

第 102 回 碩士學位論文  
指導教授 李 彥 求

共同住宅의 環境親和的 리모델링 時  
太陽에너지 시스템의 適用에 關한 研究

A study on the application of solar energy system  
in green remodeling of the apartment houses

中央大學校 大學院  
建築學科 建築計劃 및 環境專攻  
車 珍 榮  
2004年 12月

共同住宅의 環境親和的 리모델링 時  
太陽에너지 시스템의 適用에 關한 研究

A study on the application of solar energy system  
in green remodeling of the apartment houses

이 論文을 碩士學位論文으로 提出함  
2003年 12月

中央大學校 大學院  
建築學科 建築計劃 및 環境專攻  
車 珍 榮

車 珍 榮의 碩士學位論文을 認定함.

審査 委員長 \_\_\_\_\_ (印)

審査 委員 \_\_\_\_\_ (印)

審査 委員 \_\_\_\_\_ (印)

中央大學校 大學院

建築學科 建築計劃 및 環境專攻

車 珍 榮

2004年 12月

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구의 범위 및 방법 .....	2
제 2 장 태양에너지를 이용한 공동주택의 리모델링 이론고찰 .....	5
2.1 공동주택의 환경친화적 리모델링 .....	5
2.1.1 환경친화적 리모델링 .....	5
2.1.2 공동주택의 리모델링 .....	9
2.2 태양에너지를 이용한 시스템의 유형 및 특성 .....	11
2.2.1 자연형 태양열 시스템 .....	11
2.2.2 설비형 태양열 시스템 .....	16
2.2.3 태양광 발전 시스템 .....	23
2.3 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경 친화적 리모델링 사례 조사 .....	35
2.3.1 ENGELSBY, German .....	35
2.3.2 FLEXREN, Denmark .....	39
2.3.3 The Brandaris Building, Netherlands .....	44
제 3 장 태양에너지를 이용한 공동주택의 리모델링 계획 방법 .....	46
3.1 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스 제안 .....	46
3.1.1 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스 .....	46
3.1.2 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스 .....	49
3.2 태양에너지 시스템 계획을 위한 건축설계 고려요소 .....	53
3.3 태양에너지 시스템 적용 평가를 위한 시뮬레이션 프로그램의 개요 .....	56
3.3.1 SUNLIGHT V1.0 .....	56
3.3.2 RETScreen(Renewable Energy Technology Screen) .....	57
3.3.3 Method 5000 .....	57
3.3.4 Solar Pro SI 4.0 .....	59

3.3.5 PV Design Pro 3.0 .....	59
<b>제 4 장 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 사례연구</b> ..	<b>60</b>
4.1 목표 설정 .....	60
4.2 현황분석 .....	60
4.2.1 대상지의 건축 개요 .....	60
4.2.2 태양에너지 시스템 이용을 위한 현황분석 .....	64
4.3 기본계획 .....	73
4.3.1 자연형 태양열 시스템 .....	73
4.3.2 설비형 태양열 시스템 .....	75
4.3.3 태양광 발전 시스템 .....	78
4.4 기본설계 .....	79
4.4.1 자연형 태양열 시스템 .....	79
4.4.2 설비형 태양열 시스템 .....	80
4.4.3 태양광 발전 시스템 .....	85
4.4.4 통합 설계 .....	85
4.5 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용한 성능평가 .....	91
4.5.1 자연형 태양열 시스템 .....	91
4.5.2 설비형 태양열 시스템 .....	95
4.5.3 태양광 발전 시스템 .....	97
4.6 소 결 .....	100
<b>제 5 장 결 론</b> .....	<b>102</b>
<b>참 고 문 헌</b> .....	<b>104</b>
<b>국 문 초 록</b> .....	<b>107</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>110</b>

## 표 목 차

<표 2.1> 설비형 태양열 시스템의 활용온도별 특성 .....	17
<표 2.2> 온수 부하 분포에 따른 경제적인 축열조 크기 .....	21
<표 2.3> PV 시스템의 건축벽면 적용 기법의 분류와 특징 .....	28
<표 2.4> PV 시스템의 건축지붕 적용 기법의 분류와 특징 .....	29
<표 2.5> BIPV 통합설계의 평가척도 .....	30
<표 3.1> 환경친화적 리모델링 계획 프로세스에 따른 건축설계 요소와 태양에너지 시스템 설계요소와의 관계 .....	55
<표 4.1> 평면 면적 .....	63
<표 4.2> 남동향 12°로 배치된 대상 주동의 경사각에 따른 일사량 .....	65
<표 4.3> 대상 건물의 일영분석 .....	67
<표 4.4> Method 5000 프로그램을 이용한 기존 공동주택 단위세대의 난방부하 특성 ...	68
<표 4.5> 건물 종류별 급탕량 .....	70
<표 4.6> 급탕부하 계산 기본 조건 .....	70
<표 4.7> 대상건물의 월별 급탕 부하량 .....	71
<표 4.8> 단위세대 1일 전력 요구량 .....	72
<표 4.9> 지붕 형태에 따른 최대 냉방부하 .....	77
<표 4.10> 난방공간에 필요한 집열창의 최소 크기 .....	79
<표 4.11> 경사각35°일 때 효율 35%인 평판형 집열기의 단위면적당 집열량 ...	83
<표 4.12> Method 5000 프로그램을 이용한 리모델링 후 공동주택 단위세대의 난방부하 특성 .....	91
<표 4.13> 집열판의 세부사항 .....	96
<표 4.14> 서울지역 월별 시수 온도 .....	96
<표 4.15> PV 모듈의 세부사항 .....	98
<표 4.16> 인버터 세부사항 .....	98

## 그림 목 차

(그림 1.1) 연구 흐름도 .....	4
(그림 2.1) 리모델링 주기의 비교 .....	6
(그림 2.2) 대체에너지 이용 환경친화 건축의 개념 .....	9
(그림 2.3) 직접획득 방식 개념도 .....	12
(그림 2.4) 축열벽 방식 개념도 .....	13
(그림 2.5) 부착온실 방식 개념도 .....	14
(그림 2.6) 리모델링 전후의 외관 .....	15
(그림 2.7) 평면상에서의 부착온실 위치 .....	15
(그림 2.8) 축열벽의 설치모습 .....	16
(그림 2.9) 태양열 냉난방 시스템 개략도 .....	17
(그림 2.10) 태양열 급탕 시스템 개략도 .....	18
(그림 2.11) 평판형 집열기의 구조 .....	19
(그림 2.12) 태양열 집열판 설치 모습, .....	22
(그림 2.13) 남향면의 유리외피 설치, Solar Building .....	22
(그림 2.14) 태양전지의 원리 .....	23
(그림 2.15) 독립형 시스템 .....	24
(그림 2.16) 계통 연계형 시스템 .....	24
(그림 2.17) 태양광 발전 시스템 이용형태에 따른 시스템 분류 .....	25
(그림 2.18) Solgaarden의 전경, Solgaarden .....	31
(그림 2.19) 지붕 설치 PV 모듈, Solgaarden .....	32
(그림 2.20) 발코니 설치 PV 모듈, Solgaarden .....	32
(그림 2.21) 발코니 설치 PV 모듈, Kollektivhuset .....	33
(그림 2.22) Back Plate를 닫은 모습(여름), Kollektivhuset .....	33
(그림 2.23) Back Plate를 연 모습(겨울), Kollektivhuset .....	33
(그림 2.24) 1997년, 리모델링 완성된 모습, ENGELSBY .....	36
(그림 2.25) 급탕을 위한 태양열 집열판, ENGELSBY .....	37
(그림 2.26) 리모델링 이전, ENGELSBY .....	37
(그림 2.27) 리모델링 이후 부착온실형 발코니, ENGELSBY .....	37
(그림 2.28) 자연채광을 이용한 계단실, ENGELSBY .....	38
(그림 2.29) FLEXREN 배치도, FLEXREN .....	39
(그림 2.30) 리모델링 이전-동측입면, FLEXREN .....	40

(그림 2.31) 리모델링 이전-서측의 발코니, FLEXREN .....	40
(그림 2.32) flexible facade system의 원리, FLEXREN .....	41
(그림 2.33) 리모델링 후 평면, FLEXREN .....	41
(그림 2.34) 부착온실 내부, FLEXREN .....	42
(그림 2.35) 난간에 Ventilation Solar Wall을 설치한 발코니, FLEXREN .....	42
(그림 2.36) Ventilated Solar Wall과 발코니의 종단면도, FLEXREN .....	43
(그림 2.37) Solar Mass Wall과 난간에 Ventilated Solar Wall을 설치한서향의 부착온실, FLEXREN .....	43
(그림 2.38) Bradaris의 태양에너지 시스템 통합 디자인, Bradaris .....	44
(그림 2.39) 지붕에 부착한 평판형 태양열 집열관(A:집열관, B:축열탱크), Bradaris	45
(그림 2.40) 저층부의 발코니에 유리외피를 씌움으로써 입면의 다양성 제공, Bradaris	45
(그림 2.41) 지붕층 부속건물 차양장치에 부착한 PV 모듈, Bradaris .....	45
(그림 3.1) 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스 .....	49
(그림 3.2) 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스 ..	53
(그림 3.3) Method 5000 프로그램의 흐름도 .....	58
(그림 4.1) 단지 배치도 .....	61
(그림 4.2) 남측입면 .....	61
(그림 4.3) 북측입면 .....	61
(그림 4.4) 남측입면 .....	62
(그림 4.5) 북측입면 .....	62
(그림 4.6) 단위세대 내부 모습 .....	62
(그림 4.7) 기존 단위세대 평면 .....	63
(그림 4.8) 서울지역의 연간 일조시간 .....	64
(그림 4.9) 방위각이 12°E일 때, 집열면의 경사각에 따른 연간 총 일사량 비교 .....	65
(그림 4.10) 일사획득을 고려하지 않은 기존 공동주택 단위세대의 월간 난방부하 ..	68
(그림 4.11) 기존 공동주택 단위세대의 일사 획득량과 그때의 월간 난방부하 ..	69
(그림 4.12) 기존 공동주택 단위세대의 태양에너지 이용율 .....	69
(그림 4.13) 월별 급탕사용 패턴 .....	71
(그림 4.14) 대상 건물의 시간당 필요 급탕부하(1월 기준) .....	72
(그림 4.15) 부착온실 역할을 담당하는 남향면 발코니 확장 위치 .....	75
(그림 4.16) 벽면상의 PV모듈의 부착 가능 위치 분석(춘·추분 음영기준) .....	79
(그림 4.17) 하지와 동지의 일사 유입을 고려한 부착온실 단면 개념도 .....	80
(그림 4.18) 방위각이 0°일 때 경사각에 따른 태양열 의존율 .....	81
(그림 4.19) 방위각이 12°E일 때 경사각에 따른 태양열 의존율 .....	82
(그림 4.20) 집열 면적에 따른 태양열 의존율 .....	84

(그림 4.21) 축열탱크 용량에 따른 태양열 의존율 .....	85
(그림 4.22) 태양열 집열관의 배치 .....	86
(그림 4.23) 집열관 설치를 위한 경사형 지붕의 단면 .....	87
(그림 4.24) 태양열 급탕시스템 평면도 .....	87
(그림 4.25) 태양열 급탕시스템 다이어그램 .....	88
(그림 4.26) 태양에너지 이용 시스템의 부착 개념 .....	89
(그림 4.27) 부착온실개념의 발코니 확장, 태양열 집열관 설치 및 PV모듈을 부착한 변경 후 입면 .....	90
(그림 4.28) 부착온실을 설치한 리모델링 이후 단위세대의 태양에너지 이용율	92
(그림 4.29) 리모델링 전후의 실내 자연실온 변화 비교 .....	93
(그림 4.30) 리모델링 전후의 월별 일사 획득량 비교 .....	93
(그림 4.31) 리모델링 전후의 일사획득을 고려한 월별 난방부하 비교 .....	94
(그림 4.32) 리모델링 전후의 연간 총 일사 획득량과 이를 고려한 난방부하 비교 .....	94
(그림 4.33) 서울지역 기후데이터 생성 .....	95
(그림 4.34) 월별 태양에너지 이용율 .....	97
(그림 4.35) PV DesignPro Output .....	99
(그림 4.36) PV 모듈에 의한 월 평균 1일 발전량 .....	99

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

산업 발달에 따른 화석에너지의 무분별한 이용으로 대기오염과 지구온난화 등의 환경 문제가 발생하게 되면서, 지속가능한 개발에 대한 개념이 세계적인 이슈로 등장하였다. 지속가능한 개발을 위해서 세계 각국의 온실 가스 배출량을 1990년 수준으로 규제하려는 세계기후변화협약과 같은 국제적인 움직임이 진행되고 있음에 따라, 자원과 에너지 절약을 통해 자연환경을 보존하기 위한 지속가능한 발전의 개념이 건축에서도 점차 확산되어가고 있다. 또한 세계적으로 총 에너지 소비의 1/3 이상을 차지하고 있는 건축분야에서 환경친화적인 건축을 통해 이를 해결하려는 노력이 필수적이다.

1980년 말 시작된 주택 200만호 건설로 인한 대규모 주택공급 영향으로 양적인 팽창 위주로 건설되어온 공동주택은 앞으로 구조, 방법, 방재 등의 물리적 요구와, 생활 패턴의 변화 등으로 인한 사회적 요구, 설비 노후화에 따른 기능적 요구, 자산 가치로서의 경제적 요구를 충족시키지 못하는 재고물량으로 남게 될 가능성이 크다. 또한 구조성능의 증가로 물리적 사용기간이 길어짐에 비해 사회적 요구는 빠르게 증대하고 있어 각 요구에 대한 시간차가 발생하고 있다. 이에 따라 최근 사회적인 요구를 충족시킴과 동시에 재건축에 비해서 짧은 공사기간 안에 완료하여 경제적 가치를 다시 높일 수 있는 리모델링에 관심이 모아지고 있다.

리모델링은 ‘주택의 재활용’의 개념으로 보아 에너지 낭비와 환경오염을 줄일 수 있다. 기존 건축물을 재사용함으로써 재건축에 비해 환경친화적인 성격을 가지고 있지만, 단순히 성능개선 및 주거환경 개선을 통한 이익 증대를 목표로 하기보다는 계획 · 시공 및 유지 관리 단계에 있어 환경부하를 최소화할 수 있는 방안을 고려한다면 일반적인 리모델링 보다 더 향상된 친환경성을 얻을 수 있다.<sup>1)</sup>

리모델링의 유형에는 구조적, 기능적, 미관적, 환경적, 에너지 성능 개선 등이 있지만, 그 중에서도 리모델링의 궁극적인 목적이 건물의 가치 향상을 통한 경제성 확보라고 할 때, 환경적 성능 개선과 에너지 성능 개선은 건물의 Life Cycle Cost를 결정하는 가장 중요한 요소가 된다. 이러한 측면에서 에너지 성능개선은 가장 비중이 크며, 자원 절약 및 환경 보존의 측면에서 볼 때, 환경친화적인 성격이 두드러진다.

---

1) 이태구, “지속가능한 개념의 생태적 리노베이션”, plus, 2000. 6

특히, 우리나라는 총 소비 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있어, 대체에너지의 개발과 보급의 필요성이 강조되고 있으며, 대체에너지를 이용함으로써 이산화탄소 절감이나 자원절약 및 환경보존의 목표를 달성할 수 있다. 태양에너지, 지열에너지, 풍력에너지, 바이오매스, 해양에너지 등과 같은 대체에너지 중에서도 특히 태양에너지는 지역별 차이가 거의 없으며 태양에너지를 적용한 리모델링 구법은 건축 계획적 요소와 통합할 수 있다는 이점이 있다. 그러나, 국내에서는 태양에너지를 이용할 수 있는 충분한 여건을 갖추고 있음에도 불구하고, 실제 공동주택에 태양에너지를 이용한 사례가 미비하며, 그에 대한 연구도 시작단계에 불과하다.

따라서, 본 연구에서는 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획에서 태양에너지를 이용한 시스템을 적용할 때에, 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경 친화적 리모델링 계획 프로세스를 도출하고, 대상지를 선정하여 프로세스에 따라 다양한 태양에너지 시스템을 적용함으로써, 태양에너지 시스템을 건축설계요소로서 통합해가는 과정과 그 결과, 기존 공동주택에 비해 개선된 점을 계획적인 면과 정량적인 평가를 통해 살펴보았다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 환경 친화적 리모델링 계획에서 태양에너지를 이용한 시스템을 적용하기 위해 이론 고찰 및 기존의 연구문헌을 통하여 국내 태양에너지를 이용한 공동주택의 특징 및 계획요소와 사례를 조사하고 이를 토대로 친환경 리모델링의 계획 프로세스를 제안하였다. 또한, 그 과정에 따라 국내 노후 공동주택 중 한 개 동을 선정하여 사례연구를 실시하였다.

본 연구의 내용 및 방법을 요약하면 다음과 같다.

(1) 공동주택의 환경 친화적 리모델링 및 태양에너지 이용 방안에 관한 이론고찰 및 사례조사

· 공동주택의 환경 친화적 리모델링에 관한 기존 문헌을 고찰함으로써 환경친화적 리모델링의 목표와 이에 따른 태양에너지 적용 필요성을 검토하였다.

· 태양에너지의 이용 방안을 자연형 태양열, 설비형 태양열, 태양광 발전 시스템의 세 부분으로 나누어 각각의 유형 및 특징에 관한 이론을 고찰하여 건축 계획

요소로서의 특성을 살펴보았다.

- 태양에너지의 이용 시스템을 공동주택의 리모델링에 통합적으로 적용한 해외 사례를 조사·분석하여, 설계 기법과 적용 기술 요소를 살펴보았다.

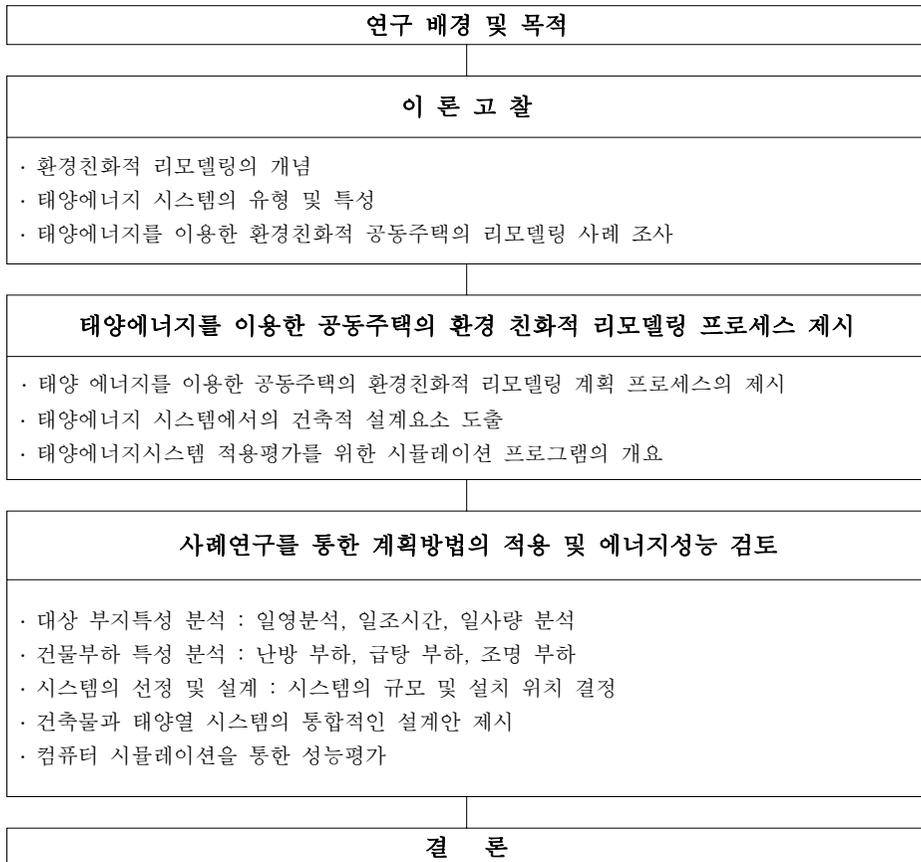
## (2) 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경 친화적 리모델링 계획 프로세스 제시

기존 리모델링 프로세스와 환경친화적 리모델링 프로세스를 비교 분석하고 이론고찰 및 사례조사 분석 결과를 토대로, 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경 친화적 리모델링 계획 프로세스를 제안하였다.

## (3) 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 사례연구

- 본 연구에서 제시한 설계 프로세스를 바탕으로 서울 시내 건축경년 20년이 지난 노후 아파트 한 개동을 선정하여, 태양에너지를 이용한 공동주택의 리모델링 계획을 실시하였다.
- 대상 건물의 건축적 특성과 태양에너지를 이용하기 위한 필수 조건인 일사특성을 분석하였고, 태양에너지 시스템을 적용하기 위하여 건물의 부하를 분석하였다.
- 리모델링의 특성 및 일사, 부하특성에 적합하도록 태양에너지 시스템을 선정하고 설치 규모 및 위치, 형태를 계획하여 태양에너지 시스템을 건축 요소로서 건물에 통합시키는 방안을 제시하였다.
- 대상지에 적용한 태양에너지 시스템별로 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 통해 에너지 성능을 평가하여 기존의 공동주택과 비교했을 때 얼마만큼의 에너지를 절약할 수 있는지 검토하여 실용성과 적용가능성을 확인하였다.

연구의 흐름은 (그림 1.1)과 같다.



(그림 1.1) 연구 흐름도

## 제 2 장 태양에너지를 이용한 공동주택의 리모델링 이론고찰

### 2.1 공동주택의 환경친화적 리모델링

#### 2.1.1 환경친화적 리모델링

##### (1) 리모델링의 개념<sup>2)</sup>

리모델링은 건물의 성능을 개선하여 거주자의 생산성과 쾌적성·건강을 향상 시킴으로써 건물의 가치를 상승시키고 경제성을 높이는 것을 의미하는데 ‘수리’의 의미를 갖는 개보수를 포함하면서 동시에 건물의 가치를 향상시키는 것을 말한다. 건물의 리모델링은 구조적 리모델링(Structural performance Remodeling), 기능적 리모델링(Functional Performance Renovation), 미관적 리모델링(Aesthetic Performance Remodeling), 환경적 리모델링(Environmental Performance Remodeling), 에너지 성능개선 리모델링(Energy Performance Remodeling)의 다섯 가지 유형으로 분류할 수 있으며, 이러한 리모델링의 여러 유형은 다른 분야에도 영향을 미치게 된다. 예를 들어, 에너지 성능개선을 위한 리모델링 기법은 설비시스템 뿐 아니라 환경적인 성능과도 직결되며, 건물 외피의 에너지 성능개선은 건물의 미관적인 성능 및 기능적 구조적 성능과도 연결된다. 따라서 리모델링 계획에는 여러 분야의 전문가들이 참여하여 건축 전반을 고려하는 통합적인 접근이 필요하다. 리모델링을 실시함으로써, 에너지 소비를 줄이고 자원을 절약할 수 있으며, 따라서 CO<sub>2</sub>발생량이 줄어들게 되어 환경 보전에 기여할 수 있다. 또한, 신축건물 위주의 건축시장을 기존 건물에까지 확장할 수 있으며, 고용 창출을 꾀할 수 있다.

##### (2) 환경친화적 리모델링

지속가능한 개발 개념과 온실가스 배출량을 규제하는 세계기후변화 협약 등 지구 환경 보존을 위한 국제적인 노력이 진행됨에 따라 건축 분야에서도 자원을 절약하고 에너지를 절약하여 자연환경을 최대한 보존하고 오염을 최소화시키기 위한 해결방안이 요구되고 있다. 이에 따라 건축 개발에 있어서도 환경적으로 지속가능한 방식으로 접근하는 대안이 필요하며, 노후 건축물에 대한 해결방안 역시 새로운 에너지를 소비하고, 폐기물을 발생시키는 기존의 방법이 아닌, 건물

---

2) 이언구, “환경친화적 건물 성능개선의 개념과 필요성”, 건축, 2000.7, pp. 13~14

의 성능이 환경친화적으로 개선되면서 동시에 환경에 대한 부정적인 영향을 최소화할 수 있는 방안이 모색되어야 할 것이다.

공동주택의 환경친화적 리모델링은 건축 행위와 함께 계획 방법, 재료의 선택, 관리 및 운영의 측면에서도 보다 적극적으로 환경영향을 감소시키고 지속적인 개발을 지향하는 건축행위를 의미한다.<sup>3)</sup> 이러한 측면에서 앞서 살펴본 리모델링의 5가지 유형 중에서 환경적 리모델링과 에너지 성능개선 리모델링에 초점을 맞추어 살펴보아야 할 필요가 있다. 환경적 리모델링이라 함은 열 환경, 빛 환경, 공기 환경 및 음 환경과 같이 거주자의 쾌적성 및 건강과 직결된다. 에너지 성능 개선 리모델링은 경제성과 직결된 건물의 에너지 소비와 관련된 사항으로써 건물의 운영 및 유지 보수 단계에서 소비되는 비용을 포함한 Life Cycle Cost를 결정하는 가장 중요한 요소이다.

따라서 환경과 에너지 성능에 초점을 맞춘 리모델링을 시행함으로써 자원절약과 환경보전의 효과를 얻을 수 있게 되며, 환경비용도 절감할 수 있다. (그림 2.1)은 환경친화적인 리모델링이 일반적인 리모델링에 비해 경제적이라는 사실을 도식적으로 비교하여 보여준다.

(그림 2.1) 리모델링 주기의 비교

환경친화적 리모델링은 일반적인 리모델링에 비해 2차 리모델링 혹은 재건축 시기까지의 기간을 늦출 수 있다. 건물의 수명을 연장하게 됨으로써 추후 들어가는 비용을 절감할 수 있게 되는 것이다. 건물의 수명이 길어지게 되면, 2차 리모

---

3) 임미경, “공동주택의 환경친화적 리모델링 계획에 관한 연구” 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, p.38

텔링이나 재건축에 사용하는 자원과 에너지를 절약할 수 있으며, 폐기물의 양 또한 줄어들게 됨으로써 지속가능한 개발 개념에 부합할 수 있다.

공동주택의 환경친화적 리모델링을 보다 효과적으로 시행하기 위해서는 계획 목표를 설정해야 하는데 환경성, 경제성, 쾌적성, 적용성의 4가지 개념을 환경친화적 리모델링의 기본 목표로 설정한다.<sup>4)</sup>

### 1) 환경성(Environment)

리모델링은 기존 구조체의 재사용이라는 이점을 바탕으로, 리모델링 계획단계에서 시공 후 건물사용에 이르기까지 건강하고 쾌적하며 에너지 및 자원의 사용으로 인한 환경영향을 최소화하는 것을 목표로 한다.

- 자연환경의 보존 : 건축 자재의 재사용 및 재활용을 통해 천연 자원을 절약할 수 있으며 폐기물의 양을 감축시킬 수 있다. 또한 리모델링 계획 시에 자연에너지 및 재생에너지를 활용함으로써 CO<sub>2</sub>발생량을 최소화 할 수 있다.
- 자연환경과의 연계 : 자연친화적인 외부공간과 실내 녹화를 통해 건물 내외부에 자연환경과의 연계가 이루어질 수 있도록 계획함으로써 건물의 재실자가 자연적인 요소와 접할 수 있다.

### 2) 경제성(Capital Cost)

리모델링 사업이 수행되기 위한 기본 전제 조건인 경제적인 이익과 환경적 이익이 포함되는 개념으로 전체 건축 비용에 대한 설계 대안의 경제성을 의미한다.

- 에너지절약 : 효율적인 유지관리 및 자동제어를 통해 시스템을 효율화하고, 자연형 설계를 통한 냉난방, 조명 에너지를 절약할 수 있는 방안을 제시하여 에너지 절약을 달성할 수 있다.
- 사업성의 제고 : 리모델링을 위한 세제 혜택 및 인센티브 지원과 또한 리모델링 계획 시 새로이 적용하는 대체에너지 기술에 대한 지원 및 ESCO를 통해 사업성을 높일 수 있다.

### 3) 쾌적성(Comfort)

거주자의 안전한 주거 생활 보장을 목적으로 하여 건축 외부 환경 및 실내 환경의 건강과 쾌적성 증진을 목표로 한다.

- 쾌적한 실내환경 : 거주자의 특성을 고려한 평면계획과 쾌적한 실내 열환경, 빛 환경, 음환경 및 공기환경을 조성한다.
- 안전한 주거환경 : 고령자 및 장애자를 배려하며 환경친화적 건축재료를 사용

---

4) 이수연, “공동주택의 환경친화적 리모델링 계획방법에 관한 연구”, 한국태양에너지 학회지, 2003

한다.

- 공동체 활성화 : 공동체 활동 공간, 거주자 모임을 마련하고, 자발적 분리수거, 효율적인 운영관리 및 지속적인 교육을 실시한다.

