

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 23, No. 4, 2003

설비형 태양열시스템 설계분석 프로그램 개발

신우철*, 백남춘**

*대전대학교 건축공학과(shinuc@dju.ac.kr)

**한국에너지기술연구원(baek@kier.re.kr).

Active Solar Heating System Design & Analysis Program

Shin, U-Cheul*/ Baek, Nam-Choon**

*Dept. of Architectural Engineering, Daejeon University(shinuc@dju.ac.kr),

**Korea Institute of Energy Research(baek@kier.re.kr)

Abstract

This study aims to develop the program for active solar heating system design & analysis. The program, named ASOLis, is consisted of three user's interface like as system input/output, library, and utilities and used TRNSYS as a calculation engine for the system analysis. ASOLis simplifies user's input data through the database and can design 37 different types of solar systems. Solar system is configured by two separated parts "solar thermal collecting part" and "load supplying part". Due to the user-friendly layout, all design parameters can be changed quickly and easily for the influence on system efficiency. For the reliability, ASOLis compared with experimental result. As a result, ASOLis is expected to be used as a vital tool for the design and analysis of active solar heating system.

Keywords : 태양열시스템(Solar Heating System), 수명가해석(Life-Cycle Cost Analysis), TRNSYS

1. 서 론

설비형 태양열시스템의 열성능은 시스템 구성요소의 성능과 시스템 종류, 용량, 부하형태 등 많은 변수들에 의해서 결정된다. 현재 전 세계적으로 개발된 태양열시스템 설계 또는 분석용 프로그

램은 F-CHART, T-SOL, TRNSYS 등이 대표적이며, 이외에 관련 기업 및 각 연구기관 등에서 목적에 맞게 자체적으로 개발된 프로그램이 사용되고 있다. 이중에서 F-CHART¹⁾과 T-SOL²⁾ 등은 입·출력조건이 비교적 단순하고 사용하기 편리한 장점은 갖고 있으나, 적용 가능한 시스템의

종류에 제한이 있거나 시스템 구성요소의 개별적인 용량 및 성능변화에 따른 시스템 분석이 불가능한 단점을 갖고 있다. 또한 TRNSYS³⁾는 대부분의 태양열 시스템에 대한 상세해석이 가능하여 전 세계적으로 널리 사용되고는 있으나, 많은 입력 자료와 복잡한 시뮬레이션 시스템 구성 등 전문가 외에는 사용할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 이유로 국내에서 TRNSYS는 태양열 분야의 관련 전문가들에게 그 사용이 한정되어 있으며, 시스템 설계나 분석용으로 활용되지 못하고 있다. 특히 국내 태양열 업체의 영세성으로 인하여 전문 인력이 크게 부족한 상태에서 태양열 시스템의 설계 및 성능평가가 대부분 경험적 방법에 의존하고 있으며, 점차 대형화되고 있는 태양열 시스템조차 그 성능을 검증하기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 국내의 실정을 감안해서 태양열 업계를 비롯한 비전문가들도 사용할 수 있는 태양열 시스템 설계 및 분석프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 설계 및 분석에 필요한 많은 자료를 데이터베이스화하여 사용자의 입력조건을 단순화시킨 반면 다양한 시스템 구성과 상세해석이 가능하도록 하였다.

2. 이론해석

2.1 집열기

평판형 집열기의 열성능은 Hottel-Whillier의⁴⁾ 제안식에 따라 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta = \frac{Q_u}{AI_T} = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{I_T} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, Q_u 는 집열기 취득열량, A 는 집열기 면적, I_T 집열면 총 일사량, $F_R(\tau\alpha)$ 은 투과 흡수율, $F_R(U_L)$ 은 열손실계수, T_i 는 집열기 평

균온도, T_a 외기온을 나타낸다.

2.2 제어장치

태양열 시스템의 작동은 태양열 집열 및 축열펌프의 제어로 이루어지며, 펌프의 잦은 on-off 작동을 피하기 위해 히스테리시스(hysteresis)가 있는 차온방식을 주로 사용하고 있다. 이 제어방식은 제어함수 값, γ_o 을 1 또는 0으로 발생시키는데, 표 1과 같이 γ_o 는 두 개의 dead band 온도차, ΔT_H 와 ΔT_L 을 비교하여 설정 상한 온도, T_H 와 설정 하한온도, T_L 의 차에 따른 함수 값으로 결정되며 새로운 γ_o 은 이전 제어함수 값, γ_i 에 좌우된다.

표 1 차온제어방식의 제어함수

제 어 조 건		제어함수
$\gamma_i = 1$	$\Delta T_L \leq T_H - T_L$	$\gamma_o = 1$
	$\Delta T_L > T_H - T_L$	$\gamma_o = 0$
$\gamma_i = 0$	$\Delta T_H \leq T_H - T_L$	$\gamma_o = 1$
	$\Delta T_H > T_H - T_L$	$\gamma_o = 0$

2.3 일사량

수평면 총 일사량, I 과 확산일사량, I_d 에 대한 경사 집열면의 총일사량, I_T 은 직달성분, G_b , 천공방사성분, G_d 및 지면반사성분, G_{gr} 으로 분류할 수 있다.⁴⁾

$$I_T = G_b + G_d + G_{gr} \dots\dots\dots (2)$$

$$G_b = (\cos \theta / \cos \theta_z)(I - I_d) \dots\dots\dots (3)$$

$$G_d = \frac{(1 - \cos \beta)}{2} I_d \dots\dots\dots (4)$$

$$G_{gr} = \frac{(1 - \cos \beta)}{2} \rho_{gr} I \dots\dots\dots (5)$$

여기서 ρ_{gr} 은 지면의 반사율을 나타내며, 태양의 방위각, γ_z 와 태양의 천정각, θ_z 그리고 경사면에 대한 입사각, θ 는 각각 다음과 같이 계산된다.

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\sin \theta_z} \dots\dots\dots (6)$$

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \phi \cos \delta \cos \omega \dots\dots\dots (7)$$

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta \\ & \pm \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega \\ & - \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

여기서 δ 는 일적위, ω 는 시간각, ϕ 는 위도, γ 와 β 는 입사면 방위각과 경사각을 각각 나타낸다.

한편 수평면 총 일사량으로부터 산란일사량은 Liu & Jordan의 제안식에 따라 다음과 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{I_d}{I} = & 1.0045 + 0.04349 K_T \\ & - 3.5227 K_T^2 + 2.6313 K_T^3 \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

여기서, $K = I/I_o$ 이며 I_o 는 태양상수를 나타낸다.

2.4 열부하

열부하는 난방부하와 급탕부하로 구별된다. 본 연구에서 급탕부하는 시간별 예상 급탕량이 요구되며, 건물의 난방부하, Q_L 는 식 10의 Energy/(Degree-Hour)방법을 통해 계산하였다.

$$Q_L = \text{Max}\{[UA(T_R - T_a) - Q_{gain}], 0\} \dots\dots\dots (10)$$

여기서 U 는 총괄열손실율, A 는 외피면적, T_R 는 실내 설정온도, T_a 외기온, Q_{gain} 은 취득열량을 나타낸다.

