

분말 폐굴껍질을 이용한 정수슬러지의 탈수 개선방안

문종익[†] · 최성문 · 임영석 · 성낙창 · 김철* · 곽영규*

동아대학교 환경공학과
* 동의공업대학 환경시스템공학과

The Study on the Dewaterability Improvement of Water Treatment Sludge Using Powdered Waste Oyster Shells

Jong Ik Moon[†], Sung Moon Choi, Young Seok Lim, Nak Chang Sung,
Chul Kim* and Young Kyu Kwak*

Dept. of Environmental Eng., Dong-A University

** Dept. of Environmental System Eng., Dongeui Institute of Technology*

(Received 5 March 2001 ; Accepted 21 May 2001)

ABSTRACT

The object of this study is to find out the characteristics of waste oyster shells and determine the proper dosage of powdered waste oyster shells as the conditioning agent for water treatment sludge dewatering process. The large amount of waste oyster shells which discharges from the oyster farming, occurs serious environmental hazards. However, oysters shell contain large amount(about 38% by weight) of alkaline minerals, such as calcium and magnesium and so on, this natural material is thought to have the potential ability as a good conditioning agent. The results of this study are as follows.

The optimum condition for improvement of the water treatment sludge dewaterability is when 6 g of waste oyster shell powder added to 200 ml of water treatment sludge. At optimum condition, the solid contents can reach to 31.78% and the specific resistance of conditioned sludge is $0.16 \times 10^8 \text{ sec}^2/\text{g}$. However, exceeding the optimum oyster shell dosage, the specific resistance do not decreased. Therefore, the addition of optimum amount of powdered waste oyster shell is needed to get the effective result.

Consequently, the waste oyster shell can be a recyclable material to improve the dewaterability of water treatment sludges.

Keywords : Powdered waste oyster shells, water treatment sludge, dewaterability

I. 서 론

일반적으로 정수처리는 수처리와 슬러지처리로 나누어 볼 수 있다. 수처리에서는 원수에 포함된 오염물질들을 음용수 수질기준에 적합하도록 제거하는 것을 목적으로 하고, 이 과정에서 생성된 부산물인 슬러지들은 별도의 슬러지처리를 거친 후 처분된다.¹⁾ 현재 정수슬러지에 소요되는 처리비용은 전체운전 비용의 40~50%에 달하고 있으며, 정수장의 증설, 원수의 수질악화로 인한 기존 시설의 보완 등으로 인해

그 양이 기하급수적으로 증가하고 있는 실정이다.²⁾

정수장에서 발생한 슬러지는 침전지에 쌓인 찌꺼기와 여과지 역세척수에 포함된 현탁물질로 구성된다. 이들 정수슬러지의 고형물질은 아주 적은 부분을 차지하고 있는데, 그중 대부분이 물로 구성되어 있다. 정수슬러지의 특성은 원수의 수질과 응집제의 종류에 따라 크게 다르며 이러한 특성이 슬러지의 농축·탈수에 영향을 미친다. 고탁도 원수의 슬러지는 농도가 높고 탈수가 쉬우며, 저탁도 원수의 슬러지는 탈수가 비교적 어려운 것이 일반적이다.³⁾

한편, 최근 국내 해안 양식업 중에 비중이 높은 굴 양식업에서 부산물로 다량 발생되고 있는 굴껍질은 해안에 야적되어 연안어장의 오염, 공유수면 관리상의 지장, 자연경관의 훼손 및 보건위생상의 문제 등으

[†]Corresponding author : Department of Environmental System Engineering, Dong Eui Institute of Technology.
Tel : 051-860-3259, Fax : 051-860-3337
E-mail : jeansbach@hanmail.net

