

선진핵주기 기술 투명성 확보 현안
- 투명성, 핵비확산성, 환경친화성을 중심으로 -

황용수, 송기찬, 이광석
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 yshwnag@kaeri.re.kr

1. 서론

녹색 에너지의 일환으로 발전 시장에서의 비중이 2030년 59%까지 도달할 원자력은 부수적으로 사용후핵연료를 발생시켜 2008년 말 현재 국내에는 1만톤을 상회하는 사용후핵연료가 누적되어 있으며 금세기말 총 누적량은 최소 8만톤을 상회할 것으로 예측된다. 이러한 사용후핵연료를 궁극적으로 관리하는 방안으로 널리 고려되고 있는 것들은 사용후핵연료 직접처분, 다자간 협력을 통한 국제사회 혹은 지역사회의 공동 관리 방안, 기존 재처리 및 이로부터 발생하는 고준위 방사성폐기물을 저장 처분하는 방법, 미래 기술에 바탕을 둔 재활용 및 이로부터 발생하는 방사성폐기물 관리 및 처분 등의 방법론이 있다.

표. 원전으로부터 사용후핵연료 발생 현황

		(단위: MTU)					
구 분	부지/시설	'03	'04	'05	'06	'07	'08
발전 시설	고리	1,346.96	1,414.89	1,475.45	1,562.45	1,623.02	1,685
	영광	990.49	1,140.40	1,248.83	1,357.07	1,491.08	1,623
	울진	763.53	841.62	948.78	1,053.50	1,213.43	1,294
	월성	3,487.49	3,888.95	4,287.21	4,697.36	5,092.33	5,481
	(발전시설 소계)	6,588.47	7,285.86	7,960.27	8,670.38	9,419.86	10,083

이러한 증장기적 관리 방안은 아직 국내에서 결정된 바 없으며 이러한 증장기적 관리 방안을 위해 필요한 기술을 연구개발하기 위한 노력으로 2008년 12월 원자력 분야 최고 의사 결정 기구인 원자력위원회는 건식재활용 등에 대한 기술개발을 추진토록 하였다. 본 논문에서는 건식재활용과 관련된 선진핵연료주기 기술개발 측면에서 고려해야 할 여러 가지 현안 중 국내외적 투명성 및 핵비확산성 증진을 위한 내용들과 이러한 혁신 기술개발에서 고려되어야 할 환경친화성 문제를 조망하고자 한다.

2. 투명성 증진

사용후핵연료 누적 문제는 우리나라와 같이 별다른 에너지 자원이 없고 국토 면적이 매우 협소하고 상대적으로 인구 밀도는 가장 높은 여건 상 전체적인 “안정적인 에너지 수급”을 위해 매우 심각한 문제이다. 앞에서 언급한 여러 가지 누적 문제 해소 방안들 중 왜 현재 원자력 연구계가 건식재활용이라는 기술적 방안을 중점적으로 수행해야 하는가에 대한 당위성을 국내외 오피니언 리더들에게 정확하게 전달하지 않고는 관련 연구는 향후 탄력을 받으며 지속적으로 수행되는데 많은 어려움을 겪을 개연성도 있다. 특히 의사 결정의 투명성, 경제성 등을 고려해 왜 건식재활용 기술이 현 시점에서 최선책인가에 대해 단순히 전문적인 기술 측면에서 설명하는 것으로는 국제적 정치역학, 경제성, 국민 수용성 등을 함께 고려해 종합적으로 판단할 국내외 오피니언 그룹의 수용성을 적극적으로 증진시키는데는 한계가 있을 수 있다. 그리고 복잡한 전체 핵주기 기술들의 복합적인 동시 다발적 개발이 경제성에 어떤 영향을 미치는가에 대한 평가가 없이는 자유 시장 원칙 우선을 고수하는 국제사회의 대원칙에 편승하기가 난망한 것도 현실이다. 이러한 관점에서 기술적 제 분야에 대한 철저한 QA, 즉 생산 데이터들에 대한 데이터베이스 관리, 기술적 의사 결정 계단계의 투명성, 도 물론 중요하지만 정치사회경제학 측면에서의 투명성 증진을 위한 배전의 노력이 필요하고 이러한 토대 구축을 통해 국제 사회에서의 우리나라의 추진 방향에 대한 신뢰성을 증진토록 할 수 있는 기술개발 프로젝트만이 아닌 사회과학적 측면에서의 증장기

연구개발 프로젝트 체제 구축이 시급히 요구된다.

