

엑서지를 이용한 지역난방 열요금 제도 제안

문 정 환[†], 이 재 현*, 문 승 재*, 유 호 선**

한국지역난방기술(주) 기술개발팀, *한양대학교 기계공학부, **숭실대학교 기계공학과

Suggestion of New Heat Tariff Assessment for District Heating Using Exergy

Jung-Hwan Moon[†], Jae-Heon Lee*, Seung-Jae Moon*, Hoseon Yoo**

Technical Development Team, Korea District Heating Engineering Co. Ltd., Seongnam, 463-824, Korea

*School of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

**Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

ABSTRACT: In this study, the exergy which could be reflected on energetic and economic value was used to assess on heat tariff of district heating system instead of enthalpy. Exergy is difficult to apply directly to present heat charge system because of complex calculation. Therefore, the difference between supply and return temperature was converted to the exergy temperature difference for easily calculating the amount of heat. As a result of exergy analysis for a DH substation, the exergy temperature difference were not affected on surrounding temperature and pressure loss. Supply temperature, maximum difference between supply temperature and return temperature had a main effect on the exergy temperature difference. The new heat charge of a DH user was slightly reduced in winter compared with previous heat charge. Heat charges in other seasons were almost same. It is thought that heat tariff using exergy will be appropriate in terms of both DH supplier and consumer.

Key words: District heating(지역난방), Heat tariff(열요금), Exergy(엑서지)

기 호 설 명

그리스 문자

c : 비열 [kJ/(kg·K)]

C : 열요금 [₩]

h : 엔탈피 [kJ/kg]

\dot{m} : 질량유량 [kg/h]

P : 압력 [Pa]

Q : 열량 [kcal]

s : 엔트로피 [kJ/(kg·K)]

T : 온도 [K]

t : 시간 [h]

v : 비체적 [m³/kg]

X : 엑서지 [kJ]

α : 요금 단가 [₩/Mcal]

ψ : 유동엑서지 [kJ/kg]

하첨자

0 : 주위상태

b : 기본

r : 지역난방 회수측

s : 지역난방 공급측

tot : 총 합계

u : 사용

x : 엑서지

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-776-8844; fax: +82-31-776-8885

E-mail address: jhmoon@kdhec.com

1. 서론

지역난방 사용자의 열요금은 계약면적 혹은 열교환기 용량에 따라 부과되는 기본요금과 실제 열사용량에 따라 부과되는 사용요금으로 구성되어 있다. 실제 사용한 열량은 지역난방 공급측 유량에 공급온도와 회수온도의 차이(이하 온도차)를 곱하여 산정하고 있다. 이와 같은 방식은 지역난방수(중온수)가 가지는 엔탈피 차에 근거하여 열에너지의 양을 고려한다고 볼 수 있다.

이러한 관계에 의해 지역난방 사용자설비의 설계 조건인 115℃로 중온수가 공급되고 65℃로 회수되는 경우와 100℃로 공급되어 50℃로 회수되는 경우의 사용 열량은 유량이 서로 동일하다면 같게 된다. 그러나 지역난방 열원설비에서 공급되는 중온수는 공급온도나 공급압력에 따라 열역학적으로 가치가 상이하다.

또한 115℃로 중온수를 공급하여도 지역난방 사용자에게 따라 회수온도는 낮거나 높을 수 있다. 만약 회수온도가 높으면 터빈 등 열원시설의 효율은 저하되고, 펌프 동력비는 상승하게 되어 열공급자에게 불리하게 작용한다.

본 연구에서는 지역난방 중온수가 가지는 열역학적 에너지의 양과 질을 동시에 고려하여 열사용량에 따라 차등 요금을 적용할 수 있는 적절한 패러미터의 도입이 필요하게 되었다. 이러한 부분을 잘 설명할 수 있는 개념이 바로 엑서지(exergy)이다.

