

〔論文〕

国内の日射量変化に関する研究

池鯉鮒 悟*

“Study of Solar Radiation Change in Japan”

Satoru CHIRIFU

Abstract

Since about 1990, solar radiation has increased in Japan. The measured value of direct solar radiation changed from 10MJ/m² to 11MJ/m² which is about a 10% increase. It is suggested that this increase means the increase of air conditioning use, effects on human health, and the influence on human skin are all serious concerns. In this study, the influence of meteorological factors on solar radiation is investigated.

要 旨

1990年頃以降、日本国内では日射量が増加してきている。直達日射量の観測値はおよそ10MJ/m²から11MJ/m²になっており、およそ10%の増加である。このことは空調負荷の増加に他ならず、また皮膚への影響も懸念される。本研究では、なぜ日射量が増加しているかを明らかにすることを目的として、日射に影響すると考えられるいろいろな気象要素について検討した。

1. はじめに

地球温暖化等の環境問題が話題になってから久しい。その原因は二酸化炭素を中心とした温室効果ガスの排出が原因と言われている。しかし二酸化炭素濃度の上昇だけで温暖化が生じているわけではない。気温が上昇するためには、加熱源が必要であり、その加熱源は太陽からの日射熱である。日射のエネルギー量は日射量と呼ばれるが、この日射量が国内で増加してきている点については、ほとんど知られていない。気象庁の大気・海洋環境観測報告¹⁾や、つくばの高層気象台のホームページ²⁾では、1960頃よりも現在の日射量が大きくなっているという観測結果が報告されている。日射量が増加すれば、直接的には地表面や海面、河川や湖沼の表面温度が上昇し、結果的に気温の上昇につながる。二酸化炭素による気温上昇だけでなく、日射量増加による気温上昇も相当に大きいのではないかと考えられる。最近、日差しが強いと感じられる方もおられると思うが、実

際に強くなっているのである。このことは、空調分野では日射による空調負荷の増大に他ならず、空調機器の選定時にも影響が出る可能性もある。夏季には冷房に関わるエネルギー消費の増加や、反面、冬季には暖房用のエネルギーの削減にもつながるということも予想される。皮膚への影響も懸念されるが、一方、太陽光発電や太陽熱利用の分野ではプラス側に働く。

日本国内の日射量増加に関する研究報告では、前出の気象庁による大気・海洋環境観測報告の他には、StanhillとCohenによる報告³⁾しか見られない。そこで、本研究では日本国内での日射量変化について、影響すると思われる日照時間、雲量、水蒸気量等の気象要素や、国内の日射量変化の季節による差異・地域による差異、また気温との関連等について検討した。

*建築・設備工学科
平成22年9月30日受理

2. 使用データ

日射量の検討に用いたデータは、基本的に気象庁のホームページ⁴⁾に公開されているデータ及び気象庁年報⁵⁾に掲載されているデータを使用しており、その他のデータの場合は使用の際に記載した。

2. 1 観測点

検討に使用したデータの観測点を表1及び図1に示す。北海道では各支庁で1点、また各県で1点を基本として、全国をカバーしている。直達日射量は計14点（2007年以降は4点）、全天日射量は53点のデータである。日射量を計測していない観測点もあるため、その場合はその県の観測点は含まれていない。また表記の観測点のほかに、南極(昭和基地)のデータも使用している。

2. 2 対象期間

全天日射量は1973年以降、直達日射量は1978年以降のデータを使用している。その他の気象要素については、それより以前のデータが揃っているものもあるが、検討には日射量に合わせて1970年頃以降のデータを使用した。

3. 日射量変化と影響要素の検討

3. 1 日射量の経年変化

図2に対象測定点の直達日射量及び全天日射量の経年変化を示す。各日射量は日積算値の年平均を表しており、以降の日射量も同様である。図中の太線は5年間の移動平均である。直達日射量については、気象庁の大気・海洋環境観測報告¹⁾でも国内14点の観測点の直達日射量平均値について10MJ/m²であったものが、

