

# 열병합 발전시스템의 도입 경제성 검토 프로그램 소개

## A FEASIBILITY STUDY PROGRAM FOR COGENERATION SYSTEM

(주)효성 중공업연구소 기전팀  
오 시 덕, 차 종 환  
TEL (02) 3487-0001 (110)

### 1. 서 론

에너지원의 97%를 수입에 의존하는 우리나라의 경우 '97년에 에너지 수입액만도 271억\$이르고, 에너지의 GNP 탄성치가 1.4에 육박하여 단위 GNP 생산에 소비되는 에너지량이 선진국의 약 3 배에 이르는 에너지 다소비 국가에 해당된다. 또한 우리 나라는 CO<sub>2</sub> 배출 총량을 기준으로 1990년에 69,278천 탄소 톤으로 세계 16위에서 2000년에 9위에 진입한 후 2010년에는 미국, 러시아, 중국, 일본 및 독일 다음으로 6위, 2030년에는 미국 다음으로 2위에 진입할 것으로 예상되고 있다. 따라서 OECD회원국을 중심으로 90년도의 배출량을 기준으로 온난화 가스 감축 의무를 제도화하고 있는 기후변화협약에 대한 전략적인 대책의 수립이 중요한 현안으로 대두되고 있다.

이와 같은 에너지 환경하에서 국내에서도 환경친화성 및 에너지 절약성이 우수한 열병합 도입의 중요성을 인식하여 70년대부터 산업체 자가 열병합, 공업단지 열병합 및 지역 난방으로 대표되는 중대형 열병합이 활발히 도입되어 운영되고 있으나 운영 지역 및 형태 등에 따라서 경제성 확보에 상당한 어려움을 겪고 있다고 알려져 있다. 그러나 일본을 중심으로 한 선진국에서 적극적으로 도입되어 운영 중에 있는 소형 열병합시스템의 경우에는 국내에서도 '90년도부터 구성 기기와 관련한 단위 기술을 위주로 기술개발이 꾸준히 진행되어 상당한 성과를 거두었다고 할 수 있으나 도입은 극히 저조한 상태이다. 소형 열병합 시스템의 도입을 활성화시키기 위하여는 세계·금융지원, 관련 제도 및 법규의 정비, 인·허가 절차의 명확화, 에너지요금 체계, 사회적 필요성의 인식 등을 포함하는 도입 토양의 정비, 요소 및 시스템 최적화 기술, 실용화 기술 등을 포함하는 기술력의 확보가 절실히 요구되고 있다. 특히 최근에 에너지원의 다양화, 에너지 시

스템의 다기능화 됨은 물론 소형 열병합 시스템의 수요처 특성도 다양화되고 있기 때문에 수요처에 적합한 시스템의 최적 계획 및 도입 경제성 검토시 이와 같은 다양성을 충분히 고려하지 않으면 안되게 되었다.

소형 열병합 시스템의 도입을 검토하는 경우, 수요자는 도입 목적 및 사용 조건을 만족시키면서 가장 경제적인 시스템에 관심을 가지게 되는데 이는 열병합 시스템의 에너지 절약성이 뛰어나더라도 시스템을 도입·운전하여 얻는 경제적 이득이 적으면 도입하지 않게 됨을 의미한다. 따라서 시스템 용량의 결정, 운전 방안의 수립 및 경제성 검토 등을 포함하는 열병합 시스템의 도입 계획은 열병합 시스템 도입의 성패를 좌우하는 대단히 중요한 절차 중의 하나로 인식되면서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이에 본 고에서는 열병합 발전 도입 계획에 있어 가장 중요한 업무인 시스템 선정 및 시스템 평가를 포함하는 경제성 검토 시에 사용하기 위하여 당사에서 개발한 전문가용 프로그램의 개념과 사용자의 수준에 따라서 다양한 결과를 제안할 가능성은 내재되어 있으나 초보자도 용이하게 사용할 수 있도록 개발하여 무료로 배포하고 있는 보급형 프로그램의 사용방법에 대하여 간단히 설명하고자 한다.

### 2. 열병합 시스템 도입 계획 순서

열병합 시스템의 도입을 검토하는 경우에도 일반적으로 건물을 계획하는 경우와 마찬가지로 “기획→기본계획→기본설계→실시설계→시공”이라고 하는 순서를 밟아가면서 건축주와 설계자사이에 합의를 이루면 계획이 완료된다. 열병합 도입 계획 순서를 상세한 흐름도의 형태로 나타내면 다음의 그림 1과 같다.

