

전기화재의 특성고찰 연구(I)

장정태

대불대학교 소방대학

A study on the Characteristics of Electric Fire (I)

Jang, Jeong Tae

Fire Service Science College in Daebul University

요 약

우리나라의 화재 발생건수를 살펴보면, 1986년까지는 매년 1만건을 조금 상회하는 완만한 증가추세였으나, 1994년에는 2만건을 초과하였고, 1998년에 3만건을 넘었으며, 2007년부터는 4만건 이상으로 이제 5만 여건을 목전에 두고 있다. 특히 최근 9년간(2000-2008)의 화재발생은 연평균 36,635건, 연평균 재산피해액 190,791백만원이었으며, 전기화재의 경우, 총화재 발생건수 대비시, 1985년 34%, 1994년 39%로 계속 30%이상의 점유율을 보이다가 2006년 29.6%로 20%대로 진입하여 2007년 22.1%이며, 2008년은 총화재 발생 49,631건, 재산피해액 383,141백만원이다. 따라서 전기로 인한 화재는 22.8%인 11,308건, 재산피해액은 28%인 107,459백만원이었으며 전기화재의 최근 9년간 연평균 발생건수는 10,853건으로 매년 만 여건씩 발생하면서 59,980백만원의 재산 피해액을 나타내었는데, 전체 화재에 대한 전기화재 점유율은 약 30%를 나타내었고 재산피해액은 31.4%에 달하고 있어 아직까지도 전기화재는 화재발생원인의 1순위를 계속 점하고 있어, 이에 대한 분석과 대책이 절실히 요구되어 본 논문에서는 최근의 전기화재의 발생추이와 전기화재 특성을 고찰하여 이의 예방 대책을 제시한다.

1. 서 론

그동안 전기화재에 대하여 많은 발표가 있었지만, 항상 강조해도 지나침 없는 전기화재는 전체화재발생건수에 대비한 점유율이 30%를 상회하다가 2006년부터 20%대로 경감하였다. 그동안 화재의 발생 원인을 분류함에 있어 불분명한 것은 전기누전으로 간주하는 경우도 많았으며, 특히 사무실이나 점포에서 사람 부재시 발생하는 화재는 대다수 전기누전으로 단정되어 전기화재 점유율이 30%를 상회하는 높은 비중을 차지했음도 간과할 수 없겠지만 선진국의 10%대에 비하면 여전히 높은 편이어서 전기화재의 최근의 실상을 파악하고 이의 발생 원인의 고찰 및 대책을 살펴보고자 한다.²¹⁾

* 대불대학교 소방대학 교수 (전력계통 및 제어전공) ☎ 061-469-1266, jtjang@mail.daebul.ac.kr

2. 전기화재의 발생 추이 ^{1)-6), 21)}

화재란 발화의 상태를 의미하는 것으로써, 발화현상은 미연소 상태에서 연소상태가 되는 것으로 이같은 조건이 형성되려면 연소의 3요소인 산화되기 쉬운 물질인 가연물과 산화성의 물질인 산소나 산화제, 그리고 착화에너지원이 함께 존재해야 한다. 그동안 우리나라의 화재 발생추이를 살펴보면 1986년까지는 매년 1만건을 상회하였어도 완만한 증가 추세이었으나, 1987년부터 급속한 경제성장에 따른 안전의식 결여와 소방대상물의 현저한 증가 및 생활환경의 변화, 그리고 에너지 사용의 급증 등으로 화재발생 요인이 크게 다양화되어 급격한 증가추세를 보여 1994년에는 2만건을 상회하였고, 불과 4년후인 1998년에 3만건을 초과하였으며, 2007년부터는 4만건을 넘어 5만건에 육박하고 있다. 특히 최근 9년간(2000-2008)의 발생건수를 살펴보면 연평균 36,635건으로 연평균 4.7%이며, 연평균 총피해액은 190,791백만원으로 연평균 16.9%의 추세이다.

