

<技術報告>

한국의 주택 난방에 있어서의 태양열 이용

Application of Solar Energy to the House Heating System in Korea

오 세 종* · 백 제 현**

Sae-Zong Oh, Je-Hyun Baek

1. 서 론

1973년 석유파동 이후 세계 각국은 에너지 문제를 심각하게 다루어 왔다. 화석 연료의 유한성은 미래의 세계 에너지에 대한 연구에 박차를 가해왔다. 현재 사용되는 연료로는 화석연료인 석탄, 석유, 그리고 원자력등이 있다. 그러나 이들은 모두 그의 매장이 어느 지역에 제한된 지역편재성이 있는 것이며 그의 사용에 따른 대기오염, 환경오염등이 점차적으로 큰 문제로 대두되고 있다.

현재 이러한 화석연료의 대체원으로서 조력, 파력, 풍력, 태양력, 지열, 폐기물의 이용, 핵융합등이 있는데 그중에는 태양열이 가장 이용 가능성이 많고, 그 양이 방대함에 유리한 점이 많이 있다. 따라서 전 세계는 태양열을 미래의 지구 에너지원으로서의 개발을 서두르고 있다. 현재 미국은 20세기말에 총 에너지 소요량의 10%를 태양열로 충당하고자 이 에너지 연구 개발청(ERDA)을 중심으로 1976년 9천만불의 개발비용을 투입한데 이어 1977년에 2억 9천만불, 그리고 1978년에는 3억 5백만불을 투입할 예정으로 있다.

이러한 태양열 이용에 있어서 무엇보다도 중요한 것은 기후 조건이다. 태양이 지구에서 멀리 떨어져 있고 지구의 대기 상태는 항상 변화하므로 지구에 도달하는 태양에너지는 이러한 기후 조건에 상당한 영향을 받게 된다. 우리가 이용할 수 있는 태양 에너지와 주택 난방에 소요되는 열량을 구하기 위하여 기온을 포함한 외기 조건을 알아야 한다.

현재 냉난방에 소요되는 설계 조건, 난방도일에 대하여는 1970년 과거치의 후원에 의하여 “한국의 공기 조화 설계 이용 외기 조건에 관한 연구”에서 좋은 결

과가 있었다. 그후 1977년 김효경은 “한국의 지방별 평균 전 일사량” 연구에서 1971년부터 1975년까지의 5년간 12개 지역에 대한 수평면 일사량을 기준으로 동서남북, 그리고 태양광선에 수직인 면에서의 일사량을 계산하였다. 1976년에는 이성윤이 “태양열량과 흡열판의 설치각 변위”에서 쾌청한 날씨에 있어서 북위 37도에서의 태양열 집열면 각에 따른 전 일사량을 계산에 의하여 구하였다.

본 연구에서는 과거 71년부터 77년까지의 기상조건을 중심으로 하여 기온, 수평면 일사량, 운량, 일조시간에 대한 전반적인 조사를 근거로 이에 대한 통계를 제시하고, 이들의 상호관계에 대한 일반적인 식을 유도하였다. 그리고 1977년 8월부터 78년 3월까지의 수평면 일사량과 서울 지방에서 최저치라고 알려진 53도 경사면에서의 전 일사량을 측정하여 이에 대한 자료를 제시함으로써 국내에서의 태양열 이용에 대한 기초자료를 마련하였다.

이어서 주어진 집열기에 의한 태양열 주택의 설계와 이에 따른 경제성 타당 검토를 하고자 하였다.

2. 서울 지방의 기후 조건

서울 지방은 북위 37.5도에 위치하며 우리나라 전 인구의 20%가 거주하는 곳이다. 우리나라의 태양열 이용에 대한 적부 가능성에 대하여는 차종희 박사의 보고서에 언급되어 있고 그외의 여러사람들에 의하여 주장되어 왔다. 그러나 태양열 이용에 대한 기초로써 행하여진 것은 별로 없다. 따라서 본 연구에서는 우선 서울 지방의 기상 조건에 대하여 자세히 언급하고자 한다. 먼저 기온면에서 고찰하여 보자. 기온은 난방 및 냉방시 부하를 결정 지어주는 요인이 된다.

