

原子力と 地域援房



李 翼 煥
(現代建設(株) 次長)

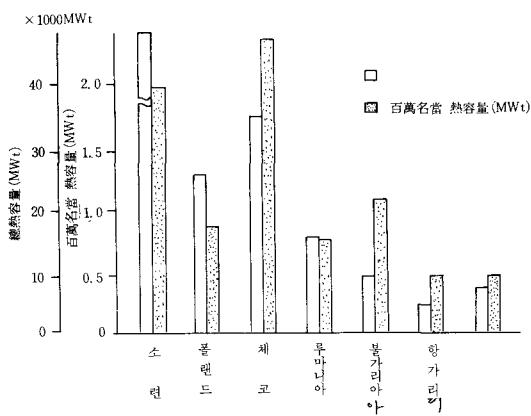
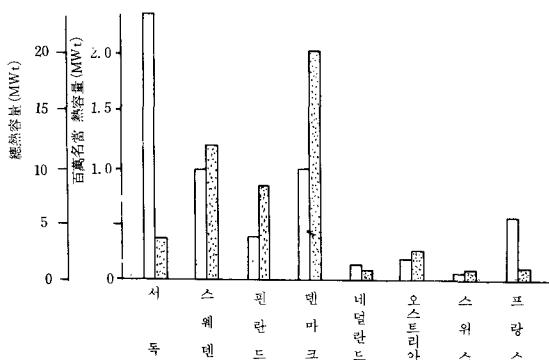
I. 序論

1877년 美國 뉴욕시 Lockport地域에서 처음 시작된 化石燃料에 의한 地域煖房은 그후 주로 유럽 諸國과 소련을 中心으로 일반화되어 왔다. 현재 소련은 容量面에서 소련을 제외한 모든 나라의 容量보다도 많으며 1인당 施設容量은 체코가 가장 큰 현상을 보이고 있다. 유럽 諸國의 국가별 地域煖房 容量과 1인당 施設 容量은 그

림 1과 같다.

이제까지의 地域緩房은 대부분 化石燃料에 의한 地域緩房으로 热供給方式은 热併合發電方式, 廢棄物 燒却方式, 热傳導用 플랜트에 의한 것이다. 그러나 1973년 말부터의 세계적인 석유 파동 아래로 세계 각국은 에너지문제를 국가적인 次元에서 다루게 되어 에너지 소비절약과 아울러 새로운 代替에너지원의 開發 및 에너지원의

그림 1 유럽 諸國의 地域緩房 容量 (1975년)



轉換을 시도하게 되었다.

原子力暖房은 스웨덴의 ASEA-ATOM社가 1950년대 중반以後 연구하기始作하여 1963년 热出力 55MW, 電氣出力이 10MW인 原子炉(Agesta)를 최초로 건설하여 1973년초까지 Stockholm 근교에 热을 供給하였으나 그무렵 우라늄 가격의 暴騰과 저렴한 석유가격으로採算이 맞지않아 가동 중지하고 말았다.

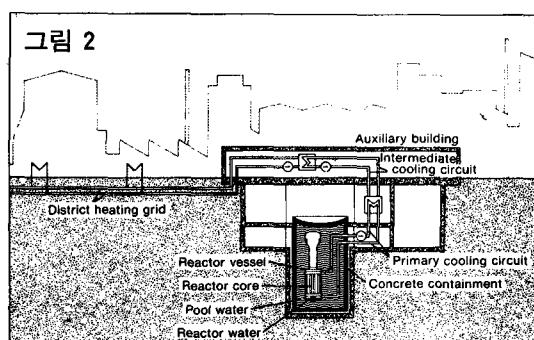
그러나 73/74년의 석유가격 暴騰은 原子力의 경제성을 높여 스웨덴, 소련, 독일 등 유럽 국가들은 原子力利用 地域暖房에 다시 관심을 가지게 되었다.

地域暖房 原子炉는 既存 發電用 原子炉에 비해 小規模이며 電氣에너지로의 轉換이 없으므로 热効率이 매우 높고 安全性이 뛰어나 스웨덴에서는 SECURE, 프랑스에서는 THERMOS, 소련에서는 DHAPP라는 이름으로 연구개발 단계를 넘어 實用化 단계에 있다.

우리나라의 소비구조는 총에너지 소요량의 3/4이 热에너지의 형태로 消費되며 暖房热은 그 중 35% 이상을 차지하고 있다. 暖房方式은 온돌을 利用한 在來의 방법으로 热効率은 20~30%로서 매우 낮은 실정이다. 최근에 들어 와서는 대도시 郊外의 대단위 아파트건설로 석유를 利用한 중앙집중식暖房이 늘고 있다.

