

## OE3) 충주댐 조정지호 유입하천 오염원의 특성 분석

장인수\*, 김진극<sup>1</sup>, 이원호<sup>1</sup>, 김지학<sup>2</sup>

충주대학교 환경공학과, <sup>1</sup>건설도시공학과, <sup>2</sup>토목공학과

### 1. 서 론

최근 환경문제에 대한 관심의 꾸준한 증가와 오염총량관리제 실시를 앞두고 환경관리기술 및 정책개발에 상당한 노력과 막대한 예산을 투자해 오고 있으나, 오염물질의 다양성과 많은 혼합배출물질들의 감지 및 분석상의 한계 때문에 저수지의 수질관리가 어려운 실정이다. 저수지의 수질 변화는 유입하는 오염물질이 유량 및 유속 분포에 따라 희석, 확산, 분산작용을 일으키며 유하하는 동안 도시하천의 특성과 자연하천의 특성을 반영하여 각종 수문인자가 영향을 받게 되므로 신뢰도가 높은 수질예측을 위해서는 세분화된 오염원의 유입특성 이 필요하게 된다. 따라서 본 연구에서는 저수지로 유입되는 하천을 도시하천과 자연하천으로 세분화하여 오염원의 유입특성을 분석하고 이를 통해 저수지 수질관리 정책 및 의사결정에 효과적으로 반영할 수 있도록 기초자료를 제공하는 것이 본 연구의 목적이다.

### 2. 연구의 내용

저수지 오염원의 유입특성을 분석하기 위해 충북 충주시에 위치한 조정지호를 대상 저수지로 선정하였다. 조정지호로 유입하는 하천은 충주시를 관통하여 도시하천의 특성을 나타내는 충주천(37km<sup>2</sup>)유역과 농경지를 경유하여 조정지호로 유입하는 전형적인 자연형 하천인 요도천(51.04km<sup>2</sup>)유역에 강우시와 비강우시 유량측정과 수질조사를 실시하였다. 수질분석결과를 토대로 강우-오염부하량간의 상관관계 및 초기세척효과를 분석함으로써 도시하천과 자연하천의 오염원 유입특성을 분석하였다.

### 3. 강우-수질 상관관계 분석

저수지로 유입되는 오염원의 유입특성을 분석하고자 건기시 13회, 우기시 3회에 걸쳐 강우-수질조사를 실시하였다.

#### 3.1. 우기시 유량-수질간 상관관계 분석

강우시 연속조사에 의한 수질분석결과 용존산소는 충주천, 요도천 모두 평균적인 농도는 크게 변화하지는 않으나 충주시를 관통하고 있는 충주천의 경우 초기유출시 과도한 오염물질의 유입으로 인한 일시적인 용존산소의 감소가 나타났다.

충주천의 경우 침투유량이 발생하는 시간보다 수질 농도의 침투피크가 앞서 나타나는 경향을 보였다. 도시하천의 충주천의 경우 강우 발생 후 침투유량에 도달하는 시간이 평균 31.5분으로 도시하천을 빠르게 통과하여 조정지호의 유량과 수질에 영향을 미치는 것으로

판단된다.

요도천의 경우 강우시 침투유량에 도달하는 시간이 평균 2.1시간으로 투수지역이 많은 자연하천의 특성을 나타내고 있으며, 평균 BOD 1.65mg/ℓ로 수질환경기준Ⅱ 등급의 수질을 나타내고 있다.

### 3.2. 건기시 유량-수질 상관관계 분석

건기시 조사한 6월부터 12월까지 유량-수질 상관관계 분석을 위하여 수질인자의 농도와 유량관계를 그림 3.1과 그림 3.2에 나타내었다.

