

臺灣各地之日射量估計問題

顏 俊 士

The Estimation of the Total Shortwave Radiation in Taiwan.

C. S. Yen

Abstract.

In this paper, the author intends to make clear the relations between the cloud amount and the sunshine rate, and the radiant energy by using statistical method. The Data of solar radiation, cloud amount and rate of sunshine were used at the stations: Taipei, Tainan, Hualien and Ilan from 1961 to 1970 in Taiwan. The empirical equations obtained by various researchers as follows were tested,

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| $Q=Q_0 (0.803-0.340 C -0.458 C^2)$ | Black's equation . |
| $Q=Q_0 (1-0.37 C -0.38 C^2)$ | Budyko's equation . |
| $Q=Q_0 [1- (1-k) C]$ | Ångström's equation . |
| $Q=Q_0 (a+b \frac{n}{N})$ | Ångström's equation . |

The curves of annual change of the estimated radiant energy dy above each equation are similar to that of the observed 10 years mean radiation. The correlation coefficients between the observed and the estimated are 0.93 (Ångström's equation), 0.90(Budyko's equation.) and 0.72 (Black's equation). It seems that the each empirical equation is applicable for long period mean radiation in Taiwan. However the differences of radiation values between the estimated and the observed are comparatively large. The monthly means of radiant energy for the estimated and the observed are different from place to place and by season to season. The main reasons of the differences are due to instrumental errors and kinds of cloud which generated topographically.

The "b" values of the last equation, 0.37 to 0.43 are obtained and have a tendency of the larger and lower latitude. These values are smaller than those of various researchers. The "a" values are 0.11 to 0.37.

摘 要

太陽輻射量之探求是重要的問題。筆者利用 1961 至 1970 年間在臺北、臺南、花蓮及宜蘭四地，用魯比支日射計所測得之水平面日射積算量，雲量及日照率等資料，以統計學的方法檢討先進學者們之有關雲量及日照率日射量間之經驗式在臺灣各地之可行性。所應用之經驗式如下：

- | | |
|---------------------------------|-------------|
| $Q=Q_0 (0.803-0.340C-0.458C^2)$ | Black 氏式 |
| $Q=Q_0 (1-0.37C-0.38C^2)$ | Budyko 氏式 |
| $Q=Q_0[1- (1-k) C]$ | Angström 氏式 |
| $Q=Q_0 (a+b \frac{n}{N})$ | Angström 氏式 |

計算結果，各經驗式估計值之年變化曲線與實測十年平均值之曲線，二者頗類似，其相關係數達0.93 (Angström氏式)，0.90 (Budyko)氏式及0.72 (Black 氏式)。因此可見上項經驗式對於長期平均值之估計，為可行性。惟估計值與實測值間之差距仍大。其月別平均值之十年變化，實測值與估計間之差異亦因地，因月季而各有差。主要係受測器誤差及地形所形成之雲類影響。最後之日照率有關之經驗式，計算結果，b值得 0.37—0.43，有低緯度較大之傾向。但尚較先進學者所得數值為小。a 值得 0,11 至 0.37各地之變異較大，一切尚有待將來作更深入之探討。

Fig 1 歷年平均日射量變化

一、序 論

太陽輻射是氣象環境變化的根源，是生存在地球上所有生物的生命循環的重要動力。

因太陽輻射之量的變化，影響各種生物的生長，故 1922 年自 Ångström 氏開始研究後，相繼有很多學者從事有關方面的探求，且次第演變成爲熱量平衡 (Heat balance)，水分平衡 (Water balance)，氣候變遷等之重要研究課題。在農業生產方面，太陽輻射量和水分，同稱是光合作用的最重要資源，故解明各地太陽輻射分佈，變動及應用，自國家資源立場說，尤其在能否充分把握變化方面，要求更見殷切。臺灣雖於 1939 年，在臺南開始水平面日射量之觀測，後逐漸擴增觀測地點，惟其所使用之觀測儀器爲魯比支日射計其追蹤性及精度並不理想，因而，其經年變化記錄資料之準確度頗有疑問，故筆者不揣謏陋擬藉先進學者所研究的雲，日照與日射量等關係式，將日射觀測記錄之正確性以及先進學者之關係式在臺灣之可行性，分別予以計算分析以供今後農業生產之應用參考。

