

## 침지형 혐기성 소화조에 있어서 축산폐수로부터 메탄 발효 특성

차기철 · 정태영 · 장영복

연세대학교 환경공학부

### Characteristics of Methane Fermentation from Liquid Livestock Wastewater at Submerged Membrane Anaerobic Digestion

Cha, Gi Cheol, Jeong, Tae Young, Chang, Young Bok,  
Division of Environmental Engineering, Yonsei University

#### 1. 서 론

최근, 장래 에너지 부족에 따른 대책이 마련되고 있으며, 에너지 파동 이후 대체에너지에 대한 연구가 시작된 이래 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히, 폐수 또는 폐기물로부터 처리의 안정성을 도모하면서 생물학적 Mechanism에 의해 Biogas를 획득하고자 하는 연구사례는 대부분의 선진 국가가 국가정책연구로 수행되어 왔다. 최근 유기성폐수의 생물학적 처리 공정 중에서 유일하게  $\text{CH}_4$  가스라는 Biogas를 발생시키는 혐기성소화법의 발전은 비약의 발전을 거듭하여 왔다.<sup>1)</sup>

현재 국내에서 통상적인 축산분뇨처리는 혐기성균을 이용하여 모래, 플라스틱과 같은 불활성 물질에 부착하거나 박테리아 자체의 자발적인 응결과정을 통하여 응집되는 원리를 이용한 UASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)나 AF(Anaerobic Filter)와 같은 공법인 혐기적 소화공정(30일 정도)이 가장 많이 활용되고 있다.<sup>2)</sup> 하지만 축분에 함유된 고농도의 난분해성 물질과 제한요소인 가수분해 단계가 전체 공정의 대부분을 차지하여 많은 시간이 소요되는 단점으로 인해 축분뇨의 직접적인 처리가 어렵다. 더욱이 축분성분 중에 질소가 대부분을 차지하고 있어 혐기성 소화에 있어서 탄소원이 부족하여 일부 음식물폐기물을 첨가하여 처리하고 있으나, 효율은 매우 낮게 나타나 문제가 되고 있다.

최근 들어 분리막에 대한 연구가 활발히 진행됨에 따라 오·폐수처리에 적용되고 있으며, 수질의 처리효율이 향상되고 있다. 그러나 막오염 현상으로

인한 세정과 운영적인 측면에서 일반적인 호기성 처리에만 집중되어 있다. 따라서 본 연구에서는 축산폐수를 기질로 이용하여 혐기성 반응조에 분리막을 직접 침지하여 메탄 세균을 농축하여 처리효율의 향상 및 성장 특성을 살펴보고자 한다.

## 2. 실험 장치 및 방법

본 실험에 사용된 축산폐수는 강원도 원주시 횡성군 소사리에 위치한 돼지 2만두의 하루 폐수 발생량 200ton의 대규모 사육 단지인 S농장으로부터 고-액 분리 공정을 거친 축산폐수를 공급받아 4℃로 저장하였으며, 실험에 사용하였다. 축산폐수의 성상은 표 1에 나타냈다.

Table 1. Characteristics of liquid livestock wastewater

		Concentration	
		Total	Soluble
COD <sub>cr</sub> (mg/L)		45,243	38,150
TS (mg/L)		1,210	
VS (mg/L)		150	
pH		9	
EC (mS)		41.4	
Protein (mg/L)		24990	
Carbohydrates (mg/L)		1096	
Nitrogen (mg/L)	TKN	4,867	3,996
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	1,392	
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	19.9	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	27.2	
	T-N	6306.1	
VFA (mg/L)	acetic acid	4,258	
	propionic acid	805	
	iso-butylic acid	639	
	n-butylic acid	584	

본 실험에 있어서 메탄 반응조에 공경 0.1μm의 Poly sulfoun으로 만들어진 분리막을 침지하였으며, 분리막 사양과 각 반응조의 조건은 표 2에 나타냈다.

