



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

화목보일러의 화재 위험성에
관한 연구



2016年 8月

釜慶大學校大學院
消防工學科

朴徑畛

工學碩士 學位論文

화목보일러의 화재 위험성에 관한 연구

指導教授 崔 載 旭

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2016年 8月

釜慶大學校大學院

消防工學科

朴 徑 畛

朴徑畛의 工學碩士 學位論文을 認准함

2016年 6月



主 審 工學博士 崔 俊 鎬 (印)

委 員 工學博士 具 玟 成 (印)

委 員 工學博士 崔 載 旭 (印)

목 차

1. 서 론	1
2. 이론적 배경	2
2-1. 보일러의 종류	2
2-2. 화목보일러의 구조와 작동원리	4
2-3. 화목보일러 화재발생 유형과 현황	6
2-3-1. 화재발생 유형	6
2-3-2. 화재발생 현황	8
2-3-3. 인명피해 현황	10
2-4. 화목보일러 관련법 규정	12
2-5. 화목보일러 화재사례 조사	14
2-5-1. 주택 화재사례 조사(A)	14
2-5-2. 주택 화재사례 조사(B)	20
2-6. 소화 및 경보시설의 설치 필요성	25
3. 화재실험 및 현장평가	26
3-1. 실험목적	26
3-2. 실험장치 및 조건	27

3-3. 현장평가.....	29
3-3-1. 현장 실태조사.....	30
3-3-2. 설문조사.....	31
4. 결과 및 고찰.....	32
4-1. 샌드위치 패널의 화재실험.....	32
4-2. 합판의 화재실험.....	35
4-3. 현장평가.....	38
4-3-1. 현장 실태조사 결과.....	38
4-3-2. 설문조사 결과.....	40
5. 결 론.....	44
참 고 문 헌.....	46
Abstract.....	49

1. 서론

최근 세계적인 경기 침체와 고유가 시대 속에서 겨울철 난방비 절감의 수단으로 가정주택 또는 전원주택에 화목보일러의 설치 수요가 증가하고 있다. 일반적으로 공장이나 창고에서 많이 사용 해오던 화목보일러는 겨울철 가계 지출의 상당 부분을 차지하는 난방비 부담을 줄여줄 뿐만 아니라, 설치가 단순하고 경제적이어서 단순 난방이라는 기능적 역할을 넘어 인테리어 효과까지 기대할 수 있어 점차 그 수요가 늘어나고 있는 추세이다.

그러나 화목보일러는 연료의 특성상 화력을 조절하기 힘들고, 정확한 설치 매뉴얼이 없어 연통의 과열 및 불티가 튀어 주변 가연물에 옮겨 붙는 등 화재 발생 가능성이 높은 단점이 있다. 또한 화목보일러의 제조 및 설치시의 법적 불비로 사용 중 처음에는 예상하지 못했던 많은 문제점들이 발생한다.¹⁻⁴⁾ 화목보일러의 화재에 관한 연구는 이⁵⁾ 및 홍 등⁶⁾이 화목보일러 화재 위험성 연구를 하였으며, 김⁷⁾은 화목보일러 화재 폭발사고 방지를 위한 경사진 연료공급 장치 고안에 대한 연구를 하였다.

본 연구에서는 화목보일러에 의한 화재 사례를 바탕으로 연통이 접하는 합판과 샌드위치 패널에 대한 발화 지점을 분석하고, 화재실험을 실시하였다. 또한 화목보일러를 설치하여 사용하고 있는 가정의 현장 실태조사 및 설문조사를 실시하여 화목보일러를 안전하게 사용하기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 이론적 배경

2-1. 보일러의 종류

대중적으로 가장 많이 사용하는 보일러로 가스보일러, 유류보일러, 전기보일러, 연탄보일러, 화목보일러 등이 있다.

가스보일러는 LPG 혹은 LNG 가스를 연료로 난방 및 온수를 사용할 수 있게 하는 보일러로 부피가 작아 설치가 용이하고, 또한 유지비용이 비교적 저렴하며, 화력조절이 쉬운 장점이 있어 대중적으로 많이 사용되고 있다. 하지만 가스 누출 시 폭발 사고가 발생할 수 있는 단점이 있고, 도시가스의 경우 과도한 초기 인프라 구축비용으로 시골 지역의 경우 사용하지 못하는 단점이 있다.⁸⁾

이러한 단점을 해결한 것이 유류보일러이다. 유류보일러는 석유, 경유 등을 이용하여 난방 및 온수를 사용할 수 있게 하는 보일러로 다른 보일러에 비해 열효율이 높지만 유가의 변동에 따른 유지비의 차이가 큰 단점이 있다. 또한 화석연료의 사용으로 인해 대기오염에 심각한 영향을 주며 주기적으로 연료의 보충이 필요한 번거로움이 있다.⁹⁾

저렴한 유지비로 인해 농업용, 가정용으로 많이 사용되는 보일러로 연탄보일러가 있다. 연탄보일러는 구공탄을 이용하여 난방 및 온수를 사용할 수 있게 하는 보일러로, 가열된 온수가 난방 공급관을 통해 각 방의 코일에서 방열한 후 환수관에 모인 물을 순환펌프로 돌리는 하향배관 방식을 사용하고 있다. 공동주택에서는 1970년대 이후 자취를 감춰 지금은 찾아보기 어렵지만 저소득

층 가정 및 농업용으로 많이 사용되고 있다. 하지만 연탄보일러는 착화가 불편하고, 탄화된 연료의 처리가 곤란하며, 연탄가스 중독사고가 발생할 수 있는 단점이 있다.¹⁰⁾

이러한 탄소 연료 사용의 문제점을 해결한 친환경 보일러는 전기보일러이다. 전기보일러는 전기를 이용하여 난방 및 온수를 사용할 수 있게 하는 보일러로 효율이 매우 높고 폭발이나 화재 사고의 위험이 적은 장점이 있다. 하지만 초기 설치비용이 고가이며, 가정용은 누진세가 적용되어 산업용 전기를 사용할 수 있는 기업이나 공장에서 많이 사용되고 있다.¹¹⁾