엑서지에 관한 연구는 주로 열병합 발전 계통의 효율 평가^[1] 및 최적 설계^[2] 위주로 진행되어 왔다. 또한 엑서지는 지역난방 열배관의 손실 평가^[3]나 열병합발전의 열 및 전력 단가 계산을 위해 경제학과 접목하여 연구된 바 있다^[4].

엑서지는 엔탈피에 비해 개념이 다소 복잡하여 이를 바로 요금으로 적용하기에는 지역난방 공급자 및 사용자들에게 무리가 따를 수 있다. 따라서 이전 방식대로 열량 계산을 위한 기존의 공급회수 온도차는 그대로 이용하되 엑서지에 근거한 온도차로 환산함으로써 요금 산정에 쉽게 적용이 가능한 방법을 제안하고자 한다.

2. 엑서지

엑서지란 주어진 상태에서 일정한 양의 에너지

에 대응하는 잠재일(potential work)로 에너지의 양과 질을 함께 설명할 수 있는 물리량이며 시스템만이 아닌 시스템과 환경의 조합된 성질로 열역학 법칙을 위배하지 않고 발생할 수 있는 최대일을 의미한다. 기존의 엔트로피는 개념적으로 이해가 용이하지 않으며 에너지의 차원이 상이하여 에너지의 질을 직접적으로 표시하기가 곤란하다.

일반적으로 열전달이 없는 정상상태 유동 엑서지(ψ)에서 위치에너지와 운동에너지는 일반적으로 그 양이 매우 적으므로 이를 무시하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \psi &= (h - h_0) - T_0(s - s_0) + \frac{V^2}{2} + gz \\ &\cong (h - h_0) - T_0(s - s_0) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 h , s 는 각각 엔탈피와 엔트로피이며, 하첨자 0는 주위상태를 의미한다.

식(1)을 열역학 제 1, 2법칙에 따라 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\psi = c(T - T_0) + v(P - P_0) - cT_0 \ln \frac{T}{T_0} \quad (2)$$

여기서 c 는 비열, v 는 비체적이다.

비압축성 유체의 경우 식(2) 우변의 두 번째 항을 보통 무시하지만 지역난방 중온수는 고온의 압축수이며, 중온수가 통과하는 열교환기와 배관에서의 압력손실을 고려하기 위하여 포함시켰다.

3. 엑서지 분석 대상

엑서지 사용량에 따라 지역난방 요금을 산정하는 방법을 제안하기 위하여 열사용시설 내 열교환기의 입출구 영역을 검사체적으로 설정하였으며 이를 Fig. 1에 나타내었다.

열교환기는 난방용과 급탕용으로 나뉘며, 열교환기 설계 기준은 지역난방측(1차측) 난방 공급온도가 115℃, 회수온도가 65℃(2006년 5월 이후 50℃로 개정)이다^[5]. 급탕의 경우는 공급온도가 75℃, 회수온도 35℃로 설계하고 있다. 또한 지역난방측 공급압력 기준은 1.6 MPa이며, 배관 내의

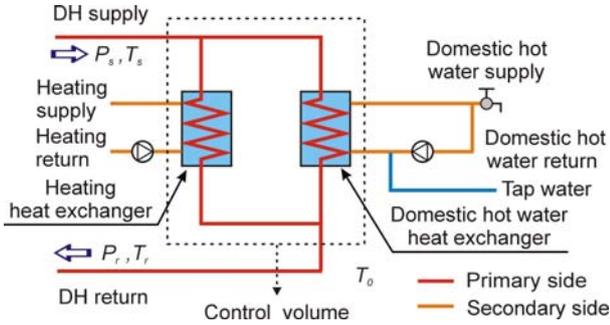


Fig. 1 Control volume for exergy analysis.

흐르는 유체는 중온수로 유동 엑서지를 이용하여 지역난방 요금 제도를 산정하였다.

