

着實히 進展하는 核燃料週期

使用後核燃料를 재이용하는 일련의 흐름을 핵연료사이클이라 부르지만, 재이용·재처리에 대한 생각, 대응방안에는 각국의 원자력정책의 차이가 있어서 각기 다르다. 日本에서는 靑森縣·六個所村에서 핵연료사이클 3개시설(재처리, 우라늄농축, 低準位폐기물저장)의 건설이 진행되고 있다. 다음은 日本, 美國, 英國, 프랑스, 서독 등 5개국의 再處理와 방사성폐기물 처리·처분에 대한 대응방안을 소개한 것이다.

日 本

日本 靑森縣 六個所村에서 건설준비가 진행되고 있는 핵연료사이클사업계획은 1984년 입지 제의 이래 금년으로 만 3년을 맞았지만, 금년 1년은 프로젝트의 실현을 위해 특히 중요한 고비의 시기였다.

작년 후반부터 海域調査 개시(7월), 무쓰小川原 개발에 의한 用地造成 開始(8월), 토지매매계약 체결(8월) 등 입지관계에서 착실한 진전이 이루어졌으며, 금년은 4월말에 原子燃料 서비스(株)가 佛의 SGN社와 기술이전계약을 정식으로 조인하였고, 계속해서 5월에는 原子燃料産業(株)이 농축사업의 사업허가를 신청했다. 따라서 기술면, 인허가면에서 각각 하나의 고비를 맞은 것으로써, 사업은 준비단계에서 마침내 본격화단계에 접어들었다. 금년 4월에는 핵연료사이클 관련시설의 부대사업을 할 新會社 「무쓰小川原原燃興産」도 발족되었다.

원자연료서비스와 SGN社의 기술이전계약은 재처리공장의 主工程施設에 관한 것으로써 ①佛 COGEMA社가 건설중인 UP3와 UP2-800 공장에서 사용되는 기술, ②六個所村의 재처리공

장설계, 건설, 운전에 필요한 기술(특히, 노하우 포함) 등이 대상이다. 원자연료서비스가 설계·건설을 三菱重工 등 일본 국내기업에 발주, 국내기업이 그 설계·건설에 필요한 기술을 SGN社로 부터 도입한다.

기술이전의 對價(노하우料)는 약 280억엔이며, 계약기간은 재처리공장의 핫시템 개시후 12년까지라는 내용이다. 1월말에 가조인, 4월말에 정식으로 조인되었다. 일부 공정에 있어서는 영국의 NFL, 서독의 KEWA로 부터 기술도입을 할 예정이다.

이 기술이전계약과 기본설계계약(三菱重工間에 同日 調印) 체결에 의해 재처리사업계획은 마침내 본격적인 기본설계단계에 들어섰다. 기본설계기간은 24개월이다. 1988년 11월로 예정되어 있는 사업지정신청, 안전심사를 거쳐 1990년 중에 착공을 맞을 계획이다.

그리고 歐洲와의 협력이라는 점에서는 원자연료산업도 4월말에 URENCO社(영국, 네덜란드, 서독의 출자에 의한 합자기업)와의 사이에서 정보에 관한 협력협정을 체결하였다. 경영·관리에 관한 정보, 환경안전과 법규제에 관한 정보, 또 일반적인 기술관련정보 등을 폭넓게 상호제공해 나가기로 했다.

한편, 농축공장의 사업허가신청은 5월 26일 원자연료산업이 科技廳에 신청하였다. 六個所村의 농축공장은 최종적으로 1,500톤SWU(분리작업단위)의 규모이지만, 이번 신청은 이중 600톤SWU分을 대상으로 한 것이다. 이 농축사업은 안전심사단계에 들어갔으며, 同社에서는 사업허가, 설계공사인가를 거쳐 1988년 가을에는 본격공사에 들어 갈 것이다.

공사계획에 의하면 농축시설의 건물공사 착공은 1988년 10월, 기기설비 개시가 1989년 10월이며, 조업의 개시는 1991년 4월 예정이다. 농축공장은 年産 150톤SWU의 능력으로 조업을 개시, 그 후 매년 150톤씩 증설하고, 최종적으로는 1,500톤SWU규모에 도달한다. 이번 허가신청은 1994년까지 완성을 예정하고 있는 600톤분이 대상이지만, 나머지 900톤분의 시설은 CFRP(카본화이버強化플라스틱)에 의한 원심분리기의 개발동향을 보아 다시 허가신청을 할 예정이다.

