

核燃料 高燃焼度化로 經濟性 向上

原子力發電을 추진함에 있어 安全性 向上이 불가결한 요소이지만, 經濟性 向上도 중요하다. 日本의 電力 各社는 경제성 향상을 위해 여러가지 대책을 실시하고 있는데 關西電力 高浜 3·4호기는 이미 高燃焼度 核燃料를 장전하고 運轉을 하고 있으며, 계속해서 각사에서 고연소도 핵연료 장전을 신청하고 있다.

핵연료의 개량에는 통상 10년 정도가 걸린다고 한다. BWR의 경우, 연료개량의 역사는 1975년도 부터 시작되었다.

당시의 연료는 연료봉을 縱橫 각각 7本씩의 것으로 7×7 연료였다. 이 연료는 편흔의 발생이 많았다.

이로 인해서 전력업계는 보다 신뢰성이 높은 연료의 개발을 위해 관계 메이커의 협력을 얻어 1975년부터 10년간에 걸쳐서 「신뢰성 실증시험」을 했다.

이 시험에 의해 개발된 연료는 材料面의 특성상 연료장전 직후의 운전이 어려웠다. 이 문제를 해결하고 운전이 원활하게 되도록 하기 위한 목적으로 한 「高性能燃料」의 개발이 1975년도 중반부터 진행되고 있다.

이 연료는 피복관 부분에 지르코늄라이너를 쓰고 있어 통칭 「스텝1 연료」라고 부르고 있다.

스텝1 연료의 개발에 의해서 운전성능이 개선되었다. 이와 병행하여 원전의 경제성을 향상시키기 위한 계획의 일환으로서 연료의 고연소도화가 계획되었다. 이것이 현재 각 발전소에서 신

청되고 있는 연료, 통칭 「스텝2 연료」라 불리는 것이다.

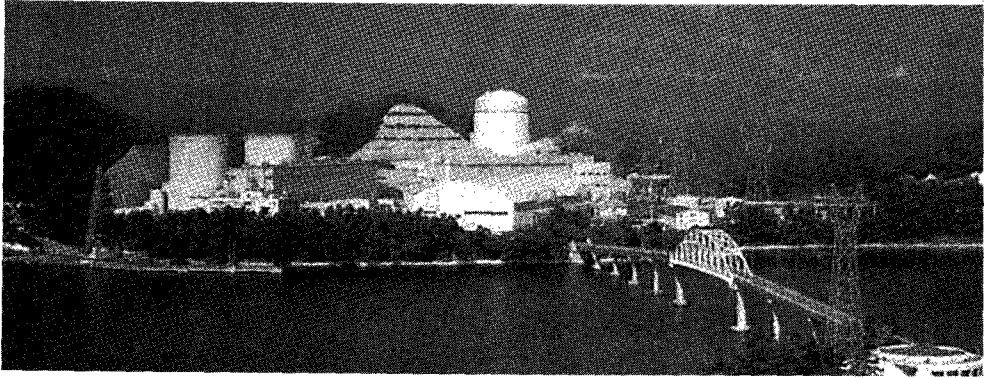
연료의 성능 향상에 따라서 燃焼度도 서서히 올라, 초기형 연료에서는 爐心에서 꺼낼 때의 평균연소도가 29,000MW日 /톤이었던 것이 스텝1 연료에서는 33,000MW日 /톤으로, 그리고 스텝2 연료에서는 40,000MW日 /톤까지 올라갔다.

한편, PWR의 경우도 경제성 향상을 목적으로 개발이 진행되었다. 경수로의 경우, 일반적으로 1회의 연료교환으로 전 爐心の 1/3의 연료를 교환한다. 그런데 PWR의 경우, 가동률의 향상 등의 목적으로 연속운전기간을 9개월에서 12개월로 연장한다면 전 爐心の 반 가까이를 한번에 교환하지 않으면 안된다고 하는 결과가 나왔다.

이것으로는 장기연속운전의 의미가 없어질 것이다. 이 때문에 한번에 교환하는 연료의 양을 1/3 정도로 하기 위한 목적으로 고연소도 연료가 개발되었다.

이 연료에서는 연소도가 종래의 39,000 MW日 /톤에서 48,000MW日 /톤으로 대폭 올랐다.

