◀解　說▶

# DOE－2 프로그램 解說

신 기 식*

**概　要**

에너지 節約이 범세계적으로 전개되고 있는現在, 國內에서도 日常生活 및 全産業部門에서 에너지 節約의 生活化를 부르짖고 있다. 建物分野에서도 이에 부응하여 에너지 節約的이며 쾌적한 住居환경의 마련을 위하여 부심하고 있다. 이러한 機會에 미국 에너지省에서 발표한 건물의 설계및 改修를 위한 에너지 分析用 컴퓨터 프로그램인 DOE-Ⅱ 프로그램의 內容 및 使用方法을 槪述하여 관련업무 遂行者들에게 도움을 주고자 한다.

## Ⅰ. 序　論

建物의 熱的부하에 영향을 미치는 많은 변수들을 동시에 고려하여, 冷暖房 負荷를 計算할 때 手作業으로 할 경우 계산상 어려움이 따르며, 더우기 여러 절약방안에 대한 시뮬레이션을 반복 수행할 경우 많은 人力과 時間을 소비한다. DOE-Ⅱ 프로그램은 ASHRAE에서 제공하는 수학적 모델과 시간별 기상자료 사용자가 作成한 건물 데이타를 使用하여 新規 또는 旣存建物의 에너지性能 및 RESPONSE를 時間別로 Report 해 주며, 다양한 에너지 節約對策을 樹立하는데 도움을 준다. 當 프로그램을 使用하기 위해서는 BDL이란 특수한 컴퓨터 언어를 알아야 하며 解析을 시도하려는 建物의 구조, HVAC 시스템, 作動計劃등에 대한 여러 資料를 직접 작성하여야 한다. 당 프로그램에는 이미 만들어진 내장값을 갖고 있으나 사용자가 데이터를 詳細하고 실제적인 것으로 만들수록 더욱 바람직한 結果를 얻을 수 있다. 당 프로그램에 依한 에너지 解析은 크게 4단계로 나누어 진다.

첫째, 건물에 대한 heat loss와 gain을 계산하여 HVAC시스템에 미치는 冷暖房負荷를 계산한다.

둘째, 위에서 계산된 冷暖房負荷와 HVAC 시스템의 작동계획, 실제적으로 변화하는 실온 및 습도를 바탕으로 HVAC 시스템에 의한 Heat additionlextraction을 계산한다.

세째, 이에 따르는 1차에너지설비(Boiler, chiller, fan등)의 연료 필요량 및 太陽熱시스템에 의한 에너지공급량 등을 결정한다.

네째, 現在方式과 에너지절약을 위한 대체방식에 대한 경제적인 분석, 비교를 시도한다.

프로그램의 構成은 1개의 解析 및 Library 프로그램과 4개의 Sub-program으로 구성되어 있으며 Sub-program이 一連的으로 수행되어 한 프로그램에서 나온 出力이 다음 프로그램의 入力으로 받아 들여진다.

### 1. BDL (Building Description Language)

使用者가 작성한 데이터를 컴퓨터가 받아 들일 수 있는 형태로 바꾸며 독자적으로 벽체의 Response factor와 室內의 熱反應에 대한 Weighting factor를 계산할 수 있다. 데이터의 ERROR도 체크한다.

* 動力資源硏究所 建物硏究室 硏究員

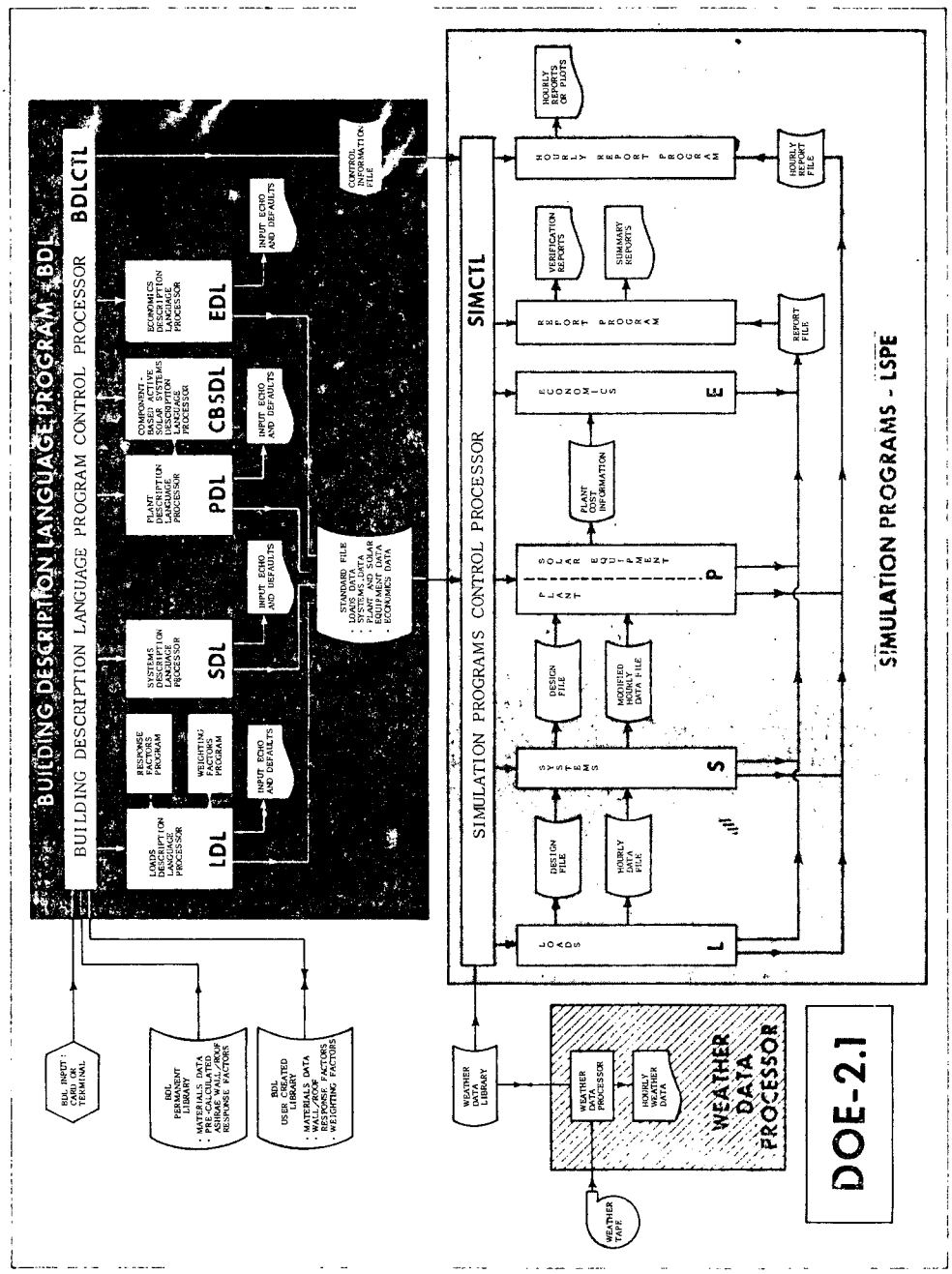



그림 1) DOE-2 프로그램 CONFIGURATION

**2. LOADS**

시간별 건물의 冷暖房負荷를 계산하는 Sub-program이다.

