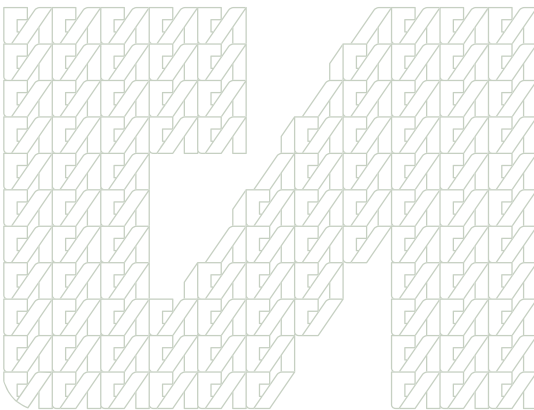


# 대전바이오에너지센터 잉여바이오가스 활용 방안 조사

문충만



기본연구 2020-06

# 대전바이오에너지센터 잉여바이오가스 활용 방안 조사

문충만

연구책임

- 문충만 / 미래전략실 책임연구위원

기본연구 2020-06

## 대전광역시 잉여바이오가스 활용에 따른 온실가스 감축 효과 분석

발행인 정 재 근

발행일 2020년 11월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동 287-2)

전화: 042-530-3524 팩스: 042-530-3575

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: 중부인쇄기획 TEL 042-253-7537 FAX 042-253-7538

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종자치특별시의  
정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

# 요약 및 정책건의

## ■ 연구 배경과 연구 목적

- 우리나라는 신기후체제를 맞이하여 국외 온실가스 감축 정세에 맞추어 국가 온실가스 감축 목표를 설정하여 발표
- 국가 온실가스 감축 목표는 크게 산업부분과 비산업부분으로 나누어 감축 계획을 수립하게 되고 산업부분은 온실가스 배출권거래제라는 제도 도입으로 진행하고 비산업부분은 각 광역지자체에 온실가스 배출 전망에 맞추어 온실가스 감축 로드맵을 수립하도록 함
- 따라서 대전광역시를 비롯한 각 광역지자체에서는 국가 온실가스 감축 계획에 맞추어 2018년에 2030 온실가스 감축 로드맵을 수립하고 각 지역에 맞는 감축 계획을 수립
- 각 광역지자체의 온실가스 감축 로드맵은 신재생에너지 보급과 에너지 효율 개선 등의 사업을 수립하였으며 대전광역 시도 시의 특성에 맞는 신재생에너지 사업들을 도출
- 다만 온실가스 감축 로드맵에는 태양광발전이나 수소에너지를 활용한 연료전지에 관한 내용이 주를 이루고 주로 지자체에서 관리하는 폐기물에 관한 에너지 활용 계획이 부족한 실정
- 대전광역시에서는 폐기물의 하나인 음식물쓰레기를 활용하여 바이오가스 에너지를 생산하는 대전바이오에너지센터를 2017년에 준공하여 현재까지 안정되게 운영하고 있음
- 이러한 바이오가스화 시설은 유기성폐자원으로부터 바이오에너지를 생산하는 기술로 생산된 에너지의 활용은 신재생에너지 도입 계획을 다양하게 해주고 온실가스 감축 효과를 가져올 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 바이오가스에 대한 활용 방안을 조사하고 이를 대전바이오에너지센터에 도입할 경우에 대한 효과 분석을 하고자 함

## ■ 연구결과

### □ 대전광역시 온실가스 감축 로드맵

- 대전광역시 2030 온실가스 감축 목표는 「국가 온실가스 감축 기본로드맵(2016.12.)」기준에 따라 온실가스 예상배출량(예상배출량(BAU)) 대비 30.4% 감축
- 이를 위해 대전 2030 온실가스 감축 로드맵은 『시민주도형 친환경 에너지자립도시 구현』을 비전으로 하여 수립
- 건물, 공공기타, 수송, 폐기물 4개 분야로 하여 각 분야별 세부목표를 가지고 최종적으로는 친환경에너지 사용으로 에너지 자립도시 구축을 목표로 함
- 다만 부문별 세부사업에서 신재생에너지 분야는 대부분 태양광과 연료전지를 통한 사업들로 이루어졌으며 폐기물 분야 등 지자체에서 접근할 수 있는 분야에 대한 대책이 없음

### □ 대전바이오에너지센터 현황

- 대전바이오에너지센터는 음식물쓰레기와 음폐수를 전처리 후 혐기성 소화시켜 혐기성소화조에서 바이오가스를 생산하는 공정
- 생산된 바이오가스는 CNCITY에너지에 판매하여 열병합발전소에 공급되며, 바이오에너지센터 내 가온보일러 연료로도 사용
- 다만, 최근 바이오가스 H<sub>2</sub>S 농도가 기준치(300ppm) 이상이거나 열병합발전소에서 설비 수선 등 내부 사정에 의해 바이오가스를 받지 못하는 상황이 발생
- 따라서 현재 바이오에너지센터의 바이오가스 공급처 외에 또 다른 에너지원로서의 이용을 알아보고 소각되는 바이오가스를 온실가스 감축 효과 및 자원순환으로의 활용 방안 마련 필요

## □ 바이오가스 활용 기술

- 바이오가스의 주성분은 메탄(53~70%)과 이산화탄소(30~47%)이며, 황화수소( $\text{H}_2\text{S}$ )를 비롯한 암모니아( $\text{NH}_3$ ), 수소( $\text{H}_2$ ), 질소( $\text{N}_2$ ), 그리고 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 등 미량가스(trace gas)를 포함하고 있음
- 바이오가스를 활용하려면 먼저 에너지로 사용하기 위한 정제 또는 업그레이딩 공정을 거쳐야 함
- 이러한 공정은 흡수법, 흡착법, 막분리법이 있으며 각 공정에 따른 바이오가스 성분이 달라지므로 바이오가스 활용 방안에 따른 적절한 공정 선택이 중요
- 또한 정제된 바이오가스 활용 기술은 보일러 열원 혹은 열병합발전(CHP) 및 연료전지(fuel cell)에 의한 열과 전력 생산, 그리고 정제 후 자동차 연료(vehicle fuel) 혹은 도시가스 배관망(gas grid)에 직접 주입하여 천연가스(natural gas)로 이용하는 기술로 분류 가능함
- 바이오가스를 연료로 공급하여 열에너지나 전기를 생산할 수 있으며 바이오가스를 연료로 하는 가스엔진이나 디젤엔진에서 전기 생산뿐만 아니라 열을 동시에 생산하는 열병합발전기술도 있음
- 열병합발전기술(CHP, Combined Heat and Power generation)은 바이오가스 플랜트에서 보편적으로 사용되고 있으며, 전기생산 외에도 발전기의 종류에 따라 많은 양의 열을 회수하고 있음
- 연료전지의 연료로 바이오가스를 공급하기 위해서는 연료전지 종류마다 요구되는 연료성분이 다르므로 바이오가스를 정제하여 공급해야 하며 일반적으로 모든 연료전지에 공급되는 바이오가스에는  $\text{H}_2\text{S}$ 을 철저히 정제해야 하며 이에 따른 운영비 소요가 많음
- 바이오가스를 고질화기술을 이용하여 가스 중 메탄과 이산화탄소를 개별적으로 분리하여 메탄을 저압의 천연가스 배관망에 공급할 수 있고, 이산화탄소는 산업용, 음료용 등으로 판매할 수 있음
- 또한 자동차 연료로 공급할 때 바이오가스 품질기준은 대상이 되는 자동차의 형식에 따라 바이오가스 품질기준을 설정해야 할 것이며 이외에도 메탄지수, 옥탄가 등에 대하여도 면밀한 검토가 필요

## ■ 정책건의

- 대전바이오에너지 센터에서 생산되는 바이오가스는 주 성분이 메탄으로 이를 활용하기에 따라 도시가스 공급, 보일러 연료로 활용한 전력생산, 자동차 등 수송기계의 연료사용 등 다양한 용도로 활용할 수 있음
- 바이오가스 활용에 따라 연간 20,000 ~ 30,000 톤의 추가적인 온실가스 감축 효과가 있을 것으로 예상되며 배출권으로 환산하면 연간 5억 원에서 10억 원에 해당
- 본 연구를 통하여 기존 바이오가스 활용 현황과 기술 들을 검토한 결과, 대전바이오에너지센터에서 생산되는 바이오가스의 활용할 수 있는 방안은 발전과 고질화를 통한 추가적인 수요방안을 마련하는 2가지 방법을 제안할 수 있음
- 바이오가스의 발전을 통한 전기에너지 생산은 현재 바이오에너지센터에 있는 가스 전처리시설로 가스터빈에 직접 사용할 수 있어 초기 투자비와 운영비가 낮아 현실적으로 가장 적합한 대안이 될 수 있음
- 발전을 통한 전기 생산은 투자나 운영 면에서 이득이 있지만 생산된 전기를 소내 사용이나 한국전력 등의 매전할 경우 이에 대한 수익이 낮을 수 있어 충분한 경제성 평가를 진행한 검토는 필요
- 바이오가스 업그레이딩(고질화)를 통해 정제된 바이오가스는 실제 도시가스 등과 같은 높은 열량을 가지고 있어 많은 활용 방안을 만들 수 있다는 장점이 있음
- 특히 현재 대전바이오에너지센터에서 열병합발전소에 공급하고 있는 가스라인을 통해서 직접 도시가스 공급자에게 판매도 가능하며 대전시 CNG 시내버스에 연료로도 활용할 수 있음
- 대전광역시에는 앞으로 음식물자원화시설의 새로운 활용 방안과 제2매립장 건설 등으로 바이오가스 또는 매립가스의 생산량이 증가될 수 있어 이를 통해서 대전광역시에서 활용하는 신재생에너지를 다양하게 하고 온실가스 감축 효과 등으로 경제적·환경적 가치를 가져올 수 있는 적극적인 방안들을 모색할 필요가 있음

# 차 례

<b>1장 서론</b> .....	<b>1</b>
1절. 연구의 배경 및 필요성 .....	3
2절. 연구의 목적 및 방법 .....	4
<b>2장 온실가스 감축 로드맵</b> .....	<b>5</b>
1절. 국가 온실가스 감축 로드맵 .....	7
2절. 대전 온실가스 감축 로드맵 .....	14
<b>3장 대전바이오에너지센터 현황</b> .....	<b>31</b>
1절. 대전바이오에너지센터 개요 .....	33
2절. 바이오에너지센터 현황 .....	38
3절. 바이오가스 활용 현황 .....	42
<b>4장 바이오가스 활용 기술과 방안</b> .....	<b>45</b>
1절. 바이오가스 활용 기술 .....	47
2절. 바이오가스 활용 방안 .....	64
<b>5장 잉여바이오가스 활용 방안</b> .....	<b>81</b>
1절. 지자체 바이오가스 활용 방안 .....	83
2절. 대전바이오에너지센터 적용 방안 .....	89
<b>참고문헌</b> .....	<b>93</b>



## 표 차례

[표 2-1] 온실가스 배출전망 결과 .....	9
[표 2-2] 온실가스 감축 로드맵 감축목표 수정 전·후 .....	10
[표 2-3] 2030년 부문별 감축수단 .....	13
[표 2-4] 대전광역시 온실가스 배출 전망(비중) .....	17
[표 2-5] 대전광역시 감축인벤토리기준 배출량 비중 .....	20
[표 2-6] 대전광역시 감축인벤토리 기준 미래배출량 비중 .....	21
[표 2-7] 대전광역시 부문별 감축목표 .....	22
[표 2-8] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 부문별 감축량 .....	24
[표 2-9] 건물 부문 사업별 감축 비중 .....	26
[표 2-10] 공공기타 부문 사업별 감축 비중 .....	27
[표 2-11] 수송 부문 사업별 감축 비중 .....	28
[표 2-12] 폐기물 부문 사업별 감축 비중 .....	29
[표 3-1] 대전바이오에너지센터 설비별 세부공정 .....	34
[표 3-2] 바이오가스 생산 설계기준 .....	34
[표 3-3] 가스공급 및 판매 설계기준 .....	35
[표 3-4] 소화슬러지 처리 설계기준 .....	35
[표 3-5] 폐수 발생 처리 설계 기준 .....	35
[표 3-6] 약취처리 설계기준 .....	35
[표 3-7] 음식물물·음폐수 반입 현황 .....	37
[표 3-8] 연간 가동일수 현황 .....	37
[표 3-9] 바이오가스 생산량 현황 .....	37
[표 3-10] 폐수 이송량 현황 .....	37
[표 3-11] 소화조 성능 .....	41
[표 4-1] 바이오가스 발전기 성능표 .....	67
[표 4-2] 연료전지 종류 및 특성 .....	71
[표 4-3] 천연가스와 바이오가스 특성 분석 .....	76

[표 5-1] 원주시 바이오가스 활용 시설 개요 .....	86
[표 5-2] 대전바이오에너지센터 활용 방안 .....	90
[표 5-3] 대전바이오에너지센터 활용 방안 비교 .....	92

## 그림 차례

[그림 1-1] 연구 방법 .....	4
[그림 2-1] 기존 감축로드맵과 수정안의 감축목표 비교 .....	8
[그림 2-2] 국가 온실가스 감축 로드맵 감축 경로 .....	8
[그림 2-3] 대전광역시 기후변화 관련 SWOT 분석 .....	16
[그림 2-4] 대전광역시 온실가스 배출량 전망(비중) .....	18
[그림 2-5] 대전광역시 감축 인벤토리 배출량(2005~2015) .....	19
[그림 2-6] 대전광역시 감축 인벤토리 배출량 전망(2016~2030) .....	19
[그림 2-4] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 비전 및 목표 .....	23
[그림 2-5] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 부문별 사업 비율 ...	25
[그림 2-6] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 부 로드맵 부문별 감축비율	25
[그림 2-7] 건물부문 사업별 감축 비중 .....	26
[그림 2-8] 공공기타 부문 사업별 감축 비중 .....	27
[그림 2-9] 수송 부문 사업별 감축 비중 .....	28
[그림 2-10] 폐기물 부문 사업별 감축 비중 .....	29
[그림 3-1] 대전바이오에너지센터 공정도 .....	36
[그림 3-2] 바이오에너지센터 소화조 계통도 .....	38
[그림 3-3] HPD 교반방식 .....	40
[그림 3-4] 바이오에너지센터 바이오가스 활용 .....	42
[그림 3-5] 연도별 바이오가스 활용 현황 .....	43
[그림 4-1] 흡수분리의 개요 .....	47
[그림 4-2] 흡수법의 흡수 및 탈기공정 .....	48
[그림 4-3] 기체의 용해도 .....	50

[그림 4-4] 재생수 흡수법 공정도 .....	51
[그림 4-5] 일회수 흡수법 공정도 .....	52
[그림 4-6] 물리흡수와 화학흡수의 원리 .....	54
[그림 4-7] Selexol 흡수법 공정도 .....	55
[그림 4-8] 아민흡수법 공정도 .....	56
[그림 4-9] PSA 원리 및 조작방식 .....	58
[그림 4-10] PSA 바이오가스 고질화 원리 .....	59
[그림 4-11] 압력순환흡착법 공정도 .....	60
[그림 4-12] 막분리 기체투과의 원리 .....	61
[그림 4-13] 증공사막의 형태 및 기체분리 원리 .....	62
[그림 4-14] 바이오가스 발전엔진의 효율 .....	64
[그림 4-15] 바이오가스 전력발생장비 .....	65
[그림 4-16] 스테링엔진 작동원리 .....	70
[그림 4-17] 연료전지 발전 공정도 .....	72
[그림 4-18] 스팀터빈 열회수를 포함한 가스터빈 공정 .....	73
[그림 4-19] 수도권매립지에서 이용하고 있는 가스터빈 구성도 .....	74
[그림 4-20] 바이오가스의 천연가스 배관망 공급공정(bar) .....	77
[그림 4-21] 바이오에너지 수송용 연료 성능 비교 .....	79
[그림 5-1] 바이오가스 활용 방안 .....	84
[그림 5-2] 흥천군 바이오가스화 시설 처리계통도 .....	87

## 서론

1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적 및 방법



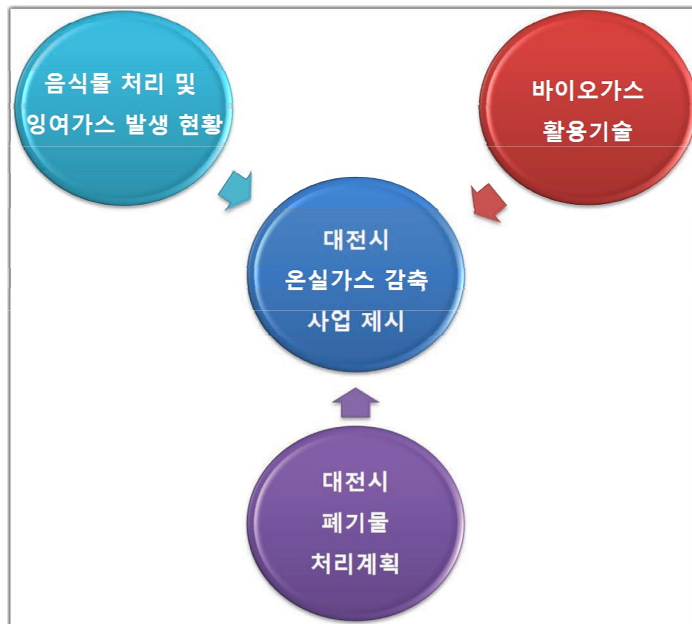
# 1장 서론

## 1절. 연구의 배경 및 필요성

- 우리나라는 신기후체제를 맞이하여 국외 온실가스 감축 정세에 맞추어 국가 온실가스 감축 목표를 설정하여 발표
- 국가 온실가스 감축 목표는 크게 산업부분과 비산업부분으로 나누어 감축 계획을 수립하게 되고 산업부분은 온실가스 배출권거래제라는 제도 도입으로 진행하고 비산업부분은 각 광역지자체에 온실가스 배출 전망에 맞추어 온실가스 감축 로드맵을 수립하도록 함
- 따라서 대전광역시를 비롯한 각 광역지자체에서는 국가 온실가스 감축 계획에 맞추어 2018년에 2030 온실가스 감축 로드맵을 수립하고 각 지역에 맞는 감축 계획을 수립
- 각 광역지자체의 온실가스 감축 로드맵은 신재생에너지 보급과 에너지효율 개선 등의 사업을 수립하였으며 대전광역 시도 시의 특성에 맞는 신재생 에너지 사업들을 도출
- 다만 온실가스 감축 로드맵에는 태양광발전이나 수소에너지를 활용한 연료전지에 관한 내용이 주를 이루고 주로 지자체에서 관리하는 폐기물에 관한 에너지 활용 계획이 부족한 실정
- 대전광역시에서는 폐기물의 하나인 음식물쓰레기를 활용하여 바이오가스 에너지를 생산하는 대전바이오에너지센터를 2017년에 준공하여 현재까지 안정되게 운영하고 있음
- 이러한 바이오 가스화 시설은 유기성 폐자원으로부터 바이오에너지를 생산하는 기술로 생산된 에너지의 활용은 신재생에너지 도입 계획을 다양하게 해주고 온실가스 감축 효과를 가져올 수 있음
- 따라서 본 연구에서는 바이오가스에 대한 활용 방안을 조사하고 이를 대전바이오에너지센터에 도입할 경우에 대한 효과분석을 하고자 함

## 2절. 연구의 목적 및 방법

- 본 연구에서는 우선 2017년부터 운영된 대전바이오에너지센터 운영 현황들을 살펴보고 현재 바이오가스 활용 현황과 특히 현재 잉여바이오가스로 미활용되는 바이오가스량을 확인하고자 함
- 또한 국내 바이오가스 활용 현황들을 살펴보고 잉여가스 활용할 수 있는 기술들을 조사하여 대전시에 적용할 수 있는 기술들이나 활용 방안들을 제시할 수 있도록 함
- 따라서 본 연구에서는 대전바이오에너지센터의 운영 현황과 국내외 바이오가스 활용기술들을 접목하여 대전시에서 적용할 수 있는 바이오가스 활용기술들을 제안하고 향후 대전시 폐기물 처리계획에 대한 방향과 이를 바탕으로 생각할 수 있는 온실가스 감축 효과를 분석하고자 함



[그림 1-1] 연구 방법

## 온실가스 감축 로드맵

1절 국가 온실가스 감축 로드맵

2절 대전 온실가스 감축 로드맵

## 2장





## 2장 온실가스 감축 로드맵

### 1절. 국가 온실가스 감축 로드맵

#### 1. 국가 온실가스 감축 로드맵 수립과 수정

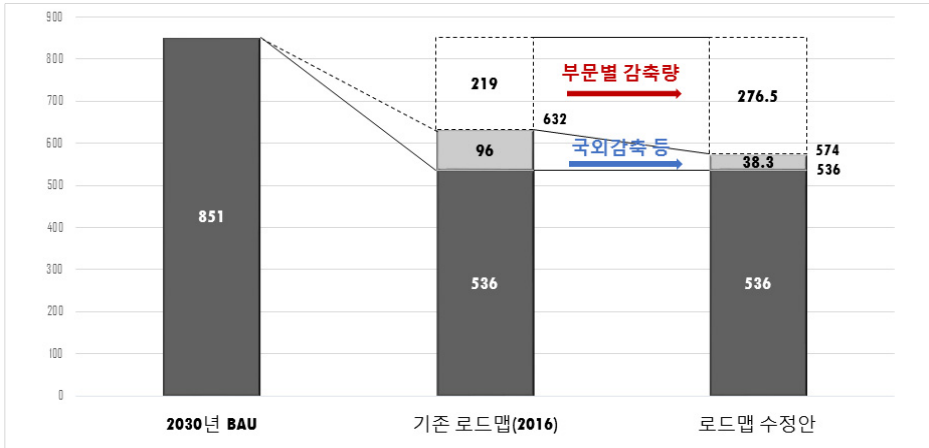
##### 1) 로드맵 수립

- 정부는 2008년 8월 국가 녹색성장 선포를 시작으로 2015년에 2030년까지 국가 BAU 대비 37%를 감축하는 국가 온실가스 감축 목표를 설정하고 감축로드맵('16년)을 마련
- 그러나 전체 감축 목표의 1/3(96백만 톤)을 국외 감축량으로 설정하는 등 감축 주체와 이행 수단, 시기 등이 불명확하여 감축 의지가 부족하다는 비판과 구체적인 감축 수단 제시가 미흡하다는 국내외 평가
- 또한, 국정과제인 에너지전환과 미세먼지 대응 방안 등 중요한 정책변화 내용을 반영하기 위해 감축 전략 수정이 필요
  - 제8차 전력수급기본계획('17.12.), 재생에너지 3020 이행계획('17.12.), 반영, 제3차 에너지기본계획과 정합성 유지
  - 배출권거래제를 통한 실효성 있는 감축 정책추진을 위해 할당 총량 등의 기준이 되는 감축 로드맵으로의 수정 필요

