충청도 일부 지역과 경상도, 대구광역시, 울산광역시, 부산광역시 전역을 포함하고 있으며 Figure 1과 같이 22개의 중권역으로 분할하여, 중권역별 수질오염총량관리 및 지류 수질·유량 모니터링을 사업을 실시하여 수질을 관리하고 있다.

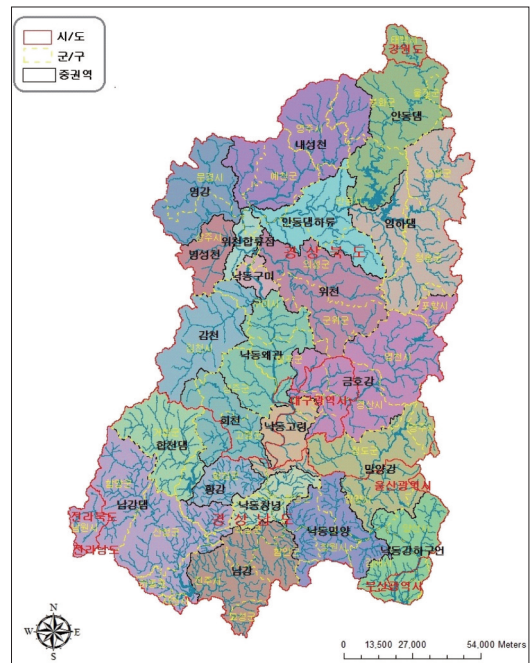


Figure 1. Map showing the medium influence areas in Nakdonggang basin.

## II. 비점오염원 배출부하량 산정

낙동강수계 내에는 9개 시·도, 87개의 시·군·구로 구성되어 있으며, 33개 중권역 내 266개 소권역으로 구성되어 있다. 전체 면적은 31,785 km<sup>2</sup>이며 유역면적이 가장 큰 중권역은 남강댐 중권역으로 2,293km<sup>2</sup>이며 유역면적이 가장 작은 중권역은 낙동상주 중권역으로 224 km<sup>2</sup> 이다. 또한 중권역 내 가장 많은 소권역이 속해 있는 중권역은 임하댐으로 15개소이며, 가장 적은 소권역이 속해있는 중권역은 낙동구미 중권역으로 2개소이다.

본 연구에서는 2011년 전국 오염원 조사 자료를 이용하여 배출부하량을 산정하였다. 부하량의 계산은 '수계오염총량관리기술지침'(National Institute of Environmental Research, 2012)에 제시된 방법으로 계산하였다.

### 1. 토지계 발생부하량 산정

토지계 발생부하량은 각 지목별 면적과 지목별 연평균 발생부하원단위 및 강우배출비를 적용하여 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{토지계발생부하량} = & \\ \sum(\text{지목별면적} \times \text{지목별연평균발생부하원단위} & \text{(1)} \\ & \times \text{강우배출비}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{강우배출비} = & \\ 0.1 + 0.9 \frac{\text{연간일수}(= 635,366) \times \text{월유효강우량비}}{\text{월간일수}(= 28,29,30,31)} & \text{(2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{월유효강우량비} = & \\ \frac{10\text{mm/일 이상 강우고의 강우량 월합계}}{10\text{mm/일 이상 강우고의 강우량 연합계}} & \text{(3)} \end{aligned}$$

Table 1. Non-point source per Unit of origin load in year (unit: kg/km<sup>2</sup> · day)

Land Coverage	BOD	T-N	T-P
Farm Fields	1.59	9.44	0.24
Paddies	2.30	6.56	0.61
Wood and Forest	0.93	2.20	0.14
Sites	85.90	13.69	2.10
Other	0.960	0.759	0.027

## 2. 토지계 배출부하량 산정

토지계 배출원은 토지로부터 유출된 오염물질이 합류식 관거 또는 분류식 관거에 침투되어 환경기초 시설로 유입되는 차집구역과 미 차집구역으로 대분하여 각 구역에서 지목에 따라 세분된다. 그리고 토지에서의 오염물질 배출경로는 개별처리, 환경기초 시설로의 이송, 개별배출로 세분되며 차집구역에서 관거로 유입된 오염물질의 배출경로는 관거저류변화, 관거누수, 관거월류 및 배제, 관거이송, 방류로 세분된다.

## III. 낙동강수계 수질평가와 비점오염원 배출부하량 산정

### 1. 낙동강수계 권역별 수질평가

2012년의 모니터링 사업의 결과로 중권역별 BOD 및 COD 농도를 평균하여 수질등급별로 도시하여 Figure 2, 3에 도시하였다. 그 결과 BOD 농도의 경우, Ia등급에 해당하는 중권역이 10개, Ib등급이 6개, II등급이 5개, III등급이 1개 중권역에 해당하는 것으로 나타났다. COD 농도의 경우, Ib등급에 해당하는 중권역이 9개, II등급이 6개, III등급이 6개, IV등급이 1개 중권역에 해당하는 것으로 나타났다.

