

논 단

# 공장굴뚝 배출가스 실시간 검출용 전기센서 및 제어 시스템

Conclusion

한국전기연구원 전 영 갑

이 원고는 한국전기연구원에서 연구·개발하여  
사업화를 위한 기술이전 과제으로써 그 내용을 요약한 것임

## Contents

- ① 기술개요
- ② 기술내용 및 핵심기술
  - 센서구성도
  - 센서시스템 구성도
  - 연소시스템 구성도
- ③ 기술의 특·장점
  - 센서기술의 차이점
  - 측정방식의 차이점
- ④ 응용분야
- ⑤ 문제점 해결방안
- ⑥ 본 과제와 관련된 지금까지의 연구실적
- ⑦ 개발기술의 환경 및 경제성 검토
  - 지역별 환경영향 검토
- ⑧ 기술의 사업성 및 시장성
- ⑨ 기대효과 및 활용방안
- ⑩ 기술거래(사업화) 조건

## 1. 기술개요

### ■ 현 실정

- 수도권외 오존 발생경보가 95년도에 년 2회였던 것이 97년도에는 근 10배가 넘는 24회로 증가되어 가는 추세에 있다. (조선일보 1998. 5. 23)

### ■ 기술의 개요

- 현재 실시하고 있는 배출가스의 화학적 분석법을 전기적 분석법으로 변환시켜 실시간 (Real time)으로 배출가스를 분석한 후,
- 보일러 연료량을 제어 시킬 수 있는 기술
- 다음 그림과 같이 기공사이즈가 일정한 다공성 세라믹(Porous Ceramic)에 적정한 전극을



부착시킨 후,

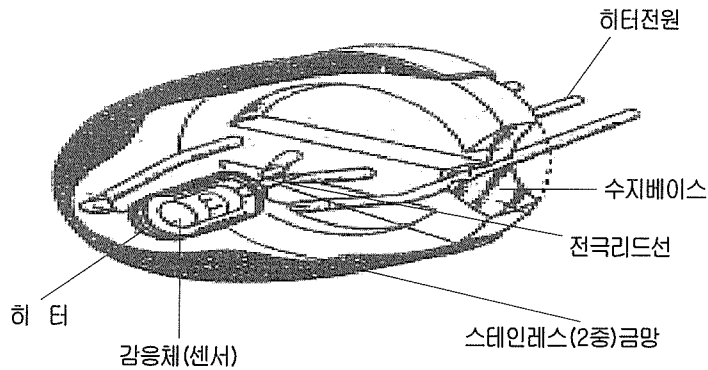
- 일정 Open Pore Cell내에서 가스 상 물질이 기공사이에 침투되었을 때 외부에서 전계를 가하면 이온화 되어짐.
- 이들 이온화 된 물질이 체인처럼 배열되어 전기적 회로가 구성함으로 써 미세한 전류가 흐르는 원리를 이용
- 이 때 구성된 전기적 회로는 병렬저항회로로서 전압을 일정하게 인가하였을 때 저항의 변화에 따라 전류 값이 변화됨.
- 이 전류의 크기에 따라 탄화수소(HC)를 비롯한 기타 도전성 물질을 측정하여 유해가스를 감지한 후 연료량을 조정할 수 있다.

