

이지연, 김종구

군산대학교 토목환경공학부

1. 서 론

금강은 유역면적은 남한의 10분의 1에 해당하는 9,866km²으로 총 유로 연장은 401km에 이르는 우리나라 제 3의 하천이다. 금강수는 충청남북도, 전라북도 지역에 상수 및 공업용수, 농업용수를 공급할 뿐만 아니라 관광 등에 이용되는 중요한 수자원이다.

금강으로 유입되는 지천은 50여 개에 이르고 있으며 금강에 설치된 기초환경시설은 하수종말처리장과 분뇨처리장을 비롯하여 75개가 설치 운영 중에 있다.

대청댐 이하의 금강 하류부는 경사가 낮아 유속이 지체되면서 수질이 저하되고 있으며 중하류에 위치한 중소도시에서 배출되는 하수 및 폐수에 의한 오염 등으로 부여광역상수도 취수장의 수질이 3급수로 나타나 금강수질개선을 위한 수질관리방안이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

하천의 효과적인 수질관리를 위하여 수질예측모델이 많이 사용되어져 왔고, 특히 QUAL-2E 모델은 한강(안태홍,1998), 낙동강(최영찬,1991; 송교육,1992; 신성교,1996), 금강(김선미,1994; 최와 이,1987) 등 우리나라 주요하천에 적용되어 그 타당성이 입증되었으며, 이 밖에도 영산강이나 금호강 외에 천안천, 충주호, 만경강 등 중소하천에서도 많이 적용되었다.

실제 하천의 수질관리를 위해 일반적으로 이용하는 수질인자인 BOD는 크게 외부오염원으로부터 기인되는 유기물과 자생유기물에 의한 것으로 구분이 되며 BOD 측정시 나타나는 값은 이 두 유기물을 모두 포함한 값이다. 그러나 기존의 QUAL-2E 모델에서는 하천의 영양염류에 의해 자생된 조류에 의해 발생된 자생 BOD는 고려되지 않았기 때문에 정확한 BOD를 예측할 수 없다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점은 자생 BOD를 고려한 연구인 식물플랑크톤의 생산이 BOD에 미치는 영향(이수웅,1995), 낙동강에서의 자생 BOD를 고려한 연구(신성교,1996; 백경훈 1998)에서 이미 제시된 바가 있다.

따라서, 본 연구는 수질이 악화되는 하계의 금강 중·하류역의 수질관리를 목적으로, 먼저 HEC-2모델을 이용하여 하천의 수리수문 특성을 조사하고, 하천 수질예측에 많이 적용된 QUAL-2E 모델에 자생BOD를 수식화하여 모델내 포함시킨 후, 금강 하류부에 위치한 부여상수원수 취수장을 중심으로 상수원수 2급수의 수질을 유지하기 위한 최적의 수질관리 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 수리모델의 구성

QUAL-2E 모델(1987)은 유속 및 수심 계산에 있어 하천단면을 사다리꼴 모양으로 입력하거나 또는 수리학적 특성 즉, 유속-유량 및 수심-유량의 유량상수를 입력시킬 수 있다. 이 두 방법 중 유량상수의 입력이 보다 정확한 유속과 수심을 얻을 수 있으므로 수리모델링 결과 얻어진 일정 유량에 대한 유속과 수심자료는 수질모델링에 매우 유용하게 이용될 수 있다. 또 QUAL-2E 모델의 장점은 수리모델과 결합하여 사용할 수 있기 때문에 QUAL-2E 모델을 사용하기 전에 HEC-2 모델(1990, 1995)의 결과를 이용하여 동일한 수리학적 특성을 가진 구간을 구분하였다.

HEC-2모델의 출력자료로부터 대청댐에서 금강하구둑까지 129.5km의 거리를 수리특성이 유사한 8개의 구간으로 분리하고, 대청댐을 기점으로 Reach No.1은 129.85~125.03km, Reach No.2는 125.03~110.40km, Reach No.3은 110.40~90.25km, Reach No.4는 90.25~70.25km, Reach No.5는 70.25~54.86km, Reach No.6은 54.86~34.66km, Reach No.7은 34.66~14.66km, Reach No.8은 14.66~0km의 길이를 가진 8개의 구간으로 설정하였고, 각 reach는 1km구간을 갖는 element로 구성하였다. 따라서 모델에서의 하천구성은 element 130개, Reach 8개로 구성하였다.

2.2 수질자료 및 주요 반응계수

모델입력을 위한 수질자료는 하계 6월에 금강본류 6개 지점과 금강에 가장 큰 영향을 미치는 3개 지천(갑천, 미호천, 유구천)의 수질측정 결과를 이용하였다.

모델링 수행시 필요한 반응계수중 조류성장과 관계있는 조류성장속도, 반포화상수 및 조류의 BOD 전환계수는 실측된 자료를 이용하였으며, 기타 반응계수는 문헌에서 제시된 계수범위내의 값을 이용하였다. 수온 및 생화학적 인자의 온도 보정을 위한 기상자료는 1998년 6월의 기상월보(1998)를 이용하였다.

