

6. 결론

발전설비는 환경문제와 발전부지 확보의 어려움으로 대응량의 고효율화가 요구되면서 보다 향상된 기술력을 요구하고 있으며, 초기에 공급된 노후설비는 운전유지비 상승과 신뢰성 운전에 큰 부담을 안고 있으므로 설비의 개량이 요구된다.

노후설비는 전문 Maker의 수명진단과 성능평가를 통한 성능개선 방향을 설정하고 최신기술을 적용한 설비의 개량으로 장기운전에 의한 성능저하의 회복효과와 효율향상 등 성능개선 효과에 따른 발전수익 증

대 및 연료비 절감(수정)에 의한 투자비 회수가 가능하며, 수명연장 및 유지보수비 절감 등의 부수적 효과가 있다

또한, 국가적 측면으로는 신규 전원확보 효과와 발전효율 증가로 인한 에너지절감도 기대할 수 있으므로 국가발전의 기반산업인 발전설비를 효율적이고 안전하게 운영하기 위해서는 전문 Maker의 기술력을 활용하여 성능개선 방향을 충분히 검토하고 수명진단과 성능평가를 통한 노후설비의 개선으로 설비의 효율향상을 물론이고 수명연장으로 안정적인 설비운영이 필요하다.

소형 Biogas Cogeneration System

※본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임

1. 머리말

1990년대에 들어와 지구온난화 등의 지구 규모의 환경문제가 대두됨에 따라 바이오매스발전에 관한 관심이 급속히 고조되었다. 이것은 기후변동에 관한 제3차당사국총회(COP3)에서 이산화탄소를 중심으로 각국의 온실효과가스의 삭감목표가 2010년을 기준으로 구체적으로 설정된 영향이 크다. 예로서 International Energy Agency (IEA) 의 Review에 의하면 영국에서는 Non Fossil Fuel Orders (NFFO) 에 의하여 재생산가능한 자원으로부터 얻는 전력 ("Green Electricity"로 불리운다) 의 일정량 구매가 전력회사에 의무화되고 유사한 움직임이 이태리, 독일 등에서도 나타나고 있다.

덴마크는 "Energy21" 정책에 의하여 재생가능한 에너지의 비율을 2005년에는 12~14%, 2050년에는 35% 까지 확대하는 구체적인 목표가 설정되어 있다. 이와 같은 것을 배경으로 세계각국에서 바이오매스발전이

확대되어 나가고 바이오매스발전을 목적으로한 공장이 가동을 시작하였다.

2. 바이오매스발전의 원료와 방식

바이오매스는 직접연소, 가스화 등의 열화학적 변환 및 메탄발효 등의 생물화학적 변환에 의하여 수증기, 가스 등으로 변환되어 발전에 이용된다. 전자는 주로 목재, 볏짚 등의 건조 바이오매스인 반면 후자는 축산폐기물, 생쓰레기,污泥 등의 습윤바이오매스에 사용된다. 발전방식으로는 수증기터빈발전, 가스터빈발전, 가스엔진발전 등이 있다. 소형이며 효율이 높은 연료전지의 이용도 검토되고 있다.

금번 필자가 주목한 메탄발효는 역사적으로 오래된 기술이다. 일본에서는 분뇨나 下水污泥를 대상으로 개발, 실용화되어 왔다. 이것 이외의 유기성폐기물에 관하여는 원료를 고농도의 상태로 처리하는것이 가능하여진 1990년대 후반부터 처리대상물 (분뇨, 정

화조오니) 에 생쓰레기를 첨가하는 오폐수처리센터 등의 메탄발효처리시설이 건설되었다.

