

# 中小型爐의 開發과 利用 ( I )

最近 世界의 原子力界에서는 低경제성장으로 電力需要의 신장을 低下에 의해서 原子爐 發注의 감소와 長期間에 걸친 大型發電所 建設上의 자금부담 등으로 受動安全시스템과 固有安全性을 가진 中小型原子爐 開發에 대한 관심이 급속히 높아지고 있다. 이러한 상황하에서 1987年 8月24日부터 26日 까지 스위스의 로잔느市에서 「第1回 中小型原子爐 國際會議」가 EPFL / SMIRT / IAEA 공동주최로 열렸다. 다음은 이 會議에서 發表된 內容을 중심으로 世界의 中小型原子爐 開發과 利用現況, 앞으로의 展望 등을 2회에 걸쳐 紹介한다.

## 中小型爐 開發利用의 現況과 展望

### 1. 序 論

이번 會議에서는 中小型爐에 대해 지금까지 발표가 없었던 各種 爐型, 즉 스위스 2건 (SHR, GEYSER), 이탈리아 1건 (MARS), 캐나다 1건 (AMPS), 핀란드 1건 (소련형 개량 PWR) 등의 내용이 처음으로 발표되었다.

또한 지금까지 거의 몰랐던 중소형로의 경제성에 대해 이번 會議에서 자세히 알 수 있었는데, 경수로 (LWR)에서도 그 경제성은 상당히 양호함을 알 수 있었다.

중소형경수로 (SLWR)와 대형로인 신형경수로 (ALWR) 및 FBR모듈의 併存이 성립된다는 미국의 의견은 인상적이었다.

美國에서는 發電專用的 中小型輕水爐 600 MWe를 標準爐로 하여 개발할 의향이 강하고, 한편 유럽제국에서는 더 소형의 熱供給爐 (10MWt) 및 100MWe, 300MWe, 500MWe 등의 熱電氣供給爐를 시리즈화하여 개발하는데

적극적이었다.

흔히 말하는 세가지 안전성의 개념, 즉 Inherent Safety (고유안전성), Passive Safety (수동적인 안전성)와 Walk-away Safety (운전원이 사고후 수일간 부재해도 안전성이 유지되는 것)의 정의가 사람에 따라 다르고 폭이 있었지만, 이번 會議에서 國別, 爐型別 또는 메이커별로 그 내용을 명확히 알 수 있었다.

개발도상국 등의 중소형로 시장은 매우 넓다고 IAEA (국제원자력기구)는 언명하고 있지만 (금후 30년간에 70基), 정말 필요로 하고 있는 나라, 예를 들면 핀란드, 아르헨티나, 인도 등은 기술을 수입, 이것을 기초로 하여 自立開發을 착실히 추진하고 있다.

기술의 기반은 각국 모두 實證性 있는 기술을 사용하는 것을 기본으로 하고 있다. 특히, 新規性있는 기술은 아세아·아톰社의 덴시티록 機構 (1次系統循環水の 밀도차에 의한 自動특)로서 실증시험을 실시하고 있다. 중소형경수로

와 모듈형FBR 및 중소형, 모듈형 고온가스로 모두 각각의 설계마다 규모의 차이는 있지만 실증시험을 계획중이며, 적극적으로 대처하고 있다.

## 2. 開發要求와 用途

地域暖房, 工業用 프로세스·熱 또는 造水(海水의 淡水化)를 위한 열공급을 전용으로 하는 중소형경수로의 설계·개발이 스웨덴, 핀란드, 소련, 캐나다 그리고 스위스에서 진행중이며, 또 서독에서는 중소형고온가스로(HTGR)로 石炭가스화와 메탄올생산, 石油精製를 위한 열공급을 하는 專用爐의 설계·개발을 추진하고 있다. 스웨덴에서는 熱·電氣併給爐로 중소형경수를 설계·개발중이다.

發電專用的 中小型爐로 미국에서는 경수로, 고온가스로, FBR이, 또 서독에서는 중소형고온가스로, 중수로, 경수소가, 그리고 캐나다에서는 소형중수로(CANDU-300)가 설계·개발되고 있다.

## 3. 市場性과 各國의 開發動向

美國의 電氣事業에 대해 EPRI와 로스알라모 스國立研究所가 실시한 시장성조사의 결과에서 중소형로에 대한 전기사업자의 구매의욕은 매우 높고(적어도 3년에 1基 베이스로 건설), 그 경우 규모(유니트容量)는 200~400MWe를 원하는 그룹과 400~700MWe를 원하는 두그룹으로 나뉜다.

이와 같은 美國內市場에 대해 메이커側에서는 경수로의 경우 WH社가 AP-600, GE社가 SBWR 등 모두 600MWe級을 개발중이며, 또 고온가스로의 경우 GAT社가 모듈러 HTGR(350MWt×4基)을 개발하고 있다. FBR에 대해서는 GE社가 PRISM, RI社가 SAFR이라는 모듈형 FBR을 개발하고 있다.

서독에서는 개발도상국을 대상으로 한 수출용 中小型高溫가스爐의 개발이 진행되고 있는데 BBC/HRB社의 HTR-100, THTR-300, HTR-500과 인터아툼社의 HTR 모듈(200MWt×2~4基)이 유력하다.

스웨덴에서도 개발도상국으로의 수출용 중소형경수를 개발중인데 열공급전용로인 SECURE(400MWt), 발전용 및 열공급도 가능한 SECURE-P(PIUS)爐, 500MWe)가 아세아·아툼社에 의해 설계·개발되고 있다.

캐나다에서는 熱供給實證爐 SLOWPOKE(2 MWt, 경수로)가 개발되고 있으며, 국내시장을 겨냥한 10MWt級 중소형로도 설계·개발되고 있는데 중공 등으로의 수출도 고려하고 있다. 또, 수출용으로 CANDU-300이라는 發電用重水爐도 개발하고 있다.

스위스에서는 自國內의 熱供給專用爐로 10 MWt의 SHR(BWR) 및 10~50MWt의 GEYSER(PWR)을 설계·개발중이며, 핀란드에서는 소련형 경수를 개량한 것을, 아르헨티나는 서독 KWU社의 중수로인 PHWR을 베이스로, 또 인도에서는 캐나다의 중수로인 CANDU를 베이스로 하여 自國用을 목표로 자력으로 기술을 개발하고 있다.

## 4. 安全性과 認許可

(1) 安全性에 관한 세가지 概念 : 그 定義

a) Inherent Safety(固有安全性)

사고시의 열제거와 爐停止 등 안전성 확보의 조건이 자연적인 물리현상으로 달성되는 것, 즉 붕괴열의 제거와 핵반응정지 등 안전성 확보의 조건이 자연스러운 물리현상에 의해서 안전성이 달성되는 것이 필요하다. 일부에서는 爐全體로서 포괄적으로 Inherent라 말하고 있었으나 이것은 애매한 정의이며, 엄밀하게는 上記 각각의 조건마다 자연스러운 물리현상으로 안전성의 확보가 실증되어 비로소 Inherent

