

北海道大学工学部衛生工学科 ○村尾直人、太田幸雄

山梨大学工学部電子情報工学科 片谷教孝

富士通エフ・アイビー株式会社 佐々木啓聡

1. はじめに

東アジア地域では現在までに酸性雨による甚大な被害は認められていないが、同地域の酸性雨関連物質の発生量や降水のpH値は、大きな被害が認められている欧米とほぼ同程度となっていることが指摘されている。一方、日本における観測結果からは、冬期の日本海側地域でみられる雨水や雪の酸性化現象に近隣諸国の発生源からの寄与が大きいことが示唆されており^{1)・2)}、将来の近隣諸国の産業化に伴う酸性物質の排出量の増加が日本各地の酸性物質沈着量にどのような影響を与えるかが懸念されている。中国から日本への物質輸送は以前より黄砂現象等によりよく知られているが、酸性雨のような大気汚染問題に対しては定量的な評価が不可欠である。また、東アジア地域には硫黄酸化物の自然発生源として活発な活動をしている火山があり、この地域の酸性雨現象に対してより有効な対策を行うためには地域別の発生源別寄与を正確に求める必要がある。

以上のような課題に取り組む目的で、筆者らはこれまでに東アジア地域を対象とした長距離輸送（酸性雨）モデルの開発を行い、同地域での酸性雨現象の特色を明らかにしてきた³⁾。本研究では、日本各地で観測される硫黄酸化物の沈着量に対する各種発生源（国外発生源、国内発生源、火山）の寄与を求め、日本および東アジア地域における硫黄酸化物の収支、すなわち、硫黄酸化物の発生量、沈着量および対象地域への流入・流出量を明らかにすることを目的とした。

2. 計算方法

2. 1 主要定数の感度解析

モデルで使用する種々の取り扱いが沈着量計算結果に与える影響を調べるため、感度解析を行った。計算対象期間は1988年2月とし、沈着に関する定数（乾性沈着速度、洗浄比）、輸送に関する定数（水平方向拡散係数）、変換に関する定数（反応速度）に加えて、降水に関する設定（高度分布、海上の降水量の推定）が計算結果に与える影響について検討を行った。

2. 2 計算結果の評価

環境庁による酸性雨対策調査⁴⁾の実測値（ろ過式採取器による非海塩性 SO_4^{2-} 沈着量）と測定地点があるメッシュの計算値（ SO_4^{2-} の湿性・乾性沈着量＋ SO_2 の湿性沈着量）を用いて計算結果の評価を行った。また、計算対象期間に雪採取器を用いている地点については、全沈着量（さらに SO_2 乾性沈着量を加えたもの）を実測値と比較する計算値として用いた。

2. 3 発生源別寄与

我が国各地の酸性物質沈着量に及ぼす各種発生源の寄与を見積もるため、発生源別の計算を行った。計算は1988年2月を対象として、① すべての発生源を含む計算、② 火山からの排出を取り除いた計算、③ 国外発生源および火山からの排出を取り除いた計算、を行い、それぞれの計算結果の差から各発生源（国外発生源、国内発生源、火山）の寄与を日本各地について試算した。寄与を算出する計算方法に関しては幾種類かの組み合わせを試みたが結果に大きな差は見られなかった。しかし沈着量は各種発生源の排出量に対して線形ではないため、結果はおおまかな見積もりとして解釈すべきと考えられる。

3. 計算結果および考察

3. 1 主要定数の感度解析結果

- ① 標準的な文献値を用いた「基本条件」の計算値は全般に実測値を下回っており、ほとんどの地点で計算値は実測値の 1/2~1/5 になった。この原因は、海上の降水量を陸上の値から推定したために、海への沈着量が実際より大きく評価されたためと考えられる。
- ② 総沈着量に対する乾性沈着速度、水平方向の拡散係数、反応速度の感度は比較的小さい。
- ③ 降水に関する設定（海上の雨の設定、洗浄比）が計算結果に与える影響はきわめて大きい。特にモデルが対象とする東アジア地域内の海上の降水量は、日本に到達する汚染物質の長距離輸送量を大きく支配しており、東アジア地域を対象とするモデルではその適切な設定が最も重要である。

実測値との比較では、海上の降水量をゼロにし藤田らの乾性沈着速度⁵⁾を用いた場合に計算値が実測値と最も近い値となった。この条件での沈着量分布図をみると、乾性沈着量は関東～中京～京阪神～瀬戸内で高い分布を、湿性沈着量は日本海側の陸上に高い分布を示しており、 SO_2 は乾性沈着、 SO_4^{2-} は湿性沈着が卓越している。海上の雨を無視することは非現実的ではあるが、冬期に限れば基本条件よりも現実に近いと考えられ、また計算値と実測値は比較的良好に一致していることから、以下の解析では海上の雨をなしと仮定し乾性沈着速度として藤田らの値を用いたものを使用した。

3. 2 各種発生源の寄与

3. 2. 1 国内発生源、桜島の影響

1988年2月、4月について、日本各地の沈着量計算結果に対する各種発生源の寄与を図1、2に示した。この期間では太平洋側の諸都市での沈着量は小さいが、仙台、武蔵野、名古屋、大阪などの大都市近郊で国内発生源の寄与が大きい。桜島の影響については前回の報告³⁾に等しい。すなわち冬期においては、季節風によって噴煙がほとんど太平洋に輸送されるため、桜島からの SO_2 排出の影響は、いずれの地点においても小さいが、春期のように頻繁に高低気圧が通過する時期には桜島の噴煙は本邦上空を通過することが多く、その結果、桜島に由来する沈着量が名古屋、大阪、広島、高知で20%を上まわる。

