

금호강 유역의 오염총량 관리 대책 수립

황 병 기 · 정 효 준*

상명대학교 토목환경공학과 · 서울대학교 환경보건학과
(2002년 7월 5일 접수; 2002년 10월 15일 채택)

The Management Planning of Pollutant Loading Allocation in the Kumho River Basin

Byung-Gi Hwang and Hyo-Joon Jeong*

Dept. of Civil and Environmental Engineering, Sangmyung University, Seoul 110-743, Korea

*Dept. of Environmental Health Science, Graduate School of Public Health, Seoul National Univ., Seoul 110-799, Korea

(Manuscript received 5 June, 2002; accepted 15 October, 2002)

This study was performed to plan pollutant loading allocation by sub-watershed at Kumho river basin located in the north Kyeongsang province. HEC-geoHMS which is extension program of ArcView was used to extract sub-watershed. To simulate water quality, Qual2eu model was calibrated and validated. BOD was simulated under several scenarios to evaluate reduction effects of pollutant loading. Uniform treatment and transfer matrix method was considered. Effects of headwater flow rate and efficiency waste water treatment plant were also considered.

Key words : HEC-geoHMS, Qual2eu, TMDL, Kumho river basin

1. 서 론

하천은 자체정화 능력을 가진 시스템이며, 그 능력은 유량, 계질, 강수량, 체류시간, 오염원의 종류, 오염물질의 배출량과 농도 등에 따라 다르다. 특히 오염의 정도가 심하여 하천의 자정능력을 넘어설 경우, 오염은 가속화되며 수질관리가 어려워진다. 따라서 합리적인 수질관리는 하천의 특성에 따른 수역의 정화능력과 오염부하량과의 평형을 유지하는 경제적 관리가 되어야 한다. 수계에 유입된 오염물은 희석, 확산, 침전되며 물의 흐름에 의하여 이동한다. 수계의 수질변화를 예측하기 위하여 하천의 수리-수문적 특성, 오염배출원의 정성적, 정량적 특성을 하나의 시스템으로 가정한 모형이 개발되어 폭넓게 이용되고 있다. 이러한 수질모형을 통한 하천시스템의 해석은 최적수질관리대안(best management practice)제시를 위한 도구로 이용되고 있다¹⁻³⁾.

하천의 수질을 적정한 수준으로 유지하기 위해

서는 유역에서 발생하는 오염부하량을 적절히 통제하여야 한다. 이러한 일일총허용오염부하량(total maximum daily load, TMDL) 산정은 유역관리를 위한 중요한 과정중의 하나이다. 유역에서 발생하는 오염부하량을 적절히 배분하기 위한 TMDL 산정에 대한 연구로는 Schreiber등⁴⁾이 비점오염원의 영향을 고려한 일일허용부하량을 산출하였으며, Havens등⁵⁾은 인부하량을 고려한 TMDL을 산정하여 제시한 바 있다. 한편 미국환경청에서는 TMDL을 산정하기 위해 물질수지식에 근거한 수질모형을 많이 사용하고 있는데, 하천수질 시뮬레이션의 경우 Qual2e모형이 일반적으로 사용되고 있다⁶⁾. 하천의 수질현상을 모형화하여 소유역별 관리대책을 수립하는 것은 총량규제에 있어서 TMDL을 산정하는 것과 밀접한 관계가 있다. 소유역별 혹은 배출원별 일일최대 배출허용량을 제시하는 것은 오염원관리(source inventory)측면에서 중요한 의의를 가진다.

본 연구에서는 금호강 유역의 TMDL을 산정하기 위한 기초작업으로서 금호강 유역을 대상으로 ArcView⁷⁾의 확장프로그램인 HEC-geoHMS⁸⁾를 이용하여 유역을 자동추출하고 이 자료를 이용하여 하천수질모형인 Qual2eu모형을 구성한 후, 수질개

Corresponding Author : Hyo-Joon Jeong, Dept. of Environmental Health Science, Graduate School of Public Health, Seoul National Univ., Seoul 110-799, Korea.
Phone : +82-2-740-8871
E-mail : jeong1208@dreamwiz.com

선을 위한 시나리오를 작성하여 상류유역의 오염부하량 변화에 따른 하류의 수질변화를 시뮬레이션하였다.

