



송효순
토탈이엔에스(주) 대표이사
shyosoon@hanmail.net

1. 자원화사업 개요

매립가스 자원화사업은 매립지에서 발생하는 매립가스(Landfill Gas, 이하 LFG)를 적절히 처리하여 발전, 중질가스, 난방 등으로 가스를 재활용하여 자원화하는 것이다.

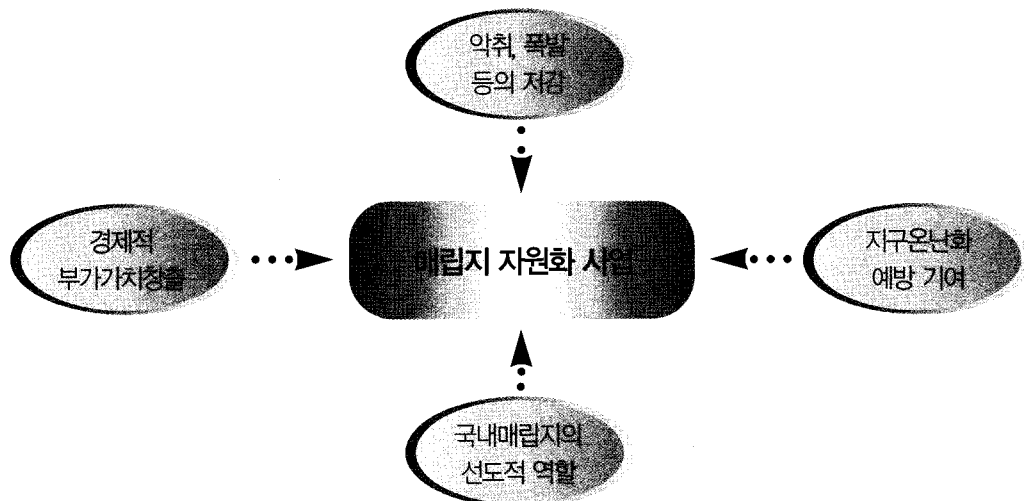
매립지에서 발생하는 매립가스는 자연 배출되면서 악취유발에 따른 민원소지의 원인이 되고, 매립가스의 주성분은 온실가스로 지목되는 메탄(CH₄)와 이산화탄소(CO₂)로 이루어져 있어 지구온난화의 주범일 뿐 아니라 메탄의 경우 가연성 가스로 폭발위험의 소지를 지니고 있다. 이에 따라 대부분의 기존 매립지에서는 간이 소각기를 설치하여 매립가스를 단순 소각하는 방식으로 유지되어 왔다.

대전 금곡동 매립지는 1996년 8월부터 대전광역시 생활쓰레기 매립을 시작하여 현재까지 상당량의 매립가스가 발생되고 있는 실정으로 버려지는 매립가스를 이용한 대체에너지 개발에 대한 필요성이 요구되어 왔다. 이에 폐기물 매립에 따른 부산물인 매립가스를 활용하여 전력을 생산·판매함으로써, 폐자

원을 활용한 경제적, 환경적 부가 가치 창출 및 매립가스로 인한 주변 환경 영향 저감 및 매립지의 구조적 안정에 기여하고자 본 사업을 시행하였다.

2. 매립지 자원화사업의 효과

- 폐자원을 이용한 발전사업 시행에 따른 경제적 가치창출로 대전광역시의 재정에 기여
- 매립지 발생가스의 제어로 주변지역 환경영향 저감
- 매립가스 강제 포집으로 인한 매립지의 조기 안정
- 지구온난화 유발물질의 제어에 따른 CDM (Clean Development Mechanism) 비용 편익 예상
- 혐오시설인 매립지의 이미지를 개선 및 국가 폐기물 정책 부흥
- 국내 부존자원부존상황에서 대체 에너지 개발 가능
- 국내 실정에 적합한 매립가스 자원화 기술의 도입 및 개발
- 매립가스를 이용한 자원화 사업방향 및 운영기술 축적

