



환경정보

폭기조에서 처리상태별로 출현하는 미생물 분류 및 운영관리

-환경관리 실무자를 위한 생물학적 폐수 처리중에서-



이성호 / 한국제지 환경관리과

폭기조의 처리상태가 양호할 때와 불량할 때 나타나는 미생물들의 특성과 그 분류를 알아봄으로써 이에 조치방법을 실어 실제 실무자들에게 도움을 주고자 한다.

폭기조에서 처리상태별로 출현하는 미생물 및 특징

상 태	출현하는 미생물	특 징
1. 활성슬러지 상태가 양호할 때 출현하는 생물(활성슬러지성 생물)	Vorticella, Epistylis Opercularia, Carchesium Zoothamnium, podophrya Tokophrya, Aspidisca Philodina, Rotifer	처리기능이 양호함을 나타내는 지표 생물처리수 COD 20mg/l인 경우 미생물 개체수가 1,000~2,000ml/이상 생식이 필요하며, 전체에 대해 80%이상 존재하면 처리수 양호함.
2. 활성슬러지 상태가 나쁠 때 출현하는 생물(비활성슬러지성 생물)	Bodo, Oikomonas Monas, Glaucocoma Paramecium, Colpidium Colpoda, Uronema	비교적 운동성이 빠른 미생물 상태 악화시 편모충류가 점유하는 비율이 높다. 극단적으로 악화시 미생물의 출현이 거의 없으며 분류상의 세균류가 다량 관찰된다.
3. 활성슬러지가 회복될 때 출현하는 생물(중간슬러지성 생물)	Litonotus, Chilodonella Trachelophyllum Loxophyllum, Oxytricha Euplotes, Amphileptus	서서히 운동하는 생물, 포복성이 있는 생물로서 우점적으로 출현하는 예는 거의 없다.
4. 활성슬러지가 분산 해체에 출현하는 생물	Amoeba, Vahlkampfia Paranema, Philodina	육질충류가 대표적 지표생물, floc이 적고 방류수가 백탁, 이런 생물들이 급증시 반송슬러지량 감소시킨다. 어느정도 억제 가능
5. Bulking시 출현하는 생물	Sphaerotilus, Thiothrix Nocardia	다른 미생물의 개체수가 감소하며 SVI 200~600 또는 그 이상이 된다. 계상성이 지배적
6. 용존산소 부족시 출현 미생물	Beggiatoa, Metopus Spirillus, Spirostomum	슬러지가 흑색을 띠고 부패악취 발생, 송기량의 증대로 DO를 상승시킨다.
7. 괴폭기시에 출현하는 생물	Sarcodina, Rotatoria	DO 5PPM 이상시 발생, 여러가지 육질충류 및 운충류 다량출현, 송기량을 감소시킨다.
8. 폐수농도 및 BOD 부하가 극단적으로 낮을 때 출현하는 생물	Euplotes, Spirotomum Arcella, Euglypha Monostyla	우점적으로 출현시 소화진행의 지표가 되므로 BOD 부하를 높여서 운전해도 무방하다.
9. 유해물질 유입시 생물상의 변화	원생동물은 세균에 비해 유해물질에 민감하므로 지표생물이 될 수 있다. Aspidisc 측이 격감할 경우 환경변화 및 유해물질 혼입 추정가능하며 제거대책 강구가 필요함.	
※ Pleuromonas, Entosiphon, Peranema 등은 활성슬러지법 생물 비율을 계산할 때 포함시키지 않는 것이 좋다. 이들은 폐수수질이 양호할 때 다량으로 출현하기도 한다.		

생물학적 폐수처리에서는 유입 폐수에 용해되어 있는 유기물질을 미생물 세포와 반응시키므로써 제거하기 쉬운 잉여세포와 무해한 무기물질을 전환시킨다.

폐수처리가 진행됨에 따라서 유기물질, 즉 먹이의 농도는 감소되고 세포의 농도는 증가된다. 물질이전의 첫단계는 폐수중의 영양물질이 세포와 접촉하여 그 계면에 흡착 및 흡수되므로써 시작된다. 활성 슬러지조의 Floc 등의 형태로 존재하는데 물과는 계면이 클수록 그리고 계면을 사이에 두고 영양물질 농도차가 클수록 효율이 커진다.

둘째 단계는 물질대사이다. 점막 또는 Floc 표면에 흡착된 영양물질은 산소에 의하여 분해된 후 일부는 새로운 세포합성에 사용되며 남은 부분은 산화된 무기물질의 형태로 다시 수중으로 배출된다. 이러한 물질대사의 연속때문에 점막 또는 Floc과 폐수와의 계면에는 일정질의 접촉 반응이 유지된다.