2. 연구방법

2.1. HEC-geoHMS를 이용한 유역정보의 추출

본 연구에서 하천의 수질모의를 위해 사용한 Qual2eu모형의 입력자료를 구성하기 위해 ArcView의 geo-processing extension과 spatial analyst⁹⁾, HEC-GeoHMS의 basin-processing기능을 이용하였다. 유역은 제1지천 혹은 제2지천까지 추출하여 유역의 특성에 따라 분할 또는 통합하여 사용하였다.

2.2. QUAL2EU모형¹⁰⁾

Qual2eu모형을 구성하는 기본방정식은 1차원 이송-확산 물질 이동 방정식(1-dimensional advection-dispersion mass transport equation)이다. 이 방정식은 이류(advection)에 의한 이동, 확산(diffusion)에 의한 이동, 희석(dilution), 각 물질간의 상호반응(constituent reactions and interactions), 수체 외부로부터의 유입 또는 유출(external sources and sinks)를 포함하며, 식1과 같은 방정식으로 표시된다.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x})}{\partial x} dx - \frac{\partial(A_x \bar{U} C)}{\partial x} dx + (A_x dx) \frac{dC}{dt} + S \quad (식1)$$

- 여기서 M : mass(M)
- x : distance(L)
- t : time(T)
- C : concentration(ML⁻³)
- A_x: cross-sectional area(L²)
- D_L: dispersion coefficient(L²T⁻¹)
- U : mean velocity(LT⁻¹)
- s : external source and sinks(MT⁻¹)

한편, dC/dt는 농도 C인 임의의 오염물질이 물리, 화학, 또는 생물학적으로 변화하는 속도이다. 또한 M=C·V이므로, 시간의 변화에 따른 물질량의 변화는 식2와 같다.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial(V C)}{\partial t} = V \frac{\partial C}{\partial t} + C \frac{\partial V}{\partial t} \quad (식2)$$

여기서 V=A_xd_x (L³)이고, 하천의 흐름을 정상상태(steady state)라고 가정하면, $\partial Q/\partial t = 0$, $\partial V/\partial t = 0$ 이다. 따라서 식2는 식3과 같이 요약된다.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = V \frac{\partial C}{\partial t} \quad (식3)$$

위의 과정을 농도에 대한 표현으로 정리하면 식4

와 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x})}{A_x \partial x} - \frac{\partial(A_x \bar{U} C)}{A_x \partial x} \frac{dC}{dt} + \frac{S}{V} \quad (식4)$$

Qual2eu모형은 1987년 미국환경청(EPA)에서 기존에 있던 QUAL2E모형에 sensitivity analysis, first order error analysis, Monte Carlo Simulation의 기능을 추가하여 수정보완한 프로그램으로 모의 가능한 수질항목은 15가지이며, 기상자료의 변화에 따른 수온, 용존산소는 동적모의(dynamic simulation)가 가능하나, 그 외의 모의 형태는 모두 정상상태(steady state)를 가정하고 이루어진다. 본 연구에서는 하천 수질항목 중 BOD를 중심으로 모형을 구축하였다.

2.3. 수질개선 효과

유역에서 발생하는 오염부하량을 삭감하는 방법에는 일정을 삭감법(uniform treatment), 영향강도에 따른 차등삭감법(influence power treatment), 오염우심지천의 우선삭감법(pollution priority treatment), 비용최소화 삭감법(least cost method)등의 방법이 사용되고 있다¹¹⁾. 이러한 오염부하량의 삭감 방법은 총량규제에 있어서 TMDL를 산정하는 중요한 자료로 쓰이며, 어떠한 삭감방법을 취하는가에 따라 소유역별 혹은 배출시설별 TMDL은 달라지게 된다. 본 연구에서는 일정을 삭감법, 영향강도에 따른 차등삭감법, 오염우심지천의 우선삭감법을 적용하여 금호강 하류 강창교 지점의 BOD수질변화를 살펴보았다. 또한, 하류에 집중 위치한 하수처리장의 효율개선에 따른 수질변화를 추적하였다. 한편, 본 연구에서 상류수원으로 설정한 영천댐의 방류량 조절에 따른 금호강 본류 수질변동을 파악하였다.

