

## 韓國에서의 太陽에너지 利用 可能性

車 宗 熙\* · 李 聖 允\*

### The Feasibility for the Use of Solar Energy in Korea

Jong Hee Cha and Seong Yoon Lee

#### Abstract

Solar Radiation is effected by the astronomical condition, the collector inclination, the air and the climate conditions before it reaches an earth surface. Based on the data which have been collected and recorded by the Central Meteorological Office and other resources, the effects of those conditions in Korea are analysed and appraised in this report.

#### 1. 序 言

地球가 太陽으로부터 평균거리에 있고 大氣의 影響이 없다고 가정하여 太陽輻射線의 入射方向에 垂直으로 놓인  $1\text{cm}^2$ 의 平面에 1分間 入射하는 太陽에너지의 量은  $1.94\text{ cal}$  로서 이 값은 太陽常數라고 알려져 있다. 그러나 이런 크기의 地球의 大氣圈밖으로부터 入射한 太陽에너지는 大氣中을 通過하면서 散亂 및 吸收의 복잡한 過程을 거쳐 상당히 減少된 量이 地球表面에 入射된다.

大氣中에서의 減少量은 大氣의 狀態에 따라 달라지며 輻射線의 波長에 따라서도 달라진다. 또한 地球 表面에 떨어지는 太陽에너지의 量은 太陽의 高度等의 天文學的 條件 및 位度, 傾度等의 地理的 條件에 따라서도 變動한다.

장차 化石燃料의 代替에너지源으로서 太陽에너지의 利用이 기대되고 있는 오늘날 韓國에서의 利用可能性을 天文學的 條件, 氣象學的 條件等을 考慮하여 檢討하여 보는 일도 意義가 있을 것이다.

#### 2. 天文學的 條件

地球表面에 入射하는 日射量은 太陽과 地球間의 距離, 太陽의 赤緯 및 太陽의 時角에 따라 變化한다. 地球의 空轉軌道가 橢圓이기 때문에 太陽과 地球間의 距離는 季節에 따라 달라진다. 地球의 軸은 軌道面의 垂直에 對하여  $23.5^\circ$ 로 기울어져 있기 때문에 地球가 軌道에 따라 움직임에 의하여 軸의 位置가 太陽에 對하여 一定한 變化를 일으킨다.

그림 1에서 보는 바와 같이 北極이 太陽을 向하여 가장 많이 기울어지는 夏至에는 北半球의 半以上이 햇빛을 받게 되는 반면 冬至에는 半以下가 햇빛을 받게 된다. 春分과 秋分에는 北半球의 折半이 햇빛을 받게 된다. 그와 같은 變化에 따라 韓國에서는 낮의 길이가 夏至의 약 15時間으로부터 冬至의 9.5時間 程度로 變化한다. 그림 2는 韓國(中部地方)의 上空을 通過하는 太陽의 經路를 表示한 것이다. 夏至에 太陽을 正東으로부터 北쪽  $30^\circ$ 의 位置에서 日出하여 正午에는 南쪽 水平線으로부터 약  $75^\circ$ 의 높이에 到達하며

