

고품질화 바이오가스 이용 기술지침 마련을 위한 연구(II): 도시가스 및 수송용 - 정밀모니터링 결과 중심으로

문희성^a, 권준화^a, 박호연^b, 전태완^c, 신선경^d, 이동진^{e†}

A Study on Establishment of Technical Guideline of the Installation and Operation for the Biogas Utilization of Transportation and City Gas: Results of the Precision Monitoring

HeeSung Moon^a, Junhwa Kwon^a, Hoyeon Park^b, Taewan Jeon^c, Sunkyung Shin^d, Dongjin Lee^{e†}

(Received: Mar. 8, 2019 / Revised: Mar. 11, 2019 / Accepted: Mar. 11, 2019)

ABSTRACT: This study carried out on-site investigation and precision monitoring to prepare proper design and operation technical guidelines for the use of bio gas in organic waste resources (fertilizing urine, food waste, food waste, food waste, etc.). According to the government's mid- and long-term policy on bio gasification, the expansion of waste resources is actively being pushed forward. However, facilities that use the biogas produced for urban gas and transportation are still under-efficient.

Precision monitoring was carried out for biogasification facilities of organic waste resources in seven locations nationwide. When the results of precision monitoring were summarized with the four-season average, the efficiency analysis of each organic waste resource showed that the organic breakdown rate was 66.3% on average on VS basis. Analysis of biogas characteristics before and after pretreatment revealed that the H₂S average of the entire facility was measured at 949.7 ppm using iron salts and desulfurization (dry, wet) and that the quality refining facility shearing and rear end was 29.0 ppm and 0.3 ppm. The methane content was found to be reduced by 65.6% at the rear of the fire tank, 63.5% at the back and 97.5% at the rear.

Keywords: anaerobic digestion, biogas, technical guideline, upgrading, food wastes

초 록: 본 연구는 유기성폐자원(가축분뇨, 음식물류폐기물, 음식물류폐수 등)의 바이오가스 이용에 대한 적정 설계 및 운전 기술지침서 마련하고자 현장조사와 정밀모니터링 등을 실시하였다. 정부의 중장기 바이오가스화 정책에 따라 폐자원의 자원화 시설 확충이 활발히 추진되고 있다. 하지만 생산된 바이오가스를 이용하여 도시가스 및 수송용으로 활용하는 시설은 효율이 아직은 저조하다. 전국 7개소 유기성폐자원 바이오가스화 시설을 대상으로 정밀모니터링을 실시하였다. 사계절 평균으로 정밀모니터링 결과를 정리하였을 때, 유기성폐자원 별 효율성 분석에서 유기성분해율은 VS기준 평균 66.3 %로 분석되었다. 전처리 전후 바이오가스 성상을 분석한 결과 철염 및 탈황(건

^a 국립환경과학원 전문위원(Researcher, National Institute of Environmental Research)

^b 국립환경과학원 연구사(Researcher, National Institute of Environmental Research)

^c 국립환경과학원 과장(Director, National Institute of Environmental Research)

^d 국립환경과학원 부장(Director General, National Institute of Environmental Research)

^e 국립환경과학원 연구관(Senior Researcher, National Institute of Environmental Research)

† Corresponding author(e-mail: dongj7@korea.kr)

식, 습식)을 이용하여 전체 시설의 H₂S 평균은 949.7 ppm으로 측정되었으며, 고품질화 정제설비 전단 및 후단에서 29.0 ppm과 0.3 ppm으로 나타났다. 메탄 함량은 소화조 후단에서 65.6 %, 고품질화 정제설비 전단 및 후단에서 63.5 %와 97.5 %까지 감소하는 것을 확인하였다.

주제어: 혐기성소화, 바이오가스, 기술지침, 고품질화, 음식물류폐기물

3. 연구결과

3.2. 정밀모니터링 결과

3.2.1. 삼성분 및 유기물분해율 (VS 기준)

유기성폐자원에 따른 바이오가스화 시설의 사계절 평균 삼성분 결과를 (Fig. 5)와 (Table 4)에 명시하였다. 유입물의 대한 총고형물(TS)은 평균 9.74%이며, 휘발성고형물(VS)은 8.21%로 나타났다. DG 건식시설의 TS는 20.58%로 가장 높게 분석되었으며, VS는 17.41%로 나타났다. JR시설의 TS 값은 4.10%로 가장 낮게 나타났으며, VS는 3.09%로 나타났다.

