



최인택 부장

〈 특집 Ⅱ 〉 原電연료加工시설의 증설과 전망

경수로 360톤U/年, 중수로400톤U/年

생산목표 설정하여 노력

최 인 택

한국원전연료 주식회사 신규사업부장

# 품질향상, 고연소도 原電연료 등 개발 생산성 높여 국제경쟁력 확보에 주력

## I. 原電연료의 국산화 추진 배경

### 1. 원전연료 국산화 중요성 인식

'70년대 두 차례의 석유파동과 '90년도 Gulf사태를 통하여 각국의 자원 무기화 과정을 경험하면서 세계 각국은 에너지의 안정적인 공급과 효율적 이용의 중요성을 새삼 인식하게 되는 계기가 되었다.

자원빈국으로서 우수한 인적자원을 갖고 있는 우리나라로서는 원자력을 통한 에너지문제의 해결을 추구하는 길 만이 국가 에너지 자립에 접근할

수 있다고 보고 원자력의 조속한 기술 자립과 우리나라의 주종 원자력 발전 시설인 가압 경수로 原電연료의 국산화 필요성에 대해 공감대를 형성하게 되었다.

### 2. 원전연료 국산화 추진 체계

국가 에너지 자립계획의 일환으로 '81년 7월 정부는 원전연료의 국산화

를 국책사업으로 추진할 것을 결정하고 원전연료의 기술자립과 설계 및 제조를 전담하기 위한 한연(주)를 외국 기술도입선과 합작으로 설립하였다.

이에따라 '88년부터 국내 소요 원전연료 전량을 공급하기로 하였으나 '84년 7월 사업계획을 변경, 원전연료 사업의 국가적 중요성을 감안, 외국의 간섭을 받지 않는 국내 독자 경영권 확보를 위해 합작을 그만두고 전액 국내 출자로 전환하였다.

이런 조치와 함께 제한된 인력과 기술의 효율적인 활용을 위해 설계는 한국원자력연구소가, 제조는 한국원전연료(주)가 수행하되 원자력연구소의 설계업무는 원전연료(주)와의 계약에 의거 수행하도록 결정하였다.

그후 상용화된 기술은 산업체로 이관한다는 정부 방침 및 '92년 6월 원자력위원회에 결정에 따라 원전연료(주) [이하 한연(주)]는 원전연료의 제조(경수로 및 중수로) 뿐만 아니라 설계업무도 직접 수행하기 위하여 '92년 1월 기술연구소를 설립, 고연소도 설계기술 확보에 총력을 기울이고 있다.

## II. 핵주기 기술 국산화

### 1. 국산화 범위

원광석의 정련, 천연 UF<sub>6</sub>로의 변환, UF<sub>6</sub>의 농축, UO<sub>2</sub>로의 재변환 및

성형가공(설계 및 제조) 등 일련의 선행 핵주기중에서 마지막 재변환공정의 성형가공부문을 원전연료의 1차적인 국산화 범위로 정하고 있다.

이런 계획을 추진한 결과 이 부문에 대한 국산화에 성공하여 성형가공 부문은 '89년부터, 재변환은 '90년부터 전량 국산 제품을 공급하고 있다.

### 2. 원전연료의 국산화 성공

#### ① 원전연료 제조기술 자립

'85년 한연(주)는 독일 Siemens사의 기술도입으로 연산 160톤U 규모의 경수로 원전연료 성형가공시설을 건설, '89년 1월부터 현재 가동중인 경수로 원전 8기 소요량 전량을 생산·공급중에 있다.

이는 현재 전세계 30개 원전보유국 중에서 원전연료를 자국에서 생산·사용하고 있는 9개 국가중의 하나에 해당되는 것으로서 미국무성의 핵통제 전문가인 Dr. Sessom은 “재변환 기술의 자립이 한국의 원전기술 자립 중 가장 두드러진다.”고 말한바 있다.

이러한 성과는 우리나라 원자력 기술자립계획중 최초로 그 핵심기술중의 하나를 국산화에 성공시킨 쾌거로 볼 수 있다.