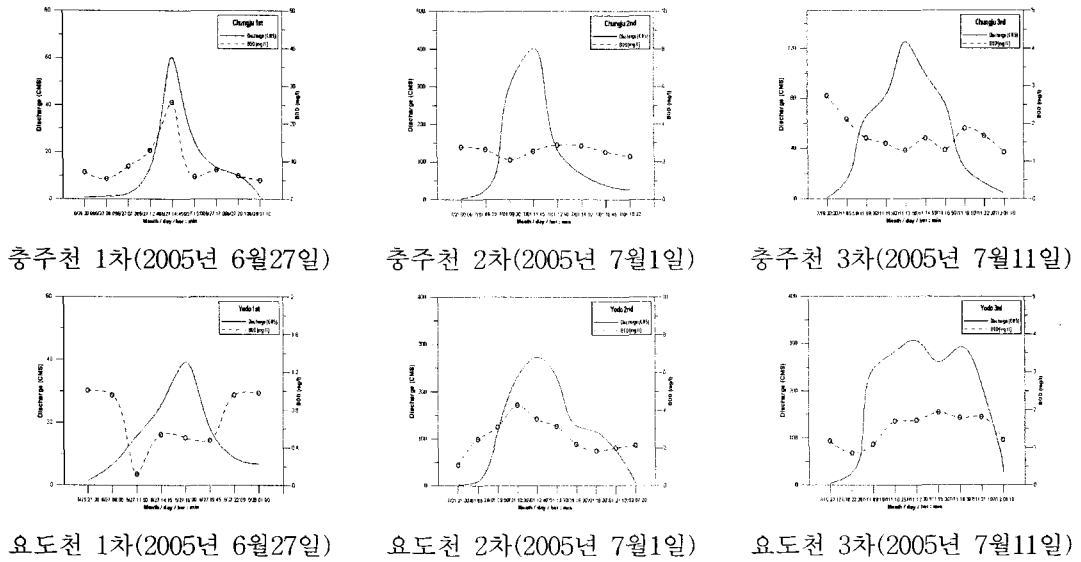


Fig. 3.1. 우기시 충주천,요도천 유량-BOD 관계 그래프.

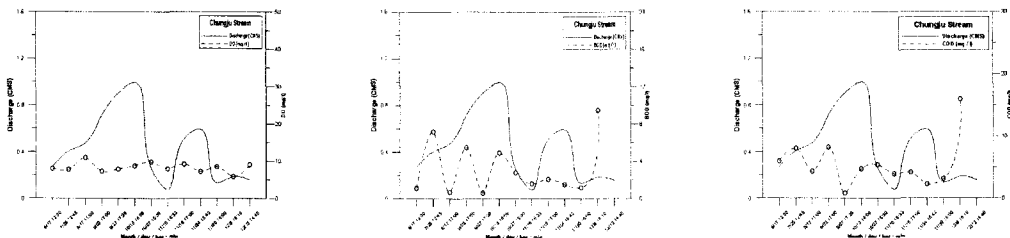


Fig. 3.2. 건기시 충주천 DO, BOD, COD 유량-수질간의 상관관계.

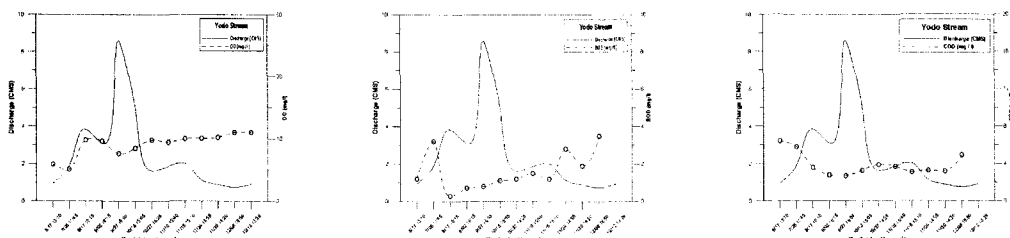


Fig. 3.3. 건기시 요도천 DO, BOD, COD 유량-수질간의 상관관계.

