

# 휴대용 부탄가스레인지용 접합용기의 증탕에 의한 실험적 연구

An Experimental Study on Rupture of the Butane Canister in the Water Bath

한국가스안전공사 이정우 · 박찬옥 · 여창훈

Jang Woo-Lee, Chan Ok-Park, Chang Hoon-Yeo

## 1. 서론

휴대용부탄가스레인지(이하 '연소기'라 한다)가 1987년도부터 본격적으로 보급되면서 야외용으로 사용되었던 연소기가 최근에는 가정이나 식당 등 편리하게 이용되고 있으며, 연소기의 연료로 사용되고 있는 부탄가스접합용기(이하 '접합용기'라 한다)의 파열사고로 인하여 매년 다수의 사상자가 발생하고 있다. 관계당국이나 생산업체에서 연소기 사용에 따른 안전사용 요령의 지속적인 홍보의 노력에도 불구하고 사고가 증가하고 있는 실정이다. 연소기에는 접합용기의 압력 상승에 따른 용기이탈식 및 유로차단식 안전장치가 설치되어 있고, 최근에는 안전장치 작동 후 지속적으로 압력이 상승될 경우를 대비하여 압력방출식 스프링식안전장치가 부가적으로 설치된 연소기가 시판되고 있다.

연소기 사용 중 접합용기가 증발잠열에 의해 온도가 떨어져 가스 공급이 감소될 때 접합용기에 뜨거운 물로 데워 사용하거나 증탕으로 가열

하는 등 위험하게 접합용기를 취급하고 있다. 본 연구에서는 접합용기가 증탕으로부터 파열되는 사고사례에 대하여 파열시점의 경과시간 및 물 온도에 대하여 고찰하게 되었다.

## 2. 최근 5년간의 사고현황

최근 5년간의 사고에 대하여 원인별로 살펴보면 대부분 연소기 사용중에 발생하였고, 다음은 접합용기를 보관, 취급 중에 발생하는 것으로 나타났다으며, 그 현황은 [표 1]과 같다.

[표 1] 최근5년간 이동식부탄연소기 사고현황

구분	01년	02년	03년	04년	05년 10월	계	점유율 (%)
사고수	12	12	12	21	25	57	11.9
LP가스 사고	92	84	92	82	73	423	-

### 3. 연소기 및 접합용기의 주요 제조기준과 구조

#### 3.1 연소기의 주요 구조 및 원리

연소기는 몸체, 콕크, 가버너, 용기연결레바, 삼발이가 설치되며, 각각의 구조는 다음과 같다.

- ① 회전식개폐 콕크의 열림 방향은 시계바늘 반대방향일 것.
- ② 삼발이 위에 49N의 하중을 5분간 가했을 때 변형이 없을 것.
- ③ 용기장착부 이외에는 용기가 들어가지 아니하는 구조일 것.
- ④ 용기연결레바는 연소기 몸체에 견고하게 부착 되어 있고, 작동이 원활하고 확실할 것.
- ⑤ 빈용기 반복탈착시 용기가 정위치에서 이탈되지 아니하도록 용기장착 가이드홈 등을 설치할 것.
- ⑥ 연소기는 2가지 용도로 동시에 사용할 수 없는 구조일 것.
- ⑦ 삼발이를 뒤집어 놓을 수 있는 것은 삼발이를 뒤집어 놓았을 때 용기가 연결되지 아니하거나, 가스통로가 열리지 아니하는 구조일 것.
- ⑧ 용기연결레바가 없는 것은 콕이 닫힌 상태에서 예비적 동작 없이는 열리지 않는 구조일 것.
- ⑨ 콕크가 열린 상태에서는 용기가 연소기에 연결되지 아니할 것.
- ⑩ 용기내 압력이 0.5MPa이상 0.7MPa이하일 때 용기가 자동으로 이탈되거나 자동으로 닫히는 안전장치를 구비할 것. 이 경우 가스유로가 자동으로 닫히는 구조의 것은 복귀조작을 하여야만 가스유로가 열리는 것

이어야 한다.

- ⑪ 메인버너 최상부는 국물받이 바닥면 보다 20mm이상 높을 것.
- ⑫ 가버너는 한국가스안전공사 또는 공인검사기관의 성능인정을 받은 것을 부착할 것.