로 환경문제를 초래하고 있다. 현재 남해안 일대에서 굴생산량은 총 3만 1천톤 정도(전체 발생량의 70~80%를 차지)이며, 굴껍질의 발생량은 28만톤에 달하고 있고, 그 중에 약 10% 미만이 종패 부착용(2만 5천톤), 비료(2천톤)으로 가공처리되고 있을 뿐 해양수산 폐기물인 굴껍질의 처리방법과 자원으로 재활용하기 위한 연구가 무엇보다도 시급히 요구된다.⁴⁾ 또한, 폐굴껍질의 대부분은 Ca성분이 차지하고 있어, 이 Ca²⁺이온이 갖는 양전하의 역할로 응집을 촉진시켜 슬러지 입자가 서로 입자사이에 들어가 지지하게 되어 액이 흐를 수 있는 간격을 가지게 하며, 그 외에 플러를 무겁게 하여 침전성을 좋게 하는 등 장점을 지니고 있어 약간의 전처리를 한다면 슬러지 개량제로써 활용성이 충분히 있을 것으로 사료된다.⁵⁻⁷⁾

따라서, 본 연구에서는 정수슬러지의 탈수성 증진을 위한 개량제로써 남해안 일대에 다량으로 발생되고 있는 폐굴껍질을 사용하여 슬러지에 대한 적용성을 검토하고 개량을 위한 최적조건을 결정하고자 한다.

II. 실험방법

1. 실험재료

1) 정수슬러지의 특성

본 실험에 사용된 정수슬러지는 경상남도에 위치한 K시 S정수처리장에서 발생하는 슬러지를 이용하였다.

슬러지의 고형물 함량은 1.85~2.16%인 것으로 나타나 정수슬러지의 대부분이 물로 구성되어 있음을 알 수 있었다. pH는 6.5~6.6의 범위로 약산성을 나타내고 있었다. Table 1.은 정수슬러지의 일반적인 특성을 나타내고 있다.

Table 1. General characteristics of water treatment sludge

Item	Value
Water Content(%)	97.84~98.19
TS(%)	1.81~2.16
Temp.(°C)	10.7~11.2
pH	6.3~6.8

2) 폐굴껍질 표준시료

본 실험에 사용한 폐굴껍질은 남해안 일대에서 다량으로 폐기처분되고 있는 굴껍질을 수거하여 흙과 같은 불순물이 떨어질 정도로 증류수로 1회 세척한 후 24 시간이상 충분히 자연건조시켰다. 자연건조된 굴껍질은 먼저 Ball mill로 분쇄한 후, 철제유분과 자

기유분을 이용하여 적절한 입경으로 파쇄하였다. 파쇄된 분말굴껍질은 200 mesh sieve (75 μm)로 선별하여 통과한 것을 사용하였다.

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

2. 실험방법

1) Jar Test⁸⁾

본 연구에서는 폐굴껍질을 정수슬러지 개량제로서의 응집효과를 증진시키기 위하여 적당량의 굴껍질과 슬러지를 교반시켜 처리하였다. Jar Test의 교반시간은 약 130 rpm에서 30 sec의 급속교반 후 약 30 rpm에서 5 min간 완속교반을 실시하였다.

Table 2. Experimental condition for possibility of recycling as conditioning agent of powdered waste oyster shells

Condition	Value	
Dosage(g)	3~8	
Size(Mesh)	200	
Temp.(°C)	Room	
sludge(ml)	200	
Time	Rapid(130 rpm)	30 sec
	Slow(30 rpm)	5 min

2) Standard Büchner Funnel Test와 여과 비저항의 측정

Jar Test를 마친 개량제와 혼합된 시료를 다음과 같은 순서로 실험하여 TTF(Time to Filter)를 측정하였다.