셋째 단계는 세포물질을 침강성이 좋은 고형물로 만드는 일이다. 이것은 반응조의 유기물질 부하율, 폭기 등 운전상태에 따라서 크게 달라진다. 일반적으로 박테리아 세포는 감소 성장기에서 대호흡기로 이행됨에 따라서 Floc 형성이 잘되고 따라서 침강성도 향상 되어진다. 폭기조의 기능은 혼합 배양기인 까닭에 여러 종류의 미생물들이 경합하게 되며, 오염물질 배출원인 초기 코터기에서 작업사정, 지중교체, 공정청소, 기타 등으로 여러조건의 변화에 따라서 환경이 불리해지면 미생물의 세포성장이 곤란을 겪는다. 특히 생산부서에서 미생물에 문제를 야기시키는 환경조건이란 수

은, pH(강 산, 강 알카리) 변화, 제한 영양소 등이며 이러한 요소는 유입 폐수의 특성과 반응조 운전에 따라서 달라진다.

예를 들어 보면 현장 생산지종인 산성초조시, 공정 청소시 강 산, 강 알카리(가성소다)용액 등을 사용하고 이것이 폐수처리장으로 유입되어 pH가 저하될 시에는 사선 균류가 우세하고 번식이 강하고 충격 부하, 미생물사멸 등이 초래되기도 하고 기포가 다량 발생되어 용존 산소의 소모성이 증가된다. 무기질 이온이 결핍하면 역시 사형 박테리아가 크게 번식하므로써 활성 슬러지가 팽화되고 침강성이 저하되어 전체 폐수처리 효율은 감소되어 버린다.

제일 중요한 것은 폐수발생부서에서부터 근원적으로 협조가 되지 않으면 폐수처리를 완벽하게 하기란 험거운 문제이기도 하다. 유입폐수중의 유기물질은 여러 성분의 혼

합체인데 생물분해 가능성은 다양하다. 공장 폐수중에서 많은 것이 화학적으로 잘 산화되지만 특히 제지폐수중에서 생물학적으로 그렇지 못한 lignin, cellulose, 불용성 유지 등이 그러한 범주에 속한다. 근간에는 폐수의 성상에 따라서 미생물을 특수 배양함에 진일보적인 균주의 종류를 다양하게 확보하여 회사 공장폐수 특성에 적합한 미생물을 사용한다고 한다.

폭기조에서 처리상태별로 출현하는 미생물을 분류하여 보면 다음과 같은 것이라고 본다.

1. 활성 Sludge가 양호할 때 출현하는 미생물

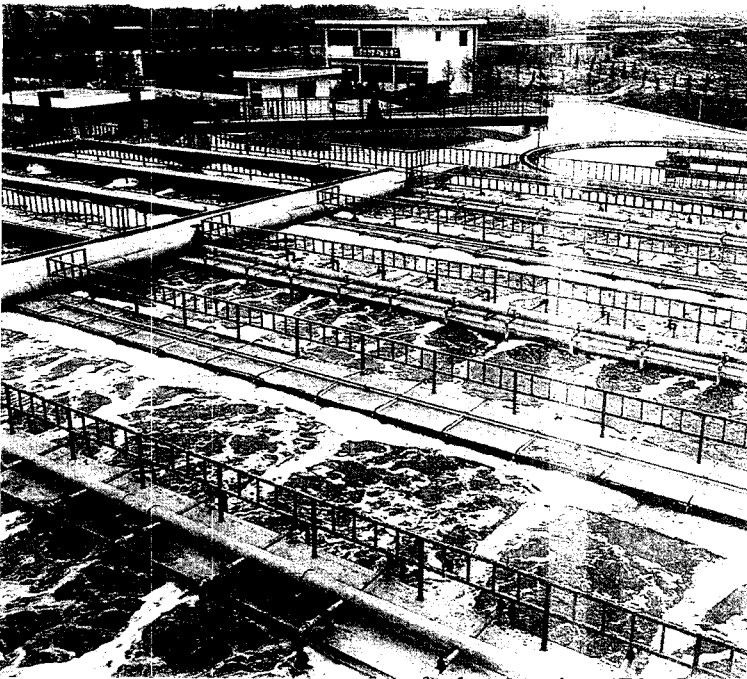
(가) 지표미생물의 종류 및 형상

○ Volvicella : 몸통은 원형에 가까우며 몸체 반대쪽의 가지를 FLOC에 확실하게 고착시킨다. 가지 중간에는 실모양이 있으며 나선상의

로 신축성을 갖는다.

