

## 日本 PNC, 濃縮Pilot Plant 完成

### 우라늄濃縮國産化에 進一步

1978년 以來 遠心分離法에 의한 우라늄농축 Pilot Plant의 건설을 추진해 온 일본의 動力炉·核燃料開發事業團은 3월26일 제2운전단위(OP-2)가 되는 3천대를 완성하여 운전을 시작하였다. 이로서 이미 운전중인 제1운전단위(OP-1 A=1천대, OP-1B=3천대, 合計 4천대)를 합쳐 7천대가 모두 全稼動에 들어감으로써 일본은 100만kW급 원자력발전소 연간소비 농축우라늄량의 1/2을 국내생산하게 되었다. 지금까지 모든 농축을 해외에 의존하여 왔던 일본은 up-stream의 산업화를 향해 새로운 국면을 맞게 되었다.

OP-2의 성능은 79년 9월에 운전을 시작한 OP-1A보다 2배의 분리농축능력을 갖는다. OP-1A보다 1.5배 성능이 향상된 OP-1B와 비교하여 그 回轉體의 길이나 직경의 形狀은 거의 같으므로 회전속도가 향상된 것으로 推定된다.

当初 이 농축Pilot Plant는 50톤SWU(분리작업단위)로 설계되었으나 OP-1A, OP-1B 그리고 OP-2로 될때마다 성능향상이 도모되었기 때문에 그 농축능력은 50톤을 상당히 상회하게 되었으며 신뢰성도 당초보다 대폭적으로 향상되었다. 지금까지의 운전경험에서 고장율은 0.5% 이하이며 이것은 영국, 네델란드, 서독 등 3국 공동으로 농축사업을 추진하고 있는 URENCO(400톤 SWU)와 같은 정도이다.

농축기술은 核武器로의 轉用을 막기위해 각국이 모두 고도의 기밀유지를 하고 있기 때문에

이번에 전면운전으로 들어간 Pilot Plant가 어느 정도의 성능을 갖고 있는지 정확한 판단을 할 수는 없으나 관계자들은 「미국이나 URENCO의 원심분리기술과 같거나 또는 그 이상이다」라고 보는 견해가 많다. 그러나 상업Plant를 가동시키고 있는 다른 나라들과 비교하면 일본動燃의 농축코스트는 3,4배 비싼 실정이다.

이것은 「技術의 実証」에 중점을 둔 Pilot Plant의 「宿命」인데 앞으로의 과제는 어떻게 이 코스트를 내리는가 이다. 그리고 농축Plant 운전개시에 앞서 일본動燃이 독자적으로 개발한 「製鍊轉換Pilot Plant」도 batch운전에 의한 6弗化우라늄 생산체제에 들어갔다.

이 장치는 Yellow Cake를 거치지 않고 광석으로부터 6弗化우라늄을 만드는 획기적인 것이다. 6弗化우라늄의 생산량은 연속운전으로 300톤(우라늄으로 200톤)이다.

농축과 함께 이 製鍊轉換Plant가 운전되므로써 「우라늄광석에서부터 농축까지」의 up-stream 기술이 확립되게 되어 일본의 핵연료싸이클은 새로운 국면을 맞이하였다.

### 경제성을 중시한 遠心分離法

일본에서 처음으로 우라늄 농축을 목적으로 한 원심분리기가 試作된 것은 1959년이었다.

그러나 1960년 미국이 원심분리법에 관한 기술정보를 極秘 取扱함으로써 완전히 「自主開發」

을 할 수밖에 없었다. 1961년, 「원자력평화이용 장기계획」에 의하여 원심분리기의 연구개발은 日本 理化学研究所에서 原子燃料公社로, 그리고 67년 10월 日本動力炉·核燃料開発事業團 설립에 따라 우라늄농축 연구개발을 포함한 원자연료공사의 모든 업무가 動燃에 인계되었다.

일본이 실용화가 되어 있던 우라늄농축기술의 가스擴散法을 취하지 않고 원심분리법을 선택한 이유는 ① 사용전력이 가스확산법의 10분의 1로도 충분하다 ② 비교적 소규모의 공장에서도 경제성이 있다 등으로 일본의 国情에 적합한 특징을 가지고 있기 때문이다.

