

광주천의 SOD측정과 수질예측

이공범¹⁾, 김용구²⁾, 노문수³⁾, 박성천⁴⁾

1. 서론

우리나라의 도시하천은 급속한 경제 성장시기를 지나면서 하천기능의 상실을 가져왔다. 또한, 도시유역의 인구밀도 증가는 공공수역 도시하천의 오염부하량 증대로 이어져 도시하천의 자정능력 이상의 오염부하량의 유입으로 도시하천의 자정능력의 상실을 가져오게 되었다. 그리고, 도시민의 지하수사용량의 증대에 의한 지하수위의 저하와 생활수준의 향상에 맞추어 하수도 보급률의 증대화 합류식관거 계통의 확대에 인하여 도시하천은 하수도로 전락하게 되었으며, 하수도로 전락한 도시하천의 지류는 합류부에 설치된 차집관거와 함께 도시하천의 건천화를 주도하게 되었다. 이상과 같이 도시하천은 유역의 자연성 훼손과 자정능력 상실, 건천화라는 커다란 문제에 직면하고 있으며, 도시민들의 휴식공간으로의 하천변의 자연환경 또는 친수공간의 요구등에 의하여 도시하천은 자연형 하천으로의 회귀필요성이 더욱 강조되고 있는 실정이다.

본 연구대상 하천인 광주천은 낙차공과 보가 많은 중소 도시하천으로 유입 오염원이 없어도 하류로 갈수록 수질이 개선되지 않아 퇴적물 산소 요구량에 의한 것으로 판단되는 바 수질측정에 있어서 SOD 측정예주안점을 두었다. 또한, 우수 토출실의 영향으로 하천으로의 유입 오염원이 없는 저·갈수시의 도시하천의 자정능력에 영향을 미치는 다양한 수리학적 특성을 수리(HEC-RAS)-수질모델(QUAL2E)에 적용하여 광주천의 수질을 예측하였다.

2. 대상하천의 개요

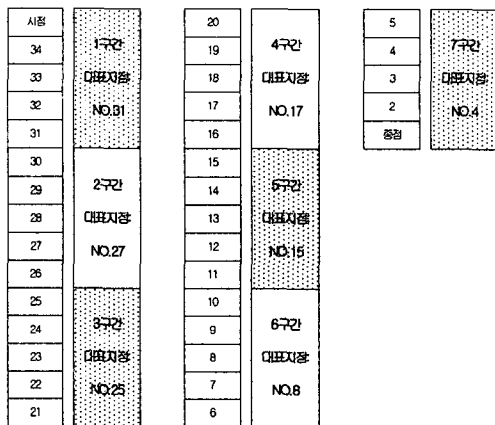


Fig. 2.1 대상구간의 모식도

광주천 유역은 영산강 수계내 중·상류부 동쪽인 동경 126°49' 46" ~ 127°00' 17", 북위 35°04' 10" ~ 35° 04' 10" ~ 35°13' 06"에 위치하며 유역면적 106.47km², 유로연장 22.8km이다. 광주천 본류의 수원은 본 유역의 동남측인 섬진강수계와 영산강 수계의 분수계인 무등산기슭에서 발원하여 서남쪽으로 수차례 유향을 사행류하여 동구 선교동 일반국도 15호선 지점에서 유로를 북서향으로 급선회하여 유하 하다가 동구 소태동 부근지점에서 지방2급 하천인 증심사천을 합류한 후 광주광역시 중심부를 유하 하면서 구 동계천 구서방천('88.3.21 폐천)을 합류한 후 다시 유로를 급회하여 서남방향으로 세차례 사행유하 하다가 하구로부터 약 2.5km 지점의 서구 유덕동 부근에서 구 극락천을 합류 후 서구 치평동 지점에서 영산강 본류에 유입한다. 대상하천 및 구간은 광주천의 증심사천

합류후 ~ 유덕수위관측소 상류1km지점의 7km구간(Reach)에 대해 35개 소구획(element)으로 구분하였다.

