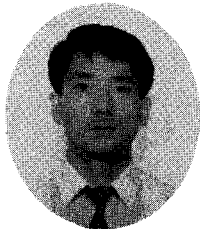


실무자를 위한 용·폐수처리 기술

<10>



全炳俊
((株)한수 기획부)

4. 활성오니 처리중의 Trouble Shooting방법

* 활성오니 처리중 발생될 수 있는 각종 Trouble에 대응하는 적절한 조치의 일례 (출전: 폐수처리 방법의 표준화 및 DATA해석에 관한 연구-이용재, Bulking 원인과 대책(Ⅱ)중에서)

	운전 조건 항목	원 인 및 조 처
정 조	* 유입수의 pH가 과도하 게 높거나 낮은 경우	* 원인 : pH가 4이하이거나 9이상이면 공정중에서 산이나 알칼리 성분이 유입 된 것이 대부분임 * 조치 : 황산이나 가성소다로 중화시 켜 관리 pH 범위로 조절한다. (단, MLSS가 6000ppm을 넘고 F / M비가 0.1이하일때는 관계없음)
	* 악취 발생이 심한 경우	* 원인 : 용존산소의 부족 * 조치 : 조정조 Blower를 늘려 Aera- tion을 강화
폭 기 조	* 탁도가 정상운전시보 다 심할 경우	* 원인 : 과부하이거나 폭기가 너무 적 음 * 조치 : 부하를 줄이거나 폭기를 적당 히 강화
	* 원거품이 많아 졌다(세 제 등에 의한 것이 아닐 경우)	* 원인 : 과부하이거나 MLSS가 너무 낮다 * 조치 : MLSS를 높이거나 원수 유입 량을 감소시킨다. (유입량을 고정시킬 수 밖에 없고 원수 BOD가 높을 때는 침전지 수심이 허락하는 한 MLSS를 늘린다.)
	* 갈색 거품이 많아졌다 (Foaming 현상이 비교적 심하게 나타나는 경우)	* 원인 : SRT가 너무 길거나 과폭기에 의하여 슬릿지가 해체되는 현상임 * 조치 : 탈수를 하여 MLSS를 줄이고 폭기도 줄인다.
침	* 폭기조내의 pH가 높거 나 낮은 경우	* 원인 : 원수의 pH가 너무 높거나 낮 은 때임 * 조치 : 폭기조에서의 pH는 즉시 황 산이나 가성소다로 중화시킨다.
	* 침전지 상등액이 부영 다.	* 원인 : F / M비가 높다 * 조치 : 유량감소, 원수 BOD감소가 1 차적으로 해야 할일이나 유량을 줄일수 없는 경우는 MLSS를 높여 주어야 한 다.
	* 침전지 상등액에 Pin- Point Floc이 많이 뜬다	* 원인 : F / M비가 적거나 과폭기이 다. 현상으로는 상등액은 맑고 침전지 에 뜬 floc에 기포가 붙어 있어서 SVI가 나빠진다. * 조치 : 1차로 폭기를 줄이고 F / M비 를 높인다.

운전 조건 항목	원 인 및 조 치
진 * 침전지위 표면에 Scum 이 뜬다.	* 원인 : 침전지 바닥의 Scraper 가 바닥을 제대로 긁어주지 못하여 Dead Space생겼음. (현상으로는 Scum의 일부가 검은색을 띠며) * 조치 : Scraper수리
조 * 침전지위 표면에 Scum 이 뜬다	* 원인 : F / M가 높으면서 파폭기이다. 현상으로는 Cylinder에 떠놓은 것의 중간이 갈라지며 SVI가 나빠져서 침전지 수심이 상승. * 1차적으로 폭기를 감소, 2차적으로 F / M비 감소.
* 침전지위 표면에 Pin Point Scum이 뜬다	* 원인 : 파폭기이거나 공정중에서 NO ₃ 가 많이 나옴. 현상으로는 Cylinder에 떠 놓은 것의 상등부에 동그란 기포가 잘 꺼지지 않는다. SVI가 나빠져서 침전지 수심이 상승한다. * 조치 : 폭기를 줄임.

