

# 전기다리미의 발화원인 판정에 관한 현상학적 고찰

문용수\* · 공하성\*\* · 이종화\*\*

\*서울시립대학교 대학원 재난과학과 · \*\*청운대학교 건축설비소방학과

## A Phenomenological Review on the Decision on the Cause of Ignition of Electric Iron

Yong Soo Mun\* · Ha-Sung Kong\*\* · Jong-Hwa Lee\*\*

\*Dept. of Disaster Science, The Graduate Course University of Seoul

\*\*Dept. of Building Equipment & Fire Protection System, Chungwoon University

### Abstract

This study set three kinds of situation and observed the various states such as carbonization by experimenting damages by fire of electric iron.

The results of this study are as follows: The fire did not occurred when the unpowered iron over mattress and cotton shirts was combusted completely by external flame because the temperature of surface of soleplate and mattress did not reach the minimum ignition energy and when the powered electric iron over mattress and cotton shirts was left for an hour with its temperature dial set to high because the temperature of combustibles did not reach the minimum ignition energy. The fire occurred when the electric iron in which the outer box, bi-metal switch, and temperature fuse were removed over mattress and cotton shirts was powered by through heater terminal, and then the electric iron, mattress, and cotton shirts were combusted by the fallen combustibles because the temperature of combustibles reached to the minimum ignition energy with the help of active transfer of heat.

Keywords : Damage by fire, Carbonization, Electric iron, Minimum ignition energy

### 1. 서론

최근 많은 인명과 재산 피해를 일으키는 전기화재는 매년 높은 비중을 차지하고 있어서 전기화재를 감소시키기 위해 신뢰할 수 있는 원인 분석과 규명이 필요하다. 일선 소방관서에서 작성하고 있는 화재발생 종합보고서상의 화재 분석을 보면 원인 분석이 어려운 화재를 일반적으로 전기화재로 추정하고 있는 실정이다. 따라서 전체 화재 중 전기화재를 조사하고, 원인 규명을 한다는 것은 큰 의미를 갖는 과정이며, 전기화재 분석상의 문제를 해결하기 위해서는 전기를 사용하면서 발생할 수 있는 재난에 대한 과학적이고 체계적인 조사

를 통하여 많은 기술축적과 함께 예방 노력을 지속적으로 연구해야 한다.[6][4]

따라서 본 연구에서는 전기다리미의 발화원인 판정에 따른 기본이론을 정립한 후 전기다리미의 소훼흔 실험을 통한 화재규명과 원인분석을 함으로써 전기화재 감식기술의 향상에 이바지 하고자 한다.

### 2. 전기다리미의 발화원 판정에 따른 이론

전기다리미는 자체가 대부분 불연재료로 되어 있으며 또한 온도 조절장치가 내장되어 있다. 따라서 전원을 연결한 상태에서 장시간 방치하여도 발화되지 않는다.

† 교신저자: 공하성, 충남 홍성군 홍성읍 산 29번지 청운대학교 건축설비소방학과

Tel: 041-630-3300, E-mail: fire@chungwoon.ac.kr

2009년 1월 접수; 2009년 3월 수정본 접수; 2009년 3월 게재확정

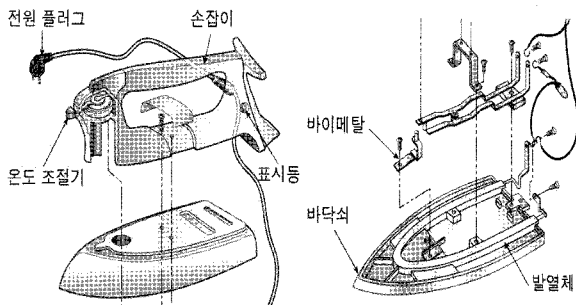
전기다리미에서 발화되는 경우에는 가연물이 접촉된 상태에서 방치하는 경우이며, 이때 발화부의 연소형태는 무염착화 상태가 된다.

