

혐기화 시간에 따른 활성슬러지의 물리·화학적 특성변화

이 창 한·나 영 수·김 도 한·이 송 우·송 승 구
부산대학교 화학공학과
(2001년 8월 21일 접수; 2002년 4월 22일 채택)

Changes of physico-chemical properties of the activated sludges with anaerobic storage time

Chang-Han Lee, Young-Soo Na, Do-Han Kim, Song-Woo Lee and Seung-Koo Song
Dept. of Chem. Eng., Pusan National University, Busan 609-735, Korea
(Manuscript received 21 August, 2001; accepted 22 April, 2002)

Physico-chemical properties of the activated sludges(Suyoung and Changlim treatment plant), such as SVI(sludge volume index), absorbance, specific surface area, and specific resistance using Buchener funnel test were investigated with changing anaerobic storage time. This experimental condition was found that it was possible to estimate a linear relationship between their parameters such as specific surface area, specific resistance, and sludge volume index(SVI).

The specific surface area and the specific resistance to filtration of the activated sludges of Suyoung and Changlim treatment plant were found as $123.6 \sim 136.6 \text{ m}^2/\text{gDS}$ and $41.5 \sim 44.9 \text{ m}^2/\text{gDS}$ (dry solid), and $1.09 \times 10^{14} \sim 5.48 \times 10^{14} \text{ m}^2/\text{kg}$ and $1.05 \times 10^{14} \sim 2.48 \times 10^{14} \text{ m}^2/\text{kg}$, respectively. The results gave a good linear relationship between the specific surface area and the specific resistance, $r=2.25 \times 10^{12} \text{ s}-8.10 \times 10^{13} (\text{R}^2=0.8885)$ at Suyoung treatment plant and $r=1.26 \times 10^{13} \text{ s}-4.75 \times 10^{14} (\text{R}^2=0.8756)$ at Changlim treatment plant.

Key words : Anaerobic storage time, Specific surface area, Specific resistance, Activated sludge

1. 서 론

하·폐수처리 공정에서 부산물로써 발생하는 슬러지는 발생위치에 따라 1차 슬러지, 2차 슬러지, 그리고 혐기성 소화공정을 거친 혐기성 소화슬러지로서 분류된다. 우리나라의 연간 하수슬러지의 발생량은 1998년을 기준으로 145만톤으로서 상당히 많은 양의 슬러지가 발생하며 점차 증가하고 있는 추세에 있다. 이와 같은 막대한 양의 하수슬러지를 효과적으로 처리하기 위해서는 슬러지의 감량화와 재이용에 대한 기술이 절실하게 요구되고 있는 실정이다.

슬러지의 감량화와 안정화 기술에는 소화, 건조, 소각, 및 재이용 등이 있으며, 이 기술의 대부분은 전처리로서 탈수공정이 수반된다. 하지만, 이 탈수

공정은 슬러지의 화학적인 특성과 슬러지 플럭의 생물학적인 구조에 영향을 많이 받으므로 최적조건에서의 경제적인 운전이 쉽지 않다¹⁾. 활성슬러지의 플록크기, 밀도, 비표면적, carbohydrate 조성, 및 침전성 등과 같은 물리·화학적 특성은 생물학적 처리, 침전, 그리고 슬러지 농축과 탈수공정에 중요한 운전인자로 알려져 있다. 또한 최근 일부 연구자들은 활성슬러지 처리와 탈수공정의 효율이 미생물 농도, 침강속도, 슬러지 부피지수 등과 같은 거시적인 요소뿐만 아니라 활성슬러지의 비표면적과도 상관관계를 가짐을 제시한 바 있다²⁾.

본 연구에서는 활성슬러지의 혐기화 시간에 따른 활성슬러지의 물리·화학적 특성 변화를 SVI, 흡광도, 슬러지의 비표면적과 습식밀도, 그리고 Buchener funnel test를 이용한 여과저항의 측정을 통하여 고찰하였다. 또한, 활성슬러지의 비표면적과 습식밀도의 값을 다른 항목의 측정값과의 수학적 연관성으로 제시하였다.