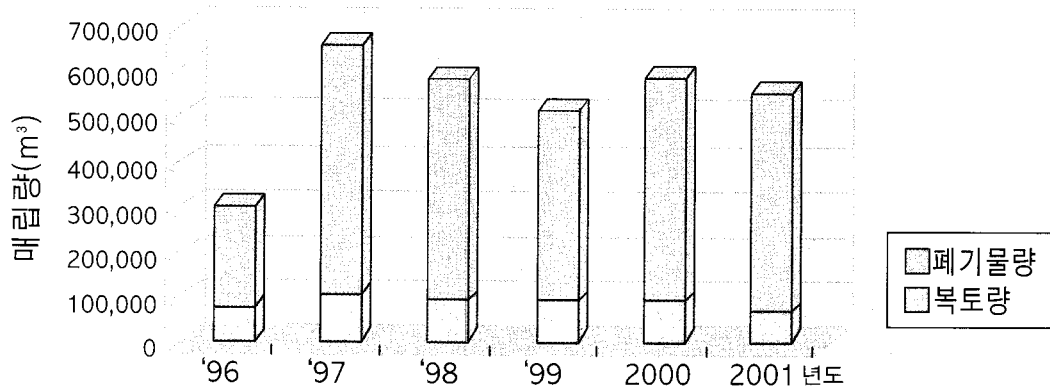


[그림 1] 매립지 자원화 사업의 효과

3. 대전 금고동 매립지의 현황

- 매립위치 : 대전광역시 유성구 금고동 산 21번지 금고동 위생매립장

- 매립면적 : 570,413m²
- 매립용량 : 8,465,000m³ (기매립량 : 2,691,719m³)
- 매립기간 : 1996 ~ 2010년



[그림 2] 연도별 폐기물 매립현황

4. 대전 금고동 매립지 매립가스 자원화 사업 개요

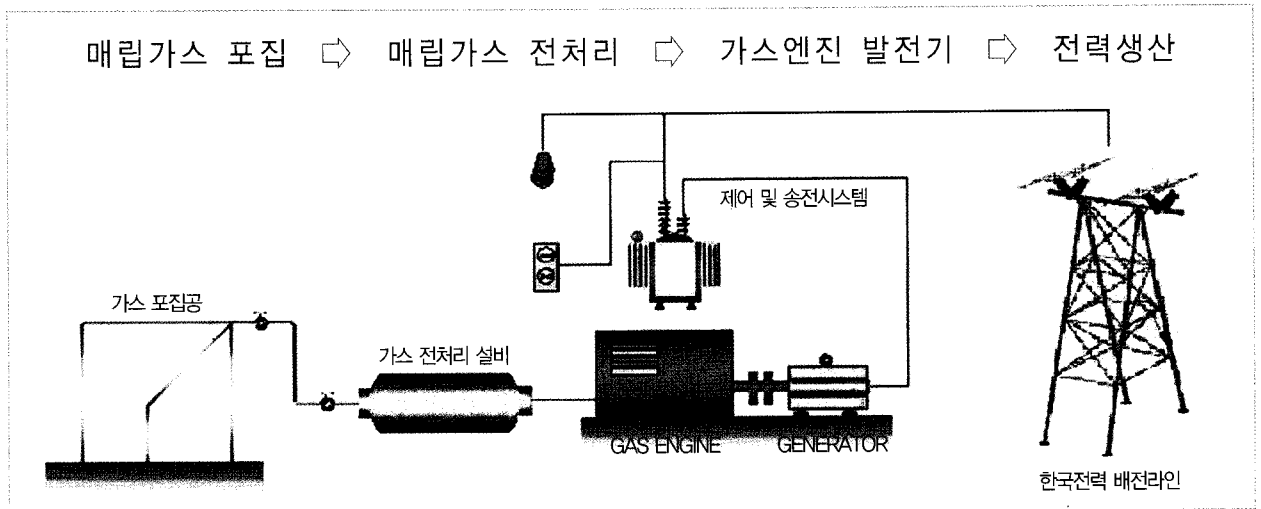
대전 금고동 매립지 매립가스 자원화 사업은 매립가스 포

집시설, 먼지, 수분 및 산성가스를 제거하기 위한 전처리 시설과 발전 및 송전시설로 구성되어 있으며 발전시설은 Wakhsha 865kW 가스엔진 4대를 이용하여 약 3MW의 전력을 생산할 예정이다.



[사진 1] 대전 금고동 매립지 자원화사업부지 전경

대전 금고동 매립가스는 다음과 같은 공정을 거쳐 자원화사업에 이용된다.



