

의사 결정지원 모형에 의한 태양에너지 이용시스템의 경제성 고찰

최인수* · 조덕기 · 최영희

송실대학교 산업공학과*
한국동력자원연구소

Economic Analysis on Solar Energy System with Decision Support Models

In-Su Chea* · Dok-Ki Jo · Young-Hi Chea

Sungsil University*
Korea Institute of Energy & Resources

요 약

태양열 주택 및 급탕의 보급 정책은 민수용 에너지의 절감 또는 대체의 의미에서 그 필요성 및 당위성을 인정받고 있으나, 다른 대체에너지와 마찬가지로 태양열 이용시스템의 경제성이 가장 문제가 되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 태양열 주택 및 급탕의 경제성을 상세히 분석함으로써 실질적인 보급정책 자료를 제공하며, 실수요자를 위한 계몽근거를 마련하고자 한다.

본 연구에서는 태양열 이용시스템의 경제성을 정확히 수행하기 위한 의사결정지원시스템(decision support system)을 확립시켰으며, 이에 따른 태양열 이용시스템의 열적성능 해석과 동시에 경제성 분석은 시행오차(trial & error)하에 수행할 수 있도록 각종전산 프로그램을 개발하였다.

태양열 주택 및 급탕의 열적성능 해석은 모의실험을 통하여 기상 조건과의 상관관계를 도출하고 태양열 이용시스템의 추가비용 및 연료가 이용을 현재가(present worth) 개념으로 적용하여 산출하고, 순익분기 해석법(break-even point analysis method) 및 수명가 산정법(life-cycle cost analysis method)으로 경제성 분석을 중점적으로 수행하였다.

ABSTRACT

It has been recognized that a policy for supplying solar house and hot water production systems utilizing solar energy needs to be driven to save civilian consuming energy or to develop alternative energy. However, the economic feasibility study of solar

energy systems must be carried out before their practical use.

The purpose of this study is to furnish information for supplying policy and enlightening users with the economic feasibility study of solar house and hot water production systems.

Decision support systems are established to carry out economic analysis on solar systems more accurately. Therefore, computer simulation is carried out to analyze the performance of solar systems and also economic feasibility study by trial and error method is carried out.

Fuel cost and additional cost for solar systems are estimated employing present worth concept and economic analysis has been conducted using the break-even point analysis method and life-cycle cost analysis method.

1. 서 론

대체에너지 시스템의 경제성을 판단하는 데에는 경제적인 인자들을 신중히 고려할 필요가 있다. 대체에너지 시스템으로 기대할 수 있는 경제적 이득효과는 에너지라는 현물로 나타나기 때문에 여기서 문제가 되는 대체에너지 시스템으로 얻은 에너지 절감량을 투자비용과 비교하기 위하여 돈으로 환산하기 위한 경제성 계수를 정확히 추정하기가 곤란하다는 점이다. 이와같은 경제성 계수는 정확히 추정하기가 곤란하다는 점이다. 이와같은 경제성 계수는 보통 과거의 자료를 사용하거나 앞으로의 경제 전망을 고려한 추정치를 사용할 수 밖에 없다. 그러나 태양열 이용기술의 적정 보급을 도모하기 위해서는 태양열 주택 또는 급탕의 설치를 원하는 사람이나 이 분야의 정책 입안자에게 올바른 판단기준이 필요하게 된다. 이 판단기준은 관점에 따라 달라질 수 있지만 태양열 이용시스템의 단순한 경제적 투자가치는 동일한 목적에 사용될 일반 열시스템에 소요되는 연료의 절감이므로 먼저 열적 성능해석을 수행한 다음 이의 결과를 토대로 경제성을 분석하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 태양열 이용시스템의 열적성능 해석¹⁾은 실험적 결과를 토대로 중회귀분석(multiple linear regression method)²⁾을 통한 모의실험⁵⁾을 이용하여 이론적인 연료 절감량을 산출하였고, 경제성 분석은 규모별 태

양열 이용시스템의 추가비용과 태양열 이용시스템에 의한 연료 절감비용을 고려하되, 당시('89년 12월말 현재)물가자료⁶⁾ 및 업체의 견적을 중심으로 수행하였다.

또한 태양열 이용시스템열적성능 해석⁷⁾ 및 경제성 분석을 수행하기 위하여 각종 의사결정 지원 모형의 전산 프로그램^{13,17,20)}을 이용하여 태양열 주택 및 급탕의 경제성 분석을 객관적으로 수행함으로써 태양열 이용기술 보급의 근거를 마련하고자 하였다.

2. 태양열 이용시스템의 열적성능 예측기법

최근 태양에너지 사업수행 지역이 확대됨에 따라 태양열 이용시스템의 기준설계 및 개량, 시공등의 기술적인 면에서의 기초자료로 태양열 이용시스템의 열적성능을 예측할수 있는 자료가 절실히 요구되고 있다.

그러나 태양에너지 사업수행 지역이 일부 지역에만 국한됨에 따라 우리나라 전지역에 대한 시스템의 열적성능 자료의 산출은 현실적으로 불가능한 실정이다. 따라서 여기에서는 외기온도나 일사량과 같은 기상조건의 특성이 태양열 이용시스템의 열적성능에 미치는 영향을 고려하여 특정지역에 대해서도 기상조건을 통하여 열적성능을 예측할 수 있도록 이들간의 상관관계를 중회귀분석²⁾을 통하여 수식으로 제시하고자 하였다.

또한, 이와같이 산출된 관계식을 과거에 특정

지역에서 측정된 외기온도와 일사량 자료를 가지고 모의실험을 하여 기상조건을 예측하고 미래의 태양에너지 사업수행 지역에 대한 태양열 이용시스템의 열적성능을 평가하는 보편으로도 이용하였다.

2.1 관련 기상조건과의 이론적 상관관계

태양열 이용시스템의 열적성능은 외기온도 및 일사량의 전형적인 특성에 따라서 크게 달라지고 있다. 다시말하면 어떤 주어진 시간동안에 태양열 집열기가 취득한 에너지는 태양열 집열기에 입사된 일사량 즉, 흡열판에서 흡수한 에너지와 주위의 외기온도에 의해 손실된 에너지의 차이로서 이와같이 태양열 이용시스템의 열적성능은 기상조건에 대해 상당한 영향을 받고 있다.

따라서 각 규모별로 집열면적을 일정하게 하였을때 시스템의 열적성능과 기상 매개변수 사이에 함수관계가 있을 것으로 예상되어 이들간의 상관관계를 수식으로 나타내기 위해 규모별 태양열 이용시스템의 월평균 1일 태양열 이용량에 대한 월평균 1일 외기온도와 수평면일사량의 관계식을 다음과 같이 제시하였다.

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \dots \dots \dots (2.1)$$

여기서,

Y : 규모별 태양열 이용시스템의 월평균 1일 태양열이용량 [Mcal]

X₁ : 월평균 1일 외기온도(°C)

X₂ : 월평균 1일 수평면일사량 [kcal / m²]

b₀, b₁, b₂ : 외기온도 및 수평면일사량을 기초로 한 성능상수

식(2.1)에서 추정량인 성능상수 b₀, b₁, b₂값은 평방화를 적게하는 표준치의 함수로 해당지역의 과거 태양열이용량, 외기온도 그리고 수평면일사량 자료를 토대로 중회귀분석에 의해 구할 수 있다.²⁾ 즉, 독립변수가 둘인 경우 하나의 종속변수(Y)와 두개의 독립변수(X₁X₂)사이에 다음과 같은 관계식이 성립한다고 가정하

면,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon \dots \dots \dots (2.2)$$

이다. 여기서 β₀, β₁과 β₂는 모집단의 회귀계수(regression coefficients)로 모수(parameters)이며, ε는 y를 측정할 때에 발생하는 오차이다.

이제 n개의 관찰점을 (X₁₁, X₂₁, Y₁), (X₁₂, X₂₂, Y₂), ..., (X_{1n}, X_{2n}, Y_n)이라고 표시하면, X_{ij}는 i번째 독립변수가 j번째 관찰점을 취할때에 갖게 되는 독립변수의 값이며, 따라서 식(2.2)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \epsilon_j \quad j=1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

일반적으로 오차 ε_j에 대한 가정은,

$$\epsilon_j \sim N(0, \sigma^2) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$Cov(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0, \quad i \neq j$$

이다. 식(2-3)의 모수들을 추정하는 방법을 살펴보면, β_i의 추정치를 b_i일시 E_{Y_j}의 추정치는,

$$\hat{Y}_j = b_0 + b_1 X_{1j} + b_2 X_{2j} \dots \dots \dots (2.5)$$

이며, b_i들을 최소자승법에 의하여 구하려면 다음의 오차자승합

$$S = \sum_{j=1}^n \epsilon_j^2 = \sum_{j=1}^n (Y_j - \beta_0 - \beta_1 X_{1j} - \beta_2 X_{2j})^2 \quad (2.6)$$

을 최소로 하는 β_i들의 값을 구하면 된다. 식(2.6)를 β_i에 대하여 각각 편미분하여 영으로 놓으면,

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_0} = 2 \sum (Y_j - \beta_0 - \beta_1 X_{1j} - \beta_2 X_{2j})(-1) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = 2 \sum (Y_j - \beta_0 - \beta_1 X_{1j} - \beta_2 X_{2j})(-X_{1j}) = 0$$

$$\dots \dots \dots (2.7)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_2} = 2 \sum (Y_j - \beta_0 - \beta_1 X_{1j} - \beta_2 X_{2j})(X_{2j}) = 0$$

(표 2.2) 난수 할당에 의해 예측된 월별 일평균 외기온도

(단위: 난수 %, 외기온도 °C)

