

[논문] 태양에너지  
*Solar Energy*  
Vol. 18, No. 3, 1998

## 축열시스템의 온수이용 예측에 관한 연구

조 운\*, 박이동\*\*

\* 용인송담대학 기계과

\*\* 성균관대학교 기계공학부

### The Study on Prediction of Hot Water Extraction in a Thermal Energy Storage System

W. Cho\*, E. T. Pak\*\*

\* *Yong-In Songdam College*

\*\* *Sung Kyun Kwan University*

#### ABSTRACT

In thermal energy storage system, energy collected from many types of heat source is stored in a storage tank and then supply to load for demand. Lately, practical use of thermal energy storage system and attention to essential use of energy have been increased. From this point of view, especially, a study about the energy extraction process from a storage tank is necessary.

So in this study, useful rate of hot water and hot water extraction efficiency was analysed respect to dynamic and geometric parameters dominating the hot water extraction process.

## 1. 서 론

태양열이나 심야전력 등의 에너지를 효과적으로 이용하는 축열 시스템은<sup>1)2)</sup> 현재로서는 초기 투자비가 일반 시스템보다 증가되는 것이 제약 조건이지만 비용절감효과가 크며 장차 예상되어 지는 고 에너지 가격시대에 맞는 에너지 관리 시스템이라 할 수 있다. 이러한 축열 시스템의 성능을 증가시키기 위해서는 축열 시스템의 각 과정에서 발생하는 에너지 손실을 최소화하는 문제가 중요하며 특히 최근들어 축열 시스템의 실용화가 가속화 되고 있는 현실로 볼 때 축열조에 저장된 온수를 효과적으로 추출하여 가정용 온수 및 공조 시스템과 연결하여 공간 난방으로 이용하는 문제는 더욱 관심의 대상이 되고 있다.

온수 추출과정은 축열과정이 완료된 후 온수 추출이 이루어지는 과정으로서 온수추출 과정동안 축열조 내에서 발생된 유입수와 저장수의 혼합의 크기는 열원장치의 효율에 영향을 미치게 된다. 또한 부하측 관점에서 온수이용율과 온수추출 효율의 크기에 따라 보조열원장치의 작동 시기나 용량을 결정하는 과정<sup>3)4)</sup>이기 때문에 온수추출과정은 궁극적으로 에너지의 효율적 이용과 축열 시스템의 경제성과 관련된 중요한 연구 대상이다.

본 연구는 온수추출과정<sup>5)</sup>에 대한 기초적 연구로서 축열조 내의 온수이용정도 및 온수의 유효이용정도에 관한 특성을 고찰하여 온수추출과정 동안의 열에너지 손실을 최소화 하는 방법을 밝히고 각종 실험조건들에 대해 나타나는 연구결과를 체계화시켜 온수추출 과정의 설계자료를 제시함으로써 궁극적으로 축열 시스템의 효율을 증가시켜 에너지보존 및 효율적 이용에 기여하고자 한다.

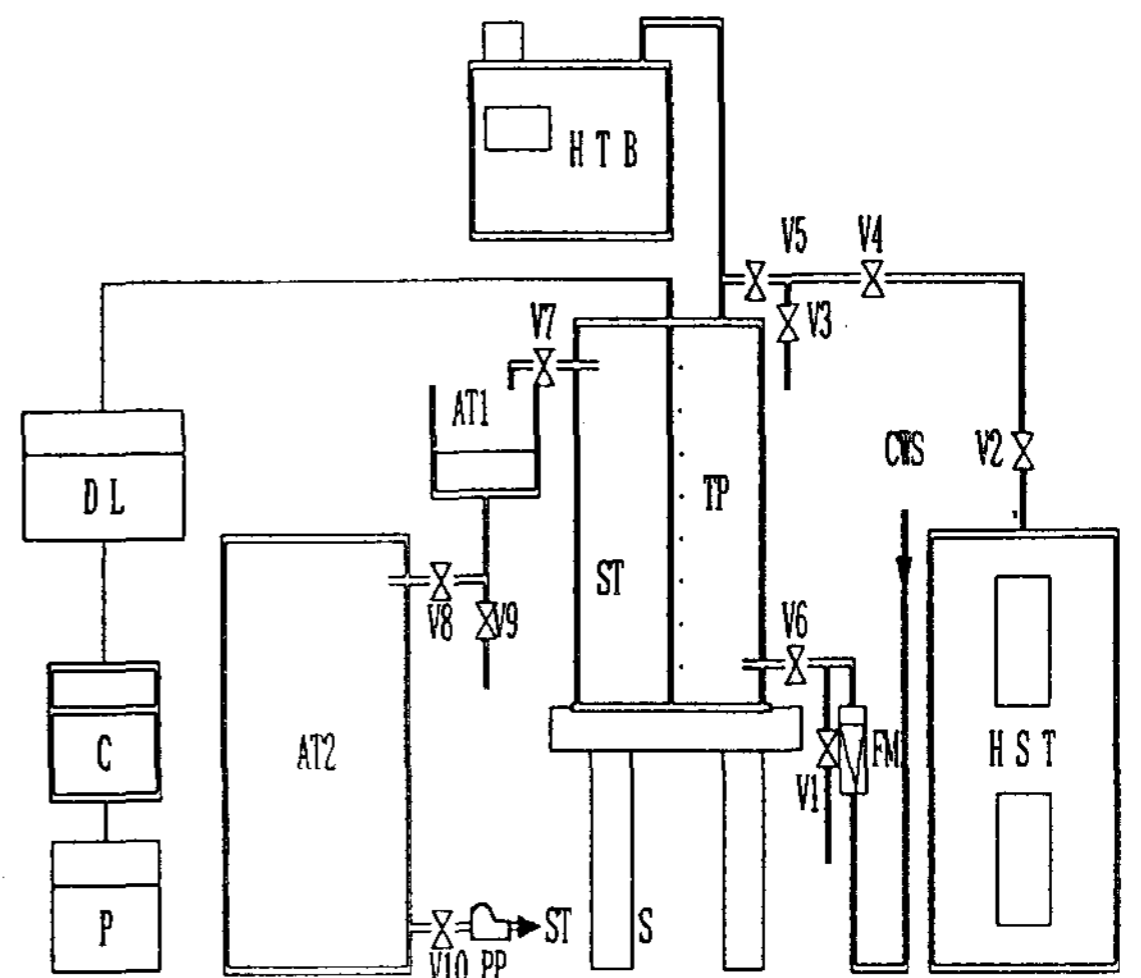
## 2. 실 험

### 2.1 실험장치

실험장치는 축열조, 온수공급탱크(Rheem Manufacturing Co., Model 81V120D), 고온향온수조, 보조탱크, 유량계, 유량조절밸브, 파이핑시스템, 순환펌프 등으로 구성되어 있다. 유입구 및 유출구 형상으로서 직경을 2가지로 변화시킨 단순원형관(Single round port), Perforated distributor, 그리고 Slotted distributor를 사용하였다. 그 밖에 기록 및 측정장치로는 축열조 내의 온도측정을 위하여 Yokogawa사의 Model DA2500E를 사용하였다. Fig. 1은 본 실험에서 사용한 실험장치의 개략도이며 이에 대해 자세히 설명하면 다음과 같다.

