

# 日射利用度および水平面日射量と雲量との関係について

関原 疆\* 村山 信彦\*\*

現在わが国で水平日射量を観測しているのは、約65カ所の気象台および測候所であるが、その中から代表的地点を178カ所を選び1953年より1955年に至る3年間の水平面日射量に関し統計的計算を行い、太陽熱利用の立場からその利用度を算定し、さらに水平面日射量と平均雲量との関係を験べた。

その結果によると次のことが示される。

- 1) 月別の日射利用度(月平均日射量×晴天百分率を指数とした)は6月の梅雨期に最小となる。一般に8月が最大である。裏日本では4、5月と8月に大となり冬期は非常に小である。一方表日本では冬期でも6月を除く他の月と大体変りない。
- 2) 年間の日射利用度は、これだけのデータでは明確なことはいえないが、南日本で高く北へ行くに従って低くなる傾向が推定される。
- 3) 晴天日( $N \leq 7.0$ )の年平均水平面日射量は南日本が北日本に比し高い傾向が見られる。
- 4) 日射量の観測値と Rayleigh 二次散乱までを考慮した水平面日射量理論値の比と、平均雲量との関係は、ばらつきが多く一意的な曲線で表わしにくい。しかし一般的な傾向として大気層中の塵埃、水蒸気、炭酸ガス等の吸収、散乱により、大気層を通過する中に日射が減衰され、大気外日射量の約80%が地上に到達することが、上記の関係曲線を雲量0に延長することから推定される。

## 1. 緒 論

わが国における水平面日射量の観測は Robitzsch actinograph によって古くより行われ有効なデータが豊富にある。しかし Robitzsch actinograph の器械的欠陥により、受光面の風化作用のために係数の経年変化を来し、日射量のデータが充分正確なものでないことは事実であり、また測定値が直ちに天気分析に利用できる形に表示されていないので気象学的にはあまり利用されていないが、農業や工業の分野では、特に精密なデータでないと利用できないという性質のものばかりでないので大いに活用されて来た。

上述のような状況の下で、われわれは太陽エネルギーの熱としての産業乃至生活への利用のために、時間的にそして地域的に、利用上の目安を立てるのに便利な形に表示することを試みた。さらに水平面日射量が気象学的にもどのような値を持っているかを測定の立場から検定しようという目的をもって、他の気象データとの関連を験べることを計画し、差当って水平面日射量と平均雲量との関係を求めることを試みた。

用いられたデータは Actinometric Bulletin in Japan, 1953~1955年の3年間の半年間平均値である。これは日射量のデータが第2次世界大戦を界として観測所に大きな変動があり、なお戦後数年は物資欠乏等のため器械の精度が低下したと考えられるので、最近3年間の最も信用のおけると思われるデータを採用したのである。地理的分布を考慮して8カ所のデータを用いた。

\* 気象研究所高層気象研究部

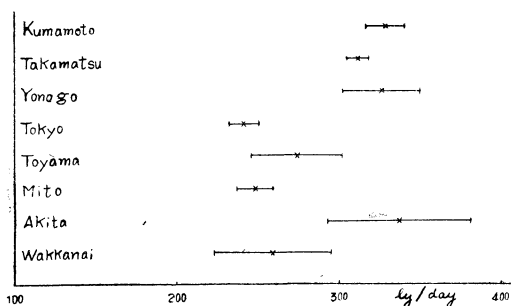
\*\* 気象庁観測部測候課

—1957年10月28日受理—

## 2. 計算の方法

a) 各地の晴天日の年平均水平面日射量(第1図)

平均雲量  $N \leq 7.0$  ( $N$ は00.0~10.0の10段階に分ける)の時の水平面日射量の年平均値を8カ所別に計算した。これは太陽利用の立場からは、雲量が7より小さい時のみを探るのが妥当と考えたからである。平均雲量は Annual Report of C. M. O of Japan, Part 1 より採った。



