

日射量の経年変化および浮遊粒子状物質による影響に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○中島 大樹
 中央大学大学院 学生会員 銭 潮潮
 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

地球の大気循環・水循環の主なエネルギー供給源は太陽からの日射であり、地球の気象現象と密接に関わっている。コンクリート被覆率が増加している都市部において、日射はヒートアイランド現象に寄与し大気を不安定にさせ、ゲリラ豪雨の誘発の一助になると考えられる。日射は地表に達するまでは、空気中の SPM により散乱・反射・吸収されるため減少する。火山の噴火により大量の SPM が成層圏に停滞し、日射を遮り、長期間にわたり全球の平均気温を低下させる。このように日射や SPM は気候変動の要因のひとつになる。そのため、日射量に関する知見を深めることは非常に重要である。

本研究では、浮遊粒子状物質（以下 SPM と称す）濃度が全天日射量に与える影響を定量的に評価することを目的とし、日平均 SPM 濃度と全天日射量の関係について考察した。

2. 対象地点の概要

研究対象とした観測所の位置図を図-1に示す。SPM について直近 25 年以上のデータを有する SPM 観測所の観測データを用いた。また、全天日射量について、全国 68 地点の観測所の観測データを用いた。SPM のデータ、日射量のデータはそれぞれ国立環境研究所「環境数値データベース」と気象庁で公開されているものを使用した。

3. 日本全国の全天日射量の傾向

日本全国における全天日射量の経年変化の傾向を見るために、気象庁が有する全天日射量を観測している全 61 箇所の気象台の年最大日射量（日積分）の経年変化を図-3に示す。

1960年代から1970年代半ばまで（時期1）、バイメタル式日射計が用いられ¹⁾、計測された日射量は大きく変動しながらも減少傾向にあるように見える。一方、1970年代後半から現在まで（時期2）においてエプリー型日射計が用いられ¹⁾、計測された日射量の変動幅が時期1のものに比べ小さくなっている。時期2において全国的に年最大全天日射量が増加する傾向にあることを示した。ここで時期1、2における年最大全天日射量の変動幅の違いは、観測所で使われていた観測測器の違いによるものだと考えられる。

時期2において全天日射量が群を抜いて大きい値を示している地点は山梨県富士山観測所である。富士山観測所は標高 3775.1[m]に位置しているため、大気・雲・SPM が持つ日射の散乱・吸収・反射の影響を受けず、減衰しなかった全天日射量が現れた形だと考えられ、一貫して他の観測所より全天日射量が大きい。

4. 東京、名古屋、大阪における全天日射量と SPM 濃度の経年変化

都市部の全天日射量と SPM 濃度の経年変化の特性を捉えるために、全天日射量と浮遊粒子状物質濃度ともに数十年に渡るデータの蓄積がある東京、名古屋、大阪の全天日射量の経年変化をそれぞれ図-3~5に、日平均 SPM 濃度の経年変化をそれぞれ図-6~8に示す。全ての全天日射量観測所の年最大全天日射量は 1960年代から変動はあるものの概ね一貫して増加傾向にあり、最も顕著な例である東京の年最大全天日射量は観測始めの1960年代に比べ2000年代には約20%増加している。

東京と名古屋の日平均 SPM 濃度は1990年頃をピークに、大阪の日平均 SPM 濃度は観測始めから一貫して減少傾向にある。いずれの対象観測地点においても2010年代の浮遊粒子状物質は1990年代の約半分になっている。これは1968年に制定された大気汚染防止法及び1992年に制定された自動車 NOx・PM 法に基づく経年的な排ガス規制の強化が要因だと考えられる。

全天日射量が増加する期間と、日平均 SPM 濃度が減少する期間が一致している。このことから、東京・名古屋・大阪の全天日射量の増加に、日平均 SPM 濃度の減少が寄与しているとの仮説を立てることができる。

5. SPM 濃度と日射量の比較

SPM 濃度が全天日射量に与える影響について定量的に評価するために、

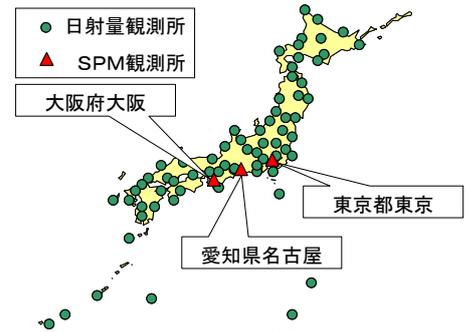


図-1 観測所位置図

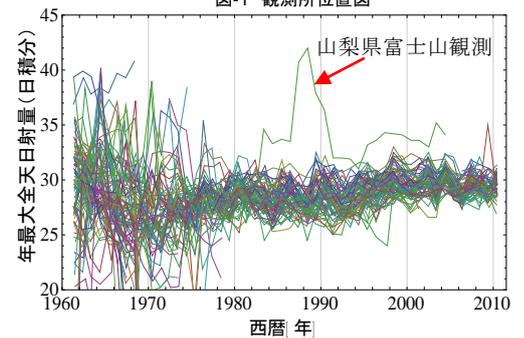


図-2 日本全国の年最大全天日射量(日積分)

