

소화슬러지 탈수성 개선을 위한 폐달걀껍질 재활용

김은호 · 김성수*

신라대학교 낙동강연구원 · 신라대학교 자동차공학과*

Recycling of waste egg shells for dewaterability improvement in digested sludge with recycling of waste egg shells

Ean-Ho Kim · Seong-Soo Kim*

Nakdong River Research, Silla University

*Dept. of Automotive Engineering, Silla University**

Abstract

The purposes of this study were to examine applicability of waste egg shells as conditioning agent, to determine the optimum conditions for improving digested sludge dewaterability and to compare with before and after adding them. It estimated that the optimum conditions were dosage 30 g/L, particle size 10mesh, temp. 30°C, pH 7 and dewatering pressure 2.66×10^4 N/m². On the basis of induced optimum conditions, if adding waste egg shells in digested sludge, its specific resistance was 1.13×10^{12} m/kg and was low about 3 times than raw digested sludge 3.5×10^{12} m/kg.

Therefore, in view of waste recycling, it seemed that we could utilize waste egg shells as conditioning agent for improving dewaterability of digested sludge.

I. 서 론

향후 슬러지의 해양투기가 금지될 전망으로 지속적인 하수도 보급율의 증대에 따라 슬러지의 처리·처분시 상당한 환경문제를 야기할 것으로 예상된다¹⁾.

그러므로, 이와 같은 슬러지를 처리·처분할 경우에 탈수과정을 거치는 것은 슬러지에 함유되어 있는 수분을 제거하여 처분하여야할 슬러지량을 감소시키기 위함이다. 일반적으로 슬러지 처리비는 하수처리비용의 전체의 1/2~1/4 정도에 해당되며²⁾, 이 중에 슬러지 탈수처리가 가장 큰 비율을 차지한다. 따라서, 슬러지 탈수에 소요되는 비용

을 감소시킬 수 있다면 폐수처리비용을 효과적으로 감소시킬 수 있으므로 슬러지 탈수성 증진을 위해 무엇보다도 슬러지 개량이 우선적으로 수행되어야 할 것이다. 슬러지 개량에는 크게 물리·화학적 그리고 생물학적인 방법 등이 널리 이용되었지만 최근에는 폐기물의 재활용 측면에서 폐굴껍질, 연탄재²⁾ 및 비산재³⁾ 등을 슬러지 개량제로써 활용하려는 다양한 접근이 이루어지고 있으나 과다한 사용으로 인하여 슬러지량이 증가하는 단점이 있다. 그러나, 이들은 다공성이며 투과가 잘되는 불활성 물질로 구성되어 있어 탈수전 단계에 첨가하여 슬러지가 압축되면서 발생하는 폐쇄현상을 방지할 뿐만 아니라 화학개량제 보다 탈수과정

에 있어 변화가 거의 없는 장점을 지니고 있다. 또한, 폐기물을 이용하여 슬러지를 개량함으로써 폐기물도 처리할 수 있는 일석이조의 효과를 얻을 수 있어 폐기물 재활용 측면에서 볼 때 아주 바람직한 방법으로 생각된다. '96년 현재 달걀 생산량⁴⁾은 총 469,873 ton/year 정도로써 달걀껍질 발생량은 약 52,626 ton/year으로 산출되고 있으나 거의 전량이 매립되고 있는 실정인즉 무언보다도 페달갈겅질의 처리방안과 자원으로 재활용을 위한 연구가 아주 시급한 실정이다.

페달갈겅질은 다량의 Ca²⁺ 성분 등으로 구성되어 있을 뿐만 아니라 페달갈겅질은 표면적이 불규칙하여 비표면적이 높고 다량으로 함유되어 있는 Ca²⁺은 자신이 갖는 양(+)전하의 역할로 응집을 촉진시키고 탈수케이크의 다공질화로 처리상의 슬러지 입자가 서로 입자사이에 들어가 지지하게 되어 액이 흐를 수 있는 간격을 가지게 하며 그 외에 플러의 무게를 무겁게 하여 침전성을 좋게 하는 등 장점을 지니고 있어 약간의 전처리를 한다면 슬러지 개량제로서 재활용성이 충분히 있을 것으로 여겨진다.

