

월성원전 부지 주변지역의 봄철 해륙풍 특별상층관측

이갑복, 손순환, 정양근, 서중석

한국전력공사 전력연구원

대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

원자력 발전소에서 대기중으로 방출된 방사성 물질의 이동 양태는 지형과 기상조건에 의해 크게 좌우되므로, 해안가에 위치해 있는 월성부지의 경우는 빈번히 발생하는 해륙풍 특성을 규명하여 이에 적합한 환경영향평가 및 비상대응체제를 구축해야 한다. 월성부지의 해륙풍 순환구조를 파악하기 위해 봄철 해륙풍 상층기상 특별관측을 월성부지를 중심으로 4개 지점에서 실시하였다. 관측결과를 분석하여 해륙풍이 방사성 물질의 대기확산에 미치는 영향을 분석하고, 해륙풍을 반영할 수 있는 새로운 환경영향평가 방법론을 고찰하였다.

1. 서 론

원자력 발전소에서 대기중으로 방출된 방사성 물질의 이동 양태는 지형과 기상조건에 의해 크게 좌우된다. 따라서 원전에 의한 환경영향평가 및 비상대응체제 수립에 있어, 부지의 국지적 기상특성을 파악하여 그 특성을 보다 정확하게 반영할 수 있는 방법론을 적용해야 한다.

월성원전은 남북으로 형성된 해안가에 위치해 있고 서쪽에 높고 낮은 산(보현산, 삼대봉, 가지산 등)들이 자리잡고 있어 해륙풍 발생 빈도수가 년중 약 30%에 달하는 것으로 조사되고 있다 [1].

해륙풍은 해양과 육지 매질 간에 주간 태양에너지 흡수와 야간 지구복사에너지 방출 특성이 서로 다르기 때문에 일어나는 일주기 현상으로, 수평적으로는 수 ~ 수십km의 지역에, 수직적으로는 2km 이내로 국한되어 나타난다[2]. 따라서 해륙풍의 영향을 받는 지역과 그렇지 않는 지역 간에는 서로 다른 풍계를 보이게 되어 방사성 물질의 대기중 이동정에 중요한 역할을 하게 된다.

방사성 물질의 대기확산에 미치는 해륙풍의 영향인자는 해풍의 내륙 진입거리, 해풍과 육풍의

풍향 교체시각, 상층의 보상기류(return flow) 및 해풍에 의한 상층의 안정층 고도 등을 들 수 있다.

전력연구원에서는 해륙풍을 포함한 국지순환 특성을 파악하여, 이를 보다 정확히 반영할 수 있는 대기확산모델을 개발코자 월성원전 부지 주변의 해륙풍 상층기상 특별관측을 계절별로 수행하고 있다. 이의 일환으로 봄철에 해륙풍이 발생하기 쉬운 바람이 약한 맑은 날에 발전소를 포함한 4개지점에서 동시에 24시간 일주기 관측을 실시하여 해륙풍 순환구조를 분석하였다.

2. 봄철 상층기상 특별관측

2.1 관측개요

월성원전 부지주변의 해륙풍의 순환구조를 이해하기 위하여 1996년 5월 17일 18시부터 다음날 17시까지 상층기상 특별관측을 실시하였다. 관측지점은 그림1에 표시한 4개지점(월성원전 직원사택(A), 양남초등학교 석읍분교(B), 연안초등학교(C) 그리고 봉월초등학교(D))으로, 각각 발전소 부지로부터 서쪽으로 약 2, 7, 15, 20km 떨어져 있다.

관측장비는 A지점에서는 Radio-theodolite, B,C,D지점에서는 ADAS System을 이용하였다. 관측은 4개지점 모두 17일 18시, 21시, 18일 1시, 5시, 8시, 11시, 14시, 17시 8회에 걸쳐 야간에는 4시간, 주간에는 3시간 간격으로 실시하였다. 방사성 물질이 내륙으로 침투하기 쉬운 조건인 해풍이 부는 주간에 좀더 세밀하게 관측하였다.

2.2 특별관측 기간의 중관기상상태

그림2는 특별관측기간인 5월 18일 9시 지상일기도이다. 18일 9시 한반도는 일본 홋카이도 지방에 위치한 고기압 중심에서 남서쪽으로 뻗은 기압능에 위치하고 있어 약한 동풍이 부는 맑은 날씨를 보이고 있다. 850hPa면 일기도로 부터 계산한 지균풍속은 약 2.5m/s, 온위경도는 2.5 °K/km로 매우 약한 바람이 부는 약간 안정한 대기상태로 해륙풍이 발생하기 좋은 조건을 갖추고 있었다.