Corresponding Author : Chang-Han Lee, Dept. of Chem. Eng., Pusan National University, Busan 609-735, Korea
Phone : +82-51-510-3082
E-mail : mawang01@hanmail.net

2. 이론

2.1. 염료흡착법에 의한 비표면적 측정

2.1.1. 흡착등온모델

활성슬러지와 염료 용액을 혼합하면 일정한 온도에서 미생물에 흡착된 염료의 양은 용액의 염료농도와 평형을 이룬다. 흡착등온모델의 도식적 표현은 용액의 염료 농도에 대한 활성슬러지의 염료 흡착량을 나타낸 것이다. 평형상태에서 활성슬러지에 의한 염료의 흡착량(q)은 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$q = \frac{(C_i - C_e)}{M/V} = \frac{V(C_i - C_e)}{M} \quad (1)$$

C_e : measured concentration of solute at equilibrium (mg/ℓ)

C_i : initial concentration of solute (mg/ℓ)

M : molecular weight of dye (g)

V : volume of solution (ℓ)

흡착등온모델에서 두 가지 면을 고찰할 수 있다. 먼저 높은 염료 농도에서 나타나는 일정한 흡착량의 도시로부터 흡착제의 최대 흡착량과 낮은 염료 농도에서 급격히 변하는 흡착량의 기울기로부터 활성슬러지에 흡착되는 염료의 친화도(affinity)를 알 수 있다.

염료흡착법을 이용한 활성슬러지의 비표면적 측정은 대부분 용액의 흡착등온상의 흡착량을 기준으로 구해진다. 이 방법은 고체입자의 표면에 주어진 분자가 완전히 단층으로 흡착된다는 조건과 염료분자의 면적이 일정하다는 가정에서 성립된다.

본 실험에서는 위의 가정들을 가장 잘 만족하는 Langmuir모델을 이용하여 흡착량을 구하였다. Langmuir모델은 다음 식으로 표현되며

$$q_e = \frac{q_{MAX} b C_e}{1 + b C_e} \quad (2)$$

상기 식을 역수로 취하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_{MAX} b C_e} + \frac{1}{q_{MAX}} \quad (3)$$

q_e : amount of solute adsorbed per unit weight of adsorbent in forming a complete monolayer on the surfaces (μ mol)

q_{MAX} : amount of solute adsorbed per unit weight of adsorbent at equilibrium (μ mol/g)

b : constant related the energy of net enthalpy, ΔH , of adsorption

2.1.2. 슬러지의 비표면적

입자의 비표면적 측정방법에는 기체흡착법(BET method), Coulter counter method, 및 분자(염료, 전해질, 고분자) 흡착법 등이 있다. 기체흡착법은 건조된 시료를 사용하여 측정하기 때문에 미생물의 표면적을 측정하기 위한 전처리 과정에서 표면의 변형으로 인하여 측정오차를 유발할 수 있다. Coulter counter에 의한 방법은 측정 가능한 입자의 형태와 크기가 극히 제한적이므로 미생물의 종류와 형태가 불규칙한 활성슬러지에 적용은 제한적이다³⁾. 따라서 본 연구에서는 수용액상에서 염료흡착법을 이용하여 활성슬러지의 비표면적을 측정하였다. 이 방법은 염료가 활성슬러지에 흡착된 양으로부터 비표면적(표면적당 염료 단위 체적)을 계산하는 것이며, 염료흡착법은 부유용액의 pH, 온도와 염료분자의 흡착방향에 많은 영향을 받는다고 알려져 있다^{4), 5)}.

염료가 단층으로 흡착된다는 가정하에서 다음 식을 얻는다.

$$s_0 = x N_A \sigma \quad (4)$$

s_0 : specific surface area of PVC granule or activated sludge floc (m^2/g)

x : amount of absorbed dye (μ mol/g : $q_{MAX} = x$)

N_A : Avogadro's number (6.023×10^{23} molecules/mol)

σ : area covered by each dye molecule, $m^2/molecule$

2.2. 슬러지의 탈수성

슬러지의 탈수성은 액체가 고체입자층을 통과하는 여과현상에 대한 이론식으로부터 유도된 비저항 값(specific resistance)로써 표현될 수 있다. 비저항 값은 슬러지의 여과성을 측정하는 지표가 되며, 일정한 점도를 가지는 여액이 케이크 층을 통과할 때 일정한 유속을 얻을 수 있는 압력차와 수치적으로 비례하는 값을 갖는다.

고체입자층을 통과하는 액상 유체의 흐름은 수정된 Darcy 식으로 표현될 수 있으며, 여과가 일어나면서 쌓이는 고체층에 의한 저항을 고려하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{P_T}{\mu R_T} \quad (5)$$

여과케이크의 총저항은 케이크의 저항과 여재의 저항으로 나눌 수 있다.

