

電氣火災防護對策

黃 錫 永
 〈檀國大學校 工科大学 副教授〉

〈目 次〉

1. 序 論
2. 電氣火災現況
3. 火災成立條件과 火災防護의 主眼點
4. 火災防護設備의 經濟性
5. 結 論

1. 序 論

人間은 自然에 존재하는 各種 原에너지를 生活에 편리한 形態의 에너지로 變換하여 利用하고 있다. 水力, 風力, 潮力 에너지 등의 電氣에너지 變換, 연료가 가진 熱에너지의 電氣에너지 變換, 석탄의 液化, 原油의 精油 등은 에너지의 이용을 편리하고 能率 좋게 하기 위한 것이다.

電氣에너지는 그 便利性 및 能率性에 의하여 현재 人類가 소비하고 있는 총에너지의 30%를 점유하며 향후 그 점유율은 총 에너지의 증가분의 50%를 차지할 것으로 전망되고 있어 우리의 文明생활에 필수불가결한 에너지의 형태임을 立證한다.

反面에 電氣에너지는 取扱을 잘못하면 災害를 발생하며 여러가지 비극적 災厄의 原因이 되는 것으로 특히 요즈음과 같이 急增하는 電力需要와 그 供給損失의 節減策에 따른 公營계통용량

의 증대와 送電電壓의 超高壓化 및 가정공급전압의 昇壓化 등을 고려하면 事故發生率의 증가와 사고의 大型化가 예상되는 것으로 충분한 대책이 요구된다.

우리는 해마다 火災로 인하여 귀중한 人命과 막대한 재산피해를 보고 있다. 1970年度부터 1979年度까지 최근 10年間의 火災原因別 統計를 보면 1972년까지는 油類로 인한 火災가 수위였으나 1973년부터는 電氣로 인한 火災가 首位로 되어 그 점유율은 20%정도로써 증가 추세에 있다.

이와같이 火災發生의 주요한 요인으로 되고 있는 電氣火災에 관하여 그 原因과 防護對策의 主眼點을 살펴보기로 한다.

2. 電氣火災 現況

먼저 우리나라의 總 火災發生件數 中에서 電氣火災라든가 油類火災 등과 같이 火災發生의 原因分野別로 그 點有率을 개관하고, 電氣火災에 대해서는 다시 火災發生의 原因 電氣設備部品과 發火原因別로 살펴보기로 한다.

가. 火災發生의 原因分野別 統計

1970年에서 1979년까지의 우리나라의 총 화재

발생건수에 대하여 火災發生의 原因分野別로 보면 <表 1>과 같다.

電化率의 漸高와 油類價의 暴騰 그리고 電力

系統의 容量增加와 昇壓化 등으로 電氣火災는 1973년부터 首位를 차지하여 계속 증가의 추세를 보이고 있다.

<표 1> 총 화재 발생의 원인 분야별 통계수

원인별		년도별										평균%	평균순위
		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979		
전	기	711 (14.3)	638 (14.5)	605 (16.1)	767 (18.4)	810 (20.8)	876 (20.6)	1,038 (22.0)	1,159 (21.6)	1,306 (23.1)	1,336 (23.7)	19.51	1
유	류	910 (18.3)	800 (18.1)	686 (18.3)	759 (18.3)	637 (16.3)	620 (14.6)	655 (13.9)	752 (14.0)	810 (14.3)	1,191 (20.9)	16.7	2
난	로	311 (6.3)	355 (8.0)	220 (5.9)	228 (5.5)	223 (5.7)	262 (6.2)	357 (7.6)	399 (7.4)	490 (8.7)	393 (6.9)	6.82	5
아	중 이	449 (9.0)	350 (7.9)	264 (7.0)	313 (7.5)	268 (6.9)	258 (6.1)	289 (6.1)	343 (6.4)	291 (5.1)	201 (3.5)	6.55	6
담	배	375 (7.5)	298 (6.8)	276 (7.4)	271 (6.5)	299 (7.7)	303 (7.1)	345 (7.3)	437 (8.2)	500 (8.9)	517 (9.1)	7.65	3
농	화	520 (10.5)	370 (8.4)	284 (7.6)	275 (6.6)	205 (5.2)	249 (5.8)	306 (6.5)	368 (6.9)	332 (5.9)	310 (5.4)	6.88	4
온	들	105 (2.1)	119 (2.7)	110 (2.9)	93 (2.2)	97 (2.5)	67 (1.6)	78 (1.7)	108 (2.0)	88 (1.6)	81 (1.4)	2.07	7
기	타	1,588 (32.0)	1,482 (33.6)	1,304 (34.9)	1,453 (34.9)	1,362 (34.9)	1,621 (38.0)	1,644 (34.9)	1,797 (33.5)	1,831 (32.4)	1,662 (29.1)	33.82	
계		4,969	4,412	3,749	4,159	3,901	4,259	4,712	5,363	5,648	5,711	100	

