

독일 「푸랑크푸르트」市 南쪽에 있는 Biblis原子力발전소의全景

독일의 原子力기술연구방향 H.-H. Hennies

노심용융사고에도 인근주민대피 필요없는 시스템 개발 대규모확대실시以前 기술타당성 입증돼야만 적용되는것에 넌더리

중요한 변화의 고비에 접어든 원자력 R&D

독일의 원자력 R&D문제는 최근들어 중대한 변화가 일어나고 있다.

그중 하나는 21개의 경수로(LWR)가 운전중이거나 운전예정으로서 있으며 독일 전력의 약 3분의 1을 담당하고 있는 이들 발전소의 안전이 매우

탁월한 것으로 기록되고 있다는 매우 고무적인 사실이다.

다른 하나는 우월한 상황으로서 잘 알려진 바와 같이 국민적 합의문제가 고속중성자로나 고온원자로(HTR)같은 선진기술개발의 장애요인으로 작용하고 있으며, 연료재처리, 혼합산화물가공과 원자력폐기물에 대해 규제자 역할을 하는 주정부가 제약을 가하고 있

다는 사실이다.

이러한 상황은 정치적 반향으로 나타나 원자력 관련산업에 종사하던 수많은 고용자들을 실직시키고 칼스루, 쾰리히(Karlsruhe Jülich) 그리고 드레스덴(Dresden)과 같은 국가연구기관의 원자력연구개발사업도 현저하게 감소시켰다.

또한 연방정부와 의회는 독일 원자

력 에너지법을 수정하고 있는 중이다.

현재 독일의 원자력R&D는 경수로의 핵심안전문제에 초점을 맞추고 있으며, 현재의 경수로설계를 점진적으로 개선하기보다는 오히려 혁신적시스템에 관한 기초연구에 역점을 두고 있다.

사전 재처리를 하던 안하던 지형적 구조물을 이용하여 연료포장을 포함한 최종 폐기물의 처리문제 그리고 폐지후 원자력발전소를 최종적으로 제거하기 위한 경험습득에 더 한층 집중하고 있다.

가압경수로형원자로 개발

독일은 현재 가동중인 원자력 발전소가 증대한 원자로 사고를 일으킬 경우 그 방사능영향을 평가하고 최소화하기 위한 방법을 개발중에 있다.

이러한 목적을 달성하기 위해 COSYMA라고 하는 Code시스템이 개발되어 유럽국가에서 적용되고 있다. 또한 유럽의 원자력 비상상태에 대비한 동시 의사결정시스템(RODOS)이 칼스루 원자력연구센터(KfK)에서 개발중에 있다.

최신형 소입자 여과장치가 KfK에서 개발되어 독일내의 原電에 설치되고 있으며 사고 대처 방법도 개선되고 있다.

미래의 가압경수로 설계상 차폐시스템도 노심용융사고와 같은 중대사태라 하더라도 인근주민에 대한 긴급

조치수단이 필요없는 그러한 방향으로 개선되고 있다.

이런 개선방안에는 원자력안전협회(GRS)가 오늘날 경수로의 잔존위험의 주요요인으로 지목하고 있는 다음과 같은 몇가지 안전문제들이 포함될 것이다.

① 사고상황(폭연/爆燃, 폭발과 같은)하에서 수소의 역할

이 연구는 러시아, 서방, 유럽 그리고 미국의 관련기관들이 협력하여 추진하고 있으며 독일산업계는 폭발을 방지하기 위해 첨가요인이나 촉매의 영향에 관한 연구를 하고 있다.

② 연료용융과 냉각재의 상호 작용

이 연구는 원자 압력용기사고와 관련한 증기폭발과 고압의 방출경로에 초점을 두고 있다. 노심용융물이 하부구조로 침투되는 것을 방지하기 위한 여러가지 노심용융물 집적장치도 설계중에 있다.

③ 위에서 언급한 현상으로 인해 야기되는 원자로 압력용기와 격납구조물에 가해지는 최대기계적하중에 대한 연구도 진행중에 있다. 칼스루대학에서는 그러한 최대하중에도 견딜 수 있는 격납구조물을 설계중에 있다.

④ 중대사고상황하에서의 PWR과 BWR연료가 어떤 역할을 하는지를 밝혀내기 위한 수많은 노심외부실험이 지난 수년동안 칼스루원자력연구센터(KfK)의 CORA와 BETA설비를 통해 실시되었다.

프랑스의 Phebus원자로에서는 이러한 현상을 보다 세부적으로 연구하기 위하여 노심외부실험이 1993년에 실시되었다.

프랑스 연구기관들은 원자핵반응으로 야기되는 사고에 대해 실험을 하고 있으며, 독일에서도 역시 논의중에 있다. 독일과 프랑스는 이러한 문제점 해결에 공동관심을 갖고 있으며 유럽형 가압경수로(EPR)의 설계를 위해 협력중이다.