#### 2.1.1 축열조

축열조는 작동유체의 유동특성 및 열적거동을



ST : Storage tank	S : Supporter	PP: Pump
HST: Hot water supply tank	TP : Thermocouple probe	BV: Bypass valve
HTB: High temperature Bath	FM : Flow meter	P : Printer
AT : Auxiliary tank	DL : Data logger	V : Valve
C : Computer	CWS: Cold water supply	

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus

가시적으로 관찰할 수 있고 온수추출 과정동안 내압에 충분히 견딜 수 있도록 두께가 15mm인 안전강화 아크릴로 제작하였다. 온수추출 과정동안 축열조 내의 열유동특성을 정확히 해석하기 위해서는 축열조 외부로의 열손실을 방지해야 하며 이를 위해서 두께가 20mm인 섬유로 축열조 둘레를 감싸고 그 위에 두께가 10mm인 토이론과 비닐 테이프를 사용하여 충분히 단열시켰다.

축열조 하부에 암나사를 둔 직경 30mm의 냉수 유입구를 설치하여 유입구 형상을 변화시킬 수 있도록 하였으며 축열조 상부, 유입구 반대 측면에도 역시 암나사를 둔 직경 30mm의 온수 유출구를 설치하여 유출구 형상을 변화시킬 수 있도록 하였다. 이때 온수 유출구의 높이는 축열조 직경에 대한 높이의 비가 3인 위치이다.

### 2.1.2 온수공급탱크

본 연구에서 온수 공급탱크는 추출하려고 하는 온수를 온수 추출실험 시작전에 축열조 내에 저장하는 열원장치의 역할을 한다. 온수 공급탱크는 용량 450 l, 최대사용 온수온도는 75°C이며 상하부에 일정한 온도의 온수를 공급할 수 있도록 자동온도 조절기가 부착되어 있다.

### 2.1.3 보조탱크

축열조 상부에 위치한 유출구를 통해 온수추출이 진행될 때 유출구 끝단의 높이가 낮은 경우에는 사이펀 현상이 일어나 냉수의 유입유동율과 온수의 추출유동율이 달라지는 요인이 된다. 본 실험에서는 유출구의 끝단의 높이를 온수가 추출되는 위치와 거의 같도록 유지시킴으로써 냉수의 유입유동율과 온수의 추출유동율이 균일하도록 조정하였다.

### 2.1.4 유입구 및 유출구 형상

온수추출 과정동안 형성되는 축열조 내의 열성층 정도는 온수이용정도 및 온수추출 효율에 영향을

미치게 되므로 본 연구에서는 직경을 2가지로 변화시킨 단순원형관(Single round port), Perforated distributor 그리고 Slotted distributor를 사용하였다.

단순원형관의 경우 관 직경은 각각 15mm, 20mm이며 Perforated distributor는 직경 15mm의 원형관 측면에 지름 3mm인 분배공이 48개 위치하고 있다. Slotted distributor는 직경 15mm의 원형관 측면에 0.8mm의 틈이 437mm에 걸쳐 위치하고 있다. 본 연구에서는 선행 연구결과를 토대로 하여 Distributor 형상비가 2가 되도록 하였다. 이때, Distributor 형상비는 Distributor 분배공의 총 단면적에 대한 유입구의 단면적의 비이다.

## 2.2 온수의 추출유동율 조정

유량계는 온수의 추출유동율을 제어하기 위해서 냉수의 유입구 부근에 설치하였다. 냉수의 유입유동율의 조정은 축열조와 유량계 사이에 설치한 바이패스 밸브를 조절함으로써 실험조건에 맞추도록 하였다. 바이패스를 통과한 냉수의 유동율과 축열조 내로 냉수가 유입됨으로써 유출구를 통해 추출되는 온수의 유동율과는 축열조 내 온수의 압력 때문에 실제로는 약간의 차이를 나타내었으며 이러한 차이는 예비실험을 통하여 조절할 수 있었고 체적을 알고있는 보조탱크로 추출되는 온수의 양을 측정함으로써 오차를 최소화할 수 있었다.

## 2.3 실험절차

저장되어 있는 온수의 추출실험 절차는 다음과 같다.

- (1) 추출하려고 하는 온수를 실험조건 온도에 맞추도록 온수 공급탱크의 온도조절기로 세팅한다.
- (2) 온수 공급탱크의 온도가 실험조건 온도에 도달하면 축열조 내로 유입시키고 순환을 시켜 축열조 상하부의 온도차를 일정하게 조절한다.

- (3) 축열조 내에 있는 온수가 열적, 동적으로 안정되면 시수의 유동을 정상화시키기 위해서 유입구 부근에 설치된 바이패스 밸브를 이용하여 온수의 추출유동율을 조절한다.
- (4) 온수의 추출유동율이 실험조건에 일치되면 바이패스 밸브를 잠그고 순간적으로 축열조 유입구에 설치된 볼밸브를 개구시킴과 동시에 유출구에 설치된 볼밸브를 열어 온수를 유출시킨다.
- (5) 냉수가 축열조 하부로 공급되는 순간부터 축열조에 설치된 열전대를 통하여 5초 간격으로 온도를 측정한다.
- (6) 각종 실험조건을 변화시키면서 위와같은 방법으로 추출 실험을 반복 수행한다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 온수이용율

본 연구에서는 부하측에서 이용하고 있는 온수의 이용정도를 온수추출 시간에 따라 파악하기 위하여 온수의 이용율( $R_u$ )을 다음과 같이 정의한다.

$$R_u = \frac{T_o - T_c}{T_h - T_c} \quad (1)$$

$T_o$ : 추출과정 동안 유출구에서 측정된 순간 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_c$ : 냉수의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_h$ : 온수의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

윗 식에서 나타난 바와같이 초기에 저장된 온수가 추출될 때의 온수 이용율의 값은 1이되며 축열조 하부로 유입되는 냉수가 추출될 때의 온수 이용율의 값은 0이된다.

