

# 휴대용 부탄 가스 레인지의 安全性에 관한 實驗的 研究

이근오\* · 이장우† · 김종현\*

한국가스안전공사 · \*서울산업대학교 안전공학과  
(2000. 2. 25. 접수 / 2000. 6. 16. 채택)

## An Experimental Study on the Safety of Portable Butane Gas Range

Keun-Oh Lee\* · Jang-Woo Lee† · Jong-Hyun Kim\*

Korea Gas Safety Corporation · \*Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology  
(Received June 6, 2000 / Accepted June 16, 2000)

**Abstract** : The objective of this paper is to study burst through the influence of overheating to affect a seamed container using the cookers with different materials and bottom sizes. Following result are drawn from this study; When bottom size of the roast meat had 24cm diameter, the upper part temperature of a seamed container was increased over 40°C. Therefore the cooker material without regard to cooker size had a great influence on the temperature of seamed container. For the natural stone plate which had bottom length 65cm, a seamed container was burst at the cooker temperature 801°C, the surface temperature of a burner 573°C, the upside temperature of seamed container 379°C, the downside temperature of seamed container 236°C and ambient temperature 34°C. For the cooker of the same bottom area, the stone plate had greater influence on effect of temperature than aluminium cooker. Overheating had a great influence on the seamed container if the bottom or upside diameter of a cooker had been larger than a trivet.

**Key Words** : overheating, seamed container, burst

### 1. 서 론

1980년대부터 우리나라에 급속하게 보급된 각종 가스기기의 발달로 국내의 가스산업은 급성장하게 되어 사용자 층이 점차 넓어지고 사용장소도 산업현장, 발전소, 공공시설, 가정 및 야외 등 여러 분야에 걸쳐 그 수요가 증가하면서 가스사고의 빈도가 높아지고 형태도 다양화되고 있다.

휴대용 부탄 가스 레인지의 경우는 배관을 사용하여 설치하는 불편함을 해소시켜주는 조리용 기구로서 요식업, 가정 및 야외용으로 1988년도 100만대를 시작으로 1997년도까지 11년동안 3300만대 이상으로 평균 300만대 이상 보급되었고 가스렌지보다 높은 보급률<sup>1,2)</sup>을 보이고 있으나 안전성 측면에서는 가스렌지보다 매우 위험한 것으로 나타나고 있다. 휴대용 부탄 가스 레인지

사고의 주요원인은 과대조리기구 사용, 접합용기 불완전 체결, 안전장치 작동불량 및 타 연소기 근접사용 등으로 조사<sup>3)</sup>되었다.

현재 국내에 시판되고 있는 휴대용 부탄 가스 레인지의 안전장치는 용기과열에 대비하여 접합용기가 자동으로 이탈되거나 가스유로가 자동으로 닫히는 안전장치만 설치되어 있는 실정이며, 또한 안전의식 없이 가정에서 과대조리기구를 사용하고 있는 지금의 현실에서 접합용기 과열에 의한 폭발사고 예방대책이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 조리기구의 바닥면적 및 조리기구의 재질이 접합용기의 과열에 미치는 영향에 대하여 구명하여 안전대책을 수립하고자 한다.

### 2 실험장치 및 실험방법

#### 2.1. 실험장치<sup>7)</sup>

본 실험장치는 실험대상물을 설치할 수 있는

†To whom correspondence should be addressed.  
ljwoo@kgs.or.kr

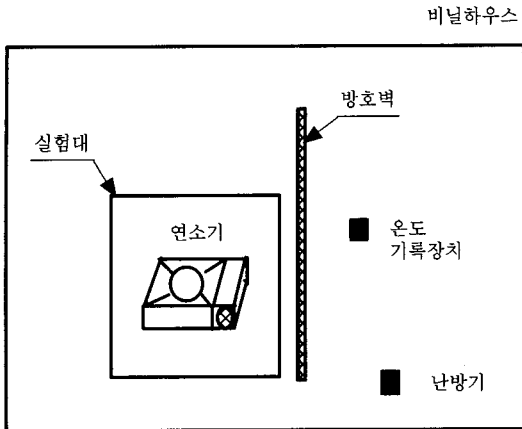


Fig. 1. Schematic diagram of a experiment device

육내 실험공간을 위한 비닐하우스, 실험대, 조리기구, 휴대용 부탄가스 레인지, 접합용기, 실험자료를 수집·기록할 계측장치로 구성되어진다. Fig. 1은 실험장치의 배치도를 나타낸 것이다.

