

굴껍질을 이용한 하수슬러지의 탈수특성에 관한 기초연구

신남철 · 문종익 · 정유진 · 장혜정 · 성낙창
동아대학교 환경공학과

The Characteristics of Municipal Wastewater Sludge Dewatering Using Oyster Shell Powder

Nam Chul Shin, Jong Ik Moon, Yu Jin Jung, Hye Jung Jang and Nak Chang Sung
Department of Environmental Engineering, Dong-A University

ABSTRACT

The objective of this study is to examine the substitution effect of the waste oyster shell powder as the conditioning agent in municipal wastewater sludge dewatering process. Because the oyster shells have a large amount(about 38% by weight) of alkaline minerals, such as calcium and magnesium, they are thought to have the potential as a good conditioning agent. In this study, the physico-chemical properties of powdered oyster shells(75 μ m or 200 mesh) and the dewatering characteristics of municipal waste water sludge using powdered oyster shells and CaCO_3 are investigated. The conclusions are as follows, 1. Oyster shell could produce calcium ions up to 14ppm at pH = 7.0, and this represents that oyster shell is a potential properties as a good conditioner. 2. 100 ml of wastewater sludges, conditioned with pre-treated oyster shell, are dewatered to the level of 25% solid concentration. 3. Wastewater sludges, conditioned with oyster shell and CaCO_3 are dewatered to the level of 32% solid concentration. And this shows that two-stage combined conditioning process is desirable than the one-stage conditioning process.

Keywords : Powdered oyster shell, Conditioning agent, Municipal wastewater sludge

I. 서 론

우리나라 하수종말처리시설은 65개 지역에 79개소이며, 시설용량은 약 11,452천톤/일의 규모로 설치·가동 중이다. 그리고 1995~2005년까지 162개소의 하수종말처리장의 설치하여 하수도보급율을 80%까지 끌어올릴 계획이다.¹⁾

1996년까지 미국, 영국, 독일, 그리고 스위스의 하수도보급율은 각각 70.8%, 86.0%, 89.0%, 그리고 94.0%인데 반하여 우리나라는 52.6%에 불과할 실정이다. 이에 정부는 향후 294개소의 처리장에서 2,000만톤/일의 하수를 처리할 계획으로 있으며, 이에 따라 하수슬러지의 발생량도 기하급수적으로 증가될 전망이다.

1996년 국내의 하수슬러지 발생량은 약 1,276천톤/년으로 하루에 3,495톤이 발생하고 있으며, 하수 1톤당 발생비용은 약 3.03%였다. 이들 슬러지의 처리비용은 하수처리시설의 운영비의 12.7%를 차지하고 있으며, 응집제 구입비용이 하수처리 시 사용되는 약품구입비용의 70%를 차지하고 있다.

또한 하수처리시설의 증설에 따라 2001년에는 슬러지 케이크가 21,729 m^3 /일, 2011년에는 24,329 m^3 /일 정도가 발생될 전망이다. 따라서 슬러지 탈수케이크 발생억제를 위한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

한편, 국내 해안 양식업 중 비중이 높은 굴 양식업에서 부산물로 발생하는 굴껍질은 해안에 야적되어 연안 어장의 오염, 공유수면 관리상의 지장, 자연경관의 훼손 및 보건위생상의 문제 등으로 환경문제를 초래하고 있다.²⁾

굴껍질의 발생량은 전국적으로 약 280,000 ton(생굴량의 약 9배)으로 예상되고 있으며 종패불이용으로 9%, 비료 및 공업원료로 1%로, 약 10%만이 재활용되고 있고, 공유수면 매립이 39%, 해안 야적 51% 등으로 90% 정도는 폐기되고 있는 실정으로, 이들 굴껍질의 재활용 방안이 시급한 것으로 생각된다.

따라서, 본 연구는 굴껍질의 물리화학적 특성을 조사하고 굴껍질을 하수슬러지의 탈수공정에 개량제로써 적용해 봄으로써 천연개량제로서의 적용가능성을 검토해보고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 하수처리 슬러지

본 연구에 사용된 하수슬러지는 부산에 위치한 J 하수종말처리장에서 발생하는 소화슬러지를 이용하였다.