#### 3.1.1 유입구 형상에 의한 영향

Fig. 2는 온수의 추출유동율이 6LPM, 유입냉수

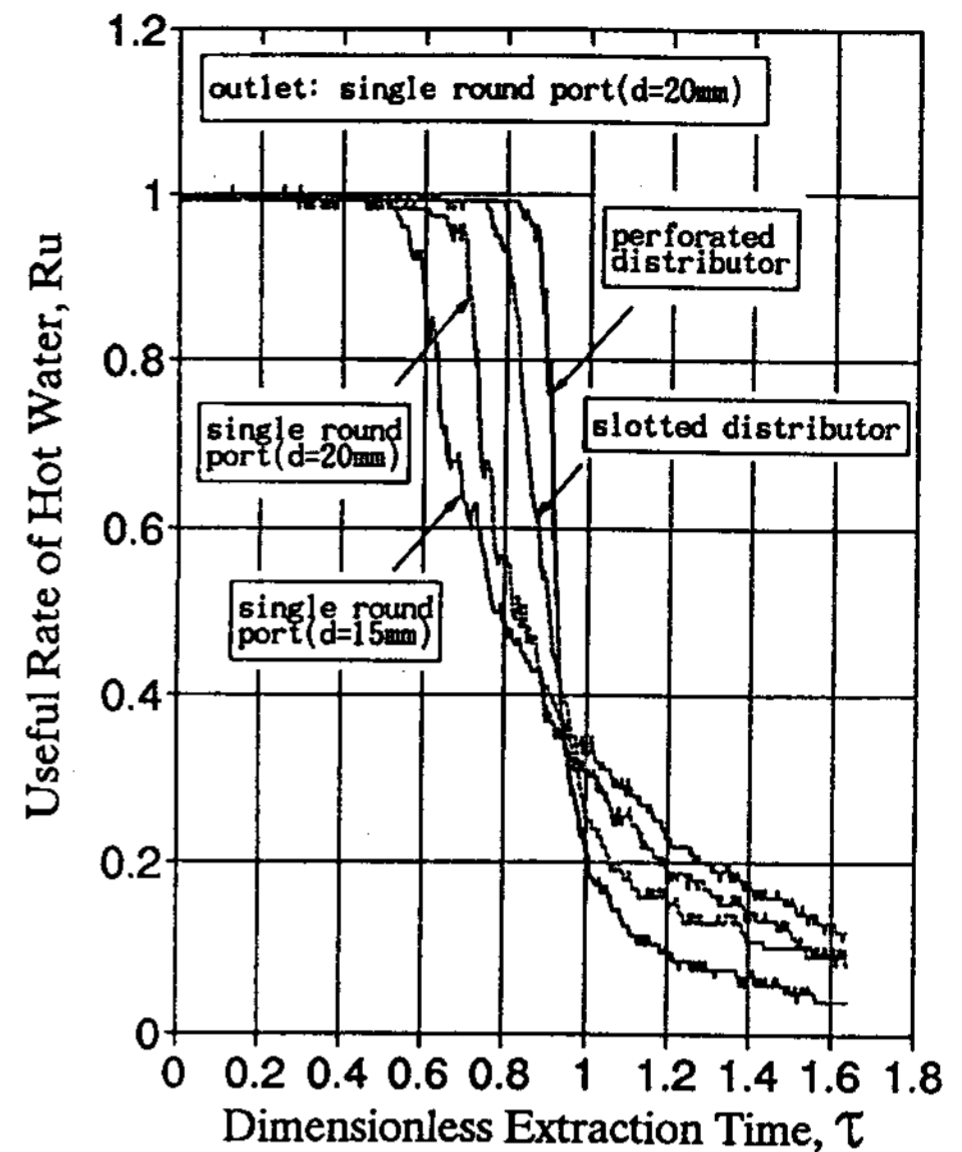


Fig. 2. Effects of inlet geometries on useful rate of hot water for  $Q = 6\text{LPM}$  and  $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$

와 저장온수와 의 기준온도차가  $10^{\circ}\text{C}$ 이고 유출구 형상으로 직경 20mm인 단순원형관을 사용했을 때 무차원 온수추출시간의 변화에 대한 온수 이용율의 변화를 각각의 유입구 형상에 대해서 나타내고 있다.

유입구 형상으로서 Perforated distributor를 사용한 경우가 온수와 냉수가 혼합되어 추출되는 혼합수 추출 임계시간이 늦게 나타남을 볼 수 있는데 이는 유입구 형상으로 Perforated distributor를 사용할 경우 유입냉수의 관성력이 작아져 온도구배영역의 두께가 작아짐으로써 동일 온수 추출시간에 온도구배영역의 윗경계면이 다른 유입구에 비해서 더 낮은곳에 위치하고 있기 때문으로 생각된다.

그리고 유입구 형상으로서 직경 15mm인 단순원형관을 사용한 경우 혼합수 추출 임계시간 이후의 온수 이용율의 변화가 완만하게 감소하고 있으며 온수의 1회 추출시간이 지난후 온수 이용율의 값이 다른 유입구 형상을 사용한 경우에 비

해 높게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 이를 통해 볼 때 유입구의 형상에 지배되는 온도구배영역의 두께는 온수와 냉수가 혼합되어 추출되는 혼합수 추출 임계시간의 결정은 물론 온수의 1회 추출시간 이후의 온수 이용율의 크기를 지배하는 중요한 요인임을 알 수 있다.

한편 온수의 1회 추출시간 이후 온수 이용율의 크기가 각각의 유입구 형상에 따라 다르게 나타남을 볼 수가 있는데 이는 단지 온도구배영역의 크기에 의한 결과이며 적절한 유출구를 사용할 경우 온수의 1회 추출시간 이후 온수 이용율의 값을 최소화 할 수 있다.

### 3.1.2 유출구 형상에 의한 영향

Fig. 3은 온수의 추출유동율이 6LPM, 유입냉수와 저장온수와의 기준온도차가 10°C이고 유입구 형상으로 직경 20mm인 단순원형관을 사용했을 때 무차원 온수 추출시간에 대한 온수 이용율의 변화를 각각의 유출구 형상에 대해서 나타내고 있다.

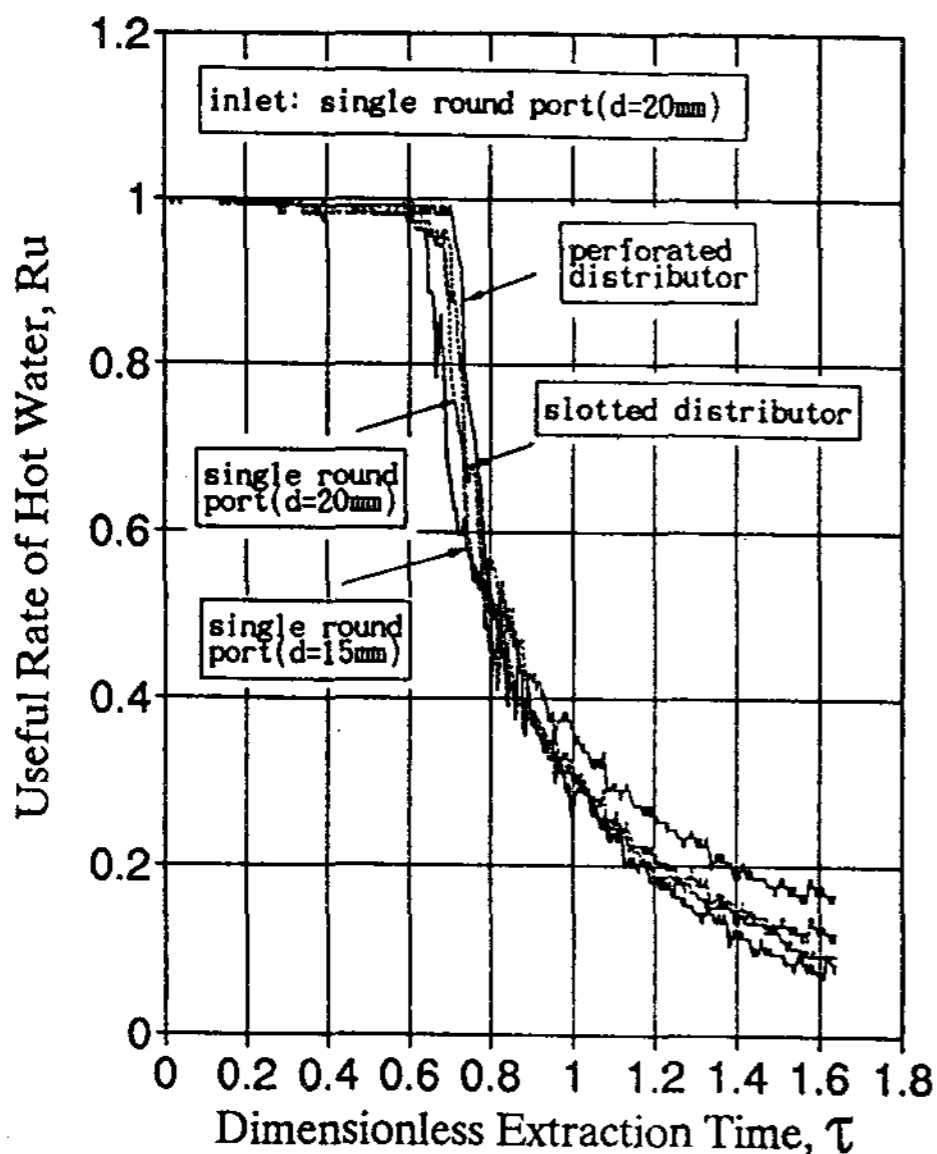


Fig. 3. Effects of outlet geometries on useful rate of hot water for  $Q = 6\text{LPM}$  and  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$

유출구 형상으로서 Perforated distributor를 사용한 경우가 온수와 냉수가 혼합되어 추출되는 혼합수 추출 임계시간이 약간 늦게 나타남을 볼 수가 있는데 이는 유출구 형상으로서 Perforated distributor를 사용할 경우 온도구배영역의 윗경계면을 오랫동안 유지시킬 수 있다는 것을 의미한다. 또한 온도구배영역 내의 혼합수의 추출이 시작된 후 온수 이용율의 변화가 급격히 감소됨을 볼 수 있고 온수의 1회 추출시간이 지난후 온수 이용율의 값이 다른 유출구 형상에 비해 더욱 낮게 나타남을 알 수 있다.

