

사용후핵연료 중간저장 방안의 결정인자에 대한 개괄적 고찰

이경구, 한국수력원자력(주) 원자력환경기술원

이재설, 한국원자력연구소

klee@khnp.co.kr

1. 서언

사용후핵연료의 안전하고 효율적인 관리는 원자력의 지속가능한 이용에 기본적인 요건이다. 사용후핵연료 최종 관리방안은 일차적으로 재활용 여부에 따라 구분되나 일부 원자력선진국을 제외한 대부분의 국가들은 정책결정을 미루고 중간저장에 의존하면서 시대상황의 변천과 기술 혁신 가능성 등을 관망하고 있는 실정이다.

보고에서는 중간저장에 대한 국내외적 제반 현황을 점검하고 현실적인 맥락에서 중간저장과 관련한 의사결정시 고려해야 할 인자들을 검토하여 세부전략 개발에 참고 되고자 한다.

2. 사용후핵연료 중간저장방안의 결정인자 및 고려사항

중간저장은 원래 사용후핵연료의 재처리 또는 처분 등에 필요한 단기간의 완충(buffer)기능으로 요청된 것이나, 이들 최종대안의 추진이 현실적으로 원활하지 못함에 따라 기존 원전의 포화 물량에 대한 추가적인 대책으로 대두되었고, 이제는 확장개념을 넘어 독립적인 기능을 갖춘 장기관리 대안(option)으로 까지 고려하게 되었다. 중간저장 사업추진이나 의사결정시 고려해야 할 인자들의 특성은 다음과 같다.

○ 중간저장기술

전통적으로 수조(water pool)에 의한 습식 저장기술은 소내/외 저장방법으로 널리 채택되어 왔으나, '90년대 이후 건식저장이 기술적 대안으로 등장하였는데, 습식에 비해 안전성과 경제성 측면에서 장기저장에 유리하다는 점에서 주목받고 있다. 그러나 자연대류에 의존하는 건식 저장 방법은 고연소도 핵연료의 취급/저장에는 기술적 한계가 있다. 저장방식 고려시 또 다른 중요 요건은 운반과의 연계성이다. 유럽에서 주종을 이루는 건식 저장의 금속용기는 수송용기로부터 검용 용기로 발전된 것이고, 미국시장에서 저가 대안으로 개발되어 가장 각광 받는 콘크리트 저장용기 캐니스터(caister)형의 경우도 이동 연계성이 우수한 것으로 평가받고 있다. 지금까지 대부분의 시설들은 지상에 설치되어 왔지만, 최근 테러대책 등에 대한 우려 등으로 지하화 방안도 신중히 대두 되고 있다.

○ 중간저장기간

사용후핵연료는 방사능 붕괴에 의해 발열량과 방사선량이 감소하는 특성이 있어 저장기간을 유연하게 고려할 수 있다. 각국마다 차이는 있지만 20~50년의 기간으로 중간저장 시설이 허가되어 있으며, 건식저장 방식의 경우 100년 또는 수백년 저장도 기술적으로 가능한 것으로 알려져 있다. 특히 다수의 원전 국가에서는 최종 관리정책의 미 확립과 미래의 기술적 혁신 전망에 대한 기대 등으로 일단 중간저장을 일차적 대책으로 고려하고 있으며, 원전 선진국에서도 재처리/처분의 잉여물량에 대한 보완적 관리 대책으로 중장기적 저장을 고려하고 있다.

○ 중간저장위치/부지

현재 대부분의 사용후핵연료의 재고는 앞서 언급한 이유로 원전부지에 위치해 있다. 그러나 중간저장의 위치는 경우에 따라 각 원전부지에 분산저장하는 방안과 특정부지에 중앙집중식으로 통합관리하는 저장 방안이 고려될 수 있으며, 핵비확산성, 안전성, 경제성, 국민수용성 등 제반 관련인자들을 고려하여 결정된다.