* Pin Point Floc : 장기폭기시 과도한 난류 등의 원인으로 미생물의 Floc형성이 이루어지지 않아 밀도가 낮은 Floc을 형성하는 현상으로 SVI값이 나빠진다.

기술메모 : HS-890817-1

제 목 : 유해물질의 활성오니에 대한 한계농도(I)

내 용 :

유기물질의 종류	활성오니*1 (mg/l)	Vorticella**에 대한 LC50*(mg/l)	Vorticella**에 대한 lLm*3(mg/l)
산	pH 5	-	-
알카리	pH 9-9.5	-	-
황화물(S)	5-25	11	-
염화물(Cl)	5000-6000	8500	-
철(Fe)	100	-	4.7
동(Cu)	1	6	0.25
니켈(Ni)	1-6	10	-
아연(Zn)	5-13	18	0.90
크롬(Cr)	2-10	68	0.53
카드늄(Cd)	1-5	8	0.49
시안화합물(CN)	1-1.6	3	-
포름알데하드	800	-	-
페놀	250	26	-
ABS	20	17	-
알킬설페이트	50	28	-
알루미늄(Al)	-	-	0.52
연(Pb)	-	15	-

*1. 활성오니법의 처리수에 영향이 나타나는 농도

- * 2. Vorticella에 4시간 접촉하여 반수가 사멸하는 농도(lethal concentration)
- * 3. Vorticella의 비증식 속도가 50%로 저하하는 정도(median inhibitory concentration)
- * 4. Vorticella는 민물이나 잔물에서 사는 종벌레임

기술메모 : HS-890829-2

제 목 : 생물처리에 대한 저해물질의 한계농도 (II)(단위 ppm)

내 용 :

유해물질명	기 호	오니 처리법	활성 오니법	산수 여상법
시안 화합물	CN	2-10	1-1.6	1-2
크롬 화합물	Cr	200	2-5	10
동 화합물	Cu	약 1000	1	1
니켈 화합물	Ni	200-500	6	-
아연 화합물	Pb	-	-	5
아연 화합물	Zn	-	1-3	-
철 화합물	Fe	-	100	>35
식 염	NaOCl	5-10kg/l	8-9g/l	10g/l
염 소	Cl ₂	-	0	-
포름 알데하드	HCHO	100	800	-
메탄올	CH ₃ OH	800	-	-
에틸알코올	C ₂ H ₅ OH	1.6g/l	15g/l	-
페놀	C ₆ H ₅ OH	-	>250	>50
알킬알릴설페산	-	500	7-9.5	9.5
양이온성세제	활성물질	100	-	10
비이온성세제	활성물질	500	9-100	5
모타오일	-	725g/l	-	100
황산수소, 황화물	S ⁻²	70-200	5-25	>100

출전 순릉강일(일)외, 활성오니법, 사고사, 1989년

기술메모 : HS-930216-2

제 목 : 물에 대한 각종 기체의 용해도

내 용 :

● Solubility of gases in water

(Litres of gas at NTP per litre of water under an atmosphere of the pure gas at a pressure of 1 bar)

Temperature°C	Gas									
	Air	O ₂	N ₂	H ₂	CO ₂	H ₂ S	Cl ₂	NH ₃	SO ₂	O ₃
0	0.0373	0.0489	0.0235	0.0215	1.713	4.621	4.61	1.135	75.00	0.640
5	0.0330	0.0429	0.0208	0.0204	1.424	3.935	3.75	1.005	62.97	0.571
10	0.0293	0.038	0.0186	0.0196	1.194	3.362	3.095	881	52.52	0.502
15	0.0265	0.0342	0.0168	0.0188	1.019	2.913	2.635	778	43.45	0.432
20	0.0242	0.0310	0.0154	0.0182	0.878	2.554	2.260	681	36.31	0.331
25	0.0223	0.0283	0.0143	0.0175	0.759	2.257	1.985	595	30.50	0.273