2) 굴껍질 표준시료

남해안 일대에서 대량으로 폐기되고 있는 굴껍질을 수거하여 흙과 같은 불순물이 떨어질 정도로 증류수로 1회 세척한 후 충분히 자연건조시켰다. 자연건조된 굴껍질은 먼저 Ball mill로 분쇄한 후 철제유분과 자기유분을 이용하여 적정한 입경으로 파쇄하였다. 파쇄된 굴껍질은 200 mesh sieve로 선별하였다.

sieve로 선별된 굴껍질은 dry oven에서 105°C를 유지하면서 24시간 증발건조시켜 굴껍질이 흡습하지 않도록 데시케이터 속에서 보관하면서 표준시료로 사용하였다.

3) 굴껍질 성분분석

굴껍질 표준시료는 폐기물 공정 시험법에 준하여 ICP(Inductively Coupled Plasma)를 이용한 금속성분분석을 실시하였다.

굴껍질에 함유된 금속이온들 중 슬러지 개량에 있어 중요한 역할을 담당하는 칼슘, 마그네슘 그리고 나트륨 등의 용해도를 IC(Ion Chromatography)를 이용하여 분석하였다.

4) CaCO₃ 응집제

굴껍질의 응집효과를 평가하기 위하여 CaCO₃ 시약을 이용하였다.

2. 실험장치

실험에서 이용된 장치는 1) Standard sieve, 2) Standard jar test, 그리고 3) Standard Büchner funnel을 이용하였으며, 각각의 모식도를 다음의 그림에 나타내었다.⁴⁾

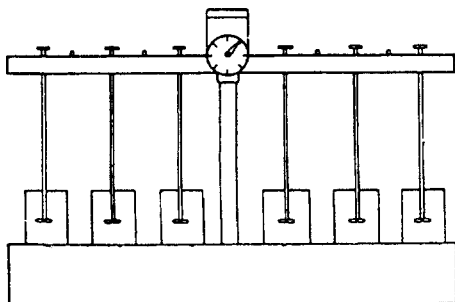


Fig. 1. Standard Jar Tester.

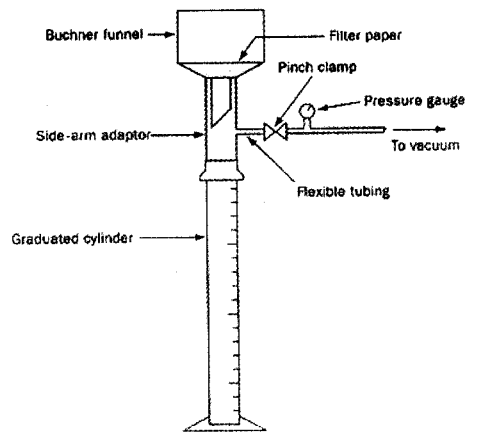


Fig. 2. Büchner Funnel Tester.

3. 실험방법³⁾

1) Jar Test

개량제의 응집효과를 증진시키기 위하여 적당량의 굴껍질 및 CaCO₃의 개량제와 슬러지를 교반시켜 처리하였다. Jar test의 교반시간은 30sec의 급속교반(약 130 rpm) 후 5min간 완속교반(약 30rpm)을 실시하였다.⁴⁾

2) Büchner Funnel Test

Jar test에서 개량된 시료는 Büchner Funnel Test에서 탈수성이 평가되었다. funnel에 이용된 filter는 직경 90 mm, pore size 6µm인 Advantec사의 No 2 여지가 사용되었다.⁸⁾

탈수된 케이크는 환경오염공정시험법에 의거하여 수분함량을 측정하였다.

3) 여액 점도

여과 후 메스실린더에 담긴 여액은 오스왈드 점도계를 이용하여 점도를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 하수슬러지의 특성

본 실험은 부산에 위치한 하수종말처리장의 소화슬러지를 사용하였으며, 슬러지의 고형물 함량은 3.4~4.6%인 것으로 나타났으며, pH는 7.4~8.2의 범위인 것으로 조사되었다. 고형물 함량은 일반적인 하수슬러지의 고형물함량인 4~8% 보다는 낮은 수치를 나타내었으나, pH는 비슷한 값을 나타내었다.

2. 굴껍질의 물리화학적인 특성

본 실험에서 사용된 굴껍질은 앞서 언급한 바와 같이 전처리하였으며, 그 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Physico-Chemical Properties of Crushed Oyster Shell

Composition	Concentration(ppm)
Al	769.0
As	31.1
Ba	82.0
Ca*	37.8
Cd	5.2
Cr	3.2
Cu	6.3
Fe	479.0
Mg	2,112.0
Mn	74.4
Na	540.0
Ni	5.6
Pb	9.8
Si	68.3
Zn	13.7
Moisture*	2.8

* : Percentage.

