

가스보일러 일산화탄소 중독사고에 대한 사례 연구

A Study on Accident Cases of Gas Boiler Carbon monoxide

한국가스안전공사 이장우 · 여창훈 · 박찬옥 · 박찬일

Korea Gas Safety Corporation J. W. Lee · C. H. Yeo · C. O. Park · C. I. Park

요 약

가스보일러의 확대 보급으로 2006년도 932만 대가 주택, 상가 및 산업현장 등에 보급되어 생활의 편리성이 높아지고 있으나 가스보일러의 설치불량, 관리소홀 및 제품의 노후 등으로 사고가 끊이지 않고 발생하고 있다. 가스보일러가 연소 중에 발생하는 배기가스가 실내에 유출되어 최근 5년간 30건의 사고로 사상자가 92명이 발생하는 등 1건의 사고로 3명이상의 높은 인명피해를 나타냈다. 본 연구에서는 가스보일러의 사고통계분석과 2건의 사고사례를 분석한 결과 가스보일러의 제품의 안전성 향상과 실내에 배기가스가 누출되었을 때 신속히 감지할 수 있는 경보시스템의 방안이 필요할 것으로 보인다.

입되었으며, 공동주택의 경우에는 중앙집중난방시스템이 활성화되면서 사용자의 난방비용이 절감과 난방에 사용되는 연료의 누출, 폭발 등에 따른 화재위험성이 크게 감소하는 계기가 되었다. 그러나 최근에는 가스온수보일러, 기름온수보일러, 가스온수기, 이동형가스난방기 등 개별 난방 보급이 확대되면서 화재, 폭발, 중독사고가 지속적으로 발생하고 있으며, 중독사고의 경우에는 물적피해는 없지만 일가족에게 일시적으로 모두에게 피해를 주기 때문에 사회적으로 문제가 제기되고 있으며, 이에 따른 제품의 안전성 향상, 설치제품의 안전관리, 및 사용상의 문제점에 대한 안전대책이 마련되고 있지만 아직까지 미흡하여 사고가 지속적으로 발생하고 있다.

1. 서 론

경제성장과 더불어 생활수준이 높아짐에 따라 열병합발전소의 건립으로 지역난방시스템이 도

2. 배기가스 중독사고의 통계 및 분석

2.1 가스보일러 설치 현황

최근의 가스보일러는 강제배기방식과 강제급배기방식을 설치하여 사용하고 있지만 아직도 일부 가정에서는 자연배기식 가스보일러를 사용하고 있는 세대도 있어 위험성이 더욱 크다. 가스보일러는 최근5년간 40,557천대가 설치되었으며, 백만대당 사고건수가 0.99건으로 나타났으나, 2002년도에는 1.53건으로 높았다. 또한 LP가스보다 도시가스의 사고건수가 높게 나타났다.

〈Table 1〉 가스보일러 설치 현황 (단위: 천대)

| 구 분 | 02년 | 03년 | 04년 | 05년 | 06년 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 설치대수 | 6,553 | 7,437 | 8,255 | 8,984 | 9,328 |
| 사고건 | 10 | 6 | 9 | 8 | 7 |
| 백만대당 사고건 | 1.53 | 0.81 | 1.09 | 0.89 | 0.75 |

2.2 가스보일러 사고 현황

가스보일러에 의한 사고는 지속적으로 발생하고 있으며, 가스사고 대비 점유율이 높게는 9% 낮게는 5.6%로 나타났고, 그림2와 같이 가스별로는 도시가스가 LP가스보다 매년 높게 나타났다.

〈Table 2〉 가스보일러 사고 현황 (단위: 건)

| 구 분 | 02년 | 03년 | 04년 | 05년 | 06년 | |
|--------|------|-----|-----|-----|-----|---|
| 가스사고 | 111 | 107 | 103 | 104 | 106 | |
| 보일러 사고 | 10 | 6 | 9 | 8 | 7 | |
| 점유율(%) | 9.0 | 5.6 | 8.7 | 7.7 | 6.6 | |
| 가스별 | LPG | 1 | - | 1 | 2 | 2 |
| | 도시가스 | 9 | 6 | 8 | 6 | 5 |

2.3 가스보일러 인명피해 현황

가스보일러에 의한 인명피해는 매우 높아 최근 5년간 년별로 보면 매년 사망자가 발생하고 있고 목욕탕등 다중이용시설에 설치된 대형 가스보일러에서 발생하는 만큼 부상자도 높아졌다.