4. 엑서지 이용 열요금 제도

현재 지역난방 사용자의 열요금은 기본 요금 (C_b)과 사용 요금(C_u)으로 구성되어 있으며, 한국 지역난방공사에서 부과하고 있는 요금 단가(2007년 11월 기준)를 Table 1에 나타내었다. 여기서 사용 요금은 시간당 공급 유량과 온도차를 곱하여 산정하며, 엔탈피 기반의 기존 사용 요금(C_u)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{tot} = C_b + C_u = C_b + \alpha \times \sum \bar{m} c \Delta T \Delta t \quad (3)$$

여기서 α 는 단가, \dot{m} 은 유량, ΔT 는 온도차, Δt 는 시간간격이다.

한편 엑서지를 이용하여 제안하고자 하는 사용 요금(C_x)은 식(4)와 같이 정의할 수 있으며, 식(3)의 C_u 를 대신하는 것이다. 요금 산정의 편의를 위해 엑서지 사용량을 기존 사용 열량으로 변환하기 위한 엑서지 온도차를 도입하였으며 그 개념을 Fig. 2에 나타내었다.

$$C_x = \alpha \times \sum \bar{m} c (\Delta T_x) \Delta t \quad (4)$$

여기서 ΔT_x 는 엑서지 온도차이다.

한편 엑서지 사용량(X_{tot})은 단위시간당 엑서지 사용량을 적분하여 얻을 수 있으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_{tot} = \int \dot{X} dt \approx \sum \bar{X} \Delta t \quad (5)$$

Table 1 Heat tariffs with customer type (excluded VAT)

Type	C_b [₩/(Mcal/h)]	α [₩/Mcal]		
		Single	Graded	
Residential	49.02 ¹⁾	57.05	Spr.	55.91
			Sum.	50.32
			Aut.	55.91
			Win.	58.70
Commercial	371.18	80.03	Peak time ²⁾	92.03
			non-peak time	76.03
Public	338.62	69.89	Peak time ²⁾	80.37
			non-peak time	66.40

¹⁾Unit : ₩/㎡ (based on contract area)

²⁾7-10 AM

단위시간당 엑서지 사용량은 식(2)의 지역난방 공급측과 회수측의 유동 엑서지 차이로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \dot{m} (\psi_s - \psi_r) \\ &= \dot{m} c \left[(T_s - T_r) - T_o \ln \frac{T_s}{T_r} + \frac{v}{c} (P_s - P_r) \right] \\ &= \dot{m} c \left[\Delta T - T_o \ln \frac{T_s}{T_r} + \frac{v}{c} \Delta P \right] \quad (6) \end{aligned}$$

한편 기존의 열사용량은 식 (7)과 같다.

$$Q_{tot} = \int \dot{Q} dt \approx \sum \bar{Q} \Delta t = \sum \bar{m} c \Delta T \Delta t \quad (7)$$

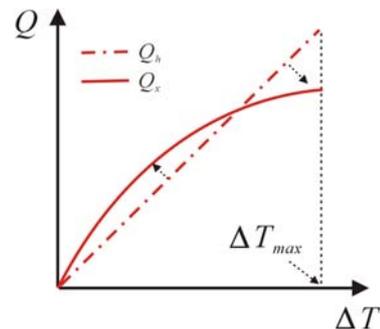


Fig. 2 Concept of heat tariff assessment using exergy.

식(6)의 엑서지 사용량은 기존의 온도차에 추가되는 부가항들로 계산이 다소 복잡해진다. 그러나 열이 가지는 질적 가치를 부여하고 공급자와 사용자 모두에게 합리적인 방식으로 접근하기 위하여 다음과 같은 원리를 적용하였다.

요금에 대한 공급자 및 사용자의 민감성을 고려하여 일정한 온도차 범위 내에서 기존의 엔탈피 기반의 요금과 엑서지 기반의 평균 요금은 서로 같다고 가정하였다.

또한 일정한 온도차 범위 내에서 기준이 되는 온도 이상의 경우에는 열사용이 많은 경우이므로 사용자에게 할인되도록 하고, 기준 온도 이하일 경우에는 요금이 할증되도록 하였다.

