

SECURE

地域暖房用原子炉

스웨덴의 原子炉maker Asea-Atom社는 지역난방(DH)용 原子炉로 SECURE를 개발했다. 이 원자로는 ① 低温度, 低压力, ② 본질적인 안전성(기술적안전시스템에 의하지 않은)에 의해 炉의 정지·냉각이 어떠한 상황아래에서도 보증된다, ③ 事故時에 운전원에 의한 조작을 필요로 하지 않는다, ④ 出力密度가 낮기 때문에 핵분열생성물질의 방출 우려가 적다는 등의 특징을 가지며 그 안전성으로 인해 도시부근에 위치할 수 있으며 또한 경제적으로도 석유나 석탄을 연소시키는 boiler보다 훨씬 유리하다.

스웨덴의 에너지事情과 地域暖房

스웨덴은 우리나라와 마찬가지로 化石燃料資源이 빈곤하여 에너지源의 약 80%를 수입에 의존하고 있다. 그러나 水力과 우라늄資源은 비교적 혜택을 받고 있으므로(우라늄자원은 확인자원과 추가추정자원을 합하면 8만2천톤) 水力·原子力發電을 중점적으로 추진해왔다. 또, 의회는 全에너지의 70%를 占하고 있는 수입석유의 비율을 1990년에는 40%까지 감소시킬것을 결의하고 있다. 그러나 1980년 국민투표에 의해서 원자력발전소는 현재 운전·건설중인 12基로 制限되게 되었다. 정부는 이것을 계기로 1996년에 全電力의 1/2을 공급하게 될 原電을 2010년에는 폐지한다고 결정했다. 그 결과 스웨덴은 장래의 代替에너지開發을 위해 의욕적으로 연구를 추진하고 있다.

스웨덴의 에너지需要가운데 약 34.5%가 가정용인데 이것은 이 나라가 高緯도에 있기 때문에 난방용 열소비가 많기 때문이다. 이 가정용 등의 난방으로 스웨덴에서는 1930년대부터 지역난방(DH)이 널리 사용되고 있다. DH란 우리나라와 같이 각 가정별로 난방을 하는것이 아

니고 지역별로 큰 boiler를 설치하여 약 120℃로 가열된 温水를 배관을 통하여 각가정·빌딩에 보내고 가정에서는 열교환기로 난방을 하는 것이다.

DH는 경제성, 열효율, 환경상의 관점에서는 유리하나 많은 設備投資가 필요하며 설계에 따라서는 温水를 보내는 배관에서의 熱손실이 문제가 된다. 그러나 스웨덴에서는 약70개소의 DH network이 있으며 전국민 800만명중 300만명이 그 혜택을 받고 있다.

SECURE 設設概念·構造와 安全性

Asea-Atom社가 개발한 지역난방용 원자로 SECURE는 다음 사항을 고려하여 설계되었다.

- ① 都市부근에 건설하여도 충분히 안전하다. ② 低温度·低压力으로 운전한다. ③ 事故時에 炉停止와 냉각이 余分の 안전설비없이도 확실하게 보증되어야 한다. 그 결과 SECURE는 지금까지 그 例를 보지못했던 매우 독특한 구조가 되었다. 炉心은 중성자를 흡수하는 硼酸을 高濃度로 포함한 prestressed concrete製 pool의 바

SECURE의 諸元

炉 熱 出 力	20万Kwth
冷却材温度:入口/出口	90℃/120℃
原子炉压力	7気圧
冷却材再循環流量	1575kg/秒
燃料集合体数	144
燃料装填量	13톤
燃料濃縮度	2.7%
燃料平均温度	370℃
燃料出力密度	15W/gU
燃料棒 길이	1.97m
平均燃焼度	27,000MWD/tonU
Pool 높이	20m
Pool 直径	8 m

다에 위치하고 있으며 pool자체는 地下에 설치된다. 이 pool의 물이 炉心에 들어있을때는 붕소의 중성자흡수에 의해 연쇄반응은 일어나지 않는다. SECURE의 경우 原子炉容器는 压力容器가 아니고 냉각수의 流路를 만들 뿐이다.

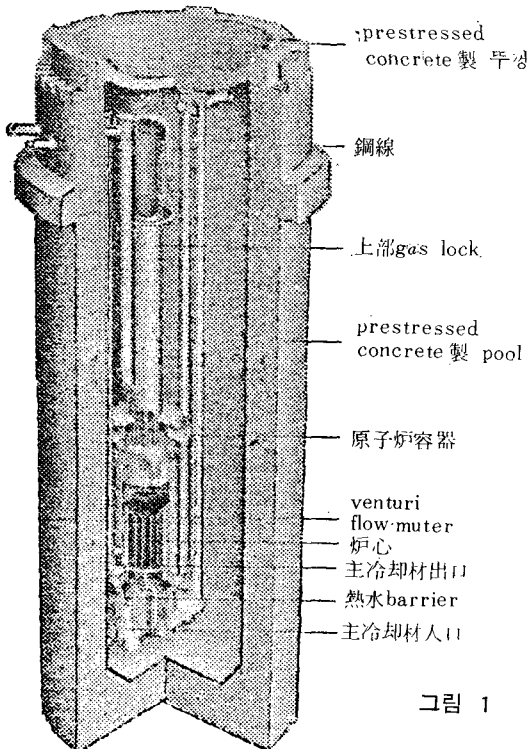
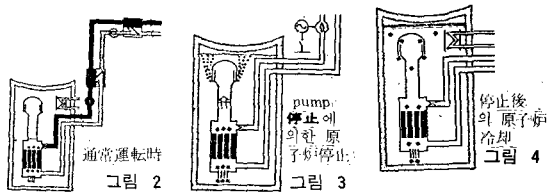