한편, 전기화재는, 전체 화재발생 건수에 대한 점유율이 1985년 34%, 1994년 39%까지 증가 하였으나 2006년부터 30%미만이 되어 2008년의 경우는 22.8%대로 크게 격감하였다. 따라서 2000-2008년의 9년간 통계를 보면 연평균 10,853건으로 매년 만여건의 비슷한 발생 실적이며 연평균 59,980백만원의 재산 피해액을 나타내고 있다. 또, 연평균 대비 전체 화재에 대한 점유율은 29.6%로 약 30%를 나타내고 있으며 재산 피해액은 31.4%를 점하고 있다. 그동안 계속 전기로 인한 화재원인이 1순위를 점유하였으나 2007년부터 발화요인에 의한 분류에서는 부주의가 47.1% 제일 높고, 이어 전기적 요인이 22.1%로 30%를 훨씬 밑도는 결과를 나타내고 있으며, 2008년 역시 부주의가 24,052건 발생(48.5%)으로 1순위이며, 전기적요인은 11,308건(22.8%)으로 20%대 초반으로 관리됨을 알 수 있다. 아래 Table 1.은 연도별 총화재건수 및 재산피해액과 전기화재 건수 및 재산피해액을 각각 나타낸다.

Table 1. Total Number of Fires and Loss Measures and Electrical Fires, 1994-2008

year/section	All Fires (Number)	Loss Measures (Million Won)	Electric Fire		
			number	Rate (%)	Loss Measures (Million Won)
2008	49,631	383,141	11,308	22.8	107,459
2007	47,882	248,417	10,569	22.1	63,460
2006	31,778	150,792	9,392	29.6	41,794
2005	32,340	171,374	9,991	30.9	44,577
2004	32,737	146,634	10,450	31.9	47,841
2003	31,372	151,590	10,670	34.0	49,898
2002	32,966	143,447	11,202	34.0	57,958
2001	36,169	169,750	12,300	34.0	67,856
2000	34,844	151,972	11,796	33.9	58,985
1999	33,856	166,426	11,204	33.1	54,673
1998	32,664	159,721	10,897	33.4	57,647
1997	29,472	121,712	10,075	34.2	52,628
1996	28,665	113,148	10,007	34.9	51,321
1995	26,071	100,745	9,307	35.7	39,209

Table 2. The main origin of fire, 1997-2008

구분	1위		2위		3위		4위		5위	
	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수
2008	부주의	24,052	전기적	11,308	미상	4,301	기계적	3,550	방화의심	3,441
2007	부주의	22,567	전기적	10,569	미상	5,155	기계적	3,391	방화의심	2,654
2006	전기	9,392	방화	3,413	담배	3,311	불티	2,416	불장난	1,165
2005	전기	9,991	방화	3,326	담뱃불	3,291	불티	2,460	불장난	1,120
2004	전기	10,450	담뱃불	3,585	방화	3,291	불티	2,464	불장난	1,385
2003	전기	10,670	담뱃불	3,316	방화	3,219	불티	2,061	불장난	1,274
2002	전기	11,202	담뱃불	3,847	방화	2,778	불티	2,251	불장난	1,187
2001	전기	12,300	담뱃불	4,445	방화	2,709	불티	2,464	가스	1,479
2000	전기	11,796	담뱃불	4,303	방화	2,559	불티	2,179	불장난	1,696
1999	전기	11,204	담뱃불	4,256	방화	2,434	불티	1,910	불장난	1,835
1998	전기	10,897	담뱃불	3,856	방화	3,056	불장난	1,938	가스	1,827
1997	전기	10,075	담뱃불	3,626	방화	2,655	불티	1,757	불장난	1,566

또 Table 2.는 발생화재에 대하여 주된 화재요인을 살펴본 것이다. 2007년부터는 새로운 분류법으로 부주의가 화재발생요인 의 1위이고 전기적요인은 2위이지만 2008년의 부주의 의 주된 요인이 ①담배꽂초 방치; 7,223건 ②음식물조리; 3,417건 ③쓰레기 소각; 3,127건 ④불씨,불꽃,화원방치; 2,600건을 감안할 때 여전히 단일요인으로 전기적 요인이 압도적으로 1위인 셈이다.