전기다리미에서 가연물이 접촉되어 발화된 경우 나타나는 특징은 다리미 자체가 금속이므로 붉은색으로 부식되며, 고온 상태인 열판에 가연물이 접촉되어 연소된 상태가 된다. 이는 고온물체에 가연물이 접촉되는 경우 합성수가 용융·부착되어 탄화되고 진화 후에도 그 잔해나 형태는 남게 되며, 천연섬유가 부착되는 경우 완전 회색으로 변하고 열판부분이 비교적 흰색을 띠게 된다. 발열중이 아닌 냉각된 다리미에 연소중인 가연물이 낙하되어 연소된 경우에는 접촉된 부분에 연소되지 않은 가연물이 부착되어 있거나 완전연소 되었다 하더라도 접촉흔적이나 접촉가연물의 잔해가 남아 있지 않게 된다. 다리미 자체는 모두 불연재료로 되어 있기 때문에 직접적인 증거, 즉 전원 코드 단락, 내부 단자부분 등에서의 불완전 접촉 발열에 의한 용융흔이 식별되지 않으므로 연소된 자체만으로 출화 여부 판정은 어렵기 때문에 현장상황을 고려하여 종합적인 판단이 요구된다.[3]

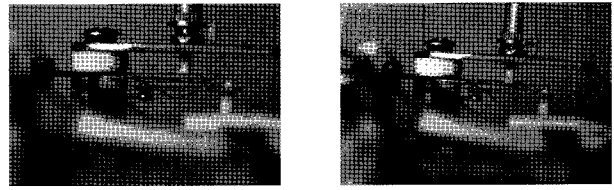
### 3. 전기다리미의 소훼흔 실험

#### 3.1 전기다리미의 구조 및 작동원리

<그림 1>은 전기다리미의 대표적인 구조를 나타내고 있다. 전기다리미의 외부 작동은 전원플러그를 콘센트에 연결한 후 온도조절용 회전식 스위치를 돌리면 내부에 팽창계수가 다른 금속을 서로 붙여서 제작된 바이메탈의 접점이 <그림 2(a)>의 켜짐에서 <그림 2(b)>와 같이 꺼짐으로 되었다가, 적정 온도 이상이 상승하면 어느 한쪽으로 휘어지게 되어 꺼짐과 켜짐을 반복하게 된다. 또한 <그림 3>과 같이 발열판에 온도퓨즈가 설치되어 있어서 규정값 이상의 온도상승시 용단되어 다리미가 과열되는 것을 방지하도록 되어있다.



<그림 1> 전기다리미의 구조[7]



(a) 켜짐 상태

(b) 꺼짐 상태

<그림 2> 바이메탈의 작동상태

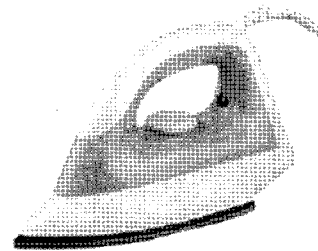


<그림 3> 발열판에 설치된 온도퓨즈

#### 3.2 실험 방법

실험용 전기다리미는 <그림 4>와 같은 일반가정 주택에서 흔히 사용되는 제품으로 선정하였다.

제품의 정상적인 작동 여부를 위해 전원 인가 후 온도조절 다이얼을 고온으로 설정하여 비접촉식 온도계로 발열판을 측정하였더니 <그림 5(a)>의 고온에서 최저점과 <그림 5(b)>의 고온에서 최고온도를 확인함으로써 온도범위와 바이메탈의 온도에 따른 작동유무를 확인하였다.



<그림 4> 일반가정 주택에 흔히 사용되는 전기다리미[8]

<표 1> 실험용 전기다리미의 제원

구분	제원
제품명	듀-프렉스 전기다리미
모델명	DP-702[N]
정격전원	220[V], 60[Hz]
소비전력	1,000[W]
온도퓨즈	250[°C], 250[V], 10[A]



(a) 온도 조절다이얼 고온에서 최저온도 191°C로 측정됨



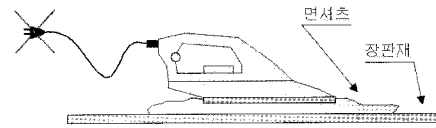
(b) 온도 조절다이얼 고온에서 최고온도 227°C로 측정됨  
 <그림 5> 제품의 정상적인 작동여부를 위한 발열판의 온도측정

