

# 용담댐 방류수가 금강 수질에 미치는 영향 검토

심순보1)·이용석2)·고덕구3)·박석순4)

## 1. 서론

용수 수요의 증가와 수요-공급의 불균형 문제를 해결하고자, 인공 댐저수지를 건설하고 도수 시설을 하여 유역변경에 의한 용수 공급 방안들이 모색되어져 왔으며, 그 대표적인 예로써 현재 금강 상류에 건설되고 있는 용담댐을 들 수 있다.

그러나 댐을 건설함으로써 호수 내부의 오염물질 축적 현상과 이에 따른 담수 수질의 악화 및 댐 방류량 변화에 따른 하류 하천 수질의 변화가 문제점으로 대두되고 있는 실정이다.

대상 하천의 수질 관리는 상류 수계의 수질 변화 및 유입 지천으로부터의 오염 부하량 변화를 정량적으로 분석함으로써 최적화 될 수 있을 것이다 (Park and Uchirin, 1990b). 이를 위한 도구로써 QUAL2E 등의 전산수질모델의 도입과 개발, 이들을 이용한 수질관리 기술에 관한 연구가 수행되어 왔다. (박석순 등, 1991; 박민대와 박석순, 1993).

본 연구에서는 미연방환경처에서 개발한 QUAL2E 모델(Brown and Barnwell, 1987)을 이용하여 금강의 용담수위표 지점에서부터 하류 대청호 유입전지점까지의 구간을 대상으로 모델을 구성하고, 현장 수질조사자료를 기초로 계수의 보정 및 검증을 수행하였다. 또한 장래 금강상류 용담댐의 건설 후 예상되는 다양한 방류 수량 및 수질 조건을 설정하고, 이에 따라 나타나는 금강 수질변화를 예측 검토하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상 개요 및 현장 연구

- 1 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수
- 2 한림전문대학 환경관리과 전임강사
- 3 충북대학교 수자원·수질연구센터 연구조교수
- 4 강원대학교 자연대학 환경학과 부교수

연구대상인 금강은 덕유산을 기점으로 총 유역 면적이 약 9,885.8 km<sup>2</sup>, 유로연장이 약 401.4 km 로, 상류에서는 비교적 급한 경사를 이루고, 유하하면서 무주 남대천, 봉황천, 초강천, 송천, 보청천등의 크고 작은 주요 지천들이 차례로 합류된 후 대청호에 유입된다. 상류의 하상 특성은 20m-70m정도의 넓은 하폭에 비하여 수심이 1 m이내이며, 평균 유속이 0.2m/sec를 초과하고 대부분의 바다는 자갈과 일부 입자가 큰 모래로 구성되어 있다. 하류 대청호 유입지점 부근에서는 유속이 느려지고 하상이 모래로 이루어진 구간이 나타난다.

본 연구의 대상수역은 Fig. 1에 제시한 용담 수위표 지점에서부터 대청호 유입 전까지 약 147km 구간이며, 이 구간에서 총 11개의 크고 작은 지천이 합류된다. 본 연구에서는 금강의 수질 분포를 요약할 수 있는 본류 9개 지점과 유입되는 주요 지천(T) 11개 지점을 선정하여 현장조사를 실시하였다. 조사 항목은 유량, 수온, pH, 전기전도도, 용존산소, 5일 BOD, 질소류, 인류, 총부유성고형물질등이며, 조사기간은 1993년 12월 21일 부터 1994년 5월 1일까지로 총 3회에 걸쳐 실시하였다.