비강우시 각 유역하천의 유량은 13회 평균이 충주천은 0.437 CMS, 요도천은 2.498 CMS 유역면적이 넓은 요도천의 유출량이 많았다. 오염물질 농도는 각 유역별로 크게 차이가 있는 것으로 나타났으며, 도시적 특성이 반영된 충주천의 수질이 평균 BOD 4.2mg/l로 하천 수질환경기준 Ⅲ등급에 해당하는 수질을 나타내고 있으며, 평균 SS농도는 22.23mg/l, 최대 SS농도 69.6mg/l로 생활하수의 유입으로 시간대 별로 수질항목의 변화가 심한 것을 알 수 있다.

요도천의 경우 평균 BOD 1.7mg/l로 수질환경기준Ⅱ등급을 나타내고 있다.

#### 4. 강우에 따른 유량-오염부하량 상관관계 분석

오염부하량과 유출량의 관계는  $Conc = aQ^b$  여기서, Conc 오염부하량(kg/day), a, b = 회귀계수, Q는 유출량(m<sup>3</sup>/day) 이다.

##### 4.1. 우기시 유량-오염부하량 상관관계 분석

상관계수는 충주천의 경우 BOD 0.816, 요도천의 경우 SS 0.8607로 상관성이 가장 낮은 것으로 나타났다. 우기시 나머지 수질항목들의 상관계수가 두 하천에서 0.90~0.97의 범위로 나타나 강우와 오염부하량은 높은 상관관계를 갖음을 알 수 있다.

기저유출량을 나타내는 a 값의 경우 충주천의 BOD는 0.8542, COD 는 1.0968의 값을 나타내고 있었으며, 요도천은 BOD 1.1928, COD 1.1491 로 나타나 전반적으로 충주천이 요도천에 비해 기저유출에 의한 오염부하량은 작은 것을 알 수 있다.

##### 4.2. 건기시 유량-오염부하량 상관관계 분석

건기시의 기저유출을 나타내는 a 값은 BOD 항목에서 요도천이 0.3838, 충주천의 경우 1.0171를 나타내고 있어 충주천의 기저유출 BOD 농도가 높은 값을 나타내고 있다. 다른 수질항목들도 충주천에서 대체적으로 기저유출값이 요도천보다 높아 건기시 도시유역에서 오염물질 배출량이 더 많은 것을 알 수 있다. 회귀식의 기울기를 나타내는 b 의 값은 SS의 경우 충주천에서 3.6913, 요도천의 경우 3.1775로 유출량 증가에 따른 오염부하량이 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다.

#### 5. 초기강우 유출특성 조사

초기세척효과에 대한 조사를 위해 누적부하량곡선은 그림 5.1, 그림 5.2와 같다. 선행강우 일수가 11일인 1차 조사 결과 충주천의 경우 강우초기에 오염물질 발생량이 많은 것을 알 수 있으면, 요도천의 경우 강우후기에 오염물질의 발생량이 많은 것을 알 수 있다.

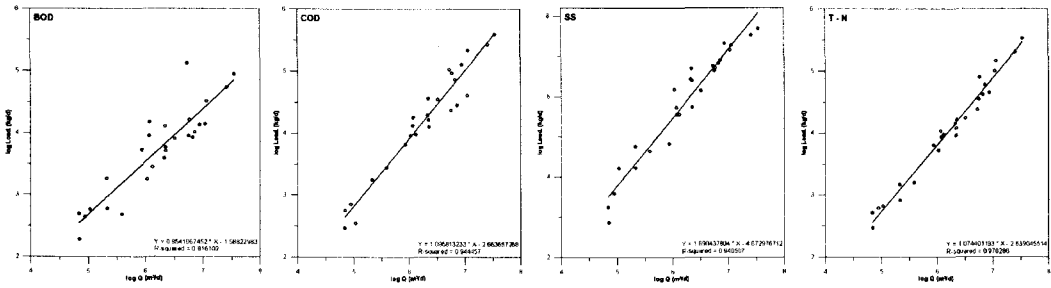


Fig. 4.1. 우기시 충주천 오염부하량과 유량과의 관계.