앞서 설명한 바와 같이 엑서지 기반의 요금(C_x)이 기존 요금(C_u)과 평균이 같기 위해서는 식(6)의 엑서지 사용량의 적분값과 식(7)의 실제 열 사용량 적분값이 일정한 온도차 범위 내에서 같은 기존 온도차와 엑서지 온도차의 관계를 찾을 수 있다. 따라서 엑서지 사용량에 의해 사용 열량으로 환산하기 위해 도입한 엑서지 온도차는 식(8)과 같이 나타낼 수 있으며, 비체적과 비열은 온도의 함수이나 일정하다고 가정하였다.

$$\Delta T_x = \left[\Delta T - T_o \ln \frac{T_s}{T_r} + \frac{v}{c} (\Delta P) \right] \times \frac{\int_0^{\Delta T_{\max}} \dot{Q} d\Delta T}{\int_0^{\Delta T_{\max}} \dot{X} d\Delta T} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{여기서 } \int_0^{\Delta T_{\max}} \dot{Q} d\Delta T &= \dot{m}c \frac{\Delta T_{\max}^2}{2}, \\ \int_0^{\Delta T_{\max}} \dot{X} d\Delta T &= \dot{m}c_p \left[\frac{\Delta T_{\max}^2}{2} \right. \\ &\quad \left. + T_o (T_s - \Delta T_{\max}) \ln \left(\frac{T_s}{T_s - \Delta T_{\max}} \right) \right. \\ &\quad \left. - T_o \Delta T_{\max} + \frac{v}{c} \Delta P \Delta T_{\max} \right] \text{이다.} \end{aligned}$$

식(8)에 나타낸 바와 같이 엑서지 사용량에 근거하여 엑서지 온도차를 이용하여 기존의 온도차 대신하여 쉽게 열량을 계산함으로써 사용 요금을 산정할 수 있다.

4. 결과 및 고찰

엑서지 온도차는 주위온도, 공급온도, 압력차 그리고 최대 온도차에 따라 변화하므로 각 변수가 엑서지 온도차에 미치는 영향을 분석하였다. 기준 조건으로는 주위온도 25°C, 공급온도 100°C, 압력차 및 최대 온도차가 각각 100 kPa, 70°C인 경우로 선정하였다.

4.1 엑서지 온도차 분석

4.1.1 주위 온도의 영향

주위온도가 엑서지 온도차에 미치는 영향을 알아보기 위하여 기준 조건에서 주위온도가 55°C에서 25°C까지 변할 때 엑서지 온도차를 Fig. 3에 나타내었다.

엑서지 온도차가 기존 온도차와 같은, 즉 기존 요금과 엑서지 요금이 동일한 온도차는 주위온도에 상관없이 48°C로 일정하게 나타났다.

엑서지 온도차는 기존 온도차의 2차 함수에 가깝게 나타나며, 주위온도가 높아질수록 기존 온도차와 차이가 커지는 것을 알 수 있다. 이것은 주위온도가 증가함에 따라 비가역성이 증가하여 엑서지 손실량이 커지기 때문이다.

