

原子力發電의 마이너스要素

—放射性廢棄物의 處理處分에 대한 考察—

김 윤 우

〈창북중학교 교사〉

I. 序 論

원자력발전의 필요성과 그에 따른 반대론과의 대립현상은 지상에서의 공통문제로 등장되고 있다. 에너지원의 외국수입 의존도가 90% 이상이 되는 부존자원이 매우 미흡한 우리나라로서는 안정적인 에너지의 공급 및 에너지원의 다원화가 필요하다는 것은 누구나 잘 알고 있는 사실이며, 화석연료의 장기 사용시 나타내게 될 온실효과에 의하여 현재와 같은 공업화 추세로 나아가면 앞으로 40년 후인 2030년경에는 대기온도가 약 1.5~4.5℃ 상승하게 될 것이며, 따라서 남·북극의 빙산이 녹아 해수의 평균 수위가 약 1.5m나 상승하게 되므로 자연생태계의 변화는 물론, 많은 농경지와 산업시설의 수몰현상을 초래하게 되며, 유황성분에 의한 산성비의 증가는 토양을 산성화하여 식량 생산에 막대한 지장을 초래하게 될 것이다.

따라서 화석연료의 의존을 대신할 수 있는 해결방법으로는 태양력·풍력·지열·조력·원자력과 같은 다른 에너지의 공급원을 개발해야 한다. 그러나 이러한 에너지원 중에서 현재의

경제적·기술적 측면으로 이용가능한 것은 원자력 뿐이다.

그러나 만약 원자력발전에 따른 아무런 문제도 없다면 그 이상 좋을 것은 없을 것이다. 핵분열생성물의 방출이라는 잠재적 위험성을 안고 있으며, 원자력발전에서 얻어지는 방사성폐기물을 장기간 보관하지 않으면 안된다는 취약점을 내포하고 있어 사회의 논란이 되고 있는 실정이다. 따라서 본고에서는 원자력발전의 안전을 위한 요소 및 방사성폐기물의 처리방법에 대하여 고찰해 보고자 한다.

II. 本 論

1. 原子力發電의 安全을 위한 要素

원자력발전의 많은 요소들 중에서 가장 중요한 것은 부지선정·설계/엔지니어링·건설 및 운전/보수라고 할 수 있다.

부지선정에 대하여 중요한 것은 첫째가 지진이다. 중력의 약 20~30% 크기의 지진(리히터 지진계로 6도 이상의 강진으로 목조건물, 굴뚝 등이 무너짐)이 일어나도 발전소가 안전하게끔

설계되어야 한다. 두번째는 지반이다. 약 30톤/m²의 부하가 걸려도 지반이 가라앉지 않는 지내력을 갖고 있는 부지를 선택해야 한다. 세번째는 방사능 확산과 밀접한 관계가 있는 기상조건이다. 역전현상 또는 대기확산이 잘 안되는 지역의 경우에는 방사능 누출사고가 있을시 인명에 치명적인 영향을 줄 수 있기 때문이다. 그 밖에 지하수 또는 단층문제 등이 부지선정요소에 해당된다.

다중방어에 의한 설계와 엔지니어링을 하는데 가장 중요한 원칙은 첫째로 발전소에 이상상태가 발생하지 않도록 설계한다는 것이며, 둘째로는 만약의 경우 이상상태가 발생하여도 이를 자동억제하도록 설계되어야 하며, 억제기능이 마비되더라도 그 영향이 최소화되도록 설계되어야 한다.

또한 발전소에서 매우 중요한 안전설비를 할 때에는 다음의 세가지를 염두에 두고 설계하여야 한다. 첫째는 모든 계통의 기기는 반드시 여유있는 용량으로 예비시설을 두어야 한다는 것이고, 두번째는 이와 같은 설비들이 서로 다원화(동력원의 다원화 등)되게끔 설계되어야 한다는 것이고, 세번째는 이와 같은 설비나 계통들이 뭉쳐있지 않고 서로 독립적으로 분리되게끔 설계되어야 어느 한쪽에 이상이 있어도 건전한 운영을 할 수 있게 되는 것이다.

