

日本における全天日射量の分布と 実効大気透過率について*

村井 潔 三** 山内 豊太郎***

要 旨

1961~1971年の資料を使って、全天日射量、日照時間、雲量の全年および季節別分布図を作成した。

また日照時間の関数として全天日射量を求める実験式を用いて、各地の実効大気透過率を計算し、その経年変化を調べた。

1. はじめに

太陽熱利用など応用面からの日射量に対する要請は最近非常に大きいのであるが、これに応える資料は極めて乏しい。その一つとして日本における全天日射量、日照時間および雲量の分布図の作成を試みた。どの要素も気候的条件の他に地形的条件の影響を受けているので、実際の分布は非常に複雑であると思われる。また資料を集めた期間がエブリー型日射計にかわる以前（ロビッチ日射計）なので、日射量にはかなりの誤差があることも考えられる。これに関する文献としては十数年前に1948~1954年の資料を使った関原・嘉納（1957）によるもの、東北地方についての吉田・中西（1970）の論文等があるが、それらと比較して分布図の特徴は一致しないところがある。このことから分布は年によってもかなり変北すると考えられる。以上いろいろ問題点はあるが、日本における日射量等の分布の大ざっぱな傾向は読みとることができる。これらを考慮した上での利用は可能と考えられる。

また全天日射量と日照時間から各地の実効大気透過率とその経年変化を調べた。

2. 全天日射量、日照時間および雲量の分布

a) 資料と計算

分布図を作成するために、72地点の記録を1961~1971年の11年間について調べた。ただし日照時間は1961年の

第1表 資料数

要素	地点数 総地点数	11年揃って いる地点 (日照時間 は10年)	9~10年	4~8年
			(8~9年)	(4年)
全天日射量	63	22	26	15
日照時間	68	62	4	2
雲量	63	49	3	11

資料がないので1962~1971年の10年間である。

各要素について資料を用いた地点の数と資料が完全に揃っている年数に対する地点数は第1表の通りである（全天日射量はロビッチ日射計の性格上年間のデータが完全に揃っていないことが多い）。

年平均値および1, 4, 8, 10月の各月平均値を計算した。

b) 分布図とその特徴

全天日射量、日照時間および雲量の分布図を第1図 a, b, c から第5図 a, b, c までに示す。

i) 年平均：日射量の最も多い地域は九州・四国地区、次に本州内陸部、三陸海岸と続き、最も少ない地域は北海道北部および東京・大阪である。これらは緯度、気候、大都市の大気汚染等の条件によるものと考えられる。その他値がまわりに比べて異常に大きいところは水戸、小さいところは富山・米子であるが、いずれも統計年数が少なく直接比較することはできない。また日射計の器械定数の誤差によるものであることも考えられるが、ここではその検証は得られていない。

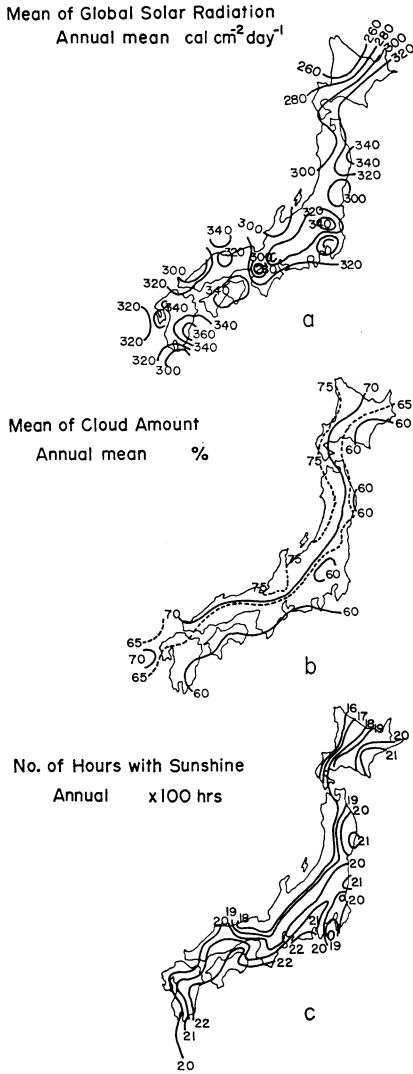
日照時間は全般的に北より南が多く、日本海側

* Distribution of global solar radiation in Japan and effective atmospheric transmissivity.