#### ② 원전연료 설계기술자립

'89년부터 공급되는 고리형(古里型) 발전소의 교체노심설계와 영광 3, 4호

기 초기노심설계는 기술도입선인 서독 Siemens사 및 미국 CE사와의 협력으로 원자력연구소가 수행하고 있다.

그런데 정부방침이 결정됨에 따라 원전연료의 설계 및 제조를 한연(주)가 수행하기 위해서 한연(주)는 '92년 1월 기술연구소를 설립하고 현재 박사급 13명, 석사급 30명을 포함, 약 70명의 우수인력 및 전문설계경험인력을 확보하고 있다.

또한 한연(주)는 진화된 우수한 설계 기술 확보를 위해 설계 각 분야별로 총 200인/월 이상의 해외교육을 실시한 바 있고, '94~'95년중 웨스팅하우스(WH)사가 공급하는 한부분의 연료 교체노심설계에도 14명의 설계요원이 직접 참여하여 많은 실 설계경험을 습득하였다.

한편 설계를 위한 전산코드 및 전산기도 설치·운영, 독자적 설계를 위한 기반조성이 완료됨에 따라 '94년 10월부터는 설계에 착수하게 된다.

한연(주)는 원전연료 주기비 감소와 안전성이 최대한 확보된 고연소도 개량형 원전연료의 설계 및 제조를 위한 연구를 수행하여 기술의 국제 경쟁력을 확보함으로써 원자력 주기 기술 자립기관으로서 명실상부(名實相符)한 위상을 확보하기 위해 노력을 집중시키고 있다.

#### ③ 생산 및 공급실적과 그 의미

(가) 원전연료의 안정적 공급실현  
 '89년 상업가동이후 '94년 6월까지 총 785톤U(1,849다발)을 생산, 그중 746톤U(1,757다발)을 적기에 공급하여 현재 국내 전 원자력발전소에서 우리가 만든 품질이 우수한 국산 원전연료가 原電가동에 기여하고 있다.

(나) 국제수지 개선효과

통계에 의하면 '93년도 원자력발전량은 581억3천8백만kWh로서 이를 석유로 발전할 경우 약 1.1억 배럴(약 20억 달러)이 소요된셈이다.

이것은 우리나라가 원자력발전을 통해서 총 에너지의 수입액의 약 20%에 20억불의 외화지출을 절감시킴으로써 그만큼 국민 경제적 측면에서 엄청난 기여를 하였다고 할 수 있는 것이다.

### III. 가공시설 증설계획

#### 1. 장기전력수급계획

'91년 10월 정부는 장기전력수급계획을 수립('93년 변경), 2006년까지 14기(경수로 원전 10기 및 중수로 원전 4기)의 원자력발전소를 추가 건설하기로 하였다.

이러한 결정으로 연료의 국제적 수급여건의 불안정성을 감안할 때 필연적으로 신규 발전소에서 소요되는 원전연료의 안정적 공급문제가 제기된다.

현재의 시설은 가동중인 경수로 발전소 8기분의 소요연료만을 공급할 수 있는 용량이므로 중수로 가공시설을 조속히 증설해야 하는 필요성이 시급한 과제로 부상하게 된 것이다.

#### 2. 가공시설 증설계획

국내 소요 원전연료의 안정적 공급을 책임지고 있는 한연(주)는 '97년말 준공목표로 하는 가공시설을 증설계획을 수립, 추진하고 있는데, 그 주요 내용은 다음과 같다.

##### ① 가공시설 증설계획 주요 내용

- (가) 사업목표: '98년 이후 국내 소요 원전연료 전량 생산공급
- (나) 추진일정: '92년5월~'97년12월
- (다) 생산규모: 경수로 200톤U/년  
중수로 400톤U/년
- (라) 소요부지: 약 35,000평
- (마) 연 건 평: 약 6,000평
- (바) 상업가동시의 소요인력: 250명
- (사) 기술 확보 및 건설 추진방법
  - 기술도입분야: 경수로 재변환공정 (건설방법)
  - 중수로 성형가공 공정

- 용역수행분야: 기본설계, 상세설계, 시공감리
- 자치수행분야: 경수로 소결체공정 설계요건 인·허가 시운전 등

##### ② 사업계획 실시 내용

외국 기술도입선과 기술도입 및 가공공급계약을 체결하고 인·허가 및 공장설계자료를 입수하기 시작, 이를 이용하여 국내 용역업체는 공장 기본설계에 착수 하였다.