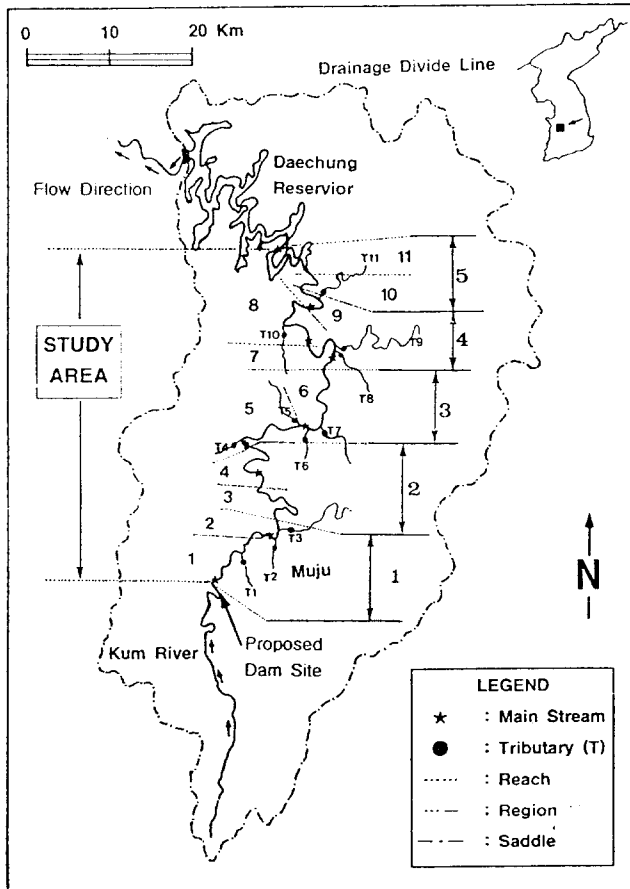


Fig 1. Sampling Locations and Model Segmentation of Kum river.

## 2.2 모델 원리

본 연구에서는 금강 본류중 용담 수위표 지점에서 하류 대청호 유입지점 전까지의 하천 구간에서 나타나는 수질변화를 미연방 환경처(U.S. EPA)에서 개발한 다인자 하천 수질 모델인 QUAL2E모델(Brown and Barnwell, 1987)을 이용하여 시뮬레이션 하였다. QUAL2E는 종합적이고 사용 범위가 넓은 하천 수질 관리 모델로서 총 15가지의 수질인자를 시뮬레이션할 수 있으며, 각 수질인자는 일차원 운반 및 확산식(One-Dimensional Advection Dispersion Equation)에 의해 시뮬레이션 되며 오염물질의 변화는 식(1)과 같이 표현된다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} A_x \cdot D_x \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\partial(A_x \cdot u \cdot C)}{\partial x} + \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{S}{V} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, X: 거리 [L], C: 오염 물질의 농도 [M/L<sup>3</sup>], u: 구간 평균 유속 [M/T], V: 수체 부피 [L<sup>3</sup>], t: 시간 [T], A<sub>x</sub>: 단면적 [L<sup>2</sup>], S: 내부 유입및 유출원 [M/T], 그리고 D<sub>x</sub>: 확산 계수 [L<sup>2</sup>/T] 이다.

## 2.3 모델 형성

QUAL2E 모델에서는 하천을 동일한 수리적 생물학적 특성을 갖는 구간 (Reach)으로 나누고 각 구간은 다시 수치해석적해(Numerical solution)를 구하는 기본 인자가 되는 계산 요소(Computational Element)로 나누도록 프로그램되어 있다. 본 연구에서는 용담 수위표가 위치하는 지점의 약 1km상류에서 부터 대청호 유입전인 장계리의 장계교까지 총 147 km를 11 구간(Reach)으로 나누었으며 계산 요소의 길이는 1.0 km로 하였다. 또한 하천의 지형적 특성에 기인한 수리변화는 Manning공식에 의해 계산하여 모델의 기초 자료로 입력하였다.

본 연구에서는 대상 수계를 보다 세밀하고 적절하게 시뮬레이션하기 위해 하천의 수리적 특성이 동일한 구간을 대상 수계의 해발 고도 분석을 통해 상류에서 하류까지 총 5개의 대 구역(Region)으로 구분하였으며, Fig. 1에서 보는 바와 같이 제 1구역에는 구간 1, 2가, 제 2구역에는 구간 3, 4가, 제 3구역에는 구간 5, 6이, 제 4구역에는 구간 7, 8, 9가, 제 5구역에는 구간 10, 11이 각각 포함되도록 하였다.

## 3 모델의 보정 및 검증

1994년 2월 1일에서 2일까지 양일간(2차 조사)에 측정한 용존 산소(DO), 생물화

학적 산소 요구량(BOD), 유기질소(ORG-N), 암모니아성질소(NH<sub>3</sub>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub>-N), 유기인(ORG-P), 용존인(DIP), 총 부유성 고형물(TSS), 전기전도도(Conductivity)등의 자료를 이용하여 각 수질 인자에 대하여 하천 수질에 적절하게 보정을 실시하였다.

결정된 보정 계수와 1994년 4월 30일에서 5월 1일까지 양일간(3차 조사) 측정된 실측 자료를 이용하여 모델 검증을 실시하였다.