〈Table 3〉 인명피해별 사고 현황 (단위: 건)

| 구 분 | 02년 | 03년 | 04년 | 05년 | 06년 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 보일러 사고 | 10 | 6 | 9 | 8 | 7 |
| 사망(명) | 13 | 4 | 13 | 2 | 4 |
| 부상(명) | 17 | 6 | 3 | 20 | 26 |

2.4 가스보일러 원인별 사고 현황

가스보일러의 사고유형은 가스누출에 의한 폭발사고 보다 배기가스중의 일산화탄소중독으로 사고로서, 보일러와 배기통의 접속불량, 배기통과 배기통의 이음새 불량, 배기통의 부식, 배기통 방조망 미설치로 인한 새둥지 설치에 의한 막힘, 배기통 응축수 고임, 열교환기 막힘 등이 주요원인으로 나타나고 있다. 따라서, 가스보일러 원인별로 분석하면 시설미비에 의한 사고로서 배기통 설치불량 및 관리상의 문제점 및 열교환기의 막힘 및 노후로 안전장치의 작동불량 등 제품결함사고가 나타났다.

〈Table 4〉 원인별 사고 현황 (단위: 건)

| 구 분 | 02년 | 03년 | 04년 | 05년 | 06년 |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 보일러 사고 | 10 | 6 | 9 | 8 | 7 |
| 시설미비 | 5 | 4 | 6 | 7 | 4 |
| 제품불량 | 4 | 2 | 3 | - | 2 |
| 사용자부주의 | 1 | - | - | - | - |
| 공급자부주의 | - | - | - | - | - |
| 기타 | - | - | - | 1 | 1 |

3. 가스보일러의 종류 및 연소이론공기량의 이론적 고찰

3.1 급배기 방식에 의한 가스보일러의 종류

가스보일러의 연소방식은 자연배기식과 강제배기식 및 강제급배기식의 종류로 되어 있으며, 자연배기식(Conventional Flue)은 연소용 공기를 실내에서 취하고 배기가스는 자연통기력으로 옥외로 배출시키는 방식이며, 강제배기식(Forced Exhausted Flue)은 방식은 연소용 공기를 실내에서 취하고 배기가스는 자체 송풍기를 이용하여 강제적으로 옥외로 배출시키는 방식을 말하며, 강제급배기식(Forced Draught blanced Flue)은급배기통을 외기와 접하는 벽을 관통하여 옥외로 빼고 급배기용 송풍기에 의해 강제로 급배기를 하는 방식이며, 이외에 자연급배기식과 옥외용 보일러가 있으며, 최근 가정용으로 강제급배기 방식이 가장 많이 보급되고 있다.

3.1.1 연소 이론공기량의 이론적 고찰

가스보일러에 필요한 이론공기량은 완전연소를 제공하는데 매우 중요한 역할을 하며, 자연배기식이나 강제배기식의 경우 실내에서의 이론적 공기량이 요구되며, 프로판이 주성분인 LP가스의 경우 이론공기량은 연소방정식 $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ 에서 약 $12.12N^m/kg$ 이다.

4. 가스보일러 배기가스중독사고 사례

4.1 가정주택 배기통 설치불량 사례

4.1.1 사고개요

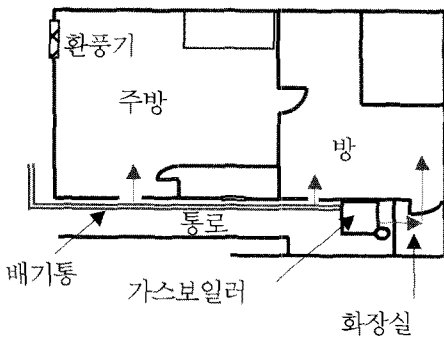
2005. 1월 상가주택 2층의 통로에 설치된 강제배기식 가스보일러가 가동되면서 배기가스가 Fig. 1과 같이 통로에 체류되고 배기가스는 피해자의 주방과 방으로 유입되어 1명이 사망하고 1명이 중독된 사고사례이다. 현장조사에서 가스보일러가 설치된 통로와 실내 화장실의 상부가 통해져(Fig.1) 있었고, 출입문을 닫을 경우 환기가 정상적이지 못한 상태였으며, 또한 통로와 주방 사이에 출입문이 설치되어 있었으나 실내에서는 환풍기(Fig.3)가 가동되고 있는 상태로써 통로의 공기가 실내로 용이하게 유입되는 조건이 되었다. 또한 배기통은 동일한 재질을 사용하지 않았고, 이음부분에서 배기가스가 누출(Fig.4)되고 응축수(Fig.4)가 배기통 직경 80mm에 약 2.3l고여 배기가스를 막고 원활하게 배출시키지 못하는 구조였다.