\* 正會員, 韓國原子力研究所

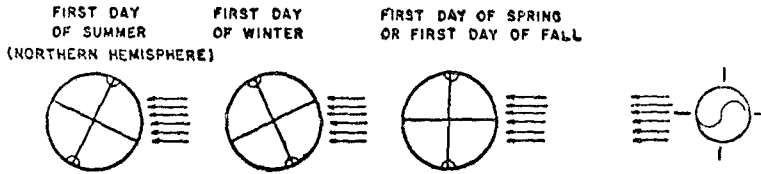


그림 1. 夏至, 冬至 및 春(秋)분에 地球가 太陽光線을 받는 모양

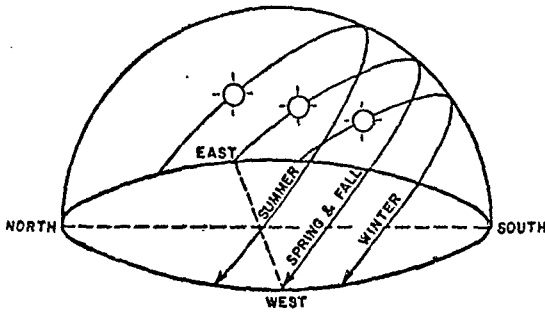


그림 2. 中部地方의 代表的 太陽經路

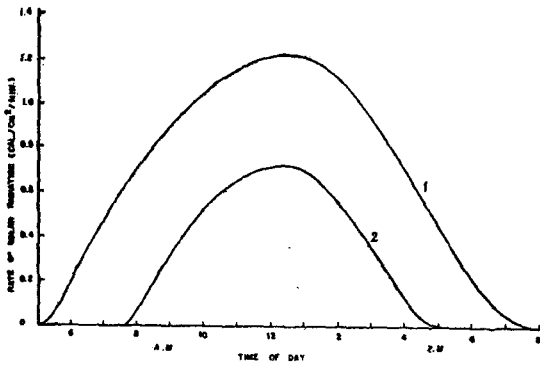


그림 3. 水原地方의 夏至 및 冬至의 日中日射量變化

正西로부터 北쪽 30度の 位置에서 日沒한다. 한편 冬至에는 太陽이 正東에서 南쪽 30度の 位置에서 떠서 正午에 約 22度の 高度에 到達한 다음 正西로부터 南쪽 約 30度の 位置에서 日沒한다. 春分과 秋分에 太陽은 正東에서 떠서 正午에 52度の 高度를 지나 12時間後 正西에서 진다. 따라서 地球表面에 到達하는 太陽輻射線의 量은 天空을 通過하는 太陽이 取하는 經路에 關係되는 것이다. 그림 3은 晴明한 날에 對하여 夏至(곡선

1)와 冬至(곡선 2)에 水平面上에 到達되는 實際의 太陽輻射量의 測定量을 그린 것이다. 夏至에 太陽은 午前 5時頃에 떠서 午後 8時頃에 지며 測定된 輻射熱量은 約 600 kcal/cm<sup>2</sup>-day 冬至에는 太陽이 午前 7시 45分頃에 떠서 午後 5시 15分頃에 지며 하루의 輻射熱量은 約 250kcal/cm<sup>2</sup>-day 이다.

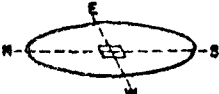
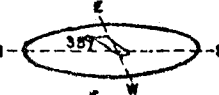

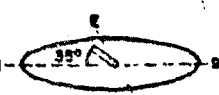
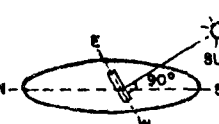
### 3. 傾斜面에서의 太陽日射量

平面에 入射하는 太陽軸射線의 強度는 入射線이 平面에 對하여 垂直일때 가장 크다. 그러나 天文學의 條件때문에 地球表面에 떨어지는 太陽軸射線의 入射角은 水平面에 對하여 계속 變한다 太陽輻射熱을 에너지源으로 利用하고자 할때에는 吸熱板을 太陽光線에 對하여 直角에 가깝게 기울여 設置함이 좋다. Duffie, Beckman 은 北緯 35度에서 水平面으로부터 35度로 기울게 設置된 吸熱面에 對한 入射熱量은 水平面에 對해서 보다 16% 增加하며 南北軸에 關하여 太陽의 移動에 따라 계속적으로 調整한 吸熱面에 對하여는 39%의 增加를, 水平面으로 부터 35度 기울게 設置된 吸熱面을 方位角에 대해 계속적으로 調整한 경우 에는 52%의 增加를, 그리고 太陽光線에 對하여 항상 入射角이 0度가 되도록 調整한 面에 對하여 는 57%의 增加를 얻는 것으로 計算하고 있다.

吸熱面의 傾斜角은 太陽熱의 年中 利用期間에 依해 決定되어야 할 것이다. 1972年과 1974年度에 發刊된 ASHRAE Handbook 을 參考하여 北緯度에서 入射熱量을 계산한 결과 全年을 通하여 가장 많은 日射量을 얻기 위해서는 吸熱板을 水 平面으로부터 緯度의 기울기로 그리고 冬季期間

표 1.