판넬에 직경 110 mm, pore size 6 μm인 Adventec사의 No. 2 여지를 놓은 다음 증류수로 적셔 여과지로 봉입하고 판넬에 미리 조제된 시료 200 mL을 붓고 10 sec 간격으로 여액량을 측정하고 10 sec 동안에 여액량이 1 ml 이하까지 떨어지거나 슬러지 캐

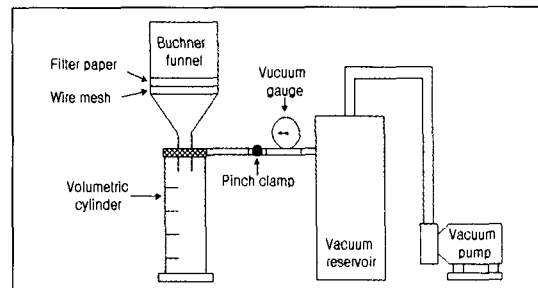


Fig. 1. Standard Büchner Funnel Tester.⁹⁾

이크에 균열이 생길 때 여액의 부피(V)와 시간(t)을 기록하여 종료하였다.⁹⁾

또한, t/V 와 V를 Plotting하여 기울기(b) 값을 구하여 비저항계수를 산출하였다.¹⁰⁾ 그리고, 슬러지 케익의 고형물 질량분율은 슬러지케의 균일이 생길 때 슬러지 케익의 깊이를 잰 다음 젖은 케익을 건조기에 넣고 18시간 동안 105±1°C에서 건조시킨 후에 무게를 측정하였다.⁷⁾

3) 분말폐굴껍질의 Ca²⁺ 용출실험

분말폐굴껍질의 물에 의한 Ca²⁺의 용출특성을 살펴 보기 위하여 사용된 물은 초순수기를 통과한 초순수 100 ml에 굴껍질 시료를 가변하여 주입한 후 Jar Test에서 15분간 교반하여 용출된 Ca²⁺이온을 IC를 이용하여 측정하였다.

4) 분석방법과 사용기기

분말 폐굴껍질의 경우 ICP(JOBINYVON JY500P)를 이용하여 화학적 특성을 분석하였고, Ca²⁺의 용출 특성을 알아보기 위해 실시된 용출실험은 IC(Dionex DX 100)를 이용하여 분석하였다.

Jar Test는 환경오염공정시험법을 따라, TTF의 측정은 Standard methods에 준하여 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 분말 폐굴껍질의 특성

분말 굴껍질의 금속성분을 ICP를 이용하여 분석한 결과, 굴껍질에는 칼슘성분을 비롯한 마그네슘과 나트륨이 다량 함유된 것으로 조사되었다. 이 중 칼슘은 약 38% 정도 함유되어 있는 것으로 나타나, 굴껍질 내에 존재하는 알칼리성 금속이온에 의한 정수 슬러지의 탈수 및 응집체로서의 적용가능성이 충분한 것으로 판단된다.¹¹⁾

2. 분말 폐굴껍질의 Ca²⁺ 용출특성

슬러지 응집체로서의 성능을 평가하기 위하여, 본 실험에서는 pH 7의 초순수에 분쇄된 굴껍질의 주입량을 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 3.0, 5.0 g/100 ml의 범위에서 변화시켜 Fig. 2에 굴껍질에서 용출되는 Ca²⁺의 용출 특성을 나타내었다.¹¹⁾

Fig. 2에 나타난 바와 같이 중성의 용출액에서 주입량 5.0 g일 때, 최고 14.2 mg/l의 Ca²⁺ 성분이 용해되어, 정수 슬러지에 주입할 경우 Ca²⁺이 충분히 용출되어 탈수에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되었다.

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% 그

리고 3.0%가 용해된 것으로 나타나, 주입량에 따라 Ca²⁺ 용출농도는 높지만, 용해도는 상반된 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

이온의 농도를 IC로 측정하였으므로 pH 변동에 따른 이온의 용출특성을 측정할 수 없었으며, 또한 슬러지의 pH 범위가 중성인 점을 감안한다면 pH 변동에 따른 이온용출량을 측정하는 것은 비경제적인 것으로 생각되었다.

