

축산폐수의 혐기성 충전층과 유동층 생물막법에 의한 처리효율의 비교연구

김은호 · 박현건* · 장성호**

동아대학교 환경공학과

*진주산업대학교 환경공학과

**밀양산업대학교 환경공학과

A Comparative Study on Treatment Efficiencies by Anaerobic Packed and Fluidized-bed Biofilm of Livestock Wastewater

Eun-Ho Kim, Hyun-Geoun Park* and Seong-Ho Jang**

Dept. of Environmental Engineering, Dong-A University

**Dept. of Environmental Engineering, Chinju National University*

***Dept. of Environmental Engineering, Miryang National University*

ABSTRACT

This study was conducted in order to evaluate the treatment efficiencies of anaerobic packed and fluidized-bed biofilm and to investigate applicability in treating livestock wastewater. Bicarbonate alkalinity(BA) and volatile fatty acid(VFA) were about 3,230-3,270 mg/l, 3,790-3,126 mg/l(as CaCO₃) and 224-402 mg/l, 141-387 mg/l(as CH₃COOH), and VFA/BA ratio was about 0.069-0.12, 0.045-0.12 in packed and fluidized-bed biofilm. When COD loading rate was 6.0 kg COD/m³ · day in packed and fluidized-bed biofilm, methane gas production were 3.23 l/day and 4.38 l/day, respectively. In the same COD loading rate, methane gas production volumes per kg COD removal were 0.25 m³ CH₄/kg COD_m and 0.28 m³ CH₄/kg COD_m, respectively. At this time, it could be estimated that fluidized-bed biofilm was more high. In case of HRT 0.94 day(6.0 kg COD/m³ · day) and 11 day(0.5 kg COD/m³ · day), packed-bed biofilm showed 59% and 81% COD removal efficiency, respectively. While fluidized-bed biofilm showed 72% and 85% removal efficiency, respectively. It was showed that fluidized-bed biofilm was more efficient. Packed-bed biofilm was higher than fluidized in treatment efficiencies of organic matters, but required continuous treatment using combined system, because it was very exceeded over an environmental standard solidified from '96 year. In operating fluidized-bed biofilm, if farm house consider high power cost according to high circulation ratio in an economic point of view, it would have an effect that farm house use packed-bed biofilm as combined system in treating livestock wastewater.

Keywords : Livestock wastewater, Anaerobic, Biofilm

I. 서 론

최근에 경제성장으로 생활수준이 향상됨에 따라 식생활이 서구화되어 과거 곡물위주의 식생활에서 육류위주의 식생활로 점차 비중이 높아지고 있다.¹⁾

이러한 수요를 충족시키기 위하여 상대적으로 축산업이 증가됨에 따라 많은 오염물질량이 배출되어

일반 하천의 오염 뿐만 아니라 상수원을 오염시키는 결과를 초래하게 되었다.

축산폐수는 배출량이 다른 오염원에 비하여 적으나(0.6%), 오염농도가 아주 높아 오염기여도 측면에서는 전체 수질오염의 19.9%를 차지하고 있다.²⁾

현재 널리 이용되고 있는 축산폐수의 처리방법으로써는 저장액비화법, 간이정화조, 퇴비화법, 톱밥발

효돈사 등이 있으나 이들은 '96년 부터 시행되고 있는 축산폐수처리시설의 방류수 수질기준을 만족하기가 어려울 뿐만 아니라 축산농가의 빈약한 경제력으로 인하여 적극적으로 도입하고 있지 않은 실정이다.²⁾

일반 하천 및 상수원의 수질보전을 위하여 높은 처리효율을 얻을 수 있는 처리공정에 의해 오염물질의 배출량을 감소시켜야하지만 소규모 축산농가의 빈약한 재정기반, 운전관리의 전문성 결여 등 여러 가지 문제점이 제기되고 있다.

또한 배출되는 오염물질의 양은 공정의 운영방법, 정화조 설치여부 및 수집관거의 상태 등에 따라 높은 변화율을 보여주고 있어 각 특성에 적합한 일정 지역 별 공동처리시설의 건설과 운영이 요구되고 있다.¹⁾

이러한 시점에서 향후 점차적으로 강화되고 있는 환경규제와 농축산물의 수입개방에 효과적으로 대응하기 위하여 축산농가에서 널리 이용될 수 있는 보다 경제적이고 효율적으로 축산폐수를 처리할 수 있는 혐기성 충전층과 유동층 생물막법의 처리효율을 비교하고 아울러 적용가능성을 검토하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험장치

본 연구에서는 독립된 축산농가에서 채용 가능하고 비교적 처리효율이 높은 공법에 대하여 실험을 행하였으며, Fig. 1과 Fig. 2는 혐기성 처리공정원리를 이용한 상향류식 혐기성 충전층과 유동층 반응조를 나타내고 있다.

