

폐수처리 미생물

(첫번째)



정재춘 교수

(연세대 보건과학대학 환경과학과)

이번호부터 「폐수처리와 미생물」에 대해 연세대학교 보건과학대학 환경과학과 정재춘 교수의 글을 게재 하오니 관련인에게 많은 도움이 되길 바란다.

- 편집자 주 -

폐수처리란 폐수중에 존재하는 오염물질을 짧은 시간내에 한정된 공간에서 제거하는 조작이다. 폐수 처리는 크게 물리·화학적 처리와 유기물질을 주로 제거하는 생물학적처리로 구분된다.

생물학적처리는 호기성처리와 혐기성처리로 구분되며, 호기성처리는 호기성 미생물의 대사에 의해 탄소화합물은 탄산가스와 물, 질소화합물은 암모니아와 질산염으로 분해시킨다. 혐기성처리는 혐기성 미생물에 의해 유기물은 유기산, 알콜을 거쳐 분해 최종산물인 탄산가스, 수소, 유화수소, 질소 메탄가스로 분해된다.

생물학적처리에 있어서는 단일 배양계가 아닌 혼합배양계를 쓰고 있으며 폐수중에 특정한 미생물을 접종하는 일은 매우 드물다. 예를

들어 호기성처리에 있어서는 폐수 속에 자연적으로 존재하는 미생물을 부유상태(예 : 활성오니법), 또 고착상태(예 : 회전원관법)로 키워, 이들에 의해 폐수속에 존재하는 오염물질을 제거하게 된다. 그리하여 유기물은 미생물의 에너지원과 세포의 합성에 쓰여져서 새로운 세포가 성장하게 되며 유기물은 최종산물인 물과 탄산가스로 전화된다.

생물학적처리는 미생물의 대사를 이용하는 방법이므로 미생물 이용공업의 하나라고 생각되나 미생물 이용공업과는 근본적으로 다른 다 음과같은 특징을 가지고 있다.

가. 생물학적처리에 있어서는 세균, 균류, 원생동물, 미소 후생동물 등이 공존하는 혼합배양계이다.

나. 폐수의 질과 양은 시간적, 계절적으로 상당히 변화하기 때문에 미생물의 환경조건은 변동이 심하다.

다. 미생물 이용공업에 있어서는 생산물, 또는 균체를 얻는 것이 목적이거나 생물학적처리에 있어서는 생산물(술릿지등)및 생물체의 생산을 가능한한 적게 하는 것이 바람직하다.

라. 일반적으로 생물학적처리에 있어서는 유용한 부산물을 얻는 경우가 적다.

이러한 특징으로 인해 생물처리는 공법의 설계와 유지관리에 어려움을 주는 원인이 되고 있다.

생물학적처리는 혼합배양 미생물에 의해 혼합기질을 처리하는 공정이며, 따라서 활성오니나 생물막은 하나의 미생물 상태계로 볼 수 있다. 이렇게 자연계와 비슷한 혼합배양계에 있어서는 각종 미생물 사이에 생태학적 상호작용이 존재한다. 이러한 생태학적 상호작용을 요약하면 (표1)과 같다.

전술했듯이 폐수처리계에 있어서는 세균, 균류, 원생동물, 후생동

물이 공존하는데, 이 중 세균이 오염물질의 제거에 가장 중요하다고 알려져 있다. 세균이 어찌서 가장 중요한가 하면 활성오니법이나 생물막법을 막론하고 이것이 가장 많이 존재하며 유기성 탄소 및 질소의

이다. 세균에 의한 대부분의 용해성 오염물질의 제거는 흡수에 의한 것이 보통이며, 수중 미생물은 폐수속에 미량으로 녹아있는 용해성 유기물을 섭취하도록 적응되어 있다. 즉, 우리가 보통 오염되었다고

라. 용해후 흡수(solubilization followed by absorption) : 이것은 주로 세균이 커다란 입자상 유기물을 효소를 생산하여 분자량 크기로 용해한 후 흡수하는 것을 말한다.

