선진국 사례분석을 통한 방사선안전 및 방사성폐기물 관리체계 최적화 연구

박규태*, 유정민, 최영구
㈜선광티앤에스, 서울특별시 구로구 공원로 3(구로동, 선경오피스텔) 20층
*paradoxno1@hanmail.net

1. 서론

우리나라 원자력발전 산업은 1978년 고리 1호기의 상업운전이 시작된 이래로 짧은 시간에 기술자립을 하여 OPR1000 모델을 탄생시켰고 2009년에는 처음으로 국산화 노형인 APR1400 모델을 UAE에 수출하는 등 원전 수출국가 반열에 올라서게 되었다. 제2차 에너지 기본계획 및 제7차 전력수급계획에 따라 15,200 MW(11기)의 설비가 증설될 예정으로 2024년에는 약 36 GW(34기)의 원전이 운영될 전망이다.

2011년 3월 일본의 후쿠시마 원전 사고의 여파로 원전에 대한 국민들의 관심이 높아지면서 원전 주변 주민들의 안전에 대한 요구가 증대되었다. 원전 운영의 안전성 및 건전성을 확보하기 위해서는 원전에서 발생되는 방사성폐기물 관리 및 방사선안전관리의 최적화가 요구되고 있다.

본 연구에서는 국내·외 원전 방사선안전관리 및 방사성폐기물 관리 현황을 분석하여 산업구조와 아웃소싱 방안 및 폐기물 분류기준 변경 등 국내 상황을 고려한 방사선안전 및 방사성폐기물 관리 최적화 방안을 도출하였다.

2. 본론

2.1 원전 방사선안전관리 현황

미국과 한국의 원전운영사 방사선안전관리 인력을 비교하였다.

Duke Energy 본사의 방사선안전관리 인력은 호기당 평균 1명씩 담당하는 반면에 ㈜한국수력원자력 본사의 경우 호기당 평균 0.4명이 담당한다. ㈜한국수력원자력 본사의 방사선안전관리 인력이 Duke Energy 본사 인력에 비해서 절반에도 미치지 못하고 있는 현실이다.

주요 선진국들의 원전 방사선안전관리 아웃소싱 역무는 주로 방사선방호(Radiation Protection), 방사성폐기물 관리(Radwaste Management), 보건물리(Health Physics) 등이다. 미국과 프랑스는 방사선방호와 폐기물 관리만을 아웃소싱하고 보건물리는 원전운영사에서 직접 수행한다. 반면에 일본과 한국은 보건물리까지 포함해서 아웃소싱하고 있다.

2.2 원전 방사성폐기물 관리 현황

Table 1. The radiation safety management of nuclear power plant operators

구분	Duke Energy (미국)		Arizona Public Service (미국)	한국수력원자력 (한국)	
	본사	Catawba 발전소	Palo Verde 발전소	본사	고리 2발전소
발전 호기	9	2	3	24	2
출력(MWe)	10,161	2,258	4,038	21,716	1,174
발전 형태	PWR		PWR	PWR	
방사선안전 관리 인력 (명)	9	56	115	10	30

Table 2. The outsourcing system of radiation safety management

구분	미국	프랑스	일본	한국
정상운전	직영	직영 + 아웃소싱	직영	직영 + 아웃소싱
계획예방정비	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱
특수 작업	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱
방사선방호 (R.P.)	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱
방사성폐기물 관리 (R.M.)	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱	아웃소싱
보건물리 (H.P.)	직영	직영	아웃소싱	아웃소싱

2014년 9월부터 방사성폐기물 분류기준이 고준위, 중준위, 저준위, 극저준위로 변경되면서 방사성폐기물관리 사업자인 한국원자력환경공단은 개정된 방사성폐기물 분류 기준에 따라서 방사성폐기물 처분 인수기준(WAC)을 개정하고 처분장을 효율적으로 활용하기 위한 방안을 수립하고 있다.

주요 선진국의 방사성폐기물 관리 현황을 검토한 결과 각국은 서로 다른 규제기준과 환경에서도 폐기물 발생량을 최소화하고 안전하게 처분하기 위해서 보수적 접근전략을 추진하고 있음을 알 수 있었다. 선진국들은 방사성폐기물 저감을 위해서 다양한 형태의 처리기술을 적용하고 있었으며 국제적인 교류와 기술개발을 통해 기존 처리기술을 개선하거나 새로운 형태를 도입하여 활용하고 있었다.

원전에서 발생하는 방사성폐기물은 최종적으로 처분을 위해서 관리되어져야 하기 때문에 처분장 인수기준의 변경 가능성에 대한 불확실성을 염두에 두고 관리되어져야 한다.

