

국내외 천연가스 대체 바이오에너지의 기술개발 연구현황 분석

2012. 2

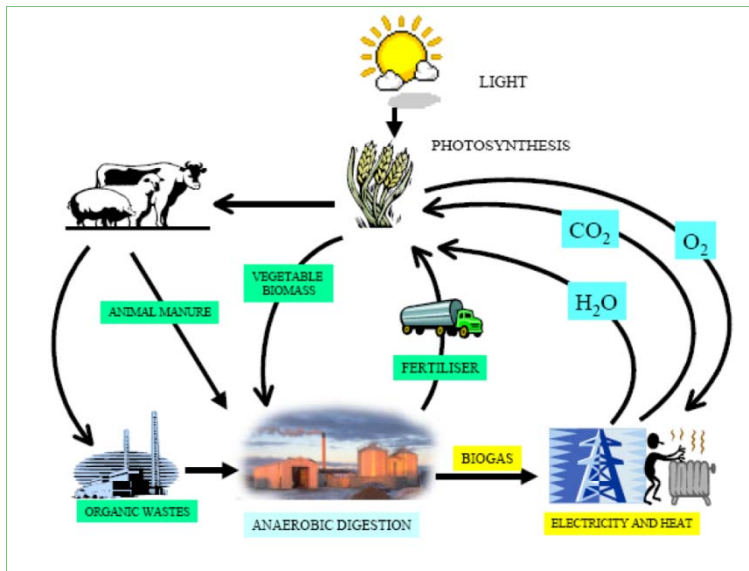
김 재 곤
(jkkim@kpetro.or.kr)

바이오가스의 현황

■ 바이오가스의 도입 필요성

- 바이오가스(CH_4 성분)를 생산하여 연료로 사용 시, 온실가스 저감효과는 바이오디젤과 바이오에탄올 보다 큼(지구온난화지수가 CO_2 에 비해 21배인 메탄 배출 억제효과)
- 바이오가스는 자국의 폐기자원을 에너지화, 기존 천연가스 인프라 활용가능

