

가스보일러 일산화탄소 누출사고 경감에 관한 연구

송재창** · 권휘웅* · 이영희* · 문 일*†

*연세대학교 화공생명공학과
120-749 서울시 서대문구 연세로 50
**서울도시가스주식회사
411-808, 경기도 고양시 일산서구 경의로 797
(2011년 7월 20일 접수, 2011년 8월 23일 채택)

A Study on Prevention of Accidents of Carbon Monoxide Leak from Gas Boilers

Jaechang Song**, Hweeung Kwon*, Younghee Lee* and IL Moon*†

*Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei Univ., 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 120-749, Korea
**Department of Sales and Construction 2, Seoul City Gas Co, LTD, 797 Kyungui-ro, Ilsanseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do 411-808, Korea
(Received 20 July 2011; accepted 23 August 2011)

요 약

본 연구는 가스보일러 CO 누출사고 경감방안에 관한 연구로서, CO 경보기 및 콘덴싱 보일러 의무화 설치 및 지원 금 방법을 제시하였다. CO 중독을 예방하기 위해 CO 경보기를 의무 설치하여야 하며 현재 국산 CO 경보기의 가격이 약 4만원이며, 기초수급생활자 및 일반가정 400만 가구 대상으로 3년 간 1,000억원의 금액이 소요됨을 제시하였다. 기초생활수급자 20만원, 일반가정 10만원, 400만 가구를 지원해주면, 3년 간 5,000억원의 금액이 소요되며, 재정마련은 연간 100만대 판매되는 보일러를 콘덴싱 보일러로 의무화 시 3년 간 약 2,000억원의 에너지 절감이 되며, 콘덴싱 보일러의 수명이 10년으로 했을 때 총 2조원의 에너지 절감비용이 생긴다. 그 중 6,000억원의 비용은 CO 경보기 및 콘덴싱 보일러 설치 지원비로 사용하며, 10년간 국내가스사고 CO 누출사고 50% 이상의 사고를 경감할 수 있을 것으로 제시하였다.

Abstract – This work is concerned with a plan for preventing accidents of CO gas leak from gas boilers, involving the enforcement of installations of both CO alarm system and condensing boilers, and financial support of government grants. If amongst 1,460,000 beneficiaries of basic livelihood security, one million households in use of gas boilers receive 3-year support of 200,000 won, the difference of prices between common and condensing boilers, the government grants would be 2,000 billion won. If 3 million common householders are in 3-year support of 100,000 won, government grants would be 3,000 billion won. Therefore, 3-year grand total of government grants would be 5,000 billion won. Finance for government grants can be purveyed from energy saving; yearly 2,000 billion won of energy saving by enforcing to replace one million existing boilers with condensing boilers, leading to 2 trillion won of energy saving for 10 years. In this way, 6,000 billion won of 3-year grand total of government grants for CO alarm system and condensing boilers can be purveyed. The rest amount would be fundraised for energy savings. We claim that our proposal can make an achievement of more than 50% reduction of CO leak accidents during 10 years.

Key words: Boiler, CO Leak, CO Alarm, Condensing Boiler

1. 서 론

가스보일러는 1980년대 초 국내에 소개된 이후 매우 빠른 속도로 보급이 확산되어 매년 수요가 증가하는 것으로 예측하고 있어 우리나라가 단일국가로서는 세계 최대의 시장을 형성하고 있다. 국민 대다수가 사용하고 있는 가정용 가스보일러는 그 연료가 도시가스, 즉 LNG로 전량 수입하여 기화시켜서 파이프라인으로 각 가정으로 배

달되고 있다[7]. 그러나 안전기준 및 기술은 미흡한 상황으로, 선진국에 비해 보일러에 의한 CO 중독사고가 빈번히 발생하여 상당한 인명피해가 발생하고 있다[3]. 일산화탄소는 체내에 산소를 운반하는 역할을 하는 혈액중의 헤모글로빈(Hb)과 결합하여 일산화탄소-헤모글로빈(COHB)을 만들어 혈액의 산소운반능력을 저하시켜 그 농도에 따라 사망에 이를 수 있다. 따라서 이웃하고 있는 일본에서는 CO 경보기 설치를 적극 권장 설치하고 있고 미국은 UL 2043, 유럽은 EN 5029 기준으로 CO 경보기의 품질을 검사하고 있고 설치에 관한 국가 기준은 없지만 가스공급사의 내부규정에 따라 대부분