- 1) 동신대학교 환경공학과 석사과정
- 2) 동신대학교 토목공학과 박사과정
- 3) 영산강유역 환경청 자연환경과
- 4) 동신대학교 토목·환경공학부 부교수

3. SOD 측정방법 및 결과

본 연구에서는 가정에 의한 방법, 수학적 모형에 의한 방법, 현장 측정 방법, 실내 실험실 측정방법 중에서 대상하천의 특성을 반영할 수 있는 현장 측정방법으로 SOD를 측정하였다. 각 반응조의 부피는 동일하게 제작하고, 하나의 반응조(A반응조)의 경우에는 반응조내 수체가 저질토와 직접 접촉하지 못하도록 차단하고, 다른 반응조(B반응조)는 반응조 저변부에 탈착용 판막을 설치하여 이 반응조내 수체가 저질토와 접촉하여 SOD의 측정이 가능하도록 한다. 측정방법으로는 제작된 반응조를 SOD 측정현장으로 옮겨 저질토위에 설치한 후, 측정현장에서 채취한 하천수를 재포기하여 반응조에 각각 투입하고 용존산소의 농도를 동시에 측정하였다. 각각의 반응조 사이의 거리는 약 10cm 정도로 하고 각 반응조의 외부는 알루미늄 호일을 씌워 햇빛의 유입을 차단하여 광합성의 영향을 배제하였고, 각 반응조 상부에 있는 DO probe 투입구에는 나사뚜껑을 장치하여 용존산소의 주기적인 측정시 이외에는 반응조내 수체와 대기의 접촉을 차단하여 실험중 수체의 재포기를 방지한다.

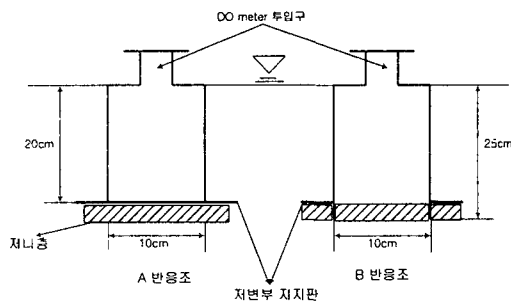


Fig. 3.1 A, B반응조 구조



Fig. 3.2 SOD측정을 위한 현장 반응조 설치

본 연구에서는 각각의 대표지점에 제작된 반응조를 설치하였다. A반응조내 수체의 경우에는 실험 중에 광합성과 수표면으로부터의 재포기로 인한 용존산소의 공급이 없으며, 저질토의 용존산소 요구로 인한 용존산소의 수요도 없다. 이 반응조를 회분식 반응조로 가정한다면 이 반응조에는 각종 박테리아와 기타 수중 미생물의 호흡으로 인한 용존산소의 수요만을 고려할 수 있다. 이 과정을 용존산소의 농도에 대하여 1차 반응이라면 다음과 같은 물질수지식을 고려할 수 있다.

$$\frac{dC_1}{dt} = -K C_1 \dots \dots \dots (3.1)$$

여기서, C_1 = A반응조내 수체의 용존산소의 농도, (mg/l) t = 시간, hr

K = 각종 박테리아와 기타 수중 미생물의 호흡으로 인한 탈산소계수, hr^{-1}

B 반응조의 경우에도 A반응조와 같이 광합성과 수표면으로부터의 재포기로 인한 용존산소의 공급은 없으나, B반응조는 수체가 저질토와 접촉하고 있으므로 저질토의 용존산소 요구로 인한 용존산소의 수요를 추가로 고려할 수 있다. 따라서 B반응조내 수체를 대상으로 용존산소에 대한 물질수지식을 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\frac{dC_2}{dt} = -K C_2 - \frac{SOD}{H} \dots \dots (3.2)$$

여기서, C_2 = B 반응조내 수체의 용존산소의 농도, (mg/l) H = B반응조의 깊이 (=V/A), m

SOD = 저질토로 인한 단위면적당 수체내 용존산소 소모율 ($g O_2/m^2 \cdot hr$)

여기서, 동일한 하천수를 재포기하여 각 반응조에 투입하였을 뿐만 아니라, 동시에 인접지점에서 실험을 실시하였기 때문에 3.1식과 3.2식의 탈산소계수는 반드시 동일한 값이다. 본 연구에서는 A반응조로부터의 측

정결과를 식 3.1에 적용하여 K값을 추정하였다. B반응조로부터의 측정결과를 식 3.2에 적용하여 SOD를 추정하였다. 실험중 수체의 수온은 9.5℃~16.1℃, 초기 용존산소의 농도는 지점별로 10.8mg/ℓ, 10.6mg/ℓ, 10.51mg/ℓ, 10.15mg/ℓ, 9.78mg/ℓ, 9.65mg/ℓ, 9.63mg/ℓ 이었으며, 약 4시간 30분정도가 경과한 후에는 각각 9.66mg/ℓ, 9.42mg/ℓ, 9.86mg/ℓ, 9.16mg/ℓ, 9.21mg/ℓ, 9.49mg/ℓ, 9.09mg/ℓ로 감소하였다. 이렇게 측정된 값을 식 3.1에 대입하여 K값을 결정하였다. 측정된 K값과 광주천의 SOD 추정값을 Table. 3.1과 같이 정리하였다.