각각의 중권역에 대해 2012년 총량측정망 및 지류 모니터링 결과를 활용하여 BOD 및 COD 수질평가 등급을 상세화 하였다. BOD의 경우, 안동댐 중권역은 Ia등급이 12개 지점, Ib등급이 4개 지점이 해당되며, 황지천1과 낙동강1 지점이 II등급인 것으로 나타났다. 임하댐 중권역의 경우 11개의 측정 지점 전체가 Ia등급인 것으로 나타났다. 안동댐하류 중권역은 3개 지점이 Ia등급, 4개 지점이 Ib 등급에 해당하는 것으로 나타났다. 내성천 중권역은 Ia등급에 9개, Ib 등급에 6개, II등급에 1개의 지점이 해당되는 것으로 나타났다. 영강 중권역은 모든 측정 지점이 Ia등급에 해당하는 것으로 나타났다. 병성천 중권역의 경우 병성천 상류와 복천 측정지점은 Ia등급, 병성천하류 측정지점은 Ib등급에 속하는 것으로 나타났다. 낙동상주 중권역은 장천 측정지점의 경우 Ia등급, 낙본D1

측정지점의 경우 Ib등급에 해당하는 것으로 나타났다. 위천 중권역은 쌍계천, 남대천 및 위천A1 지점의 경우 Ia등급, 위천 지점의 경우 Ib등급에 해당하는 것으로 나타났다.

낙동구미 중권역은 관측소인 신곡천 지점의 경우 Ia등급인 것으로 나타났다. 감천 중권역의 경우 감천 지점이 Ia등급, 감천2-1 지점을 포함한 나머지 측정 지점의 경우 Ib등급에 해당하는 것으로 나타났다. 낙동왜관 중권역 Ia등급에 3개 지점이 해당되며, Ib등급이 5개, II등급이 1개, III등급이 3개 IV등급이 2개 지점을 포함하는 것으로 나타났다. 금호강 중권역은 Ia등급 3개, Ib등급 11개, II등급 7개, III 등급 3개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 회천 중권역의 경우, Ia등급에 이천천 지점을 포함한 4개 지점이 해당하며, Ib등급에는 안림천 지점을 포함한 2개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 낙동고령 중권역은 Ia등급 2개, Ib등급 1개, II등급 2개, III등급 4개, IV등급 1개, VI등급 1개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 합천댐 중권역의 경우 Ia등급에 3개 지점이 해당되며 Ib등급에 2개 지점이 해당되는 것으로 나타났다. 황강 중권역은 Ib등급에 3개 지점이 해당되는 것으로 나타났다. 낙동창녕 중권역은 Ia등급 3개, Ib등급 3개, II등급 3개, III등급 1개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 남강댐 중권역의 경우, Ia등급에 6개, Ib등급에 10개, II등급에 3개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 남강 중권역은 Ia등급에 6개, Ib등급에 12개, II등급에 7개, III등급에 3개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 낙동밀양 중권역은 Ia등급에 3개, Ib등급에 5개, II등급에 5개, III등급에 8개 지점, IV등급에 1개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 밀양강 중권역은 Ia등급에 13개, Ib등급에 4개 지점이 해당하는 것으로 나타났다. 낙동강하구연 중권역은 Ia등급에 6개, Ib등급에 12개, II등급에 7개, III등급에 3개 지점이 해당하는 것으로 나타났다.

COD 평가 결과를 살펴보면, 안동댐 중권역은 Ia등급이 3개 지점, Ib등급이 15개 지점이 해당되는 것으로 나타났다. 임하댐 중권역은 관측지점 11개 중 동천1과 반변B1 지점이 II등급, 나머지는 Ib 등급에 해당되는 것으로 나타났다. 안동댐하류 중권역은 Ib등

