

제지폐수 벌킹제어를 위한 미생물 적용 연구<상>



이 성 호

연합회 직진회장/청림환경C&C

목 차

I. 서론

II. 이론적인 고찰

1. 폐수의 특징
2. 미생물의 분류와 환경
3. 벌킹의 원인 및 종류
4. 벌킹의 진단 및 제어방법

III. 실험

1. 실험장치
2. 실험재료 및 방법
3. 결과 및 고찰

IV. 결론

I. 서론

활성슬러지 공정에서 가장 큰 문제점의 하나는 침전조에서 오니의 침강이 전혀되지 않는 슬러지 벌킹이라는 현상이다. 이러한 벌킹현상은 F/M비, 용존산소량, 온도, pH, 폐수의 성상, 부하량 등의 조건에 따라 일시적 혹은 지속적으로 나타나며 이러한 현상을 제어하기 위해 물리, 화학적인 방법이 동원되고 있으나 근본적인 폐수의 성상 등이 변화되지 않는 한 일시적인 효과 외에는 기대하기 어렵다.

슬러지 벌킹을 일으키는 원인균은 Eikel-boom의 분류에 따른 Type 021N, 1701, 0041 등의 Type 시리즈와 Sphaerotilus, Thiolithrix, Beggiatoa 등의 선상세균이 대부분 차지하고 있으며 일부 Fungi가 낮은 pH 영역에서 우점되어 벌킹원인균으로 나타나기도 한다.

벌킹원인균인 대부분의 선상세균의 생물학적 처리방법은 용균 활성 미생물 이용과 원생동물의 포식관계를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있으나 다양한 폐수성상에 대한 적응성 등으로 실제 현장에 적용하기에는 많은 시간과 노력이 필요하리라 예상된다.

본 연구는 실제 벌킹이 발생하는 제지 폐수를 대상으로 현장에 직접 적용할 목적으로 수행하였으며 벌킹원인균인 선상세균의 생물학적 억제기작의 하나로서 일정기질 이상의 농도에서 플록형성세균에 비해 선상세균의 비증식속도가 느린점에 착안하여 플록형성세균을 이용한 벌킹억제의 효율성을 검토하고자 하였다.

II. 이론적인 고찰

1. 폐수의 특성

환경오염물질을 일으키는 산업폐수는 각종 제품의 생산 활동의 결과로 생산되는 것으로 생활하수와는 달리 일반적으로 고농도이며 중금속등 유해성 물질을 많이 함유하고 있다. 또 사용 원재료의 종류가 상당히 한정되어 있으므로 오탁성분의 종류는 도시하수의 경우에 비하여 작고 영양성분의 조성도 균형이 잡혀있지 않은 것이 특징이다. 배수량은 업종의 규모, 공정에 따라 크게 다르며 배수수질은 발생원의 종류에 따라 전혀 다르므로 처리방법도 달라진다. 그러므로 일률적으로 상태를 말하기란 불가능하다.

2. 미생물의 분류와 환경

통상 조그마한 생물체를 미생물이라 하며 현미경과 같은 도구를 사용하지 않고서는 식별할 수 없는 작은 생물 즉 개체의 크기가 1mm정도 이하의 생물로 세포분화나 조직분화가 잘 되어있지 않은 하등생물을 말한다.

1) 일반적인 미생물 분류

① Bacteria

BOD를 제거하는데 직접적인 영향을 미치는 대표적인 것으로서 가장 간단한 식물로 경험적인 화학식은 $C_5H_7O_2N$ 이다.

㉔ 호기성 처리시 나타나는 세균 : Bacillus, Achobacter, Pseudomonas, Acinetobacter, Achromobacter, zoogloea, Alcaligenes, flavobacterium, Rophomonas, Norcardia, Micrococcus, etc.

㉕ 슬러지 팽화시 나타나는 미생물 : Sphaerotilus natans, Thiothrix, Beggiatoa, Norcardia.

㉖ 혐기성처리시 나타나는 세균 : Desulfovibro, Clost

ridium, Bacteroides, Corynebaeterium Actinomycetes, Ractobacillus, Bifidobacterium.

㉗ 메탄가스 생성균 : Methanobacterium, Methanosarcina, Methanococcus, Methanospirillum.

