

# 대청호의 유입부하량 산정

심순보<sup>1)</sup>, 김병찬<sup>2)</sup>, 고덕구<sup>3)</sup>, 이용석<sup>4)</sup>

## 1. 서론

저수지의 수질은 유입수의 수질과 저수지내의 저류조건에 의해 좌우되므로 저수지 수질 악화를 방지할 수 있는 최적 대안을 마련하기 위해서는 유입수의 오염 부하량을 보다 정확하게 산정할 수 있어야 한다. 본 연구의 목적은 대청호의 유입 오염부하량을 산정하기 위하여 먼저 유역의 수환경에 미치는 환경 관련 정보를 수집, 정리하였다. 그리고 이를 바탕으로 유역으로 부터의 오염 발생 및 배출부하량을 산정하고, 산정된 배출부하량을 QUAL2E 하천 수질 모형에 연계하여 대청호 상류 금강 본류구간의 수질 거동을 모의 발생함으로써 대청호의 유입부하량을 산정하였다.

## 2. 기본사항

### 2.1 용어 정의

하천 유역의 임의 지점에 부하되는 오염 물질은 그 상태에 따라 오염 발생부하, 배출부하, 유입부하로 크게 나눌 수 있다. 이를 정의하면 다음과 같다.

- ① 오염 발생부하 : 하천유역내 점 및 비점오염원의 생활계, 축산계, 산업계, 자연계를 통하여 발생하는 “수질오염물질”을 뜻한다.
- ② 오염 배출부하 : 오염 발생부하로 부터 하천 수질오염에 기여하는 양으로써 발생부하에서 수거나 처리 등을 통해 제거되는 정도를 고려하여야 한다.
- ③ 오염 유입부하 : 오염발생원에서 배출된 수질 오염물질이 유입지점에 도달하기 까지의 과정에서 지표 및 하천에서 생물분해, 침전, 침투작용 등을 통해 감소하는 정도를 정량적으로 분석함으로써 산정될 수 있다.

- 
1. 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수
  2. 충북대학교 토목공학과 석사수료
  3. 충북대학교 수자원·수질연구센터 조교수
  4. 한림전문대학 환경관리과 전임강사

## 2.2 각 오염부하량 산정 방법

### 2.2.1 발생부하량 산정

오염 발생부하량은 오염원별로 실측한 값을 사용하는 것이 원칙이나 이를 일일이 실측한다는 것은 매우 어려운 일이다. 일반적으로는 오염원의 규모와 오염원별 원단위에 의한 발생부하량 산정기법을 많이 적용하고 있다. 오염원단위는 여러가지 요인에 의해 지역적인 큰 차이를 보일 수 있으나 본 연구에서는 각종 연구결과들을 분석하여 비교적 본 유역에 적합하다고 판단되는 값들을 적용하였으며, 이 값을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Unit pollutant load factor according to the landuse (unit:  $kg/km^2/day$ )

Class \ Item	BOD	T-N	T-P
Paddy field	5.12	8.20	1.40
Upland	5.18	8.95	0.39
Forest	1.00	4.64	0.021
Urban area	87.60	10.05	0.55
Others	0.96	4.64	0.027

(자료 : 농어촌용수 환경관리에 관한 연구(II), 1993)

### 2.2.2 배출부하량 산정

배출부하량에 영향을 미치는 인자로는 유역면적, 지형 및 식생 등 유역의 지상학적 인자와 유역의 인구밀도, 농경지의 비율, 산업규모 및 분포 등 인문·사회적 인자를 들 수 있다. 배출 경로에 대한 구체적인 파악이 어려운 여건하에서는 물리적인 모형의 구성이 불가능하여, 조사된 배출부하량과 이들 인자간의 상관관계를 분석하여 이를 모형화하는 것이 보편적인 방법이다 (농림수산부·농어촌진흥공사, 1993).