급이 2개, II등급이 5개로 나타났다. 내성천 중권역은 Ib등급이 12개 지점, II등급이 3개 지점에 해당되며, 한천-2 지점은 III등급에 해당하는 것으로 나타났다. 영강 중권역은 모든 지점이 Ib등급에 해당하는 것으로 나타났으며, 병성천 중권역은 Ib등급 2개, III등급 1개인 것으로 나타났다. 낙동상주 중권역은 낙본D 지점이 III등급, 장천 지점이 Ib등급에 해당되는 것으로 나타났다. 위천 중권역의 경우 쌍계천과 남대천 지점이 II등급, 위천 지점이 III등급, 위천A1 지점이 IV등급에 해당되는 것으로 나타났다. 낙동구미 중권역은 III등급 1개 지점이 해당되며, 감천 중권역의 경우 Ib등급 1개, II등급 1개, III등급 3개 지점이 해당되는 것으로 나타났다. 낙동왜관 중권역은 Ib등급 3개, II등급 3개, III등급 2개, IV등급이 3개, V등급이 3개 지점인 것으로 나타났다. 금호강 중권역의 경우 25개 관측지점 중 Ib등급에 3개, II등급에 4개, III등급에 15개, IV등급에 2개, VI등급에 1개 지점이 해당되는 것으로 나타났다. 회천 중권역의 경우 5개 지점이 Ib등급에 해당되며, 회천Aa 지점의 경우 II등급에 해당되는 것으로 나타났다. 낙동고령 중권역의 경우 Ib등급이 2개, III등급이 3개, IV등급이 3개, V등급이 1개 VI지점이 1개 지점에 해당되는 것으로 나타났다. 합천댐 중권역의 경우 황강B2 지점 II등급을 제외한 나머지 6개 지점이 Ib등급에 해당되는 것으로 나타났다. 황강 중권역의 경우 Ib등급 2개, II등급 1개 지점에 해당되는 것으로 나타났다. 낙동창녕 중권역의 11개 관측지점 중 Ia등급 1개, Ib등급 3개, II등급 1개, III등급 3개, IV등급 2개, V등급 1개에 해당되는 것으로 나타났다. 남강댐 중권역의 경우 19개 관측지점 중 Ia등급이 3개, Ib등급 6개, II등급 8개, III등급 2개에 해당되는 것으로 나타났다. 남강 중권역의 경우 Ib등급에 8개, II등급에 7개, III등급에 8개, IV등급에 1개, V등급에 1개, VI등급에 3개 지점이 해당되는 것으로 나타났다. 낙동밀양 중권역의 경우 Ib등급 6개, II등급 3개, III등급 7개, IV등급 5개, V등급 2개 지점을 포함하는 것으로 나타났다. 밀양강 중권역의 경우 Ia등급 5개, Ib등급 10개, II등급 2개 지점을 포함하는 것으로 나타났다. 낙동강하구연 중권역의 경우 Ib등급 6개, II등급 1개, III등급 1개,

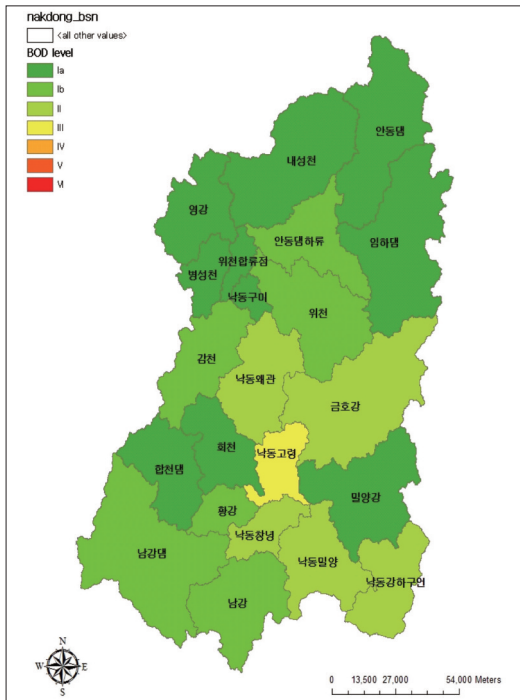


Figure 2. BOD rating classified by medium influence areas in Nakdonggang basin(average of water quality about 2012).

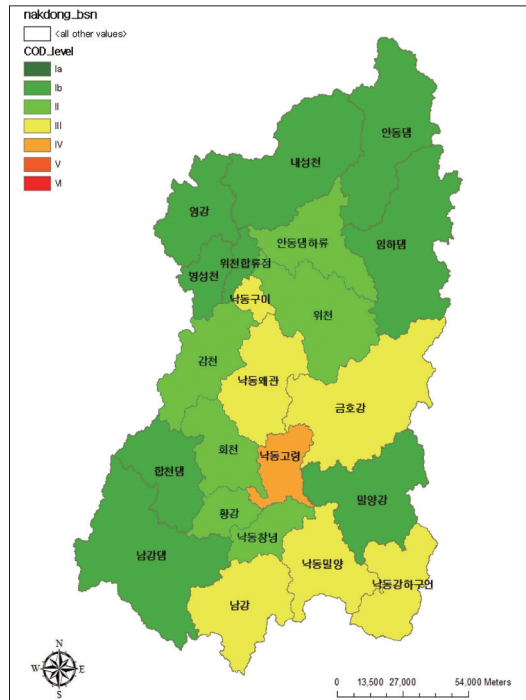


Figure 3. COD rating classified by medium influence areas in Nakdonggang basin(average of water quality about 2012).

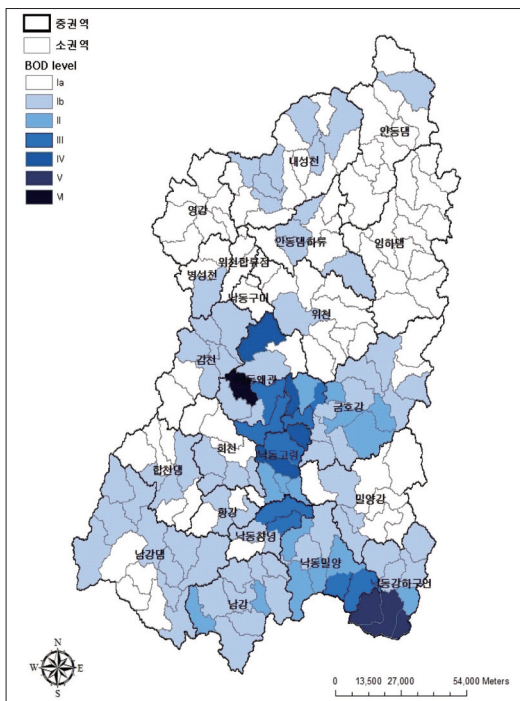


Figure 4. BOD rating classified by small influence areas in Nakdonggang basin(average of water quality about 2012).