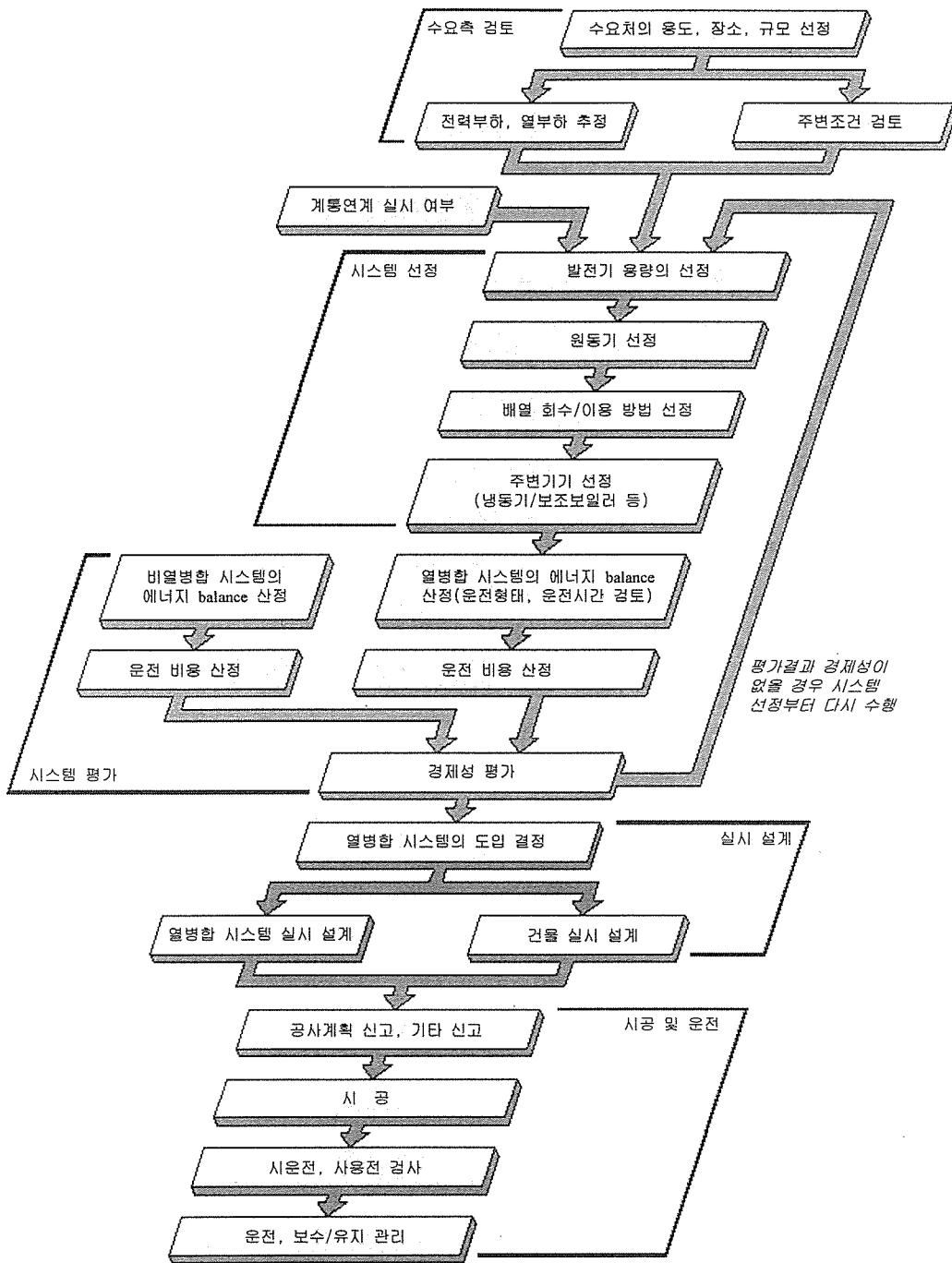


그림 1. 열병합 시스템의 도입 계획의 흐름도

그림 1에 나타나 있는 바와 같이 수요처의 용도, 부하 및 주변 여건의 검토를 포함하는 수요측 검토, 열병합 발전기 및 주변기기의 선정에 포함하는 시스템 선정, 열병합 및 비열병합 설비의 에너지 밸런스 검토, 운전비용의 산정 및 경제성 검토를 포함하는 시스템 평가, 열병합 및 건물의 실시 설계, 각종 신고, 시공 및 검사, 운전 및 유지·보수를 포함하는 시공 및 운전 등을 모두 포함하게 된다. 그러나 열병합 시스템의 도입 경제성의 확

인을 위한 경우에는 수요측 검토, 시스템의 선정 및 평가만을 수행하는 것으로 충분하다.

열병합 시스템의 특성이 하나의 에너지원으로부터 전기 및 열에너지를 동시에 생산하는 것이므로 열병합 시스템으로부터 얻어지는 전기 및 열에너지를 유용하게 이용하는 것이 도입경제성 확보의 필수조건이다.

그래서 열병합 설비 도입의 경제성 검토시에는 전력 및 난방부하를 동시에 고려하는 것만으로 충분하다고 인식되어 왔다. 그러나 최근에는 전기에너지를 사용하는 터보냉동기, 증기 또는 온수와 같은 온열을 사용하는 흡수식 냉동기, 가스 에너지를 사용하는 가스 직화식 냉동기 등 다양한 에너지 시스템이 난방 부하를 담당하게 되고 있으며, 특히

가스 직화식 냉온수기의 경우 하나의 에너지 시스템으로 온열 또는 냉열을 절체하여 공급할 수 있는 시스템도 도입되어 운전되게 되면서 에너지 시스템의 선정은 더욱 복잡해지는 양상을 띄고 있다. 따라서 최근에는 이들 열병합 시스템을 포함하는 에너지 시스템의 특성을 경제성 검토 시에 반영하기 위하여 수요처의 모든 에너지 수요에 대하여 고려 대상이 될 수 있는 모든 에너지 시스템을 네트워크로 연계하여 실시간으로 운전 모드를 해석하고, 에너지 시스템의 최적 용량 및

구성 기기의 조합을 선정하며 그 결과를 활용하여 경제성 검토를 수행하는 경우가 늘고 있다.

열병합 발전 시스템의 도입 경제성은 초기 투자비와 운전비를 고려하여 경제성을 평가하게 된다. 이 경우 단순 투자회수 기간을 기준으로 하는 경우와 투자 이익률을 기준으로 하는 경우가 있는데, 검토 대상 수요처의 제약 요건, 제공 가능한 정보, 투자의 규모 및 투자 안의 종류 등에 따라서 장·단점이 있을 수 있으므로 검토 시에는 주변 여건에 따라서 적절한 방법을 선택하여 수행함이 바람직하다. 그러나 투자 회수 기간법의 경우 설비의 도입과 수반하여 발생하는 초기 투자비를 몇 년 안에 회수할 수 있는가를 기준으로 하기 때문에 투자의 규모나 투자에 따른 이익률 등을 고려할 수 없게 되어 최근에는 투자 이익률을 기준으로 경제성을 검토하는 경우가 많아지고 있다.

### 3. 최적 계획을 통한 경제성 검토 프로그램

앞서 간단히 설명한 바와 같이 에너지 시스템의 다양성을 열병합 설비의 도입시에 충분히 반영하기 위하여 그림 2에 나타낸 바와 같이 전력, 온열은 물론 냉열부하 전체에 대하여 검토 대상이 될수 있는 모든 에너지 시스템을 네트워크로 연계시킬 수 있다.

이들 검토 대상의 에너지 시스템의 모든 조합에 대하여 수요처의 부하 변동에 따른 실시간 운전모드 해석을 수행하여 최소의 비용으로 수요처의 부하를 만족시키는 시스템의 최적 용량 및 설비의 조합을 산출하고 그 해석 결과를 이용하여 경제성을 검토하여야 할 필요가 있다. 즉 그림 2에 나타나 있는

바와 같이 에너지원별로 복잡하게 네트워크로 연결되어 있는 복합 에너지시스템이 수요처의 전력 및 열(온열, 냉열)부하에 따른 실시간 운전모드 해석, 최적 구성 설비의 조합 및 구성 기기의 최적 용량 산정을 포함하는 경제성 검토를 기존과 같이 수계산으로 수행한다는 것은 거의 불가능에 가깝다. 특히 에너지 시스템을 네트워크로 연계하고 수요처의 부하를 기준으로 최적의 시스템 조합을 산정할 때에는 필연적으로 각각의 시스템의 부하별 특성을 반영하여야 함을 고려하면 수계산은 불가능에 가깝다고 할 수 있다. 따라서 이들과 시스템의 조합에 따라 주어진 각각의 에너지 수요에 대하여 연간 운전비용 및 각 기기의 초기 투자비를 포함하는 경제비용이 최소가 되는 최적의 설비구성, 용량 결정뿐만 아니라 각 수요조건에 최적인 운전 모드의 도출을 포함하는 경제성 검토를 일괄적으로 수행하기 위하여는 컴퓨터 시뮬레이션에 의존하는 수밖에 없다.

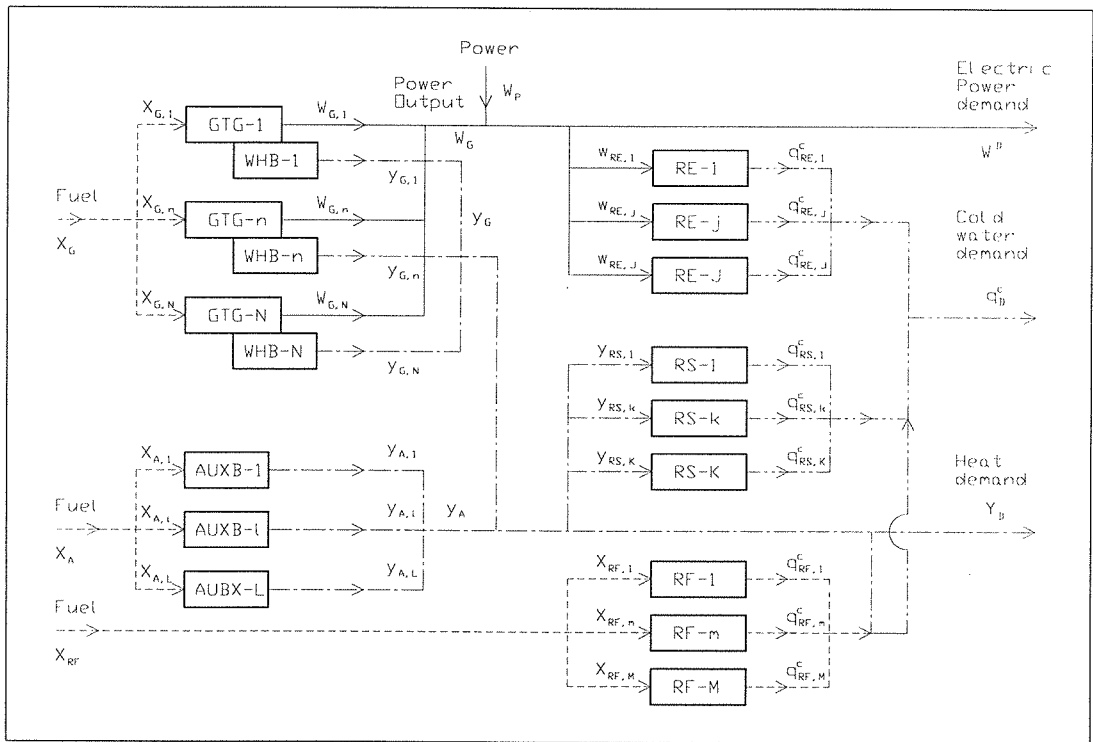


그림 2. 열병합 시스템 도입시 고려되는 에너지 시스템의 구성기기

열병합 시스템 도입 계획시에 경제성 검토를 위하여 당사에서 개발하여 사용하고 있는 열병합 시스템 최적 계획 및 경제성 검토 프로그램의 흐름도를 간단하게 나타내면 다음의 그림 3과 같다.