시설별 유기물분해율을 분석한 결과 사계절 평균

66.27%로 나타났으며, CJ시설이 85.99%로 가장 높았고, JR시설이 40.48%로 가장 낮게 나타났다. 계절별로 구분하여 유기물분해율을 (Fig. 6)와 같이 나타냈으며, 시설운영 및 중단 등의 사유로 DG(w), HC, JR시설의 유기물분해율이 불규칙한 것을 확인하였다. HC 시설의 경우 도시가스 품질기준 검사 시 부적합에 따른 유입물 조절과정으로 유기물분해율이 달라진 것으로 사료된다.

3.2.2. COD_{Cr}

화학적 산소요구량 (COD_{Cr})은 유입물 농도와 연계수질 부하에 관련된 하수처리장의 대표적인 수질

Table 4. Results of TS, VS and VS Removal Efficiency(Four Seasons)

Facility		Moisture(%)	TS(%)	VS(%)	VS/TS(%)	VS removal rate (%)
UJB	in	90.91	9.09	7.82	86.20	77.18
	out	96.90	3.10	1.75	56.41	
WJ	in	86.64	13.36	11.40	85.30	80.96
	out	96.06	3.94	2.16	55.06	
SDG	in	89.83	10.17	8.80	86.50	82.15
	out	97.24	2.76	1.55	56.08	
CJ	in	91.03	8.97	7.92	88.29	85.99
	out	98.17	1.83	1.02	55.66	
DG(d)	in	79.42	20.58	17.41	84.32	64.55
	out	91.21	8.79	5.84	65.20	
DG(w)	in	92.53	7.47	6.12	79.01	49.23
	out	95.56	4.44	3.05	61.70	
HC	in	95.83	4.17	3.09	72.84	63.35 ¹⁾
	out	97.61	2.39	1.30	53.78	
JR	in	95.90	4.10	3.09	73.67	40.48
	out	97.15	2.85	1.73	61.00	
Avg	in	90.26	9.74	8.21	82.02	66.27
	out	96.24	3.76	2.30	58.11	

* 샘플명 in : 소화조 유입, 샘플명 out : 소화조 유출, (d) dry, (w) wet

1) HC 가을철 측정값 제외

지표이다. 유기성폐자원에 따른 바이오가스화 시설의 사계절 시료 CODcr 분석 결과는 (Table 5)와 (Fig. 7)에 도식화하였다. 유입물에 대한 사계절 평균 CODcr는 116,003 mg/L이며, 유출수는 37,356 mg/L로 나타나 67.8%의 제거율을 보였다. 음식물/음폐수 투입시설의 CODcr 값이 상대적으로 높은 것으로 나타났으며, 제

거율이 높은 시설로는 WJ, CJ 시설이 있다.

계절별 제거효율을 분석한 결과 (Fig. 8)과 같이 분석되었으며, DG(w)과 HC를 제외한 대부분의 시설이 겨울철에 제거효율이 낮아지는 것을 확인하였고, 대부분의 시설이 여름철과, 가을철에 제거효율이 높은 경향을 보이고 있다.

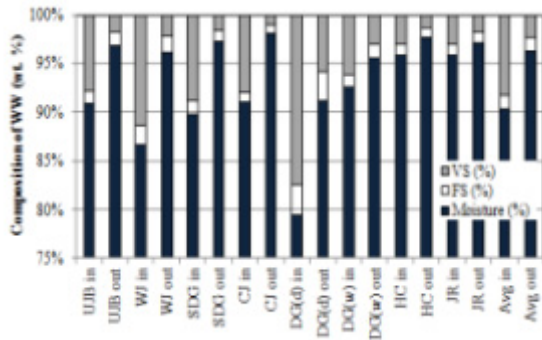


Fig. 5. Results of moisture contents, FS and VS(four seasons).

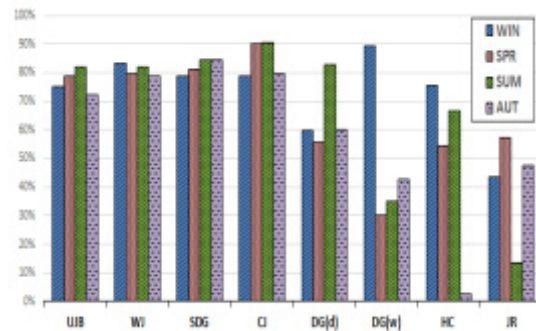


Fig. 6. Results of VS removal efficiency by season.

