인천대학교 STAR 연구실 소개서

Combustion and Fire Engineering Laboratory (CFEL)

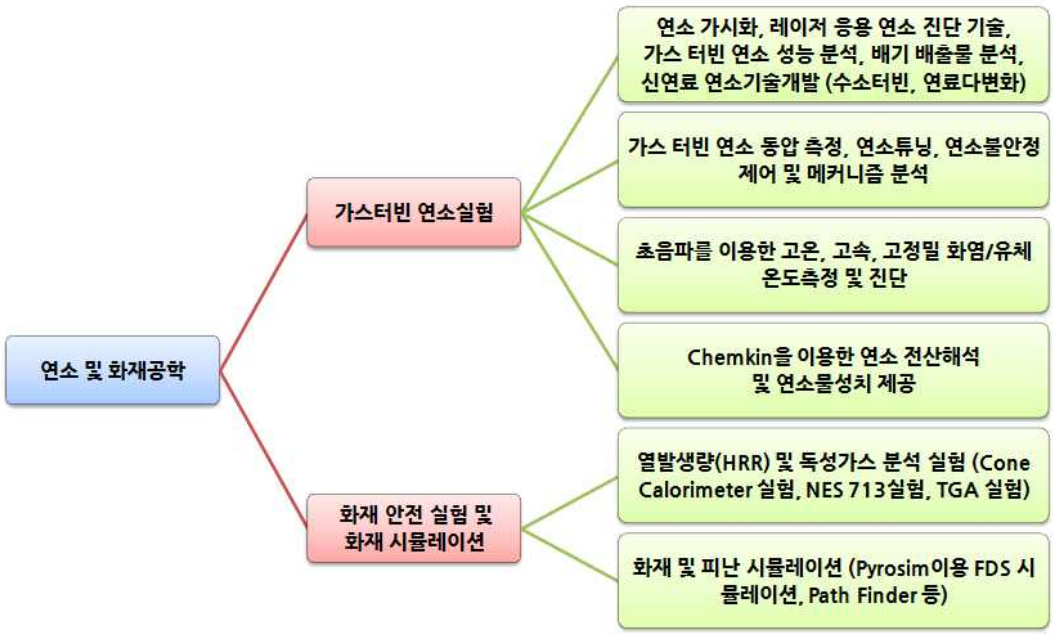
책임교수	성명	이민철	주요 학력 경력	인천대학교 교수 (2015-현재)	
				박사 서울대학교 기계항공공학 (2014)	
	소속	공과대학 안전공학과		석사 한국과학기술원 기계공학 (2005)	
				학사 부산대학교 기계공학 (2003)	

구 성 원	직 책	인 원	성 명 (담당분야)
	박사 후 연구원	1	주성필(가스터빈 연소 및 계측)
	박 사	2	서현정(연소 및 화재안전), 김보연(연소 및 화재안전)
	석 사 (예정포함)	4	장대진(가스터빈 연소 및 안전), 전병철(가스터빈 연소 및 계측), 김민호(화재실험 및 화재 시뮬레이션), 장은희(화재실험 및 피난 시뮬레이션)

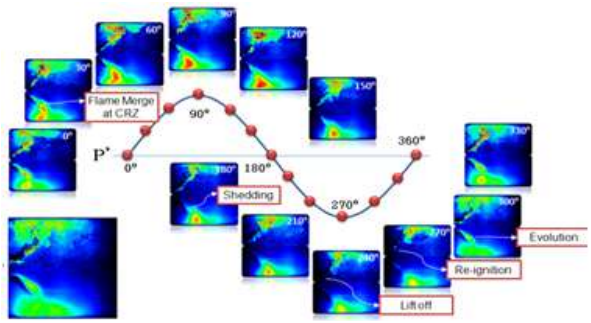
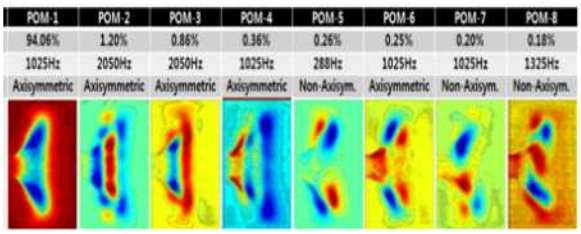
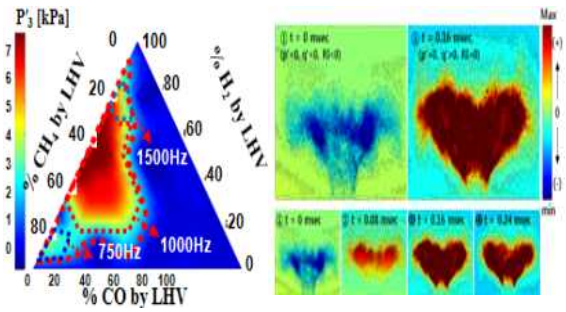
산학협력 희망분야

