

축
사
용

메
탄

및

암
모
니
아
가
스

T
D
L
A
S

측
정
장
치
개
발

발간등록번호

11-1543000-000634-01

축사용 메탄 및 암모니아가스
TDLAS 측정장치개발
The development of TDLAS
CH₄ & NH₄ Gas Monitoring System
for the Livestock

(주)한국산업기기

농림축산식품부

(15 포인트 고딕체열)

↑
6cm
↓

농
림
수
산
식
품
부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “축사내 메탄 및 암모니아가스 TDLAS 측정장치 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2014 년 11 월 17 일

주관연구기관명 : (주)한국산업기기

주관연구책임자 : 이종덕

세부연구책임자 : 이종덕

연 구 원 : 김청환

연 구 원 : 김미리

연 구 원 : 이태현

연 구 원 : 백은진

위탁연구기관명 : 경북대학교

위탁연구책임자 : 김은중

SUMMARY

This project for the development of Tunable Diode Laser based Methane(CH₄) and Ammonia (NH₃) component Gas Monitoring System for the Livestock.

The Development System built in the proprietary technology enhanced TDLAS gas detection unit where a 0.1 nm narrow bandwidth diode laser beam is scanned across an absorption band of the target gas, performing a high-resolution near-infrared absorption measurement.

This System consist of the Main Gas Analyzer and Multi-point sampling unit. The main Gas analyzer built-in the very reliable TDLAS module.

The sampling control system has 6 separated gas sampling ports. These ports extended maximum distance 30 meters per point. It can be sampling wide range of area like Land fill sites, Agricultural areas, Livestock facilities and Green houses.

This System reduces research efforts, very cost effective and reliable gas analyzer.

It has a LAN port and can be controlled remotely by mobile phone without special App.

There is a time average sampling menu which can user selectable time intervals from 5 to 60 minutes depends on the sampling distance and point.

There are 5 levels calibration point for the high accuracy and stable value throughout the range of this unit. The System is controlled through the touch screen panel or mouse connected USB port on the front panel for more convenience. This analyzer already utilized for Agricultural, Livestock , Landfill area monitoring, Fuel-cell research, Automobile NH₃ emission test for DeNO_x SCR and more.

CONTENTS

Chapter 1. Abstract

Chapter 2. Current Situation of Technology

Chapter 3. Instruction & Result

Chapter 4. Conclusion

Chapter 5. Achievement and Contribution

Chapter 6. Plan for Future

Chapter 7. Achievement of Scientific Information

Chapter 8. References

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	8
1. 연구개발의 목적 및 필요성	8
(1) 연구 개발의 목적	
(2) 연구개발의 필요성	
2. 연구 개발 내용 및 범위	8
(1)연구개발의 최종 목표 및 주요내용	
(가) 기술 개발의 최종 목표	
(나) 기본 원리	
(다) 가변 다이오드레이저 분광분석 기술의 차별성	9
제 2 장 국내외 기술 개발의 현황	10
1. 국내현황	10
2. 국외현황	10
3. 국외여건분석	11
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	12
1. 연구 개발 수행 내용	12
(1) 기술개발의 목표	12
(2) 년차별 연구개발목표 계획및 세부내용	14
(3) 년도별 연구개발결과 실적과 목표대비 연구개발 수행내용	15
(가) 1차년도 연구개발 목표 및 실행내용	15
(나) 1차년도 수행의 구체적 내용	16
(다) 축사의 온실가스 정량적 방법 측정 기본조사	17
(라) 기본핵심기술의 조달 관련 시장 조사 분석	17
(마) 해외 정보 및 비교 기술 자료의 수집	18
(바) 부품과 기술 선정 사유 및 특징	18
(사) 성과 확인 자료 (핵심기술 선정 조사 분석 및 기술도입 성과)	19
(4) 핵심기술 Diode Laser reaction chamber 설계 및 Module 제작	20
(5) 장치의 성능시험	21
(가) NH3 성능 시험	21
(나) NH3 TDLAS Module의 성능시험 Raw data 시험결과	23
(다) CO2 Gas 에 관한 간섭도 시험Raw Data 결과	23
(라) CH4 성능시험	24
(마) CH4 TDLAS Module의 성능시험 Raw data 시험결과	25
(바) 중앙 제어장치 Microprocessor 성능과 기능 시험	26
(사) 시스템 운영 프로그램 개발	27
(아) 개발 시스템 운영체계와 프로그램 내용	29

(자) Dual Monitoring System-CH4와 NH3 동시측정 시스템 개발 제작	37
(차) 기본구성 부품 선정 및 신뢰성 검토	38
(카) 장치 기본 구성 Diagram 설계 및 작성	39
(타) 시스템 배선 도 및 설계	40
(6) 시제품 완성	41
(7) 연구 성과	42
(가) 2차년도 연구개발 목표	42
(나) 2차년도 목표대비 진도표	42
(8) 개발제품의 목표대비 연구제품의 수행성과	43
(9) 시제품 현장 시험	43
(가) 위탁 시험 내용 및 수행 결과	44
1- 서론	45
2- 연구내용	46
가)동절기 간편 챔버 와 면양을 이용한 시제품 성능 시험	46
가)-1 연구 목적	47
가)-2 재료 및 방법	47
가)-2 시험동물 및 사양관리	47
가)-3 온실 가스 측정	47
가)-4 시험 결과 및 고찰	47
나)하절기 간편 챔버와 재래산양을 이용한 시제품 성능 시험	51
나)-1 연구 목적	51
나)-2 재료 및 방법	51
나)-2 시험동물 및 사양관리	51
나)-3 온실 가스 측정	51
나)-4 시험 결과 및 고찰	51
다) 축사 시설을 이용한 시제품의 현장 시험	55
다)-1 서론	55
다)-2 재료 및 방법과 시험동물 및 사양관리	55
다)-3 온실 가스 측정	55
다)-4 시험 결과 및 고찰	55
3. 시제품의 현장시험 위탁연구 결과	59
제 4 장 결 론	60
제 5 장 목표달성도 및 관련 분야의 기술 발전 기여도	62
1. 목표 달성도	62
2. 관련 분야 기술 발전에의 기여도	63
제 6 장 연구개발성과 활용 계획	65

1. 개발 기술의 사업화 실시계획	65
(가) 사업화 제품의 완성	65
(나) 부속 기능	65
(다) 홍보 등 기술 확산 계획	65
(라) 특허 지적 재산권 상표권 논문 등 지식재산권 확보 계획	65
제 7 장 연구 개발과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보	66
제 8 장 참고 문헌	67

제 1 장. 연구개발과제 개요

제 1 절. 축사내 메탄 및 암모니아가스 가변다이오드레이저 (Tunable Diode Laser Spectrometry : TDLAS) 측정장치 개발

1. 연구개발의 목적 및 필요성

(1) 연구개발의 목적

메탄 및 암모니아 가스의 측정은 기후변화에 대응하는 지속 가능한 발전을 위해 필요한 중요한 기반기술이다. 이는 기후변화예측과 온실가스 저감대책 수립에 중요한 인자인 측정 분석기술로 기반 데이터 수집에 매우 중요한 부분이 되어 있다. 따라서 고가의 측정 분석장치를 수입에만 의존하지 않고 농업부문에서의 현실적 정책수립이 가능하도록, 보다 정확하고 신뢰도가 높으며 사용이 편리하고 경제적인 가변 다이오드 레이저 분광분석장치를 이용한 현장 설치형 메탄과 암모니아 가스 분석 장치를 개발 상용화하는 것이 목표이다.

(2) 연구개발의 필요성

교토의정서 이행에 대한 농업부문에서의 실천전략은 2012년을 기점으로 기반 구축 단계 완료가 예정되어 있고 2013년 부터는 온실가스 D/B 구축 과 보급기술의 확대등을 통한 현실적 감축 등의 자발적 감축대상국가 (NAMA: Nationally Appropriated Mitigation Action)로서의 현실적 인 단계에 돌입할 예정이다.¹⁾ 우리나라농경지의 온실가스 배출량평가-농촌진흥청 2010)

여기에는 세번째 단계 실천사항인 모니터링 시스템구축에 필요한 데이터의 확보가 요구된다 따라서 보다 과학적인 분석과 중장기적인 광범위한 데이터 확보가 중요하다.

2. 연구개발 내용 및 범위

(1) 연구개발의 최종목표 및 주요내용

(가) 기술개발의 최종 목표

- 축사용 메탄 및 암모니아가스 TDLAS 측정장치 개발

(나) 기본 원리

- 가스 분광분석 기술은 자동적으로 연속 포집된 가스 샘플에 해당 성분에 반응하는 파장의 레이저 빛을 특정 셀 내부로 투과시켜 해당 성분이 발광하는 것을 이용하여 미세한 전류의 변화 값을 측정 해주는 기술이다.

종래 비분산 적외선 흡광법등에서는 물과 메탄이 같은 파장 영역대에 존재하여 간섭이 불

가피하였으나 당 개발 기술에 적용하는 레이저 분광파장은 **1650nm (CH₄)**, **1512nm (NH₃)**의 것으로 수분 반응 파장과는 구분된 좁은 파장으로 간섭을 피한 것이 특징이다.

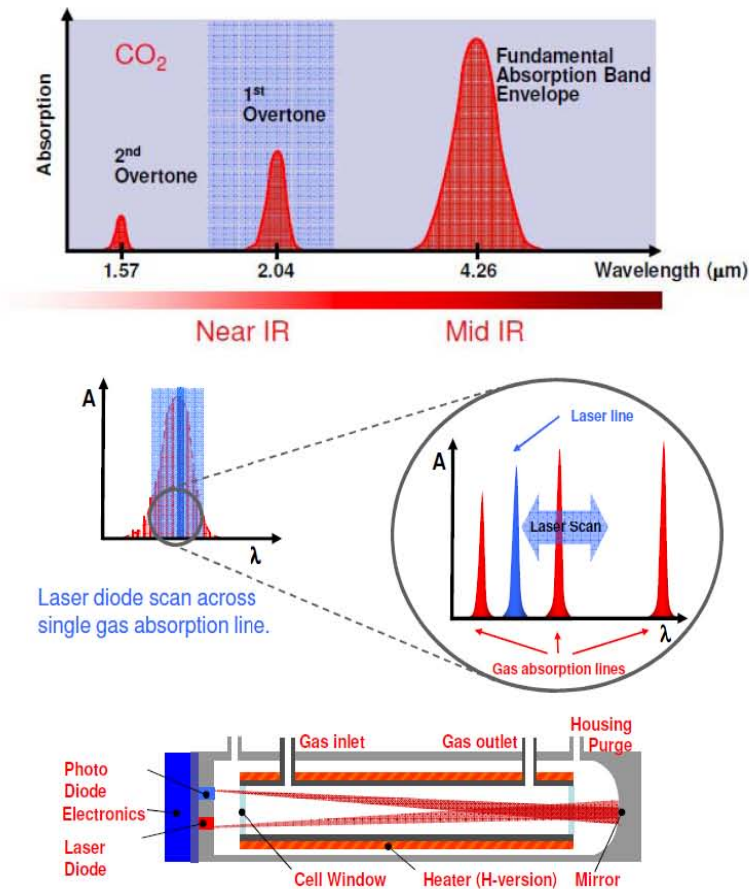


그림 1. 비분산 적외선 분광법에 의한 파장 분포 (그림.위)와 구조. 세분화된 파장의 분광(그림 아래)을 할 경우 내부에 산재된 각 성분별 파장을 이용한 분광분석이 가능

(다) 가변 레이저 분광분석법 (TDLAS)의 차별성 (장점)

- 빛의 파장이 매우 **Narrow** 하여 간섭이 적고 가변성 (**Tunable**)이 좋아 적절한 **Wavelength Laser source**를 얻을 수 있다는 점이다.
 - 매우 빠른 수분의 변화에도 강력하며 한 번의 교정으로 그 상태 값이 오랫동안 유지되어 별도의 잦은 교정 작업이 필요 없고
 - 안정성이 우수하며
 - 측사등의 부식성 성분이 우려되는 지역에서 사용시 센서 자체의 기계적 구조가 없는 구조로 광원자체 부식성이 없어 지속적 관리와 외부적 요소에 의한 고장이 적으며
 - 소모품이 거의 없고
 - 레이저 소스의 수명이 약 **5년** 이상이다.
- 따라서 장점이 더 많은 기술로 옥내 외 수분이 많은 시설의 농업 및 축산 분야 현장 적용에 매우 적절한 기술이라 할 수 있다.

제 2 장 국내외기술 개발의 현황

1. 국내 현황

우리나라는 현재 관련 연구 기자재의 보급 및 연구 인력의 부족과 연구데이터의 공유 등에서 매우 빈약한 상태에 있는 것으로 보고되고 있다

이러한 문제로 대기환경 및 농축산 부문에서의 온실가스 관리수단중 경제적 수단에 적용이 예상되는 배출권거래제에 필요한 정확한 측정 데이터가 부족한 실정이다.

이들 중요성에 대비하여 1993년부터 관련 연구기관에서 대기 와 농경지를 대상으로 하는 메탄 가스의 분석을 시작하여 2000년 이후 각급 연구기관을 시작으로 온실가스 저감기를 확립하기위한 배출 통계 작성을 시작하여 지금까지 단계적인 조사연구가 진행되고 있다. 그러나 이들 연구에 적용된 기술은 대부분 해외 상용화 제품 사용하고 있어 방치될 경우 기술과 경제적인 면에서 향후 지속적 정책의 실현 가능성에 많은 어려움이 예상된다.

2. 국외 현황

해외서는 동급 기술의 개발과 보급에 관련기업들(PICCARO USA, LGR USA, AP2E France GASERA Finland, Cascade technology UK, API UK)의 참여와 기술적 사례 발표등 자국시장과 해외시장 선점을 위한 공격적 투자가 매우 활발하다.

대표적인 사용기술은 Cavity Ring Down Spectroscopy(CRDS)혹은 FTIR 이나 기존의 가스 분류 장치인 Gas Chromatography(GC)등으로 사용자에게 기술적 숙련도와 기술적 배경에 전문성을 요구하고 있고 1회 분석에 소요되는 시간이 길고 가격이 바싸다는 것이 단점으로 지적되고 있다 . 그러나 이들 문제점 외에도 측정기의 광범위한 적용에 필요한 물적, 인적 경제적 부담이 현실적인 현장적용정책을 추진함에 있어서 이들 장치의 적용과 보급에는 어려움이 예상된다. 구체적으로 측정기 당 부담해야하는 비용은 약 US\$50000 ~ US\$80000.- 내외로 국내에서의 기후대책 정책수행에 필요한 수준에는 경제적 어려움과 현실적 실행 등 차이가 있다고 할 수 있다.

최근에 관련 연구기관들의 노력으로 농업부문에서의 온실가스를 대상으로 하는 측정 기술이 발표되고 있으나 적용된 측정 기술은 대부분 해외 상용화 제품을 사용한 것으로, 광범위하고 현실적인 적용을 시행하는데에는 경제적 부담과, 전문인력 확보의 어려움, 측정 기술의 난이도 등 풀어야할 문제점이 내포되어 있어 보다 현실적이고 실천 가능한 분석 장치의 개발이 시급하다.

우리나라는 현재 관련 연구 기자재의 보급 및 연구 인력의 부족과 연구데이터의 공유에서 매우 빈약한 상태에 있는 것으로 보고되고 있다⁽²⁾온실가스점감량 산정에 대한 평가분석 2003 에너지공단)

이러한 문제로 향후 농업 부문에서의 온실가스 관리수단중 경제적 수단에 적용이 예되는 배출권 거래제에 필요한 정확한 측정 데이터가 부족한 실정이다.

온실가스의 측정분야에 해외 기술에 대한 의존도가 심화될 경우 현실적인 정책의 수립과 관리에 매우 큰 경제적부담이 우려되고 측정 데이터 관리 및 기술종속이 심화될 것이 우려된다. 따라서 보다 공정하고 현실적이며 광범위한 정책의 현실적 실행을 위해서

는 신뢰도 높은 국산 기술의 개발을 추진해야하는 것이 필요하다.

3. 국외여건 분석

해외서는 동급 기술의 개발과 보급에 관련기업들을 대상으로 자본의 참여와 기술적 사례 발표등 자국시장 뿐만 아니라 해외시장 선점을 위한 공격적 투자가 매우 활발하다. 최근에 사용되는 기술은 Cavity Ring Down Spectroscopy(CRDS)로 온실가스분야 최초의 적용사례를 토대로 시장을 잠식하고 있다. 또한 FTIR 이나 기존의 가스 분류 장치인 Gas Chromatography(GC)등이 있는데 이들은 사용자에게 기술적 숙련도와 기술적 배경에 전문성을 요구하고 있고 1회 분석에 소요되는 시간이 길다는 것이 단점으로 지적되고 있다. 그러나 무엇보다도 농업 분야의 경우 이들 문제점 외에도 측정기의 광범위한 적용에 필요한 물적, 인적 경제적 부담이 현실적인 현장적용정책을 추진함에 있어서 어려움이 예상된다. 실제로 측정기 당 부담해야하는 비용은 아래 분석표와 같이 폭 넓은 적용에 필요한 수준에는 경제적인 부담이 되고 있다.

항목	제조국 품목				
	제조사	PICCARO (USA)	LGR (USA)	A2PE (FRANCE)	Gasera(Finland)
CH4 범위 분해능		0-100 ppm 10ppb	0-100ppm 10 ppb	0-100ppm 10 ppb	0-100 ppm 10 ppb
NH3 범위 분해능		-	-	0-100 10 ppb	0-100 100 ppb
Method		CRDS	ECRDS	ECRDS	TDLAS QCL
Target		GHG	GHG	GHG Livestock	GHG Livestock Landfill Energy
Price		U\$ 65,000	U\$ 64,000	Euro 53,000	Euro 55,000
** Source from Internatioanl Environmental technology 2009 Jan/Feb					

제 3 장. 연구개발 수행 내용 및 결과

1. 연구개발 수행 내용

1) 개발기술의 목표

당 과제의 연구개발 목적에 의거하여 표1과 같이 측사에서의 측정을 위한 측정 범위와 정밀도 및 원거리 관리 운영 체계구성 그리고 향후 사업화를 위한 해외 진출시 현지 사용자의 눈높이에 맞춘 운영 메뉴의 언어현지화 등 현실적인 목표로 과제를 추진하였다.

표1. 기술개발의 구체적 목표치 및 제원

항목	특성	목표규격	비고
측정방식	가변다이오드레이저 분광법 (TDLAS)*		
측정 항목	메탄	범위 0~100/40000 ppm	100 ppb
	암모니아	범위 : 0~100/500 ppm	100 ppb
	온도	-20 ~ +80 ℃	0.1 ℃
장점	간섭없는 최고 수분 함유량	Max 30% Water	
	타 성분에 대한 간섭	없음	
	분석을 위한 샘플 전처리장치와 주변 제어장치 불필요	다지점 측정용 샘플링 장치	현장상황에 대처가능
	실시간 연속 측정가능	1초단위 및 평균 측정 가능	
	별도 외장 PC 불필요	PC 내장	
분석 속도	T=90% 3초이내		
장치규격	450W X 600 D x 250 H cm	무게 약 10 kg이내	
샘플량	1.5~ 5 liter/min	대기압	
정확도	2% FS		
사용전원	110/220 VAc		
운영체계	Linux		
측정데이터 처리	저장용량	30 GB 이상	
데이터 및 장치 원격 관리방법*	측정 장치의 데이터 수신및 관리를 모바일로 할 수 있도록 프로그램 개발	구체적 제시) 측산 부문의 특성상 주야 장시간 측정을 요구하는바 현장 관리자가 국내외 어디서든 측정 상황을 모바일 폰을 이용하여 검색/ 제어할 수 있도록 프로그래밍기술을 개발. 이 방식은 장치에 탑재된 산업용 소형 컴퓨터가 서버의 역할을 하여 안드로이드 및 기타 운영체제별 통신 가능 하도록 PHP Javascript HTML로 프로그램 개발 장치에 입력한 인터넷의 할당 주소를 모바일에 입력하여 데이터수신. 수신데이터 종류: 현재측정 값, 측정 데이터의 저장 값, 장치의 리셋기능과 원격제어 기능을 프로그램 개발	
측정 장치 신뢰도	교정작업 불필요		
장치외관 재질	Anodizing Aluminium		
표시방법	7.5 인치 color touch screen		
운영메뉴	국내(한글) 국외 (영어 외 추가)	한글 및 영문	향 후 수출국대상 언어 추가