1992년 2월5일 경수로안전에 관해 긴밀한 연구개발협력계약이 프랑스의 CEA와 독일의 칼스루원자력연구센터(KfK)간에 체결되었다.

독일내에서는 이 연구개발을 종합 조정하기 위한 계약들이 Siemens사와 몇몇 전력회사 그리고 칼스루원자력연구센터(KfK)간에 체결되었다.

KfK는 유럽연합(EU)과도 유사한 계약들을 체결하였다. KfK의 CORA, BETA, COMET, NEPTUN, FAUNA, LAF와 그밖의 연구소의 설비에 대한 연구활동도 계속되고 있으며 이러한 실험들은 컴퓨터코드의 개발과 연계되어 있다.

KfK는 러시아형 가압형경수로(VVER)를 개량할 목적으로 몇몇 중요한 연구들을 수행해 오고 있다.

그 밖의 시스템의 기초연구

칼스루원자력연구센터(KfK)는 장기간에 걸쳐 폐기물중의 방사능유해

물질을 감소시키기 위하여 플루토늄과 소량의 액티나이드(Actinides)와 핵분열생성물질을 변환시키는데 고속 증식로를 활용할 수 있는지 여부를 연구하기 위한 CAPRA프로그램에 참여하고 있다.

이 프로그램은 유럽 우라늄변환협회, 프랑스 CEA, 독일의 KfK간에 긴밀한 협조로 추진중에 있으며, 영국 원자력에너지협회, 일본, 미국 역시 이 분야에서 연구중에 있다.

쾨리히연구소는 독일상업계와 협력하여 中型의 비등수형 원자로(BWR)의 연구를 수행하고 있으며 小型的 고온원자로(HTR)시스템에 관한 몇가지 연구과제가 남아있다.

대부분 자재개발에 집중되고 있는 기초연구는 연방연구기술처(BMFT)가 재정지원을 한다.

관련기관으로는 자재검사소(MP-A), Dresden부근 Rossendorf의 연구 과학소 그리고 Battlle Instistute Frankfurt가 있다.

폐기물과 사용후연료의 포장

국내에서 연료재처리를 포기하고 대신 전량 해외에서 재처리한다는 독일전력산업의 결정에 이어, 미결정중인 고준위폐기물관리업무도 두 가지로 나뉘어 추진중에 있다.

첫째는 해외로부터 되돌아오는 확인된 고준위폐기물의 품질관리방법의

개선이다.

둘째는 白金屬핵분열생성물질을 평소보다도 더 많이 함유한채 WAK재처리설비로부터 나오는 고준위폐기물 여부를 확인하기 위한 Pamela melter 설계방식의 채택이 그것이다.

이들 폐기물은 1997년경에 벨기에 Mol에 있는 Pamela 플랜트로 수정된 Castor 용기에 넣어 보내질 것으로 보인다.

품질관리방식의 개발을 고준위폐기물에만 국한되는 것이 아니라 ILW/LLW 패키지같은 드림처리된 폐기물도 포함하고 있다.

직접 처리하기 위한 사용후 연료패키지에 대한 연구는 캡슐처리기술(연료봉 아래위를 절단처리하는 기술)을 활용할 수 있는지와 65톤패키지의 지하처리가 가능한지를 입증하는데 초점을 맞추고 있다.

미국에서의 다목적핵연료운반용기(MPS)와 같이 다른 나라들의 개발노력을 고려할 때 Pollux 용기의 사용이 더한층 낙관시 되고 있다.

연방시험용 원자로로부터 추출된 사용후 MTR연료에 대한 후행(後行) 핵연료주기관리 개념이 개발중에 있다. 동 개념에는 장기 임시저장방식과 함께 나중에 직접 처리하는 대안이 포함되어 있다.

새로운 기술의 타당성은 대규모의 확대실시 이전에 입증되어야 한다는 것이 독일 원자력인허가절차상 기본 원칙이다.

이것이 바로 독일 원자력산업계가 1997년까지 사용후 연료포장을 위한 시험용설비의 운전을 목적으로 하는 인허가절차 추진과정에서 넌더리를 내는 이유이다.

방사능 폐기물의 처리

최근들어 방사능 폐기물과 암염(岩鹽)속에 있는 사용후 연료에 대한 독일의 연구개발에 중대한 변화가 일어나고 있다.

암염이 폐기물저장을 위한 지질학적 후보지점으로 된 때로부터 재정지원을 해온 BMFT가 이 계획의 추진을 수정하였는데 이는 독일 통일후의 재정사정을 고려한 때문이다.

BMFT가 제공하는 재원은 현재 임과 사용후 연료의 미결문제에 관한 기초연구를 위해 유보해 놓고 있다.

