

# 낙동강 수질 분석을 의한 BOD-DO 분포 모델링

노승백\*, 박상원<sup>1</sup>, 김정배<sup>1</sup>

계명대학교 화학공학과, <sup>1</sup>계명대학교 환경공학과

## 1. 서론

하천의 수질은 각종 폐수의 방류, 유량의 변화, 기상상태의 변동등에 따라 끊임없이 변화한다. 이런 변화와 함께 하천에서는 물의 이동과 복잡한 물리, 화학, 생물학적인 작용을 하게 된다. 이런 일련의 작용을 파악하여 하천의 수질을 예측하는 것이 수질 모델링(water quality modelling)기법이다. 이는 수질에 영향을 미치는 모든 환경 변수를 고려하여 하천을 모형화하게 되는데, 그 과정은 개념적 정의, 함수화 과정, 전산화 과정의 3단계로 이루어진다.

하천에서 무엇보다도 중요한 것이 물속의 유기물질의 종류와 량, 거리와 시간이 변함에 따라 하천 내의 용존 산소가 얼마나 존재하게 되는가이다. 즉, 하천의 수질은 하천 전체의 적정 용존산소 농도를 어떻게 유지하느냐에 달려 있다. 하천의 용존산소는 하수처리시설 또는 공장 폐수의 방류, 농업용 지표수, 지류 수량, 폭포나 보의 용존산소 흡수량에 의해 영향을 받으므로, 하천에 대한 용존산소의 프로파일 모델은 하천의 특정 지점에 오수나 폐수 방류량을 결정하거나 보의 설치를 고려할 때 중요한 사항이다.

본 연구에서는 하수처리시설 또는 공장 폐수의 방류, 농업용 지표수, 지류 수량, 폭포나 보의 용존산소 흡수량에 따른 하천 수질 모델을 세우고, 이를 쉽게 계산하기 위해 컴퓨터에 의한 미분방정식 풀이 전용 프로그램을 이용하여 해를 구하고 분석하도록 한다.

## 2. 모델

하천 수질 모델링은 1925년 Streeter와 Phelps의 Ohio강에서 BOD-DO에 관한 모델을 시작으로 현대까지 많은 발전을 보이고 있으며, 복잡한 수학적 기법의 적용과 컴퓨터의 응용으로 급속한 발전을 보이고 있는 추세이다. 현재까지의 하천 수질 모델은 Streeter-Phelps Model, DOSag-I, -II, -III, QUAL-I, -II, -III, WQRRS, USGS Streeter-Phelps Model, AUTO-QUAL, QUALZE, QUALZE-UNCAS, WASP4 Model, HSPF Model 등이 있다.

일반적으로 용존산소의 농도는 강의 너비에 따라서는 거의 변하지 않으며, 하천이 깊지 않아 수직차이가 크지 않다고 하면, 하천의 길이 방향에 대해서만 고려한 모델세울 수 있다.

본 모델에서는 하천을 12개의 구역으로 나누었다. 각 구역은 well-mixed 돼있고, 각 구역에서의 DO 와 BOD 농도는 일정하다고 가정한다. Substrate(S)는 수많은 종류의 substance의 혼합물이고, Biomass는 수중산소의량을 감소시키는 aerobic degradation substance 등을 포함하는 많은 유기물을 나타낸다.

그러면 각 구역에 대해 DO와 Substrate(S)에 대한 mass balance를 세울 수 있으며, 특정구역에서의 지류로부터의 유입수(Tributary)는 전체 mass balance에서 고려되어 DO balance와 Substrate balance에서 첨가항으로 참조된다.

$$Q_n = Q_{tribn} + Q_{n-1}$$

$$\frac{dQ_n}{dt} = \frac{Q_{n-1}O_{n-1} + Q_{tribn}O_{tribn} - Q_nO_n}{V_n} + R_{a,n} - \frac{R_{bio,n}}{Y}$$

$$\frac{dS_n}{dt} = \frac{Q_{n-1}S_{n-1} + Q_{tribn}S_{tribn} - Q_nS_n}{V_n} - R_{bio,n} + R_{run,n}$$

여기서  $Q_n, Q_{tribn}, Q_{n-1}$ 은 각 구역에서의 유입수량, 지류수량과 유출수량이다.

$R_a$  는 하천의 기울기(g) 와 유속(v)에 따름 aeration 속도 이다. 따라서,

$$R_a = K_a ( O_{sat} - O )$$

여기서  $K_a$  는 경험식으로

$$K_a = 0.142 g v$$

이다.  $O_{sat}$ 는 포화 용존산소 농도이며, 이는 강의 온도에 따라 달라진다.

$$O_{sat} = 14.652 - 0.41 * Temp + 0.008 * Temp * Temp$$

하천의 유속(v)는 부피유량 Q로 표현할 수 있으며,

$$v_n = \frac{Q_n}{w_n d_n}$$

여기서,  $w_n$ 과  $d_n$ 은 각 구역에서의 강의 폭과 깊이 이다.