Temperature°C	Gas									
	Air	O ₂	N ₂	H ₂	CO ₂	H ₂ S	Cl ₂	NH ₃	SO ₂	O ₃
30	0.0208	0.0261	0.0134	0.0170	0.665	2.014	1.769	521	25.87	0.207
35	0.0195	0.0244	0.0125	0.0167	0.592	1.811	1.570	460	22.00	0.151
40	0.0184	0.0231	0.0118	0.0164	0.533	1.642	1.414	395	18.91	0.103
50	0.0168	0.0209	0.0109	0.0161	0.437	1.376	1.204	294	15.02	0.045
60	0.0157	0.0195	0.0102	0.0160	0.365	1.176	1.006	198	11.09	
70	0.0150	0.0183	0.0097	0.0160	0.319	1.010	0.848		8.91	
80	0.0146	0.0176	0.0096	0.0160	0.275	0.906	0.672		7.27	
90	0.0144	0.0172	0.0095	0.0160	0.246	0.835	0.380		6.16	
100	0.0144	0.0170	0.0095	0.0160	0.220	0.800				
110		0.0168			0.204					
120		0.0169			0.194					
130		0.0170								
140		0.0172								

출전 : Degremont Hand Book

VII. 활성슬러지의 Bulking 현상

활성오니 처리에서는 미생물이 활동하는데 최적의 환경조건을 유지하는 것이 중요하다. 만일 환경이 악화되면 미생물의 활동이 둔화되므로 유기물의 제거효율이 저하되게 된다. 이러한 생물환경의 적절한 조절과 함께 잉여 미생물의 효율적인 분리제거가 이루어져야 만 정상적인 처리효과를 기대할 수 있다. 활성오니가 Bulking상태에 이르게 되면 고액분리가 어렵게 되어 처리효율의 감소문제가 발생하게 된다.

활성슬러지 공정의 운전에서 폭기조내에서 번식된 미생물들이 2차 침전조에서 분리가 되지 않아 결국 이러한 미생물들이 유출수에 포함되어 방류되면서 처리수의 수질을 저하시키고 처리시스템내의 미생물 농도를 적정하게 유지할 수 없어 처리효율이 저하될 수 있는데 이와 같은 고액분리상의 문제점은 여러가지 형상으로 나타나며, 이들 중 가장 문제가 되고 가장 많이 발생하는 현상은 슬러지 팽화(Bulking)현상이다.

1. Bulking에 대한 기본고찰

Bulking (팽화)현상은 폭기조내의 사상세균 (Sphaerotilus, Gestrichum, Bacillus 등) 이 증가됨으로써 발생하게 되는 것이 일반적이다. 사상균은 대개 선형의 모양을 가지고 있어 미생물(Floc Former) Floc과 밀착되어 밀도가 낮은 미생물을 형성하는 것으로 알려져 있다. 따라서 사상균 증가시에는 침전조에서 침전이

대단히 불량하게 됨은 물론 Sludge가 부상되어 결국은 Carry-over를 야기시키는 것으로 알려져 있다. Bulking이 발생하게 되면 침강성이 불량하여 양호한 처리효과를 기대하기 어렵다.

Bulking의 원인은 주로 다음과 같은 것들이 있는 것으로 알려지고 있다.

- ① 유기물의 부하량에 대한 용존산소의 부족 또는 과잉
- ② 질소(N) 또는 인(P)과 같은 필수 영양원소의 결핍
- ③ 유기물 부하량의 부족 또는 과잉
- ④ 특수한 저해물질의 존재로 호기성 균의 활동도 저하
- ⑤ 기타 인자의 유입으로 인한 사상형 미생물의 급속 증가

Bulking이 발생되면 SVI치는 300-400까지 올라가며, 50이하에서는 오니가 해체되어 오히려 혼탁액이 된다.