화목보일러는 폐목재 종이 등의 연료를 사용하여 난방 및 온수를 사용할 수 있게 하는 보일러로 다른 보일러에 비해 유지비가 매우 적어 저소득층의 겨울철 난방용으로 주목 받고 있다. 하지만 연료 보충이 번거롭고, 화력조절이 어려우며, 화재발생 위험으로 인해 설치 및 사용 시 각별한 주의와 관리가 요구되는 단점이 있다.¹²⁾

2-2. 화목보일러의 구조와 작동원리

화목보일러란, 주변에서 손쉽게 구할 수 있는 폐목 등 땃감나무(火木)를 연료로 하여 난방과 온수를 사용하기 위한 보일러로, 화목 전용과 기름 또는 연탄 겸용 등의 형태로 제작되어 공급되고 있다. 화목보일러는 연료가 호스를 통하여 자동으로 보일러에 공급되는 기름보일러나 가스보일러와 달리 나무 연료를 연료 투입구를 통하여 사용자가 직접 연소실에 투입하는 방식이어서 사용·관리상 또는 설치상의 부주의가 있는 경우 다른 연료를 사용하는 보일러에 비하여 화재 발생 가능성이 크다.

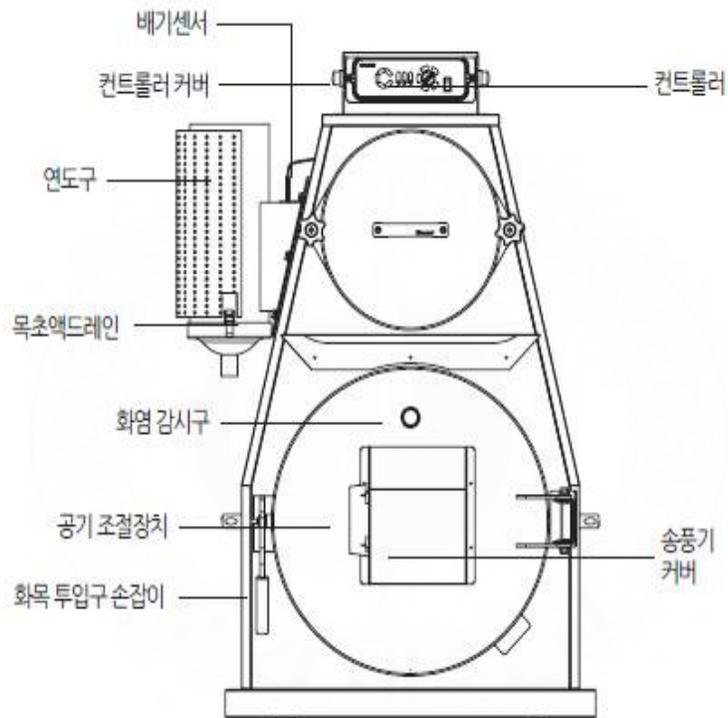


Fig. 1 Structure and operation principle of wood boiler.¹³⁾

2-3. 화목보일러 화재발생 유형과 현황

2-3-1. 화재발생 유형⁷⁾

1) 증기 폭발사고

100 ℃에서 끓는 물이 밀폐된 보일러속의 높은 압력에서는 비점이 높아져 과열 액체가 되고, 압력이 떨어지게 되면 물이 수증기로 일시에 바뀌는 폭발적인 상변화가 일어난다. 이때 압력을 지탱하고 있는 용기의 부속 장치가 파열된다. 원인으로서는 과열로 인해 발생하는 상승 압력을 배관의 동결과 같은 막힘 현상이나, 용기의 이음부에 피로 파괴로 인한 내압이 떨어져 안전밸브가 설정압력 이하에서 파열되는 경우이다. 가장 흔한 사고는 모든 보일러에서 일어나는 동결 피로 파괴가 있으며, 안전밸브 용량부족으로 일어나는 경우는 화목보일러에서만 일어난다.

2) 미연소가스 폭발화재

화목보일러에서 사용하는 급기량 조절에 의한 화력 조절방식은 발생하는 분해가스에 비해 급기가 부족하여 미연소 가스가 다량 발생하게 되며, 백드래프트(Back Draft)와 같은 폭발을 발생시킨다.

3) 화목보일러 과열로 인한 화재

최근 보도에 의하면 연간 50여건의 화목보일러 화재 사고가 발생하고 있는데 주로 연통 부분이 과열되고, 과열된 연통의 열이 접촉된 가연물에 착화 되거

나 또는 연통 부분을 통해 불씨가 비산하여 발화하게 된다. 이는 모두 일시에 다량의 화목을 투입하거나, 화력을 조절하려고 급기를 줄이는 공기 제어에 의해 연통이 과열되어서 발생한다.

4) 불씨의 비산에 의한 화재

입구 주변에 쌓아둔 장작과 나뭇잎 등에 화목보일러 입구의 불씨가 비산하여 화재로 발전한다. 또한 화목보일러 과열 시 이를 진압하고자 아궁이 속의 장작을 꺼내는 순간 불씨가 바람에 날려 화재로 발전하기도 한다.

2-3-2. 화재발생 현황

국민안전처 국가화재정보시스템(NFDS)을 통하여 분석한 화목보일러의 연도별 화재 건수는 Fig. 2와 같이 2011년 35건, 2012년 57건, 2013년 57건, 2014년 74건, 2015년 75건으로 매년 증가하고 있는 추세이다.¹⁴⁾ 이는 도시가스가 설치되어 있지 않은 지역의 농어촌 귀농 인구의 증가에 따른 전원주택의 증가 및 화목보일러의 경제성으로 인한 사용량 증가로 인하여 사용건수에 비례하여 화재 발생 건수가 증가한 것으로 사료된다. 또한 화목보일러의 사용량 증가의 주요한 원인으로는 폐목재 및 폐품 등 가정에서의 각종 소각품 들이 화목보일러의 연료로 사용되기 때문이기도 하다. 화목보일러의 사용량 증가로 인한 화재 및 인명피해 현황은 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

