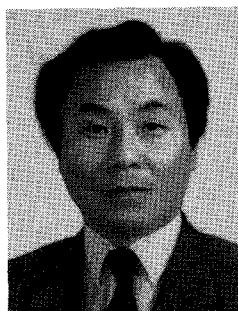


활성슬럿지법에 있어서 팽화(Bulking)의 원인과 대책 (두번째)



金 煥 起

전북대공과대학 토목공학과 교수

차 레

1. 서 론
2. 활성슬럿지 플록의 구성과 기능
- 3. 팽화슬러지**
4. 슬러지 팽화의 대책

3-1. Zoogloea 슬럿지

슬럿지 박테리아의 발생종류는 온도, pH, 용존산소량 및 기질의 량과 질에 관계되는데, 특히 Zoogloea의 성장은 기질의 질에 관계가 깊다. 즉, 기질속에 제한영양소로서 질소(N)나 인(P)이 결핍되어 있으면 탄소(C)계통의 물질

을 쉽게 분해하는 Zoogloea 박테리아가 과다성장하게 되고, 이들의 신진대사 과정에서 발생된 중합체 화합물(Polymeric Compound)로 구성된 점액(Slime)이나, Zoogloea 막으로 구성된 점성물질은 다량의 수분을 함유하고 있어서 원래의 체적보다 부풀어있는 상태로 침전이 잘 안된다.

특히, 높은 F / M비 하에서 활성슬럿지를 운전할때는 기질속에 상대적으로 제한영양소인 질소성분이나, 인성분이 결핍될 가능성이 많은데, 이 때 흔히 Zoogloea슬럿지의 과다한 번식이 발생되는 경우가 많다.

이 Zoogloea슬럿지의 발생형태는 “손가락모양처럼 돌기를 내는 성장(finger-like outgrowth)”이라고 칭하는데, 이 경우는 일반 현미경적 관찰이 어렵다.<그림 3>

3-2. 섬유상(Filamentous) 슬럿지

현재까지 현장에서 운전되고 있는 거의 모든 활성슬럿지법에 의한 폐수처리장에서 섬유상슬럿지는 정도차이는 있으나 항상 출현되고 있다. 즉, 활성슬럿지법에서 섬유상 슬럿지의 출현은 지극히 정상적인 사실이다. 실제로 특종

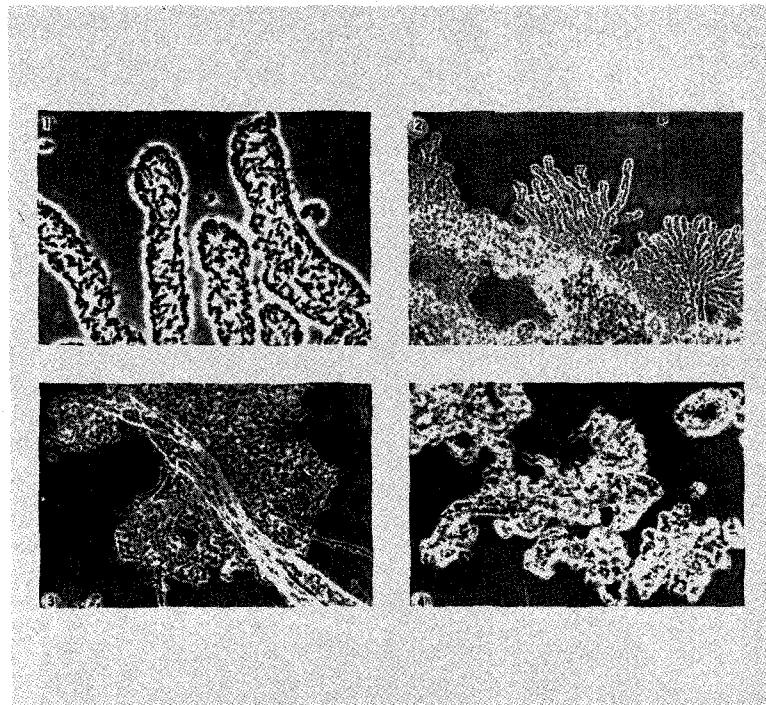


그림 3. 슬러지 플록의 조성

1. Zoogloea-fingers (막대형세포는 점액 세포간질(間質)로 둘러싸여 있다)
2. 활성슬러지의 Zoogloea 군체(群體)
3. 크고, 소화되지 않는 유기섬유
4. 많은 작은무기물 입자를 함유한 슬러지 플록