3. 폐수처리계에 존재하는 미생물군의 일반적 특성과 종류

〈표 1〉 미생물의 생태학적 상호작용

상호작용	내 용	개체군	
		A	B
(1) 중립관계	상호간에 아무런 영향을 주지 않는다	○	○
(2) 경쟁	상호간에 먹이, 영양, 공간, 기타 공통요구물에 대해 서로 나누어 먹거나 투쟁하여 불리한 영향을 미친다.	-	-
(3) 공생	개체군 상호간에 공존해야만 생존에 유리한 경우로서 한쪽의 존재가 없어진다면 다른 쪽도 생존이 불가능한 경우이다	+	+
(4) 원시협동	함께 서식하면 유리하나 양자가 공존에 절대불가결한 것이 아닐 경우	(+)	(+)
(5) 片利공생	한쪽의 개체군에는 유리하나 다른 쪽에는 영향이 없는 경우	+	○
(6) 편해공생	한쪽은 불리한 영향을 받으나 다른 쪽에는 영향이 없다.	-	○
(7) 기생 및 포식	한쪽이 다른 쪽에 직접적인 공격을 가해, 다른 쪽이 불리한 영향을 받는다.	+	-

분해는 주로 세균의 대사작용에 의하기 때문이다.

폐수처리계에는 세균외에도 균류, 조류, 원생동물, 후생동물 등이 존재하는데, 이들도 유기성 탄산화합물의 분해에 어느정도 공헌하며, 특히 원생동물 및 후생동물은 세균을 포식하므로써 과잉의 세균 증식을 제어하고 슬러지의 발생량을 감소시킨다.

2. 미생물의 오염물질 제거기전

미생물의 오염물질 제거기전에는 다음의 4종류가 있다.

가. 흡수(absorption) : 흡수는 오염물질이 분자량 크기로 용해된 것을 미생물의 표면에서 섭취하는 것

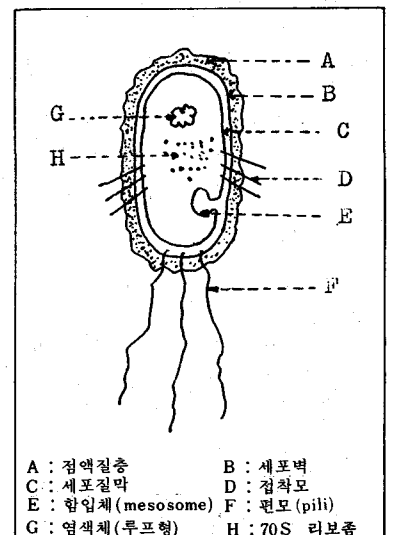
부르는 가정하수는 BOD가 50 ~ 200mg/l 이며 이것은 유기물의 양과 대체로 일치하므로 가정하수는 99.05%~99.8%가 순수한 물이며 (이정도의 순도는 우리가 쓰는 비누의 순도에 해당한다) 나머지 0.05%~0.2%가 오염물질로 미생물의 먹이가 되는 것이다.

나. 흡착(adsorption) : 흡착은 불용해성 물질이 세포표면에 물리적으로 집착되는 것을 말하며 증금속이나 토양입자를 예로 들 수 있다.

다. 삼키기(engulfing) : 이것은 분자보다는 훨씬 큰 유기물 덩어리(예 : 세균, 입자상 유기물)를 삼키는 것을 말하며 원생동물인 아메바, Vorticella 등에 의한 먹이섭취를 예로 들 수 있다.

가. 세균 : 세균은 동물과 식물의 구분을 하지 않고 Monera(단세포 생물)로 분류되지만 동물보다는 식물에 가까운 속성을 가진다. 즉, ① 용해성 영양분을 세포내로 침투시켜 섭취하는 점, ② 세포벽을 가지는 점, ③ 종류에 따라서는 식물에 유사한 광합성을 하는 점 등이 그것이다.

세균은 원핵생물로서 유전물질인 염색체가 핵막으로 싸여 있지 않고 세포질내에 노출되어 있다. 이러한 원핵세포를 가진 것에는 남조류(blue-green algae)도 포함되는데 이 때문에 현대적 분류체계에 있어서는 남조류를 Cyanobacteria라고改名하여 Monera로 분류하고 있다.



〈그림 1〉 세균세포의 모식도

(1) 세균의 구조

(그림 1)은 세균세포의 모식도를 표시한 것이다. 세포의 맨 바깥쪽에는 점액층(slime layer)이 존재하며(때로는 이것 대신 莢膜(capsule)이 존재한다), 그 안쪽에 세포벽이 있고 세포벽의 안쪽에 원형질막이 존재한다. 점착모(Pili)는 편모보다는 작은 털로, 운동기관이 아니고 어떠한 표면에 부착을 한다거나 세균끼리의 유전물질교환(Conjugation, 유성생식과 유사한 형식)에 쓰여진다고 알려져 있다.