- Epistylis : 군체를 갖는다. 일반적으로 2개로 나누어진 수축하지 않는 가지를 갖는다. 세포의 일부는 대단히 크다. 수질이 양호할 때부터 해체하는 상태까지 양호하게 나타난다.
- Aspidisca : 타원각형으로 뒷쪽에 다리털과 같은 돌기가 있다.(세포의 크기는 30~160 μ) 출현은 양호기에서 해체가 될 때까지이며 용존산소가 높고 pH가 다소 산성에 있을 때 있다.
- Carchesium : 홑관은 머리 윗부분에 있으며 4개의 그룹으로 나누어진 것과 몇개의 다발로 된 것도 있다.
- Podophrya : 몸체는 원형으로 가지를 갖고 홑수관은 세포전에 분포한다. 분열된 초기단계에서는 섬모가 있지만 성숙한 총체는 섬모를 잃어버린 대신 홑관을 가지면 세포의 크기는 50~90 μ 이다. 원생동물을 잡아먹는 생활을 하기 때문에 부유성의 원생동물의 존재를 필요로 한다. 그러므로 양호기를 지나 해체하여 처리수에 S.S(부유물질)가 많을 때까지 폭 넓게 관찰된다.
- Entocosphon : 체형은 특징은 원형의 집을 갖고 세포중앙에 세포와 거의 같은 길이의 흡입튜브를 갖고 세포의 길이는 30~50 μ 이다. 출현 환경은 양호기부터 해체기미의 상태에 걸쳐 폭기조내에 유기물이 대단히 작고 pH가 약간 산성일 때가 많다.
- Opercularia, Zoothamnium, Rotifer 등 출현

(나) 미생물의 특징



각종 미소 후생동물 및 흡관충류와 같이 고착성이거나 혹은 꿈틀거리는 종류이다.

(다) 운전상태 및 조치사항

현재 운전하고 있는 조건을 유지하며 관리하여 준다. 특히 중요시 되는 항목으로서는 F/M비, pH, 수온, DO(용존산소), MLSS 등이다.

2 활성 Sludge 상태가 불량할 때 출현하는 미생물(비활성 Sludge 성 생물)

(가) 지표 미생물의 종류 및 형상

- Bodo: 한쪽에 2개 편모가 있으며 그중 1개는 뒷쪽을 향하고 있다. 세포크기는 (0~25μ)이다. 부하가 대단히 높거나 유기물이 부패하고 폭기조가 정지상태일 때 많이 나타난다.
- Zooglea: 응집성이 없기 때문에 다량 관찰될 때는 처리수에 부유 분산상 세균이 많다. 출현 환경은 BOD-SS 부하가 갑자기 높거나 DO(용존산소)가 낮아지는 두 가지의 경우.
- Plevromonas: 오니의 주변을 뱅뱅 돌며 편모를 부착하기도 하고 세포의 크기는 6~10μ이다. 출현 환경은 해체현상이 심할 때와 산소 부족 및 유기물은 작지 않지만 FLOC 주변에 자기 산화한 세균이 많은 경우이며 부하가 높을 때 출현.
- Oikomonas: 몸체 앞부분이 입술 모양으로 되어 있는 것이 특징이며 편모는 1개이다. 세포의 크기는 5~20μ이며 출현환경은 폭기 부족, 과부하일 경우가 많다.
- Colpoda: 충체는 콩모양으로 세

포구니는 측면의 중앙으로부터 약간 윗부분에 있고 세포구는 톱니 모양으로 체내에 깊이 열려있는 것이 특징 출현환경은 BOD-SS 부하가 0.6~0.7일 때가 가장 많으며 pH가 높을 때 NH₄-N농도가 높을 때 출현.

- Monas: 충체는 구형으로 활동적으로 움직인다. Monas는 2개의 섬모를 갖지만 필히 전방을 향하여 섬모는 늘어서 있으며 부착하는 종류도 있다. 출현환경은 폭기조에 유기물이 없고 스킷지가 해체할 때 다량으로 나타난다.
- Uronema: 충체는 알모양으로 다리부분에 섬모는 없다. 세포의 크기는 25~50μ이며 출현환경은 폭기부족이나 과부하일 경우가 많다.
- Paramecium, Glavcoma 등 출현

(나) 미생물의 특성

비교적 운동성이 빠른 미생물로서 상태악화시는 편모충류가 점유하는 비율이 높다. 극단적으로 악화시는 미생물의 출현이 거의 없으며 분산상의 세균류가 다량 관찰된다.