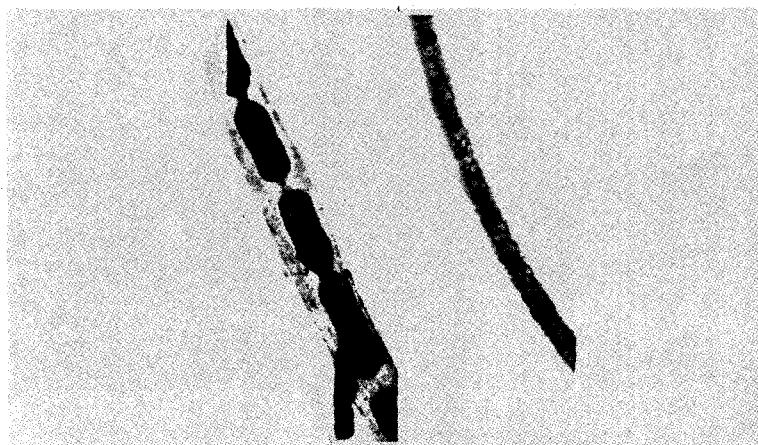


그림 4. 전자현미경에 의한 섬유성 박테리아

1. Type 1701, 초(鞘)에 의해 둘러싸인세포×22000
 2. Microthrix Parvicella이 배울에서 분명하게 볼수있는 격벽.
- 검은 입자는 다인산으로 되어있고, 나이세르 시약으로 염색됨×26300

의 섬유상슬러지는 이웃의 플록에 가교를 만들어 줌으로써 전반적인 슬러지의 침전을 양호하게 만들어 준다고 믿고 있다.

그러나, 문제는 섬유상슬러지가 과도하게 번식하여 슬러지 팽화을 유발시키는데 있다.

팽화을 유발시키는 섬유상박테리아의 번식방법은 일반 세균의 분열과는 달리 세포는 체인으로 구성되어 있는데, 체인속의 두개의 세포사이에서 세포분열이 일어나는 것이 특징이다.

또, 이들 세포는 초(Sheath)라고 불리우는 껍질속에 둘러싸여 있어서 섬유상세포의 경우에는, 일반광학현미경으로 투시가 가능한 반면, 어떤 세포(filament)는 전자현미경으로만 세포의 관찰이 가능하다.

<그림 4>

섬유상박테리아 출현에 관한 현미경적 관찰 결과의 기술은 하기와 같은 5개의 카테고리로 분류할 수 있다.

- 카테고리 0 : 섬유상박테리아가 거의 출현하지 않는 경우
- 카테고리 1 : 섬유상박테리아가 소수 출현하는 경우
- 카테고리 2 : 섬유상박테리아 다소 출현하는 경우

○ 카테고리 3 : 섬유상박테리

아가 상당량
출현하는 경우

○ 카테고리 4 : 섬유상박테리

아가 과다 출
현하는 경우

<그림 5>

3—3. 섬유상(Filamentous) 박테리아의
동정일반1) 현미경을 이용한 동정
(외관)

섬유상박테리아의 동정은 보통 위상차(Phase-Contrast)가 조절 가능한 광학현미경이면 가능하는데, 현미경 관찰은 통상 500~1000배정도의 배율을 사용한다.(동정결과의 표시는 표 1 참조) <표 1>

<그림 6>

- 분지성(branching) : 몇 가지 섬유상박테리아의 섬유(filament)은 균류와 노카디아(nocardia)와 같이 진정분지(real branching)하는 것과 스페로틸러스 나탄(sphaerotilus natans)과 같은 위분지(false branching)의 두 가지 형태로 분지(branching)된다.<그림 6 참조>

- 운동성(motility) : 극히 소수의 섬유상 박테리아만 운동성이 있는데, 이들의 움직이는 동작은 “꼴주운동(gliding movement)”에 의한다.