誌謝：本篇之完成係承國家科委員會的研究補助及張陳蔭女士之協助原始資料整理統計，又復承方冠英技正百忙中核校，均此致謝。

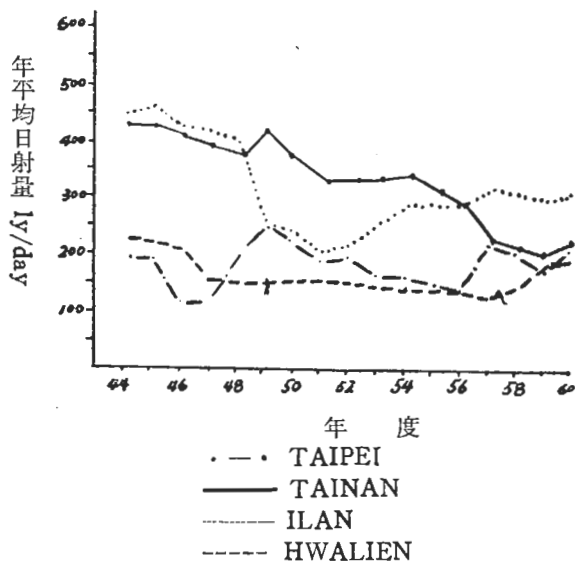
二、資料及方法

所使用之資料爲 1955 年 1970 至年間，臺北、臺南、花蓮及宜蘭等四測候所觀測之水平面日射量記錄。1961 年至 1970 年間逐時雲量記錄日照率 (康培氏日照時數換算)

(一)資料之補正

I 水平面日射積算量記錄

水平面日射量爲直達輻射，和散播輻射之總數。由於魯比支日射計追蹤性本來就差，其誤差，新儀器係數未變動前，據太田及篠原二氏 (1963) 之研究，其誤差達 10%，日本氣象廳亦定誤差爲 ±5%，何況由於經年變化，儀器係數逐次減衰，其誤差自然增大，故須經過補正後才能應用。爲求儀器之精度衰減現象，須求年平均日射量變化如 Fig 1，各地均有明顯之衰減傾向。其 17 年間之變動傾向爲



- $Y_{TPE} = 181.3 + 1.0t$ 臺北。
- $Y_{TNN} = 328.1 - 14.1t$ 臺南。
- $Y_{HWL} = 165.0 - 2.8t$ 花蓮。
- $Y_{ILN} = 314.4 - 8.9t$ 宜蘭。

上列各變動傾向式中，臺北呈增加傾向是由於 1930 年及 1968 年間兩次更換新魯比支日射計，其記錄較爲正確所致。因此須求其每次更換新儀器後之變動傾向，即

1960—1967 年間 $Y_{TPE} = 183.1 - 7.4t$

1968—1971 年間 $Y_{TPE} = 203.0 - 7.0t$

爲補正儀器定數之變動，自每日日射積算記錄取出月間最大日射積算量，求其年平均值之變動傾向結果，其變動值如下：

臺北 1961 至 1967 年 $Y_{TPE} = 328.5 - 21.2t$, 變動 % = -6.45/Year
 1968 至 1970 年 $Y_{TPE} = 395.7 - 50.9t$, 變動 % = -12.86/Year

臺南 1961 至 1970 年 $Y_{TNN} = 447.5 - 9.8t$, 變動 % = -3.13/Year

花蓮 1961 至 1970 年 $Y_{HWL} = 246.3 - 1.4t$, 變動 % = -0.56/Year

宜蘭 1961 至 1970 年 $Y_{IRN} = 423.0 + 29.2t$, 變動 % = +6.91/Year

上列變動係數中，宜蘭之每年呈增加現象是始自 1963 年，是否係人爲調整儀器係數所造成，尚須作進一步之探討。

以上列變動係數加以補正，1961 年至 1970 年之逐月平均日射量後所得 10 年平均值得如下表一、

Table 1: 月別日射量十年平均 ly/day

| 月 地區 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 臺北 | 138.9 | 141.1 | 177.8 | 225.7 | 238.4 | 242.9 | 276.2 | 293.5 | 253.4 | 210.3 | 166.9 | 132.7 | 208.2 |
| 臺南 | 313.3 | 347.1 | 380.3 | 423.9 | 448.1 | 410.7 | 418.5 | 397.6 | 367.7 | 342.9 | 301.2 | 300.5 | 371.4 |
| 花蓮 | 81.3 | 95.5 | 111.2 | 136.6 | 165.7 | 191.3 | 238.5 | 224.7 | 187.1 | 140.5 | 112.4 | 100.3 | 148.8 |
| 宜蘭 | 181.6 | 203.7 | 247.1 | 315.0 | 356.4 | 376.2 | 492.1 | 478.3 | 380.9 | 269.1 | 189.6 | 179.0 | 305.8 |