表1 観測点一覧

Station Number	地点名	北 緯		東 経		標高 m	日射量 データ
		°	'	°	'		
401	稚 内	45	24.8	141	41.0	2.8	○
406	留 萌	43	56.6	141	38.2	23.6	○
407	旭 川	43	46.2	142	22.4	111.9	○
409	網 走	44	01.0	144	17.0	37.6	○
412	札 幌	43	03.4	141	19.9	17.2	◎
417	帯 広	42	55.0	143	13.0	38.4	○
420	根 室	43	19.7	145	35.4	25.2	◎
421	寿 都	42	47.5	140	13.6	33.4	○
423	室 蘭	42	18.6	140	58.9	39.9	○
426	浦 河	42	09.5	142	46.8	32.5	○
430	函 館	41	48.8	140	45.4	35	○
575	青 森	40	49.1	140	46.3	2.8	○
582	秋 田	39	42.9	140	06.2	6.3	◎
584	盛 岡	39	41.7	141	10.1	155.2	○
585	宮 古	39	38.7	141	58.1	42.5	◎
588	山 形	38	15.2	140	20.9	152.5	○
590	仙 台	38	15.5	140	54.0	38.9	○
595	福 島	37	45.4	140	28.5	67.4	○
600	輪 島	37	23.4	136	53.9	5.2	◎
604	新 潟	37	54.6	139	03.1	1.9	○
607	富 山	36	42.4	137	12.3	8.6	○
615	宇 都 宮	36	32.8	139	52.3	119.4	○
616	福 井	36	03.2	136	13.6	8.8	○
618	松 本	36	14.6	137	58.4	610	◎
624	前 橋	36	24.1	139	03.9	112.1	○
636	名 古 屋	35	09.9	136	58.1	51.1	○
638	甲 府	35	39.8	138	33.4	272.8	○
646	館 野	36.0	03.3	140.0	07.8	25.2	◎
648	銚 子	35.0	44.2	140.0	51.6	20.1	○
656	静 岡	34.0	58.3	138.0	24.4	14.1	○
662	東 京	35.0	41.0	139.0	46.0	6.5	○
744	米 子	35	25.9	133	20.5	6.4	◎
750	舞 鶴	35	26.8	135	19.2	2.5	○
755	浜 田	34	54.0	132	04.0	19	○
761	彦 根	35	16.4	136	14.8	87.3	○
762	下 関	33	56.7	130	55.7	3.3	○
765	広 島	34	24.0	132	28.0	3.6	○
772	大 阪	34	40.7	135	31.3	23.1	○
778	潮 岬	33	26.9	135	45.8	73	◎
780	奈 良	34	41.4	135	49.8	104.4	○
807	福 岡	33	34.8	130	22.6	2.5	◎
813	佐 賀	33	15.7	130	18.4	3.6	○
815	大 分	33	13.9	131	37.2	4.6	○
817	長 崎	32	43.9	129	52.2	26.9	○
819	熊 本	32	48.6	130	42.6	37.7	○
827	鹿 児 島	31	33.1	130	33.1	3.9	◎
830	宮 崎	31	55.2	131	25.4	6.3	○
887	松 山	33	50.4	132	46.8	32.2	○
891	高 松	34	18.8	134	03.4	8.7	○
893	高 知	33	33.9	133	33.1	0.5	○
898	清 水	32	43.1	133	00.7	31	◎
918	石 垣 島	24	19.9	124	09.8	5.7	◎
936	那 覇	26	12.2	127	41.3	28.1	◎

◎：全天日射量、直達日射量
○：全天日射量



図1 観測点一覧

1990年頃からの10年間で 1 MJ/m^2 （およそ1割に相当）増加していることが指摘されている。当然ながら全天日射量（直達日射量観測点に合わせた観測点14点の平均、及び観測点53点の平均）も同様の変化を示しており、1990年からの10年間でおよそ 1 MJ/m^2 増加している。絶対値としては、14点平均値のほうが大きな値となっている。なお、図中には火山噴火の時期も示しており、1982年3-4月のエルチチョン火山（メキシコ）の際は国内の日射にはそれほど影響していないが、1991年6月のピナトゥポ火