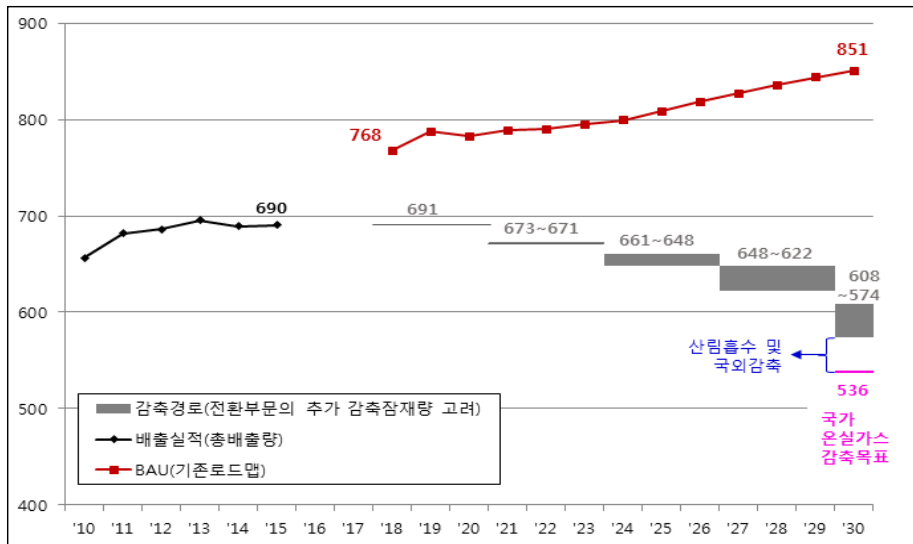
##### 2) 로드맵 수정

- 이에 따라 정부는 국내 온실가스 감축 잠재량을 분석하고 이에 따른 국가 온실가스 감축 목표 달성 가능성을 높이고자 2018년 7월 「2030 국가 온실가스 감축 기본로드맵 수정안」을 발표
- 구체적으로는 기존 온실가스 로드맵에 있는 감축 후 배출량 목표였던

5억 3천6백만 톤에는 변화가 없게 하면서 감축 목표의 1/3인 9천6백만 톤의 국외 감축량에 대해 최소화하고 이를 국내 감축 대책으로 보완



[그림 2-1] 기존 감축 로드맵과 수정안의 감축 목표 비교(관계부처 합동)



[그림 2-2] 국가 온실가스 감축 로드맵 감축 경로(관계부처 합동)

## 2. 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안 주요 내용 1)

### (1) 국가 온실가스 배출전망

- 기존 로드맵에서 적용한 2030년 850.8백만 톤을 예상배출량으로 적용
  - (에너지 부문) 2030년까지 총 739백만 톤으로 국가 배출의 87%를 차지하고, 예상 전망 기간에 연평균 1.32% 증가
  - (비에너지 부문) 2030년까지 총 112백만 톤으로 국가 배출의 13%를 차지하고, 예상 전망 기간에 연평균 1.43% 증가

**[표 2-1] 온실가스 배출전망 결과**

단위: 백만 톤

구분	2013	2020	2025	2030	연평균증가율(%)	
					'13~'20	'13~'30
에너지부문 배출량	592	678	700	739	1.94	1.32
비에너지 부문 배출량	88	105	109	112	2.59	1.43
총계	680	783	809	851	2.03	1.33

### (2) 2030년 국가 온실가스 감축 목표

- (감축목표) 온실가스 감축에 따른 배출량 536.0백만 톤으로 설정  
(전망치 대비 37% 감축으로 설정, 2015년 대비로는 22.3% 감축)
  - 국내 각 부문별 온실가스 감축후 배출량을 574.3백만 톤내로 유지
  - 전환부문 추가감축잠재량 34.1백만 톤을 포함한 양으로, 최종 배출규모는 2020년 UN에 수정된 국가결정기여(NDC) 제출 전까지 확정
  - 잔여 감축량 38.3백만 톤은 산림흡수원과 기후변화대응분야 양자협력사업 등을 활용하되, 국제협상 동향 등을 고려하여 단계적으로 확정
- 장기대책의 연도별 불확실성을 감안하여 3년 단위로 감축경로 설정

1) 관계부처 합동, 2030년 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안 요약 작성

[표 2-2] 온실가스 감축 로드맵 감축목표 수정 전후

부문	배출 전망 (예상 배출량 (BAU))	2016년 로드맵		2018년 로드맵		
		감축후 배출량 (감축량)	예상배출량(BAU) 대비 감축률	감축후 배출량 (감축량)	예상배출량(BAU) 대비 감축률	
배출원 감축	산업	481.0	424.6	11.7%	382.4	20.5%
	건물	197.2	161.4	18.1%	132.7	32.7%
	수송	105.2	79.3	24.6%	74.4	29.3%
	폐기물	15.5	11.9	23.0%	11.0	28.9%
	공공(기타)	21.0	17.4	17.3%	15.7	25.3%
	농축산	20.7	19.7	4.8%	19.0	7.9%
	탈루 등	10.3	10.3	0.0%	7.2	30.5%
감축수단 활용	전환	(333.2) <sup>1</sup>	- 64.5		(확정 감축량) -23.7	
					(추가감축잠재량) -34.1 <sup>2</sup>	
활용	E신산업/CCUS	-	- 28.2	-	- 10.3	-
	산림흡수원		-		- 38.3	4.5%
	국외감축 등	-	- 95.9	11.3%		
기존 국내감축			631.9	25.7%	574.3	32.5%
합계		850.8	536.0	37.0%	536.0	37.0%

비고 : 1. 전환부문 배출량(333.2백만 톤)은 부문별 전기/열 사용에 할당, 전체 합계에서 제외  
 2. 전환부문 감축량 23.7백만 톤 확정, 추가감축 잠재량은 '20년 NDC 제출 전까지 확정

### (3) 부문별 감축 이행계획

#### ○ 전환 부문 : 57.8백만 톤 감축

- (확정분 : 감축량 23.7백만 톤) 재생에너지와 LNG발전을 확대하여 저탄소 전원믹스로 전환하고, 전력 수요관리 강화와 함께 석탄화력발전소 리트로핏 및 송배전 효율 개선 등을 추진한다.
- (잠재 감축분 : 추가감축 34.1백만 톤) 발전연료 세계 개편, 미세먼지 저감을 위한 봄철 석탄발전 상한제약 도입 등을 검토, 추진한다.

\* 미세먼지저감 종합대책 보완('18.9), 제3차 에너지기본계획('18.12), 제9차 전력수급기본계획('19.12) 등을 통해 '20년 NDC 제출전까지 감축목표 및 수단 확정

○ 산업 부문 : 382.4백만 톤 배출 (감축률 20.5%)

- 공통기기(전동기, 보일러, 펌프, 변압기 등) 효율개선과 공장 에너지 관리시스템(FEMS)\* 보급, 공정설비 효율화 등 에너지 이용효율 제고와 신기술 개발·보급, 혁신기술 도입, 고부가제품 전환, 친환경 공정 가스 개발 및 냉매 대체 등을 추진한다.

\* Factory Energy Management System : 공장의 생산설비 및 비생산설비의 통합관리를 통해 생산성과 에너지 효율을 극대화하는 시스템

○ 건물 부문 : 132.7백만 톤 배출 (감축률 32.7%)

- 신규 건축물에 대한 허가기준 강화와 기존 건축물에 대한 그린리모델링 확대, 도시재생 연계사업 모델 발굴 등을 통한 기존 건축물 에너지 성능 향상, 가전 및 사무기기와 조명 효율개선 및 정보인프라 구축 등을 통해 에너지 효율화를 유도한다.

○ 수송 부문 : 74.4백만 톤 배출 (감축률 29.3%)

- 친환경차 보급 확대, 유무선 충전 전기버스 상용화, 차량 평균연비 기준강화, 대중교통 중심의 교통체계 구축, 경제운전 실천률 제고, 녹색 물류 효율화 등을 추진한다.

○ 공공/기타 부문 : 15.7백만 톤 (감축률 25.3%\*)

- LED 조명 및 가로등 보급, 신재생에너지 설비 보급 등을 확대하고 공공부문 에너지목표 관리제 강화를 통해 공공기관이 수송·건물분야에 선도 온실가스 감축에 선도적 역할을 담당한다.

\* 환경기초시설 탄소중립프로그램(전환), 행정·공공기관의 친환경차 의무구매 제도(수송) 등 타부문 해당 감축 수단 외 감축량 기준

○ 폐기물 부문 : 11.0백만 톤 배출 (감축률 28.9%)

- 생활 및 사업장 폐기물 뿐 아니라 지정·건설폐기물까지 폐기물 감량화

및 재활용을 강화하고, 수도권매립지 등을 대상으로 매립지 메탄가스 회수 및 에너지화를 추진한다.

- 농축산 부문(비에너지부문) : 19.0백만 톤 배출 (감축률 8.2%)
  - 논물관리 감축기술을 개발·보급하고 가축분뇨 에너지화 및 자원화 시설 확충하는 등 농경지축산 배출원 관리를 강화한다.
- CCUS 기술개발 및 상용화 : 10.3백만 톤 감축
  - CO<sub>2</sub>를 포집하여 자원으로 활용하거나 저장하는 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 기술 개발 및 상용화를 추진한다.
    - \* 관계부처 합동으로 추진 중인 정책연구용역 결과를 반영한 '국가 CCUS 종합추진계획(수정안)'을 통해 확정 추진

#### (4) 잔여량 감축 이행계획 (산림흡수원, 국외감축 등)

- 산림흡수원 활용
  - 산림의 기후변화 적응력 강화 및 산림의 온실가스 흡수 증진 정책을 통해 국가 온실가스 배출량을 감축한다.
  - 2030년 기준 약 22.1백만 톤 이상 감축
- 국외 감축 등
  - (감축 주체) 범부처합동 TF중심으로 관련 협상 및 후속조치 대응
  - (감축 방법) 파리협정에 따른 국제탄소시장메커니즘\* 논의가 구체화되는 시점에 국제적으로 통용되는 감축 주체와 방법 결정
    - \* 통상 국제탄소시장메커니즘(International Market Mechanism)이라 부르는 파리협정 제6조의 공식명칭은 "자발적 협력"으로 양다자간 거래방식(국제탄소시장)은 당사국간 감축 실적 이전을 위해 논의되고 있는 방안 중 하나임

[표 2-3] 2030년 부문별 감축수단

부문	감축 목표량	주요 감축수단
합계	276.5백만 톤	
전환	57.8백만 톤	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미세먼지 관리 종합대책('17.9), 제8차 전력수급기본계획('17.12) 및 RE 3020 이행계획 등 현 정부 기후·대기·에너지정책 반영(23.7백만 톤)</li> <li>○ 에너지세제 개편 및 환경급전 강화 등을 통해 34.1백만 톤 추가감축 추진('20년까지 확정)</li> </ul>
산업	98.5백만 톤	○ 스마트공장 확대 등 에너지 효율화, <u>우수감축기술 확산</u> 등 생산 공정 개선, 제품 고부가 가치화 등
건물	64.5백만 톤	○ <u>신축 건축물</u> 에너지 기준 강화, 기존 건축물 <u>그린 리모델링</u> 활성화 등
수송	30.8백만 톤	○ 전기차 보급 확대(100만대 → 300만대), 친환경 대중교통 확충, 자동차·선박·항공기 <u>연료효율</u> 개선 등
폐기물	4.5백만 톤	○ <u>폐기물발생</u> 소부문에서 감량화와 재활용 강화, 매립 최소화, 메탄가스 포집·자원화 등
공공	5.3백만 톤	○ 공공기관 <u>목표관리제</u> 강화, LED 조명가로등 보급 확대, 재생에너지 시설 확충 등
농축산	1.6백만 톤	○ <u>논물관리 감축기술</u> , 양질사료 및 저메탄사료 보급 등
CCUS	10.3백만 톤	○ 기존 로드맵 감축량 10.3백만 톤을 반영하되, 관계 부처 합동용역 결과를 토대로 구체화
기타	3.1백만 톤	○ <u>탈로부문</u> 배출량 감소 반영



## 2절. 대전 온실가스 감축 로드맵

### 1. 대전 온실가스 감축 로드맵 개요

#### 1) 로드맵 수립 배경

- 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵은 「저탄소 녹색성장 기본법」제 5조, 제7조 및 제38조에 근거함

제5조(지방자치단체의 책무) ① 지방자치단체는 저탄소 녹색성장 실현을 위한 국가시책에 적극 협력하여야 한다.

② 지방자치단체는 저탄소 녹색성장대책을 수립·시행할 때 해당 지방자치단체의 지역적 특성과 여건을 고려하여야 한다.

③ 지방자치단체는 관할구역 내에서의 각종 계획 수립과 사업의 집행과정에서 그 계획과 사업이 저탄소 녹색성장에 미치는 영향을 종합적으로 고려하고, 지역주민에게 저탄소 녹색성장에 대한 교육과 홍보를 강화하여야 한다.

④ 지방자치단체는 관할구역 내의 사업자, 주민 및 민간단체의 저탄소 녹색성장을 위한 활동을 장려하기 위하여 정보 제공, 재정 지원 등 필요한 조치를 강구하여야 한다.

제7조(국민의 책무) ① 국민은 가정과 학교 및 직장 등에서 녹색생활을 적극 실천하여야 한다.

② 국민은 기업의 녹색경영에 관심을 기울이고 녹색제품의 소비 및 서비스 이용을 증대함으로써 기업의 녹색경영을 촉진한다.

③ 국민은 스스로가 인류가 직면한 심각한 기후변화, 에너지·자원 위기의 최종적인 문제해결자임을 인식하여 건강하고 쾌적한 환경을 후손에게 물려주기 위하여 녹색생활 운동에 적극 참여하여야 한다.

제38조(기후변화대응의 기본원칙) 정부는 저탄소 사회를 구현하기 위하여 기후변화대응 정책 및 관련 계획을 다음 각 호의 원칙에 따라 수립·시행하여야 한다.

1. 지구온난화에 따른 기후변화 문제의 심각성을 인식하고 국가적·국민적

역량을 모아 총체적으로 대응하고 범지구적 노력에 적극 참여한다.

2. 온실가스 감축의 비용과 편익을 경제적으로 분석하고 국내 여건 등을 감안하여 국가온실가스 증감기 감축 목표를 설정하고, 가격기능과 시장원리에 기반을 둔 비용효과적 방식의 합리적 규제체제를 도입함으로써 온실가스 감축을 효율적·체계적으로 추진한다.

3. 온실가스를 획기적으로 감축하기 위하여 정보통신·나노·생명 공학 등 첨단기술 및 융합기술을 적극 개발하고 활용한다.

4. 온실가스 배출에 따른 권리·의무를 명확히 하고 이에 대한 시장거래를 허용함으로써 다양한 감축수단을 자율적으로 선택할 수 있도록 하고, 국내 탄소시장을 활성화하여 국제 탄소시장에 적극 대비한다.

5. 대규모 자연재해, 환경생태와 작물상황의 변화에 대비하는 등 기후변화로 인한 영향을 최소화하고 그 위험 및 재난으로부터 국민의 안전과 재산을 보호한다.

- 정부는 新기후체제 출범에 따라 2030년 온실가스 배출 전망치 대비 37% 감축 목표를 설정하고 국제사회에 적극적 기후변화 대응과 온실가스 감축 의지 표명
- 이를 위해 국가 온실가스 감축 목표 수립(15년)과 감축로드맵 마련(16년) 후 에너지전환 및 대기오염 관리대책 등 주요 국정과제 간 정합성 유지를 위해 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안(18년)<sup>2)</sup> 발표
- 국가에서 발표한 로드맵의 비산업부문에 대한 온실가스 감축량의 대부분이 지자체가 관리 권한을 보유하고 있어 지자체 2030 온실가스 감축 로드맵의 수립이 요구됨에 따라 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 수립

## 2) 대전광역시 기후변화 관련 현황 SWOT 분석

- 강점(Strength) : 대전광역시는 제5차 지역에너지 계획을 수립하여 에너지 자급률을 높이는 “스마트 제로 에너지 도시 3050”을 적극적으로

2) 국내 감축량을 25.7%(기존)→32.5%(수정)

추진하고 있어 이를 바탕으로 하는 신재생에너지 설치와 건물부문 에너지 효율 증대 등의 사업을 추진하는 전략이 필요

- 약점(Weakness) : 대전광역시는 폭염과 열대야일수가 증가하고 있으며 1인당 소득 및 소비 증가와 승용차 수요가 커지고 있어 에너지 소비가 증가할 것으로 예상되어 에너지 소비 증대를 신재생에너지로 대체하거나 승용차 소비를 친환경자동차로 하는 등의 전략이 필요
- 기회(Opportunity) : 낮은 신재생에너지 보급률을 기회로 하여 “스마트제로 에너지 대전 3050”를 통해 적극적인 신재생에너지 설치 사업들을 진행
- 위협(Threat) : 도시기반시설이 노후화된 곳이 많으며 이에 따른 에너지 소비가 높아 교육/홍보 등을 통한 시민참여 유도과 아직 참여가 낮은 사업들을 발굴하여 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있음



[그림 2-3] 대전광역시 기후변화 관련 SWOT 분석

## 2. 대전 온실가스 배출전망

### 1) 2030 온실가스 배출 전망<sup>3)</sup>

- 대전광역시 총 온실가스 배출량은 CRF 분류 기준에 따라 에너지, 산업 공정, AFOLU(토지 이용 제외), 폐기물 분야 직접 배출량의 총 합을 의미하며, 부문은 전환, 산업, 건물, 수송, 공공·기타, 산업공정, 농축산, 폐기물로 구분
- 간접배출량(전력, 열)은 전환부문에 포함되어 있어 중복산정을 피하고자 총 온실가스 배출량 산정에서는 제외
- 2030년 대전광역시 온실가스 배출량은 2015년 대비 4.7% 감소 전망
- 대전광역시 온실가스 배출 전망을 아래의 [표 2-4]와 같이 부문별 비중으로 나타냄

[표 2-4] 대전광역시 온실가스 배출 전망(비중)

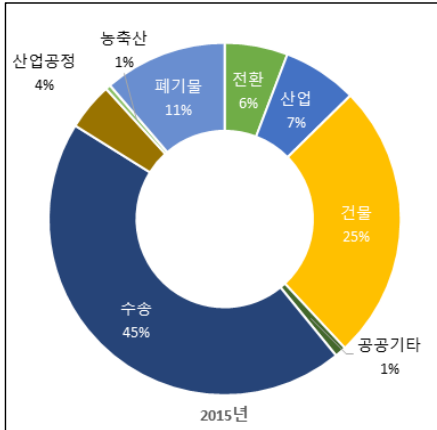
구분	2015년	2020년	2025년	2030년	연평균증감률			
					'15-'20	'20-'30	'15-'30	
에너지 <sup>1)</sup>	전환 <sup>2)</sup>	6%	5%	5%	5%	-3.2%	0.3%	-0.9%
	산업	7%	7%	7%	7%	-1.3%	0.0%	-0.4%
	건물	25%	24%	23%	22%	-1.6%	-1.2%	-1.4%
	공공기타	1%	1%	0%	0%	-11.8%	-8.4%	-9.5%
	수송	45%	48%	49%	51%	0.3%	0.7%	0.6%
산업공정	4%	5%	5%	5%	0.6%	0.7%	0.7%	
농축산 <sup>3)</sup>	0%	1%	1%	1%	1.4%	0.3%	0.6%	
폐기물	11%	10%	10%	9%	-2.6%	-1.3%	-1.8%	
합계	100%	100%	100%	100%	-0.9%	0.0%	-0.3%	

1) 간접배출 제외

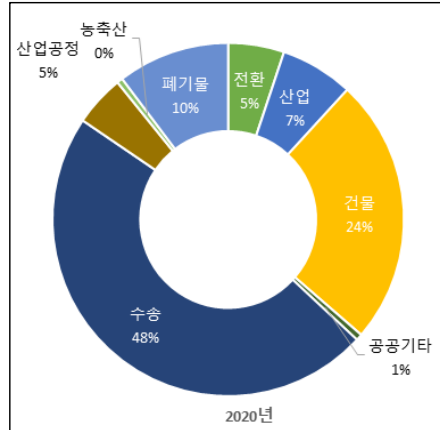
2) CRF상 A.에너지분야 중 1.A.1. 에너지 산업

3) CRF상 C.AFOLU 분야 중 LULUCF 제외

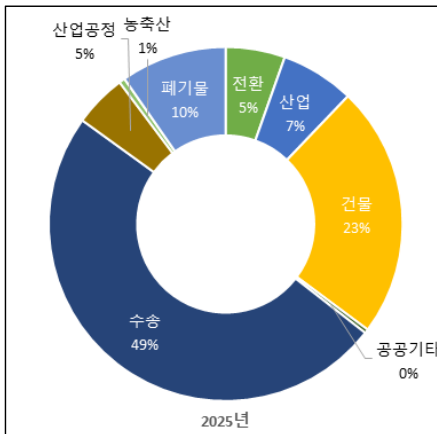
3) 지자체 온실가스 배출 전망은 환경부(한국환경공단)에서 총괄적으로 산정



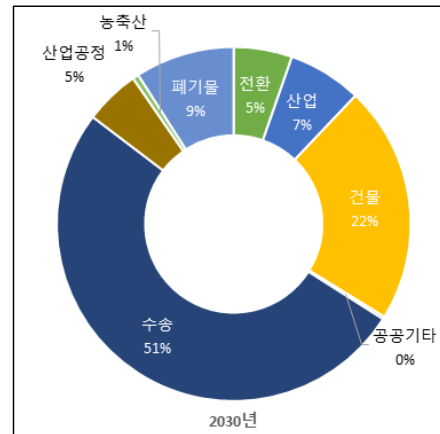
a. 2015년



b. 2020년



c. 2025년

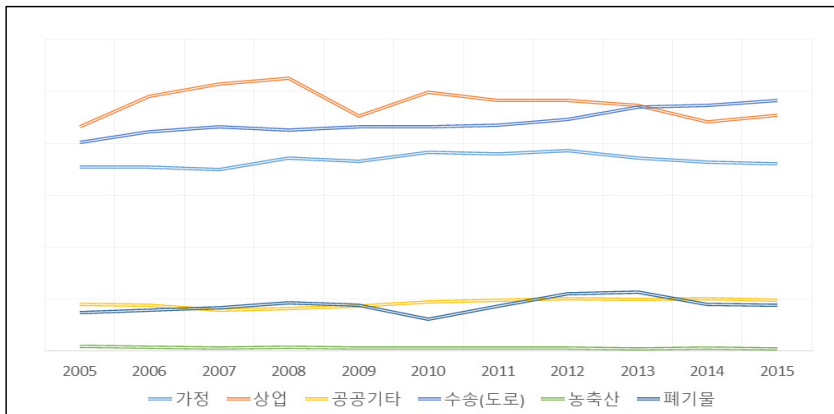


d. 2030년

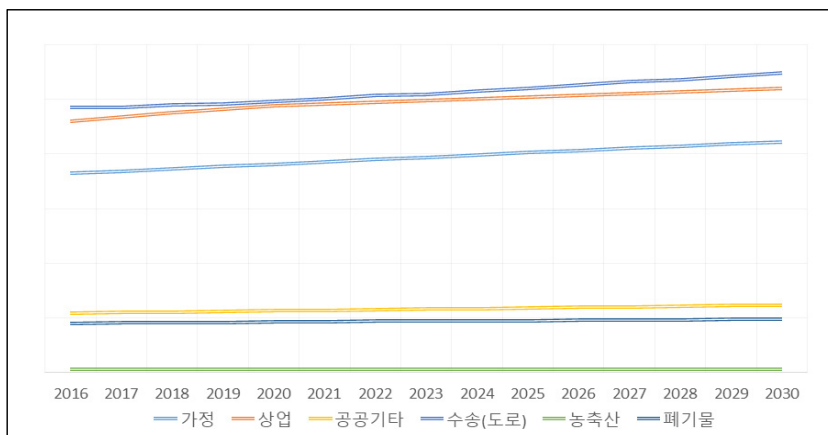
[그림 2-4] 대전광역시 온실가스 배출량 전망(비중)

