

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 1주 환경문제의 이해

### ▶ 1교시 : 환경과 인간

2교시 : 환경문제의 유형과 원인

3교시 : 환경문제의 해결 방안

## 1교시 | 학습목표

- 환경과 생태계 그리고 인간의 관계에 대해 이해한다.

1. 환경과 생태계는 같은 말인가?

2. 우리가 생활하는 곳은 환경에 포함되어 있는가?

# ● 1. 생태계, 환경, 인간

## 1) 생태계

- **생태계**: 생물과 무생물이 시간적, 공간적으로 상호작용하는 총체적인 계 ([자연중심적 관점](#))

### 생태계(ecosystem)

무생물

유기물 (생명체 에너지 공급의 필수 영양소인 단백질, 지방 등)

무기물 (유기물이 아니며, 물질순환에 관여하는 탄소, 질소, 물 등)

물리적 요소 (빛, 온도, 습도, 토양, 기후 등)

생물

생산자 (광합성으로 무기물을 유기물을 만드는 **식물**, 조류 등)

1차 소비자 (생산자를 먹고 사는 **초식동물**과 잡식동물)

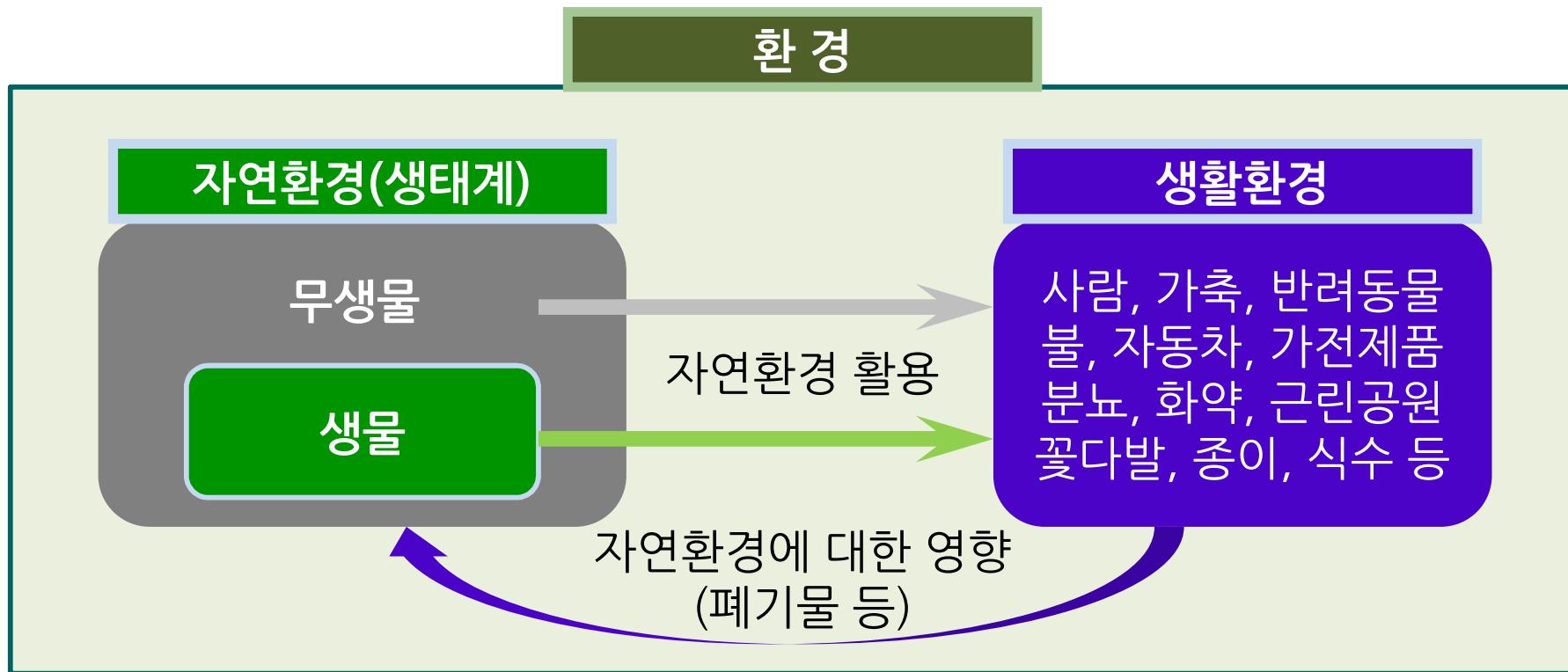
2차 소비자 (1차 소비자를 먹고 사는 **육식동물**과 잡식동물)

3차 소비자 (2차 소비자를 먹고 사는 **대형육식동물**과 잡식동물)

분해자 (사체를 분해하거나 다른 생물의 유기물을 죄해 에너지를 만들고, 유기물을 다시 무기물로 되돌려 물질순환을 발생시키는 **균류**(곰팡이, 버섯 등), **세균류**(박테리아) 등)

## ● 1. 생태계, 환경, 인간

### 2) 생태계, 환경, 인간



- 환경 (광의의 환경) = 자연환경 (협의의 환경) + 생활환경
  - \* 자연환경 (biophysical environment)
    - 인본주의적 관점 : 인간과 영향을 주고 받는 우주의 모든 자연적, 인공적인 것
    - 자연중심주의적 관점 : 생태계
  - \* 생활환경 : 자연환경과 분리할 수 없음 ([생활에 필요한 최소한의 공기, 무기물 등](#))

## 생태계

1.
    - 생물과 무생물이 시간적, 공간적으로 상호작용하는 총체적인 계
    - 자연중심적 관점
- 

## 자연환경 (biophysical environment)

2.
    - 인본주의 관점 : 인간과 영향을 주고 받는 우주의 모든 자연적, 인공적인 것
    - 자연중심주의적 관점 : 생태계
  3. 생활환경 : 자연환경과 분리할 수 없음
-

## 2교시

### 환경문제의 유형과 원인

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.



김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기

## 1주 환경문제의 이해

1교시 : 환경과 인간

▶ 2교시 : 환경문제의 유형과 원인

3교시 : 환경문제의 해결 방안

## 2교시 | 학습목표

- 환경문제의 유형을 이해함
- 환경문제가 구조적으로 발생하는 원인을 거시적으로 살펴봄

# 1. 환경문제가 개인이나 한 나라의 노력만으로 해결될 수 없는 이유는 무엇인가?

## ● 1. 환경문제의 유형

### ■ 지구적 환경문제

- 일반적으로 피해규모가 크고 피해범위가 넓으며, 피해양상이 복잡
- 기후변화, 오존층 파괴, 사막화, 생물종 다양성 감소, 자원고갈(열대림 파괴, 물부족) 등

### ■ 인접국 간 월경성 환경문제

- 일국의 환경오염이 인접 국가에 영향을 미침(국가간 환경갈등 위험)
- 황사, 미세먼지, 산성비, 방사능, 국제하천 오염, 어족자원 고갈 등

### ■ 국내 환경문제

- 국내 또는 지역적으로 일상생활 중에 경험하는 문제
- 대기오염(미세먼지 등), 수질오염, 해양오염, 토양오염, 폐기물문제  
생태계 파괴, 경관 훼손, 기타(빛, 소음, 악취 등)

## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 1) 급속한 인구증가

- 인구증가 속도 추정의 실패
  - IAP의 1994년 세계인구 추정 : 2050년에 78억명, but
  - UN의 2012년 세계인구 추정 : 2020년에 77억명
  - \* IAP(InterAcademy Panel) : 세계적인 과학네트워크
- 세계 인구증가 속도

인구	시점	인구 2배 증가 기간
2.5억명	950년	–
5억명	1600년	650년
10억명	1802년	202년
20억명	1928년	126년
40억명	1974년	46년
80억명	2028년	54년

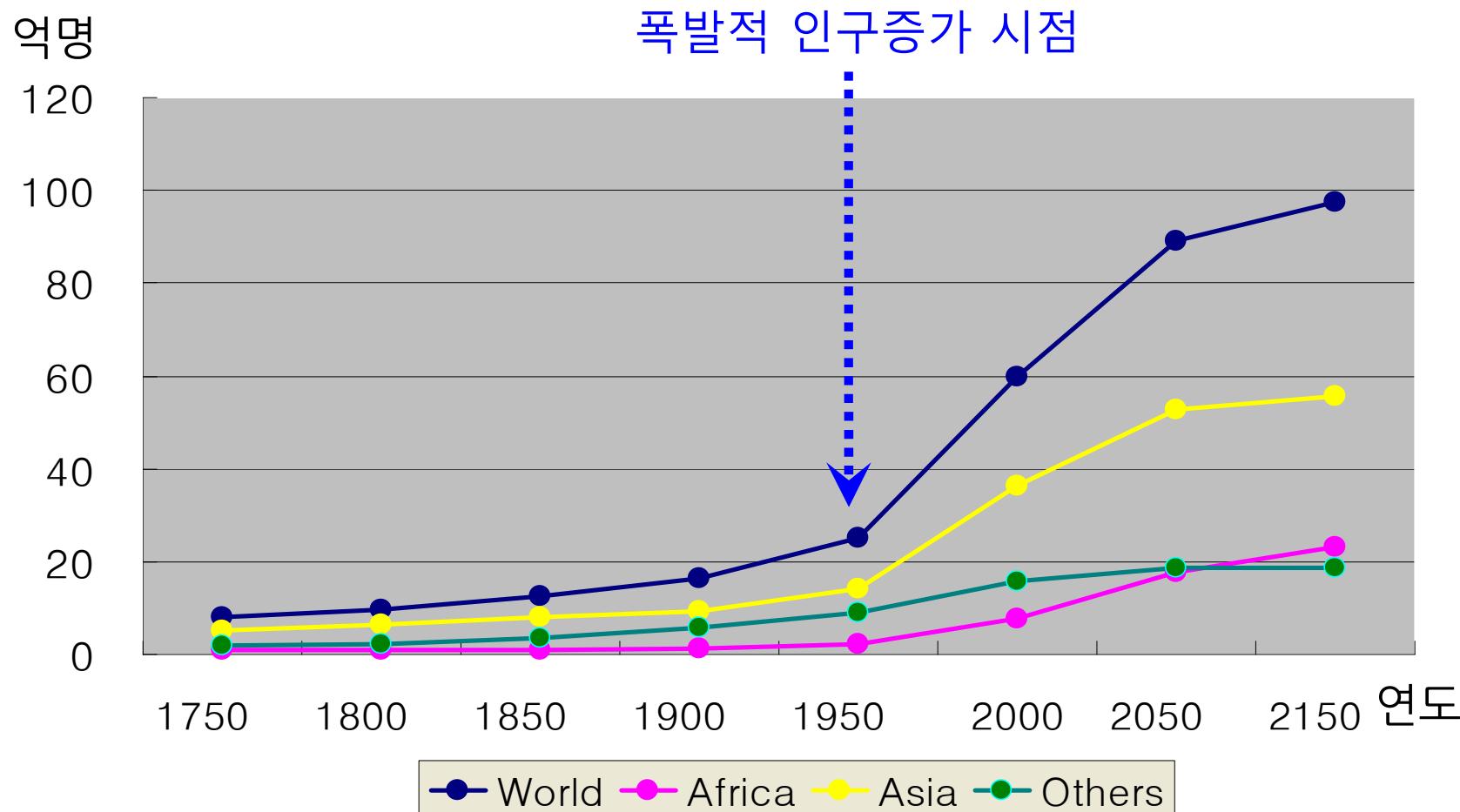
- 2100년 추정 인구 : 112억명 (급속한 인구증가 속도 둔화)

출처) UN, "World Population Prospects", 2016; Wikipedia ([http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_population#\\_note-unpp](http://en.wikipedia.org/wiki/World_population#_note-unpp))

## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 1) 급속한 인구증가

- 대륙별 인구 증가 속도



자료: Wikipedia ([http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_population#\\_note-unpp](http://en.wikipedia.org/wiki/World_population#_note-unpp))

## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 1) 급속한 인구증가

- 급속한 인구증가의 문제점

- 자원소비 증가 ⇒ 생태계 파괴 ⇒ 다양한 환경문제 발생

- . 특히, 지구온난화 및 환경오염 가속화

- 소비 및 폐기물 증가

- . (예) 2050년의 해양 물고기 무게 < 해양 플라스틱 폐기물 무게

- 대규모 생물멸종 초래

- . 현재 제6의 대멸종기 위험

- \* 육지 포유류 177개종 : 서식지의 30% 상실 (1900~2015년간)

- \* 조류, 파충류, 양서류 등 수십억마리 사라짐

- \* 그러나, 개체수가 줄고 있는 종 가운데 1/3은 멸종위기종으로 인식 안 됨

\* 출처 : Sutter, J.D., ["How to stop the sixth mass extinction"](#). CNN, December 19, 2016.

: 멕시코 국립자치대학 세발레스 교수 연구진의 연구결과(모바일 연합뉴스, 2017.7.11에 인용)

## ○2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 2) 도시화

서울의 야경



출처: UDTOWN.COM ([http://www.udtown.com/page/board.php?bo\\_table=pic\\_view&wr\\_id=37](http://www.udtown.com/page/board.php?bo_table=pic_view&wr_id=37))

## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 2) 도시화

#### ■ 세계의 도시화

- 20세기 이후 : 급속한 도시화
  - . 1900년 - 13% (2억 2천만명)
  - . 1950년 - 29% (7억 3천만명)
  - . 2005년 - 49% (32억명)
  - . 2030년 - 60% (49억명)
- 2007년 : 도시밀레니엄 (Urban Millennium)
  - . 인류역사 최초로 도시인구 50% 돌파
- 아시아 / 아프리카 : 도시화율 상승 주도
  - . 인구 1000만명 이상 거대도시
    - : 1950년 2개 ⇒ 2015년 22개 (개도국 17개)
  - . 인구 2000만명 이상 거대도시
    - : 2020년 12개 추정
- 2050년 : 세계인구 2/3 도시집중

출처: UN World Urbanization Prospects (2005), UN-HABITAT Annual Report (2006)

## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 2) 도시화

- 선진국의 도시화율

- 30%부터 급상승, 80%부터 둔화/정착

- 우리나라의 도시화율

- 2000년 전까지 급속히 상승 : 1970년 41% ~ 2000년 80%
  - 이후 조금씩 지속적으로 상승 : 2000년 80% ~ 2050년 88% (추정)

- 환경문제는 도시화율보다 인구밀도에 더욱 큰 영향을 받음

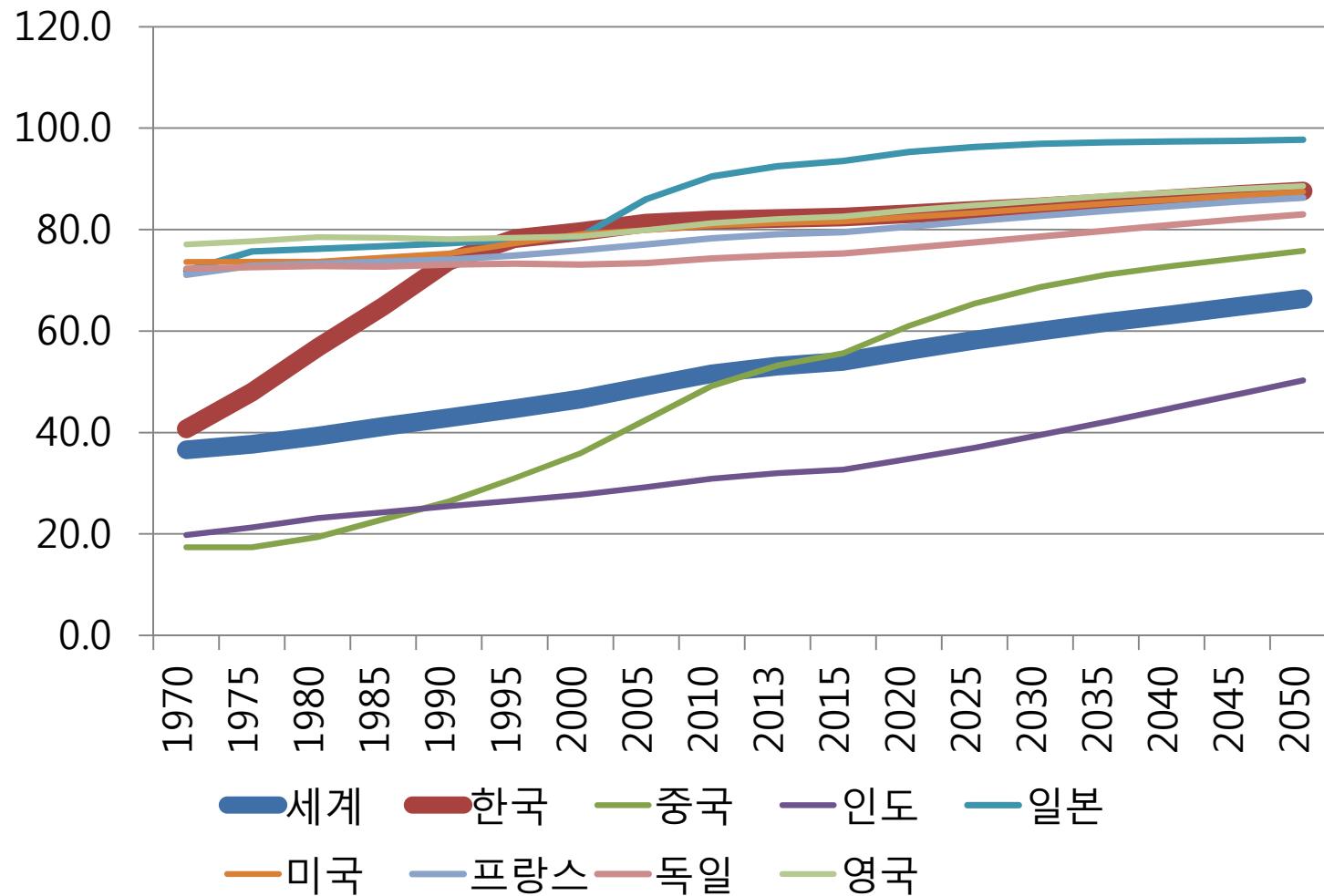
- 우리나라 인구밀도

- . OECD 1위 (2017년 현재 513명/km<sup>2</sup>)
    - . 세계 3위 (인구 1000만명 미만 소국 제외)

## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 2) 도시화

주요국의 도시화율 추이



## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 3) 산업화

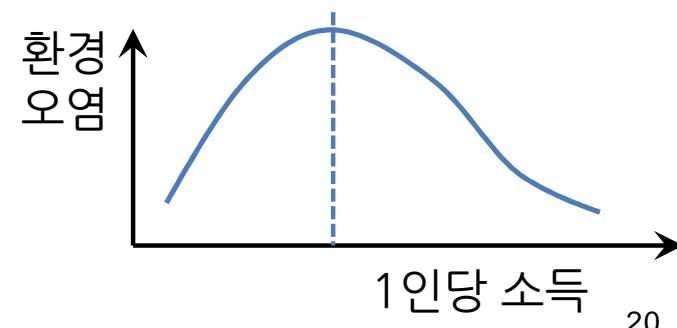
#### ■ 산업화와 환경부하

- 농업혁명 (제1물결) + 산업혁명 (제2물결) + 정보화혁명 (제3물결)
- 산업화 ⇒ 소득증대 ⇒ 소비력 및 생산력 증대
- 산업화 ⇒ 생산기술 향상 ⇒ 제품의 다양화, 고급화 ⇒ 소비증대
- 산업화 ⇒ 신모델 개발 ⇒ 제품사용기간 단축 ⇒ 소비증대
- 산업화 ⇒ 소비패턴 변화
  - (예) 육류가공식품 소비 증가 ⇒ 대규모 축산
    - ⇒ 사료소비 증가, 축산배설물 증가
- 산업화 ⇒ 재생가능, 재생불가능 자원 감소
  - ⇒ 폐기물 증가 (방사성폐기물, 생활폐기물…)
  - ⇒ 생태계 파괴
  - ⇒ 레저가치 감소 (심미적 경관가치, 낚시터 수질…)
  - ⇒ 기타 환경오염 증대 (공사현장의 소음, 진동, 교통지옥…)

## ● 2. 환경문제 발생의 구조적 원인

### 4) 빈곤문제

- 원료/식량 부족 ⇒ 무분별한 개간 ⇒ 자원고갈  
⇒ 무분별한 야생동식물 포획 ⇒ 생태계 겨란 및 멸종위기
- 경제성장 욕구 > 환경보전 의욕 ⇒ 자연환경 훼손
  - ⇒ 토양침식 / 홍수 / 가뭄
  - ⇒ 토지 황폐화
  - ⇒ 농업생산성 하락
  - ⇒ 빈곤의 악순환
- 환경보전에 대한 관심 부족 ⇒ 환경파괴 및 빈곤의 악순환
- 빈곤이 해결되면 환경은 보전될 것인가?
  - 환경쿠즈네츠 곡선
    - . 환경문제 종류에 따른 차이
      - \* 적용 : 대기오염, 삼림훼손...
      - \* 미적용 : 자원이용, 생물종다양성...



## 환경문제의 유형

- 지구적 환경문제
  1. - 인접국 간 월경성 환경문제
  - 국내 환경문제
- 

## 환경문제 발생의 구조적 원인

- 급속한 인구증가
  2. - 도시화
  - 산업화
  - 빈곤문제
-

- ✓ UN, "[World Population Prospects](#)", 2016
- ✓ UN World Urbanization Prospects (2005)
- ✓ UN-HABITAT Annual Report (2006)
- ✓ Sutter, J.D., "[How to Stop the Sixth Mass Extinction](#)"
- ✓ Wikipedia

## 3교시

### 환경문제의 해결 방안

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 1주 환경문제의 이해

1교시 : 환경과 인간

2교시 : 환경문제의 유형과 원인

▶ 3교시 : 환경문제의 해결 방안

### 3교시 | 학습목표

- 환경문제를 해결해야 하는 이유를 이해함.
- 환경문제의 해결을 위해 누가 어떤 일을 해야 하는지 생각해 봄.

- 1. 환경이 파괴되면 복원하면 되지 않을까?**
- 2. 재생이 가능한 자원은 재생하면 원상태로 되지 않나?  
재생 가능 자원을 소비하는 게 왜 문제가 되는지?**
- 3. 환경문제의 해결을 위해 환경부장관을 환경부총리로  
승격하는 문제는 어떻게 생각하는가?**

## ● 1. 환경문제 해결의 필요성

- 인구증가, 도시화, 산업화, 빙곤 등으로 인한 환경문제가 심각
  - 피해자 : 생태계, 생물, **무생물**, 현세대, 미래세대
  - 피해유형 : 생물의 멸종, 복지, 건강  
인류의 멸망, 삶의 질, 보건 및 안전, 경제적 손실
- 환경파괴의 비가역성(irreversibility)
  - 생태계, 생물, 무생물 : 복원 불가능한 피해 (멸종, 생태계 소멸, 성분변화…)
  - 현세대, 미래세대 : 회복 불가능한 피해 (사망, 질병, 생물종 감소의 피해…)
- 자원의 유용성 감소 (인본주의적 관점)
  - **엔트로피(entropy)** 증대 법칙 (열역학 제2법칙)  
: 에너지는 사용 가능한 저엔트로피  $\Rightarrow$  사용 불가능한 고엔트로피로만 전환
  - 인간은 자연환경계로부터 저엔트로피 물질 획득  
 $\Rightarrow$  생활환경계에서 사용  $\Rightarrow$  고엔트로피 물질로 전환 후 자연환경계로 배출  
 $\Rightarrow$  **자원의 유용성 감소**  $\Rightarrow$  인간과 **동식물**의 피해
  - \* 재활용 : 추가적인 에너지 투입 (추가적인 **무질서** 발생)

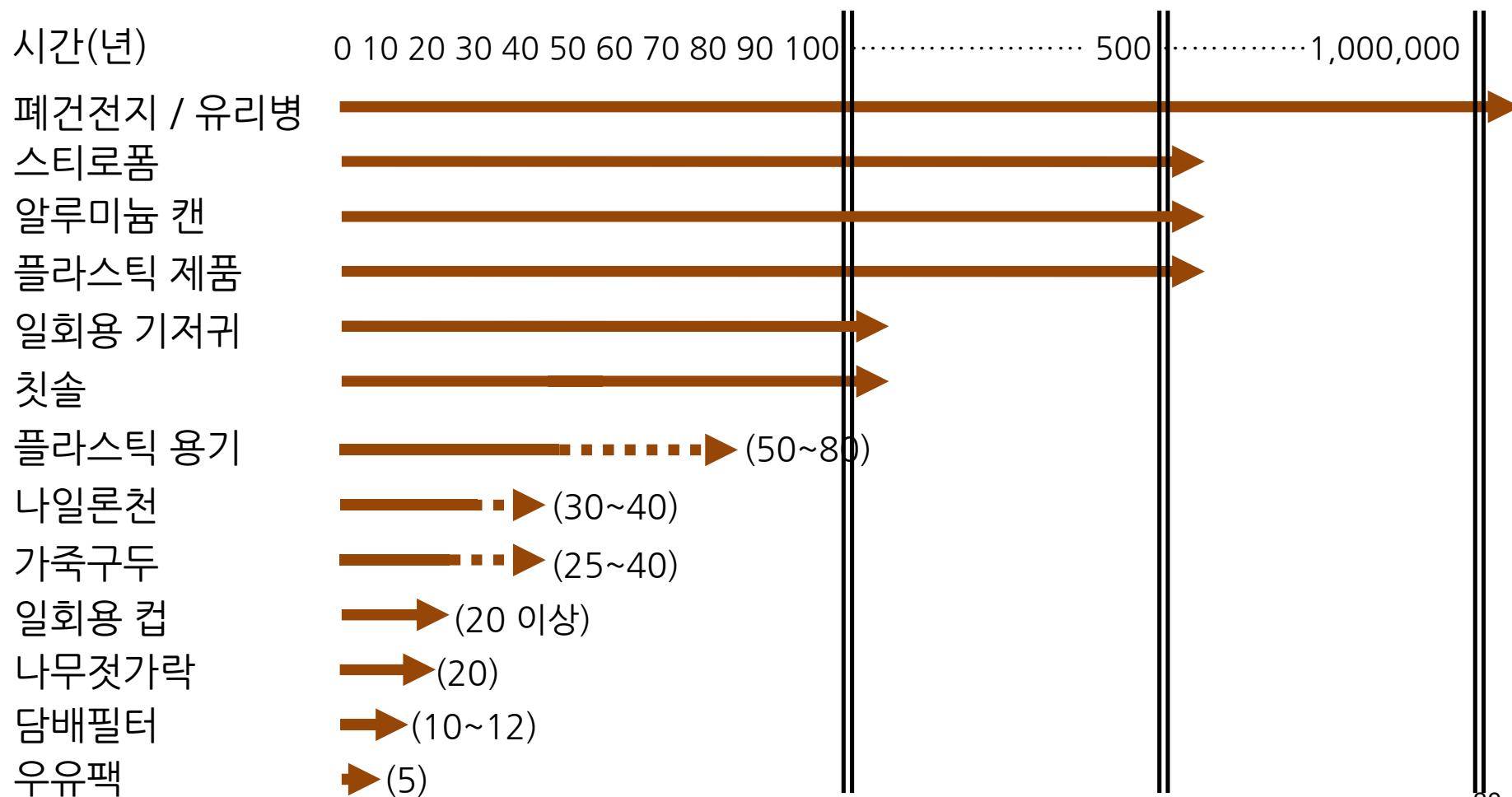
## ● 1. 환경문제 해결의 필요성

- 재생 불가능한 자원 부존량의 감소 (인본주의적 관점)
  - 화석연료(석유, 석탄, 천연가스), 광물(철, 아연, 구리)…
    - \* 재생 불가능성 : 언젠가 재생은 되겠으나 재생에 **오랜 시간**이 걸리므로 **무용**
- 환경의 수용능력(carrying capacity of an environment)을 넘어서는 환경부하가 급속히 증대
  - 환경의 수용능력 : 먹이, 서식지, 물 등 필요조건이 갖춰진 **특정 생태환경**에서 **특정 생물종**이 **지속가능하게 생존**할 수 있는 **최대의 개체수**
    - \* A지역의 B생물종은 X마리가 넘지 않아야 (**수용능력**) 지속적으로 생존 가능
    - \* 사례 : 북미 식민지 시대 이전 : 북미 사슴 개체수는 늑대에 의해 적정수 유지  
북미 식민지 시대 이후 : 유럽인의 늑대 사냥 ⇒ 늑대 개체수 급감  
⇒ 북미 사슴 개체수 급증 ⇒ 북미 사슴 생존에 필요한 목초지 급감  
⇒ **환경의 수용능력** 감소 (= 북미 사슴 개체수 급감)
    - \* 개념 : **인간** 등 모든 생물종에 적용됨 (개념 정의는 분야별로 **다양함**)
    - \* 규모 : 계속 변화함 (생물종에 따라, 시간, 공간 등의 환경조건에 따라)

## ● 1. 환경문제 해결의 필요성

- 환경파괴 시 복원이 가능하더라도 복원의 어려움 발생

(예) 생활폐기물 자연분해 소요 시간



〈자료〉 환경부, 연합뉴스, 영국 데일리메일 등

## ● 1. 환경문제 해결의 필요성

### ■ 환경갈등 예방 또는 해소

- 소득/고용/영리활동 욕구와 환경보전 욕구의 상충
  - . 새만금 방조제 건설과 갯벌 보전
  - . 천성산 고속전철터널 건설과 생태계 보전
  - . 국립공원 케이블카 건설과 환경보전
- 갈등해결 패러다임 예시
  - . 지속가능한 개발 (environmentally sustainable development)
  - . 친환경경영, 친환경상품 개발
  - . 개발에 대한 주민의 참여적 의사결정
- 개발과 환경보전에 대한 가치관 상충문제 상존  
⇒ 환경친화적인 기술을 개발함으로써 환경문제를 해결하려는 노력이 부단히 이루어져야 함.