■ 바이오가스의 자원순환 시스템



■ 해외동향

➢ 유럽

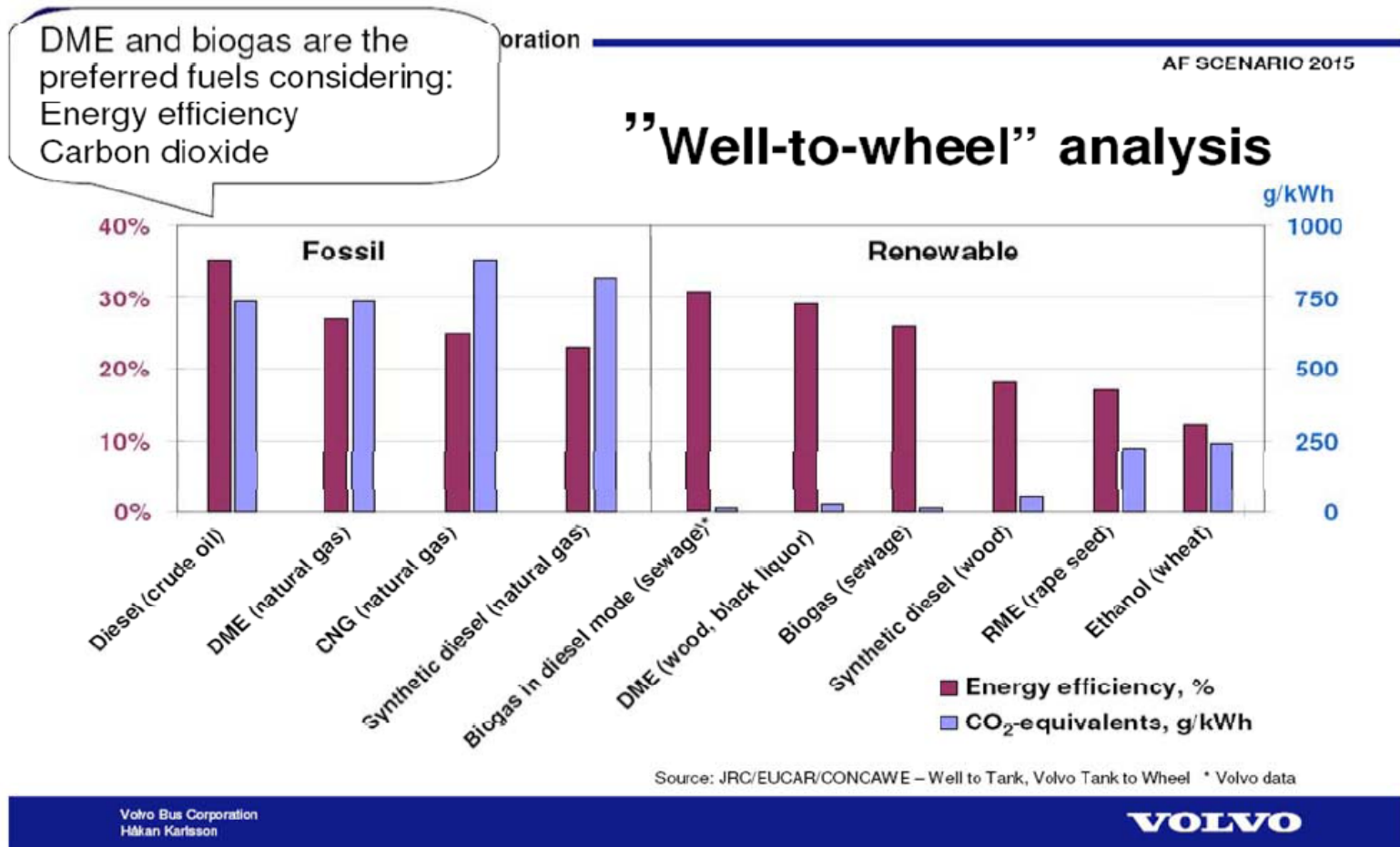
- 천연가스 일정비율을 바이오가스로 대체 중
- 스웨덴 : 수송용 바이오가스 세계 최초 보급 중
'20년 수송부문의 화석연료 20% 대체예정
- 독일 : '30년까지 천연가스 10%를 바이오가스/합성 천연가스로 대체 의무화

