

# 자생BOD를 고려한 낙동강의 수질관리

## Water Quality Management Considering Autochthonous BOD in the Nakdong River

신성교\* · 박정길  
부산수산대학교 환경공학과

부산을 비롯한 경·남북 일원의 상수원수로 이용되는 낙동강의 수질은 유역의 특성상 여러 오염문제를 야기 시켜 왔다. 중상류 지역의 대구와 같은 대도시로부터 미처리된 하수의 유입에 의한 유기물오염과 산업단지로부터 미처리된 공장폐수의 유입에 의한 phenol등과 같은 인체 유해성 유기물오염 등이 발생하여 왔다. 또한 낙동강은 하구둑의 건설로 인해 하천 유속의 저하 및 하수중 미처리된 영양염부하에 의해 매우 심각한 부영양화 현상을 야기시키고 있다.

하천에서는 수질관리를 위해 유기물 오염 지표항목으로 생화학적 산소요구량(BOD)을 이용하여 하천의 유기물 오염도를 파악하고, 하천의 수질 목표치를 선정하여, 목표 달성을 위한 수질 관리 방안을 계획하고 결정한다. 그러나 부영양화된 수역에서 BOD농도는 유역으로부터 발생한 하수가 미처리된 채 수역으로 유입하는 유입BOD와 하천내에서 미처리된 영양염을 이용한 식물플랑크톤의 생산에 의해 공급되는 자생BOD 합으로 나타난다. 따라서 수질관리를 위해서는 특정 수역에 유입BOD와 자생BOD가 어느 정도 기여하는가를 정량적으로 파악한 후, 기여도에 따라 오염 원인물질을 줄이기 위한 수질관리 방안이 설정되어야 한다. 그러나 현재의 BOD측정법으로는 유입BOD와 자생BOD를 구분해 측정하는 것이 불가능하며 기존 연구에서는 식물플랑크톤의 현존량과 TOC, POC 및 COD 등과의 정량적 관계 조사에 국한되어 왔었다.

일반적으로 BOD라 함은 시료수중의 유기물이 미생물에 의해 20℃, 호기적 조건하에서 분해 안정화되는데 소모되는 산소의 양으로 표현하고 있다. 그러나 식물플랑크톤이 상당량 포함된 시수에 대해서는 BOD실험 중 소모되는 산소의 양에는 식물플랑크톤의 호흡작용에 의한 산소 소모와 활성을 잃은 식물플랑크톤의 미생물분해에 의한 산소소모가 포함되어 BOD농도로 나타날 것이다.

따라서 본 연구에서는 낙동강 중·하류역에서 현장 조사결과와 실내 식물플랑크톤 배양 및 분해 실험을 통하여 식물플랑크톤의 현존량을 chlorophyll a로 표시하여 자생BOD와의 정량적인 관계를 도출하였다. 이상의 결과로부터 chl.a를 이용 자생BOD를 구한 관계식은 총BOD =  $\alpha \cdot \text{chl.a} + \text{유입BOD}$  로의 표현이 가능하였으며, 이때 chl.a의 자생BOD 전환계수  $\alpha$ 는 0.0245~0.0550 mg BOD/ $\mu\text{g}$  chl.a 였고, 지역별 총BOD 중 자생BOD가 차지하는 비율은 31.7~52.7%로 나타나 낙동강은 식물플랑크톤에 의한 자생BOD가 낙동강의 유기물오염에 매우 크게 작용함을 알 수 있다.

하천의 수질관리는 오염물이 하천에 유입하여 물리, 화학 및 생물학적 작용결과, 각 수역에서 농도변화를 수식화한 모델링 기법을 통하여 수질을 재현하고, 수질목표 달성을 위한 오염물 부하 삭감 계획량을 산정하고 수질을 예측하기 위해 수질모델링을 유용한 도구로 이

용하여 왔다.