## 2. 기술내용 및 핵심기술

### ■ (핵심기술)

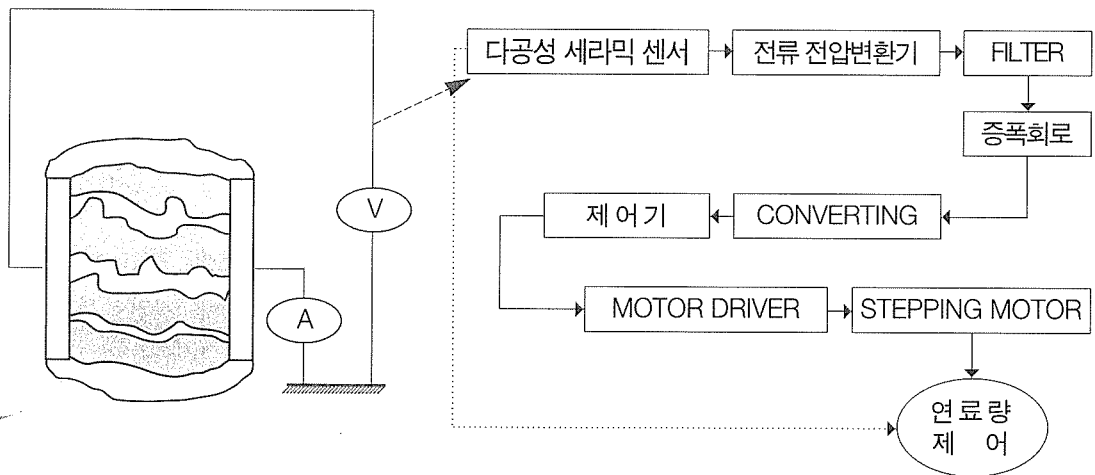
- 모든 연료의 근본이 되는 원유(Crude Oil)는 액체상 탄화수소물의 혼합물로서, 원유의 조성 무게를 무게 %(중량백분율)로 나타내며, 탄소 83~87%, 수소 11~14%, 황 5%이하, 기타 금속 및 산소 성분으로 구성되어 있다.
- 이 중 불완전 연소 시 발생되는 탄소와 수소 성분의 량(탄화수소량)을 주 측정대상으로 한다. 환경공해를 유해 가스인 도전성 탄화수소(Hydrocarbon)를 대상으로 하여 전기적인 분석 방법인 센서를 적용시켜 배기가스 매연 정도를 분석하고자 한다.
- 탄화수소의 전기적 특성 : 이온반경 0.16Å, 저항률 0.0019Ω.cm, 전류밀도 9.5 A/cm<sup>2</sup>의 도전성 물질
- 도전성 이온가스가 다공성 세라믹 센서를 통과하는 사이 일정 전압을 인가하면 전류 크기를 측정할 수 있게 전기적 신호처리가 가능함.
- 본 다공성 세라믹 전기센서(Porous Ceramic Sensor)를 이용하므로써, 환경 관련 분야 일반 산업체 공장굴뚝 배출가스(HC, CO, NOX SO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 등) 양을 직간접적으로 감시할 수 있다.
- 본 센서는 가격이 저렴하고 범용적으로 사용하여 실시간으로 배기 가스량을 측정→ 연료의 연료량을 제어시킬 수 있는 시스템이 그 핵심 기술이다.