本稿에서는 아파트 및 공공건물이 밀집해 있는 타당한 주변에 原子力地域 暖房方式을 利用해 본다는 가정은 매우 가능성이 있다고 판단하여 「스웨덴」이 개발한 SECURE 原子炉를 중심으로 소개하기로 한다.

II. SECURE原子炉(400MWt)의 技術 特성



1. 개요

SECURE(Safe & Environmentally Clean Urban Reactor)는 既存의 發電用 原子炉에 비해 容量은 작지만 발생된 热에너지의 電氣에너지로의 轉換이 없으므로 利用되는 热効率은 90%가 넘는다. 또한 原子炉의 冷却水 温度가 120°C로 매우 낮고 地域暖房網에 供給되는 热水의 温度도 100°C로 낮아 系統의 維持가 쉽다.

핵연료의 出力密度(w/g)가 낮으므로 核연료의 손상 가능성은 낮아 安全性이 좋으며 炉心 관리면에서는 核연료의 교체기간이 길어 가동율이 좋다. 또한 SECURE 原子炉는 도시 近郊에 設置되어야 하는 특수성 때문에 1차系統은 지하에 건설되며 특히 原子炉部分은 1000ppm의 봉산수로 채워진 格納容器 속에 들어있으며 (그림 2) 原子炉와 봉산수는 벨브와 같은 기계적인 차단장치가 아닌 SECURE의 固有한 장치인 Mixing Barrier로 分離되어 있어 正常移動中 일 때에는 原子炉 하단의 Mixing Barrier를 통하여 봉산수의 流入은 일어나지 않는다.

그것은 원자로 상부의 ゲス槽(gas lock system)와 冷却水 및 봉산수가 압력의 平衡을 이루고 있기 때문이며, 冷却水 펌프停止와 같은 非正常狀態에서는 압력平衡이 깨어져 ゲス槽의 ゲ스가 봉산수 속으로 빠져나가면서 Mixing Barrier를 통해 봉산수가 올라가게 되어 炉心에서의 반응은停止되고 自然對流에 의해 炉心이 冷却되게 된다. 이것은 SECURE 原子炉의 固有한 安전장치로서 發電用 原子炉와 근본적으로 다른 점이기도 하다.

표 1은 400MWt SECURE 原子炉의 主要諸元을 나타낸다.

표 1 400MW(th) 主要諸元

General

Reactor pressure	7	bar
Reactor temperature, core outlet		
	120	°C
Reactor temperature, core inlet		
	90	°C
Core coolant flow	3150	kg/s
District heating water, outlet temperature		
	100	°C
District heating water, inlet temperature		
	60	°C
District heating water flow	2350	kg/s

Core

Number of fuel elements	244	
Fuel quantity, total	26	tons U
Active core height	1.97	m
Power density	15	W/g U
Average heat flux	30	W/cm ²
Max. heat flux	70	W/cm ²
Max. linear heat rating	270	W/cm
Margin to sub-cooled boiling	25	°C
Equilibrium enrichment	2.7	%
Equilibrium burn-up	28000	MWd/ton U
Number of control rods	0	

Fuel element

Number of rods	60	
Fuel length	1.97	m
Outside diameter of fuel rod	12.25	mm
Thickness of cladding	0.8	mm
Fuel rod pitch	15	mm
Cladding material	Zr-2	
Average fuel temperature	270	°C

2. 主冷却系統과 補助系統

1) 原子炉心

SECURE原子炉心은 燃料棒의 길이가 ASE A-ATOM B. W. R.의 1/2이라는 것을 빼고는 비슷하다. 총 60개의 燃料棒이 $8 \times 8 - 4 = 60$ 의

正方形모양으로 배열되어 있으며 中央의 질리코 나움합금 管(Zircaloy tube)에는 필요한 경우 mechanical absorber를 넣을 수 있게 되어 있다.

原子炉心의 下부에서 上부로 흐르면서 冷却水는 120°C로 加熱된 후 原子炉心의 上部들레에 배열되어 있는 Venturi管을 지나 主冷却系統과 연결되어 있는 열교환기에서 中間冷却系統의 冷却水에게 熱을 빼앗긴 후 90°C로 떨어져 原子炉心으로 들어가 다시 加熱된다.

原子炉心에서의 核분열은 既存 發電所처럼 제어봉으로 조절하는 것이 아니라 冷却水 속의 봉산농도를 가감하여 조절한다. 정상 가동 중 1차 冷却水 속의 봉산농도는 100~200ppm로 유지된다.