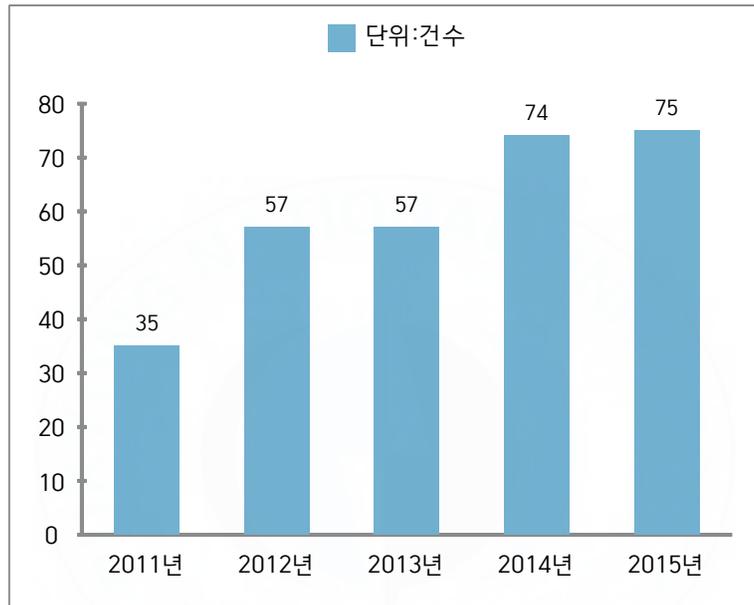


Fig. 2 The annual number of wood boiler fires from NFDS.

2-3-3. 인명피해 현황

국민안전처 국가화재정보시스템(NFDS)을 통하여 분석한 국내의 연도별 사망 및 부상자의 규모를 Fig. 3에 나타내었다. 화목보일러 화재로 인한 사망자는 2012년 1명이다. 그리고 부상자는 2011년 2명, 2012년 1명, 2013년 1명, 2014년 1명으로 조사되었다.¹⁴⁾ 사망 및 부상자의 발생 시간대를 보면 저녁 6시~밤 12시까지 부상 1명, 밤 12~새벽 6까지 사망 1명, 부상 4명으로 대부분의 인명피해는 수면 중에 발생되었으며, 사고를 대처할 수 없는 상황에서 발생한 것으로 조사되었다. 이는 화목보일러의 화재에 있어서는 예방이 무엇보다도 중요하며, 화재 발생 시 인명과 재산에 심각한 피해를 초래할 것으로 예상된다.

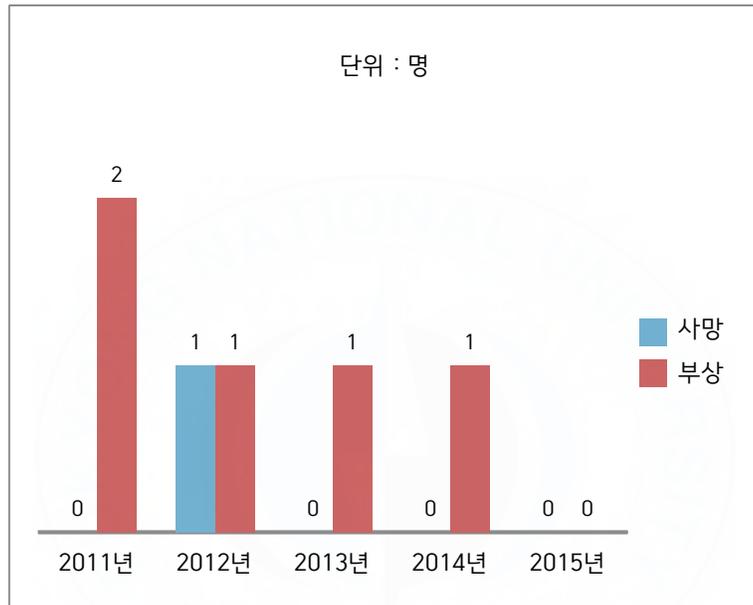


Fig. 3 The chronological change of human damage by the wood boiler.

2-4. 화목보일러 관련법 규정¹⁵⁾

에너지이용합리화법에서 규정하고 있는 특정열사용기자재 및 검사대상기기에 대하여 시·도지사로부터 한국산업표준(KS) 규격에 의한 제조검사를 규정하고 있다. 그러나 화목보일러는 검사대상 기기에 포함되지 않아 무자격에 의한 제조, 설치, 시공으로 사용자의 안전이 우려된다.

1) 열사용기자재의 정의

연료 및 열을 사용하는 기기, 축열식 전기 기기와 단열성 자재로 에너지이용합리화법 시행규칙에서 정하는 것으로 강철제 보일러 및 주철제 보일러, 소형 온수보일러, 구멍탄용 온수보일러, 축열식 전기보일러, 태양열 집열기 등이 해당된다.

2) 특정열사용기자재의 정의

열사용기자재 중 제조, 설치·시공 및 사용에서의 안전관리, 위해방지 또는 에너지 이용의 효율 관리가 특별히 필요하다고 인정되는 것으로서, 에너지이용합리화법 시행규칙의 강철제 보일러, 주철제 보일러, 소형 온수 보일러, 구공탄을 사용하는 온수 보일러, 축열식 전기보일러, 태양열 집열기 등이 해당된다.

3) 검사대상기기의 정의

특정열사용기자재 중 제조업자가 기기의 제조에 관하여 시·도지사의 검사를 받아야 하는 것으로 강철제 보일러, 주철제 보일러, 소형온수 보일러 등이 해당된다.



2-5. 화목보일러 화재사례 조사

2-5-1. 주택 화재사례 조사(A)

1) 화재개요

이 사고는 소유자가 1층에 설치한 화목보일러의 시험 가동을 위해 밤 11시경에 불을 피워놓고 2층에서 잠을 자던 중 새벽 2시경 이웃 주민의 “불이야” 하는 소리를 듣고 일어나 화재 사실을 인지하고 119에 신고한 사례이다.