## 1. 센서구성도

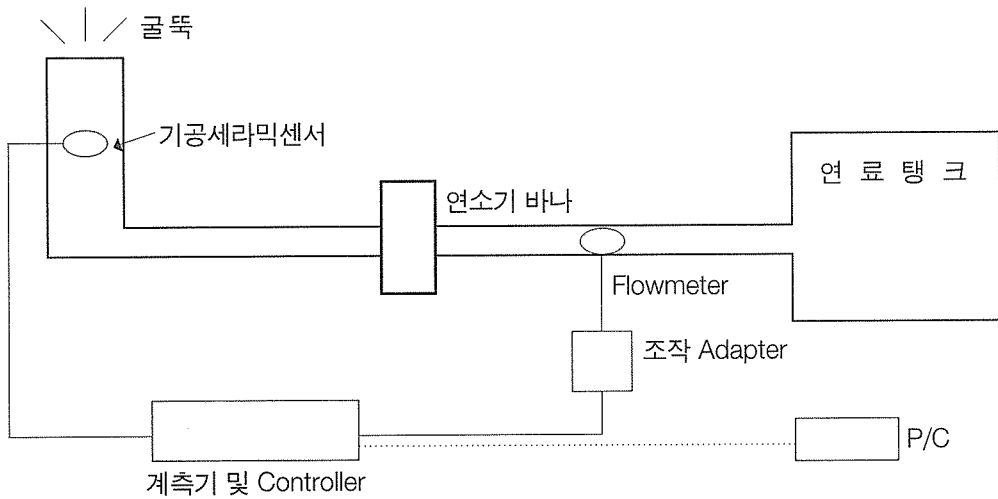


- ※ 본 센서의 특징 - 1. 고압(DC 500 V)을 인가하므로 칼럼 교체가 필요없이 반영구적으로 사용할 수 있다.  
 2. 가격이 저렴하고 범용적으로 사용할 수 있다.  
 3. 설치가 간단하고 연료제어기능을 수행함과 동시에 실시간으로 배출가스를 검출할 수 있다.

## 2. 센서 시스템 구성도



### 3. 연소시스템 구성도



### 3. 기술의 특 · 장점

- 현재 측정되고 있는 굴뚝 배출가스 자동감시시스템은 특정지역(석유단지, 한전, 지역난방공사 등)에만 한정되어 사용하면서, 단지 공장굴뚝의 매연 정도(약 5종 : CO, NOX, SO, CO2, O2 등)만 감시하여 데이터를 감시기관에 전송한 후, 후처리(後處理) 기능에만 의존하고 있다.
- 현 대기오염(굴뚝)자동측정기는 굴뚝 1개소당 약 1억5천만원의 자금이 소요되므로 일반 중소기업 공장 굴뚝에 범용으로 사용하기 힘든 실정이다.
- 현 대기오염(굴뚝)자동측정기는 배기가스가 발생되었을 때, 배기가스 발생량에 따라 그 량을 조정할 수 있는 제어 시스템이 없기 때문에 근원적으로 대기오염을 방지하지 못하고 있는 실정이다.

## 1. 센서기술의 차이점

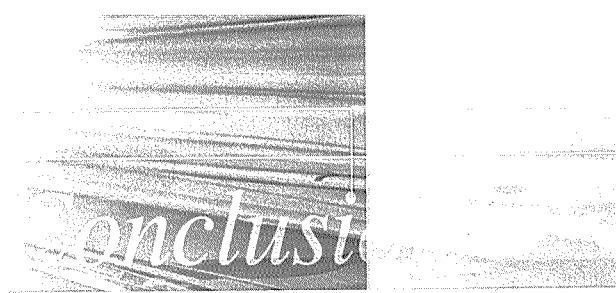
센서의 종류	기 존 방 법			본 방법
	반도체식	접촉연소식	고체전해질 방식	전류 검출식(HC 이온 검출)
용 도	가연성가스 검출	LPG용	공연비 제어용	일반 산업체 공장연돌 및 자동차 HC 가스 검출 및 공연비 및 연료량 제어
검지대상 가스	가연성 가스	독성가스	산화성 가스	탄화수소(Hydrocarbon) 및 기타 도전성 가스
센서재료	SnO <sub>2</sub> , γ-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 등	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 담체+Pt, Pb 등	ZrO <sub>2</sub> 등	Porous Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiC + 전극망
입력형태	가스의 저항값 변화에 따른 기전력 발생(비 가연성 센서)			기공 세라믹 사이에 도전성 가스 통과시 전압(DC 250~500V)을 인가(가연성 센서)
출력형태	저항값의 변화	저항선의 저항 증가(브리지 출력의 증가)	기전력 변화	DC 누설전류(약 500μA)발생에 의한 신호처리
대표적 특성의 예	통상공기중 : 500KΩ 0.1% 수소중 : 100KΩ	통상공기중 : 0mV 0.1%수소중 : 15mV	공기와 연료의중장비 : λ λ=13:0.8V, λ=16:0.05V	적정 공기량과 HC가스량을 검지한 후 연료량 수치제어로 연료량 조정(가스감지 기능에 연료제어회로 부착)
특 징	저 농도역에서의 감도가 크다	출력이 가스 농도에 대하여 직선상	출력 신호가 기전력	출력신호가 잔류량이기 때문에 저농도 및 고농도에서 가스 감지 및 연료량 제어가 가능하다.