[그림 3] 매립가스 자원화사업 공정도

4.1 매립가스 포집

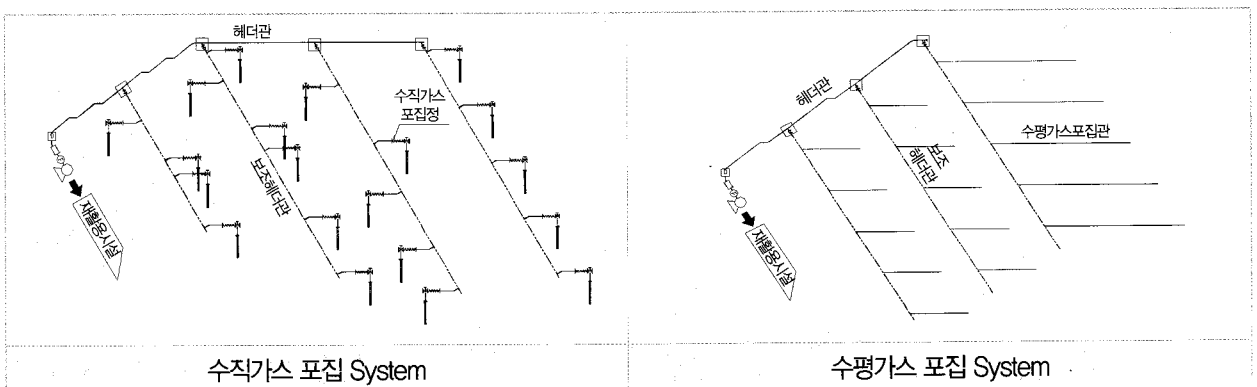
매립가스 재활용을 하지 않았을 경우 매립가스는 자연발생 상태로 현장처리방안이 적용되나, 재활용을 통한 자원화 사업을 적용할 경우 강제포집에 의한 매립가스의 포집이 수행되어야 한다.

매립가스의 포집방법은 수평포집방식(Horizontal

Collection System), 수직포집방식(Vertical Collection System), Hybrid Collection System 등이 있다.

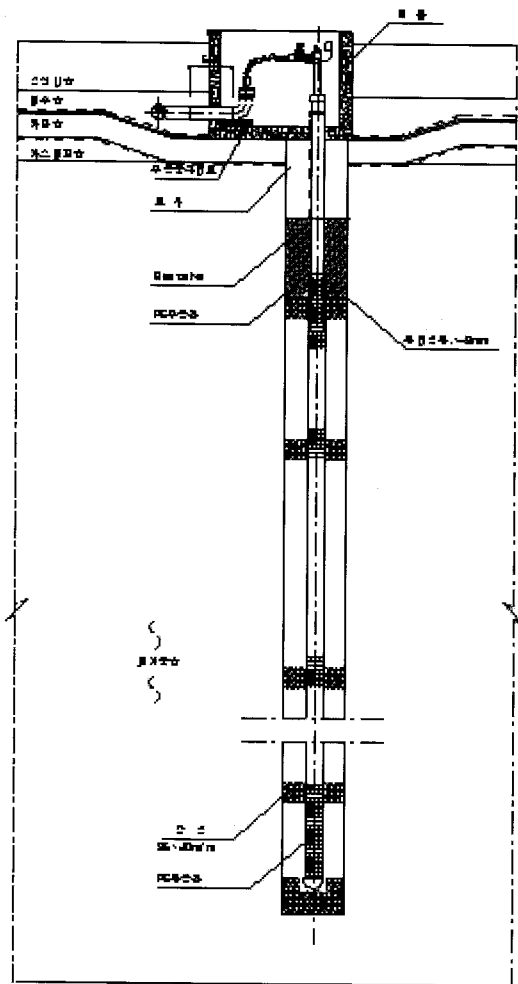
일반적인 매립가스 포집방식의 적용은 매립 중에는 수평포집방식, 매립 완료 후에는 수직포집방식을 적용한다.

대전 금고동 매립지의 경우 현재 매립을 진행 중인 매립지이므로, 수평포집과 수직포집을 병행하여 매립가스 포집을 적용하였다.

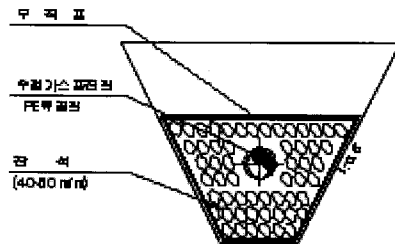


[그림 4] 매립가스의 포집 방법

대전 금고동 매립지의 매립가스 포집을 위하여 총 66개의 수직가스 포집정을 보완 및 신설하였고, 수평가스 포집관을 약 3km가량 매설하여 매립가스를 포집하였다. 대전 금고동의 현재 매립가스 발생량은 약 30m³/min으로 추정되어지며, 향후 쓰레기 매립량이 증가함에 따라 매립가스의 발생량 역시 늘어날 것으로 예상된다.