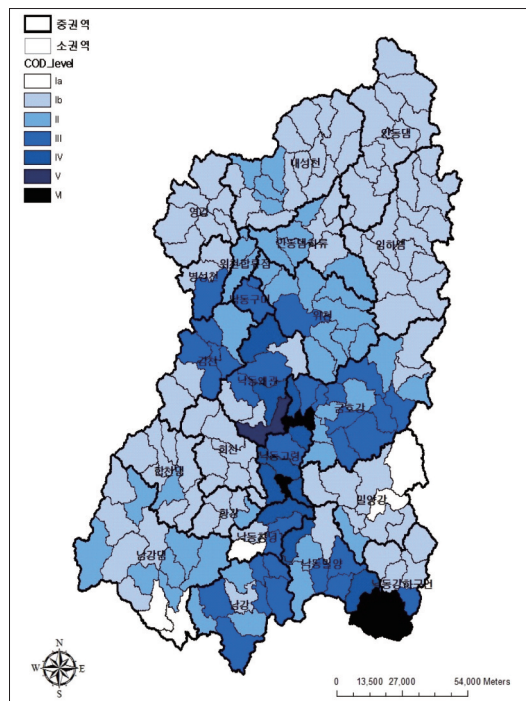


Figure 5. COD rating classified by small influence areas in Nakdonggang basin(average of water quality about 2012).

Table 2. Results of water quality estimation by influence areas in Nakdonggang basin

Items	Medium influence areas	Small influence areas	rating classified by water quality in stream				
			II rating	III rating	IV rating	V rating	VI rating
BOD	Gumhogang	11	7	3	1	-	-
	Nakdong Goryung	7	1	4	1	-	1
	Nakdong Milyang	9	3	5	1	-	-
	Namgang	10	7	3	-	-	-
COD	Gumhogang	21	4	15	2	-	-
	Nakdong Goryung	8	-	3	3	1	1
	Nakdong Milyang	17	3	7	5	2	-
	Namgang	20	7	8	1	1	3

Table 3. Discharge load of Non-point source classified by medium influence areas

Medium influence areas	Area (km <sup>2</sup> )	Discharge load (kg/day)	Medium influence areas	Area (km <sup>2</sup> )	Discharge load (kg/day)
Gahwacheon	785.6	6,470.4	Byungseongcheon	433.1	2,547.4
Nakdong Goryung	548.0	6,542.1	Suyounggang	541.3	15,798.7
Nakdong Gumi	179.2	726.9	Andong dam	1,628.7	3,510.8
Nakdong Milyang	1,004.7	7,914.4	Downstream Andong dam	980.4	4,546.7
Gamcheon	1,005.3	5,150.6	Younggang	914.4	3,941.4
Geojedo	533.8	4146.6	Youngduk osipcheon	905.7	4,578.5
Gumhogang	2,092.4	17,706.7	Wangpicheon	1,399.8	4,993.1
Namhae	770.6	11,840.4	Wicheon	1,406.0	5,516.0
Hagueon	915.8	10,317.7	Imha dam	1,975.8	5,306.6
Nakdong Sangju	224.1	1,042.7	Taehwagang	660.9	6,862.8
Nakdong Waegwan	198.4	1,962.1	Hapcheon dam	928.9	3,770.8
Nakdong Changnyung	473.3	2,451.1	Hoeyagang	324.2	5,884.5
Namgang	1,185.1	8,661.3	Hyeongsanggang	1,140.0	8,822.1
Namhaedo	358.7	2,098.3	Hwanggang	387.2	1,742.5
Milyanggang	1,422.3	6,430.9	Hoecheon	781.7	3,057.2
Naesungcheon	1,816.1	9,047.2	Namgang dam	2,293.4	9,819.5
Daejongcheon	656.6	4,876.0	Average	-	5,888.6

IV등급 1개, VI등급 1개 지점을 포함하는 것으로 나타났다.

중권역에 포함된 소권역의 수질등급을 평가하여 Figure 4, 5에 나타내었다. 해당 소권역의 수질 등급 평가를 통해 수질오염도가 높은 중권역을 선정하였다. 중권역 내 수질등급이 II등급 이상의 소권역(소하천 및 지천 기준) 분포 정도를 검토하여 오염도 순위를 적용하는 기준으로 하였다. 수행 결과 금호강 중권역, 낙동고령 중권역, 낙동밀양 중권역 및 남강 중권역이 선정되었다.