†To whom correspondence should be addressed.
E-mail: ilmoon@yonsei.ac.kr

설치 및 보급되고 있는 설정이다[4]. 국내는 가연성가스와 독성가스에 대해서만 설치규정을 정하고 있을 뿐 불안전연소가스에 대한 규정은 없다[1]. 이처럼 CO 경보기의 설치에 관한 기준이 전혀 없는 상태이고 보급 또한 활성화되고 있지 못하다. 매년 상당한 인명피해를 발생시키고 있을 뿐만 아니라 안전체계가 미흡한 상황이라 할 수 있다[5]. 따라서, CO 경보기 설치보조금을 통하여 설치확대를 실시하고 법제도를 수정하여 설치의무화를 통한 사고감소방안을 제시하였다.

유럽선진국에서는 일반보일러를 퇴출하고 콘덴싱 보일러를 의무화 설치하여 에너지 절감 및 이산화탄소 배출을 줄여 환경적인 부분에 많은 기여를 하고 있다. 국내에서는 홍보 및 인식부족으로 콘덴싱 보일러의 첨단기술적인 부분을 인식하지 못하고 있다.

효율이 높은 콘덴싱 보일러 보급확대를 통한 효과를 보면, 국내의 가정용 가스보일러를 콘덴싱 보일러로 모두 교체하여 가구당 평균 20% 정도를 절감할 수 있다면, 10% 정도의 LNG 사용을 줄일 수 있을 것이므로[6], 국가 경제에 기여도가 매우 클 것이다. 또한, 콘덴싱 열 교환기를 추가한다면 보일러 효율을 크게 향상시킬 수 있다[8]. 따라서 에너지 절감비용으로 보조금 지원을 통한 콘덴싱 보일러를 보급확대를 통하여 사고 감소방안을 제시하였다.

연구의 방법은 우리나라 가스보일러의 CO 중독 사고의 현 실태를 관계 문헌을 통해 분석하였고, 일본 및 외국 선진국의 문헌을 조사하였다. 우리나라 CO 중독 사고의 현 실태에 대한 분석을 위해 CO 중독 위험성과 피해유형을 관계문헌을 통해 분석하였고, 일본 및 미국 사고 사례를 조사하였다. 특히 2007년 한국가스안전공사에서 발행한 가스보일러 설치기준 해설서를 참고하여 우리나라 가스보일러의 특징과 유형을 파악하고 CO 중독 취약요소가 무엇인지 고찰해 보았다.

연구의 범위는 CO 중독예방 및 사고감소를 위해 정부, 가스제조업체, 가스공급자, 가스사용자의 안전성 확보를 위해 이행해야 할 각종 CO 중독 예방 및 대비 대책, CO 경보기 설치 방안, 콘덴싱 보일러 설치방안에 대하여 연구를 하였다.

본 연구는 심각한 인명피해를 초래하는 CO 중독 사고를 예방하기 위하여, CO 경보기를 의무화 설치하도록 하는 방안과 고효율이며, 첨단 기술이 숨어 있는 콘덴싱 가스보일러의 의무화 설치를 통한 에너지 절감비용 보조금으로 CO 중독 사고를 경감시키는데 그 목적이 있다.

2. 본 론

2-1. 가스보일러 이론과 특성

2-1-1. 가스보일러의 구조 및 기능

보일러에는 제조 시 연결부 주위에 온수, 난방공급, 난방환수, 급

Table 1. Boiler component

Part	Equipment
Combustion unit	Main burner, nozzle, pilot burner, combustion chamber etc.
Control Unit	PCB, electrical equipment etc.
Heat exchange	Heating heat exchanger, hot water heat exchanger etc.
Safe unit	Fire safety device, device against overheating, protection device of incomplete combustion etc.
Water circulating	Circulation pump, 3-way valve, plumbing etc.