한편 증설부지를 확보하고 가공시설 증설을 위한 각종 허가 및 승인을 취득하고 토목 기본설계 및 실시설계를 완료, 곧 착수하게될 부지정지공사를 시발로 이제 본격적이고 가시적인 사업추진이 시작되고 있다.

##### — 가공시설 증설을 위한 주요허가 및 승인내용

- 개발제한구역내 행위허가(건설부)
- 대덕연구단지 입주 승인(과거처)
- 국가공업단지 개발사업 실시 계획 승인(대전시)
- 토지형질변경 허가승인(유성구)

원전연료 소요량 추이 (단위 : 톤U)

년도	'95	'96	'97	'98	2000	2005
경수로	247	212	241	231	285	269
중수로	90	190	280	370	360	360

# 原電연료加工시설의 증설계획과 전망

## 3. 기술도입 및 기기공급계약 체결

이 Project를 추진함에 있어서 경수로 재변환 건식공정과 중수로 성형가공공정은 외국으로 부터 기술도입으로 추진하기로 하였다.

이에 따라 '92년 6월 경수로 재변환 분야에 영국 BNFL, 독일 Siemens, 프랑스 Fragema, 및 미국 WH로 결정하였다.

중수로 성형가공분야에는 캐나다 GE Canada 및 ZPI와 우리나라 KAERI에 입찰안내서를 발급하였으며, '92년 8월 25일 BNFL, Siemens 및 Fragema사와 GE Canada 및 ZPI사로 부터 입찰제의를 접수하여 기술성과 경제성 등을 각 분야별로 평가한 바 있다.

그후 '93년 11월 30일 프랑스 Fragema사와 캐나다 CGE사를 경수로 재변환분야와 중수로 성형가공분야의 기술도입선으로 최종 선정하고 계약협상을 거쳐 '94년 7월 양사와 기술도입 및 기기공급 계약을 각각 체결하였다.

### - Fragema사와 체결한 기술도입계약의 주요내용

- 재변환 기술 제공
- 소결체 제조기술 정보 제공
- Dry Scrap 회수기술 정보 제공
- 핵물질 계량관리 기술정보 제공

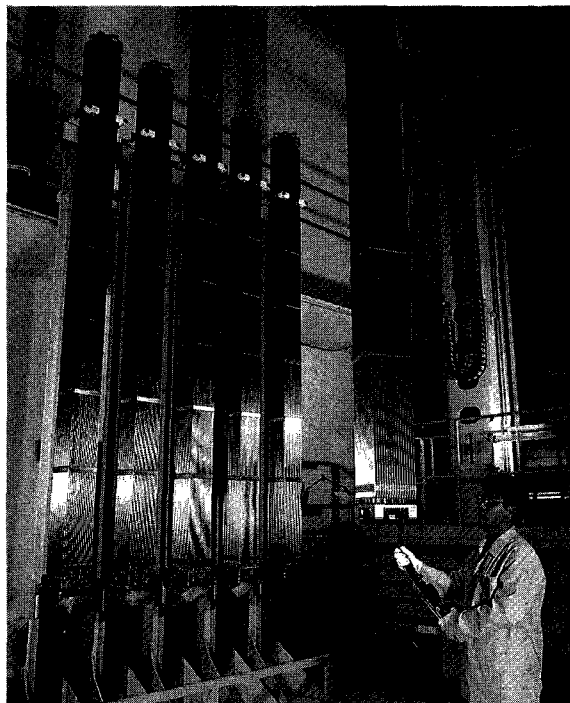
- 공정기술 및 QA/QC 기술자료의 제공 등
- 기기공급계약
  - 주요 기자재 및 보수자재 공급
  - 공장 건설용 설계자료 제공 및 기술지원
  - 인·허가 관련 자료 제공
  - 국산화 기기 도면 및 사양제공 등
- CGE와 체결한 계약도 기기공급계약은 Fragema사와 유사하며 기술도입계약은 다음과 같다.
  - 중수로 가공시설 제조기술 제공

- 구매기술 정보 제공
- Scrap 회수 기술정보 제공
- 핵물질 계량관리 기술정보 제공
- 공정기술 및 QA/QC 기술자료의 제공 등을 주요 내용으로 하고 있다.