합입체(mesosome)는 원형질막의 일부가 세포질내로 팽출된 것으로 기능은 잘 알려져 있지 않으나, 세포내로의 물질의 능동수송에 관여한다고 추측된다. 세포질막은 세균과 외계사이의 물질교환이 조절가능한 반투막(5~10nm)으로서 인지질과 지질성 단백질로 구성되어 있다. 세포벽은 두터운 막(10~20nm)으로서 그람양성세균은 그람음성세균보다 더 두껍다.

점액층은 세포벽 외층에 생성되는 점액성 물질로서 세포벽에서 유래하는 물질이라고 생각된다. 莢膜(capsule)은 점액질층이 특히 발달된 것으로 점액층과 본질적으로 동일한 성질을 가졌다고 추측된다. 다만, 점액질층이 세포의 분비물로서 모양이 일정치 않음에 비해 莢膜은 모양이 일정하여 균체의 일부로 생각된다. 兩者는 모두 높은 점성을 가지며 입자성 영양물질이나 현탁성 고형물(SS)이 세균세포 표면에 쉽게 흡착할 수 있도록 되어 있다.

세포질은 세포질막에 둘러싸여 있는 복잡한 콜로이드계이다. 세포질내에는 70S 리보솜이 들어 있으며 세포내의 저장물질인 각종의 과

립(granules)을 함유한다. 대표적인 과립에는 탄소의 저장물질로 알려진 PHB(Polyhydroxy- β -butyrate) 과립, 인의 저장물질인 Volutin (Polyphosphate), 유황입자 등이 있다.

한편, Rhodospirillum 같은 광합성세균은 세포질내에 세포소기관인 색소체가 6,000개 정도 함유되어 있어서 광합성을 수행한다. 생존조건이 불리하게 되면 세포질내에 포자를 형성하는 세균도 있는데, 포자는 온도나 약품의 작용에 대한 저항성이 강하다. 포자를 형성하는 세균은 Bacillus, Clostridium과 몇 개의 속에 한정된다. 보통 포자는 세균체내에 1개씩 형성되어, 그 형태와 위치가 일정하기 때문에 同定(identification)에도 이용된다. 포자의 위치는 세균체의 중앙부근에 있는 것, 세균체의 瑞部에 있는 것, 세균체의 瑞部보다 약간 중앙쪽으로 치우쳐 있는 것 등의 3가지로 대별된다.

편모는 세균의 운동기관이다. 편모가 세균체에 어떠한 방식으로 부착되어 있는가에 따라 同定에도 이용되며 周毛型, 極毛型, 총채형으로 구분된다. 편모가 세균체 주위에 많이 나 있는 것은 周毛型이라 하여 티프스균, 대장균, Proteus 등의 장내세균이 이에 속하고, 편모가 세균체의 瑞部에 나 있는 것은 極毛型세균으로 Vibrio가 이에 속한다. 몇개, 또는 그 이상의 편모가 瑞部에 총채모양으로 나 있는 것을 총채형 세균이라 하며 Pseudomonas는 3~8개, Spirillum은 5~30개의 편모가 총채형으로 부착되어 있다.

보통 세균편모의 폭은 10~20nm 정도이고 길이는 4~12 μ m인데 세균체 길이의 數倍내지 10배에 달한

다. 편모는 단백질의 일종이며 분자량은 약 40,000이다.

(2) 세균의 분류

Bergey의 편람 제 8판(1974년)에서는 세균을 19개의 유형으로 분류하고 있다. 즉, ① Cyanobacteria (남조류), ② 광합성 세균, ③ 滑走 세균, ④ 有·세균, ⑤ 出芽 및 有柄 세균, ⑥ 스파이로키츠(spirochetes), ⑦ 나선형 및 만곡형 세균, ⑧ 그람음성 호기성 간균 및 구균, ⑨ 그람음성 통성 혐기성 세균, ⑩ 그람음성구균 및 短桿菌, ⑪ 그람음성 혐기성 구균, ⑫ 그람음성 화학적 독립영양세균, ⑬ 메탄생성세균, ⑭ 그람음성 구균, ⑮ 내생포자 생성 간균 및 구균, ⑯ 그람양성 무포자성 간균, ⑰ 방선균 및 유사세균, ⑱ 리케차, ⑳ 마이코플라즈마가 그것이다. 따라서, 세균의 분류는 문, 강, 목, 과, 속, 종이 계통 분류학적으로 질서정연하게 정리되고 있지 못하다.