II 雲量紀錄

據菊池原氏³(1962)之研究結果,日平均雲量和白天平均雲量有地區性差異,因本篇研究對象為

白天之全天輻射量,故須改算白天平均雲量,如以各地 06 至 18 小時為白天時間,則自逐時雲量觀測記錄改算之白天雲量,如表二。

Table 2; 月別白天雲量十年平均值 (1961—1970)

| 月 地區 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 臺北 | 7.5 | 7.9 | 7.6 | 7.5 | 7.9 | 8.1 | 6.8 | 6.0 | 6.4 | 6.7 | 7.3 | 7.5 | 7.3 |
| 臺南 | 4.5 | 5.0 | 5.3 | 5.9 | 6.3 | 8.0 | 6.9 | 6.8 | 6.3 | 4.6 | 4.7 | 4.7 | 5.8 |
| 花蓮 | 8.7 | 8.6 | 8.4 | 8.4 | 7.9 | 8.1 | 6.0 | 6.2 | 6.7 | 7.4 | 8.2 | 8.2 | 7.8 |
| 宜蘭 | 8.2 | 8.5 | 8.2 | 8.3 | 8.2 | 8.5 | 6.6 | 6.0 | 7.0 | 7.9 | 8.6 | 8.2 | 7.7 |

(二)分析計算方法。

本篇所應用之相關係數, t 值測驗, 回歸式, 回歸分析, F 值測驗等分析計算方法如下式:

$$\text{相關係數: } r = \frac{N\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[(N\sum X^2 - (\sum X)^2)] [N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots (1)$$

$$t \text{ 值測驗 } t = |r| \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{回歸式 } Y = a + bx \dots\dots\dots (3)$$

$$F \text{ 值測驗 } F = \frac{S_R}{1} / S_E \dots\dots\dots (4)$$

(3)及(4)式之各項以下式計算之:

$$b = S_{xy} / S_{xx}$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

$$S_{xx} = \sum X^2 - [(\sum X)^2 / n]$$

$$S_{yy} = \sum Y^2 - [(\sum Y)^2 / n]$$

$$S_{xy} = \sum XY - \left[\frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right]$$

$$S_R = S^2_{xy} / S_{xx}, S_E = S_{xy} - S_R$$

三、雲量和日射量間之關係

大氣外之日射量,經過大氣層時,被各種氣體份子所吸收、散射及雲層之反射等結果,到達地面之日射量大減,其中以雲層反射所減少者為最大,其透過率因受雲量多寡之影響而變動頗大,雲量和到達地面日射量間雖為負相關,但實際上常發生高雲之雲量為 10 時,仍有陽光透射的現象。有時雲量雖為 10,但低雲却無法透射陽光。各地之月別雲量與日射量間之相關性,不一定都呈顯著,因此單論雲量,無法判明高,中及低雲等雲狀和其重疊狀況。各雲狀之反射,吸收據都田氏⁴ Fritz 氏⁵之研究,均有顯著的差異,

故各地月別雲量與日射量間之相關係數在95%信賴度內者如表 3 所示 (表中☆記號為90%信賴度內者)。

Table 3: 月別雲量和實測日射量間之相關

| 地 區 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|---|-------|--------|-------|---|
| 臺 北 | 北 | -0.90 | -0.91 | -0.65 | 0.88 | — | -0.91 | — | -0.65 | — | -0.67 | -0.91 | — | — |
| | 南 | — | — | -0.89 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 花 蓮 | 蓮 | -0.92 | -0.67 | -0.75 | -0.84 | -0.71 | -0.61☆ | — | — | — | — | — | — | — |
| 宜 蘭 | 蘭 | — | -0.84 | — | — | — | -0.60☆ | -0.58☆ | — | — | — | -0.57☆ | -0.68 | — |

除了上述雲狀影響外，實測值之精確度亦影響相關之高低。就實測年平均值歷年變動有問題之臺南及宜蘭二地（參照 Fig 1）觀察，其月別相關幾乎不顯著。然而其年變化之有無相關，則請參照表 4。

Table 4. 雲量和實測日射量年變化之相關

| | 臺 北 | 臺 南 | 花 蓮 | 高 雄 |
|------|----------|--------|---------|---------|
| 相關係數 | -0.5371☆ | 0.7802 | -0.8704 | -0.7906 |

除臺北一地在 90% 信賴度，其他三地信賴度均在 59% 內。臺南由於夏季較長，出現雲型以對流型積雲及積亂雲為多，且都在短時間陣雨後消失，故其平均雲量雖較冬季為多，但其到達日射量仍較冬季為

多，故反呈正相關。其他三地，在冬季顯然受季風影響，低雲出現較多，據齊藤氏⁴（1961）之研究，雲量平均接近 10 時則低雲多，5 時以中雲為多。又據 Fritz 氏⁵（1951年）等之研究，低雲因反射及吸收大於中，高雲族。其透過率較小。與冬季太陽高度低時之日射量較少相加，故呈顯著負相關。其影響之大小，可自相關程度之大小判別之。