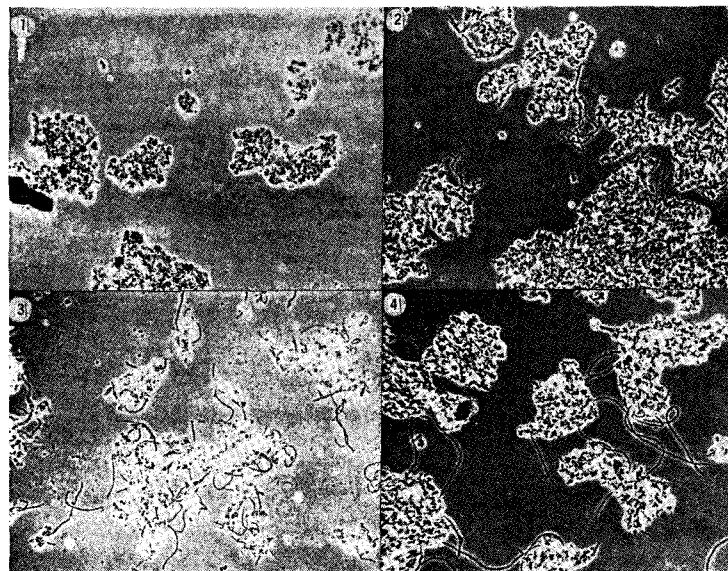


그림 5. (1)섬유성장 크기의 육안평가에 기준한 활성슬러지의 분류 $\times 115$

1. 카테고리 0 : 섬유상이 거의 없는 상태
2. 카테고리 1 : 적은수의 섬유
3. 카테고리 2 : 적당한수의 섬유 4. 최우점종

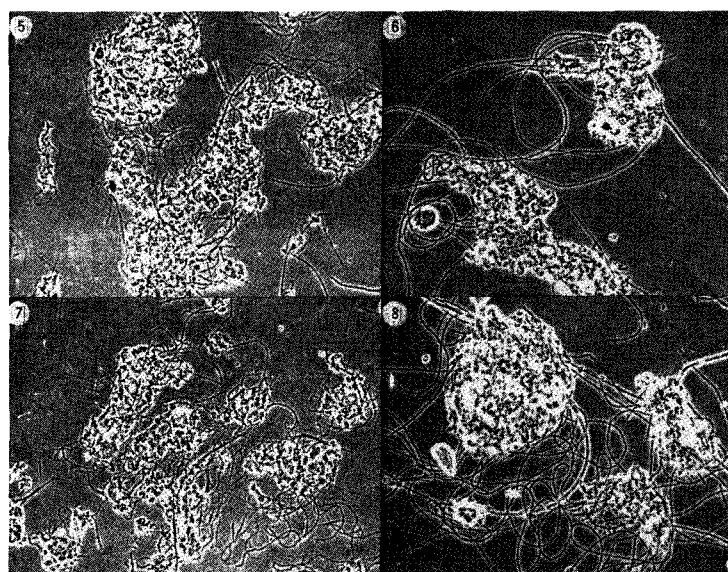


그림 5. (2)섬유성장 크기의 육안평가에 기준한 활성슬러지의 분류 $\times 115$

- 5, 6. 카테고리 3 : 많은수의 섬유
- 7, 8. 카테고리 4 : 과도한 수의 섬유
- 5, 7. M. Parvicella 최우점종
- 6, 8. Type 021 N 최우점종