3.3 실험 가설 설정

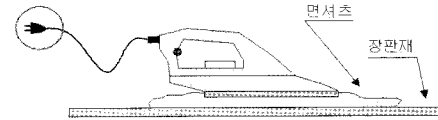
실험의 가설은 발화원 판정에 따른 이론을 바탕으로 조건별 소취 실험을 통한 탄화 상태 등을 관찰하기 위하여 외부적요인(외부화염)과 내부적요인(다리미의 기계적인 변형상태)으로 분류한 후 <표 2>와 같이 3가지 상황을 설정하였고, 상황설정에 따른 실험 구성도를 <그림 6(a)>~<그림 6(c)>로 나타내었다.

<표 2> 발화원 판정에 따른 이론을 고려한 가설 설정

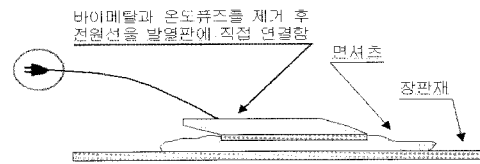
구분	내용	비고
A조건	장판과 면서츠 위에 전원을 인가하지 않은 전기다리미를 놓고 외부 화염으로 완전 연소시킴.	외부적 요인에만 적용
B조건	장판과 면서츠 위에 전원을 인가하여 온도조절 다이얼을 켜짐(고온)위치에서 1시간 동안 방치함	내부적 요인에만 적용
C조건	장판과 면서츠 위에 전기다리미의 외함 케이스와 바이메탈 스위치, 온도퓨즈를 제거한 후 히터 단자에 전원을 차단, 종이류 가연물(두루마리 휴지)을 다리미 상단에서 낙하시켜 A조건과 같이 충분히 다리미와 면서츠, 장판재를 연소시킴	외부적요인과 내부적 요인 모두 적용



(a) A조건



(b) B조건



(c) C조건

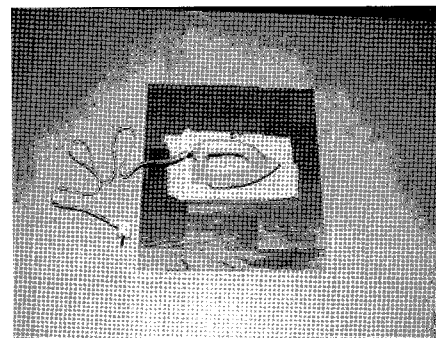
<그림 6> 실험구성도

3.4 실험 결과

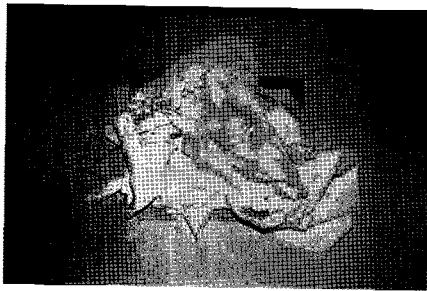
3.4.1 A조건

외부적인 요인에 의해 탄화된 상태를 확인하기 위하여 <그림 7(a)>와 같이 전원을 접속하지 않은 상태에서 <그림 7(b)>와 같이 가연물(두루마리 휴지)을 접촉시키면 <그림 7(c)>와 같이 착화되어 <그림 7(d)>와 같이 가연물이 완전 소취 될 때까지 관찰하였다.

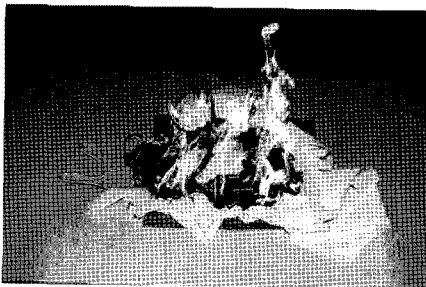
일정시간이 지난 후 열원이 없음을 확인한 후 가연물이 소취 될 때 생성된 잔류물을 <그림 7(e)>와 같이 제거하였고, <그림 7(f)>와 같이 다리미를 화살표 방향으로 이동한 후 다리미의 발열판이 밀착되었던 부위의 면서츠를 <그림 7(g)>와 같이 분리한 후 확인한 결과 밀착된 부분의 장판재가 <그림 7(h)>와 같이 원래 상태로 보존됨을 확인하였다.