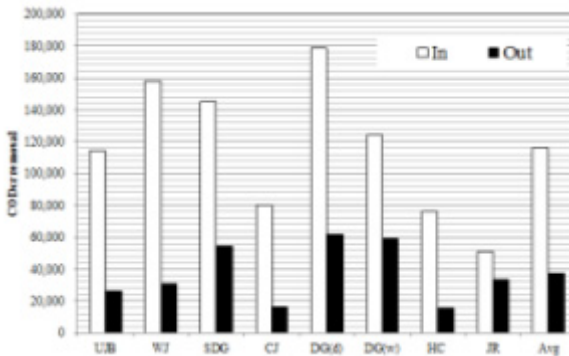


Fig. 7. Results of CODcr in biogasification facilities(four seasons).

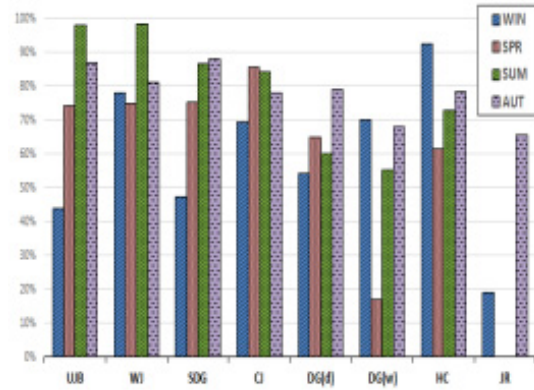


Fig. 8. Results of CODcr removal efficiency by season.

Table 5. Results of CODcr in Biogasification Facilities(Four Seasons)

Facility	In	Out	COD removal rate
UJB	114,068	26,406	76.9
WJ	157,785	31,155	80.3
SDG	145,474	54,773	62.3
CJ	80,149	16,080	79.9
DG(d)	178,890	62,059	65.3
DG(w)	124,118	59,044	52.4
HC	76,380	15,829	79.3
JR	51,160	33,500	34.5
평균	116,003	37,356	67.8

3.2.3. 질소 (TN, NH₃-N), 인 (TP, PO₄-P), 휘발성지방산

암모니아는 단백질을 함유한 폐기물의 혐기성 분해 시 생성되는 물질이다. 암모니아성 질소 (NH₃-N)는 혐기소화조 내부에서 고농도로 유지될 경우 pH에 따라 독성을 미치는 정도가 상이한 저해 인자이다^{8,9)}. (Table 6)와 같이, 사계절 대상 시설의 혐기소화 전·후의 TN 농도를 비교하였을 때 33% 증가하고, DG(d)시설의 경우 유입 4,003 mg/L에서 유출 6,830 mg/L로 증가하여 약 71%의 증가율을 나타냈

다. HC시설의 경우 유입 4,421 mg/L에서 유출 4,584 mg/L로 약 3.7%의 낮은 증가율을 보였다.

NH₃-N의 경우 HC 시설을 제외한 시설에서, 평균 1.8배 증가하였다. WJ 시설의 경우 9.2배 증가하여 가장 높은 증가율을 나타냈다. 하지만 최종 유출수 (탈수처리 이후)는 선행연구에서 가축분뇨를 제외한 시설에서 유입물보다 질소계열 물질이 저감되는 것을 확인하였다.

인은 질소와 같이 후속 연계폐수처리와 관련된 분석 항목이다. 폐기물 별 사계절 대상 시설의 인

Table 6. Results of Nitrogen and Phosphorus in Biogasification Facilities(Four Seasons)

Facility		T-N(mg/L)	T-P(mg/L)	NH ₃ -N(mg/L)	PO ₄ -P(mg/L)
UJB	In	2,678	566	488	345
	Out	3,354	288	2,533	97
WJ	In	3,007	685	417	404
	Out	5,098	367	4,255	189
SDG	In	3,452	511	1,091	269
	Out	3,569	252	2,343	135
CJ	In	2,155	390	439	252
	Out	3,368	215	2,704	102
DG(d)	In	4,003	836	817	432
	Out	6,830	678	5,029	193
DG(w)	In	2,725	508	903	352
	Out	3,335	363	2,042	267
HC	In	4,421	745	3,698	444
	Out	4,584	516	3,040	167
JR	In	1,915	665	337	160
	Out	2,281	749	1,294	209
Avg	In	3,044	613	1,024	332
	Out	4,052	428	2,905	170

Table 7. Results of VFA and Removal Efficiency in Biogasification Facilities(Four Seasons)