(表 1) 中小型炉의 開發利用 狀況

| 國名<br>炉型 | 美 國  | 西 獨   | 仏   | 스웨덴   | 스위스  |
|----------|--|---|---|---|--|
| LWR      | ○WH社 AP-600(600MWe, PWR)<br>○GE社 SBWR(600MWe, BWR)<br>國內發電用<br>△WH社 10MW MTP(10MWe, PWR) 空軍基地用   | ○KWU社<br>SBWR-200(200MWe, BWR)<br>NHP(200MWt, BWR)<br>熱供給專用炉  | △프라마툼<br>NP-300<br>(300MWe, PWR)<br>輸出用                     | ○아세아·아톰社<br>SECURE-P(PIUS)(500MWe, PWR)<br>SECURE-H(400MWt, PWR)<br>熱供給專用炉<br>輸出用   | ○EIR社<br>SHR<br>(10MWt, BWR)<br>△原子力研究所<br>GEYSER<br>(10~50MWt, F)<br>熱供給專用炉 |
| HTGR     | ○GAT社<br>모듈러-HTGR<br>(350MWt×4基)   | ○인터·아톰社<br>HTR 모듈<br>(200MWt×2~4基)<br>發電·工業用熱供給<br>○BBC/HRB社<br>HTR-100, 300, 500<br>(100MWe, 300MWe, 550MWe)<br>發電·工業用熱供給<br>主로 輸出用  | ×   | ×   | ×  |
| HWR      | ×  | ○KWU社<br>PHWR-300<br>(300MWe)<br>輸出用(이미 실적 있음)  | ×   | ×   | ×  |
| FBR      | ○GE社 PRISM(138MWe×9基)<br>○RI社 SAFR(350MWe×4基)  | △인터·아톰社<br>SNR-300(300MWe)  | ×   | ×   | ×  |
| 綜合<br>評價 | 國內：○<br>輸出：△   | 國內：×(大型炉路線)<br>輸出：○   | 國內：×<br>輸出：△  | 國內：×<br>輸出：○  | 國內：○<br>輸出：×   |
| 備考       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 國內需要는 分極化 200-400MWe, 400-700 MWe</li> <li>• LWR: 大型LWR에 대해</li> <li>• 資本費 5-15%up 發電費는 同等</li> <li>• 실증플랜트 없음</li> <li>• FBR: 大型 LWR에 대해</li> <li>• 資本費, 發電費 모두 능가 可能</li> <li>• 2010年商用化</li> <li>• MHTGR: 石炭에는 優位</li> <li>• ~650MWe까지는 LWR 보다 優位</li> <li>• 環狀炉心を 採用</li> <li>• ABWR, SLWR, FBR은 併存化</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 輸出指向大</li> <li>• HTGR:</li> <li>• 熱利用市場開拓에 積極的-石油精製가스化, 造水</li> <li>• 經濟性은 大型 LWR과 同等以上</li> <li>• BBC는 HTR-100, 300, 500을 시리즈化</li> <li>• 모듈方式採用</li> <li>• LWR(BWR, PWR), PHWR을 檢討中·顧客대기</li> <li>• 國際協力에 積極的</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 今回發表없음.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010년까지 原子力을 段階的으로 廢止, 輸出指向</li> <li>• 아세아·아톰社는 海外各社와 提携強化-WH, BBC</li> <li>• 熱利用 SECURE-H를 檢討中</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 地域暖房用 LWR을 自力發中</li> </ul>          |

凡例 ○: 開發에 全力을 傾注(豫算을 들어 政府 認許可에 努力), ○: 開發단계(적극檢討), △: 調査단계(内外動向에 對應程度), ×: 關心없음

| 카나다   | 소련   | 기타 (開途國포함)   | 일본  |
|---|--|--|---|
| ○ ECS社<br>AMPS (1.5MWt, PWR)<br>潛水艦用動力炉<br>○ AECL<br>SLOWPOKE<br>(10MWt, 스위밍·<br>폴형) 國內熱供給<br>用                   | ○ AST-500<br>(500MWt, PWR)<br>國內熱供給用<br>○ VVER-440<br>(220MWe×2基,<br>PWR)<br>輸出用 | ○ 핀란드<br>(500MWe, PWR)<br>소련 VVER-440<br>改良  | ○ 東芝<br>TOSBWR-900H (310MWe, BWR)<br>○ 日立<br>HSBWR-600 (600MWe, BWR)<br>○ 三菱<br>MISER (300MWe, PWR) |
| ×   | △  | △중공 등  | △   |
| ◎ AECL<br>CANDU-300<br>(400MWe, PHWR)<br>輸出用<br>시리즈화<br>(CANDU-600, 900)  | ×  | ○ 인도<br>INDIAN-500 (500MWe, PHWR)<br>캐나다의 CANDU-300이 베이스<br>○ 아르헨티나<br>ARGOS (380MWe, PHWR)<br>KWU의 PHWR-300이 베이스  | ×   |
| ×   | ×  | ×  | △電中研<br>(二重탱크型炉,<br>環狀 프로카플러 型炉)  |
| ○   | ○  |  | △   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>發電炉는 CAN-DU 시리즈 로 輸出指向, 工期 短縮에 역점.</li> <li>熱供給은 SLOWPOKE 炉를 開發</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>今回發表없음</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>핀란드, 아르헨티나, 인도는 輸入炉技術을 베이스로 自主開發推進</li> <li>開途國의 요구는 크나, 인플레이와 메인テナンス 문제 있음</li> <li>EC諸國의 熱·電氣併給 炉의 市場은 2020年까지 ~HTR 200MWt 로 30基</li> </ul> |   |

Safety를 가진 爐가 된다고 정의해야 될 것이다.

b) Passive Safety(受動的 安全性)

안전성 확보에 관한 기기가 모두 Passive여야 한다는 狹義의 것(미국 NRC가 주장)과, 일부 액티브한 기기도 있으나 Walk-away Safety는 지킬 수 있다는 廣義의 것(미국 GE社와 WH社 등 메이커의 의견)이 있다.

예를 들면 SECURE-P(PIUS爐), PRISM, HTR모듈 등은 협의의 Passive Safety를 갖고 있으며, SBWR과 AP-600 또는 중소형중수로는 廣義의 Passive Safety를 고려하고 있다.

c) Walk-away Safety

사고발생후 수일간정도(SBWR, AP-600에서는 3일간, PIUS에서는 7일간)는 운전원이 아무런 조작을 하지 않아도 안전이 유지되는 것으로서 Passive Safety는 기기의 동작원리에 대해 말하고 있는데 반해, Walk-away Safety는 인간과 기계의 관계를 말하고 있다.

(2) 認許可

중소형중수로의 안전기준은 현행 대형중수로의 안전기준에 준하는데 반해, 중소형로가 갖는 安全餘裕度는 간소화시켜 경제성 향상을 도모하자는 것이 다수의 의견이다.

한편, 중소형고온가스조에 대해서는 협의의 Passive Safety를 가짐으로써 재래의 대형로 기준과는 별도로 중소형로를 위한 새로운 기준을 제정하여야 한다는 의견도 일부 있다.

## 5. 經濟性

중소형로의 경제성은 發電爐의 경우 석탄화력과 경쟁할 수 있는 것을 첫째 목표로 삼고 있지만, 많은 爐가 대형중수로의와 결합에 대해서도 논의되고 있다.

석탄화력에 대해서 대부분의 爐가 충분히 경쟁할 수 있는 가능성을 갖고 있다고 한다. 그

러나 석탄은 경제성평가의 기초가 되는 석탄가격 등이 國家에 따라 크게 다르므로 이것을 일률적으로 비교평가하는 것은 타당하지 않다. 따라서 本稿에서는 대형중수로의와 결합성에 대해서 정리하였다.

