

## 70 kW 이하 가정용 가스보일러 에너지소비효율 실험방법 개발

박찬일\*<sup>†</sup> · 김래현\*\*

\*서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지플랜트공학과, <sup>†</sup>\*\* 서울과학기술대학교 화공생명공학과  
(2016년 5월 24일 접수, 2016년 9월 13일 수정, 2016년 9월 19일 채택)

### A Development of Test Method on the Energy Consumption Efficiency of Domestic Gas Boiler below 70 kW

Chanil Park\*<sup>†</sup>, Laehyun Kim

\*Department of Energy Plant Engineering, Seoul National University of Science&Technology,

\*\*Department of Chemical & Biomolecular Engineering, Seoul National University of Science&Technology

(Received 24 May 2016, Revised 13 September 2016, Accepted 19 September 2016)

#### 요 약

표시가스 소비량이 70 kW 이하인 가정용 가스보일러에 대하여 여러 가지 운전조건하의 에너지 소비효율 측정에 대해 고찰하였다. 실제 운전상태와 유사한 실험조건에서 행한 에너지 효율실험 결과를 국내의 효율등급표시 실험 방법<sup>1)</sup> 결과와 비교·분석하였다. 실험에 사용된 가정용가스보일러는 일반보일러와 콘덴싱 보일러 각 1개씩이며, 각각의 보일러에 대하여 네 가지 조건으로 실험하였다. 실험종류를 구분하면 실험실 모드와 실제 가동모드로 나누고, 각각의 모드별로 최대가스소비량 상태와 소비자판매 상태로 나누어 적용하였다.

효율실험을 위해 사용하는 장비는 KS 표준<sup>7)</sup>과 유럽의 EN 규격<sup>8) 9)</sup> 등 가스보일러 관련 규격에서 제시하는 실험 장치의 기능을 다하면서, 여러 가지 측정 인자를 지속적으로 추적, 기록 및 저장할 수 있는 장치로 하였다. 측정 대상 인자들은 유량(가스, 물), 온도(실험실, 난방공급수, 난방환수, 배기가스), 압력(가스미터 내부, 가스보일러 입구, 대기압) 등이다.

위 네 가지 모드의 실험결과 에너지소비효율은 실험실 상태(보일러의 안정화 상태로 실험 시작)로 실험할 때가 실제 소비자가 사용하는 패턴으로 실험할 때 보다 일반보일러의 경우 약 10 %, 콘덴싱 보일러의 경우 약 20 % 높은 소비효율로 측정되었다. 에너지소비효율등급을 부여하는 정부 고시의 효율실험방법도 본 연구에서 실시한 것과 같이 실제상황을 가정한 효율실험방법을 도입·운영할 필요가 있다.

**주요어 :** 에너지소비효율, 가정용 가스보일러, 실험방법

**Abstract -** The energy consumption efficiency in a variety of operational test mode was considered for domestic gas boiler below 70 kW. The energy efficiency test carried out in the experimental conditions similar to the actual operation status was analyzed and compared with the current Korean efficiency test method. Four types of test modes for each boiler(Non-condensing and condensing boiler) were carried out in the condition of laboratory mode(full load, steady state) and actual operating mode. Futhermore divided into two operational status for each of these, it was applied by maximum gas consumption and consumer sales conditions.

Test equipment has the function referred to gas boiler standards, such as KS or European standard EN. The equipment should be continuously measured and record the measuring factors which are the flow volume of gas and water, laboratory temperature, water flow volume for heating, return water volume after heating and quantity of the exhaust gases(CO, NO, NO<sub>2</sub>).

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.

Tel : 044-205-4260 E-mail : parkgas@kgs.or.kr

The experimental results were found that non-condensing boiler efficiency of laboratory mode is about 10 % higher than that of actual mode. In case of condensing boiler, the efficiency of laboratory condition is about 20 % higher than that of the actual using conditions. I suggest that the government will gradually take the efficiency test method considering the actual conditions.

**Key words** : Energy consumption efficiency, Domestic gas boiler, Test method

## 1. 서 론

「에너지이용합리화법」은 어떻게 에너지를 사용하여야 하는가에 대해 규정하고 있다. 이 법에 따른 효율관리기자재는 산업통상자원부 고시「효율관리기자재 운용규정」(이하 ‘고시’라 함)에서 구체적으로 규정하고 있다. 이 고시는 에너지소비기기의 최저소비효율 기준설정방법과 등급부여 등에 관해 다루고 있다. 2010년 1월부터 가정용가스보일러(이하, ‘보일러’라 함)가 효율관리기자재에 등급표시 대상품목으로 포함되어 오늘에 이르고 있다.<sup>1)</sup>

보일러는 연료를 가스로 하고 열매체를 물로 하여 난방에 사용하고, 온수겸용 보일러의 경우 난방순환수를 삼방밸브를 통해 보일러 내부에서 순환시키고 간접 열교환 형태로 급수를 가열하여 온수도 사용 가능하게 한 연소기이다. 국내 보일러는 연간 약 110만대 이상의 시장을 형성하고 있다.<sup>2)</sup>

시장규모로 볼 때, 고효율 보일러 제조 및 사용은 국가 에너지절약에 크게 기여하게 될 것이므로, 위 고시에서 효율실험방법에 대한 정의를 정확히 해주는 것이 필요하다. 현재 고시<sup>1)</sup>에서 규정하는 소비효율등급 부여기준은 난방 전부하 및 부분부하 효율과 대기전력을 포함하고 있다. 대기전력은 기기를 가동하지 않을 때에 소비되는 아주 적은 양의 에너지 이므로 본 연구에서는 제외하고, 보일러 가동에 필요한 에너지의 대부분을 차지하는 가스 에너지 입력량 대비 출력을 고려하여 효율을 측정하도록 한다.

