

사용후핵연료 수송을 위한 가상 시나리오 설정 연구

이상현, 송종순, 이재민*

조선대학교, 광주광역시 동구 서석동 375

*에네시스(주), 대전광역시 유성구 구암동 328

leesanghoen@naver.com

1. 서론

현재 국내 원전에서 발생하는 사용후핵연료는 원전부지 내 임시저장시설에 저장관리 되고 있다. 현재 수송 가능한 경우로 사용후핵연료는 2009년 6월 말 기준으로 총 11,391다발(4,715 MTU)이며, 중간저장을 위해서 각 원전별 사용후핵연료 저장용량을 확장 중에 있다. 제 253차 원자력위원회 의결에 따라 원전 내 임시저장고 포화가 예상되는 2016년까지 중간저장시설 운영을 목표로 하고 있다. 따라서 수송경로를 고려한 수송 시나리오를 도출하여 분석하는 작업이 필요하다. 수송시스템과 수송시나리오는 상호 연계성이 있으므로 수송시스템을 구축하고 수송시나리오를 전산 모사하여 경제성 및 기술성 등을 종합적으로 분석한 후 적용 가능 시나리오별 수송시스템을 구축해야 한다. 안전성에 대한 신뢰도를 확보하여야 할 뿐 아니라 기술성, 경제성 등을 고려한 수송방안 수립이 필수적이다. 기술성을 평가하는 위험도 평가 프로그램을 사용하기 위해서는 각각의 입력변수값을 설정해야한다. 경제성을 평가할 수 있는 비용평가 측면에서의 개념적 접근법의 경우 다양한 추정방법이 존재하며 적절한 추정방법의 선택이 중요하다. 이를 바탕으로 본 연구는 중간저장을 위한 경로에서 발생하는 사용후핵연료 수송시나리오를 설정하기 위한 구성요소를 조사하고 영향인자(변수)를 도출하여 시나리오를 생성했다. 국외의 사용후핵연료 수송 사례 검토를 통한 수송 수단별 영향 평가 체계의 특성 자료를 조사하고 지역 환경 특성에 반영이 가능한지 검토하여 원전별 해상운송 거리, 선박의속도등을 가정하여, 시나리오 변수를 설정하였다.

2. 본론

2.1 영향인자 도출

사용후핵연료 가상시나리오는 주민수용성, 안전성등을 고려하여 중·저준위 방사성폐기물 수송방식과 같은 해상 수송방식으로 고려하였다. 국내

의 수송안전성 평가프로그램 및 비용산정 연구결과를 분석하여 주요 영향인자를 설정하였다. 영향인자는 중간저장시설, 수송선박, 수송차량, 수송용기, 선하역장비, 대상원전, 수송물량, 적재용량등 여러 가지 항목들 중 대표적인 주요영향인자에 대해 변수로 나타내었고 나머지 항목은 가정하였다.

2.1.1 중간저장시설 위치

중간저장시설은 다량의 사용후핵연료를 수납하여 저장하여야 하므로 수송의 안전성, 편의성, 경제성 및 대민 수용성 등을 고려하여 위치를 고려해야한다. 항해 중에는 충돌 및 침몰 등의 사고는 발생이 없으며, 사고다발 지역 및 유조선 금지항로를 고려한 수송으로 가정하였다. 이를 위하여 해양경찰청등 유관기관의 통계자료를 분석하여 지역을 설정하였다. 중간저장위치는 영광 이북지역, 고리 인근지역으로 크게 두 군데로 고려해 보았다.

2.1.2 수송선박 적재량

수송선박의 적재량설정을 위하여 스웨덴의 S/F 수송선박인 M/S sigyn과 일본의 위탁재처리를 위한 Rokuei Maru, 프랑스의 Pacific Heron 및 Pacific Sandpiper를 사례를 검토하였다. 수송선박의 적재용량은 해상수송 경험이 있는 스웨덴의 경우 10개로 수송하였다. 최근 20, 24개의 다발을 싣을수 있는 PNTL사 선박의 설계자료를 바탕으로 3가지(15개, 20개, 25개)로 고려한 후 시나리오를 분석하였다.

2.1.3 수송용기

경수로 사용후핵연료 집합체를 수송할 수 있는 KSC-1, KSC-4 수송용기와 12개를 장전해 수송할 수 있는 KN-12 운반용기를 설계·제작하여 고리원전부지에서 호기간 이송작업에 활용한 바 있다. 현재 KN-18용기는 인허가중에 있다. 최근 외국의 경우 TN24TM 수송/저장 겸용 용기가 개발되어 있다. 이를 바탕으로 새로운 용기의 개발

이 중요시되고 있으며, 기술성, 안전성, 경제성, 신뢰성 등을 고려하여 21다발 또는 24다발의 수송용기개발을 가정하여 설정하였다. 다발 수에 따른 수송용기의 증량이 증가하므로 현재 원전에서 사용되는 취급크레인의 해결방안이 요구된다.