2.3 상층기상 특별관측 결과

2.3.1 발전소 부근(A지점)

그림3은 월성원전 부지 직원사택에서 관측한 바람의 시간에 따른 수직구조를 나타낸 것이다.

지상풍계를 보면 17일 21시까지 해풍인 북북동풍을 보이다가 18일 01시에는 북북서풍의 육풍으로 전환되었다. 18일 05시 관측에서는 중관풍계(남동풍)와 육풍(북서풍)이 혼합되어 나타나는 양상을 보이고 있으나 18일 11시 부터는 해풍인 동풍계열의 바람이 뚜렷이 형성되고 있음을 볼 수 있다. 해륙풍은 주변 바람장과 뚜렷이 구분되는 순환Cell을 가지고 있으므로 해륙풍의 상층부에서 수직적으로 풍향의 변화가 심하게 나타난다. 그림3에서 수직적인 바람을 보면 전반적으로 약 500m 내외에서 풍향이 매우 심하게 변하는 것을 볼 수 있다. 따라서 특별관측기간중 해륙풍의 수직발달 고도는 약 500m 부근에서 형성되고 있음을 알 수 있다. 해륙풍의 발달·소멸시각을 좀더 세밀히 살펴보기 위하여 같은 기간 월성원전 기상탑에서 관측한 58m 고도의 풍향풍속과 백엽상의 기온 변화(그림4)를 살펴보았다. 18일 7시 북풍에서 북북동풍으로 변화된후 9시부터 풍속이 강화됨과 동시에 풍향도 북동풍으로 변화되었다. 기온은 최고기온이 9시에 나타난 후 강한 해풍이 부는 시간동안 상대적으로 온도가 낮은 해풍의 유입으로 거의 일정하게 유지되었다.

방사성물질을 내륙으로 수송하는 해풍의 정확한 수직고도를 알아보기 위해 온위의 연직분포(그림5)를 살펴보았다. 18일 8시 이전에는 약 500m에서 형성되던 등온위 고도가 해풍이 유입되면서 약 300m까지 낮아지는 것을 볼 수 있다. 즉 관측기간 동안 해풍은 약 300m 고도까지 발달함을 알 수 있다.

2.3.2 양남초등학교 석읍분교(B지점)

그림6은 석읍분교에서 관측한 시간에 따른 바람의 수직구조를 나타낸 것이다. 발전소에서와 마찬가지로 500m 고도에서 풍향의 변화가 현저하였으며 지상풍계에서 해풍인 동풍계열의 바람은 18일 11시에 나타나기 시작하여 17시까지 계속 유지되고 있다.

2.3.3 연안초등학교(C지점)

발전소나 석읍분교와는 달리 500m 이하층에서 북서풍이 불어 해풍의 영향이 없었다(그림7). 중관풍계가 약한 동풍임에도 불구하고 북~북서풍계의 바람이 관측된 것은 그림1에서 알 수 있듯이 연안초등학교 동쪽에 산이 위치하고 있어 주간에 발달하는 곡풍과 해풍 전단부 전면에서 부는 대항류가 병합되어 나타나는 것으로 판단된다.

3. 토의 및 결론

봄철 해륙풍 상층기상 특별관측 결과를 토대로 해륙풍(특히 해풍)이 방사성 물질의 대기확산에 미치는 영향을 고찰하였다. 관측기간 동안 해풍이 발전소로부터 약 7km 떨어진 석읍지역에서는 관측되나 내륙 약 15km 지점인 연안초등학교에서는 관측되지 않아 약 10km 까지 해풍이 진입하

고 있음을 유추할 수 있다. 지상에서의 바람은 해풍의 진입지역과 그렇지 않은 지역간에 서로 다른 풍계를 보이고 있으며, 특히 해풍의 전단부에서는 서로 반대방향의 바람이 불어 공기가 해풍 전단부를 중심으로 모이는 수렴대가 형성되고 있음을 알 수 있었다. 이런 수렴대는 해륙풍 모델을 통한 연구결과에서도 잘 나타나고 있다[3]. 따라서 해풍의 전단부 수렴대에서는 방사성 물질의 일부가 정체 또는 재순환되고, 전단부 전면으로는 크게 확산되지 못할 것이다. 또한 해풍 발생시간 동안 상대적으로 온도가 낮은 해양 공기가 내륙 대기 하층으로 유입되어 해풍의 영향을 받는 지역에서는 안정한 대기층이 형성된다. 이러한 안정 대기층에서는 방사성 물질의 수직확산이 크게 제약을 받게 된다.