(a) 실험전의 상태



(b) 가연물을 접촉시킨 상태



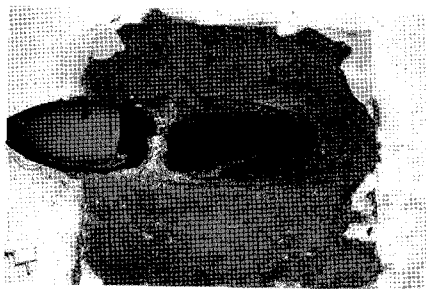
(c) 가연물이 착화되는 상태



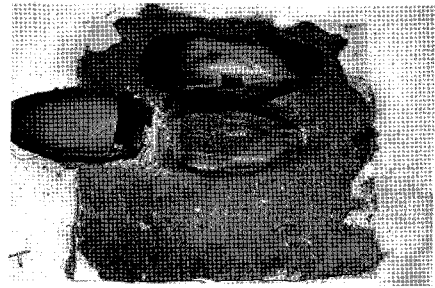
(d) 가연물이 완전 소멸된 상태



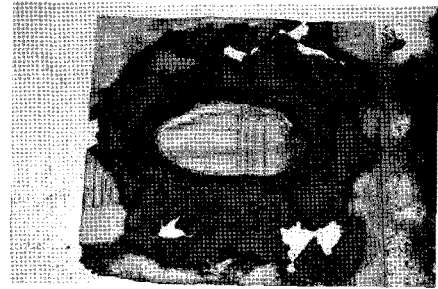
(e) 잔류물을 제거한 상태



(f) 탄화상태를 확인하기위한 다리미의 이동



(g) 장판 윗면의 탄화상태를 확인하기 위한 면서츠의 분리

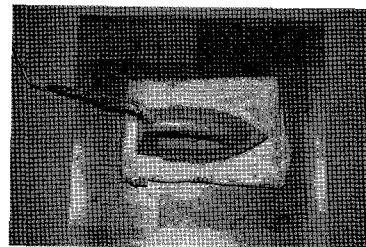


(h) 장판 밑면의 원래 보존상태 확인

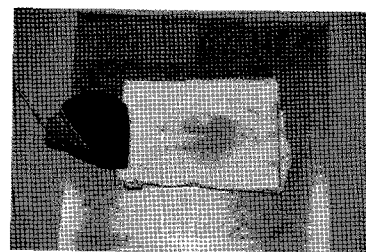
<그림 7> A조건의 실험 결과

### 3.4.2 B조건

내부적인 요인에 의한 탄화상태를 확인하기 위하여 <그림 8(a)>와 같이 전원을 인가한 후 온도조절 다이얼을 고온으로 고정하여 1시간동안 방치하여 관찰하였다. 그러나 면서츠와 장판재에 착화되지 않고 일정 온도를 유지하고 있었으며, <그림 8(b)>와 같이 면서츠만 약간 탄화된 상태를 확인하였다.



