

## 국내의 PWR 원전주변 환경에서 C-14 축적경향과 피폭선량 평가시 불확실성 최소화 방안 연구

황 정 래, 엄 유 선, 전 인 섭, 김 용 대, 이 승 진\*

라드텍(주), 대전광역시 유성구 덕진동 150 한국원자력연구소 창업보육센터 109호

\*영광원전환경·안전감시센터, 전라남도 영광군 영광읍 무령리 83-44번지

lsj2910@hanmail.net

중심어 : 대기확산인자 보정상수,  $^{14}\text{C}$  축적 및 확산, 전이계수,  $^{14}\text{C}$  선량평가

### 서 론

PWR 발전소에서 환경으로 방출되는  $\text{C}^{14}$ 의 방출 화학형태는 크게  $\text{CO}_2$ 와 C-유기물 형태로  $\text{CO}_2$  형태가 약 20% 정도로 작은 양을 차지하고 있지만 발전소 설계 및 운전 조건과 계측 조건에 따라 많은 차이가 있고, 농·축산물 섭취에 의한 선량이 상당히 큰 것으로 알려져 있다.  $\text{C}^{14}$  섭취선량이 상당히 크기 때문에 최근에 국내의 분석 및 연구기관에서는 PWR 발전소를 대상으로  $\text{C}^{14}$  축적 및 확산 경향과 선량 평가를 수행하고 있지만 선량평가를 위해 사용되고 있는 대부분의 자료들은 국외의 것이고, 일부 국내 자료를 사용하고 있지만 80년대 후반의 자료로 경제성장에 따른 영향을 충분히 고려하지 못하고 있으며, 또 보수성으로 인해 원전주변 주민이 받을 수 있는 선량을 과도하게 계산하는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서는 물리적 및 현실적 타당성에 근거하여  $\text{C}^{14}$  축적 및 확산 경향과 피폭선량을 비교적 정확하게 평가할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

### 축적 및 확산경향 평가방안

발전소에서 주변 환경으로 방출된 기체 형태의  $\text{C}^{14}$ 은 먼저 공기 중에서 확산이 된 후 원전주변의 환경 시료에 축적이 되기 때문에 확산 경향을 파악하기 위한 대표 시료라 할 수 있는 공기시료를 비교적 정확하게 평가하기 원전을 중심으로 주 풍향과 인구밀집 지역을 고려하여 거리별로 시료를 체계적으로 채취하여 분석해야 할 것으로 판단된다. 농·축산물에서 축적경향을 평가하기 위해서는 대표 시료를 선정해야 하는데 농작물은 대기 중의  $^{14}\text{C}$  농도가 농작물 내의  $^{14}\text{C}$  농도와 평형을 이루는데 2-3개월 정도인 반면 축산물의 경우 약 2년 정도가 걸리기 때문에 축산물만을 대상으로 축적경향을 평가하는 것이 타당할 것으로 판단되고, 보건복지부 자료를 검토한 결과 섭취량이 많은 축산물은 우유, 소고기, 돼지고기, 닭고기, 달걀로 이들 시료에 대한 체계적인 분석이 필요할 것으로 판단된다. 또한 농·축산물에서 탄소함유량은  $^{14}\text{C}$  선량 평가에 중요한 자료로 국내 환경을 충분히 고려할 수 있는 자료는 전무하기 때문에 시료 채취 및 분석을 통해 제시한 탄소함유량을 적용할 경우 기존 선량평가 프로그램에서 사용하고 있는 자료를 검증할 수 있을 뿐만 아니라 국내 환경을 충분히 반영할 수 있을 것으로 판단된다.

