https://doi.org/10.21289/KSIC.2019.22.2.163


# 화목 연료 난방설비의 화재 위험 감소 방안에 관한 이론적 연구

## Study on the effective response method to reduce fire risk of wood fuel heating system

박경진[1], 이봉우[2], 이근출[3], 남기훈[4*]

Kyong-Jin Park[1], Bong-Woo Lee[2], Guen-Cull Lee[3], Ki-Hun Nam[4*]

〈Abstract〉

Recently, rural housing in urban areas has been increasing due to the improvement of income level. With the increase of the construction of the power house, the installation of the heating system using the harmonious fuel for the purpose of heating and the beauty of the room is increasing rapidly. In addition to the increasing use of firewood heating equipment, the incidence of fire is also increasing. Analysis of the National Fire Data System of the Fire Department The result of the analysis of the National Fire Data System Many parts of the fire are incinerated by the accumulation of tar due to the incompleteness of periodic cleaning inside the cylinder. The distance between the fire extinguisher and the combustible materials such as ceiling, Resulting in fire. In addition, it was found that much of the fire of the firewood heating system in the time zone occurs during the sleeping and resting time and there is not enough time for the residents to cope. This, in turn, causes serious harm to the lives and property of the users of the pyrotechnic heating system. Therefore, in this study, domestic and foreign standards and laws related to fuel oil heating facilities were analyzed and 12 cases of fire accidents were analyzed. Through the revision of the fire prevention and firefighting facilities installation and maintenance law, the installation standards of the alarm and fire extinguishing facilities were presented.

1 주저자, 인제대학교 재난관리학과 이학박사
E-mail: parkkyongjin14@hanmail.net
2 한국소방산업기술원 부장
3 경남소방본부 팀장
4* 교신저자, 창신대학교 소방방재공학과 교수
E-mail: nkh0712@gmail.com

1 Dept. of Disaster & Management, Inje University
2 Korea Fire Institute
3 Gyeong-nam Fire Department
4* Dept. of Fire & Disaster Prevention Engineering, Changshin University

*Keywords : The wood fuel heating system, Exhaust system, Chimney fire, NFPA 13D code, NFPA 211 code*

## 1. 서 론

최근 화석연료의 매장량 감소로 대체에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 대체에너지는 화석연료 에너지보다 친환경적이며, 공해유발 물질의 감소 등 많은 장점에도 불구하고 화재로부터 사용자의 안전을 충분히 담보하기 위한 제도적 뒷받침은 많이 부족한 실정이다.

이러한 대체에너지 중 화목 연료를 이용한 난방설비는 도심지 외곽의 전원주택지에서 난방을 위한 목적뿐만 아니라 실내의 미관을 동시에 겸한 용도로 많이 사용된다. 다른 난방시설에 비하여 비교적 설치가 간단하고 폐목재, 종이 부스러기, 넝마 등 일상생활에서 획득하기 쉬운 연소 재료의 사용으로 점차 그 수요가 늘어나는 추세이다.

이렇듯 화목 연료 난방설비의 사용량은 증가하고 있으나[1~2] 관련 법령은 그 내용이 사용자의 안전을 충분히 담보하기에는 많이 부족한 실정이다. 법령의 欠缺로 인한 화목 연료 난방설비의 문제점은 2가지로 분석된다.[3]

첫째 화목 연료 난방설비의 부실시공에 의해 발생하는 1차 손실인 화재이다. 둘째 부실 시공된 화목 연료 난방설비의 주택매매 후 발생하는 하자담보 책임인 2차 손실이다. 대표적인 사례로는 2010. 11. 19 **군에서 발생한 화재사례이다. 화목 연료 난방설비의 배기설비가 관통하는 1층 천정에서 저온발화 현상에 의해 1차 화재가 발생한 주택 소유자는 주택 매도 당시 매수인에게 화목 연료 난방설비의 화재와 관련된 하자를 알리지 않았고, 주택의 하자가 없다는 매도인의 말을 신뢰한 현 소유자가 화목 연료 난방설비를 사용 중 2013. 11. 18. 2층 천정의 배기설비가 관통하는 지점에서 저온발화 현상에 의한 2차 화재가 발생하여 하자담보책임에 기인한 민사소송을 제기한 사례이다. 이렇듯 화목 연료 난방설비의 제도적 不備에 의한 부실시공은 많은 경제적 정신적 손실을 준다.