(a) 다리미의 전원인가 후 고온상태



(b) 1시간경과 후 면서츠의 탄화상태

<그림 8> B조건의 실험 결과

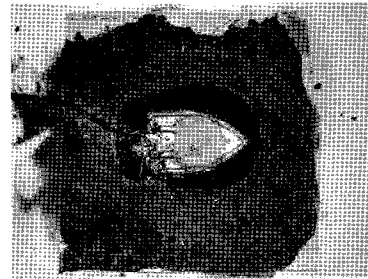
3.4.3 C조건

다리미 내부의 발열판에 연결되어있는 내부 바이메탈 스위치와 온도퓨즈를 제거한 후 전원을 인가하여 1분 25초 경과 후 <그림 9(a)>와 같이 연기가 발생됨을 관찰하였다. 좀 더 시간이 경과하자 <그림 9(b)>와 같이 발열판내 발열선이 주황색의 적열 상태로 과열하기 시작하였으며, 과열시작 후 4분 10초가 경과하자 <그림 9(c)>와 같이 면서즈에 착화되었다. 화재현장과 같은 조건으로 다리미와 장판재를 완전 탄화시키기 위해 <그림 9(d)>와 같이 가연물을 공급한 후 완전 소화가 될 때 까지 관찰하였다.

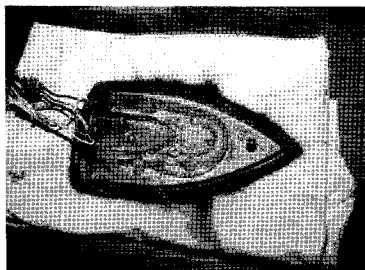
탄화상태를 확인하기 위하여 <그림 9(e)>와 같이 잔류물을 제거하고 <그림 9(f)>와 같이 다리미의 바닥상태를 확인하기 위하여 다리미를 화살표 방향으로 이동한 후 관찰하였더니 용융상태를 확인할 수 있었고, 또한 <그림 9(g)>와 같이 발열판이 접촉된 면서즈가 탄화 소실된 상태와 <그림 9(h)>와 같이 장판재 밑면이 탄화 소실된 상태를 확인할 수 있었다.



(d) 가연물 공급



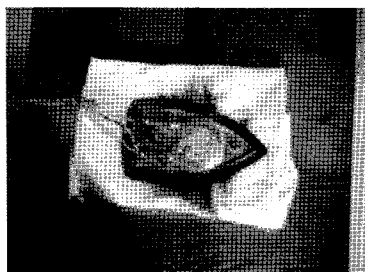
(e) 완전 소화된 상태



(a) 바이메탈 스위치와 온도퓨즈를 제거 후 전원을 인가하여 1분 25초 시간 경과



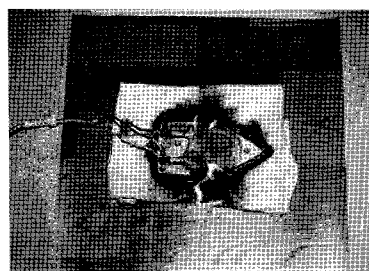
(f) 밀착된 발열판의 상태 확인



(b) 발열판내 발열선이 주황색의 적열 상태



(g) 면서즈의 탄화상태 확인



(c) 착화현상 발생



(h) 장판의 탄화상태 확인

<그림 9> C조건 실험 결과

### 4. 실험 결과에 대한 고찰

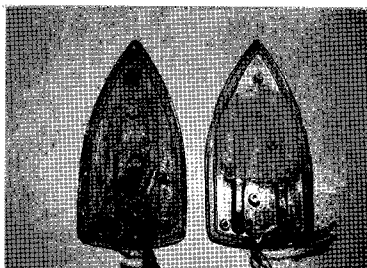
각 조건에 대한 실험으로 전기다리미의 소훼 후 탄화 상태를 관찰한 자료를 바탕으로 외부적인 요인에 의한 발화 가능성과 내부적인 요인에 대한 발화 가능성을 전기다리미의 사용 중 과열 발화와 다리미의 자체 과열 발화 특징으로 구분하여 검토 후 각 조건의 실험에 의해 발생된 현상학적인 내용에 대하여 고찰하였다.

#### 4.1 전기다리미의 사용 중 과열 발화 가능성에 대한 검토

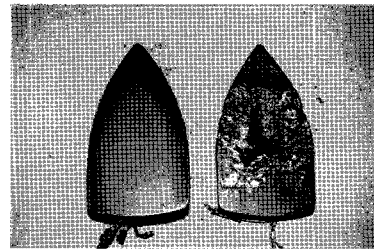
B조건의 실험결과 온도조절 다이얼이 고온위치에서 바이메탈 접점이 지속적으로 꺼짐과 켜짐을 반복하면서 일정 온도 범위를 제어함으로써 발열판에 접촉된 면서츠가 착화 온도까지 상승하지 못하였고, 1시간을 방치하여 발열판이 250℃ 이상 축열 된다면 발열판에 부착된 온도 퓨즈의 접점이 단선되어 전원이 차단되므로 전기 다리미를 사용 도중 단순히 방치 상태에서는 착화 될 가능성이 희박한 것으로 확인되었다.

