

기포탑내에서의 분뇨의 소화도에 대한 연구

윤영웅* · 한승완 · 김상렬

*동명전문대학 공업화학과
동아대학교 공과대학 화학공학과
(1992년 10월 27일 접수, 1993년 4월 15일 채택)

A Study on the Digestion Degree of the Night Soil in a Bubble Column

Young Woung Yun*, Seung Wan Han and Sang Yeul Kim

**Department of Industrial Chemistry, Dong-Myung Junior College*
Department of Chemical Engineering, Dong-A University
(Received 27 October 1992; accepted 15 April 1993)

요 약

분뇨처리장에서 채취한 분뇨를 기포탑에 넣고 시료의 희석배율, 공기의 폭기속도, 소화시간 및 분산판의 구멍 면적비에 따라 소화도를 측정하였다. 분뇨 용액의 소화도는 시료의 희석배율과 공기의 폭기속도가 증가할수록 증가하였으며 분산판의 구멍 면적비가 작을수록 크게 나타났다. 시료의 표면장력의 변화에 따른 소화도 측정법은 BOD에 의한 소화도 측정법에 비하여 정확도가 크게 나타났다. 이들 측정방법을 통하여 얻은 실험결과를 이용하여 소화도에 대한 추산식을 제안하였다.

Abstract—The digestion degrees of the night soil which was taken from a night soil processing plant have been measured in a bubble column according to dilution ratios, aeration velocities, digestion time, and hole area ratios of distribution plate. Digestion degrees increased with increasing dilution ratios and aeration velocities, and they increased with decreasing hole area ratios of distribution plate. The surface tension measurement method for digestion degree gave high accuracy than BOD measurement method. We suggested the estimated digestion degree equations according to various experiment conditions.

1. 서 론

환경 공해를 일으키는 분뇨를 효율적으로 처리하는 과정은 경제적인 면과 환경적인 측면에서 심각한 문제로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위한 한 방법으로 분뇨와 같은 유기물을 많이 포함하고 있는 폐수를 미생물의 작용에 의하여 분해시키는 활성슬러지 공법[1,2]이 널리 사용되고 있다. 재래식 활성슬러지 공법이 갖고 있는 여러 제약[3]을 개선하기 위하여 순산소 공법(pure oxygen activated sludge system)[4]이 개발되어 사용되고

있으며 기존의 활성슬러지 공법에 비하여 반응속도를 증가시킬 수 있고 잉여 슬러지 생산량을 감소시킬 수 있는 장점이 있으나 산소공급에 따른 비용이 많이 들고 반응에 따른 pH감소 등의 많은 문제점을 갖고 있다[5]. Sato 등[6]은 미생물의 생육에 미치는 용존산소의 영향을 연구하였으나 용존산소의 농도가 높은 상태에서 호기성 소화에 의한 분뇨의 처리과정에 대한 연구는 거의 수행되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 분뇨를 소화 처리하기 위한 폭기조로써 기포탑[7,8]을 도입하여 분뇨의 소화효과에 영

향을 미치는 공기의 폭기속도, 분뇨의 회석배율, 분산판의 구멍 면적비 및 소화시간에 따라 분뇨의 소화도를 조사하고 이들 인자와 분뇨의 소화도와의 상관 관계식을 얻어 분뇨 처리에 적합한 기포탑의 설계를 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

2. 실험

2-1. 실험장치

분뇨의 소화 실험장치는 Fig. 1과 같다.

2-2. 시약 및 시료

기초실험 및 분뇨의 합성실험에 사용된 분석시약은 일본 Wako회사의 특급 시약을 사용하였다. 생분뇨는 부산 직할시 북구 엄궁동 소재 분뇨 처리장에서 채취하고, 이를 파쇄하여 시료로 사용하였으며 그 물성은 Table 1과 같다.

2-3. 실험방법

BOD, Cl^- 량, 대장균수(ml중), 비중, 침사량(v/v%), 증발잔사 및 열적 감량(%) 등은 공해공정시험법[9]에 따랐으며 COD는 과망간산칼륨($KMnO_4$)을 산화제로 사용하여 측정하였다.