1. 가스 터빈 연소 기술 및 추진 분야 산학협력 공동연구, 기술자문, 기술이전
   (가스 터빈 및 항공기 산업, 레이저 기반 광학 진단 기술 및 센서 등)
2. 화재 실험, 화재 시뮬레이션(FDS), 피난 시뮬레이션(Path Finder) 분야 산학협력 공동연구
   (화재 관련 안전 및 소방기기, 성능위주설계 시뮬레이션)

대표연구 분야



<table>
<tr><td>대표기술 개요
및 개발현황</td><td colspan="2">1. 가스터빈 연소실험 및 전산해석
• 가스터빈 연소성능분석 및 연소 최적화(효율 상승, NOx 저감, 사고방지)
• 배기배출물 분석 및 신연료 연소기술개발(수소터빈, Shale Gas, SNG, BFG, Biogas)
• 고온고압 연소실험시 화염가시화, 레이저 응용 연소진단기술(PLIF, PIV 등) 연구
• 초음파를 이용한 온도계측 신기술(초당 1000번 이상의 고속측정)
• Chemkin을 이용한 연소전산해석 및 연소물성치 제공

2. 화재안전 실험 및 전산해석
• 열방출률(HRR), 총방출열량(THR) 및 배기배출물 분석(Smoke, CO, CO_2 발생률, 질량감소율 분석)
• 화재 시 방출가스의 인체독성평가(NES 713) 및 독성지수 산출
• 화재 시뮬레이션(Pyrosim이용 FDS 등)
• 피난 시뮬레이션(Path Finder 등)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">개발 관련
시제품 사진</td><td> 
</td><td>• 가스터빈 연소 및 연소 불안정성 연구
• 레이저 진단 및 화염 시각화 (LIF, PIV 등)
• 연소 튜닝 및 최적화
• 새로운 연료개발에 응용 (수소가스, 합성 가스, DME, LCV, 바이오가스, IGCC 등)</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>• 연소 측정
• 고속 OH*/ CH* PLIF/PIV 시스템 및 세계 최고 광학 진단 시스템인 Chemiluminescence, PMT, HICCD 사용하여 POD 분석</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>• 300 MW 태안 IGCC 연구 측정
• IGCC는 석탄 가스화로 합성 가스를 만들어 발전하는 것 의미
• H_2, CO, CH_4의 연소 특성 및 High Multi-mode 연소불안정 관련 조사</td></tr>
</table>

- 콘 칼로리미터 시험
- 건설 및 주택의 가구, 매트리스 부품, 벽재, 외장재, 케이블 커버에 대한 연소특성 분석 시험
- 측정 인자 : 열방출률(HRR), 총방출열량(THR), Smoke, CO, CO_2 발생률, 질량감소율

- NES 713 시험
- 적은 양의 가연성 물질에 대한 연소생성물 독성지수 분석 시험
- 측정인자 : 13종의 독성가스 (이산화탄소, 일산화탄소, 황화수소, 암모니아, 포름알데히드, 아크릴로나이트릴, 황산, 질산화물, 페놀, 시안화수소, 브롬화수소, 불화수소, 염화수소)

특허 및 노하우

순번	출원번호	출원일	발명의 명칭
1	10-2019-0074290	20190621	가스터빈 연소불안정 진단 시스템 및 이를 이용한 가스터빈 연소불안전 진단 방법
2	10-2019-0063410	20190529	가스터빈 연소불안정 진단 시스템 및 이를 이용한 가스터빈 연소불안전 진단 방법
3	10-2019-0063405	20190529	가스터빈 연소불안정 진단 시스템 및 이를 이용한 가스터빈 연소불안전 진단 방법
4	10-20180-031030	2018-03-16	손잡이가 빠질 수 있는 도어핸들 조립체
5	10-2018-0028888	2018-03-12	애완동물용 돌출행동 차단장치
6	10-2018-0028889	2018-03-12	소방용 냉각수포켓
7	30007887	2018-01-22	초음파를 이용한 연소실용 다점온도 측정(thermometry) 장치 및 이것을 이용한 온도 측정(thermometry) 시스템
8	10-2017-0102996	2017-08-14	초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템