** K. Murai 気象研究所

*** T. Yamauchi 気象研究所

—1975年4月19日受理—

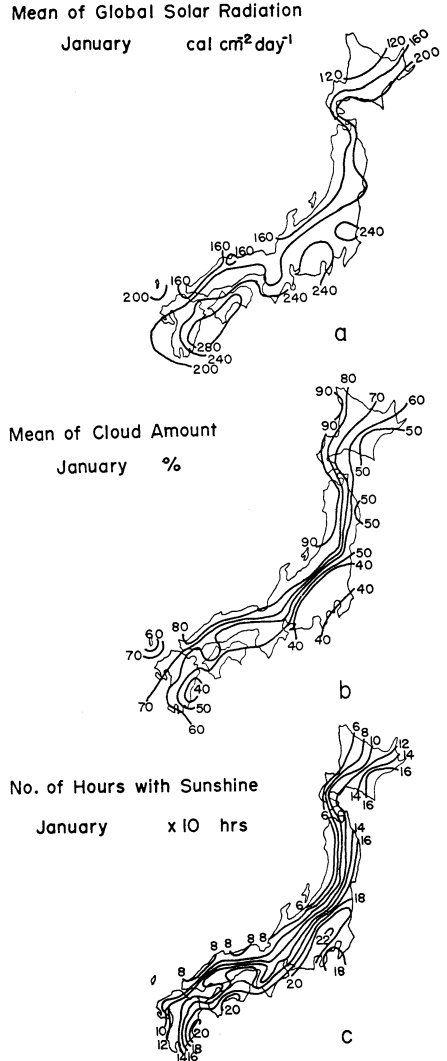


第1図 a. 全天日射量の日総量の年平均値の分布図, b. 雲量の年平均値の分布図, c. 日照時間の年総量の平均値の分布図

より太平洋側が多い。この傾向は日射量の年平均図よりも顕著にあらわれている。ただし伊豆大島から東京、水戸を結ぶ日照時間の少ない帯がある。

ii) 1月：太平洋側は雲量が少なく日射量と日照時間が多い、一方日本海側はその逆という特徴が極めて顕著である。太平洋側は日本海側に比べて全天日射量は約2倍、日照時間は約3倍の値を示す。雲量も秋田付近で90台、関東では30%台とその差が著しい。