(다) 운전상태 및 조치사항

현장 폐수 속에 잔존 유기물량(과부하)이 많아서 생물산화가 늦어진 상태이므로 가능한 빨리 유기물질을 산화시키기 위하여 공기량과 함께 MLSS를 높이거나 반송율을 높여서 반송오니를 재폭기 시켜 주면 효과적이기도 하고 원폐수 유입을 일시 중지하는 방법도 있지만 조금은 어려운 문제이기도 하다. DO(용존산소)와 MLSS 상승, 반송량 증가의 기준설정은 차후 실제 현장 체험 사례에서 소개되어 생략하였

음.

3 활성 Sludge 상태가 불량할 때 부터 회복될 때 출현하는 미생물

(가) 지표 미생물의 종류 및 형상

- 1) 부하가 높은 상태에서 양호해져갈 때의 생물상(크고 확실한 FLOC과 또는 작은 FLOC이 같이 나타나며 Zooglea가 관찰된다.)
 - Litontus: 몸체는 후라스크 모양으로 가늘고 긴 머리를 갖는다. 머리부분의 오른쪽에만 섬모가 있다. 출현환경은 부하가 높을 때부터 양호하게 될 때 또는 해체로부터 양호하게 될 때까지 똑 같이 관찰된다.
- ※(부하가 높을 때부터 양호하게 될 때 나타나는 경우는 소수의 Uronema, Cyclidium, 아메바, Colpidium 등도 함께 관찰된다.)
- Chilodonella: 충체는 알모양이고 앞쪽 윗 부분에 돌기된 부분을 갖는다. 충체는 중앙에 인두가 있다. 출현환경은 처리수에 유기물이 잔류되어 있을 때부터 양호할 때까지 나타난다.
- ※(Chilodonella가 나타날 때 Aмеoba, Uronera, Cyclidium, Paramecium, Bodo, Oikomonas 등은 관찰되지 않는다.)
- 2) 해체에서 다시 양호하게 될 때의 생물상.

일반적으로 오니는 해체시 압밀성이 없으나 일부의 오니는 응집성이 좋을 때에는 약간의 사상균이 보일 경우도 있다. 그러나 처리수에는 Pin Floc이 나타난다.

 - 양호기의 생물: Epistylis, Volticella, Aspidisca, Carchesium, Entosiphon.
 - 중간 생물: Litonotus, Chilodonella.

- 해체시의 생물: Ameoba, Valkangia, Philodina, Lecane.
- 기타 출현 미생물: Oxytricho, Pleuromanas, Tokophrya, Podophrya, Arcella, Peranema 등.

(나) 미생물의 특성

육질 충류가 대표적 지표생물로서 서서히 운동하는 생물이며 표복성이 있는 생물로서 우점적으로 출현하는 예는 거의 없다.

(다) 운전상태 및 조치사항

1) 부하가 높은 상태에서 양호해져갈 때의 조치

Air 유입을 차츰 높여서 DO(용존산소)를 조금씩 증가시켜 줌으로써 회복이 빠르다. 또한 현재의 MLSS 보다 상향조정하고 반송율을 높여서 반송 오니를 재폭기 시켜주면 효과적이다.

2) 해체에서 다시 양호하게 될 때의 조치

이런 경우의 유지관리 대책은 생물중의 개체수의 밸런스에 따라 다음과 같이 조치한다. 대형 Amoeba, Euplotes, Peramema, 윤충류 등의 개체의 총수, Epistylis, Vorticella, Carchesium 등의 녹모목의 개체의 총수인 경우 또한 해체될 수 있는 상태로 있기 때문에 공기량을 감소하여 DO(용존산소)를 낮추고 잉여 오니의 제거량을 다소 많이 하여 MLSS를 낮게 해주는 것이 좋다.

4. 활성 Sludge가 분산 및 해체시 혹은 해체기미가 나타나는 상태에서 출현하는 미생물

(가) 지표 미생물의 종류 및 형상

- Amoeba(대형, 중형): 50 μ 이상의

Amoeba를 말한다. 해체시에 Amoeba는 급증하며 FLOC의 압밀성이 없어지게 FLOC을 흩어지게 한다. 출현 환경은 부하가 적고 용존산소가 충분하여 FLOC에 압밀성이 없을 때 많다. Amoeba가 다량 출현할 때 처리수가 양호할 때도 있으나 그대로 운전하게 되면 Pin FLOC이 많이 된다.

