

수질오염총량제

01. 수질오염총량관리제도 개요

1. 수질오염총량관리제도 도입 배경

과거에는 수질을 보호하기 위해 하수처리장이나 폐수처리장에서 하천으로 방류되는 하수나 폐수에 대한 배출허용기준(농도기준)을 설정하여 관리하였다. 그러나 도시화와 산업화로 주택과 공장에서 발생하는 하·폐수의 양이 크게 늘어나, 개별 오염원이 배출허용기준을 준수하더라도 하천에 유입되는 오염물질의 절대량이 증가하여 수질이 악화되는 문제를 피할 수 없게 되었다. 예를 들어, 경기도 광주시와 용인시가 개발되면서 오염원이 증가한 결과 당시의 생활하수 및 산업폐수의 배출허용기준인 생화학적산소요구량(BOD) 10 mg/L 및 30 mg/L에 맞게 처리하더라도 유역 내 하천인 경안천으로 유입되는 오염물질의 절대량이 증가하여 2003년 경안천의 수질은 BOD를 기준으로 IV등급 수준인 6.4 mg/L까지 악화되었다.¹⁾ 1990년대 상수원 수질오염이 심각한 사회문제로 대두되면서 수질보호가 필요한 지역을 상수원 보호구역이나 특별대책지역으로 지정하여 오염원이 새로 들어서거나 증가하는 것을 억제하는 입지규제 정책이 추진되었다. 그러나 입지규제로 지역개발이 지장을 받게 되면서 상수원 상류 주민들이 크게 반발하였다. 상수원 상류를 보호구역으로 지정하여 개발을 억제하는 방식의 정책은 수질개선으로 깨끗한 물을 이용하는 혜택은 하류의 주민들이 누리는 반면 수질을 보호하기 위해 개발제한과 같은 고통은 상류의 주민들이 감내해야 한다는 점에서 정책의 형평성 측면에서도 문제가 있다.

환경정책이 목표로 하는 수질을 달성할 수 있는 범위 내에서 상류에서 개발이 이루어지고 하류에서도 깨끗한 수질의 물을 이용할 수 있도록 하는 방안으로 수질오염총량관리제도(이하 총량제)가 도입되었다.

2. 수질오염총량관리제도 개념

1) 오염부하량 개념

수질오염물질의 농도(C)란 물속에 존재하는 오염물질의 양(L)을 단위 시간에 흐르는 물의 양(유량, Q)으로 나눈 값을 의미한다. 여기서 오염물질의 양이 바로 부하량(load)으로, 하수나 폐수에 존재하는 오염물질의 부하량은 하·폐수 중의 오염물질 농도(C)에 하·폐수의 유량(Q)을 곱하여 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}\text{농도(C)} &= \text{오염부하량(L)} \div \text{폐수량(Q)} \\ \text{부하량(L)} &= \text{농도(C)} \times \text{폐수량(Q)} \\ [\text{단위 : C(mg/l), L(kg/일), Q(m}^3\text{/일)}]\end{aligned}$$

그림 1. 농도와 부하량의 관계

자료: 환경부, 2002. 수질오염총량관리제도 지속가능한 사회를 열어갑니다.

1) 환경부, 2002. 수질오염총량관리제도 지속가능한 사회를 열어갑니다.

예를 들어 하수처리장에서 하천으로 방류되는 하수량이 100,000 m³/일이고, BOD의 방류 수수질기준인 10 mg/L에 맞춰 처리되어 방류된다면, 하수처리장에서 하천으로 방류되는 BOD의 부하량은 아래와 같이 1,000 kg/일이다.

$$\begin{aligned} & \text{하수량(Q)} \times \text{농도(C)} \times \text{단위보정 계수} = \text{부하량(L)} \\ & 100,000 \text{ m}^3/\text{일} \times 10 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ L/m}^3 \times 10^{-6} \text{ kg/mg} = 1,000 \text{ kg/일} \end{aligned}$$

아래 표에서 보는 것처럼 BOD 부하량 1 kg/일은 10 mg/L로 처리되어 방류되는 100 m³/일 규모의 하수처리수나 처리되지 않고 방류되는 5 m³/일의 생활하수의 배출부하량에 해당한다.