비닐하우스의 설치는 실내온도를 유지시키기 위해 설치한 것으로 크기가 가로 2m×세로 3m×높이 2m이며, 방호벽은 실험중에 과열로 인해 접합용기 등이 과열될 경우 화재 등으로부터 계측장치의 피해를 최소화시키기 위한 것으로 두께 10mm석고판(0.9m×1.8m)과 두께 10mm합판 목재(0.9m×1.8m)를 이중으로 설치하였으며, 난방기는 일반 가정에서의 실내온도를 유지시키기 위하여 1대를 설치하였다.

2.1.1. 계측장치

조리기구의 바닥면에 따른 접합용기의 온도 변화를 측정하기 위하여 온도 측정장치를 설치하였다. 휴대용 부탄 가스 레인지와 접합용기 그리고 조리기구 및 실내온도를 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 열전대를 각각 접합용기 덮개부분(렌지표면)에서 가장 가까운 부분의 조리기구 측면에 부착하였고, 접합용기 덮개부분에는 접합용기의 중앙 직상부에 설치하였으며, 또한 접합용기에는 두 개의 열전대를 부착하여 그 중 하나는 온도가 가장 높을 수 있는 접합용기의 상부, 즉 연료가 기체인 부분과, 또 하나는 연료인 부탄이 액체인 하부 부분에 설치하여 온도를 측정하였다. 마지막으로 실내온도를 측정하기 위하여 연소기 상부로부터 1.5m떨어진 45°방향에 설치하여 실내 온도변화를 측정하였다.

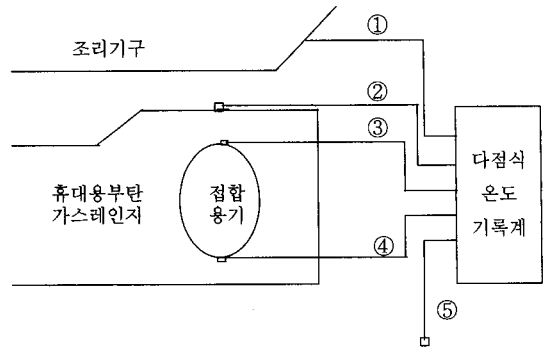


Fig. 2. Installation of thermocouple

온도측정용 열전대는 K-Type의 열전대를 사용하였으며 열전대는 밀착을 위하여 감지부에 은박 접착테이프를 사용하여 실험도중 이탈되지 않도록 견고하게 부착하였고, 다점식 온도측정 장치(제작사 : YEW, 일제, 모델명 : 308111)를 사용하여 측정하였다.

2.1.2. 실험용 기구<sup>8)</sup>

본 실험에 사용된 휴대용 부탄 가스 레인지는 공인검사기관에서 인정한 제품으로 Fig. 3과 같은 유형의 제품으로 크기는 상이하며 대체적으로 가로33cm×세로25cm×높이5cm이고, 삼발이 크기는 가로26cm×세로23cm×높이4cm이다. 가스소비량은 가스유로를 최대로 하였을 때 시간당 150g/h이고, 레인지를 구성하는 부품의 재질과 두께는 제조업체마다 다소차이가 있으며, 몸체(Body Case)는 SCP(cold rolled carbon steel sheet and strip) 로 두께가 0.5mm이며, 접합용기 커버(Bomb Cover)는 재질이 SPCC(cold rolled carbon steel sheet and strip) 또는 SCP이고, 두께는 0.5mm이며, 삼발이(Grate Leg)는 SPE(decarburized steel sheets and strip for procelain enameling)재질로써 두께가 2.0mm이다. 국물받이(Drip Pan)는 재질이 SPE로서 두께가 0.5mm이다.