2.5 축열조

태양열 축열조는 원통형의 온도층화 모델을 사용하였다. 이 축열조의 i번째 층에서의 열평형 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} M_i C_{pf} \frac{dT_i}{dt} = & \alpha_i \dot{m}_h C_{pf} (T_h - T_i) \\ & + \beta_i \dot{m}_L C_{pf} (T_L - T_i) \\ & + UA_i (T_{env} - T_i) \\ & + \gamma_i (T_{i-1} - T_i) C_{pf} \quad \text{if } g_i > 0 \\ & + \gamma_i (T_i - T_{i-1}) C_{pf} \quad \text{if } g_i < 0 \\ & + Q_i \quad \text{for } i = 1, N \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

여기서 M_i 은 i번째 층의 유체질량, C_{pf} 는 유체비열, T_h 은 열원으로부터 축열조로 유입되는 유체온도, T_L 은 부하측으로부터 유입되는 유체온도, \dot{m}_h 은 열원으로부터 유입되는 유체질량을, \dot{m}_L 은 부하측으로부터 유입되는 유체질량을, A_i 와 U_i 는 각각 i번째 층의 축열조 표면적과 열관류율, T_{env} 는 축열조 주변온도, Q_i 은 i번째층의 내부 가열량을 나타낸다.

제어함수 $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \alpha_i = & \begin{cases} 1 & \text{if } i = S_h \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \beta_i = & \begin{cases} 1 & \text{if } i = S_L \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \gamma = & \dot{m}_h \sum_{j=1}^{i-1} \alpha_j - \dot{m}_L \sum_{j=i+1}^N \beta_j \end{aligned}$$

2.6 열교환기

자체 열용량을 갖지 않는 대항류의 현열 열교환기 모델을 사용하였다. 여기서 열교환기의 열교환 효율, ϵ 과 고온측 출구온도, T_{ho} , 열교환기의 총열전달율, Q_T 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\epsilon = \frac{1 - \exp\left(-\frac{UA}{C_{\min}}\left(1 + \frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right)\right)}{1 - \left(\frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right) \exp\left(-\frac{UA}{C_{\min}}\left(1 + \frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right)\right)} \dots\dots\dots (12)$$

$$T_{ho} = T_{hi} - \epsilon \left(\frac{C_{\min}}{\dot{m}_h C_{ph}} \right) (T_{hi} - T_{ci}) \dots\dots\dots (13)$$

$$\dot{Q}_t = \epsilon C_{\min} (T_{hi} - T_{ci}) \dots\dots\dots (14)$$

여기서 UA 는 총괄열전달계수, C_{\min} 는 최소 용량율, C_{\max} 는 최대용량율, T_{hi} 는 고온측 유입 온도, \dot{m}_h 는 고온측 질량유량, C_{ph} 는 고온측 유체의 비열, T_{ci} 는 저온측 유입온도, T_{hi} 는 고온측 유입온도를 나타낸다.

2.7 태양열시스템 의존율

총 부하중 태양열로 공급되는 비율 즉, 태양열 의존율(solar fraction), F 로 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$F = \frac{\int Q_s dt}{\int Q_T dt} \dots\dots\dots (15)$$

여기서, Q_S 와 Q_T 은 각각 태양열 취득열량과 총 열부하를 나타낸다.

2.8 경제성분석

태양열 시스템의 경제성 분석을 위해서 수명가(Life Cycle Cost; LCC) 해석기법을 적용하였다. 수명가분석이란 식 16과 같이 초기투자비를 포함한 미래에 발생하는 시스템의 모든 운영·유지비용을 현재가치로 환산하는 방법으로서 ASHRAE⁵⁾나 DOE-2 등에서도 채택하고 있다. 이 방법은 각 시스템의 현재가치를 비교함으로써 태양열 시스템의 경제적 대체효과를 계산할 수 있다.

$$LCC = \cap EX + \sum_I^m \sum_I^n \left(\frac{OPCOST \times (1+j)^n}{(1+d)^n} \right) \dots\dots\dots (16)$$

여기서, LCC 는 시스템의 현재가치, $\cap EX$ 는 초기투자비, $OPCOST$ 는 (보조)연료비를 포함한 각종 운영유지비, m 은 운영유지비의 종류, j 는 운영유지비별 물가상승율, n 는 시스템의 내구연한, d 는 시장할인율을 나타낸다.

3. 시스템 설계 및 해석

3.1 시스템 설계

설비형 태양열시스템의 구성 측면에서 보면 표 2와 같이 축열조를 포함한 집열부와 이용부로 크게 나눌 수 있다. 집열부는 동파방지방법에 따라 자동배수식과 부동액 방식으로 구분된다. 이용부는 시스템의 사용목적에 따라 급탕전용, 난방전용, 급탕/난방 겸용방식으로 크게 나눌 수 있고, 이것은 다시 표 2와 같이 9개의 방식으로 세분화된다. 이와 같은 집열부와 이용부의 분류방식에 따라 시스템을 조합하면 총 37개의 시스템이 구

성 가능하며 국내외적으로 설계·시공되고 있는 태양열 시스템의 대부분을 포함하게 된다. 본 연구에서는 이들 37개 시스템에 대한 해석이 가능하도록 모든 입력파일을 작성하였으며, 관련 자료를 DB화함으로서 사용자가 입력시켜야 할 설계 변수를 최소화하였다.

3.2 시스템 해석

본 프로그램에서는 태양열시스템 해석을 위한 알고리즘으로 TRNSYS(A Transient System Simulation Program)를 채택하였다. TRNSYS는 미국 Wisconsin대학의 SEL에서 개발되어 각종 에너지 시스템의 동적열전달 해석에 많이 사용되고 있는 모듈구조의 상용프로그램으로서, 메인 프로그램과 컴포넌트(component)라고 불리는 많은 서브루틴(subroutine)으로 구성되어 있다. 이와 같은 컴포넌트는 집열기, 열교환기, 펌프나 축열조, 제어장치 등과 같은 각종 시스템 구성요소를 수치 모델화 한 것으로 사용자는 이들 컴포넌트를 연결하여 실제 모델의 시스템을 구현하게 되며, 메인 프로그램은 시뮬레이션을 실행시키고 컴포넌