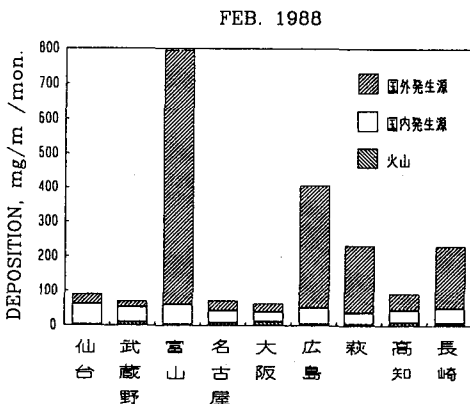


図1 日本各地の沈着量と各種発生源の寄与 (1988年2月)

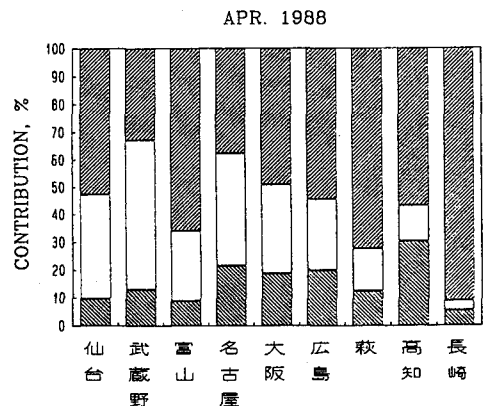


図2 日本各地の沈着量と各種発生源の寄与 (1988年4月)

下から火山、国内、国外発生源

3. 2. 2 海外発生源の影響

2月において、国外発生源の寄与が富山、秋、広島、長崎で70%以上の大きな値となった

(図1)。冬期の日本海側の酸性沈着に海外発生源の影響が大きいことは観測からも示されてきているが、寄与割合に関するこれらの結果に、関しても今後観測結果による十分な検証が必要と思われる。また、将来の経済発展に伴う排出量増加の影響を予測する目的で、国外発生源からの排出量が2割増加した場合の日本各地の沈着量の増加割合を求めた(図3)。この結果においても日本海側の地点での沈着量増加が大きく、特に北陸では15%の増加となっている。この地域では海外発生源の増加にほぼ等しい沈着量の増加があると考えられる。逆に太平洋側での増加は5%以下でその影響が小さいことがわかる。中国におけるSO₂排出量の増加率は年5~6%と推定されており⁶⁾、将来我が国の大気環境に大きな影響を及ぼすことが心配される。

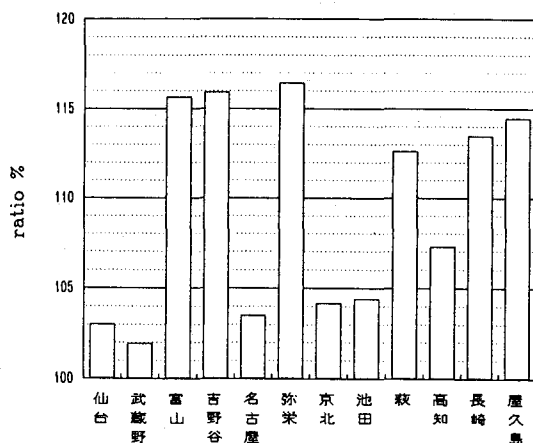


図3 国外発生源からの排出量が20%増加した場合の日本各地の沈着量の増加(%)

3. 3 日本域での硫黄酸化物の収支推定

モデル対象領域中の日本域(129E~142E, 30N~39N)における硫黄酸化物の収支推定を行った。算出した項目は、移流による流入・流出量、排出量(人為・火山)および沈着量である。表2に1988年2月、4月、7月に対する計算結果を示す。これらの結果によれば、アジア大陸からの流入量と太平洋側への流出量はいずれの月もほぼ等しく、見かけ上アジア大陸の発生源による寄与はないが、火山から排出される9万トンの多くは太平洋側への流出量となること等からみて、相当量が本邦地域で入れ代わっていると考えられる。また表より次の3点を指摘できる。すなわち、第一に、大陸からの汚染物質の流入は年間を通じてあり、降水量の分布・季節変動によってその影響が冬期の日本海側に特に強く見られると考えられること、第二に、本邦地域での沈着と排出によって、いずれの月においても流入量とほぼ同量が太平洋に流出していること、第三に、大陸からの流入は高低気圧の通過が多い春期に最も大きい値となっていることである。

表2 硫黄酸化物の月間物質収支(万トン・SO₂)

	2月	4月	7月
流入量	17	40	11
流出量	19	45	14
沈着量	9	14	13
発生量(火山)	8	9	9
発生量(人為)	9	10	10

- 引用文献 ¹⁾ 大泉ら(1990)、第31回大気汚染学会講演要旨集、424。
²⁾ 原ら(1990)、第31回大気汚染学会講演要旨集、431。
³⁾ 村尾ら(1992)、第28回衛生工学研究討論会講演集(自由投稿部門)、49。
⁴⁾ 酸性雨対策検討会大気分科会(1990)、酸性雨対策調査報告書
⁵⁾ 藤田ら(1990)、大気汚染学会誌、25(5)、343-353
⁶⁾ 科学技術庁科学技術政策研究所編(1992)、アジアのエネルギー利用と地球環境