

PF2) 기계적 교반이 팽화슬러지 부상에 미치는 영향

박영식*, 김동석¹

대구대학교 보건과학부, ¹대구가톨릭대학교 환경과학과

1. 서 론

슬러지의 수분을 제거하는 방법 중에서 슬러지 농축(thickening), 개량(conditioning), 탈수(dewatering), 건조(drying) 등의 공법은 일차적으로 슬러지의 수분을 제거하는데 이용되며, 수분 제거 공정 중에서 농축 공정은 슬러지로부터 액체의 일부를 제거하여 슬러지의 고형물 함량을 높이는 과정이다. 농축은 일반적으로 중력침전, 부상, 원심분리 등의 물리적인 방법을 이용하여 이루어지며, 슬러지 자체의 중력을 이용한 농축은 주로 1차 슬러지에 적합하다고 알려져 있으며, 슬러지 밀도가 1.01-1.09g/cm³인 2차슬러지인 잉여슬러지에는 좋은 방법이 아닌 것으로 보고되고 있다(Choi et al., 2000).

특히 팽화가 일어나 침전성이 저하된 슬러지는 중력 농축이 거의 불가능하다고 할 수 있다. 따라서 2차슬러지의 농축은 생물학적 고형물의 부상을 통한 농축이나 원심분리에 의한 기계적인 농축이 비교적 적합하다고 할 수 있다(최영균 등, 2005).

용존공기부상법은 부상 농축법 중의 하나로 가압상태에서 과포화된 물을 감압시킬 때 발생하는 미세기포가 상승하는 과정에서 수중의 콜로이드 물질과 충돌·부착되는 원리를 이용하여 수중의 부유물질을 제거하는 수처리 방법이다(김유창 등, 2001).

본 연구에서는 중력침전으로는 농축이 어려운 팽화 상태의 제지공장 2차슬러지의 농축을 증진시키기 위하여 기계적 교반이 부상에 미치는 영향을 고찰하였다.

2. 재료 및 실험 방법

실험에 사용한 슬러지는 M 제지사의 반송슬러지를 채취하여 sieve로 체질한 뒤 폭기되는 저류조에 보관하였다. 슬러지는 인공 합성원수에 순응시켜 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 M 제지사의 반송슬러지는 순응 후 SVI를 측정할 결과 350-450 mL/g 나타내어 팽화가 발생한 상태였고, 농도는 2000-2500 mg/L의 범위에 있었다.

실험에 사용한 DAF 장치는 크게 가압수조와 부상수조로 나뉘며, 부상수조는 내경 7 cm, 높이 50 cm이며, 총 부피는 1.92 L이다. 실험에 사용한 슬러지 농도는 2100 mg/L이었으며, 가압수조 압력을 5 atm으로 50분 간 유지시킨 후가압수 순환비는 20%, 가압수 주입시간은 25 초로 부상 실험하였다.

슬러지를 1 L 비커에 투입하고 homogenizer(T25basic, IKA LaBoTechnic)로 8000, 9500, 13500, 20500 rpm의 속도에서 시간을 바꾸어 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

8000, 9500, 13500, 20500 rpm의 속도로 5분간 교반하고 최적 부상 조건에서 부상시켜 슬

러지 농도를 측정 한 결과 부상효율이 증가하지 않았다.

교반속도를 20500 rpm으로 고정하고 교반시간을 5, 10, 20, 30 및 60분으로 변화시키면서 교반한 뒤 부상시킨 결과 슬러지 계면 높이와 농축 슬러지 농도를 Fig. 1에 나타내었다.

그림에서 보듯이 20500 rpm에서 10분 교반까지 계면높이는 감소하였으나 10분 이상의 시간에서는 계면 높이가 증가하는 경향을 나타내었으며, 슬러지 농도도 10분까지 경향을 농축 농도가 증가하지만 그 이상의 교반시간에서는 농도가 서서히 감소되는 경향을 나타내었다. Homogenizer의 교반에 의한 최적조건에서의 부상효율은 약 10%의 효과가 있는 것으로 나타났다.