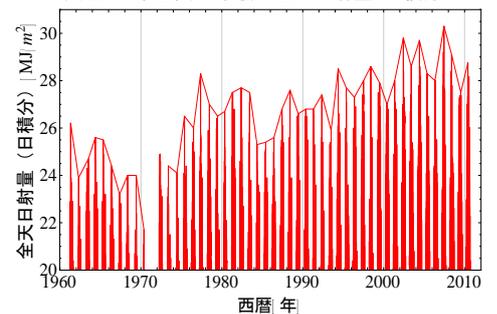


図-3 東京都東京観測所の年最大全天日射量(日積分)

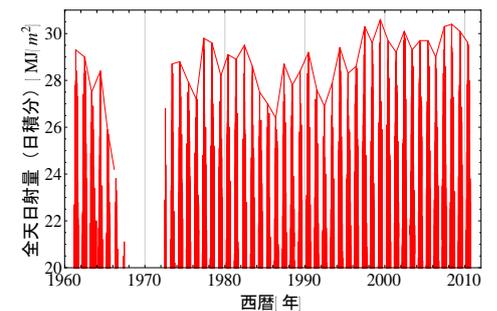


図-4 愛知県名古屋観測所の年最大全天日射量(日積分)

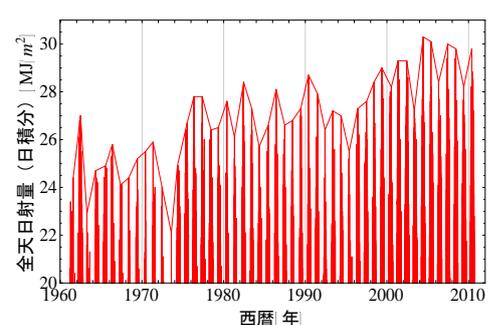


図-5 大阪府大阪観測所の年最大全天日射量(日積分)

SPM 濃度と全天日射量で相関関係について調べた。

日射量は季節や天候、日照時間により大きく変動するため、日平均 SPM 濃度が全天日射量に与える影響を考える際、日平均 SPM 濃度以外の要因による全天日射量の影響を取り除く必要がある。そのため、5月から7月までの快晴かつ日照時間が13時間以上の日のみの SPM と全天日射量の関係について検討を行った。また、全天日射量は全天日射量の日積算分をその日の日照時間で除したものと定義した。

東京、名古屋、大阪の日平均 SPM 濃度と全天日射量の関係を図-9~11に示す。日平均 SPM 濃度がほぼ等しいにも関わらず全天日射量に分散があるのは、太陽からの放射エネルギーの強さの分散に加え、僅かな雲量、日照時間、季節の差が寄与していると考えられる。

同一観測所において、季節、雲量、日平均 SPM 濃度が等しく、かつ全天日射量がより少ない場合は、日平均 SPM 濃度以外の要因による全天日射量の低減効果が含まれていると考えられる。日平均 SPM 濃度のみによる日射量の散乱・吸収・反射効果を検証するために、例として東京、愛知、名古屋の3箇所に着目し、いずれの都市においても

図-9~11の矢印に示すように SPM 濃度が増加に伴い全天日射量が低下する傾向にある。例としてそのうち、平均 SPM 濃度が約 $40[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ の時の全天日射量の最大値と、約 $20[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ の時の全天日射量の最大値を比較した。その結果、東京観測所では約 $10[\text{w}/\text{m}^2]$ 、名古屋観測所では約 $20[\text{w}/\text{m}^2]$ 、大阪観測所では約 $30[\text{w}/\text{m}^2]$ の差があることを示した。日照時間が比較対象としたデータの最小値である13時間であると仮定すれば、日平均 SPM 濃度が約 $40[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ の時と約 $20[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ の時の全天日射量の日積算値の差は、東京観測所において約 $500[\text{kJ}/\text{m}^2]$ 、名古屋観測所において約 $900[\text{kJ}/\text{m}^2]$ 、大阪観測所において約 $1400[\text{kJ}/\text{m}^2]$ である。

6. まとめ

- 1). 全国的に全天日射量(日積分)1960年代から1970年代までは大きく変動しながらも減少し、1980年代以降は増加する傾向であることを示した。
- 2). SPM 濃度計測開始以来、一貫して低下していることを示した。太陽からの日射を遮る空気中の浮遊物質が減り、日射が地表まで届きやすくなっていると考えられる。
- 3). 浮遊粒子状物質濃度の低下に伴い、全天日射量が増加していることを示した。

