한국화재소방학회 논문지, 제23권 제1호, 2009년
[논 문]

J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng.
Vol. 23, No. 1, 2009

전기화재원인분류의 문제점 분석 및 개선안 제시
Improvement and Analysis for an Electrical Fire Cause Classification

이종호† · 김두현* · 김성철*

Jong-Ho Lee† · Doo-Hyun Kim* · Sung-Chul Kim*

원광대학교 소방행정학부, *충북대학교 안전공학과
(2008. 11. 17. 접수/2009. 4. 16. 채택)

요 약

본 논문은 전기화재 통계의 신뢰성을 향상시키고 효율적인 전기화재 자료를 수집하기 위한 전기화재 원인분류의 개발에 관한 연구이다. 전기화재에 대한 잘못되거나 편향된 지식은 전기화재에 대한 형태 분류를 바뀌게 한다. 전기화재 원인분석에 있어 화재조사자들이 올바르게 보고서를 작성할 수 있는 표준화된 형식을 개발하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 원인들간의 인과관계를 고려한 계층구조로 새롭게 개발된 전기화재 원인분류체계를 제안하였다. 그리고 제안된 분류체계는 전기화재 조사 및 통계에 사용될 수 있으며, 전기화재 진단의 오류를 최소화할 수 있다.

ABSTRACT

This paper presents research about the development of electrical fire cause classification in order to improve the reliability of electrical fire statistics and to collect electrical fires data efficiently. The incorrect and biased knowledge for electrical fires changed the classification of certain types of fires, from non-electrical to electrical. It is convenient and required to develop the standardized form that makes, in the assessment of the cause of electrical fires, the fire investigators directly ticking the appropriate box on the fire report form or making an assessment of a text description. In this study, newly developed electrical fire cause classification structure, which is well-defined hierarchical structure so that there are not any relationship or overlap between cause categories, is suggested. Also the suggested classification structure can be used for electrical fire investigation and statistics, which minimizes the mistake that diagnose non-electrical fires into electrical ones.

Keywords : Electrical fire, Cause classification, Electrical fire statistics

1. 서 론

지난 수년간 국내의 전기화재 점유율은 주요 외국에 비교하여 볼 때 대단히 높은 것으로 나타나고 있다. 전기화재를 일으키는 양상이 매우 복잡하고 다양하기 때문에 전기화재 통계 결과의 신뢰성 저하를 초래할 수 있다. 전기화재에 대한 통계분석이 유효한 결과를 제시하기 위해서는 가장 우선적으로 과학적이고 객관적인 화재원인조사를 위하여 합리적인 원인분류체계가 선행되고, 이를 토대로 자료수집방법, 통계분석 방법, 통계결과 활용 등의 다양한 요인들 간의 긴밀하고 유기적인 협조가 필요하다.[1,2] 특히 전기화재의 원인의 정확한 진단은 향후 전기화재 예방대책 수립에 무엇보다도 중요한 인자이다. 전기화재라고 추정되는 경우에도 화재현장의 환경 때문에 전기화재 감식의 다양한 특성을 고려한 감식의 어려움이 존재하여 유의한 통계분석 결과를 얻는 것은 쉬운 일은 아니다.

따라서 본 연구에서는 전기화재통계의 일관성과 신뢰성을 향상시키기 위해서 화재조사 및 통계 방법상에서 전기화재 원인분류가 합리적으로 이루어졌는지를 국내 · 외의 화재원인 분류체계 등을 비교 및 분석하여 국내 전기화재 원인분류상의 문제점을 도출하고, 원인분류 및 범주 등의 개선방안을 제시하고자 한다.