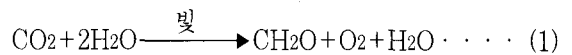
② Fungi

탄소 동화작용을 안하며 $C_0H_{17}O_6$ 의 경험식을 갖는다. 질소가 부족하고 용존산소가 낮을때, pH가 낮을 때 잘 성장하며 Fungi가 폐수처리장에 발생하며 유출수로부터 분리가 잘 안되며 Bulking의 원인이 되기도 한다.

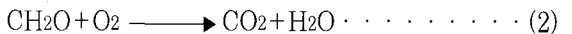
③ Algae

탄소동화 작용을 하며 분자식은 $C_5H_8O_2N$ 이다. 조류의 Photosynthesis와 Respiration을 화학방정식으로 나타내면 식 1, 2와 같다.

[Photosynthesis]



[Respiration]



④ Protozoa

모두 호기성이며 탄소동화작용을 하지 않고 Bacteria와 같은 미생물을 잡아먹는다. 이론적인 분자식은 $C_7H_{14}O_3N$ 이다. 하·폐수의 생물학적 처리시 나타나는 원생동물은 대부분이 섬모충류등이며 지표 미생물로는 매우 중요하다.

⑤ Metazoa

흔히 볼 수 있는 것은 Rotifer와 Crustaceans가 있는데 주로 장기폭기법 폐수처리 과정이나 하천과 같은 자연계에서 많이 관측된다.

2) 환경

① DO와의 관계

미생물을 DO와 관련시키면 호기성, 혐기성, 임의성으로 구분 할 수 있다. 혐기성 미생물은 호흡을 위해서 용존산소가 아닌 화학적으로 결합되어 있는 산소를 이용한다. 따라서 SO₄²⁻나 NO₃⁻등과 같은 산화물에서 산소를 섭취하고 그 결과 H₂S나 N₂와 같은 물질을 생성시킨다.

일반적으로 호기성 생물학 처리에서는 DO를 통상 1~2mg/L정도는 유지하여야 하나 오니가 혐기성 상태가 나타날 시 1시간 방치는 2분, 2시간 방치는 5분이면 부족했던 산소가 회복된다고 한다. Fig. 1은 폭기시간 및 유기물 농도 용존산소와의 관계를 나타낸 것이다.

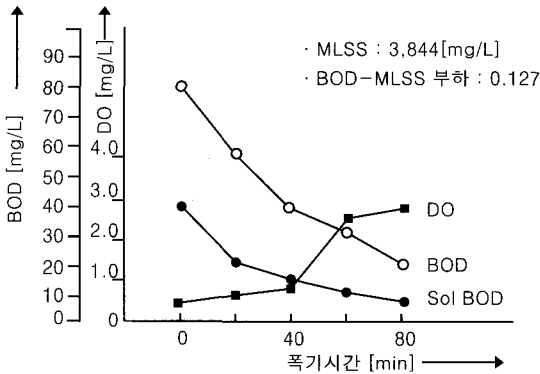


Fig. 1 Change of aeration time and dissolved oxygen

② 먹이와의 관계

미생물의 섭취대상 즉 먹이는 유기물과 무기물로 분류될 수 있다. 유기물을 주로하는 미생물을 Heterofrophic 미생물이라고하고 무기물을 주로하는 미생물을 Autofrophic 미생물이라 한다. 폐수처리에서는 Heferofrophic 미생물이 많이 출현되는데 유기물 F와 미생물 M과의 관계를 표시하면 Fig. 2와 같다.

미생물에 의한 유기물의 섭취분해는 미생물의 증가를 초

래하므로 양분의 공급과 폭기조내의 미생물양 간에는 알맞는 평형을 유지하기 위하여 여분의 미생물을 폐슬러지로 제거하게 되는데 이 평형을 F/M비라 한다.

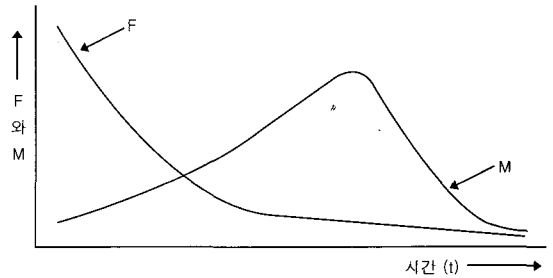


Fig. 2 Change of relation between food and microorganism

③ 온도와의 관계

대체적으로 약 5~35℃에서 온도가 10℃ 증가함에 따라서 미생물의 성장 속도는 약 2~3배로 증가된다고 알려져 있다. Eckenfelder는 수온이 30~35℃의 범위에서 최대의 호흡활성을 표시한다고 했다.