Substrate의 생물학적 반응속도는 Substrate와 용존산소에 따른 2차반응식으로 생각할 수 있으며,

$$R_{bio,n} = K_b S_n O_n$$

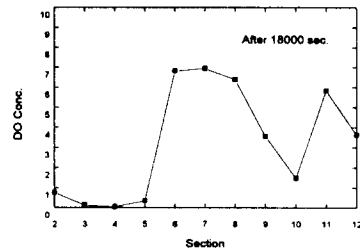
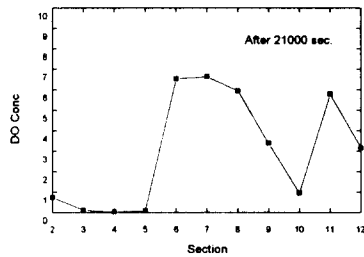
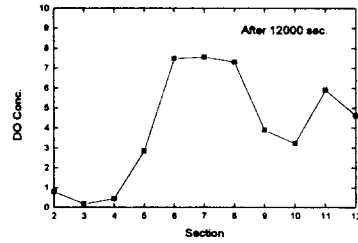
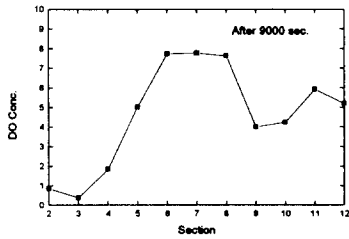
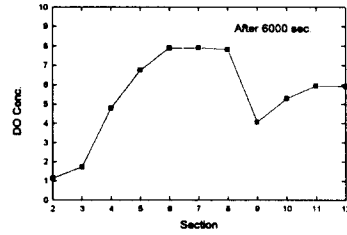
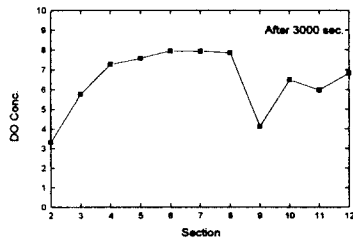
산소의 반응량은  $R_{bio}/Y$  로 계산된다.

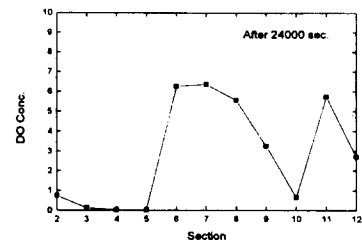
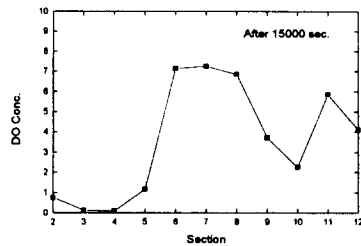
$R_{run}$ 은 농업용수에 의한 BOD량이며 다음과 같이 계산된다.

$$R_{run, n} = \frac{2Lv_n C_n}{Vol_n}$$

여기서 L, Vol<sub>n</sub>, C<sub>n</sub> 은 각 구역에서의 길이, 부피, 특정 농업용수의 량이다.

### 3. 결과





### 참고문헌

1. 김좌관 (1993) “수질오염개론”, 동화기술.
2. 안옥성 (1992) “낙동강 수계의 용존산소 분포에 관한 모델링”, 수산대 환경공학과 석사학위논문.
3. Streeter, A. W., and Phelps, E. B. (1925) A study of the pollution and natural pollution of the Ohio river, US public health service bulletin 146, Washington.
4. Krenkel, P. A., and Novotny, V. (1979) River water quality model construction. In Modelling of rivers (ed. Shen, H. W.) chapter 17.
5. Bach, H. K., Brink, H., Oleson, K. W. and Havno, K. (1989) Application of PC-Based Models in River Water Quality Modelling, Hydraulic and Environmental Modelling of Coastal, Estuarine and River Waters ( eds. Falconer, R. A., Goodwin, P, and Mattew, R. G. S.), Gower Technical, England.
6. Beck, M. B. (1978) Modelling of Dissolved Oxygen in a Non-Tidal Stream, in Mathematical Models in Water Pollution Control ( ed. James, A.), Wiley.
7. Bogdan Oldakowski & Jan Kwiatkowski, Ole Krull Jensen & Henrik Larsen(1996) Application of mathematical modelling of water quality management in the LEba River basin, the Lebsko Lake and surrounding coastal area, Poland Proceedings of the Hydroinformatics '96 - Vol. 2, 9/09/96
8. Jozsef Deak, Eva Deseo & Katalin Davidesz (1996) Verification of MODELW modeling in SE Hungary using environmental isotope and ground water quality data, Proceedings of the Hydroinformatics '96 -

Vol.2, 9/09/96

9. Petr martinek, Vaclav Zaruba(1996) Assessment of the boundary Stenava river situation, Proceedings of the Hydroinformatics '96 - Vol. 1, 9/09/96
10. E. Avogadro, R. Minciardi (1996) A decision support system for environmental planning in water resources sharing problems Proceedings of the Hydroinformatics '96 - Vol. 1, 9/09/96
11. Han, Kun Yeun, Kim Gwang Seib, park, Jae Hong (1995) A Dynamic Water Quality Model for Toxic Pollutant Transport Analysis in a River HYDRA 2000 : Proceedings of the 26th Congress of the International Association for Hydraulic Research , 9/11/95