

## 공주 축산폐수공공처리장에서의 바이오가스-마이크로터빈 분산발전시스템 개발

\*\*\*박 정극<sup>1)</sup>, 허 광범<sup>2)</sup>, 이 기철<sup>3)</sup>, 강 호<sup>4)</sup>, 임 상규<sup>5)</sup>

### Biogas-Microturbine Distributed Generation Development at Gong-Ju Public Livestock Wastewater Treatment Facility

\*\*\*Jungkeuk Park, Kwangbeom Hur, Kichul Lee, Ho Kang, Sanggyu Rhim

**Key words** : Biogas(바이오가스), Microturbine(마이크로터빈), Anaerobic Digestion(혐기성소화), Livestock Wastewater(축산폐수)

**Abstract** : Korea Electric Power Corporation (KEPCO) has started the nation's first biogas-microturbine project in the city of Gongju as an effort to encourage the utilization of wasted biogas containing useful energy source in the form of CH<sub>4</sub>. The goal of the project is to set up the biogas microturbine co-generation system for utilizing biogas as an energy source and improving the economics of the wastewater treatment plant. Wastewater treatment processes were investigated in depth to find improvement possibility. Changes in internal recirculation ratio and pre-treatment degree are needed to optimize plant operation and biogas production. Biogas pre-treatment system satisfies Capstone's fuel condition requirement with the test result of 99.9% and 90.2% of hydrogen sulphide and ammonia is removal performance. Installation of microturbine and manufacture of heat exchanger to warm anaerobic digester has been done successfully. Expected economic profit produced by the system is coming from energy saving including electricity 115,871kWh/year and heat contained in exhaust gas 579GJ/year.

### 1. 서 론

화석에너지의 고갈에 대한 우려가 커지고 교토 의정서가 발효 됨에 따라 전 세계적으로 신재생 에너지의 개발 및 이용을 위한 다양한 노력이 기울여지고 있다. 전세계의 총 신재생에너지 공급량은 2004년 11,059TOE에 달했는데 이는 전세계 1차 에너지 소모량의 13.7%에 해당하는 양이다.<sup>1)</sup> 신재생에너지 이용량은 매년 지속적으로 증가하고 있다. 수력발전량은 1994~2004년 사이에 총 4060억 kWh가 증가하여 연평균 1.6%의 높은 증가율을 기록하였다. 지열, 태양열, 풍력, 폐기물과 같은 신재생에너지원을 이용한 발전량은 같은 기간 동안 1,700kWh가 증가하였는데 이 기간의 신재생에너지 발전 연평균 증가율은 무려 7.1%에 달한다.<sup>2)</sup> 수력발전을 포함한 신재생에너지 공급량의 증가율은 앞으로 더 빨라질 전망이어서 2003년에서 2030년까지 연평균 증가율은 2.4%에 달할 것으로 EIA는 전망하였다.<sup>3)</sup>

국내의 신재생에너지 이용 현황은 최근에 들어서 크게 증가하기 시작하였다. 2003년 기준으로 수력발전을 제외한 신재생에너지 이용 발전량

은 1994년 대비 약 200배에 해당한다.<sup>2)</sup> 더욱이 수력을 포함한 신재생에너지 이용 규모는 2003년에서 2030년 사이에 연평균 6.7%의 증가율을 보일 것으로 EIA는 예상하는데 이는 타 국가에 비해 매우 빠른 속도이다.