(1) 中小型輕水爐(AP-600, SBWR 등)

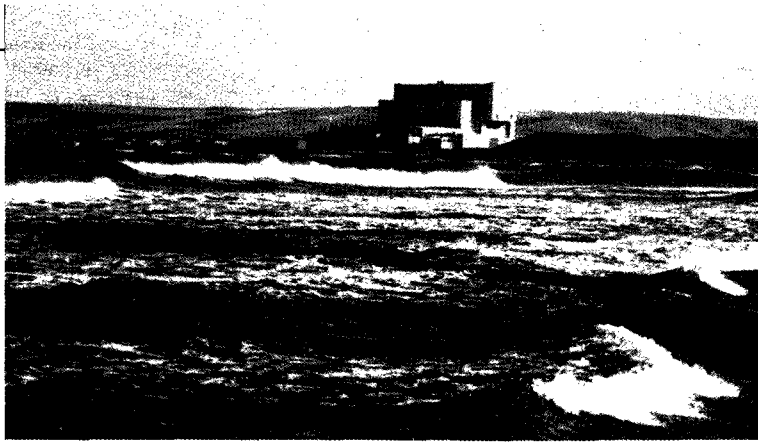
중소형로는 대형로와 같은 스케일메리트가 없기 때문에 KWe당 코스트에서는 대형로를 이길 수 없다. 그러나 Passive System의 도입과 간소화 그리고 리드타임단축과 기기의 모듈화·소형화 등에 의해 중소형로의 KWe당 資本費가 대형로의 50%(캐나다 AECL의 의견) 내지 15%(미국 EPRI의 의견) 상승 정도로까지 억제되면 자금리스크의 감소와 低負荷成長에 알맞는 설비투자의 平滑化(예를 들면, 8년에 1,200MWe 1基를 건설하는 것이 아니라, 4년마다 600MWe 1基, 합계 2基를 건설하는 것) 등에 의해 전체적인 kWh당의 코스트(발전코스트)에서 중소형로는 대형로와 동등하든가, 그 이하가 된다. 사실 15% 이하로 억제하는 것이 가능하다고 미국 메이커는 밝히고 있다.

(2) 모듈형 FBR(PRISM, SAFR)

모듈형 FBR은 모듈화와 소형화에 의한 齧熟效果가 매우 높으며, 중수로의와 비교하여 KWe당 資本費와 kWh당 발전코스트 모두 우수하다고 한다. 그러나 그 도입에 대해서는 사전에 實機에 의한 1모듈爐의 안전시험을 시행하기로 하고 있기 때문에, 그 商用化는 2010년 이후가 될 것이라고 한다.

(3) 中小型高溫가스爐(HTR시리즈) 및 모듈型高溫가스爐(M-HTGR, HTR-M)

HTR-500은 대형 중수로(PWR)와 비교하여 KWe당 資本費에서는 같은 정도이지만, 발전코스트(kWh당)에서는 상당히 우위가 된다.



또, 모듈형고온가스로의 경우 모듈化함으로써 習熟效果가 작용하기 때문에 그 발전코스트(kWh당)는 동일용량의 경수로보다 상당히 싸진다. 그러나 이와 같은 모듈화에 의한 경제적 우위성도 全體容量이 600MWe까지 이고, 그 이상이 되면 경수로쪽이 발전코스트(kWh당)에서도 우위이다.

## 6. 技術基盤

### (1) 中小型輕水爐

미국의 중소형경수로 개발은 실증성이 있는 기술의 사용을 기본으로 하고 있다. 예를 들면, WH社의 AP-600에서는 실적이 있는 캔드 모터펌프를 채용하여 1次系統의 간소화를 도모할 계획이지만, 慣性を 크게 하기 위한 설계 개량과 그 實證에 주력할 예정이다. GE社의 SBWR에 채용 예정인 스팀인젝터와 減壓밸브 등에 대해서도 개량설계와 그 실증시험을 실시하려 하고 있다. WH社와 GE社의 이런 시험에는 DOE의 자금이 투입되고 있다.

스웨덴에서는 SECURE-P(PIUS爐)의 특징인 덴시티룩機構가 新規技術이기 때문에 아세아·아톰社가 그 원리의 실증시험 및 고온·고압루프에 의한 시스템의 실증시험을 실시했다.

스위스의 10~15Mwt 소형경수로(BWR형과 PWR형)는 개념검토의 단계이지만, 核燃料은 실적이 있는 BWR, PWR의 설계를 기본으로 했다. PWR형은 爐心과 대용량보온수루프사이

의 자연순환루프가 여러 겹으로 되어 있는 등 복잡한 시스템으로 되어 있어서 0.5Mwt 증기 가열의 熱水力모델에서 시험을 계획하고 있다.

캐나다의 AMPS爐도 특별히 신규기술을 채용하고 있지 않으나, 爐停止後 자연순환냉각이 가능해지는 패시브安全성의 실증시험을 계획중이다.

### (2) 모듈형 FBR

PRISM, SAFR 모두 DOE의 자금으로 금속 연료, 電磁펌프 등의 개발실증시험을 추진하고 있다. 1990년에는 상세설계에 필요한 각종 시험데이터가 축적될 것으로 전망되며, 그 후에는 주요기기의 프로토타입제작이 계획되어 있는데, 특히 PRISM은 初號機에 의한 실증시험이 그대로 實機의 안전성을 실증하게 되는 것이 특징이다.

### (3) 高溫가스爐

서독의 중소형 및 모듈형 고온가스로는 AVR爐와 THTR-300爐의 운전실적과 실증완료기술에 의거 개발하고 있지만, 燃料要素의 耐熱性 향상과 증기발생기, 냉각재다트 등의 고온기기 개발과 신뢰성 향상을 위해 시험을 계속 실시하고 있다.

미국 GAT社의 MHTGR은 영국, 서독, 미국의 고온가스 기술의 기초로 개발하고 있는데, 1990년초에는 최종설계에 착수할 수 있을 정도로 데이터를 축적할 계획이다.

## 7. 結 論

중소형로의 개발이용상황을 國別, 爐型別로 정리하고, 各名의 開發水準에 대해 메이커(개

발주체)別로 평가한 결과를 表1에 나타내었다. 또 이번 會議에서 발표된 최신정보에 의거, 해외의 대표적인 중소형로 각각의 특징을 정리한 것이 表2이다.