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{dt} = \frac{P_T}{\mu(R_C + R_M)} \quad (6)$$

일반적으로 여재의 저항은 케이크의 저항보다 작아서 케이크의 막힘현상이나 폐색현상이 일어나지 않는다. 케이크의 저항, R_C 는 여액의 부피에 비례하므로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$R_C = \frac{rCV}{A} \quad (7)$$

여기서 r 은 케이크의 여과비저항이고 C 는 여액의 단위부피당 형성되는 케이크의 양이다. R_C 를 식 (6)에 대입하면

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P_T A^2}{\mu(rCV + R_M A)} \quad (8)$$

식 (8)을 얻고 적분하면 다음과 같다.

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu r CV}{2P_T A^2} + \frac{\mu R_M}{P_T A} \quad (9)$$

식 (9)을 t/V 와 V 에 대한 $y = bx + a$ 의 일차식 형태로 나타내었을 때 기울기 b 와 절편 a 는 다음과 같다.

$$b = \frac{\mu r C}{2P_T A^2} \quad (10)$$

$$a = \frac{\mu R_M}{P_T A} \quad (11)$$

식 (10)에서 기울기 b 의 값을 구하면 여과비저항 r 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r = \frac{2P_T A^2 b}{\mu C} \quad (12)$$

- A : area of filter medium (m^2)
- P_T : filtration pressure (N/m^2 , mmHg)
- R_M : total specific resistance per unit area in filter medium
- R_T : total specific resistance per unit area
- r : specific resistance of activated sludge (m/kg)
- t : filtration time (sec)
- μ : viscosity of filtrate ($kg/m \cdot sec$)

2.3. 슬러지 밀도와 공극율

일반적으로 밀도는 대상 입자의 부피와 질량을 측정하여 결정할 수 있으나 입자의 부피가 기하학

적으로 잘 정의되어 있지 않은 입자의 경우는 비중병(pycnometer)을 이용한 액체치환법을 사용하여 결정한다. 활성슬러지 입자의 밀도는 아래와 같은 식을 이용하여 계산하였다⁶⁾.

$$\rho_r(\rho_{ds}) = \frac{M_3(M_5) - M_1}{[M_2 - M_1] - [M_4(M_6) - M_3(M_5)]} \times \rho_w \quad (13)$$

다공성을 가지는 활성슬러지 플럭의 내부적인 기하학에 대해서는 거의 밝혀진 바가 없으므로, Smith는 활성슬러지의 세공을 경험적으로 다음과 같이 제시하였다⁷⁾.

$$\epsilon = 1 - \frac{M_s}{\rho_s}, \quad M_s = \frac{\rho_r - 1}{\rho_s - 1} \times \rho_s \quad (14)$$

M_s : solid concentration of activated sludge floc (g/cm^3)

M_1 : pycnometer weight

M_2 : pycnometer weight with deionized water weight

M_3 : pycnometer weight with pycnometer weight and sludge wet weight

M_4 : pycnometer weight with sludge wet weight and deionized water weight

M_5 : pycnometer weight with sludge weight(dry density)

M_6 : pycnometer weight with sludge weight (dry density) and deionized water weight

ϵ : porosity of activated sludge floc

ρ_s : dry density of activated sludge (g/cm^3)

ρ_r : wet density of activated sludge (g/cm^3)

ρ_w : water density (g/cm^3)

3. 재료 및 방법

3.1. 활성슬러지의 협기화 실험

부산광역시의 수영하수처리관리소와 장림하수처리관리소의 침전조로 유입되는 활성슬러지를 시료로 채취하였다. 활성슬러지는 150mesh의 체로서 협잡물을 제거하여 농도가 약 2.0g/l로 조절한 후, 35°C의 항온조에서 10 l의 밀폐용기에 협기상태로 보관하였으며, 24시간 단위로 시료가 채취하여 분석하였다. 각 시료는 흡광도, 활성슬러지의 농도, 그리고 SVI 등을 측정하였다⁸⁾.

3.2. 비표면적 측정

활성슬러지의 비표면적은 Rhodamine B를 이용

한 염료흡착법으로 pH 2.5, 반응온도 5°C, 그리고 반응시간 8시간으로 측정하였다. Rhodamine B 농도는 550nm에서 측정된 흡광도를 농도로 환산하였으며, 활성슬러지 농도는 습식법을 이용한 활성슬러지의 건조중량의 측정에 의해 계산하였다⁸⁾. 식 (4)를 이용하여 상기의 반응조건에서 활성슬러지의 비표면적을 계산하였다. 이때 염료 한 분자당의 표면적(σ)은 세공이 없고 표면적 계산이 가능한 PVC입자에 부착되는 염료의 양으로부터 구해졌다⁹⁾.