예를 들면 Asse지하실험실에서 실험용 실물크기 Pollux 용기의 작용에 관한 것이 그것이다. 이렇게 함으로써 열부하에 대한 뒷메움(backfill) 자재와 암염의 반응에 관한 분석이 가능해 지지만 Asse지하실험실의 HLW와 ILW같은 주 연구개발은 중단됐어야 했다.

그러나 1993년 이전에 습득한 경험은 다른 연구개발에 활용할 수 있을 것이다. 예를 들면 방사능폐기물 분야에의 시험분석은 적어도 유독 폐기물 처리시스템에 부분적으로 적용될 것이다.

Asse광산의 향후 활용계획

750개 광산지평층위의 Asse광산을 견고히 하기위해 뒷메움(Backfilling)을 계속하기로 1993년에 결정했다. Backfilling은 Asse광산의 수명을 연장하고 연장된 기간동안 지하실험을 계속하는데 필요하다.

Backfilling에 필요한 비용은 약 2억 6천만 도이치마르크이며 BMFT로부터 재정지원을 받게 된다.

이 프로젝트에는 지하 암염공간의 Backfilling자재의 기술 및 효율에 대한 귀중한 자료를 제공하게 될 측량 및 관측을 위한 프로그램이 수반될 수도 있다.

또한 Asse광산은 나아가 지하 In-situ실험(원위치에서의 실험)이 있을 가능성이 있다.

새로운 프로젝트의 하나는 축 Backfilling과 축밀봉에 대한 개발과 In-situ실험이 될 것이다.

장기저장을 위해 과학적인 근거를 제공하게 될 향후의 R&D는 지학적 지하수설계와 함께 지역학(암석과 토양의 역학적연구 및 그 응용학)과 열역학을 포함하고 있다.

그러나 독일과 같이 염분을 함유한 환경에서 폐기물을 처리하는 데에는 항상 또 다른 방법을 선택적으로 활용할 여지가 있다.

예를 들면 독일은 10년 이상에 걸쳐 화강암에 대해 스위스 과학자들과 협력하여 조사중에 있다(Grinsel 프로젝트라고 함).

해체문제

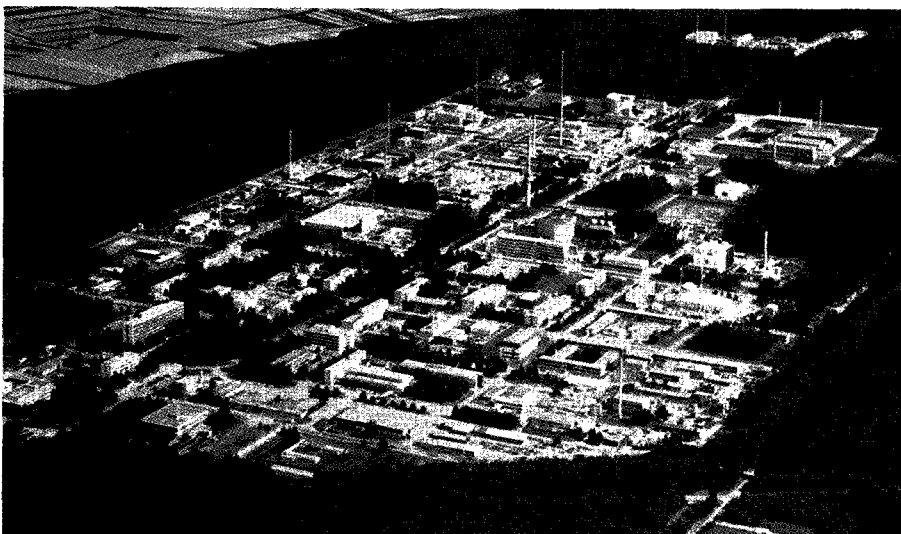
세계 여타 장소와 같이 독일의 몇몇

원자력설비가 처해 있는 상황은 더 이상 운전을 지속하는 것이 경제적으로 정당화될 수 없다는 것이다.

해체하는데는 종사자들의 피폭량을 지속적으로 낮추는 것을 강조하면서 폐기물을 최소화하고자 하는 현재의 R&D에 초점을 두고 있다.

해체기술은 설비나 부품들이 법적 피폭제약의 대상으로 해체후에도 더 이상 방치되지 않도록 향상된 방사능 측정기법을 발전시켜 이를 해체설비에 적용함으로써 재사용할 수 있는 방향으로 개발되어야 한다는 것이다.

과거의 해체기술이 원격처리에 절대적으로 의존했지만, 향후 R&D의 방향을 사람이 전부 다 제거하는 것이 아니라 원격 조정기계들과 함께 해체한다는 개념이 될 것이다.(Nuclear Europe Worldscan誌)



<하늘에서 내려다 본 독일 南部 「슈투트가르트」市 서쪽에 있는 Karlsruhe原子力 연구소 全景. 엄청난 규모이다.>