

## 蘇聯의 원자력발전소와 연료사이클시설

15개 공화국으로 이루어져 있는 소연방은 이른바 「8월 혁명」을 계기로 급속한 변혁을 보여 90년 9월6일에는 에스토니아, 라트비아, 리투아니아의 발트연안 3개 공화국이 소연방으로부터 이탈, 정식으로 독립함에 따라 지금까지 중앙집권적인 국가체제를 고수해 왔던 소연방은 각공화국의 자주적인 결정에 따른 주권국가연합체제를 향해 크게 움직이기 시작했다. 이런 가운데 원자력개발체제에 대해서도 연방과 공화국간의 관계에 대해 검토가 이루어지고 있는 것 같은데 최종적인 결정이 내려지기까지는 얼마간 시간이 걸릴 것 같다. 여기서 기존의 자료를 토대로 소련의 원자력발전소와 연료사이클 시설의 현황 및 분포에 대해 소개하기로 한다. 그러나 연료사이클시설에 대해서는 그라스노스트(정보공개)가 진전되었다고는 하나 여전히 불명확한 면이 있어 이에 대한 사전양해를 구한다.

### 운전중인 원자력발전소

현재 운전중인 원자력발전소는 다음과 같다.

흑연채널형로(RBMK)와 가압수형로(VVER)가 거의 半半으로 되어 있고 나머지는 얼마 안되는 고속증식로(BN), 비등수형로(BWR), 熱併給발전소가 차지하고 있다.

#### 1. 흑연채널형로(RBMK)

- (1) Chernobyl 1, 2, 3(각 100만kW) 우크라이나공화국
- (2) Ignalina 1, 2(각 150만kW) 리투아니아공화국
- (3) Kursk 1, 2, 3, 4(각 100만kW) 러시아연방공화국
- (4) Leningrad 1, 2, 3, 4(각 100만kW) 러시아연방공화국
- (5) Smolensk 1, 2, 3(각 100만kW) 러시아연방공화국
- (6) Obninsk (0.6만kW) 러시아연방공화국

#### 2. 가압수형로(VVER)

- (1) Balakovo 1, 2, 3(각 100만kW) 러시아연방공화국
- (2) Kalinin 1, 2(각 100만kW) 러시아연방공화국
- (3) Khmel'nitski 1(100만kW) 우크라이나공화국
- (4) Kola 1, 2, 3, 4 (47만kW 2기, 44만kW 2기) 러시아연방공화국
- (5) Novovoronezh 3, 4, 5 (44만kW 2기, 100만kW) 러시아연방공화국
- (6) Rovno 1, 2, 3 (44만kW 2기, 100만kW) 우크라이나공화국

(7) South Ukraina 1, 2, 3 (각 100만kW)  
우크라이나공화국

(8) Zaporozhe 1, 2, 3, 4, 5 (각 100만kW)  
우크라이나공화국

### 3. 고속증식로(BN)

(1) Beloyarsk 3 (BN-600, 60만kW) 러시아연방공화국

(2) Shevchenko (BN-350, 15만kW, 海水脱鹽) 카자흐공화국

(3) BOR 60 (1.2만kW, Dimitrovgrad 소재) 러시아연방공화국

### 4. 비등수형로(BWR)

VK 50 (6.2만kW, Dimitrovgrad 소재) 러시아연방공화국

### 5. 열병급발전소

(1) Siberia 1, 2, 3, 4, 5, 6(각 10만kW, RBMK) 러시아연방공화국

(2) Bilibino 1, 2, 3, 4(각 1.2만kW, RBMK) 러시아연방공화국

이외에 운전을 중지(폐쇄)한 Armenia 원전 1,2호기(각 40.8만kW, VVER)가 아르메니아공화국에, 건설을 중지한 Crimea 원전 1, 2호기(각 100만kW, VVER)가 우크라이나공화국에 있다.

## 소련의 연료사이클

### 1. 우라늄채광과 제련

(1) 우라늄매장량 200만톤 중 73만5,000톤(60달러/kgU 이하), 46만 5,000톤(60~90달러/kgU), 80만톤(90달러/kgU 이상)

#### (2) 채광법

지하채굴, 노천채굴, 地下리칭(현재 30%가 지하리칭법, 1995년에는 40~50%로 확대 예정)

#### (3) 제련

습식야금공장에서 처리(산화우라늄제조), 처

리능력 500~5,000톤 U/년

소련의 우라늄광산과 제련공장은 단독으로 존재한다기 보다는 각종 광물자원을 취급하는 대규모시설의 일부로 되어 있으며 다량의 우라늄이 磷酸鹽, 褐炭, 귀금속, 특수금속 등의 생산과정에서 부산물로 회수되고 있다.