2) 연소 확대 경로

Photo 1은 연통과 접하고 있는 합판에서 화재가 발생하여 상부로 진행된 탄화흔으로 고온의 연통과 천장 합판이 접점에 의해서 화재가 발생된 것으로 추정된다. Photo 2는 건축물 실내의 연통과 천장 합판에서 접점에 의해 발생한 화염은 강한 상승 기류를 타고 건축물의 외벽으로 연소 확대되었다. 이때 전이된 화염은 Photo 3에서와 같이 1층에서 2층으로 ‘V패턴’의 형태로 연소 확대되었다. Photo 4에서는 건물 외벽 마감재가 연소가 쉬운 합판으로 되어있어서, 내부의 화염이 외부의 가연성 물질들로 인해 2층 연소 확대된 것으로 추정되며, 소방대가 현장 도착하였을 때 건축물은 70 %가 전소하였으며, 인접 건물로 연소 확대 중이었다. 좌측 건축물 2동이 경미하게 부분 연소하였고, 건축물 뒤편 임야 35 m²가 소실되었다.



Photo 1 The firing pattern which combusted from top of the stovepipe.



Photo 2 The firing pattern combusted upper side along the external wall.



Photo 3 The firing pattern burned on the first floor to the second floor.



Photo 4 Figure of "v" firing patterns of house.

3) 화재원인 검토

① 방화 가능성

화재보험이 미 가입된 상태였기 때문에 경제적 이득을 위한 방화가능성은 배제하였다.

② 기계적 요인

소유자의 말에 의하면 화목보일러의 설치 및 시험 가동 시 “기계적 문제점은 없었다.” 고 하는 진술을 토대로 기계적 원인에 의한 화재 가능성은 배제하였다.

③ 설치시의 결함

소유자가 화목보일러를 설치하면서 연통과 가연물이 접촉되지 않도록 거리를 유지하고 설치하여야 하나 설치 매뉴얼의 미숙지로 인한 화목보일러의 부적절한 설치가 화재 원인임을 추정할 수 있다.

4) 발화지점 판정

화목보일러를 설치하면서 화재발생 가능성을 고려하지 않았고, 설치후 시험 가동하면서 주변의 가연물을 주시하지 않았던 점, 그리고 발화지점, 연소 확대 경로, 화재원인 검토를 통한 결과 연통에서 발생한 열이 전도나 복사에 의해 가연물로 착화된 화재로 추정된다.

2-5-2. 주택 화재사례 조사(B)

1) 화재개요

이 사고는 소유자가 저녁 9시경 화목보일러에 불을 넣어놓고 방안에서 취침 중 새벽 3시경 연기가 방안에 자욱하여 거실로 나와 보니 화목보일러 연통과 지붕이 접하는 서까래에서 화염을 발견 119에 신고한 사례이다.

2) 연소 확대 경로

Photo 5는 발화지점의 모습으로 소유자는 “연통과 지붕이 접하는 서까래 부분에서 화염이 보였다.” 고 진술하였다. 연통과 접하고 있는 서까래에서 화재가 발생, 상부로 진행된 탄화흔으로 서까래는 탄화되어 천장의 철판만 남아 있는 모습을 볼 수 있다. Photo 6은 서까래의 밀도가 높은 부분은 열에 의한 만곡현상이 심하게 나타난 상태로 양철판 지붕의 중심부에서 만곡현상이 심하게 나타나고, 가장자리 부분은 만곡현상이 약하게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 또한 지면이 아닌 천장부에서 발생한 화재로 벽 및 바닥 등은 상층부에 비해 비교적 온전한 모습을 확인할 수 있다. Photo 7은 소방대가 현장 도착 당시 화재 감쇠기의 사진으로 연소 낙하가 진행되고 있는 모습을 보여주고 있다. 소방대가 현장 도착 하였을 때 거주민 3명은 이미 밖으로 대피한 상태였으며 화염은 비화하여 산으로 연소 확대 중이었다. 화재 완전 진압 후 건축물은 80 %가 전소 하였으며, 건축물 우측 임야 300 m²가 소실되었다.



Photo 5 Combustion trace from folding part of stovepipe and roof.



Photo 6 Roof figure appears curvature phenomenon by heat.



Photo 7 Figure of peak period fire when fire brigade arrived.

3) 화재원인 검토

① 방화 가능성

화재보험이 미 가입된 상태였기 때문에 경제적 이득을 위한 방화가능성은 배제하였다.

② 기계적 요인

화목보일러에서 화재 원인을 추정할 기계적인 결함이 발견 되지 않았으므로 화재원인에서 배제하였다.

③ 설치시의 결함

화재발생 3일전 화목보일러 연통을 소유자가 교체하면서 연통과 서까래가 접촉한 상태로 설치하였으며, 제조사의 설치 매뉴얼을 준수하지 않았던 점으로 보아 화목보일러의 부적절한 설치가 화재의 원인임을 추정할 수 있다.

4) 발화지점 판정

소유자의 진술에 의하면 “화목보일러 상부의 연통과 지붕의 서까래에서 발화, 건축물 내·외부로 연소 확대되었다.”고 진술하는 점 그리고 발화지점, 연소 확대 경로, 화재원인 검토를 통한 결과 연통에서 발생한 열이 전도나 복사에 의해 가연물로 착화된 화재로 추정된다.

2-6. 소화 및 경보시설의 설치 필요성¹⁶⁻¹⁸⁾

본 연구의 화재조사 사례에서 화목보일러 사용자 가정에 소화 및 경보시설은 설치되어 있지 않았으며, 초기 화재 진압에도 실패하였다. 이에 화목보일러 사용자 가정에 설치 가능한 소화 및 경보시설에 관하여 고찰하도록 한다.

화재 시 소화의 역할을 수행하기 위해 설치되는 기기, 장치 및 용구를 소화설비라 하며, 양동이나 건조사 등도 소화설비에 포함된다. 소화기의 경우 무엇보다 가격이 저렴하고, Flashover 이전의 화재에 사용할 수 있다. 그러나 Flashover 이후의 화재에는 효용성이 급격히 저하되는 단점과 화재 진압중 사용자의 안전에 심각한 지장을 초래한다. 이에 비해 자동식소화설비인 스프링클러, 포소화설비등은 Flashover 이후의 화재를 유효하게 진압할 수 있는 능력과 연소 방지의 역할도 구비한 설비이나 설치비용이 고가인 문제점이 있다.