건설과정에 가장 중요한 것은 철저한 품질관리이다. 기자재의 구매에서 부터 건설업체에 이르기까지 모든 것이 통합품질관리의 개념에 의해서 건설되어야 한다.

발전소 운전 및 보수는 가장 중요한 요소로 취급되며, 그 중에서도 안전운전을 위한 토달시스템(Total System : 인간과 기계를 혼합하여 종합적으로 평가하는 안전개념을 의미함)이 더욱 중요하다. 즉, 아무리 기계가 완벽하더라도 사람이 잘못하면 안전할 수 없다는 개념이다. 또한 "Fail to Safe의 개념"으로서 어떤 기기

혹은 계통이 고장을 일으키는 경우 발전소에 대하여는 모든 것이 안전한 방향으로 진행되도록 되어 있어야 하며, 비안전상태로는 진행되지 못하도록 하는 연동장치가 고안·설치되어야 한다.

2. 核燃料週期와 廢棄物管理

가. 핵연료주기

우라늄 235의 농도를 2~4%로 저농축하여 그 분말을 담배필터크기로 압축한 핵연료펠렛을 만든 다음, 다시 가열하여 단단한 세라믹형태의 핵연료를 만든다. 이 연료는 다시 지르칼로이라는 특수합금으로 만든 보호관 속에 200~300개씩 정렬시켜 핵연료봉을 만들고, 이 연료봉을 묶어 하나의 다발로 만든다. 핵연료의 장전이나 이동 및 재처리 등의 취급관리는 이 핵연료집합체, 즉 핵연료다발이 된다.

원자로에 장전된 연료는 1년 내지 3년동안 발전연료로서의 역할을 수행한 후 끄집어내게 되는데, 이 사용후핵연료 중에는 아직도 사용할 수 있는 우라늄과 플루토늄이 함유되어 있으므로 재처리공장에서 이들을 분리·추출하여 다시 연료로 사용하는데, 이와 같은 우라늄의 일생을 핵연료주기라 한다.

나. 폐기물관리

원자력발전소에서는 핵분열의 결과로 방사능을 띤 폐기물이 기체·액체·고체의 형태로 남게 된다.

이중 기체 폐기물은 상당기간 동안 발전소 내의 저장탱크에 모아 두었다가 방사선량을 감소시킨 후 법정규제치 이하로 되었을 때 대기중으로 방출하고 있다.

액체 폐기물은 일단 탱크에 모았다가 방사능 수준이 낮은 폐기물은 희석시켜 바다로 내보내고, 방사능 수준이 높은 것은 증발기에 넣어 순수한 물은 증발시키고 남은 농축폐액은 특수 드럼 속에 시멘트와 섞어넣어 고체화한 후 영구

〈표 1〉 당신의 연간 방사선 피폭량은?

구 분	방 사 선 원	당신의 연간선량 (mRem)
어디에 사십니까?	○위치 : 해수면에서의 우주방사선	26
	○당신이 사는 곳의 고도(단위 : m)에 따라 mRem을 더하시오	—
	고도 : 300 : 2 1200 : 15 2100 : 40 600 : 5 1500 : 21 2400 : 53 900 : 9 1800 : 29 2700 : 73	
	○지면	26
	○주택재료—돌, 콘크리트, 석조건물은 7을 더한다.	
당신이 섭취하는 음식과 흡입하는 공기는?	○음식물, 물, 공기(미국평균) ○핵실험에 의한 방사능 낙진	24 4
문화생활	○X-선이나 방사선치료 —흉부 X선 촬영회수×100	—
	—위장계통 X-선 촬영 회수×500.....	—
	—방사성 의약품 투약회수×300	—
	(평균선량=92mRem : 미국)	
	○항공기여행 : 2500Mile당 1mRem 추가.....	—
	○TV 시청 : 1시간 / 일×0.15	—
당신은 원자력 발전소에서 얼마 나 떨어져서 살 고 있습니까?	○부지경계로 부터의 거리 —부지경계 : 1일당 평균 주거시간×0.2	—
	—1Mile : 1일당 평균 주거시간×0.02	—
	—5Mile : 1일당 평균 주거시간×0.002.....	—
	—5Mile :영향 없음	—
	참고 : 위의 값은 미국원자력규제위원회에서 설정한 최대치이므로 당신의 실제 피폭선량은 위의 수치보다 낮을 것으로 생각됩니다.	
합계	당신의 1년간 피폭선량(mRem)=	—
1mRem이란?	1. 음식물 섭취량이 4% 증가하거나 2. 한라산에서 10일간 또는 백두산에서 5일간 휴가를 보낼 때 추가로 받게 되는 방사선 피폭선량입니다.	