## 2) 2030 온실가스 감축 인벤토리 배출 전망

- 대전광역시 감축인벤토리 기준 2030년 온실가스 배출량은 2015년 대비 14.6% 증가할 것으로 전망되며 가정과 상업을 포함한 건물부문과 수송(도로)부문이 예상배출량의 86.8%를 차지
- 따라서 대전광역시 온실가스 감축량도 건물(가정+상업)부문과 도로수송 부문에 집중되어 있으며 이를 바탕으로 대전광역시 감축잠재량 또는 감축목표량이 산정되었음



[그림 2-5] 대전광역시 감축 인벤토리 배출량(2005~2015)



[그림 2-6] 대전광역시 감축 인벤토리 배출량 전망(2016~2030)

[표 2-5] 대전광역시 감축인벤토리기준 배출량 비중

대전광역시 인벤토리 배출량												
구분		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
건물	가정	26%	24%	24%	24%	25%	26%	25%	25%	24%	25%	24%
	상업	32%	34%	35%	35%	31%	34%	32%	31%	31%	30%	30%
	(소계)	57%	58%	59%	59%	57%	59%	58%	56%	55%	54%	54%
공공기타		7%	6%	5%	5%	6%	6%	7%	7%	7%	7%	7%
수송(도로)		29%	29%	29%	28%	30%	29%	29%	29%	30%	32%	32%
농축산		1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
폐기물		5%	5%	6%	6%	6%	4%	6%	7%	7%	6%	6%
총계		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

[표 2-6] 대전광역시 감축인벤토리 기준 미래배출량 비중

대전광역시 미래배출량(예상배출량(BAU))																	
구분		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
건물	가정	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	24%	25%	25%	25%	25%
	상업	30%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	30%	30%	30%	30%
	(소계)	54%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%
공공기타		7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
수송(도로)		32%	32%	32%	32%	31%	32%	32%	31%	32%	32%	32%	32%	32%	32%	32%	32%
농축산		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
폐기물		6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
총합		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%



### 3) 2030 온실가스 감축목표량

- 대전광역시 2030 온실가스 감축 목표는 「국가 온실가스 감축 기본로드맵(2016.12.)」 기준에 따라 온실가스 예상배출량(예상배출량(BAU)) 대비 30.4% 감축
- 정부가 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안에서 국내 감축량을 상향 조정(25.7%→32.5%)하면서 대전광역시 온실가스 최종 감축목표량은 예상배출량(예상배출량(BAU))대비 30.4% 감축하는 것으로 수정 및 보완
- 부문별로 보면 건물(33.2%), 폐기물(28.9%), 수송(27.2%), 공공기타(26.1%), 농축산(7.9%)순
- 「2030 국가 온실가스 감축목표 및 로드맵 수정(안)」에 따라 조정된 대전광역시의 부문별 감축목표량 비중은 아래의 [표 2-7]와 같음

[표 2-7] 대전광역시 부문별 감축목표

단위: 천 톤CO<sub>2</sub>eq

구분	예상배출량(BAU)		2030 감축목표	국가 감축목표	
	2015년	2030년	감축률 <sup>1)</sup>	감축률	
건물	가정	24%	25%	31.0%	32.7%
	상업	30%	30%	35.0%	
	(소계)	54%	55%	33.2%	
공공·기타	7%	7%	26.1%	25.3%	
수송(도로)	32%	32%	27.2%	29.3%	
농축산	0%	0%	7.9%	7.9%	
폐기물	6%	6%	28.9%	28.9%	
총계	100%	100%	30.4%	29.7% <sup>4)</sup>	

※농축산, 폐기물부문은 국가 감축률 일괄적용, 지자체 자체 계획 반영 권고

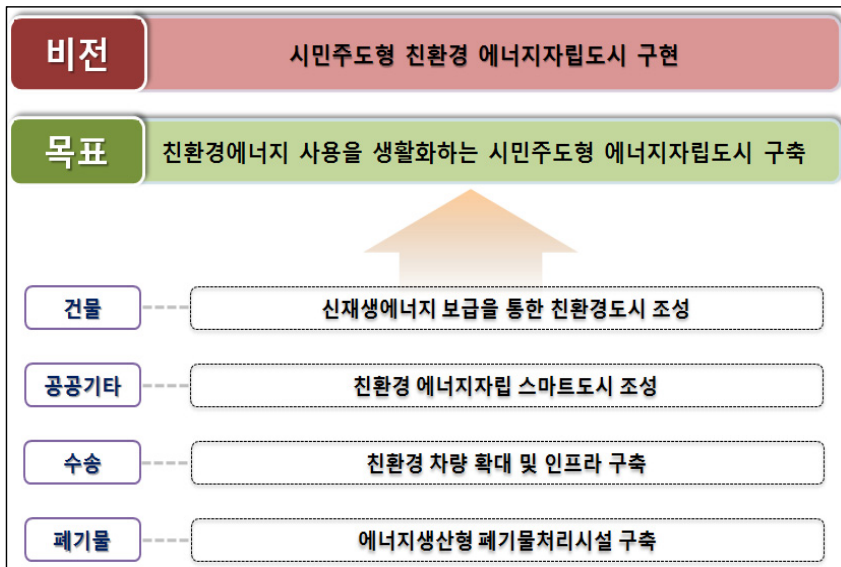
1) 2030년 예상배출량(BAU) 대비 감축 비율

4) 2030 국가 온실가스 감축목표(37%) 중 감축 인벤토리 분류기준의 부문별 감축률 재산정한 수치

### 3. 대전 온실가스 감축 로드맵 사업

#### 1) 비전 및 목표

- 대전 2030 온실가스 감축 로드맵은 『시민주도형 친환경 에너지자립도시 구현』을 비전으로 함
- 건물, 공공기타, 수송, 폐기물 4개 분야로 하여 각 분야별 세부목표를 가지고 최종적으로는 친환경에너지 사용으로 에너지 자립도시 구축을 목표로 함
  - 건물 : 신재생에너지 보급을 통한 친환경도시 조성
  - 공공기타 : 친환경 에너지자립 스마트도시 조성
  - 수송 : 친환경 차량 확대 및 인프라 구축
  - 폐기물 : 에너지생산형 폐기물처리시설 구축



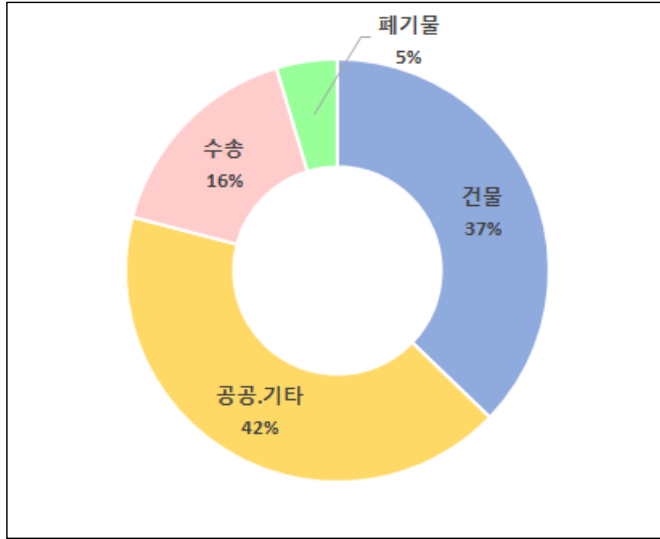
[그림 2-4] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 비전 및 목표

## 2) 분야별 사업 현황 및 예상 감축량

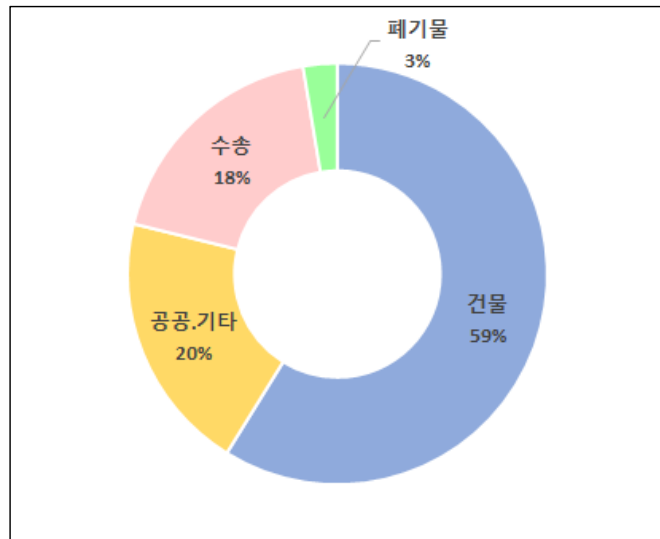
- 대전광역시 온실가스 감축 로드맵은 4개 부문 총 43개 사업으로 정량적 사업 31개, 정성적 사업 12개로 구성되어 있음
- 부문별로는 공공기타부문이 18개 사업(정량 10개, 정성 8개)으로 가장 많으며 예상감축량은 건물부문이 59% 차지
- 폐기물분야는 전체 43개 사업 중 2개 사업으로 사업비중(5%)과 감축비중(3%)이 다른 부문에 비해 매우 낮은 수준
  - (부문별 사업비중) 공공기타 42%, 건물 37%, 수송 16%, 폐기물 5%순
  - (부문별 감축비중) 건물 59%, 공공기타 20%, 수송 18%, 폐기물 3%순

[표 2-8] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 부문별 감축량

부문	목표	유형			감축량 비중
		소계	정량	정성	
합계		43개	31개	12개	100%
건물	신재생에너지 보급을 통한 친환경도시 조성	16개	14개	2개	59%
공공기타	친환경 에너지자립 스마트도시 조성	18개	10개	8개	20%
수송	친환경 차량 확대 및 인프라 구축	7개	5개	2개	19%
폐기물	에너지생산형 폐기물처리시설 구축	2개	2개	-	3%



[그림 2-5] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 부문별 사업 비율



[그림 2-6] 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵 부문별 감축비율

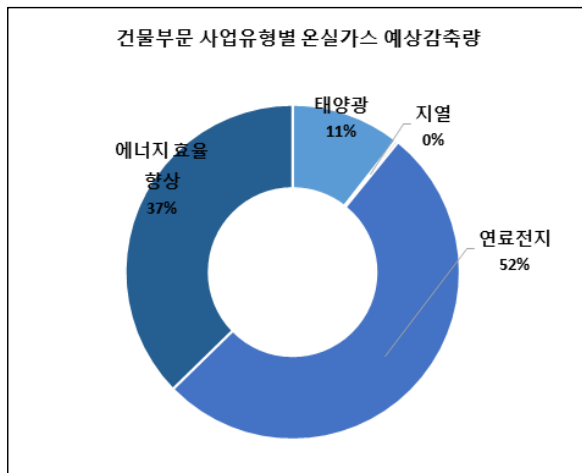
### 3) 분야별 특징

#### ○ 건물 부문

- 태양광과 연료전지 사업이 건물 사업 감축량의 63% 차지
- 감축량 기준 연료전지(51.8%), 에너지효율(37.3%), 태양광(10.6%), 지열(0.3%) 순
- 에너지효율사업에는 국가 정책을 기반으로 하는 정성사업(2개)의 감축량이 에너지효율 사업 감축량의 대부분 차지

[표 2-9] 건물 부문 사업별 감축 비중

부문	구분	사업 개수	감축량 비중
합계		14	100%
건물	태양광	7	10.6%
	지열	1	0.3%
	연료전지	1	51.8%
	에너지효율	5	37.3%



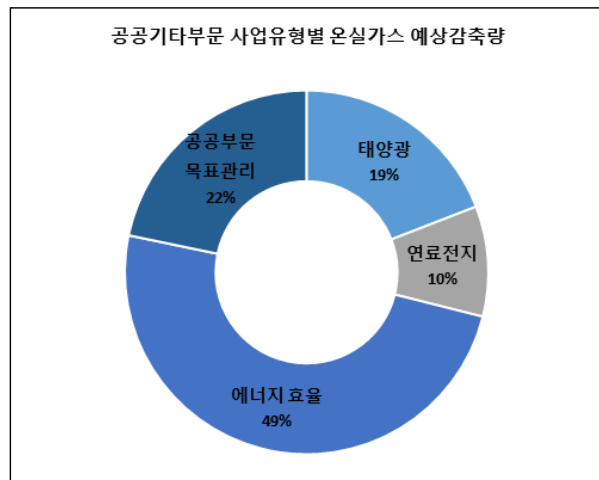
[그림 2-7] 건물부문 사업별 감축 비중

○ 공공기타 부문

- 에너지효율사업이 공공기타 사업 감축량의 49.3% 차지
- 감축량 기준 에너지효율(49.3%), 공공부문 목표관리(21.7%), 태양광 (19.1%), 연료전지(9.8%) 순
- 에너지효율사업은 신축건축물 에너지소비 총량제도와 같이 감축량이 산정되는 정량사업도 있으나 숲 가꾸기와 같이 감축량 산정이 어려운 정성사업이 대부분임

[표 2-10] 공공기타 부문 사업별 감축 비중

부문	구분	사업 개수	감축량 비중
합계		18	100%
공공기타	태양광	5	19.1%
	연료전지	1	9.8%
	에너지 효율	10	49.3%
	공공부문 목표관리	2	21.7%



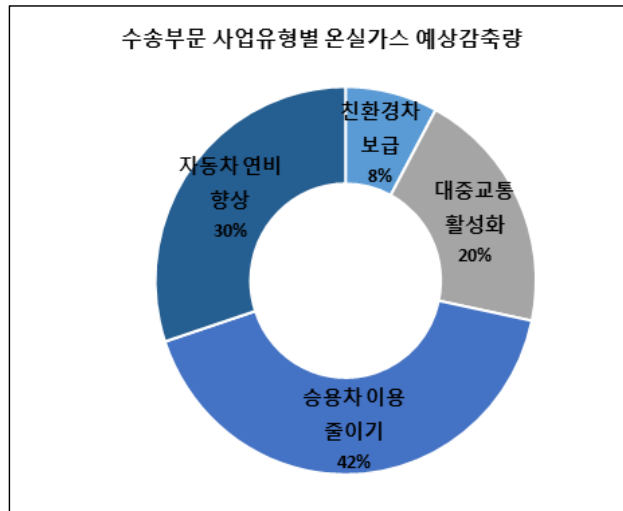
[그림 2-8] 공공기타 부문 사업별 감축 비중

○ 수송 부문

- 감축량 기준 승용차 이용줄이기(41.6%), 자동차 연비 향상(30.1%), 대중교통 활성화(20.5%), 친환경차 보급(7.8%) 순
- 수송 부문은 승용차 이용 줄이기 사업과 자동차 연비 향상 사업은 사업개수는 각각 1개씩이지만 국가 정책에 기반한 정성사업으로 감축량은 1순위와 2순위 차지

[표 2-11] 수송 부문 사업별 감축 비중

부문	구분	사업 개수	감축량(tCO <sub>2</sub> eq) (비중)
합계		7	100%
수송	친환경차 보급	3	7.8%
	대중교통 활성화	2	20.5%
	승용차 이용줄이기	1	41.6%
	자동차 연비 향상	1	30.1%



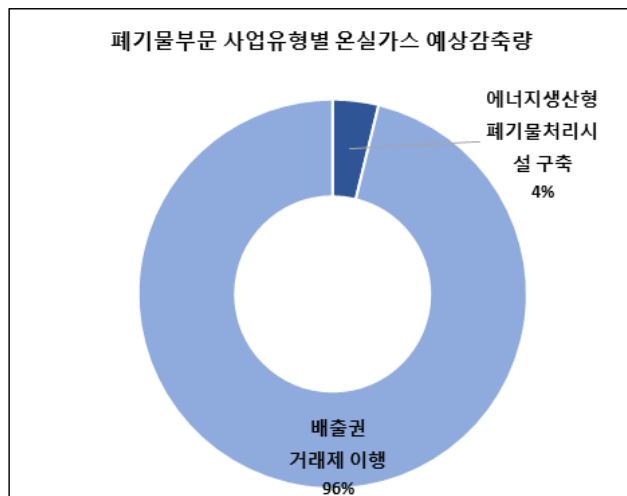
[그림 2-9] 수송 부문 사업별 감축 비중

○ 폐기물 부문

- 감축량 기준 폐기물부문 배출권 거래제 이행(96.2%), 하수처리장 스마트에너지 콤플렉스 구축(3.8%) 순
- 타 부문에 비해 감축량과 사업 개수가 매우 낮은 수준
- 환경에너지종합타운과 대전바이오에너지센터와 같은 자원순환시설에서 폐기물 재활용을 통한 온실가스 감축을 고려하여 사업으로 추가할 필요가 있음

[표 2-12] 폐기물 부문 사업별 감축 비중

부문	구분	사업 개수	감축량(tCO <sub>2</sub> eq) (비중)
합계		2	100%
폐기물	에너지 생산형 폐기물 처리시설 구축	1	3.8%
	배출권 거래제 이행	1	96.2%



[그림 2-10] 폐기물 부문 사업별 감축 비중





## 대전바이오에너지센터 현황

1절 대전바이오에너지센터 개요

2절 바이오에너지센터 현황

3절 바이오가스 활용 현황

## 3장



# 3장 대전바이오에너지센터 현황

## 1절. 대전바이오에너지센터 개요

### 1. 시설 설치 현황

#### 1) 일반 현황

- 위 치 : 대전광역시 유성구 불무로 186(금고동 위생매립장내)
- 부지면적 : 10,909㎡, 연면적 : 6,016㎡
- 처리규모 : 400톤/일(음식물 200톤, 음폐수 200톤)
- 처리방식 : 혐기성소화(바이오가스 에너지화)
- 총사업비 : 52,619백만원(국비 15,786 / 시비 36,833)
- 준 공 일 : 2017. 2. 13 / 가동일 : 2017. 2. 14

#### 2) 처리시설 세부공정

- 대전바이오에너지센터는 음식물쓰레기와 음폐수를 전처리 후 혐기성 소화시켜 혐기성소화조에서 바이오가스를 생산하는 공정
- 생산된 바이오가스는 CNCITY에너지에 판매하여 열병합발전소에 공급되며, 바이오에너지센터 내 가온보일러 연료로도 사용
- 다만, 열병합 판매량과 소내 가온보일러 사용량 외 생산된 바이오가스는 잉여가스버너를 통해 소각됨
- 폐기물 처리 후 발생된 폐수는 바이오에너지센터의 폐수처리설비를 통해 전처리 후 대전하수처리장으로 연계처리하며 소화슬러지 탈수케익은 금고동 위생매립장에 매립처리하고 있음
- 설비별 세부공정은 아래의 [표 4-1]과 같음

**[표 3-1] 대전바이오에너지센터 설비별 세부공정**

구 분	세부공정
전처리설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦음식물류폐기물 : 음식물저장호퍼→1차선별파쇄기→2차파쇄기→가용화조→미세선별기→중간저장조→회전분쇄공급기</li> <li>◦음폐수 : 음폐수협잡물선별기→음폐수저장조→가용화조→미세선별기→중간저장조→회전분쇄공급기</li> </ul>
혐기성 소화설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦혐기성소화조→소화슬러지 안정화조</li> </ul>
소화슬러지 처리설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦폴리머 원액저장탱크→폴리머 용해장치→폴리머 희석저장탱크→인라인믹서</li> <li>◦슬러지저장조→슬러지 이송펌프→ 인라인믹서→ 소화슬러지탈수기→탈수케익 반출(금고동 매립장)</li> </ul>
바이오가스화 활용설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦가스저장조→탈암모니아장치→탈황장치→제습장치→ 소화가스압축기→바이오가스공급(충남도시가스)</li> </ul>
폐수처리 설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦유량조정조→유입혼합조→UMBR조→질산화조→BFS침전조→처리수조→연계처리수조→폐수연계처리 (대전하수처리장)</li> </ul>
약취설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦고농도약취 : 2단 약액세정방식(원형)+4단 약액세정방식(원형)</li> <li>◦중·저농도약취 : 4단 약액세정방식(원형)</li> </ul>

## 2. 주요 운전인자 설계기준

### 1) 바이오가스 생산 설계기준

○ 바이오가스 생산 및 가스 이용 설계기준

**[표 3-2] 바이오가스 생산 설계기준**

구 분	가스생산량 (Sm <sup>3</sup> /년)	메탄순도 (%)	가스 이용현황(Sm <sup>3</sup> /년)			
			발전	외부판매	자체이용	기타
설계기준	8,421,760	60	-	7,386,846	1,034,914	-

○ 바이오가스 공급 및 판매량 설계기준

[표 3-3] 가스공급 및 판매 설계기준

구 분	가스공급시설 용량(Sm <sup>3</sup> /분)	연간가스판매량 (Sm <sup>3</sup> /년)	판매처
설계기준	8,421,760	7,386,846	CNCITY에너지

## 2) 부산물 발생 및 처리현황

○ 소화슬러지 발생 및 처리 설계기준

[표 3-4] 소화슬러지 처리 설계기준

구 분	소화슬러지 처리(톤/년)			기타부산물(협잡물 등)(톤/년)		
	연간 발생량	연간 처리량	처리방법	연간 발생량	연간 처리량	처리방법
설계기준	21,376	21,376	매립	7,264	7,264	매립

