

전기화재 조사를 위한 분류체계 개발

이종호[†] · 김두현

충북대학교 안전공학과

(2005. 5. 9. 접수 / 2005. 8. 4. 채택)

Development of a Classification System for an Electrical Fire Investigation

Jong-ho Lee[†] · Doo-hyun Kim

Department of Safety Engineering, Chungbuk University

(Received May 9, 2005 / Accepted August 4, 2005)

Abstract : This paper presents development of a classification system for an electrical fire investigation. In order to reduce an electrical fires and establish detailed prevention plans, the collection of an electrical fire causes and base data are very important. Based on this data, a new classification system for an electrical fire investigation was developed and the direction to the classification system was suggested by fundamental analysis. All of the collected information is analyzed by bottom-up method. Criteria items which based on base data were categorized to classify items. The classification of items were found out as follows : basic condition, fire scene condition, fire sign, fire cause. Particularly, the fire cause category is classified. A new developed classification system for an electrical fire investigation will be used to analyse electrical fires easily and efficiently.

Key Words : electrical fire, cause investigation classification, cause diagnosis

1. 서 론

많은 인명과 재산 피해를 일으키는 전기화재는 매년 높은 비중을 차지하고 있어 전기화재를 감소시키기 위한 신뢰할 수 있는 원인분석과 규명에 초점을 맞추어 전기화재 원인 분석이 필요하다. 그리고 일선 소방서에서 작성하고 있는 화재발생종합보고서상의 화재 분석을 보면 원인분석이 어려운 화재를 대개 전기화재로 추정하고 있는 실정이다. 따라서 전체 화재중 전기화재를 조사하고, 원인 규명을 한다는 것은 큰 의미를 갖는 과정이며, 전기화재의 예방과 함께 중요한 과제 중의 하나이다. 전기화재 분석상의 많은 문제를 해결하기 위해서는 전기를 사용하면서 발생할 수 있는 재해에 대한 과학적이고 체계적인 조사를 통하여 많은 기술축적과 함께 예방노력을 지속적으로 연구해야 한다^{1,2)}.

최근 전기화재에 대한 원인 진단, 감식 그리고

대책에 대한 연구가 진행되고는 있으나, 화재 현장에 직접 적용하기에는 미흡한 상황을 보여주고 있다. 이것은 화재조사 및 감식을 할 때 보통 목격자의 증언이 대다수를 이루고 있기 때문이다. 그리고 과학적인 정밀기기에 의한 분석 및 조사는 일부화재에서만 실시하고 있다. 또한 조사된 자료가 원인 조사에 필요한 항목이 없거나 원인진단에 필요한 분류가 미비하여 중요한 정보가 누락되는 문제를 일으키고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전기 화재에 대한 원인진단을 위한 Database를 구축하여 전기화재를 감소시키는 측면이나 원인진단에 필요한 중·장기적 대책을 마련해야 한다. 화재현장 상황과 연소흔적 및 증거물의 정밀분석 등을 통하여 전기화재에 대한 과학적인 원인 규명에 도움을 줄 수 있고, 사고사례나 화재조사기법 등의 자료로부터 정확하고 객관적인 전기화재 원인조사를 할 수 있도록 전기화재 원인진단에 필요한 분류체계를 개발할 필요가 있다.

본 연구에서는 전기화재에 대하여 정확하고 체계

[†] To whom correspondence should be addressed.
yjho@korea.com

적으로 원인감식을 할 수 있고, 원인조사를 할 수 있도록 화재조사시 사용하는 화재발생종합보고서나 화재감식기법 등을 통하여 원인분석에 필요한 사항들을 분석한다. 그리고 전기화재의 원인진단이 가능하고, 자료를 체계적으로 수집·저장할 수 있는 항목을 규정하기 위하여 분류체계를 개발하고자 한다.

2. 본 론

전기화재 원인조사나 진단은 화재현장 조사와 기존의 사고사례 분석을 통하여 전기화재의 원인을 분석하여야 한다.

2.1. 전기화재 원인조사

국내의 화재통계를 살펴보면 전체 화재원인들 중 전기화재는 30% 내외의 높은 점유율을 보이고 있다. 그 이유는 전기화재 원인조사에 있어 전기화재를 전담하는 전담부서의 부재로 세밀하고 정확한 과학적인 조사가 어렵고, 화재 조사자(일선 소방서의 소방관 등)들의 전문 지식의 결여 등 현실적으로 어려운 문제가 존재하고 있다. 또한 현재 사용중인 화재 원인 규명기법이나 조사기법에 대한 연구가 이루어지고 있지 않으며, 전기화재 원인조사를 위한 분류체계는 표준적인 분류체계가 미흡한 실정에서 전기화재 원인조사에 많은 어려움을 주고 있다. 이러한 현실에서 합리적이고 타당성 있는 전기화재 통계를 기대하기는 어려운 실정이다^{3,4)}.

