

## 부지특성 실시간피폭해석을 위한 영광부지 확산실험

한문희·김은한·서경석·황원태

한국원자력연구소

정성태

한국전력공사 영광원자력본부

### 요약

영광 원전부지에서 미시규모 기상현상 파악, 대기확산 특성연구, 실시간 수치모델의 검증  
을 목적으로 국내에서 처음으로 대규모 학술목적의 야외확산실험을 수행하였다. 1996년 5  
월 29일과 30일 양일간 두차례 추적자방출 및 포집을 실시하였다. SODAR를 이용한 고공  
기상측정 결과 해륙풍현상을 발견할 수 있었으며, 추적자 농도분포 분석결과 최대 농도값  
이 나타나는 방향이 거리에 따라 고도별 풍향변화에 영향을 받고 있음을 발견하였다.

### 1. 서론

원자력시설에서 방사성물질이 대기중으로 누출되는 사고가 발생되면 그 피해가 넓은 지역  
에 크게 미칠 수 있다[1-3]. 대기중으로 방사성물질이 누출되면 주변의 지형 및 기상조건에  
따라 이동되면서 방사선피해를 미치게 된다. 따라서 원자력 시설주변의 환경특성을 고려할  
수 있는 방사선 피폭예측모델의 개발이 요구된다. 미국, 일본, 유럽공동체 등의 원자력 선  
진국에서는 각 나라의 환경특성에 적합한 방사선 비상대응시스템의 개발을 추진하여 확산  
실험 등의 검증을 거쳐 실용화 단계에 이르렀다. 미국의 경우 복잡한 지형에서의 오염물의  
수송·확산 과정을 이해하고 정확한 확산모델개발을 위해 ASCOT 프로그램을 실시하였다[4].  
일본의 경우엔 실시간 방사선 피폭해석시스템인 SPEEDI의 검증을 위해 대기순환 파악 및  
수치모델의 경계조건을 얻기 위해 확산실험을 실시하였다[5].

국내에서는 중장기연구를 통해 부지특성을 반영할 수 있는 실시간 피폭해석모델 개발을  
위하여 야외확산실험을 수행중에 있다. 개발된 실시간 피폭해석모델(FADAS)은 현재 국가

방사능방재시스템(CARE)에 채택되어 비상대응의 중요한 부분인 대기확산 및 피폭해석기능을 제공하고 있으며 확산실험을 통해 모델의 검증 및 부지특성을 반영하기 위한 연구가 진행 중이다[6]. 본 연구를 통해 수행한 야외확산실험은 국내 원전부지에서 처음으로 시도된 대규모 학술목적의 야외 확산실험이다.

## 2. 영광부지 환경특성

영광 원전은 북위 35° 24', 동경 126° 25'에 위치해 있으며 부지로부터 반경 8 km 이내에는 특별한 인공구조물은 없다. 기상탑을 중심으로 남동방향 1.5 km에 약 200m 높이의 낮은 산이 있다. 서쪽으로는 바다가 있고 동쪽으로는 육지가 있어 국지적으로 볼 때 해풍과 육풍의 순환이 발생한다. 일반적으로 해륙풍은 해수와 육지의 비열 차이에 의해 발생하는데, 해풍은 해수면의 온도가 육지 온도보다 낮은 낮에, 육풍은 해수면의 온도가 육지보다 높은 밤에 주로 발생한다. 1979~1992년 사이에 부지에서의 연평균 풍속은 3.8 m/s였으며 계절별로는 봄철이 3.8 m/s, 여름철 3.4 m/s, 가을철 3.7 m/s, 그리고 겨울철이 4.3 m/s였다. 월별로는 2월이 4.3 m/s로 최대이고 6월이 3.2 m/s로 최소를 보였다. 부지기상관측 이래로 나타난 최대풍속은 1980년 10월 25일에 기록된 20.2 m/s였으며, 최대풍속은 1989년 8월 30일의 32.0 m/s였다. 5년간(1988~1992) 부지의 연 평균 풍향의 발생 빈도를 보면 북서풍이 12.6 %로 가장 우세하게 나타났으며, 계절별로는 전체적으로 북서풍계열의 바람이 우세하면서 여름철에는 동남동풍과 동풍이, 겨울철에는 북서풍 계열이 계절적 특성으로 우세하게 나타났다. 1988년 1월부터 1992년 12월까지의 부지관측 자료를 근거로 하여 분석한 부지지역의 대기안정도별 발생빈도를 보면 안정상태는 39.7 %였으며, 중립상태는 42.6 %, 불안정상태는 17.7 %였다. 불안정상태는 비교적 풍속이 강한 여름과 가을에 많이 나타났다[7].