## ● 2. 환경문제 해결 방안

### 1) 세계의 노력

- 국제 환경협력 및 갈등 해소
    - . 기후변화협약을 둘러싼  
선진국과 개도국의 갈등(남-북갈등)  
**미국과 유럽의 갈등(북-북갈등)**…
  - 국제 환경협약의 성실한 이행
    - . 기후변화협약(기후변화) . 람사르협약 (습지보호)
    - . 사막화방지협약(사막화) . 몬트리올의정서(오존층파괴)
    - . 바젤협약(유해폐기물) . 생물다양성협약(생물다양성)…
  - 국제 환경규제의 **선용**
    - . EU : 전기전자제품, 화학물질, 폐차, 타이어, 포장폐기물, 에너지사용제품…
    - . 미국 : 전기전자제품, 화학물질, 자동차, 배터리, 생활용품/완구…
    - . 캐나다, 일본, 중국 등의 환경규제
- \* 자국의 환경보전을 위해 사용하나, **무역장벽**으로 활용

## ● 2. 환경문제 해결 방안

### 2) 정부 등 공공부문의 노력

- 지속 가능한 개발 정책 추진 (환경정책, 산업정책, 교육정책 등의 조화…)
- 선진화된 친환경 제도 개발 및 도입 (4차산업혁명 대응 제도적 기반 마련…)
- 친환경 기술 개발 및 지원
  - 자원이용 저감 기술 (자원의 절약적 이용 기술 개발…)
  - 친환경 생산 기술 (전기차 개발, 환경-경제 효율성 증대 기술…)
- 엄격한 환경규제 (강력한 환경규제가 경제발전에 도움이 됨을 전제로 규제…)
- 심각한 환경문제 해결 노력 (강력한 미세먼지 대책…)
- 친환경 활동 인센티브 제도 강화 (수상제도, 가점제도…)
- 친환경제품 공공구매 확대 및 공공기관 평가 가점제의 전면적 실행
- 국제 환경협력에 적극 협조 (이니셔티브 발굴 및 정권 간 추진의 연속성 확보…)
- 친환경 교육 및 홍보 (교육포털 기능 강화, NGO와 협력, 규모의 경제 실현…)
- 기업, NGO, 민간단체, 시민과 협업 강화 (거국적 시스템 운용…)
- NGO와 민간단체에 대한 전폭적 지원 (재정지원, 애로사항 접수창구 정례화…)
- 타부처 대비 환경부처의 권한과 책임 강화 (환경부총리제 도입…)

## ● 2. 환경문제 해결 방안

### 3) 업계와 NGO의 노력

#### ■ 업계의 노력

- 환경이 당근 : 환경규제를 미래 먹거리 창출의 기회로 삼고 선제적으로 대응
- 환경이 채찍 : 환경규제에 대응하지 못하면 생존 불가
- 장기적 투자에 인색하지 않아야 (기술, 인력, 정보, 홍보…)
- 공공부문, NGO, 시민과의 협업 (환경보전과 수익성 증대 프로그램 발굴…)

#### ■ NGO(비정부기구)의 노력

- 시민의 협력 유도를 위한 시민친화적 정책 개발
- 환경파괴 감시자의 역할과 병행하여 정책제언자 역할 수행
- 과학적, 객관적 대안 제시 노력 (재정 여건상 어려움 극복 노력…)
- 시간, 인력, 재정 제약하에서 가장 효율적인 활동 대안 강구  
(초중고 및 대학 교육과정에 환경교육을 강화하기 위한 운동 지속적 전개…)
- 공공부문, 기업, 시민 등과의 협업 노력 (매력 있는 친환경 아이디어 제시…)

## ● 2. 환경문제 해결 방안

### 4) 시민의 노력

- 非소비
  - 걷기, 자전거타기, 한전등끄기, 냅킨 안깔기……
- 소비시
  - 자원이용의 순환율을 높이는 소비 (재활용, 재사용, 재제조 제품…)
  - 생태계 및 건강에 해로운 물질 사용 자제 (과대포장제품…)
  - 생태계 및 건강 **피해가 적은** 물질 사용 (저탄소 인증제품, 친환경자동차…)
  - 아껴쓰기 (휴지끝 사용하기, 오랫동안 사용하도록 관리하기…)
- 소비후
  - 친환경적으로 처분하기 (분리수거, 음식물쓰레기 분쇄…)
- 평상시
  - 가족과 지인에게 작은 실천방법 홍보하기 (친환경 지식, 노우하우…)
  - 작지만 참신한 친환경 아이디어를 공공부문, NGO, 민간단체, 기업 등에 제시
  - 환경에 관심을 가지고 올바른 지식을 습득하며 친환경 실천에 노력
  - 친환경생활 운동과 행사에 참여 (로컬푸드운동, 온실가스1인1톤줄이기운동  
그린스타트운동, 환경실천 가족캠프…)

## 환경문제 해결의 필요성

- 환경문제가 심각
- 환경파괴의 비가역성

1. - 자원의 유용성 감소와 재생 불가능 자원의 감소 (인본주의적 관점)
    - 특히 환경의 수용능력을 넘어서는 환경부하가 급속히 증대
    - 환경파괴 시 복원이 가능하더라도 복원의 어려움 발생
    - 환경갈등 예방 또는 해소
- 

2. 

## 환경문제 해결방안

    - 세계각국, 공공부문, NGO, 민간단체, 시민의 역할
-

## 2주

## 환경오염의 이해와 생태계 파괴

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 2주 환경오염의 이해와 생태계 파괴

### ▶ 1교시 : 환경오염의 이해

2교시 : 생태계 파괴 (1)

3교시 : 생태계 파괴 (2)

## 1교시 | 학습목표

- 환경오염의 정의와 종류를 이해한다.
- 환경오염의 피해 유형을 익힌다.

- 1. 환경오염의 뜻을 정확하게 정의할 수 있는가?  
환경을 오염시키는 것?**
- 2. 환경오염의 종류를 나누는 기준은 한가지 뿐인가?  
수질오염, 대기오염...**
- 3. 환경오염이 왜 나쁜지 구체적으로 말할 수 있는가?  
생태계 파괴, 인간의 피해...**

# ● 1. 환경오염의 정의와 종류

## ■ 환경오염의 정의

- 화학물질이나 에너지가 생활환경이나 자연환경에 유입되어 이들에게 해로운 변화를 일으키는 현상

- \* 화학물질(chemical substances)

- : 변하지 않는 화학적 구성물과 특성을 지니는 물질로서  
화학원소(chemical elements : 질소, 황, 탄소, 우라늄, 철, 금, 망간…)

- 화합물(chemical components : 이산화탄소, 이산화황…)

- 철(iron), 합금(alloy : 청동(구리+주석), 니크롬(니켈+크롬)…)

- 으로 구성

- \* 에너지(energy) : 힘, 질량, 속도, 빛, 열 등으로 측정되는 능력

## ■ 환경오염의 종류

- 오염 대상에 따라 : 대기오염, 수질오염, 토양오염, 해양오염…
- 오염 매체에 따라 : 폐기물 오염, 소음공해, 중금속 오염, 방사능 오염…
- 오염 범위에 따라 : 지구적 오염, 월경성 오염, 지역적 오염, 국지적 오염…
- 오염 발생에 따라 : 점오염, 비점오염

## ● 2. 환경오염의 피해 유형

### ■ 발병 및 사망 위험 증가

- 수질오염(수인성 질환)
- 대기오염(호흡기 질환)
- 토양오염(농작물피해)
- 방사능오염 (사망, 기형아출산, 폐암)
- 기후변화(노인의 열사병 사망, 열대성 질병 증가)

### ■ 삶의 질 저하

- 휴양가치 감소(사라진 새소리, 나무그늘 적은 산, 먼지덮힌 공원 의자)
- 경관가치 감소(흐릿한 도시, 훼손된 산림, 더러운 해수욕장, 보기 싫은 민둥산)
- 일조량 감소(햇볕 들지 않는 주택)
- 소음 피해(시끄러운 공사장)
- 악취 피해(냄새 나는 개천)

### ■ 경제적 손실 발생

- 기후변화 (농작물 피해)
- 대기오염 (기계류 부식, 의류 손상)
- 수질오염 (수질정화장치 설치 비용 증가)…

## ● 2. 환경오염의 피해 유형

- 유용한 자원의 고갈

- 재생 불가능한 자원 고갈 위험
  - . 화석에너지 (전력산업)
  - . 금속, 화학물질(제조업 등 다양한 산업)
- 재생 가능한 자원 고갈 위험
  - . 산림자원(제지업)
  - . 약초(한방업)
  - . 어족자원(어업)
  - . 해조류(양식업)
  - . 천연식물자원(제약업)
- 기타 미지의 유용 자원 고갈 위험
  - . 인간에게 유용하나 아직 존재가 알려지지 않은 생물, 무생물
  - . 존재가 알려져 있으나 아직 유용성을 확인할 수 없는 생물, 무생물

## ● 2. 환경오염의 피해 유형

### ■ 생물의 피해

- 생물의 안전 위협 : 덜에 걸린 들개, 자동차에 치인 고라니…
- 생물의 건강과 생명 위협 : 수질, 방사능 오염 등으로 인한 생물의 질병과 죽음
- 생물의 멸종 위험 : **호랑이**, 땅귀개, 금개구리, 고래, 여우…
- 생물종 다양성 감소로 인한 **연쇄 멸종** 위기와 기타 생물의 피해 확산
- 이상의 원인으로 인한 **생물의 고통과 불편 증가** 등

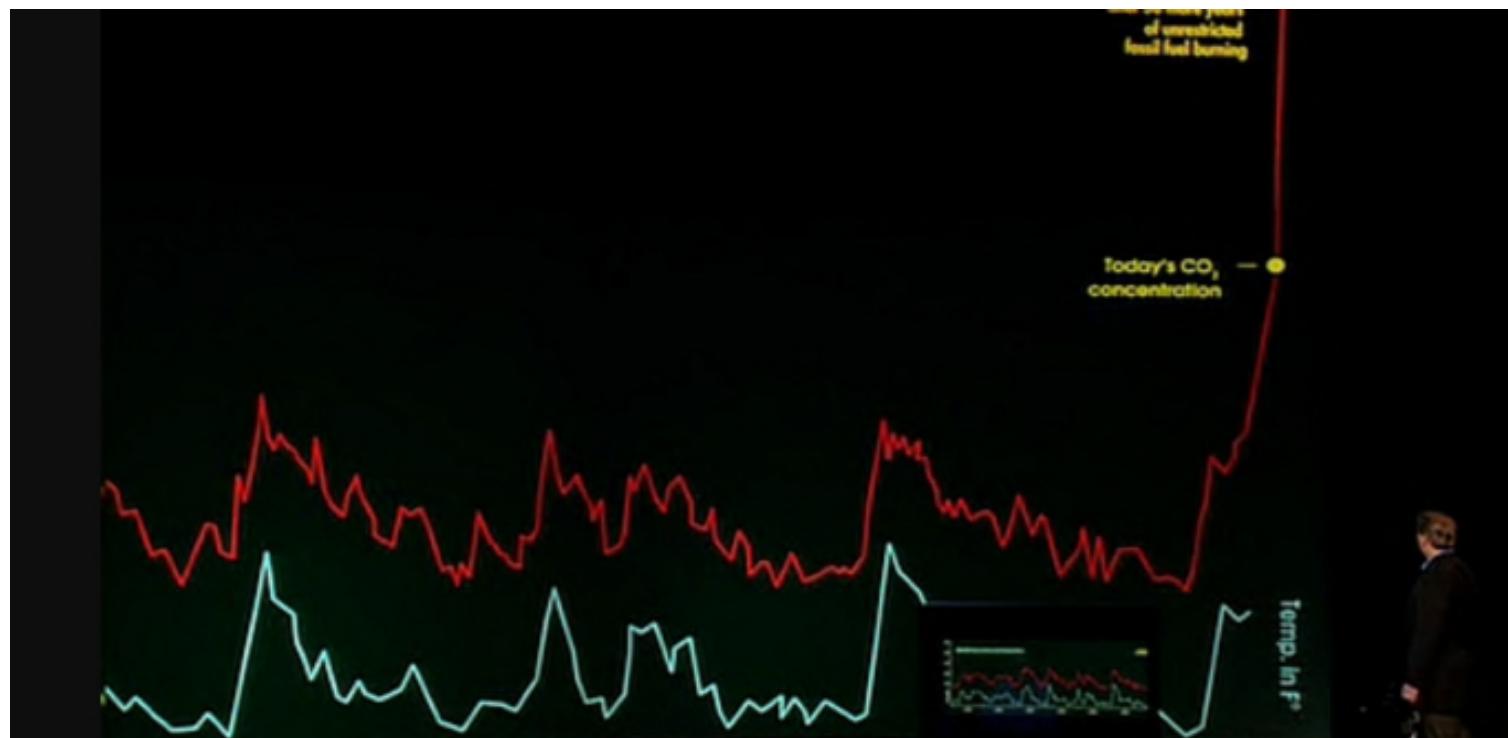
### ■ 기타 생태계 평형 파괴로 인한 피해

- 이상과 같은 **인간과 여타 생물**의 피해 확산
- \* **생태계 평형이란?** 생태계 내에서 생산과 소비가 일정하게 유지되는 상태

## ● 2. 환경오염의 피해 유형

### ■ 인류문명과 생태계의 파멸 위험

- 기후변화(기록적인 더위와 한파, 해수면 상승, 강력한 태풍과 폭우…)
    - . 자연재해의 70%는 기후변화때문 (20년 전 : 50%)
  - 기타 (급속히 진행되는 사막화, 식수 부족…)
- \* 영화 : 불편한 진실(An Inconvenient Truth), 투모로우(Tomorrow)



## 환경오염의 정의

1. - 화학물질이나 에너지가 생활환경이나 자연환경에 유입되어 이들에게 해로운 변화를 일으키는 현상
- 

## 환경오염의 종류

2. - 오염의 대상, 매체, 범위, 발생 등에 따라 다양하게 구분할 수 있음
- 

## 환경오염의 피해 유형

- 3.
- 발병 및 사망 위험 증가
  - 삶의 질 저하
  - 경제적 손실 발생
  - 유용한 자원의 고갈
  - 생물의 피해
  - 기타 생태계 평형 파괴로 인한 피해
  - 인류문명과 지구생태계의 파멸 위험
-

## 2교시

### 생태계 파괴 (1)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 2주 환경오염의 이해와 생태계 파괴

1교시 : 환경오염의 이해

▶ 2교시 : 생태계 파괴 (1)

3교시 : 생태계 파괴 (2)

## 2교시 | 학습목표

- 생태계의 개념을 이해한다.
- 생태계를 어떻게 분류할 수 있는지 알아본다.

1. 생태계란 무엇인가? 자연환경과 어떻게 다른가?

2. 작은 연못도 생태계라 할 수 있는가?

# • 1. 생태계의 개념

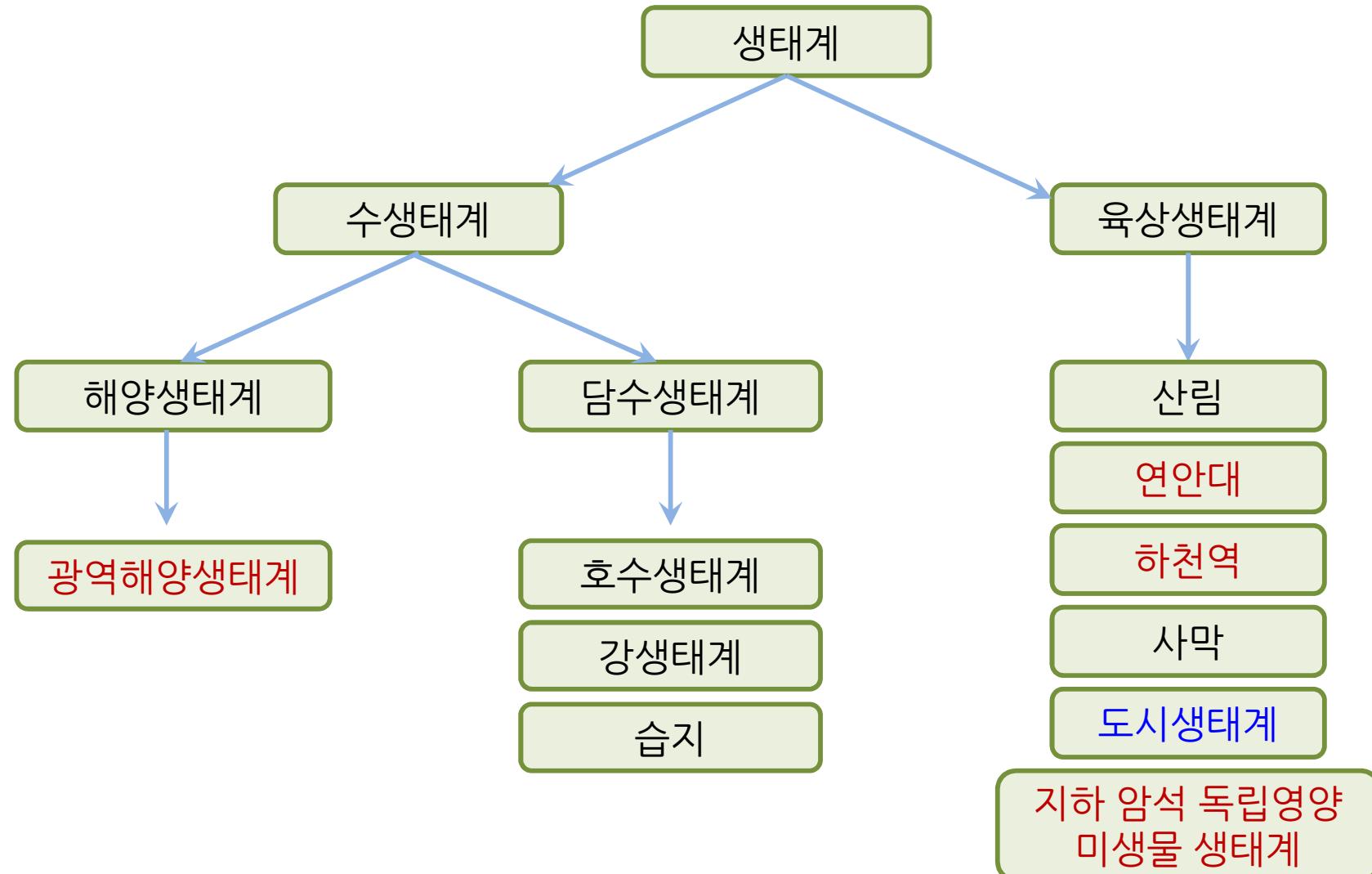
## ■ 용어의 기원

- A. Tansley, *The use and abuse of vegetational terms and concepts*, 1935.

## ■ 생태계의 개념

- 생물이 주변의 무생물과 상호작용하는 시스템
  - \* 양분 순환 및 에너지 흐름을 통해 생물-무생물, 생물-생물 간 연계됨
  - \* 생태계의 규모는 전지구적 규모도 있으나 주로 제한된 공간의 생태계를 의미  
(연못 ~ 북극대륙 ~ 지구)

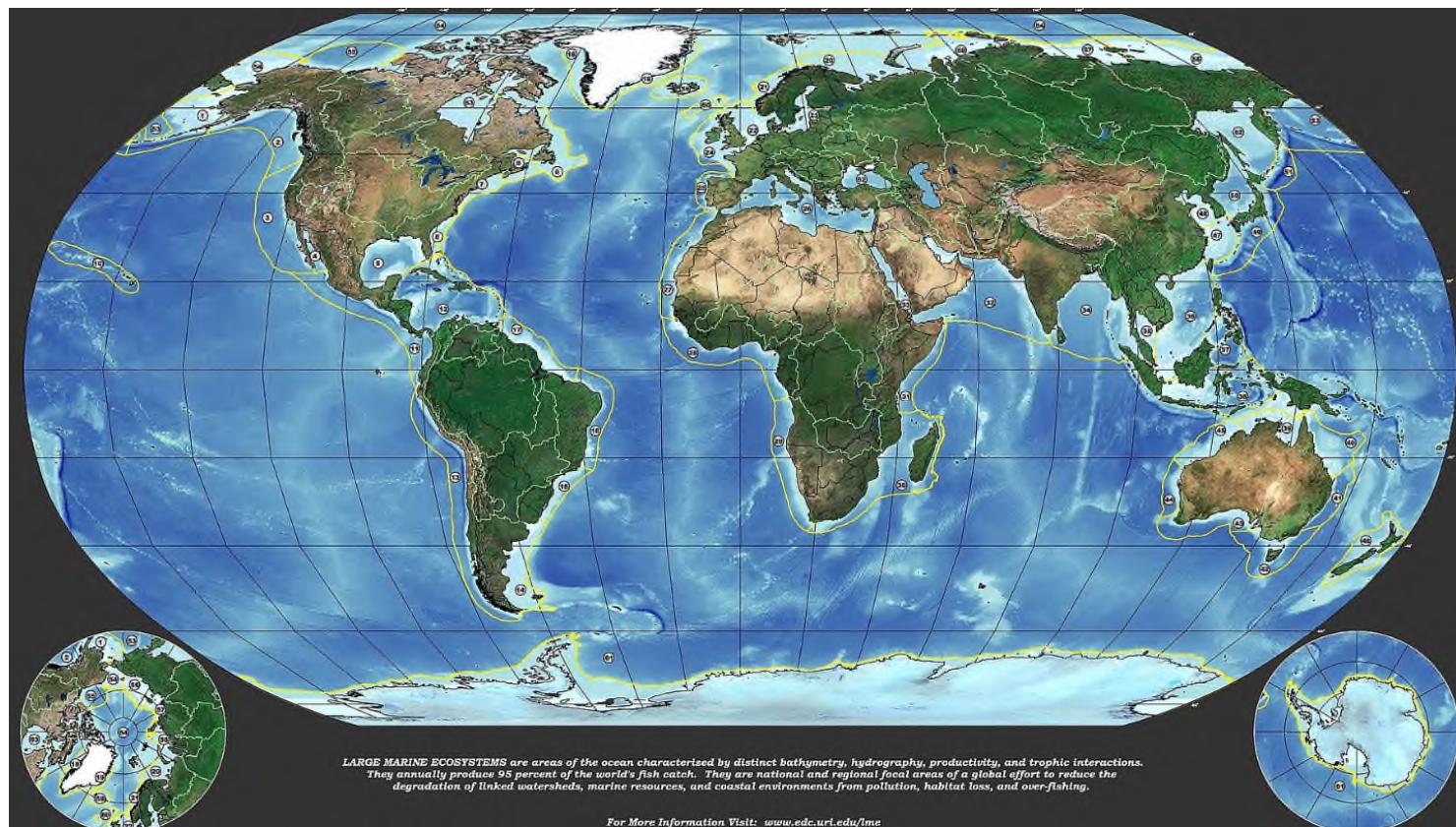
## ● 2. 생태계의 분류



## ○2. 생태계의 분류

### ■ 광역해양생태계

- 각 대륙에 인접한 주요 해류 시스템의 외곽선 내 생태계 (심해, 해양도서 제외)
- 세계 연간 어족자원 생산량의 95% 차지
- 전지구적인 해양오염, 과다채취, 연안 서식지 변화의 대부분은 이 지역에서 발생



## ● 2. 생태계의 분류

- 연안대 : 육지와 닿아있는 물가
- 하천역 : 흐르는 물에 의해 생겨난 땅 위에 식생이 형성된 공간
- 지하 독립영양 미생물 생태계 : 빛, 산소 없이 암석의 수소를 섭취 (1990년대 발견)

1.
  - 생태계의 개념
    - 생물이 주변의 무생물과 상호작용하는 시스템
2.
  - 생태계의 분류
    - 크게 육상생태계와 수생태계로 나눔
3.
  - 생태계의 규모는 작은 연못에서 지구까지 다양함

## 3교시

### 생태계 파괴 (2)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 2주 환경오염의 이해와 생태계 파괴

1교시 : 환경오염의 이해

2교시 : 생태계 파괴 (1)

▶ 3교시 : 생태계 파괴 (2)

### 3교시 | 학습목표

- 생태계의 구성요소, 특히 생태계 과정에 대해 이해한다.
- 생태계 보전의 중요성에 대해 이해한다.