## 선량평가 방안

현재 국내에서  $^{14}\text{C}$  선량을 평가하기 위해 사용되고 있는 대부분의 코드에서는 비방사능 모델만을 적용하여 농·축산물 섭취선량을 평가하고 있다. 공기 중의  $\text{C}^{14}$  농도가 식물체 및 축산물에서의  $\text{C}^{14}$  농도와 평형에 도달하는데 각각 2~3개월, 1.8년이 소요되는 것으로 알려져 있는데 비방사능 모델은 모든 환경에서  $\text{C}^{14}$  비방사능이 같다는 가정을 적용하기 때문에 time delay와 동물의 신진대사 메커니즘을 고려하지 못하기 때문에 피폭선량을 높게 예측하는 경향이 있다. 반면, 전이계수는 비방사능 모델에 비해 유연성 및 물리적 타당성이 있는 모델로 time delay와 동물의 신진대사 메커니즘을 고려할 수 있기 때문에 국내 환경에 적합한 동물성 전이계수를 실험을 통해 개발함으로써 피폭선량을 비교적 정확하게 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 선량평가에서 가장 중요한 변수 중의 하나인 대기확산인자(sec/cm<sup>2</sup>)는 원전으로부터 외부 환경으로 방출된 기체방사성 물질이 단위 체적 안에 얼마나 오랫동안 머물러 있는가를 나타내는 척도로서 대기확산인자가 크다는 것은 그만큼 확산이 되지 않고 발전소 주변에 침적되는 것을 의미한다. 국내 선량평가 코드에서는 풍향, 풍속, 굴뚝높이, 대기안정도 등과 같은 기상자료를 이용하여 각 방위별로 대기 확산인자를 구하고, 이 중 가장 큰 확산인자를 선택하여 모든 방위에 적용하고 있기 때문에 상당히 보수적인 결과를 주고 있는데 이러한 보수적인 개념은 불확실성에 기인한 것이라 판단됨으로 불확실성을 줄임과 동시에 피폭선량을 비교적 정확하게 평가할 수 있는 방안을 다음과 같이 제시하였다.

- 1) 피폭측면에서 기여도가 큰 분석 대상 핵종과 화학형태 선정하여 원전으로부터 환경으로 방출되는 양을 측정
- 2) 원전을 중심으로 방향 및 거리를 고려하여 공기포집기를 설치하여 체계적인 sampling 및 계측 수행
  - 일정기간 동안 공기시료를 포집함으로써 그 양을 파악한 후 공기포집기 및 기타 장비에 대한 불확실성 분석 수행
  - 계측장비를 활용하여 공기시료 중의  $\text{C}^{14}$  농도 계측 및 분석 수행
- 3) 계측한 결과 값을 exact solution이라 가정하고 exact solution과 대기확산인자에 의해 계산된 값을 비교 분석함으로써 대기확산인자 보정상수를 개발 및 제시한 후 보정된 대기확산인자를 적용하여 선량평가 수행

## 맺는말

국내의 분석 및 연구기관에서 수행하고 있는  $\text{C}^{14}$ 에 대한 연구는 하드웨어와 소프트웨어 측면을 동시에 고려함으로써 수행되고 있지만 시료채취 방법의 비 체계적성, 하드웨어와 소프트웨어의 상호 연관성 부족, 국내 현실을 반영하지 못하는 자료의 사용, 보수적인 모델의 사용 등으로 인해 많은 불확실성이 존재하고 있고, 이로 인해 실제 원전주변 주민이 받을 수 있는 선량을 과도하게 예측하는 경향이 있다. 따라서  $\text{C}^{14}$ 에 대한 평가를 물리적 및 현실적 타당성에 근거한 모델 및 입력 자료를 적용하고, 불확실성을 최소화할 수 있는 방법 등을 적용함으로써 원전주변 주민이 받을 수 있는 선량을 비교적 정확하게 수행해야 할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 조선대학교 원자력연구센터, "C-14 축적 및 선량평가 기술개발 최종보고서", 2005년 5월.
2. S-R. Peterson, P.A. Davis and R.R. Rao, "Modelling Doses form Tritium and C-14 in the Environment," AECL, 1997.
3. Characterization of Carbon-14 Generated by the Nuclear Power Industry", EPRI TR-105715, Research Project 2724-04, Final Report, 1995