輕水炉燃料의 농축코스트는 1kg SWU당 140달러(spot 가격)인데 그 반이 전기요금이기 때문에 특히 사용전력의 값이 싼것이 큰 매력이 되었다. 이와같이 일본의 우라늄농축 국산화는 당초부터 「경제성」을 중시했음을 알 수 있다.

### 濃縮코스트를 결정하는 2가지 要素

Pilot Plant가 완성된 현 시점에서 앞으로의 과제는 「농축코스트를 어떻게 내리느냐」이다.

Pilot Plant는 「기술을 實証하기 위한 실험공장」이다. 이를 위해 수많은 計測機器를 붙여야 하기 때문에 出資가 많아진다. 따라서 상업Plant에 비해 코스트가 3~4배 높아지게 된다. 「만약 이들 계측기기 등에 비용을 들이지 않았더라면 상업Plant의 2배정도의 코스트가 되었을 것이다」라고 하므로 Pilot Plant와 상업Plant는 서로 목적이 다르기 때문에 코스트비교는 별 의미가 없다고 말할 수 있다.

농축코스트는 원심분리기의 성능향상과 量産体制 두가지로 결정한다.

79년 9월에 운전을 시작한 OP-1A(1천臺)의 성능을 「1」로 하면 1년후인 80년 9월에 운전에 들어간 OP-1B(3천대)의 성능은 50% 향상된 「1.5」였다. 그리고 이번의 OP-2(3천대) 성능은 OP-1A에 비해 2배가 되어 각각 성능향상이 이루어지고 있다.

원심분리기의 성능은 回轉体の 길이와 周速으로 결정된다. 즉 회전체의 길이를 길게하면 이

에 비례해서 분리능력이 향상되며 회전체의 속도를 빠르게 하면 그 속도는 4乘에 비례해서 성능이 향상된다.

OP-1A와 1B를 비교하면 1B쪽이 높이가 50cm정도 길다. 이것은 길이와 周速의 향상으로 성능향상이 도모되었음을 의미한다.

OP-2와 OP-1B를 비교하면 길이는 거의 변하지 않았다. 즉 回轉數의 향상으로 分離性能이 향상되었다고 말할 수 있다.

### 核心이 되는 inverter와 材料

원심분리기의 原理 그 자체는 새로운 것이 아니라 製作은 기술의 영역으로 그 벽은 대단히 높고 두껍다. 그 포인트는 周速을 얻기위한 inverter(周波數變換裝置)와 고속회전에 견딜 수 있는 재료의 개발에 있다.

일본에서 원심분리기의 기본방침이 굳어진 것은 73년경이다.

재료와 軸系統의 mechanism벽이 해결됨으로서 오늘날의 本型이라 할 수 있는 遠心機의 구상이 이루어진 것이다. 「66년부터 시작은 했으나 그 당시로는 어떤 원심기가 좋은지조차도 전혀 알 수 없는 상태였다」고 관계자는 솔직하고 있다.

또한 Pilot Plant가 본격적인 운전에 들어간 현재도 「아직 성능향상을 도모해야 할 여지가 많다」고 말하고 있다.

最新銳의 分離機 OP-2도 상업Plant와 비교하여 「경제성」이 없는가라는 질문에 「量産体制가 되면 경제성은 충분하며 외국의 상업Plant와 경쟁할 수 있다」고 하면서도 「量産体制」에 대한 구체적인 내용은 피하면서 「상당한 수준」에 달했음을 암시하고 있다.

### 高潮되는 原型Plant의 役割

어떤 首腦는 「문제는 오히려 여기까지 높은 기술력을 어떻게 효과적으로 유지·발전시키는가에 있다」고 原型Plant의 早期着工을 암시하고 있다. 상업Plant로 이어지는 原型Plant는 경제성을 철저히하게 追求하여 이것을 實証하는데

있다.

일본원자력위원회의 농축전문부회는 원형Plant의 구체적 일정을 명시하고 있지 않으나 이 문제는 早速히 해결해야 할 과제로 되어있다.