3. 핵비확산성 증진

핵비확산성을 논의할 때 고려하는 intrinsic, extrinsic measure 도출과 이를 이용한 특정 기술 평가는 당연히 관련 연구개발 프로젝트에서 최우선적 관심을 가지고 수행해야 할 항목이며 이를 위한 기초 기술 개발로 다양한 평가 방법론을 개발하는 것도 중요하다. 하지만 우선 순위를 가지고 추진되어야 할 핵심 사항은 이러한 방법론 개발보다는 현재 고려되고 있는 랩 규모, cold test 시설, hot test 시설 및 실증 시설 등에서 전처리, 파이로 공정 제 단계, 금속 핵연료 제조 단계를 포함한 전과정에 대한 안전보장조치를 위한 방안 도출과 현단계에서의 문제점 향후 개선 방안과 함께 각 단계별 시설 내에서의 MBA 설정, 방사성 물질 흐름에 대한 mass flow 정보 등이 선제적으로 제시되고 이들의 향후 전망치를 제안하며 각 단계별 불확실성을 정량화하고 이러한 정보들이 국내의 오피니언 리더 그룹들의 desk-top에 효과적으로 전달될 수 있는 체제를 구축하는 것이다.

이와 함께 기술적인 측면에서 핵비확산성을 아직 완전히 상용화 단계에 진입하지 못한 개념에 대해 완벽하게 증명하는 것에는 일정 부분 한계가 있으므로 이를 해소하기 위한 confidence building의 일환으로 IAEA와 미국 국립연구소들과 우리가 어떤 일정으로 step-wise 한 방식으로 공동 연구를 수행할 것인가에 대해 천명하고 이를 뒷받침 할 수 있는 독립적인 증장기 프로젝트 수행 체제를 구축하는 것이 시급하다. 또한 기술적인 측면에서 extrinsic measure들을 도출하는 것도 중요하지만 과거 미일 원자력 쌍무 협정 개정을 위한 일련의 사례에서 잘 나타나듯이 정치, 경제, 사회, 문화적 측면을 고려한 우리나라 실정에 맞는 새로운 extrinsic measure를 미국의 유관 기관과 공동으로 개발 선제적으로 제시하는 것이 실질적인 국제 사회에서의 협상을 위해서도 요구된다.

4. 환경친화성 증진

흔히 많은 전문가들조차 미국 사례를 들어 건식재활용의 환경 친화성이 매우 높고 처분 밀도 향상에도 엄청난 효과를 가져온다는 점들을 여과 없이 강조하고 한다. 하지만 우리나라와 같이 이산화우라늄의 최고 용해도가 심지층 환경에서 매우 낮은 조건에서는 과연 이와 같은 환경 친화성이 실제로 가능한가에 대해 정량적으로 밝혀 주는 과학적 증거는 아직 미약한 수준이다. 현실적으로 붕규산유리고화체와 같이 우리가 개념적으로 매우 안정적이라고 간주하는 물질조차 이산화우라늄에 비해 훨씬 높은 방사성 물질의 용해 현상을 야기하는 것이 현실이다. 이와 같은 현상은 불포화 지층에 처분장이 위치하는 미국 YMP에서는 일어날 수 없는 현상이다. 따라서 환경친화성을 증진하기 위해서는 건식재활용이 가져다 줄 TRU 핵종 재고량 감소도 중요하지만 대다수의 핵분열 생성물을 포함하는 고화체의 최고용해도를 혁신적으로 저감시킬 수 있도록 새로운 접근 방안이 요구된다. 또한 이러한 저감 현상이 장기적으로 지속될 수 있도록 고화체를 안정시킬 수 있는 방법론 개발이 필요하다. 처분장 면적을 획기적으로 감소시킬 수 있다는 점은 NIMBY 현상이 팽배한 우리나라 여건상 향후 건식재활용 기술이 가장 자랑할 수 있는 장점이다. 하지만 기존의 KBS-3 방식과 유사한 처분 방식으로는 처분장 면적을 최대한 저감시키는 것은 역학적 안정성 측면을 고려하면 일정 부분 한계가 있다. 따라서 해외에서 활발히 연구 개발 중인 수평 처분 방법론에 대한 고려와 함께 수평 처분과 연계된 주변 공학적 방벽의 효율적인 도입 등 제반 기술이 개발되어야 할 것이다. 그리고 일부 연구계에서 논의되고 있는 복층 구조 처분장의 경우 장기적인 침식률과 같은 지질 안정성 문제와 방사선적 장기 안전성이 반드시 고려되어 추진되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 교과부와 KOSEF, KETEP이 지원한 관련 연구개발 프로젝트들의 일환으로 추진되었습니다.