세균의 분류도 처음 단계에서는 우선 형태학적 분류로부터 출발한다. 즉, 세포의 형태, 크기, 세포의 연결방식, 세포막의 유무, 포자형성 유무, 편모의 유무, 편모의 존재와 수, 위치, 抗酸性, 그람염색, 집락형태 등에 의해 구별된다. 그러나 세균은 형태적 특징이 별로 다양하지 않기 때문에 형태의 관찰만으로는 분류하기가 곤란하다. 그러므로 세균의 생화학적, 생리적, 생태적 특징이 분류에 모두 중요하게 이용된다(표 2). 현재 190속, 1500종의 세균이 기재되어 있다.

세균의 형태는 결코 고정된 것이 아니고 배양齡, 영양의 良否, 산소의 공급상태 등의 조건에 의해 변화한다. 또한 in vivo(생체내)와 in vitro(배양기내)에서의 형태가 달라

〈표 2〉 세균의 동정에 쓰이는 제 유형별 특징

세포의 형태	세포의 모양(구형, 간형, 나선형, 크기) 운동성 편모(極毛, 周毛) 포자(형태와 크기, 포자의 위치) 세포증식의 형태(분열, 出芽, 2連, 연쇄, 系狀) 염색성(그람염색, 抗酸性 염색, 특이한 염색과립)
배양상의 특징	집락의 성질(번식의 정도, 형태, 표면의 성장, 周緣의 형상, 색, 질, 팽택) 斜面배양의 성질(증식의 정도, 형, 색, 질) 액체배양의 성질(증식의 정도, 피막, 침전물, 색)
생화학적 성질	황산염의 환원, 탈질, 산의 생성, MR테스트, 메칠·에칠 카비놀의 생성, 인도의 생성, H ₂ S의 생성, 전분의 가수분해, 젤라틴의 가수분해, 이용가능한 탄소화합물·질소화합물의 종류, 당질로부터 산의 생성, 산화·발효 테스트, 색소생성, 글리세롤로부터 하이드록시 아세톤 생성, 젖산의 생성, 뇨소의 분해, 아미노산의 탈탄산작용, 싸이토 크롬옥시다제의 작용, 카탈라제의 작용
생리적 성질	생육온도, 산소요구도(호·혐기성), 생육 PH, 고장액에서의 생육, 혈청학적 성질(항원의 분석)
생태적 특징	생식장소, 분포, 기생성, 병원성

지는 것도 있다. 일반적으로 짧은 세균은 노화한 세균보다 크다. 예를 들면 4시간 배양한 *Bacillus subtilis*(枯草菌)는 24시간 배양된 것보다 5~7배가 된다. 세균은 이와같이 여러가지 조건에 따라 변화하지만 각 세균의 종류별로 고유한 형태와 크기가 존재함은 물론이다.

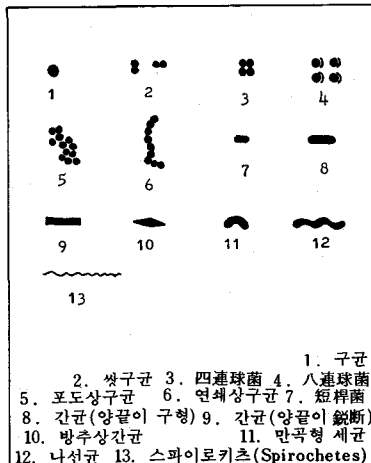
(3) 세균의 형태 및 크기

세균의 형태는 크게 구균(coccus, spherical), 간균(bacillus, rods), 만곡형 세균(vibrio, comma-shaped), 나선균(spirillum, spiral)의 기본형으로 대별되며, 이들의 변형과 중간형이 존재한다(그림 2).

구균은 하나하나가 공모양으로 배열되어 있는 것으로 쌍구균(diplococcus), 四連球菌(tetracoccus), 八連球菌(sarcina), 포도상구균(streptococcus), 연쇄상구균(staphylococcus)이 모두 이 유형에 속한다.