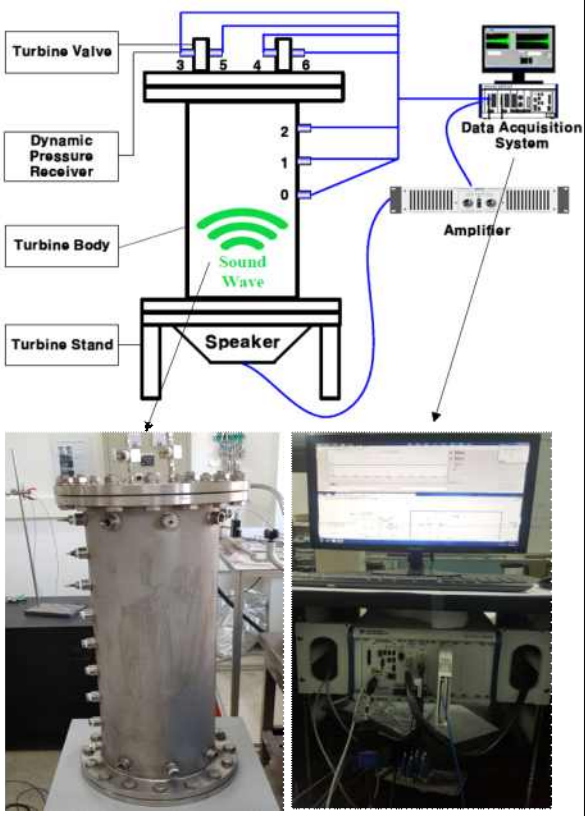
9	10-2017-0049131	2017-04-17	온도에 따라 자동으로 개폐되는 여닫이문 잠김장치
10	10-2017-0102996	2017-08-14	초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템
11	10-2017-0046941	2017-04-11	손 끼임 방지 도어
12	10-2017-0043493	2017-04-04	사용자 보호기능을 갖는 의자
13	10-2017-0038695	2017-03-27	변기용수를 활용한 수계소화장치
14	10-2017-0036769	2017-03-23	안전걸이장치
15	10-2017-0036770	2017-03-23	외벽작업용 안전장비
16	10-2016-0027069	2016-03-07	전개노즐이 구비된 국부용 소방시스템
17	10-2016-0024569	2016-02-29	자동잠금식 퀵커플러
18	10-2016-0024551	2016-02-29	전개형 방염천을 이용한 소방시스템
19	10-2015-0172675	2015-12-04	초음파를 이용한 가스터빈 연소상태 진단장치 (Device for diagnosing the combustion state of a gas turbine by using an ultrasonic wave)
20	10-2015-0172676	2015-12-04	적외선을 이용한 가스터빈 연소상태진단장치 (Device for diagnosing the combustion state of a gas turbine by using infrared light)

