

---

 報 告
 

---

## 福岡における日射及び下向き赤外放射の特徴

宮田 和孝\*1・蛇嶋 成一\*2

### 要 旨

福岡管区気象台では、気候変動に影響を及ぼす放射エネルギー収支のうち、地表面における下向き放射の長期変化を把握することを目的に、2010年から日射放射観測を実施している。この観測データを用いて、福岡における日射及び下向き赤外放射の特徴について調査を行った。その結果、福岡における日射及び下向き赤外放射の年変化や日変化の傾向が明らかになった。また、日射及び下向き赤外放射の大きさは、雲や水蒸気、気温の影響を受けることが確認された。さらに、時間的変動が激しい大気現象である黄砂による日射放射観測データへの影響を調べたところ、散乱日射の観測データに顕著な変動が見られ、その変動の開始は黄砂が流入し始めた時間と一致していた。散乱日射に見られるこの性質を利用すると、顕著な黄砂流入時において、目視による黄砂の観測の有効な補助資料として利用できる可能性がある。

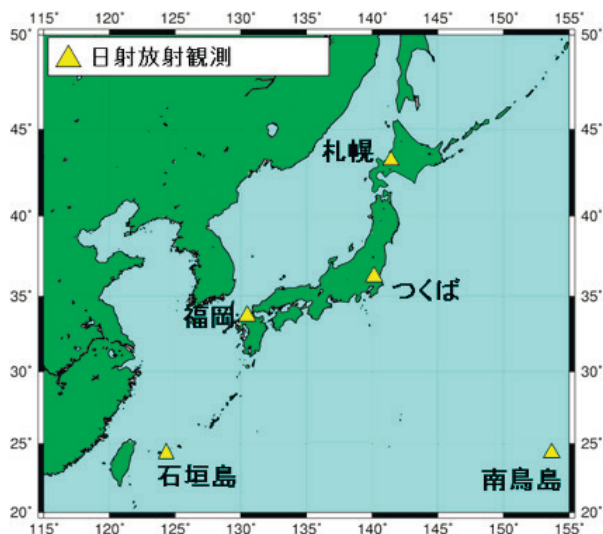
### 1. はじめに

太陽から放出される放射の内、そのエネルギーの大部分を占める短波長域（約 0.29–3  $\mu\text{m}$ ）の放射（日射）は、地球に降り注ぎ、大気や地表面に吸収されて、これらの温度を上昇させる。一方、地球の地表面や大気等からは、長波長域（約 3–100  $\mu\text{m}$ ）の放射（赤外放射）が放出されており、エネルギーを失うことにより、これらの温度を下げる働きがある。地球における日射と赤外放射のバランス（放射収支）が、地球温暖化に代表される気候変動の要因となる。地球温暖化を予測するために、世界中の研究機関が気候モデルを開発しているが、エアロゾルや温室効果ガスなどが放射収支に与える影響の取扱いにより予測結果にモデルごとの違いがある。これが、温暖化予測の

不確実性とよばれており、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告書においてもその要因の一つとして、エアロゾル等の放射収支への効果の不確実性が挙げられている。気象庁では、温暖化予測の不確実性を低減させるとともに、地表面における日射と赤外放射の長期変化等を把握し、地球温暖化を監視することを目的として、2010年3月31日から札幌・つくば・福岡・石垣島・南鳥島の全国5地点（第1図、第1表）において、日射放射観測（直達日射照度、散乱日射照度、下向き赤外放射照度について行う観測（第2図））を実施している（気象庁、2012）。これら5つの日射放射観測地点は、全球気候観測システム（GCOS）及び世界気候研究計画/全球エネルギー・水循環観測計画（WCRP/GEWEX）の基準地上放

---

\*1 福岡管区気象台観測課（現 名瀬測候所技術課） \*2 福岡管区気象台観測課  
（平成 27 年 1 月 27 日発行）



第1図 気象庁の日射放射観測地点



第2図 福岡管区気象台設置の精密日射放射観測装置感部

第1表 国内の日射放射観測地点の緯度・経度

地点	北緯 (度)	東経 (度)
札幌	43.0600	141.3283
つくば	36.0500	140.1333
福岡	33.5817	130.3750
石垣島	24.3367	124.1633
南鳥島	24.2883	153.9833

射観測網 (BSRN) の観測地点として登録されており、世界の気候分野の研究者に対して温暖化予測精度向上や気候変動監視等のための貴重な基礎データを提供している。

福岡管区気象台では、日射放射観測の開始から2年が経過し観測データが蓄積されてきたことから、このデータを用いた日射及び下向き赤外放射の特性についての調査が宮田ほか (2010, 2011) により行われてきた。その後、調査を継続した結果、福岡管区気象台における日射及び下向き赤外放射の特徴が明らかとなった。本稿では、調査結果から明らかになった福岡管区気象台における日射及び下向き赤外放射の特徴について報告する。

## 2. 調査資料・対象期間

本調査では、2010年4月1日から2012年5月31日までの期間に、福岡管区気象台及びその他の国内観測地点における日射放射観測で得られた

直達日射照度、散乱日射照度、下向き赤外放射照度の観測データを用いて解析を行った。また、日射放射観測時の気象条件の判断等のため、地上気象観測日原簿、アジア地上解析天気図、GPS可降水量、(独)国立環境研究所のライダー観測の資料を利用し調査を行った。

