

울진원전 주변 해양 해조류에서의 ^{95}Nb 와 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 특성 조사

정의정, 김도훈, 문배곤

울진원전민간환경감시센터, 경북 울진군 근남면 산포리 821-1

euiva@uinpes.or.kr

1. 서론

원자력발전소의 방사성폐기물 배출(기체, 액체)이 비록 법적기준치 이하라도 주변 환경에서 검출될 가능성이 있으며, 이로 인해 원자력발전소가 운영되기 이전에는 검출되지 않았던 인공방사성핵종이 미량이지만 검출 될 경우 원전 주변지역에서 생산되는 농수산물에 부정적 시각으로 나타날 수 있다. 이러한 것들은 지역주민들로 하여금 원자력 산업에 대한 불신으로 잠재되어 표출되기도 하는데, 최근 육상에서는 물시료(^3H), 해양에서는 해조류(^{95}Nb)가 대표적이다. 울진원전민간환경감시센터에서는 감마분광분석기(HPGe, Relative efficiency 40%, Resolution 1.8 keV at 1.33 MeV)를 이용, 월1회 주기로 28개월간('07년 4월~'09년 7월) 해조류 채취, 울진원전 주변 해조류에서의 ^{95}Nb 농도를 조사하였다. 더불어 지각기원 자연방사성핵종인 우라늄 계열의 3번째 핵종 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (766.3 keV)이 ^{95}Nb (765.8 keV) 감마선 에너지 스펙트럼 순계수율에 영향을 미치는 정도를 방사성 붕괴 이론으로 사실관계를 확인하였다.

2. 조사방법

가. 시료채취 : 울진원전 배수구를 기준으로 장호(23.8 km), 호산(10.9 km), 배수구(0 km), 골장(6.6 km), 망양(28.7 km) 5개 지점을 월1회 주기로 28개월간('07년~'09년) 방사능 추적 경향을 정기적으로 조사하였다. 또한, 2009년 6월, 7월에는 ^{95}Nb 확산 범위를 조사하기 위해 동해 연안 21개 지점(고성, 동명항, 주문진, 안인항, 묵호항, 추암 해수욕장, 대진항, 장호, 임원, 호산, 고평, 나곡, 죽변, 현내, 후포, 강구, 호미곶, 갑포항, 문무왕릉, 경주 죽전, 울산 지경) 해조류를 채취 분석하였다.

나. 시료분석 : 채취한 해조류는 방사성 핵종의 손실을 최소화하기 위해 바닷물로 세척하고, 시료의 부피를 줄이기 위해 Stain Vat에 담아 75 °C에서 48시간 이상 건조하였다. 건조시료 질량을 생체시료 질량으로 환산하고, 건조된 시료는 균질성(Homogeneous)을 고려 분쇄한 다음 측정 표준 용기인 마리넬리 비이커(1,000 mL)에 충전 하였다. 측정은 감마분광분석기를 이용, 교육과학기술부고시 제2008-28호 검출 하한치(1 Bq/kg)를 만족할 수 있도록 측정시간을 80,000초로 하여 감마에너지 스펙트럼을 수집하였다.

3. 조사결과

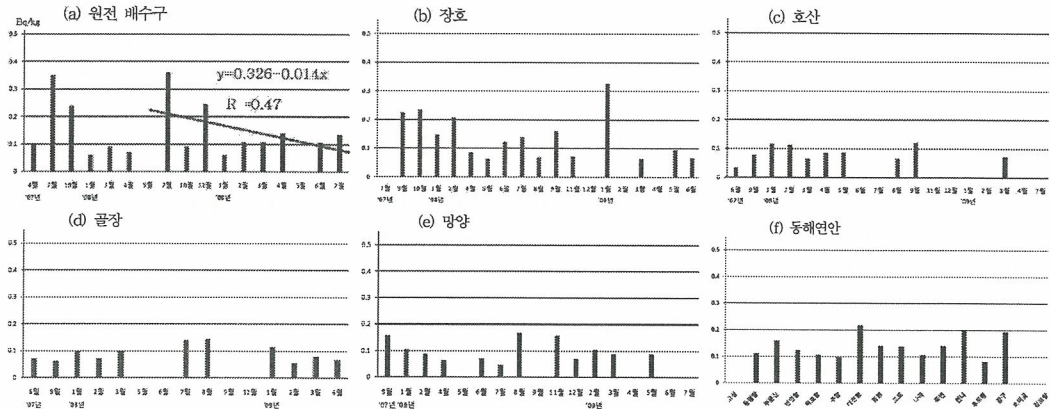


그림 1. '07년 4월 ~ '09년 7월까지의 지점별 해조류 ^{95}Nb 방사능 농도 분포

해조류에서의 ^{95}Nb 방사능 농도는 배수구(<MDA~0.360 Bq/kg), 장호(<MDA~0.326 Bq/kg), 호산(<MDA~0.120 Bq/kg), 골장(<MDA~0.144 Bq/kg), 망양(<MDA~0.168 Bq/kg)으로 측정되었으며, 최대 값은 '08년 7월 배수구 시료에서 0.360 Bq/kg으로 검출되었다.