자료 : Nuclear Power and the Environment, Book 1, Radiation, ANS , 1980

* 개인의 연간 방사선 피폭량의 범위 : 70~220mRem 정도

저장조에 저장한다.

고체 폐기물은 잘게 부수어 포장용기에 넣어 밀봉하여 영구저장한다. 원자력발전소에서 나오는 방사성물질은 대부분 일정기간 저장하면 방사능 준위가 0으로 떨어지는 반감기 1년 미만의 단수명 물질이며, 극히 소량의 핵분열생성물은 그 반감기가 30년(일본에서는 최소 100~

300년으로 봄)쯤 되는데 이러한 오염물은 전체의 10% 이하이다.

다. 사용후핵연료관리

중·저준위 방사성폐기물에 대해서는 1995년 12월까지 지중매립식 영구처분장을 건설하여 그곳에 저장할 계획이며, 사용후핵연료는 재처리할 것인지, 영구처분할 것인지를 국가에서 결정

할 때까지 중간저장관리하는데, 중간 저장시설을 1997년 12월까지 원전부지 이외의 장소에 집중식으로 건설할 계획이다.

영구처분시설과 중간저장시설의 건설은 한국 원자력연구소가 주축이 되어 계획을 마련하고 있으나, 이 시설이 완성될 때 까지는 사용후핵연료는 한전이 가지고 있는 원전부지 내의 저장시설에 보관한다.

3. 放射性廢棄物의 量과 處理方法

원자력발전소에서 나오는 방사성폐기물은 구체적으로 다음과 같은 두종류로 나눌 수 있다.

가. 저준위 방사성폐기물

발전소 내에서 사용된 의류와 헝겊류, 이온교환수지 등으로 황색 드럼 속에 넣어 분리되는 것이다.

100만KW 원자력발전소 1기를 1년간 운전할 때 약 200m³(1,000드럼분)의 저준위 방사성폐기물이 발생하게 된다. 그러나 같은 규모의 화력발전소를 할 때에는 약 50만m³(250만드럼분)의 석탄재가 발생하게 되며, 일본 전역의 병원에서 X레이 촬영 등으로 방출되는 저준위 폐기물은 매년 2,000m³(10,000드럼분)에 해당되고 있는 실정이다.

〈처리방법〉

일본에서는 1987년도말 현재(약 23년간)로 전국의 원자력발전소에 합계 약 45만드럼분이 콘크리트로 만들어진 저장시설 속에 저장되어 있다. 저준위 방사성폐기물은 비교적 방사능이 강하지 않아(드럼의 표면에서 가장 강한 것은 1시간당 200밀리렘, 보통은 그 보다 훨씬 낮다) 정확하게 매설처분을 실시하면 안전상의 문제는 별로 없는 것으로 본다.

그러나 우리나라에서는 바위층에 30m 이상 깊이의 동굴을 파고 폐기물을 처분한 후 동굴벽과 폐기물 사이를 점토 등으로 채워 방사능이

외부로 누출되지 않도록 하고 있다.

나. 고준위 방사성폐기물

원자로에서 사용한 우라늄연료를 재처리한 결과 얻어지는 용액으로 일본에서 수립·결정되어 있는 기본처리방침으로는 이 폐기물은 용액 그대로의 취급이 곤란하므로 녹은 유리와 함께 섞어서 굳힌 형태(유리고화체)로 만들어 지상 전용시설에서 30~50년간 냉각시키면, 그동안에 유리고화체의 방사능과 발열량은 몇분의 1로 낮아진다.