## IV. 향후 과제와 전망

### 1. 추진과제

- ① 원전연료(중수로 및 경수로)의



〈연료가공공장에서 최종 조립이 완료된 연료봉 집합체〉

## 〈 특 집 Ⅱ 〉 原電연료加工시설의 증설계획과 전망

### 안정적 공급

증설계획이 차질없이 수행되어야 공급능력이 늘어나면서 원전연료의 안정적 공급이 가능하게 되고 전력공급의 안정화와 국가 에너지자립이 기여할 수 있게 된다.

### ② 국제 경쟁력 제고

가공시설 증설에 따른 경제단위규모의 달성과 기술개발 및 원전연료의 설계·제조 일원화에 따라 원가절감 및 효율을 극대화함으로써 장기적으로 생산가격을 절감시켜 국제경쟁력을 제고할 수 있게 된다.

### ③ 고연소 개량 원전연료 개발

WH형 설계기술과 CE형 설계기술확보를 단계적으로 추진하고 2000년대초 고연소도 개량 원전연료 개발을 목표로 기

술개발에 박차를 가하고 있다.

이 계획이 완성되면 기술과 품질 및 경제성에서 국제경쟁력을 완벽하게 갖추게 될 것이다.

### ④ 기자재 국산화를 제고

제품 생산에 소요되는 관련 기자재 및 부품에 대한 국산화율을 높임으로써 실질적인 해외 의존도를 줄여야 한다.

이러한 능력이 향상되어야 관리상의 용이성과 경제성 향상은 물론 국내 관련 산업에 대한 고도기술의 파급효과를 가져올 수 있게 된다.

### ⑤ 해외시장 진출

여건이 성숙되면 원전연료 설계 및 제조기술과 제품(UO<sub>2</sub> 분말, 집합체 등)을 가지고 해외시장에 나가 기술과 품질로 선진국과 경쟁을 해야 할 것이고 우

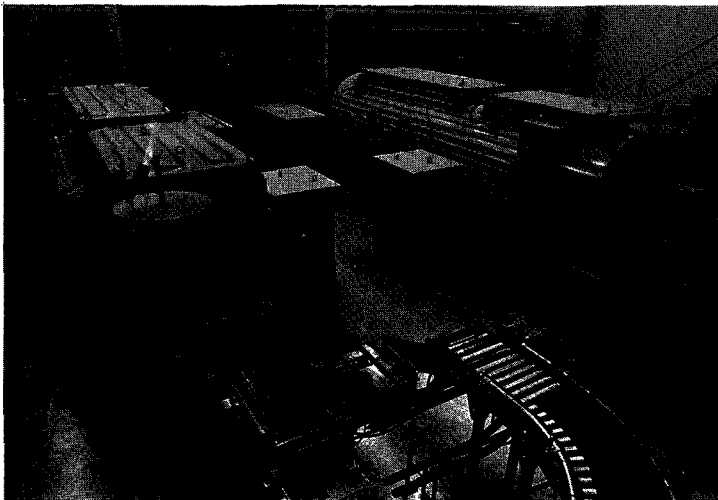
리는 그때를 위해 많은 준비를 해야 할 것이다.

## 2. 전망

이 계획이 완료되면 기존시설 포함, 경수로 360톤U/년, 중수로 400톤U/년의 가공시설을 확보하게 되어 장기전력수급계획에 의거 늘어나는 신규 원자력발전소에 소요되는 원전연료를 안정적으로 공급할 수 있게 된다.

그뿐 아니라 이러한 목표달성은 경제단위규모를 갖추게 함으로써 국제경쟁력을 향상시킬 수 있다.

한편 한연(주)는 원전연료 생산에 적합한 건식공정의 시설 및 기술의 조기확보로 원전연료 기술자립의 고도화를 촉진하여 장기적으로 원전연료의 해외시장 수출기반을 구축할 수 있게 되기를 기대하고 있다.