吸熱板의 位置變化에 따른 吸熱效果

Orientation of Collector Surface	Solar Energy Striking Collector
	Fixed, horisontal 1
	Fixed, tilted 35° towards squator 1.16
	Continuous adjustement about north-south axis 1.39
	Continuous adjustement about axis parallel to the earth's angle 1.52
	Continuous adjustement so that sun's rays strike collector at 90° angle 1.57

(11월~3월)에는 緯度 +20度の 기울기로 設置함이 좋다고 나타났다.

그밖의 다른 調査結果에 依하면 冬季期間의 太陽에너지 利用에 對하여는 그곳의 緯度에 10度を 더한 傾斜角을 가진 吸熱面이 適當하다고 報告하고 있다. 實際적으로 冬季期間(11월~3월)동안 緯度에 10度を 더한 傾斜面과 20度を 더한 傾斜面에 對한 入射熱量은 큰 差가 없으며 集熱板의 設置場所를 建物에 依存할 경우에는 前者가 훨씬 유리하다.

#### 4. 大氣의 影響

天文學的 要因만 考慮한다면 日射量은 地球의 어느곳에서나 쉽게 計算될 수 있다. 그러나 太陽光線은 地表에 到達하기前에 大氣層을 通過하여야 한다. 大氣는 快晴한 날이라 할지라도 빛을 完全히 透過시키지 못하며 入射되는 太陽輻射線의 일부는 언제나 大氣에 依해 吸收, 散亂 또는 反射되어 阻止된다.

그림 4는 여러가지 條件下에서 水原地方에 入射되는 太陽熱量을 比較한 것이다. 곡선 1은 全

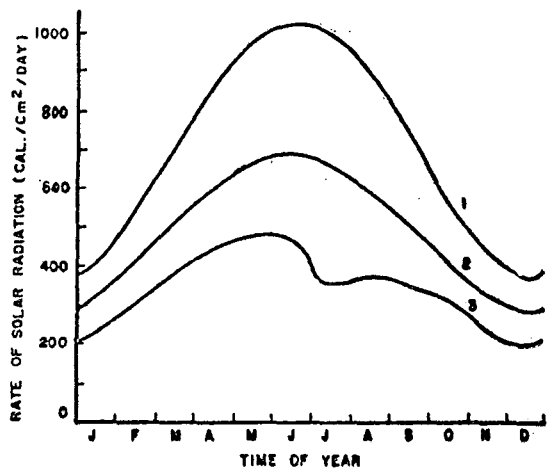


그림 4. 水原地方의 年中 日射量變化

年을 통하여 水原地方의 大氣위에 入射되는 熱量을 나타낸다. 곡선 2는 水原地方에서 全年을 통해 快晴한 氣候條件下에서 地表에서 얻을 수 있는 太陽熱量을 나타낸다. 이 곡선은 實驗値에 依한 것으로 2년에 걸쳐 水原에서 測定된 맑은 날들에 對한 日射量을 基準하여 그려졌다. 곡선 3은 水原에서 9年間(1965-1973) 測定된 日射量을 平均한 값을 表示한 것이다.

표 2.

各 測候所의 位置와 日射量測定器機

地方名	緯度 N	經度 E	高度 (m)	日射量 測定器機
강릉	37°45'	128°54'	26.0	Robitzsch 일사계
서울	37°34'	126°58'	85.5	Robitzsch 일사계
수원	37°16'	126°59'	36.9	Eppley 일사계
목포	34°47'	126°23'	53.4	Robitzsch 일사계
충주	36°58'	127°55'	70.0	Eppley 일사계
김천	36°08'	128°07'	82.0	Eppley 일사계
하동	25°04'	127°45'	20.0	Eppley 일사계
제천	37°08'	128°12'	109.7	Eppley 일사계
산청	35°25'	127°53'	200.0	Eppley 일사계
삼천포	34°56'	128°06'	18.0	Eppley 일사계
제주	33°31'	126°32'	60.0	Eppley 일사계