- 1. 생태계는 어떤 방식으로 작동되는가?**
  
- 2. 먹이사슬과 먹이그물은 어떻게 다른가?**
  
- 3. 생물농축이란 무엇인가? 왜 중요한 개념인가?**
  
- 4. 생물의 종류가 많은 것이 왜 중요한가?**

## ● 1. 생태계의 구성요소

### ■ 생태계의 구성요소

- 특성(characteristics) : 특정 생태계 고유의 생물학적, 물리적, 화학적 특징
- 구조(structure) : 생물과 무생물이 어우러진 망(web)
- 과정(process) : 생태계 구성요소들 간 물질 및 에너지의 상호교환 상태
- 기능(function) : 생태계 특성, 구조, 과정 간 상호작용 결과

\* 출처 : 안소은, '의사결정 지원을 위한 생태계서비스의 정의와 분류', *환경정책 연구*, 제12권 제2호, 2013.

## ● 2. 생태계의 과정(process)

### ■ 생태계 과정

- 생산자가 광합성 작용을 통해 축적한 양분과 에너지가 이동하는 과정
  - . 양분과 에너지의 이동 : 생산자  $\Rightarrow$  1,2,3차 소비자  $\Rightarrow$  분해자
  - \* **생산자** : 무기물을 유기물로 전환  $\Rightarrow$  생태계에 양분과 에너지를 창출
  - \* **소비자** : 생물의 소비 과정에서 물질 순환과 에너지 흐름에 영향 미침  
 $\Rightarrow$  식물과 미생물의 양에 영향 미침
  - \* **분해자** : 유기물을 무기물로 전환 (식물과 미생물이 재사용)



## ● 2. 생태계의 과정(process)

- \* 광합성 작용



- 광합성 : 엽록체가 있는 식물 등이 받은 빛 에너지를 엽록체를 이용하여 화학에너지로 전환함으로써 생물의 활동에 필요한 에너지를 축적
- 광합성 과정에서 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출 : 대기 산소의 대부분

- \* 먹이사슬 (food chain)

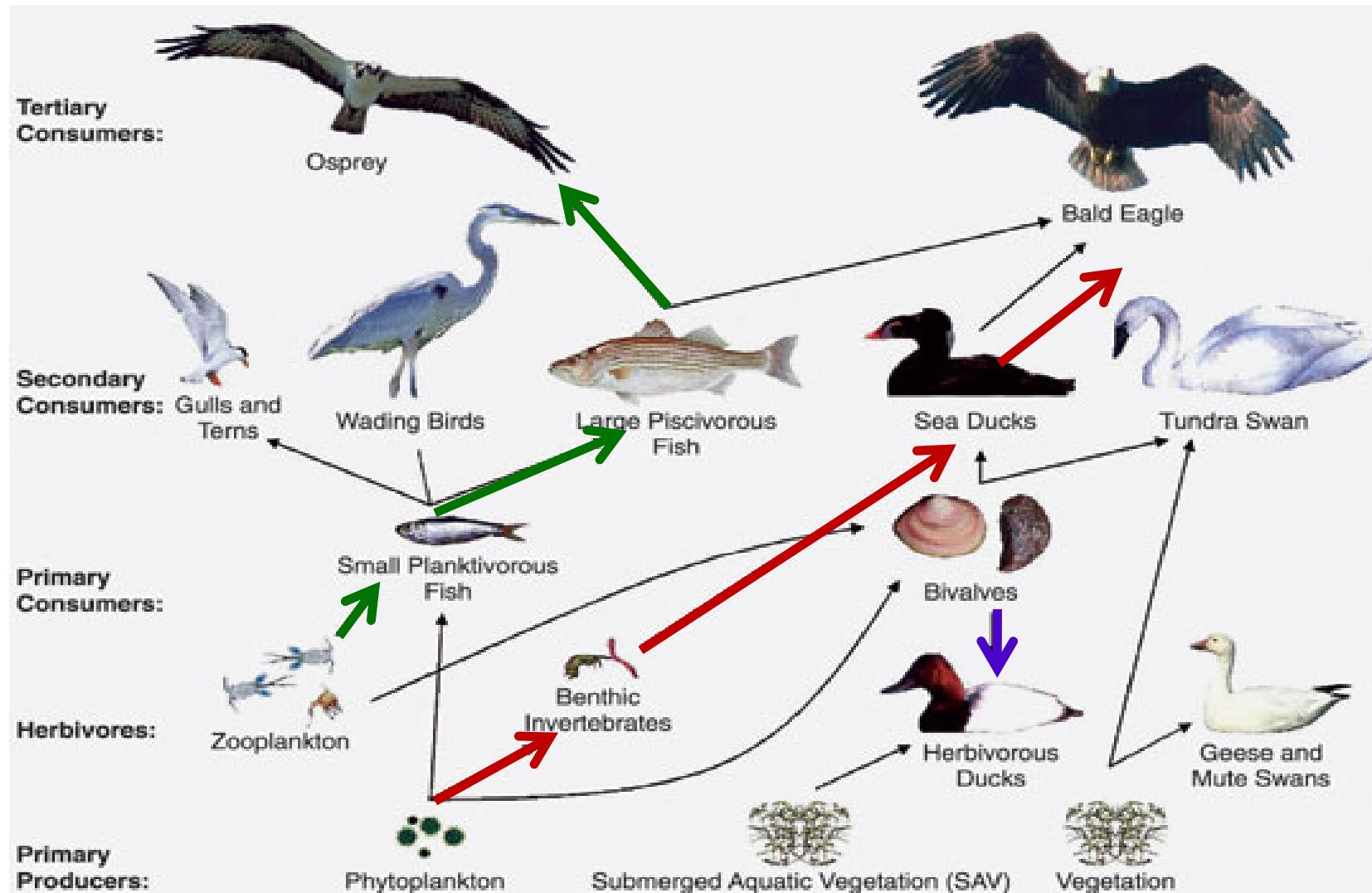
- . 생산자에서 3차 소비자까지 영양과 에너지의 선형적인 이동 네트워크

- \* 먹이그물(food web) = (food cycle)

- . 포식자와 피식자의 관계를 보여주는 먹이사슬의 상호연계망
- . 종의 수가 적을수록 한 종이 사라지면?  
(예) 식물 수분을 돋는 곤충 제거? 식물, 많은 곤충, 동물 멸종위기

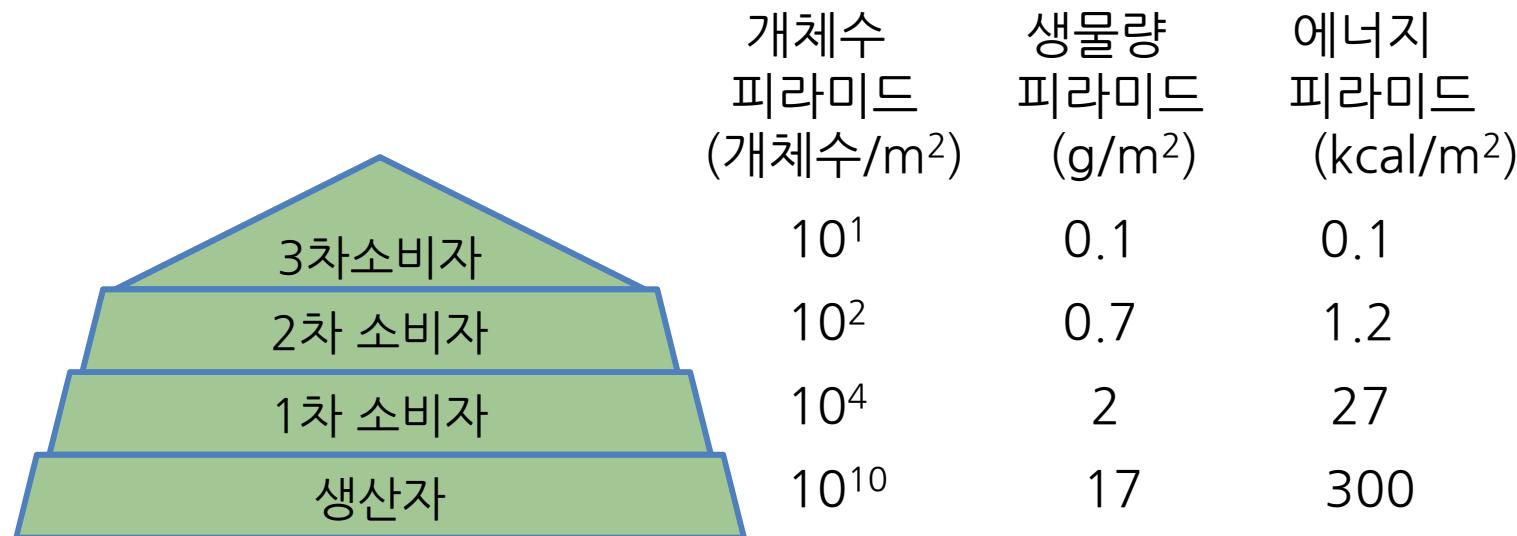
## ○2. 생태계의 과정(process)

### 먹이사슬과 먹이그물



## ● 2. 생태계의 과정(process)

\* 생태피라미드 (ecological pyramid) = (먹이 피라미드, 영양피라미드…)

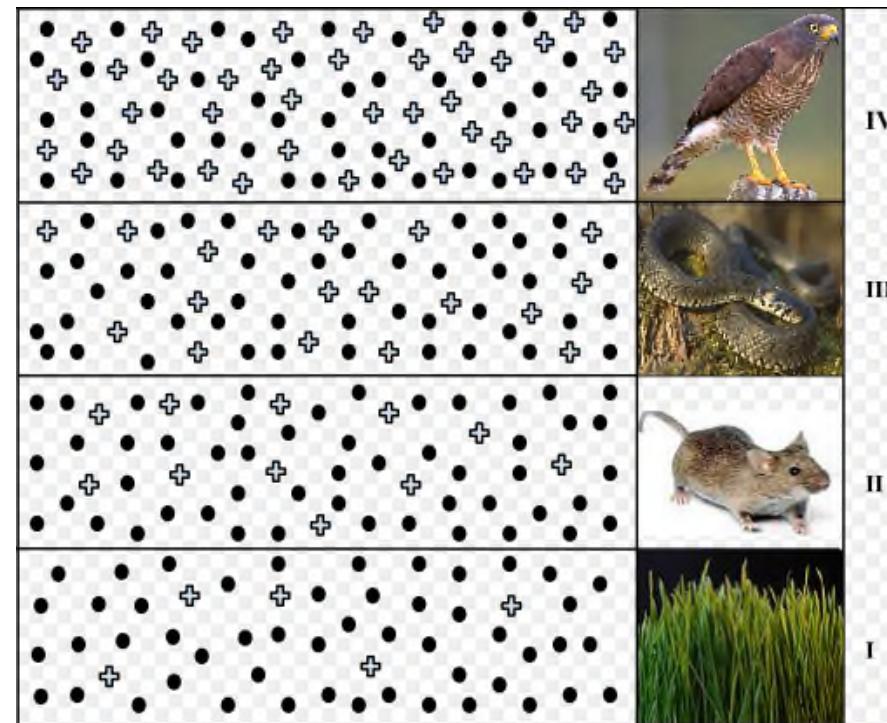


- 먹이사슬 상부로 갈수록 : 개체수, 생물량, 에너지 보유량 감소

## ● 2. 생태계의 과정(process)

### \* 생물농축(biomagnification)

- 먹이사슬 상부로 갈수록 체내에 유해물질이 더욱 많이 축적되는 현상
- 원인 : 중금속(수은), 난분해성물질(다이옥신), 방사성물질 등 먹이사슬을 통해 체내에 흡수된 유해물질이 체내에서 분해되거나 농도가 약해지거나 체외로 배출되지 않음



출처: wikipedia.com

- 
- 생태계의 구성요소
1. - 특성(characteristics), 구조(structure), 과정(process), 기능(function)
- 
- 생태계 과정
2. - 생산자가 광합성 작용을 통해 축적한 양분과 에너지가 이동하는 과정
  - . 양분과 에너지의 이동 : 생산자 ⇒ 1,2,3차 소비자 ⇒ 분해자
- 
- 먹이사슬 (food chain)
3. - 생산자에서 3차 소비자까지 영양과 에너지의 선형적인 이동 네트워크
- 먹이그물(food web)
- 포식자와 피식자의 관계를 보여주는 먹이사슬의 상호연계망
- 
- 생물농축(biomagnification)
4. - 먹이사슬 상부로 갈수록 체내에 유해물질이 더욱 많이 축적되는 현상
-

## 3주차

### 생태계 파괴 (II)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 3주 생태계 파괴 (II)

▶ 1교시 : 생태계 파괴 (3)

2교시 : 생태계 파괴 (4)

3교시 : 생태계 파괴 (5)

## 1교시 | 학습목표

- 생태계의 기능과 가치에 대해 이해한다.
- 생태계의 인본주의적 가치에 대해 알아본다.

- 1. 생태계는 얼마나 많은 기능을 하는가?**
  
- 2. 생태계는 무엇을 위하여 기능하는가?**
  
- 3. 생태계가 종교적 영감을 제공한다면,  
이것도 생태계의 기능이라고 할 수 있을까?**
  
- 4. 인간이 바라보는 생태계의 가치는 어떻게 평가할  
수 있을까?**

## -○1. 생태계의 기능(function)과 가치

서식처기능	생산기능	조절기능	문화/정보기능
일차적 생산	영양 (바이오매스, 식품, 물…)	대기 정화	경관미
영양분 순환	원료 (바이오매스, 섬유질, 물…)	기후 조절	휴양, 생태관광
에너지 흐름	에너지 (바이오매스 에너지, 역학에너지…)	수분/수자원 조절	문화/예술적 영감
종 서식처	수자원(담수…)	가스 조절	디자인적 영감
종 피난처	유전자원	병해충/질병 조절	영적/종교적 정보
유전자 보호	의학자원	생물학적 조절	역사적 정보
	장식자원	자연재해 조절	과학/교육적 정보
		외부 교란 조절	인지발달 정보
		토양 형성/유지	
		침식 방지	
		비옥도 조절	

주) 바이오매스(biomass, 생물량) : 주어진 시간에 특정 생태계에 존재하는 생물의 총량 또는 단위당 평균량  
 \* 바이오매스 자원 : 에너지의 생산에 사용되는 생물, 특히 음식이나 사료로 사용하지 않는 식물이나  
 식물에 기반한 물질 (볏짚, 톱밥, 분뇨, 음식물쓰레기 등 유기성 재생에너지 자원)

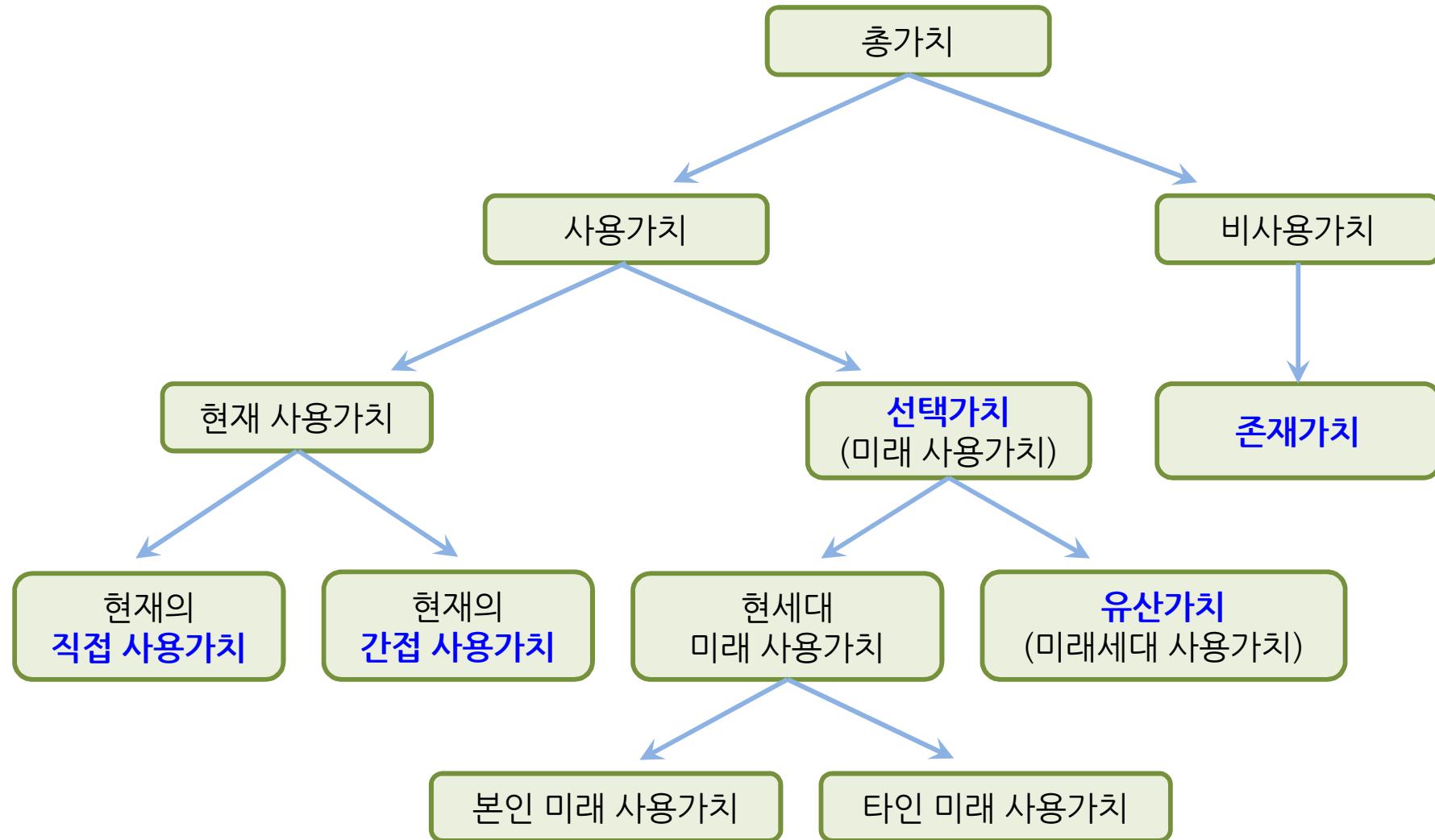
자료) Millennium Ecosystem Assessment, *Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well-being*, Washington DC: Island Press, 2005.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, P. Kumar(Ed.), London and Washington: Earthscan, 2010.

박용하, 오일찬, 심창섭 등, IPBES 아지역 평가 워크숍 개최지원 연구보고서, 환경부, 2013.

Haines-Young, R. and M. Potschin, *Common International Classification of Ecosystem Services: Consultation on Version 4, August–December 2012*, EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003, 2013.

## ○2. 생태계의 인본주의적 가치



## ● 2. 생태계의 인본주의적 가치

- **직접 사용가치 (direct use value)** : 생태계를 직접 사용하여 얻는 가치
    - 펄프제지산업, 우라늄 광산, 생태관광, 식물원료 신약 개발, 바다낚시
  - **간접 사용가치 (indirect use value)** : 생태계를 간접적으로 사용하여 얻는 가치
    - 관광, 식물원료 신약 개발, 거미줄 성분 자동차 프레임 아이디어 개발
  - **선택가치 (option value)** : 미래에 사용하여 얻는 가치
    - 보전된 국립공원, 방류되는 물고기 새끼, 등산객 접근 금지구역
  - **유산가치 (bequest value)** : 미래세대에 물려줌으로써 발생하는 가치
    - 보전된 생태계, 기후변화 없는 환경, 맑은 물, 전신주 없는 제주도 경관
  - **존재가치 (existence value)** : 사용가치는 없으나 존재 자체가 지니는 가치
    - 북극곰 보호 가치, 한국민이 부여하는 캐나다 산림의 가치, 북경의 맑은 하늘
- \* 이상은 모두 경제학자가 사용하는 생태계의 경제적 가치 구성 요소임

1.
    - 생태계 기능과 가치
      - 서식처기능, 생산기능, 조절기능, 문화/정보기능
- 

2.
    - 생태계의 인본주의적 가치
      - 주요 가치 : 직접 사용가치, 간접 사용가치, 선택가치, 유산가치, 존재가치
-

## 2교시

### 생태계 파괴 (4)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 3주 생태계 파괴 (II)

1교시 : 생태계 파괴 (3)

▶ 2교시 : 생태계 파괴 (4)

3교시 : 생태계 파괴 (5)

## 2교시 | 학습목표

- 생태계 파괴의 원인과 결과를 이해한다.
- 생태발자국과 생태용량의 개념을 이해한다.

1. 기후변화가 생태계 파괴에 어떤 영향을 미쳤는가?

2. Ecological footprint란 무엇인가?

# ● 1. 생태계 파괴 속도와 경제적 비용

## ■ 생태계 파괴 속도

- 과거 50년간 생태계 자원의 60% 악화

\* 역사적으로 가장 급속하고 광범위

- 향후 50년간 더욱 심화 예측

\* UN Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

## ■ 생태계의 가치 (비용)

- 지구 생태계의 인본주의적 총가치 : 연간 33조 달러 (1997년 기준)

\* R. Costanza *et al.*, "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature* 387, 253~260, 1997.5

## ● 2. 생태계 파괴의 원인

- 자연적 파괴

- 자연현상으로 발생하는 해수면 상승, 홍수, 가뭄, 산사태…

- 대부분은 인간에 의한 파괴

- 인간 개체수 급증 및 인류문명 발달 -> 소비 폭증 -> 생활환경 확산 -> 환경 파괴
  - 기후변화, 대기오염, 수질오염, 소음, 진동, 빛공해 등
    - \* 빛공해 : 야행성 포유류 생태계 파괴
  - 인간의 생산성 향상 노력의 결과에 따른 농약 피해 등
  - 불법적인 환경오염 물질 배출
    - . 폐기물, 화학물질 등 무단투기, 불법매립, 무단방류 등이 더욱 심각한 원인
  - 무질서한 생활환경 개발
    - . 토목공사 : 생물서식지의 시멘트화
    - . 특히 난개발로 무질서하게 들어서는 건물, 도로, 시설 등
  - 인간과 생물의 갈등
    - \* 수마트라 코끼리가 농작물 파괴, 인명 위협 ⇒ 주민이 화기, 독극물로 대응

## ● 2. 생태계 파괴의 원인

### - 국제 환경범죄

- . 오존파괴 물질, 유독물질, 유해 폐기물의 불법무역이나 멸종위기생물 등의 남획, 밀렵 거래 등은 전 세계적으로 심각한 문제를 일으키는 국제환경범죄로서 많은 국가들에 있어서 생태계 파괴는 물론 커다란 보건 및 경제문제를 야기
- . 동식물의 남획, 밀렵
  - : 유혹 - 큰 돈벌이를 위한 희귀생물 불법거래는 해결에 어려움이 있음
    - 티벳 영양의 양모로 만든 솔 : 판매행위가 불법이지만 개당 2만 유로
    - 웅담, 악어, 상아, 호랑이, 철갑상어 알 캐비어 : kg당 8000 유로
      - \* 진귀한 3대 식재료 ? 캐비어, 푸아그라(거위, 오리 간), 송로버섯?
  - : 세계 야생동물 밀매 액수 = 연간 20여조원 ≈ 세계 마약밀매 액수
    - . 인터폴 내 환경범죄국 설치 but ⇒ 처벌 : 야생동물 밀매 ≪ 마약 밀매
  - : 특정 생물의 개체수 감소 ⇒ 동물복지의 심각히 훼손
    - ⇒ 자연 생태계 균형 교란 (먹이사슬, 방아쇠효과)
    - ⇒ 직간접적으로 인간의 건강과 경제적 피해 초래
  - : 동식물 불법거래 - 야생 질병 전염 위험 (사스, 조류독감 등)
  - : 가장 체계적인 환경협약인 '멸종위기에 처한 야생 동식물 종의 국제거래에 관한 협약(CITES)'마저 위반하는 사례가 계속 발생하고 있어 문제

## ● 2. 생태계 파괴의 원인

### ❖ 방아쇠효과 (triggering effect)

- 작은 생태계 교란 ⇒ 연쇄적 확대 ⇒ 생태계 전체의 교란 (나비효과와 유사)
- (예) 아리조나 카이바브고원 : 사슴, 퓨마, 늑대 등이 살고 있었음 ⇒ 1907년부터  
    사슴 보호 목적으로 사람이 (힘으로 생태계 균형을 달성하고자) 퓨마와 늑대  
    포살 ⇒ 사슴 개체수 급증 ⇒ 고원 풀 부족 ⇒ 1918년부터 황폐화 ⇒ 1924년  
    ~25년 봄까지 사슴 절반 이상 아사
- (예) 호랑이 멸종과 멧돼지
- (예) 벌목 - 나무 감소 - 꽃가루 감소 - 벌 감소 - 이후는 ????

## ● 2. 생태계 파괴의 원인

### - 폐기물 불법/합법 거래

- . 오존파괴 물질, 유독물질, 유해폐기물 등에 대한 불법 무역이 세계적으로 심각
- . 폐기물의 불법거래는 1980년대 이후 심각
- . "유해 폐기물의 국가간 이동 및 처리에 관한 국제협약"인 [바젤협약](#)에 위배
- . 폐기물은 최종목적지 도달 시까지 여러 국가 거치므로 [특정국가 책임](#) 어려움  
⇒ 관리 시각지대가 발생 가능
- . 세계 [전자기기폐기물\(e-waste\)](#) 양 : 매년 2천만~5천만 톤 (UNEP) 및 지속증가
- . 이 폐기물의 [70%가량](#) : 아시아와 아프리카의 개발도상국가에 폐기

### - 새로운 종의 유입

- . 외래종 생물의 탈출이나 방류

\* [귀화생물](#) : 식용이나 모피 등을 목적으로 외국에서 들여온 동식물이 방류되어 토종 생태계의 파괴를 가져옴 (황소개구리, 블루길, 큰입베스...)  
[뉴트리아](#) - 85년 모피용으로 프랑스에서 100마리 들여옴



- 탈출 - 식용수초 뿌리까지 먹음 (1일 자기 체중 25%)
- 곤충, 철새 등 토종생물 위협
- 새끼 7~8마리, 체중 15kg, 천적 없음
- 농사 피해 커 지자체 포상금 2만원

## ● 3. 기후변화와 생태계 파괴

- 지표 기온 상승과 생물 멸종 위기 (IPCC 4차보고서 2007, 5차보고서 2014)
  - \* IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)
  - 지구 지표면 평균기온 상승 시나리오
    - . 1880~2012년 : 0.85°C 상승 (5차)
    - . 2100년까지 : 최소 1.5°C 상승 (5차)
      - 4.8°C 상승 (온실가스 2000년대 초반 수준 배출시) (4차)
      - 2.8°C 상승 (2000년대 초부터 온실가스 감축노력 시) (4차)
  - 평균기온 상승과 생물 멸종 시나리오
    - . 1.5~2.5°C 상승 ⇒ 생물의 20~30% 멸종 (4차보고서)
    - . 6°C 상승 ⇒ 생물의 95% 멸종 (영국 Guardian지 기사)
  - 한국 지표면 평균기온 상승률 지속적 증가
    - . 1954~1999년 0.23°C/10년
    - 1981~2010년 0.41°C/10년
    - 2001~2010년 0.50°C/10년 (이 속도? 30~40년 생물 20% 이상 멸종)

## ● 3. 기후변화와 생태계 파괴

### ■ 수온 상승과 생물 멸종 위기

- 세계 수온 변화 ⇒ 수생태계 파괴 ⇒ 산호초 백화현상, 물고기 고사 등
  - \* 세계 산호초 전수조사 결과 (UNESCO, 2017)
    - 산호초 : 어류 4분의 1에 서식처 제공, 해안지대 침식으로 인한 재해 억제
    - 산호초의 4분의 3이 지난 수년간 백화현상
    - 현재의 기후변화 속도 - 금세기 내 산호초 완전 멸종
      - 세계자연유산 지역 산호초 : 대부분 생존능력 상실
    - 2040년부터 온실가스 배출량이 감소하면 : 백화현상 피해지역 감소
  - 서식지 변화 (태평양에서 잡히던 참치가 제주도에서 잡힘)
  - 한국 주변 해양의 수온 상승률
    - . 지구 평균보다 약 2~3배 높음
- \* 환경부, 한국 기후변화 평가보고서 2014: 기후변화 영향 및 적응, 2015.

