

# 분진에 의한 전기설비의 영향과 국내규정 분석

(An Influence of Electrical facilities Due to the Dust and Analysis about Domestic Regulations)

송길목\* · 김영석 · 정종욱 · 정진수

(Kil-Mok Shong\* · Young-Seok Kim · Jong-Wook Jung · Jin-Su Jung)

한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

(Electrical Safety Research Institute, Subsidiary of Korea Electrical Safety Corporation)

## Abstract

This study investigated the influence of electric facilities damaged by dusts and domestic regulations. Its contents included the around circumstance of electric facilities, regulations concerned with the dust, the actual conditions at the scene, the characteristics of dusts and so on. At the set-up the electric facilities, the around circumstances are bad in summer that highly temperature and many moisture. Besides, elements that are judged the corrosive vapours of the large quantity are detected at the sampled dusts. As the results, if dusts covered with electric facilities, It will be a cause for the electric accidents. From the analyzed data of the actual conditions and the sampled dusts, electric facilities maintenance for the viewpoint of the safety can be possible.

## 1. 서론

국내에 설치된 전기설비는 제작과정에서부터 설치에 이르기까지 규정에 준하도록 명시되어 있다. 설치 후에도 정기적인 점검과 검사를 통해 전기설비의 이상유무를 확인한다. 그럼에도 불구하고 전기설비는 먼지, 염해, 자외선 등의 주변 환경요인과 전기적 불안정, 기계적 충격, 방화 등 다양한 조건에 의해 고장 또는 사고로 인한 전기재해가 발생한다. 최근에는 공해나 중국에서 날아오는 황사의 영향으로 인해 미세먼지가 전기설비 표면에 부착됨으로써 고장 또는 사고의 잠재요인으로 작용하고 있다. 따라서 이에 대한 영향을 평가하고 국내규정에 맞도록 개선하기 위해 환경영향 평가와 규정검토, 실험을 통한 검증 등이 요구된다 [1-3].

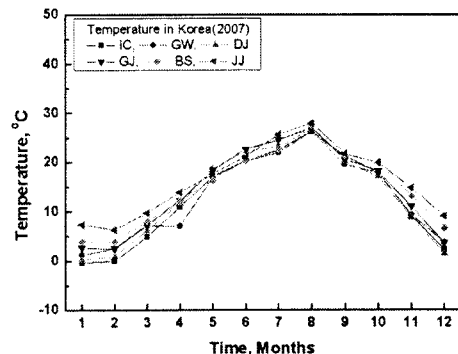
절연재료의 표면에 부유분진이 자중에 의해 가라앉으면서 온도 및 습도의 영향에 의해 누설전류가 흐르고 표면이 탄화된다. 분진의 종류에 따라 사고의 과정은 빠르거나 오랫동안 지속되었다가 발생되어진다[4],[5].

본 연구는 국내의 실정에 맞는 규정검토와 연구를 위해 연평균 기온, 전기설비사고분포현황 등의 국내환경에 대한 분석과 전기설비가 설치된 현장에서의 실태와 문제점 등을 검토하였으며, 국내 관

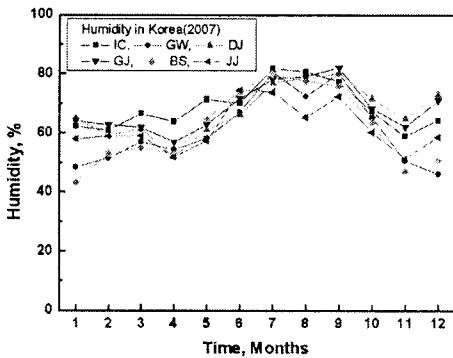
련규정을 검토하고, 현장에서 분포되고 있는 분진의 종류와 특성을 해석하였다. 이를 통해 향후 분진에 의한 전기설비의 영향을 평가하고자 하는 연구수행 계획과 방지기술 개발에 도움을 줄 것으로 판단된다.