분뇨용액의 소화실험은 Fig. 1과 같은 기포탑형 반응기 내에 일정비율로 회석시킨 시료용액 800(ml)와 $10(^{\circ}C)$ 이하로 보관된 슬러지를 일정량 넣고 $28-30(^{\circ}C)$ 에서 공기 유속을 $0.76-2.3(cm/sec)$ 범위에서 실험하였다. 기포탑내로 공기를 일정한 속도로 유입시키면서 1시간마다 시료용액의 표면장력과 밀도를, 6시간마다 일정량의 시

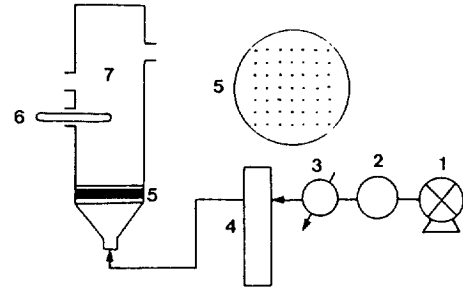


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

1. Air compressor
2. Preheater
3. Water absorber
4. Flow meter
5. Perforated plate
6. Thermometer
7. Column reactor

료를 채취하여 BOD를 측정하였으며 소화정도에 따른 미생물의 활동상황은 현미경으로 관찰하였다. 기포탑내의 분뇨용액은 폭기시간에 따라 표면장력은 증가하고 BOD는 감소하게 된다. 반응을 시작하기 전의 시료용액의 표면장력(σ_o)과 BOD(BOD_o)를 측정하고 일정한 시간 반응시킨 시료의 표면장력(σ_s)과 BOD(BOD_T)를 각각 측정하여 (1) 식에 의하여 표면장력에 의한 소화도(η_o)를, 그리고 (2) 식에 의하여 BOD에 의한 소화도(η_B)를 계산하였다.

$$\eta_o = \frac{\sigma_s - \sigma_o}{\sigma_w - \sigma_o} \quad (1)$$

$$\eta_B = \frac{(BOD)_o - (BOD)_T}{(BOD)_o} \quad (2)$$

Table 1. Chemical properties of night soil

Properties	Environmental and Sanitary Association of Japan	Japan(Ind. Water Sur. Soc.)	Pusan, Korea
pH	7-8	7-9	6.5-8.5
Moisture(%)	97-98	M: 97 R: 96.5-97.5	M: 96 R: 94-97.5
Residue(evap.%)	2-3	M: 3 R: 2.5-3.5	M: 4 R: 2.5-6.0
Decreasing amount(igni)(%)	60	60	55-65
COD(ppm)	3000-5000	M: 4000 R: 3000-5000	M: 6000 R: 4000-8000
BOD(ppm)	8000-15000	M: 13000 R: 8000-15000	M: 20000 R: 15000-25000
Cl^- (ppm)	5500-6500	M: 5500	M: 5000 R: 4500-5500
Total nitrogen(ppm)	5000-6000	M: 5500 R: 5000-6000	—

M: mean, R: range

3. 결과 및 고찰

3-1. 소화에 영향을 미치는 제인자

3-1-1. 시료의 희석배율

Fig. 2와 3에서 $U_G = 1.378(\text{cm/s})$ 및 $\epsilon = 5.1 \times 10^{-3}$ 인 경우에서 소화시간에 따른 소화도를 표면장력에 의한 측정방법과 BOD에 의한 측정 방법에 따라 각각 표시하였다. 소화도는 희석배율이 증가함에 따라 증가하였으며 특히, 희석배율이 10배인 경우에 소화도는 가장 크게 나타났다.

3-1-2. 공기의 폭기속도

Fig. 4와 5에서 보인 바와 같이 공기의 폭기속도가 클수록 소화도가 증가하였으며, 또한 공기의 폭기속도가 클수록 소화시간은 단축되는 것으로 나타났다.