2) 原子炉

原子炉는 prestressed concrete로 만들어진 格納容器 속에 자리잡고 있으며 格納容器는 原子炉 내부의 정비 또는 연료교체시의 작업이 용이하도록 하기 위하여 필요부분에는 분리시킬 수 있는 뚜껑이 윗 부분에 마련되어 있다.

原子炉의 안벽은 얇은 스테인레스강으로 lining되어 있으며 原子炉의 設計는 既存의 ASE A-ATOM社 제작의 BWR原子炉와 비슷하다. 原子炉는 압력容器역 할보다는 내부의 冷却水와 밖의 봉산수를 隔離시켜주는 기능으로 設計되어 있다. 즉 原子炉 上부에는 개스 lock 下부에는 Mixing Barrier로 이루어져 原子炉 밖의 봉산수가 原子炉안으로 들어 오는 것을 막는다.

3) 非常時 原子炉 冷却

反應度制御系統에 의해 原子炉의 稼動이 停止되었을 때 原子炉의 冷却은 正常稼動 때와 마찬가지로 主冷却펌프를 稼動시켜 地域緩房網으로 熱을 방출시킬 수 있다. 그리고 原子炉 밖의 봉산수는 原子炉가 地域緩房網과 隔離되었을 때 약 40°C로 유지되고 있으며 非常時 봉산수가 原子炉 속으로 들어가 原子炉가 稼動停止되고 自然對流에 의해 原子炉는 冷却되는 것이다.

그리고 格納容器 속의 봉산수는 殘熱처리系統으로 지상에 설치된 냉각탑의 稼動으로 熱을 炉外로 放出하게 된다. 그리하여 原子炉내부의 温

度는 50°C 정도로 冷却된다. 그러나 殘熱처리계 통펌프의 고장이나 電源의喪失사고가 발생하면 차열처리계통의稼動이 불가능하게 된다. 이런경우 原子炉는 原子炉밖의 봉산수와 자연대류에 의해서만 冷却되나 格納容器가 충분히 크므로 24시간 이상 原子炉에서 沸騰이 일어나지 않는다. 더 나아가 4주동안 外部로부터 별도의 冷却水보급 없이도 原子炉를 적정수준으로 冷却할 수 있다.

4) Gas Lock의 原理

SECURE 原子炉에 있어서 gas lock은 SECURE 原子炉만의 고유한 안전특성과 밀접한 관련이 있다.

그림 3

GAS LOCK 原理

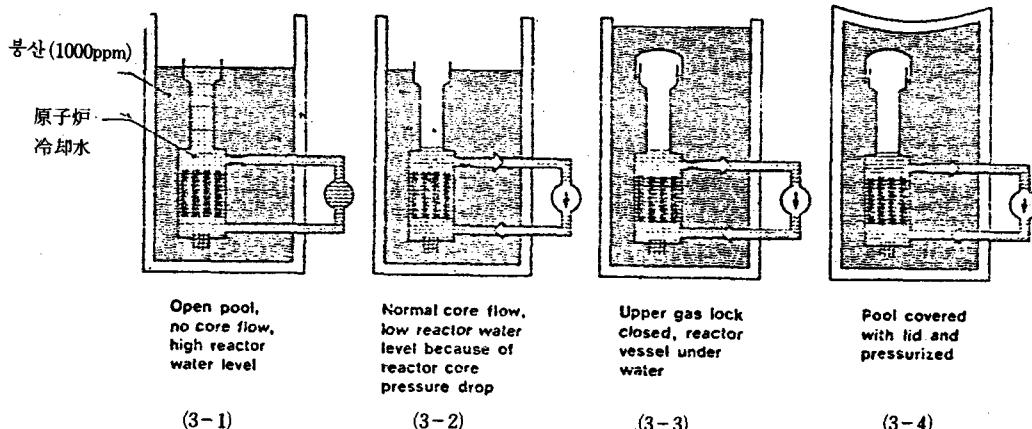


그림 3은 gas lock의 原理를 보여 주고 있다. 그림 3-1은 原子炉가 冷却水의 순환없이 格納容器속에 잠겨있다. 이 상태에서 原子炉 안은 봉산수로 채워져 있으며 原子炉 안과 밖의 水位는 차이를 보이지 않는다. 그림 3-2는 펌프가稼動되어 原子炉 내부의 봉산수가 原子炉下部를 통하여 빠져나가 水位가 낮아지는 것을 보여 준다. 즉 主冷却系統에 순환이 일어나면 原子炉 내부는 冷却水가 原子炉心을 지나가는 사이에 壓力이 떨어지게 되어 原子炉의 内部와 外部의 平衡을 이루기 위해 水位差가 發生하게 된다. 이 상태에서 冷却水펌프가 正常稼動되는 한 正

常狀態가 이루어져 原子炉 下部에서 外部의 봉산수가 들어오지 않게 되어 原子力는 밖의 봉산수와 隔離된다. 이 상태에서 冷却水 속의 봉산농도를 떨어뜨려 原子炉는 正常稼動할 수 있다.