由相關之存在，可用最小二乘法求取其估計式。其估計式經 F 值測驗，在 95% 信賴度內，

$Y = a + b \times X$ （Y 為估計日射量，X 為雲量）之 a, b 值及標準誤差如表 5。未見有任何系統關係存在，但區域性及月季節性之相差頗大。

Table 5: 雲量估計日射量式中之 a b 值

| 地 區 | 臺 北 | | | 臺 南 | | | 花 蓮 | | | 宜 蘭 | | |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| | a | b | 標準誤差 | a | b | 標準誤差 | a | b | 標準誤差 | a | b | 標準誤差 |
| 1 | 300.6 | -21.7 | 16.1 | — | — | — | 275.4 | -22.3 | 5.7 | 753.3 | -68.2 | 35.9 |
| 2 | 405.7 | -33.6 | 16.5 | — | — | — | 264.5 | -19.7 | 14.0 | — | — | — |
| 3 | 340.1 | -21.4 | 20.0 | 636.7 | -48.9 | 30.6 | 324.0 | -25.3 | 13.4 | — | — | — |
| 4 | 436.3 | -28.2 | 13.7 | — | — | — | 388.0 | -29.9 | 14.8 | — | — | — |
| 5 | — | — | — | — | — | — | 352.1 | -23.5 | 24.7 | — | — | — |
| 6 | 562.9 | -39.5 | 17.5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 8 | 647.0 | -58.9 | 31.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | 361.3 | -22.5 | 23.3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11 | 370.1 | -28.0 | 12.7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 12 | 244.6 | -14.9 | 8.6 | — | — | — | — | — | — | 386.8 | -28.1 | 29.1 |
| 年 變 化 | — | — | — | 171.0 | 34.9 | 33.0 | 526.1 | -48.8 | 26.1 | 981.7 | -91.5 | 70.0 |

上列估計式為雲量和實測日射量間之關係式，其實測日射量值是否精確，擬以先近學者們之經驗式，在理論上求到達日射量以供比較檢討。所使用之經驗式如下：

$$\text{Black 氏 } Q=Q_0(0.803-0.340C-0.458C^2) \quad (5)$$

$$\text{Budyko 氏 } Q=Q_0(1-0.37C-0.38C^2) \quad (6)$$

$$\text{Ångström 氏等 } Q=[1-(1-k)C] \quad (7)$$

上記式(5)為 Black 氏 (1956) 根據世界各地 150 所之觀測之記錄所求得之關係式。(6)式為 Budyko

氏 (1962) 利用 IGY 觀測資料所得之經驗式，(7)式為 Ångström 所創，後經 Savillor 氏修改為蘇俄中央地球物理臺所使用之關係式⁹。式中之 C 為雲量，Q₀ 為碧天時之日射量，Q 為到達地面日射量，(7)式中之 k 為陰天和實際輻射間之係數，據 Ukranteo⁹ 之年平均值估計，北緯 25 度為 0.32，20 度為 0.33。(5)式之 Q₀ 值 Black 氏使用 Angot 值，筆者在本篇使用蘇俄 Berliand 氏 (1960) 所算出之碧天下月別全短波輻射量¹⁰，其換算月別平均日射量如表 6。

Table 6 : 各地碧天月別理論日射量

| 地 區 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年平均 |
|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 臺 北 | 北 | 470.4 | 542.8 | 667.8 | 717.1 | 753.3 | 769.7 | 759.9 | 733.6 | 674.3 | 579.0 | 499.4 | 430.9 | 632.7 |
| | 南 | 483.6 | 565.8 | 651.3 | 710.5 | 750.0 | 763.2 | 756.6 | 753.3 | 657.9 | 585.5 | 500.0 | 450.7 | 635.7 |
| 花 蓮 | 蓮 | 473.3 | 560.1 | 646.2 | 710.5 | 755.3 | 765.2 | 756.5 | 715.7 | 655.4 | 579.9 | 490.5 | 441.8 | 629.2 |
| | 蘭 | 466.0 | 554.3 | 642.5 | 710.5 | 756.3 | 768.8 | 759.1 | 716.8 | 652.2 | 574.1 | 482.6 | 433.4 | 626.4 |

上表 6 之碧天月別理論日射量係根據(5)(6)及(7)式分別計算雲量影響後之到達地面日射量，如 Fig 1, 2, 3 及 4。其年變化形態與實測值變化形態略呈類似，惟(6)及(7)式計算結果與實測值之差距較大，而以(5)式之數值較接近，但其變化形態類似性稍差，以相關程度之緊密度檢討結果，如表 7，從表觀察以 Ångström 式之類似性較高。Budyko 式次之，而 Black 式所計算者從表觀之最差，且在臺南就無顯著之相關。