이 온도에서 잘 성장하는 미생물을 친온성(mesophilic)이라 하고 미생물이 35℃ 이상이 되면 enzyme이 활성이 극히 저하된다. 65~70℃에서 성장하는 것을 친열성(thermophilic), 0℃ 부근에서 잘 성장하는 미생물을 친냉성(psychrophilic)이라 한다.

④ pH와의 관계

일반적으로 Bacteria는 4.0~9.5의 pH영역에서 성장할 수도 있으나 pH 4이하에서는 H⁺에 의한 박테리아 산소의 변질이 일어나며 pH 9.5이상에서는 OH⁻에 의한 저해 작용을 받는다고 한다.

Alfmon과 Dithmer는 박테리아의 성장을 위한 pH 영역은 5~9로 보고하였다. Metcalf and Eddy와 Eckenfelder는 유기물 분해를 위한 생물학적 처리의 최적 pH는 6.5~7.5라고 하였다.

생물학적공법으로 폐수를 처리할 때 원폐수의 pH가 위의 영역을 벗어날 때 악영향의 하나로 슬러지 Bulking이 생긴다. Fig. 3은 대부분의 미생물 성장속도에 대한 pH의 영향을 나타내었다. 여기서 pH는 효소의 활성도에 영향을 미치는 가장 중요한 인자 중의 하나이다.

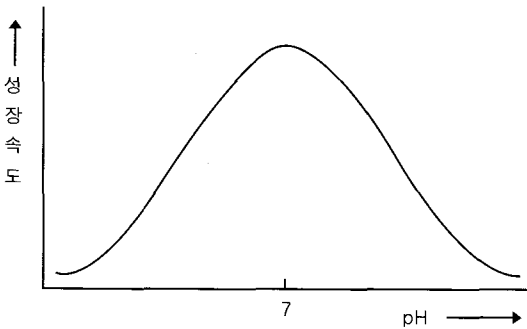


Fig. 3 Effectiveness of pH with growing velocity of microorganism

⑤ 저해물질

저해물질은 활성오니를 구성하는 미생물의 호흡활성 또는 기질제거 능력을 저하시키는 등 미생물에 직접 저해작용을 하는 것을 말하지만 그 외에도 활성오니 처리시설에서 처리능력을 저하시키는 물질이 많이 있다.

활성오니처리시설에서 저해물질은 종류도 다양할 뿐 아

니라 여러 가지 형태의 저해물질이 상호결합 또는 반응하여 활성저해 상승작용을 나타내는 경우가 있다. Table 1은 활성오니법에서 처리수에 영향을 미치는 유해물질의 한계농도를 표시한 것이다.

3) 미생물의 증식속도

미생물은 다른 생물에 비하여 형태가 대단히 작으나 증식속도 및 물질의 전환기능은 아주 크며 일반적으로 무성생식을 한다. 미생물의 증식시 대부분의 세균이나 편모충류는 세로로 분열하고 섬모충류는 가로로 분열한다. 미생물의 증식은 시간의 경과에 따라 유도기, 대수증식기, 정상증식기, 내생성장기로 나누어지고 증식속도는 대수증식기에 식 3~5와 같이 나타난다. 4)

$$dN/dt = \mu \cdot \dots \dots \dots (3)$$

여기에서 N : 미생물의 개체수

μ : 비증식 속도

dt : 배가시간

식3을 적분하면 식 4와 같다.

$$\ln N/N_0 = \mu t \cdot \dots \dots \dots (4)$$

여기에서 N_0 : 최초의 개체수

비증식속도 μ 와 배가시간과의 관계는 식 5와 같다.