3. 연구결과

3.1. 연구대상유역

금호강은 경북 포항시 북구 죽장면에서 발원하여 남서류하다가 영천시 자양면 성곡리에서 영천댐으로 유입된다. 영천시 고경면에서 고촌천과 합류후 서쪽으로 유하하면서 영천시내를 통과하고 신령천과 합류하며 유향을 남서쪽으로 바꾸어 대창천, 청통천, 오목천이 합류된다. 그 후 남천, 율하천, 방촌천, 신천, 동화천, 팔거천, 달서천등과 합류후 낙동강으로 유입하게 된다. 금호강 본류의 수질은 영천댐 하류의 금호강 01지점으로부터 낙동강 유입전의 강창교인 금호강 06지점까지 여섯지점을 매월 측정하고 있다(Fig. 2). 금호강 01지점은 영천댐 상류유역에 오염원이 거의 분포하고 있지 않아, BOD 1 mg/L이하의 1급수를 유지하고 있으나 금호강 03,

04, 05지점의 수질은 대구광역시를 통과하면서 오염도가 급격히 증가하여 BOD의 경우 8 mg/L 까지 올라가 그 후 하류에서 약간 감소하여 약 7 mg/L로 낙동강 본류로 유입한다.

3.2. 유역의 자동분할 및 유역정보의 추출

유역의 분할 및 추출은 USGS(united states geological survey)에서 작성한 DEM(digital elevation model)자료를 이용할 수 있으나 이 DEM은 전 세계에 대하여 30" (cell 크기 : 1km×km)의 해상도를 가지고 있어 유역면적이 비교적 좁은 경우, 유역 특성의 자동추출에 정밀도가 떨어지는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서 3" (cell 크기: 93m×93m)인 3차원 격자망으로 제작된 수치지형 고도자료인 DTED (digital terrain elevation data) 자료를 사용하였다. 유역추출과정을 살펴보면 DEM 자료로부터 강제배수 알고리즘에 의해 sinked DEM grid를 생성한 후 흐름방향 grid를 생성하고 하천이 모이는 과정을 보여주는 flow accumulation grid로부터 하천도를 추출하게 된다. 추출된 하천의 주제도(theme)에서 하천의 종단 설정하여 최종적으로 유역도를 추출한다. Fig. 1은 이러한 하천도의 추출과정을 grid상에 나타낸 것이다.

ArcView의 HEC-GeoHMS Extension으로 추출 가능한 유역(watershed)의 정보에는 소유역별 유역면적(area), 유역주변장(perimeter), 최장유출경로(length), 유역경사(Slope)등이 있으며 그 외에 하도구간(reach), 저수지(reservoir), 합류점(junction), 분

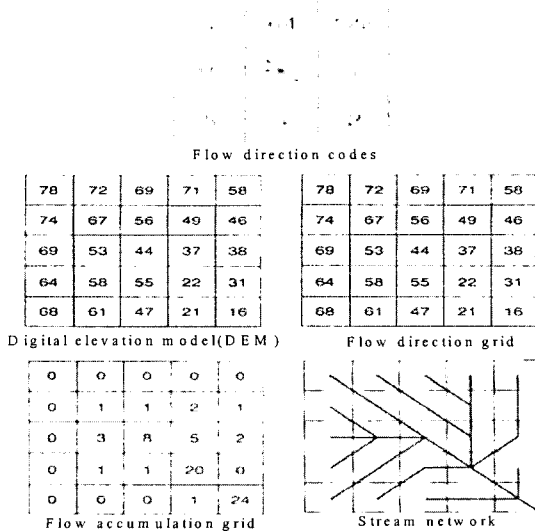


Fig. 1. Raster-based functions for terrain analysis for hydrologic process.¹²⁾

류점(diversion), 수원점(source), 함몰점(sink)등이 있다. Fig. 2는 수치고도모델을 이용하여 금호강유역과 하천을 자동추출한 결과를 보여주고 있다. 하도구간은 Qual2eu모형 구성을 위해 금호강 본류에서 제1지천까지만 추출한 것이다. 분할된 소유역은 현재 환경부에서 분할해 놓은 하천유역 구분과 크게 차이가 없었다. 추출된 금호강의 유역면적은 2166.56km²였으며, 유역경사는 소유역별로 0.002~0.056 범위로써 유역에 따라 상류와 하류 유역의 유역경사의 편차가 큰 것으로 나타났다.