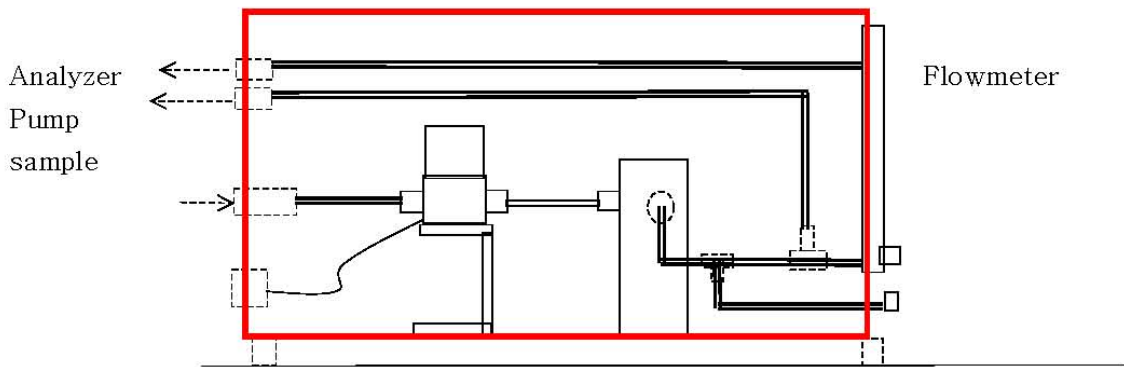


그림 2. 시스템 샘플가스 전처리 및 분배장치 (Manifold Unit) 설계도

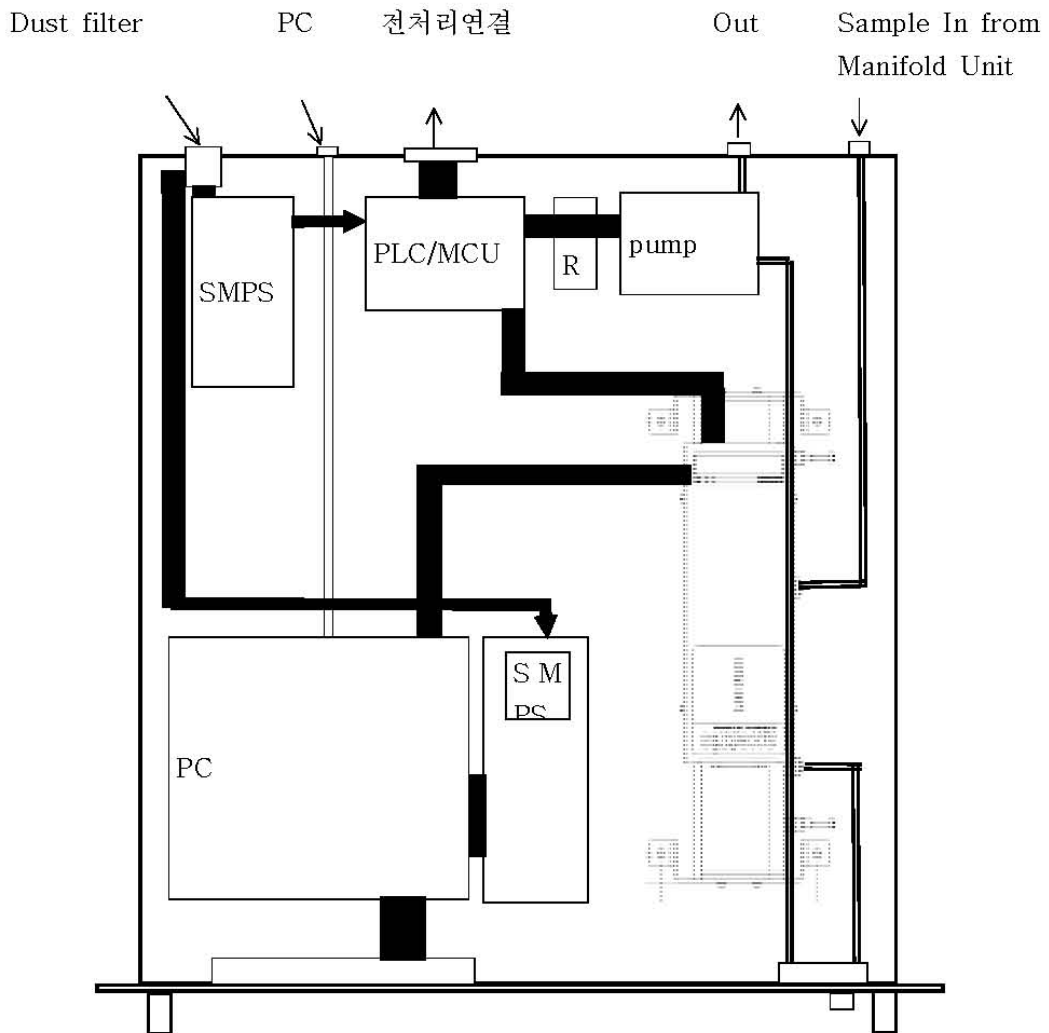


그림 3. 분석장치 기본 구성 배치 설계도

2) 년차별 연구 개발목표 계획 및 세부 내용

표2. 세부계획표 일정표

구분	연도	연구개발의 목표(소요개월)	연구개발의 내용
1차년도	2012년 7월 27일 ~ 2013년 7월26일	장치의 기본 구성 List up(3)	장치개발을 위한 기본계획 확립
		장치의 기본 구성 설계(3)	개발목표를 기준으로 기본 구성품 구조 설계와 부품조달
		시작품 부품성능 시험(3)	부품제작 및 부품별 Lab 성능시험
		시작품 제작(5)	시작품 제작 Lab test
2차년도	2013년 7월 27일 ~ 2014년 7월 26일	시작품 시험(3)	완료된 시작품 대상 Lab Test 와 현장시험 대상설치작업
		시작품 현장 적용(5)	2차년도 개발계획 시에 현장 적용 시험을 추진하여 계절별 연속측정 데이터를 수집하고 측정 제어프로그램을 자체 제작현장 성능 시험 실시
		시작품 보완(5)	현장 시험 후 도출된 문제점 분석 및 보완, 재시험 실시
		기술등록 및 보고서 작성(3)	시험결과 및 세부 보고서 작성 제품 상용화 계획수립

3) 년도별 연구개발결과 실적과 목표 대비 연구개발 수행내용

(가) 1차년도 연구개발 목표 실행내용

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성 도	연구개발 수행내용
1차 년도 (2013)	장치기본 구성 설계	장치개발을 위한 기본 계획 설계	100	-장치기본 구성 List up: 장치개발을 위한 기본계획 확정 설계 및 운영 전자 회로구성도 완성
	기본 핵심 부품조달	Diode Laser Module 기술과 제품검토 선정	100	-기본 품 부품조달 Diode Laser Module 부품구입 스위스 Axetris (CE)와 Diode laser Detector Module 기술협력 (Collaboration ship) 협약 - Module1 의 성능시험과 완성제품에 대한 성 능시험 및 제품 완성도를 위한 상호 협약 체결
	Sample pass 모듈 설계 개발 제작	Reaction Chamber 개발	100	샘플가스를 직접 도입하여 정해진 파장의 레이저를 간섭 없이 투과시키는 Module 개발로 다 습하고 부식성이 강한 샘플이 분석시 직접 광 원 및 검출기에 닿지 않게 하는 구조로 설계 제작
	TDLAS 성능시험	CH4 및 NH3 TDLAS Module 자체 성능시험	100	-핵심 기술에 대한 장기 신뢰도 유지를 위한 표준 대비 정확도 시험과 수분 간섭에 대한 내 구성 시험
	장치 운영 시스템구성과 프로그램 개발	완성제품운영 프로그램개발 및 적용 마이크로 프로세서구성 성능 시험	90	-시작품 운영을 위한 기본운영 프로그램개발을 통해 장치기술과 운영자 간의 이용의 편리성을 검토하고 보완 할 수 있는 프로그램체계 마련 -기본적인 표시 기능외에 5단계 정밀 교정, 장시간 데이터의 저장과 데이터 송신 및 원격제어 기능시험 으로 인터넷 모바일시스템과 연동하여 원격제어기능 을 프로그램 하였음 -내장 마이크로프로세서는 전량 국산상용화 된 부 품을 구입하여 장치에 실장한 후 자연적 운영상태에 서 내구성, 안정성을 시험하고 최적의 장치를 선정, 구성하였음 -현 단계의 완성 프로그램에 대해서는 지적재 산권을 2건을 등록하였음 -추후 해외 수출을 위한 현지 언어운영체계 프 로그램을 진행하여 대외적 완성도 확립 계획
	CH4 NH3 Dual Channel System 구성	한 개의 장치로 CH4 와 NH3 측 정하는성능 탑재	100	-측정 항목 간 독립적인 측정을 할 수 있도록 구성 -현장 조건과 사용자 실정에 따라 측정시간과 간격을 임의 조건으로 변경하여 조건에 맞는 적절한 운영 시스템 구성
	시제품 외형 및 샘플링 시스템	시제품 외형 설 계 제작 및 샘플 회로설계 구성	100	-향 후 다점 샘플링장치와 연동시 성능 향상 을 고려하여 자동 밸브개폐 제어가능과 연결부 구성을 설계 제작하였음
	정확도 신뢰도 향상을 위한 다점 교정	시제품성능 시험을위한 표준 가스농도회석 시스템 구성	100	-해당 시험 장치를 구입, 시작품 시스템에 연동 하여 현장 운영시 간편성 및 적용가능성 정확 성 반복성을 시험하였음

(나) 1차년도 수행의 구체적 내용

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적 실행 내역
장치개발을 위한 기본 계획 설계	과제의 기본의도에 따라 측사에서 온실가스를 정량적 방법으로 측정하기 위한 장치 설계	현장 설치성을 고려하여 19인치 랙을 기본 개발 제품으로 선정함 측정 분석 샘플링 등의 장치를 기본적으로 한 개의 운영장치 내에 구성하는것을 기본으로 설계하였음
Diode Laser Module 기술과 제품검토선정	과제의 기본 핵심인 TDLAS 측정기술을 대내외 제조사 및 개발자를 대상으로 분석	세계적인 센서전시회를 통한 대외 동향과 기술의 공개성, 협력체계구축의 가능성, 성능 시험방법의합리성을 조사검토하고 과제 수행에 대한 성공가능성과 향후 기술 확보에 대한 협력도 등을 고려하여 협력제품과 업체(Axetris Swiss)를 선정 하였음
Reaction Chamber 개발 제작	샘플가스를 직접 도입하여 정해진 파장의 레이저를 간섭 없이 투과시키는 Module 개발로 다습하고 부식성이 강한 샘플이 분석시 직접 광원 및 검출기에 닿지 않게 하는 구조로 설계 제작	측사에서 중장기 측정을 위해서는 메탄 및 암모니아대상 가스에 대한 기존 배경농도 분석데이터를 토대로 부식성과 안전성으로 고려하여 샘플가스를 분석하는 방법으로 격리된 구조의 샘플 가스통과 반응 챔버를 개발, 구성하였음. 여기에는부식성과 변형이 적고 열전도성이 우수한 인코넬 합금을 사용하였으며 레이저 광원이 투과하는 입출구에는 특정 파장을 필터링할 수 있는 코팅된 수정 필터를 장착하여 투과광의 간섭을 최소화 하였음
CH4 및 NH3 TDLAS Module 자체 성능시험	성능시험은 장치의 신뢰도와 내구성 정확도 우수성 경제성 등을 결정하는 중요한 분석임	분석의 성능시험은 메탄 (0~100,300,500 ppm) 및 암모니아(0~100,300,500, 1000 ppm) 표준 가스를 이용한 건식 표준시험을 다단계 표준 가스 희석장치를 이용하여 특정 표준 농도의 가스를 제작, 농도별 평균 1시간이상 1리터/분의 유량 대기압조건으로 연속 주입하여 시험(Accuracy & Drift)한 후 각 농도별 시험을 반복하여 시험하여 반복성(Repeatability)과 신뢰도를 시험 하였음
완성제품운영 프로그램개발 및 적용 마이크로 프로세서 선정 구성 성능 시험	장치의 개발은 사용자의 편리성과 운영체계의 원활함, 안정도, 향 후 서비스의 안정성 등을 고려하여 선정하였으며, 실장한 프로그램과의 호환성, 그리고 장치와 사용자간의 근접성을 용이하게 하도록 프로그램을 개발하였음	-시작품 기본운영 프로그램개발을 통해 장치 기술과 운영자 간의 이용의 편리성을 검토하고 보완 할 수 있는 프로그램체계 마련 -기본적인 표시 기능외에 5단계 정밀 교정, 장시간 데이터의 저장과 데이터 송신 및 원격제어 기능시험으로 인터넷 모바일시스템과 연동하여 원격제어기능을 프로그램 하였음 -내장 마이크로프로세서는 전량 국산상용화 된 부품을 구입하여 장치에 실장한 후 자연적 운영상태에서 내구성, 안정성을 시험하고 최적의 장치를 선정, 구성하였음 -현 단계의 완성 프로그램에 대해서는 지적재산권을 2건을 등록하였음 -향후 해외 진출을 위한 현지 언어운영체계 프로그램을 진행하여 대외적 완성도확립 계획

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
한 개의 장치로 CH4 와 NH3 동시 측정하는 시스템 개발 제작	개발/제작된 CH4 NH3 각각의 Module을 장치에 탑재하여 동시 분석을 할 수 있도록 개 발 제작	기본 개념 - 측정 항목 간 독립적인 측정을 할 수 있도록 구성 -현장 조건과 사용자 실정에 따라 각 항목별, 각 샘플링 포인트별 측정시간과 간격을 임의 조건으 로 변경하여 운영할 수 있는 시스템프로그램 구성
시제품 외형 및 샘플링 시스템	시제품 외형 및 샘플링 시스템 시제품 외형 설 계 제작 및 샘플 회로 설계 구성	-향 후 다점 샘플링장치와 연동시 성능 향상 을 고려하여 자동 밸브개폐 제어기능과 독립 적인 콘트롤 모듈, 장치의 원격 운영시 필요 한 샘플펌프 제어, 등 전기적 회로와 연결부 구성을 설계 제작 하였음

(다) 과제 의 기본 의도 인 측정 의 온실 가스를 정량적 방법으로 측정 하기 위한 기본 조사

표1. 과제 적용 대상에 대한 기본 배경 조사 및 분석표

대상	측사 내 현황	문제점	선택사항
메탄	측정 범위 넓음	ppm에서 % 까지	넓은 측정 범위 빠른 응답 속도
	수분발생	간섭.부정확성 유발	무간섭 정밀측정기술
	부식성 가스	고장과 수명	기술 견고성
암모니아	혐기성 성분	악취 발생	안전성 원격 관리기술
측정관리	장시간 측정 필요	현장관리 지속성 어려움	연속 측정, 저장, 수집 데이터 원격관리
	개방공간	측정 지점 선정	다지점 측정
	관리자	전문성	운영의 간편성

(라) 기본 핵심 기술 조달관련 시장 조사 분석

항목	기술보유국 및 제조사 상용화 제품 분석			
제조국	PICCARO (USA)	LGR (USA)	A2PE (FRANCE)	Gasera(Finland)
CH4 Range &LDL	0-100 ppm 10ppb	0-100ppm 10 ppb	0-100ppm 10 ppb	0-100 ppm 10 ppb
NH3 Range &LDL	----	없음	0-100 10 ppb	0-100 100 ppb
Method	CRDS	ECRDS	ECRD	TDLAS QCL
Target	GHG	GHG	GHG Livestock	GHG Livestock Landfill Energy
가격 /set (U\$)	65000~	58000~	48000~	45000~
근거출처	PICCARO 2010 Catalogs www.piccaro.com	LGR2011 calatogs www.loscatos.co	A2PE 2010 Catalogs www.a2pe.com	GASERA 2010 Catalogs www.gasera.fi
세계시장규모	from 2009 ~ 2015 : 12.5 billion Euro (약 18조원) 자료근거 : International Environmental Technology 2011			

마) 해외 정보 및 비교 기술 자료의 수집

- **Sensor+ Test 2013** 국제센서 기술전 참가 및

영국 **ADC Instrument** 의 **Bio Gas analyzer system** 현지방문 기술 분석

특징 : **ADC MGA3000** 장치

다지점 측정, **TDLAS** 가 아닌 비분산 적외선 (**NDIR**) 방식으로 **ppm ~ %** 까지의 높은 농도를 대상으로 하는 분석시스템

단점 : 간접도가 우려되는 **NDIR** 방식 사용

ppm 이하의 저농도 분석이 어려워 측사 현장 적용시 구조적 문제 있음

측정 방식의 반응 속도가 느려 안정된 측정 시간이 많이 소요됨

경쟁성 과 경제성 없음 - 현장 적용상 문제

영국 **BioGas Analyser** 제조원

상용화 **Model MGA 3000**

특성 : 비분산 적외선 측정법활용

타 가스 및 수분에 대한 간섭이 우려되어

장치 내 교체 품목 및 유지비가 많이 소요되어

비경제적임



따라서 **Tunable Diode Laser** 가 가지고 있는 **Specific** (명확한 선택성) **Sensitive** (ppb, ppm) (감도우수) **Fast** (up to 20 Hz)(빠른 반응속도) **Low maintenance** (no need span calibration) 잦은 관리교정이 필요 없고 (No moving parts) 기계적 구조가 간단하다 (Robust) 견고하다 (Reliable) 신뢰도가 높은 것을 장점으로 하는 **TDLAS** 기술을 채용함

** **Tunable Diode Laser** 제작사 **Swiss Axeris**와의 상호 기술협의 사례 문건

(현지 협의 기간 과 장소 : **Nuremberg Sensor+ Test2013 Show - May 14-15 2013.**)

** **KINSCO Technology** (한국산업기기 영문상호)

바) 부품선정 사유 및 특징

1) **Optical Sensor, Diode** 제작 기업으로의 전문성과 기술 제휴협력에 개방적임

2) **Optical module**의 상용화에 선도적인 핵심기술 보유 업체

3) 자사 부품에대한 사용자(주문자)에대한 기술적 협력에 적극적임

4) 자체 시험에 대한 신뢰성 과 주관연구기관의 시험결과가 거의 일치함

사) 성과 확인 자료 (핵심기술 선정 조사 분석 및 기술 도입 성과)

axetris
Company of the Leister Group

INFRARED SOURCES MASS FLOW DEVICES LASER GAS DETECTORS MICRO-OPTICS

Axetris AG Schwarzenbergstrasse 10 phone +41 41 862 78 78 axetris@axetris.com
CH-6056 Kaegswil fax +41 41 862 75 25 www.axetris.com

General information

Company Name	Kinsco
Contact Name	Mr. J.D. Lee
Phone	+8229089667
Email	kinsco@naver.com
Main application	NH3 A, NH3 H, CH4 A

Open points and discussion for technical support

Request description	Kinsco comments	AXAG comments	Next step	status	deadline
1 Get LGD file directly from customer software	Need a Protocol to Get LGD file.	Technical Note will summarize main steps needed to ask for complete data including warnings to avoid errors	Do TechNote	In work	End May 13
2 LED to show if sensor is running or not should be visible from outside	Yes.	The solution could be a simple hole in the electronic box. But EMC perturbation should be taken in account. AXAG has to evaluate effort and benefit of this request.	Internal discussion with R&D	In work	End June 13
3 Wires for analog output directly available on the power supply cable	Yes.	Need redesign of power supply cable. AXAG has to evaluate effort and benefit of this request.	Internal discussion with PM	In work	End June 13
4 Electrical plug don't have the right diameter for Korea	Yes. Yes, but please let us know the electrical & acceptable	Look for adaptor and if it can be supplied for Korean market. Would it be possible to Kinsco to buy a stock (20-30pcs) of these adaptors		In work	End June 13

사진 :

TDLAS Photodiode 제조 Swiss Axetris 사와의 주문자상표 방식 협력업체 체결서와 성능보증서

axetris
Company of the Leister Group

INFRARED SOURCES MASS FLOW DEVICES LASER GAS DETECTORS MICRO-OPTICS

Axetris AG Schwarzenbergstrasse 10 phone +41 41 862 78 78 axetris@axetris.com
CH-6056 Kaegswil fax +41 41 862 75 25 www.axetris.com


To whomsoever it may concern


Axetris AG
the leading provider of components for gas sensing, gas flow and gas control, herewith confirms that

Kinsco Technology Co., Ltd.,
Seoul, Korea

is an OEM business partner and buying and integrating original Axetris Laser Gas Detector Modules (LGD 200) in its products.

For Axetris AG


Dorian Slobin
Director, Sales and Marketing


Sanket Bhatia
Sales Manager, S. and E. Asia

Axetris AG
Schwarzenbergstrasse 10
CH-6056 Kaegswil
phone +41 41 862 78 78
fax +41 41 862 75 25
axetris@axetris.com

LEISTER LGD F200 Calibration Certificate

Axetris, Company of the Leister Group

Product Information
Type LGD F200 NH3 Date 2011/11/20
Serial No. 11047 Operator SMA
SW Version Rev. 292 - Ve.1.09

Calibration Conditions
Gas Name NH3
Range 100 ppm
Temperature 20 °C
Pressure 1000 mbars

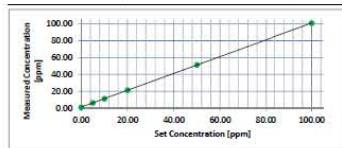
Gas Matrix

Gas Name	Concentration [%]
N2	99.9
O2	-
CO2	-
H2	-
CH4	-
H2O	-

Verification Measurements

Set Concentration ppm	Measured ppm	Precision ppm	Accuracy ppm
Temperature 20 °C			
0.00	1.00	0.15	1.00
5.00	6.30	0.14	1.30
10.00	11.20	0.17	1.20
20.00	21.30	0.14	1.30
50.00	51.50	0.20	1.50
100.00	101.00	0.29	1.00

Definitions
ppm part per million
Precision (Δ) @ calibration conditions 2 times the standard deviation (σ) over 2 minutes
Accuracy (⊖) @ calibration conditions deviation between the average measured value and the real concentration



4) 핵심기술 Diode Laser Reaction chamber 설계 및 Module 제작

1. Sampling Chamber Module

측사에서의 증장기 측정을 위해서는 메탄 및 암모니아대상 가스에 대한 기존 배경농도 분석데이터를 토대로 부식성과 안전성으로 고려하여 샘플가스를 분석하는 방법으로 격리된 구조의 샘플 가스통과 반응 챔버를 개발, 구성하였음. 여기에는 부식성과 변형이 적고 열전도성이 우수한 인코넬 합금을 사용하였으며 레이저광원이 투과하는 입출구에는 특정 파장을 필터링할 수 있는 코팅된 수정 필터를 장착하여 투과광의 간섭을 최소화 하였음

(자료 : 기초 설계 및 제작 실물 사진 왼쪽부터 1 ,2,)

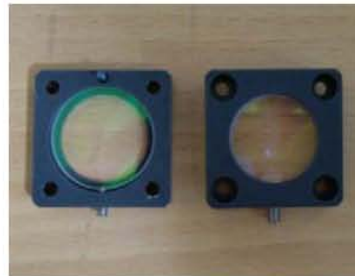


사진3

사진 4.

사진5

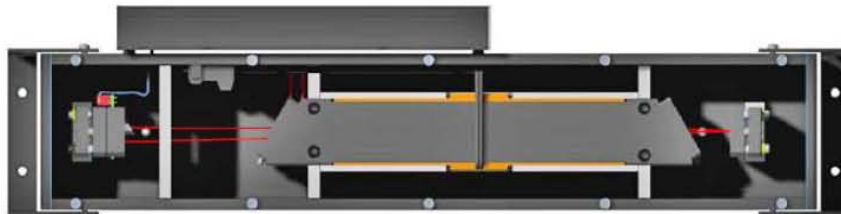


사진6



개발 장치 구조 설명 :

사진1. Reaction chamber의 기초 설계도 및 실물 제작 사진

사진2 .Reaction chamber laser optical 필터

사진3. Reaction chamber 재료 온도 특성 실험을 위한 표면 가공 사진

사진4. Axetris 사의 Laser Diode Source 설치 사진

사진5 설계 초기 CAD 설계 구조도

사진6. 시제품 Tunable Diode Laser Module 조립 사진

5) 장치의 성능 시험

부품 및 모듈의 성능 시험은 암모니아(그림1. 0~100,300,500, 1000 ppm) 및 메탄 0.0, 30.1, 58.9, 114 ppm CH ppm) 표준 가스를 이용한 건식 표준시험을 다단계 표준 가스 희석장치를 이용하여 특정 표준 농도의 가스를 제작, 농도별 평균 1시간이상 1리터/분의 유량 대기압조건으로 연속 주입하여 시험(Accuracy & Drift)한 후 각 농도별 시험을 반복하여 시험하여 반복성(Repeatability)과 신뢰도를 시험 하였다.