그러나 冷却水의 温度가 100°C를 넘으므로 열역학측면에서 原子炉内部가 加壓되는 것이 効率의이다. 그래서 그림 3-4에서는 格納容器를 密閉하고 7氣壓을 가한 것을 보여 주며 이 때에도 原子炉 안밖의 압력평형은 깨어지지 않는다.

3. 固有한 安全特性

SECURE 原子炉는 도시近郊에 設置되어야 한다는 特殊性 때문에 發電用原子炉보다 安全하여야 한다.

증기를 發生하는 것이 아니므로 낮은 壓力에서 稼動이 되고 出力密度도 加壓輕水型原子炉의 1/2정도로 核燃料破損의 가능성이 줄어든다. 原子炉를 포함한 1차 系統은 地下의 格納容器 안에 設置되고 热에너지의 傳達은 中間冷却系統을 거치게 되어 冷却水는 1次冷却系統만 循環하므로 放射能漏出의 위험은 전혀 없게 된다.

正常稼動에서의 放射能漏出은 自然放射能의 1/1000정도로 추정되고 있어 도시近郊에 設置하는데는 아무 문제가 없다. 그리고 非正常狀態에서도 既存의 發電用原子炉와 같은 別途의 工學的 安全施設이 아닌 PIUS (Process Inherent

Ultimate Safety)概念에 입각한 固有의 安全特性이 있어 안전하다.

1) 反應度 制御系統에 의한 正常的인 稼動停止

原子炉는 反應度 制御系統에서 冷却水속의 봉산농도를 가감하여 出力を 조절한다. 稼動停止의 신호가 있게 되며 고농도의 봉산수가 原子炉에 注入되어 原子炉의 稼動이停止된다.

2) 冷却水循環펌프 Trip에 의한 가동정지

원자로를 정상적으로 가동정지 시키는 방법으로 冷却水 循環펌프가 정지신호에 의해 정지되면 原子炉 안팎의 壓力균형이 깨어지고 下부의 Mixing Barrier를 통하여 봉산수가 올라가 原子炉를停止시킨다. 아울러 이 방법은 펌프電源 상실사고에서도 原子炉를 安全하게 稼動停止시키는 고유한 안전특성이다.

3) Venturi Cavitation에 의한 稼動停止

原子炉 冷却水의 温度가 設計온도보다 상승하기 시작하면 原子炉心을 거친 冷却水가 原子炉心의 上부에 있는 Venturi를 지나면서 속도가 빨라지고 壓力이 떨어지면서 Cavitation이 발생하여 冷却水의 흐름이 막히게 된다. 그리하여 原子炉 안팎의 壓力균형이 깨어지고 原子炉 안으로 봉산수가 올라와 稼動은停止된다.

4) 硼素棒 插入에 의한 稼動停止

근본적으로 核燃料交替기간 동안의 가동정지를 위한 방법으로 格納容器내의 모든 봉산수가 상실되었다고 가정하더라도 이 방법에 의해 原子炉는 가동이停止된다. 즉 硼素棒(mechanical absorber)를 炉心 중앙부에 넣으므로써 핵반응을 차단시키는 것이다.

III. 地域暖房 配管網

密集된 地域의 暖房을 위하여 效率的인 配管網의 구성은 전체의 效율을 左右하므로 매우 중요하다. 경제적인 热媒體의 選定, 暖房効率에 직접적인 관계가 있는 給水와 還水의 온도결정, 장거리 배관에 따른 壓力 및 燃損失의 증대문제 등 고려되어야 할 事項은 매우 많다.

1) 热媒體

물은 흔히 地域暖房의 열매체로 쓰이며 액체 혹은 증기상태로 쓰인다. 물은 높은 热容量, 장거리 수송의 취급 용이성, 저렴한 가격 그리고汙染의 염려가 없어 단연 열매체로서 有利하다.

温水상태로 이용하면 투자운영비가 싸고 배관의 크기도 壓力에一定하여 공급관과 환수관의 관경이 같게된다. 그러나 증기의 경우는 温度와 壓力이 높아 투자 운영비가 비싸고 配管은 壓力이 떨어지면 온도도 떨어져 응축수가 발생하여 유량이 적어지므로 환수관의 관경은 작아지게 되나 열수요에 따른 유량의 조절이 고르지 못하다. 流量조절의 면에서 温水는 수요의 증감에 따라갈 수 있지만 증기의 경우 유량은 열손실에 의한 응축현상 때문에 最小 限界值 이상 되어야 한다.