➢ 일본

- 가스회사의 비화석에너지 공급의무화
- 동경가스, 오사카가스 등에서 천연가스에 바이오가스 혼합

바이오가스의 배출특성

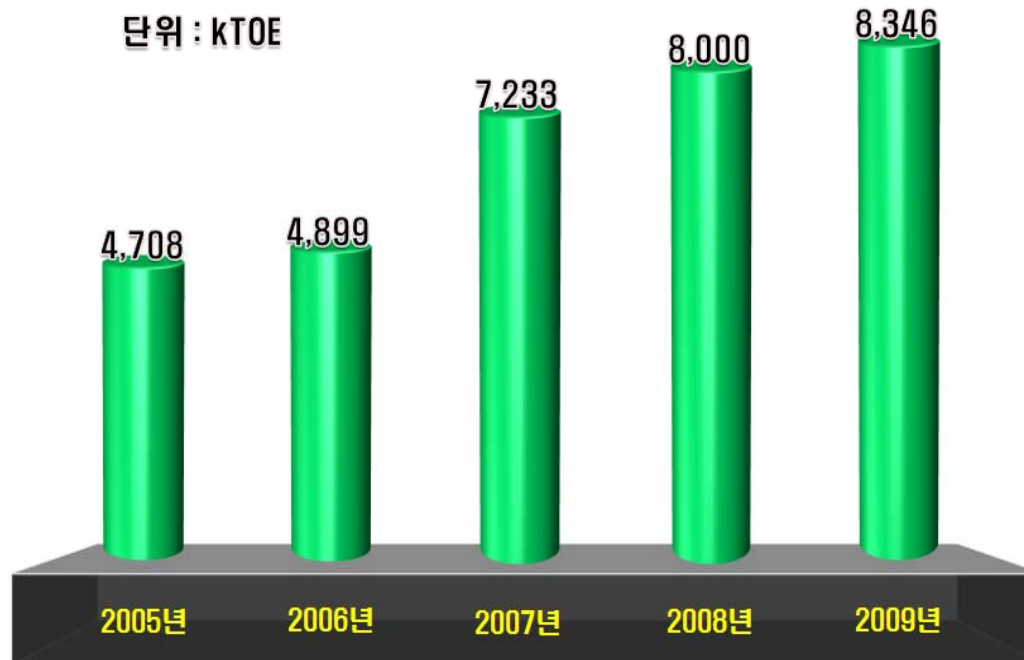
■ 차량 배출특성



국외 바이오가스 플랜트 개발 현황

■ 국외 바이오가스 플랜트

- 유럽국가의 바이오가스 발생량은 2009년 약 8,346 kTOE
- 2007년 바이오가스 발생량은 2006년 대비 47% 증가로, 매년 증가 추세

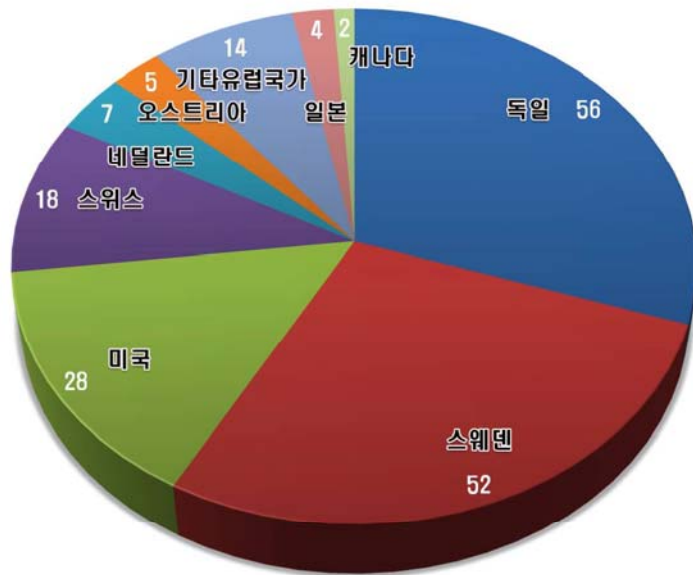


<유럽국가의 바이오가스 발생량>

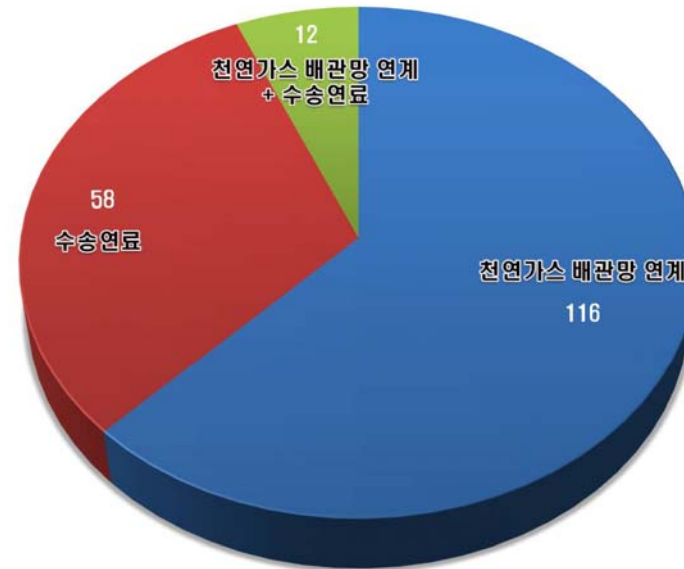
국외 바이오가스 플랜트 개발 현황

■ 국외 바이오가스 플랜트 현황

- 독일, 스웨덴 등 유럽 위주로 바이오가스 고질화 플랜트 개발 및 활용 중
- 전체 186개 바이오가스 고질화 플랜트 중 116개소가 천연가스 배관망 연계 바이오메탄 공급