가) NH3 성능시험

표준가스 시험 : 측사내 악취 기준을 토대로 농도를 0~20 ppm 내에서 정밀도와 반복성시험을 실시함

시험 시간 : 60분이상 사용 가스 NH3 20 ppm+N2 balance (과제구입 표준가스)
 대기압 , 21도 섭시, 상대습도 54%RH. sample 유량 1.5L/min (과제구입유량계펌프)
 다단 농도 희석장치 : LNI schmidlin 2106 Gas divider (과제구입시험기자재)

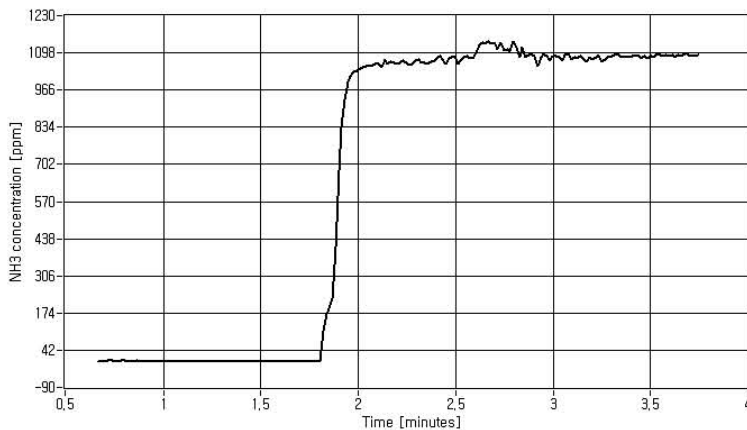
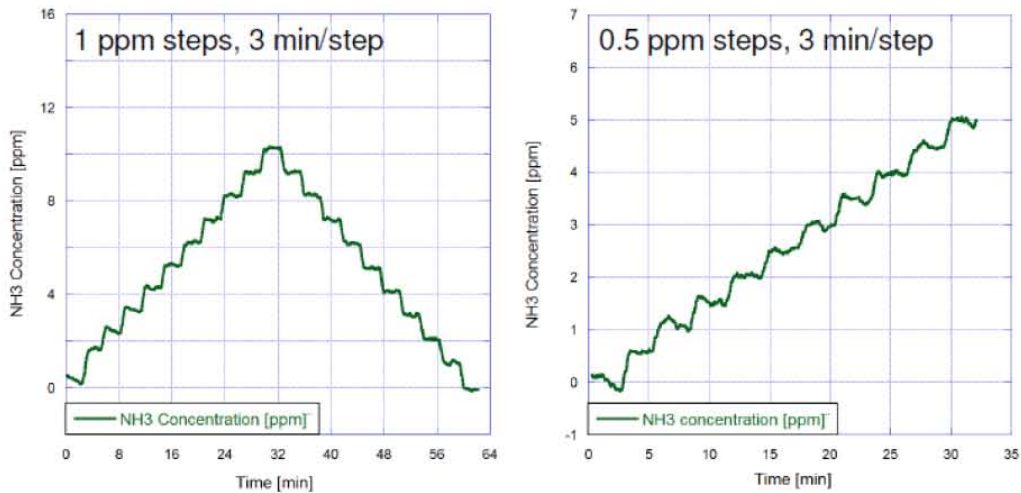


그림1. : 표준가스 NH3 1098 ppm+N2 일 때 초기 반응시간 시험
 T90% 이상 도달 시간 10초 이내 T99% 1분 이내

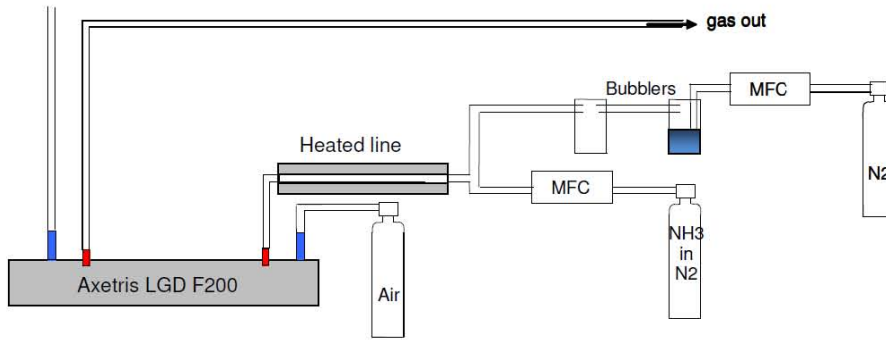


그림 . Diode Laser Module 수분간섭 성능시험 시스템구성(NH3 Module에 대한 수분 간섭시험)

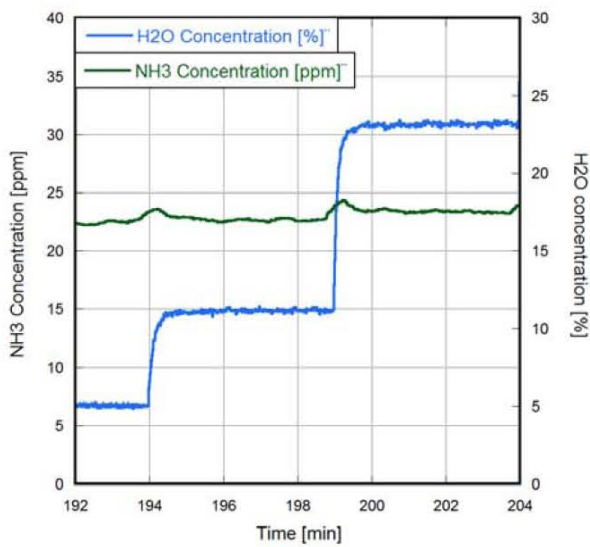


그림 : 표준가스 NH3 23 ppm에 대한 수분
Vol%의 단계별 농도 변화 시험
(간섭도시험) 데이터
6% Vol 15 % 30 % 수분농도별
NH3 변화그래프
시험결과 : 시험가능 수분농도인 30%까지
NH3 농도의 변화가 없음

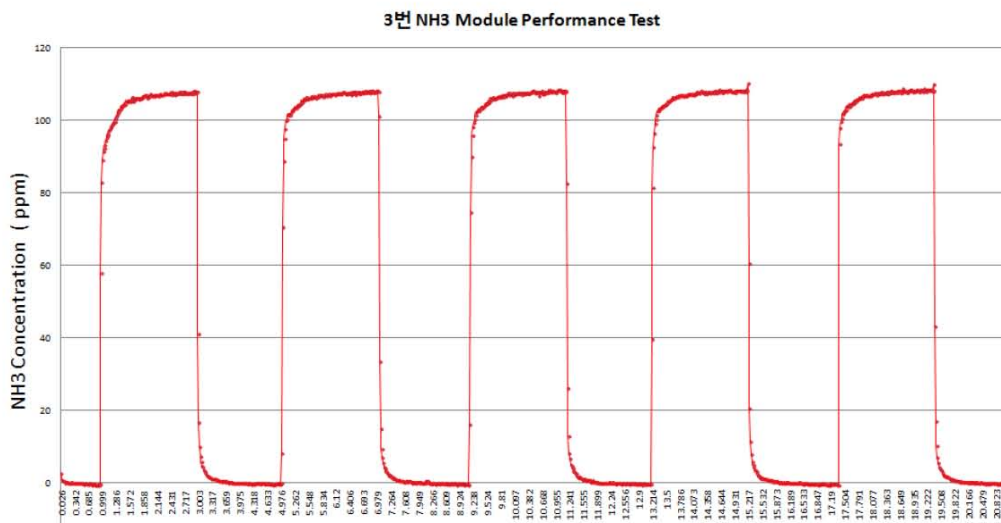


그림 : 110 ppm NH3의 repeatability test

부품 시험 결과 : 과제에 사용되는 Tunable Diode Laser Spectrometric (TDLAS) 시험 장치는 간섭도, 반복성, 그리고 빠른 감응속도 정확도에 장점을 갖고 있음
 나) NH3 TDLAS Module의 성능 시험 Raw Data 출력시험 결과 (발췌)

Test KINSCO Technology Co.,ltd # 2012. 11. 07 - 14:56:31
 # NH3_A_1209130001 #Interface integration time: 0.0 s
 Time{min}|NH3{ppm}|H2O [%]|Cell [C]|Status code
 NH3 표준농도 110 ppm +/-1ppm+ N2

수분 함량 0.2% Reaction Chamber(cell) 온도 17.9 C

0.001	113.0	0.2	17.9	0
0.017	113.1	0.2	17.9	0
0.034	112.9	0.2	17.9	0
0.050	112.9	0.2	17.9	0
0.067	112.9	0.2	17.9	0
0.084	112.8	0.2	17.9	0
0.101	112.6	0.2	17.9	0
0.118	112.7	0.2	18.0	0
0.134	112.4	0.2	17.9	0
0.151	111.8	0.2	17.9	0
0.168	112.5	0.2	17.9	0
0.185	112.4	0.2	17.9	0
0.202	112.2	0.2	17.9	0
0.218	112.5	0.2	17.9	0
0.236	112.0	0.2	17.9	0
0.253	112.1	0.2	17.9	0
0.270	111.9	0.2	17.9	0
0.286	112.1	0.2	17.9	0
0.303	112.0	0.2	17.9	0
0.319	111.9	0.2	17.9	0
0.337	112.5	0.3	17.9	0
0.354	111.8	0.2	18.0	0
0.370	111.9	0.2	17.9	0
0.387	111.9	0.2	17.9	0

다) CO2 Gas 에 관한 간섭도 시험 raw data 출력

Test KINSCO Technology Co.,ltd # 2012. 11. 09v- 11:06:33
 # NH3_A_1209130001 #Interface integration time: 0.0 s
 Time{min}|NH3{ppm}|H2O [%]|Cell [C] CO2 [%]

NH3 표준농도 110 ppm +/-1ppm+ N2
 수분 0.3% Reaction Chamber(cell) 온도 18.9

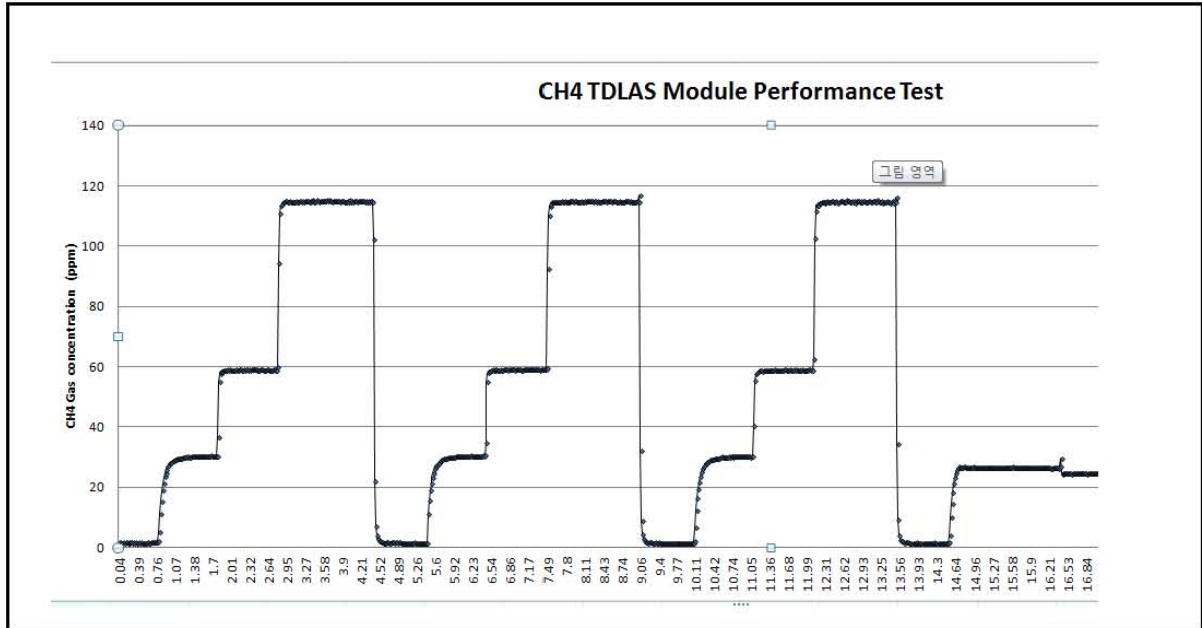
CO2 30.1%+N2Gas (과제 구입가스)

0.001	111.0	0.3	18.9	30
0.015	113.1	0.3	18.9	30
0.037	112.9	0.3	18.8	30
0.051	112.9	0.3	18.9	30
0.067	112.9	0.3	18.9	30
0.085	112.8	0.3	18.9	30
0.101	112.1	0.3	18.9	30
0.118	112.6	0.3	18.0	30
0.134	112.4	0.3	18.9	30
0.151	111.8	0.3	18.9	30
0.163	112.5	0.3	18.9	30
0.185	112.4	0.3	18.9	30
0.202	112.2	0.3	18.9	30
0.212	112.5	0.3	18.9	30

NDIR Edinburgh sensor
 사용 (과제구입장치)

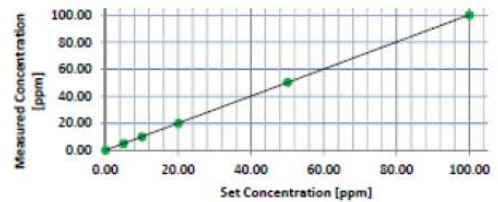
라) CH4 TDLAS 성능 시험

CH4 의 0.0, 30.1, 58.9, 114 ppm CH4 의 단계별 농도 반응 속도 및 Step Test (단계별 변화 측정) 와 Repeatability (재현성 반복성) 정확도 병행 시험 결과 과제에 사용되는 Tunable Diode Laser Spectrometric (TDLAS) 시험 장치는 간섭도, 반복성, 그리고 빠른 감응속도 정확도에 장점을 갖고 있음



시험전 참고자료 : 제조원의 TDLAS 자체시험성적서

결과에 의한 CH4 TDLAS 모듈시험 데이터의 분석



- 1) 반복성 및 재현성오차 : 0.3 ppm
- 2) 반응속도 : T=90% 10초이내
- 3) 정확도 : 0.2 ppm
- 4) 기타 온도 및 수분 과 Wavelength 가 다른 고농도CO2 성분에는 간섭 없음
- 5) 안정성 우수

Set Concentration ppm	Measured ppm	Precision ppm	Accuracy ppm
Temperature		20 °C	
0.00	0.20	0.12	0.20
5.00	5.20	0.15	0.20
10.00	10.10	0.14	0.10
20.00	20.10	0.15	0.10
50.00	50.40	0.17	0.40
100.00	100.30	0.23	0.30

마) CH4 TDLAS Module 성능시험 Raw data 시험결과 (위 결과 그래프 참고)

2012. 11. 07 - 17:06:20

LGD_F200_CH4_A_12091300021 #Interface integration time: 0.0 s Time [m] CH4 [ppm] Cell[C]

사진 설명

우측 : 표준가스정밀 회석장치 (Model LNI 2106)에서
표준가스 28.7ppm의 가스 발생 공급

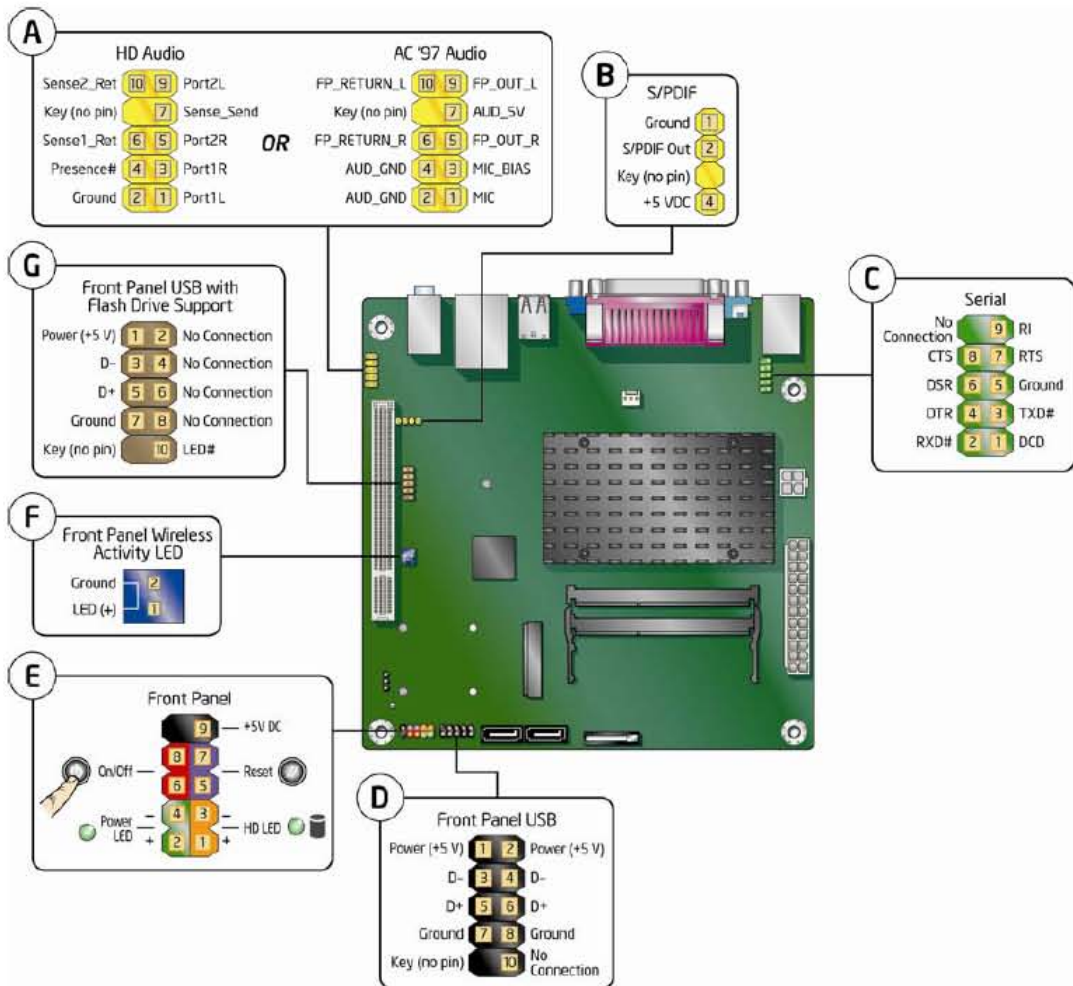


0.04	1.6							4.73	1.3	5.79	29.5
0.06	1.5	2.01	58.8	2.83	110.8	3.74	115.0	4.74	1.8	5.81	29.9
0.08	1.4	2.03	58.8	2.85	113.7	3.76	115.0	4.76	1.6	5.83	29.9
0.10	1.7	2.05	58.8	2.87	114.0	3.77	115.0	4.80	1.6	5.85	30.0
0.11	1.5	2.06	58.9	2.88	114.7	3.79	115.2	4.82	1.4	5.86	29.9
0.13	1.6	2.08	59.0	2.90	114.5	3.81	115.1	4.84	1.6	5.88	29.8
0.15	1.7	2.10	58.7	2.92	114.9	3.83	114.9	4.86	1.7	5.90	30.0
0.17	1.5	2.12	58.9	2.94	114.9	3.84	114.8	4.88	1.5	5.92	30.0
0.18	1.5	2.13	59.0	2.96	114.8	3.86	115.2	4.89	1.6	5.93	30.2
0.20	1.6	2.13	59.0	2.97	114.7	3.88	115.1	4.91	1.6	5.95	30.1
0.81	11.2	2.15	59.0	2.99	115.0	3.90	115.0	4.93	1.5	5.97	30.1
0.82	15.4	2.17	59.1	3.01	114.8	3.91	114.7	4.94	1.4	5.99	30.1
0.84	18.9	2.19	58.9	3.02	114.8	3.93	114.6	4.94	1.4	6.00	30.4
0.86	21.1	2.19	58.9	3.04	114.7	3.95	114.7	4.96	1.4	6.02	30.3
0.88	23.4	2.20	58.9	3.06	114.6	3.96	115.0	4.98	1.5	6.04	30.3
0.90	24.7	2.22	59.2	3.07	114.8	3.98	114.7	5.02	1.5	6.06	30.3
0.91	25.8	2.24	58.7	3.09	114.8	3.98	114.7	5.04	1.4	6.07	30.2
0.93	26.8	2.26	59.0	3.09	114.7	4.00	114.7	5.06	1.4	6.09	30.2
0.95	27.2	2.26	59.0	3.11	114.9	4.02	115.3	5.08	1.4	6.09	30.2
0.96	27.9	2.27	59.1	3.13	114.6	4.04	114.7	5.08	1.5	6.11	30.2
0.98	28.2	2.27	59.1	3.13	114.6	4.04	114.7	5.09	1.4	6.13	30.4
1.00	28.5	2.29	58.9	3.15	114.5	4.05	115.1	5.11	1.4	6.13	30.4
1.02	28.8	2.29	58.9	3.16	114.9	4.07	114.8	5.11	1.4	6.14	30.2
1.03	28.9	2.31	59.1	3.18	114.9	4.07	114.8	5.13	1.5	6.16	30.4
1.05	29.3	2.32	58.9	3.18	115.1	4.09	115.2	5.15	1.5	6.18	30.4
1.07	29.2	2.32	58.9	3.20	114.7	4.11	115.2	5.16	1.4	6.18	30.4
1.09	29.5	2.34	59.0	3.21	114.9	4.12	115.2	5.18	1.4	6.20	30.5
1.10	29.5	2.36	59.1	3.23	114.7	4.14	115.1	5.18	1.7	6.21	30.4
1.12	29.6	2.38	59.0	3.23	114.7	4.14	114.7	5.20	1.3	6.23	30.3
1.14	29.6	2.38	59.0	3.25	114.9	4.16	115.0	5.24	1.3	6.23	30.3
1.16	29.7	2.40	59.0	3.27	114.9	4.17	114.9	5.26	1.3	6.25	30.3
1.17	29.8	2.41	59.0	3.28	115.1	4.19	115.1	5.28	1.5	6.27	30.4
1.19	30.0	2.43	58.8	3.30	115.0	4.21	114.9	5.28	1.4	6.28	30.2
1.21	29.9	2.43	58.8	3.32	114.6	4.23	114.9	5.30	1.5	6.30	30.4
1.23	29.9	2.45	59.0	3.34	114.8	4.24	114.9	5.31	1.5	6.32	30.2
1.24	30.1	2.46	58.9	3.36	115.2	4.26	114.9	5.33	1.4	6.32	30.2
1.26	30.0	2.48	58.9	3.37	115.3	4.28	114.7	5.35	1.4	6.34	30.3
1.28	30.1	2.48	58.9	3.39	115.3	4.28	114.7	5.37	1.4	6.35	30.1
1.30	30.0	2.50	59.0	3.39	115.0	4.30	114.9	5.37	1.5	6.37	30.3
1.31	30.0	2.52	59.0	3.41	114.8	4.31	114.6	5.38	1.5	6.39	30.4
1.33	30.2	2.52	59.0	3.42	114.7	4.33	114.8	5.40	1.5	6.39	30.4
1.35	30.2	2.53	59.2	3.42	114.7	4.33	115.0	5.42	1.5	6.40	30.6
1.37	30.2	2.55	58.9	3.44	115.2	4.35	114.7	5.42	1.5	6.42	30.4
1.38	30.2	2.55	58.9	3.46	115.2	4.35	114.7	5.46	1.5	6.44	30.5
1.40	30.3	2.57	58.9	3.46	115.3	4.37	115.0	5.48	11.1	6.46	34.8
1.42	30.2	2.59	58.8	3.48	114.9	4.38	114.9	5.50	15.6	6.47	54.9
1.44	30.2	2.60	59.1	3.49	114.8	4.40	114.6	5.52	18.9	6.49	57.9
1.45	30.4	2.62	59.1	3.51	115.1	4.42	102.1	5.53	21.3	6.49	57.9
1.47	30.2	2.62	59.1	3.53	115.1	4.44	21.9	5.55	23.2	6.51	58.5
1.49	30.3	2.64	58.9	3.55	114.9	4.45	7.0	5.55	23.2	6.53	58.8
1.51	30.1	2.66	58.8	3.56	114.9	4.47	4.0	5.57	24.7	6.54	58.7
1.52	30.4	2.66	58.8	3.58	115.0	4.49	2.8	5.59	26.0	6.56	59.0
1.54	30.4	2.67	58.8	3.60	115.0	4.51	2.2	5.60	26.8	6.58	58.9
1.56	30.4	2.69	58.9	3.62	115.3	4.52	2.1	5.62	27.4	6.60	58.9
		2.71	59.0	3.63	114.9	4.54	1.8	5.64	27.8	6.61	59.1
		2.73	59.0	3.65	114.9	4.54	1.8	5.66	28.1	6.63	59.0
		2.74	58.9	3.65	115.3	4.58	1.8	5.67	28.6	6.65	58.9
		2.76	58.8	3.67	115.1	4.60	1.5	5.69	28.8	6.67	58.9
		2.78	58.9	3.69	114.9	4.62	1.5	5.71	29.0	6.68	58.9
		2.80	59.8	3.70	115.1	4.64	1.7	5.73	29.2	6.70	59.2
		2.81	94.5	3.72	114.8	4.67	1.6	5.74	29.6	6.72	58.9
						4.69	1.7	5.76	29.5		
						4.71	1.4	5.78	29.7		

바) 시스템 제어 장치 마이크로프로세서 성능과 기능

Intel Desktop Board Mini ITX Processor 제원

Part	Model number	ITX Mini CPU Processor
프로세서		Passively-cooled, soldered-down dual-core Intel® Atom™ processor with integrated graphics and memory controllers
칩셋		Intel® NM10 Express Chipset
확장기능		One PCI* bus add-in card connector, One PCI Express* Full-Mini Card slot with optional Half-Mini Card support
레거시 I/O Control 기능		Winbond* W83627DGH-A legacy I/O controller providing: <ul style="list-style-type: none"> • One serial port header • One serial port back panel connector • One parallel port back panel connector PS/2 keyboard and mouse connectors
LAN Support		10/100/1000 Mb/s (Gigabit) Ethernet LAN Subsystem using a RealTek* 8111E Gigabit Ethernet Controller
Main Memory		<ul style="list-style-type: none"> • Two 204-pin Double Data Rate 3 (DDR3) Small Outline Dual Inline Memory Module (SO-DIMM) sockets with gold-plated contacts • Support for DDR3 800/1066/1333 MHz SO-DIMMs (DDR3 1066 MHz and DDR3 1333 MHz SO-DIMMs operate at 800 MHz only) • Support for up to 4 GB of system memory



사) 시스템 운영 프로그램 개발

운영체제	리눅스(Linux)
운영방식	스크린 터치 운영 메뉴 선택 방식
사용 터치스크린 규격	7.4 인치 VGA color 터치 패널 장착형(아래 사진 좌측)
운영 마이크로 프로세서	ITX mini 사진 (아래 사진 우측)



시스템 운영 프로그램 개발 및 지적재산권 등록

제 C-2012-016742 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 Ammonia Gas Monitoring System (암모니아 가스 모니터링 시스템)
[대명]

2. 저작자 성명 [법인명] 이태현, 서울 강북구 우이동, 서울특별시 강남구 우이동
3. 창작연월일 1987년04월15일
4. 발권연월일 1986년06월22일

4. 창작연월일 2012년03월

5. 발권연월일 2012년03월

6. 등록사항 공동저작자 : 이태현, 이종석, 등록 : 2012.03., 등록 : 2012.03.