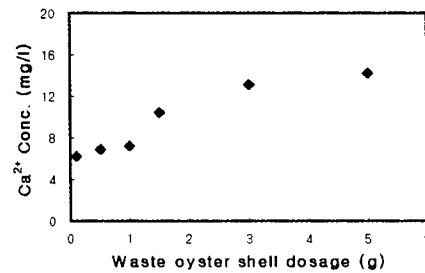


Fig. 2. Ca²⁺ dissolution characteristics of powdered waste oyster shells(at 7.0 of pH).

3. 정수슬러지의 탈수특성

슬러지 탈수시설 설계시 슬러지 탈수효율을 향상시키기 위해서는 탈수속도의 증가와 탈수케익의 함수율 저감에 중점을 두어야 한다. 본 논문에서는 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 폐굴껍질 주입량에 따른 여과비저항계수의 변화

Fig. 3은 정수 슬러지에 분말 굴껍질을 3, 4, 5, 6, 7, 8 g을 주입시킬 때, 나타나는 여과비저항계수의 변화이다.

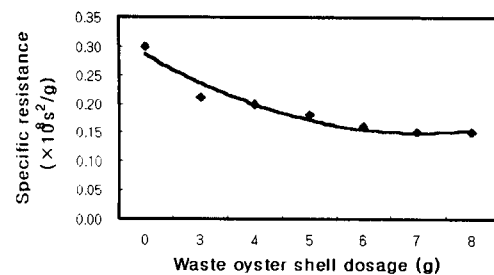


Fig. 3. Effect of powdered waste oyster shell dosage on specific resistance.

분말 굴껍질을 주입하지 않은 정수 슬러지의 비저항계수는 0.3×10⁸ sec²/g을 나타냈으나, 분말 굴껍질을 주입하자 비저항계수는 점차 낮아지는 경향을 보였으며, 7 g 주입시 0.15×10⁸ sec²/g을 유지하여 더 이상 낮아지지는 않았다.

2) 폐굴껍질 주입량에 따른 여과비저항계수와

TTF의 관계

Fig. 4는 여과비저항계수(Specific Resistance to Filtration:SRF)와 TTF(Time to Filter)와의 관계를 나타낸 그래프이다.

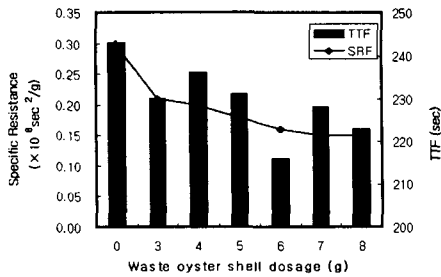


Fig. 4. Relations between specific resistance to filter(SRF) and time to filter(TTF).

TTF는 슬러지 부피의 50%가 여액으로 빠져 나오는데 걸리는 시간을 측정하여 나타내는 것으로써, 실험실 규모에서 슬러지의 탈수성을 평가하기 위해 사용된다.

분말 굴껍질을 주입함에 따라 비저항계수와 TTF는 모두 낮아지는 경향을 보이고 있을 뿐 아니라 탈수 효율이 증진되고 있음을 알 수 있었다. 특히, 분말 굴껍질 6 g 주입시, 비저항계수가 $0.16 \times 10^8 \text{ sec}^2/\text{g}$ 로 낮았으며, TTF가 216 sec로 여과 시간도 빨라서, 탈수 효율이 가장 우수했다.

3) 폐굴껍질 주입량에 따른 여과비저항치와 고형물함량의 관계

Fig. 5는 여과비저항계수(SRF)와 탈수된 슬러지 내의 고형물 함량(solid contents)과의 관계를 나타낸 그래프이다.

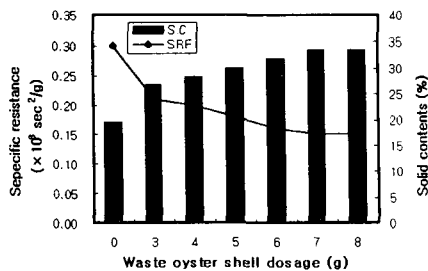


Fig. 5. Relations between specific resistance to filter(SRF) and solid contents.