한편, 1955년부터 발생한 총화재 발생건수에 대한 전기화재 발생건수 및 점유율은 아래 Figure 1.과 같다.

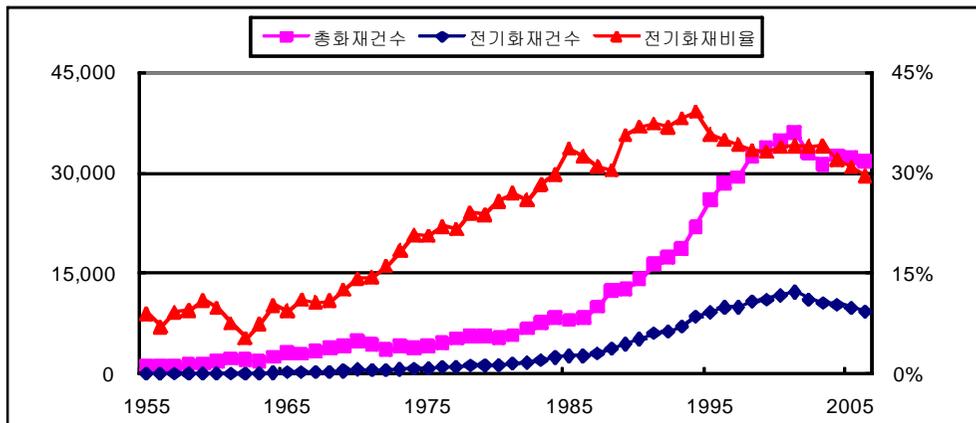


Figure 1. Total Number of fires and Electric fires and Electric ratio, 1994-2008.

3. 전기화재의 발생요인 및 대책 ⁶⁾⁻²¹⁾

C급으로 분류되는 전기화재는 전기시설이 파괴 내지 불량되어 화재가 발생하는 것으로 우리가 사용하는 전기는 전선로에서 잘 절연된 케이블전선으로 먼저 적산전력량계(積算電力量計, Kilo watt hour meter)의 일차측에 연결되고 이의 2차측에서 시작되는 전선로는 누전시 신속하게 차단하는 기능을 가진 누전차단기(漏電遮斷器, Earth leakage breaker; ELB)와 단락(短絡, 合線; Short)이나 과부하(過負荷, Over load)시 퓨즈(fuse)가 녹아 선로를 차단할 수 있는 나이프스위치(Knife switch; KS), 또는 지정된 전류 이상이면 선로를 차단하는 배선용차단기(No fuse breaker; NFB)를 거친 뒤, 각종 부하에 조작하기 편리한 스위치를 거쳐 연결되며, 필요시 손쉽게 전원과 부하를 연결할 수 있는 콘센트(Consent)로 구성되어 있다. 전기는 취급이 간편하고 편리하며 가공이 손쉬운 편리한 청정에너지이지만, 무색(無色), 무음(無音), 무취(無臭)의 특성을 지녀 활선 여부를 알기가 쉽지 않아 취급에 더욱 어려움이 있는데 그동안 발생한 전기화재의 원인별 발생현황을 살펴보면 Table 3.과 같이 단락요인이 단연 1순위이며, 과부하, 기기과열 등이 2순위, 누전이 3순위, 접촉불량이 4순위임을 알수 있다. 따라서 전기화재의 주된 발생원인은 단락(합선), 과부하, 누전, 접촉불량, 정전스파크, 트래킹 등으로 대별할 수 있다.