간균에도 갖가지 변화가 있으며 양끝이 구형인 것(대장균, zooglo-

ea, sphaerotilus 등), 양끝이 뾰족한 방추상 간균(디프테리아균), 기다란 것, 짧은 것(페스트균)등 여러가지 변형이 존재한다. 만곡형 세균은 구부러진 간균형으로 *Desulfovibrio*등이 이런 형태를 하고 있다. 나선균은 *Spirillum*이 이러한 형태를 하고 있으며 스파이로키츠(spirochetes)는 길고 가는 나선이며, 폐수속에는 물론 우리의 구강



〈그림 2〉 세균의 형태

내에서도 흔히 존재한다.

세균의 크기는 광학현미경의 검경한계인 0.2 μ m에서부터 1000 μ m 이상에 달하는 것도 있다. 즉, 유황세균, 철세균 등은 길이가 1000 μ m 이상 되는 것이 많다. 이렇게 길이가 긴 세균은 단세포세균이 아닌 系狀세균이라한다. 대부분의 세균은 구균으로 직경이 0.5~1.0 μ m, 간균은 보통 0.5~1.0 \times 1.0~2.0 μ m 정도의 크기를 가진다. 몇몇 대표적인 세균의 크기를 (표 3)에 보였

(4) 폐수처리에 출현하는 세균

폐수처리에 출현하는 세균은 단세포세균, 군체형세균, 사상세균으로 나눌 수 있는데 단세포세균에는 *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Bacillus* 등이 있으며, 군체형 세균에는 *Zoogloea ramigera*, 사상세균에는 *Beggiatoa*, 1701, *Sphaerotilus*, *Thiothrix*, 021N 등이 있다(그림 3).

단세포세균인 *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Bacillus* 등은 자연수에도 흔히 존재하며, 이 가운데 *Achromobacter*는 현재 대부분이 *Alealigenes* 속으로 편입되었다.

*Zoogloea ramigera*는 「홀록」을 형성하는 세균으로서 활성오니나 생물막에 많이 출현한다. 단일세포는 1 \times 2~4 μ m의 간균으로 「홀록」(일종의 집락형성)을 형성하면 젤라틴狀 물질에 싸여 손가락 모양, 나뭇가지모양, 또는 구름모양으로 증식한다.

*Sphaerotilus natans*는 1~2 \times 2~6 μ m의 원통상 군체가 (sheath)속에 한줄로 배열하여 系狀體를 형성한다. 系狀體는 偽分岐(false branching)하며 활성오니가 생물막에 다

〈표 3〉 대표적인 세균의 크기

세균의 종류	크 기
대장균(<i>Escherichia coli</i>)	0.5~1.0×2.0~5.0 μ m
장티프스균(<i>Salmonella typhi</i>)	0.5~0.8×1.0~3.0 μ m
결핵균(<i>Mycobacterium tuberculosis</i>)	0.15~0.35×1.5~4.0 μ m
줄글리아균(<i>Zoogloea ramigera</i>)	1.0×2.0~4.0 μ m
스파에로질루스(<i>Sphaerotilus natans</i>)	1.0×2.0~6.0 μ m
포도상 구균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	0.8~1.0 μ m
장내 연쇄상구균(<i>Streptococcus faecalis</i>)	0.5~1.0 μ m
알칼리지네스(<i>Alcaligenes faecalis</i>)	0.5 1~2 μ m
枯草菌(<i>Bacillus subtilis</i>)	0.6~1.0×1.3~6.0 μ m

량으로 출현한다. 이 세균이 활성화 오니에 이상증식하면 膨化(bulking)를 일으킨다.

1701은 아직 명명이 되지않은 糸狀세균으로서 *S. natans*보다 세포가 작고 偽分岐하지 않으며, 역시 鞭로 둘러싸여 있다. 이 세균도 활성화 오니와 생물막에 흔히 출현하며 활성화 오니에서 이상증식하면 膨化(bulking)를 일으킨다. 021N도 역시 명명이 되지 않은 사상세균으로서 균체의 基部(base)와 頂部(apex)의 세포모양이 다르다. 이 세균은 활성화오니에 많이 출현한다.

