

## 천연가스 사용설비 오염물질 배출특성 연구

이중성\* · 이현찬\* · 유현석\* · 한정옥\*

### A Study on Characteristics of Pollutants from LNG Facilities

J.S. Lee, H.C. Lee, H.S. You, J.O. Han

#### ABSTRACT

The thesis examined the characteristic of pollutants exhausted from LNG facilities. So, combustion gas and concentration of greenhouse gas exhausted from gas boiler for home use, furnace facilities, electric power facilities, boiler for industrial use and boiler for heating fueled LNG is measured. And the exhaust factor of pollutants is produced by classify of pollutants in detail. And this exhaust factor is compared and investigated with data of a foreign nations.

**Key Words** : Pollutants, Emission factor, FGR, LNG facilities

#### 1. 서 론

급속한 산업화와 도시화 과정에서 환경이 직설히 고려되지 않은 결과, 경제성장은 자연과과의 환경오염이라는 새로운 문제를 초래하게 되었다. 이산화탄소 등 온실가스에 대한 국제적 규제가 가시화되고 있어 높은 에너지소비 증가율과 이로 인한 지구 온실가스 배출량의 경이적인 증가세를 보이는 우리나라에 대하여 선진 각국들은 온실가스 감축 압력을 음으로 양으로 추구하고 있는 실정이다.

이러한 가운데 국내에서는 환경개선을 목적으로 청정연료인 천연가스의 사용을 점차적으로 확대하고 있다. 천연가스는 다른 연료에 비해 낮은 배출계수를 갖고 있어 대표적인 환경 친화적 연료로 평가된다.

선진국에서는 기후변화협약을 위한 시범기술협

력사업으로 천연가스로 연료전환 및 발전사업의 온실가스 저감실적에 대한 평가 등이 활발히 수행 중에 있으나, 우리나라의 경우를 살펴보면 천연가스로의 연료전환에 따른 온실가스 배출량 산출시 국내 대기오염물질 배출원에 대한 배출계수 개발연구가 매우 미진한 상태로서 미국(EPA AP-42) 등 선진국의 계수를 그대로 사용하고 있기 때문에 국내 실정에 적합하지 않아 국가의 중장기 대기관리 정책수립, 방지기술의 개발, 지역적 대기오염물질 배출량 산정 등에 실질적으로 활용하기에 많은 어려움이 있어 왔다.

본 연구에서는 천연가스의 대기오염물질 배출계수를 국내 실정에 맞도록 개발·정립시켜 천연가스에 대한 확립성을 정착시키고자 하였으며 또한, 국내에서 사용되는 주요 천연가스 사용설비에서 배출되는 오염물질의 실태를 조사·분석함으로써 환경규제 대응방안으로서의 천연가스의 역할을 재정립하여 향후 천연가스 보급확대를 위한 기초자료를 구축하고자 하였다.

\* 한국가스공사 연구개발원

† 연락처, E-mail : jslee@kogas.re.kr

## 2. 천연가스 사용설비 현황

레이저 국내 천연가스의 오염물질 배출량의 측정을 위한 대상설비를 선정하기 위하여 국내 주요설비별 연간 연료사용량을 분석한 결과 건물 및 산업부문에 있어서 보일러 및 요·로가 에너지 다소비 설비로서 나타났다.

본 연구에서는 LNG 사용시설중 산업용 보일러, 난방용 보일러, 발전 시설, 요·로 시설, 가정용 천연가스보일러, 가스공사 공급기지의 대용량 설비를 대상으로 배출농도와 배출특성을 조사하여 대기오염물질 NOx, CO와 온실가스물질 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O의 배출계수를 산정하고자 한다. 실측 대상 업체수는 다음 < 표 1 >과 같다.

< 표 1 > 실측 조사 대상 시설수

| 구 분       | 시 설 수(개소) |
|-----------|-----------|
| 산업용 보일러   | 15        |
| 난방용 보일러   | 15        |
| 발전 시설     | 10        |
| 요·로 시설    | 5         |
| 가정용 시설    | 5         |
| 가스 대용량 설비 | 5         |
| 계         | 55        |

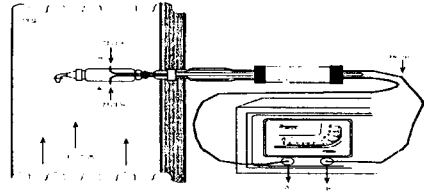
## 3. 배출계수 산출방법

1) 오염물질 배출량 조사방법: 대기오염배출량을 계산하기 위한 기본적인 방법은 다음 과 같다.