따라서, 본 연구에서는 폐기물 재활용 측면에서 페달갈겅질을 소화슬러지의 탈수성 개선을 위한 개량제로서 활용성을 검토해보고자 한다.

II. 이론적 고찰

슬러지 여과의 기초식은 Poiseuille와 Darcy의 법칙으로부터 식 (1)과 같이 표현할 수 있다⁵⁾.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P}{\mu} \cdot \frac{AK}{L} \quad (1)$$

여기에서,

dV/dt : 슬러지 여과시 탈리액의 시간에 따른 체적변화율

t : 시간 (s)

V : 탈수액의 체적 (mL)

P : 탈수압력 (g/cm²)

A : 여과면적 (cm²)

μ : 탈리액의 점성계수 (g/cm · s)

K : 투과성

L : 슬러지 케이크의 두께 (cm)

R_f = 1/K로 정의될 수 있으므로 식 (1)을 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P}{\mu} \cdot \frac{A}{LR_f} \quad (2)$$

여기에서,

R_f : 단위 여과면적당의 초기저항

여과시 저항은 여과매체에 의해 초기에 생겨나는 초기 저항과 슬러지 케이크에 의하여 생겨나는 저항이 있다. 그러므로, 식 (3)이 성립하게 된다.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P}{\mu} \cdot \frac{A}{(LR_f + R_f)} \quad (3)$$

슬러지 케이크의 체적은 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$L \cdot A = v \cdot V \quad (4)$$

여기에서,

v : 탈리액의 단위체적당 퇴적되는 케이크의 체적

따라서, 식 (4)와 식 (3)에 대입하면 식 (5)을 얻을 수 있다.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{PA^2}{\mu (R_f v V + R_f A)} \quad (5)$$

식 (5)에서 탈리액의 단위체적당 퇴적되는 케이크의 체적 대신에 탈리액의 단위체적당 퇴적되는 케이크의 건조중량으로 표현하는 것이 더욱 편리하므로 케이크 단위체적에 의해 생기는 저항은 단위중량에 의한 저항으로 표현할 수 있다. 그러므로, 식 (5)는 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{dv}{dt} = \frac{PA^2}{\mu (rwV + R_f A)} \quad (6)$$

여기에서,

w : 슬러지 케이크의 건조중량 (g/cm³)

r : 비저항(Specific resistance) (s²/g)

여과기간중에 사용되는 압력이 일정하다고 가정하면 식 (6)을 적분하여 식 (7)을 얻을 수 있다.

$$\int_0^t dt = \int_0^V \left(\frac{\mu rwV}{PA^2} + \frac{R_f \mu}{PA^2} \right) dv$$

$$t = \frac{\mu rwV^2}{2PA^2} + \frac{R_f \mu V}{PA} \quad \text{또는}$$

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu rwV}{2PA^2} + \frac{\mu R_f}{PA} \quad (7)$$

식 (7)은 t/V를 Y 축, V를 X 축으로 하는 Y=bX+a 직선식이 되며 기울기와 절편은 식 (8)로 표현할 수 있다.

$$b = \frac{\mu rw}{2PA^2}, \quad a = \frac{\mu R_f}{PA} \quad (8)$$

따라서, t/V에 대하여 V를 Plotting한 직선의 기울기와 절편을 식 (8)에 대입하여 비저항과 여과매체의 초기저항을 구할 수 있다. 식 (8)을 비저항에 대하여 정리하면 식 (9)와 같이 표현할 수 있다. 여기에서, 기울기와 비저항계수가 작을수록 탈수성이 증가함을 의미한다.

$$r = \frac{2PA^2 b}{\mu w} \quad (9)$$

식 (9)에서 w는 물질수지식으로부터 유도할 수 있다. 여과후 케이크와 탈리시간의 유량에 대한 물질수지식을 검토해보면 식 (10)과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_0 = Q_f + Q_k \quad (10)$$

여기에서,

- Q₀ : 여과전 슬러지량
- Q_f : 여과후 탈리액량
- Q_k : 여과후 슬러지 케이크량

따라서, 물질수지는 식 (11)과 같이 전개할 수 있다.

$$Q_0 C_0 = Q_f C_f + Q_k C_k \quad (11)$$

여기에서,

- C₀ : 여과전 슬러지 내부의 고형물질 농도
- C_f : 여과후 탈리액중의 고형물질 농도
- C_k : 여과후 슬러지 케이크중의 고형물질 농도

