

BMP test에 의한 유기성 폐기물의 bio gas화 특성연구

김정민, 이진태, 조무환*
 영남대학교
 (mhcho@ynu.ac.kr*)

Characteristics of Biogas production from organic wastes by BMP test

Jeongmin Kim, Jintae Lee, Moo Hwan Cho*
 Yeungnam University
 (mhcho@ynu.ac.kr*)

서론

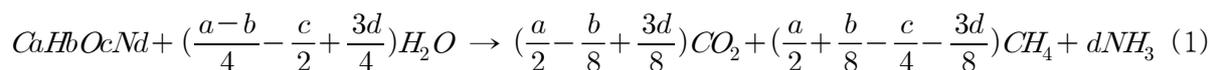
신재생에너지는 과다한 초기투자의 장애요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 선진 각 국에서는 신재생에너지에 대한 과감한 연구개발과 보급정책 등을 추진해오고 있다. 또한 최근 유가의 불안정, 기후변화협약의 규제 대응 등 신재생에너지의 중요성이 재인식되면서 에너지공급방식이 중앙 공급식에서 지방 분산화 정책으로 전환하는 시점과 맞물려 환경, 교통, 안보 등을 고려한 Local자원의 활용측면에서도 적극적인 추진이 요망되고 있는 실정이다. 따라서 기존에너지원 대비 가격경쟁력 확보 시 신재생에너지산업은 IT, BT, NT산업과 더불어 미래 산업, 차세대산업으로 급신장이 예상된다.

본 실험에서는 유기성 폐기물인 가축분뇨와 국내 실정에 적합하고 에너지 자원으로써 이용 가능성이 높은 해조류를 선정하여, 이를 이용한 혐기성 메탄발효를 통해 양질의 메탄가스를 생산 하고, 실험을 통하여 최적의 메탄가스 생산 공정을 도출하는 실험을 하였다.

이론

실험에 사용한 가축분뇨로는 홍성, 울주, 예산지역의 돈분을 사용하였고, 해조류는 미역, 다시마, 툇을 사용하였다. BMP(Biological Methane Potential) test란 시료로부터 잠재 메탄가스 발생량을 결정하는 방법으로써 대상물질의 처리방식, 유기물 부하, 특히 메탄가스 생산량 예측 등에 주로 사용되는 방법이다. BMP test는 혐기성 반응의 최적 조건에서 유기물이 생물학적으로 분해될 때 발생할 수 있는 메탄가스의 발생량 및 발생속도를 평가하는 방법으로, 온도, 알칼리도 및 혐기성 미생물식종 등 최적의 환경조건에서 회분식으로 실험이 진행된다. 또한 유기물의 혐기성 분해반응에 대한 정보는 시간에 따른 누적 메탄발생량을 측정하여 평가한다.

BMP test를 하기 위하여 각각의 시료에 대한 원소분석(C, H, O, N, S)을 실시하고, 그 결과를 혐기성 완전분해 반응식(1)으로 계산하여 이론 메탄가스 발생량을 추정 할 수 있다.



이론 메탄가스 발생량을 추산하기 위해서는 각각의 시료에 대한 정보가 필요하다. 따라서 원소분석기를 이용하여 원소분석(table 1)을 하였다.

(단위 : %)

시료	Carbon	Hydrogen	Oxigen	Nitrogen	Sulphur
홍성 돈분	34.38	6.20	31.12	3.46	0.41
울주 돈분	40.85	6.99	31.03	3.78	0.20
예산 돈분	42.16	7.28	31.03	5.32	-
미역	34.05	5.18	36.68	3.61	0.37
다시마	34.09	5.43	41.15	1.86	0.37
툇	36.10	4.94	42.78	1.72	0.73

table 1. 시료별 원소분석 결과

원소분석 결과를 혐기성 완전분해 반응식에 적용시키면, 각각의 시료에 대한 이론 바이오가스 발생량 및 이론 메탄가스 발생량을 계산할 수 있다(table 2).