### 2.2.3 유입부하량 산정

저수지의 유입부하량 산정은 상류의 유입 하천 구간에 대해 수질거동을 모의함으로써 가능하게 된다. 이와 같은 하천 구간의 수질 변화 예측을 위한 모델로는 미 환경청의 QUAL2E 다인자 하천 수질 모델을 대표적으로 꼽을 수 있다. 한편 하천 수질 모델의 적용에 있어서 각 유역으로 부터의 배출부하량은 모형의 경계조건이 되며, 모형을 통해 예측된 하천 구간 최말단의 수질상태는 저수지에 대한 유입부하량으로 해석될 수 있다.

## 3. 각 오염부하량 산정

### 3.1 발생부하량

발생부하량 산정을 위해 본 연구에서는 행정구역별 각종 오염원 현황자료를 조사·수집하였으며, 대청호 유입 전까지의 금강 상류유역을 주요 지천별 소유역으로 분할하였다 (Fig. 1). 그리고 분할된 소유역을 동일축척의 행정구역도에 중첩시켜 각 소유역에 포함된 행정구역의 면적을 구하고, 그 행정구역 전체 면적에 대한 면적비를 고려하여 소유역별로 오염원의 규모를 분배하였다.

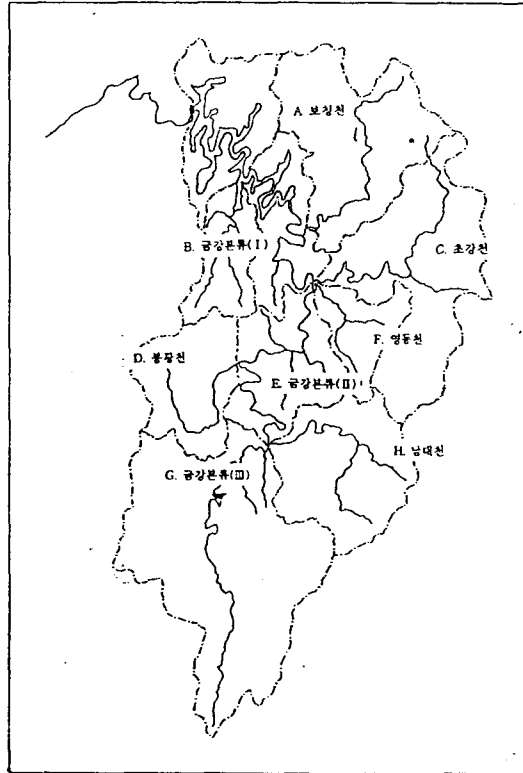


Fig. 1 Contributory catchment of Daechong reservoir

### 3.2 배출부하량

오염원으로 부터 실제 배출되어 하류 수질오염에 영향을 미치는 정도를 기여율이라 하며, 유역으로 부터의 배출부하량을 산정하기 위하여 기존의 연구 결과로 부터 Table 2에 나타낸 바와 같이 조사된 기여율을 사용하였다.

Table 2. Contribution rate of Pollutant Load (%)

Item	B O D	T - N	T - P
Domestic	5.6 - 30.7	1.7 - 13.7	2.2 - 30.6
Livestocks	30.5 - 80.3	20.3 - 64.3	6.3 - 64.1
Industry	0.0 - 36.4	0.0 - 45.6	0.0 - 85.8
Landuse	14.2 - 38.5	28.6 - 75.7	5.7 - 66.5

또한 지류로 부터 본류로의 유입부하량을 산정하기 위하여 오염부하 유출율을 계산하였는데 실제 수질 농도 및 유량은 5개의 지류 유입지점과 3개의 본류 구간 지점에서 1993년 12월 21일 부터 1994년 5월 1일사이에 3회에 걸쳐 조사된 자료를 이용하였다.

$$\text{오염부하 유출율(\%)} = \frac{\text{유량(Q)} \times \text{농도(mg/l)}}{\text{오염원으로부터의 배출량(kg/day)}} \quad (1)$$