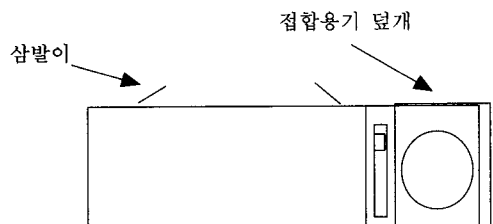


Fig. 3. The type of a portable butane gas range

Table 1. The size and name of cookers

조리기구 명칭	형태	크 기
24cm 불고기판 (주철)	사각형	바닥직경(Φ) 24cm, 입구넓이 24cm, 깊이 2.3cm
26cm 냄비 (3종스테인레스)	원형	바닥직경(Φ) 26cm, 입구넓이 32cm, 깊이 17.2cm
30cm 솥뚜껑 (주철)	원형	바닥직경(Φ) 30cm, 입구넓이 24cm, 깊이 2.3cm
30cm 냄비 (3종스테인레스)	원형	바닥직경(Φ) 30cm, 입구넓이 36cm, 깊이 12.3cm
40cm 냄비 (알루미늄:물)	원형	바닥직경(Φ) 40cm, 입구넓이 40cm, 깊이 21.3cm
40cm 냄비 (알루미늄:소금)	원형	바닥직경(Φ) 40cm, 입구넓이 40cm, 깊이 21.3cm
40cm 돌구이판 (화강암)	원형	바닥직경(Φ) 40cm, 입구넓이 40cm
65cm 자연석돌구이판	사각형	가로 65cm × 세로 30.5cm × 두께 3cm

또한 본 논문에서는 실험용 조리기구로서 Table 1과 같이 조리기구의 바닥면적과 상부면적이 서로 다른 제품과 가로와 세로의 크기가 다른 제품을 사용하였으며 조리기구의 두께보다 바닥면적에 따른 실험에 중점을 두었다.

### 3.2. 실험방법

한국산업규격(KS)에서 정하고 있는 냄비크기의 호칭은 바닥면적과 상부 면적이 동일한 크기로서 직경이 14cm, 16cm, 18cm, 20cm, 22cm, 24cm, 26cm, 28cm, 30cm, 32cm이며, 재질은 알루미늄으로 제작된 시험용 조리기구를 사용하였다. 본 연구에서는 일상생활에서 가장 많이 사용하고 있는 것으로 실험하였으며 각 조리기구를 레인지 삼발이 위에 올려놓고 가열하면서 조리기구의 바닥면적과 재질이 접합용기에 미치는 온도영향에 대하여 연구하였다. 실험에 앞서 규정의 휴대용 부탄 가스 레인지의 삼발이를 정상적인 위치로 하고 조리기구, 접합용기 덮개(렌지표면), 접합용기의 연료가 기체인 상부, 연료인 부탄이 액체인 하부, 실내온도 측정 등 각각의 열전대를 부착하여 연소시 접합용기의 온도상승에 영향을 줄 수 있는 부위를 설정하고 각 부위의 온도를 측정하였다. 가스레인지의 주위에 화재위험성과 다점식 온도계에 화재 또는 폭발로부터의 피해를 최소화시키기 위하여 거리이격은 물론 방호

벽을 설치하였으며, 온도센서의 부착상태가 안전하고 확실하게 되었는지 점검을 하였다. 실험준비가 완료된 후에는 실제의 접합용기 파열사고와 같이 각각의 조리기구 크기별로 삼발이 위에 올려놓고 휴대용 부탄 가스 레인지의 접합용기 탈착레바를 작동시킨 후 점화콕크를 작동시켜 점화를 확인한 후 접합용기가 파열되거나 가스가 완전히 소진될 때까지 실험하였다. 실험이 종료되면 휴대용 부탄 가스 레인지의 점화콕크를 닫고 접합용기 탈착레바를 정상위치로 하고 조리기구를 제거한 후 각각의 센서를 분리시키고 기록결과를 확인하고 점검 기록하였다. 접합용기는 220g의 충전된 것을 사용하였고, 파열에 의한 영향을 실험하기 위해 조리기구 내부에 물, 고기, 소금을 넣고 가열하는 방법을 이용하였다. 이러한 실험을 통하여 휴대용 부탄 가스 레인지 사용시 삼발이 보다 큰 과대조리기구를 사용할 경우 조리기구의 재질 및 크기가 접합용기에 미치는 온도영향에 대해 알고자 크기와 재질이 서로 다른 여러 종류의 조리기구를 설치하여 실험을 하였으며, 데이터는 3회 반복 실험후 평균값을 취하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

KS 및 가스관련법규에서의 규정은 냄비의 크기가 32cm에서 1시간 이상 연속 사용한 후 용기의 표면온도가 40℃ 이하를 유지하여야 한다고 규정하고 있고, 조리기구의 재질에 대하여는 규정하지 않았다.