3.3. 슬러지의 탈수성

슬러지의 탈수성은 Buchner funnel test에 의한 방법으로 측정하였다¹⁾. 수류식 진공펌프(aspirator)를 이용하여 700mmHg에서 얻어진 자료를 t/V 와 V 에 대해 도식한 후 그 기울기로부터 식 (12)를 이용하여 비저항값을 계산하였다.

3.4. 슬러지의 밀도와 세공

활성슬러지의 습식밀도는 수용액상에 부유된 활성슬러지를 5000rpm으로 원심분리하여 고형물을 분리한 후 식 (13)을 이용하여 계산하였다. 또한 활성슬러지의 건조밀도는 105°C의 건조기에 2시간동안 건조시킨 활성슬러지를 상기와 동일한 방법으로 계산하였다. 활성슬러지의 세공은 상기에서 도출된 실험자료를 식 (14)에 대입하여 계산하였다.

3.5. 제타전위 측정

채취된 슬러지를 탈이온수로서 40배로 희석하여 활성슬러지의 농도를 약 50mg/l로 조절하고 활성슬러지 부유용액을 초음파 세척기에서 2분간 세척하여 입자가 뭉치는 현상을 방지한 후 제타전위측

정기[Zeta Plus, Brookhaven]를 이용하여 제타전위를 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 활성슬러지의 비표면적과 비저항간의 관계

활성슬러지의 비표면적은 동일한 반응조건에서 구하여진 PVC 표면에 부착되는 Rhodamine B의 비표면적, $\sigma = 2.851\text{nm}^2/\text{molecule}$ 을 기준으로 각 활성슬러지의 농도별 Rhodamine B의 최대흡착량인 Q_{max} 값을 구하여 식 (4)에 대입하여 도출되었다. 혐기화 시간에 따른 슬러지 비표면적과 건조중량의 변화를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. 수영슬러지의 경우에는 혐기화 시간이 0 ~ 81시간까지는 비표면적이 123.6 ~ 167.8 m^2/g 으로 서서히 증가되었으나, 131시간 이후에는 192.8 ~ 292.0 m^2/g 으로 비표면적이 크게 증가되었음을 알 수 있었다. 수영슬러지는 131시간에서 급격한 비표면적의 증가를 보이는데 반해, 장림슬러지에서는 혐기화 시간이 0 ~ 211.5시간동안 비표면적이 41.5 ~ 65.2 m^2/g 으로 점진적인 증가하는 경향을 나타내었다.

혐기화 시간에 따른 활성슬러지 플럭의 변화를 직접적으로 관찰하기 위해 수영슬러지의 표면을 SEM사진을 촬영하여 Fig. 3에 나타내었다. 혐기성 조건하에서 초기(a)의 수영슬러지 플럭에는 사상성 미생물이 거의 관찰되지 않았으나, 130시간이 지난 후(b)에는 막대모양의 사상성 박테리아 또는 분산된 미생물 덩어리가 많이 관찰되었다. 한편, 장림슬러지의 비표면적은 0 ~ 130시간까지 41.5 ~ 65.2 m^2/g 로서 초기 측정치에서 1.5배 정도 증가되었으나, 슬

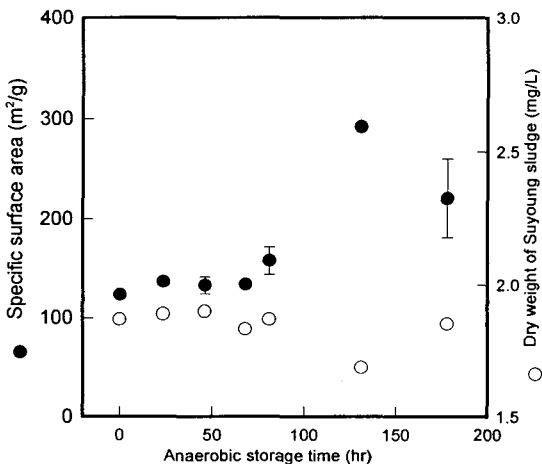


Fig. 1. Variation of the specific surface area and the sludge concentration of Suyoung sludge with increasing anaerobic storage time.