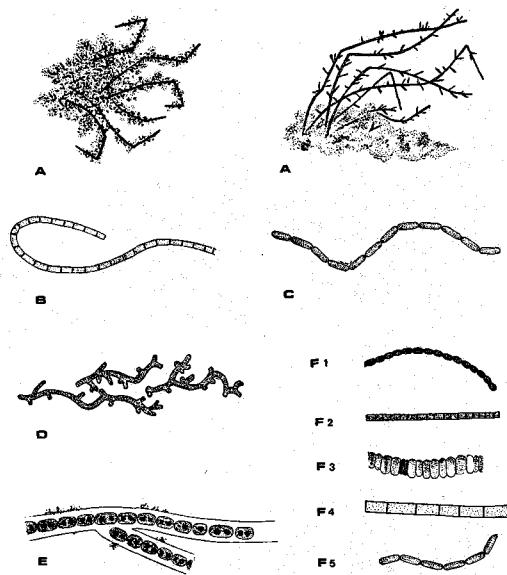


그림 6. 섬유성 박테리아의 여러가지 형태학적 특징

A : 섬유에 부착성장	D : 진정분지(真正分枝)
B : 외벽의 협착이 없는상태	E : 위분지(偽分枝)
C : 현저한 협착	F : 1) 구형 2) 정방형 3) 원반형 4) 직사각

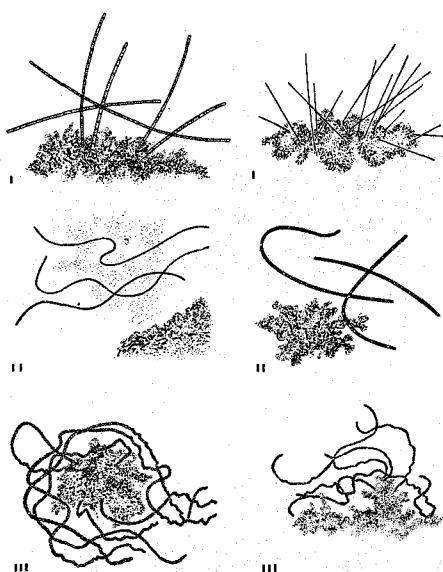


그림 7. 섬유상 박테리아의 형태

I : 직선 섬유상 II : 구부러진 섬유상 III : 나선 섬유상

- **함유물(Inclusion)** : 몇 가지 섬유상박테리아의 세포(Cell) 속에 어둡거나 밝은입자가 존재하는데, 이들은 주로 유황 성분인것과 PHB(Poly-B-hydroxy butyrate) 성분인 것으로 이대별된다. 이들은 직접 현미경적으로 구별한다는 것은 어려우나 에탄올(ethanol)에 녹이게 되면 황입자(s-granule)는 에탄올에 녹지않고 그대로 원형을 유지하게 되므로 쉽게 구별이 된다.

- 격막(Septa, Crosswalls) : 섬유상박테리아의 세포사이의 벽(wall)을 격막(septa) 혹은 격벽(crosswall)이라고 말하는데, 보통의 광학현미경으로는 관찰이 불가능한 것이 하나의 특징이다.

- 섬유(filament)의 모양(shape) : 직선 섬유상(straight filament) 굽어진 섬유상(bent filament) 나선 섬유상(coiled filament)