Facility	In (mg/L)	Out (mg/L)	VFA decreasing rate(%)
UJB	1,945	819	57.9
WJ	7,214	725	90.0
SDG	4,694	2,471	47.4
CJ	6,338	146	97.7
DG(d)	4,476	1,012	77.4
DG(w)	10,092	9,613	4.7
HC	8,708	76	99.1
JR	985	96	90.3
Avg	5,556	1,870	66.3

(TP, PO₄-P) 분석결과는 아래의 (Table 6)에 정리 하였다. 시설의 혐기소화 전·후의 TP 농도를 비교하였을 때, JR 시설에서만 증가하고 나머지 대상시설은 약 30% 감소하였다. 평균값으로 유입물 613mg/L에서 유출수 428mg/L으로 나타났다. PO₄-P 분석결과 JR 시설에서만 증가현상이 나타났으며, 평균 유입물 332mg/L에서 유출수 170mg/L으로 나타났다.

산성을 띄는 유기화합물인 휘발성지방산(VFAs)은 혐기소화조 내부의 유기물 분해 과정에 균형을 확인하기 위한 주요 인자이다. 만약 휘발성지방산이 고농도로 축적될 경우, 메탄생성균의 활동성이 저하되어 바이오가스화 과정에 억제 물질로 작용하게 된다^{10,11}.

사계절 대상 시설의 VFAs 분석은 기기와 수분석으로 분석하였고, 기기분석 결과는 (Fig. 9)와 (Table 7)에 도식화하였다. 대상시설 사계절 평균 유입 5,556

mg/L, 유출 1,870 mg/L로 나타났으며, 유입대비 유출에서 모두 낮아지는 추세였다. DG(w)시설의 경우 감소추세를 보이기는 하였으나 차이가 미비한 것으로 나타났다. 수분석 결과 유입 3,850 mg/L, 유출 2,751 mg/L으로 감소하는 추세이나 기기분석과는 차이가 나타났다.

휘발성지방산(VFAs)의 기기분석 결과를 활용하여 계절별 유입폐기물과 유출슬러지의 차이를 나타낸 결과, 계절별 유입폐기물의 VFAs의 차이가 나는 것을 확인하였다. 겨울과 봄철에는 시설별 VFAs 변동이 없는 추세였지만 여름과 가을철 VFAs 분석결과 UJB, JR을 제외한 시설에서 증가하는 추세로 나타났다. 유입폐기물의 계절별 VFAs는 겨울철 2,618 mg/L, 봄철 3,786 mg/L, 여름철 8,447 mg/L, 가을철 7,375 mg/L이다(Fig. 10).

반면 유출슬러지의 계절별 VFAs의 차이는 미비한 것으로 나타났으며, SDM 시설은 감소하는 추세를 나타냈다. 유출슬러지의 계절별 VFAs는 겨울철 1,094 mg/L, 봄철 2,066 mg/L, 여름철 2,061 mg/L, 가을철 2,258 mg/L이다(Fig. 11).

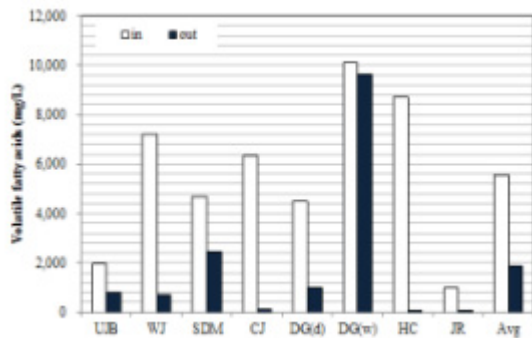


Fig. 9. Results of VFA in biogasification facilities (four seasons).

3.2.4. 원소함량

사계절 대상시설의 원소함량 분석과 C/N비 결과는 (Fig. 12), (Fig. 13)과 (Table 8)으로 나타났다. 사계절 평균 원소분석을 통한 C/N 비의 경우 유입 11.42, 유출 8.48로 나타났다.