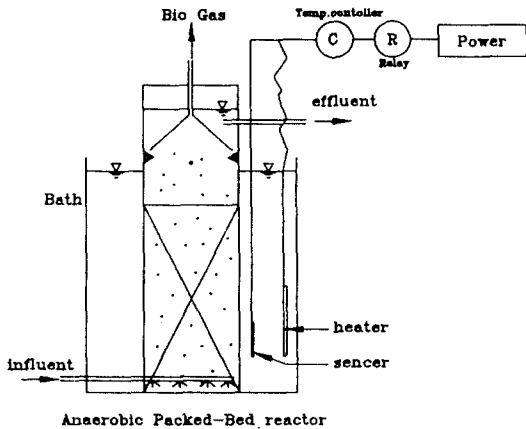


Fig. 1. The cross-sectional diagram of anaerobic packed-bed reactor.

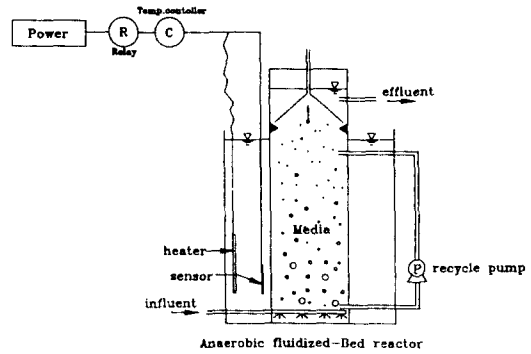


Fig. 2. The cross-sectional diagram of an anaerobic fluidized-bed reactor.

본 실험에 이용된 모든 반응조의 용적은 직경 10 cm, 높이 64 cm, 총부피 5 l의 원통형으로써, 실험장치의 재질은 PVC제를 채택하였고, 중온소화영역을 유지하기 위하여 Water bath에 설치하여 온도조절기로 $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 를 유지하면서 운전하였다.

두 반응조에는 발생가스를 포집할 수 있는 장치를 설치하여 발생가스량을 검측할 수 있게 하였다.

충전층과 유동층 반응조내의 충전제와 유동매체로써는 40 mesh체를 통과한 소성제올라이트를 총 부피의 20% 정도 넣었다.

2. 운전방법

충전층과 유동층 반응조의 유입수는 농가에 설치된 저류조의 고액분리된 상징수를 대상으로 연속회분식의 형태로 각 반응조에 주입하였으며, 충전층의 경우에는 역혼합효과를 도모하기 위하여 처리수를 반송시키고 기질과 부착된 미생물과의 접촉효과를 증대시키며, 유입수의 단회로 방지를 위하여 분산유입장치를 하부에 설치하였다.

고농도의 부유물질의 유입에 따른 막힘현상과 일시적인 유기산의 농도를 저하시켜 부착된 미생물의 활성을 회복하기 위하여 淸水を 유기물 부하율의 변동시 주입시켰다.

유동층은 기질과 미생물이 부착된 유동매체와의 접촉효율 증대를 위하여 반응조의 상부에서 하부로 순환펌프를 이용하여 유입수의 수량에 대해 0.5~1.0의 비로 순환을 실시하였다.

반응조로 부터 洗出된 미생물은 밀폐형 침전지를 이용하여 충전층과 유동층 반응조로 반송하여 반응조내 미생물의 급격한 농도변화를 예방하였으며, 특히 유동층의 경우 洗出된 유동매체의 유실을 방지하

Table 1. Characteristics of piggery wastewater

Items	Units	Concentrations
pH	-	7.6~8.5
BOD ₅	mg/l	4,730~4,020
COD _{Mn}	mg/l	3,860~4,140
COD _{Cr}	mg/l	5,440~5,730
TS	mg/l	224~281
VS	mg/l	110~144
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	311~1,210
T-N	mg/l	410~1,480
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	74~127
T-P	mg/l	137~179
Cl	mg/l	284~287
Alkalinity	mg/l as CaCO ₃	2,880~3,440
T-Volatile acid	mg/l as CH ₃ COOH	89~104

기 위하여 순환수중으로 반응시켰다.