경보설비란 화재 발생 시 화재 신호를 자동 또는 수동으로 감지하여 건축물 내의 관계자에게 빛 또는 소리 등으로 통보하는 설비로 종류에는 가격이 저렴한 단독경보형감지기, 비상벨설비, 자동화재탐지설비, 자동화재속보설비가 있다. 자동화재탐지설비의 경우 감지능력은 우수하나 설치비용이 고가이고 경련 변화에 따른 오작동률이 높은 단점이 있다. 반면에 단독경보형감지기의 경우 가격이 저렴하고 수 개의 감지기를 연동하여 화목보일러 주변 및 구획된 실에 설치 시 우수한 화재 감지 및 경보 능력이 있을 것으로 사료된다.

3. 화재실험 및 현장평가

3-1. 실험목적

최근 몇 년 동안 화목보일러를 사용하는 가정의 수요가 증가함에 따라 화재 사고도 빈번하게 발생하고 있다. 주요한 화재 원인으로는 연통과 가연성 물질의 접촉으로 인한 열의 전도 및 복사에 의한 화재나 보일러 주변에 방치된 땀감이나 가연물에 불씨가 떨어져 화재가 발생하는 경우가 대부분이다. 본 연구에서는 연통 접촉면의 재료의 종류에 따라 접점에 의한 화재 발생 유·무를 확인하고, 그 결과를 바탕으로 화재 예방을 위한 올바른 연통의 설치 방법을 제안하고자 한다. 또한 현장 실태조사 및 설문조사를 바탕으로 화목보일러 사용자 가정의 설치 가능한 소방시설에 대해 확인하고자 한다.

3-2. 실험장치 및 조건

화목보일러의 가동 시 연통의 고온의 열이 샌드위치 패널 및 합판에 전달되어 접점에 의한 화재 발생 여부를 확인하기 위해 다음의 조건과 순서에 의해 진행하였다. 이 때 온도와 풍속을 제외한 실험장치, 실험 부자재 등은 실제 화목보일러 사용자 가정의 전수 조사를 통해 확인한 설치 환경과 유사한 조건에서 실험하였다.

- 1) 온도 13.2 °C 풍속 5.4 m/s의 조건에서 실시하였다. 이때 온도와 풍속의 측정은 3시간 동안 연소 실험 시작점과 끝점 측정값의 평균값으로 하였다.
- 2) LPG 가스통 20 kg 2기를 접합한 간이식 화목보일러를 사용하였다.
- 3) 직경 125 mm, 가로 1450 mm, 세로 1100 mm의 연통을 사용하였다.
- 4) 샌드위치 패널의 두께는 1250 mm인 것을 사용하였다.
- 5) 합판의 두께는 5 mm인 것을 사용하였다.
- 6) 연통과 패널 및 합판의 접합부는 10 mm 이격 후 결합하였다.
- 7) 땀감은 일반적으로 많이 사용하는 참나무 땀감을 사용하였다.
- 8) 연통의 화실에 연료를 가득 채운 후 연소시키고, 지속적으로 참나무를 투입 연소하였다.
- 9) 무염착화, 유염착화, 발화 과정의 시간을 측정하고 기록하였다.
- 10) 연통의 연소 시간은 3시간으로 하였다.



Photo 8 Fire test model of the wood boiler.

3-3. 현장평가

본 연구에서는 화목보일러 사용자 가정을 방문 현장평가 하였다. 현장평가 기간은 '16년 03월 11일부터 05월 30일까지 80일간 실시하였으며, 화목보일러 사용가정 75가구를 방문 현장 실태조사 및 설문조사 방식으로 실시하였다. 방문가구 75가구 중 55가구가 응답하여 응답률은 73.3 %를 나타내었다. 현장 실태조사 및 설문조사 시 응답자들의 특성이 고려자임을 고려하여 각종 사진, 모형, 자료를 이용하여 신뢰도 높은 현장평가가 이루어질 수 있도록 하였다.

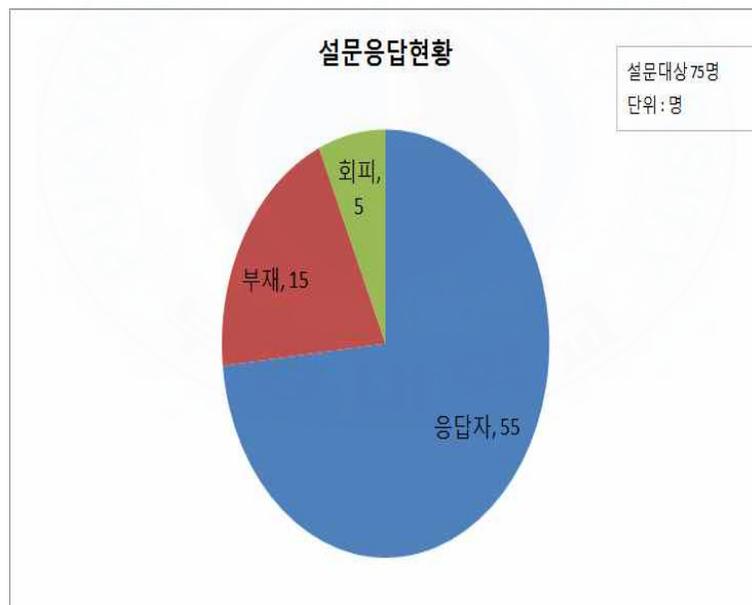


Fig. 4 Survey reply from wood boiler users.

3-3-1. 현장 실태조사

화목보일러 설치 가정의 화재 위험도 분석을 위해 6개의 항목으로 조사하였다.

- 1) 화목보일러 연통과 그 접촉부의 Firestop의 설치 여부?
- 2) 이중관 연통의 사용 여부?
- 3) 소화 및 경보시설의 설치 여부?
- 4) 연통과 벽면 또는 천장의 접촉면의 불연재료의 마감 여부?
- 5) 연통 관통부의 가연성 물질의 접촉 여부?
- 6) 화목보일러 설치 장소의 가연물의 존재 여부?

3-3-2. 설문조사

화목보일러 사용자의 의식 및 사용 특성을 분석하고자 6개의 항목으로 조사하였다. 설문의 응답자들이 고령임을 고려하여 각종 사진, 모형, 자료를 이용하여 신뢰도 높은 설문이 되도록 하였다.