#### 4) 적용성(Easy of use)

설계 기술요소가 설계과정이나 시공 상에서 얼마나 쉽게 적용될 수 있는지에 대한 평가적도로 현재 기술개발 수준과 실효성에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 적용가능 : 쉽게 적용할 수 있는 리모델링 기술요소
- 단계별 적용 : 장기적인 안목에서 타당성이 있는 리모델링 기술요소
- 추후 적용 : 추후 기술개발이 요구되는 리모델링 기술요소

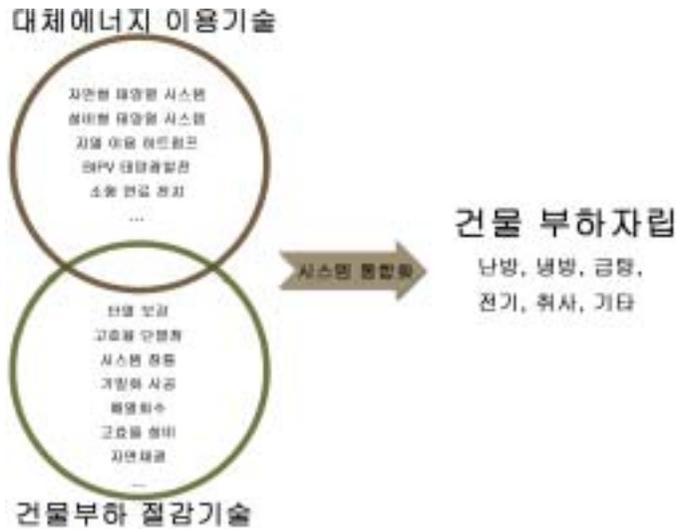
#### (3) 환경 친화적 리모델링과 태양에너지 이용기술

환경친화적 리모델링을 위한 방법론 중에서 태양에너지를 이용한 계획은 자연 에너지 및 재생에너지를 활용함으로써 CO<sub>2</sub>발생량을 최소화하며 자원을 절약하고 건물과 부지에 태양빛을 적극적으로 도입함으로써 자연환경과의 연계가 이루어질 수 있고 재실자가 자연적인 요소와 접할 수 있다. 또한 자연형 설계를 통한 냉난방, 조명 에너지를 절약할 수 있는 방안을 제시하여 에너지 절약의 목표를 달성할 수 있으며 대체에너지 기술에 대한 지원을 적극적으로 이용함으로써 경제성을 높일 수 있다. 또한 실내공간의 쾌적성을 높이고 실제적으로 적용이 가능한 기술요소를 적용함으로써 실효성을 높일 수 있다.

환경친화 건축과 대체에너지의 이용 기술의 관계는 (그림2.2)와 같다.<sup>5)</sup>

---

5) 산업자원부, 에너지관리공단 대체에너지 개발 보급센터, “공공기관 신축 건축물에 대한 대체에너지 이용의무화제도 안내”, 2004



(그림 2.2) 대체에너지 이용 환경친화 건축의 개념

건물부하를 절감시키는 건축 기술에, 대체 에너지 이용기술을 효과적으로 통합함으로써 화석연료의 사용을 줄이는 환경친화 건축을 구현할 수 있다. 그러나 국내에서는 아직 대체에너지를 이용한 구체적인 건축대안이 거의 전무한 상황이다.

특히, 대체에너지 이용기술 중에서도 태양열 냉난방, 태양열 급탕, 태양 전지 등 태양열 시스템의 적용은 건축물의 신축 시점에서는 경제성이 취약하지만 건축물의 LCC 측면에서는 충분한 경제성을 확보할 수 있으며, 지열, 풍력, 소수력과 같은 다른 대체에너지에 비하여 지역적인 제한을 받지 않는다. 또한 건축 계획요소와 통합되어 최첨단 건축물의 이미지와 에너지 절약, 환경 보전의 선도적 역할을 강조하는 경우 건축물의 부가가치를 충분히 향상시킬 수 있다.<sup>6)</sup>

### 2.1.2 공동주택의 리모델링

공동주택은 현재 국내에 건설되고 있는 신축주택 물량의 76.5%<sup>7)</sup>를 차지하고 있으며, 1970년대부터 시작하여 1980년대에 본격적으로 진행된 대규모 주택공급 사업으로 인하여 건축 경년이 15~20년 이상이 된 노후화된 공동주택이 늘어나고 있다. 현재의 공동주택 재고 물량과 앞으로 늘어나게 될 노후 공동주택을 다루기 위한 대안으로 제안되고 있는 리모델링은, 재건축과 비교해 시간적, 경제적으로 유리하며, 에너지와 자원 보존 및 폐기물의 발생을 억제할 수 있는 잇점이 있다.

6) 이원식, “건축 리모델링”, 기문당, 2003. 5

7) 김성식, “아파트 리모델링 시장 전망과 과제”. LG주간경제, 2002.8

그러나, 리모델링은 기존 건축물의 구조체를 재사용 하게 되므로, 계획단계와 시공 방법 등에서 신축과는 차이가 있으며 다양한 건축적 대안 적용에 한계와 제약이 따른다. 즉, 공동주택의 리모델링에 있어서, 신축 공동주택 계획과 같은 설계요소를 리모델링 계획에도 그대로 적용시키기에는 무리가 있다. 리모델링에 제약요건이 되고 있는 우리나라 공동주택의 구체적인 특징 및 문제점은 다음과 같다<sup>8)</sup>.

#### (1) 벽식 철근 콘크리트 구조

우리나라 공동주택 대부분은 세대간벽이 내력벽으로 구성되어 있으며, 1980년 이후 지어진 공동주택은 대부분 벽식 철근콘크리트 구조로 이루어져 있다. 이에 따라 내부공간을 거주자의 요구에 따라 변화하기 어려우며, 구조적인 문제 및 입주자들의 동의 문제가 직접적으로 연결되어 있어 내부공간의 변경 뿐 아니라 향후 확장과 증축공사가 어려워 리모델링 공사시행 시 어려움이 있다.

또한 접합 부분의 구법이 다양화 되지 못하고 현장에서 콘크리트로 일체화시키는 시공이 일반화 되어왔다. 즉, 외벽체와 창문 및 출입문의 접합, 바닥 온돌 및 벽체와 화장실 등의 배관접합, 내부 벽체와 내부 문 등의 접합부분이 앵커나 용접, 몰탈 등으로 이루어져 어느 한 부분의 리모델링이 요구될 경우 용이하게 해체할 수 없는 구법으로 이루어져 있다.<sup>9)</sup>

#### (2) 구조체와 일체화된 난방방식(온돌구조)과 배선

우리나라는 전통적으로 좌식생활로 인한 온돌난방을 사용하고 있으며 이는 주거형태가 아파트로 바뀌어도 계속 유지되어 공동주택의 난방은 습식 온돌구조의 난방방식, 즉 바닥 온수코일 난방 시스템으로 설계되어 있다. 따라서 매립된 배관이 노후화 되어 부식되었을 경우 바닥의 콘크리트 전체를 깨고 다시 공사를 해야 하는 등 배관 교체가 어렵다. 전기 설비 또한 구조체 속에 매립되어 있어 교체나 증설이 쉽지 않다.

#### (3) 공용설비의 문제점

공용 설비 공간이 세대 내에 위치하고 있어 하자가 발생할 경우 각각의 주호를 모두 점검하여야 하며, 다른 세대까지도 공사에 따른 영향을 받게 된다. 공용배관의 공간이 협소하고 점검이나 보수를 위한 점검구도 확보되어 있지 못하며, 바닥이나 천정에 새로운 설비를 추가·교체할 경우 낮은 층고 때문에 설비 교체 및 용도변경이 어려운 실정이다.

#### (4) 재료와 부품의 혼재

8) 최철주, “노후공동주택의 친환경적 리모델링에 관한 기초연구”, 중부대학교 산업과학대학원, 2001.12

9) 김수암, “리모델링을 고려한 공동주택의 계획과 설계”, 하우징 사이버 논단, 2000.8

주동 전체에 수명이 각기 다른 수많은 재료와 부품이 혼재되어 설계·시공되고 있다. 이로 인하여 한 부분이 노후화 되거나 문제가 발생하게 될 경우, 다른 부재나 부품에 영향을 미치게 되므로 영향을 받는 광범위한 부분을 모두 검토해야 하는 어려움이 있다. 특히 수명이 가장 긴 구조체 속에 수명이 짧은 급배수 배관 및 배선배관을 매입함으로써 교체 시 문제점이 발생하게 된다.

#### (5) 단위세대의 점유형태

공동주택 점유형태가 개인소유 및 전세제도가 일반화 되어 있어 공용부분 리모델링에 관한 합의 및 동의를 얻기 어려우며 각각의 계약기간이 다르므로 리모델링 공사를 시행할 경우 소음, 먼지, 주민안전에 대한 민원이 제기될 수도 있다.

## 2.2 태양에너지를 이용한 시스템의 유형 및 특성

태양에너지(Solar Energy)의 이용기술은 크게 태양열과 태양광을 이용하는 두 가지 기술 분야로 구분된다. 태양열 에너지를 이용하는 기술은 자연형 태양열설계나 태양열 급탕시스템 및 태양열 냉난방 시스템과 태양열발전 등이 있으며 태양광 에너지 이용기술은 자연채광 기술과 광전변환소자를 이용하여 전기를 생산하는 태양전지 등이 있다.

태양에너지는 석유나 가스, 전기등과 달리 에너지원에 대한 별도의 비용이 들지 않으며, 환경을 오염시키지 않는 무한정한 자원이다. 그러나 밀도가 낮아 태양에너지를 이용하기 위해서는 넓은 면적이 요구되며, 집광·집열 장치를 사용해야 한다. 야간이나 흐린 날에는 태양에너지를 이용할 수 없기 때문에 태양에너지를 효율적으로 이용하기 위해서는 경제적이고 신뢰성 높은 열저장 시스템을 개발하여야 한다.

풍력이나 수력, 조력, 바이오매스 등과 같은 다른 대체에너지와 비교했을 때 태양에너지의 가장 큰 특징은 지역적인 편재성이 없어 국내 어느 곳에서도 이용이 가능하다는 점과 건축 계획 요소로서 건축물 설계에 통합적으로 적용할 수 있다는 점이다. 태양에너지 시스템은 집광·집열부(collector element)와 축열·축전부(storage element) 및 이용부(use element)로 구성되며 건축물에 시스템을 통합할 경우 이 요소들이 건축 공간 및 미적요소, 시공기술과 조화를 이루도록 계획해야 한다.

### 2.2.1 자연형 태양열 시스템

자연형 태양열 시스템은 집열부나 열의 이동에 기계적 설비를 사용하지 않고

건물의 구조체를 이용하며 대류, 전도, 복사의 자연현상에 의존하는 방법이다. 자연형 태양열 시스템은 설비형 시스템에 비하여 경제성이 높고 신뢰도가 우수하며, 수명이 반영구적이고, 관리가 용이하며, 특히 건축의 다른 디자인요소와 조화를 이룰 수 있는 장점을 갖고 있다.<sup>10)</sup>

### (1) 자연형 태양열 시스템의 특성

자연형 태양열 난방 시스템의 구성과 특성은 다음과 같다.

- 집열부는 일반적으로 남향의 투명한 유리면이다.
- 축열부는 축열용량이 큰 물 또는 구조체(콘크리트, 벽돌, 모래, 타일, 돌 등)를 사용한다.
- 이용부는 건물에서 재실자가 주로 거주하는 실내공간이다.
- 열 조절을 위해 통기구(vent), 댐퍼(damper), 가동 단열 및 차양 장치 등이 부수적으로 사용될 수 있다.

자연형 태양열 시스템은 주로 난방을 위해 사용되지만, 여름철에 과열을 방지하고 냉방효과를 도모할 수 있는 방법으로써 차양장치, 자연환기와 함께 고려해야 한다. 적용 원리에 따라 직접 획득형, 간접 획득형, 분리 획득형으로 구분할 수 있으며, 적용 방법에 따른 분류로는 직접획득방식, 축열벽 방식, 축열 지붕 방식, 부착 온실 방식, 자연대류방식, 혼합형으로 나눌 수 있다. 공동주택에 적용가능한 주요 시스템의 원리를 살펴보면 다음과 같다.

#### 1) 직접획득 방식(Direct Gain)

[여름]

[겨울]

(그림 2.3) 직접획득 방식 개념도

---

10) 이상우 외, “건축 환경 계획론”, 태림문화사, 1996

복사열이 생활공간을 통과해 축열체에 저장되는 방식으로 생활공간은 햇빛에 의해 직접 가열되면서 집열부 역할을 하게 된다(그림 2.3). 이 방식에서 기본적으로 요구되는 사항은, 남측에 배치된 실에 일사유입을 방해하는 요소가 없어야 하며 실내에 열을 저장하기 위한 축열체가 필요하다. 축열체로는 주로 바닥과 벽을 주로 이용하고, 벽이나 천장에 반사시켜 축열효과를 기대할 수 있으며, 별도의 축열체를 구성하여 이용할 수도 있다.

직접적으로 일사가 생활공간에 유입되므로 현회와 같은 시각적인 문제가 없도록 계획하는 것이 중요하다. 실내의 열 이동을 제어하는데 어려움이 있으며 하절기 실내과열을 막기 위해서는 적정 길이의 차양을 설치하거나 맞통풍을 유도하여 열을 실외로 내보낼 수 있도록 해야 한다.

우리나라의 기후조건에서 집열창의 면적은 난방바닥 면적 1㎡당 0.19~0.29㎡, 축열체의 두께는 10cm이상이어야 하며, 축열체의 면적은 집열 면적의 3배 이상이 필요하고 야간 단열재의 설치가 필수적이다.<sup>11)</sup>

## 2) 축열벽 방식(Thermal Storage Walls)

[여름]

[겨울]

(그림 2.4) 축열벽 방식 개념도

간접획득방식의 일종으로, 축열체가 직접 태양으로부터 열을 받아들여서 열에너지를 저장하여 생활공간으로 전달하는 방식이다(그림 2.4). 남향의 축열벽에 접해 집열창을 설치하는 것으로서, 특히 전면에 발코니가 설치되지 않은 벽체를 리모델링할 때 적용이 가능하다. 축열벽체는 주로 집열을 위해 계획되기 계획되므로 벽체 일부에 채광 및 환기창을 설치할 수도 있다. 하절기에는 차양과 자연환기를 통해 과열을 방지해야한다.

우리나라의 기후조건에서 축열벽 시스템의 집열창 면적은 난방바닥 면적 1㎡

11) 김정중, “자연형 태양열 아파트 건축계획에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 1986.11, pp.27

당 0.37~0.66m<sup>2</sup>, 축열체의 두께는 콘크리트의 경우 30~45cm, 벽돌의 경우 25~35cm이며 야간 단열재를 필수적으로 설치해야 한다.

### 3) 부착온실 방식(Attached Sun Spaces)

[여름]

[겨울]

(그림 2.5) 부착온실 방식 개념도

부착온실방식은 거주공간과 분리된 별개의 공간에 태양복사 에너지를 받아들여 저장해 두었다가 다음에 분배할 수 있도록 하는 방식으로서, 공동주택의 남측발코니에 적용이 가능하다(그림 2.5).

온실의 집열창은 유리를 사용하며, 온실과 실 사이의 벽은 축열 용량이 큰 벽돌이나 콘크리트 등의 재료로 설치해야 하며, 집열부와 축열부인 온실과 실내공간사이에 기계적인 설비를 적용하여 열을 순환시킬 수도 있다. 하절기에는 차양과 자연환기를 통해 과열을 방지해야 한다.

우리나라의 기후조건에서 부착온실의 집열창 면적은 난방바닥 면적 1m<sup>2</sup>당 0.65~1.17m<sup>2</sup>이며, 축열체의 두께는 콘크리트의 경우 30~45cm이고 벽돌의 경우 25~35cm이다.

### (2) 자연형 태양열 시스템의 적용 사례 (Lievre d'Or - Dreux, France)

#### 1) Lievre d'Or 주택단지의 리모델링 개요 및 목표

Lievre d'Or는 1965~1967년 사이에 지어진 593개의 주거단위, 4~8층의 아파트로 구성된 19개의 주택단지이다. 1979년에 고가의 난방비용과 사회적·물리적 환경의 악화로 거주자들의 이주가 잦아지면서, 주택단지 소유자와 OPHAM (Office Public d'Habitations a Loyers Moderes)에 의해 광범위 리모델링이 실시되었다. 이 프로젝트는 단열보강과 함께 부착온실과 축열벽 시스템을 도입했고, 주택단지 외관의 향상과 난방비용 절감이라는 두 가지의 주요 목적을 갖는다.

## 2) 적용기술

### ① 자연형 태양열 시스템 적용을 통한 리모델링

- 남향 파사드의 부착온실 증축, 축열벽 형태의 구조 및 창면적 확장
- 남향에 면한 실(38세대)의 증축과 2중 유리를 이용한 창면적 확대
- 남향에 면한 아파트(141세대)에 부착온실 추가
- 남향 면의 축열벽 구조

부착온실은 분리 시공되었으며 6m<sup>2</sup>~8m<sup>2</sup> 사이의 single glazing과 알루미늄 프레임으로 지어졌다. 부착온실은 벽과의 완충공간(buffer zone)을 제공하고, 아파트의 실내와 덧붙여진 공간으로서 유입되는 공기를 예열한다. 여름철의 과열은 차양지붕을 이용함으로써 감소시켰다(그림 2.6).

축열벽을 설치하여 32세대에 태양열을 이용한 난방을 한다. 아파트 외벽은 검은색으로 칠하고, 내부는 단열하였다. 집열관을 통해 유입된 뜨거운 공기는 자동조절이 가능한 배출구를 통해 아파트 실내로 들어오게 된다. 여름에는 뜨거운 공기는 상부 배출구를 통해 빠져나가도록 한다(그림 2.8).



(그림2.6) 리모델링 전후의 외관, Lievre d'Or



(그림2.7) 평면상에서의 부착온실 위치, Lievre d'Or



(그림 2.8) 축열벽의 설치 모습, Lievre d'Or

## ② 에너지절감을 위한 리모델링 요소

- 보일러와 제어장치, 자동 온도조절 난방 밸브 등 열환경 시스템의 리모델링
- 지붕, 바닥, 벽체의 단열 강화
- 2중 유리창(pairglass) 설치
- 창과 문의 기밀성 향상
- 부엌과 욕실 배기 시스템의 설치

## (3) 시스템 적용의 효과

자연형 태양열 기법을 이용한 리모델링에 의해 외관이 향상되었으며, 새로운 난방 시스템과 단열성능 개선으로 1980년~1983년 사이에 연료 소비가 48% 감소한 것으로 나타났다. 또한 부착온실이 있는 주거단위에서는 리모델링 전과 비교할 때 에너지 소비가 55%까지 절약될 것으로 추정되었다. 이는 부착온실을 통한 유입공기의 예열과 단열효과에 의한 것이다. 그러나 축열 벽체의 효율은 거의 없는 것으로 나타났다.

## 2.2.2 설비형 태양열 시스템

### (1) 설비형 태양열 시스템의 특성

설비형 태양열 시스템이란 기계적인 동력을 이용하여 강제적으로 태양열을 저장하는 방식으로 지붕에 있는 집열판(solar collector)에서 뜨거워진 물을 펌프를 이용하여 축열탱크(storage tank)로 보내어 열을 저장하고 축열탱크에 있는 물을 이용하여 난방 및 급탕에 사용한다. 흐린 날이 계속될 경우나 혹은 열이 충분하

지 않을 경우를 대비해 보조 열원을 설치해야 한다. 설비형 태양열의 이용은 집열온도에 따라 <표 2.1>과 같이 세분할 수 있다.

<표 2.1> 설비형 태양열 시스템의 활용온도별 특성

구분	저온용(설비형)	중온용(산업용)	고온용(발전용)
활용온도	100℃이하	300℃이하	300℃이상
집열부	평판형 집열기	진공관형 집열기 PTC형 집열기 CPC형 집열기	Dish형 집열기 Power Tower Furnace
축열부	저온축열	중온축열	고온축열
적용분야	건물난방, 온수급탕, 농수산분야	건물냉난방, 산업공정열, 폐수처리	발전, 우주용

저온용 태양에너지 설비는 주로 건물 난방과 온수 급탕에 이용하며, 주거용 건물에 적용이 가능하다. 본 연구는 공동주택을 대상으로 하기 때문에 저온용 태양에너지 설비의 적용분야인 건물의 냉난방과 온수 급탕에 관해 살펴보도록 한다.

#### 1) 태양열 냉난방

설비형 장치는 건물 내의 기존의 HVAC시스템과 직접 연결시킬 수 있다. 현재 널리 사용되고 있는 대표적인 설비형 태양열 냉난방 시스템의 계통도는 그림과 같다.

(그림 2.9) 태양열 냉난방 시스템 개략도

(그림 2.9)에서 볼 수 있듯이 집열기에서 태양복사열을 받아서 열로 전환해 열

매체를 이용해서 수집된 에너지를 축열조로 보낸다. 집열 및 열저장만으로 냉난방을 할 수 없을 때를 대비해 보조 가열기가 필요하다. 필요한 냉난방 요구량을 전부 만족시킬 수 있는 보조가열기를 설치하여 냉난방 요구가 많고 일조가 적을 때에는 보조장치를 사용하는 것이 바람직하다.

건물을 냉방하기 위해서는 우선 난방 할 때 필요한 뜨거운 열을 사용한다. 이 열을 사용하여 리튬-브로마이드 및 암모니아-물 장치와 같은 흡수식 냉동기를 사용하거나 랭킨사이클 등을 이용하게 된다.

## 2) 태양열 급탕

태양열 급탕에서 요구되는 적정온도의 수준은 40~60℃정도의 저온이므로 집열 장치의 가격이 비교적 저가이고 단순하여 생산 및 설치에 경제성이 높으므로 다른 태양열 이용 분야보다 급탕 분야가 보급에 앞서 있다. 연중 내내 급탕부하를 담당할 수 있고, 설치 및 조작성이 단순하기 때문에 다른 태양열 시스템보다 경제성이 높다.

(그림 2.10) 태양열 급탕 시스템 개략도

(그림2.10)은 가정용 급탕장치(Domestic Hot Water System, DHW)에 태양열을 이용하는 방식을 간단히 보여준다. 여름철에는 태양열 저장장치만 가지고도 가정용 급탕부하를 100% 가까이 담당할 수 있다.

## 3) 설비형 태양열 시스템의 구성요소

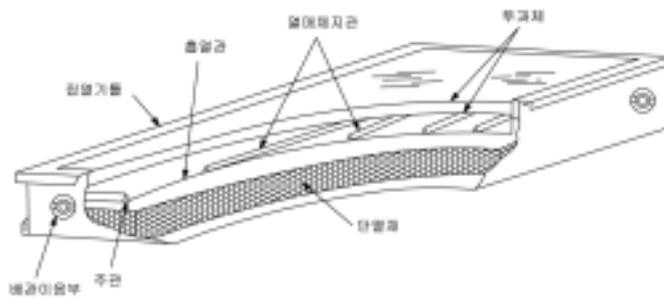
태양열 시스템은 집열기, 축열조, 공기분배장치, 액체순환장치, 보조열원장치,

제어장치로 구성된다.

### ① 평판형 집열기

#### a. 집열기 구조

태양열 집열기는 태양 복사 에너지가 입사되는 것을 보통 가열된 공기나 액체 형태의 유용한 에너지로 전환해 주는 기기로, 여러 가지 형태가 있으나 태양열 난방에서는 평판형 집열기가 주로 쓰인다. 평판형 집열기의 구조는 (그림 2.11) 과 같다.



(그림 2.11) 평판형 집열기의 구조

#### b. 집열기 경사각도

태양열 집열기를 설계할 때 태양광선과 수직이 되도록 경사를 지게 하는 것이 유리하다. 여름에는 집열기를 위도-15°정도로 경사지게 할 수 있다. 여름과 겨울에 똑같이 열을 흡수하고자 하면 집열기의 경사각을 위도와 같이 하는 것이 가장 좋다.

#### c. 집열기의 방위각

북반구에서는 정오에 직접 일사량의 강도가 가장 크기 때문에 집열기는 정남으로 향하도록 해야 한다. 건물의 여건 때문에 정남에서 동쪽이나 서쪽으로 15°정도 벗어나도 전체로 받는 에너지는 크게 변하지 않는다. 정남에서 15°서쪽으로 하면 최고 강도의 시간이 한 시간 늦어진다. 집열기를 남쪽에서 동쪽으로 향하게 하면 오전에 집열량이 증가된다.

#### d. 집열기 크기

집열기의 크기는 사용온수부하로부터 구할 수 있다. 사용 온수부하는 급탕이나 난방에 필요한 열에너지의 크기를 말하며 일사량은 경사면 일사량을 기준으로

한다. 집열 시스템 효율은 집열기 효율과 배관 열손실을 포함한다.

e. 집열기의 효율

집열기의 효율은 (식 2.1)과 같이 실제로 유용한 태양 집열량을 집열면에 조사되는 총열량으로 나눈 값을 말한다. 집열기 효율에 영향을 주는 요소는 흡열판 표면의 도장, 투명 덮개의 개수 및 형태, 집열기 내 유체 흐름의 분배, 유체의 온도, 실외온도, 그리고 집열기 유리판 주위의 태양광선 강도가 포함된다.

$$\eta = \frac{Q_u}{I_t A_c} = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \frac{t_i - t_a}{I_t} \quad (\text{식 2.1})$$

- $Q_u$  : 취득열량
- $I_t$  : 일사량
- $A_c$  : 집열 면적
- $\eta$  : 집열기의 효율
- $F_R(\tau\alpha)$  : 투과 흡수율
- $F_R U_L$  : 열손실 계수
- $I_t$  : 집열면 일사량(kcal/hr·m<sup>2</sup>)
- $t_i$  : 집열기 입구 온도(°C)
- $t_a$  : 외기 온도(°C)

② 축열조

저녁이나 집열이 되지 않는 흐린 날이 계속될 때에도 에너지가 필요하기 때문에 축열이 필요하다. 태양에서 방출되어 집열기에 의해 모아진 에너지가 사용 시점에서 요구하는 양을 넘을 때, 축열조에 열을 저장시킨다. 열저장은 태양열 보조에 의한 온수 급탕을 위해서도 필요하다. 건물의 사용 스케줄에 따른 온수부하 분포에 따른 경제적인 축열조의 크기는 다음 <표 2.2><sup>12)</sup>와 같이 결정할 수 있다.

<표 2.2> 온수 부하 분포에 따른 경제적인 축열조 크기

부하 분포	최소 축열조 크기(단위 집열 면적 당 : m <sup>3</sup> )
7일/주 일정한 주간 부하	20.4~28.6 l/m <sup>2</sup>
5일/주 일정한 주간 부하 (주말 부하 없음)	40.8 l/m <sup>2</sup>
일정한 야간 부하*	71.4~81.6 l/m <sup>2</sup>

12) 한국에너지기술연구원, “태양열 시스템 설계지침”, 2004

- \* 5일/주 에 대해서는 주어진 범위의 최대값 사용
- 7일/주 에 대해서는 주어진 범위의 최소값 사용

축열조는 반드시 비나 바람으로부터 보호될 수 있는 실내에 설치되어야 하며, 지름에 대한 높이의 비가 가능한 한 큰 수직형 원통 탱크가 열적 성층현상을 최대한 이용할 수 있어 효과적이다.

### ③ 공기분배장치

공기식 시스템의 경우 집열기 및 축열 장치로부터 공급된 에너지를 주택 내 각 소비처에 분배하는 장치로서 덕트나 파이프에 의해 온풍이나 온수를 공급하기도 하고 전선을 통해 전기를 공급하는 등의 장치를 말한다.

### ④ 액체순환장치

액체식 시스템의 경우에 집열기와 축열조로부터 열에너지를 나르는 액체의 순환시설을 갖춘 에너지 운송 장치를 갖는다. 이 운송 장치는 또한 집열기와 저장조를 통해 흐르는 열매의 양을 조절한다. 액체 혹은 가스 시스템에서 이 장치는 펌프, 밸브 및 배관 등으로 구성된다.

### ⑤ 보조열원장치

온수 급탕 시스템에서 얻어지는 온수의 온도는 시간에 따라 변하는데 기후변화가 비교적 심한 곳에서는 적당한 크기의 집열기 및 온수탱크를 설치하고 필요할 때에는 보조열원으로 충당하는 것이 경제적이다.

보조열원장치는 태양열 시스템이 운전될 수 없는 기간에 혹은 집열기와 축열조로부터 태양열로 얻어진 온도가 건물의 난방이나 냉방부하를 만족시키기에 충분치 못한 흐린 날들이 계속되는 동안에 사용에 필요한 에너지를 공급해준다. 흐린 날씨가 지속되어 태양열 시스템이 운전되지 않을 때 보조열원장치는 일반적으로 주택의 전체 요구량을 공급할 수 있는 용량을 갖는 것이어야 한다.

### ⑥ 제어장치

제어장치는 시스템을 유지관리하기 위해 감지, 평가 및 반응 기능을 수행하게 된다. 예를 들어 태양열 난방시스템의 경우 주택 내의 온도가 서모스탯(thermostat)에 의해 감지되며 열이 필요하면 분배장치(펌프 혹은 송풍기)를 작동시킨다.