4.1.2 배기가스중의 CO농도 시험

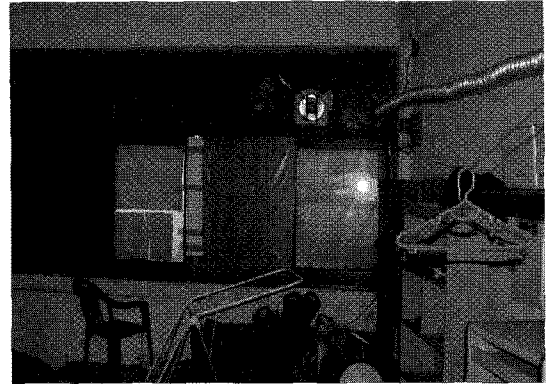
사고현장조사는 측정조건이 외부 출입문, 현관 출입문, 방문, 화장실문, 세탁실 출입문 및 창문을 닫은 상태에서 피해자가 있었던 침대 위에 CO센서를 설치하고 일산화탄소 농도측정기인 KM9104를 이용하여 14 : 46부터 15 : 27까지 41분 동안 측정하여 Table 5와 같은 결과를 얻었다

〈Table 5〉 CO농도 측정결과

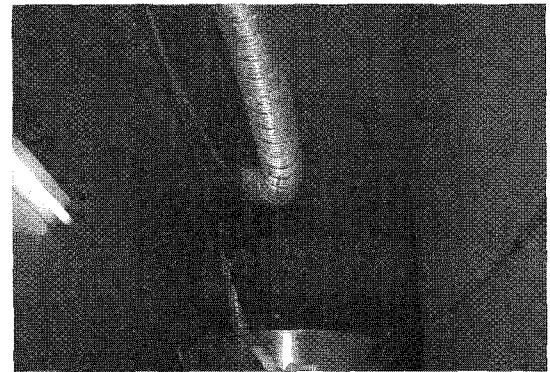
| 경과 (분) | CO 농도 (ppm) | 산소 농도 (%) | 경과 (분) | CO 농도 (ppm) | 산소 농도 (%) |
|-----------|-------------------|-----------------|-----------|-------------------|-----------------|
| 0 | 1 | 20.8 | 28 | 622 | 20.6 |
| 6 | 17 | 20.7 | 29 | 658 | 20.5 |
| 11 | 77 | 20.7 | 32 | 742 | 20.5 |
| 13 | 111 | 20.7 | 33 | 829 | 20.5 |
| 23 | 409 | 20.6 | 34 | 864 | 20.5 |
| 24 | 457 | 20.6 | 36 | 926 | 20.5 |
| 26 | 502 | 20.6 | 37 | 956 | 20.5 |
| 27 | 557 | 20.6 | 41 | 1111 | 20.5 |



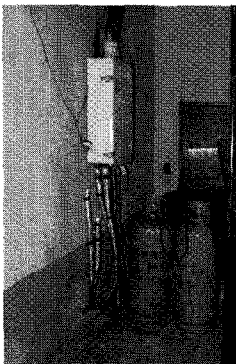
〈Fig. 1〉 사고현장 도면



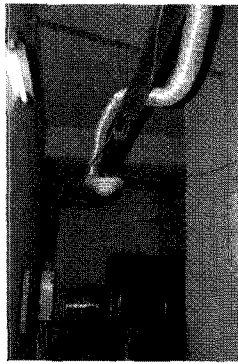
〈Fig. 3〉 환기팬 설치



〈Fig. 4〉 응축수 수거



〈Fig. 2〉 가스보일러
설치장소



〈Fig. 2〉 배기통설치

4.2 공동주택 배기가스 중독사례

4.2.1 사고개요

2006. 11월 공동주택에서 1명이 사망하고 2명이 중독된 사고사례로서 1층에 대형 강제배기식 가스보일러가 설치되어 있었고 배기통을 통해 외부로 배기가스를 배출시키는 시설로서 가스보일러실에는 2대가 설치되어 있었고 사고와 관련된 보일러의 배기통은 연결부가 이탈(Fig.6)되어 있었고, 다른 1대는 특이사항이 없었다. 가스보일러실에는 공동 난방수 등의 배관이 공동구(Fig.7)를 통해 설치(Fig.8)되어 있었으며, 공동