**3. SYSTEMS**

LOADS에 의해 槪算된 건물의 부하를 換氣를 위한 外部空氣의 유입, 가사기구 및 在室者 在室計劃, HVAC 시스템 작동계획 등을 고려하여 補正한다.

**4. PLANT**

2차 시스템으로 에너지를 供給하는 보일러, 터빈, 冷却塔, 태양열집열기 등을 시뮬레이트한다.

**5. ECONOMICS**

여러 대체방안에 對하여 Life-cycle cost를 계산하며 旣存 建物의 改修에 따르는 經濟性도 分析한다.

이외에 각 프로그램의 결과를 프린트하기 위한 REPORT 기능과 WEATHER ANALYSIS 프로그램이 있으며 조명, 시설, 재실자계획, 건축재료의 物性, 건축구조 등에 대한 자료가 Library로 구성되어 있다.

또, 당 프로그램은 총 210개의 sub-routine으로 구성되어 있으며 이 중 70여개가 실제 에너지에 관련된 계산 routine이고 나머지는 data, file, Report 등에 관련된 routine이다.

## Ⅱ. 에너지解析을 위한 準備

건물의 에너지 해석을 위해서는 먼저 건축 및 설비도면이 준비되어야 하며 건물의 객관적인 狀況을 설명할 수 있는 데이터를 준비해야 한다. 데이터 작성시 특별히 고려해야 할 사항과 정책적인 方法論에 대해서 몇가지 알아본다.

### 가. 건물의 기하학적 구조

건물 內外部의 열적운동을 설명하기 위해서는 공간, 벽, 窓 등의 기하학적인 위치만 생각하면 된다. 건물구성요소의 위치를 설명하기 위해서 Building Coordinate, Space coordinate, Surface coordinate의 3개의 좌표시스템을 사용하며 그림자 및 틈새바람에 의한 영향을 고려해야 한다.

### 나. 內部 Zoning

열적 환경이 동일하여 HVAC 시스템으로부터 같은 제어를 받는 부분을 Zone으로 구분한다. LOADS 프로그램 및 System 프로그램 수행의 단위가 되며 zone이 많아지면 컴퓨터의 운영경비가 늘어난다.

### 다. CUSTOM Weighting Factors

空間을 구성하는 벽체의 熱的特性을 표시하는 Weighting Factor는 프로그램내에 이미 내장값이 준비되어 있으나 건물의 건축구조가 특수한 경우 및 태양열을 이용하는 건물에서는 사용자가 Weighting Factor를 정해주는 것이 바람직하다.(CWF ; Custom Weighting Factor)

### 라. Parametric Run

동일한 건물에서 데이터를 변화시켜 반복작업을 통한 시뮬레이션을 시도해 볼 필요가 있을 때 PARAMETER 指示語를 사용하여 변화시킬 데이터를 지정한 후 반복작업시 PARAMETER 부분만 변화시켜 주면 된다. 전체 작업시간을 줄일 수 있고, 결과 비교에도 용이하다.

## Ⅲ. BDL

사용자가 形式에 구애받지 않고 쉽게 필요한 자료를 작성할 수 있게 해주며, LDL (Loads Description Language), SDL (Systems Description Language), PDL (Plant Description Language), CBSDL (Component-Based Systems Description Language), EDL (Economics Description Language)의 5개 프로그

램으로 구성되어 있다. 각 프로그램은 해당 入力資料의 System Check, 값의 有効範圍 check 및 컴퓨터가 받아들일 수 있도록 번역한다.

BDL은 instruction과 terminator로 구분할 수 있으며 instruction은 다시 Control instruction과 input instruction으로 區分한다. instruction은 일반적으로 다음과 같은 모양을 한다.

| U－name Command Command－data Terminator |
|---|

U－name은 使用者가 특별한 Command에 대하여 임의로 정한 이름이며 Command는 해당 프로그램에 따라 정해져 있다. Command－data는 예외없이 다음과 같은 모양을 가진다.

| Key－word＝Value |
|---|
| Key－word＝(Value, value,……) |

Key－word는 Command에 따라 정해지며 약자를 사용할 수도 있다. Terminator는 두개의 연속된 마침표(..)로 표시한다. 각 프로그램의 첫 지시어는 "INPUT"이며 마지막 지시어는 "END"이다. "END"지시로 入力資料가 다 完成되면 "COMPUTE" 지시어로 실제 계산에 들어간다.

BDL 프로그램이 계산용으로 사용하는 Sub－routine은 다음과 같다.

1. PONSFAC : 건물외벽의 Response－factor 계산
2. FALSE : 다층 slab를 통과하는 열의 1차원 diffusion equation 계산
3. DER : 다층 slab의 1차원 diffusion equation 계산
4. MATRIX : 다층 slab에 대한 Laplace변환된 1차원 diffusion equation의 element 계산
5. SLOPE : 다층 slab에 대한 Laplace변환된 방정식의 Eigen function의 根을 구하기 위한 sub－routine
6. ZERO : PONFAC의 초기치를 0으로 지정.

