

国内起源の酸性物質に関する移流・拡散シミュレーションとその影響評価に関する研究

宇都宮大学工学部
宇都宮大学大学院工学研究科
宇都宮大学大学院工学研究科

○ 学生員 蛸手 春香
正会員 鈴木 善晴
正会員 長谷部 正彦

1. はじめに

1950年代以降、欧米では数々の深刻な酸性雨被害が報告され、近年でも酸性度の高い降水が各地で確認されている。酸性物質の排出を起因とする酸性雨の被害は国境を越えた多地域にまで広がるため、国際的な環境問題となっている。主な酸性物質の一つであるSO₂の放出量の推移と将来予測を図-1に示す。同図を見ると酸性雨対策が講じられてきたアメリカやヨーロッパでは排出が抑制され、対してアジアでは顕著な増加傾向がみられる。これは途上国での急速な経済成長によるものと考えられ、中でも中国では目覚ましい工業化が進み、今後は中国のみならず日本列島への越境汚染も深刻化していくことが懸念される。こうした問題に対して、東アジアを対象に大気汚染物質の長距離輸送モデルの開発と越境汚染の解析がなされてきた。

研究機関によってその解析結果にばらつきはあるが、日本列島に沈着するSO₂のうち、国内を発生源とするものは65%程度と見積もられている。また、既存研究として、渡邊ら¹⁾は中国の経済発展を考慮したSO₂の移流・拡散シミュレーションを実施し、冬季における中国起源SO₂の我が国における寄与率の算定を行っている。一般に、冬季は大陸からの風の吹き出しの影響を受けて、中国起源SO₂の寄与度が高いと考えられるが、夏季については、大陸からの影響だけではなく、国内から排出されたSO₂が大きく影響すると推察される。

そこで本研究では、渡邊らと同様に、移流・拡散モデルHYSPLIT4を用いて、夏季に沈着する国内起源のSO₂について定量的な評価を行い、温暖化や経済発展等の近年の環境変化を考慮した影響評価を実施するための新たな知見を得ることを目指す。

2. HYSPLIT4の概要

HYSPLIT4 (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Ver.4) は、Draxerら^{2),3),4)}によって開発された移流・拡散モデルで、汚染物質をパフあるいは粒子（または両者の混在したもの）と仮定しラグランジュ的に追跡することで、物質の大気中における移流・拡散・沈着の輸送過程の計算を行う。

本研究ではモデルの初期条件に用いる気象データとして、気象庁の提供する再解析GPVデータを使用した。計算領域は、緯度・経度36.00°、136.00°を中心し、20.0°×30.0°の範囲で、モデルの水平解像度は

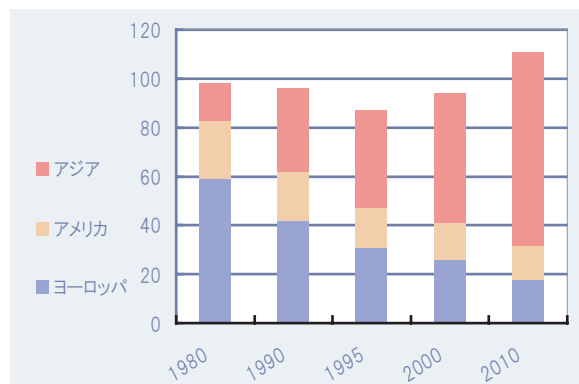


図-1 SO₂ 放出量の推移と将来予測 (100 万 t/年) (Global Environment Outlook のデータから作成)

0.10°×0.10°とした。また鉛直層は、地表面、0-500m層、500-1000m層、1000-2000m層、2000-3000m層の5層を設定した。

3. 国内起源SO₂の移流・拡散シミュレーション

国内起源のSO₂には、主に火山噴火時の地殻中硫化物の酸化や、SO₂を含む石炭・石油等の人為的な燃焼が起因している。本研究では、これら自然起源および人為起源のSO₂それぞれを対象に、夏季における移流・拡散シミュレーションを実施した。解析Iでは、自然起源のSO₂発生源として三宅島山頂を、また解析IIでは、人為起源の発生源として水島地区を選定した。期間を変えて複数のシミュレーションを行ったが、以下ではその一例として、2000年7月25日0時からの96時間の期間におけるシミュレーション結果について述べる。

(1) 解析Iのシミュレーション結果

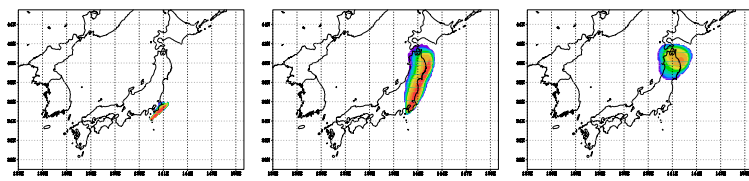
SO₂は活発な火山活動に伴い放出される高温型火山ガスの成分である。三宅島は2000年7月頃に爆発的な噴火をし大量のSO₂放出を続けている。

解析Iでは、SO₂の放出高度を山頂となる770m、放出時間を24時間とし、大気中濃度および沈着量を3時間間隔で算出した。また、噴火の際に気象庁が行ったSO₂放出量の調査結果⁵⁾を参考に、放出率を41.7t/hとした。その結果を図-2、図-4に示す。

三宅島山頂から放出されたSO₂は、北東方向へ流れ太平洋を通り一度関東をそれ、その後東北地方へと上陸し仙台・青森周辺でしばらく滞在し、96時間後にはほぼ本州を通過した形になった。