* 正會員, 한국과학기술연구소

** 한국과학기술연구소

표 1. 서울 지방 평균 기온

(1961~1977)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
1961	-5.1	-0.8	5.3	11.4	16.9	21.7	26.1	26.6	21.2	15.5	8.9	-0.5	12.3
1962	-3.2	-0.5	3.1	9.7	17.0	20.8	25.8	25.1	20.0	13.3	6.4	1.2	11.5
1963	-9.0	-2.2	5.3	11.1	16.7	20.9	24.3	25.4	20.2	13.2	6.6	1.0	11.1
1964	0	-3.5	3.8	13.9	18.2	21.1	24.5	26.0	20.0	13.8	6.4	0.4	12.1
1965	-4.3	-1.3	2.7	10.2	17.3	22.1	24.1	24.4	20.8	14.8	7.0	-2.0	11.3
1966	-4.7	0.1	4.8	11.7	18.3	20.5	23.6	26.7	19.7	14.4	5.9	-3.0	11.5
1967	-4.5	-2.5	4.7	11.8	19.2	21.3	25.5	26.7	20.7	14.5	6.5	-4.9	11.6
1968	-4.0	-4.5	4.4	12.6	17.2	21.0	24.6	24.9	20.9	13.0	7.6	3.1	11.7
1969	-3.5	-2.7	2.9	10.6	16.4	20.0	24.0	24.8	20.8	13.9	5.0	-2.1	10.8
1970	-4.8	-0.2	0.4	12.2	18.7	20.5	23.0	25.9	21.2	14.9	5.1	-1.1	11.3
1971	-2.5	-0.7	1.9	11.2	16.6	20.3	23.9	24.6	20.6	12.5	8.8	-1.2	11.3
1972	0.8	-0.6	5.0	—	16.0	22.1	25.0	23.1	19.0	13.8	5.2	0.6	11.8
1973	0.4	0.6	4.5	12.3	17.4	21.4	26.8	25.9	20.3	13.0	4.7	-3.0	12.0
1974	-2.5	-2.1	3.7	10.7	16.7	19.7	23.5	25.1	20.6	12.6	5.4	-0.6	11.1
1975	-2.7	-0.8	4.4	13.3	16.7	21.4	24.9	27.0	22.6	15.4	9.0	-1.6	12.5
1976	-3.9	2.8	4.8	11.3	16.7	21.3	23.1	23.7	19.9	13.7	3.5	0.4	11.4
1977	-6.7	-2.4	5.4	12.5	17.4	22.5	26.0	24.6	21.5	16.7	7.6	2.4	12.3
평균	-3.5	-1.3	3.9	11.7	17.3	21.1	24.6	25.3	20.6	14.1	6.4	-0.6	11.6

표 2. 서울 지방 난방도일

(1961~1977)

년	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	총계
1961	715.3	482.7	394.8	197.8	49.1	2.0			1.8	76.5	272.7	574.8	2767.5
1962	658.5	520.2	462.9	249.0	52.9	6.2			14.5	140.6	347.7	493.4	2945.9
1963	834.5	565.6	393.7	209.2	57.6	3.8			14.5	130.2	341.6	527.0	3074.7
1964	557.4	622.1	440.2	123.3	32.9	4.0			7.6	133.1	348.0	545.6	2814.2
1965	689.2	592.8	473.5	234.2	51.8	2.7			4.1	69.6	330.7	620.7	3096.6
1966	723.4	554.2	409.3	193.3	32.8	13.5			4.0	115.4	360.0	632.5	3038.4
1967	696.5	573.0	472.6	185.4	15.9	3.0			2.9	109.1	343.9	721.3	3123.6
1968	682.7	651.7	421.0	162.0	36.1	8.4			10.2	160.0	312.9	462.8	2907.8
1969	666.1	580.2	466.6	221.5	58.1	6.5	0.4		4.4	129.0	391.3	621.0	3145.3
1970	705.8	510.3	546.4	177.4	20.4	2.1	0.8		9.5	99.1	369.7	590.8	3032.3
1971	542.7	522.5	503.4	203.9	58.7	1.1		0.6	7.5	155.7	275.9	594.5	2866.5
1972	515.9	538.9	393.6	—	62.4	4.8			19.2	134.3	382.9	538.0	—
1973	546.2	488.0	419.2	171.1	34.1	0.7			14.2	154.3	398.5	651.4	2877.7
1974	635.9	562.8	443.8	218.2	62.1	12.8			4.8	142.1	378.8	575.1	3036.4
1975	642.1	527.1	404.5	147.9	59.1	0.7			—	88.7	271.4	608.6	2750.1
1976	677.5	439.8	407.9	201.7	75.5	0.3	6.5		2.4	133.9	423.9	545.6	2915.0
1977	766.6	544.4	390.8	166.5	51.5	1.3			5.1	62.1	311.2	482.7	2782.2
평균	662.1	541.5	433.1	193.1	51.4	4.3	0.4	0	7.2	119.7	343.8	577.9	2934.5

서울 지방의 년중 평균기온은 11.6°C로서 난방이 가장 필요한 1월의 평균기온은 -3.5°C 8월의 평균 최고 온도는 25.3°C로서 냉방보다는 난방에 중점을 두어야

한다. 이에 대한 과거 수년간의 자세한 내용은 표 1에 제시되어 있다.

