



気象研究所における大気エアロゾルの観測的および数値的研究

梶野瑞王(※1)、足立光司、川端康弘、五十嵐康人、財前祐二(※2)

気象庁気象研究所環境・応用気象研究部第4研究室(※1)、予報研究部第4研究室(※2)



はじめに

大気エアロゾルは、様々な化学物質を運ぶキャリアとして環境や健康に影響し、またそれ自身が持つ物理特性（粒径、吸湿性、光学特性）により、気候に対して影響を及ぼしている。

気象研究所では、観測や数値シミュレーションを活用して、大気エアロゾルの微視的な特性と、巨視的な影響に関する研究を行っている。大気エアロゾルは太陽放射を遮ることで地球を冷やす効果、また太陽放射を吸収することで大気を加熱する効果がある。

特に後者においては、化石燃料等の不完全燃焼で発生するブラックカーボン（BC）の影響は最も大きく、ついでブラウンカーボン（BrC）と呼ばれる有機エアロゾルの影響も大きいと言われ、最近では数値シミュレーションにも考慮されるようになって来た。しかし、酸化鉄（ FeO_x ）の光吸収特性とその吸収量については、全く考慮されて来なかった。

手法

本研究室では主に、透過型電子顕微鏡TEMと領域気象化学モデルNHM-Chem (Kajino et al., 2012) を用いて、大気エアロゾルの環境影響に関する研究を行っている。電子顕微鏡で得られた個別粒子の粒径、化学組成、粒子形状などの特性をモデルの入力条件とすることで、広域スケールの影響を評価する。また、電子顕微鏡では大気中のすべての粒子を測定することは難しいため、バルク測定装置を併用することで、数値モデルの結果を評価している。

FeO_x に関する本研究では、バルク測定装置としてレーザー誘起白熱法によるBC測定装置（SP2）を改良して FeO_x を測定可能したものを用いて、TEMによる微視的測定と合わせて、 FeO_x の重要性を初めて定量的に示した：(1) FeO_x の質量濃度は少なくともBCの40%程度、(2) FeO_x による光吸収量は少なくともBCの4-7% (Adachi et al., 2016; Moteki et al., 2017)。その結果を受けて、本研究ではNHM-ChemにFe粒子の発生、輸送、沈着過程を実装し、領域スケールの計算を実施し、環境省による全国 $\text{PM}_{2.5}$ 一斉調査結果を用いて、Fe粒子のモデル結果を評価した。

結果と考察

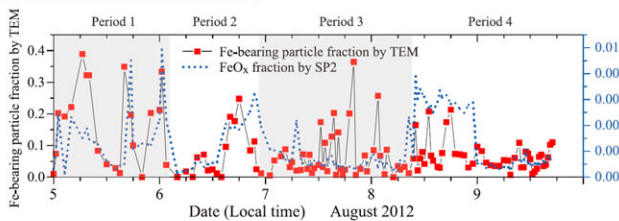


図1. 東京における FeO_x 存在量の時系列 (Adachi et al., 2016)

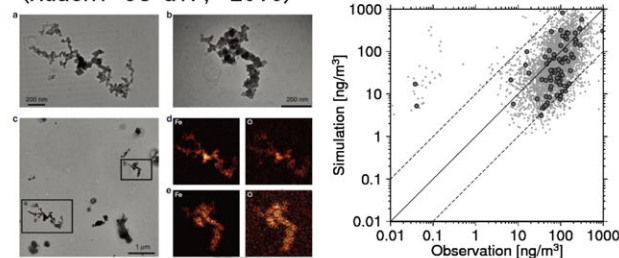


図2. FeO_x 粒子の例 (Adachi et al., 2016)

$\text{PM}_{2.5}\text{-Fe conc [ng/m}^3\text{] at 00Z01JAN2017}$

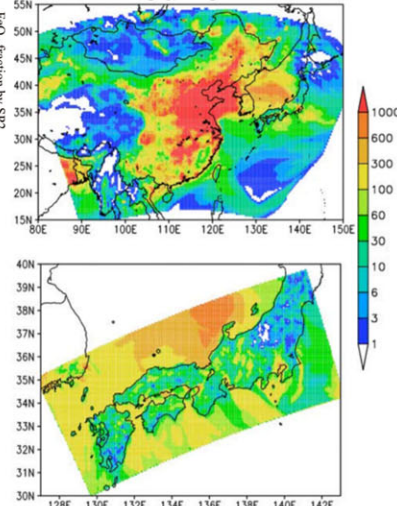


図3. Fe粒子の計算結果例

図4. Fe粒子の計算結果と観測結果の比較散布図

図1は、TEMとSP2による東京における FeO_x の時系列図である。バルク測定と個別粒子分析の変動が一致することから、図2に示されたようなTEMで発見された個別粒子特性（凝集体形状）の代表性が保証される。

図3にNHM-ChemによるFe粒子の計算結果を示す。図3上のように、まず高気圧や前線に伴う広域スケールの輸送を水平解像度30 kmで計算し、その結果を側面境界条件としながら図3下のように、国内スケールの発生・輸送現象を6 kmで計算する。

図4は、環境省による全国一斉調査結果（灰点は116地点、4季節、2週間の日間値。黒丸は季節平均値を示す）との比較散布図である。モデルはファクター10の精度（1桁以内の誤差）で観測結果を再現した。

まとめ

東京におけるTEMとSP2の併用研究で、これまで考慮されて来なかった光吸収エアロゾルとしての FeO_x 粒子の重要性が初めて明らかになった。

それを受けて、東アジアおよび国内におけるFe粒子の数値モデルを開発し、その予測精度を検証した。

今後、モデルの精度向上を通して、BC、BrC、 FeO_x による大気加熱率とその影響を面的に評価する。

なお、TEMの解析結果データベースは外部公開されている (<http://metemadb.kir.jp>)。NHM-Chemもまた研究目的に限り外部利用が可能である (http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ap/nhmchem_model/application.html)。

謝辞

本研究は、気象研究所重点課題研究C3、(独)環境再生保全機構環境研究総合推進費(5-1605, 2-1403, 2-1703, S-12)、日本学術振興会科学研究費補助金(15H02811, 15K16121)の支援を受けています。

参考文献

- Kajino et al. (2012) *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 11833-11856.
- Adachi et al. (2016) Mixing states of light-absorbing particles measured using a transmission electron microscope and a single-particle soot photometer in Tokyo, Japan, *J. Geophys. Res.*, 121, 9153-9164.
- Moteki et al. (2017) Anthropogenic iron oxide aerosols enhance atmospheric heating, *Nature Communications*, 8:15329.