

現代化 서두르는

原子力 開發

스 페 인

스페인인 지금 아레스首相의 民主化 路線을 배경으로 現代化를 尙해 크게 第一歩를 발디딤하러 하고 있다. 특히, 原子力 開發에 대해서는 「1985년에는 電力의 50%를 原發로서 憵당한다」라고 말할 만큼 힘을 쓰고 있다. 失業·인프레라는 국내문제를 안고서 어떻게 現代化를 達成해나갈까, 바스크族의 獨立운동과 관련된 原發反對 운동의 움직임은——.

計劃中을 포함해 41基로

프랑코의 獨裁政治는 스페인의 現代化를 현저하게 후퇴시켰으나, 현재는 과학기술의 도입이나 국제협력력을 강력하게 추진하여 선진 공업국의 하나가 되려고 몸부림 치고 있다.

現代化의 一側面으로서 原子力 開發의 기구를 보면, 우선, 研究爐인데 마드리드에 있는 TEN-1號는 1958년에 臨界에 달하였다. 熱出力 3,000kW의 沸型 원자로로서 20% 농축 우라늄을 사용하고 있다. 바르세루나에 있는 ARGOS爐는 1960

년에 임계에 달하였는데 熱出力 10kW의 黑鉛減速, 輕水冷却型 原子爐로서 여기서도 20% 농축 우라늄을 사용하고 있다.

빌바오에 있는 ARBI爐는 1962년에 臨界에 달하였다. 이 원자로는 型式·성능이 모두 ARGOS爐와 같다. 이외에도 마드리드에는 熱出力 100kW의 高速中性子 原子爐도 있다. 이 원자로는 1968년에 임계에 달하였다. 最大 中性子束은 日本의 것보다 낮으나, 爐物理 실험을 하는 데는 憵분하다.

스페인에서는 원자력 개발에 상당한 예산을 투입하고 있다. 빠른 시기에 비교적 中性子束이 높은 연구爐를 건설한다든지 또 高速 中性子 原子爐를 건설했던 것을 생각해 보면 스페인은 원자력개발 선진국의 하나라고도 할 수 있다. 그리고, 이 사실들은 오늘의 원자력 발전의 巨大한 計劃에 結付된다.

發電計劃에 의하면, 스페인에서는 1985년까지에 電力의 50% 이상을 원자력 발전으로서 憵당할 예정이다. 別표에서와 같이 운전중인 發電爐 3基를 포함해서 建設중 14基, 이미 發注한 것 6基

各國의 高速 中性子 原子爐

| 裝置名 | AFSR | HARMONE | 東大爐 | TAPIRO | CORAL-1 |
|----------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 所在地 | 미국 | 블란서 | 일본 | 이탈리아 | 스페인 |
| 燃料 | 93% 농축우라늄 | 左 同 | 左 同 | 左 同 | 左 同 |
| blanket | 0.2% 劣化 우라늄 20cm | 0.68% 劣化 우라늄 10cm | 0.4% 劣化 우라늄 10cm | 0.7% 天然 우라늄 10cm | 0.7% 天然 우라늄 20cm |
| 反射體 | 없음 | 스테인리스 | 납 | 구리 | 없음 |
| 冷却方式 | 強制空氣냉각 | 左 同 | 左 同 | 강제加壓 He 냉각 | 공기자연냉각 |
| 最大中性子束 n/cm ² ·sec | 5.7 × 10 ¹¹ | 1 × 10 ¹² | 8 × 10 ¹¹ | 3 × 12 ¹² | 6 × 10 ¹⁰ |
| 爐心稼重力 | 無 | 從型 | 橫型 | 無 | 無 |
| 臨界年度 | 1960 | 1965 | 1971 | 1969 | 1968 |

계획중 18基등 合計 41基이다.

그러나, 이와 같은 원자력 발전의 巨大計劃도 경제伸長の 鈍化나 높은 인플레이션, 또 바스크地方 등의 반대운동이 원인이 되어 최근에는 대폭적인 지연을 가져오고 있는 실정이다.