iii) 4月：雲量は帯広が59.6%である他は全国60~70

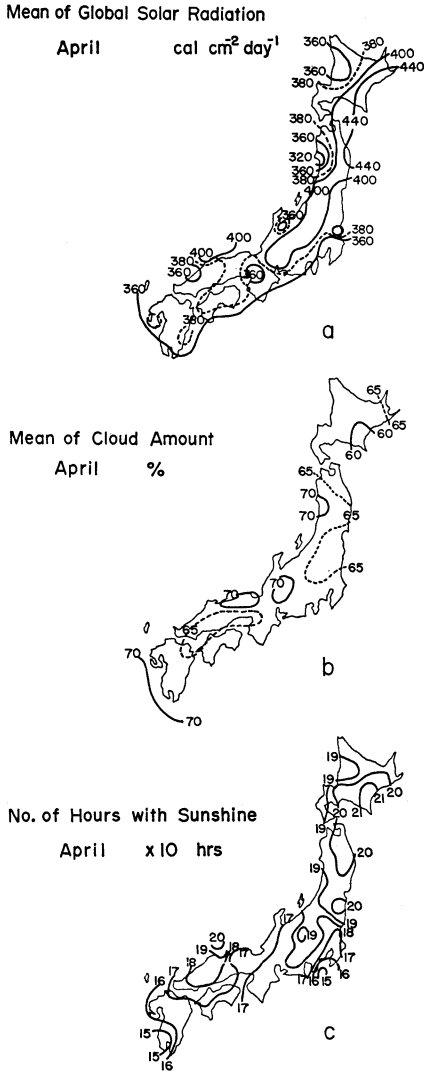


第2図 a. 全天日射量の日総量の1月の平均値の分布図, b. 雲量の1月の平均値の分布図, c. 日照時間の1月の月総量の平均値の分布図

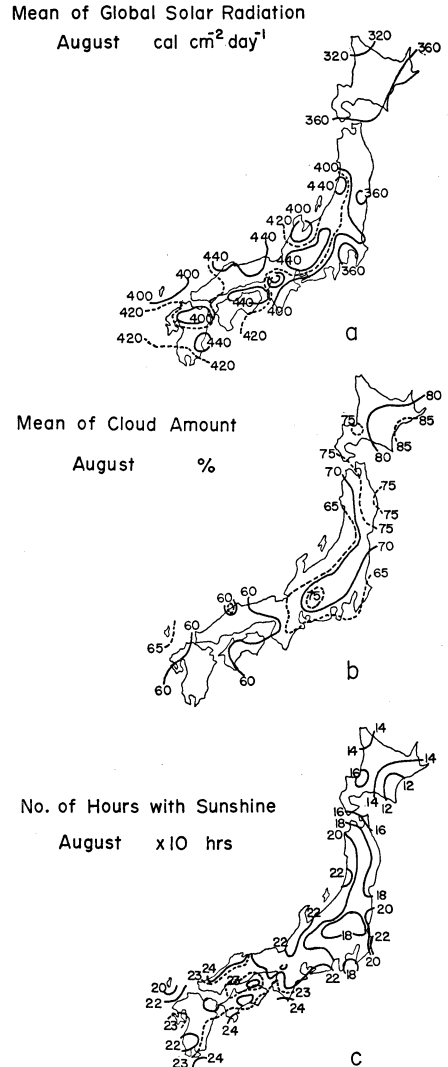
%台。日射量と日照時間の最大値は北海道南東部にあり、東北地方東部と続く。全天日射量、日照時間とも全体として北が多く南が少ないことは興味深い。

iv) 8月：4月とは逆になり西の雲量は少なく北は多い。全天日射量、日照時間は南高北低型を示す。

v) 10月：日射量は全般に見れば南高北低型であるが、雲量の分布を見ると北海道南東部と九州ではともに小さい値を示し、本州中央部で大きい値を示す傾向がはっきり出ている。これに対応して日照時間も本州中央部



第3図 a. 全天日射量の日総量の4月の平均値の分布図, b. 雲量の4月の平均値の分布図, c. 日照時間の4月の月総量の平均値の分布図



第4図 a. 全天日射量の日総量の8月の平均値の分布図, b. 雲量の8月の平均値の分布図, c. 日照時間の8月の月総量の平均値の分布図

で小さく、北海道東部と九州では大きくなっている。

3. 実効大気透過率とその経年変化

a) 計算方法

大気上端に入射する日射量と地上で測定した全天日射量および可照時間あるいは雲量から実効大気透過率を推定することができる。

全天日射量の計算式として一般的に用いられている式は次のように表わされる [Black, Bonython and Prescott,

1954].