본 프로그램은 앞에서 설명한 바와 같이 각 구성 기기의 조합별로 수요처의 각 에너지 부하를 동시에 만족하는 각 운전모드의 연간 고정비용과 연간 변동비용의 합인 연간운전 비용이 최소가 되는 설비의 조합 및 용량, 운전 모드를 선정하도록 되어 있다. 특히 본 프로그램은 실시간 운전모드 해석시 각 기기의 부하별 특성을 고려한다는 것이다. 그리고 기존에 열병합 시스템의 도입 계획 시에 열병합 시스템의 운전 방식을 열추종 방식 또는 전력 추종 방식을 채택하는 경우를 고려해 왔는데, 이 경우에는 열이나 전력 중에 하나의 에너지 패턴을 중심으로 열병합 시스템의 도입을

검토하게 되기 때문에 대상 수요처의 실제 에너지 부하와의 불평형이 발생하여 에너지의 유효 이용이라는 열병합 시스템의 특성을 충분히 살리지 못하는 경우도 발생할 수 있다. 그러나 본 프로그램에서는 모든 부하 모든 에너지 기기를 대상으로 일괄적으로 해석하기 때문에 에너지간의 불평형 가능성을 사전에 최소화 할 수 있다는 장점이 있다.

또한 그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 본 프로그램은 검토 결과의 신뢰성 확보를 위하여 입력 자료로 전력, 냉방 및 난방등 수요처의 모든 부하에 대하여 실시간 패턴을 입력하여야 하고, 대상에너지 시스템의 경우에도 부하별 특성 및 전 부하특성을 입력하여야 하는 등 상세한 자료를 사용하여 경제성 검토를 수행하기 때문에 입력 자료의 신뢰성만 확보된다면 수요처의 실제 여건에 가장 근접한 조건에서 해석이 가능하므로 프로그램 운영 주체의 식견에 관계없이 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

그러나 이미 앞에서 설명한 바와 같이 본 프로그램은 상세한 자료의 입력을 필요로 할뿐만 아니라 프로그램의 특성을 충분히 이해하고 있는 전문가에 의해 입력 자료를 가공하는 모델링, 수요처와의 의견조율 등 사전에 거쳐야 하는 절차가 다소 복잡하여 모든 이용자가 쉽게 사용하기가 어렵고, 수요처의 상세한 자료를 입력하여야 하기 때문에 이용자가 번거롭다고 인식하게 될 가능성이 있다는 단점이 있다. 즉, 본 프로그램은 열병합 시스템을 도입할 의사가 확고한 수요처를 대상으로 도입 경제성을 검토하는 경우에는 상당히 유용하지만 열병합 시스템 도입 검토를 수행할 것인가를 확인할 정도 수준의 기초적인 검토 단계에서는 그다지 유용하지 못할 것으로 판단되었다.

따라서 열병합 시스템 도입 검토를 수행할 것인가를 확인할 정도 수준의 결과를 얻을 수 있는 프로그램이 필요하다라는 인식 하에 당사에서는 보급형 간이 경제성 검토 프로그램을 개발하여 무료로 배포하게 되었다.

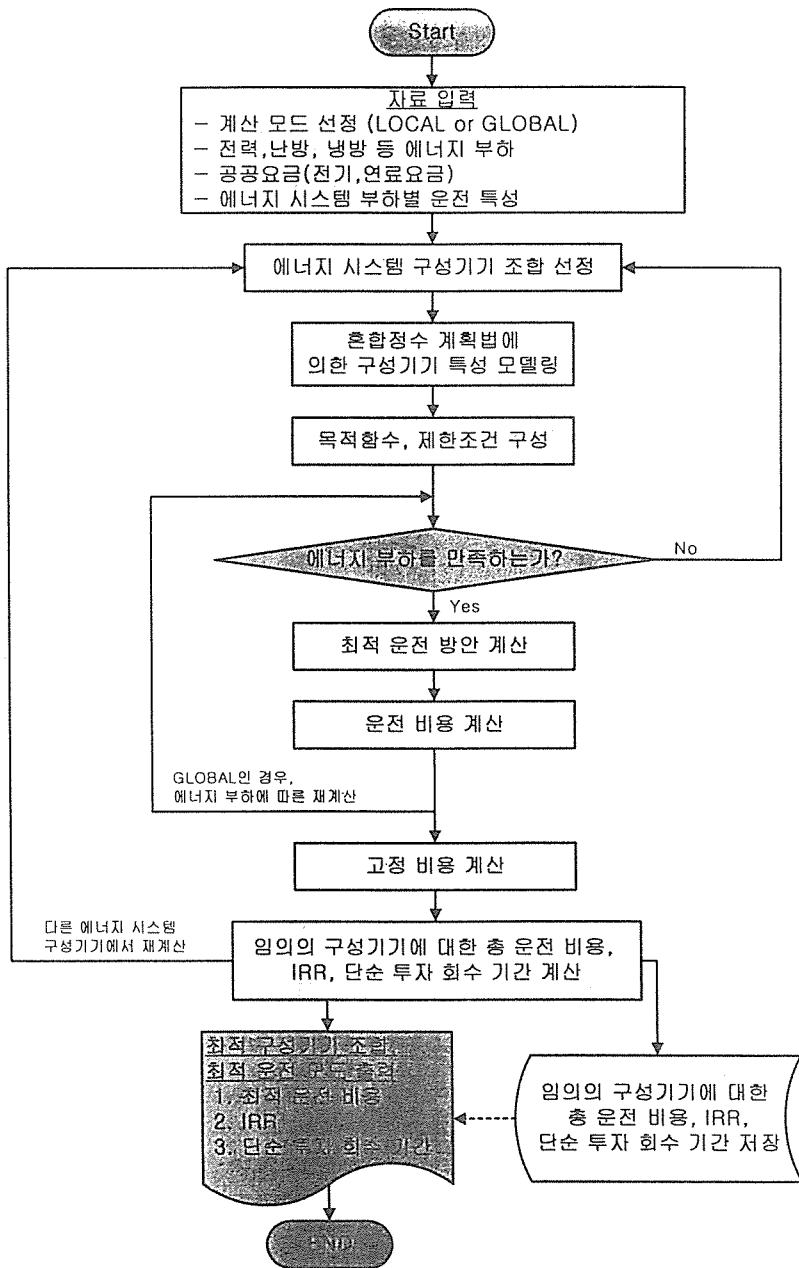


그림 3. 열병합시스템의 최적계획 및 경제성 검토 프로그램 흐름도

## 4. 보급형 간이 경제성 검토 프로그램

### 4.1 프로그램의 개요

보급형 간이 경제성 검토 프로그램은 모든 사용자가 편리하게 이용할 수 있고, 검토전 수요처의 특성을 충분히 고려하는 경우에는 어느 정도의 신뢰성 확보가 가능하도록 개발되어 있다.