2005년을 기준으로 국내에서 5,100 만 톤이 발생된<sup>4)</sup> 축산폐수는 국내 오폐수 발생량의 1% 미만 에 불과하지만 오염 물질 발생 부하 기준으로는

1) 한전전력연구원

E-mail : serendipity@kepri.re.kr

Tel : (042)865-5362 Fax : (042)865-5364

2) 한전전력연구원

E-mail : kbhur@kepri.re.kr

Tel : (042)865-5362 Fax : (042)865-5364

3) 충남대학교 환경공학과

E-mail : kc01073978698@cnu.ac.kr

Tel : (042)822-1179

4) 충남대학교 환경공학과

E-mail : hokang@cnu.ac.kr

Tel : (042)822-6675

5) 한전전력연구원

E-mail : sk6432@kepri.re.kr

Tel : (042)865-5360 Fax : (042)865-5364

25% 이상을 차지하는 고농도의 유기성 폐수이다. 축산폐수의 미처리 방류 시 발생하는 환경오염을 방지하기 위해 발생된 축산폐수를 에너지화 하였다면 전체 신재생에너지 이용량인 530만 TOE의 6.8%에 해당하는 총 360,000TOE의 에너지가 생산되었을 것으로 전망된다. 그러나 국내 바이오가스 생산량은 음식물 쓰레기로부터의 바이오가스 생산량까지 포함한 경우에도 2005년 기준으로 43,782TOE에 그쳐<sup>5)</sup> 바이오가스 이용 증가가 절실한 상황이다. 현재 축산폐수의 자원화 활용 수준이 낮은 것은 국가적으로 축산분뇨가 에너지나 비료로 전환 가능한 자원으로 인식되기 보다는 폐기물로 인식되었기 때문이다.

한전전력연구원에서는 바이오가스 내에 포함된 유용한 자원인 CH<sub>4</sub>를 이용하려는 노력에 부합하고자 공주 축산폐기물 처리장에 국내 최초로 바이오가스-마이크로터빈 분산발전 플랜트를 건설하는 과제를 수행 중에 있다.

## 2. 개요

### 2.1 공주 축산폐수공공처리장의 폐수처리 현황

충청남도의 대표적 축산폐수 혐기성 처리 시설인 공주 축산폐수처리장은 2000년 건설되어 현재 7년째 가동되고 있다. 공주 축산폐수처리장은 축산폐수를 혐기성소화 및 호기성(SBR) 방법에 의해 처리한 후 약품응집침전 및 3차 처리시설(모래여과, 오존, 활성탄)을 거쳐 금강으로 방류하고 있다. 공주 축산폐수처리장의 설비와 처리 과정이 Fig. 1에 요약되어 있다.

농가로부터 수거된 축산폐기물은 먼저 전처리 설비인 드럼스크린과 원심분리기를 거치게 되는데 이 과정에서 크기 1mm 이상의 입자들이 제거된다. 고액 분리 과정 중 발생된 슬러지는 폐기되고, 액상의 축산폐수는 HYCEM 혐기성 소화조로 보내진다.

UASB 공정은 입자상 슬러지를 형성하여 미생물의 농도를 매우 높게 유지할 수 있는 고효율의 시스템이고<sup>6)</sup> HYCEM 혐기성 소화조는 UASB와 AF가 결합되고 보다 높은 미생물 농도가 반응조 내에서 유지될 수 있도록 하는 Hybrid UASB/AF 시스템의 일종이다.<sup>7)</sup> 공주 축산폐수 처리장에 설치된 혐기성 소화조의 용량은 1,800m<sup>3</sup>이고 HYCEM 혐기성 소화조에는 미생물 농도를 높게 유지시키기 위해 세라믹 다공성 담체가 설치되어 있다.

HYCEM 소화조의 가온은 바이오가스 보일러 시스템이 원래 설치되었으나 현재는 고장으로 중지되고 경유 보일러를 이용하여 이루어지고 있다.

