

2016. 10. 19(수) 조간(온라인 10.18. 12:00)부터 보도하여 주시기 바랍니다.

문의 : 화학(연) 탄소자원화연구소 온실가스 분리화수 연구팀 김정훈 박사(010-9822-4388, 042-860-7513)
화학(연) 대외협력본부 과학확산팀 김대일 팀장(042-860-7823, 010-5024-9764)

음식물 쓰레기로부터 유용한 자원을 생산해내는 분리막 정제공정 개발 성공

- 바이오 가스를 도시가스 및 화학원료가스로 정제하는 분리막 기술 개발, 환경신기술 인증 획득
- 해외기술에 의존하던 메탄 및 이산화탄소 정제 막분리 공정 국산화 성공

□ 한국화학연구원(원장 이규호)은 음식물 쓰레기에서 나오는 온실가스인 메탄 및 이산화탄소의 혼합가스를 고순도로 분리 정제하여 유용한 자원으로 만드는 분리막* 기술을 개발했다.

* 여러 기체가 혼합되어 있는 물질 중에, 원하는 기체만 선택적으로 분리할 수 있는 막소재를 가지고, 막을 직병렬로 다단으로 연결하여 원하는 기체의 순도 및 회수율을 높이는 정제기술

○ 본 기술을 기반으로 한 파일럿 플랜트가 파주에 건설되어 시범운영 중이며, 상용화 성공을 의미하는 환경부 환경신기술 인증을 획득*하고 현재 검증용 진행 중에 있다.

* 환경신기술 인증[제504호]

□ 음식물쓰레기, 하수슬러지, 축산분뇨 등에서 발생하는 바이오가스에는 온실기체인 메탄과 이산화탄소가 들어 있으며 고순도로 정제하면 신재생 천연가스나 화학원료로 활용할 수 있는 가능성이 있다.

○ 하지만 보통 바이오 가스에는 메탄이 60-70%의 농도로, 이산화탄소는 30-40% 농도로 들어있고, 미량이지만 실록산, 황화수소, 암모니아, 수분 등의 불순물이 혼합되어 있어 바로 자원으로 활용하기에는 한계가 있다. 따라서 그동안 음식물 쓰레기와 균주를 혼합해서 발효하는 혐기성 소화 플랜트 연소과정을 거친 후, 여기에서 발생하는 바이오메탄가스를 대부분 발전으로만 활용해왔다.

○ 그러나 최근 기후변화 등의 환경 문제가 떠오르면서 발전의 효율이 낮은 기존 방식에서 한 단계 더 나아가, 바이오가스를 바로 순도 높은 고부가 화학원료나 신재생 천연가스로 전환하는 바이오가스 정제 기술의 수요가 늘어나고 있다. 현재 우리나라에서는 유럽에서 상용화된 기술의 수입에 의존하고 있는 실정이다.

□ 화학(연) 김정훈 박사 연구팀은 국내 최초로 바이오가스 중 메탄과 이산화탄소를 고순도로 분리 회수하여 도시가스, 자동차연료 및 화학원료로 바로 생산할 수 있는 4단 분리막 기술을 개발했다. 본 기술은 우수한 성능과 가격 경쟁력을 가지고 있다.

○ 도시가스(LPG)의 주성분은 메탄인데, 화학(연)에서 개발한 4단 분리막 기술을 적용하면 버려지는 음식물 쓰레기 및 축산 분뇨, 하수슬러지 등에서 발생하는 바이오가스로부터 최대 98%의 메탄을 회수율 98%까지 생산할 수 있어 도시가스로 바로 활용할 수 있다.

○ 또한 95%이상의 고순도 이산화탄소를 95%이상의 회수율로 동시에 회수할 수 있다. 이산화탄소는 탄소자원화* 기술을 거쳐 메탄올, 에탄올, 올레핀, 등의 청정 연료 및 화학제품으로 활용될 수 있어서 향후 온실가스 감축에 기여할 것으로 예상된다.

* 탄소자원화 : 지구온난화의 주범인 탄소 화합물(CO₂, CO, CH₄)을 유용한 자원으로 활용하는 기술혁신 개념. '탄소자원화 발전전략'이 올해 제33차 국가과학기술자문회의(4.21) 및 제1차 과학기술전략회의(5.12)에서 보고되었으며, 현재 국가 전략 프로젝트로 추진되고 있다.