## 2. 국내 환경 및 설비사고 통계 분석

국내 전기설비는 삼면이 바다이고, 봄, 여름, 가을, 겨울 등 계절변화가 뚜렷한 환경에 있어서 설치와 관리의 어려움이 많다. 그림 1은 기상청[6]에서 발표한 2007년도 지역별 평균온도와 평균습도를 나타낸 것이다.



(a) 평균온도



(b) 평균습도

그림 1. 2007년도 국내 지역별 평균기온 비교

2007년도 기상청 발표에 의한 자료에서 대표적으로 온도와 습도의 변화가 다르다고 판단되는 6개 지역(인천, 강릉, 대전, 광주, 부산, 제주)을 선정하여 분석한 결과에 의하면, 인천(IC), 강릉(GW), 대전(DJ), 광주(GJ), 부산(BS), 제주(JJ)로 나누어 중부지역의 해안가 보다 남부지역으로 갈수록 겨울철 온도차가 5°C에서 약 10°C 정도 있는 것으로 나타났다. 여름철 온도에 비해 그 편차가 큰 것으로 중부지역에 설치된 전기설비의 경우 그 온도차에 의한 영향이 있을 것으로 판단된다. 또한, 평균습도분포의 편차는 부산지역을 제외하고는 유사한 것으로 나타났다. 국내 연평균 기온이 10°C에서 16°C인 것을 감안할 때, 계절적 영향에 의한 온도차가 큰 것을 알 수 있다. 이러한 온도와 습도에 의한 국내환경과 황사에 의한 먼지의 영향을 더하여 전기설비가 열화되면서 사고로 이어지는 경향을 보이고 있다. 특히 국내환경의 경우 온도가 높고 습도가 많은 계절은 여름에 집중된 특징을 가지고 있다. 이러한 환경적 요인은 전기설비 관리에 있어서 매우 중요한 영향을 미치는 것으로 보인다.

국내 전기설비에 있어서 2007년도 한국전기안전공사가 발표한 통계자료[7]에 의하면, 2006년도 조사대상 호수 총 24,429호에 대하여 이중 전기설비 고장 또는 사고로 이어진 건수가 6,946건에 이르는 것으로 나타났다. 월별사고건수를 분석하여보면 그림 2와 같다.

국내에서 발생하는 대부분의 전기설비 고장 또는 사고는 여름철에 평균이상 발생하는 것으로 보여준다[8],[9]. 이는 해빙기 이후 봄철 황사 또는 분진이 누적되었다가 여름철 습도가 높아지는 시기에 누설전류가 흐르면서 전기설비의 고장으로 이어지는 과정에서 전기설비사고가 발생하는 것으로 추정된다. 따라서 국내환경에 적합한 전기안전관리

요령이 요구되며, 관리규정과 전기설비 설치에 있어서도 이에 준한 규정이 있어야 할 것으로 판단된다.

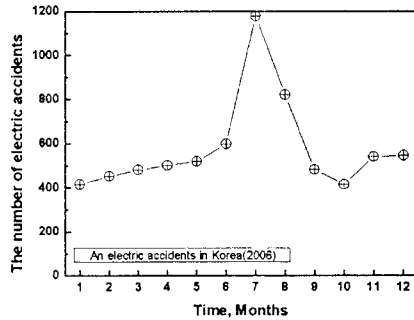


그림 2. 2006년도 전기설비 월사고건수(조사대상 24,429호)

