

PF19) 다중주파수 초음파처리를 이용한 하수슬러지의 탈수성 및 침강성의 변화에 관한 연구

김주호*, 김부길
동서대학교 토목공학과

1. 서 론

하수슬러지는 2002년 현재 2001개소에서 5,680ton/day로 발생하고 있으며, 발생량 또한 계속 증가하고 있다. 그러나 직매립이 금지되고 국제협약에 의해 해양투기가 지양되면서 유기성 폐기물인 하수슬러지의 적절한 처리에 대한 대책이 시급한 상황이다. 그럼에도 하수슬러지에 대한 최적의 처리방안이 아직 도출되지 못하고 있어 대책의 마련이 시급한 상황이다.

슬러지 감량화를 위한 전처리 기술은 물리·화학·생물·생화학 등 모든 분야에서 연구되어지고 있다. 그 방법으로는 기계적처리, 열적처리, 화학적처리, 오존처리, 생물학적처리가 있다.

기계적·열적처리는 높은 처리비용, 화학적·오존처리는 2차오염물질 생성의 위험성, 생물학적처리는 슬러지의 성장과 낮은 효율 등의 문제점이 발생되고 있다. 현재 초음파처리는 초음파 조사에 의해 슬러지 플록이 파괴되어 용해성 탄수화물과 유기성 기질이 방출되는 것을 이용하여 하수슬러지의 감량화에 이용되고 있다. 또한, 생분해도의 개선이 가능하고, 다양한 TS농도에 적용이 가능하다는 장점이 있다고 연구되어졌다.

본 연구에서는 기존의 초음파 전처리 공정의 효율을 높이기 위해 동시에 여러주파수를 조사하는 다중주파수 개념을 도입하였다. 다중초음파조사(multi-frequency irradiation)를 통해 가용화된 하수슬러지를 수처리시스템으로 반송시켜 재처리함으로써 하수처리장에서 발생하는 슬러지량을 줄여 슬러지처리 및 처분상의 경제성을 높이고 현재의 환경정책에 부합할 수 있는 방법을 연구의 목적으로 하였다. 이를 위해 CST(Capillary Suction Time) 측정을 통해 슬러지의 탈수성을 평가하고, SV측정을 통해 침강성에 관하여 검토하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 연구에서 사용된 슬러지는 교내 오수처리시설의 농축조에서 농축된 슬러지를 채취하였고, 협잡물(2mm체 이용)을 제거한 것을 12시간동안 중력침전후 상등액을 제거하여 사용하였다. 슬러지의 TS농도는 1.09~1.43%이고 유기물 함량은 약 53%였다. 실험은 슬러지 성장변화를 고려하여 6 hr이내에 실시하였고 실험기간동안 미생물 반응 및 온도에 의한 영향을 피하기 위해 냉장보관하였다.

2.2. 실험장치 및 방법

초음파 발생장치는 가로 100cm, 세로 75cm, 높이 70cm이며, 장치는 Fig. 1.과 같다. 반응기

의 유효용적은 45L이고, 20kHz, 28kHz, 40kHz의 주파수 진동자가 벽면으로 24개씩, 바닥에 6개씩 설치되었다. 각 진동자의 직경은 5cm이며 최대출력은 50W이다. 각 주파수의 진동자는 단독 및 합성하여 운전할 수 있게 제작되었다. 전류조절기를 이용하여 0mA~300mA까지 전류강도가 제어되었으며 최대전력은 약 100W/L였다. 각 주파수는 단독 및 합성으로 운전이 가능하고 2.7hr 이내의 시간내에서 타이머로 조절이 가능하다. 교반기는 최대 170rpm의 속도로 교반하여 초음파 조사효율을 높이는데 이용하였다.