유해물질 종류	산	알카리	황화물 (S)	염화물 (NaCl)	철 (Fe)	동 (Cu)	크롬 (Cr)	카드뮴 (Cd)	시아나화합물 (CN)	포름알데히드	ABS
한계농도 (mg/L)	pH5 이하	pH9~9.5 이상	5~25	5,000~6,000	100	1	2~10	1~5	1~1.6	800	20

유해물질 종류	페놀 (C ₆ H ₅ OH)	아연 (Zn)	니켈 (Ni)	염소 (Cl ₂)	비소 (AS)	에틸알콜 (C ₂ H ₅ OH)	파라크실렌 (C ₆ H ₄ (OH) ₂)	아닐린 (C ₆ H ₅ NH ₂)	B.H.C	D.D.T
한계농도 (mg/L)	250	5~13	1~6	0	0.7	15,000	600	독작용	독작용	독작용

Table 1. Limit concentration of toxic material

$$td = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu} \dots \dots \dots (5)$$

Table 2에 각종 미생물의 증식속도를 나타내었다. 표에서 배양온도와 조건이 다르므로 일률적으로 비교 할 수는 없지만 일반적으로 미생물의 세포가 작아질수록 비증식 속도는 커진다. 세균이나 효모는 조류나 원생동물의 비증식속도에 10배 이상이나 된다.

Table 2 Growing velocity of microorganism

미생물명		증식속도		배양온도 (°C)	1세포의 건조 중비(mg)	
		μ(일)	t ^d (시)			
세균류	Bacillus megatherium	31.8	0.52	30	3.8×10 ⁻⁹	
	Escherichia coli	59.1	0.28	37	4.0×10 ⁻¹⁰	
	Phodopsevdomonas spheroides	6.9	2.4	34		
	Nitrosomonas sp.	1.3	12.7	25		
	staphylococcus aureus	37.6	0.44	37	1.5×10 ⁻¹⁰	
조류	Anabaena cylindrica	0.66	25.0	25		
	Microcystis aeruginosa	0.64	25.9	25		
	Navicula minima	0.97	17.1	25		
	Chlorella ellipsoidea	2.5	6.7	25		
	Selenastrum capricornutum	1.9	8.7	2530	1.9×10 ⁻⁸	
균류	Sacchatamyces cerevisiae	8.3	2.0	20	7.1×10 ⁻⁸	
원생동물	Vorticella microstoma	3.3	5.0	20	3.9×10 ⁻⁶	
	Epistylis plicatilis	1.6	10.2	20	-	
	Colpidium campylun	3.6	4.7	20	1.6×10 ⁻⁶	
	Paramecium caudalum	1.4	12.0	25	3.0×10 ⁻⁴	
	Tetrahymena pyriformis	5.3	3.1	30	1.4×10 ⁻⁶	
	Colpoda steinii	5.5	3.0	19	1.2×10 ⁻⁶	
	Stentor coeruleus	0.75	22.1	20	5.0×10 ⁻³	
	Aspidisca costata	1.2	13.6	20		
	후생동물	Rotaria sp.	0.28	59.1	20	
		Philodina sp.	0.23	72.	20	1.8×10 ⁻⁴
Lecane sp.		0.31	54	20		
Aeolosoma hemprichi		0.35	47.3	20	3.8×10 ⁻⁴	
Nais sp.		0.12	138	20	6.6×10 ⁻³	
Pristina sp.		0.12	138	20		
Dero sp.		0.07	238	20		

3. 벌킹의 원인 및 종류

1) 정의

활성오니의 Bulking이라고 하는 것은 폭기조내의 DO, pH, BOD 부하율등이 정상적인 미생물에 부적합하여 실 모양의(filamontous) 미생물들이 많이 번식하여 SVI가 높아 침전성이 불량함으로서 오니의 부피가 커지는 것을 말한다. 화학적으로 표현하면 오니의 단위 건조 중량당의 함수율이 높아지는 것을 말한다. 화학적으로 표현하면 오니의 단위 건조 중량당의 함수율이 높아지는 것을 말한다. 즉 MLSS 농도가 같은데 SVI가 150~200이상 되게 되면 활성오니의 침강속도가 떨어져서 청정한 상등액의 부분이 적어지게 되어 고액분리가 잘 안되는 현상을 Bulking이라고 한다.