난방전부하 효율실험의 전제조건은 실험대상 기기를 안정화 상태로 하여야 한다는 것이며, 이는 기기가 가지고 있는 최고의 효율을 낼 수 있는 상태로 하여 그 결과를 해당기기에 대한 고유 효율로 정의하게 된다.<sup>3) 6) 7)</sup>

본 연구에서는 현행 고시<sup>1)</sup>에서 적용하는 난방 전부하 열효율을 측정함에 있어 기기의 안정화 상태로 실험을

시작하는 것이 아니라 소비자가 사용하는 통상의 사용상태로 시작하여 측정되는 효율의 변화를 연구하여 제도화된 현행 규격에서 정의된 효율과 어느 정도 차이를 나타내게 되는지를 조명해보게 될 것이다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 보일러

국내에서 보일러의 정의는 가스소비량이 70 kW를 초과하지 않는 보일러로서 도시가스 또는 LPG를 연료로 열매체를 이동시켜 가정의 난방이나 온수의 공급 등의 목적으로 사용하는 보일러를 말하며, 그 종류는 아래 Table 1과 같이 분류된다.<sup>3) 4) 6)</sup>

**Table 1.** Classification of boilers

응축수 생성여부	온수공급 방식	난방수 순환방식	용 도
일반	순간식	대기개방식	난방용
콘덴싱	저탕식	대기차단식	난방 및 온수용

위 표에 따른 상세 구분은 다음과 같다.

- (가) 현열과 잠열 사용방식에 따라 일반, 콘덴싱 구분
- (나) 온수 저장용기의 유무에 따라 순간식, 저탕식 구분
- (다) 난방순환수 압력에 따라 대기개방식, 대기차단식 구분
- (라) 난방, 온수 기능에 따라 난방전용, 난방·온수 겸용 구분

### 2. 구조 및 특징

에너지소비효율값에 있어 기기유형별로 가장 큰 차이를 나타내는 요인은 보일러 사용시 응축수 생성여부에 따른 구분으로 언급한 일반보일러와 콘덴싱보일러이다. 주요 차이점은 아래와 같다.<sup>3) 6)</sup>