2.2 시나리오 설정

중간저장시설위치는 영광 이북지역, 고리 인근 지역으로 고려하였고, 수송선박의 적재량은 15, 20, 25개로 고려하였다, 현재 국내 원전에서 취급되는 크레인의 용량을 해결한다고 가정하고 21다발과 24다발의 수송용기 개발을 고려하였다. 위 변수인자를 바탕으로 실제 시나리오는 각각의 항목에 따라 다양한 시나리오가 생성될 수 있다. <표1>과 같이 영향인자에 대한 총 12개의 시나리오를 하나씩 생성하였다. 영광 이북지역으로 부지를 선정했을 경우 상대적으로 수송 시간이 늘어남에 따른 해상 수송운항 관련 안전성에 영향을 미친다. 그러나 타 지역에 비해 인구 밀도에 따른 주민집단선량등 안전성 측면과 크레인의 용량을 고려한 <표1>의 3번 안을 기본 시나리오로 설정하였다.

Table 1. 변수에 따른 가상시나리오 도출(12가지)

no.	중간저장시설	선박 적재용량	수송용기 적재용량
1	영광이북지역	15개	21다발
2	영광이북지역	20개	21다발
3	영광이북지역	25개	21다발
4	영광이북지역	15개	24다발
5	영광이북지역	20개	24다발
6	영광이북지역	25개	24다발
7	고리인근지역	15개	21다발
8	고리인근지역	20개	21다발
9	고리인근지역	25개	21다발
10	고리인근지역	15개	24다발
11	고리인근지역	20개	24다발
12	고리인근지역	25개	24다발

<표 2>는 3가지 변수를 고려한 시나리오3의 주요 항목을 나타내었다. 위 가상시나리오 항목의 원전의 적재 및 반출계통, 수송 용기 및 선박, 부두의 선적 및 하역계통, 중간저장시설의 수납 및 저장계통, 부대설비로 구성되고, 수송시나리오는 수송물량, 수송경로, 수송 용기 및 선박의 적재용량, 작업소요시간 등이 있다.

Table 2. 변수를 고려한 가상시나리오 항목(시나리오 3)

주항목	보조항목	가상 결정항목
저장시설	중간저장방식	소의중앙집중식
	중간저장위치	영광이북지역
	저장방법	건식
	저장용량	30,000MTU
수송선박	전용선박	INF-3급
	적재및하역방식	Lo/Lo방식
	적재용량	수송용기 20개
	수송방식	건식 수송
수송용기	적재용량	수송·저장(21다발)
물량	1단계물량 (2009.06 기준)	11.391다발 (고리,영광,울진)
		울진: 약 1,220km 고리: 약 905km 영광: 약 75km
항해시간 (22km/hr)	영광 이북지역 (서해 임해부지)	울진: 약 1,220km
		고리: 약 905km
		영광: 약 75km

3. 결론

본 연구에서는 수송시나리오를 설정하기 위한 영향인자를 도출하였고, 도출된 시나리오 중 부지별로 실현가능성이 높은 대표적인 가상시나리오 인자를 설정해 보았다.

향후, 위험도평가프로그램을 이용하여 해상수송에 따른 위험도평가를 수행 할 예정이다.

4. 참고문헌

- [1] KRMC, "사용후핵연료 수송·저장 개념평가 분야 기술현황 분석 보고서", 2009.
- [2] KRMC, "수송 시나리오 설정 보고서".
- [3] KINS, "방사성물질 수송의 모든 것", KINS/ER-064.
- [4] KAERI, "사용후핵연료 소의수송 방안분석 용역 최종보고서", 2008.
- [5] 원자력환경관리센터, "방사성폐기물 수송시스템 방안분석 최종보고서".
- [6] 송중순외, "사용후연료 비순환주기 시나리오 개발 최종보고서" 2008.
- [7] 송중순외, "방사성폐기물 산업 기반 조성을 위한 연구개발 추진전략 수립", 2009.
- [8] 이재민외, "방사성폐기물 해상운송 경로별 위험도 평가", 2007 한국방사성폐기물학회 추계학술대회 논문요약집 등.
- [9] 황주호외, "원자력발전소 사후처리사업 비용 평가 시스템 개발" 2008.