3. 대상시료

본 연구에서는 사용되어진 시료는 경상남도 진양군 소재 J. 축산의 양돈시설에서 고액분리 배출되어지는 폐수를 이용하였으며 그 특성은 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1의 고액분리된 양돈폐수의 특성을 살펴보면 고농도의 유기물을 함유하고 있어 오염부하량이 아주 높은 것을 알 수 있다.

특히 양돈시설의 분뇨가 혼입되므로써 부유물질의 농도가 비교적 높게 함유되어 있으며 또한 고농도의 암모니아 이온이 함유되어 있는 것을 알 수 있다.

따라서 고농도 암모니아 이온이 고액분리조에 저류됨에 따라 유입 양돈폐수는 암모니움 알칼리도가 아주 높게 유지되어 약알칼리성을 나타내고 있다.

반응조에 식종된 슬러지는 부산광역시 J. 하수종말처리장의 혐기성 소화조내 반응슬러지를 400 mesh 체로 분리하여 식종하였다.

식종 슬러지의 특성은 TS 33,600 mg/l, VS 16,300 mg/l이며 VS/TS의 비는 0.485이었다.

초기 식종량은 반응조 용적의 약 70% 정도으로써 $5 l \times 0.7 = 3.5 l$ 이다.

소화조내의 식종슬러지는 반응조에 주입한 후에 3일 동안 서서히 가온하여 온도를 $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지시킨 다음에 3일간 침전시켜서 내부가 혐기화되도록 하였다.

4. 분석방법

분석은 환경오염공정시험법³⁾과 Standard methods⁴⁾

Table 2. Analytical condition of gas chromatograph

Items	Methane gas	Volatile fatty acid
Column	PONA(Cross-linked methyl silicone) 50 m × 0.2 mm × 0.5 μm	HP-20M(carbowax 20M) 50 m × 0.2 mm × 0.2 μm
Carrier gas	Helium	-
Oven temperature	150°C	155°C isothermal
Sample injection	1 ml	1 μl
Detector	FID	FID
Split	30:1	30:1

에 준하였다.

혐기성 소화조의 부산물인 메탄가스의 조성과 휘발성 지방산의 분석은 HP5890 Series 2 gas chromatograph를 이용하였으며 분석조건은 Table 2에 나타난 바와 같다.

또한 가스발생량의 측정을 위한 가스포집은 포화된 NaCl 액에 침수시킨 원통형 아크릴 부상식 가스포집기를 소화조 상부의 소화가스 배출구에 연결하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유기물 제거 특성

Fig. 3은 혐기성 충전층 반응조에서 수리학적 체류

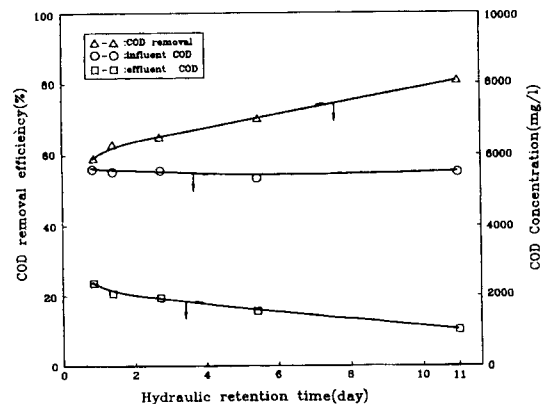


Fig. 3. Variation of COD removal efficiencies and effluent COD according to HRT by anaerobic packed-bed reactor.

시간(Hydraulic Retention Time)에 따른 COD 제거 효율 및 처리수 수질변화를 나타내고 있다.

충전층 반응조의 충전비 20%의 조건에서 HRT 11일에서 0.94일까지 변화시키면서 처리한 결과, COD 제거효율과 처리수의 COD 농도는 각각 81~59%, 1,050~2,430 mg/l로 변화됨을 알 수 있었다.

HRT 11일에서는 COD 제거효율이 비교적 높은 약 81% 정도로 나타나, 이것은 충전된 매체에 부착된 미생물과 긴 체류시간에 의한 접촉으로 기질이 제거된 것으로 추정되어지며, 비교적 HRT가 짧은 2.9일에서는 COD 제거효율이 약 65% 정도로 나타나 짧은 체류시간에서도 안정된 처리효율을 얻을 수 있었다.