#### 3.1. 조리기구 바닥면적에 의한 온도변화

Fig. 4는 2시간 12분동안 L=24cm 주철제 재질의 불고기판 조리기구에 대해 온도변화 추이와 안전장치 작동여부를 실험한 결과 조리기구가 30분 경과부터 66분까지는 온도가 크게 상승하였고, 접합용기 상부는 66분 경과부터 40℃에서 108분 경과시 43℃로 온도가 상승하였으며, 접합용기 하부는 108분에서 35℃로 급격히 상승하였다. 조리기구 접합용기 덮개 온도는 하락하면서 떨어지는 현상을 나타냈다. 조리기구에서 350℃일 때 연소기표면은 76℃, 접합용기 상부표면은 37.5℃, 접합용기 하부온도는 10℃로 측정되었다. 가스의 기화량이 충분하여 파열이 되었

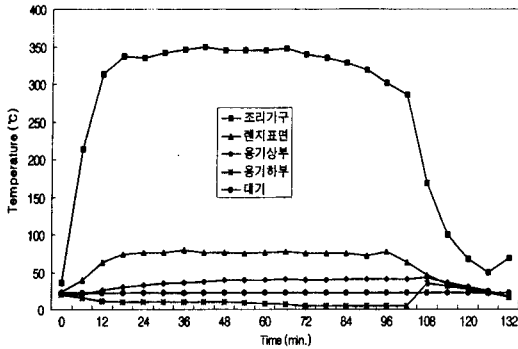


Fig. 4. The roast meat plate, L=24cm

을 경우 접합용기 표면에 결로현상이 온도상승을 억제시켰으며, 이후 접합용기 상부의 온도는 40.5°C까지 상승된 것으로 매우 위험하며, 규정 온도를 초과하여 안전하지 못하였다.

Fig. 5는 바닥직경(Φ)이 26cm인 냄비(물)의 온도변화를 나타낸 것으로 조리기구에서는 물의 비등 시점에서 급격한 온도상승을 나타냈으며, 연소 시작후 18분 후부터 조리기구의 온도가 103°C 상승하여 126분까지 지속되었다. 내용물이 (물)처음에는 8cm였으나 9분경에는 끓기 시작하여 가스가 완전 소진될 때까지 수증기 증발후 3.6cm남아 78분경 조리기구의 온도가 112°C로 최고일 때 연소기 표면은 45.5°C, 접합용기 상부는 20.5°C, 접합용기 하부는 5°C였으므로 조리기구의 온도가 떨어지는 시점에서 연소기표면의 온도 역시 떨어짐을 알 수 있었으며, 접합용기 상부 온도 역시 조리기구와 연소기표면의 온도 영향에 따라 상승 및 하락이 있었다. 접합용기 상부온도와 하부온도가 유사하게 상승되는 132분경에는 각각 29°C와 25°C로 높은 온도를 나타냈다. 조리기구 및 연소기 표면의 온도가 상승할

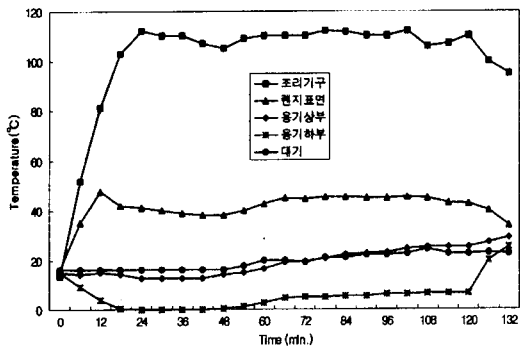


Fig. 5. The pot, Φ=26cm

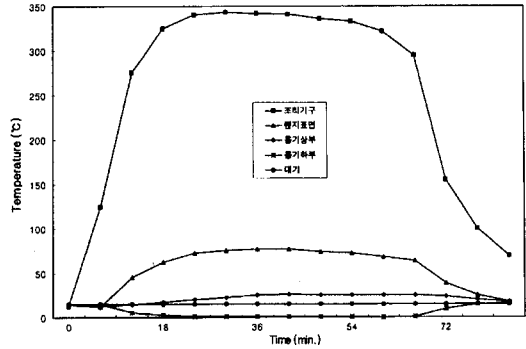


Fig. 6. The lid of kettle, Φ=30cm

때 접합용기 하부온도는 떨어졌고 가스가 소진되면서 접합용기의 상부온도는 반대로 크게 상승하였으나 접합용기 과열현상은 일어나지 않았고 규정온도 이하로 안전하였다.