3.3. QUAL2EU 모형의 구성

3.3.1. 하천의 개념화

금호강본류 구간을 ArcView의 HEC-GeoHMS extension으로 추출한 유역정보를 이용하여, 금호강 상류에 위치한 영천댐으로부터 낙동강 유입지점까지 78km구간을 0.5km단위로 156개의 계산단위 (computational element)로 구성하고, 하도경사, 하폭, 굴곡의 여부 등을 고려하여 13개의 구간(reach)으로 분할하여 수질값을 계산하도록 하였다.

3.3.2. 입력자료의 구성

하천의 수질값은 지천에서 유입하는 오염물질의 양과 하도구간내에서 오염물질이 분해되는 정도에 의해 결정된다. 지천에서 들어오는 오염부하량은 유입유량과 수질값의 곱으로 표현된다. 따라서 하천의 정확한 수질을 모의하기 위해서는 지천에서 유입하는 유량과 수질의 동시측정값이 필요하다. 그러나, 현재 우리나라는 하천의 유량관리 주제와, 수질의 관리 주제가 이원화되어 있어 동일 시간대의 유량과 수질값을 사용하기가 용이하지 않다. 따라서 본 연구에서는 금호강의 갈수기시 물수지를 분석하여

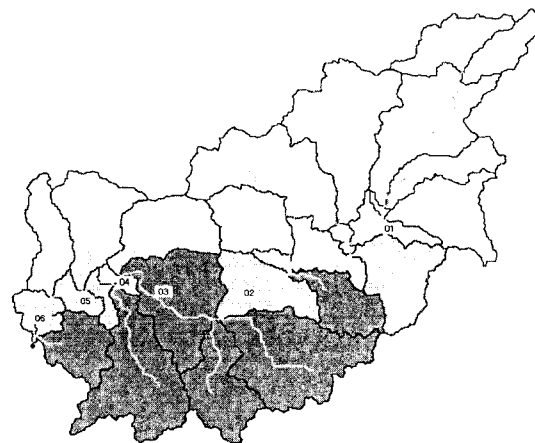


Fig. 2. Extraction of watershed and stream using HEC-geoHMS.

유입지천의 유량을 결정하였으며, 수질값은 월별 수질값 중 갈수기에 해당하는 동일 월의 수질값을 사용하여 금호강 본류 수질을 모의하였다.

갈수기에는 하류에 위치한 울하천, 방촌천, 불로천 등이 금호강 합류지점에서 하수처리장으로 전량 유입하고 있어 모형에서 특별히 점오염원으로 고려하지 않았다. 그러나 금호강의 중상류에는 금호강 본류 2, 3 유역을 중심으로 하여 처리되지 않고 금호강 본류로 직접 유입하는 하수가 일부 존재하며, 하류의 금호강 본류 4, 5 유역은 남천, 신천, 달서, 북부하수처리장을 통과하여 처리된 후 금호강 본류로 유입하는 것으로 나타났다. 또한 하양교 지점에 있는 취수구를 통해 용수가 취수되고 있다. 따라서 금호강의 유량은 상류의 영천댐 방류유량과 중류의 미처리 유입하수, 하류의 각 하수처리장에서 유입하는 유량에 크게 좌우된다. 나머지의 유량은 유입지천에서 금호강 본류로 유입하는 유량이 된다. 각 하수처리장에서 유입하는 유량과 미처리 하수 유입량을 제외한 유입지천의 유량은 비면적법(specific area method)을 이용하여 배분하는 방식으로 결정하였다. 하천의 수질은 유량이 가장 적은 갈수기에 수질이 악화되는 경향이 있으므로 본 연구에서도 하천의 수질모의 시기를 하천유황이 갈수기(355일 유량)에 해당하는 시기를 선정하였다. Fig. 3은 낙동강조사월보 자료¹³⁾를 근거로 금호강의 갈수시 하천의 물수지를 나타낸 것이다.