7. 등록연월일 2012년08월22일

한국저작권위원회
「저작권법」 제53조에 따라 원과 같이 등록되었음을 증명합니다.
2012년 08월 11일

한국저작권위원회

제 C-2012-016211 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 Methane Gas Monitoring System (메탄 가스 모니터링 시스템)
[대명]

2. 저작자 성명 [법인명] 이태현, 서울 강북구 우이동, 서울특별시 강남구 우이동
3. 창작연월일 1987년04월15일
4. 발권연월일 1986년06월22일

4. 창작연월일 2012년03월

5. 발권연월일 2012년02월

6. 등록사항 공동저작자 : 이태현, 이종석, 등록 : 2012.02., 등록 : 2012.02.

7. 등록연월일 2012년08월18일

한국저작권위원회
「저작권법」 제53조에 따라 원과 같이 등록되었음을 증명합니다.
2012년 08월 20일

한국저작권위원회

아) 개발 시스템 운영체제와 프로그램 내용

개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과 운영 순서 1	주요기능																												
	<p>프로그램 로딩 화면 프로그램 로딩이 정상적으로 이루어지지 않을 경우 프로그램이 자동으로 재시작 됩니다. 정상적으로 로딩이 될 경우 원 안의 숫자가 0~7 까지 1씩 증가하게 됩니다. 프로그램이 지속적으로 로딩이 되지 않을 경우 시스템을 reset/Off 를 눌러 종료하고 재시작해 주시기 바랍니다.</p>																												
	<p>자체 진단이 시작되며 통신, 각종 센서의 상황에 대해 체크합니다. 문제가 발견될 경우 해당 문제에 대해서는 빨간색으로 표시되게 됩니다. 자체 진단이 끝난 후 워밍업 과정이 시작되며 약 15분이 소요됩니다. Heated NH3의 경우에는 온도가 185 도 이상 되어야 워밍업 과정이 종료되며, Ambient NH3와 CH4 센서의 경우에는 약 1~5분 정도의 시간이 percent 가 진행된 후에 워밍업 과정이 종료됩니다. 워밍업이 끝나면 정상적인 아래 main 메뉴가 나타납니다.</p>																												
	<p>주 화면 - Main Menu (Airwell Green House Gas Monitor) 해당 그림을 터치하여 가동합니다. 측정모드, 평균모드, 전송모드, 교정모드, 진단모드, 그리고 그래프 모드로 구성되어 있습니다. 우측에는 프로그램 시리얼 번호가 있습니다. 이 번호는 서비스 관련 문의시 필요합니다. 측정모드 (Measure) 평균모드 (Time Average) 전송모드 (Transmission) 교정모드 (Calibration) 진단모드 (Diagnostics) 그리고 그래프 (Graph)모드로 구성되어 있습니다. 우측에는 프로그램 시리얼 번호가 있습니다. 이 번호는 서비스 관련 문의시 필요합니다. 장치의 각 메뉴는 해당 표시부분을 가볍게 터치하여 활성화 시킵니다</p>																												
 <table border="1" data-bbox="215 1534 662 1758"> <thead> <tr> <th>Point</th> <th>CH4</th> <th>NH3</th> <th>On</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No.1</td> <td>0.1</td> <td>0.1</td> <td>On</td> </tr> <tr> <td>No.2</td> <td>0.1</td> <td>0.1</td> <td>On</td> </tr> <tr> <td>No.3</td> <td>0.1</td> <td>0.0</td> <td>On</td> </tr> <tr> <td>No.4</td> <td>0.1</td> <td>0.0</td> <td>On</td> </tr> <tr> <td>No.5</td> <td>0.1</td> <td>0.0</td> <td>On</td> </tr> <tr> <td>No.6</td> <td>0.8</td> <td>103.2</td> <td>On</td> </tr> </tbody> </table>	Point	CH4	NH3	On	No.1	0.1	0.1	On	No.2	0.1	0.1	On	No.3	0.1	0.0	On	No.4	0.1	0.0	On	No.5	0.1	0.0	On	No.6	0.8	103.2	On	<p>측정화면 (Measure- Multi-Channel Monitoring system) 측정화면은 메인버튼과 저장버튼 그리고 센서 상태 표시등으로 구성되어있습니다. 측정 농도는 중앙에 표시되게 되며 농도의 단위는 우측에 PPM 단위로 표시됩니다. 정상시 Status 화면에 : 이상 없음 (Nothing unusual) 메시지가 나옵니다,</p>
Point	CH4	NH3	On																										
No.1	0.1	0.1	On																										
No.2	0.1	0.1	On																										
No.3	0.1	0.0	On																										
No.4	0.1	0.0	On																										
No.5	0.1	0.0	On																										
No.6	0.8	103.2	On																										

개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과 운영 순서 2

주요기능

평균화면 (Time Average)

이 화면은 평균 화면으로 사용자가 지정한 시간동안 평균한 측정 값을 표시합니다. 예를 들어서 5초 간격으로 사용자가 프로그램에서 지정했을 경우 5초간 평균을 낸 후 5초 뒤에 해당 측정 값을 표시 하게 됩니다. 임의 시간 설정은 하단의 **Duration time set** (시작시간과 끝시간 지정)와 **Interval Timeset** (간격)모드에서 조정이 가능합니다.

우측하단의 시간에서 **C:07-05 22:04:48**은 현재 월 일 시 분 초를 의미합니다.

N:은 다음 평균 값을 보여줄 시간입니다.



저장시간 한계 지정 모드 - Duration Mode

Duration Mode에서는 저장버튼을 눌렀을 경우 **향후 지정 시간까지의 저장만을 하기 위해 설정하는 기능입니다.** (단, 이 시간이 현재 시간보다 과거로 지정되어 있을 경우에도 저장은 강제로 가능합니다. 하지만 강제로 저장 과정을 진행할 경우에는 수동으로 저장을 중단하기 전까지 저장은 계속되게 됩니다.)



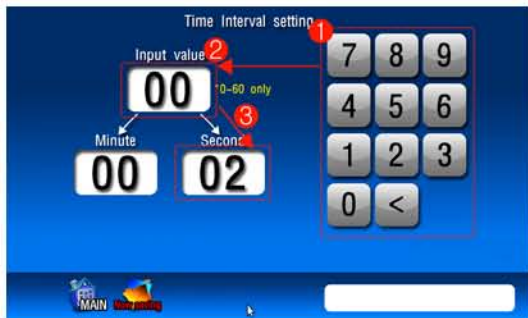
시간간격입력모드 - Interval TimeSetting Mode

이 화면에서는 사용자가 임의로 평균하고자 하는 시간 간격을 지정할 수 있습니다.

왼쪽은 **Minute** 값과 오른쪽은 **Second** 값을 임의로 지정할 수 있습니다. 입력 방식은 아래와 같습니다.

1. 오른쪽 키패드를 이용해 숫자 입력하면
2. 입력한 값이 **Input Value**의 영역에 표시
3. **Second**나 **Minute**의 영역을 선택 (터치) (선택과 동시에 적용)

* 한번 영역을 선택한 후에는 별도의 저장버튼 없이 바로 시간 간격이 저장되므로 주의 하시기 바랍니다.






데이터 전송 - Transmission Mode

전송화면에서는
 인터넷 (유선)
 시리얼 전송 (전용선)
USB 메모리 스틱으로 전송이 가능합니다.



개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과 운영 순서 3	주요기능
	<p>인터넷을 이용한 외부와의 연결 - Internet Connection Information</p> <p>Internet Connection Information 화면에서는 스마트폰이나 외부 모바일기기 또는 PC에서 접속하고자 할 때 필요한 정보들을 표현해 주는 모드입니다. 모바일이나 스마트폰 기기에서 장치에서 전송해주는 정보를 보고자 할 때 사용자는 일반적으로 Public IP(국선 인터넷)주소를 웹 브라우저에 입력함으로써 접속이 가능합니다. 별도의 어플리케이션 설치 없이 인터넷 주소 창에 해당 IP를 입력해 주도록 제작되었습니다.</p>
	<p>장치 시리얼포트로연결 -Serial Communication</p> <p>이 화면에서는 시리얼 포트를 통한 데이터 전송이 가능합니다. 왼쪽 버튼을 활성화 할 경우에는 실시간 정보를 계속해서 받아 볼 수 있으며, 오른쪽 버튼을 활성화 할 경우에는 저장된 데이터를 전송 가능합니다.</p>
	<p>저장된 측정 데이터 가져오기 -Download Data</p> <p>해당 메뉴로 진입하기 이전에 USB를 장치 전면 USB 포트에 끼워줍니다.</p> <p>진입 하고나면 위와 같이 Detected FlashDisk 란에 인식된 USB 디스크의 이름이 출력됩니다. 하지만 메뉴에 진입 후 USB를 뽑았을 경우에는 아래와 같이 빈칸이 출력됩니다. 이 경우 Find Available Flash Disk를 선택하여 디스크를 수동으로 인식하게 해줍니다. (일반적으로 USB 연결 후 5~10초 뒤에 눌러 주시면 됩니다)</p>
	<p>영점 교정 : Zero Calibration</p> <p>제로 교정시 위와같은 메시지(Zero 교정 모드입니다, 저장 기능은 정지됩니다, 주입하는 가스의 성분과 농도가 정확한지 확인해주시시오)가 나오며 'OK'를 눌러 다음으로 진행합니다.</p> <p>영점 교정 모드에 들어서게 되면 교정을 시작하기 전에 영점 교정용 가스를 준비하여 올바른 유량과 방법으로 가스를 장치에 공급해 주어야합니다 농도가 합리적인 수준으로 나타날 경우 Start Calibration 버튼을 눌러 영점 교정을 실시합니다.</p> <p>주의) Dual 2개 동시 측정 모델의 경우 반드시 0점 교정은 동시에 실시 해주시기 바랍니다.</p> <p>편차를 줄이기 위해 센서 각각의 0점 교정은 하지 않습니다. 반드시 후면 부샘플라인에 두 개의 포트에 0점용 가스를 장치 전면의 유량계를 보면서 같은 유량으로 공급 합니다.</p> <p>시작(start calibration)을 누르면 진행됩니다</p>

개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과 운영 순서 4	주요기능
	<p>표준 가스 교정 : SPAN Calibration Span 교정은 각각 센서별로 실행할수 있습니다. ** Span 교정 전에 반드시 purge 와 0점 교정을 먼저 실시하고 진행하여 주십시오. CH4 NH3 Dual Monitor 의 경우 두 개의 센서별 표준교정을 선택하는 메뉴가 나옵니다. 1. 표준 가스를 아래 그림과같이 장치 후면의 샘플 라인에 연결합니다. 교정시 위와같은 메시지(Span 교정 모드입니다, 이때 저장 기능은 정지됩니다, 주입하는 가스의 성분과 농도가 정확한지 확인해주십시오)가 나오며 'OK'를 눌러 다음으로 진행합니다.</p>
	<p>교정 모드의 주 화면입니다. SPAN1~SPAN4는 교정 지점 4포인트를 의미합니다. Concentration은 현재 농도이며, SPAN :란에 표시되는 값은 사용자가 교정을 위해 우측 키패드를 누를 경우 입력되는 값입니다.</p> <p>주의 : 장치의 교정은 정확도를 위해 측정 하시고 저하는 범위내의 최대 4가지 종류의 농도를 준비 하시고 실시해 주시기 바랍니다. 포인트 교정시에는 반드시 1. 스펠교정을 위해 올바른 가스를 측정시 유량과 같은 유량으로 가압없이(대기압) 공급 2. 사용자가 교정하고자 하는 변수를 키패드를 사용해 입력 3. (2)지점 SPAN에 입력한 값이 정확한지 확인 4. 교정하고자 하는 지점과 농도를 (Span 4)를 눌러 교정 작업을 시작합니다. * 지점(3)의 예는 SPAN1 농도값 교정은 Zero 교정 후 낮은 농도(span 1)에서부터 높은 농도(span 2, 3 4)로 순서대로 진행합니다.</p>
	<p>장치 상태 진단과 데이터 외부 전송상태 설정 모드- Diagnostic mode 참고 : 이 기능은 장치에 입력된 0점 교정 값과 리셋, 장치 출력 상태와 교정상태에 따라서 센서의 출력신호등을 점검 하는 메뉴입니다. 또한 장치의 원격 송수신을 위해 Remote 기능의 활성화를 지정해주는 기능이 있습니다. 진단화면에 진입하기 위해서는 사용자가 정한 비밀번호를 입력 하도록 합니다.</p>

**개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과
운영 순서 5**

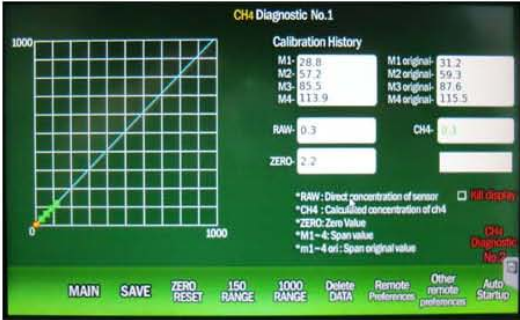
주요기능

상태진단 모드화면 - Diagnostic menu

Calibration history : 직전에 교정되어진 값 표시 (출고시 0.0 임)

위 화면은 진단화면의 메인 화면입니다. 왼쪽은 교정지점들을 그래프로 나타냈으며, 노란색 원형 점은 농도가 변할 경우 그래프를 실시간으로 추적표시합니다. M1~M4의 점은 교정시 사용자가 입력한 임의 값이며, M1 original ~ M4 original이 의미하는 것은 그 당시 센서에서 발생시키는 실제 값입니다.

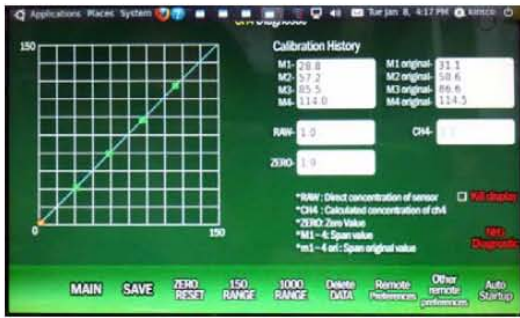
Raw 는 센서에서 보내주는 실제 값입니다.
Zero 는 Zero 교정 지점을 보여줍니다
NH3 CH4 는 모든 교정 절차를 걸친 값을 보여줍니다.



Zero reset은 공장 출고시 0점 값(Factory default)으로 환원시켜줍니다.

150 range 와 **1000 range**는 확대된 배율로 그래프를 보여줍니다.

Delete Data는 입력 (저장 데이터 모두를 삭제하는 기능입니다.)



Dual Sensor type의 경우에는 각각의 **Diagnostic** 화면을 볼 수 있습니다 이 경우 위에 원형으로 표시한 부분을 클릭하시면 타이틀 내용이 각각의 채널로 전환됩니다.

Remote reference 와

Other remote reference 는 인터넷을 (LAN)을 이용한 외부 전송시 선택하는 기능입니다.

이두 기능은 장치의 외부 연결 기능으로 한번 선택시 CH4 NH3 Dual 채널인 경우에도 모두 적용됩니다.

External PC Mobile communication

(외부 PC 또는 스마트폰을 이용한 측정 과제)

장치에 또 다른 신개념의 모바일이나 인터넷을 통한 제어 측정 기술을 개발, 접목한 것이 특징입니다.

(원격 모니터링과 제어를 장치 설정하기)

Diagnostic 메뉴하단의

Remote Preference : (전용 국선 연결시 설정)



이것은 **국선 IP (전용선으로 연결된 인터넷 라인을 쓰는 경우)**장치와 외부 인터넷과 연결시 필요한 내용을 설정해주는 메뉴입니다. 장치를 외부 PC 나 모바일 폰 등으로 원격으로 모니터링 하고자 할 때 반드시 설정해 주시기 바랍니다.

개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과

주요기능

운영 순서 6

화면은 **Remote Preferences**를 선택했을 경우 나오는 화면입니다.

기본 설정은 화면 내용과 같이 되어있어야 하며 기본적으로 설정되어있는 비밀번호는 **14231423**입니다.

이 비밀번호는 키보드로만 입력이 가능하며 화면 전면에 있는 **USB** 포트에 키보드를 연결 후 변경해 주시면 됩니다. 사용방법은 아래와 같습니다.

* 설명을 위해 사용한 **App**은 **Pocket Cloud**입니다. 안드로이드 마켓에서 다운로드 가능합니다.

* 어느 종류이든 **VNC** 용 애플리케이션을 사용해서 접속이 가능합니다. 설정방법은 전반적으로 동일하므로 이 설정 방법을 참고하여 적절하게 사용하시면 됩니다.

1. **HOST Address** 는 장치의 공인 **IP** 정보를 묻는 것입니다.

공인 **IP**정보는 장치 메인화면에서 > **Transmission** > **Internet connection**에서 확인 가능합니다.

2. **Password** 는 **Diagnostic** 화면에서 **Remote Preferences**에서 설정한 **Password**를 입력합니다.

3. 포트는 기본적으로 **5900**입니다.

* 위 방법을 이용한 원격제어를 위해서는 **5900**번 포트를 **OPEN** 상태로 두어야합니다.

비밀번호는 키보드로만 입력이 가능하며 화면 전면에 있는 **USB** 포트에 키보드를 연결 후 변경해 주시면 됩니다. 사용방법은 아래와 같습니다.

* 설명을 위해 사용한 **App**은 **Pocket Cloud**입니다. 안드로이드 마켓에서 다운로드 가능합니다.

* 어느 종류이든 **VNC** 용 애플리케이션을 사용해서 접속이 가능합니다. 설정방법은 전반적으로 동일하므로 이 설정 방법을 참고하여 적절하게 사용하시면 됩니다.

1. **HOST Address** 는 장치의 공인 **IP** 정보를 묻는 것입니다.

공인 **IP**정보는 장치 메인화면에서 > **Transmission** > **Internet connection**에서 확인 가능합니다.

2. **Password** 는 **Diagnostic** 화면에서 **Remote Preferences**에서 설정한 **Password**를 입력합니다.

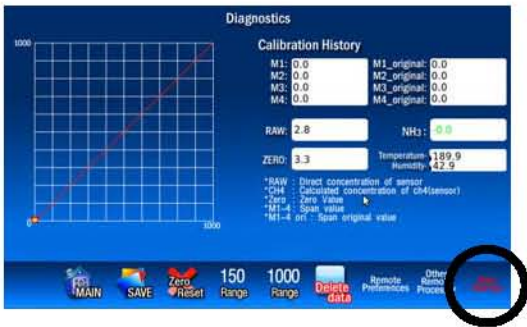
3. 포트는 기본적으로 **5900**입니다.

* 위 방법을 이용한 원격제어를 위해서는 **5900**번 포트를 **OPEN** 상태로 두어야합니다.



개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과 운영 순서 7

주요기능



비 **Public IP** - 국선을 연결한 인터넷이 안되는 곳에서의 연결 이 가능하도록 프로그램 일반적으로 연구소나, 학교 등에서는 5900 포트를 임의로 개방하기는 현실적으로 불가능합니다. 이 경우엔 아래에서 설명하는 방법으로 원격제어를 하실 수 있습니다. Diagnostic 메뉴하단의

Other Remote Processor 를 선택합니다. 이 경우엔 사용자가 원격제어를 위한 프로세서를 지정해 주실 경우 그에 맞는 프로그램을 연결해 드리고 있습니다. 매뉴얼에서 예로든 프로세서는 팀 뷰어입니다. (동등의 소프트웨어 사용시에도 연결방법은 유사합니다)

위처럼 팀뷰어가 실행되면 장치에 ID 와 Password(위화면에서는 9021임)가 보이게 됩니다 이때 Password는 원격컴퓨터에서 연결시 알아야하는 번호입니다. 이번호를 입력하면 원격장치와 연결되어 실시간으로 원격 모니터링과 제어가 가능합니다.