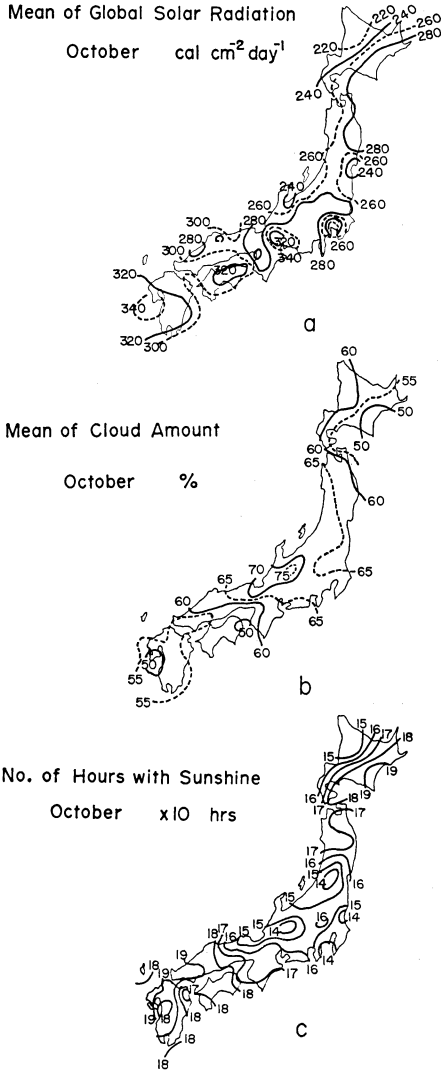
$$Q/Q_0 = a + bn/N$$

ここで

- Q : 全天日射量の実測値
- Q₀ : 大気上端に入射する日射量
- n : 日照時間の実測値
- N : 可照時間

この式により各地の n と Q の相関から年ごとの a と b を求め

$$\tau = a + b$$



第5図 a. 全天日射量の日総量の10月の平均値の分布図, b. 雲量の10月の平均値の分布図, c. 日照時間の10月の月総量の平均値の分布図

から実効大気透過率 τ が得られる。実際の計算にあたっては、それぞれの値は月間値を用い12 (年によっては11以下) 組の Q, Q_0, n, N から最小二乗法により a, b の値を求めた。また同様に5~9月の夏季5ヶ月のデータを使用して a, b, τ を求めた。

b) 結果

日本の各地14地点の a, b, τ の10年間 (東京の夏季は8年, 東京の年間と潮岬の夏季は9年) の平均値は第2表のようになった。年間の τ の値は場所によってかな

第2表 各地の回帰直線の係数 (a, b) と実効大気透過率 (τ) の計算値

地点名	全年の値により計算			夏季 (5~9月) の値により計算		
	a	b	τ	a	b	τ
稚内	.25	.46	.71	.22	.51	.72
帯広	.21	.65	.87	.24	.57	.81
秋田	.27	.37	.64	.15	.60	.74
盛岡	.20	.67	.87	.22	.54	.76
山形	.30	.39	.70	.26	.46	.72
仙台	.19	.53	.72	.16	.59	.76
高田	.30	.34	.64	.23	.47	.70
東京	.13	.55	.68	.16	.47	.63
岡山	.19	.59	.77	.21	.51	.72
大阪	.19	.40	.59	.18	.44	.62
潮岬	.17	.58	.75	.16	.55	.71
長崎	.28	.49	.77	.21	.58	.79
宮崎	.15	.70	.85	.20	.54	.74
清水	.07	.79	.86	.14	.57	.71
平均	.21	.54	.74	.20	.53	.72

りのばらつきがあるが、夏季は東京・大阪を除けばばらつきが少ない。年間の全地点の平均値は、 $a=0.21, b=0.54, \tau=0.74$ であって、以前に関原・鈴木 [1966] が1958~1964年のデータを使って求めた $a=0.22, b=0.52$ に近い値を示している。

14地点を中部以東の日本海側、同じく太平洋側 (東京を除く)、近畿以西 (大阪を除く) および大都市 (東京・大阪) の4つのブロックに分類しそれぞれ平均値を求めると第3表のようになる。これによると全年のデータを使って求めた τ の平均値は、太平洋側・近畿以西が大きく日本海側と大都市が小さいと言える。

各地の全天日射量の年平均値 Q , 日照時間の年総量 n , および実効大気透過率 τ の経年変化を第6図 a~g に示す。

7地点のうち τ の値が年とともにはっきりと下降を示している地点は大阪・高田、やや下降の傾向にあるのは秋田・東京・宮崎、特に傾向が認められない地点は帯広・潮岬である。