Table 2 Experimental condition and specification of membrane

HRT (day)		5	
Flux (l/m <sup>2</sup> /hr)		0.1795	
Temperature (°C)		35±1 °C	
Membrane	Type		Hollow fiber (MF)
	pore size (μm)		0.1
	Diameter (mm)	Internal	0.7
		External	1
	Material		PS(Poly Sulfone)
Effective area (m <sup>2</sup> )		1.25×10 <sup>-1</sup>	

본 연구에 사용된 반응조는 Fig. 1과 같이 아크릴로 만들어졌으며, 항온조는 온도조절장치를 설치하여 35°C를 유지하였다. 반응조내에 분리막을 침지하였으며, 반응조내에서 생성되는 메탄가스를 재순환시켜 침지된 막에 직접 분사시켜 주어 유입되는 기질과 미생물의 접촉면적을 극대화시켜주었다. 또한, 막오염을 최소화하기 위하여 3-way valve를 설치하여 9분 30초 suction, 30초 backwashing을 도입하였다. 생성되는 가스는 10L gas pack을 사용하여 정량화하였으며, 반응조 침전부에서 시료를 채취하여 분석하였다.

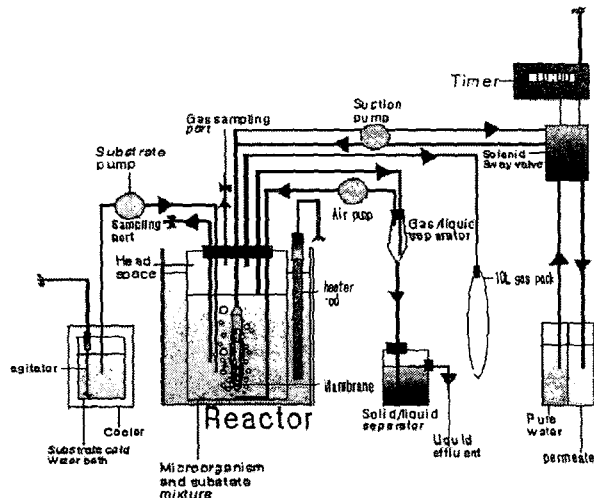


Fig. 1 Schematic diagram of submerged membrane anaerobic digestion

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 메탄생성 반응조에서의 분리막에 대한 투과특성과 메탄발생량을 나타냈다. 반응이 시작된 이후 약 105일이 지나도 flux는 일정한 상태를 유지하고 있지만 투과압력은 초기 0에서 -87 mmHg까지 증가됨을 나타내었다. 축산폐수 자체가 고액 분리된 상태라서 막오염 현상 요인 중에 부유물질의 영향은 크지 않겠지만 난분해성 물질인 대부분으로 이루어져 있어 투과압력의 증가는 막의 막힘현상을 가속화시켜 막오염현상을 빠르게 가져오고 있다고 사료된다. 메탄 발생은 20일 이후 약 1.5L/day이상 꾸준히 증가됨을 보였다.

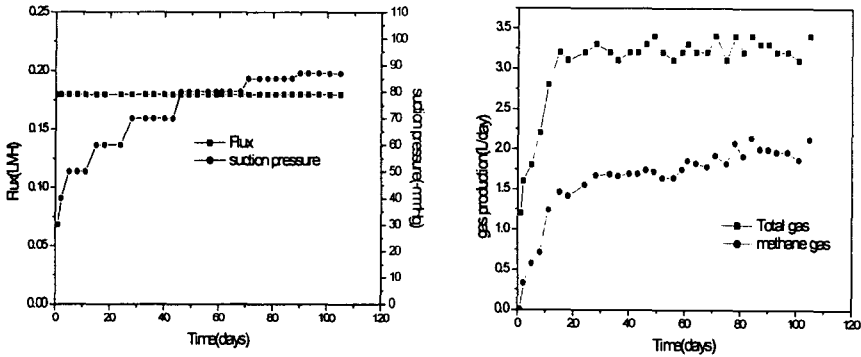


Fig. 2 Variation of Flux and production methane gas

### 4. 참고 문헌

- 1) Jeffries, T.W., et al., Membrane controlled digestion: Effect of ultrafiltration on an aerobic digestion of glucose, *Biotech. Bioeng. symp.*, No.9, 37-49(1979)
- 2) 이준걸, 김순태, 장덕, 혐기성 연속 회분식 반응조 공정에 의한 분뇨처리, *Journal of Korea Solid Wastes Engineering society*, Vol 3(1), 55-63(1998)