프랑코의 시대에는 경제적이거나 군사적 으로서도 미국과 밀접한 관계가 있어서 이것을 뒷바침 하듯이 현재 운전중인 호세·카루베라 원자력 발전소는 미국의 WH社의 加圧水型 原子爐, 또, 산타·마리아·데·가로오니아는 미국 GE社의 沸騰水型 原子爐이다. 이들의 발전爐는 商業爐로서는 세계적 視点에서 생각해 보아도 先行爐의 하나이다.

호세·카루베라 原子力 발전소에서는 1971년에 燃料棒 折損事故가, 1969년에는 노즐 干涉型의 燃料棒 屈曲事故가 세계에서 최초로 일어났다. 구아다라하라県 아루모나시·데·소리아타市 교

외의 다호江沿岸에 있는 호세·카루베라 원자력 발전소는 수도인 마드리드에서 66km 떨어져 있고 半徑 20km以内에는 5万名이 살고 있다. 冷却水는 가까운 소리아타의 댐에서 끌어 들이고 있다. 이 원자력 발전소의 所有者·運轉者는 유니온·일릭 트리카社인데 설계者는 WH社, 또 主 契約者는 스페인의 WH·아토믹·파워社이다. 이 원자력 발전소의 發電爐의 爐心의 크기는 等價直徑 1.8미터, 有効높이 2.43미터이다. 이 爐心에 69体の 燃料 集合體가 들어있다. 二酸化 우라늄 裝荷量은 21톤. 이 爐의 平均出力 密度는 77kW / 리터. 연봉료의 被覆管은 두께 0.6밀리미터의 지르칼로이製이다. 商業爐에 오늘날 사용하고 있는 것 같은 長尺연료관에 지르칼로이를 사용한 것은 加圧水爐에서는 이 소리아타爐가 세계에서 최초였다. 연료집합체는 14配列의 것이 사용되고 있으

스페인의 原子力發電所

| | 發 電 所 名 | 所 在 地 | 型 式 | 電氣出力(萬kW) | 運轉開始(予定) |
|----------------------------|-------------------|---------|-----|-----------|----------|
| 運 轉 中 | 호세·칼베라 | 구아다라하라 | PWR | 160 | 88.7 |
| | 산타·마리아·가로니아 | 블 고 스 | BWR | 46 | 71.3 |
| | 반데로오스 1號 | 다 라 고 나 | GCR | 50 | 72.5 |
| 建 設 · 計 劃 中 | 아루마라스 1號·2號 | 카 세 레 스 | PWR | 93 | 77~78 |
| | 레모오니스 1號·2號 | 비 스 카 야 | PWR | 93 | 77~78 |
| | 아스코 1號 | 다 라 고 나 | PWR | 93 | 77 |
| | 아스코 2號 | 다 라 고 나 | PWR | 93 | 79 |
| | 코프렌테스 | 바 렌 시 아 | BWR | 97.5 | 79 |
| | 트리리요 1號·2號 | 구아다라하라 | 未 定 | 100 | 82~86 |
| | 사자고 | 사 모 라 | 未 定 | 100 | 80 |
| | 발데가바레로스 1號·2號 | 바 다 호 스 | 未 定 | 100 | 81~82 |
| | 산티리안 | 산 탄 델 | 未 定 | 90 | 80 |
| | P. 엔데라 1號·2號 | 기브스코아 | 未 定 | 100 | 82~83 |
| | 레가도오라 | 주 우 고 | 未 定 | 90 | 82 |
| | 벨가아라 | 나 바 라 | 未 定 | 100 | 86 |
| | 오그에리아 1號·2號 | 비 스 가 야 | 未 定 | 100 | 88~89 |
| | C. N. 데·아라곤 1號·2號 | 시 라 고 사 | 未 定 | 120 | 82~86 |
| | 가아보고오바 | 물 시 아 | 未 定 | 100 | 81 |
| | 타리파 1號·2號 | 가 더 스 | 未 定 | 100 | 81~83 |
| | 에스카트론 1號·2號 | 사 라 고 사 | 未 定 | 100 | 82~85 |
| | 아스바지이리오 | 웰 바 | 未 定 | 100 | 90~92 |
| | 반데로오스 | 다 라 고 나 | 未 定 | 90 | 81~84 |
| | 아메트리아·데·마일 1號·2號 | 다 라 고 나 | 未 定 | 90 | 81~85 |
| C. N. 델·बाट·신카 | 웨 스 카 | 未 定 | 100 | 84 | |
| C. N. 델·바라노 | 레 온 | 未 定 | 100 | 84 | |

