

수질환경시험대비 수질오염개론이론 04	부산 금성기술전문학원 051) 806 - 2200 http://www.kstech.co.kr	강사 : 손기수 http://www.daum.net/sonkisoo
-------------------------	---	---

제5장 수질오염과 생태계

1. 생태계(生態系, ecosystem)

1) 정의

- ① 어떤 지역의 생물 공동체와 이것을 유지하고 있는 무기적 환경이 종합된 물질계 또는 기능계라고 한다.
- ② 영국의 A.G.텐슬리에 의하여 1935년 제창된 용어이다.

2) 생태계의 구성과 기능

- ① 생태계 중에서 생물체는 기능적으로 생산자(녹색식물)·소비자(동물)·분해자(세균 또는 미생물)로 구분된다.
- ② 물질은 생태계 내를 정도의 차이는 있으나 순환하지만, 에너지는 생태계 내를 순환하지 않는다. 이런 차이 때문에 생태계에서는 물질순환, 에너지 흐름이라는 표현을 쓴다.

3) 물질순환(物質循環, cycle of material)

① 탄소의 순환(carbon cycle)

- ㉠ 공기 중의 탄소 : 식물이 광합성을 통해 이용한다.
- ㉡ 식물체내의 탄소 : 동물이 식물체를 섭취(단백질, 탄수화물, 지방)하면서 이용한다.
- ㉢ 이산화탄소 방출 : 동물과 식물의 호흡 시 방출된다.
- ㉣ 이산화탄소 생성 : 미생물이 동식물의 사체를 분해시킬 때와 이 사체가 퇴적되어 석유, 석탄이 된 후 인간이 이를 사용하면서 이산화탄소를 생성한다.

② 질소의 순환

- ㉠ 토양 속의 유리 질소 : 질소 동화 세균류의 작용으로 식물체에 공급(단백질 형태로)된다.
예) 뿌리혹 박테리아, 아조토박터
- ㉡ 식물체 내의 질소 : 동물이 먹이로 이용한다.
- ㉢ $\text{NH}_4^+(\text{NH}_4^+)$: 토양 속의 아질산균이 $\text{NH}_4^+(\text{NH}_4^+)$ 를 NO_2^- (아질산 이온)로 바꾸고
질산균은 NO_3^- (질산 이온)으로 변화시킨다.
- ㉣ 탈질소작용 : 탈질소균이 토양 속에서 질산이온을 환원시켜 질소 가스(N_2)로 만들어 대기 중으로 돌려보낸다.
 $2\text{NO}_3^- + 5\text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{OH}^- + 4\text{H}_2\text{O}$

4) 에너지 흐름(flow of energy)

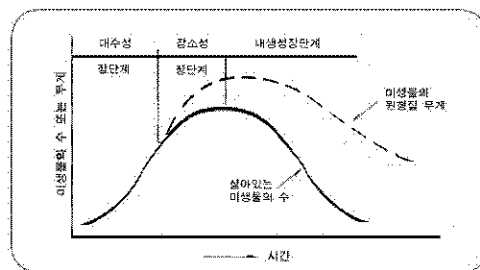
- ① 생태계에서 에너지의 근원은 빛에너지이다.
- ② 빛에너지는 생산자의 광합성 작용에 의해 화학에너지로 전환되어 유기물 속에 저장된다.
- ③ 이 화학에너지는 먹이연쇄에 따라 여러 단계의 소비자로 이동되어 각 단계에서 에너지가 소비되고, 결국은 열로 전환되어 생태계 밖으로 방출된다.
- ④ 상위 영양단계로 갈수록 이용되는 에너지량은 감소한다.