이러한 이유는 축열조 상부에서 온수추출 후반부의 온수의 추출형태가 온도구배영역의 아랫경계면을 불안정하게 하는 정도가 유출구 형상에 따라 다르기 때문이다.

### 3.1.3 온수의 추출유동율에 의한 영향

Fig. 4는 유입구 및 유출구 형상으로서 직경 20mm인 단순원형관을 사용하고 유입냉수와 저장온수와의 기준온도차가 10°C인 경우 온수를 각각

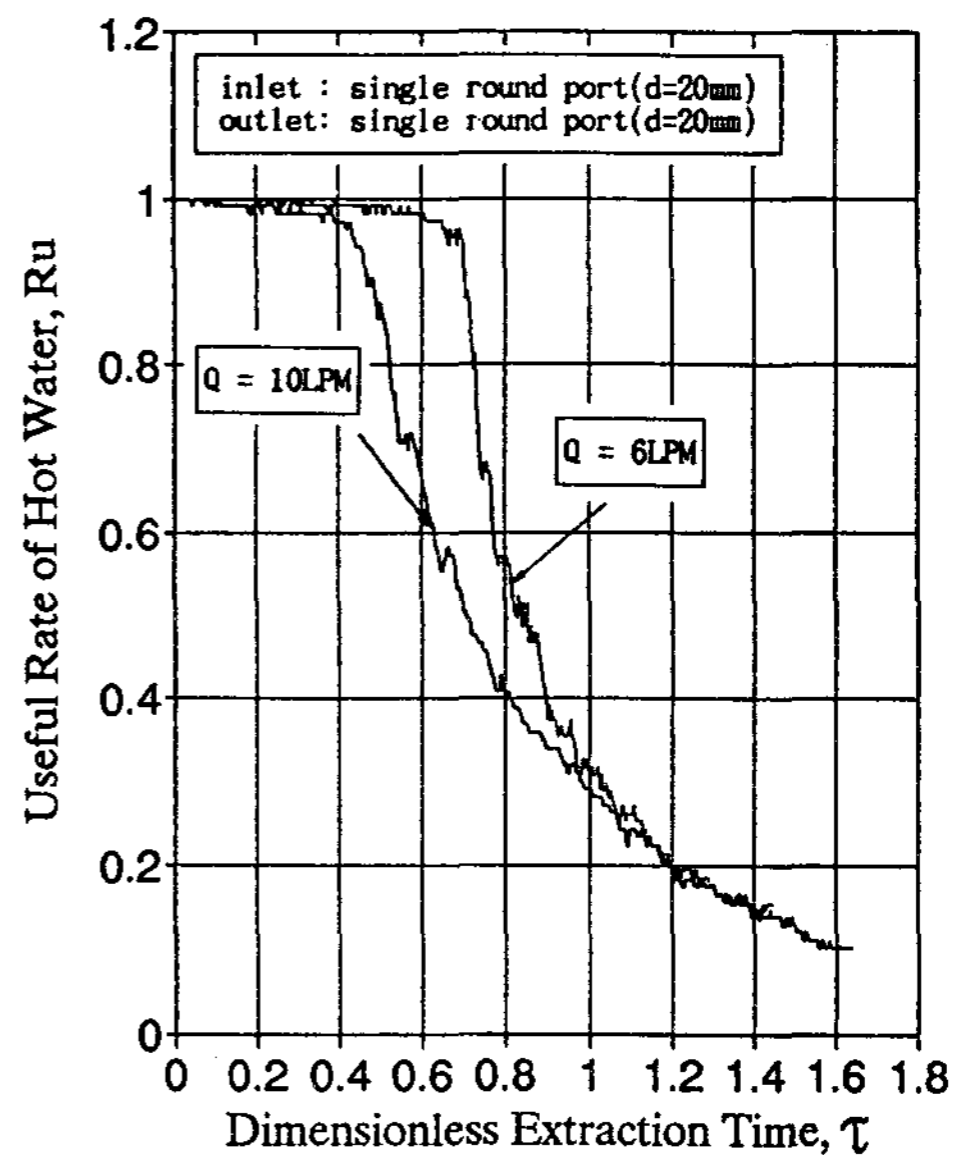


Fig. 4. Effects of flow rates on useful rate of hot water for  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$

6LPM, 10LPM으로 추출시켰을 때 무차원 온수 추출시간에 대한 온수 이용율의 변화를 나타내고 있다.

온수의 추출유동율이 증가할수록 온도구배의 윗경계면의 위치가 동일 무차원 온수 추출시간에 있어서 유출구 위치에 접근함으로써 냉수와 온수가 혼합되어 추출되는 임계시간이 빠르게 나타나고 있음을 볼 수가 있다.

이 혼합수 추출 임계시간 이후의 온수 이용율의 감소율은 온수의 추출유동율이 클수록 완만함을 볼 수가 있다.

3.1.4 기준온도차에 의한 영향

Fig. 5는 유입구 및 유출구 형상으로 직경 20mm인 단순원형관을 사용하고 온수의 추출유동율이 6LPM인 경우 유입냉수와 저장온수의 온도차를 각각 10°C, 30°C로 변화시켰을 때 무차원 온수추출시간에 대한 온수 이용율의 변화를 나타내고 있다.

