

1. はじめに

近年日本において、東アジアの経済発展に伴い産業活動などによって発生した汚染物質による大気汚染が深刻になってきている。なかでも、PM2.5 と呼ばれる粒径が $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質の大気中での濃度と疾患率や死亡率との間に相関があることが明らかになっている。粒径が非常に小さいため人体に簡単に侵入でき、呼吸器系や循環器系への影響が懸念されている。これに対して効果的かつ迅速な対策を講じるにあたって、大気中に飛来している微小粒子状物質の現況を把握することは重要である。本研究ではリモートセンシングを用いた大気中の PM2.5 の浮遊分布の把握と大気拡散モデルを用いた大気媒体中での動態把握を行い、リスクの定量化を図ることを目的とする。

2. 方法

大気汚染物質の現況把握には MODIS から得られるデータを用いてエアロゾル協調と水分指数を推定することにより行う。大気汚染物質エアロゾルの可視バンド反射率の特性として波長の長さと反射率は負の相関関係にある。特性は大気汚染物質の濃度が高いほど顕著にでる。これから 2 つの異なる波長帯の反射率の差分により大気汚染物質の抽出は可能となる。

2-1. エアロゾル強調 (AE)

大気汚染物質の可視反射率指数をエアロゾル強調として算出する。エアロゾル強調は MODIS バンド 3 ($0.469\mu\text{m}$) とバンド 1 (0.645) の反射率から算出する。

$$AE = 2.0 * B3 - (B1 - C_m) \quad (1)$$

ここで、B1 と B2 は MODIS バンド 1 とバンド 3 の反射率を示す。C_m は B1 と B3 の違いを最小限に補正するオフセットである。

2-2. 水分指数 (WI)

水分指数は層の厚い雲、巻雲、地表面水蒸気量、雪氷を示す指数の合成で作成する。

$$TCI = -1.0 / (290 - 265) * BT32 + 11.6 \quad (2)$$

$$AVI = BT31 - BT32 \quad (3)$$

$$NDWI = (B2 - B5) / (B2 + B5) \quad (4)$$

$$NDSI = (B4 - B7) / (B4 + B7) \quad (5)$$

$$wi_{TCI} = TCI \quad (6)$$

$$wi_{AVI} = -1.0 / (\exp(0.08 * BT31 - 23.2) + 1.0) * AVI \quad (7)$$

$$wi_{NDWI} = 1.8 * NDWI * landmask \quad (8)$$

$$wi_{NDSI} = 1.2 * NDSI * landmask \quad (9)$$

ここで、B2, B4, B5, B7 は、それぞれ MODIS バンド 2 ($0.865\mu\text{m}$)、4 ($0.555\mu\text{m}$)、5 ($1.240\mu\text{m}$)、7 ($2.13\mu\text{m}$) の反射率である。また、BT31, BT32 は MODIS バンド 31 ($11\mu\text{m}$) とバンド 32 ($12\mu\text{m}$) の観測輝度温度である。landmask は陸域マスクを意味し、陸域では 1、海域では 0 を示す。

2-3. 疑似カラー画像

AE と WI の画像を作成後、この 2 画像による疑似カラー画像を作成する。RGB カラー合成において、R と G に AE を、B プレーンに WI に適用して疑似カラー画像を作成する。

2-4. 大気拡散モデル

評価シナリオに基づいて決めた排出量及び、評価対象時間、気象情報から大気中の拡散による広がり、沈着および分解による濃度の減少量から濃度を算出する。用いた理論式を以下に示す。

Puff model

$$c_0 = \int_0^T \frac{q}{2\pi h \sigma_y^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_y^2}\right) dt \quad (10)$$

Plume model

$$c_0 = \frac{q}{\sqrt{2\pi} \sigma_y^2 U h} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (11)$$

風速高度補正のべき乗則

$$U_s = U_{ref} \left(\frac{h_s}{Z_{ref}}\right)^p \quad (12)$$

表-1 べき乗則の指数 p

Atmospheric stability	A	B	C	D	D	E	F
Suburbs	0.07	0.07	0.1	0.15	0.15	0.35	0.55
Urban	0.15	0.15	0.2	0.25	0.25	0.3	0.3

分解及び、沈着量の評価

光分解

$$C_t = C_0 \exp(-k_d * t) \quad (13)$$

沈着

$$k_{dry} = \frac{V_d}{h} \quad (14)$$

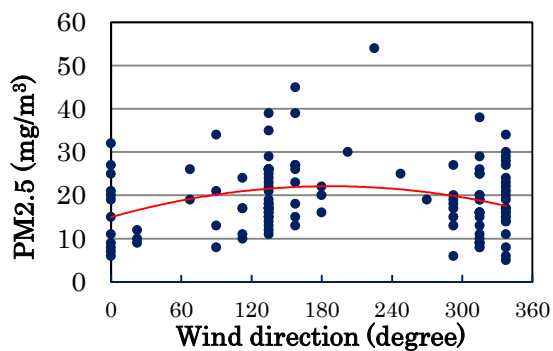


図-1 風向と PM2.5 の濃度(諫早市)

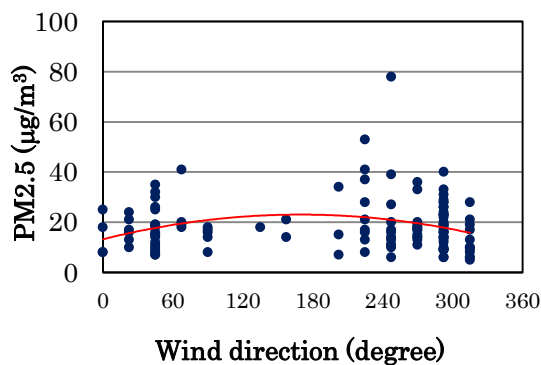


図-2 風向と PM2.5 の濃度(壱岐市)



図-3 黄砂と PM2.5 の流れ

3. 結果

PM2.5 の濃度と各地点の風向頻度の結果を図-1, 図-2 に示す. 長崎県内にける PM2.5 の濃度は南西風が吹いているときに最大値を示す傾向があるとわかる. 輸送されてくる頻度が多い. このことから九州地方に飛来してくる PM2.5 は主に上海方面で発生したものの可能性が高いといえる. したがって, 北京方面の黄砂による PM2.5 の寄与は低い.

4. 考察

PM2.5 の長崎への飛来は, 二つの大きな流れがあることがわかる. すなわち, 上海方面と北京方面の黄砂による流れである. 上海方面の PM2.5 は炭素質であり, 北京方面の PM2.5 は砂質である. この担体の違いが長崎に飛来する PM2.5 の濃度に影響を与えている可能性がある.

5. 結論

長崎に飛来する PM2.5 の挙動をリモートセンシングと大気拡散モデルによって, 考察した. 以下の結論に達した.

- (1) PM2.5 の飛来は 2 つの大きな流れがあり, 北京と上海方面からのもので長崎では後者の割合が多い.
- (2) PM2.5 の飛来の二つの大きな流れを規定しているのは, 担体の違いに関係していると考えられる. すなわち, 砂質と炭素質の物理的特性の差が寄与している.

参考文献

- 1) 中西準子他, 大気拡散から暴露まで, 丸善, 2007.
- 2) 環境省
<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html>
- 3) 気象庁
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>