이러한 특성을 고려할 때, 현재 월성원전에서 사용하고 있는 가우시안 대기확산모델(4)은 방사성 물질이 발전소 기상탑 바람을 따라 일정한 방향으로 이동된다고 가정하기 때문에 지역에 따라 바람장이 매우 다르게 나타나는 해륙풍 영향을 반영시키는데 다소 미흡하다. 따라서 원전의 환경영향평가와 비상대응체제를 구축할 때, 해륙풍의 영향을 반영하기 위해서는 부지의 이러한 국지적 기상특성을 반영할 수 있는 새로운 방법론이 모색되어야 할 것이다.

해륙풍은 바람장이 지역적·수직적으로 매우 다른 양태를 보이므로 삼차원 공간에서 대기중 방사성 물질의 이동을 모사할 수 있는 대기확산모델이 필요하다. 그러나 삼차원 대기확산모델은 입력자료의 처리 및 계산에 많은 시간이 소요되므로, 비상대응체제에서는 이를 극복할 수 있는 방법을 도입하여야 한다. 이를 위해 전력연구원에서는 해륙풍(바람장)을 데이터베이스화하여 바람장 도출에 소요되는 시간을 최소화하고, 비상대응 초기 삼차원 대기확산모델 수행 결과가 나오기 전에는 가우시안 모델을 적용하는 병행 체제를 구축하고 있다.

참 고 문 헌

1. 한국원자력안전기술원, 월성원자력 3,4호기 예비안정성 분석보고서 심사보고서, KINS/AR-272, pp161, 1994
2. Atkinson, B.W., *Meso-scale Atmospheric Circulation*, Academic Press, London, pp125, 1981
3. 이갑복, 손순환, 월성원전 부지의 해륙풍 모델링 및 특성분석, 한국원자력학회 춘계학술발표회 논문집, 107-112, 1996
4. 한국전력공사, WOLDOSE : 원자력발전소 주변주민 피폭선량 계산 지침서, NPCD/EM-2/87, 1987