Table 3. The main origin of electric fire, 1996-2007

구분	1위		2위		3위		4위		5위	
	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수
2007	단락	7,412	과부하	1,282	기타요인	1,162	누전	550	단선	158
2006	단락	5,029	기기과열	1,183	과부하	573	누전	434	접촉불량	431
2005	단락	4,985	기기과열	1,304	과부하	755	누전	391	접촉불량	378
2004	단락	5,443	기기과열	1,280	과부하	715	누전	415	접촉불량	348
2003	단락	4,537	기기과열	1,135	과부하	757	누전	428	접촉불량	393
2002	단락	6,312	기기과열	879	과부하	870	누전	511	접촉불량	178
2001	단락	8,200	기기과열	854	과부하	798	누전	775	스파크	295
2000	단락	7,222	과부하	834	누전	698	기기과열	642	스파크	257
1999	단락	8,208	과부하	814	누전	748	기기과열	626	접촉불량	397
1998	단락	7,974	과부하	727	누전	713	기기과열	478	스파크	247
1997	단락	7,327	누전	696	과부하	596	기기과열	465	접촉불량	264
1996	단락	5,695	누전	782	과부하	605	기기과열	518	스파크	318

3.1 단락(Short)

전원의 두선이 접촉하는 것을 말하는 것으로 소위 ‘합선’이라고도 하는 것으로 전선의 피복이 벗겨지거나 전선에 못, 핀 등을 박을 때 직접 통전 또는 저저항으로 전선 상호간에 연결되면 크나큰 전류가 흐르게 되어 이에 의해 과열 및 단선으로 스파크가 튀어 화재의 불씨가 유발되는 과정이다. 단락이 되면 순간적으로 저항이 전선 자체뿐이므로 거의

영 오옴(0 Ω)에 달하여 엄청나게 큰 전류($I = \frac{V}{R}$)가 흐르게 되는데 대략 저압선로에서는 1,000 [A] 이상이 흐르며 단락되는 순간 폭음과 함께 스파크가 발생하고 단락점이 용융된다. 전류가 흐르게 되면 열이 발생되고 이것은 주울의 법칙(Joule's Law)에 의하여 다음과 같이 열이 발생하게 되며, 이때 발생하는 열량은 흐르는 전류의 제곱과 저항을 곱한 것에 비례하며 여기에 '0.24'를 곱하면 발열량인 칼로리(Calorie)로 환산할 수가 있다.

$$\text{열량} = \text{전류}^2 [\text{암페어}] * \text{저항} [\text{오옴}] * \text{시간} (\text{초}) \quad [\text{주울}], \quad Q = I^2 R T \quad [\text{Joule}]$$

$$\text{발열량} = 0.24 * \text{전류}^2 [\text{암페어}] * \text{저항} [\text{오옴}] * \text{시간} (\text{초}) \quad [\text{칼로리}]$$

$$W = 0.24 I^2 R T \quad [\text{cal}]$$

단락현상은 전기를 사용하는 사람의 부주의나 오래된 전기기기의 불량 및 고장, 과부하에 따른 전선의 절연불량, 드물게 쥐들이 전선을 갉아 먹다 단락사고를 발생시키기도 하여 아무도 없을 때 발생하는 정확히 화재원인을 알 수 없이 발생한 화재를 전기화재로 분류하는 이유도 바로 이런 개연성이 충분하기 때문이다. 이에 대한 방지 대책으로는 ① 절연상태가 양호하고 전류용량이 충분한 노후하지 않은 전선의 사용 ② 단락시는 신속히 선로를 차단할 수 있는 보호장치의 확보와 반드시 적정용량의 정격(定格, Rating)퓨즈의 사용 ③ 불량한 전기기기 사용금지 ④ 과부하 방지 ⑤ 접속개소의 충분한 접속 등이 요구된다.

3.2 과부하(過負荷 Over load)

위에서 살펴본 바와 같이 전선의 허용전류이상으로 부하를 연결하여 사용하면 은폐된 장소에서는 쉽게 발견할 수 없는 가운데 서서히 불량이 축진되고 과부하 상태를 단속적으로 사용한다 하더라도 전선의 심선이 과열 및 냉각 영향으로 불량되어 본래의 허용전류를 크게 감소시킨다. 따라서 이를 방지하기 위해서는 정격이상의 전류를 차단할 수 있는 차단장치의 사용이 필수이며, 일단 전력이 차단된 경우는 과부하상태를 점검하여 그 원인을 해소하여야 한다. 만약 심선의 구리선이 변색되었다면 이는 불량된 것이니 새것으로 교체하여 사용하는 것이 안전하다. 과부하의 간단한 판별 방법은, 도통하는 전선을 손으로 만져 따뜻한 정도를 느낀다면 부하를 줄여야 하고, 뜨겁다면 위험한 상태이니 즉시 사용을 중단하고 보다 굵은 전선으로 교체하여 사용해야 한다.