그후 지하 수백미터의 깊고 안정한 지층중에 콘크리트로 둘러싼 수납시설을 만들어 여기에 냉각되고 발열량이 줄어든 유리고화체를 처분한다(100만KW의 원자력발전소 1기를 1년간 운전

〈표 2〉 일상생활중 받는 개인당 연간 방사선 피폭량

방사선원	피폭량 (mRem)	비 고
우주방사선	26	사는 곳의 고도가 해수면에서 100m 증가함에 따라 약 2mRem 증가
지면(토양)	26	
음식물, 물, 공기섭취	24	음식물 섭취량을 4% 증가할 경우 약 1mRem 증가
벽돌이나 석조 건물에 거주	7	
흉부 X선	100	
1회 촬영		
위장 X선	500	
1회 촬영		
방사성 의약품	300	
1회 투약		
방사성 낙진	4	
비행기 여행	0.1	서울→부산(420km) 1회 여행
TV 시청	0.3	하루 2시간 시청
원자력발전소	0.08	'88년 고리원전지역 실적
외곽지역에 거주		(최대 피폭선량)
흡연	8,000	

자료 : 1. Nuclear Power and the Environment, Book 1, Radiation, ANS, 1980

2. Introduction to Nuclear Engineering, 2nd Edition, LAMARSH, 1983

하면 약 3m³의 유리고화체가 발생한다).

이와 같이 처분된 유리고화체는 그후 1,000년 정도가 지나면 천연의 우라늄광석의 수준까지 방사능이 약화되며, 대개는 100~300년을 지나면 천연우라늄광석의 수준과 비슷해지게 되어 비교적 안전하게 된다. 그 사이의 긴기간 동안 보관의 철저와 문제 발생시의 우려를 고려하여 국가적 차원에서 모니터링(방사성물질의 선량계측 등)을 꾸준히 실시해야 한다.

상기의 경우는 주로 일본에서의 고준위 방사성폐기물에 대한 처리방법이었고, 우리나라에서는 고준위 폐기물의 영구처분대책이 현재로는 마련되어 있지 못한 실정이며, 앞으로 계획중인 것으로 알려져 있을 뿐이다.

Ⅲ. 結 論

원자력발전소의 수명은 30~40년 밖에 되지 않는데 비하여, 발전에서 생성되어 나오는 폐기물의 방사능 수명은 약 100~300년이 지나야 비로소 어느 정도 안전한 상태에 이르게 된다. 국가의 에너지차원으로 볼 때 현재로서는 원자력 발전을 하지 않으면 안될 위치에 놓여 있으나, 계속적으로 누적되어 가는 폐기물의 영구보존처리문제가 모든 국민의 걱정 대상이 되지 않을 수 없다.

또한 원자력발전소의 사고는 그렇게 간단하게 일어나는 것은 아니나, 원자력발전소는 「절대로 안전」하다고는 할 수 없으므로 원자력발전소에

서 일단 대형사고가 일어나면 대참사가 된다는 것도 잘 알고 있는 사실이다.

그러므로 국가나 관계기관에서는 발전의 안전요소들을 철저히 이행해야 할 것이며, 사용후핵연료를 재처리하여 사용함으로써 핵연료의 수입비용 절감 및 장기간 영구저장해야 하는 고준위 폐기물의 양을 줄이기 위하여 최선을 다하는 방향으로 정책노선을 굳혀나가야 될 것으로 생각된다.

Ⅳ. 提 言

정부·전력회사·정치가·매스컴은 모두가 합심하여 국민의 건강과 국가의 미래를 위한 방향으로 뜻을 같이 펴나가야 할 것이며, 책임소재를 서로 미루는 일이 있어서는 절대로 안될 일이다.

또한 모든 국민이 충분히 신뢰할 수 있도록 요소요소에 방사선 측정장치(모니터링 포스트)를 설치하여 누구나 볼 수 있도록 TV화면을 통하여도 주기적으로 국민에게 안전계몽을 하여야 하겠으며, 조속한 시일내에 사용후핵연료의 재처리능력을 갖추어 우라늄에서 회수한 플루토늄을 재차 원자로의 연료로 이용할 수 있는 신형원자로(이미 일본에서는 실시하고 있음)의 개발이 시급하다고 보며, 나아가서 꿈의 원자로라고 불리는 핵융합로에 대하여도 개발팀을 구성하여 꾸준한 노력을 기울여 나아가야 될 것이라고 사려된다.

지속되는 원전개발 값싸지는 전력요금