이에 본 연구에서는 화목 연료 난방설비와 관련된 국·내외 법규 및 각종 화재사례를 분석하였다. 이를 바탕으로 점차 수요가 증가하고 있는 화목 연료 난방설비의 화재 예방 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 화목 연료 난방설비

화목 연료 난방설비는 연료의 자동 공급 방식인 기름보일러, 가스보일러와 달리 사용자가 직접 연소실에 연료를 투입하는 방식이어서 사용 중 부주의에 의한 화재 발생 가능성이 매우 높다.[4] 연료의 수동공급 방식인 화목 연료 난방설비는 화목보일러와 화목난로로 구분할 수 있다.(Table. 1)

Table 1. Comparison of a wood stove and a wood boiler

| Division | Wood Fireplace | Wood Boiler |
|---|---|---|
| Heating method | Radiant heat | Hot water pipe |
| Installation | A short time | Long time |
| Move | Mobile type | Fixed type |
| Cost | Cheap | Expensive |
| Upkeep expenses | Cheap | Expensive |
| Diversity | Heating | Heating and bath |

## 2.2 배기설비

국내에서 생산되고 있는 배기설비는 알루미늄, 함석, 함석 스파이럴, 스테인리스의 4종류이다. 알루미늄 배기설비는 용융점이 낮아 화목 연료 난방설비의 배기설비로 적합하지 않으며 함석 배기설비는 자동화에 의한 대량 생산이 불가능하여 사용되지 않고 있다. 시중에서는 함석을 여러 겹 압축하여 만든 함석 스파이럴 배기설비와 스테인리스 배기설비가 많이 사용된다.

(a) (b)

Fig. 1 (a) Spiral exhaust system (b) Stainless steel exhaust system

2018년 01월 01일~03월 28일의 기간 동안 화목 연료 난방설비를 사용하는 82가구의 현장 조사 결과 함석 스파이럴 배기설비를 사용하는 가구 74곳 스테인리스 배기설비를 사용하는 가구 8곳으로 조사되었으며 함석 스파이럴 배기설비의 사용량이 높은 이유는 스테인리스 배기설비보다 가격이 약 1/4로 교체에 따른 가격부담이 적다는 점으로 분석되었다.(Table. 2)

Table 2. Spiral exhaust system and Stainless steel exhaust system compare

| Division | Spiral exhaust system | Stainless steel exhaust system |
|---|---|---|
| Used furniture | 74 | 8 |
| Price | Cheap | Expensive |
| Chief ingredient | Fe | Cr, Ni |
| Corrosion resistance | weakness | Strong |

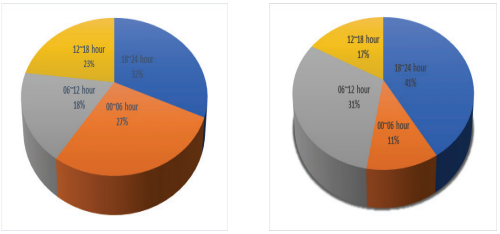
## 2.3 국·내외 화재 통계

Table 3.은 국가화재 정보시스템을 통하여 분석한 화목 연료를 사용하는 난방설비의 최근 5년간 화재 현황을 나타내었다. 분석 결과 2013년 805건, 2014년 892건, 2015년 900건, 2016년 967건, 2017년 999건으로 매년 화재 발생 빈도가 증가하고 있다. 또한 2013년 사망 3명, 부상 11명, 2014년 사망 1명, 부상 18명, 2015년 사망 1명, 부상 20명, 2016년 사망 1명, 부상 18명, 2017년 사망 3명, 부상 19명으로 희생자가 발생하였다. 향후 귀농 인구 및 전원주택 단지의 증가로 화목 연료를 사용하는 난방 설비의 수요는 급격히 증가할 것으로 예상되며 인명 및 재산피해 또한 증가할 것이다.