며 集合体当 196本の 연료봉이 배열되고 있다.

被覆管의 최고 온도는 347℃이고 冷却水의 流速은 秒速 3.5미터이다. 冷却材의 온도는 入口에서 291℃, 出口에서 317℃이다. 또, 냉각재의 压力은 入口에서 164氣壓, 出口에서 162 氣壓이다. 1次 冷却系의 루프數는 하나이며 이 스텐리스鋼의 配管의 内徑은 70cm이다. 사고시의 爐心 冷却用에 ECCS가 備置되어 있다.

爐心에서 中性子の 照射를 받은 지르칼로이 製 被覆管은 照射成長에 의해서 연료봉의 軸方向으로 伸長하며 미리 연료봉 上端과 上部노즐의 底面과 의 사이에서 잡아둔 空際部를 넘어서 底面과 접촉하여 그 접촉력으로서 屈曲이 發生한다. 이와 같은 현상을 WH社가 처음으로 발견한 것도 1969年, 이 소리아타爐에서 였다. 对策으로서는 照射에 의한 연료봉의 伸長을 상세하게 조사하고 이를 기초로 해서 노즐과 연료봉과의 間隔을 適正히 넓히도록 변경하였다.

또, 中性子 經濟를 개선하기 위해서 制御棒 案内샘플의 재료를 스텐리스鋼에서 피복관과 같은 재료인 지르칼로이로 변경했으므로 兩者의 열팽창의 차가 감소하여 이 결과로서 그 후의 연료에서는 이와 같은 타입의 굴곡은 생기지 않고 있다.

1968年 7월에 운전을 시작한 소리아타爐의 第1回 연료교환이 1971년에 行하여졌는데 이때, 爐心の 最外部의 연료 집합체의 外周연료봉이 일부 折損되어 있는 것이 발견되었다. 당시, 이 折損은 연료취급시의 失手로서 된 것이라고 판단하고 第2 사이클의 운전에 들어갔다.

그런데, 第2回 연료교환시·第1回 연료교환시에 파손한 연료와 同一한 裝荷位置에 있었던 연료집합체의 일부에 折損이 발견되었다. 또, 이것과 对稱位置에 있는 연료집합체의 일부에도 折損이 발견되었다. 이와 같은 연료봉의 折損 사고는 日本에서도 1973년에 美浜1号爐에서도 발견되었다.

折損의 原因은 爐心 벗필板부터의 橫流 水流에 의한 것이다. 이 橫流 水流를 막는 방법으로는 벗필板 外側의 흐름 方向을 下方流로부터 上方流가 되겠끔 설계하여 爐心 벗필板의 内側의 흐름 方向을 一致시키므로써 压力差를 없애게 하는 것이 行해지고 있다.

이미, 운전에 들어가 있는 爐에 대해서는 벗필板의 이음한 곳의 틈을 制限値 以下로 좁게하여 橫流 水流의 영향을 적게 하고 있다. 이 방법의 有動性은 소리아타爐의 운전 실적으로서 증명되고 있다.

—工学徒·技術者 必携의 技術書—

FLOW OF FLUIDS

THROUGH

VALVES, FITTINGS, AND PIPE

CRANE

Technical Paper No. 410

(口 訳 版)