○ 폐수(소화폐액 등) 발생 및 처리 설계기준

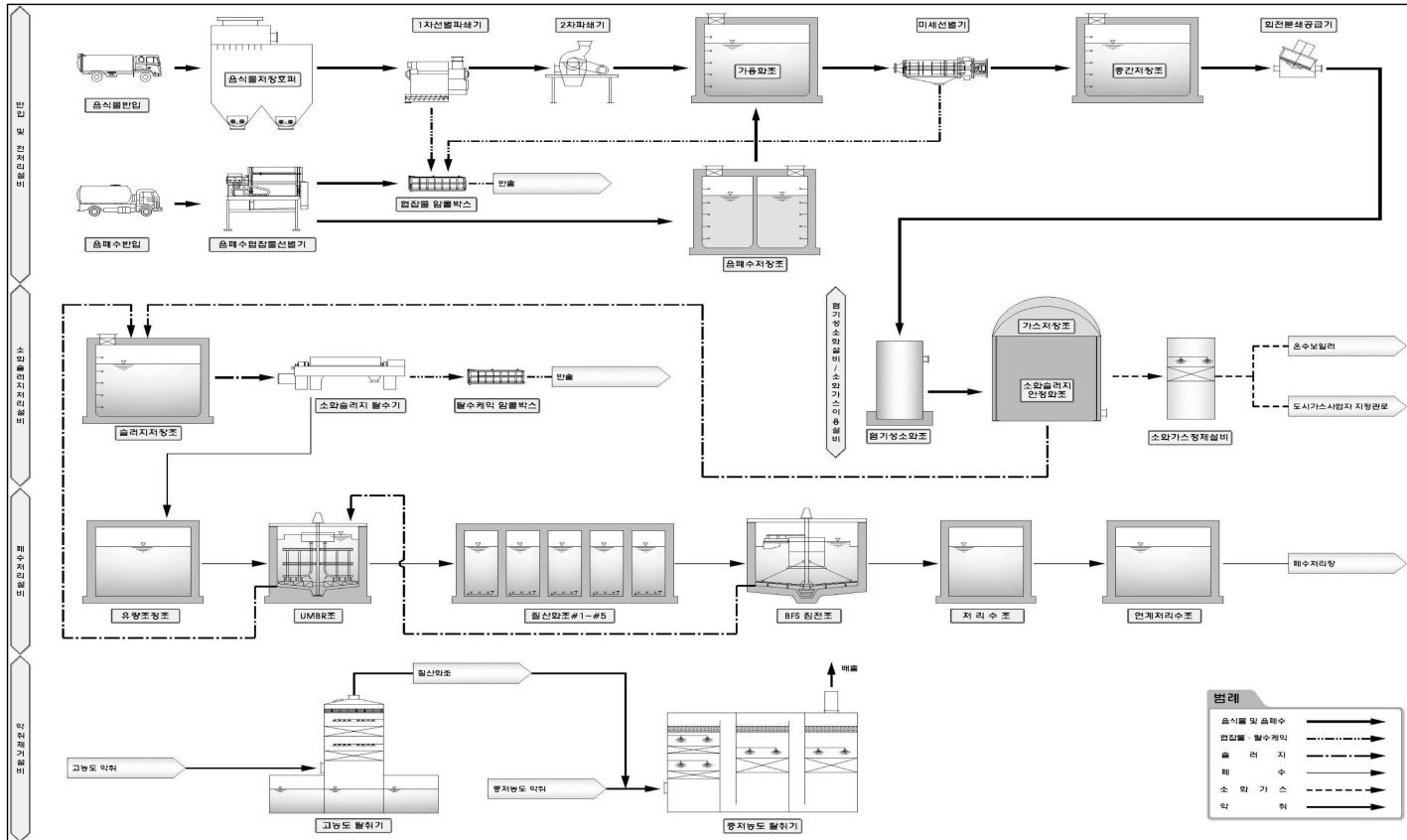
[표 3-5] 폐수 발생 처리 설계 기준

구 분	발생량(톤/일)	처리량(톤/일)	처리방법	연계처리방법
설계기준	436.2	436.2	KNR공법	대전하수처리장

○ 악취처리 설계기준

[표 3-6] 악취처리 설계기준

구 분	고농도		저농도	
	처리방법	용량 (Sm <sup>3</sup> /분)	처리방법	용량 (Sm <sup>3</sup> /분)
설계기준	2단약액세정 (원형)	308	4단약액세정 (원형)	1,800



[그림 3-1] 대전바이오에너지센터 공정도

### 3. 시설 운영 현황

#### 1) 바이오가스화시설 운영현황

○ 음식물·음폐수 반입량

[표 3-7] 음식물물·음폐수 반입 현황

구 분		2017년	2018년	2019년	2020년 (6월말)
반입량 (톤)	음식물	50,865	59,079	51,287	25,259
	음폐수	65,700	60,753	64,836	28,552
	합 계	116,565	119,832	116,123	53,811

○ 가동일수

[표 3-8] 연간 가동일수 현황

구 분	2017년	2018년	2019년	2020년 (6월말)
일 수	312	314	313	155

○ 바이오가스 생산량

[표 3-9] 바이오가스 생산량 현황

구 분	2017년	2018년	2019년	2020년 (6월말)
생산량 (Nm <sup>3</sup> )	10,185,480	11,290,627	11,591,664	5,606,591

○ 폐수이송량

[표 3-10] 폐수 이송량 현황

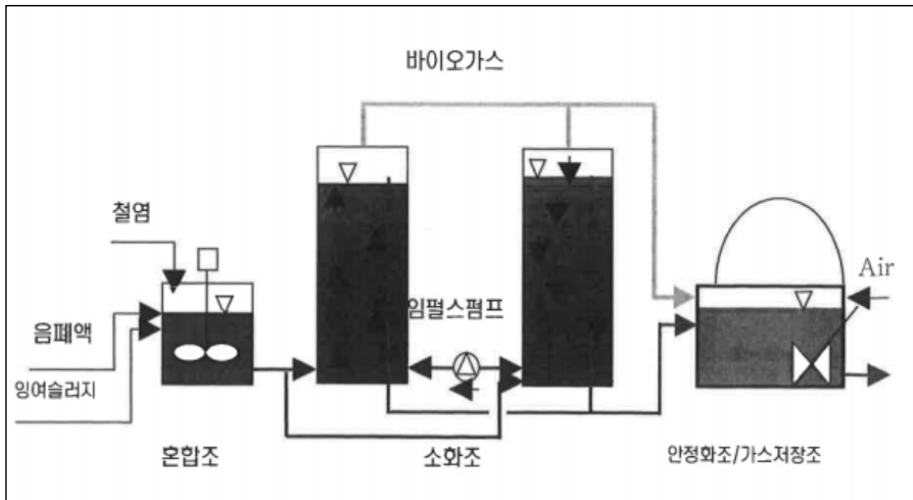
구 분	2017년	2018년	2019년	2020년 (6월말)
이송량 (톤)	150,234	146,011	160,612	70,266



## 2절. 바이오에너지센터 현황

### 1. HPD시스템

- 바이오에너지센터는 HPD소화조 2계열과 후단에 바이오가스 저장조와 함께 하나의 계열로 후메탄발효조 기능을 가진 슬러지 안정화조 1계열로 구성
- HPD소화조(HRT=14일)와 슬러지 안정화조(HRT=10일)의 2단 구성으로 음식물과 음폐수의 빈번한 성상변화에도 적극 대처하여 안정적 운영
- 바이오가스 저장조와 슬러지 안정화조가 일체형으로 안정화조에서 바이오가스를 탈기하여 메탄가스를 완전 회수
- HPD소화조의 안정화조 슬러지를 반송시켜 혐기성균의 안정화 추진
- 혼합조에 철염을 투입하여 소화조 내 메탄박테리아에 독성을 주는 H<sub>2</sub>S를 제거하고, 안정화조와 가스저장조 공간에 H<sub>2</sub>S를 산화시킬 공기를 주입하여 양질의 바이오가스를 획득



[그림 3-2] 바이오에너지센터 소화조 계통도

## 2. 소화방식

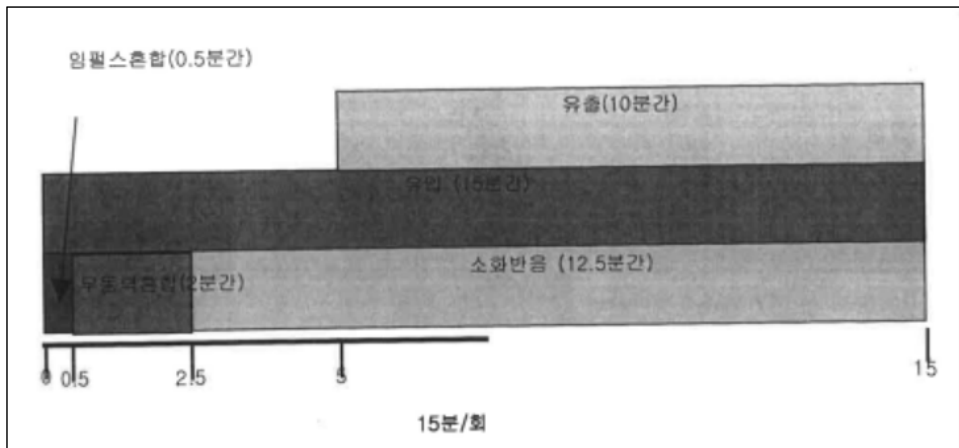
- 소화방식은 중온 혐기성소화( $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ )로 운전이 용이하고 가온 에너지가 적게 소비됨
- 음식물과 음폐수의 고형물은 하수슬러지와는 달리 쉽게 분해되는 유기물이 약 85% 이상으로 음식물 자원화 과정과 저류조에서 이미 가수분해가 되어 혐기소화가 쉽게 진행되기 때문에 전처리보다는 후처리에 발효조 기능을 가진 슬러지 안정화조를 두어 빈번한 성상변화에도 안정적인 소화 가능

## 3. 반응조 형식

- 실린더형 소화조 내부 3.5m 높이 간격으로 5단의 다공판이 놓여 각 단 사이에는 임펠스흐름에 의한 완전혼합흐름이 형성
- 유입수의 실린더형 소화조 하부에서 상부로 Up Flow 관류형 흐름으로 유입량의 100%가 설계 체류시간 이상 동안 반응조에 체류
- 특히, 혐기성박테리아와 소화 될 유기고형물의 Wash out되는 양이 적고 체류시간을 길게 유지하여 소화속도를 증진시켜 고부하율에서도 안정적으로 소화가 가능
- 또한, 음식물과 음폐수를 하부로 유입하고 상부로 유출되게 하면서 주어진 체류시간을 14일로 맞추면서 소화효율을 높이고 있음
- 반응조 하부에는 혐기성 미생물의 농도가 높게 유지되도록 하여 높은 유입 농도에도 소화반응속도를 빠르게 유지
- 두 반응조 사이 임펠스와 수위차에 의한 양방향 흐름으로 음폐수 내 소화되지 않고 하부층에 남아있는 고형물 입자들과 혐기성 미생물이 유실되지 않고 오랫동안 체류하여 소화율을 높이도록 함
- 임펠스로 인한 다공판에 강한 난류를 형성하여 유기물과 혐기성 미생물의 접촉면을 확장하고 균일한 소화 촉진
- 거품을 발생시키는 단백질은 반응조 하부에서 대부분 분해되게 하고 상부 수표면이 도달되기 전에 분해되기 때문에 스킴이나 거품 발생이 없음

#### 4. HPD 교반방식(Hybrid 교반)

- 바이오에너지센터의 HPD 교반은 임펄스펌프 동력교반과 수위차 무동력교반을 혼합하여 사용하는 Hybrid 방식
- 두 소화조 사이에 임펄스 펌프가 놓여 34초 작동하여 14m<sup>3</sup> 펌핑으로 흡입쪽 소화조는 하향류 흐름으로 소화조 내 수위가 30cm 낮아짐
- 배출쪽 소화조는 상향류 흐름으로 수위가 30cm 높아져 다공판 사이 강한 난류를 일으키고 임펄스 펌프 작동 중지시에는 두 소화조의 수위차에 의해 무동력으로 서로 반대 흐름으로 난류를 일으켜 완전 혼합
- 임펄스펌프의 작동 주기는 15분 간격으로 임펄스혼합 0.5분, 무동력혼합 2분, 소화반응을 위한 정지 12.5분으로 구성되어 1일 96회 소요



[그림 3-3] HPD 교반방식

## 5. 소화조 성능

- 소화조의 일 투입 용적 부하량((kgVS/m<sup>3</sup>\*d)은 8 kgVS/m<sup>3</sup>\*day로 설계되어 있음
  - 음식물의 성상에 따라 DS(Dry Solid), VS(Volatile Solids) 함유량의 차이가 있어 투입되는 음식물류폐기물의 DS와 VS 분석 후 용적 부하량을 설계 적용 이하로 유지 필수
- 설계 부하량보다 높은 유기물(VS)이 소화조로 투입되면 소화조 내부는 유기산이 축적되어 소화효율이 저감되면서 메탄순도와 가스발생량이 저감되는 현상 발생

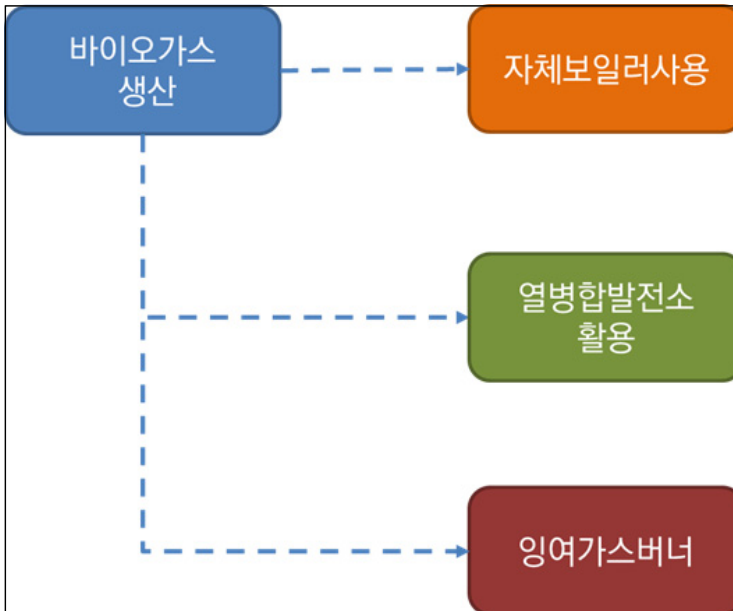
[표 3-11] 소화조 성능

구분	적용 범위	설계 적용
체류시간(HRT)	7 ~ 15	14
VS 용적 부하량 (kgVS/m <sup>3</sup> *d)	7 ~ 12	8
VS제거율(%)	80 ~ 88	85
CH <sub>4</sub> 발생량 (m <sup>3</sup> /VSk <sub>g.input</sub> )	0.4 ~ 0.5	0.37
CH <sub>4</sub> 함량(%)	60 ~ 65	60

### 3절. 바이오가스 활용 현황

#### 1. 바이오가스 활용

- 바이오에너지센터에서 음식물류폐기물 처리(혐기성 소화조)를 통해 생산된 바이오가스는 CNCITY에너지 판매용과 사업장 내 가온보일러에서 사용
- 대부분 CNCITY ENERGY를 통해 열병합발전소에 판매되어 지역 난방 등 화석연료 대체에너지로 사용
  - 최근 3년간 열병합 판매가 75.4%로 대부분 차지
- 이 외 사업장 내에서 사용되는 가온보일러의 연료로 사용되고 남은 바이오가스는 안전을 위해 잉여가스 버너를 통한 소각처리

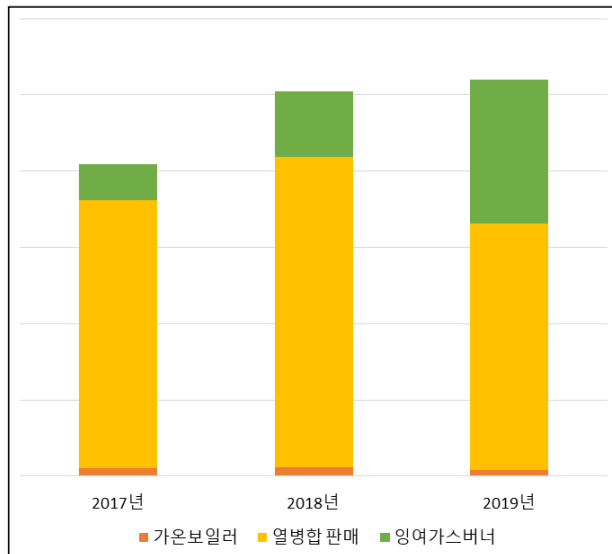


[그림 3-4] 바이오에너지센터 바이오가스 활용

- 다만, 최근 바이오가스 H<sub>2</sub>S 농도가 기준치(300ppm) 이상이거나 열병합발전소에서 설비 수선 등 내부 사정에 의해 바이오가스를 받지 못하는 상황이 발생
  - 2019년에는 2017~2018년 대비 잉여가스버너에서 소각 처리된 바이오가스 양이 2배 이상 증가
- 현재 바이오에너지센터의 바이오가스 공급처 외에 또 다른 에너지원으로 활용 방안을 마련하여 소각되는 바이오가스를 온실가스 감축 효과 및 자원순환으로의 활용 방안 마련 필요

**[표 3-12] 바이오에너지센터 연도별 메탄회수량**

연도	합계	가온보일러	열병합 판매	잉여가스버너
2017년	100%	3%	86%	12%
2018년	100%	2%	81%	17%
2019년	100%	2%	62%	36%



**[그림 3-5] 연도별 바이오가스 활용 현황**



## 바이오가스 활용 기술과 방안

1절 바이오가스 활용 기술

2절 바이오가스 활용 방안

4장



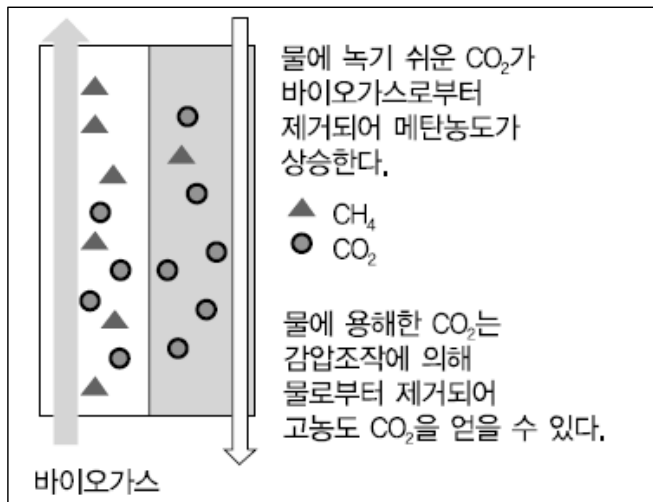


# 4장 바이오가스 활용 기술과 방안

## 1절. 바이오가스 활용 기술

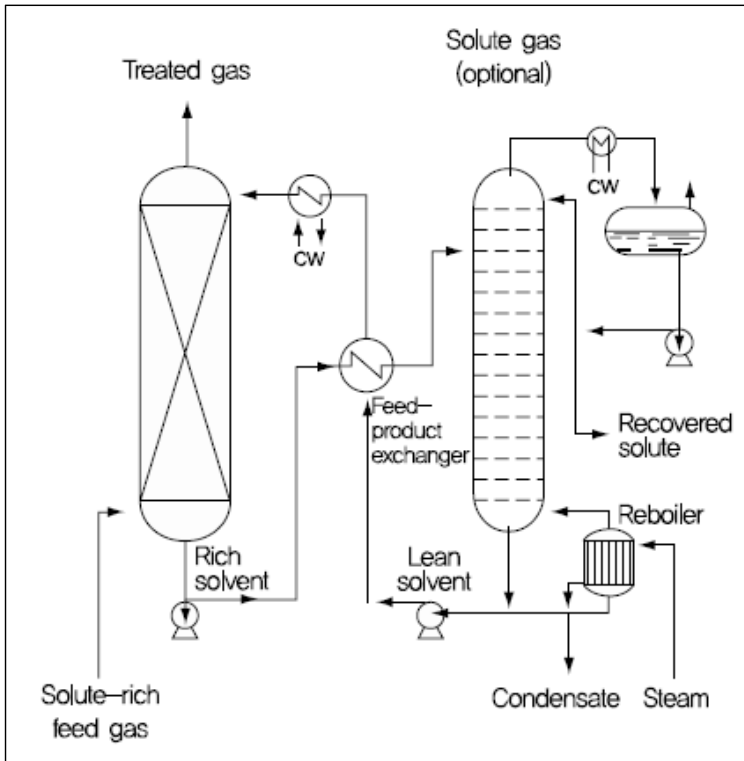
### 1. 흡수법

- 물흡수법은 기체가 액체에 용해되는 물리적인 현상에 기인한 방법으로 용매인 물에 CH<sub>4</sub>보다 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S가 잘 용해되기 때문에 물흡수법을 사용
- 바이오가스에 함유된 기체인 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>S는 물에 용해하기 쉬운 성분이지만 CH<sub>4</sub>의 거의 용해되지 않는 특성을 이용하여, 바이오가스 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>S를 물에 용해하여 고농도 CH<sub>4</sub>만을 회수하게 되고, 물에 용해한 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>S는 감압조작을 통해 물로부터 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>S를 분리하여 물을 재생
- 물흡수법은 용매인 물을 사용하여 특정 성분만을 흡수하고(흡수), 또한 물에 흡수한 성분을 분리하여 재생하는 공정(탈기)을 가지게 됨



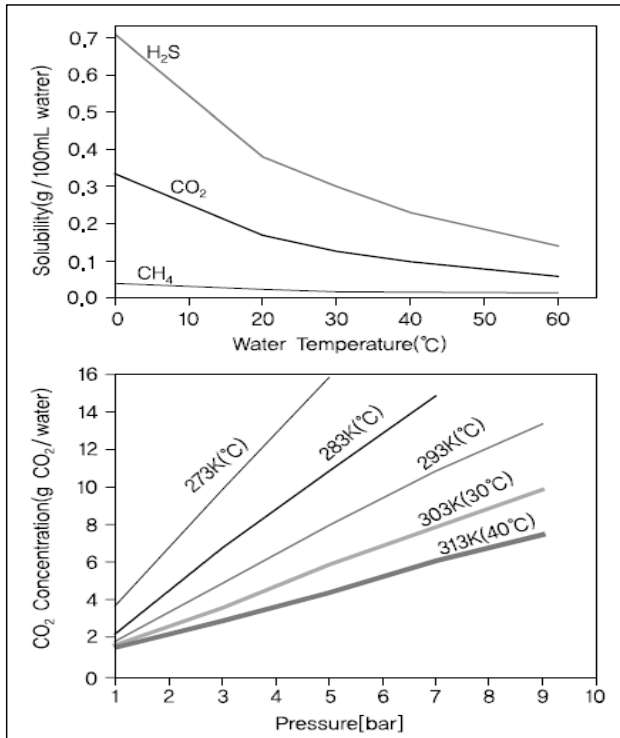
[그림 4-1] 흡수분리의 개요

- 용매인 물에 기체가 용해되는 현상은 헨리의 법칙을 따르게 되는데, 헨리의 법칙에 의하여 일정온도에서 기체의 용해도는 그 기체의 압력인 분압이 증가할수록 증가하고, 기체가 액체에 용해될 때에는 발열반응이므로 일정압력에서 온도가 낮을수록 증가
- CH<sub>4</sub>의 용해도는 온도와 관계없이 거의 일정한 경향을 보여주고 있지만, H<sub>2</sub>S와 CO<sub>2</sub>의 용해도는 온도가 증가함에 따라 급격하게 감소하며 바이오가스에서 CH<sub>4</sub>와 함께 주성분인 CO<sub>2</sub>의 용해도는 압력이 증가할수록 증가함