## Ⅳ. LOADS

室內溫度가 固定된 상태에서 표 2)에서 주어진 자료와 Weather 자료를 이용하여 年間時間別 建物의 冷暖房負荷를 계산한다. 계산은 단계적으로 행해지며 단계는 다음과 같다.

```
INPUT LOADS..
:
BUILDING － LOCATION          LATITUDE = 42
:           LONGITUDE = 88    ALTITUDE = 610
:           TIME － ZONE = 6  AZIMUTH = 0..
:
:
END..
COMPUTE  LOADS..
```

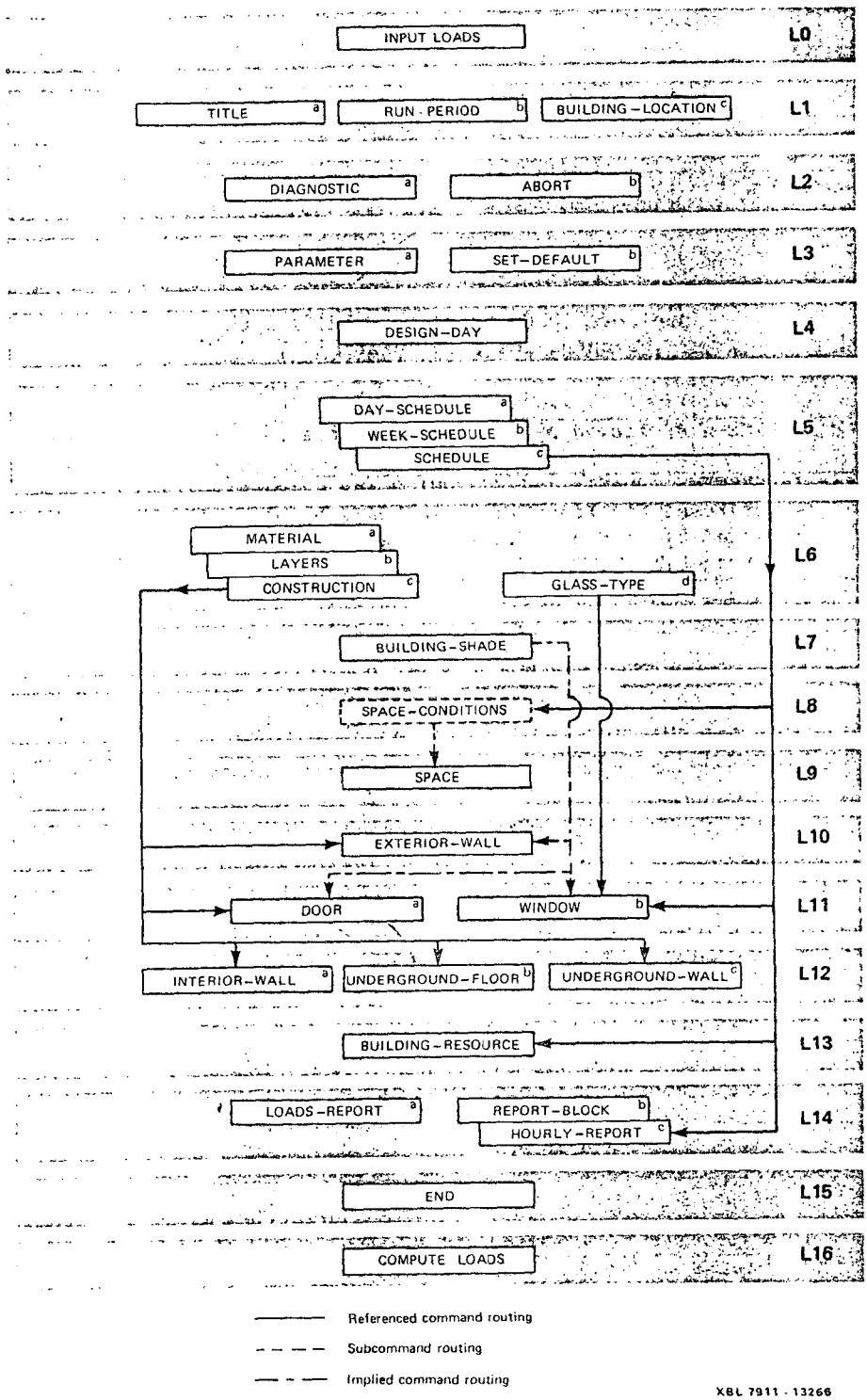
표 1) LOADS PROGRAM에서 본 BDL의 例

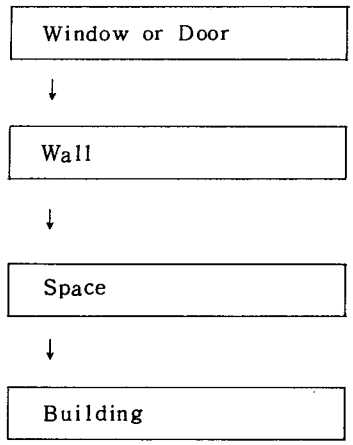
표 2) LOADS 프로그램 入力資料 및 內容

LOADS

- ☐ Run－period desired〔RUN－PERIOD〕
- ☐ Weather station (must be specified in the control cards)
- ☐ Define variables for parametric studies〔PARAMETER〕
- ☐ Building location〔BUILDING－LOCATION〕
  - ☐ Latitude
  - ☐ Longitude
  - ☐ Altitude
  - ☐ Time－Zone
  - ☐ Daylight－savings applicable
  - ☐ Holidays normal or different
  - ☐ Building orientation
- ☐ Layers of materials is walls〔LAYERS, MATERIAL〕
- ☐ Layers of materials in roof〔LAYERS, MATERIAL〕
- ☐ U－Factor of ceilings〔CONSTRUCTION〕
- ☐ U－factor of partitions〔CONSTRUCTION〕
- ☐ U－factor of floors〔CONSTRUCTION〕
- ☐ Glass type (or shading coefficient) and number of panes〔GLASS－TYPE〕
- ☐ Schedules (profiles)〔DAY－SCHEDULE, WEEK－SCHEDULE, SCHEDULE〕
  - ☐ People
  - ☐ Overhead and task lights
  - ☐ Equipment
  - ☐ Infiltration
  - ☐ Process sources of heat
  - ☐ Shading devices (opacity and conductance)
  - ☐ Domestic hot water, elevators, etc.
- ☐ Surfaces that shade building〔BUILDING－SHADE〕
- ☐ Building plenums〔SPACE〕
- ☐ Building zoning〔SPACE〕
- ☐ Building occupancy〔SPACE－CONDITIONS〕
- ☐ Lighting fixture types & light heat to space〔SPACE－CONDITIONS〕
- ☐ Method of calculating infiltration〔SPACE－CONDITIONS〕
- ☐ Zone set point temperatures at which the loads calculation will be made〔SPACE－CONDITIONS〕
- ☐ Floor weight or custom weighting factors〔SPACE－CONDITIONS〕
- ☐ Wall dimensions per space〔EXTERIOR－WALL〕
- ☐ Glass dimensions per space〔WINDOW〕
- ☐ Roof dimensions per space〔EXTERIOR－WALL〕
- ☐ Reports desired〔LOADS－REPORT, HOURLY－REPORT〕

표 3) LOADS COMMAND CHART






모든 창과 문에 대해서 외부 부하요소를 계산하고, 다음 공간 內의 모든 벽에 대한 부하를 계산한다. Space 단계에서 공간에 대한 외부요소를 발생시키는 모든 벽의 부하를 合한다. 다음, 공간에 대한 모든 내부부하로 作用하는 내부부하요소를 계산해서 合한다. 최종적으로 空間의 실제 부하를 계산하기 위해 內·外部 부하를 합한다. 공간부하를 전부 합하면 건물의 시간별 총 冷暖房부하가 된다.