實測值和各經驗式之理論值間大部分雖有 95% 信

Fig. 2 臺北月別日射量變化

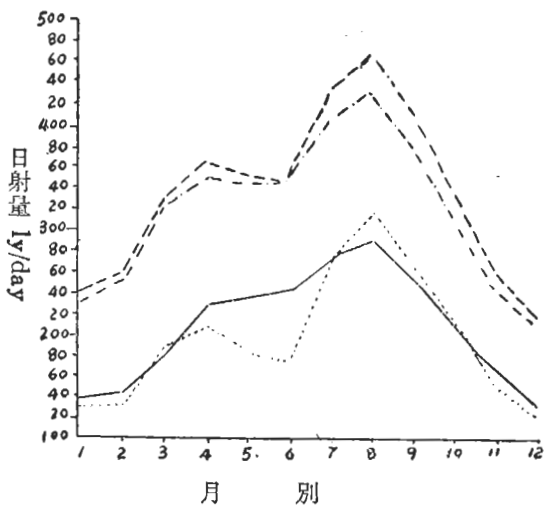
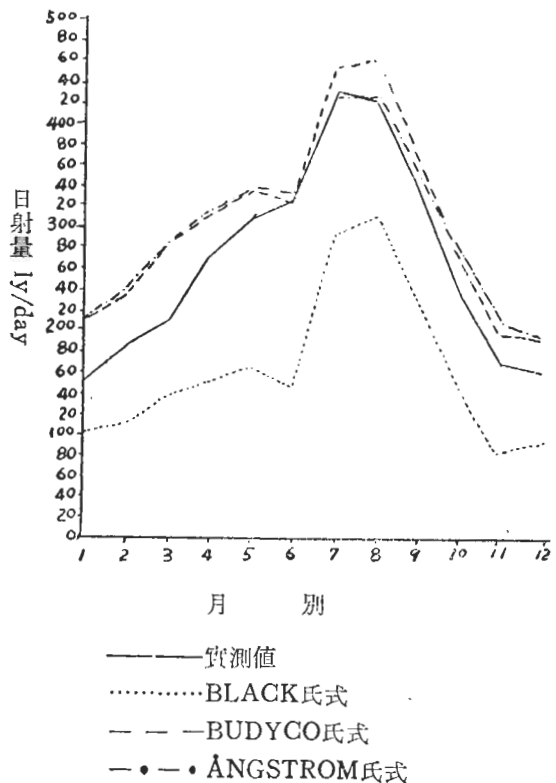


Fig. 3 宜蘭月別日射量變化



賴度之相關，但各地之實驗值與各經驗式理論值間之關係式，因魯比支日射計儀器本身誤差及儀器係數之經年變動等關係，各有不同的 a, b 值，即實測值 X_a 與理論日射量值 Y_t 間之關係式如下：

| | | |
|--------------|----|--------------------|
| Budyko式 理論值 | 臺北 | $Y_t=48.8+14X_a$ |
| | 臺南 | $Y_t=195.9+0.5X_a$ |
| | 花蓮 | $Y_t=37.1+1.8X_a$ |
| | 宜蘭 | $Y_t=59.5+0.9X_a$ |
| Ångstrom式理論值 | 臺北 | $Y_t=60.6+1.2X_a$ |
| | 臺南 | $Y_t=152.0+0.6X_a$ |
| | 花蓮 | $Y_t=70.7+1.6X_a$ |
| | 宜蘭 | $Y_t=84.7+0.8X_a$ |
| Black式 理論值 | 臺北 | $Y_t=X_a-7.1$ |
| | 花蓮 | $Y_t=1.5X_a-55.3$ |
| | 宜蘭 | $Y_t=0.7X_a-26.6$ |