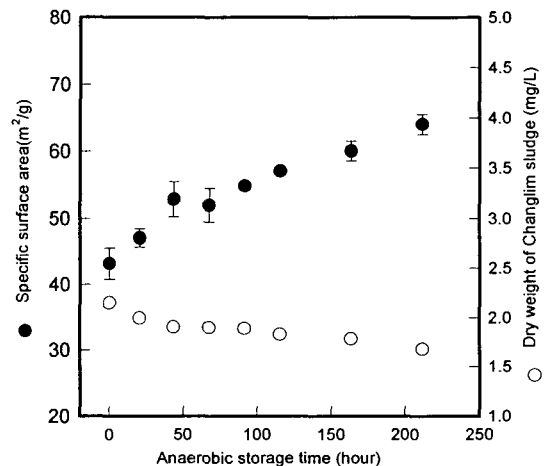


Fig. 2. Variation of the specific surface area and the sludge concentration of Changlim sludge with increasing anaerobic storage time.

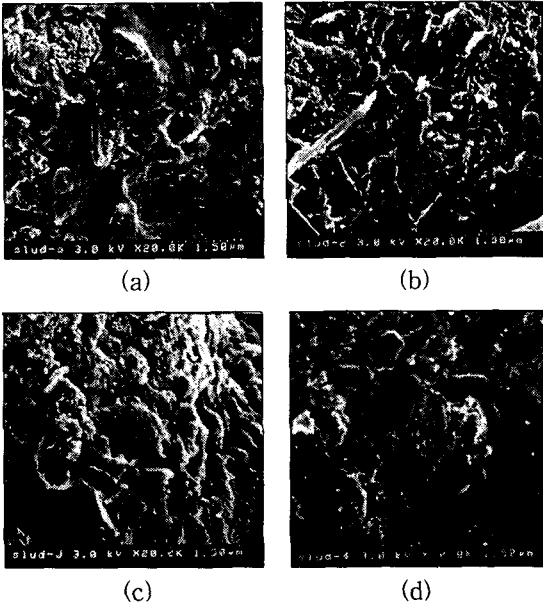


Fig. 3. Scanning electron microscope of the activated sludges with increasing anaerobic storage time
 Suyoung : (a) control, (b) 5 days
 Changlim : (c) control, (d) days

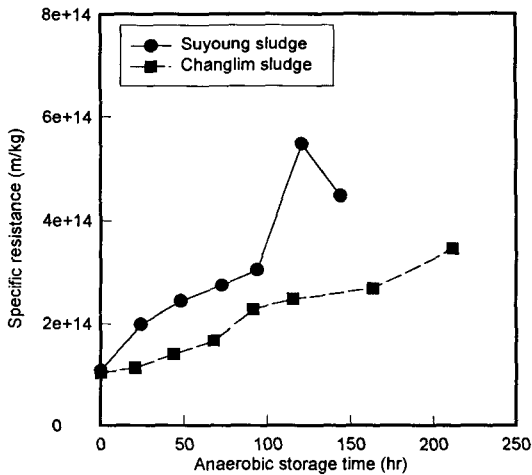


Fig. 4. Variation of the specific resistance with increasing anaerobic storage time.

러지 플록상에서 사상성 미생물이 많이 나타나지 않는 것(d)으로 보아 미생물군의 변화에 의한 비표면적의 증가보다는 혐기화 시간에 따라 슬러지 플록이 해체와 같은 물리적인 현상에 기인하는 것으로 사료되었다. Andreadakis 등과 Smith와 Coackley는 Lissamine Scarlent 4R의 염료를 이용한 측정을 통해 활성슬러지 비표면적이 각각 60 ~ 189m²/g과

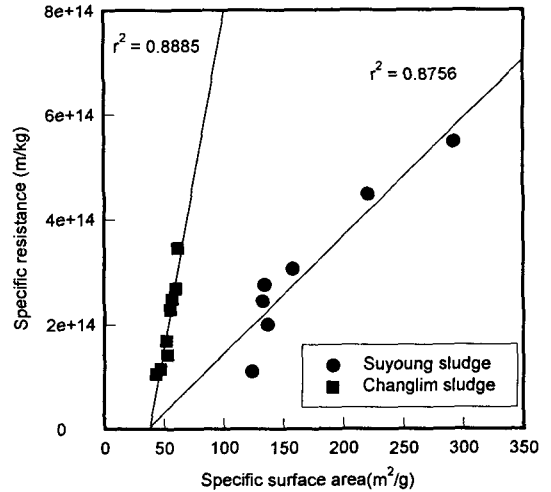


Fig. 5. Correlation between the specific resistance and the specific surface area.