이 정보를 아래 스마트폰 팀뷰어 앱을 설치하고 스마트폰 앱에서 아이디를 입력하고 장치에 나타난 비밀번호를입력하여 원격모니터링과 시스템 Reset/off 제어를 실시합니다.

* 팀뷰어는 데스크탑에 설치해서도 사용이 가능합니다.

참고로 팀뷰어(또는 VNC viewer) 상업적 용도로 사용하는 경우 정품구입을 추천합니다.

끝으로 연구실 밖이나 지방, 해외 등 멀리 떨어져 있으면서 실제로 장치를 관리하는 경우

팀뷰어와 같은 원격제어 프로그램을 시스템 시작시에 자동으로 실행되게 하려면

Diagnostics Mode menu에서 버튼 우측 끝에 있는 **Auto Startup**을 눌러 빨간색으로 전환시키시면 됩니다.

단, 장치의 전원은 항상 켜져 있어야하며, 원격제어기능에서는 장치의 전원을 제어하지는 않습니다. 만일 장치의 전원이 꺼지고나서 다시 들어온 경우에는 위 diagnostic 메뉴에서 Auto start 버튼을 눌러 붉은 색으로 전환하여 주어야 원격모니터링을 재개할수 있습니다. 위처럼 팀뷰어가 실행되면 장치에 ID 와 Password(위화면에서는 6723 임)가 보이게 됩니다 이때 Password는 원격컴퓨터에서 연결시 알아야하는 번호입니다. 이번호를 입력하면 원격장치(PC등)와 연결되어 실시간으로 원격제어가 가능하도록 프로그램을 개발하였음

개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과
운영 순서 8

주요기능 (2차년도 보완/추가사항)

CH4 와 NH3 두성분 동시 다지점 측정 기능

1) 6 개 측정 포인트측정 화면의 측정 시간 보완

1. 밸브 시간 간격 조절 기능

- Average 화면의 보완

- 밸브n(n=1,2,3,4,5)번까지 밸브별 평균시간(밸브n에 머무는 시간) 과 Flush Valve(밸브6)에

머무는 시간, save Interval (밸브n에서 밸브6 으로 전환되는 시간동안 저장할 간격) 시간이 추가 되었음

- 저장 간격은 아래와 같은 로직에 의해서 진행됩니다.

- 밸브1과 밸브6의 시간설정은 아래 보시는 바와 같이 하나의 셋트로 구성

- 밸브1에서average time 을 10초로 설정하고, flushing time을 10초로 설정하였다면, 시스템 은 밸브6에서 10초 머물고 밸브1로 전환되어 10초 동안 머물게 됩니다. 밸브 1에 머무는 시간

동안 5초 간격으로 데이터를 저장하고, 밸브6(플러쉬 밸브)에 머무는 동안 5초 간격으로 데이터를 저장하게 됨

2. 밸브별 시간 설정 화면 추가

-아래 화면은 밸브별 시간 설정을 할 수 있는 화면입니다.

- average 모드에서 Interval 버튼을 누르면 활성화 됩니다.

-위 화면에서 밸브별로 average time과 flushing time, save interval 시간을 설정할 수 있습니다.

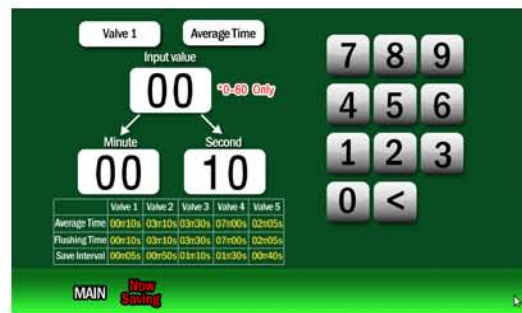
- valve 1 부분을 터치하여 바꾸고자 하는 밸브를 선택할 수 있습니다.

- average time 부분을 터치하며 바꾸고자 하는 시간 항목을 flushing , save 등으로 변경할수 있습니다.

- 시간 입력을 우측 키패드를 이용하여 입력이 가능하며 입력한 값은 input value 영역에 표시됩니다.

- 표시된 값이 정확하다면 minute 과 second 둘중 변경하고자 하는 시간 값의 흰색 영역을 터치하여 변경하고자 하는 값을 입력합니다.

- 입력된 값은 하단의 테이블에 표시되게 됩니다.



개발된 프로그램 운영 메뉴 내용과
운영 순서 9

주요기능 (2차년도 보완/추가사항) (부분발췌)



사업화 추진시 해외진출을 위한 운영 프로그램의 언어 현지화 (중국어)

通过触摸图像操作。

这个菜单包括:测量模式, 平均模式, 传输模式, 校准模式, 诊断模式和图形模式。

测量模式 (测量)

平均模式 (时间平均)

传输模式 (传输)

校准模式 (校准)

诊断模式 (诊断)

图形模式 (图)。



사업화 추진시 해외진출을 위한 운영 프로그램의 언어 현지화 (스페인어)

Pantalla de medición, el botón principal y el Ahorra botón y pantalla de estado del sensor consiste.

Mediciones de la concentración para que se muestren en el centro y en el lado derecho de la unidad de concentración se expresa en ppm.

Normal: No más mensajes (Nada raro) aparece.

En el caso del NH3, hay dos parámetros shows - contenido de H2O en el gas de muestra y la temperatura en la Opción.

Si pulsa el botón <Guardar> en la parte inferior de las anteriores 'Ahora salvar' activa,

A continuación, se sigan guardando e basa en <El <modo tiempo especificado promedio.

Especifique para ajustar la hora en el menú <Tiempo Promedio <modo <Duración>.

Si no se especifica en el <Tiempo Promedio <Modo <. Duración> y pulsa en el botón Guardar, entonces, el Valor <Tiempo no aparece el mensaje Normal>.

Pulse YES si acepta todos los valores de ajuste de menú Duración.

아) Dual Monitoring system - CH₄ 와 NH₃ 동시 측정하는 시스템 개발 제작

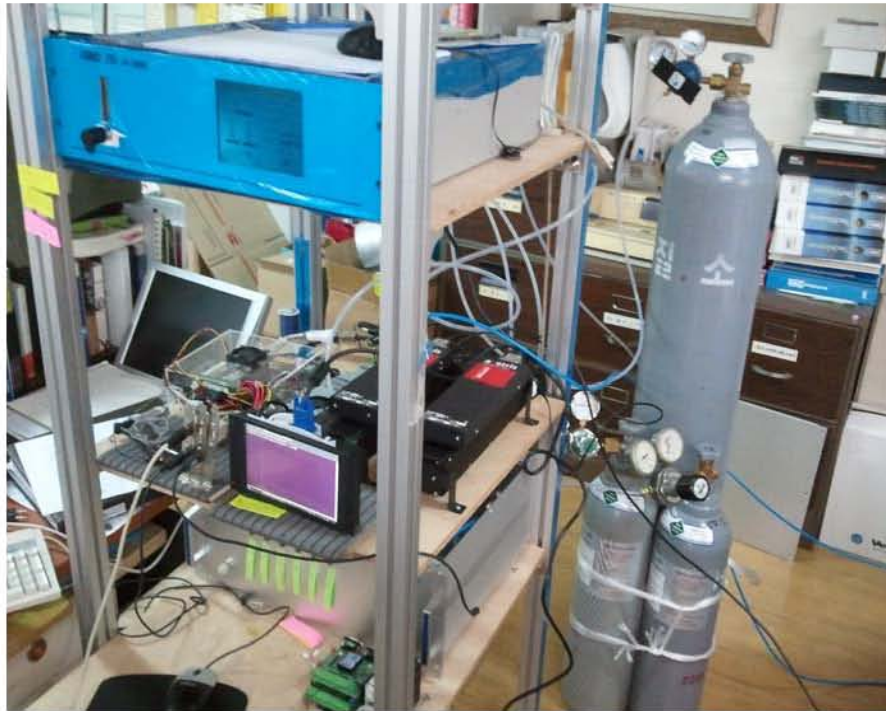
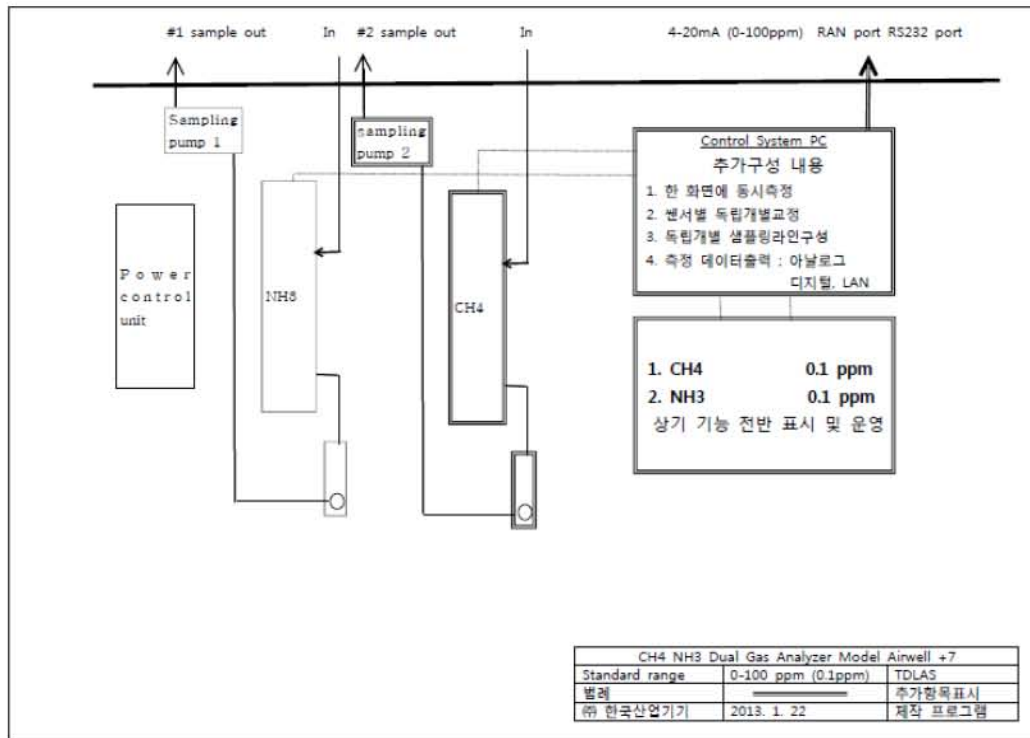
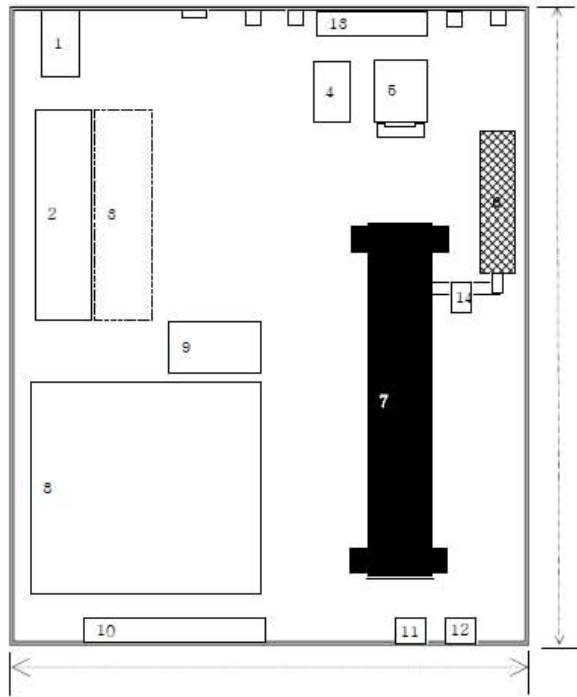


사진1 : 장치 설계에 의거한 구성과 신호의 원활성, 프로그램의 적절성 등을 연구 실연 하기위한 Proto type Test bench

검증이 완료되어 **Module**로 제작한 CH₄ NH₃ TDLAS 장치를 하나의 장치에 탑재하여 동시 분석을 할 수 있도록 사진 1과 같이 개발 제작 하였다





Axetris Ambient TDLAS system components			
No	Description	Property	Remark
1	Power socket	Fuse	110/220
2	PSU for PC		24, 5 VDC
3	PSU for system		24, 12 VDC
4	purge pump	0-2 L/min for (CO2)	12 VDC
5	sample pump	0-6 L/min	110/220
6	sample heater	60 C	220 __W
7	TDLAS	Axetris	24 VDC
8	PC		110/220
9	AD, I/O board	0280 meas heater, box & sample gas/ Cont Fan meas Sample RH	24 VDC
10	Touch Screen		-
11	Flow meter P	0-2 Lfor CO2 (Zerolit)	-
12	Flow meter S	0-5 L	-
13	Exhaust Fan	dia	24 VDC
14	Sensor block	Temp RH	Teflon
15	mounting damper	TDLAS Pump PC	-
16	Dust filter	2um sample inlet	-
17			

System Diagram & parts

그림1. 기본 구조 및 구성 부품 배치 설계도

차). 기본 구성 부품 구입 및 선정을 위한 기본 규격과 신뢰성 검토 사항

장치의 운영에 필수적인 기능과 성능을 갖춘 적합한 부품을 선정하기 위한 기본 규격을 검토하고 기준을 마련하였다.

검 토 사 항

	업 무	기본규격	크기	신뢰도 적합성 관리성
1	각 센서별 신호체계와 전원 공급 unit	110/220VAC 50/60Hz 5V 12V 24V	구입	메인 스위치 박스 후즈부착단것
2	AD unit 선정	10bit 4 ports 이상 08 280	구입/제작	
3	온도 습도 유량 센서 선정		구입	온도:열전대
4	외형 설치 구조 디자인			
5	외부 확장성 (사용 포트 기능선정)	R3232 4-20 mA/0-5VDC 무선 기능확장 (프로그램선택)		
6	사용자를 위한 기타기능 추가	마우스 USB		전원판 2 ports
7	OC 방법 - PC 이상 여부진단, 센서 이상시 진단 check list 작성			Axetris protoool 협의
8	히터제작/선정	전원 24 VDC 조절범위 최고80도까지 +/-1.0	제작/구입	블록/히터삽입/온도센서삽입 (히터 와트값 고정)
9	펌프 선정	전원 220 유량 :	구입	
10	온습도 측정블록	데프론	제작	
11	Mounting damper		구입	rubber borew

카) 장치 기본 구성 diagram 설계 및 작성

장치의 제작에 필요한 구성을 부품별 기능과 호환성을 검토하여 기본 diagram을 설계하였다

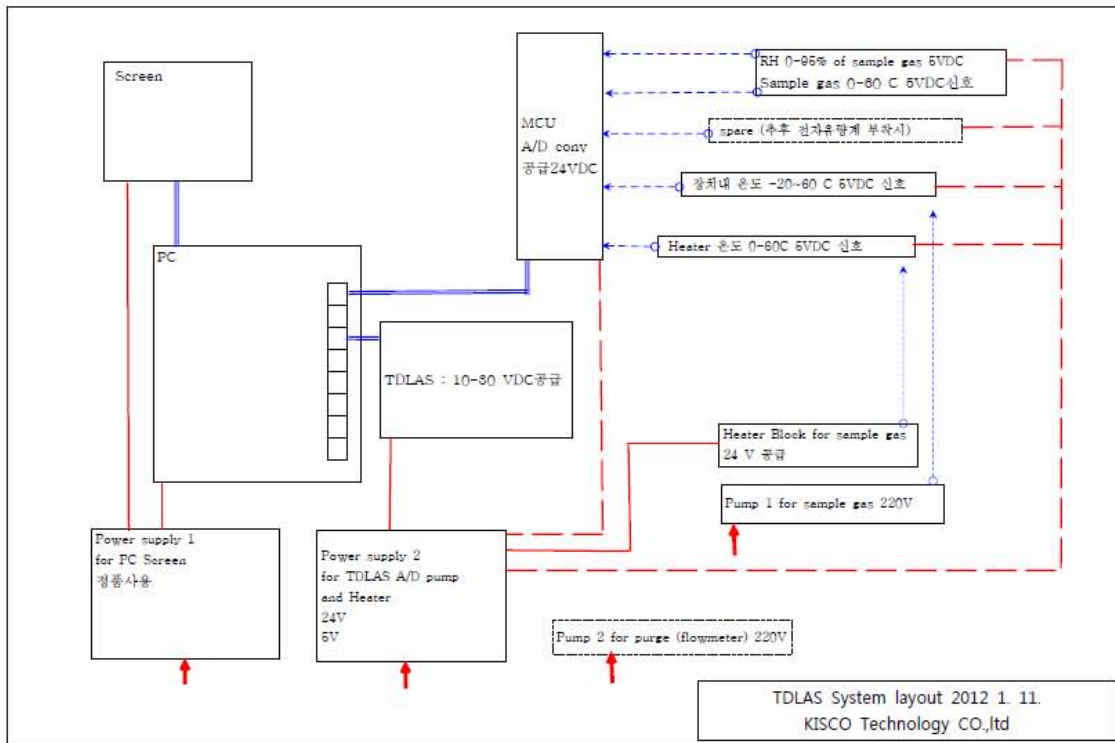


그림2. TDLAS Gas Analyser Electrical Connection Layout Diagram

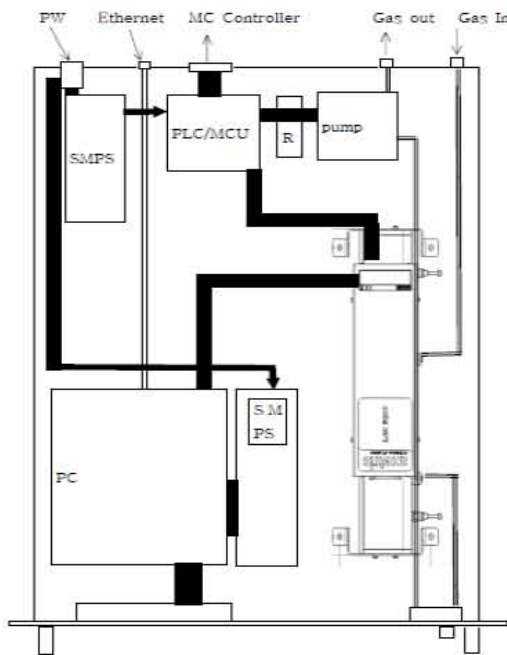
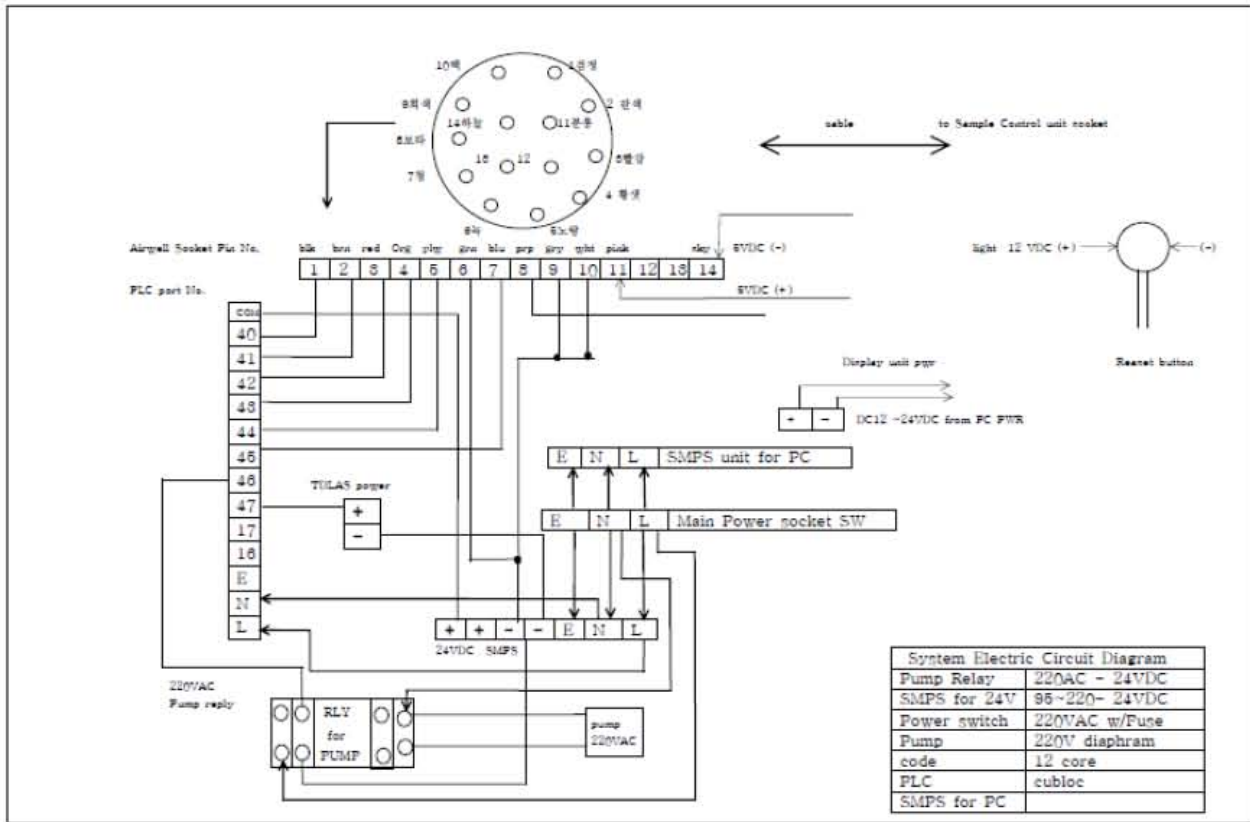


그림 3. 측정 장치의 외형 기본 설계 와 **CH4 NH3** 측정을 위한 **TDLAS** 샘플라인 구성도 설계 사진 2 실제 배치를 예상한 **System Sample flow and Electrical Diagram** 설계도와 시작품 내부 조립도 사진

타) 시스템 배선도 설계도 (System Electrical wiring diagram)



back cover cut

아날로그터미널 6pins (3ch) 가로60 세로9 cu

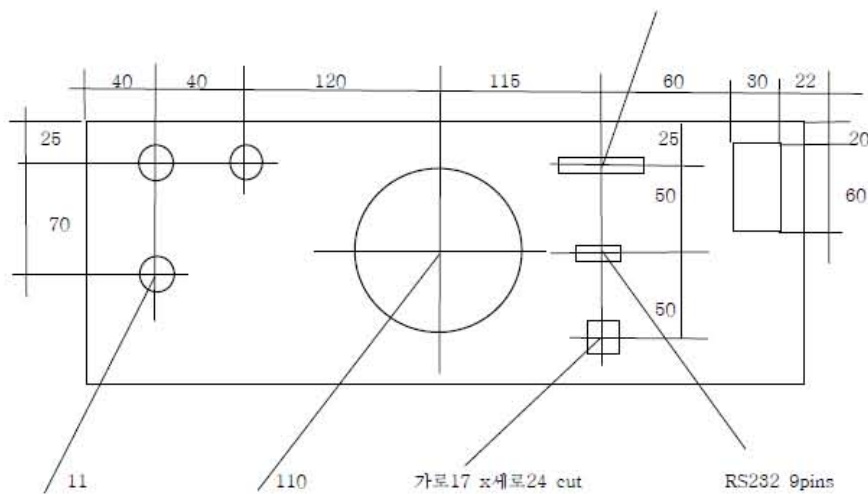


그림 10. 장치 외형 케이스 제작 설계도

6) 시제품의 완성

제품 설계와 부품별 성능시험 및 작업 지침서를 마련하여 순서에 의거한 작업을 수행하고 1차년도도의 개발과정과 같이 자체 검증을 거쳐 시제품을 완성하였다.