유입냉수와 저장온수의 온도차가 증가할수록

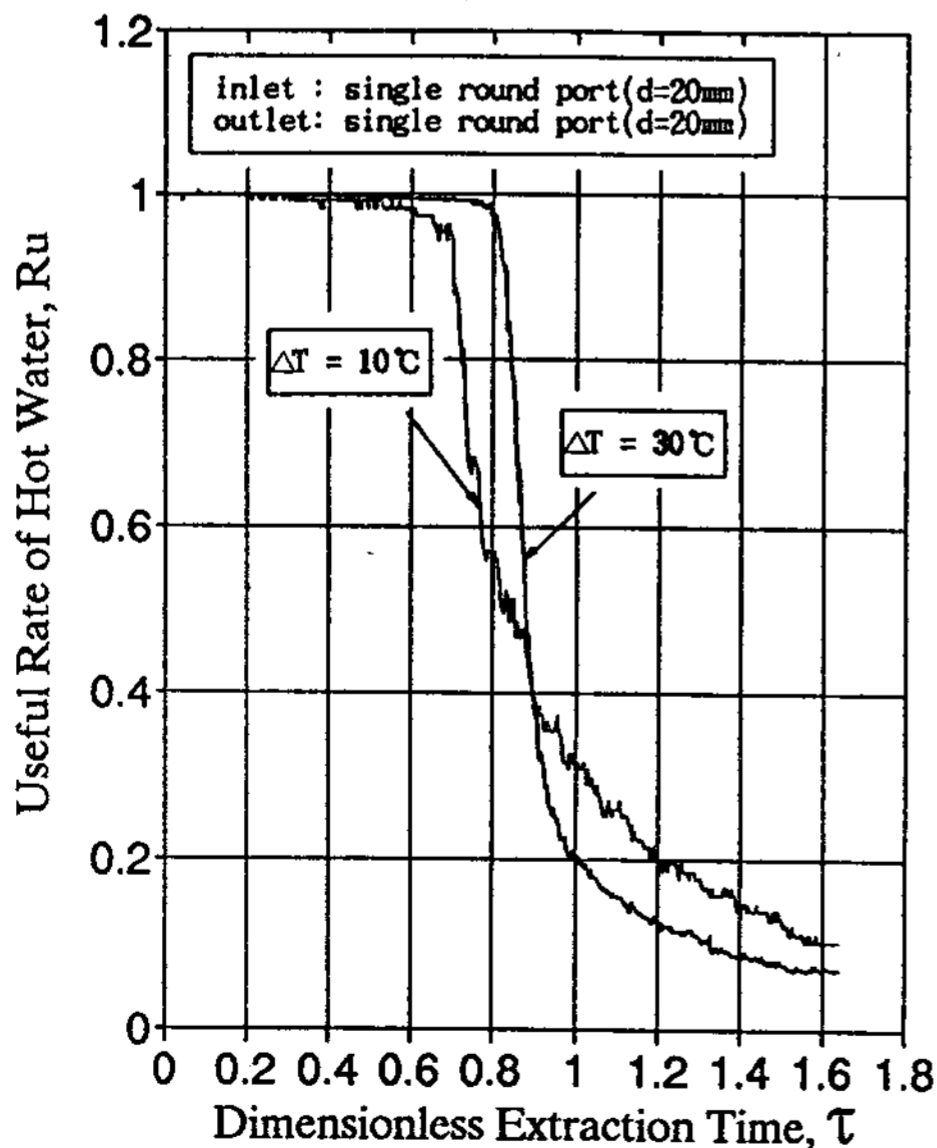


Fig. 5. Effects of temperature differences on useful rate of hot water for Q = 6LPM

온도구배영역의 두께가 감소하여 동일 무차원 온수 추출시간에 초기 저장상태의 온수를 그대로 이용하고 있음을 볼 수가 있으며 또한 혼합수 추출 임계시간 이후의 온수 이용율의 감소율이 가파르게 변화함을 알 수 있다.

3.2 온수추출효율

본 연구에서는 온수 추출과정이 끝나는 시간을 축열조 내에 저장된 온수가 1회 추출되는 시간으로 정하고 축열조 내의 열성층의 크기에 관계없이 온수추출 특성을 해석하기 위해서 Fig. 6과 같은 온수 추출과정 전,후의 축열사이클 모델을 도입한다.

축열조 내에 저장되어 있는 온수(Fig. 6-b)는 그전단계 축열사이클(Fig. 6-a)에서 축열조 상부로 유입되어 냉수와 혼합이 전혀 없이 이론적으로 완전성층인 상태로 저장되었다고 가정한다면

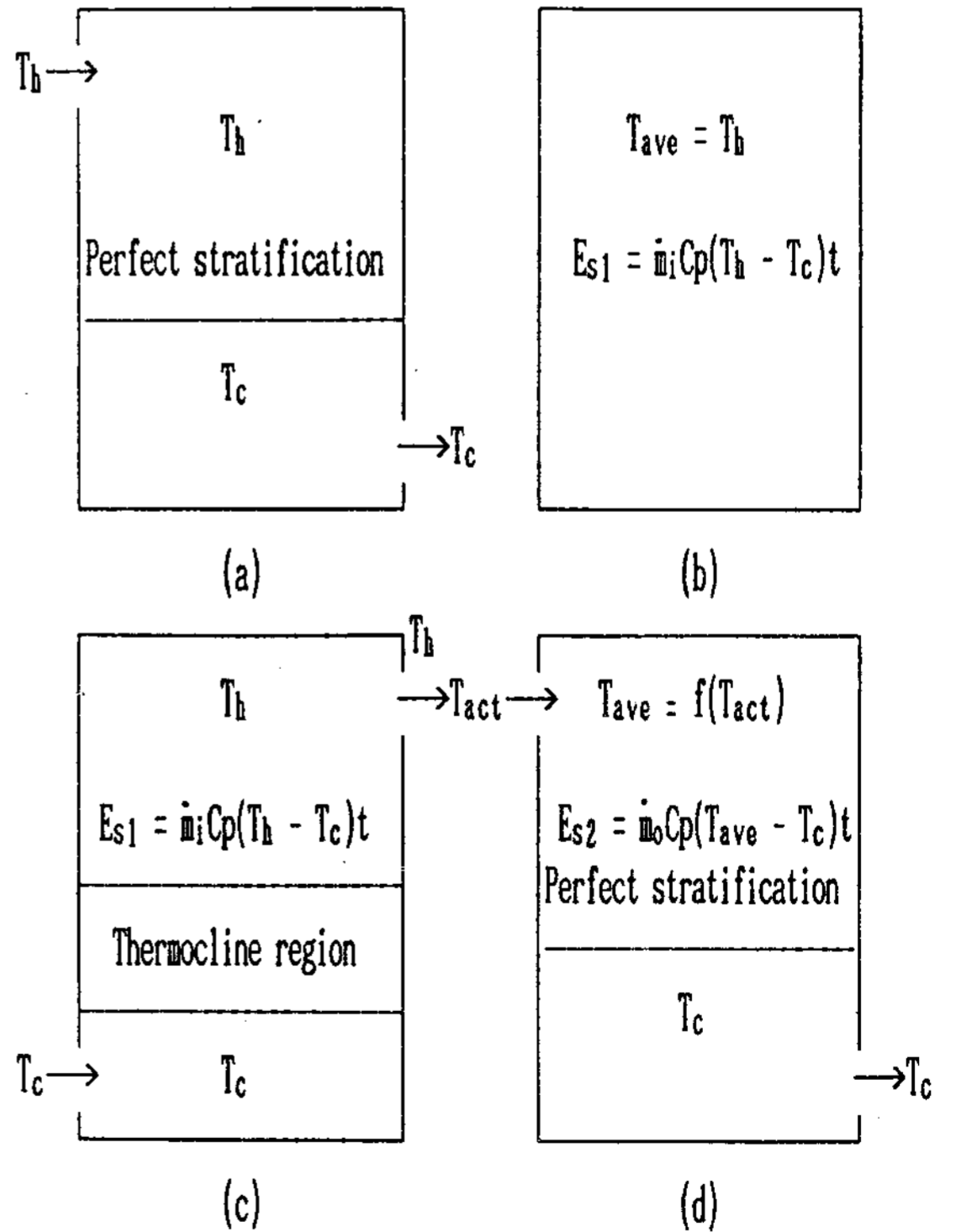


Fig. 6. The model of extraction process

이 경우 저장된 에너지는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{sl} = m_i C_p (T_h - T_c) t \quad (2)$$

축열조 내에 저장된 온수를 추출하는 과정(Fig. 6-c)을 냉수가 저장되어 있는 축열조 내에 축열시키는 과정(Fig. 6-d)으로 볼 수 있다. 이 때 고온의 유입수와 냉수와는 혼합이 전혀 이루어지지 않고 이론적으로 완전 성층을 이루면서 저장된다고 가정하면 이 경우 축열조 내에 저장된 에너지는 추출된 에너지와 같으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{sl} = E_e = m_o C_p (T_{ave} - T_c) t \quad (3)$$

결국 식 (2)와(3)을 이용해 무차원 식을 만들면 다음과 같다.

$$\frac{E_{sl}}{E_{sl}} = \frac{E_e}{E_{sl}} = \frac{m_o C_p (T_{ave} - T_c) t}{m_i C_p (T_h - T_c) t} \quad (4)$$