따라서 이와 같은 결과는 매체에 부착된 미생물의 활성화와 안정된 반응조의 조건이 유지되기 때문으로 판단된다.

그리고 더욱 짧아진 HRT 0.94일에서는 COD 제거효율이 약 59% 정도로 낮은 처리수의 특성을 나타내고 있는데, 이는 유입부하율의 증가에 따른 접촉비율의 감소에 의한 영향으로 추정되며, 또한 충전매체에 부착된 미생물의 활성이 저하되었기 때문으로 여겨진다.

한편 Ng 등은 COD 10,000 mg/l의 소규모 양돈폐수의 처리를 충전제 길이 25 mm, 직경 12 mm의 PVC tube를 이용하여 실험실 규모로 운전하여 처리수는 30°C에서 HRT 2.1~6.3일로 변화시킬때, HRT 2.8일 이상에서는 95%의 높은 제거효율을 나타내었다.⁵⁾

또한 충전제로 모래 및 활성탄을 이용하여 COD 4,000~15,000 mg/l의 양돈폐수를 HRT 14시간~6일의 조건에서 COD 제거효율은 충전제의 종류에는 거의 차이는 없으나, COD 부하량과 제거효율의 관계에서 COD 부하량이 10 g/l일때 약 80% 정도로 일정하며 그 이상에서는 급격하게 감소하는 경향을 나타내었다고 한다.⁵⁾

그리고 충전층 반응조에 대한 반응조내 미생물의 지지량과 소화조건 및 충격부하에 의한 미생물의 탈리로 전체 반응시간에 따라 불안정한 처리효율을 나타낼 수 있는 것으로 알려져 있는바, 본 연구에서도 유기물 부하량의 증가에 의한 처리특성은 다소 불안정한 것으로 나타났다.

Fig. 4는 축산폐수의 유입량에 대한 순환비(Q_r/Q_m)를 8의 조건으로 HRT 변화에 따른 COD 제거 효율 및 처리수 수질의 변화를 도시한 것이다.

Fig. 4에 의하면 HRT 11일에서 COD 제거효율 및

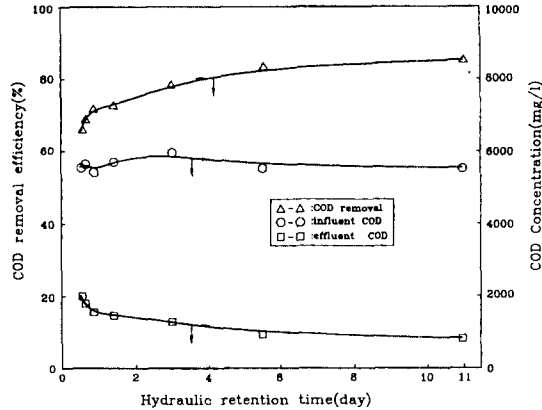


Fig. 4. Variation of COD removal efficiencies and effluent COD according to HRT by anaerobic fluidized-bed reactor.

처리수의 농도는 각각 약 85%, 830 mg/l로 나타났으며, HRT 3일에서도 COD 제거효율이 약 78% 정도로 높게 나타났다.

또한 HRT 0.94일에서 COD 제거효율 및 처리수의 농도는 각각 약 72%, 1,510 mg/l로 나타나 짧은 체류시간에도 비교적 안정된 효율을 보이고 있다.

이와같은 결과는 높은 순환비의 적용에 의한 기질 및 미생물의 높은 접촉에 따라 안정된 처리효율을 예상할 수 있다.

따라서 고농도의 축산폐수에 대하여 단독처리할 경우에 충전층에 비하여 유동층 반응조가 비교적 처리효율이 높은 것을 알 수 있지만, 유동층 반응조의 높은 순환비에 따른 동력비의 증대로 인한 축산농가의 경제적인 측면을 고려하여 현장 적용에서 실용성까지 검토되어야 할 것으로 여겨진다.