〈表2〉 中小型炉의 특징

| 개념명칭       | 輕 水 爐  |   |   |   |  |   |  |
|------------|--|---|---|---|--|---|--|
|            | SECURE-P(PIUS)   | AP-600  | 10MW-MTP  | SBWR  | SHR  | GEYSER  | AMPS   |
| 개발주체       | 아세아·아톰 스웨덴   | WH 美國   | WH 미국   | GE 미국   | EIR 스위스  | SIN(원자력연구소) 스위스   | ECS Power Sys tems 캐나다   |
| 爐型·出力      | PWR, 500MWe  | PWR, 600MWe   | PWR, 11.5MWe<br>공군기지용   | BWR, 600MWe   | BWR, 10MWt<br>열공급로   | PWR, 10~50MWt<br>열공급로   | PWR, 1.5MWt<br>잠수함용  |
| 개발상황       | 개념설계종료, 기본원리실증시험중  | 개념설계, 1989년 상세설계  | 상세설계완료(단, 캐슬)   | 개념설계  | 개념설계   | 개념검토단계  | 개념설계단계, 열수력모델시험예정  |
| 안전성에 관한 특징 | <ul style="list-style-type: none"> <li>밀도특을 끼운고농도 보론수(1차계)의 침입</li> <li>물수의 붕괴열 제거능력: 7일간</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>중력에 의한 爐心補給수탱크에서의 ECCS 수주입과 자연순환에 의한 잔류열 제거로 패시브 안전성 향상</li> <li>단, 밸브는 사용</li> <li>워크어웨이 안전성</li> <li>캐드펌프 채용에 의한 계통단순화 2루프爐</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>자연환경과 중력에 의한 注水이용, 패시브 안전성 향상</li> <li>단, 밸브는사용</li> <li>워크어웨이 안전성은 3일 정도</li> <li>캐드펌프 채용에 의한 계통단순화 1루프爐</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>중력낙하 ECCS, 스팀인젝터 등으로 안전성 향상</li> <li>단, 밸브는사용</li> <li>워크어웨이 안전성은 3일 정도</li> <li>자연순환 爐</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도(18.4kW/l), 중력낙하식제어봉</li> <li>보론수注入系</li> <li>원자로 용기는 콘크리트 물내에 水沒</li> <li>잔류열을 수주일에 걸쳐 제거한다(패시브系)</li> <li>자연순환로</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>다중 자연순환 루프에 의한 패시브系</li> <li>보론수만에 의한 출력제어</li> <li>워크어웨이 안전성(시스템의 실현성이 금후의 과제)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>U-Zr-H 연료</li> <li>대용량 물수 보유</li> <li>자연순환에 의한 물수 및 海水의 붕괴열 제거</li> </ul> |
| 경제성에 관한 특징 | <ul style="list-style-type: none"> <li>현지공사가크다</li> <li>다량의 물수의 수질관리</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>대형 원자력 및 석탄화력과경합</li> <li>밸브·배관·펌프의 삭감</li> <li>건물용적의 40% 축소</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>간소화</li> <li>밸브, 熱交, 배관, 펌프의삭감</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>석탄화력과 동등이 목표</li> <li>대형 LWR에반해 자본금 15% UP</li> <li>발전코스트 ~98% 목표</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>100~120SFr/MWth 목표</li> </ul>   |   |  |
| 제조·건설      | <ul style="list-style-type: none"> <li>PCCV가 공정의 律速</li> <li>현지공사 크다.</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>모듈에 의해 공기 42개월</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>간소화</li> <li>건설기간30개월</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>모듈화 설계</li> <li>건설기간 3년 반</li> </ul>   |  |   |  |
| 운전·保守      | <ul style="list-style-type: none"> <li>인터페이스의 안전성·응답성</li> <li>다량의 1차계·물수의 수질 관리</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>부하추종은 보론농도 조정에서 그레이로드 설치로 대응하도록 변경</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>3년/사이클운전</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>부하추종은 터빈바이패스와제어봉(FMCRD)을 사용</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>무인운전의 가능성도 고려</li> <li>부분부하는 서브클로조정</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>보론수만 의한 출력제어</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>1000Full Power day</li> </ul>   |
| 연료         |  | 연료교환간격 18개월   | 3년 교환, 3.5% 농축  |   | UO <sub>2</sub> , 변형 9×9 연료  | U-Zr-H 연료   | U-Zr-H 연료  |
| 백엔드        |  | 격납용기내에 사용후 연료를 저장   |   |   | 사용후 연료를 물내에 저장   |   |  |
| 立地·기타      |  |   |   |   | 4,000명 정도의마을에 연소도 17GWd/t  |   | 프레온 사이클에 의한 발전(100kWe)   |

| 개념명칭       | 輕水爐   |   |   |   |   | 重水   |   |
|------------|---|---|---|---|---|--|---|
|            | MARS  | CANDU-300   | Indian-500  | PHWR-300  | ARGOS   | SAFR   | PRISM   |
| 개발주체       | 로마대학<br>이탈리아  | AECL<br>캐나다   | DAE<br>인도   | KWU<br>서독   | ENACA<br>아르헨티나  | RI<br>미국   | GE<br>미국  |
| 노형·출력      | • PWR · 600MWt<br>· 170MWe                            | • CANDU-PHW<br>400MWe 발전용·수출용   | • CANDU-PHW<br>500MWe   | • PHWR, 300MWe  | • PHWR, 380MWe  | • 330MWe × 4<br>모듈형  | 138MWe × 3 × 3<br>모듈형   |
| 개발상황       | 개념검토단계  | • 개념설계완료,<br>상세설계중  | • 표준화를 목표로 설계중  | • 상세설계완료,<br>인허가 미취득,<br>90%개발완료                                      | • 개념설계  | • 개념설계   | • 개념설계, 2010년 商用化   |
| 안전성에 관한 특징 | • 상부물탱크에서 2주일간의 잔류열제거가 가능한 패시브 안전계 목표(이직 아이디어 단계의 검토) | • CANDU 600으로 실증완료한 기술채용<br>• 노정지용 중력낙하 제어봉 감속제어의 초산가도름액 주입<br>• 각각 독립된 이중계로 어느쪽이나 한쪽만으로 충분한 노정지 능력보유 | • 235MWe CANDU에서 실증완료의 기술채용<br>• 노정지용 중력낙하 제어봉, 감속제어의 액체포이즌주입 | • Atucha 1호 (367MWe)의 실증완료 기술채용<br>• 공학적인 안전설계 제어봉과 보론수주입<br>• 이중격납용기 | • Atucha 1호 (367MWe)의 실증완료 기술채용<br>• 감속제 펌프를 ECCS의 고압주입펌프로 사용<br>• 사고후30분간은 운전의 조작불필요<br>• 독립 2계통제어봉<br>(a) 정지용 45개<br>(b) 출력제어용 15개<br>• 밴트방식 2중격납용기 | • 온도상승에 의해 작동하는 자기라치 제어봉<br>• 금속연료의 고유 안전성 이용 (온도상승에 의한 負의反應도크다)<br>• 패시브계에 의한 잔류열제거 (a) 원자로 보호용기의 자연순환 空冷<br>(b) 출력순환원자로 보조냉각계<br>• 탱크형에 의해 냉각재 상실 대응 | • 중력낙하제어봉<br>• 금속연료의 고유 안전성 이용 (온도상승에 의한 負의反應도크다)<br>• 패시브계에 의한 잔류열제거 (a) 자연순환에 의해 원자로용기를 空冷, 탱크형에 의해 냉각재 상실 대응 |
| 경제성에 관한 특징 | • 건설비 300M\$ 목표                                       | • 석탄화력과 경쟁가능<br>• 자본이 비교적 적게든다  |   | • 소규모 송전망의 개발 대상국으로의수출용<br>• 다른 에너지원과 경제적으로 경쟁가능<br>• KWU의 PWR 기술을 응용 | • 초기투자액의저감  | • 모듈형<br>• 물량삭감<br>• 2차계의 비안전계화<br>• 저코스트기체채용<br>• 경수로, 석탄화력과 결합   | • 모듈형<br>• 유니트 순차적 운전개시<br>• 물량, 사이트공정수 대폭삭감<br>• 2차계의 非安全系化  |
| 제조·건설      |   | • 건설기간초호기 42개월, 2호기 33개월<br>• 표준화·모듈화 설계  |   | • 건설기간단축에 배려  |   | • 공기33개월   | • 소형경량화<br>• 耐震기구<br>• 버지탑재<br>• 공장내 제조   |
| 운전·保守      |   | • 제어봉과 감속재포이즌 농도 조정에 의한 反應度제어   |   | • 수력구동식 제어봉에 의한 출력 제어(高負荷 추종성)  |   | • 연료교환 6일 (1/4노심)  | • 20개월 교환   |
| 연료         | • 교환사이클 17개월  | • 천연우라늄로<br>• 가동중연료교환   |   | • 천연/저농축우라늄과 <sup>1</sup> Mox연료<br>• 가동중연료교환 가능                       |   | • 금속연료로심<br>• 대체안: 산화물 연료 증식비 1 이상   | • 금속연료로심<br>• 대체안: 산화물 연료 더블링타임 60년   |
| 백엔드        |   |   |   | 사용후연료는폐기  |   |  |   |
| 임지·기타      |   |   |   |   | KWU, AECL에서 기술도입  |  |   |