## 3. 日射及び下向き赤外放射の年変化及び日変化

地表面に入射する放射の要素としては、太陽起源の太陽放射 (日射、観測要素: 直達及び散乱日射照度) と、地球大気 (大気中の水蒸気、エアロゾル、雲、温室効果ガス等を含む) から放出される赤外放射 (観測要素: 下向き赤外放射照度) がある。ここでは、福岡におけるこれら2種類の放射エネルギーの年変化や日変化について、日射放射観測データを用いた解析結果を述べる。

### 3.1 福岡における各放射要素の年変化 (全天候)

福岡における各放射要素の月平均値の年変化を第3図に示す。直達日射照度は、基本的に太陽高度が高くなる6月ごろに最大となり、太陽高度が低くなる12月ごろにかけて最小となるような年変化がある。ただし、梅雨期間となる5月から7月ごろにかけて、雲量が多くなり太陽面からの直達光を遮ることが多くなるため、直達日射照度

が少なくなる（2011年の九州北部の梅雨期間は5月21日ごろ～7月8日ごろであった）。散乱日射照度も直達日射照度と同じように6月ごろに最大となり、太陽高度が低くなる12月ごろにかけて最小となるような年変化があった。また、下向き赤外放射照度では、下層大気温度変化に対応して、8月ごろに最大となるような年変化があることがわかった。

### 3.2 日射及び下向き赤外放射年変化の福岡と国内観測地点との比較（全天候）

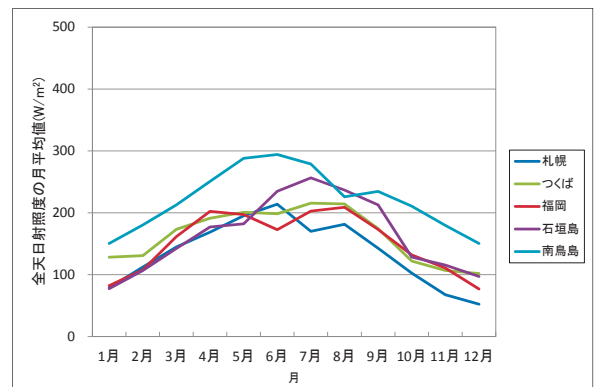
#### 3.2.1 全天日射の年変化

日射放射観測では、日射は直達日射と散乱日射の成分に分けて観測されており、地表面に入射する全ての太陽放射エネルギーを表す全天日射は、水平面に入射するそれら2つの日射の観測要素の和として算出できる。全天日射照度について、国内の日射放射観測5地点における月別平均値の年変化を第4図に示す。この図より、基本的には緯度が低い地点ほど全天日射照度が大きくなる傾向が見られ、緯度の差が小さい福岡とつくばは、似たような傾向を示している。一方、第4図より福岡では梅雨時期で雲量が増えたことが主な要因で5～7月ごろの値が、また、季節風により下層雲量が増えたことが主な要因で12～2月ごろの値がそれぞれ小さくなっていることがわかる。全天日射照度が地点毎に異なる主な原因としては、緯度が高い地点ほど太陽高度が低くなることにより、単位面積当たりの水平な地表面が受け取る太

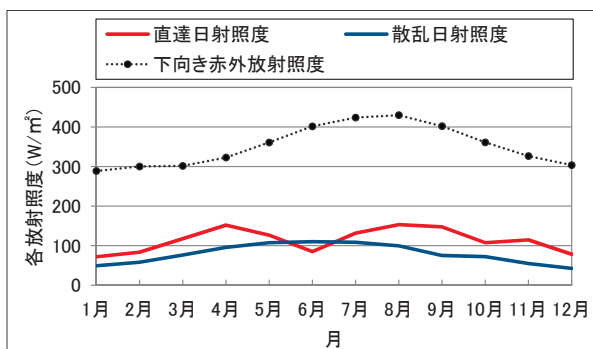
陽放射が小さくなるためである。その他の全天日射照度を変化させる要因としては、福岡とつくばの違いに見られる雲の影響のほか、大気中の水蒸気やエアロゾル等による日射の吸収や散乱の効果などが考えられる。また、緯度の差がほとんどない石垣島と南鳥島の値が大きく異なるのは、上記に関する大陸の影響の差によるものと考えられる。

#### 3.2.2 下向き赤外放射の年変化

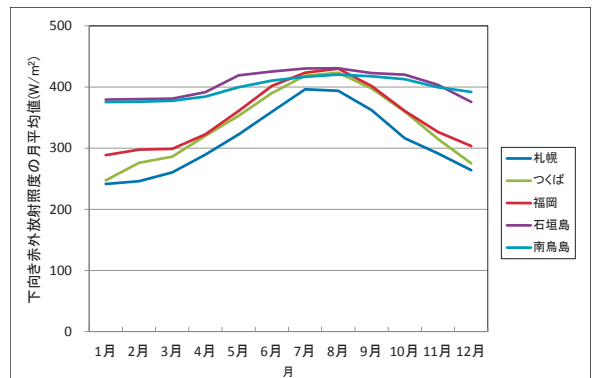
前項と同じように、国内の5地点における下向き赤外放射照度の月平均値の年変化を第5図に示す。全天日射照度と同様に、緯度の低い地点ほど下向き赤外放射照度が大きくなる傾向であることが見られる。同じような緯度である福岡とつくばでは、下層大気温度の年変化が似ているため、基