2) 원인

공장폐수의 벌킹중 대부분이 사상성 Bulking이다. 이 사상성 Bulking중에는 공장의 특수한 운전조건 및 기질 조성과의 관계가 있어 Thiothrix, Beggia샘들은 폐수중에 유기물과 관련이 있다고 한다. 그러나 Sphaerotilus는 아직 발생기구가 불명확하기 때문에 결정적인 대응책을 얻지 못하고 있다. 이런 사상성 세균에 관해서 Genetelli과 Pipes, Heukelekian, Pasveer등은 계통적인 연구를 하여 폐수의 기질성분, 오니부하, 조작조건 등에 강하게 지배되고 있다고 확인하였고 그 외에 일반적인 유발인자로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 급격히 유기질 부하가 높게되어 장기가 소요될 경우 (과부하)
- ② 원폐수 수질이 부패되어 있을 경우
- ③ 유지 함유량이 높고 독물고 세제등에 의해 영향을 받았을 경우

- ④ 유량과 수질이 급격히 변동된 경우 (충격부하)
- ⑤ BOD : N : P가 적당량 존재하지 않는 경우
- ⑥ DO가 부족할 경우
- ⑦ MLSS 농도가 과다 또는 과소할 경우
- ⑧ 침전조와 반응오니 관로에 장기간 오니가 체류되어 혐기성이 되었을 경우
- ⑨ T-cl(염류) 농도가 급격히 변동할 경우
- ⑩ 유기폐수중에 무기질이 지나치게 적을 경우
- ⑪ 계절의 변화등으로 수온의 변화가 있을 경우
- ⑫ 폭기조내의 미생물이 분산상태에 있을 경우
- ⑬ 최종침전조에서 탈질화 작용
- ⑭ 폭기조내에서 섬유상이나 Zoogloea 박테리아의 과도 분열
- ⑮ pH가 낮을 때

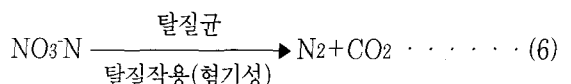
또, 현재까지 밝혀져 있는 원인을 관리 운영상으로 분류해 보면

① 폐수의 농도 변동은 슬러지의 응집성에 큰 영향을 주고 있는데 수질 변동(shock loading)에 의해 dispersed growth는 큰 경우에 발생하고 dieflocculation은 작은 경우에 생기는 것으로 pin-point floc은 BOD부하의 과소에 의해 발생된다.

② 처리설비의 규모 능력 용량 구조상의 결함에 따라서도 발생되는데 크게 4가지로 나눌 수 있다.

① Over-aerated sludge : 과폭기조 슬러지의 floc이 기계적으로 파괴되거나 미소한 기포가 침입하여 침강성이 저해하는 것이다.

② Rising-sludge : 침전조의 체류시간이 너무 길어 혐기성이 되어 탈질반응에 의한 질소 가스를 내포한 슬러지가 부상하는 것이다. 반응식은 식 6과 같다.



© Aerobic sludge : 혐기성이 오래되어 유기물 분해에 의해 생긴 탄산가스나 메탄가스, 수소가스를 내포한 sludge가 부상하여 수면위에서 scum상을 띄우는 것이다.

④ Floating sludge : 곰팡이류에 의해서 죽은 원생동물이나 곰팡이류 자체의 균사등이 부패하여 겉보기 밀도가 감소하여 부상하는 경우이다.

③ 운전관리상에 있어서는 Bulking이 압밀성에 의한 침강성 불량이라는 것 외에는 아직 불명한 점이 많지만 폭기조의 pH, DO, 탄소, 질소, 인의 영양성분 균형과 깊은 관련성이 있다.

3) 종류

① 분류

16년 전 Pipes는 Bulking을 슬러지 압밀성의 저하에 의해서 생기는 불침현상만을 진정한 Bulking이라고 정의할 것을 제안하였다. 침강성의 불량여부를 결정하는 주된 요소는 응집성, 밀도, 압밀성 등이며 검사방법은 SV₃₀이나 SVI로 측정한다.

정상슬러지에 의해 처리된 폭기액의 상등수는 육안으로는 약간 혼탁하며 광학적 현미경에 의해 다수의 원생동물과 후생동물이 관찰된다.

① 응집성에 난점이 있는 슬러지

슬러지의 일부는 빨리 침강하나 일부는 매우 늦어서 30분 정치하여도 상등액중에 현탁 상태로 남아있는 현상이다. : dispersed growth, deflocculation, pin-point flocc 등

② 밀도에 난점이 있는 슬러지

겉보기 밀도가 정상 슬러지보다 작고 슬러지가 침강하지 않고 부상하는 경우와 일단 침강한 후에 부상하는 경우이다. : rising sludge, aerobic sludge, over-aerated sludge, floating sludge 등.

