한국대기환경학회 2005 추계학술대회 논문집
Proceeding of the 40th Meeting of KOSAE(2005)
Korean Society for Atmospheric Environment

1D2) 원자력 발전소 부지 특성을 반영한 대기확산계수 검증

Evaluation of Lateral and Vertical Dispersion Parameters at the Nuclear Power Plant Sites Incorporating Atmospheric and Topographical Characteristics

임종갑 · 조미현 · 김용준[1] · 조윤미[1] · 김 준[2]
한국전력기술주식회사, [1](주)이엔쓰리, [2]연세대학교 대기과학과

1. 서 론

우리나라의 원자력 발전소는 배후 지형이 복잡한 해안가에 위치하고 있지만 원전부지에 대한 대기확산 특성을 평가할 때 정상 상태를 가정하고 평탄 지역에 적용하는 가우시안 모델을 사용하기 때문에 복잡한 지형의 영향을 적절히 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다.

이종범 등(1996)은 춘천 기상대 노장에 설치되어 있는 12 m 높이의 기상탑에서 관측한 대기안정도, 풍속, 풍향 변동량을 이용하여 수평 확산계수를 구하였는데, Pasquill-Gifford(이하 P-G)가 넓고 평탄한 지형에서 실험을 통해 구한 값과 큰 차이를 보였다.

본 연구에서는 국내 원자력 발전소에서 수행한 3차원 초음파 풍향풍속계를 이용한 난류의 관측 및 수치실험 결과의 회귀분석을 통해서 원전부지의 입지 특성이 반영된 대기확산계수를 산출하였다.

2. 연구 방법

2.1 난류 관측 및 분석

영광과 고리 원자력발전소 부지에 발전소를 중심으로 주풍향의 풍상측 및 풍하측에 관측타워(58 m 또는 10 m) 상단에 3차원 초음파 풍향풍속계 CSAT3(3-D Sonic Anemometer)를 설치하여 3차원 바람자료와 온도를 약 2주간 정밀(20 Hz 이상)하고 정확(오차한계 5cm/s 이하)하게 측정하였다. 매초당 20번 관측된 난류 및 플럭스 자료를 계산하기 위해 평균 시간을 30분으로 하여 자료를 처리하고 품질 관리 과정을 거쳐 변수를 산출하였다.

2.2 관측 지점에서 안정도별 연직 및 수평확산계수 산출

균질한 난류에 대한 Taylor 이론(Blackadar, 1997)에서 대기확산계수 σ_y, σ_z는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_z = \sigma_w t f_z(t/T_{Lz}), \quad \sigma_y = \sigma_v t f_y(t/T_{Ly})$$

여기서 t는 이동 시간, T_{Lz} 및 T_{Ly}는 각각 연직 및 수평 확산에 대한 라그란지안 시간규모, f_z와 f_y는 각각 무차원 이동 시간인 t/T_{Lz}와 t/T_{Ly}의 함수로서 30~60분 정도의 평균시간에 적용할 경우 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_z = 1/(1+(t/2T_{Lz})^{1/2}), \quad f_y = 1/(1+(t/2T_{Ly})^{1/2})$$

산출된 연직 및 수평 확산계수는 안정도별로 그 값이 광범위하게 분포하여 각 안정도별 대표값을 찾기 위해 회귀분석의 일종인 curve fitting 방법을 사용하였다. 예를 들어, 고리 10 m 기상탑 관측을 통해 산출한 연직확산계수를 curve fitting으로 곡선 적응시킨 것을 그림 1에 나타내었다.

2.3 풍하거리별 안정도별 연직 및 수평 확산계수 산출

원자력 발전소의 정상 가동시 안전성 분석을 위한 대기확산평가 영역은 발전소를 중심으로 반경 80 km이다. 이를 위하여 신뢰성이 입증되어 있는 CALPUFF의 전처리 과정인 CALMET(J. S. Scire 등, 2000) 기상 모델로 주 풍향의 기상장을 구한 뒤, LTRAC 라그란지안 입자 확산 모델로 확산 실험하여 한 지점에서 산출한 대기확산계수를 반경 80 km 영역까지 확장하였다. 기상 모델 수행시 100 m 해상도의 지형 고도 및 1000 m 해상도의 토지이용자료를 이용하여 모델 하부 경계조건의 영향이 기상장에 잘 반영되도록 하였다. 수치 실험으로 산출한 확산계수의 값을 보정하기 위해 관측 지점에서 관측을 통해 산출한 값과 수치실험으로 산출한 값의 차이를 이용하여 그 차이만큼 수치 실험 값을 증감하였다. 그림 2에 안정도별로 고리 발전소에서 관측을 통해 산출한 것과 P-G 연직 확산계수, LTRAC 모델 결과인 연직 확산계수를 함께 나타내었다. 그 크기의 차이는 있지만 관측을 통해 산출한 것과 수치실험 결과가 모두 보편 타당한 P-G 곡선과 일치하는 패턴을 보이며 신뢰도를 나타낸다.