탈리액의 단위체적당 형성되는 슬러지 케이크의 단위중량은 식 (12)와 같이 표현할 수 있다.

$$W = \frac{Q_k C_k}{Q_f} \quad (12)$$

식 (10)을 Q_k에 대하여 정리하고 식 (11)를 Q_f에 대하여 정리하여 식 (12)에 대입하면 식 (13)을 얻을 수 있다.

$$W = \frac{C_k(C_f - C_0)}{C_0 - C_k} \quad (13)$$

식 (13)에서 탈리액중의 고형물질량을 무시할 수 있다면 식 (14)와 같이 표현할 수 있다.

$$W = \frac{C_k C_0}{C_k - C_0} \quad (14)$$

식 (14)에서 고형물질 농도를 %로 표시할 수 있는 식으로 수정하면 식 (15)와 같이 표현할 수 있다.

$$W = \frac{C_k C_0}{100(C_k - C_0)} \quad (15)$$

여기에서,

- C₀ : 여과전 슬러지의 고형물질 농도 (%)
- Q_k : 여과후 슬러지 케이크 고형물질 농도 (%)

III. 실험 및 방법

1. 폐달갈껍질의 성상

Tab. 1은 폐기물의 재활용 측면에서 폐달갈껍질을 슬러지 개량효율 증진을 개량제로써의 이용가능성을 평가하기 위해 분석한 화학적 성상을 나타내고 있다.

폐달갈껍질의 화학적 성상을 보면 CaO 성분을 약 63.2% 정도로 비교적 높아 슬러지 탈수성 증대

Tab. 1. Chemical properties of waste egg shells.

Items	Waste	Egg shells
CaO(%)		63.2
SiO ₂ (%)		10.2
Al ₂ O ₃ (%)		0.92
Fe ₂ O ₃ (%)		0.12
MgO(%)		0.053
MnO(%)		0.017
Na ₂ O(%)		1.36
K ₂ O(%)		0.42
TiO ₂ (%)		-
P ₂ O ₅ (%)		0.24

를 위한 개량제로써 재활용 가능성이 충분할 것으로 여겨진다.

2. 소화슬러지의 특성

본 연구에 사용된 시료는 P시에 위치한 J하수종말처리장에서 발생하는 소화슬러지를 채취하여 사용하였다. 보관하여야할 경우에는 4°C에서 냉장 보관하였다. Tab. 2는 채취한 소화슬러지의 특성을 보여주고 있다.

Tab. 2에서 알 수 있듯이 슬러지의 함수율과 TS(Total Solids)는 각각 95.4~96.6%와 3.4~4.6%의 범위에였고 온도는 평균 25°C이었으며 pH는 7.2~7.62의 범위를 유지하였다.

일반적으로 슬러지는 미세한 고형물질이 많이 존재하여 탈수시 여과막을 폐쇄시키므로 응집제나 개량보조제를 사용하지 않고서는 탈수하기가 어렵다.

3. 방 법

Tab. 2. Characteristics of digested sludge.

Items	Ranges (Average)
Water content (%)	95.4~96.6 (96)
TS (%)	3.4~4.6 (4)
Temp. (°C)	24.3~26.5 (25.4)
pH (-)	7.2~7.6 (7.4)

3. 1. 폐달걀껍질을 이용한 슬러지 개량

온도의 영향에서는 300 mL 비이커에 입경 100 mesh인 주입량을 6 g으로 첨가한 후에 pH 7로 조절된 소화슬러지 200 mL을 넣고 온도 10~40°C의 조건하에서 Jar tester를 이용하여 급속교반(약 130 rpm) 5 min과 완속교반(약 30 rpm) 25 min 후에 이것을 10 min동안에 침전시킨 후에 사이편을 이용하여 상등수 80 mL을 제거한 다음에 잔존 120 mL을 골고루 혼합한 후에 100 mL을 채취하여 대상시료로써 탈수성 평가에 사용하였다. pH, 주입량, 입경 및 개량시간의 영향에서는 300 mL 비이커에 각각 실험조건에 따라 pH 3~12, 주입량 0~10 g, 입경 20~200 mesh 및 개량시간 10~60 min까지 변화시키면서 온도의 영향과 동일한 조건으로 대상시료를 조제하여 탈수성 평가에 사용하였으며 pH, 입경 및 개량시간의 영향에서는 주입량을 이전의 온도의 영향에서와 동일한 양을 주입하였다. 또한, 본 연구에서는 탈수압력은 $2.66 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 으로 일정하게 유지시켰다. 함수율은 수질오염공정시험법⁶⁾과 Standard methods⁷⁾에 준하여 분석하였다.