Qual2eu 모형의 보정에는 1999년 갈수기에 해당하는 3월의 자료를 사용하였으며, 작성된 모형의 검증에는 2000년 4월의 유량 및 수질자료를 사용하였

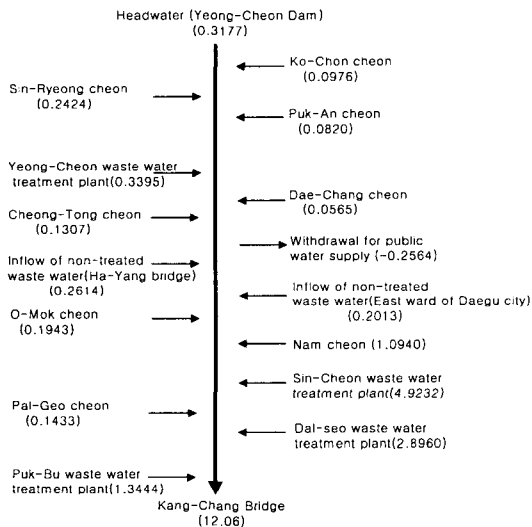


Fig. 3. Analysis of water balance at minimum-level flow. (unit : CMS)

다. 수질모형의 보정은 시행오차법을 이용하여 모형의 계산수질값과 금호강본류에서 측정된 실측수질값을 비교하여 오차를 최소화하는 방법으로 매개변수의 보정작업을 실시하였다. 모형의 정밀도를 평가하기 위해 상관계수(coefficient of correlation, R)를 산정한 결과 모형의 보정 단계인 Fig. 4의 상관계수는 0.87이었으며, 검증단계인 Fig. 5의 상관계수는 0.76의 값을 보여 구축된 모형이 BOD예측에 타당성이 있음을 확인할 수 있었다.

3.4. 수질개선을 위한 적정 삭감을 산정

3.4.1. 소유역별 일정을 삭감

금호강유역에서 발생하는 오염부하량은 유입지천을 거쳐 유하하는 과정에서 일정부분이 하천의 자정작용에 의해 감소하고 일정부분만이 본류로 직접 유입하게 되는데 이렇게 본류로 유입되는 부하량을 유달부하량이라고 한다. 따라서 유달부하량을 적절히 감소시켰을 때 목표로 하는 지점에서 수질

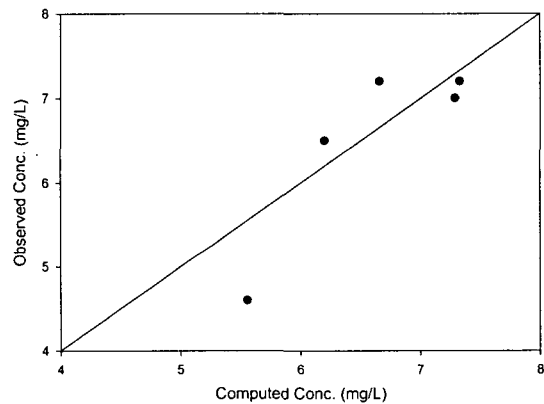


Fig. 4. Comparison of the computed and the observed BOD for calibration.

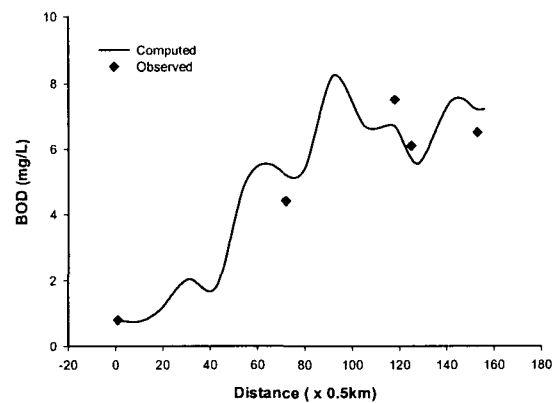


Fig. 5. Comparison of the computed and the observed BOD for validation.

금호강 유역의 오염총량 관리 대책 수립

기준 혹은 목표수질을 달성할 때 까지 삭감율을 상승 적용하여 원하는 수질에 달성하였을 때를 일정을 삭감법에 의한 적정삭감율로 정의하였다.

금호강의 강창교 지점에서의 BOD수질값은 갈수기에 현재 6-8 mg/L를 유지하고 있으며, 금호강하류부의 수질기준은 3등급으로 BOD값으로 6 mg/L이다. 그러나 금호강이 유입하는 낙동강 본류 고령교지점의 수질기준은 BOD기준으로 2등급인 3 mg/L로 설정되어 있다. 따라서, 본 연구에서는 금호강하류 강창교 지점에서 목표수질을 6 mg/L보다 약간 강화한 BOD 5 mg/L로 규정하여 일정을 삭감법 적용시 요구되는 삭감율을 산정하였다. Fig. 6을 보면 금호강 각 유입지천 및 하수처리장의 오염부하량을 균일하게 20% 삭감하였을 경우, 금호강 하류부의 강창교 지점의 수질은 5.82 mg/L, 25% 삭감하였을 경우 5.45 mg/L를 나타내었으며, 31% 삭감하였을 경우, 요구되는 농도인 BOD 5.0 mg/L에 도달함을 확인 할 수 있었다.

