

東アジアにおける硫黄および窒素沈着モニタリングのための乾性沈着抵抗モデルの更新

22515014 多和田 惟吹
(指導教員:松田和秀)

【背景】人為活動によって排出された大気中の窒素及び硫黄化合物は、地表面に過剰に沈着することで生物多様性の減少や生態系機能の低下の要因となる。これらの物質の生態系への沈着量を正確に評価するためには、乾性沈着量推計の精度向上が求められる。東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(以下、EANET)では、大気成分濃度の測定値と沈着速度(V_d)の推計値の積から乾性沈着量を推定する間接測定法(Inferential 法)が用いられている。Inferential 法では物質の沈着経路を電気回路に見立てた抵抗モデルが用いられるが、近年新しい知見を取り入れた抵抗モデル¹⁾が開発されており(以下、Zhang モデル)、現行のモデルと比較して季節変動の再現精度が向上している。しかし、Zhang モデルは数値モデルとして開発されたものであり、測定値を入力データとして用いる Inferential 法への適用にはいくつかの課題がある。本研究では、Zhang モデルを EANET に導入することで東アジア地域の乾性沈着量推計の精度向上に資することを目的とし、Zhang モデルの Inferential 法への適用にあたっての課題点を検討した。また、それを踏まえて Zhang モデルを改良した更新版モデルを提案し、その推計精度を解析した。

【方法】乾性沈着抵抗モデルにおいて、 V_d を求める基本式は以下の通りである。

ガス状物質: $V_d=(R_a+R_b+R_c)^{-1}$ 粒子状物質: $V_d=(R_a+V_{ds}^{-1})^{-1}+V_g$
ここで、 R_a :空気力学的抵抗、 R_b :準層流抵抗、 R_c :表面抵抗、 V_{ds} :表面沈着速度、 V_g :重力沈降速度である。本研究では、 R_a および R_b は EANET で採用されている既存のモデルを用い、粒子状物質の V_{ds} および V_g は Zhang and He(2014)²⁾のモデルを使用した。ガス状物質の R_c は Zhang et al.(2010)¹⁾を採用したが、このモデルは多様な物質の推計に対応するために R_c を構成する抵抗の一つである気孔抵抗 R_{st} に要求される気象パラメータが多く、式も複雑であるという特徴を有する。この点が Inferential 法への適用に弊害となる可能性が考えられたため、 R_{st} のみ簡略化を施し以下の式を導入した。

$$R_{st}=A(LAI_{max}/LAI)(200/(SR+0.1))^2(400/(T(40-T)))$$

ここで、 A :推計地点における最小気孔抵抗、 LAI : Leaf Area index (葉面積指数)、 LAI_{max} : LAI の年間最大値、 SR :日射量、 T :気温である。以上の構成をもって更新版乾性沈着抵抗モデルとした。この簡略化により、非常に単純な算出式で高精度な季節変動の再現が可能になった。本研究では、Zhang モデルと更新版抵抗モデルを用いて窒素(N)および硫黄(S)の乾性沈着量推計を行い、両者を比較することで更新版抵抗モデルの評価を行った。推計地点は様々な気候帯を含む国内外の8地点を選択し、それぞれ1年間または2年間推計を行った。

【結果と考察】推計に先立ち、各推計地点における最小気孔抵抗 A の値の決定方法について検討した。本研究では最小気孔抵抗は植生の種類に依存するという仮定のもと、ケッペンの気候区分を参考に A の値を定めることとし、熱帯雨林気候で $25 [s/cm]$ 、熱帯雨林気候を除く熱帯で $50 [s/cm]$ 、温帯および亜寒帯で $100 [s/cm]$ と設定した。図 1 は Zhang モデルと更新版抵抗モデルを用いて推計した FM 多摩丘陵におけるガス状物質の沈着量を示したものである。 R_{st} の簡略化による年間 $N \cdot S$ 沈着量の変化率（（更新版沈着量-Zhang 沈着量） $\times 100$ /Zhang 沈着量）は二酸化硫黄で -2.7% 、硝酸で 0.01% 、アンモニアで 4.5% と小さく、更新版モデルが Zhang モデルと同程度の精度で沈着量推計が可能であることが示された。様々な気候帯に属する他の 7 地点においても年間沈着量の変化は軽微であり、いずれの物質についても沈着量の変化率は概ね $\pm 10\%$ 程度であった。また、粒子状物質も含めた総乾性沈着量の推計に対してはモデルの更新による変化率はさらに小さくなった。以上のことから、更新版モデルを用いた生態系への沈着リスク評価は Zhang モデルとほぼ同等の結果を示すことが可能であるといえる。また、推計において入力するデータ時間分解能を引き下げた場合、沈着量が過大評価または過小評価される可能性があることが明らかになった。今後の展望としては、さらに更新版モデルを用いた推計例を蓄積し A の値の設定について精査するとともに、時間分解能の影響度について検討を進めることが求められる。

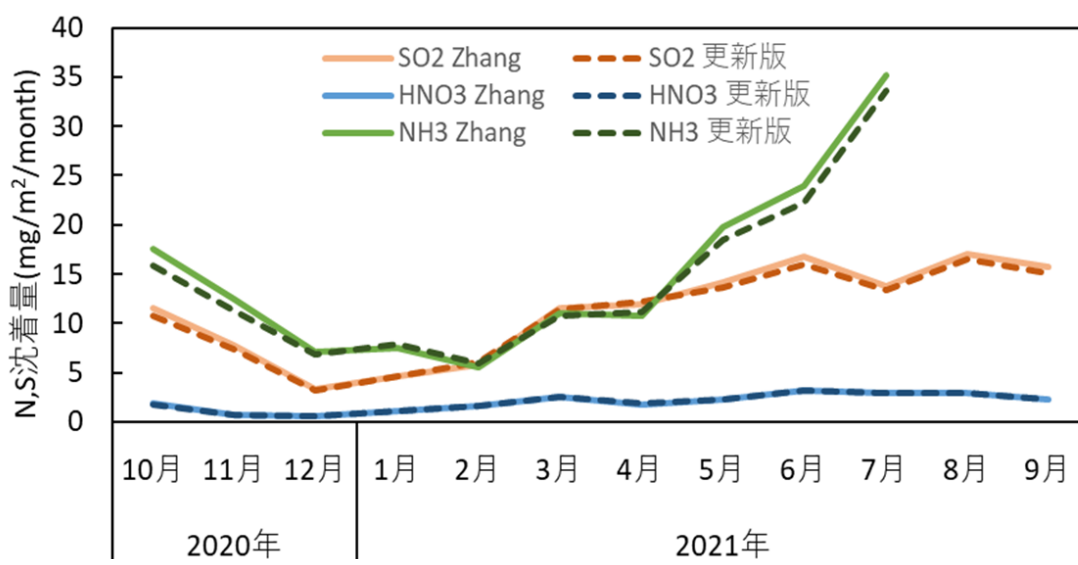


図 1. Zhang モデルと更新版モデルによる FM 多摩丘陵におけるガス状物質乾性沈着量推計の比較

【文献】

- 1) Zhang et al., Atmospheric Chemistry and Physics 3, 2067-2082 (2010)
- 2) Zhang and He, Atmospheric Chemistry and Physics 14, 3729-3737 (2014)