메탄발효처리는 원료의 減容化, 잉여오니 발생량의 삭감, 메탄가스로의 에너지회수가 가능한것과 같은 효과가 있다. 주방쓰레기, 생쓰레기 등 많은 유기성 폐기물은 종래 소각, 매립 등으로 처리하였으나 함유율이 70~80% 이상이므로 스스로 연소되지 않을뿐 아니라 혼합연소시에도 소각로 내의 온도 상승을 저해하여 다이옥신의 발생 원인이 된다. 폐기물을 소각하거나 호기성 생물처리를 하거나 메탄발효로 메탄가스를 회수하여 연료로 하여도 최종적으로 이산화탄소 발생량은 변하지 않는다. 다만 메탄발효는 메탄이 생성되므로 공정 전체의 이산화탄소 배출량이 삭감된다. 따라서 이것은 환경 친화형 에너지 회수형 처리 기술이며 이로 인하여 순환형 사회의 요구에 적응하는 기술이라 일컫는다. (그림-7)

그림-1 메탄발효반응

酸 生 成 相	원료의 고농도유기물 (생쓰레기, 분뇨, 정화조오니, 가축분뇨, 공장폐수등)	산 성 발 효 · 減 退 期
	↓	
	원료중의 탄수화물, 지방, 단백질의 가수분해	
	↓	
메 탄 생 성 상	저분자중간생성물의 생성 저급지방산 암모니아 아민 수소 탄산가스 유화수소	알 카 리 성 발 효 기
	↓	
	ph가 상승, 저급지방산 등이 분해	
	↓	
	메탄, 탄산가스의 생성	

3. 메탄발효의 원리

메탄발효는 산소가 없는 혐기조건 하에서 혐기성

세균의 작용에 의하여 유기성폐기물을 메탄과 이산화탄소로 분해하는 생물학적 프로세스이며 오래전부터 오수·하수·분뇨처리의 분야에서 사용되어 왔다. 최근 20년간 구미를 중심으로한 연구개발로 인하여 메탄발효기술은 눈부신 진보를 이루어 용해성 유기물에 대응하는 固定化 擔體나 고형폐기물에 대응하는 고농도 발효장치 등의 새로운 기술이 확립되었다.

유기성폐기물의 메탄발효에 있어서 생분해성 유기물의 분해과정은 크게 나누어 (I) 고형 및 고분자유기물로부터 저분자유기물 (당, 아미노산 및 고급지방산)으로 분해하는 가용화·가수분해, (II) 저분자유기물로부터 유기산 (개미산, 초산, 프로피온산, 낙산 등), 알코올류 등을 생성하는 산생성, (III) 유기산으로부터 초산과 수소를 생성하는 초산생성, (IV) 수소나 초산 등으로 부터 메탄과 이산화탄소를 생성하는 메탄생성 이라는 4단계로 이루어 진다. 배수·폐기물처리의 분야에서는 (I)과 (II) 2단계를 합쳐서 메탄생성상 (Methanogenic phase) 이라고 부르는것이 일반적이다.(그림-1)

메탄발효의 결과 생분해성 고분자유기물의 대부분이 바이오가스로 전환되고 나머지가 증식균체로 되어 비분해성고형물과 함께 오니가 된다. 또한 질소와 인의 움직임을 보면 단백질에 함유되어있는 질소는 아미노산의 분해에 동반하여 NH_3^+ 의 형태로 액상에 방출되고 유기성폐기물에 함유된 인(P)은 철, Mg 등 금속이온과 반응하여 난용성 침전물로 되는경우가 많다. 메탄발효에서는 혐기성반응에 의한 病原性 미생물의 死滅효과도 크다.

상기 반응을 산성발효기, 산성감퇴기, 알카리성 발효기의 3단계로 정리할 수 있다. 산성발효기에서는 通性嫌氣性세균에 의하여 주로 탄수화물이 분해되어 초산, 프로피온산, 낙산이라는 저급지방산이 다량 생성되므로 ph가 5~6으로 급격히 저하된다. 다음의 산성감퇴기에서는 단백질과 같은 질소계 유기물의 분해가 일어나 암모니아, 아민, 탄산가스, 수소, 메탄, 질소 가스 이외에 미량의 유화수소, 멀캅탄 등의 가스도 발생된다. 알카리성 발효기는 특히 메탄발효로 불리워 분해, 축적된 저급지방산, 미분해 아미노산, 알코올, 셀룰로스 등의 대부분이 메탄생성균에 의하여 분해되어 메탄, 탄산가스, 암모니아로 변환된다. 메탄생성균의 最適生育域은 30~40°C (中溫消化)와 55~65°C (고온소화)가 있다.