3-1-3. 분산판의 특성

Fig. 6 및 7에서와 같이 분산판의 구멍 면적비가 $\epsilon = 1.83 \times 10^{-2} \sim 3.45 \times 10^{-2}$ 범위에서는 분산판의 구멍 면적비가 감소할수록 소화도는 증가하는 경향을 보였으며 특히 Fig. 7에서 나타난 바와 같이 분산판의 구멍 면적비가 $1.65 \times 10^{-2} \sim 3.45 \times 10^{-2}$ 인 경우 BOD방법에서는 거의 같은 것으로 나타났다.

3-2. 소화용액의 표면장력과 소화도

Fig. 2-7에서 나타난 것처럼 기포탑에 공기를 폭기하여

시료를 소화시킬 때 소화시간에 따라 표면장력은 증가하였으며 소화가 완결될 때는 물의 표면장력과 거의 같아지고 있다. 이러한 성질을 이용해서 소화된 정도를 확

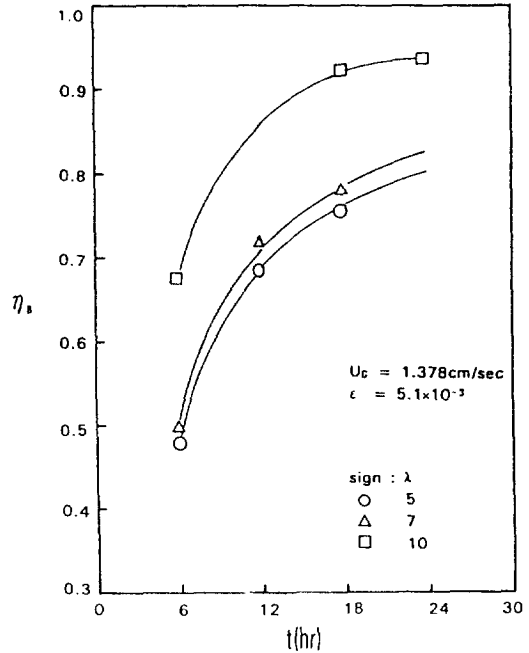


Fig. 3. η_s vs. t at the different dilution ratio.

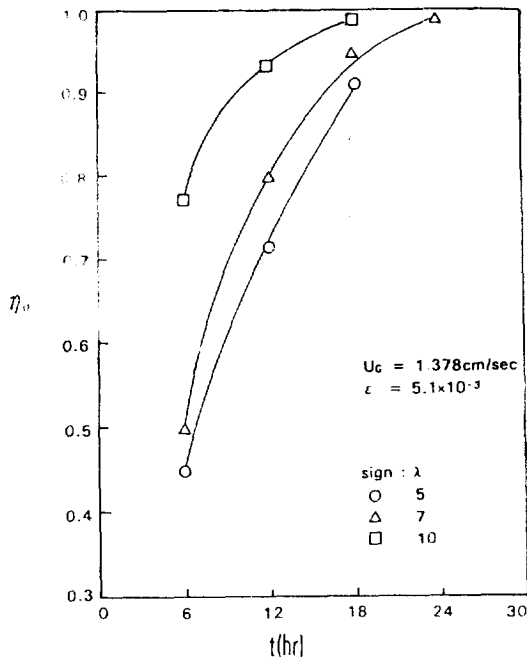


Fig. 2. η_s vs. t at the different dilution ratio.

