

다중회귀를 이용한 기후와 오존도 간의 상관관계 분석

Analysis of the Correlation on the Weather Conditions and the Contamination Degree Using Multiple Regression Method

심규일* · 최남호* · 김종석** · 한삼옥*

(Kyu-Il Shim · Nam-Ho Choi · Jong-Seok Kim · Sang-Ok Han)

Abstract

This paper presents the correlation on the contamination degree and weather conditions using the multiple regression of the statistic method.

The contamination is a significant factor in the insulation system. The major factor is natural contamination, and the most is the salt. The salt contamination is occurred by the weather conditions. The weather contaminations are wind, precipitation, temperature, relative humidity, etc. The effects of those are different, and the correlation is showed numerically by using the multiple regression method of the statistic method. With this, the estimation of the equivalent salt deposit density(ESDD) becomes possible by the changes of the weather conditions.

1. 서론

대부분의 전력설비는 옥외에 시설되기 때문에 외부환경에 의해 오존되는 것이 불가피하다. 전력설비의 옥외 절연설계에서 고려해야 할 오존요인은 크게 기후적 요인, 지형적 요인, 환경적 요인으로 분리하여 살펴 볼 수 있다.

기후적으로 한반도는 Monsoon의 영향을 받는다. 그에 따라 동절기에 오존의 축적되기 좋은 환경이 만들어진다. 그에 비해 하절기 동안에는 강수량이 집중되면서 오존의 영향을 덜 준다. 그러나 다량의 염분을 포함한 태풍에 의해 옥외 절연물의 등가염분부착밀도(ESDD)가 급속히 증가한다.

우리나라는 긴 해안선과 동고서저의 지형적 특성을 보이고 있어서, 해양에서 불어오는 바람에 의한 염분에 의해 옥외용 절연물이 피해를 입기 쉽다. 특히 서해와 남해는 대체로 낮은 지형이어서 염분이 넓게 확산된다. 또한 교통이 편리한 이점 때문에 도시나 전력설비가 해안지방에 많이 분포하고 있어 염해의 영향이 더 커지고 있다.

최근에는 환경적인 요인에 의한 오존이 증가하고 있다. 지난 수십년간 고도의 경제성장은 다양한 환경오염 문제를 수반하였다. 그 중에 대기 오염은 옥외 절연물의 절연 성능을 저하시키는 주요 요소이다. 특히, 이러한 오존을 야기하는 대규모 공업단지가 해안에 위치하면서 염분과 대기오염이 공

존하는 특징을 보이고 있다. 대기오염 물질은 대부분 불용성 오존물 이지만, 염분과 공존할 경우에는 상승효과(synergy effect)를 일으킬 수 있다. 그리고 이러한 현상에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이상과 같이 해안지방에서 오존량이 크며, 그것의 주요 요소는 염분이다. 염분은 몇 가지의 기상현상에 의해 비산과 확산, 그리고 축적과 세정의 과정을 거치게 된다. 염분에 의한 오존과정에 미치는 기상현상으로는 풍속, 풍향, 강수량, 기온, 상대습도, 기압등이 있다. 다중회귀분석(multiple regression analysis)에 의해 이러한 기상요소와 ESDD변화를 수식으로 정리할 수 있다.

본 연구는 통계분석방법의 하나인 다중회귀분석을 통해서 기상요소와 ESDD의 상관관계를 분석하고 ESDD를 예측하는 방법을 제시하고 한다.

2. 분석방법 및 결과

2.1. ESDD 측정

ESDD는 삼면의 해안지방과 제주도의 한 지점을 대상으로 측정하였다. 각각의 위치는 속초, 보령, 삼천포 그리고 성산이다. 이곳에서의 ESDD 측정은 1개월 간격으로 수행하였다. 이와 함께 서

해안에서 추가적으로 ESDD를 측정하였는데, 위치는 고창이며 ESDD 측정은 12시간을 간격으로 측정되었다. 모든 측정위치는 해안으로부터 매우 근접한 곳이며, 각기 다른 기상특성을 가지고 있다. 1개월 간격으로 측정된 ESDD는 99년 5월부터 2001년 7월까지이며, 12시간 간격으로 측정된 고창의 ESDD는 99년 11월에 측정된 결과이다.

1개월 간격으로 측정된 ESDD는 필세법(brush wiping)을 이용하였고, 고창에서의 ESDD는 자동 오손측정장치를 이용하였다. 시료는 모두 254 mm 현수애자를 사용하였으며, 지상으로부터 10 m 높이에 설치하였다.