† E-mail: yijho@naver.com

Table 1. Electrical Fire Possession Rate of the Countries[5)]

구분	한국	미국	일본	영국	대만
점유율(%)	22.1	16.4	6.3	4.5	20.2
발생년도	2007	2003	2003	2003	2003

2. 전기화재 통계 및 원인분류

2.1 전기화재 통계

전기화재 통계분석을 위한 자료는 원인조사 과정에서 과학적이고 객관적인 방법에 의한 결과이어야 하며 이를 토대로 작성한 통계는 화재예방대책을 세우는데 중요한 지표로 사용될 수 있다.[3)] 국내 화재통계상에서 전기화재는 지난 1973년부터 현재까지 매년 30% 이상의 높은 점유율을 차지하고 있다가 2007년 국가화재분류체계를 재정비하면서 화재발생 원인별 2순위를 차지하고 있다. 이러한 전기화재 비율은 원인분류체계의 오류에서 비롯된 것임을 판단할 수 있다. 잘못된 전기화재 원인조사는 통계집계상의 문제를 일으켜 결국 전기화재 예방대책 수립 및 시행에 문제가 된다. Table 1은 최근의 국가별 전기화재 비율을 나타내고 있으며 국내 화재중 전기적요인에 의한 화재 비율이 외국에 비하여 높은 비율을 보여주고 있다.[4)]

2.2 전기화재 원인분류

전기화재의 원인분류는 원인 규명과 진단에 있어 중요한 요소 중의 하나이다. 즉, 원인조사 및 규명이 어려운 화재를 분류체계상의 문제로 전기화재라는 결론을 내리는 경우가 있어 체계적인 전기화재 분류 및 범주의 정의 등이 필요하다.

2.2.1 국내 화재원인 분류체계

현재 통계자료로 사용되는 전기화재원인 분류는 Table 2에서 보여주듯이 발화열원, 발화요인, 발화관련기기 등으로 세분화하여 분류하였다. 전기화재와 관련된 주요 변경사항은 전기화재는 발화요인 중 전기적 요인으로 분류하였고 그 요인은 누전·지락 등 9개종으로 분류하였다. 여기서 주목할 사항은 그동안의 전기화재 원인 중 취급부주의, 낙뢰, 자동차 전기화재 등은 전기화재의 원인에서 배제하여 전기적 에너지가 근접 원인인 경우에 한해서만 전기화재로 분류하였고 또한 과거의 합선(단락)화재를 세부적으로 분류하였다. 그러나 여기에는 발화원과 그 인과관계가 혼재되어 분류되고 있어 새로운 국가화재분류체계도 원인분류 초기단계에서 혼선을 초래할 수 있는 문제점을 내포하고 있어 합리적

Table 2. Classification of Electrical Fires Causes in Domestic

원인	종 류
발화열원	작동기기, 담뱃불/라이터불, 마찰열/전도열/복사열, 불티/불꽃, 폭발물/폭죽, 화학적발화열, 자연적발화열
발화요인	인적요인, 물적요인(전기, 기계, 화학 등), 자연적요인
전기요인	누전/누락, 접촉 불량에 의한 단락, 절연열화에 의한 단락, 압착손상에 의한 단락, 과부하/과전류, 트래킹에 의한 단락, 반단선, 미확인 단락
발화관련기기	계절용기기, 생활기기, 주방기기, 영상음향기기, 사무기기, 조명, 배선/배선기구, 전기설비, 산업장비, 농업용장비, 의료장비, 상업장비, 차량/선박부품, 기타 미상

인 통계자료로서의 활용성이 다소 불충분하다. 예를들어 접촉불량이나 절연열화에 의한 단락은 경과적 징후현상과 원인을 동시에 제시하고 있어 범주를 다시분류해해야 하며, 발화요인과 열원간의 관계가 불명확 하다고 할 수 있다.

전기화재의 원인을 분류하는 방법은 기존의 연구 또는 문헌들에서 분류하는 다양한 형태를 고려할 수 있으나 본 연구에서는 전기화재 원인분류 기준에 따라 발화열원이 나타나게 된 현상의 직접적 원인이 무엇인지에 중점을 두고 발화열원을 발생시킨 요인들을 발화원인(전기화재 원인)으로 분류하는 것이 필요하다.