곡선 1에 나타난 일일일사량은 앞에言及된 天文學的 要因과 太陽熱常數로부터 計算되었다. 이 곡선에서 冬至에 入射되는 日射量은 가장 적고 夏至에 入射되는 量은 가장 많음을 알 수 있다. 일일일사량은 12월의  $400\text{cal}/\text{cm}^2$ 에서 6월에는  $1000\text{cal}/\text{cm}^2$ 까지 變化한다. 곡선 2는 맑은날에 測定된 日射量에 基因된 것이므로 大氣中の 탄산가스와 少量의 水蒸氣 그리고 먼지에 依해 吸收된 量만큼 곡선 1보다 낮은 값을 보여주고 있다. 이 두 곡선의 比較로 最適條件下에서도 入射되는 太陽熱의  $1/3\sim 1/4$ 이 맑은 大氣에 依하여 遮斷된다는 結論에 到達된다. 곡선 3은 구름과 大氣中の 濕度の 效果를 크게 反映시키고 있다. 구름은 地表面에 到達하는 太陽熱量을 減少시킴에 있어서 막대한 影響을 준다. 入射되는 太陽熱량과 구름과의 關係는 여름 雨期에 가장 注目할만하다. 즉 곡선 3의 不規則한 모양은 이 期間에 계속되는 흐린 날씨에 基因됨을 의심할 여지가 없다.

가장 위의 곡선과 밑의 곡선과의 差異는 太陽熱에 對한 大氣의 全體의 效果를 나타낸다.今年の 冬季期間에 大氣위에 到達하는 日射量의  $50\sim 55\%$ 가 地表面에 到達한다. 夏季期間에는 入射되는 太陽熱량의 단지  $35\sim 45\%$ 가 地表面에 到達한다. 結果的으로 겨울에 大氣에 依한 遮斷率은 入射되는 太陽熱량의 半程度이다. 여름에는  $55\sim 65\%$ 程度가 大氣에 依해 遮斷되어 버리고 만다.

大氣는 太陽熱이 地表面에 到達되는 程度를 고려함에 있어서 가장 큰 要因이다. 大氣中の 오존( $\text{O}_3$ ), 탄산가스( $\text{CO}_2$ ) 및 水蒸氣( $\text{H}_2\text{O}$ )는 主要한 吸收體들이다. 大氣中에 水蒸氣는 다른 吸收體들보다 몇배나 吸收率이 높다. 기온이 높은 여름철에는 低溫의 겨울철에 比해 水蒸氣의 含量이 크다. 冬季期間에 比해 夏季期間에 곡선 1과 2사이의 더 큰 分布의 差는 대체로 大氣中の 水蒸氣의 含量의 差異에 基因된다.

## 5. 太陽熱과 韓國의 氣候

韓國은 三面이 바다로 둘러 있고 廣大한 아시아 大陸의 境界에 接해 있기 때문에 季節風氣候에 속해 있다. 여름에는 對流가 바다에서 陸地로 흐름에 따라 흐리고 비가 오는 날이 많아져서 濕한 大氣로 덮여 있게 된다. 찬 겨울철에는 大氣가 쌀쌀해져서 일반적으로 乾燥한 對流가 韓半島를 흐르게 된다.

이렇게 하여 隨伴되는 맑은 날씨는 높은 日射量을 준다.

本 報告에서는 우리나라의 氣候條件과 日射量과의 關係를 說明하기 위해 표 2에 表示된 11個 地方을 選擇하여 1972~1975년까지의 氣象資料들中 雲量과 日射量을 調査分析하였다. 표 3에는 앞에 言及된 各 地方의 月別 平均雲量을 나타내

표 3. 各地方의 月別 雲量(1972~1975)