온도차가 48°C 이하의 범위에서 주위온도에 엑서지 온도차의 최대 차이가 약 2°C인데 비해 4

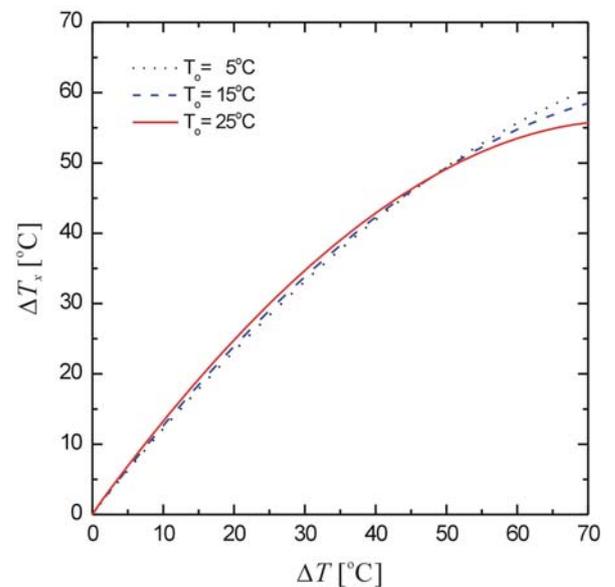


Fig. 3 Variations of exergy temp. difference with surrounding temperature.

8°C 이상의 범위에서는 온도차가 70°C인 경우에 주위온도가 5°C인 경우와 25°C인 경우의 엑서지 온도차가 4°C 정도로 다소 큰 차이를 보였다.

4.1.2 공급 온도의 영향

공급 온도가 엑서지 온도차에 미치는 영향을 알아보기 위하여 기준 조건에서 공급 온도가 85°C에서 115°C까지 변할 때 엑서지 온도차를 구하여 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

엑서지 온도차가 기준 온도차와 같은 경우는 공급 온도에 상관없이 모두 48°C로 나타났으며 이를 기준으로 공급 온도가 높아짐에 따라 엑서지 온도차는 기준 온도차에 근접하는 것을 알 수 있다.

이를 통해 공급온도가 높은 동절기의 경우 온도차에 따라 요금 차이는 다소 적으며, 공급온도가 낮은 하절기로 갈수록 온도차에 따라 기존 요금과의 차이는 커질 것으로 예상된다.

온도차가 48°C 미만의 경우 공급온도에 따른 최대 엑서지 온도차는 2°C 정도로 영향이 적지만, 온도차가 48°C 이상의 경우 그 차이는 점점 커지며 온도차가 70°C일 경우에는 공급온도 차이에 따라 엑서지 온도차가 약 11°C까지 증가하는 것을 알 수 있다.

4.1.3 압력 손실의 영향

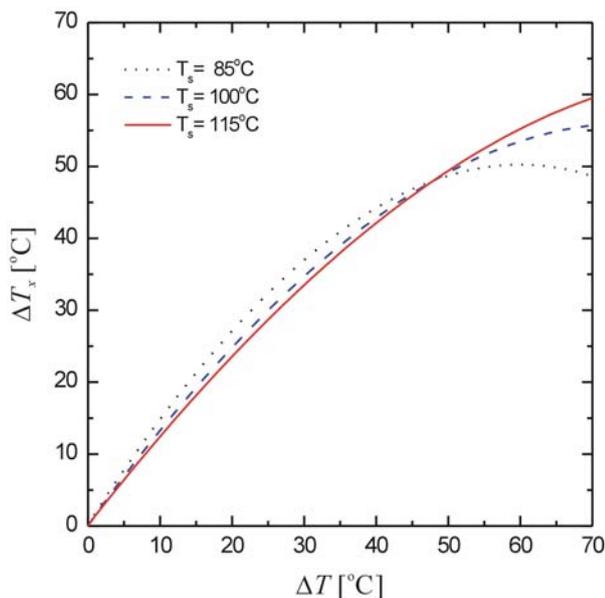


Fig. 4 Variations of exergy temp. difference with supply temperature.

압력 손실이 엑서지 온도차에 미치는 영향을 알아보기 위하여 기준 조건에서 압력차가 50 kPa에서 150 kPa까지 변할 때 엑서지 온도차를 구하여 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

엑서지 온도차가 기준 온도차와 같은 경우는 압력손실이 50 kPa일 때 48°C였으며, 100 kPa일 때 48°C, 150 kPa일 때 49°C인 것으로 나타났다. 압력손실 증가에 따른 엑서지 온도차는 거의 변화가 없는 것을 알 수 있으며, 이는 비록 중온수가 고온의 압축수이나 열교환기나 배관에서의 마찰손실에 의한 유동 엑서지 손실은 무시할 수 있을 정도이며, 비압축성 특성이 잘 나타나고 있음을 알 수 있다.