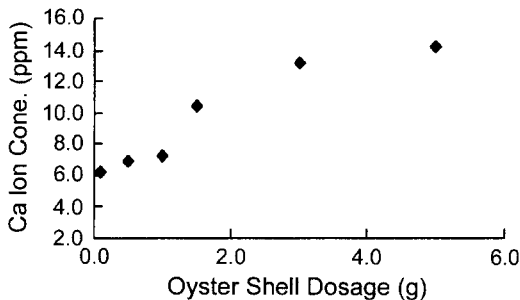


Fig. 3. Ca²⁺ dissolution characteristics of oyster shells(at 7.0 of pH).

Table 1에 나타난 바와 같이 굴껍질에는 칼슘성분을 비롯한 마그네슘과 나트륨이 다량 함유된 것으로 조사되었다. 이 중 칼슘은 약 38% 정도 함유되어 있는 것으로 조사되었다. 한편 한 등은 칼슘, 나트륨 그리고 마그네슘을 각각 37.6%, 7,900 ppm, 그리고 2,300 ppm으로 보고하였고, 강 등은 39.6%, 540 ppm, 그리고 2,112 ppm으로 보고하였다.^{5,6)}

Table 1의 결과로 볼때 굴껍질 내에 존재하는 알칼리성 금속이온에 의한 응집제로서의 적용가능성이 충분한 것으로 판단된다.

3. 굴껍질의 Ca²⁺용출특성

슬러지 응집제로서의 성능을 평가하기 위하여 굴껍질에서 용출되는 Ca²⁺의 용출특성을 살펴보았다(Fig. 3).

본 실험에서는 pH 7의 초순수에 분쇄된 굴껍질의 주

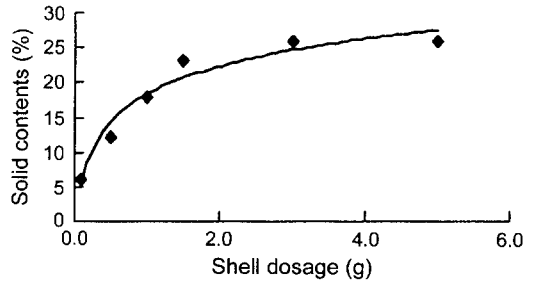


Fig. 4. Dewatering effect of oyster shell.

입량을 0.1~5.0 g/100 ml의 범위에서 변화시켜 Ca²⁺용출특성을 조사하여 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에 나타난 바와 같이 중성의 용출액에서 최고 14.2 ppm의 Ca²⁺ 성분이 용해됨을 알 수 있었다.

이때 굴껍질 분말의 용해량은 주입량 0.5 g, 1.5 g, 3.0 g, 그리고 5.0 g에서 각각 6.6%, 3.9%, 4.0% 그리고 3.0%가 용해된 것으로 나타났다.

이온의 농도를 I.C.로 측정하였으므로 pH 변동에 따른 이온의 용출특성을 측정할 수 없었으며, 또한 슬러지의 pH 범위가 중성인 점을 감안한다면 pH 변동에 따른 이온용출량을 측정하는 것은 비 경제적인 것으로 생각되었음.

4. 굴껍질의 탈수능

분쇄된 굴껍질 분말만을 이용하여 소화슬러지를 개량한 결과 다음의 Fig. 4와 같은 탈수효과를 나타내었다.

굴껍질만을 주입하여 탈수실험을 실시한 결과 슬러지 100 ml 당 2.0 g 이상의 굴껍질을 주입하여 개량할 경우 25% 이상의 고형물함량을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

굴껍질 개량제를 2.0 g 이상 투입하여도 고형물 함량이 더 이상 큰 폭으로 증가하지 않았으므로 굴껍질 만을 개량제로 투입하는 경우 적정한 굴껍질 개량제의 주입은 2.0 g 정도인 것으로 판단되었음.

5. 소석회와 굴껍질의 혼합개량특성

본 실험은 슬러지 시료 100 ml에 먼저 굴껍질을 0.1 g, 0.5 g 그리고 1.0 g을 주입하여 개량한 후, 소석회를 주입하여 탈수효과가 개선되는 것을 실험하였다(Fig. 5).