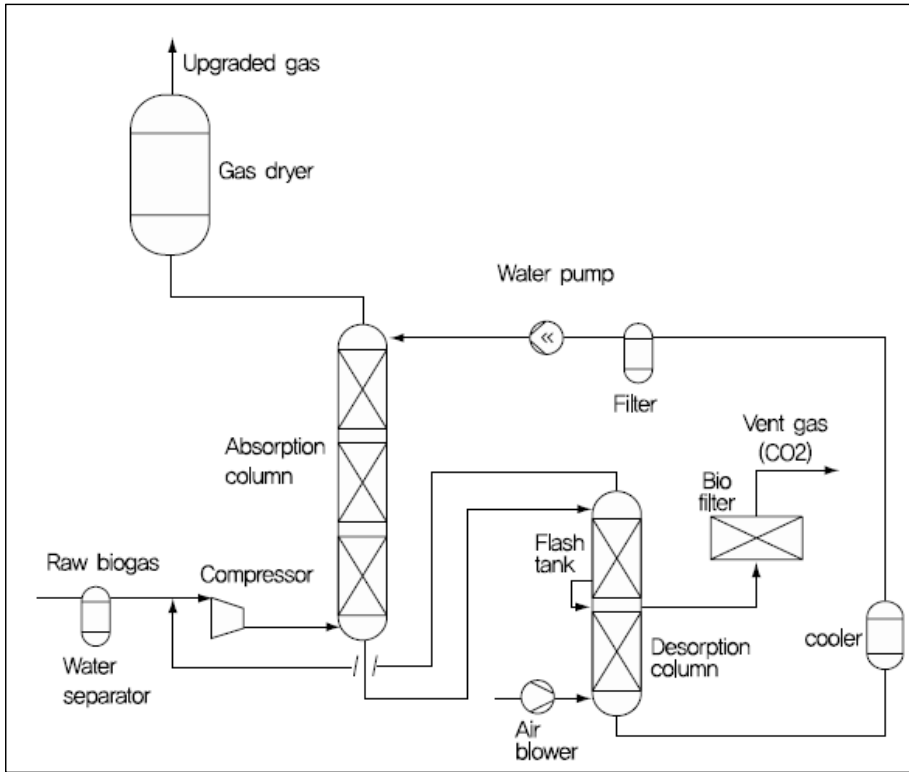
[그림 4-2] 흡수법의 흡수 및 탈기공정

- 물에 대한 기체의 용해도에 영향을 미치는 주요 인자는 압력과 온도로 압력은 일반적으로 기계장치인 가스 콤프레서를 이용하여 조정할 수 있어 기계적인 오류만 없다면 큰 문제를 일으키지 않지만, 설비 규모상 또한 사계절을 가지고 있는 우리나라 기후변화 특성상 온도조절은 쉽지 않음
- 겨울철에는 외부온도가 낮아 임의적으로 온도를 낮추지 않아도 온도로 인하여 기체용해도가 크므로 CH<sub>4</sub>를 회수하기가 쉬워지지만, 여름철에는 외부온도가 높아 기체용해도가 겨울철보다는 떨어지기 때문에 CH<sub>4</sub>의 회수가 어려워지며 CH<sub>4</sub>의 순도를 위해서 추가적인 에너지가 필요
- 기체상의 분자는 고체상이나 액체상에 비하여 큰 에너지를 가지고 있으며, 고체는 적은 에너지를 가지고 안정한 상태를 유지하지만 이에 비하여 액체는 조금 큰 에너지를 가지고 있고, 기체는 액체보다 더 큰 에너지를 가지고 있는 상태
- 더 큰 에너지를 가지고 있는 기체는 물분자를 진동시켜 기체분자가 물 분자의 격자를 끊어 물 분자 사이에 침입하지만, 물에 열을 가하면 기체분자가 물분자 격자를 끊을 수 있는 에너지가 부족하게 되어 물분자 격자에 기체분자가 침입할 수 없게 됨



[그림 4-3] 기체의 용해도

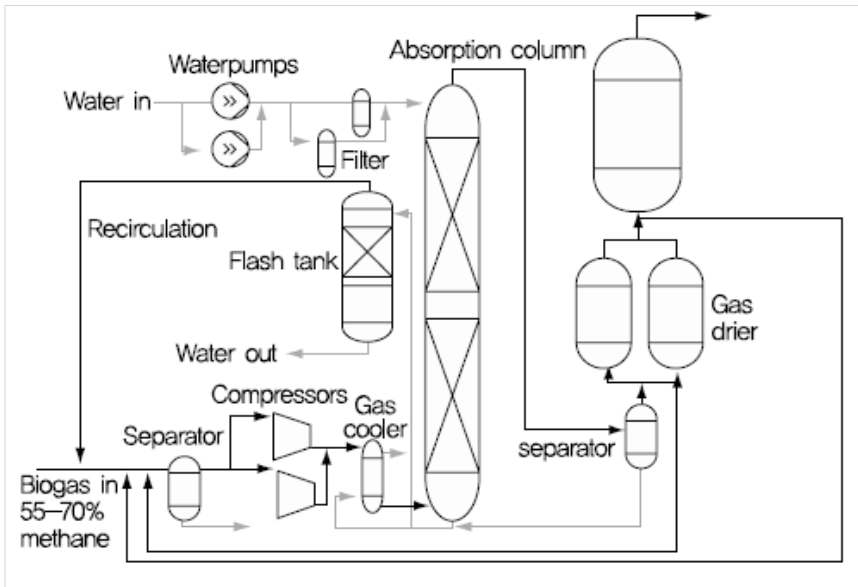
- 물흡수법의 장점은 공정이 단순하고 열부가 없으며, 저렴한 용매를 사용하고 카르보닐황(OCS), O<sub>2</sub> 및 다른 미량 불순물과 반응하지 않고 질소성분 용매를 배출하지 않는 것
- 물흡수법의 단점은 펌프부하가 크며 CO<sub>2</sub> 제거효율이 낮으며 부산물의 CO<sub>2</sub> 순도가 낮고 생성물의 손실이 다소 높음
- 재생수 흡수법(Regenerating water wash process)은 흡수탑에 공급되어 이산화탄소를 흡수하는 세정수가 재생되는 공정



[그림 4-4] 재생수 흡수법 공정도

- 이 기술의 장점은 일회수 흡수법(single pass water wash process)에 비하여 적은 양의 물을 사용하는 것
- 흡수탑에 공급되는 세정수에 흡수된 메탄을 플래시탱크에서 2~4기압의 증압으로 감압하여 회수한 메탄을 가스 콤프레서 전단의 유입가스로 순환하여, 메탄의 회수율을 증대시킴
- 플래시 탱크에 공급되는 공정수는 공정수 중 메탄을 회수하고, 탈착탑(또는 탈기기)에서 공정수에 함유된 이산화탄소, 황화수소, 산소, 질소 등을 탈착하여 공정수를 재생
- 흡수탑과 같이 탈착탑 내부에는 random packing의 일종인 pall ring이 채워져 있다. 물은 탈착탑 상부로 공급되고 하부로부터 공기를 공급하는 air stripping 기능을 발휘

- 탈착탑 내 압력은 상압을 유지하면, 탈착탑 상부로 폐가스가 배출되며 폐가스 중의 이산화탄소와 황화수소와 같은 불순가스는 가스필터를 통과 후 대기로 배출공정수의 pH는 바이오가스 세정과정이 일어나면서 중성으로 증가하게 되며, 물의 온도도 증가
- 물은 열교환기에서 냉각되어 15℃로 흡수탑에 공급되고, 재생과정을 거쳐 재사용되며 공정수는 음용수이고 소량씩 보충

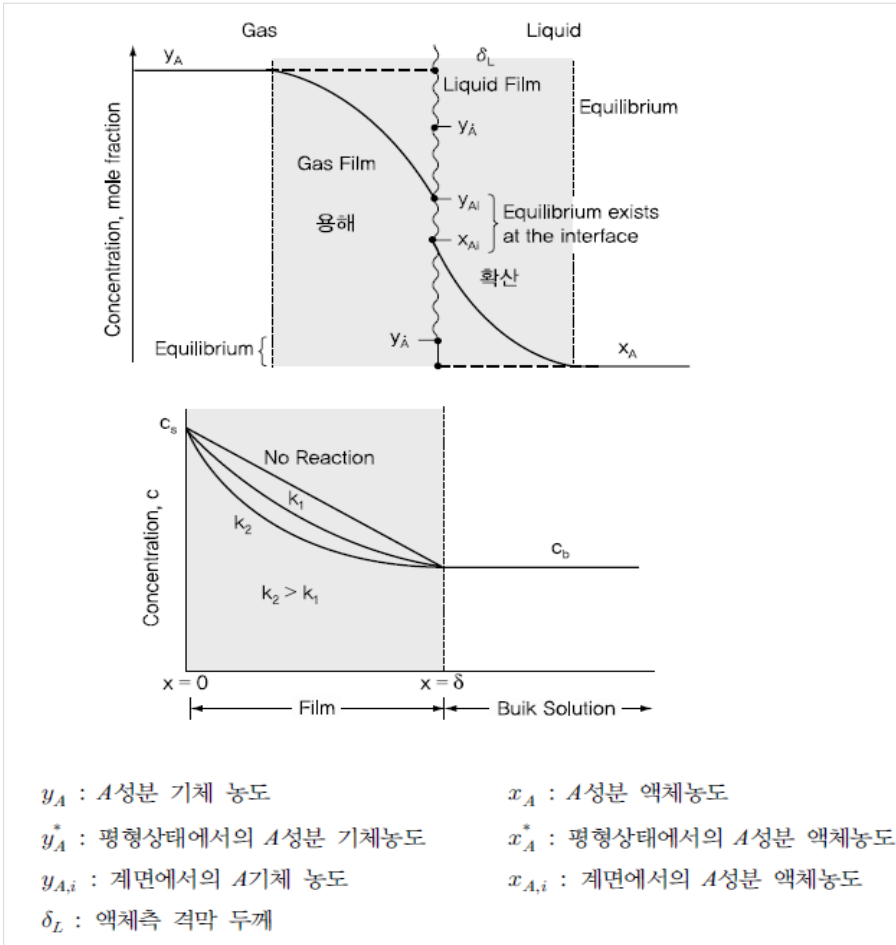


[그림 4-5] 일회수 흡수법 공정도

- 일회수 흡수법(Single pass water wash process)은 세정수를 한번만 사용하는 것으로 세정수에 H<sub>2</sub>S와 CO<sub>2</sub>같은 불순물이 포함되지 않는다는 것이 장점
- 세정수를 순환하지 않고 한번만 사용하기 때문에 세정수에 H<sub>2</sub>S와 CO<sub>2</sub>를 최대로 흡수할 수 있으나, 많은 양의 물을 필요로 하는 단점
- 공급수의 가격 저감을 위하여 하수처리장 발생 재생수를 공정수로 사용하며, 물의 온도는 계절에 따라 변하므로 공정수 온도는 계절변화에 따라 심하게 변할 수 있지만, 일반적으로 4~21℃의 온도를 유지

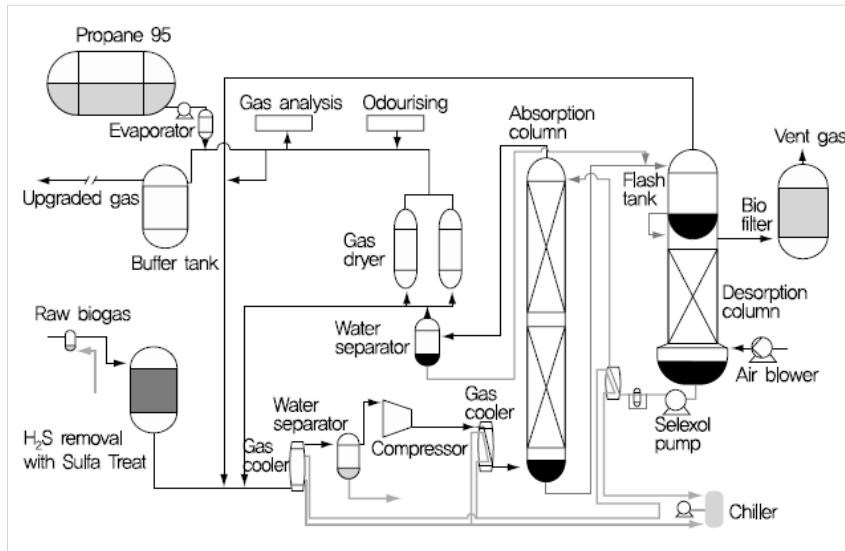
- Single pass water wash process는 흡수탑과 플래시 탱크가 없는 regenerating water wash process의 원리와 같으며, 공정수는 흡수탑 내부에서 바이오가스와 반응하여 공정수에 흡수된 메탄은 플래시 탱크에서 감압되어 유입가스로 순환되고, 물은 플래시 탱크 하부에서 배출되어 하수처리공정으로 보내고, 공정수는 재사용하지 않음
- 물흡수법에 있어서 상압조작보다 고압조작이 가지는 장점은 압력이 증가함에 따라 적은 양의 물을 사용하여 용매인 물을 과포화상태로 만들 수 있고, 물을 재생할 때도 저압에서 빠르게 재생할 수 있다는 것
- 셀렉솔(Selexol) 흡수법에 사용되는 Selexol은 1950년 Allied Signal사에서 개발된 물리적인 액체 흡수액(또는 용매)으로 천연가스 및 합성가스 정제에 사용되고 있으며 이 흡수액은 H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, 머캡탄 및 탄화수소계열 성분을 제거하기 위하여 전세계적으로 50개 이상의 설비가 운전되고 있음
- Selexol이란 폴리에틸렌글리콜(polyethylene glycol)과 dimethyl ether의 혼합물로서 CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>CH<sub>3</sub>(n=3~9)의 화학구조를 가지고 있음
- 아민 흡수액은 흡수액과 가스중 성분이 화학반응하는 화학 흡수액인 반면, Selexol 흡수액은 가스중 성분과 흡수액이 반응하지 않는 물리흡수액으로 Selexol 흡수액이 가스 중 성분과 반응하지 않는 것이 매우 큰 장점
- 화학흡수액은 낮은 비교적 분압 하에서도 높은 흡수용량을 나타내지만, 분압이 증가함에 따라 흡수용량이 증가하다가 어느 분압부터는 거의 일정한 흡수용량을 보임
- 또한 물리흡수액은 분압이 증가함에 따라 흡수용량이 비례적으로 증가하므로 화학흡수액은 가스 중 분압이 낮은 성분들에 대하여 유리하고, 물리흡수액은 분압이 높은 성분들에 유리하므로 공급가스의 성분들에 적합한 흡수액을 선정하는 것이 바람직





[그림 4-6] 물리흡수와 화학흡수의 원리

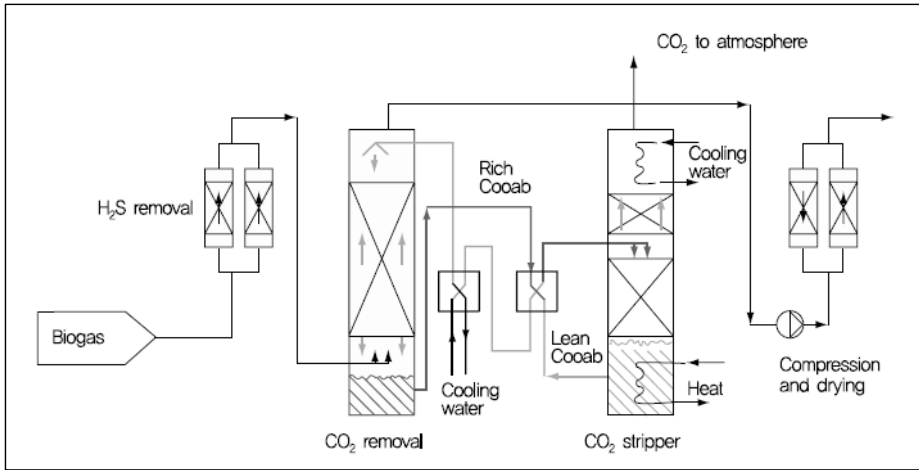
- 바이오가스의 Selexol 흡수공정에서 사용하는 Selexol 흡수액의 관리를 위하여 바이오가스에 함유된  $H_2S$ 를 정제하기 위한  $H_2S$  정제공정이 설치되어 있으며, 전체적인 공정은 물흡수법과 동일하게  $CO_2$ 를 탈기하는 탈기기로 구성
- 또한 Selexol 흡수액은 물리흡수액으로 화학반응을 동반하지 않기 때문에 흡수액을 재생하기 위하여 대기 중 공기를 공급하여 흡수액에 흡수된  $CO_2$ 를 탈기시키고 나서 재생된 흡수액은 흡수탑으로 재순환되는 연속공정을 이루게 됨



[그림 4-7] Selexol 흡수법 공정도

- 아민흡수법은 특정 기체성분을 액체인 흡수액에 흡수시키기 위하여 아민계열의 흡수액을 사용하는 기술
- 아민흡수법은 석유화학에서 발생하는 대기오염물질인 H<sub>2</sub>S뿐만 아니라 CO<sub>2</sub>를 제거하기 위하여 개발된 기술로서 역사적으로 오래 된 기술로 아민흡수법에서 사용되는 흡수액으로는 MEA(Monoethanolamine), DEA (Diethanolamine), MDEA(MethylDiethanoamine), DIPA(Diisopropylamine), DGA(Diglycolamine)등이 있음
- 아민흡수법에 사용되는 아민은 주로 석유화학공업에 사용되고 있지만, 바이오가스의 고질화에서는 복합아민계열을 사용
- 아민흡수법은 바이오가스 중에 함유된 H<sub>2</sub>S가 흡수액인 아민과 반응하여 흡수액을 열화시켜서 수명을 단축시킬 수 있기 때문에 아민흡수탑에 바이오가스를 공급하기 전에 H<sub>2</sub>S를 제거하고 난 후 아민흡수탑에 공급
- 아민흡수탑에서 강기의 화학반응식에 의하여 CO<sub>2</sub>를 흡수한 다음에 흡수액을 재생하기 위하여 탈기기에 공급하여 흡수액을 재생하고 난 후 흡수탑에 재순환하여 사용

- 물리흡수와는 달리 아민을 흡수액으로 하는 화학흡수는 흡수액을 재생하기 위하여 열에너지를 가지고 있는 스팀을 탈기기에 공급

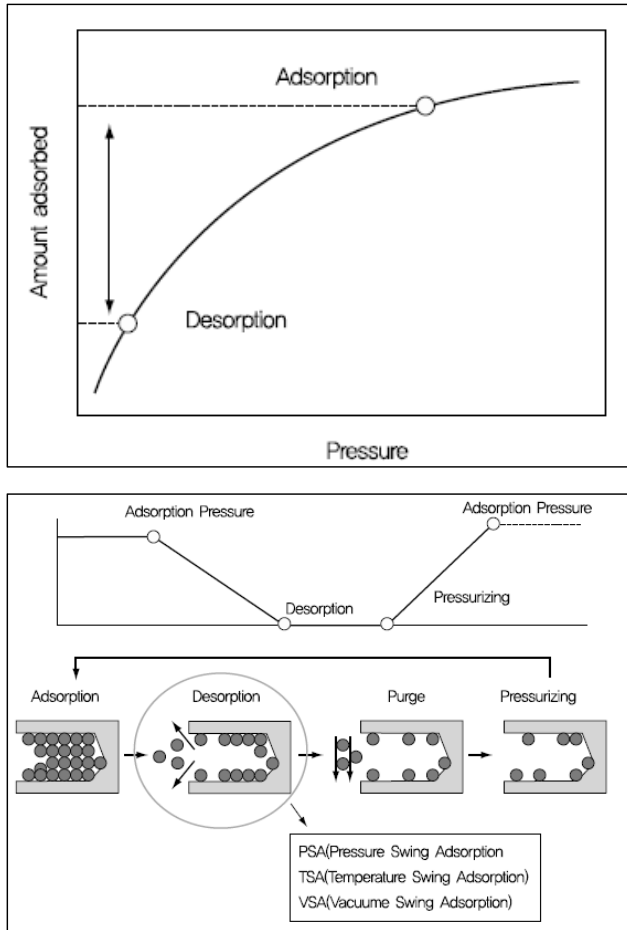


**[그림 4-8] 아민흡수법 공정도**

- 메탄성분이 농축된 바이오가스는 가스 중 수분 등을 제거하고 난 후 아민흡수탑 상부로부터 사용하게 되고, 바이오가스에 함유된 CO<sub>2</sub>는 탈기기 상부로부터 회수
- 화학흡수는 화학반응을 이용한 흡수이므로 물리흡수에 비하여 특정 가스 성분 만을 선택적으로 흡수할 수 있어 메탄회수율이 높지만, 흡수액을 재생하기 위한 열에너지를 추가로 공급해야 하는 단점도 가지고 있음

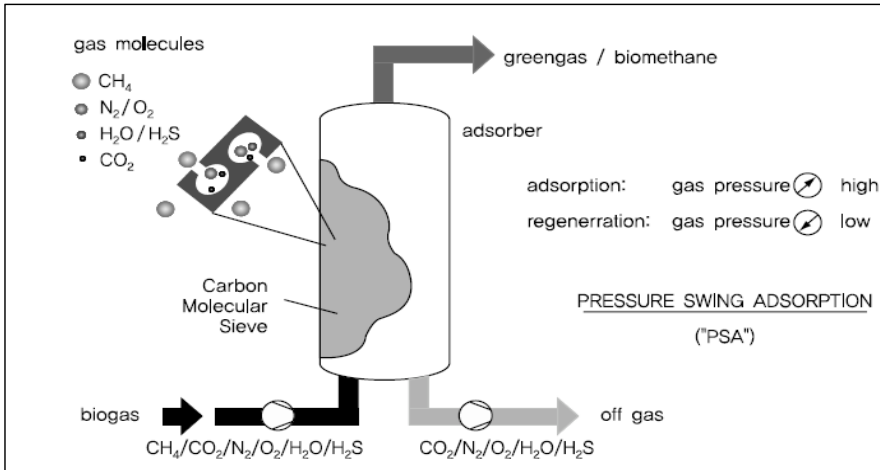
## 2. 흡착법

- 흡착법은 기체의 원자나 분자가 고체의 표면에 달라붙는 성질을 이용하여 바이오가스를 흡착제가 들어있는 흡착탑을 통과시켜 악취나 유해가스를 함께 제거하는 방법
- 흡착탑은 제올라이트, 활성탄과 같은 물질의 유동층이나 혼합층으로 이루어지며 낮은 농도에 대한 처리에 가장 효과적인 방법
- 흡착 메커니즘은 반데르발스힘과 관련된 물리적 흡착, 그리고 흡착제 표면 사이와 흡착 기체 분자의 새로운 화학결합이 형성되거나 화학반응이 일어나는 화학적 흡착 두 가지로 구분
- 물리적 흡착은 흡착물질과 고체표면의 결합이 약한 결합이어서 쉽게 분리되고 재생이 가능하며 보통 열처리에 의해 흡착물질이 탈착하여 재생될 수 있음
- 화학적 흡착의 경우에는 강한 화학결합으로 이루어져 있어 재생이 거의 불가능
- 흡착법은 탈취 효과가 매우 높은 편이어서 다른 방식과 결합하여 1차 처리된 잔존 취기의 2차 제거방법으로 많이 적용되고 있으며 특별히 매연이나 분진 등을 포함한 가스는 전처리가 따로 필요하며 고농도의 물질에 대해서는 흡착능의 한계가 나타나 흡착제의 사용기간이 단축되는 문제점을 가지고 있음
- 압력순환흡착법(Pressure Swing Adsorption, PSA)은 바이오가스를 고질화하는 기술
- PSA는 특정한 기체성분과 흡착제의 재료 간의 친화성을 이용하여 압력변화를 이용하여 바이오가스 중 특정성분만을 분리하는 기술
- PSA의 조작방식은 크게 평형분리형과 속도분리형으로 구분되며, 조작은 평형분리형이 많이 사용되며, 속도분리형은 각 가스성분의 흡착속도의 차이를 이용한 흡착제를 사용하는 것으로 보통 탄소분자체를 사용



