

# 수질오염의 Risk Reduction을 위한 공학적 접근법

연세대학교 환경공해연구소  
최윤찬

## 1. 공학과 보건

공학(Engineering)은 인간의 생활을 편리하게 하기위한 도구의 개발, 경제적 이익을 도모하는 응용과학이다. 공학의 발전속도는 자유낙하하는 물체의 가속도 증가처럼 그 속도가 엄청나게 빨라지고 있다. 공학의 발전속도에 맞게 인간의 삶도 점점 향상되는 것은 당연한 결과이지만 환경파괴라는 내면의 적을 간과하여 이제 그 적을 물리치기위한 환경문제의 해결에 공학도 그 일부를 담당하게 되었다.

생산성 향상이란 원료와 생산품의 가치차이를 크게하여 보다 많은 이익을 창출하여 부의 증대로 인간을 행복하게 한다는 개념이지만, 가치증가를 위해 파생된 건강에 미치는 폐해는 더 심각한 질병으로 인식되어야 한다.

보다 많은 공학자들이 가치기준을 생산능력로 인한 경제적 부의 향상에 두기 보다는 인간에 미치는 영향이 더 중요함을 현재 보다 더 심오하게 인식하여야 한다.

## 2. 수질오염에 의한 risk

### 가. 수질오염이 인체에 미치는 영향

각종 유독성 물질(합성세제, 중금속, 유기화합물 (TCE, PCB 등), 농약 등) 및 오염된 상수원을 이용하여 음용수를 생산하는 정수처리과정에서 염소 소독에 의하여 발생하는 각종 소독부산물(THMs, HAN 등)을 직접 섭취함으로써 야기될 수 있는 중독현상, 발암가능성 등과 세균, 바이러스, 원생동물 등에 의한 수인성 질환으로 인하여 발생하는 보건학적 위해.

### 나. 생태계에 미치는 영향

부영양화에 의한 적조 발생으로 어류사멸, 어장의 손실 등으로 발생하는 경제적 피해 및 수중 생태계의 변화가 유발되어 일어날 여러 가지 영향들.

#### 다. 경제에 미치는 영향

구조물, 배관, 선박 등의 부식등으로 발생될 경제적 피해 및 오염이 심화 될 수록 수처리 비용의 증가 유발

※ 본 고에서 논의할 수질오염에 의한 risk 란 “인간이 물을 직접 섭취하는 과정에서 유발될 유해한 결과의 발생 확률 및 가능성”으로 의미를 함축한다.

### 3. 음용수 섭취시 발생할 위해도 감소(risk reduction)를 위한 공학적 대처방안

#### 가. 상수원의 오염부하량을 감소시키는 방안

상수원으로 유입될 가능성이 있는 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등을 효율적으로 처리할 수 있는 공정의 개발이 이루어져야 한다.

#### 나. 정수처리 과정에서 발생되는 2차 부산물의 제어방안

정수처리과정에서 인간의 건강에 미치는 영향을 고려하여 병원성 세균이나, 일부 화학물질을 제거하기 위하여 실시되는 소독과정과 소독에 의하여 발생되는 발암성 소독부산물(THM)의 생성으로 인한 영향이란 양자를 동시에 조절하여야 한다.

THM의 발암위해성은 인구 10만명당 1인 이상의 초과 발암률을 나타낼 수 있는 오염량은  $1.89 \mu\text{g/l}$  로 보고되고 있으며, 현재 우리나라의 THM의 상수수질 기준은  $100 \mu\text{g/l}$  로 규정되고 있다. 미국의 경우 단계적으로 THM허용농도를 점점 강화시켜 나가고 있으며, 우리나라도 이에 관한 연구가 진행되고 있다.

또한, 현재 수처리의 효율을 증대시키기 위한 다양한 종류의 약품이 연구, 사용되고 있는데 이의 사용에 의하여 발생될 수 있는 2차오염물질의 생성가능성 연구 및 건강에 미치는 영향이 함께 연구되어야 한다.

#### 다. 기존 상수처리 공정의 개선 및 향상된 기술의 보급

1) 기존의 상수처리 방법은 침사-약품처리-침전-여과-소독의 공정을 골자로 하는 획일적 시스템이 주류를 이루어 왔으나, 근래 우리나라 상수원의 오염도는 날로 심각해져 유기물 농도의증가, 조류 발생의 심화 등 종래의 공정으로는 제거하기가 힘든 경우가 많다.