한편 이에 따른 난방도일은 표 2에 제시되어 있는데

표 3. 서울지방 수평면 일사량

(Cal/cm²-day)

년	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	123.0	185.5	243.3	326.8	357.5	298.7	220.2	265.5	274.5	265.1	194.7	167.1
1972	144.4	204.8	278.6		372.1	373.5	321.3	272.0	292.8	249.8	153.7	142.6
1973	148.9	242.6	307.6	300.5	402.0	320.4	332.5	262.3	270.8	228.7	171.4	162.8
1974	187.7	196.5	272.3	311.8	357.5	403.7	260.1	281.9	315.9	240.8	183.5	149.2
1975	182.1	237.1	274.6	330.3	355.6	335.3	252.8	334.8	258.4	227.4	183.9	175.5
1976	197.9	192.5	306.4	350.5	406.5	373.2	312.5	246.8	321.9	244.9	193.2	157.9
1977	197.5	244.7	272.8	346.9	374.9	406.9	285.7	350.1	285.8	249.0	183.4	134.2
평 균	168.8	214.8	279.4	327.8	375.2	358.8	283.6	287.6	288.6	243.7	180.5	155.6

여기서는 실내 기준온도 18°C, 난방 기준 외기온도 18°C를 기준으로 한 것으로 표에서 볼 수 있는 바와 같이 7, 8월을 제외하고는 년간에 걸쳐서 난방을 할 필요가 있다. 특히 우리나라는 대륙성 기후에 속하기 때문에 겨울에는 혹독하게 추워 난방도일은 12월, 1월, 2월에 걸치서 상당히 많은 양을 차지한다.

한편 일사량의 자료로서 정리되어 있는 것은 현재 1971년 이후로서 표 3에서 제시하였다. 표 3에서 보는 바와 같이 12월의 최저 155.6Cal/cm²-day로부터 5월의 최고 375.2Cal/cm²-day에 걸쳐있다.

표 4에는 서울 지방의 월평균 시간당 수평면 전 일사량을 정리하였다. 이 표를 자세히 보면 오후의 일사량이 오전의 일사량보다 약간 크게 나타나고 있는데 이는 우리나라에서의 태양의 남중시간에 차이가 있기 때문이다. 표 5의 일조시간 자료에서 겨울철 1월과 10월은 각각 165.4Hr, 그리고 187.2Hr로서 이는 55%의 일조율에 해당되며 월별 최대의 일조율을 나타내고 있다.

한편 최저의 일조율은 7월의 일조시간 114.2Hr에 해당하는 26%이다. 표 5에서보는 바와 같이 우리나라 기후는 대체로 난방이 필요한 10월부터 4월까지의 50% 정도의 일조율을 보여 주며 난방이 가장 필요한 1월은 최대 일조율을 보여주고 있다. 이는 우리나라 기후에서는 냉방보다 난방에 유리하다는 것을 증명하여 주고 있는 것이다.

운량을 보면 1월의 3.7, 7월의 7.7로서 난방기간 동안 일조 조건이 비교적 양호함을 보여주고 있는데 이는 표 6에 자세히 나와 있다.

현재 우리나라의 태양열 이용에 대한 기초적 연구의 부족으로 일사량 측정은 단지 몇개 지역에 제한되어 있으므로 전국적으로 태양열을 이용한다 할 경우에 그 기초자료가 될 수 있는 것이 부족하다. 따라서 일조시간과 일사량, 그리고 운량과 일사량에 대한 여러 관계를 구함으로써 다른 지역에서도 그 지방의 일사량의 예상치를 구할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

먼저 일조 시간과 수평면 일사량과의 관계를 알아야

표 4. 시 간 별 평 균 일 사 량

(Cal/cm²-hr) (1973~1977)