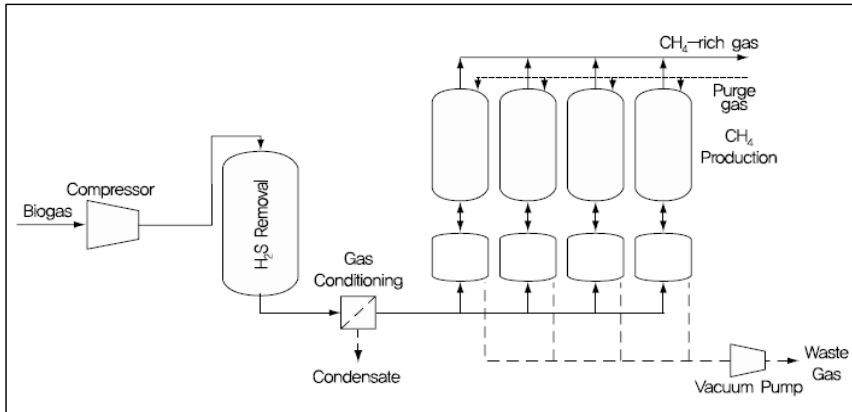
[그림 4-9] PSA 원리 및 조작방식

- PSA의 기본원리는 평형분리형이며 PSA에서는 고압상태에서 흡착조작이 이루어지고, 그 후 저압상태에서 감압 또는 저압에 의한 퍼지에 의해 퍼지 탈착조작이 이루어짐
- 통상 PSA에서는 흡착성 가스를 배출하는 측과 비흡착성 가스를 배출하는 측이 나누어져 있어 가스의 순도를 높게 유지시킴
- 흡착제의 유동화방지나 가스유속을 고려하여 일반적으로 공급가스는 흡착탑의 하부에서 상부로 공급되며 퍼지가스는 상부에서 하부로 공급



[그림 4-10] PSA 바이오가스 고질화 원리

- 흡착조작은 높은 압력에서 이루어지며 흡착가스로 흡착제를 포화시키기 전에 공급가스는 별도의 흡착탑으로 이송처리
- 이후 감압탈착 공정에서 흡착성 가스를 공급가스 입구방향으로 배출하며, 탑내 위쪽에 남아있는 고순도 비흡착성 가스를 회수하여 회수율을 높일 때는 비흡착성가스 부분을 흡착성가스와 반대로 하여 회수
- 압력을 내려도 재생이 충분하지 않은 경우 감압조작에서 회수되거나 흡착조작에서 얻어지는 비흡착성가스 일부를 흡착탑의 상부로부터 하부방향으로 흘려보내 재생도를 높임
- 송압공정에서는 회수된 고순도 비흡착성가스에 의해 흡착탑 내의 승압을 행하여 탑 내 압력 및 탑 내 흡착제의 재생상태를 흡착조작 이전의 상태로 되돌려 놓음
- 흡착탑에 충전된 흡착제에 CH<sub>4</sub>는 흡착이 안되고 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 등이 흡착제에 흡착하게 되며 흡착제에 흡착된 성분인 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 등은 흡착제와 반응성이 없어 흡착제를 압력조작에 의하여 재생할 수 있지만, H<sub>2</sub>S는 흡착제와 화학흡착을 이루게 되어 흡착제를 손상시키게 되므로 H<sub>2</sub>S는 PSA에 공급되기 전에 정제해야만 함



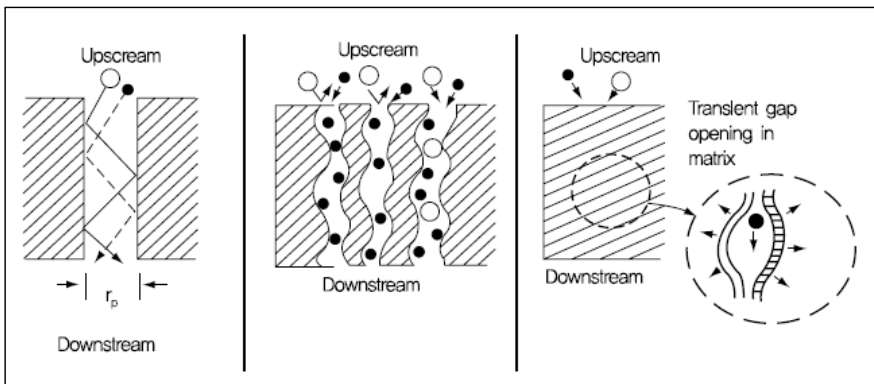
[그림 4-11] 압력순환흡착법 공정도

- 바이오가스로부터 CO<sub>2</sub> 흡착탑은 3탑 내지 4탑이며 대형 PSA공정에서는 흡착탑 내의 압력강하를 줄이기 위해 횡형조가 사용하며 흡착제로는 탄소분자체(CMS ; Carbon Molecular Sieve)나 활성탄이 사용
- 이 외에도 다공성 흡착제인 실리카겔, 알루미나 및 제올라이트를 결합하여 사용할 수 있음

### 3. 막분리법

- 분리막이란 두 상간의 선택투과적인 장벽으로 정의될 수 있으며, 기체 혼합물을 분리막을 통하여 특정한 성분의 선택적인 투과에 의하여 분리하게 되며 분리막을 통한 기체의 이동은 비가역적인 공정
- 분리막에서 분리를 유도하는 구동력은 압력, 농도, 온도의 차 등 세 가지로 나누고 있으며 기체분리막은 압력의 차이로 일어나며, 크게 다공성 막과 비다공성 막으로 나누며 분리막을 통한 기체 투과는 막의 구조에 따라 나타낼 수 있음
- 첫 번째는 다공성막으로서, 세공의 크기가 분자평균유경로(mean free path)의 비가 5배 이상이면 기체 분자가 분리막간의 충돌보다 분자간의 충돌이 지배적인 Poisseuille흐름이 일어나서 물질 분리가 일어나지 않음

- 세공의 크기가 기체의 평균자유경로보다 작으면 기체분자와 분리막 간의 충돌이 지배적인 Knudsen흐름이 일어나고 기체의 투과속도가 분자량의 제곱에 반비례하여 분자량이 현저하게 차이가 있는 기체혼합물의 분리가 가능
- 두 번째로는 크기가 비슷한 분자들을 분리할 때 사용하는 비다공성 막으로 주로 기체분자끼리 분리할 때 사용되며 용해-확산의 기체투과 기작에 의해 이루어지며. 용해-확산 과정은 고분자막 내에 고분자쇄의 열운동 및 고분자 매트릭스의 분자간 간격에 의해서 생성된 미세한 기공과 free volume을 통하여 이루어짐
- 기체분자가 이동할 수 있는 free volume의 생성확률은 비다공성을 구성하는 물질과 기체와 고분자의 상호작용에 따라 결정되므로 비다공성 막을 통한 기체투과 기작은 분리할 기체 종류와 막의 재질에 따라 각각 다른 거동을 보임



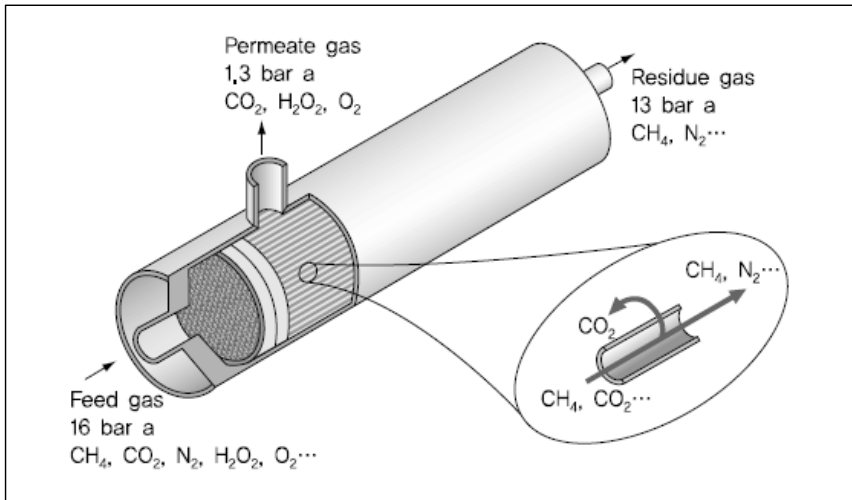
[그림 4-12] 막분리 기체투과의 원리

- 마지막으로 특정기체와 가역적으로 결합하는 담체를 함유하고 있는 막으로 일반적으로 mixed matrix membrane이라고 함
- 타겟물질과 선택적인 결합능력을 가진 담체를 막의 고분자에 결합시키는 분리막은 낮은 압력에서 높은 선택도를 나타내지만 압력이 상승하면 기체의 투과성능이 급격히 감소될 수 있으며 담체를 함유하고 있는



액체 지지막의 경우에는 투과계수와 선택도는 막의 안정성이나 크기에 문제가 있어 실용화에 어려움이 있음

- 막분리법에 따른 고질화는  $\text{CH}_4$ 과  $\text{CO}_2$ 를 함유한 바이오가스로부터 분자크기나 친화도에 의하여 막을 사용하여 분리
- 구동력은 부분압(또는 농도차, 압력차)이고, 사용되는 분리막의 특성에 크게 좌우되므로 분리막을 선정하는 것이 매우 중요
- 현재까지  $\text{CH}_4$ 와  $\text{CO}_2$  혼합가스로부터  $\text{CO}_2$ 분리에 사용되는 분리막 재료로는 cellulose acetate, polyimides, polyamides, polysulfone, polycarbonate, polyetherimide 등의 고분자 재료들을 사용
- 분리막을 이용한 기체분리에 있어서 공급가스의 압력이 증가할수록 투과도는 증가하지만, 투과선택도는 감소하고, 또한 공급가스 압력이 감소함에 따라 투과도는 감소하고, 투과선택도는 증가
- 따라서 막을 통한 투과도와 투과선택도는 항상 상반되는 관계를 가지고 있지만 투과선택도는 막모듈을 직렬과 병렬등 막모듈을 조합하여 투과선택도를 향상시킬 수 있음



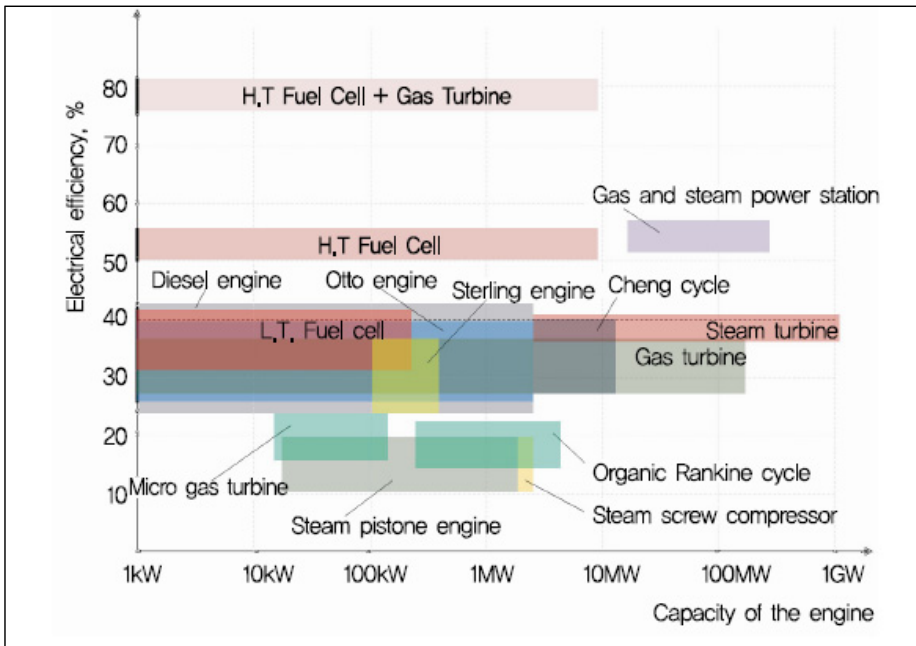
[그림 4-13] 중공사막의 형태 및 기체분리 원리

- 막분리의 총괄효율은 주로 사용되는 분리막에 의해 크게 좌우된다. 또한 분리막의 투과 선택도, 기체투과도, 분리막 수명, 운전온도 및 습도, 유지비용 등도 바이오가스 고질화 기술의 총괄효율을 결정하는 중요한 인자
- 막분리 공정은 운전이 용이하고 공정이 간단하여 공정을 이해하는 것이 용이하지만, 분리막 가격이 비싸며 취급이 어려워서 아직까지는 바이오가스 고질화 기술로서 정착되지는 않았지만, 바이오가스 중  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$  분리에 적합한 분리막 소재를 저렴하게 제조할 수 있다면 타 기술보다 경쟁력이 우수한 기술

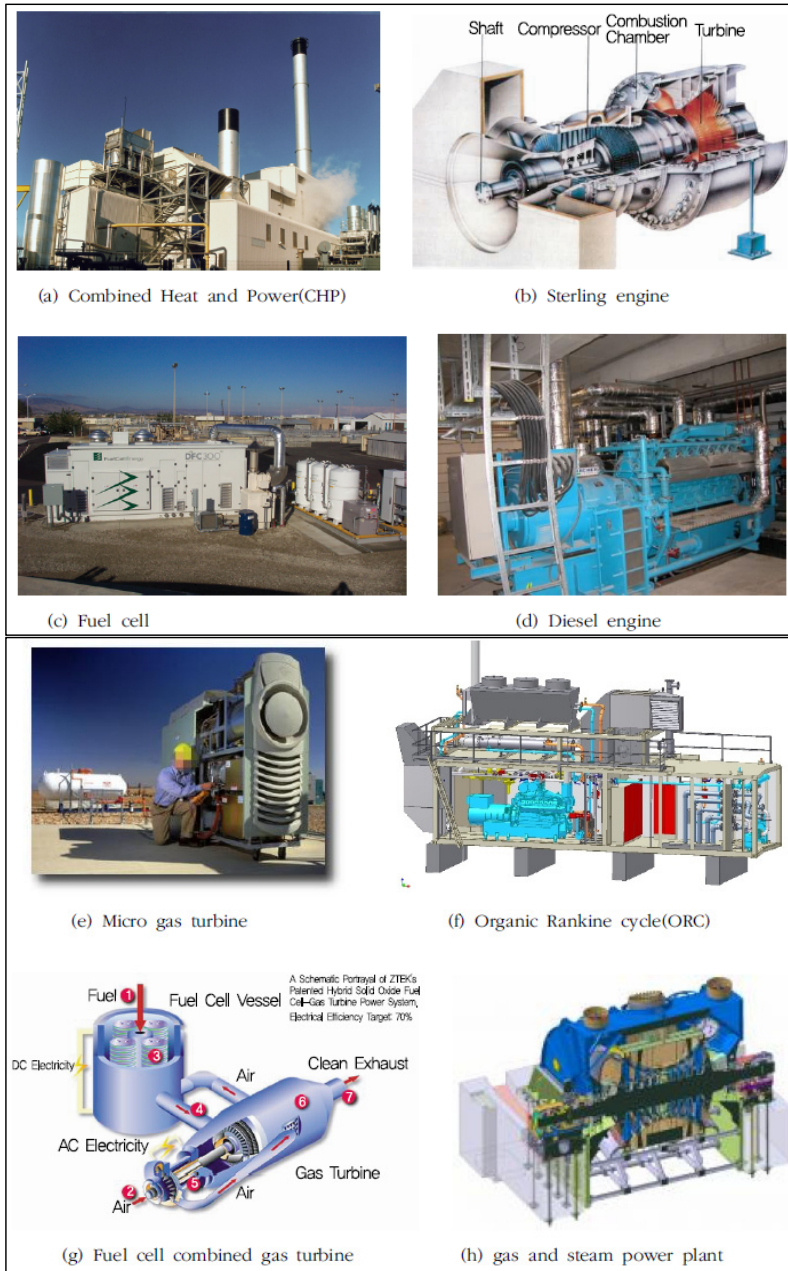
## 2절. 바이오가스 활용 방안

### 1. 발전 기술

- 바이오가스를 연료로 공급하여 열에너지나 전기를 생산할 수 있으며 바이오가스를 연료로 하는 가스엔진이나 디젤엔진에서 전기 생산뿐만 아니라 열을 동시에 생산하는 열병합발전기술도 있음
- 스텐링엔진, 가스엔진, 마이크로가스터빈, 저온 및 고온형 연료전지나 가스터빈과 병합된 고온형 연료전지가 사용되기도 하며 바이오가스를 연소하여 스팀을 생산하여 엔진을 구동할 수 있음
- 발전효율은 20~40%로 바이오가스 전체 에너지양 대비 전기발생량으로 소규모 용량의 엔진은 대규모 용량의 엔진에 비하여 낮은 효율 나타냄



[그림 4-14] 바이오가스 발전엔진의 효율



[그림 4-15] 바이오가스 전력발생장비

- 열병합발전기술(CHP, Combined Heat and Power generation)은 바이오가스 플랜트에서 보편적으로 사용되고 있으며, 전기생산 외에도 발전기의 종류에 따라 많은 양의 열을 회수하고 있음
- 유럽에 설치 및 가동되고 있는 바이오가스연료의 열병합발전기는 약 50%가 4행정엔진(four-stroke engine)이고, 나머지 50%는 오일점화용 디젤엔진(ignition oil diesel engine)임
- 최근 설치 및 가동되는 CHP의 전기효율과 열효율의 합계인 전체효율은 85~90%로, 바이오가스 에너지량의 10~15%만이 손실되고 있으나, 전기발전효율(최대 40%)은 아직 낮은 수준이어서 1m<sup>3</sup>의 바이오가스로부터 2.4kWh가 생산되고 있음

[표 4-1] 바이오가스 발전기 성능표

Feature	Four-storke engine	Gas-Diesel engine*	Ignition oil diesel engine	Stirling engine	Fuel cell	Gas turbine	Micro gas turbine
Range of capacity (kWel)	< 100	> 150	30~100	< 150	1~10000	-	30~110
Spec. investment-costs (US\$/kWel)	Mediume	Low	High	Very high	Very high	Very Low	Very Low
Electrical efficiency	30~40%	35~40%	32~40%	30~40%	40~70%	25~35%	15~33%
Cooling water temperature	110℃			60℃	n.a.	210℃	300~500℃
Pressure ratio	10 : 1	20 : 1	20 : 1	5 : 1	n.a.	5 : 1	5 : 1
Controllability of the power/heat ratio	Not possible				good	very good	
Weight	Medium				High	Low	Low
Lifetime	Medium		Long		Very short	Long	
Noises	Medium	Loud		Medium	Silent		
Emissions NOx	High		Carbon black 600~700 mg/Nm*	Very Low	Very Low 3mg/Nm <sup>3</sup> flue gas*	Low 25mg/Nm <sup>3</sup> flue gas*	Low 20mg/Nm <sup>3</sup> flue gas*
Alternative fuel in shortage of biogas	Liquid gas (gasoline)	Liquid gas	fuel, petroleum (vegetable oil)	Any.	Natural gas	Natural gas	Natural gas, biogas, Kerosene, fuel oil
Minimum heating value	Medium		High (10~30% ignition oil)	Any.		Low	

○ 4행정 엔진(four stroke gas engine) 및 디젤엔진

- 4행정엔진은 천연가스를 연료 기반으로 개발되었지만 천연가스와 같이 메탄을 함유하고 있는 바이오가스 연료에도 적용되고 있음
- 4행정엔진은 자동차용 엔진과 같이 연료와 연소용 공기가 흡입, 압축 및 점화되어 폭발에 의해 피스톤을 구동하여 작동하므로 왕복동 엔진이라고도 하며 전기효율은 일반적으로 30~40%이고, 대기오염물질인 질소산화물(NOx) 발생량이 높은 편으로 용량은 100kW에서 1MW이고, 수명은 약 60,000시간임
- 4행정엔진은 터보차저를 이용하여 기체연료를 압축하여 실린더에 공급함으로써 효율을 1.5배 가량 증가시킬 수 있음
- 일반적으로 바이오가스에 함유된 CO<sub>2</sub> 함량이 증가하게 되면 4행정엔진의 효율이 감소하게 되어 바이오가스 중 CO<sub>2</sub>로 인한 엔진의 코킹 현상 방지를 위해 바이오가스 중 메탄함량은 45% 이상이어야만 함
- 황화합물을 함유한 바이오가스가 엔진에 유입될 수 있으므로 엔진은 쉽게 교체할 수 있으면서 부식에 강한 재질이어야 하고 엔진오일의 교체주기는 바이오가스 중 황화합물 함량에 따라 달라지기는 하지만, 일반적으로 160~20,000시간이고 평균적으로 465시간임
- 디젤엔진은 4행정 엔진에 비해 효율이 다소 높은 편이고 경제적이지만, 질소화합물 발생이 높으며 수명은 약 35,000시간으로 낮아짐

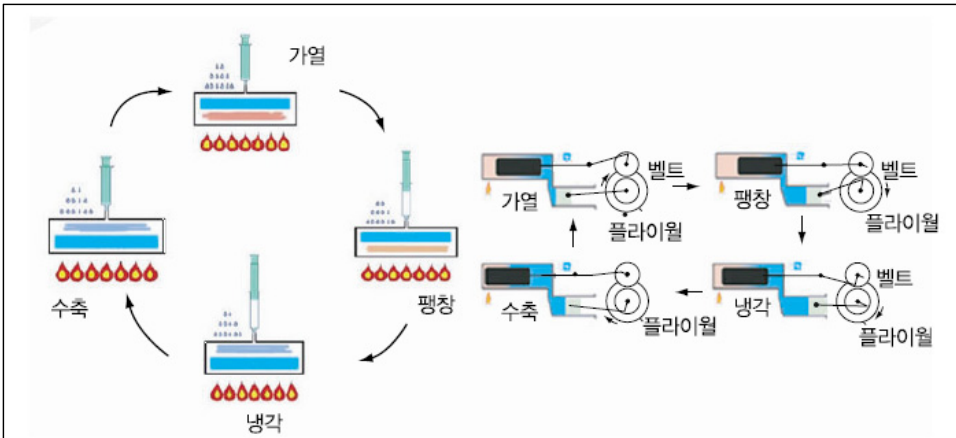
○ 스테링엔진

- 스테링엔진은 열화학적으로 가장 높은 열효율을 가지며 이상적인 사이클의 효율에 가까우며 연소할 때 폭발행정이 없기 때문에 엔진의 진동과 소음이 낮고, 외연기관이기 때문에 바이오가스 뿐만 아니라 석유, 천연가스를 비롯하여 목질계 연료, 공장 폐열, 태양열 등 모든 열원을 이용할 수 있는 열기관
- 스테링엔진은 1816년 영국에서 고안된 것으로 알려져 있으나 증기기관과 내연기관의 급속한 발전으로 빛을 받지 못하다가 최근에 와서