- Peramenama : 충체는 시린다 모양이나 꼬리 부분이 평평하게 절단된 것이 특징이고 세포의 크기는 20~70 μ 이며, 출현 환경은 부하가 낮고 용존산소가 높을 때부터 오니가 흩어질 때까지 관찰되나 개체수는 많지 않다.

- Rotaria : 머리부분의 섬모가 운동하여 움직인다. 발가락이 3개 눈앞에 공기가 나와있다. 충체의 크기는 500~3000 μ 이며, 다리 부분을 FLOC에 흡착해서 머리의 섬모모양의 고리로 물결을 일으켜 부유하는 세균과 미소원생동물을 흡입한다. 출현환경은 부하가 낮고 오니가 해체를 시작해서 용존산소가 충분할 때 나타나는 폭기조에서 질산화가 일어나 pH 4로 되어도 관찰된다.

- Oxytricha : 충체는 타원형으로 개구부는 Euplotes와 같은 모양이고 전단부에 있다. 세포크기는 100~150 μ 이며 유기물이 양호하게 산화된 환경에 많이 출현한다. 그러나, 이 때의 용존산소가 높거나 낮거나 양쪽 다 관찰된다.

- Phibdina : 특징은 발가락이 4개가 있고 머리에 눈알이 있다. 충체의 크기는 300~1000 μ 이며 출현 환경은 유입 유기물이 완전히 산화되어 있지만 큰 FLOC이 남아

있을 때 많다.

- Spirostomum : 충체는 긴 시린다 모양을 1~3mm이고 원생동물 중에서 가장 크다. 출현 환경은 부하가 낮고 용존산소가 높은 처리장에서 질산화가 일어날 때가 많다. 처리수의 투시도는 양호한 상태이며 Spirostomum이 나타날 때는 Epistylis, Aspidisca, Amoeba, Entosiphon, Parahema, Rotaria 등이 동시에 관찰된다.

- Stentro : 꼬리 부분은 좁고 섬모는 개구부를 포함해서 몸전체가 나사 모양이다. 몸 길이는 1~2m/m이며 출현 환경은 용존산소가 높을 때 한하며 그때는 부하가 낮고 처리수가 양호할 때 많이 나타난다.

- Blepharisma : 몸은 가늘고 길며 몸 길이의 반이 개구부이다. 세포의 좌측에는 섬모가 없지만 우측에는 큰 막을 갖는다. 강한 일광 아래서 증식하며 출현환경은 폭기조 중의 유기물이 양호하게 산화되었을 경우가 많다.

- Arcella : 입의 구멍이 중앙에 있다. 충체의 크기는 30~250 μ 이며 출현환경은 처리수가 양호할 때가 많고 폭기조에서는 질산화가 일어나 pH는 산성일 경우가 거의이다. SRT가 길 때 관찰되고 또 용존산소가 낮아도 출현하지만 처리수가 양호할 때가 많다. 그러나 용존산소가 갑자기 낮아지거나 다른 조건이 급격히 변화하여서는 충체는 몸이 깨어지고 검어지게 된다. 급격한 증식은 과잉 폭기후 많이 나타난다.

- 상기 미생물 이외에도 Euglypha, Limax, Vahlkamphia, Chilodonella, Monas, Litonotus 등도 활성 슬러

자가 분산 및 해체시 혹은 해체 기미가 나타나는 상태에서 출현하는 생물상으로 현미경으로 항상 관찰하는 습관화가 되어야 하며 평상시에 현장변화 또는 운전 조건 등이 좌우하므로 현장부서와 유기적 협조가 잘 되어야 할 것이다.

(나) 미생물의 특성

육질 종류가 대표적 지표생물로서 근족충류, 외부사류, 편모충류, 섬모충류 등으로 구분한다.

(다) 운전상태 및 조치사항

상기와 같은 미생물들이 출현하면 FLOC는 작아지고 방류수는 탁해진다. 이들이 급증하게 현미경에 출현되면 반송 슬러지와 송기량을 적게 하여 FLOC 해체를 어느 정도 억제하게 한다. 잉여 오니량을 다소 많이하여 MLSS를 낮게 해주는 것이 좋다.

5. 유입수 농도가 대단히 낮을 때 나타나는 미생물

(가) 지표미생물의 종류 및 형상

- *Lecane* : 계란모양의 작은 유영목이며 후면에 2개의 꼬리가 있다. 총체의 크기는 150~250 μ 이며 출현환경은 유입수의 농도가 극히 낮거나 Diffuser 용존산소율이 양호하고 유기물의 산화가 대단히 빠른 경우이다.
- *Lepadella* : 앞 모양의 원형이 많으며 긴 꼬리에 2개의 다리가 있다. 출현환경은 유입수의 농도가 낮고 용존산소율이 양호할 경우이다.
- *Colurella* : 꼬리는 1개로 되어 있으며 대개 소형으로 출현환경은

*Lecane*와 같이 유입수의 농도가 낮고 용존산소율 양호, 유기물의 산화가 빠른 경우이다.