2.3 자생 BOD 수식화

식물플랑크톤에 의한 자생BOD의 영향을 고려하기 위해 다음과 같은 식을 이용하여 자생 BOD를 평가하였다.

$$\text{Total BOD} = \text{Allochthonous BOD} + \text{Autochthonous BOD}$$

$$\text{Autochthonous BOD} = \beta 5 \cdot \text{Chl.a}$$

여기서, BOD : mg/l

Chl.a : $\mu\text{g/l}$

$\beta 5$: converting factor (Autochthonous BOD/Chl.a)

2.4 Qual 2E 모델의 보정(Calibration)

하천에서 수질이 가장 악화되는 시기는 생물의 활동성이 증가되고 수량이 가장 적은 갈수기에 나타난다. 이때는 양호한 수질을 가진 상류수의 부족으로 각 지천으로 유입되는 오염물질을 충분히 희석시키지 못해 수질에 문제가 일어난다.

따라서 수질이 악화되는 갈수기인 하계 6월을 대상시점으로 이때의 자료를 이용하여 보정을 실시하였다. 모델 시작지점인 대청댐의 유량과 수질 및 주요 3개 지천의 유량과 수질을 하나의 경계조건값으로 입력하여 모델의 실측치와 계산치가 일치할 때까지 구간별 각종 반응계수를 수정하면서 시뮬레이션을 실시하였다.

보정의 정확도는 실측치를 참값으로 모델 계산치와의 상대오차로 표현하였으며, 모델의 주요변수인 용존산소, TIN, DIP, Chl.a, 및 BOD를 비교 분석하였다.

3. 결 론

본 연구는 금강 본류의 효율적인 수질관리를 위하여 수질이 악화되는 하계의 금강 중·하류역을 대상으로 하여, 우리나라의 하천 수질관리에 많이 적용되어 그 타당성이 검토된 QUAL-2E 모델에 자생BOD를 포함시켜, 상수원수 2급수의 수질을 유지하기 위한 최적의 수질관리 방안에 대한 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

모델의 보정 결과 모델재현농도와 실측농도와의 상대오차가 DO의 경우 7.80%, 질소가 11.47%, 인산인이 20.33%, Chl.a가 18.30%의 상대오차를 보여 모델이 수질을 잘 재현하는 것으로 나타났다. 그러나, BOD의 경우 자생 BOD를 고려하지 않았을 경우 상대오차가 43.18%로 매우 큰 상대오차를 나타낸 데 비해 자생 BOD를 고려한 모델의 BOD 재현결과는 14.99%의 상대오차를 보였다.

금강수질을 예측한 결과 부여광역상수도 취수원의 수질이 BOD 5.91 mg/l로 하천수질기준 3급수로 나타났으며 일부지역에서는 4급수를 나타내기도 하였다.

지천을 통한 BOD 유입부하량을 감소시킬 경우 100%가 감소되더라도 금강의 수질은 BOD 4.07mg/l로 3급수에 해당하였으며, 영영염류를 88%감소시키면 하천수질기준 2급수의 한계수치인 3.0mg/l이하로 나타나 영양염에 의한 자생BOD의 영향이 크게 나타났다.

따라서 금강수역의 수질관리를 위해서는 자생 BOD의 고려가 반드시 필요하며 영양염을 제거할 수 있는 영양염 제거시설이 반드시 필요한 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

안태홍, 1998, QUAL-2E 모형을 이용한 한강 본류수질의 예측, 서울대학교, 석사학위논문.

최영찬, 1991, 낙동강 하류의 부영양화 모델링에 관한 연구, 부산수산대학교 박사학위논문.

송교욱, 1992, 낙동강 수계의 수질관리를 위한 모델링, 부산수산대학교 박사학위논문.

신성교, 1996, 자생 BOD를 고려한 낙동상의 수질관리, 부경대학교 석사학위논문.

김선미, 1994. QUAL 2E 모델을 이용한 금강 하류의 수질변화에 관한 연구, 충남대학교, 석사학위논문.

최홍식, 이길성, 1987, QUAL 2 모형의 금강수계에의 적용, 대한 상하수도학회지, 제1권 제2호.

이수용, 1995. 낙동강에서의 Chlorophyll a 와 BOD와의 상관관계, 부경대학교 석사학위논문.

백경훈, 1998. 낙동강유역의 수질오염 부하량산정. 부경대학교 석사학위논문.

Environment research laboratory, 1987, The enhanced stream water quality models 'QUAL2E and QUAL2E UNCAS', EPA.

Hydrologic Engineering Center, 1990, Hydrologic engineering center HEC-2 water surface profiles, US Army Corps of Engineers.

건설기술정보센터, 1995, HEC 2 수면곡선계산프로그램, 한국건설기술연구원.

기상월보, 1998.6. 기상청.