음식물/음폐수, 가축분뇨를 처리하는 시설의 경우

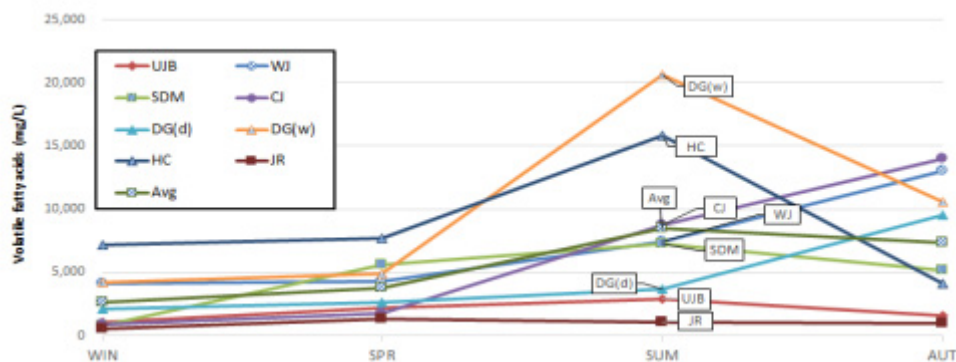


Fig. 10. Results of VFAs (before digester) by season.

사계절 평균과 유사한 경향으로 나타났으며, 하수병합 시설(JR)의 경우 유입 7.98, 유출 7.47로 나타났다. DG(w) 시설의 경우 유입 되는 11.82와 유출 12.73으로 유입대비 유출의 C/N 비가 더 높은 것으로 분석되었다.

하수슬러지의 경우 단독 또는 병합으로 바이오가스 생산 시 낮은 C/N 비로 소화의 저해요소를 갖는 것으로 나타났으며, 음식물/음폐수와 가축분뇨의 높은 탄소(C)원소 함량이 바이오가스 생성에 도움을

주는 것으로 판단된다¹⁰⁻¹². 탄소함량은 사계절 유입 평균으로 45.91%이며, 유출 평균으로 31.46%으로 나타났다. 황(S)원소 함량은 소화조 이후 모두 증가하여 유입 0.61%에서 유출 1.4%로 나타났다.

3.3. 바이오가스 분석 결과

3.3.1. 메탄가스 발생량

바이오메탄을 제조하는 시설에 연간 유입폐기물

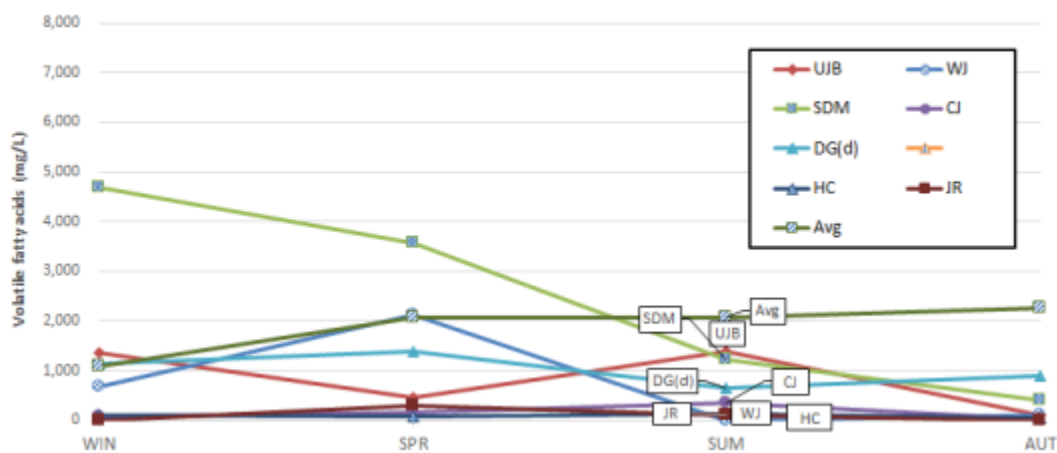


Fig. 11. Results of VFAs (after digester) by season.

Table 8. Results of Elemental Contents Ratio in Biogasification Facilities(Four Seasons)

Facility		Carbon	Hydrogen	Nitrogen	Sulfur	Oxygen	C/N
UJB	In	47.05	6.29	3.92	0.63	28.31	12.01
	Out	31.76	4.70	3.67	1.56	14.72	8.82
WJ	In	47.30	5.91	3.98	0.53	27.59	11.96
	Out	29.76	3.93	4.09	1.74	15.55	7.38
SDG	In	47.31	6.02	4.30	0.69	28.18	11.01
	Out	31.50	4.44	4.17	1.53	14.44	7.56
CJ	In	50.06	6.25	4.10	0.47	27.40	12.23
	Out	29.64	4.40	4.26	1.36	16.01	6.98
DG(d)	In	46.61	5.91	3.72	0.35	27.73	12.70
	Out	34.68	4.46	4.10	1.05	20.91	8.52
DG(w)	In	46.84	6.12	4.01	0.62	21.42	11.82
	Out	36.50	5.14	3.02	0.87	16.17	12.73
HC	In	43.33	5.50	3.77	1.08	19.17	11.63
	Out	28.09	4.00	3.36	2.15	16.18	8.40
JR	In	38.78	5.61	5.02	0.54	23.72	7.98
	Out	29.74	4.52	4.00	0.96	21.78	7.47
Avg	In	45.91	5.95	4.10	0.61	25.44	11.42
	Out	31.46	4.45	3.83	1.40	16.97	8.48