#### 3.2 접합용기의 시험방법

KS 규정에서는 접합용기의 내압시험은 수압으로 서서히 가압하여 127.4PaP{13.0kgf/cm<sup>2</sup>g}에서 30초간 유지한 다음 용기의 각부에 변형이 있는지를 조사하며, 파열시험은 수압으로 서서히 가압하여 147.4PaP {15.0kgf/cm<sup>2</sup>g}로 가압한 용기의 각부가 파열되는지를 조사한다.

고압가스안전관리법에서 접합용기는 50℃에서 용기안의 가스압력의 1.5배의 압력을 가할 때에 변형되지 아니하고, 50℃에서 용기안의 가스압력의 1.8배의 압력을 가할 때에 파열되지 아니하는 것일 것. 다만 1.3MPa의 압력을 가할 때에 변형되지 아니하고, 1.5MPa의 압력을 가할 때에 파열되지 아니하는 것은 그러하지 아니한다 라고 규정하고 있다.

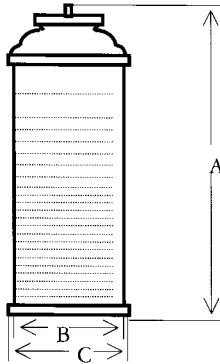
#### 3.3 접합용기 크기 및 재질

연소기에 사용되고 있는 접합용기는 [표2]그림1과 같은 크기로 제조되고, 재질은 주석강판(Tin-plate)을 사용하고 있으며, 접합용기 두께는 고압가스안전관리법에서 0.125mm이상으로 규정하고 있다.

[표 2] 접합용기의 크기

(단위 : mm)

구분	명칭	A형	B형	C형
A	전체높이	184.0~185.7	184.5~186.0	184.5~186.5
B	몸체바깥지름	65.8±0.4	←	←
C	몸체심 바깥지름	68.4±0.4	←	←



[그림 1] 접합용기 개략도

#### 4. 실험방법

##### 4.1 접합용기(카세트식)

냄비뚜껑을 덮지 않은 상태의 냄비(5.6ℓ)에 물을 바닥으로부터 약 5cm정도 채워(2.4ℓ) 연소기 삼발이 위에 놓고 물이 채워진 냄비 속에 접합용기를 세워 설치한 상태에서 접합용기 표면, 물 및 대기온도를 측정하기 위해 온도센서를 [그림 2]와 같이 설치하였으며, 실험이 종료될 때까지 연료를 교환하지 않았고, 실험장치 구조물에는 바닥으로부터 90cm높이의 함석을 [그림3]과 같이 설치하였다.

온도센서는 상부경판 접합부 하부에서 5cm아래에 설치하였고, 물속의 냄비바닥과는 이격 설치하였으며, 대기온도는 실험장치 구조물 내부의 연소기로부터 수평거리 60cm에 바닥으로부터 70

cm상부에 [그림2][사진1]과 같이 설치하였으며, 접합용기에 충전된 가스성분은 [표3]와 같으며, 가스혼합비율에 따른 접합용기 내부의 증기압력 변화는 [표4]와 같다.

[표 3] 접합용기내 충전가스 혼합비율

(wt%)

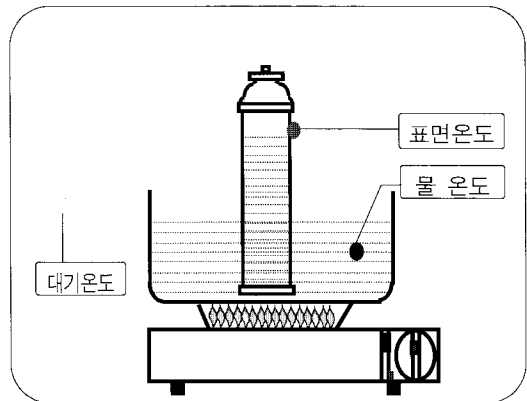
용기명	가스충전량	성분비율(wt%)	실험보조물
부탄가스 접합용기	220g	프로판:4.84 부 탄:95.16	연소기:1대 냄 비:1개 연 료:1개

[표 4] 가스혼합비율별 증기압 변화

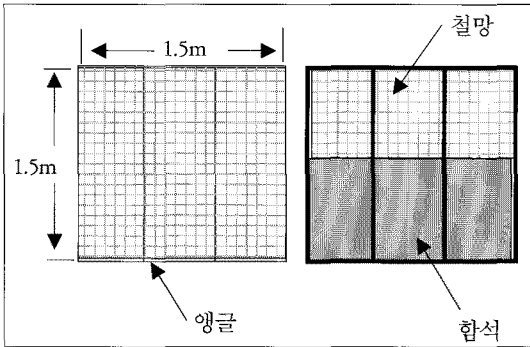
(단위 : kgf/cm<sup>2</sup>g)