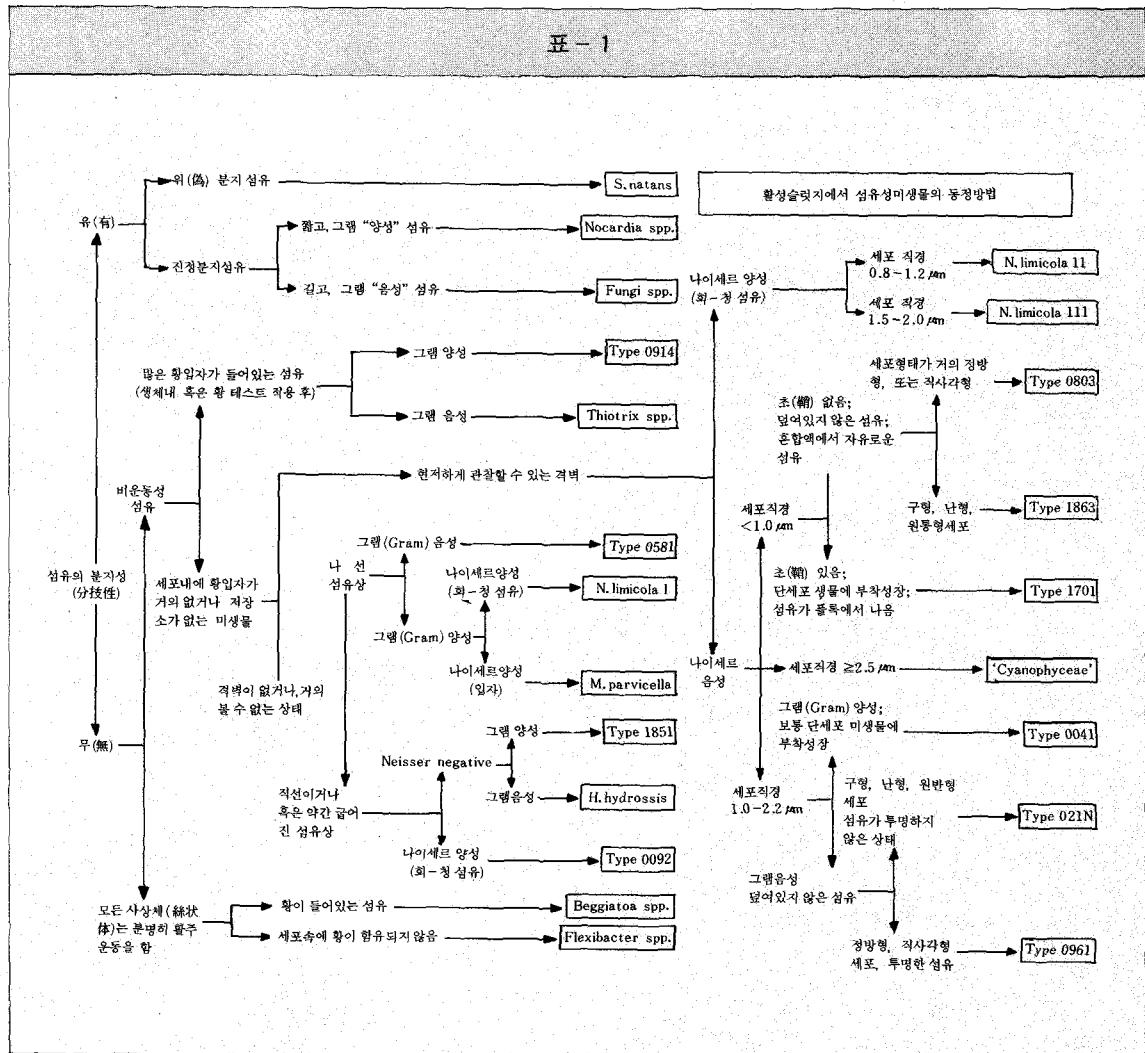
〈그림 7 참조〉

- 부착성장(attached growth)
: 박테리아의 풀록을 중심으로 섬유상박테리아가 방사상으로 부착된 형상을 말한다.

〈그림 6 참조〉

- 협착 (constrictions) : 연속적으로 연결된 외벽 (outerwall) 을 갖는 섬유상박테리아 형상을 말한다. <그림 6>

표 - 1



- 세포의 형상(shape) : 구형(spherical, coccus), 간형(rod-shaped), 나선형(spiral-shaped), 비브리오형(vibrio-shaped)

- 초(sheath) : 섬유를 둘러싼 껍질을 말하는데, 일반 광학 현미경으로 관찰이 불가능하므로 염색을 한 후 식별한다.

- 로젯트형(rosettes) : *Thiotrix*나 *Type 021N*과 같은 섬

유상박테리아군에서 볼 수 있는 현상으로, 이러한 박테리아는 자신의 신진대사 산물을 중심으로 형성된 섬유상박테리아의 군집을 이루고 있다.

2) 염색(staining)을 이용한 동정

○ 그램(Gram) 염색 방법

○ 나이세르(Neisser) 염색 방법

3) 황저장실험(sulphur storage test)에 의한 동정

Beggiatoa, *Thiothril*, *Type 0914*와 같은 섬유상박테리아는 유황성분을 환원시키면서 성장하는데, Na_2S 용액을 사용한 후 500배의 배율로 동정한다.

(다음호에 계속)