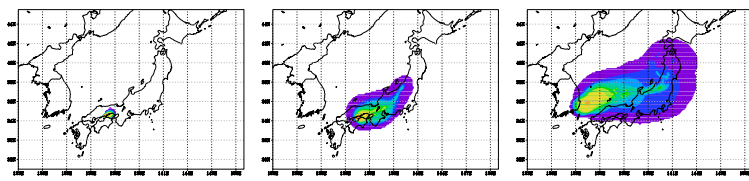
Key Words: 酸性物質, 国内起源, HYSPLIT, 環境影響評価

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6214 Fax.028-689-6213



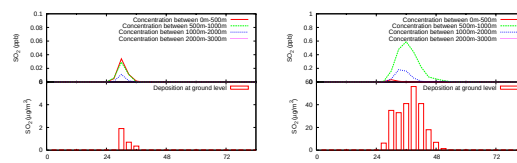
(a) 6 時間後 (b) 30 時間後 (c) 60 時間後

図-2 解析 I における SO₂ の大気中濃度分布 (0-500m 層)



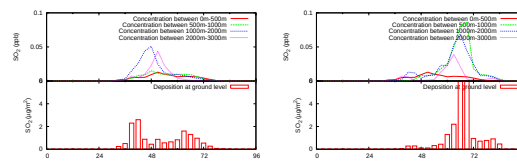
(a) 6 時間後 (b) 30 時間後 (c) 60 時間後

図-3 解析 II における SO₂ の大気中濃度分布 (0-500m 層)



(1) 宇都宮 (2) 仙台

図-4 解析 I における SO₂ の大気中濃度と沈着量の時系列変化



(1) 宇都宮 (2) 仙台

図-5 解析 II における SO₂ の大気中濃度と沈着量の時系列変化

表-1 宇都宮市および仙台市における発生源寄与率の試算結果 (%)

	解析 I (自然起源)	解析 II (人為起源)	寄与率計
宇都宮	0.048	0.093	0.141
仙台	2.660	0.324	2.984

(2) 解析 II のシミュレーション結果

瀬戸内海に面する水島地区は、人為起源 SO₂ の発生源となる電気業・石油化学工業が盛んな地である。

解析 II では、電力所・工場の稼働状況から排出率を 26.0t/h、放出高度を 100m、放出時間を 24 時間としてシミュレーションを行った。結果を図-3、図-5 に示した。

SO₂ の気塊は関西地方へと移動し、48 時間後には中部・関東・東北を覆うように広範囲に拡散されることがわかる。

(3) 発生源寄与率に関する試算

解析 I・II における、三宅島と水島地区から放出された SO₂ について、宇都宮市と仙台市の大気環境に与える影響（発生源寄与率）の試算を行った。

まず図-4 に示す大気中濃度より、宇都宮では平均濃度は 0.002ppb と算出される。国立環境研究所の「環境数値データ」⁶⁾によると、宇都宮における大気中濃度の観測値は 4.4ppb であることから、解析 I で三宅島から輸送された SO₂ の宇都宮での寄与率は $0.002/4.4=0.00048$ で約 0.048 % と推定される。ここで同データから仙台市では観測値が 3.3ppb であることから、仙台市についても同様の計算を行った。さらに解析 II も含めた算出結果を表-1 に示す。

解析 I・II からは宇都宮市と仙台市における発生源寄与率がともに 3 % 以内という非常に小さな値となった。これは、今回は解析期間や放出地点が暫定的なものであり、また放出時間を 24 時間としたが、実際には火山噴火や工場排出に伴い継続的な放出が行わ

れていることにより、過小評価されたためだと考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、HYSPLIT4 を用いた移流・拡散シミュレーションにより、日本国内の SO₂ の移流・拡散・沈着の一連の輸送過程について検討した。具体的には、夏季における国内起源の SO₂ 発生源として三宅島と水島地区を選定し解析を行い、自然起源と人為起源の影響について定量的に評価した。

今後の課題として、今回は自然・人為発生源に対して各一事例のみで行った解析の結果であるので、複数の事例でシミュレーションを行い統計的に評価をし、移流・拡散の傾向について把握することが挙げられる。さらに、実際には長期的な継続した放出が行われていることや、24 時間一定の放出率ではないこと等も計算中に考慮することで、現状に近づけた設定でのシミュレーションを行う予定である。

参考文献

- 1) 渡邊宗一郎，長谷部正彦，鈴木善晴：中国起源の酸性物質に関する移流拡散シミュレーションとその我が国への影響，水工学論文集，pp.235-240，2009。
- 2) Draxler, R. R. and A. D. Taylor : Horizontal dispersion parameters for long-range transport modeling, J. Appl. Meteorol., 21, 367-372, 1982.
- 3) Draxler, R. R. : Hybrid single-particle Lagrangian integrated trajectories (HY-SPLIT) Version3.0 User's guide and model description, NOAA Tech. Memo. ERL ARL-195, 1992.
- 4) Draxler, R. R. and G. D. Hess : Description of the HYSPLIT4 MODELING SYSTEM, NOAA Tech. Memo. ERL ARL-224, 2004.
- 5) 気象庁ホームページ，気象統計情報。
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/menu/report.html>
- 6) 国立環境研究所ホームページ，環境数値データベース。
<http://www.nies.go.jp/igreen/index.html>