세계적으로 알려진 사례로 볼 때 중간저장 시설은 목적에 따라 다음 유형으로 구분 된다:

- 완충 기능의 부속시설: 재처리(La Hague, Sellafield 등), 또는 처분(CLAB, Gorleben 등)
- 장기저장 목적의 별도부지 독립시설(MRS, PFS, Mutsu, Krasnoyark, Enresa시설 등)
- 저장용량 확장 목적의 원전내 신규시설(미국과 유럽을 포함한 다수의 중간저장 시설)

한편, 분산-집중 저장을 확장한 국제적 관리방안도 제시되고 있는데 실제로 IAEA와 같은

국제기구에서 핵주기 시설의 국제화를 통한 핵확산 저항성측면에서 그 타당성이 오래 전부터 검토되어 왔고, 최근에는 연료은행 개념이 논의되고 있는데, 영향성이 큰 인자이다.

중간저장 시설의 부지 의존성은 처분장과 같은 영구시설에 비해 한시성을 갖는다는 점에서 수용성이 다소 높은 것으로 평가되고 있다. 그러나 사용후핵연료의 최종관리 방안이 확립되지 못한 경우 중간저장마저 영구화 될 우려로 이어질 수 있어 부지 수용성은 만만치 않을 것이 현실이다.

운반체계에 대한 문제도 위치선정에서 매우 중요 요소이다. 운반과정에서의 수용성은 물론이고 최종 관리시설과의 연계성 차원에서 효율적인 위치가 고려되어야 할 것이다.

○경제성

사용후핵연료의 관리대책에서 장기 저장이 선호되고 있는 또 다른 이유는 재처리 또는 처분의 조기 추진에 비해 경제적이라는 점이다. 최근의 저장단가는 USD 50~150/ KgHM 로서 이는 재처리의 1/10, 그리고 처분의 1/3~1/5 정도에 불과하므로 절박한 다른 요인이 없다면 중간저장이 매우 현실적인 대안이 될 수밖에 없다. 저장비용은 세계적으로 상당히 축적된 사업경험으로부터 대략적인 범위가 잘 알려져 있고, 시설 및 관련서비스 시장도 비교적 잘 형성되어 있다. 저장 방안의 선정에서 소요비용에 대한 고려는 중요 인자이기는 하나 의사결정에서는 타 인자들과의 조화가 불가피한 실정이다.

○기타인자

미래의 불확실성에 대비한 제도적 바탕은 특히 중간저장의 장기화에 대비한 신뢰구축에 중한 고려사항으로서 법적인 틀을 비롯하여, 관리체계, 규제/감독, 예산의 뒷바침 등 제반 요소가 고려되어야 한다. 이외에도 시대상황에 따라 가변적인 제반 요소들(예컨대 : 테러방호체제, 사회적 수용성, 국내외적 정치환경 등)이 고려대상이 될 수 있다.

3. 결론

최근 유가 상승과 기후협약 등의 여파로 미래 에너지 대안으로서 원자력의 진흥이 기대되면서 사용후핵연료 관리상의 근본적인 문제점을 획기적으로 해결하려는 기술혁신 논의가 선진국을 중심으로 활기를 띄고 있다. 중간저장은 이러한 미래의 불확실성에 대비할 기본 대책으로서 최종 관리방안 정책결정과 연계되어야 하며, 기술성, 경제성, 수용성을 비롯한 제반 인자를 고려한 최적 방안 결정과 제도적 대비책을 포함한 세부전략이 마련되어야 할 것이다.

참고문헌

1. IAEA, Regional Fuel Cycle Centres (1977)
2. Monitored Retrievable Storage, USDOE (1987)
3. W. Wood, et al., "Rethinking the economics of centralized spent fuel storage, HLRWM (Las Vegas, 1991)
4. K.S. Shrader-Frechette, "Burying Uncertainty- Risk and the case against Geological disposal of Nuclear Waste", The University of California Press (1993)
5. R. Petrovski, "Centralized interim storage of nuclear waste and a national interim storage strategy", WISE (2005)
6. A. McFarlane, "The problem of used nuclear fuel : lessons for interim solutions from a comparative cost analysis", Energy Policy, 29 (2001), pp.1379~1389
7. Mathew Bunn et. al., "Interim storage of spent nuclear fuel: a safe flexible and cost-effective near term approach to spent fuel management", Harvard University (2001)
7. "Multilateral approaches to the nuclear fuel cycle", IAEA (2005)
8. IAEA TECDOC Series No.1482, "Technical, economic and institutional aspects of regional spent fuel storage facilities (2005)