| 개념 명칭       | 高 温 加 스 爐  |   |   |   |   |  |  |
|-------------|--|---|---|---|---|--|--|
|             | AVR  | THTR-300  | HTR-M   | HTR-500   | HTR-100   | GHR-10   | MHTGR  |
| 개발 주체       | KFA (쥬리히연구소) 서독  | BBC/HRB 서독  | 인터아톰 서독   | BBC/HRB 서독  | BBC/HRB 서독  | HRB 서독   | GAT 미국   |
| 노형·출력       | 실험로 (15MWe)  | 300MWe  | 200MWt×4~2 모듈형  | 550MWe  | 100 MWe   | 10MWt (열공급로)   | 350MWt×4 모듈로   |
| 개발 상황       | 운전중  | 운전중, 100%출력 1986년 9월  | 상세설계, 표준플랜트신청중  | 상세설계, 安審중료  | 상세설계  | 개념설계단계   | 개념설계, NRC와 인허가토의중  |
| 안전성에 관한 한특징 | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도 (2.6 MW/m<sup>2</sup>), 大熱容量</li> <li>負의 온도반응도 계수에 의한 고유안전성(연료 엘리먼트의 최고온도 (1150℃))</li> <li>헬륨냉각</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도 (6MW/m<sup>2</sup>) 대열용량</li> <li>負의 온도반응도 계수(연료 엘리먼트의 최고온도 &lt; 1600℃)</li> <li>헬륨냉각</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도 (3MW/m<sup>2</sup>), 대열용량</li> <li>負의 온도반응도 계수에 의한 고유안전성(연료 엘리먼트의 최고온도 (1600℃))</li> <li>헬륨냉각</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도 (6.6 MW/m<sup>2</sup>) 대열용량</li> <li>負의 온도반응도 계수(연료 엘리먼트의 최고온도 (2600℃))</li> <li>헬륨냉각</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도 (4.2 MW/m<sup>2</sup>) 대열용량</li> <li>負의 온도반응도 계수(연료 엘리먼트의 최고온도 (1680℃))</li> <li>헬륨냉각</li> <li>AVR 15MWe 실증기술채용</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도 (2MW/m<sup>2</sup>), 대열용량</li> <li>負의 온도반응도 계수에 의한 고유안전성(연료 엘리먼트의 최고온도 (800℃))</li> <li>헬륨냉각</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>저출력밀도 (59 MW/m<sup>2</sup>), 대열용량</li> <li>負의 온도반응도 계수(연료 엘리먼트의 최고온도 ~1600℃, 환상로심)</li> <li>헬륨냉각</li> </ul> |
| 경제성에 관한 한특징 |  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>모듈형</li> <li>석탄화력과 결합 (석탄가 격 1700M/t 이상이면 성립)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>대형 PWR과 결합</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>HTR-100 * 2 에서 석탄화력과 결합</li> <li>HTR-100 * 4 에서 대형 LWR 과 결합</li> </ul>   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>모듈형 석탄화력과 결합</li> <li>650MWe 이하에 서는 경수로보다 유리</li> <li>45mills/KWh 목표</li> </ul>                             |
| 제조 건설       |  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>건설기간 4년</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>건설기간 6년</li> <li>THTR에 비해 노용기·SG의 소형화</li> </ul>   |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>건설기간 27개월</li> <li>4기틀 합쳐 538MWe 플랜트로 한다</li> </ul>   |
| 안전·보수       | 20년간의 운전 실적  |   |   |   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>연료교환간격 15년</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>연료교환간격 1.6년</li> </ul>  |
| 연료          | 페블베드로심   | 페블베드로심, 리사이클방식  | 페블베드로심  | 페블베드로심, 연소도 80GWd/t   | 페블베드로심, 연소도 99.4GWd/t   | 페블베드로심, 연소도 75GWd/t  | 블록연료, 환상로심, UCO, ThO <sub>2</sub> 연료사용 연소도 82GWd/t   |
| 백엔드         |  | 재처리하지않고저장   | 재처리하지않고저장   | 재처리하지않고저장   | 재처리하지않고저장   | 재처리하지않고저장  | 재처리하지않고저장  |
| 입지 기타       |  |   |   |   |   |  |  |

\* 가상사고 해석의 경우

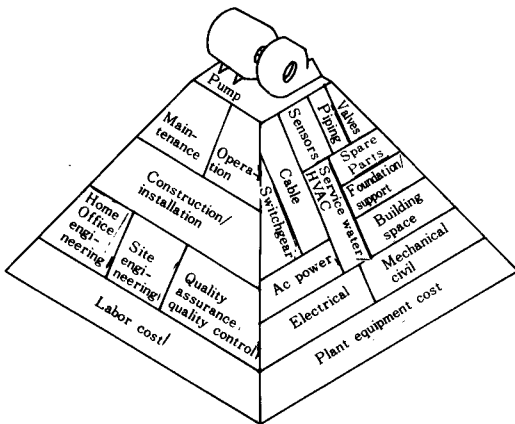
# 中小型炉의 設計·建設·運轉

## 1. 中小型輕水爐

### (1) 美 國

美國의 중 소형 LWR 개발상황에 대해서는 EPRI, GE, WH가 발표했다. GE社는 SBWR (600MWe), WH社는 AP-600(600MWe)에 대해 각각 설명했다. 내용은 이미公表되어 있는 범위의 것이었지만, 爐心の 殘留熱除去와 격납용기 냉각방식의 Passive Safety 및 설계의 간소화에 중점을 두고 있음을 설명했다. 코스트·다운을 도모하여 同級の 석탄화력 또는 대형 LWR 모두와 경쟁이 가능하도록 하는 것을 목표로 하고 있다. 예를 들면, GE社에서는 당면의 대형경수로와 비교하여 KWe당 건설가는 15~30% 상승이나 운전비를 약간 싸게 하여 미국 중소전력회사의 장래 수요에 대응할 것을 생각하고 있다.

EPRI의 SLWR개념은 Passive기기를 도입한 설계에 의해 간소화를 도모하고, 안전성 및 신뢰성을 높이는 것이다. 예를 들면, 動的機器



〈그림 1〉 動的기기펌프削除에 의한 간소화

펌프의 삭제가 코스트저감에 크게 도움이 된다고 생각하고 있다(그림 1).

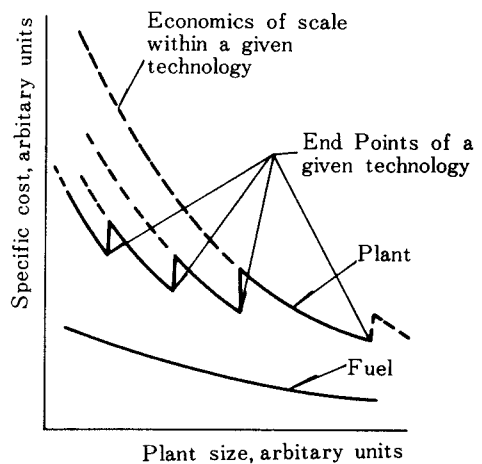
### (2) 西 獨

KWU社의 NHP-200MWt(熱供給爐), SBWR-200MWe(發電爐)를 대상으로 정리하면 다음과 같다.