3.3 누전 (漏電, Leakage current)

전기가 온전한 경로로 흐르지 않고 일부가 새는 경우를 누전(漏電, Leakage current)이라고 하는 데, 이것은 전기를 사용하지 않아도 전기요금에 증가되는 점도 있지만 누전이 지속되면 큰 전류가 흐르게 되어 역시 주울열을 상승시켜 전기화재를 유발 할 수 있으며 경우에 따라서는 전기감전으로 이어져 인명사상의 재해를 초래할 수 있으므로 누전시 선로를 차단하는 누전차단기를 필히 설치하여야 한다. 우리나라는 220볼트로 승압이 되면서 누전차단기 설치가 의무화 되었는데, 설치한 누전차단기로 부터의 이동식 장거리 선로 및 장기 사용, 오겔선, 설치장소의 외부 환경 영향, 예컨대 염분이나 공장의 극심한 오손물질 등으로 잘 작동하지 않는 사례가 있으므로, 정상 동작여부를 점검하는 것이 필요하다. 누

전차단기의 점검은 전기가 통하는 상태에서 누전차단기 정면에 있는 시험보턴(테스트보턴)을 눌러 자동으로 떨어지면 양호하게 동작을 하는 것이므로 간단하게 점검해 볼 수 있으며, 가정에서의 옥내 배선만의 누전점검은 모든 전기기기를 스위치만 끄지 말고 콘센트에서 플러그를 완전히 뽑은 상태에서 계량기의 원판이 도는지 확인하여 조금이라도 돌면 누전이 있는 것으로 간주하고 조치하여야 한다. 각 연결기기들의 누전 여부는 모두 사용상태로 스위치를 켜고 연결된 상태에서 주 전원스위치를 끄고 절연저항측정기(Megger)을 이용하여 전선과 대지간의 절연저항을 측정하여 사용전압 400[V]이하인 가정에서는 0.2 [MΩ]이상이 되어야 함으로, 이 조건을 충족하지 못하면 누전상태로 간주하고 분전 스위치나 전기기기를 차례차례 구분하면서 그 원인 선로와 기기를 찾아 시정하여야 한다. 주요 기기들의 외함을 접지하게 되면 기기가 불량 되어 누전될 때 즉시 누전차단기가 동작하게 됨으로 안전하다.

3.4 접속불량 (接續不良, Bad connection)

전기회로의 접속개소는 단단히 조이거나 접속을 충분히 하지 않으면, 그 부분에 열이 발생하고 이것이 심하면 과열되어 전기화재의 원인이 된다. 그러므로 항상 나사를 이용하여 조일 때는 전선을 나사방향으로 돌려 단단히 조여야 한다. 또 연선일 때는 Figure 2.와 같이 먼저 잘 꼬아서 나사 방향으로 돌려야 하고 선과 선을 연결할 때도 충분히 엉기성기어우러져 충분히 접속되어야 한다. 따라서 콘센트나 플러그가 누렇게 변색 되었거나 헐거우면 접속이 불량하여 쉽게 과열한 결과이니 지체 없이 교체하여 사용하여야 한다.

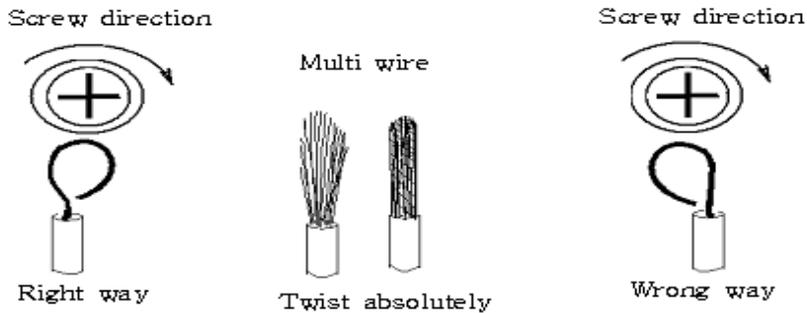


Figure 2. Right conductor connection method.