우라늄광산의 예 :

#### (1) 쉘호첸코(카자흐공화국)

카스피해 연안 쉘호첸코市 남방 40km의 Karague 분지에 있는 소련 최대급의 우라늄 및 레어어스노천채굴광산

#### (2) 나보이(우즈베크공화국)

세계최대급의 노천채굴광산(금을 포함한 광석생산)

소련원자력발전·산업성의 우라늄채굴·제련산업국 산하의 아래 기관이 우라늄채굴·제련시설이라고 볼 수 있다.

(1) 산업합동 「Almaz, Lermontov, 스타프로포리 지역 (러시아연방공화국)

(2) 산업합동 「South Polymetal Combine, Beshkek

(3) 산업합동 「Prikaspiysky (Caspian) Mining & Smelting Combine, 쉘프첸코(가자흐공화국)

(4) East Mining & Refining Combine, 조르티에보디 (우크라이나공화국)

(5) 「소연방 건국 50주년 기념」 Mining & Smelting Combine, 나보이 (우즈베크공화국)

(6) Mining & Chemical Combine, Tchkalovsk, 레니나마트 지역 (타지크공화국)

(7) Zabaikal'sky Mining & Refining Combine, Pervomaisky, Chita지역

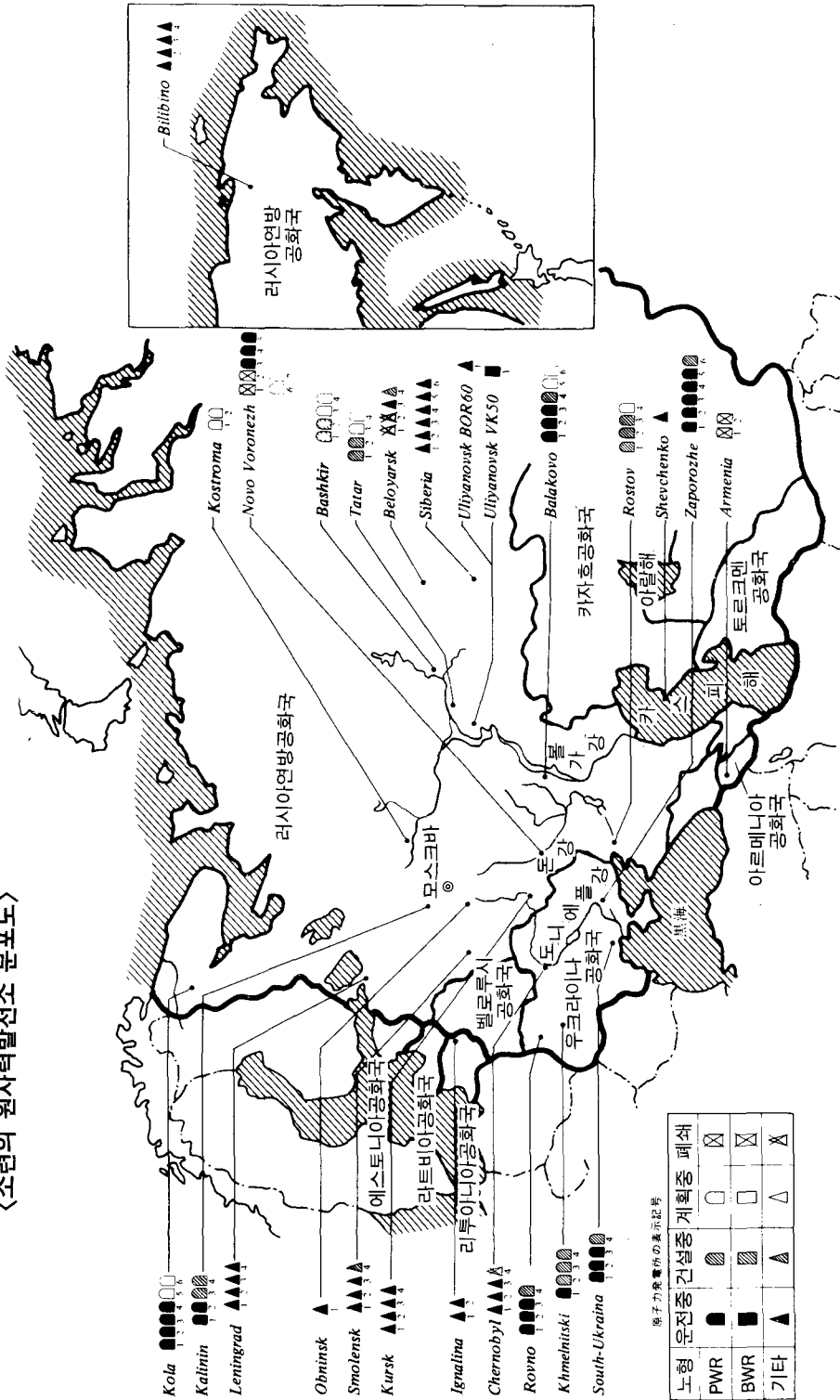
(8) Tselinney Mining & Chemical Combine, Stepnogorsk