그리고 원자연료산업이 담당하는 低準位 폐기물 저장시설의 건설도 내년중 빠른 시기에 사업허가신청이 실시될 전망이다, 역시 1988년내의 착공을 목표로 하고 있다.

그런데 금년은 핵연료사이클사업에 있어서 큰 고비로서 人事面에서 원자연료 2個社는 6월의 주주총회후 이사회에서 임원진이 대폭 교체되었다.

원자연료서비스의 사장에는 小林健三郎 대신 豊田正敏씨(東電 副社長)가 취임하였으며, 부사장에는 上野錠二, 伏野潔 兩氏가, 상무에는 住谷寛, 佐藤茂 兩氏가 취임했다. 동사의 상무는 종래 기술계·사무계가 각각 3명씩이었으나, 이번 이동으로 기술계가 5명으로 확충되어, 설계본격화의 단계를 맞아 기술진을 한층 강화한 임원진이 정비되었다. 이밖에 상근이사로 새롭게 飯尾博一, 川勝理 兩氏가 취임했다.

원자연료산업은 新理事(상근)에 中井富男, 倉持二郎, 金田久, 守本光男 4氏가 취임하였는

데, 이중 中井씨가 상무로 취임하였다. 또 농축사업허가신청과 CFRP의 검토 본격화 등의 정세에 입각하여 이번 임원의 위촉사항으로서 새롭게 「우라늄농축기술담당」을 설치, 농축기술 부문을 한층 강화하기로 했다. 농축기술담당은 錦戸義一씨에게 위촉했다.

해외와의 계약, 기본설계의 발주, 국내기술 검토와 인허가수속, 그리고 신회사의 발족과 임원인사 등 최근 1년동안 핵연료사이클계획은 여러가지 면에서 또 한단계 진전되었다. 금년 여름의 예산에서는 電源三法交附金の 대상으로 새롭게 재처리시설도 추가되었다.

六個所村의 사이트에서는 전용도로 등의 준비공사에 추가하여, 현지사무소와 사택, 기숙사 공사도 추진되고 있다. 원자연료산업의 현지사무소는 10월에 開所되었으며, 원자연료서비스의 사무소도 곧 완성될 예정이다. 원자연료사이클사업은 준비단계를 하나하나 거쳐 머지 않아 「離陸」태세에 들어가려 하고 있다.

美 國

再處理

NFS社의 웨스트바레이工場이 1966년에 운전을 개시했지만, 고장때문에 1972년에 운전을 중지하였다가 1976년 폐쇄되었다. 또 GE사의 모리스工場은 운전도 하지 않은 채 1974년에 중단되었다.

진척률이 90%에 도달해 있던 AGNS社의 바안웰工場은 1977년 4월 카터정책에 의해 중단된 후, 1981년 10월에 발표된 레이건정권의 「원자력정책성명」으로 해제되었지만 진전되지 않고 있다.

1985년 7월에 議會 報告書인 「경수로용 플루토늄의 경제성」에서는 ①100만KW 경수로에

농축우라늄연료만을 사용할 경우와 MOX연료와 混燒할 경우의 後行核燃料週期코스트의 비교, ② 경수로연료로서의 분리플루토늄의 歸屬 코스트(농축우라늄연료와 교환할 수 있는 분리플루토늄의 가치. 사업자에 있어서 절약이 된다), ③ 조기재처리와 재처리를 지연시켰을 경우의 코스트 비교 등 세가지 해석을 했다.

그 결과의 주요내용은 ① 플루토늄의 入手 코스트를 무시해도 플루토늄을 3년간 저장한 후 리사이클하면 농축우라늄만을 연료로 할 경우보다 비싸다, ② 플루토늄을 3년간 저장한 후 MOX연료로 성형가공하는 코스트는 우라늄을 구입·농축하여 연료로 성형가공할 경우보다 1g당 7 \$ (1985년가치 \$ 표시, 이하 같음) 비싸진다, ③ 재처리를 의무지우고 있는 나라의 電氣事業者에 있어서 재처리를 지연시키는 것은 조기재처리의 경우보다 상당히 싸게 치인다, ④ 15년간 사용후핵연료를 저장한 후 이것을 재처리하면, 3년후에 재처리할 경우보다 42% 싸게 치인다. 100만KW 원자로에서는 연간 560만 \$의 절감이 된다, ⑤ 분리한 플루토늄을 12년간 저장할 경우, 조기재처리코스트는 재처리를 지연시킨 후 바로 리사이클하는 코스트를 500만 \$ 상회한다 등이다.

