

MOX 연료의 技術 動向

— 最近의 日本動向 —

세계의 동향

원자력發電에서는 원자력에너지 자원을 효과적으로 이용할 필요가 있어 사용후 핵연료를 재처리해서 회수된 플루토늄과 우라늄을 재순환시켜 핵연료로 재사용하는 핵연료주기를 계속해 왔다. 또 우라늄 자원을 가장 효과적으로 사용할 수 있는 고속증식로에서 사용하기 위해 기술개발을 추진해 왔다. 이같은 계획은 당초부터 歐美 제국이나 일본이 모두 마찬가지로 국제협력을 통해 개발을 추진해온 것이 사실이다.

그러나 미국의 카터행정부의 핵비확산방침에 따라 재순환노선이 변경돼 1978년에 미국에서 핵비확산법이 성립되었다.

한편 유럽에서는 프랑스, 구서독, 영국 등이 중심이 되어 핵연료 재순환노선을 고수하면서 플루토늄을 고속증식로에 사용하기 위한 기술개발이 추진돼 왔다.

그러나 고속증식로의 개발상황과 경수로의 사용후연료를 재처리해서 분리되는 플루토늄의 수요와의 관계를 고려하게 됨에 따라 1990년대에는 경수로에서의 재순환방식을 계획하고 있다. 플루토늄의 경수로에의 이용은 1960년대 중반부터 미국에서 시작돼 구서독, 프랑스에서 실시돼 왔다. 미국의 정책변경후 유럽에서는 구서독과 프랑스가 고속로용 MOX 연료를 개발해 왔다. 그후 1985년에 프랑스에서는 EDF

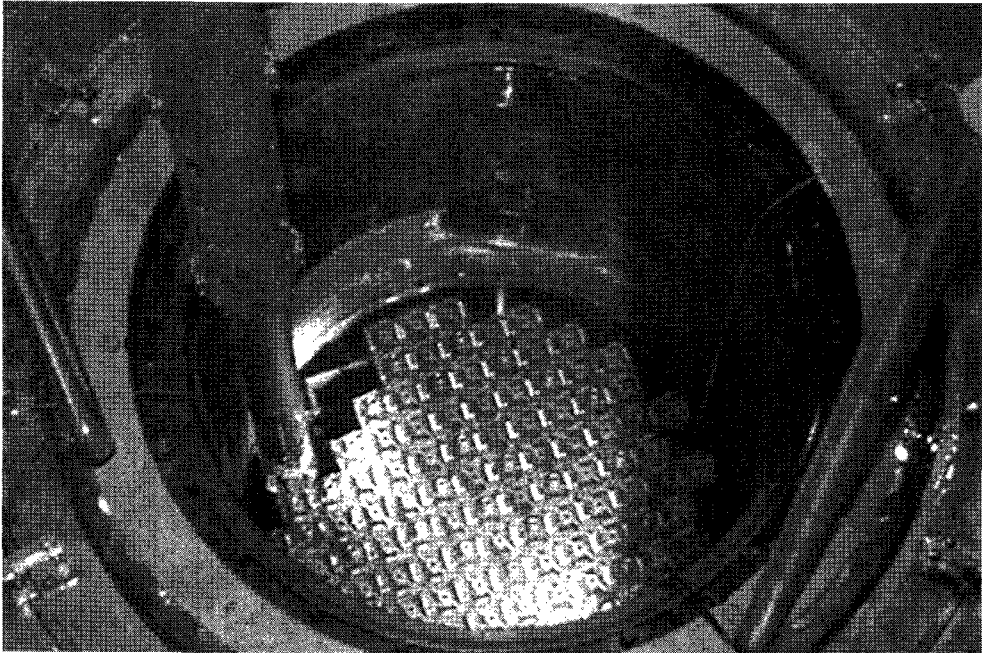
사가 플루토늄의 일부를 MOX연료로 해서 경수로에 이용하는 것을 권고함에 따라 양쪽에 이용하기로 방침을 세웠다. 구서독의 플루토늄 재순환의 실증은 1960년대 중반부터 시작돼 1990년 9월에는 9기의 PWR에 MOX연료의 장전허가가 발급돼 앞으로도 증가될 전망이다.