<국가별 바이오가스 고질화 플랜트 설치 현황>



<고질화 바이오메탄 활용 현황>

국외 바이오가스 고질화 기술개발 현황

■ 국외 바이오가스 고질화 기술 보유현황

회사명	이산화탄소/메탄분리 기술	최종산물	국가명
Prometheus Energy	심냉법	액화바이오메탄	미국
Acrion Technology	심냉법	액화바이오메탄	미국
Malmberg	물흡수법(Water Scrubbing)	바이오메탄	스웨덴
Flotech	물흡수법(Water Scrubbing)	바이오메탄	스웨덴
Purac	화학적흡수법(Amine)	바이오메탄	스웨덴
DMT	물흡수법(Water Scrubbing)	바이오메탄	네덜란드
Air Liquid	멤브레인법	바이오메탄	프랑스
Xebec	흡착법(PSA)	바이오메탄	캐나다

국내 바이오가스의 현황

■ 유기성 폐자원 바이오가스화 시설현황

(단위 : 개소수, 톤/일)

구분	계	음식쓰레기	음폐수	가축분뇨	하수슬러지	병합*
시설수	38	1	4	6	17	10
시설용량	19,851	200	1,745	500	12,803	4,603

* 병합 : 2종류 이상의 유기성폐자원으로 바이오가스를 생산하는 시설

■ 바이오가스 활용 현황('08 기준)

(단위 : 천Sm³, %)

바이오가스 생산량	용도별 이용량				단순 처리량
	계	발전	가스판매	자체이용	
44,383	37,362 (84.2)	8,749	1,561	27,052	7,021 (15.8)

국내 수송용 바이오메탄 플랜트 기술개발 현황

■ 국외 바이오가스 고질화 기술 보유현황

기관명	설치위치	최종 생산물	CO ₂ /CH ₄ 분리공정	시설규모 (m ³ /h)	비고
한솔이엠이	수도권매립지	LBM	흡착공정	200	기술도입
에너지기술연구원	대전	CBM	흡착공정	500	기술개발
한국화학연구원	수도권매립지	CBM	멤브레인공정	60	기술개발
한라산업개발	수도권매립지	CBM	흡착공정	600	해외기술도입
에코에너지 홀딩스	서울 서남물재생센터	CBM	Water scrubbing	210	해외기술도입
현대건설	인천 청라 환경사업소	CBM	흡착공정	250	기술개발 중
진명환경산업(주)	경기도 고양시	BM	흡수공정	-	기술개발

국내 수송용 바이오가스 개발 현황

● 서울 서남하수처리장 바이오가스 자동차연료화 사업

- 시설용량: 하수슬러지 바이오가스 2,940m³/일 정제시설
- 정제기술: 흡수법(Water scrubbing, 스웨덴)
- 추진현황: 2009. 5 완공
- 정제 바이오메탄 활용현황: 영업용 택시(200대 이용)
- 100% 바이오메탄 차량 충전

● 강릉 하수처리장 바이오가스 차량연료화 사업

- 시설용량: 하수슬러지 바이오가스 550m³/일 정제시설
- 정제기술: 흡수법 (Water scrubbing, 스웨덴)
- 추진현황: 2010. 5 준공
- 정제 바이오메탄 활용: 시내버스, 청소차량, 일반 승용차량 공급 (예정)