4. 메탄발효도입의 조건

폐기물 전체 중 유기성폐기물은 큰 비중을 차지하고 있다. 유기성폐기물의 성상은 여러갈래에 걸쳐 조성, 성상 등에 따라 유효이용 또는 적절한 처리법을 선택, 개발할 필요가 있고 이것은 유기성폐기물이 갖고 있는 수분, 가연분 (유기물), 회분 (무기물) 과 밀접한 관계가 있다. 즉 수분이 많은 폐기물은 호기성의 수처리가 적절하고 수분이 적은 폐기물은 연료 이용이나 소각처리가 적절하다. 혐기성처리 (메탄발효처리) 가 적절한것은 호기성 수처리와 소각처리와의 중간영역이다. 예로 생활배수처리오니, 소주가스, 주방쓰레기, 식품가공찌꺼기, 牛분뇨, 돈분뇨 등은 혐기성처리 (메탄발효) 가 적절하다. 또한 메탄발효의 도입에는 원료의 분해율이 중요한바 커피박과 같이 그대로는 메탄균에 의한 분해율이 낮은 원료의 경우에는



그림-3 발전기

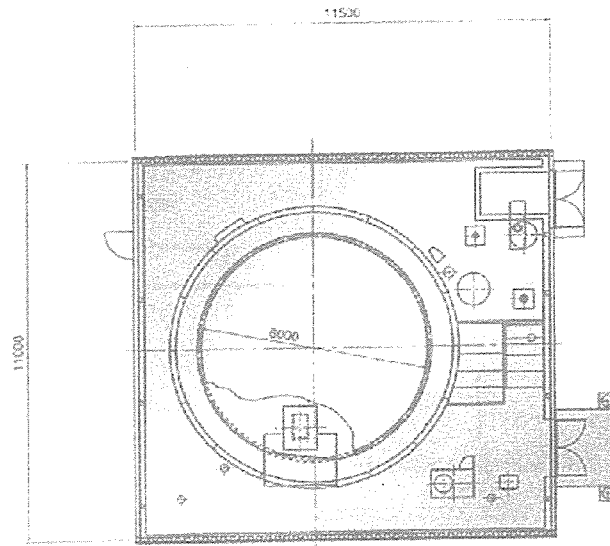


그림-2 바이손 전경

초음파처리나 분쇄처리 등으로 원료의 전처리를 하면 분해율이 상승하여 좋은 원료로 변환시키는 것이 가능하다. 이와같이 종래 소각처리를 실시한 폐기물에 관해서도 신기술의 도입으로 메탄발효에 의하여 에너지를 회수할 수 있게 되었다.

5. 시스템의 개요 ~ 온사이드형 메탄발효 장치 「바이손」

平面配置圖



断面配置図

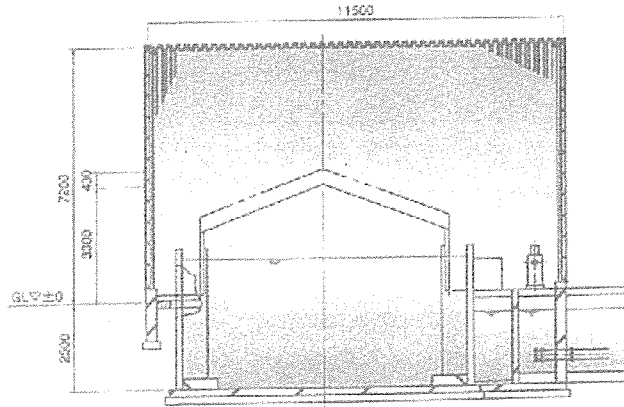


그림-4 바이손 개요도 (단위 : mm)

종래 牛糞尿로 대표되는 가축배설물은 비료로서 농지에 환원되어 왔다. 근년에는 지하로의 침투, 하천으로의 유출에 의한 수질오염의 원인이 되어 平成11년에 「가축배설물의 관리적정화 및 이용촉진에 관한 법률」이 시행되어 각 농가에서는 가축배설물을 적정하게 관리할 의무가 생겼다. 대규모의 집중처리형공장이 국내에 기하 수건 건설되었으나 처리시설로의 운반비의 문제가 있어 충분한 효과를 발휘하고 있다고 말하기 어렵다.