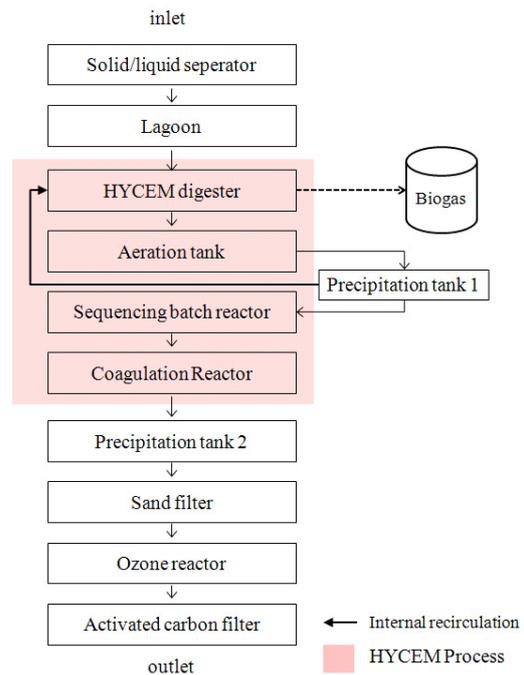


Fig. 1 Schematic diagram of wastewater treatment process of Gongju facility

혐기성 소화 공정 이후 처리된 폐수는 HRT 20일, 운전 온도가 35~40℃인 질산화포기조로 보내진다. 질산화포기조의 운전 온도가 다소 높은 이유는 탈질 성능 개선하기 위해 폐수 내부 반송이 이루어지는 혐기성소화조의 온도를 유지하기 위한 것이다. 폐수 내부 반송은 탈질 성능을 개선하기 위한 것으로 처리수가 액비 등으로 재활용되는 것이 아니라 인근 금강으로 방출되기 때문에 필요하다.

혐기성소화 후단에 위치하는 일반적인 탈질 과정을 거친 처리수의 수질은 총 질소량 항목 관련 환경 기준치를 초과하는데 이는 탈질 과정이 충분히 일어나지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 폭기조 이후의 처리 폐수를 혐기성소화조로 재순환 시키는 과정을 추가하여 재순환 폐수의 유기물을 소비하여 탈질 과정이 충분히 이루어지도록 공정을 설계한 것이다.

처리수는 질산화폭기조를 거쳐 SBR(Sequencing Batch Reactor)로 이송되는데 SBR로 유입되는 처리수의 유기물 농도는 대체적으로 낮은 반면, 처리수의 총 질소량은 다소 높다. 유기물 농도가 낮기 때문에 외부 탄소원 주입이 요구되며 현장에서는 메탄올을 주입하여 이를 처리하고 있다. SBR을 거친 처리수는 추가적으로 1차(Alum 및 음이온계 폴리머), 2차 화학처리(철염), 사여과, 오존처리 및 활성탄 여과기를 거친 후 인근의 금강으로 최종 방류된다.

### 2.2 공주 축산폐수공공처리장 유입수의 특징

폐수처리장 유입수의 물리, 화학적 특성을 파

약하는 것은 바이오가스 생산량 및 품질을 높이는 데 있어 매우 중요하다.

Table 1에는 공주 축산폐수 처리장 유입수의 분석결과가 요약되어 있다. 유입 폐수 분석은 2004년에서 2006년에 걸쳐 매월 2회 시행되었다.

공주 축산폐수처리장의 유입 폐수는 국내 축산폐수의 물리화학적 특성과 큰 차이를 보였다.

공주 축산폐수처리장 유입 폐수의 조성은 우리나라 축산폐수 평균 조성과 다소 차이를 보였다. COD, BOD 그리고 SS로 표현되는 유기물 농도가 평균치에 비해 매우 낮았다. 그러나 N 농도는 거의 두 배 가까이 높았다.<sup>8)</sup>

**Table 1 Characteristics of inlet wastewater to Gongju livestock wastewater treatment plant**

	pH	TCODcr (mg/l)	SS (mg/l)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
2004	8.20	44,235	23,405	4,044	410
2005	8.15	42,010	22,655	4,011	419
2006	8.17	42,733	26,323	4,392	660

### 2.3 공주 축산폐수공공처리장의 HYCEM 공정

Table 2는 공주 축산폐수 처리장의 폐수 처리 공정별 BOD, SS, TN 그리고 TP의 제거 효율을 요약한 것이다. 유입 폐수의 포함된 BOD중 0.01%가 SBR 후단의 처리수에 포함되어 총 제거율은 약 99.9%인 것으로 나타났다.