Table. 3.1 SOD 추정결과

| 구 분 | 측점번호 | 시간 (hr) | K추정(식5.1참조) (hr ⁻¹) | SOD추정값 g O ₂ /(m ² ·hr) | SOD추정값 g O ₂ /(m ² ·day) |
|----------|--------|------------|------------------------------------|--|---|
| Reach. 1 | NO. 31 | 4.417 | 0.0127 | 0.0965 | 2.3152 |
| Reach. 2 | NO. 27 | 4.917 | 0.0226 | 0.1935 | 4.6444 |
| Reach. 3 | NO. 25 | 4.750 | 0.0130 | 0.0736 | 1.7668 |
| Reach. 4 | NO. 17 | 4.417 | 0.0220 | 0.2213 | 5.3112 |
| Reach. 5 | NO. 15 | 4.250 | 0.0137 | 0.0534 | 1.2814 |
| Reach. 6 | NO. 8 | 4.167 | 0.0040 | 0.0023 | 0.0561 |
| Reach. 7 | NO. 4 | 3.833 | 0.0146 | 0.1127 | 2.7041 |

광주천의 SOD 측정결과 보통 오염된 하천에서의 SOD가 1.5~10 g O₂/(m²·day)의 범위를 고려하면 6구간의 경우를 제외하고는 SOD 값들은 범위내에 있다. 6구간의 경우에는 하상재료가 굵은 자갈로 구성되어 있고, 단면의 축소로 유속이 빠른 지점으로 저질토에 의한 용존산소 요구량 영향이 없는 지점으로 판단된다.

4. 모형의 적용 및 수질예측

4.1 수리학적 입력계수 산정

HEC-RAS모형에서 필요로 하는 3개 그룹의 자료로 구분되는데 하천단면자료 또는 하천수리구조물의 자료와 같은 기하학적 자료(Geometric Data), 조도계수 그리고, 유량 및 수위자료 등이다. 수리학적 입력계수의 산정은 각 지점별로 유속과 유량을 측정하여 동일 제구간내에서의 수심-유량관계, 유속-유량관계를 회귀분석에 의하여 구간별 대표지점과 유속-유량관계와 수심-유량관계를 Table. 4.1 과 같이 산정하였다.

Table. 4.1 구간별 대표지점과 유속-유량, 수심-유량관계 선정 결과

| 구 분 | 측점번호 | 위 치 | 유속-유량관계 | | 수심-유량관계 | |
|----------|--------|-------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | | a | b | α | β |
| Reach. 1 | NO. 31 | 중점으로부터 6.5km 상류지점 | 0.3638 | 0.4360 | 0.1001 | 0.5388 |
| Reach. 2 | NO. 27 | 중점으로부터 5.2km 상류지점 | 0.4710 | 0.4108 | 0.1269 | 0.5213 |
| Reach. 3 | NO. 25 | 중점으로부터 4.8km 상류지점 | 0.3683 | 0.3430 | 0.1271 | 0.6507 |
| Reach. 4 | NO. 17 | 중점으로부터 3.2km 상류지점 | 0.2591 | 0.4306 | 0.2030 | 0.4786 |
| Reach. 5 | NO. 15 | 중점으로부터 2.8km 상류지점 | 0.3638 | 0.3645 | 0.1442 | 0.4999 |
| Reach. 6 | NO. 8 | 중점으로부터 1.4km 상류지점 | 0.3129 | 0.3542 | 0.1176 | 0.6024 |
| Reach. 7 | NO. 4 | 중점으로부터 0.6km 상류지점 | 0.3624 | 0.2541 | 0.0819 | 0.6431 |

4.2 수질예측

본 연구에서는 광주천의 중심사천 합류후~유덕수위관측소 상류 1km지점까지 7개 하도구간과 35개 소구획으로 7km 구간에서 QUAL2E 모형을 적용하여 모형의 반응계수를 검증과 보정을 실시하고, 광주천의 저·갈수시의 수질을 예측하였다. 수질예측결과는 Fig 4.1~Fig 4.4에 나타내었다.