Fig. 4 花蓮月別日射量變化

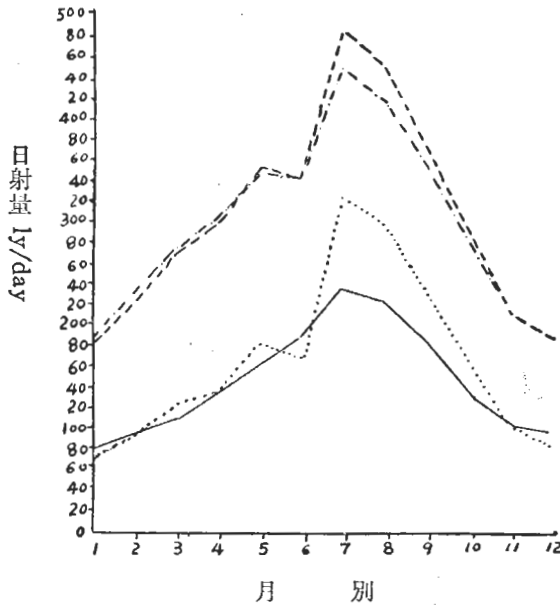


Fig. 5 臺南月別日射量變化

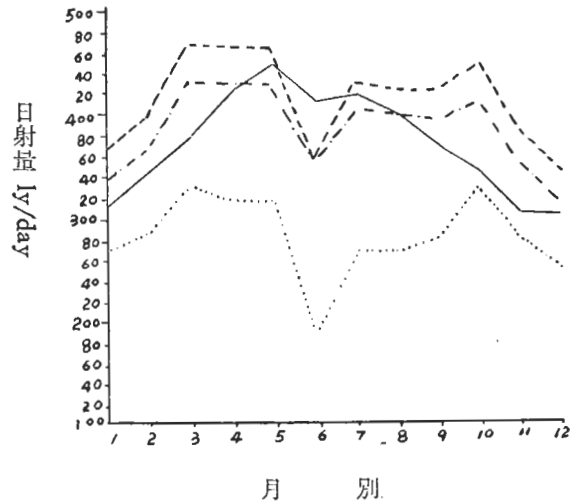


Table 8 : 雲量和理論到達日射量間關係式

| 地點 | 式 | Black式 理論值 | | Budyco式 理論值 | | Ångstrom式 理論值 | |
|----|---|-------------------|------|--------------------|------|-------------------|------|
| | | 關係式 | 誤差 | 關係式 | 標準誤差 | 關係式 | 誤差 |
| 臺北 | 北 | $Y_t=731.5-73.9X$ | 37.6 | $Y_t=1011.2-93.8X$ | 51.4 | 不成立 | |
| 臺南 | 南 | 不成立 | | 不成立 | | 不成立 | |
| 花蓮 | 蓮 | $Y_t=816.7-83.6X$ | 24.2 | $Y_t=1014.8-91.3X$ | 48.1 | $Y_t=876.0-74.2X$ | 48.0 |
| 宜蘭 | 蘭 | $Y_t=827.0-84.9X$ | 25.0 | $Y_t=1024.9-92.5X$ | 51.0 | $Y_t=832.6-75.0X$ | 51.3 |

Table 7 各經驗式和實測值之相關

| 地區 | 式種 | Black式 | Budyco式 | Ångström式 |
|----|--------|--------|---------|-----------|
| | | 臺北 | 0.9126 | 0.9734 |
| 臺南 | 0.0744 | 0.6558 | 0.7792 | |
| 花蓮 | 0.9634 | 0.9778 | 0.9701 | |
| 宜蘭 | 0.9389 | 0.9813 | 0.9821 | |
| 平均 | 0.7223 | 0.8971 | 0.9268 | |

即實測值與理論值之差距因地區，因經驗式而各不相同。此結論與內島氏 (1963) 以Budyko氏經驗所計算之理論值與實測值（在日本十一地所測者頗為良好一致）結果相比較，顯因各地所使用之魯比支日射計之追蹤性能較差，甚為明顯。現假定先進學者們之經驗式所得之理論到達日射量為較正確，檢討可否自各地雲量估計各經驗式之理論到達日射量，隨以F值測驗，在95%信賴度成立之估計式如表 8。

表中 Y_t 為理論到達平均日射量 (ly/day)。 X 為月平均雲量。自上表觀臺南之雲量，以任何經驗式分析所得，其與理論到達日射量間均不成立明顯之關連。另對臺北以 Ångström 經驗式計算結果證明，理論到達日射量不能直接由雲量估計。至花蓮，宜蘭二地之估計式，無論引用任何估計式，其 a, b 數值均相當接近，可能是上述兩地同處於本省東側，面對太平洋，背負臺灣山脈，地形位置均相類似，故雲之形成條件相同。臺北因界於夏季西南季風和冬季東北季風相互影響之混合盆地，臺南則以夏季對流雲之形成雖多，但影響時間較短，冬季亦以晴天為多，而雲量影響較微，故其關係式不成立。總而言之，均係由於海島地形及季風所造成之相反結果也。

四、日射量和日照率之關係

某時期平均到達日射量 Q ，據 Ångström 氏¹⁰ (1924) 之實驗式為

$$Q = Q_0 \left(a + b \frac{n}{N} \right) \dots\dots\dots(8)$$

式中之 Q_0 為日照率 100% (碧天時) 之應到達日射量， n/N 為日照時數和可照時數之比率即日照率。 a 和 b 為係數，而有 $a+b=1$ 之關係。然據 Ångström 氏在瑞典斯德哥爾摩計算 $a=0.235, b=0.765$