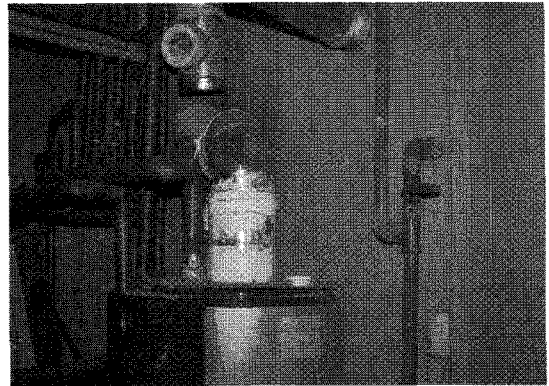
구는 화장실벽면과 인접 설치된 상태로서 지하에 배기가스가 체류된 배기가스가 공동구와 연결된 화장실의 밸브개폐 상자(Fig.9)등을 통해 각 방으로 유입되었다

4.2.1 배기가스중의 CO농도 시험

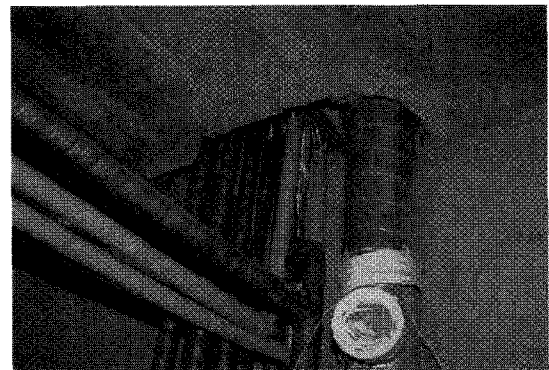
사고현장조사는 보일러실(Fig.6), 공동구 내부(Fig.9), 피해자가 잠을 잔 침대 위 (Fig.10)및 방 천정 내부(Fig.11)등 4개소에 대하여 일산화탄소 농도측정기인 KM9104를 이용하여 Table 6과 같이 88분 동안 측정하여 결과를 얻었다. 보일러실은 86분 경과시점에서 752ppm, 공동구 내부의 경우 88분 시점에서 306ppm, 방 천정 내부의 경우 77분 경과시점에서 412ppm으로 배기가스가 직접 체류하는 곳에서는 높게 나타났으나, 침대에서는 20ppm이 최고였으나 점증적으로 높아질 것으로 추정하였다.

〈Table 6〉 CO농도 측정 결과

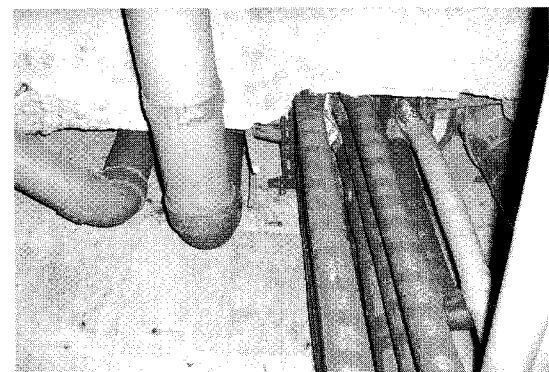
| 측정 위치 | 가동후(분) | CO농도(ppm) |
|---------|--------|-----------|
| 보일러실 | 0 | 1 |
| | 35 | 43 |
| | 60 | 200 |
| | 70 | 616 |
| 공동구 내부 | 86 | 752 |
| | 80 | 254 |
| | 86 | 274 |
| 방 천정 내부 | 88 | 306 |
| | 73 | 46 |
| | 75 | 173 |
| | 76 | 342 |
| 침대 | 77 | 412 |
| | 12 | 17 |
| | 21 | 20 |
| | 34 | 13 |
| | 44 | 10 |
| | 64 | 6 |