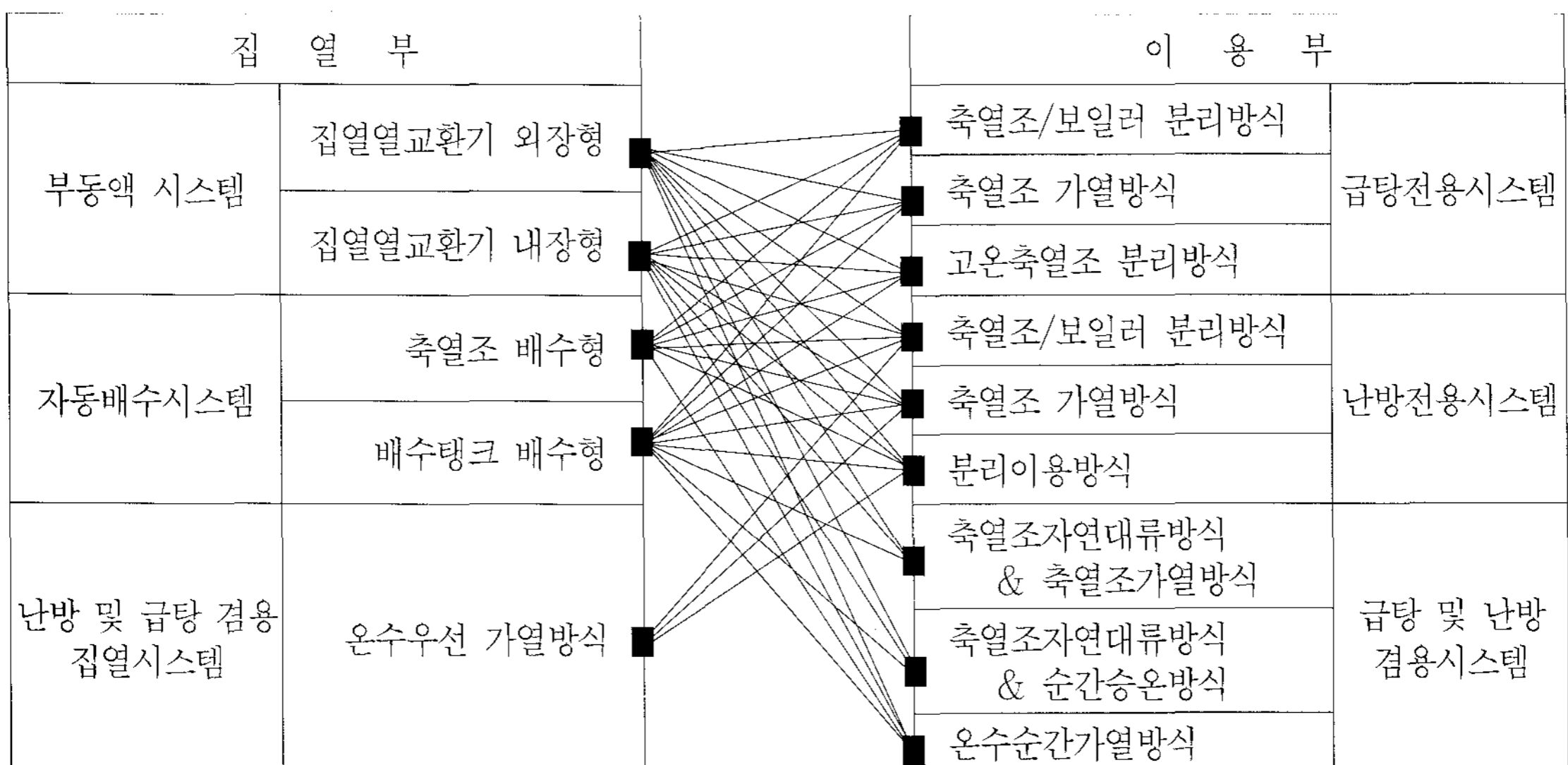
트 사이의 유량, 온도 및 에너지 전달률 등과 같은 입·출력 자료를 상호 연계시키게 된다. 따라서 본 프로그램에서는 프로그램 수정의 용이성과 확장성 등을 고려하여 TRNSYS 알고리즘을 시스템 해석을 위한 계산엔진(calculation engine)으로 사용하였다.

4. 프로그램의 구현

4.1 프로그램의 기본구조

본 연구를 통해 개발된 태양열 시스템 설계분석 프로그램인 ASOLis(Active Solar System Design & Analysis Program)는 그림 1과 같이 DB화된 시스템 라이브러리와 시스템 해석, 유틸리티 프로그램 등으로 구성되어 있으며, 사용자 인터페이스를 이용하여 시스템자료를 직접 입력하고 결과를 출력할 수 있도록 설계하였다. 프로그램 개발 언어는 Visual-BASIC 6.06)을 이용하였으며, 시스템해석을 위한 TRNSYS 실행파일과 링크(link)하였다.

표 2. 시스템 설계



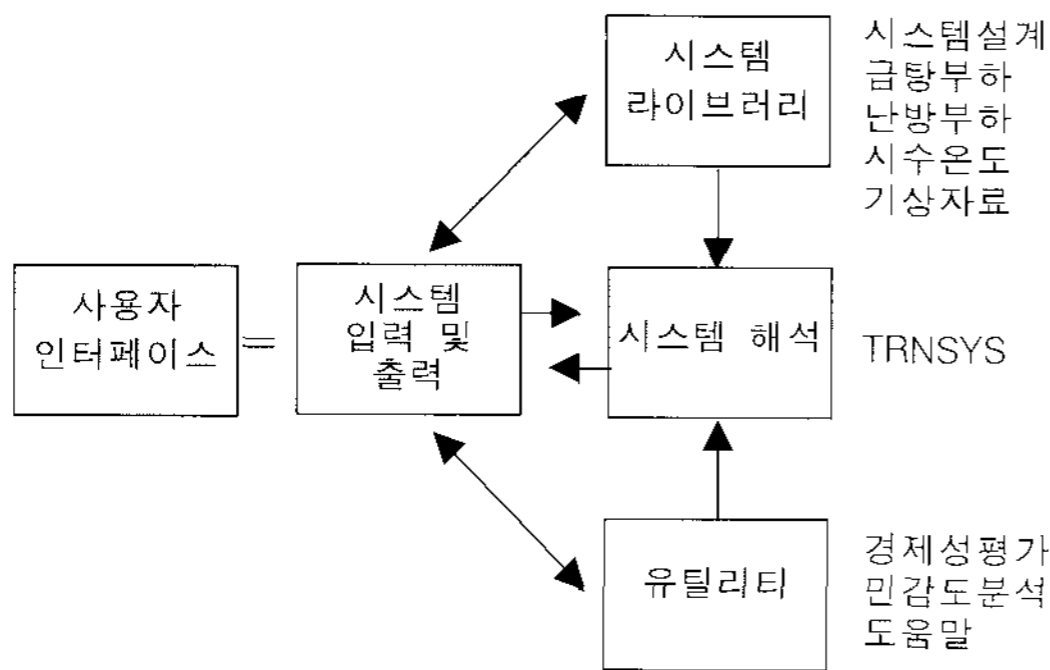


그림 1. 프로그램 구성

4.2 기본화면 구성 및 프로젝트창

그림 2는 ASOLis의 기본화면을 나타낸 것으로 상단의 메뉴바, 아이콘 버튼으로 이루어진 툴바, 하단의 시스템설계를 위한 프로젝트창으로 구성된다. 시스템 선정, 열부하 등 라이브러리와 경제성 평가 및 민감도 분석창 등 유틸리티는 메뉴바나 툴바의 버튼 선택에 따라 별도의 창으로 표시된다.

프로젝트창은 시스템의 설계 및 분석을 위한 입력창으로서 시스템 구성창, 시스템 계통도 표시창, 시스템 데이터입력창, 시뮬레이션 데이터입력창 및 3개의 버튼(정보창 열기버튼, 시스템해석 실행버튼, 프로젝트 종료버튼)으로 이루어진다. 그림 3과 같이 새 프로젝트창이 설정된 경우 시스템해석 실행버튼은 시스템 선정 및 관련된 모든 데이터 입력이 종료될 때까지 비활성화 상태로 남게 된다.