□ 본 공정에 채택된 분리막은 국내에서 개발되어 바이오가스 분리막 세계 시장을 주도하고 있는 독일 및 프랑스, 일본 등의 2단·3단 막분리공정 경쟁기술의 분리막에 비해 가격이 1/3이하로 낮다. 따라서 전체플랜트를 국산화할 경우 설치 비용을 절반 이하로 낮출 수 있어 수입대체 및 수출 효과가 기대된다.

○ 음식물 쓰레기, 축산 분뇨, 하수슬러지 등의 유기성 폐기물에서 신재생 에너지 및 탄소자원화 원료인 바이오가스를 생산·정제하는 전세계 시장 규모는 140조원에 달한다. 국내에서 바이오가스로부터 신재생 천연가스를

정제하여 천연가스를 수입대체할 경우 연 1조원의 경제적 효과를 기대할 수 있다. 또한 해외 바이오가스 의 도시가스, 자동차연료, 탄소자원화를 위한 정제플랜트 시장 진출도 가능하다.

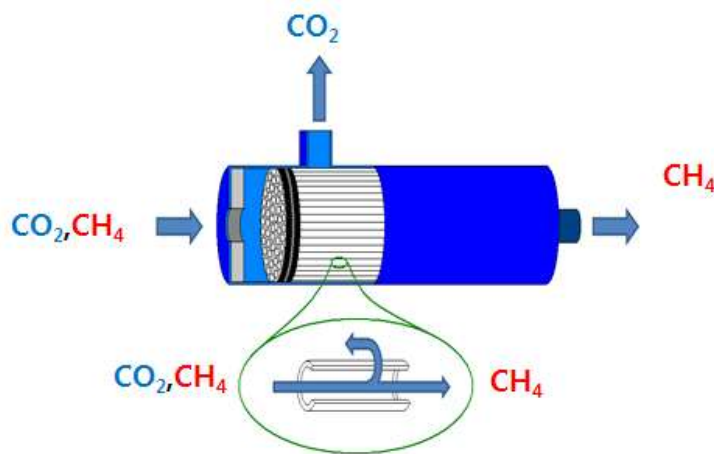
- 화학(연) 김정훈 박사는 “화학(연)의 원천 분리막 공정 특허기술을 기반으로, 참여기관 및 참여업체들의 협력연구와 환경부의 꾸준한 과제지원을 통해 파일럿 플랜트와 상용화에 가까운 실증플랜트를 단계적으로 개발하였다.”고 밝혔다.
- 화학(연) 이규호 원장은 “본 기술은 그동안 독일, 프랑스, 일본 등 일부 기술선진국만이 보유하고 있었던 바이오가스 정제 분리막 공정 기술을 국내 독자기술로 개발해 기술자립을 이루었다는 점에서 의미가 크다. 향후 탄소자원화 원료확보 및 온실가스 저감 및 신재생에너지 확보에도 기여할 것으로 기대된다.”고 밝혔다.
- 본 연구결과는 2011년부터 2016년까지 환경부 Non-CO₂ 사업단(단장: 문승현 박사)의 지원으로, 화학(연)의 총괄주관(탄소자원화연구소 온실가스분리회수 그룹장 : 김정훈 박사)아래 전체적인 막분리공정개발을 기획하고 수행하였으며 (주)한국종합기술(대표이사 : 이강록), 에어레인(주)(대표이사: 하성용)이 참여기업으로 분리막 실증플랜트의 개발을 지원하였다.
- 또한 참여기관으로 청해ENV(주)(대표이사 : 이병관)가 각각 탈황 및 탈암모니아 전처리기술과 (주)시노펙스(대표이사 : 손경익)가 이산화탄소/메탄 분리막 모듈개발을 수행하였으며 파주시의 협조아래 파주시 시설관리공단에 파일럿 및 실증플랜트를 설치하여 연구를 진행하였다
- 화학(연)은 국내 특허(제10-1529130호, 제10-1529129호)를 등록하였으며 향후 바이오가스 시장의 급격한 성장이 예상되는 미국 및 동남아(중국, 인도네시아 등)에 해외 특허를 진행 중에 있다.
- 화학(연)은 올해 창립 40주년을 맞아 새로운 비전으로 “Chemistry for us(우리를 위한 화학), Chemistry for earth(지구를 위한 화학)”을 공표하고 탄소자원화 등 전 지구적 현안을 해결하기 위한 화학기술 개발에 주력하고 있다.