유입 폐수 평균 SS 농도는 23,796mg/L 이었다. SS의 총 제거 효율은 99.3%이었고 제거된 SS의 89.8%는 전처리 단계에서 제거되었다. SS 제거에 있어 HYCEM 소화조의 기여도는 8.5%에 그쳤지만 HYCEM 소화조의 SS 제거 효율은 81.5%로 상당히 높았다. 이는 HYCEM 소화조로의 SS 유입을 증가시켜 CH<sub>4</sub> 생산에 도움이 되게 할 수 있는 여지가 있다는 것을 의미한다.

유입 폐수의 TN의 평균 농도는 4,114mg/L 이었다. HYCEM 소화조의 TN 제거 기여도는 70.3%로 나타났다. 혐기성 소화조의 질소 제거 기작은 미생물 슬러지의 생흡착을 통한 것으로 일반적으로 질소 제거량이 적은 것이 일반적이다. 하지만 Fig. 1에서 설명한 것과 같이 질산화조 유출수를 반송시켜 HYCEM소화조에서 탈질을 유도하기 때문에 HYCEM 소화조에서의 TN 제거율이 높았다. 질산화조 유출수의 TN 평균 농도는 464mg/L로 질산화공정까지의 TN 제거율은 유입 농도 대비 88.7%였다.

유입수의 평균 TP 농도는 483mg/L 이었고 최종 유출수의 평균 TP 농도는 49mg/L로 전체 제거효율은 89.3% 이었다.

### 2.4 목표

본 과제의 주된 목표는 에너지원으로 이용되

지 않거나 난방을 위해 보일러 연소용으로만 사용되던 바이오가스를 보다 효율적으로 이용하는 것이다.

본 프로젝트의 주요 목적은 아래와 같다:

- 폐수 처리 공정의 최적화를 통한 최종 방류수 목표 수질 만족 및 바이오가스 생산의 최대화,
- 바이오가스 전처리 시스템과 마이크로터빈 배열 회수 시스템의 설계, 설치 및 최적화,
- 바이오가스 전처리 시스템과 마이크로터빈 배열 회수 시스템 및 바이오가스 마이크로터빈의 통합 그리고 최적 시스템 운전을 위한 제어 시스템 설치.

**Table 2 Characteristics of wastewater by the treatment steps**

	BOC (mg/l)	SS (mg/l)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
Inlet	17,112	23,796	4,144	483
After pretreatment	10,205	2,400	3,099.1	141
After HYCEM digester	206	417	526	63
After SBR	17	161	464	49

**Table 3 Total removal Efficiencies of Gong-ju public livestock wastewater treatment facility**

	BOC (mg/l)	SS (mg/l)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
Total Removal efficiency	99.9	99.3	88.7	89.3

## 3. 시스템 설계, 설치 및 시운전

공주 축산폐수공공처리장에 설치될 바이오가스-마이크로터빈 분산발전시스템의 개략적인 모습은 Fig. 2와 같다.

기존에 운영되던 하수처리 설비에 추가될 바이오가스-마이크로터빈 분산발전시스템은 바이오가스 전처리 시스템, 마이크로터빈 그리고 폐열 이용 온수발생기로 구성된다. 바이오가스 전처리시스템은 바이오가스를 마이크로터빈의 이용 연료 조건에 맞게 연료화 전환하는 기능을 하고 바이오가스-마이크로터빈은 연료 바이오가스를 이용하여 전력을 생산한다. 마이크로터빈 연소가스는 260℃로 상당한 양의 열에너지를 포함하고 있는데 폐열 이용 온수발생기는 연소가스의 폐열을 이용하여 70-80℃의 온수를 생산하여 중온 혐기성 소화조를 가온시키는 역할을 한다. 원래 혐기성 소화조 가온을 위해 가동되는 경유 보일러의 운전 비용을 감안하면 마이크로터빈의 폐열을 소화조 가온에 사용하는 것이 가장 경제적인 것으로 판단된다.