월	시간	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	총 합
1				0.2	4.1	13.7	21.9	27.7	30.8	30.2	25.7	18.1	8.8	1.6			182.8
2				0.9	6.9	17.7	25.7	31.7	33.9	34.0	29.6	23.0	14.3	4.8	0.3		222.8
3			0.2	4.4	13.4	24.0	32.0	37.2	40.1	39.2	35.4	28.7	20.1	10.0	1.9		286.6
4			2.0	10.1	19.8	26.8	35.7	39.7	41.4	40.8	37.4	33.4	22.9	12.9	4.1	0.2	327.2
5		0.5	5.4	15.1	24.7	33.5	39.9	43.8	44.8	44.2	40.3	34.9	26.5	16.8	7.6	1.3	379.3
6		0.7	5.6	14.9	23.7	32.1	38.3	41.9	43.4	41.9	38.1	32.8	25.7	17.7	9.0	2.4	368.2
7		0.4	3.6	10.4	17.8	24.4	30.0	33.6	34.7	33.8	30.4	25.6	20.3	14.4	7.5	1.7	288.6
8		0	1.9	9.6	18.6	26.0	31.4	34.8	36.9	36.0	32.4	27.0	21.1	13.3	5.4	0.8	295.2
9			0.7	6.7	16.3	26.6	34.4	38.4	39.5	37.0	34.1	26.6	17.8	9.3	1.9		290.1
10			0.2	3.2	13.2	24.0	31.1	34.5	36.3	33.1	28.3	20.3	11.0	2.9	0.1		238.2
11				1.2	8.2	17.3	24.1	27.9	30.2	28.4	23.4	15.2	6.3	0.9			183.1
12				0.3	4.1	12.9	21.0	25.7	28.2	27.0	22.4	14.2	5.1	0.5			161.4

표 5. 서울 지방 월 별 일 조 시 간

년월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합 계
1961	158.5	174.2	212.5	227.1	224.7	159.5	90.1	112.0	167.6	202.8	146.7	158.4	2034.0
1962	188.4	180.1	191.2	192.8	299.3	202.3	166.2	111.0	141.3	202.6	128.9	130.4	2134.4
1963	210.8	195.1	224.9	123.4	146.2	152.5	97.0	178.5	209.1	246.9	166.3	119.9	2070.5
1964	132.4	181.9	191.9	139.9	223.3	195.6	93.7	131.3	138.2	186.3	153.7	165.1	1932.0
1965	165.7	183.7	217.0	219.7	209.0	242.5	109.6	84.7	242.9	223.4	138.6	146.9	2183.6
1966	183.1	136.7	164.0	211.1	253.1	195.2	90.8	192.2	160.3	185.7	174.4	166.3	2112.9
1967	205.5	176.3	214.3	187.9	285.6	186.4	156.7	118.4	188.2	247.7	156.6	154.8	2287.5
1968	188.3	226.4	228.4	274.1	184.2	230.1	128.9	207.8	219.6	193.8	152.8	118.1	2352.4
1969	137.8	145.9	190.8	150.7	201.4	224.9	121.5	181.3	127.7	217.5	144.5	134.3	1978.3
1970	172.4	161.8	243.0	236.5	232.9	140.6	75.9	122.2	117.7	197.9	169.7	110.2	1980.7
1971	151.2	157.0	189.4	236.0	232.7	183.8	113.2	162.4	183.9	208.2	155.9	153.4	2127.1
1972	125.1	115.6	171.3	169.7	191.2	205.8	161.3	133.4	189.9	189.7	90.2	118.2	1861.4
1973	115.1	158.8	202.6	176.0	248.6	134.8	154.7	111.6	147.4	162.3	130.1	164.2	1906.2
1974	205.7	133.4	188.2	188.1	217.0	215.3	65.6	133.9	191.6	175.8	136.5	123.8	1974.9
1975	178.0	174.8	192.4	209.2	193.5	157.5	85.7	203.8	145.6	165.2	172.0	185.1	2062.8
1976	186.7	130.6	201.8	208.0	239.9	181.5	125.4	94.7	205.3	188.3	162.1	167.2	2091.7
1977	188.7	188.3	173.0	221.8	214.8	235.1	131.6	209.4	185.9	209.8	139.4	110.0	2207.8
평 균	165.4	152.5	195.2	205.7	221.3	181.8	114.2	146.4	170.9	187.2	144.5	141.5	

표 6. 운 량

년월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1970	3.1	5.2	4.2	4.8	5.6	7.5	8.9	7.1	6.6	3.5	3.9	4.2
1971	4.7	4.5	4.8	3.9	5.3	6.9	8.4	6.6	5.3	3.0	4.3	3.9
1972	6.0	6.2	5.1	—	5.5	5.9	6.2	7.1	5.7	4.2	5.6	5.1
1973	5.2	4.2	4.2	6.0	5.5	7.6	6.3	7.2	5.4	4.6	4.2	3.1
1974	2.6	5.2	5.4	5.7	5.9	6.2	8.5	6.2	4.6	4.9	3.9	4.5
1975	3.5	4.0	4.4	6.1	5.7	6.5	8.5	5.2	9.5	4.8	4.5	2.4
1976	1.5	5.4	4.8	4.8	4.5	6.3	7.6	8.1	4.3	4.6	4.3	4.6
1977	3.2	2.8	5.0	5.0	5.2	5.8	7.1	6.1	6.2	3.3	5.1	5.5
평 균	3.7	4.7	4.7	5.2	5.4	6.6	7.7	6.7	6.0	4.1	4.5	4.2

자.