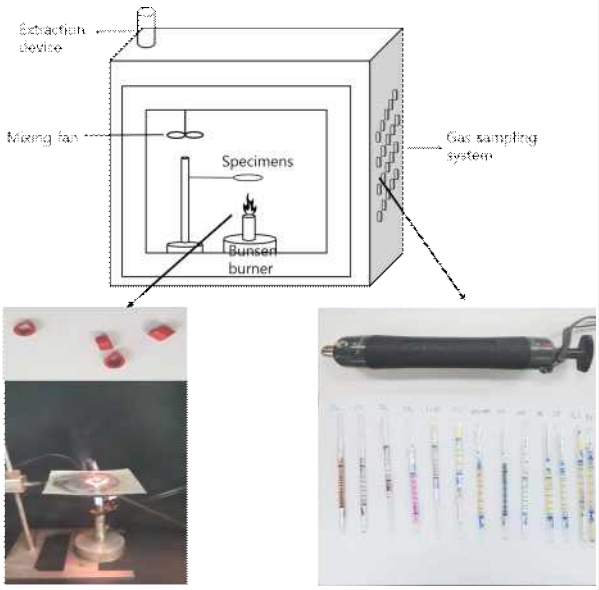
연구 실적

1. 발전용 가스터빈의 열-음향 연소불안정성 정밀진단 기반기술 개발
   - 지원기관: 한국연구재단
   - 과제기간: 2016-06-01 ~ 2019.05.31.
2. 산업안전보건 마스터플랜 수립 연구용역
   - 지원기관: 한국전력공사
   - 과제기간: 2016-10-07 ~ 2017-04-04
3. IGCC 및 가스터빈 발전플랜트용 비접촉식 연소상태진단 기반기술 개발
   - 지원기관: 한국전력공사
   - 과제기간: 2016-12-01 ~ 2017-11-30
4. 원전 케이블 화재시 연소생성물 발생특성 및 인체유해성 실험 연구
   - 지원기관: 한국원자력안전기술원
   - 과제기간: 2017-05-01 ~ 2019-12-31

	5. 고속온도, 고속화염영상, 고속동압신호의 인공지능 기반 빅데이터 분석을 통한 가스터빈 연소불안정 예측진단 기술 개발 • 지원기관: 한국연구재단 • 과제기간: 2019-03-01 ~ 2023-02-28
	논문 106편 / 특허 61건 (상・하기 주요 최신 논문 및 특허목록만 기재)
논문	1. Development of novel ultrasonic temperature measurement technology for combustion gas as a potential indicator of combustion instability diagnostics, Applied Thermal Engineering, Volume 159, August 2019, 113905. 2. On the observation of high-order, multi-mode, thermo-acoustic combustion instability in a model gas turbine combustor firing hydrogen containing syngases, International Journal of Hydrogen Energy, 제44권(집), 제21호, pp.11111-11120, 2019.04.23. 3. 비 안전등급 케이블의 연소특성에 관한 실험적 연구, 한국연소학회지, 제24권(집), 제1호, pp.15~24, 2019.03.31. 4. 도심지 터널식 지하공동구의 화재예방 및 안전관리를 위한 위험성 평가 시나리오 구축, 한국방재학회논문집, 제19권(집), 제1호, pp.241~248, 2019.02.28 5. Evaluation of the thermal and structural stability of planar anode-supported solid oxide fuel cells using a 10 x 10 cm^2 single-cell test, International Journal of Hydrogen Energy, 제44권(집), 제11호, pp.5517-5529, 2019.02.26. 6. 가스터빈의 안전운영을 위한 초음파 이용 온도측정기법에 관한 실험 연구, 대한기계학회논문집 B, 제43권(집), 제2호, pp.93-98, 2019.02. 7. 방염 합판의 연소특성 및 인체 위해성에 관한 실험적 연구, 한국방재학회논문집, 제18권(집), 제7호, pp.233~241, 2018.12.31 8. There is no perfect evaluator : An investigation based on prospect theory, Hum. Factors Man., Vol.28 No.6 pp.383-392, 2018.06.04. 9. Fire properties of pinus densiflora utilizing fire-retardant chemical based on borated and phosphorus(II) - Thermal and Gas Emission Characteristics, BioResources, 제13권(집), 제1호, pp. 506-521, 2018.03.31. 10. 비 안전등급 케이블의 연소생성물 및 인체유해성 평가 연구 필요성, 한국방재학회논문집, 제18권(집), 제2호, pp.215~222, 2018.02.28 11. 통계자료에 근거한 한국 연료연소 발전원별 이산화탄소 배출지수 비교, 대한기계학회논문집, 제42권(집), 제2호, pp.111~116, 2018.02. 12. 비틀림 시간을 이용한 고주파 다중모드 열음향 연소불안정성에 관한 사례 연구, 대한기계학회논문집, 제42권(집), 제2호, pp.83~90, 2018.02. 13. 건축용 목재 및 목질재료의 난연 성능 향상 연구, 한국방재학회논문집, 제18권(집), 제1호, pp.185~192, 2018.01.31. 14. 탄소재료의 적용 방법에 따른 파티클 보드의 연소 특성, 한국연소학회논문집, 제22권(집), 제4호, pp.1-8, 2017.12.31. 15. 건축용 난연 목재 개발에 대한 실험 연구, 한국안전학회논문집, 제32권(집), 제5호, PP.149~156, 2017.10.23 16. 수용성 방염액 처리 목재의 방염 성능 및 가스유해성 분석, 한국방재학회논문집, 제17권(집), 제4호, PP.173~179, 2017.07.30