- 1) 귀하의 나이는?
- 2) 소화 및 경보시설은 필요하다고 생각하는가?
- 3) 소화 및 경보시설이 필요하다면 적당한 소방시설은?
- 4) 화목보일러 연통은 화재 취약성이 있다고 생각하는가?
- 5) 화목보일러는 전문업체에서 설치하였는가?
- 6) 타고 남은 재는 완전 소각 후 배출하는가?

4. 결과 및 고찰

본 논문에서는 기존 화목보일러 화재의 문제점을 분석하기 위해 샌드위치 패널 및 합판을 이용한 모형으로 화재 실험을 실시하였다.

4-1. 샌드위치 패널의 화재실험

샌드위치 패널을 이용한 모형실험에서는 연통의 온도 상승으로 인한 열이 샌드위치 패널로 전달되어 Photo 9와 같이 1시간 후 샌드위치 패널의 스티로폼 부위가 연통의 열에 의해 녹는 모습이 관찰되었다. 그러나 Photo 10에서와 같이 3시간의 연소실험 결과 연통에서 샌드위치 패널로 전도, 복사된 열이 샌드위치 패널의 공기층으로 인해 축적되지 못하고 방열되어 화재로 발전하지는 않았다.



Photo 9 Styrofoam area are dissolved by the heat of the chimney.



Photo 10 Figure of stovepipe and contacting part is undeveloped to fire.

4-2. 합판의 화재실험

합판을 이용한 모형화재 실험에서는 연통에서 전달된 열이 합판으로 전달 및 축적 되어 50분 후 Photo 11과 같이 그을림 현상이 발생하였다. 그리고 2시간 3분 후 Photo 12와 같이 연통과 접촉하고 있는 합판에서 불꽃이 발생하여 화재로 진행되었다. 이 때 비접촉식 온도 측정계로 측정한 연통의 온도는 섭씨 350 °C로 측정되었다. 연통에서 합판으로 전도, 복사된 열이 공기 중으로 방열 되지 못하고 축적되어 발화 온도에 도달하여 화재로 진행된 것으로 사료된다.



Photo 11 Figure of plywood appears soot after 50 minute.



Photo 12 Figure of plywood changed to fire by flare after 123 minutes.

4-3. 현장평가

4-3-1. 현장 실태조사 결과

현장 실태조사 결과 Fig. 5에서와 같이 Firestop을 설치한 가구는 없었으며, 이중관 연통을 사용한 가구는 3가구였다. 소화시설 및 경보시설 중 1개 이상을 설치한 가구는 2가구였고, 연통과 벽, 천장의 접촉면을 불연재료로 마감한 가구는 2가구였다. 또한 연통의 관통부가 가연성 물질로 접촉되게 설치한 가구는 50가구였으며, 화목보일러 주변에 가연물이 존재한 경우는 33가구로서 대부분의 사용자 가정에서의 화목보일러의 설치 형태는 화재 발생 위험도가 높은 구조임을 확인할 수 있었다. 무엇보다도 기초 소방시설인 소화기 및 단독경보형감지기를 모두 설치한 가정은 없었다.

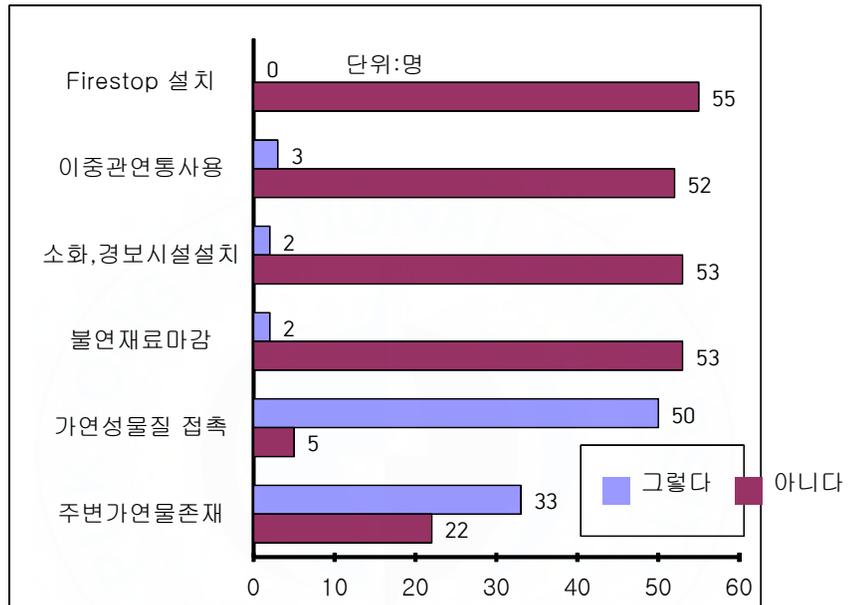


Fig. 5 Result of actual condition survey.

4-3-2. 설문조사 결과

본 연구의 설문조사 결과 Fig. 6에서와 같이 화목보일러의 사용자는 대부분 60대 이상의 고령층이었다. 그리고 소방시설의 필요성은 Fig. 7과 같이 대부분 인식하고 있었으며, 연통의 화재 취약성의 인식은 53가구로 대부분 연통을 화재의 발화 요인으로 인지하고 있었다. 또한 타고 남은 재는 모든 가구에서 완전 소각 후 배출하는 것으로 조사되었다. 하지만 절반의 가구에서 화목보일러의 무자격자에 의한 설치로 향후 유자격자에 의한 안전한 설치가 요구되었다. Fig. 8의 선호하는 소방시설은 경보설비에 있어서는 가격이 다소 고가인 비상벨설비 및 자동화재탐지설비 보다는 단독경보형감지기를 선호하였으며, 소화설비에 있어서는 스프링클러설비 및 포소화설비 보다는 소화기를 선택하였다. 이는 소화설비 및 경보설비의 효용성 보다는 다분히 가격적인 면의 선택이라 할 수 있겠다.