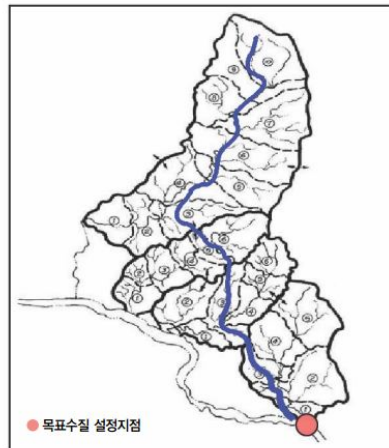
| 오염원별 BOD 1 kg/일에 해당하는 양 | 비고 |
|--|---|
| <10 mg/L로 처리 시> 생활하수 100 m ³ /일 사람 286명 배출량/일 82가구 배출량/일 | 350 L/일·인 기준 3.5인/가구 기준 |
| <미처리 시> 생활하수 5 m ³ /일 사람 14명 배출량/일 4가구 배출량/일 | 약 200 mg/L 기준 350 L/일·인 기준 3.5인/가구 기준 |
| 산업폐수 33 m ³ /일 | 30 mg/L 처리 시 |
| 소 2마리 배출부하량 | 축산폐수 미처리 시 |
| 돼지 10마리 배출부하량 | |

표 1. BOD 배출부하량 1 kg/일 등가치

자료: 환경부, 2002. 수질오염총량관리제도 지속가능한 사회를 열어갑니다.

2) 총량제 개념

총량제는 하천구간별로 목표수질을 설정하고, 목표수질을 달성·유지할 수 있는 오염부하량(허용총량)을 정하고, 허용총량 이내로 유역에서 하천으로 유입되는 오염물질의 부하량을 관리하는 제도이다. 아래 그림에서 보듯이 관리하고자 하는 하천 하단 지점에서 물이용 목적 등을 고려하여 목표수질(C0)이 결정되며 수질관리의 기준이 되는 하천의 유량인 기준유량(Q0)이 설정된다. 유역의 환경관리 상태, 개발계획 등을 고려하여 목표연도에 유역에서 배출되는 오염부하량인 배출총량(L1)을 추정하고, 목표수질을 만족하기 위해 유역에서 배출할 수 있는 오염물질의 총량인 허용총량(L2)을 수질모델을 이용해 산정한다. 목표수질을 달성하기 위해서는 배출총량(L1)이 허용총량(L2)보다 작아야 하며, 배출총량(L1)에서 허용총량(L2)을 뺀 만큼의 부하량을 줄여야 하며, 이를 삭감총량(L3)이라고 한다. 총량제는 목표수질을 달성할 수 있도록 지역 개발계획 수립과정에서 오염물질 삭감계획을 함께 수립하도록 요구한다.



오염총량관리제는 농도 (C)가 아닌 부하량 (L)을
지표로 관리하는 제도로 개별 오염원 보다는 지역·유역을
관리하는 제도임

L_0 (기준배출 부하량)
= C_0 (목표수질) X Q_0 (기준유량)

L_1 = 유역에서 배출되는 총량 (배출총량)

L_2 = C_0 를 만족하기 위해 유역에서 배출할
수 있는 총량 (허용총량)

* L_2 가 목표지점에 유달되어 L_0 가 됨

L_3 = $L_1 - L_2$ (삭감총량)

L_1 (배출총량) < L_2 (허용총량)되게 관리

그림 2. 수질오염총량관리제도 개념(1)

자료: 환경부, 2002. 수질오염총량관리제도 지속가능한 사회를 열어갑니다.

참고로, 유역에서 배출할 수 있는 허용총량(L_2)은 하천으로 유입되는 과정에서 자연정화 등의 과정을 거쳐 기준배출 부하량(L_0)이 된다. 점오염원 형태로 100 kg/일과 비점오염원 형태로 100 kg/일의 오염물질(BOD)이 배출되는 경우, 점오염원은 모두(100 kg/일)가 하천에 도달하는데 반해, 강우에 영향을 받는 비점오염원은 저수기에는 이 중 15 kg/일만이 하천에 도달한다. 또한 발생원에서 배출된 오염물질은 대상수역으로 유입되는 과정에서 희석·확산·이류·침전·흡착·탈착·용해·분해·침투·생물에 의한 섭취 등의 자연 현상과 함께 취수·배수·청소 등의 인위적인 조작 등 아주 복잡한 경로를 거친다. 따라서 부하량을 산정할 때에는 배출된 오염물질이 유역의 자정작용 등 유달특성이 반영되어 수체에 도달하는 비율인 유달율이 함께 고려된다.²⁾

| 오염물질호름 | 점 | 비점 | 비고 |
|--------------|-----------------------------|--|---|
| | (예시) 하수처리장 | (예시) 주로농경지 | |
| 배출 (연평균) | 100 | 100 | |
| ↓ | | | |
| 배출 (하천도달) | 100 (100×1.0) | 15 or 50 ($100 \times (0.15 \text{ or } 0.50)$) | 기준유량 배출계수* (저수 : 15%) (평수 : 50%, T-P만 해당) |

* 기준유량 배출계수는 강우량에 영향을 받는 비점에 적용

$BOD(kg/일) = \text{점배출} + \text{비점배출} \times 0.15(\text{저수})$

$T-P(kg/일) = \text{점배출} + \text{비점배출} \times [0.15(\text{저수}) \text{ 또는 } 0.5(\text{평수})]$

그림 3. 배출되는 부하량과 하천에 실제로 도달하는 부하량의 관계

자료: 환경부 보도자료. 2015.7.7. 낙동강 3단계 수질오염총량기본계획 승인, 지자체에 통보

2) 국립환경과학원. 2007. 유역모델을 이용한 유달율 산정방법 연구.