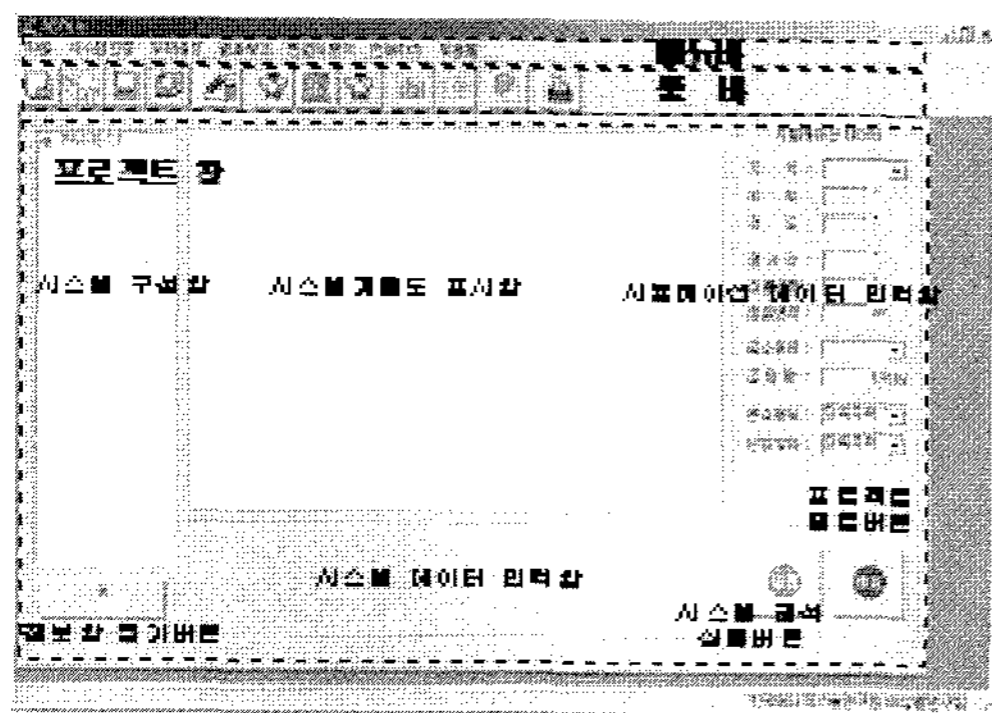


그림 2. 프로그램의 기본구성화면

그림 3은 시스템 선정화면을 나타낸 것이다. 표 1의 시스템 분류에 따른 집열부와 이용부가 트리 구조의 좌·우측 선정창에 표시되며, 원하는 각 시스템을 커서로 선택하면 집열부와 이용부의 계통도를 각 선정창의 우측과 좌측에서 볼 수 있다.

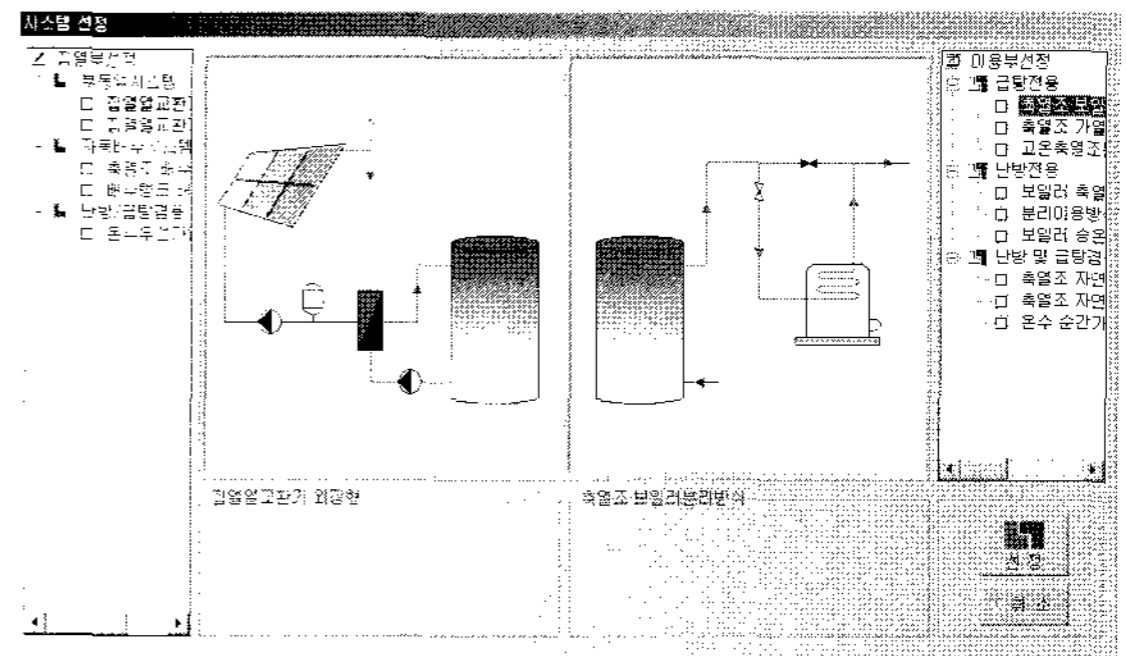


그림 3. 시스템선정화면

이와 같이 설계하고자 하는 집열부와 이용부의 계통도를 결정한 후 선정버튼을 누르면 시스템 선정 화면이 자동 종료되고 프로젝트창에 두 부분이 결합된 태양열시스템 전체 계통도가 그림 4와 같이 표시된다. 이와 같이 시스템이 선정되면 좌측의 시스템 구성창에서는 시스템의 주요 컴포넌트가 나타나며 각 컴포넌트를 커서로 선택해서 각 컴포넌트에 필요한 데이터를 입력할 수 있다(하단부의 데이터 입력창). 한편 프로젝트 창의 우측은 시뮬레이션 데이터 입력창으로서 지역 및 그에 따

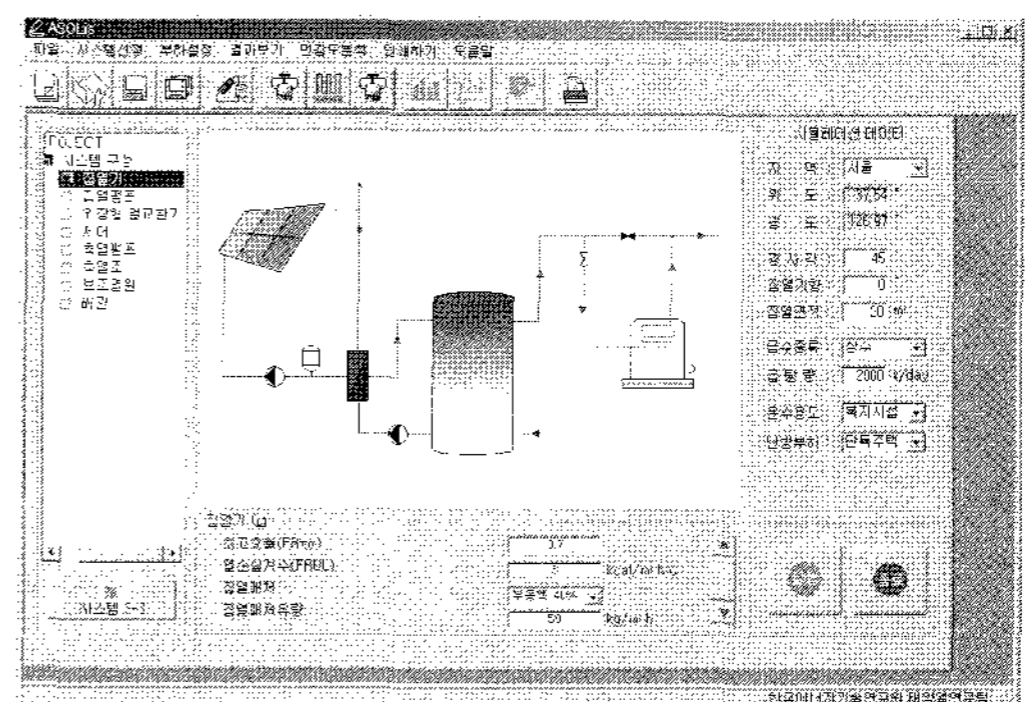


그림 4. 프로젝트 입력화면

른 기상자료, 집열기의 설계자료, 부하분포 등을 라이브러리로부터 선택할 수 있다. 프로젝트 창에서 데이터 입력이 완전히 종료되면 실행버튼을 통하여 시스템의 열성능 분석을 수행하게 된다.