○中小型爐의 문제는 얼마나 건설비를 낮게 하느냐에 있다(석탄화력과의 경쟁을 목적으로 KWe당 건설코스트는 대형로의 30%증가 이내로 한다).

○大型爐의 스케일다운 뿐 아니라 의도적으로 소형화하기 위해 部品과 系統의 과잉부분을 삭제한다(예를 들면 SBWR-200).

○새로운 기술이 「旧技術化」될 때, 즉 다시 새 기술이 도입될 때 중소형로의 資本費는 일시적으로 점프업하지만, 그것을 회복시킬 목적으로 플랜트사이즈를 크게 함으로써 코스트를 저감시킨다(그림 2).



〈그림 2〉 주어진 時點에서 Size Function으로서의 Specific코스트

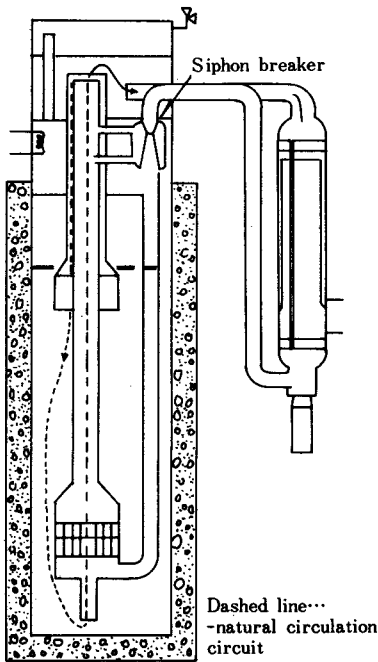
○ 모듈화하는 것은 생각하지 않고 있다(경제성면에서 효과를 기대할 수 없다는 이유이다).

### (3) 스웨덴

아세아·아톰社에서는 中小型輕水爐로 열공급 전용로 SECURE-H(400MWt), 발전용 SECURE-P(500MWe)를 개발중이며, 이들의 개발상황에 대해 설명하였다. 스웨덴은 국민투표에 의해 신규원자력의 개발을 중지했으며, 아세아·아톰社의 爐도 개발도상국을 포함한 해외수출을 목표로 하고 있다.

SECURE-H는 PIUS爐와 같이 爐心을 대용량 봉산수풀에 가라앉힌 형식이며, 고유의 안전성을 갖고 있다. 이 爐는 핀란드 헬싱키市の 열공급에 사용할 계획이었으나, 현재 중단되고 있다.

SECURE-P(PIUS爐)의 新設計에 대한 要點은 종래 프레스트레스트·콘크리트용기내에 노심과 함께 一體로 수용하고 있던 증기발생기를



〈그림 3〉 PIUS爐의 新設計

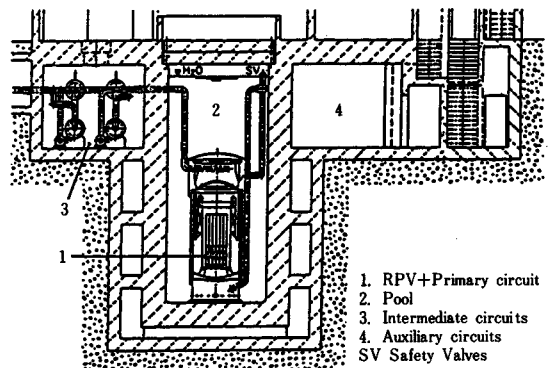
용기 밖에 設置하는 것이다. 이 설계에 의하면 PWR에서 실적이 있는 증기발생기를 이용할 수 있기 때문에 개발노력을 경감할 수 있어서 PIUS爐 전체의 개발이 빨라지는 것을 기대할 수 있다. 증기발생기와 프레스트레스트·콘크리트용기를 연결하는 1차계통냉각배관의 破斷에 대해서는 용기내에 사이폰브레이크기구를 사용하여 물수의 대량상실을 방지한다는 것이다(그림 3).

### (4) 스위스

스위스의 증소형로 개발상황에 대해서는 BWR型인 SHR(Swiss Heating Reactor : 10 MWt의 온수공급로)에 관한 발표가 있었다.

PWR型인 GEYSER은 Inherent Safety를 목표로 하여 상당히 복잡한 설계이며, 노심으로의 봉산수 注水系統에 새로운 기구를 도입하여 實證에 시간과 비용이 들 것으로 생각되었지만, 스위스원자력발전소(SIN)는 0.5MW증기가열의 32m 높이 모델을 사용해 테스트를 했다.

한편, BWR型인 SHR은 스위스연방원자력연구소(EIR)와 BBC社 등이 협력하여 개발한 것으로 종래의 BWR型 연료집합체와 제어봉에 개량을 가해 소형화에 대응하고, 또 無人으로 운전할 수 있도록 하여 人口數 천명정도 마을의 熱需要에 대응하려 하고 있다(그림 4,5).



〈그림 4〉 SHR(10MWt)의 概念圖

(5) 캐나다

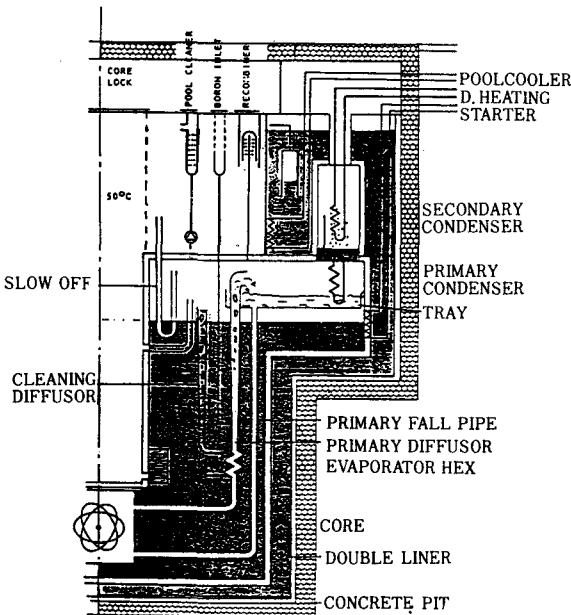
캐나다의 Power Systems社에서 潛水艦用 AMPS爐(Autonomous Marine Power Source: 1.5MWt 경수로)에 관한 발표가 있었지만, 구체적인 계획이 있는지가 不分明하다. 1987년 후반에 WH캐나다社에서 전기가열의 폴스케일 熱水力테스트(3 MWt)를 실시할 예정이라고 하였다.

(6) 핀란드

핀란드 5號機 원자력발전소(500MWe)의 구체적인 계획에 관하여 발표했다. 爐型은 VVER型(소련형 PWR)이며, 이미 운전실적이 있는 LÖVIISA 1,2호기(440MWe)를 자력으로 개량설계한 것이다.

출력을 500MWe로 하고 42mφ의 2重적납 용기를 채용하여 건물이 완공된후 기기를 반입할 수 있도록 배려하였으며, SG 등 大機器의 교체가 가능한 배치계획으로 했다.

1988년 봄에 착공예정이었으나 체르노빌사고의 영향으로 지연되고 있다.



〈그림 5〉 GEYSER (10~50MWt)의 概念圖

(7) 이탈리아

로마大學이 600MWt, 70기압의 PWR인 MARS(Multipurpose Advanced Reactor inherently Safe)를 발표했다.