2. 휘발성 지방산과 알칼리도의 변화

혐기성 처리공정에 있어서 반응이 최적인 환경조건으로 진행되고 있는가를 파악하기 위해서는 무엇보다도 화학적 인자, 즉 pH, 휘발성 지방산, 알칼리도(중탄산염 알칼리도)를 측정하여 조절할 필요가 있다.⁶⁾

실질적으로 혐기성 반응조의 초기 운전시에 중탄산염 알칼리도의 영향에 대하여 이용가능한 자료는 거의 없는 실정이다.⁷⁾

현재까지 대부분의 연구에서 중탄산염 알칼리도는 중요한 공정의 변수로써 고려되지 않았으며, 입수 가능한 자료는 반응조내에서의 중탄산염의 농도

가 아니라 유입수에 첨가하는 중탄산이온과의 관계에 대해서만 언급이 되어 있는 실정이다.⁷⁾

따라서 Fig. 5와 Fig. 6는 HRT와 COD 부하율 변화에 따른 충전층과 유동층에서의 알칼리도 변화와 휘발성 지방산의 변화를 나타내고 있다.

Fig. 5와 Fig. 6에 의하면 충전층의 경우 각각 3,390~3,550 mg/l(as CaCO₃), 224~402 mg/l(as CH₃COOH)의 범위이고, 유동층의 경우에는 각각 3,400~3,890 mg/l(as CaCO₃), 141~387 mg/l(as CH₃COOH)의 범위를 나타내며 모두 유기물 부하량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다.

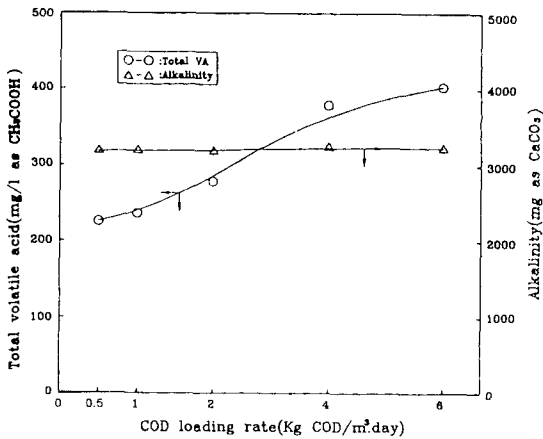


Fig. 5. Variation of alkalinity and volatile fatty acid according to COD loading rate by anaerobic packed-bed reactor.

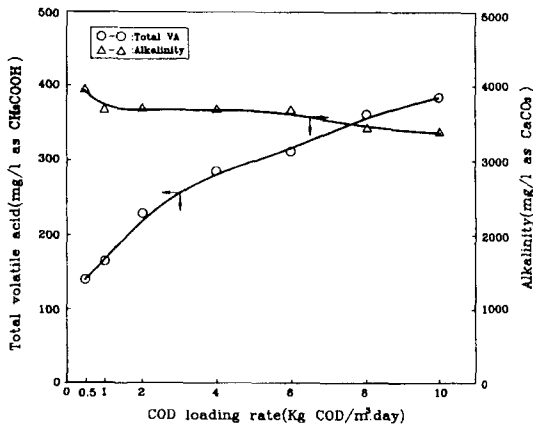


Fig. 6. Variation of alkalinity and volatile fatty acid according to COD loading rate by anaerobic fluidized-bed reactor.

식 (1)은 중탄산염 알칼리도의 계산방법을 나타내고 있다.⁸⁾

$$BA = TA - (0.85)(0.833)VFA \quad (1)$$

여기에서

BA : 중탄산염 알칼리도(mg/l as CaCO₃)

TA : 총알칼리도(mg/l as CaCO₃)

VFA : 휘발성 지방산(mg/l as HAc)

0.85: TA를 구하기 위하여 pH=4가 될 때까지 황산으로 적정시킬때에 VA의 85% 밖에 전환하지 못하기때문에 사용하는 계수

0.833: CH₃COOH을 알칼리도로 전환시킬 때의 계수(=50/60)

이 식에 의하면 충전층과 유동층 반응조에서 중탄산염 알칼리도는 각각 약 3,230~3,270 mg/l, 3,790~3,126 mg/l(as CaCO₃) 정도의 범위를 나타내었으며, 충전층에서는 HRT와 COD 부하율이 증가할수록 중탄산염 알칼리도가 다소 높음을 알 수 있으나, 유동층의 경우에 정반대의 현상을 나타내고 있다.

이러한 이유로는 HRT와 COD 부하율이 충전층에 비하여 유동층이 다소 높은 영향도 있겠지만, 대체적으로 모든 부하율에 걸쳐 중탄산염 알칼리도는 적절하게 유지되고 있음을 알 수 있다.