3.4.2. 영향강도에 따른 차등삭감

영향강도에 따른 차등삭감법을 적용하기 위하여 금호강이 낙동강으로 합류하는 지점인 강창교의 수질개선에 중상류의 유입지천 혹은 하수처리장의 효율이 어느정도의 영향을 미치는지 관찰하기 위해서 다음과 같은 영향계수를 산출하였다.

$$\text{영향계수} = \frac{|A - B|}{B} \times 100$$

여기서 A는 유입지천 및 하수처리장에서 오염부하량을 50%삭감했을 때의 강창교 지점의 수질모의값을 나타내며, B는 현재 상태에서 강창교 지점의 수질모의값을 나타낸다. Table 1의 영향계수를 보면 달서하수처리장 및 신천하수처리장의 오염부하량이 강창교지점의 수질에 가장 큰 영향을 미치고 있음

을 알 수 있으며, 상류로 올라갈수록 강창교 지점의 수질에 미치는 영향은 미미함을 확인 할 수 있다. 이러한 영향계수는 주어진 예산에서 목표로 하는 지점의 수질을 가장 크게 개선시키고자 할 때 경제적인 접근 방법으로 많이 쓰이고 있는 기법이다.

따라서 영향계수가 가장 큰 달서, 신천, 북부하수처리장의 순서로 오염부하량을 삭감하였다. 최고 삭감가능율은 90%로 설정하였으며, 우선 달서하수처리장에 90%의 오염부하삭감율을 적용하고, 다음으로 신천, 북부하수처리장의 순서로 삭감율을 적용하여 하류 강창교 지점의 수질을 관찰하였다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 달서하수처리장을 우선적으로 90% 삭감하고, 더불어 신천하수처리장의 처리효율을 6%개선하면 강창교지점에서 5 mg/L를 달성할

Table 1. Influence-power coefficient of tributary stream and waste water treatment plant

Tributary stream	A	B	Coefficient
Puk-Bu wastewater treatment plant	6.51	7.25	10.21
Dal-seo wastewater treatment plant	6.08	7.25	16.14
Pal-Geo cheon	7.23	7.25	0.28
Sin-Cheon wastewater treatment plant	6.22	7.25	14.21
Nam cheon waste water treatment plant	6.74	7.25	7.04
O-Mok cheon	7.23	7.25	0.28
Cheong-Tong cheon	7.24	7.25	0.28
Dae-Chang cheon	7.25	7.25	-
Yeong-Cheon waste water treatment plant	7.20	7.25	0.68
Puk-An cheon	7.24	7.25	0.14
Sin-Ryeong cheon	7.24	7.25	0.14
Ko-Chon cheon	7.24	7.25	0.14

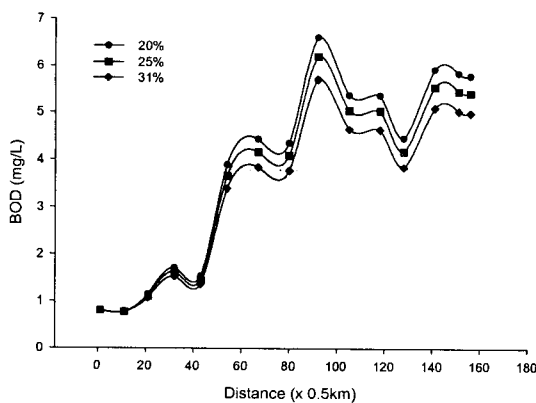


Fig. 6. BOD variation by uniform treatment method.

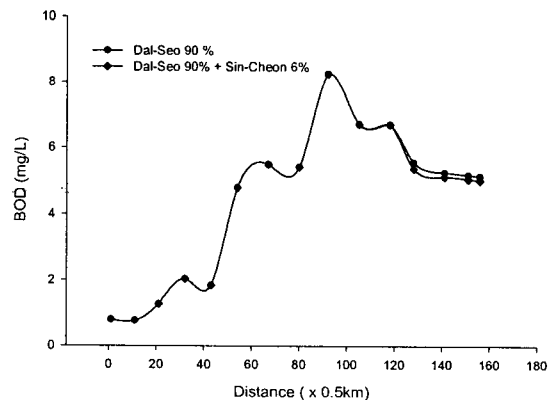


Fig. 7. BOD variation by influence-power coefficient method.