관련기술, 특히 내열재료와 실링 기술의 발전, 그리고 에너지절약과 대체에너지의 중요성이 강조되면서 다시 개발되기 시작하였음

- 고효율성이라는 특징을 살린 소형 발전기, 연료의 다양성이라는 특징을 활용한 바이오매스 또는 폐열을 이용하는 시스템을 실현할 수 있는 엔진으로 기대를 모으고 있으며, 4행정엔진이나 디젤엔진의 대안으로 사용될 수 있음
- 스테링엔진은 한 사이클당 번갈아가면서 작동유체가 가열되고 냉각되며 연소실에서의 열전달이 느리기 때문에 외부열교환기가 설치되어 있으며 특정한 구동기체가 가열되고 냉각되며, 구동기체는 2개의 챔버를 오고가면서 한 개의 챔버에서는 가열되고, 한 개의 챔버에서는 냉각되는 형태
- 1단계에서는 구동기체가 냉각 챔버에서 압축되지 않고, 구동피스톤이 위로 움직이게 되면 구동유체가 압축(2단계)하게 되어 가열챔버로 이송되면서 외부 열교환기에 의해 가열
- 가열된 작동유체는 팽창압력에 의해 피스톤을 밑으로 밀어내게 되며(3단계), 피스톤은 구동피스톤과 함께 밑으로 내려가고, 2개의 피스톤을 연결하고 있는 기어에 의해 다시 위로 올라가게 됨
- 피스톤은 작동유체를 아래로 밀어냄으로써 작동유체를 냉각챔버로 보내면서 냉각 열교환기에서 냉각되고 2개의 챔버에 연결되어 있는 기어가 움직여서 기어를 통하여 전기가 발생





[그림 4-16] 스테링엔진 작동원리

○ 연료전지

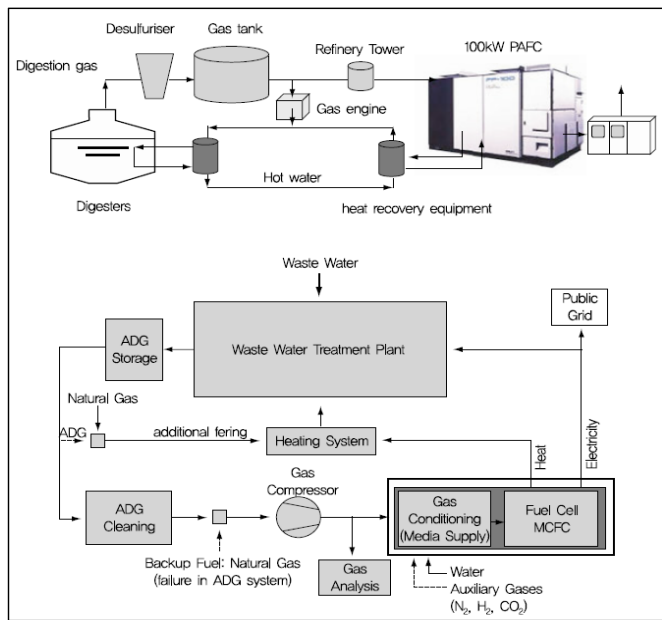
- 연료전지는 화학에너지인 수소와 산소를 직접 전기와 열로 변환하는 장치로 부산물로는 물이 발생
- 연료전지는 양극과 음극이라는 2개의 전극 간에 고체나 액체의 전해질을 가지고 있으며 전해질은 전자가 아니라 이온만을 음극에서 양극으로 통과시키게 되면서 전기가 발생
- 전해질은 전기적으로 비전도성이며, 양극과 음극을 분리하여 화학반응물이 직접적으로 반응하지 못하게 됨
- 연료전지는 전해질 종류로 분류하면 고분자전해질막 연료전지(PEMFC ; Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell), 및 고체산화물 연료전지(SOFC ; solid oxide Fuel Cell) 등이 있다. 또한 작동온도에 따라 저온형 연료전지(PEMFC, PAFC)와 고온형 연료전지(MCFC, SOFC)로 구분됨

[표 4-2] 연료전지 종류 및 특성

특 성	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC
전해질	나프온 고분자막	고농도 인산	융융 Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	지르코늄
작동온도(°C)	60~120	130~220	650	800~1000
연료가스	H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , 메탄올	메탄, 수소, 천연가스, 바이오가스	메탄, 천연가스 바이오가스	메탄, 수소, 천연가스, 바이오가스
단전지효율 (W/cm <sup>2</sup> )	0.6	0.2	0.1	0.4
전기효율(%)	60%(H <sub>2</sub> ), 40%(CH <sub>4</sub> )	40%	50	55
개발현황	상용화	상용화	상용화	개발단계
장점/단점	빠른 스타트업, 부하변동 민감하지 않음	CO제거	백금대신 니켈촉매 사용 반응열을 메탄개질에 사용	긴 수명 촉매필요없음 반응열을 메탄개질에 사용
적용처	차량, 소형CHP	소형, 중소형CHP	중소형, 대형CHP	CHP

- 연료전지가 전기를 생산하기 위해서는 연료인 수소와 산소를 계속적으로 공급함으로써 촉매작용을 하는 전극에서 수소와 산소가 반응하여 물을 생성하게 되는데, 이때 전자가 발생하여 전기를 발생
- 연료전지의 효율은 모든 손실을 고려하여 단전지(한 개의 양극과 음극 및 전해질로 구성되어 있는 전지)에서의 전압은 0.6~0.9 볼트로 단전지를 적층한 것을 스택이라고 하며, 적층한 개수에 따라 연료전지의 용량이 결정
- 연료전지의 연료로 바이오가스를 공급하기 위해서는 연료전지 종류마다 요구되는 연료성분이 다르므로 바이오가스를 정제하여 공급해야 하며 일반적으로 모든 연료전지에 공급되는 바이오가스에는 H<sub>2</sub>S을 정제해야하며, 특히 저온형 연료전지는 CO를 정제해야 함

- 저온형 연료전지는 저온이어서 반응효율이 낮아 백금촉매를 사용하고 있는데, 연료중에 CO가 함유되어 있으며 백금촉매의 피독현상을 일으키게 되어 반응효율이 떨어지게 됨
- 연료전지는 바이오가스를 연료로 사용하는 다른 엔진에 비하여 매우 가격이 높아 아직 널리 보급되지 않고 있으며, 현재 설치되어 가동되고 있는 연료전지의 연료는 대부분 천연가스를 사용하고 있지만, 천연가스의 가격은 유가상승에 매우 민감하게 반응하고 있으면 천연가스 가격이 매년 상승하고 있어 연료전지의 연료로 천연가스 외에 다른 연료를 찾고 있음
- 천연가스를 대체할 수 있는 연료로는 바이오가스가 기대되고 있으며, 바이오가스를 연료로 하는 연료전지의 개발이 보다 활성화된다면 연료전지의 보급은 더욱 빨라질 것으로 전망되고 있지만, 바이오가스는 천연가스보다 불순물을 다량 함유하고 있어 바이오가스 정제기술도 함께 개발 필요

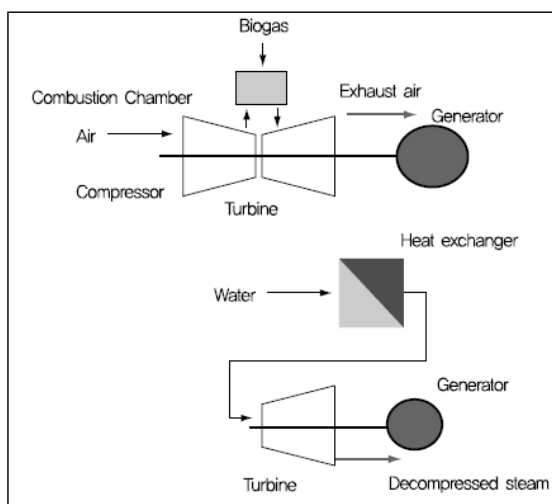


[그림 4-17] 연료전지 발전 공정도

- 바이오가스를 연료로 공급하는 연료전지발전은 열병합발전으로, 연료 전지에서 발생하는 전기는 인근에 판매하고 있으며, 이외에 발생하는 열은 온수 생산용으로 사용할 수 있어 하수처리장에서 소화조를 가온하기 위하여 연료전지로부터 온수를 생산하여 소화조 가온용으로 공급하고 있음
- 바이오가스의 발생은 주변 여건에 따라 변동될 수도 있기 때문에 이로 인한 연료전지의 안정적인 운전을 위하여 천연가스와 병행하여 사용하는 것도 하나의 대안임

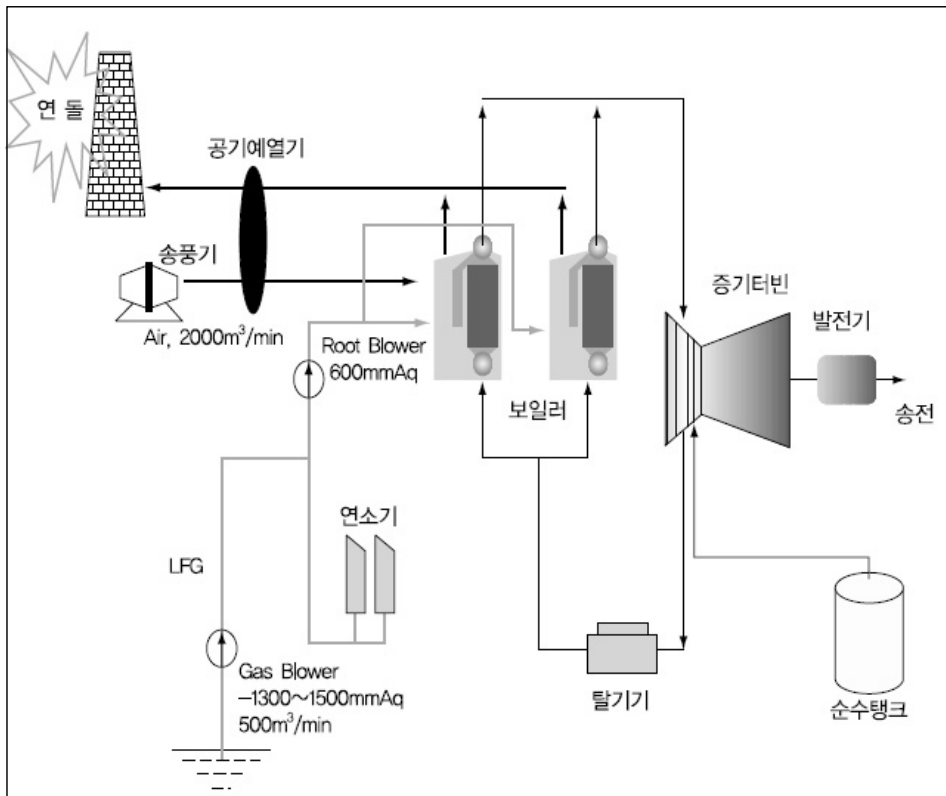
### ○ 가스터빈

- 바이오가스는 중규모 및 대규모 용량(200kW 이상)의 가스터빈에 의해 약 1200℃에서 전기로 변환되며 공급되는 바이오가스의 온도가 높을수록 또한 압력이 높을수록 전기효율은 증가
- 연소용 공기는 컴프레서에 의해 압축되어 연소실에 공급되며, 연료인 바이오가스가 공급되어 연소실에서 연소가 일어나게 되며 연소 배가스는 터빈을 통과하면서 팽창하여 에너지로 전환



[그림 4-18] 스팀터빈 열회수를 포함한 가스터빈 공정

- 터빈 프로펠러가 회전하면서 운동에너지가 전기에너지로 변환되어 전기가 발생하고 터빈을 나가는 연소배가스의 온도는 거의 400~600℃의 온도를 가지고 있어 연소용 공기를 예열하거나 스팀터빈을 구동하는 열원으로 사용
- 가스터빈의 연소용 배가스에는 대기오염물질이 매우 적은 편인데, 정제하지 않은 바이오가스를 연료로 공급하게 되면 배가스 중 질소화합물(NOx)은 약 25ppm이고 가스터빈의 효율은 높은 연소온도로 인하여 높은 효율을 가지고 있음



[그림 4-19] 수도권매립지에서 이용하고 있는 가스터빈 구성도

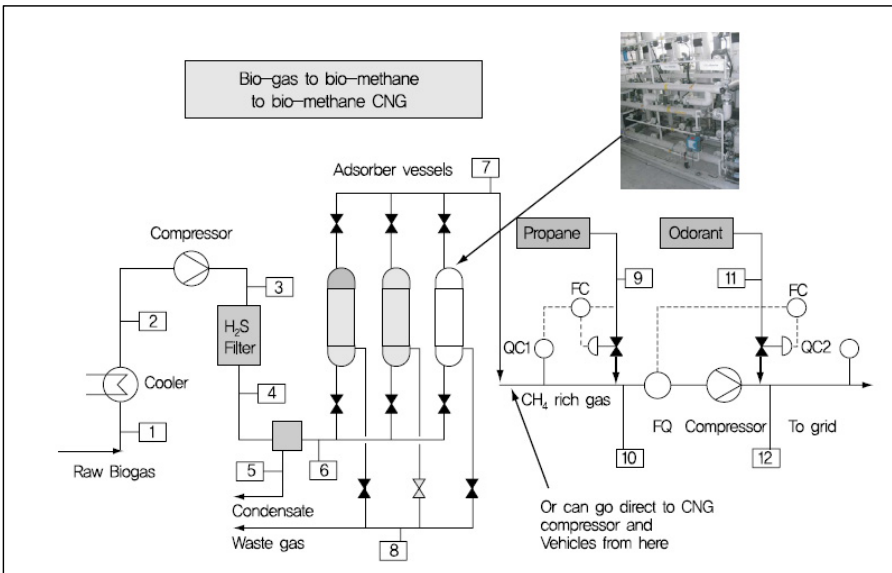
## 1) 천연가스 배관망 유입 및 수송용 연료화

- 바이오가스를 고질화기술을 이용하여 가스 중 메탄과 이산화탄소를 개별적으로 분리하여 메탄을 저압의 천연가스 배관망에 공급할 수 있고, 이산화탄소는 산업용, 음료용 등으로 판매할 수 있음
- 바이오가스와 천연가스는 특성이 서로 간에 상이하기 때문에 천연가스 배관망에 바이오가스를 공급하기 위해서는 압력, 밀도, 황화합물, 산소 및 습도 함량, 웨버지수 등의 조건을 맞추어야 함
- 몇몇 나라에서 바이오가스와 혼합된 천연가스 가격은 소비자가 공급받는 천연가스 배관망 지점에서의 천연가스 성분을 가지고 가격을 결정하며 국내의 경우에는 열량을 가지고 결정하기도 함
- 천연가스 공급업자는 가스의 품질을 보장하기 위하여 천연가스를 혼합하여 공급하여 저열량 가스를 고열량 가스와 혼합하여 가스품질을 안정적으로 유지시킴

[표 4-3] 천연가스와 바이오가스 특성 분석

Character	Unit	Natural gas	Biogas
CH <sub>4</sub> (methane)	vol%	91.0	55~70
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (ethane)	vol%	5.1	0
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (propane)	vol%	1.8	0
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (butane)	vol%	0.9	0
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (pethane)	vol%	0.3	0
CO <sub>2</sub> (carbon dioxide)	vol%	0.61	30~45
N <sub>2</sub> (nitrogen)	vol%	0.32	0~2
H <sub>2</sub> S (hydrogen sulfide)	vol%	~ 1	~ 500
NH <sub>3</sub> (ammonia)	vol%	0	~ 100
Water dew point	℃	< -5	saturated
Net caloric value	MJ/Nm <sup>3</sup>	39.2	23.3
	kWh/Nm <sup>3</sup>	10.89	6.5
	MJ/kg	48.4	20.2
Density	kg/Nm <sup>3</sup>	0.809	1.16
Relative density	-	0.625	0.863
Upper Wobbe index	MJ/Nm <sup>3</sup>	54.8	27.3
Lower Wobbe index	MJ/Nm <sup>3</sup>	49.6	25.1
Methane number(MON)	-	73	~ 135
Theoretical air requirement	Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> gas	10.4	6.22
Adiabatic flame temperature	℃	2040	1911
Water dewpoint (flue gas)	℃	59.7	59.2
Water vapor (flue gas)	vol%	18.8	19.3

- 웨버지수(WI)는 단위 오피리스 면적당 엔진출력의 지표를 나타내며 압력차를 이용한 노즐연료 공급방식의 경우 엔진의 연료공급특성에 영향을 미치게 됨
- 웨버지수는 가스연료의 연소장치에 있어서 연료가스 종류별 호환성을 나타내는 지수로서, 이 지수가 같으면 동일한 연소장치에 같은 압력의 연료가 공급될 때 발열량이 변하지 않는 것으로 판명할 수 있음



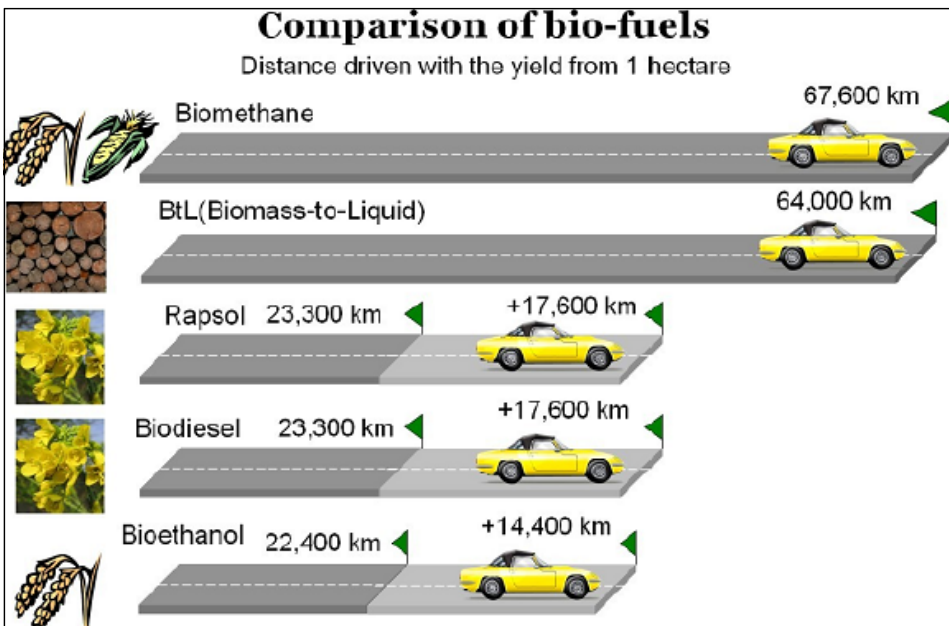
[그림 4-20] 바이오가스의 천연가스 배관망 공급공정(bar)

- 천연가스는 메탄을 주성분으로 하고 있어, 무색무취의 특성을 가지고 있으므로 메탄가스의 누출로 인한 사고를 예방하기 위하여 바이오가스를 공급하기 전에 부취제를 혼합하여 냄새로 확인할 수 있도록 함
- 일반적으로 부취제로 사용하고 있는 물질로는 TBM(tertiary butylm ercaptane)과 THT(tetrahydrothiophene)이 있으며, 국내에서 천연 가스에 혼합되는 부취제 총량은 10ppm이하임
- 부취제는 강향 취기를 보이며, 천연가스 배관 내벽에 부착되지 않는 특성을 가져야만 함



- 유럽에서 바이오가스만을 연료로 사용하는 경우는 없으며 대부분 천연가스 배관망에 혼입하여 천연가스와 바이오가스를 혼합하여 연료를 사용하며 천연가스 사용시설이나 수송 연료(천연가스 자동차)로 공급하고 있음
- 천연가스 배관망에 공급되는 바이오가스의 품질이 만족스럽더라도 바이오가스 품질관리를 위한 모니터링 시스템이 설치 및 운영되어야 하며 바이오가스가 품질기준을 만족하지 못하면 바이오가스 공급을 차단할 수 있도록 해야 함
- 바이오가스를 천연가스 배관망에 공급하기 위해서는 압력조정이 매우 중요하며 바이오가스 공급압력은 천연가스 배관망내 압력보다 큰 압력으로 설정해야 함
- 바이오가스 공급을 원활하게 하기 위해서 바이오가스 플랜트 및 바이오가스 고질화공정은 천연가스 배관망과의 거리에 따라 가스공급을 위한 가스 컴프레서등 시설비에 대한 투자비용이 결정
- 만약 인근에 천연가스 배관망이 있게 되면 바이오가스의 공급압력을 크게 할 필요가 없어 가스컴프레서의 추가설치가 필요 없지만, 거리가 멀어짐에 따라 추가설치가 필요하여 이에 따른 추가비용이 발생
- 바이오가스를 천연가스 배관망에 공급할 때 바이오가스 품질기준은 스웨덴에서 처음으로 국가규격으로 설정되었으며, 이후 독일, 스위스, 네델란드 및 덴마크 등에 전파
- 하지만, 각 나라마다 바이오가스의 품질규격은 각 나라의 사용현황에 따라 달리 설정되었으며 스위스의 경우 제한적 공급시와 무제한적 공급시에 따른 바이오가스 품질규격을 별도로 설정하고 있음
- 바이오가스의 제한적 공급조건에 만족하는 바이오가스 품질규격은 천연가스 배관망에 혼입되는 바이오가스는 부피로 5% 이내로 한정하고 있지만, 무제한적 공급조건은 바이오가스 중 메탄함량이 96% 이상이어야 하며 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 및 수분함량 등에 대한 엄격한 기준이 설정되어 있음

- 바이오가스는 주로 천연가스 자동차 연료로 공급되어 사용되고 있기 때문에 자동차 연료로 공급하기 위해서는 바이오가스 품질기준을 설정하여 이를 만족할 수 있도록 관리해야 함
- 우리나라는 아직 자동차 연료로 바이오가스를 공급할 수 있는 기술적, 법적제도가 만들어지지 않았지만, 향후 바이오가스의 품질기준 설정에 있어서는 자동차 특성에 따른 품질기준 설정이 필요
- 바이오가스가 같이 메탄을 주성분으로 한 천연가스를 연료로 하였을 때, 자동차의 기화기 방식엔진에 있어서는 성능이 열량보다 웨버지수에 크게 좌우되는 것을 알 수 있고, 전자제어 방식엔진은 웨버지수와 열량에 따라 자동차 성능이 좌우