자료 : 내무부, 「화재안전점검」 () 안 숫자는 구성비 %.

나. 電氣火災發生의 原因電氣設備部別 統計

1978年度와 1979年度에 일어났던 電氣火災中에서 火災發生의 原因電氣設備部別로 보면 <表 2>와 같다.

各種 電氣設備部別中에 電氣火災를 많이 발생

하는 順으로 보면 配線을 포함하는 電線路(52.6%), 可搬型 電熱器(14.7%), 배선기구(8.1%) 전기기기(7.4%), 전기장치(6.5%)이며, 특히 電線路가 전기화재의 반이상을 차지하고 다음순 위인 可搬型 電熱器와 더불어 전기화재의 대부분을 차지하는 점은 주목할만한 점이다.

<표 2> 전기화재 발생의 원인전기 설비 부품별 통계(제주도 제외)

발화원별		년도별				평균	구성비 (%)	순 위
		1978	1979	계	평균			
이동 가능한 전열기	전 기 풍 로·온 풍 기	2	4	6	3			
	전 기 히 터·스 토 브·난 로	24	46	70	35			
	전 기 즉 은 기·향 백	1	0	1	0.5			
	전 기 다 리 미·전 기 인 두	32	35	67	33.5			
	전 기 이 불·모 포·장 판	54	70	124	62			
	탕 비 기·밥 솥·커 피 포트	18	26	44	22			
	해 어 드 라 이 어	1	1	2	1			
	전 기 용 접 기	29	35	64	32			
	기	타	1	2	3	1.5		

발화월별		년도별	1978	1979	계	평균	구성비 (%)	순 위
		소 계	162	219	381	190.5	14.7	②
고정된 전열기	전기	조기	21	27	48	24		
	전선	기구	0	1	1	0.5		
	유기	추기	1	0	1	0.5		
	가	타	3	3	6	3		
		소 계	25	31	56	28	2.2	⑧
전기 장치	전지	축전	5	2	7	3.5		
	라디오	T V	20	13	33	16.5		
	전등	등	2	20	41	20.5		
	냉장	광등	12	16	28	14		
	기	고세탁기	28	30	58	29		
	기	선풍기	1	0	1	0.5		
		소 계	87	81	168	84	6.5	⑤
전기 기기	배전	용 변	11	6	17	8.5		
	전발	동	63	50	113	56.5		
	정제	전	1	2	3	1.5		
	소	류기	0	1	1	0.5		
	콘	용 변	0	1	1	0.5		
	유	형	14	9	23	11.5		
	기	압	17	12	29	14.5		
	기	압	1	1	2	1		
	공기	1	2	3	1.5			
		소 계	108	84	192	96	7.4	④
전선로	송인	배	3	3	6	3		
	유	입	16	24	40	20		
	교	배	241	235	476	238		
	배	선	186	196	382	191		
	유	통기	99	139	238	119		
	기	관	54	91	45	72.5		
		선	16	9	25	12.5		
	의	25	22	47	23.5			
		소 계	640	719	1,359	679.5	52.6	①
배선	스나	위	22	17	39	19.5		
	자	프스	58	46	104	52		
	안	개	1	5	6	3		
	접	전	2	3	5	2.5		
	적	축	2	1	3	1.5		
		산	7	4	11	5.5		