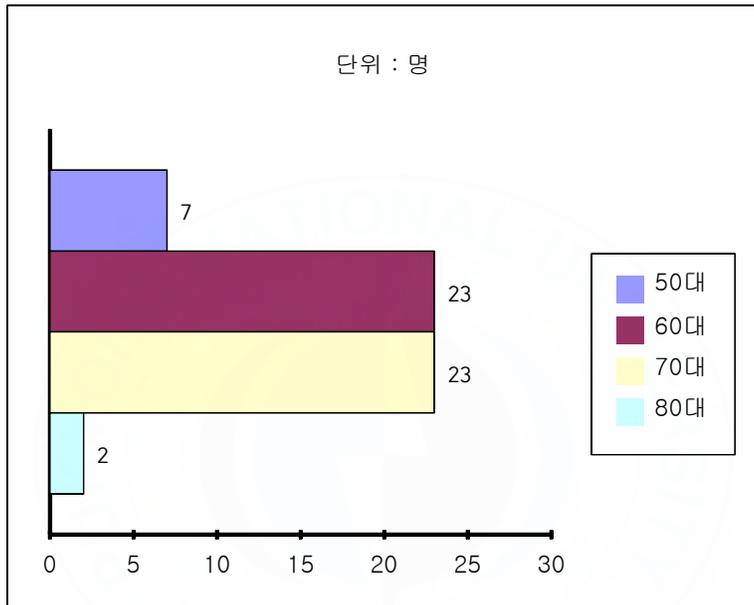


Fig. 6 Age statistics using wood boiler.

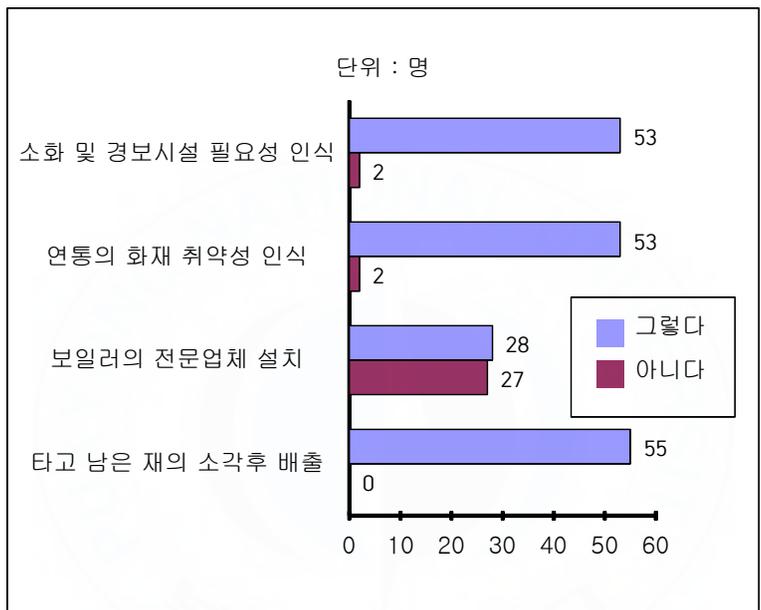


Fig. 7 Result of awareness survey.

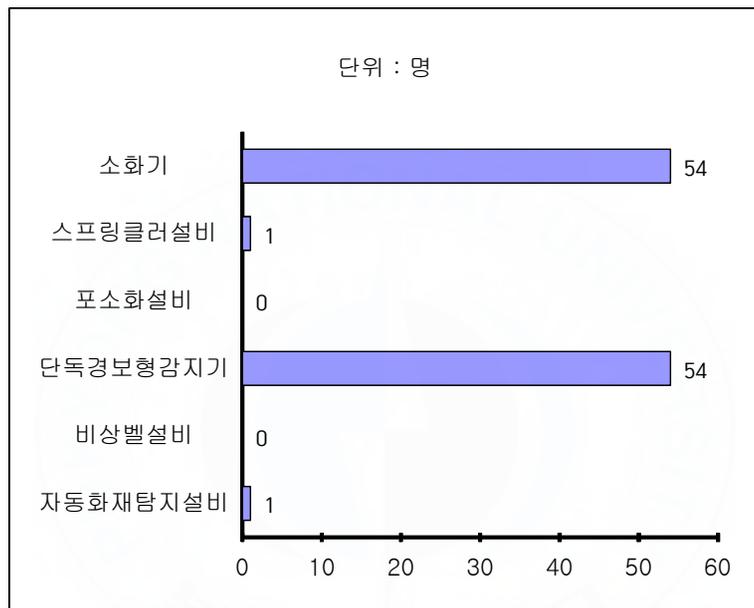


Fig. 8 Survey shows preference to fire-fighting facilities.

5. 결 론

본 연구는 기존 화목보일러 화재 사고의 문제점을 분석하기 위해 샌드위치 패널 및 합판을 이용한 모형으로 화재 실험을 실시하였다. 또한 화목보일러를 사용하는 가정의 현장실태를 조사한 결과, 화재 위험도가 높음을 확인할 수 있었으며, 설문조사 결과 선호하는 소방시설은 소화기 및 단독경보형 감지기임을 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 화목보일러의 안전한 사용을 위한 다음과 같은 해결책을 제안한다.

1) 3시간의 연소실험 결과 연통에서 샌드위치 패널로 전도, 복사된 열이 샌드위치 패널의 공기층으로 인해 축적되지 못하고 방열되어 화재로 진행되지 않았다.

2) 연소실험 2시간 3분 후 연통과 접촉하고 있는 합판에서 불꽃이 발생하여 화재로 진행되었다. 이 때 연통의 온도는 섭씨 350 °C로 측정되었다. 연통에서 합판으로 전도, 복사된 열이 공기 층으로 방열되지 못하고 축적되어 화재로 진행되었다.

3) 화목보일러의 연통과 벽 또는 천장의 접촉부는 불연 재료의 사용으

로 접점에 의한 화재를 예방하여야 한다.

4) 화목보일러 주변에는 소화기를 비치하고 단독경보형 감지기를 설치하여야 한다.

5) 현행법 체계 속에서의 화목보일러는 ‘에너지이용합리화법’의 검사대상기에 포함되지 않아 제조 시 안전관리 규제를 받지 않을 뿐만 아니라 설치 시에도 무자격자에 의한 부실시공이 만연하고 있다. 이에 관련 법률의 개정으로 사용자의 안전을 확보해야 한다.