## 2. 낙동강수계 권역별 비점오염원 배출부하량 산정

2011년 전국오염원 조사 자료를 기준으로 하여 각 소권역별 비점오염원 부하량을 산정하였다. 비점오염원 부하량을 산정한 결과, 낙동강유역 내 33개 중권역 중 가장 많은 비점오염부하량을 배출하는 중권역은 금호강 중권역으로 17,706.7 kg/day로 나타났다. 반면, 가장 작은 비점오염원 부하량을 배출하는 중권역은 임하댐 상류 중권역으로 386.0 kg/day로 산정되었다. 또한, 낙동강 33개소 중권역의 비점오염원 배출부하량의 평균은 5,888.6 kg/day로 산정



Table 4. Discharge load per unit area about Nakdonggang basin included other basin

Medium influence areas	Small influence areas	BOD (kg/day)	Area of small influence areas(km <sup>2</sup> )	Discharge load/Area (kg/day · km <sup>2</sup> )
Suyounggang	Dongcheon	3,249	60.02	54.14
	Busancheon	3,764	69.7	54.00
	Suyounggang	5,175	98.87	52.34
Nakdong Goryung	Jincheoncheon	3,073	72.87	42.17
Hoeyagang	Cheongfyangcheon	3,751	106.66	35.17
Taehwagang	Taehwagang	2,231	66.36	33.62
Gumhogang	Down stream of Sincheon	1,796	53.64	33.48
Namhae	Namcheon	3,259	102.54	31.78
Gumhogang	Down stream of Gumhogang	1,960	65.85	29.77
Namhae	Yanggokcheon	3,647	160.78	22.68

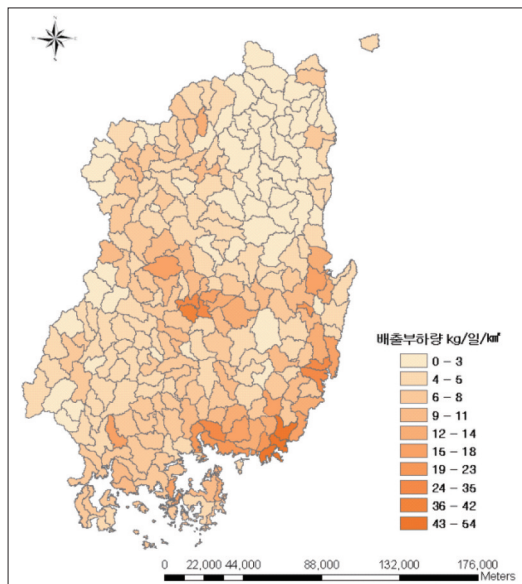


Figure 7. BOD discharge load per unit area included other basin.

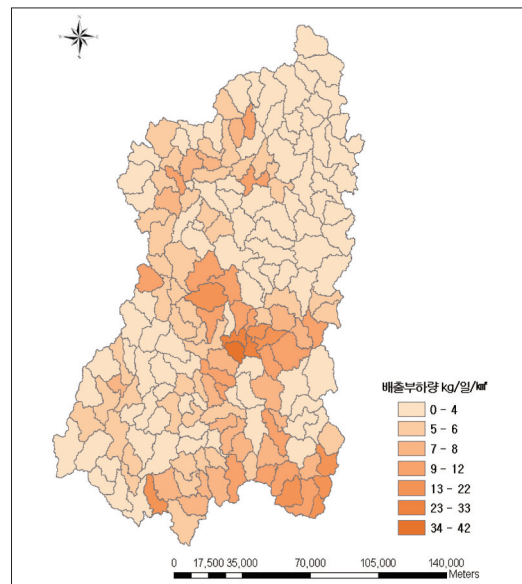


Figure 8. BOD discharge load per unit area except for other basin.

Table 5. Discharge load per unit area about Nakdonggang basin except for other basin

Medium influence areas	Small influence areas	BOD (kg/day)	Area of small influence areas(km <sup>2</sup> )	Discharge load/Area (kg/day · km <sup>2</sup> )
Nakdong Goryung	Jincheoncheon	3,073	72.87	42.17
Gumhogang	Down stream of Sincheon	1,796	53.64	33.48
Gumhogang	Down stream of Gumhogang	1,960	65.85	29.77
Hagueon	Hagueon	1,218	54.7	22.27
Hagueon	Jomangang	2,459	137.78	17.85
Gumhogang	Mid stream of Gumhogang	1,046	63.34	16.52
Nakdong Waegwan	Watermark of Waegwan	3,175	194.28	16.34
Hagueon	Down stream of Yangsancheon	1,684	106.72	15.78
Namgang	Confluence of Youngcheongang	1,670	113.58	14.71
Hagueon	Watermark of Gupo	1,027	72.12	14.23

Table 6. Water quality level in medium influence areas of Gumhogang and Nakdong Goryung(2012)