2. 수질오염과 미생물(microorganisms, microbes)

1) 미생물의 성장과 특성

① 성장곡선(Growth Curve) : 유도기 - 대수기 - 정지기 - 사멸기

- ㉠ 지체기 또는 유도기(Lag phase) : 증식 준비기 - 세포 증식이 거의 없음
- ㉡ 대수성장단계 또는 대수기(Exponential or Log phase) : 세포증식이 활발히 일어나는 시기
- ㉢ 감소성장단계 또는 정지기(Stationary phase) : 세포수가 증가도 감소도 하지 않는 시기
- ㉣ 내생성장단계 또는 사멸기(Death phase) : 세포의 사멸이 서서히 진행되는 시기



② 성장특성

- ㉠ 성장의 첫 단계인 지체기(lag phase) : 세포가 새로운 환경에 적응하는 기간이다.
 - ㉡ 대수기(exponential phase : log 성장상태)
 - ㉢ 개체군의 폭발적인 증식이 시작되어진다.
 - ㉣ 세포 증식율은 사멸율(death rate)을 훨씬 초과한다.
 - ㉤ 물질 대사율은 최대지만 미생물이 분산되어 침전효율이 나쁘다.
 - ㉢ 정상성장기(stationary phase)
 - ㉣ 사멸율과 성장률은 동일하게 된다. ㉤ 미생물이 서로 엉키는 floc이 형성되기 시작한다.
 - ㉣ 사멸기(death phase)
 - ㉢ 세포가 증가하는 것 보다 빨리 죽어감으로 개체군은 감소한다.
 - ㉣ 그들 자신의 원형질을 분해시켜 에너지를 얻는 자산화가 진행되어 전체 원형질의 무게가 감소된다.
- <참고> 내호흡(內呼吸, internal respiration) : 영양소가 없거나 불충분해서 합성된 세포가 소모되는 과정

③ 세포의 증식 속도식 (Monod 식)

$$\mu = \mu_m \frac{S}{K_s + S}$$

여기서, μ : 비증식속도 (1/day),

μ_m : 최대비증식속도 (1/day),

S : 성장제한 기질농도 (mg/l)

K_s : 용해성기질에 대한 미생물의 반포화상수 (mg/l)

2) 미생물의 형태 및 구조

① 원핵세포와 진핵세포의 형태

㉠ 원핵 미생물 : 원핵세포(남조류나 세균처럼 핵막이 둘러 싸여 있지는 않고 핵물질이 퍼져있는 세포)로 구성
예) 남조류, 원시세균(Archaeobacteria)

㉡ 진핵 미생물 : 진핵세포(균류, 남조류 외의 조류와 원생동물처럼 뚜렷한 핵의 막과 세포기관을 갖고 있는 종류인 세포)로 구성
예) 균류, 미세 조류, 원생동물

㉢ 비 생물체 : 바이러스(생물과 무생물의 중간적 존재)

② 생물분류

㉠ 원생동물 : 동물계 → 비광합성에 유독성이 있기 때문.

㉡ 조류 : 식물계 → 엽록소가 있어서 광합성을 하기 때문.

㉢ 진균 : 식물계 → 운동성이 없기 때문.

③ 미생물의 영양소

㉠ 탄소원(carbon source) : 대부분이 glucose등의 단당류, sucrose등의 2당류인 탄수화물, 유기산류, 알코올류 등

㉡ 질소원(nitrogen source)

㉢ 무기염류(minerals) : 주로 P, K, S, Mg 외에도 Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo 등

㉣ 발육인자(growth factor) : 일반적으로 아미노산, 비타민, pyrimidine염, purine염 등

④ 미생물의 성장을 측정하는 방법

㉠ 광학밀도(optical density) 측정법 : 특정 파장의 빛을 흡수 하는 정도를 보고 박테리아의 수를 결정한다.

㉡ 용존산소 소모율(dissolved oxygen uptake rate) 측정법

㉢ 단백질 농도(protein concentration) 측정법 : 혐기성 미생물의 성장을 분석하는 방법으로 가장 유용한 것이다.

㉣ 평판계수(plate counts)법 : 균의 증식 능력에 근거하여 배지 상에 형성된 집락의 수를 산정하여 측정한다.