먼저, 슬러지 100 ml에 굴껍질 0.1 g으로 개량한 후 소석회를 주입하였을 경우, 소석회 1.0 g 이상 주입하는 경우 25% 정도의 고형물 함량을 얻을 수 있었다. 또한 굴껍질을 0.5 g과 1.0 g으로 주입하였을 경우는 소석회

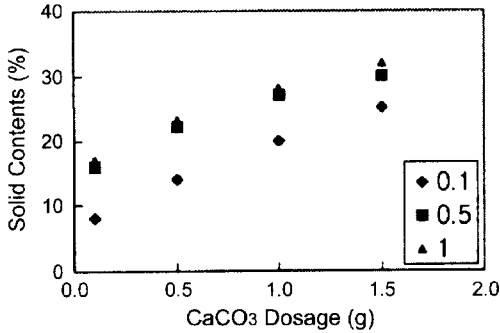


Fig. 5. Dewatering effect of oyster shell(0.1 g, 0.5 g, 1.0 g) with CaCO₃.

주입량이 1.0 g 이상 주입하였을 때, 각각 30%와 32%의 고형물 함량을 얻을 수 있었다. 따라서 굴껍질 주입량이 0.5 g~1.0 g 주입하였을 경우 얻어진 고형물 함량의 차이가 적고, 탈수효과의 개선이 적으므로, 소석회와 혼합하여 개량하는 경우 하수슬러지 100 m³/당 적절한 굴껍질첨가량은 0.5 g인 것으로 사료된다. 또한 적절한 소석회의 주입량은 1.0 g로 판단되는데, 이는 1.0 g 이상 주입함으로써 경제성이 떨어질 뿐 아니라 큰 개량효과의 증가를 나타낼 수 없기 때문이다.

III. 결 론

굴껍질을 이용한 하수슬러지의 탈수특성에 관한 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. pH 7에서 굴껍질의 칼슘이온의 용출량은 약 14 ppm으로 나타났으며, 그 외 나트륨, 마그네슘 이온은 각각 7.454 ppm과 0.21 ppm으로 나타났으므로 굴껍질이 하수슬러지 개량에 적용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

그러나 굴껍질에서 용해된 이온성분 중 나트륨의 경

우 용출된 이온들 중 일부는 굴껍질 자체에서 용출된 이온이라기 보다는 해수에 기인한 것으로 추정된다.

2. 200mesh 이하로 전처리한 굴껍질을 이용한 하수슬러지의 개량시 시료 100 m³/당 2.0 g 이상의 굴껍질을 개량제로 주입할 경우 25%의 고형물 함량을 얻을 수 있었다. 그러나 탈수에 다소 많은 시간이 요구되므로, 응집능 향상을 위한 방안의 모색이 필요한 것으로 생각되었다.

3. 굴껍질과 소석회를 동시 주입하여 슬러지를 개량한 경우, 굴껍질 0.5 g과 소석회 1.0 g을 주입하여 개량하는 경우 30%의 고형물함량을 얻을 수 있었다. 굴껍질과 소석회를 더 많은 량을 주입함으로써 고형물함량이 증가하였지만, 그 차이가 적었다.

굴껍질과 소석회를 혼합개량하는 경우 굴껍질 단독으로 개량하는 경우보다 개량에 필요한 시간이 대폭 감소하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 1) 환경부 : 환경백서, 1997.
- 2) 문병현 : 굴껍질을 이용한 침적형 생물막법과 활성슬러지법의 유기물제거의 비교연구, 창원대학교 환경문제연구소보, 4, 129-137, 1995.
- 3) Lenore S. Clescerl, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th edition, 1998.
- 4) 환경오염공정시험법, 동화기술, 1997.
- 5) 한종대 : 굴껍질의 중금속 제거에 관한 연구, Theories and Application of Chem. Eng., 1(2), 697-700, 1995.
- 6) 강지훈 : 굴폐각으로부터 고급 침강성 탄산칼슘의 제조 공정 개발에 관한 연구, 한국폐기물학회지, 13(2), 1996.
- 7) 성낙창 : 굴껍질을 이용한 도금폐수의 중화 및 중금속 이온 제거, 한국환경위생학회지, 22(3), 81-87, 1996.
- 8) 최성우 : 가성소다 첨가가 하수 슬러지 탈수에 미치는 영향, 한국폐기물학회, 14(3), 320-327, 1997.