(사진)완성 시제품의 외형 사진

작업지침서

작업명 농기평과제 CH4 NH3 측정 장치 개발

원료예정일자 2012. 9.



업무	내용	비고 규격, 성능 구입업체 list
1	업무 목표	측사용 CH4 NH3 TDLAS 가스측정기 개발
	사용센서 와 범위	TDLAS CH4 TDLAS NH3
2	표시 장치	PC Touch
3	사용 CPU	Mini PC
4	PLC 장착	Y / N
5	MinipC power	Y / N
6	Etheret 기능	Y / N
7	Rs232 출력	Y / N
8	사용 주전원	220VAC
9	필트내장	Y / N 220VAC
10	리셋기능	Y / N
11	교정기능	Y / N
12	저장기능	Y / N
13	SB 평균기능	Y / N
14	커버부착	Y / N
15	외기온도 측정모듈 장착	-20~60 C
16	외기습도 측정 모듈 장착	0-100% RH
필수 구성 기능 1) 2성분 표시 8 채널 2) 외기 온도/습도 표시 1채널 3) 밸브개폐 상태표시 LED 작동 4) 시간간격별 샘플링 (샘플링 유량에 의해 거리와 90% 계산 또는 각 샘플 포인트별 샘플링 시간 입력 할 수 있게함) 5) 사용하지 않는 포트는 작동정지 선택가능하게 하고 정지 시킨것은 넘어가고 다음 밸브로 가도록 한다 6) 샘플링 배정공기 (또는 전용 필터 불인 크리닝 공기)포트가 먼저 열리고 (약 () 분간- 이것도 시간 지정이 가능하도록 실제 측정은 거리에 따라 10분정도 7) 원격 모바일의 경우 미니 컴퓨터 작동 및 리셋(pump off ,각각 센서 off 까지- main power unit on/off는 제외) 모바일- 원격자료 보기, 외장 원격 PC로 보기 화면과 순서설명		

7) 연구 성과

가) 2차년도 연구개발 목표

구분	연도	연구개발의 목표(소요개월)	연구개발의 내용
2차년도	2013년 7월 27일 ~ 2014년 7월 26일	시작품 시험(3)	완료된 시작품 대상 Lab Test 와 현장시험 대상설치작업
		시작품 현장 적용(5)	2차년도 개발계획 시에 현장 적용 시험을 추진하여 계절별 연속측정 데이터를 수집하고 측정 제어프로그램을 자체 제작현장 성능 시험 실시
		시작품 보완(5)	현장 시험 후 도출된 문제점 분석 및 보완, 재시험 실시
		기술등록 및 보고서 작성(3)	시험결과 및 세부 보고서 작성 제품 상용화 계획수립

나. 연구계획대비 진도표 (2차년도)

개발내용	구분	연구 개발 기간												진도 (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
시작품 현장용 제작 및 시험 현장 시험용 시제품 추가 제작 및 시험을 위한 구성 -제작품 추가 제작으로 연장		■	■	■											100
		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
시작품현장적용 하절기및 동절기 중 장기 계절별 영향 시험 분석 -동절기 시험에 이은 춘계 및 하계 지속시험 추진 연장실시				■	■	■	■	■	■						100
					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
시작품 최종 보완 시스템 문제점 정리및 보완 반영-시험기간 연장에의한 지속적 성능시험과 보강 실시						■	■	■	■	■	■				100
						■	■	■	■	■	■	■	■	■	
기술등록 및 보고서 작성 보고자료 수집 상용화 계획수립												■	■	■	100
												■	■	■	
총 진도율														100%	
* 진도표기															
범례 : 계획  추진상황 															

8) 개발 제품의 목표 대비 연구개발 수행 성과

항목	항목	목표규격	비고	성과
측정방식	가변다이오드레이저 분광법 (TDLAS)*			
측정 항목	메탄	범위 0~100/40000 ppm	100 ppb	100%
	암모니아	범위 : 0~100/500 ppm	100 ppb	100%
	온도	-20 ~ +80 ℃	0.1 ℃	
장점	간섭없는 최고 수분 함유량	Max 30% Water		100%
	타 성분에 대한 간섭	없음		100%
	분석을 위한 샘플 전처리 장치와 주변 제어장치 불필요	다지점 측정용 샘플링 장치	현장상황에 대처 가능	
	실시간 연속 측정가능	1초단위 및 평균 측정 가능		100%
	별도 외장 PC 불필요	PC 내장		
분석 속도	T=90% 3초이내			100%
장치규격	450W X 600 D x 250 H cm	무게 약 10 kg이내		100%
샘플량	1.5~ 5 liter/min	대기압		100%
정확도	2% FS			2% 100%
사용전원	110/220 VAc			110/220V
운영체제	Linux			Linux
측정데이터 처리	저장용량	30 GB 이상		30GB
데이터 및 장치 원격 관리방법*	측정 장치의 데이터 수신 및 관리를 모바일로 할 수 있도록 프로그램 개발	구체적 제시) 축산 부문의 특성상 주야 장시간 측정을 요구하는바 현장 관리자가 국내외 어디서든 측정 상황을 모바일 폰을 이용하여 검색/ 제어할 수 있도록 프로그래밍 기술을 개발. 이 방식은 장치에 탑재된 산업용 소형 컴퓨터가 서버의 역할을 하여 안드로이드 및 기타 운영체제별 통신 가능 하도록 PHP Javascript HTML로 프로그램 개발 장치에 입력한 인터넷의 할 당 주소를 모바일에 입력하여 데이터수신 수신데이터 종류: 현재측정 값, 측정 데이터의 저장 값, 장치의 리셋기능과 원격제어 기능 프로그램 개발		
측정 장치 신뢰도	교정작업 불필요			
장치외관 재질	Anodizing Aluminium			
표시방법	7.5 인치 color touch screen			
운영메뉴	국내(한글) 국외 (영어 외 추가)	한글 및 영문	향 후 수출 국 대 상 언어 추가	영어 중국어 스페인어 타이 태국어 러시아어 일본어 프랑스어 표시방법 보완완료

9) 위탁연구기관의 시제품 현장 시험 결과

완성된 시험 제품의 현장 시험은 2013년 9월부터 경북대학교 상주캠퍼스 동물자원학과에 위탁 하여 장치의 현장 시험을 위주로 우수성과 성능 및 기타 내구성 등의 시험을 통한 개발기술의 전반적인 성과와 발견된 사항 등 보완 작업을 수행하였다.

개발 시제품의 시험 단계

1) 현장시험

실제 측사 시설을 갖춘 위탁 연구기관을 지정하여 1년여의 중장기적인 연속 시험을 실시하고 보완 및 수정을 통한 장치의 신뢰성 향상과 우수성 보장하였다.

2) 현장실시기간 : 2013년 10월부터 2014년 7월 (약 10개월)

3) 시험장소 : 경북대학교 상주캠퍼스 동물 자원학과 축산 시험 연구동

4) 위탁연구기관 최종 보고서 제출문 : 별첨

가)위탁 범위 및 수행 결과

위탁 목표:

완료 시제품 Tunable Diode Laser Absorption Spectrometer(TDLAS)를 이용한 반추동물 유래 온실가스 측정

Determination of Greenhouse Gases from Ruminants using Tunable Diode Laser Absorption Spectrometer (TDLAS)

본 보고서를 “Tunable Diode Laser Absorption spectrometer (TDLAS)를 이용한 반추동물 유래 온실가스 측정”의 최종 보고서로 제출합니다.

1. 서론

2. 연구 내용

가. 동절기 간편 챔버와 면양을 이용한 TDLAS 성능시험

- 1) 연구목적
- 2) 재료 및 방법
- 3) 결과 및 고찰
- 4) 세부결과 데이터

나. 하절기 간편 챔버와 산양을 이용한 TDLAS 성능시험

- 1) 연구목적
- 2) 재료 및 방법
- 3) 결과 및 고찰
- 4) 세부결과 데이터

다. 측사시설을 이용한 TDLAS 현장 적용시험

- 1) 연구목적
- 2) 재료 및 방법
- 3) 결과 및 고찰
- 4) 세부결과 데이터

3. 현장시험 결과

(1) 서론

농업을 통해 발생하는 온실가스는 지구 전체 메탄 발생량의 **10%~12%**로 추정된다. 이 중 **50%** 이상이 메탄가스가 차지하고 있으며 이산화탄소 대비 **25배**의 온실가스 효과를 가지고 있다.^[4] 반추동물이 사료를 섭취한 후 반추위에서 미생물에 의한 소화 과정에서 발생하는 메탄가스는 연간 최대 **8천만톤**에 이르며, 이 중 인간에 의해 키워지는 가축에서 발생하는 메탄발생량은 약 **33%**로 보고되었다.^[4] 또한 인구의 증가에 따라 축산물의 소비, 특히 중국, 인도 등을 포함한 개발 도상국가들의 축산물 소비는 급격하게 증가할 것으로 예상된다. 이러한 축산물 생산과 관련하여 필연적으로 메탄가스 와 이산화탄소의 발생이 증가할 것으로 예상된다(그림1).^[4,5] 한편으로는 국가 간 자유무역협정(FTA)의 체결 및 축산물의 수요가 국가별로 다양해짐에 따라 축산물의 생산과 이에 수반되는 환경 파괴 그리고 축산물의 소비와 관련된 지리적인 상관관계가 점차적으로 줄어드는 현상을 보이고 있다. 이런 이유로 축산물의 생산, 소비와 무관하게, 국가의 경제력과 상관없이 전 세계 모든 국가에서 온실가스를 감축해야 한다는 의견에 따라 축산분야에서 메탄저감 기술 개발이 요구되고 있다.

최근 수년 간 반추동물의 소화과정에서 발생하는 온실가스의 배출량을 줄이고자 하는 연구들이 진행되고 있다. 측정기술의 발달로 메탄가스의 배출량에 대한 정보들이 보다 정확해지고 있으며 이러한 정보들은 가축의 생산성 제고뿐만 아니라 국가 온실가스 배출량의 인벤토리 구축 및 정책 입안에 중요하게 활용되고 있다. 반추동물의 소화과정에서 발생하는 온실가스의 양을 측정하기 위해서 다양한 방법들이 연구되고 그 방법들이 개선되어 왔으나 고가의 측정장비를 필요로 하거나 정확도에서도 상이하며 특히 사양방법에 따라서 탄력적으로 측정하기에 어려움이 있어서 아직도 측정방법에 있어서 논란의 여지가 있음도 또한 사실이다.

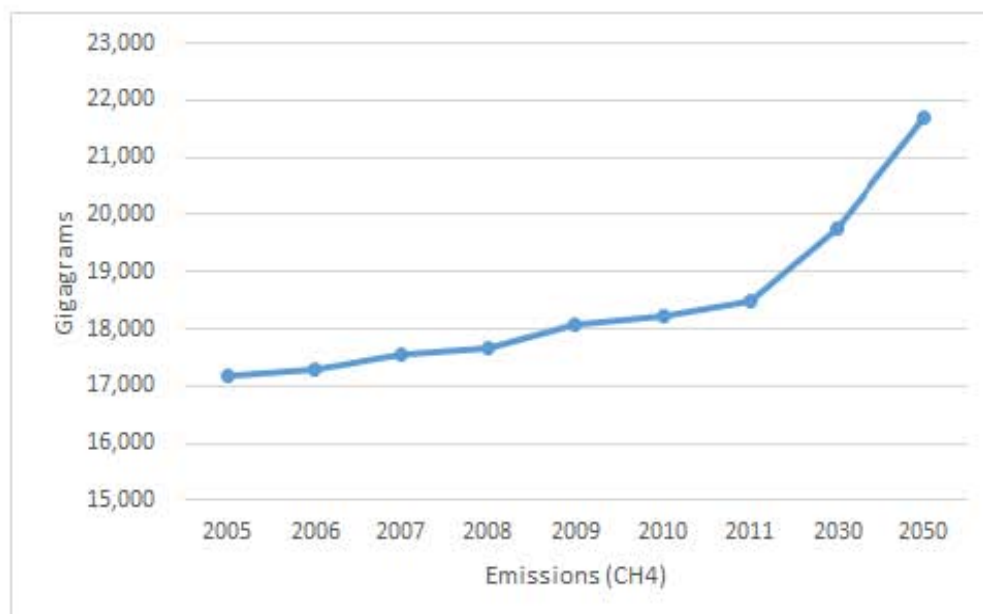


그림 1. 가축 장내 발효 메탄가스 발생량(1990년~2011년 평균)^[5]

이렇게 메탄가스를 포함한 온실가스를 측정할 수 있는 고가의 시험기기는 항온항습 또는 분진을 최소화한 환경에서 작동하는 것을 기본 조건으로 한다. 그러나 축산환경은 기존의 실험실 환경과는 달리, 계절에 따라 온도의 편차가 심하고, 습도와 먼지에 항상 노출되어 있다. 따라서 축사 또는 동물에서 발생하는 샘플을 수집하여 실험실로 이동 후 분석하는 것이 일반적이다. 그러나 이러한 방법은 샘플을 정확히 채취하기 어렵고, 또한 샘플 채취 이후 분석까지 이루어지는 시간이 늦어짐에 따라 실시간 분석이 이루어지지 않는다는 문제가 발생하게 된다. 또한 아직까지 가축에서 발생하는 온실가스를 측정하는 시스템은 해외의 기술 및 장비에 상당부분 의존하고 있는 실정이다. 이러한 수입 분석 장비들은 고가의 가격도 문제일 뿐 아니라 열악한 축산환경에서 발생할 수 있는 여러 가지 문제점에 대한 유지와 관리가 되지 않는 단점이 있을 수 있다. 따라서 온실가스를 더욱 정확하게 측정할 수 있고, 열악한 환경에서도 연속적으로 측정 가능하며 연속적이 유지 관리에 장점을 가진 기술과 장비의 국내개발이 필요하다.

본 시험에서는 주관연구기관인 (주)한국산업기기에서 개발한 **TDLAS** 장치가 일반적으로 수행되는 동물시험 환경과 축사환경에서 작동했을 경우의 데이터 수집의 안정성과 정확성을 검증하고, 실제 사양 환경과 유사한 조건에서 실험을 실시하여 메탄가스와 이산화탄소를 측정하고자 하였다.

표 1. 국제 연구기관 소재의 가스분석장치 비교^[6]

연구기관	시험동물	분석가스	가스측정 센서비용
뉴질랜드 (Ruminant methane measurement centre)	Sheep	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ , O ₂	\$32,000
호주 (Cattle respiration facility, Armidale, New South Wales)	Cattle	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ , O ₂	\$29,000
벨기에 (ILVO's ruminant respiration facility, Melle)	Cattle	CH ₄ , CO ₂ , N ₂ O, NH ₃	\$63,000
덴마크 (Cattle respiration facility, Aarhus University)	Cattle	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ , O ₂	\$133,000 (기타장비포함)
UK (Aberystwyth University), 스페인 (CSIC)	Sheep, Goat	CH ₄ ,	\$11,500
스위스 (Metabolic Centre of the University of Zurich)	Cattle, Sheep	CH ₄ , CO ₂ , O ₂	\$126,000

(2) 연구내용

가. 동절기 간편 챔버와 면양을 이용한 시제품 성능시험

1) 연구목적

본 연구에서는 주관연구기관에서 개발한 **TDLAS**의 성능을 시험하기 위해 간편 챔버에 면양을 입식시킨 후 발생하는 메탄과 이산화탄소의 발생량을 측정하고, 측정결과의 정확성과 연속성, 측정기

기의 안정성을 평가하고자 하였다.

2) 재료 및 방법과 시험동물 및 사양관리

공시동물(수컷 면양 성축, 평균 체중 60 kg)을 5두 구입하여 (대관령 양떼목장), 건국대학교 실험실로 운송한 후 실험에 이용할 수 있도록 일주일 동안 대사실험실 내에서 알팔파 건초를 급여하며 순치시켰다. 이후, 건강상태가 양호한 면양 4두를 임의로 선정하여 실험구에 배치하고 실험사료를 점진적으로 증가시켜서 급여하여 사료에 적응시켰다. 공시동물을 실험용 챔버에 옮겨 행동을 관찰하며 챔버 내 적응성을 살펴보고, 이상유무를 확인하였다. 시험사료는 대조구(C1 : 알팔파 건초 100% 자유채식 + 대두박 1.5g), 처리구 1(C2 : 대조구 사료 + 시험사료 1.5g), 처리구 2(C3 : 대조구 사료 + 시험사료 3.0g), 처리구 3(C4 : 대조구 사료 + 시험사료 4.5g)로 설정하였다. 시험기간 중 물과 비타민/광물질 복합제는 자유채식 하였다. 시험은 총 4개월 동안 4×4 라틴방각법의 설계를 적용하여 수행하였다.

3) 온실가스 측정

챔버에서 공기를 흡입해주는 파이프에 6.4 mm 테프론 튜브를 연결하고 그 반대쪽에 TDLAS를 연결하였다. 챔버 내의 공기는 평균 160 L/min으로 흡입하여 외부로 배출하였다. 이렇게 챔버에서 흡입된 공기 중 10 L/min의 양을 TDLAS로 이동시켜, 그 중 2 L/min의 양을 분석에 이용하고 나머지는 다시 외부로 배출하였다. TDLAS의 총 4개 흡입센서에서 대조구(C1), 처리구(C2,3,4) 세 개의 챔버의 온실가스 함량을 측정하였다. 나머지 두 개 중 한 개의 흡입센서(ref)는 챔버가 위치한 실험실의 공기 질을 측정하고, 한 개는 외부 공기를 이용하여 센서를 cleaning 해 주었다. 각 측정결과는 매 1초마다 측정되었으며, 센서 당 10 min 동안 분석하고 5분 동안 센서를 cleaning 하는 방법으로 수집하였다. 시험은 각 기간 별로 총 5일 동안 진행하였으며, TDLAS는 시험기간 동안 연속적으로 측정하였다. 본 연구에서 개발한 기기와 건국대학교에서 기존에 보유하고 있던 메탄 측정 장치를 동시에 측정하여 비교하였다.

(4) 시험 결과 및 고찰

본 연구에서 개발한 TDLAS로 측정한 전체 메탄과 암모니아 발생량의 평균은 양의 상관관계를 가지며 각 처리별로 명확한 차이를 보였다(그림 5). 건국대 메탄 측정장치와 TDLAS를 이용하여 챔버가 위치한 우사의 공기질(ref.)을 비교하였다. 각 분석기기에서 측정된 결과는 시간에 따른 농도의 변화가 동일한 경향이었다. 암모니아의 경우 실험종료시점까지 일정하게 유지되었으며, 건국대 기기에서 측정된 메탄량이 TDLAS에서 측정된 것보다 높은 수준을 유지하였다(그림 6). 본 시험이 이루어진 동절기에 5일 동안 TDLAS를 실행시켰을 경우에도 기기의 멈춤 현상 없이 연속적으로 측정할 수 있었고, 전체 5일의 결과가 유사한 경향을 나타내었다(그림 7). 기존의 분석장비와 TDLAS를 이용하여 메탄 측정량을 비교한 결과 가스측정량의 변화 패턴은 유사하였으나, TDLAS를 이용하여 측정한 수치가 모든 처리구에서 높았다(그림 8). 기존 분석기기에서 측정된 결과에 비해 TDLAS에서 측정한 외부공기의 메탄 수치는 낮게 분석되었으며, 간편 챔버를 통해 측정된 결과는 높게 분석되었다.