4.1.4 최대 온도차의 영향

최대 온도차가 엑서지 온도차에 미치는 영향을 알아보기 위하여 기준 조건에서 최대 온도차가 40°C에서 70°C까지 변할 때 엑서지 온도차를 구하고 이를 무차원화하여 Fig. 6에 나타내었다.

기존의 온도차와 엑서지 온도차와 일치하는 온도는 모든 경우가 무차원 온도차가 0.7일 때이다. 이는 최대 온도차가 40°C일 때 29°C, 50°C일 때 36°C, 60°C일 때 42°C, 70°C일 때 49°C로 최대 온도차가 클수록 증가하며, 최대 온도차가 작을수록 기존 온도차에 접근하는 경향을 나타냈다.

위의 결과를 통해 기존 요금과 엑서지 요금이

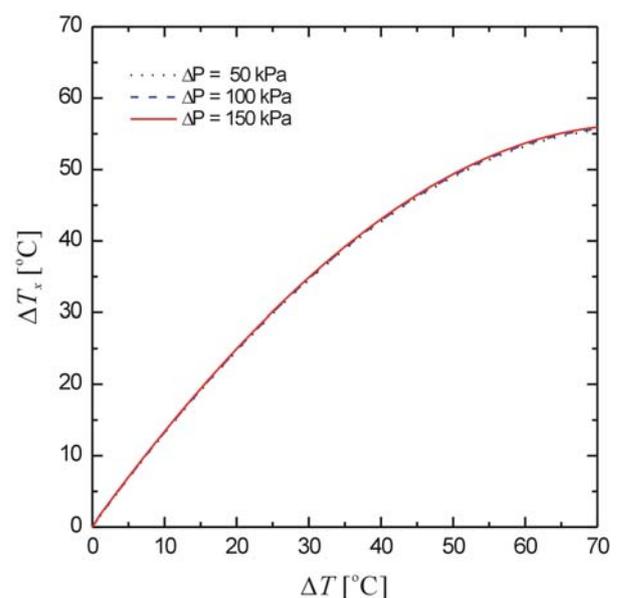


Fig. 5 Variations of exergy temp. difference with pressure loss.

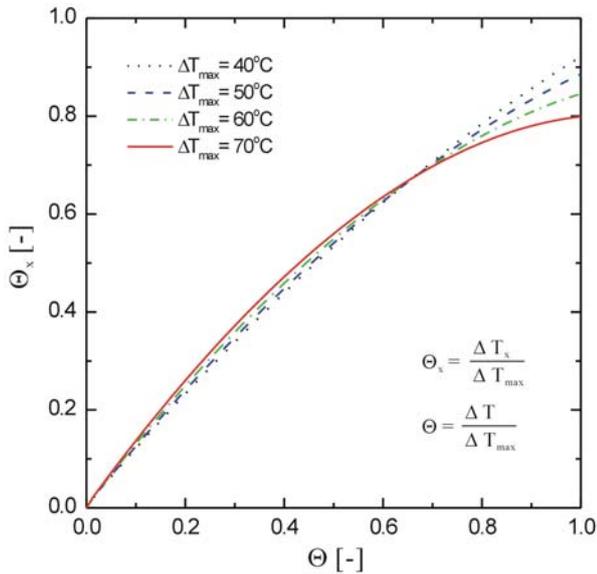


Fig. 6 Variations of exergy temp. difference with maximum temp. difference.

같도록 하는 최대온도차의 범위에 따라 요금의 인상폭과 인하폭이 크게 달라질 수 있다. 따라서 지역난방 사용자에게 적용할 경우 사용자 성격 (공동주택, 상업용 등)이나 지역별 열원시설의 공급온도 특성 등을 면밀히 고려하여 최대온도차의 범위를 설정하여야 할 것이다.