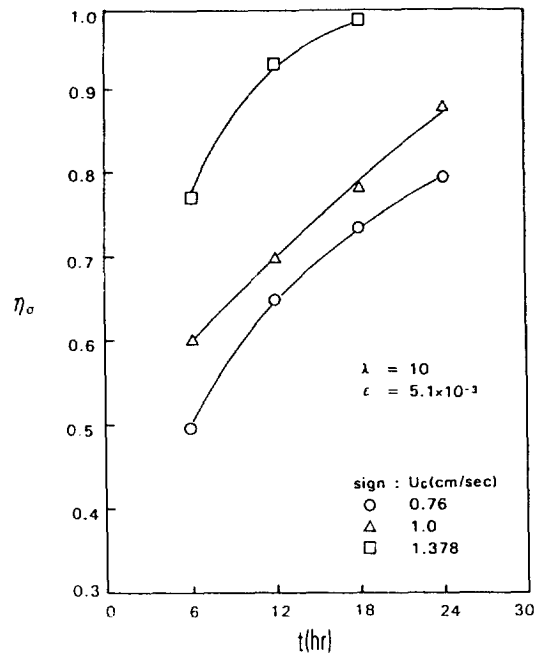
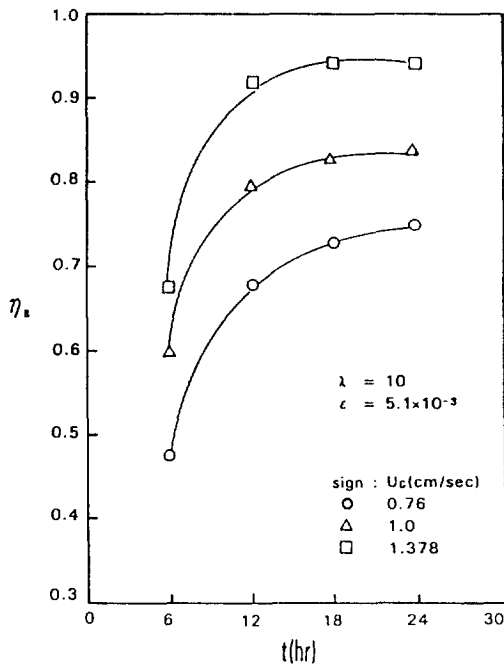
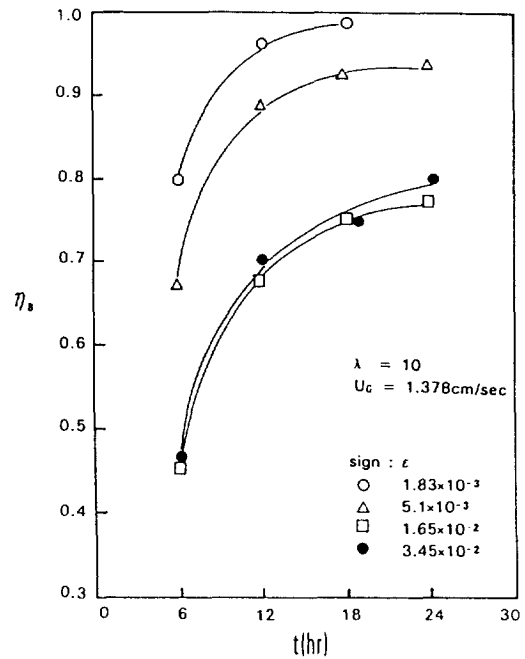
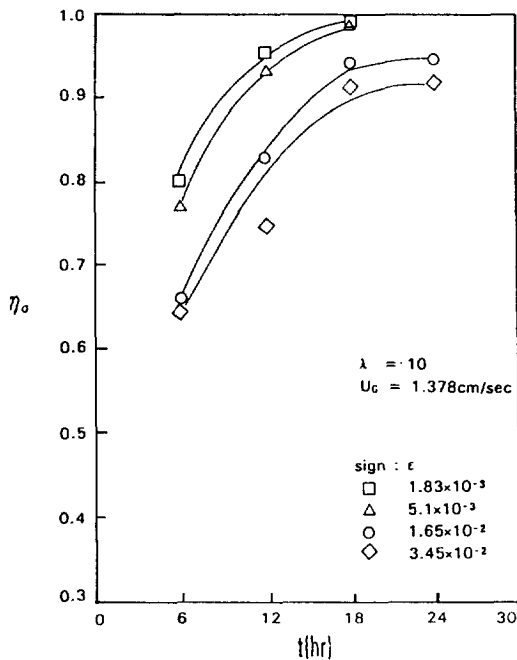


Fig. 4. η_s vs. t at the different aeration velocity.