동시에 농축도도 약 3.4%에서 약 4.1%로 올



電力各社の 高燃焼度燃料 導入計劃

發電所	所有者	爐型	申請年月日	許可年月日	備考
高浜3,4	關西電力	PWR	88.5.23	89.3.31	장전완료
川内1,2	九州電力	同	89.2.28	90.4.4	(※)
大飯1-4	關西電力	同	89.4.10	90.4.4	(※)
柏崎刈羽1-5	東京電力	BWR	89.7.25	90.7.10	(※)
高浜1,2	關西電力	PWR	89.9.11	—	二次審査中
美浜1-3	同	同	89.9.11	—	同
東海第二	日本原電	BWR	90.3.22	—	一次審査中
玄海3,4	九州電力	PWR	90.4.4	—	同
伊方1-3	四國電力	BWR	90.7.26	—	同
女川1,2	東北電力	同	90.7.30	—	同

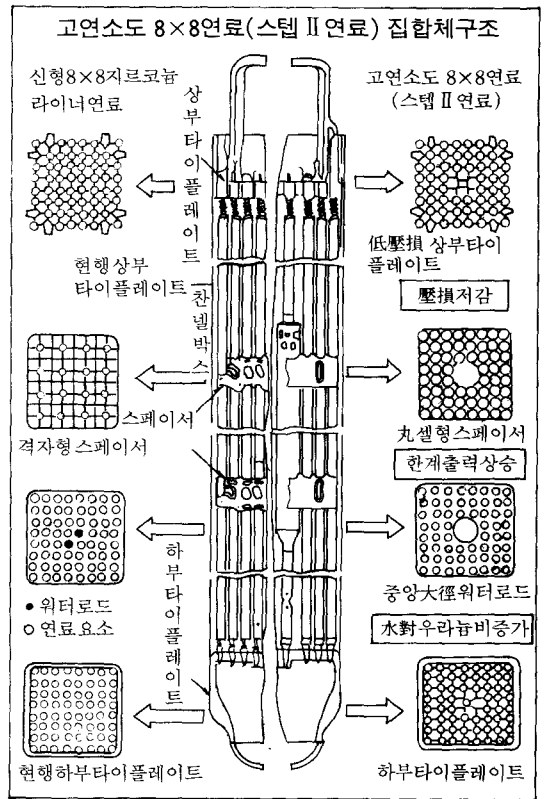
(※)는 2차심사가 완료되어 현재 전기사업법에 따라 수속을 실시중

렸다.

가장 빨리 신청한 관서전력 高浜 3·4호기는 이미 3호기가 작년 12월에, 또 4호기도 금년 4월에 고연소도 연료를 장전하고 있다.

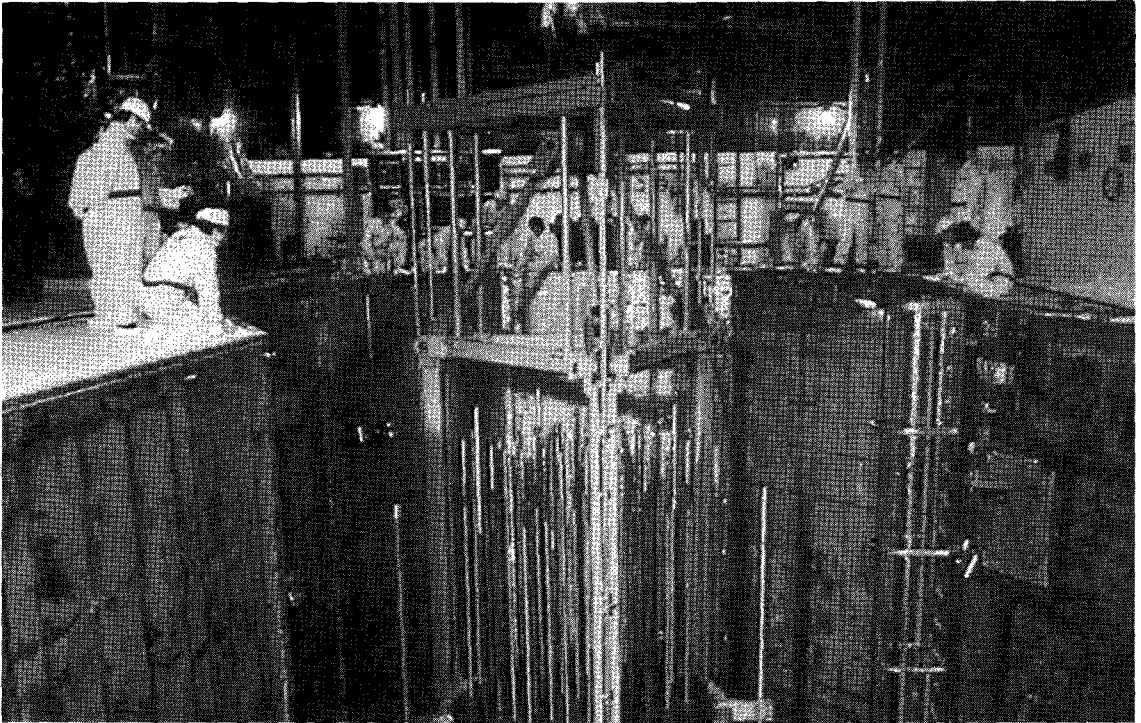
고연소도 연료와 종래 타입의 연료에서 가장 다른 점은 농축도이다. 스텝1 등의 종래 연료에서는 약 3%였던 우라늄 농축도를 스텝 2 연료에서는 약 3.4%로 올린 것이다. 이것으로 연료의 연소도를 올리게 된 것이다.