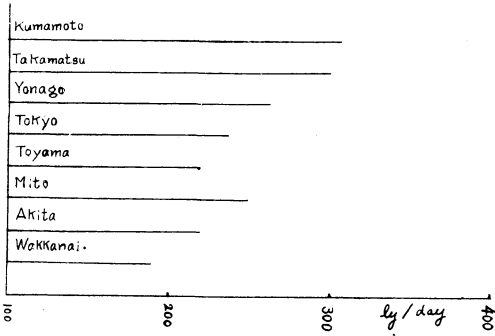
第1図 晴天日の年平均水平面日射量

各観測所の間に観測回数にばらつきがあり、晴天日数にも多少があるが、70%の信頼限界を算出した。その結果は次のとおりである。

熊本	328±12	富山	274±28
高松	332±7	水戸	248±11
米子	326±24	秋田	337±44
東京	241±9	稚内	259±36

日射量の単位は ly/day で第2図の縦軸に示してある。

b) 各地の月別および年平均日射利用度(第2図, 第3図)



第2図 日射量利用度に(年平均水平面日射量×晴天百分率)

8カ所のそれぞれの水平面日射量の月平均および年平均値を求めた。晴天日数の百分率として  $\frac{\text{晴天日数}}{30} \times 100$  を、月別の日射利用度として  $\frac{\text{月別平均日射量} \times \text{晴天日数の百分率}}{100}$  を計算した。日射利用度は1日当たり利用できるカロリー数 (ly/day) をもって表示した。

c) 水平面日射量と平均雲量との関係 (第5図)

水平面日射量と雲量との関係は J. N. Black<sup>1)</sup> によって全世界のデータを用いて験べられている。彼によれば、地上での日射観測値を Q, 大気外日射量を Q<sub>A</sub>, 平均雲量を N とすれば、

$$Q = Q_A (0.803 - 0.340N - 0.458N^2)$$

で与えられる。

彼のデータでは Q, N は月平均値を用いているが、われわれは Q, N に半旬平均値を採用した。すなわち毎日

してある Actinometric Bulletin より半旬値を計算した値が示した。

さらに Black の大気外日射量 Q<sub>A</sub> に対しては、われわれは大気層の Rayleigh 散乱による減衰並びに天空よりの寄与を考慮した水平面日射量理論値を用いると、さらに良い関係が得られるであろうと考えた。そこで von Wolfgang Collmann<sup>2)</sup> によって与えられている Q<sub>A</sub>' の値を用い、それより観測地の半旬毎の値を図式的に内挿して出した。(第4図)

平均雲量は各地別に半旬毎の値を用いたが、これは1日24時間の内3回乃至4回の目視観測の値の平均であり、夜間の雲量が含まれているのであまり良いデータではないが、現在の所簡単に日中だけの雲量のデータが得られないのでこれを用いた。

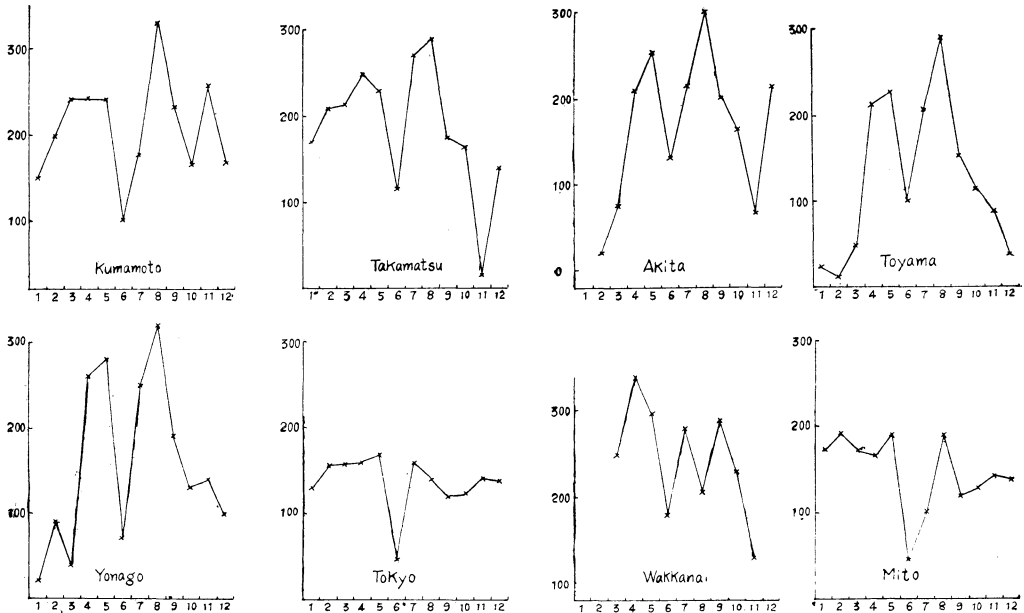
まず各地別に半旬ごとに、Q/Q<sub>A</sub>', N を計算し、グラフにプロットした。その一例を第5図に示す。第5図はばらつきの著しいものと少ないものとの典型的な例を示してある。