- *Euplotes* : 총체는 편평한 원형 또는 3각형의 넓은 개구부가 있다. 몸의 앞과 후부에 다른 종류의 미생물보다 많은 각묘가 있다. 출현환경은 유입수의 농도가 극히 낮거나 용존산소용해율이 양호하게 유기물의 산화가 대단히 빠른 경우도 관찰된다.

(나) 미생물의 특징

육질 종류가 대표적 지표 생물로서 근족 충류, 외부사류, 섬모충류 등이다.

(다) 운전상태 및 조치사항

일반적으로 에어 공급량을 낮게 하여 용존산소를 낮춤과 동시에 MLSS를 낮게 하여 운전 되지만 이렇게 실시해도 별다른 변화가 없으면 주간, 야간 폭기 부로워 운전시간을 조정하여 BOD 부하를 높여서 운전하는 방법도 있다.

6. 용존산소가 부족할 때 나타나는 미생물

산소가 부족되어 폭기조가 혐기성으로 되면 오니는 검어지고 H₂ 냄새가 난다. 이것은 폭기조가 혐기성으로 진행되어 혐기성균인 유산염 환원세균이 증식해서 그 움직임에 의해 H₂S가 생성하기 때문이다.

(가) 지표 미생물의 종류 및 형상

- *Beggiatoa* : 유비세균의 일종으로 유화수소를 산화해서 Energy를 얻는다. *Beggiatoa*는 크기 1.

8~16 μ 까지의 사상 세균이며 일반적으로 분기한다. 세포내의 유황입자를 다량 함유할 때에 골기 운동을 하며 유황입자를 함유하지 않으면 정지상태로서 다른 사상균과는 분기의 유무, 굵기, 세포선단 등으로 판별한다. 폭기조에 *Beggiatoa*가 다량 출현하면 혐기성 상태로서 유화수소가 다량 생성하므로 동물성 편모충류의 수는 적게 된다. 또한 사상세균에 의한 팽화의 원인으로도 된다. 폭기조에서 용존산소가 부족하여 *Beggiatoa*가 다량 관찰되면은 공기량은 증가한다. 이 경우 *Beggiatoa*는 거의 개체로 활동한다. 폭기조에서 용존산소가 충분함에도 증가하는 경우는 농축조와 침전조의 어느 한 부분에서 혐기성화가 되어 있으므로 원인을 판단하여 조치하여야 하나 스크레퍼 고장으로 생길 수 있는 소지가 있어 여러가지면으로 점검하여 본다. *Beggiatoa*는 폭기조 이외의 장소에서 증식하여도 폭기조로 일부 유입되면 폭기조에서 증식을 한다.

- *Metopus*: 세포의 크기는 40~300 μ 이며 출현환경은 폭기조에서, 유기물과 오니가 부패하여 유화수소가 발생할 때 많다.

(나) 미생물의 특성

주로 사상성 세균으로 분열균류이며 섬모충류(*Metopus*) 등으로 용존산소가 낮은 것을 좋아하는 미생물이다.

(다) 운전상태 및 조치사항

출현하고 있는 생물 상태에 따라 조치 방법이 다르다. 폭기조중 다량의 *Beggiatoa*가 관찰될 때는

용존산소를 높여주고 용존산소가 충분한데도 *Beggiatoa*가 관찰되면 반송율을 높여서 침전시간을 짧게 하여 오니의 부패를 방지해야 하나 그래도 침전조에서 혐기성화가 발생되면 스크레퍼를 인양하여 점검한다. 폭기조에서 용존산소가 충분하면서 *Metopusa*가 관찰될 경우는 폭기조 내부에 큰 사령벽이 존재할 경우이며 이경우 *Beggiatoa*까지는 관찰되지 않는다.

7. 과잉폭기일 때 나타나는 미생물

폭기가 과잉이면 FLOC은 가늘며 사방으로 흩어져 보인다. FLOC의 세분화는 생물적인 요인과 동시에 침전조의 물리적인 전단력에 의한 경우도 많다.