화재의 원인조사를 위한 현장의 자료수집이나 원인진단을 위한 감식자료는 화재현장의 복잡한 상황, 전기에 관련된 미세한 징후, 그리고 기타 건물내부의 상황으로 인하여 찾기가 어렵다. 이러한 화재현장은 실제 화재 원인과는 다르게 원인조사를 진행하게 된다. 결국, 잘못된 원인조사로 인하여 화재대책 및 화재예방에 도움을 주지 못하는 부작용을 초래하게 된다.

전기화재의 원인조사를 위해 실제 화재현장 및 소방서, 화재 조사 등에서 사용하는 원인조사 분류는 비교적 간단하게 분류되어 있으며, 전기설비에 따른 원인 분류도 명확하게 정의된 근거 없이 사용하고 있다.

국내의 전기화재 조사기법에서 제시하고 있는 전기화재 원인분류는 문헌마다 상이하게 제시되어 있다. 보통 전기화재 원인 분류는 발화의 발생기구에

의한 분류(과전류, 단락, 지락, 누전, 접촉불량, spark, 절연열화, 정전기, 열적경과, 낙뢰 등), 발화원에 의한 분류(이동식·고정식 전열기, 전기기기, 배선, 배선기구 등) 그리고 발생경과에 의한 분류(설계 및 구조불량, 취급불량, 공사불량, 경년열화, 기타)로 분류하고 있다^{4,6)}. 이러한 국내의 원인분류는 복잡하고 비현실적인 분류로 인해 전기화재 원인조사에 많은 혼동과 실수를 발생시킬 수 있다. 즉, 기존의 화재조사 체계를 보완하여 원인조사에 필요한 분류체계를 개발하기 위해서는 전기화재 원인조사에 대한 전반적인 재검토를 해야 한다. 전기화재로 인한 인적·물적 손실을 효과적으로 줄일 수 있는 원인조사 및 진단 방법상의 개발이 필요하기 때문에 체계적인 원인조사를 수행할 수 있도록 구체적이고 통일된 원인조사를 위한 분류체계를 구축해야 한다.

2.2. 전기화재 사고사례조사

전기화재 원인조사는 현장조사 및 감식, 조사자의 경험 등에 의해 원인을 밝히고 있지만, 대부분 그 원인을 과학적으로 규명하지 않거나 화재현장의 연소상황, 흔적, 증거물의 정밀분석 등을 하지 않는 경우가 많다^{7,9)}. 이것은 화재원인진단 결과가 일치하지 않는 경우를 초래하게 된다. 특히 완전히 전소된 화재 현장은 원인진단에 필요한 증거 부족으로 합선이나 누전 등의 전기화재로 사건을 종결 짓고 있어 문제가 되고 있다.

전기화재는 원인진단에 필요한 정보를 얻기가 어렵고, 가장 기본적인 현장자료의 수집조차 한계에 부딪히고 있는 상황이다⁹⁾. 이를 극복하기 위해서는 화재가 발생하면 일선소방서에서 가장 먼저 작성하는 화재발생종합보고서(사고사례)를 사용하여 원인조사를 위한 분류체계의 기본 자료로 사용하여야 한다.

화재가 발생한 경우 조사자는 화재발생 원인 및 피해조사, 화재발생종합보고서 작성, 화재통계 분석 및 자료수집, 화재현장 보존 및 각종 증거나 정보수집, 유관기관과의 긴밀한 협조체제 관리 등 많은 업무가 필요하다³⁾. 이러한 업무를 수행하면서 정확한 원인조사를 한다는 것은 현실적으로 매우 어려운 실정이다. 특히 전기화재는 화재현장의 특성상 화재징후나 원인 규명에 많은 노력과 시간이 필요하기 때문에 기존의 화재발생종합보고서 사례를 통하여 화재 원인과 징후간의 경험적 지식을 축적하여 사용해야 한다. 이렇게 축적된 지식은 추후 전기

화재를 일으킬 수 있는 발화원과 이것으로부터 파생되는 징후들을 규명하는데 많은 도움을 준다. 또한 유사한 전기화재 원인 규명이 가능하기 때문에 사고사례를 분석하여 원인조사의 기초 자료로 필요하다.

