

인공방사성핵종에 의한 내부피폭을 고려한 대기방사능 자동감시망 경보 설정치 분석

황영목 · 신형기 · 박창수 · 이동명
한국원자력안전기술원
E-mail: s136hym@kins.re.kr

중심어 (keyword) : 대기방사능, 공기부유진, 전알파, 전베타, 조기탐지, 내부피폭

서 론

우리나라는 국내·외에서 발생할 수 있는 다양한 방사능 재해를 탐지하고 필요시 방사선 비상발령 등을 통한 방사선방호조치를 수행할 수 있도록 국내 인구 밀집 지역을 중심으로 환경방사능 준위의 변동추이를 감시하고 있다. 전국 58개소의 간이측정소 및 12개 지방측정소에서 방사선준위를 실시간으로 감시하고 있으나 대기 중의 방사능농도 감시는 인력에 의해 수동적으로 수행되고 있다[1]. 이를 보완하기 위하여 2007년부터 2개 지방측정소를 시작으로 공기부유진형태의 전 알파 및 베타 방사능 물질의 실시간 감시가 가능한 대기방사능 연속감시기를 도입하고 있다.

본 연구에서는 이상준위에 대한 신속한 원인규명 및 방사선방호 조치가 이루어질 수 있도록 대기방사능 연속감시기의 경보설정치(안)를 개발하고자 한다.

이론 및 방법

대기방사능 연속감시기가 측정할 수 있는 알파 및 베타선은 단위거리당 에너지 전달률이 높아서 내부피폭을 받을 경우, 특정세포에 영향을 집중시켜 인체에 심각한 결과를 초래할 수 있다. 따라서 국내여건에 적합하고 조기에 주민보호조치 발령이 가능한 대기방사능 자동감시망으로 구축하기 위하여 방사성핵종의 흡입 혹은 섭취에 관한 일반인의 연간섭취한도 및 유도공기중농도를 활용하여 경보설정치(안)를 도출하였다.

대기방사능 연속감시기의 경보치(안)를 설정하기

위하여 방사능테러에 대한 위험도가 높으며 방사능 사고 등으로 인한 피해를 초기에 감지하여야 하는 원자력발전소를 감시대상시설로 선택하였다. 국내 총 20기의 원자력발전소에서 정상운전 중에 발생하는 인공방사성핵종 중, 연속감시기에서 감지할 수 있는 미립자형태의 기체폐기물은 최근 5년간('03~'07) 총 17종이 배출되었으며, ^{58}Co 및 ^{60}Co 의 핵종이 가장 많이 배출되었음을 알 수 있다[2]. 인공방사성핵종의 배출빈도수 및 배출량(Bq)에 따라 환경에 미치는 영향이 다르기 때문에 그에 대한 핵종별 가중치를 적용하였으며, 빈도수가 중앙값 이상인 핵종을 대상으로 정규화하였다.

대기방사능 연속감시기의 경보치(안)를 설정하기 위한 연간선량한도는 단일핵종의 피폭과 혼합핵종에 의한 2가지 영향으로 가정하였다. 단일핵종에 의한 피폭은 1종류의 특정핵종만을 흡입한 것이기 때문에 일반인의 법적연간선량한도인 1 mSv를 준용하였다. 한편, 방사성핵종이 일괄적으로 배출되어 피폭을 받게 될 경우, 선량한도에 대한 핵종별 기여분을 고려하기 위하여 핵종별 가중치를 적용하였다. 또한, 가중치를 고려한 그 총합이 연간선량한도를 초과하지 않도록 설정하였다. 특정핵종만을 흡입한 선량한도와 일괄적으로 모든 감시핵종을 흡입한 경우로 피폭선량한도를 구분하여 가정하였기 때문에 그림 1과 같이 연간섭취한도(ALI, Annual Limit of Intake) 및 유도공기중농도(DAC, Derived Air Concentration)도 각각의 경우에 대하여 산출하였다. 한편, 혼합핵종의 유도공기중농도는 감시대상으로 선정한 모든 핵종을 일괄 흡입한 경우이기 때문에 개별핵종에 대한 기여분을 고려

사고자 핵종별 가중치를 추가로 적용하였고, 이를 최종유도공기중농도로 정의하였다.