3.5 정전스파크(Static electric spark)

물질의 마찰에 의해 생기는 정전기는 그 크기 및 극성이 대전조건에 따라 다양한 것으로 정전스파크에 의해 가연성물질에 인화되는 경우는 가연성가스나 증기가 폭발한계 범위 내에 있고 정전스파크가 최소 착화에너지 이상이면서 방전하기 충분한 전위일 때 발생한다. 이의 방지를 위해서는 정전기의 불필요한 충전이 되지 않도록 하고 충전된 전기는 접지하여 방전조치를 취해야 한다.

3.6 트래킹(Tracking)

배선이나 전기기구의 절연물로 쓰이는 수지류는 장기간 사용에 따라 열화되기 시작하여 절연내력이 점점 저하하게 되고 이에 의해 공기유통이 나쁜 곳에서는 쉽게 가열되고 더욱 악화를 촉진하는 상태로 진전하게 되어 탄화현상이 나타나면서 점점 전류가 통하여 가열하여 연소되거나 부근의 가연물에 착화되어 화재를 유발하는 경우이다. 이것은 육안으로 변색, 과열상태 등을 파악하거나 이상한 냄새 등으로 파악하여 양품의 제 규격으로 교체하여야 한다.

4. 화재의 조사요령 7). 2)

화재의 원인조사는 먼저 물질이 소손 또는 소실된 출발점인 소적(消迹; 연소의 흔적)을 찾아내어 이곳을 기점으로 귀납적으로 고찰해야 한다. 소손물건을 감정하고 연소의 방향성을 찾아내어 발화지점을 정하고 존재 또는 존재할 수 있었던 추가적인 화원을 검증해 가는 일련의 작업이 원인조사의 절차이다. 만약 과학적인 원인조사가 요구될 시는 다음과 같은 기초사항에 유의하여 고찰하여야 한다.

4.1 화재 발생 경로

전기화재의 경우는 단락, 누전의 현상을 중점적으로 고찰하고, 화학화재의 경우는 약품의 자연발화성의 파악이 필요하며 연소기구에 의한 화재는 그 사용방법의 미숙등 물리적, 화학적, 기계적인 면 등을 모두 고려하여 파악하여야 한다.

4.2 물질의 연소과정의 이해

화원과 착화원의 관계에 대하여 종이, 먼, 목재, 수지류 등 각각의 물질의 연소방법이 다르므로 이에 대한 진행과정과 무연 또는 유연의 연소에 대하여 검토할 수 있도록 숙지하여야 한다.

4.3 현장착안점의 습득

화재현장에 잔존해 있는 소화소재의 소손현황을 토대로 사방의 방향성을 관찰하고 연소의 흐름으로 출화건물, 발화지점을 순차적으로 조사하는 식별, 발굴, 감식기술 등을 터득해야 한다.

4.4 현장조사의 진행방법 숙지

화재 현장의 소손된 여러 상황을 망라하여 분석하고 귀납적으로 결과를 도출해야 하므로 관련된 많은 자료의 이해와 신중하게 검토하는 요령과 입증과정에서의 증거 보존방법에 개하여 숙지해야 한다.

4.5 방재 관련 법규와 사회정세의 이해

소방법령과 위험물, 소방용시설 등에 관한 관련법령의 이해와 지속적인 과학기술의 발

전내용 및 사회생활 환경의 정보지식을 함양하고 있어야 한다. 특히 유연한 과학적 사고와 매사를 간과하지 않는 치밀성과 세세한 조사에 임하는 강인한 인내와 체력이 요구된다. 주지하는 바와 같이 화재 원인조사는 수차에 걸쳐 행하는 것이 아니므로 정확한 소적과 발화지점 관련자의 증언, 현장 발굴등의 과학적인 원인조사가 전제되어야 한다.

