



전 병 준

(주)프라임텍인터내쇼날

기술영업부장

# 효율적이고 안정 관리를 위한 산업폐수 처리기술<17>

## 목 차

### 1. 산업폐수 처리를 위한 기초 개념

- (1) 현탁 입자의 제거방법
- (2) 슬러지의 침전 부상처리
- (3) 용해성 물질의 제거방법
- (4) 저농도 유기물의 제거방법
- (5) 무기성 오염물의 제거방법

### 2. 석유화학 공장의 폐수처리

- (1) 정유공장의 폐수처리
- (2) 일반 석유화학 공장의 폐수처리

### 3. 제지·펄프공장의 폐수처리

### 4. 합섬·염색공장의 폐수처리

### 5. 식품공장의 폐수처리

### 6. 제철·철강공장의 폐수처리

### 7. 하수·위생처리장의 폐수처리

### 8. 특정 오염물질의 처리기술

### 9. 폐수처리 신기술에 대한 이해

### 10. 폐수 재활용기술과 안정관리

### (3) 운전 관리

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 Bulking 현상의 정도나 미묘한 차이에 대해서 운전 관리법에 크고 작은 영향을 주는 것은 거의 틀림없다.

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사상형 미생물 과도 번식</li> <li>2. 강하고 큰 Floc</li> <li>3. 사상형 미생물의 침전 방해</li> <li>4. 깨끗한 상등액</li> <li>5. 높은 SVI</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사상형 미생물과 Floc Flomer들의 조화</li> <li>2. 강하고 큰 Floc</li> <li>3. 사상형 미생물이 침전을 방해하지 않음.</li> <li>4. 깨끗한 상등액</li> <li>5. 낮은 SVI</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사상형 미생물이 적음.</li> <li>2. 약하고 작은 Floc</li> <li>3. 사상형 미생물이 침전을 방해하지 않음.</li> <li>4. 혼탁한 상등액</li> <li>5. 낮은 SVI</li> </ol>

【그림 7-6. 세 가지 형태의 활성 슬러지 Floc과 침전성】

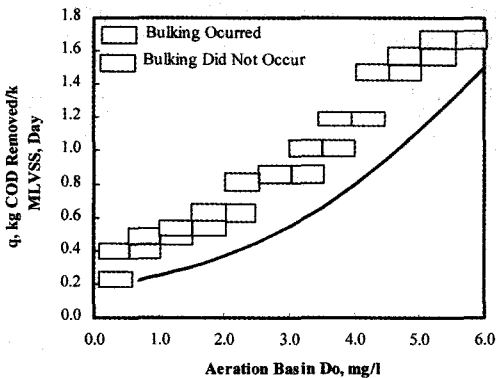
(출전: Bulking 원인과 대책 - 이상은)

(4) 생육 환경인자

Bulking을 야기 시키는 생육환경적 인자로는 다음과 같은 것들이 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  
(Acetate와 같은 특수한 유기물의 유입)
- 4) 특수한 저해물질의 존재로 호기성 균의 활동도 저하

Bulking이 발생되면 SVI치는 300~400까지 올라가며, 50 이하에서는 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)

마. BULKING의 방지대책

Bulking의 원인에는 많은 인자가 복잡하게 연계되어 있기 때문에 Bulking을 방지하기 위해서는 운전중의 예방적 차원에서 대비하는 것이 중요하며, Bulking 현상을 억제하기 위해서는 다음과 같은 방안들이 추천되어 진다.

(1) 사상균보다 활성이 높거나, Biofloc 형성 능력이 높은 균주의 투입

- *Arthrobacter sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Trithigomostoma cucullus* 등의 균주를 이용한 방법

(2) 오니의 생육 환경인자를 제어하는 방법

- Bulking의 원인이 용존산소의 부족이나 필수 영양원소의 부족에 기인할 경우에는 용존산소 공급을 늘리거나, 영양 Balance를 적절히 조절하는 방법으로 pH, F/M 비율 등의 제반 환경인자 역시 안정관리 영역으로 유도하는 방법

- 유기물 농도가 낮은 경우에는 폭기조 분리 운영등의 별도 해결방안 검토가 바람직함.

(3) 살균제에 의한 살균방법

- 통상 염소나 과산화수소가 사용되며, 염소제 살균제는 무차별적인 살균력을 갖는 것에 반하여, 과산화수소는 혐기성 균류만을 선택적으로 살균하는 것으로 알려져 있다.