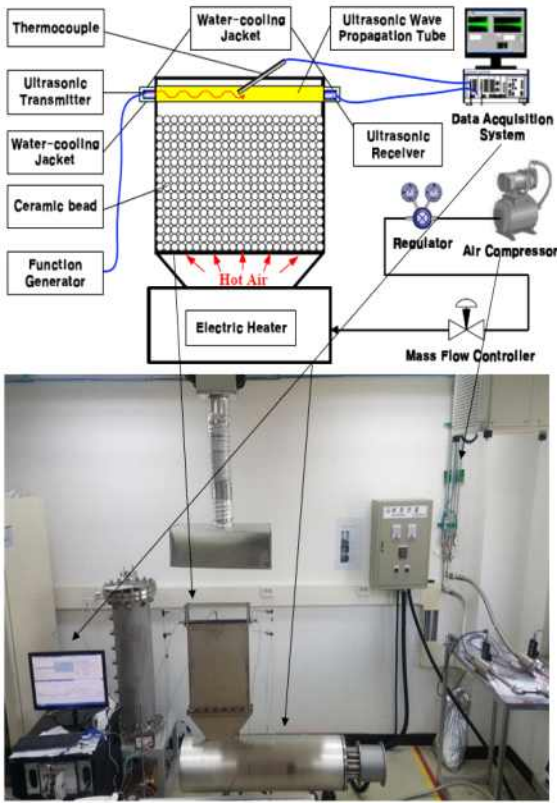
	17. Numerical investigation of flow/heat transfer and structural stress in a planar solid oxide fuel cell, International Journal of Hydrogen Energy, 제42권(집), 제29호, pp. 18504-18513, 2017.07.20. 18. Improved performance of molten carbonate fuel cells with (Li/Na)2CO3 electrolytes by using BYS coated cathode at low operating temperatures, International Journal of Hydrogen Energy, 제42권(집), 제 29호, PP.18514~18523, 2017.07.20. 19. 난연처리 국산 침엽수재의 연소특성 분석, 한국연소학회지, 제22권(집), 제2호, PP.9~18, 2017.06.30. 20. Fire properties of Pinus densiflora utilizing fire-retardant chemicals based on borated and phosphorus (Ⅰ) – Combustion characteristics, BioResources, 제12권(집), 제3호, PP.5417~5427, 2017.06.14. 21. 국내 유용 건축자재용 수입 목재의 연소특성에 관한 연구 - 북미 산재(Douglas-fir, Western Red cedar)와 아프리카 산재 (Makore, Padauk, Bubinga)를 중심으로 - 한국안전학회지, 제32권(집), 제3호, PP.8~14, 2017.06.01. 22. Comparison of thermal performances of external and internal reforming molten carbonate fuel cells using numerical analyses, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 42, Issue 5, PP.3510~3520, 2017.02.02. 23. Explosion characteristics of combustible wood dust in confined system: Analysis using oxygen consumption energy, Journal of Mechanical Science and Technology, Volume 30, Issue 12, pp. 5771–5779, 2016.12.15. 24. Investigation into the combustion instability of synthetic natural gases using high speed flame images and their proper orthogonal decomposition, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 41, Issue 45, pp. 20731-20743, 2016.12.07. 25. Effects of high-harmonic components on the Rayleigh indices in multi-mode thermo-acoustic combustion instability, Int'l J. of Aeronautical & Space Sci, Volume 17, Issue 4, pp. 518 - 525, 2016.12.01 26. A study on the optimal design of a ventilation system to prevent explosion due to hydrogen gas leakage in a fuel cell power generation facility, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 41, Issue 41, pp. 18663-18686, 2016.11.02. 27. Analysis of explosion characteristics of combustible wood dust in confined system using the thermal decomposition rate and mass loss rate, Applied Thermal Engineering, Volume 109, Part A, pp. 432-439, 2016.10.25 28. Effects of H2/CO/CH4 syngas composition variation on the NOx and CO emission characteristics in a partially-premixed gas turbine combustor, Science China Technological Sciences, 제59권(집), 제12호, pp. 1804-1813, 2016.10.17. 29. Development of NOx response model of H2/CO/CH4 syngases with nitrogen dilution in a gas turbine model combustor, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 41, Issue 35, Pages 15834-15840, 2016.09.21 30. Effects of Nitrogen Dilution on the NOx and CO Emission of H2/CO/CH4 Syngases in a Partially-premixed Gas Turbine Model Combustor, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 41, Issue 35, Pages 15841-15851, 2016.09.21 31. 밀폐계 가연성 목재분진의 폭발에너지와 산소소모율에 관한 연구- Part Ⅰ: 폭발에너지의 정량화 및 폭발효율, 한국안전학회지, 제31권(집), 제4호, PP.55~63, 2016.08.08. 32. Effects of convection time on the high harmonic combustion instability in a partially premixed combustor, Proceedings of the Combustion Institute, Volume 36, Issue 3,