이에 유연하게 대처하는 방법은 기존 상수처리공정의 효율을 향상시키거나 대체기술을 개발하여 적용하는 것이 적절하다. 이의 한 예로 용존공기 부상법(Dissolved air flotation : DAF)을 고찰하여본다.

용존공기 부상법은 수중에 미세한 크기의 기포를 다량 분출시켜 응집처리된 입자를 기포에 부착, 수표면까지 부상시켜 제거하는 기술로 주로 유럽지역에서 많이 사용되고 있으며, 국내는 남양주시 화도 정수장에 일일생산량 5천톤 규모로 현재 운전되고 있다.

수중에 부상성이 강한 조류가 발생하면, 기존의 침전방식으로 이의 제거율은 극히 미약하나, 부상방식으로는 90% 이상의 제거율을 나타내는 pilot 실험결과를 얻었다. 조류중 일부종은 수중에 독성물질을 분비하기도 하며, 정수처리 효율을 감소시키는 주 원인이 되고 있어 그 처리에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

현재 정수처리시 유기물의 산화, 질소성분의 제거, 미생물의 사멸을 목적으로 염소 처리를 실시하고 있는데, 이는 결국 소독 부산물이 발생됨을 의미한다. 현재 낙동강수계의 모 정수장의 처리법과 부상법을 비교하고 있는 실험 결과의 일부를 보면, 전염소-약품처리-침전에 의하여 제거된 탁도, 조류, 유기물(TOC)제거율과 약품처리-부상법으로 제거된 결과가 유사하게 도출되었다. 특히, 부상처리에는 전염소 공정이 없는데도 불구하고 탁도 제거는 우수하며, 조류 및 유기물 제거율이 전염소가 도입된 공정과 유사하다는 것은 소독 부산물 발생 측면에서는 매우 고무적인 결과이다.

일반적으로 고농도의 오염물을 저농도로 제거하는 것은 비교적 쉬운 일이다. 그러나 저농도의 오염물을 위해가 없을 정도의 극 저농도로 처리한다는 것은 바로 DAF와 같은 정밀기술(Fine Technology)이 앞으로 요구된다는 점이다.

## 2) 향상된 기술의 보급

충분히 검증된 공학적 이론이 있고, 다년간의 연구결과를 바탕으로 그 효율이 입증된 기술이 보급될 수 있는 제도가 확고히 마련되어야 한다.

## 라. 소규모 시스템의 개발 및 최적 처리 기술 개발

1) 대도시 정수장은 대부분이 일일생산량이 수십만톤에서 백만톤 이상까지의 시설로 운영되고 있다. 정수장 건설시 초기 투자비가 수백억단위에서 천억대 이상이며, 유지관리비, 인건비 등의 측면과 변화되는 원수수질에 대응할 수 있는 방법의 한계성 등 경제적, 위해성 유발 가능성 측면에서 불리한 점이 많다.

상수처리시설을 수요자 중심의 근접된 소규모 시스템으로 전환하면 다음과 같은 장점이 있다.

- 수요와 공급간의 일치성 확보 유리
- 문제발생시 그 범위가 매우 제한적이다.
- 관망에서의 2차오염
- 원수의 누수는 있어도 수돗물의 누수는 미미하다.

그러나, 소규모 시스템으로의 전환은 처리장치가 적정효율유지, 콤팩트화, 자동화, 유지관리의 용이성, 경제성 등의 요건이 충족되어야 할 것이다. 소규모 시스템의 도입은 상수처리시설이 막대한 투자비가 소요되는 대규모의 토목공사에서 물량에 비하여 미량인 오염물질들을 효율적으로 제거하는 장치로의 인식전환을 의미한다.

## 2) 최적 처리 기술 개발

원수의 특성에 맞고 경제성, 처리효율성등을 제고하여 가장 적절한 처리방법을 BAT(Best Available Technology : 최적처리기술)라고 하며, 미국 EPA에서 제안된 오존, 활성탄, 분리막 등을 이용하는 공정이 있다. 우리나라의 수질특성과 처리대상물질은 주로 용해성 유기물, 미량유해화학물질(농약 등), 맛, 냄새 유발물질(조류 포함), 강우기의 고탁도 성분 등으로 함축할 수 있다. DAF는 부상기포에 의하여 일부 휘발성 유기화합물을 산화시키는 능력도 있어, 또다른 산화제를 첨가하지 않아도 되는 점도 부각된다.