## (2) 설비형 태양열 시스템의 적용 사례(solar buildings at Gårdsten, Sweden)

### 1) solar building계획의 개요 및 목표

Göteborg구역에 있는 Gårdsten에서는 아파트를 포함하여 “Solar Building”이라는 대규모 리모델링 프로젝트가 진행되었다. 서부 Gårdsten지역은 1970년대부터 건축개발이 시작된 곳으로 약 1200가구의 아파트를 포함하고 있다. 6층짜리 발코니가 있는 건물과 3층짜리 계단실형 건물이 있으며 11개 블록으로 되어 있다. “Solar Building” 프로젝트는 이중 세 개 블록에 대하여 수행되었다. 각각의 블록 남쪽에는 발코니형 건물이 있으며 동서쪽에는 계단실형 건물이 있다. 이 프로젝트는 에너지 보존과 재생 에너지의 이용에 초점을 맞추었다.

### 2) 적용 기술 요소

발코니형 건물의 지붕에 급탕부하를 담당하도록 태양열 집열관을 설치하였다(그림 2.12). 태양열에 의해 가열된 물은 건물 지하에 있는 축열조에 저장된다.

발코니가 있는 이 건물의 남향에 유리외피를 씌움으로서 실내로 들어오는 공기가 태양에 의해 가열되도록 하였다(그림 2.13). 저층부에는 대규모의 공공 온실을 계획하여 공공시설을 배치했다.



(그림 2.12) 태양열 집열관 설치 모습,  
Solar Building



(그림 2.13) 남향면의 유리외피  
설치, Solar Building

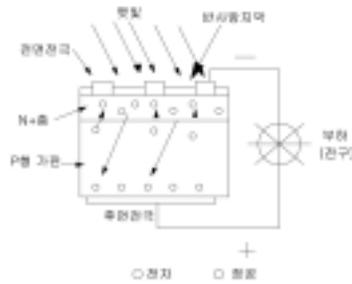
### 3) 시스템 적용의 효과

리모델링 이후, 지역 난방 에너지의 소비는  $270\text{kWh/m}^2 \sim 160\text{kWh/m}^2$ (이전 에너지소비의 40%)까지 감소하였다.

## 2.2.3 태양광 발전 시스템

### (1) 태양광 발전의 개념

태양광 발전이란 태양빛을 이용하여 전기를 생산하는 기술이다. 태양전지는 실리콘으로 만들어지는 반도체소자이며, 서로 다른 전기적 성질을 가진 N형 반도체와 P형 반도체를 접합시킨 구조로 되어 있다. 태양전지에 빛이 닿으면 빛이 전지 속으로 흡수되어 +와 -의 입자를 발생시키고, + 입자는 P형 반도체 쪽으로, - 입자는 N형 반도체 쪽으로 각각 이동하게 되며, 전위차에 의해 전류가 발생한다(그림 2.14).



(그림 2.14) 태양전지의 원리

태양광 발전의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 다른 태양에너지를 이용한 시스템들과 마찬가지로 무한 에너지원이며, 청정에너지이다. 태양전지는 빛을 직접 전기로 변환할 수 있으므로 보통의 발전시스템 같이 발전기를 따로 가동할 필요가 없다. 따라서 환경을 오염시키는 배기가스나 유해물질을 발생시키지 않으며 소음도 없다.
- 사용하는 장소에서 발전을 하므로 발전소에서 전기를 사용하는 장소로 송전이 불필요하며, 조용하고 수명이 길 뿐 아니라 보수가 용이하고 자동화가 가능하다.
- 확산광에 의해서도 발전이 가능하다. 태양열 집열판이 비해 입사각에 비교적 영향을 덜 받으므로 건물의 지붕 및 수직면에도 적용이 가능하다.<sup>13)</sup>
- 건축물에서의 적용성이 뛰어나다. PV모듈은 다양한 색상과 형상으로 제작이 가능하여 전기에너지 생산이라는 본래의 기능 외에도 외벽, 지붕, 창호, 차양 등의 건축외장재로 사용하여 경제성 향상과 함께 다기능적 역할을 수행한다.
- 에너지 밀도가 낮아 넓은 설치면적을 필요로 하고, 일사 조건에 따라 발전 출력이 변하는 등의 태양에너지 자체의 결점을 갖고 있다.

13) 권재홍, “태양광발전의 이해와 산업현황”, 한국태양에너지학회 추계 학술발표대회 논문집, 2003.11, pp. 31

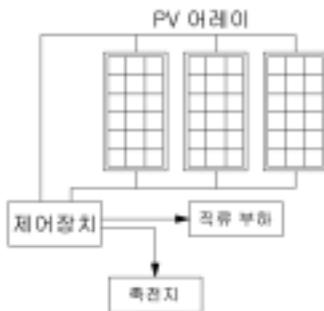
## 1) 태양전지 구성요소

태양전지의 종류에는 실리콘계, 화합물 반도체, Tendem형의 3가지로 크게 구분되며, 현재 쓰이고 있는 대부분의 태양전지는 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 비정질 실리콘 등이다.

태양전지의 제조에 있어서 실리콘 태양전지의 경우 원료 가공공정, 기판제조공정, Cell 제작공정, Module 조립공정을 거쳐 하나의 태양전지 Panel을 만들며, 사용할 때에는 여러 개의 Panel을 조합시킨 Array군으로 만들어 사용한다. 기본적인 태양전지 셀은 극히 작은 양의 에너지만을 생산할 수 있기 때문에, 더 많은 전기를 생산하기 위해서는 모듈 형태로 상호 연결되며, 모듈은 더 많은 에너지 생산하기 위해 어레이로 조합할 수 있다. 이러한 PV의 모듈성 때문에 전력 부하의 크기에 상관없이 설계가 가능하다.

태양광 발전 시스템의 주요 구성 기본 요소는 태양전지 어레이, 직류를 교류로 바꾸는 변환장치(인버터), 전기를 사용하지 않을 때 발생된 전기를 저장하기 위한 축전지와 제어장치, 연계장치가 부수적으로 설치되어야 한다.

## 2) 연계방식에 따른 구분



(그림 2.15) 독립형 시스템



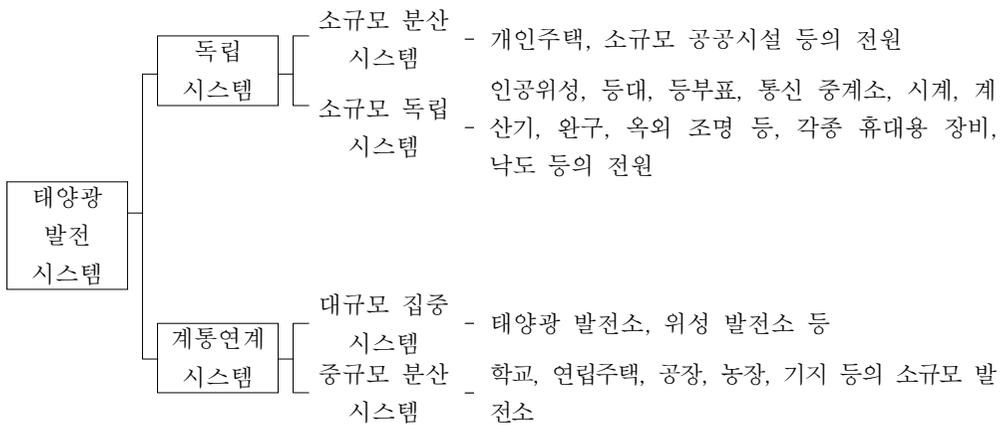
(그림 2.16) 계통 연계형 시스템

### ① 독립형 태양광 발전 시스템

독립형 시스템은 도서 및 산간벽지, 무인등대, 인공위성 등에 사용하며, 축전지나 인버터를 이용하여 AC부하 또는 DC부하에 전력을 공급하는 시스템으로 (그림 2.15)는 독립형 시스템의 다이어그램을 보여준다.

## ② 계통 연계형 태양광 발전 시스템

태양광 발전 시스템의 출력은 일사량에 의존하고 야간이나 우천 시에는 발전이 되지 않으며, 일사량 피크와 전력 수요 피크가 일치하지 않기 때문에 발생 전력을 저장하거나 또는 계통선 전력망과 연계시킬 필요가 있다. 계통 연계형 시스템은 유지 보수가 간단하고 고가의 축전설비가 필요 없으며, 시스템 효율이 높기 때문에 주택용 PV 시스템으로 사용하기에 적합하다. (그림 2.16)은 계통 연계형 시스템의 다이어그램을 보여준다.



(그림 2.17) 태양광 발전 시스템 이용형태에 따른 시스템 분류

## 3) BIPV 시스템의 특성

PV를 건축물의 외피 마감 재료로 대체하는 건물통합형 또는 건물일체화 PV를 BIPV (Building Integrated Photovoltaic)라 하며, 이에 대한 기술개발이 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 건물 외피를 구성하는 요소로서 통합된 PV 시스템은 전력생산이라는 본래의 기능 외에 건물 외피재료로서의 새로운 기능을 추가함으로써 PV시스템의 설치에 드는 비용을 절감하는 이중효과를 기대할 수 있다. 또한 기존의 독립형 PV시스템과 같이 설치공간을 위한 별도의 부지확보가 필요 없기 때문에 경제적인 측면에서 더욱 유리하다.

PV 모듈을 건축에 일체화하여 적용할 수 있는 건물 구성요소는 커튼월, 천창, PV 지붕타일, 투명 PV창호, 발코니 난간 등 매우 다양하다. 이와 같이 건물의 마감 재료로서도 사용되지만 루버나 오버행과 같은 차양 장치로서도 적용이 가능하고, 천창의 일사여과장치 역할을 함으로써 건물의 냉방부하를 절감할 수 있

기 때문에, 건물의 전체적인 에너지 성능 및 쾌적성을 향상시킬 수 있다.

또한 다른 태양에너지 이용 시스템과 같이 BIPV를 적용한 건물은 최첨단 건물의 이미지와 에너지 절약 및 환경보전의 역할을 담당하는 건물로 인식되어 건물의 부가가치를 향상시킬 수 있다. BIPV 시스템의 특성이 경제성을 확보하기 위해서는 규격의 표준화, 주변 자재와의 조화, 구조적 안정성 등이 확보되어야 한다.

건축물에 설치되는 BIPV 시스템은 독립형 PV시스템과는 달리 건물이라는 특수한 조건과 결합되어야 하기 때문에 독립형 시스템에서는 포함되지 않았던 고려변수들이 추가된다. 또한 에너지 성능의 극대화만이 설계의 최대목표가 될 수 없으며, 계획의 전 과정에 걸쳐 종합적인 요소가 반영되어야 한다. 이와 같이 BIPV 시스템은 건물과 일체화하여 설계 단계에서부터 건축의 구조와 기능 및 형태를 고려한 통합시스템으로 계획되어야 한다.

#### 4) BIPV 건축 설계를 위한 기술적 고려요소<sup>14)</sup>

##### ① 태양 접근성과 최적 설치각도

태양 복사량은 위도에 따라 변화하며, 최대 획득량은 시스템의 설치위치 즉, 경사각 및 방위각에 의해 결정된다. 일반적으로 가장 일사 획득량이 큰 방위는 정남향이며 수평면으로부터 경사각은 그 지역의 위도에 의해 결정된다. 또한 연중 일조일수에 의해서도 변화되는데 태양 고도가 낮은 동절기의 경우 수평면보다는 수직 파사드에 설치된 시스템이 보다 많은 획득량을 기대할 수 있다.

##### ② 음영과 발전성능

PV모듈에 음영이 질 경우 도달 일사량 자체가 줄어들기 때문에 발전량이 감소하게 되는데, 그 중에서도 부분 음영에 의한 전체 시스템의 발전량 감소도 매우 큰 영향요소이다. 직렬로 연결된 태양전지의 일부분에 음영이 지면, 배관 내 일부분에 병목현상이 발생하는 것과 같은 원리로 전체 시스템의 발전효율도 크게 감소하게 된다. 따라서 PV 모듈에 음영이 생기지 않도록 설계하는 것이 무엇보다도 중요한 고려요소이며, 인접건물과 식재에 의한 음영을 우선적으로 배제해야 한다.

##### ③ 온도와 발전성능

PV모듈은 태양복사를 받아 전기를 생산하지만, 전기로 변환되지 못한 태양복

---

14) 산업자원부, 에너지관리공단 대체에너지 개발 보급센터, “공공기관 신축 건축물에 대한 대체 에너지 이용의무화제도 안내”, 2004

사에너지는 열로 변환되어 PV모듈의 온도를 상승시킨다. PV모듈의 온도가 상승하면 발전효율은 감소하는 특성을 가지고 있다. 기존의 독립형 PV시스템에서는 후면 배기가 자유롭기 때문에 온도에 따른 발전효율 저하의 문제가 큰 관심사항이 아니었으나, 건축자재화 되는 BIPV의 경우 설계 방법에 따라 큰 온도 차이를 보일 수 있기 때문에 온도에 따른 발전성능의 문제는 매우 중요한 설계 고려요소이다. 건물외피에 부착된 PV모듈의 온도는 높은 일사조건에서 주변온도보다 20~40℃ 이상 상승한다. 일반적으로 태양전지의 온도가 1℃씩 상승할 때 마다 발전량은 0.4~0.5%씩 감소한다. 따라서 PV모듈을 건축외장재로 결합시키는 경우 필히 효율적으로 열을 분산시킬 수 있는 방법 개발이 필요하다.

#### 5) BIPV 시스템의 적용방법

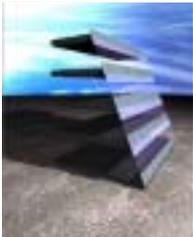
BIPV의 경우 건물의 외장재 역할을 동시에 담당하기 때문에, 건축물의 적용방법에 따라 크게 벽면형 부착방식과 지붕형 부착방식으로 구분할 수 있다.

PV 시스템을 건축물의 벽면에 부착하는 방식은 기존 벽면에 수직으로 설치하는 방식과 태양에너지를 최대한 받기 위해 경사형 또는 차양형으로 설치하는 방법으로 분류할 수 있다. 건물 외벽에 설치되는 PV 시스템은 건물의 외관 디자인 측면에서 큰 영향을 미치며 변환효율을 극대화시키기 위해 음영에 관하여 고려하여야 한다. 벽면 부착방식의 종류 및 그 특성은 <표 2.3>과 같이 구분할 수 있다<sup>15)</sup>.

---

15) 김재원 외, “벽면 부착방식 PV 시스템의 건축물 적용가능성에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 2003.6

<표 2.3> PV 시스템의 건축벽면 적용 기법의 분류와 특징

부착방식	개념도	특징
벽면형 부착방식		태양광을 수직으로 받는 방식으로 경사지게 설치하는 방법 보다는 효율이 떨어지나, 수직벽을 이용하기 때문에 건물의 부지를 최대한도로 이용할 수 있고, 내부 공간도 기존 건물과 같이 효율적으로 이용할 수 있는 방식이다.
		건물의 외벽에 대해 태양광을 효율적으로 받기 위하여 남측면 건물외벽을 약 70° 정도 경사지게 설치하는 방식으로써 태양광 발전효과는 양호하지만, 건물 내부 공간을 비효율적으로 사용하는 단점이 있다.
		태양광 발전의 이용효과를 최대로 하기 위하여 설치 초기 설계 시 벽체를 태양전지, 유리 및 구조물 등을 차양 장치로 설치하는 방식이다.

건축물의 지붕에 설치하는 PV 시스템은 건축물의 디자인적인 측면에는 큰 영향을 받지 않으며 PV모듈 상호간의 음영과 이상적인 설치각도와 같은 PV시스템의 성능인자를 고려하여 설치한다면 생산 전력량이 상당히 커진다.

지붕 부착방식의 종류 및 그 특성은 <표2.4>와 같이 구분할 수 있다.<sup>16)</sup>

16) 김재원 외, “벽면 부착방식 PV 시스템의 건축물 적용가능성에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 2003.6

<표 2.4> PV 시스템의 건축지붕 적용 기법의 분류와 특징

부착방식	개념도	특징
지붕 형 부 착 방 식		<p>지붕 위 설치 방법은 건물의 구조 및 재료에 관계없이 독립적으로 태양광 발전을 설치할 수 있는 방식으로, PV를 경사지게 설치하기 때문에 최대 발전효율을 나타낼 수 있고 새로운 건축물이나, 기존 건물에도 사용될 수 있는 장점을 갖고 있다. 신축 또는 개축 시 적용되는 방식으로 채광효과에 장점이 있다.</p>
		<p>가장 일반적인 방식으로 건물 옥상에 덧대기 식으로 설치한다. 그림자로 인해 변환효율이 감소되는 경우가 있다.</p>
		<p>채광효과와 태양광 발전효과를 동시에 고려한 일체식이다.</p>

태양광 발전 시스템 중에서도 건축물에 적용성이 높은 BIPV시스템을 적용할 때에 평가 요소는 <표 2.5>와 같이 정리할 수 있다.<sup>17)</sup>

17) 윤중호, “건물통합형 태양광발전(BIPV)시스템의 설계요소 및 접근방법”, 태양광발전기술 세미나, 2001. 10

<표 2.5> BIPV 통합설계의 평가척도

항목	BIPV 통합설계의 평가척도
1	PV 모듈의 의장성(Visually attractive) -PV 모듈 또는 PV 모듈이 적용된 건물 또는 조형물이 의장적으로 아름답게 구성되었는가?
	건축물 또는 환경조형물과의 통합성(Integration into built environment) -기존 건물 형태에 PV모듈을 단순히 부착한 형태는 아닌가? -계획 초기단계부터 의도한 설계 개념이 체계적으로 최종대상물과 조화롭게 조화되었는가?
3	기능성(Functional) -PV를 통해 발전된 전기를 효과적으로 활용할 수 있는 수요처에 대한 배려가 되었는가? -BIPV의 기본개념과 요구를 잘 이해하고 설계에 반영하였는가?
	실현가능성(Identifiable market) -PV를 통해 발전된 전기를 효과적으로 활용할 수 있는 수요처에 대한 배려가 되었는가?
5	혁신성(Innovation) -PV모듈 또는 이를 적용한 설계안이 참신하고 혁신적인 요소를 포함하고 있는가? -태양전지와 PV모듈, PV array등 구성요소간의 결합방법 등에 아이디어가 있는가? -다른 자연에너지 요소(예를 들어 태양열)와 복합하여 시스템을 구성하였는가?
	6
7	성능과 효율(Performance/Effective) -PV의 발전성능 및 효율에 대한 고려를 적절히 하였는가? -PV모듈의 온도상승(효율감소)을 방지하기 위한 별도의 고려가 있는가?(모듈판의 자연환기법) -태양광의 최대유입을 위하 PV모듈의 방위 및 경사도를 적절히 고려하였는가? -PV모듈간의 자체 차양효과(self shading)및 주변 차폐물에 의한 차양이 되지는 않는가? -PV모듈의 면적 및 총 발전량에 대한 고려가 적절히 계획되었는가?
	8
9	환경문제(Environment issue) -환경적 문제에 대한 고려가 설계에 반영되어 있는가? -시스템의 에너지 측면 투자회수기간이 적절한가? -PV모듈 또는 적용대상건물 및 환경조형물에 환경친화적 재료에 대한 고려가 있는가?
	10

## (2) BIPV 시스템의 적용사례

### 1) Solgaarden, Kolding, Denmark

#### ① 프로젝트 개요 및 목표

Solgaarden은 덴마크어로 태양정원을 뜻하는 말로, 1930년대에 Kolding에 지어진 5층짜리 주거건물로써, 1996년~1997년에 PV를 이용한 대규모 성능개선 프로젝트가 시행되었다(그림 2.17). 이 프로젝트의 목표는 주거건물에서 화석연료의 소비를 줄이고 덴마크의 PV 기술연구를 증진시키기 위한 것이다.

특히 1000m<sup>2</sup>에 달하는 PV시스템을 설치하였으며 주요 목적은 다음과 같다.

- 기존의 다층 주거건물에 PV 적용의 가능성을 증명
- 기존 건물에 PV 패널을 통합하는 것에 대한 건축적, 기술적 시도
- 대규모 주거 건물에서 PV가 연간 에너지 필요량을 달성할 수 있는 범위 확인
- 대규모 PV 시스템의 운영, 유지, 내구성, 소비자 반응 등에 필요한 정보 수집



(그림 2.18) Solgaarden의 전경, Solgaarden

#### ② 적용 기술 요소

PV 시스템은 두 부분으로 나뉘어 설치되었는데 757m<sup>2</sup>의 시스템은 (그림 2.19)와 같이 지붕에 설치되었고, 175m<sup>2</sup>의 시스템은 건물의 남향에 면한 발코니에 통합적으로 설치되었다(그림 2.20). 지붕에 설치된 시스템은 4개의 연속적인 띠로 반투명의 단결정 PV패널이 철재 구조물에 의해 지지되고 있다. 이 시스템은 최대 출력이 89.5kW<sub>p</sub>인 846개의 PV 모듈로 이루어져 있다. 8개의 유리 타워구조물로 된 발코니에는 최대출력이 16.5kW<sub>p</sub>인 PV 모듈이 총 80개가 설치되어 있다.



(그림 2.19) 지붕 설치 PV 모듈,  
Solgaarden



(그림 2.20) 발코니 설치 PV 모듈,  
Solgaarden

### ③ 시스템 적용의 효과

1998년에 PV 시스템은 이 건물의 총 전력 소비의 절반에 해당하는 총 76.5MWh의 전기를 생산했다. 건물 자체에서는 PV발전에 의한 전기 중 27MWh를 소비하고 나머지는 전력회사에 매각하였다. 1999년의 PV 발전량은 77MWh이다. Kolding 지역에서 1998~1999년의 태양빛은 평년에 비해 약했기 때문에, 평년수준의 해에는 약 80~90MWh의 전기를 생산할 것으로 기대된다.

## 2) Kollektivhuset, Denmark

### ① 프로젝트 개요 및 목표

코펜하겐 중심의 변화가에 위치한 장애인 공동생활 시설로 저층부에서 공동 서비스를 하는 시설이다. 외피 리모델링에 PV 시스템을 통합한 이 건물은 도시 중심가에 위치함으로써 코펜하겐의 PV 프로젝트 중 가장 유명한 건물이 될 것으로 기대된다.

### ② 적용 기술 요소

이 건물에서 중점적으로 시도된 방식은 건물 외피 리모델링 시에 BIPV를 발코니 유리에 통합한 것으로, PV 모듈이 외피의 난간부분을 덮을 수 있도록 적용하였다(그림 2.21).



(그림 2.21) 발코니 설치 PV 모듈, Kollektivhuset

애초의 리모델링은 개방된 콘크리트 발코니의 수명을 연장하고, 휠체어로 발코니에 접근이 가능하도록 하는 것으로 시작하였다. solar cell은 방열과 발전의 두 가지 역할을 담당한다. 창문의 개폐가 가능하며, 때에 따라 PV 모듈에 의한 열을 이용할 수 있도록 PV 모듈 뒤로 back-plate를 여닫을 수 있도록 계획하였다. 장애인 거주자는 대부분 휠체어를 탄 채로 집안에 있는 시간이 많기 때문에 난간부분에 PV 패널을 설치하게 되면 거주자의 다리 위치에 직접적으로 열이 방사된다. Solar cell이 발코니에서 방열기의 역할을 하게 되는 것이다.

난간의 전면 유리는 방수기능과 주변 도로로부터 소음을 차단하는 역할을 갖는 일반 유리이고, PV모듈은 난간유리 바로 뒷면에 얇은 면으로 부착되어 있다. 여닫이가 가능한 back-plate는 그 뒤에 설치되어 움직인다.



(그림 2.22) Back Plate를 닫은 모습(여름),  
Kollektivhuset



(그림 2.23) Back Plate를 연 모습(겨울),  
Kollektivhuset

여름철에는 back-plate를 닫음으로써 PV 패널로부터 발생하는 열을 패널 위아래의 환기틈새로 내보낼 수 있다(그림 2.22). 열이 실내로 들어오게 하려면 back-plate를 옆으로 밀어 열어놓아 PV 패널로부터 발생하는 열을 실내로 유입할 수 있다

(그림 2.23). 봄·가을철에는 이 열을 이용하여 발코니의 이용시간을 확장할 수 있다.

### ③ 시스템 적용의 효과

유리 발코니를 통해 빛이 실내로 유입될 수 있으며, 불투명한 부분(약 70cm높이에 위치한 손잡이)은 안정감을 준다. 이는 앉은 상태에서도 밖을 내다보는데 지장이 없는 위치이다. (장애인 거주자에게는 중요한 요소이다.) 여닫이 차단막으로 인해 외관에 생동감을 줄 수 있으며, 개별 배선인 이 PV시스템으로부터 약 85kWh/m<sup>2</sup>의 발전량을 기대할 수 있다.

이 시설에서 외피 리모델링을 통한 연간 PV 전기 생산은 약 10,100kWh/yr이다. 개방되어 있던 발코니를 유리로 씌우면서 PV시스템을 통합하여 쾌적함을 증진시키고, 에너지 소비를 줄일 수 있게 되었다.

## 2.3 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경 친화적 리모델링 사례 조사

최근 환경 및 에너지에 관한 관심이 고조되면서, 미국을 비롯한 주요 선진국에서는 에너지 시스템의 효율 향상 및 대체에너지 이용기술의 개발에 적극적인 투자와 지원을 아끼지 않고 있다. 국내에서도 대체에너지 이용기술 개발 분야에 관한 연구가 진행되고는 있지만, 아직 도입단계로서 실용화에는 이르지 못하고 있으며, 시스템의 최적설계 및 적용에 대한 구체적인 설계 방안이 크게 부족하다. 특히 비교적 기존 설계자료가 확보되고 선진국에선 이미 일반화된 자연형 태양열 시스템의 적용도 건축가들의 인식부족과 설계자료 미비 등의 사유로 아직 일반화되지 못하고 있다. 한편 주거분야의 급탕 및 난방용 태양열 설비시스템은 단독주택, 숙박시설 등의 시설에 한정되어 단순히 시공 완료 후 추가 설치되는데 국한되어 왔다.

태양에너지를 이용한 시스템을 공동주택의 리모델링에 적용할 때의 계획과정과 태양에너지 이용 시스템이 리모델링 시에 건축적인 요소로써 어떻게 통합될 수 있는지에 대해 알아보고 그 효과에 대해 알아보고자 해외 사례를 조사하였다.

### 2.3.1 ENGELSBY, German

#### (1) 프로젝트 개요

Engelsby는 독일의 Flensburg에 위치한 중층 집합주거 건물로 이 프로젝트에서는 8층짜리 3개동에 대해 첨단 태양에너지 기술을 시범적으로 적용하였다. 난방, 환기, 온수급탕에 필요한 에너지를 60%까지 줄일 수 있을 것으로 기대되며, 더욱이 열 쾌적과 실내공기질의 개선이 기대된다. 3개동 중 2개동은 진행 중인 THERMI 프로젝트인 "SHINE"의 일부이다. IEA 프로그램에서 연구된 '태양에너지를 이용한 건물 리모델링 기술(Solar Energy in Building Renovation)을 적용하는 것이 Engelsby 프로젝트의 기본 목표로써, 태양에너지에 대한 고려가 많이 이루어졌다(그림 2.24). 이 건물에서 적용된 기술요소들은 다른 프로젝트 설계에 본보기가 되기도 하였다.

이 프로젝트의 결과에서 태양에너지 이용을 기초로 한 리모델링의 가능성을 확인 할 수 있다. 그러나 태양에너지의 시행에 대한 관심과 성공적인 결과는 여전히 외부 보조금에 의존하고 있다.

기준에 1966년에 지어진 이 건물의 외벽은 24cm의 sand-lime 벽돌과 석고 보드로 구성되었다. 하부의 두개층만이 20mm의 단열되었으나 이 단열재마저 붕괴되어버렸다.

## (2) 리모델링 적용 기술 요소 및 성능

리모델링 과정은 우선 에너지로 인한 비용절감과 재정지원을 통한 비용절감의 가능성을 검토하여 적용여부를 결정하였다. 다음으로 에너지 절약 효과가 있으며 동시에 거주자의 요구를 충족하고 쾌적한 환경을 조성할 수 있는 기술요소들을 결정하였다.



(그림 2.24) 1997년, 리모델링 완성된 모습, ENGELSBY

Engelby에 적용된 주요 기술요소는 설비형 태양열시스템의 도입, 돌출된 발코니에 설치된 자연형태양열 부착온실, 축열벽형 자연형태양열, 계단실을 통한 자연환기 및 자연채광 시스템 등이다.

### 1) 급탕(Domestic Hot Water)을 위한 태양열 집열판

전기를 이용한 급탕 시스템이 제거되고, 중앙 급탕 시스템이 설치되었다. 한 주동의 지붕에는 급탕을 위한 태양열 집열판을 설치하였다(그림 2.25). 지붕과 단열을 새로 했지만, 복잡한 구조적 문제와 재정적 이유 때문에 지붕 통합형 집열판의 설치는 불가능했다. 태양열 집열판을 설치함으로써 급탕부하의 30%에 해당하는 25,000kWh를 절약할 수 있다.



(그림 2.25) 급탕을 위한 태양열 집열판, ENGELSBY

## 2) 유리를 설치한 발코니(Glazed Balconies)

기존의 발코니에는 그림(2.27)과 같이 유리를 설치하였다. 계획에 앞서 발코니에 유리를 설치하는 것과 단열재의 다양한 설치방법에 대한 연구가 실행되었다. 발코니에 의한 에너지 소비 증가를 줄이는데 연구의 초점을 두었으며, 별도의 난방장치를 사용하지 않도록 설계하는 것이 중요하므로, 다양한 난방 방식도 검토하였다.