일반적으로 혐기성 소화의 조절지표로서 이용되고 있는 VFA와 중탄산염 알칼리도의 비는 0.8이상이면 pH 강하 및 메탄가스 생성의 저해가 일어나 운전이 실패하기 쉬우며, 그 비가 0.5이상이면 조절해 줄 필요가 있는 것으로 알려져 있다.⁹⁾

본 연구에서는 충전층과 유동층 반응조의 VFA/BA 비는 각각 0.069~0.12, 0.045~0.12의 범위로서 적합한 것을 알 수 있으며, 이것은 단백질을 함유한 시료의 경우 단백질로부터 암모늄 이온으로 또는 유기산과 관련된 양이온들로 잠재적인 중탄산염 알칼리도를 지니고 있다는 McCarty¹⁰⁾의 연구보고와 무관치 않는 것으로 여겨진다.

그리고 반응조내의 pH는 모든 부하율에 걸쳐 거의 중성영역을 유지하고 있어 메탄균 생성의 저해를 방지할 수 있었던 것으로 판단된다.

그러나 충전층과 유동층 반응조에서 COD 부하율을 각각 4.0kg COD/m³·day 이상과 8.0kg COD/m³·day 이상의 부하율을 적용할 경우에 부하율의 증대함에 따라 유기산의 축적, 메탄 생성균의 활성 저하, 고분자 유기물의 농도유입과 접촉효율의 감소

로 인하여 반응조내의 혐기성 소화조건은 다소 불안정한 상태로 유지되고 있음을 알 수 있다.

3. 메탄가스 발생량 및 발생율의 변화

혐기성 소화에 있어서 반응조에서의 발생가스 중 메탄가스의 발생량과 발생율은 처리효율의 간접적인 지표로 이용되어질 수 있음을 널리 알려져 있다.⁶⁾

따라서 본 연구에 있어서는 혐기성 충전층과 유동층 반응조의 HRT와 COD 부하율 변화에 따라 혐기성 분해 산물인 메탄가스의 발생량과 메탄가스의 발생율을 파악하여 각각 Fig. 7과 Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 7을 검토하여 보면 COD 부하율 0.5~6.0kg COD/m³·day로 유지시켰을때 메탄가스 발생량의 변화는 0.44~3.23 l/day이며 함량변화는 65~56%로 나타났다.

혐기성 충전층 반응조에서 COD 부하율의 증가에 따른 kg COD 제거당 메탄가스 발생율은 0.277~0.25 m³ CH₄/kg COD_m이며, 이론치 0.51~4.5 m³ CH₄/kg COD_m와 비교해보면 다소 낮은 발생율을 보이고 있다.

그러나 혐기성 충전층 반응조의 최대 COD 부하율 6.0kg COD/m³·day에서는 메탄가스 발생량은 3.23

l/day이며 kg COD 제거당 메탄가스 발생율은 0.25 m³ CH₄/kg COD_m을 나타냄으로써 COD 부하율의 증가에 따라 메탄가스 발생율이 급격히 감소되어짐을 알 수 있다.

이와같은 결과는 고부하율에서 미생물의 지지량의 감소와 미생물량의 감소에 의한 충격부하 및 산의 축적에 기인된 결과로서 추정되어지며, 부하량의 증가에 따라 충전층에 부착된 미생물의 탈리에 의해 메탄 생성균의 활성 저하로 메탄 생성율이 감소되어짐을 추정할 수 있다.

Fig. 8의 결과를 고찰하여 보면 혐기성 유동층 반응조를 COD 부하율 0.5~10.0kg COD/m³·day로 변화시켰을때 메탄가스 발생량 및 함량변화는 각각 0.46~6.79 l/day, 66.2~58.0%로 나타났다.

혐기성 유동층 반응조에서 COD 부하율의 증가에 따른 kg COD 제거당 메탄가스 발생율은 0.287~0.27 m³ CH₄/kg COD_m이며, 이론치 0.56~8.78 CH₄/kg COD_m와 비교해보면 낮은 발생율을 보이고 있다.

이상의 결과를 토대로 충전층 반응조와 동일한 부하율인 6.0 kg COD_m/m³·day에서 메탄가스 발생량은 4.38 l/day이며, kg COD 제거당 메탄가스 발생율은 0.28 CH₄/kg COD_m로 충전층 반응조에 비하여 높은 것을 알 수 있어, 유동층 반응조에서 혐기성 소화가 효율적으로 진행되었음을 알 수 있다.