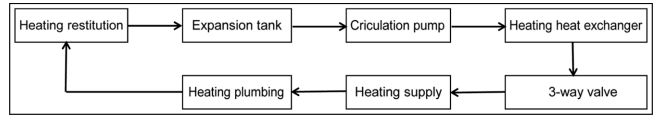


Fig. 1. Heating procedure of a gas boiler.

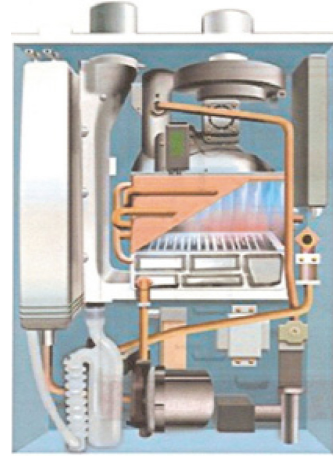


Fig. 2. Instantaneous gas boiler (open, close system).

수, 가스 등의 표시를 하도록 되어 있다. 또한, 보일러의 구성요소는 Table 1과 같다[9].

2-1-2. 가스보일러 작동원리 및 내부구조

난방을 할 때 난방온수는 통상적으로 Fig. 1과 같이 순환한다.

Fig. 2는 가스보일러 중 순간식 가스보일러를 나타낸 것이다. 순간식 가스보일러는 작동순간부터 순환모터가 작동되며 방으로 물이 유입하면서 설정된 온도에 도달할 때까지 작동한다. 순간식 가스보일러는 순환모터 작동을 시작으로 송풍기 작동, 고압트랜스 작동을 통하여 마지막으로 가스밸브 열림 순으로 점화까지 동작된다. 현재 가스보일러는 비례제어방식을 사용하며 설정된 물 온도에 도달하면 가스밸브를 차단하여 물의 온도를 천천히 올려주는 방식을 채택하고 있다.

2-1-3. 콘덴싱 가스보일러

Fig. 3은 콘덴싱 보일러의 원리를 나타낸 것이다. 콘덴싱 보일러

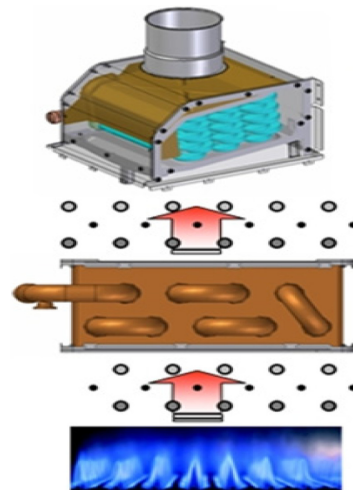


Fig. 3. Condensing boiler heating principle (Commercial boiler).

는 보일러의 배기가스 중에 포함된 수증기의 응축잠열을 회수하여 열효율을 높인 보일러이다. 즉 콘덴싱 보일러는 일반 보일러와는 달리 응축잠열을 회수하고 활용할 수 있는 구조를 가진 보일러이다. 콘덴싱 보일러는 버너가 보일러 상부 또는 아래에 있으며, 열교환기가 두 부분으로 나뉘어져 있다. 제1열교환기는 현열부에 해당되고 제2열교환기는 잠열부이다. 콘덴싱 보일러의 배기가스 온도는 약 50~70 °C 이므로 일반보일러에 비해 열손실이 적으며 응축수 배출장치가 있다.

2-2. 도시가스의 특성

2-2-1. 도시가스의 화학적 특성

도시가스의 발열량은 도시가스의 원료와 제조방법에 따라서 다르지만 최근 국내에 공급되는 가스는 10,500 kcal/m³의 LNG와 15,000 kcal/m³의 LPG+Air의 혼합가스가 있으며, 향후 모든 도시가스가 LNG로 공급될 것이다. LP 가스의 발열량은 프로판의 경우, 발열량은 1kg당 약 12,000 kcal이며, 부탄의 경우도 비슷하다 (11,800 kcal/kg). 기체인 경우 프로판은 약 24,000 kcal/Nm³, 부탄은 약 32,000 kcal/Nm³가 된다.