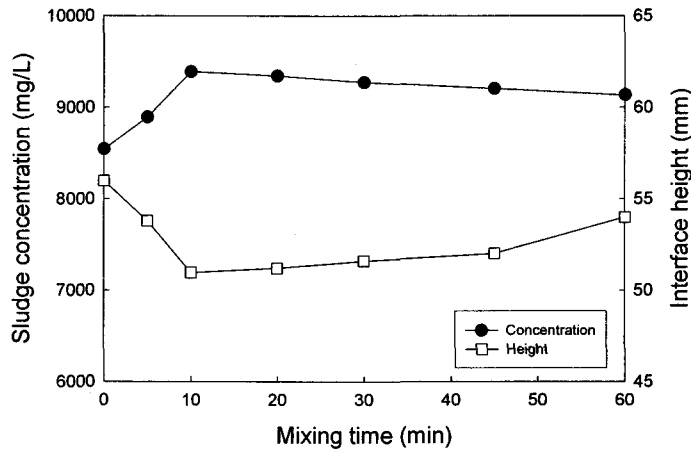
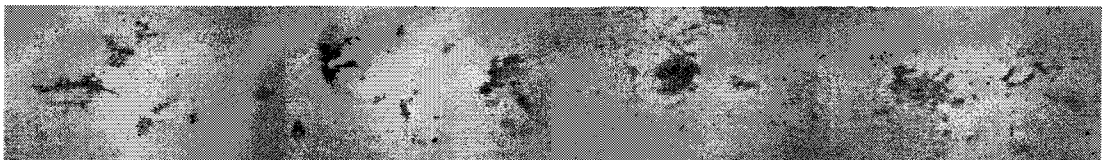


Fig. 1. Variation of sludge concentration and interface height with agitation time(20500 rpm).

Fig. 2에 homogenizer로 교반하기 전 슬러지와 교반 후 슬러지 사진을 나타내었다. 슬러지의 모습을 명확하게 관찰하기 위하여 교반 전과 후의 슬러지를 채취하여 시험관에 넣고 그람염색에 사용되는 사프란인 염색액을 몇 방울 떨어뜨린 후 10분 뒤 현미경에서 40배의 배율로 사진 촬영하였다.



(a) Raw sludge(x 40) (b) Raw sludge(x 40) (c) Agitated sludge(x 40) (d) Agitated sludge(x 40)

Fig. 2. Photographs of the sludge before and after agitation(20500rpm, 60min).

Fig. 2 (a)와 (b)에서 보듯이 플록의 크기가 크고 사상성 미생물이 플록 외부로 뻗어 있는 것이 관찰되었다. 그러나 20500 rpm에서 60분간 교반한 슬러지인 (c)와 (d) 사진을 보면 플

를 구성하고 있던 미생물들이 떨어져 나가 새로운 작은 플록을 형성하고 있는 것이 관찰되었으며, 사상성 미생물도 잘려져 있는 것이 관찰되었다. Image analyzer로 두 상태의 슬러지의 sauter mean diameter를 측정된 결과 각각 631 μm 와 427 μm 로 나타나 슬러지 플록의 입경이 줄어든 것으로 나타났다. homogenizer로 교반한 슬러지 플록 중에서 image analyser로 입경의 크기를 정확하게 측정하기 어려운 15 μm 이하의 입자를 제외하였다. 두 상태의 슬러지 플록 약 200개의 sauter mean diameter 범위를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Floc size of sludge before and after agitation

| | 50 μm 이하 | 50.1 μm ~100 μm | 100.1 μm ~200 μm | 200.1 μm ~300 μm | 300.1 μm ~400 μm | 400.1 μm ~500 μm | 500.1 μm ~700 μm | 700.1 μm ~1000 μm | 1000 μm 이상 |
|-------|------------------------|--|---|---|---|---|---|--|--------------------------|
| 원슬러지 | 10.2% | 30.1% | 34.1% | 13.6% | 4.5% | 1.2% | 3.9% | 1.2% | 1.2% |
| 교반슬러지 | 12.8% | 33.8% | 34.8% | 14.9% | 0% | 0% | 1.5% | 2.2% | 0% |

표에서 보듯이 원슬러지보다는 homogenizer로 교반한 슬러지의 플록 크기가 줄어든 것을 알 수 있었다. 300 μm 이상인 플록은 원슬러지의 경우 12.0%, 교반슬러지의 경우는 3.7%로 나타났으며, 교반슬러지의 경우 1000 μm 이상의 크기를 가지는 플록은 관찰되지 않았다. 그러나 교반슬러지의 경우 image analyser로 분석하기 어려운 10 μm 이하의 플록은 제외하였기 때문에 실제 sauter mean diameter가 427 μm 보다 적고, 50 μm 이하의 입자수가 많을 것이라고 사료되었다.