第4図 国内の日射放射観測5地点における全天日射照度月平均値の年変化（2010年4月から2012年3月までの2年間における月平均値）



第3図 福岡における各放射照度月平均値の年変化（2010年4月1日～2012年3月31日における月別平均値）



第5図 日射放射観測5地点における下向き赤外放射照度月平均値の年変化（2010年4月から2012年3月までの2年間における月平均値）

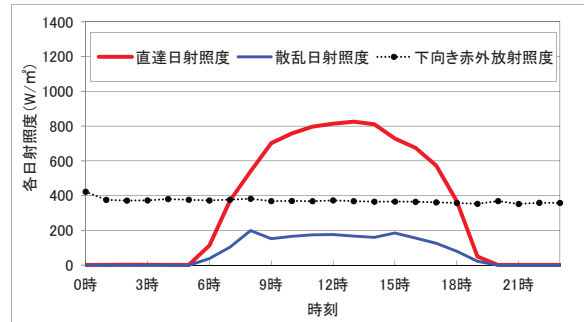
本的には下向き赤外放射照度も同じような変化を示すが、6月を中心とした梅雨時期と12～2月ごろの冬場では福岡の方が大きな値となっていることがわかる。これは、全天日射照度の場合と同様に、これらの時期に福岡の方がつくばに比べ雲量が多くなったためであると考えられる。

### 3.3 福岡における各放射要素の日変化（夏と冬の快晴時における日変化）

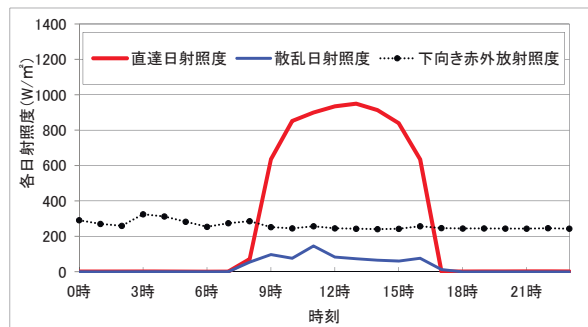
ここでは各放射要素の基本的な日変化の特徴を明らかにするため、各放射要素に大きな影響を及ぼす雲やエアロゾルの影響が無いように、日中の天気が快晴で雲の影響がなく、かつ、視程障害現象を観測していない夏（2011年7月23日）と冬（2011年12月19日）の2つの季節における観測事例（以下；晴天事例）を用いて各放射要素の日変化の特徴について調査を行った。夏と冬の晴天事例日における各観測要素の時刻別の日変化を、それぞれ第6図及び第7図に示す。これらの結果から、以下の特徴が明らかになった。

- ①直達日射照度や散乱日射照度の観測値には、放物線を描くような顕著な日変化がある。一方、下向き赤外放射照度の観測値には顕著な日変化は見られない。
- ②直達日射照度の南中時（地方真太陽時の正午）ごろに観測される日最大値は、夏より冬の方が大きい。
- ③散乱日射照度は、冬より夏の方が大きい。
- ④直達日射照度や散乱日射照度が観測される時間帯は、冬よりも夏のほうが長い。
- ⑤下向き赤外放射照度は、冬より夏の方が大きい。

これら特徴の内、太陽を起源とする日射各要素の特徴の要因となっているのは、地球の自転及び公転運動である。観測地点における太陽高度は、地球の自転の影響により、日出から南中時にかけて増加し、その後日没にかけて減少するため、①で示すような日変化を示す。また、地球の公転運動の影響により、地球と太陽間の距離は、夏に比べて冬の方が短いため、②で示すように、太陽に



第6図 福岡における夏の晴天事例における各放射照度時刻別値の日変化（2011年7月23日の事例）



第7図 福岡における冬の晴天事例における各放射照度時刻別値の日変化（2011年12月19日の事例）

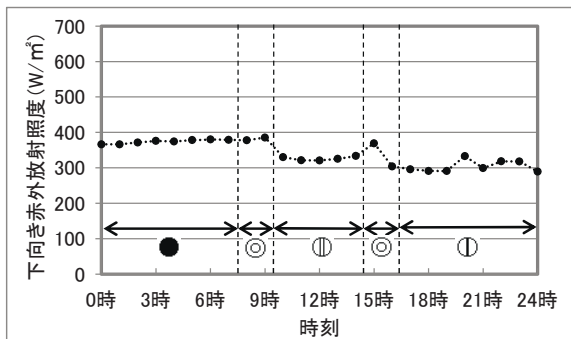
垂直な面で観測される直達日射の日最大値は冬に大きくなる。ただし、直達日射は、大気中の水蒸気によっても減衰されるため、冬と夏の直達日射の日最大値の差には、この影響も含まれる。一方で、③で示すように散乱日射は太陽高度が高く水平面に入射する太陽放射が大きい夏の方が冬に比べて大きくなる。その他、散乱日射の違いには、大気中の雲やエアロゾル及び水蒸気量等の季節変化も影響していると考えられる。また、昼間の長さは、冬に比べて夏の方が長いため、④で示すように、日射が観測される時間帯は長くなる。一方、下向き赤外放射は、地球の大気や大気中のエアロゾルや雲粒などからそれらの温度に応じて放出される波長の長い放射であるため、その特徴は日射各要素とは異なる。このため、①で示すように、日射と同様な日変化を示さない。また、下向き赤外放射の大きさは、地球の下層大気や大気中の雲や水蒸気、温室効果ガス、及びエアロゾル等の量や種類により変化し、⑤で示すように、気温が高くなる夏の方が多くなる。

#### 4. 福岡における各放射要素の大气中の雲、水蒸気及び気温による影響

第3章に示すとおり福岡における各放射要素の年変化や日変化は、地理的な条件や地球の公転・自転による影響の他、雲やエアロゾル、水蒸気等の大气中の物質や、気温により影響を受けることが示唆された。そこで、これらが各放射要素に与える影響について、日射放射観測装置で観測された1分値データを用いて、その特徴を調査した。