3. 2. 슬러지 탈수성평가

Fig. 1은 슬러지의 비저항계수를 측정하기 위한 Büchner funnel 시험장치를 나타내고 있으며 압축계가 연결된 진공펌프, Büchner funnel, 300 mL 메스실린더, 글라스 아답터로 구성되어 있고 모든 연결부는 타이콘 튜브로 연결하였다.

슬러지 개량을 거친 후에 본 연구에서의 실험진행은 다음과 같이 행하였다.

판넬에 직경 90 mm, Pore size 6 μm인 Ad-

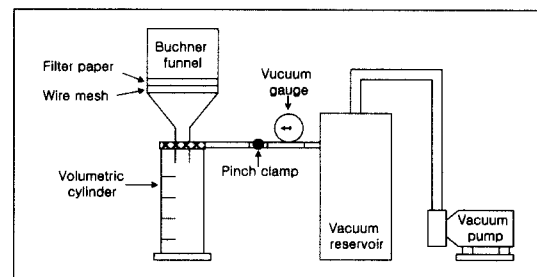


Fig. 1. Schematic diagram of Büchner funnel test apparatus.

ventec 사의 No. 2 여지를 놓은 다음 증류수로 적시어 여과지를 봉입하고 판넬에 미리 조제된 시료 100 mL을 붓고 10 s 동안에 자연배수시킨 후에 각 실험조건에 따라 탈수시키며 10 s 간격으로 여액량을 측정하고 10 s 동안에 여액량이 1 mL 이하까지 떨어지거나 슬러지 케이크에 균열이 생길 때 여액의 부피와 시간기록을 종료하였다.

또한, 식 (7)의 t/V 와 V 를 Plotting하여 기울기 (b) 값을 구하여 비저항계수를 산출하였다. 그리고, 슬러지 케이크의 고형물 질량분율은 슬러지 케이크의 균열이 생길 때 슬러지 케이크의 깊이를 잰 다음 젖은 케이크를 건조기에 넣은 후 18 h 동안 $105 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 건조시킨 후에 무게를 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 온도의 영향

일반적으로 온도는 페달갈껍질의 용해도에 크게 영향을 미치기 때문에 국내와 같이 사계절 기온의 차이가 뚜렷한 경우에 무엇보다도 중요한 인자중 하나일 것으로 여겨진다. Fig. 2는 소화슬러지의 탈수성 증진을 위한 개량제로써 페달갈껍질의 활용성을 검토하기 위하여 온도변화에 따른 비저항계수를 보여주고 있다.

온도가 증가함에 따라 비저항계수가 감소하여 탈수성이 증진되는 것을 알 수 있다. 특히, 온도 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 까지 비저항계수가 $3.15 \sim 2.53 \times 10^{12}$ m/kg으로 그다지 많이 감소하지 않았으나 그 이후 30°C 에서는 급격하게 감소하여 1.13×10^{12} m/kg을 나타내었으며 또한 40°C 에서도 그다지 많은 감소를 보이지 않을 뿐만 아니라 온도유지를 위한 경제성 등을 고려해볼 때 페달갈껍질에 의한 슬러지 개량시 최적 온도는 30°C 로 여겨진다. 이와 같이 온도증가에 따라 비저항계수가 감소하는 이유는 여과에 있어서 저항이 되는 점성인 온도증가에 따라 감소하기 때문이며 또한 높은 온도에서 여과를 방해하는 물질들이 쉽게 용해되거나 분해되었기 때문인 것으로 여겨진다.