2.2. 통계분석

2.2.1 다중회귀분석 기본식

다중선형회귀모형은 단순선형회귀모형을 일반화한 형태로 기본적인 회귀모형의 특성에는 차이가 없다. 종속변수를 Y라 하고 p개의 독립변수를 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ 라고 할때 다중선형회귀모형은 다음과 같이 정의된다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

여기에서 Y는 ESDD를 나타내는 종속변수이고, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ 는 각각 기온, 풍속, 습도, 강수량, 기압, 풍향을 나타내는 기후 변수이다. 위의 식에서 회귀계수 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ 의 추정방법은 단순회귀모형과 동일한 최소자승법을 이용한다.

2.2.2 다중회귀분석 방법

통계전문 프로그램인 SPSS를 활용하여 통계처리를 수행하였다. 통계의 신뢰성을 나타내기 위해 상관계수를 제시해 주고 있다. 상관계수(r)가 0.8과 1사이인 경우 독립변수와 종속변수사이에는 매우 강한 상관성이 있으며, 0.6과 0.8사이인 경우 강한 상관성이 있음을 의미한다. 상관계수(r)이 0.6을 넘지 못하는 경우에는 독립변수와 종속변수사이에는 상관성이 희박하게 된다.

2.3. 다중회귀분석 결과

2.3.1 속초-동해안

그림 1은 속초에서의 다중회귀분석 결과를 그래프로 보여주고 있다. 이 그래프의 식은 다음과 같다.

$$y_i = -0.95 - 0.00052x_1 + 0.0260x_2 - 0.00032x_3 - 0.00255x_4 + 0.0009x_5 + 0.0035x_6$$

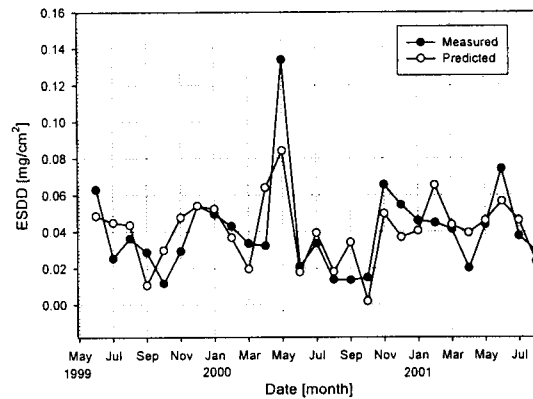


그림 1 Result of multiple regression analysis for Sokcho with SPSS

이 경우 상관계수는 0.795이며, 강한 상관성을 보이고 있다. 그래프에서 보여지듯 ESDD의 상승과 하강의 시기는 거의 일치하고 있으며, 낮은 ESDD에 있어서는 측정치와 예상치가 거의 일치하고 있다. 그러나 ESDD예측에 있어 중요하게 고려되는 부분이 극치 부분이다. 왜냐하면 사고는 ESDD의 최대치와 밀접한 관계가 있기 때문이다. 2000년 5월의 경우 측정치가 현격하게 증가하고 있으나 예상치는 보통 이상에 머물고 있다.

2.3.2 보령-서해안

그림 2는 보령에서의 다중회귀분석 결과를 그래프로 보여주고 있다. 이 그래프의 식은 다음과 같다.

$$y_i = -0.0780 - 0.00053x_1 + 6.79 \times 10^{-5}x_2 - 0.00021x_3 + 0.00059x_4 - 5.8 \times 10^{-5}x_5 + 0.0005x_6$$

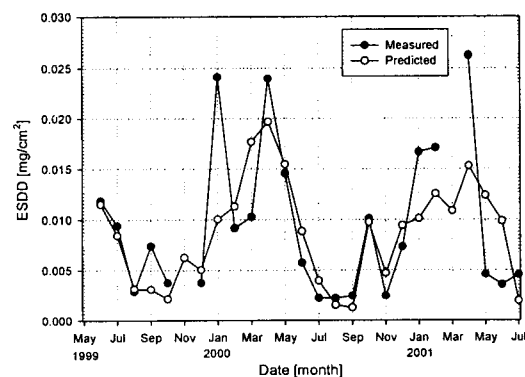


그림 2 Result of multiple regression analysis for Boryung with SPSS, Nov. 1999 and Mar. 2001 is not measured.

이 경우 상관계수는 0.679이며 또한, 강한 상관성을 보이고 있으나, 극치를 보이는 시기의 측정된 ESDD값에 훨씬 못 미치고 있다.

