

염진해 오손물질의 성분 및 특성

The Ingredient and the Properties of Contaminants

최남호*, 박강식**, 조성배#, 한상옥*
** 대덕대학, 전력연구원#, 충남대*

N.H. Choi*, K.S. Park**, S.B. Cho#, S.O. Han*
Daeduk College**, Chungnam Univ.*, KEPRI#

Abstract

In this paper, the relativities and the properties of various contaminants, which could give a significant decrease in electrical insulation strength were investigated. For this investigation, the contamination degree was manually measured with brush-wiping method, and the ingredient of some specific sample was analyzed with ICP/MS. With the result, the influence of distance from sea, climatic condition contamination was investigated. And the difference in electrical properties of various salts in aqueous solution was determined. Finally, we could get several significant result on the relativity and properties of contamination in various conditions.

1. 서 론

우리나라의 경우 전력설비에 대한 오손의 중요 요인은 다음과 같다. 첫째 요인은 반도라는 지리적, 지형적 요인으로 인해 염해에 의한 영향에 노출되기 쉽다는 것이다. 둘째 요인은, Monsoon 및 태풍 등과 같은 기후적 요인으로서 춘절을 중심으로 한 황사로 대표되는 진해와 하절기를 중심으로 한 태풍으로 대표되는 급속오손을 들 수 있으며, 셋째 요인으로는 급속한 산업의 발달에 따른 환경의 오염을 들 수 있다.

기존의 연구를 통해 오손에 의한 전력설비의 사고는 대부분이 염해에 의한 것으로 알려져 있으나, 산업화에 따른 환경조건의 악화에 따른 영향이 점차 증대되어 가고 있어, 이에 대한 연구도 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있는 실정이다. 특히 해안을 중심으로 발달된 대규모 도시 및 공단의 경우 염해 및 공해의 복합작용시 발생가능한 상승효과로 인한 피해가 우려된다.

이와 같은 현황을 고찰해 볼 때, 오손에 의한 전력설비의 사고 및 이에 따른 경제적 손실을 방지하기 위하여 우리나라의 전력계통의 현실을 토대로, 기상조건, 환경조건 등을 중심으로 한 전력설비에 대한 오손도의 측정 및 경향성 파악 등이 가장 큰 과제

로서 대두되었다.

본 연구는 전력설비에 대한 오손도를 측정하고, 기상 및 환경조건을 고려한 경향성 파악을 통해 적절한 유지 및 보수행위의 근거를 마련함을 목적으로 하고 있으며, 이를 위한 수단으로서 특정개소의 오손도를 필세법으로 측정하고 오손물의 성분을 분석하는 한편, 지리 및 지형적 조건과 기후 및 환경조건을 고려한 분석을 수행하고 그 기초 결과를 제시하고 있다.

2. 실험

2.1 측정설비 측정방법

육외환경에서의 오손경향 및 오손성분에 대한 조사를 위하여 특정 개소에 Fig. 1과 같이 측정용 설비를 설치하였다.

배치 및 위치에 의한 영향 및 강우에 의한 직접적인 영향(세정작용)을 배제한 1개월 누적량을 측정하기 위하여 2번애자의 하면에 대한 오손도만이 측정되었으며, Fig. 2와 같은 규정조건에 따라 세정하여 측정결과의 신뢰도를 확보하고자 하였다.

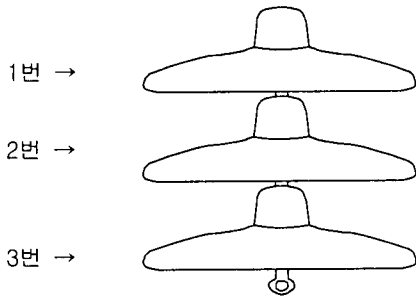


Fig. 1 The equipment to measure the degree of contamination(254 mm suspension type porcelain insulator)

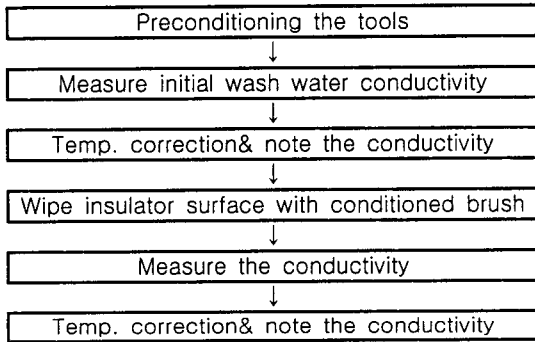


Fig. 2 Measuring Method for the degree of contamination (brush wiping method)

세정전후의 용액에 대한 전도도와 용액의 온도를 기반으로 하여 등가염분부착밀도 (Equivalent Salt Deposit Density)가 계산되었으며, 이를 위하여 다음의 식과 같은 IEC 60507 "Artificial Pollution Test on High-voltage Insulators to be Used on a.c. Systems"의 온도보정법이 사용되었다.