3) 미생물의 환경조건에 따른 분류

① 용존산소와의 관계

㉠ 호기성균(Aerobic Microbes) : 용존 산소를 섭취하는 미생물

㉡ 혐기성균(Anaerobic Microbes) : 결합 산소를 섭취하는 미생물 ex) 메탄 박테리아

㉢ 임의성균(Facultative Microbes) : 호기성, 혐기성 환경에 구애받지 않고 성장할 수 있는 미생물

② 산소 요구성에 따라

㉠ 편성 호기성균(obligate or strict aerobes) : 발육을 위해 산소가 절대적으로 필요

㉡ 통성 혐기성균(facultative anaerobes) : 산소가 있어도 없어도 발육, 산소가 있으면 호흡, 없으면 발효에 의해 에너지를 얻음, 산소가 있을 때 증식이 빠름 - 많은 병원성 균이 여기에 속함

㉢ 편성 혐기성균(obligate anaerobes) : 산소 존재 시 사멸 즉 산소가 유해성분으로 작용(H_2O_2 의 축적), 유리산소가 존재하는 상태에서 발육하기 어려운 미생물

㉣ 미호기성균(microaerobes) : 미량의 산소 (5% 전후)가 있을 때 발육, 산소가 많을 때 발육하지 않음

㉤ 산소 내성 혐기성균(aerotolerants) : 산소에 의해 영향을 받지 않는 균

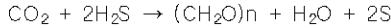
③ 먹이(food)와의 관계

㉠ 독립영양균(autotrophic microbe, autotroph) : 무기물 영양균, 자가 영양균

㉡ 광합성 무기영양균(photosynthetic microbes)

㉢ chlorophyll과 비슷한 광합성 색소로 빛으로부터 에너지를 획득

㉣ 대부분 편성혐기성균, H_2S 등이 수소공여체가 되므로 O_2 의 발생을 볼 수 없다. (세균적 광합성).

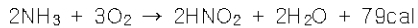


㉤ 화학합성 무기 영양균(chemosynthetic microbes)

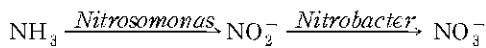
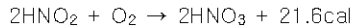
㉢ 수소, 황, 암모니아등의 무기물산화에 의해서 에너지를 얻는다.

㉣ 질화세균(절대 호기성) : 토양 중의 질소화합물의 변화에 관여, 농업에 있어서 중요한 역할을 한다.

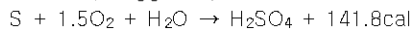
- Nitrosomonas(pH6.0이하이면 생장이 억제) : NH_3 를 아질산으로 산화하여 에너지 획득



- Nitrobacter(암모늄이온의 존재하에서 pH9.5이상이면 생장이 억제) : 아질산을 질산으로 산화시킨다.



㉤ 유황세균(Thiobacillus, beggiatoa) : 유황을 황산으로 산화하여 에너지 획득



<참고> 관정부식(crown corrosion)

하수 내 유기물, 단백질 기타 황화물이 혐기성 상태에서 분해되어 생성되는 황화수소 (H_2S)가 하수관 내의 공기 중으로 솟아오르면 호기성 미생물에 의해서 SO_2 나 SO_3 가 된다. 이들이 관정부의 물방울에 녹아서 황산(H_2SO_4)이 된다. 이 황산이 콘크리트관에 함유된 철(Fe), 칼슘(Ca), 알루미늄(Al) 등과 반응하여 황산염이 되어 콘크리트관을 부식 파괴하는 현상을 관정부식이라 한다.

㉤ 황산 환원균(desulfovibrio) : $S^{-2} + 2H^+ \rightarrow H_2S$

㉥ 수소산화세균(Hydrogenomonas) : 수소 산화로 유리되는 에너지 이용

㉥ 메탄산화세균(Methanomonas) : 메탄 산화로 유리되는 에너지 이용

㉥ 철산화세균(Gallionella, Leptothrix, Crenothrix, Sphaerotilus) : 제 1철이온(Fe^{2+}) 산화로

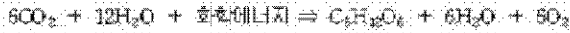
유리되는 에너지 이용

- Sphaerotilus : 하수구나 오염된 하천 등의 수면에 솟아올라 있는 사상체로 낮은 온도에서도 잘 번식하며 폐수처리에 fungi와 더불어 슬러지 별킹의 원인