발화원별		년도별	1978	1979	계	평균	구성비 (%)	순 위
기 구	큰 센 트 타		15	25	40	0		
	소 계		107	101	208	4	8.1	③
누 월 전 에 의 쉬 운 부 분 발 본	물 양	탈 철	4	4	8	4		
		라 관	8	2	10	5		
		못 밧	3	4	7	3.5		
	금 속 고 기	관 선	6	15	21	10.5		
		밧 접 촉	1	3	4	2		
	합 부 재 타	6	15	21	10.5			
	계		39	22	61	30.5		
	정 전 스 파 크		61	50	111	55.5	4.3	⑥
	기 타		37	46	83	41.5	3.2	⑦
	총 계		14	13	27	13.5	1.0	⑨
	전 체 화 재 전 수		1,241	1,344	2,585	1,292.5	100	

〈표 3〉 전기화재의 발화원인별 출화건수

발 화 원 인 별		출 화 건 수	구성비 (%)	순 위	비 고
접 속 물 량		139	10.3	⑤	
과 부 하		151	11.1	③	
누 전		206	15.2	②	
합 선 (단 락)	퓨 우 즈 용 단	366	26.9		
	퓨 우 즈 미 용 단	128	9.4		
	미 확 인	117	8.6		
	소 계	611	45.0	①	
전 기 기 기 취 급 부 주 의		150	11.1	④	
정 전 스 파 크		11	0.8	⑦	서울 지구의 발생 전수입.
기 타		88	6.5	⑥	
계		1,356	100		

다. 電氣火災의 發火原因

1979年度에 발생한 1,356件的 電氣火災를 發
原因火別로 보면 <表 3>과 같다.

發火原因別로 보면 短絡(45%), 누전(15.2%), 過
負荷(11.1%), 취급부주의(11%), 접속불량(10.
3%) 등의 順으로 電氣火災를 발생함을 보인다.
電氣火災는 전기설비의 결함(老朽포함)과 運

用不合理에서 由來되는데 이를 화재의 發火源으로 연관시키면 전기설비가 발생하는 累積熱과 衝擊熱 또는 이것의 組合이 주위의 가연성물질을 착화할 수있을때 이므로 이 累積熱과 衝擊熱의 원인이 되는 電氣的인 要因은 다음과 같다.

- | | | | | | |
|-----|---|--------------|---|-----------|--------|
| 累積熱 | { | ○ 단 락 | { | ○ 스윗치의 개폐 | |
| | | ○ 혼 축 | | ○ 단락, 혼축 | |
| | | ○ 누 전 | | ○ 퓨우즈의 용단 | |
| | | ○ 과 부 하 | | ○ 부하중의 단선 | |
| | | 衝擊熱
(스파크) | | ○ 접속불량 | ○ 접속불량 |
| | | | | | ○ 결연과피 |
| | | ○ 정전 스파크 | | | |

전기설비가 발화원이 되지 않기 위해서는 시 설계기준, 제품규격, 공사규정에 입각하여 설계, 제작, 시공, 유지관리를 하여야 함은 물론이나 전기설비 단독으로는 所期의 火災防護가 어려운바, 후술하는 火災防護의 主眼點에서와 같이 건물구조와 기기배치, 화재방호설비, 等과 더불어 화재방호측면에서 調和가 되어야 한다. 특히 靜電氣에 의한 發火에 대해서는 該靜電氣의 특성에 적합한 방호대책을 강구하여야 한다.

3. 火油成立條件과 火災防護의 主眼點

우리는 日常生活에 열과 불을 많이 이용하고 있다. 이경우는 우리가 원하는 強度와 量으로 제어하여 사용하기 때문에 有效하게 이용할 수 있으나, 만약 이것의 強度와 量이 제어범위밖으로 되면 화재로 進展할 가능성이 있다.

火災로 진전할수 있는 조건은 어떤 원인의 것이든 發火源이 있어야 하나, 발화원이 있다고해서 반드시 火災로 진전하는 것이 아니며 발화원이외에 다음의 조건을 만족해야 火災로 진전하게 된다.

가. 可燃性 物質이 있어야 한다

가연성 물질(인화성 및 폭발성 포함)이 없으면

화재의 위험은 없다. 따라서 건물 또는 事業場內에 있는 가연성 물질의 可燃性과 그 物量 및 分布는 화재방호를 위하여 1차적으로 분석될 대상이다.

나. 연소열량이 풍부하고 연소온도가 착화온도 이상일 것.