(그림 2.26) 리모델링 이전,  
ENGELSBY



(그림 2.27) 리모델링 이후 부착온실형 발코니,  
ENGELSBY

## 3) 솔라 월(Solar Wall)

### ① 환기구를 갖춘 태양벽 시스템(Ventilated Solar Wall)

유리창을 설치한 계단실 중 하나는 계단실 내부로 유입되는 외기를 예열하기

위해 환기성능이 있는 Solar wall을 갖추고 있다. 봄과 가을철에 축열 및 환기로 인해 계단실 내부의 기온은 올라가게 되며, 계단실은 거주자에게 보다 쾌적한 공간이 되었다.

#### ② Unventilated Solar Wall

다양한 종류의 투명 단열재를 갖춘 환기 성능이 없는 Solar mass wall을 적용하였으나, 에너지 절약 가능성에 비해 너무 고가인 것으로 드러났다.

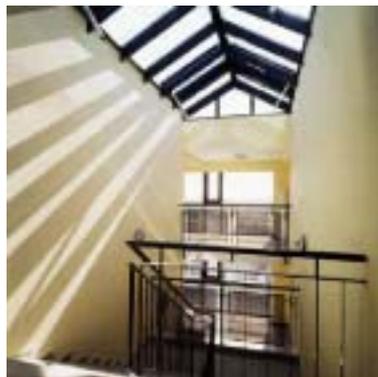
#### 4) 기계환기(Demand Controlled Ventilation)

실내 기후를 개선하기 위해서, 습도 조절 환기시스템을 분석·검토하여 설치하였다. 일반적인 배기시스템이나 열회수 방식과 통합된 환기시스템과 비교할 때 습도 조절 환기 시스템의 효과는 다음과 같다.

- 습도조절 환기는 열회수 방식의 환기 시스템보다 오염된 공기를 빠르게 배출하여 실내 공기 질을 보다 빠르게 증진시킨다.
- 환기량에 따른 운영비용이 현저하게 감소하게 되므로 전기 사용이 감소한다.
- solar wall이나 유리를 설치한 발코니에 설치하여 예열시스템으로 활용하면 연간 대규모의 에너지 절약이 가능하다.
- 열 회수방식의 환기시스템보다 초기투자비용이 매우 낮다.

#### 5) 유리로 된 계단실(Glazed Staircases)

계단실에는 천창을 추가하고 고성능 단열 유리( $U = 1.1W/m^2K$ )를 사용하였다. 그 결과로 열쾌적과 시각적 쾌적이 크게 증진되었으며 같은 주동내의 커뮤니티 활성화에도 큰 도움이 되었다(그림 2.28).



(그림 2.28) 자연채광을 이용한 계단실, ENGELSBY

## 6) 자연채광(Daylight Windows)

어둡고 깊은 동쪽으로 유리창이 난 발코니가 있는 서향 방에 새로운 고성능 유리창을 설치하여 주광율을 향상시켰다.

이러한 Engelsby의 리모델링의 결과 난방에너지는 294,000kWh로, 연간 23,000DM의 비용 절감 효과를 얻게 되었다.

### 2.3.2 FLEXREN, Denmark

#### (1) 프로젝트 개요

FREXREN 프로젝트는 유럽의 1950년대에 지어진 건물들을 중심으로 한 리모델링 중 대표적인 프로젝트로서, 차세대 리모델링의 양상을 보여준다. 오늘날 1950년대 이전에 지어진 오래된 건물을 리모델링 하는데 있어서 혁신적인 설계 방법들이 개발되어 왔다. FLEXREN은 (그림 2.29)와 같이 동서향으로 난 94가구의 아파트 대상으로 하여 태양에너지를 통합한 환경친화적 리모델링의 본을 보여주는 예가 된다. 주요 목표는 가변적인 파사드, 지속적인 에너지의 절약목표의 달성, 혁신적인 자연형.설비형 태양에너지 구성요소의 적용, 설계 프로세스의 통합을 통한 프로젝트의 개발이다.

일반적인 리모델링과 비교했을 때 난방, 환기 부하를 50%까지 감소시킬 수 있을 것으로 기대되며, 오염을 감소시키고, 단기간에 경제적으로 리모델링이 가능할 것으로 예상되었다.

운영비용 중에서 에너지 비용이 큰 부분을 차지하게 됨에 따라 주택 공사는 에너지 절약에 초점을 맞추기 시작하였고, 3개동, 동·서향으로 면한 94가구의 아파트를 선정하였다.

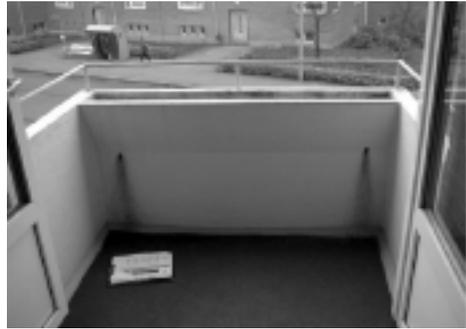


(그림 2.29) FLEXREN 배치도, FLEXREN

리모델링 이전의 외벽은 조적조로 단열이 제대로 되지 않았으며, 유리창은 12년전에 플라스틱 프레임인 이중유리로 교체하였다. 환기는 유리창 개구부를 통한 환기로 침기가 거의 없어 결로가 발생할 우려가 있다. 난방방식은 지역난방방식으로 오래된 순환수식 방열기를 사용하고 있다.



(그림 2.30) 리모델링 이전-동측입면, FLEXREN



(그림 2.31) 리모델링 이전-서측의 발코니, FLEXREN

## (2) 통합 설계 프로세스

이 프로젝트에서는 통합 설계 과정을 통해 에너지 기술 및 계획 목표를 달성하였다. 디자인 과정은 기본 설계, 상세 설계, 설계 검토 과정으로 나누어진다.

### 1) 기본 설계

이 과정은 상세 설계과정의 기초가 되며, 적용 가능성을 검토하는 과정이다. 검토 결과에 따라 몇해 전 이중유리로 교체한 창문은 그대로 사용하기로 했으며, 프로젝트의 설계 목표는 첨단 기술이라 할지라도 건물에 대한 적용성이 뛰어난 것으로 최대한 단순하게 설계하는 것으로 하였다.

이 과정에서 태양열 에너지의 적용을 단순화하기 위해 융통성 있는 파사드 개발에 초점을 맞추었다. 이 작업은 상세 설계 단계에서 시공자들과 함께 계속적으로 개발되었다. 또한 임대자, 빌딩 소유주 및 거주자들간의 협력관계를 유지하는 가운데, 종합적인 토의 및 프리젠테이션이 진행되었다.



너지의 사용과 환기율이 높게 나왔다.

### (3) 리모델링 적용 기술 요소 및 성능

94가구의 아파트에 적용된 일반적인 리모델링 요소는 부엌, 욕실, 난방시스템 확장, 수도배관, 배수배관, 배기 시스템, 실링, 바닥, 전기 시스템, 현관, 페인팅 등이며 이에 덧붙여서 통합디자인 프로세스를 통해 에너지 절약적인 기술까지 적용하고자 하였다.

Flexren에서의 에너지절약을 위한 리노베이션 기술요소로는 새로운 난방, 환기 시스템과 결합한 유리설치 발코니(Advanced Glazed Balconies), 솔라 월(Solar Walls), 외기 도입형 고효율 난방기(Efficient Convective Integrated Fresh Air In-lets), 기계 환기(Demand Controlled Ventilation) 방식의 네 가지를 적용하였다.

#### 1) 유리를 설치한 발코니(Advanced Glazed Balconies)

고성능 유리 사용하여 난방부하 줄이고, 발코니의 파라펫에 단열시공을 하였다(그림 2.34, 2.35).



(그림 2.34) 부착온실 내부, FLEXREN



(그림 2.35) 난간에 Ventilation Solar Wall을 설치한 발코니, FLEXREN

#### 2) 솔라 월(Solar Walls)

##### ① Ventilated Solar Wall

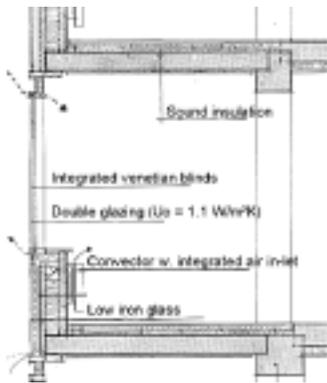
유리창을 설치한 발코니의 난간에 통합하여 신선한 외기를 예열하는 Ventilated Solar Wall을 설치하였다(그림 2.36). 외기의 예열을 위해 부착온실 발코니의 파라펫에 통합시킨 것으로 실제 평면, 향, 기류속도에서 다공성 펠트가 들어있는 시스템이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 배기시스템에 의해 Solar Wall에 부압

이 형성되고 공기가 유입된다. 이 배기팬은 반대편의 동측면에 접한 주방과 욕실로 공기를 보내고 전체 아파트의 환기율을 좋게 한다.

## ② Unventilated Solar Mass Wall

Solar Mass Wall은 2개 끝부분인 남향에 면한 벽에 설치하였다(그림 2.37). 투명 단열재를 설치한 다양한 종류의 Solar Mass Wall을 평가하여 다양한 디자인들을 가지고 검토하였다.

이전의 유사한 프로젝트에서 많은 열손실이 주요 문제점으로 지적되었으므로, Solar Wall을 분할하여 패널을 붙이는 방식은 취소되었다. 열손실을 줄이기 위해서 연결부분을 최대한 줄이고 프레임을 효과적으로 단열하는 것이 중요하다.



(그림 2.36) Ventilated Solar Wall과 발코니의 종단면도, FLEXREN



(그림 2.37) Solar Mass Wall과 난간에 Ventilated Solar Wall을 설치한서향의 부착온실, FLEXREN

## 3) 자연 대류형 난방기(Efficient Convector Integrated Fresh Air In-lets)

신선한 외기가 실내로 들어올 때 예열을 시켜주며, 따라서 드래프트로 인한 불쾌감이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

## 4) 환기 제어(Demand Controlled Ventilation)

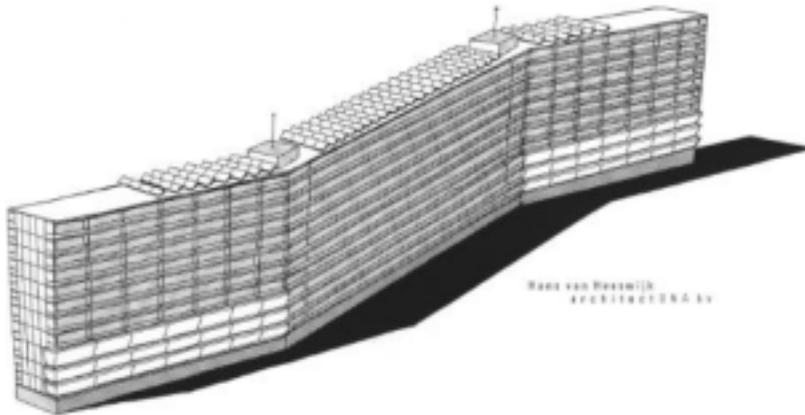
실내환경 개선과 에너지 절약을 위해서 기계적인 습도 제어 환기 시스템을 분석·검토 하였다.

이 시스템을 사용함으로써 환기효율을 높여 실내 공기 질을 개선할 수 있고, 전기의 사용을 절약함으로써 운영비용을 눈에 띄게 절약할 수 있었다. 또한 solar wall과 발코니를 통해 예열된 공기를 사용함으로써 에너지를 절약할 수 있다.

### 2.3.3 The Brandaris Building, Netherlands

#### (1) 프로젝트 개요

Amsterdam에서 10km떨어진 곳에 위치한 Zaandam에 위치한 Brandaris는 384가구의 14층짜리 고층 아파트이다. 1968년에 건축되어 최근 98년에 리모델링을 시행하였다. 그 과정에서 에너지 절약을 위한 몇 가지 첨단 기술이 도입되었다(그림 2.38).

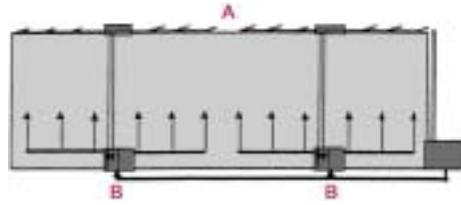


(그림 2.38) Brandaris의 태양에너지 시스템 통합 디자인, Brandaris

#### (2) 리모델링 적용 기술 요소 및 성능

##### 1) 태양열 집열판

지붕 위에는 평판형 태양열 집열판을 설치하였고, 이는 급탕과 난방용으로 사용된다(그림 2.39). 집열판 설치 면적은  $760\text{m}^2$ 로 집열판으로부터의 열이 열교환기를 통해 급탕과 난방에 필요한 물을 데울 수 있도록 한다. 이 시스템은 유럽에서 가장 큰 규모의 태양열 시스템이다. 집열판을 통해 한해에 최소한  $450\text{kWh}$  ( $1.62\text{GJ}/\text{m}^2$ )의 에너지를 생산하며 총 급탕·난방 부하의 15% 이상을 담당한다.



(그림 2.39) 지붕에 부착한 평판형 태양열 집열판(A:집열판, B:축열탱크), Bradaris

### 2) 유리를 설치한 부착온실

건물 동쪽의 저층부(1층~3층)에 위치한 42가구의 발코니를 (그림 2.40)과 같이 유리로 둘러싸 부착온실을 만듦으로써 입면에 다양성을 제공하여 외관을 향상시켰으며 외기가 실내로 들어올 때 예열 되도록 하여 난방비를 절감할 수 있게 되었다. 이로 인해 재실자의 열쾌적 향상을 도모하였다.



(그림 2.40) 저층부의 발코니에 유리의피를 씌움으로써 입면의 다양성 제공, Bradaris



(그림 2.41) 지붕층 부속건물 차양장치에 부착한 PV 모듈, Bradaris

### 3) PV 패널

지붕층 부속건물의 차양 장치로 반투명의 PV 패널을 설치하여 야간에 그 부속 건물의 조명부하를 담당할 수 있도록 하였다(그림 2.40). 30㎡의 PV 셀로부터 일반 상태의 조명부하와 비교해 56%의 에너지를 절약할 수 있을 것으로 예상된다.

## 제 3 장 태양에너지를 이용한 공동주택의 리모델링 계획 방법

태양에너지 이용 시스템을 적용한 건물 설계에 있어서 태양열 에너지 이용에 관련된 사항을 기존 디자인 방법과 통합시키는 것이 중요하며, 따라서 초기 디자인 단계에서부터 통합적인 설계가 진행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 기존의 환경친화적인 공동주택 리모델링 계획방법을 토대로 하여, 태양에너지 시스템을 적용한 공동주택의 환경친화적 리모델링을 위한 계획 방법을 제시하였다.

### 3.1 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스 제안

#### 3.1.1 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스

환경친화적 리모델링은 기존의 리모델링을 시행하는 방법상에서 환경부하를 최소화하고, 자연과의 접촉을 최대화 하는 목적을 갖는다. 따라서 환경 친화적 계획을 위해서는 건축 계획에 포함되는 각 요소를 통합적으로 고려해야 한다.

예를 들어, 건물의 향과 기후는 동시에 자연채광 요소, 외피 및 시스템의 선정에 영향을 주게 되므로 연관성을 고려하여 통합적으로 계획하는 것이 필요하다<sup>18)</sup>.

##### (1) 목표설정

거주자, 조합, 실무그룹의 프로젝트 담당 팀을 구성하여 리모델링 계획 목표 설정한다. 인터뷰와 설문조사를 통해 거주자의 의견을 수렴하며, 그 과정에서 프로젝트에 대한 인식을 높인다. 설계자는 설문과정을 통해 관리자와 사용자들에게 환경친화적 건축에 대한 중요성과 도입 후의 효과를 전달할 수 있어야 한다.

##### (2) 현황분석

리모델링 계획에서는 신축과 달리, 기존 건물의 성능 진단과정을 포함한 현황 분석이 필요하다. 기본적으로 리모델링을 위해서는 대지분석 및 구조·설비의 진단과 건축 디자인 요소 분석을 포함한 건축물 분석을 시행한다.

이 중에서 환경친화적 리모델링 계획요소의 적용을 위해서는 다음의 과정이 추가적으로 병행되어야 한다. 단지 분석과정에서 주동의 배치와 향, 식생, 주차공간 분석, 동선, 단지의 일영분석, 교통망, 공간 효율 등을 조사한다. 주동분석 과정

---

18) 임미경, “공동주택의 환경친화적 리모델링 계획에 관한 연구” 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 2001.12

에서는 주동 배치, 단위세대 위치, 외벽 성능을 분석한다. 단위세대 분석에서는 실의 이용 현황과 창면적비, 실의 규모, 공간의 연결을 분석한다. 동시에 지형의 이용 상태, 수목 배치 상황, 재사용이 가능한 건축 요소분석과 같은 환경적 조건을 조사한다.

### (3) 기본계획

대안을 제시하기 이전 단계로서 개략적인 설계를 통해 초기 계획과정의 개념을 확정한다. 개략적인 설계를 통해 환경친화적인 리모델링의 계획 목표를 확정하고, 이를 위한 설계 전략 및 가능한 리모델링 기술요소를 파악한다. 특히, 대지의 자연환경 이용은 건축물의 전체적인 계획요소에 영향을 미치게 되므로 기본설계 단계에서 이를 고려해야 한다.

### (4) 기본설계

설계 개념을 확정하고 단지 및 주동과 단위세대 평면, 입면, 단면계획 등의 건축계획 후 이에 따른 설비시스템을 계획하는 과정으로써, 단지계획, 건축계획, 설비시스템 계획, 재료계획, 유지관리 계획을 고려하여 각 과정들을 통합적으로 계획해야 한다. 다양한 환경친화적 리모델링 기술요소를 적용하여 여러 가지 대안을 제안한다.

단지계획에서는 자연에너지의 이용, 교통체계와의 연결, 단지 내 미기후 조절, 자연환경 보전에 대한 고려를 해야 한다. 건축계획에서는 자연채광, 자연통풍, 일사조절, 합리적인 실내공간이용, 외피의 기밀성 향상 및 효율성 증진을 고려해야 한다. 설비시스템 계획과정에서는 에너지 절약, 자원절약, 고효율 설비 이용방법을 고려해야 한다. 재료 계획과정에서는 환경에 무해한 재료, 자원의 재이용, 내구성이 높은 재료 선택을 고려해야 한다. 유지관리 계획에서는 제어, 건물 성능 유지, 폐기물 분리 등을 고려해야 한다.

### (5) 대안평가 및 최종안 결정

공간 활용, 내·외장 이미지, 건축물 성능을 포함한 건축물의 가치향상을 비교 분석한다. 이외에도 초기에 환경친화적 리모델링의 목표로 설정했던 환경성, 경제성, 쾌적성, 적용성의 성취를 고려하여 비교 분석하며, 친환경성능 인증기준과 같은 객관적인 평가방법을 이용하여 리모델링 대안의 환경친화성을 평가·검증하여 최적안을 결정한다. 제시된 대안이 부적합할 경우, 현황 분석이나 초기계획 과정으로 되돌아가 재검토함으로써 보다 환경친화적이고 적합한 계획안을 마련할 수 있도록 한다.

비교 결과에 따라 대안을 결정하고 기본 설계도서, 개요 및 시방자료 등의 사

업계획안을 작성한다.

(6) 실시설계

장비의 선정 및 배관과 같은 구체적인 설비 도면의 작성을 비롯하여 시공방법과 유지관리 방안 등을 기술한다. 비용 계산과 법적 규제사항 등에 대한 최종 검토가 이루어진다.

(7) 시공

기존 공동주택의 리모델링 계획에서는 주로 일방적인 진행과정이 이루어지며, 따라서 건축계획과 설비시스템이 상호간에 통합적인 고려 없이 별도로 계획되어진다. 시공과정에서도 설계자와의 의사소통이 거의 이루어지지 않아 설계자의 의도를 거주자들에게 충분히 전달하지 못하지만, 환경친화적 리모델링 계획에서는 시공 과정에서 설계자와의 지속적인 의사소통을 통하여 초기 계획에서 의도한 환경 성능을 거주자에게 충분히 전달할 수 있도록 한다.

(8) 거주 후 평가

환경, 성능, 심리, 이미지, 경제, 사회적 요소에 대한 거주자의 거주 후 평가와 다음 리모델링의 재개선 방안이 고려되어야 하며, 지속적인 유지관리를 통해 건물의 재사용 기간을 연장시킬 수 있어야 한다.

기존의 공동주택 리모델링 계획 과정에 환경 친화적 계획 요소를 도입한 계획 과정은 (그림 3.1)과 같다.

(그림 3.1) 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스

### 3.1.2 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스

리모델링 계획에서 태양에너지 이용 기술을 도입하기 위해서는 무엇보다도 통합적인 계획 과정이 필요하다. 특히 태양에너지를 이용한 리모델링의 효과를 높이기 위해서는 기본적으로 건물의 부하를 최소화 시킬 수 있는 환경친화적인 리모델링 계획을 고려해야 한다.

태양에너지를 이용한 설비 시스템이 에너지 절감의 기능 뿐 아니라 건축 설계 요소의 일부로서 인식되어야 하며, 따라서 설계 초기 단계에서부터 단지계획, 주동계획, 단위세대의 평면 및 외관 계획과 함께 고려해야 한다. 또한, 이러한 통합적인 설계를 위해서 건축주와 거주자, 설계자, 환경 및 설비 기술자, 시공기술가

간의 의견 교류 및 협력관계를 유지해야 한다.

태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링의 프로세스를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

### (1) 목표설정

사용자와 건축 설계자, 태양에너지이용 시스템설계자, 시공 기술자 사이에 상호 협의를 통해 태양에너지의 이용 목표를 설정하고, 거주자에게 태양에너지 이용의 목적 및 효과를 제시하여 충분히 이해시켜야 한다. 태양에너지 시스템의 적용을 위한 법규 및 인센티브 검토, 입주자들의 요구사항 및 설계 조건 등을 검토하여 설계목표와 기본계획서를 작성한다. 초기단계에서는 태양에너지 시스템의 적용 유무와 타당성에 관한 대략적인 목표를 설정하고 보다 구체적인 성능목표는 현황분석을 통해 기본설계단계에서 결정한다.

### (2) 현황분석

리모델링 대상 건축물의 현황분석 단계에서는 부지와 건물의 건축적 개요나 노후화 진단 이외에 태양에너지 시스템 적용을 위한 부지특성이 보다 상세하게 분석되어야한다. 태양에너지 시스템의 적용 가능성 및 위치, 규모를 선정하기 위해서 일조시간, 일영분석 및 일사량에 대한 상세한 분석이 필요하다. 이 과정에서 태양에너지 이용 시스템의 적용가능성이 결정되며 난방부하와 급탕부하, 조명부하와 같은 건물의 부하특성을 분석함으로써 경제적 타당성도 검토할 수 있다. 정확하고 신뢰성 있는 검토를 위해서는 정밀 해석 프로그램 등을 이용하여 일사 분석이나 기존 건물의 에너지소비 특성을 상세하게 분석할 필요가 있다.

### (3) 기본계획

초기 설계목표와 현황분석을 종합하여 태양에너지 이용 시스템을 통해 달성하고자 하는 구체적인 목표를 설정한다. 대상 건물에 적용이 가능한 태양에너지 이용 기술을 파악하여 각 시스템에 영향을 미치는 건축적 요인들과 영향을 받는 설계 변수들을 종합적으로 분석한다. 태양열 시스템의 규모, 설치 방법 및 성능에 영향을 미치는 설계요소들을 결정한다. 시스템 설계에서 고려해야 하는 건축 요소에는 건축물에서의 설치 위치, 설치 면적 및 시스템의 설치 경사각과 방위각 등이 있다.

다양한 대안을 모색하여 가장 효과적인 설계대안을 설정한다. 최적 설계안의 결정에는 건축물과의 통합성, 에너지 절감(건물의 냉난방부하 감소, 조명 부하 감소), 환경성 및 경제성 등의 요소를 고려하여 결정한다. 이 단계에서 보다 타

당성 있는 결정을 위하여 설계대안의 정량적인 평가를 개략적으로 수행할 수도 있다.

#### (4) 기본설계

기본계획에서 결정된 초안을 바탕으로 태양에너지 이용 시스템을 건축 계획적인 요소로서 구체화하는 과정이다. 시스템의 부착위치, 규모 설정 시에 대상지에 맞도록 변수들을 조합하여 대안을 제시한다.

이때 각 변수들의 상호영향을 고려한 시뮬레이션을 이용하여 경사각 및 면적, 기타 부품을 선택하고, 이를 통해 최적의 시스템을 도출한 후, 에너지 사용, 쾌적감, 비용, 환경적 영향, 미적 요소 등을 여러 각도에서 고려하여 각기 다른 성격의 시스템을 통합적으로 계획한다. 특히 태양에너지 시스템 계획에 의한 기술적 해결 방법이 건물디자인 요소와 통합될 수 있도록 건축 설계가, 시스템 설계가와 시공 기술자사이의 긴밀한 협력이 요구된다. 이 단계에서는 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 등을 이용하여 보다 상세하게 각 시스템의 성능을 평가한다.

#### (5) 대안 평가 및 최종안 결정

기본 설계단계에서 제안된 몇가지 대안들을 평가하여 최적안을 결정하는 단계이다. 각 설계 대안을 분석하여 시스템의 성능을 평가하고 시스템의 에너지사용 절감율을 산정하여 건물의 에너지 성능개선 수준을 비교, 평가한다.

최적안의 결정에는 초기에 설정한 설계목표와 에너지 성능개선, 건축적인 요소로서의 통합성, 외관향상, 환경개선, 경제성 등을 통합적으로 고려하여 선택한다. 이 과정에서 설계목표 성능에 못 미치는 결과가 나올 경우, 기본계획 및 기본설계 과정으로 되돌아가 피드백이 이루어질 수도 있다.

#### (6) 실시설계

태양열을 이용한 리모델링 설계안이 최종 결정되면 실시설계를 실시한다. 시스템 및 장비선정, 배관, 간선 계획, 시공 방법과 유지관리 방안 등을 상세하게 기술한다. 비용 산정과 법적 규제, 예산 및 경제성에 대한 최종적인 검토도 이 단계에서 마무리된다.

#### (7) 시공

시공 과정에서는 건축설계가와 설비시스템기술자, 시공기술자 및 건축주간의 긴밀한 의사소통이 필요하다. 태양에너지 시스템을 이용한 태양열 시스템의 적용은 아직 국내에서 시행된 사례가 많지 않기 때문에 시공상의 문제점이 발생할 소지가 크고 이를 해결하기 위해 피드백을 통한 설계대안의 변경이 발생할 수도 있다.

#### (8) 거주 후 평가

리모델링이 신축과 가장 큰 차이는 준공 입주자들에 의해 ‘거주 후 평가’가 이루어진다는 것이다. 기존과 리모델링 후 환경 개선, 에너지 성능 비교를 통해 리모델링 효과가 입주자들에 의해 직접적으로 판단된다. 실제 거주자들의 생활패턴에 따른 에너지 소비특성을 검토, 평가하고 재개선 방안을 고려하며, 효율적인 유지관리를 통해 건물의 사용기간과 태양에너지 시스템의 수명을 연장시킬 수 있어야 한다.

공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 방법에 태양에너지를 이용한 계획 시에 고려해야 하는 사항들을 도입시켜 통합적인 설계가 될 수 있도록 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획방법을 (그림 3.2)와 같이 제안하였다.

(그림 3.2) 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스

### 3.2 태양에너지 시스템 계획을 위한 건축설계 고려요소

공동주택의 환경친화적 리모델링에서 태양에너지 시스템을 건물에 적용하기 위해서는 건축요소와 통합하여 계획하여야 한다. 건축 요소들은 자연형 태양열 시스템, 설비형 태양열 시스템, PV 모듈 적용 가능성에서부터 시스템의 설치 위치, 규모, 각도와 같은 시스템 설계에 많은 영향을 미치게 된다. <표 3.1>은 태양에너지 시스템의 적용에 있어서 고려해야할 건축 설계변수들을 리모델링 계획단계에 따라 구분하여 보여준다.

리모델링 계획의 특성상 각 설계 요소들은 태양에너지 시스템의 설계에 제한적인 요소로 작용할 수도 있고, 입면 facade와 같이 건축 설계 요소와 통합적으로

적용이 가능한 요인이 될 수도 있다.

(1) 단지 계획요소

리모델링의 특성상 단지의 위치와 향, 주변건물은 리모델링을 통해 변경하는 것이 쉽지 않기 때문에 단지 계획요소들에 의한 일사량, 일조시간, 일영조건은 리모델링 진행시에 태양에너지 시스템 적용의 가능성을 판단하는 중요한 요인이 된다. 단지 내의 식생 및 조경은 태양에너지 시스템을 적용할 때 그 성능이 방해받지 않도록 계획되어야한다. 또한 주차장의 지붕이나 보행자도로의 가로등과 같은 계획요소에도 PV 시스템의 적용을 고려할 수 있다.