遠心機의 제작은 日立, 東芝, 三菱重工等 3社며 한번 높아진 기술력을 유지하고 이를 분산시키지 않기 위해서 原型Plant의 早期着工은 不可缺한 것이다. 또 원형Plant는 「民間의 협력을 얻어 건설·운전을 행한다」는 기본방침도 있다. 각 Maker는 지금까지의 경험에서 얻은 귀중한 정보를 서로 교환함으로써 보다 뛰어난 원심기의 idea가 나올 가능성이 높다.

### 높은 日本의 遠心分離法技術

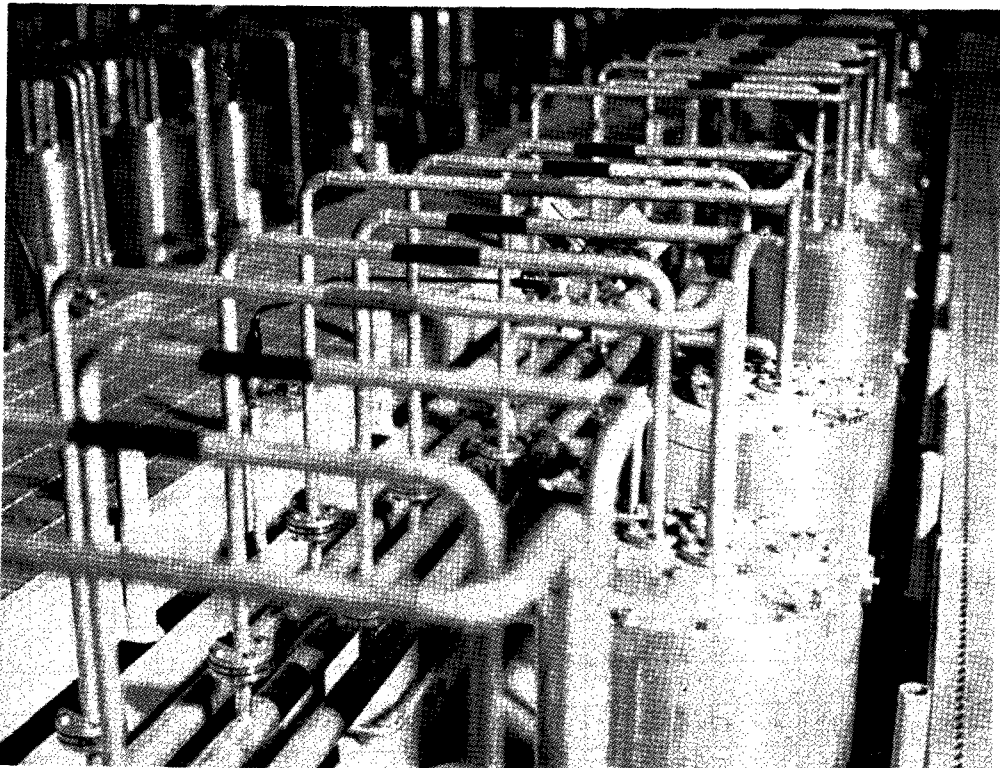
서방측 여러나라에서도 우라늄농축시설을 가지고 있는 나라는 미국, 영국, 프랑스, 서독, 네델란드와 일본 등 6개국이다. 이중에서 미국, 영국, 프랑스 3국은 가스擴散法의 시설을 가지고 있다. 원심분리법은 서독과 네델란드가 영국과

함께 원심분리법에 의한 공동농축사업회사 「URENCO」를 결성하여 네델란드의 알메로와 영국의 카펜하우스 2개소에 1977년부터 각 200톤 SWU의 實証Plant를 가동시키고 있다.

미국도 일본과 거의 같은 정도의 능력을 가진 Pilot Plant를 75년부터 운전중이다. 이들 선진국과 비교할 때 일본의 기술수준은 「기술적으로는 거의 같은 정도이거나 혹은 앞서고 있다」는 것이 관계자의 일치된 의견이다.

「cascade의 배치는 사진으로 보는한 거의 같은 형식이다. 따라서 농축시설의 면적이나 원심분리기의 台數로 대체적인 성능을 推察할 수 있다」고 한다.