Table 3. Fire statistics for the last 5 years

| Division | Wood boiler | Wood stove | Exhaust system | Dead | injury |
|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 419 | | | 2 | 8 |
| | | 203 | | 1 | 5 |
| | | | 377 | | 6 |
| 2016 | 368 | | | | 9 |
| | | 203 | | | 5 |
| | | | 396 | 1 | 4 |
| 2015 | 430 | | | | 5 |
| | | 142 | | 1 | 5 |
| | | | 328 | | 10 |
| 2014 | 460 | | | | 5 |
| | | 122 | | | 9 |
| | | | 310 | 1 | 4 |
| 2013 | 411 | | | 2 | 2 |
| | | 109 | | 1 | 6 |
| | | | 285 | | 3 |

NFPA(National Fire Protection Association)의 조사보고서 “Home Fires Involving Heating Equipment”에 의하면 2011년에서 2015년 동안 화목 연료를 사용하는 난방설비의 화재 발생 시간은 18시~24시 32%, 00시~06시 27%, 06시~12시 18%, 12시~18시 23%로 조사되었다. 전체 화재의 50% 이상이 화재 취약 시간대인 일몰 이후 휴식 및 수면 상태의 대처할 수 없는 상황에서 발생한 것으로 조사되었다. 인명피해 또한 화재 취약 시간대에 많은 희생자를 발생시켰다. 이는 결국 화목 연료 난방설비 화재는 예방이 무엇보다도 중요하며 화재 발생 시 충분한 대처가 불가능하여 많은 인명과 재산의 피해를 초래함을 나타낸다.




(a) (b)

Fig. 2 (a) By time fire occurrence statistics (b) By time person damage statistics

## 2.4 화재 원인 분석

2014년 소방청의 발표 자료에 의하면 화목 연료 난방설비에 의한 화재 원인은 첫째 불티 흩날림 및 화염에 의한 가연물로의 착화, 둘째 보일러 및 배기설비 과열에 의한 천장 등 가연물로의 착화, 셋째 잔재처리 부주의에 의한 화재로 분석하고 있다.[7] NFPA 211 Code(Standard for Chimneys, Fireplaces, Vents, and Solid Fuel-Burning Appliances)에서는 첫째 과잉연소에 의한 난방기 및 배기설비의 과열에 의한 화재, 둘째 배기설비와 가연성 물질과의 이격거리 부적정에 의한 화재, 셋째 배기설비 내부 Tar 축적에 의한 화재로 기술하고 있다.[8] 그리고 일본 화목 난방기사이트(Flame Watchers)에서는 첫째 화목 난방기 본체에서 나오는 열에 의한 화재, 둘째 배기설비에서 나오는 열에 의한 화재, 셋째 배기설비 내부에 축적된 Tar에 의한 화재로 규정하고 있다.[9]

소방청, NFPA 211 Code, Flame Watchers의 화재 원인 분석 결과 화목 연료 난방설비 및 배기설비와 가연물 간의 이격거리 부적정에 의한 화재 및 배기설비 내부의 주기적인 청소 미시행으로 인한 화재로 요약할 수 있다.

## 3. 국·내외 법규

### 3.1 국내 법규

국내의 화목 연료 난방설비의 설치와 관련된 주요 법령은 소방기본법, 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙, 소방시설 설치 유지에 관한 법률이 있다. 소방기본법은 화목 연료 난방설비의 배기설비는 천장으로부터 0.6m 이상 이격하고, 건물 밖으로 0.6m 이상 나오게 설치하여야 하며, 가연성 벽·바닥·천장과 접촉하는 배기설비는 규조토·석면 등 난연성 단열재로 덮어씌우도록 하고 있다.

건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙은 배기설비의 옥상 돌출부는 지붕면으로 부터 수직거리 1m 이상 이격하여야 하고 배기설비의 상단으로부터 수평거리 1m 이내에 다른 건축물이 있는 경우 그 건축물의 처마보다 1m 이상 높게 설치할 것을 규정하고 있다. 또한 건축물의 지붕속·반자 위·가장 아랫바닥 밑에 있는 금속제 배기설비는 금속제 외의 불연재료로 마감하여야 하며 목재 기타 가연 재료로부터 15cm 이상 이격하여 설치할 것을 규정하고 있다.