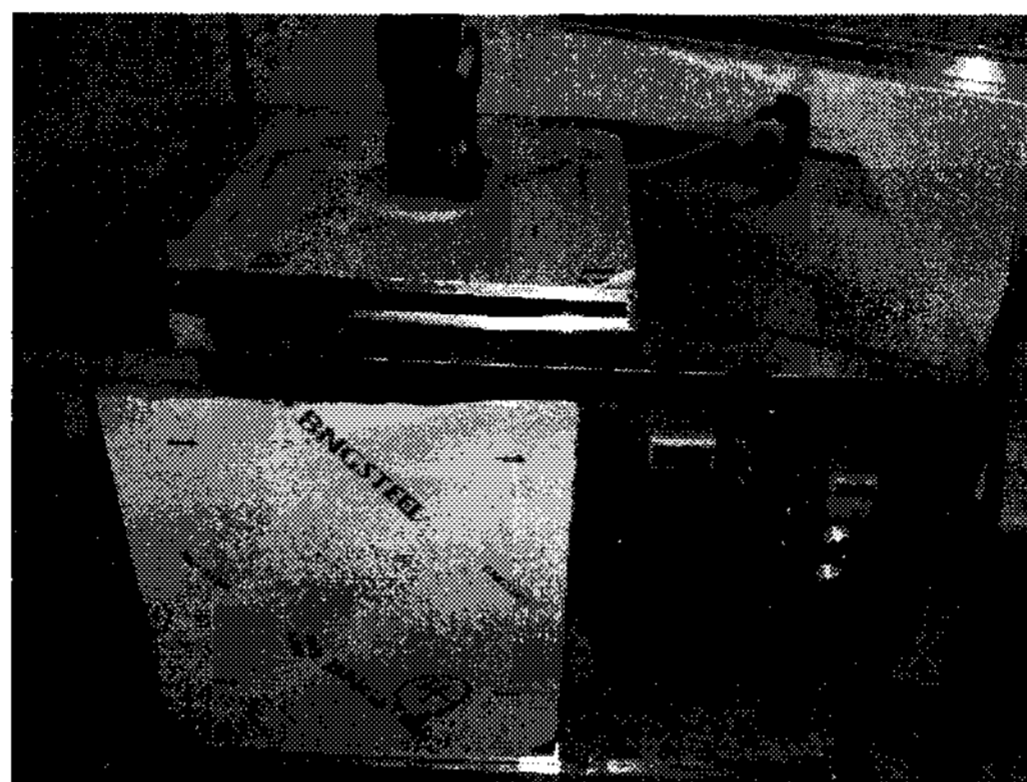


Fig. 1. Ultrasonic processor

실험은 슬러지 감량화를 목적으로 이중·삼중 주파수 및 조사시간에 따른 슬러지의 성상 변화를 조사하였다. 초음파장치에 45L의 슬러지를 투입한 후 장치의 교반기로 약 85rpm의 속도로 교반하면서 초음파를 조사하였다. 조사시간은 10~120 min으로 하였고, 주파수는 20kHz+28kHz, 20kHz+40kHz, 28kHz+40kHz, 20kHz+28kHz+40kHz를 사용하였다. 본 실험에서 사용된 전력밀도는 약 33W/L로 나타났다.

초음파처리에 의한 슬러지의 탈수성과 침강성에 대한 분석을 위하여 이중·삼중 주파수와 조사시간에 따른 CST와 SV측정을 실시하였다. 그 이외에 온도, pH 등을 선정하였다. 또한, 기존의 단일주파수 실험과 비교하여 하수슬러지에 대한 합성주파수의 효율을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 다중주파수에 의한 슬러지의 탈수성변화

Fig. 2.는 주파수와 초음파 조사시간 변화에 따른 CST 측정치를 나타낸다. 현 조사강도에서는 80분까지 증가하다가 이후에는 점차 감소하는 경향을 보였다. 이전의 단일주파수(조사강도 약 65W/L) 실험에서는 60분까지 증가하다가 감소하는 경향을 보여 조사강도가 CST값에 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한 초기 80분간 28+40kHz에서는 195.8sec까지 증가하고 20+28+40kHz에서는 271.4sec까지 증가하여 주파수 합성이 CST값에 영향을 미침을 알 수 있었다. 그 이유로 초음파 조사에 의한 입경의 미세화 및 세포벽의 파괴로 점도가 증가하여 값이 증가하나 80분 이후에는 슬러지 점도의 증가율보다 에너지 흡수율이 크게 되어 입자

로부터 흡착수 분리가 일어난 것에 기인한다고 생각되었다. 이는 탈수성이 개선될 수 있음을 보여준다.