일	1월		2월		3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월		10월		11월		12월	
	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도	난수	외기온도
1	94.7	1.4	36.9	-3.4	2.5	-2.4	54.5	12.4	89.3	20.6	31.1	21.1	43.1	24.0	3.6	21.3	99.0	25.3	38.3	13.9	16.4	1.8	13.6	-6.0
2	87.2	0.2	3.9	-9.3	29.4	2.2	4.2	5.2	11.6	13.3	78.8	23.8	54.4	24.5	40.4	24.9	33.4	19.1	55.2	15.1	94.4	14.5	31.1	-2.8
3	63.8	-3.8	46.7	-1.8	34.0	2.6	44.1	12.0	61.9	19.2	20.2	20.3	86.5	26.7	30.9	24.6	42.8	19.7	1.1	4.5	33.2	5.0	60.9	1.7
4	66.6	-3.1	16.1	-5.9	19.2	1.3	88.2	14.8	23.1	15.8	87.6	24.7	10.9	22.2	77.7	27.2	45.3	19.8	41.3	14.1	59.8	8.3	13.1	-6.0
5	30.7	-7.2	74.5	1.2	38.4	3.0	8.4	8.9	86.4	20.6	72.5	23.6	12.7	22.3	2.9	20.9	54.7	20.2	9.1	5.6	55.5	7.6	13.4	-6.0
6	69.6	-2.9	82.9	2.1	82.5	7.0	47.2	12.0	41.9	17.4	99.3	28.1	27.6	23.0	1.5	20.8	15.0	17.4	14.4	10.1	79.4	10.4	13.1	-6.0
7	37.7	-6.1	31.3	-3.9	7.9	-1.1	69.3	13.4	64.9	19.3	7.1	18.9	8.6	21.9	26.3	24.4	20.9	17.9	57.3	15.4	55.0	7.6	49.0	0.1
8	1.4	-13.0	17.1	-11.2	70.0	6.0	80.7	14.2	50.9	18.2	98.7	26.9	17.6	22.7	3.8	21.3	46.4	19.9	6.3	7.3	25.9	3.7	59.5	1.4
9	66.2	-3.3	0.04	-12.1	57.8	4.8	80.1	14.0	65.3	19.3	88.3	24.8	89.4	27.3	70.6	26.4	57.7	20.5	51.7	14.9	6.7	-0.8	64.7	2.0
10	51.4	-4.8	8.2	-8.2	45.9	3.5	89.2	19.2	86.9	20.5	74.8	23.6	2.8	20.6	1.6	20.9	81.4	22.6	67.5	16.2	12.1	0.9	53.5	0.7
11	92.1	0.9	85.9	2.8	22.6	1.6	87.7	14.8	0.5	10.8	96.9	26.5	44.3	24.0	19.8	23.8	78.4	22.2	55.8	15.1	95.6	14.6	43.9	-0.3
12	36.4	-6.2	14.0	-6.7	60.3	5.0	34.3	10.8	87.0	20.5	30.2	21.1	5.7	21.5	79.3	27.3	12.2	17.0	34.0	13.5	1.7	-2.6	31.3	-2.8
13	47.0	-5.0	54.7	-1.2	82.9	7.0	59.1	12.6	99.7	22.1	86.6	24.5	14.0	22.4	47.5	25.3	50.3	20.1	28.1	11.9	75.7	9.9	70.8	2.6
14	80.4	-1.2	58.5	-0.4	22.5	1.6	74.6	13.7	91.6	20.8	5.3	18.7	72.7	25.5	63.1	25.8	95.8	23.9	85.0	18.2	20.0	2.6	66.3	2.2
15	94.5	1.2	24.1	-5.1	61.2	5.1	79.2	13.9	73.5	19.8	21.4	20.3	42.9	24.0	67.5	26.0	82.6	22.7	4.9	7.0	90.2	12.8	17.2	-5.7
16	31.5	-7.5	27.2	-4.6	75.8	6.4	26.1	10.1	21.7	15.7	11.1	19.6	92.3	28.4	18.7	23.7	35.7	19.2	85.6	18.2	74.7	9.8	57.6	1.1
17	7.8	-10.9	56.6	-0.8	31.2	2.5	27.7	10.2	11.4	13.3	55.4	22.5	99.7	29.7	67.1	26.0	82.0	22.6	25.2	11.5	50.2	6.9	75.1	3.3
18	9.0	-10.1	97.6	7.1	26.8	2.0	94.2	15.9	25.1	16.2	61.1	22.8	97.8	29.4	16.3	23.6	63.0	20.7	40.1	14.1	3.5	-1.8	91.0	5.6
19	19.9	-8.7	3.4	-10.2	75.5	6.4	76.7	13.8	35.1	17.0	86.4	26.1	5.5	21.4	47.1	25.3	3.1	15.2	41.4	14.1	31.6	4.6	90.0	5.4
20	29.9	-7.4	82.5	2.1	88.0	7.7	0.1	3.7	20.3	15.4	3.3	18.3	99.9	29.7	5.5	21.7	90.5	23.4	60.1	15.6	21.0	2.8	89.3	5.3
21	29.6	-7.4	7.3	-6.2	35.6	2.8	80.8	14.2	88.1	20.5	44.4	22.1	52.1	24.4	70.6	26.4	39.5	19.4	96.2	19.1	9.6	0.4	88.3	5.3
22	94.1	1.2	78.7	1.6	13.2	0.1	2.3	4.4	55.0	18.5	45.9	22.2	61.6	24.7	24.9	24.3	77.8	22.1	97.0	20.0	9.7	0.5	98.1	8.3
23	87.9	0.2	45.9	-1.9	18.5	1.2	64.3	12.9	83.5	20.2	0.0	17.8	94.8	28.5	60.8	25.8	88.9	23.3	59.5	15.1	23.9	3.4	98.0	8.3
24	85.0	-0.6	13.8	-6.7	46.7	3.5	86.8	14.7	45.0	17.8	72.5	23.5	30.4	23.2	57.5	25.6	63.9	21.1	74.5	16.9	50.8	6.9	28.0	-3.2
25	66.0	-3.1	53.5	-1.2	5.7	-2.0	89.6	15.4	15.5	13.9	72.4	23.4	4.7	21.4	21.9	24.0	47.5	19.9	73.2	16.8	97.7	15.2	69.2	2.5
26	78.1	-1.5	24.7	-5.1	43.8	3.2	1.8	4.4	10.5	13.1	40.5	22.0	44.8	24.0	48.7	25.3	92.6	23.5	49.1	16.7	38.1	5.5	94.7	7.8
27	94.6	1.4	10.7	-7.8	94.1	9.1	77.2	13.8	22.2	15.7	16.0	20.0	51.2	24.3	35.8	24.8	57.6	20.5	85.1	18.0	46.4	6.5	87.2	5.2
28	56.4	-4.6	37.0	-3.4	73.8	6.4	15.6	8.0	77.0	19.9	73.6	23.5	26.2	23.0	58.7	25.7	23.7	18.2	40.4	14.1	9.8	0.5	63.8	2.0
29	67.7	-3.0			38.2	2.9	68.6	13.3	46.5	17.8	82.1	24.2	12.7	22.3	68.5	26.1	17.4	17.6	47.3	14.6	58.4	8.0	66.6	2.2
30	7.5	-10.9			61.1	5.1	24.8	9.9	81.3	20.1	62.1	22.8	41.5	23.9	53.4	25.4	56.1	20.4	21.7	11.3	55.3	7.6	30.7	-2.8
31	43.0	-5.4			19.2	1.3			87.2	20.5		22.6	75.3	25.7	7.4	22.1		20.5	40.8	14.1		5.8	69.6	2.5
평	관																							
평균	(84~87)																							

(표 2.3) 난수 할당에 의해 예측된 월별 일평균 수평면일사량

(단위: 난수%, 일사량 MJ / m² day)