그러나 구서독의 사용후연료의 재처리는 프랑스 등 외국에 위탁하는 방식을 취하고 있다. 영국에서는 1970년서부터 고속증식로용 MOX 연료를 제조하고 있다.

한편 영국핵연료공사(BNFL)는 자회사인 FNEL사를 1990년 3월에 설립해 플루토늄을 MOX연료로 경수로에 이용하는 것을 기본정책으로 하고 있어 MOX 연료의 연소실험을 1963년부터 하고 있는데 앞으로는 단계적으로 상업화할 방침이다. 이같은 유럽의 MOX연료의 수용에 대한 공급계획을 예측해보면 1993년경부터 2000년에 걸쳐 MOX연료 가공능력의 확장이 급속히 진전돼 현재의 약 4배 이상이 될 것으로 보인다.

MOX연료 이용

일본에서는 플루토늄 재순환기술의 확립을 위해 動燃事業團을 중심으로 지금까지 재처리, MOX연료전환, MOX연료가공, 고속증식로 등의 개발이 추진되고 있다. 플루토늄 연료의 연구는 1966년부터 동연사업단의 플루토늄 연료



제1개발실에서 시작돼 그후 25년간에 걸쳐 계속되고 있다. 플루토늄 이용에 필요한 기술은 플루토늄을 취급하는데 있어 우라늄 연료에 비해 각별한 제약을 받고 있고 특히 안전한 취급과 관리기술이 필요하다.

또한 플루토늄은 핵비확산의 차원에서 그 관리에는 특별한 취급이 요구된다. 1988년에 미국과 일본간에 새로운 원자력협정이 체결되었지만 시설물을 일괄해서 합의하는 시설로 하기 위해 구체적인 안전보장조치를 명시할 필요가 있다. 또한 MOX연료의 경수로 또는 고속중식로에서의 연료특성에 대해서도 앞으로 더욱 개량이 이루어질 것으로 보인다.

이들의 특징은 재순환기술의 각분야에서 공통되는 것이지만 재순환과정에서 발생하는 TRU 폐기물의 처리기술, MOX 연료의 수송, MOX 연료 재처리기술, MOX 연료 설계기술 등 전체적으로 균형이 이루어져야 한다.

이들 분야는 서로 연관성이 있어 서로 잘 맞는 기술로 체계화할 필요가 있다. 일본은 1972년부터 신형 전환원형로 「후젠」과 고속실험로 「常陽」에 사용된 MOX 연료제조를 위해 플루

토늄 연료 제2개발실이 조업을 시작한 후로 조사용의 MOX 연료를 포함해 약 107톤의 누적 생산량을 기록하고 있다.

경수로용의 MOX 연료에 대해서도 일찌기 개발이 시작돼 1986년에는 공동연구에 의해 집합체 2개를 제조해 쓰루가(敦賀)-1호기에 장전했다. 신형 전환로용의 MOX 연료는 그 스펙을 경수로용의 MOX 연료와 비교해보면 유사점이 많아 앞으로 이용규모의 확대가 예상되는 경수로용 MOX 연료로서의 플루토늄 재순환을 위해 효과적으로 그 기술이 활용될 것으로 보인다. 일본의 재순환기술 개발은 1977년도카이(東海) 재처리공장의 가동재개에 대해 미국의 반대에 부딪쳐 여러가지 기술검토와 개발이 이루어진 후에 합의에 도달해 운전을 재개했다.