$E_{sl}$  : 축열조에 저장된 온수의 에너지(kcal)

$E_{sl} = E_e$  : 추출된 온수의 에너지(kcal)

$m_i$  : 온수의 유입 질량유동율(kg/s)

$m_o$  : 온수의 추출 질량유동율(kg/s)

$C_p$  : 온수의 정압비열(kcal/kg $^{\circ}$ C)

$T_{ave}$  : 추출된 온수의 평균온도( $^{\circ}$ C)

$T_h$  : 온수의 온도( $^{\circ}$ C)

$T_c$  : 냉수의 온도( $^{\circ}$ C)

$t$  : 온수와 냉수의 1회 충수시간(sec)

위 식에서 온수의 유입 유동율과 추출 유동율은 실험에서 각각 같은 조건으로 주어졌으며 정압비열과 실제 실험 수행시간은 같은 값을 가지므로 위 식은 다음과 같이 나타낼 수 있으며 이를 온수 추출효율로 정의한다.

$$\eta_e = \frac{T_{ave} - t_c}{T_h - t_c} \quad (5)$$

위 식은 축열조 내에 저장된 에너지에 대하여 온수가 1회 추출되는 시간동안 실제로 추출된 에너지의 비를 나타낸다.

### 3.2.1 유입구 형상에 의한 영향

Fig. 7에서 보여주는 바와같이 유입구 형상으로 Perforated distributor를 사용한 경우에 유입 냉수의 관성력을 억제시켜 온도구배영역의 두께를 감소시킴으로써 온수의 1회 추출시간까지 초기상태의 온수를 효과적으로 추출할 수 있어서 가장 높은 온수 추출효율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

온수 추출효율의 크기는 실험결과를 통해 볼 때 Perforated distributor, Slotted distributor, 단순원형관(d = 20mm), 단순원형관(d = 15mm)의 순서로 온수의 추출유동율에 상관없이 작은값을 보이고 있고 온수의 추출유동율의 증가에 따른 온수 추출효율 또한 급격하게 감소하고 있다. 결

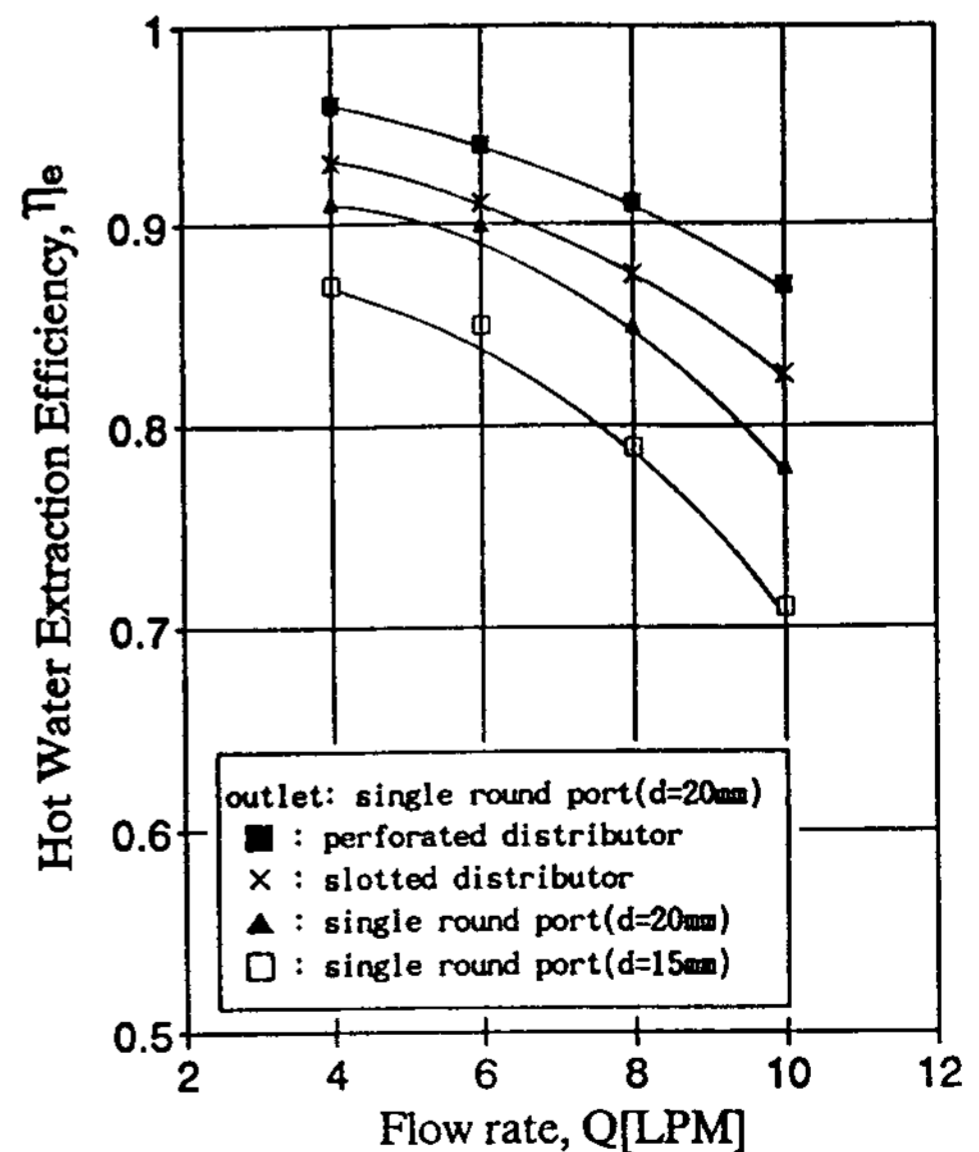


Fig. 7. Effects of inlet geometries on hot water extraction efficiency for  $\Delta T = 30^{\circ}C$

국 관성력을 효과적으로 억제시킬 수 있는 유입구 형상을 사용하게 되면 고유동율의 조건하에서도 더욱 높은 온수 추출효율을 얻을 수 있다.

온수의 추출유동율이 증가할수록 유입구 형상의 종류에 따른 온수 추출효율값의 차이는 점점 더 증가하고 이러한 경향은 온수 추출과정을 지배하는 동적조건들이 유입구 형상에 의해서도 지배되고 있음을 알 수 있다.

### 3.2.2 온수의 추출유동율에 의한 영향

Fig. 8에서는 온수의 추출유동율이 증가할수록 온도구배영역의 두께가 증가하여 온수의 1회 추출시간까지 혼합수가 상대적으로 많이 추출되기 때문에 온수 추출효율이 감소하고 있음을 볼 수 있다. 그리고 온수의 추출유동율의 증가에 따른 온수 추출효율의 감소율은 더욱 커지며 이러한 결과는 냉수의 유입초기에 축열조 하부에서 발생하는 혼합과 온수추출 후반부에 축열조 상부에서 발생하는 혼합에 의해서 일어나는 요인이라 생각할 수 있다.