(단위 : ml/gVS)

시료	CO ₂	CH ₄	NH ₃
홍성 돈분	335.4	441.8	67.1
울주 돈분	403.5	567.6	77.0
예산 돈분	386.2	566.9	10.3
미역	404.2	391.4	72.4
다시마	387.4	380.1	35.8
툇	415.7	365.5	31.9

table 2. 시료별 이론 바이오가스 발생량

시료 및 방법

이론 바이오가스 발생량을 실험적으로 평가해 볼 수 있는 방법이 BMP test이다. BMP test는 최적의 반응조건에서 실험이 이루어지므로 Nutrient Solution(table 3)을 실험에 사용하여 메탄생성균이 활발히 반응할 수 있는 조건을 만들어준다. 또한 시료를 동결진 공건조 및 분쇄를 하여 시료의 성장변화를 최소화 하고, 각 시료별 VS(Volatile Solid)를 측정하여 유기물 부하에 따른 메탄가스 생성 효율 평가를 한다. VS는 도가니에 각각의 시료를 넣고 550℃ 전기로에서 15분간 가열하여 증발된 시료의 열적감량을 측정하여 계산한다(table 4).

BMP test는 먼저 실험에 사용할 용액을 만든 후, VS를 1, 2, 5, 10 g VS/L 등으로 변화시키면서 유기물 부하에 따른 메탄 생성 실험을 할 수 있다. 실험 용액 제조는 먼저 2L 플라스크에 증류수 1L를 넣고 Nutrient Solution을 100ml를 첨가한 후 증류수 700ml를 더 넣는다. 이 용액을 He gas로 치환시키면서 15분간 가열하고, 상온에서 식힌다. Fe₂Cl₂·4H₂O를 0.66g 첨가하고, 가스로 계속 치환하면서 환원분위기를 제공하기 위하여 Na₂S·9H₂O를 0.9g 첨가한다. NaHCO₃ 8.4g 넣고, 복합 메탄생성균이 들어있는 식종 슬러지를 200ml 첨가하여 제조한다. 용액의 제조가 끝나면 각각의 시료를 유기물 부하에 따라 250ml 삼각플라스크에 담고 제조한 용액을 200ml씩 넣어 혐기조건을 만들고, 37℃ incubator에서 배양한다. 이 후 24시간마다 발생하는 바이오가스량을 측정한다.

reagent	amount
CaCl ₂ ·2H ₂ O	1.67 g
NH ₄ Cl	2.66 g
MgCl ₂ ·6H ₂ O	12 g
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.133 g
KCl	8.67 g
H ₃ BO ₃	0.038 g
CuCl ₂ ·2H ₂ O	0.018 g
Na ₂ MnO ₄ ·2H ₂ O	0.017 g
ZnCl ₂	0.014 g
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.2 g

table 3. Nutrient Solution(증류수 100ml 기준)

시료	VS(mg/g)
홍성 돈분	380
울주 돈분	228
예산 돈분	679
미역	745
다시마	837
툇	666

table 4. 시료별 VS 측정

발생되는 바이오가스는 Gas chromatography로 측정하여 메탄가스 농도를 구할 수 있다.