화재현장에서 작성하는 화재발생종합보고서는 비교적 많은 자료를 포함하고 있지만 활용도가 낮으며, 저장개념의 DB용으로만 활용하고 있다. 화재감식 및 원인조사에 필요한 화재발생종합보고서상의 중요한 항목은 다음과 같다. 화재에 관련된 전반적인 상황을 기록하는 발화개요는 6하 원칙에 의해 서술적으로 간략하게 기록하고 있지만, 작성자에 따라 많은 정보가 누락되어 이용가치가 미흡한 형태를 보여 주고 있다. 발화 개요에서는 화재 발생 장소의 상황, 발화장소의 특징, 발화원 추정, 화재징후 등 많은 정보를 기록하고 있지만, 정작 이것은 원인조사 과정을 자세하게 기록하기가 곤란한 경우가 많다. 또한 사고사례의 중요한 결과인 발화지점이나 발화원 항목 등도 확실한 경우가 아니라 추정된 결과를 기록하고 있다. 전기화재의 원인조사를 하는 경우 화재현장 상황 파악의 어려움이 있지만, 전기배선 및 시설에 대한 기록의 부재, 세부 조사 항목 및 자료의 미비, 화재개요 분석의 어려움, 화재조사시 사용되는 용어의 객관성 결여, 출화부에 대한 개략적인 조사 등 전기화재 원인조사에 필요한 항목들이 누락되어 있어 원인 진단과정을 설명하는데 있어 어려움이 많다.

따라서 국내의 현실에 적합하고, 전기화재조사에 관련된 용어를 사용하여 화재원인 조사자들이 보다 신속하고 정확하게 원인 조사와 함께 진단업무 수행할 수 있는 분류체계가 필요하다. 이와 동시에 원인 진단 및 화재 사고사례의 기록·보전업무에 도움을 줄 수 있는 즉, 화재관련 지식을 체계적으로 축적하고 자료의 한계를 보완할 수 있는 분류체계가 필요하다. 이를 위해서는 컴퓨터를 이용한 원인진단 프로그램의 개발이 필요하겠지만, 이에 앞서 전기화재 원인조사 및 진단을 위한 분류체계 개발이 선행되어야 한다.

3. 분류체계개발

전기화재 원인조사에 필요한 분류체계가 없는 상황에서 화재조사시 전기화재에 대한 많은 정보를 얻고 오류를 최대한 줄여야 한다. 이를 위해서는 화

재조사기법들을 분석하고, 사고사례인 화재발생종합보고서의 구체적인 내용을 파악해야 하는 선행작업이 필요하다. 원인조사를 위한 분류체계 개발은 기존의 원인분류와 화재발생종합보고서 등의 기초 자료에서 세부 항목을 추출하고 화재발생, 조사, 진단 등과 관련된 내용의 중심이 되는 단어를 채택하여 전체 개별항목을 추출하였다. 분류체계의 개발순서는 Bottom-Up 방식으로 하였으며 Fig. 1과 같다.

먼저, 화재통계방법, 화재발생종합보고서, 전기화재조사기법 등에서 추출된 내용으로부터 이의 핵심 주제를 나타낼 수 있는 항목을 선정하였다. 이 항목들은 원인진단 분류체계에서 소분류 항목으로 추출하였다. 그 후, 선정된 항목을 그룹화하였고, 각 그룹을 전체적으로 나타낼 수 있는 명칭을 선정하였다. 이렇게 선정된 각 그룹의 명칭은 중분류 항목이 된다. 그리고 중분류 명칭을 다시 그룹화하여 각 그룹의 명칭을 선정하여 개발하였다. 이 명칭은 본 연구의 분류체계에서 대분류 항목이 된다.

기초자료를 토대로 원인진단 항목들을 도출하였으며 개발된 원인진단 분류체계는 “기본상황”, “화재장소상황”, “화재징후”, “화재원인”이라는 4개의 대분류 항목으로 구성하였으며, 총 3단계의 분류체계로 구성하였다. 이 분류체계의 대분류와 중분류는 Fig. 2에서 보여주고 있다.

4개의 대분류 중 첫 번째 대분류 항목인 “기본상황”은 화재가 발생된 장소의 주변상황에 대한 기본 정보인 화재발생일시, 시간건물구조의 형태, 그리고 26개의 발생처종의 내용을 담고 있다.