현재 우리나라에서는 하천 수질관리를 위해 그 신뢰성과 적용성이 인정된 Qual 2E모델을 주로 이용하고 있다. 그러나 Qual 2E 모델에는 부영양화 모델의 결과로 단지 chl.a농도를 계산하고 식물플랑크톤의 생산에 의한 자생BOD에 대한 영향을 전혀 고려하고 있지 않아, 낙동강과 같이 부영양화된 하천의 수질 재현이 불가능하다. 따라서 앞서 구한 chl.a와 BOD와의 정량적인 관계를 Qual2E모델에 포함시켜 낙동강의 수질을 재현하였다.

낙동강 중·하류지역인 왜관, 고령, 적포, 남지 및 물금 지역에서 1994~1995년 1년간 평균 BOD 측정 농도를 이용해 모델을 검정한 결과 자생BOD를 고려 않은 현재 Qual 2E모델의 경우 0.9~ 68.7%의 상대오차를 보인데 비해, 자생BOD를 고려한 Qual2E모델에서는 0.9~21.4%의 상대오차를 보였다. 동일지점에서 1995년 4, 5 및 6월의 수질자료를 이용하여 자생BOD를 고려한 수질모델을 verification한 결과 상대오차 0.2~27.1 %의 상대오차를 보여 자생BOD를 고려한 Qual2E모델이 부영양화된 하천의 수질관리에 보다 유용한 도구로 이용될 수 있음을 나타내었다.

이상의 결과로부터 낙동강의 수질을 수질목표(상수원수 II급수) 달성을 위해서는 오염원으로부터 하수의 유입BOD를 줄이기 위한 2차처리시설 뿐 아니라 질소·인과 같은 영양염 농도부하를 줄이기 위한 고도처리 시설의 도입이 필연적으로 필요하다. 그러나 하수처리장 건설에 소요되는 막대한 비용을 고려한다면 제안된 여러 처리 방안 중, 여러 오염원에서 비용면에서 가장 효율적인 처리 방안을 수질목표를 달성하기 위한 방안으로 선정해야 한다.

본 연구에서는 낙동강 중·하류역의 수질에 가장 큰 영향을 미치는 오염 부하 유입지천인 금호강, 남강 및 왜관상류역의 3부하지점을 고려 대상으로 하여, 낙동강의 수질을 상수원수 II급수로 개선시키기 위한 비용최소의 처리방안을 자생BOD를 고려한 Qual2E 수질모델과 선형계획법(Linear Programming)을 조합한 적정화 기법을 이용하여 구하였다.

낙동강 중하류의 오염원으로부터 부하량 삭감을 위해 건설되어야 할 처리장은 왜관 상류역에서는 100,000m<sup>3</sup>/day 규모의 활성슬러지 공정을 건설하고, 기존 2차처리장에 200,000m<sup>3</sup>/day 규모의 침전법에 의한 인 처리시설의 추가 건설이 필요하였다. 그리고 금호강에서는 100,000m<sup>3</sup>/day 규모의 활성슬러지 공정을 건설하고, 기존 2차처리장에 500,000m<sup>3</sup>/day 규모의 침전법에 의한 인 처리시설의 추가 건설이 필요하였다. 남강 유역에서는 30,000m<sup>3</sup>/day 규모의 활성슬러지 공정의 추가 건설이 필요하고, 이때 소요되는 총 연간비용은 4백89억원 이었다.

이러한 낙동강의 수질관리를 위한 노력에도 불구하고, 각종 산업폐수에 의한 오염문제는 낙동강이 상수원수로 이용된다는 점을 고려하면 근본적인 수질관리 방안이 될 수 없다. 따라서 유역에서 발생하는 산업폐수를 차집관거를 이용해 낙동강유입을 원천적으로 차단 시켜 낙동강하류로 수송시키는 원칙하에, 3차처리 대안으로 현재의 2차처리장 유출수를 산업폐수와 함께 차집시켜 수송하는 방안과 가장 큰 오염원인 대구지역의 하수관망을 정비해 처리시설을 통하지 않고 산업폐수와 함께 하수를 낙동강 하구 해역까지 수송하는 방안에 대한 소요 비용과 수질개선을 예측함으로써 수질관리 방안에 대한 평가가 이루어졌다.