첨부	바이오가스로부터 도시가스 및 탄소자원화용 고순도 메탄 및 이산화탄소 정제용 막분리공정 기술개요 및 주요성과
-----------	--

□ (기술개요) 지구온난화의 주범의 하나인 혐기성 소화조에서 발생하는 바이오가스(메탄가스)를 대상으로 전처리(황화수소, 암모니아, 실록산, 수분 제거)기술, 4단 분리막 재순환공정(메탄정제, 이산화탄소 장제) 기술을 적용하여 최종적으로 98%이상의 메탄순도에 회수율 98% 및 동시에 95%의 이산화탄소 순도에 회수율 95% 확보로 도시가스 및 탄소자원화 원료 확보 가능

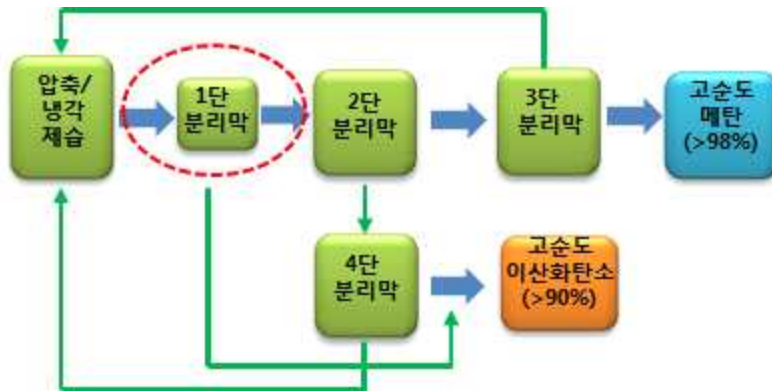
□ 정제공정 원리

- 막분리 기술은 메탄/이산화탄소 혼합기체들의 개별 분자크기, 극성, 분리막 소재의 미세기공 크기 및 극성들의 차이에 따라 분리되며 또한 기체들의 막에 대한 용해도 및 확산도의 차이 발생하는 메탄과 이산화탄소의 투과도의 차이에 의해 분리됨.



- 분리막 공정은 이러한 메탄/이산화탄소의 선택성과 투과성을 가진 분리막 모듈을 대상으로 다양한 배열의 분리막 공정 및 플랜트의 설계 및 이러한 다단의 플랜트의 온도, 압력, 면적비, 조성 등의 운전조건을 최적화하여 최종 분리정제되는 메탄 및 이산화탄소의 순도와 회수율을 최대한 높이기 위한 공정기술임.

- 본 연구에서는 음식물 쓰레기와 축산분뇨 등 유기성 폐기물의 혐기성 소화과정에서 발생하는 바이오가스의 전처리과정(탈황, 탈암모니아, 탈실록산, 제습 등)을 거쳐 잔류한 메탄/이산화탄소 혼합가스를 대상으로, 메탄/이산화탄소 선택성을 지닌 폴리설피온계 중공사막을 채택하여 4단의 막면적비와 각 단별 압력, 유량, 온도 등의 운전조건을 변화하고 최적화시켜 최종적으로 98%이상의 메탄순도에 회수율 95-98% 및 동시에 95%의 이산화탄소 순도에 회수율 95% 확보로 도시가스 및 탄소자원화 원료의 확보가 가능한 4단 재순환 막분리공정기술



□ 정제공정 특징

- 화학(연)이 자체개발한 공정특허 및 파일럿공정 연구를 대상으로 실증플랜트(100Nm³/hr)를 개발하여 파주시설관리공단에 설치하고 상용화 수준의 가동에 성공
- 4단 막분리 재순환 정제공정은 핵심기술로서 메탄 선택성을 지닌