다른 프로그램과 마찬가지로 사용의 편리성과 결과의 신뢰성을 동시에 확보한다는 것은 극히

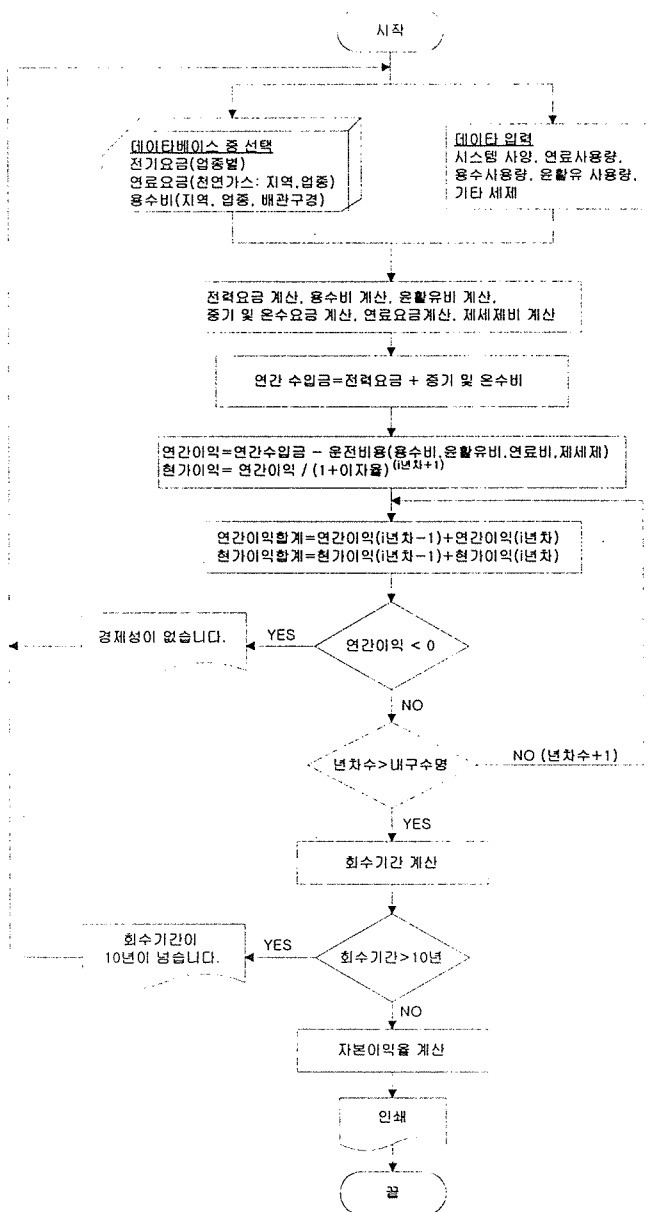


그림 4. 보급형 경제성 검토 프로그램의 흐름도

어렵다. 특히 결과의 신뢰성은 프로그램에서 채용하는 계산방법은 물론 입력자료의 신뢰성에 크게 의존하게 되므로 신뢰성 확보가 극히 어렵다.

따라서 본 프로그램은 기존에 열병합 도입 검토 시에 가장 보편적으로 채용되어 왔던 방법을 프로그램화하고, 계산에 사용되는 입력 자료를 데이터 베이스화하여 자료의 입력을 최소화시키고, 필연적으로 입력하여야 하는 자료의 경우에도 대화식으로 입력을 할 수 있도록 구성하여 사용자가 가능한 한 편리하게 사용할 수 있도록 개발하였다. 개발된 보급형 간이 경제성 검토 프로그램의 흐름도는 다음의 그림 4와 같다. 그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 경제성 검토 시에 입력하여야 하는 자료 중에서 지역별로 고시되어 공지된 자료는 데이터 베이스화하여 사용자의 편리를 도모하였다.

### 4.2 프로그램 사용 방법

#### 가. 데이터 입력

프로그램을 실행시키면 다음의 그림 5와 같은 초기화면이 나타나며 상단에 메뉴는 “파일”, “시스템”, “비용변수”, “경제성 평가”로 나누어 있다.

파일 메뉴에서는 데이터의 입력 및 관리, 시스템 메뉴에서는 시스템의 형식, 사양, 운활유 사용량 및 용수 사용량, 비용 변수 메뉴에서는 전기요금, 연료요금, 용수비, 증기 및 운수비, 제세비 등의 입력 또는 선택, 경제성 평가 메뉴에서는 계산 및 결과 출력 업무가 수행되도록 구성되어 있다. 참고로 본 프로그램의 실행 시에 나타나는 초기화면에 표시되는 값은 임의의 시스템에 대한 값을 밝혀 둔다.

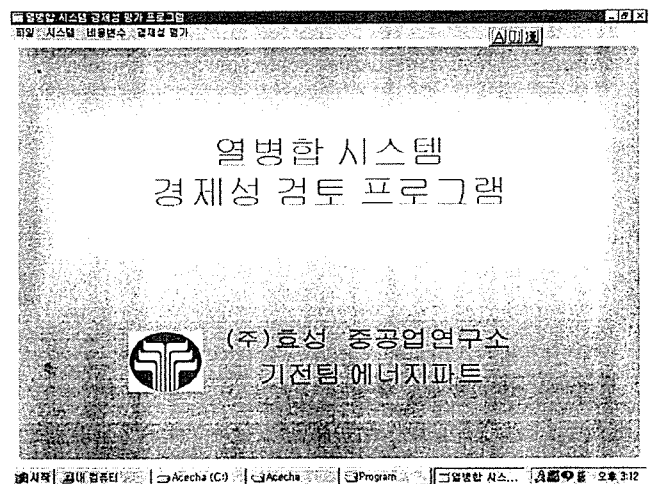


그림 5. 초기화면

1) 파일

“파일”의 메뉴에는 “불러오기”, “저장”, “다른 이름으로 저장”으로 구성되어 있으며, 이 메뉴는 일반적인 프로그램과 그 기능이 같다. 검토 대상 또는 검토자의 의도에 따라 사용한 데이터를 저장할 수도 있고, 필요에 따라 검토에 사용하였던 데이터를 다시 불러올 수도 있는 기능으로 사용하는 파일은 “\*.dat”이다. 그림 6은 “파일”이라는 메뉴에서 “불러오기”라는 부 메뉴를 선택하였을 때 나타나는 화면이다.

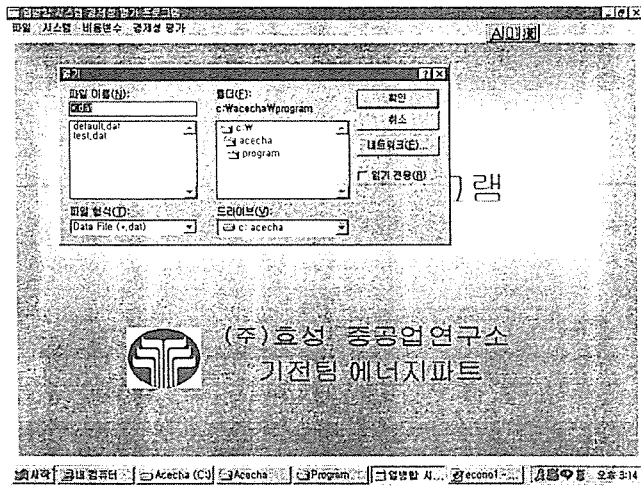


그림 6. 데이터 파일 열기 화면

2) 시스템

시스템의 기본적인 사양은 “시스템” 메뉴에서 입력을 하게 된다. “시스템” 메뉴의 부 메뉴에는 선정되는 시스템의 종류나 형식에 따라서 달라질 것으로 예상되는 “시스템 사양”, “유탄유 사용량”, “온수사용량”으로 구성되어 있으며, 각 메뉴에서 입력되는 내용 및 입력시 유의 사항을 요약하여 정리하면 다음과 같다.