한편 정 등¹⁰⁾은 혐기성 슬러지 소화조에서 휘발성 고형물 부하율 1.65kg VS/m³·day에서 가스 발생량 및 메탄가스 함량은 각각 1.48~2.84l/day와 70.5~

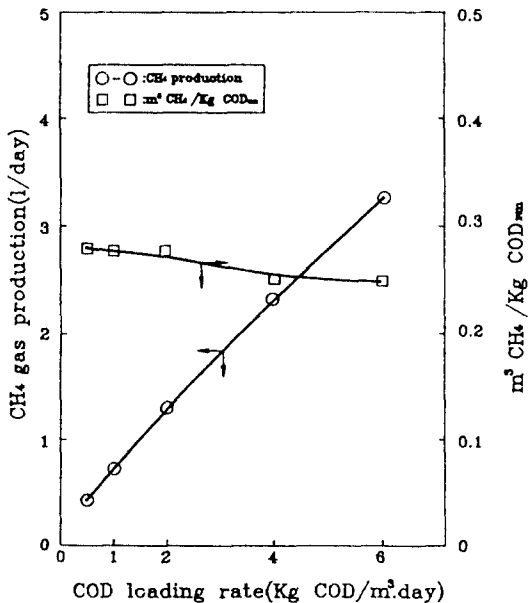


Fig. 7. Variation of methane gas production and content according to COD loading rate by anaerobic packed-bed reactor.

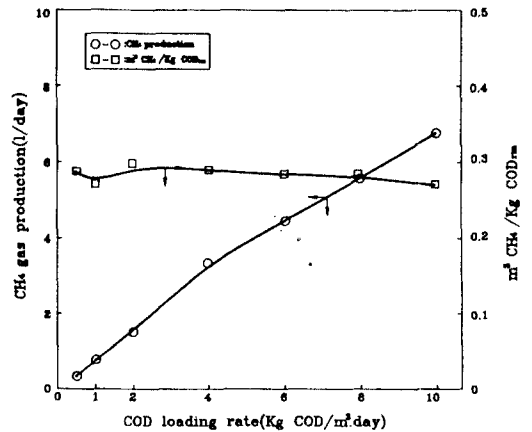


Fig. 8. Variation of methane gas production and content according to COD loading rate by anaerobic fluidized-bed reactor.

72.4%의 연구결과와 정상적인 혐기성 소화시의 메탄 가스 조성비인 60~68%와 비교해보면, 본 연구에서는 다소 낮은 발생량의 결과를 보이고 있으나, 축산 폐수의 특성을 고려해볼때 메탄가스 발생량 및 발생율은 비교적 높게 나타나 원활한 소화상태가 유지되어졌음을 반영하고 있다.

4. 충전층과 유동층 반응조의 성능비교 및 처리방안

충전층과 유동층 반응조의 성능을 비교하기 위하여 HRT에 따른 COD 제거효율을 비교하여 Fig. 9에 도시하였다.

Fig. 9에 의하면 충전층과 유동층 반응조의 HRT 0.94일(6.0kg COD/m³·day)일때 COD 제거효율은 각각 59%, 72%이며, HRT 11일(0.5kg COD/m³·day)일때 81%, 85%로써 HRT가 짧은 경우에는 유동층이 아주 높은 효율을 보이는 반면에, HRT가 증가할수록 거의 비슷한 양상을 보이고 있으나, 전반적으로 유동층 반응조가 효율이 좋은 것으로 나타났다.

이와같이 HRT가 증가함에 따라 충전층이나 유동층 반응조의 처리효율은 80% 이상으로 거의 비슷할 지라도 잔류농도가 상당히 높아 고농도의 유기물을 함유하고 있는 축산폐수를 처리함에 있어, '96년 부터 강화되는 축산폐수처리시설의 방류수 수질기준¹²⁾을 적용시킬 경우에 기준치를 상당히 초과하기 때문에 병합처리 시스템에 의한 연속처리를 실시하여야 할 것으로 판단되며, 이러한 병합처리시에는 단계적인 오염부하량 감소측면에서 볼때 유동층 반응조 보다 유지관리가 용이하며 경제적인 처리공법으로 운

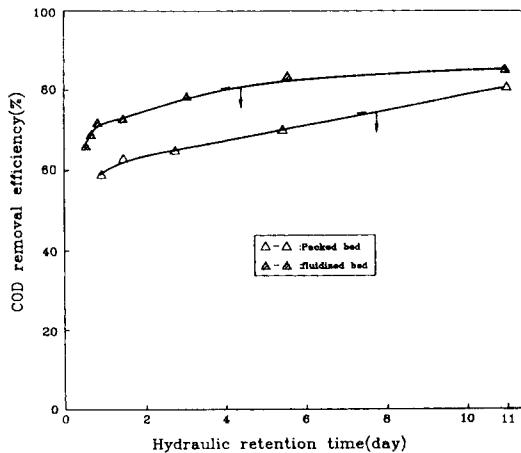


Fig. 9. Comparison of COD removal efficiencies according to HRT.