폴리설펜계 중공사막 적용하여 메탄가스 순도 98%이상, 회수율 98%이상 분리 회수할 수 있는 공정기술

- 전세계 처음으로 특허화 된 4단 분리막 공정은 이산화탄소/메탄 선택성이 높고 이산화탄소 투과성이 아주 높고 저렴한 가격의 국산 폴리설펜계 분리막을 저압형 압축기 (10 bar 이하) 1 대에 간단하게 연속적으로 흐르고 재순환하게 설계하고 제작하고 설치한 후에 4단의 막면적비와 단별 압력, 유량, 온도 등의 운전조건을 다양하게 변화 및 최적화시켜 1단에서 고순도 이산화탄소를 사전제거하여 2단 공급가스의 메탄농도를 증가시켜 세계 최고수준의 정제순도 및 회수율을 확보하는 우수한 결과와 운전함으로써 플랜트비 절감, 운전용이, 재순환율 향상시키는 특징을 가짐
- 4단의 막면적비와 각 단별 압력, 유량, 온도 등의 운전조건을 변화시켜 메탄농도, 메탄회수율, 재순환율을 도시가스 요구조건에 맞추어 쉽게 조절이 가능하며 이산화탄소도 고순도, 고회수율로 동시에 확보할 수 있는 독창적인 공정으로 탄소자원화 원료확보 및 온실가스 저감 및 신재생에너지 확보에도 기여할 것으로 예상됨

□ 정제공정 개발과정

- 2011년 11월부터 5년 동안 실험실 규모에서 6Nm³/hr 파일럿 규모를 거쳐 100Nm³/hr 실증플랜트까지 단계별 시설 공정 최적화를 통하여 기술 완성도를 높임
- 전단계 연구 성과를 다음 단계 수행에 FEED - BACK 하여 최적의 공정 개발 및 운전 기술표준화를 통해 상용화 수준의 실증 기술을 개발

○ 분리막 정제 기초공정 (Lab-scale)

- 소형 폴리선폰 분리막 모듈 성능 평가(선택도 및 투과도 평가)
- 순수가스 및 혼합가스에 따른 분리막 투과거동
- 전산모사를 통한 공정 설계



○ 6 Nm³/hr Pilot Plant 정제공정

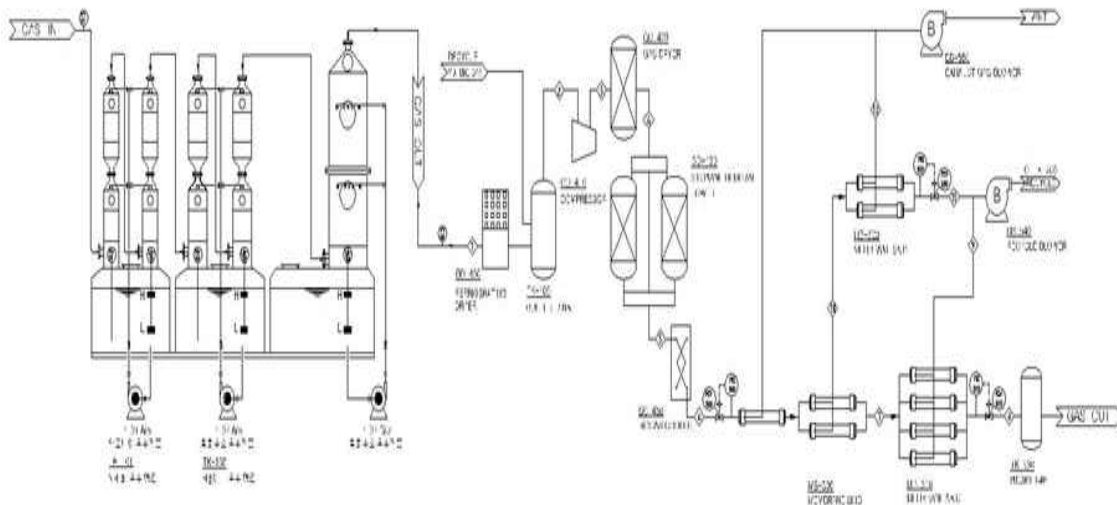


- 파주시시설관리공단에 설치 및 운전
- 고투과성 중형 국산(폴리선폰)중공사막 모듈(2-3 inch) 이용
- 바이오가스 6Nm³/hr일 경우 메탄 순도 98 %이상, 메탄 회수율 95 %이상