##### 4.1 各放射要素の雲による影響

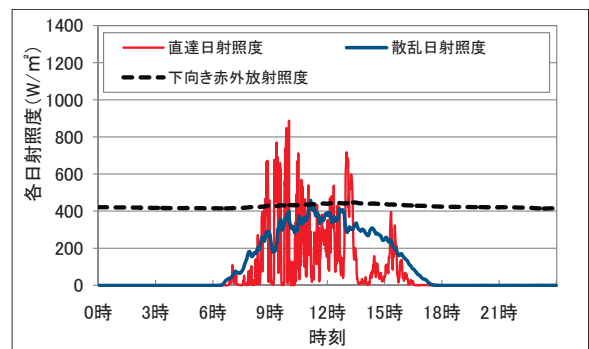
各放射要素へ影響を及ぼすと推測される雲との関係について調査した。第8図に、1日の雲量の変化が激しい事例として、2010年4月27日の下向き赤外放射照度と天気推移を示す。この事例では、朝9時ごろまでは、上空は中・下層の厚い雲に覆われており、下向き赤外放射照度の値は370～380 (W/m<sup>2</sup>) 前後の高い値を示している。その後、雲は上層の薄い雲に変わり、値は320～330 (W/m<sup>2</sup>) 前後に下がった。それ以降、15時ごろにかけて、厚い雲に覆われたため、値は一時的に上がったが、15時過ぎから雲は急減し、下向き赤外放射照度の値は、更に小さくなった。このように、下向き赤外放射を始めた各放射要素は、雲の有無により影響を受けるだけでなく、雲の種類によっても影響を受けることがわかる。次項では、雲の種類による各放射要素への影響を見るため、できるだけ様な1種類の雲で全天が覆われた曇天時において調査を行った。



第8図 福岡における下向き赤外放射照度と天気推移 (2010年4月27日の事例)

##### 4.1.1 上層雲主体の曇天時における日変化

上層雲(巻雲)がほぼ全天に広がっている事例として、2010年10月22日における各放射要素の日変化を第9図に、当日の目視による雲の観測状況を第2表に示す。なお、この日の午前中は、薄い中層雲も多く広がっていた。この事例では、直達日射の一部は雲を通過し、直達日射照度は正の値として観測されるが雲の状態により時間変化が激しく、晴天事例(第6図・第7図)のようになだらかな日変化を示さない。この激しい日変化は、巻雲の濃淡(雲の厚さ)の変化による。また、散乱日射照度は、雲による散乱の影響により、晴天事例に比べ値が大きくなっていることがわかる。下向き赤外放射については、晴天事例と比べて日中の変化が大きく、気温の変化に対応すると思われる20～30 (W/m<sup>2</sup>) 程度の変化がある。



第9図 福岡における上層雲主体の曇天事例における各放射照度(1分値)の日変化(2010年10月22日の事例)

第2表 福岡における2010年10月22日の雲の観測状況(上層雲主体の曇天事例日)

観測時刻	雲の観測
03時	8Ac, 10 <sup>-</sup> Ci
06時	9Ac, 10 <sup>-</sup> Ac
09時	0 <sup>+</sup> Cu, 10 <sup>-</sup> Ac, ×Ci
12時	0 <sup>+</sup> Cu, 1Ac, 10 <sup>-</sup> Ci
15時	0 <sup>+</sup> Cu, 2Ac, 10 <sup>-</sup> Ci
18時	0 <sup>+</sup> Cu, 3Ac, 10 <sup>-</sup> Ci
21時	0 <sup>+</sup> Cu, 1Ac, 10 <sup>-</sup> Ci

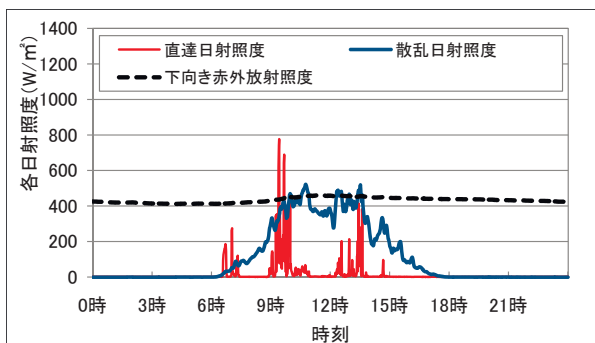
#### 4.1.2 中層雲主体の曇天時における日変化

中層雲（高積雲）がほぼ全天に広がっている事例として、2010年10月12日における各放射要素の日変化を第10図に、当日の目視による雲の観測状況を第3表に示す。この事例では、直達日射は、時折、雲の隙間や厚さが薄い雲を通過し、正の値として観測される時間があるが、全体的に見ると上層雲主体の曇天時（第9図）と比べて値が小さくなっている。一方、散乱日射照度の変化は上層雲主体の曇天時と同じような傾向で、晴天事例に比べて値が大きくなっていることがわかる。次に、下向き赤外放射照度は、中層雲が増加した6時過ぎごろから上昇していることが晴天時とは異なる点であり、これは中層雲から射出される下向き赤外放射の影響を受けるためと考えられる。