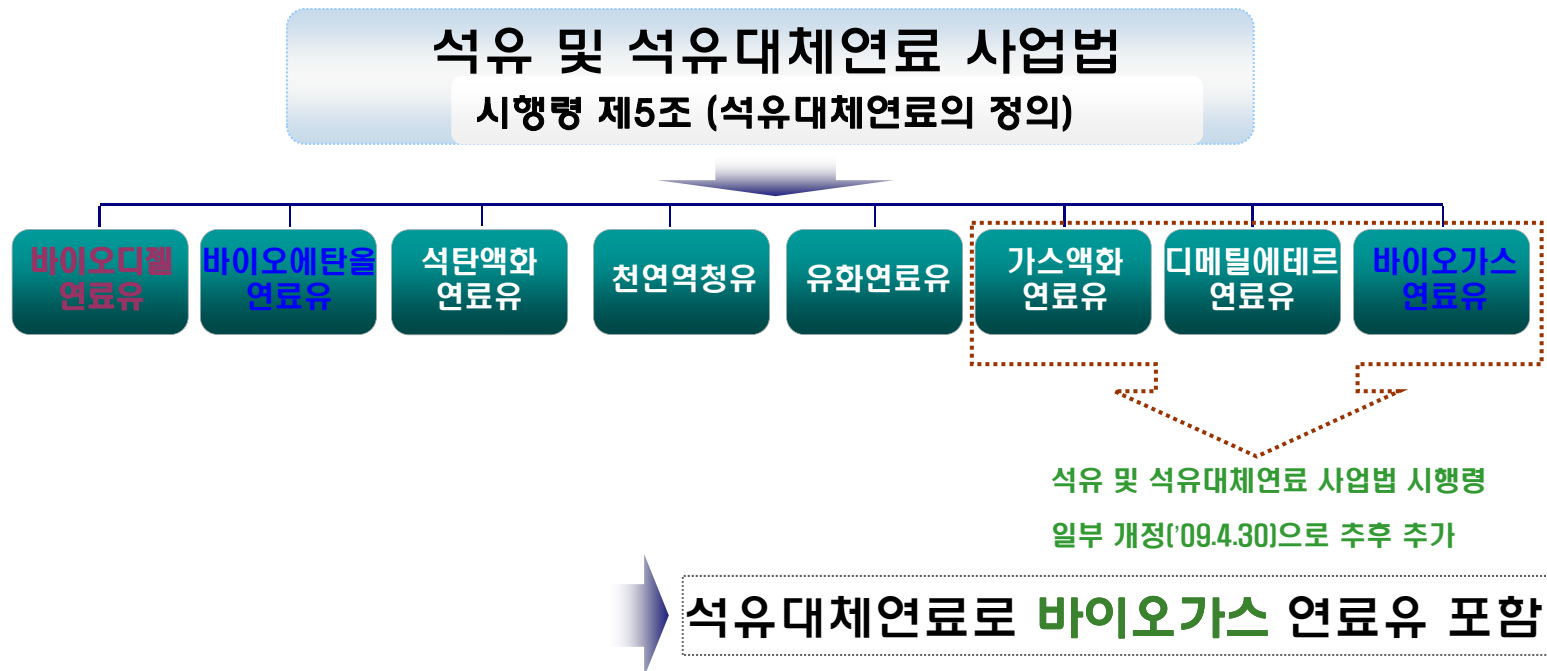
● 수도권매립지 음폐수 바이오가스 자동차연료화 사업

- 시설용량: 음폐수 바이오가스 10m³/min 정제시설
- 정제기술: 흡착법(PSA, 캐나다)
- 추진현황: 2010. 12 완공
- 정제 바이오메탄 활용 계획: 천연가스 차량(버스), CNG 충전소 공급(최대 22%)
- 100% 바이오메탄 및 바이오메탄-CNG 혼합연료 차량 충전 가능(5월 초)



국내 관련 법령

- 배경 : 다양하게 개발되고 있는 석유대체연료의 품질기준과 제조·판매업의 시설기준을 정하여 품질을 적정하게 유지하고 유통질서를 확립
- 법률 제명 : 석유사업법 → 석유 및 석유대체연료 사업법
- 시행시기 : 2006. 1. 1



국내 바이오가스 관련 법령

■ 도시가스사업법

- 도시가스사업법 개정 (2009. 3. 25.)으로 기존 LNG, LPG+Air 이외에 "바이오가스, 석탄 SNG 등"이 도시가스의 범위에 새롭게 포함
- "천연가스외의 가스공급시설기준 등에 대한 특례고시"(10. 9/28)
 - 바이오가스 등의 제조자와 판매사업자를 구분하고 도시가스사를 통해 안정적으로 가스를 공급토록 규정