4.3 기상자료

기상데이터는 시스템의 열성능 해석에 필수적인 기초자료로서 프로그램의 사용목적에 따라 특정연도나 TMY (Typical Meteorological Year) 타입의 자료가 요구된다. 본 프로그램에서는 한국에너지기술연구원에서 TMY 형태로 작성된 주요 지역(표 3)의 시간별 연간 기상자료를 사용하여 전국 대부분 지역에서 시뮬레이션이 가능하도록 하였다.

표 3. 시뮬레이션이 가능한 전국 주요 지역명

1	강릉	6	부산	11	진주
2	광주	7	서울	12	청주
3	대구	8	인천	13	포항
4	대전	9	전주		
5	목포	10	제주		

4.4 열부하

그림 5~6은 급탕부하와 난방부하 설정화면을 나타낸 것이다. 7가지 건물유형에 대한 연간 급탕 분포가 데이터베이스에서 기본적으로 제공되며, 사용자가 새로운 라이브러리를 추가할 수 있다. 난방부하의 경우에는 Energy/(Degree-Hour)방법에 따른 부하계산을 위해 6개 유형의 건물정보와 난방스케줄이 예제로 제공된다.

4.5 시수온도

그림 7은 시수온도 설정화면을 나타낸 것이다. 태양열 시스템에 공급되는 시수는 시스템의 설치 여건에 따라 상수나 지하수를 사용하게 된다. ASOLis에서 라이브러리 형태로 제공되는 상수온도는 동결선 이하가 되는 지하 1m의 지중온도를

기준으로 표 3의 13개 지역에 대하여 작성하였다. 또한 지하수를 시수로 사용하는 경우에는 사용자가 직접 그 온도를 입력할 수 있다.

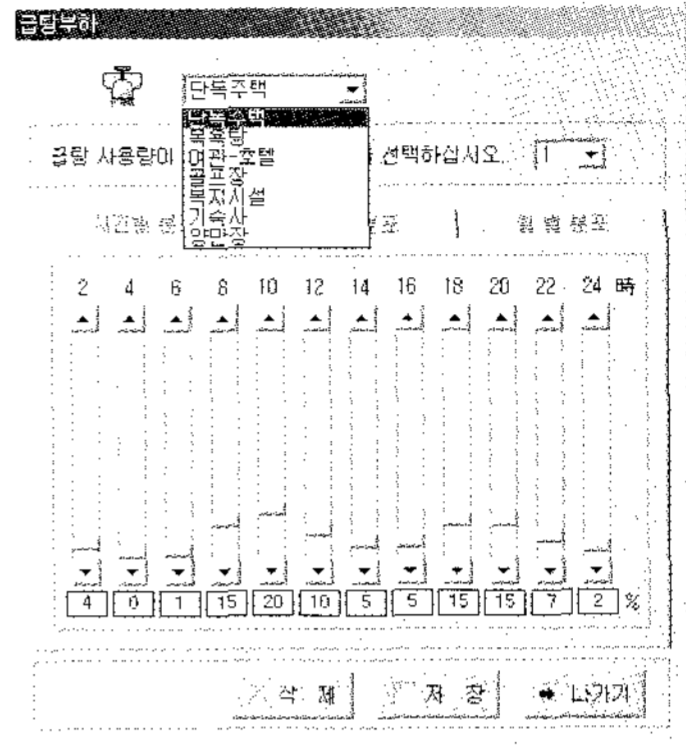


그림 5. 급탕부하 설정화면

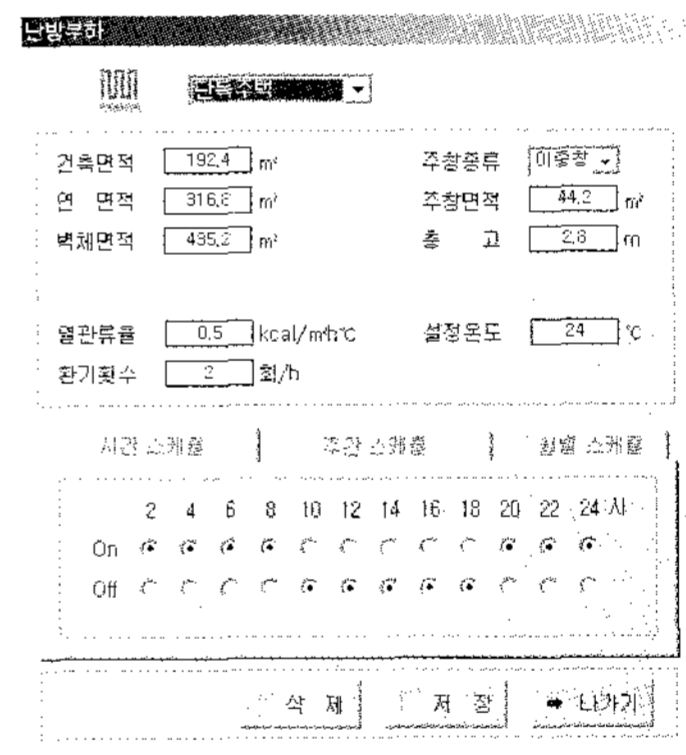


그림 6. 난방부하설정화면

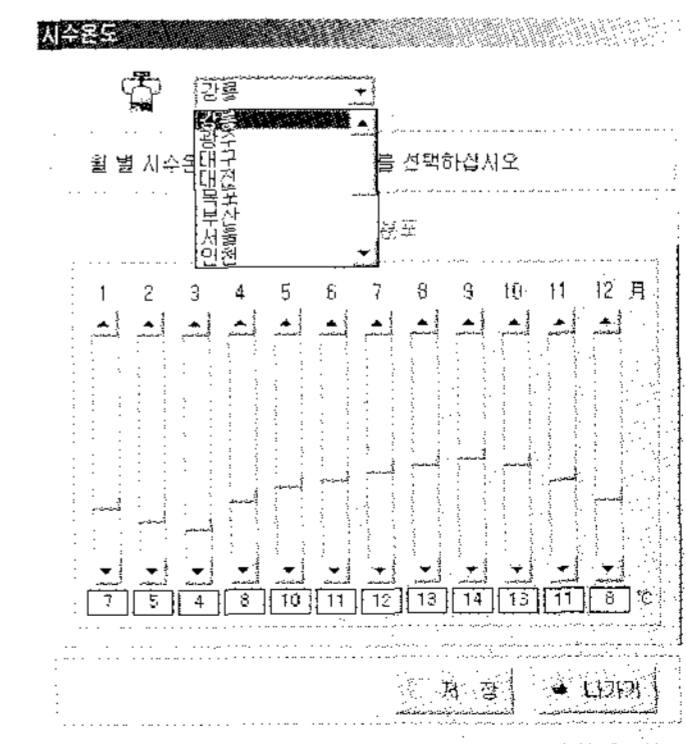


그림 7. 시수온도설정화면

4.6 결과보기

그림 8은 시스템 해석이 종료된 후 툴바의 분석결과 버튼이 활성화되며 이를 통해 결과보기창을 열 수 있다. 결과보기창은 결과보기, 기상자료, 입력자료 등 3가지 화면으로 구성된다. 결과보기에서는 월별 총 급탕부하 및 연간 절감비용과 월 평균 태양열 의존율이 나타나며, 그 하단에는 이 결과가 그래프로 표시되어 시스템 분석결과에 이해를 돕게 된다.