(9) Malyshevsk's Mining Utility, Malysheva, 스페르드트로호스크 지역 (러시아연방공화국)

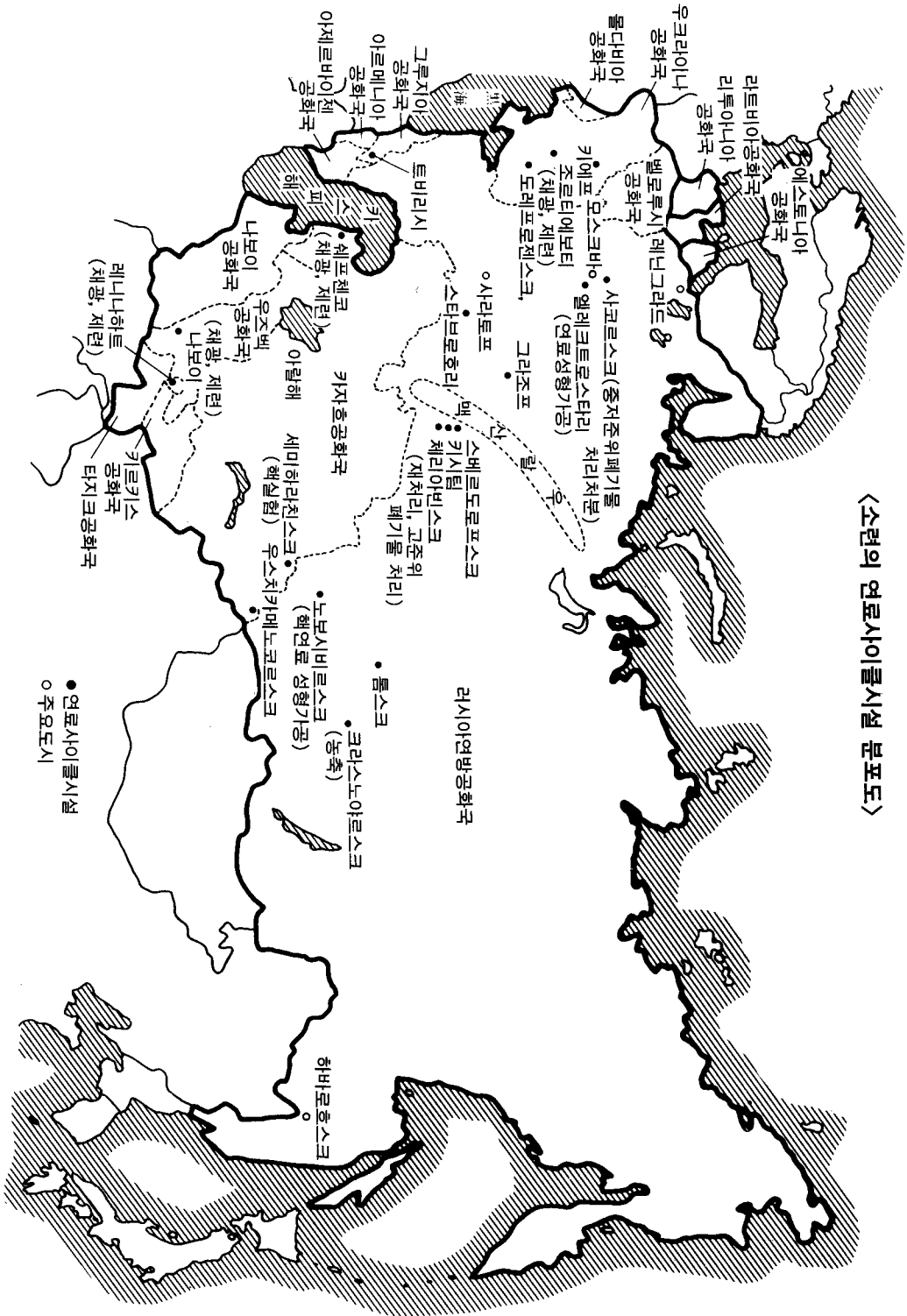
### 2. 우라늄농축

(1) 산업규모의 농축은 1949년에 가스확산법을 사용해 개시(우랄산맥 스페르드트로호스크 지

〈소련의 원자력발전소 분포도〉



〈소련의 연료사이클시설 분포도〉



방, 러시아연방공화국)

(2) 1960년대부터 원심분리법을 산업규모로 사용

(3) 현재는 원심분리법이 주체(전체의 95%가 원심분리법, 5%가 가스확산법)

(4) 최초의 원심분리시험공장(원심분리기 500대) 스페르드로호스크 지방에서 1957년에 조업개시

(5) 최초의 상업용 원심분리농축공장, 1962~1964년에 조업개시

(6) 현재능력

1억kW분의 공급가능

(7) 농축공장(4개소, 모두 원심분리 module 이 있음)

① 스페르드로호스크의 우랄전기화학콤비나트(러시아연방공화국)

② 크라스노야르스크의 전기화학공장(러시아연방공화국)

③ 기타 2개소

(8) 핵무기급의 고농축우라늄생산은 1987년에 정지

(9) 1971년 서유럽 고객상대로 농축서비스판매개시

(10) 1970년대 중반에 V/O Techsnabexport가 서유럽제국의 전력회사와 계약체결

① 동유럽제국의 농축서비스전량을 공급

② 서유럽제국의 농축서비스 약 10%를 공급