참고문헌

- 1) 박형주, “복사열을 이용한 샌드위치 패널 심재의 연소특성 분석”, 한국화재소방학회 논문집, 제21권, 제4호, pp.25-31, 2007.
- 2) 김인범, “MDF합판의 방염 및 연소특성에 관한 연구”, 한국화학공학회 논문집, 제54권, 제1호, pp.256-260, 2014.
- 3) 서현정, 박정은, 손동원, “난연합판 제조 및 성능평가”, 대한건축학회춘계학술발표대회 논문집, 제36권, 제1호, pp.120-131, 2016.
- 4) 송기동, “발화원과 발화원인의 체계적 규명을 통한 화재조사 사례”, 한국과학수사학회 논문집, 제8권, 제3호, pp.197-224, 2014.
- 5) 이성룡, “화목보일러 화재 위험성 연구”, 한국화재소방학회 논문집, 제29권, 제3호, pp.38-42, 2015.
- 6) 홍석봉, 신흥수, 민대성, 곽맹걸, “화목보일러 화재위험성 연구”, 한국화재조사학회 논문집, pp.121-122, 2014.

- 7) 김윤희, “화목보일러 화재 폭발사고 방지를 위한 경사진 연료공급 장치고안”, 제27회 사단법인 한국화재조사학회지 춘계학술대회 논문집, pp.149-152, 2014.
- 8) 박찬일, “가정용 가스보일러 에너지소비효율 시험방법에 관한 연구”, 서울과학기술대학교 공학석사학위논문, 2013.
- 9) 정진도, 이은모, 류정인, “가정용 유류보일러의 열성능 향상에 관한 기초연구”, 한국에너지공학학회 논문집, 제4권, 제1호, pp.31-41, 1995.
- 10) 김형우, 오태석, “연탄보일러에서 전기보일러까지 50년”, 한국온돌난방시공협회, pp.64-66, 2000.
- 11) 김승래, 임병인, 김명규, “전기요금체계 개편의 소득재분배 효과”, 한국경제연구 학술지, 제33권, 제1호, pp.115-144, 2015.
- 12) 어승희, 오광철, 오재현, 김대현, “목재펠릿 연소시 발생하는 타르, 재, 클링커 생성 특성 분석 및 함수율 변화에 따른 목재펠릿보일러의 성능 연구”, 한국에너지공학학회 논문집, 제23권, 제3호, pp.217-218, 2014.

- 13) 귀뚜라미 보일러, “KF 35B형 화목보일러 사용 설명서”, p.3, 2016.
- 14) 국민안전처, “국가화재정보시스템(NFDS)”, 2016.
- 15) 에너지이용합리화법, “제39(검사기기대상의검사)조 제1항 및 동법 시행규칙 별표1, 별표3-2, 별표3-3”, 법제처, 2016.
- 16) 권순택, “핵심소방기술사”, 예문사, 2015.
- 17) 남상욱, “소방시설의 설계 및 시공”, 성안당, 2016.
- 18) 임성호, “주택화재로 인한 인명피해 감소방안 연구, 화재경보 및 소화시스템 중심으로”, 영남대학교 산업안전학과 석사학위논문, pp.10-71, 2012.

Study on Fire Risk of the Wood Boiler

Kyong-Jin Park

*Dept. of Fire Protection Engineering, Graduate School,
Pukyong National University.*

Abstract

In this study, we conduct fire experiment using model of sandwich panels and plywood to analyze the problem of existing wood boiler's fire accident. also, as a result of field research of wood boiler using household, we can confirm the high fire hazard and the preferred fire-fighting facilities are fire extinguisher and selfcontained type fire alarm device by the survey. based on them, we suggest these resolution for the safe use of wood boiler.

1) As a result of three hours combustion experiment, the transmitted heat from chimney to sandwich panel wasn't progress to fire because of the sandwich panel's air bound.

2) After 2 hours 3 minutes combustion experiment, the flame of plywood which contacted with chimney was head to fire. At this moment, the temperature of chimney was measured 350 degree celsius. The heat transmitted from chimney to plywood progress to the fire because it doesn't radiate the heat but accrued.

3) Wood boiler's connection of chimney and ceiling should be prevented fire from using incombustible material.

4) Keep selfcontained type fire alarm device and fire extinguisher around the wood boiler.

5) Wood boiler in current legal system didn't include to examination machine of the Energy Use Rationalization Act, not only refused the safety regulations for manufacturing step but also prevailed fraudulent construction by unqualified person. Through revising related laws, we should provide users safety through revising related laws.

감사의 글

사랑하는 어머니님! 비가 무척이나 많이 오던 그 날. 대학원 입학원서를 제출하고 투박투박 집으로 돌아가던 그 길에 당신과 함께 작은 소반에 맥주잔을 기울이던 시간이 엇그제 같은데 벌써 졸업을 즈음하였습니다. 돌이켜 생각해보면 가정事로 직장事로 힘들었던 그 시절 대학원 입학은 저의 인생에서 몇 안 되는 현명한 선택이었습니다. 인생의 어려운 해답은 象牙塔에서 찾으라 시던 당신의 말씀 깊이 되새기겠습니다.

어머니님! 저는 덕망 높으신 스승님들의 가르침 덕분에 2년 만에 졸업을 맞이하였습니다. 부족한 저를 아껴주시고 격려해주신 최재욱 지도교수님께 머리 숙여 감사드립니다. 처음 적는 논문이라 미흡한 저에게 아낌없는 조언을 해주신 최준호 교수님, 구민성 교수님, 이치영 교수님 진심으로 감사드립니다. 또한 수정 작업을 도와준 조카 연주, 일흔이 넘으신 연세에도 후학들을 위해 봉사하시는 삼촌 박규석 교수님, 친구 김종호 교수, 함께 학문을 탐구하던 여러 道伴님들 감사드립니다.

나의 어머니님! 당신의 말씀처럼 오늘의 밝음이 항상 긍정의 시그널이 아니요 지금의 어둠이 마냥 부정의 에너지가 아님을 잘 알기에 현실에 속박되지 않는 부단한 노력으로 지금의 편안함에 잠들지 않는 사람이 되겠습니다. 힘들 때나 행복할 때나 언제나 저의 곁에서 소리 없이 맴돌아 주시는 바람 같으신 당신, 당신 어머니님께 깊이 감사드립니다. 세월이 흘러 청중들로 가득 찬 조그마한 연단에 올라설 그날까지 하루하루 부단히 노력하겠습니다. 어머니님.