2006년도 전기설비사고에 있어서 국내지역별로 보면, 인천(IC)의 경우 저전압 전기설비사고가 136건, 고전압설비사고가 39건이 발생하였으며, 강원(GW)지역은 저전압 전기설비사고가 453건, 고전압 설비사고가 98건으로 나타났다. 대전(DJ)은 저전압설비사고 36건, 고전압설비사고 12건이며, 광주 저전압 설비사고 118건, 고전압 설비사고 32건, 부산 저전압 설비사고 192건, 고전압 설비사고 67건, 제주는 저전압 설비사고 570건, 고전압 설비사고 83건으로 조사되었다. 삼면이 바다로 둘러싸인 국내 환경은 전기설비에 있어서 염해에 의한 영향이 클 것으로 판단되며, 실제 사고분포를 보더라도 제주, 강원, 부산, 인천, 광주, 대전 등의 순으로 나타났다. 강원 지역의 경우 전지역을 대상으로 하여 조사된 것으로 지역의 크기에 따른 전기설비 사고경향을 보면 제주에 설치된 전기설비가 가장 위험에 노출된 것으로 판단된다.

### 3. 국내 분진규정에 대한 검토

국내 전기설비 기술기준 및 판단기준에 의한 규정과 한국산업규격에 정의된 규정자료, 한국산업안전공단에서 관리하는 KOSHA에 의한 지침자료를 분석하였다[10-12]. 전기설비 기술기준 및 판단기준의 경우 대부분 전기설비에 대한 설치방법과 조건 등에 대해 국제규정에 맞도록 기준을 정한 것으로 분진과 관련한 규정은 제60조 분진이 많은 장소, 제99조 먼지가 많은 장소에서의 저압의 시설, 제224조 옥측 또는 옥외에 시설하는 집축전선의 시설 등이 있다. 제60조에 있는 내용을 보면, 개괄적이고 총괄적인 내용으로 분진이 많은 장소에 시설하는 전기설비는 분진에 의한 그 전기설비의 절연

성능 또는 도전성능의 열화에 따른 감전 또는 화재의 우려가 없도록 시설하여야 한다고 규정하고 있다. 이는 KS C IEC 61241-10과 KOSHA E-18-2006에 나타나 있는 분진운 발생에 따라 위험장소를 구분한 것과는 달리 매우 포괄적이라 할 수 있다. 따라서 분진층에 따라 최소점화온도를 규정하는 KS C IEC 61241-14와 같이 구체적인 판단기준을 적용하여 관리할 필요가 있는 것으로 판단된다. 일반적인 분진층의 점화온도는 230℃에서 250℃로 되어 있으며, 분진운의 점화온도는 이보다 높은 410℃에서 450℃인 것으로 나타나 있다. 이는 결과적으로 전기설비가 주로 이용되는 시간인 주간에 부유되었던 분진운이 야간에 전기설비 표면에 침적되면서 분진층이 형성되면, 점화온도가 낮은 상태에서도 충분히 화재로 이어질 수 있다. IEC 60364-3과 KOSHA E-25-2000(13)에 명시된 전기설비 설치시 환경과 사용조건 등의 평가에 관한 기술지침을 적용하여 전기설비의 안전관리가 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다.

전기설비 기술기준 및 판단기준에 있어서 제199조 먼지가 많은 장소에서의 저압의 시설에 보면, 강하분진의 특성상 부식요인이 되는 물질에 대해 강하분진에 의해 부식이 되지 않도록 접속부 재료가 충분한 내식성을 갖도록 규정할 필요가 있다. 그림 3에서 나타나 있듯이 강하분진과 주변환경이 부식성가스가 발생하여 영향을 미치고 있는 것으로 조사되었다. 이는 습도영향에 의해 활성화되는 특징을 가지므로 이에 대한 관리규정이 요구되므로 전기설비기술기준 및 판단기준에 명시될 필요성이 있는 것으로 판단된다.

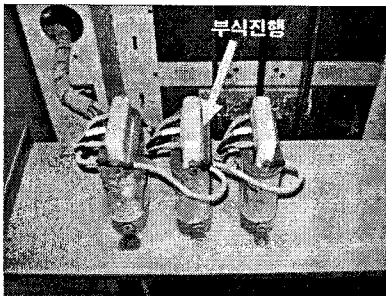


그림 3. 부식성가스가 발생하는 지역에서의 분진영향

이외에도 전기설비가 동작하는 동안 자체동작만으로 부유분진이 발생하는 경우와 외부의 환경적 요인에 의해 발생하는 경우를 분리하여 관리규정을 정할 필요가 있다. 대체적으로 회전기구류인 경우에는 회전하는 쉘의 영향으로 인해 주변에 강하된 분진이 부유하면서 전기설비 표면에 침적되는

경우가 있다. 이로 인해 습도가 증가할 경우 누설 전류가 흘러 전기화재로 이어질 수 있으므로 이에 대한 대책이 요구된다.