소송거리의 면에서 温水는 制限이 없고 壓力 손실도 중간의 booster pump로 보상이 가능하나 증기는 壓力저하로 응축되는 것을 막기 위해 과열증기가 되어야 하므로 과열증기 설비가 있어야 하고 또한 수송거리에 제한을 받게 된다.

그리고 증기는 管內腐蝕의 문제로 温水의 경우보다 크므로 地域暖房의 热媒體로는 温水가 유리하다.

2) 热媒體의 温度

여매체의 온도는 열수요에 따라 결정하는 것이 보통이다. 열을 수송하는 면에서 급수온도는 높고 되돌아 오는 환수의 온도는 낮을수록 效率이 좋게되어 유량을 줄일 수 있고 管徑도 줄일 수 있어 결국 Pumping cost가 작아질 수 있다. SECURE를 이용한 地域暖房의 경우 2차례의 열교환후 地域暖房網의 급수온도를 100°C 회수온도를 60°C로 설계되게 한다.

3) 配管方式

地域暖房의 配管方式은 보통 單一管, 2重管, 3重管 그리고 4重管으로 나눈다. 증기를 이용한 地域暖房인 경우는 單一管이나 2重管을 쓴다. 單一管의 경우는 热을 傳達한후 回收되지 않으므로 물價格이 문제가 되며 장거리 수송에 적당하여 소련에서 온수이용 난방으로 쓰고 있다. 温

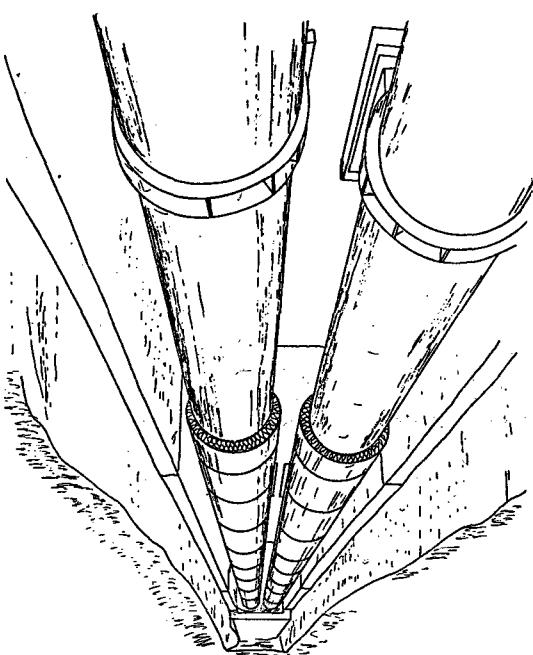
물을 이용한 地域暖房의 경우는 일반적으로 2重管을 쓴다. 2개중 하나는 給水用 다른 하나는 還水用이다. 열수요의 정도에 따라 供給水의 温度는 바뀔 수 있으며 가정용温水의 필요한 온도로 보아 난방망 給水의 온도는 최소 70~80°C는 되어야 적당하다.

2重管을 쓸 경우 給水가 직접 수요처에 전달되면 열수요의 정도에 따라 流量 및 壓力의 변화폭이 커져서 통제하는데 어려움이 있게 되므로 열교환기를 쓰는 간접적인 방법을 써야 한다.

3重管 配管方式은 2개의 供給管중 하나는 바깥기온의 변화에 따라 조절되는 난방용이고 다른 하나는 가정용温水用으로 항상 일정한 온도를 유지하는 管이며 또 다른 하나는 환수관이 된다.

4重管 配管方式은 暖房用과 가정温水用의 각각 급수관과 환수관으로 이루어지며 근본적으로 2차계통에 연결된单一주택 밀집지역에 적합하다. 그러나 환수의 温度가 낮아 效率의 이기는 하

그림 4 콘크리트 埋設



나 배관시설비가 많이 들게 된다.

4) 地域暖房網 埋設

지역난방망의 부설은 地下부설과 地上부설이 있으며 地上부설의 경우는 부설비가 작게 들고 配管網의 사후관리도 쉽지만 도시의 密集된 地域에 設置되어야 하므로 어려운 점이 있다. 그래서 地域暖房의 일반적인 配管은 특별한 경우를 제외하고는 地下埋設工法을 많이 利用한다.

이 때 管의 열손실을 막기 위하여 보온 및 절연체 선택을 신중히 하여야 한다.