また τ の値が平均して大きい地点は帯広・宮崎、小さいものは秋田・東京・高田・大阪である。

c) 結果についての二、三の考慮

以上、 τ についていくつかの特徴が見出されるのであ

第3表 a, b, τ の地域別平均値

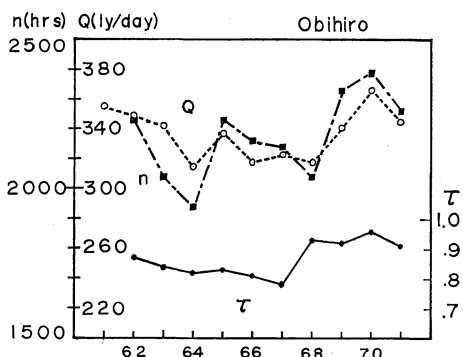
地 域	地 点 名	全 年			夏 季		
		a	b	τ	a	b	τ
中部以東日本海側	稚内・秋田・山形・高田	.28	.39	.67	.22	.51	.73
中部以東太平洋側	帯広・盛岡・仙台	.20	.62	.82	.21	.57	.77
近畿以西	岡山・潮岬・長崎・宮崎・清水	.17	.63	.80	.18	.55	.73
大 都 市	東京・大阪	.16	.48	.64	.17	.46	.63

るが、これについてもいくつかの問題点があるように思われる。第2表に示された各地の τ の値を見ると、帯広、盛岡、宮崎および清水で非常に大きな値を示している。これ等の値と比較するために、Berland (1961) の求めた最大可能日射量を用い、上記各地点の緯度における最大実効透過率を求めた。すなわち、大気外日射量に対する最大可能日射量の割合であるが、大気外の日射量としては Milankovitch の計算による緯度別日射日総量を Smithsonian Meteorological Tables (1966) から引用した。この様にして求めた最大実効透過率の値は、

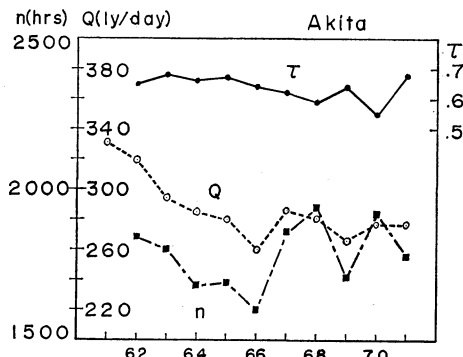
帯広：0.803, 秋田：0.808, 盛岡：0.808
 高田：0.810, 東京：0.812, 大阪：0.813
 潮岬：0.814, 宮崎：0.813, 清水：0.813

となる、

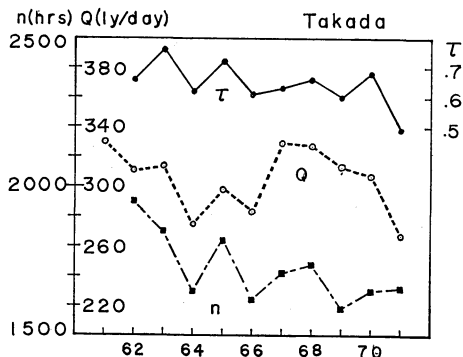
これ等の値と τ の計算値とを比較すると、前記4地点での τ の値は、最大値と考えられる透過率よりも大きくなっており、いかにも疑わしいものに思われる。その原因が測定値にあるのか τ を求める方法にあるのかは簡単には決まらないのであるが、前述の方法で求めた τ の値の変動についての検討の一つとして、5～9月の