参考文献

- 1)気象庁：気象観測統計の解説，2005
- 2)国立環境研究所：環境数値データベース
- 3)気象庁：気象統計情報
- 4)村井潔三，山内豊太郎：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。天気，22，557-562

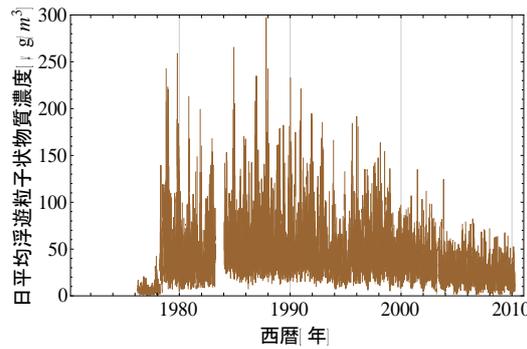


図-6 東京都東京観測所の日平均浮遊粒子状物質濃度

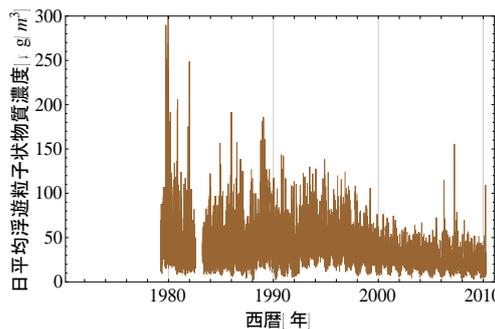


図-7 愛知県名古屋観測所の日平均浮遊粒子状物質濃度

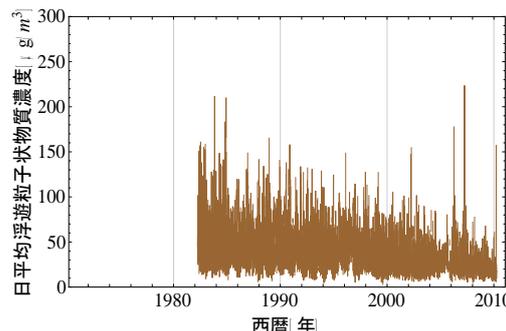


図-8 大阪府大阪観測所の日平均浮遊粒子状物質濃度

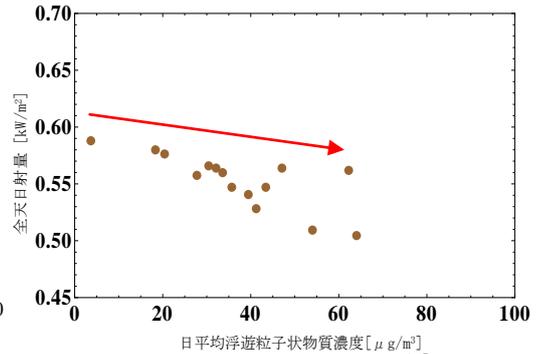


図-9 東京都東京観測所の5月から7月までの快晴かつ日照時間が13時間以上の時の日平均浮遊粒子状物質濃度と全天日射量

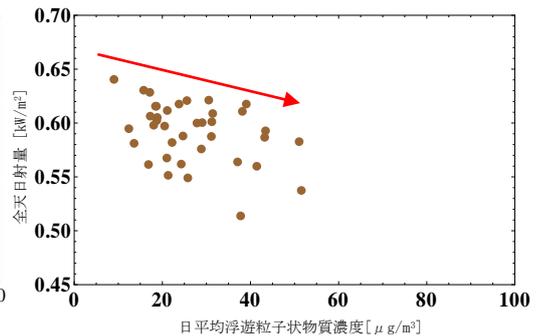


図-10 愛知県名古屋観測所の5月から7月までの快晴かつ日照時間が13時間以上の時の日平均浮遊粒子状物質濃度と全天日射量

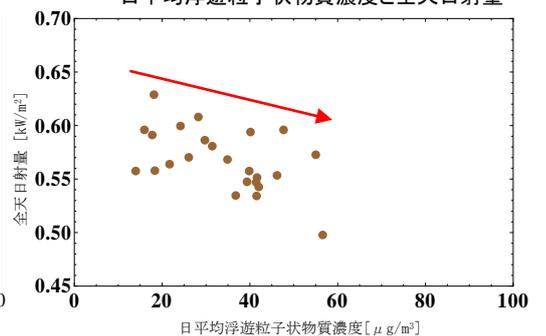


図-11 大阪府大阪観測所の5月から7月までの快晴かつ日照時間が13時間以上の時の日平均浮遊粒子状物質濃度と全天日射量