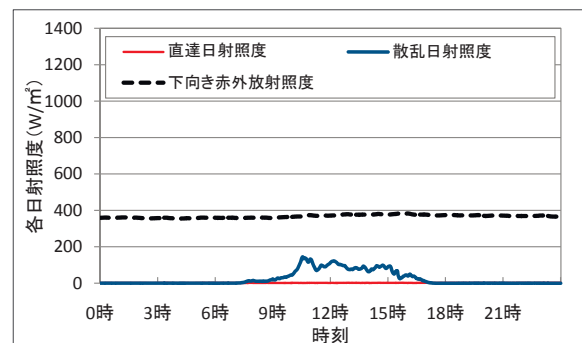
#### 4.1.3 下層雲主体の曇天時における日変化

下層雲（積雲）がほぼ全天に広がっている事例

として、2011年12月12日における各放射要素の日変化を第11図に、当日の目視による雲の観測状況を第4表に示す。この事例では、直達日射照度は、上・中層雲主体の曇の場合に比べて非常に小さく、概ね3 (W/m<sup>2</sup>) 未満となっている。また、散乱日射照度の最大は130 (W/m<sup>2</sup>) 程度と上・中層雲主体の曇天時の事例より値が小さい。これは、上層雲や中層雲に比べて雲が厚くなり、直達日射や散乱日射が地上に到達する割合が小さくなるためである。次に、下向き赤外放射照度は、日射が出始めた6時過ぎごろからわずかながら上昇しているが、6時から12時までの上昇幅は約12 (W/m<sup>2</sup>) と値は晴天事例と比べて小さい。しかし、冬の晴天事例である第7図と比べてもわかるように、下層雲による曇天時の下向き赤外放射照度は、1日を通じて平均して100 (W/m<sup>2</sup>) 程度大きい値を示しており、1日を通して下層雲から射出される下向き赤外放射の影響を大きく受けるためである。



第10図 福岡における中層雲主体の曇天事例における各放射照度（1分値）の日変化（2010年10月12日の事例）



第11図 福岡における下層雲主体の曇天事例における各放射照度（1分値）の日変化（2011年12月12日の事例）

第3表 福岡における2010年10月12日の雲の観測状況（中層雲主体の曇天事例日）

観測時刻	雲の観測
03時	0 <sup>+</sup> Cu, 2Ac, 3Ci
06時	0 <sup>+</sup> Cu, 8Ac
09時	0 <sup>+</sup> Sc, 10 <sup>-</sup> Ac
12時	0 <sup>+</sup> Cu, 10 <sup>-</sup> Ac
15時	0 <sup>+</sup> Cu, 10 <sup>-</sup> Ac
18時	0 <sup>+</sup> Cu, 10 <sup>-</sup> Ac
21時	0 <sup>+</sup> Cu, 9Ac, xCi

第4表 福岡における2011年12月12日の雲の観測状況（下層雲主体の曇天事例日）

観測時刻	雲の観測
03時	10Cu
06時	10 <sup>-</sup> Cu
09時	10Cu
12時	9Cu, 10Ac
15時	10 <sup>-</sup> Cu
18時	10 <sup>-</sup> Cu
21時	10Cu

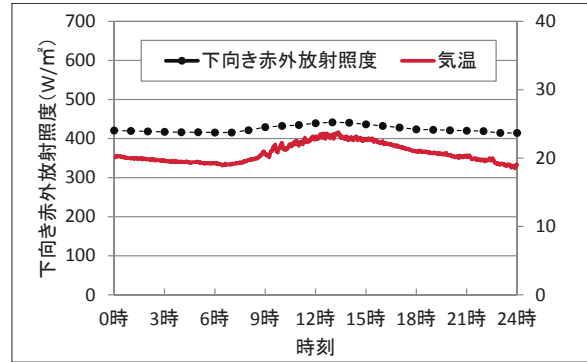
#### 4.1.4 各放射要素の雲の種類の違いによる特徴のまとめ

曇の主体となる雲について、上層雲・中層雲・下層雲の事例を比較した。直達日射や散乱日射などの日射では、中・上層雲主体の曇天時においては、薄い雲を透過した日射や、雲により散乱された日射が地表面に届くため、直達日射照度や散乱日射照度は正の値として観測されるが、下層雲主体の曇天時においては、雲に遮られることにより地表面に届く日射は少なくなり、観測される日射照度の値は小さくなることが分かった。一方、下向き赤外放射は、雲から射出される赤外放射の影響により曇天時の方が晴天時に比べて値が大きくなるのがわかる。また、雲の種類では、上層の雲に比べて光学的な厚さが厚い中・下層雲主体の曇天時の方が変化が大きく、より大きな影響を受けることがわかった。