地方名	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
강	릉	4.4	5.0	5.0	5.2	5.6	6.9	6.9	5.7	5.8	5.0	4.0	3.0
서	울	4.5	4.9	4.8	5.9	5.7	5.5	7.4	6.5	5.5	4.7	4.6	3.8
수	원	4.1	4.8	4.4	5.6	5.3	6.3	6.9	6.1	5.3	4.5	4.6	3.9
목	포	6.0	6.5	4.9	5.7	6.0	6.1	6.8	4.8	5.3	5.1	4.8	6.0
충	주	4.1	4.5	4.5	4.9	4.5	5.4	5.7	5.0	5.2	4.6	5.0	4.1
김	천	4.6	5.5	4.8	5.3	5.2	6.0	6.7	5.3	5.5	5.1	4.5	3.5
하	동	3.8	4.6	4.3	5.2	5.2	6.0	6.8	5.0	5.4	4.8	4.0	3.3
제	천	4.6	5.4	5.4	6.0	5.6	6.9	7.4	6.3	6.1	5.4	5.1	4.4
산	청	4.4	5.4	4.8	5.4	5.6	6.3	7.1	5.6	5.6	5.0	4.5	4.1
삼	천	4.0	4.8	4.6	5.6	5.7	6.4	6.6	5.0	5.6	5.0	4.0	3.1
제	주	7.6	8.0	5.6	6.1	6.2	6.5	6.9	4.9	6.2	6.3	6.4	7.9

표 4. 各地方의 月別 水平面 一日日射量(Kcal/m<sup>2</sup>-day) (1972~1975)

地方名	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
강	릉	1515	1893	2261	2747	2970	2717	2434	2452	2166	1796	1454	1355
서	울	1655	2215	2832	3184	3718	3583	2924	2872	2853	2375	1731	1575
수	원	2076	2643	3299	3718	3903	3937	3502	3094	3122	2233	1785	1651
목	포	1732	2322	2994	3044	3405	3788	3221	3844	3210	2753	2241	1750
충	주	1142	1698	2178	2864	3376	3591	2966	2880	2660	1976	1348	1060
김	천	1525	1890	2529	3007	3493	3555	2927	3257	2857	2205	1665	1539
하	동	1279	1254	1976	2656	2881	3401	2673	3069	2254	1882	1584	1172
제	천	1638	2124	2656	3382	4093	4107	3785	3772	3049	2416	1688	1572
산	청	1156	1475	2059	2174	2555	2847	2238	3000	2283	1892	1525	1350
삼	천	1399	1779	2427	2768	3039	3058	2574	2947	2389	1940	1589	1370
제	주	1333	1657	3131	3565	4075	4493	4189	4655	3361	2541	1958	1352

고 있다. 제주와 목포를 제외한 전 地方에서 冬季期間에는 大體로 낮은 雲量을 보여주다가 氣溫이 上昇함에 따라 雲量도 서서히 增加하여 雨期인 7월에는 가장 높은 雲量을 나타내었다. 특히 12월과 1월의 낮은 雲量은 겨울철에 우리나라의 氣候가 大陸性 高氣壓圈內에 處해 있는 期間이 크기 때문이다. 목포는 全年을 通해 거의 비슷한 雲量을 보여주고 있다. 제주도에서는 오히려 12월과 1월에 가장 높은 雲量을 보여주나 夏期에 낮은 雲量을 나타내고 있다.

표 4에는 各地方의 月平均 一日日射量을 나타내고 있다. 강릉, 서울 및 목포의 日射量은 Robitzch 日射計에 依해 測定되었고 그 外의 地方은 Eppley 日射計로 測定되었다. 여기에서 各地方別로 日射量이 현저히 差異가 있음을 알 수 있다. 이러한 差異는 各地方의 地理的 條件에 따른 氣象條件의 特殊性和 使用되는 日射計의 種類와 性能 그리고 觀測者가 測定된 그래프를 읽음에 있어서의 正確度에 달려있다고 본다. 全體의 으로 雨期인 7월에는 日射量이 急激히 減少하

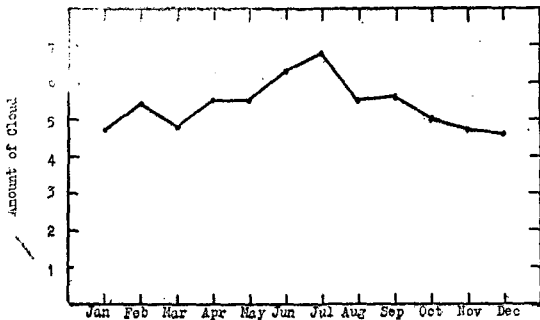


그림 5. 韓國에서의 月平均雲量 (1972-1975)