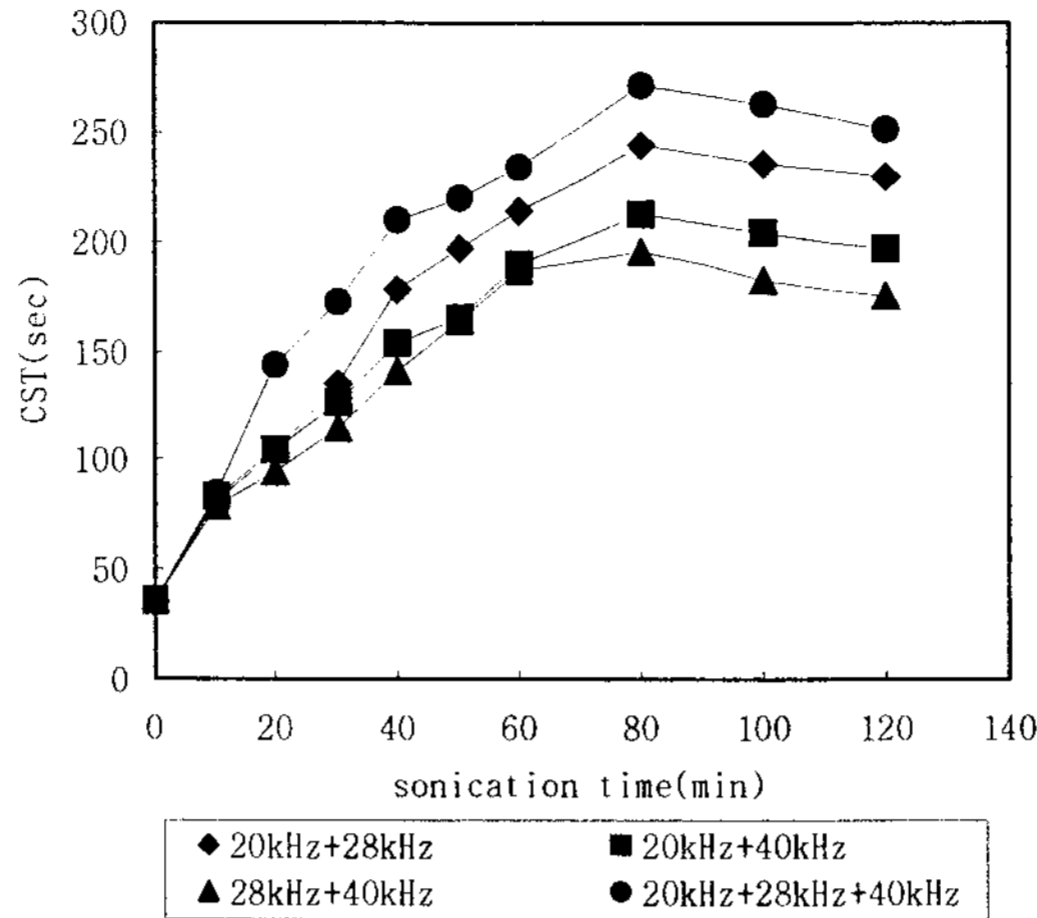


Fig. 2. Variations of CST with frequency and sonication time

3.2. 다중주파수에 의한 슬러지의 침강성 변화

Fig. 3.는 주파수와 조사시간에 따른 SV₃₀ 변화량으로 침강성 변화를 나타낸다. 본 실험조건에서는 주파수에 의한 영향은 거의 없었고, 조사시간에 좌우됨을 알 수 있었다. 또한, 초음파 조사와 동시에 침강성은 급격히 나빠졌고, 28+40kHz의 경우는 90분 조사한 시료에서부터, 20+28+40kHz의 경우에는 60분 조사한 시료에서부터 침강이 거의 일어나지 않아 주파수 합성이 침강속도에 영향을 미침을 알 수 있었다.