소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률은 화목 연료 난방설비가 설치된 장소에 소방 및 경보설비의 설치와 관련된 구체적인 기준을 제시하고 있지 않다. 이는 화목 연료 난방설비 화재 발생 시간대가 재실자의 충분한 대처가 불가능한 화재 취약 시간대임을 고려할 때 심각한 문제이다.

### 3.2 국외 법규

NFPA 211 code에서는 화목 연료 난방설비는 가연물로부터 모든 방향에 있어 최소한 36 Inches 이격 하여야 하고 가연성 벽의 경우 복사열에 의한 화재 예방을 위해 벽보호기를 사용하여야 하며 벽보호기는 화목 연료 난방설비와 12 Inches 이상 이격할 것을 규정하고 있다. 또한 나무, 카펫, 리놀륨, 그 밖의 다른 가연물로 덮여있는 마루는 열이 뿜어져 나오는 기기에서 불꽃이 튀거나 화염이 옮겨 붙는 것을 보호하기 위해, 전, 후, 좌, 우, 바닥에 마루 보호기를 반드시 깔아야 한다. 그리고 배기설비의 설치 시 불연재료가 아닌 벽과 천장은 배기설비로부터 최소한 18 Inches의 여유 공간이 필요하며 배기설비는 나사에 의해 철저히 조여져야 하며 주름진 파이프의 끝이 적절히 들어가도록 해야 한다. 배기설비는 Tar의 생성을 방지하기 위해 정기적으로 점검을 하여야 하며 Tar가 1/4 Inches 이상 쌓이기 전에 청소하여야 한다고 명시하고 있다.

한편 1975년 미국 화재 방화협회(National Fire Protection Association)에서는 NFPA 13D code (Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One and Two Family Dwellings and Manufactured Homes)[10] 를 제정하여 소규모 주택에도 스프링클러 설비의 설치를 의무화하였다. 설계자는 규격 방식이 아닌 주택의 화재 위험도를 고려하여 위험 등급을 Light, Ordinary, Extra hazard의 3종류의 Group으로 분류 위험 등급에 따른 방수 면적 및 방수 밀도를 설계·시공함으로써 화재를 조기에 진압·제어할 수 있도록 소방시설을 설치하고 있다.

## 4. 화재 사례

Table 4.는 국가화재정보시스템에서 분석한 주요한 화재 사례를 나타내었다. 화재 사례 중 최근 5년간 화목 연료 난방설비의 배기설비를 원인으로

Table 4. Major fire cases about exhaust system

| Date | Place | Cause | Ignition point | Exhaust system |
|---|---|---|---|---|
| 2018.01.20. | Green house | Overheat exhaust system overheat | Around perpendicular exhaust system | Steel spiral |
| 2018.01.18. | Boiler room | Overheat exhaust system overheat | penetration point of Indoor / outdoor | Steel spiral |
| 2017.12.19. | Store | Tar | Interior in horizontal exhaust system | Steel spiral |
| 2017.12.18. | Private house | Overheat exhaust system overheat | Upper of exhaust system | Steel spiral |
| 2017.12.08. | Private house | Exhaust system collapse | penetration point of Indoor / outdoor | Steel spiral |
| 2017.12.05. | Green house | Tar | Outdoor horizontal exhaust system | Steel spiral |
| 2017.06.21. | Store | Tar | Interior in horizontal exhaust system | Steel spiral |
| 2017.02.27. | Private house | Overheat exhaust system overheat | penetration point of Indoor / outdoor | Steel spiral |
| 2017.01.18 | Store | Overheat exhaust system overheat | Outdoor horizontal exhaust system | Steel spiral |
| 2017.01.01. | Private house | Tar | Interior in horizontal exhaust system | Steel spiral |

발생한 화재는 전제의 50%를 차지하고 있다.