放射性廢棄物の處理·處分

① 각종 방사성폐기물의 처리·처분상황

7. 사용후핵연료: 상업로에 나오는 거의 모든 사용후핵연료는 각 원자로 사이트에 잠정저장되고 있다. 발전소 안에는 저장푸울의 부족 때문에 1980년대 중반이후 어쩔 수 없이 운전중지를 해야 할 곳이 나올 가능성도 있다.

L. 高準位廢棄物: DOE(에너지省)가 운전하는 원자로에서 나오는 사용후핵연료는 同省의 군사용재처리공장에서 재처리되어 플루토늄이 생산되고 있다. 이 때 발생하는 고준위폐기물은 DOE가 관리하는 와싱턴州 한포우드, 사우스캐롤라이나州 사반나·리버, 아이다호州 아이다호폴스 등 3개소에 잠정저장되고 있다.

C. 低準位廢棄物: 1946년부터 1970년까지 사이에 약 8만6,000 캐니스터의 폐기물이 대서양과 태평양에 投棄되었다. 그후 군용관련 폐기물은 DOE의 고준위폐기물저장사이트(3개소) 외에 테네시州 오크리지, 뉴멕시코州 로스알라모스, 네바다州 핵폭발실험장의 지하 6미터의 핏트에, 또 민간 폐기물은 반웰, 비이티, 리치랜드의 지하 6미터 핏트에 모두 銅製캐니스터에 넣어져 매몰되어 있다. 이 밖의 민간시설, 모리스는 1975년, 웨스트바레이는 1977년, 맥셀·후랏츠는 1978년에 폐쇄되었다.

② 방사성폐기물 정책법

聯邦레벨에서의 방사성폐기물 관련법에는 「1980년 저준위폐기물 정책법」이 있었다. 그러나 同法은 商用저준위폐기물의 처분을 發生州의 책임으로 하는 등 한정적인 것이며, 원자력산업계

軍事用再處理工場

工場名	設置者	所在地	能力	操業開始	備考
(미국) Idaho Chemical Processing Plant	DOE (Idaho Nuclear Corp.)	Idaho	高濃縮 우라늄	1952	國立研究所· 潛水艦用
Hanford Works Savannah River Plant	상동 (Atlantic Richfield) 상동 (E. L. du Pont de Nemours and Co., Inc.) () 內運轉者	Washington S. Carolina	數톤 / 日 10톤 / 日	1951 1954	軍事用Pu生産 潛水艦用· Pu 生産

와 전기사업자는 광범위한 「방사성폐기물법」의 조기성립을 기대하고 있었다.

이러한 기대에 부응한 것이 1983년 1월에 성

립된 「1982년 방사성폐기물 정책법」과, 1986년 1월에 개정된 「1986년 저준위폐기물 정책법」이다.

民間再處理프로젝트

所在地 (所在州)	事業主體	採用技術	年間再處理能力	備 考
West Valley 뉴 욕	Nuclear Fuel Services社	Purex 法	金屬우라늄, UO ₂ 300톤	1966年商業運轉, 1972年運轉中止
Morris (일리노이)	General Electric社	Aquafluor 法	UO ₂ 300톤	運轉에 들어가지 않은 채 1974년에 中斷
Barnwell (사우스캐롤라이나)	Allid General Nuclear Services社	Purex 法	UO ₂ 1,500톤	1977年 4月 카터政策으로 中斷. 레이건政權下에서도 進捗안됨
Knoxville (테네시)	Exxon Nuclear社	不詳	1,500톤	1976年 6月, NRC에 建設許可申請 1977年 4月 카터政策으로 中斷

英 國

再處理

BNFL(英國原子燃料公社)의 세라필드(윈즈케일) 공장에서는 마그녹스燃料, AGR(개량형 가스냉각로)과 경수로의 사용후핵연료를 재처리하고 있었지만, 현재는 마그녹스연료의 재처리만을 하고 있으며, AGR과 경수로용 연료는 푸울내에 보관되어 있다. AGR 연료와 경수로용 연료의 재처리는 현재 건설중인 THORP 플랜트에서 실시될 예정이다. 이 새로운 플랜트는 연간 1,200우라늄/톤의 처리능력을 갖추고 있다. 1982년 가을에 준비공사가 개시되어, 1990년대 초까지 조업을 개시할 계획이다.