그림 9는 기상자료 화면으로서 시뮬레이션이 실시되는 해당지역의 집열기 입사면의 일사분포와 외기온을 출력하게 된다.

4.7 경제성평가

그림 10과 그림 11은 시스템의 경제성 분석을 위한 입력화면과 결과보기화면을 나타낸 것이다. 툴바의 경제성평가 버튼은 시스템 해석과 결과보기가 종료된 후 활성화되며 시뮬레이션을 통해 분석된 결과(총 연료비 및 태양열 절감비용)가 자동 입력된다. 자료입력이 완료된 후 그림 10화면상단의 결과보기를 누르면 경제성 평가기간동안의 년도별 해석결과와 태양열 절감액 현재가치, 투자회수기간, 연간 CO₂ 절감액 등이 표시된다.

4.8 민감도분석

그림 12는 민감도 분석 화면을 나타낸 것이다. 기본 시스템 설계에 따른 시뮬레이션이 종료된 후 태양열 시스템의 최적화를 위해 시스템에서 가장 중요한 집열기 면적(시스템 규모), 축열조 용량, 열교환기효율 등 주요 설계변수에 대한 개별적인 민감도분석을 수행할 수 있다. 화면 상단에서 민감도 인자를 선택하면 기본 데이터 입력값에서 10%가 각각 증감된 총 6개의 시뮬레이션변수 값이 순서에 따라 좌측에 나타나며, 우측의 그래프에는 해석결과가 태양열 의존율로 표시된다.