[그림 4-21] 바이오에너지 수송용 연료 성능 비교

- 따라서 바이오가스를 자동차 연료로 공급할 때 바이오가스 품질기준은 대상이 되는 자동차의 형식에 따라 바이오가스 품질기준을 설정해야 할 것이며 이외에도 메탄지수, 옥탄가 등에 대하여도 면밀한 검토가 필요



## 잉여바이오가스 활용 방안

1절 지자체 바이오가스 활용 방안

2절 대전바이오에너지센터 적용 방안

5장

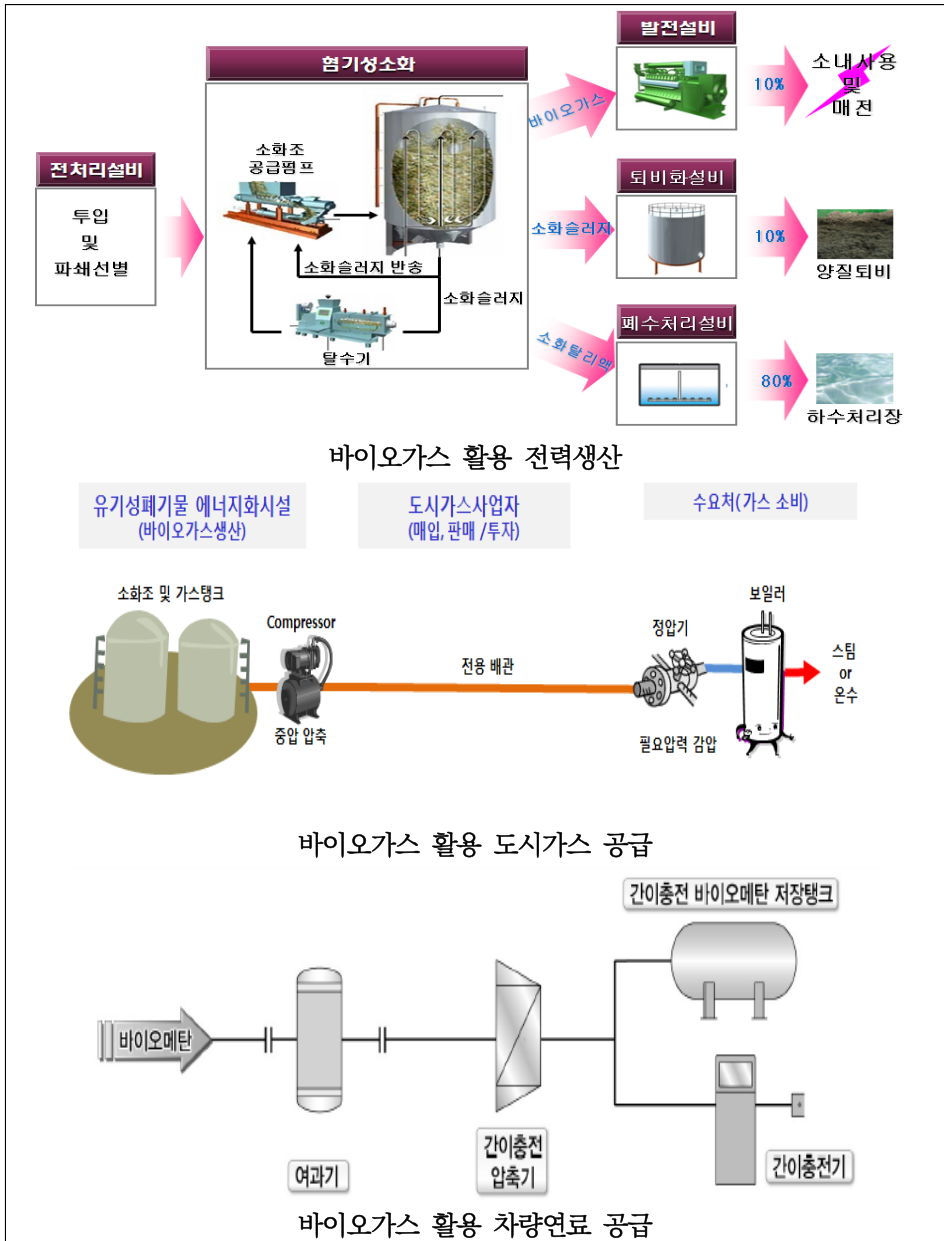


# 5장 잉여바이오가스 활용 방안

## 1절. 지자체 바이오가스 활용 방안

### 1. 국내 바이오가스 활용 현황

- 바이오가스의 주성분은 메탄(53~70%)과 이산화탄소(30~47%)이며, 황화수소( $H_2S$ )를 비롯한 암모니아( $NH_3$ ), 수소( $H_2$ ), 질소( $N_2$ ), 그리고 일산화탄소( $CO$ ) 등 미량가스(trace gas)를 포함하고 있음
- 이러한 바이오가스 활용 기술은 보일러 열원 혹은 열병합발전 및 연료전지에 의한 열과 전력 생산, 그리고 정제 후 자동차 연료 혹은 도시가스 배관망에 직접 주입하여 천연가스로 이용하는 기술로 분류 가능함
- 국내 생산되는 바이오가스에 대한 활용은 크게 3가지로 구분되어짐
- 우선 자체 가온보일러를 통해 자체 이용하는 방안과 대전광역시와 같이 열병합발전소 등에 직접 공급하여 연료로 활용하는 방법 그리고 바이오가스를 발전을 통하여 전기에너지를 생산하는 방안이 있음
- 자체 가온보일러의 생산된 바이오가스 생산의 약 1/3이 사용되고 있으며 외부 공급은 그보다 약간 낮은 약 30% 활용되고 있음
- 발전하여 전기에너지를 생산하는 방법은 약 20% 사용되고 있으며 생산된 전기는 시설 자체 사용과 주말 등 생산된 전기가 남을 때는 한국전력에 직접 판매를 하고 있음
- 또한 미활용하여 연소처리하는 것도 약 16%가 넘기 때문에 이를 활용할 수 있는 방안들을 환경부를 비롯해 각 지자체에서 조사하고 있음
- 최근에는 앞에서 소개했듯이 바이오가스 고질화를 통해 도시가스에 직접 활용하거나 직접 자동차에 공급하여 활용하는 방안들을 도입



[그림 5-1] 바이오가스 활용 방안(대전도시공사)

- 다만 고질화에 대해서는 아직 고질화 설비의 공사비용 증가와 이를 유지하는 비용 등의 부담으로 많은 지자체에서 설비 도입에 어려움을 겪고 있음
- 국내 고질화 설비는 현재 강원도 3곳에 설치 준비하고 있으며 이를 통해 경제성 분석이 정확히 이루어지면 국내에서도 추가로 활발히 이용 방안들이 나올 것으로 예상됨
- 또한 정부의 수소 산업 육성 정책에 따라 바이오가스 기반 수소 융복합 충전소 등 시내 수소 버스 등의 활용 방안도 제안되고 있음
- 특히 단순한 수소전기버스 충전용 충전소가 아닌 CNG 충전소, 연료전지 발전시설이나 전기차 충전소와 연계하여 비즈니스 모델 개발에 산업통상자원부에서 시범사업을 진행하고 있음

## 2. 국내 바이오가스 고질화 설비 도입 현황

### 1) 원주시 바이오가스 자동차 연료화 시설 민간투자 사업

- 위 치 : 강원도 원주시 가현동 561-2번지 일원
- 시설규모 : 유기성 폐기물 220톤/일
- 사업방식 : 민간투자사업 (BOO)
- 공사기간 : 착공일로부터 24개월 (現 공사중)
- 사업기간 : 운영개시일로부터 20년간
- 사업자 : (가칭)강원바이오메탄주식회사
- 총사업비 : 29,383 백만 원
  - 조사 및 설계비: 1,102 백만 원, 공사비: 25,912 백만 원,  
부대비: 2,369 백만 원
- I R R : 6.33%(세전)

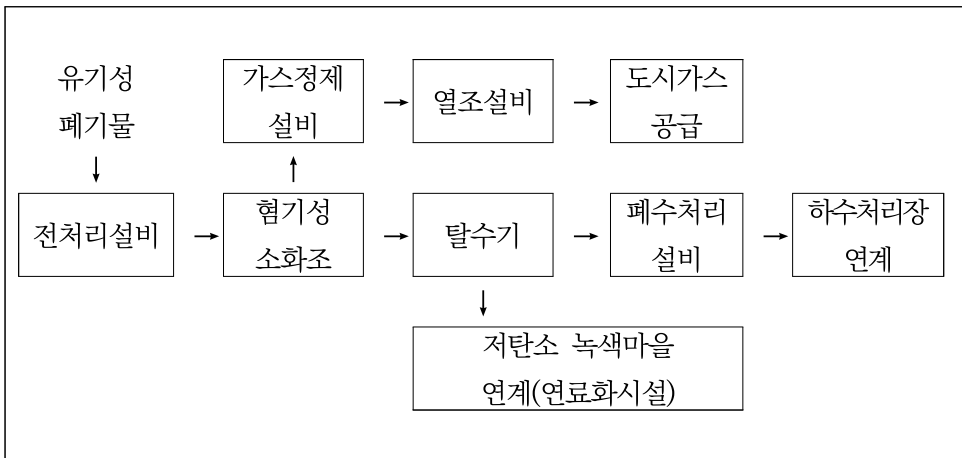


[표 5-1] 원주시 바이오가스 활용 시설 개요

설비명	시설용량	주요구성
반입·공급설비	220ton/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>계량대, 반입장</li> <li>투입구</li> </ul>
전처리설비		<ul style="list-style-type: none"> <li>고상폐기물 저장호퍼(2계열 구성), 액상폐기물 저장조</li> <li>파쇄선별기, 협잡물선별기</li> </ul>
혐기성 소화설비		<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물저장조, 가열혼합조, 혐기성 소화조(습식, 증온소화)</li> <li>바이오가스저장조/소화슬러지저류조</li> </ul>
소화탈리액(폐수)처리설비	200m <sup>3</sup> /d	<ul style="list-style-type: none"> <li>소화슬러지 탈수기(스크류프레스)</li> <li>폐수처리설비(호기성 생물학적처리), 기압부상설비</li> <li>연계처리수조</li> </ul>
슬러지 건조설비	40ton/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>탈수슬러지 저장조</li> <li>탈수슬러지 건조설비 및 건조배가스 탈습탑</li> <li>건조슬러지 이송 및 저장설비</li> </ul>
열원공급설비	2.5ton/hr	<ul style="list-style-type: none"> <li>열원공급 보일러, 보일러 급수탱크</li> <li>증기분배기</li> </ul>
바이오메탄 생산설비	600Nm <sup>3</sup> /hr (바이오가스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오가스 정제설비(Water Scrubbing 방식)</li> <li>바이오메탄 압축, 저장 및 계량설비</li> </ul>
악취방지설비	900CMM (탈취용량)	<ul style="list-style-type: none"> <li>악취 흡입 송풍기-1(고농도), 악취 흡입 송풍기-2(중·저농도)</li> <li>악취방지설비(약액세정탑 + 바이오필터 + 습식세정탑)</li> </ul>

## 2) 홍천군 가축분뇨 공공처리 자원화시설

- 위 치 : 강원도 홍천군 북방면 소매곡리 159, 160번지
- 시설규모 :
  - 유기성폐기물 : 100m<sup>3</sup>/일 (가축분뇨 80m<sup>3</sup>/일+음식물폐기물 및 도축 폐기물 20m<sup>3</sup>/일)
  - 바이오가스 정제시설 : 125Nm<sup>3</sup>/hr
- 사업방식 : 재정사업 (기술공모)
- 공사기간 : 착공일로부터 700일 (現 실시설계 중)
- 사 업 자 : 홍천군청 + 강원도시가스 (SK에너지)
- 주요시설 :
  - 유기성폐기물 : 전처리 → 혐기성소화 → 바이오가스
  - 소화슬러지 : 탈수기 → 탈수케익 → 연료화
  - 바이오가스 : 전처리 → 정제(고질화) → 도시가스
  - 탈수 여액 : 생물반응조 → 가압부상 → 홍천하수처리장



[그림 5-2] 홍천군 바이오가스화시설 처리계통도

### 3) 평창 유기성 폐기물 에너지화 설치사업

- 위 치 : 강원도 평창군 진부면 하진부 1리 하수처리장 인근
- 시설규모 :
  - 반입/전처리 시설 : 30톤/일 (음식물 폐기물)
  - 소화시설 : 3,000~3,400Nm<sup>3</sup>/일
  - 정제설비 : 300Nm<sup>3</sup>/hr(Water Scrubbing 방식)
  - 충전시설 : 400Nm<sup>3</sup>/hr (가스압축 후 충전)
- 사업방식 : 실증연구사업
- 공사기간 : 착공일로부터 12개월 (現 공사 중)
- 사업기간 :
  - 1차년도 : 기술개발/고효율화/통합화. 실증플랜트 설계
  - 2차년도 : 실증플랜트 설치, 수송연료 활용방안 확보
  - 3차년도 : 실증플랜트 장기 운전, 상용화 (현단계)
- 사 업 자 : 포스코건설, 영남에너지서비스(SK에너지), RIST(포항산업과학원), 진명환경산업주식회사
- 주요시설 :
  - 바이오가스 저장홀더: 500m<sup>3</sup>      - 음식물파쇄 및 혼합조: 30톤/일
  - 혐기소화시설: 30톤/일              - 정제시설: 300Nm<sup>3</sup>/hr (도시가스 생산)
  - 탈수시설: 27톤/일                    - 충전시설 : 400Nm<sup>3</sup>/hr (차량연료화)
  - 수처리시설: 29톤/일

## 2절. 대전바이오에너지센터 적용 방안

### 1. 바이오에너지센터 생산 현황

#### 1) 바이오에너지 설계 현황

- 설계 용량 : 26,318 Nm<sup>3</sup>
- 계획 판매량: 24,252 Nm<sup>3</sup>
- 계획 자체용량: 4,229 Nm<sup>3</sup>
  - 전량 소내 사용량이며 비상시 생산전량 소각

#### 2) 바이오에너지 현재 생산 및 사용 현황

- 설계용량: 31,454 Nm<sup>3</sup>
- 판매량: 23,490 Nm<sup>3</sup>
- 자체이용량: 681 Nm<sup>3</sup>
  
- 대전바이오에너지센터는 안정적인 운전으로 설계 시 계획 용량보다 약 20% 증가한 바이오가스를 생산하고 있으며 특히 소화조 온도를 유지하는 보일러 사용에도 최소한의 바이오가스 사용으로 많은 양을 추가적인 에너지 활용을 할 수 있게 되었음
- 하지만 대전바이오에너지센터의 정제설비 정기점검이나 보수 등과 열병합 발전소의 바이오가스 활용 보일러의 설비 점검이나 보수 등으로 인하여 가스 공급이 어렵게 되어 열병합발전소의 판매량은 생산량에 따른 증가가 없음
- 특히 매립장에서 나오는 매립가스의 황화수소 농도 증가로 인한 가스 활용이 어려운 사항도 있어 황화수소 농도를 확실히 제거할 수 있는 설비의 추가나 각 바이오가스 전처리 설비에 대한 주기적인 유지보수로 설비 고장 최소화로 활용도를 높일 필요가 있음

## 2. 대전바이오에너지센터 적용 방안


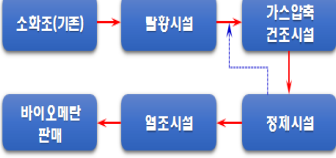
- 대전바이오에너지 센터에서 생산되는 바이오가스는 혐기성 미생물의 유기물 분해에 따라 발생하는 메탄으로 메탄가스의 경우 물질의 특성상 연소가 용이하고, 저위발열량이 약 8,500kcal/m<sup>3</sup>로 도시가스인 LNG의 발열량과 거의 비슷한 수준으로 연료로서 높은 활용가치가 있음
- 이러한 바이오가스 특성에 따라 최근 도시가스 공급, 보일러 연료로 활용한 전력생산, 자동차 등 수송기계의 연료사용 등 다양한 용도로 활용되고 있는 실정
- 따라서 대전바이오에너지센터에서 생산되는 바이오가스의 활용할 수 있는 방안은 기존 바이오가스 활용 현황과 기술 등을 검토한 결과, 발전과 고질화를 통한 추가적인 수요방안을 마련하는 2가지 방법을 제안할 수 있음

**[표 5-2] 대전바이오에너지센터 활용 방안**

구분	전력생산	바이오가스 고질화	
		도시가스공급	차량연료
정제방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황화수소, 수분, 탄화수소 정제 필요</li> <li>• CO<sub>2</sub> 분리 불필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황화수소, 수분, 탄화수소 정제 필요</li> <li>• 수요처 요구 조건에 따라 이산화탄소 분리 가변적 적용가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황화수소, 수분, 탄화수소 정제 필요</li> <li>• 이산화탄소 분리필요</li> <li>• 메탄함량 : 95%이상 필요</li> </ul>
수요처	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가스엔진, 증기터빈 등 자체 전력생산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시가스사업자, 산업체 공장 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자동차, 철도, 선박 등</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고효율 에너지(전력) 생산</li> <li>• 발전설비에 따른 공사비 및 유지관리비 증가</li> <li>• 부하변동 대처가 어려워 전기생산 효율 저하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 투자 및 유지비용 최소화</li> <li>• 생산량 부하변동에 따른 대처가능 (실시간 공급가능)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이산화탄소 정제시설 및 충전시설 설치로 공사비 증가</li> <li>• 부하변동 대처 미흡 (공급시간에 따른 충분한 저장용량 확보 필요)</li> </ul>

- 바이오가스의 발전을 통한 전기에너지 생산은 현재 바이오에너지센터에 있는 가스 전처리시설로 가스터빈에 직접 사용할 수 있어 초기 투자비와 운영비가 낮아 현실적으로 가장 적합한 대안이 될 수 있음
- 발전을 통한 전기 생산은 투자나 운영 면에서 이득이 있지만 생산된 전기를 소내 사용이나 한국전력 등의 매전할 경우 이에 대한 수익이 낮을 수 있어 충분한 경제성 평가를 진행한 검토는 필요
- 바이오가스의 고질화는 기존 설비에 정제시설 투자와 이를 운영하기 위한 유지운영비가 기존 설비에 약 3배가량 들어가기 때문에 활용 측면에서는 사업을 시작하기가 어려울 수 있음
- 다만 정제된 바이오가스는 실제 도시가스 등과 같은 높은 열량을 가지고 있어 많은 활용 방안을 만들 수 있다는 장점이 있음
- 특히 현재 대전바이오에너지센터에서 열병합발전소에 공급하고 있는 가스라인을 통해서 직접 도시가스 공급자에게 판매도 가능하며 대전시 CNG 시내버스에 연료로도 활용할 수 있음
- 또한 정부에서 추진하는 전기/수소 융복합 충전소 모델에도 활용할 수 있어 정부사업에 참여하여 국비를 확보할 수 있는 사업에 참여할 수 있어 잉여가스 활용을 위한 적극적인 준비가 필요
- 대전바이오에너지센터는 현재 국가 온실가스 감축의 주요 정책인 온실가스 배출권거래제 대전광역시 대상 사업장으로 잉여가스 활용을 통한 외부사업이나 추가적인 온실가스 감축 효과를 얻을 수 있으며 이는 연간 20,000 ~ 30,000 톤의 해당되는 것으로 추정되며 배출권으로 환산하면 연간 5억 원에서 10억 원에 해당
- 대전광역시는 앞으로 음식물자원화시설의 새로운 활용 방안과 제2매립장 건설 등 바이오가스 또는 매립가스의 생산량이 증가 될 수 있어 대전광역시에서 활용하는 신재생에너지를 다양하게 하고 온실가스 감축 효과 등으로 경제적·환경적 가치를 가져올 수 있는 적극적인 방안들을 모색할 필요가 있음

[표 5-3] 대전바이오에너지센터 활용 방안 비교

구 분	바이오가스 발전	바이오가스 정제연료 판매
개 요	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 음식물광역자원화시설에서 발생하는 바이오가스를 공급받아 발전에 적합하도록 전처리 후 가스터빈을 이용해 전력생산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 음식물광역자원화시설에서 발생하는 바이오가스를 공급받아 업그레이딩 공정을 통해 바이오메탄을 생산 후 도시가스공급자에게 판매</li> </ul>
개념도		
장단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기투자비가 낮음</li> <li>바이오가스를 전처리 후 가스터빈 연료로 사용함으로써 운영비가 낮음</li> <li>운영비는 낮으나 상대적으로 매전에 따른 수익이 낮아 경제성이 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 시설에 도시가스 배관이 연결되어 있어 판매 유리</li> <li>바이오가스를 고순도로 정제 후 연료로 판매함으로써 에너지 손실이 작아 경제성이 높음</li> <li>초기투자비와 운영비가 바이오가스 발전에 비해 높음</li> </ul>
경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설투자비: 약 21.5억</li> <li>운영비: 약 2.7억/년</li> <li>수익: 약 3.5억/년                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 순이익: 약 0.8억/년</li> </ul> </li> <li>※일 6,000Nm<sup>3</sup> 전처리 후 발전</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설투자비: 약 27.1억</li> <li>운영비: 약 8.9억/년</li> <li>수익: 약 10.5억/년                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 순이익: 약 1.6억/년</li> </ul> </li> <li>※일 6,000Nm<sup>3</sup> 정제 후 연료로 판매</li> </ul>

## 참고문헌

- 관계부처 합동(2018) 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안
- 김남천 외(2008) 혐기성소화공정에 의한 바이오가스화의 기술 원리 및 응용, 한국유기성폐자원 학회 편집위원회
- 김창현 외(2007), 바이오가스 생산시설을 이용한 가축분뇨자원화, 농어촌과 환경 No. 95 105-117
- 대전광역시(2018) 대전광역시 2030 온실가스 감축 로드맵
- 에너지관리공단(2014) 신재생에너지공급의무화 제도 개요
- 유명진(2011) 하수처리장 에너지자원화를 위한 잠재력 평가 및 활용기술 동향, 서울시정개발연구원
- 이동진(2017) 유기성폐기물 바이오가스화 기술 현황 및 전망, 한국환경산업기술원
- 이진휘 외(2013) 자동차용 연료로서 바이오가스의 현황 고찰, 한국응용과학기술학회지 30권4호, 740-753
- 조지혜 외(2014) 폐자원 및 바이오에너지의 용도별 적정 배분방안(I): 바이오가스를 중심으로, 한국환경정책평가연구원
- 한국환경공단(2018) 대전광역시 2030 온실가스 감축목표(안)
- 환경부(2012) 음식물류폐기물 관리 정책 방향 및 개선방안 연구
- 환경부(2020) 유기성폐자원 바이오가스화시설 현황





대전세종연구원

DAEJEON SEJONG RESEARCH INSTITUTE

34863 대전광역시 중구 중앙로 85 (선화동)  
TEL. 042-530-3500 FAX. 042-530-3508  
[www.dsi.re.kr](http://www.dsi.re.kr)