전기출력 170MWe이며, 300M\$의 건설비를 목표로 上部 물탱크로 2 주간의 잔류열제거가 가능한 패시브안전계통을 채용한다고 하는데 아직 구상검토단계이다.

2. 中小型·모듈型 高溫가스爐

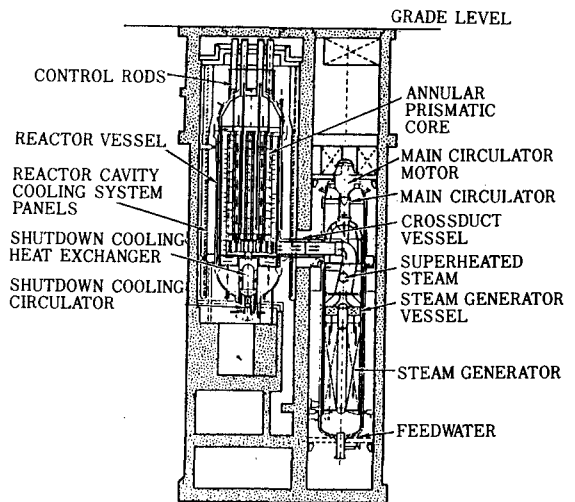
(1) 美國

미국의 MHTGR개발에 대해서 GAT社가 세션 I에서 全般狀況에 관해 1件, 세션 II에서 플랜트의 설계와 노심건설에 관해 2件, 세션 III에서 안전성과 인허가에 대해 발표했다.

미국 전력회사의 要求를 조사한 바, 200~400MWe의 출력에 대해서 需要가 많이 있음을 알았다.

MHTGR은 1 모듈당 350MWt의 원자로 4基에 2대의 터빈발전기를 조합하여 538MWe의 플랜트로 할 계획이다.

60만KWe 이상에서는 大型의 경우가 싸진다고 보고 있다. 로스앤젤레스에서는 脫鹽造水플



〈그림 6〉 MHTGR 概念圖

랜트計劃으로의 응용도 검토중이다.

1988년 1월에는 NRC의 Licensability Statement를 받으려 하고 있다. 현재 NRC와는 설계기준사고(D.B.A)를 넘는 사고의 취급에 대해 검토중이다(그림 6).

MHTGR은 爐心外周部와 中心部에 반사체를 갖는 環狀爐心을 채용하고 있다.

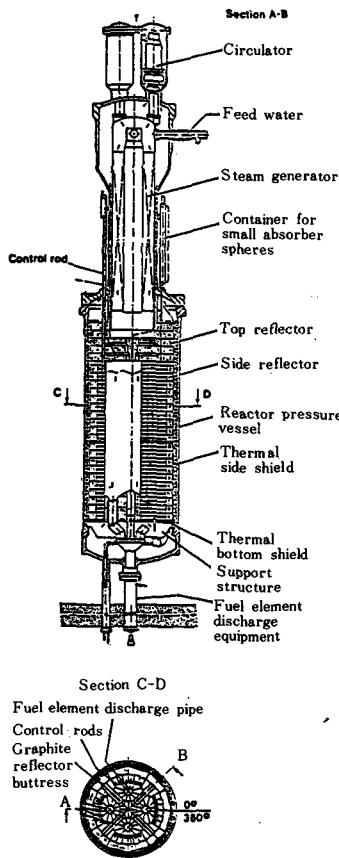
(2) 西 獨

서독에서는 BBC/HRB社가 모노리식형 및 바아티칼·인라인·모듈러형, 인터·아톰社가 사이드바이사이드·모듈러형의 개발을 추진하고 있으며, AVR爐, THTR爐의 운전경험과 석유정제 등에 열을 이용하는 계획의 발표가 있었다.

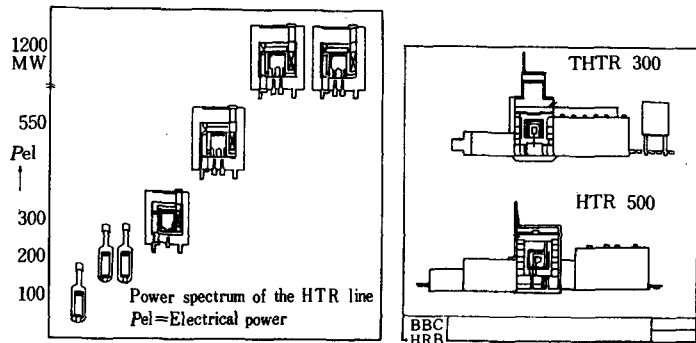
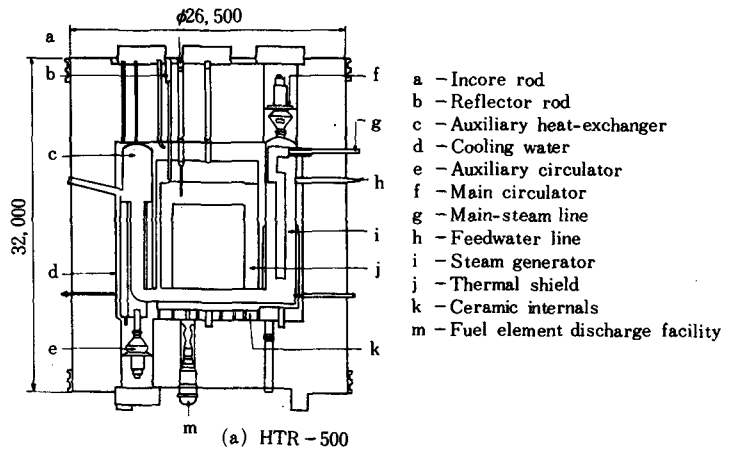
1) HTR

13MWe의 페블베드型 爐心인 AVR爐를 1967년에 완성한 실적에 근거하여 HTR노선을 적극적으로 추진하고 있다. AVR의 鋼製爐容器 실적에 근거하는 것이 HTR-100이다. 열출력 258MWt로 100~400MWt의 공업플랜트用으로는 2기를 조합하여 로제너레이션 등의 용도에 대응이 가능하다고 한다(그림 7).

1985년 11월에 발전을 개시하여 1986년 9월에 100% 출력에 도달한 THTR-300(300 MWe)의 실적에 의거하는 것이 페블베드爐心, 프레스트레스트·콘크리트製 爐容器的 HTR-500(전기출력 550MWe)으로 300~600 MWe의 설계가 가능하다고 한다. 따라서 이 HTR노선으로 100MWe에서 1,200MWe(600



〈그림 7〉 HTR-100 原子爐의 증기발생기



(b) HTR-Line

〈그림 8〉 HRR-500 및 HTR-Line

MWe×2)까지의 需要에 대응하는 HTR-Line을 고려하고 있다(그림 8)

HRB社에서는 3,000~5,000명 정도의 도시용 熱供給爐로서 프레스트레스트·콘크리트製 爐容器인 GHR-10MWt의 구상도 발표했다. 爐心은 페블베드로 15년간 연료교환이 불필요한 15기압 헬륨냉각로이다.

### 2) THTR-300과 AVR의 運轉經驗

THTR-300(300MWe, 750MWt)은 세계 최초의 大型페블베드高溫가스爐로서 1983년 9월에 最初臨界, 1985년 11월에 최초의 송전을 달성했다. 1986년 6월 약 1.2mCi의 에어로졸방출이 있었지만 1986년 9월 100%출력에 도달하였고, 그 후 순조롭게 운전되고 있다. 1986년 6월의 트러블 원인은 起動試驗中에 과도의 제어봉 삽입시험을 하여 연료엘리먼트 675,000개중 약 8,000개가 손상되었기 때문이다.