■ 대기환경보전법

- 대기환경보전법 시행규칙 별표 33 < 자동차연료 · 첨가제 또는 촉매제의 제조기준 > 을 설정

<천연가스 제조기준>

항목	제조기준
메탄(부피 %)	88.0 이상
에탄(부피 %)	7.0 이하
C ₃ 이상의 탄화수소(부피 %)	5.0 이하
C ₆ 이상의 탄화수소(부피 %)	0.2 이하
황분 (ppm)	40 이하
불활성가스(CO ₂ , N ₂ 등) (부피 %)	4.5 이하

국내 바이오가스 관련 법령

■ 대기환경보전법

- 대기환경보전법 시행규칙 별표 33 < 자동차연료·첨가제 또는 촉매제의 제조기준>을 설정

<바이오가스 제조기준>

항목	제조기준
메탄(부피 %)	88.0 이상
수분(mg/Nm ³)	32 이하
황분 (ppm)	10 이하
불활성가스(CO ₂ , N ₂ 등) (부피 %)	5.0 이하

국외 바이오가스 품질기준 - 스웨덴

■ 수송용 바이오가스 품질기준

- 스웨덴만이 세계에서 유일하게 수송용 바이오가스 품질기준을 설정하여 운용 중
- 1999년에 자동차 제조업체의 요청에 의해서 자동차 연료로 공급 사용하는 바이오가스 품질기준(Swedish standard SS155438, Motorbranslen) 설정

<스웨덴의 바이오가스 품질기준 (SS 15 54 38)>

Property	Unit	Biogas type A	Biogas type B
Heating value	MJ/Nm ³	44.7~46.4	43.9~47.3
Methane Content	Vol%	97±1	97±2
Water Dew Point	°C	t-5	t-5
Water Content, max	mg/Nm ³	32	32
CO ₂ + O ₂ + N ₂ , max	Vol%	4.0	5.0
O ₂ , max	Vol%	1.0	1.0
Total Sulfur, max	mg/Nm ³	23	23
Nitrogen compounds	mg/Nm ³	20	20
Maximum size of particles	μm	1	1

t : lowest average daily temp. on a monthly basis.

국외 바이오가스 품질기준 -스위스

■ 산업용(배관주입용) 바이오가스 품질기준 운용

- Unlimited gas injection : 도시가스 연계 또는 자동차 연료 활용(엄격한 기준)
- Limited gas injection : 고발열량 및 고품질을 요구하지 않는 수요처 대상

<스위스의 가스주입 품질기준(G13)>

Property	Unit	unlimited gas injection	limited gas injection
Wobbe index	vol-%	> 96	> 50
CO ₂	vol-%	< 6	< 6
O ₂	vol-%	< 0,5	< 0,5
H ₂	vol-%	< 5	< 5
Gas relative humidity	phi	< 60%(상대습도)	< 60%(상대습도)
H ₂ S	mg/m ³	< 5	< 5
S total	mg/m ³	< 30	< 30
Dust		tf (technically free)	tf

tf : technically free

국외 바이오가스 품질기준-독일

■ 산업용(배관주입용) 바이오가스 품질기준 운용

- 독일바이오가스협회, 독일 물 및 가스협회 공동으로 바이오가스 품질기준 제정(G262)
- 천연가스 품질기준 (G260) 기초
- H- gas grid : 무제한 주입. 고질화 바이오가스의 고압 배관망 주입
- L-gas grid : 제안적 주입

<독일의 가스주입 품질기준(G260/G262)>

Property	Unit	Standard
Higher Wobbe index	MJ/Nm ³	46,1 – 56,53 in H gas grids 37,8 – 46,85 in L gas grids
Relative density	vol-%	0.55 ~0.75
CO ₂	vol-%	< 6
O ₂	vol-%	<3 (in dry distribution grids)
Water Dew Point	°C	<t (ground temperature)
S total	mg/m ³	<30
Dust		technically free