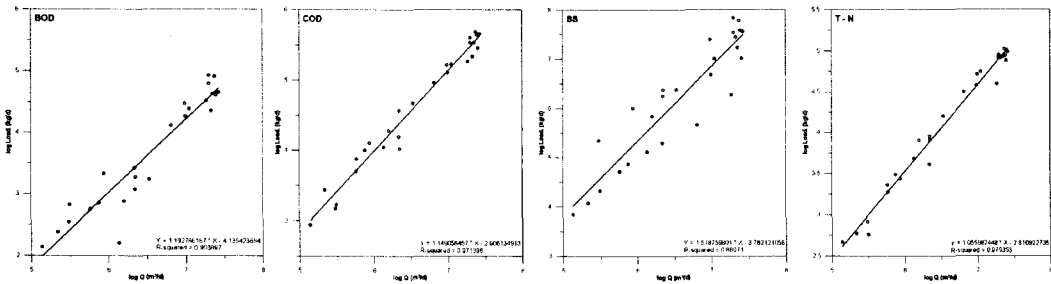


Fig. 4.2. 우기시 요도천 오염부하량과 유량과의 관계.

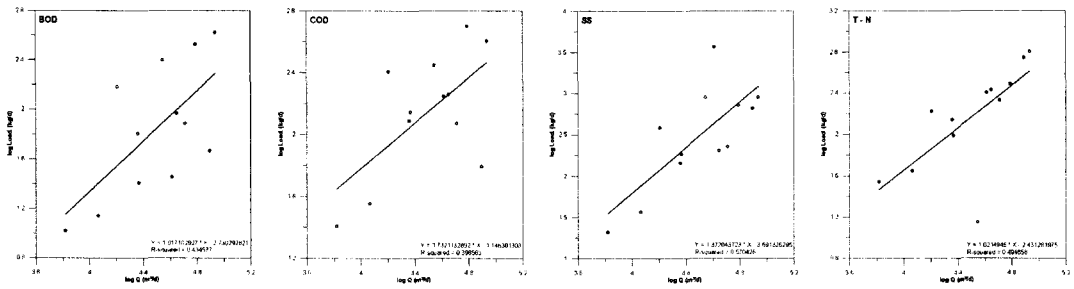


Fig. 4.3. 건기시 충주천 오염부하량과 유량과의 관계.

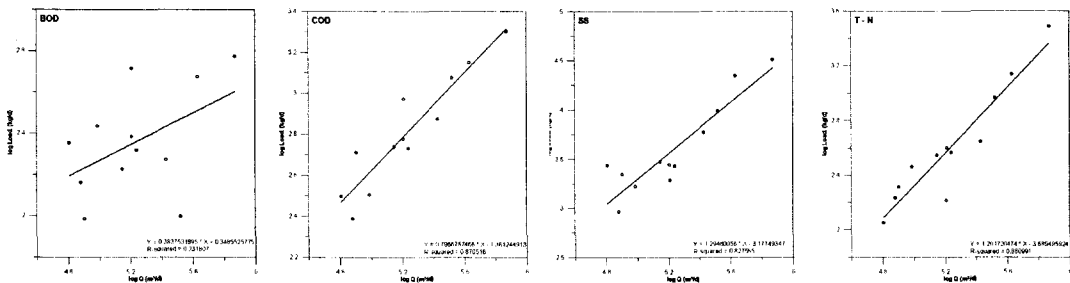


Fig. 4.4. 건기시 요도천 오염부하량과 유량과의 관계.

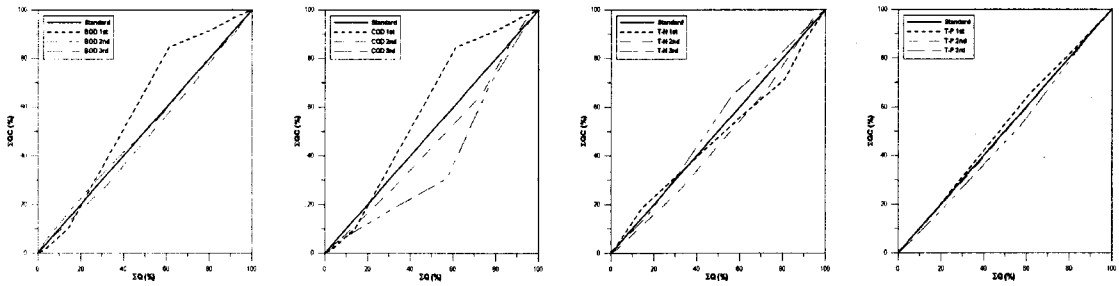


Fig. 5.1. 충주천 초기세척 효과.