(11) 1990년 미국 Yankee 전력회사그룹과 장기계약(1992~2002년, 4,000tSWU)

(12) 한국전력공사와 장기계약(바터계약)

(13) 최근에는 동유럽제국과 新계약으로 개정(달러·베이스로 지불, 사용후연료거래는 하지 않기로 결정)

### 3. 연료제조

(1) 1억 2,000만kW분의 능력

(2) 연료제조공장의 예 :

① 연료성형가공공장, 엘렉트로스타리(러시아연방공화국), 엘렉트로스타리는 모스크바에서 약 50km 지점에 있는 위성도시

㉠ VVER 연료(VVER-440용만, VVER-10

00용은 노보시비리스크 신설공장에서 제조)

㉡ RBMK 연료 : 전량

㉢ FBR 연료 : BN-350, BN-600용

㉣ AST 연료 : 전량

② 연료성형가공공장, 노보시비리스크(러시아연방공화국) : VVER-1000용 연료

소련원자력발전·산업성의 원자력·구조재료야금·핵연료제조국 산하의 아래 기관은 연료제조공장, 지르코늄피복판공장, 원자력관계 재료공장 등으로 보인다.

(1) 산업합동 「Machine-Building Plant」, 엘렉트로스타리(러시아연방공화국)

(2) 산업합동 「Pridneprovskiy Chemical Plant」, 도네프로젤진스크(우크라이나공화국)

(3) 산업합동 「Ul'binskiy Metallurgy Plant」, 우스치카메노고르스크(카자흐공화국)

(비고)우스치카메노고르스크에 있는 올빈스키야금공장에는 베릴륨제조시설이 있는데 1990년 9월12일 폭발, 화재사고가 발생했다.