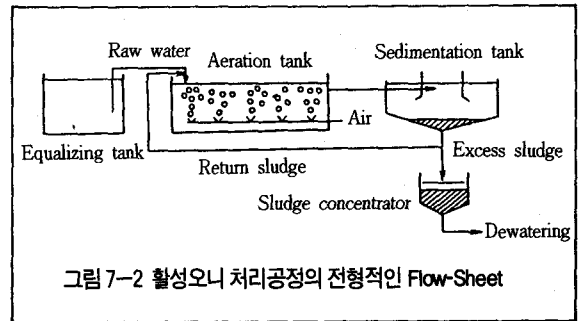


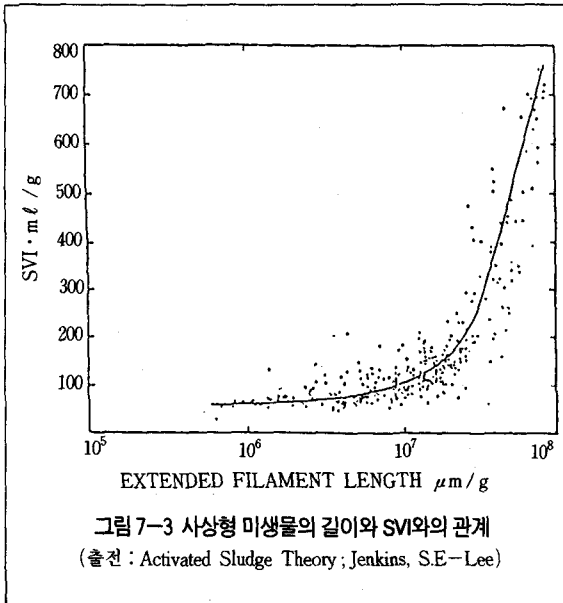
그림 7-2 활성오니 처리공정의 전형적인 Flow-Sheet

2. BULKING의 원인과 FILAMENT ORGANISM의 관계

슬러지 팽화현상과 관련시켜 폭기조내에서 성장하는 미생물을 크게 분류하면 Floc을 형성하는 미생물(FLOC former), Floc 밖으로 뺏어나와 성장하는 사상형 미생물(Filamentous organisms)으로 구분될 수 있는데 슬러지 팽화를 일으키는 미생물은 사상형 미생물들이다.

모든 슬러지 Bulking 현상은 다른 형태의 고액분리와 관련된 문제점들이거나 일반적인 현미경으로는 잘 관찰되지 않는 사상형 미생물에 의한 경우였던 것으로 알려지고 있다. 슬러지 Bulking은 Floc 밖으로 뺏어나

은 사상형 미생물에 의해 발생되므로 Floc 밖으로 뻗어나온 사상형 미생물의 수나 총길이가와 침전성을 연관 지을 수가 있는데 그동안 발표된 결과에 의하면 (Sezgin et al. (1978) : Palm et al. (1980) : Lee et al. (1983) : Beebe et al. (1982)) 사상형 미생물의 수나 길이가 SVI와 일정한 관계가 있는 것을 알 수 있었으며, 이중 총길이가 (Total Extended filament length)와의 관계를 보면 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

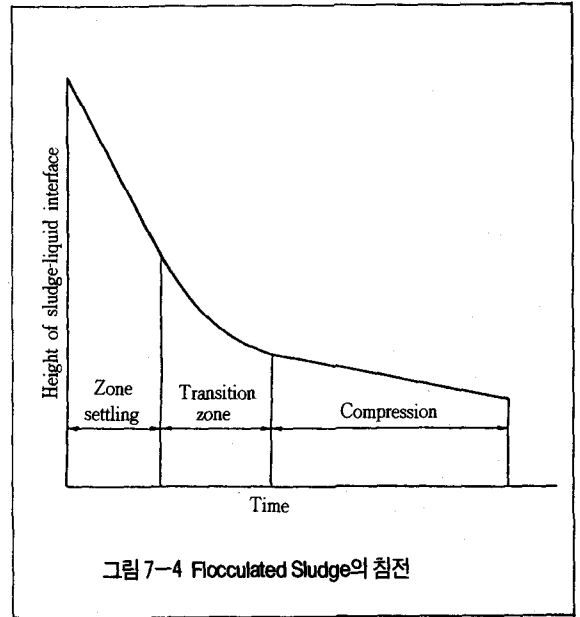


3. BULKING 현상의 형태적 분류

활성 슬러지가 침강하기 어렵고, 또는 거의 침강하지 않는다는 것은 활성슬러지 Floc(Bio floc)의 밀도가 과도하게 작게된 경우와 Floc이 해체되어 Pin point floc 형태로 부유된 형태로 구분될 수 있다.