Pege 등의 연구에 의하면 일사량과 일조시간에 있어서는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\frac{H_{av}}{H_0} = a + b \frac{n}{N} \quad (1)$$

여기서 H_{av} = 일조시간의 평균 수평면 일사량

H_0 = 동일위도상의 평균 대기권 밖 수평면 일사량

n = 동일기간의 일간 평균 일조시간

N = 동일기간의 일간 최대 일조시간

표 7의 서울지방에서의 최대 일조시간과 대기권 밖의 수평면 일사량을 기준으로 하고 1970년부터 1977년

표 7.

(H_0 : Cal/cm²-day, N : Hr)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_0	396.4	512.8	674.1	832.7	940.3	982.5	958.3	868.1	723.8	556.6	419.9	360.1
N	9.7	10.6	11.8	13.0	14.1	14.6	14.3	13.4	12.2	11.0	9.9	9.4

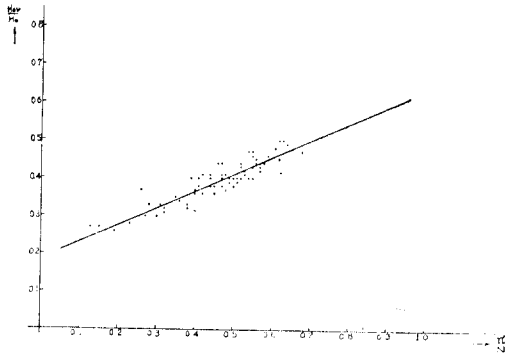


그림 1. 서울지방의 수평면일사량과 일조시간과의 관계 사이의 일사량과 일조시간 자료로서 도시하면 그림 1과 같이 나타나며 이에따라 앞의 식에서의 a 와 b 는 각각 0.19, 0.44가 된다.

따라서 일사량과 일조율에 관한 식 (1)은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{H_{av}}{H_0} = 0.19 + 0.44 \times \frac{n}{N} \quad (2)$$

한편, 운량과 수평면 일사량과의 관계는 다음과 같이 주어진다.

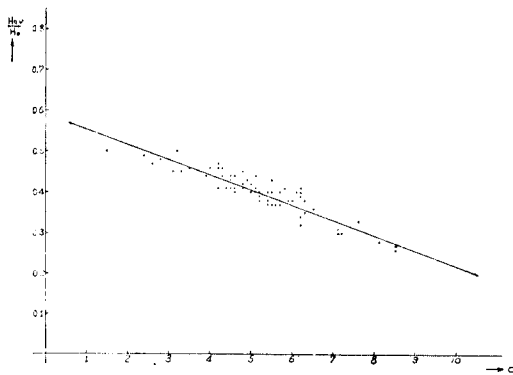


그림 2. 수평면 일사량과 운량과의 관계

$$\frac{H_{av}}{H_0} = a' - b'c \quad (3)$$

이때에 c =운량(청명 : $c=0$, 흐림 : $c=10$)

1972년과 1977년 사이의 일사량과 운량에 대한 서울지방의 자료에 의하면 그림 2와 같이 도시되므로 이들의 관계는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\frac{H_{av}}{H_0} = 0.57 - 0.032c \quad (5)$$

지상의 어떤 표면에서의 일사량은 적달일사량, 확산일사량 그리고 주위 표면에서의 반사에너지의 합으로 나타난다. 현재 우리의 이용가능한 자료는 수평면 일사량으로서, 일정한 경사각을 가진 평면에서의 입사 태양에너지는 이것에 어떤 계수를 곱하여야 얻어질 수 있다. 그러나 현재까지 알려진 바에 의하면 이에 대한 정확한 값은 구할 수 없으며 단지 월별로의 대략적인 계산법이 있을 뿐이다. (1) 이중 1976년 Klein이 산출한 것으로서 다음식이 일반적으로 사용된다.

$$\bar{R}T = \bar{R} \cdot \bar{H} \quad (5)$$

$$\bar{R} = \frac{(1 - \bar{H}d/\bar{H})\bar{R}b + \bar{H}d/\bar{H}(1 + \cos s)}{2 + (1 - \cos s)/2} \quad (6)$$

- 여기서, \bar{R} =각 달의 수평면 전 일사량에 대한 경사면 전 일사량의 비
- $\bar{R}b$ =각 달의 수평면 적달 일사량에 대한 경사면 적달 일사량의 비.
- $\bar{H}d$ =월평균 일일 확산 일사량
- s =수평으로부터의 경사각
- =지면 반사율
- $\bar{H}T$ =월평균 경사면 일사량
- \bar{H} =월평균 수평면 일사량

이때 $\bar{H}d/\bar{H}$ 는 Liu와 Jordan에 의하여 구할 수 있다.

