

스펙트럼遷移 新型轉換爐 概念

스펙트럼천이 新型轉換爐(이하 新型轉換爐)는 標準 加壓水型原子爐의 爐心과 爐心周邊을 變形한 原子爐이다. 新型轉換爐와 既存 加壓水型原子爐와의 다른 점은 核燃料集合體設計와 原子爐內部構造인데, 新型轉換爐 爐心은 既存의 加壓水型原子爐와 유사한 構造의 核燃料集合體로 構成되어 있으나 主要한 차이는 사각형이 아니라 육각형으로 되어 있다는 점이다.

新型轉換爐의 核燃料集合體 構造는 상부와 하부노즐, Grid Assembly 및 흡수봉이나 감속자대체봉(absorber rods or moderator displacement rods)을 삽입할 수 있는 36개의 制御棒案内管(Guide Thimble)으로 構成되어 있으며, 核燃料棒은 12.25mm 간격으로 육각형 構造內에 294개를 배열할 수 있다.

新型轉換爐에서 使用하는 核燃料棒은 標準우라늄 核燃料棒과 현재 프랑스에서 도입단계에 있는 우라늄 - 플루토늄혼합산화물 核燃料棒(MOX rods)이다.

新型轉換爐에 使用하기 위해 고안된 두가지 形態의 核燃料集合體는 다음과 같다.

1) 플루토늄核燃料集合體는 核燃料棒만으로 構成되어 있으며 과소감속(Undermoderated)을 한다.

2) 우라늄核燃料集合體는 플루토늄核燃料集合體와는 달리 54개의 물대체봉(Water-displacement rods)을 포함하고 있어 정상적인 감속이 유지될 수 있으며, 다른 核燃料集合體와 水力學的인 適合성을 갖도록 되어 있다.

우라늄이나 플루토늄核燃料集合體 모두 新型轉換爐에서 스펙트럼천이에 도달할 수 있으며, 주기초기에 충분한 반응도가 유지되고 있을 때에는 減速程度를 줄이고 核分裂物質을 경제적으로 절약하기 위해 스펙트럼천이연료봉(核分裂可能物質이 함유되어 있는)을 삽입하게 된다.

스펙트럼천이연료봉은 주기가 진행되면서 점차적으로 인출하여 爐心反應度가 적절하게 유지되도록 하고 있다.

다음의 표는 新型轉換爐 概念에서 適用하고 있는 減速比를 나타내고 있다.

구 분	스펙트럼천이 다발	
	삽 입	인 출
우라늄 핵연료 집합체	1.65	2.0
플루토늄 핵연료 집합체	1.13	1.47

新型轉換爐는 爐心構成과 核燃料集合體構造特性으로 인해 原子爐에서 연속적인 재장전이 이루어지고 이에 따라 爐心이 변화된다.

新型轉換爐의 타당성

지난 수년간 新型轉換爐概念의 타당성을 立證

하기 위해 대규모적인 分析과 實驗을 실시하여 왔다. 현재 타당성 研究가 완전히 끝난 것은 아니지만 지금까지의 結果, 주요한 분야에서 新型 轉換爐의 可能性이 확인되었다.

新型 轉換爐設計의 한가지 問題로 매우 강조되고 있는 사항은 爐心에서 감속재를 대체하는 경우 냉각재 상실사고時 충분한 부반응도(Negative Coefficient of Reactivity)여유를 가질 수 있는지의 보증 여부이다. 그러나 核分裂性 플루토늄이 總 核燃料 裝填量의 7%를 초과하지 않는다면 이를 보증할 수 있으며, 정해진 減速比에서의 核分裂性 플루토늄은 6%를 초과하지 않을 것이다.

新型 轉換爐의 爐心은 높은 轉換比를 가진 매우 조밀한 構造의 爐心임에도 불구하고 임계제한은 거의 무시할 만하다. 制御棒과 스펙트럼천이棒을 위한 구동장치 등의 모형과 原型이 新型 轉換爐 概念의 산업적 가능성을 규명할 목적으로 製作되었다.