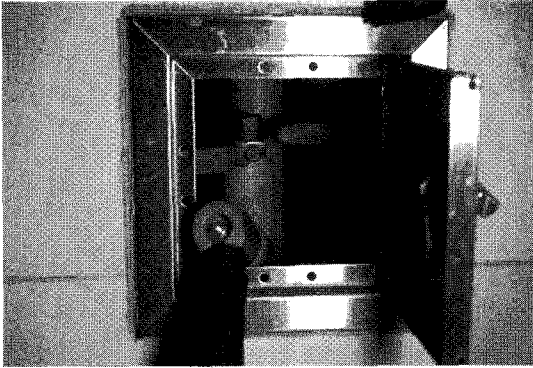
〈Fig. 6〉 가스보일러실과 이탈된 배기통



〈Fig. 7〉 가스보일러 배기통



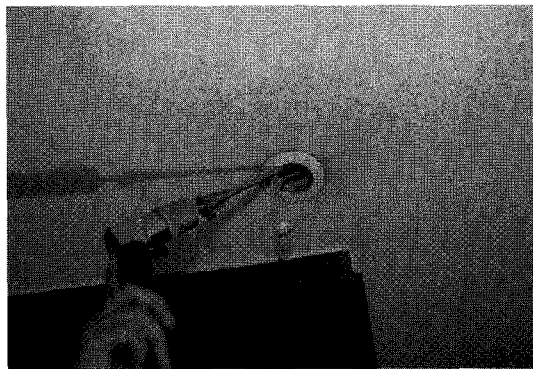
〈Fig. 8〉 공동구의 난방수 배관등



〈Fig. 9〉 내부화장실벽의 공동구 개폐문



〈Fig. 10〉 피해자 방 침대



〈Fig. 11〉 천정내부

5. 문제점

5.1 대국민 홍보 환경 미흡

- 사용자가 무색무취의 일산화탄소 위험성 인식 부족
- 계절별 홍보 지향
- 다양한 계층을 위한 홍보 전략 미흡

5.2 관계 법령 규제 미흡

- 일산화탄소가스 검지장치 개발보급 미흡
- 가스보일러의 사용연한 규제 없음

5.3 가스공급자 및 사용자 안전점검 미흡

- 가스보일러의 설치후 안전점검 미흡
- 공동구 배기통에 대한 안전점검 미흡
- 사용자의 안전점검 기술 부족으로 인한 점검 미흡

6. 대책

6.1 대국민 홍보 전략 강화 필요

- 다양한 계층에 대해 년중 홍보실시
- 독성가스에 대한 홍보

6.2 안전장치 설치 의무화

- 가스보일러의 사용연한 제정
- 일산화탄소 검지장치 의무화

6.3 안전점검 이행 확인 철저

- 6개월마다 실시하는 안전점검시 제품 및 배기통에 대한 철저한 확인
- 사용자의 수시점검 확인 철저
- 제조자의 애프터 서비스 강화

6.3 안전교육 강화

- 가스보일러 설치 부적합 사례를 통한 안전교육대상자에 대한 가스보일러 시공, 점검, 홍보방안 등 교육의 내실화

참고문헌

1. 한국가스안전공사 “가스사고연감” 2003, 2004, 2005, 2006, 2007.
2. 한국가스안전공사 “액화석유가스의안전관리및사업법, 도시가스사업법” 2006.
3. 한국가스안전공사 “사고조사실무서Ⅱ” 2000. P42~50
4. 구민사 “가스기사 산업기사” 2002.
5. 한국가스안전공사 “도시가스시설 기준 해설서” 2004

7. 결론

가스보일러는 가정용과 영업용 및 산업용에 설치되어 사용되고 있으나 제품생산과 및 안전시공, 점검 및 사용단계까지 단계별 안전관리가 절실히 요구된다. 특히 가정용 보일러의 경우 대부분 실내에 설치되어 사용되므로 배기가스가 누출될 경우 일산화탄소에 의한 중독사고가 끊이지 않을 것이다. 제품을 생산하는 업체에서는 최신의 안전장치를 개발보급하고, 시공자는 관계법령에 따라 정확한 시공을 최우선으로 하며, 가스공급자 및 사용자는 관계법령에 정한 점검기준을 철저히 준수하여 사고예방에 만전을 기하여야 할 것이다. 특히 가스보일러 제조자는 애프터서비스 체계를 더욱 세밀하게 구축하여 노후에 따른 안전장치의 결함으로 인한 배기가스중의 일산화탄소에 의한 중독사고가 발생하지 않도록 하여야 할 것이다.