㉔ 호염균(halophile) : 바닷물처럼 높은 염도에서도 생육하는 미생물

<참고> 광합성과 화학합성

- ① 광합성 : 빛을 필요로 함, 광인산화 반응에 의해 ATP생산
- ② 화학합성 : 빛을 필요로 하지 않음 (반응열), 무기물의 산화발열반응에 의해서 ATP생산



㉔ 종속영양균(heterotrophic microbes) : 탄소동화작용을 할 때 유기물을 필요로 하는 유기영양균. 유기물을 탄소원으로 하고 질소원으로는 유기 및 무기의 질소화합물을 이용하며, 에너지는 탄소화물 등의 유기화합물을 분해, 즉 호흡 및 발효에 의해서 얻어진다.

예) 탈질화균 : Pseudomonas, Achromobacter, Micrococcus

㉔ 무력 영양균(기생영양균) : 세균에 기생하는 바이러스(Virus)

	Energy	Carbon	종류
Photo autotroph (광독립영양생물)	light	CO ₂	남조류, 식물 광합성 bacteria
Photo heterotroph (광종속영양생물)	light	organic	
Chemo autotroph (화학독립영양생물)	무기화합물	CO ₂	수소, 황, 철 bacteria
Chemo heterotroph (화학종속영양생물)	유기화합물	organic	대부분의 미생물 및 동물

④ 온도와의 관계

- ㉔ 친냉성 미생물(Psychrophiles) : 0℃ 부근에서 잘 성장하는 미생물
- ㉔ 친온성 미생물(Mesophilic microbes) : 5~35℃에서 잘 성장하는 미생물
- ㉔ 친열성 미생물(Thermophiles) : 65~70℃에서 잘 성장하는 미생물

4) 미생물의 대사작용(metabolism) : 생물체 내부에서의 물질 교환

① 이화작용(異化作用, catabolism)

- ㉔ 생물체내에서 화학적으로 복잡한 물질을 보다 간단한 물질로 분해
- ㉔ 호흡(respiration) 작용(산화, 발열, 산소 분해과정, 자유에너지 방출) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 686\text{kcal}$
- ㉔ 발효(fermentation) : 무산소상태에서 이루어지는 무기호흡 또는 분해의 알콜발효에서 에너지를 얻는다.
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2 + 22\text{kcal} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 3\text{CH}_4$

② 동화작용(同化作用, anabolism)

- ㉔ 생체 내에서 간단한 분자로부터 보다 복잡한 분자가 합성되는 화학변화 예) 광합성 작용, 화학합성 작용
- ㉔ 잔여영양분+ATP → 세포물질+ADP+무기인+배설물
- ㉔ 이 과정은 흡열반응(에너지 소비반응)이다.

5) 수질오염에 관계되는 미생물의 분류

① 세균(細菌, bacteria) : 몸이 하나의 세포로 이루어진 가장 작고 하등한 미생물.

㉔ 세균의 특징

- ㉔ 크기는 0.8~5μm, 무게는 10⁻¹²g 정도로 아주 작다.
- ㉔ 단세포 생물로서 겨우 무성생식을 행한다.
- ㉔ 증식 : 세포분열(cell fission)
- ㉔ 핵 : 원시 핵 → 핵막이 없다(원핵세포).
- ㉔ 염색소가 없어 탄소동화작용을 못한다.
- ㉔ 생존 : 수중에 용해된 유기물을 섭취.
- ㉔ 질소 함유율이 균류에 비하여 높다.

㉔ 세균의 구성

㉔ 분자식

- ㉔ 호기성 박테리아 : $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$, ㉔ 혐기성 박테리아 : $\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_3\text{N}$

㉔ 구성 : 80%물, 20%고형물질(18% 유기물 + 2% 무기물)

㉔ 세균의 형태

- ㉔ 구 균 : 구형 및 타원형인 완두콩 같은 모양.
- ㉔ 간 균 : 원통형 및 막대기 모양의 길쭉한 것.
- ㉔ 나선균 : 나선형을 하고 있는 것.