이 시험제작 結果, 加壓水型原子爐에서 新型 轉換爐로 변경하는 것은 약간의 장치만 개조하면 되기 때문에 프랑스의 900MWe原子爐를 1,300MWe로 변경하는 작업보다 훨씬 간단한 것으로 나타났다.

新型 轉換爐의 長點

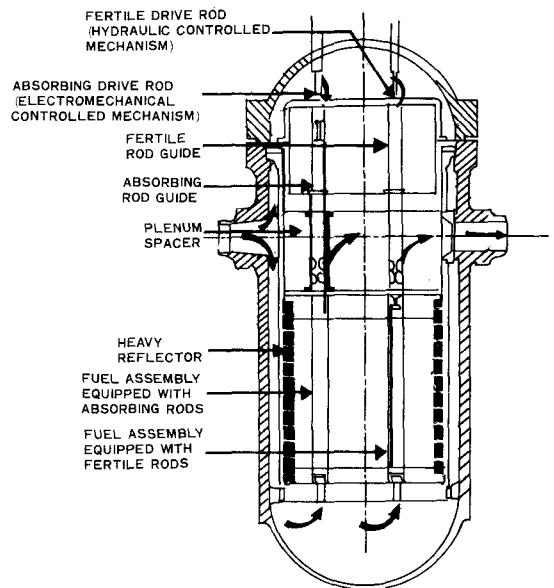
新型 轉換爐의 가장 두드러진 長點은 核燃料 利用을 높일 수 있다는 점인데, 우라늄核燃料 集合體를 使用하는 스펙트럼천이에서는 天然우라늄과 농축작업량 모두를 20%가량 줄일 수 있다.

또한 초기농축도를 5%(Eurodif 농축공장의 농축도 상한치)이상으로 높이지 않고도 4회내지 5회의 爐心 재장전으로 연소도를 60,000MWD / Tonne까지 도달시킬 수 있다.

加壓水型 轉換爐에서는 轉換比가 0.5에서 0.7인데 비해 플루토늄核燃料 集合體를 使用하는 스펙트럼천이 新型 轉換爐는 최적화에 따라 轉換比를 0.8에서 0.9까지 얻을 수 있을 것이며 이러한 轉

〈表〉 新型 轉換爐의 주요제원

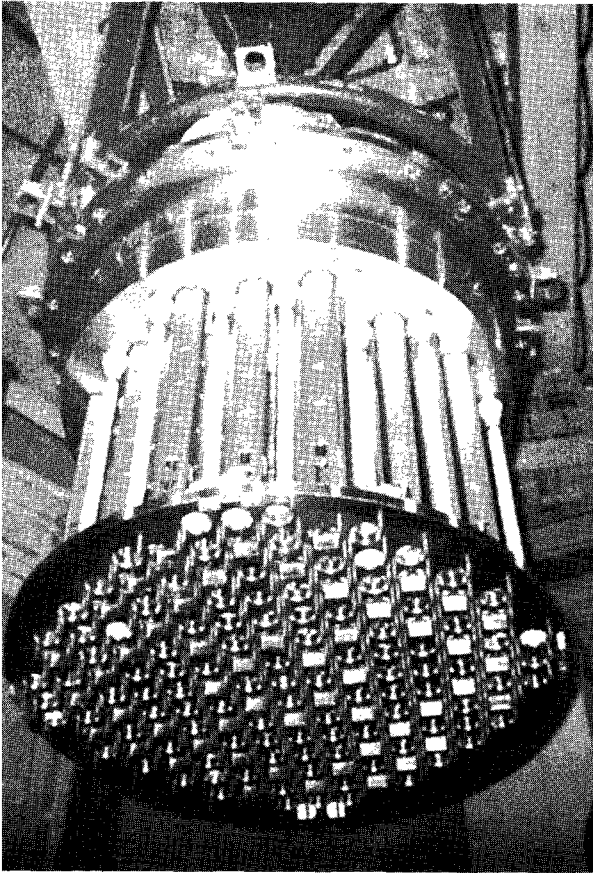
	우라늄	플루토늄
熱出力(MWth)	4250	
핵연료집합체수		
• 스펙트럼천이	168	138
• 비스펙트럼천이	85	61
• 방사형 블랭킷	0	54
노심높이(cm)		
• 핵연료	425	~367
• 상부 축방향 블랭킷	0	~28
• 하부 축방향 블랭킷	0	~30
핵연료집합체 가로길이(cm)	~22,60	
핀집합체의 수		
• 핵연료봉	240	294
• 수로관	54	0
• 노심계측관	1	1
• 제어봉 안내관	36	36
핀의 직경(mm)	~8, 2	
평균연소도(목표)	60,000MW day/metric 톤	
핵연료교환빈도	1/3	
냉각재 평균온도	310°C	
핵연료 농축도(핵분열플루토늄)	6<E<7	