월	1 월		2 월		3 월		4 월		5 월		6 월		7 월		8 월		9 월		10 월		11 월		12 월			
	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량	난수	일사량		
1	94.7	12.5	36.9	9.9	2.5	1.7	54.5	19.5	89.3	25.5	31.1	14.1	43.1	11.1	3.6	1.9	99.0	23.0	38.3	11.2	16.4	4.0	13.6	4.3		
2	87.2	11.6	3.9	2.6	29.4	11.0	4.2	1.9	11.6	7.9	78.8	23.1	54.4	13.6	40.4	12.4	33.4	13.1	55.2	13.4	94.4	12.6	31.1	6.2		
3	63.8	10.0	46.7	11.0	34.0	12.1	44.1	17.5	61.8	22.3	20.2	11.5	86.5	21.8	30.9	9.6	42.8	14.5	1.1	1.9	33.2	6.6	60.9	8.2		
4	66.6	10.2	16.1	6.3	19.2	7.7	88.2	24.2	23.1	13.3	87.6	24.4	10.9	3.6	77.7	18.7	45.3	15.4	41.3	11.6	59.8	9.1	13.1	4.2		
5	30.7	7.1	74.5	13.7	38.4	13.3	8.4	4.2	86.4	25.3	72.5	22.4	12.7	4.1	2.9	1.7	54.7	16.3	3.1	2.2	55.5	8.8	13.4	4.2		
6	69.6	10.3	82.9	14.3	82.5	19.0	47.2	18.6	41.9	19.5	99.3	33.5	27.6	7.7	9.5	1.5	15.0	6.2	14.4	7.6	79.4	11.1	13.1	4.2		
7	37.7	7.8	31.3	9.1	7.9	3.8	69.3	21.8	64.9	22.5	7.1	3.0	8.6	3.0	26.3	9.1	20.9	9.4	57.3	13.6	55.0	8.8	49.0	7.4		
8	1.4	0.5	17.1	6.6	70.0	17.2	80.7	23.6	50.9	20.9	98.7	29.4	17.6	5.3	3.8	1.9	46.4	15.6	6.3	4.4	25.9	5.5	59.5	6.0		
9	66.2	10.2	0.04	0.9	57.8	15.8	80.1	23.5	65.3	22.5	88.3	24.4	89.4	22.1	70.6	17.6	57.7	16.6	51.7	13.0	6.7	2.9	64.7	8.6		
10	51.4	9.0	8.2	4.5	45.9	13.9	99.2	49.1	86.9	25.3	74.8	22.7	2.8	1.7	1.6	1.6	31.4	19.1	67.5	14.5	12.1	3.5	53.5	7.8		
11	92.1	12.0	85.9	14.7	22.6	9.1	87.7	24.2	0.5	1.3	96.9	26.2	44.3	11.4	19.8	7.5	78.4	19.2	55.8	13.6	95.6	12.7	43.9	7.0		
12	36.4	7.6	14.0	5.9	60.3	16.4	34.3	15.0	87.0	25.3	30.2	14.0	5.7	2.2	79.3	19.2	12.2	5.5	34.0	10.7	1.7	1.6	31.3	6.3		
13	47.0	8.5	54.7	12.2	82.9	19.0	59.1	19.8	99.7	31.2	86.6	24.1	14.0	4.2	47.5	13.5	50.3	16.0	28.1	10.3	75.7	10.5	70.8	9.1		
14	80.4	11.0	58.5	12.5	22.5	9.1	74.6	22.4	91.6	26.4	5.3	2.6	72.7	18.2	63.1	15.7	95.8	21.8	86.0	16.3	20.0	5.0	66.3	8.6		
15	94.5	12.3	24.1	8.0	61.2	16.5	79.2	23.4	73.5	23.4	21.4	11.7	42.9	11.1	67.5	17.0	82.6	19.9	4.9	4.1	90.2	12.3	17.2	4.8		
16	31.5	7.3	27.2	8.3	75.8	17.7	26.1	11.0	21.7	13.1	11.1	6.0	92.3	23.2	18.7	6.9	35.7	13.9	85.6	16.3	74.7	10.5	57.6	7.9		
17	7.8	2.8	56.6	12.4	31.2	11.7	27.7	11.6	11.4	7.9	55.4	18.5	99.7	27.5	67.1	16.7	82.0	19.7	25.2	9.7	50.2	8.4	75.1	9.3		
18	9.0	3.1	97.6	17.0	26.8	10.7	94.2	25.4	26.1	14.8	61.1	19.6	97.8	24.9	16.3	5.8	63.0	17.5	40.1	11.6	3.5	1.8	91.0	10.0		
19	19.9	5.9	3.4	2.4	75.5	17.7	76.7	23.1	36.1	18.5	96.4	23.2	5.5	2.1	47.1	13.5	3.1	2.2	41.4	11.6	31.6	6.2	90.0	10.0		
20	29.9	7.1	82.5	14.3	88.0	19.9	0.1	0.4	20.3	12.2	3.3	2.6	99.9	27.5	5.5	2.6	90.5	21.1	60.1	13.9	21.0	5.0	89.3	9.9		
21	29.6	7.1	7.3	4.5	35.6	12.8	80.8	23.6	88.1	25.4	44.4	17.3	52.1	13.3	70.6	17.6	39.5	14.2	96.2	18.0	9.6	3.3	88.3	9.9		
22	94.1	12.3	78.7	13.9	13.2	4.8	2.3	1.3	55.0	21.2	45.9	17.7	61.6	15.2	24.9	8.6	77.8	19.2	97.0	18.2	9.7	3.3	98.1	10.6		
23	87.9	11.6	45.9	11.0	18.5	7.3	64.3	20.8	83.5	25.0	0.0	1.1	94.8	23.8	60.8	15.6	88.9	20.7	59.5	13.8	23.9	5.2	98.0	10.6		
24	85.0	11.2	13.8	5.9	46.7	14.2	86.8	24.0	45.0	19.9	72.5	22.4	30.4	8.9	57.5	14.6	63.9	17.6	74.5	15.4	50.8	8.5	28.0	5.8		
25	66.0	10.2	53.5	12.1	5.7	3.5	89.6	24.6	12.5	8.0	72.4	22.4	4.7	2.1	21.9	7.9	47.5	15.7	73.2	15.3	97.7	13.2	69.2	8.8		
26	78.1	10.9	24.7	8.0	43.8	13.7	1.8	1.3	10.5	7.4	40.5	15.8	44.8	11.7	48.7	13.6	92.6	21.3	49.1	12.7	39.1	7.2	94.7	10.2		
27	94.6	12.3	10.7	4.7	94.1	20.9	77.2	23.1	22.2	13.1	16.0	8.8	51.2	13.1	35.8	11.4	57.6	16.6	85.1	16.3	48.4	7.8	87.2	9.8		
28	56.4	9.4	37.0	9.9	73.8	17.6	15.6	7.8	77.0	24.1	73.6	22.6	26.2	7.4	58.7	15.1	23.7	10.0	40.4	11.6	9.8	3.3	63.8	8.5		
29	67.7	10.3			38.2	13.1	68.6	21.5	46.5	19.9	82.1	23.5	12.7	4.1	68.5	17.0	17.4	7.6	47.3	12.3	58.4	8.9	66.6	8.6		
30	7.5	2.6			61.1	18.5	24.8	10.9	81.3	24.6	62.1	19.9	41.5	10.9	53.4	14.2	56.1	16.5	21.7	9.2	55.3	8.8	30.7	6.2		
31	43.0	8.1			19.2	7.7			87.2	25.4		17.9	75.3	18.9	7.4	3.0			40.8	11.6			69.6	8.9		
계	관					12.8			18.0		19.1			12.1		10.7			15.5				7.2		7.9	
계	(84~87)					(13.5)			(16.2)		(18.4)			(12.7)		(13.2)			(14.1)				(12.1)		(7.9)	(7.1)

* 1MJ / m² = 238.9K cal / m²

이 되며, 위의 세 식을 만족시키는 β_j 의 값을 b_i 라 놓으면 다음과 같은 정규방정식(normal equations)을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \sum Y_j &= nb_0 + b_1 \sum X_{1j} + b_2 \sum X_{2j} \\ \sum X_{1j} Y_j &= b_0 \sum X_{1j} + b_1 \sum X_{1j}^2 + b_2 \sum X_{1j} X_{2j} \\ \sum X_{2j} Y_j &= b_0 \sum X_{2j} + b_1 \sum X_{1j} X_{2j} + b_2 \sum X_{2j}^2 \end{aligned} \quad (2.8)$$

위 식은 미지수 세개(b_0, b_1, b_2)를 포함하고 있는 연립방정식으로 이를 풀면 최소자승법에 의한 β_j 의 추정치인 b_i 를 구할 수 있다.

따라서 규모별 태양열 이용시스템의 열적성능을 해석하기 위해 '81년도에 한국동력자원연구소에서 수행된 서울지역(북위 37.6도)의 설비형 태양열주택 15평, 20평, 30평 그리고 소규모 급탕, 공중목욕탕의 열적성능 결과와 관련 기상조건⁸⁾에 의해 중회귀 분석을 통하여 산출된 태양열 이용시스템의 성능상수값을 규모별로 구분하여 보면 표 2.1에 나타난 바와같다.

<표2.1> 각 규모별 태양열 이용시스템의 성능상수값

규모 성능상수	15평 주택	20평 주택	30평 주택	5인급탕	공중목욕탕
b_0	474.8593	570.6006	829.3731	98.9309	428.1842
b_1	-14.8727	-23.0594	-36.7638	-4.6245	-339.0155
b_2	0.0178	0.0580	0.1031	0.0605	4.3195

* 집열면적 : 15평 주택(17.3m²), 20평 주택(23.0m²), 30평 주택(34.6m²), 5인급탕(8.6m²), 공중목욕탕(290.0m²)

2.2 모의실험을 통한 기상조건 및 시스템 열적성능 예측

1984. 1-1987. 12기간동안 서울지역에서 일별로 실측된 외기온도 및 수평면일사량 자료^{3,4)}를 가지고 모의실험을 통하여 미래의 기상조건을 예측하고자 하였다. 예측방법은 4년간에 걸친 각 일별 일평균 외기온도와 수평면일사량값에 대한 확률 및 누적확률열을 구하고 각 외기온도와 수평면일사량값을 확률분포로 나타내었다. 이때 여기서 사용된 난수는 정해진 구간

내에서 모든 숫자가 동일한 발생확률을 가지도록 확률크기에 비례해서 할당하였으며, [0, 1] 구간을 갖는 일양분포(uniform distribution)에서 선택하고 서로 통계적으로 독립(statistically independent)인 두 가지 특성을 갖는 일련숫자에 의하였다.^{5,10)}

이와같은 난수를 사용하여 예측된 각 달의 일별에 따른 일평균 외기온도 및 수평면일사량값을 구한 결과가 표 2.2와 표 2.3에 나타나있다. 이들 표에서 보는바와 같이 모의실험을 통하여 예측된 각 달의 월별일평균 외기온도 및 수평면일사량값은 과거 실측을 기초로 해서 얻은 실제값과 매우 유사한 경향을 보이고 있다.

또한 이와같이 모의실험에 의해 예측된 기상조건과 표 2.1에서 제시된 중회귀분석에 의해 산출된 성능상수를 이용하여 계산된 규모별 태양열 이용시스템의 열적성능 결과는 표 2.4~2.5와 그림 2.1에서 나타난 바와 같이 급탕과 공중목욕탕을 제외하고는 실험치과 전년을 통하여 -3%범위내에서 예측이 가능한 것으로 나타났다.

<표2.4> 난수할당에 의해 예측된 기상조건에 대한 규모별 태양열 이용시스템의 열적성능 (15평 주택) 집열면적 : 17.3m²

월	대기온도 (°C)	수평면일사량 (kcal/m ²)	총열부하 (Mcal)	태양열이용량 (Mcal)	태양의존율 (%)
1	-4.2	2,102	1,739	575	33.1
2	-3.7	2,198	1,392	569	40.9
3	3.4	3,058	1,157	479	41.4
4	11.8	4,300	639	376	58.8
5	17.9	4,563	235	235	100.0
6	22.6	4,276	131	131	100.0
7	24.4	2,891	123	123	100.0
8	24.4	2,556	116	116	100.0
9	20.5	3,703	167	167	100.0
10	13.9	2,819	412	318	77.2
11	5.8	1,720	897	419	46.7
12	1.1	1,887	1,467	492	33.5
합계	*11.5	*3,006	*8,474	4,000	*47.2

* : 평균치

(20평 주택)

집열면적 : 23.0m²

월	대기온도 (°C)	수평면일사량 (kcal/m ²)	총열부하 (Mcal)	태양열이용량 (Mcal)	태양의존율 (%)
1	-4.2	2,102	2,364	789	33.4
2	-3.7	2,198	1,900	783	41.2
3	3.4	3,058	1,603	670	41.8
4	11.8	4,300	925	548	59.2
5	17.9	4,563	403	403	100.0
6	22.6	4,276	175	175	100.0
7	24.4	2,891	164	164	100.0
8	24.4	2,556	154	154	100.0
9	20.5	3,703	223	223	100.0
10	13.9	2,819	632	414	65.5
11	5.8	1,720	1,260	537	42.6
12	1.1	1,887	2,009	655	32.6
합계	*11.5	*3,006	11,814	5,515	*46.7

* : 평균치

(30평 주택)