투입량, 발생하는 잔재물(비닐 등)과 생산된 바이오 가스량과 메탄비율을 요청하였다.

잔재물이 제외된 투입량 대비 바이오가스 발생량(Nm³/ton)과 메탄생산량(Nm³CH₄/kgVS)을 추산하여 사계절 평균을 (Table 9)에 나타냈다.

전체시설에 유입물투입량 대비 바이오가스 평균 발생량은 71.9 Nm³/ton이며, 메탄생산량은 0.63 Nm³CH₄/kgVS로 나타났다. 음식물과 음폐수를 처리하

는 UJB, WJ, SDG 시설의 경우 평균 0.5 Nm³CH₄/kgVS 으로 나타났지만, 음식물을 처리하는 CJ시설은 0.88 Nm³CH₄/kgVS로 나타나 차이가 났다.

3.3.2. 가스성분 함량(CH₄, CO₂, O₂, H₂S, NH₃)

대상시설의 바이오가스 정상 함량 측정 결과는 (Table 10~12), (Fig. 14, 15)으로 나타났다. 소화조 후 단(AD: after digester)에서 평균 결과 메탄(CH₄)

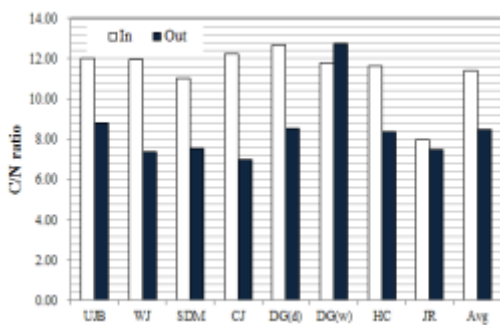


Fig. 12. Results of C/N ratio in biogasification facilities (four seasons).

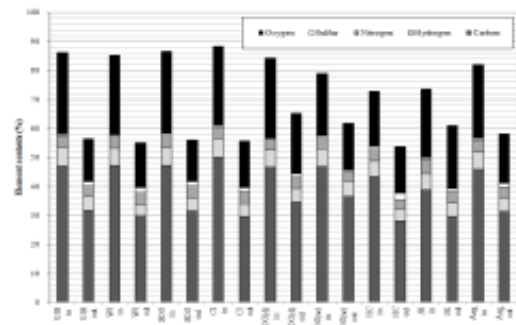


Fig. 13. Results of elemental contents ratio in biogasification facilities (four seasons).

Table 9. Estimation of Biogas and Methane Production by Organic Wastes Inflow Rate

Facility	유입량 (ton/year)	유입수 ¹⁾ VS (%)	가스생산량 (Nm ³ /year)	메탄 [CH ₄] (%)	가스발생량 (Nm ³ /ton)	메탄발생량 (Nm ³ CH ₄ /kgVS)
UJB	47,800	7.8	2,646,877	62.0	55.4	0.44
WJ	60,273	11.4	5,620,635	63.9	93.3	0.52
SDG	168,630	8.8	13,019,550	61.5	77.2	0.54
CJ	17,411	7.9	1,920,000	63.4	110.3	0.88
HC	26,874	3.1	1,110,169	64.8	41.3	0.87
JR	3,717,890	3.1	29,212,410	66.5	7.9	0.17
Avg	673,146	7.0	9,054,261	63.7	71.9	0.63

1) 18년도 정밀모니터링의 사계절 평균으로 적용

Table 10. Measurement of Biogas by Facility in After-digester(AD)

Facility	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	NH ₃ (ppm)	H ₂ S(ppm)
UJB	70.5	31.7	0.3	502	1,315
WJ	63.5	39.0	0.1	159	413
SDG	64.1	38.0	0.1	730	1,499
CJ	62.4	39.3	0.1	481	1,415
DG(d)	68.3	34.3	0.1	31	33
HC	65.0	37.0	0.1	563	1,023
Avg	65.6	36.6	0.1	411.0	949.7

65.6%, 이산화탄소(CO₂) 36.6%, 산소(O₂) 0.1%, 암모니아(NH₃) 411.0 ppm, 황화수소(H₂S) 949.7 ppm으로 측정되었다.