BNFL의 1980년대 투자계획은 총액 20억 \$ (1982년 1월가액)이며, 투자대상이 될 시설은 마그녹스연료 재처리 관련시설, THORP 공장, 고준위폐기물 유리固化工場 등이다. 이 중 고준위폐기물 유리固化工場은 1982년에 사이트공사를 개시, 1980년대 말까지는 조업을 개시할 예정이다.

1985년에 BNFL 세라필드공장에서의 베타와 알파放射核種廢液의 총량은 BNFL의 年例報告에 의하면 1984년의 절반이하로 감소되었다. 이것은 대규모 새로운 플랜트가 운전을 개시했기 때문이다. 배출량은 재처리프로그램과 처리플랜트의 가동상태에도 의하지만, 이러한 수준으로 앞으로도 추진하는 것으로 볼 수 있다.

放射性廢棄物の 處理·處分

영국에서는 고준위폐기물의 最終地層處分이 검토되기 전에 최저 50년간 地表施設에 저장된다. 저장책임은 BNFL에서, 비용은 재처리고객에 의해 지불된다.

低·中준위폐기물의 경우 저준위와 半減期가 짧은 중준위폐기물은 淺部地中에 매몰하고, 熱을 발생시키는 중준위폐기물은 深部地中處分을 실시하게 되어 있었지만, 하원의 반대가 있어서 모든 중준위폐기물이 深部地中處分되게 되었다.

처리·처분의 민간사업체로서 1982년 7월 NEI 웨스트·테크놀로지社가 발족되어 低·中준위폐기물의 처리·처분 실시, 관련설비에 관

한 서비스업무를 주로 하고 있다.

① 原子力産業放射性廢棄物管理公社 (NIREX)의 상업화: NIREX는 1982년 低·中준위폐기물 처분의 조정·관리를 실시하기 위해 설립되었는데, 당초는 委員會的 組織이었다. 1985년 11

THORP工場の 再處理契約數量 (單位: tU)

國 名	爐 型	契約數量
英 國:		
CEGB	AGR	1,320
SSER	"	530
日 本	LWR	2,296
西 獨	"	843
스 위 스	"	401
스 웨 덴	"	140
스 페 인	"	144
이탈리아	"	127
네덜란드	"	45
카 나 다	CANDU	2
合 計		5,848

[資料] European Energy Report 1986. 5. 2

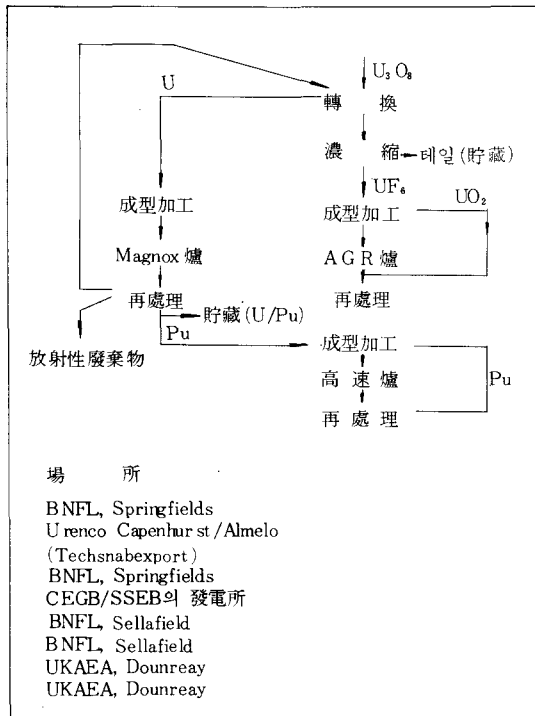
월 국영 회사 UK·NIREX로 주식회사화되었다. 당면과제는 비교적 저준위이며, 半減期가 짧은 低·中준위폐기물의 淺層處分場의 설계와 건설이다.

② 海洋投棄: 1949년 이래 저준위 고체폐기물의 深海投棄를 실시하였는데, 당초에는 영국해협을 사용하고 있었으나 1955년에 대서양으로 옮기고, 1971년부터 현재의 해역(부리틴섬에서 남서500마일, 수심 4,000m)을 사용하고 있다.

1949~1975년 영국이 해양투기한 방사성폐기물의 총중량은 약 6만7천톤(그중 약 70%는 폐기물을 넣은 용기의 중량)이었다. 그러나 현재 해양투기는 하지 않고 있다.