공업적으로 처리비용이 낮은 염소제가 많이 사용되는 편이다. 단 살균제를 적용하는 방법은 적용상 주의를 요하므로 신중히 결정하여야 한다.

- 통상 지속적으로 SVI 값이 높게 나타날 경우에 적용함.

살균제 투입시는 제반여건을 신중히 고려하여 실시하여야 하며, 미생물과의 혼합이 잘 이루어지는 지점에 투입한다. (염소제 투입시는 반송 슬러지에 대하여 0.7~7.0ppm 이내의 범위가 바람직하다. 과산화수소 적용시는 용존산소를 높이고 폭기조 부하를 낮추는 것이 보다 효과적이라고 알려져 있으며, 투입량은 반송오니에 대하여 20~40ppm으로 수일~10일 정도 연속 투입이나, 200~300ppm을 24시간 정도 연속 투입하고 수일 간격으로 2~3회 반복하는 방법이 소개되고 있다. 400ppm 이상의 고농도는 악영향을 일으킬 수 있으므로 주의한다.)

(4) 기타 약제에 의한 방법

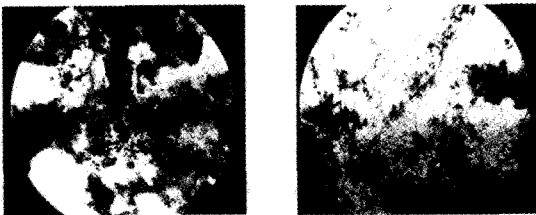
약제에 의한 방법은 근본적인 대책은 되지 않으나 일시적 방법으로 다음과 같은 것들이 소개되고 있다.

1) 소석회 첨가법

이 방법은 Haseltine에 의해서 시도된 것으로서, 하수의 경우는 유입수에 대하여 300~500 mg/l 의 연속 투여로써 어느 정도의 효과가 있었다고 한다. 석회는 그 자체의 비중이 크고 응집작용도 있으므로 Sludge Floc의 핵이 되어 Sludge의 응집성과 밀도를 높이며, 또 호흡에 의해서 생긴 탄산 Gas를 고정하여 pH를 개선하는 등 효과를 기대할 수 있으나, 장기간의 연속사용은 오히려 Sludge 응집성의 저하를 가져올 위험성이 높다.

2) 고분자 전해질 첨가법

이 방법은 Singer 등에 의해 검토되었으며, 합성 고분자 전해질로서는 양이온계가 유효하여 Sludge농도에 대한 최적 농도는 1/400~1/600 mg/l 이며, 무기계는 그보다 사용농도가 높아 1/250mg/l 정도로 추천되고 있다. 그러나 전해질 첨가량이 너무 많으면 Floc형성이 과도해져 오히려 압밀성은 저하되며 처분되는 잉여 Sludge에 대해서는 문제가 없으나 반송 슬러지에는 전해질물질이 영향을 끼쳐 오니의 유기물 흡착능력을 저하시킨다거나 활성도를 감소시킬 수도 있으므로 유의하여야 한다.



< 사진 7-8. 정상 활성오니 Floc(좌)가 Bulking된 Floc(우)의 비교(x 1500) >  
(출전: 폐수의 활성오니 처리)

3) 활성탄 첨가법

이 방법은 Haywood가 냄새 방지나 pH 제어 등을 목적으로 활성탄의 효과를 검토하던 중 우연히 찾아낸 것이며, Sludge 압밀성의 향상에 현저한 효과가 있을 뿐 아니라, Sludge의 탈수 여과, 특히 진공 탈수성이 향상된다고 알려져 있는 방법이다.

Sludge 침강성의 개선에 유효한 첨가농도는 4mg/l 정도였다고 하나, 활성탄의 종류에 따라서는 상당히 변동하는 것으로 알려지고 있다.

현재 상당폭 응용연구가 진행되고 있는 부분으로서 적용가능한 다양한 종류의 활성탄이 소개되고 있는 실정이다.

4) 소화액 첨가법

이 방법은 Kraus가 호기성 Sludge 소화조를 가지고 처리 설비에 대해서 검토한 것이며, 그 효과는 소화액 중의 질소 산화물에 의한 질소와 산소의 동시 공급과, 충분히 소화(自己산화)가 진행된 Sludge 생물의 초기흡착능의 효과를 잘 이용한 것이라고 생각되며, 과부하나 부하 변동이 큰 경우에는 유효한 방법이라고 생각된다.