[그림 5] 수직가스 포집정 상세도



[그림 6] 수평가스 포집정 단면도

매립가스는 수직가스 포집정과 수평가스 포집정의 유공관으로 포집되며 유공관 주위는 자갈로 메꾸어 매립가스가 외부로 새지 않고 포집정을 따라 보조헤더관과 헤더관을 타고 이송될 수 있도록 한다. 매립가스 포집시설은 매립지에서 발생하는 침하현상에 대비하여 Slip-Joint 및 이형관 등을 적용하여 침하를 시설에서 허용하는 구조로 설치되었다. 매립가스 이송시 수분이 포화된 매립가스의 수분 처리를 위하여 Knock-Out을 설치하였고, 적절한 유량과 이송관의 보호를 위해 Slider와 유량계를 설치하여 적극적으로 매립가스를 포집할 수 있도록 설계하였다.

4.2 매립가스 전처리

매립가스의 성분은 주로 메탄 CH₄ 45~50%, CO₂ 40~60%, 그 외 미량성분 등으로 구성되어진다. 매립가스는 메탄 함유량 50%를 기준으로 하여 4,500~5,000kcal/m³가량의 발열량을 지니고 있어 매립가스 자원화사업의 가장 중요한 물질로 가스엔진 구동의 source material이 된다.

매립가스 전처리의 목적은 자원화 사업을 수행하는데 있어 발열량이 높은 메탄가스를 가스엔진에 이송하는 것과 동시에 메탄가스 외에 가스엔진에 부식이나 마모를 줄 수 있는 부식성물질과 악취물질 즉, 황화수소(H₂S), 암모니아(NH₃), 수분(H₂O), 먼지 등을 제거하는데 있다.

Waukesha 엔진이 요구하는 저발열량(Biogas, LFG) 연료의 성상은 다음과 같다.

〈표 1〉 Waukesha 엔진이 요구하는 LFG 연료 성상

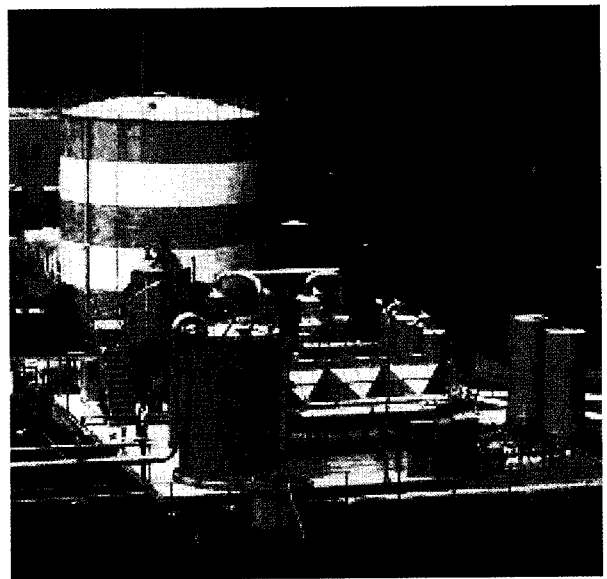
구분	Waukesha 기준
열량	15.73MJ/m ³ 이상
수분	액상으로 존재하지 않 것
총 유기할로겐화합물	150ug/l 이하
총 황화합물(H ₂ S 등)	1,000ppm 이하
총 액상 탄화수소화합물	2% 이하
최대 허용 수소량	12% 이하
최대 Siloxen 량	25ug/l 이하
최대 오일 Size	0.3μm
최대 먼지 Size	0.3μm

상기 기준은 엔진이 요구하는 최소기준이며, 본 시설로 연간 8,000시간으로 10년간 운영되는 점을 감안, 전처리 기준을 강화하여 적용하였다.