## 2. 측정방식의 차이점

비 교 구 분	기존 환경설비 측정방식	본 기술 방식
측정방법	- 광산란법이나 NDIR 법(측정원리) : 공장 매연입자가 분산될 때 광이 부딪쳐 산란하는 광로를 측정	- 기공세라믹 센서를 이용한 누설전류측정법(측정원리) : 기공세라믹 사이로 탄화수소계열이 침투하여 통과할 때 그 도전성분의 량으로 측정
측정대상	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, Dust 등	HC, CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub> 등
측정범위	Dust : 0~1,000mg/cm <sup>3</sup> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub> , CO : 0~2,000(ppm)	0~1,000(micro Ampere)
기타사항	- 고가(高價)의 화학장비, - 상시 측정이 불가능, - 연소량 조정이 불가능	- 저가(低價)의 전기측정장비, - 상시 측정이 가능, - 연소량 조정이 가능

## 4. 응용분야

- 1) 변압기 절연유 열화감지(상품화 완료)
- 2) 자동차 배기가스 측정 및 연료제어(연구개발 완료)
- 3) 공장굴뚝 배출가스 측정 및 연료제어 시스템(본 기술거래 대상품)
- 4) 기계설비 윤활유 열화감지



## 5. 문제점 해결방안

- 1) 배출가스 (CO, NOX, SO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 등)량을 직간접적으로 감시한 후, 배출가스를 제어하기 위한 전기센서의 신호처리에 의하여 연료량을 적정하게 사용할 수 있도록 하여 배출가스를 감지한 후 조정한다.
- 2) 기존 사용되고 있는 대기오염(굴뚝)자동 측정기와 병행하여 사용할 수 있어야 하며, 데이터 전송 시스템 적용도 가능하고 또한 설치비용이 저렴하여 범용으로 사용할 수 있어야 한다.
- 3) 대기오염지역에 있는 대용량 산업체 발전소는 물론 중소형 공장, 원유가 사용되는 아파트 단지 등 범용으로 사용할 수 있어 대기오염 총량규제에 대응할 수 있다.
- 4) 환경가스 검출 방식이 범용으로 사용할 수 있도록 하는 전기센서를 개발하므로써 원유를 사용하는 모든 산업체의 공장굴뚝 매연 측정을 자동으로 조정, 실시간 검출이 가능하도록 한다.

## 6. 본 과제와 관련된 지금까지의 연구실적

- 1) 변압기 절연유 열화 센서를 이용한 진단기법 개발연구
  - 주관연구기관(연구책임자) : 한국전기연구원(전영갑)
  - 재원(연구기간) : 과학기술부(1992년-1996년)
  - 연구내용 : 절연유 열화상태를 화학적 가스분석법에서 전기적 분석법으로 대체(기술이전 후 상품화 완료)
- (2) 전기적 신호처리에 의한 환경유해물질 검출 기초연구
  - 주관연구기관(연구책임자) : 한국전기연구원(전영갑)
  - 재원(연구기간) : 한국전기연구원(1998년-1999년)
  - 연구내용 : 환경배기가스를 다공성 세라믹을 이용한 전기 센서 측정에 관련된 기초연구
- (3) 차량용 Hydrocarbon 감지센서 적용연구
  - 주관연구기관(연구책임자) : 한국전기연구원(전영갑)
  - 재원(연구기간) : 기업수탁 (1999년- 2001년)
  - 연구내용 : 자동차 배기가스 중 Hydrocarbon(탄화수소)감지센서 개발 및 적용 연구(본 과제와 관련하여 현재 미국 Delphi Auto사에서 상품화 실험중 임.)