Floc의 밀도가 작은 경우 (Floc의 직경은 크나 밀도가 작은 경우)에는 Floc내에 pore를 함유하는 형태이거나 또는 기체의 부착(포화수에서 이탈되는 기포 또는 유기물 분해에서 발생하는 기포)에 의하여 침전되기 보다는 부상되는 경향이 커지게 된다.

따라서 Filament형 사상균 미생물이 부착된 Floc (Bulking 현상의 원인)도 물리적인 측면에서 접근해보면, 결국 밀도가 작은 Floc의 범주에 속하게 되며, 이러한 이유로 인하여 침전성이 저하되는 것으로 해석될 수 있다. 이와 함께 입자에 소량의 기포가 부착되어



도 부상되므로 결국 Bulking 현상을 초래하는 것이다.

해체된 Pin point floc은 입자의 직경이 작아 침전이 어렵고, Filament형 사상균에 의해 Back-Bone Fiber가 과도한 Floc은 입자의 조밀충진이 어려워 밀도의 저하를 초래하게 되고, 특히 기포의 부착이 쉬워(Floc의 입자경은 크기 때문)Floc의 부상은 더욱 증가되게 되는 것으로 이해될 수 있다.

이러한 현상을 통칭한 Bulking 현상은 정상적인 운전조건중에서도 발생하는 것으로 보고 되고 있으며, 이 경우들은 많은 다른 설비 및 운전인자들과 복잡한 연계관계를 갖는 것에 기인한다.

Bulking 현상의 형태학적 분류로는 다음과 같이 구분되어 질 수 있다.

가. 응집성의 불량에 기인한 Bulking

어떤 원인에 의하여 슬러지의 응집성을 잃게 되어 파괴되거나, 저해를 받아서 생기는 것으로, 슬러지의 일부는 양호한 침전성을 나타내나 일부가 침전성이 불량하여 상등액중에 현탁상태가 높은 형태가 특징이다.

Dispersed Growth, Deflocculation, Pin point floc 등이 해당됨.

나. 밀도가 낮은 것이 원인인 Bulking

슬러지의 겉보기 밀도가 정상 슬러지보다 작고 슬러

지가 부상하는 경우와 일단 침강되었다가 부상하는 경우가 있다.

Rising Sludge, Aerobic Sludge, Over-Aerated Sludge, Floatation Sludge 등이 해당됨.

다. Floc의 조밀충진이 불량한 것에 기인한 Bulking

사상형 세균에 의해 발생하는 것이 지배적이며, 슬러지의 압밀성이 불량하여 극히 천천히 침강하며, 침강한 슬러지도 거의 서로 엉키지 않는 상등액 부분도 극히 작은 특성을 갖는다.

SVI가 300이상으로 높으나, 슬러지와 상등액의 경계가 명확하고 상등액 투명도가 높은 것이 특징이다.

4. Bulking 원인에 대한 세부고찰

활성 Sludge의 생물구성이나 그 생리상태는 폐수의 수질과 설비 장치 및 운전관리법 등이 복합한 결과로서 형성되는 Sludge의 주위 환경에 의해서 기본적으로 지배된다고 생각된다.

Sludge가 존재하는 주요한 곳은 폭기조와 침전조이므로 이 두 조에 있어서의 환경조건과 조작조건이 Sludge의 활성이나 물성에 주는 영향은 매우 크다고 생각되나, 물성과 이 두 조에 있어서의 외부환경조건과는 복잡하게 서로 얽혀서 서로 영향을 미치고 있는 것이기 때문에 이들 사이의 관련성은 해명하기가 쉽지 않다.

따라서, Sludge Bulking의 원인이나 요인은 어느 정도 해명되어 있는 것도 있으나, 아직 불명한 점도 많은 것이 사실이다. 그러므로 현재까지 밝혀져 있는 사항을 중심으로 개관해 보기로 한다.

가. 폐수의 수질 요인

폐수의 질과 농도의 변동은 주로 Sludge의 응집성에 큰 영향을 주고 있다. Dispersed Blower나 Deflocculation은 비교적 큰 수질 변동, 즉 Shock Loading(충격 부하)에 의해서 일어나나, 이와 같은 급격한 수질 변동이 비교적 단시간에 원상태로 돌아가면, 거의 원래의 정상 Sludge로 회복되는 것이 보통이다.