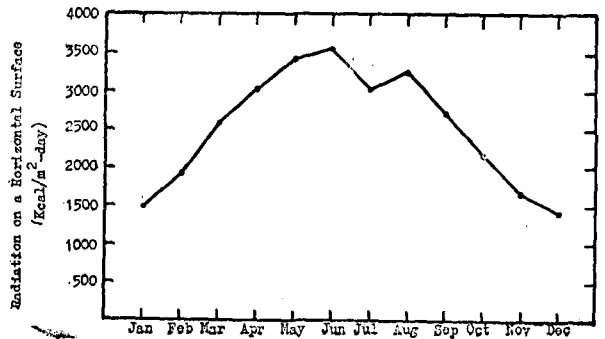


그림 6. 韓國의 月平均 一日日射量 (1972-1975)

였다. 分析된 地方中에서 수원이 全年 가장 높은 日射量을 얻었다. 한편 가장 낮은 日射量 分布를 이루고 있는 곳이 하동과 산청이다. 이 두 지방은 雲량이 그리 높지도 않음 때문에 이에 對한 根本的 理由를 알기는 困難하다.

그림 5에는 우리나라의 全國的인 雲量의 傾向을 알기 위해 표 3의 데이터를 利用하여 그래프로 나타내었다. 月平均溫度가 零下인 12월과 1월에는 月平均雲량이 4.6~4.7의 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 大氣溫度가 낮기 때문에 大氣中의 濕度도 낮아 우리나라의 冬季期間의 太陽熱利用條件은 매우 좋다. 氣溫이 올라감에 따라 雲량도 徐徐히 增加하여 雨期인 6월에는 月平均雲량이 6.3, 7월에는 6.8로 最大值를 보여준다. 夏期에는 大氣中의 濕度가 높아져서 太陽熱의 多量이 大氣中에 吸收되어 버린다. 따라서 大氣에 吸收된 熱로 因하여 大氣는 더워지게 되며 높은 不快指數를 준다. 가을철에 접어들면서 雲량은 낮아져 10월에는 月平均 5.0 그리고 11월에는 4.7의 낮은 분포를 이루었다.

우리나라의 全國的인 日射量의 傾向을 알기 위해 표 4의 全國 11地方의 4年間(1972~1975)의 月平均 日射量을 綜合하여 그림 6에 나타내었다. 이 그림의 傾向을 살펴보면 雲量의 增減과 一致하고 있음을 알 수 있다. 결국 全年을 通해 水平面에서 얻을 수 있는 一日日射量의 範圍는 1500~3500Kcal/m<sup>2</sup>-day이다.

그림 7은 1973年度 수원지방의 水平面 日射量 分布를 表示한 것이다. 日射量計算은 3일平均 즉 基準日의 前日, 基準日 및 基準日의 翌日의 3일간의 測定值를 平均한 값을 土臺로 그 分布를 擘한 것이다. 대개 太陽熱의 貯藏期間은 약 3일이므로 이러한 分布를 參考하여 太陽熱 貯藏容量 또는 補助熱源의 使用期間을 推定할 수 있다. 그림의 分布範圍는 氣候의 變化率을 나타내고 있는데 冬季期間에 比해 4~8월의 分布範圍가 特히 寬을 알 수 있다.

## 6. 結 言

우리나라의 太陽熱利用을 위한 氣候的 條件은 다른 여러나라에 比해서 좋다. 美國이나 日本等 여러나라에서는 國家的 次元에서 太陽에너지 開發事業을 推進하고 있다. 에너지源이 充分치 못한 우리나라에서는 新 에너지 開發事業이 推進되어야 하며 그中 太陽에너지의 效率的 利用을 위한 技術開發이 長期的으로 여러 角度에서 다루어져야 할 것이다.