한편, 1977년 8월부터 1978년 3월까지 KIST에서 실측된 수평면과 53도 경사면에서의 평균 일사량의 비는 표 8과 같다.

표 8. 측 정 일 사 량

(cal/cm²-day)

종류	월								
	1977 8	9	10	11	12	'78 1	2	3	
수평면 일사량	382.7	321.0	246.0	169.1	123.6	175.3	249.8	334.5	
53도 경사면 일사량	290.4	335.3	323.0	278.1	213.4	285.1	362.2	386.6	

표 9. 월 별 평 균 \bar{R}

종 류	년	월								
		'77 8	9	10	11	12	'78 1	2	3	
측 정 값		0.76	1.05	1.31	1.64	1.73	1.63	1.45	1.16	
계 산 값		0.86	1.04	1.30	1.56	1.60	1.69	1.45	1.16	

위의 표 8에 의하여 경사면 일사량의 수평면 일사량에 대한 \bar{R} 의 실측치와 식 (6)에 의하여 구한 동일 경사면에서의 \bar{R} 의 값을 표 9에 제시하였다.

표 9에서 보는 바와 같이 8월의 두 \bar{R} 값은 차이가 많다. 이는 8월에 흐린 날씨가 많으므로 확산된 일사량에 대한 불확실성에 기인하는 것으로 추정되고 있다. 현재까지 국내에서는 수평면 일사량과 경사면 일사량에 대한 비교는 계산에 의하여 이루어져 왔기 때문에 실제 집열기 효율산출에 오차가 많았다. 따라서 두 일사량의 비교를 위하여 그림 3에 8월 26일, 그림 4에 12월 23일, 그리고 그림 5에 1월 21일의 일사량 그래프를 도시하였다.

우리나라 기후조건의 세계적인 관점에서 포텐셜을 비교하고자 표 10에 비슷한 위도에서의 미국 지역 및 현재 태양열 연구에 해당되었던 몇 지역의 일사량에