## ● 3. 기후변화와 생태계 파괴

### ■ 동물 개체수 증가

- 온도가 올라가면서 : 따뜻한 날씨를 좋아하는 모기가 급속히 늘어나고 전염병 확산 (말라리아 등의 질병이 더욱 확산)
- 실제로 아프리카 등 저개발국가들은 늘어난 모기로 인해 큰 피해를 겪고 있음
  - . 부룬디 : 말라리아 환자수 – 2016년 6월 400만명. (12월말 900만명 예상)  
말라리아 사망자수 – 2016년에만 3,000명 (우기에 더욱 증가)
  - . 최근 아프리카를 괴롭히고 있는 것 : (정치, 경제보다) 말라리아

### ■ 기후변화에 따른 생태계 충격

- 지구 생태계의 82% : 기후변화로 이미 큰 충격을 받았음
- 유전자 변이 심각 : 생물크기 변화, 새로운 생리적 현상 발생 ⇒ 부정적 영향 위험
  - \* 돌연변이로 인해 고온에서 견디는 키위, 살구나무 등장

\* B.R. Scheffers *et al.*, "The broad footprint of climate change from genes to biomes to people", *Science* 354, Issue 6313, 2016

## ● 3. 식물종 멸종위기

### ■ 지구 식물 멸종위기

- 영국 왕립식물원(Kew Gardens), 세계 식물 현황 2016. (연합뉴스 재인용)
- 지구의 전체 식물 종 : **약 39만 종** (물속식물, 이끼류 등을 제외한 유관속식물)
  - \* 지금까지 학계의 추정 : 10만~60만 종
- 특정 목적으로 활용되는 종 : **약 8%** (3만 1천여 종)
  - \* **의학용**(17,810) > **식용**(5,538) > **동물먹이용**(3, 649) > **사회용**(담배등)
- **멸종위기 종** : 지구 식물 종의 **21%**
  - \* 멸종위기 원인 : 농경, 목축 등 **서식지 파괴** 31% > 벌목 등 **자원활용** 21%> 건설 등 **개발** 13% > **기후변화** 3.7% (**비교적 적음**)
- 단, **기후변화**로 인한 식물 멸종을 제대로 파악하려면 **30년의 긴 시간** 필요
  - \* **현재의 기온 상승 속도 유지 시** : **멸종 식물 급속히 증가**
  - \* 이미 기후변화로 병충해와 생장부진 등 피해 보는 식물 **등장** (이디오피아 커피콩)
- 한편, **신종 식물**도 매년 2,000종 내외 신규 발견 (향수 원료 종, 대형 식충식물…)
  - \* 넓은 영토와 다양한 자연환경을 지닌 브라질, 호주, 중국 등에서 주로 보고

## ● 4. 생태계에 대한 인간의 영향

- 생태계에 대한 인간의 영향에 관한 용어

- 생태발자국(ecological footprint)

- . 인간에게 필요한 모든 자원을 공급해주고 이산화탄소와 같은 인간 배출물을 모두 처리해 주는데 사용된, 생산성이 있는 자연의 크기 (면적, 능력)

- 생태용량 (biological capacity = biocapacity)

- . 인간이 필요로 하는 자원을 지속적으로 재생산하면서 이산화탄소와 같은 인간의 배출물을 지속적으로 처리할 수 있는, 생산성 있는 자연의 면적

- 쉽게 표현하면

- . 생태발자국 : 인간이 사용한 (생산력 있는) 자연의 크기

- . 생태용량 : 인간이 사용할 수 있도록 남겨진 (생산력 있는) 자연의 크기

- 계산 방법

- . 생태발자국 : 인간의 자원 소비량 ⇒ 소비한 자원의 생산에 드는 땅 면적(GHA)

- . 생태용량 : 생태적으로 생산능력 있는 토지와 물의 면적 / 인구 수

- 생태오버슈트 (ecological overshoot )

- . 인간의 생태발자국 > 자연의 생태용량

- . 모든 차원에서 계산 가능 : 개인(텃밭), 가정, 도시, 국가, 세계

## ● 4. 생태계에 대한 인간의 영향

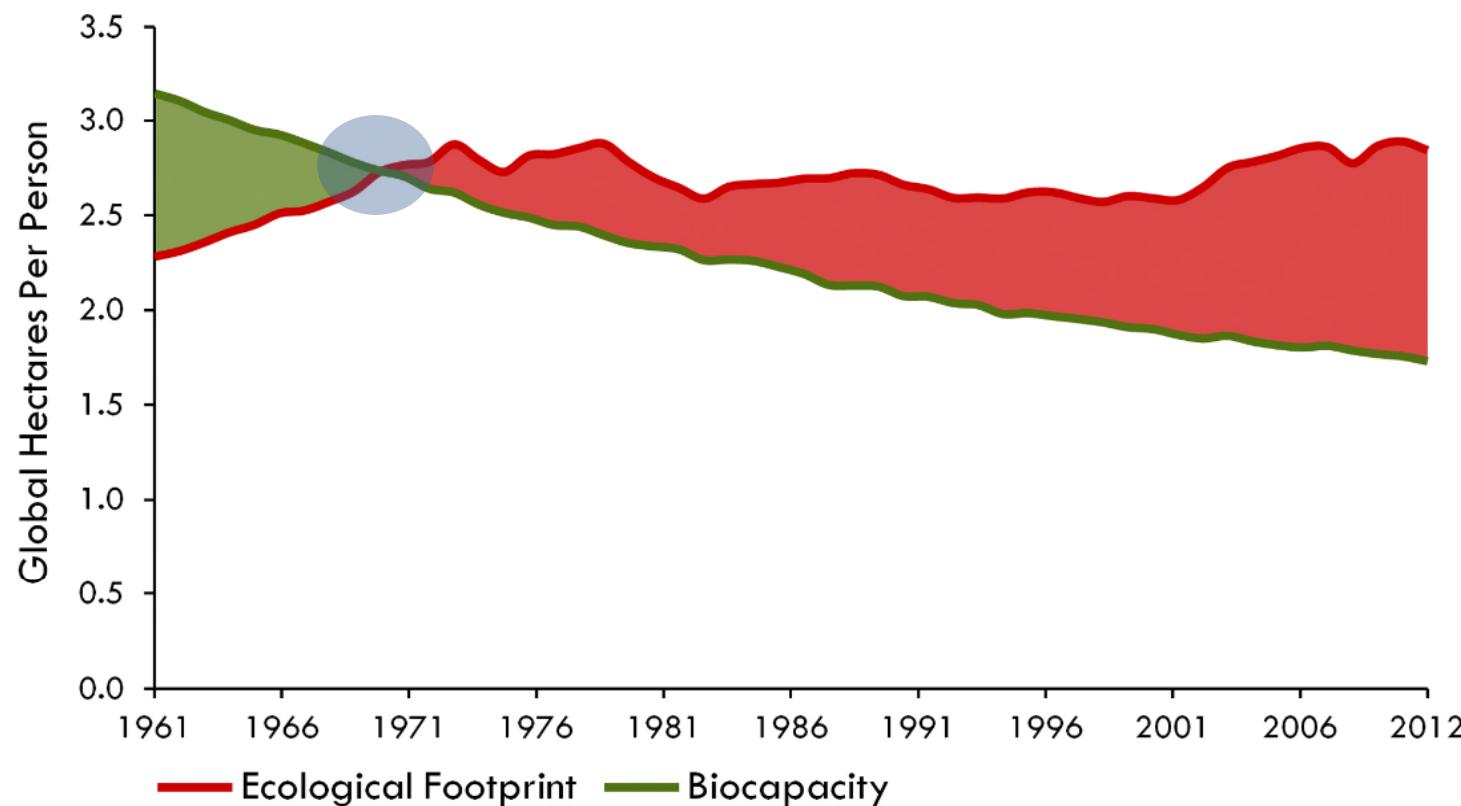
### ■ 생태계에 대한 인간의 영향

- 급속한 인구성장 ⇒ 급속한 소비 증가 ⇒ 생태계 자연자원 수요의 급속한 증가  
⇒ 지구 생태발자국의 급속한 상승 ⇒ 지구 생태용량을 급격히 상회  
⇒ 지구 생태오버슈트 발생
- 지구 생태발자국 : 60%는 화석연료 등의 소비로 인한 탄소발자국에 기인
- 지구 생태용량 : 1.8GHA/인 (2008년)  
= 120억ha(생태적으로 생산능력 있는 토지와 물의 면적) / 67억명(지구 인구)
- 지구 생태오버슈트
  - . 1970년대 이후부터 발생하기 시작
  - . 주요 원인 : 자연의 재생 능력을 넘어서는 규모의 어획, 벌채 등  
: 생태계가 흡수할 수 있는 범위보다 많은 양의 이산화탄소 배출 등
  - . 세계인이 현재처럼 산다면 : 지구 1.6개 필요
- 생태흑자국과 생태적자국

생태흑자국	가이아나 2100% 콩고 750% 티모르 270% 앙골라 170% 등
생태적자국	싱가폴 16000% 이스라엘 1700% 한국 740% 일본 600% 등

## ● 4. 생태계에 대한 인간의 영향

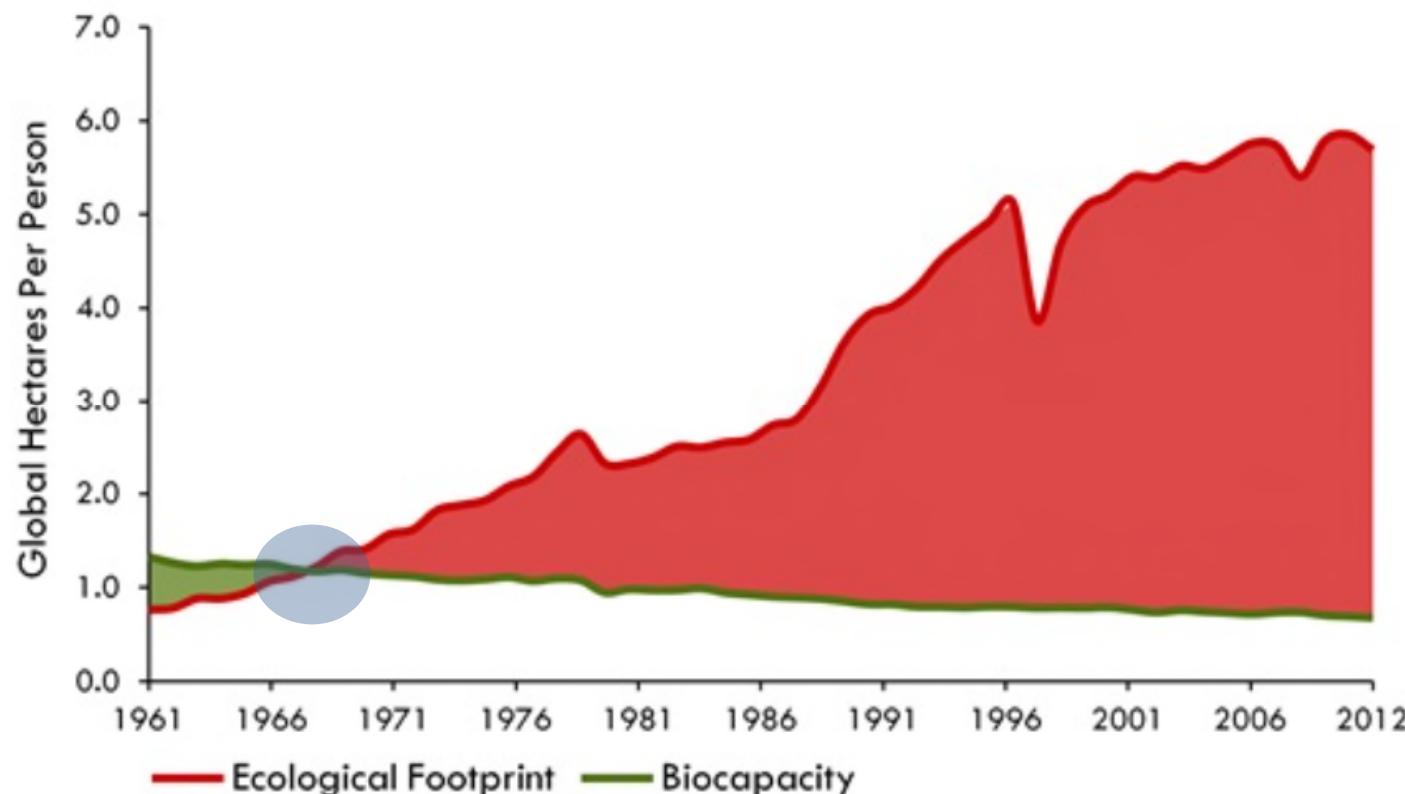
- 지구의 생태오버슈트 : 1970년경 최초로 발생



출처 : 미래 창 과노필 : <http://plug.hani.co.kr/futures/2703678>

## ● 4. 생태계에 대한 인간의 영향

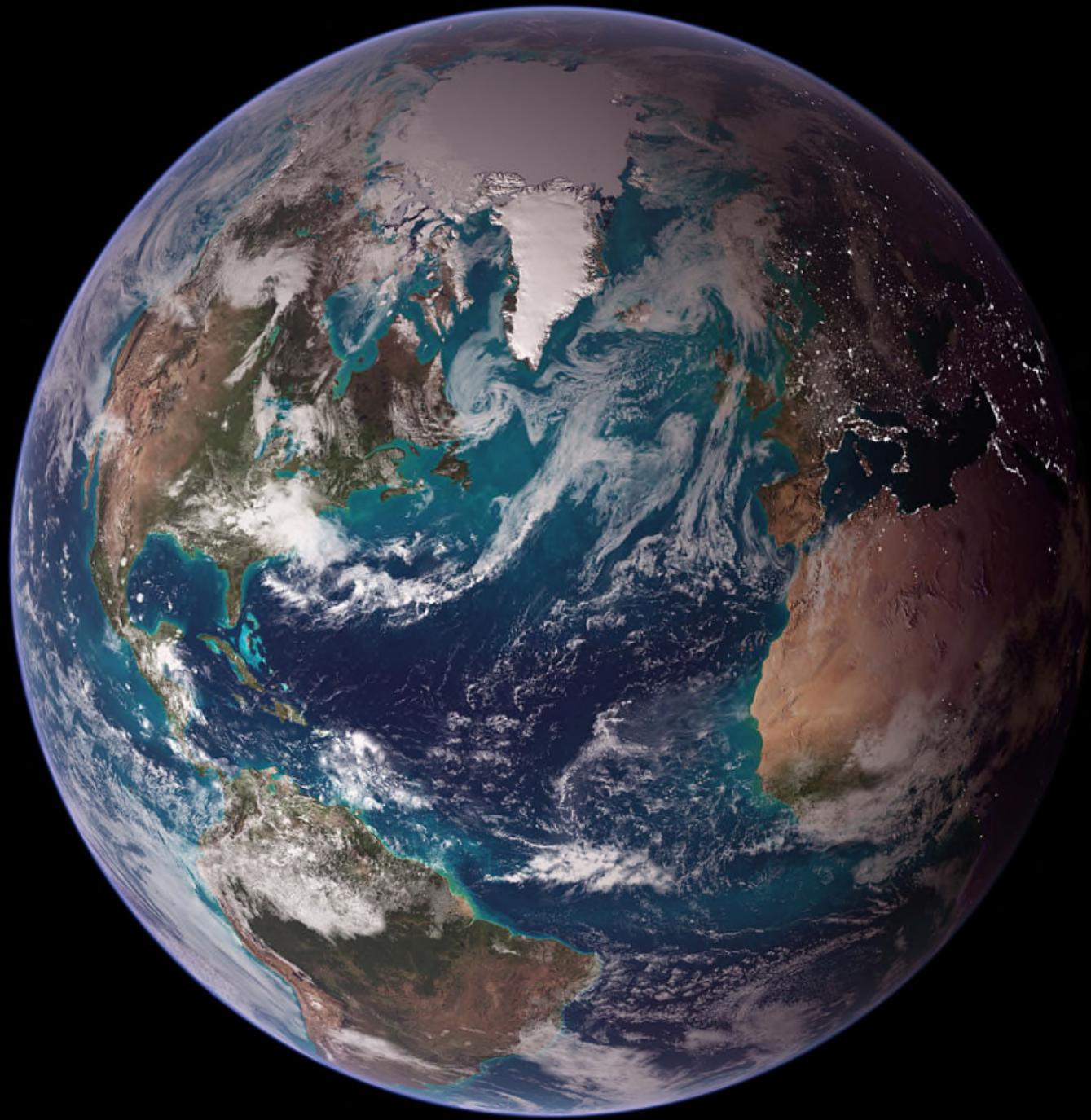
- 한국의 생태오버슈트는 매우 심각
  - . 세계인이 한국인처럼 산다면 : 지구 3.3개 필요
  - . 한국의 생태발자국 5.7GHA/인 - 생태용량 0.7GHA/인 ⇒ 국토 8.4개 필요
  - . 1960년대 후반에 최초로 발생



출처 : 광노필, 미래 창 (<http://plug.hani.co.kr/futures/2703678>)

## ● 4. 생태계에 대한 인간의 영향

- Earth Overshoot Day (Global Footprint Network)
  - . 당해연도 분량의 자원을 소진한 날. 이후는 미래세대의 것을 무단 차용
  - . 1970년대 초반 : 12월 하순
  - . 1990년대 : 10월
  - . 2000년대 : 9월
  - . 2010년대 : 8월
  - . 2010년 : 8월 14일
  - . 2016년 : 8월 8일
  - . 2010년 이후 단축속도가 완화
    - \* 2010년 이전 : 한 해에 3일씩 단축 ⇒ 2010년 이후 : 한 해에 1일씩 단축



## 4주차

### 수질오염 (I)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 3주 생태계 파괴 (II)

1교시 : 생태계 파괴 (3)

2교시 : 생태계 파괴 (4)

▶ 3교시 : 생태계 파괴 (5)

### 3교시 | 학습목표

- 세계의 생태계 보전 노력과 한국의 생태계 보전 관련정책에 대해 살펴본다.

**1. 생태계보전을 위해 세계는 얼마나 노력하고 있나?**

**2. 생태계보전을 위한 한국의 노력은 충분한가?**

# ● 1. 지속가능개발과 생태계

## ■ 지속가능개발에 대한 세계의 관심 증대

- 지속가능개발의 개념
  - . 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발  
(environmentally sound and sustainable development, ESSD)
  - . 자연의 온전함과 안정성을 침해하지 않는 가운데 인간의 욕구를 충족시키기 위한 개발
  - . 인간의 경제와 사회가 의존하고 있는 자연의 자원 및 생태계 서비스 제공 능력을 저해시키지 않는 가운데 인간의 목표를 달성하는 개발
- 1987년의 브룬트란드 리포트([Brundtland Report](#))에서 개념화
  - \* *Our Common Future (UN World Commission on Environment and Development)*
- 시간이 갈수록 미래세대를 위한 경제개발, 사회개발, 환경보호 개념으로 변함
- 비판 : 재생불가능한 자원(non-renewable resources)의 지속가능한 사용?
  - : 환경보전 관리에 대한 관심을 경제개발에 대한 관심으로 돌린 슬로건?

## ■ 지속가능개발과 생태계 파괴

- 생태계 파괴가 장기화되면 : 생태계 감당 수준까지 인간의 사망률 증가
- 생태계 파괴가 임계치를 넘으면 : 종국적으로 인류의 멸망

## ● 2. 세계의 생태계 보전 노력

### ■ 지속가능개발 패러다임 전환 노력

- 기업들은 지속가능성 원칙을 반영하여 의사결정 (윤리적이든 전략적이든)
- 지속가능한 환경자원 관리에 노력하는 기업 증가
  - . Ford, Toyota, BMW, Honda
  - . Shell, Statoil, GS 칼텍스
  - . Du Pont, Hewlett-Packard, Unilever, Swiss Re…

- Boston Consulting Group : 비즈니스 리더 1560명 조사 결과
  - . 지속가능성 경영 : 이익 창출 기회가 많고 실천가능성도 높음

### ■ 자발적 환경협약 (voluntary environmental agreements)

- 기업은 최소한의 환경규제 준수를 넘어 최선 사례(best practice) 개발 노력
  - \* 인도 Environment Improvement Trust
    - . 1998년에 인도의 소도시 Sojat에서 출범
    - . 녹색자원봉사단 : Green India Clean India 가치 下 환경 및 산림보호 노력
    - . 남미 등 개도국에서 이러한 자발적 협약이 환경규제 위반 수준을 저감시킴
    - . 이러한 활동은 자료, 목표, 모니터링과 보고에 있어서 어려운 점이 많지만 환경관리 능력을 제고시켜 준다는 데 큰 의의가 있음

## ● 2. 세계의 생태계 보전 노력

- 생태계적 접근 (ecosystems approach)
  - 생태계 보호를 위해 특정 사안에 대응하기보다 의사결정 전체 시스템을 고려
  - 정부, 업계, 환경단체, 시민 등 모든 이해관계자가 의사결정 과정에 참여하여 정보교환, 갈등해결, 지역 생태계 보전을 위한 개선방안 도출
- 생태계의 체계적 관리를 위해 세계적 연구 노력 증대
  - . 2011년, 경제적 가치 환산 개념에 대한 화두를 제시하는 보고서 발간 (TEEB, The Economic of Ecosystem Biodiversity)
  - . 2012년, UN 회원국들이 다양한 주제연구와 지역별 평가 사업 추진 (IPBES, Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Service)
  - . 2011년, 영국은 세계 최초로 국가 수준의 생태계서비스 평가보고서 발간 (UKNEA, UK National Ecosystem Assessment)
  - . 기타 국가 차원의 생태계서비스 평가 노력 : 일본, 스페인, 벨기에, 독일 등
  - . 한국 : 생태계의 가치평가에 관한 연구를 수행하기 위한 제도적 기반 마련

## →2. 세계의 생태계 보전 노력

#### ■ 국제 환경협약

- 많은 국가는 인간의 활동으로 인한 생태계 파괴 문제의 해결에 고심
  - 이 문제의 해결방안으로서 정부간 환경협약에 의존하는 경향이 높음
  - 생물다양성협약 (Convention on Biological Diversity, CBD)
    - . 지구상의 생물종을 보호하기 위한 협약
    - . 생물다양성을 생태계다양성, 종다양성, 유전자다양성 차원에서 해석
    - . 목적 : 생물다양성 보전, 생물다양성 구성 요소의 지속가능한 이용,  
유전자원의 이용으로부터 발생하는 이익의 공정하고 공평한 배분
    - . 1992년 리우데자네이로의 유엔환경개발회의에서 채택 후 1993년 발효
    - . 지속가능개발 (sustainable development)에 세계적 관심의 출발점
  - 멸종위기에 처한 야생동식물의 국제거래에 관한 협약(CITES)  
(Convention on International Trade in Endangered Species of wild Fauna and Flora)
  - 야생동물 이주종 보호에 관한 협약(CMS)  
(Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animal)

## →2. 세계의 생태계 보전 노력

- 람사르협약 (Ramsar Convention)
    - . 지구상의 습지생태계를 보호하기 위한 협약
    - . 1971년 이란 람사르에서 채택 후 1975년 발효
    - . 습지의 중요성 : 수많은 생물종이 의존하여 살 수 있는 요람으로서 가장 생산적인 환경을 제공
  - 여타 환경보호를 위한 협약 : 생태계 보호에 직간접적으로 영향을 미침
    - . 기후변화협약, 사막화방지협약, 바젤협약, 런던협약 등
  - **기타 노력의 방향**
    - 정부, 공공기관, 사회단체, 기업, 학계, 비정부기구, 시민 등의 노력

## ③. 한국 정부의 생태계 보전 정책

### ■ 자연환경 보전 정책

- 자연환경보전 업무 (여러 부처로 다원화)
  - . 자연환경 우수지역 보전
  - . 자연생태계 유지 및 생물다양성 보전
  - . 자연환경보전 기반 구축 (자연환경조사 및 정보망 구축 등)
- \* 자연환경보전지역 관리
  - . 환경부 : 생태경관보전지역, 자연공원, 습지보호지역, 특정도서, 야생생물특별보호구역
  - . 해양수산부 : (연안)습지보호지역, 수산생물보호수면
  - . 산림청 : 산림유전자원보호림, 백두대간보호지역
  - . 문화재청 : 천연보호구역, 명승지
- \* 자연생태계 유지 및 생물다양성 보전
  - . 환경부 : 멸종위기 야생생물 등 야생생물 보호
  - . 산림청 : 산림보호·육성
  - . 문화재청 : 천연기념물 지정관리

## ③. 한국 정부의 생태계 보전 정책

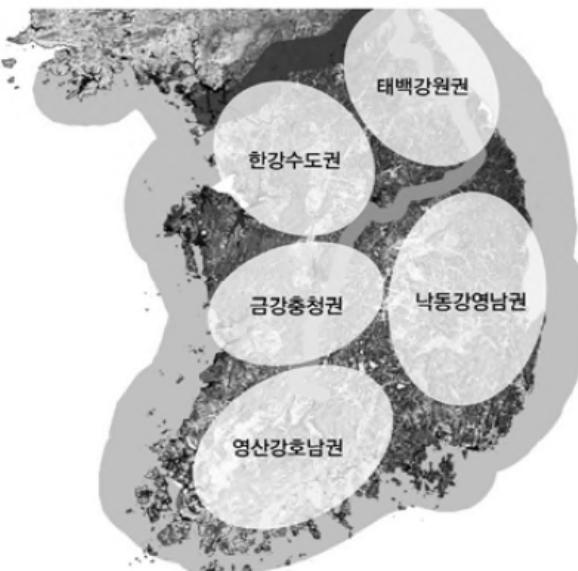
### ■ 생태계 보전 및 복원 정책

#### - 한반도 핵심 생태축 보전

- . 4대 핵심생태축 : 백두대간, 비무장지대, 도서·연안지역, 5대강 수생태축
- . 전국을 5대 광역생태축으로 구분하여 관리
  - \* 생태축 : 생태적으로 중요한 지역이나 생태적 기능유지가 필요한 지역을 연결하는 생태적 서식공간