4.2 엑서지 요금 적용 예

엑서지 사용량을 기반으로 한 요금을 실제로 적용하여 기존 요금과의 차이를 살펴보기 위하여 기존 연구를 통해 측정되었던 청주 지역 목욕탕 사용자의 열사용 데이터⁽⁶⁾를 이용하였다. 사용자의 열교환기 용량은 난방과 급탕을 합쳐 1,020 Mcal/h이며, 사용요금 단가는 Table 1에서 계산의 편의를 위해 단일 요금을 적용하였다.

엑서지 온도차를 계산하기 위한 기준 조건으로 동절기에는 주위온도 5°C, 공급온도 115°C, 압력차 및 최대 온도차가 각각 100 kPa, 70°C인 경우이다. 중간기에는 주위온도와 공급온도만 각각 15°C, 100°C로 변경하여 계산하였다.

계절별로 각각의 기준 조건에서 엑서지 온도차 함수를 구하여 일일 측정데이터를 시간대별로 계산하였으며 동절기, 중간기의 일일 열사용량을 각각 Table 2, Table 3에 나타내었다.

Table 2에 나타낸 동절기의 일일 열사용량 기준으로 계산한 기존 요금은 약 86만원이며, 엑서

지 요금 제도의 경우에는 약 84만원으로 2% 정도 감소한 것으로 나타났다. 하루 중 대부분의 시간 동안 온도차가 48°C 이상을 유지함으로써 대부분의 시간대에서 요금이 다소 인하되는 것을 알 수 있다.

중간기의 경우 Table 3의 일일 총 열사용량을 기준으로 계산한 기존 요금은 약 59만원, 엑서지 요금 제도의 경우에는 약 58만원으로 거의 유사하게 나타났다. 추가적으로 하절기의 경우 계산 결과만을 언급하면, 기존 요금과 엑서지 요금 모두 약 40만원으로 수준이었으나 엑서지 요금이 약간 많게 나타났다.

청주 사용자의 경우 온도차가 연간 50°C 이상으로 유지되어 설계 기준보다 크게 유지하므로 우수한 사용자로 할인혜택을 부여할 수 있다. 그러나 온도차가 적은 불량 사용자에는 페널티를 부여하는 의미로 요금을 다소 인상되도록 할 수 있을 것이다.

엑서지를 이용하면 시간별, 계절별로 차등 요금 적용이 가능하고, 열공급시설의 효율 보상과 열사용에 따른 할인 혜택 혹은 페널티 부과

Table 2 Heat amount for a day in winter

t [h]	\dot{m} [t/h]	ΔT [°C]	ΔT_x [°C]	Q [Mcal]	Q_x [Mcal]
1	5.29	47.1	47.4	249.2	251.0
2	6.44	51.5	50.7	331.7	324.6
3	5.41	56.8	54.5	307.1	294.4
4	2.67	62.5	58.3	166.8	157.5
5	2.15	61.2	57.5	131.5	126.4
6	5.33	65.4	60.1	348.5	318.7
7	9.07	63.8	59.1	578.6	538.2
8	3.15	48.6	48.5	152.9	155.3
9	3.40	55.7	53.8	189.6	182.8
10	3.54	57.7	55.1	204.2	193.0
11	4.18	60.7	57.1	254.0	240.0
12	4.01	61.2	57.5	245.2	229.9
13	4.47	61.7	57.8	275.8	260.1
14	2.75	64.0	59.3	176.0	165.9
15	4.13	61.3	57.5	252.9	235.9
16	3.81	59.8	56.6	227.7	214.9
17	3.55	62.8	58.5	222.7	210.6
18	4.31	61.1	57.4	263.6	246.9
19	3.14	59.5	56.4	186.9	174.7
20	3.95	60.6	57.1	239.4	228.3
21	4.62	60.8	57.2	280.7	263.2
22	5.79	50.6	50.0	293.0	290.2
23	4.62	48.1	48.1	222.3	221.4
24	4.86	42.0	43.2	204.0	211.9
Total				6004.3	5735.8