山（フィリピン）噴火の影響は大きく、1991年～1993年にかけて日射量（特に直達日射量）の大幅な減少が見られる。

3.2 太陽定数について

日射量が経年変化する場合、元々の太陽放射の大きさに変化が生じている可能性も全くないわけではない。大気圏外で観測される太陽定数の変化についても、念のため確認した。図3は、人工衛星によって観測された太陽定数の経年変化を示している。ス

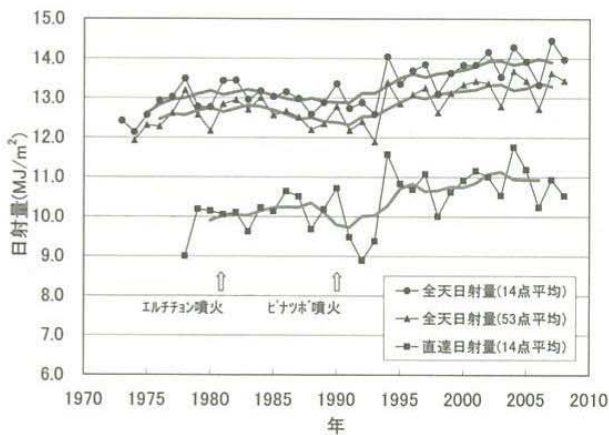


図2 日射量の経年変化

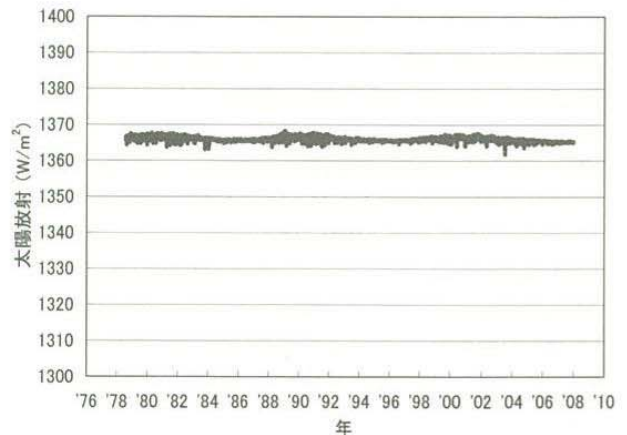


図3 太陽定数の経年変化

イスの世界放射センター Claus Fröhlich 前所長のデータが公開⁶⁾されており、そのデータを使用している。複数の人工衛星による観測データで、測定期間も各人工衛星によってまちまちであるが、それをつなぎ合わせて編集されたものである。約11年周期の太陽活動によるわずかな増減は見られるものの、その変化は1%に満たない。1990年からの日射量増加とは関連性がない。

3. 3 全天日射量の地域差について

最も測定期間が長く、測定点数も多い全天日射量の経年変化について、地域ごとに分けて、変化の度合いが異なるか否かについて検討した。全天日射量の5年間移動平均を各地域（ここでは各地方）ごとにまとめたものが、図4である。また、地域の特性ということから、南極（昭和基地）の全天日射量も記載している。図からは地域による日射量の差異が見られ、北の地域（北海道地方や東北地方）では日射量が少なく、南の九州・四国地方では日射量が多い。また、総量が多いだけでなく、日射量増加の程度も大きく、九州・四国地方の1990年頃以降では、1.2~1.3MJ/m²程度の増加が見られる。図中+印で示したものは南極（昭和基地）での観測値であるが、国内の日射量変化とは全く異なる変動パターンを示しており、日射量の経年変化はむしろ減少傾向にあると言ってよい。これは半球ごとの違いか、または極地方という人為的な外乱が少ない地域の特性か等、世界の日射量変化を比較検討する必要がある。