	2016.07.12 33. Combustion Instability Characteristics of H2/CO/CH4 Syngases and Synthetic Natural Gases in a Partially-premixed Gas, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 41, Issue 18, 2016.04 34. Combustion Instability Characteristics of H2/CO/CH4 Syngases and Synthetic Natural Gases in a Partially-premixed Gas Turbine Combustor: Part II—Time Lag Analysis, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.41, No.2, 1304-1312, 2016 35. Gas turbine combustion characteristics of H2/CO synthetic gas for coal integrated gasification combined cycle applications, International Journal of Hydrogen Energy, Vol.40, No.34, 11032-11045, 2015. 36. NOx emissions characteristics of the partially premixed combustion of H2/CO/CH4 syngas using artificial neural networks, Applied Thermal Engineering, Volume 80(5) pp. 436-444, 2015.04. 37. Instability mode and flame structure analysis of various fuel compositions in a model gas turbine combustor, Journal of Mechanical Science and Technology, Volume 29, Issue 3, pp. 899-907, 2015.03. 38. Investigation into the Cause of High Multi-mode Combustion Instability of H2/CO/CH4 Syngas in a Partially Premixed Gas Turbine Model, Proceedings of the Combustion Institute, Volume 35, Issue 3, 2015.
보유 장비	 <가스터빈 연소동압 모사실험장치> • 가스터빈 연소동압을 정확하게 측정하여 연소상태를 진단하기 위한 실험장치 (연소동압측성 분석 및 최적 측정위치, 보정식 등 개발) • 센서 7개를 설치 위치, 설치방법, 어댑터 종류에 따라 각기 달리하며 실험 가능 • Labview사의 PXIe 장비를 이용하여 주파수와 크기를 조정하면서 함수발생 후 신호를 증폭시켜 (Amplifier) 하부 스피커 가진 • 발생된 음압신호는 각각의 0~6번 동압센서로 최대 1000kHz의 고속으로 수신되어 신호가 저장 후 분석



<NES 713 실험장비>

- 적은 양의 가연물을 연소시켜 발생되는 연소생성물의 독성가스를 측정 후 독성지수를 산출하여 분석하는 장비
- 시험편 1g을 1150±25℃의 불꽃에 의해 완전연소 시킨 후 독성가스 측정
- Gas sampling pump, Colorimetric gas reaction tubes를 이용하여 독성가스의 농도(ppm) 확인
- NES 713규격에 명시되어 있는 각 독성가스의 Critical factors를 적용하여 독성지수 산출



<초음파 온도계측 시스템 실험장치>

- 초음파 송수신기를 이용하여 챔버의 온도를 정확하게 측정하기 위한 실험장치 (연소불안정 확인 기술과 이데 따른 보정식 개발)
- 초음파 확산 튜브에 장착된 초음파 수신기를 이용하여 400℃ 전후의 온도를 측정
- 레귤레이터로 공기와 질소를 조절하여 챔버내에 주입
- 챔버 내부에 세라믹 볼을 2/3정도 추가하여 하단 히터에서 발생하는 열을 센서가 일정하게 받아들이도록 설계
- Labview사의 PXIe 장비를 이용하여 초음파 센서로부터 얻은 데이터를 실시간으로 분석하고 튜브 상단의 열전대(TP)에서 측정한 온도와 비교

홈페이지	http://lmc046.wixsite.com/combustion