〈4대 핵심생태축〉



〈5대 광역생태축〉

출처 : 환경부, 환경백서 2017

## ● 3. 한국 정부의 생태계 보전 정책

### \* 백두대간 자연생태축

- . 한반도 야생동·식물의 핵심서식지이며 생태계 연결통로
- . 생물다양성의 공급원 : 우리나라 대부분의 종이 서식 및 생육
- . 생물지리학적 특성에 따른 보전적 가치가 우수 : 세계적으로 높게 평가

### \* 비무장지대 자연생태축

- . 면적은 국토면적의 1.6%에 불과, 서식종수는 20% 이상 차지
- . 두루미, 사향노루 등 일부 멸종위기종의 유일한 서식지
- . 세계적인 희귀종 두루미와 저어새 등 서식지
- . 개발사업에 대한 환경영향평가를 강화
- . 생태·평화공원 조성 : 생태계 우수하고 역사적 상징성이 큰 철원지역

### \* 도서·연안 자연생태축

- . 섬, 사구, 석호, 갯벌, 하구 등으로 구성된 생태계
- . 생태계 파괴, 경관 훼손 : 개발사업(준설, 매립, 하구언 건설 등)
- . 특정도서 지정 : 자연환경 및 생태계 우수 무인도서 245개소 ('16말 기준)
- . 생태·경관보전지역 지정 : 생태계 우수하거나 보전가치가 높은 해안사구
- . 습지보호지역 지정 : 생산성 높고 멸종위기종이 서식하는 낙동강하구, 한강하구, 동천하구 등

## ● 3. 한국 정부의 생태계 보전 정책

### - 훼손된 자연생태계 복원

- . 생태계보전협력금 : 단위면적당 부과금액 인상 (250원 ⇒ 300원)
  - \* 생태계보전협력금 : 생태계 영향이 현저하거나 생물다양성 감소 등을 초래하는 개발사업 시행자에게 훼손면적에 상응하는 비용을 부과하고 이를 **복원사업** 등 자연환경보전사업에 사용하기 위해 부과·징수하는 부담금
  - \* 대체자연 조성, 생태계 복원 등 자연환경보전사업을 한 경우 납부한 협력금의 50% 범위 내에서 반환

### - 자연환경보전 기반 구축

- . 자연환경 조사·연구 : 전국자연환경조사, 우수생태계 정밀조사, 멸종위기 야생생물 전국 분포조사, 독도 생태계 정밀조사 및 모니터링, 장기생태연구
- . 생태·자연도 제작 및 간신
- . 생태계서비스 평가

## ③. 한국 정부의 생태계 보전 정책

### ■ 생태계 보호지역 지정 및 관리

- 자연보호지역 지정 및 관리
  - . 생태·경관보전지역
  - . 습지보호지역
  - . 특정도서
- 생태마을 지정 및 관리
- 국민신택운동 활성화 추진
  - . 보호지역 내 각종 행위제한에 따른 보호지역 확대의 어려움을 극복하고자 시민들의 자발적인 모금을 통해 보전가치가 있는 자연환경자산 등을 공유화하고 보전·관리하는 국민신택운동을 활성화시킴
- 기타 자연공원 지정 및 관리 (동식물 보호사업, 자연휴식년제 등)

## ● 3. 한국 정부의 생태계 보전 정책

### ■ 생물다양성보전 정책

- 생물다양성 보전 및 생물자원 관리 (생물자원 관리에 더 큰 방점)
  - . 관리 인프라 구축 : 국립생물자원관, 국립생태원, 국립낙동강생물자원관
  - . 생물자원 관리체계 구축 : 국가 생물종합관리시스템 구축
- 야생생물 보호 및 관리
  - . 멸종위기 야생생물 보호 및 관리 : 멸종위기 야생생물 I 급(51종)
    - : 멸종위기 야생생물 II 급(195종)
  - . 외래생물 관리 강화 : 1998년부터 외국유입 또는 생태계 교란 우려 외래생물을 생태계교란 생물로 지정하여 관리
    - : 총 20종 포유류, 양서·파충류, 어류, 곤충류, 식물(황소개구리, 큰입バス, 가시박 등)
    - : 위해우려종 104종 지정 (유입 시 위해 우려 생물) 수입·반입 시 위해성심사 실시
  - . 야생동물 구조·치료 및 질병 관리
  - . 야생동물 밀렵·밀거래 방지 : 밀렵·밀거래가 2001년 기점으로 감소 추세
  - . 국제협력 : 각종 국제협약 가입 및 국제 공조

## 4주차

### 수질오염 (I)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 4주 수질오염 (I)

▶ 1교시 : 수질오염 (1)

2교시 : 수질오염 (2)

3교시 : 수질오염 (3)

## 1교시 | 학습목표

- 물의 특성, 분포 및 용도를 이해한다.
- 수질오염의 정의와 심각성에 대해 알아본다.
- 수질오염의 원천에 대해 살펴본다.

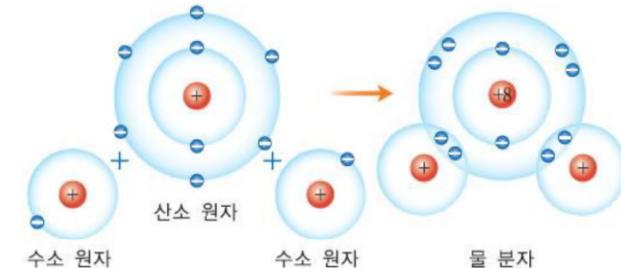
1. 물이란 무엇인가?

2. 수질오염은 왜 발생하는가?

# ● 1. 물이란?

## ■ 물의 특성

- 지구의 하천, 호소, 해양을 구성하는 주요 구성요소
- 대부분의 생물체 몸 속에 흐르는
- 투명하고 (거의) 무색한 화학물질로서
- 수소 2개 산소 1개가 공유결합 하여 화학식  $H_2O$ 로 표현되며
- 기체, 액체, 고체 상태로 존재하는 물질



## ■ 물의 분포

- 지표면의 71%를 점하며
  - . 물의 96.5%는 바다, 1.7%는 지하수, 1.7%는 빙하/만년설(남극/그린랜드)  
기타 극소수가 호소, 하천 등, 0.0001%는 수증기/구름/비/공기 중의 얼음
  - . 물의 2.5%는 담수
    - \* 담수의 98.8%는 얼음과 지하수
    - \* 담수의 0.3% 미만이 호소, 하천, 공기 중에 존재

## ■ 물의 용도

- 생물체와 생태계의 생명과 건강 유지 (광합성작용 + 먹이그물 + 직접 사용)
- 식수용, 농업용, 세척용, 운수용, 화학용(용제, 촉매제), 열교환용(스팀)  
발전용, 소화용, 레저용, 물산업용, 요리/설것이용, 의학용, 과학용…

## ● 2. 수질오염이란?

### ■ 수질오염의 정의

- 생물, 생태계 또는 인간에게 부정적인 영향을 주는 오염물질이 물의 자정능력을 넘어서는 수준으로 물에 유입된 상태
  - \* 물의 자정능력 (자연정화 능력) : 물이 스스로 수질을 정화시키는 능력
  - \* 적은 양의 오염물질 유입은 수질을 크게 변화시키지 않음 - 무시할 수준

### ■ 수질오염의 심각성

- 수질오염은 세계적으로 가장 심각한 질병과 사망의 원인
  - . 매일 14,000여명의 사망자 발생 (2006년 연구)
  - . 중국 도시에 있는 물의 90%가 오염 (2005년 연구)
  - . 중국 7대강의 1/4는 피부를 손상시킬 정도의 수질오염 (2007년 연구)
  - . 선진국도 수질오염과 씨름
    - \* 미국의 수질오염 지역 : 하천의 44%, 호소의 64%, 만과 강어귀의 30% (2004년 연구)

### ■ 수질오염의 주요 원인

- 자연발생적 수질오염 : 화산, 지진, 폭풍, 녹조 등
- 물의 인본주의적인 사용이 수질오염의 주요 원인

## ③ 수질오염 발생원

### ▪ 점오염원 (point sources)

- 오염물질의 배출경로를 알 수 있는 단일 오염원
- 생활하수 점오염원
  - . 가정생활, 영업활동에서 나오는 하수를 정수 과정을 거친 후 하수관거를 통해 하천이나 강, 바다로 방류하는 하수종말처리장
  - . 생활하수 : 독성은 약하나 오염원이 넓어 양이 많아서 정화비용이 많이 소요
  - . 주요 오염물질 : 음식찌꺼기, 합성세제, 분뇨 등
  - . 부엌 36%, 화장실 30%, 목욕탕 23%, 세탁 11% 차지
  - . 부엌의 음식찌꺼기 : 가장 많은 유기물 포함
  - . 하천 오염의 주 원인 : 생활하수가 차지하는 비율은 60% 정도
- 산업폐수 점오염원
  - . 공장 등 산업활동에 기인하는 오염원
  - . 산업폐수 : 생활하수나 농·축산 폐수에 비해 오염농도가 높을 수 있으며
    - 고농도 독성물질을 포함하기 때문에 생물체 치사 확률이 높음
    - : 산업폐수에 포함되어 있는 화학물질의 종류가 매우 많으며
    - 따라서 생물체 속에 포함된 화학물질 종류도 많음
    - : 독성이 강하고 생물농축 되는 물질은 법으로 규제 (카드뮴, 비소, 시안, 수은, 유기인, 페놀, 납, 6가크롬 등 한정된 물질만 대상)

## ● 3. 수질오염 발생원

### - 축산폐수 및 분뇨 점오염원

- . 소, 돼지 등 가축 사육활동에 기인하는 오염원
- . 축산폐수 : 발생량은 적지만 단위당 오염부하량이 커서 정화에 많은 물이 필요
- . 농경 활동에 400여종의 농약 사용 (살충제, 살균제, 제초제, 착색제, 방부제,  
항생제, 낙과방지제, 생장조절제, 훈증제 등)
- . 비가 오면 농약 성분이 하천, 강, 바다 등 유입
- . 유기질 비료로 재이용되지 않은 가축분뇨 (50% 정도)는 하천, 강, 바다 등 유입

## ③ 수질오염 발생원

### ■ 비점오염원 (non-point sources)

- 오염물질의 배출경로를 알 수 없는 여러 오염원
- 주로 비가 올 때 지표면 유출수와 함께 유출 (농지에 살포된 비료나 농약, 토양 침식물, 축사 유출물, 교통오염물질, 도시 지역의 먼지와 쓰레기, 자연 동식물의 잔여물, 지표면에서 떨어진 대기오염 물질 등)
- 따라서 주요 비점오염원 : 모든 오염물질을 포함한 채 배출되는 빗물
- 비점오염물질 : 많은 비가 와야 크게 유출되기 때문에
  - 날짜, 계절에 따라 배출량 차이가 크고 예측이 어려우며
  - 인위적 조절이 어려운 기상, 지질, 지형 등에 영향을 많이 받음
  - : 따라서 제도적으로 배출 기준을 정하지 않고 있음
- 비점오염원이 수질악화에 미치는 영향력은 점차 증가할 것임
  - . 규제기준이 설정되어 있는 점오염원들에 대한 규제가 계속 강화될수록
  - . 환경 기초시설들이 확충될수록
- 하천의 수질개선을 위해 비점오염원의 적정한 관리가 중요
  - . 대다수 국가의 하천 수질오염 관리대책은 주로 점오염원에 초점을 맞춤
  - . 환경부는 보다 적극적인 비점오염원 저감 투자 필요
  - . 건교부와 농림부 등 여타 부처 차원에서도 비점오염원에 투자를 해야

## • 3. 수질오염 발생원

### ▪ 지하수오염

- 지표수-지하수 관계 복잡 ⇒ 지하수오염은 지표수오염보다 오염원 **규명이 난해**
- 따라서 지하수는 지표수 오염원이 아닌 오염원에 의해 오염될 수 있음
- 따라서 점오염원-비점오염원의 **구분이 무의미**
- 특히 지표수와 멀리 떨어져 있는 지역에서 배출된 오염물질(화학물질, 방사성 물질 등)은 토양으로 스며들어 **지하 대수층**을 오염시킬 수 있으나 점오염원이나 비점오염원으로 **분류하기 어려움**
- 지하수 오염의 분석 : 토양의 특성, 오염물질의 특성, 지질학 등을 이용

## 2교시

### 수질오염 (2)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 4주 수질오염 (I)

1교시 : 수질오염 (1)

▶ 2교시 : 수질오염 (2)

3교시 : 수질오염 (3)

## 2교시 | 학습목표

- 수질오염을 발생시키는 원인 물질이 무엇인지 학습한다.
- 병원균에 의한 수질오염과 그로 인한 증상 등에 대해 이해한다.

- 1. 노로바이러스군, 살모넬라군… 이들은 무엇인가?**
- 2. 식중독은 수질오염에 기인하는가?**

## ● 1. 수질오염 발생 인자

### ■ 수질오염의 발생 인자

- **병원균**, 화학물질, 물리적 변화(온도상승, 변색….) 등의 다양한 조합
- 환경규제 대상인 **화학물질**이나 기타 물질
  - . 자연상태에서 언제나 존재하지만(칼슘, 철….) 농도가 높으면 수질오염 발생
- **산소를 소모하는 물질**
  - . 자연 물질(잎이나 줄기)일 수도 있으나 인공적인 화학물질이 수질오염 발생
- **기타** 자연 물질과 인위적 물질
  - . 공기 혼탁 ⇒ 빛 통과를 방해 ⇒ 식물 성장 저해  
⇒ 어류 아가미 막힘 ⇒ 어류 죽음
- **병원균**과 **독성 화학물질**
  - . 인간과 생물의 수인성질환, 드물게 사망 야기
- 물의 **물리화학적 성질** 변화
  - . pH 변화, 온도 변화, 전기적 성질의 변화, 부영양화
    - \* **부영양화** : 물에 화학적 영양분이 과다 ⇒ 생태계 1차 생산자 증식  
⇒ 용존산소 저감 ⇒ 수질 악화 ⇒ 어류 등의 생물 개체수 저감

# ● 1. 수질오염 발생 인자

## ■ 우리나라의 식중독 원인물질 비중

\* 원인물질 불명인 1690건과 진행중인 44건 제외 (2002~2017.7월 현재)

원인물질	발병건수	발병비중
노로바이러스	632	26.3%
병원성대장균	493	20.5%
살모넬라	325	13.5%
장염비브리오균	236	9.8%
황색포도상구균	211	8.8%
클로스트리디움퍼프린젠스	132	5.5%
캠필로박터제주니	124	5.2%
바실러스세레우스	83	3.5%
원충	72	3.0%
자연독	36	1.5%
기타(바이러스)	30	1.2%
기타(세균)	25	1.0%
화학물질	5	0.2%
합계	2404	100.0%

## ● 2. 수질오염 병원균

### ■ 병원균에 의한 오염

- **병원균** : 질병을 일으키는 박테리아, 바이러스, 원생동물, 대장균 등의 미생물
  - \* 대장균 : 그 자체로는 발병의 위험이 거의 없으며, 오히려 몸에 이로움.
- **생태계 피해** : 사람뿐만 아니라 애완동물, 야생동물들도 유사 피해 겪을 수 있음

### ■ 유비저균(*Burkholderia pseudomallei*)

#### - 감염 경로

- . 열대지방의 물이나 흙에서  
호흡기나 상처난 피부를 통해 침투

#### - 증상

- . 수 일 ~ 수 년의 잠복기를 거친 후  
코에 고름이 생기는 증상 등을 거쳐  
빠른 속도로 폐렴, 패혈증 등 야기
  - \* 비저균에 감염됐을 때 증상과 유사해 유비저(類鼻疽)균이라 명명
- 치사율 : 40% (탈란트 박용식씨 사망 뉴스)
- 유비저균에 의한 질병 연구는 초기단계



## • 2. 수질오염 병원균

### ▪ 노로바이러스균 (*Norovirus*)

#### - 증상

- . 주요 증상 : 구토, 설사, 복통 등 **유행성 위장관염**
- . 권태감, 열, 근육통 등 전신증상도 동반 가능
- . 잠복기와 증상 : 각각 24 - 48시간 지속될 수 있음
- . 대부분 저절로 회복
- . 회복 후 면역력은 장기간 유지되지 않는 편임

#### - 감염 경로

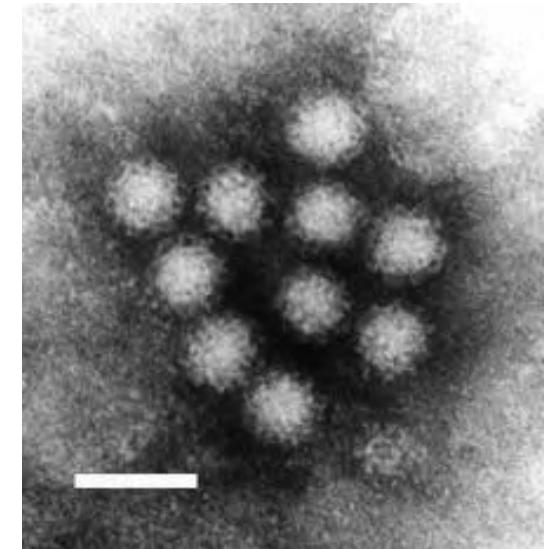
- . 분변-경구(주요 경로) + 구토물

#### - 민감 집단

- . 5세 이하의 영유아 + 성인 등 모든 사람

#### - 발생 현황

- . 1997년 미국 - 비세균성 위장염 집단발생 90건 중 86건에서 노로바이러스균이 검출 ⇒ **세계가 인식**
- . 미국 : 음식물에 의한 위장염 환자 매년 7,600만 명  
이중 325,000명 입원, 5,000명 사망  
**주요 병원체는 노로바이러스균과 세균**



## ● 2. 수질오염 병원균

- . 우리나라 : 2003년 - 서울, 경기 약 1,200명 환자 발생  
: 2005년 - 전국 719명  
: 2006년 - 서울, 인천, 경기 2,000명의 집단급식 환자 발생  
**: 2002~2017.7 - 원인을 아는 식중독의 가장 큰 원인물질 (26.3%)**  
: 급식시설의 오염된 음식, 물 섭취로 발생한 사례가 주로 보고됨
- 예방
  - . 개인위생과 음식물 관리가 중요
  - . **과일과 채소는 철저히 씻어야 하며  
굴은 가능하면 익혀서 먹는 것이 좋음**

## ● 2. 수질오염 병원균

- 병원성 대장균 (*Escherichia coli* = E.coli)

- 특징

- . 대부분의 대장균은 무해하지만 일부 병원성 대장균은 식중독을 발생시킴
- . 병원균 중 환경에 대한 내성이 가장 강해서 위생시설 등의 안전성 평가 지표로서 사용

- 감염 경로

- . 병원성 대장균이 변을 통해 외부로 배출  
⇒ 주로 구강을 통해 병원균이 체내로 침투
- . 오염된 물, 덜익은 고기, 살균 안 된 유제품 소비 시나 수영, 가축 주변 작업 시  
\* 특히 위생관념이 적어서 손을 자주 씻지 않는 어린이들에게 자주 발생

- 증상

- . 흔히 : 심한 복부경련, 설사, 구토, 발열
- . 조금 심한 경우 : 출혈성대장염, 위장염, 요로감염...
- . 매우 심한 경우 : 창자조직의 괴사나 천공, 신생아수막염, 크론병, 폐렴

- 발병현황

- . 2002~2017.7 - 원인을 아는 식중독의 두번째로 큰 원인물질 (20.5%)



## ● 2. 수질오염 병원균

### ■ 살모넬라균 (*Salmonella*)

#### - 특징

- . 식중독을 일으키는 대표적인 병원균
- . 장티푸스와 파라티푸스의 원인균
  - \* 장티푸스는 사람만 걸림
- . 사람과 동물의 장 내에 분포

#### - 증상

- . 발열, 복통, 메스꺼움 및 때때로 구토 등
- . 일반적으로 증세가 심하지 않고 며칠 내 치유
  - \* 단, 일부 환자는 생명을 위협할 수 있음
- . 장기적으로 관절염과 같은 만성질환에 영향을 미칠 수 있음
- . 2002~2017.7 : 원인을 아는 한국 식중독의 세번째로 큰 원인물질(13.5%)

#### - 감염 경로

- . 오염된 동물, 사람 또는 그 분변을 접하거나

이러한 동물로 만들어지는 고기, 난류, 우유, 유제품 등을 소비하거나

오염된 물이나 기구를 접촉하거나 마실 때

\* 특히 불충분하게 처리되었거나 처리되지 않은 식품이나 음용수가 위험

\* 설사증상이 있는 경우 사람과 사람간의 분변-경구 전파 중요



## • 2. 수질오염 병원균

### - 민감집단

- . 연령대에 상관없이 발병
- . 대부분의 사람들은 특별한 처방 없이 회복 가능
- . 신생아, 어린이, 임산부, 태아, 노약자 등은 주의를 요함
- . 특히 AIDS환자는 일반인들에 비해 발병률이 20배 높음

### - 발생사례

- . 유럽 : 자국 생산 제품 평균 50%, 수입 제품 약 7%, 43%는 확인불가

### - 동물 영향

- . 인간의 경우 만성보균 사례가 많지 않지만 동물은 보균율이 높음

## ● 2. 수질오염 병원균

### ■ 람플편모충 (*Giardia lamblia*)

#### - 증상

- . 소장에만 기생하여 설사, 복통, 흡수장애 등 초래
- . 대다수 감염자 : 증상 없이 병원균 전달 역할만 함

#### - 감염 경로

- . 오염된 상수도나 자연의 물을 마셔 자주 집단감염
- . 오염된 가축이나 야생동물을 통해 오염된 물 소비
- . 오염된 음식물이나 드물게는 인체접촉(동성애)

#### - 감염률

- . 세계 1.1~12.5%
  - : 개도국 - 열대, 아열대지방, 특히 인구밀도 높은 지역 높음
  - : 선진국 - 현재 감염률 급감 (미국 - 1965~1976년 집단감염 30건 이상)
- . 우리나라 3~4%
  - : 1975년 이후 현저히 저하
  - : 보육원 원아 18%, 일반주민 4% 정도 감염
  - : 10세 이하 어린이에서 감염률이 가장 높음



## ● 2. 수질오염 병원균

### ■ 작은와포자충 (*Cryptosporidium parvum*)

#### - 증상

##### . 소장 감염 시

: 1~2주 계속 심한 설사(하루 10회 이상)로  
매우 빠른 체중 저감

: 갑작스런 복통, 미열, 구토 등 호소

: 가끔 피로, 두통, 근육통, 식욕부진 호소

\* 면역기능 이상 환자 : 극한 설사, 탈수 사망

##### . 식도, 위, 충수돌기, 결장, 직장 등 감염 시

: 주로 면역기능 이상 환자에게 담관염, 간염, 췌장염 등 유발

##### . 호흡기 감염 시

: 기침, 천명, 쉰목소리, 단호흡 등의 증상 유발

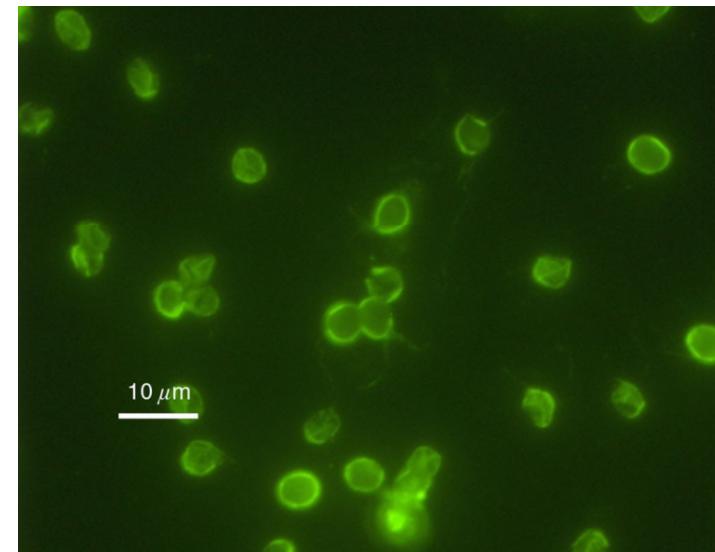
#### - 감염경로

. 감염된 식수를 마시거나 사람, 가축, 애완동물과 접촉 시 감염

. **가축, 특히 소**가 매우 중요한 감염 경로

. 개, 고양이 등 애완동물도 중요하며, 사람, 마우스 등에 의한 전염도 가능

. 해외여행 중 오염된 식품 또는 식수를 통해 감염



## ● 2. 수질오염 병원균

### - 발병사례

- . 우리나라 : 집단발병 사례는 없으나 언제라도 발병가능성이 충분히 존재
  - : 설사환자의 약 1% 내외
  - : 1993년 - 설사환자의 대변에서 검출
    - 세브란스병원 내원 환자 230명 중 22% 감염
  - : 1995년 - 설사를 하는 소아 백혈병 환자의 장이 감염된 사실 확인
  - : 1996년 - AIDS환자 2명 감염 발견, 그 중 1명은 극심한 설사와 탈수로 사망
- . 선진국 : 해외여행 후 귀국한 뒤 설사하는 주요원인
  - : 1993년 미국의 밀워키 - 약 40만 명이 감염
  - : 일본 - 1994년과 1996년에 400-10,000여명 감염
- . 도시보다 농촌의 감염률이 더 높음
- . 소아 연령층에서 빈발 : 면역력 적고 위생관념이 낮기 때문

### - 예방

- . 우리나라 : 수중간 매개체인 수생태계의 패류가 부재하여 발병되지 않음
- . 따라서 해외여행 시 감염에 주의 : 아프리카, 동남아, 중국 남서부 여행 시  
    민물 목욕 삼가, 안전한 식수 음용
- . 특히 조리사나 식품 제조업자들의 청결 중요

## ● 2. 수질오염 병원균

### ■ 기생충 (*Parasitic worms*)

#### - 특징

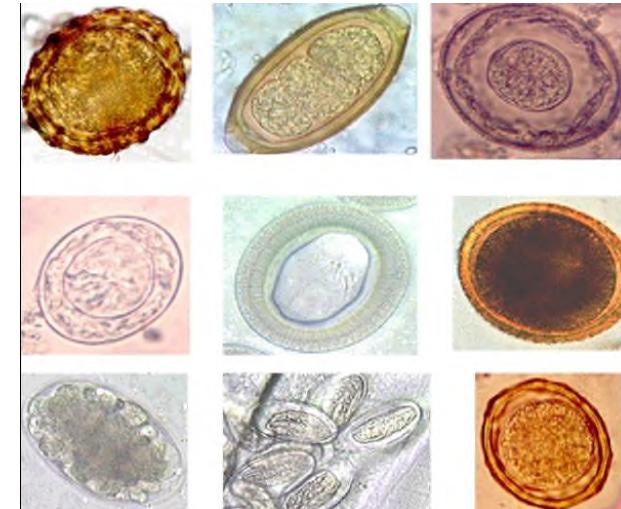
- . 살아있는 숙주의 체내에 기생하면서  
숙주의 영양분을 뺏고 안전하게 살며  
숙주는 체력감소와 질병을 경험할 수 있음
- . 병원균 중 환경에 대한 내성이 가장 강해서  
위생시설 등의 안전성 평가 지표로서 사용

#### - 감염 경로

- . 기생충이 알을 놓은 폐수, 하수슬러지, 분뇨가 토양에서 비료로 사용될 경우
  - \* 이런 토양은 주로 고온다습한 특징이 있음
- . 빈곤국가는 주로 이런 비료를 사용하여 농사를 짓기에 기생충병에 취약함
- . 특히 하수슬러지, 분뇨나 분뇨슬러지를 사용하면 기생충오염이 심각해짐
  - \* 기생충알은 생존력이 강해 토양, 슬러지 등에서 수개월~수년간 생존 가능

#### - 피해

- . 사람과 동물의 영양결핍 ⇒ 체력 저하 ⇒ 면역력 감소 ⇒ 질병위험 상승
- . 기생충병 발병



## ● 2. 수질오염 병원균

### - 증상

- . 기생충의 종류와 감염 정도, 기생 부위 등에 따라 다양
- . 채소나 먼지를 통한 감염 : 가벼운 복통, 전신증상(발열, 오한, 근육통, 빈혈 등)
- . 십이지장충에 감염 : 붉은 반점과 물집
- . 피를 빠는 성충에 감염 : 빈혈
- . 간디스토마에 감염 : 간비대증, 무기력증, 복통, 황달, 영양장애…
- . 폐디스토마에 감염 : 기침과 가슴통증, 심한 경우 각혈
- . 심한 감염 : 여러 장기 합병증
- . 극단적인 경우 : 발작, 장파열, 복막염, 창자꼬임, 장부패…

### \* 중요하지만 상대적으로 관심과 지원을 덜 받고 있는 기생충병

: 토양 매개 기생충 - 배설물로 오염된 토양으로 인해 발생하는 기생충병

- 병원균으로 인한 발병의 가장 흔한 형태 ([20억명 감염](#))
- 40억명이 감염 위험에 있음 (말라리아보다 많음)
- 손세척 물이 부족한 등 비위생적 환경 때문

## • 2. 수질오염 병원균

: 주혈흡충병(schistosomiasis)

- 기생충에 의한 요로 감염

⇒ 복통, 설사, 혈변, 피오줌, 특히 간손상, 불임, 방광암

- 2015 연구 : 252백만명 감염, 연간 최대 20만명 사망

- 예방

. 채소나 과일 등 : 흐르는 물에 씻어 먹기

. 고기나 생선 등 : 충분히 익혀 먹기

. 외출 후 : 얼굴과 손발 세척

. 아프리카, 동남아시아 등 빈곤국가 지원

## ● 3. 고농도 수질오염의 일반적 원인

- 현장 위생처리시설의 오염 (오수정화조, 구덩이 변소 등)
- 소홀한 가축관리
- 비위생적으로 처리되어 배출되는 폐수
- 하수 재처리시설의 부재 (특히 개도국)
- 도시 노후화로 낡게 된 하수수집시스템 (파이프, 펌프, 밸브 등) (특히 선진국)  
⇒ 오수 범람, 폭우시 오수와 우수의 범람, 토사 범람

## 3교시

### 수질오염 (3)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 4주 수질오염 (I)

1교시 : 수질오염 (1)

2교시 : 수질오염 (2)

▶ 3교시 : 수질오염 (3)

### 3교시 | 학습목표

- 수질오염을 일으키는 유기물에 대해 살펴본다.