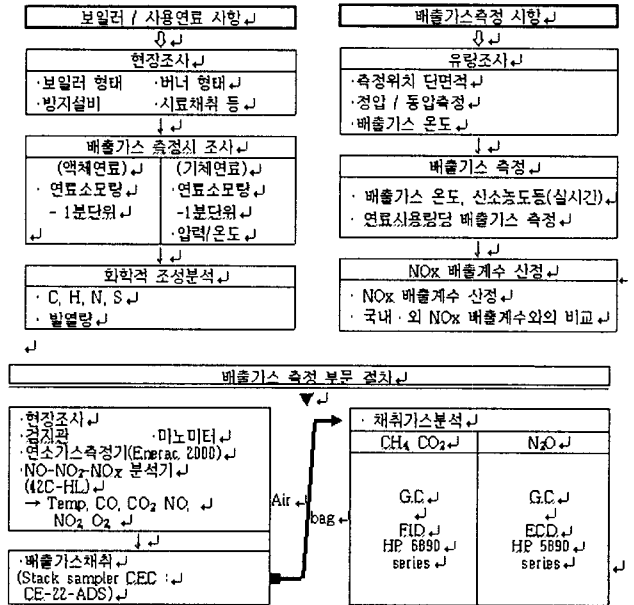
- 가. 연속 배출농도 측정 자료 이용(CEMs)
- 나. 배출 조사(Source Testing)
- 다. 물질수지방법(Material balance method)
- 라. 배출량 산출 모델(Emission estimation model)
- 마. 배출계수(emission factor)
- 바. 연료 분석 (Fuel analysis)

2) 배출계수 산출절차

LNG 배출계수를 산출하기 위해 실측하는 과정을 도식화하면 [그림-2]과 같으며, 배출가스 유량의 측정은 현장에서 <그림 1>과 같은 Pitot Tube를 이용한 실측과 LNG 연료 조성을 이용한 이론적인 배출가스량을 구하여 비교 분석하였다.



< 그림 1 > 배출가스의 압력측정



[그림 2] 배출계수 측정 절차된다.

## 4. 배출오염물질의 측정

LNG사용 산업용 보일러의 배출농도를 측정하기 위하여 현장 조사를 실시한 산업용 보일러는 총 18개 시설에 대하여 18회 측정을 하였다. 산업용 보일러의 배출가스의 측정은 30 ~ 60 분 가량 연속적으로 이루어졌으며, 배출계수 산정 시에는 측정 시간 중 안정한 상태에서의 평균 농도를 이용하였으며, 산업용 보일러 시설의 배출농도는 <표 2>와 같으며, 일부는 생략하였다.

NOx의 배출 형태는 99% 이상이 NO의 형태로 배출되는 것을 알 수 있으며, 농도는 13.60 ~ 125.43 ppm 범위에서 나타나는 것을 알 수 있다. 2번 보일러의 경우에는 불완전연소가 되어 CO 농도가 444 ppm 까지 높게 나타났으며, 상대적으로 NOx는 13.6 ppm으로 낮게 배출되는 것으로 나타났음. N<sub>2</sub>O의 경우에는 0.17 ~ 0.85 ppm으로 대부분의 시설이 비슷한 농도는 나타냄을 알 수 있다. 배출가스량과 실측 농도를 이용

하여 산출한 배출계수는 <표 3>과 같다. 나머지 설비의 경우도 이와 같은 방법으로 농도를 측정해 배출계수를 산정했다.