가연성 물질이 着火熱을 받아 착화되면서 발열하게 되므로 타고 있는 물질에서 발생하는 열량이 풍부하여 새로 연소할 물질에 착화열이 맺기드라도 그것의 온도가 저하하지 않고 연소속도를 助獎할수 있는 온도가상이어야 한다.

다. 화염이 발생할 것

화염은 가연성 기체 또는 증기나 혹은 가연성 고체물질에서 열에 의하여 발생하는 휘발분등에 의한 연소현상으로 화염이 없으면 연소속도 및 傳播속도가 느려서 큰 화재로 될 가능성은 적다

라. 공기(산소)가 있을것

연소반응을 일으킬 산소(공기)가 없으면 연소가 안된다.

그리고 火災의 특징은 高溫·多熱이외에 無制御 연소이므로 연소에서 생긴 연소가스의 배출도 연돌과 같이 설계된 통로를 통하지 않고 배출이 용이한 곳이면 어디나 배출될 뿐만 아니라 정상적인 연료이외의 가연성 물질의 연소로 인하여 배출가스 중에는 부식성과 독성이 많은 것이 있다.

이상과 같은 화재성립조건과 특징에서 본 火災防護의 主眼點은 다음과 같다.

1) 發火源 除去

에너지利用機器나 利用시설 혹은 생산설비의 설계, 제작, 시공, 유지관리를 기술기준, 규격규정에 따라 행하여 發火(불씨)요인을 제거하여야 한다.

2) 화재의 조기탐지

화재발생시에 조기탐지할수 있도록 설비특성에 적합하게 다음의 화재탐지기 및 누전탐지기를 설치하여야 한다.

- | | | |
|-------|---------|-----------|
| 화재탐지기 | • Spot형 | ○온도 탐지기 |
| | | ○매연 탐지기 |
| | | ○화염 탐지기 |
| | • 연속형 | ○열감지 캐이언 |
| | | ○기체농도 탐지기 |
| | | ○기체농도 탐지기 |

3) 가연성 위험물 및 자재의 통제

인화성 혹은 폭발성 위험물은 구내의 반출입 저장량, 부근의 작업인에 대한 통제와 그리고 이를 직접 취급하거나 또는 부근에 있는 시설에 대한 소요 시설기준을 엄수해야 하며, 위험물 이외에 일반 시설물에 사용하는 자재도 가능한 한 난연성의 자재를 사용하도록 하여 어떤 원인의 화재원이 있다라도 큰 화재로進展하지 않도록 하여야 한다.

4) 화재방호를 고려한 건물 및 기기배치 설계
 건물설계 및 기기배치는 화재傳播의 억제, 소화活動의 원활, 부식성 독성의 연소가스의 피해경감, 비상탈출 등을 고려하여야 하는데 예를들면 다음과 같다.

○화재傳播의 억제 :

적정한耐火定格的 防火壁 또는 화재과급장애편 설치, 바다 천정 벽의 관통부의 밀폐, 난연성 자재의 사용, 불가피한 가연성 물질의 경우에는 物量 및 분포의 적정화, 전기케이블의 피복과 같이 질게 연장된 가연성 물질에는 적정한 간격및목의 불연성 물질 塗布, 機器 및 配線間의 적정한 수직 및 수평 離隔거리 확보, 위험물의 저장소나 취급소 또는 주요시설에 대한 효과적인 행정적 통제를 위한 지역분할 배려 등이다.

○소화活動의 원활 :

소화용 기구의 진입 및 사용을 위한 공간배려 부식성 독성의 연소가스의 배출로 설치, 비상등 및 비상용 콘센트 설치 등이다.

○비상탈출

인명피해의 최소화를 위한 비상탈출로의 數및

幅과 안내등설치 등이다.

5) 消火設備

화재발생시에 효과적인 消火를 할 수 있도록 手動式의 可搬型과 手動 또는 自動式의 固定型 消火設備를 적절히 組合設置하여야 한다.