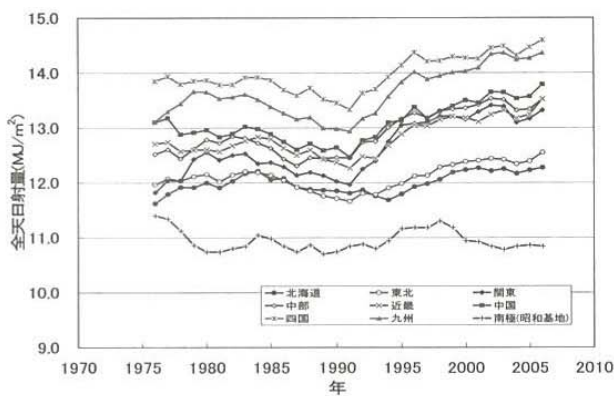


図4 日射量経年変化の地域による差異

3. 4 全天日射量経年変化の季節による違い

全天日射量の経年変化において、季節による違いの有無を検討した。図5は全天日射量の経年変化を、

春季：3月～5月、夏季：6月～8月、秋季：9月～11月、冬季：12月～2月、に分けて平均を取り、それぞれをプロットしたものである。当然のことではあるが、季節による日射量総量の違いがあり、夏季が最も大きく、春・秋季、冬季の順に小さい値となっている。その経年変化の状況には、1990年頃からの増加傾向は、どの季節もほぼ同様で、増加の割合も季節ごとの差異はそれほど見られず、季節依存性はないようである。

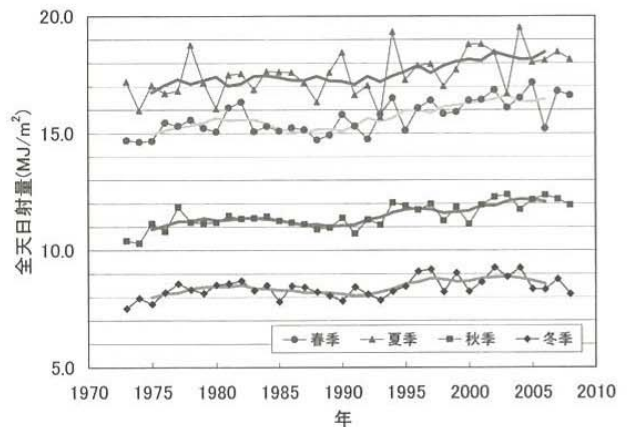


図5 日射量経年変化の季節による差異

3. 5 日照時間について

日照時間と合わせて全天日射量の経年変化を図6に示す。これ以降は観測点14点の平均で検討した。日照時間は1940年代から長い期間観測されてきているが、1985年10月から順次日照計が切り替えられたため、その前後のデータは均質ではない。日照時間と日射量の年ごとの変化は、非常によく対応しており、日照時間の長短が、そのまま日射量の大小として現れている。1980年頃から変動は大きくなっているものの、日射計切り替えの前の期間、切り替え後