(가) 지표 미생물의 종류 및 형상

- *Amoeba radiosa*: 구형의 세포에 여러개의 돌기를 갖고 별모양을 갖는 것이 특징이며 세포의 크기는 14~30 μ m이고 운동성은 둔하다. 출현환경은 비교적 넓어 과폭기 후 해체시와 오니가 불안정할 때 나타난다.
- *Vahlkampfhia limnicola*: 세포의 크기는 25~35 μ m이고 운동하는 방향의 앞 부분은 투명하다. 출현환경은 과폭기 후 압도적으로 나타난다.
- *Vahlkampfhia limax*: 세포의 크기는 15~50 μ m이고 소형의 비교적 확실한 *Amoeba* 세포의 몸은 보통폭보다 길다. 운동은 *Amoeba* 중에서 빠른 편이며 파도와 같이 이동한다. 출현환경은 과폭기 후와 해체시이다.

(나) 미생물의 특성

근족충류로서 주로 과폭기일 때 출현한다.

(다) 운전상태 및 조치사항

현재의 폭기조 루즈 부로워 운전 상태에서 서서히 운전시간을 줄이면서 용존산소 공급량을 감소시켜야 하고 반송 오니량도 감소시켜 운전한다. 미생물에게는 급격한 변화는 금물이기 때문에 너무 당황하지 말고 서둘러서 급격한 용존산소 공급량을 대폭 감소시켜도 다음 회복상태에서 문제점이 발생한다. 항상 현 상태를 유지하며 천천히 조치 하여야 한다. 이러한 방법론을 강조하는 것은 나 자신이 수많은 경험에서 얻은 결론이기 때문이다.

8. 슬러지가 팽화할 때 나타나는 미생물

(가) 지표 미생물의 종류 및 형상

- 1) 사상균에 의한 팽화
 - *Spbaerotilus*: 일종의 담을 갖는 세균으로서 그 담안에는 다수의 간균이 있다. 이 간균은 염색하지 않고 관찰할 수 있다. *Spbaerotilus*는 분기하기 때문에 분기점으로 판단하며 *Beggiatoa*와 같이 운동은 하지 않는다. 발생원인은 다종다양하며 그 대책도 곤란하다.
- 2) 진균에 의한 팽화
 - *Zoophagus*: 옆으로 짧은 줄기와 같은 균사를 갖고 그 부분에 수층이 부착을 하면 운동을 한다. 수층이 죽으면 균사를 수층의 체대에 넣어 내용물을 분해해서 균사대로 흡수한다. 출현환경은 오니가 해체할 때와 다량의 충류가 나타날 때이다.

◦ *Fusarium*: 윤층을 포식하는 것과 부식영양형이다.

(나) 미생물의 특성

대체적으로 분열균류로 사상성 세균과 진균류 등이다. *Arthrobotorys* 이것은 선충섭식 진균류로서 특징은 균사의 일부가 균사바퀴를 형성해서 선충류가 이 바퀴의 가운데서 머리를 둘러 밀면 순간적으로 바퀴를 조여서 사충을 죽이고 체내에 균사를 흡수해서 체표를 제거 흡수한다.

(다) 운전상태 및 조치사항

1) 사상균에 의한 팽화현상은 원인 및 조치사항이 다양하기 때문에 차후에 별도 집중적으로 나열하고자 하고 또한 생물학적 폐수 처리에서 환경관리인의 애로사항도 또한 사상균에 대한 팽화현상 조치사항이 제일 문제시되고 있기에 별도로 집필하여 보고 하고자 하며 기본적인 조치사항으로서는 사상균이 분기하고 있는 것이 관찰되면 폭기시간을 길게 하든가 유입량을 적게하고 반송오니를 재폭기 하여 준다. 그러나 분기상이 없고 흩어진 상태로 관찰되면 공기량을 조절하고 용적부하를 높여주는 것이 좋다. 그 이유 대부분이 설계 부하를 만족치 못한 경우가 대부분이기 때문이다.

2) 진균류에 의한 팽화는 양호한 오니를 대량 첨가해서 조치하면서 F/M비를 조절하여 준다.

9. 슬러지가 퇴적되고 사 영역이 존재할 때 나타나는 미생물

(가) 지표 미생물의 종류 및 형상

- **Aeolosoma** : 충체는 침전오니간을 배회하며 입앞에 있는 섬모를 움직여서 침전오니를 식도로 받아 먹는다. 출현은 부하가 낮은 처리장에서 공기량을 작게할 때이다. **AAeolosoma**는 공기량을 적게하는 침전누적 오니가 혐기성으로 되기 때문에 보다 산소량이 많은 표면에 부상한다.
- **Nematoda** : 출현현상은 폭기조에 침전 누적 오니가 다량으로 있을 경우로서 부하에 관계없이 출현한다. 부상할 때 많다. 지렁이 모양의 미생물류는 처리수가 양호할 때 부터 나뉘 때까지 관찰된다.