2.3.3 삼천포-남해안

그림 3는 삼천포에서의 다중회귀분석 결과 그래프이다. 그래프의 예상치는 다음식으로 구해진다.

$$y_i = 0.1944 + 7.07 \times 10^{-5} x_1 + 0.00398 x_2 - 6 \times 10^{-6} x_3 - 9.7 \times 10^{-5} x_4 - 0.00019 x_5 - 0.00013 x_6$$

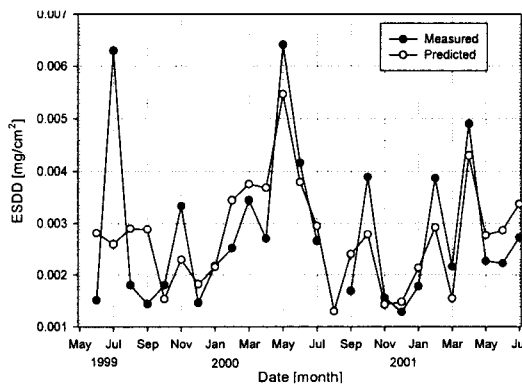


그림 3 Result of multiple regression analysis for Samchonpo with SPSS, Aug. 2000 is not measured

여기서는 1999년 7월을 제외한 대부분의 시기에 있어 극치가 거의 유사하지만, 상관계수(r)은 0.665로서 보령의 상관계수 값과 큰 차이가 나타나지 않는다.

2.3.4 성산-제주도

그림 4는 성산에서의 다중회귀분석 결과를 그래

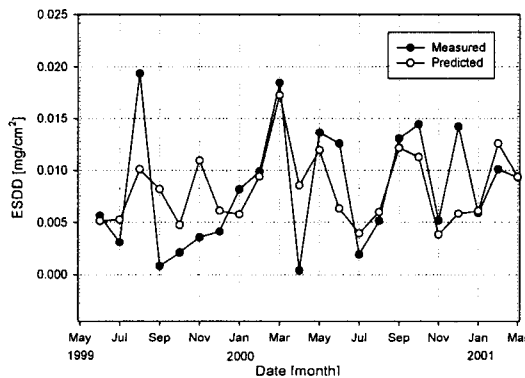


그림 4 Result of multiple regression analysis for Sungsan with SPSS

프로 보여주고 있다. 이 그래프의 예상치는 다음식에 의해 구해진다.

$$y_i = 0.199064 + 3.94 \times 10^{-5} x_1 + 0.008944 x_2 + 0.000419 x_3 - 0.00039 x_4 - 0.00025 x_5 + 0.000183 x_6$$

이 식의 상관계수는 0.610이다. 성산의 상관계수는 1개월 측정 데이터중에서 가장 낮았다.

2.3.5 고창

이상의 4지점에 대한 다중선형회귀 분석은 1개월 단위로 측정된 ESDD를 대상으로 하였기 때문에, 일정치 이상의 오차를 피할 수 없다. 이에 본 연구에서는 자동오손도 측정장치를 활용하여 일당 2회씩 12시간 간격으로 오손도가 측정되고 있는 한국전력공사 고창 765 kV 실증시험장의 ESDD 자료 및 기상청의 시간대별 기후 자료를 활용하여 다중선형회귀분석을 수행하였다. 그림 5는 풍속, 강수량, 기온, 습도의 기후·환경조건과 ESDD 간의 다중선형회귀분석 결과를 보이고 있다.

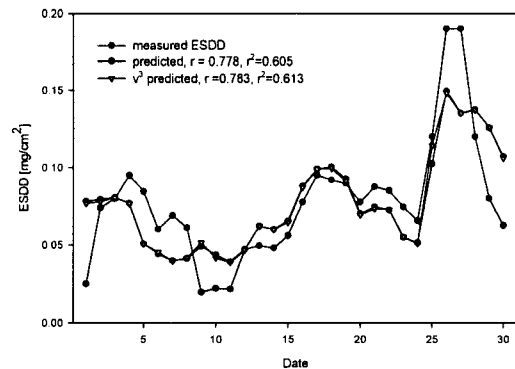


그림 5 Result of multiple regression analysis for Kochang, Nov. 1999

측정된 ESDD와 다중선형회귀분석 결과는 $r=0.778$ 로 비교적 높은 수준의 연관성을 보였으나, 극치에 있어서의 측정치와 분석 결과치 간의 편차는 개선되지 않는 특성을 보였다.

이와 같은 특성을 개선하기 위하여 국내외의 기존 연구사례의 결과에서와 같이 풍속의 세계곱에 따른 연관성을 살펴보았으나, $r=0.783$ 으로 미미한 수준의 변화만이 관찰되었다.

그림 6은 그림 5의 분석조건 이외에 풍향을 적용한 경우의 다중선형회귀분석 결과를 보이고 있다. 그러나, 풍향조건의 삽입만으로는 상관계수 r

은 물론 극치에 있어서도 큰 변화를 나타내지 않았다.