Table 3. The radioactive waste treatment technologies in develop countries

폐기물	미국	프랑스	일본	한국
붕산 폐액	파라핀고화 HIC	시멘트고화 HIC	붕산농축 드럼	시멘트고화 파라핀고화 드럼
폐수지	폴리머고화 HIC 장기저장	폴리머고화 소각	폴리머고화 유리화	시멘트 HIC 장기저장
폐필터	시멘트고화 폴리머고화 HIC	시멘트고화 소각	시멘트고화 유리화 소각	시멘트고화 장기저장
잡고체	소각, 유리화 용융염, 드럼	소각 드럼	소각, 드럼 유리화, 용융	유리화 드럼

3. 결론

원전 방사선안전관리 조직 및 인력을 비교 분석한 결과 국내 원전의 경우 본사 인력 1명이 원자로 2기를 담당하고 있는 반면에 미국의 경우 본사 인력 1명이 원자로 1기를 담당하고 있다. 원전 운영의 안전성 및 방사선안전관리의 효율성 향상을 위해서는 방사선안전관리 담당 인력의 충원이 필요할 것이다. 또한, 원전 방사선안전관리는 전문기술과 인력이 필요하기 때문에 그 기준 역시 기술력과 인력의 확보가 될 것이다. 현재의 시스템 기준에는 심사대상 업체의 세분화된 기술개발 인력 보유 여부에 대한 기준이 없고 단지 방사선안전관리 역무를 수행하는데 필요한 전문 인력의 보유 여부만 있기 때문에 업체의 기술력을 평가하는데 한계가 있을 것이다. 이를 개선하기 위해서 심사기준에 기술개발에 필요한 최소 인력을 보유할 수 있도록 세분화된 기준이 있어야 할 것이다. 연료운반 등 특수한 업무가 발생할 경우 현재는 방사선관리를 운반 역무에 통합해서 발주하고 있는데, 이 경우 방사선관리가 운반업체의 재하청 형태로 이루어지면서 방사성관리에 대한 전문성이 떨어진다. 방사선 작업자의 피폭은 WBC와 TLD 판독을 통해서 측정하는데 현재 한수원이 자체적으로 수행하고 있다. 향후 원전 안전운영에 대한 주민 수용성을 확보하고 대국민 신뢰도 향상을 위해서는 방사선작업자의 피폭관리는 공신력 있는 제3의 기관에서 수행하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

국내 모든 방사성폐기물 관리에 대한 정보는 한국원자력안전기술원에서 종합적으로 관리하고 있으며, 최종 방사성폐기물 처분 차원의 정보는 한국원자력환경공단에서 종합적으로 관리하고 있다.

국내 원전에서 발생되는 방사성폐기물은 2004년도부터 본격적으로 최종 처분을 고려하여 관리되었으며, 방사성폐기물 처분장인수기준(WAC)이 2009년에 수립되었기 때문에 그 이전에 발생한 원전 방사성폐기물은 정확한 WAC 정보 없이 관리하였다.

미국과 프랑스 그리고 일본은 방사성폐기물 관리의 효율성 및 처분 안전성을 높이기 위해서 폐기물의 처분장 인수기준 적합여부를 발생자가 객관적으로 입증할 수 있는 방사성폐기물 발생자 사전인증(Waste Certification Program, WCP) 제도를 운영하고 있다. WCP은 발생자가 폐기물 발생, 처리공정, 절차, 방법 및 품질보증 등에 관한 계획을 사전에 수립하고 시행함으로서 폐기물의 처분 수용성을 확보할 뿐만 아니라 폐기물 발생단계부터 처분을 위한 최적 관리가 이루어질 수 있다는 점에서 국내에서도 도입이 되어야 할 것이다.

Table 4. The improvement of radiation safety management outsourcing

구분	현재	개선(안)
기술 심사	기술개발 인력 기준 부족	기술개발 인력 기준 강화
설계 인력	H.P. 포함	H.P. 제외
	폐기물 처분 역무 증가	폐기물 인력 증대
특수 업무	통합발주	분리발주
선량계 판독	자체판독	아웃소싱

Table 5. Ensuring suitability of past waste disposal

대상 폐기물		개 선 방 안
농축 폐액	시멘트 고화드럼	고화체 특성시험 표본수량 증가하여 시험
	파라핀 고화드럼	파라핀과 농축폐액 분리하여 파라핀은 자체 처분, 농축폐액은 건조 후 PC-HIC에 포장
	농축폐액 분말	농축폐액 이송설비를 이용 PC-HIC에 재 포장
폐수지	시멘트 고화드럼	고화체 특성 재시험, 불만족시 재포장
	PE-HIC	PC-HIC 용기에 재포장
	장기저장 (Vault)	처분적합성 확보를 위해 연구개발
폐필터	시멘트 고화드럼	방사능농도 분석을 통한 처분적합성 확보
	장기보관 필터	고형화 처리 신기술개발을 위한 연구개발
잡고체	잡고체 드럼	전수검사 후 부적합(이물질 혼입, 미건조 등) 발생시 재포장

4. 감사의 글

본 연구는 에너지경제연구원의『선진국 사례분석을 통한 방사선 안전 및 방사성 폐기물 관리체계 최적화 연구』용역의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] NRC(2015), Concentration Averaging and Encapsulation Branch Technical Position, Rev.1.
[2] 한국원자력산업회의(2013), 주요 국가별 방사성폐기물 관리 동향.
[3] 산업통상자원부(2015) 제7차 전력수급계획, 산업통상자원부(2014) 제2차 에너지기본계획.