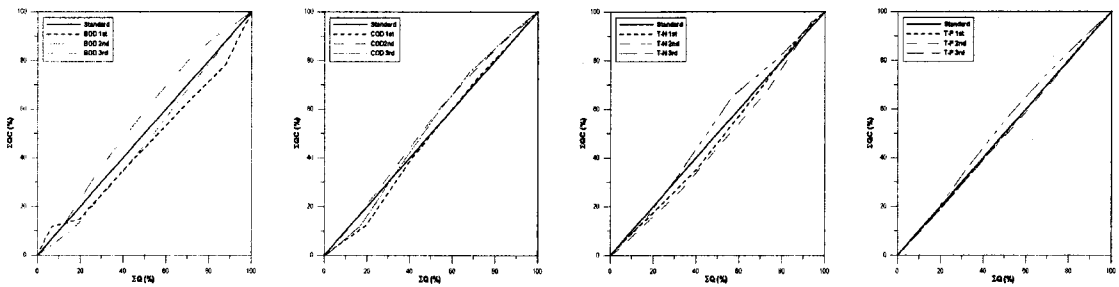


Fig. 5.2. 요도천 초기세척 효과.

선행강우일수가 2일과 5일인 2차, 3차시 충주천과 요도천에서 강우후기에 오염물질의 발생량이 강우초기보다 많은 것으로 나타났다. T-N과 T-P의 경우 두개 하천에서 모두 초기 세척효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

## 6. 결 론

저수지로 유입되는 하천을 도시하천과 자연하천으로 세분화하여 오염원의 유입특성을 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 강우시 도시하천인 충주천의 경우 요도천에 비해 기저유출에 의한 오염부하량은 작은 것을 알 수 있으며, 건기시 기저유출부하량이 요도천보다 높아 도시유역에서 오염물질의 배출로 수질이 악화됨을 알 수 있다.
- 2) 충주천의 경우 강우시 평균 BOD는  $4.53\text{mg}/\ell$ 로 평·갈수기의 평균 BOD와 비교하여 7.8% 정도 오염물질이 증가하여 유입되는 것을 알 수 있으며, SS평균 수질농도는  $798.67\text{mg}/\ell$ 로 평·갈수기와 비교하여 97.2% 증가하였다.
- 3) 요도천의 경우 평균 BOD  $1.65\text{mg}/\ell$ 로 평·갈수기의 평균 BOD와 비교하여 4.2% 정도 오염물질 증가하여 유입되는 것을 알 수 있으며, 강우시 평균 SS수질 농도는  $848.31\text{mg}/\ell$ 로 평·갈수기와 비교하여 96.7%의 증가율을 보이고 있다.

## 참 고 문 헌

- 장인수 등, 2005, 조정지호 환경기초 조사 및 오염부하량 저감방안(1차 년도) 보고서, 한국수자원공사.
- 국립환경연구원, 2001, 초기담수호의 영양상태가 하류하천 및 호소수질에 미치는 영향, pp.79-84.
- 신현석, 윤용남, 1993, 도시소유역에서의 유출과 비점오염물 배출간의 상관관계 수립에 의한 NPS 오염물 배출량의 산정, 한국수자원학회 논문집, 26(4), 85-95.
- Sartor, J. D., and Buchberger, S. G., 1997, Partitioning and First Flush of Metals in Urban roadway, Journal of Environmental Engineering, ASCE, 123(2), 134-143.