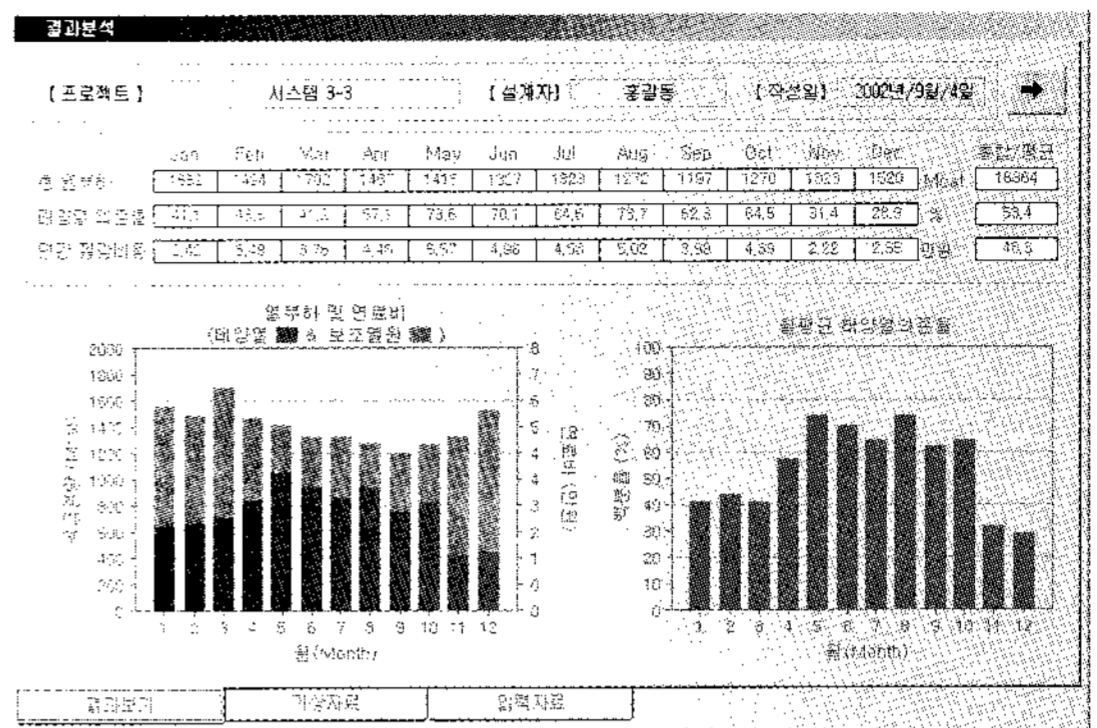


그림 8. 열성능 결과보기 화면

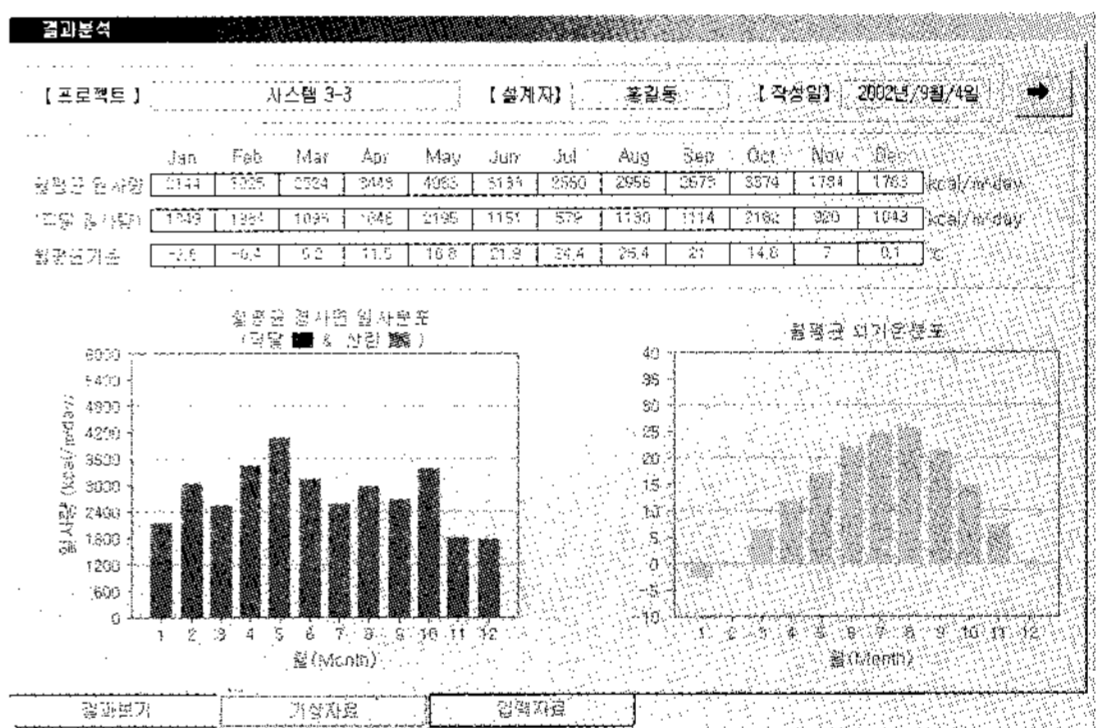


그림 9. 기상자료 화면



그림 10. 경제성분석 입력화면

5. 타당성 검토

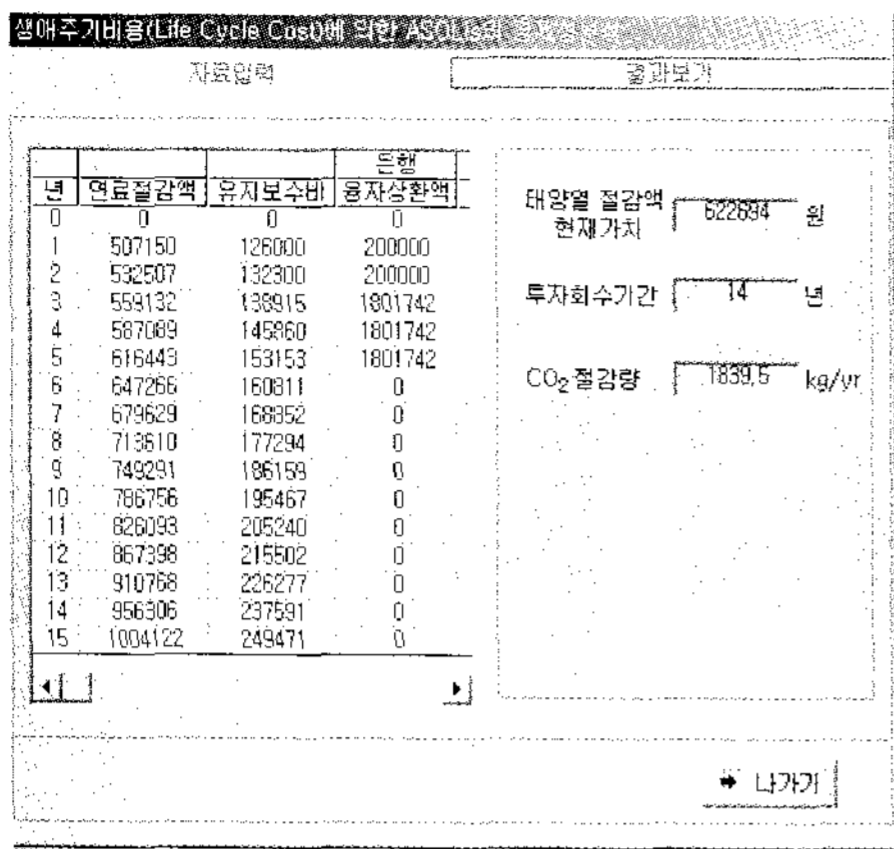


그림 11. 경제성분석 결과보기화면

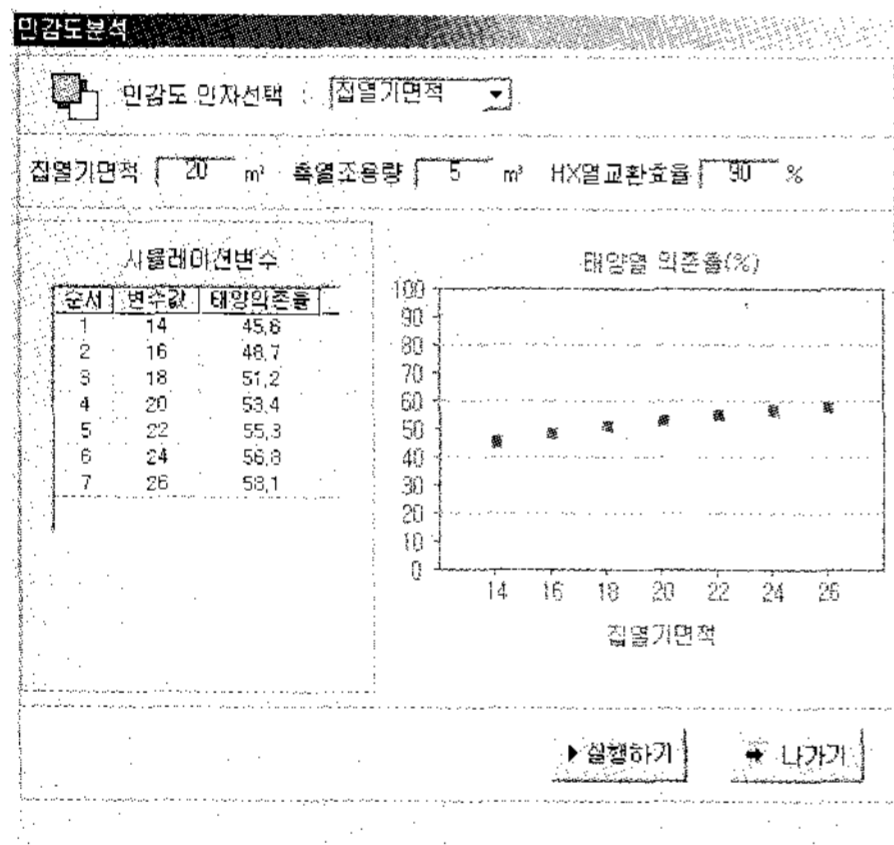


그림 12. 민감도분석화면

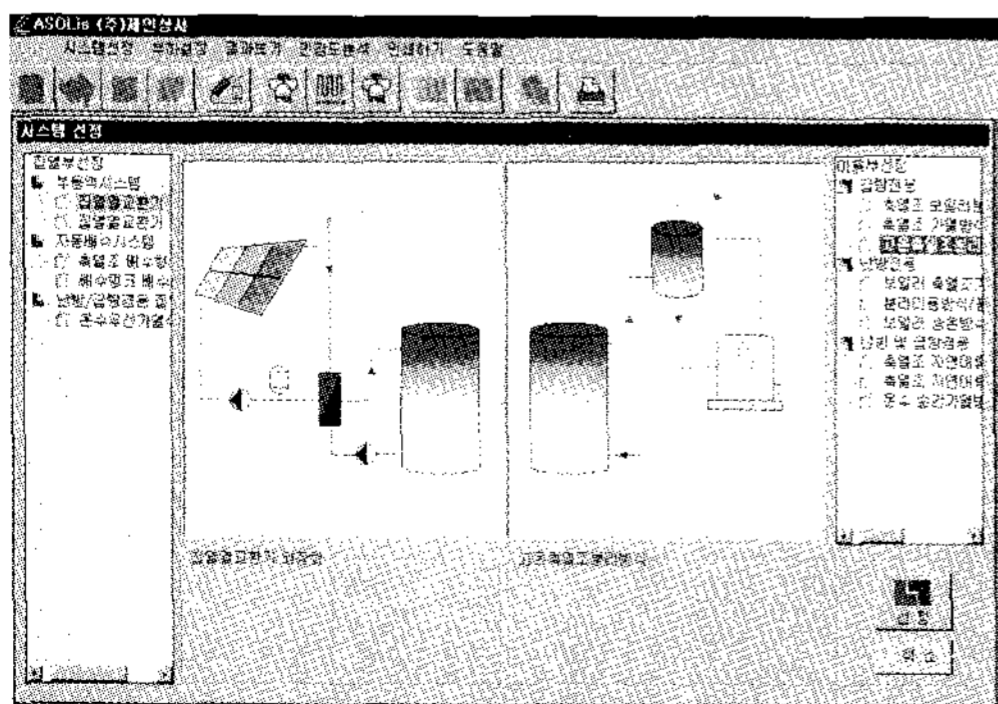


그림 13. 시스템선정화면

ASOLis는 TRNSYS를 기반으로 설계된 프로그램으로 기본적으로 시스템 개별 요소에 대한 신뢰는 이미 입증된 바 있다. 따라서 ASOLis의 타당성은 TRNSYS의 시스템 구성 측면에서 검토되어야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 광주 C대학에 설치된 기숙사 태양열 시스템의 열성능에 대한 측정결과를 분석결과와 비교하였다.⁷⁾