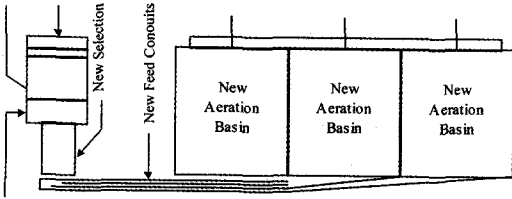
(5) 처리 방법의 개선에 의한 방법

활성 Sludge법의 처리 방식은 연속적으로 원수를 공급해서 처리수를 유출시키는 연속 처리 방식과 폭기조에 일정량의 원수를 도입하여 일정시간 처리를 해서 Sludge를 침강 분리시킨 뒤, 원수를 도입하는 조작을 반복하여 처리를 하는 회분 처리방식 두가지로 크게 나눌 수 있다.

한편, 종래 가장 널리 일반적으로 채용되어 온 완전 혼합형의 연속처리방식과 회분처리방식의 가장 큰 상이점은 연속처리방식의 처리계가 거의 정상계(steady-state)로 간주되는데 비해서 회분 처리 방식의 계는 비정상계(unsteady-state)라고 볼수 있는 것이다.

Bulking 문제에 있어서는 비정상계 회분 처리 방식쪽이 안

정계의 연속 처리 방식보다 Bulking을 일으키기가 어렵다는 것을 Rensink가 실증하였다.



【그림 7-9. Selector를 사용한 처리 공정도】

또한, 연속처리방식에 있어서도 종래의 완전 혼합형이 아닌 압출류형(Plug Flow)으로 함으로써 Sludge의 팽화를 극히 유효하게 억제시킬 수 있음을 원전 등과 Chudoba 등이 서로 전후해서 밝혔었다.

즉, 종래의 완전 혼합형 연속처리방식에는 폭기조의 구조상 유입한 원수는 극히 단기간에 폭기액과 거의 균일하게 혼합 희석되는데 반해서, 압출류형 연속처리방식에는 폭기조에 칸막이를 넣어 좁으므로 전체로서 유로를 가급적 길게 하여 투입 원수의 희석율을 억제시키는 동시에 유로에 따라서 혼합액을 압출 하듯이 흘러 보냄으로써 회분 처리계에서 보는 것과 같은 비정상계에 접근시키는 것을 노린 방법이기 때문에, Bulking의 억제에 유효한 것이라고 해석되고 있다.

이와 함께 설비적 측면에서는 Selector 설치 등의 방법이 Bulking 방지에 상당한 효과가 있는 것으로 알려지고 있다.

#### 바. Bulking 방지에 대한 제반이론의 고찰

활성슬러지의 Bulking의 원인은 여러 가지가 추론되어 왔으며 이러한 많은 이론중 활성슬러지의 Bulking의 원인을 Filamentous Organism에 기초하여 해석한 이론적 접근이

활성슬러지 Bulking의 원인 이해 및 해결방안 모색에 가장 진보적인 것으로 판단되어 진다.

이와 함께 활성슬러지의 Bulking의 현상을 물리적인 원인으로 해석하여 해결안을 모색하는 최근의 화학 약품을 이용한 활성슬러지 Anti-Bulking Agent는 Cationic Polymer를 투입하거나, 점성이 높은 미생물의 균주를 주입하는 방법 등으로서 근본적인 해결보다는 일시적인 해결책이므로 안이한 주입은 피하여야 할 것으로 사료된다.

이와 함께 Bulking의 원인으로 추정되는 사상균의 제거를 위하여 염소 살균법, 과산화 수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)살균법 등이 소개되고 있으나 이 방법들 역시 일상작용은 대단히 어려운 것으로 판단된다.

결론적으로, 활성슬러지의 Bulking은 Filamentous Organism(사상균)에 의한 Bio-flock의 압밀도(충진밀도)의 저해와 이로 인한 부상성의 증가로 이해될 수 있다. 이러한 Bulking을 방지하기 위해서는 설비적 측면에서는 Selector의 설치 등이 고려될 수 있으며, 운전인자 측면으로는 DO, F/M비, 영양염류(N, P), pH, 폐수처리까지의 기간 등 여러 인자가 슬러지의 생육조건과 부합되어 사상균의 성장 억제가 되도록 조작되어야 한다.

아울러 오니의 생육인자를 제어하는 방법 이외의 살균제에 의한 사상균의 살균방법은 영향도를 고려하여 신중히 선택하여야 하며, 약제에 의한 Bulking방지는 향후 다각적인 연구와 개발이 필요한 것으로 판단되며 이와 함께 약제에 의한 영향도 파악 검토되어야 할 것으로 판단된다.

다음호에 계속...