① 시스템 사양

“시스템” 메뉴의 부 메뉴인 “시스템 사양”을 선택하면 다음의 그림 7과 같은 화면이 나타나고, 이 화면상에서 열병합 시스템의 원동기 종류, 출력, 운전시간, 증기 및 온수 발생량 등 경제성 검토에 필요한 시스템 관련 항목을 입력하게 된다. 원동기 형태는 마우스로 간단히 선택할 수 있도록 되어 있으며, 다른 항목들은 사용자가 직접 입력하거나 파일에서 불러올 수 있도록 되어 있다. 여기서 항목별로 입력되는 내용을 간단히 정리하면 다음의 표 1 과 같다.

표 1. 입력 항목별 내용 요약

항 목	내 용
원 동 기	대상 시스템의 원동기 선택한다.
출 력(kW)	대상 시스템 원동기의 전기적 출력을 입력한다.
평균 가동율 (%)	연중 시스템 가동률을 입력한다.
시스템 가격 (원)	초기 설비투자비로서 시스템 구성에 소요된 비용을 입력한다.
내구 수명 (년)	시스템의 내구 수명을 입력한다.
운전 시간 (hr/년)	연중 총 운전시간을 입력한다.
연료 사용량 (kg/hr 또는 l/hr)	연료의 종류에 상관없이 사용된 연료의 시간당 필요한 양을 입력한다.
증기 발생량 (t/h)	증기를 생산하는 경우 시간당 발생량을 입력한다.
온수 발생량 (Mcal/h)	온수를 생산하는 경우 시간당 발생량을 입력한다.

특히 간이 경제성 검토에 있어 가동률 및 운전 시간은 경제성 평가 결과의 신뢰성 확보 유무에 상당한 영향을 주게 되므로 수요처의 조업조건, 부하패턴 등을 고려하여 입력하여야 한다.

또한 아래의 그림 7에서 증기 발생량 및 온수 발생량은 고려 대상 시스템의 구성에 따라서 입력 여부가 결정되는 사항이다. 즉, 고려 대상 시스템으로부터 온수 및 증기를 동시에 생산하는 형태로 시스템을 구성하고자 하는 경우에는 온수 및 증기 사용량 난에 모두 입력을 하고, 그렇지 않은 경우에는 시스템에서 생산되는 해당란에 만 입력하고 해당되지 않은 난에는 “0”을 입력하면 된다.

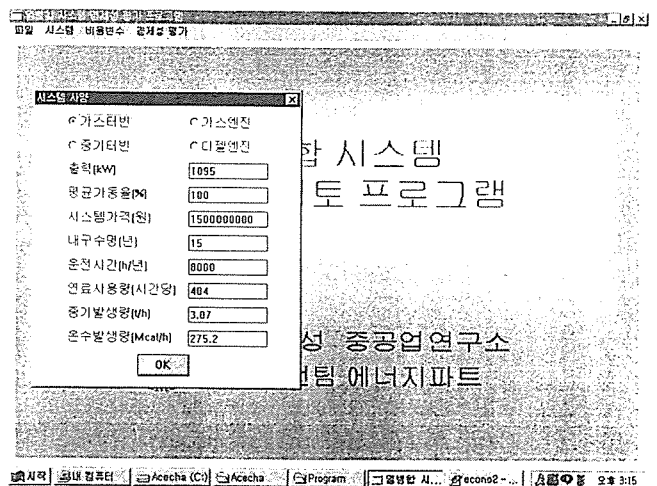


그림 7. 시스템 사양 입력

여기서 연료 사용량의 단위는 연료비의 계산에 중요하므로 주의가 필요하다. 비용 변수의 연료 요금 중에서 천연가스는 사용자에게 편의를 제공하기 위하여 데이터 베이스화하였으므로 반드시 단위는  $Nm^3/hr$ 으로 입력하고, 기타의 연료에 대하여는 프로그램 사용자의 편의에 의하여  $l/hr$ , 또는  $kg/hr$ 를 입력하면 된다. 그러나 반드시 경제 변수의 연료 요금의 단위와 대응되도록 입력하여야 함에 유의하여야 한다.

## ② 윤활유 사용량

"시스템" 메뉴의 부 메뉴인 "윤활유 사용량"을 선택하면 다음의 그림 8과 같은 화면이 나타나고, 이 화면상에서 고려 대상 열병합 시스템에 사용되는 윤활유의 량과 그 단가를 입력하면 된다.

윤활유 단가는 프로그램의 비용변수 메뉴에서 입력하도록 구성하여야 하지만 윤활유 종류는 대체로 원동기 제작사의 추천 사양으로 선택하기 때문에 대체적으로 입력 자료가 단순하다고 할 수 있으므로 동일 메뉴에서 사용량과 단가를 입력하도록 구성하였다. 여기서 윤활유 단가는 윤활유의 종류에 상관없이 연간 총 사용량을 입력하고, 단가를 입력할 때 단위는 사용량의 단위가  $l/년$ 이면 원/ $l$ 로, 사용량의 단위가  $kg/년$ 이면 원/ $kg$ 으로 입력하여야 함에 주의하여야 한다.

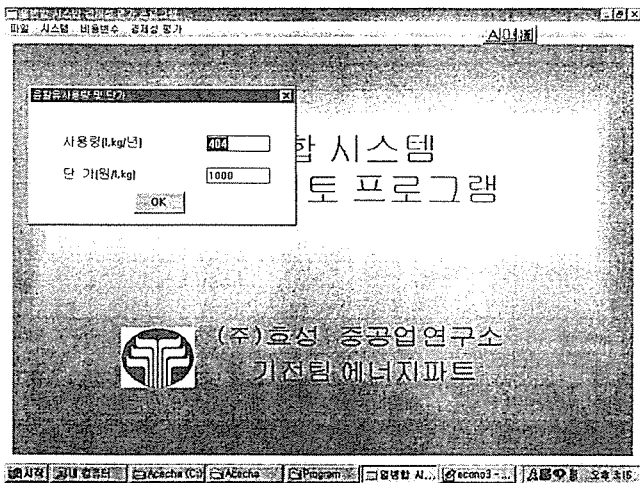


그림 8. 윤활유 사용량 및 단가 입력 화면

## ③ 용수 사용량

"시스템" 메뉴의 부 메뉴인 "용수 사용량"을 선택하면 다음의 그림 9와 같은 화면이 나타나고,

이 화면상에서 냉각수, 보일러 급수, 온수량 등 고려 대상 열병합 시스템에서 필요로 하는 용수량을 입력하게 된다. "사용량"에는 각각의 용수량을 사용자가 직접 입력하도록 되어 있는데, 운전시 실제 소모되는 용수량을 입력하면 되고, 원동기의 형태에 따라 사용되지 않는 항목의 용수량에 대하여는 "0"을 입력하면 된다.