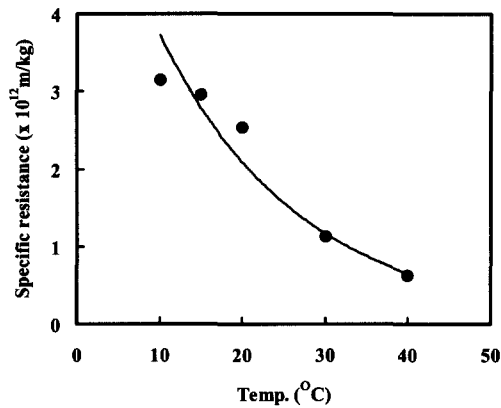


Fig. 2. Effect of temperature on specific resistance.

2. pH의 영향

일반적으로 응집제로 슬러지를 개량할 경우에 슬러지 입자의 제타전위가 0에 도달할 때, 즉 슬러지 입자가 전하중화점에서 최고의 탈수성을 유지하는 것으로 알려져 있다⁸⁾. Fig. 3은 소화슬러지의 탈수성 증진을 위한 개량제로써 페달갈껍질의 활용성을 검토하기 위하여 pH 변화에 따른 비저항계수를 보여주고 있다. 대체적으로 낮은 pH에서 높은 pH에 비하여 비저항계수가 낮은 것을 알 수 있으며 pH 4의 경우에 비저항계수는 0.7×10^{12} m/kg으로 가장 적었으며 그 이후에는 pH가 증가할수록 비저항계수 역시 증가하는 것을 알 수 있다. 서⁹⁾에 의하면 고분자 응집제 첨가에 따른 슬러지 탈수에 있어서 pH 6~7에서 가장 적은 비저항계수를 보이면서 슬러지 탈수성이 가장 좋았다는 연구결과와 Gale¹⁰⁾이 주장한 경제적인 슬러지 탈수 한계치인 중성영역과는 상이하지만 소화슬러지 자체의 pH가 거의 중성영역을 유지하고 있음을 고려하여 최적의 pH를 결정하는 것이 바람직할 것으로 여겨진다.

또한, Fig. 3에서 알 수 있듯이 낮은 pH 3에서 오히려 pH 4에 비하여 다소 높은 비저항계수를 보여주고 있다. 이러한 이유는 낮은 pH에서 페달갈껍질중 Ca^{2+} 이온용출이 잘 일어나기 때문에 높은

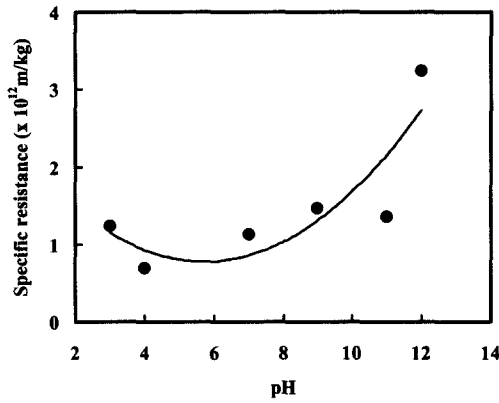


Fig. 3. Effect of pH on specific resistance.

pH에 비하여 슬러지 고형물의 표면전하가 보다 더 쉽게 중화됨에 따라 응집효과로 인하여 탈수능이 다소 우수하였던 것 여겨진다.

3. 주입량의 영향

Fig. 4는 소화슬러지의 탈수성 증진을 위한 개량제로써 폐달걀껍질의 활용성을 검토하기 위하여 폐달걀껍질 주입량 변화에 따른 비저항계수를 보여주고 있다.

대체적으로 폐달걀껍질을 첨가하지 않은 슬러지에 비하여 폐달걀껍질을 첨가한 경우에 비저항계수가 감소하는 경향을 보여주고 있어 폐달걀껍질

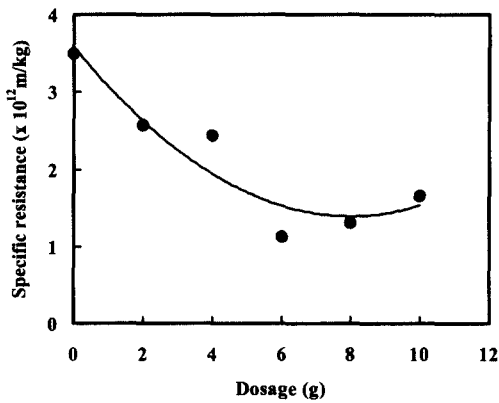


Fig. 4. Effect of waste oyster shell on specific resistance.