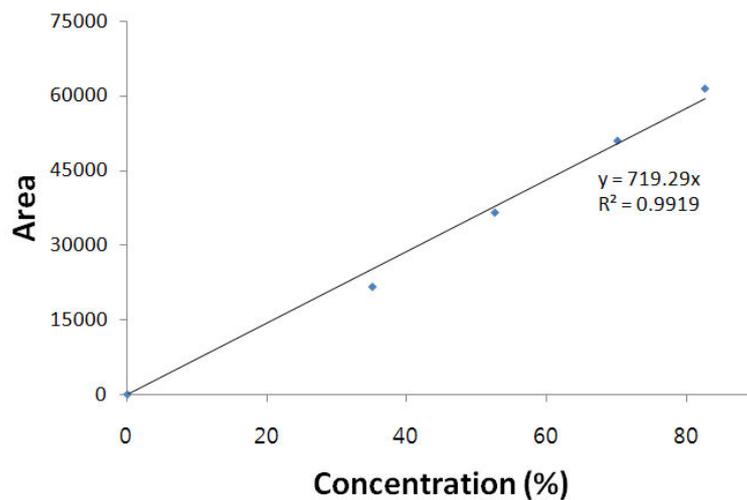


Figure 1. 농도에 따른 Gas chromatography 검량 곡선

실험 결과 및 토의

모든 시료에서 유기물 부하는 5 g VS/L가 메탄가스 생성에 가장 좋은 것으로 나타났다. 원소분석 결과 가축분뇨는 평균 Carbon 42 %, Oxygen 27 %, Hydrogen 7 %를 함유하고 있으며, 해조류는 평균 Carbon 34 %, Oxygen 36 %, Hydrogen 5 %를 포함하고 있다. 가축분뇨의 경우 BMP test 결과 예산 시료가 가장 좋은 결과를 나타내었으며, 이론 메탄가스 발생량의 약 90 %에 해당하는 512.7 ml/g VS를 생산할 수 있었다. 여러 해조류 중 가장 메탄가스 생산에 적합한 해조류는 다시마였으며, 5 g VS의 유기물 부하로 실험하였을 때 이론 메탄가스 발생량의 약 52 %에 해당하는 197.8 ml/g VS의 메탄가스를 생산할 수 있었다.

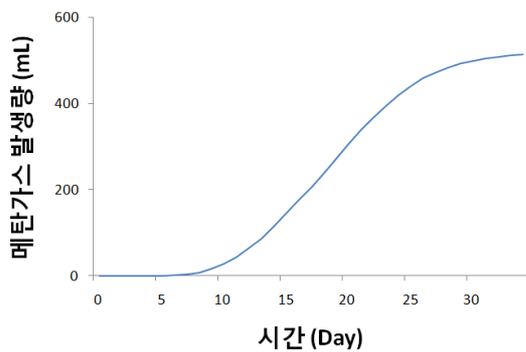


Figure 2. 예산 가축분뇨 5 g VS/L 시료의 시간에 따른 메탄가스 발생량 변화

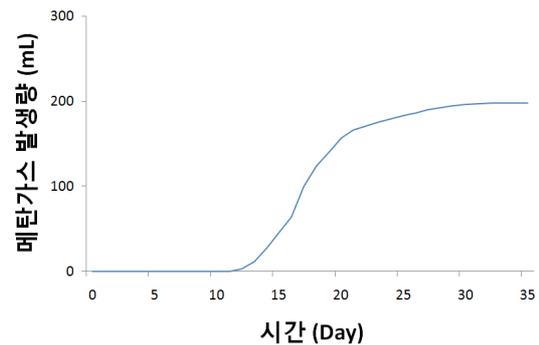


Figure 3. 다시마 5 g VS/L 시료의 시간에 따른 메탄가스 발생량 변화

결론

유기성 폐기물 및 해조류를 이용하여 바이오 가스를 생산하고, 이 중 에너지 자원으로 써 이용가치가 높은 메탄가스를 생산하는 실험을 하였다. 실험 결과 가축분뇨인 돈분을 혐기성으로 처리 할 경우 고효율의 메탄가스 생산이 가능할 것으로 판단이 된다. 또한 해조류를 이용한 메탄가스 생산을 할 경우에도 가축분뇨에는 미치지 못하지만, 해조류를 이용한 바이오 가스화가 가능하다는 결론을 얻게 되었다.

또한 실험에서 유기물 부하는 5 g VS/L 일 때 메탄가스 생성에 최적의 농도를 가졌으며, 동결진공건조 및 분쇄 정도에 따라 실험 결과가 상이하게 나타났다. 따라서 유기물 부하를 비롯하여 실험에 사용하는 시료의 전처리 역시 중요한 실험 요인으로 작용한다고 판단된다.

참고문헌

1. 김남천, “혐기성소화공정에 의한 바이오가스화의 기술 원리 및 응용(음식물쓰레기 및 하수슬러지의 혐기성소화기술)”, 한국유기성 폐자원 학회, J. of KOWREC, Vol.10, No.1:7-23(2002).
2. Jae-Il Park, “Production of hydrogen from Marine Macro-algae Biomass Using Anaerobic Sewage Sludge Microflora”, BBE., 14:307-315(2009).
3. David P. Chynoweth, “REVIEW OF BIOMETHANE FROM MARINE BIOMASS”, (2002).
4. Maeve S. Kelly and Symon Dworjanyn, “The potential of marine biomass for anaerobic biogas production : a feasibility study with recommendations for further research”, (2008).