비중이란 어떤 물체의 단위중량과 순수한 물 4 °C일때 단위중량의 비를 말하며 순수한 물 4 °C일때 물의 비중은 1.0이다. 즉, 물을 기준으로 하여 다른 물체와 비교한 것이 비중이다. 표준물질로는 보통 4 °C의 순수한 물을 쓴다. 도시가스 중 LNG는 메탄 90%와 기타 10%로 구성되어있으며 비중은 0.62이다. 또한, LPG+Air 및 LPG 가스(가정용)은 프로판 90%와 부탄 10%로 구성되어있으며 비중은 1.57이다.

공급가스의 압력이란 도시가스 공급배관을 통하여 가스사용자 또는 사용처 등에 가스를 공급하는데 필요한 가스공급관의 가스압력을 말한다. 도시가스 사업법에서는 가정용 공급가스압력을 1.0 KPa 이상, 2.5 KPa 이하, 액화석유가스 관련법령에서는 가정용 조정기의 조정압력을 2.3 KPa 이상 3.3 KPa 이하로 규정하고 있다. 가스가 배관과 호스를 흐를 때 관 내벽의 마찰저항, 관의 굴곡, 가스밸브 등에 따른 저항에 의하여 공급압력은 처음보다 줄어들게 된다. 이를 압력손실이라 하고 수주계의 높이로 표시 mmH₂O 하는 경우가 많다. 예를 들어, 호스의 경우 내경이 적을수록, 길이가 길수록 압력손실은 크게 된다.

2-2-2. 일산화탄소의 분석

혈중 일산화탄소-헤모글로빈의 농도 및 인체 영향은 Table 2와 같

Table 2. Carbon monoxide concentration and symptom in the air

Concentration		Inhalation time and toxic symptoms
%	ppm	
0.001	10	Possible poisoning
0.02	200	A slight headache of bangs within 2~3 hours
0.04	400	Headaches within 1~2 hours
0.06	600	Headaches within 1 hours, Swoon within 2 hours
0.08	800	Headaches, dizziness and vomiting within 40~50 minutes, Swoon within 2 hours
0.1	1,000	Swoon within 1~2 minutes, Death within 4 hours
0.32	3,200	Headaches and dizziness within 5~10 minutes, Death within 30 minutes
0.64	6,400	Headaches and dizziness within 1~2 minutes, Death within 30 minutes
1.28	12,800	Death within 1~3 minutes

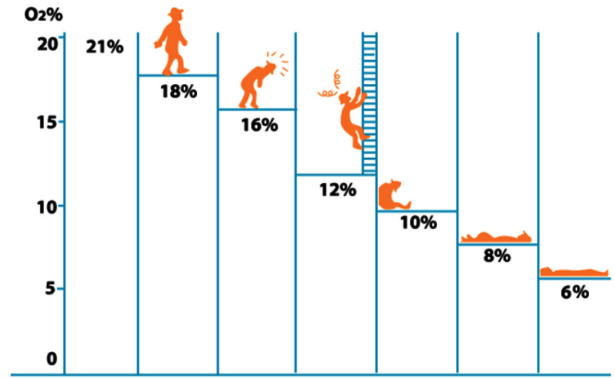


Fig. 4. Reaction of body when fall off oxygen concentration.

Table 3. Effect of body when fall off oxygen concentration

Oxygen concentration	Symptoms
21%	Normality
Less than 18%	Anoxia
16~12%	Increased a breathing rate, concentration disorders and headaches
14~9%	Lack of judgement, excited condition, temperature rise and unstable condition of mind
10~6%	Unconsciousness and central nervous system disorders
Less than 6%	Coma -> slowed breathing -> respiratory arrest -> cardiac arrest after 6~8 minutes

으며, 증상이 나타나는 호흡시간은 그 사람의 활동상태 즉, 휴식, 보행 및 노동 상태에 따라 다를 수 있다[9]. 일산화탄소 중독의 초기 증상은 두통, 구토, 현기증, 권태감이며, 호흡수나 맥박수의 증가가 일어나, 의식이 있어도 신체가 자유롭게 움직이지 못하게 된다. 한층 더 진행되면 의식이 없어져 호흡이 정지해, 죽음에 이르게 된다.