아래 그림에서 보듯, 지자체는 삭감총량에 더 많이 오염부하량을 삭감한 양(추가삭감) 만큼 개발할 수 있는 용량(추가개발 가능량)이 늘어난다. 따라서 총량제 시행지역에서는 수질보전을 위한 지자체의 노력이 해당 지자체에서 추가적인 개발이 가능하도록 하는 혜택으로 돌아온다.

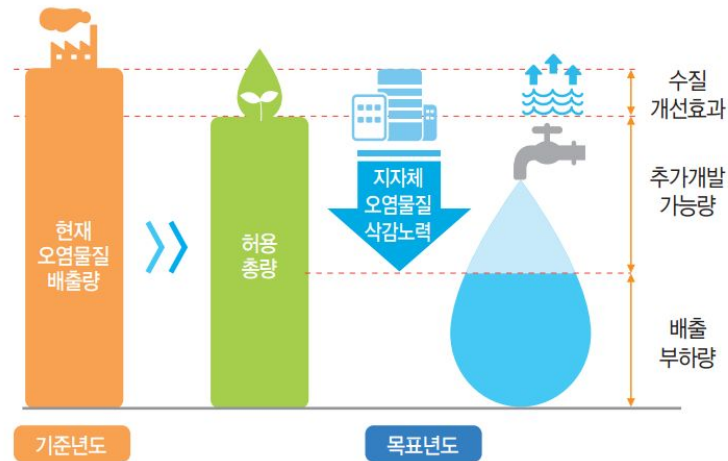


그림 4. 수질오염총량제도 개념(2)

자료: 환경부. 2015. 맑은 물 보전과 지역발전을 함께 이루는 수질오염총량관리제도.

3) 총량제 의의

개별 오염원을 대상으로 배출되는 오염물질의 농도를 규제하는 기존의 제도와는 달리, 총량제는 하천 수질에 영향을 미치는 유역·지역을 관리하는 제도라는 특징이 있다. 총량관리는 농도관리에 비해 유역 내 오염원과 수리·수문 정보를 바탕으로 하천으로 유입되는 부하량을 추정하고 허용총량의 범위 내에서 시설(오염원)별로 부하량을 할당해야 하므로 제도를 설계하기가 어려우며 허용총량이 제대로 지켜지는지를 확인하는 것이 까다로운 단점이 있다.

| 구 분 | 총 량 관 리 | 농 도 관 리 |
|-------------------|---|---|
| 규 제 방 식 | 폐수중 오염물질 부하량을 규제 *오염부하량(L)=농도(C)×폐수량(Q) | 폐수중 오염물질 농도를 규제 *농도(C)=오염부하량(L)/폐수량(Q) |
| 환 경 기준과 관 계 | 직접적 환경기준을 달성할 수 있도록 허용부하량 이내로 오염물질의 배출총량을 할당·규제 | 간접적 하·폐수배출시설은 환경기준 및 지역여건에 따라 차등기준 적용 |
| 장 점 | 규제효과 높음 배출되는 오염물질의 총량이 환경용량이하로 항상 유지되므로 환경기준의 준수가 보장됨 오염자간 형평성 유지 오염물질 다량 배출자에게는 많은 부담을, 소량 배출자에게는 적은 부담을 주게 됨 | 기준설정 용이 지역별로 기준농도만 정하면 되므로 기준 설정이 용이 업소별로 동일한 기준을 적용함에 따라 업소별 기준설정 용이 집행용이 및 저비용 배출량에 상관없이 농도검사만으로 기준 준수여부 확인이 가능하므로 단속 용이 |
| 단 점 | 허용 오염총량의 설정에 어려움 오염원 및 하천 현황, 환경기준(목표수질)등 유역정보를 바탕으로 과학적 기법을 통한 허용부하량과 오염원별 허용총량을 정하여야 하나, 입력정보, 모델링 기법, 허용총량의 배분방법 등 불확실성 상존 집행 애로 허용총량 준수여부 관리·감독에 어려움 | 규제효과 미흡 오염원 밀집지대 또는 폐수 다량배출 업소가 있는 경우 농도기준을 준수하더라도 오염물질 배출총량은 많아져 환경기준의 준수가 곤란 소규모 배출자에게 불리 폐수량에 관계없이 동일농도 기준을 적용하기 때문에, 오염물질을 적게 내보내는 소규모 배출자가 불리하여 형평성 시비 우려 |

그림 5. 총량관리와 농도관리의 비교

자료: 환경부. 2002. 수질오염총량관리제도 지속가능한 사회를 열어줍니다.