(4) 산업합동 「Chemical Concentration Plant」, 노보시비리스크(러시아연방공화국)

(5) Chemical & Metallurgy Industrial Association, Sillamyae

(6) 산업합동 「Tchepetsk's Mechanical Works」 그라조흐(러시아연방공화국)

### 4. 사용후연료재처리

(1) 제1재처리공장, 첼리아빈스크(러시아연방공화국)

① 1977년 조업개시

② VVER-440의 사용후연료용

③ 처리능력 400톤/년(소련국내외)

④ 플렉스法(mixer settler)

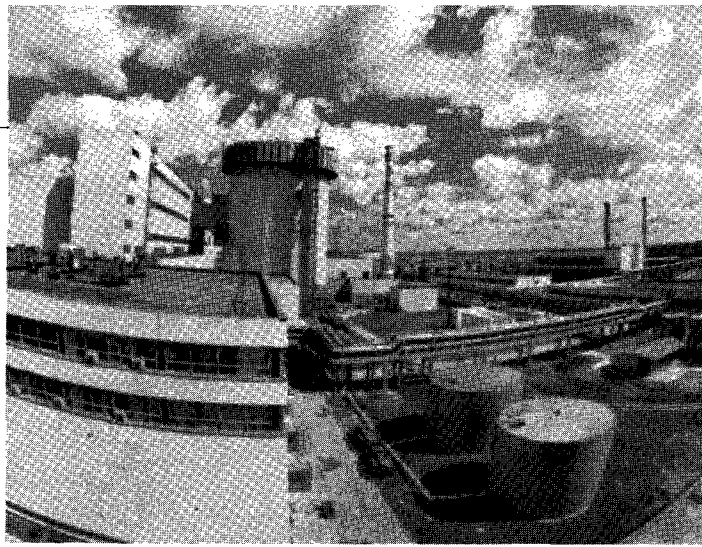
㉠ 2산화플루토늄은 공장내에 일시 저장

㉡ 고속로 및 열중성자로의 MOX 이용 실험연구 진행중

(2) 제2재처리공장, 크라스노야르스크(러시아연방공화국)

① 건설중, 현재 건설중단(원자력개발속도를 낮춘데에도 원인이 있음)

② VVER-1000의 사용후연료용



③ 처리능력 1,000톤/년

④ VVER 사용후연료저장시설은 이미 조업 중

(3) 제1, 제2공장 전체로 원자력발전소 1억 kW분 이상의 처리능력

(4) RBMK의 사용후연료재처리는 현재 경제성이 없는 것으로 판단, 발전소내 및 중앙저장시설내에 임시저장후 대책을 마련하기로 결정

소련원자력발전·산업성의 동위원소분리·재처리·생산기술국 산하의 아래 기관이 농축공장, 재처리공장인 것으로 보인다.

(1) R/D Institute of Stable Isotopes, 트비리시 (그루지아공화국)

(2) 산업합동 「Majak」, 첼리아빈스크 (러시아연방공화국)

(3) Manghyslack's Energy Combine, 쉘프첸코 (가자흐공화국)

(4) Siberian Chemical Combine, 톨스크 (러시아연방공화국)

(5) Ural's Electrochemistry Combine, 스페르트로호스크 (러시아연방공화국)

(6) B.P. Konstantinov Chemical Combine, Kirov-Chepetsk, Kirov지역 (러시아연방공화국)

(7) Electrochemistry Plant, 크라스노야르스크 (러시아연방공화국)

## 5. 방사성폐기물의 처리·처분

(1) 시험공장규모/상업규모의 유리固化, bitumen 고화, 시멘트고화

(2) 고준위폐기물처분장 및 지하연구소부지를 현재 선정중

(3) 폐기물처리처분시설의 예 :

① Mayak 생산기업체 (첼리아빈스크)

② 재처리공장, 고속로연료·동위원소제조공장, South Ural 원전 등

④ 액체폐기물농축과 저장, 유리固化와 固化體 저장

④ 고준위폐기물의 유리고화

⑤ 2호 Melter, 1990년말~1991년초에 완성

⑥ 원자력船舶용 연료와 연구로용 연료로부터의 고준위폐액에 사용

⑦ 발전로용 연료로부터의 고준위폐액은 抽出·분리후에 유리고화

Mayak 생산기업체에서는 1948년 플루토늄 생산을 위한 군수공장의 조업이 시작됨에 따라 1949~1952년에 걸쳐 다량의 고준위방사성폐기물(300만퀴리)이 테차江河에 방출되었다. 또 1957년에는 「키시탐」에 있는 플루토늄생산시설내의 고준위폐기물저장소에서 냉각실패로 폭발이 일어나 주변에 방출되었다.