## 7. 개발기술의 환경 및 경제성 검토

### ■ 개발기술의 투자경제성

- 센서 출력을 이용한 연료제어시스템 대당 단가

\* 제품규모 : 감지센서류 500천원/대

제어시스템 5,000천원/대 : 합계 약 6,000천원(양산시)

- 환경개선: 대기오염도 약 80% 감소(지구온난화 방지에 기여)

원유 소모량 약 10% 감소(년간 약 20억불 절감)

### ■ 개발기술의 실용화(상용화) 전략

(1단계) 다공성 세라믹 센서의 환경가스 적용실험

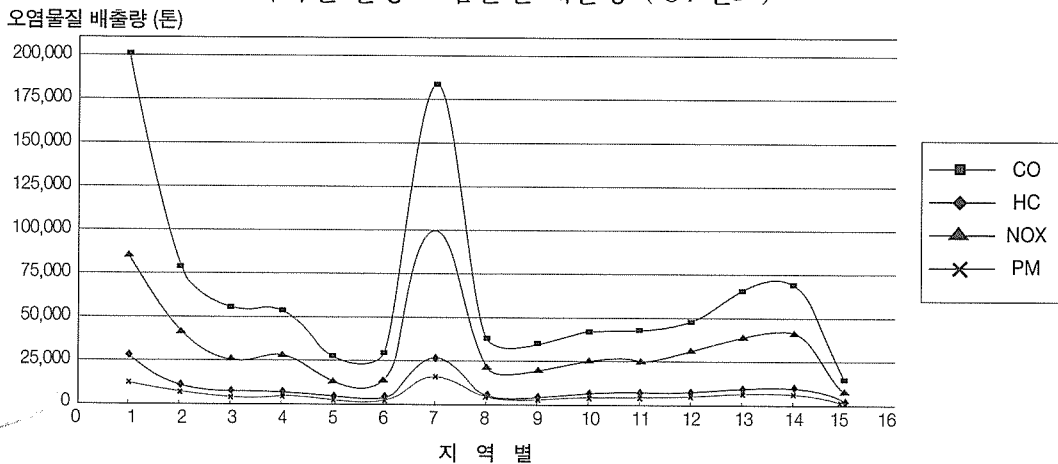
(2단계) 전기적 분석 계측기 제작

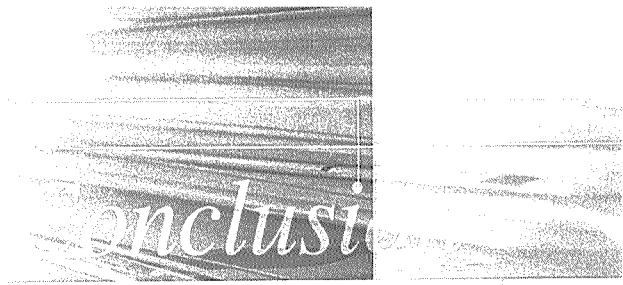
(3단계) 연료제어시스템 프로그램 개발 및 제어시스템 제작

- 전류전압 변환회로 및 Filter 제작
- 증폭회로 적용 실험
- Converting 및 제어기 회로 설계
- Motor Driver 및 Controller 적용실험