2.2.2 국외 전기화재 원인분류

국외의 화재 통계는 발화 원인이 전기적인 에너지원으로 발생했다는 것을 과학적으로 증명한 경우에 한해서 전기화재로 인정하고 있으며, 다른 하나는 전체 화재를 건물용도별이나 화재종류별로 분류한 후에 각각 전기화재 건수를 누적하고 있기 때문이다. 전기화재의 원인 분류는 지나치게 세분화 되어있지 않고 전기화재 비전문가도 쉽게 이해할 수 있는 형태로 각 나라의 실정에 맞게 분류하고 있다.

(1) 미국

화재에 대하여 화재원인, 발화지점, 손해정도 및 보험 등에 관련된 사항에 대하여 보고한다. 이렇게 보고된 자료는 NFIRS(National Fire Incident Reporting System)이라는 체제하에 처리되며 발화원, 화재원인, 최초 착화물 등을 상세분류되어 있다. 모든 분류가 매우 세세하게 정의되어 있으며 숫자를 이용한 코드로 기록하는 등 기재방법을 상세히 설명하고 있다. 또한 화재의 종류나 원인의 분류를 위한 범주가 정확하게 정의

Table 3. Classification of Electrical Fires Causes of NFIRS

구분	종류
화재원인	Intentional, Unintentional, Failure of Equipment or Heat Source, Act of Nature, Cause Under Investigation, Cause, Other, Cause Undetermined after Investigation
열원	Spark, ember or flame from operating equipment, Radiated, conducted heat from operating equipment, Electrical arcing, Heat from powered equipment, other
발화설비	Fixed wiring; Transformer, Disconnect D.; Meter, Meter Box; Power Switch Gear, C.B., Over current Protection D.; Switch, Receptacle outlet; Lighting Fixture, Ballast; Cord, Plug; Lamp, light bulb
발화인자	Electrical failure, malfunction, Water-caused short-circuit arc, short-circuit arc from mechanical damage, defective, and worn insulation, Unspecified short- circuit arc, Arc from faulty contact, Arc, spark from operating equipment

되어 있고 이에 대하여 문서형식으로 설명되어 있어 관련된 모든 사람에게 정확한 지식을 제공할 수 있다.

미국의 NFPA(National Fire Protection Association)는 화재원인을 크게 실화, 자연화재, 방화, 불명으로 나누고 있으며, 전체 화재에 대한 자료를 수집하는 대신에 특정 지표에 따라 계층화된 화재재료를 표본조사의 형식을 빌어 적정수로 샘플링하여 자료를 수집하고 이를 토대로 분석하고 있다. 미국의 전기화재원인분류는 NFPA 901[6]을 기초로, 열원(Heat Source), 발화설비(Equipment involved Ignition), 발화인자(Factors Contributing to ignition) 등 3가지로 분류되어 있으며 Table 3에서 보여주고 있다. 전기화재의 정의는 Electrical Distribution and Lighting Fires로 국한되어 있고, 발화에 이런 장비가 연관된 화재만을 지칭하는 것이 일반적이다. 그리고 아크나 전기설비의 고장이나 결함에 기인한 화재가 대표적이다.[7]

전기화재의 분류는 발화열의 형태에 따라 분류하고 있다. 발화열의 형태로 분류함에 있어 여러 원인으로 인한 열생성 형태중에서 전기에너지로 인한 열생성 형태는 전기설비 아크 및 과부하라는 형태의 항목으로 분류하여 기술하고 있다. 전기로 인한 화재의 원인을 규명하기 위해 다양한 전기적 문제로 야기되는 전기화재를 열의 생성에 따라 9개의 범주로 나누고 있다. 다만, 화재의 직접원인 중 전기아크를 세분화하여 비중을 크게 강조하고 있어 다소 편향된 원인분류 항목을 사용하고 있다.

따라서 화재조사자가 쉽게 이해할 수 있는 원인으로 분류되어 있으며 코드화 · 명문화를 통하여 계층적 구조로의 세분화가 이루어져 있다. 화재예방을 위한 대책수립이 용이하도록 원인이나 화재의 범주가 명확하게 분류되어 있으며, 모든 정보를 수집하여 통계분석 결과의 다양화 및 융통성 있는 형태로의 통계수립이 가능하도록 화재현장의 자료를 수집하고 있다.