# ● 1. 수질오염 유기물

## ■ 세제

- 유형 : 세척용(세탁, 식기세척), 연료첨가제(연소찌꺼기 저감), 연구용(시약)
- 다른 오염물질과 달리 물에 녹은 상태에서 미생물에 의한 분해가 어려움
- 물 위에 거품이 생김 (주택이나 아파트 단지 인근의 하천)
- 산소를 놓이지 못하고 햇빛 차단 - 플랑크톤의 정상적인 번식을 방해
- 물고기, 미생물 살지 못할 수 있음
- 세척력을 높이기 위하여 넣는 '인' - 부영양화 현상 - 물이 썩음
- 식물성 세제의 사용 등이 중요 - 분해가 잘 됨

## ■ 식수 생산에 사용되는 소독제의 부산물

- 일부 연구 : 관련성 높음 - 방광암, 소아출생  
    : 관련성 모호 - 기형아 출산  
    : 관련성 낮음 - 자연유산
- WHO : 소독제 암 발병 위험 - 병원균에 의한 발병 위험의 1만~100만분의 1배  
    - 병원균에 의한 사망 위험의 100~1000분의 1배

\* WHO, *Disinfectants and Disinfection By-Products*, Water Sanitation Health.

# ● 1. 수질오염 유기물

## ■ 음식물 쓰레기

- 발생 경로
  - . 식품의 생산, 가공, 판매, 소비의 전 과정에 걸쳐 발생
- 세계 먹을거리의 30~50%가 음식물쓰레기로 배출
- 음식물쓰레기는 쉽게 부패되는 유기성물을 함유
  - \* 특히 산소 소비량이 많은 유기물, 지방 등
- 음식물쓰레기의 80%가 수분 함유 : 배출, 수거, 운반 과정에서 오수 많이 발생
- 오염된 고농도 침출수 발생 시 악취를 더하고 토양과 결국 수질을 오염시킴

## ■ 살충제와 제초제

- 이로부터 배출되는 수많은 화학적 화합물
- 목표 생물 외에 다른 생물에 해를 끼칠 수 있음
  - \* 오염된 생선을 잡아먹는 새 등

# ● 1. 수질오염 유기물

## ■ 석유탄화수소

### - 종류

- . 연료 : 가솔린, 디젤연료, 제트연료, 연료유
- . 윤활유 : 모터오일

### - 환경영향

- . 바닷물 산성화 : 패류나 작은 생물의 피해
- . 화석연료 채취 및 누출에 따른 토양 및 수질 오염
  - \* 특히 빗물에 섞여 흘러서 수질을 오염시키는 경우
- . 유막형성 : 빛 투과율 감소 - 물 속 용존산소량 감소
  - : 어패류 호흡 지장
  - : 어패류 냄새로 상품 가치 하락
- . 유류사고 : 유조선 충돌, 유조차 전복, 송유관 기름 누출 - 수생태계 피해

## ■ 연료 연소 부산물

- . 특히 빗물에 섞여 흘러서 수질을 오염시키는 경우

# ● 1. 수질오염 유기물

## ■ 분해성 유기물질

- 탄소 등 다양한 원소로 구성된 물질로서 미생물에 의해 분해되는 성질을 지님
- 분해성 유기물질이 물 속에 들어가면 ⇒ 미생물이 먹어서 분해시킴  
⇒ 분해 과정에서 미생물은 물 속의 산소를 소모 ⇒ 물 속의 산소 부족  
⇒ 메탄 등 냄새가 나는 가스가 배출됨 (더러운 물에서 오르는 작고 냄새나는 기포)
- 대표적 분해성 유기물질 : 음식 찌꺼기, 분뇨, 쓰레기, 축산폐수 등

## ■ 유류

- 석유 등 유류 : 물보다 비중이 낮아 적은 양으로도 수면에 넓은 유막 형성
  - \* 1cc의 기름 : 약 1,000㎡의 유막 형성
- ⇒ 물 속 빛의 투과율 감소 ⇒ 물 속 용존산소량 감소
- ⇒ 어패류 호흡 곤란으로 죽거나 기름 냄새가 남
- 원인 : 과거의 하천 부근 세차 (현재 법적으로 규제)
  - : 유조차 전복, 유조선 사고, 송유관 기름 누출 등 다양

# ● 1. 수질오염 유기물

## ■ 의약품과 그 신진대사물질

- 주로 폐수에 섞여 수질을 오염시키는 약품공해(drug pollution)를 유발
- 발생 경로 : 주로 사람이나 가축의 배설물을 통해 배출되는 약품 성분
  - 유효기간이 지나거나 사용하지 않을 약품 중 버려지는 약품  
(가정의 변기, 휴지통에 폐기, 특히 병원의 대량 폐기 약품)
  - 농가에서 유출되는 가축 항생제 (버리거나 묻으면 침출수 유출)
  - 제약 과정에서 유출되는 약품의 성분  
⇒ 노후화 인프라, 하수 범람, 농지유출수 등을 통해 물환경에 유출
  - \* 하수처리시설에서 폐수를 처리하나 약품 성분 제거는 어려움
  - \* 약품을 매립시키더라도 일부는 빗물 등을 통해 물환경으로 복귀

### - 영향

- . 어류 폐사, 양서류 죽음 등 영향

### . 性효과(sex effect) 유발

: 남녀아 선호사상이나 여타 이유로 발생하는 산아제한을 위해 사용하는 내분비계 교란 약품에 의해 수질이 오염되면 물고기의 정자나 난자 생산량에 영양을 미쳐 암컷화나 수컷화를 촉진

: 성효과를 야기하는 물질의 출처는 매우 다양

- . 약(항우울제, 항경련제), 세척(비누, 샴푸), 농업(비료), 화석연료 연소…

## • 1. 수질오염 유기물

- 예방

- . 약품 소각 ⇒ 남은 재를 재처리 (중금속 제거 또는 재활용) ⇒ 매립
- . 수거지 지정 : 약국, 식료품가게, 경찰서 등 공공기관, 주민센터 등
- . 환경법과 환경규제 도입 (행정비용 발생과 산업부담액 비교 중요)

- 기타 (독성) 화학물질

- 휘발성 유기화합물, 염소계 용제, 과염소산염, 위생제품과 미용제품 등으로부터 발생하는 수많은 화학적 화합물
- 오늘날 유독성/맹독성 화학물질 오염이 큰 문제 : 1만여 종, 계속 증가
  - \* 독성이 심하면 미량으로도 수생태계에 해를 끼침

## 5주차

### 수질오염 (II)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 5주 수질오염 (II)

▶ 1교시 : 수질오염 (4)

2교시 : 수질오염 (5)

3교시 : 수질오염 (6)

## 1교시 | 학습목표

- 무기물에 의한 수질오염의 원인과 영향을 학습한다.
- 육안으로 확인이 가능한 거시적 물질에 의한 수질오염의 원인과 영향을 학습한다.
- 열공해에 의한 수질오염의 원인과 영향을 학습한다.

1. 열공해란 무엇이며, 수질오염과 어떤 관계가 있나?
2. 화학물질, 유독물질, 유해화학물질, 금지물질 등은 무슨 뜻이며 어떤 관계가 있는가?

# ● 1. 무기물에 의한 수질오염

## ■ 산성화 물질 SO<sub>2</sub>

- SO<sub>2</sub>는 산성화를 가져오는 가장 심각한 물질
- SO<sub>2</sub> 발생의 80% 이상 : 자동차, 화력발전소 등의 화석연료 연소시  
    10% 가까이 : 화산활동, 4% 정도 : 산불
- 대기 산성화 ⇒ 산성비 + 토양산성화 ⇒ 수질 산성화
- 물환경 산성화 피해
  - . 물환경 산성화 : 생물종다양성 감소, 곤충 및 어류 감소 (민물송어 등)
  - . pH 5 미만 : 물고기알 부화 불가, 더 낮으면 물고기 죽음
  - . 미국 EPA : 산성비는 호수 산성화에 75%, 하천 산성화에 50% 영향
  - . SO<sub>2</sub>의 해수 산성화 영향은 이보다 약하지만, 갑각류 등의 생존에 필요한 외골격 성장 저해 ⇒ 생태계 먹이사슬 피해
  - . 인간에 대한 직접적 영향은 없음 (단, 대기오염을 발생시 건강 영향)
- 물환경 산성화 피해 사례
  - . 1960년대 이후 스칸디나비아 호수들이 산성화로 서서히 죽어감
  - . 1987년 경 : 스웨덴 호수 약 18,000개 산성화
    - : 심각한 생태계 파괴 호수 4,000개
    - : 물고기 떼죽음 또는 멸종된 호수 9,000개 이상
    - : 노르웨이, 미국, 캐나다, 독일, 벨기에, 오스트리아 등

# ● 1. 무기물에 의한 수질오염

## ■ 코크스 폐수 속의 암모니아

- 석탄에서 코크스(coke)를 추출할 때 부산물로 발생 후 폐수로 누출
- 가끔 바다로 유출되어 오염 유발 (남호주의 Whyalla Steelworks 사례)
- 물고기 부화장의 생산성 감소 원인으로 의심받음
- 어류의 신진대사를 바꾸거나 생체 pH 증가의 원인
- 어류의 발육을 억제하거나 영양공급 부족, 면역력 감소,
- 오염이 심해지면 어류가 고도로 흥분하거나, 심장박동수가 빨라짐
- 농도가 더 올라가면 피부손상, 극도의 무기력감, 경련 급기야 죽음까지

## ■ 영양 염료

- 영양 염료 : 식물의 생장에 필요한 영양소를 제공해 주는 염류
  - \* 암모니아, 질산염, 아질산염, 인산염 등
- 집에서 버리는 물, 비료가 섞인 물 – 하천, 호수 유입
- **부영양화** : 물에 영양이 지나치게 많이 생김 ⇒ 플랑크톤 과다 번식
  - ⇒ 산소소모 증가 ⇒ 용존산소 부족
  - ⇒ 물고기 번식 증가 ⇒ 용존산소 부족
  - ⇒ 햅빛 투과율 감소 ⇒ 용존산소 부족
  - ⇒ 사체 증가 ⇒ 사채부패 ⇒ 용존산소 부족
  - ⇒ 물 부패 ⇒ 개체수 급감 ⇒ 수생태계 파괴
- 어류폐사, 어획량 감소, 검붉은 물색, 썩은 냄새, 정수처리비용 상승

# ● 1. 무기물에 의한 수질오염

## ★ 합성 세제

- 다른 오염물질과 달리 물에 녹은 상태에서 미생물에 의한 분해가 어려움
- 물 위에 거품이 생김 (주택이나 아파트 단지 인근의 하천)
- 산소를 녹이지 못하고 햅빛 차단 - 플랑크톤의 정상적인 번식을 방해
- 물고기, 미생물 살지 못할 수 있음
- 세척력을 높이기 위하여 넣는 '인' : 부영양화 주요 원인
- 식물성 세제의 사용 등이 중요 - 분해가 잘 됨

## ■ 폐수, 자동차 등의 중금속

- 비중이 4.0 이상인 것
- 독성이 강한 것 : 카드뮴, 수은, 크롬, 구리, 납, 니켈, 아연, 비소 등
- 원인 : 공장 폐수, 산업 폐기물, 쓰레기 매립장 등에서 하천으로 흘러감
- 동식물의 체내에 농축 - 인간의 건강에 영향
- 피해 사례 1 : 이타이이타이병 - 카드뮴에 오염된 어패류를 먹은 사람
- 피해 사례 2 : 미나마타병 - 수은에 오염된 어패류를 먹은 어민
- 산업발전 : 유해 중금속 계속 증가

# ● 1. 무기물에 의한 수질오염

## ■ 크레오소트(creosote) 방부제 누출

- \* creosote : 콜타르로 만든 진한 갈색 액체. 목재보존용 등으로 사용
- 환경오염을 유발하는 독성물질로 먹이사슬 등을 통해 생체 축적
- 사람이 고농도에 직접 노출될 때에는 입안과 목이 타고 위손상을 가져옴, 피부가 따갑고, 눈, 신장 등 다양한 피해를 가져올 수 있음.
- 특히 발암독성을 가지는 것으로 평가되며, 작업장 노출 주의
- 가정용 굴뚝에 쌓인 크레오소트에 노출되면 경우 사망을 가져올 수 있음

## ■ 토사퇴적물의 물환경 유입 시

- 물의 혼탁도 증가로 심미적 가치 감소 및 아가미 막힘 등으로 인한 어류 폐사 등 원인
- 다만, 토사퇴적물이 계속 쌓일 경우 토지면적 증가, 나일강 문명처럼 비옥한 토양을 형성시키는 순기능도 있음.

## ■ 유독물질 (무기성)

- 독성이 심함 : 아주 적은 양으로도 해를 끼치는 화학물질
- 오늘날 유독성 화학물질 오염이 큰 문제 : 1만여 종, 계속 증가
  - \* 옛날 : 수인성 전염병의 병원균 원인(콜레라, 장티푸스)
- 주로 대형 공장에서 배출

## ● 1. 무기물에 의한 수질오염

### ■ 기타 화학물질

- 인간, 생태계, 생물, 경제 등에 매우 다양한 종류의 피해를 미칠 수 있음

### ★ 화학물질 관련 법적 용어 (화학물질관리법, 2017.5.30. 시행)

- \* **유해성** : 화학물질 독성 등 사람 건강과 환경에 피해를 주는 화학물질 고유 성질
- \* **위해성** : 유해성 있는 화학물질 노출 시 건강이나 환경에 피해를 줄 수 있는 정도
- **유독물질** : 유해성(有害性)이 있는 화학물질 (고시)
- **허가물질** : 위해성(危害性)이 있다고 우려되는 화학물질 (**사용 허가** 고시)
- **제한물질** : 특정 용도 사용 시 위해성이 인정되는 화학물질 (당해 용도 사용 허가 고시)
- **금지물질** : 위해성이 크다고 인정되는 화학물질 (**모든 용도 사용 금지** 고시)
- **사고대비물질** : 급성독성(急性毒性)·폭발성 등이 강해 화학사고 발생 가능성이 높거나 발생시 피해가 클 것으로 우려되는 화학물질 (지정·고시)
- **유해화학물질** : 유독물질, 허가물질, 제한물질, 금지물질, 사고대비물질, 기타 유해성 또는 위해성이 있거나 그 우려가 있는 화학물질

## ● 2. 거시적 오염물질에 의한 수질오염

- 거시적 오염물질 (macroscopic pollutants)
  - 육안으로 보이는 오염물질
    - . 물 위에 떠 다니는 부유물
    - . 바다, 강, 호수에 버려진 음식물, 종이, 플라스틱 등의 쓰레기
    - . 사고에 의하거나 불법으로 대량 버리는 쓰레기
    - . 난파선이나 바다에 버려진 선박
    - . 양식업에 사용하다 버려진 그물 등
  - 다양한 종류의 환경피해를 초래

## • 3. 열공해에 의한 수질오염

### ■ 열공해 (thermal pollution)

- 인간에 의하여 물의 온도가 변하여 피해를 일으킬 수 있는 것
- 화학물질 오염과 달리 물의 물리적 특성을 변화시킴
- 원인 : 주요 원인 - 발전소와 제조산업의 냉각용수
  - : 도시의 온도 높은 물 ⇒ 지표수 온도 상승
  - : 저수지의 찬 물이 따뜻한 강물로 유입될 수도 있음
- 피해 : 물온도 상승 ⇒ 용존산소량 감소 ⇒ 어류 폐사 및 먹이그물 교란
  - ⇒ 생물종다양성 감소
  - ⇒ 호열성 어종의 침입환경 조성

## ● 4. 기타 수질오염 원인

- **화재나 폭발**

- 유해 화학물질 저장탱크 폭발 등으로 안전 사고 발생

- **교통수단 사고**

- 전복, 추락, 좌초, 침몰, 누출

- **수질오염 원인은 무엇이든 될 수가 있음**

- 갈수기 초기의 우수 유입으로 물고기 폐사
  - 선박페인트에서 나오는 유해화학물질 등
  - 화재 진압시 오염물질이 소화수에 섞여 유출
  - 오염된 토양이나 대기 자체

.....

## 2교시

### 수질오염 (5)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 5주 수질오염 (II)

1교시 : 수질오염 (4)

▶ 2교시 : 수질오염 (5)

3교시 : 수질오염 (6)

## 2교시 | 학습목표

- 수질오염에 의한 건강 피해 사례를 살펴본다.

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 질소 (블루베이병사건)

\* 블루베이병 = Blue Baby Syndrome = 청색증

- 의의 : 대표적인 환경오염병

- 장소 : 체코슬로바키아(대표적 발생장소)

\* 미국을 비롯한 세계 각국에서도 보고됨

\* 도시보다 지하수를 식수로 사용하는 농촌에서 자주 발생

- 경위 : 1953~60년 질산성 질소가 함유되어있는 물을 아기들이 마심

- 피해 : 1953~1960년 신생아 5,800명중 115명 청색증에 걸림

: 8% 사망, 52% 중증, 40% 경증

\* 질산성 질소

. 헤모글로빈과 결합, 산소운반 방해

⇒ 몸이 청색으로 변함

. 성장발육 저해

. 빈혈 등으로 인해 심할 경우는 사망



## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 인 (레만호사건)

- 의의 : 환경오염 복구비용 막대
- 장소 : 스위스 알프스산의 스위스 최대 레만호
- 경위 : 1950년대 초 전후복구를 위한 도시재건, 농공업 부활 노력 전개  
⇒ 합성세제에 함유되어 있는 인성분으로 인한 호수 오염 사건
- 피해 : 1950년대 말 악취나고 생물이 살 수 없는 죽음의 호수로 변함
- 조치 : 스위스와 프랑스 - 레만호 주변 20년간 120개 폐수처리장 건설  
⇒ 1970년대 말부터 물은 맑아지기 시작



## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 적조 (과테말라 적조사건)

- 의의 : 인위적인 피해복구의 어려움
- 장소 : 과테말라 바다
- 경위 : 1987년 적조현상으로 바다의 독성 해조류가 생산한 맹독성 물질  
⇒ 바다 물고기와 조개류가 섭취 ⇒ 주민이 섭취
- 피해 : 주민 26명 사망
  - \* 적조현상 : 바다로 간 오염물질로 독성 해조류가 일시에 대량 번식  
⇒ 해조류가 해안을 뒤덮어 붉은 빛을 띠는 현상
  - : 남해안 일대에서 매년 발생. 청정구역 제주도에서도 발생
  - : 복구방법 - 패류, 어류 등에 의한 자연복구를 기대함



## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 화학폐기물 (러브캐널사건)

- 의의 : 복구비용 막대, 복구 어려움
- 장소 : 1970년대 나이아가라 폭포 (미국과 캐나다의 국경에 위치) 근처
- 경위 : 이 폭포는 낙차 85m의 세계최대 폭포이지만,  
    미국 중부 대륙에서 대서양 연안까지 선박 운항의 걸림돌로 작용  
    ⇒ 1892년 야심많은 사업가가 이곳에 7마일 길이의 운하를 건설하여  
        선박을 운항하고 발전소를 세우는 계획을 추진  
    ⇒ 재정적 어려움으로 1910년 사업 중단  
    ⇒ 러브 캐널(Love Canal)이라는 길이 1마일 초대형 웅덩이만 남김  
    ⇒ 1940년대 한 화학회사가 인수, 화학폐기물을 이 운하에 매립  
    ⇒ 인근 연못이나 토양에 유해화학물질 유입
- 피해 : 주민들에게 두통과 피부병 발병. 신체 통증 호소  
    : 타지역에 비해 유산율 4배 높고 선천성 기형아 출산도 높았음
- 조치 : 1978년 미국 역사상 처음으로 환경재난 지역으로 선포, 주민이주  
    : 정화를 위해 1억 달러 이상을 소모하였으나 아직 완전 복구되지 못함

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 화학물질 (바젤사건)

- 의의 : 바젤협약을 이끌어냄
- 장소 : 스위스 바젤 라인강 상류
- 배경 : 1986년 제약회사 화재  
⇒ 살충제, 연료, 중금속 등 11여종 화학물질(7톤)이 소방수에 씻겨 라인강에 유입
- 피해 : 하류 400km 수생생물 뼈죽음 및 토양, 지하수 오염  
⇒ 피해액 400억 달러 추정  
: 인근국가 독일, 프랑스, 벨기에 등 용수이용 장애
- 조치 : 사고발생 직후 사고발표 지연으로 늑장대응  
: 하류취정수장 통보에 의해 식수오염 차단
- 배상 : 피해국에 1억 스위스프랑(약572억원) 배상
- 결과 : 유해폐기물 국경이동 규제를 위한 바젤협약 체결 (1989년)

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 유기인 (우리나라 사례)

- 2003년 한국 8대 도시에 유통 중인 국민다소비 식품의 16.8%에서 잔류 농약 검출(식품의약품안전청 조사)
- 2017년 제주시 한림천 하류의 어류가 유기인계 살충제 농약으로 인해 집단폐사

#### 〈유기인〉

〈오염원〉 유기인 화합물은 특히 살충제 농약으로 사용. 다른 환경오염물질과 달리 자연환경 내에서 자유롭게 이동하여, 심지어 치사농도에 이를 정도로 집중되는 경우가 있어 심각한 환경문제 중 하나. 오염된 식품을 통해 인체에 유입. 자살목적이나 사고로 음독 가능

〈위해성〉 두통, 설사, 전신 권태, 현기증, 시력 감퇴, 언어장애, 착란, 전신경련 등을 유발하며, 심하면 사망. 어류 폐사의 원인.

출처 : My Water <https://www.water.or.kr/> 물환경정보시스템 <http://water.nier.go.kr/>

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 폐놀 (두산폐놀사건)

- 장소 : 1991년 경북 구미시 구포동 소재 두산전자
- 배경 : 폐놀원액 저장탱크 - 폐놀수지 생산라인으로 통하는 파이프 파열
  - ⇒ 30톤 폐놀원액, 하천을 거쳐 대구상수원인 다사취수장 유입
  - ⇒ 취수원 오염 ⇒ 악취 제거 위해 염소 투입량 증대
  - ⇒ 악취 1만배 증가 + 다수 시민 구토, 설사, 복통
    - \* 폐놀 + 염소 = 클로로페놀 : 폐놀의 300~500배 불쾌한 냄새 : 중추신경 급성중독(구토, 경련 등)
    - \* 취수장측은 원인규명 없이 폐놀소독에 사용해서 안될 염소를 다량 투입하여 사태 악화
  - ⇒ 폐놀은 계속 낙동강을 타고 밀양, 함안, 칠서수원지 등 유입
  - ⇒ 영남 전지역이 폐놀파동에 휩쓸리게 됨
- 조치 : 정수장 수질검사 강화, 활성탄 및 오존 처리
  - : 댐/하구둑 방류증대, 오염식료품 폐기
  - : 두산전자 1개월 조업중단, 시설개선명령
  - : 대구지방환경청 공무원 7명, 두산관계자 6명 구속
  - : 관계 공무원 11명 징계, 국회진상조사위원회, 시민단체…

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

- 2차 사고 : 1차사고 후 부실 보강공사 후 시운전을 거쳐 재가동  
    ⇒ 재가동 5일만에 폐놀탱크 송출관 이음새 부분 파열  
    ⇒ 폐놀원액 1.3톤 유출 및 0.3톤 낙동강 유입
- 조치 : 두산전자 회장 퇴진, 환경처장관과 차관 인책, 경질  
    : 대구시에 13.5억원 배상 (폐기된 수돗물값)  
    : 시민 11,000여명에게 총 11억원 배상  
    : 환경분쟁조정위원회에 3.5억원 배상  
    : 민사소송 임산부 16명에게 1.2억원 배상  
    : 1991~94년 수질개선사업 기부금 대구시에 납부(매년 50억원)

## 3교시

### 수질오염 (6)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 5주 수질오염 (II)

1교시 : 수질오염 (4)

2교시 : 수질오염 (5)

▶ 3교시 : 수질오염 (6)

### 3교시 | 학습목표

- 중금속 피해 사례와 내용을 수은, 카드뮴, 납을 중심으로 알아본다.