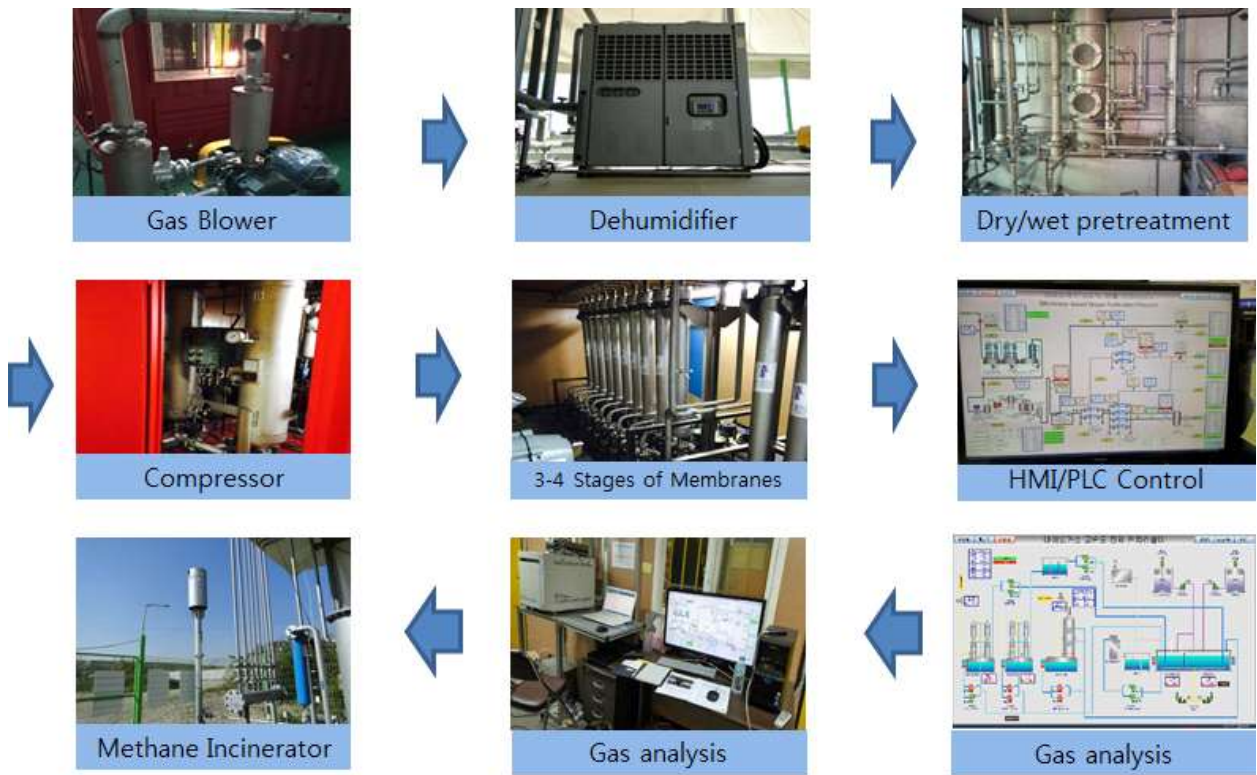
○ 실증(100Nm³/hr) 플랜트 공정

- 전처리 공정(탈황, 탈암모니아, 탈실록산, 제습 등)을 거친 혼합가스를 대상으로, 단일 압축공정을 거쳐 고선택성 폴리설펀계 기체분리막 대형 모듈(4인치)을 직-병렬로 4단으로 추가적인 압축공정없이 압축기 1대를 중심으로 연속흐름 방식으로 상세설계 및 제작하여 파주시 시설관리공단에 설치하여 바이오가스들의 재순환이 가능하도록 효율적으로 배열한 분리막 4단 재순환공정기술
- 최종적으로 도시가스 수준인 메탄순도 98% , 회수율 98%, 그리고 이산화탄소 순도 95%이상, 회수율 95%이상 동시에 분리 회수할 수 있는 막분리 정제기술



구분	유입유량 (Nm ³ /hr)	유입가스		중간가스		CH ₄ 회수율 (%)	재순환율 (%)	CO ₂ 순도 (%)	CO ₂ 회수율 (%)
		CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂				
Case 1	102~105	70~71	30~29	97~98	3~2	98~99	81~83	94~95	97

- 실증 플랜트의 세부 구성



□ 참여연구진 명단

소 속	직 위	성 명
한국화학연구원 탄소자원화연구소 온실가스분리회수그룹	그룹장 (책임연구원)	김정훈
한국종합기술	상무	최근희
시노펙스	전무	이형일
에어레인	대표	하성룡
청해ENV	대표	이병관