## 3. 야외확산실험

영광부지 기상탑 58 m 높이에서 추적자 가스 SF<sub>6</sub>를 방출하여 1996년 5월 29일, 30일 양일간 두차례 확산실험을 실시하였다. 부지기상 특성을 조사하여 추적자 방출시점을 결정하기 위해 실험전 2주간의 기상관측을 실시하였다. 기상청 일기예보를 활용하였고, 10 m 높이에서 풍향, 풍속 그리고 SODAR를 이용하여 고도 1.2 km까지의 풍향, 풍속, 난류성분을 측정하였다. 추적자 방출 실험시에는 위의 기상관측에 추가하여 간이 풍향·풍속계를 사용한 지상 3 m에서의 풍향, 풍속을 측정하였다.

추적자 포집을 위해 한국원자력연구소에서 자체 개발한 연속식 자동포집기 91대를 활용하였다. 포집점은 측량을 통해 그림 1에서와 같이 방출점을 중심으로 반경 약 3 km와 8 km

선상에 각각 51, 40개의 지점을 선정하였다. 추적자의 방출량은 대기중 농도와 분석기기의 검출한계, 확산결과의 예측을 통하여 이루어진다. 포집된 기체의 분석시 원하는 농도범위는 S/N 비(signal to noise ratio)를 고려하여 대기중 농도와 분석기기 검출한계중 큰 값의 100 배로 결정하는 것이 일반적인 예이며, 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$x_{peak} \geq 100 \max(x_{bkg}, C_{min}) \quad (1)$$

여기서,  $x_{peak}$  : 확산중심선에서 가장 먼 거리에 있는 포집점의 농도

$x_{bkg}$  : 대기중 농도

$C_{min}$  : 분석기기의 검출한계

표 1에 8 km에서 대기안정도 및 풍속에 따른 방출률을 식(1)에 따라 계산한 결과를 나타냈다. 실험시점에서의 풍속을 고려하여 1차의 경우 115.2 kg/hr, 2차의 경우 110.2 kg/hr의 평균방출률로 포집시작 30분전부터 방출을 시작하여 90분 동안 지속하였다.

포집기 한대에는 6개의 샘플백을 설치하여 10분 간격으로 추적자 가스를 포집하였다. 포집기를 설치하기 위하여 2.5톤 트럭 6대를 이용하였고 본 연구팀 외에도 충북대학교 학생 15명이 참여하였다. 1회 실험시 약 500개의 샘플이 발생하므로 본 실험에서는 1000개의 샘플을 얻었다. 추적자 가스분석은 가스크로마토그래피를 이용한 ECD방법으로 분석하였는데 1개의 샘플분석에는 약 5분이 소요되었다.

#### 4. 결과 및 고찰

영광부지 특성상 서풍인 경우에만 확산실험이 가능하므로 기상예보 및 약 2주간의 기상관측을 실시하여 실험일자를 결정하였다. 그림 2와 그림 3에 각각 1차 실험시점인 29일 13시 30분부터 15시 30분까지와 2차 실험일시인 30일 12시 30분부터 16시 30분까지의 풍향·풍속을 나타냈다. 두 경우 모두 방출높이인 58 m에서의 풍향이 서풍으로 그림 1에 나타낸 포집점을 고려할 때 매우 좋은 실험조건이었다.

그림 2와 그림 3의 고도별 풍향을 살펴보면 고도변화에 따라 풍향이 변화하고 있다. 두 경우 모두 고도 100 m까지는 서풍 계열의 바람이, 고도 300 m에서 400 m 사이에선 북풍 계열의 바람이 그리고 고도 500 m 이상에선 북동풍이 불고 있음을 알 수 있다. 이는 일반적으로 알려진 해륙풍(land-see breeze)현상으로 생각된다.