LOADS 프로그램 수행후 나온 결과는 LOADS-REPORT 명령어를 使用하여 필요한 보고서를 프린트 형식으로 작성할 수 있으며 다음 사항은 SYSTEM 프로그램에서 사용할 수 있도록 디스크에 보관된다.

1. 공간의 부하 : 요소별 개별적인 값으로 표시 (벽, 유리 등)
2. 공간의 잠재부하 ( latent loads )
3. 조명, 가정집기 등에 의한 전기 및 가스부하
4. 틈새바람에 의한 공간의 CFM
5. Plenum부하 : 조명에 의하여 복귀공기에 미치는 熱 포함.
6. BUILDING-RESOURCE 명령어로 부터의 부하 ( 내부온수, 엘리베이트, 조명등 )
7. 건물 및 공간의 Peak load

LOADS 프로그램에서 사용하는 계산용 sub-routine 은 다음과 같다.

1. APOL : 다면체에서 꼭지점의 좌표가 주어졌을 때 표면적, 경사각, 방위각 계산.
2. BSHDPR : 건물그림자 ( shade ) 자료 준비
3. CALEXT : Solar gain 및 틈새바람을 포함하는 모든 외벽에 대한 열부하 계산.
4. CALOTH : 내부ZONE 부하계산.
5. CCM : 雲形, 雲量, 태양고도를 이용하여 Cloud Cover 계수 계산.
6. DAYCLC : 日別부하 계산.
7. DESDAY : 시간별 Design-day 온도 제공.
8. DST : day light saving time flag 계산
9. FILM : 外表面 film 계수 계산
10. HOLDAY : 國慶日 指示
11. IDOWK : 週間日數 계산
12. IDOYR : 年間日數 계산
13. PPWVMS : 포화공기의 증기압 계산
14. RMRSS : Weighting Factor 계산
15. SETBAC : 壁段面에 대한 계산
16. SUN 1 : 日別 Solar data 계산
17. SUN 3 : 특수한 각도의 벽에 대한 시간별 태양열 복사 계산
18. TCYCLE : 24시간 design day 온도 Cycle 계산
19. WBF : 엔탈피와 壓力으로 습구 온도 계산
20. WDTSUN : 시간별 기후변화 및 有效太陽熱 복사 계산.

## V. SYSTEMS

공간의 온도 및 습도를 조절하는 HVAC 시스템의 운영과 RESPONSE를 시뮬레이트 한다. LOADS 프로그램에서 계산된 시간별 공간 부하는 내부온도가 일정한 狀況에서의 값이며 실제는 HVAC 시스템의 작동과 정지에 따른 온도변화를 고려해야 한다. 결과적으로, SYSTEMS 프로그

표 4) DOE - 2 SYSTEM TYPE 및 CODE

| | CODE | SYSTEM TYPE |
|---|---|---|
| 1 | SZRH | Single Zone — Sub Zone Reheat |
| 2 | MZS | Multizone System |
| 3 | DDS | Dual Duct Fan System |
| 4 | SZCI | Ceiling Induction System |
| 5 | UHT | Unit Heater |
| 6 | UVT | Unit Ventilator |
| 7 | FPH | Floor Panel Heating System |
| 8 | TPFC | Two Pipe Fan Coil |
| 9 | FPFC | Four Pipe Fan Coil |
| 10 | TPIU | Two Pipe Induction Unit System |
| 11 | FPIU | Four Pipe Induction Unit System |
| 12 | VAVS | Variable Volume Fan System |
| 13 | RHFS | Reheat Fan System |
| 14 | HP | Unitary Heat Pump System |
| 15 | HVSYS | Heating & Ventilating System |
| 16 | CBVAV | Coiling Bypass System |
| 17 | RESYS | Residential System |
| 18 | PSZ | Packaged Single Zone System |
| 19 | PMZS | Packaged Multizone System |
| 20 | PVAVS | Packaged Variable Air Volume System |
| 21 | PTAC | Packaged Terminal Air Conditioner |

램에서 의도하는 바는 다음 2가지로 요약할 수 있다.

1. PEAK(또는 design day)時의 冷暖房요구에 따른 HVAC 시스템의 크기를 정하는데 필요한 자료 제공.
2. 공간의 열적요구에 대응하는 각분배시스템을 시물레이트하고 중앙식 冷暖房 Plant에 부과되는 필요량 결정.

HVAC 분배시스템에서 발생되는 熱 및 濕度交換 절차는 ASHRAE에서 정한 Algorithm에 따라 수학적으로 시물레이트하며 당 프로그램에서 표준적으로 정한 21개의 시스템중 적용할려는 시스템을 사용자가 선택하며 필요한 Component 및 Control feature를 추가시킬 수 있다. 건물 Plant에 대한 에너지의 실제 수요를 원하는 설계자는 System 시물레이션을 필히 수행해 볼 필요가 있다.

SYSTEMS 프로그램에 사용하는 入力은 LOADS 프로그램 수행후 나온 결과와 표 5)에서 주어진 HVAC 시스템에 관련된 자료들이다.

SYSTEMS 프로그램의 계산절차는 크게 2부분으로 구분할 수 있다.

1. 시스템 규모 결정을 위한 계산

既存 시스템의 경우는 heat extraction

표 5) SYSTEMS 프로그램의 入力資料

SYSTEMS

☐ Schedules (hourly profiles) [DAY-SCHEDULE, WEEK-SCHEDULE, SCHEDULE]
  - ☐ Fans
  - ☐ Heating and cooling equipment
  - ☐ Heating and cooling set-points
  - ☐ Heating and cooling coil temperatures
  - ☐ Minimum outside air
  - ☐ Natural ventilation and ventilation set-points
  - ☐ Turn-over for Two Pipe Induction System

☐ Schedules (outdoor reset)
[DAY-RESET-SCH, WEEK-SCHEDULE, RESET-SCHEDULE]
  - ☐ Baseboards
  - ☐ Heating and cooling coil temperatures

☐ Ventilation air to space [ZONE-AIR or SYSTEM-AIR]

☐ Recirculation rate in space-minimum code [ZONE-AIR or SYSTEM-AIR]

☐ Exhaust air from space [ZONE-AIR]

☐ Natural ventilation for residential systems [SYSTEM-AIR]

☐ Type of thermostat and throttling range [ZONE-CONTROL]