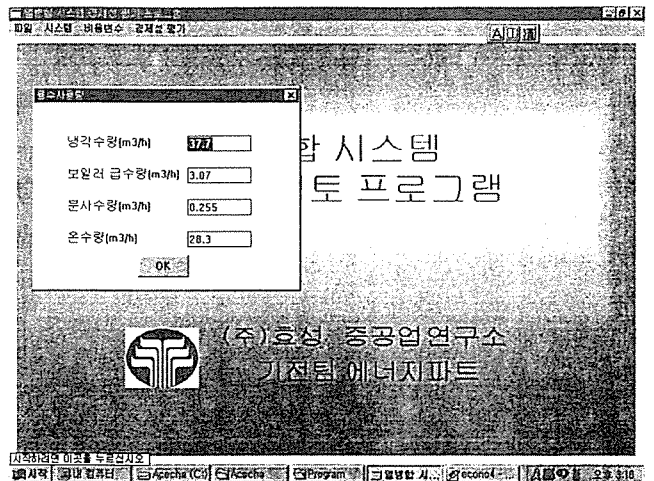


그림 9. 사용량 입력 화면

즉, 원동기가 가스터빈인 경우에는 냉각수가 필요없는 기종이 있을 수 있는데, 이 경우에 "용수 사용량"의 냉각 수량에 해당하는 입력 난에 "0"을 입력하고, 또  $NO_x$  저감을 위한 수분사 장치를 채용하지 않는 형식의 경우에도 분사수량에 해당하는 난에 "0"을 입력한다. 그리고 용수 사용량은 열병합 시스템을 설치하는 수요처의 급수 및 환수 체계가 밀폐형으로 되어 있느냐, 개방형으로 되어 있느냐에 따라서 차이가 있을 수 있으므로 입력 시에 주의가 필요하다. 즉, 냉각수 또는 보일러 급수량의 경우 급수 및 환수 체계가 개방형으로 구성되어 있는 경우에는 각각의 구성 기기의 사양에 해당되는 량만큼만 필요하지만 밀폐형으로 구성되는 경우에는 시운전을 하는 초기 년도에는 초기에 충수하는 용수량과 운전중에 발생하는 누수 및 비산량 등을 고려한 보충수 량을 합한 용수량을 입력하고, 차기 년도 부터는 운전중에 발생하는 누수 및 비산량에 해당하는 보충수 량만을 입력하면 되기 때문이다.

또한 여기서 시스템 메뉴의 부 메뉴인 시스템 사양 항목에서 증기 및 온수 발생량에 해당하는

입력 난에 입력한 경우에는 보일러 급수량 및 온수량에 해당하는 입력 난에 입력하고, 증기 발생량에 해당하는 입력 난에만 입력한 경우에는 보일러 급수량에 해당하는 입력 난에만, 온수 발생량에 해당하는 입력 난에만 입력한 경우에는 온수량에 해당하는 입력 난에만 입력을 한다.

#### 4) 비용 변수

“비용 변수” 메뉴에는 시스템을 운전하는데 필요한 여러 가지 비용에 대한 자료를 입력하도록 구성되어 있다. “비용 변수” 메뉴의 부 메뉴에는 “전기요금”, “연료요금”, “용수비”, “증기 및 온수요금”, “제세제”로 구성되어 있으며 각각의 입력 화면은 다음과 같다.

##### ① 전기 요금

“비용 변수” 메뉴의 부 메뉴인 “전기 요금”을 선택하면 다음의 그림 10과 같은 화면이 나타난다. 이 화면상에서는 그림 10에서 알 수 있는 바와 같이 현재 한국전력공사에서 정하여 고시한 모든 종류의 전력 요금 체계에 해당하는 전기 요금을 마우스로 선택만 하면 자동으로 입력할 수 있도록 데이터 베이스화하여 프로그램 사용자의 편의를 도모하였다. 또한, 수요처에 따라서는 한전과 특별 계약에 의해서 임의의 전력 요금을 책정하여 사용하는 경우가 있기 때문에 “평균 단가”란을 만들어 사용자가 책정 요금을 직접 입력하는 것도 가능하도록 구성하였다.

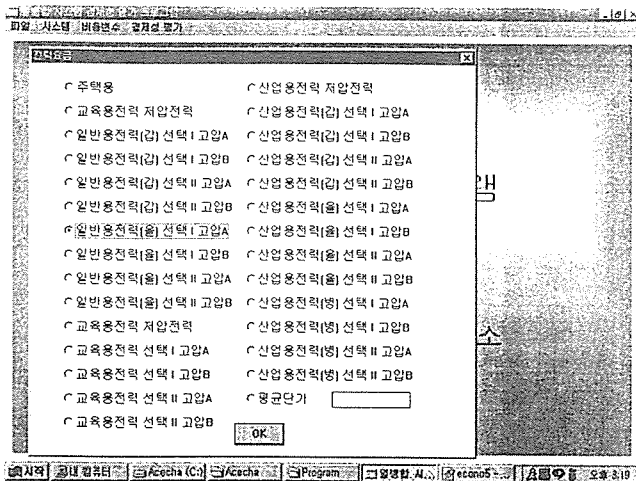


그림 10. 전기요금 선택 화면

##### ② 연료 요금

“비용 변수” 메뉴의 부 메뉴인 “연료 요금”을 선택하면 다음의 그림 11과 같은 화면이 나타난다. 이 화면에 표시되어 있는 항목들은 고려 대상 시스템에서 사용되는 연료에 대한 자료를 나타낸다.

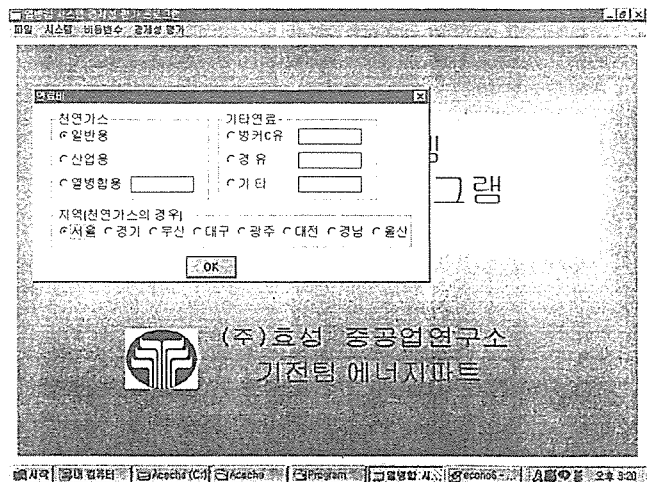


그림 11. 연료 요금 입력 화면

연료는 천연 가스와 그 외의 연료로 구분하여 선택할 수 있으며, 천연 가스는 공공 요금으로 지역별, 용도별로 선택하여 입력할 수 있도록 되어 있고, 그 외의 연료는 사용자가 직접 입력하도록 되어 있다. 즉, 천연 가스의 경우는 지방 자치단체와의 협의에 의해 지역별, 용도별로 요금이 다를 수 있기 때문에 시스템이 사용되는 지역 및 용도를 선택할 수 있도록 하였다. 특히, 열병합 시스템과 같이 가스를 대량으로 사용하는 설비를 도입하는 경우에는 가스회사와의 협의에 의하여 고시된 요금 보다 특별히 저렴한 요금으로 적용되는 경우가 있을 수 있으므로 “열병합용”의 경우 가스 회사와 계약에 의해 결정되는 별도의 금액을 입력할 수 있도록 하였다. 연료 요금을 입력하는 경우의 단위는 데이터 베이스화되어 있는 천연가스의 경우에는 원/Nm<sup>3</sup>으로 되어 있으나, 사용자가 자유롭게 입력할 수 있도록 구성되어 있는 기타 연료의 경우에는 연료 소모량을 l/hr 또는 kg/hr로 입력할 수 있으므로 반드시 연료 소모량의 입력 단위에 대응하는 단위로 입력하여



야 함에 유의하여야 한다.

### ③ 용수비

이 메뉴에서 공공 요금으로 고시된 용수 요금을 입력하게 된다. 용수비도 연료 요금과 마찬가지로 지역마다 다른 체계를 채택하고 있을 뿐만 아니라 요금체계가 용도별, 구경별 기본 요금 및 사용량에 따른 요금 등 복잡한 체계로 구성되어 있어 사용자에게 혼선을 빚을 가능성이 내포되어 있기 때문에 본 프로그램에서 고시된 자료를 기준으로 데이터 베이스를 만들어 프로그램 사용자에게 편의를 제공하고자 하였다. 용수비를 입력하고자 하는 경우 “비용 변수” 메뉴에서 부 메뉴인 “용수비”를 선택하면 그림 12와 같은 화면이 나타나고, 그림 12상에서 해당되는 지역을 선택한 후 ‘OK’를 선택하면 다음의 그림 13과 같은 화면이 나타난다. 그림 13과 같은 화면에서 해당하는 업종을 선택한 후에 앞서서와 동일하게 ‘OK’를 선택하면 배관의 구경별로 요금이 책정되지 않는 지역은 용수비의 입력이 완료되고, 배관의 구경별로 요금이 책정되어 있는 지역에 대하여는 그림 14와 같은 화면이 나타나게 되면, 이 화면상에서 해당하는 배관의 구경을 선택하면 용수비의 입력이 완료되게 된다.