Medium influence areas	Small influence areas	Stream	BOD(mg/l)	Water quality level
Gumhogang	Upstream Gumhogang	Daechangcheon	2.8	II
		Gumhogang	2.2	II
		Bukancheon	2.3	II
	Downstream Gumhogang	Dalseocheon	4.8	III
	Water level of Dongchon	Namcheon	4.5	III
		Yulhacheon	2.3	II
	Donghwacheon	Donghwacheon	3.8	III
	Downstream Sincheon	Sincheon	2.1	II
	Orocheon	Omokcheon	2.6	II
	Ioncheon	Ioncheon	2.2	II
Palgeocheon	Palgeocheon	5.3	IV	
Nakdong Goryung	Water level of Goryunggyo	Gisegokcheon	3.2	III
		Bonrycheon	4.6	III
	Jincheoncheon	Jincheoncheon	4.6	III
		Daemyungcheon	6.0	IV
	Water level of Hyunpung	Yonghacheon	10.4	VI
	Hwanggang Confluence	Deokgokcheon	2.2	II
Hoecheon Confluence	Yonghocheon	3.8	III	

권역 내 왜관수위표 소권역 16.34 kg/day/km<sup>2</sup>, 낙동강하구연 중권역 내 양산천하류 소권역 15.78 kg/day/km<sup>2</sup>, 남강 중권역 내 영천강합류점 소권역 14.71 kg/day/km<sup>2</sup>, 낙동강하구연 중권역 내 구포수위표 소권역 14.23 kg/day/km<sup>2</sup>로 분석되었다.

#### 4. 낙동강수계 권역별 비점오염원 오염도 평가

##### 1) 배출부하량 및 수질 평가

낙동강유역 내 266개의 소유역에 대한 수질현황 및 비점오염원 부하량을 이용하여 우선관리 유역을 선정하였다. 우선 BOD 수질등급이 II등급(3 mg/L) 이상의 소권역(소하천 및 지천 기준) 분포 정도를 분석한 결과, 금호강, 낙동고령, 낙동밀양, 남강 중권역이 해당되었다. 비점오염 배출부하량을 분석한 결과 낙동고령, 금호강, 낙동강하구연, 낙동왜관 중권역이 해당되었다.

위 두 가지 분석결과를 토대로 하여 수질 및 비점오염원 발생 부하량에 따른 우선관리 유역을 선정할 결과, 낙동강유역 내 금호강과 낙동고령이 선정되었다. 따라서 향후 비점오염원 관리를 위한 우선관리

유역으로서 금호강과 낙동고령 중권역을 중심으로 관리가 필요할 것으로 판단된다.

##### 2) 우선관리 유역 유달부하량 평가

우선관리 유역으로 선정된 금호강 중권역과 낙동고령 중권역을 대상으로 강우시 권역 말단 하천에서의 유달부하량을 산정하였다. 본 장에서는 2012년 금호강의 말단 지점인 금호C(총량단위 유역 기준) 및 낙동고령의 말단 지점인 낙본G에서의 강우시(금호C: 22회, 낙본G: 23회) 조사된 결과를 활용하였으며, 해당 지점별 평균 농도 및 유달부하량을 Table 7에 나타내었고, 강우량에 따른 BOD 농도 및 유달부하량 변화를 Figure 9에 나타내었다. 먼저 Table 7을 살펴보면, 평균 BOD 농도의 경우 금호강 유역 3.4 mg/l, 낙동고령 유역 2.8 mg/l로 조사되었고, 유달부하량의 경우 금호강유역이 9141.6 kg/day, 낙동고령 유역이 45935.1 kg/day로 산정되었다.

Figure 9를 살펴보면, 금호강 및 낙동고령 유역 모두 강우량 많을 시 희석 효과로 인해 낮은 농도를 나타내었으며, 유달부하량의 경우 유량 증가에 따라 부하량도 증가하는 경향을 나타내었다. 하천의 경우 오

Table 7. Average concentration and delivery load by precipitation in medium influence areas

Medium influence areas	Discharge(m <sup>3</sup> /sec)	Concentration(mg/l)	Delivery Load(kg/day)
Gumhogang	35.0	3.4	9141.6
Nakdong Goryung	237.3	2.8	45935.1