그림 7은 당일의 기상조건 이외에 현재의 오손도에 영향을 미칠수 있는 수일 이내의 기상조건 및 다중선형회귀분석을 활용해 오손도와 기후·환경조건과의 연관성을 분석한 결과를 보이고 있다.

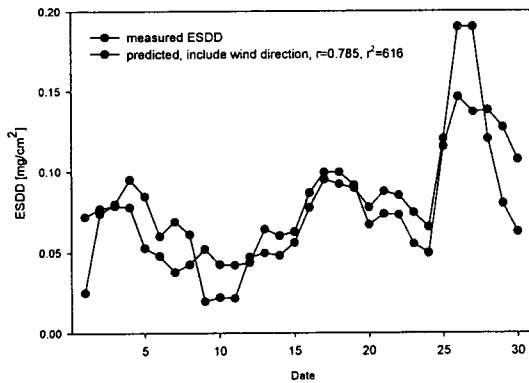


그림 6 Result of multiple regression analysis for Kochang, Nov. 1999, include wind direction

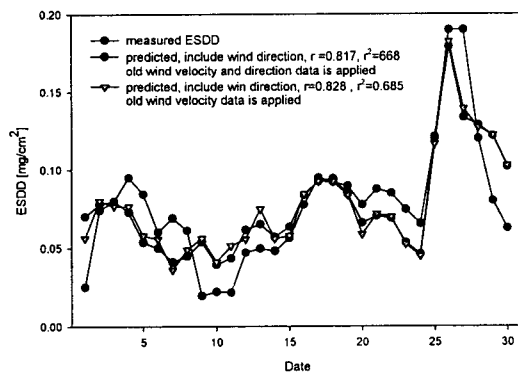


그림 7 Result of multiple regression analysis for Kochang, Nov. 1999, old wind direction and/or velocity data is applied nonuniform contamination

그림을 통해 볼 수 있는바와 같이 전체적으로 변동추이가 크게 개선된 것을 알 수 있으며, 상관계수 또한 0.8 이상의 값을 나타내었다.

한편, 무엇보다도 극치에 있어 기존의 분석방법에 비해 매우 작은 수준의 편차만이 존재함을 알 수 있었다.

3. 결 론

해안지방의 옥외 절연물에 오손을 일으키는 주요 요인중에 기후와 관계된 기상조건을 들 수 있다. 풍속, 풍향, 강수량, 기온, 상대습도, 기압의 기상조건과 ESDD와의 관계성은 다중회귀분석을 통하여 수식으로 나타낼 수 있었다. 1개월 간격의 ESDD는 그 기간 동안의 모든 기상변화를 구현하는데 있어 한계가 있었다. 반면에, 12시간 주기의 측정주기를 갖는 ESDD 데이터는 그 시간동안의 기상변화와 밀접한 관계가 있었다.

이로써 옥외절연물의 오손도를 다중회귀분석을 통하여 분석하고, 예측할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] T. Fujimura, K. Naito and Y. Suzuki, "Dc flashover Voltage Characteristics of Contaminated Insulators", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. EI-16, No.3, pp. 189-198, June 1981
- [2] Kazuhiko Takasu, Takatoshi Shindo and Noboru Arai, "Natural Contamination Test of Insulators With DC Voltage Energization at Inland Areas", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 4, 1847-1853, October 1988.
- [3] Ahmad S. Ahmad, Hussein Ahmad, Md. Abdus Salam, "Prediction of Salt Contamination on High Voltage Insulators in Rainy Season Using Regression Technique", IEEE Transactions on Electrical Insulation
- [4] Zhang Renyu and Zheng Jianchao, "Progress in Outdoor Insulation Research in China", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 25, No. 6, pp. 1125-1137, December 1990
- [5] K. Naito, Y. Mizuno and W. Naganawa, "A Study on Probabilistic Assessment of Contamination Flashover of High Voltage Insulator", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 3, pp. 1378-1384, July 1995
- [6] 최남호, 한상욱, "해안도달거리에 따른 서해안 지역 염해 오손물의 분포특성", 대한전기학회 논문지, 제 50권 6호, pp 276~280, 2000. 6.
- [7] G. N. Ramos, M. T. R. Campillo and Naito, "A Study on the Characteristics of Various Conductive Contamination Accumulated on HV Insulators", IEEE Trans.PD, Vol. 8, pp. 1842-1850, 1993
- [8] P. J. Lambeth, "Effect of pollution on high voltage outdoor insulators", Proceedings of IEE., IEE reviews, Vol. 118, No 9R, 1971, 9