Fig. 6은 바닥직경(Φ) 30cm인 솥뚜껑의 온도변화를 나타낸 것으로 1시간 24분 동안 실험한 결과 조리기구의 경우 12분 경과시 275°C에서 66분경 295°C로 매우 높았으며, 접합용기는 높게 나타나지 않았다. 연소시간 36분경 렌지표면이 77.5°C일 때 상부가 25°C로 접합용기 과열에 따른 영향이 없음을 나타내고 있다. 이 경우 다른 조리기구보다 온도가 높았지만 조리기구가 접합용기 장착부까지 덮고 있지 않으므로 과열에 의한 영향을 주지 않았으며, 안전하다고 할 수 있다.

Fig. 7은 바닥직경(Φ)이 30cm인 냄비의 온도변화를 나타낸 것으로 4시간 48분동안 측정된 결과 각 부위의 온도변화가 처음과 끝을 제외한 상태에서는 급격한 온도변화 없이 일정한 온도로 지속되었다. 온도가 상승되었을 때 조리기구가 30분경부터 소진될 때까지 100°C 이상을 지

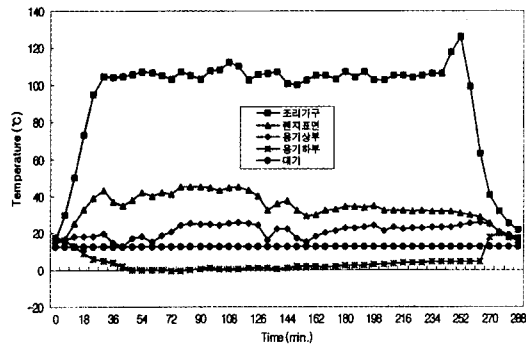


Fig. 7. The pot, Φ=30cm

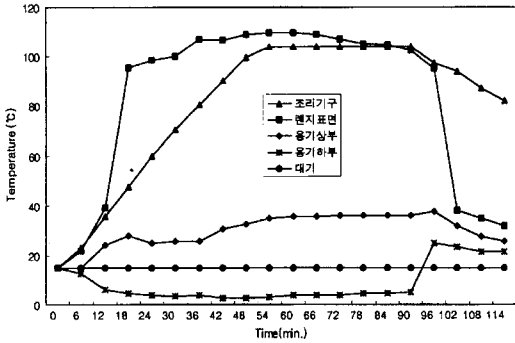


Fig. 8. The pot,  $\phi=40\text{cm}$

속적으로 유지하였으며, 렌지표면은 54분경부터 126분까지 40°C 이상을 유지하였다. 접합용기 상부·하부의 경우 25.5°C 이상 상승하지 않았다. 연소기로부터 방출되는 열이 렌지표면 및 접합용기에 전달되는 양이 적기 때문에 정상적인 연소상태 보다 낮은 온도분포였으며, 가스 기화량이 적을 경우 급격한 온도강하를 나타냈다. 조리기구의 온도가 126°C에서 급격히 21.5°C로 하락한 것은 가스가 소진되면서 접합용기에 영향을 주지 않았던 것이다. 따라서 이러한 조리기구의 경우에는 조리기구로 인한 과열현상이 나타나지 않았다.

Fig. 8은 바닥직경( $\phi$ )이 40cm인 냄비(물)의 온도변화를 나타낸 것으로 54분경과 후부터 96분까지 조리기구 온도가 100°C 이상이며, 접합용기 상부는 최고 37.5°C까지 상승하였다. 접합용기 하부 온도는 기화량이 많을 때 낮았고, 가스가 소진되면서 결로현상이 적어지면서 접합용기가 전체적으로 높아졌으나 과열현상이나 안전장치의 작동은 일어나지 않았다. 접합용기는 40°C 이상 상승되지 않았으며, 안전한 상태였으나 취급방법에 따라 주위가 요구된다.