수 있는 것으로 나타났다. 그러나 이들이 모두 하수처리장에서 나오는 오염부하량을 감안하면 하수처리장의 효율을 추가적으로 증대시키는 것보다는 유역에서 배출되는 오염부하량 자체를 감소시키는 방법으로 수질관리 대책을 수립하는 것이 더욱 타당할 것으로 보인다.

3.4.3. 오염우심하천의 우선삭감

오염우심하천의 우선삭감법은 영향강도에 관한 차등삭감법과는 달리 금호강본류로 유입하는 오염물질의 총량이 가장 큰 하천부터 우선 삭감하는 방법이다. 오염부하량은 수질값과 유량의 곱으로 계산 가능하며, 2000년 갈수기를 기준으로 BOD의 유입량은 Table 2와 같다. 금호강 본류로 유입하는 BOD오염부하량 중에서 달서하수처리장이 가장 크고, 다음으로 신천하수처리장, 북부하수처리장등의 순서로 나타나고 있다. 신천하수처리장의 경우 유량은 많으나 방류수질이 다른 하수처리장보다 양호한 것으로 나타나 상대적으로 오염부하량은 달서하수처리장에 비해 적었다. 따라서 오염우심지역의 우선삭감법은 본 연구의 경우는 영향강도에 따른 차등삭감법과 삭감순서가 같아 동일한 결과를 나타내었다.

3.4.4. 영천댐 방류량 조절에 따른 하류 수질의 개선효과

하천의 유지용수라 함은 오염물질이 유입하였을 경우 적절한 자정작용을 일으킬 수 있도록 하는 것뿐만아니라, 양질의 회석수로서의 하천이 제기능을

하는데 중요한 역할을 한다. 금호강 유역의 경우 대구광역시 및 영천시, 경산시 등의 생활용수 및 공업용수를 공급하기 위해 영천댐을 비롯한 가창댐, 공산댐등의 건설로 갈수시 하천 유량이 크게 감소했다. 따라서 갈수시 금호강본류의 적절한 수질관리를 위해서는 상류에 있는 영천댐의 방류량에 따른 하류의 수질변화를 관찰해 볼 필요가 있다.

본 연구에서 상류수원으로 설정한 영천댐의 방류량조절에 따른 하류 하천수질의 변화를 관찰하기 위해 갈수시 영천댐의 방류량을 1CMS, 2CMS, 3CMS로 증가시켰을 때의 하류의 수질변화를 관찰하여 보았다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 1CMS로 방류량을 조절할 경우 강창교 지점의 수질이 7.25 mg/L에서 6.95 mg/L로 2CMS로 조절할 경우 6.48 mg/L로, 3CMS로 조절할 경우 6.08 mg/L로 변화되었다. 따라서 상류댐의 방류량과 하류의 오염부하량을 적절히 조절하는 대책을 동시에 실시할 경우 금호강 본류의 수질개선효과는 상당히 증가할 것으로 예상된다.

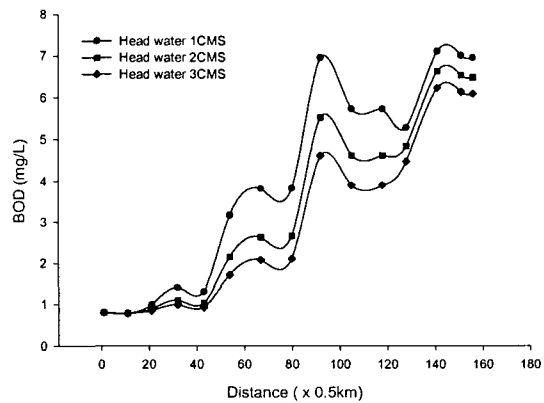


Fig. 8. BOD variation by discharge of Yeong-Cheon dam.