#### 4. 모델의 적용

##### 4.1 경계조건 및 예측 경우

하천 수질 모델로 다양한 조건에서의 장래 예측을 실시할 경우 모델 시작 지점과 유입지점에서 유입 및 수질 조건과 수온이 예측 조건으로 주어져야 한다.

본 연구에서는 방류수량 5가지 경우(2.2, 5.4, 7.5, 10.0, 12.0 m<sup>3</sup>/sec)와 방류수의 수질 조건 3가지 (조건A: 2등급 수준; 조건 B: 3등급 수준; 조건 C: 4등급 수준), 그리고 유입 지점에서 수질 및 수량 조건은 예상되는 최악의 조건을 설정하였다.

또한 댐 하류 11개의 유입 지천으로부터 유입되는 BOD<sub>5</sub>와 TSS의 오염 부하량을 각각 50%, 80%로 저감하였을 경우를 가정하여 대상 하천의 본류 구간에서 나타나는 오염물질 저감 효과를 분석 고찰하였다.

##### 4.2 방류 수량 및 수질 조건에 따른 수질변화 예측결과

용담댐 건설 후 예상되는 방류 수량 조건과 수질변화조건에 따라 나타나는 하류 구간에서의 BOD<sub>5</sub> 농도와 TSS농도 분포를 예측하였다. (Fig 2)

예측 결과, 유입 지천 수질이 최악 조건이라면 용담댐 방류 수질이 현재 수질을 계속 유지하여도 방류수량 조건에 관계없이 영동천(T8) 유입 이후 하류 구간에서는 BOD<sub>5</sub>(유기물)농도 수준이 하천수질환경기준 2등급을 상회할 것으로 나타났다. 방류수량 증감에 따른 하류 수질변화 폭은 비교적 크지 않는 것으로 예측되었으나 방류수량이 감소할수록 자정능력의 감소로 하류 구간에서 수질이 점점 악화되는 것으로 나타났다.

한편 수질조건 A에서 유입 지류 유기물 농도를 50% 저감한 경우, 하천 전 구간에서 BOD<sub>5</sub> 농도는 방류조건 모두 하천수질환경기준 2등급의 수준을 유지하며, 80% 처리한 경우 50% 처리에 비하여 수질이 보다 향상되는 것으로 나타났다.