그림 1 대기방사능 연속감시기의 경보치(안) 유도과정 및 산출식

결과 및 고찰

대기방사능 연속감시기의 경보치(안)는 관심, 주의 및 경보의 3단계로 제안하고자 하며, 개별핵종에 대한 피폭상황을 가정한 단일핵종 유도공기중농도를 ‘관심’ 단계로 설정하였다. 해당수치가 낮은 핵종일수록 그에 대한 피폭선량이 한도에 먼저 도달하였음을 의미하기 때문에 ⁶⁰Co(=2.57 Bq/m³)를 경보치(안)로 설정하였으며 해당핵종에 대한 발전소의 배출관리기준(7 Bq/m³)과 비교했을 때 합리적으로 설정되었음을 알 수 있다. ‘주의’단계는 두 종류 이상의 혼합핵종들에 대한 피폭상황을 고려하였기 때문에 최종유도공기중농도를 기준으로 설정하였으며, 이들의 총합(=12.2 Bq/m³)을 경보치(안)로서 제안하고자 한다. 연속감시기는 방사성핵종의 흡입 혹은 섭취로 인한 내부피폭의 위험을 조기에 탐지하여 피폭사고를 사전에 방지하기 위한 목적으로 도입한 것이기 때문에 IAEA의 식품섭취 제한권고(1 μSv/h)를 기준으로 ‘경보’단계를 설정하였다. 관심 및 주의단계의 경보설정치(안)는 연간선량률도를 근거로 도출한 것이기 때문에 식품섭취 제한권고치를 연간권고치로 환산하였으며 그 결과, 약 8.7 mSv/yr가 도출되었다. 따라서 경보단계는 관심 및 주의단계의 설정근거보다 약 8배 높게 설정하고자 하며, 이는 IERNet, Integrated Environmental Radiation Monitoring Network)의 준위 및 근거를 참조하였을 때, 합리적으로 설정되었음을 알 수 있다.

표 1은 인공베타에 대한 대기방사능 연속감시기의 경보설정치(안)에 관한 것으로, 보수적인 관점에서 접

근하고자 유아를 기준으로 각 단계별 경보치(안)를 설정하였다.

표 1 대기방사능 연속감시기의 경보설정치(안) 및 근거

단계	설정값(안)	설정 근거
관심	3 Bq/m ³	- 단일핵종 피폭선량률도 - ⁶⁰ Co의 단일핵종 유도공기중농도(2.57 Bq/m ³)
주의	10 Bq/m ³	- 혼합핵종 선량률도 - 핵종별 가중치 - 최종유도공기중농도의 총합, 12.2 Bq/m ³)
경보	80 Bq/m ³	- IAEA 식품섭취 제한권고(1 μSv/h)

표 2는 국내에 도입한 대기방사능 연속감시기와 유사한 장비를 이용하여 이미 상용 중인 스위스 RADA IR의 경보설정치로서, 대기방사능 연속감시기의 경보 설정치(안)와 함께 비교하였다.

표 2 스위스 RADAIR와 연속감시기 경보설정치(안)의 비교 (단위: Bq/m³)

국가	단계	관심	주의	경보
스위스		5	30	260
한국		3	10	80

결론

방사능 사고 및 테러와 같은 위협으로부터 국민의 재산과 안전을 보호하기 위하여 방사능 오염사고에 대한 조기탐지가 가능한 대기방사능 연속감시기를 도입하였다. 본 감시기의 원활한 운영을 위하여 경보설정치(안)를 3단계로 제안하였으며, 이를 상용화하기 위해서는 지역적인 방사능농도의 편차 등을 고려한 국내 통계자료의 보완이 필요하며 다양한 외국의 사례분석을 통한 비교·검증으로 경보설정치(안)를 개선할 예정이다.

참고 문헌

1. 국내·외 방사능 연속 모니터링 기술연구, 한국원자력안전기술원, (2007).
2. 원자력발전소 주변 환경방사능 조사 및 평가보고서, (주)한국수력원자력, (2003~2007).