Fig. 9는 바닥직경( $\phi$ )이 40cm인 냄비(소금)의 온도변화를 나타낸 것으로 알루미늄 재질의 냄비 내부에 소금을 가득 넣고 열이 축적되어 복사열이 접합용기에 미치는 온도분포를 실험하였다. 연소후 12분부터 48분까지 조리기구의 온도뿐만 아니라 접합용기 덮개, 접합용기 상부의 온도가 크게 상승하였다. 42분경 조리기구가 158°C까지 상승하고, 연소기 표면이 95.5°C, 접합용기 상부가 60.5°C로 높았다. 접합용기 하부는 반대로 24분경 7.5°C로 가장 낮았으며, 48분경부터는 높아지기 시작하여 60분경 접합용기의 상부온도

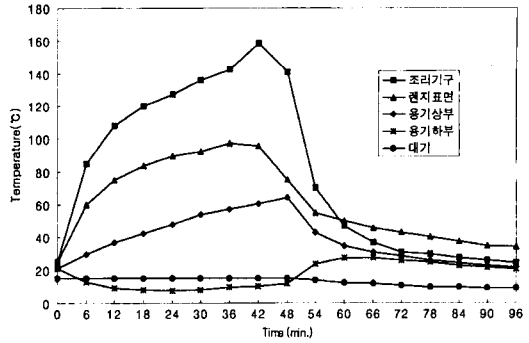


Fig. 9. The pot(salt),  $\phi=40\text{cm}$

와 비슷해지는 경향을 보였는데 이는 접합용기 내의 가스가 거의 소진된 상태로 보여진다.

Fig. 10은 바닥직경( $\phi$ )이 40cm인 돌구이판의 온도변화를 나타낸 것으로 렌지표면 최초 22°C에서 66분 경과시 104.9°C로 온도차가 82.9°C였으며 접합용기 상부온도는 최초 22°C에서 96분 경과시 74.5°C로 온도차가 52.5°C이며, 접합용기 하부온도는 22.0°C에서 90분까지 16.5°C로 하락하였으나 96분경부터 45°C로 상승되어 102분에서는 53°C까지 상승하였다. 조리기구의 경우 12분경부터 124°C를 시작으로 102분까지 지속적으로 100°C 이상을 유지하였으며, 접합용기 상부는 규정온도보다 높은 40.5°C에서 최고 74.5°C로 높게 나타났다. 이러한 조리기구를 사용할 경우에는 안전하지 못하다.

Fig. 11은 L=65cm 자연석 돌구이판의 온도변화를 나타낸 것으로 접합용기가 장착되는 부분까지 조리기구가 완전히 덮은 상태에서 실험한 결과 빠른 시간 내에 고온의 온도가 전체적으로 전달되면서 42분경 조리기구 801°C, 접합용기 덮개 573°C, 접합용기 상부 397°C, 접합용기

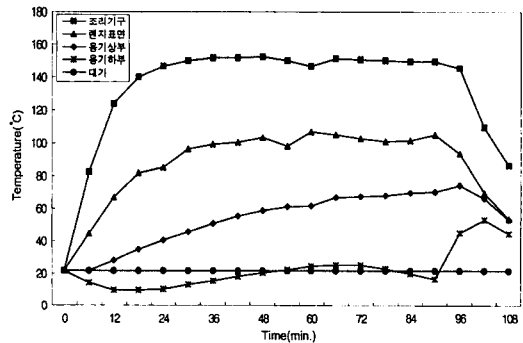


Fig. 10. The stone plate,  $\phi=40\text{cm}$

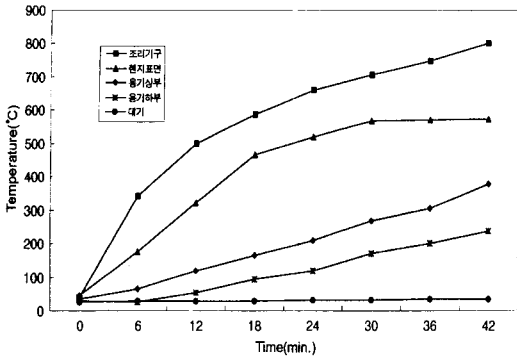


Fig. 11. The natural stone plate, L=65cm

기 하부 236°C까지 상승하면서 접합용기가 파열되었으며 실내 온도는 34°C로 높았다. 이러한 조리기구를 사용할 경우 접합용기에 미치는 영향이 높아 빠른 시간 내에 파열될 수 있었고, 규정 온도 보다 아주 높게 나타났다.