금번 개발된 온사이트형 메탄발효장치 「바이손 (Bio cycle System On Site)」는 1戶의 농가에 간단히 설치 가능하여 종래에는 없었던 저가격, 저운전비를 실현하였다. 크기가 11m×11.5m 이고 발효조나 가스홀더, 탈수기 발전기를 포함하여 전체의 기기류는 돔형의 Unit 내부에 수납된다. 처리량은 牛분뇨로 6톤/일 으로서 적소 100두 규모의 농가에 해당된다. 37℃의 중온발효를 채용, 발효조의 가운에는 발전기

의 배열을 이용한다. 장치의 운전동력은 전부 발전기 (6kW)에 의하여 감당된다. 따라서 운전비는 바이오가스의 정제에 사용되는 탈류제와 발전기의 유지비 정도이다. 또한 이 시스템은 豚 1000두, 생쓰레기 1일 3톤의 처리도 감당한다. (그림-2, 그림-4, 그림-5).

한편 발전기는 2002년 2월에 발매된 아이싱精機製의 6kW 마이크로·가스엔진·코제너레이션을 채택하였고 이것은 동사가 연간 1만대 이상 판매하고 있는 GHP (가스엔진·히트펌프·에어콘) 용의 가스엔진을 탑재하고 전력회사 계통과의 연계운전이 가능한 국내 최소클래스의 패키지형 코제너레이션이다. 이 마이크로 코제너레이션은 계통연계방식을 채택하고 있으므로 계통연계에 필요한 보호계전기를 내장. 전력경로의 저압선 (단상3선 200V) 에 리레이를 설치하지 않고 직접 연결이 가능하므로써 설치비의 저감을 실현하였다.