# ● 1. 수질오염 건강피해 사례

## 〈수은〉

〈오염원〉 매우 다양한 물리/화학적 상태로 존재하기 때문에 산업, 농업, 의학에 다양하게 응용되어 내재적 독성을 발생시킬 수 있음

〈위해성〉 위장관을 통해 거의 완전히 흡수되어 80%~90%는 적혈구에 붙어 신경 장애와 신장장애를 일으킴. 특히 메틸수은은 쉽게 뇌, 척수, 말초신경, 태반으로 들어가기 때문에 더욱 위험하고, 미량이라도 신생아나 어린이의 신경계 발달장애를 유발함. 급성독성보다 만성독성이 더 중요하며, 주요영향은 언어장애, 시각장애, 신경쇠약, 난청 등이 있음. 대표적인 만성중독으로는 미나마타병이 있음.

출처 : My Water <https://www.water.or.kr/> 물환경정보시스템 <http://water.nier.go.kr/>

### ■ 수은 (미나마타병 사건)

- 의의 : 중금속에 의한 수질오염의 대표적 사례
- 장소 : 일본 규슈 미나마타 어촌마을
- 경위 : 1953년 이래 규슈만에 인접한 신일본질소비료주식회사 미나마타 공장의 폐수에 섞인 수은이 생물체 내에 축적
- 피해 : 마비증상을 일으키는 미나마타병 발생
  - : 갈매기 - 하늘을 날다 죽으면서 갑자기 땅에 떨어짐
  - : 고양이 - 입에 거품 발생
  - : 주민 - 손발 마비, 통증, 오한, 두통, 시각장애, 언어장애 등
    - 마비증상과 고통 후 사망 (43명)
    - 마비증상으로 평생 고통받는 주민 (111명)
    - 기형으로 태어난 어린이 (19명)



## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 한국 사례

- 2003~04년 부산, 울산, 포항 일대의 시장과 식당에서 유통되는 고래류 고기 10종에 대한 113건의 시료를 채취해 분석
- 시료의 평균 총 수은 오염농도가 3.51ppm
- 64점(57%) : 0.5ppm 이상
- 36점 : 1ppm 이상
- 18점 : 2ppm 초과
- 최고 155.6ppm까지 오염된 상괭이 간도 판매
  - \* 상괭이 : 동아시아 해역에서 서식하는 소형 고래류
- 수은은 상온에서 액체 상태로 존재하는 유일한 금속이며 중독되면 뇌와 중추 신경계, 신장 기능에 심각한 손상 입힘

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### 〈카드뮴〉

〈오염원〉 자연에서 순수한 상태로 존재하지 않고 석탄과 석유 이외에도 다양한 형태의 암석, 토양, 수중에 존재. 아연, 납, 구리와 같은 금속의 제련 시 발생.

〈위해성〉 고농도의 카드뮴에 잠시 노출되거나, 저농도의 카드뮴에 반복적으로 노출되면 폐와 신장에 유해한 영향을 일으킬 수 있으며, 남성 생식기에 영향을 줄 수 있음. 일본에서 이타이이타이병, 골연화증, 신장관장애 등을 유발. 특히 산화 카드뮴은 유력한 발암성 물질로, 전립선암과 신장암을 일으킬 수 있음.

출처 : My Water <https://www.water.or.kr/> 물환경정보시스템 <http://water.nier.go.kr/>

#### ■ 카드뮴 (이따이이따이병 사건)

- 의의 : 일본에서 최초 발생
- 장소 : 일본 부산현 신통천 유역 상류
- 경위 : 1950년대 말 동방아연 신강광업소에서 폐광석 폐기
  - ⇒ 카드뮴 하천유입
  - ⇒ 하천수 이용 농토에 카드뮴 축적
  - ⇒ 이 농토에서 수확한 쌀에 카드뮴이 흡수
  - ⇒ 주민이 카드뮴 오염 쌀 소비
- 피해 : 피해자 - 심한 요통·관절통, 보행곤란(오리걸음, 전신위축 등)
  - : 중년 여성 258명 - 약 20년간 카드뮴 중독증
  - : 그 중 128명 사망 (폐기종 등 합병증)

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### ■ 일본 사례

- 1910년부터 일본 도야마현 **진쓰강** 유역 주민들 : 팔, 늑골, 골반 등 골절
- 뼈가 약해져 **기침만 해도 골절**. 뼈가 위축되어 키가 최대 20cm 이상 축소
- 원인 : 1968년 인근 **미쓰이금속광업**이 아연 제련 과정에서 **폐광석 배출**  
⇒ 카드뮴이 **진쓰강을 오염**  
⇒ 오염된 강물이 **농업용수 및 주민 식수**로 사용됨

### ■ 한국 사례

- 2001~04년 전국에 분포해 있는 **폐광산** 인근 농경지
- **중금속에 오염된 쌀**이 생산됨
- 농림부는 해당 지역에서 생산된 **쌀 82톤**을 전량 폐기처분

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

### 〈납〉

〈오염원〉 도료, 식자, 축전지 제작 등의 작업장에서 흡입하는 납증기. 납은 휘발유 옥탄가를 높이기 위해 사용되므로 자동차 매연에 의해 대기 및 물의 납농도 증가. 오래된 집의 벽과 장난감의 페인트, 미술용품, 오염된 먼지, 휘발유 제품도 발생원. 페인트, 그릇 등 납을 사용한 생활용품도 원인. 특히 아이들이 납이 포함된 물건을 입에 넣거나 손으로 만진 후 손가락을 입에 넣을 때 유입. 송수관로 부식 등으로 인해 수돗물에도 미량 검출되나 미미함.

〈위해성〉 납 중독은 심각하고 때로는 치명적. 일부 난성분의 치사량은 10g. 납은 중금속이어서 체내에 오래 축적되어 만성질환 야기. 만성중독 시 급성위장염 증세. 두통, 빈혈, 창백한 안색, 피로, 변비, 두통, 골수생성 방해, 관절염, 근육마비, 적혈구 증가, 뇌 증상 등 야기. 뇌와 신경계 발달이 미숙한 아이들에게 더 해로움.

출처 : My Water <https://www.water.or.kr/> 물환경정보시스템 <http://water.nier.go.kr/>

#### ■ 납 (디푸마을 사건)

- 2012년 이후 중국 허동현 다푸마을에서 300명 이상의 어린이가 납 중독.
- 복통과 발육 지연 등의 증세  
일부 어린이는 또래보다 키가 6cm나 작고 몸무게도 10kg 가벼움
- 현지 한 페인트공장이 폐수를 강에 무단 방류한 것이 원인일 것으로 추정
- 촌장은 어린이들이 학교에서 연필을 깨물고 다녀서 검출되었다고 함언급
- 비난이 쏟아지자 중국 당국은 촌장 처벌, 공장 폐쇄 및 조사

## ● 1. 수질오염 건강피해 사례

- 이미 2009년에 중국 산시성 바오지시에서도 납중독 증세를 호소하는 138명의 어린이 혈액에서 기준치 넘는 납성분 검출
- 2006년에는 중국 북서부 간쑤성 마을 두 곳에서 수백여 명의 주민이 납에 중독돼 입원
- 세계인권단체들은 중국 중부지역에 오염물질 공장이 계속 세워지면서 2010년 이후 어린이 수십만 명이 납에 중독되었다고 지적

## 6주차

### 수질오염 (III)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.



김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기

6주 수질오염 (III)

▶ 1교시 : 수질오염 (7)

2교시 : 수질오염 (8)

3교시 : 수질오염 (9)

## 1교시 | 학습목표

- 수질오염 측정 방법을 이해한다.
- 수질오염 측정 단위를 이해한다.

# 1. BOD, COD, TOC, ppm, mg/L 무슨 뜻인가?

# ● 1. 수질오염의 심각성

BOD 5ppm 기준

오염 원	정화에 필요한 물의 양	
맥주 1컵 (150ml)	2,145 ℥	
간장 1소주잔 (50ml)	830 ℥	
요구르트 1개 (50ml)	1,005 ℥	
라면국물 1컵 (150ml)	564 ℥	
정종 1소주잔(50ml)	1,860 ℥	물 오염 원인중 생활하수비중이
살뜨물 (1,800ml)	864 ℥	매우 높음
짬뽕국물 1컵 (150ml)	390 ℥	
된장국 1컵 (150ml)	1,680 ℥	
커피 1잔 (50ml)	720 ℥	
우유 1컵(150ml)	3,105 ℥	
콜라 1컵 (150ml)	1,200 ℥	
식용유 1소주잔 (50ml)	1,350 ℥	

출처: 환경부

## ● 2. 수질오염 측정방법

- 수질오염 측정 방법
  - 생물학적 방법
    - . DO
    - . BOD
    - . 지표생물이용법
  - 화학적 방법
    - . COD
    - . TOC
    - . 용존 질산 이용법
    - . 용존 인산 이용법

## ● 3. 생물학적 방법

### ① DO (Dissolved Oxygen) = 용존산소

- 물 속에 녹아 있는 산소의 양
- 증가 : 공기 중 많은 산소, 높은 기압, 낮은 수온, 거친 물살
- 감소 : 증가요인 악화, [오염물질인 유기물](#) 증가
- 하천 상류 깨끗한 물은 DO 포화상태, 수질오염 시 감소, 없으면 물이 썩음
- 예 : 7.5mg/L 이상 : 매우 좋음 (하천) / 2.0mg/L 미만 : 매우 나쁨 (하천)
- DO 수치가 높을수록 좋은 물인가? 왜?

### ③ 생물학적 방법

#### ② BOD (Biochemical Oxygen Demand) = 생물화학적 산소요구량

- 필요성 : DO 만으로는 유기물에 의한 산소량 감소 정도 파악 곤란
- 물 속의 미생물이 유기물을 산화, 분해시키는데 쓰이는 산소의 양
- 측정 방법 : BOD를 측정할 물의 용존산소량(DO) 측정
  - ⇒ 샘플의 유기물을 분해할 일정량의 미생물 주입
  - ⇒ 샘플을 20°C의 빛이 들지 않는 어두운 곳에 일정일수 보관  
(광합성 작용에 의한 산소 생산 억제)
  - ⇒ 일정일수 후 다시 용존산소량(DO) 측정
  - ⇒ 계산 :  $BOD = \text{샘플의 최종 DO값} - \text{최초 DO값}$
- 예 : 1mg/L 이하 : 매우 좋음 (하천) / 10mg/L 초과 : 매우 나쁨 (하천)
- 오염된 물일수록 BOD 증가 ⇒ 용존산소 감소 ⇒ 사람과 생태계 피해

## ③ 생물학적 방법

### ③ 지표생물 이용법

- 수중 생태계에서 생물군집은 수많은 요인에 의해 영향을 받음
- 따라서 서식 생물의 종류를 조사하여 하천 오염도를 종합적으로 진단

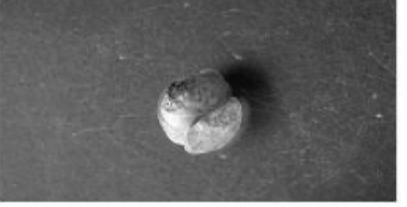
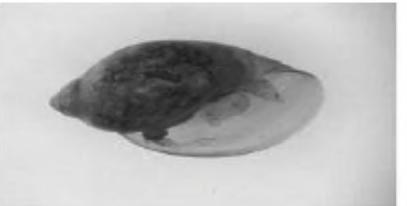
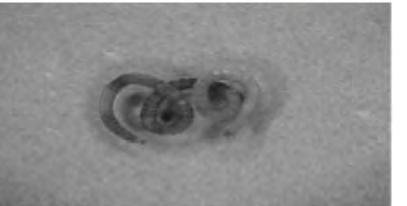
생물등급	생물지표종		서식지 및 생물 특성	
	저서생물	어류		
매우좋음 ~좋음	가재 강도래 민하루살이 등	산천어 열목어 버들치 등	- 물 : 매우 맑음 - 유속 : 빠른 편 - 바닥 : 주로 바위와 자갈 - 부착조류 : 매우 적음	
좋음~보통	다슬기 강하루살이 넓적거머리 등	은어 쏘가리 쉬리 등	- 물 : 맑음 - 유속 : 약간 빠르거나 보통 - 바닥 : 주로 자갈과 모래 - 부착조류 : 약간 있음	
보통 ~ 약간나쁨	물벌레 물달팽이 돌거머리 등	피라미 참붕어 모래무지 등	- 물 : 약간 혼탁 - 유속 : 약간 느린 편 - 바닥 : 주로 잔자갈과 모래 - 부착조류 : 녹색, 많음	
약간나쁨~ 매우나쁨	실지렁이 붉은깔다구 나방파리 등	미꾸라지 붕어, 잉어 메기 등	- 물 : 매우 혼탁 - 유속 : 느린 편 - 바닥 : 주로 모래와 실트, 검은색 - 부착조류 : 갈색/회색. 매우 많음	

출처 : 국립환경과학원, 물환경정보시스템

## ● 3. 생물학적 방법

구분	생물지표종			
	어 류		저서생물	
매우 좋음 ~ 좋음				
	산천어	금강모치	강도래	가재
좋음 ~ 보통	버들치	열목어	뿔하루살이	민하루살이
	갈겨니	쉬리	다슬기	조개넙적거머리
	은어	쏘가리	강하루살이	동양하루살이

### ○3. 생물학적 방법

보통 ~ 약간 나쁨				
	피라미	꼬리	물달팽이	돌거머리
				
약간 나쁨 ~ 매우 나쁨	모래무지	참붕어	물벌레	밀잠자리
				
	붕어	잉어	완돌이물달팽이	실지렁이
				
	메기	미꾸라지	붉은깔다구	나방파리류

## ● 4. 화학적 방법

### ① COD (Chemical Oxygen Demand) = 화학적 산소요구량

- 유기물이 들어 있는 물에 **산화제**를 넣으면 유기물이 산화
- 이 때 쓰여진 산화제의 양에 상당하는 산소의 양
- 측정 방법 : COD를 측정할 물의 용존산소량(DO) 측정
  - ⇒ 샘플의 유기물을 분해할 일정량의 **산화제** 주입
  - ⇒ 샘플을 일정시간 보관 후 다시 용존산소량(DO) 측정
  - ⇒ 계산 : COD = 샘플의 최종 DO값 - 처음 DO값  
: BOD 측정방법보다 측정시간이 절약됨
- COD 수치가 적을수록 수질이 좋음
- 예 : COD 40mg/L **이하** 농도의 폐수 배출지역 : 청정지역  
COD 40mg/L **초과** 농도의 폐수 배출지역 : 청정지역이 아님
- COD 기준은 2015년 12월 31일부로 **호소와 하천의 수질 및 수생태계 환경기준**으로는 사용되지 않고 TOC가 대체적으로 사용되고 있으나 여타 수질기준으로는 여전히 효과적으로 사용되고 있음

## ● 4. 화학적 방법

② TOC (Total Organic Carbon) = 총유기탄소량

### - 측정원리

- . 시료 속의 유기물 농도 : 시료 속의 총유기탄소량을 측정함으로써 계산
- . 시료 속의 총유기탄소량 : 총탄소량 - 총무기탄소량
- . 수질오염도를 측정할 시료를 구함  $\Rightarrow$  시료 속의 총무기탄소량을 측정함  
 $\Rightarrow$  산화제를 사용하여 시료의 유기탄소를 CO<sub>2</sub>로 완전히 산화시킴  
 $\Rightarrow$  CO<sub>2</sub> 발생량 측정  $\Rightarrow$  총탄소량 추정  $\Rightarrow$  총유기탄소량 추정 (=총탄소량 - 총무기탄소량)  $\Rightarrow$  시료의 유기물질 농도 추정  $\Rightarrow$  수질오염도추정

### - TOC 기준 도입 배경

- . 2015년까지 CODMn은 호소와 하천의 수질 및 수생태계 환경기준으로 사용되어 왔으나 미량의 유기물을 정확히 분석하지 못하고, 분석 시간도 1~3시간을 소요하는 한계가 있어 선진국에서는 사용되지 않고 있음
- . 최근의 측정장비 기술 발달로, 미량의 유기물질까지 몇 분 이내에 정확히 분석할 수 있는 TOC의 사용 여건이 조성되었음
- . 이에 우리나라는 2016년부터 하천과 호수의 수질 및 수생태계 기준으로 CODMn를 대체하여 TOC를 사용해 옴.

## ● 4. 화학적 방법

### ▶ BOD, COD, TOC 비교

- 수질오염 원인인 유기물은 탄수화물, 지방, 단백질 등 여러 물질로 구성되어 있어 각 유기물질을 개별적으로 측정해 농도를 구하는 것은 비효율적임. 이에 물 속의 용존산소 소모량을 측정하여 물 속의 유기물 농도를 간접적으로 판단
- 유기물 중 생분해성 유기물의 농도에는 미생물을 이용한 **BOD<sub>5</sub> 기준**을 적용, 난분해성 유기물의 농도에는 산화제인 **과망간산칼륨**을 이용한 **CODMn**나 **중크롬산칼륨**을 이용한 **CODCr**을 적용하여 수질을 측정함
- 일반적으로 생분해성 유기물이 많이 포함된 하천이나 도시하천은 BOD 기준이 적합하나, 다음 경우에는 COD 기준이 적합함
  - . BOD값을 모르는 폐수
  - . 난분해성 물질, 미생물에 대한 독성물질이 많이 포함된 공장폐수나 해수
  - . 수질측정 결과를 1~3시간 정도 이내에 신속히 도출해야 하는 경우
- CODMn은 CODCr에 비해 간편하게 이용할 수 있으나 다음의 단점을 지님
  - . 산화제인 과망간산칼륨은 중크롬산칼륨에 비해 산화력이 부족하여 저지방산, 아미노산, 알콜 등을 산화시키므로 CODMn은 낮게 측정되는 경향이 있음
  - . CODMn은 불안정한 시약, 불완전한 산화, 불안정한 반응조건 등 단점 보유
- TOC의 장점은 미량의 유기물질까지 몇 분 이내에 정확히 분석한다는 것임

## ● 4. 화학적 방법

### ③ 질산성 질소 이용

- 이는 주로 **분뇨나 축산폐수** 속 암모니아가 산화·환원되는 과정에 발생
- 따라서 질산성 질소 농도가 높으면 분뇨나 축산폐수 방류 판정

### ④ 인산 이용

- 이는 **합성세제**를 만들 때 세척력을 높이기 위해 사용
- 따라서 인산 농도가 높으면 생활하수 오염, 특히 세제오염 판정

## • 5. 수질오염 단위의 이해

### ▶ ppm(parts per million)

- ppm =  $1/1,000,000$
- DO 1 ppm : 물 1Kg 당 용존산소 1mg 포함
- BOD 1 ppm : 하천수 1Kg 당 유기물이 산소를 1mg 요구(소모)
- COD 1 ppm : 하천수나 호수 1Kg 당 화학적 산소요구량 1mg
- 대기환경기준 1 ppm : 대기에 대기오염물질이 1mg 이하로 존재해야 함
- 과거 : 3급수는 BOD 3~6ppm의 물이며 색이 황갈색이고 ~~~~

but, 무게기준(물 1Kg 속 유기물 1mg) ≠ 부피기준 (물 1L 속 유기물 1mg)

### ▶ mg/L

- $1 \text{ ppm} \doteq 1\text{mg/L} = 1/1,000,000 (\text{mg/L})$
- DO 1 mg/L ppm : 물 1L 당 용존산소 1mg 포함
- BOD 1 mg/L : 하천수 1L 당 유기물이 산소를 1mg 요구(소모)
- COD 1 mg/L : 하천수나 호수 1L 당 화학적 산소요구량 1mg
- 현재 : 3급수는 BOD 3~6ppm ~~ 대신 보통 드급 BOD 5 mg/L 이하 ~~
- 대기환경기준은 그대로 ppm 단위를 사용하거나  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  사용

## 2교시

### 수질오염 (8)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.



김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기

## 6주 수질오염 (III)

1교시 : 수질오염 (7)

▶ 2교시 : 수질오염 (8)

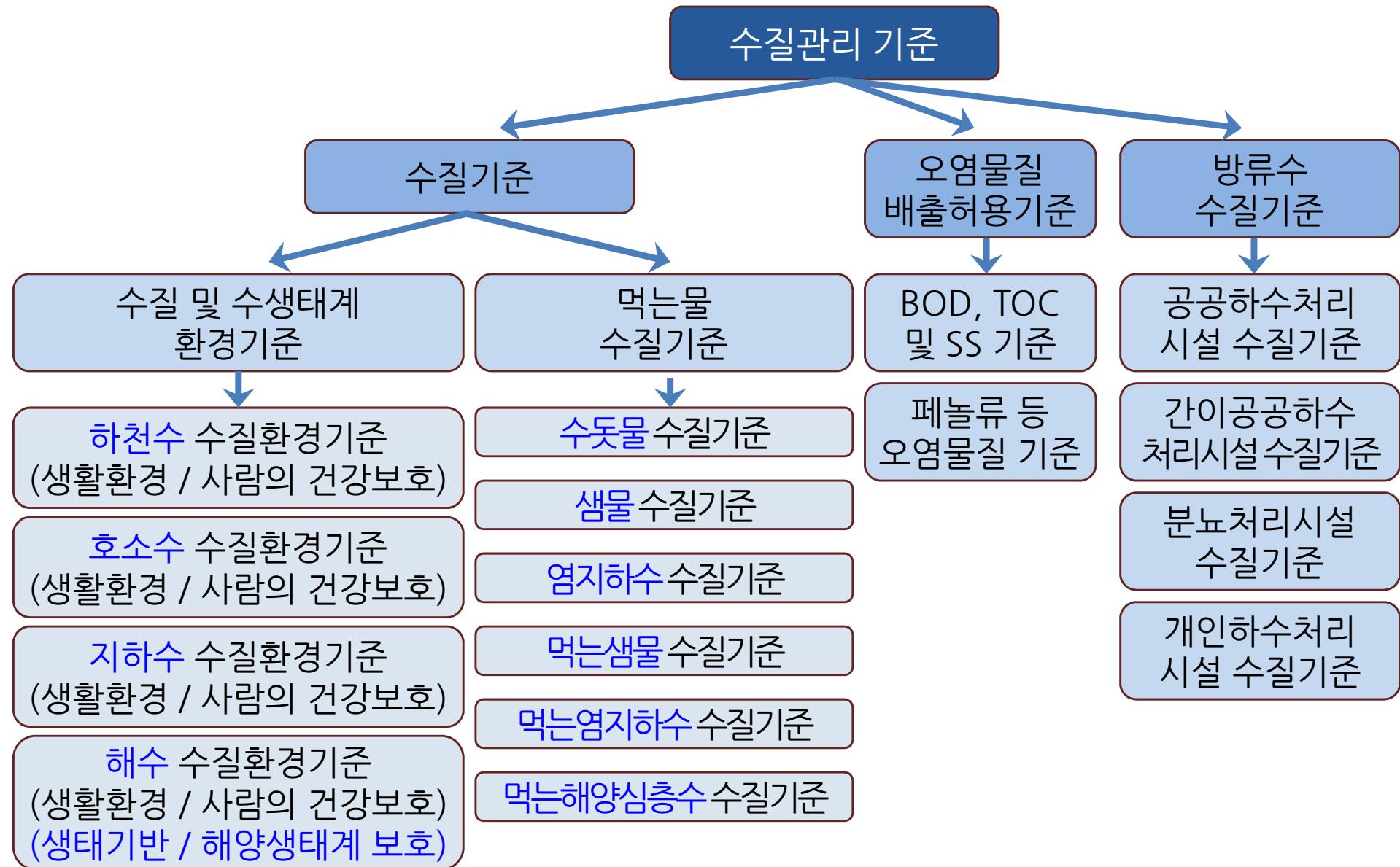
3교시 : 수질오염 (9)

## 2교시 | 학습목표

- 우리나라의 수질기준 관리체계를 이해한다.
- 우리나라의 수질기준에 대해 학습한다.

1. 지하수, 수돗물, 해수, 강, 호수 등 수많은 물환경이 존재하는데, 각 관리기준을 달리 적용하고 있나?
2. 그 관리기준은 또한 지역별로도 세분되어 있나?
3. 특히 공장 폐수는 어떤 기준으로 관리하는가?