40 ~ 142m²/g임을 제시한바 있으며^{10, 11)}, Sørensen과 Wakeman은 혐기화 시간을 0 ~ 5일로 하였을 때 활성슬러지의 플록 구조가 느슨해지고 사상성 미생물의 증가하여 활성슬러지의 비표면적이 9 ~ 24m²/g으로 증가한다고 보고한 바 있다. 또한, 혐기화 시간에 따른 슬러지의 여과비저항을 Fig. 4에 나타내었다. 혐기화 시간이 0 ~ 120시간으로 되었을 때 수영슬러지의 여과비저항은 1.09×10¹⁴ ~ 5.48×10¹⁴ m/kg로서 1.05×10¹⁴ ~ 2.48×10¹⁴ m/kg인 장림슬러지에 비해 2배이상 급격히 증가되는 것을 알 수 있었다. 이는 SEM사진에서 나타난 것과 같이 활성슬러지 플록의 변화에 기인한 것으로 사료되었다.

활성슬러지의 비표면적은 활성슬러지의 탈수 및 여과과정에서 여과 케일층의 공극폐색에 연관되며, 활성슬러지의 비표면적과 여과비저항의 관계를 도시하면 수영슬러지와 장림슬러지는 각각 $r=2.25 \times 10^{12} s - 8.10 \times 10^{13}$, $R^2=0.8885$ 그리고 $r=1.26 \times 10^{13} s - 4.75 \times 10^{14}$, $R^2=0.8756$ 의 선형적인 관계를 나타내었다(Fig. 5). 활성슬러지의 비표면적과 여과비저항은 혐기화 시간에 따라 슬러지의 비표면적이 증가하여 여과층의 공극폐색으로 인하여 여과비저항이 증가한다는 것을 알 수 있었다.

4.2. 혐기화 시간에 따른 활성슬러지의 제타전위
 수영과 장림슬러지의 제타전위는 혐기화 시간이 경과함에 따라 각각 -9.6 ~ -3.1mV와 -13.1 ~ -7.3mV로서 점차 감소되었다(Fig. 6). 수영슬러지가 장림슬러지에 비해 비표면적인 2배이상 높은 값을 보인 것은 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 두 슬러

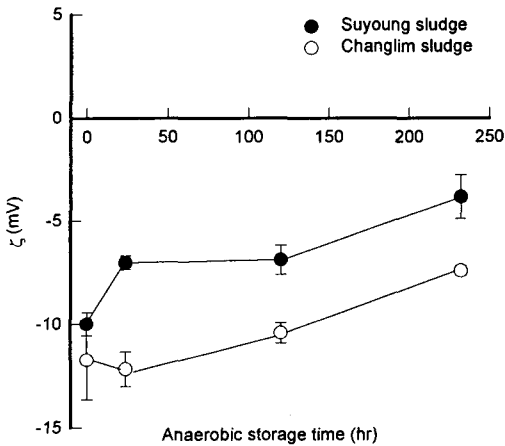


Fig. 6. Effect of the anaerobic storage time on the zeta potential.

지 플록의 제타전위에 따른 염료 흡착량의 차이인 것으로 사료되었다. 비표면적의 증가는 혐기화에 따른 활성슬러지 플록의 해체에 의한 증가뿐만 아니라 플록 자체의 제타전위가 감소하여 Rhodamine B와 활성슬러지와와의 전위차가 줄어 흡착량이 증가함에 따른 기여도 있을 것으로 사료되었다. 즉, 혐기화 시간에 따른 비표면적 증가는 활성슬러지 플록의 사상성 미생물의 증가와 같은 구조적인 변화뿐만 아니라 슬러지 플록 표면에서 정전기적인 반발력의 감소에 의한 염료 흡착량 증가에 따른 요소가 동시에 일어나는 것으로 사료되었다.

4.3. 활성슬러지의 SVI, 흡광도, 및 습식밀도

혐기화 시간에 따른 수영과 장림슬러지의 SVI를 Fig. 7에 나타내었다. 수영과 장림슬러지의 슬러지 부피지수(SVI : Sludge volume index)는 혐기화 시간에 따라 166 ~ 276mL/mg와 179 ~ 230mL/mg로 증가되는 경향을 나타내었다. 슬러지부피지수는 사상균의 길이, 평균 플록 크기 그리고 침강속도(밀도)와 같은 물리적인 요소에 영향을 받는다고 보고되고 있으므로¹²⁾, 활성슬러지의 비표면적과 슬러지 부피지수의 관계를 Fig. 8.에서와 같이 도시한 결과 거의 선형적인 관계를 얻었다. 수영과 장림슬러지는 각각 $s = 1.3857SVI - 115.4859$ ($R^2=0.9195$)과 $s = 0.3672SVI - 22.4578$ ($R^2=0.9771$)의 일차식 관계를 잘 나타내므로 현장에 간단하게 측정이 가능한 슬러지부피지수를 통해 슬러지의 비표면적을 추측할 수 있었다.