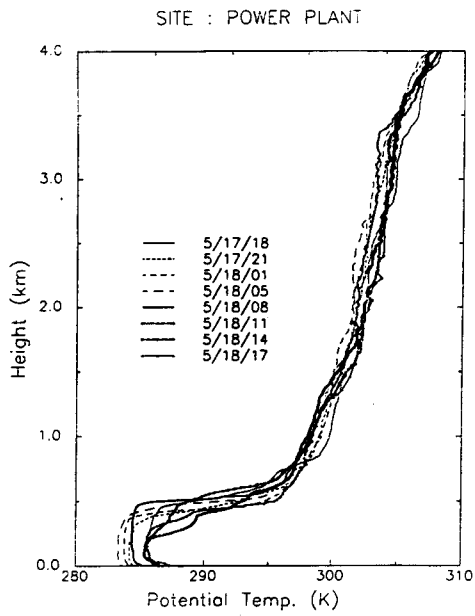


그림5. 특별관측 기간 A지점(월성원전 직원사택)에서 관측된 온위의 수직구조

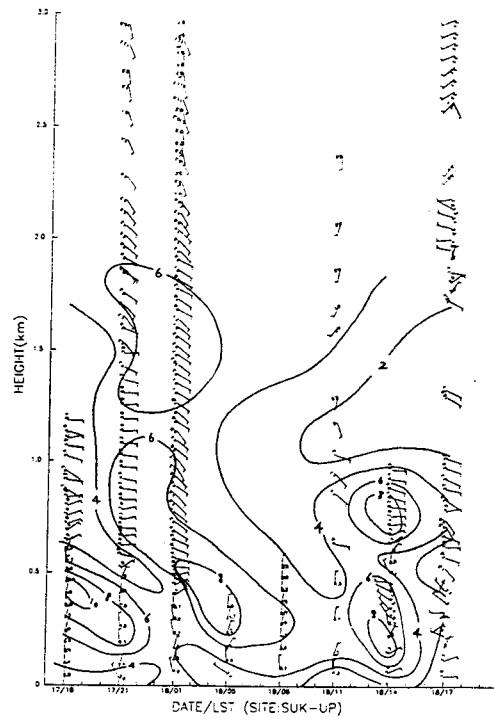


그림6. B지점(석읍분교)에서 관측된 바람의 수직구조

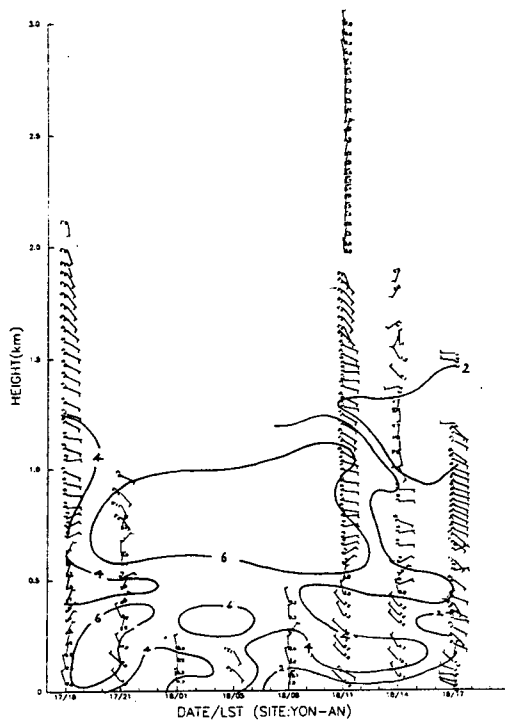


그림7. C지점(연안초등학교)에서 관측된 바람의 수직구조

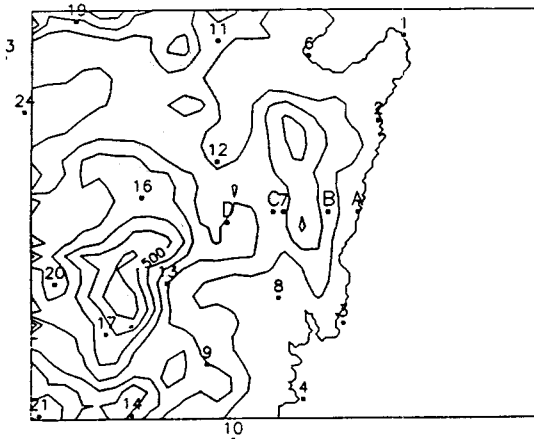


그림1. 월성원전 부지주변 봄철 상층기상 특별 관측 지점. A(직원사택), B(석읍분교) C(연안초등학교), D(봉월초등학교)

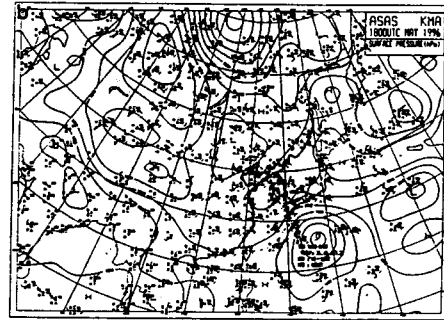


그림2. 1996년 5월 18일 9시 기상일기도

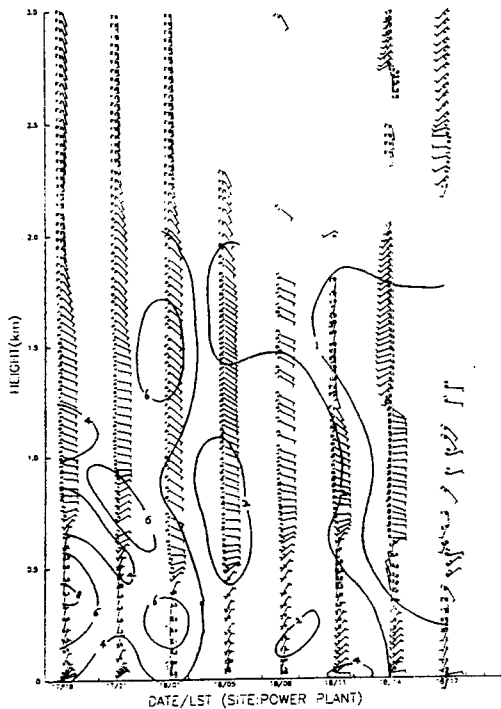


그림3. 특별관측 기간 A지점(월성원전 직원사택)에서 관측된 바람의 수직구조. 그림의 등치선은 등풍속선을 나타낸다.

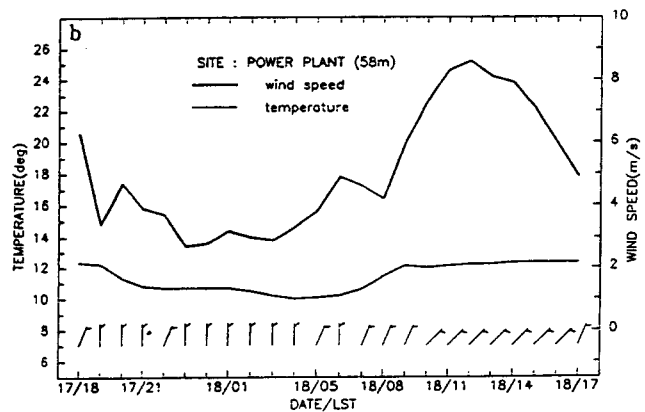


그림4. 특별관측 기간 발전소 기상탑 58m 고도에서의 풍향·풍속과 백엽상에서의 기온