☐ Space (zone) heating and cooling capacities [ZONE]

☐ Central system air volume [SYSTEM-AIR]

☐ Outside air damper control [SYSTEM-AIR, SYSTEM-CONTROL]

☐ Air terminal type and delta-T [SYSTEM-TERMINAL]

☐ The minimum air rate allowed if VAV system [SYSTEM-TERMINAL]

☐ Supply and return fan electrical use and heat [SYSTEM-FANS]

☐ Type of heating and cooling coil control [SYSTEM-CONTROL]

☐ Design cooling and heating temperatures [ZONE-CONTROL]

☐ Humidity control-minimum and/or maximum [SYSTEM-CONTROL]

☐ Heating and cooling equipment characteristics [SYSTEM-EQUIPMENT]

☐ Type of systems installed [SYSTEM]

☐ Nature of source of heating [SYSTEM]

☐ Zones assigned to systems [SYSTEM]

☐ Type of reports [SYSTEMS-REPORT, HOURLY-REPORT]

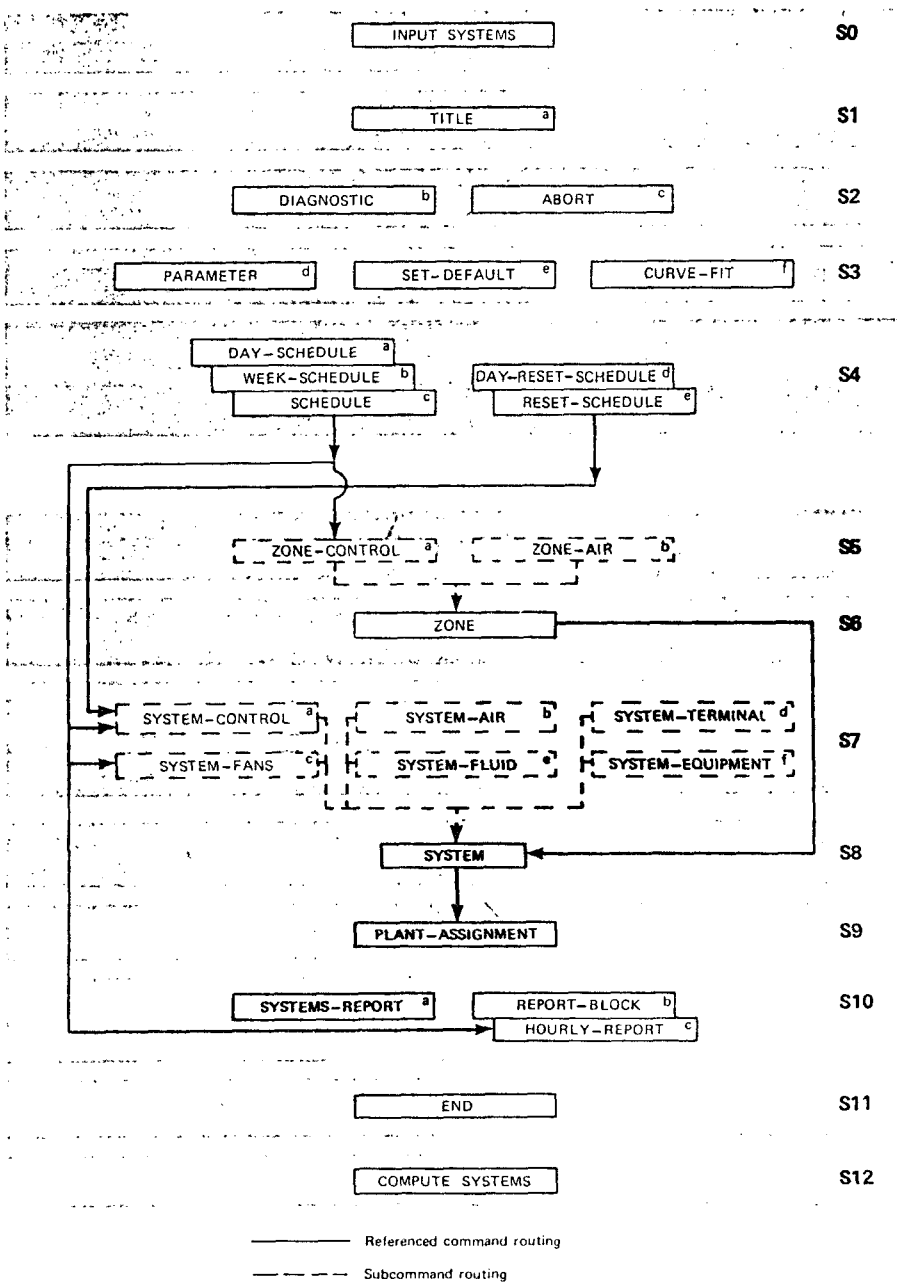
laddition rate와 air flow rate를 사용자가 결정해 줄 수 있으며 주어진 데이터가 없는 경우는 design air temperature와 Peak heating/cooling에 根據하여 계산한다.

2. Heat extraction/addition rate와 室溫계산

instantaneous heat gain/loss 및 室의 冷暖房부하는 Response factor와 Weighting factor를 사용하여 Loads에서 계산했으나 실제의 室溫은 冷暖房設備의 특성과 작동계획, thermostat Setback등으로 변하게 되어 있다. 그러므로 실제 室溫과 heat extraction/addition rate계산은 SYSTEMS 프로그램에서 행해진다.

SYSTEMS 프로그램에서 사용하는 계산 Sub-routine은 다음과 같다.

표 6) SYSTEM COMMAND CHART



1. DDSF : dual-duct air handler 시뮬레이터.
2. DESIGN : design parameter 계산.
3. DKTEMP : hot/cold-deck 温度 계산.
4. DOUBLE : dual-duct system의 air flow balance 계산.
5. DST : day light savings time flag set.
6. ECONO : heat recovery system과 4가지 형의 Economizer 모델화.
7. FANDMP : System fan의 에너지 소모량 계산
8. FCOIL : 2관, 4관 fan coil의 시뮬레이션
9. HOLDAY : 國慶日 決定
10. HTPUMP : heat pump system의 성능 시뮬레이션.
11. INDUC : Induction box의 성능 시뮬레이션
12. IVEFI : external fan coil이나 induction unit와 internal air volume system과의 부하 차이 계산.
13. PANEL : floor panel heating 시뮬레이션.
14. PPWYMS : 포화공기내의 수증기의 부분壓 계산.
15. SDSF : Single-duct air handler 시뮬레이션.
16. SZCI : Subzone induction box가 있는 Single zone fan system 시뮬레이션.
17. TEMDEV : 시간별 Zone 温度 계산.
18. UNITHV : 暖房 및 換氣 unit內의 에너지 증가 및 감소 계산.
19. VARVOL : SINGLE FAN SYSTEM, reheat가 붙은 variable volume fan system 및 Constant volume reheat fan system의 시뮬레이션을 조정.