이 슬러지의 탈수성 증진을 위한 개량제로서의 활용성이 충분히 있는 것으로 평가되었다.

그러나, 폐달걀껍질 주입량을 증가시킨다고 해서 반드시 비저항계수가 낮아지는 것은 아니며 슬러지의 특성에 따라 적절한 량의 주입이 효과적임을 알 수 있다.

Novak 등¹¹⁾은 개량제를 주입함에 따라 여과비저항이 감소하다가 완만해지는 점과 다시 증가하는 점을 최적 주입농도로 결정하였으며 EPA¹²⁾에서는 가장 적은 비저항계수에 대응하는 값을 개량제의 최적 주입농도로 결정하였다.

본 연구에서 폐달걀껍질을 첨가하지 않은 슬러지의 경우에 비저항계수는 3.5×10^{12} m/kg으로 높게 측정되어 탈수가 어려울 것으로 여겨진다. 반면에 폐달걀껍질 주입량이 6 g일 때 비저항계수는 1.13×10^{12} mg/kg으로 가장 낮았으며 그 이후에는 다시 증가하는 경향을 보여주고 있어 6 g이 개량제 최적 주입량인 것으로 여겨진다.

4. 입경의 영향

Fig. 5는 소화슬러지의 탈수성 증진을 위한 개량제로써 폐달걀껍질의 활용성을 검토하기 위하여 폐달걀껍질 입경 변화에 따른 비저항계수를 보여주고 있다.

입경 20 mesh에서 입경 80 mesh까지 변화시킬

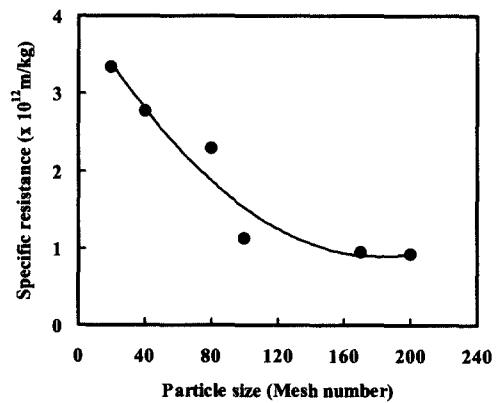


Fig. 5. Effect of particle size of waste oyster shell on specific resistance.

경우에 비저항계수는 3.34×10^{12} m/kg에서 2.3×10^{12} m/kg까지 크게 감소하였다.

그 이후에는 입경 100 mesh에서 200 mesh까지 변화시켜도 비저항계수는 1.13×10^{12} m/kg에서 0.95×10^{12} m/kg로써 완만한 감소현상을 보였다.

그러나, 김¹³⁾에 의하면 대체적으로 입경이 적을수록 비저항계수가 적어져 탈수성이 우수한 것으로 평가하였다. 일반적으로 슬러지 개량제 투여시 개량제의 입경에는 최적입경이 있는 것으로 알려져 있으며 입경 20~80 mesh(0.84~0.177 mm) 범위내의 입자를 사용하는 것이 보다 나은 효과를 낸다고 보고한 바 있으나¹⁴⁾ 본 연구에서는 소화슬러지 개량시 페달갈껍질의 입경은 100 mesh가 적절한 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 페달갈껍질이 슬러지의 미세한 고형물이 공극의 폐쇄현상을 방지할 수 있는 다공성의 구조를 형성하여 여과액이 잘 통과할수 있도록 하기 때문인 것으로 여겨진다.

5. 개량시간의 영향

Fig. 6은 소화슬러지의 탈수성 증진을 위한 개량제로써 페달갈껍질의 활용성을 검토하기 위하여 개량시간 변화에 따른 비저항계수를 보여주고 있다.