Fig. 5. η_B vs. t at the different aeration velocity.Fig. 7. η_B vs. t for the different hole area ratio of perforated plate.Fig. 6. η_o vs. t for the different hole area ratio of perforated plate.

인할 수 있으며 표면장력의 변화를 이용한 소화도의 측정이 BOD에 의한 측정방법보다 소화도의 값의 변화가

규칙적으로 변할 뿐 아니라 측정시간도 아주 짧은 장점을 가지고 있다.

3-3. 여러 가지 파라미터와 소화도의 관계

3-3-1. BOD에 의한 소화도

시료용액의 회석배율 5-10배, 공기의 폭기속도 0.7-1.378 (cm/sec) 및 분산판의 구멍 면적비 $\epsilon = 1.83 \times 10^{-3} - 3.45 \times 10^{-2}$ 인 범위에서 BOD값의 변화를 측정하여 얻은 실험 결과를 이용하여 관계식을 추산하면 식 (3)과 같다.

$$\eta_B = 0.5698(23.08 + 21.38 \ln t)(1.0 + 0.4 \ln U_G)e^{(0.05625)\lambda} \quad (3)$$

Fig. 8에서와 같이 실험치와 계산치를 비교한 결과 오차 8%이었으나, 분산판의 구멍 면적비의 변화에 따른 BOD의 측정값이 불규칙적으로 변화하므로 (3)식은 분산판의 구멍 면적비가 고려되지 않아 기포타형 폭기조의 설계를 위한 추산 자료로는 적합하지 않으나 일반적인 경우에서의 분노용액의 소화도 예측에는 유용하게 사용될 수 있다.

3-3-2. 표면장력 방법에 의한 소화도

시료용액의 회석배율 5-10배, 공기의 폭기속도 0.76-1.378 (cm/sec) 및 분산판의 구멍 면적비 $\epsilon = 1.83 \times 10^{-3} - 3.45 \times 10^{-2}$ 에서 시료의 표면장력에 의한 측정결과를 이용하여 관계식을 추산하면 식 (4)와 같다.

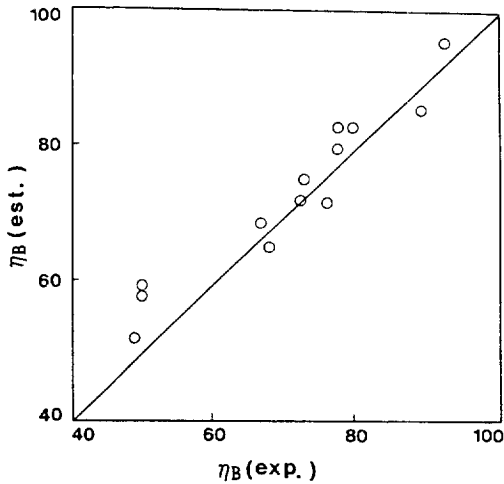


Fig. 8. Comparison of the experimental and estimated η_B value.

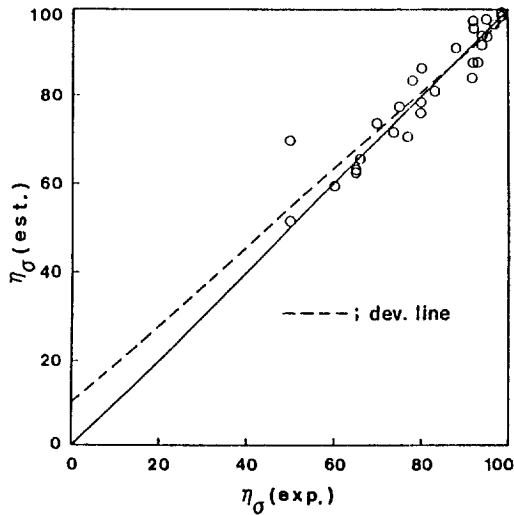


Fig. 9. Comparison of the experimental and estimated η_O value.