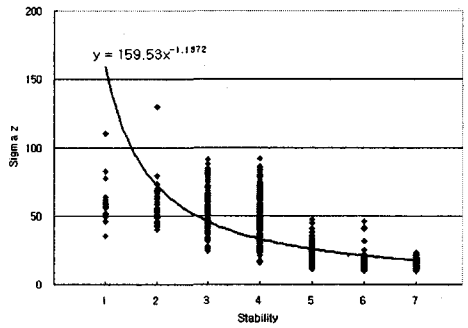

Fig. 1. Curve fitting of vertical dispersion parameter(σ_z) as a function of P-G stability at Kori nuclear sites

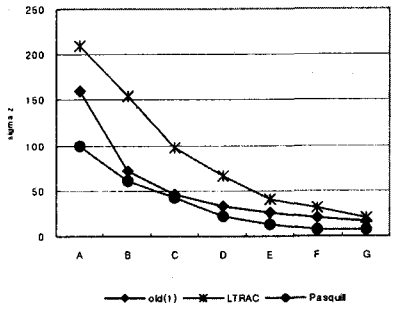

Fig. 2. Vertical dispersion parameter(σ_z) of observed, results of the LTRAC and P-G as a function of P-G stability

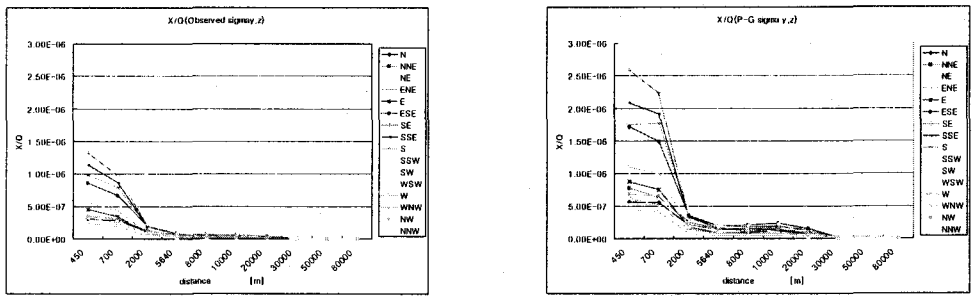

Fig. 3. χ/Q are plotted as functions of downwind distance and wind direction when used derived(left) and P-G dispersion parameters

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 산출한 고리 및 영광 원자력 발전소 부지의 입지 특성을 반영한 안정도별 풍하거리별 연직 및 수평 확산계수는 그 값이 안정할수록 감소하고 지형의 영향이 점점 뚜렷하게 나타나는 경향을 나타냈다. 산출한 확산계수를 국내 원전부지 대기확산평가에 사용되고 있는 Constant Mean Wind Direction Model(XOQDOQ)에 적용하여 P-G 확산계수를 적용한 경우의 대기확산인자 χ/Q와 비교하였

다(그림 3). P-G 확산계수를 적용한 경우보다 도출한 확산계수를 적용한 경우에 대기확산인자는 더 작게 나타났는데, 이것은 도출한 확산계수가 더 크고 확산이 잘 일어난 것이 반영된 결과라 볼 수 있다.

이와 같은 연구결과는 국내 최초로 난류 관측을 통해 확산계수를 산출하여 원전부지에 대한 적절한 대기확산 특성 평가기술을 제공하고, 원전부지의 대기확산평가 요건을 만족시키는 기술을 확보했다는 데서 그 의의가 크다고 판단된다. 향후에는 관측 지점을 증가시키고 1년 이상의 장기간 관측을 통해서 더욱 정확한 대기확산계수를 산출할 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

이종범, 김정식, 김용국, 조창래 (1996) 풍향변동량 측정에 의한 춘천지역의 연기 수평확산폭 산출, 한국대기보전학회, Vol. 12, No. 2

Blackadar, A. K. (1997) Turbulence and diffusion in the Atmosphere, Springer, Verlag, Berlin Heidelberg New York, 185 pp

J. S. Scire, F. R. Robe, M. E. Fernau, R. J. Yamartino (2000) A User's Guide for the CALMET Meteorological Model(Version 5)