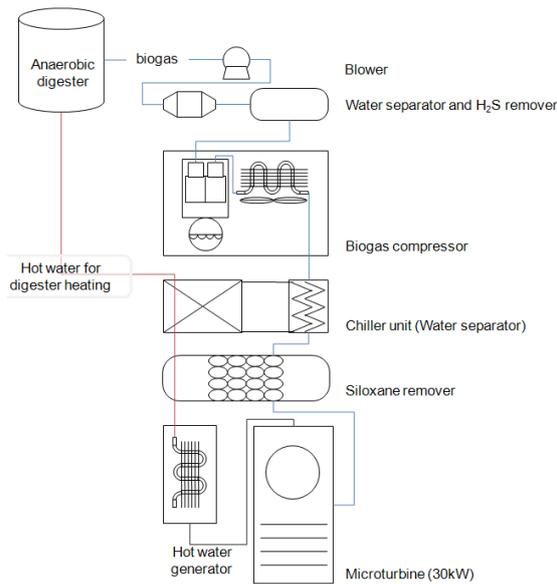


Fig. 2 Schematic diagram of biogas-microturbine distributed power generation plant

### 3.1 바이오가스 전처리 시스템

원동기 제작사는 일반적으로 주변 기기를 보호하고 운전의 효율성과 경제성을 최대화하기 위한 목적으로 사용 연료 제한 조건을 두고 있다. 사용 연료 제한 조건에는 온도, 발열량 그리고 유해 물질 함유 수준 등이 포함되어 있다. 일반적으로 바이오가스를 연료로 이용하기 위해서는 전처리 공정을 통해 요구되는 연료 조건을 만족하는 것이 필요하다.

공주 축산폐수 처리장에 설치된 전처리 시스템을 통해 달성하고자 하는 바이오가스 품질은 Table 4와 같다. CH<sub>4</sub> 농도로 표시되는 바이오가스의 발열량은 동일 열출력을 내기 위해 발열량에 따라 바뀌는 연료 유량으로 인한 터빈 연소기 내의 화염 안정성 변화와 관련이 있다.<sup>9)</sup> H<sub>2</sub>S는 부식성이 있어 압축기와 터빈 부품의 마모를 유발할 수 있다.<sup>10)</sup> 암모니아의 연소는 대기 중에서 반응하여 다른 질소산화물을 형성시키는 NO를 생성한다.<sup>11)</sup> 바이오가스에 포함된 실록산은 열교환기에 퇴적되거나 가스 엔진 구동부를 마모시키는 등의 문제를 유발할 수 있다.<sup>12)</sup>

원하는 바이오가스의 품질을 달성하기 위해서는 바이오가스 전처리 시스템의 설치가 필수적이다. 일반적으로 마이크로터빈용 바이오가스 전처리 시스템은 기수 분리기, 연료 가스 압축기, 냉각 가스 건조기 및 실록산 필터로 구성된다. 축산폐수 혐기성 소화에서 발생하는 바이오가스에는 실록산이 검출되지 않으므로 실록산 필터는 생략할 수 있다. 공주 축산폐수 처리장에 설치된 바이오가스 전처리 시스템의 구성과 설계 조건은 Fig. 3과 같다.