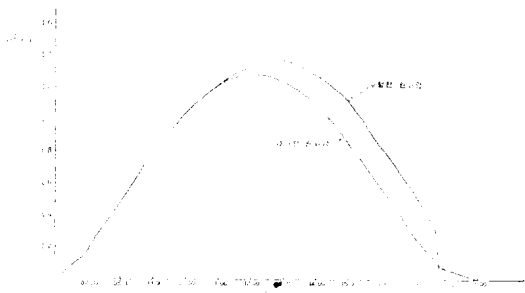


그림 3. 8월 26일의 수평면 및 53°경사면 전일사량

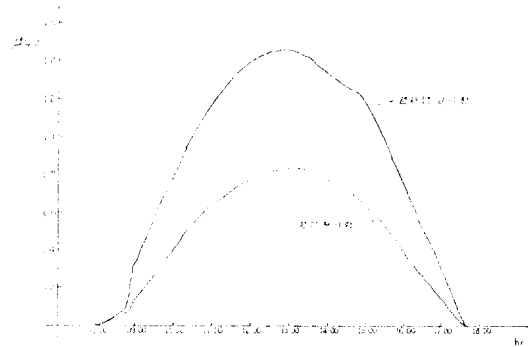


그림 4. 12월 23일의 수평면 및 53°경사면의 전일사량

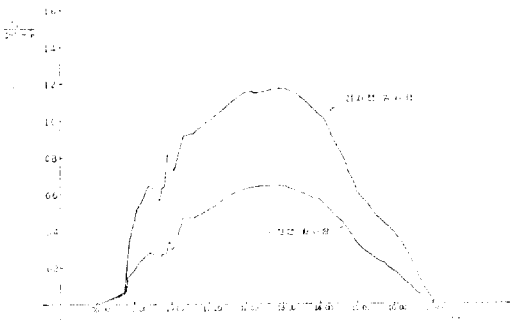


그림 5. 1월 21일의 수평면 및 53°경사면의 전일사량

표 10. 미국 지방의 기상 조건 (H: Cal/cm²-day, T_c: °C)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Springfield, Mo (≈ 37.1)	H	199.0	272.7	368.1	444.0	528.1	571.1	563.9	529.0	454.1	333.0	220.2	180.1
	T _c	1.0	3.0	7.0	14.0	18.0	23.0	25.0	25.0	21.0	15.0	7.0	2.0
Dodge City KA (≈ 37.5)	H	258.7	326.5	431.6	539.3	562.2	658.3	649.2	582.3	492.5	379.5	279.7	231.7
	T _c	-1.0	1.0	5.0	12.0	17.0	23.0	26.0	25.0	20.0	13.0	5.0	0.0
Richmond, VA (≈ 37.5)	H	118.9	256.0	359.9	451.9	522.1	561.0	558.9	481.0	395.1	301.9	207.1	170.1
	T _c	3.0	4.0	8.0	14.0	19.0	23.0	25.0	25.0	21.0	15.0	9.0	4.0
San Francisco CA (≈ 37.5)	H	194.9	283.0	408.0	512.1	578.0	596.9	540.0	477.9	424.0	332.0	230.0	175.1
	T _c	10.0	12.0	12.0	13.0	14.0	15.0	15.0	15.0	17.0	16.0	14.0	11.0
Grand Junction (≈ 39.1)	H	231.7	324.6	429.4	532.4	604.3	707.2	670.2	580.4	500.4	377.6	262.7	215.7
	T _c	-3.0	0.0	5.0	11.0	16.0	22.0	25.0	24.0	19.0	12.0	4.0	-1.0
Denver, Co (≈ 39.4)	H	255.1	338.0	435.9	519.0	582.1	651.0	632.9	592.1	493.9	370.0	262.0	218.1
	T _c	-1.0	0.0	3.0	9.0	14.0	19.0	23.0	22.0	17.0	11.0	4.0	0.0
Columbus OH (≈ 40.0)	H	128.8	197.8	295.8	392.5	487.6	561.4	541.6	476.6	421.7	285.5	177.7	131.9
	T _c	-1.0	0.0	4.0	11.0	16.0	21.0	23.0	22.0	18.0	12.0	5.0	0.0

대한 것을 열거하였다.

이 표에서 볼 수 있는 바와 같이 서울 지방의 일사 조건은 동일 위도상의 미국지역에서의 일사량에 비하여 상당히 낮은 것으로 나타나고 있으며 기온 또한 낮은 것으로 나타나고 있다.

기온 분포가 같은 곳은 Grand Junction인데 이곳의 위도는 현 서울 지방 위도보다 높으면서도 높은 일사량분포를 보이고 있다. 이러한 것을 볼때 현 서울지방은 일사조건이 양호하지 못한 것으로 나타나 태양열 이용에는 불리한 점이 많다. 그러나 언중으로 비교할 때 하절기에 비해 동절기의 일사조건은 비교적 양호한 것으로 나타난다.

마지막으로 일사량과 환경오염 관계에 대하여 우리나라의 서울 지방을 중심으로 살펴보자. 그림 6에는 1월 21일경 서울지방에 눈은 다음날인 케칭한 날의 일사량과 대기오염도가 육안으로도 두드러지게 나타나는 날과, 그리고 그날의 대기권 밖의 일사량에 대한 그래프가 도시되어 있다.

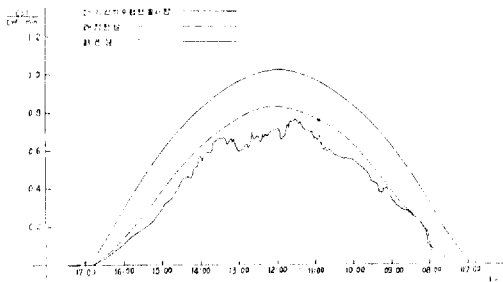


그림 6. 대기오염에 대한 일사량의 영향

케칭한 날의 일일 총일사량은 263.8cal/cm²·day이며 오염도가 큰 날은 237.9cal/cm²·day로서 10%의 일사량 감소를 보이는 있다. 가장 심한때는 12시와 1시경으로 나타나는데 이때는 일사량의 21%의 감소를 보이고 있다. 따라서 앞으로의 태양열 이용에 있어서 환경오염, 특히 대기 오염에 대한 국가적 배려가 있어야 한다.

3. 태양열 주택

1) 태양열 주택 설계

태양열 주택 설계에 사용되는 방법은 여러가지가 있다. 여기서는 비교적 간단한 Long-term Collector Efficiency Method로 채택하여 보자.

한국 동절기의 난방 기간은 주로 10월부터 이듬해 3월까지이며 이동안 일일 평균 집 열면일사량은 308cal/cm²·day가 된다. 그림 7과 같은 효율곡선을 가진 공기