#### 4.2 다리미의 자체 과열 발화 특징점 검토

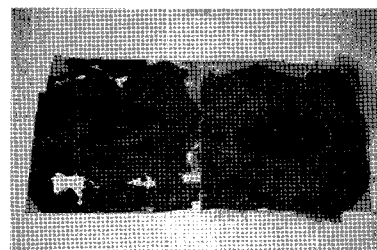
A조건과 C조건의 바닥 탄화 상태를 각각 관찰하여 비교한 결과 <그림 10(a)>와 같이 A조건의 전원이 인가되지 않은 다리미의 외부 화염에 의한 소훼 잔해의 경우 <그림 10(b)>와 같이 발열판이 원래의 형태를 유지하고 있었으나 C조건의 자체 과열로 출화된 다리미의 경우 발열판의 발열선 부위와 바닥이 용융된 상태를 확인하였다. 또한 <그림 10(c)>, <그림 10(d)>와 같이 A와 C조건의 바닥재 탄화 상태를 관찰한 결과 A조건보다 C조건이 소훼가 더 된 것을 확인할 수 있었다.



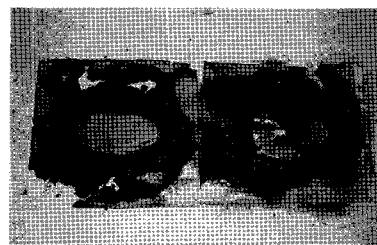
(a) A조건에서 전원이 인가되지 않은 다리미의 외부 화염에 의한 소훼 잔해



(b) 발열판이 원래의 형태를 유지하고 있었으나 C조건의 자체 과열로 출화된 다리미



(c) A와 C조건의 바닥재 탄화 상태(윗면)



(d) A와 C조건의 바닥재 탄화 상태(아래면)  
<그림 10> 다리미의 자체과열 발화 특징점

### 4.3 현상학적인 내용에 대한 고찰

각 조건의 실험에 의해 발생된 현상학적인 내용에 대하여 다음과 같이 고찰하였다.

#### 4.3.1 A조건

<그림 7(h)>에서 다리미의 발열판 형태와 유사한 장판면은 전원을 인가하지 않은 다리미가 외부요인에 의해 영향을 받을 경우 발화에 의해 발생된 열이 다리미의 발열판에 전달되어 <그림 7(f)>와 <그림 7(g)>와 같이 일부 소훼되더라도 장판이 최소발화에너지에 도달되지 못하기 때문에 전원을 인가하지 않은 상태의 다리미에서는 화재가 발생되지 않는다.

#### 4.3.2 B조건

<그림 8(b)>와 같이 가연물이 발화되지 않는 현상은 다리미의 안전장치인 바이메탈과 퓨즈에 의한 온도제어로 인해 가연물이 최소발화에너지에 도달되지 못하

기 때문에 다리미에 전원을 인가한 상태라도 화재가 발생되지 않는다.

4.3.3 C조건

<그림 9(h)>와 같이 다리미의 발열판에 밀착된 부분 중에서 탄화현상이 다르게 나타난 것은 온도제어 안전 장치의 기능이 상실된 상태에서 전원을 인가하였을 경우 금속재질로 된 발열판이 발열체의 자체 과열로 인해 분자간의 조직력이 약화되어 <그림 9(f)>와 같이 용융되며, 다리미의 발열판에 밀착된 가연물은 발열판이 용융되는 부위와 용융되지 않는 부위의 온도에 의한 영향을 각각 다르게 받기 때문에 발생하는 현상이다. 또한 온도제어 장치가 고장난 다리미에 전원을 인가한 경우에는 원활한 열전달로 인하여 화재가 발생된다.