6) 信賴性과 經濟性을 고려한 設計深度

主設備의 상황과 사용자재의 연소성, 화재방호설비(화재경보기, 방호벽, 소화설비등)에 사용하는 部品의 성능과 능력 그리고 이들 部品의 所要 作業物質(예 : 소화수) 및 作動에너지의 공급능력등을 종합적으로 검토해서 設計의 深度를 균등하게 하여 소기의 신뢰성과 경제성이 이루어 지도록 하여야 한다. 높은 신뢰도를 확보하기 위해서는 같은 방호목적을 위하여 그 실현방법을 동일방법의 것을 多重化(redundancy)하는 경우와 동작용리나 제품의 설계가 다른 것을 이용한다 든가 하여 서로 다른 방법으로 실현하는 多樣化(diversity)의 技法이 있다.

4. 火災防護設備의 經濟性

一般 生産工場의 설비는 原料에서 製品에 이르기 까지 직접 생산에 관련되는 생산설비와 생산에 직접 관련없는 비생산설비로 나눌수있는데 여기서는 그 기준을 安全防護側面에 두기 때문에 편의상 安全防護設備를 비생산설비로 보고 非安全防護設備를 생산설비로 본다. 따라서 생산설비에는 생산기계설비와 그것의 운전, 감시 제어, 보호용 장치 및 유지보수용 설비는 물론 원료및제품의 저장용 창고, 종업원의 사무실 등이 포함된다.

安全防護設備는 종업원의 안전에는 물론 대중의 안전과 재산에 위협을 주는 생산설비 또는 시설물에 대해서 法으로 시설할것을 규정하고있다. 消防法 등은 이의 예이다.

企業利潤을 안심하게 보장할려면 적정한 안전

방호설비를 갖추어야 하지만, 자금난이나 기업 이윤만의 추구 또는 인식부족등으로 안전방호설비의 시설면에 소홀화 하는 경우가 있으며 우리는 종종 재해를 보아 왔다.

따라서 재해로 인한 기업 또는 건물주의 손해는 물론 국가적인 손실을 막기 위해서는 安全防護設備는 시설기준에 준하여 할 필요가 있는 바 여기서 시설투자의 경제성을 검토하여 본다.

지금 P_0 : 방호설비를 제외한 생산설비 투자액

P_1 : 방호설비 미시설시의 피해액

δ_1 : P_1 의 P_0 에 대한 비율($\frac{P_1}{P_0}$)피해율

P_2 : 무재해시의 순이익금의 현가(現價)

δ_2 : P_2 의 P_0 에 대한 비율($\frac{P_2}{P_0}$), 이익율

α_0 : 방호설비 미시설시의 화재피해 확률, 초기피해확률

α : 방호설비 시설시의 화재피해 확률, 개선피해확률

P_3 : 방호설비 투자액

δ_3 : P_3 의 P_0 에 대한 비율($\frac{P_3}{P_0}$), 방호설비 투자비율

K : α 의 δ_3 에 의한 개선정수라 하면 기대되는 순이익 F 는 다음과 같다.

$$(1-\alpha)P_2 - P_3 - \alpha P_1 = F_1 \dots\dots\dots(1)$$

$$(1-\alpha)\delta_2 P_0 - \delta_3 P_0 - \alpha \delta_1 P_0 = F_1$$

$$(1-\alpha)\delta_2 - \delta_3 - \alpha \delta_1 = F_2 = \frac{F_1}{P_0} \dots\dots\dots(2)$$

한편 방호설비의 투자에 의한 피해확률의 改善은 투자비에 대하여 指數함수적으로 변한다고 보는데 이는 피해확률이 높을수록 적은 투자로 감소시킬수 있으나 낮을때는 많은 투자를 해야 같은 양으로 감소시킬수 있다는 경험적 사실에 근거를 둔 것이다. 따라서 개선 피해확률 α 는 식(3)와 같게 표시한다.

$$\alpha = \alpha_0 e^{-K\delta_3}$$

식(3)을 (2)에 대입하여 F_2 를 δ_3 로 미분하여 최대를 하는 δ_3 를 구하면 식(4)와 같다.

$$\delta_3 = \frac{1}{K} \ln[\alpha_0 \cdot K(\delta_1 + \delta_2)] [P \cdot U] \dots\dots(4)$$

식(4)에서보면 피해율 δ_1 , 이익율 δ_2 , 초기 피해확률 α_0 가 클수록 방호설비의 투자비율 δ_3 가 크야하며 改善定數 K 가 클수록 δ_3 가 적음을 알 수있다. 특히 이익율 δ_2 가 클수록 방호설비의 투자비율 δ_3 를 크게해야 한다는 점은 주목할 사실이다.