# ① 우리나라의 수질기준 관리체계



## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

### ■ 수질 및 수생태계 환경기준

- 국민의 건강 보호와 쾌적한 물환경 조성을 위한 국가의 **수질관리 목표**
- 산업폐수 관리, 수질오염총량제, 수생태계 보전 등 각종 **정책 수립의 기본**
- 수자원, 행정여건, 경제, 의식수준 등에 따라 **국가별, 시대별로** 상이

### ■ 우리나라의 수질 및 수생태계 환경기준

- 하천, 호소 및 지하수로 나누어 환경기준을 정하고 있음
  - \* **생활환경항목** : 하천(7개 항목), 호수(8개 항목)
  - \* **건강보호항목** : 하천 및 호수(20개 건강보호항목)
- 생활환경항목 : 수질상태에 따라 7등급
  - \* 오염물질의 이화학적 농도와 수생태계 생물이 받는 영향을 고려

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

- 하천 (생활환경 기준)      호수에는 없음      반대 관계

등급	상태 (캐릭터)	수소이온 농도(pH)	생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (mg/L)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	부유 물질량 (mg/L)	용존 산소량 (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	대장균군 (군수/100mL)	
									총 대장균군	분원성 대장균군
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	1 미하	2016 년 이 후  사 용 하 지 않 음	2 미하	25 미하	7.5 이상	0.02 미하	50 미하
좋음	Ib		6.5~8.5	2 미하		3 미하	25 미하	5.0 이상	0.04 미하	500 미하
약간 좋음	II		6.5~8.5	3 미하		4 미하	25 미하	5.0 이상	0.1 미하	1,000 미하
보통	III		6.5~8.5	5 미하		5 미하	25 미하	5.0 이상	0.2 미하	5,000 미하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5	8 미하		6 미하	100 미하	2.0 이상	0.3 미하	-
나쁨	V		6.0~8.5	10 미하		8 미하	쓰레기등이 떠있지 아니할것		2.0 이상	0.5 미하
매우 나쁨	VI		-	10 초과		8 초과	-	2.0 미만	0.5 초과	-
										200

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

### ■ 호수 (생활환경 기준)

하천보다 강함      하천에는 없음

등급	상태 (캐릭터)	수소이온 농도 (pH)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	*총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	부유 물질량 (SS) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	지 준 (T-P) (mg/L)	총 질소 (T-N) (mg/L)	클로로필-a (Chl-a) (mg/m <sup>3</sup> )	대장균군 (군수/100mL)		
										총 대장균군	분원성 대장균군	
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	2016 년 이 후  사 용 하 지 않 음	2 이하	1 이하	7.5 미상	0.01 이하	0.2 이하	5 이하	500이하	100이하
좋음	Ib		6.5~8.5		3 이하	5 이하	5.0 미상	0.02 이하	0.3 이하	9 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5~8.5		4 이하	5 이하	5.0 미상	0.03 이하	0.4 이하	14 이하	1,000 이하	200 이하
보통	III		6.5~8.5		5 이하	15 이하	5.0 미상	0.05 이하	0.6 이하	20 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5		6 이하	15 이하	2.0 미상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하	-	-
나쁨	V		6.0~8.5		8 이하	<p>쓰레기 등이 떠있지 마니할것</p>	2.0 미상	0.15 이하	1.5 이하	70 이하	-	-
매우 나쁨	VI		-		8 초과	-	2.0 미만	0.15 초과	1.5 초과	70 초과	-	-

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

### ■ 하천과 호수 (사람의 건강보호 기준)

(단위 : mg/L)

카드뮴 (Cd)	비소 (As)	시안 (CN)	수은 (Hg)	유기인	납 (Pb)	6가크롬 (Cr <sup>+6</sup> )	PCB	PCE	1,4-다이 옥세인
0.005 이하	0.05 이하	불검출 (검출한계 0.01)	불검출 (검출한계 0.001)	불검출 (검출한계 0.0005)	0.05 이하	0.05 이하	불검출 (검출한계 0.0005)	0.04 이하	0.05 이하
사염화 탄소	1,2-디클 로로에탄	디클로로 메탄	벤젠	헥사 클로로 벤젠	클로로 포름	포름 알데히드	디에틸 헥실피탈 레이트	안티몬	ABS
0.004 이하	0.03 이하	0.02 이하	0.01 이하	0.00004 이하	0.08 이하	0.5 이하	0.008 이하	0.02 이하	0.5 이하

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

### ■ 하천과 호수 (물 등급별 특성)

수질등급	생태계 상태	사용 용도	맑기
매우좋음	청정상태 오염물질 없음 / 산소 풍부	간단한 정수처리 후 생활용	매우 맑음
좋음	청정상태 가까움 오염물질 거의 없음/산소 많은편	일반 정수처리 후 생활용	매우 맑음 ~ 맑음
약간좋음	오염물질 약간 있음 산소 많은 편	일반 정수처리 후 생활용 / 수영용	맑음
보통	오염물질 보통 산소 보통 소모	고도 정수처리 후 생활용 일반 정수처리 후 공업용	맑음 ~ 조금 흐림
약간나쁨	오염물질 상당량 산소 상당량 소모	정수처리 없이 농업용 고도정수처리 후 공업용	조금 흐림~ 매우 흐림
나쁨	오염물질 다량 산소 다량 소모	특수 정수처리 후 공업용 단, 일상생활 불쾌감 없음	매우 흐림
매우나쁨	산소가 거의 없음 물고기 살기 어려움	-	매우 흐림

- 용수 처리 강도에 따라 해당 등급보다 높은 등급의 용도로도 사용 가능
- 정수처리 방식 : 간단한 정수처리 - 여과, 살균 등  
 : 일반 정수처리 - 여과+침전, 살균 등  
 : 고도 정수처리 - 여과 + 침전 + 활성탄 투입, 살균 등  
 : 특수 정수처리 - 활성탄 투입 + 역삼투압 공법 등

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

- 지하수 (생활용수, 농어업용수, 공업용수 용)

\* 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 (환경부령 제 696호, 2017. 3. 29)

항목		이용목적별	생활용수	농·어업용수	공업용수
일반 물질 (4개)	수소이온농도(pH)	5.8~8.5	6.0~8.5	5.0~9.0	
	총대장균군	5,000 이하 (군수/100mL)	-	-	
	질산성질소	20 이하	20 이하	40 이하	
	염소이온	250 이하	250 이하	500 이하	
특정 유해물질 (15개)	카드뮴	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하	
	비소	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하	
	시안	0.01 이하	0.01 이하	0.2 이하	
	수은	0.001 이하	0.001 이하	0.001 이하	
	유기인	0.0005 이하	0.0005 이하	0.0005 이하	
	페놀	0.005 이하	0.005 이하	0.01 이하	
	납	0.1 이하	0.1 이하	0.2 이하	
	6가크롬	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하	
	트리클로로에틸렌	0.03 이하	0.03 이하	0.06 이하	
	테트라클로로에틸렌	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하	
	1,1,1-트리클로로에탄	0.15 이하	0.3 이하	0.5 이하	
	벤젠	0.015 이하	-	-	
	톨루엔	1 이하	-	-	
	에틸벤젠	0.45 이하	-	-	
	크실렌	0.75 이하	-	-	204

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

- **지하수** (음용수 용) (먹는물관리법 제5조 준용)  
⇒ 먹는물 수질기준 강의 참조 (차교시 강의)

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

### ■ 해수 수질기준

- 법적 근거 : 환경정책기본법 시행령 [별표] 환경기준
- 생활환경 기준

항 목	수소이온농도 (pH)	총대장균군 (총대장균군수/100mL)	용매 추출유분 (mg/L)
기 준	6.5 ~ 8.5	1,000 이하	0.01 이하

### - 생태기반 해수수질 기준

등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)
I (매우 좋음)	23 이하
II (좋음)	24 ~ 33
III(보통)	34 ~ 46
IV(나쁨)	47 ~ 59
V(아주 나쁨)	60 이상

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

- \* WQI =  $10 \times [\text{저층 산소포화도(DO)} + 6 \times [(\text{표층 식물플랑크톤 농도(Chl-a)} + \text{투명도(SD)})/2] + 4 \times [(\text{표층 용존무기질소 농도(DIN)} + \text{표층 용존무기인 농도(DIP)})/2]$
- \* 대한해협 생태구 WQI 계산 예시 (기타 4개 - 동해, 서남해역, 서해중부, 제주)  
 항목별 (측정값-기준값) : DO (101.5-90) Chl-a (5.82-6.3) SD (4.07-2.5)  
 DIN (190-220) DIP (15.6-35)  
 DIN 점수 : 기준값 이하 (1점), 기준값 + 0.1×기준값 (2점) ..... (5점)  
 $\therefore$  대한해협 WQI =  $10 \times 1 + 6 \times [(1+1)/2] + 4 \times [(1+1)/2] = 20 < 23$  (1등급)

### - 해양생태계 보호 기준

(단위:  $\mu\text{g/L}$ )

중금속류	구리	납	아연	비소	카드뮴	크롬(6가)
단기 기준*	3.0	7.6	34	9.4	19	200
장기 기준**	1.2	1.6	11	3.4	2.2	2.8

\* 단기 기준: 1회성 관측값과 비교 적용

\*\* 장기 기준: 연간 평균값(최소 사계절 동안 조사한 자료)과 비교 적용

## ● 2. 수질 및 수생태계 환경기준

### - 생활환경 기준

등급	항목	기준(mg/L)
모든 수역	비소(As)	0.05
	카드뮴(Cd)	0.01
	납(Pb)	0.05
	아연(Zn)	0.1
	구리(Cu)	0.02
	시안(CN)	0.01
	수은(Hg)	0.0005
	폴리클로리네이티드비페닐(PCB)	0.0005
	다이아지논	0.02
	파라티온	0.06
	말라티온	0.25
	1.1.1-트리클로로에탄	0.1
	테트라클로로에틸렌	0.01
	트리클로로에틸렌	0.03
	디클로로메탄	0.02
	벤젠	0.01
	페놀	0.005
	음이온 계면활성제(ABS)	0.5

- ✓ 환경정책기본법 시행령 등 각종 법규
- ✓ 국가수자원관리종합정보시스템
- ✓ 물환경정보시스템
- ✓ 환경부, 환경백서, 2017  
등 다수

## 3교시

### 수질오염 (9)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.

김용주 교수

# 알기쉬운 환경 이야기



## 6주 수질오염 (III)

1교시 : 수질오염 (7)

2교시 : 수질오염 (8)

▶ 3교시 : 수질오염 (9)

### 3교시 | 학습목표

- 먹는 물 수질기준을 이해한다.
- 오염물질 배출허용기준을 학습한다.
- 방류수 수질기준을 이해한다.

# 1. 우리나라에서 수돗물이 식수로 얼마나 사용되는가? 식수로 사용하지 않는 주요인은?

## ● 3. 먹는물 수질기준

### ■ 먹는물 관련 용어 정의

- 먹는물 : 먹는 데에 통상 사용하는 자연상태의 원수(原水)  
(자연상태의 샘물, 염지하수, 해양심층수 등)  
: 자연상태의 물을 먹기에 적합하도록 처리한 수돗물, 먹는샘물, 먹는염지  
하수(鹽地下水), 먹는해양심층수(海洋深層水) 등
- 샘물 : 암반대수층(岩盤帶水層) 안의 지하수 또는 용천수 등 수질의 안전성을  
계속 유지할 수 있는 자연상태의 깨끗한 물을 먹는 용도로 사용할 원수
- 먹는샘물 : 샘물을 먹기 적합하게 물리적으로 처리하는 방법으로 제조한 물
- 염지하수 : 물속에 녹아있는 염분(鹽分) 등의 함량이 법적 기준에 부합하는 암반  
대수층 안의 지하수로서 먹는 용도로 사용할 원수
- 먹는염지하수 : 염지하수를 먹기에 적합하게 처리하여 제조한 물
- 먹는해양심층수 : 해양심층수를 먹기에 적합하게 처리하여 제조한 물
- 먹는물공동시설 : 먹는물 공급을 위해 개발했거나 자연형성된 약수터, 샘터, 우물 등

## ● 3. 먹는물 수질기준

구분	수 질 항 목		수돗물	먹는샘물	먹는해양심층수	샘물	먹는물공동시설 (약수터 등)
미생물	일반 세균	저온일반세균(21°C)	-	100CFU/mL	100CFU/mL	20CFU/mL	-
	중온일반세균(35°C)	100CFU/mL	20CFU/mL	20CFU/mL	5CFU/mL	100CFU/mL	
	총대장균군	ND/100mL	ND/250mL	ND/250mL	ND/250mL	ND/100mL	
	분원성연쇄상구균	-	ND/250mL	ND/250mL	ND/250mL	-	
	녹농균	-	ND/250mL	ND/250mL	ND/250mL	-	
	아황산환원형기성포자형성균	-	ND/50mL	ND/50mL	ND/50mL	-	
	살모넬라	-	ND/250mL	ND/250mL	ND/250mL	-	
	쉬겔라	-	ND/250mL	ND/250mL	ND/250mL	-	
	분원성대장균군	ND/100mL	-	-	-	ND/100mL	
	대장균	ND/100mL	-	-	-	ND/100mL	
	여시니아균	-	-	-	-	ND/2L	

주: 일반세균 - 염지하수 수질기준은 샘물 수질기준과 동일  
 먹는염지하수 수질기준은 먹는샘물 및 먹는해양심층수 수질기준과 동일

## ● 3. 먹는물 수질기준

구분	수 질 항 목	수돗물	먹는샘물	먹 해양심층수 는	샘물	먹는물공동시설 (약수터 등)
유해 영향 무기 물질	납	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L
	불소	1.5mg/L	2.0mg/L	2.0mg/L	2.0mg/L	1.5mg/L
	비소	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.05mg/L	0.01mg/L
	세레늄	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L
	수은	0.001mg/L	0.001mg/L	0.001mg/L	0.001mg/L	0.001mg/L
	시안	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L
	크롬	0.05mg/L	0.05mg/L	0.05mg/L	0.05mg/L	0.05mg/L
	암모니아성 질소	0.5mg/L	0.5mg/L	0.5mg/L	0.5mg/L	0.5mg/L
	질산성 질소	10mg/L	10mg/L	10mg/L	10mg/L	10mg/L
	카드뮴	0.005mg/L	0.005mg/L	0.005mg/L	0.005mg/L	0.005mg/L
	붕소	1.0mg/L	1.0mg/L	1.0mg/L	1.0mg/L	1.0mg/L
	브롬산염*	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	—	—
	스트론튬	—	—	4mg/L	—	—
	우라늄	—	0.03mg/L	—	0.03mg/L	0.03mg/L

## ● 3. 먹는물 수질기준

구분	수 질 항 목	수돗물	먹는샘물	먹 해양심층수 는	샘물	먹는물공동시설 (약수터 등)
유해연성유기물질 휘발성유기물질	페놀	0.005mg/L	0.005mg/L	0.005mg/L	0.005mg/L	0.005mg/L
	1,1,1-트리클로로에탄	0.1mg/L	0.1mg/L	0.1mg/L	0.1mg/L	0.1mg/L
	테트라클로로에틸렌	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L
	트리클로로에틸렌	0.03mg/L	0.03mg/L	0.03mg/L	0.03mg/L	0.03mg/L
	디클로로메탄	0.02mg/L	0.02mg/L	0.02mg/L	0.02mg/L	0.02mg/L
	벤젠	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L	0.01mg/L
	톨루엔	0.7mg/L	0.7mg/L	0.7mg/L	0.7mg/L	0.7mg/L
	에틸벤젠	0.3mg/L	0.3mg/L	0.3mg/L	0.3mg/L	0.3mg/L
	크실렌	0.5mg/L	0.5mg/L	0.5mg/L	0.5mg/L	0.5mg/L
	1,1디클로로에틸렌	0.03mg/L	0.03mg/L	0.03mg/L	0.03mg/L	0.03mg/L
	사염화탄소	0.002mg/L	0.002mg/L	0.002mg/L	0.002mg/L	0.002mg/L
	1,4-다이옥세인	0.05mg/L	0.05mg/L	0.05mg/L	0.05mg/L	0.05mg/L

## ● 3. 먹는물 수질기준

구분	수 질 항 목	수돗물	먹는샘물	먹는 해양심층수	샘물	먹는물공동시설 (약수터 등)
농약	다이아지논	0.02mg/L	0.02mg/L	0.02mg/L	0.02mg/L	0.02mg/L
	파라티온	0.06mg/L	0.06mg/L	0.06mg/L	0.06mg/L	0.06mg/L
	페니트로티온	0.04mg/L	0.04mg/L	0.04mg/L	0.04mg/L	0.04mg/L
	카바릴	0.07mg/L	0.07mg/L	0.07mg/L	0.07mg/L	0.07mg/L
	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/L	0.003mg/L	0.003mg/L	0.003mg/L	0.003mg/L
유해영향유기물질	유리잔류염소	4.0mg/L	—	—	—	—
	총트리할로메탄	0.1mg/L	—	—	—	—
	브로모디클로로메탄	0.03mg/L	—	—	—	—
	디브로모클로로메탄	0.1mg/L	—	—	—	—
	클로르포름	0.08mg/L	—	—	—	—
	클로랄하이드레이트	0.03mg/L	—	—	—	—
	디브로모아세토니트릴	0.1mg/L	—	—	—	—
	디클로로아세토니트릴	0.09mg/L	—	—	—	—
	트리클로로아세토니트릴	0.004mg/L	—	—	—	—
	할로아세틱에시드	0.1mg/L	—	—	—	—
소독부산물	포름알데히드	0.5mg/L	—	—	—	—

## ● 3. 먹는물 수질기준

구분	수 질 항 목	수돗물	먹는샘물	먹 해양심층수 는	샘물	먹는물공동시설 (약수터 등)
심미적 영향물질	경도	300mg/L	1000mg/L	1200mg/L	—	1000mg/L
	과망간산칼륨소비량	10mg/L	10mg/L	10mg/L	10mg/L	10mg/L
	냄새(소독외의 맛)	없음	없음	없음	없음	없음
	맛(소독이외의 맛)	없음	—	없음	—	—
	동	1mg/L	1mg/L	1mg/L	1mg/L	1mg/L
	색도	5	5	5	5	5
	세제(음이온계면활성제)	0.5mg/L	불검출	불검출	불검출	0.5mg/L
	수소이온농도	5.8–8.5	4.5–9.5	5.8–8.5	4.5–9.5	4.5–9.5
	아연	3mg/L	3mg/L	3mg/L	3mg/L	3mg/L
	염소이온	250mg/L	250mg/L	250mg/L	250mg/L	250mg/L
	증발잔류물	500mg/L	—	500mg/L	—	—
	철	0.3mg/L	0.3mg/L	0.3mg/L	—	0.3mg/L
	망간	0.05mg/L	0.3mg/L	0.3mg/L	—	0.3mg/L
	탁도	0.5	1	1	1	1
	황산이온	200mg/L	250mg/L	200mg/L	250mg/L	250mg/L
	알루미늄	0.2mg/L	0.2mg/L	0.2mg/L	0.2mg/L	0.2mg/L <sub>219</sub>

## ● 3. 먹는물 수질기준

- 우리나라 수돗물 시스템 우수
  - 과학적인 정수체계 + 질좋은 수질관리  
⇒ 우리나라의 먹는물, 특히 수돗물 관리 수준은 엄격한 편
  - 법정 수질검사제도 시행 : 먹는물 공급시설 유형에 따른 수질검사제도를 마련하여 수도사업자 등 관리주체로 하여금 수질검사를 실시하도록 하고 있음
  - 우리나라 **수돗물 수질** : 세계 8위 (UN, 국가별 수질지수 순위)
- 우리나라 수돗물 음용률(2012년) : 선진국 대비 낮음
  - 음용률(직접음용률) : 53%(4%) < 미국 82%(56%), 영국 90%(70%)(02년)
  - 주요 원인 : 막연한 불안감(32%)

직접요인 (27.9%)		심리적 요인 (66.9%)					기타
물맛이 없어서	녹물 등 이물질	정수기가 좋아서	막연한 불안감	상수원 오염 우려	물탱크, 수도관 우려	부정적 언론 보도	
15.0%	10.2%	2.7%	31.9%	14.6%	18.3%	2.1%	5.2%

## • 3. 먹는물 수질기준

### ▪ 우리집 수돗물 안심확인제

- 목적 : 국민들의 수돗물 수질에 대한 막연한 불안감 해소
- 필요성 : 국가 차원의 **수도꼭지 수질** 정보 제공
- 지자체별 **무료** 수질검사제도 통합 ⇒ 동일한 수질검사 서비스 제공
- 내용 : 관련 웹사이트(<http://www.ilovewater.or.kr/>)
  - : 신청방법 : 온라인 및 전화 신청
  - : 처리기간 : **가정방문**을 통한 검수 후 결과공지까지 총 20일 이내
  - : 검사항목 : **노후배관 관련** 5개 항목 (**탁도, PH, 잔류염소, 철, 구리**)
    - \* 잔류염소량은 현장에서 결과를 알려줌
  - : 1차 검사 부적합 시 : 미생물(대장균, 일반세균 등) **6개 항목 추가검사**

수원시

'우리집 수돗물 안심확인제 이용자, 전년 같은 기간보다 70% 증가'  
(내외일보 2017.8.16)

## ● 4. 오염물질 배출허용기준

### ■ 배출허용기준의 개요

- 배출허용기준 : 배출사업장 배출수에 포함된 유기물질(BOD, COD), 부유물질(SS), 폐놀류의 최대허용량 또는 최대허용농도를 설정한 기준
- 법적 근거 : 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 [별표13]
- 기준 설정 기준 : 환경기준과 하천의 자정능력 등 고려
- 기준 적용 : 청정지역, 가지역, 나지역, 특례지역을 구분하여 적용
  - . 청정지역 : 수질 및 수생태계 환경기준으로 매우 좋음(Ia) 정도의 수질을 보전해야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역
    - \* 자연공원의 공원구역, 상수원보호구역 포함
  - . 가지역 : 동 환경기준으로 좋음(Ib), 약간 좋음(II) 정도의 수질을 보전해야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역
  - . 나지역 : 동 환경기준으로 보통(III), 약간 나쁨(IV), 나쁨(V) 정도의 수질을 보전해야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역
    - \* 공공하수처리시설로 연결하여 처리하는 배출시설 포함
  - . 특례지역 : 폐수종말처리시설에서 폐수를 처리할 수 있는 공동처리구역 및 도지사, 시장, 군수가 지정하는 농공단지

## ● 4. 오염물질 배출허용기준

- 폐수 다량배출 사업장 : 소규모 사업장보다 엄격한 배출허용기준 적용하여  
    [농도규제](#) 방식에 [양적규제](#) 방식을 병행하여 적용
- [1997년](#)부터 호소 부영양화 방지를 위해 팔당호, 대청호, 낙동강 및 낙동강  
    하구언 유역 사업장 대상으로 질소, 인 배출허용기준 적용 후 [전국 확대](#)
- 신규 항목 지속적 추가
  - . (예) 화학물질 사용량 증가 ⇒ 통합독성 관리 필요성 ⇒ 생태독성(TU) 추가

## ● 4. 오염물질 배출허용기준

### ■ 항목별 배출허용기준

- 유기물질(BOD, COD) 및 부유물질(SS) 기준
  - . 지역별, 배출규모별 차등 적용

구분	1일 폐수 배출량 2,000m <sup>3</sup> 이상			1일 폐수 배출량 2,000m <sup>3</sup> 이하		
	생물학적 산소요구량 (mg/l)	화학적 산소요구량 (mg/l)	부유물질 (mg/l)	생물학적 산소요구량 (mg/l)	화학적 산소요구량 (mg/l)	부유물질 (mg/l)
청정지역	30 이하	40 이하	30 이하	40 이하	50 이하	40 이하
가지역	60 이하	70 이하	60 이하	80 이하	90 이하	80 이하
나지역	80 이하	90 이하	80 이하	120 이하	130 이하	120 이하
특례지역	30 이하	40 이하	30 이하	30 이하	40 이하	30 이하

## ● 4. 오염물질 배출허용기준

- 폐놀류 등 오염물질 기준
  - . 지역별 차등적용
  - . 폐놀, 수소이온농도, 크롬함유량, 수은함유량, 총대장균군수, 색도, 온도, 총질소, 총인, 벤젠, 생태독성, 다이옥산 등 **48개 항목**
  - . **2017.1.1~2018.12.31까지** 적용되는 기준으로서, 1~2년마다 변경되며 현재 2019.1.1부터 적용되는 기준이 설정되어 있음

## • 5. 방류수 수질기준

### ■ 방류수 수질기준의 개요

- 법적 근거 : 하수도법 시행규칙
- 공공하수처리시설의 수질기준

구분		생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	화학적 산 소요구량 (COD) (mg/L)	부유물질 (SS) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총대장균 군수 (개/mL)	생태 독성 (TU)
1일 하수 처리용량 500m <sup>3</sup> 이 상	I 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.2 이하	1,000 이하	1 이하
	II 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.3 이하	3,000 이하	
	III 지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	0.5 이하		
	IV 지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하		
1일 하수 처리용량 500m <sup>3</sup> 미만 50m <sup>3</sup> 이상		10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하		
1일 하수처리용 량 50m <sup>3</sup> 미만		10 이하	40 이하	10 이하	40 이하	4 이하		

## • 5. 방류수 수질기준

### \* 지역 구분

- . I 지역 : 상수원보호구역, 수질보전특별대책지역, 4대강 수변구역, 새만금 사업지역으로 유입되는 하천이 있는 지역
- . II 지역 : 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률에 따라 고시된 중권역 중 COD 또는 T-P(총인) 기준 초과 지역 또는 초과우려 지역
- . III 지역 : 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률에 따라 고시된 중권역 중 4대강 수계에 포함되는 지역
- . IV 지역 : 기타 지역

### \* 생태독성 (Ecotoxicity)

- . 의미 - 특정 화학물질이 생태계 기능과 안정성 및 생물에 악영향 미치는 것
- . 도입 - 환경부는 2011년 폐수배출시설에 대한 생태독성 관리제도 도입
  - 당시 국내에 39,000여종의 화학물질이 사용되고 있었으나 배출허용 기준 물질은 29종에 불과, 독성물질에 대한 개별대응에 한계가 존재
- . 측정 - 시료를 넣은 시험수에 물벼룩을 넣고 ⇒ 24시간 후 유영상태 관찰
  - ⇒ 시료 농도와 치사 혹은 유영저해 물벼룩 수의 상관관계 추정
  - ⇒ 주입 물벼룩 중 50%가 영향 받은 농도 추정 ⇒ 단위환산
  - ⇒ 생태독성 값 산출

## ● 5. 방류수 수질기준

### - 간이공공하수처리시설의 수질기준

구분	생물화학적 산소요구량(BOD) (mg/L)		총대장균군수 (개/mL)	
I 지역	2014년 7월 17일부터 2018년 12월 31일까지	60 이하	2014년 7월 17일부터 2018년 12월 31일까지	-
	2019년 1월 1일부터 2023년 12월 31일까지	60 이하	2019년 1월 1일 이후	3,000 이하
	2024년 1월 1일 이후	40 이하		
II 지역	2014년 7월 17일부터 2019년 12월 31일까지	60 이하	2014년 7월 17일부터 2019년 12월 31일까지	-
	2020년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지	60 이하	2020년 1월 1일 이후	3,000 이하
	2025년 1월 1일 이후	40 이하		
III · IV 지역	-		-	

## • 5. 방류수 수질기준

### - 분뇨처리시설의 수질기준

: 다만, 공공하수처리시설로 유입하여 처리하는 경우는 제외

구분	항목	생물화학적 산소요구량 (mg/L)	화학적 산소요구량 (mg/L)	부유물질 (mg/L)	총 대장균 군 수 (개수/mL)	기타 (mg/L)
분뇨처리시설		30 이하	50 이하	30 이하	3,000 이하	총질소 : 60 이하 총인 : 8 이하

## • 05. 방류수 수질기준

### - 개인하수처리시설의 수질기준

: 다만, 공공하수처리시설, 공공폐수처리시설로 처리하는 경우 제외

구분	1일 처리용량	지역	항목	방류수수질기준
오수처리 시설	50 m <sup>3</sup> 미만	수변구역	생물화학적 산소요구량(mg/L)	10 이하
			부유물질(mg/L)	10 이하
		특정지역 및 기타지역	생물화학적 산소요구량(mg/L)	20 이하
			부유물질(mg/L)	20 이하
	50 m <sup>3</sup> 이상	모든 지역	생물화학적 산소요구량(mg/L)	10 이하
			부유물질(mg/L)	10 이하
			총질소(mg/L)	20 이하
			총인(mg/L)	2 이하
			총대장균군수(개/mL)	3,000 이하
정화조	11인용 이상	수변구역 및 특정지역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	65 이상
			생물화학적 산소요구량(mg/L)	100 이하
		기타지역	생물화학적 산소요구량 제거율(%)	50 이상

## • 5. 방류수 수질기준

### . 지역 구분

- : 수변구역 - 4대강 수변구역
- : 특정지역 - 상수원보호구역, 특별대책지역, 자연공원, 지하수보전구역,  
기타 수질 및 수생태계 환경기준을 등급 I a로 보전해야 할  
필요성이 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역
- : 기타지역 - 환경보전해역 및 특별관리해역 예정 하수처리구역,  
공공폐수처리시설의 처리대상지역
- : 모든 지역 - 상기 전지역

- ✓ 환경정책기본법 시행령 등 각종 법규
- ✓ 국가수자원관리종합정보시스템
- ✓ 물환경정보시스템
- ✓ 환경부, 환경백서, 2017  
등 다수

## 7주차

### 수질오염 (IV)

---

본 수업에 사용된 일부 자료 및 영상물은 강의 내용을 보충하기 위한 교육적 목적으로 활용하였습니다. 자료 및 영상물의 불법적 이용, 무단 전재·배포는 법적으로 금지되어 있으니, 학생 여러분께서는 학습 외 용도의 사용을 삼가 주시길 바라며, 자료 및 영상물 원본 전체를 사용하기 위해서는 별도로 정품을 구매하여 사용하시기를 바랍니다.

본 교안에는 네이버에서 제공한 나눔글꼴이 적용되어 있습니다.