㉔ 세균의 구조

- ㉔ 세포막(cell membrane=plasma membrane) : 영양분을 통과, 배설물을 배출하는 반투과성
- ㉔ 세포벽(cell wall) : 단단한 구조로써 세포를 지지, 내부 물질의 보호
- ㉔ 리보솜(ribosome) : 단백질을 합성하는 장소
- ㉔ 메소조옴(mesosome) : 호흡계 기관, DNA 합성과 단백질 분비
- ㉔ 액포(vacuole) : 물질을 직접 흡수하거나 배출
- ㉔ 핵 : 세포의 생명활동의 중심을 이루는 곳
- ㉔ 편모(flagella) : 운동성을 가짐
- ㉔ 섬모(纖毛, cilium) : DNA의 이동 통로
- ㉔ 점질층(slime layer) : 건조와 기타 유해요인에 의한 세포를 보호

㉔ 세균의 성장조건 (먹이, 온도, pH, 용존산소량 등이 성장에 영향을 미친다)

㉔ pH : 최적 pH 범위(6.5~7.5), 최소와 최대 pH(4.0과 9.5)

- ⑤ 최적온도 : 친냉성 세균 - 10~20℃, 친온성 세균 - 20~40℃, 친열성 세균 - 45~65℃
 ⑥ BOD : N : P = 100 : 5 : 1
- ② 균류(Fungi) : 화학분자식은 $C_{10}H_{17}O_6N$ 를 사용, 곰팡이 효모등
- ㉠ 균류의 형태
- ① Fungi의 크기는 일반적으로 5~10μm이고 구성물질은 75~80%가 물이며 현미경으로 대부분 식별가능하다.
 ② 폐수 처리시 다량으로 증식하면 슬러지 팽화현상의 원인이 된다.
- ㉡ 균류의 구성요소
- ① 대부분 호기성균이며 염색소를 함유하지 않아 탄소동화작용을 못하는 식물로서 유기물을 섭취한다.
 ② 포자를 내어 번식한다.
- ㉢ 균류의 성장조건
- ① 유리산소가 존재하여야만 성장한다.
 ② 최적온도는 20~30℃이고, 최적 pH는 4.5~6.0이다.
 ③ 호기성이며 저온에서도 잘 자라므로 유기물의 퇴비화나 공업폐수 처리시 중요한 역할을 한다.
- ③ 조류(Algae) : 수서생물을 하며 색소체를 가지고 광합성을 하는 독립영양체인 하등식물군, 일명 플랑크톤이라 한다.
- ㉠ 경험적 분자식 ... $C_5H_8O_2N$. (호기성 세균보다 더 호기성 상태에서 조류들이 번식)
- ㉡ 특성 및 작용
- ① 무기물(탄산가스)을 섭취할 수 있다. → 탄소동화 작용(광 독립 영양균)으로 pH가 증가(10~11정도)
 ② 광합성 작용을 하며 1차 생산자에 해당
 $CO_2 + H_2O \rightarrow CH_2O + O_2$
 ③ 염색소를 가진 광합성 미생물인 조류가 빛의 작용 하에서 탄산가스와 물로 탄수화물을 합성할 때 산소를 공기 중에 방출하고 이것으로부터 필요한 에너지를 얻어 모든 생체 유기물을 이룬다.
 ④ 광합성 반응시 조류는 수중의 CO_2 를 흡수하고 O_2 를 방출함으로써 용존산소를 증가시킨다.
 ⑤ 호흡 작용 : 산소분자에 의하여 조류가 유기물을 산화하여 에너지를 얻는 과정으로 유기물은 완전히 산화되어 CO_2 와 H_2O 가 된다.
- <참고> 1. 보상수심(compensation depth)
 수심이 깊어짐에 따라 광도(light intensity)가 점차 감소하여 어느 수심에 이르면 광합성량(산소 생산)과 호흡량(산소 소비)이 일치하여 순 일차 생산량(net primary production)은 0이 되는데, 이때의 수심을 보상수심이라 한다.