식(4)에 경험적인 자료를 대입하여 例示하면 다음과 같다.

지금 $\delta_1 = 0.9$

$\delta_2 = 0.5$

$\alpha_0 = 0.05$

$K = 23.03(\delta_3 = 0.1 \rightarrow \alpha_{0.1} = 0.005$ 로 가정

라 두면

$$\delta_3 = \frac{1}{23.03} \ln[0.05 \cdot 23.03(0.9 + 0.5)] \times 100 = 2.07[\%]$$

$$\alpha = \alpha_0 e^{-K\delta_3} = 0.05 e^{-23.03 \times 0.0207} = 0.031$$

으로 된다.

즉 방호설비의 투자비율을 2.07[%]로 할 때 가장 경제적이며 이때의 피해확률은 0.05에서 0.031로 개선된다. 개선된 피해확률이 불안할 경우는 방호설비에 투자를 더 많이 하든가 또는 보험가입등으로 해소하여야 하나, 이것은 방호설비를 위한 투자의 필요성과 경제성에 관한 一例에 지나지 않기 때문에 실제로는 어쨌든 기업가의 이익과 국가적 이익을 위하여 시설기준을 上廻하도록 노력하여야 할 것이다.

5. 結 論

電氣에너지는 그 便利性和 能率性에 의하여 다른 形態의 에너지보다 점점 많이 이용함에 따라 電氣로 인한 火災의 비율이 全 火災發生件數의 20%정도로 首位를 차지하며 증가추세에 있다. 電氣火災에 있어서 火災를 일으킨 전기설비부품별로 보면 配線을 포함한 電線路가 50%정도

로 수위이고 發火원인별로 보면 短絡이 45%정도로 수위이다. 이는 대부분이 설계, 시공, 제작, 유지보수면의 결함과 전기사용자의 電氣에 대한 인식부족 그리고 適格 면허소지 기술자의 확보 및 지원 소홀 등으로 볼수 있겠으나 이것은 화재성립조건중의 發火源의 제거관계인바 더 나아가 방호대책에서 언급된 바와같이 화재범위 축소 및 화재진전억제와 消火관계 등과 더불어 종합적으로 검토해서 設計深度를 균일하게 하여 調和속에 所期의 신뢰도를 확보하도록 하여야한다. 즉 소정의 시설기준은 최소요구조건인바 그것을 上廻하도록 노력하여야 한다.

그리고 누전으로 인한 전기화재가 15%정도인

데 비하여 단락으로 인한 것은 45%인 점에서 누전화재경보기와 같이 단락화재 경보기에 대한 기술기준의 검토도 바람직하다고 본다.

끝으로 火災防護設備는 非生産設備이므로 이 부분에 투자는 자금난등의 여건으로 인색한 경향이 있으나 기업의 안심시련 이윤보장을위하여 투자가 필요하며 특히 기업이윤이 클수록 더 많은 비율로 투자해야 함을 본문에서 지적한 바있다. 그리고 기업주나 건물주는 자체에서 해결되지 않는 防護관계 문제는 전기안전공사나 관계기관에 지도요청 또는 협조체제를 갖추고 관심을 갖는 것도 효과적인 防護對策의 일환이라 보겠다. <끝>

<海外 新製品>

被覆電線검사기

디텍터 1200(D-Tector 1200)은 50本까지의 被覆전선의 상태를 재빨리 검사, 그 상태를 계속 표시해주는 반도체피복전선 검사기이다. 전선의 결단, 누전등 각종 피복전선의 상태를 검사할수 있는 이 D-Tecrto 1200은 광선을 방사하는 다이오드(LED)가 피복전선의 상태를 표시해 주며 간헐적인 누전도 발견해낸다. 피복전선의 전선이 100本일때는 D-Tector 1200에 추가 확대장치를 사용해야 한다.

◇ 문의처 : Gerald A.Koth, account Executive, Control Electronics Co. Inc., Dept. CN, 11035 Harry Hines Boulevard, Suite 214, Dallas Texas 75229 U.S.A.