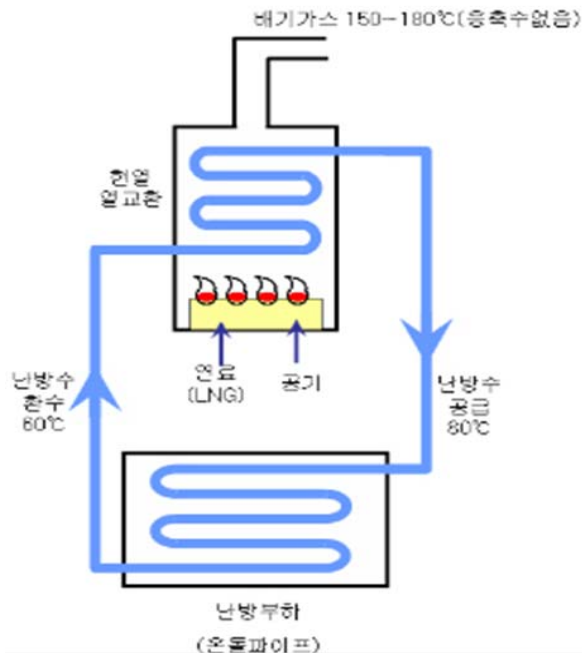


Fig. 1. Drawing of non-condensing boiler

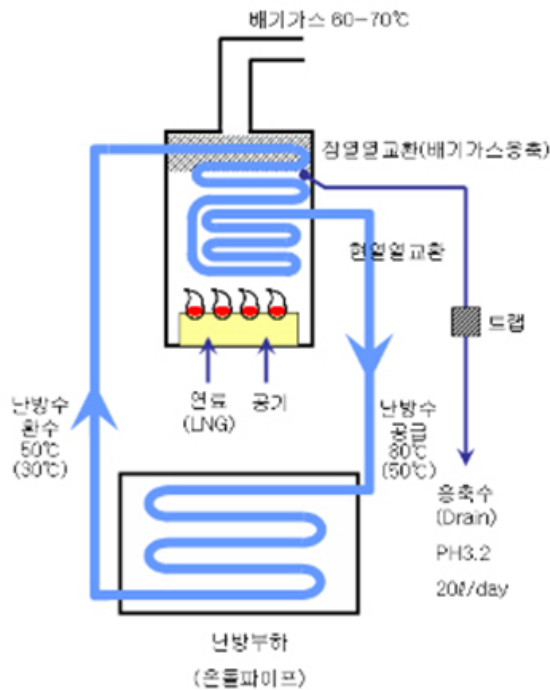


Fig. 2. Drawing of condensing boiler

위의 두 그림에서 나타나듯 현열과 잠열의 이용방법에 따라 구조적 차이를 나타내고 있다.<sup>3) 7)</sup>

### 3. 실험장치, 실험방법, 조건 및 등급표시 방법

#### 3.1 장치

Fig. 3을 통해 실험장비의 구성요소에 대하여 살펴보면 다음과 같다. 연료공급관은 실험에 투입되는 가스가 실험장치를 통하여 보일러로 투입되고 버너에서 연소시킨 후 보일러의 배기가스 통로를 통하여 배출하는 구조로 되어있다. 실험장비로 투입된 가스는 다음의 기기를 통하여 실험에 필요한 인자들을 측정하도록 설계되었다.

- 온도계: 가스미터 내부 가스온도 측정
- 압력계: 가스미터와 보일러입구 압력측정
- 유량계: 실험가스의 부피를 측정

물공급관은 공급되는 물을 보일러에 주입하거나 열교환기를 통하여 열교환 시키고 출탕수 조절밸브를 통하여 외부로 배출할 수 있는 구조로 되어있다. 급수 또는 실험장비를 순환하는 물의 유량을 조절하기 위해 급수펌프와 순환펌프 각종 유량조절밸브 및 유량계가 부착되어 있다. 실험의 종류와 목적에 따라 다양한 밸브조작이 이루어지며 원하는 온도조건을 설정하면 자동으로 밸브조작이 이루어지도록 설계된 장비이다. 각 구성품의 역할은 다음과 같다.

- 급수펌프: 난방공급수의 유량조절
- 순환펌프: 난방순환수량 조절
- 유량계: 난방 순환수량을 측정
- 열교환기: 난방수의 열교환 장치
- 온도계: 보일러 전·후단에 직수, 환수, 난방공급수 및 온수 등 네 지점의 온도를 측정

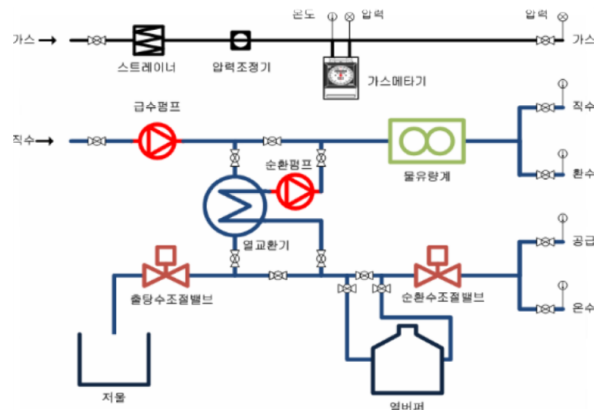


Fig. 3. Drawing of test equipment

### 3.2 실험방법 및 조건

#### 3.2.1 KS표준의 실험기준

실험가스의 조건은 P-2(LPG 2.8 kPa), R-2(도시가스 2.0 kPa)로 한다. 여기서 “P”는 LPG로서 프로판이 95 % 이상인 가스를 말하고 “R”은 도시가스로서 KS표준<sup>5)</sup>에서 정한 실험가스 웨버지수의 ± 1 % 이내에 있는 가스를 말한다. 가스종류 뒤에 붙은 숫자 “2”는 압력을 의미하는데 KS 표준에서는 표준압력에 해당하는 것을 이와 같이 표시한다.

전부하 효율실험 조건은 가스소비량이 가장 많은 사용 상태로 하고, 난방의 급수 조건은 10 °C ~ 25 °C로 하고, 난방 공급온도를 (80 ± 2) °C로 조절(다만, 보일러 설계상 이온도에 도달하지 않는 경우는 제조자가 표시한 최고 난방온도 조건으로 한다.)하며, 난방 환수온도는 난방 공급온도와의 차이가 (20 ± 1) K가 되도록 조절한다. 다만, 보일러 제어 시스템의 설계가 20 K의 온도차를 유지하여 정확하게 작동하지 않는 경우, 제조자가 명시한 온도차에 따른다.<sup>3) 6) 7)</sup>

또한, 부분부하 효율실험은 보일러의 환수온도를 (47 ± 1) °C[콘덴싱보일러의 경우 (30 ± 0.5) °C]로 일정하게 유지되도록 하여 표시가스소비량의 (30 ± 1) %에 해당하는 효율을 측정한다. 단, 최대가스소비량의 30 %에 맞출 수 없는 경우, 부하 조정범위(Turn Down Ratio, %)에 따라 실험시간을 아래와 같이 결정한다.<sup>3) 7)</sup>

전부하 및 부분부하 실험에 따른 효율계산은 다음의 식에 따른다.

$$\eta = \frac{m \times c \times (t_2 - t_1)}{10^3 \times Q \times V \times [((B + P_m - S) / 101.3) \times 288 / (273 + t_2)]} \times 100$$

**Table 2.** Test time by turn down ratio<sup>3)</sup>

TDR(%)	가동(분)	정지(분)	총시간(분)
100(온·오프 보일러)	3	7	10
60	5	5	
30	10	0	
20	10	0	

$\eta$  : 보일러 열효율 (%)