(2) 주동 계획요소

주동의 형태와 향은 변경이 불가능하므로 태양에너지 시스템 적용가능성 평가에 영향을 미친다. 주동의 형태가 동서측으로 긴 남향의 건물은 태양에너지 시스템을 적용하기에 유리하다. 또한 고층부일수록 주변 건물 및 식생에 의한 음영이 적기 때문에 태양에너지 시스템의 적용에 유리하지만, 시스템의 규모와 수요의 관계에 따라 고층의 대규모의 아파트 보다는 저층형 소규모 아파트에서 태양에너지를 더 효율적으로 이용할 수 있다.

지붕의 형태 및 향에 따라 집열판 및 PV 시스템을 적용할 수 있으며, 여러 입면 계획 요소들은 리모델링 과정에서 태양에너지 시스템과 통합적으로 설계하여 적용할 수 있다.

(3) 단위세대 계획요소

단위세대의 계획 요소 중에서 태양에너지 시스템의 적용에 영향을 미치는 요소는 평면과 입면계획 모두에 영향을 미치는 발코니의 설치 유무와, 채시 및 유리의 종류의 선택이 있다. 단위세대 계획요소는 태양에너지 시스템의 규모 및 적용 위치의 기본 단위를 결정하는데 영향을 미친다.

<표 3D> 환경친화적 리모델링 계획 프로세스에 따른 건축설계 요소와 태양에너지 시스템 설계요소와의 관계

건축설계 고려요소		영향을 받는 태양에너지 시스템 설계요소
단지 계획	단지 위치 및 향	· 부지에 유입되는 연간 일사량, 일사각도, 일조시간
	주변 건물이나 주동	· 단지 내 일영면적과 유효 일사량 : 단지 남향에 고층건물이 있으면 이로 인해 일영이 생기는 주동에 시스템 적용이 불가능하거나 효율이 저하된다.
	단지 내 식생 및 조경	· 저층부 시스템 적용 : 남향에 높은 나무들이 무성하면 저층부에 태양에너지 시스템 적용이 불리하다.
	주차위치와 면적	· 지상 주차장 : 일사조건에 따라 PV를 설치 가능
	부지 내 보행자 도로	· PV를 이용한 가로등 설치 검토
주동 계획	주동형태와 향	· 건물의 축 : 동서축으로 긴 남향 건물은 태양에너지 이용에 효율적
	규모(층수, 층고)	· 주변 건물 및 식생에 의한 음영 : 고층부일수록 음영이 적어 태양에너지 시스템 적용에 유리
	지붕형태 및 향	· 태양열 집열판 및 PV 시스템의 적용유무, 형태, 배치 및 각도
	엘리베이터 및 계단실 위치	· PV 시스템의 적용유무, 면적, 위치 및 각도
	입면 계획 요소 (발코니, 차양, 색상)	· 태양열 집열판 및 PV 시스템의 적용유무 : 발코니, 차양이나 축벽, 전면 벽체에 PV를 적용하여 입면 facade를 디자인할 수 있다.
	창면적비 (남측 창면적)	· 집열창 면적, 축열벽 면적
단지 위세 대 계획	주동입구의 위치와 형태	· PV를 적용하여 입면 facade를 디자인
	발코니의 유무, 위치, 향	· 리모델링시 남향 발코니를 추가
	발코니 새워 설치유무	· 부착온실형 자연형 태양열 시스템 적용 유무
	평면깊이와 창면적	· 집열창 면적이 결정 : 평면깊이가 길면 자연형 태양열 시스템 적용에 불리하다.
	유리의 종류	· 자연형 태양열 시스템의 일사유입량, 야간 열손실 결정

### 3.3 태양에너지 시스템 적용 평가를 위한 시뮬레이션 프로그램의 개요

태양에너지 이용 시스템을 공동주택의 리모델링 시에 통합하기 위해서는 3.1장에서 제안한 프로세스에서 볼 수 있듯이 현황분석 단계에서 기존 건축물의 일사특성을 살펴보아야 하며, 건물의 부하특성을 알아야 한다. 또한 태양에너지 이용 시스템을 적용함으로써 시스템이 담당하는 건물 부하량이나 혹은 부하 감소의 정도를 평가하기 위해서 시뮬레이션 프로그램을 이용한다. 다음은 대상 부지 혹은 건축물의 일사특성, 부하특성 및 시스템의 에너지 성능 평가 시뮬레이션 프로그램에 대한 개요이다.

#### 3.3.1 SUNLIGHT V1.0

한국 씨.아이.엠(주)이 개발한 국내 최초의 일영·일조 검토 분석 프로그램으로 건물이 대지 주변에 미치는 일영현상이 건축법상의 일영규제 조건을 만족하는가의 여부를 확인할 수 있는 프로그램이다. SUNLIGHT V1.0의 용도는 다음과 같다.

##### (1) 일영도 작성

특정시간에 드리워지는 그림자의 크기를 알 수 있어 대상건물의 그림자가 영향을 미치는 범위를 확인할 수 있다. 주로 ‘어느 장소의 일영에 주의하여야 하는가’, ‘계산에 사용되는 방위, 그림자의 배율, 그림자의 방향이 타당한가’를 확인하는데 사용한다.

##### (2) 등시간 일영도

하루 일정시간동안 그림자가 드리워지는 영역을 표시한다. 일영시간이 직접 표현되어 있으므로 그대로 일영규칙의 부합여부를 확인할 수 있다. 등시간선은 지도상의 등고선과 매우 유사하게 나타나며 건물과 가까워짐에 따라 일영시간이 짧은 곳에서 긴 곳으로의 순서로 나타난다.

##### (3) 일영차트의 생성

임의로 정한 측정위치에서의 일영시간을 말하며 등시간선만으로 일영규제의 부합여부를 판단하기 어려운 경우에 이용한다.

### 3.3.2 RETScreen(Renewable Energy Technology Screen)

캐나다의 NRCAN(Natural Resources Canada)의 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory)에서 정부와 산업계의 70명 이상의 전문가와 산학협력 하에 개발된 프로그램이다.

이 프로그램은 사용자가 신재생 에너지 시스템의 적용함에 있어서 설계 초기단계에 빠르고 저비용으로 문제를 인식하고 비교하여 효과적인 시스템의 적용이 가능하게 한다. 이 프로그램은 말 그대로 시스템의 성능평가에 있어서 시스템의 연간 에너지 생산량, 설치비용, 경제성 분석 등을 종합적으로 하게 된다. 물론 이러한 분석은 어느 한 지역으로 국한되지 않고 국내외 어느 지역에 설치될 시스템의 분석도 가능하다. 성능을 평가할 수 있는 신재생 에너지 시스템은 현재 풍력, 소수력, 태양광, 바이오매스, 태양열 공기난방, 태양열 급탕, 자연형 태양열 시스템, 지중열 시스템의 성능 평가가 가능하며 추후에 열병합과 냉장시스템에 관한 성능평가가 추가될 예정이다.<sup>19)</sup>

워크시트로 구성되어 있으며 지역을 입력하면 NASA에서 제공하는 그 지역의 태양광 혹은 태양열원에 대한 정보를 알 수 있다. 본 연구에서는 대상건물이 위치한 서울지역의 일사량 데이터를 작성하기 위하여 RETScreen의 태양광 성능평가 프로그램인 PV2000을 이용하였다.

### 3.3.3 Method 5000<sup>20)</sup>

Method 5000은 Degree Day 개념으로 프랑스 국립건축연구소(C.S.T.B)에서 실험을 통해 개발된 것으로 야간단열에 관한 내용도 포함하고 있어 자연형 태양열 시스템에 간단히 적용시킬 수 있는 방식이다.

Method 5000 방식은 건물에서 태양열 획득을 고려하지 않은 난방부하와 자연형 태양열 시스템 및 내부 열 발생으로 인한 유효 태양열(useful solar) 획득량과의 차이로써 보조 난방량을 월별로 계산하는데 그 방법을 요약하면 다음과 같다.

---

19) 박상현 외, “건축물 적용 대체에너지 설비시스템 설계 타당성 평가”, 한국태양에너지학회 춘계 학술발표대회 논문집, 2004.5, pp. 203~204

20) 박진철, “자연형 태양열 축열벽 방식에서 야간단열구조의 열성능에 관한 실험적 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 1989.2, pp. 42~43

(그림 3.3) Method 5000 프로그램의 흐름도

### 3.3.4 Solar Pro SI 4.0

Solar Pro는 설비형 태양열 급탕 시스템의 설계와 평가에 사용되는 시뮬레이션 프로그램으로써 미국 maui 소프트웨어사의 상용 프로그램으로 해당지역의 기후데이터와 연계하여 집열판과 축열 탱크를 통해 시스템이 설치된 건물의 급탕 부하 담당을 시뮬레이션 하는 프로그램이다. World Wide Climate Generator를 통해 해당 기후 데이터를 생성하고 Solar Pro 내에서 기후지역을 선택하면 생성된 기후데이터와 선택한 집열판, 축열탱크의 성능 입력값과 연계하여 태양열에 의한 건물의 급탕부하 담당량을 시뮬레이션 하여 예측 할 수 있다.

### 3.3.5 PV Design Pro 3.0

PV-Design Pro 프로그램은 선택된 기후와 시스템 디자인에 기초를 둔 뒤, PV 시스템 운영을 시뮬레이션 하기 위한 시스템 디자인 프로그램이다. 미국 maui 소프트웨어사의 상용 프로그램으로 해당지역의 기후데이터와 연계하여 태양전지판과 축전지, 인버터를 통해 PV 시스템이 설치된 건물의 전력량을 시뮬레이션 하는 프로그램이다. PV시스템을 직접 설치하지 않아도, 적용하고자 하는 PV 시스템의 전력생산을 예측할 수 있는 프로그램이다.

## 제 4 장 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 사례연구

본 연구에서는 실제 공동주택을 대상으로 사례 연구를 실시함으로써 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획방법의 적용성을 검토하고 계획과정상에 필요한 설계 데이터를 제시하고자 하였다. 사례연구 범위는 기본 설계단계까지로 한정하고 태양에너지 이용시스템의 성능을 정밀 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 평가함으로써 기존 공동주택과 리모델링 후 공동주택의 에너지 성능 개선을 정량적으로 확인하였다.

### 4.1 목표 설정

본 연구에서는 대규모 단지 내에 하나의 주동을 선정하여 태양열시스템을 최대한 적용할 수 있는 리모델링 대안을 제시하고자 하였으며 기본 설계목표는 다음과 같다.

1. 자연형 태양열 시스템의 적용 : 전면 발코니에 자연형 태양열시스템을 적용하여 기존의 건물에서 요구되었던 난방 부하량을 최대한 절감한다.
2. 설비형 태양열 시스템의 적용 : 지붕에 급탕용 태양열 시스템을 적용하여 대상 주동의 급탕부하를 담당한다.
3. 태양전지 시스템의 적용 : 태양전지를 모듈화 한 PV 시스템을 건축물에 통합하여 적용함으로써 건물의 전력부하 일부를 담당할 수 있도록 한다.

### 4.2 현황분석

#### 4.2.1 대상지의 건축 개요

##### (1) 단지 개요

대상 공동주택은 1975~1976년에 건설되었으며 현재는 재개발지로 선정된 잠실 주공아파트 2단지로서, 5층 주동으로 구성되어있다. 적용하고자 하는 대상지는 잠실 주공아파트 2단지 276동으로 각 층에 19평형 6세대, 5개 층으로 한 동에 30세대가 있다.

(그림 4.1) 단지 배치도

(그림 4.1)에서 볼 수 있듯이, 대상 주동은 남향이며, 남쪽에 놀이터가 위치하여 동측과 서측에 5층 규모의 주동이 위치하고 있다. (그림 4.2)에서 (그림 4.5)는 대상 공동주택의 입면도와 사진을 보여준다.

(그림 4.2) 남측입면

(그림 4.3) 북측입면



(그림 4.4) 남측입면



(그림 4.5) 북측입면

## (2) 단위세대 개요

대상 세대는 19평(57.6㎡, 총 면적 68㎡)으로 방 3군데 중에서 두 군데는 온돌이며, 나머지 방 하나와 마룻바닥으로 마감한 거실은 방열기를 설치하였고, 층고는 2,600mm이다. 난방방식은 중앙난방방식이다. (그림 4.6)은 실내 모습을 보여주며 (그림 4.7)은 단위세대 평면도를 보여준다. 발코니, 거실, 방 2개가 모두 남향으로 배치되어 있다.



(그림 4.6) 단위 세대 내부 모습

(그림 4.7) 기존 단위세대 평면

대상 세대의 건축 개요는 <표 4.1>과 같고 총 전용 면적은 57.60㎡이다.

<표 4.1> 평면 면적

구분	실명	면적		
		㎡	평	%
전용면적	거실	15.88	4.80	23.35
	부엌·식당	7.68	2.32	11.29
	침실(1)	10.58	3.20	37.41
	(2)	7.98	2.41	
	(3)	6.88	2.08	
	변소·욕실	3.96	1.20	5.82
	현관	0.97	0.29	1.35
	다용도실	3.67	1.11	5.40
소계	57.60	17.42	84.71	
공용면적	계단실	5.47	1.65	8.04
	소계	5.47	1.66	8.04
서비스(발코니)면적	소계	4.93	1.49	7.25
총면적		68.00	20.57	100

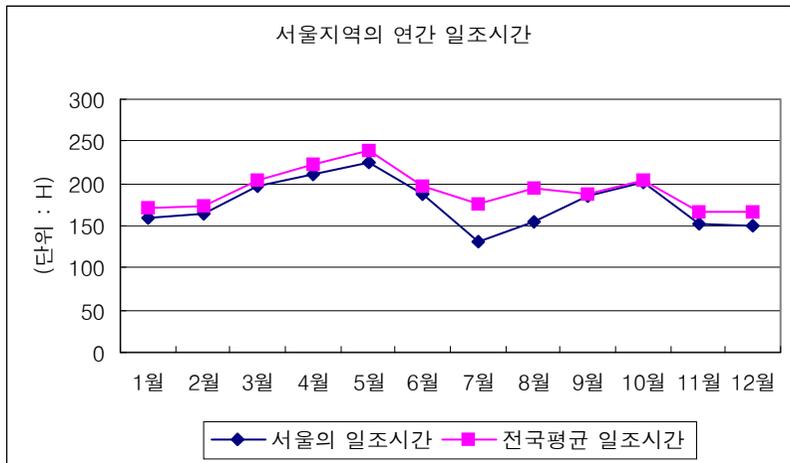
## 4.2.2 태양에너지 시스템 이용을 위한 현황분석

### (1) 일사 분석

태양에너지 시스템의 적용을 위한 기초 데이터로 제공하기 위하여 대상 단지 내 일사 특성을 분석하였다. 대상 건물이 위치한 서울지역(위도 37.5°, 경도 127°)의 일조시간 및 일사량을 분석하고 대상 주동에 주변 건물이나 식생 또는 인공 설치물에 의한 그림자가 지는지의 여부를 분석하였다.

#### 1) 서울 지역의 일조시간

1971년에서 2000년까지 30년간의 자료를 근거로 한 서울지역의 월평균 일조시간은 (그림 4.8)과 같다. 서울지역은 연간 총 일조시간이 2114.2시간으로 전국 평균 총 일조시간인 2301.0시간보다 짧은 것으로 나타났다.



(그림 4.8) 서울지역의 연간 일조시간

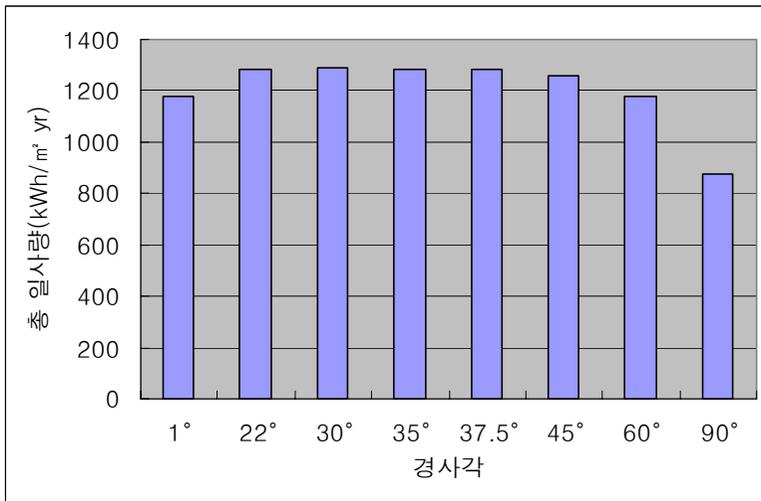
#### 2) 서울 지역의 일사량

대상 건물은 남동향 12°으로 배치되어 있으므로 방위각 12°E인 집열면의 경사각도에 따른 실제 일사량을 RETScreen의 PV2000 프로그램을 이용하여 분석하였다. 경사각은 수평면, 현행 아파트 경사형 지붕의 경사각인 22°, 태양에너지 관련 연구문헌에서 가장 효율이 높은 것으로 나타난 30°를 대표 각도로 설정하였다. 겨울에 기온이 크게 떨어지는 지역에서는 겨울철에 태양에너지를 많이 사용하기 위해서 대상지의 위도를 경사각으로 설정하기도 하므로 서울지역 위도

37.5°도 함께 분석하였다.<sup>21)</sup>

<표 4.2> 남동향 12°로 배치된 대상 주동의 경사각에 따른 일사량

kWh/day m <sup>2</sup>	경사각							
	0°	22°	30°	35°	37.5°	45°	60°	90°
1월	1.92	2.57	2.75	2.85	2.89	3.00	3.11	2.89
2월	2.72	3.35	3.50	3.57	3.60	3.65	3.62	3.04
3월	3.33	3.69	3.73	3.73	3.73	3.68	3.45	2.57
4월	4.42	4.59	4.54	4.48	4.44	4.30	3.87	2.59
5월	4.81	4.74	4.61	4.50	4.44	4.23	3.68	2.29
6월	4.47	4.33	4.18	4.07	4.00	3.79	3.27	2.03
7월	3.11	3.04	2.95	2.88	2.84	2.70	2.31	1.54
8월	1.78	3.81	3.74	3.67	3.63	3.49	3.11	2.06
9월	3.64	3.92	3.93	3.91	3.89	3.81	3.52	2.51
10월	3.08	3.67	3.79	3.83	3.85	3.86	3.75	2.98
11월	1.94	2.47	2.60	2.66	2.69	2.74	2.74	2.34
12월	1.50	1.95	2.07	2.13	2.16	2.22	2.25	1.99
총합 (kWh/m <sup>2</sup> yr)	1178	1280.67	1288.34	1284.85	1281.14	1259.98	1176.68	875.14



(그림 4.9) 방위각이 12°E일 때, 집열면의 경사각에 따른 연간 총 일사량 비교

<표 4.2>는 남동향 12°로 배치된 대상 주동에서 집열면을 설치했을 때 경사각 (지표면과 집열면과의 각도)에 따른 일사량을 분석한 결과이다. 여기서 연간 일

21) 신정철, “태양열 냉난방 기술”, 구민사, 2004. 1, pp.76

사량은 경사각이 30°일 때 1288.34kWh/m<sup>2</sup> yr로 가장 큰 것으로 분석되었다. 집열면의 경사각이 90°일 때의 일사량은 경사각이 30°일 때의 일사량보다 32% 정도 감소하는 것으로 분석되었다.

### 3) 대상 건물의 일영 분석

현행 관련법에서 제시하고 있는 일조량에 관련된 사항은 “동지를 기준으로 오전 9시부터 오후 3시 사이에 2시간 이상을 계속하여 일조를 확보할 수 있는 거리”<sup>22)</sup>에 대한 조항을 둬으로써 건축물 상호간의 이격거리 및 건축물의 높이 제한을 규정하고 아파트 각 세대별로 거주에 필요한 일조량을 확보할 수 있도록 하고 있다. 이는 주거환경의 기준으로 제시되는 최소한의 일조량이므로 주동의 모든 세대에 설비형 태양열 시스템을 적용하기에는 무리가 있다. 안정적으로 태양에너지 시스템을 사용하기 위해서는 태양고도가 제일 낮은 동지를 기준으로 오전 9시부터 오후 4시까지를 고정적으로 태양 빛이 확보되어야 한다.<sup>23)</sup>

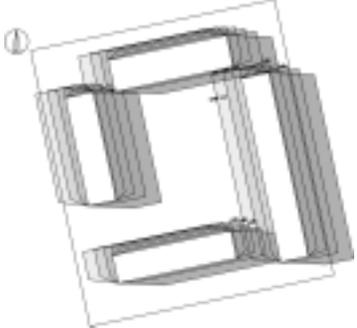
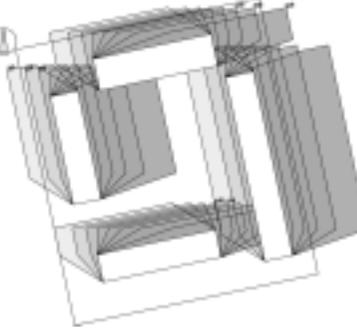
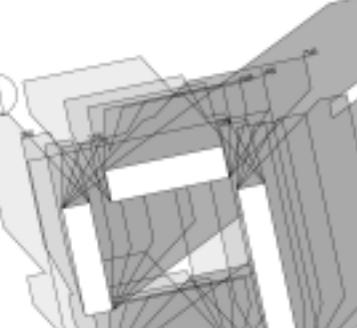
<표 4.3>은 SUNLIGHT v1.0을 이용하여 오전 9시부터 오후 4시까지 30분 간격으로 대상 주동의 일영을 분석한 결과이다. 주변건물은 대상 주동과 같은 높이의 5층 규모로서 일영분석 결과 대상 지붕층에는 주변 건물에 의한 음영이 생기지 않는 것을 알 수 있다. 그러나 남측 벽면에는 하지에는 2시 30분경에 일부 음영이 생기고, 동지에는 건물 저층부의 상당부분에 음영이 생기는 것을 알 수 있다.

---

22) 법적근거: 건축법 53조, 건축법 시행령 86조

23) 고층아파트에서의 태양열 이용시스템 적용 가능성 및 전망, 최기환 외

<표 4.3> 대상 건물의 일영분석

	일영도	대상 주동의 남측벽면일영
하 지		
춘 · 추 분		
동 지		

(2) 기존 건물의 부하특성 분석

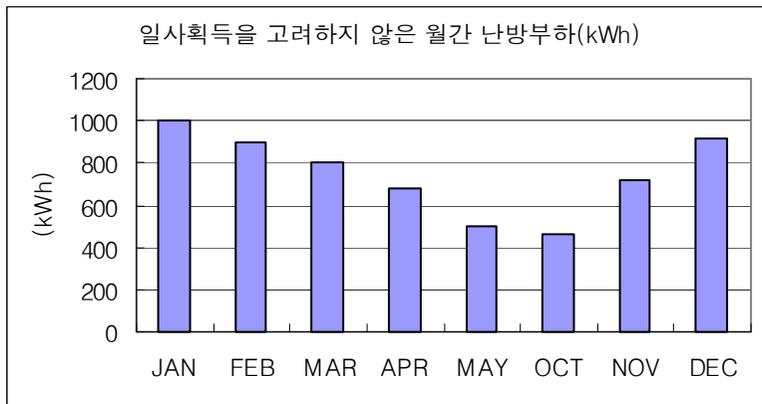
1) 난방부하의 산정

시스템의 적용이 단위세대별로 동일하게 들어가므로 건물 1개동 중에서 중간에 위치한 세대를 선정 후, 자연형 태양열 시스템의 성능을 난방부하 값으로 평가할 수 있는 Method 5000 프로그램을 이용하여 필요한 난방부하를 계산하였다. <표 4.4>는 대상 단위세대의 난방부하 시뮬레이션 결과를 보여주는데 서울지역, 난방 온도 21℃를 기준으로 하였으며, 난방이 필요한 기간은 10월부터 5월까지이다.

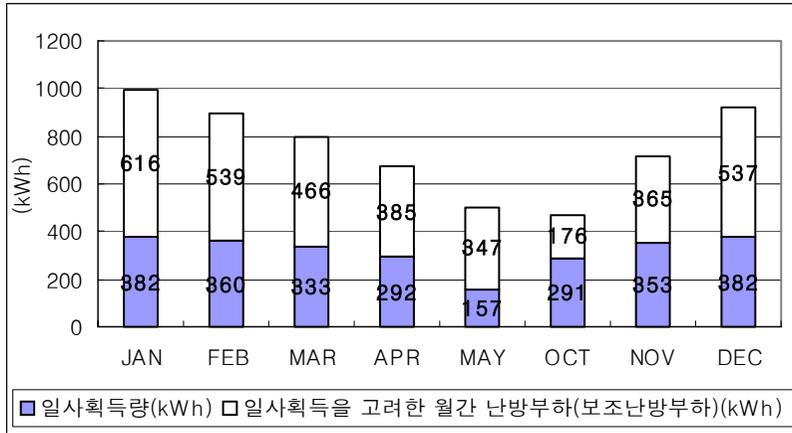
<표 4.4> Method 5000 프로그램을 이용한 기존 공동주택 단위세대의 난방부하 특성

기존건물의 난방부하 특성	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	OCT	NOV	DEC	total
난방을 하지 않았을 때의 실내 온도(℃)	5	7.4	12.6	19.9	25.6	22.4	15.1	7.7	.
일사 획득을 고려하지 않은 월간 난방부하(kWh)	998	899	799	677	504	467	718	919	5,981
일사 획득량(kWh)	382	360	333	292	157	291	353	382	2,550
일사 획득을 고려한 월간 난방부하(보조난방부하)(kWh)	616	539	466	385	347	176	365	537	3,431
Solar Saving Fraction	43%								

(그림 4.10)은 대상건물의 일사획득을 고려하지 않았을 때 필요한 단위세대의 월별 난방부하를 나타내며, (그림 4.11)은 일사획득량과 이를 고려했을 때의 난방부하를 보여준다.

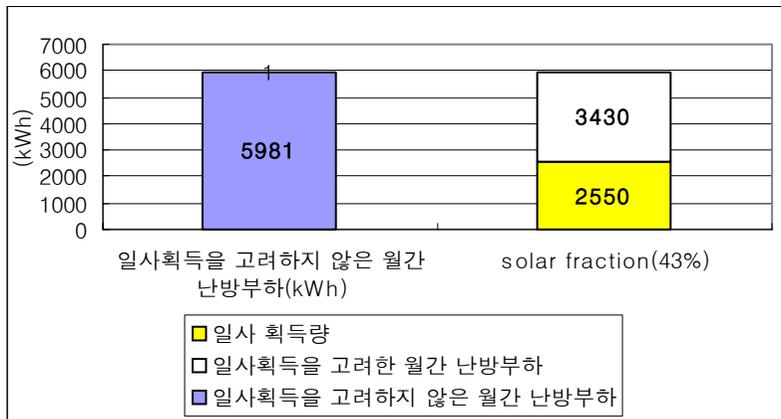


(그림 4.10) 일사획득을 고려하지 않은 기존 공동주택 단위세대의 월간 난방부하



(그림 4.11) 기존 공동주택 단위세대의 일사 획득량과 그때의 월간 난방부하

기존 공동주택 단위세대에서 요구되는 난방부하에 대한 태양에너지 이용율은 (그림 4.12)과 같다.



(그림 4.12) 기존 공동주택 단위세대의 태양에너지 이용율

일사 획득을 고려하지 않았을 때의 연간 총 난방부하는 5,981kWh 이며, 이때 태양열에 의한 일사 획득량은 2,550kWh이므로, 실질적인 난방부하는 3,431kWh 이다. 따라서 기존 공동주택에서의 태양에너지 이용율은 43%이다.

2) 급탕부하의 산정

급탕 부하를 산정하기 위해서는 먼저 필요한 급탕량을 계산해야한다. 건물의 사용 용도별 급탕량의 산정 기준은 <표 4.5>와 같다.<sup>24)</sup>

<표 4.5> 건물 종류별 급탕량

건물의 종류	주택 · 호텔 · 아파트	사무소	공장
1인 1일당 급탕량 (ℓ/d·인)	75~150	7.5~11.5	20

[주] 1. 사용온도는 60℃ 기준임

2. 주택이나 아파트에서 접시 닦기 또는 세탁기가 있는 경우에는 접시 닦기 1대당 60ℓ, 세탁기 1대당 150ℓ를 추가한다.

<표 4.6> 급탕부하 계산 기본 조건

항 목	조 건
급탕량	110ℓ/d·인
수돗물의 시수온도	5℃
급탕 온도	60℃

대상 건물은 공동주택이므로, 1일 1인당 급탕량을 110ℓ/d·인으로 보고 <표 4.6>을 참고로 하여 다음과 같이 산정한다.