고품질 정제설비 전단(BU: before upgrading system)에서 평균 결과 메탄(CH₄) 63.5%, 이산화탄소(CO₂) 37.4%, 산소(O₂) 0.4%, 암모니아(NH₃) 13.2 ppm, 황화수소(H₂S) 29.0 ppm으로 측정되었다. 시설별 암모니아와 황화수소 농도는 제습 및 탈황 등의 가스 전처리설비

로 인해 대부분 제거되는 것으로 나타났으며, 그 과정으로 인해 메탄의 농도가 약 2% 감소하고 이산화탄소와 산소의 농도가 증가하는 것으로 나타났다.

고품질 정제설비 후단(AU: after upgrading system)에서 측정된 자료를 분석한 결과, 메탄(CH₄) 97.5%, 이산화탄소(CO₂) 2.1%, 산소(O₂) 0%, 황화수소(H₂S) 0.3 ppm으로 나타났다.

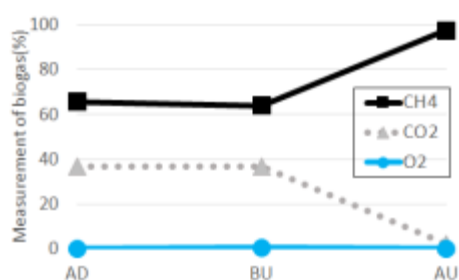


Fig. 14. Measurement of biogas (CH₄, CO₂, O₂).

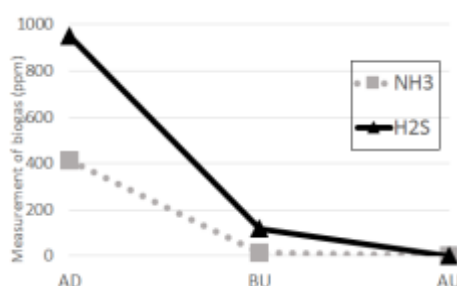


Fig. 15. Measurement of biogas (NH₃, H₂S).

Table 11. Measurement of Biogas by Facility in Before-upgrading System(BU)

Facility	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	NH ₃ (ppm)	H ₂ S(ppm)
UJB	72.8	29.5	0.3	0	0
WJ ¹⁾	63.9	36.3	-	-	559
SDG	65.7	35.6	0.3	0	13
CJ	58.1	39.5	0.8	62	130
DG(d)	58.9	42.5	0.2	0	1
HC	61.9	39.9	0.2	4	1
JR ¹⁾	66.5	33.5	-	-	-
Avg	64.0	36.7	0.4	13.2	117.3

1) 제출자료

Table 12. Measurement of Biogas by Facility in After-upgrading System(AU)

Facility	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	NH ₃ (ppm)	H ₂ S(ppm)
UJB	98.8	1.2	0	-	0
WJ	97.9	2.0	-	-	1.1
SDG	96.0	4.0	0	-	0
CJ	-	-	-	-	-
DG(d)	99.2	0	0	-	0
HC	96.1	-	-	-	-
JR	96.8	3.2	0	-	0.2
Avg	97.5	2.1	0	-	0.3

* 제출자료

Table 13. Measurement of Biogas Moisture by Facility(Summer, Autumn) in After Digester(AD)

Facility	dew point tem. (°C)	absolute humidity (g/m ³)	relative humidity (%)	temperature (°C)
UJB	30.0	32.1	91.7	31.5
WJ ¹⁾	24.6	21.9	62.2	32.7
SDG ¹⁾	25.8	24.0	78.1	30.1
CJ	30.5	31.6	98.9	30.7
DG(d)	31.8	35.9	90.4	33.5
DG(w)	25.8	24.3	95.2	26.7
HC ²⁾	27.6	26.2	69.2	34.2
JR	27.0	25.7	85.4	29.7
Avg	27.9	27.7	83.9	31.1

1) 가스저장조 측정, 2) 탈황 전처리 설비 전단

Table 14. Measurement of Biogas Moisture by Facility(Summer, Autumn) in Before Upgrading System