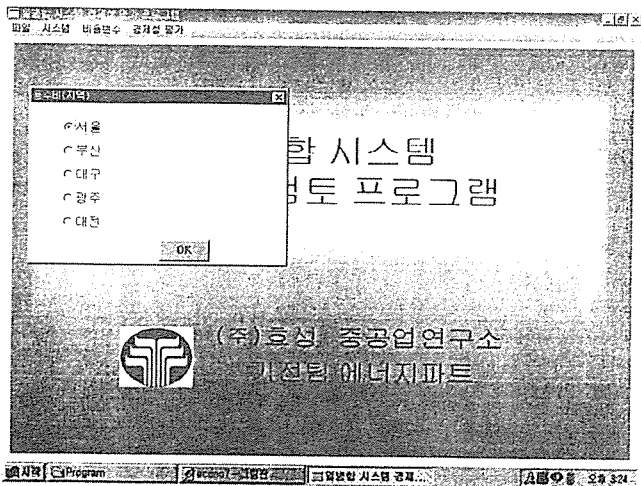


그림 12. 용수비 입력 화면

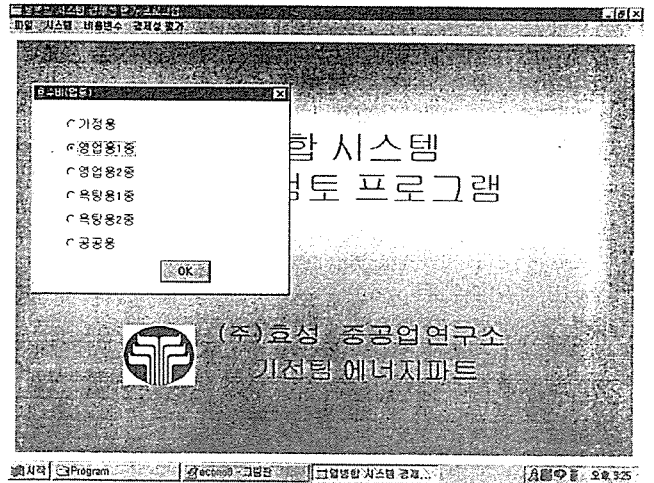


그림 13. 용수비 입력 화면(용도)

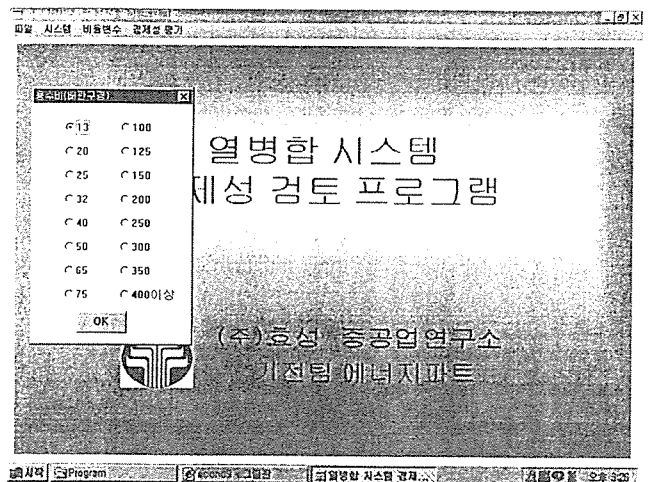


그림 14. 용수비 입력 화면(배관 구경)

### ④ 증기 및 온수 요금

이 메뉴에서는 시스템에서 발생하는 증기 및 온수에 대한 적용 단가를 입력하게 되는 데, “비용 변수” 메뉴에서 부 메뉴인 “증기 및 온수 요금”을 선택하면 다음의 그림 15와 같은 화면이 나타나고, 이 화면상에서 증기 및 온수의 단가를 입력하게 된다. 증기의 경우는 1ton 당 가격을 입력하고, 온수의 경우는 1Mcal당 가격을 입력한다. 증기비 및 온수비는 수요처에 열병합 시스템을 설치하지 않았을 때 공급받을 수 있는 각각의 요금을 입력하면 된다. 예를 들어 열병합 시스템을

설치하지 않는 경우 지역난방 공사로부터 온수를 공급받아야 하는 경우에는 지역난방공사의 열공급 요금을 입력하고, 연관식 보일러를 설치하여 온수 또는 증기를 공급하는 경우에는 연관식 보일러의 열생산 단가를 입력하면 된다.

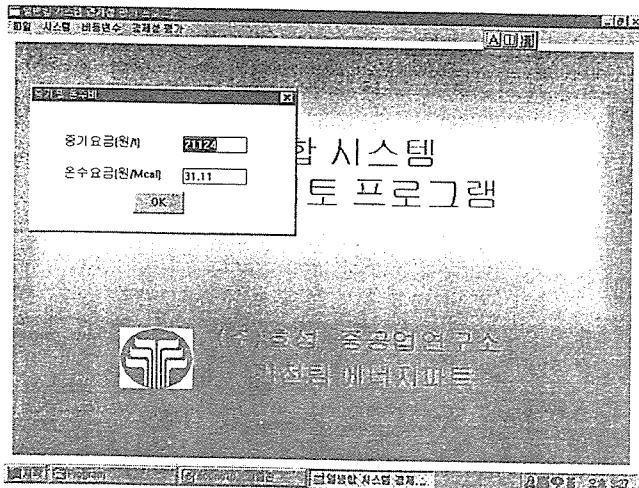


그림 15. 증기 및 온수요금 입력 화면

⑤ 제세제

“비용 변수” 메뉴의 부 메뉴인 “제세제”를 선택하면 다음의 그림 16과 같은 화면이 나타나며, 이 화면상에서 시스템을 구성하고 운영하는 데 필요한 기타 비용을 입력하게 된다. 입력하는 기타 비용에는 시스템을 구성에 필요한 초기투자비 중 특별융자(에너지합리화 자금 등)를 하였을 경우 그 비율과 융자금리를 입력하도록 하였으며, 나머지 잔액에 대한 일반 금융 금리를 구분하여 입력하도록 되어있다. 즉, 융자 금리는 특별융자 금리이며, 년 금리는 일반 대출금에 대한 금융 금리를 입력하면 된다. 보험 및 세제, 감가 상각 비율 등 금융관련 비율은 사용자의 상황에 따라 입력한다. 그 외에 부대 비용에 해당하는 제잡비, 수선비, 간접비, 인건비 등은 고려 대상 시스템, 수요처의 시스템 관리체계 등에 따라서 상당한 차이가 있을 수 있으므로 대상 시스템의 제작사와 수요처와의 의견 수렴을 통하여 입력하는 것이 바람직하다고 판단된다. 제작사 및 수요처의 의견 수렴이 어려운 경우에는 보험·세제, 제잡비, 수선비 및 간접비는 시스템의 용량, 운전 형태를 포함하는 수요처의 특성 및 검토자의 입

장 등에 따라서 차이가 있을 수 있으나 대체로 설비비의 3~7% 정도의 범위에서 입력하면 된다. 여기서 백분율은 시스템 사양에서 입력한 시스템 가격 대비 백분율을 의미한다.