$t_2 - t_1$  : 대기개방식을 사용하는 경우

$m$  (난방공급수량) × (난방출구온도 ( $th_4$ ) - 급수온도 ( $th_1$ ))

대기차단방식을 사용하는 경우

$m$  (난방공급수량) × (난방출구온도 ( $th_2$ ) - 급수온도 ( $th_1$ ))

직접순환방식(대기개방식, 대기차단식 포함)을 사용할 경우

$m$  (난방순환유량) × (난방공급온도 ( $th_2$ ) - 난방환수온도 ( $th_3$ ))

$m$  : 난방공급수량 (kg/h) 또는 난방순환유량 (kg/h)

$c$  : 물의비열 4.186 (kJ/kg.K)

$Q$  : 사용 가스의 총발열량 (MJ/m<sup>3</sup>)

$V$  : 실험가스 사용량 (m<sup>3</sup>/h)

$t_g$  : 측정시 가스미터 안의 가스온도 (°C)

$P_m$  : 측정시 가스미터 안의 가스압력 (kPa)

$S$  : 온도  $t_g$  °C에서 포화수증기압 (kPa)

(간식 가스미터를 사용하는 경우 포화수증기압 ( $S$ )은 제외한다.)

#### 3.2.2 국외의 실험기준

유럽의 보일러 효율실험방법은 EN규격인 EN 483<sup>9)</sup>을 주로 따른다. EN규격 등 국외의 실험기준은 부분부하 사용에 대해 최대한 반영하여 에너지기기의 효율을 정하고자 하며 점차 강화하는 추세에 있다.

열매체가 보일러로부터 얼마나 많은 양의 에너지를 전달받는지에 근거하여 에너지소비효율을 측정하는 원리는 KS규격과 다를 바 없으나, 각각의 제품에 효율등급을 부여하는 기준인 에너지소비효율 등급부여 기준은 KS와 조금 차이가 있다.

특히, 독일은 DIN4702 part8<sup>12)</sup> 규격에 따른 실험방법으로 보일러의 표준효율실험에 대하여 정하고 있는데, 이 규격은 난방용, 온수용, 난방온수 겸용보일러의 표준효율 및 표준배출계수의 결정에 적용한다.

표준효율  $\eta_N$  은 5개의 특정한 출력부하비율에서의 부분부하효율  $\eta_{\Phi}$  로부터 얻어진다. 출력부하비율  $\Phi K$ 에 따른 5개의 부분부하효율  $\eta_{\Phi i}$  을 측정하고 이들을 조합하여 다음 식에 따라 표준효율을 구하게 된다.

$$\eta = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_{\Phi i}}}$$

**Table 3.** Efficiency calculation of DIN syandard

relative Kessel-leistung**) $\Phi_K$	Heizmitteltemperaturen			
	Temperaturpaar 75/60 °C		Temperaturpaar 40/30 °C	
	$t_V$ °C	$t_R$ °C	$t_V$ °C	$t_R$ °C
0,13	27	25	23	21
0,30	37	32	26	23
0,39	42	36	28	24
0,48	46	39	30	25
0,63	55	45	33	26

**Table 4.** Efficiency calculation of KS

R	대기전력 (슬립모드 소비전력)	등급
$91.0\% \leq R$	$\leq 3.0W$	1
$88.0\% \leq R$	문지 않음	2
$85.0\% \leq R < 88.0\%$	문지 않음	3
$81.0\% \leq R < 85.0\%$	문지 않음	4
$76.0\% \leq R < 81.0\%$	문지 않음	5

**3.2.3 국내의 효율등급 부여기준**

국내의 에너지소비효율 등급부여지표(R) 부여기준<sup>1)</sup>은 아래와 같다.

$$R(\text{소비효율등급부여지표}) = \frac{\text{표시난방열효율}(\%) - \text{전부하난방열효율} + \text{부분부하난방열효율}}{2}$$

**3.2.4 국외의 효율등급 부여기준**

유럽연합의 경우 BED/92/42/EEC기준<sup>11)</sup>을 만족해야 한다. 유럽의 최저소비효율과 에너지성능레벨의 기준은 15 °C, 101.3 kPa, 진발열량 조건으로 총발열량 조건에 비하여 약 9.5 % 정도 높다.

BED는 전부하효율 및 부분부하효율이 각각 일정값 이상일 때 해당 ★를 부착할 수 있도록 하고 있으며, 기준은 아래와 같다.

**Table 5.** Minimum energy efficiency of BED

Type of boiler	Range of power output kW	Efficiency at rated output		Efficiency at partload	
		Average boiler-water temperature (in °C)	Efficiency requirement expressed (in %)	Average boiler-water temperature (in °C)	Efficiency requirement expressed (in %)
Standard boilers	4 to 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Low-temperature boilers (*)	4 to 400	70	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Gas condensing boilers	4 to 400	70	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30 (**)	$\geq 97 + 1 \log P_n$

**Table 6.** Indication of energy efficiency Label of BED

**AWARD OF ENERGY-PERFORMANCE LABELS**  
Efficiency requirements to be met both at nominal output and at part-load of 0,3 Pn