Radon(모스크바방사성폐기물처리처분 센터, 자고르스크 소재)

① 연구소, 대학, 공장, 병원 등으로부터의 방사성폐기물, 동위원소폐기물을 처리처분

② Radon은 모스크바市, 모스크바州와 그 주변 8개州를 담당

③ 소련전역에 이러한 시설이 34개소 있다 (러시아연방공화국 15개소, 우크라이나공화국 6개소, 기타 각공화국 1개소씩)(原子力資料 91年 11月號).

## 92년 1월호 정정안내

지난 1월호의 내용 중 편집과정에서의 착오로 인해 누락된 부분을 게재합니다. 관련 회원사에 다시 한번 사과드립니다.

-편집자-

### □ 29 page 이후

안전성향상을 위한 기술정보관리개선 및 국제협력강화도 간과할 수 없는 과제로서 미국원자력발전협회, 국제원자력기구 및 세계원전사업자협회와의 협력 이외에 경제협력개발기구(OECD/NEA) 및 중국, 러시아공화국 등과의 협력사업에도 적극참여할 방침이며 특히 상반기에는 미국원자력발전협회에 의한 고리 1호기의 안전점검을 실시하고 하반기에는 울진 1, 2호기에 대한 국제원자력기구의 점검을 실시할 예정이다.

원전주변지역주민에게 운영실상을 공개하고 이해를 향상하는 차원에서 환경방사능감시활동 및 방사선비상훈련시에 지역주민의 참여도를 확대해 나가며 주민 및 종사자에 대한 역학조사도 지속적으로 실시하여 객관적이고 체계적인 자료를 확보할 예정이다.

한편 원전공개월보, 원자력발전백서 및 각종 언론매체 등을 통한 원전운영 및 건설관련 실상 공개를 더욱 체계적이고 적극적으로 추진하며 특히 123전화를 이용하여 원자력에 대한 궁금증을 해결하여 주는 음성자동응답시스템의 보완 및 전국적 확산 등을 통해 누구나 쉽게 이용할 수 있도록 제도적 장치를 마련할 방침이다.

현재 설립단계에 있는 원자력홍보전담기구의 지원과 함께 사내의 홍보협력체제구축에 만전을 기하며 원전에 대한 국민의식흐름에 대한 과학적인 연구와 분석을 통해 전문성을 제고함과 동시에 사전홍보에 역점을 두고 다양한 국민이해활동을 전개할 계획이다. 또한 원전입지확보의 여건조성을 위하여 건설단계별로 주민설명회를 개최하는 등 지역주민의 공감대확산에 주력하는 한편 지역사회와의 유대강화를 위한 지역협력사업 등에 최선을 다할 예정이다.

### □ 44 page 오른쪽 3행 4행 사이

특히 작년 8월30일 수주한 울진 3, 4호기 토건공사는 그동안 원자력공사유경험자를 추측으로 하여 92년 5월1일 기초굴착공사에 차질이 없도록 하기 위하여 만반의 준비를 하고 있다. 현재 시공준비상태는 직원사택(118세대) 및 독신자숙소(200명 수용)를 개, 보수중이며 원자력전문인력 및 실무경력자를 추측으로 한 전담반을 구성하여 전문기술교육실시와 작업여건개선방안을 강구하고 있다. 또한 현장여건이 협소한 관계로 충분한 작업장확보를 위하여 사토장을 준비중에 있으며, 對관청업무처리를 위한 유대강화 등 원활한 공사여건조성에 주력을 다하여 3, 4호기 건설공사를 공기내에 완벽하게 준공처리함으로써 국내전력수급에 차질이 없도록 할 것이다.

울진 3, 4호기 건설주요공정을 살펴보면 다음과 같다.

- 1992. 5. 1:3, 4호기 기초굴착공사
- 1993. 5. 1:3호기 최초 콘크리트타설
- 1995. 5. 1:3호기 원자로설치
- 1995. 12. 1:3호기 수전설비가압
- 1997. 7. 1:3호기 고온기능시험
- 1998. 1. 1:4호기 수압시험
- 1998. 5. 1:4호기 고온기능시험
- 1998. 6. 30:3호기 준공 <상업운전>
- 1999. 6. 30:4호기 준공 <상업운전>

### □ 84 page 오른쪽 22행

753인·랩 → 339인·랩