Fig. 3에 20500 rpm에서 시간에 따라 교반하고 부상한 슬러지를 여과시킬 때의 슬러지 함수율을 나타내었다. 그림에서 보듯이 슬러지의 함수율은 10분의 교반시간까지 조금 감소하였으나 10분 이상의 교반시간에서는 슬러지 함수율이 증가하여 60분에는 99.1%까지 증가하였다. 20분 이상의 교반시간을 가진 슬러지를 여과할 때 케이크 위에 끈적이는 투명한 물질이 남아 있는 것이 관찰되었는데, 이는 세포외 고분자 물질과 같은 것이 교반에 의해 세포로부터 빠져 나왔기 때문이라고 사료되었다. 이들 물질의 정량적인 고찰은 실시하지 않았다. 일정 교반 시간 이내에서는 사상성 플록이 깨져 부상효율이 증가하지만 최적 교반시간이

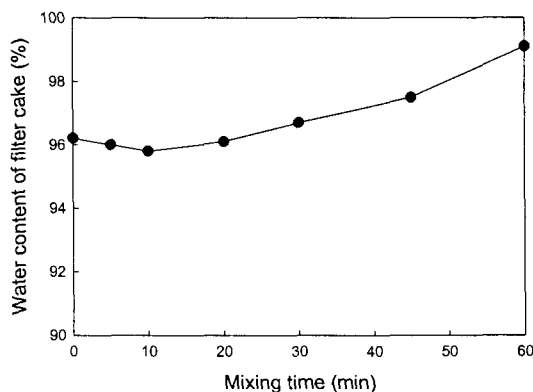


Fig. 3. Variation of water content of sludge with agitation(20500 rpm).

상에서는 세포에서 빠져나온 물질과 다양한 크기의 입경을 가지는 작은 플록들이 큰 플록 사이에 끼어들어 가압수 중의 기포의 상승을 막아 사상성 플록의 크기 감소로 인한 부상효율 증가효과를 상쇄시키기 때문에 부상효율이 감소되는 것으로 사료되었다.

4. 요 약

20500 rpm에서 10분 교반까지 계면높이는 감소하였으나 10분 이상의 시간에서는 계면 높이가 증가하는 경향을 나타내었으며, 슬러지 농도도 10분까지 경향을 농축농도가 증가하지만 그 이상의 교반시간에서는 농도가 서서히 감소되는 경향을 나타내었다. Homogenizer의 교반에 의한 최적조건에서의 부상효율은 약 10%의 효과가 있는 것으로 나타났다. Image analyser로 교반하지 않은 경우와 교반한 경우 슬러지의 sauter mean diameter를 측정한 결과 각각 631 μm 와 427 μm 로 나타나 슬러지 플록의 입경이 줄어든 것으로 나타났다. 슬러지의 함수율은 10분의 교반시간까지 조금 감소하였으나 10분 이상의 교반시간에서는 슬러지 함수율이 증가하여 60분에는 99.1%까지 증가하였다.

참 고 문 헌

- Choi, Y. G. and Chung, T. H., 2000, Effects of Hhumus Soil on the Settling and Dewatering Characteristics of Activated Sludge, *Wat. Sci. Tech.*, 42(9), 127-134.
- 최영균, 정태학, 염익태, 2005, 전해부상을 이용한 활성슬러지의 농축효율 향상, *상하수도학회지*, 19(3), 295-300.
- 김유창, 김재형, 신흥식, 2001, 용존공기부상(Dissolved air Flotation)을 이용한 수처리 기술, *機械와 材料*, 13(2), 113-124.