<표 2> 산업용 보일러의 배출가스 농도(단위 : ppm)

| 보일러 시설<br>업체 | NO    | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | CO     | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |
|--------------|-------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|------------------|
| A-1          | -     | -               | 42.08           | 23.18  | N.D             | 0.67             |
| A-2          | 89.00 | 0.00            | 89.00           | 444.00 | 10.48           | 0.60             |
| A-15         | 76.50 | 0.01            | 76.51           | 7.68   | N.D             | 0.45             |

\* N.D : 측정한계 1ppm 이하

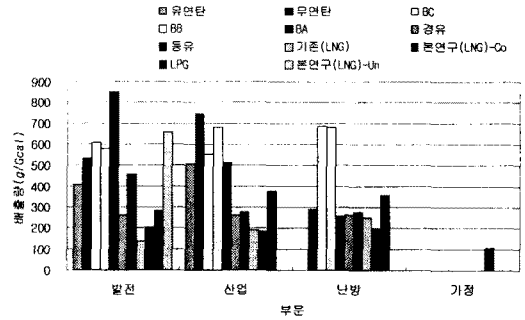
<표 3> 산업용 보일러의 배출계수

| 구 분  | 용량<br>단:kcal | NO <sub>x</sub>                   | CO                                | CH <sub>4</sub>                   | N <sub>2</sub> O                  |       |
|------|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|
|      |              | kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |       |
| A-1  | 관류           | 100                               | 1.30                              | 0.44                              | -                                 | 0.020 |
| A-3  | 노통           | 3                                 | 1.45                              | 0.10                              | 0.074                             | 0.061 |
| A-6  | 노통           | 4                                 | 1.92                              | 0.02                              | -                                 | 0.010 |
| A-7  | 노통           | 5                                 | 1.89                              | 0.21                              | -                                 | 0.012 |
| A-8  | 노통           | 6                                 | 1.71                              | 0.03                              | 0.016                             | 0.018 |
| A-11 | 수관           | 10                                | 1.35                              | 0.07                              | -                                 | 0.005 |
| A-12 | 수관           | 15                                | 1.84                              | 0.09                              | -                                 | 0.006 |
| A-14 | 수관           | 20                                | 2.23                              | 0.17                              | 0.024                             | 0.006 |
| A-15 | 수관           | 40                                | 1.95                              | 0.12                              | -                                 | 0.011 |

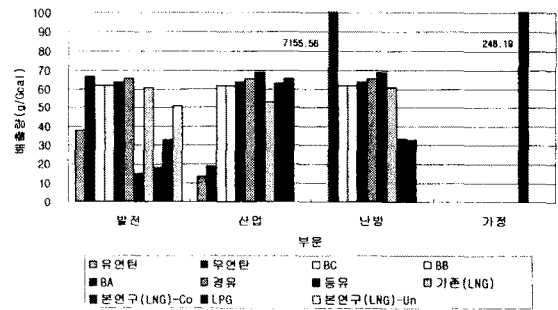
### 5. 천연가스의 환경분석

#### ○ 천연가스와 타연료의 배출계수 비교[2]

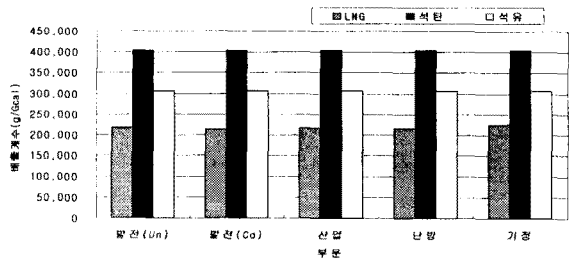
다른 연료와 열량대비 NO<sub>x</sub> 배출계수를 비교하여 보면 발전부문(외연발전)의 경우 NO<sub>x</sub> 저감장치가 있는 LNG 사용 시설의 배출계수는 다른 연료의 배출계수보다 모두 작았고, 특히 석탄과 중유발전 배출계수보다 크게 작았다.