그림 4와 그림 5에는 2차실험시 60분동안 10분씩 각각 A- 및 B-선상에서 포집된 추적

자의 농도분포를 나타냈다. 가로축은 포집점에서 북쪽을 0°로 했을 때 시계방향으로의 방위각을 나타낸다. 그림 1을 보면 본 실험에서 사용한 포집점은 30°에서 160° 사이에 놓여 있음을 알 수 있다. 추적자 가스는 ppt( $10^{-12}$ ) 단위까지 분석하였으며, 추적자의 농도분포는 A- 및 B-선상 모두에서 최대치를 중심으로 대칭으로 나타났다. 이는 실험이 진행되는 동안 서풍이 계속 불었던 점을 생각하면 물리적으로 타당한 분포라 생각된다. 방출점에서 3 km 떨어진 A-선상에서의 포집결과인 그림 4를 보면 6개 시간대 모두 최대치가 95°에서 나타나고 있다. 방출점에서 8 km 떨어진 B-선상에서의 포집결과인 그림 5를 보면, 처음 10분 동안은 100°에서, 이후 30분 동안은 105°에서 그리고 나중 20분 동안에는 110°에서 최대 농도가 나타나고 있다. 이 현상은 그림 3에 나타난 고도별 풍향변화에 기인한 것으로 생각된다. 방출높이에선 서풍이 계속되어 방출점과 가까운 A-선상에서는 고층에서의 풍향의 영향을 받지 않고 95°에서 최대치가 나타났지만 거리가 8 km 떨어진 B-선상의 경우엔 300 m 이상 높이로까지 확산된 추적자가 북서풍의 영향을 받아 시간경과에 따라서 최대치 발생 각도가 100°에서 110°까지 변화하는 것으로 생각할 수 있다.

## 5. 결 론

영광 원전부지에서 미시규모 기상현상 파악, 대기확산 특성연구, 실시간 수치모델의 검증 목적을 국내에서 처음으로 대규모 학술목적의 야외확산실험을 수행하였다. 본 실험을 통해 국내 원전부지에 적합한 확산실험 절차를 수립하였다. 진행중인 실시간 피폭모델의 모사결과와의 비교연구와 1996년 10월에 수행예정인 두번째 확산실험을 통해 수치모델의 개선에 요구되는 좀더 상세한 부지특성자료와 모델 경계치 등을 얻을 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

1. L. V. Konstantinov and A. J. Gonzalez, 1989, "The Radiological Consequences of the Chernobyl Accident," *Nucl. Safety*, **30**, 53 - 69.
2. R. Lange, M. H. Dickerson, and P. H. Dudikensen, "Dose Estimates from the Chernobyl Accident," *Nucl. Tech.* **82**, 311 - 323.
3. World Health Organization, 1984, "Nuclear power: Accidental releases - principles of public health action," WHO Regional Publications, European Series No. 16.
4. K.J. Allwine, "Atmospheric Dispersion in Mountain Valley and Basins", PNL-7922, Pacific Northwest Lab., 1992.
5. M. Chino, *et. al.*, "Experimental Verification Study for System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information", *J. of Nuclear Science and Tech.* 1989.
6. 한문희 외, "원전 비상시 피폭해석 전산지원체계 수립", KINS/HR-127, 1995, 한국원자

력안전기술원

7. 한국전력공사, 영광원자력 5, 6 호기 건설사업 환경영향평가서, 1994.

표 1. 풍속 및 대기안정도별 추적자 방출률 결정 [kg/hr]

풍속[m/sec] 대기안정도	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0	$\chi_{peak}$
A	14.126	35.314	70.629	105.943	141.257	3.36e-07
B	10.964	27.411	54.822	82.233	109.644	4.34e-07
C	4.066	10.166	20.332	30.498	40.664	1.17e-06
D	0.877	2.192	4.384	6.576	8.768	5.42e-06
E	0.490	1.225	2.451	3.676	4.902	9.70e-06
F	0.358	0.896	1.792	2.687	3.583	1.33e-05

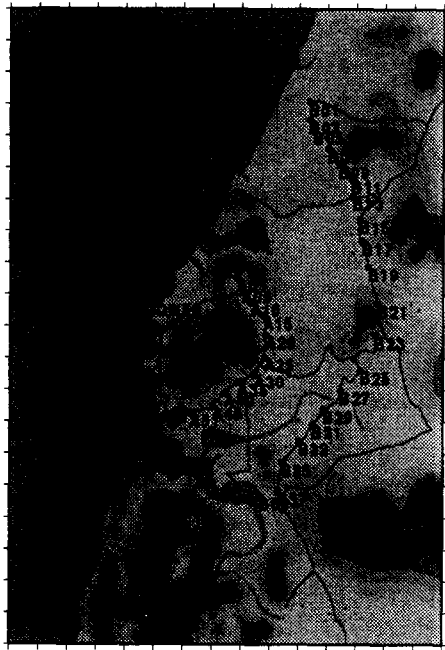


그림 1. 영광부지 지형 및 포집점

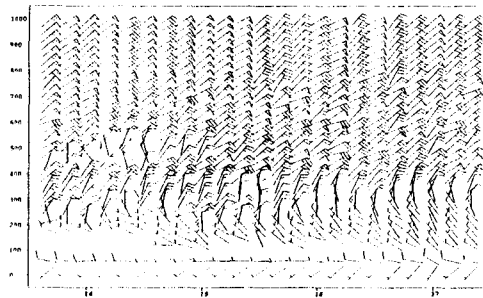


그림 2. 고도별 풍향·풍속 (1차)