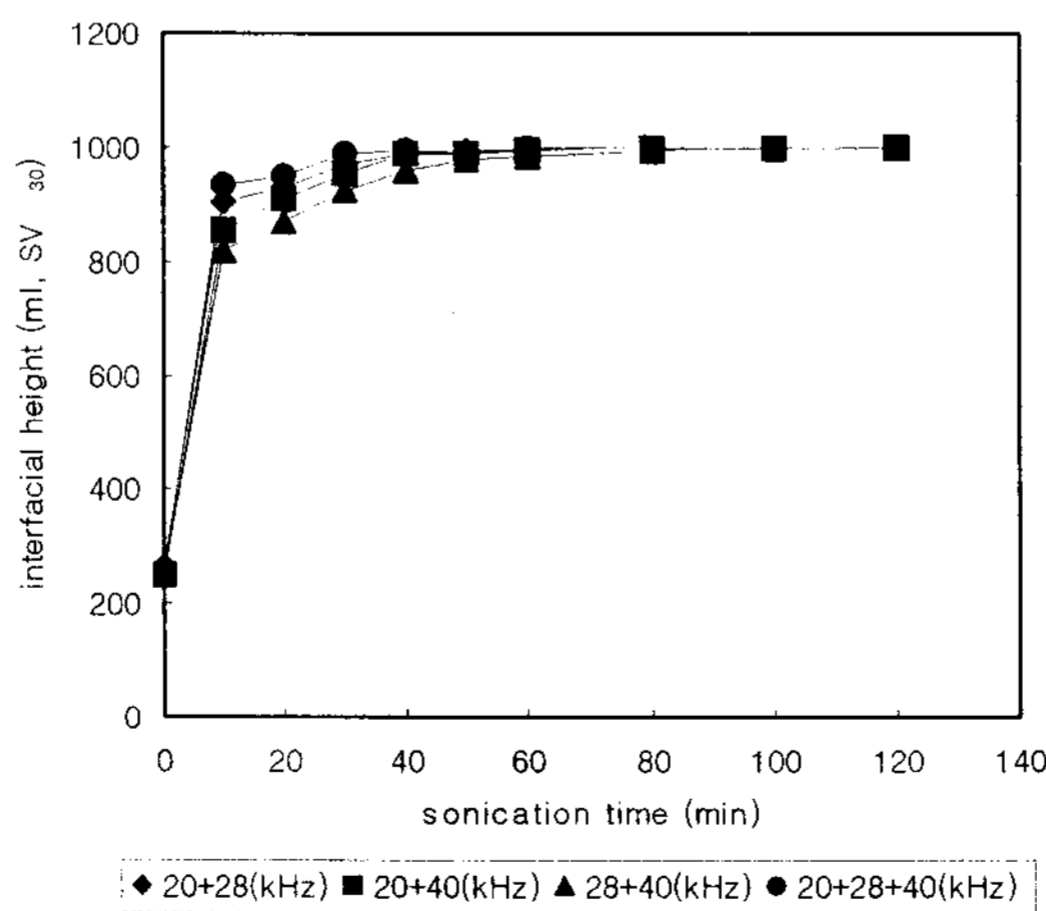


Fig. 3. Variations of SV with frequency and sonication time

3.3. pH, 온도의 변화

Table 1.은 주파수와 조사시간에 따른 온도와 pH 변화치를 나타낸다. 공동화현상으로 인

해 조사시간에 따라 온도는 증가하였고, 합성주파수에서 더 높은 온도 상승을 보였다. pH는 6.7~6.99로 초음파 조사로 인해 변화하지만, 거의 영향을 미치지 않았다.

Table 1. Variations of temperature and pH with frequency and sonication time

sonication time frequency (kHz)		0min	10min	20min	30min	40min	50min	60min	80min	100min	120min
		20+28	tem.(°C)	21.93	23.45	25.35	26.74	28.31	29.88	31.51	32.58
	pH	6.95	6.75	6.74	6.70	6.65	6.67	6.72	6.74	6.70	6.74
20+40	tem.(°C)	19.21	19.88	21.35	22.65	24.16	26.35	27.65	29.12	30.48	33.89
	pH	6.99	6.87	6.85	6.80	6.86	6.77	6.83	6.90	6.86	6.84
28+40	tem.(°C)	20.53	21.56	21.81	23.88	24.32	25.56	26.76	27.33	28.65	30.65
	pH	6.86	6.80	6.84	6.76	6.77	6.79	6.83	6.74	6.75	6.77
20+28+40	tem.(°C)	22.38	25.94	27.66	29.14	30.53	32.40	34.04	37.18	40.21	41.98
	pH	6.98	6.68	6.74	6.77	6.80	6.74	6.76	6.77	6.76	6.72

4. 요약

다중주파수 초음파를 이용한 하수슬러지의 전처리시 탈수성과 침강성에 관한 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CST 변화량은 조사시간 80분까지 증가하다가 이후에는 감소하는 경향을 보여 탈수성이 개선될 수 있음을 보였다. 또한 삼중주파수가 이중주파수 일때보다 더 큰 영향을 끼쳤다.
2. SV₃₀의 변화량은 초음파 조사와 동시에 급격히 변화하여 침강성의 악화를 가져왔다. 또한 삼중주파수가 이중주파수 일때보다 침강속도를 더 빨리 악화시켰다.
3. 수온은 상승하였고, pH의 변화는 거의 일어나지 않았다.

본 실험에서 다중주파수를 사용하였을때, 단일주파수를 사용했을때보다 효율이 높았다. 그러나 다중주파수를 이용한 초음파 처리시 정확한 탈수성과 침강성 평가를 위해 ECP, 여과비저항(SRF), 입도분도, 점도 등 다양한 후속연구를 진행해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Forster C. F., 1971. Activated Sludge Surface in relation to the SVI, Wat. Res., Vol. 5, pp. 861~871.
- Urbain V., Block J. C. and Manem J., 1993. Bioflocculation in Activated Sludge, An Analytical Approach, Wat. Res., Vol 27, pp. 829~838.

- 김부길, 2006. 초음파에 의한 하수슬러지 성상변화에 관한 연구, 한국환경과학회지, 투고중.
- 유명진, 2003. 다과장 및 역류 초음파 조사를 위한 슬러지의 가용화방법 및 이를 위한 다단 역류 초음파 조사장치, 특허청.
- 오철, 2003. 용인 하수처리장 슬러지 탈수성 증대를 위한 초음파의 활용, 석사학위논문, 명지대학교.
- 황선진, 2004. Source Control에 의한 하수슬러지 감량화 기술, 한국폐기물학회지, Vol.2004 No.2 pp. 2~7.