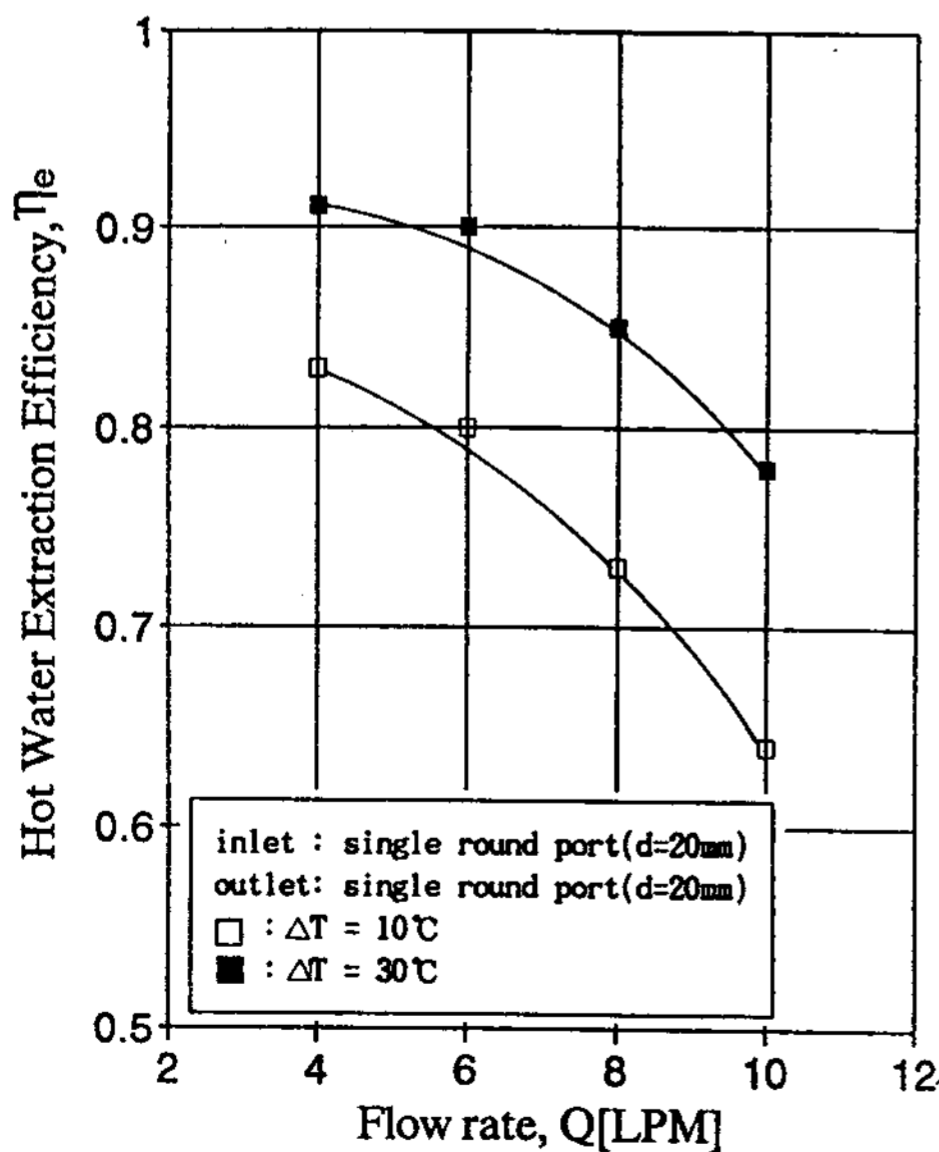


Fig. 8. Variation of hot water extraction efficiency with respect to flow rate

유입냉수와 저장온수의 기준온도차가 감소하게 되면 유입냉수와 저장온수의 경계면에서의 전단응력이 증가하여 온도구배영역의 두께를 증가시키는 원인이 되어 온수 추출효율값의 저하를 초래하게 된다. 이 경우에 온수의 추출유동율이 증가될수록 온수 추출효율값의 차이 또한 증가함을 확인 할 수 있다. 이를 통해 볼 때 온수 추출과정을 지배하는 동적 조건인 유입냉수와 저장온수와의 기준온도차와 온수의 추출유동율은 서로 관련이 있음을 알 수 있다.

### 3.2.3 기준온도차에 의한 영향

Fig. 9에서 나타난 바와 같이 유입냉수와 저장온수와의 기준온도차가 증가할수록 유입냉수와 저장온수 사이의 경계면에서 전단응력이 작아져서 혼합의 크기가 감소함으로써 온수의 추출효율값이 증가하는 경향을 보이고 있다.

온수의 추출유동율이 작을수록 유입냉수와 저장온수와의 기준온도차의 증가에 따른 온수 추출효율값의 증가율이 완만하게 나타나고 있는데

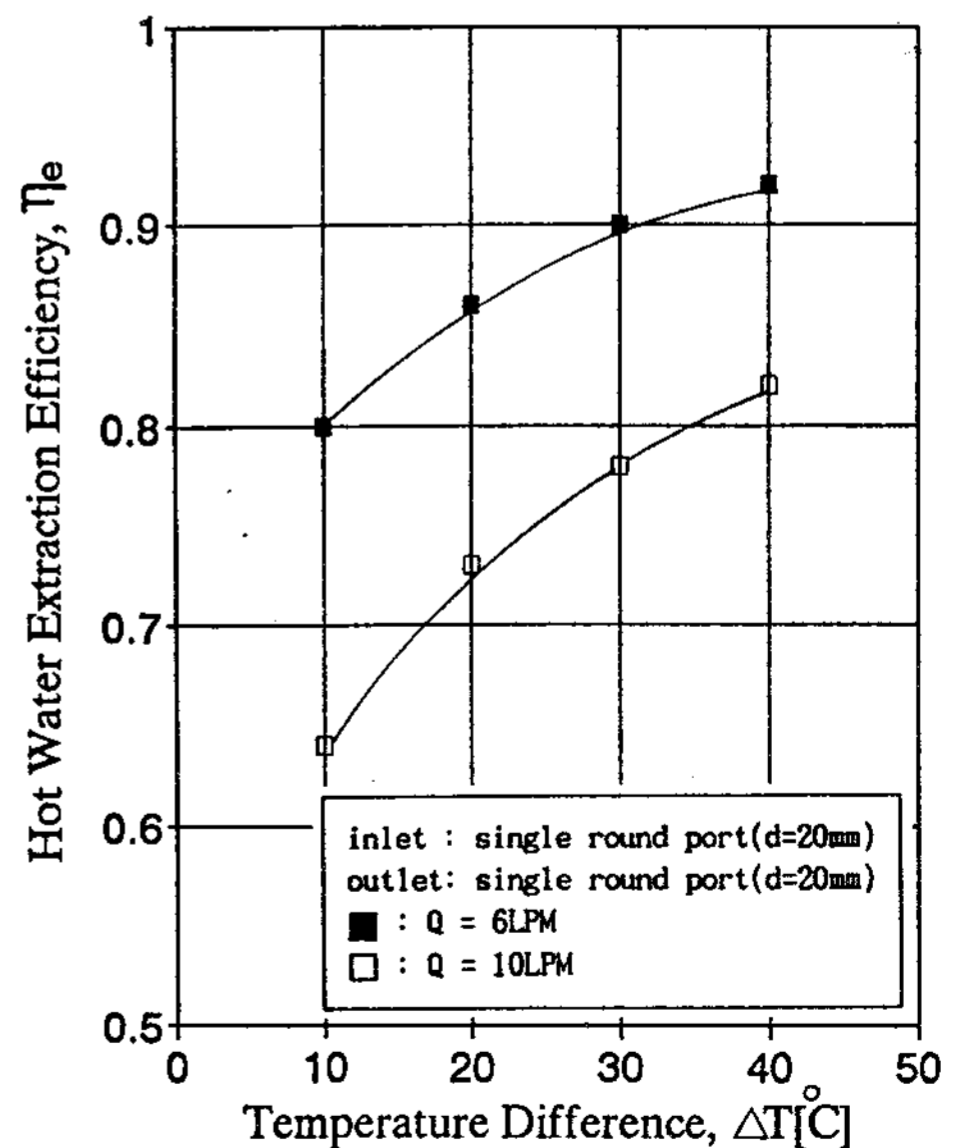


Fig. 9. Variation of hot water extraction efficiency with respect temperature difference



이는 저유동율인 경우가 상대적으로 낮은 기준온도차에서 더욱 높은 온수 추출효율을 얻을 수 있기 때문이다.