### 4.1 배기 설비와 천장의 이격거리 준수 소홀에 의한 화재

2018년 3월 26일 22시경 **시 **면에서 화목 연료 난방설비가 설치된 주택에서 화재가 발생하였다. 화재조사 보고서에 의하면 목격자는 주택 난방을 위해 21:10분경 화목 연료 난방설비에 땔감을 넣었으며 22:00시경 취침 중 문틈으로 연기가 새어 들어오는 것을 목격하고 119에 신고하였다. 소방대 도착 당시 화염은 천장 부분에 집중적으로 발생하였으며 소방대는 인접 건물로의 연소 확대 방지에 주력 30여 분 만에 화재를 완전히 진압하였다. 발화 원인 분석 결과 화목 연료 난방설비 부근에 연소재료 및 가연물이 발견되지 않은 점, 주위에 전기적인 설비가 목격되지 않는 점, 배기설비와 천장 목재 마감의 거리가 10cm인 점, 함석 스파이럴 배기설비를 3년 동안 교체 없이 계속 사용하고 있다는 관계자의 진술 등을 근거로 화재 원인을 배기설비와 천장의 이격거리 준수 소홀에 의한 배기설비에서 천장으로의 열전달에 의한 화재로 결론지었다. 이러한 화재는 배기설비의 설치 기준이 미비한 법령의 불비(不備)에 의한 화재이다. 법령의 불비는 배기설비 주변의 가연물로의 열전달에 의한 많은 화재를 초래한다.

(a) (b)

Fig. 3 (a) View of the building and installation of exhaust system on roof (b) Charred ceiling by radiant heat

(a) (b)

Fig. 4 (a) Wood stove in a fire place (b) Charred exhaust system

### 4.2 배기설비 내부 Tar 축적에 의한 화재

2018년 1월 12일 17시 30분경 **시에서 화목 연료 난방설비의 배기설비 내부에서 화재가 발생하였다. 화재조사 보고서에 의하면 관계자는 주택 난방을 위해 15:10분경 화목 연료 난방설비에 땔감을 넣었으며 17:30분경 배기설비 내부에서 탁탁하는 소리를 듣고 확인해보니 배기설비가 벌겋게 달아올라 119에 신고하였다. 화재는 인접 건축물로 연소 확대되지 않았고 출동한 소방대에 의해 즉시 진화되었다. 발화 원인 분석 결과 함석 스파이럴 배기설비를 5년째 사용 중이며 설치 이후 한 번도 내부 청소하지 않은 점, 잘 건조된 연소재료를 사용하지 않고 주위의 폐목재 혹은 쓰레기 등을 연소재료로 사용하고 있는 점, 배기설비 내·외부가 열에 의해 심하게 탄화되었고 화목 연료 난방설비는 화재에 의한 소훼 흔이 없는 점을 근거로 화재 원인을 배기설비 내부 Tar 축적에 의한 'Chimney fire'로 결론지었다. 'Chimney fire'는 배기설비 내부 청소 기준이 없는 법령의 불비(不備)에 의한 화재로 화재 발생 사실의 인지가 늦어 많은 생명과 재산의 손실을 초래한다.

### 4.3 배기설비 실내·외 관통부 저온발화에 의한 화재

2017년 12월 25일 17시 20분 **군에서 화목 연료 난방설비의 배기설비 실내·외 관통부에서 화재가 발생하였다. 화재조사 보고서에 의하면 관계자는 한파로 화재 발생 3일 전부터 화목 연료 난방설비를 24시간 가동 중이었으며 화재 발생 당시에는 외출하여 주택을 비운 상태였다. 화재는 배기설비 실내·외 관통부에서 연기의 발생 사실을 목격한 이웃 주민에 의해 119에 신고되었다. 인근 소방대가 현장에 도착하였을 때 1층 지붕은 전소 상태였으며 소방대는 2층으로 연소 확대 방지에 주력 화재를 완전히 진압하였다. 발화 원인 분석 결과 화목 연료 난방설비를 설치한 지 5년이 지난 점, 1층 천장의 배기설비 실내·외 관통부가 목재로 마감된 점, 화재에 의한 건축물의 훼손 정도가 천장 부분에서 심하게 나타난 점, 목격자의 진술에 의하면 천장에서 처음 연기를 목격한 점등을 근거로 화재 원인을 배기설비 실내·외 관통부의 저온 발화에 의한 화재로 결론지었다. 저온 발화에 의한 화재는 배기설비 실내외 관통부 가연물의 장기 열 축적에 의한 화재로 화목 연료 난방설비의 설치 시 관계 기관의 철저한 지도와 감독이 필요하다.