Label	Efficiency requirement at nominal output Pn and at an average boiler-water temperature of 70 °C%	Efficiency requirement at part-load of 0,3 Pn and at an average boiler-water temperature of $\geq 50$ °C%
★	$\geq 84 + 2 \log P_n$	$\geq 80 + 3 \log P_n$
★★	$\geq 87 + 2 \log P_n$	$\geq 83 + 3 \log P_n$
★★★	$\geq 90 + 2 \log P_n$	$\geq 86 + 3 \log P_n$
★★★★	$\geq 93 + 2 \log P_n$	$\geq 89 + 3 \log P_n$

그 외 SEDBUK(Seasonal Efficiency of Domestic Boilers in the UK)<sup>10)</sup>, GASKEUR(네덜란드) 및 Blue Angel(독일), Energy Star(미국) 등이 있으나 세부내용은 유럽연합의 등급표시와 일맥상통하므로 생략한다.

**III. 실험**

**1. 실험조건**

**1.1 공통 조건**

여러 가지 효율실험에 있어서의 공통적인 실험조건은 아래와 같다. 실험가스 R은 도시가스(P는 프로판)를 말하며 2는 표준공급압력인 2.0 kPa를 말함.

이 실험조건에 따라 에너지소비효율 실험을 진행하게 되는데 이때 각각의 도출된 인자를 가지고 효율값을 얻는 계산식은 3.2.1의 식과 같다.

**1.2 조건A 및 실험결과**

**1.2.1 실험조건**

1.1 실험의 공통조건에서 제시된 모든 사항을 적용하면서 제시한 모든 사항을 기본으로 적용하면서 현행 액

**Table 7.** Common condition of efficiency test

환경 변수인자	KS표준 조건	동연구 적용조건	비 고
실험실 온도	(20 ± 2) °C	(20 ± 1) °C	엄격히 적용
실험실 습도	(65 ± 20) %	(60 ± 15) %	(R.H.)
실험가스	R-2 또는 P-2	R-2	도시가스, 2.0 kPa
실내분위기	0.2 % 이하 CO <sub>2</sub> 0.002 % 이하의 CO 0.5 m/s 이하의 기류	0.2 % 이하 CO <sub>2</sub> 0.002 % 이하의 CO 0.5m/s 이하의 기류	KS 표준과 동일
정격주파수	60 Hz	60 Hz	
정격전압	220 V	220 V	
가스소비량	최대	최대, 일반	가스소비량 강제 최대와 Normal 상태를 적용
보일러 공급수	(10 ~ 25) °C	(10 ± 1) °C	일정한 급수온도 유지

화석유가스의 안전관리 및 사업법과 KS표준<sup>6) 7)</sup>에서 전 부하 실험으로 규정하고 있는 실험방법을 그대로 실시하여 그에 따른 에너지소비효율과 연소생성물 등 기타 인자들을 측정한다. 이 실험의 세부조건은 다음과 같다.

**1.2.2 조건A 실험결과**

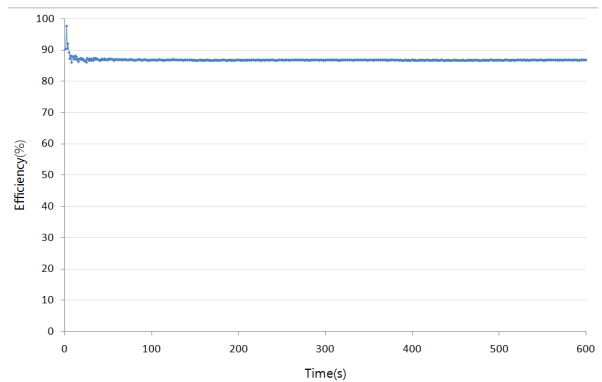
실험조건 A에서 일반보일러를 일정시간 가동한 후 난방공급수의 온도와 환수온도가 안정된 상태에서 실험이 시작되는데 초기에 측정된 가스량과 물량의 측정오차에 의해 짧은 시간동안 큰 폭의 변동을 보이다가 100~150 초 이후에는 안정화 상태로 접어들게 된다.

이는 디지털화 된 측정기기가 실험 초기상태 반복횟수가 부족하여 발생하는 문제로 시간이 길어지면 안정화되는 형태를 나타낸다.

1.2.2.의 실험조건과 동일한 실험조건에서의 콘덴싱 보일러 효율변화를 측정한 결과이다. Fig. 4의 일반보일러에 비해 효율변화가 더 적은 것으로 확인되며, 측정 효율값이 보다 높게 나타난다.

**Table 8.** Four types of test conditions

구 분	세부 실험조건			
	A	B	C	D
환수 온도	(60 ± 1) °C로 유지			
난방공급수 온도	환수온도 보다 (20 ± 2) °C 높게 설정			
실험시간	600 초	유동적	600초	유동적
가스소비량 설정	강제최대 모드			소비자 판매모드
실험시점	일정시간 가동된 후 안정화된 상태로 환수온도와 난방공급수 온도가 범위 내에 도달하여 지속적으로 유지될 때	보일러 전원 Off 상태에서 시작		A조건 동일 B조건 동일
실험중점	600초 후	어느 시점에서 전후로 10초씩 총 20초간의 에너지소비효율의 변화가 0.020 % 이하가 될 때		
실험데이터 저장간격	총 600회(1회 / 초)		실험이 진행되는 동안 초당 1회씩	
기타 조건	Table 7. 의 공통 실험조건에 따름			



**Fig. 4.** Efficiency variation of Noncondensing boiler under test condition A

**1.3 조건B 및 실험결과**

**1.3.1 실험조건**

1.2.1항에서 제시된 것과 같이 실험의 시작시점을 보일러의 안정화 상태가 아니라 보일러 전원이 꺼진 상태에서부터 전원을 입력시킴과 동시에 효율실험을 시작하도록 하며, 실험 종료시점은 초당 1회씩 측정하는 효율값

의 변화가 전·후 20초 이내에 0.020 % 미만이 될 때를 종료시점으로 보고 실험에 임하도록 한다.