③ 압밀성에 난점이 있는 슬러지

압밀성이 나쁘기 때문에 극히 천천히 침강하며 침강한 슬러지도 서로 엉키지 않고 상등액이 조금밖에 안되어서 SVI가 300이상되는 것으로 상등액과 슬러지의 경계는 명확하여 투명도가 높다. 처리현장에서 발생 빈도는 비사상성 Bulking보다 사상성 Bulking 쪽이 훨씬 높다.

4. 벌킹의 진단 및 제어방법

1) 진단

Bulking의 진단을 함에 있어서는 수질과 오니성장, 설비기능에 대하여 조사를 하여야 한다. 수질조사는 수량, 수질, 부하조건등을 조사하여 Bulking의 발생원인을 찾아내야 한다. 수량, 수질은 시간, 일간, 주간, 월간, 계절에 따라 변동이 크고 제조량 공정에 따라서도 다르다.

오니 성장은 MLSS, SV₃₀, SVI, 오니의 활성도 사상균의 유무 등을 조사한다. 오니농도에 따라 침전율이 다른 경우가 있는데 처리시설의 침전조 능력에 따라서 영향을 준다. SVI가 200이상이면 대부분 사상성 세균이 현저하다. DO와 독성물질의 유입 유무, 배니상태의 발란스도 조사한다.

설비기능에 있어서는 폭기조 활성오니의 산소이용 속도에 준해서 폭기량이 정해지고 오니농도에 따라서 배니와 반송량이 정해지는데 배수량에 대해서는 조절할 수 없기 때문에 배수량에 준해서 부하량을 산정해야 한다. 그러므로 폭기장치의 산소공급 능력과 침전조의 체류시간에 따른 반송비와 적절한 SVI를 위한 배니능력을 설정해야 한다.

2) 제어방법

Bulking을 제어함에 있어서 크게 대별하면 징조시 제어하는 방법과 기 발생된 현상을 원상태로 회복하는 방법 또는 예방적인 방지대책으로서 Bulking이 일어나지 않음

상태에서 금후라도 일어나지 않게 하는 방법이 있다.

① 징조시 제어방법

일반적으로 행해지고 있는 방법이기도 하나 확실한 방법은 아니다.

- ㉠ 침전슬러지 또는 소화슬러지를 혼합시킨다.
- ㉡ 양호한 활성슬러지를 다량 접종시킨다.
- ㉢ BOD 부하를 낮추고 DO를 높인다.
- ㉣ 폭기조를 plug-flow 또는 회분법으로 한다.
- ㉤ 반송슬러지를 재폭기 한다.
- ㉥ 염화제2철 5~50mg/L 또는 알루미늄염 10~100mg/L를 연속적으로 투입시킨다.
- ㉦ DO를 높인다.
- ㉧ 과산화수소 40~200mg/L를 간헐적으로 투입시킨다.

② 발생시의 제어방법

- ㉠ 약제 및 유사한 방법을 이용하여 처리하는 방법

(가) 염소첨가법

Simth등에 의하여 시도되었다. 곰팡이 모양의 사상성 Bulking에 어느정도 효과가 인정되었으나 비사상성 Bulking에는 거의 효과가 없었다. 사상성 미생물에 대한 유효사용 농도는 반송슬러지에 대하여 0.7~7mg/L가 좋았고, 과잉투여는 오히려 슬러지를 악화시켰다.

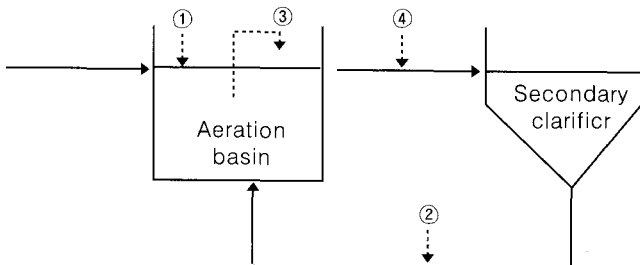


Fig. 4 Injection point of Chlorine

투입방법은 Fig. 4와 같다.

- ① 폭기조에 직접 투입
- ② 반송슬러지 Line에 투여
- ③ 폭기조의 MLSS 일부를 재순환시키면서 재순환 Line에 투여
- ④ 폭기조와 2차 침전조 사이에 투여한다.