비저항계수가 낮아짐에 따라 고형물 함량은 반비례 관계를 나타낸 반면, 탈수된 슬러지내에 고형물 함량이 높으면 탈수도 수월하게 이루어짐을 알 수 있다. 분말 굴껍질 7 g 주입시, 비저항계수 0.15×10^8

sec^2/g 일 때, 고형물 함량은 약 33%를 나타내, 분말 굴껍질을 주입하지 않은 슬러지 고형물 함량 약 19% 보다 슬러지의 함수율이 상당히 낮아졌음을 알 수 있었다. 비저항계수와 마찬가지로 고형물 함량도 분말 굴껍질 7 g 주입시부터는 그다지 큰 변화를 나타내지 않고 있다.

IV. 결 론

폐굴껍질을 이용한 정수슬러지의 탈수특성에 대한 시험을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 폐굴껍질을 이용하여 정수슬러지를 개량 할 경우 정수슬러지 200 ml에 입경 200 mesh 이하인 굴껍질을 6 g, 7 g을 주입했을 경우 탈수에 소요되는 시간을 나타내는 인자인 TTF는 각각 216 sec, 228 sec로 나타났다.
2. 탈수성평가지표의 하나인 슬러지의 여과비저항계수는 굴껍질 주입량 6 g과 7 g에서 각각 $0.16 \times 10^8 \text{ sec}^2/\text{g}$, $0.15 \times 10^8 \text{ sec}^2/\text{g}$ 으로 나타났다.
3. 폐굴껍질을 이용한 정수슬러지의 개량시 폐굴껍질의 주입량이 증가할수록 슬러지 케이크 고형물함량도 증가하였으며, 6 g과 7 g을 주입할 경우 각각 약 32%와 33%로 나타났다.
4. 따라서, 분말 굴껍질을 정수슬러지의 탈수공정에 적용함으로써 탈수시간(TTF)의 단축, 여과비저항(SRF)의 감소 및 탈수케이크의 고형물함량의 증가 등의 효과를 나타내는 결과를 미루어 볼 때, 분말 폐굴껍질이 정수슬러지의 탈수 개선방안으로써의 가능성이 있을 뿐 아니라 향후 폐기물의 재활용측면에서 개량제로서 재활용 가능성이 충분히 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 김승현, 윤조희, 문성용 : 유기폴리머를 이용한 정수슬러지의 농축 및 탈수특성 향상, 한국물환경학회지 16(3), 316, 2000.
- 2) 환경부 : 환경통계연감, 127, 1999.
- 3) 유명진 : 휘발성 고형분함량과 입자분포의 변화가 상수슬러지 탈수 특성에 미치는 영향, 대한환경공학회지, 19(2), 255-268, 1997.
- 4) 해양수산부 : 해양수산통계연보, 1998.
- 5) 이영경 : 분말 폐굴껍질을 이용한 정수 슬러지의 탈수 개선방안에 관한 기초 연구, 동아대학교 산

- 업대학원 석사학위 청구논문, 2, 2000.
- 6) 박경심 : 정수처리에서 분말 폐굴껍질의 응집보조 효과에 관한 연구, 동아대학교 산업대학원 환경관리학과 석사학위논문, 2000.
- 7) 강지훈 : 굴폐각으로부터 고급 참강성 탄산칼슘의 제조공정개발에 관한 연구, 한국폐기물학회지, **13(2)**, 1996.
- 8) 환경부고시 1991-97호 : 환경오염공정시험법, 1991.
- 9) Lenore S. Clescerl, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, 1998.
- 10) 심성철 : 비저항계수 측정방법의 비교와 우리나라 슬러지의 탈수특성연구, 고려대학교 학위논문, 1989.
- 11) 문종익 외 4인 : 굴껍질을 이용한 하수 슬러지의 탈수특성에 관한 연구, 한국환경위생학회, **26(2)**, 2000.