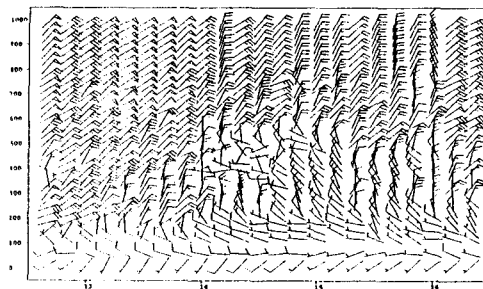


그림 3. 고도별 풍향·풍속 (2차)

영광 야외화산실험 (2차: 96/05/30, A 포집선 )

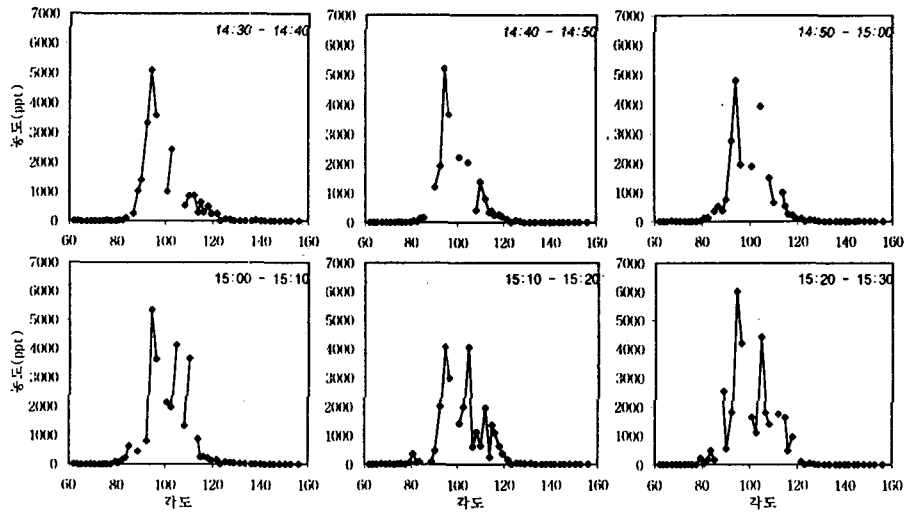


그림 4. A-선상에서의 추적자 농도분포(2차실험)

영광 야외화산실험 (2차: 96/05/30, B 포집선 )

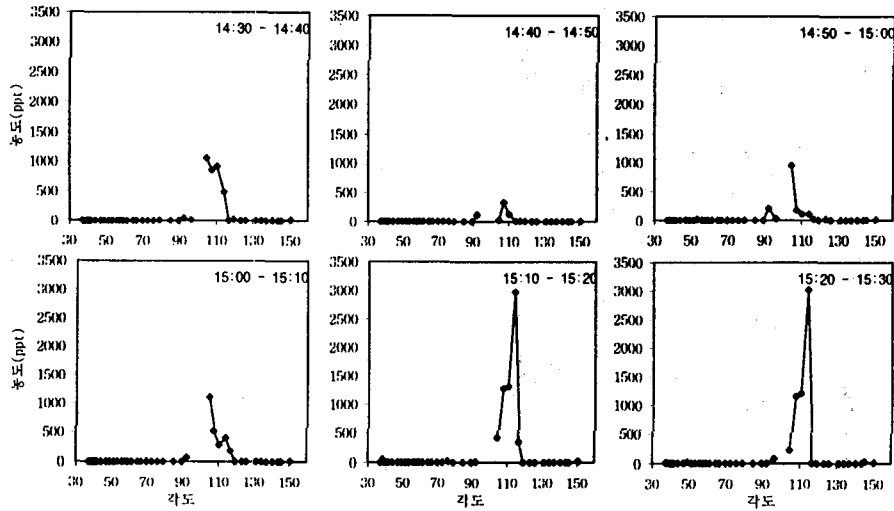


그림 5. B-선상에서의 추적자 농도분포(2차실험)