われわれはさらに各地別にこの回帰曲線を求める計算を行った。すなわち雲量 N については、0.1~1.0, 1.1~2.0, …………… 9.1~10.0 の範囲のものについてそれぞれ 1.5, 2.5, …………… 9.5 の代表を選び、これに Q/Q<sub>A</sub>' のその範囲内の値の平均値を対応させた。そして ΣΔ法により二次項までの式を計算により求めた。各地別に変動が大きいので、全体の平均は計算しなかった。

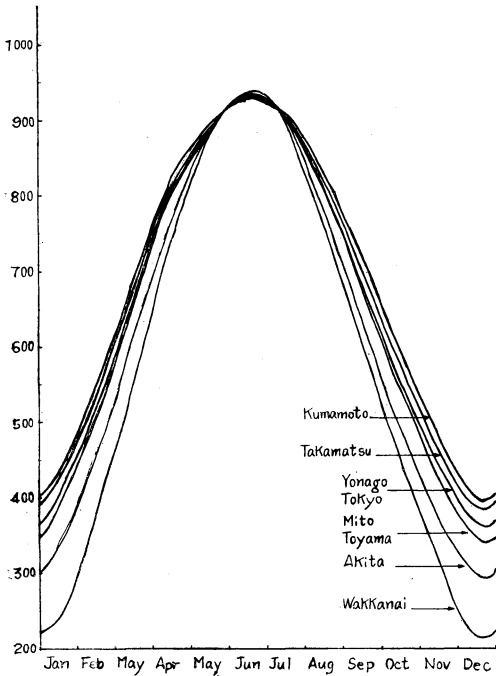
3. 得られた結果について

a) 晴天日の年平均水平面日射量

第1図を見ると各地によって値の分散が一樣でない



第3図 日本各地の日射量月変化 (縦軸は ly/day)



第4図 各地の水平面日射量理論値

が、一般的な傾向として南日本より大である。裏日本（米子、富山、秋田、稚内）の信頼限界の幅が大きいのは、表日本（以上以外の地点）に比べて晴天日数が小であるため統計に使用できるデータが後者より小であるためである。