## VI. PLANT

HVAC 시스템에 공급되는 에너지를 보일러, 冷凍機 등의 plant 설비에서 실제로 소모되는 에너지로 변환시킨다. plant 설비에는 자가발전기, heat revovery, fan, pump 등도 포함된다. Plant 설비의 타입, Control condition, 작동 parameter 등 표 7)에 따르는 入力資料와 SYSTEMS 프로

표7) PLANT 프로그램의 入力資料

PLANT

- ☐ Type of plant components 〔PLANT-EQUIPMENT〕
- ☐ Equipment sizing 〔PLANT-EQUIPMENT〕
- ☐ Assignment of systems to plant 〔PLANT-ASSIGNMENT〕
- ☐ Part-load ratios and electric input ratios 〔PART-LOAD-RATIO〕
- ☐ Values for plant parameters 〔PLANT-PARAMETERS〕
- ☐ Equipment performance curves 〔EQUIPMENT-QUAD〕
- ☐ Costs of equipment 〔PLANT-EQUIPMENT〕
- ☐ Operating strategies of equipment 〔LOAD-ASSIGNMENT, LOAD-MANAGEMENT〕
- ☐ Hot and/or cold storage 〔ENERGE-STORAGE〕
- ☐ Heat recovery capability 〔HEAT-RECOVERY〕
- ☐ Solar heating and cooling 〔SOLAR-EQUIPMENT, SYSTEM, COMPONENT〕
- ☐ Hourly and seasonal plant management 〔SCHEDULE〕
- ☐ Life-cycle costing parameters (project life, discount rate, etc.) 〔PLANT-COSTS〕
- ☐ Energy costs and escalation rates 〔ENERGY-COST〕
- ☐ Reports desired 〔PLANT-REPORT, HOURLY-REPORT〕

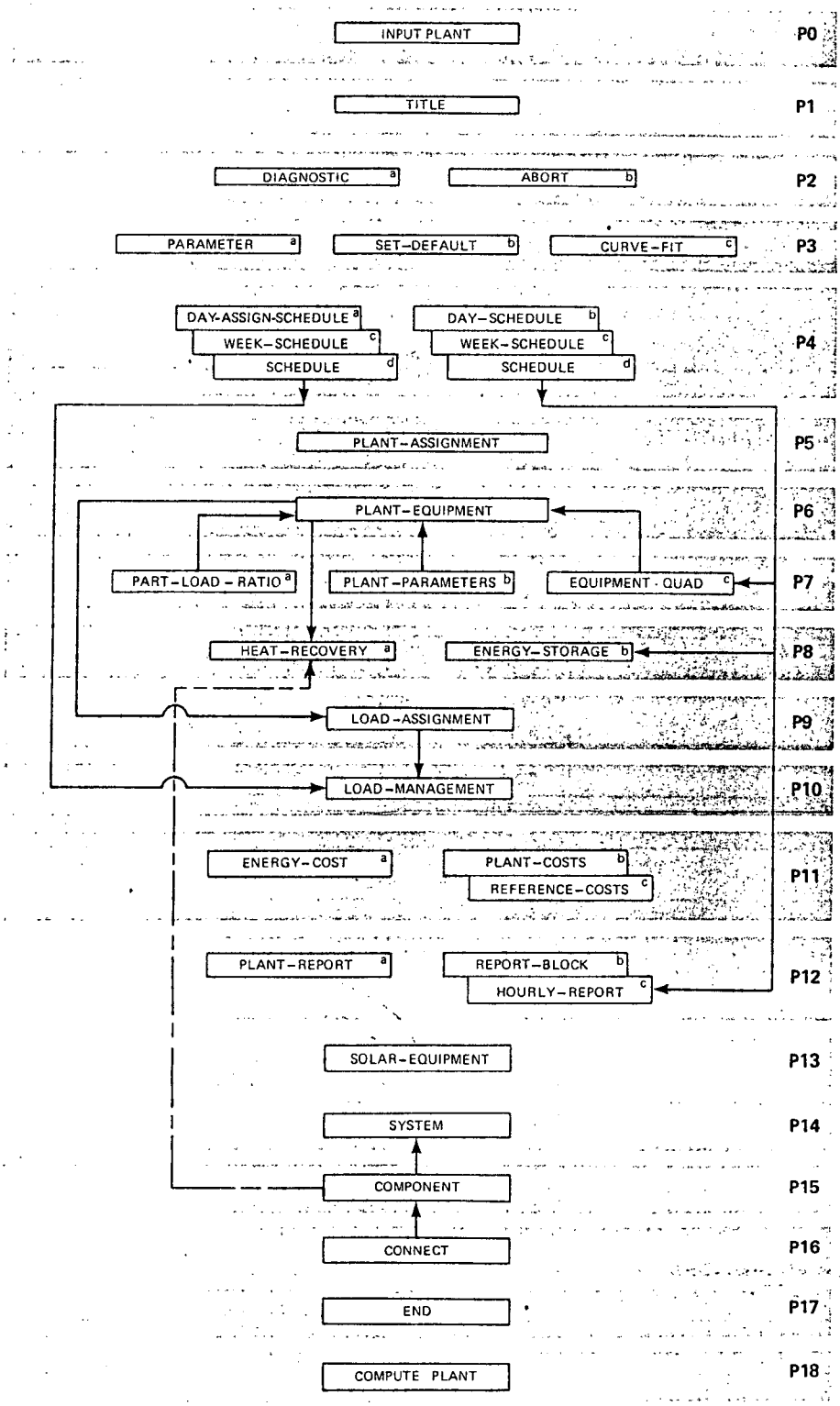
그램에서 만들어진 건물의 열적부하 file을 이용하여 plant 설비의 에너지 필요량을 시뮬레이션한다. 시뮬레이션 가능한 plant 설비종류는 표 8)과 같다. 몇개의 設備를 동시에 運用할 때, 각 설비에 걸리는 부분부하(Part-load)를 결정해야 되며 결정하지 않을 때는 내장값을 사용하게 된다.