- 1) 세부결과(표와 그림) 시제품 사진과 시험대상 장치 사진
 그림 4. 면양 시험에 이용한 간편 챔버와 TDLAS 성능시험 장치

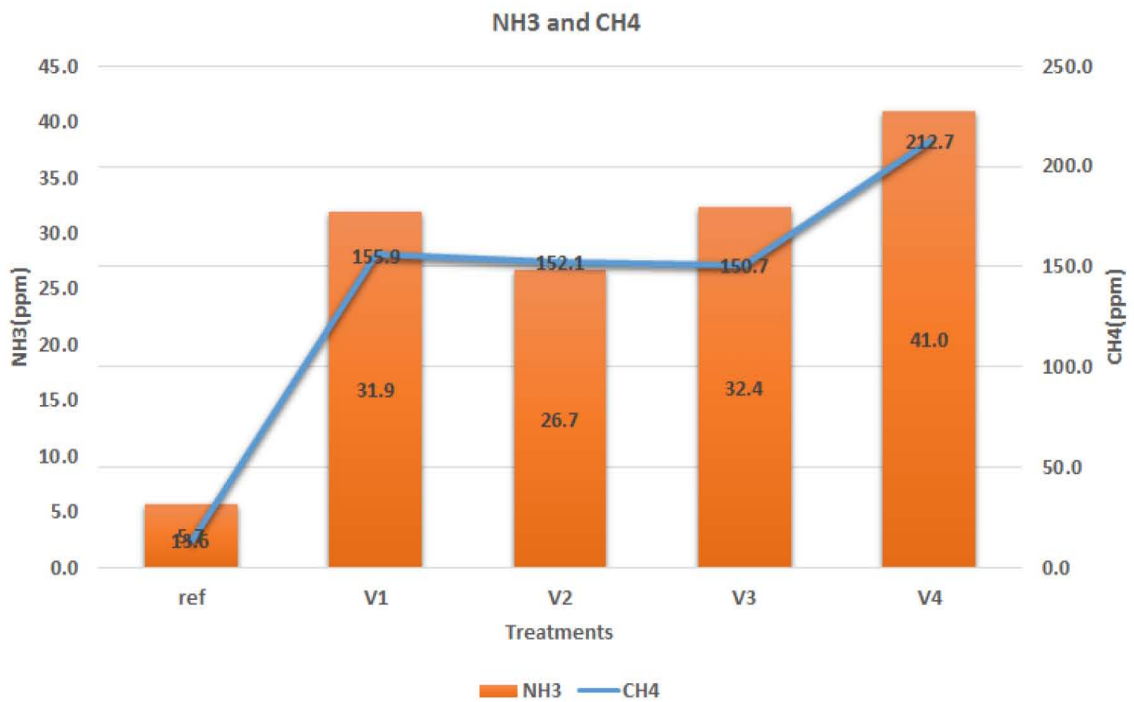


그림 5. 간편 챔버를 이용한 면양의 메탄과 암모니아 평균발생량

그림 6. 좌측) TDLAS 와 기존보유 장비를 사용한 우사의 공기질 측정

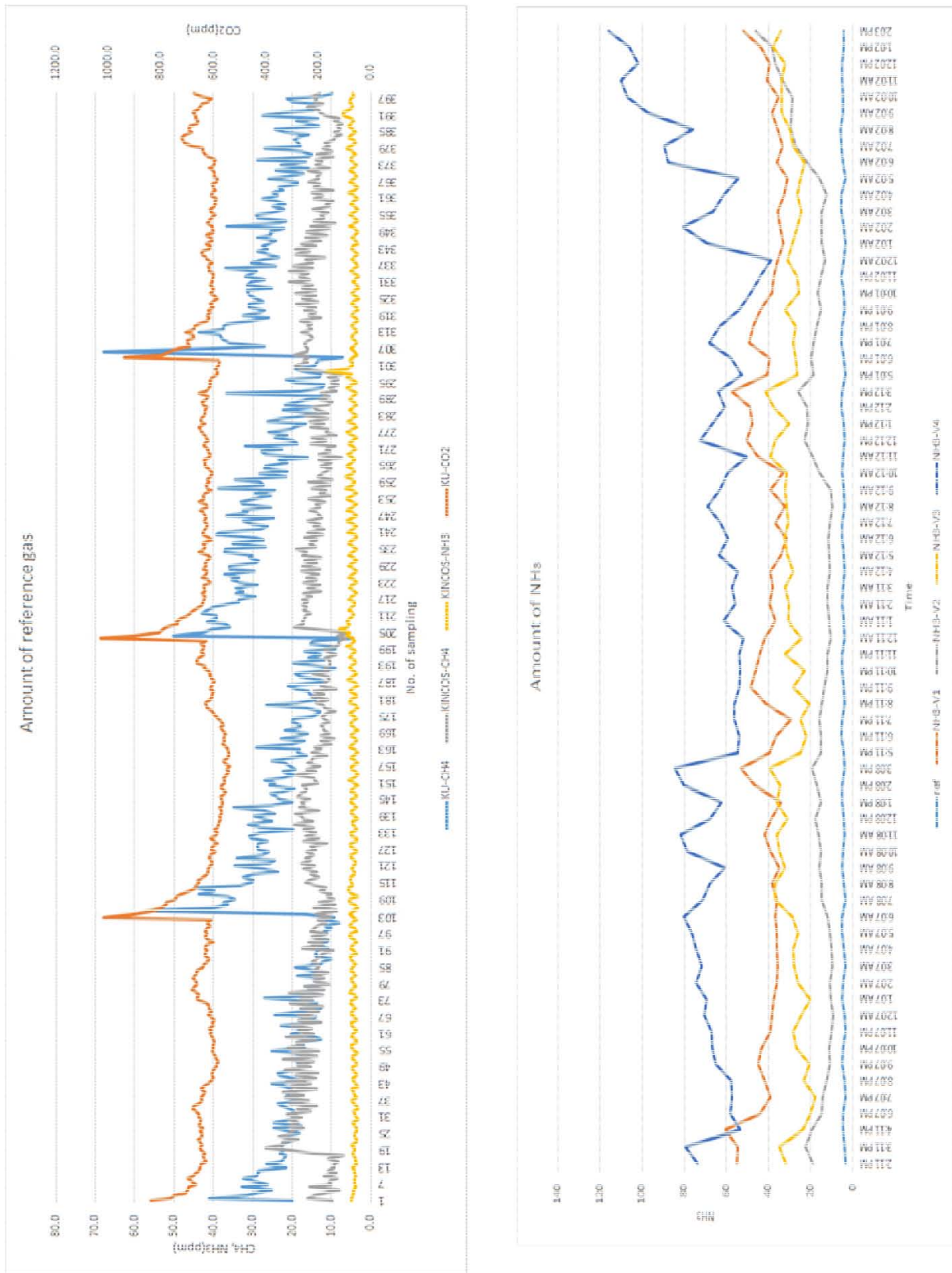


그림 7. 우측)간편 챔버를 이용한 면양의 암모니아 발생량

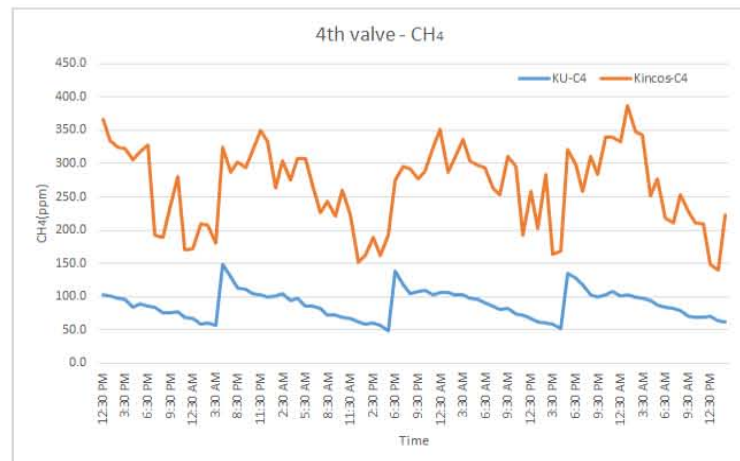
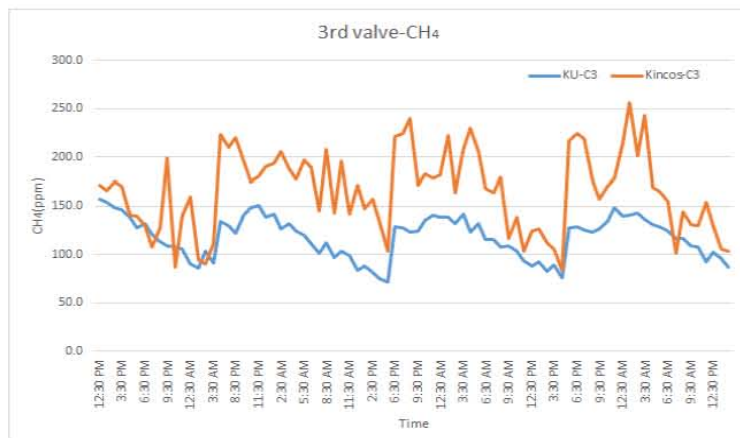
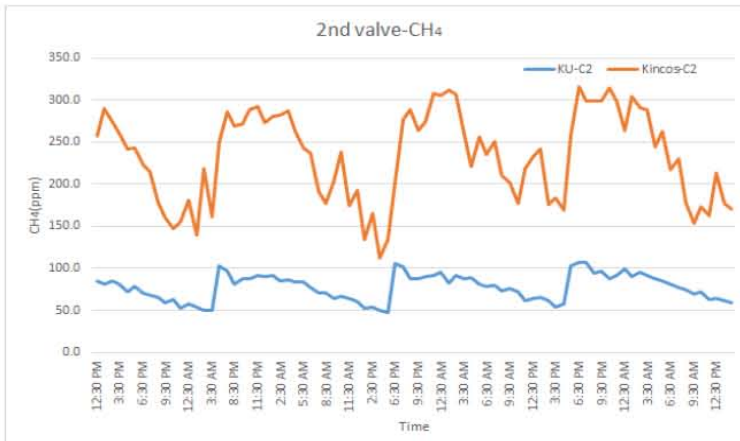
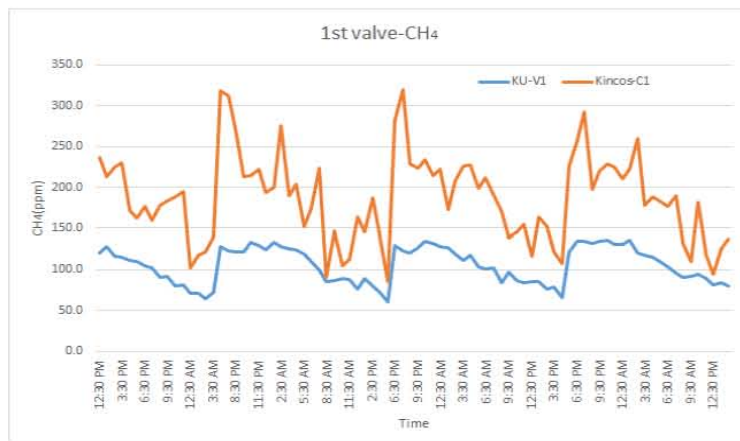


그림 8. 간편 챔버를 이용한 먼양의 메탄 발생량 비교

나. 하절기 간편 챔버와 재래산양을 이용한 시제품 성능시험

1) 연구목적

본 연구에서는 주관기관에서 개발한 **TDLAS** 가스측정 장치의 성능을 시험하기 위해 간편 챔버에 산양을 입식시킨 후 발생하는 메탄과 이산화탄소의 발생량을 측정하고, 측정 결과의 정확성과 연속성, 측정기기의 안정성을 평가하였다.

2)재료 및 방법

가) 시험동물 및 사양관리

시험동물은 경북대학교 실험목장에서 사양하고 있는 수컷 산양 성축 2두와 암컷 산양 성축 2두를 공시하였다. 시험 개시 후 2시간 동안 공시동물을 실험용 챔버에 옮겨 행동을 관찰하며 챔버 내 적응성을 살펴보고, 이상 유무를 확인하였다. 시험사료는 옥수수 대를 파쇄하여 급여하였고, 시험기간 중 물과 사료는 자유채식 하였다(그림 11).

나) 온실가스 측정

챔버에서 공기를 흡입해주는 파이프에 6.4 mm 테프론 튜브를 연결하고 그 반대쪽에 **TDLAS**를 연결하였다. 챔버에서 흡입된 공기 중 10 L/min의 양을 **TDLAS**로 이동시켜, 그 중 2 L/min의 양을 분석에 이용하고 나머지는 다시 외부로 배출하였다. 1초 간격으로 측정된 결과를 5분간 평균을 내어 결과를 산출하였다. **TDLAS**의 총 4개 흡입센서 (**Sensor 1,2,3,4**)에서 챔버의 온실가스 함량을 측정하였다. 나머지 두 개 중 한 개의 흡입센서(**Sensor 5**)는 챔버가 위치한 우사의 공기 질을 측정하고, 한 개는 외부 공기를 이용하여 센서를 **cleaning** 해 주었다(**Sensor 6**). 시험은 총 24시간 동안 진행하였으며, **TDLAS**는 시험기간 동안 연속적으로 측정하였다(그림 11).

2) 결과 및 고찰

시험기간 동안 온도는 25.4~27.8℃, 습도는 75%~81% 로 측정되었다(그림 9). 이 결과에서 하절기 고온 다습한 환경에서 연속측정이 가능함을 알 수 있다. **Sensor 1**의 메탄과 이산화탄소의 발생량이 많게 측정된 결과는 시험기간 중 다른 시험동물보다 **Sensor 1**의 시험동물의 운동량과 섭취량이 더 많았기 때문이다(그림 10). 또한 오전과 오후 사료급여 시 메탄가스 발생량이 증가하였다. 이는 반추동물이 사료를 섭취하는 동안 메탄가스의 발생량이 증가한다는 기존의 알려진 결과와 동일하다(그림 12).

3) 세부결과(표와 그림)



그림 9. TDLAS 분석장치가 위치한 우사 내 온도와 습도

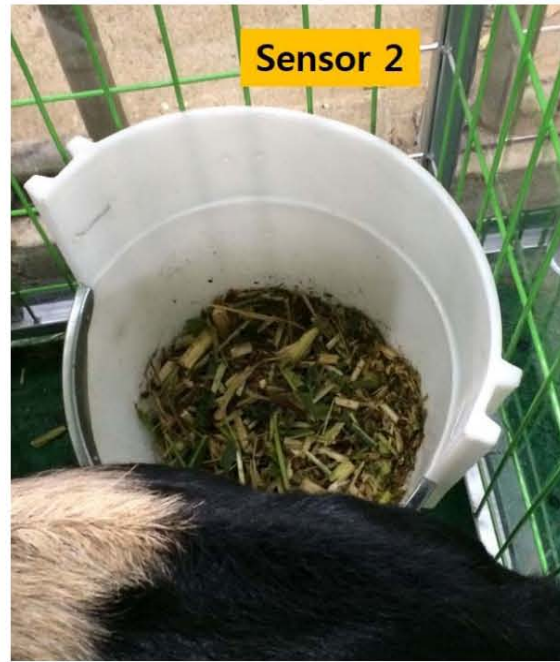


그림 10. 간편 챔버 내 실험동물의 사료섭취율 비교



Point	CH ₄ concentration	CO ₂ concentration	Gas
No.1	0.0 ppm	0 ppm	●
No.2	0.0 ppm	0 ppm	●
No.3	67.0 ppm	1287 ppm	●
No.4	43.5 ppm	977 ppm	●
No.5	44.6 ppm	1036 ppm	●
No.6	45.0 ppm	1068 ppm	●

Nothing present.

Flushing Interval: 5 min, 6 min, 7 min, 8 min, 9 min
 Averaging Interval: 10 min, 11 min, 12 min, 13 min, 14 min

CH ₄ 16.8	CH ₄ 12.6	CH ₄ 17.7	CH ₄ 12.2	CH ₄ 5.6	CH ₄ 5.3
CO ₂ 513	CO ₂ 484	CO ₂ 531	CO ₂ 474	CO ₂ 414	CO ₂ 399

Point No.1 Point No.2 Point No.3 Point No.4 Point No.5 Point No.6

MAIN Now Saving Duration Interval C:07-30 10:04:35 N:07-30 10:12:02

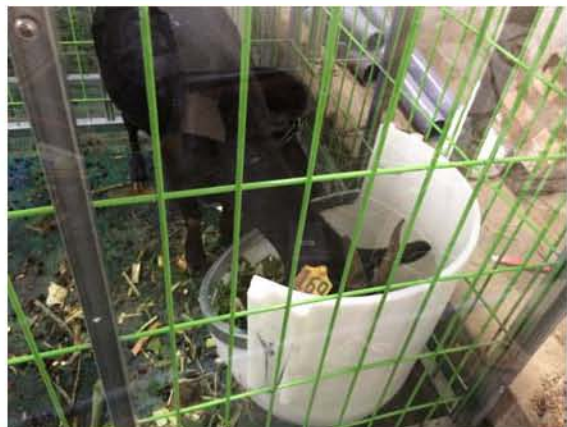


그림 11. 간편 챔버와 재래산양을 이용한 TDLAS 성능시험

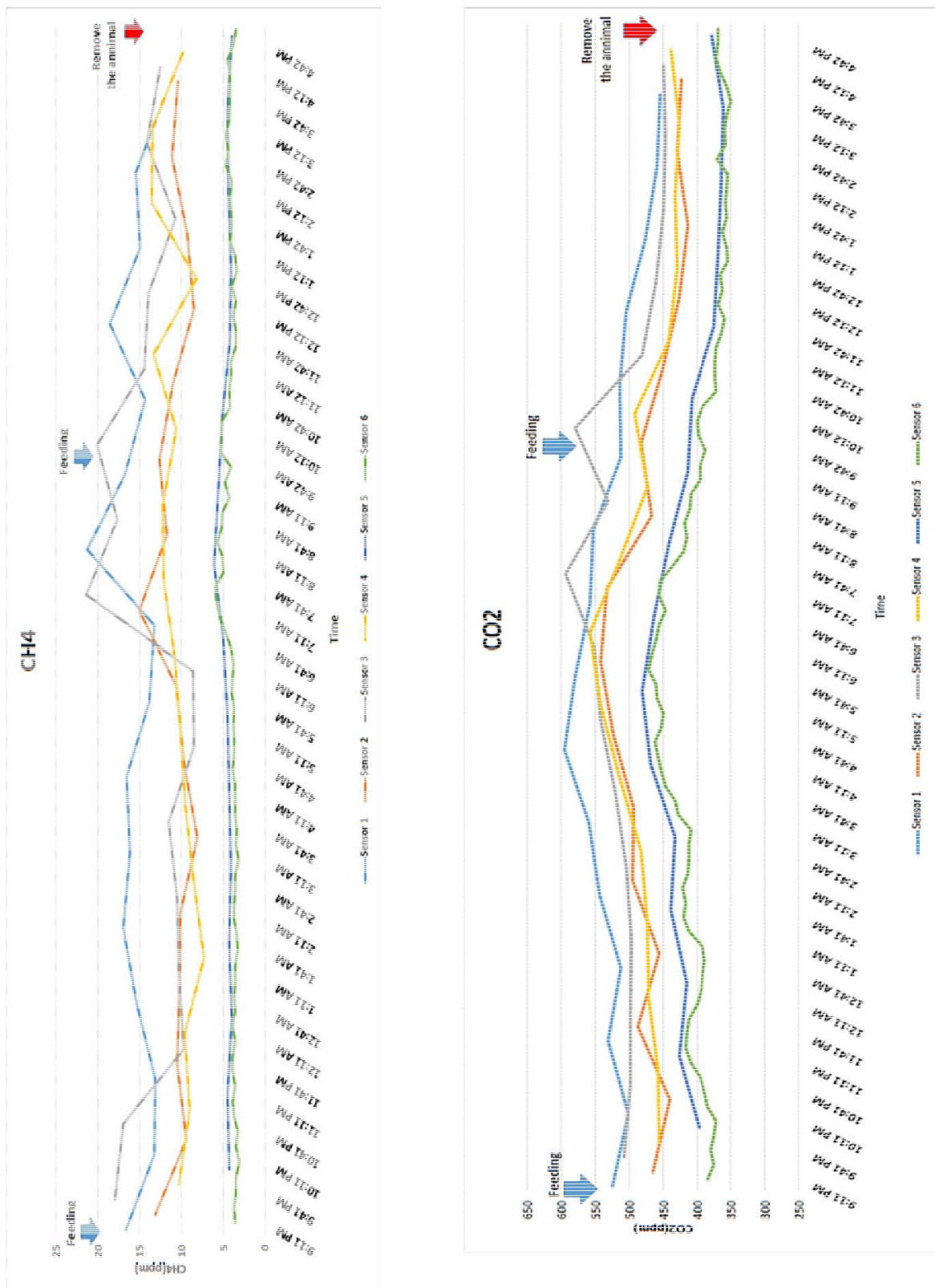


그림 12. 간편 챔버를 이용한 산양의 메탄과 이산화탄소 발생

다. 축사시설을 이용한 시제품 현장 시험

1) 서론

본 시험에서는 개발된 **TDLAS** 장치가 일반 축사환경에서 작동했을 경우의 데이터 수집의 안정성과 정확성을 검증하고, 실제 사양 환경과 유사한 조건에서 실험을 실시하여 메탄과 이산화탄소의 발생량을 측정하고, 측정결과의 정확성과 연속성, 측정기기의 안정성을 평가하고자 한다.

2) 재료 및 방법과 시험동물 및 사양관리

경북대학교 상주 캠퍼스에 위치한 실험농장에서 한우 암소 1두를 시험에 이용하였다. 시험기간은 저녁 사료 급여 후부터 다음날 저녁사료 급여 시까지 24시간동안 실시하였다. 시험 전 우방을 밀폐하고, 시험동물을 사료 조 앞에 목줄로 고정하여 시험을 실시하였다. 사료는 오후5시와 오전 7시에 옥수수 대를 파쇄하여 총 2회 급여하였고, 사료와 물은 자유채식을 실시하였다.

3) 온실가스 측정방법

TDLAS와 챔버의 설치방법은 위에서 설명한 바와 같다. 그림 8에서 표기한 부분에 공기흡입관을 설치하고 정류펌프를 이용하여 10 L/min의 속도로 공기를 흡입하였다. 흡입된 공기 중 2 L/min의 공기를 분석에 이용하였으며, 1초 간격으로 측정된 결과를 5분간 평균을 내어 결과를 산출하였다. 총 4개의 센서를 각각 ①밀폐된 우방(**Sensor 2**) ②시험동물의 머리 위 우측(**Sensor 3**) ③시험동물의 머리 위 좌측(**Sensor 4**) ④사료 조 내(**Sensor 5**) ⑤ 외부공기(**Sensor 6**)가 흡입되도록 설치하였다. 시험은 총 1일 동안 진행하였으며, **TDLAS**는 시험기간 동안 연속적으로 측정하였다(그림 14).

4) 결과 및 고찰

TDLAS 분석은 오후 5시 사료급여와 동시에 시작하였다. 모든 센서에서 측정된 메탄가스의 분석 결과는 분석 개시 후부터 6시간 후까지(11:00 pm) 증가하다가 점차 감소하였다. 이산화탄소는 메탄가스와 동일하게 시험개시 후 점차 증가한 후 감소하다가, 시험개시 12시간 후(06:00 am)부터 다시 증가하였다. **Sensor 6**에서 측정된 외부가스의 농도는 메탄(평균 28.6 ± 5.4 ppm)과 이산화탄소(평균 668.5 ± 39.0 ppm) 모두 일정하게 유지되었다. 사료 조 내(**Sensor 5**)의 가스발생량은 시험개시 후 3시간부터 급격히 증가하여 6시간이후 감소한 후 다른 측정치와 유사하였다. 시험개시 후 20시간 후(01:00 pm)에 시험동물을 우사에서 퇴실 시킨 후 가스량이 점차 줄어들어 모든 센서에서 검출된 결과가 외부공기의 검출결과와 유사한 수준으로 유지되었다.

모든 센서에서 검출된 가스 발생량이 분석시작 후 점차적으로 증가한 이유는 밀폐된 우사 내에 발생가스가 누적되었기 때문이며, 사료 조 내(**Sensor 5**)의 가스발생량이 일시적으로 증가한 것은 시험동물이 초기 3시간 동안 적응기간이 지난 후 사료를 섭취하기 시작했기 때문이다. 또한 사료 조 내(**Sensor 5**)의 가스발생량이 1차 사료 섭취 후 다른 위치의 **Sensor**에서 검출된 결과보다 낮게 측정된 것은 시험동물이 사료 섭취 후 사료 조에 가까이 접근하지 않아 직접 유입되는 발생가스가 적었기 때문이다.