Fritz and MacDonald 氏¹¹ (1949) 在美國計算 $a=0.35, b=0.61$ ，Kimball 氏⁵ 在美國華盛頓觀測結果， $b=0.78$ ，Klaurwitz 氏⁵ 在美國 Blue Hill 研究結果， $b=0.7\sim 0.78$ ，Moshy 氏⁵ 在北極所測 $b=0.45$ ，Black, Boytheon and Prescott 氏¹² (1954) 等，自熱帶至極地共卅二站觀測所得結果，其平均值 $a=0.23, b=0.48$ ，Mateer 氏¹³ (1955) 亦以加拿大之觀測得 $a=0.355, b=0.68$ ，Glover & MacCulloch 氏¹⁴ (1958) 在非洲 Kenya 之觀測結果，日平均值則為 $a=0.26, b=0.57$ 旬平均值為 $a=0.24, b=0.59$ ，月平均值為 $a=0.23, b=0.62$ ，同二氏¹³ 同年亦自緯度 (ϕ) 0 至 60 度間之觀測值得緯度有關之 $a=0.29 \cos \phi, b=0.52$ 等結果論之， a 及 b 兩係數值之變數頗大，可能是因地而異之現象，筆者為求取可適用本省各地之係數，分析並檢討其關係。

日照時數長短，除了受太陽高度之南北方向定期變動影響外，每日變化則受天氣之好壞即雲量多寡影響。故實測日射量和日照率間之月別相關，略和雲量和實測日射量間其相關有類似傾向。經以 t 值測驗，在 95% 信賴度以上確實有相關存在之各月如表 9。其中之★係信賴度 90% 之相關係數。

Table 9 : 月別平均日照率和實測日射量間之相關

| 地區 | 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 年 |
|----|---|------|------|-------|------|------|------|---|-------|-------|------|------|-------|-------|
| 臺北 | | 0.91 | 0.91 | 0.60★ | 0.87 | — | 0.89 | — | — | 0.60★ | 0.83 | 0.97 | 0.96 | 0.62★ |
| 臺南 | | — | 0.66 | 0.86 | — | — | — | — | 0.56★ | 0.73 | — | — | — | — |
| 花蓮 | | 0.94 | 0.90 | 0.79 | 0.86 | 0.84 | 0.66 | — | — | 0.60★ | — | — | — | — |
| 宜蘭 | | — | 0.87 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.62★ | — |

其年變化之相關如表 10。

Table 10 : 日照率和實測日射量間十年平均變化之相關

| 地名 | 臺北 | 臺南 | 花蓮 | 宜蘭 |
|------|--------|----|--------|--------|
| 相關係數 | 0.8332 | — | 0.9598 | 0.9431 |

日照率和實測日射量間成立可信賴之相關，則關係式亦成立，現(8)式中 Q_0 以表 6 中各地各月數值代替，求(8)式中之係數 a, b 值及標準誤差結果，得表 11，是 95% 信賴度之 F 值測驗成立者。

Table 11: $Q=Q_0(a+b\frac{n}{N})$ 式中之 a b 值及誤差

| 地 項 月 | 臺 北 | | | 臺 南 | | | 花 蓮 | | | 宜 蘭 | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | a | b | 誤差 | a | b | 誤差 | a | b | 誤差 | a | b | 誤差 |
| 1 | 0.14 | 0.55 | 0.03 | | | | 0.09 | 0.41 | 0.01 | | | |
| 2 | 0.11 | 0.57 | 0.03 | 0.33 | 0.49 | 0.06 | 0.10 | 0.31 | 0.01 | 0.08 | 1.05 | 0.05 |
| 3 | — | — | — | 0.04 | 0.99 | 0.05 | 0.08 | 0.38 | 0.02 | | | |
| 4 | 0.16 | 0.50 | 0.02 | | | | 0.09 | 0.37 | 0.02 | | | |
| 5 | — | — | — | | | | 0.10 | 0.33 | 0.02 | | | |
| 6 | 0.16 | 0.46 | 0.03 | | | | 0.12 | 0.31 | 0.01 | | | |
| 7 | — | — | — | | | | | | | | | |
| 8 | — | — | — | | | | | | | | | |
| 9 | — | — | — | 0.05 | 0.88 | 0.07 | 0.01 | 0.55 | 0.04 | | | |
| 10 | 0.15 | 0.52 | 0.03 | | | | | | | | | |
| 11 | 0.12 | 0.66 | 0.01 | | | | | | | | | |
| 12 | 0.20 | 0.40 | 0.01 | | | | | | | | | |

然月別 a, b 二值之全年算術平均值為; 臺北 a=0.18, b=0.42, 臺南 a=0.31, b=0.48, 花蓮 a=0.13, b=0.29, 宜蘭 a=0.32, b=0.35, 等各地之 a, b 值之變異甚大, 但較先進學者所得之數值為小, 可能係受實測日射量誤差所影響。