Table 3 Heat amount in spring for a day

t [h]	\dot{m} [t/h]	ΔT [°C]	ΔT_x [°C]	Q [Mcal]	Q_x [Mcal]
1	0.83	50.9	49.8	42.2	41.4
2	1.05	51.8	50.4	54.4	52.9
3	2.16	49.5	49.0	106.9	105.7
4	3.50	53.0	51.1	185.5	178.8
5	1.44	51.5	50.2	74.2	72.3
6	6.02	58.1	53.9	349.8	324.3
7	4.49	55.3	52.4	248.3	235.2
8	2.60	55.1	52.3	143.3	135.9
9	1.63	51.2	50.0	83.5	81.5
10	3.29	55.0	52.2	181.0	171.8
11	1.46	58.2	53.9	85.0	78.7
12	1.85	51.2	50.0	94.7	92.5
13	1.72	50.6	49.6	87.0	85.4
14	0.51	55.1	52.3	28.1	26.7
15	1.83	42.3	44.0	77.4	80.6
16	1.49	52.1	50.6	77.6	75.3
17	1.12	52.4	50.7	58.7	56.8
18	2.50	50.9	49.8	127.3	124.6
19	1.76	56.8	53.2	100.0	93.6
20	1.73	41.2	43.2	71.3	74.8
21	2.21	55.8	52.7	123.3	116.4
22	1.65	56.4	53.0	93.1	87.4
23	1.63	54.1	51.7	88.2	84.3
24	1.62	56.4	53.0	91.4	85.8
Total				2671.9	2562.5

면에서도 합리적이므로 효율적인 요금 방식으로 적용이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 엑서지를 이용한 지역난방 열요금 제도를 제안하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 엑서지 사용량에 큰 영향을 미치는 요인은 공급온도와 최대 온도차이며, 이에 따라 사용 요금은 기존 요금과 큰 차이를 보일 수 있다. 따라서 공급온도 및 온도차가 상이하게 나타나는 지역난방 사용자 성격과 지역별 열원시설에 따라 엑서지 계산을 위한 기준 조건 설정이 중요하다.

2. 엑서지에 기초한 요금 제도를 실제 지역난방 우수 사용자에게 적용한 결과, 동절기에는 평균적으로 요금이 다소 인하되고, 중간기와 하절기에는 요금이 유사하게 나타나 전체적으로 인하 효과가 있다.

3. 엑서지를 이용한 요금 제도는 시간별, 계절별로 차등 요금 적용이 가능하여 열공급시설의 효율 보상과 열사용에 따른 할인 혜택 혹은 페널티 부과 측면에서 합리적인 제도를 적용될 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

1. Pak, P. S. and Suzuki, Y., 1997, Exergetic evaluation of gas turbine cogeneration system for district heating and cooling, International Journal of Energy Research, Vol. 21, No. 3, pp. 209-220.
2. Can, A., Buyruk, E. and Eryener, D., 2002, Exergoeconomic analysis of condenser type heat exchangers, Exergy, Int. Journal, Vol. 2, No. 2, pp. 113-118.
3. Kemal, C., Bedri, Y. and Omer C., 2004, Evaluation of energy and exergy losses in district heating network, Applied Thermal Engineering, Vol. 24, No. 7, pp. 1009-1017.
4. Kim, D. J., 2003, Suggestion of Power and Heat Costing for an Energy System, Korean Journal of Air-conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 5, pp. 360-371.
5. KDHC, 2006, Standard of District Heating Substation.
6. Lee, E. T., Moon, J. H., Lee, J. H., Yoo, H. S., Cho, S. H., Choi, E. S., Kim, S. H., and Kim, Y. H., 2007, Analysis on the Heat Consumption in Special Facilities Connected by District Heating, Proceedings of SAREK, pp. 989-994.