페달갈껍질을 첨가하지 않은 슬러지의 경우에 비저항계수는 3.5×10^{12} m/kg이었으나 페달갈껍질에

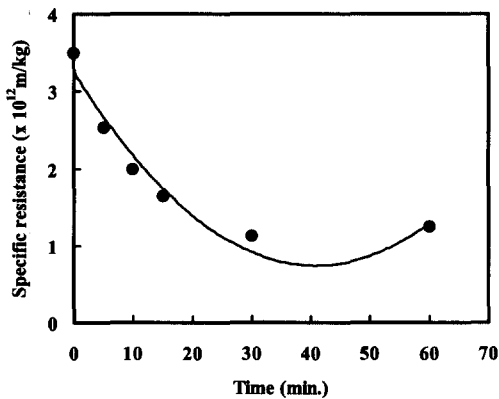


Fig. 6. Effect of conditioning time on specific resistance.

의한 개량후에 개량시간이 증가하면서 비저항계수가 감소하는 것을 알 수 있으며 특히 개량시간 30 min에 가장 낮은 비저항계수 1.13×10^{12} m/kg으로써 최적의 탈수성을 나타내었다. 그러나, 개량시간이 경과한 60 min에는 비저항계수가 1.25×10^{12} m/kg으로 오히려 증가하여 탈수성이 저하되었다. 이러한 결과는 개량시간 30 min까지는 슬러지 개량제 주입과 더불어 슬러지내 미세플럭이 큰 플럭과 결합하여 부유성 미세플럭량이 감소되어 탈수성이 증가하였으나 그 이후에는 개량시간이 증가함에 따라 큰 플럭이 파괴되어 탈수성이 저하되는 것으로 판단되며 고¹⁵⁾의 연구결과와 일치하는 것을 알 수 있다. 따라서, 개량시간이 탈수성 증진을 위한 변수로 작용할 수 있음을 보여준다.

6. 페달갈껍질에 의한 개량 전·후 탈수효율 비교

이상의 결과로부터 도출된 최적의 인자들을 근거로 페달갈껍질에 의한 개량 전·후 소화슬러지의 탈수성을 비교해 보고자 한다. 도출된 최적의 인자로는 소화슬러지 200 L에 입경 100 mesh인 페달갈껍질 6 g을 주입하고 온도, pH와 탈수압력은 각각 30°C, 7 및 2.66×10^4 N/m²이었다.

Fig. 7은 제시된 최적조건을 근거로 하여 페달갈껍질에 의한 소화슬러지 개량 전·후 V에 대한

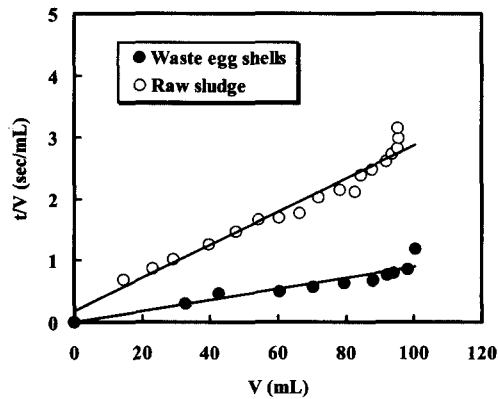


Fig. 7. Relationships between t/V and V as dosage.

t/V와의 관계를 나타내고 있다.

Fig. 7에서 알 수 있듯이 기울기가 폐달갈껍질과 석회석으로 개량하였을 시에 비하여 폐달갈껍질을 첨가하지 않은 슬러지에서 더 큰 것을 알 수 있다. 또한, 슬러지 탈수의 종반부에서 t/V의 곡선이 수직적으로 상승하는 것을 볼 수 있다.

이러한 현상은 가압탈수시에 일어나는 압축현상, 감압탈수시에는 탈수시간이 너무 긴 경우에는 침전효과, 여재와 케이크 폐쇄현상 또는 탈수 케이크 상부에 존재하는 압밀현상으로 해석된다³⁾. 본 연구에서는 가압탈수법을 사용하였고 탈수시간 또한 5분 이내로 비교적 짧았기 때문에 이러한 결과는 탈수에 이은 탈수 케이크의 압축현상에 의한 것으로 여겨진다.

Tab. 3에서 보면 대체적으로 비저항계수가 증가함에 따라 함수율도 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이 결과는 비저항 값이 커질수록 탈수가 잘 되지 않았기 때문으로 여겨진다.