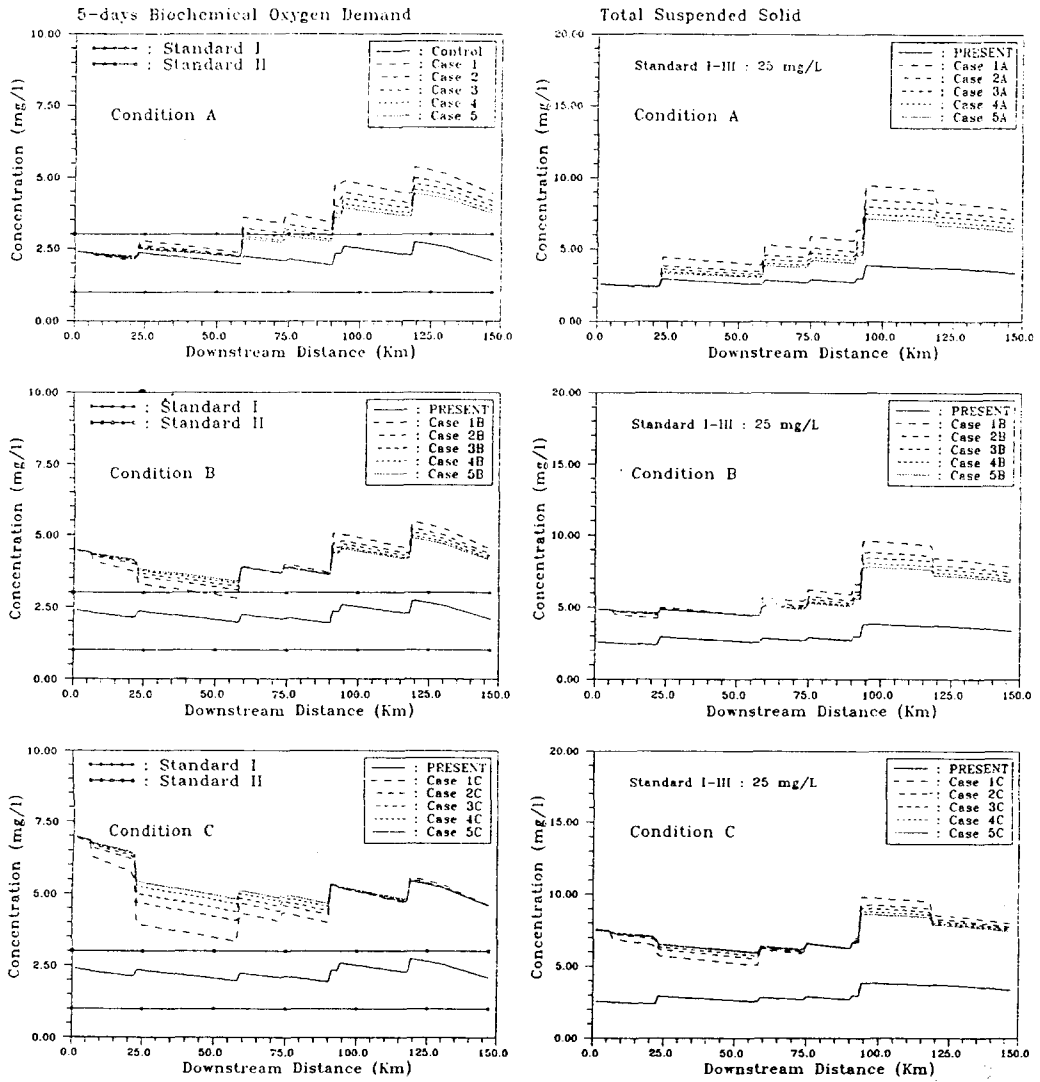


Fig 2. Longitudinal Distribution of Predicted BOD<sub>5</sub> and TSS in Kum River

## 5. 결론 및 요약

본 연구에서는 금강의 대청호 상류 구간에서부터 대청호 유입 전까지의 하류구간에서 나타나는 수질변화를 미연방 환경처에서 개발한 QUAL2E모델(1992)을 이용하여 예측하였다. 연구의 수행과정과 이를 통해 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 총 3회에 걸쳐 실시된 현장조사를 기초로 모델을 보정 및 검증하였으며, 수질 변화 예측에서는 비교적 오차 범위가 작게 나타난 보정 입력 자료를 사용하였다.

2) 용담댐 건설후 방류수량 조절조건과 방류수 수질조건 등 경계조건을 다양하게 설정하여 용담댐 하류에서 나타나는 수질변화를 예측한 결과, 용담댐 방류수질이 현재 수질 상태를 유지하더라도 지류 유입수의 수질이 조절되지 않으면 금강 본류의 수질은 악화되는 것으로 나타났으며, 방류수량이 감소할 수록 이 현상은 심화될 것으로 예측되었다.

3) 용담댐 건설후 하류 금강 수계의 수질 악화를 완화하고 대청호로 유입되는 수질을 적절히 유지 관리하기 위해서는 먼저 방류지점 하류에서 유입되는 지천들의 오염 부하량을 제어하기 위한 계획과, 또한 용담댐 내부 수질을 현 상태의 수준을 초과하지 않도록 유지 관리하는 계획이 수립되어야 할 것으로 판단되었다.

## 참고문헌

1. 한국수자원공사, "전국 하천 조사서", 1992.12.
2. 박민대, 박석순, "탄천에서의 STREAM모델 적용", 대한환경공학회지, Vol. 15, No. 1 : pp.365- 375, 1993.
3. Brown, L. C., Jr, T. O. Barnwell, "The Enhanced Stream Water Quality Models QULA2E and QUAL2E-UNCAS, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA. 30613, EPA/600/3-87/007, 1987.
4. O'Connor, D.J., W.E. Dobbins, "Mechanism of Reaeration in Natural Streams", *Trans. ASCE*, Vol. 123, pp 641-684, 1958.
5. Park, S.S., C.G. Uchrin, "Water Quality Modeling Study of the Lower South Branch of the Raritan River", *Bull. N. J. Acad. Sci.*, Vol. 35, No 1, pp 17-23, 1990a.
6. Park, S.S., C.G.Uchrin, "Water Quality Modeling Study of the Matchaponix Brook(NJ, USA): Waste Load Allocation Analysis", *Kor. Journal of Limnology*, Vol. 23, No 2, pp 99-113, 1990b.