전상에서 충전물에 의한 단락현상으로 물질전달의 저해현상 문제만을 극복한다면 충전층 반응조에 의한 축산폐수의 병합처리도 무방할 것이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 보다 경제적이고 효율적으로 축산 폐수를 처리하기 위하여 혐기성 충전층과 유동층 생물막법의 처리효율을 비교하고 아울러 적용가능성을 검토해본 결과는 다음과 같다.

1. 혐기성 충전층과 유동층 반응조에서 중탄산염 알칼리도(BA)는 각각 약 3,230~3,270 mg/l, 3,790~3,126 mg/l(as CaCO₃) 정도의 범위이고, 휘발성 지방산(VFA)은 각각 약 224~402 mg/l, 141~387 mg/l (as CH₃COOH) 정도의 범위를 나타내며, VFA/BA 비는 각각 약 0.069~0.12, 0.045~0.12 정도의 범위로써 적합한 것을 알 수 있다.

2. 충전층과 유동층 반응조의 동일한 COD 부하율 6.0kg COD/m³·day에서는 메탄가스 발생량은 각각 3.23l/day 및 4.38l/day이며, kg COD 제거당 메탄가스 발생율은 각각 0.25 m³ CH₄/kg COD_m 및 0.28 m³ CH₄/kg COD_m로 유동층 반응조가 다소 높은 것을 알 수 있다.

3. 혐기성 충전층과 유동층 반응조의 HRT 0.94일(6.0kg COD/m³·day)일때 COD 제거효율은 각각 59%, 72%이며, HRT 11일(0.5kg COD/m³·day)일때 81%, 85%로써, HRT가 짧은 경우에는 유동층이 아주 높은 효율을 보이며 증가할수록 거의 비슷한 효율을 보이고 있다.

4. 축산폐수의 처리시 충전층에 비하여 유동층 반응조가 비교적 유기물의 제거효율이 높지만 '96년부터 강화되는 환경기준을 상당히 초과하기 때문에 병합처리 시스템에 의한 연속처리를 실시하여야 할 것으로 판단되며, 유동층 반응조의 높은 순환비에 따른 과다한 동력비가 소요되므로 축산농가의 경제적인 측면을 고려하여 충전층 반응조에 의한 병합처리도 무방할 것이다.

참고문헌

- 황규대: 축산 하수 종말처리장의 설계 최적화에 관한 연구, 한국수질보전학회지, 9(4), 246~256, 1993.
- 박현건: 소규모 양돈폐수의 합병처리 방안, 동아대학교 환경공학과 박사학위논문, 1993.
- 환경오염공정시험법, 환경처, 1991.

- 4) Standard methods, WPCF, AWWA, ASCE, 1980.
- 5) Ng, W. J. and Chin. K. K. : Random packed anaerobic filter in piggery wastewater treatment, Biological wastewater, **20**, 157~166, 1987.
- 6) 임재명 : 황산염을 함유한 유기폐수의 혐기성 처리, 고려대학교 토목공학과 박사 학위논문, 1989.
- 7) 김형석 : Chitin 첨가가 혐기성 소화 및 입상화에 미치는 영향, 동아대학교 환경공학과 박사학위논문, 1994.
- 8) 최의소 : 폐기물 처리와 자원화, 정문각, 1985.
- 9) Karapanogiotis, N. K. : Extraction and Characterisation of Extracellular Polymers in Digested Sludge, J. Chem. Tech. Biotechnol., **44**, 107~120, 1989.
- 10) McCarty, P. L. : Anaerobic Waste Treatment Fundamentals IV, Process Design, Public Works, **95**(12), 95, 1964b.
- 11) 정윤진 : 혐기성 소화조를 이용한 고농도 양돈축산 폐수의 처리에 관한 연구, 대한환경공학회지, **10**(1), 39~49, 1988.
- 12) 국제환경문제연구소 : 환경관계법규, 동화기술, 1997.