Beggiatoa 및 *Thiothrix*는 유황세균인데, 주로 황화물(sulfide)을 산화시켜 균체내에 유황입자를 축적시킨다. *Beggiatoa*는 세포의 폭이 2~7 μ m, 길이가 수십 μ m~1000 μ m에 달하며 滑走性 운동을 한다. 이 세균이 다량으로 번식하게 되면 백색~회백색의 얇은 막이 형성되며, 유기물부하가 높은 생물막에 다량으로 출현한다. *Thiothrix*는 0.5~2.5 μ m의 폭을 가진 糸狀體로서 基部와 頂部의 형태가 다르며, 基部는 부착체에 부착되어 있고 운동성은 없다. 이 세균도 이상증식시 활성화오니에서 팽화를 일으킨다.

나. 바이러스

바이러스는 통상의 광학현미경으로는 볼 수 없는 가장 작은 미생물

이다. 바이러스는 독자적인 대사기능이 없으며 동식물, 또는 미생물의 세포내에서 기생하며 증식한다. 바이러스는 핵산 중심주와 단백질 「코트」로 구성되어 있으며 핵산중 RNA나 DNA의 어느 하나를 가진다.

바이러스는 이것이 기생하는 숙주(host)에 따라 동물 「바이러스」(예: 소아마비 바이러스), 식물 바이러스(예: 담배 모자익 바이러스), 세균 「바이러스」(박테리오파지; 예: 대장균 F₂ 파지)등으로 구분된다.

바이러스는 球形, 棒形, 다면체형 등을 이루고 있는데, 크기는 직경 20nm(대장균 F₂ 파지)~230×300nm(천연두 바이러스)의 범위이다. 이 크기는 세균과 단백질 분자의 중간에 해당한다. 대표적인 「바이러스」의 크기를 (표 4)에 보였다. 바이러스는 전자현미경을 사용

하여 직접 관찰할 수가 있다. 보통 동물(바이러스)는 DNA나 RNA의 어느 한쪽을, 식물 「바이러스」는 RNA를, 박테리오파지는 DNA를 가진다.

(그림 4)에 대장균 T₂파지의 구조를 보였다. 형태는 頭部와 尾部, 스파이크 및 基部, 尾部纖維로 구성되어 있다. 頭部는 단백질 주머니로 싸여 있으며 그 내부에 이중나선 DNA를 가지고 있다. 尾部의 鞅는 단백질이 나선형으로 배열하고 있고, 그 내부의 中心髓와 中空이 있다. 박테리오파지는 尾部纖維에 의해 세균의 세포벽에 부착하며, 이것이 분비하는 효소에 의해 세포벽에 작은 구멍을 뚫는다. 다음에 頭部內의 DNA가 중심주를 통해 세균체내로 들어가서 증식하여 완전한 박테리오파지를 재합성하게 된다.

증식된 파지는 세균체내에서 일거에 방출되며 세균은 溶菌된다. 방출량은 대장균에 있어서는 100~300개 정도가 된다.

「파지」가 숙주세균에 감염되어 있어도 溶菌되지 않고 세균이 분열 증식을 계속하며 「파지」도 분열한 세균중에 그대로 내재하여 전달되어 가는 수가 있다. 이렇게 「파지」가 세균체내에 존재하며 증식을 계속하는 세균을 溶原菌(lysogenic

〈표 4〉 바이러스의 크기

바이러스의 종류	핵 산	크기(nm)
소아마비 바이러스	RNA	28
(폴리오·바이러스)		28
콕사키 바이러스 A	RNA	28
〃 B	RNA	28
에코 바이러스	RNA	60-80
아데노 바이러스	DNA	70
레오 바이러스	RNA	210
대장균 T ₂ 파지	DNA	

담자균류는 균사에 격막이 있으며, 유정생식기관으로서 담자포자를 생성하는데 대부분의 버섯이 여기에 속한다.

불완전균류는 유성생식기관이 없거나 발견되지 않은 균류로서 분생자로 번식한다. Trichoderma, Fusarium, Geotrichum 등이 이에 속하며, 우리가 흔히 볼 수 있는 곰팡이의 많은 종이 이에 속한다.

일반적으로 균류는 腐生植物인데 동물에 기생하는 것도 있으며 식물병의 원인이 되는 것도 있다. 균류는 대체로 광범위한 분해 및 합성능력을 가지기 때문에 산업상 유기산이나 많은 항생물질의 생산에 이용되고 있다.