집열면적 : 34.6m²

월	대기온도 (°C)	수평면일사량 (kcal/m ²)	총열부하 (Mcal)	태양열이용량 (Mcal)	태양의존율 (%)
1	-4.2	2,102	3,489	1,200	34.4
2	-3.7	2,198	2,811	1,192	42.4
3	3.4	3,058	2,389	1,020	42.7
4	11.8	4,300	1,414	839	59.3
5	17.9	4,563	667	642	96.3
6	22.6	4,276	219	219	100.0
7	24.4	2,891	205	205	100.0
8	24.4	2,556	193	193	100.0
9	20.5	3,703	279	279	100.0
10	13.9	2,819	1,005	609	60.6
11	5.8	1,720	1,903	793	41.7
12	1.1	1,887	2,976	983	33.0
합계	*11.5	*3,006	17,550	8,174	*46.6

* : 평균치

(5인 급탕)

집열면적 : 34.6m²

월	대기온도 (°C)	수평면일사량 (kcal/m ²)	총열부하 (Mcal)	태양열이용량 (Mcal)	태양의존율 (%)
1	-4.2	2,102	436	285	60.8
2	-3.7	2,198	404	249	61.6
3	3.4	3,058	437	268	61.3
4	11.8	4,300	388	305	78.6
5	17.9	4,563	359	292	81.3
6	22.6	4,276	219	219	100.0
7	24.4	2,891	205	141	68.8
8	24.4	2,556	193	141	73.1
9	20.5	3,703	279	228	81.7
10	13.9	2,819	321	205	63.9
11	5.8	1,720	352	176	50.0
12	1.1	1,887	407	208	51.1
합계	*11.5	*3,006	3,998	2,697	*67.5

* : 평균치

(공중목욕탕)

집열면적 : 290.0m²

월	대기온도 (°C)	수평면일사량 (kcal/m ²)	총열부하 (Mcal)	태양열이용량 (Mcal)	태양의존율 (%)
1	-4.2	2,102	32,521	10,932	33.6
2	-3.7	2,198	30,158	11,177	37.1
3	3.4	3,058	32,637	12,485	38.3
4	11.8	4,300	28,952	15,002	51.8
5	17.9	4,563	26,792	14,070	52.5
6	22.6	4,276	13,077	11,237	85.9
7	24.4	2,891	12,217	4,622	38.0
8	24.4	2,556	0	0	0.0
9	20.5	3,703	20,832	9,473	45.5
10	13.9	2,819	23,957	7,893	32.9
11	5.8	1,720	26,264	5,891	22.4
12	1.1	1,887	30,380	8,206	27.0
합계	*11.5	*3,006	277,787	111,010	*40.0

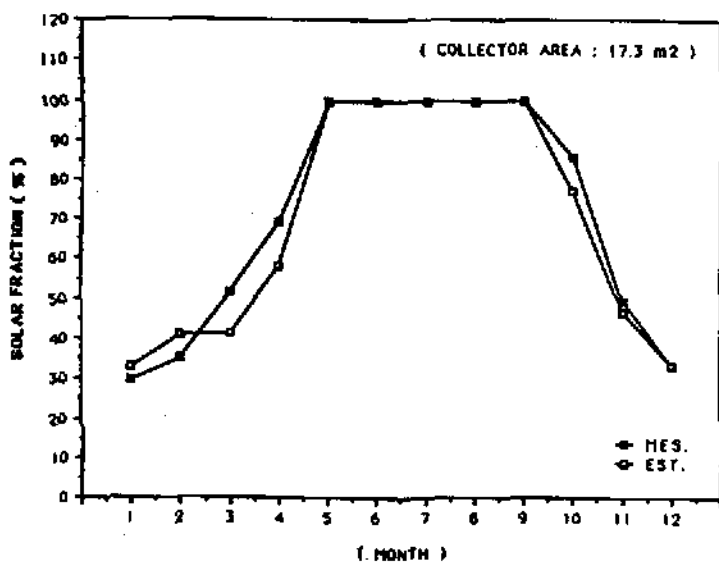
* : 평균치

<표2.5> 태양열이용량의 실험치와 예측치의 비교

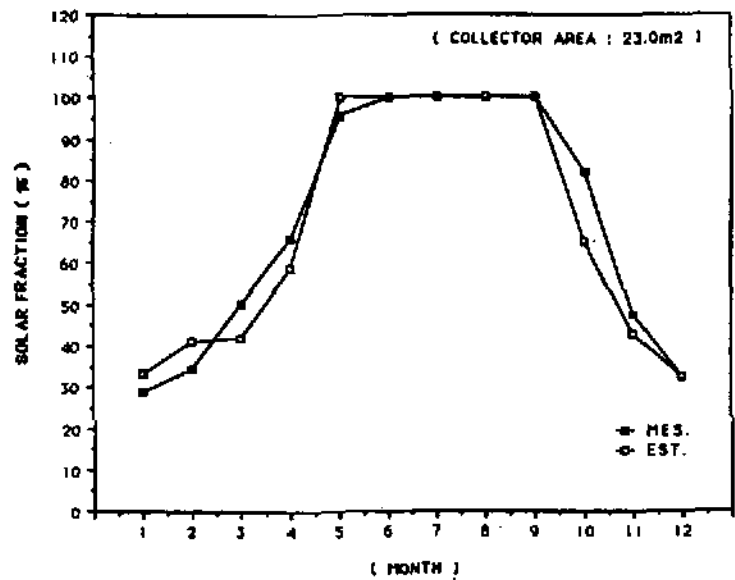
(단위 : Mcal)

구분	규모	15평 주택	20평 주택	30평 주택	5인 급탕	공중목욕탕
		실험치	1,272	1,799	2,747	807
봄 (3-5월)	예측치	1,090	1,621	2,501	865	41,557
	오차(%)	-16.7	-11.0	-9.8	6.7	15.8

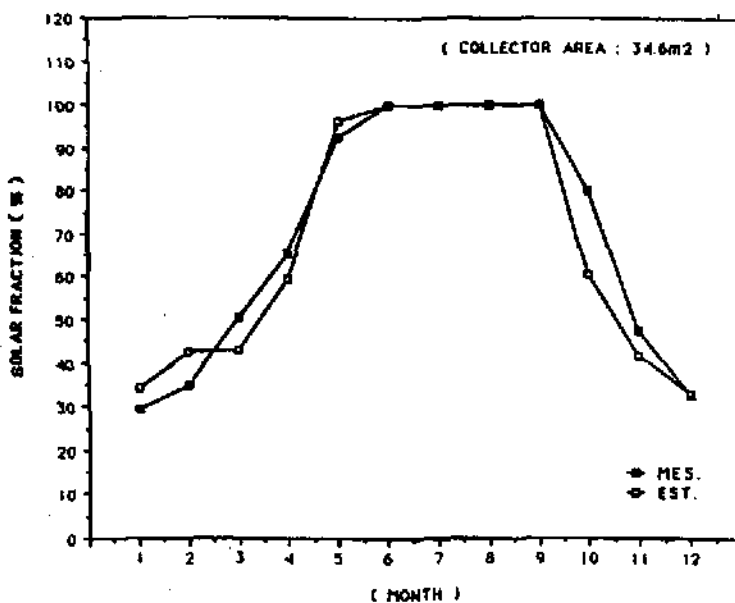
여름 (6-8월)	실험치	370	493	617	489	13,621
	예측치	370	493	617	501	15,881
	오차(%)	0	0	0	2.4	14.2
가을 (9-11월)	실험치	1,151	1,339	1,987	578	23,965
	예측치	904	1,174	1,681	609	23,257
	오차(%)	-27.3	-14.1	-18.2	5.1	-3.0
겨울 (12-2월)	실험치	1,491	1,992	2,987	623	24,808
	예측치	1,636	2,227	3,375	722	30,315
	오차(%)	8.9	10.6	11.5	13.7	18.2
합계	실험치	4,098	5,624	8,337	2,498	97,375
	예측치	4,000	5,624	8,174	2,697	111,010
	오차(%)	-2.5	-2.0	-2.0	7.4	12.3



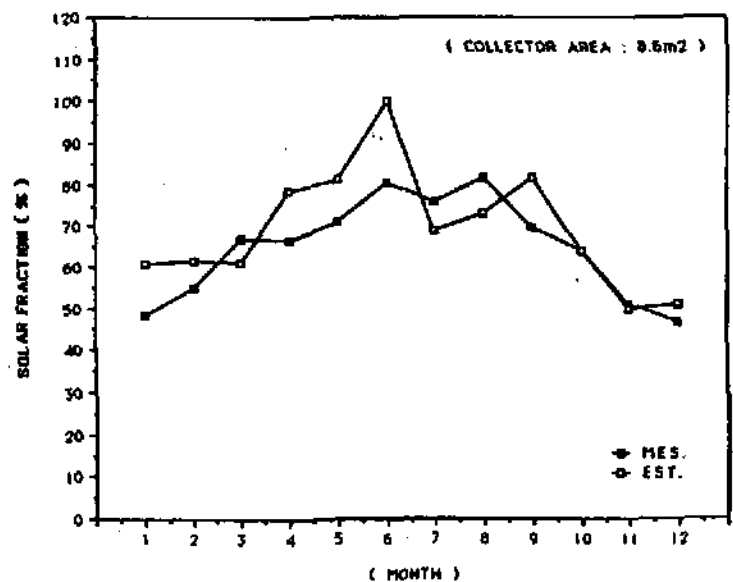
a. 15평 주택



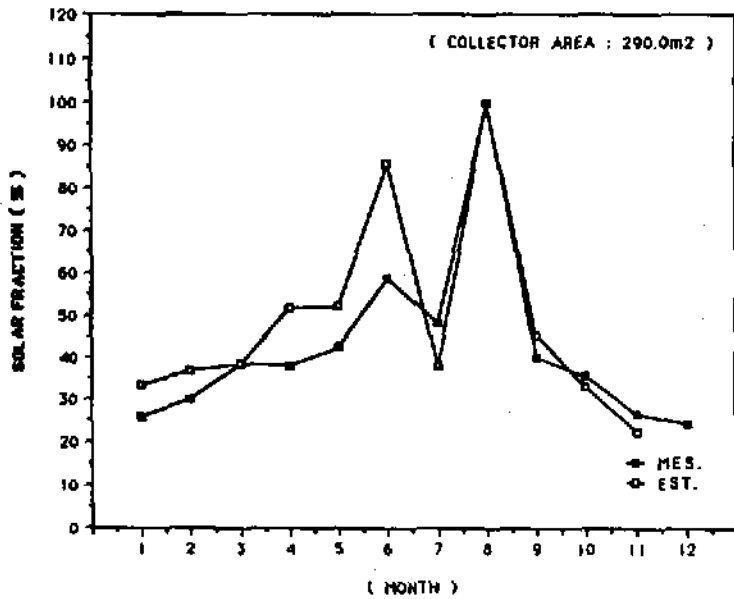
b. 20평 주택



c. 30평 주택



d. 5인 급탕



e. 공중목욕탕

[그림 2.1] 태양의존율의 실험치와 예측치의 비교

3. 태양에너지 경제성 분석

임의의 투자대상에 대한 경제성 분석이나 태양열 이용시스템의 적정규모를 산정하는 방법에는 여러가지 방법들이 있으나, 태양열 이용시스템의 경제성을 분석하는데는 DCF법 (discounted cash flow method), DPP법 (discounted payback period method) 등과 같은 손익분기해석과 수명가해석에 의한 NPC법 (net present value method)이 보편적으로 사용되고 있다.^{9,10,11,14,16,18,19)}