## 1. 지역별 환경영향 검토

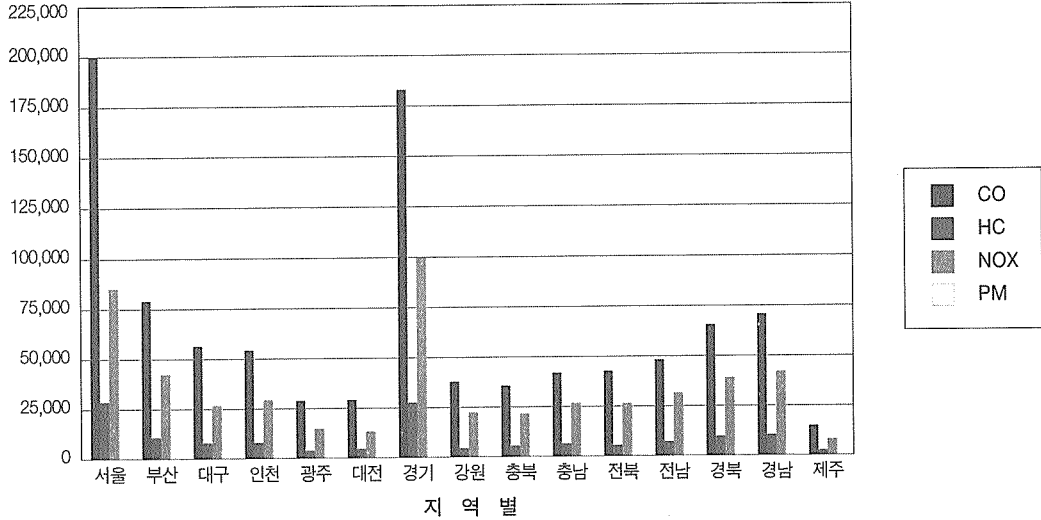
지역별 환경 오염물질 배출량 ('97년도)





지역별 환경 오염물질 배출량 ('97년도)

오염물질 배출량 (톤/년)



## 8. 기술의 사업성 및 시장성

구분	수요전망	국내 수요 전망(2004년 이후)	해외 수요 전망(2005년 이후)
일반 산업체 적용		300억원 / 년간	500억원 / 년간
대용량 산업체 적용		200억원 / 년간	650억원 / 년간
화력 발전소 및 열병합 발전소 적용		50억원 / 년간	50억원 / 년간
합 계		550억원 / 년간	1200억원 / 년간

## 9. 기대효과 및 활용방안

### ■ 기대효과

- 산업체 공장의 원유를 약 10% 절감시키므로써 연간 약 20억분의 외화를 줄일 수 있다.
- 대기 중의 카본(C)량을 약 80% 이상 줄일 수 있다.
- 첨단 소재인 다공성 세라믹 센서의 제조기술을 확보한다.
- 전기적 회로 측정법에 의한 공장 연돌 유해가스의 관리



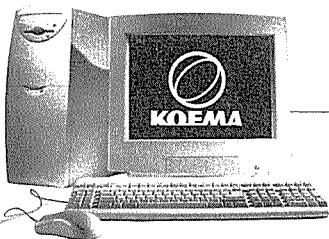
- 배출가스 검출용 전기 센서(기공세라믹 센서) 및 시스템의 해외수출
- 공해 유발지역에 대하여 쾌적한 환경상태를 조성할 수 있다. (배출가스 총량규제에 대응)
- 보일러 센서의 독자적인 개발로 세계 최고수준의 기술보유  
(국내외 환경 관련 생산설비 용량 100% 담당)
- 환경 친화적인 전기적 센서 및 계측 시스템의 독자 설계기술 개발

#### ■ 활용방안

- 활용분야 : 원유를 사용하는 모든 산업체에서 사용되고 있는 보일러 연소 시스템(화력발전소, 열병합 발전소, 대규모 화학 및 공업단지, 대중소형 산업체, 아파트단지)
- 활용방안
  - 제1단계 : 인증 실험 확인
    - 한국에너지기술연구소 및 환경관리공단
  - 제2단계 : 특허권(한국전기연구원 출원)에 대한 기술이전 실시권 협약서 체결
  - 제3단계 : 제조업체 선정
    - 전기센서 제작 실험 및 시스템 수출
    - 시스템 제작 및 실험

## 10. 기술거래(사업화)조건

1. 가스검출용 전기센서 : 기술이전 및 센서제작
2. 연료량 제어시스템 : 기술이전 및 제어시스템 개발
3. 특허출원(국내) : 10-1999-0010024('99. 3. 24)



진흥회 HomePage 이용안내  
<http://www.koema.or.kr>

