

중수로원전 주변 환경 중의 삼중수소방사능 농도 비교

정진욱^{1*}, 김상왕¹, 정현걸¹, 임준¹, 정성일¹, 김종욱²

¹경주시월성원전·방폐장민간환경감시기구, 경북 경주시 양북면 능골연당길 19-6

²한국수력원자력(주) 월성원자력본부 방재환경팀, 경북 경주시 양남면 동해안로 696-13

*forever0224@wsnesc.or.kr

1. 서론

원자력시설의 건설·운영으로 인한 결과물은 국민 모두의 혜택으로 돌아가지만, 그로 인해 발생하는 리스크 등의 여러 부정적 문제는 상대적으로 원전 주변지역에만 국한되어 그 지역 주민들과 빈번한 마찰을 일으킨다. 특히 경우에는 중수로원전 4개호기, 경수로 2개호기, 동굴/표층처분식 방폐장, 사용후핵연료 건식저장시설 등 다양한 원자력시설의 운영 및 건설이 계획됨으로써 원자력 비중 확대는 물론이고 원자력산업 실험 무대의 장으로까지 인식되고 있다.

한편 많은 논란과 우여곡절 끝에 월성1호기의 계속운전이 승인되었지만, 지역주민의 잠재적 불안과 불안감은 여전하다. 주민들은 월성원전 주변 환경 중의 삼중수소 농도가 기준치에 비해 미량이지만 국내의 경수로원전 지역보다 상대적으로 최대 5배 이상 높고, 체내에까지 삼중수소가 검출된다는 이유로 계속운전을 반대하고 있으며, 또한 삼중수소 문제 해결에 사업자의 적극적인 노력을 요구하고 있다.

본 논문에서는 같은 캔두형 중수로를 운영 중인 월성원전과 캐나다원전의 과거 10년간 주변 환경 중의 삼중수소 농도 비교를 통해 중수로 원전지역의 삼중수소 배출 및 분포 현황을 이해하고, 이를 바탕으로 월성원전의 삼중수소 농도 및 관리 현황을 객관적으로 파악함으로써 주민들의 불안감 해소에 기술적인 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 본론

2.1 재료 및 방법

중수로원전 주변 환경 중의 삼중수소 농도의 비교를 위해 월성원전과 캐나다의 달링턴 및 피커링원전을 대상으로 10년간(2004~2013) 각 원전의 HTO배출량, 대기, 식품류(채소, 우유), 지하수 및 지표수의 HTO 분석값(연간 평균값)을 사용하였다.

Table 1. Wolsong, Darlington and Pickering NPP

구분	월성원전	달링턴원전	피커링원전
노형	CANDU 6	CANDU 6	CANDU 6
출력	700MW (총 2,779MW)	875MW (총 3,500MW)	517MW (총 3,100MW)
호기	4개	4개	6개(2,3페로 '97)
위치	경주시 양남면 해변	Clarington시 온타리오 호	피커링시 온타리오 호
운영	한수원(주)	OPG	OPG
특징	TRF 가동 중	TRF 가동 중	TRF 없음
	압력관수: 380	압력관수: 480개	압력관수: 390
	핵연료건식저장	핵연료건식저장	핵연료건식저장
	폐압력관저장	주변 농/낙농업	폐압력관저장
	주변 농어업	Oshawa시 3km	주변 산업/상업

Table 1에서와 같이 피커링원전의 출력이 가장 낮으며 다른 원전에 비해 TRF가 없다. '삼중수소제거설비'(TRF : Tritium Removal Facility)는 냉각재 및 감속재에서 생성되는 삼중수소를 중수로로부터 분리하는 설비이며, 분리공정은 중수(DTO)와 중수소(D2)기체의 촉매 반응을 통해 삼중수소를 분리제거한 후 약 -250°C의 초저온에서 중수소와 삼중수소의 끓는점 차이를 이용하여 삼중수소를 분리 농축하게 된다.

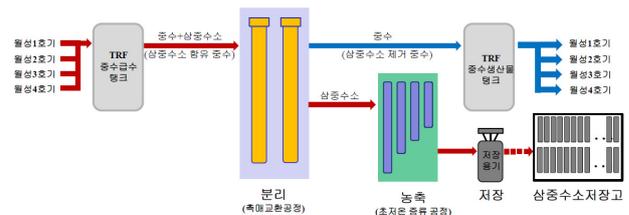


Fig. 1. Principles of TRF.

2.2 비교결과 및 고찰

공기 중 HTO 배출량의 경우 월성원전은 TRF 가동(2007.7) 이후 지속적으로 감소하는 경향을 보이고 있으며 TRF가 없는 피커링원전이 다른 원전에 비해 높음을 알 수 있다. 수중 배출량 또한 압력관 교체기간(2010)을 제외하고 월성이 캐나다원전에 비해 낮은 수준이다.

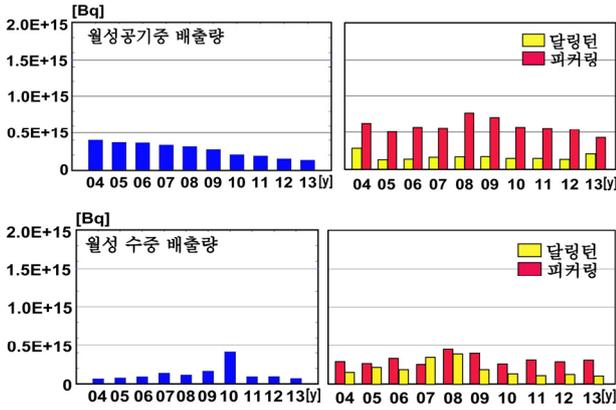


Fig. 2. Tritium Oxide Air and Water Emissions.