Facility	dew point tem. (°C)	absolute humidity (g/m ³)	relative humidity (%)	temperature (°C)
UJB	31.5	34.8	87.9	33.8
WJ ¹⁾	26.4	24.3	62.8	34.5
SDG	30.2	30.4	79.4	34.2
CJ	26.8	25.3	80.4	30.6
DG(d)	18.2	15.2	49.2	32.6
DG(w)	-	-	-	-
HC ²⁾	16.5	13.3	35.5	33.8
JR	30.7	31.4	88.6	32.8
Avg	25.8	25.0	69.1	33.2

1) 가스저장조 측정, 2) 탈황 전처리 설비 전단

3.3.3. 수분 함량(노점온도, 절대습도, 상대습도)

바이오메탄을 제조시설의 노점온도, 절대습도, 상대습도를 측정한 결과 (Table 13, 14)이다. 바이오가스 수분함량 측정은 여름철과 가을철에 진행하였으며, WJ, SDG, HC시설은 소화조 후단 측정이 어려워 가스저장조 또는 탈황설비 전단에서 측정하였다. 소화조 후단에서 수분함량을 측정한 평균결과 노점온도 27.9°C, 절대습도 27.7g/m³, 상대습도 83.9%(31.1°C)으로 측정되었다. WJ, SDG, HC시설의 노점온도와 상대습도의 경우, 소화조 후단에서 직접 측정하지 못한 영향 때문에 평균 수분함량보다 낮게 측정된 것으로 예측되며, 지중배관을 통해 바이오가스가 이동하면서 응축되어 제거되는 수분은 워터트랩 등으로 제거되고 있다.

고품질화 설비 전단에서 수분함량을 측정한 평균

결과 노점온도 25.8°C, 절대습도 25.0g/m³, 상대습도 69.1%(33.2°C)으로 측정되었다.

고품질화 정제설비 전단 가스전처리 구간에서 제습처리(칠러) 설비를 운영하는 CJ, DG, HC시설의 경우 소화조 후단 측정결과보다 노점온도, 절대습도, 상대습도 측정값이 모두 낮아진 것을 확인할 수 있다.

이외의 시설의 수분측정 결과가 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 고품질화 설비 후단에서 수분제어를 할 수 있는 칠러설비와 수분제어필터를 운영하는 것으로 조사되었다. 바이오메탄 정제공정 별(PSA, WAS, MEM 등) 특징에 따라 제습처리의 위치와 설비종류가 설정되어있지 않고, 운영미숙과 잦은 고장으로 인해 운영이 잘되지 못하는 경우가 있는 것으로 조사되었다.

편집자 주

이 특집원고는 총 3편으로 구성되어 있으며, 1편은 유기물자원화 27권 1호에 게재되었으며, 3편은 다음 페이지에 이어서 게재됩니다.

사 사

본 논문은 2018년도 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행된 연구임(NIER-2018-01-01-044)

References

- 1 National Biogas Strategy(Energigas Sverige), National Biogas Strategy 2.0. (2018).
- 2 EBA, European biomethane map infrastructure for biomethane production 2018. (2018).
- 3 Ministry of Environment, 2016 The status of waste generation and treatment in Korea. (2018).
- 4 Ministry of Environment, Official testing method on wastes, Korea. (2017).
- 5 Ministry of Environment, Official testing method on water, Korea. (2015).
- 6 American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (USA), Standard methods for the examination of water and wastewater. (1998).
- 7 Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., Integrated solid waste management, McGraw-Hill. (1993).
- 8 Khanal, S. K., Anaerobic biotechnology for bioenergy production principles and applications, Wiley-Blackwell. (2008).
- 9 Korea Gas Safety Corporation, Research on the establishment plan of proper quality standard of alternative natural gas for the generation of electricity, Korea. (2010).
- 10 Yen, H.W., Brune, D.E., Anaerobic co-digestion of algal sludge and waste paper to produce methane, Journal of Bioresource Technology. (2007).
- 11 Chen, Y., Cheng, J., Creamer, K.S., Inhibition of anaerobic digestion process: a review, Journal of Bioresource Technology. (2008).
- 12 National Institute of Environmental Research, Translation of guidelines for biogas production and use in Germany, Korea. (2014).
- 13 Muyzer, G. The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria. (2008).
- 14 Chen, S., Dong, X., Proteiniphilum acetatigenes gen. nov., sp. nov., from UASB reactor treating brewery wastewater, International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. (2005).
- 15 Imachi, Pelotomaculum thermopropionicum gen. nov., sp. nov., anaerobic, thermophilic, syntrophic propionate-oxidizing bacterium, international Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. (2002).