폐달갈껍질을 첨가하지 않은 슬러지에 비하여 폐달갈껍질을 첨가한 슬러지의 경우에 기울기가 감소하는 것을 알 수 있으며 탈수전 슬러지의 함수율은 평균 96%이었으나 탈수후에 어느정도 함수율이 감소된 것을 알 수 있다. 즉, 탈수 후에 폐달갈껍질을 첨가한 슬러지의 경우에 각각 22.3%로써 폐달갈껍질을 첨가하지 않은 슬러지의 경우에 비하여 탈수효율이 높은 것을 알 수 있다.

또한, 비저항계수를 비교해보면 폐달갈껍질을 첨가한 슬러지의 경우에는 1.13×10^{12} m/kg로써 폐달갈껍질을 첨가하지 않은 슬러지 3.5×10^{12} m/kg에 비하여 약 3배 이상 정도 작은 것을 알 수 있다. 이상의 결과로 미루어볼 때 향후 폐기물의 재활용 측면에서 폐달갈껍질은 소화슬러지 탈수성 개선을 위해 활용 가능성이 있는 것을 여겨진다.

Tab. 3. Comparisons of slope, specific resistance and dewatering efficiency before and after adding conditioning agent.

Items	Adding	Before	After
b ($\times 10^{10}$ sec/m ³)		2.71	0.96
r ($\times 10^{12}$ m/kg)		3.5	1.13
Dewatering efficiency(%)		12.4	22.3

V. 결 론

본 연구에서는 소화슬러지 탈수성 개선을 위한 개량제로써 폐달갈껍질의 활용성을 검토하고 개량을 위한 최적의 조건을 결정하여 폐달갈껍질 투입 전·후 탈수성을 비교·검토하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 폐달갈껍질을 이용하여 소화슬러지를 개량할 시에 소화슬러지 200 L에 입경 100 mesh인 폐달갈껍질 6 g을 투입하고 온도, pH와 탈수압력은 각각 30°C, 7 및 2.66×10^4 N/m²으로 조절하는 것이 소화슬러지의 탈수성 증진을 위한 최적의 조건인 것으로 평가되었다.
2. 폐달갈껍질을 개량제로써 이용하여 도출된 최적 조건에 근거로 한 비저항 계수를 비교해보면 폐달갈껍질을 첨가한 슬러지의 경우에는 1.13×10^{12} m/kg로써 폐달갈껍질을 첨가하지 않은 슬러지 3.5×10^{12} m/kg에 비하여 약 3배이상 정도 작은 것을 알 수 있다.

이상의 결과로 미루어볼 때 향후 폐기물의 재활용 측면에서 폐달갈껍질은 소화슬러지 탈수성 개선을 위해 활용 가능성이 있는 것을 여겨진다.

참 고 문 헌

1. 환경부 : 하수도통계자료, 1996.
2. 조용모 : 연탄재를 여과보조제로 이용한 소화슬러지의 탈수에 관한 연구, 대한환경공학회, 7, 2, 40, 1985.
3. 신용섭 : 유연탄 여과보조제에 의한 도시하수 1차 슬러지의 탈수특성, 대한환경공학회, 18, 8, 971, 1996.
4. 축협중앙회 : '96년 축산물가격 및 수급자료, 1997.
5. Christensen, G. L. : Specific resistance measurements : methods and procedures, J. Env. Eng., ASCE, 111, 3, 256, 1985.
6. 환경부 : 수질오염공정시험법, 동화기술, 1997.

7. Lenore S. Clescerl, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th edition, 1998.
8. 김용순 : Alum 슬러지의 유기고분자응집제 개량에 의한 탈수특성, 상수도 연구보, 4, 144, 1998.
9. 서정원 : 고분자응집제 첨가에 따른 슬러지의 탈수성 및 점도 특성, 대한환경공학회, 18, 12, 1609, 1996.
10. Gale, R. S. : Filtration theory with specific resistance to sewage sludge, JWPCF, 622, 1967.
11. Novak, J. T. : The binding of sludge during filtration, JWPCF, 60, 2, 206, 1988.
12. EPA : Dewatering municipal wastewater sludges, EPA/625/1-87/014, 1987.
13. 김익성 : 해산폐기물을 이용한 슬러지 탈수, 한국폐기물학회지, 8, 2, 87, 1991.
14. Water environment federation, sludge incineration : thermal destruction of residues, 49, 1992.
15. 고재봉 : 슬러지 탈수성 증진에 관한 연구, 고려대학교 대학원, 1994.