이 두가지 Bulking Sludge의 외관상의 차이는, Dispersed Growth가 Sludge와 상등액과의 경계가 명확하지 않으나, 현탁액의 윗부분은 저부보다 약간 투명도가 높는데 계면은 확인할 수 있으나 상등액에는 다량의 균체가 분산현탁하여 심하게 탁해 있다.

이와 같은 차이가 생기는 이유는 확실치는 않지만 아마도 충격 부하의 내용이나 정도의 상이에 의한 것이며, Dispersed Growth는 충격 부하의 정도가 큰 경우에, 그리고 Deflocculation은 작은 경우에 생기는 것이라고 생각된다. 또, Pin-point의 원인은 아직껏 명확치는 않으나, 현상적으로는 종종 인정되고 있으며, 정상 Sludge의 Floc 보다는 훨씬 작으나 육안으로써 충분히 Floc을 형성하고 있는 것을 확인할 수 있는 입자로서, 일반적으로 침강도 부상도 하지 않고 호흡활성을 가지는 경우와 그렇지 않은 경우가 있다. 아마도 Pin-point Floc의 원인은 BOD부하의 과소에 의한 것으로 생각된다.

나. 처리 설비와 장치 요인

처리 설비의 규모나 능력, 사용 장치유의 능력이나 용량 및 구조상의 결함은 종종 많은 문제의 원인이 되며, 결과적으로 Bulking Sludge를 발생시킨다.

처리설비에 걸리는 BOD총량이 처리 능력을 웃도는 경우, 즉 항상 Sludge가 과부하의 조건하에 있는 경우에는, 거의 예외가 없이 Bulking, 특히 사상성 Bulking을 불러 일으키는 것이다.

이와 같은 처리 설비로서 치명적인 결함을 가진 경우는 제외하고서도 Sludge Bulking의 원인이 되는 설비, 장치상의 결함 등이 원인이 되는 경우도 있다.

Over-Aerated Sludge(과폭기된 Sludge)는 폭기조에의 송기량이 BOD 공급량이나 존재하는 Sludge양에 대해서 과대하기 때문에, Sludge Floc의 기계적 파괴와 미세화된 Sludge Floc내로의 미세한 기포의 침입 보기가 동시에 진행되는 결과, Sludge의 침강성이 저해되는 것으로 알려지고 있다.

또, 침전조에서 Sludge의 체류 시간이 너무 길어지면 Sludge부분의 환경이 혐기적으로 되어, 이른바 탈질반응에 의해 생긴 질소 Gas를 주로 내포하여 Rising Sludge가 되어 부상하거나, 더욱 더 체류시간이 길어진 경우나 침전조에 집니장치가 없는 경우에는, Sludge 구분은 부분적이라 해도 한층 호기적으로 되어 유기물의 분해에 의해 생긴 탄산 Gas나 메탄 Gas, 수소 Gas 등을 내포한 흑색 내지는 흑회색의 Sludge괴, 즉 Aerobic Sludge가 되어 Bulking으로 나타나게 된다. 이들 Sludge Bulking은 그 어느것도 Gas상의 미세한 기포를 내포하기 때문에 Sludge의 겉보기 밀도가 감소해서 처리수질의 악화를 가져온다.

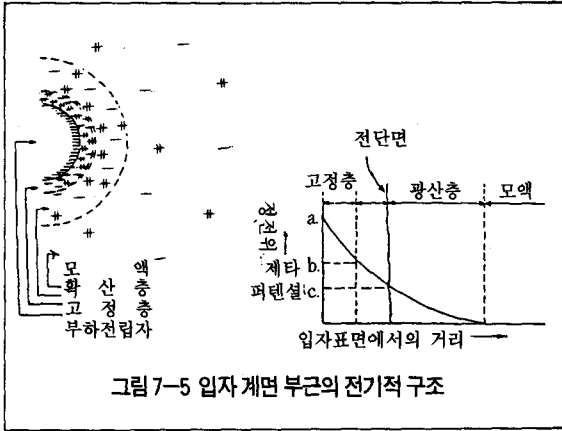


그림 7-5 입자 계면 부근의 전기적 구조

이것과 유사한 슬러지 Bulking으로 Floating Sludge가 있으나, 이것은 곰팡이류와 같은 균사 등이 부패하던가 해서 겉보기 밀도가 역시 감소하기 때문에 부상하는 것이지만, 많은 경우 생물활성이 있는 Sludge 입자를 동반하여 유출해서 처리 수질을 악화시킨다.