그러나 이들 방법은 현재의 투자분석에서와 같이 미래의 모든 지출과 수익금에 대해서 현

재가로 환산하여 분석되어야 하며, 현재가 (present value)의 개념과 경제성 계수 (economic parameter)의 기준치에 따라 그 결과가 크게 달라질 수 있다.

여기서는 모의실험을 통한 각 규모별 태양열 이용시스템의 열적성능 결과에 의해 수명가 해석에 의한 순현재가치 및 내부수익율, 그리고 투자회수기간 산출방법으로 경제성 분석을 수행하였다.

우선, 태양열 주택 및 소규모 급탕, 공중목욕탕의 경제성을 분석하기 위해서는 다양한 경제성 계수들이 고려되어야 한다. 그러나 이들 계수는 향후 태양열 이용시스템의 수명기간에 대한 예상치이어야 하므로 아무리 정확한 과거의 수년간 통계치를 알고 있더라도 이를 장래에 발생할 수 있는 조건으로 단정할 수 없다는 문제가 있다.

그러므로 경제성 계수를 설정함에 있어서 단순한 별도의 방법이 없으므로 표 3.1과 같이 정책기준과 현행 금리¹²⁾등을 고려하여 정한 값을 채택하였다.

또한, 1988년도 말 현재로 태양열 이용시스템 설치시 추가되는 비용과 이에따른 세제상 특혜와 에너지대체 시설자금 융자특혜, 그리고 태양열에 의한 연료절감 비용을 산정하여 100% 융자를 받을시와 100% 자기자본인 경우 앞에서 설정된 경제성계수들의 조건에 의한 규모별 태양열 이용시스템의 분석결과를 표 3.2에 나타내었다.

<표 3.1> 경제성계수의 기준값

(명목치 : normal value)

구분	물가상승율(%) ^{*1)}	유류가상승율(%) ^{*2)}	대부금리(%) ^{*3)}	대부기간(년) ^{*3)}	할인율(%) ^{*4)}	정비, 보수유지비 및 보험율(%) ^{*5)}	시스템수명(년) ^{*6)}
태양열주택 및 공중목욕탕	6	10~30	10	20	8	1	20
소규모급탕(5인)	6	10~30	5	5	8	1	20

*주 : 1) 경제기획원 자료, 일반물가 상승율('89년도 후반)

2) 향후 추세는 현재의 추세가 보다 불투명하여 유류가상승율을 몇단계로 나누어 분석

3) 현행 정책금융으로 대출되는 대체에너지 시설자금의 대부금리 및 기간

4) 일반적으로 현행 상업어음 할인율, 정기예금 이율, 또는 증권배당율, 경제성장율을 고려하여 책정

5) 미국의 경우 사용의 예를 적용

〈표3.2〉 규모별 태양열 이용시스템의 경제성 분석 결과

a. 100% 용자

(15평 주택)

Initial Investment = 3478 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 162 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	-0.7	14.5	25.3	34.7	43.6
BFP [yr]	24.7	17.2	13.8	11.7	10.4
NPV [won]	-962053	1258749	5200731	12227053	24735349

(20평 주택)

Initial Investment = 4236 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 223 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	3.8	18.2	29.2	39.0	48.4
BFP [yr]	22.2	15.8	12.8	11.0	9.8
NPV [won]	-602133	2454896	7881205	17553241	34771450

(30평 주택)

Initial Investment = 6029 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 331 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	5.3	19.6	30.7	40.7	50.2
BFP [yr]	21.4	15.4	12.5	10.8	9.6
NPV [won]	-555303	3982261	12036558	26392809	51949882

(5인 금탕)

Initial Investment = 1925 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 109 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	10.4	17.2	23.0	30.4	36.9
BFP [yr]	17.3	13.1	10.9	9.5	8.5
NPV [won]	340900	1835143	4487465	9215052	17631127

(공중 목욕탕)

Initial Investment = 37732 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 2577 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	13.9	20.3	40.6	52.1	63.3
BFP [yr]	17.5	13.2	11.0	9.6	8.6
NPV [won]	7730135	43057329	105764048	217534614	416509168

b. 100% 자기자본

(15평 주택)

Initial Investment = 3478 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 162 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	6.8	11.7	16.4	21.1	25.6
DPP [yr]	22.2	15.8	12.8	11.0	9.8
NPV [won]	-429098	1791703	5733686	12760008	25268303

(20평 주택)

Initial Investment = 4236 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 223 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	8.1	13.0	17.8	22.4	27.0
DPP [yr]	19.8	14.5	11.9	10.3	9.2
NPV [won]	46974	3104003	8530312	18202348	35420557

(30평 주택)

Initial Investment = 6029 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 331 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	8.6	13.5	18.2	22.9	27.5
DPP [yr]	19.1	14.1	11.6	10.1	9.0
NPV [won]	368557	4906120	12960417	27316668	52873741

(5인 급탕)

Initial Investment = 1925 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 109 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	8.9	13.8	18.6	23.2	27.8
DPP [yr]	18.5	13.8	11.4	9.9	8.9
NPV [won]	191165	1685408	4337730	9065317	17481392

(공중 목욕탕)

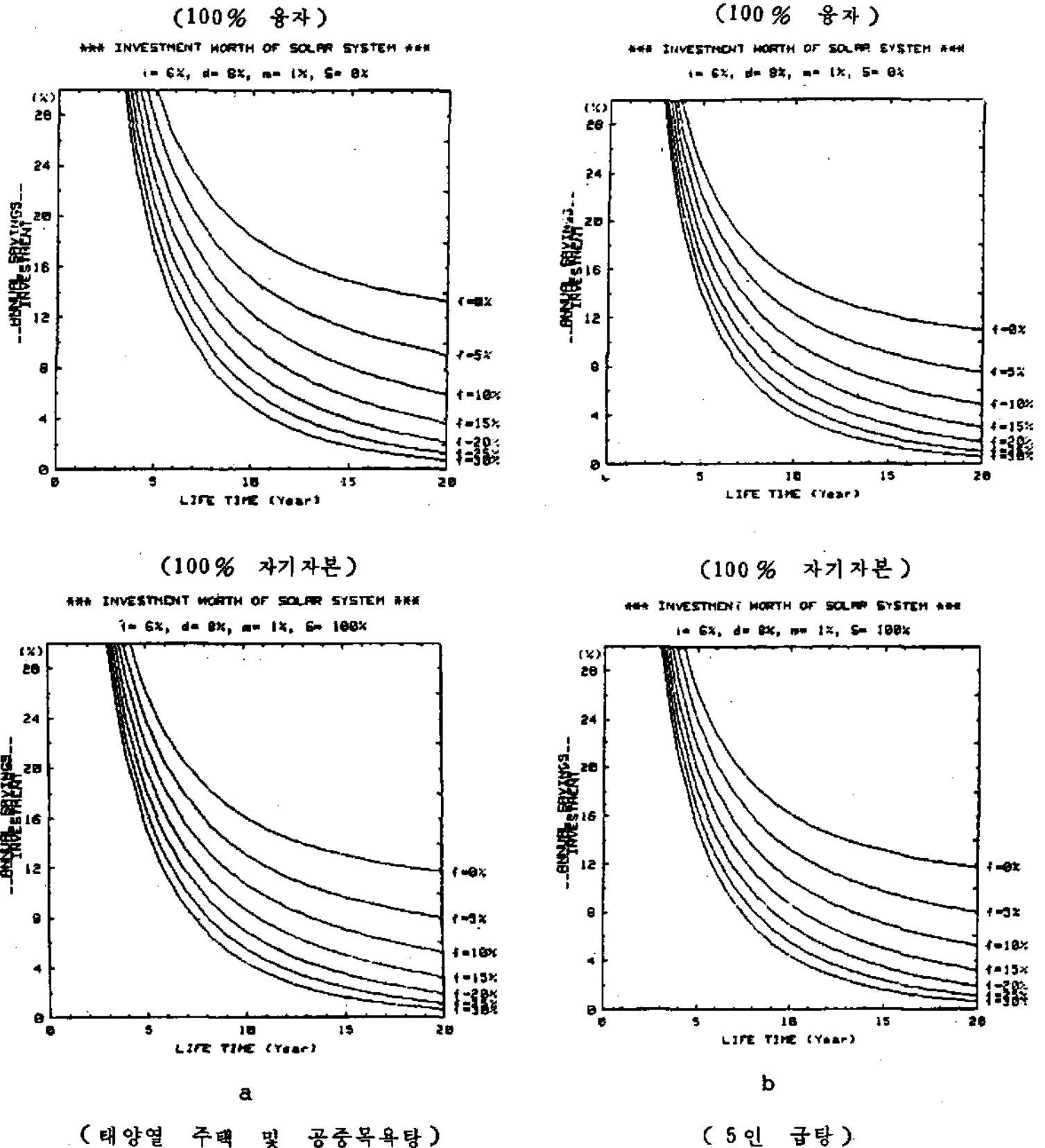
Initial Investment = 37732 [1000 won]
1st Year Fuel Saving = 2577 [1000 won]

Analysis Method	Fuel Cost Infl. Rate				
	10 [%/yr]	15 [%/yr]	20 [%/yr]	25 [%/yr]	30 [%/yr]
DCF [%/yr]	11.1	16.0	20.8	25.5	30.1
DPP [yr]	15.5	12.0	10.1	8.9	8.0
NPV [won]	13512033	46839226	111545945	223316512	422291065

분석결과, 주택 및 공중목욕탕인 경우는 자기자본으로 시스템을 설치하는 경우가 용자를 받는 경우보다 순수입 총액의 현재가 및 투자회수기간이 좋은 것으로 나타났으며, 반면 소규모 급탕인 경우는 용자를 받는 경우가 자기자본으로 시스템을 설치하는 경우보다 좋은 것

으로 나타났다. 또한 비교대상이 경유 및 방카-C유이므로 유류가 상승율에 보다 많은 영향을 받고 있으며, 정책금융으로 대출되는 대체에너지 시설자금의 대부금리에도 영향을 받고 있다.