그림 1

起動은 1차냉각재펌프의 시동과 붕산을 포함하지 않은 眞水를 1차계통배관에 注水하고 炉心에 가스를 注入하므로서 行해진다. 1차냉각수 펌프가 움직이고 냉각수가 흐르기 시작하면 炉心の 前後에 압력차이가 생겨 上部gas lock에 氣相部가 형성된다. 이 氣相部가 炉内와 炉外와의 압력 balance를 유지하므로 원자로용기내에 高濃度硼酸水가 進入하지 못하게 된다. 그래서 1차계통에 眞水를 계속 注入해가면 炉心の 붕산농도 감소에 의해 연쇄반응이 일어나 炉는 起動한다.

이 炉는 원자로용기와 pool과의 사이에 밸브 등이 없이 이어진 상태에 있다. pool의 高硼酸水の 침입을 막고 있는것은 氣相部이며 이 氣相部の 높이는 炉心の 前後의 압력차이와 같다. 이와같이 기계적장치를 사용하지 않고 물리학의 기초적인 원리를 이용한 설계가 SECURE 炉의 안전성을 보증하고 있는 것이다.

펌프가 일정한 속도로 움직이고 있으므로 通常運轉中(그림 2)에는 압력차이가 일정하다. 펌프가 정지하면 압력차이가 없어져서 炉心上部는 압력이 증가해서 가스가 흘러나가고 炉心下部는 압력이 감소해서 아래에서부터 高硼酸水가 침입하여 炉는 정지한다 (그림 3). 만약 炉心温度가 설계된 온도보다 상승하면 炉心에서 기포가 발생하기 전에 냉각재출구에 있는 venturi 管에서 기포가 발생하여 이것이 냉각재流量을 감소시킨다. 그 결과 압력차이가 감소하여 원자로는 자동적으로 정지한다.



원자로는 정지후 pool에 채워진 高硼酸水の 자동순환에 의해 자동적·계속적으로 냉각된다 (그림 4). pool에는 熱除去裝置가 붙어있다.

SECURE의 經濟性과 安全性

스웨덴은 종전에 DH用原子炉로 Agesta炉(열출력 6만5천kW, 1963년運開)를 가지고 있었다. 그러나 당시는 석유가격이 저렴하였기 때문에 경제성이 나빠서 1974년에 폐쇄하였다.

SECURE炉의 큰 특징의 하나는 「경제성과 안전성의 兩立」이다. 통상 輕水炉에서는 안전성을 추구하여 보다 많은 안전설비(예를 들면 緊急炉心冷却装置 등)를 必要로 하며 그 시설비용만큼 코스트가 늘어난다. 그러나 SECURE 炉는 본질적인 안전성—“作動하는” 안전시스템에 거의 의존하지 않는다—이 경제성과 안전성을 兩立할 수 있게 하였다. SECURE炉의 경제성과 안전성의 兩立은 ① 설계의 간편함—이것은 동시에 高稼働率도 보증한다, ② 低温低压力—1차계통의 파이프, 밸브등의 코스트를 내리게 한다, ③ 低出力密度—연료가공비를 내리며 또

플랜트의 방사능 오염을 적게하므로 보수·유지비용이 절감된다, ④ 원자력발전소에서 사용되고 있는 機材처럼 높은 신뢰성이 요구되는 부품이 SECURE에서는 대단히 적기때문에 이 QA에 소요되는 비용의 절약은 전체코스트를 현저하게 인하시킨다 등에 있다고 해도 좋을 것이다. 이것은 發電에서도 火力보다 경제적인 원자력을 더욱 값싸게 하는 결과가 되었다.

플랜트熱出力 10만kW 이상에서는 석유보다, 15만kW 이상에서는 석탄플랜트보다 경제적이다. SECURE는 열출력 20만kW와 40만kW 두 종류가 설계되어 있으며 20만kW에서는 석탄연소에 의한 플랜트의 90%, 석유연소의 70% 코스트로 熱水를 공급할 수 있다. 연료비상승에 의해 2000년에는 20만kW의 SECURE炉는 석탄의 58%, 석유의 48% 코스트로 熱水를 공급할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

ANS/AIF會議 參加

당 회의는 11월 14일부터 18일까지 미국의 워싱턴에서 개최되는 미국원자력학회(ANS) 동계 회의와 미국원자력산업회의(AIF) 년차대회에 박세직 한국전력공사 부사장을 단장으로한 11명의 참가단을 파견한다. 우리나라는 85년도 제 5차 태평양연안국원자력회의(PBC)의 주최국으로서, 이번 회의의 참가단은 각국의 원자력 관련인사와의 접촉을 통하여 서울에서의 PBC에 많은 외국인사가 참가하도록하며 ANS 임원과 PBC개최에 따르는 준비사항 협의, 재미과학자들과의 리셉션등 많은 활동이 기대된다.

(참가단 명단)

박세직	한국전력공사 부사장(단장)
김종주	한국원자력산업회의 부회장
고중명	현대건설(주) 부사장
정근모	한국전력기술(주) 사장
박동정	동아건설산업(주) 전무
민병돈	한국중공업(주) 이사
이창건	한국에너지연구소 부장
김종석	한국전력공사 차장
김삼곤	한국전력기술(주) 부장
이익환	현대건설(주) 차장
이경우	한국검사개발(주) 사장