① 4인 가족 기준 가구당 필요 급탕량(Q<sub>1</sub>)

$$Q_1 = 110\ell/d\cdot\text{인} \times 4\text{인} = 440\ell/d\cdot\text{가구}$$

② 1가구당 1일 급탕부하(Q<sub>2</sub>)

$$Q_2 = 440\ell/d\cdot\text{가구} \times (60^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) \times 1\text{kcal/kg}\cdot^\circ\text{C} = 24,200\text{kcal/day}\cdot\text{가구}$$

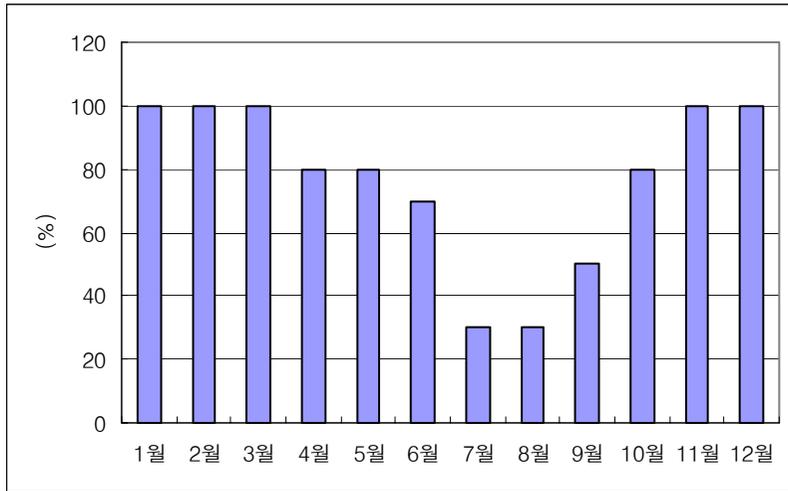
③ 1개동에 30가구가 있으므로 1개동의 1일 급탕부하(Q)

$$Q = 24,200\text{kcal/day}\cdot\text{가구} \times 30\text{가구} = 726,000\text{kcal/day}$$

이와 같은 방식으로 산정된 1일 급탕부하는 겨울철 최대 급탕 부하량을 개략적으로 산정한 결과이며 실제 거주자의 월별 급탕사용 패턴은 (그림 4.13)과 같이 나타나게 된다.<sup>25)</sup>

24) 김영호, “신편 건축설비”, 보문당, 1995, pp.89

25) 백남춘 외, “설비형 태양열 주택 실증시험 및 시뮬레이션 연구”, 한국태양에너지학회지, 2001, pp.97



(그림 4.13) 월별 급탕사용 패턴

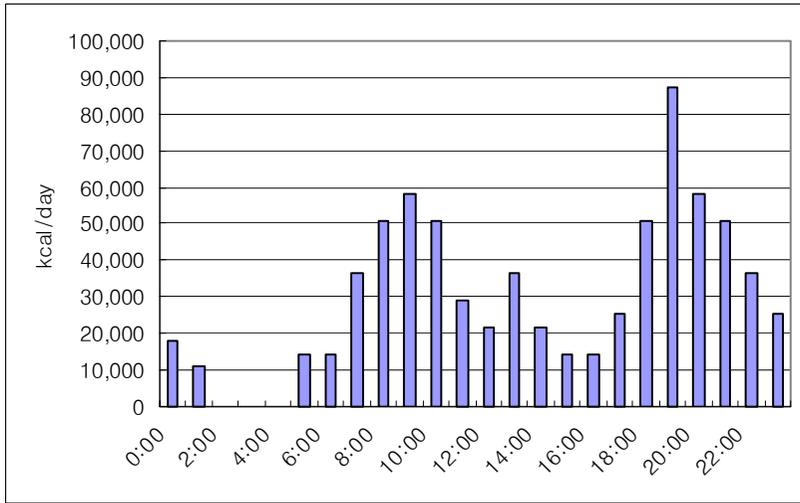
1개동의 1일 급탕부하(Q) 726,000 kcal/day와 월별 급탕사용패턴을 고려하면 대상 주동의 월별 급탕 부하량은 <표 4.7>과 같이 산정된다.

<표 4.7> 대상건물의 월별 급탕 부하량

월	급탕 부하량(kcal/day)
1월	726,000
2월	726,000
3월	726,000
4월	580,800
5월	580,800
6월	508,200
7월	217,800
8월	217,800
9월	363,000
10월	580,800
11월	726,000
12월	726,000

이때 대상 건물의 시간별 급탕부하는 (그림 4.14)<sup>26)</sup>과 같으며 주요 사용시간은 오전 7시부터 11시까지, 오후 7시부터 11시까지에 집중되는 현상을 보인다.

26) 한국태양에너지학회, “태양에너지 핸드북”, 태림문화사, 1991. 6



(그림 4.14) 대상 건물의 시간당 필요 급탕부하(1월 기준)

### 3) 전력부하의 산정

공동주택에 소비되는 전력량을 알기 위해 각 세대별 전기기기와 조명기기를 조사하였다. <표 4.8>은 단위세대의 전력요구량을 각 실별로 분류하여 나타낸다.

<표 4.8> 단위세대 1일 전력 요구량

대상공간	종류	전기기기 용량	평균사용시간	1일 전력 요구량(kWh)
안방	기기	진공청소기 : 1200W	1시간	1.2
	조명	형광등 : 20W×2EA	4시간	0.16
방1	기기	PC : 70W, 모니터 : 100W	5시간	0.85
	조명	형광등 : 20W×2EA	6시간	0.24
방2	기기	스탠드 : 25W	5시간	0.13
	조명	형광등 : 20W×2EA	6시간	0.24
거실	기기	TV : 120W	5시간	0.6
	조명	형광등 : 20W×4EA	6시간	0.48
주방	기기	전자레인지 : 700W	0.5시간	0.35
	기기	냉장고 : 60W	24시간	1.44
	기기	전기밥솥 : 420W	7시간	2.94
	조명	형광등 : 20W×2EA	4시간	0.16
다용도실	기기	세탁기 : 500W	1시간	0.5
	조명	백열전구 : 60W	1시간	0.06
욕실	조명	백열전구 : 60W	2시간	0.12
계단실	조명	형광등 : 20W	7시간	0.14
발코니	조명	백열전구 : 60W×2EA	0.5시간	0.06
조명부하 합계				1.92
전열부하 합계				7.88
전력부하 합계				9.80

단위 세대의 1일 필요 전력은 9.80kWh이며, 대상 주동건물의 1일 전력부하는

294kWh인 것으로 산정되었다. 이 중에서 주동건물의 조명에 필요한 부하는 49.8kWh이다.

### 4.3 기본계획

리모델링은 일반적인 건물 신축이나 재건축과는 달리, 여러 시스템들을 적용하기에 한계가 있으며, 태양에너지를 이용하기 위해서는 집열 · 집광부와 축열부, 이용부의 확보가 필요하다. 따라서 2장에서 살펴본 태양에너지 이용 기술의 특성과 3.2의 태양에너지 시스템의 설계에 영향을 미치는 건축적 계획 요소 및 4.2의 현황분석을 토대로 하여 대상 건물에 적용하기에 타당한 태양에너지 시스템을 선정하였다.

태양에너지 시스템을 건물에 통합하여 적용하기 위해서 각 시스템의 특성에 영향을 미치는 건축적 설계 요소와 건축물체의 설치위치, 설치 경사각과 방위각을 고려, 분석하였다.

#### 4.3.1 자연형 태양열 시스템

자연형 태양열 시스템은 구조체를 이용하여 획득한 열을 별도의 변환 없이 주거공간 내에서 바로 이용한다는 특징이 있다. 따라서 시스템을 적용하기 위해서는 단위세대의 평면상에서 시스템을 적용하기에 적합한 공간을 설정해야 한다. 또한 태양열 시스템의 특성상, 주동의 형태와 향에 의해 시스템 적용 여부가 결정되나, 대상 건물은 정남에서 동향으로 12° 바라보고 있어, 자연형 태양열 시스템을 적용하기에 무리가 없는 조건을 갖추고 있다.

2장에서 살펴본 자연형 태양열 시스템의 종류는 적용 방법에 따라 직접획득방식과 축열벽 방식, 부착온실 방식으로 구분된다. 이 세 가지 방식 중에서 대상 건물의 특성에 가장 적합한 부착온실 방식을 선택하였다.

기존의 공동주택 건물에 직접획득 방식 시스템을 적용하게 되면 남향 전면에 유리창을 설치해야 한다. 따라서 침실의 경우에는 과도한 자연채광이 유입되어 눈부심 현상과 프라이버시의 문제가 있고, 열손실이 크다. 거실의 경우, 발코니가 이미 존재하기 때문에 직접획득방식은 불가능하다. 또한 이 방식은 바닥이나 벽체가 축열체의 역할을 해야 하기 때문에 기존의 구조체를 그대로 이용하는 리모델링 시에는 적합하지 않다.

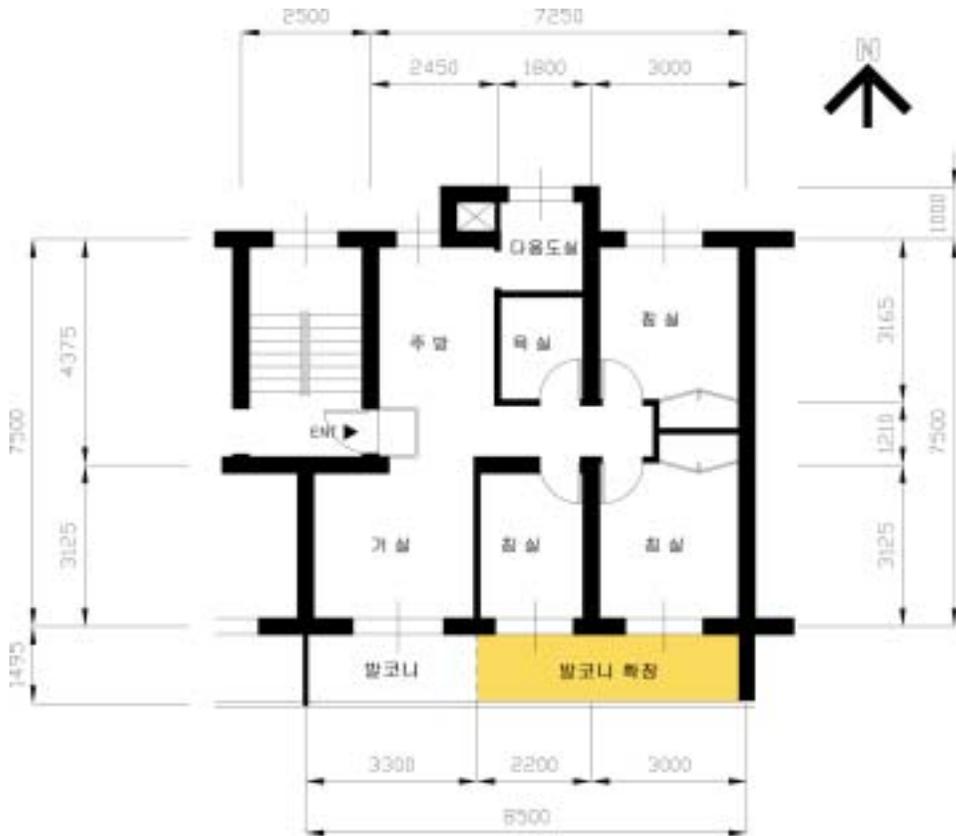
축열벽 방식의 경우에는 부피가 큰 축열벽을 따로 설치해야 하고, 공간의 유용성이 없으며 축열벽에 의해 조망 및 자연채광이 어렵게 된다. 특히 거실에 타일

랙(Time lag)이 긴 축열벽 방식을 사용할 경우 실의 이용시간에 부합하지 못한다.

부착온실 방식은 기존 건물에 쉽게 적용할 수 있는 특징이 있으며, 완충공간의 역할을 하여 건물의 열손실을 줄일 수 있다. 대상 건물을 포함한 우리나라 대부분의 공동주택의 경우 이미 베란다 공간이 확보되어 있어 리모델링 시에 단열성능이 높은 유리로 둘러싸게 되면 부착온실 기능의 공간을 마련할 수 있고, 이 공간은 별도의 생활공간으로써 이용이 가능하다. 침실 쪽 외부의 경우 채광 및 조망을 확보하면서도 벽체가 축열체의 역할을 하게 됨으로써 타임 랙을 이용하여 자연형 난방을 동시에 할 수 있게 된다.

한편, 자연형 태양열 시스템은 주로 겨울철의 난방부하를 줄이기 위한 목적으로 사용되기 때문에, 여름철에는 과열의 위험이 있다. 따라서 자연형 태양열 시스템의 경우, 자연환기 기법과 차양 장치 설치를 통해 과열을 방지하기 위한 대책도 함께 고려해야 한다.

부착온실 방식을 적용하기 위하여 대상 건물의 남향면에 위치한 발코니를 활용하였다. 기존의 평면상에서는 거실공간의 남향 전면에만 발코니가 있었으나, 리모델링을 통해 (그림 4.15)과 같이 침실 앞부분까지 발코니를 확장함으로써 적극적으로 부착온실 방식을 적용한다. 외기가 실내로 들어올 때 예열될 수 있는 완충공간을 제공할 수 있고, 침실과 확장 발코니 사이의 벽을 축열체로 사용함으로써 난방부하를 감소시킬 수 있다.



(그림 4.15) 부착온실 역할을 담당하는 남향면 발코니 확장 위치

#### 4.3.2 설비형 태양열 시스템

설비형 태양열 시스템의 구성요소인 집열판은 건물 외관에 큰 영향을 미치는 요소이다. 태양열 시스템을 활용하기 위해서는 각 세대별로 집열기 설치 공간 및 집열 면적이 필요하게 되는데, 이는 태양열 시스템의 규모 결정 및 태양열 이용을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 설비형 태양열 시스템의 설계를 위해서는 주동의 형태와 향, 주동의 규모, 지붕의 형태 및 향과 입면 계획요소를 고려해야 한다.

현재 아파트의 형태를 감안할 때 집열판의 설치가 가능한 위치로는 남향면 발코니 중에서 침실 전면의 외벽 및 난간부위를 활용하는 방법과 최고층 경사 지붕을 이용하는 방법, 동(棟)의 측벽과 같은 외부벽체를 이용하는 방법, 단지 내 여유 공간을 활용하는 방법이 있다. 그러나 외부 벽체의 이용이나 단지 내 공간을 활용하는 방법은 설치 여건과 향후 유지보수의 어려움 때문에 적용하기에는

곤란한 것으로 판단된다.

발코니 외벽 및 난간부위를 활용하는 방법에 대해 살펴보면, 발코니 길이에 따라 집열 면적이 결정되며, 주택의 전용면적이 59㎡ 미만의 소형 평형인 경우 가용 발코니의 길이가 부족하게 된다. 따라서 태양열 시스템을 설치하더라도 시스템으로써의 역할을 제대로 수행하지 못함으로써 시설비에 비해 대체에너지 활용이 미흡하게 되며, 요구되는 최소 집열 면적 확보가 가능한 중대형 평형에서 유리한 방식이다.

이 부위에 집열판을 설치하게 되면 각 세대별로 축열조를 설치해야 한다. 그러나 현재 건설되고 있는 아파트의 평면상 축열조 설치가 가능한 장소는 극히 제한적이며, 슬래브의 부가 하중 설계 기준은 300kg/㎡로 제한되기 때문에 축열조의 규격 및 용량을 설계하는 결정적인 제한 요소로 작용한다. 축열조의 중량은 건축물에 부가하중으로 작용하기 때문에 설치위치에 구조물의 보강과 중량분산, 장비의 반입 및 설치 등을 고려해야 한다.

특히, 발코니에 집열판을 부착하여 설치할 경우 저층부에서는 그림자에 의해 일조확보가 되지 않는 등의 문제가 발생하기 때문에 고층아파트의 경우에는 지붕에 설치하는 것이 유리하다. 또한, 각 세대별로 집열판을 설치하게 되면 집열기로부터 온수를 사용하는 욕실과 주방까지 열매 배관과 연결배관을 추가적으로 설치해야 한다. 지붕층에 집열판을 설치하는 방식에서는 배관방식에 별 문제점이 발생하지 않지만, 발코니에 설치하는 경우에는 바닥 난방 온돌층을 통하여 설치해야 하므로 기존 배관과 상충하는 부분이 발생하게 된다.

공동주택의 지붕에 집열판을 설치하는 경우, 최근에는 각 지방 자치 단체에서 아파트의 외적인 미관을 고려하여 경사지붕 형태를 권장하고 있으며 이에 따라 통상적으로 사용되고 있는 22~25°각도는 국내에서 태양열 시스템의 최대 효율을 확보하는 데에는 비효율적인 각도로, 이를 해결하기 위한 노력이 필요하다. 축열조의 설치는 경사지붕 내부 공간에 설치하여 비교적 공간에 대한 제약을 받지 않는다. 태양열을 이용 효과 면에서 집열면적과 수요의 관계에 따라 고층형 아파트 보다는 저층형 아파트가 더 좋은 여건을 가지고 있다.

대상지로 선정된 공동주택의 경우 실 평수 18평 미만으로 발코니 폭이 협소하여 발코니 외벽에 집열판을 설치하기에는 부적합하며, 남향면의 발코니에 설치할 경우, 자연형 태양열의 이용에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 리모델링 시에 건물의 지붕층을 활용하여 집열판을 설치하고 급탕 부하를 담당할 수 있도록 한다.

지붕층에 집열관을 설치하는 방식은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 평지붕 위에 지지 철물을 이용하여 집열관을 설치하는 것과 경사형 지붕에 부착하는 방식이 있다. 이 두 가지 방식의 특징을 각각 살펴보면 다음과 같다.

1) 평지붕에 평판형 태양열 집열관을 설치하게 되면 설치가능 면적에 대한 제약은 상대적으로 적어지는 반면, 별도의 설치구조물이 필요하게 된다. 축열조는 건물의 지하층을 이용할 수 있다.

2) 경사형 지붕에 평판형 집열관을 설치하는 경우는 건물이 남향일 경우 지붕의 남사면에 집열관을 부착하는 방식으로 경사형 지붕 아랫부분의 공간에 축열조를 설치할 수 있다. 현재 각 지자체에서는 공동주택 건물 입면의 획일화와 단순화를 억제하고 다양한 형태와 스카이라인을 유도하기 위해 평지붕에서 경사지붕으로의 전환을 장려하고 있다.

또한 최상층 세대의 경우 지붕의 일사획득에 크게 영향을 받게 되어 하절기 및 동절기에 상부 층의 실내 기온이 외부의 영향을 많이 받는다. 그러나 경사형 지붕으로 하여 비주거용 공간으로 사용할 경우에는 지붕 밑 공간이 생김으로써 여름철 과열을 방지할 수 있고 냉방부하를 절감할 수 있다. <표 4.9><sup>27)</sup>에서 알 수 있듯이 단위세대를 기준으로 지붕 밑 공간의 유무에 따른 에너지 소비량을 비교해 보면 평지붕 세대에 비해 지붕 밑 공간이 있는 박공지붕의 경우, 지붕을 통한 전열 부하가 줄어들어서 전체 순간 최대 냉방부하는 평지붕에 비해 46% 까지 줄어들게 된다.

<표 4.9> 지붕 형태에 따른 최대 냉방부하

부하요소	평지붕		RC조 박공지붕		철골조 박공지붕	
	현열 (KW)	잠열 (KW)	현열 (KW)	잠열 (KW)	현열 (KW)	잠열 (KW)
벽체를 통한 전열부하	0.265	-	0.227	-	0.265	-
지붕을 통한 전열부하	3.567	-	0.571	-	0.831	-
유리창을 통한 전열부하	0.948	-	1.084	-	0.948	-
유리창을 통한 일사부하	0.001	-	0.02	-	0.01	-
실내 열 발생 (인체)	0.209	0.211	0.075	0.047	0.209	0.211
틈새바람으로 인한 부하	0.417	0.897	0.563	1.093	0.417	0.897
총부하량	5.408	1.108	2.523	1.139	2.672	1.108

27) 김윤일 외, “냉방에너지 절감을 위한 공동주택 Attic공간의 통풍계획”, 대한건축학회 학술발표 논문집, 2001.4

따라서 본 연구에서는 공동주택의 경사형 지붕의 남사면에 평판형 집열판을 설치하고, 그에 따라 생겨나는 지붕 밑 공간에 축열 탱크를 설치하는 방식을 선택한다.

### 4.3.3 태양광 발전 시스템

주거건물의 경우 1일 전력 부하의 사용 패턴이 전력발전 시간과 상충하기 때문에 독립형 시스템 보다는 계통 연계형 시스템을 적용하는 것이 유리하다. 양방향 계통선 연계방식으로 PV 모듈을 인버터와 연결하여 PV로부터 발생된 출력이 부하가 필요로 하는 전력보다 클 경우 그 잉여전력은 계통선으로 역 송전하고, 부하가 필요로 하는 전력보다 PV 모듈에서 발생된 전력이 적을 경우 부족한 전력은 계통선에서 공급 받는다.

2장에서 고찰한 결과 건축물에 PV 모듈을 부착하는 방식은 벽면 및 지붕 부착 방식으로 크게 구분할 수 있으며, 그 중에서도 벽면 적용방식은 건축물의 고층화, 대형화에 따라 외벽면적이 증가된다는 전제하에서 PV 모듈의 설치 면적이 제한적인 지붕형 부착방식에 비해 보다 많은 설치용량을 확보할 수 있어 그 적용 가능성에서 우수하다.<sup>28)</sup>

대상 건물의 경우 남향면을 향하고 있으며, 지붕층에 태양열 집열판을 설치할 경우, 벽면에 PV를 설치할 수 있는 공간이 확보된다. 따라서 공동주택의 외피 중에서 수직 벽면에 외피 역할을 동시에 담당할 수 있도록 PV 모듈을 적용하기로 한다.

태양전지의 특성상 직사광선에 노출 될 때 변환 효율이 가장 좋고, PV모듈은 여러 장의 태양전지를 직렬로 연결하여 만들어지기 때문에 PV 표면 전부 또는 일부에 그림자가 드리워 직사광선이 방해받을 경우 시스템 전체 에너지 획득에 상당한 영향을 미치게 된다. 그러므로 가장 일사 조건이 좋은 시간대에 PV 설치장소 주변의 나무 또는 건물에 의한 PV 표면에 그림자가 들지 않도록 계획되어야 한다.<sup>29)</sup>

따라서, PV 모듈을 벽면에 설치하기 위해서는 앞의 일영분석을 토대로 결정해야 한다. (그림 4.16)은 춘·추분일 때의 벽면 일영 모습으로 대상 건물의 동서쪽 끝 세대 3개 층과 그 안쪽 세대 1개 층(칠 부분)은 벽면에 음영이 생겨 PV

28) 김재원 외, “벽면 부착방식 PV 시스템의 건축물 적용가능성에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 2003.6

29) 이용직 외, “PV의 건축물 적용기법에 관한 연구”, 태양에너지 학회지, 2002

모듈을 부착하기에 부적절하다.



(그림 4.16) 벽면상의 PV모듈의 부착 가능 위치 분석(춘·추분 음영기준)

## 4.4 기본설계

태양에너지 이용 시스템의 규모를 산정하기 위해서는 대상 건물의 부하 특성을 고려하고 건축적 설계요소 뿐만 아니라 시스템의 설치 경사각, 방위각, 부대 시설의 용량 및 기타 사항들을 함께 통합하여 시스템이 최적의 성능을 갖도록 설계하여야 한다.

### 4.4.1 자연형 태양열 시스템

#### (1) 집열창 면적의 산정

우리나라의 기후조건에서 부작온실 방식을 적용하기 위해서는 난방바닥 면적 1㎡당 0.65~1.17㎡의 집열창 면적이 필요<sup>30)</sup>하므로 대상 단위세대의 각 실에서 필요한 최소한의 집열창 면적은 <표 4.10>와 같이 산정할 수 있다.

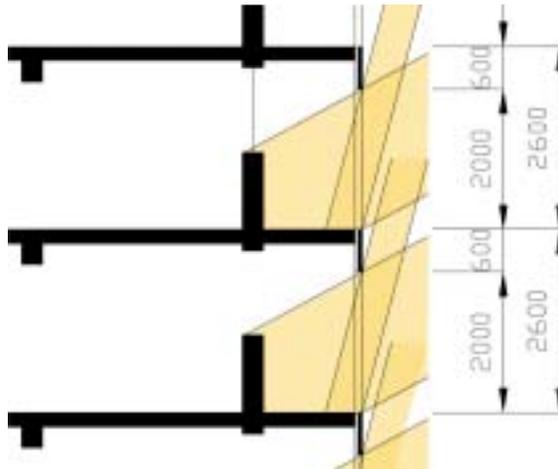
<표 4.10> 난방공간에 필요한 집열창의 최소 크기

난방공간	난방바닥 면적(㎡)	집열창 최소 면적(㎡)	집열창 최소 높이(m)
거실	8.75	5.7	1.73
침실1	5.65	3.7	1.68
침실2	8.17	5.3	1.77

#### (2) 여름철 과열 방지 계획

30) 김정중, “자연형 태양열 아파트 건축계획에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 1986.11

자연형 태양열 시스템은 주로 난방부하를 절감하기 위해 사용되지만, 여름철에 과열을 방지하고 냉방효과를 얻을 수 있는 방법이 강구되어야 한다. 또한 본 연구에서는 한 종류의 시스템뿐 아니라 설비형 태양열 시스템, PV모듈을 이용한 시스템과의 통합적인 계획이 이루어져야 하므로 최대한의 유동성을 확보할 수 있어야 한다. (그림 4.17)은 침실의 남향 벽면 및 발코니 바닥을 축열체로 할 때, 차양 장치를 설치하여 서울지역에서 동지와 하지의 일사 유입 각도를 기준으로 하여 여름철 일사의 유입을 최대한 차단할 수 있는 경우를 나타낸 것이다.



(그림 4.17) 하지와 동지의 일사 유입을 고려한 부착온실 단면 개념도

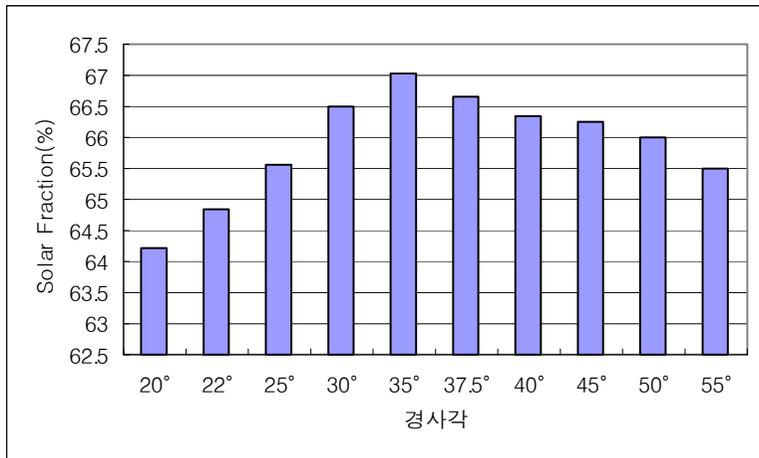
발코니 상부의 폭 600mm는 여름철 차양 장치의 역할과 동시에 다른 태양에너지 이용 시스템의 부착 공간으로써도 활용이 가능하다. 또한 발코니 창의 개폐가 가능하게 함으로써 여름철 자연환기를 통해 자연통풍이 이루어질 수 있도록 한다.

#### 4.4.2 설비형 태양열 시스템

##### (1) 설치 각도

일반적으로 집열기의 경사각 산정에 있어서, 연중 사용하는 경우에는 위도와 같게, 주로 동절기에 집열량을 많게 해야 할 분야에서는 위도보다 더 높은 경사각을 사용(약 위도+15°)하고, 하절기에도 태양열을 사용해야 하는 경우에는 위도와 같은 각도로 한다. 31)

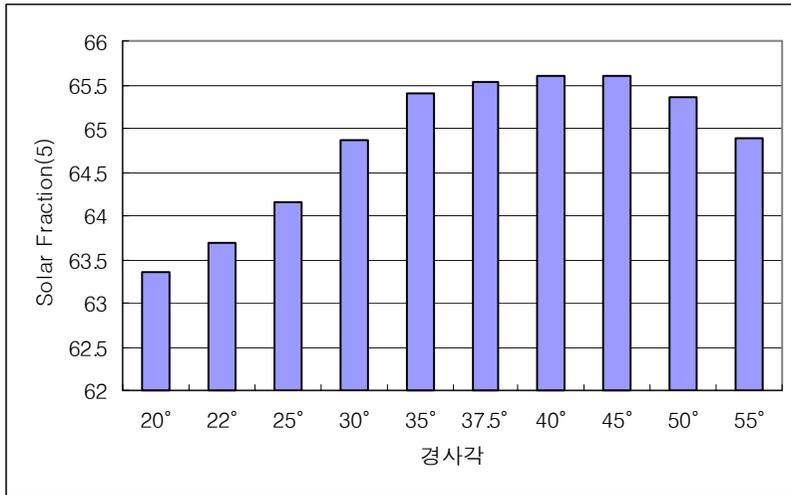
본 연구에서는 태양열 집열판의 최적 설치 경사 각도를 결정하기 위하여 Solar Pro SI 4.0을 이용하여 시뮬레이션 하였다. (그림4.18)는 정남향일 때 경사각에 따른 태양열 이용률을 보여준다. 정남향(방위각0°)일 경우 서울지역에서는 경사각이 35°일 때 최대의 이용률을 보인다. 따라서 정남향의 건물에서는 태양열 집열판 설치 시 경사각을 35°로 설치하는 것이 가장 효과적이다.