〈압분체(Green Pellet)를 高温(1,750도C)으로 소결시켜 UO<sub>2</sub> 소결체를 제조하는 소결로(燒結爐)〉

## 原子力 주요일지

### 6월 9일~23일

중국 광동원전의 총경리 등 내한, 원전관련기관·업체 시찰.

### 6월 11일~14일

제3차 한·러원자력공동조정위원회 개최, 양국은 핵융합로 개발, 신소재연구 및 핵물질 계량관리 기술 교환 등 원자력 첨단기술분야에서의 상호협력에 대해 협의.

### 6월 14일~17일

「원자력안전조약」의 조약채택 외교회의(오스트리아 빈), 원전 안전성에 관한 국제간의 법적규제에 합의.

### 6월 17일

한국원자력연구소 鞠溢鉉 박사(원자력신소재개발분야)·한국과학기술원 姜錫重 교수(무기재료공학과) 팀, 핵연료제조에 원심분무법을 이용해 성능이 크게 향상된 우라늄실리사이드(U<sub>3</sub>Si) 제조 성공.

### 6월 23일

미국과 러시아, 군사목적의 플루토늄 생산을 전면 중단하고 플루토늄을 생산하는 러시아측 원자로를 단계적으로 폐쇄하기로 하는 협정을 체결.

### 6월 24일

일본원자력위원회, 플루토늄을 생산하는 핵연료재처리시설과 고속증식로의 개발계획을 뒤로 미루고, 잉여 플루토늄을 보유하지 않는다는 원칙 확정.

### 6월 24일

울진 1·2호기에 대한 IAEA의 안전점검 결과 모든 분야에서 매우 높은 수준의 안전관리활동이 이뤄지고 있다는 잠정평가 나옴.

### 6월 26일

한국전력, 원자력발전소를 포함, 발전소를 건설할 경우 건설공사 단계에서부터 해당지역의 경기활성화를 제도적으로 도울 수 있는 방안 마련하기로.

### 6월 28일

과기처, 방사선 안전관리에 공이 큰 개인과 단체를 선정, 94년부터 이들에게 장관표창 및 부상 수여기로 결정.

### 7월 2일

· 한국원자력연구소가 개발한 원전안전종합평가코드(KIRAP)가 국내 원전사상 처음으로 미국전력연구소(EPRI)에 수출.

· 상온핵융합에 관한 실험방법과 장치가 세계최초로 미국에서 특허로 인정.

### 7월 7일

러시아의회, 핵폐기물처리를 엄격히 규제하기 위한 법안 통과.

### 7월 12일

월성 2호기 증기발생기 완성하여 韓重에서 출하.

### 7월 13일

한국원자력연구소 원전사업센터 비파괴사업부 崔明善 박사팀, 원자력발전소의 핵연료손상여부를 초음파로 검사하는 새로운 비파괴검사기술 개발 발표.

### 7월 25일

한국원전연료(주), 프랑스의 원전설비 전문기업인 프라제마社, FBFC社와 원전연료분야에 관한 기술 협력을 제공받는 계약체결.

### 7월 27일

제234차원자력위원회 : 「2030년을 향한 원자력장기 정책방향(안)」, 「1995년도 방사성폐기물 관리기금 운용계획(안)」의결. 「원자력연구개발 중장기계획(1992~2001) 보완(안)」은 다시 소위원회를 구성하여 결론 짓기로 함.

### 7월 29일

· 환경과 에너지문제를 복합적이고 장기적으로 연구할 에너지·환경연구센터(소장 金相敦)준공.

· 과기처, 미국과 방사선 비상통신훈련 실시.

### 8월 1일

한전기공, 미국 웨스팅하우스社가 시공한 원전의 4개분야 정비사업업무수행 결정.

### 8월 3일

미원정보기술(주), 한국원자력안전기술원이 발주한 방사능정보종합관리시스템(CARE)수주.

### 8월 16일~9월 3일

감사원, 울진 3·4호기, 영광 3·4호기, 월성 2호기 등 5기의 원전건설사업에 대한 특별감사 실시.