(나) 소석회 첨가법

Haseltine에 의해 시도된 것으로서 하수의 경우 유입수에 비하여 300~500mg/L 연속 투여로 어느정도 효과가 있었다고 하나 석회의 비중이 크고 응집성이 있어 슬러지의 응집성과 밀도를 높여 호흡에 의한 탄산가스를 고정하여 pH를 개선하는 효과는 기대 할 수 있으나 장기 사용은 오히려 응집의 효과를 저하시킬 위험성이 있다.

(다) 고분자 전해질법

Singer에 의해 검토되었으며 합성 고분자 전해질로서는 양이온계가 유효하며 최적농도는 1/400~1/600mg/L 무기계는 1/250 정도다. 사용량이 너무 많으면 floc이 너무 커서 잉여슬러지에는 문제가 없으나 압밀성이 저하되어 SV가 증대한다.

(라) 과산화수소 첨가법

Cole 등에 의해 시도된 방법에서 반송슬러지에 첨가하는 것이 효과적이나 동시에 폭기조에서 부하를 낮추고 DO를 높이면 한층 효과적이다. 투입방법은 고농도로 단시간에 200~300mg/L를 24시간 연속 투여하고 또는 저농도로 장시간 20~40mg/L를 수일~10일 정도로 연속 투여한다.

어느쪽이나 다같이 사상성 Bulking에 유효하나 400mg/L 이상에서는 Deflocculation이 발생한다.

(마) 활성탄 첨가법

Haywood가 냄새방지나 pH제어를 목적으로 검토하던 중 발견한 것이다. 슬러지의 압밀성 향상에 현저한 효과가 있고 유효한 첨가농도는 활성탄의 종류에 따라 변동이 있으나 4mg/L정도이다.

(바) 소화액 첨가법

Kraus가 호기성 슬러지 소화액을 가지고 검토한 것인데 효과는 소화액중의 질소 산화물에 의한 질소와 산소의 동시 공급과 충분히 소화된 활성오니 생물의 초기 흡착능의 상승효과를 잘 이용한 것으로 과부하나 부하변동이 큰 처리시설에 유효한 방법이다.

· 처리 개선에 의한 방법

활성슬러지 처리방법은 연속식 처리방식과 회분식 처리방식으로 구분되며 연속식 처리방법은 완전혼합형과 Plug-flow로 분류된다.

완전혼합형은 유입수가 단시간에 폭기애고가 완전히 혼합하는 반면에 Plug-flow형은 칸막이를 넣어 줌으로서 유로를 길게하여 회석력을 억제시키며 혼합액을 돌출하듯이 흘러보냄으로서 회분처리계에 접근시킨 방법으로 Bulking억제에 유효하다.

Rensink의 실험결과에서 회분처리는 BOD 부하량이 0.3kg/kg MLSS · day 이하에서는 Bulking이 일어나지 않았는데 완전혼합형 연속처리법에서는 부하량이 0.025kg/kg MLSS · day에서도 벌킹이 발생되었으며 0.1kg/kg MLSS · day 이상에서는 완전하게 Bulking

이 발생되었다고 한다.

③ 성장조건을 제어하는 방법

슬러지 Bulking의 발생조건이 여러 가지이므로 각 조건에서 성장하는 미생물들도 다양하여 근본적인 해결을 위한 통일적인 방법은 없지만 조건에 변화를 주어 해결하는 방법은 다음과 같다.

(가) DO를 높여 제거하는 법

(나) N, P등의 발란스를 맞추고 pH를 조정하는 법

(다) 유기물의 부하를 조절하는 법

(라) 폭기조의 체류시간을 길게 하는 법

(마) 염농도는 회석수를 사용하여 평균화시킨다.

(바) 활성오니를 무겁게 하여 강제 침강시킨다. (중량제 : 소화오니 규조토, 탄산칼슘)

3) Bulking 방지 운전조작법

폭기조나 침전조에 대한 환경조건은 항상 최적 조건을 유지함으로써 각종의 Bulking 현상을 미연에 예방하고자 하는 방법이다.

① 폭기조의 MLSS를 적당량 보유하고 오니부하를 0.35 이하로 할 것

② 오니반송을 적당히 유지하고 서서히 증가시킨다.

③ 무기질 부족시 공업용 CaCO₃를 수시로 적당량 투입한다.

④ 적정온도를 유지하여 준다.

다음호에 계속