그림 13은 C대학 태양열 시스템에 대한 ASOLis의 시스템 설계로서 집열부의 밀폐형 부동액 시스템과 이용부의 고온축열방식으로 구성되고 있다. 표 4와 5는 시뮬레이션 변수 및 이 시스템의 컨포넌트별 입력자료를 나타낸 것으로, ASOLis의 시뮬레이션과 시스템 데이터입력창의 입력항목에 따라 정리한 것이다.

그림 14는 기상조건이 양호한 일주일 동안(2002년 4월 7일~4월 13일)의 시스템 성능을 태양열 의존율로 나타낸 것이다. 여기서 시뮬레이션의 기상데이터와 열부하는 실제 측정된 자료를 사용하였다. 평균 태양열 의존율을 비교하면 ASOLis가 51.4%인 반면, 실험결과는 49.1%로서 두 결과가 비교적 일치하는 것을 알 수 있다.

오차의 주요 원인을 검토하면 축열조 모델이 ASOLis의 축열조 모델이 완전 온도성층화 모델인데 비해서 실제 시스템에서는 성층화 성능이 뒤떨어지기 때문인 것으로 판단된다.

표 4. 시뮬레이션 데이터

항 목	입 력
위도	35.17°
경도	126.90°
경사각	35°
집열기향	29°
집열면적	594m ²
시수종류	상수
급탕량	43975liter/day
온수용도	기숙사

표 5. 시스템 데이터

구분	항목	사양
집열기	최고효율(FRτα)	0.75
	열손실계수(FRUL)	23kJ/m ² h°C
	집열매체	부동액 50%
	집열면적	594 m ²
집열펌프	유량(집열기 면적당)	54kg/m ² h
열교환기	형식	일정효율
	효율	72%
제어장치	ΔTon	15°C
	ΔToff	3°C
	최고축열온도	95°C
축열펌프	유량(집열기 면적당)	54kg/m ² h
축열조	형식	중형
	용량	30m ³
보조열원	열원	가스
	온수공급온도	60°C
	효율	75%

는 설계/분석 프로그램, ASOLis를 개발하였다. Visual Basic으로 작성된 ASOLis는 시스템 입출력을 위한 사용자 인터페이스와 라이브러리, 유틸리티 등으로 구성되어 있으며, 시스템 해석을 위한 계산엔진으로서 TRNSYS를 사용하고 그 타당성을 실증실험을 통하여 검증하였다. 많은 자료를 데이터베이스화하여 사용자의 입력조건을 단순화시켜 태양열 시스템에 대한 기본 상식만으로 본 프로그램을 이용하여 최적화 설계를 할 수 있도록 하였다. 또한 다양한 시스템 구성과 시스템 컴포넌트의 상세해석이 가능하도록 되어 있어 현장 여건, 부하형태 및 패턴 등 다양한 요소들에 대한 상세분석도 가능하도록 하여 설계의 다양화를 꾀할 수 있도록 하였다. 따라서 본 프로그램은 앞으로 태양열 시스템 최적화를 위한 설계 및 분석용 도구로 그 활용이 기대된다.

참고 문헌

1. F-CHART User's Manual, F-Chart Software, 2001.
2. T*SOL 2.1 User Manual, Valentin Energie-Software, 1998.
3. TRNSYS 14.2 Reference manual, University of Wisconsin -Maidison, 1996.
4. J.A. Duffie & W.A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes-2nd ed., Wiley, New York, 1991.
5. ASHRAE, Active Solar Heating Systems Design Manual, 1992.
6. R. Stephens(박승렬 역), Visual Basic Graphics Programing, 삼각형 프레스, 1998.
7. 백남춘 외, "태양열시스템 최적화와 신뢰성 향상을 위한 설계 및 성능기준 개발과 실증시험 연구", 산업자원부, 2003.

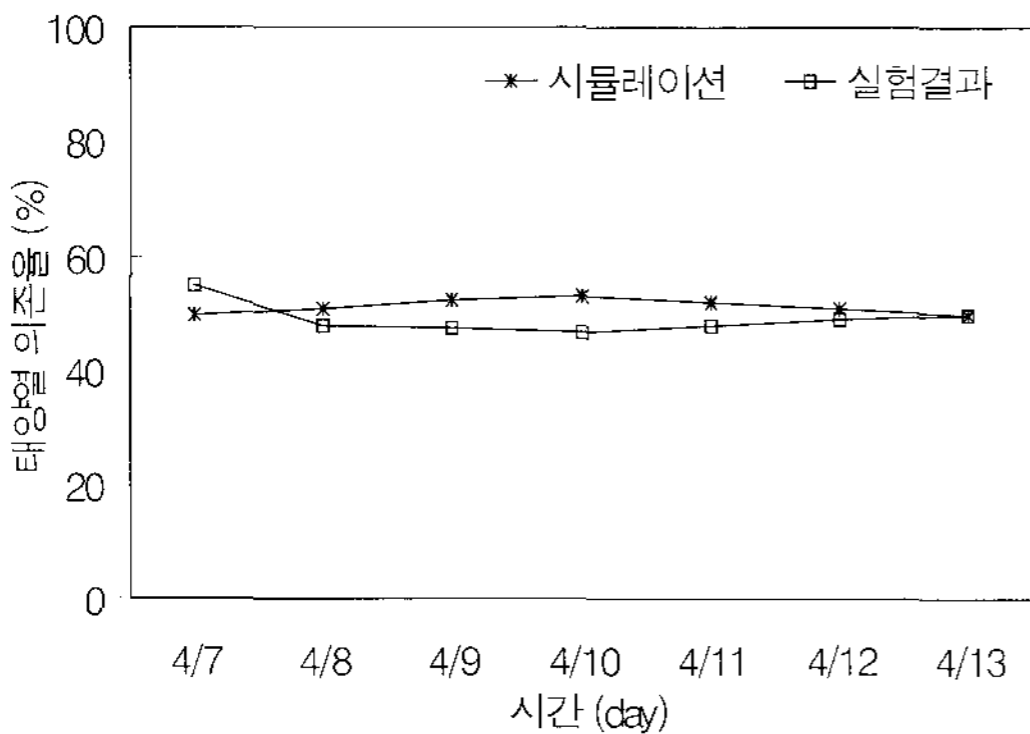


그림 14. 태양열 의존율

6. 결론

본 연구에서는 태양열 업체에서 설비형 태양열 시스템의 최적화 설계 및 분석을 손쉽게 할 수 있