우유의 경우 거리에 따른 확산의 영향을 고려하면 월성원전 지역의 우유에서 검출되는 삼중수소 농도가 캐나다 원전에 비해 현저히 낮음을 알 수 있다.

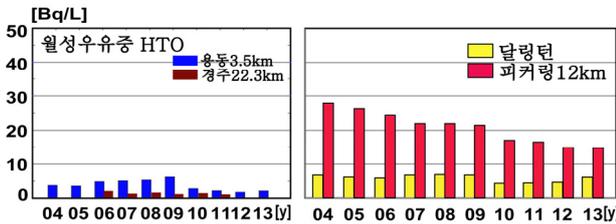


Fig. 3. ³H in Milk.

지하수의 경우 지하수계, 지상으로부터의 유입량 및 유속의 영향을 받으므로 직접적인 비교는 어려우나 월성 및 캐나다 모두 최대 20 Bq/L이하로 판단된다.

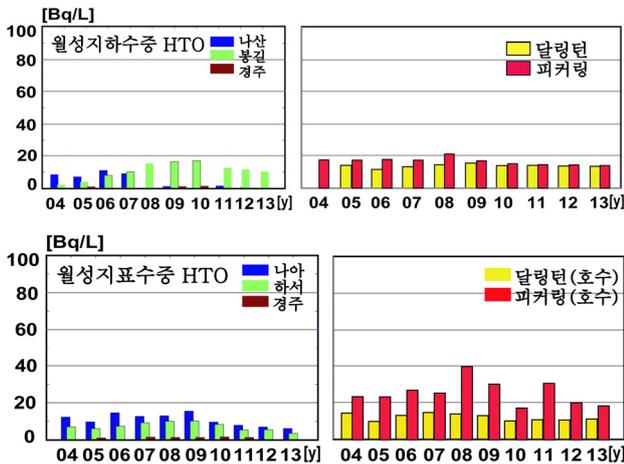


Fig. 4. ³H in ground and surface water.

지표수의 경우 월성과 달링턴원전이 비슷한 준위이며 피커링원전의 경우 달링턴원전의 하루에 위치해 상대적으로 삼중수소 농도가 높은 것으로 판단된다.

채소류의 경우 달링턴과 피커링에서 채취한 채소류의 명이 명확하지 않아 직접적인 비교는 불가능하지만 물을 많이 포함한 시료(배추, 감, 과일 등)

로 예상된다. 즉, 조직내 물을 많이 포함한 시료의 삼중수소 농도가 높음을 알 수 있다. 한편, 월성의 배추의 경우(198 Bq/kg) 1 mSv대비 0.035%로 평가되어 그로인한 영향은 제한적일 것으로 판단된다.

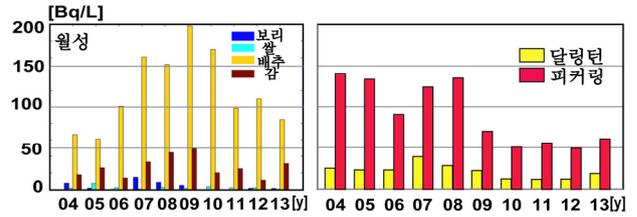


Fig. 5. ³H in green ound and surface water.

3. 결론

환경 중의 삼중수소 농도는 공기 및 수중의 확산과 희석에 의한 영향이 크며 또한 풍향, 풍속, 습도 및 계절적 요인에 의한 영향을 받는다. 3개 원전 중에 피커링원전의 배출량 및 환경 중 삼중수소 농도가 상대적으로 높은 편이며, 이는 TRF의 가동 유무에 따른 영향으로 판단된다. 월성원전의 경우 TRF 가동 이후 1호기 감속재의 삼중수소 농도가 62.7 Ci/kg에서 0.25 Ci/kg으로, 2호기 감속재는 48.37 Ci/kg에서 5.5 Ci/kg으로 저감된 것으로 볼 때, 향후 환경 중 배출 및 준위가 점진적으로 감소될 것으로 예측된다. 또한, 삼중수소에 대한 국제기구별 음용수 허용치의 경우 캐나다는 7,000 Bq/L, WHO는 10,000 Bq/L, 미국은 740 Bq/L 등으로 월성원전의 환경 중 삼중수소 농도는 국제기준을 만족하며 캐나다원전에 비해 양호한 편이다.

본 논문에서는 삼중수소 배출 및 환경 중 준위에 대해 단순 비교를 통해 분포 현황을 파악하고자 한 것이므로 주민들의 불안감 해소에는 한계가 있다. 다시 말해, 기술적인 이해와 접근만으로는 주민 불안감 해소에 기여하는 데는 한계가 있으므로 앞으로 이에 대한 고민과 함께 지속적인 해결 방안 마련이 필요하다.

4. 참고문헌

- [1] '2013 Result of Environmental Monitoring Programs'. by Ontario Power Generation.
- [2] '원전 주변 주요 환경시료의 삼중수소농도 분석결과에 대한 고찰', 방사선방어학회 추계학술대회, 정진욱 외, 2010. 11.138-139.
- [3] '월성원전 주변 지역주민 및 경주시민 체내 삼중수소 분석결과', 경주시월성원전.방폐장민간환경감시센터, 2010. 11.