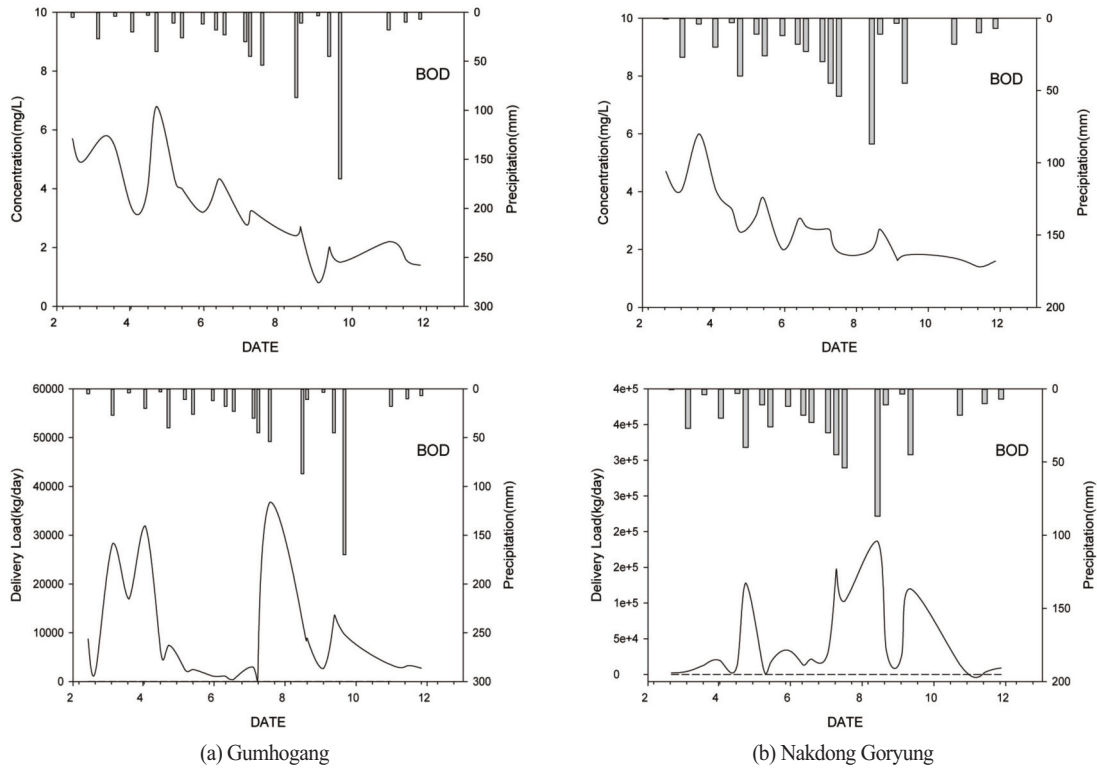


Figure 9. Variation of BOD concentration and delivery load by precipitation in basins.

염도 평가의 기준으로 수질 농도가 활용되고 있으나, 강우 시 유출될 수 있는 비점오염원의 경우 유량의 기여도가 높게 작용함으로 수질농도 및 부하량 평가가 동시에 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5. 우선관리구역 관리방향

수질 및 비점오염부하량으로 인한 기준을 통해 분석한 결과, 우선관리구역으로써 금호강 유역, 낙동고령 유역을 선정하였다. 금호강과 낙동고령 유역의 경우 대구광역시, 경상북도 경산시, 경상북도 영천시, 고령군으로 이루어져 있어 각 해당 지자체의 경우 유역 내에서의 대지 면적이 타 유역에 비해 높은 유역으로 구분(금호강 대지비율: 8.6%, 낙동고령 대지비율: 11.9%, 낙동강 수계 대지비율: 4.2%)되어 대지에

서 배출되는 비점오염원으로 인한 낙동강 유역에 큰 영향을 미치는 권역으로 분석되었다.

선정된 권역은 금호강 중권역이 3개 소권역, 낙동강 고령 중권역이 1개로서 권역 내에서도 우선 관리 유역을 선정하여 비점오염원에 대한 집중적 관리를 통해 유역 내 수질 개선이 필요할 것으로 보인다. 낙동강 수계 전체 수질을 관리하기 위해서는 해당 유역에 대한 비점오염원 저감 시범지역을 통한 비점오염원 저감 시설 구축을 지원하며 이에 따른 근거로서 해당유역을 우선적인 관리가 필요하여 저감 시설에 대한 장기적인 관리가 필요할 것이다.

우선관리 유역의 경우 해당유역 내 환경 및 수질 상황 등을 장기적으로 예측하여 향후 권역에서 배출되는 비점오염원 양에 따른 관리 및 저감 시설의 효

Table 8. Land cover map of medium influence areas(unit: km<sup>2</sup>)

medium influence areas	Total area	Built-up/ Semi-arid area	Paddy area	Field	Forest	Grass land	Wet land	Bare land	Waters
Gumhogang	2,091	179	182	274	1,329	33	16	34	44
Nakdong Goryung	548	65	87	56	291	9	5	14	21

과에 대한 분석을 통해 유역 내 가장 효율적인 지역에 대한 비점오염원 관리가 필요하며 소권역 중심으로 비점오염원을 관리함으로써 유역 전체에 대한 수질 개선을 기대할 수 있다. 이를 위해서는 해당권역에 대해 유역모형 및 비점오염원 부하량에 대한 장래 예측이 가능한 모형을 적용함으로써 해당 유역에서의 비점오염원으로 인한 영향을 분석하여 효율적인 비점오염원 관리가 필요하다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 권역별 수질평가 및 비점오염원 배출부하량을 산정하여, 낙동강수계 권역별 비점오염원 오염도를 평가하고, 우선관리유역 선정 및 향후 관리방향을 설정하였다. 조사결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 낙동강수계 중권역별 BOD농도를 기준으로 수질평가를 실시한 결과, Ia등급에 해당하는 중권역이 10개, Ib등급이 6개, II등급이 5개, III등급이 1개 중권역에 해당하는 것으로 나타났다. COD농도 기준 수질평가 결과, 중권역 내 수질등급이 II등급 이상의 소권역(소하천 및 지천 기준) 분포 정도를 검토하여 오염도 순위를 적용하는 기준으로 하였으며, 그 결과 금호강 중권역, 낙동고령 중권역, 낙동밀양 중권역 및 남강 중권역이 선정되었다.