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - b(\theta - 20)]$$

θ : 용액의 온도 [°C]

σ_{θ} : 전도도 [S/m], θ °C

σ_{20} : 전도도[S/m], 20°C

b : 온도보정계수, θ °C

$$ESDD = 0.09 \times W \times (V/200) \times (1/S)$$

W : 세정후 전도도 - 세정전 전도도

V : 세정용액의 체적, 400 [ml]

S : 세정면적, 800 [mm²]

2.2 분석 방법

아르곤 가스를 6000°C 이상의 초고온 상태로 만들어 아르곤 플라즈마를 생성시키고, 그 속에 아르곤 가스를 분무시켜 초고온 플라즈마 속에서 에너지를 받아 발광하는 빛을 증배관을 통하여 검출하여 특정원소의 함량을 측정하는 유도결합 플라즈마 질량 분석기를 사용하여 수동오손도 측정시 수집된 수용액을 분석하였다.

기본적인 원소의 검출을 위하여 본 방법이 채택되었으며, 화학적 방해의 영향이 작고, 동시에 다원소를 분석할수 있는 점과 ppb 정도의 극미량까지 검출이 가능하며, 이 경우 약 1%정도의 오차범위를 갖는점등이 고려되었다. 또한 10(cc)의 비교적 소량의 시료로도 측정이 가능한점, 짧은 측정시간(원소당 3분이내)과 우수한 재현성도 고려되었다.

일반 수용액에 용해되지 않는 비용해성 물질을 처리하기 위해서는 강산(질산 혹은 불산)을 사용하여 전처리를 요한다. 본 연구에서는 분석의 편이성을 위하여 처리이전에 거름종이를 사용하여 이들을 걸어내어 전처리과정을 간소화 하였다.

2.3 용해도 및 전도도

일반적으로 광물이나 염들의 용해도는 온도, pH, 이온특성 등에 크게 의존한다. Table. 1은 용해도를 기준으로 하여 몇몇 염들을 분류한 것이다.

Table 1. Classification of salts with the solubility

Highly soluble salts	Lowly soluble salts
Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄
NaNO ₃	Na ₂ SO ₄
MgCl ₂	Na ₂ CO ₃
CaCl ₂	K ₂ SO ₄
KCl	NaF
NaCl	CaCO ₃
	CaSO ₄ · 2H ₂ O
	Ca ₃ (PO ₄) ₂
	MgCO ₃

전도도는 일반적으로 수용액중에 존재하는 이온농도에 비례하게되므로 전도도 측정을 통한 ESDD의 측정방법상에 있어서 용해도에 대한 고찰은 필수적인 요소라 할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수돗오손도 측정결과

염진해 오손도 측정을 위하여 전국의 130여개소에 대하여 세정법을 통해 전도도를 측정하고 이를 환산하여 등가 염분 부착 밀도를 계산하였다. 또한, 지역별로 오염정도가 가장 심한 곳을 1~2개소씩 선정하여 유도결합 플라즈마 질량분석기를 사용하여 성분을 분석하였다. 분석대상으로 선정된 지역 및 특징은 다음 표와 같다.

Table 2. The location of choosed equipment for composition anlysis

	ESDD[mg/cm ²]	note
강원 속초	0.063000	해안, 도로변
강원 동해	0.062550	해안, 공사장
충남 장항	0.015840	공사장, 강우후
전북 군산	0.031050	공단, 강우후
전남 여천	0.003668	공단, 강우후

Table. 2의 자료는 4월중 세정후 1개월 경과시에 측정된 결과이다. 전체적으로 두가지 요인, 즉 기후 및 해안으로부터의 거리에 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

Table. 3에 해안으로부터의 거리에 따른 등가 염분 부착 밀도를 나타내었다.

Table 2. The location of choosed equipment for composition anlysis

Units : [mg/cm²]

	0.1 km이내	3 km	10 km	10km이상
속초	0.063000	-	0.00432	-
동해	0.062550	-	0.005468	0.005108
강릉	-	0.00693	0.00567	-

대체적으로 거리에 비례한 수치를 보였다. 공사장 인근의 설비의 경우, 다량의 흙먼지와 같은 무기물이 표면에 부착되어 있었으나, 세정액의 전도도에는 커다란 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한, 봄철 꽃가루등과 같은 유기물에 의해서도 큰 영향

을 받지 않는 것으로 나타났다.

3.2 오손물 성분분석

유도결합 플라즈마 질량분석법(Inductive Plasma Spectroscopy)을 사용하여 Sodium, Magnesium, Potassium, Calcium, Cobalt, Copper의 6가지 성분에 대한 함량을 조사하였다. 그 결과를 Table. 3에 나타내었다.

Table 3의 내용과 같이 Sodium이 가장 많이 검출되었으며, 전도도를 통해 환산된 등가 염분 부착 밀도와 가장 밀접한 연관성을 나타내었다. 이외에도 Magnesium 및 Calcium, Potassium도 전도도의 변화추이와 유사한 변화 추이를 나타내었다. 하지만, Cobalt 및 Copper 성분은 등가 염분 부착 밀도의 크기와 일정한 경향성을 나타내지 않았으며, 비교적 소량 검출되었다.