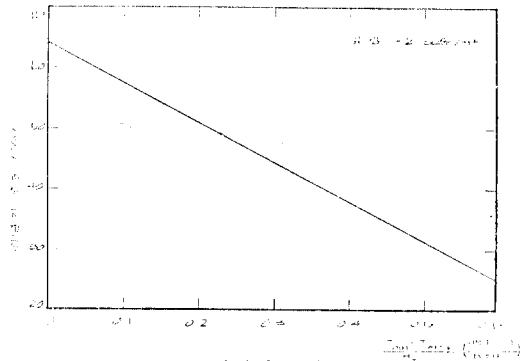


그림 7. 집열기 효율곡선

표 12. 40평 태양열 주택의 열계산의 예

월	난 방 도 일 (°C·day)	난 방 부 하 (Kcal/Month)	집 열 면 일 사 량 (Cal/cm ² ·day)	실 집 열 량 (Kcal/Month)	보 조 열 량 (Kcal/Month)
1	662.1	3,310,000	300.5	1,500,000	1,810,000
2	541.5	2,710,000	313.6	1,440,000	1,270,000
3	433.1	2,170,000	310.1	1,570,000	600,000
4	193.1	970,000	301.6	1,460,000	0
5	51.4	260,000	300.2	1,490,000	0
6	4.3	20,000	272.7	1,240,000	0
7	0.4	0	226.9	920,000	0
8	0	0	247.3	1,080,000	0
9	7.2	40,000	282.8	1,320,000	0
10	119.7	600,000	309.5	1,570,000	0
11	343.7	1,720,000	281.6	1,310,000	410,000
12	577.9	2,890,000	286.3	1,390,000	1,500,000
14,690,000					5,590,000

가연식 태양열 집열기를 사용할 경우, 등질기 평균 태양열 집열기의 효율은 38%정도된다.

건물 난방부하가 5,000Kcal/°C-day인 40평형 건물이 20평 넓이의 태양열 집열기로 난방시킨다하고 이에 대한 태양열 난방의 타당성 검토를 하기로 하자.

Duct 및 Storage는 이집열 면적 및 난방면적이 적합한 System을 설계하여 각각의 보온을 2in, 6in 두께로 하여 이에 대한 집열 에너지의 Loss로써 간주하였다. 이때의 Duct의 열손실은 24,000Kcal/day 축열조의 열손실은 3,000Kcal/day가 산출되었으며 전체적으로 27,000Kcal/day의 집열량의 손실은 가져온다.

실제 태양열에 의하여 얻어지는 열량과 주택난방부하와 열손실에 대한 결과로서 서울지방에서 연간 태양열로 난방에 충당할 수 있는 양은 표 11에 나타나는 바와 같이 전 난방부하의 62% 즉 9,100,000Kcal에 해당된다.

2) 경제성 검토

경제성을 논하는 방법은 여러가지가 있다. 여기서는 다음의 Life Costing 방법에 의하여 경제성을 논하도록 한다.

태양열 난방장치에 초기 투자 될 금액을 매년 적립상환한다고 할 경우에 매년 지불해야 할 금액과 연료 절약에 의한 매년 연료 절감비와를 비교하여 이에 의하여 태양열 난방장치의 경제성을 평가하는 방법이다.

현가 P의 이자율 iann에 의한 t기간 후의 원리합계 X는 다음과 같다.

$$X = P(1+iann)^t \tag{7}$$

매년 연료 절감에 의하여 지불할 수 있는 비용 Pann의 t기간후의 원리합계 X는

$$X = Pann \frac{(1+iann)^t - 1}{iann} \tag{8}$$

앞의 두식에 의하여

$$P = Pann \frac{(1+iann)^t - 1}{iann(1+iann)^t} \tag{9}$$

가 된다.

한편 Pann 이 Jann율로 인상된다고 하고 초기투자비

를 P₀라고 하면 식 (9)는 다음과 같이 된다.

$$P = P_0 \frac{(1+Jeff)^t - 1}{Jeff(1+Jann)^t} \tag{10}$$

$$여기서 Jeff = \frac{1+Jann}{1+Jann} - 1$$

식 (9)에서 Pann은 사용연료에 따라서 다르고 연료비 인상율을 따라 변하므로 어떠한 연료를 사용하느냐에 따라 태양열 설비 투자에 대한 경제성이 크게 좌우된다.

다음 표 13에 현재 각 연료비에 대한 비용을, 표 14에는 실행금리를 제시하여 이에 대한 경제성 검토를 할 수 있도록 한다.

표 13. 연 료 가 격

종 류	가 격	
	10,000Kcal당	KWh당
LPG	85원	7.30원
경 유	75원	6.50원
전 기	409원	35.00원

표 14. 대 출 금 리

형 태	과 거	현 행
정 책	10.5%	12.5%
일 반	15~17%	18.5~20.5%
주 택	14%	16.5%

4. 결 론

서울지방의 태양열 이용에 대한 기본자료로서 기상 및 일사조건을 연구분석하였다. 현 서울지방은 년 평균 난방도일 2,934.5, 1월달 수평면 일사량 168.8cal/cm²·day로서 미국의 동일 위도상의 기상조건과 비교할 때 약간 불리하다.

그러나 일조조건을 볼 경우 난방일이 필요한 통계에 상당히 좋은 것으로 나타났다.