〈그림〉 스펙트럼천이 신형전환로 개략도

換比의 증가를 과소평가해서는 안될 것이다.

많은 原子力發電所가 프랑스의 原子力發電所



와 비슷하다고 가정한다면 연간 우라늄 소비량을 2030년까지 절반으로 줄일 수 있을 것이다.

新型轉換爐에 플루토늄核燃料集合體를 장전하여 플루토늄을 燃料로 使用하는 경우, 加壓水型原子爐에서의 플루토늄 재순환보다 훨씬 많은 장점이 있으며 약 20% 정도 費用을 절감할 수 있다. 또한 동일한 플루토늄 농축도로 각 核燃料集合體에 使用할 수 있기 때문에 核燃料管理 역시 간편하며, 加壓水型原子爐에서는 첫번째 재순환 이후 동위원소物質이 劣化되는데 반해 新型轉換爐에서 나온 使用後核燃料의 동위원소物質은 안정된 상태로 남아있게 되어 수 차례의 재순환이 可能하게 된다.

新型轉換爐에서 使用된 플루토늄은 고속중성자로에서 뒤이어 使用하기에 아주 좋은 상태로 남아있게 된다.

新型轉換爐에서 우라늄核燃料集合體를 使用하든지 플루토늄核燃料集合體를 使用하든지간에 核燃料 利用을 높이는데 아주 효과적이다.

동일한 장비를 갖춘 동일한 原子爐에서 우라늄이나 플루토늄核燃料集合體를 마음대로 使用할 수 있기 때문에 요구되는 融通성을 충분히 만족하게 될 것이며, 電力會社는 우라늄에서 플루토늄으로 核燃料 使用을 變更할 수 있고 반대로 플루토늄에서 우라늄으로의 變更도 可能하게 될 것이다.

近着資料案内

原子力工業(일본일간공업신문사) 4월호
 原子力文化(일본원자력문화진흥재단) 4월호
 原子力産業新聞(일본원산) 1429호-1432호
 原子力資料(일본원산) 4월호
 ANS News(ANS) 6권 4호
 ATOM(UKAEA) 3월호
 Atoms in Japan(JAIF) 3월호
 INFO(USCEA) 2,3월호
 INFO Annual Report(USCEA) 1987년도

Isotope News(일본RI협회) 3월호
 Nuclear Engineering Education Sourcebook(ANS) 1988년
 Nuclear Engineering International(NEI) 4월호
 Nuclear Europe(ENS) 3/4월호
 Nuclear News(ANS) 31권 3,4호
 Nucleonics Week(McGraw-Hill) 29권 11호-14호
 Power(McGraw-Hill) 2월호
 Radioisotopes(일본RI협회) 3월호
 The Nuclear Professional(UKAEA) 3권 1호