가. 콘크리트 트렌치 埋設방식

300mm以上의 큰 관 매설에 주로 쓰이며 그림 4와 같이 콘크리트 트렌치에 의해 마련된 장방형의 공간속에 급수관과 환수관이 保温된 상태로 들어 가게 된다. 管의 길이에 따라 중간에 관의 열팽창을 흡수하기 위한 expansion loop를 마련하여 열팽창을 흡수하게 하여야 한다.

콘크리트 트랜치의 시공은 현장의 여건에 따라 현장에서 직접 타설하는 공법과 트랜치를 지상에서 미리 제작 매설하는 방법 등으로 구상할 수 있다.

나. 플라스틱管 埋設

1960년대와 70년대 사이에 쓰기 시작했으며 polyethylene管이나 PVC管으로 된 방호管 속에 热給水管이 내장된다. 이 埋設방법은 300mm이하의 작은 관에 쓰이며 600mm까지의 관에 하기도 한다.

管의 保温材로는 주로 polyurethane을 쓰고 있는데 热管의 膨脹이 plastic재료에 흡수되는 장점이 있다. 그리고 管의 bend, 支管부분, valve chamber 등을 위한 부속품류가 구비되어 있어 편리하다.

다. 석면 시멘트 (Asbestos cement)管 埋設

일찌기 작은 관의 埋設은 석면 시멘트를 이용한 방법이었다. 管徑이 작아 석면 시멘트管 속에 급수관과 환수관이 같이 들어가며 광물성 Wool이나 Polyurethane으로 保温한다.

라. 銅管 埋設

地域暖房用 管으로 70년대에 들어와서 개발되었으며 70mm이하의 작은 管에 쓰인다. 热膨脹

은 管을 구부려뜨려 놓음으로써 흡수되며 管의 길이도 25m까지 생산이 가능하다. bend 부분에 별도의 fitting이 필요치 않으나 재료가 비싸다.

IV. 原子炉 地域暖房의 경제성

현재까지 SECURE原子炉를建設해본 실제 경험이 없으므로建設費 산출과 運轉修費 算出 등 어려운 점이 있으나 本稿에서는 스웨덴의 SECURE 地域暖房과 化石燃料 地域暖房의 경제성 分析과 韓國에너지研究所의 分析을 引用 言及하기로 한다.

1. 스웨덴分析 기준

SECURE原子炉를 化石燃料 사용 地域暖房과 비교하면 原子炉의 容量이 150MW를 넘으면 열생산단가가 化石燃料의 경우보다 낮아진다. 또 각 燃料의 값이 100% 上昇되었다고 했을 때의 경우도 原子力地域暖房은 運營費의 비중이 작아서 열생산단가의 上昇은 무시할 정도이다.

1) 經濟性分析의 기본조건

- 가. 1980년 말 스웨덴의 金利 4% 適用
- 나. 연간 인플레이션 8%
- 다. 수명: 共히 25년
- 라. 연간 稼動시간은 石油, 석탄은 4000시간, 原子力은 4500시간.

2) 建設費

표 2 建設費 比較

1980년 기준 US \$/KWh

容量(MWt)	10	50	100	150	200	400
석탄보일러	210	170	150	150		
석유보일러	120	60	50	50		
原 子 力	—	—	1000	625	500	275

註: 석탄, 石油보일러: 스웨덴 산업국 보고

표 2에서 보는 바와 같이 原子炉의 建設費는 석탄이나 石油 사용 施設보다 현저히 높아 200~400MWt의 容量이면 약 1億弗 정도임을 알 수 있다.

3) 热生産單價

열생산단가는 1KWh의 热量을 生산하는데 드는 경비로서 施設의 建設單價, 燃料費, 그리고 運轉修費 등이 포함된다.

표 3은 석탄, 石油, 原子力의 열생산단가를 나타낸다.

표 3 热生産 単價

容量(MWt)	mills/KWh					
	10	50	100	150	200	400
석 탄	20	17	16	16	16	16
석 유	28	26	25	25	25	25
原 子 力	—	—	24	17	14	9

400MWt 原子力의 경우 石油이용 地域暖房의 36%에 불과함을 알 수 있다. 그러나 스웨덴의 경우는 우리나라보다 緯度가 높으므로 稼動率 약 50%는 실제 우리의 현실에 적합치 않으므로 우리나라에서의 稼動率은 겨울철 暖房 및 가정 温水의 供給만을 할 경우 40% 이하로 예상되어 열생산단가는 조금 높아지리라 예상된다. 표 3의 열생산단가중 燃料費의 비중은 표 4와 같다.

표 4 燃料費

容量(MWt)	mills/KWh					
	10	50	100	150	200	400
석 탄	10	10	10	10	10	10
석 유	22	22	22	22	22	22
原 子 力	—	—	1	1	1	1

표 4에서와 같이 原子力의 燃料費는 무시할 정도임을 알 수 있다.