Table 4 biogas fuel requirement for microturbine

condition	requirement
CH <sub>4</sub> concentration	> 35%
H <sub>2</sub> S Concentration	< 50ppm
NH <sub>3</sub> concentration	< 200ppm
pressure	345~552kPa (depends on calorific value)
temperature	> dewpoint temp + 10°C, < 50°C

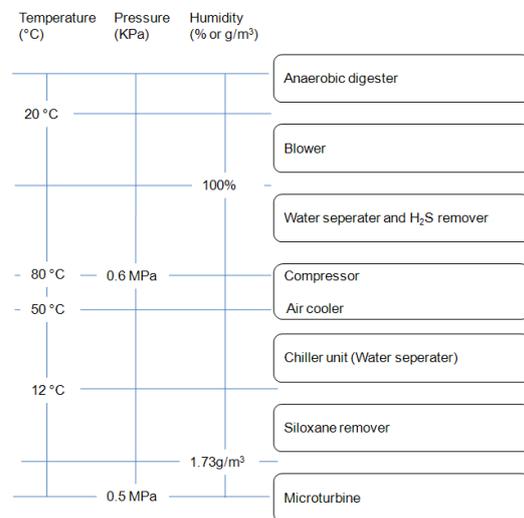


Fig. 3 Designed biogas properties along the biogas pre-treatment system

기수 분리는 디퓨저, 노즐 및 내부의 PVC 충전물로 구성되어 바이오가스에 포함된 액상 수분을 제거한다. 탈황탑의 내부는 황성탄소층으로 구성되어 H<sub>2</sub>S를 흡착하는데 충전물 교체 주기를 6개월이 되도록 설계되었다.

바이오가스 마이크로터빈 연료 압력 조건은 0.5MPa이상으로 가스 압축기의 설치가 필수적이다. 공주에 설치된 가스 압축기는 바이오가스를 0.6 Mpa로 가압하는데 이 때 바이오가스의 온도도 80°C까지 증가한다.

가스 냉각 건조 시스템은 압축 후의 온도가 상승된 바이오가스를 5°C의 냉각수와 열교환시켜 온도를 낮추는 시스템이다. 냉각을 통해 수분을 제거하는 경우 가스 온도가 이슬점 온도 이하로 낮아질 수 있는데 결로 현상이 발생할 수 있다. 결로 현상을 방지하기 위해 바이오가스 온도를 이슬점 온도보다 일정 수준 높여주어야 한다. 가스 온도를 이슬점 온도 이상으로 높이는 데 바이오가스 압축 시 발생하는 열을 이용하면 효과적이다. 냉각기를 통과한 바이오가스를 압축 후 약 80°C까지 높아진 바이오가스와 열교환시키면 냉각 건조 후 온도가 낮아진 바이오가스 온도를 1

2℃까지 높여줄 수 있다. 이 과정은 냉각 건조기의 부하를 줄이는데도 도움이 된다.

바이오가스 전처리시스템의 최종단에 위치한 실록산 및 수분 제거기는 실리카겔과 활성탄 층으로 이루어져 실록산을 흡착하고 마지막으로 수분을 제거하는 역할을 한다.

**Table 5 Biogas quality measurement result by locations**

concentration	raw biogas	After H <sub>2</sub> S scrubber	final biogas
CH <sub>4</sub> (%)	47.78	46.90	46.25
H <sub>2</sub> S(ppm)	759.26	9.28	0.82
NH <sub>3</sub> (ppm)	36.16	1.52	0.29

Table 5는 설치된 바이오가스 전처리 시스템의 성능 실험 결과를 요약한 것이다. 실험은 전처리시스템의 전단, 탈황탑 이후, 압축기 이후 그리고 최종단에서의 바이오가스 샘플링을 통해 각 단계의 성능을 매주 측정하는 방법으로 진행되었다. 표에 나타난 실험 결과는 각 실험의 평균값이다. CH<sub>4</sub> 농도는 28.72%에서 72.49%까지의 넓은 범위에서 변화하였다. Capstone 사의 마이크로터빈 CH<sub>4</sub> 농도 조건 하한치인 35%보다 낮은 것은 1회 측정되었는데 원인은 소화조 가온이 이루어지지 않았기 때문으로 추측된다. 전처리 시스템 전단의 바이오가스는 H<sub>2</sub>S 와 NH<sub>3</sub> 를 평균 759.26ppm (285~3,000ppm), 36.16ppm B(3~150ppm) 포함하였는데 전처리 시스템 후단의 바이오가스에서는 거의 검출되지 않았다.