(나) 미생물의 특성

대형동물(Nematoda)과 환형동물(Aeolosoma) 등으로 침전 누적 오니가 부상할 때가 많다.

(다) 운전상태 및 조치사항

일반적으로 공기공급량을 많게 하여 용존산소량을 높여주고 또한 사영역의 오니를 제거하여야 하며 사상역은 어느 폭기조에나 대, 소의 차이는 있지만 존재하므로 처리수가 액탁한 경우를 제외하고는 크게 문제시 되지 않는다.

10. 폭기조에서 거품이 많이 날 때 보이는 미생물

1) 방선균이 관찰될 경우

주로 이러한 경우 방선균을 **Nocardia**이며 방선균을 다른 사상세균과 비교하면 균사는 가늘고 짧다. 폭기조 한쪽으로 **SCVM** 상의 거품이 일어 날 때 그 거품중에 방선균이 관찰된다. 이러한 경우의 조치

방법으로서는 매일 20%씩의 슬러지를 배출하여 운전한다.

2) 방선균이 관찰되며 거품이 날 경우

• **SCMV** 상의 갈색거품: 방선균은 출현하지 않으며 **SCVM** 상의 거품이 폭기조 전면을 덮는 경우 이 거품은 슬러지가 오래되어 오니의 산화가 일어날 때가 많다. 이 현상은 **SRT**가 길고 공기량이 많을 때는 슬러지의 산화가 진행되어 발생한다. 그 대책방안으로서는 슬러지를 배출하여 **SRT**를 짧게 함과 동시에 공기량이 과다할 경우 공기량을 줄인다.

• **운상의 백색거품**: 폭기조 표면에 비누와 같은 거품이 두껍게 덮힐 경우는 슬러지가 적을 경우가 많기 때문에 오니 일형을 크게 한다. 또한 현장에서 공정 청소시 계면활성제 성분 가공칼라폐수, 가성소다성분, 기타 물질이 유입되어도 백색기포가 발생되기 때문에 현장 변동상황도 관찰이 중요하다.

11. 처리수에 색이 있을 때 나타나는 미생물

1) 처리수가 옅은 갈색을 띠는 경우가 가끔 있다. 이러한 원인은 **SRT**가 길고 슬러지 표면이 막으로 되는 경우가 많다. 이 대책은 간단하게 슬러지를 배출하여 **SRT**를 짧게하여 준다. 옅은 갈색은 오니가 오래됐기 때문에 그 대사 생산물에 의한 경우이다.

2) 처리수가 적색 또는 붉은 색을 나타낼 때 출현하는 생물상 원생동물에 의한 처리수의 붉은 착색은 **Blepharisma**에 의한 경우가 관찰되

며 후생동물의 경우는 **Aeolosoma**와 **Cladocera**에 의한 경우가 많다. 대체적으로 이러한 경우에는 용존산소량을 높여준다.

각 회사의 폐수의 특성에 따라 폭기조에서 출현하는 미생물도 약간에 차이는 있을지 몰라도 근본적인 생물학적 폐수처리의 운전관리이기 때문에 미생물에 분류는 대체적으로 같다고 본다. 항상 주의력 있는 미생물 관찰이 요구되며 자신 나름대로의 메모로서 기록을 남긴다면 차후에 수질의 변화에 따라서 미생물에 변화도 변하는 것을 알 수 있으며 나름대로 대책방안에 수립되기 때문이다.

또한 전문서적과 다른 기업에서 체험한 사례를 참작하여 응용하여 폐수처리에 임한다면 많은 도움이 있으리라 생각된다. 미생물의 출현에 따라 그 원인이 정립되고 문제점이 무엇인가를 알 수 있기에 판단력이 정확함과 원상복구에 회복기간이 빨리 된다. 무엇보다도 제일 중요하게 여겨지는 것은 평상시에 미생물의 변화에 따른 관찰과 메모하는 습관이다. 제지폐수중에 여러 가지의 지종을 생산하는 폐수처리 는 매일같이 폐수처리 운영일지에 오늘에 생산지종명을 기록하고 생물학적 폐수에 미치는 악영향은 없는지가 급선무 과제이며 현장변동상황을 매일같이 파악하면서 지종 교체 또는 공정 청소시 문제점에 대하여 대책을 세워 조치하고 또한 생산부서에서 근본적인 오염물질이 발생되기 때문에 상호 유기적 협조가 원만한 관계속에서 폐수처리도 무난히 잘 되리라 본다.