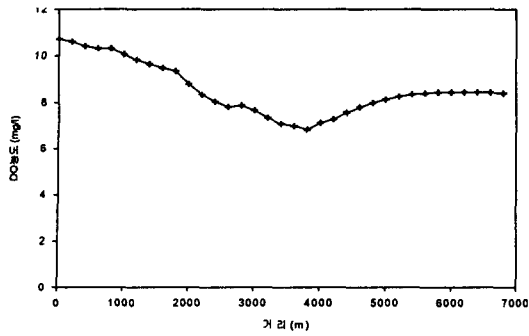


Fig 4.1 DO 농도의 예측결과

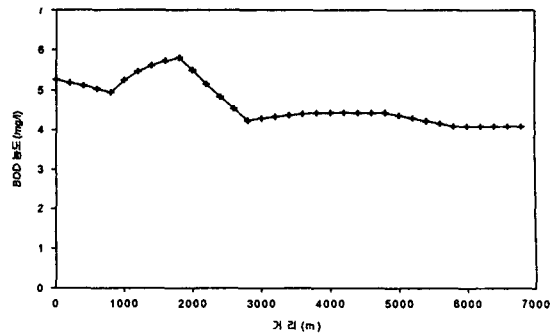


Fig 4.2 BOD 농도의 예측결과

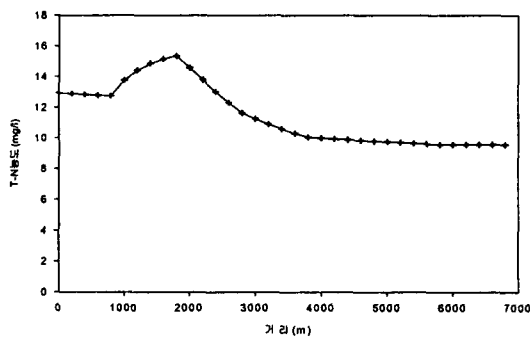


Fig 4.3 T-N 농도의 예측결과

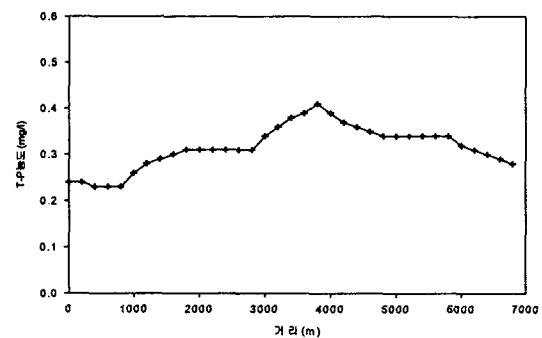


Fig 4.4 T-P 농도의 예측결과

5. 결론

본 연구에서는 광주천의 중심사천 합류후~유덕수위관측소 상류1km지점의 7km구간(Reach)에 대해 35개 소구획(element)으로 구분하여 SOD를 측정하고 저·갈수시의 수질을 예측하였다. SOD측정방법은 대상하천의 특성을 반영할 수 있는 현장 측정방법을 선택하였으며, 수리모형에 의해 결정된 대표지점별로 광주천의 SOD를 측정하였다. 측정결과 구간 대표지점별로 2.3152 g O₂/(m²·day), 4.6444 g O₂/(m²·day), 1.7668 g O₂/(m²·day), 5.3112 g O₂/(m²·day), 1.2814g O₂/(m²·day), 0.0561 g O₂/(m²·day), 2.7041 g O₂/(m²·day)로 결정되었다. 보통 오염된 하천에서의 SOD가 1.0~10.0 g O₂/(m²·day)의 범위를 고려하면 6구간의 경우를 제외하고는 SOD 값들은 범위이내에 있다. 6구간의 경우에는 하상재료가 굵은 자갈로 구성되어 있고, 단면의 축소로 인하여 유속이 빠른 지점으로 저질토에 의한 용존산소 요구량에 영향이 없는 지점으로 판단된다. 수질예측결과, 광주천의 저·갈수시의 수질은 BOD 기준으로 3~4급수의 수질로 예측되어, 수질개선을 위한 다양한 대책이 필요할 것으로 판단된다.

6. 참고문헌

1. Thomann, R.V.(1972) System Analysis and Water Quality Management, McGraw--Hill, New York, Reprinted by J. Williams Book Co. Oklahoma City, OK, p.286
2. James, A. "The Treatment of Benthic Respiration," Water Res, Vol. 8 (1974) pp. 955-959
3. U.S. EPA, The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS : Documentation and User's Manual, Environmental Research Laboratory, U.S. EPA, Athens, GA, EPA/600/3-87/007(1987)
4. 고평백, 정연규(1993) 퇴적된 저질토의 산소요구량(SOD)을 효율적으로 산정하기 위한 새로운 추정방법의 개발, 대한토목학회논문집 13(2), pp.287-293