Fig. 9는 혐기화 시간에 따른 활성슬러지가 포함된 부유액의 흡광도를 나타낸 것이다. 수영슬러지의 경우에는 혐기화 시간에 따라 흡광도가 서서히

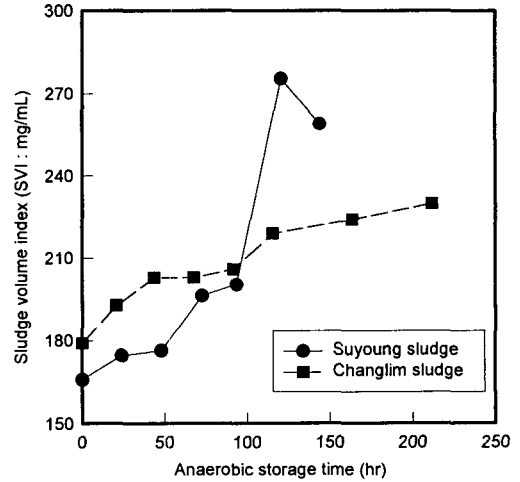


Fig. 7. Variation of the sludge volume index(SVI) with increasing anaerobic storage time.

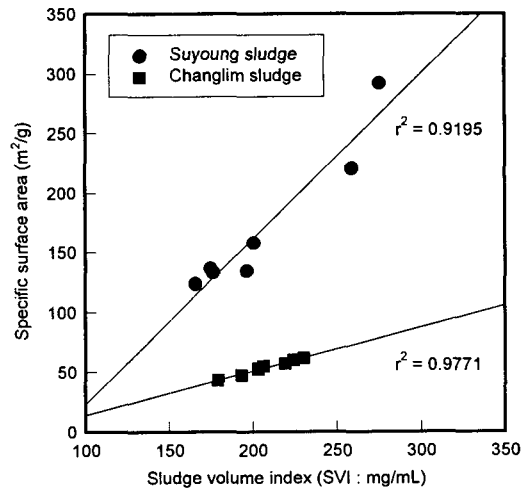


Fig. 8. Correlation between the SVI and the specific surface area.

증가하면서 선형적인 관계로 표현되었으나, 장림슬러지는 혐기화 시간이 71시간까지는 흡광도가 서서히 감소하는 경향을 보이다가 119시간이후에는 증가하는 양상을 나타내었다. 이러한 결과는 혐기성 조건에서 활성슬러지 플록의 해체 또는 분해로 인한 용액중의 부유고형물, 탁도 및 DOC(dissolved organic carbon)¹²⁾의 변화가 흡광도에 영향을 주었다고 사료되었다. 즉, 혐기화 시간에 따라 슬러지부피지수, 비표면적, 그리고 비저항에서와 같은 선형성은 나타나지 않았다.

혐기화 시간에 따른 활성슬러지의 습식밀도와 세공률 Table. 1에 나타내었다. 혐기성 보관시간이 0

~ 144시간으로 변화되어도 수영과 장림슬러지의 습식밀도와 세공은 각각 1.035 ~ 1.039g/cm³와 90.28 ~ 91.28% 그리고 1.012 ~ 1.024g/cm³와 96.57 ~ 98.28%로서 거의 변화가 없었지만, 두 종류의 슬러지에 대해서는 큰 차이를 보였다. 이러한 현상은 유입수에 포함된 성분이 슬러지의 특성에 영향을 미치는 것으로 사료되었다.

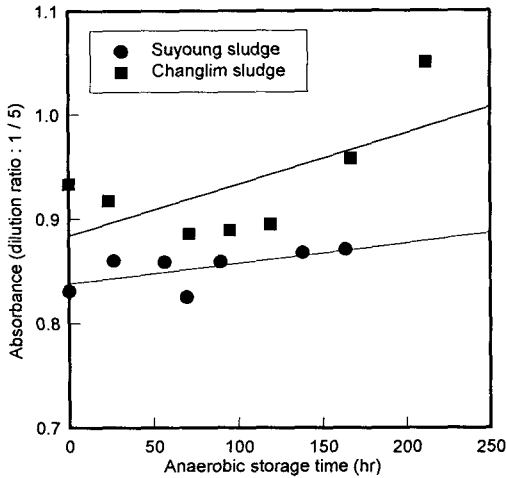


Fig. 9. Variation of the absorbance of Suyoung sludge and Changlim sludge with increasing anaerobic storage time.