PLANT 設備에 대한 경제성 계산이 plant 프

표 8) Plant 設備種類 및 分部負荷 내장값

| TYPE | | Part-Load Ratios | | | Electric Input to Nominal |
|---|---|---|---|---|---|
| Code-Word | | Min. | Max. | Operating | Capacity |
| | Heating Equipment | | | | |
| ELEC-STM-BOILER | Electric boiler | 0.01 | 1.00 | 1.00 | 1.000 |
| STM-BOILER | Steam boiler | 0.25 | 1.20 | 1.00 | 0.022 |
| HW-BOILER | Hot water boiler | 0.25 | 1.20 | 1.00 | 0.022 |
| ELEC-HW-BOILER | Electric hot water boiler | 0.01 | 1.00 | 1.00 | 1.000 |
| FURNACE | furnace | - | - | - | 0.023 |
| | Cooling Equipment | | | | |
| ABSOR 1-CHLR | One-stage absorption chiller | 0.10 | 1.15 | 1.00 | 0.004 |
| ABSOR 2-CHLR | Two-stage absorption chiller with economizer | 0.10 | 1.15 | 0.70 | 0.007 |
| ABSORS-CHLR | Solar-driven absorption chiller | 0.10 | 1.15 | 1.00 | 0.004 |
| OPEN-CENT-CHLR | Open centrifugal chiller | 0.10 | 1.00 | 0.80 | 0.210 |
| OPEN-REC-CHLR | Open reciprocating chiller | 0.25 | 1.00 | 1.00 | 0.260 |
| HERM-CENT-CHLR | Hermetic centrifugal chiller | 0.10 | 1.00 | 0.80 | 0.220 |
| HERM-REC-CHLR | Hermetic reciprocating chiller | 0.25 | 1.00 | 1.00 | 0.274 |
| DBUN-CHLR | Double-bundle chiller | 0.10 | 1.00 | 1.00 | 0.242 |
| COOLING-TWR | Cooling tower | - | - | - | 0.000 |
| CERAMIC-TWR | Ceramic cooling tower | - | - | - | 0.000 |
| | Electric Generating Equipment | | | | |
| DIESEL-GEN | Diesel engine | 0.02 | 1.05 | 0.60 | - |
| STURB-GEN | Steam engine | 0.02 | 1.10 | 0.90 | - |
| GTURB-GEN | Gas turbine | 0.02 | 1.05 | 0.60 | - |
| | Tanks | | | | |
| HTANK-STORAGE | Hot water tank | - | - | - | 0.000 |
| CTANK-STORAGE | Cold water tank | - | - | - | 0.000 |
| | Domestic Hot Water | | | | |
| DHW-HEATER | Water heater | - | - | - | 0.000 |
| ELEC-DHW-HEATER | Electric water heater | - | - | - | 1.000 |

표 9) PLANT COMMAND CHART



로그램에서 행해진다. 초기 投資費, 年間 維持保守費, 에너지 經費들을 고려하여 life－cycle cost를 계산한다. ECONOMICS프로그램에서는 non－plant 요소를 고려하여 전체적인 經濟性 분석을 하게 된다. plant 프로그램의 일부분으로서 강제형 太陽熱 冷暖房 시스템을 시물레이션하는 CBS 프로그램이 있다. CBS 프로그램은 COMPONENT basis로 설비를 Modeling하며 Air system과 Liquid system으로 구분한다. PLANT 프로그램에서 사용하는 계산 sub－routine은 다음과 같다.

1. ABSREF : 3가지 형태의 吸收式 冷凍機 시물레이션.
2. BOILER : 증기보일러 시물레이션.
3. CAPAD∫ : absorption 용량 계산.
4. COMREF : 3가지 형태의 壓縮式 冷凍機 시물레이션.
5. DBUNDLE : double－bundle 冷凍機 시물레이션.
6. DIESEL : 디젤엔진／발전기 시물레이션.
7. DST : day light savings time check.
8. EFFIC : 여러 형태의 에너지 발생기에 대한 效率 계산.
9. ELBOIL : 전기보일러 시물레이션
10. ENTHAL : 증류수의 엔탈피 계산.
11. ENTROP : 증기의 엔트로피 계산.
12. EQUIP : 冷暖房 및 전기부하를 만족하기 위한 설비배치 결정.
13. GASTUR : 개스／터빈 발전기 시물레이션.
14. LODIST : 同一效率의 類似設備에 부하를 분산.
15. HOLDAY : 國慶日 계산.
16. OPCOOL : 冷凍機들에 부하 분산.
17. OPDBUN : 總冷房 負荷에 대한 double－bundle 冷房負荷率 계산.
18. OPELEC : 발전기에 電氣的 負荷 분산.
19. PIPES : heat－recovery와 필요 Steam boiler 出力 계산.
20. RFACT : 冷却塔의 rating factor 제공.
21. SATUR : 포화온도를 蒸氣壓의 방정식으로 계산.
22. STMTUR : 증기터빈 시물레이션.
23. STMUSE : 총 증기사용량 계산.
24. STORA∫ : 冷·温水 축열조 시물레이션.
25. TOWER : 冷却塔 시물레이션.
26. WETBULB : 습구온도 계산(°F)

## Ⅶ. ECONOMICS

既存 또는 新築建物에 대한 經費節減과 에너지 節約 방안을 경제적인 측면에서 考察하는 프로그램이며 크게 2 방면에 적용할 수 있다.

1. Plant 설비에 대한 設備投資, 維持保守, 에너지 經費와 non－plant 經費(2차시스템, 단열, 제어시스템, 太陽熱 집열기)를 포함하는 건물의 life－cycle cost 결정.
2. 既存建物에 대한 에너지 節約的 개수방안에 대한 投資의 效率性 결정.

life－cycle cost는 전 life film에 投入되는 總 經費를 뜻하며 해마다 반복되는 에너지 經費에 대한 life－cycle cost는

$$LCC(\text{life-cycle cost}) = \sum_{n=1}^{N} Cn$$

(N : project life time
Cn : 現價)

現價 Cn은 다음과 같이 구해진다.

$$Cn = C\left(\frac{1+i}{1+d}\right)^n$$

C : 당해년도 경비
i : 에너지價格 增加率
d : 割引率

投資 效率 분석에는 다음과 같은 資料가 필요하다.

1. 投資費
2. 經費節減額
3. 에너지 節減額

4. 投資對 節減率(SIR)
5. 投資對 에너지節減率
6. 단축되는 회수기간

ECONOMICS에 入力되는 데이터는 표 10)과 같다.