2. 중권역별 토지계 원단위를 활용하여 비점오염원 배출부하량을 산정한 결과, 낙동강유역 내 33개 중권역 중 가장 많은 비점오염원 부하량을 배출하는 중권역은 금호강 중권역으로 17,706.7 kg/day로 나타났다. 반면, 가장 작은 비점오염원 부하량을 배출하는 중권역은 임하댐 상류 중권역으로 386.0 kg/day로 산정되었다.

3. 낙동강유역 내 266개의 소유역에 대한 수질 및 비점오염원 부하량을 이용하여 우선관리 유역을 선

정하였다. 우선관리 유역을 선정한 결과, 낙동강유역 내 금호강과 낙동고령 중권역이 선정되었다. 우선관리 유역의 경우 해당 유역 내 환경 및 수질 상황 등을 장기적으로 예측하여 향후 권역에서 배출되는 비점오염원 양에 따른 관리 및 저감 시설의 효과에 대한 분석을 통해 유역 내 가장 효율적인 지역에 대한 비점오염원 관리가 필요하다. 소권역 중심으로 비점오염원을 관리함으로써 유역 전체에 대한 수질 개선을 기대할 수 있다. 이를 위해서는 해당권역에 대해서는 유역모형 및 비점오염부하량에 대한 장래 예측이 가능한 모형을 적용함으로써 해당 유역에서의 비점오염원으로 인한 영향을 분석하여 효율적인 비점오염원 관리가 필요하다.

#### 인용문헌

- 국립환경과학원. 2012. 수계오염총량관리기술지침. 김성수, 김중석, 방기연, 권은미, 정옥진. 2002. 경안천 유역의 강우사상별 비점오염원 유출특성 및 원단위 조사. 대한환경공학회지, 24(11), 2019-2027.
- 김성원, 우수혜, 오종민. 2006. 화성호 유역 비점오염 모니터링을 통한 오염부하량 산정. 한국물환경학회 공동추계학술발표회.
- 권현각. 2011. 유역모형과 중분류토지피복을 적용한 비점오염부하의 정량적 평가. 경북대학교대학원 박사학위 청구논문.
- 이현동, 안재환, 배철호, 김운지. 2001. 강우시 유출부하량을 이용한 팔당상수원 유역의 비점오염원 원단위 발생량 추정. 한국물환경학회지, 17(3), 313-326.
- 차진명, 신성의, 차규석. 1999. 영산강 수계의 비점오염원에 관한 연구 1: 토지이용 및 강우를 중심으로. 한국환경영향평가학회지 8(1),

41-49.

환경부. 1995. 비점오염원 조사연구사업 보고서.  
 여중현, 김건하. 2003. 금강의 수질에 대한 비점오염원 영향 분석. 공동 추계 학술발표회 논문집, 한국물환경학회.

### References

- National Institute of Environmental Research. 2012. Guideline for Total Maximum daily load.
- Kim s. s., Kim J. S., Bang G. Y., Kwon E. M., Jeong W. J.. 2002. The Estimation of the Unit Load and Characteristics of Non-Point Source Discharge According to Rainfall in Kyongan Watershed, Journal of Environmental Engineering Research, 24(11), 2019-2027.
- Kim S. W., Woo S. H., Oh J. M.. 2006. Pollution Load Computation Through Monitoring for Non-point pollutant in Hwa-Seong Basins, Korean Society on Water Environment.
- Kwon H. G.. 2011. Quantitative Assessment of Nonpoint Source Load by Applying Watershed Model and Level-2 Land Cover Map, Ph. D dissertation University of Kyungpook National.
- Lee H. D., Ahn J. H., Bae C. H., Kim W. J.. 2001. Estimation of the Unit Loading and Total Loading of Nonpoint Source in Paldang Watershed by Runoff Loading during the Rainfall, Journal of Korean Society on Water Environment, 30(2), 313-326.
- Cha J. M., Shin S. E., Cha G. S.. 1999. Nonpoint Source Pollution of the Youngsan River Basins 1-The Method of Land-Use Types and Rainfall, Journal of Korean Society of Environmental Impact Assessment, 8(1), 41-49.
- Ministry of Environment. 1995. A Research Report of Nonpoint source.
- Yur J. H., Kim G. H.. 2003. Effect of the Nonpoint Source Pollution on the Water quality of the Geum River Basin, Korean Society on Water Environment.