구분	0℃	15℃	18℃	20℃	25℃
100B	0	0.7	0.9	1	1.4
10P+90B	0.3	1.3	1.6	1.7	2.2
20P+80B	0.75	1.9	2.3	2.4	2.9
30P+70B	1.2	2.5	2.8	3.1	3.65

구분	35℃	40℃	60℃	80℃	100℃
100B	2.3	2.8	5.4	8.6	11.9
10P+90B	3.3	3.9	7	10.7	14.6
20P+80B	4.2	4.9	8.2	12.3	17.0
30P+70B	5.1	6.0	10.0	14.5	19.0



[그림 2] 접합용기 설치 및 온도센서 설치



[그림 3] 실험장치 비산 방호 구조물

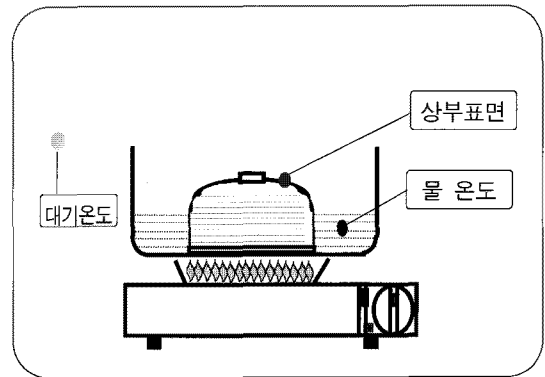
## 4.2 접합용기(직결식)

뚜껑을 덮지 않은 상태의 알루미늄 냄비(5.6ℓ)에 물을 바닥으로부터 약 5cm정도 채워(2.4ℓ) 연소기 삼발이 위에 놓고 물이 채워진 냄비속에 직결식 접합용기를 세워 [그림4] [사진10]과 같이 설치하고 실험이 종료될 때까지 연료를 교환하지 않았으며, 실험장치 구조물에는 바닥으로부터 90cm높이의 합석을 설치하였으며, 외부에는 실험구조물 내부의 온도를 유지하고 외기로부터의 열손실을 줄이기 위하여 출입문을 제외하고 지붕을 포함하여 4면에 비닐 등으로 보온조치를 하고 연소기를 점화시켰고, 직결식 접합용기 표면, 물 및 대기온도를 측정하기 위해 온도센서를 직결식접합용기에는 동판 어깨부분에 설치하고, 물속에는 수면 아래로 냄비바닥과는 이격 설치하였으며, 대기온도는 실험장치 구조물 내부의 연소기로부터 수평거리 60cm에 바닥으로부터 70cm상부에 설치하였으며, 충전가스 혼합비율은 [표5]와 같았다.

[표 5] 접합용기내 충전가스 혼합비율

(wt%)

용기명	가스총전량	성분비율(Wt%)	실험보조물
직결식 접합용기	230g	프로판 : 8.73 부 탄 : 91.27	연소기 : 1개 냄 비 : 1개 연 료 : 1개



[그림 4] 접합용기 및 온도센서 설치

## 5. 실험

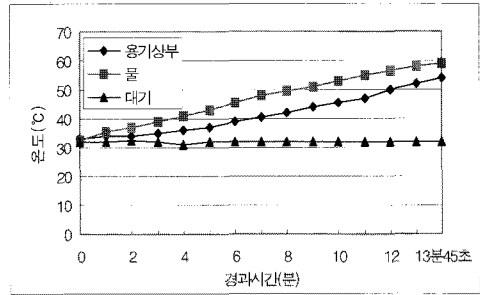
### 5.1 실험결과[1]

연소기 점화후 10분이 경과하여 물이 끓기 시작하였고, 11분 경과에서 접합용기의 상부경판이 1차 변형되었으며, 이때 접합용기 표면온도는 47.2℃, 물의 온도는 55℃ 및 대기온도는 32℃로 [표6][그림5]와 같이 나타났다. 13분45초가 경과되어 접합용기 표면온도 53.9℃, 물의 온도 59℃ 및 대기온도가 31.9℃일 때 접합용기가 파열되면서 하부경판이 분리되었고, 동판의 접합부 파열은 수반되지 않았다.