b) 日射利用率について

わが国において気候的に顕著な梅雨は、例外なく6月に日射利用率を低下させる。秋田、稚内などの北日本で

他の地点よりそれほど顕著でないのは、この地方では6月中に梅雨前線が長く停滞することが無いからである。

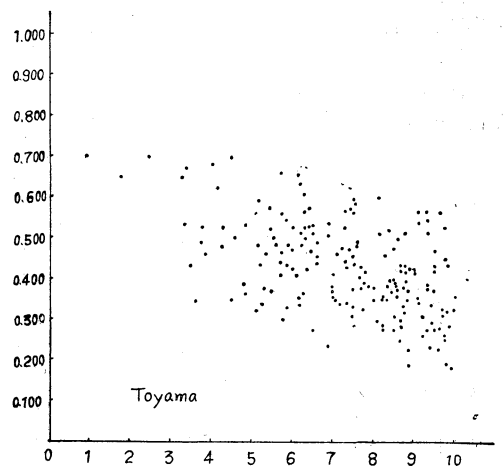
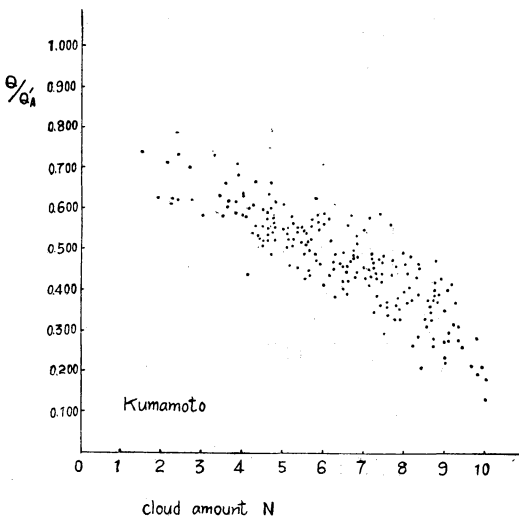
裏日本では冬期曇天が続くので日射利用率が極めて小である。表日本では6月を除いて冬期に著しく減少する傾向はない（第3図）。年平均をみると南日本に高く、北日本で低い傾向がある。

c) 日射量と平均雲量との関係

J. N. Black は全世界的のデータを用いたので、月平均雲量が3~5の所に観測値が集っている。一方日本のように雲の多い地域では月平均雲量が大きな値となるので  $Q/Q_A'$  と  $N$  との関係のグラフ上の分布が一樣でなく  $N$  の変動に伴う  $Q/Q_A'$  の変化が明瞭に示され、そのために統計期間は短い、半月毎の値についてその関係を調べてみたのである。なおさらに J. N. Black は大気外日射量理論値  $Q_A$  を用いているが、この代りに Collmann により求められた Rayleigh 大気中の理論的水平面日射量  $Q_A$  を用いた彼の計算は二次散乱までの天空光強度計算に基礎をおいたものであるが可視および赤外域ではこの近似はゆるされるであろう。第4図は日本の各地につきその計算結果を図示したものである。

以上のような考えで計算を行った結果は第5図にみられるごとく、ある地点では分散が大きくてある  $N$  に対する  $Q/Q_A'$  の値が定まらない。このままでは positive なことは何もいえないだろう。実際回帰曲線を求めてみたが、 $N$  の一次項の係数に比し、二次項の係数は  $1/10$  の order であり、J. N. Black の結果と合わない。分散が大きいため、回帰曲線を求めて  $N=0$  を外挿して、各地の水蒸気、炭酸ガス、埃による混濁度を求めることは今の所無意味である。しかし大体の傾向として  $N=0$  で  $Q/Q_A = 0.8$  に近づくであろうことは推察される。

水平面日射量に関し気象学的に論ずるためには、観測



第5図 水平面日射量の比と雲量との関係 Q: 実測値,  $Q_A'$ : 理論値

データをより有効にする必要がある。日射量は平均雲量と簡単に一次的関係にあるのではなく、雲形、雲高、雲厚によって同一の雲量でも日射量に対する効果が異なる。したがって雲形、雲高等を考慮してその factor を乗じた日中の雲量が必要となる。水平面日射量に関しては Robitsch 日射計の器械的欠陥により、その時間的、地域的な比較を行う時に、データの信頼度が低いことは致命的である。理論的研究チェックに必要な実験データが得られるような器械にすることが必要である。われわれは上述のような理由によって、得られた結果を充分信用して云々することが危険であると考えている。しかしこの種の研究は従来日本では全く行われていないので、今後もし上記のような注意をもって続けて行くことは必要であろう。