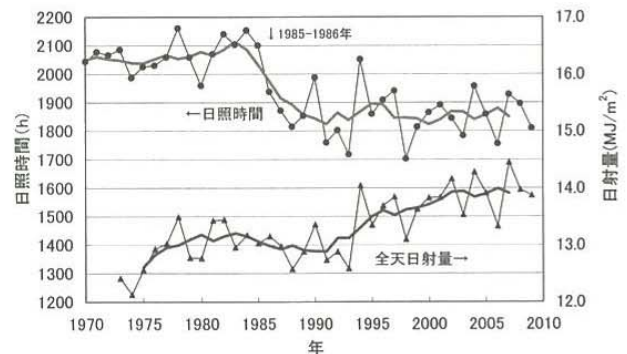


図6 日照時間の経年変化

の期間を見ても、その平均値はほとんど変化していない。特に1990年頃以降の日射量増加には、日照時間は影響していないと考えられる。

3. 6 雲量について

日照時間・日射量と密接に関わる要素であり、雲量についても検討した。うすい雲がかかったような場合、日照時間としてはカウントされるが、雲にさえぎられて日射量としては減少する場合もある。雲量の経年変化と全天日射量の経年変化を図7に示す。雲量も日照時間と同様に長期間観測されてきている。雲量の年変動は日照時間の場合と同様に、日射量の増減と非常によく対応しており、雲量が増すと日射量が減るといったように、グラフ上では上下に対象なパターンで変化している。雲量の平均値は、総体としてあまり変わっておらず、特に1990年頃以降はむしろ増加してきている。雲量が増加すれば、雲にさえぎられて日射量は減少するはずであるが、雲量と日射量の平均的な変化は逆の傾向を示している。雲量増加により日射が減少する以上に、日射を増加させる要因があるということを示している。

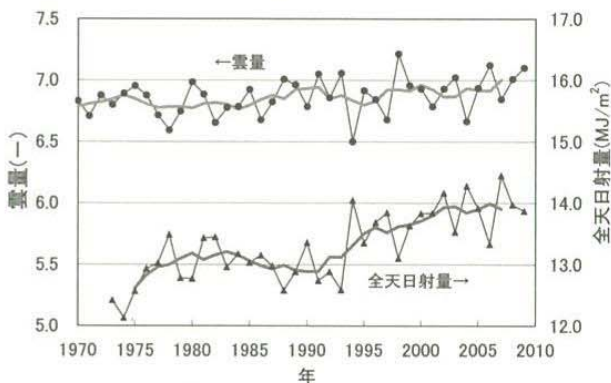


図7 雲量の経年変化

3. 7 大気中の水蒸気量の影響

日射量に影響する要素として、大気中の水蒸気量についても検討した。水蒸気は主に日射の長波長成分を吸収することで知られており、水蒸気量の変化が日射量の変化として現れてくることが予想される。図8に空気中の水蒸気量の指標として絶対湿度の経年変化を示した。絶対湿度の変動はあるものの、平均値は概ね一定値を示しており、1990年頃以降の期間を見てもそれほど変化していない。したがって、日射量経年変化への空気中の水分量の影響はないよ

うである。

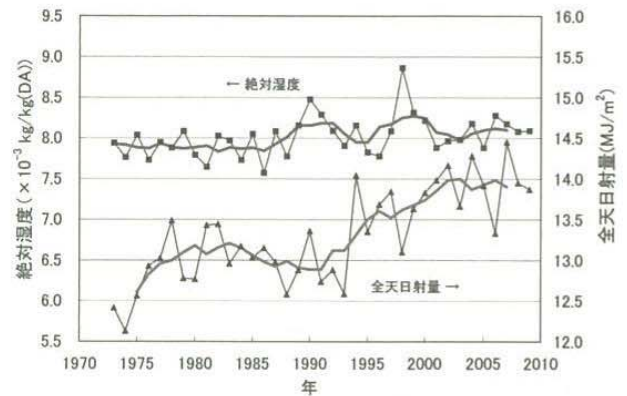


図8 絶対湿度の経年変化

3. 8 大気中のオゾンの影響

大気に含まれるオゾンも日射の波長領域の一部に吸収帯を持っており、オゾン量も日射量に影響を与えると考えられる。国内のオゾン観測点は、観測期間の短い南鳥島を除くと、札幌、つくば、鹿児島、那覇の4点があり、その平均値を国内の代表値と考えて、日射量との関係を検討した。使用したデータは、環境省HPの環境統計集⁶⁾に掲載のデータである。図9に示すようにオゾン全量はゆるやかに変化しており、1990年頃以降では、増加傾向を示している。オゾンによる吸収を考えると、オゾン増加により日射量は減少するはずであるが、逆の傾向を示している。従って、日射量の増加はオゾン量変化によるものではない。