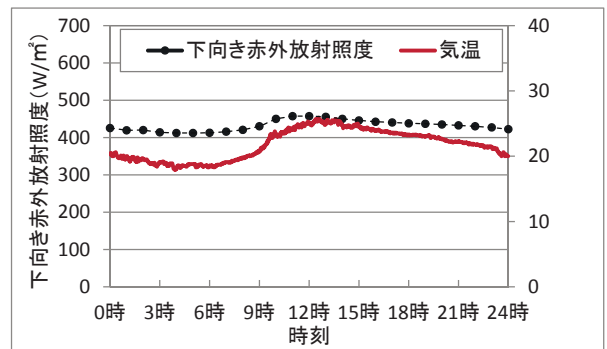
#### 4.2 下向き赤外放射の気温及び大気中の水蒸気による影響

##### 4.2.1 下向き赤外放射の気温による影響

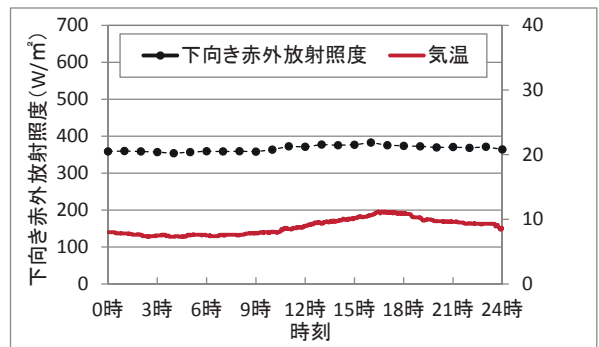
曇天時における下向き赤外放射の日変化より、下向き赤外放射照度の値と気温に関連性があることが示唆されている。ここでは、両者の関係について更に詳しく調査した。4.1.1～4.1.3で示した上層・中層・下層雲主体の曇天時における下向き放射照度と気温の日変化を第12図～第14図に示す。これらの図より、下向き赤外放射照度と気温は似たような変動を見せていることがわかる。これら事例日における両者の相関係数を、第5表に示す。曇天時における下向き赤外放射照度と気温との相関は高く、曇天時には下向き赤外放射照度の値は気温による影響を大きく受けているとみられる。特に、中・下層雲主体の光学的に厚い雲に覆われた曇天時には、その影響が大きく、これらの雲からは、気温に良く対応した雲底温度に従って多くの下向き赤外放射が地表面に向けて射出されていることがわかる。



第12図 福岡での上層雲主体の曇天時における下向き赤外放射照度(時別値)と気温(1分値)の日変化(2010年10月22日の事例)



第13図 福岡での中層雲主体の曇天時における下向き赤外放射照度(時別値)と気温(1分値)の日変化(2010年10月12日の事例)



第14図 福岡での下層雲主体の曇天時における下向き赤外放射照度(時別値)と気温(1分値)の日変化(2011年12月12日の事例)

第5表 福岡における2011年12月12日の雲の観測状況(下層雲主体の曇天事例日)

	上層雲 主体の曇	中層雲 主体の曇	下層雲 主体の曇
相関係数	0.69	0.97	0.91

#### 4.2.2 下向き赤外放射の大気中の水蒸気による影響

大気中の水蒸気は、地球大気の中の最大の寄与を持つ温室効果ガスであり、下向き赤外放射照度に大きな影響を及ぼすと言われている。福岡における下向き赤外放射照度の年変化を見ると（第3図）7月や8月の夏に増加しており、大気中の水蒸気量と同様の季節変化がみられる。しかし、気温や雲など、下向き赤外放射に影響を及ぼす他の要因も季節変化するため、水蒸気量による影響を明確に分離することは難しい。ここでは、下向き赤外放射と大気中の水蒸気を直接比較することにより、両者の関係について年間の変化傾向をみることにした。手法としては、2011年の1年間に観測された下向き赤外放射照度とGPS可降水量<sup>※</sup>の日平均値を比較した。第15図に比較結果を示す。図を見ると、下向き赤外放射照度とGPS可降水量の変化は、1年間を通した変化傾向が、よく対応していることがわかる。この結果から、下向き赤外放射照度は、大気中に含まれる水蒸気量の影響を大きく受け、水蒸気量が大きくなる夏には、地表面は大気中の水蒸気から射出される赤外放射を多く受け取っていることが推察される。

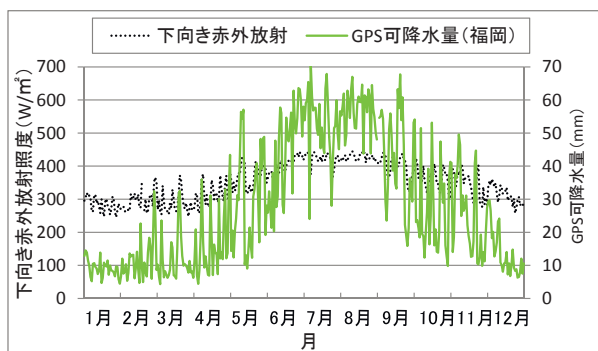
#### 5. 福岡における各放射要素の視程障害現象（煙霧）及び黄砂による影響

第4章では、各放射要素の雲による影響及び下

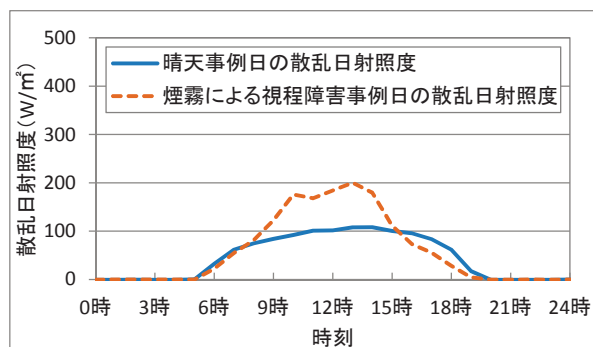
向き赤外放射の気温や水蒸気による影響を調査したが、ここでは、各放射要素に影響を及ぼすと思われる視程障害現象及び黄砂との関係について調査を行った。

#### 5.1 視程障害現象（煙霧）の散乱日射への影響

視程障害現象の発現時には、視程障害現象の要因となる大気中の微粒子により日射が散乱されるので、放射要素の内、散乱日射が最も大きな影響を受けると推察される。このため、散乱日射と視程障害現象との関係について調査を行った。調査の方法は、日中に快晴で雲の影響がなく、顕著な視程障害現象（煙霧）を観測した日（以下：視程障害日）と観測しなかった日（以下：晴天事例日）における散乱日射照度時別値の日変化の比較を行った。視程障害日（2011年2月4日）と晴天事例日（2011年12月19日）における散乱日射照度の時別平均値の日変化を第16図に示す。視程障害日として採用した日は、5時50分以降ほぼ終日にわたり煙霧が観測されていた。この図より、視程障害日の方が晴天時に比べて概ね散乱日射照度は大きく、特に太陽から地球に入射する直達日射が大きくなる南中時ごろには100 (W/m<sup>2</sup>)程度大きくなっている。この原因としては、煙霧の原因と考えられる大気中の塵や埃などの粒子による日射の散乱が考えられる。