또 BWR의 경우 그림에서 보는 바와 같이 각 부분에 작지만 개량이 되어 가고 있다. 그림의 왼쪽이 스텝 1 연료, 오른쪽이 스텝 2 연료인데, 스텝 1 연료에서는 2본인 워터로드가 스텝 2에서는 연료 4본분에 상당하는 크기로 1본이다. 이에 따라서 스텝 1 연료에는 우라늄연료가 집합체당 62본이던 것이 스텝 2 연료에서는 60본



으로 줄었다.

이것은 연료속의 우라늄과 물 사이에서 일어나는 핵의 반응의 비율이 변하는 것을 방지하기 위한 것이다. 농축도를 올림에 의해 연료속의 우라늄과 물의 균형이 깨지면 반응도가 올라간다. 즉 보이드 계수가 올라가면 원자로에 의해 불안정한 상태를 일으킬 수 밖에 없다.



이러한 사태를 방지하기 위해서 연료속의 우라늄량이 증가할 것에 대응해서 물의 양도 늘리며, 우라늄과 물의 核의 균형을 갖게 하는 것이다.

동경전력 원자력발전부에서는 「이 정도의 연소도 올림이라면 연료설계의 기본사상을 변경할 필요는 없고, 우라늄 농축도의 올림만으로 충분히 대응이 가능하다. 종래 기술의 활용으로 50,000MW日 /톤 정도까지는 대응할 수 있다」고 한다.

고연소도 연료를 채택한 최대 장점은 경제성의 향상이다. 이제까지의 연료에 비해서 장기간의 노심 장전이 가능하게 되며 1회당 교환本數도 적어지므로 사이클 코스트가 약 10% 더 든다고 한다.

110만kW급 BWR의 경우, 爐內에는 764體의 연료집합체가 장전되어 있고, 이것을 1회에 1/3~1/4 정도 교환한다.

이제까지의 연료가 1회에 200體를 교환했다고 하면, 스텝 2 연료에서는 교환本數가 약 1할, 즉

20體 정도 준다. 연료집합체는 1體당 수천만엔 정도이기 때문에 이 부분의 코스트다운이 크다.

또 사용후핵연료의 本數도 줄기 때문에 재처리공장의 부담 감소도 된다고 한다.

경제성 향상면에서 큰 기대를 갖게 하는 고연소도 연료이지만, 물론 좋은 점만 있는 것은 아니다.

기술적인 과제로서 지적되고 있는 것은 爐內 체재기간이 장기간에 걸침에 따라 연료피복관의 부식이다. 또 핵분열생성물 가스도 증가함에 따라 펠릿의 밀도가 변하는 것 등에 대한 연구가 행해지고 있다.

게다가 전력업계에서는 스텝 2에 계속하여 스텝 3 연료의 연구를 수년 전부터 해오고 있다.

이것은 최고연소도를 6만MW日 /톤에 설정한 것으로 현재의 연료설계상으로는 상한이라 한다.

이에 더하여 고연소도 연료의 최종목표는 부하추중운전이다. 관계자에 의하면 「연료 그대로의 스펙은 이미 (부하추중운전에 충분히 가능한)레벨에 달하고 있다」고 한다.