### 3.2. 조리기구 바닥면적별 접합용기 상부 온도 비교

조리기구의 바닥면적이 접합용기의 상부온도 변화에 대한 영향을 비교한 결과 Fig. 12와 같이 65cm의 자연석돌구이판의 접합용기가 파열된 379°C로 가장 높았으며, 조리기구의 바닥 직경이 40cm인 알루미늄과 40cm 돌구이판이 그 다음으로 64°C와 74°C를 나타냈다. 온도는 조리기구의 바닥면적이 클수록 처음에는 접합용기의 온도가 낮았으나 시간이 경과함에 따라 접합용기의 상부온도가 상승하였으며, 40cm가 초과한 65cm 자연석돌구이판, 40cm 냄비(소금), 40cm 돌구이판, 24cm 불고기판에서 40°C 이상 올라가는 파열 현상을 보였다.

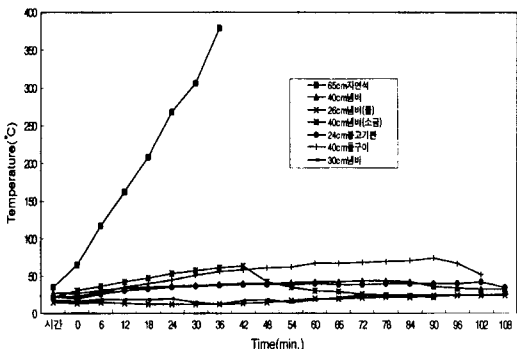


Fig. 12. A comparison of cookers

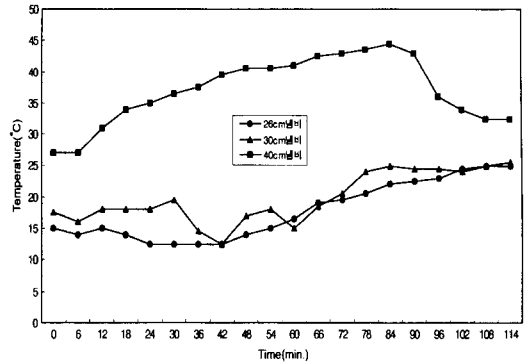


Fig. 13. A comparison of diameters  $\Phi=26\text{cm}$ ,  $\Phi=30\text{cm}$ ,  $\Phi=40\text{cm}$

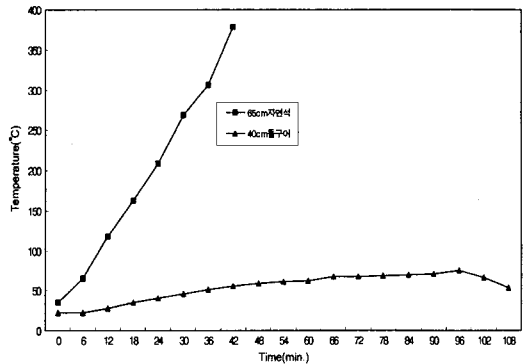


Fig. 14. A comparison of lengths L=65cm,  $\Phi=40\text{cm}$

### 3.3. 동일재질 조리기구 바닥면적별 접합용기 상부 온도 비교

Fig. 13과 Fig. 14에서는 동일재질 조리기구의 바닥면적이 서로 다른 3종류에 대한 온도변화를 비교한 결과 바닥면적이 큰 순서별로 높은 온도 분포를 나타냈다. 따라서 조리기구가 접합용기 장착부분까지 덮여 있을 경우 파열로 인한 접합용기 파열에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다.

### 3.4. 동일면적의 재질이 상이한 접합용기 상부 온도 비교

Fig. 15는 조리기구의 면적은 같고 재질이 서로 다른 알루미늄 재질과 돌의 재질로 조리기구를 사용하였을 경우 접합용기에 미치는 온도변화를 비교한 결과 전체적으로 돌의 재질에서 온도가 높았으며 평균적으로 알루미늄 재질은 37.28°C, 돌의 재질은 53.57°C로 나타나 16.29°C가 높게 나타났다.