(a) (b)

Fig. 5 (a) The indoor and outdoor contact parts of the carbonized exhaust system (b) Carbonized ceiling

## 5. 고찰 및 결론

최근 인류에게 오랫동안 많이 사용되어온 화석 연료의 환경 파괴로 신재생에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 그중 각 가정에서 쉽게 구입할 수 있고 설치가 간편한 화목 연료 난방 설비가 농·어촌 지역에서 많이 사용된다. 그러나 지자체에서는 화목 연료를 사용하는 난방 가구의 통계조차 파악하고 있지 못하는 실정이다. 또한 법령은 설치 및 사용과 관련된 안전을 충분히 보장하기에는 많이 미흡하여 사용자의 심각한 위해가 예상된다.

이에 본 연구에서는 화목 연료를 사용하는 난방설비의 특성, 화재 사례 및 국·내외 기준을 분석하였다. 이를 바탕으로 화재 예방 및 대응 방안을 다음과 같이 제시한다.

영국 소방청에서는 배기설비 내부에서 생성되는 Tar에 의한 화재를 예방하기 위하여 겨울에는 3회 기타 계절에는 1회 이상 청소를 할 것을 제시하고 있다. Tar는 배기설비 내·외부의 온도 차이에 의해 발생하는 응축수에 미연소 분진들이 결합해 생성되는 물질로 매우 끈끈하며 고온의 열을 발생하는 특징이 있다. 배기설비 내부에서 발생하는 화재 현상을 'Chimney fire'라 하며 국내에서는 'Chimney fire'를 예방하기 위한 청소 기준이 없다. 향후 이에 대한 기준의 제정이 시급하다.

또한 화목 연료 난방설비의 설치장소에 소화기 및 단독경보형 감지기 또는 주거용 간이 스프링클러 설비의 설치에 관한 기준을 법제화를 해야 한다. 대부분의 화목 연료 난방설비의 화재는 화재 발생 사실의 인지가 늦은 한밤중 또는 새벽 시간대에 발생하는 관계로 경보시스템을 통한 화재 발생 사실의 빠른 인지가 무엇보다 중요하다. 그리고 화재의 규모에 비해 필요 방수 밀도(Required Delivered Density)가 매우 크기 때문에 자동 소화 시스템의 법제화가 무엇보다 중요하다.

## 참고문헌

[1] Sung-Ryong Lee, An Experimental Study on the Fire Risk of a Firewood Boiler, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 29, No. 3, pp.37-42, 2015.

[2] Sa-Ryang Kim. Jong-Suk Lee, The Development and Performance Test of a Small Wood Boiler, Fire Investigation Society of Korea, Vol. 26, No. 3, pp.491-497, 2002.

[3] Doo-Sik Ok. Choong-Hui Park. Young-Ki Lee. Doo-Sun Lee. Sun-Koan Yang Hyung-Hu Kang, An Experimental Study on the due responsibility the fire in suburban houses, Fire Investigation Society of Korea, Vol. 6, No. 4, pp. 79-95, 2016.

[4] Sa-Ryang Kim Jong-Suk Lee, The Development and Performance Test of a Small Wood Boiler, The Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. B, No. 26(3), pp. 491-497, 2002.

[5] Korea National Fire Agency, "National Fire Data System", http://www.nfds.go.kr/, 2018. Aug.

[6] National Fire Protection Association, "Home Fires Involving Heating Equipment ", NFPA, 2017, http://www.nfpa.org/, 2018.

[7] All Rights Reserved, "A Study on the Development of the Safety Management System for Firewood Boiler ", Vol. 1, No. 1, pp. 142, 2014.
[8] National Fire Protection Association, "Standard for Chimneys, Fireplaces, Vents, and Solid Fuel-Burning Appliances", NFPA, 2018.
[9] Flame Watchers, "Firewood by wood stove expert Tobu installation know-how commentary", http://flamewatchers.com/, 2018.
[10] National Fire Protection Association, "Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes", 2018.

(접수: 2018.11.08. 수정: 2019.02.22. 게재확정: 2019.03.08.)