(그림 4.18) 방위각이 0°일 때 경사각에 따른 태양열 의존율

그러나, 대상건물은 정남에서 동쪽으로 12°의 방위각을 갖는 조건을 갖추고 있다. 따라서 그에 대한 최적 경사각을 시뮬레이션 한 결과 37.5°에서 45°까지의 경사각에서 이용율이 높게 나타났으며, 45°일 때 최고의 이용율을 보였다(그림 4.19). 경사각이 높아질수록 급탕 부하량이 많은 겨울철에 집열량이 많아지기 때문이다. 따라서 12°E의 방위각을 갖는 일반 건물의 경우 37.5°~45°의 경사각에 맞추어 태양열 집열판을 설치하는 것이 가장 효과적이다.

31) 한국에너지기술연구원, “태양열 시스템 설계지침”, 2004



(그림 4.19) 방위각이 12°E일 때 경사각에 따른 태양열 의존율

현행 아파트의 지붕 경사각은 20~22°로 하고 있으며, 층고가 높아짐에 따른 비용 증가를 고려한 경제성과 한국인의 정서에 맞는 미적 형태를 고려하여 경사 물매는 4/10~7/10(22°~35°)의 수준을 권장하고 있다. 또한 지구단위계획에서 ‘주변 건물과 동일하게 간다’는 지붕 경사 규정에 따라 태양에너지 이용의 최적 각도인 45°의 경사는 부적절 한 것으로 사료된다. 따라서 지붕 경사각은 22°~35° 범위의 수준에서 태양에너지를 최대한으로 이용할 수 있는 35°로 결정 한다.

## (2) 설치 면적의 산정

태양열 시스템의 규모, 즉 태양열 집열면적은 시스템 설계의 중요한 요소이다. 태양열 난방시스템의 경우 태양열 의존율은 40~70%, 태양열 급탕시스템인 경우에는 60~80%가 되도록 시스템 규모를 선정하는 것이 일반적이며, 동절기가 추운 지역에서는 이보다 낮게 적용되는 것이 좋다. 이러한 태양열 의존율 범위 내에서, 태양열 급탕 시스템은 태양열이 최고조인 달에 전체 부하의 거의 100%를 감당할 수 있다.<sup>32)</sup>

### 1) 단위면적 당 집열량

지붕 경사각이 35°일 때 효율이 35%인 평판형 집열기의 월별 급탕 부하와 단

32) 한국에너지기술연구원, “태양열 시스템 설계지침”, 2004

위면적당 집열량은 <표 4.11>과 같다.

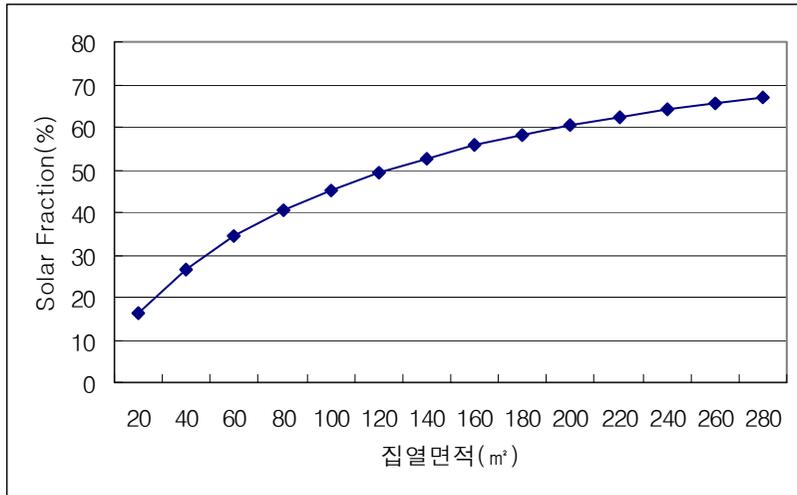
2) 시뮬레이션을 통한 집열 면적 산출

(그림 4.20)에서 시뮬레이션에 의한 태양열 집열 면적과 태양열 의존율과의 관계를 나타내었다. 집열 면적이 20㎡에서 280㎡까지 증가할 경우, 적은 집열 면적에서는 집열 면적이 증가함에 따라 집열량의 증가도 크지만 집열 면적이 클수록 증가율은 둔화되고 있음을 알 수 있다. 태양열 의존율이 증가할수록 태양열 시스템의 집열 효율은 떨어지기 때문이다.<sup>33)</sup> 따라서 집열 면적을 결정할 때는 태양열 의존율과 집열 면적간의 관계를 고려하여 결정하여야 한다.

<표 4.11> 경사각35°일 때 효율 35%인 평판형 집열기의 단위면적당 집열량

월	급탕부하 (Kcal/day)	월별 일사량 (kWh/day·㎡)	월별 일사량 (kcal/day·㎡)	집열기 효율 (%)	단위면적당 집열량 (kcal/day·㎡)
1	726,000	2.85	2,451	35	858
2	726,000	3.57	3,070	35	1,075
3	726,000	3.73	3,208	35	1,123
4	580,800	4.48	3,853	35	1,349
5	580,800	4.50	3,870	35	1,355
6	508,200	4.07	3,500	35	1,225
7	217,800	2.88	2,477	35	867
8	217,800	3.67	3,156	35	1,105
9	363,000	3.91	3,363	35	1,177
10	580,800	3.83	3,294	35	1,153
11	726,000	2.66	2,288	35	801
12	726,000	2.13	1,832	35	641

33) 백남춘 외, “설비형 태양열 주택 실증시험 및 시뮬레이션 연구”, 한국태양에너지학회지, 2001



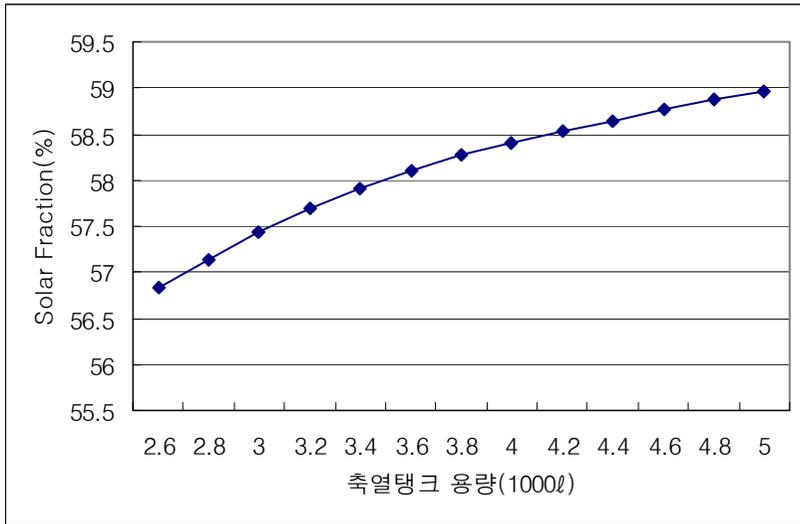
(그림 4.20) 집열 면적에 따른 태양열 의존율

(그림 4.20)에서 집열면적 200m<sup>2</sup> 이상에서는 태양열 의존율 증가폭의 변화가 그리 크지 않음을 알 수 있다. 따라서 본 태양열 시스템 설계에서는 국내의 일반적인 태양열 의존율인 50%에서부터 태양열 의존율의 증가가 둔화되는 60% 범위 내에서 시스템의 규모를 결정하도록 하고, 건물 형상 및 외관을 고려하여 집열면적은 180m<sup>2</sup>로 결정한다.

### 3) 축열탱크 크기 산정

축열 탱크의 크기는 주 7일간 일정한 주간부하 특성을 보이는 건물에서는 단위 집열 면적 당 20.4~28.6ℓ/m<sup>2</sup>의 크기가 경제적이다.<sup>34)</sup> 또한 축열 탱크 내부의 성층화를 유도하기 위하여 지름에 대한 높이의 비가 가능한 한 큰 수직형 원통 탱크가 효과적이다. 온수의 연결부는 탱크의 상단부에, 냉수배관은 최하단부에 있어야 하며 필요한 체적의 수직형 원통형 탱크를 설치할 공간이 부족하다면 직렬로 연결된 여러 개의 수직형 원통 탱크나 큰 수평형 원통 탱크 하나가 사용될 수 있다.

34) 한국에너지기술연구원, “태양열시스템 설계지침”, 2004, pp.19



(그림 4.21) 축열탱크 용량에 따른 태양열 의존율

(그림 4.21)은 Solar Pro SI 4.0을 사용하여 축열 탱크 용량의 변화에 따른 태양열 의존율을 시뮬레이션 한 결과이다. 축열 탱크 용적이 증가함에 따라 태양열 의존율과 집열량이 증가하지만 그 증가율이 점차 감소하고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 사례 연구에서는 3,600ℓ ~ 4,000ℓ 의 범위에서 축열탱크 용량을 결정한다.

#### 4.4.3 태양광 발전 시스템

##### (1) 설치면적의 산정

PV 모듈은 건물의 남향 벽면에 수직으로 설치하게 되므로 경사각과 방위각은 이미 결정되어 있다. 대상 공동주택은 주거용 건물이므로 전력 사용 패턴과 태양광 발전 시간이 서로 상충하기 때문에 계통 연계형 시스템으로 설계한다. 일반적으로 PV모듈 1㎡ 당 약 100Wh ~ 120Wh의 전기를 발전할 수 있다. PV 모듈의 설치 면적은 건물의 조명 부하 일부를 담당하는 범위 내에서 입면 계획상의 특성과 통합하여 결정한다.

#### 4.4.4 통합 설계

본 연구에서는 공동주택의 환경친화적 리모델링 시에 태양에너지를 이용한 시

시스템을 적용하는데 초점을 맞추어 태양에너지 시스템의 효율적 이용이 가능한 주동의 남향면을 중심으로 리모델링 계획을 하였다.

### (1) 부착온실

부착온실은 앞의 평면(그림 4.15)에서 알 수 있듯이 각 세대별로 거실 앞부분에서 침실 앞부분까지 확장하고, 유리로 외피를 마감하여 외기 도입 시 완충공간의 역할을 함으로써, 겨울철의 난방부하를 절감할 수 있도록 계획하였다. 또한 유리창 틀을 분할하여(그림 4.25) 창이 개폐가 가능하도록 함으로써 여름철 과열을 방지하기 위한 자연환기가 가능하도록 하였으며, 여름철 구조체에 대한 일사의 유입을 최대한 막기 위하여 차양 장치를 설치하였다. 입면에서 볼 수 있듯이, 거실 앞부분은 조망을 확보하기 위하여 차양 장치를 설치하지 않았으며, 구조체(벽체)가 축열체의 역할을 담당하는 침실 앞부분에만 차양 장치를 설치하였다.

### (2) 집열판의 설치

집열판 1장의 열은 통상적으로 집열판 8장 이내로 배열한다. 그 이상이 될 경우, 집열판의 유량분포가 불균일해져 유량이 적은 집열판에서 효율이 저하되기 때문이다.<sup>35)</sup> 집열 면적이 180m<sup>2</sup>이 대상 건물의 경우, 1,188mm × 2,103mm 규격의 태양열 집열판을 사용하면, 총 72장의 집열판이 필요하다. 따라서 이 집열판을 남향 35° 경사의 지붕에 각 6장씩 6열, 2줄로 배열하였다(그림 4.22).

(그림 4.22) 태양열 집열판의 배치

집열기 설치를 위한 경사형 지붕 및 단위세대의 단면은(그림 4.23)과 같다. 지붕 밑 2.6m 높이의 공간에 축열 탱크를 설치하도록 한다. 축열 탱크의 중량은 건축물에 부가 하중으로 작용하기 때문에 설치 위치의 구조물 보강, 중량의 분산 등을 고려하여야 한다. 또한 장비의 반입 및 설치를 위한 장비 반입구, 지지철물의 설치, 슬리브의 위치 등을 고려하여 계획되어야 한다.<sup>36)</sup>

35) 한국에너지기술연구원, “태양열 시스템 설계지침”, 2004

36) 최기환 외, “고층아파트에서의 태양열 이용시스템 적용 가능성 및 전망”, 한국태양에너지학회지, 2002.04

(그림 4.23) 집열관 설치를 위한 경사형 지붕의 단면

태양열 급탕시스템의 지붕층 평면도와 다이어그램은 (그림 4.24), (그림 4.25)와 같다.

(그림 4.24) 태양열 급탕시스템 평면도

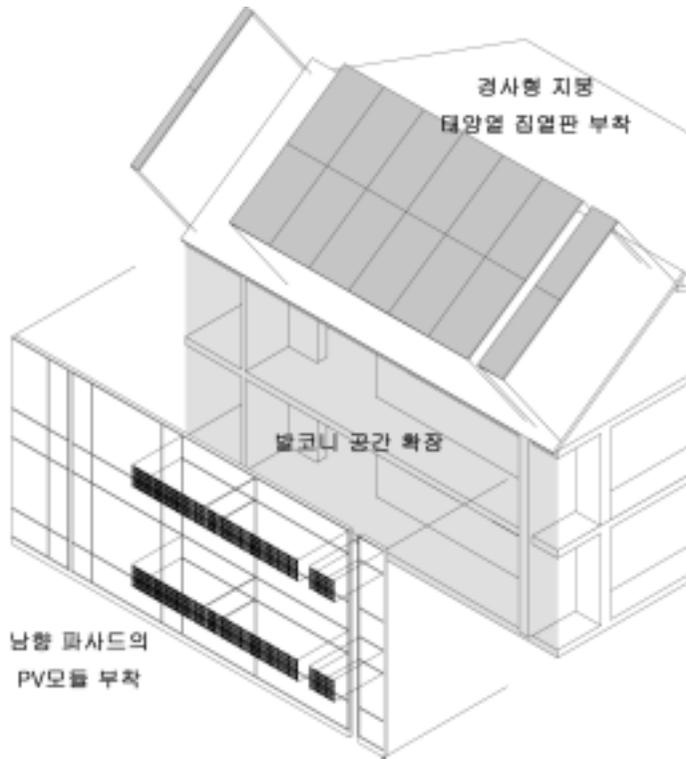
(그림 4.25) 태양열 급탕시스템 다이어그램

### (3) PV 모듈의 부착

PV 모듈은 부착온실 방식의 적용에서 보조적인 장치로 설치한 차양에 부착한다. 발코니 난간 위치에도 PV 모듈을 설치 할 수 있으나, 본 연구에서는 부착온실의 기능을 최대화하기 위하여 부착하지 않는 것으로 하였다. 벽면 일영분석 결과, 적용하여도 그다지 효과적이지 못할 것으로 예상되는 8세대를 제외한 나머지 세대의 남향 침실 앞부분에 부착하였다. 따라서 PV 모듈의 총 설치 면적은 66㎡이다. PV 모듈의 설치 모습은 (그림 4.26), (그림 4.27)와 같다.

(그림 4.26)은 사례 연구에서 공동주택의 환경친화적 리모델링 시에 적용한 태양에너지 시스템의 부착 개념도이다. 태양에너지 시스템을 적용함으로써 건물의 남향 입면에 시스템과 건축적 요소가 통합적으로 계획되었으며, 각 건축적요소와 태양에너지 시스템은 하나의 역할만 하는 것이 아니라, 복합적인 기능을 갖추게 된다.

경사형 지붕의 경우, 주동의 형태와 입면상에 변화를 줄 뿐 아니라, 급탕부하를 담당하는 태양열 집열판과 축열탱크의 설치 공간을 마련하였다. 발코니 공간의 확장으로 인해 부착온실의 개념을 도입한 완충공간이 마련되면서 건물의 난방부하를 절감할 수 있도록 계획하였으며, 생활공간이 확장되는 효과가 있다. 남향 입면에 PV 모듈을 부착함으로써 태양광을 이용한 발전으로 조명부하를 담당하며, 여름철 발코니 공간에 차양장치의 역할을 동시에 담당할 수 있도록 하였다. 또한 집열판과 PV모듈을 설치함으로써 대상 건물에 환경친화적이고 첨단화된 건축의 이미지를 갖출 수 있도록 하였다.



(그림 4.26) 태양에너지 이용 시스템의 부착 개념

(그림 4.27) 부착은실개념의 발코니 확장, 태양열 집열판 설치 및 PV모듈을 부착한 변경 후 입면

## 4.5 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 이용한 성능평가

기본 설계를 통해 제안한 설계대안을 평가하는 방법의 하나로 에너지 성능평가를 실시하였다. 자연형 태양열 시스템의 적용을 통해 절감된 난방부하를 리모델링 이전과 이후로 구분하여 비교, 분석하였다. 설비형 태양열 시스템의 성능평가는 평판형 집열판 설치에 따른 급탕부하 담당량, 태양광 발전 시스템에서의 PV 모듈 부착에 따른 전력부하 담당량을 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 계산함으로써 에너지 성능을 평가하였다.

### 4.5.1 자연형 태양열 시스템

자연형 태양열 시스템의 성능평가는 Method 5000 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 하였다.

#### (1) 시뮬레이션 과정

서울지역의 일사량을 입력하였고, 단위세대의 남향면에 Sunspace를 설정하였다. 난방기준 온도는 21℃로 설정하였을 때, 난방기간은 10월부터 다음해 5월까지이며 시뮬레이션 결과는 <표 4.12>와 같다.

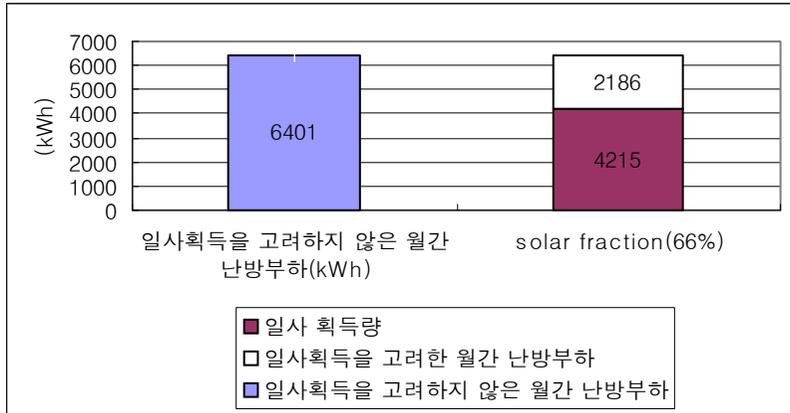
<표 4.12> Method 5000 프로그램을 이용한 리모델링 후 공동주택 단위세대의 난방부하 특성

리모델링 후 난방부하 특성	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	OCT	NOV	DEC	total
난방을 하지 않았을 때의 실내 온도(℃)	10.2	12.9	17.1	24.5	29.6	27.8	19.2	11.1	.
일사 획득을 고려하지 않은 월간 난방부하(kWh)	1069	962	855	725	539	500	768	984	6,401
일사 획득량(kWh)	555	687	617	450	321	504	515	567	4,215
일사 획득을 고려한 월간 난방부하(보조난방부하)(kWh)	514	275	238	275	218	-5	253	417	2,186
solar saving fraction	66%								

#### (2) 에너지 성능 평가

시뮬레이션 결과 리모델링을 시행하여 남향 전면에 부착온실을 설치한 경우, 일사획득을 고려하지 않았을 때 단위세대의 연간 총 난방부하는 6,401kWh로 나

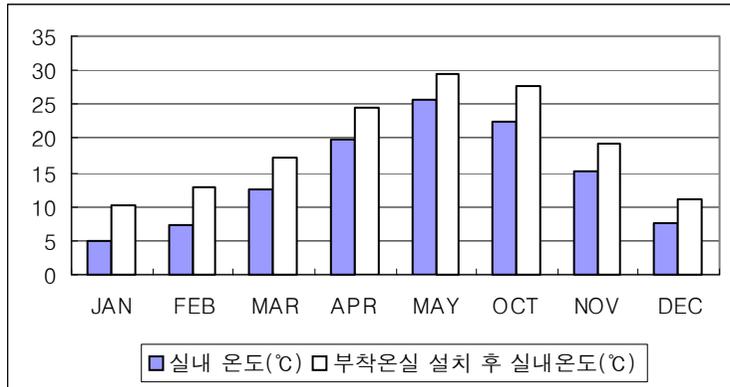
타났다. 부착온실 설치에 의한 일사 획득은 4,215kWh이며, 이에 따라, 일사획득을 고려한 난방부하는 2186kWh로, 부착온실을 설치하였을 때의 태양에너지 이용율은 66%로 나타났다(그림 4.28).



(그림 4.28) 부착온실을 설치한 리모델링 이후 단위세대의 태양에너지 이용율

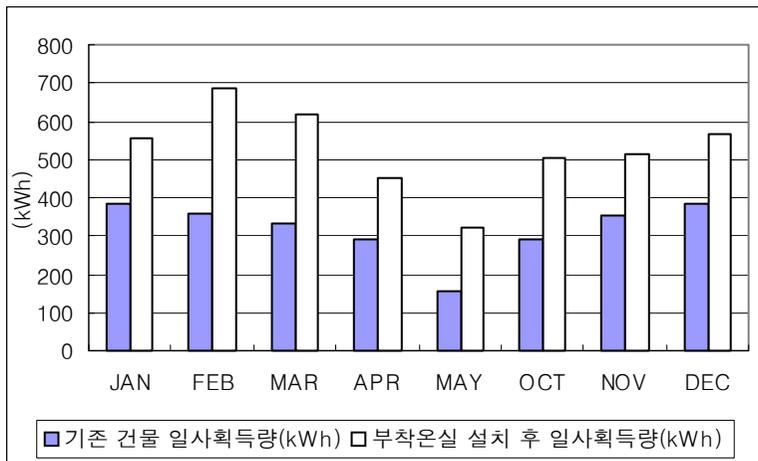
부착온실을 설치한 리모델링 이후의 난방부하 특성을 리모델링 이전의 난방부하 특성과 비교한 결과는 (그림 4.29)에서 (그림 4.32)와 같다.

(그림 4.29)은 난방을 하지 않았을 때의 월별 실내 온도 변화를 보여주는데 자연형 태양열시스템(부착온실)을 추가한 이후의 실내 온도는 11월에서 다음해 4월까지의 유리한 것으로 나타났으나, 10월과 5월에는 기준 온도인 21℃를 훨씬 웃도는 것으로 나타났다. 따라서 부착온실 시스템을 적용할 경우, 과열을 방지하기 위해 차양 장치의 설치와 자연통풍에 의한 자연환기가 이루어지도록 하는 것이 중요함을 알 수 있다. 본 연구에서 이용한 Method 5000 프로그램에서는 자연환기에 의한 냉각효과는 고려하지 않았다.



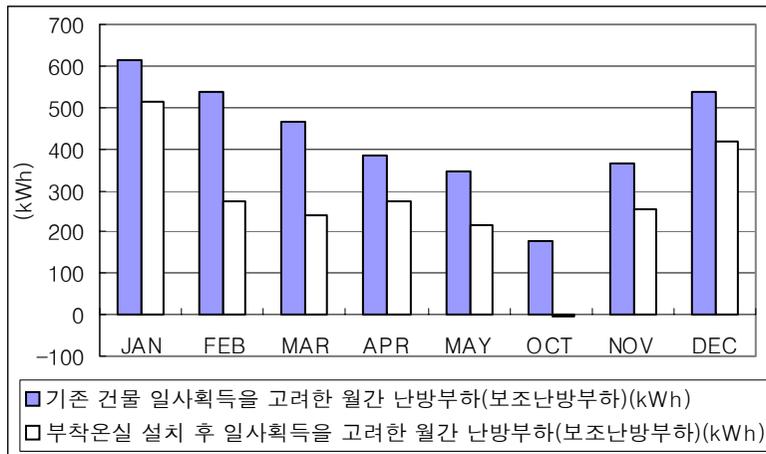
(그림 4.29) 리모델링 전후의 실내 자연실온 변화 비교

(그림 4.30)은 리모델링 전후의 월별 일사 획득량을 비교하여 보여준다. 기존 건물에 비해 부착온실을 설치한 후의 일사 획득량은 연간 65% 정도 더 증가된 것으로 분석되었다.



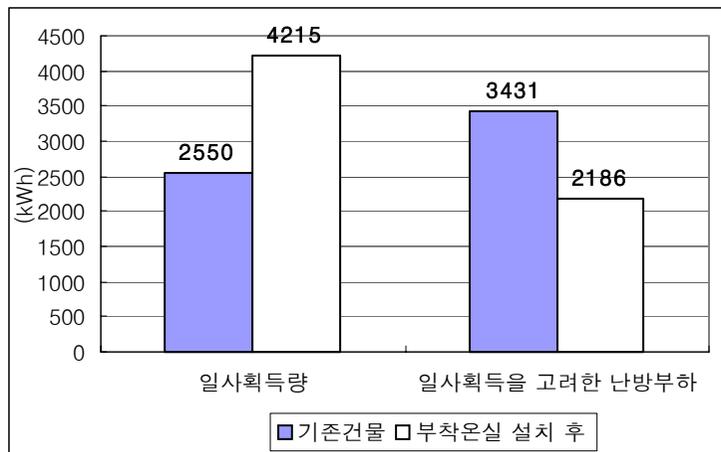
(그림 4.30) 리모델링 전후의 월별 일사 획득량 비교

(그림 4.31)은 리모델링 전후의 일사 획득을 고려한 월별 난방부하를 비교하여 보여준다. 자연형 태양열시스템의 설치로 인해 일사 획득량이 증가하여 난방부하는 36%가 줄어들었다. 반면에 10월에는 냉방부하가 약간 발생되므로 자연통풍이나 차양장치와 같은 하절기 과열방지 대책을 함께 고려해야 할 것으로 보인다.



(그림 4.31) 리모델링 전후의 일사획득을 고려한 월별 난방부하 비교

(그림 4.32)는 리모델링 전후의 연간 총 일사 획득량과 이를 고려한 연간 총 난방부하를 비교하여 보여준다. 대상건물 단위세대의 난방부하는 연간 총 1,245kWh(36%) 감소하였으며, 태양에너지 이용율은 43%에서 66%로 증가하였다.



(그림 4.32) 리모델링 전후의 연간 총 일사 획득량과 이를 고려한 난방부하 비교

#### 4.5.2 설비형 태양열 시스템

태양열 급탕 시스템 설계안은 Solar Pro SI 4.0 프로그램을 이용하여 대상 건물에 적용한 집열판의 성능을 평가하였다.

##### (1) 시뮬레이션 과정

##### 1) 기후데이터의 입력

기후데이터는 Worldwide Hourly Climate Generator를 사용하여 서울지역의 기후데이터를 생성하였다(그림 4.33).



(그림 4.33) 서울지역 기후데이터 생성

##### 2) 급탕부하의 입력

<표 4.7>을 참고로 대상 건물의 급탕부하를 시간대별로 입력하였다.

##### 3) 집열판 성능 설정

설계 및 시뮬레이션에 사용한 집열판은 D사 제품으로 규격은 1,188mm × 2,103mm이며 제품의 세부사항은 <표 4.13>과 같다.

<표 4.13> 집열판의 세부사항

FrUI	6
FrTa	0.74
IncAngMod	0.09
Area(m <sup>2</sup> )	2.5
Test Flow(LPH)	201

4) 설치 방위각 및 경사각

설치 방위각은 12°E 이며 집열판의 경사각은 35°로 설정하였다.

5) 시수온도

시수온도 입력값<sup>37)</sup>은 <표 4.14>와 같다.

<표 4.14> 서울지역 월별 시수 온도

월	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
온도(°C)	4.9	3.2	4.5	8.9	14.1	18.8	21.9	24.7	23.4	19.3	13.9	7.8

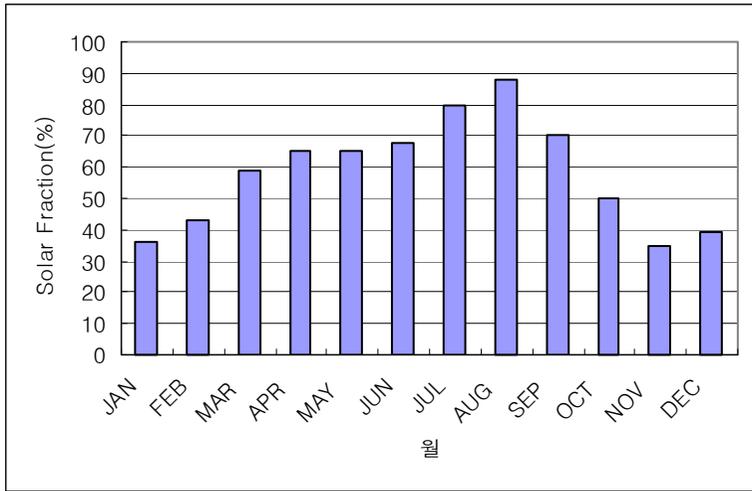
6) 축열탱크

축열탱크의 용량은 3,700ℓ로 설정하였다.

(2) 에너지 성능 평가

시뮬레이션 결과 급탕부하에 대한 연 평균 태양에너지 의존율은 58.19%이며, 이때 집열판의 효율은 31.23%인 것으로 나타났다. 월별 태양에너지 이용율은 (그림 4.34)와 같다.

37) 한국에너지기술연구원, “태양열 시스템 설계지침”, 2004



(그림 4.34) 월별 태양에너지 이용율

#### 4.5.3 태양광 발전 시스템

대상 건물에 설치한 PV 모듈의 발전량은 PV DesignPro 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 하였다.

##### (1) 시뮬레이션 과정

###### 1) 기후데이터

기후데이터는 Solar Pro SI 4.0과 마찬가지로 Worldwide Hourly Climate Generator를 이용하여 서울지역 기후데이터를 생성하였다.