□ 파급효과



□ 연구책임자 주요이력



- 인적사항
 - 김정훈(金頂勳, Jeong-Hpoon Kim)
 - 1961년 6월 4일생
 - 한국화학연구원 탄소자원화연구소
온실가스분리회수그룹 그룹장
 - 연락처 : 042-860-7513
 - 이메일 : jhoonkim@kRICT.re.kr

- 학력
 - 카이스트 화학과 박사(1993~1999)
 - 한양대학교 공업화학학과 학사, 석사(1980~1986)

- 경력
 - 캐나다 워터루대학교 박사후 연구원(2000)
 - 한국 공업화학회 학회발전상 수상 (2014)
 - 한국막학회 우수논문상 수상 (2016)
 - 한국막학회 전무이사(2016)
 - 미래창조부 장관상 수상(2016)

특허증

특허증 CERTIFICATE OF PATENT



특허 제 10-1529129 호
Patent Number

출원번호 제 10-2014-0124168 호
Application Number

출원일 2014년 09월 18일
Filing Date

등록일 2015년 06월 10일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention
고순도 메탄가스의 분리를 위한 다단계 막분리 정제공정 및 장치

특허권자 Patentee
한국화학연구원(160171-0*****)
대전광역시 유성구 가정로 141 (장동)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention
has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2015년 06월 10일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허 제 10-1529130 호
Patent Number

출원번호 제 10-2014-0124206 호
Application Number

출원일 2014년 09월 18일
Filing Date

등록일 2015년 06월 10일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention

저온 저압의 운전조건을 특징으로 하는 고순도 메탄가스의 분리를 위한 다단계 막분리 정제공정 및 장치

특허권자 Patentee

한국화학연구원(160171-0*****)
대전광역시 유성구 가정로 141 (장동)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention
has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2015년 06월 10일



특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

환경신기술 인증서(제504호)



제504호

신기술인증서

1. 기술명 : 전처리공정을 거친 바이오가스의 메탄 및 이산화탄소를 저온·저압 조건에서 정제 회수하는 4단 분리막 재순환 공정기술
2. 기술 보유자
 - 가. 성명(법인명) : 한국화학연구원 / (주)청해ENV
 - 나. 생년월일(법인등록번호) : 314-82-00884 / 1284911-0066489
 - 다. 주소(법인인 경우 소재지) : 대전광역시 유성구 가정로 141 / 경기도 파주시 가나말로 143 파주메트로프라자 1동 3층
3. 기술 개요
 - 전처리 공정(탈황, 탈암모니아, 탈실록산, 제습 등)을 거친 바이오가스를 대상으로 메탄 및 이산화탄소를 고회수율로 회수하기 위한 막분리 공정으로, 단일 압축공정을 거쳐 고선택성 폴리설폰계 기체분리막을 4단으로 설치하여 추가적인 압축공정 없이 연속흐름방식으로 재순환이 가능한 기술
 - 분리막 각단별 압력(공급압력 10기압 이하), 온도(0~20 ℃), 단별 면적비율(1단: 2단: 3단: 4단 = 0.02~0.06: 1: 1~3: 1), 전체 막면적 대비 공급 유량비 등 운전조건의 적절한 배치를 통해, 97%이상의 고순도 메탄과 90%이상의 이산화탄소를 각각 92%이상, 90%이상의 고효율로 분리 회수 하는 바이오가스 정제기술
4. 신기술 범위
메탄이 다량 함유된 축분/음식물 쓰레기 혼합시설에서 발생하는 바이오가스로부터 황화수소, 암모니아, 수분, 실록산 등이 전처리된 메탄 이산화탄소 혼합가스를 대상으로 메탄 순도 97% 이상(회수율 92% 이상), 이산화탄소 순도 90% 이상(회수율 90%이상) 분리하는 4단 재순환 막분리 정제공정
5. 유효기간 : 발급일로부터 5년('16.8.22 ~ '21.8.21)
6. 기 타
 - 환경신기술은 유효기간 내에서만 인정됩니다. 유효기간 연장이 필요한 경우는 기간 만료일 120일 전까지 유효기간 연장신청서를 제출하시기 바랍니다.

「환경기술 및 환경산업 지원법」 제7조, 같은 법 시행령 제18조의5제1항 및 같은 법 시행규칙 제6조제3항에 따라 위의 기술을 환경 분야 신기술로 인증합니다.

2016년 8월 22일

환경부 장관