2. 한국에너지연구소分析

1) 假定

- 가. 1990년 江南地域에 热出力 800MWt 施設 설치
- 나. 稼動率 공히 40%
- 다. 수명: 原子炉 25년
보일러 15년
- 라. 實質利子率: 연 3.3%
- 마. 燃料費: 石油(Bunker C油) 200.77원/ℓ
우라늄 23.5\$/lb U₃O₈
- 바. 81년 말 가격
연 300만弗

2) 경제성分析(열생산단가)

稼動率 40% 일 경우 原子力이 11.0045mills /

특 집

KWh, 石油보일러가 31. 4039mills/KWh가 되어 原子力暖房이 石油暖房의 약 35%에 불과함을 보여준다.

표 5 燃生産 単價 mills/KWh

	原 子 力	石油보일러
建設費	6. 2834	0. 1924
運轉補修費	1. 2117	—
燃 料 費	3. 5095	31. 2115
計	11. 0045	31. 4039

V. 熱負荷 및 난방면적 推定

原子炉를 이용한 地域暖房이 국내에 도입된다면 현재 단위별로 중앙집중식 난방을 하고 있는 아파트단지가 밀집되어 있는 곳이 적합하다. 특히 그러한 地域은 이미 자체 보일러실로부터의 배관망이 완비되어 있어서 原子炉를 이용하여 暖房을 하게될 때에는 각 단지의 보일러실에서 나가는 관까지만 급수를 하면 되어 既存의 배관을 보완 이용할 수 있다.

400MWt原子炉의 容量으로 얼마나 넓은 地域을 暖房할 수 있을까 하는 문제해결을 위해서는 단위면적 단위시간당 暖房基準溫度(18°C)로 난방시키는데 필요한 热量 즉 热負荷를 알아야 한다.

그리고 原子炉가 난방대상지역 전체의 最大热負荷를 부담하는 것이 아니고 尖頭負荷(peak load) 및 비난방기간의 온수 공급부하는 既存의 보일러가 부담하는 것이 경제적인 면에서도 바람직하다.

여기서 热負荷의 推定을 위해서 한국에너지연구소의 연구보고서(1981년)인 “원자력을 이용한 地域暖房 妥當性研究”的 내용을 인용하면 單位最大热負荷를 外氣溫度 -10°C를 기준으로 하여 계산했으며 아파트의 경우는 116. 6KCal/m²·hr, 公共건물의 경우는 106. 5KCal/m²·hr로 하였다.

그리고 月平均 氣溫을 써서 月別의 外氣기준 單位平均热負荷를 구하였고 아울러 서울 강남의 특정지역을 가정, 매월 유류사용량을 조사하

여 實查기준 單位平均 热負荷를 계산하였다.

그리고 外氣기준 單位平均 热負荷와 實查기준 單位平均 热負荷를 각각 60%와 40%의 비중으로組合한 單位平均 热負荷도 계산했다.

또 이 보고서는 아파트의 경우 高級 단열재의 사용 등으로 热損失을 최대한 줄이고 热供給系統의 과학화로 單位最大热負荷가 低下될 것이라고豫想하고 83년 以後에 建設되는 아파트의热負荷는 既存의热負荷보다 10% 줄어 든다고假定하여 1983년 以後의 單位平均 热負荷도 계산했다.

가장 추운 1月의 單位平均 热負荷의 組合值는 아파트의 경우 75. 7KCal/m²·hr이다. 그리고 實查기준 單位平均 热負荷는 아파트는 59. 4KCal/m²·hr이고 1983년 以後 1月의 아파트 單位平均 热負荷는 62. 4KCal/m²·hr이다. 이상의 3가지 單位平均 热負荷 기준에 입각하여 400MWt原子炉로 暖房 가능한 면적을 구해 보기로 한다.

먼저 原子炉에서 나온 热이 主導管을 통해 각 아파트단지까지 전달되는 效率을 92%로 가정한다. 그리고 대한주택공사의 “아파트 집단난방의 문제점 분석”이란 보고서에 의하면 우리나라 아파트단지에서의 輸送管, 配管의 예열부하 및 热損失이 설계지침은 10% 이하이어야 하나 현황은 30%라 하고 있다.