프 랑 스

再處理

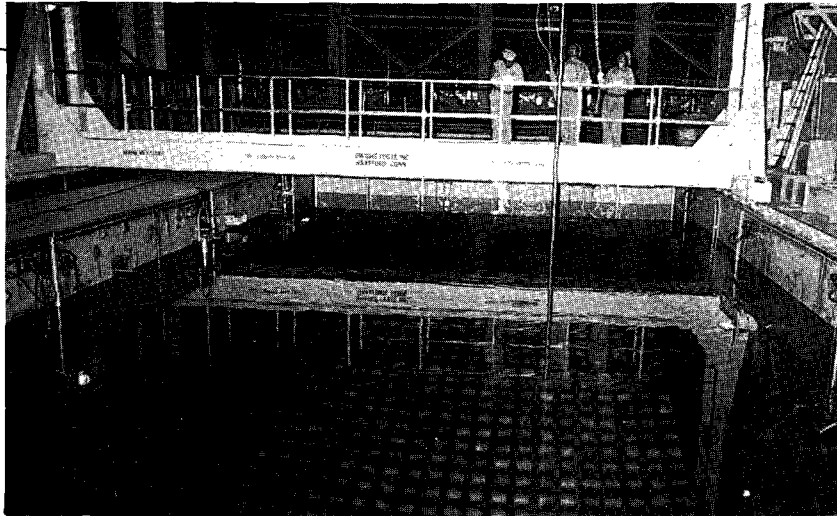


料燃料 사이클圖

프랑스에서는 사용후핵연료가 1년간 원자력 발전소내에 저장되며, 그후 라·아그의 재처리 공장 저장푸울에서 최저 2년간 저장된다. 同工場에서는 당초부터 있었던 250톤의 저장푸울에 추가하여 1981년, 1984년, 1986년에 각 2,000톤의 저장푸울이 건설되었다. 1988년에 완성 예정인 푸울을 포함하면 최종적으로는 1만톤의 저장용량이 된다.

재처리는 COGEMA(佛원자연료공사)가 마르쿠울과 라·아그에서 실시하고 있다. 마르쿠울은 본래 군용시설이었다. 가스爐의 사용후핵연료를 재처리하고 있으며, 1985년에는 436톤을 재처리했다.

라·아그공장은 가스爐의 사용후핵연료용으로 시작했지만(1967년), 그후 경수로의 사용후핵연료도 재처리할 수 있게 되었다(1976년). 1987년 2월부터는 경수로전용이다. 1985년 2월에 1,000톤짜의 경수로연료를 재처리했다. 가스로 연료는 1987년 1월까지 누적 4,894톤을 재처



리했다.

1992년까지 경수로연료의 재처리능력을 400톤/年에서 800톤/年으로 확대할 계획(UP2 공장 건설), 800톤/年의 경수로연료재처리 공장을 라·아그에 건설할 계획(UP3공장 건설)이 진행되고 있다. 여력이 있는 재처리능력을 활용하여 해외로부터의 재처리 위탁을 적극적으로 추진하고 있으며, UP2에서의 계약재처리량은 1,227톤, UP3에서의 계약재처리량은 6,000톤이다.

프랑스에서는 당초 고속증식로의 조기실용화에 의한 플루토늄리사이클을 생각했지만, 증식로의 본격적 도입이 지연될 전망이기 때문에 회수플루토늄을 MOX 연료로서 경수로에 사용하게 되었다.

放射性廢棄物の處理·處分

低·中준위폐기물은 라·만슈저장센터에 매몰되어 있지만, 1990년까지는 가득 차기 때문에 오브縣 스테이누지점에 새 저장소가 건설되도록 되어 있다.

고준위폐기물은 유리固化시켜 저장하는 방법이다. 유리固化플랜트로서는 현재 마르쿠울시설이 운전되고 있다. 이것은 1978년에 운전을 개시한 세계최초의 공업규모 유리固化施設이다.

유리固化體는 장기간 걸리지 않으므로 地表

가까이에서 잠정적으로 냉각·저장한 후 지하에서 空冷·乾式·深層貯藏하는 편이 경제적이며, 안전하다는 방침이 나와 있다. 현재는 마르쿠울시설내의 저장소에 저장되어 있다.

알파폐기물, 유리固化體 등 장수명폐기물은 최종적으로 심층저장될 방침이지만, 그를 위한 준비단계로서 화강암, 岩塩, 粘土, 頁岩과 종류가 다른 4개 地質사이트가 선정되어, 약 3년간의 조사계획종료 후에 이중의 한군데를 최종적으로 실험저장소사이트로 결정한다. 제1단계의 실험결과가 좋으면, 제2단계에서 여기를 최종저장소로 사용할 계획이다.