고속의 회전체이기 때문에 설치장소는 「1층」에 한다. 어떤 건물이라도 2층, 3층이 되면 「微動」한다. 「미동」이라 하더라도 대단한 속도로 회전하고 있는 원심분리기에는 큰 영향을 받게 된다. 逆으로 말하면 이 원심분리기와 사이트는 地震帶를 絶대로 피해야 함을 뜻한다.



(遠心分離機의 cascade)

정밀기계인 원심분리기의 고장율은 신뢰성을 뒷받침하는 중요한 요소이다. 「설계단계에서는 1%의 고장율을 예상하고 있었으나 실제로 운전하니깐 0.5%이하였다. URENCO의 고장율도 거의 같은 정도이므로 기술적으로는 같은 수준이라고 해도 좋을 것이다」라고 한다.

☆ ☆

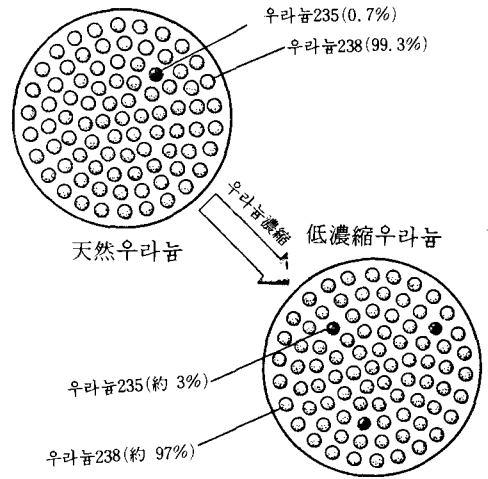
**우라늄濃縮技術**

현재 原子力發電의 주류를 이루고 있는 원자로는 경수로이다.

경수로는 연료로 농축우라늄을 사용한다. 농축우라늄이란 원자로에서 분열을 일으키는 우라늄235가 천연우라늄 속에 0.7% 정도밖에 없기 때문에 이 우라늄235의 비율을 3% 정도까지 많게 한 우라늄을 말한다.

天然에 있는 우라늄235와 우라늄238은 다만 약간의 무게 차이밖에 없고 화학적 성질은 같다. 이 차이를 이용하여 두가지의 우라늄을 나누어 원자로에서 이용할 수 있는 우라늄235의 비율을 크게 하는 것이 농축이다.

이 농축방법에는 擴散法과 遠心分離法이 있는데, 원심분리법은 세탁기의 脫水器와 같이 원심력을 이용한 우라늄농축기술이다. 원심기의 회전드럼속에 우라늄과 弗素의 화합물인 6弗化우라늄 가스를 넣고 고속으로 회전시키면 무거운 우라늄238은 바깥쪽으로 밀려가고 회전드럼의 중심부에는 가벼운 우라늄235가 많이 모인다. 이 우라늄235가 진해진 부분을 꺼내서 다시 같은 공정을 되풀이 함으로서 濃縮度를 높이는 방법이다.



우라늄농축기술중 가스擴散法이 있으나 원심분리법은 전력소비가 적고 소규모 공장에서도 경제성이 기대되는 등 우리나라와 같은 곳에서 적합한 방법이다.

우라늄을 농축할 때 1台的 원심분리기로 처리되는 양이나 농축되는 비율은 극히 微微하다. 그래서 만족스러운 농축도를 가진 所定量의 농축우라늄을 얻기 위해서는 수많은 원심분리기로 되풀이 해서 농축해야 한다. cascade란 이를 위한 장치를 말하는데 原料를 연속적으로 공급하여 소정의 농축도를 얻기위해 연결된 원심분리기群으로 구성되어 있다. 그 수는 실험규모에서 수백대, 실용규모에서는 수만~수십만대가 필요하다.

**RI연수과정 안내**

과 정 명	연 수 기 간	모 집 인 원	수 강 료
제13회 방사성동위 원소이용 초급과정	9. 6~10. 2 (4주간)	30명	250,000원
제23회 방사선 장해 방어과정	9. 20~10. 30 (6주간)	30명	300,000원

연락 및 문의처 : 당 회의 진흥과 (28-0163~4)