〈표 2〉 대전 금고동 매립지 전처리 기준

구분	CH ₄ (%)	수분	H ₂ S(ppm)
대전 매립지 성상	59.95	포화	5~7
국내 일반적 매립가스성상	48~61	포화	3.7~47
설계기준	40% 이상	포화	200
처리목표성상	40% 이상	액상으로 존재하지 않을 것	3

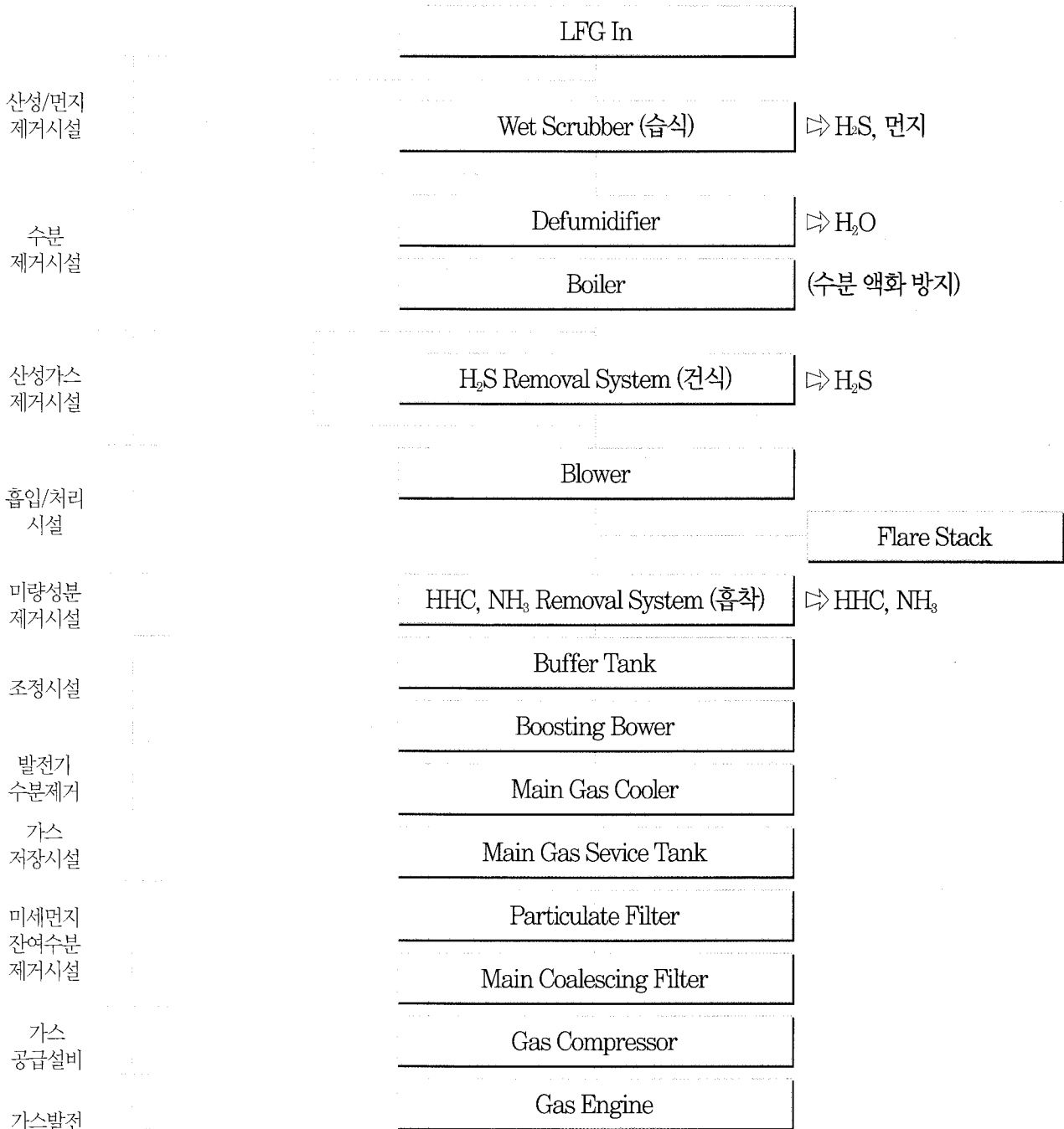
실록산이나 먼지 등은 가스엔진에 마모, 오작동 등을 야기하므로 상기 조건으로 맞추어 공급되어야 한다. 또한 매립가스는 수분이 포화된 상태이나 가스엔진의 연료로서의 안정적인 공급을 위하여 전처리 공정시 100% 처리하여 가스엔진에 유입되어서는 안된다.