### 3.2.4 유출구 형상에 의한 영향

Fig. 10은 유출구 형상으로서 Perforated distributor를 사용한 경우에 온수 추출과정 후반부에 온도구배영역의 윗경계면을 안정하게 유지시키면서 초기상태의 온수를 효과적으로 추출할 수 있어서 가장 높은 온수 추출효율을 얻을 수 있음을 보여주고 있다.

온수 추출효율의 크기는 실험결과를 통해 볼 때 각 유출구 형상에 대해 온수의 추출유동율에 상관없이 작은값을 보이고 있고 온수의 추출유동율의 증가에 따라서 급격하게 감소하고 있다. 그리고 유출구 형상으로서 Perforated distributor를 사용한 경우와 단순원형관을 사용한 경우를 비교해 볼 때 온수의 추출유동율이 증가할수록 온수 추출효율값의 차이가 증가하는 경향을 보이고 있다. 그러므로 온도구배영역의 윗경계면과

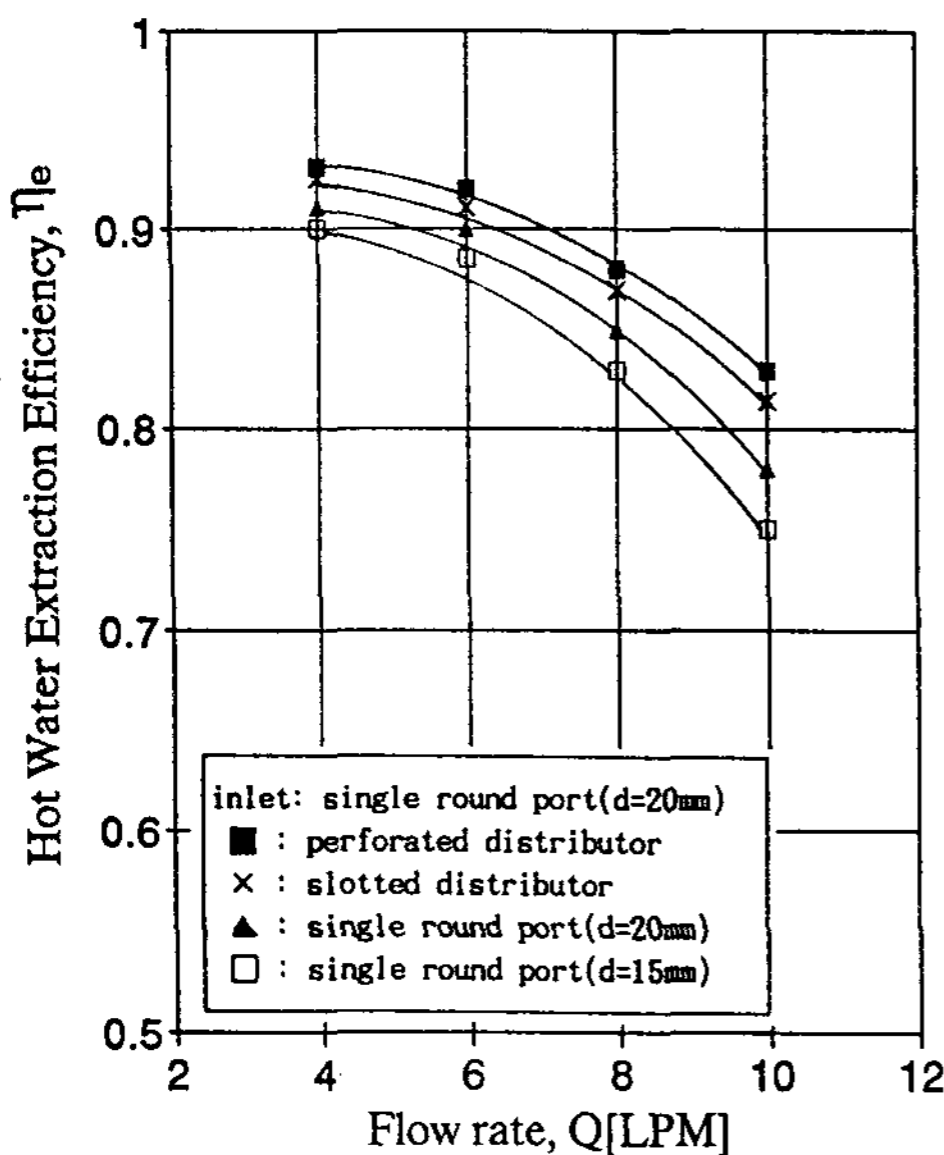


Fig. 10. Effects of outlet geometries on hot water extraction efficiency for  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$

의 혼합을 최소화시킬 수 있는 적절한 유출구를 사용할 경우 특히, 온수의 추출유동율이 클 경우에 더욱 높은 온수 추출효율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

## 4. 결 론

1. 냉수의 유입구 형상으로서 Perforated distributor를 사용한 경우가 단순원형관에 비해 온수와 냉수가 혼합되어 추출되는 임계시간이 늦게 나타나고 이 시간 이후의 온수 이용율의 기울기는 가파르게 형성되며 온수의 1회 추출시간 이후의 온수 이용율의 크기는 다른 유입구 형상보다 낮게 나타난다. 한편 이 경우 높은 온수 추출효율을 얻을 수 있고 특히 유입냉수와 저장온수의 기준온도차가 작고 온수 추출유동율이 클수록 효과적이다.
2. 동일조건 하에서 온수의 추출유동율이 작고 유입냉수와 저장온수와의 기준온도차가 클수록 온수의 1회 추출시간까지의 온수의 이용율의 값은 크게 나타나며 온수 추출효율은 증가함을 알 수 있었다.
3. 온수의 유출구 형상으로서 Perforated distributor를 사용할 경우 온수의 이용율과 추출효율을 증가시킬 수 있으며 특히 추출온수의 유동율이 클수록 효과적임을 알 수 있었다.
4. 동적조건들 상호간에 서로의 크기에 따라 온수 이용율에 영향을 미치며 기하학적인자인 유입구 유출구 형상은 동적조건을 지배한다.

## 후 기

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었기에 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

1. H. P. Garg, S. C. Mullic and A. K. Bharagava, "Solar Thermal Energy Storage", D.Reidel Publishing Com., pp82~128, 1985.
2. Z. Lavan, J. Thomson, "Experimental Study of Thermally Stratified Hot Water Storage Tank", Solar Energy 19, pp519~524, 1977.
3. "태양열 냉난방 시스템 개요", SERI-H-80-1, pp1~14, 1980.
4. J. A. Duffie, W. A. Backman, "Solar Energy Thermal Processes", Willey, NewYork, 1974.
5. G. H. Girka, D. S. Katavola, "Supercritical Withdrawal from two-layered Fluid Systems", J. of Hydraulics Researches 17 No.1. pp53~62, 1979.

# The Study on Prediction of Hot Water Extraction in a Thermal Energy Storage System

W. Cho\*, E. T. Pak\*\*

\* *Yong-In Songdam College*

\*\* *Sung Kyun Kwan University*

## Abstract

In thermal energy storage system, energy collected from many types of heat source is stored in a storage tank and then supply to load for demand. Lately, practical use of thermal energy storage system and attention to essential use of energy have been increased. From this point of view, especially, a study about the energy extraction process from a storage tank is necessary.

So in this study, useful rate of hot water and hot water extraction efficiency was analysed respect to dynamic and geometric parameters dominating the hot water extraction process.