2. 방사 조도 구하는 식
- $$I_d = I_0 \times e^{-Kd}$$
- 여기서, I_d : 수심 d에서의 방사조도(cal/cm²·min)
 I_0 : 수표면 아래부분의 방사조도(cal/cm²·min)
 K : 조도 소산계수(m⁻¹)
 d : 수심(m)
- ㉢ 색소에 의한 조류의 분류
- ① 녹조류(綠藻類) : 종류는 단세포와 다세포가 있으며 비운동성이 있는가하면 swimming flagella를 갖춘 것도 있고 여름철에 가장 풍부하다.
 ② 청록조류(藍藻類)
 ① 원핵 생물군이며 내부기관이 발달되어 있지 않고 Bacteria가 가까우며 광합성 작용을 한다.
 ② 표면수가 더운 늦여름에 특히 많이 증식하여 수화(water blooms)의 원인이 되며 돼지우리 냄새를 유발 한다.
 ③ 규조류(硅藻類, diatom)
 ① 드물게 군락을 이루며 봄, 가을에 순간적인 급성장을 보인다.
 ② 세포벽이 silica로 구성되어 있다.
 ③ 세포에는 1개 또는 다수의 색소체가 있고 클로로필-a와 b외에 규조소(디아트민), 크산토필 등의 색소를 포함하고 황갈색, 황록색을 띤다.
- ㉣ 조류의 번식생장을 억제 시키는 방법
- ① 빛에너지 공급을 차단
 ② 황산동의 화학약품 살포 : 0.1~0.5mg/l가 적당
 ③ 질소, 인 등의 영양원 공급 차단
- ㉤ AGP (algae growth potential)
- ① 자연수·처리수 등이 가지고 있는 조류(藻類)의 생산력.
 ② 조류증식 잠재능력(藻類増殖潛在能力)의 약칭이다. 최대조류증식량(단위 mg/l)으로 나타낸다.
 ③ 녹조류등 특정 조류를 온도 20℃, 조도 4000 Lux에서 배양하여 증식한 조류의 건조 중량을 나타내는 것
 ④ 폐수처리 분야에서 유효하게 이용할 수 있고, 방류수역(放流水域)의 부영양화에 미치는 처리수의 영향, 여러 가지 영양염류에 의하여 일어나는 부영양화(富營養化)의 지표로 쓰인다.
 ⑤ 호소의 조류생산 잠재력조사(AGP)를 적용한 대표적 응용 예
 ① 제한 영양염의 측정
 ② 조류증식에 대한 저해물질의 유무 측정
 ③ 방류수역의 부영양화에 미치는 배수유입의 영향평가.
 ④ 배수처리에서의 탈질, 탈인 등 처리조작 효율의 평가
 ⑤ 부영양화도의 판정
- ㉥ 물속에서 조류가 번식할 때 필요한 물질 : 햇빛, 질소, 인
- ㉦ 조류가 상수도에 미치는 영향
- ① 곰팡이 냄새나 흙냄새와 같은 불쾌한 냄새와 맛이 생긴다.
 ② 어떤 종류의 조류는 유독성분을 방출하기도 한다.
 ③ 여과지의 폐색
 ④ 응집지에서 pH, 경도, 알칼리도를 변화시켜 flocc의 형성을 방해한다.
- ㉧ 일반적으로 호수에서 조류의 성장을 제한 하는 인자 : 인(P)
- ④ 원생동물(protozoa) : Vorticella, paramecium 등
- ㉠ 진정핵균의 세포로서 비광합성형 호기성 생물이며 대부분은 수중생활을 하지만 무척추동물이나 척추동물에 기생하여 병원성을 나타내는 것도 있다.
- ㉡ 크기 : 일반적으로 5~300μm이고 단세포미생물
 ㉢ 운동기관 : 섬모, 편모, 위족 등
 ㉣ 번식 : 2분법, 출아법, 수성생식과 유성생식.