이 조건은 실험 종료시점이 정해져 있지 않고 유동적으로 변하는 특징적인 조건이 따른다.

### 1.3.2 B조건 실험결과

실험조건 B에서는 일반보일러 전원 Off 상태 즉, 효율이 “0”인 상태에서 시작하여 약 400초 동안은 급격히 상승하다가 그 이후는 상승폭이 현저히 줄어든다. Fig. 1 ~ 2에서 실험한 600초 보다 400초 더 길게 측정하였으나 측정된 효율값은 안정화 상태에서 실험을 시작할 때 측정된 값에 비해 상당히 낮게 측정된다.

Fig. 5와 같이 실험조건 B에서의 콘덴싱보일러 전원 Off 상태 즉, 효율이 “0”인 상태에서 시작하는 실험으로 패턴은 일반보일러와 유사하나, 한 가지 특이점은 동일한 시간으로 실험할 때 Fig. 5의 일반보일러에 비해 콘덴싱보일러의 효율측정값이 더 낮게 측정된다.

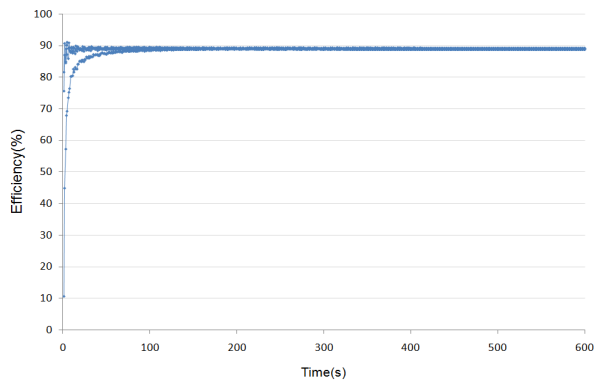


Fig. 5. Efficiency variation of condensing boiler under test condition A

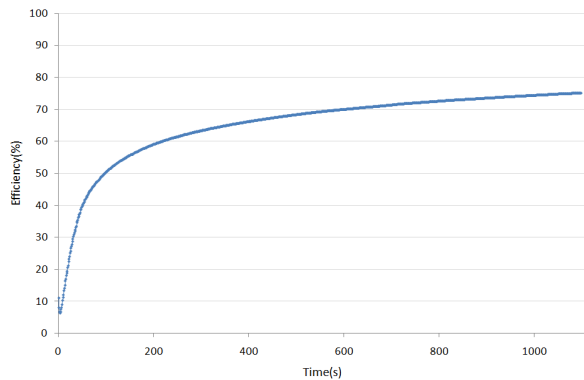


Fig. 6. Efficiency variation of Noncondensing boiler under test condition B

## 1.4 조건C 및 실험결과

### 1.4.1 실험조건

이 실험조건은 1.2.1항에 제시된 것과 같이 실험조건 A와 가스소비량 설정만 다르게 하여 실험을 실시한다. 이 조건에서는 소비자판매 시 설정된 가스소비량 모드로 실험을 실시하게 된다. 나머지 조건은 1.2.1과 동일하다.

### 1.4.2 조건C 실험결과

1.2.1의 실험조건에서 나타난 것과 유사한 효율값이 측정되는 것으로 보아 강제최대 상태와 소비자 판매상태의 실제 가스소비량에는 큰 차이가 없는 것으로 실험결과를 통해 추정할 수 있다.

Fig. 3과 Fig.4에서 비교되는 것과 유사하게 약 5% 정도 콘덴싱보일러(Fig.8)가 일반보일러 (Fig.7)에 비해 그 효율값이 높게 측정되는 형태를 나타낸다.