#### 4. 結 論

1) 雲量7以下の天候が太陽熱利用に適しているとして、日本の代表的8地点の日射利用度をだした。その値は各地点で異なるが大体 200~300 ly/day である。

2) 日射利用度は大体において緯度が高くなるに従い

減少している。

3) 日射利用度は裏日本では冬期著しく減少するが、表日本ではそれほど著しくない。

4) 雲量と日射量相対値 ( $Q/Q_A'$ ) との関係は、地点により比較的一つの曲線に乗り易い傾向のもの、逆に分散が非常に大きくて一つの曲線に乗せにくいものがある。これは明らかにその地点の気象条件の差を表わしているものと思われる。

5) 雲量と日射量相対値 ( $Q/Q_A'$ ) との関係につきさらに明瞭な函数関係を得るために、より有効な雲量の表現方法と今後の日射観測自体の改良が必要と思われる。

#### 参 考 文 献

- J. N. Black: The Distribution of Solar Radiation over the Earth's Surface, Ark. f. Met. Geophys. u. Bioclim. series B, Bd. 7, (1956), S. 165—189.  
von Wolfgang Collmann: Idealwerte der Globalstrahlung Annal d. Meteor. 6 Jg. (1953/54) S. 117—122.

## 支 部 だ よ り

### 昭和32年度第2回東北支部 気象学会開催さる

標記の気象学会が昭和32年12月21日午後福島県飯坂温泉婦人会館で開催された。なお当日午前には仙台管区気象台主催の東北地方気象研究会が開催されたので、結局東北地区存在の会員並に気象官署職員による32年度における主要なる気象関係の研究結果が当日に集約発表された形になった。このため学会会員は内海、山本(義)、伊藤、高橋理事、大西、難波幹事の外会員約20名、会員外の出席者を合せると55名となり、又18時より前記研究会と共催の懇親会が同会館で行われ盛大であった。講演題目(研究会も含む)はつぎの通り。

#### 午前の部(東北地方気象研究会)

1. 本邦附近の副低気圧について  
秋田 酒井 一
2. M. S. F型擾乱による雨量分布について  
福島 三瓶 次郎
3. 青森県の雷害について 青森 百足 虎治
4. 電線塩害の予報について 福島 三瓶 次郎
5. 寒河江川流域における観測位置の決定について  
山形 土屋 正一
6. 東北地方に起った浅発地震の特性について  
仙台 渡辺 偉夫
7. 昭和31年9月30日の宮城福島県境の地震について  
富古 田巻 健

#### 特別講演

- (1) 津軽海峡における冬の北西季節風

- (2) 豊水群(豊水年次)はいつまで続くか

気研 荒川 秀俊

#### 午後の部(東北支部気象学会)

1. 八戸火力発電所附近の地盤卓越振動周期の観測  
仙台 吉田 作松
2. 冬季本邦附近における低気圧の急激な発達について  
秋田 小林 一雄
3. 500mb Barotropic 予報の成績と C. A. V trajectory による修正  
仙台 草野 和夫
4. シックネス変化と1000mb 気圧傾向の予報における Kinematical Analysis の利用  
仙台 草野 和夫
5. 積雪の有無による気温変化に関連して  
(イ) 積雪末期における気温偏差分布の異常  
(ロ) 積雪期間の気温観測に認められた経年変化の異常  
新庄 佐藤 義正
6. 風のエネルギーについての一調査  
仙台 渡辺 正男
7. 着氷の成長速度について  
東北大学 三浦 晃
8. 会津川口線の雪崩について 若松 大野 栄寿
9. 阿武隈川の洪水予報(主としてユニットグラフについて)  
福島 鈴木 哲夫
10. 対流不安定に伴う雨量について  
仙台 野口 和則
11. 擾乱の型と岩手県における雨量分布の推移  
鳴子 関根 勇八
12. 北上川流域の H. C. F による客観的予報  
仙台 山下 洋
13. 不連続面における Disturbance について  
東北大学 大西 外史