由前節之研討, 以 Angström 之雲量估計日射量關係式較有緊密相關存在之故, 利用其(7)式自十年平均雲量估計理論可能到達日射量 Q, Q₀。仍以 Berliand 之全短波輻射量換算之日射量代替, 求取(8)式中之 a, b 值及誤差, 而有 95% 信賴度者如表12。

Table 12 理論到達日射量與日照率關係式之係數

| 地 名 | 臺 北 | 臺 南 | 花 蓮 | 宜 蘭 |
|------|------|-----|------|------|
| a 值 | 0.37 | ~ | 0.11 | 0.34 |
| b 值 | 0.37 | ~ | 0.43 | 0.39 |
| 標準誤差 | 0.02 | ~ | 0.02 | 0.02 |

臺南因無相關, 估計式不成立, 其他三地之 a 值變異大, b 值各地稍見接近, 且有隨緯度增大而減小之傾向, 但此一現象, 尚有待觀測地區之增加始能釋疑。

五、結 論

自雲量估計到達日射量問題, 因不需任何觀測儀器, 在實際應用上甚有價值。惟雲量僅表示全天空間, 為雲所佔之平面面積, 無法指出各種雲狀, 厚薄雲層重疊情形等, 其反射, 吸收亦不同。在臺灣因地形複雜, 冬夏季風不同, 五月至六月間受滯留鋒影響, 各地各有其不同之雲的成因。可造成各地不同時期之各種估計式, 其關係並不明顯, 故所應用之 Black, Budyko 及 Angström 等三經驗式, 對於十年平均值之估計與實測值間之相關甚緊密, 其年變化曲線與實測日射量之年變化亦頗類似, 三式中以 Angström 式之相關係數四地平均值達 0.93 為最大, Budyko 式 0.90, 繼後 Black 式 0.72 為最差。但都在長年平均值之估計應用上, 故可適用。自日照率估計到達日射量之(8)式, 亦同為因時因地因季節而異之結果。其十年平均值之估計則除臺南一地外均可適用。惟自雲量或日照率任何要素估計所得之理論值與實測值作比較分析, 則各有差距, 考其原因係魯比支日射計之誤差及經年變化所造成。(8)式中之係數 a 為 0.37~0.43, 有隨緯度增高而減小之傾向, a 值之變動頗大, 但尚不確實, 有待今後從事更深入之檢討。

參 考 文 獻 (Literature)

- 1 太田及篠原 (1963) : 氣象觀測技術。地人書館。
- 2 氣象廳 (1971) : 地上氣象觀測法。氣象廳。
- 3 菊池原英和 (1962) : 日照と雲量の比較調査。研究時報 Vol 14, No.2。

- 4 都田 (1957) : On the Relation between Solar Incidence and Cloud Coverage. 氣象集誌 Vol. 2, No. 35.
- 5 Fritz S. (1951) : Solar Radiant Energy and its Modification by the Earth and its Atmosphere. Compendium of Meteorology. Amer. Met. Soc.
- 6 齊藤隆幸 (1961) : 大氣放射量の實驗公式。研究時報 Vol. 13, No. 3。
- 7 Black J. N. (1956) : The Distribution of Solar Radiation over the Earth's Surface, Wind and Solar Energy. UNESCO.
- 8 Budyko, Yefinova, Lubenok, Strokhina 等 (1962) : The Heat Balance of the Surface of the Earth. Soviet Geography Vol 3. No.5 (日語簡譯)
- 9 M. I. Budyko 著, 内島氏譯 (1960) : 地表面の熱收支。河川水溫調査會。
- 10 Ångström A, (1924) : Solar and Terrestrial Radiation Q.J.R.M.S. Vol. 50.
- 11 Fritz S. & T.H. MacDonald (1949) : Average Solar Radiation in the U. S. Heating and Ventilating No. 46.
- 12 Black J.N., C.W. Boython and J.A. Prescott (1954) : Solar Radiation and the Duration of Sunshine. Q.J.R.M.S. Vol. 80.
- 13 Mateer C. L. (1955) : A Preliminary Estimate of the Average Insolation in Canada. Canadian Journal of Agricultural Science Vol. 35.
- 14 Glover J. and J.S. G. McCulloch (1958) : The Empirical Relation between Solar Radiation and Hours of Bright Sunshine in the High Altitude Tropics, Q.J.R.M.S. Vol 84.
- 15 Glover J. and S.G. McCulloch (1958) : The Empirical Relation between Solar Radiation and Hours of Sunshine, Q.J.R.M.S. Vol. 84.
- 16 Z, Uchizina (1963) : Lecture Note of Agricultural Meteorology. 農業技術 Vol 19. No. 4