Table 2. Pollutant loading of tributary stream

Tributaty stream	Flow (CMS)	BOD (mg/L)	Pollutant loading (kg/day)
Ko-Chon cheon	0.07	4.4	26.61
Sin-Ryeong cheon	0.17	5.0	73.44
Puk-An cheon	0.06	4.8	24.88
Yeong-Cheon wastewater treatment plant	0.23	15.2	302.05
Dae-Chang cheon	0.04	2.0	6.91
Cheong-Tong cheon	0.09	5.0	38.88
Withdrawal for public water supply	0.12	20.0	207.36
Inflow of non-treated wastewater	0.08	20.0	138.24
O-Mok cheon	0.15	4.0	51.84
Nam cheon	1.5	12.0	1,555.20
Sin-Cheon wastewater treatment plant	5.45	5.0	2,354.4
Pal-Geo cheon	0.1	5.5	47.52
Dal-seo wastewater treatment plant	2.4	12.6	2,612.73
Puk-Bu wastewater treatment plant	1.2	15.6	1,617.4

4. 결 론

금호강의 수질관리를 위한 유역관리의 일환으로 ArcView의 확장프로그램인 HEC-geoHMS를 이용하여 유역특성 데이터를 추출하고 이를 이용하여 수질모형인 Qual2eu모형을 구축하였다. 소유역별 오염부하량을 할당하기 위해 시나리오별 수질개선효과를 고찰하였으며 이를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 하천의 길이 및 소유역의 면적, 경사도 등을 추출하기 위해 금호강유역의 DEM을 ArcView의 확장프로그램인 HEC-geoHMS로 처리한 결과 모형구축에 필요한 자료의 수집 및 분류

- 에 소요되는 시간을 줄일 수 있었으며, 추출된 유역정보는 실제정보와 비교하여 큰 차이를 나타내지 않았다.
- 2) 낙동강 유입직전인 금호강하류의 강창교 지점의 수질은 하류에 위치한 하수처리장의 수질에 크게 좌우되는 것으로 나타났으며, 중하류 부근에 존재하는 비하수처리구역의 오염부하량도 수질에 미치는 영향이 다른 소유역에 비해 무시할 수 없는 정도로 나타나 수질개선을 위해서는 하수처리장의 효율적인 운영과 비하수처리 구역의 하수량을 줄이는 노력이 요구된다.
 - 3) 상류수원으로 설정한 영천댐의 수질 및 유량은 금호강 전체의 유지용수로서 중요한 역할을 하고 있다. 따라서, 갈수시 하천 생태계 유지를 위한 효율적인 방류량 대책 등이 개발되어야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- 1) Havens, K.E. and Schelske, C.L., 2001, The importance of considering biological processes when setting total maximum daily loads (TMDL) for phosphorus in shallow lakes and reservoirs, *Environmental Pollution*, 113(1), 1-9.
- 2) Chen, C.W., L.H. Weintraub, J. Herr, and R.A. Goldstein, 2000, Impacts of a thermal power plant on the phosphorus TMDL of a reservoir, *Environmental Science & Policy*, 3, 217-223.
- 3) Novotny, V., 1996, Integrated water quality management, *Water Science and Technology*, 33(4-5), 1-7.
- 4) Schreiber, J. D., R. A. Rebich, and C. M. Cooper, 2001, Dynamics of diffuse pollution from US southern watersheds, *Water Research*, 35(10), 2534-2542.
- 5) Havens, K. E. and Schelske, C. L., 2001, The importance of considering biological processes when setting total maximum daily loads (TMDL) for phosphorus in shallow lakes and reservoirs, *Environmental Pollution*, 113(1), 1-9.
- 6) <http://www.epa.gov/OWOW/tmdl/case.html>
- 7) ESRI, 1996, Using ArcView GIS, ESRI press.
- 8) US Army Corps of Engineers, 2000, Geospatial Hydrologic Modeling Extension HEC-GeoHMS User's Manual.
- 9) ESRI, 1996, Using the ArcView Spatial Analyst, ESRI press.
- 10) Brown, L. C. and Barnwell, T. O., 1987, The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E-QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual, EPA/600/3-87/007, US-EPA.
- 11) 황대호, 2000, 영산강 수질기준 달성을 위한 BOD부하량 삭감방법의 비교 연구, 서울대학교 석사학위 논문.
- 12) ESRI, 2000, Hydrologic and Hydraulic modeling support, ESRI press, 89-90pp.
- 13) 부산광역시, 1999-2000, 낙동강 조사월보, 25-48호.