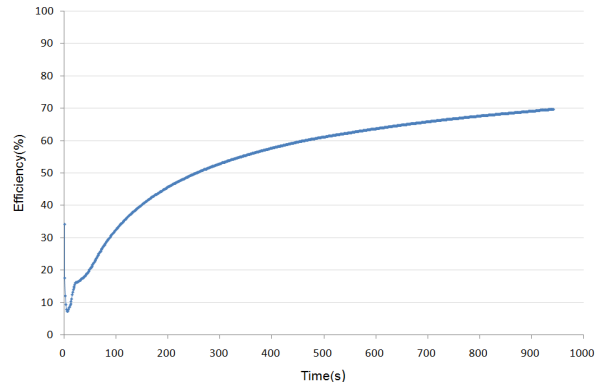


Fig. 7. Efficiency variation of condensing boiler under test condition B

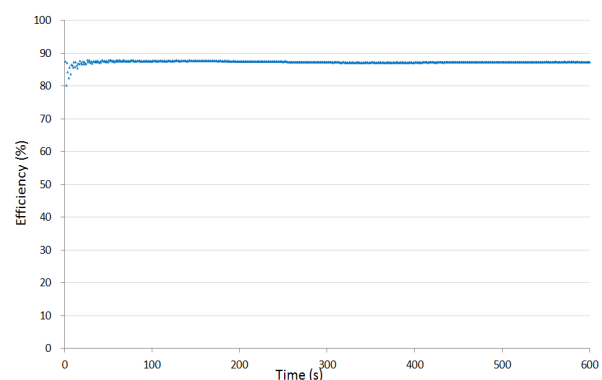
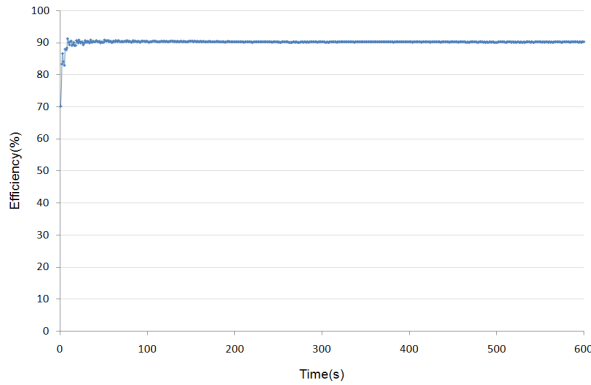
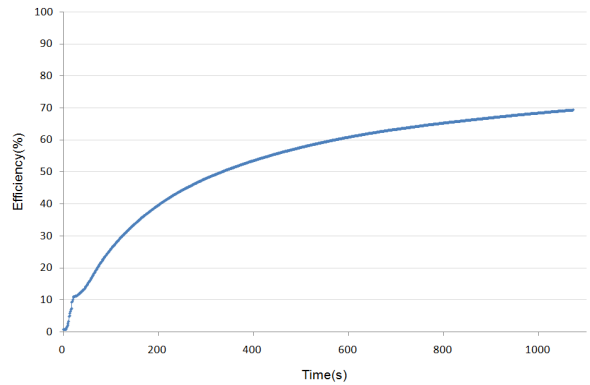


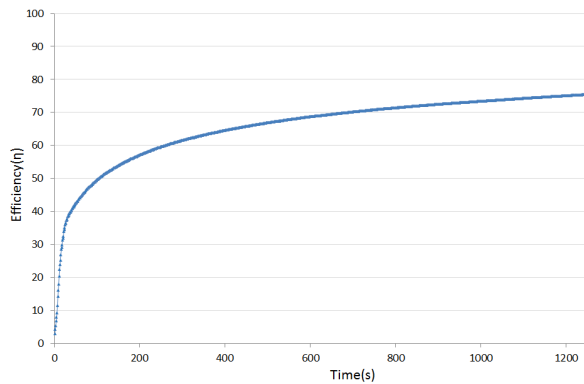
Fig. 8. Efficiency variation of Noncondensing boiler under test condition C



**Fig. 9.** Efficiency variation of condensing boiler under test condition C



**Fig. 11.** Efficiency variation of condensing boiler under test condition D



**Fig. 10.** Efficiency variation of Noncondensing boiler under test condition D

**1.5 조건D 및 실험결과**

**1.5.1 실험조건**

이 실험조건은 1.2.1항에 제시된 것과 같이 실험조건 B와 가스소비량 설정만 다르게 하여 실험을 실시한다. 이 조건에서는 소비자판매 시 설정된 모드로 실험을 실시하게 된다. 나머지 조건은 실험조건 B와 동일하다. 실험조건 B와 마찬가지로 실험의 종료시점은 특정시간을 정하지 않고 주어진 조건(어느 시점 중 전후로 10초씩 총 20초간의 에너지소비효율의 변화가 0.020% 이하가 될 때)에 도달할 때 실험을 종료하는 것으로 한다.

**1.5.2 조건D 실험결과**

1.2.2항에서 나타난 것과 유사한 패턴으로 효율값이 측정되며, 이를 통해 강제최대 가스소비량 모드와 일반 소비자판매 모드가 소비량 및 효율값에 특이할 만한 차이를 나타내지 않는 것으로 추정할 수 있다.

난방공급수와 난방환수온도가 일정하게 안정화시킨

후 실시하는 실험조건 A와 C에서 측정되는 효율값은 콘덴싱보일러가 높게 분포하나, Fig. 5, 6 및 Fig. 9, 10에서 나타나는 것처럼 보일러 Off상태에서 시작하여 측정된 실험조건 B와 D의 효율값은 그와 반대로 일반보일러의 효율값이 높게 측정되는 특이한 현상을 확인할 수 있다.

**IV. 결론**

보일러 효율실험에 대하여 실험실 상태에서의 효율측정값과 실제 상태의 효율측정값의 괴리가 있다는 것을 여러 사람들이 제기하였다. 그렇다면 실제상태의 효율을 어떤 방법으로 측정하여 효율값에 반영하여야 할지를 본 연구를 통해 고찰하였다.