기존의 농도 규제 방식에 비해 총량관리가 기술적으로 복잡하고 집행비용이 높음에도 불구하고 총량제는 다음과 같은 의의를 가진다. 첫째로 과학적으로 수질을 관리하는 제도이다. 수질 모델링 등 과학적인 도구를 이용하여 현재와 미래의 오염물질의 배출량을 추정하고 목표수질을 달성·유지하기 위한 허용총량을 오염원별로 할당하여 관리할 수 있으므로 배출농도규제나 입지규제와 같은 획일적인 규제제도와는 달리 효율적이고 신축적으로 오염원을 관리하는 것이 가능하다. 둘째로 환경과 개발을 함께 고려한 지속가능한 발전을 추구한다. 총량제는 규제만을 목적으로 하지 않으며, 지역개발계획을 수립할 때에 오염물질 삭감계획을 함께 수립하도록 하여 지역경제와 환경보전을 함께 도모하고자 하는 제도이다. 예를 들어, 낙동강·영산강·금강 수계에서는 그동안 지역개발 등 오염부하량이 증가하는 요인이 많았음에도 불구하고 총량제 시행 전이 2002년에 비해 시행 후인 2010년의 배출부하량은 60.4% 수준으로 줄어들었다.³⁾ 셋째로 상·하류 유역구성원의 참여와 협력을 바탕으로 제도가 구성·

3) 환경부. 2015. 맑은 물 보전과 지역발전을 함께 이루는 수질오염총량관리제도

3. 총량제 도입·시행 현황

- 
한강수계 관리지역 (28개 지자체)
 서울특별시, 인천광역시
 경기 가평, 고양, 과천, 광명, 광주, 구리, 군포, 김포, 남양주, 동두천, 부천, 성남, 시흥, 안성, 안양, 양주, 양평, 여주, 연천, 용인, 의왕, 의정부, 이천, 파주, 포천, 하남
- 
영산강수계 관리지역 (23개 지자체)
 광주광역시
 전남 강진, 곡성, 광양, 구례, 나주, 담양, 무안, 목포, 보성, 순천, 영광, 영암, 장성, 장흥, 함평, 화순
 전북 남원, 순창, 임실, 장수, 정읍, 진안
- 
금강수계 관리지역 (29개 지자체)
 대전광역시, 세종특별자치시
 충북 괴산, 보은, 영동, 옥천, 음성, 증평, 진천, 청주
 충남 공주, 계룡, 금산, 논산, 부여, 서천, 천안, 청양
 전북 고창, 군산, 김제, 무주, 부안, 완주, 익산, 장수, 전주, 정읍, 진안
- 
낙동강수계 관리지역 (40개 지자체)
 대구광역시, 울산광역시, 부산광역시
 강원 태백
 경북 경산, 경주, 고령, 구미, 군위, 김천, 문경, 봉화, 상주, 성주, 안동, 영양, 영주, 영천, 예천, 울진, 의성, 청도, 청송, 칠곡, 포항
 경남 거창, 고성, 김해, 밀양, 사천, 산청, 양산, 의령, 진주, 창녕, 창원, 하동, 함안, 함양, 합천
- 
기타(진위천수계 관리지역 (8개 지자체))
 경기 군포, 수원, 안성, 오산, 용인, 의왕, 평택, 화성

자료: 환경부, 2015. 맑은 물 보전과 지역발전을 함께 이루는 수질오염총량관리제도

5) 환경부. 2015. 맑은 물 보전과 지역발전을 함께 이루는 수질오염총량관리제도

총량제 도입 초기(1단계)에는 BOD에 대해 총량관리가 이루어졌으며, 2단계부터 하천·호소의 부영양화를 유발하는 영양염류인 총인(T-P)이 총량관리 항목으로 추가되었다. 현재 금강수계에서 대청호 상류지역에서만 T-P에 대한 총량제가 시행 중이나, 2016년부터는 대청호 하류지역까지 T-P 총량관리가 확대된다.

한편, 총량제가 시행되더라도 기존의 배출허용기준을 통한 농도관리는 계속 유지된다. 다만, 오염부하량을 할당받은 시설(주로 하수처리장 등 오염물질을 다량 배출하는 오염원)에서는 농도와 배출량(총량)이 같이 관리된다.

[참고문헌]

- 환경부. 2002. 수질오염총량관리제도 지속가능한 사회를 열어갑니다.
- 환경부. 2015. 맑은 물 보전과 지역발전을 함께 이루는 수질오염총량관리제도.