2-2-3. 산소결핍

산소결핍에 대한 인간의 반응은 Fig. 4 및 Table 3과 같다[9]. 6% 이하의 극한적인 저 농도에서는, 단 1회의 호흡만으로도 절명이라는 파국에 이르게 된다. 사람이 거주하는 공간에 FF Type을 제외한 보일러 CF, FE, Type을 설치하고 사용할 경우 실내의 산소를 보일러 연소에 사용하면서 급, 환기가 불량할 경우에는 산소결핍 증세가 나타나게 되므로 필히 전용 보일러를 실내에 설치, 사용하여야 한다.

2-3. 5 년 간 국내사고 사례 분석

2-3-1. 시설별 및 형태별 사고현황

Table 4은 최근 5 년 간 배관과 관련하여 사고가 32건 이 발생하였으며, 5 년 간 보일러 14건, 연소기 16건 등 사고가 최근 급증하고 있음을 알 수 있다[9]. 가스배관과 관련하여 사고가 가장 많은 이

Table 4. Classification of facilities causing accidents

	2006	2007	2008	2009	2010(June)	Total	Ratio(%)
Plumbing	3	6	16	3	4	32	50
Boiler	5	2	2	2	3	14	21.8
Burner		1	5	4	6	16	25
Furnace			1			1	1.6
Monostat	1					1	1.6
Total	9	9	24	9	13	64	100

Table 5. Classification of accident conditions

	2006	2007	2008	2009	2010(June)	Total	Ratio(%)
Leak	2	4	11	2	4	23	35.9
Poisoning	4	1	1	2	3	11	17.2
Explosion	2	2	4	2	3	13	20.3
Fire	1	2	6	3	3	15	23.4
Burst			1			1	1.6
Flow in water			1			1	1.6
Total	9	9	24	9	13	64	100

Table 6. Human death for 5 years

Accidents	Casualties(people)			Damage		
	Death	Injury	Total	Death	Injury	Total
2006	9	3	27	0.3	3	3.3
2007	9	1	2	3	0.1	0.2
2008	24	3	10	13	0.1	0.4
2009	9	1	20	19	0.1	2
2010(June)	13	3	14	19	0.2	1
Total	64	11	73	84	0.2	1.1

유는 다음과 같다. 첫째, 기존 가정의 구조 변경에 의하여 기존에 외부에 설치하였던 급, 배기 탑이 실내로 위치되어 배기가스 내의 수증기가 온도변화에 의하여 응축되어 재질이 약한 부분에 고이게 되어 배기연도를 막음으로써 배기가스의 역류로 인해 사고가 일어난다. 둘째, 외부로 통하는 방조망이 없는 배기통 내부에 이물질이 쌓여 배기가스가 외부로 방출되지 못하고 실내로 유입되면서 중독사고가 발생한다. 마지막으로 보일러를 전용보일러실에 설치하지 않고 환기가 불량한 통로에 설치함으로써 배기통 연결부 및 배기통 이음부로 누출됨으로써 사고가 발생하는 경우가 있다. 2006년부터 2010년까지 5년 간 전체 64건의 사고 중 약 50%가 배관과 관련된 사고이다. 따라서 보일러 설치 규격에 따라 설치한다면 배관으로 인한 사고가 많이 감소할 것으로 사료된다.

Table 5의 형태별 사고현황을 보면 5년 간 누출 23건으로 가장 많았다. 또한, 5년 간 누출 23건(35.9%)가 발생함을 알 수 있다.

3-2-3. 인명 및 형태별 피해현황

Table 6은 사고건당 1.2명의 인명피해가 발생하였으며, 전년대비 감소한 것을 알 수 있으며 5년 간 평균피해율은 1.3명이다[9].

형태별 인명피해는 시설미비로 인한 CO 중독사고 인명피해 사망 6명(54.5%), 부상자 52명(71.2%) 발생하였으며, 제일 많이 발생하는 사고이다. 5년 간 국내 전체 가스사망사고 11명중 6명이 CO 중독사고로 사망한 사고이며, CO 중독 사고를 줄이기 위해서는 CO

경보기를 설치하여야 한다. CO 경보기 설치 시 5년 간 전체 가스 사고중 약 50% 이상의 CO 중독 사고를 경감할 수 있다.