#### 4. 현장에서의 분진포집과 재료특성

전기설비에 침적된 분진성분의 특성을 분석하고 판단하는 것은 전기설비의 안전관리를 위해 매우 중요하다. 따라서 고성능 대기분진포집기(HV-500F, Shibata, Japan)를 이용하여 국내규격에서 권장하는 포집측정방법의 하나인 여과식으로 포집하였다. 포집장소는 제재소, 시장, 영세공장, 하수처리장 등이며, 전기설비에서의 미치는 영향을 분석하기 위해 전기설비 반경 2m 이내에 분진포집기를 거치하였다. 흡입량은 500ml/min으로 2시간동안 포집하여 칭량법에 의해 농도를 측정하였다. 채취된 분진은 현장에서 기밀용기에 의해 보관 운송하고 실험실에 도착한 후 60%의 습도를 유지시킬 수 있는 항습조에 넣어 24시간 이상 보관 후 유도결합 플라즈마질량분석법(ICP-MS: Inductively coupled plasma-mass spectroscopy)에 의해 분석되었다. 이는 원자의 고유한 질량의 차이를 이용하여 극미량 원소를 분석하는 장비로서 분진과 같이 다양한 원소가 존재하는 경우 극미량의 원소를 분석할 필요가 있을 때 효과적이다. 이에 미량의 첨가원소 및 불순물의 양에 따른 물리적 성질과 분석에 활용되었다. 또한 미량의 성분을 분석할 수 있는 유도결합 플라즈마원자발광분광법(ICP-AES: Inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy)에 의해 분석되었다.

분석결과 표 1과 표 2에 나타난 성분과 양이 검출되는 것을 확인하였다.

표 1. ICP-MS에 의해 검출된 분진의 원소와 양

구분	원소량, ppb				
	제재소	재래시장	사료공장	고무재생공장	하수처리장
Co	6,054.4	159.4	41.9	831.3	1,281.5
Cu	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	16,310.3
Zn	1,161.9	<20.0	<20.0	7,283,985.1	223,302.5
As	8,022.0	2,066.7	3,989.1	4,778.0	2,631.5
Pb	2,694.5	3,640.7	2,630.3	4,780.1	395.6

표 1은 ICP-MS에 의해 극미량의 원소 성분과 양을 검출한 내용이며, 표 2는 ICP-AES에 의해 미량의 원소 성분과 양을 검출한 내용을 정리한 것이다. ICP-AES의 분해능은 0.005nm(UV)와

0.05nm(Visible)이며, 검출한도는 수 ppb에서 수백 ppb로 하여 정밀한 분석이 되도록 하였다. 표 1에서 알 수 있듯이 극미량의 원소에서 고무재생공장의 경우 다량의 아연(Zn)이 검출되었으며, 하수처리장에서도 비교적 많은 양의 아연이 검출되었다. 특히 하수처리장의 경우 구리(Cu)와 코발트(Co) 성분이 타 분진에 비해 많은 양이 포함된 것을 확인할 수 있다.