한편 유출율은 유역의 제반 특성에 의해 결정되는 값으로써 본 연구에서는 유출율을 종속변수로, 유역의 제반특성을 독립변수로 하여 회귀분석을 실시하고 그 결과로 부터 유출율을 산정할 수 있는 다중회귀모형식을 유도하고자 하였다. 유역특성 파라메타로서 유역면적, 인구밀도, 유로연장, 인구, 농경지비율(농경지면적/소유역면적), 유량을 대상으로 다중회귀분석을 실시한 결과, 유량과 인구밀도, 농경지비율 등이 비교적 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났으며 그 결과로 부터 다음의 식(2)와 같은 오염물질별 유출율 산정을 위한 다중회귀모형식을 유도하였다.

$$\begin{aligned} Y1 &= -0.084 X1 + 0.030 X2 + 7.243 X3 \\ Y2 &= 0.009 X1 + 0.005 X2 + 1.249 X3 \\ Y3 &= -0.007 X1 + 0.000 X2 + 0.651 X3 \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, Y1, Y2, Y3 = 각각 BOD, T-N, T-P의 유출율(%)

X1, X2, X3 = 유량(m<sup>3</sup>/sec), 인구밀도, 농경지비율(%)

### 3.2.1 배출부하량 산정모형의 알고리즘

위에서 설명된 일련의 과정을 통해 도출된 유출율과 기여율, 유역의 발생 오염부하량을 이용하여 유역으로부터의 배출부하량은 다음의 식(3)에 의해 산정되도록 하였다. ( 별첨 산정모형 알고리즘 참조 )

$$\text{배출부하량} = \text{유출율} \times \text{기여율} \times \text{발생부하량} \quad (3)$$

## 3.3 유입부하량

### 3.3.1 하천구간의 수질모형

대청호 상류 금강 본류구간에 대한 하천 수질 모델 형성을 위해 용담댐 건설 지구 약 1km상류에서 부터 대청호 유입전인 장계리의 장계교까지 총 147 km를 11구간(Reach)으로 나누었으며, 계산 요소의 길이는 1.0 km로 하여 QUAL2E 모형을 적용, 보정과 검정 과정을 통하여 수질 반응계수를 결정하였다.

### 3.3.2 대청호 유입부하량 산정

배출부하량 산정모형을 이용하여 금강 본류구간에 대한 지천별 유입부하량을

산정하고, 이를 QUAL2E 모형의 경계조건으로 하였다. QUAL2E 모형에 의해서 는 금강 본류구간의 각 지점에 대한 수질예측이 이루어지고, 그 결과로써 도출된 하천구간 하류부, 즉 대청호 유입지점에서의 수질 예측치는 대청호의 유입부 하량으로 해석될 수 있다.

#### 4. QUAL2E를 이용한 유입부하량 산정 적용

##### 4.1 예측조건

지금까지 관측된 자료에 기초하고 동시에 용담댐 건설이 하류 수질에 가장 큰 영향을 미칠 경우를 가정하여 예측 조건을 설정하였다. 용담댐 건설 완료후 댐 방류지점에서의 유량 조건은 2.2, 5.4, 7.5, 10.0, 12.0 m<sup>3</sup>/sec (각각 CASE1~CASE5)의 5가지 경우로 가정하고, 방류수의 수질 조건은 현재와 동일하게 유지될 경우로 하였다.

##### 4.2 결과 및 고찰

앞에서 제시한 조건으로 모의 해 본 결과 대청호 유입부하량은 Table 3과 같았다. 이 양을 하천 수질 농도로 변환하여 분석한 결과, 댐 건설후 방류지점에서 현재와 같은 수질을 유지하더라도 BOD농도가 현재 상황보다 증가되는 것으로 예측되었으며 방류 수량이 감소할수록 증가 정도가 심화되는 것으로 예측되었다. 즉 대청댐 유입수의 수질은 모든 방류 조건에 대해 하천수질환경기준 2등급을 벗어날 것으로 예측되었으므로 장차 상류의 지류 유역에서의 배출부하량을 저감할 수 있는 대책이 시급한 것으로 판단되었다.