Table 3. The composition analysis result of cotaminant with ICP/MS

Units : ppb

	속 초	동 해	장 항	군 산	여 천
Na	28321	19844	4446	3969	689.40
Mg	3884	2895	993	892	126.03
K	1562	1491	875	916	274.63
Ca	7264	19570	6558	7936	614.43
Co	0.3464	0.0898	0.3001	0.9863	0.1813
Cu	7.0382	6.3991	6.3418	16.052	18.538

3.3 오손성분과 전도도

3.2절의 내용을 실험적으로 뒷받침하기 위하여 대표적인 오손물질들(NaCl, MgCl₂, NaNO₃, Ca(NO₃)₂, CaCl₂, KCl, KNO₃, CuCl₂)에 대하여 농도에 따른 전도도를 측정하였다. 이들은 대체적으로 용해도가 높은 물질들이며 산성비 및 오손층의 전도도에 크게 기여하는 성분으로 지목되고 있는 물질들이다. 염의 종류 및 함량에 따른 전도도의 변화추이를 Fig. 3에 나타내었다.

3.2절에서 ICP/MS를 통해 분석된 세정후 오손용액의 성분분석 결과와 잘 부합되는 특성을 나타내었다. 해안지역에서 Sodium성분이 다량으로 검출된 것과 Sodium과 Chloride가 해수의 주성분임을

가만할 때, 오손액에 대한 성분검사를 통해 검출된 다량의 Na는 NaCl에 기인하는 것으로 추정된다.

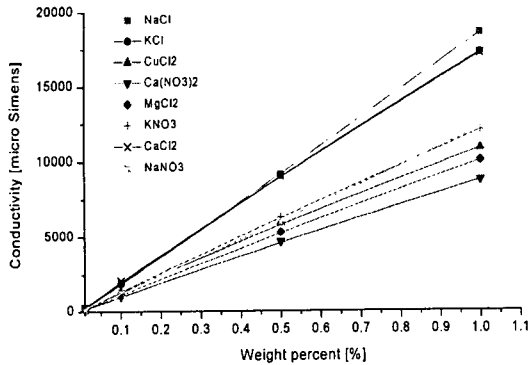


Fig. 3 The conductivity with the amount and the kinds of various salts

4. 결 론

우리나라의 지리적, 기후적 특성과 산업의 발달에 따른 대기환경의 오염에 따른 전력설비에의 영향을 알아보기 위하여, 본 논문에서는 기설치된 염진해수등 오손설비에 대하여 세정법을 사용하여 전도도를 측정하고, 환산 및 보정과정을 통하여 등가염분 부착밀도를 계산해 내었다. 또한 세정후 용액에 대하여 유도결합 플라즈마 질량분석기를 사용하여 함유 성분을 조사하고, 오손물질의 종류 및 농도에 따른 전도도특성을 분석함으로써 오손물질을 추정하였다. 이의 증명을 위해서는 화학 등가식을 이용한 오손물질 추론과정과 이온분석방법을 사용한 함량 분석이 필요되어 진다.

이와 같은 일련의 연구를 통하여 다음과 같은 몇몇 결론을 얻을 수 있었다.

[1] 유도결합 플라즈마 질량분석기를 통한 성분분석 및 해수의 성분을 고려할 경우, 오손물의 전기전도도에 기여하는 주요 물질은 Sodium으로 추정되며, 수용성이 낮은 염이나 SiO₂등과 같은 광물에 의한 영향은 두드러지지 않았다.

[2] 세정법을 통하여 얻어진 전도도를 환산하고, 온도보정을 통해 얻은 등가 염분 부착 밀도는 해안으로 부터의 거리, 및 기후적인 요인에 의해 크게 영향을 받음을 알 수 있었다.

[3] 염해, 진해 및 공해등이 전력설비에 미치는 영향을 이해하고, 최적의 절연설계 및 협조와 경제적인 유지 및 보수를 수행하기 위해서는 장기적인 오손경향 분석과 기후 및 환경자료와의 연계해석이 필요한 것으로 보인다.

[참 고 문 헌]

[1] IEC 60507, "Artificial pollution test on high-voltage insulators to be used on a.c. systems", Second edition, April 1991

[2] W.A. Chisholm(SM), P.G. Buchan, T. Jarv, "Accurate measurement of low insulator contamination levels", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 3, July 1994

[3] K. Iwai, Y. Hase, E. Nakamura, H.Katsukawa, "Development of a new apparatus for contamination measurement of overhead transmission line insulators", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 4, October 1998

[4] R. Bartnikas, " Engineering Dielectrics Volume IIB, Electrical properties of solid insulating materials measurement techniques", Special technical publication 926, American Society for Testing and Materials, 1987

[5] Noriyoshi Sugawara, Kazuyuki Takayama, Kazuo Hokari, "Leakage resistance of transmission line insulators along the coast", Conference Record of the 1992 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, June 1992