西 獨

再處理

DWK (서독핵연료재처리회사)는 1985년 2월

라·아그(UP2)工場の 再處理實績

(單位: 톤)

	1984年	累積再處理量
黑鉛 가스 爐 燃料	185	4640
輕水 爐 PWR 燃料	177	688
” BWR 燃料	78	298
輕水 爐 燃料 計	255	986
增殖 爐 燃料 (피닉스)	2.2	10.0

재처리시설의 사이트를 바이에른州 바카스돌프로 결정했다. 이 플랜트(WA-350)의 연간재처리용량은 350톤이다. 1,500톤 사용후핵연료 수용저장푸울, 主프로세스건물(이용 가능 우라늄과 플루토늄회수용, 사용후핵연료절단·溶解施設), 폐기물처리와 저장 및 MOX 연료제조용 건물 등이 건설된다.

연방정부는 1985년 1월 이전부터의 연방과 각 주 수상의 공동결정사항(1979년 9월)인 사용후핵연료의 재처리계획을 추진하는 각의결정을 했다. 당시의 聯邦研究·技術相과 聯邦內務相은 이때 다음과 같은 점을 강조했다.

① 원자력법에서는 사용후핵연료를 저장하는 대신 재이용할 것이 강조되고 있다.

② 사용후핵연료의 재처리방식과 직접최종저장방식 사이에서 안전성에 관해 아무런 상위를 찾을 수 없다.

③ 재처리기술은 산업계에서 시험·입증되고 있으며, 이 기술은 이용가능하다.

④ 재처리는 인허가사항에 어울리는 기술이다. 직접 최종저장은 아직 인허가수속의 경험이 없다.

⑤ 現狀에서 보면 직접최종저장에 요하는 인허가기간은 빨라도 6~8년, 아마 10년은 걸릴 것으로 보인다.

⑥ 사용후핵연료에 있어서 직접최종저장기술의 적용은 재처리를 했을 경우 코스트가 고액이 되는 고온가스로와 경수로용 특수연료의 사용후핵

연료를 대상으로 하여 개발해야 한다. 연방정부는 외국으로의 위탁에 의한 재처리를 해결책으로 간주해서는 안된다.

(WA-350플랜트)

바이에른州 토지개발·환경부는 1985년 9월 DWK에 WA-350을 위해 제1차 건설분할허가증을 발급했다.

한편, DWK는 1986년 10월 州에 대해 제2차 건설분할신청서를 제출했다. DWK는 1988년중에 제2차 허가증이 발급될 것으로 기대하고 있다.

(파메라·유리固化實驗施設과 바카스돌프 재처리시설과의 관련)

바카스돌프 재처리시설내에는 고준위방사성폐기물 유리固化시설이 건설된다. 그때 벨기에 물에서의 파메라 고준위방사성폐기물 유리固化실험시설의 건설과 운전에서 얻어지는 경험이 활용될 것으로 보여진다.

1986년에 운전을 개시하여 DWK社가 운전하고 있는 벨기에 물에 있는 당시의 유우로케믹 재처리공장부지내의 파메라 고준위방사성폐기물 유리固化실험시설은 유우로케믹 재처리공장이 1974년까지의 운전기간중에 재처리하고, 그때 발생된 고준위방사성폐기물량 50톤을 유리固化시켰다.

그리고 536개의 特殊鋼容器가 유리固化體로 충전되어, 파메라시설 옆에 특별히 건설된 시설속에 잠정저장되어 있다. 1986년 10월부터 다음 단계로서 歐洲研究所의 사용후핵연료를 재처리하고, 발생된 800톤의 고준위방사성폐기물 용액에 대한 유리固化工程이 개시되었다.

파메라시설의 건설, 운전목표는 바카스돌프 재처리시설에서의 원자력법상 인허가수속, 그 후의 운전경험을 위해 벨기에와 서독에서 개발된 방식에 근거하여 고준위방사성폐기물의 유리固화를 산업규모로 실증하는 것이다.

	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
인허가수속	I TEG 2 TEG 3 TEG 4 TEG 5 TEG 6 TEG + TBG															
사이트준비	TEG 分別建設許可 TBG 分別準備認可															
연료사설 모듈 테스트	燃料施設의 試運轉 모듈·테스트의 試運轉															
핵프로세스施設																
우라늄회수, 저준위폐기물회수 건물, 저장푸울																
플루토늄 회수 및 試運轉																
試運轉	施設의 引渡															

WA-350 施設建設日程