(2) 일본

일본의 화재통계 체계는 소방청의 "화재보고 취급요령"을 따르고 있다. 화재원인은 발화원, 경과, 착화물 등 세 가지로 분류하고 있으며 Table 4에서 보여주고 있다. 이는 각 10진 분류법에 의해 세분화하고 코드화하여 통계의 정리와 분석이 편리하도록 분류되어 있다. 발화원은 9가지로 대분류하고 분류하고 있으며 이들은 다시 중분류, 소분류로 구분하고, 경과에 대해서도 구체적으로 중분류, 소분류를 하고 있으며, 또한 착화물에 대해서도 대 · 중 · 소분류를 하고 있어 어떤 원인으로 화재가 발생하고 있는지 세부적으로 파악할 수 있도록 되어 있다. 특히 이들 대 · 중 · 소분류에 각각 코드번호를 부여하여 전산처리를 용이하게 하고 있다.[8]

일본의 전기화재 분류는 출화의 경과별과 발화설비별로 분류하고 있다. 경과별 분류는 전기에너지가 착화에 기인할 수 있는 과정을 중심으로 경과별로 화재의 원인을 분류하고 있지만 경과별 원인에 대한 조사자의 입장차이로 유사한 화재에 대해 서로 다른 원인으로 분류할 가능성이 있다. 그리고 특히, 트래킹이나 마이그레이션 등이 포함되어 있어 감식 및 원인판단의 어려움이 내포하고 있다. 발화설비별은 전기기기 및 설비를 전열기, 전기기기, 배선 · 배선기구, 전기장치, 기타 전기관련이라는 5가지의 범주로 분류하고 있고 각

Table 4. Classification of Electrical Fires Causes of Japan

구분	종류
발화원	이동 가능한 전열기, 고정 전열기, 전기기기, 전기장치, 전등 전화 등의 배선, 배선기구, 누전에 의해 발열하기 쉬운 부분, 정전기 스파크, 기타 전기 에 의한 발열체 등
경과	전원의 단락, 접속부의 과열, 트래킹현상, 실수로 스위치 투입, 반단선에 의한 발열, 가연물접촉, 불티비산, 절연열화의 과열, 방치搔절¢, 지락, 누전에 의한 방전, 스파크, 가연물낙하, 과전류, 과열, 기타
착화물	건축물(선체차체포함), 건축물(선박 차량)내 수용물, 산림 기타화재, 차량, 불명 등

각의 범주에 속하는 기기들이나 설비들을 상세히 설명하고 있다.

따라서 전기화재뿐만 아니라 모든 화재를 발화원과 화재원인을 혼용하여 통계 처리 및 화재종별 종합출화원인까지도 통계처리를 하고 있다.

3. 전기화재 원인분류의 문제점 및 개선방안

3.1 문제점

전기화재를 일으키는 양상은 매우 복잡하며 다양하다. 화재발생시 현재 모든 화재에 대하여 조사서를 작성하고 있고 그 원인을 밝혀 통계로 작성하고 있다. 현 체제를 지속적으로 유지하면서 전기화재 통계의 신뢰성을 향상할 수 있는 하나의 방법으로는 전기화재로 판명된 화재 중에서 원인과 징후간에 명확하고 확실한 상관관계가 규명된 전기화재에 대한 표본조사를 통하여 전기화재의 통계를 집계함으로써 전기화재의 신뢰성 있고 유용한 통계를 분석할 수 있으며 정책이나 예방대책에 도움을 줄 것으로 판단된다.

현재 원인분류에서는 원인과 원인 간에 인과관계를 가지고 있어 정확히 화재 원인을 추론하는 것은 매우 힘들다. 현재의 국가화재분류체계상의 전기화재원인분류는 하나의 원인이 다른 원인의 전 단계가 될 수 있는 구조로 구성되어 있어 조사자의 주관에 따라 동일 화재현장에서의 원인진단 결과가 달라질 수 있다. 예를 들어 과부하에 의한 절연열화가 진행되어 합선으로 된 경우, 압착·손상이 발생된 후 합선으로 된 경우 등, 화재 직전의 단계가 합선이더라도 중간 과정은 매우 다르다. 즉, 발화요인과 열원간의 관계가 애매하며 원인 범주의 정의가 다소 불명확 하다고 할 수 있다.