第15図 福岡における下向き赤外放射照度とGPS可降水量の日平均値の年変化（2011年）



第16図 福岡における煙霧による視程障害日（2011年2月4日）と晴天事例日（2011年12月19日）における散乱日射照度時別値の日変化の比較

<sup>※</sup> GPS可降水量とは、GPS衛星から発射された電波が大気の影響で遅れる性質を利用して大気中の水蒸気量を算出したもので、地表から大気上端までの気柱に含まれる水蒸気量である。GPS可降水量の算出には、国土地理院の電子基準点等観測データ及びカリフォルニア工科大学によるソフトウェア GIPSY-OASIS II を使用している。



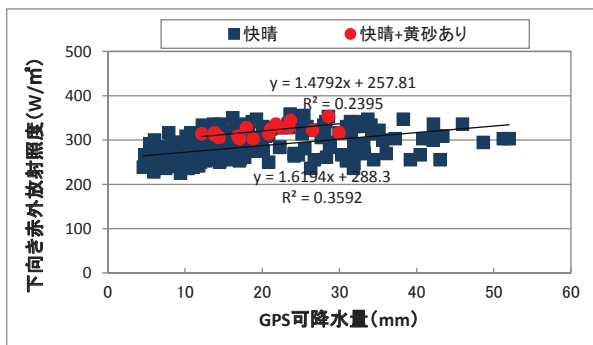
## 5.2 黄砂の各放射要素への影響

### 5.2.1 黄砂の下向き赤外放射への影響

下向き赤外放射照度の大きさに影響を与える大気中の物質としては、水蒸気や二酸化炭素等の温室効果ガスが知られているが、それ以外の大気中に浮遊する物質の影響も考えられる。大気中に浮遊する物質による大気現象として、福岡では、春を中心に黄砂が多く観測される。黄砂の下向き赤外放射に与える影響について、調査を行った。調査の方法としては、2011年及び2012年の3～5月の期間において、晴天事例日と、快晴で黄砂を観測した日の下向き赤外放射照度の時別値とそれに大きな影響を及ぼすGPS可降水量との関係を見ることにより、黄砂による影響を調べた(第17図)。この図から、黄砂が観測された場合、晴天事例日のデータより求めた近似直線の上側に分布する傾向にあることがわかる。このことから、黄砂が流入すると、黄砂粒子が日射や赤外放射を吸収し、赤外放射を再放射することにより、下向き赤外放射の増加に影響を与えていることが推察される。

### 5.2.2 黄砂の散乱日射への影響

黄砂の散乱日射への影響について調査を行った。事例としては、日中の天気が概ね快晴で、かつ、日中に黄砂が観測された2010年4月30日の事例を用いた。当日の地上気象観測では11時00分から20時00分まで黄砂を観測(観測開始時の視程は10km)していた。第6表に当日の雲と視程の観測状況を、第18図に独立行政法人国立環境研

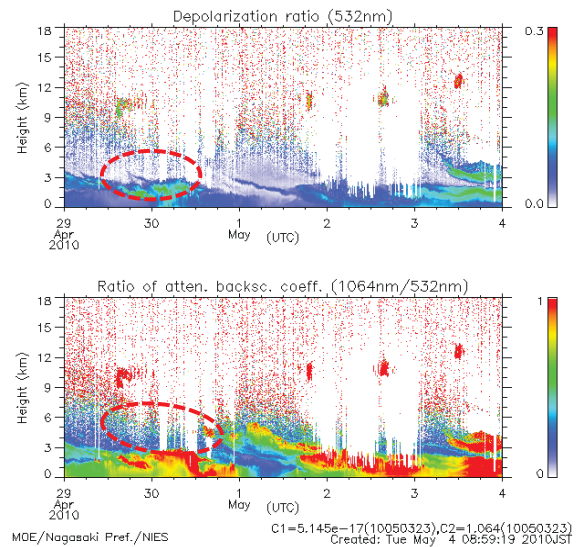


第 17 図 福岡における晴天事例日と快晴時に黄砂を観測した日の GPS 可降水量の分布

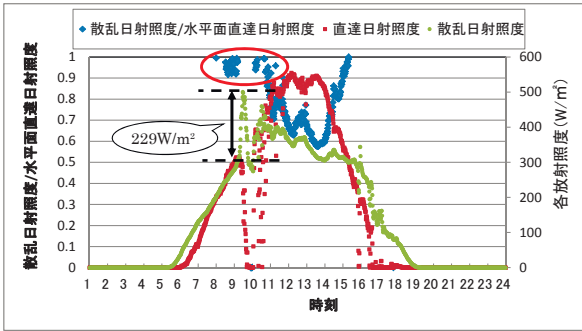
究所が長崎県環境保健研究センター構内で行っているライダー観測の図を示す。これらの図表によると、黄砂を観測する前日の4月29日から、高度3km面以下に黄砂によるものと思われる強い反応が示されており、多量の黄砂が流入してきたと推察される。また、目視観測でも当日は黄砂が観測されている。第19図に当日の散乱日射照度及び直達日射照度の水平面成分の日変化を示す。散乱日射照度は、9時30分ごろから急激に大きくなり、10時00分までの30分間で200(W/m²)を越えるような大きな変動が観測されており、宮