5. 결 론

최근 많은 인명과 재산 피해를 일으키는 전기화재는 매년 높은 비중을 차지하고 있어서 전기화재를 감소시키기 위한 신뢰할 수 있는 원인 분석과 규명에 초점을 맞추어 전기 다리미의 소훼흔 실험 후 화재 원인에 대한 분석을 하였다.

실험 결과 A조건에서는 발열판이 원래의 형태를 유지하고 있었으며, B조건에서는 전기다리미를 사용도중 단순히 방치 상태에서는 착화될 가능성이 희박한 것으로 확인되었다. C조건에서는 발열판의 발열선 부위와 바닥이 용융된 상태를 확인하였다. 또한 A조건보다 C조건이 소훼가 더 된 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서의 시사점은 전기화재의 원인분석과 규명을 위하여 전기다리미의 잔존물과 그 주변의 탄화상태를 관찰하므로써 감식기술 향상에 이바지 하였다고 할 수 있으나 외부적인 요인과 내부적인 요인을 설명하기에는 미흡한 부분이 있다. 향후 여러 가연물의 종류와 환경적 요인에 대한 실험이 추가로 이루어진다면 전기화재의 정확한 원인분석과 규명에 좀 더 접근할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 김창중, “전기화재의 분석과 규명”, 한국조명전기설비학회지(1995), Vol.9, No.2, pp.10~16.
- [2] 이종호, 김두현, “전기화재 조사를 위한 분류체계 개발”, 한국안전학회지(2005), Vol.20, No.3, pp.53~57.
- [3] 윤명오, “화재조사의 이론과 실제”, 서울시립대학교 도시방재안전연구소(2006), pp.175~176.
- [4] 최충석, 김현우, 이경섭, 이춘하, 임양수, 정재희, “전기화

재공학”, 동화기술(2004), pp.81~91.

- [5] 화재보험협회, “전기화재(발생기기별원인)”, (1979) pp.24~128.
- [6] 화재조사팀 편저, “현장실무자를 위한 화재원인 조사기법”, 인천광역시 소방본부(2003).
- [7] <http://cafe.naver.com/gikang/697>
- [8] <http://www.duplex.co.kr/> (주)양일상사

저 자 소 개

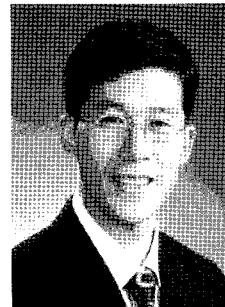
문 용 수



현재 서울시립대학교 대학원 박사 과정에 재학 중이며, 사단법인 한국화재조사학회 창립 초대 회장 및 2대 회장을 역임한 바 있으며, 현재는 경기지방경찰청 과학수사팀장으로 재직 중이다

주소: 경기도 수원시 장안구 영화동 31

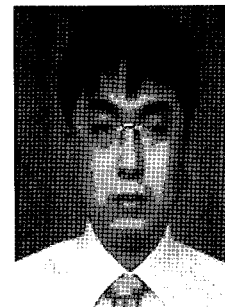
공 하 성



서울시립대학교 대학원에서 방재 공학을 전공하였다. 충청남도 건축위원회 위원, 한국소방검정공사 공간안전인증 평가위원, 전라남도 석유화학단지 및 원자력발전소 Simulation화 자문위원, 소방공무원시험 출제위원, 국가기술자격시험 소방분야 출제위원을 역임하였고, 현재 청운대학교 건축설비소방학과 교수로 재직 중이다.

주소: 충남 홍성군 홍성읍 산 29번지 청운대학교 건축설비소방학과

이 중 화



목포대학교 전기공학과를 졸업하였고, 동대학원에서 석사 취득과 박사수료를 하였다. 현재 청운대학교 건축설비소방학과, 원광대학교 소방행정학과 시간 강사로 재직 중이다.

주소: 충남 홍성군 홍성읍 산 29번지 청운대학교 건축설비소방학과