본 연구를 통해 개발된 모형을 이용함으로써 장차 변화될 발생부하량의 추이와 발생부하량 저감 방안의 효율성에 대한 검토 등을 수행할 수 있을 것이다.

Table 3 Estimated pollutant loads into Daechong reservoir (unit : kg/day)

Condition \ Item	B O D	T - N	T - P
case 1	9,791.186	2,143.894	110.510
case 2	10,314.410	2,361.130	124.270
case 3	10,664.000	2,506.040	106.640
case 4	11,091.850	2,679.330	115.240
case 5	11,418.220	2,839.290	122.120

#### 5. 결론

대청호의 수질을 적절히 관리하기 위한 많은 방안들이 모색되고 있는데, 이를 위

해 본 연구에서는 대청호 상류의 여러 소유역으로부터 지류를 통해 금강 본류로 배출되는 오염물질별 배출부하량을 산정할 수 있는 모형을 개발하고, 이를 하천 수질 모형인 QUAL2E와 연계함으로써 대청호 유입 오염부하량을 산정할 수 있었다.

본 연구의 수행과정과 이를 통해 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 대청호 상류 유역에 대한 오염원 현황 자료를 수집·분석하고, 기존의 관련 연구 문헌을 통해 조사된 오염원별 발생 원단위를 이용하여 각 지류 소유역별 발생 오염부하량을 산정하였다.
- 2) 유출수의 수질 파악과 모형의 매개변수 도출을 위하여 금강 본류구간 9개 지점, 지류유입부 11개 지점에 대해 3회에 걸쳐 수질현황을 조사하였다.
- 3) 산정된 발생 오염부하량으로부터 기존의 연구결과로써 제시된 오염원별 배출부하 기여율을 적용하여 각 소유역별 배출 부하량을 계산하고, 실측된 지류 유입부의 수질자료를 이용하여 오염물질별 유출율을 산정하였다.
- 4) 오염물질별 유출율을 각종 유역 특성 매개변수에 대해 다중회귀분석을 실시한 결과, 유역의 농경지비율, 인구밀도, 유출수량의 순으로 높은 상관성을 가지는 것으로 나타났으며, 이를 바탕으로 각 오염물질을 종속변수로, 이들 유역특성 매개변수들을 독립변수로 하는 다중회귀분석 모형을 유도하고 이를 바탕으로 유역으로부터의 배출부하량 산정 전산모형을 개발하였다.
- 5) 금강본류 하천구간에 대해 QUAL2E모형을 적용하여 모형의 매개변수를 보정 및 검정하였다.
- 6) 대청호 상류의 각 지류유역으로부터 배출부하량 산정모형을 통해 계산된 결과를 QUAL2E모형의 지류 유입 경계조건으로 하고, 용담댐 운영에 따른 5개 유량 조건을 설정하여 이들을 각각 상류경계조건으로 하여 모형을 적용한 결과, 대청호의 수질은 용담댐 방류수의 수량 뿐만아니라 방류수의 수질 및 지류 유입 오염부하량에 의해 많은 영향을 받는 것으로 예측되어 장차 용담댐 저수지 및 유역으로부터의 배출수 수질관리가 선행되어야 할 것으로 판단되었다.

#### 참고문헌

- 1) Steven C. Chapra, "Surface Water-Quality Modeling"
- 2) 한국수자원공사, "전국 하천 조사서", 1992.12.
- 3) 한국수자원공사, 건설부, "용담 다목적댐 시설설계 환경영향 평가서", 1991.7.
- 4) 농림수산부, 농어촌진흥공사, "농어촌용수 환경관리에 관한 연구(Ⅱ)", 농업개발 연구소, 1993.11.
- 5) 무주, 진안, 상주, 금산, 영동, 옥천, 보은군 통계년보, 1980-1993
- 6) 건설부, 한국수자원공사, "용담댐 하류에 미치는 영향검토 보고서", 1994.12