본 연구에서는 일반보일러와 콘덴싱보일러의 에너지소비효율실험을 실시하였는데 각 보일러 형태에 따라 크게 네 가지의 효율실험 및 그에 따른 기타 인자들에 대한 효율값의 변화를 관찰하였다.

앞서 요약문에서 언급한 바와 같이 네 가지 보일러 상태를 가정하여 실험하였고, 각 형태의 실험결과 가스량이 에너지소비효율에 가장 크게 영향을 미치는 인자가 아니며 실험조건에 따라 큰 차이가 발생하지 않는다는 결론을 얻었다.

가스소비량을 최대로 조절하고 실시하는 실험과 일반 소비자판매 모드로 실시하는 실험은 모두 비슷한 소비량 추세를 나타내었다.

이 결과로부터 얻을 수 있는 것은 온도를 제어하는 콘



트롤러에 입력된 난방 희망온도에 따라 가스소비량이 달라지는 것이지 보일러 딥스위치 모드에 따라서는 차이가 크지 않다는 결론을 얻었다.

일반적으로 실험실 조건에서 실시하는 실험에서 얻는 에너지소비효율 측정값은 난방시스템의 열적 평형이 유지되어 안정된 상태에서 실험을 실시하므로 난방공급수와 난방환수가 일정한 온도 차이를 유지한 상태로 실험에 들어가게 된다.

그러므로 실험 시점부터 높은 효율값을 가지고 실험종료시까지 상태가 지속되나 실제 사용환경에서는 보일러 가동 초기에 보일러를 통해 데워진 난방공급수의 온도가 일정하게 높게 유지되지 않는다.

실제 사용상태에서는 보일러 열교환기를 통해 가열된 난방공급수가 난방구역을 지나면서 열을 빼앗기고 다시 환수배관을 통해 보일러로 재공급된다. 보일러가 가동될 때는 난방공급수와 환수온도차가 줄어들었을 때이므로 실험실 조건의 효율실험과는 다른 에너지소비효율값을 가지게 된다.

이와 같은 상황을 가정하여 조건 B와 D상태로 실험하였고, 실험실에서 실시하는 에너지소비효율과 커다란 차이를 갖는다는 것을 확인하였다.

일반보일러로 실시한 B와 D 조건의 에너지소비효율 측정값은 A와 C 조건에 비해 약 10 % 정도로 낮게 형성되었고, 콘덴싱보일러로 실시한 실험에서는 약 20 % 정도의 에너지 소비효율차이가 발생한다는 것을 확인하였다.

최근 전부하 일변도의 효율등급표시 실험방법에서 벗어나 부분부하 효율을 반영하고 있으나 기술력 증진을 위해 지속적인 에너지 소비효율 실험방법 및 소비효율등급 부여방안을 발전시킬 필요가 있다.

이는 본 연구에서 시도한 실제상황에 대한 가정과 실험을 반영한다는 점에서 유사한 개념이라 할 수 있다. 각 제품의 에너지소비효율등급을 정하는 정부고시의 효율 실험방법에서 본 연구에서 실시한 것과 같이 실제상황을 가정한 효율실험방법을 지속적으로 발전시켜야 할 필요가 있다고 생각한다.

## V. Reference

1. Ministry of Trade, Industry and Energy., 2016, Regulation of equipment efficiency management. 2016-72, pp. 145~146
2. Korea Gas Safety Corporation., 2013, Analysis of gas boiler installation, Korea Gas Safety Corporation Disaster management division, pp. 10~18
3. Korea Gas Safety Corporation., 2016, KGS Code AB131- Facility/ Technical/ Inspection Code for Manufacture of FE and FF Type Gas boiler, Korea Gas Safety Corporation Technical standard division, pp. 38~39
4. Korean Standards Association., 2015, "KS B 8100 : Gas appliance technical terms, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea Agency for Technical and Standards, pp. 12
5. Korean Standards Association., 2011, "KS B 8101 : Test Method of gas appliance, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea Agency for Technical and Standards, pp. 1~5
6. Korean Standards Association., 2014, "KS B 8109 : Domestic hot water gas boiler, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea Agency for Technical and Standards, pp. 20~21
7. Korean Standards Association., 2014, "KS B 8127 : Domestic hot water gas condensing boiler, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea Agency for Technical and Standards, pp. 19
8. British Standard Institute, 2007, EN 483 (Gas-fired central heating boilers - Type C boilers of nominal heat input not exceeding 70 kW), BSI, pp. 24
9. British Standard Institute, 1998, EN 677 (Gas-fired central heating boilers - Specific requirements for condensing boilers with a nominal heat input not exceeding 70 kW), BSI, pp. 24
10. British government, 2005, SEDBUK (Seasonal Efficiency of Domestic Boilers in the UK), SAP(Government's Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings), pp. 27
11. European Standard Norme, 1992, BED(Boiler Efficiency Directive)92/42/ EEC(Award of Energy-Performance Labels), pp.26~27

12. DIN 4702 Part 8., 1990, Central heating boiler; determination of the standard efficiency and the standard emissivity, pp. 24~25
13. DOE 10 CFR Part 430 SubpartB Appendix N, Uniform Test Method for Measuring the Energy Consumption of Furnaces and Boilers, pp. 29~30