현재의 체계상에서 대부분 단락으로 인한 아크 위주로 분류가 되어 있어 다양한 전기화재의 원인을 분류하는데 그 한계를 나타낸다. 예를 들면 접촉불량에 의한 과열(발열) 등의 화재의 경우 원인분류를 선택할 수 없다. 이를 분류하여 통계처리 할 때의 기존 체계의 전기화재 원인분류에서 접촉불량에 의한 단락으로 표현되어야 함으로 이 결과는 국내 전기화재 통계상의 주요원인 중 합선(단락)이 많은 부분을 차지하게 되는 통계 결과를 초래할 수 있으며 또한 접촉불량에 의한 화재원인분석을 소홀히 취급할 수 있다.

따라서, 전기화재 분류체계를 개발함에 있어서 보편적으로 적용되고 있는 일반성개념을 위배하고 있다. 즉 원인분류를 위해서는 분류된 원인이 모든 대상에 공통적으로 적용될 수 있도록 해야 하며, 구조는 동일한 영역상에서 분류되어야 하는 일반적 개념에 위배되고 있다. 또한 원인 분류체계에 있어서 분류된 원인들 간에는 서로 비슷한 중요도를 나타내는 것이 필요하다. 현재 원인분류체계상에서 제시된 원인 범주들은 빈도와 강도라는 중요도 측면에서 지나친 편차를 나타내고 있다.

3.2 개선방안

전기화재 뿐 아니라 전체화재에 대한 통계수립을 위한 사회적 인프라가 빈약하다고 판단되며, 전기화재 조사 및 분석에 필요한 원인 범주에 대한 새로운 정의를 정립해야 한다. 또한 화재현장의 다양한 정보를 수집할 수 있는 원인분류체계의 개선이 필요하다.

3.2.1 원인간의 인과관계를 고려한 분류

전기화재의 원인들은 대부분 독립적으로 발생하는 것이 아니라 인과관계를 가지고 있어 정확히 화재 원인을 추론하는 것은 매우 힘들다. 예들 들어 과전류에 의한 절연손상이 일어나면 전기합선이나 누전이 발생될 수 있고 그로 인해 스파크나 열이 발생한다. 또한 연결부의 접촉불량에 의해 열이 발생하여 화재가 발생할 수 있다. 따라서 원인들의 인과관계를 고려하여 전기화재의 열원으로 가장 직접적인 근본원인(Root cause)과 그 원인으로 진행된 근접 원인(Proximate cause)으로 원인을 분류하였다. Fig. 1은 전기화재 원인들간의 상관성을 보여주고 있다.

3.2.2 열원 발생에 의한 근본원인과 근접원인 선정

화재원인들의 관계는 과부하에 의한 절연열화가 진행된 합선, 압착·손상이 발생된 후 합선 등 대부분 전기적 요인들에 의해 발생될 수 있어 현재 국내 소방방재청에서 사용되는 원인[9]들은 상호 연관되고 중복되는 경우가 상당히 많으며 이를 배제한 분류체계를 필

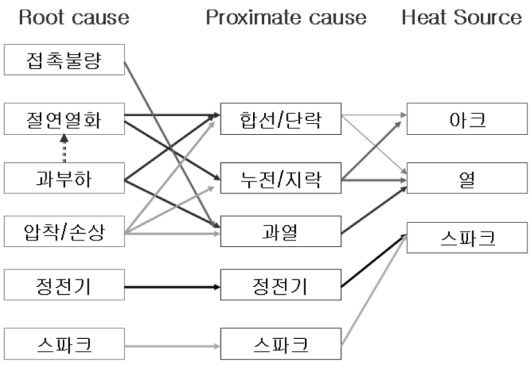

Figure 1. Correlationship between the causes of electrical fire.