실험 결과를 살펴 보면 CH<sub>4</sub> 농도가 전처리 시스템 후단으로 갈수록 감소하는 것을 볼 수 있다. 활성탄이 CH<sub>4</sub>를 흡착하는 현상과 관련이 있을 것으로 보인다. 탈황탑 전 후단의 CH<sub>4</sub> 농도 감소는 2.61%였고 실록산 및 수분 제거탑 전후단의 CH<sub>4</sub> 농도 감소는 0.36%로 나타났는데 이는 탈황탑 내 활성탄 층의 메탄 흡착능이 압력이 증가할수록 커지기 때문이다.<sup>14)</sup> CH<sub>4</sub> 농도의 감소는 폭이 크지 않는 이상 시스템 안정성에 영향을 끼치지 않지만 장기적으로 볼 때 시스템 경제성에는 악영향을 끼칠 수 있으므로 CH<sub>4</sub> 손실을 줄이는 방안이 연구되어야 할 것이다.

바이오가스의 이슬점 온도 또한 산화 알루미늄 타입의 센서를 이용하여 측정하였는데 측정된 이슬점 온도는 -17.25℃로 최종 가스 온도 설계값인 12℃와는 약 30℃의 차이를 보여 터빈 내로 액상 수분이 유입되는 일은 없을 것으로 보인다.

전처리 시스템의 설치 및 시운전을 통한 시험 결과, 전처리시스템의 성능은 매우 좋은 것으로 판단이 되며 목표 바이오가스 품질 또한 달성된 것으로 나타났다.

### 3.2 바이오가스-마이크로터빈 분산 발전 시스템

공주 축산폐수 공공처리장에서 발생하는 바이오가스를 이용할 마이크로터빈으로 CH<sub>4</sub> 발생량과

기타 조건을 검토하여 미국 Capstone 사의 CR-30(30kW)을 선정되었다. 현재 마이크로터빈 설치를 위한 전기 공사가 완료되었으며 시운전을 위한 사전 시험이 성공적으로 수행되었다. 바이오가스와 마이크로터빈의 특성을 고려할 때 총 115,871kWh의 전력이 연간 생산될 것으로 예상된다. 생산된 전력은 계통에 판매되지 않고 소내에서 활용될 예정이다.

### 3.3 소화조 가온을 위한 열교환기

바이오가스 생산 및 BOD 제거를 위해 혐기성 소화조의 온도를 유지시켜주는 것은 매우 중요하다. 공주 축산폐수 처리장에 설치된 혐기성 소화조는 중온소화조로 최적 온도는 35℃ 이다. 혐기성 소화조의 온도가 35℃ 이하로 내려가면 물질 대사가 급격히 증가하여 혐기성 소화 공정의 효율이 낮아지게 된다. 혐기성 소화조의 최적 온도 유지를 위해서는 적절한 양의 열을 공급하는 시스템이 필요하다.

공주 축산폐수 처리장 도입 시에 설치된 바이오가스 보일러는 현재 부식 등의 문제로 인하여 사용할 수 없다. 현재는 경유 보일러를 이용하여 혐기성 소화조를 가온하고 있다. 하지만 경유 보일러의 운전에는 많은 비용이 들어가는데 2006년 기준 약 7,465만원에 이르는 연료비가 사용되었다.

혐기성 소화조 가온에 필요한 모든 열 수요를 대체할 수는 없지만 마이크로터빈 배가스를 이용하면 상당량의 경유 보일러 운전비용을 절감할 수 있다. 마이크로터빈 내의 연소과정을 통해 전기가 생산되고 그 부산물로 발생하는 열 에너지를 포함한 배가스가 방출되는데 30kW급 바이오가스를 포함한 마이크로터빈의 경우 배가스의 온도는 최대 275℃ 이고 배가스 유량은 0.31kg/s에 이른다. 2006년 공주 축산폐수 처리장에서 혐기성 소화조 가온을 위한 경유 소비량은 약 62만 리터로 열량으로 환산할 경우 22,386GJ에 이른다 배가스 열교환을 통한 에너지 절약은 약 580GJ에 이를 것으로 전망된다.