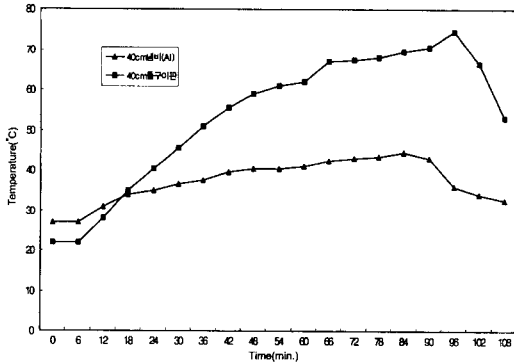


Fig. 15. A comparison  $\phi=40\text{cm}$ (Al),  $\phi=40\text{cm}$ (stone)

#### 4. 결론

재질과 바닥면적이 서로 다른 실험대상을 이용하여 접합용기 파열에 따른 파열현상에 대한 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조리기구 바닥직경( $\phi$ )이 24cm인 불고기판의 경우 접합용기 상부온도가 40°C 이상 상승하여 조리기구의 크기와는 관계없이 재질의 영향으로 인한 온도영향이 매우 컸다. 이러한 경우 사용상의 주위가 매우 중요하다고 할 수 있다.

2. 조리기구 바닥직경이 30cm 냄비 경우 접합용기의 상부온도는 17.5°C에서 25.5°C의 분포로 매우 안전한 상태였다.

3. 조리기구 바닥직경이 40cm 냄비 경우 내용물이 물(水)인 경우 접합용기의 상부온도가 최고 37.5°C까지 상승하였으나 소금인 경우 64°C까지 상승하였다. 이러한 현상에서 조리기구 크기뿐만 아니라 내용물에 따라 파열현상이 다르게 나타남을 알 수 있다.

4. 가스관계법령에서 온도 50°C에서 용기안의 가스압력의 1.8배의 압력을 가할 때에 파열되지 아니하는 경우 또는 압력 13kg/cm<sup>2</sup>를 가할 때에 변형되지 아니하고 압력 15kg/cm<sup>2</sup>를 가할 때에 파열되지 아니하도록 규정하고 있다. 본 실험에서 압력을 측정할 수는 없었지만 조리기구의 크기

에 대한 실험으로 바닥 직경이 65cm인 자연석돌 구이판의 경우 42분경 조리기구 801°C, 렌지표면 573°C, 접합용기 상부379°C, 접합용기 하부 236°C, 대기 34°C에서 접합용기가 파열하였다.

5. 바닥면적이 동일한 조리기구로써 재질을 돌판과 알루미늄을 비교한 결과 접합용기의 상부온도는 돌판의 경우가 37.0°C 높게 나타났다.

6. 조리기구의 바닥직경이나 상부 직경이 삼발이 보다 클 경우 접합용기에 미치는 온도의 영향이 매우 큼을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1) 한국가스석유기기협회, "가스연소기기편람," 1998.
- 2) 한국가스안전공사, "고압가스업소통계집," 1998.
- 3) 한국가스안전공사, "가스사고연감," 1997.
- 4) 한국가스석유기기협회, "가스연소기기편람," pp. 256~261, 1998.
- 5) 한국가스안전공사, "이동식부탄연소의 제조기준, "가스법관련고시집," pp. 210~216, 1998.
- 6) 한국가스안전공사, "가스관계법령," 1996.
- 7) KS B 8106, "휴대용 부탄가스 레인지," 1995.
- 8) 한국가스안전공사, "97년도 가스사고 모의 실험," pp. 143~225, 1998.
- 9) KS M 2150, "액화석유가스(LPG)," 1994.
- 10) UL 147B, Standard for Safety "Nonrefillable Type Metal Container Assemblies For Butane," 1992.
- 11) 통상산업성 자원기술시험소 화학공업국, "가연성가스 야외실험보고," LPG가스 용기 화재 시험, pp. 5~45, 1968.
- 12) 한국가스안전공사, "일본 LPG시설 사고예방 연구집," 1998.
- 13) 김중희, "열전달," 회중당, 1989.
- 14) CGA S-1.1 Design and construction requirement for pressure relief device, Compressed Gas Association, 1994.
- 15) Frank T. Bodurrtha, Industrial explosion prevention and protection, McGraw-Hill, 1980.
- 16) 권양기, "LPG 및 도시가스 실무 핸드북", 구민사, 1994.
- 17) 김영대, "가스폭발예방기술", 세화, 1991.