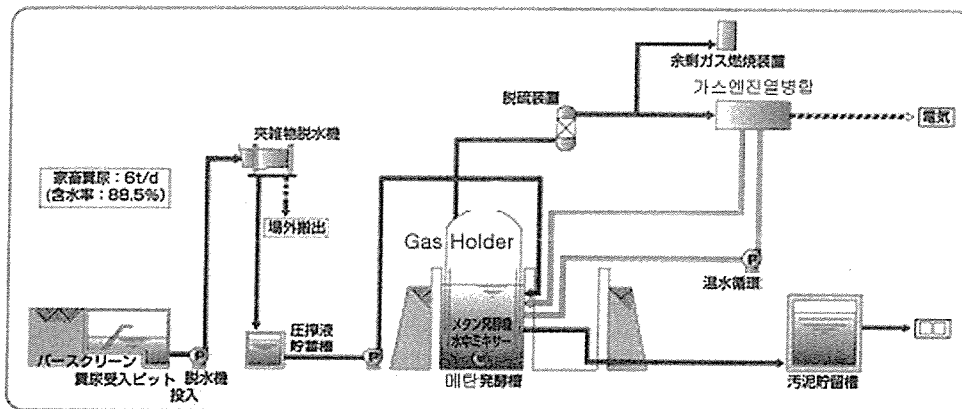


그림-5 바이손 FlowSheet

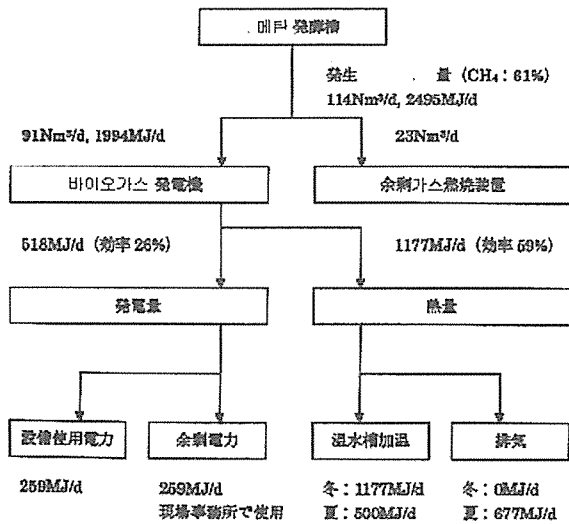


그림-6 바이손 에너지收支

이 제품은 원래 도시가스 13A 또는 LP가스로 구동되는 시스템으로서 종합효율은 86.0% (발전효율 26.5%, 배열회수효율 59.5%) 의 고효율을 자랑하고 중소규모의 급탕수요가 많은 음식점 등에 대하여는 에너지효율 개선에 의한 광열비의 저감목적으로 개발된 소형 熱電併給設備이다. 판매실적은 음식체인점 등을 시작으로 많은 점포에 보급하였다.

금번 바이오가스용 열병합발전의 개발은 독립행정 법인의 산업기술종합연구소와 아이싱정기에서 행한 운전성 성공, 반자립형의 온사이드형 메탄발효장치의 실현에 기여하였다. (그림-3)

6. 특징과 가동결과

- ① 낮은 초기투자비 : 4000~5000万円で 시공이 가능하다.
- ② 낮은 운전비용 : 장치의 동력은 전부 발전기에서 공급되므로 유지관리비는 바이오가스의 정제에 사용되는 탈류제와 발전기의 유지비정도로 연간 약 30万円で 시산하고 있다. (그림-6)
- ③ 「가축배설물의 관리의 적정화 및 이용의 촉진에 관한 법률」에 대응 : 축분뇨를 안정한 액비로 바꾸고 냄새도 대폭으로 저감시켰다.

7. 금후의 전개

이미 1호기를 복해도 根室支廳中標津町の 농가에 건설, 2003년 3월부터 순조롭게 가동하고 있다. 금후에 수요가 증가할것이라 예상된다.

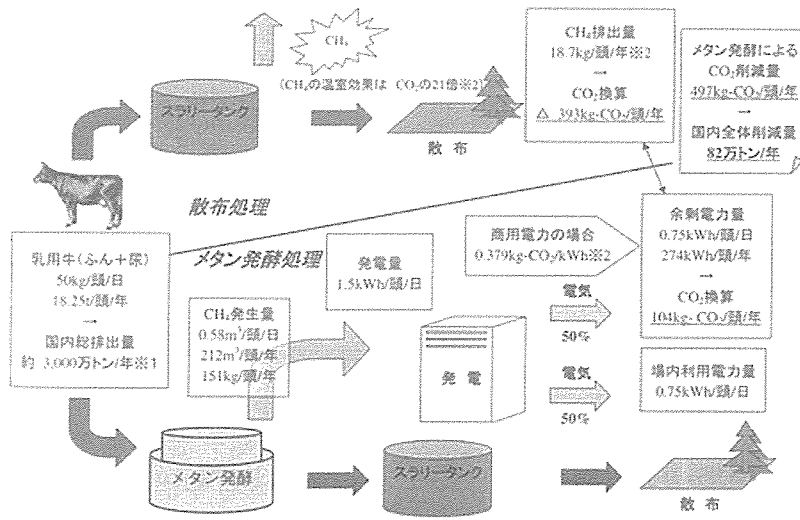


그림-7 이산화탄소 배출량 시산

※ 탄소는 최종적으로 전량 CO2로 되므로 양자의 CO2는 배출량은 동일함. 또한 CO2는 바이오매스로부터 유래이므로 CO2는 증가되지 않음.

※1 : 「바이오매스 핸드북」(사단법인 일본에너지학회)

※2 : 「지구온난화대책 지역추진계획서정 가이드라인」(平成15년6월 환경성 지구환경국)