## 4. 결론

한전전력연구원은 버려지고 있는 바이오가스의 활용을 촉진시키고자 국내 최초로 바이오가스-마이크로터빈 분산형 발전 시스템 설치 과제를 수행 중에 있다. 본 과제의 목적은 공주 축산폐수 처리장의 공정 개선을 통해 바이오가스 생산을 증대시키고 바이오가스 연료화 시스템의 설치 등을 통해 효율적으로 바이오가스를 이용하는 데 있다.

공주 축산폐수 처리장의 공정 조사를 통해 공정 최적화를 통한 바이오가스 생산량 증대의 가능성을 발견하였다.

바이오가스 전처리 설비가 설치되었고 시운전을 통해 성능 시험을 수행하였다. 성능 시험 결과 바이오가스 전처리 설비는 바이오가스 내에 포함된 H<sub>2</sub>S와 NH<sub>3</sub>를 각각 99.9%, 90.2% 제거하여 만족할 만한 성능을 보였으며 결과로 목표로 한 바이오가스 연료 품질을 달성할 수 있었다.

바이오가스 전처리 시스템 성능이 검증되었고

마이크로터빈의 시운전을 위한 사전 시험과 폐열 회수 및 혐기성소화조 가온수 생산 시스템의 설치 또한 마무리 되어 시운전과 정상 가동만을 남겨둔 상태이다.

본 과제가 성공적으로 수행될 경우 바이오가스 이용 발전 및 폐열 회수로 인한 에너지 절약 효과는 전력 115,871kWh와 열에너지 579GJ 이룰 것으로 기대되며 앞으로 온실가스 배출권 거래제가 확립되면 경제적 효과는 보다 증가할 것으로 기대된다.

## 후 기

본 연구는 에너지관리공단 신재생에너지기술개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

## References

- [1] Renewables in global energy supply, 2007, IEA.
- [2] International Energy Annual 2004, 2006, EIA.
- [3] International Energy Outlook 2006, 2006, EIA.
- [4] Statistics on livestock wastewater treatment, 2004, Korean ministry of environment
- [5] News from Korean ministry of commerce, industry and energy (<http://mocie.korea.kr/UTH>)
- [6] W. De Zeeuw, G. Lettinga, 1980, "Accumulation of digested sewage sludge during start-up of an upflow anaerobic sludge blanket reactor", 35th Perdue industrial waste conference proceedings, Lewis publishers, Chelsea, MI, pp 39-47.
- [7] V. K. Lo, P. H. Liao, Y. C. Gao, 1994, "Anaerobic Treatment of Swine Wastewater Using Hybrid UASB Reactors", Bioresource Technology, Vol. 47, pp. 153-157.
- [8] Service report on standard design material framing, 1995, Korean ministry of environment.
- [9] David A. Wilson, Kevin M. Lyons, 2008, "Effects of dilution and co-flow on the stability of lifted non-premixed biogas-like flames", Fuel, Vol. 87, pp.405-413.
- [10] Arthur Wellinger, Anna Lindberg, 1999, "Biogas upgrading and utilization", IEA Bioenergy Task 24.
- [11] Chris Deed, Jan Gronow Alan Rosevear, Peter Braithwaite, Richard Smith, Peter Stanley, 2004, "Guidance on gas treatment technologies for landfill gas engines", Environment Agency.
- [12] Raf Dewil, Lise Appels, Jan Baeyens, 2006, "Energy use of biogas hampered by the presence of siloxanes", Energy Conversion and Management, Vol. 47, pp.1711-1711.