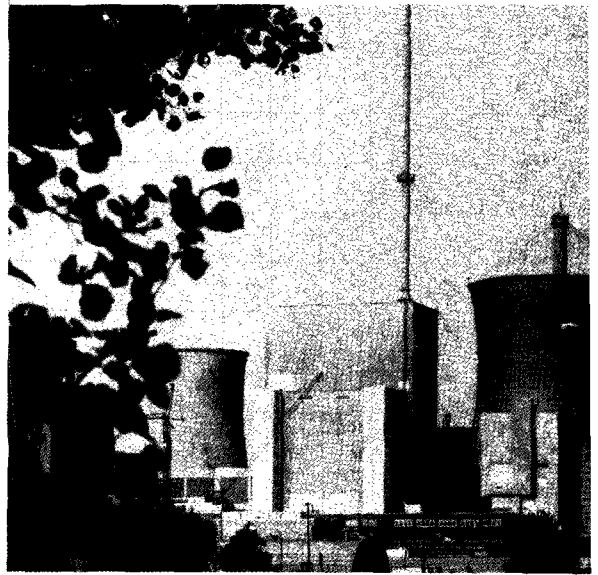
또, PCRV(Prestressed Concrete Reactor Vessel)의 라이너에서 핀보인트리크가 있었지만, 에폭시樹脂로 보수했다. 負荷追從試驗을 실시하여 출력 100%—75%—100%를 8%/分の 속도로 변화시켰다. 단, 85%에서 100%로 출력을 상승시킬 때는 출력의 오버슈트를 억제하기 위해 0.8%/分の 속도로 하였다.

AVR(13MWe, 46MWt)은 1967년에 완공되어 약 20년간 순조롭게 운전되고 있다. 1976년의 이용률 92%를 최고로, 1986년에는 67.5%의 이용률을 기록하였다. 또한 1974년 부터는 헬륨出口온도를 950°C로 올렸다. 초기에 증기 발생기의 파손을 경험하여 그 수리로 인해서 피폭선량이 약 1.3Sv/年 정도가 되었지만, 최근에 와서는 0.2Sv/年 정도가 되었다.

또 그라파이트블록, SG, 블로워, 제어봉 및 연료교환계통 각 기기에 대해서 장기간 운전경험이 축적되어 있음이 발표되었다.

### 3) 燃料要素

뉴컴社, 인터·아톰社, 주리히연구소에서 고온가스로의 특징인 燃料要素의 고온에서의 건



전성, FP폐쇄능력에 관한 실험을 실시하였고 발표했다. 뉴컴社의 보고에서는 1,600°C에서 100시간 이상에 걸쳐 건전성이 유지된다고 하였으며, 인터·아톰社의 보고는 1,600°C 이상에서는 被覆粒子의 건전성이 상실된다는 실험결과에 따라 燃料要素의 최고 허용온도는 1,600°C로 하는 것이 좋다고 하였다.

### 4) 기타 熱利用

BMFT(서독연구기술省)의 예산으로 Lurgi社가 200MWt HTGR 2基를 석유정제플랜트에 적용할 경우에 대해 검토를 실시한 결과를 발표했다. HTGR로 부터 생산된 700°C의 헬륨을 중간열교환기에서 650°C의 헬륨으로 냉각하여 플랜트側에 공급하는 것으로써, 현행 연료용 석유가격이 약 370DM/t이상이 되자 HTGR에서의 열을 이용하는 것이 경제적이라는 결과가 나왔다. 또, 주리히연구소에서는 석탄가스화에 소형HTR(170MWt정도)을 적용하는 연구를 실시하고 있다고 발표하였다. 석유가격 25\$/바렐이라면 경쟁할 수 있다는 전망인데 750°C의 과열증기 발생, 안전성, 입지면 등에 과제가 있다.

### 3. 中小型重水爐

#### (1) 캐나다

CANDU-600을 개량한 CANDU-300을 대상으로 건설기간이 단축되어 석탄화력, 대형원자로와 비교하면 중소형로의 경제성이 앞선다는 것을 밝혔다. 그 主目標事項은 다음과 같다.

- ① 플랜트안전성 향상
- ② 爐壽命 연장이 가능
- ③ 30개월의 건설공정
- ④ 맨렘의 피폭선량 저감

CANDU-300은 플랜트의 기기를 많은 건물에 분산배치하여 병행작업을 가능하게 하며, 重量物搬入크레인(VHL)을 사용하여 공장에서 조립한 노심부분에 상당하는 카란드리아시일드 탱크(CST; 약 214톤) 등 대형모듈을 일괄반입함으로써 공기단축을 도모한다고 하였다.

初號機에서 42개월, 次號機는 33개월의 공기를 목표로 하였다.

#### (2) 西 獨

KWU-PHWR 300은 KWU의 PHWR과 경수로인 PWR의 기술실적을 기반으로 성립되며, 이 기술을 더욱 개선하였는데, 특히 小規模送電網인 개발도상국용 발전설비로 개발했다. 특히, 아르헨티나에서 순조롭게 운전(1974년 이래 누적가동률 82.1%)되고 있는 Atucha-I (367MWe, 重水爐)에서 충분히 실증된 중수로의 기술을 사용했다.

아르헨티나에서는 기술협력의 좋은 실례로 생각하고 있는 KWU-PHWR 300(300MWe)을 자력으로 개량설계한 ARGOS-PHWR 380(380MWe)에 대해 발표했다.

### 4. 모듈형 FBR

모듈화된 液體金屬爐(LMFBR)는 Inherent Safety를 채용했다. 경제성은 석탄화력과 경쟁

할 수 있고, 동일용량의 경수로보다도 훨씬 우위에 있다고 한다. LMFBR의 특징은 플랜트의 모듈화에 의해 운전요원의 少數化, 수요규모에 적합, 자금리스크 경감 등을 들고 있다. GE, RI 모두 같은 생각이며, 이용대상은 어느 쪽이나 발전용이다. GE社의 PRISM, RI社의 SAFR 모두 Inherent Safety는 負의 반응도 피드백과 수동적인 자연순환에 의한 붕괴열제거로 달성된다. 금속연료는 뛰어난 負의 반응도 피드백을 갖고 있으며, Inherent Safety 성능은 EBF-II에서 실증되었다. 금속연료의 개발결과에 따라서는 酸化物燃料를 백업으로 고려하고 있다.

### 5. 低溫熱供給專用爐

IAEA는 과거 10년 이상에 걸쳐 중소형로에 관한 조사활동을 계획하였으며, 이번 會議에서 저온열공급전용로에 대한 각국의 現況을 정리하고 앞으로의 IAEA 전망에 대해 발표했다.

현재 또는 지금까지 열공급전용로를 개발하고 있는 나라는 캐나다, 중공, 서독, 프랑스, 스웨덴, 스위스, 소련이다. 그중에서 운전중인 것은 캐나다의 2MWt SLOWPOKE이며, 소련의 500MWt AST-500은 2기가 건설중이다.

효율, 경제성, 환경의 영향을 고려할때 세계의 열수요에 대해 화석연료를 원자력으로 바꾸는 것이 좋다.

發電爐에서의 열공급기술은 여러나라에서 실증되고 있음에 반해, 열공급전용로의 실현은 2000년경이나 그 후가 될 것으로 전망되지만 IAEA는 그 개발을 계속 지원할 것이라고 발표하였다.

(다음호에 계속)