표 2. ICP-AES에 의해 검출된 분진의 원소와 양

구분	원소량, ppm				
	제재소	재래시장	사료공장	고무재생공장	하수처리장
Al	33.74	33.91	29.25	118.40	199.11
Ca	193.30	217.20	225.60	575.10	117.30
Fe	25.91	6.14	<1.00	115.00	247.70
Mg	49.13	57.91	61.46	47.25	282.56
Na	2,702.80	2,938.80	3,558.80	59.18	1,514.80

표 2에서 알 수 있듯이 고무재생공장을 제외하고 다량의 나트륨(Na)성분이 검출되는 것을 확인하였다. 고무재생공장의 경우 칼슘성분이 타 지역에서 포집한 분진보다 많은 양이 검출되었으며, 하수처리장의 경우에는 알루미늄, 철, 마그네슘 성분이 타 분진보다 다량으로 검출된 것을 확인할 수 있다. 이로써 하수처리장에서 포집한 분진의 경우 다량의 원소가 포함되어 있으며, 이들의 다수가 전기설비에 침적되었을 경우 부식에 영향을 미치는 것으로 추정되며, 누설전류 발생과 이로 인한 전기설비 사고원인이 되어 전기화재로 진전될 가능성이 높을 것으로 추정된다.

## 5. 결 론

본 논문은 국내의 실정에 맞는 규정검토와 연구를 위해 국내에 나와 있는 기상자료 및 전기설비 사고 통계자료를 분석하였으며, 현장실태조사를 통해 현장에서의 안전관리 문제점 등을 검토하였다. 또한 전기설비 현장에서 부유하고 있는 분진의 종류와 특성을 해석하였다. 이를 통해 분진발생지역에 적합한 안전관리 기준이 요구되며, 국내 규정에 있어서 취약한 부분을 정비할 필요가 있는 것으로 검토되었다. 따라서 본 논문의 수행을 통해 향후 분진에 의한 전기설비의 영향을 평가하는 자료로 활용이 가능할 것으로 보이며, 전기화재를 예방하는 중요한 자료가 될 것으로 기대된다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 송길목, 김영석, 김선구, "저압용 절연재료의 염수분무 및 분진에 따른 특성비교", KIEE2007 summer conference, pp.1359~1360, 2007.07
- [2] 정연하, 장태준, 송길목, 노영수, 곽희로, "연면트레킹에 의한 탄화거동", Journal of KIEE, Vol. 21, No. 2, pp.28~33, 2007
- [3] 김영석, 송길목, 김선구, "외부 오염 환경하에서 고분자 절연재료의 표면 누설전류 측정 및 열화 패턴 분석", KIEE2007 summer conference, pp.2080~2081, 2007.07
- [4] 김영석, 송길목, 정진수, 정종욱, 김선구, "염수 및 분진에 의한 고분자 절연물의 표면전류 특성과 사고 위험성", Journal of the KIEE, Vol.21, No.8, pp.129~135 September 2007
- [5] 송길목, 최충석, 노영수, 곽희로, "트레킹에 의해 열화된 페놀수지의 탄화특성", KIEE, 53C-1-1, pp. 1-7, Jan. 2004
- [6] 기상청, "www.kma.go.kr/", 기상청, 2008
- [7] 한국전기안전공사, "전기재해통계분석", 제16호, 산업자원부, 2007
- [8] 송길목, 한운기, 김영석, 정진수, 정종욱, 김선구, "PVC와 페놀수지의 표면열화에 따른 접촉각 측정과 위험성 평가", KIEE annual spring conference 2007, pp.458~462, 2007.05
- [9] 김영석, 송길목, 정진수, 정종욱, 김선구, "전기 절연물의 오염에 따른 누설전류 특성과 사고위험성 연구", KIEE annual spring conference 2007, pp.463~467, 2007.05
- [10] IEC 61241-10, "Classification of areas where combustible dusts are or may be present - electrical apparatus for use in the presence of combustible dust", 2006
- [11] KS C 0223, "환경시험방법(전기·전자) 염수분무시험방법 \_2005", 기술표준원, 2005
- [12] KOSHA E-18-2006, "분진폭발 위험장소 설정에 관한 기술지침", 한국산업안전공단, 2006
- [13] KOSHA E-25-2000, "전기설비 설치시 환경·사용조건 등의 평가에 관한 기술지침", 한국산업안전공단, 2000