이와같은 과부하에 의한 진 Bluking의 경우를 제외하고, 상이한 Bulking Sludge의 원인이 되는 처리 설비 장치상의 결함은 어느 정도 개선, 개수를 함으로써 경감시킬 수 있는 것이며, 더욱 적절한 운전 관리법과 조합시키면 한층 경감시킬 수가 있고 경우에 따라서는 완전히 결함을 해소하는 것까지도 불가능하지는 않다. 따라서 이들 Bulking Sludge가 발생했을때는 현상을 잘 파악하여 그 원인을 추정한다면 해결이 어느정도 가능하다.

다. 운전관리

운전관리법도 역시 Sludge의 주위 환경에 큰 영향을 미치는 것이므로 Sludge Bulking의 큰 원인이 될 것은 충분히 예상되는 일이다. 응집성이나 밀도에 난점이 있는 Bulking Sludge는 폐수의 수질이나 설비 장치가 주가 되는, 또는 직접적인 원인이라고 생각되는 것의, 출현하는 Bulking현상의 정도나 미묘한 차이에 대해서 운전관리법에 크고 작은 영향을 주는 것은 거의 틀림없다.

라. 생육 환경인자

Bulking을 야기시키는 생육환경적 인자로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 1) 유기물의 부하량에 대한 용존산소의 부족 또는 과잉
- 2) 질소(N) 또는 인(P)과 같은 필수 영양원소의

<p>CASE I. "FILAMENTOUS BULKING"</p> <p>EXTENDED FILAMENT</p> <p>FILAMENT</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사상형미생물 과도번식 2. 강하고 큰 floc 3. 사상형미생물의 침전을 방해 4. 깨끗한 상등액 5. 높은 SVI
<p>CASE II. "NONBULKING"</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사상형미생물과 floc former들이 조화를 이룸. 2. 강하고 큰 floc 3. 사상형미생물이 침전을 방해하지 않음. 4. 깨끗한 상등액 5. 낮은 SVI
<p>CASE III. "PIN-POINT"</p> <p>DISPERSED PARTICLE</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 사상형미생물이 적음 2. 약하고 작은 floc 3. 사상형미생물이 침전을 방해하지 않음. 4. 혼탁한 상등액 5. 낮은 SVI

그림 7-6 세가지 형태의 활성 슬러지 Floc 침전성 (출전: Bulking 원인과 대책-이상은)

결핍

3) 유기물 부하량의 부족 또는 과잉 (Acetate와 같은 특수한 유기물의 유입)

4) 특수한 저해물질의 존재로 호기성 균의 활동도 저하

Bulking이 발생되면 SVI치는 300-400까지 올라가며, 50이하에서는 오니가 해체되어 오히려 혼탁액이 된다.

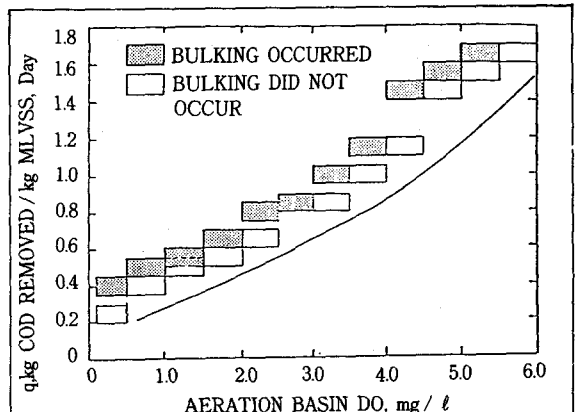


그림 7-7 Combinations of COD removal rate and aeration basin dissolved OXYGEN concentration where bulking and Non-bulking sludge occurs (출전: Active Sludge Treatment, Jenkins)