'08년 7월 25일 울진원전 제3발전소 액체방사성폐기물 전처리 설비개선(원심분리→역삼투압) 이후 ^{95}Zr - ^{95}Nb 총 배출량은 <MDA인 반면에, 그림 1 (a)의 배수구 해조류 ^{95}Nb 농도를 살펴보면 감소하는 경향은 보이나 해조류의 성장속도·시기 등을 고려할 때 상관관계가 적은 것으로 평가되었다.

또한, 2009년 6월, 7월 동해 연안 21개 지역에 대한 해조류 ^{95}Nb 를 분석한 결과를 살펴보면 방사능 농도범위는 <MDA~0.218 Bq/kg 이었으며, 최대검출 지점은 삼척 대진항으로 원전배수구를 중심으로 한 거리별 증감과 상관관계는 나타나지 않았다.

한편, 자연방사성핵종인 우라늄계열의 ^{238}U - ^{234}Th - $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 방사능 농도 상관관계와 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 감마에너지 766.3 keV와 1,001 keV 피크와의 상관관계를 찾기 위해 스펙트럼 에너지 피크를 Gaussian fitting으로 순계수값(Net Counts)을 도출하였고, 각각의 에너지에 따른 순계수값을 Linear fitting 하였다. 그 결과 그림 2와 같이 매우 좋은 상관관계를 얻을 수 있었으며 이론값(기울기) 2.3과도 오차범위 내에서 잘 일치하였다. 또한 ^{234}Th (63.3 keV, 4.50%)와 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 방사평형에서도 매우 좋은 상관관계를 나타냈다. ^{238}U - ^{234}Th 의 방사평형 관계를 보기 위해 ^{234}Th (63.3 keV, 4.50%)의 17.4 Bq/kg 시료를 1년 6개월 지난 후 재계측한 결과 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 방사능 값이 <MDA로 측정되었고, ^{234}Th (63.3 keV, 4.50%)는 0.969 Bq/kg로 측정됨에 따라 해조류 시료채취 시기에는 토륨 방사능이 우라늄에 비해 상대적으로 약 17배 높았음을 알 수 있었다.

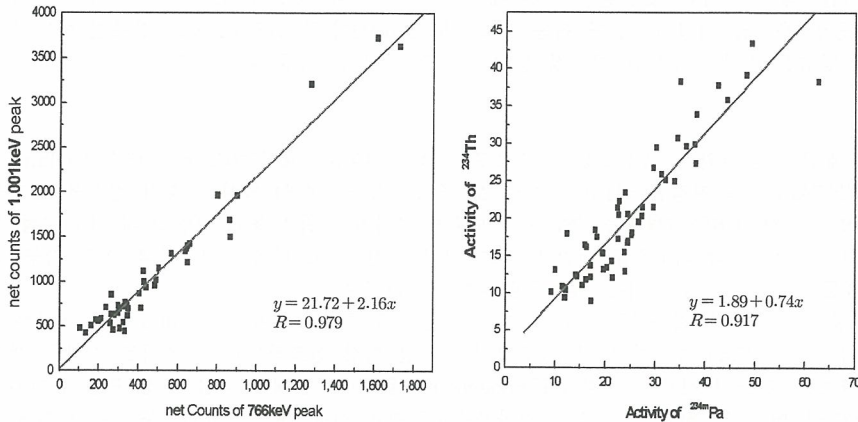


그림 2. 해조류에서의 ^{234}Th - $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 방사능 농도 상관관계

4. 결론 및 향후과제

최근 3년간 울진 원전주변 해양 해조류에서 검출된 ^{95}Nb 의 재평가 결과, ^{95}Nb 핵종의 주 방출 감마 에너지 765.8 keV에서 측정된 스펙트럼 피크는 우라늄 계열의 3번째 딸핵종인 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 766.3 keV와 겹쳐 보임으로서 나타난 결과로 판단된다. ^{95}Nb 감마 에너지 스펙트럼 피크에 영향을 미치는 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 의 기여 정도에 대한 계산은 아주 낮은 방사능 농도에서 실험적 계통 오차를 고려, ^{95}Nb 만을 별도 산출하여 방사능 값을 도출하기에는 무리가 있으며, 또한 물리적 의미 등도 찾을 수 없었다.

동해안 연안 해조류에서의 ^{234}Th 및 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 를 분석한 결과 강릉, 동해, 삼척, 울진 주변에서 방사능 농도 값과 검출 회수가 확연히 높다는 사실이 조사되었다. 이에 대한 선원을 찾기 위해서는 ^{234}Th 의 동위 원소이며 자연 존재비가 100%인 ^{232}Th (토륨계열)을 정밀 분석할 필요성이 제기된다. 또한 알과 방출 에너지 측정 장비를 활용하여 해조류 및 해수시료에서 토륨과 우라늄 농도를 직접 측정한다면 토륨의 해양 유입원인을 확인 할 수 있을 것으로 기대된다.

육상에서 해상으로 지가기원 자연방사성 핵종인 우라늄과 토륨이 유입되었다면 그 예상경로는 강, 하천이 있으며, 또한 육상에서의 공간감마선량률과 무관하지 않음을 고려할 때 향후에는 해조류의 ^{234}Th 및 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ 이 높은 주변 하천도양 및 육상도양의 방사능 준위를 조사할 계획이다.

참고문헌

1. “우라늄 오염의 방사선/능 측정기술 개발”, 한국원자력연구소
2. “원자력발전소 주변 환경방사능 조사 및 평가 보고서, '07년도 및 '08년도 연보”, 한국수력원자력(주)