국외 바이오가스 품질기준 - 프랑스

■ 산업용(배관주입용) 바이오가스 품질기준 운용

- 프랑스가스협회에서 2004년 천연가스 배관망 주입을 위한 바이오가스 품질기준 제정
- 산소 및 할로젠, 중금속에 대한 기준 강화

<프랑스의 가스주입 품질기준(G260/G262)>

Property	Unit	Standard
Higher Heating value	MJ/Nm ³	H gas: 38,52 to 46,08 L gas: 34,2 to 37,8
Higher Wobbe index	MJ/Nm ³	H gas: 48,24 to 56,52 L gas: 42,48 to 46,8
Hydrocarbon dew point	°C	< -5 from 1 to 80 bar
Water dew point	°C	< -5 at MOP downstream from injection point (Gergwater correlation)
CH ₄	vol-%	-
CO ₂	vol-%	< 2
O ₂	vol-%	< 0,01
H ₂	vol-%	< 6
CO	vol-%	< 2
H ₂ S	mg/m ³	
S total	mg/m ³	< 100 instant conten < 75 annual average
F	mg/m ³	< 10
Cl	mg/m ³	< 1
Hg	mg/m ³	< 10 (Natural gas) < 50 (Liquefied Natural Gas)
Dust		< 5

국내 바이오가스 품질특성

■ 분석 항목별 검토

- 메탄함량 : B사 메탄순도가 98% 이상으로 분석되었으나,
A사 (90~92%) 및 C사 (약 94%)의 경우, 공정조건 등의 변경으로 메탄순도
향상 유도 필요
- 바이오가스 중의 수소는 0.1 부피% 이하, H₂S는 미검출로 분석됨
- 황분의 경우, 3개사에서 3.7ppm 이하로 분석

항 목	A사			B사		C사			비 고
	#1	#2	#3	#1	#2	#1	#2	#3	
CH ₄ (부피%)	90.7	89.9	92.0	98.7	98.5	94.6	94.7	94.0	
H ₂ (부피%)	0.1 ↓	0.1 ↓	0.1 ↓	0.1 ↓	0.1 ↓	0.1 ↓	0.1 ↓	0.1 ↓	
CO ₂ +O ₂ +N ₂ (부피%)	9.3	10.2	8	1.3	1.5	5.4	5.2	5.9	
H ₂ S (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	
S (ppm)	0.1	0.1	0.1	-	-	3.7	1.3	2.1	

국내 바이오가스 품질분석

■ 유해물질(실록산, 할로겐) 분석

(단위 : ppb)

항목	A사전단1	A사전단2	A사후단1	A사후단2	B사전단1	B사전단2	B사후단1
CH ₄ (%)	63.095	66.188	94.833	95.690	69.692	69.706	97.697
CO ₂ (%)	31.601	32.846	2.069	2.140	28.606	28.627	0.089
O ₂ (%)	1.327	0.265	0.846	0.599	0.432	0.481	0.512
N ₂ (%)	3.975	9.699	2.251	1.570	1.269	1.184	1.701
H ₂ S(ppm)	226.17	248.39	nd	nd	272.27	354.04	nd
D ₄ (ppm)	0.615	0.221	nd	nd	0.224	0.245	nd
D ₅ (ppm)	4.833	2.174	0.171	nd	nd	nd	nd
Freon114	6821.163	8538.932	nd	nd	57511.578	51857.738	nd
Vinyl chloride	7077.357	11628.865	nd	nd	165.710	188.902	nd
Methyl bromide	nd	nd	nd	nd	nd	6815.714	nd
Freon11	498.220	569.670	nd	nd	977.752	950.889	nd
1,1-Dichloroethane	2666.793	2976.752	Nd	47.709	1723.366	1941.142	nd
Dichloromethane	202.301	240.276	nd	3.193	115.422	128.552	48.355
1,1,-Dichloroethane	21.528	22.036	nd	nd	21.436	24.392	nd
1,2-Dichloroethylene	1771.373	106.015	nd	1829.560	nd	nd	2289.220
Chloroform	155.220	128.235	nd	nd	nd	nd	nd