1) 實查기준 單位平均 热負荷(59. 4KCal/m²·hr)에 기준

暖房에 유효하게 쓰이는 热量計算

$$400\text{MW} \times 0.92 \times 0.7 = 257. 6\text{MW}$$

$$257. 6\text{MW} = 257. 6 \times 10^3 \times \frac{1}{4. 2}$$

$$\times 3600\text{KCal/hr}$$

$$= 220, 800, 000\text{KCal/hr}$$

單位平均 热負荷가 59. 4KCal/m²·hr이므로 난방가능 면적은

$$\frac{220, 800, 000}{59. 4} = 3, 717, 172\text{m}^2$$

30평 아파트를 기준하여 세대수를 계산하면

$$\frac{3, 717, 172}{30 \times 1. 8^2} = 38, 243\text{세대}$$

1세대를 4명이라 가정하면 煙房人員 :

$$38,243 \times 4 = 152,970\text{명}$$

2) 組合值 單位平均 热負荷 ($75.7\text{KCal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$)

hr) 기준

난방가능 면적 : $2,860,162\text{m}^2$

세대수 : 29,426

난방인원 : 117,702

3) 1983년 이후의 아파트 單位平均 热負荷 ($62.4\text{KCal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$) 기준

난방가능 면적 : $3,469,780\text{m}^2$

세대수 : 35,697세대

난방인원 : 142,789

그리고 83年以後에 建設되는 아파트는 고급 단열재의 사용으로, 既存의 아파트는 配管網의 보완으로 아파트단지내의 輸送管, 配管의 예열 부하 및 열손실이 20%로 낮아진다고 가정하면,

난방가능 면적 : $4,043,956\text{m}^2$

세대수 : 41,604

난방가능 인원 : 166,418명

이상의 結果에서 볼 때 400MWt 原子炉를 써서 地域煙房을 할 때 난방가능 인원은 약 15~16만6천명으로 推算된다.

가장 중요한 것은 煙房網의 热效率로 특히 既存 아파트의 煙房網 效率은 70%程度인데 신축되는 아파트에서는 效率의 煙房網과 热管理

로 煙房網에서의 热損失을 20%이하로 유지시켜야 할 것이다.

VI. 結論

前記한 바와 같이 原子力 利用 地域 煙房方式은 運轉面에서 低温 低壓下에稼動되고 고유한 安全性 PIUS 개념 즉 어떠한 경우에서도 안전하게 운전정지가 가능함을 설명하여 주고 있다.

뿐만 아니라 化石燃料 보일러에 비해 매우 경제적으로 運營할 수 있다고 報告되고 있다. 그러나 「스웨덴」과 같은 나라는 겨울철이 우리나라보다 길기 때문에 運轉稼動率이 높으나 우리나라의 실제 조건 등을 충분히 감안하지 않은 상태이므로 현 단계에서는 단지 原子力を 利用한 地域煙房의 정보소개에 불과하다.

그러나 고밀집 아파트단지 및 공공건물 등이 위치한 주변에 본 시설을 설치할 경우 안전성에 입각한 기술적인 타당성은 물론 입지조건, 우리나라의 기상조건, 실제 열수급대상 국산화 가능성 평가, 핵연료공급, 시설의 운영 등등 다각적인 면에서 그 타당성 검토가 보다 면밀히 이루어져야 할 것이다.

부수적으로 본 原子炉의 热을 逆으로 利用한 夏季기간의 Air Condition의 가능성도 연구해 볼만한 과제로 대두되고 있다.

— 이달의 到着資料 —

- ▲ Nuclear Industry 〈美國〉 82年 12月號, 83年 1月號, 2月號
- ▲ AIF Info 〈美國〉 83年 1月號, 2月號
- ▲ Nuclear News 〈美國〉 82年 12月號, 83年 1月號, 2月號
- ▲ ATOM 〈英國〉 83年 1月號, 2月號
- ▲ BULLETIN 〈英國〉 82年 11月號, 12月號, 83年 1月號
- ▲ Nuclear Engineering International 〈英國〉 83年 1月號, 2月號
- ▲ Nuclear Europe 〈ス위스〉 82年 12月號, 83年 1月號
- ▲ 原子力産業新聞 〈日本〉 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167號

- ▲ 原子力工業 〈日本〉 83年 1月號, 2月號
- ▲ 原子力文化 〈日本〉 82年 12月號, 83年 1月號, 2月號
- ▲ ATOMS IN JAPAN 〈日本〉 82年 12月號, 83年 1月號
- ▲ FAPIG 〈日本〉 82年 11月號
- ▲ KORT NYT 〈덴마크〉 82年 12月號
- ▲ FERMI-1: New Age for Nuclear Power 〈美國〉
- ▲ International Instruments for Nuclear Technology Transfer 〈美國〉
- ▲ Nuclear Power and the Environment – Radiation, Fuel/Waste, Energy Alternatives (Book 1, 2, 4) 〈美國〉