###### 2) 전력 부하 특성

4장에서 구한 대상 건물의 전력 부하를 시간대별로 입력하였다.

###### 3) PV 모듈의 선정

PV 모듈은 일본 K사의 KC-60 제품을 선정하였으며 모듈의 세부사항은 <표 4.15>와 같다.

<표 4.15> PV 모듈의 세부사항

Maximum Power	60Watts
Maximum Power Voltage	16.9Volts
Maximum Power Current	3.55Amps
Open Circuit Voltage	21.5Volts
Short-Circuit Current	3.73Amps
Length	751mm(29.6in.)
Width	652mm(25.7in.)
Depth	54mm(2.1in.)
Weight	6.0kg(13.2 lbs)

4) 경사각과 방위각

설치 방위각은 12°E 이며 PV모듈의 경사각은 90°로 설정하였다.

5) 인버터 선정

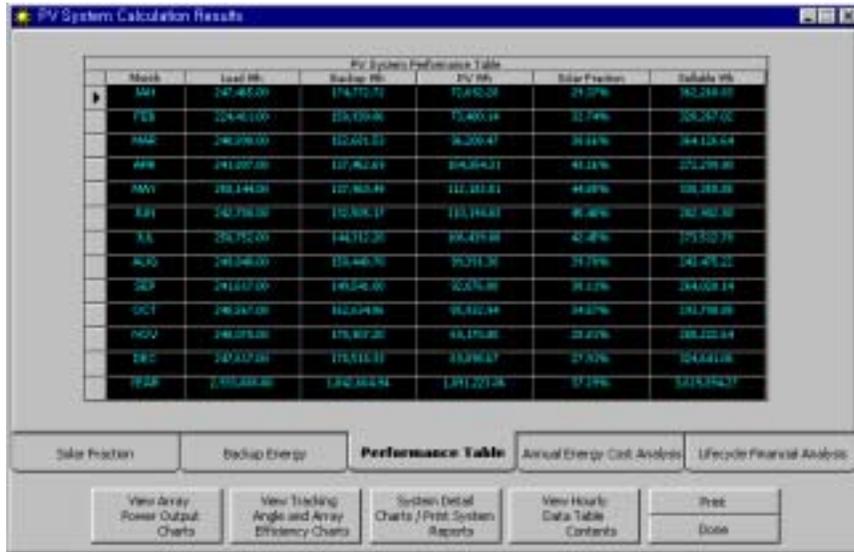
인버터는 Trace SW5548PV를 사용하였다.

<표 4.16> 인버터 세부사항

Continuous Power Rating		5500 Watts
Standby Power Consumption		1 Watts
On Mode power Consumption		20 Watts
Inverter Efficiency Ratings	Eff. at 100% Output	0.90
	Eff. at 50% Output	0.95
	Eff. at 10% Output	0.98

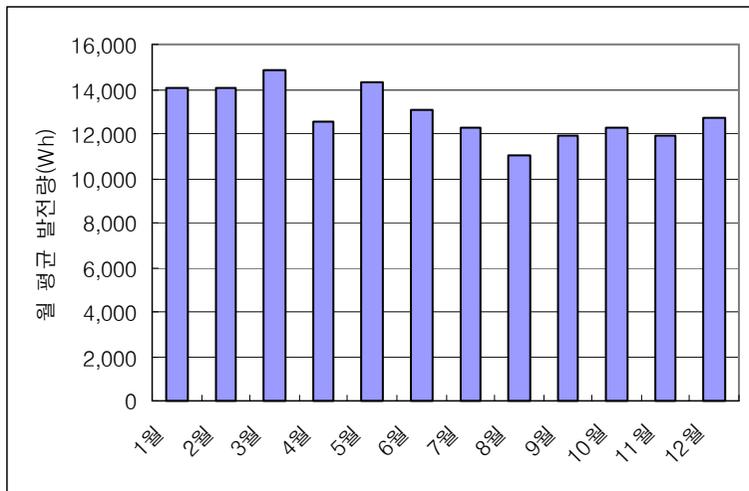
(2) 에너지 성능 평가

에너지 성능 평가 결과, 태양광에 의해 발전되는 전기를 직접 사용하는 태양에너지 의존율은 낮게 나왔지만, 이는 부하의 시간에 따른 패턴 특성에 의한 것이며, 계통 연계형 시스템으로 설치하게 되면, 잉여 전력을 계통선을 통해 전송하고, 야간의 필요 전력을 공급받을 수 있다. 따라서, (그림 4.35)와 같이 분석된 결과값에서 태양에너지를 직접 이용하는 Solar Fraction대신에 PV 통해 발전되는 전기를 바로 사용하는 전력량인 PV Wh에 Sellable Wh를 더한 값을 이용하여 PV 모듈에 의한 발전량으로 시스템의 에너지 성능을 평가하였다.



(그림 4.35) PV DesignPro Output

PV 모듈에 의한 연간 총 발전량은 4,711.1kWh이며 이는 같은 면적의 PV 모듈을 경사각 30°로 설치했을 때의 발전량인 7,286.3kWh의 65%에 해당한다. 월 평균 1일 발전량은 (그림 4.36)과 같다. PV 모듈 설치 경사각도가 90°이기 때문에 태양고도 변화에 따른 계절적 특성은 크게 따르지 않는 것으로 나타났다. 1일 평균 발전량은 12,907.17Wh이며 이는 대상 건물 조명부하의 26%를 담당할 수 있는 전력량이다.



(그림 4.36) PV 모듈에 의한 월 평균 1일 발전량

## 4.6 소 결

태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링의 사례연구에서 주요 설계 과정은 다음과 같이 요약된다.

### (1) 목표 설정

사례연구에서 태양에너지 시스템 적용을 위한 기본 설계목표는 다음과 같이 설정하였다.

- ① 자연형 태양열 시스템을 적용함으로써 건물의 난방부하를 절감한다.
- ② 설비형 태양열 시스템을 적용하여 건물의 급탕부하를 담당한다.
- ③ PV 모듈을 설치함으로써 건물의 전력부하를 담당한다.

### (2) 현황 분석

- ① 대상 부지 및 건물의 일사특성 : 대상 건물이 위치한 서울지역의 연간 총 일조시간은 2114.2시간이고, 주동의 방위각이 12°E일 때의 연간 총일사량은 집열면의 경사각이 30°일 때 가장 큰 것으로 나타났다. 대상건물의 일영 분석 결과 지붕에는 음영이 발생하지 않았으나 주변 건물에 의해 남향 벽면 일부에 음영이 발생하였다.
- ② 건물 부하특성 : 리모델링 이전의 단위세대 난방부하(난방기간 10월~5월)는 일사특성을 고려하였을 때 3,431kWh였으며 태양에너지 이용율은 43%였다. 30세대(4인/세대)의 겨울철 최대 급탕부하는 726,000kcal/day, 1일 전력부하는 294kWh이며, 그중 조명부하는 49.8kWh로 산정되었다.

### (3) 기본 계획 및 기본 설계

- ① 자연형 태양열 시스템: 기존의 공동주택 구조체에 가장 적용하기 적합한 부착온실 방식을 선정하였다. 기존 발코니를 침실 남향 전면까지 확장하여 외기와 접한 면에 완충공간을 제공하고 여름철 과열을 방지하기 위해서 자연통풍과 차양장치를 설치하였다.
- ② 설비형 태양열 시스템 : 경사형 지붕에 부착하는 방식으로 적용하였으며, 이때 경사각은 태양에너지 이용율과 기존 공동주택 지붕을 고려하여 35°로 하였다. 축열탱크는 경사형 지붕 밑 공간에 설치하고 축열탱크의 용량은 3,700ℓ로 결정하였다. 집열면적은 180㎡으로 1,188mm × 2,103mm규모의 집열판 72장을 설치하였다.
- ③ 태양광 발전 시스템 : PV 모듈은 자연형 태양열 시스템에서 설계된 차양장치에 통합하여 적용하고, 건물의 수직 벽면에 외피의 역할 및 차양장치의 역할을

동시에 담당하는 BIPV로 설치하였다. 이 때 벽면 일영분석결과 음영이 지는 8세대의 남향 입면에는 PV 모듈을 설치하지 않았다. PV 모듈의 총 설치 면적은 66m<sup>2</sup>이다.

(4) 시뮬레이션 프로그램을 이용한 각 시스템의 에너지 성능 평가

① 자연형 태양열 시스템의 에너지성능 : 부착온실을 적용하였을 때 난방부하는 2,186kWh이며, 태양에너지 이용율(SSF)은 66%로 분석되었다. 리모델링 이전보다 1,245kWh (37%)감소하였다.

② 태양열 급탕시스템 : 집열판(180m<sup>2</sup>)을 설치하였을 때 태양에너지 이용율은 58.19%로 나타났다.

③ 태양전지 : PV 모듈(68m<sup>2</sup>) 설치하였을 때 건물의 시간대별 부하 패턴과 PV 모듈의 발전 시간대가 서로 상충하여 직접적으로 이용하는 비율은 적었으나, 계통 연계형으로 설치하여 잉여 전력은 계통선을 통해 보내고, 야간의 필요 전력은 전송 받을 수 있도록 하였다. PV 모듈의 연간 총 발전량은 4,711.1kWh이며, 1일 평균 발전량은 12,907Wh로, 대상 건물 조명부하의 26%를 담당할 수 있는 것으로 분석되었다.

## 제 5 장 결 론

본 연구에서는 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획에서 태양에너지를 이용한 시스템을 적용할 때에, 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경 친화적 리모델링 계획 프로세스를 도출하고, 태양에너지 이용 시스템이 건축설계 요소로서 통합될 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

문헌 및 이론을 고찰하여 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 특성과 태양에너지 시스템의 특성을 살펴보고 태양에너지 시스템을 통합적으로 적용한 공동주택의 리모델링 사례를 조사하여 태양에너지 시스템 적용 요소 및 시스템을 건축설계 요소와 통합하여 설계하는 과정을 살펴보았다. 이를 바탕으로 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스와 태양에너지 시스템을 적용하는데 영향을 미치는 건축설계 요소를 도출하였다. 대상지를 선정하여 프로세스에 따라 다양한 태양에너지 시스템을 적용함으로써, 태양에너지 시스템을 건축설계요소로서 통합해가는 과정과 그 결과, 기존 공동주택에 비해 개선된 점을 계획적인 면과 정량적인 에너지 성능 평가를 통해 살펴보았다.

주요 연구결과는 다음과 같다.

1. 태양에너지를 이용한 공동주택 리모델링 사례를 조사한 결과, 기본적인 리모델링 사항 이외에도 에너지 절약을 위한 태양에너지 기술을 도입하여 건축 설계 요소로 도출하고, 설계·시공하기 위해서는 건축 설계가와 설비 팀, 시공 팀 간의 지속적인 교류가 이루어져야하며, 시뮬레이션 프로그램을 통한 성능 평가를 통한 피드백 과정이 필요함을 알 수 있다. 적용된 기술 요소는 기존의 발코니에 유리외피를 설치하여 완충공간을 마련하고, 축열벽과 환기를 위한 외기 도입 시 자연대류현상에 의해 데워진 공기를 유입할 수 있는 ventilated solar wall을 적용하였다. 또한 지붕에 태양열 집열판을 설치하여 급탕 및 난방부하를 담당하도록 하였으며, PV 모듈을 설치함으로써 건물에 필요한 전력부하의 일부를 담당할 수 있도록 계획하였다.
2. 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 방법에서는 태양에너지 시스템이 에너지 절감 기술요소로서 뿐 아니라 건축 설계 요소의 일부로서 인식되어야 하며, 설계 초기 단계에서부터 단지계획, 주동계획, 단위세대의 평면 및 외관 계획과 함께 고려해야 한다. 계획 프로세스는 (그림 3.2)와 같다.
3. 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 사례연구 결과를 요약하

면 다음과 같다.

(1) 자연형 태양열 시스템을 적용하여 건물의 난방부하를 절감하고, 설비형 태양열 시스템을 적용하여 건물의 급탕부하를 담당하였으며, PV모듈을 설치함으로써 건물의 전력부하를 담당하는 것을 목표로 하였다.

(2) 기존의 일반적인 환경친화적 리모델링과는 달리 태양에너지 시스템의 적용 가능성을 알아보기 위해 대상 부지의 일사조건을 분석하였으며, 시스템의 규모 산정을 위한 건물의 부하특성을 분석하였다.

(3) 자연형 태양열 시스템은 기존의 공동주택 구조체에 가장 적용하기 적합한 부착온실 방식을 선정하여 기존의 공동주택에서 외벽에 해당했던 부분까지 발코니를 확장하였으며 여름철 과열을 방지하기 위해서 자연통풍과 차양장치를 설치하였다. 태양열 급탕시스템 성능 및 입면의 변화를 위하여 기존의 평지붕 형태가 아닌 경사형 지붕에 35°로 부착하고 축열탱크의 용량은 3,700ℓ, 집열면적은 180㎡(1,188mm×2,103mm규모의 집열판 72장)을 설치하였다. 태양전지는 남향 수직벽면에 외피의 역할 및 차양장치의 역할을 동시에 담당하는 BIPV로 설치하였으며 총 설치 면적은 66㎡이다.

(4) 부착온실을 적용하였을 때 난방부하는 리모델링 이전과 비교하여 1,245kWh (37%)감소하였으며 집열판(180㎡)을 설치하였을 때 태양에너지 이용율은 58.19%로 나타났다. 또한, PV 모듈(68㎡) 설치하였을 때의 발전량은 대상 건물 조명부하의 26%를 담당할 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 사례연구를 통해 태양에너지 시스템을 공동주택 리모델링 과정에서 건축 설계요소와 통합 계획하여 대안을 제시하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 에너지 성능을 정량적으로 평가하였으나 건축 계획 요소로서의 의장성, 시스템과 건축물과의 통합성 등과 같은 정성적인 평가과정이 부족하다는 한계가 있다.

또한 기본계획단계에서 계획안이 실제 운영과정에서 기대 성능을 발휘할 수 있는지에 대한 거주 후 평가를 실시하여, 지속적인 태양에너지 시스템 통합 계획에 대한 연구가 추후 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

### (1) 단행본 및 보고서

1. 김영호, “신편 건축설비”, 보문당, 1995
2. 대한주택공사, “마포용강 시범아파트 리모델링 사업지”, 2003. 12
3. 대한주택공사, “리모델링 시범사업 성과분석 보고서”, 2002. 1
4. 대한주택공사 주택연구소, “리모델링에 대비한 벽식 공동주택의 기준설정 연구”, 2001. 7
- 동력자원부, “자연형 태양열시스템을 이용한 기존 공동주택의 에너지 개수 방안에 관한 개발연구”, 1991.2
5. 산업자원부, 에너지관리공단 대체에너지개발보급센터, “대체에너지 이용 의무화제도 안내”, 2004
6. 신정철, “태양열 냉난방 기술”, 구민사, 2004. 1
7. 이상우 외, “건축 환경 계획론”, 태림문화사, 1996
8. 이원식, “건축 리모델링”, 기문당, 2003. 5
9. 한국태양에너지학회, “태양에너지 핸드북”, 태림문화사, 1991. 6
10. JONH WILEY & SONS, “HEATING, COOLING, LIGHTING Design Methods for Architects”, Norbert Lechner, 1991

### (2) 학위논문

1. 강일경, “공동주택의 자연형 태양열 개수에 따른 에너지 절약효과에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 1990.6
2. 고준성, “공동주택단지에서의 태양전지의 적용가능성에 대한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 1999.12
3. 김미라, “공동주택단지의 환경친화적 리모델링에 관한 연구”, 이화여자대학교 과학기술대학원 석사학위논문, 2000
4. 김정중, “자연형 태양열 아파트 건축계획에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 1986.11
5. 박수영, “주택의 BIPV 적용과 고효율 열원기기의 통합에 관한 연구”, 중앙대학교 건설대학원 석사학위 논문, 2004.6
6. 박진철, “자연형 태양열 축열벽 방식에서 야간단열구조의 열성능에 관한 실험적 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 1989.2
7. 유형규, “사무소 건물의 OA기기 발열특성에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원

석사학위 논문, 1998.12

8. 이경옥, “공동주택 리모델링 계획의 친환경성능 평가기준에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 2003.6

9. 임미경, “공동주택의 환경친화적 리모델링 계획에 관한 연구” 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, 2001.12

10. 최철주, “노후공동주택의 친환경적 리모델링에 관한 기초연구”, 중부대학교 산업과학대학원, 2001.12

### (3) 학회논문 및 학술대회

1. 권재홍, “태양광발전의 이해와 산업현황”, 한국태양에너지학회 추계 학술발표대회 논문집. 2003.11

2. 김윤일 외, “냉방에너지 절감을 위한 공동주택 Attic공간의 통풍계획”, 대한건축학회 학술발표 논문집, 2001.4

3. 김재원 외, “벽면 부착방식 PV 시스템의 건축물 적용가능성에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 2003.6

4. 김현일 외, “발코니형 BIPV 시스템 개발”, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, 2004.5

5. 나수연, “공동주택의 환경친화적 리모델링 계획방법에 관한 연구”, 한국태양에너지 학회지, 2003

6. 박상현 외, “건축물 적용 대체에너지 설비시스템 설계 타당성 평가”, 한국태양에너지학회 춘계 학술발표대회 논문집, 2004.5

7. 박준영 외, “경사지붕 공동주택 최상층세대의 지붕 공간 활용방안에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 1997.8

8. 백남춘 외, “설비형 태양열 주택 실증시험 및 시뮬레이션 연구”, 한국태양에너지학회지, 2001

9. 백남춘 외, “제로에너지 솔라하우스의 난방 /급탕용 태양열 시스템 설계 및 분석”, 한국태양에너지학회지, 2002

10. 신현준 외, “태양열원설비시스템의 공동주택 적용타당성 평가”, 한국태양에너지학회지, 2003.2

11. 이응직 외, “PV의 건축물 적용기법에 관한 연구”, 태양에너지 학회지, 2002

12. 조덕기 외, “국내 태양열 집열관의 최적 설치각 결정에 관한 연구” 한국태양에너지학회 논문집 v.18 n.2, 1998.6

13. 최기환 외, “고층아파트에서의 태양열 이용시스템 적용 가능성 및 전망”, 한국태양에너지학회지, 2002.4

#### (4) 기타

1. 김성식, “아파트 리모델링 시장 전망과 과제”, LG주간경제, 2002.8
2. 김수암, “리모델링을 고려한 공동주택의 계획과 설계”, 하우스 사이버 논단, 2000.8
3. 산업자원부, 에너지관리공단 대체에너지 개발 보급센터, “공공기관 신축 건축물에 대한 대체에너지 이용의무화제도 안내”, 2004
4. 윤종호, “건물통합형 태양광발전(BIPV)시스템의 설계요소 및 접근방법”, 태양광발전기술 세미나, 2001. 10
5. 이연구, “해외 그린리모델링의 사례와 기술수준”, 한국그린빌딩협회의회 학술강연회, 2001.11
6. 이연구, “환경친화적 건물 성능개선의 개념과 필요성”, 건축, 2000.7
7. 이태구, “지속가능한 개념의 생태적 리노베이션”, plus, 2000. 6
8. 조미란, “공동주택단지 리모델링 시장 개발전략”, 건축물 리노베이션 기술 심포지엄, 쌍용건설, 2000.11.8
9. 한국에너지기술연구원, “태양열 시스템 설계지침”, 2004
10. Dan Engstrom, “PV-NORD\_PAVING THE WAY FOR BIPV IN NORTHERN EUROPE”, Paper for ISES Solar World Congress 2003
11. GEURT DONZE & CHIEL BOONSTRA, “SOLAR RENOVATION BRANDARIS”, EuroSun 98, 1998
12. Karsten Voss, “Results and Experience of International Demonstration Buildings on Solar Energy in Bulding Renovation”
13. Olaf B. Jorgensen, “FLEXREN-Flexible System for Energy Conscious Renovation of European Homes”
14. P. Achard 외, "EUROPEAN PASSIVE SOLAR HANDBOOK", Commission of the European Communities, 1986
15. <http://www.bii.co.kr>
16. <http://www.caddet-re.org>
17. <http://www.cmhc-schl.gc.ca>
18. <http://www.eere.energy.gov>
19. <http://www.egbf.org>
20. <http://www.gardstensbostader.se>
21. <http://www.pvnord.org>
22. <http://www.solenergi.dk>

## 국 문 초 록

### 공동주택의 환경친화적 리모델링 시 태양에너지 시스템의 적용에 관한 연구

차 진 영

중앙대학교 대학원  
건축학과 건축계획 및 환경전공

지속가능한 개발의 개념이 국제적인 움직임으로 진행되고 있음에 따라, 건축분야에서도 자원과 에너지 절약을 통해 자연환경을 보존하기 위한 환경친화적 건축행위가 확산되어가고 있다. 한편 국내의 공동주택은 노후화에 대한 해결책으로 재건축에 비해 짧은 공사기간 안에 완료하여 경제적 가치를 높일 수 있는 리모델링에 관심이 모아지고 있다. 이 중에서도 건물의 Life Cycle 전반적인 단계에서 환경부하를 최소화할 수 있는 환경친화적 리모델링이 시행되어야 할 필요가 있다.

특히 우리나라는 총 소비 에너지의 97%를 수입에 의존하고 있어, 대체에너지의 개발과 보급의 필요성이 강조되고 있으며, 대체에너지를 이용함으로써 이산화탄소의 절감과 자원절약 및 환경보존의 목표를 달성할 수 있다. 그 중 태양에너지는 지역에 따른 편차가 거의 없으며 태양에너지를 이용한 리모델링 구법은 건축 계획적 요소와 통합할 수 있다는 이점이 있다. 국내에서는 각각의 태양에너지 시스템을 공동주택에 적용할 때에 최적화하기 위한 연구가 진행되어 오고 있지만, 각 시스템들을 통합적으로 리모델링 시에 적용하기 위한 방안에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 환경친화적 리모델링 계획 프로세스를 고찰함으로써 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획에서 태양에너지 시스템을 통합적으로 적용할 때에 필요한 계획 프로세스를 도출하였다. 또한 대상지를 선정하여 프로세스에 따라 다양한 태양에너지 시스템을 적용함으로써, 태양에너지 시스템을 건축설계요소로서 통합해가는 과정과 그 결과, 기존 공동주택에 비해 개선된 점을 계획적인 면과 정량적인 에너지 성능평가를 통해 살펴보았다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 태양에너지를 이용한 공동주택 리모델링 사례를 조사한 결과, 기본적인 리모

텔링 사항 이외에도 에너지 절약을 위한 태양에너지 기술을 도입하여 건축 설계 요소로 도출하기 위한 통합적인 설계과정이 필요함을 알 수 있었다. 적용된 기술 요소는 유리외피를 설치한 발코니, 축열벽, ventilated solar wall을 적용하였다. 또한 지붕에 태양열 집열관을 설치하여 급탕 및 난방부하를 담당하도록 하였으며, PV 모듈을 설치함으로써 건물에 필요한 전력부하의 일부를 담당할 수 있도록 계획하였다.

2. 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 계획 방법에서는 태양 에너지 시스템이 에너지 절감 기술요소로서 뿐 아니라 건축 설계 요소의 일부로서 인식되어야 하며, 설계 초기 단계에서부터 단지계획, 주동계획, 단위세대의 평면 및 외관 계획과 함께 고려해야 한다.

3. 태양에너지를 이용한 공동주택의 환경친화적 리모델링 사례연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 자연형 태양열 시스템을 적용하여 건물의 난방부하를 절감하고, 설비형 태양열 시스템을 적용하여 건물의 급탕부하를 담당하였으며, PV모듈을 설치함으로써 건물의 전력부하를 담당하는 것을 목표로 하였다.

(2) 기존의 일반적인 환경친화적 리모델링과는 달리 태양에너지 시스템의 적용 가능성을 알아보기 위해 대상 부지의 일사조건을 분석하였으며, 시스템의 규모 산정을 위한 건물의 부하특성을 분석하였다.

(3) 자연형 태양열 시스템은 기존의 공동주택 구조체에 가장 적용하기 적합한 부착온실 방식을 선정하여 기존의 공동주택에서 외벽에 해당했던 부분까지 발코니를 확장하였으며 여름철 과열을 방지하기 위해서 자연통풍과 차양장치를 설치하였다. 태양열 급탕시스템 성능 및 입면의 변화를 위하여 기존의 평지붕 형태가 아닌 경사형 지붕에 35°로 부착하고 축열탱크의 용량은 3,700l, 집열면적은 180 m<sup>2</sup>(1,188mm×2,103mm규모의 집열관 72장)을 설치하였다. 태양전지는 남향 수직벽면에 외피의 역할 및 차양장치의 역할을 동시에 담당하는 BIPV로 설치하였으며 총 설치 면적은 66m<sup>2</sup>이다.

(4) 부착온실을 적용하였을 때 난방부하는 리모델링 이전과 비교하여 1,245kWh (37%)감소하였으며 집열관(180m<sup>2</sup>)을 설치하였을 때 태양에너지 이용율은 58.19%로 나타났다. 또한, PV 모듈(68m<sup>2</sup>) 설치하였을 때의 발전량은 대상 건물 조명부

하의 26%를 담당할 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 사례연구를 통해 태양에너지 시스템을 공동주택 리모델링 과정에서 건축 설계요소와 통합 계획하여 대안을 제시하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 에너지 성능을 정량적으로 평가하였으나 건축 계획 요소로서의 의장성, 시스템과 건축물과의 통합성 등과 같은 정성적인 평가과정이 부족하다는 한계가 있다.

또한 기본계획단계에서 계획안이 실제 운영과정에서 기대 성능을 발휘할 수 있는지에 대한 거주 후 평가를 실시하여, 지속적인 태양에너지 시스템 통합 계획에 대한 연구가 추후 이루어져야 할 것이다.

## ABSTRACT

### A study on the application of solar energy system in green remodeling of the apartment houses

Cha, Jin-Young  
Dept. of Architecture  
The Graduate School of Chung-Ang University  
Advised by Prof. Rhee, Eon-Ku, Ph. D.

As a concept of the sustainable development becomes the trend of the world, environmental construction movements are spreading out to preserve a natural resources through the resources and energy saving. Solution for deterioration of apartment housing in Korea, remodeling is getting interest to raising an economic value reason that it has shorter construction duration than reconstruction. Among that, green remodeling must be enforced which minimize an environment load in general life cycle of the building.

Since that 97% of the total consuming energy is depends on importation in Korea, the necessity of development and supply of alternative energy and attain the aim of reducing carbon dioxide, reserving resources and preserving environment by using alternative energy. Especially the solar energy doesn't have any deviation within areas and remodeling method using solar energy has advantage that it can be integrated with architecture planning elements.

There are many studies that optimize the each solar energy system adapting in apartment housing, but there is no studies on methods for coordination of each systems in remodeling. So, in this research I study on existing green remodeling plan process and come out with plan process that is necessary for adapting solar energy system in green remodeling plan of apartment housing. Also, select a site to adapt a various solar energy system according to processes and see process of integrating solar energy system to architecture plan element and as a

result we look at the improvement in planning and using quantity energy performance appraisal from formal existing apartment housing.

The results of this study are summarized as follows

First, result for study on apartment housing remodeling cases using solar energy is that integrated design process is needed to introduce solar energy technique for energy saving as an architecture plan element except basic remodeling matters. Adapted technical elements are Glazed balconies, Solar mass wall, ventilated solar wall. And installing solar collector on the roof to serve the domestic hot water load and heating load and plan to install a PV module to serve the partial electric load for building.

Second, In green remodeling plan process of the apartment housing using solar energy, solar energy system should be referred not only energy reducing technical element but also part of architecture plan element and it must be considered with basic plan phase, site design, building block design, dwelling unit design and exterior design.

Third, results of case study for green remodeling design of apartment houses using solar energy are as follows :

(1) The aim for applying passive solar system, active solar system and install a PV module is to reduce heat load, to serve heat water load and power load of the building.

(2) Unlike existing general green remodeling, we analyze the solar condition of the site to inquire the possibility of adapting solar system and analyze the load characteristics of the building to estimate the system size.

(3) Select Sun space for passive solar system which is suitable for apply to existing apartment houses and extent balcony to the outer wall of existing apartment houses and install passive ventilation and sunshade to prevent the overheating in summer season. Take pitched roof of 35°

instead of existing flat roof for solar domestic hot water system and elevation change, and capacity of heat tank is 3,700ℓ and 180m<sup>3</sup>(72 pieces of 1,188mm×2,103mm sized collector) of collector area has been installed. Install BIPV for solar cell which take a role of both envelope and sunshade on the vertical wall and total installed area is 66m<sup>2</sup>.

Applying the sun space, the heating load has reduced to 1,245kWh(37%) compared to before remodeling and solar energy use ratio is 58.19% when installing the collectors. Also, the amount of generated electric power will be able to take charge of 26% of objective building illumination load when PV module(68m<sup>2</sup>) have installed.

In this study, coordinate solar energy system with architecture plan element in apartment house remodeling process through case studies and quantity evaluate the energy performance through computer simulation but, there is lack of 정성적인 evaluation process like aesthetic value as architecture plan element and integration of system and building. Also, a continuous solar energy system integrating plan must come to accomplish through executing the evaluation after dwelling to see the plan from basic plan phase will be able to display an expectation efficiency from actual operation process.