[사진 2] 대전 금고동 매립지 전처리 설비 전경

대전 금고동 매립지 자원화사업의 전처리 구성은 다음과 같다. 산성가스 즉, 황화수소 등을 제거하기 위하여 Wet Scrubber와 활성탄 흡착탑을 이용하였고, 수분제거를 위하여 Dehumidifier와 Boiler를 이용하였다. 흡착을 통하여 HHC와 암모니아를 제거하였다. 가스엔진으로 이송시 유량의 적절한 분배를 위하여 Buffer Tank를 적용하여 가스 공급을 도모하였다. Buffer Tank 후단에는 Boosting Blower를 설치하여 일정한 가스압력으로 높여 가스엔진에 공급해 주고 Boosting Blower를 지난 매립가스는 온도가 상승하므로 Cooler를 이용하여 가스온도를 저감시킨 후 미세먼지와 여분의 수분을 제거하기 위하여 Coalescing Filter를 거친다. 가스엔진으로 안정적인 매립가스 공급을 위하여 가스압축기를 적용하여 엔진에 연료를 공급한다.

Engineering Handbook

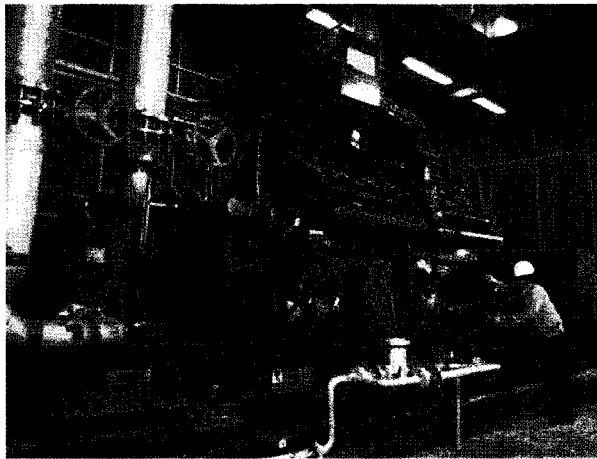


[그림 7] 매립가스 전처리 공정도

4.3 매립가스 발전 및 송전

▷ 가스엔진 발전기의 주요 사양

- 모델 : Waukesha(미) VHP5900 GL (LS5790 GL)
- 출력 : 865kW(최대)
- 전압 : 6,600V
- 정격속도 : 1,200RPM
- 역률 : 0.8
- 주파수 : 60HZ
- 실린더수 : 12기통(V-type)



[사진 3] Waukesha 가스엔진

매립가스의 포집과 전처리 설비를 거쳐 발전설비로 이송된 가스는 가스엔진에서 처리를 거쳐 전력이 생산되면서 한전으로 송전된다.

가스엔진은 Waukesha 엔진의 846kW급 4대를 이용하여 발전하고 있다. 본 가스엔진의 순간 최대 발전능력은 3MW으로 이는 2,400가구(가구당 1.25kWh 사용기준)의 전력을 충당하는 양에 해당한다.

▷ 송수전 설비

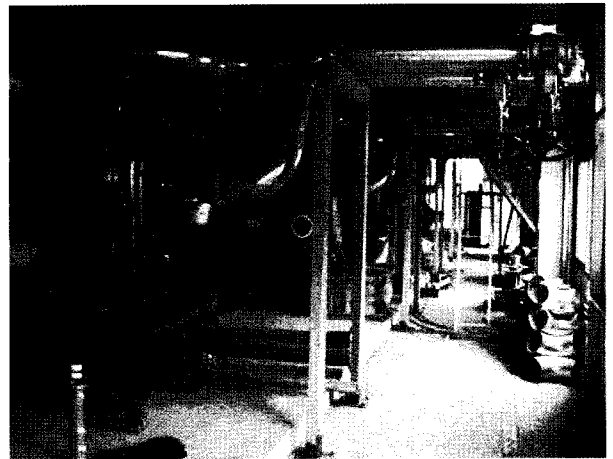
매립가스를 이용하여 발전한 전력을 송전할 송전설비는 대전 금고동 매립지의 수용가 인입단 한국전력 22.9kV 수전라

인에 연결하여 엔진가동시에는 한전으로부터 수전을 받고 엔진이 가동 완료된 후부터 발전을 하여 송전(매전)을 한다.

4.4 매립가스 자원화 사업의 경제적 효과

본 사업은 BTO(Build Transfer Operation)사업으로 사업자가 공사 및 설비를 완공한 후 대전광역시에 자원화사업인 발전소를 양도하고, 운영시 영업의 수익을 대전시에 기부채납하는 방식이다.

이에 따라 대전광역시는 금고동 매립가스 자원화사업을 통하여 약 10년간 76억원 가량의 수익을 얻을 수가 있다.



[사진 4] 대전 금고동 Waukesha 가스엔진 설치 전경