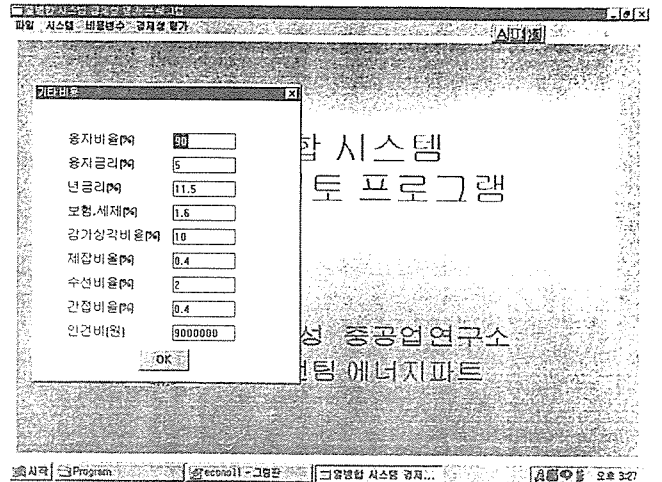


그림 16. 기타 비용 입력 화면

3. 경제성 평가

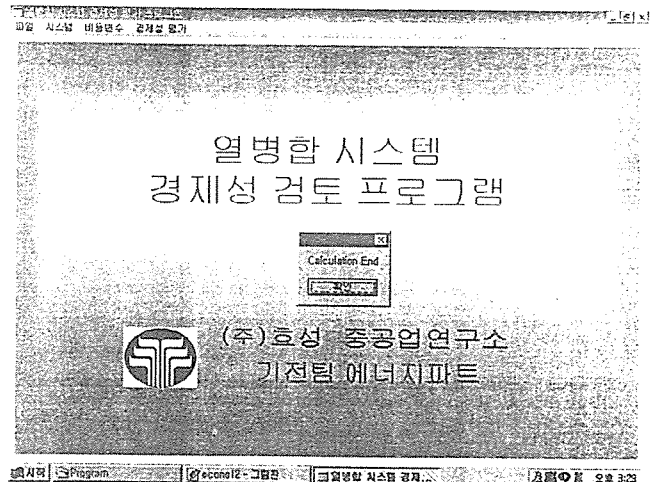


그림 17. 경제성 평가 후 화면

이 메뉴는 “실행”, “화면인쇄”, “인쇄”로 구성되어 있다. “경제성 평가” 메뉴의 부메뉴인 “실행”을 선택하면 모든 입력을 마치고 경제성 평가를 위한 계산을 실시하게 된다. 계산이 종료되면 계산 결과에 따라서 다음의 세 가지의 응답이 표시되게 된다. 계산 과정에서 연간 이익이 “-”가 되

면 “경제성이 없습니다”라는 메시지와 함께 평가를 종료하고, 이익은 발생하지만 회수기간이 10년을 넘는 경우에도 “회수기간이 10년을 넘습니다”라는 메시지와 함께 평가가 종료되며, 열병합을 도입하여 경제성의 확보가 가능하다는 결과를 얻는 경우에는 그림 17에 나타나 있는 바와 같이 “Calculation End”라는 메시지와 함께 평가가 종료된다.

계산이 종료된 후 검토자가 프린터로 출력하기 전에 검토 결과를 확인하고자 하는 경우에는 “경제성 평가” 메뉴의 부 메뉴인 “화면인쇄”를 선택하면 다음의 그림 18과 같은 화면이 나타난다. 그림 18에서 알 수 있는 바와 같이 검토자가 열병합 시스템의 경제성 유무를 확인할 수 있도록 회수기간, 자본 이익률 및 발전 단가는 물론 입력의 오류를 확인할 수 있도록 기본적인 입력 자료도 화면상에 인쇄되도록 하였다.

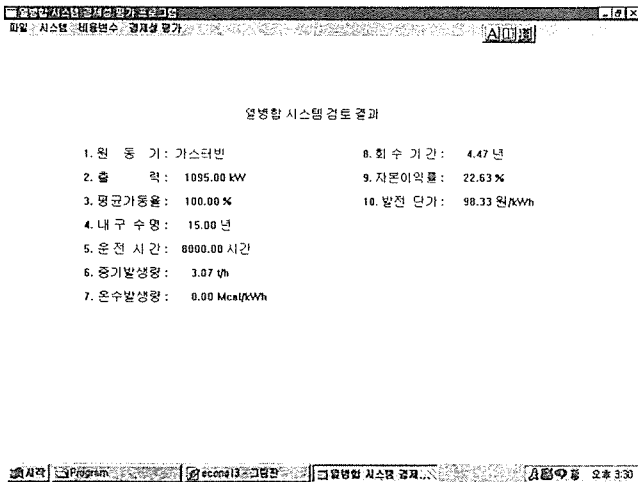


그림 18. 화면 인쇄 화면

계산이 종료된 후 또는 화면 인쇄 결과를 검토한 후에 계산 결과를 프린터로 출력하고자 하는 경우에는 “경제성 평가” 메뉴의 부 메뉴의 하나인 “인쇄”를 선택하면 그림 19와 같은 화면이 나타난다. 이 화면상에서는 다른 프로그램에서와 마찬가지로 인쇄의 범위, 프린터의 종류등을 선정하고 확인을 선택하면 “화면인쇄”에서 나타난 내용을 프린터로 출력할 수 있다.

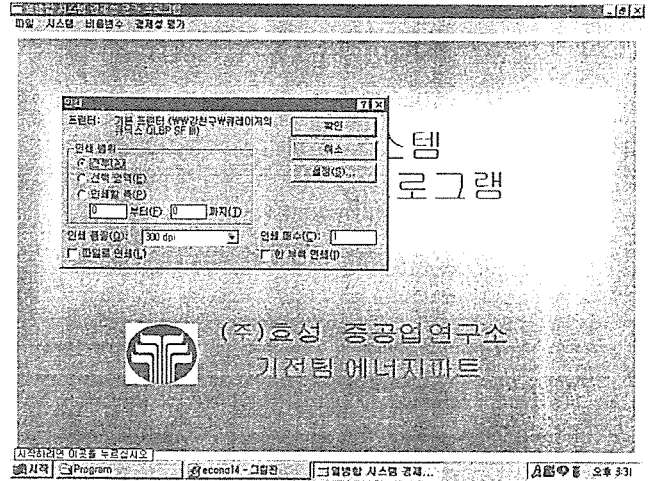


그림 19. 인쇄 화면

## 5. 맺음말

본 고에서는 에너지 절약 및 기후변화 대책 기술로서 관심의 대상이 되고 있는 열병합 시스템의 설비 도입 계획의 순서와 바람직한 도입 계획 방법에 대하여 간단히 설명하고, 당사가 열병합 시스템 도입 계획 시에 사용하고 있는 전문가 프로그램으로 분류될 수 있는 “최적 계획을 통한 경제성 검토 프로그램”의 일반적인 내용과 일반 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 개발된 “보급형 간이 경제성 검토 프로그램”의 구성 및 사용 방법에 대하여 설명하여 보았다.

이미 본문에서 설명하였듯이 보다 신뢰성 있는 경제성 검토 결과를 얻기 위하여는 대상 수요처의 모든 에너지 수요와 에너지 시스템을 일괄적으로 최적화 하여 경제성을 검토하는 최적 계획을 통한 경제성 검토를 수행하여야 하기 때문에 시간, 비용, 검토 조건 등에 따라서는 비합리적인 경우가 있을 수 있다. 따라서 열병합에 대한 전문적인 지식이 없는 일반 사용자용으로 개발된 “보급형 간이 경제성 검토 프로그램”을 무료로 배포하는 경우 열병합 도입 검토를 수행하고자 하는 수요처의 실무자가 직접 경제성 검토를 수행할 수 있어 열병합에 대한 친근감을 형성시킬 수 있을 뿐만 아니라 그 결과를 활용하여 검토자가 소속된 조직 내에서 열병합 도입을 위한 상세 검토를 제안할 수 있는 등의 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.