파열형상은 접합용기의 하부경판이 파열·분리되었으며, 내부압력상승에 의하여 상부경판은 굴곡부가 퍼진 상태이고, 하부경판은 반대로 젖혀

저 내·외부 모양이 바뀌었다. 가열에 사용된 연소기는 더 이상 사용할 수 없을 정도로 파손되었으며, 냄비는 접합용기의 파열 영향으로 냄비바닥 외부면(냄비를 뒤집어본 상태)에 연소기의 화구와 접촉되어 둥근 모양의 흔적을 [사진2·사진6]과 같이 남겼다.

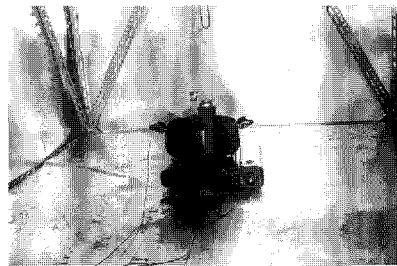
접합용기가 파열됨과 동시에 실험장치구조물로부터 15m떨어진 장소에서 230dB이상의 파열소음이 발생하였고, 비산에 의해 철망에 충격을 주었으며, 실험장치 구조물 내부에는 순간적인 화염이 발생하여 가연물에 탄화흔적이 나타났다.



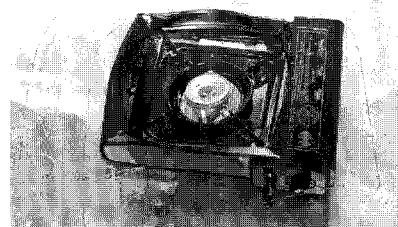
[그림 5] 시간대별 온도분포 그래프

[표 6] 시간대별 온도변화

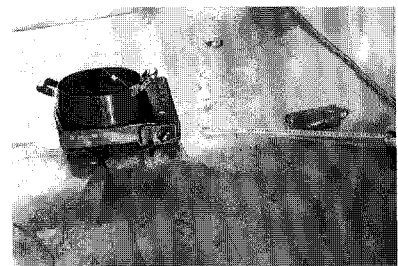
경과시간(분)	용기상부(°C)	물(°C)	대기(°C)
0	33.2	32.5	32
1	34	35.5	32
2	34.2	37	32.5
3	35	39	32
4	36	40.9	31.2
5	37.1	43.1	32
6	38.9	45.5	32.2
7	40.5	47.9	32.2
8	42.1	49.7	32
9	44	51.2	32.2
10	45.5	53.2	32
11	47	55	32
12	50	56.5	31.8
13	51.9	58	31.9
13분45초	53.9	59	31.9



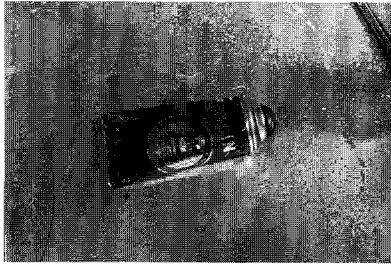
[사진 1] 접합용기 설치 및 냄비 등



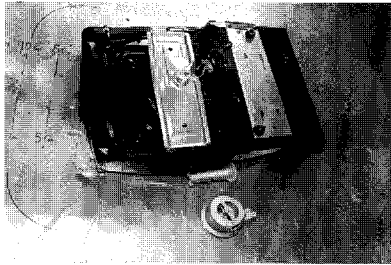
[사진 2] 연소기와 삼발이 및 버너헤드 파손



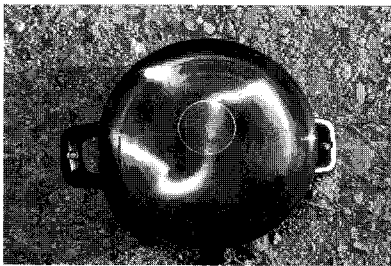
[사진 3] 접합용기 비산 및 삼발이 파손



[사진 4] 접합용기 하부경판 파열



[사진 5] 연소기 하부 및 버너헤드 파손



[사진 6] 냄비하부의 버너헤드 충격흔적

## 5.2 실험결과[2]

연소기를 점화시키고 9분43초경 물이 끓기 시작하여 접합용기 표면온도가 41.9℃, 물의 온도가 38℃ 및 대기온도 17.3℃로 [표7]과 같이 나타났고, 파열되면서 상부경판이 변형됨과 동시에 하부경판이 파열되었다.