4) 세부결과(표와 그림)

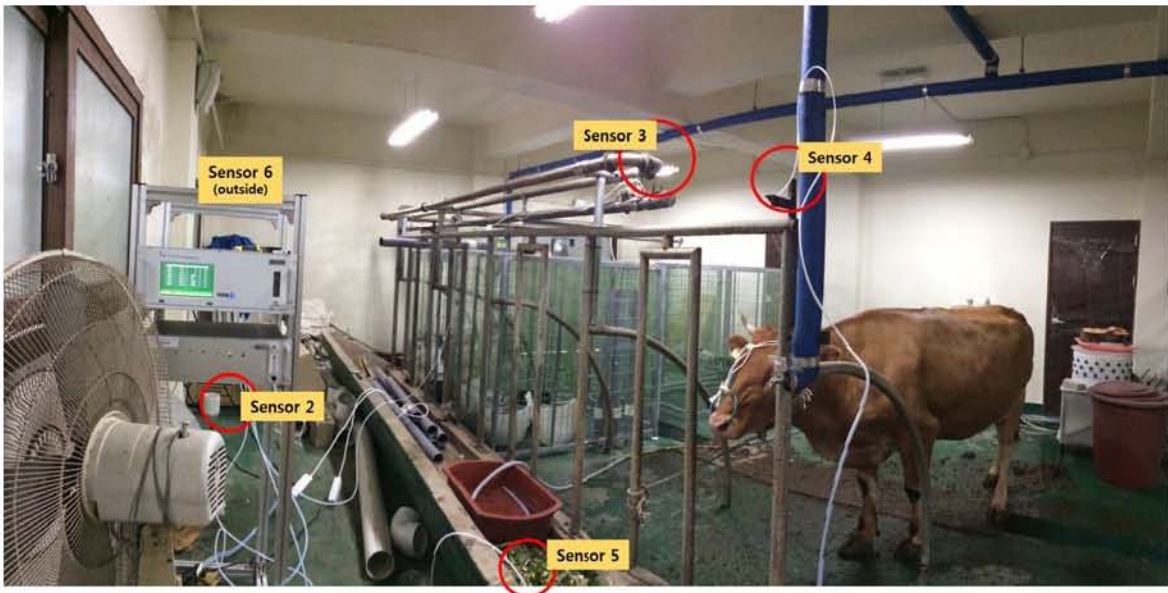
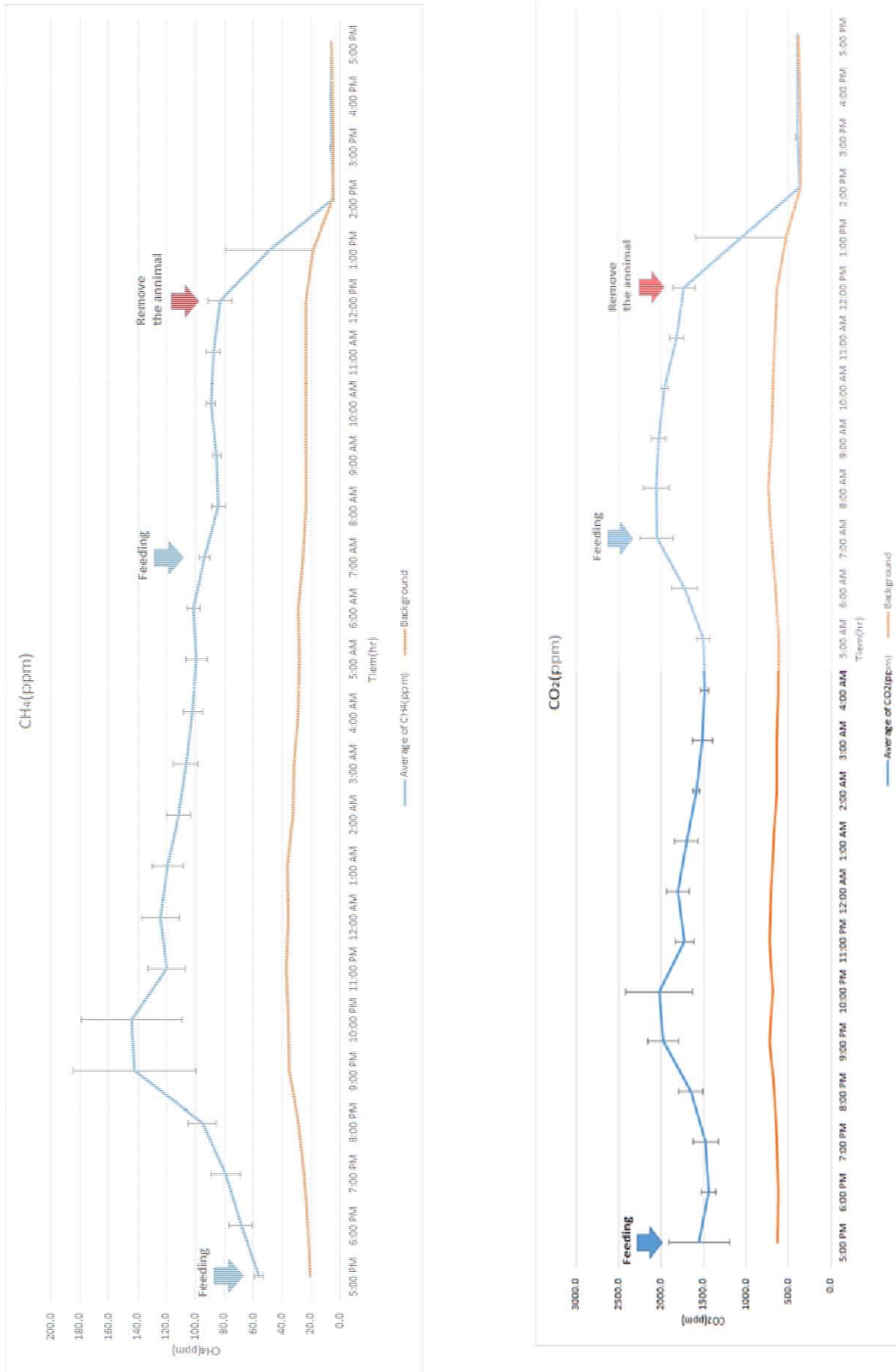


그림 13. 축사 시설을 이용한 TDLAS 현장 적용 시험

그림 14. 한우축사 내 메탄가스과 이산화탄소의 농도변화



그림 15. 한우축사 내 메탄가스과 이산화탄소의 농도변화



3. 위탁기관의 시제품 현장 적용 시험 연구결과

본 위탁 연구의 목적은 개발된 **TDLAS** 장치가 온도와 습도, 먼지 등 분석기기의 측정에 악영향을 미치는 동물시험 환경과 축사환경에서 안정적으로 작동하는가를 검증함과 동시에, 실제 사양 환경과 유사한 조건에서 시험을 실시하여 메탄가스와 이산화탄소를 측정함으로써 데이터 수집의 연속성과 정확성을 검증하는 것이었다.

본 연구의 결과에 따르면 **TDLAS** 암모니아 메탄, 및 이산화탄소 분석 장치는,

1. 하절기 온도 **25.4~27.8℃**, 습도 **75%~81%**의 조건의 고온, 다습한 축사환경에서도 **24시간** 이상 안정적인 데이터 측정이 가능하다.
2. 동절기 **5일** 이상, 기기를 작동시켰을 경우에도 기기의 멈춤 현상 없이 연속적으로 발생가스 측정이 가능하다.
3. 외부공기를 연속적으로 측정할 경우, 메탄과 이산화탄소의 농도가 **5일** 이상 센서의 오작동 없이 안정적으로 측정됨이 확인되었다.
4. 매 **1초** 간격으로 데이터를 수집함으로써 시험동물의 사료섭취량, 행동패턴 및 시험환경의 변화에 따른 결과를 실시간으로 얻을 수 있다.
5. 실시간 측정된 데이터를 기준으로 시험동물의 메탄과 이산화탄소 **1일** 총 발생량 및 사료섭취량에 따른 발생량 뿐 아니라 장기간에 걸친 가스 발생 패턴을 분석할 수 있다.
6. 메탄뿐 아니라 요구에 따라 이산화탄소, 암모니아, 수소 와 산소를 검출할 수 있는 센서의 부착이 가능한 장점이 있다.
7. 국제 연구기관에서 사용하고 있는 분석 장치와 비교해 볼 때, 수분제거 장치와 **gas drain** 장치가 부착되어있어 별도의 추가 장비가 필요 없고, 분석의 다양성과 정확도 측면에서는 차이가 없을 뿐 아니라, 장비의 설치비용 면에서 큰 장점이 있다.

제 4 장. 결 론

본 과제의 목적은 축사에서 온실가스발생을 정확하고 현실적인 방법으로 측정 할 수있는 측정 장치 개발을 목적으로 하였다. 대상 성분은 종래 국산개발 상에 기술적으로 선진화된 방식인 가변 다이오드 레이저 분광분석법 (**Tunable Diode Laser Spectrometry: TDLAS**)으로 메탄 과 암모니아를 대상으로 하였으며 1차년도에는 장치의 기술적 배경을 토대로 가장 유리한 기술 을 채택하여 그 성능을 점검하고 모듈을 제작 개발하여 장치를 설계하여 탑재한 후 주관기관에서 자체 성능을 검증하여 시제품을 완성하였으며, 2차년도에는 이시제품을 현장에 계절별로 적용하여 실제 데이터를 얻어내도록 동등 시설을 모사한 연구기관을 선정, 위탁하여 시험하고 발생하는 문제점과 보완점 등을 점검 하였다 . 아울러 동 과제의 수행결과 아래와 같은 결과와 성과를 얻었다.

1) 시제품의 성능과 기술적 성과

1. 장치에 사용된 가변 다이오드 레이저 분광분석 기술은 종래 축산에서의 온실 가스 측정기술인 비분산 적외선 분석법보다 수분이나 높은 농도의 타가스에 대한 간섭이 없고 경제적이며 사용이 간편한 기술로 향후 전반 적인 가스분석 기술을 선도하게 될 우수 기술로 축사 및 농업 분야 전반에 적용에 적합한 미래 지향적 기술 이다.

2. 적용 대상의 분석에서 나타난 바와 같이 샘플가스의 수분 함량에 의한 간섭도 시험에서 수분에 대한 용해도가 높은 암모니아 성분 분석의 경우 **0.2%**에서 **30%**에 이르는 수분함량의 샘플 가스에서도 약 변화율은 **0.1(100ppb)~2ppm** 정도의 안정적 이고 정확한 결과를 내었다.

3. 암모니아의 경우 측정 범위를 **0.1~100, 1000, ppm** 별로 표준 가스 및 표준 가스 희석 제어 장치를 이용하여 반복하여 시험을 실시한 결과 재현성과 정확성에서 측정 값에 약 **2%** (농도대비 **0.1~1 ppm @ 100 ppm**) 이내 의 우수한 안정도를 내 었다

4. 메탄가스 분석의 경우 축사 주변에서 확산된 농도를 측정 하는 경우를 감안하여 측정범위를 **0.1~120 ppm** 이내에서 **20, 40, 50, 100ppm** 의 단계별 농도를 반복하 여 실험한 결과 각각의 정확도는 **0.2~1 ppm** 이내로 나타났으며 **hd** 일농도의 단계 별 시험 결과 재현성은 약 **1%** 이내의 우수한 결과를 얻었다.

5. 장치에는 개발한 **TDLAS CH4** 와 **NH3** 모듈을 설치하여 두 성분을 동시에 측정 할 수 있도록 개발하였다.

2) 시제품 개발의 기능적 성과

1, 장치에는 상업용 컴퓨터를 내장한 리눅스 기반의 운영프로그램으로 개발 제작하였다. 이는 상업적인 경우 소비자의 경제적 상황을 고려하고 향후 제품의 독자적인 운영체제 확립을 위해 고려한 것이다. 장치의 운영은 사용자 위주의 터치 운영방식을 채택하였으며 전문적인 지식을 가지고 있지 않은 상황에서도 쉽게 운영할 수 있도록 가시적인 메뉴로 개발 제작하였다.

2. 측사의 공간과 농업부분에서의 적용대상의 특성을 고려하여 하나의 측정 장치로 최대 6개소의 측정 대상을 각각 분석 할 수 있는 **Multi-point Sampling System**을 개발 탑재하는 성과를 얻었다. 이 기능은 사용자들의 경제적인 측면에서의 기여도와 성능의 극대화를 구현할 수 있게 될 것으로 기대된다.

3. 측정 대상의 현실적인 관리를 위해서는 장치의 운영이 24시간 연속 되어 측정하는 것이 요구된다. 따라서 현장 사용자로 하여금 상시 운영 중인 장치의 상태를 언제 어디서든 확인할 수 있도록 구성하는 것이 필요하다. 최근에는 IT 기술의 발전으로 모바일 폰을 이용한 원격 관리시스템이 일반화되어 가는 추세에 있어서 시제품에게도 이러한 모바일 원격 데이터 수신 및 장치 작동의 원격제어가 가능하도록 프로그램을 개발 탑재 하였다.

3) 시제품의 계절별 현장 측정 시험 성과

장치가 온도와 습도, 먼지 등 분석기기의 측정에 악영향을 미치는 동물시험 환경과 축사환경에서 안정적으로 작동하는 가를 검증함과 동시에, 실제 사양 환경과 유사한 조건에서 시험을 실시하여 메탄가스와 이산화탄소를 측정함으로써 데이터 수집의 연속성과 정확성을 검증하였다.

본 연구의 결과에 따르면 TDLAS 암모니아 메탄 동시연속 분석 장치는,

1. 하절기 온도 25.4~27.8℃, 습도 75%~81%의 조건의 고온, 다습한 축사환경에서도 24시간 이상 안정적인 데이터 측정이 가능하다.

2. 동절기 5일 이상, 기기를 작동시켰을 경우에도 기기의 멈춤 현상 없이 연속적으로 발생가스 측정이 가능하다.

3. 외부공기를 연속적으로 측정할 경우, 메탄과 이산화탄소의 농도가 5일 이상 센서의 오작동 없이 안정적으로 측정됨이 확인되었다.

4. 매 1초 간격으로 데이터를 수집함으로써 시험동물의 사료섭취량, 행동패턴 및 시

험환경의 변화에 따른 결과를 실시간으로 얻을 수 있다.

5. 실시간 측정된 데이터를 기준으로 시험동물의 메탄과 이산화탄소 1일 총 발생량 및 사료섭취량에 따른 발생량 뿐 아니라 장기간에 걸친 가스 발생 패턴을 분석할 수 있다.

6. 메탄뿐 아니라 요구에 따라 이산화탄소, 암모니아, 수소 와 산소를 검출할 수 있는 센서의 부착이 가능한 장점이 있다.

7. 국제 연구기관에서 사용하고 있는 분석 장치와 비교해 볼 때, 수분제거 장치와 **gas drain** 장치가 부착되어있어 별도의 추가 장비가 필요 없고, 분석의 다양성과 정확도 측면에서는 차이가 없을 뿐 아니라, 장비의 설치비용 면에서 큰 장점이 있다.

제 5 장. 목표 달성도 및 관련분야의 기술발전기여도

1. 목표 달성도

과제의 수행 전 설정된 목표와 성과를 아래 표와 같이 달성하였다
아울러 추가하여 측사내 측정 시 중요한 다지점 측정 장치를 추가 개발함으로써 현장에서의 측정 다양성은 물론 향후 축산 부문 뿐만이 아니라 농업 사료 연구 동물종구분 시험 약취저감연구 축산 위생 온실가스 저감 등 환경관련 산업에까지 다양한 용도로 사용될 수 있는 우수한 기술로 도약할 수 있게 한 것이 큰성과 중 하나이다

항목	항목	목표규격	성과	달성율
측정방식	가변다이오드레이저 분광법 (TDLAS)*			
측정 항목	메탄	범위 0~100/40000 ppm	100 ppb	100%
	암모니아	범위 : 0~100/500 ppm	100 ppb	100%
	온도	-20 ~ +80 ℃	0.1 ℃	
장점	간섭없는 최고 수분 함유량	Max 30% Water		100%
	타 성분에 대한 간섭	없음		100%
	분석을 위한 샘플 전처리장치와 주변 제어장치 불필요	다지점 측정용 샘플링 장치 현장상황에 대처가능		추가 100%
	실시간 연속 측정가능	1초단위 및 평균 측정 가능		100%
	별도 외장 PC 불필요	PC 내장		
분석 속도	T=90% 3초이내			100%
장치규격	450W X 600 D x 250 H cm (10 kg이내)	무게 약 10 kg		100%
샘플량	1.5~ 5 liter/min 대기압			100%
정확도	2% FS			100%
사용전원	110/220 VAc			110/220V
운영체제	Linux			Linux
측정데이터 처리	저장용량 30 GB	80 GB		100%
데이터 및 장치 원격 관리 방법*	측정 장치의 데이터 수신 및 관리를 모바일로 할 수 있도록 프로그램 개발	구체적 제시) 축산 부문의 특성상 주야 장시간 측정을 요구하는바 현장 관리자가 국내외 어디서든 측정 상황을 모바일 폰을 이용하여 검색/ 제어할 수 있도록 프로그래밍 기술을 개발. 이 방식은 장치에 탑재된 산업용 소형 컴퓨터가 서버의 역할을 하여 안드로이드 및 기타 운영체제별 통신 가능 하도록 PHP Javascript HTML로 프로그램 개발 장치에 입력한 인터넷의 해당 주소를 모바일에 입력하여 데이터수신. 수신데이터 종류: 현재측정 값, 측정 데이터의 저장 값, 장치의 리셋기능과 원격제어 기능 프로그램 개발		
측정장치신뢰도	교정 작업 불필요			100%
장치외관 재질	Anodizing Aluminium			100%
표시방법	7.5 인치 color touch screen			100%
운영메뉴	국내(한글) 국외 (영어 외 추가)	한글 및 영문	사업화 수출국대상 언어추가 영 중국어 스페인어 타재 매뉴얼 표시방법 추가	

2. 관련분야 기술 발전에의 기여도

시제품은 최첨단 가스 분석 기술을 탑재한 **TDLAS CH4 NH3** 자동 연속 분석 장치이다. 사업화 추진 제품은 2012년 시제품 출시와 동시에 국내 대표적 연구기관인 한국표준과학연구원, 한국과학기술원, 한국에너지기술연구원 등에서 선도적으로 시연하여 정상 운영은 물론 성능의 우수성을 인정 받고 있다. 따라서 내수 확대의 가능성과 수출의 가능성이 매우 높다.

동 제품은 환경 대기중 온실가스 측정 부분 외에도 온실가스에 대한 중장기적인 측정에 필요한 발생원을 대상으로 할 수 있어 국내보다 그 시장의 규모가 큰 해외 축산 부분에서의 온실가스 발생원 발생량관리 조사 연구에 사용할 수 있으며 저감을 위한 전략 중 온실가스 저감효과에 필요한 근본적인 축산 비료개발 연구와 경작지 축산배출가스 측정에도 적용될 수 있어 또 다른 시장으로 확대 적용될 가능성이 높다.

해외의 경우에는 동급 기술의 개발의 상용화 단계에 있어 조기에 시장 진출시 선도적 역할을 할 수 있을 것으로 확신된다.

따라서 동 장치의 사전 사례적용에서의 성공을 이어 국내 보급을 더 높일 수 있는 조건을 마련하고 해외 수출을 전략화 할 수 있는 기회를 마련해 세계시장에 진출하고자 한다.

개발 제품의 기술(제품) 수준

사업화 추진 제품은 해외기술과 동등 이상의 성능과 시스템 운영 기술을 접목하여 해외동급 기술에 비해 선도적인 기능을 탑재되어 있다.

구체적으로 대기 환경 분석에서 가장 중요한 센서 분석 기술은 세계적으로 최신 기술인 가변다이오드 레이저 분광분석법 (**Tunable Diode Laser Spectrometric method - TDLAS**)를 적용하여 정확도와 신뢰성을 갖추었으며 이를 운영하는 장치의 운영체제는 국내 우수 프로그램 기술을 탑재하여 운영자 눈높이에 맞춘 운영 메뉴, 체계적 교정기능, 장시간 운영, 장치와 외부 운영자와 소통의 확장성 등을 갖추어 사용자의 편리성과 간편성을 강조한것이 보다 비교우위의 큰 특징을 가지고 있다.

이들 기술은 해외기술에 비해 기술성, 완성도 및 경제성등의 경쟁력에서 동등이상의 우수성을 갖고 있다.

제 6 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 개발상품 및 사업화 실시 계획

(가) 사업화 제품의 완성 - 디자인 설계 및 프로그램 지적재산권 등록

개발 기술 시제품 **CH4 NH3** 측정 모니터의 국내 수요 창출과 수출 전략화 추진을 위해추진한 상품의 내부 센서 보완 및 외형 디자인 작업을 완료 하여 홍보와 시연에 활용하여 국제 전문지 홍보와 관련 학술대회 참가 그리고 수요자를 위한 실물 현장 시연 적극 추진 한다.

(나) 부속 기능 : 다점 측정 장치 실용신안 특허권 출원/등록 추진 해외전시회 참가

(다) 홍보 등 기술 확산 계획

계획 항목	구체 적 사업화를 위한 계획
장치의 센서 모듈 제작	국내 수요자를 대상으로 하는실제 장치 시연용 장치 제작에 필요한 센서 및 관련 부품과 모듈을 구입 추진
오프라인 관련 유관전시회 참여	실물장치 전시 및 실물장치의 현장 시연 추진
홍보자료 제작	영문판 카다로그제작 전시회배포
이동식 전시장치 준비	전천후 현장 전시가 가능한 홍보용 전시막 제작 국내외 전시 및 학회 전시 참가시 독립공간홍보를 위해 구입제작
현장 시연 실시 및 수요자 창출	실물장치 시연 및 사용기회부여 영업 활동의 활성화 현장 면담 추진
장치의 디자인 개선	외형 디자인 설계 및 완성, 장치 실물 홍보사진 및 실증에 활용
온라인 수요창출 홍보	홍보용 홈페이지제작의뢰 국문 영문판과 중국어판 홈페이지 제작완료 및 진행
온라인 수요창출 홍보	키워드 광고 추진, 네이버 및 구글 키워드 광고 추진
국제 유관잡지 홍보	International Environmental Technology 사업화 광고
국제 유관잡지 홍보	Asian Environmental Technology 사업화 광고

(라) 특허, 지적재산권, 상표권, 논문 등 지식재산권 확보계획

- 해외 수출을 위한 CE 인증 추진
- 시스템의 운영메뉴의 현지 언어화 (2차년도 영어 중국어 스페인어 메뉴완성)

제 7 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- 1) Journal of Animal Science U.S.A.
A meta-analysis of fumarate effects on methane production in ruminal batch cultures
J ANIM SCI 2009, 84:1489-1496.
- 2) Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acid, essential oil, and canola
J ANIM SCI 2006, 84:1489-1496.
- 3) Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets
J ANIM SCI 2005, 83:653-661.
- 4) Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes,
J ANIM SCI 2004, 82:3346-3356.
- 5) Measurement and Mitigation of Air Pollutants from Livestock and Poultry Operations - TEXAS A&M UNIV
Source: TEXAS A&M UNIV submitted to
MEASUREMENT AND MITIGATION OF AIR POLLUTANTS FROM LIVESTOCK AND POULTRY OPERATIONS PROJECT DIRECTOR: Mukhtar, S.
PERFORMING ORGANIZATION Biological & Agricultural Engineering
TEXAS A&M UNIV COLLEGE STATION, TX 77843
- 6) Ammonia Emissions from Cattle-Feeding Operations
Part 1 of 2: Issues and Emissions
Air Quality in Animal Agriculture
<http://www.extension.org/pages/15538/air-quality-in-animal-agriculture>
- 7) Ammonia Emissions and Animal Agriculture
442-110 Authors as Published
Susan W. Gay, Extension Engineer, Biological Systems Engineering and Katharine F. Knowlton, Assistant Professor, Dairy Science, Virginia Tech
- 8) Sensor+ Test 2013, 2014 International Conference June 4 2014.
Nurmberg Germany
Sensor Innovation , Henri Enrke ,Senserion AG, Stafa (Switzerland)

제 8 장 참고 문헌

- [1] Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., 2007. Agriculture. In: Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A. (Eds.), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 498 - 540.
- [2] Beauchemin, K.A., Kreuzer, M., O'Mara, F., McAllister, T.A., 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Aust. J. Ep. Agric.* 48, 21 - 27.
- [3] Food and agriculture organization of the united nations statistics division. http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/*/E
- [4] Food and agriculture organization of the united nations statistics division. http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/G1/*/E
- [5] Food and agriculture organization of the united nations statistics division. <http://faostat.fao.org/site/707/DesktopDefault.aspx?PageID=707#ancor>
- [6] Pinares, C., Waghon, G., 2012 Technical manual on respiration chamber design. <http://www.globalresearchalliance.org>

※ 보고서 겉표지 뒷면 하단에 다음 문구 삽입

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 생명산업기술개발 기후변화 대응사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 생명산업기술개발 기후변화대응 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.