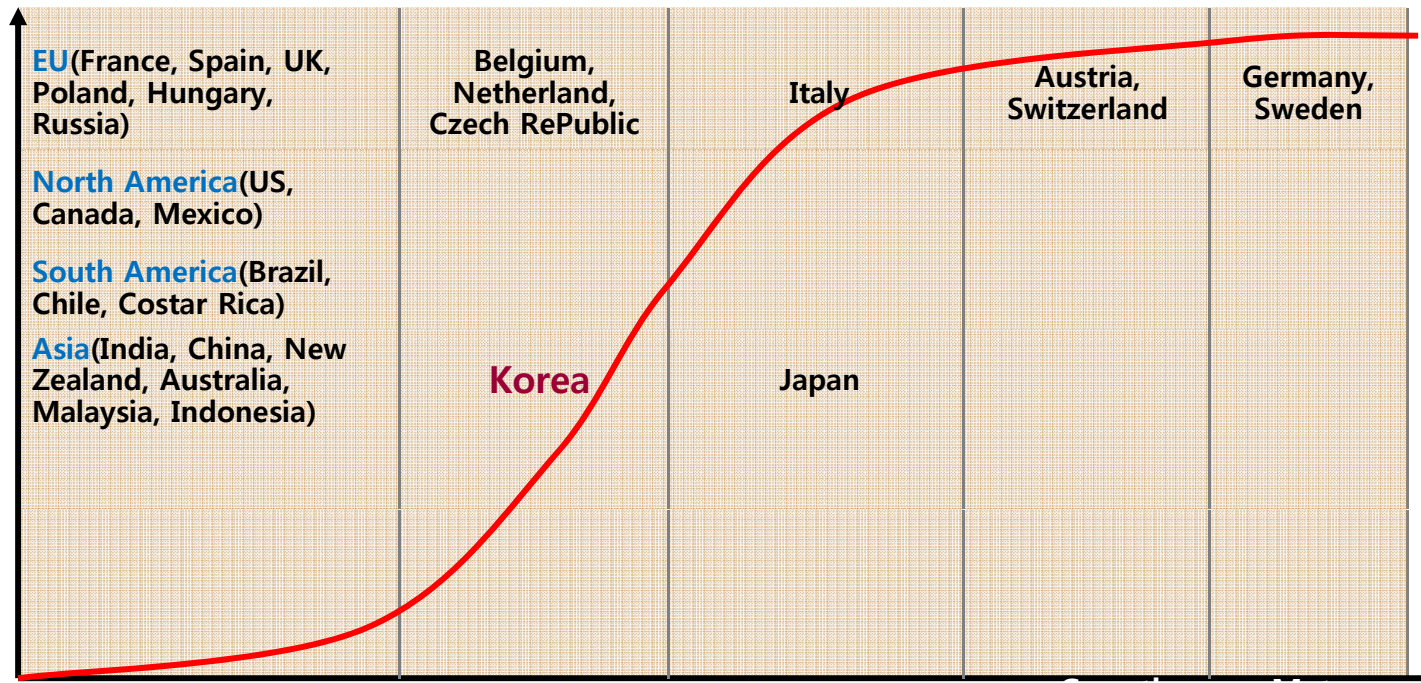
D4; Octamethylcyclotetrasiloxane, D5;Decamethylcyclopentasiloxane

요약

- 국내 바이오연료 중 가장 국산 원료수급 가능하며, 원실가스 저감 효과가 큰 기후변화 대응 가능한 잠재적 연료
- 국내 천연가스 인프라 활용 차량용 연료화 가능
- 국내 수송용 바이오가스 생산기술은 외국 기술에 의존, 국산화 시급
- 국내 수송용 바이오가스 품질은 메탄순도는 평균 95% 수준, 고질화(upgrading)후 차량영향 유해물질 거의 제거
- 수송용 바이오가스의 차량 공급라인의 고무재질에는 거의 영향 없음
- 국산 수송용 바이오가스 기술개발 지원 및 인프라 구축 시급

향후전망

■ 천연가스 대체 바이오가스의 국내외 기술수준 비교



By Nuno Oscar Branco, Industry Analyst, Frost & Sullivan

향후전망