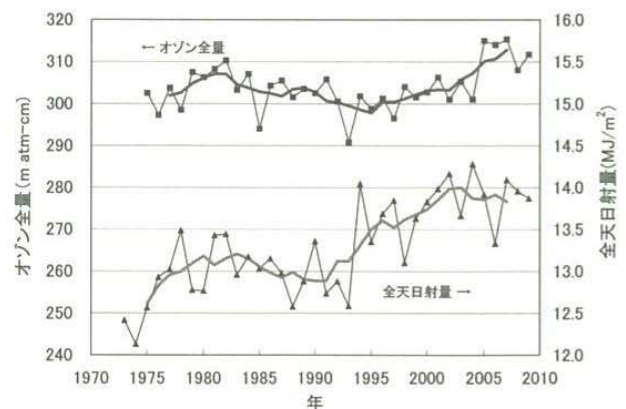


図9 オゾン全量の経年変化

3. 9 気温との関連性

日射量に影響する要素ではないが、日射量に影響を受ける要素として、気温の変化についても図10に

表示した。概ね日射量の増加に応じて、気温が上昇してきているのがわかる。1990年頃は日射量は減少しているが、気温は上昇しており、変化パターンが逆になっている。増減のパターンが多少異なっている部分もあるが、全般において増加傾向である。

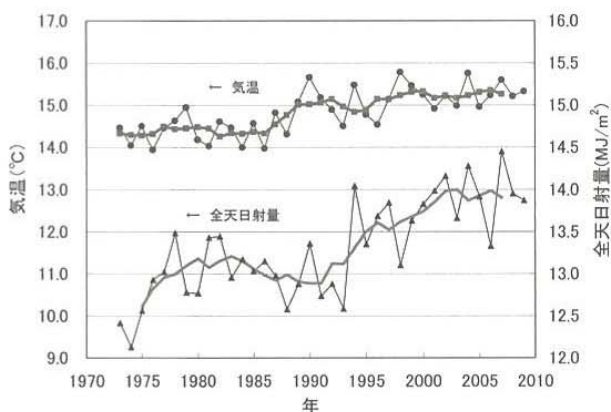


図10 気温の経年変化

4. まとめ

本検討の結果を以下にまとめる。

- 1) 日本国内の日射量は1990年頃から増加しており、 1 MJ/m^2 の増加が見られる。これは日射量のほぼ10%程度の増加である。
- 2) 太陽定数はほとんど一定であるため、日射量増加は太陽放射が大気圏内に入ってからのものである。
- 3) 日射量の増加は、いずれの季節でもいずれの地方でも生じている。
- 4) 日照時間は平均的にはほとんど変化しておら

- ず、日射量増加の要因ではないと考えられる。
- 5) 雲量は1980年頃以降でわずかに増加傾向にあり、日射量増加とは逆の傾向を示している。
- 6) 大気中の水蒸気量（絶対湿度）はほとんど一定であるが、雲量と同様にわずかに増加傾向であり、日射量の増加とは逆の傾向である。
- 7) 日射量増加はオゾンによる吸収が原因ではない（オゾン量の変化は逆の傾向を示している）。
- 8) 気温は上昇してきており、その上昇傾向は概ね日射量増加傾向と対応している。
- 9) 南極（昭和基地）の日射量データは日本国内のデータと全く異なったパターンで、国内とは逆にむしろ減少傾向を示している。

参考文献

- 1) 気象庁「大気・海洋環境観測報告」第9号、2009、pp.174-184
- 2) 高層気象台 HP、日射観測 (http://www.kousou-jma.go.jp/obs_third_div/solar.htm)
- 2) G. Stanhill, S.Cohen “Solar Radiation Change in Japan during the 20th Century: Evidence from Sunshine Duration Measurements” J. Meteor. Soc. Japan, Vol.86, No.1, 2008, pp.55-67
- 3) 気象庁 HP、気象統計情報 (<http://www.jma.go.jp/>)
- 4) 気象庁「気象庁年報」、1978-2008
- 5) <ftp://ftp.pmodwrc.ch/pub/data/irradiance/composite/DataPlots/>
- 6) 環境省 HP、環境統計集 (<http://www.env.go.jp/doc/toukei/>)