- ㉞ 원생동물은 박테리아와 같은 미생물을 잡아먹으며 성장하기 때문에 폐수처리 할 때 처리수에 원생동물질이 출현되면 폐수는 잘 처리되었음을 의미한다.
- ㉟ 정상적인 활성오니법으로 폐수처리 할 경우 활성오니의 30%가 원생동물인 biomass이며, 그 수는 1000~1500개 정도이다.
- ㊱ 분자식 : $C_{41}H_{14}O_9N$
- ㊲ 고등동물[高等動物 = 후생동물(後生動物, Metazoa)] : 원생동물을 제외한 다른 모든 동물의 총칭.
- ㊳ 윤충류(rotifer) : 하천에서 로티퍼가 발견되면 다른 화학성분을 조사하지 않더라도 하천의 상태가 비교적 깨끗하며 용존산소가 어느 정도 풍부하다고 할 수 있다.
- ㊴ 갑각류(Crustaceans) : 거미모양으로 생겼는데 Bacteria 및 원생동물로 구성되어 있는 sludge를 먹고 생존한다.

3. 수인성전염병 (水因性傳染病, waterborne infection)

1) 원인

- ① 물(특히 음료수)에 의해 유행을 일으키는 전염병.
- ② 수중에 존재하는 원생동물, 세균, virus 등의 미생물에 의하여 발생한다.

2) 수인성 전염병의 특징

- ① 오염수를 사용하는 지역에 국한해서 발생한다.
- ② 2-3일내에 환자가 폭발적으로 증가하였다가 점차로 감소한다.
- ③ 남녀, 노소, 생활 정도 등과 관계없이 발생한다.
- ④ 잠복기가 길고, 치명률은 낮다.
- ⑤ 계절과 관계없이 발생한다.

3) 수인성 전염병의 종류

- ① 장티푸스 (Salmonella typhi)
장티푸스균(일반적으로 가장 많은 개체수)에 의해서 생기는 급성 전염병이다.
- ② 이 질 (Shigella)
장염과 복통 때때로 피와 점액이 섞인 설사 등을 특징으로 하는 감염성 질병이다. 이질은 원인에 따라 세균성 이질과 아메바성 이질로 나뉜다.
- ③ 콜레라 (Vibrio Cholera)
소장의 급성 세균감염으로 콜레라균에 의해서 발생하며 심한 설사와 함께 체액, 염분이 과다하게 손실되는 것이 특징이다.

4) Mills-Reinke 현상 : 물을 여과 급수할 때 수인성 전염병 및 일반 전염병이 줄어드는 현상.

4. 독성물질에 대한 생물분석

1) TLM(medium tolerance limit) : 반수생존 한계농도

- ① 수중의 유독성분에 의해 대상 어류의 반수(50%)가 생존되는 때의 유독성분 농도를 파악하는 방법이다.
- ② 급성 중독 효과를 추정하는 실험값이다.
- ③ 시험조내 물고기 수는 10마리 정도 이용한다.
- ④ 시험조 용량은 어류체중 2g당 1L이상 되도록 한다.
- ⑤ 실험시간은 보통 24hr, 48hr, 96hr으로 한다.
- ⑥ 침전이나 물고기의 흡수로 쉽게 감소되는 독성물질은 Continuous flow로 시험한다.
- ⑦ 시험하기전 대상 폐수에 대하여 10 ~ 30일 동안 물고기를 적응시킨다.

2) LC50(lethal concentration 50%) : 반수 치사농도

물고기나 수생생물을 시험종으로 사용할 때의 치사율이 50%인 독성물질의 양을 말하는 중간치사농도(median lethal cocentration)를 의미한다.

3) LD50(lethal dose 50%) : 반수 치사량

실험생물에게 독성물질을 경구로 투여 시 50% 치사시키는 독성물질의 중간치사량(median lethal dose)을 의미한다.

4) 독성단위(Toxic units)

$$\text{Toxic units} = \frac{\text{독성물질 농도}}{96hr TLM}$$