그후 1980년에 일본은 처음으로 플루토늄을 추출해 이 플루토늄을 우라늄과 혼합전환해서 혼합산화물 분말을 생산했다. 이 분말을 원료로 「후젠」용 MOX 연료를 제조, 1981년부터 發電에 사용했다. 신형 전환로나 경수로용의 MOX 연료와 비교해 고속중식로용의 MOX

연료는 플루토늄 富化度가 매우 높아져 취급상의 제약도 큰 차가 난다. 연료제조공정 설비에 원격, 자동화기술이 대폭적으로 채택되고 있는 것은 취급중에 작업원의 피폭을 줄이기 위한 것이다. 연료설계 차원에서 보아도 신형 전환로용 MOX 연료는 지금까지의 개발에 의해 경수로용 MOX 연료 이용기술에도 적용되고 그 성능도 UO_2 연료에 비해 크게 다르지 않다. 이에 대해 고속증식로용 MOX 연료는 설계면이나 연소 양상에서 크게 다르다. 연료재처리 기술에서는 도카이(東海) 재처리공장에서 「후켄」의 사용후 MOX 연료를 재처리한 실적이 있다.

한편 고속로용 MOX 연료는 형상, 연소도, 플루토늄 부화도가 다르기 때문에 1970년대 후반부터 기술개발을 추진하고 있고 지금까지 고속실험로 「常陽」에서 조사된 MOX 연료를 사용해서 재처리에 필요한 기초데이터를 수집하고 있다. 앞으로는 보다 실용적인 규모에 가까운 조건에서의 실증을 할 필요가 있어 이를 위해 재순환기시험실(RETF)의 건설을 준비하

고 있고 여기서는 고속원형로 「문주」의 사용후 연료를 사용해 실증시험을 할 계획이다.

플루토늄은 오염된 폐기물에 대해서는 減容처리를 위한 기술개발이 1987년부터 운전에 들어간 플루토늄 폐기물처리개발시설(PWTF)에서 이루어지고 있고 지금까지의 처리기술에 대한 실증시험을 해왔다.

이와 같이 일본의 플루토늄 이용기술도 착실히 개발돼 왔다. 유럽도 마찬가지지만 그 이용규모가 2000년대를 향해 크게 확대될 것으로 예상된다. 신형 전환로나 경수로에서의 이용은 앞으로 실용적인 규모의 실증시험단계를 거쳐 본격화되겠지만 안전성, 핵비확산을 감안하면서 경제적인 시스템으로 완성시키기 위한 노력이 더 한층 요구된다. 이를 위해 연료성능 향상을 위한 高연소도화, MOX 연료의 양산가공기술, MOX 연료의 재처리 실증, 수송의 효율화 등이 기술적인 과제가 될 것이다.

한편 고속로용 MOX 연료에 대해서는 경제성 향상을 위한 고도의 기술개발이 앞으로도 필요할 것이다.

科 · 學 · 常 · 識

남극과 방사능

남극의 얼음은 내린 눈이 쌓여서 덩어리가 진 것으로 깊은 층의 얼음은 수천년, 수만년이나 되는 옛적에 생긴 것이다. 따라서 반감기가 10년쯤 되는 방사성 핵종인 트리튬(tritium)은 붕괴해서 없어졌을 것이다.

이에 비해 표층의 눈은 자연의 트리튬 외에 핵실험에 의해 생성돼 지구상에 내린 인공적인 트리튬도 포함돼 있다.

남극의 눈에 5미터 깊이의 구멍을 뚫어 깊이 별로 눈 샘플을 채취해 트리튬의 함유량을 측정한다.

프랑스의 연구결과를 보면 1950년대부터 1970년대에 걸쳐 실시된 미국, 소련, 프랑스, 중국 등의 대기권내 핵실험의 실제상황을 알아볼 수 있는 트리튬 농도의 깊이별 변화가 관측되었다고 한다.

아마 트리튬 이외의 인공방사성 핵종이 스트론튬(strontium) 90이나 세슘(cesium) 137, 또는 플루토늄(plutonium) 239 등도 극히 미량이겠지만 깊이별로 그 농도가 변화하고 있다고 추정된다.