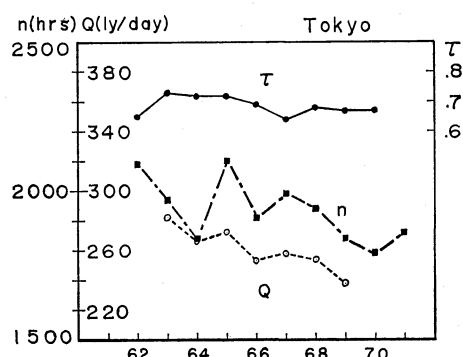
第6図 a. 帯 広



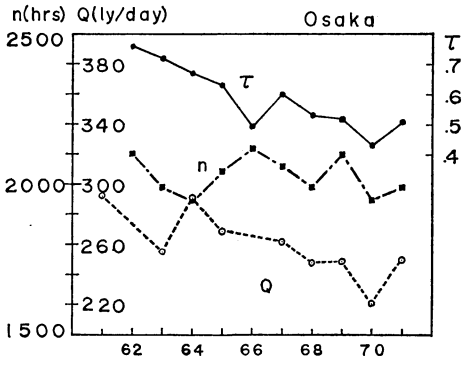
第6図 b. 秋 田



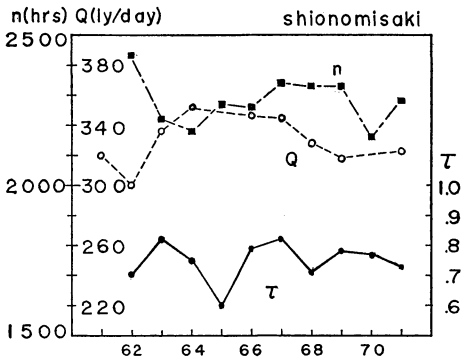
第6図 c. 高 田



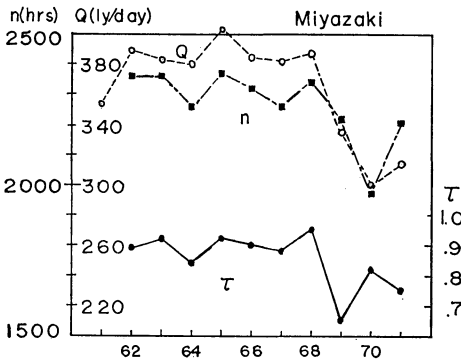
第6図 d. 東 京



第6図 e. 大阪



第6図 f. 潮岬



第6図 g. 宮崎

第6図 各地の全天日射量の年平均値 Q 、日照時間の年総量 n 、および実効大気透過率 τ の経年変化

る。このように、 τ の値は用いた資料の性質によって変動する可能性があり、注意して扱うことが必要となる。

つぎに、第6図に示されている経年変化の曲線を見ると、一見して疑わしく思われる傾向として帯広の1968年以降の τ の急激な増加、高田における1967年の Q の急増、潮岬における Q と n の位相のくい違い等が認められる。この他にもいくつか細部における疑問点は見られるが、これ等を考慮した上で極く大まかな傾向を求めると先に述べた二三の点が挙げられるのである。東京および大阪を大都市の例として挙げてあるが、 τ の値は何れも小さく、大阪では n の経年変化が認められないのに対し Q の減少が見られ、この位相のづれが τ の減少にはなっていない現われている。これが大気の大気混濁の増加によるものかどうかはこれだけでは結論出来ないが、直達日射の透過率の測定値などと併せて今後検討すべき問題のように思われる。東京の図では τ はわずかに減少する傾向を示しているが大阪のように明瞭ではない。

4. 結語

最初に述べたように、全天日射量の測定値は誤差が大きいと言われており吟味を要するのであるが、分布の大勢を知るという目的のためには役立つものと見てそのまま使用した。

この論文では、大気の状態を知るために全天日射量の観測資料を利用して大気の実効透過率を求めたのであるが、これを精密に求めることは困難である。大気の状態を知る目的として直達日射量の測定値を用いることが望ましいが、その測定資料の数は非常に少なくなる。一方、天空散乱光の総量も大気の状態による変動の大きい量と考えられる。このようなことから、日射量の観測資料として全天日射量とあわせて天空散乱光総量の観測値が揃っていることが大へん望ましいように思われる。

文 献

Berland, T.G. and V.Y. Denilchenko, 1961: The continental distribution of solar radiation, *Gidrometeoizdat, Leningrad.*
 Black, J.N., C.W. Bonython and J.A. Prescott, 1954: Solar radiation and the duration of sunshine, *Q.J.R.M.S.*, 80, 231-235.
 Sekihara, K. and M. Kano, 1957: On the distribution and variation of solar radiation in Japan. *Papers in Met. and Geoph.*, VIII, 144-149.
 Sekihara, K. and M. Suzuki, 1966: Solar radiation and duration of sunshine in Japan, *Papers in Met. and Geoph.* XVII. 190-198.
 吉田作松, 中西秀二, 1970: 東北地方における月平均水平面日射量分布図の作成. *天気*, 17, 273-280.

資料によって τ を求めて見た。その値が第2表の右側に示されている。これを全年の資料から求めた τ の値と比較すると、地点によっては非常に大きな相違を示し、その最も大きなものは清水で約20%の差を生じてい