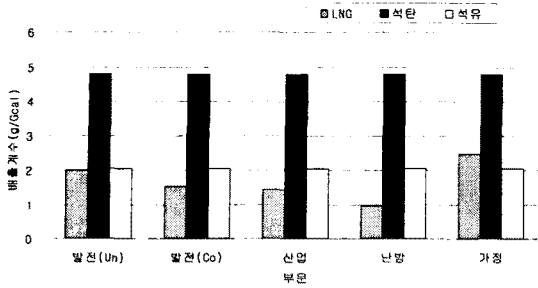
[그림 3] 연료별 NO<sub>x</sub> 배출계수 비교  
산업용과 난방용 보일러의 NO<sub>x</sub> 배출계수는 LNG가 다른 연료보다 모두 작게 나타났다. 가정용 가스보일러의 NO<sub>x</sub> 배출계수는 다른 연료의 기존 난방용 배출계수보다 모두 더 작게 나타났다



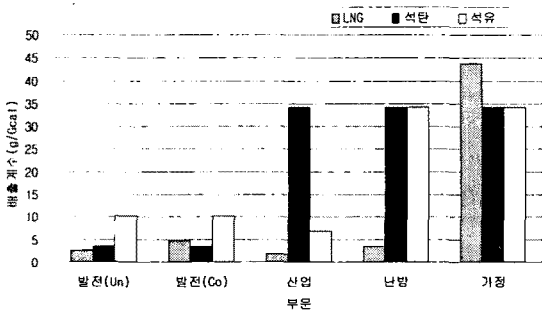
[그림 4] 연료별 CO 배출계수 비교



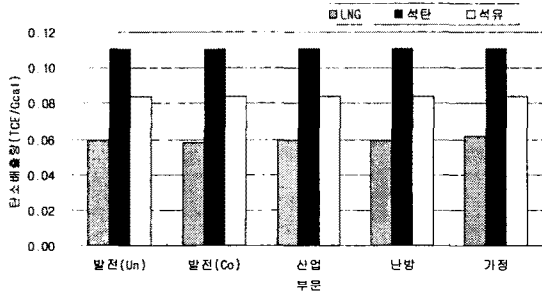
[그림 5] 부문별 CO<sub>2</sub> 배출계수 비교



[그림 6] 부문별 N<sub>2</sub>O 배출계수 비교



[그림 7] 부문별 CH<sub>4</sub> 배출계수 비교



[그림 8] 부문별 TCE 배출계수 비교

## 6. 결론

- 1) 다른 연료와 열량대비 NO<sub>x</sub> 배출계수를 비교하여 보면 발전부문(외연발전)의 경우 NO<sub>x</sub> 저감장치가 있는 LNG 사용 시설의 배출계수는 다른 연료의 배출계수보다 모두 작았고, 특히 석탄과 증유발전 배출계수보다는 크게 작았다. 산업용과 난방용의 NO<sub>x</sub> 배출계수도 LNG가 다른 연료보다 모두 작게 나타났다.
- 2) LNG의 단위 열량당 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 배출계

수를 다른 연료와 비교하여 보면 LNG의 CO<sub>2</sub> 배출계수는 석탄, 석유보다 크게 작았다. 연료별 단위 열량당 온실가스물질의 배출량을 탄소화산 배출량으로 환산하여 비교하면 LNG는 석탄보다는 절반 수준, 석유보다는 약 2/3 수준으로 온실 효과에 기여하는 정도가 훨씬 작았다.

3) 천연가스는 타연료에 비하여 SO<sub>x</sub>, TSP가 거의 배출되지 않고, NO<sub>x</sub>는 산업, 난방부문에서 다른 연료에 비하여 적게 배출되며, 발전부문에서도 저감장치가 있는 경우에는 다른 연료에 비하여 적게 배출되었다. 천연가스는 온실가스물질의 단위 열량당 배출량도 다른 연료에 비하여 크게 작아 상대적 환경성이 높게 평가되었다.

앞으로 대기오염과 온실효과를 줄이기 위해서는 천연가스의 사용량이 더욱 증가할 것으로 예상된다. 정확한 대기오염과 온실가스물질의 배출량을 산출하기 위해서는 연료별 사용 용도를 현재보다 세분하고, LNG 뿐만 아니라 타 연료에 대해서도 우리 실정에 맞는 배출계수를 지속적으로 개발하여 나가는 노력이 필요하다.

## 후 기

본 연구는 한국가스공사 연구개발원의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- [1] EPA. AP-42 5th, 1995
- [2] 환경부, 국립환경연구원, 대기오염물질 배출량, 2001