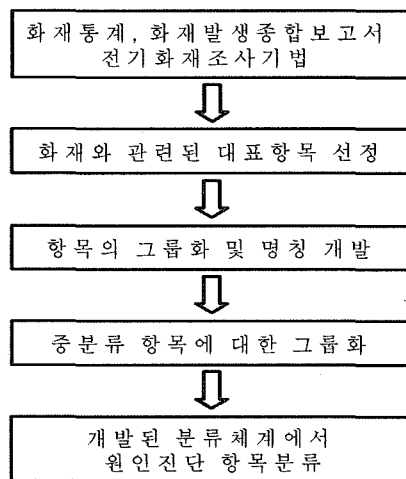


Fig. 1. Development procedure of a classification system.

기본상황	화재장소상황	화재징후	화재원인
일시	발화지점	이상전류현상	경과별 원인
날씨	연기	연소상태	발화원별 원인
건물구조	화염	접지상태	
발생처종	건물개폐현황	절연상태	
	연소흔적 방향	사용조건	
	화기취급	차단기	
	발화부기연물	배선상태	
	화재범위	화재원인	

Fig. 2. Grouping of cause investigation item.

대분류 항목 중 “화재장소상황”은 화재가 발생한 건물의 내·외부에서 관찰되는 여러 정보들을 포함하고 있으며, 이 항목 내 중분류는 8개의 항목으로 구성되어 있다. 발화지점을 찾을 수 있는 연소의 진행 흔적, 화재의 성장을 파악할 수 있는 연기 발생여부, 화재발생장소에서의 작업여부나 침입흔적 등을 알 수 있는 건물개폐현황, 목격자 진술에 의한 화기취급 여부, 화재가 처음 발생한 장소를 나타내는 발화지점, 화재 진압 후의 화재 피해 범위 등을 제시하고 있다.

“화재징후” 항목은 원인진단 분류체계에 있어 화재 발생에 직접적으로 관련된 내용을 포함하고 있으며, 전기화재에 대한 구체적인 예방대책을 제시할 수 있는 중요한 항목이다. 이 대분류 항목은 사용자가 보다 빠르고, 효율적이며, 용이하게 원하는 정보를 얻을 수 있도록 8개의 중분류로 분류하였으며 가장 많은 소분류 항목으로 분류하였다. 화재를 일으키는데 직접적으로 기여한 이상전류에 의한 탄화흔적이나 방전여부, 전기기기의 접지상태 및 절연상태, 화재에 직·간접적으로 기여하게 되는 화재인자, 화재발생시 일반화재와 전기화재 여부를 판가름할 수 있는 차단기나 퓨즈의 상태, 화재현장에서 어느 것이 발화원인이 되는지를 판단하는 배선의 용혼 및 상태 등으로 분류하였다. 이 대분류는 원인진단을 위한 분류체계를 개발하는 단계 중 화재원인과의 상관성을 밝히는 중요한 분류이다.

마지막으로 화재징후로부터 발생할 수 있는 “화재원인” 항목을 경과별 및 발화원인별로 원인분류를 하였으며, 경과별 원인은 일반적인 전기화재 원인이어서 10개 항목으로 세분화하였으며, 발화원별 원인은 전기배선, 전열기기 등 8개의 분류하였으며, 세부 설비는 65개로 분류하였다. 전기화재의 원인 조사를 위한 분류체계는 Table 1에서 보여주고 있으며, 분류체계 개발을 위해 도출한 항목을 요약하여 나타내고 있다.