第 6 表 福岡における 2010 年 4 月 30 日の観測 (雲・視程・大気現象) 状況

観測時刻	雲の観測	視程	黄砂の観測
03時	----	20km	----
06時	0 <sup>+</sup> Ci	20km	----
09時	----	20km	----
12時	3Cu	10km	視程10km以上の黄砂
15時	1Cu	15km	視程10km以上の黄砂
18時	1Cu, 4Ac, 3Ci	10km	視程10km以上の黄砂
21時	1Ci	15km	----



第 18 図 独立行政法人国立環境研究所の長崎県環境保健研究センター構内におけるライダー観測による偏光解消度(上)と散乱強度の時間高度断面図(下)(2010年04月29日～5月4日、図中の点線円が2010年4月30日にかけての黄砂の流入を示す)



第 19 図 福岡における 2010 年 4 月 30 日の黄砂観測事例日における日射照度の日変化（図中の赤円で囲んでいる部分が、散乱日射照度と水平面直達日射照度の比で黄砂とされる部分）

田ほか（2010b）が推測しているとおおり、黄砂観測時には、黄砂粒子による散乱のため、散乱日射照度が増加することを示しているとみられる。

黄砂の散乱日射への影響を詳しくみるため、当日の散乱日射照度の日変化について調査を行った。ここでは、散乱日射の日変化の影響を除くため、水平な地表面に入射する直達日射照度（水平面成分）との比を取り、この値の時系列変化を調査した（第 19 図）。このことにより、散乱日射の時間変化に依らず、大気中の黄砂による散乱の大きさの変化をみるのが可能となる。図中の赤円で示している 9 時～12 時の間は、散乱日射照度 / 水平面直達日射照度の値が大きくなっており、大気中の黄砂粒子での散乱によるものと推察される。この散乱日射照度の変動の性質を利用することにより、快晴時に近い状態において高濃度の黄砂が流入する場合には、黄砂現象を判断する補助資料として、散乱日射照度データが利用可能であると考えられる。ただし、上空に雲がある場合には、雲による散乱によっても散乱日射照度が増えるため、散乱日射照度全体に占める黄砂粒子による散乱の情報は相対的に小さくなり、散乱日射照度から黄砂の流入を判断するのは難しい。今後は、黄砂流入の判断基準をどのようにすればよいかを検討するため、事例を蓄積して更なる調査を行う。

## 6. まとめ

精密日射放射観測装置が設置されて約 2 年間の短い調査期間であったが、晴天時や視程障害時な

どにおいて、精密な日射放射観測値の振る舞いに変化傾向が見られることがわかった。本調査では、日射放射の長期変化を把握することを目的とされる精密な日射放射観測装置の観測値を用いて、短期的な事象について事例を紹介したが、個々の身近な事象について、比較・解析を行うことにより関連性が明らかとなる可能性があることがわかった。調査結果として、年変化については、緯度が低いほど下向き赤外放射照度が大きくなる傾向が見られ、日変化としては、直達日射照度・散乱日射照度の観測値には放物線を描くような傾向があることや、直達日射照度の日最大値は夏よりも冬の方が大きいことが挙げられた。このことから、日中においては、煙霧や黄砂の事例から直達日射照度や散乱日射照度の観測値により大気中に含まれる微粒子量の変動を見ることができると考えられ、散乱日射照度においては顕著な黄砂流入時において、観測データに顕著な変動が見られたことから目視による黄砂の観測の有効な補助資料として利用できる可能性がある。次に、大気中の雲や水蒸気・気温の関連性を見てみると、観測される各放射照度の値に変化がみられ、下向き赤外放射照度と気温の間には有意な関係が見られたことから、特に、夜間においては下向き赤外放射照度の変化量を見ることにより雲量の変化など気象観測への応用ができる可能性があると思われる。また、下向き赤外放射照度は大気中の水蒸気量に少なからず影響を受けるような傾向が見られたが、詳細な関係については、観測事例が少ないことから観測データや事例を蓄積し、GPS 可降水量などとも比較を行なう調査を深めるなど、引き続き調査・検討を行っていきたい。

## 謝辞

気象庁地球環境・海洋部環境気象管理官の大河原調査官には、論文の内容や構成について指導を頂きました。ライダー観測図については、独立行政法人国立環境研究所の Lidar Home Page (<http://www.nies.go.jp/>) から引用させていただきました。また、本稿の作成にあたり多くの皆様から助言・指導等を頂いたことを深く感謝致します。

参 考 文 献

- 気象庁, 2010: 日射放射観測指針.
- 気象庁地球環境・海洋部環境気象管理官, 2012: 新しい日射放射観測の開始について. 測候時報第 79 巻第 1-2 合併号
- 国立環境研究所: LidarHomePage (<http://www.nies.go.jp/>)
- 宮田 和孝・立石 成行・新恵 正信・格内 達雄, 2010a: 精密日射放射観測装置による観測の紹介. 平成 22 年度福岡管区気象研究会誌
- 宮田 和孝・立石 成行・新恵 正信・格内 達雄, 2010b: 福岡の日射放射と黄砂・SPM・Ox. 平成 22 年度福岡管区気象研究会誌
- 宮田 和孝・蛇嶋 成一, 2011: 視程障害時における日射放射観測データの特徴について. 平成 23 年度福岡管区気象研究会誌