요로 한다. 따라서 열원이 발생하게 되는 초기적 원인을 근본원인으로 하고 이를 접촉불량, 절연열화, 과부하, 압착손상, 정전기, 스파크 등 6개로 분류하였다. 초기의 열적인 원인으로 전개되어 직접적인 전기화재로 진행된 단계를 근접원인(Proximate cause)로 합선, 누전, 과열, 정전기, 스파크로 5개 항목으로 분류하였다.

3.2.3 전기적 요인과 직접적 연관이 없는 항목 배제

자연적 요인과 연관되어 전기화재가 발생한 경우 전기화재로 분류하였다. 이것은 전기와 직접적 연관이 없음에도 불구하고 전기화재로 분류함으로써 전기화재 점유율이 높게 나타나는 원인이 된다. 낙뢰나 방전 등의 자연현상과 취급부주의, 설계불량, 부품결함 등 전기에너지가 직접적인 원인이 아닌 경우 전기화재에서 배제하도록 하고 이런 원인들에 대해서는 화재인자를 분류하였다.

3.2.4 현장조사시 원인의 추정판정 예방

기존 전기화재 원인분류에서 합선, 과열 등은 경과에 따라 다른 열원이 발생되는 중간과정이다. 즉, 다양한 원인에 의해서 발생되는 전기화재의 원인은 원인규명이 어렵거나 정확한 물증이 없을 경우 조사자의 개인적 판단에 의해 원인을 추정하게 된다. 이 결과는 국내 전기화재 통계상의 주요원인 중 합선이 대부분을 차지하게 되는 결과를 초래한다. 따라서 이러한 분류는 배제하도록 근본원인과 근접원인으로 분류하였다.

4. 결 론

본 연구는 전기화재원인의 통계조사 및 분석에 필요한 기본골격인 전기화재 원인분류체계의 기준 정립과 범주 설정을 위해 국내외 전기화재 원인분류 및 통계체계를 비교 · 평가하여 개선안을 제시하였다.

1. 전기화재 원인분류체계는 전기의 특성을 이해하고 원인간의 상관성을 기초로 근본원인과 근접원인으로 원인분류 범주를 명확하게 정의하였다. 이것은 조사자가 쉽게 이해하고 혼선을 주지 않는 계층적 구조의 세분화된 원인분류를 제시한 것으로 대책 수립이나 통계 분석의 다양성 및 신뢰성을 부여할 수 있어 일원화된 분류체계를 정립하는 데 기여하도록 한다.

2. 전기화재 원인분류 개선안은 규정이나, 법규, 화재원인 범주 등에 검사자의 주관적 오류를 최대한 배재할 수 있어 통계수립방법의 개선을 향상시킬 수 있다.

3. 분류체계의 개선을 위해서는 원인과 원인간의 인과관계를 고려한 분류를 통하여 통계분석의 획일적 구조를 지양해야 하며, 전기화재 원인분류에 대한 보다 객관적이고 근원적인 신뢰성 확보에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 연구되었음.

참고문헌

1. 김만건, “전기화재 원인과 예방대책”, 손해보험협회, pp.70-85(2002).
2. 이종호, 김두현, 김성철, “전기화재 원인진단을 위한 사례기반 시스템 구축”, 한국화재소방학회논문지, Vol.21, No.2, pp.42-47(2007).
3. John D. DeHaan, “Kirk's Fire Investigation-Fifth edition”, pp.305-351(2002).
4. 소방방재청, “2007년 전국화재발생현황분석결과분석”, http://www.nema.go.kr(2008).
5. 한국전기안전공사, “해외 전기재해 총괄통계”, http://www.kesco.or.kr(2008).
6. NFPA 901, “Uniform Coding for Fire Protection”, NFPA(2004).
7. USFA, “National Fire Incident Reporting System Version 5.0 Design Documentation Specification”, FEMA(2006).
8. 東京消防, “新火災調査教本-第2卷 電氣火災編”, 東京防災指導協會, pp.437-548(2004).
9. 소방방재청, “국가화재분류체계 매뉴얼”, pp.29-33(2006).