5. 결 론

우리나라의 최근 9년간(2000-2008)의 화재 발생을 살펴보면 연평균 36,635건 발생에 연평균 총피해액이 190,791백만원 이었으며, 전기화재의 경우는 연평균 10,853건에, 연평균 59,980백만원의 재산피해액을 나타내고 있다. 이 기간에 발생한 전기화재는 총발생 화재건수 대비 약 30%의 점유율로 단연 1순위를 나타내고 있으며 재산피해액도 31.4%에 달하고 있다. 다행히 2006년부터 20%대로 경감하고 있지만 선진국의 10%대에 비교하면 계속 부단히 노력하여 더 격감시켜야만 하겠다. 전기화재 발생의 주된 요인은 단락 1순위, 과부하 및 기기과열 2순위, 누전 3순위, 접촉불량 4순위로 나타나 가장 주된 원인이 단락을 비롯한 과전류 차단이다. 따라서 과전류차단의 신뢰성을 확보하기 위해 일본과 같이 정전류차단기의 사용도 고려해 보급하고 과전류차단장치에 대한 보다 신뢰성 높은 차단 속응성과 안전성, 정확성 등의 연구가 강화될 수 있도록 지속적인 연구가 강화 되어야 하겠다.

참고문헌

1. 소방방재청, “2008년 화재발생현황 분석”, pp1-14(2009).
2. 소방방재청, “2007년 화재통계연감”, pp1-130(2008).
3. 소방방재청, “2007 및 2007.12월 화재분석”, pp1-14(2008).
4. 소방방재청, “2006년 화재통계연보”, pp.3-92(2007).
5. 소방방재청, “2006년도 화재발생 현황 분석”, pp.1-9(2007).
6. 장정태, “소방전기학”, 도서출판 인터뷰, pp25-26, 183-192(2008).
7. 전라남도소방본부, “화재조사 실무교본”, pp27-77(2002).
8. 이춘하, 김시국, 옥경재, “퓨즈를 이용한 전기화재의 원인분석에 관한 연구”, 한국화재소방학회논문지, 제22권, 제1호, pp24-28(2008).
9. 김시국, 이춘하, 옥경재, 차하나, 사공성호, 지승욱, “퓨즈를 이용한 전기화재의 원인분석 기법에 관한 연구”, 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회, pp 294-301(2007).
10. 이상호, 김준식, 오홍석, “전기화재의 감식에 관한 연구 - 과전류 사고시 전선의 이격거리 분석을 통하여 -”, 한국화재소방학회, 제18권, 제2호, pp7-11(2004).
11. 이상호, 신미영, 김풍래, 김경현, 김준식, “전기화재 예방에 관한 연구 - 순간 단락사고와 과부하를 중심으로 -”, 한국화재·소방학회, 추계학술논문발표회, pp142-145(2003).
12. 오홍석, “전기화재의 발생원인 및 분석에 관한 연구 - 전선의 열해석을 통하여 -”, 한국화재소방학회, 제16권, 제4호, pp72-76(2002).
13. 오홍석, 이상호, 김풍래, “전기화재 예방에 관한 연구”, 한국화재·소방학회, 춘계학술논문발표회, pp133-137(2002).

14. 김종훈, 김찬오, 최정현, “전기화재의 원인조사 및 분석방법에 관한 연구”, 한국화재·소방학회, 춘계학술논문발표회, pp168-173(2002).
15. 한국산업안전공단, “전기작업의 안전”, pp152-230(1997).
16. 한국전기안전공사, “전선금속조직분석에 의한 배선화재감정에 관한 연구”, pp15-118 (1994).
17. 원종수, “전기화재(Ⅳ)”, 한국화재학회지, 2권3호, pp.47-57(1988).
18. 원종수, “전기화재(Ⅲ)”, 한국화재학회지, 2권2호, pp.51-58(1988).
19. 원종수, “전기화재(Ⅱ)”, 한국화재학회지, 2권1호, pp.65-70(1988).
20. 원종수, “전기화재(Ⅰ)”, 한국화재학회지, 1권1호, pp.53-56(1987).
21. 한국전기안전공사, “電氣災害統計分析”, pp7-160(2000).