3. 가스보일러 CO 누출감소 방안제시

3-1. 제도적 방안

일산화탄소는 불완전 연소되어 발생하는 가스이고 그 특성으로 무색, 무취, 무미의 기체로서 중독이 되어도 쉽게 알 수 없고 혈액 속에 산소를 차단해 생명을 잃을 수 있는 아주 무서운 죽음의 기체이다. 겨울에는 대부분의 가정에서 보일러를 사용하고 있는데 이 중 가장 큰 피해는 가스보일러 폐가스에 의한 일산화탄소 중독사고이다.

현재 국산 CO 경보기의 가격이 약 4만원이며, 수입품은 약 8만원이다. 설치비용에 부담을 느낀 사용자들은 설치를 주저하며, 특히 경제적인 여건이 어려우며, 주거시설 및 사용시설이 노후된 독거노인, 저소득층에 CO 중독 사고가 자주 일어난다. 따라서 가스보일러가 실내에 설치되어 있는 CO 중독 위험이 있는 세대를 중심으로 경보기를 먼저 설치해야 한다. 여기에 따른 CO 경보기 지원 금액은 Table 7과 같다[9].

3-2. 기술적 방안

일반 보일러에 비해 응축수에 의한 연도 막힘으로 배기가스가 역류하는 사고를 줄일 수 있으며, 공급온도나 가스 소비량이 절감되는 콘덴싱 보일러를 설치하는 것이다. 콘덴싱 보일러는 배기가스 중의 수증기를 콘덴싱 방식이라는 열 교환기술을 통해 2개의 열교환기에서 응축시키면서 생기는 응축잠열을 보일러에 더하여 증으로서 기존보일러 대비 9~28% 이상 열효율을 높이는 첨단기술이 사용된 보일러이다.

콘덴싱 보일러의 효과는 첫째로 일반보일러는 연도가 구부러졌을 경우 응축수에 의하여 CO가 정상적으로 배기되지 못하고 역류하여 사망사고가 자주 일어나지만, 콘덴싱 보일러는 응축수를 중화시켜 하수도로 흘러보내면서 연도 막힘으로 인한 CO 중독 사고를 줄일 수 있다. 둘째는 에너지절약의 효과로서 연료와 가스비를 절약할 수 있다는 점이다. 셋째는 환경보호 효과로서 지구 온난화 방지에 대한 기여와 유해배출가스의 배출을 크게 감소시키는 것이다. 콘덴싱 보일러는 일반 보일러에 비해 에너지 절약 효과를 통해 이산화탄소의 발생을 에너지 절감비율만큼 줄이는 역할을 하기 때문이다. 또한 콘덴싱 가스보일러는 대부분 가스연료와 연소용 공기를 미리 혼합시켜 연소하는 예혼합방식의 표면연소 가스버너를 사용하고 있기 때문에 유해배기가스인 질소산화물(NOx)과 일산화탄소(CO)가 기존의 일반 가스보일러의 경우보다 훨씬 적게 배출된다.

Table 7. CO alarm supporting fund

year 1	year 2	year 3	Total
1,000,000unit×40,000won=40 billion won	1,000,000unit×20,000won	1,500,000unit×20,000won	4,000,000unit 100 billion won
500,000unit×20,000won=10 billion won	=20 billion won	=30 billion won	
50billion won	20 billion won	30 billion won	

Table 8. Supporting fund of condensing boiler

year 1	year 2	year 3	Total
1,000,000unit×200,000won=200 billion won	1,000,000unit×100,000won	1,500,000unit×100,000won	4,000,000unit 500 billion won
500,000unit×100,000won=50 billion won	=100 billion won	=150 billion won	
250 billion won	100 billion won	150 billion won	

콘덴싱 보일러를 정부에서 지원해줄 경우, 콘덴싱 보일러의 수명을 10년으로 가정하였을 때 총 2조원의 에너지를 절감할 수 있으며, 일산화탄소 누출사고를 50% 이상 경감시킬 수 있다.