균류는 활성오니의 팽화(bulking) 및 살수여상 폐색의 원인이 되는 수가 있다. 균류는 pH가 높은 폐수중에서도 잘 증식하며, 또한 특정한 독성물질(예: 시안, 페놀)에 대한 분해능력이 높은 종류가 존재하기 때문에 폐수의 생물처리에 응용할 수 있는 가능성이 있다. (그림 4)에 폐수에 출현하는 대표적인 조균류와 불완전균류를 보였

라. 藻類

조류는 水生으로서 담수와 해수에 모두 서식하며, 물기가 있는 토양, 습한 나무껍질위나 돌표면에도 서식한다. 또한, 균류나 동물과 공생하는 것도 있다. 조류는 엽록소를 가지며 그 생식기관은 단세포이건 다세포이건 모두 배우자를 만든다. 조류는 수중 먹이연쇄의 기초가 되는 것으로서 생산자로서 가장 중요한 것이다. 조류는 광합성을 행하며 이때에 생식장소에 산소를 공급한다.

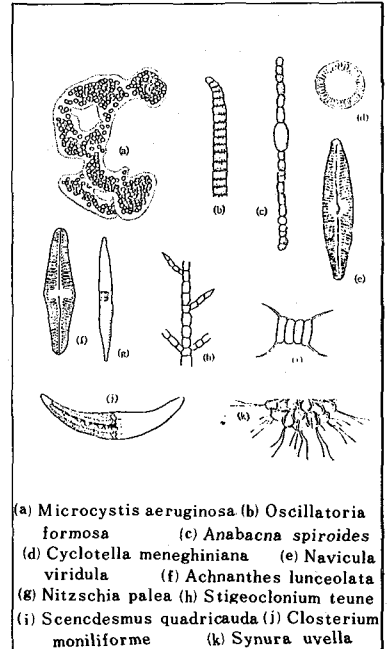
조류는 세포구조 및 색소체에 의해 7개의 강으로 분류하며 세균으로 분류된 Cyanobacteria를 Cyanophyta로 하여 조류에 포함시키는 경우가 많다. 7개의 강중 폐수처리와 관계가 많은 것은 녹조류(chlorophyta), 금갈조(chrysophyta),渦편모조류(pyrophyta) 등이다.

남조류(cyanophyta)는 단세포, 또는 세포가 여러개 집합된 糸狀體를 형성하거나 한천질 피막에 묻힌 군체를 형성한다. 糸狀을 이루는 종류에는 영양세포(vegetative cell) 외에도 異型세포(heterocyst)나 휴면포자(akinetete)를 만드는 것도 있다. 남조류는 원핵생물로서 염색체가 他藻類와 같이 핵막에 싸여있지 않고 세포질내에 노출되어 있다. 엽록소a, b 외에 남조소(phycoerythrin), 때로는 홍조소(phycoerythrin)를 함유한다. Microcystis, Chroococcus, Anaebaena, Oscillatoria 이 남조류에 속한다.

금갈조류(golden brown algae, Chrysophyta)에는 규조류가 속하는데 외막이 딱딱한 2枚의 규산질 殼으로 되어 있다. 엽록소외에 엽황소(Xanthophyll), 규조소(Diatomine) 등을 함유하며, Syredra, Nitzschia, Navicula, Cyclotella, Achnanthes 등이 규조류에 속한다. 또한, 금갈조류 중에는 생활사의 어느 시기에 1~2개의 편모를 가진 유주자(游走子)를 형성하는 것도 있는데, 색소는 엽록소a 외에 fucoxanthin을 함유한다. 이에 Synura, Dinobryon, Chromulina 등이 소속된다.

녹조류(Chlorophyta)는 엽록소a, b 외에 카로텐을 함유하며 전분을 축적한다. 세포벽은 cellulose, xylans, mannans 등으로 구성되며,

Chlorella, Scenedesmus, Stigeoclonium, Spirogyra 등이 있다.



(그림 6) 폐수처리에 출현하는 대표적인 조류

渦편모조류는 길이가 다른 2개의 편모를 세포의 腹側에 가지며 단세포로서 자유생활을 한다. 엽록소a, c, 카로텐을 가지며 적조현상을 일으킨다. Gymnodinium, Peridinium, Ceratium 등이 속한다.

조류는 산화池, 살수여상의 표면에 다량으로 출현하며 산화지에서 정화는 조류에 의존하고 있다.

폐수처리에 관계하는 대표적인 조류를 보이면 (그림 5)와 같다. (다음호에 계속)