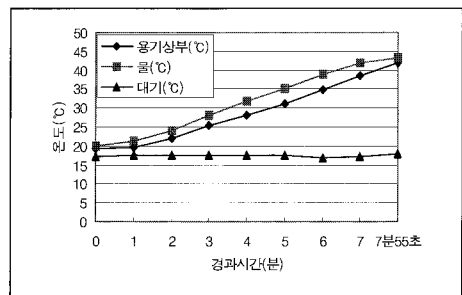
파열형상은 내부압력상승에 의하여 상부경판의 굴곡부가 퍼진 상태로 변형된 후 약간의 지연시간 없이 곧바로 접합용기의 하부경판이 반

대로 찌그러져 내·외부 모양이 바뀐 상태로 [사진8][사진9]와 같이 파열되었다. 가열에 사용된 연소기는 더 이상 사용할 수 없을 정도로 파손되었으며, 냄비는 접합용기의 파열 영향으로 냄비바닥 외부면(냄비를 뒤집어본 상태)에 연소기의 화구와 접촉되어 둥근 모양의 흔적이 실험 1과 같이 동일하였다.

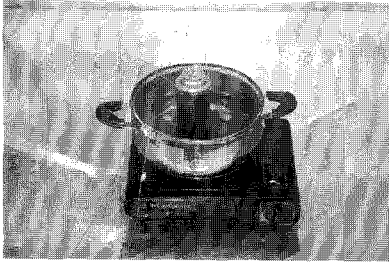
접합용기가 파열됨과 동시에 실험장치 구조물로부터 15m떨어진 장소에서 240dB이상의 파열소음과 비산에 의해 철망에 충격을 주었으며, 실험장치 구조물 내부에는 순간적인 화염이 발생하였으나 육안으로는 확인할 수가 없었다. 접합용기는 방호구조물을 뚫고 [사진9]와 같이 26.3m을 비산하였다.

[표 7] 시간대별 온도변화

경과시간(분)	용기상부(℃)	물(℃)	대기(℃)
0	20.4	21.4	17
1	20.4	24.6	17
2	20.9	21.3	17
3	23.9	23.2	17.2
4	27	25.5	17.2
5	30.2	28.5	17.2
6	33	30.7	17.3
7	35.2	32.9	17.2
8	37.4	34.5	17.2
9	39.5	36.5	17.2
9분43초	41.9	38	17.3



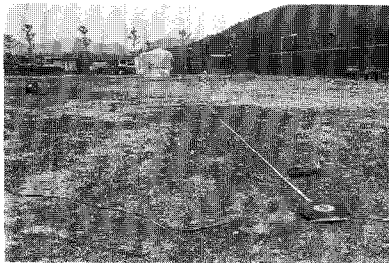
[그림 6] 시간대별 온도분포 그래프



[사진 7] 접합용기 설치 및 냄비 등



[사진 8] 접합용기 상부경판 변형 및 하부경판 파열



[사진 9] 접합용기 동판부 비산(26.3m)

### 5.3 실험결과[실험3]

연소기 점화후 7분30초가 경과하여 물의 온도가 상승하기 시작하였고, [표8]과 같은 시간대별 온도분포로서 7분55초경 직결식접합용기의 표면온도가 42℃, 물의 온도 43.4℃ 및 대기온도 18℃를 나타내고 파열되었다.

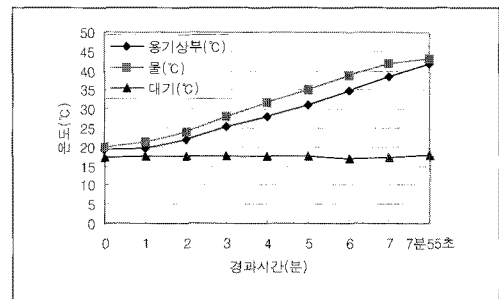
파열형상은 직결식접합용기의 동판과 하부경판이 동시에 파열·분리되었으며, 직결식접합용기

의 동판은 형체를 분간할 수 없을 정도로 [사진 12]와 같이 찢어졌고, 하부경판은 [사진 11]과 같이 내부압력에 의하여 반대로 젖혀져 내·외부 모양이 바뀌었다. 가열에 사용된 연소기는 더 이상 사용할 수 없을 정도로 파손되었으며, 냄비는 직결식접합용기의 파열 영향으로 냄비바닥 외부면(냄비를 뒤집어본 상태)에 연소기의 화구와 접촉되어 둥근 모양의 흔적을 남겼다.