5. 결론

본 연구에서는 혐기화 시간에 따른 슬러지의 비표면적, 여과비저항, 슬러지부피지수, 그리고 부유액의 흡광도 변화를 통해 활성슬러지의 물리·화학적 특성의 변화를 고찰하였고, 각 측정값간의 연

Table 1. Change of density and porosity of the activated sludges with increasing anaerobic storage time

Anaerobic storage time (hour)	Suyoung sludge		Changlim sludge	
	density (g/cm ³)	porosity (%)	density (g/cm ³)	porosity (%)
0	1.037	90.57	1.024	96.57
24	1.035	91.28	1.013	98.14
48	1.039	90.28	1.012	98.28
72.5	1.037	90.78	1.014	98.00
93.5	1.036	91.03	1.014	98.00
120.5	1.037	90.78	1.014	98.00
144	1.035	91.28	1.016	97.72

관성으로부터 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 혐기화 시간에 따른 수영과 장림슬러지의 비표면적은 각각 123.6 ~ 292.0m²/g과 41.5 ~ 65.2 m²/g를 나타냈으며, 사상성 미생물이 많이 발생한 것으로 관찰된 수영슬러지가 장림슬러지에 비해 비표면적이 크게 증가되었다. 또한, 여과비저항은 수영슬러지가 1.09×10¹⁴ ~ 5.48×10¹⁴m/kg로서 1.05×10¹⁴ ~ 2.48×10¹⁴m/kg인 장림슬러지에 비해 2배이상 급격히 증가되었다.
2. 활성슬러지의 비표면적과 여과비저항은 수영과 장림슬러지에서 각각 r=2.25×10¹²s-8.10×10¹³, R²=0.8885 그리고 r=1.26×10¹³s-4.75×10¹⁴, R²=0.8756 으로서 거의 선형적인 관계를 나타내었다.
3. 활성슬러지의 비표면적은 혐기성 보관시간에 따라 활성슬러지 플록의 사상성 미생물의 증가와 같은 구조적인 변화뿐만 아니라 슬러지 플록의 정전기적인 반발력의 감소에 의한 염료 흡착량 증가의 두 가지 요소가 동시에 일어나는 것을 확인할 수 있었다.
4. 활성슬러지의 비표면적, 슬러지부피지수(SVI), 그리고 여과비저항과 같은 운전인자사이에서 선형적인 연관성을 도출할 수 있었으므로 실제현장에서 간단하게 측정이 가능한 슬러지부피지수(SVI)를 통해 비표면적과 여과비저항의 예측이 가능하였다.

참고 문헌

- 1) 윤준섭, 2001, 응집현상이 슬러지 탈수에 미치는 영향, 부산대학교 공학석사학위 논문.
- 2) Bruus, J. H. et al., 1993, Anarobic Storage of Activated sludge : Effects on Conditioning and Dewatering Performance, Wat. Sci. Tech., 28(1), 109-116.
- 3) Allen, T., 1990, Particle Size Measurement, Chapman & Hall, 597-610pp.
- 4) SØRENSEN, B. L. et al., 1996, Filtration Characterisation and Specific Surface Area Measurement of Activated Sludge by Rhodamine B Adsorption, Wat. Res., 30(1), 115-121.
- 5) 한태성 외 2명, 1998, 산성염료폐수 처리에서 염료물성에 따른 응집 탈색효율에 관한 연구, 화학공학, 36(1), 20-26.
- 6) 井伊谷鋼, 1995, 분체공학개론, 일본분체공학연구회, 9pp.
- 7) Smith, P. G., and P. Coackley, 1984, Diffusivity, Tortuosity and Pore Structure of Activated Sludge, Wat. Res., 18(1), pp. 117-122.

- 8) Standard Methods, 1995, APHA · AWWA · WEF, 19th edition.
- 9) 이창한, 1998, 흡광도를 이용한 활성슬러지의 농도 측정, 부산대학교 공학석사학위 논문
- 10) Andreadakis, A. D., 1993, Physical and Chemical Properties of Activated Sludge Floc, *Wat. Res.*, 27(12), 1707-1714.
- 11) Smith, P. G., and P. Coackley, 1983, A method for Determining Specific Surface Area of Activated Sludge by Dye Adsorption, *Wat. Res.*, 17(5), 595-598.
- 12) Sezgin, M., 1982, Variation of Sludge Volume Index with Activated Sludge Characteristics, *Wat. Res.*, 16, 83-88.