## 參 考 文 獻

1. J. A. Duffre and W. A. Beckman, Solar Energy Thermal Processes, John Wiley and Sons, New York, 1974
2. ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1972

韓國에서의 太陽에너지 利用 가능성

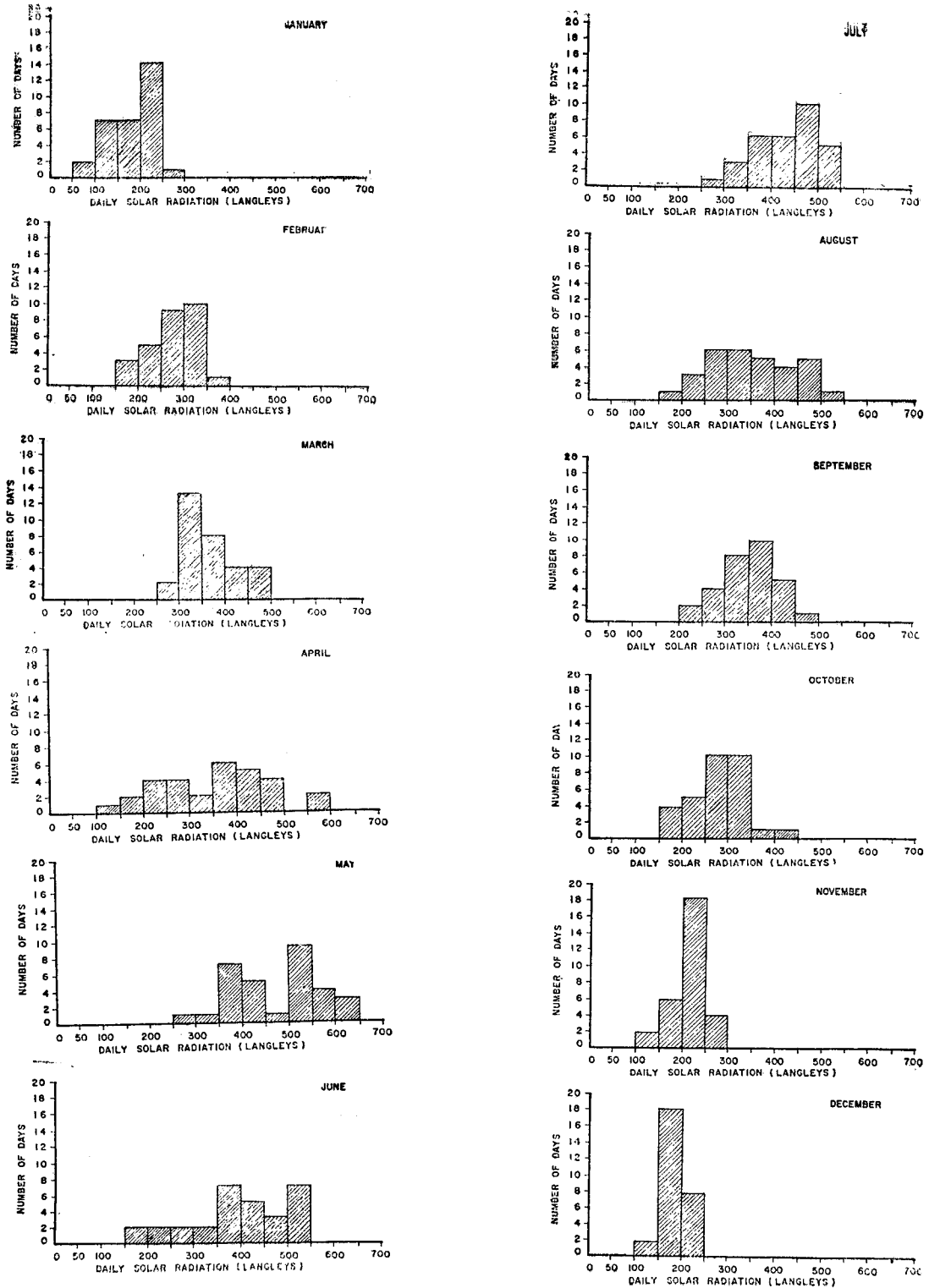


그림 7. 수원지방의 3일平均 日射量分布