Table 8은 콘덴싱 보일러의 지원 금액을 나타낸 것이다[9].

4. 결 론

본 연구는 가스보일러 일산화탄소 누출사고 경감에 관한 연구로서 제도적인 부분과 기술적인 부분으로 나누어 의무화 설치 및 지원금 개선 방안을 연구한 것으로서 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 제도적 부분으로 일산화탄소 경보기를 의무 설치하는 방안을 제시한다. 현재 국산 CO 경보기의 가격이 약 4만원이며, 먼저 기초생활수급자 146만명 가스보일러를 사용하고 있는 약 100만 가구를 대상으로 CO 경보기를 무상 설치하고, 기초생활수급자 전액 무료 설치 시 약 400억의 정부지원금이 소요될 것이며, 일반 가정에도 300만대 기준 세대별 각 2만원씩 보조금을 3년 간 지급하면 약 600억의 금액이 소요된다. 3년 간 총 1,000억원의 금액이 소요된다.

둘째, 기술적 부분으로 콘덴싱 보일러를 의무 설치하는 방안을 제시한다. 현재 보일러의 가격은 일반보일러 약 60만원(20,000 kcal/h 용량기준)이며, 콘덴싱 보일러의 가격은 약 80만원이다. 기초생활수급자 146만 명 가스보일러를 사용하고 있는 약 100만 가구를 대상으로 일반보일러와 콘덴싱 보일러의 가격차이 20만원을 보조를 해주면, 2,000억원의 금액이 소요되며, 일반 가정에는 3년 간 300백만대 기준으로 10만원씩 보조해주면, 3,000억의 정부지원 금액이 소요된다. 3년 간 5,000억원의 금액이 소요되며, 재정마련은 연간 100만대 판매되는 보일러를 콘덴싱 보일러로 의무화 시 연간 약 2,000억원의 에너지 절감이 되며, 콘덴싱 보일러의 수명이 10년으로 했을 때 총 2조원의 에너지 절감비용이 생긴다. 그 중 6,000억원의 비용은 CO 경보기 및 콘덴싱 보일러 설치 지원비로 사용한다. 남은 금액은 에너지절약 기금을 만들어 조성한다.

참고문헌

1. Korea Gas Safety Corporation, "Gas Boiler Installation Guide Book," Management Number KGS2007-041, 10-61(2007).
2. Korea Gas Safety Corporation, "SCG corporation job training (technical post)," Commissioned Number 04-036, 29-41(2004).
3. Lee, J. W. and Chi, C. H., "A Study on the Pattern Analysis and Countermeasure of Carbon Monoxide Intoxication Accident of Gas Combustor," Korean Institute of Fire Science & Engineering(2010).
4. Choi, H. S., Kim, J. H., Park, J. Y., Kang, M. C. and Kim, S. J., "Technical Review of High-Efficient and Eco-Friendly Condensing Gas Boilers," The Korean Society of Combustion, 36th KOSCO SYMPOSIUM Paper Book, 246-252(2008).
5. Kang, S. K., Choi, K. S. and Yoon, J. Y., "Experimental and Computational Prediction of Concentration of Carbon Monoxide Gas Released from Exhaust Tube of Gas Boiler," Proceeding of The 5th National Congress on Fluids Engineering, 26-28(2008).
6. Cho, H. W., Park, I. S. and Yang, K. Y., "Development Condition and Effect of Condensing Boiler," The Korean Society of Combustion, 28th KOSCO SYMPOSIUM Paper Book, 269-274 (2004).
7. Kent, R. O., "Carbon Monoxide Poisoning: Mechanisms, Presentation, and Controversies in Management," *Emerg. Med. J.*, **1**, 233-243(1984).
8. Defu Che, Yanhua Liu. and Chunyang Gao, "Evaluation of retrofitting a conventional natural gas fired boiler into a condensing boiler," *Energy Conv. Manag.*, **45**, 3251-3266(2004).
9. Song, J. C. and Moon, I., "A Study on Relieve of The Leakang Accident in Gas Boiler Carbon Monoxide," Master's Paper(2011).