현재의 유류가로는 획기적인 경제성이 없는



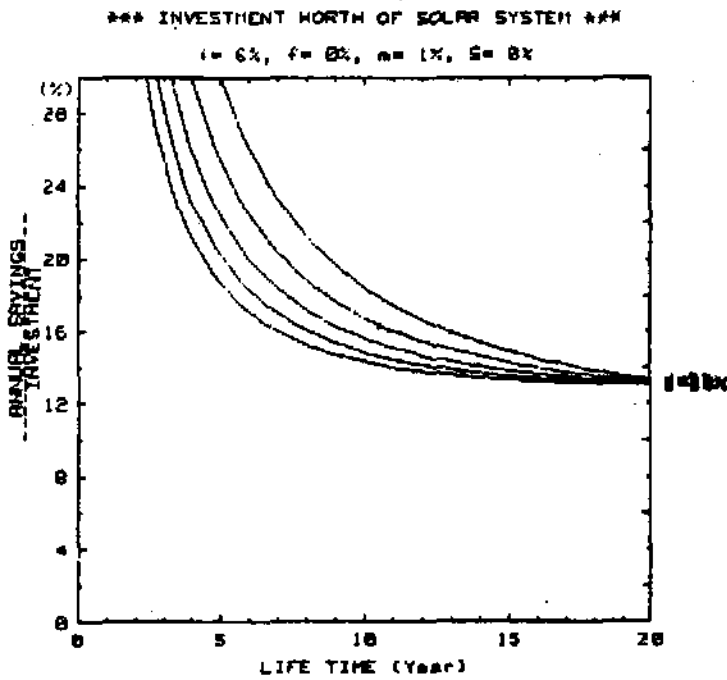
[그림 3.1] 유류가 상승율에 따른 수명기간과 손익분기 E/C와의 관계선도

실정이나 향후 20년사이의 평균 유류가 상승율을 15%로 예측할 경우 100% 용자를 받을시, 주택 및 소규모 급탕, 공중목욕탕의 DCF 인자는 14.5~28.3%이며, DPP인자는 13.1~17.2년, NPV 인자는 125~4,306만원으로 나타났다. 또한 100% 자기자본일시, DCF인자는 11.7~16.0%이며, DPP인자는 12.0~15.8년,

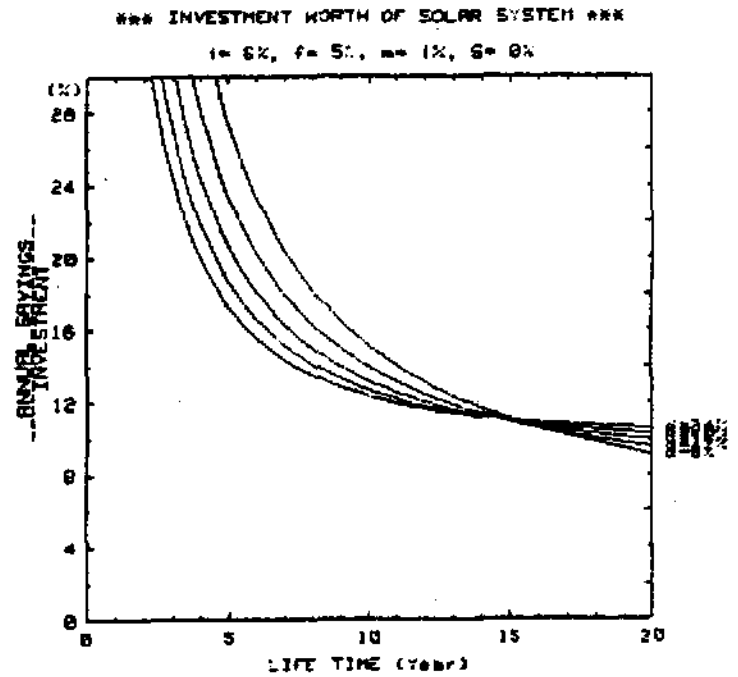
NPV인자는 168~4,884만원 정도에 이르고 있다.

따라서 100% 용자 및 100% 자기자본일 경우, 공히 시스템의 평균 수명이 20년 이상임을 감안할 때 현시점에서 최소한의 경제성이 있기 위해서는 물가상승율이 6%, 할인율이 8%일시 유가상승율은 15% 이상이 되어야하는 것으로

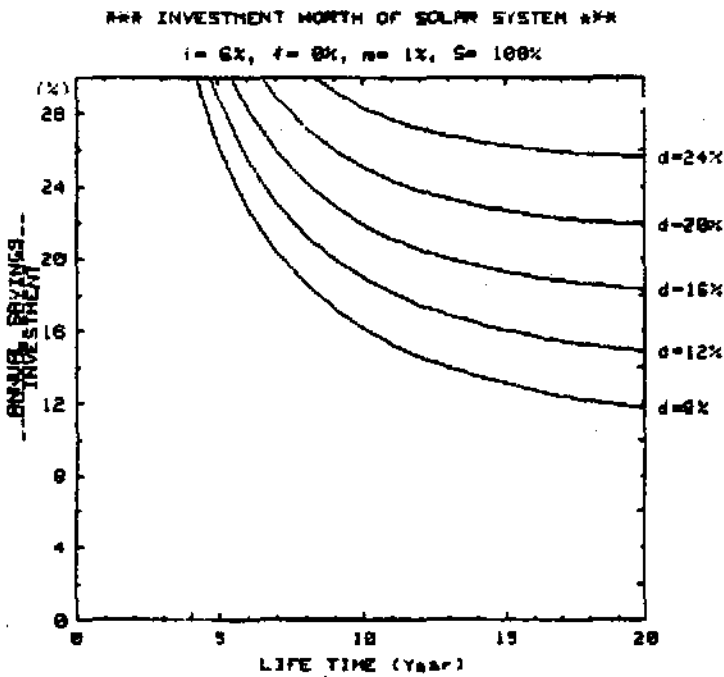
(100% 용자)



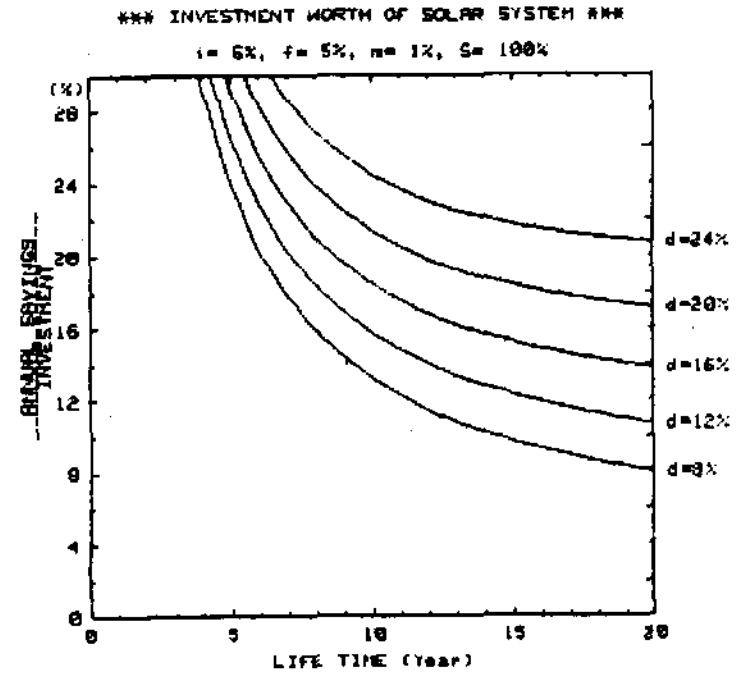
(100% 용자)



(100% 자기자본)



(100% 자기자본)



a

b

(유류가 상승율 0%)