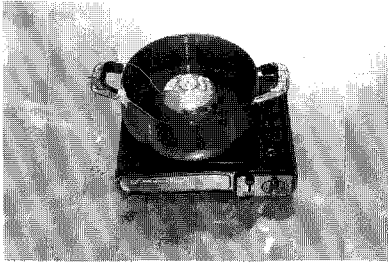
직결식접합용기가 파열됨과 동시에 실험장치 구조물로부터 15m떨어진 장소에서 265dB이상의 파열소음과 비산에 의해 철망에 충격을 주었으며, 접합용기보다 파열소음이 비교적 크게 나타났고, 실험장치 구조물 내부에는 순간적인 화염이 발생하였으나 육안으로는 확인할 수가 없었다.

[표 8] 시간대별 온도변화

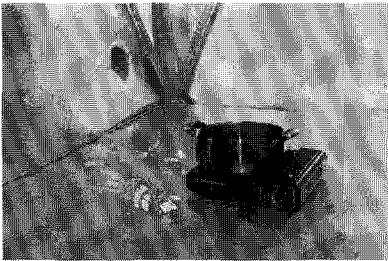
경과시간(분)	용기상부(℃)	물(℃)	대기(℃)
0	19.2	20	17.2
1	19.6	21.2	17.4
2	21.8	24	17.4
3	25.4	28	17.5
4	28.2	31.9	17.4
5	31.1	35.2	17.5
6	34.7	38.9	17
7	38.5	41.9	17.2
7분55초	42	43.4	18



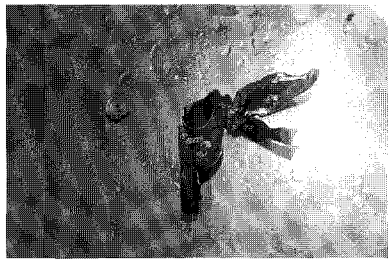
[그림 7] 시간대별 온도분포 그래프



[사진 10] 접합용기 설치 및 냄비 등



[사진 11] 하부경판은 파열하여 함석을 뚫고 외부로 비산



[사진 12] 동판으로부터 분리된 노즐과 형상

## 6. 결론

실험에서 접합용기내의 가스잔량을 완전히 사용하기 위한 목적으로 본 연구와 같은 실험방법으로 접합용기를 가열시킬 경우 약 10여분 내에 접합용기내의 가스압력이 약 15.0kgf/cm<sup>2</sup> 이상 상승되면서 파열현상이 발생한 것으로 판단되며, 파열과 동시에 발생한 화염은 주위의 가열물에 열변형 또는 화재를 수반 시키는 것을 알 수 있

었다. 접합용기가 파열될 경우 파열흔적으로 조사가 가능할 것이며, 보관상 위치를 변경하여 진술한다고 할지라도 흔적만으로 조사가 가능하다는 것을 실험을 통해 알 수 있었고,

사용자가 직결식접합용기를 바람막이 등을 하고 사용할 경우 복사열과 대류현상으로 직결식 접합용기를 가열시켜 파열 위험성이 높다는 것을 알 수 있었으며, 이번 직결식접합용기의 경우 접합용기에 비해 열을 받는 면적이 넓었고, 프롭 성분도 접합용기 보다 약 4%정도 많아 짧은 시간에 파열에 이르렀고, 접합용기와 같이 파열 현상이 일어날 수 있으며, 파열과 동시에 발생한 화염은 주위의 가열물에 열변형 또는 화재를 수반할 수 있고, 파열될 때 반드시 피접촉물에 흔적을 남긴다는 사실을 알 수 있었다. 본 연구에서 온도에 따른 압력분포를 측정하지 못한 것이 아쉬움이었다.

## 참고문헌

1. 한국가스석유기기협회, “가스연소기기편람.” 1998.
2. 한국가스안전공사, “고압가스안전관리법,” 2004.
3. 한국가스안전공사, “액화석유가스의 안전관리 및 사업법.” 2004.
4. 한국가스안전공사, “액화석유가스안전관리기준 통합고시.” 2003.
5. 휴대용부탄가스레인지의 안전성에 관한 실험적 연구, “서울산업대학교 석사학위논문, 이장우.” 1998.
6. KS B 8106, “휴대용부탄가스레인지.” 1995.
7. 한국가스안전공사, “2000년도 가스사고모의실험보고서,” 2000.
8. 한국가스안전공사, “2004년도 가스사고연감,” 2005.