Fig. 9에서와 같이 식 (4)를 이용하여 얻은 계산치와 실험치를 비교한 결과 오차 10.5% 정도로 양호한 결과를 나타내었다.

$$\eta_O = 24.33 t^{0.378} U_G^{0.545} \varepsilon^{-0.0655} \lambda^{0.426} \quad (4)$$

4. 결 론

분뇨 처리장에서 채취한 분뇨를 시료의 회석배율, 공기의 폭기속도, 분산판의 구멍 면적비 및 소화시간에 따

라 호기성 폭기에 의해 소화시킨 실험에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 표면장력법에 의해 소화도를 측정한 결과 소화가 진행됨에 따라 시료용액의 표면장력은 증가하였으며, 소화가 완결됨에 따라 시료의 표면장력은 물과 거의 같은 값을 나타내었다.

(2) 분뇨용액의 소화도는 시료의 회석배율을 크게 하거나 공기의 폭기속도를 크게 할수록 증가하였다.

(3) 분산판의 구멍 면적비의 범위가 1.83×10^{-3} - 3.45×10^{-2} 일 때 분산판의 구멍 면적비가 적을수록 소화도는 크게 나타났다.

(4) 회석배율이 5-10배, 공기의 폭기속도 0.76-1.378 (cm/sec) 및 분산판의 구멍 면적비가 1.83×10^{-3} - 3.45×10^{-2} 인 실험범위에서 얻어진 BOD의 측정에 의한 소화도의 추산식은 다음과 같았다.

$$\eta_B = 0.5698(23.08 + 21.38 \ln t)(1.0 + 0.4 \ln U_G) e^{0.05625 \lambda} \quad (3)$$

(5) 회석배율이 5-10배, 공기의 폭기속도 0.76-1.378 (cm/sec) 및 분산판의 구멍 면적비가 1.83×10^{-3} - 3.45×10^{-2} 인 실험범위에서 표면장력법에 의한 소화도의 추산식은 다음과 같았다.

$$\eta_O = 24.33 t^{0.378} U_G^{0.545} \varepsilon^{-0.0655} \lambda^{0.426} \quad (4)$$

사용기호

$(BOD)_0$: BOD of sample

$(BOD)_T$: BOD of sample after digestion

t : the digestion time [hr]

U_G : aeration velocity [cm/sec]

그리스 문자

ε : the ratio of hole area [-]

η_B : degree of digestion represented by BOD

$$= \frac{(BOD)_0 - (BOD)_T}{(BOD)_0} [-]$$

η_O : degree of digestion represented by surface

$$\text{tension} = \frac{\sigma_s - \sigma_o}{\sigma_w - \sigma_o} [-]$$

λ : the ratio of dilution [-]

σ_o : surface tension of sample before digestion [dyne/cm]

σ_s : surface tension of sample after digestion [dyne/cm]

σ_w : surface tension of distilled water [dyne/cm]

참고문헌

1. Tenney, M. W., Echelberger, W. F., Coffey, J. J. and McAlon, T.: *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, **42**, 1(1970).
2. Goronszy, M. C.: *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, **51**, 274 (1979).
3. Metcalf and Eddy: "Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse", 2nd ed., McGraw-Hill, Boston, U.S.A.(1979).
4. Benefield, L. D., Randall, C. W. and King, P. H.: *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, **49**, 269(1977).
5. Ramalho, R. S.: "Introduction to Wastewater Treatment Processes", 2nd ed., Academic Press, New York(1983).
6. Sato, S. S., Mukataka, Kataaka, H. and Takahashi, J.: *J. Ferm. Tech.*, **62**, 71(1984).
7. Guy, C., Carreau, P. J. and Paris, J.: *Can. J. of Chem. Eng.*, **64**, 23(1986).
8. Koide, K., Shibata, K., Ito, H., Kim, S. Y. and Ohtaguchi, K.: *J. of Chem. Eng. of Jap.*, **25**, 11(1992).
9. Greenberg, A. E., Trussell, R. R. and Clesceri, L. S.: "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 17th ed., APHA, Washington, DC (1989).