표 10) ECONOMICS 프로그램 入力資料

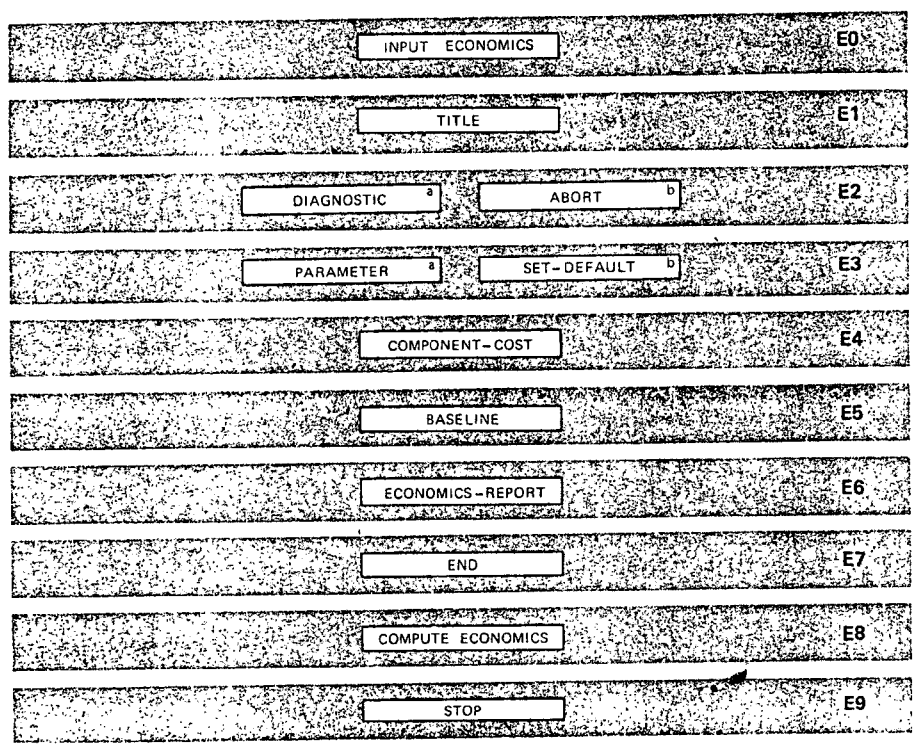
ECONOMICS

☐ Costs for non－plant items (solar collector, insulation, building itself, etc.) 〔COMPONENT－COST〕

☐ Baseline costs (if retrofit analysis is being done) 〔BASELINE〕

☐ Reports desired 〔ECONOMICS－REPORT〕

표 11) ECONOMICS COMMAND CHART




## Ⅷ. DOE－2 프로그램의 作業

DOE－2 프로그램의 작업은 2단계로 구분할 수 있다. 첫째, 모든 入力資料의 誤記有無를 점검하고 컴퓨터가 받아들일 수 있도록 번역하며 시뮤레이션 프로그램에서 사용할 데이터를 준비하는 단계, 둘째, 준비된 데이터로 실제 시뮤레이션 하는 단계로 구분된다(그림 1) 參照).

1. DDL단계

다음의 File들은 BDL作業을 하기 전에 미

리 준비되어야 한다.

BDLKEY:Solar Component를 제외한 모든 DOE－2 Command와 Key－word에 대한 내장값과 한계값을 가지고 있다.

CDLLIB : Solar Component에 관련한 상기자료를 포함하고 있다.

BDLLIB : material, response factor, weighting factor Library를 가지고 있다.

BDL : BDL 운영 프로그램이다.

BDL은 자신의 作業을 위하여 다음의 File을 만든다.

CTRL : 入力데이터에 의하여 수행해야 할 보고서에 관련한 Control information을 가진다.

STDFIL : Simulation 프로그램이 쉽게 사용할 수 있게 모든 入力情報를 가진다.

USRLIB : 사용자가 Library를 사용할 때 만들어 진다.

2. 시뮤레이션 단계

시뮤레이션 수행전 CTRL, STDFIL에 부가하여 다음의 File 들이 미리 준비되어야 한다.

WEATHER : Weather data를 보관.

HDRFIL : 모든 보고서의 양식과 Heading을 보관.

LSPE : 시뮤레이션 운영 프로그램이다.

LSPE는 다음의 File들을 만들어 낸다.

DSNFIL : Information을 LOADS → SYSTEMS → PLANT → ECONOMICS로 전달하기 위한 file이다.

LDSOUT : LOADS 수행후 SYSTEMS 프로그램을 연속적으로 수행할 때 필요하다.

SYSOUT : SYSTEMS 프로그램 수행후 PLANT 프로그램 수행이 뒤 따를 때 필요하다.

REPFIL : SUMMARY 또는 VERIFICATION 보고서가 요구될 때마다 만들어 짐.

## Ⅸ. 結 論

건물에너지 사용기준이 아직 정착되지 않은 國內 실정에 미루어 당 프로그램을 이용할 時 다음과 같은 活用方案을 期待할 수 있다.

첫째, 건물에너지 사용의 평가도구로 活用 : 旣存 및 新築建物에서의 에너지 필요량과 設定基準의 부합여부 확인.

둘째, 건물에너지 절약 연구에의 활용

1) 각 건물 부위에서 建築材의 두께, 설치순서 형태에 따른 效果.

2) HVAC 시스템과 관련한 벽, 마루등의 축열 效果.

3) 재실자, 조명기구, 가사기구 등의 效果.

4) HVAC 시스템과 1차에너지 설비의 용량을 변경시킬 때의 效果.

5) 地域別, 季節別, 熱的環境의 效果.

6) HVAC 시스템의 작동계획의 변경에 따른 效果.

7) 착색유리, 반사유리 등에 대한 效果.

8) 강제형 太陽熱 시스템의 硏究.

9) 廢熱의 浪費를 줄이기 위한 熱再生 方案등

세째, 건물설계 연구에의 活用

1) 건물, 1, 2차 HVAC 시스템, 열원의 초기 설계 선택.

2) 설계단계의 특수설계 및 변경에 대한 계산.

3) 完工된 건물의 운영 및 유지 Monitoring.

4) 旣存建物의 경비절감개수에 관한 분석.

5) Design energy budget와 실제 소요 에너지와의 비교등.

國內에서의 活用을 위해서는 國內 환경에 맞게 일부 Sub－routine의 수정이 필요하며 기상자료, Material Library, Schedule Library의 再構成이 필요하다.

## 參　考　文　獻


1) LASL, "DOE－1 program manual", 1978.

2) LASL, "DOE－2 USERS manual", 1977.

3) Group WX－4, Program Support, LASL "DOE－2 Reference manual", 1980.

4) Building Energe Analysis Group, LBL, "DOE－2 BDL Summary, Users Guide", 1980.

5) Building Energy Analysis Group, LBL, "DOE－2 Sample Run Book", 1980.

6) 朴相東, "DOE－2 Computer Program 에 의한 건물에너지 해석", 建築 1980,11~12.