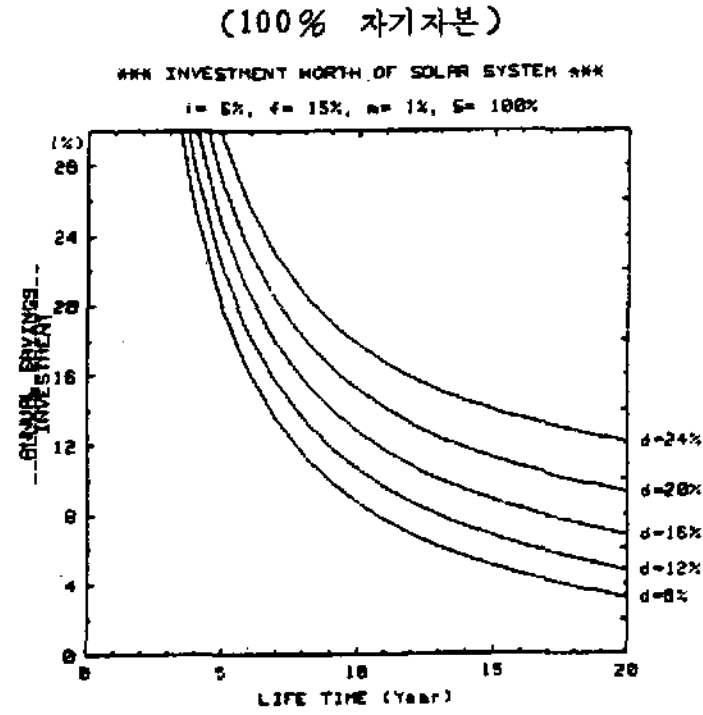
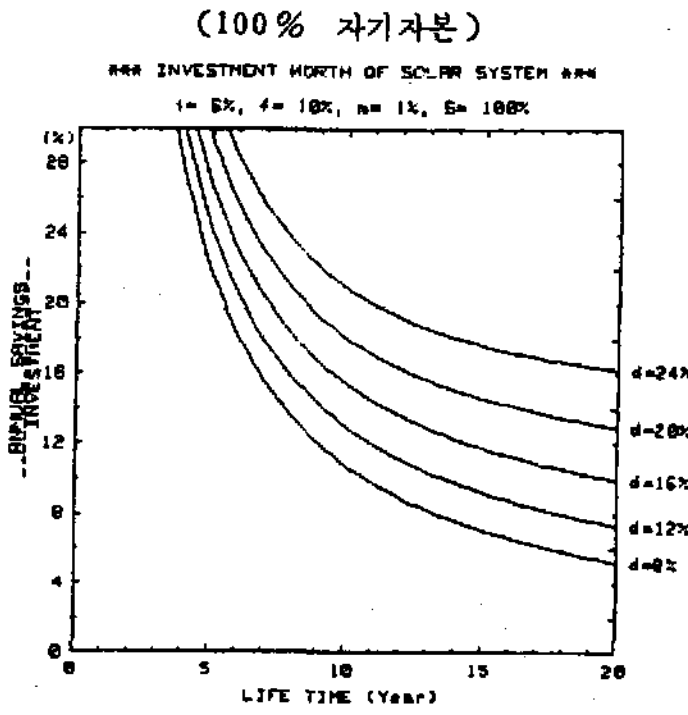
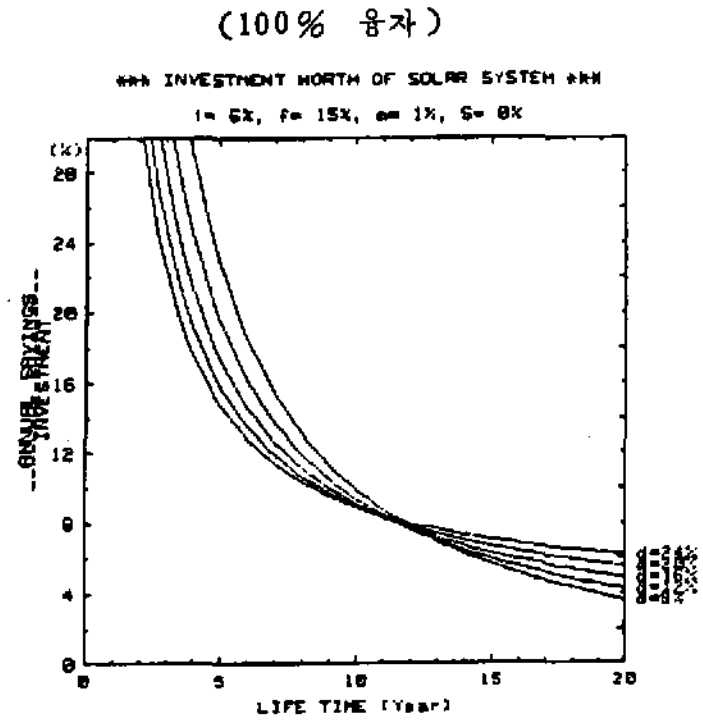
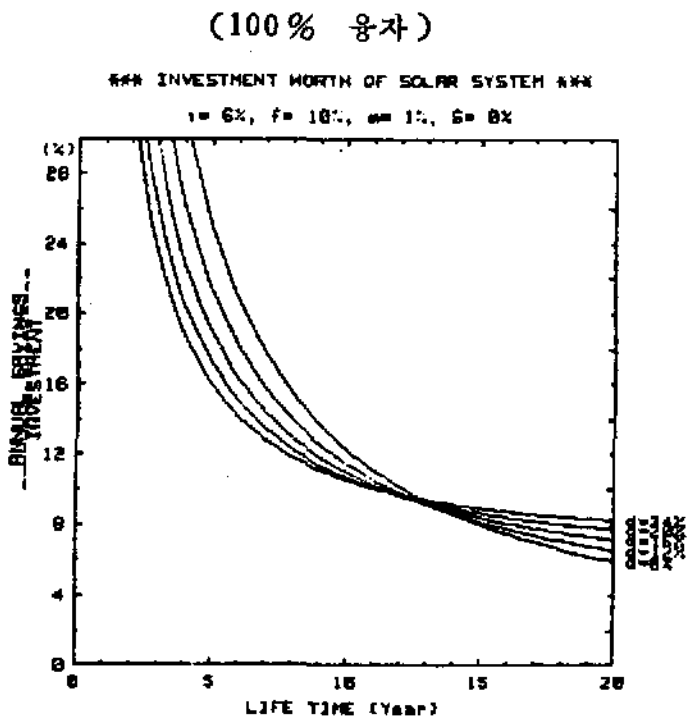
(유류가 상승율 5%)

평가된다.

한편, 앞에서도 언급하였지만 투자가치를 판단하기 위한 경제성 계수는 미래치로 장기간을 예측하기는 상당한 어려움이 따른다. 따라서 여기에 적용된 계수들의 폭을 넓혀서 그에 대한 경향을 선도로 나타내었다.

그림 3.1은 태양열 주택 및 소규모 급탕,

공중목욕탕에 대한 100% 용자사와 100% 자기 자본인 경우, 유류가 상승율에 따른 수명기간에 대한 손익분기 E/C 즉, 일정기간 n년후의 초기투자비에 대한 연간 태양열에 의한 연료절감비율 변화를 나타내었으며, 그림 3.2에서는 태양열주택 및 공중목욕탕에 대한 유류가 상승율이 0~30% 사이인 경우 100% 용자사와



c (유류가 상승율 10%)

d (유류가 상승율 15%)

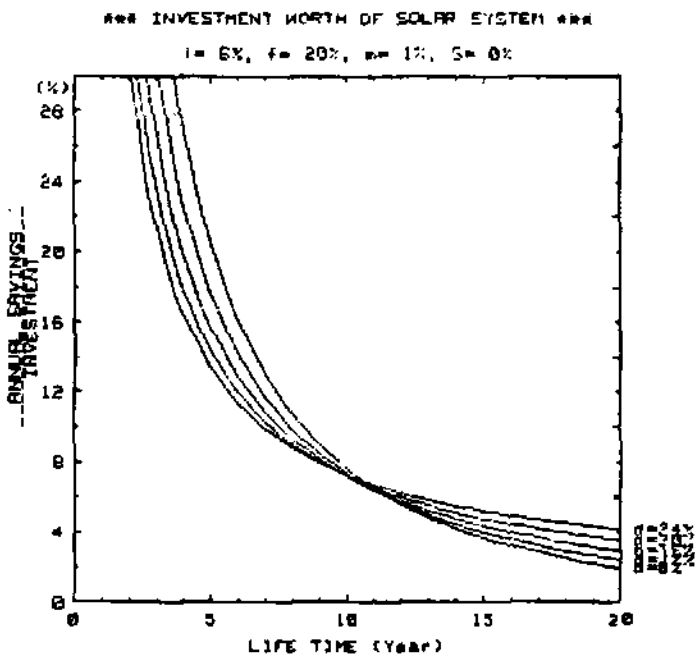
100% 자기자본인 경우를 구분하여 할인율에 따른 수명기간에 대한 손익분기 E/C의 변화를 나타내었다.

이들 그래프에서 유류가 상승율에 따른 손익분기 E/C값의 변화를 살펴보면, 용자를 받을 경우나 자기자본일 경우 공히 서로가 큰 변화폭을 나타내고 있다. 또한 할인율에 따른 손익

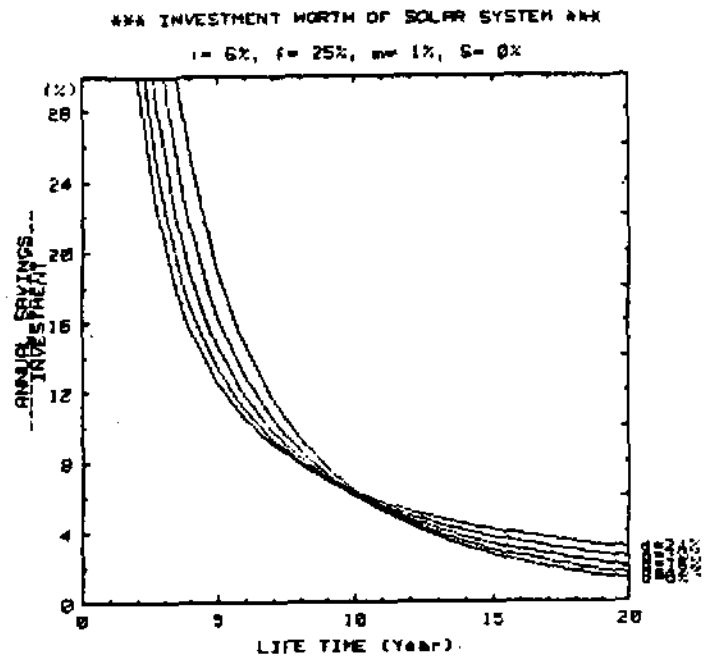
분기 E/C의 변화는 자기자본일 경우는 현저한 차이를 보이고 있는 반면에 용자를 받을 경우는 변화폭이 적게 나타나고 있다.