Table 1. Classification system for cause investigation of electrical fire

대분류	중분류	소분류
기본 상황	일시	예:200X.XX.XX
	날씨	맑음, 흐림, 비, 눈
	건물구조	
	발생처종	공연장, 유흥음식점, 음식점, 시장, 호텔, 여관, 아파트, 주택, 병원, 복지시설, 학교, 도서관, 사찰교회, 공장, 작업장, 창고, 사업장, 공공건물, 문화재, 점포, 지하가, 건물기타, 선박, 차량, 항공기, 기타
	발화지점	
	화염	유, 무
화재 장소 상황	연기	흰색, 회색, 검은색, 연기발생, 없음
	건물개폐 현황	출입구 개방/폐쇄, 창문 개방/폐쇄
	연소흔적 및 방향	
	화기취급 여부	유, 무
	발화부 기연물	유, 무
	화재범위	전소, 반소, 부분소, 즉소화재
	이상전류 현상	그라파이트, 트래킹, 방전, 과전류, 없음
	접지상태	접지, 비접지, 접지불량
	연소상태	V패턴, 기기내 손상유/무, 기기전원 ON/OFF, 금속제품 용융, 플라스틱 용융
	사용조건	
화재 징후	절연상태	절연양호, 절연불량
	화재인자	관리소홀, 설비노후, 제작불량, 취급부주의, 설계불량, 오작동, 수리경력, 외부적 충격, 원인불명, 미확인
	차단기	배선차단기 작동 유/무, 기기내퓨즈-망울형/선형, 차단기 작동, 차단기 미작동, 확인안함, 기기내퓨즈, 완전연소, 차단기 미설치, 퓨즈작동, 퓨즈미작동
	배선상태	1차용혼, 2차용혼, 3차용혼, 파밀 전선배열, 단락혼, 물리적흔적, 환전연소-전선/피복, 확인하지 않음, 용융혼, 용융혼 및 탄화혼, 이상없음, 전선연장, 탄화혼, 탄화혼 및 박리혼, 플러그 꼽힘, 플러그 빠짐
화재 원인	경과별 원인	함선(단락), 누전, 접촉불량, 정전기, 과전류, 스파크, 절연열화, 지락, 원인불명, 기타
	발화원별 원인	전기배선, 전열기기, 조명기기, 전동기기, 음향기기, 전기공통부품, 주택관련설비, 기타

상기의 항목을 중심으로 한 분류체계는 전기화재의 원인조사에 필요한 자료를 체계적으로 수집·저장할 수 있고, 전기화재 원인진단 및 규명을 위한 DB 개발에 사용하기도 적합할 것으로 판단된다. 따라서 화재 징후와 원인간의 상관관계로부

터 화재원인진단 시스템 구현이 가능하며, 유사한 전기화재에 대한 신속한 원인진단이 가능하게 되고 합리적인 대책 수립이 가능할 것으로 기대된다.

4. 결 론

본 연구는 높은 화재점유율을 차지하고 있는 전기화재의 원인을 진단할 수 있도록 분류체계를 개발한 것이다. 화재감식이 어려운 전기화재의 원인진단 및 체계적인 규명을 하기 위해 개발하였으며, 전기화재 원인조사에 대하여 Database를 구축할 수 있어 예방대책을 제시할 수 있을 것이다.

1) 소방서, 소방방재청 등의 관련기관에서 수집한 전기화재 화재현장조사서와 화재발생종합보고서상의 분류항목 등을 기반으로 화재현장의 체계적인 원인조사 및 지식을 축적할 수 있는 분류체계를 개발하였다.

2) 화재조사에 필요한 자료수집 및 분류의 한계를 보완하여 원인조사에 필요한 새로운 항목들을 도출하였다. 전기화재 원인조사에 필요한 항목들은 4가지의 대분류에 22개의 중분류로 분류하였으며, 중분류는 다시 120 여개의 소분류로 분류하여 조사자의 용어 사용의 객관성을 확립하였다.

3) 화재가 발생한 건물 및 주변상황에 대한 기본 상황, 화재가 발생한 건물 내·외부에서 관찰된 건물개폐현황, 연소흔적, 화기취급 등 여러 가지 상황을 보여주는 화재장소상황, 화재를 일으키는 데 직

접적으로 기여한 이상전류현상, 접지 및 절연상태, 화재인자, 배선상태 등을 다루는 화재징후, 그리고 경과별 및 발화원별 화재원인으로 분류하여 자료의 체계적인 수집과 저장이 가능하다.

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부 전력산업기반 기금의 지원으로 수행 되었습니다.

참고문헌

- 1) 화재조사팀 편저, “현장실무자를 위한 화재원인 조사기법”, 인천광역시 소방본부, 2003.
- 2) 최충석 외 5인 공저, “전기화재공학”, 동화기술, 2004.
- 3) 김만건, “전기화재 원인과 예방대책”, 손해보험, 2002.
- 4) 임승학 외 2인, “전기화재 통계분석의 문제점 및 대책”, 대한전기학회, 2002.
- 5) 박남신 외 3인, “전기화재의 원인감식에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, 제7권, 3호, 1992.
- 6) 화재보험협회, “전기화재-발생기별원인”, 1979.
- 7) NFPA 921 Guide for Fire and Explosion Investigations 2004 edition.
- 8) John D. DeHaan, “Kirk's Fire Investigation-Fifth edition”, pp. 305~351, 2002.
- 9) David G.Lilley, “Fire causes and ignition”, Lilley & Associates, Route 1 Box 151 stillwater, OK 96470, pp. 85~90, 1996.