따라서 용자를 받을 경우나 자기자본일 경우의 유류가 상승율과 자기자본일 경우의 할인율에 따라 경제성이 크게 달라짐으로 태양열 이용시스템의 보다 경제적인 이용을 위해서는 이

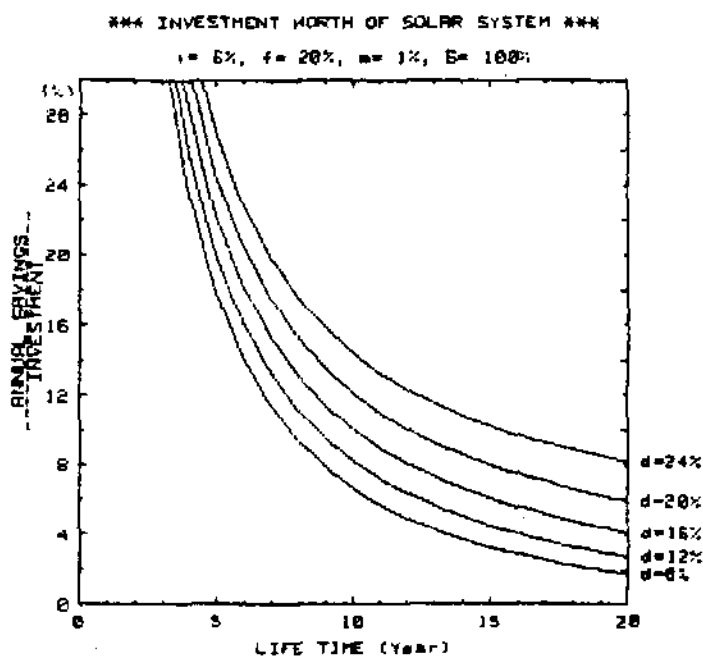
(100% 용자)



(100% 용자)



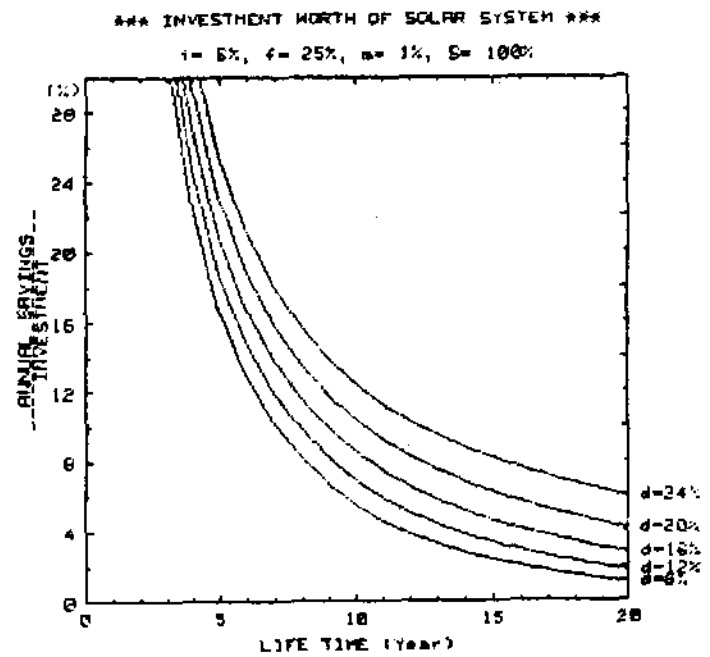
(100% 자기자본)



e

(유류가 상승율 20%)

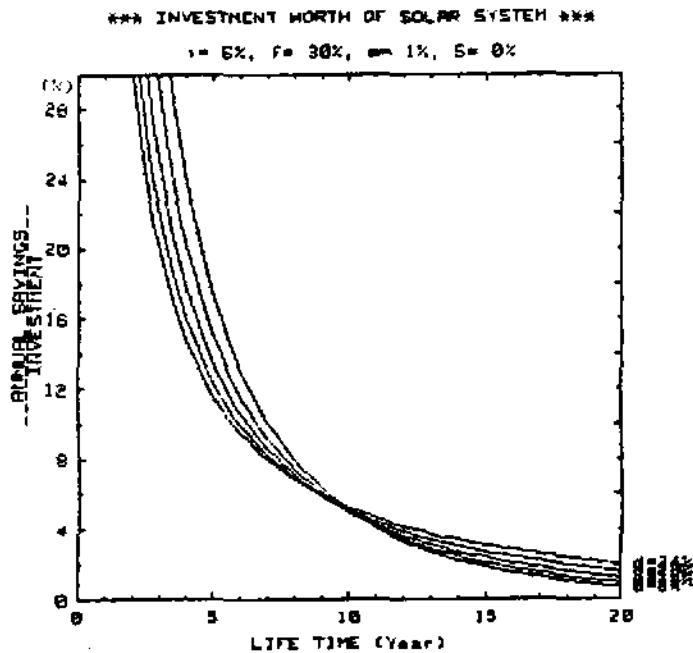
(100% 자기자본)



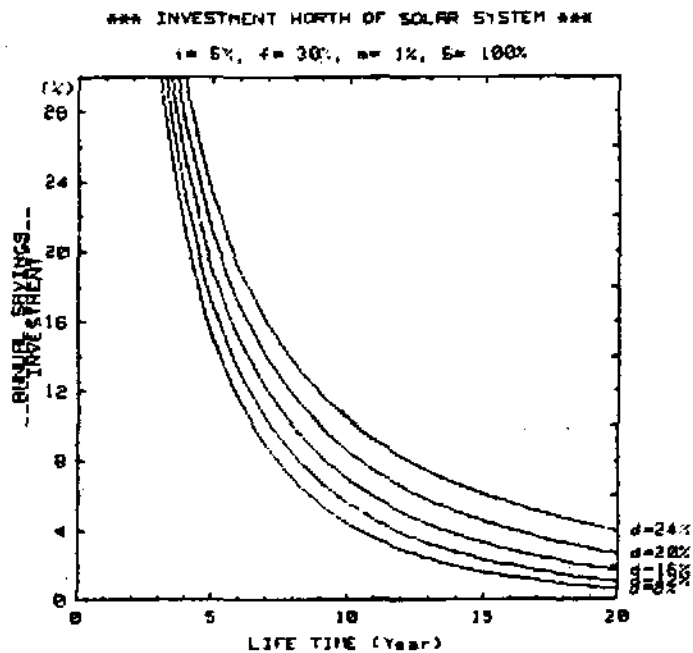
f

(유류가 상승율 25%)

(100% 용자)



(100% 자기자본)



g

(유류가 상승율 30%)

[그림 3.2] 할인율에 따른 수명기간과 손익분기 E/C와의 관계선도

같은 문제점을 신중히 고려하여 시스템 설치에 투자되는 비용의 선택을 자기자본과 대부금으로 구분하여 적절한 투자방법을 적용하여야 한다.

4. 결 론

우리나라 서울지역의 기상조건은 모의실험 결과 연평균 1일 외기온도는 약 11.5℃, 연평균 1일 수평면일사량은 약 12.6MJ/m²·day (3,600 kcal/m²·day)로 나타났으며, 이에 의한 상관관계에 의해 예측된 태양열 이용시스템의 열적 성능을 살펴보면, 소규모 급탕시스템은 주택 난방 및 대규모 급탕시스템의 경우보다 연평균 태양의존율이 약 20%정도 더 높게 나타나 타시스템에 비해 열적성능이 매우 좋은 것으로 나타났다.

이에 따른 설비형 태양열 이용시스템의 경제성은 현시점에서 유류가 상승율이 최소한 15% 이상부터 투자가치가 있는 것으로 나타났고, 현 세제혜택 및 용자조건하에서는 소규모 급탕시스템은 투자가치가 있으나 주택난방 및 대규모 급탕시스템의 경우는 소규모 급탕시스템보다 용자조건이 나쁘므로 이를 보완할 경우 충분한 투자가치가 있는 것으로 나타났다.

따라서 일반적으로 태양열 이용시스템은 소규모보다는 대규모, 주택난방보다는 급탕의 경우가 경제성이 좋게 나타나 보급정책상에 이를 충분히 고려해야 할 것으로 생각되며, 특히 공중목욕탕의 경우는 타시스템에 비해 충분한 투자가치가 있으므로 보급에 우선을 두어야 할 것이다.

그러나 본 경제성 분석을 모의실험을 통한 상관관계의 이론적인 측면에 근거를 둔 것이므로 앞으로는 이를 보완할 만한 보다 정확한 실질적인 측정이 이루어져야 할 것이다.

한편, 태양열 이용시스템의 경제성도 중요하지만 경제성 이전에 현재 문제시 되고 있는 환경공해 및 기존 에너지의 파동 및 고갈 등의 문제를 고려해 볼때 이제까지 불안정한 해외 에너지자원의 수입에만 의존하여 왔던 우리나라의 현재와 미래의 에너지사정을 개선하기 위한 대체에너지자원 개발사업을 적극 추진함에 있어서 재생 에너지원 중에 가장 용이하게 공급 받을 수 있는 태양에너지의 이용 보급이 시급한 과제라 생각한다.

참고 문헌

1. 에너지관리공단, 태양열집열기 시공기술 교육교재, pp.299-545, 1987
2. 박성현, 회귀분석, 박영사, pp.170-180, 1983
3. 국립중앙기상대, 기상년·월보, 1984.1-1987.12
4. 한국동력자원연구소, KE-85-22 태양에너지자원조사 및 이용기술연구, pp.3-34, 1985
5. 김재연, 컴퓨터시뮬레이션(이산형 모의실험법), 박영사, pp.15-59, 1987
6. 한국물가협회, 물가자료(1989년 12월호)
7. 차종희의 2인, 태양열 난방설계, 교문사 pp.13-21, pp.115-163, 1981
8. 한국동력자원연구소, KE-82T-26 태양열 급탕시스템 개발연구, pp.1-72, 1982
9. 이상용, 경제성공학, 형설출판사, pp.98-196, 1986
10. 박경수, 공업경제학, 탐출판사, pp.99-155, pp.281-380, 1986
11. 한국동력자원연구소, KE-86-12 자연형 태양열시스템 개발(VI), pp.207-225, 1986
12. 한국은행, 통계연보, 1975-1987
13. Alter, S.L., Decision Support System, Addison-Wesley Publishing Company, pp.73-93, 1980
14. Anderson, E.E., Fundamentals of Solar Energy Conversion, Addison-Wesley Publishing Company, pp.307-333, 1983
15. Beckman, W.A. et al., Solar Heating Design by the f-chart method, John Wiley & Sons New York, pp.1-9 pp.95-131, 1987
16. Böer, K.W., Payback of Solar Energy, Solar Energy Vol. 20, Pergamon Press New York, pp.315-391, 1985
17. Davis, G.B. et al., Management Information Systems, McGraw-Hill, pp.367-405, 1985
18. Duffie, J.A. & Beckman, W.A., Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley New York, pp.376-407, 1980
19. Kreith, F. et al., Principles of Solar Engineering, MGH New York, pp.365-391, 1978
20. Start / PC-library, IBM PC, IBM XT, IBM PC AT, IBM Portable P Installation Guide, pp. RLMUL 1-RLMUL5, IMSL, 1985