

気象が重要な役割を占める。そのためには雲物理過程を考慮する必要がある、広い計算領域を有する酸性沈着モデルの中で気象学的な雲物理過程と大気汚染質の雲における振舞との相互関係をどう取り入れて行くかが今後の問題として残されている。

参 考 文 献

- Eliassen, A., Ø. Hov, I. S. A. Isaksen, J. Saltbones and S. Stordal, 1982: A Lagrangian long-range transport model with atmospheric boundary layer chemistry, *J. Appl. Met.*, **21**, 1645-1661.
- Ellenton, G., B. Ley and P. K. Misra, 1985: A trajectory puff model of sulfur transport for Eastern North America, *Atmos. Environ.*, **19**, 727-737.
- Flossmann, A. I., 1991: The scavenging of two different types of marine aerosol particles calculated using a two-dimensional detailed cloud model, *Tellus*, **43B**, 301-321.
- Hegg, D. A., S. A. Rutledge and P. V. Hobbs, 1984: A numerical model for sulfur chemistry in warm-frontal rainbands, *J. Geophys. Res.*, **89**, D 5, 7133-7147.
- 加藤信夫, 小川芳樹, 小池俊也, 坂本保, 坂本進, 1991:

アジア地域のエネルギー消費構造と地球環境影響物質 (SO_x, NO_x, CO₂) 排出量の動態分析, NISTEP REPORT No. 21.

- Kimura, F. and T. Yoshikawa, 1988: Numerical simulation of global scale dispersion of radioactive pollutants from the accident at the Chernobyl nuclear power plant, *J. Met. Soc. Japan*, **66**, 489-495.
- Rolph, G. D., R. R. Draxler and R. G. de Pena, 1993: The use of model-derived and observed precipitation in long term sulfur concentration and deposition modeling, *Atmos. Environ.*, **27A**, 2017-2037.
- Shin, Woo-Chul and G. R. Carmichael, 1992: Analysis of wet deposition in the eastern United States, *Atmos. Environ.*, **26A**, 465-584.
- 巽 保夫, 1983: 10層アジア地区ファインメッシュモデル, 気象庁電子計算室報告 No. 29, 45-93.
- Venkatram, A., B. E. Lay and S. W. Wong, 1982: A statistical model to estimate long term concentration of pollutants associated with long-range transport, *Atmos. Environ.*, **16**, 249-257.
- Zlatev, Z., J. Christensen and Ø. Hov, 1992: A Eulerian air pollution model for Europe with nonlinear chemistry, *J. Atmos. Chem.*, **15**, 1-37.

討 論

各演者に対する質問と総合討論を事務局でとりまとめました。

1. 原氏に対して

木村 (東北大学理学部):

酸性雨に乾性沈着まで含めなければならないのはどうしてか。乾性沈着は気象学的には降水とは関係ない。広域大気汚染という用語があるのだから、「酸性雨」に色々な現象を含める必要はないのでは?

原:

現在「酸性雨」という言葉で語られている現象を説明していくと、「雨」だけでは不十分になる。むしろ、「大気の酸性化」と呼びたい。

佐橋 (岡山大学教育学部):

酸性雨の定義について、原氏はより広い意味に取ろうとしておられるが、それはアカデミックな意味からというよりは、社会問題と

して酸性雨が取り上げられる場合に問題の矮小化を避けるためか?例えば、湿性沈着だけを酸性雨と言うと、どこが困るのか?

原:

雨が酸性化することと「酸性雨」は、少し違うことを申し上げたい。環境問題を考えると、どうしても影響を考えなくてはならない。その意味で「酸性雨」は象徴的に使われている言葉であると理解する。そうだとすると、しかし、「雨」だけでは抜け落とす部分が大きすぎると考える。

岡本 (東洋学園大学文学部):

この問題には化学的な立場だけでなく社会的・倫理的な立場が入ってくると思う。即ち、pH 5.6 は自然量なので、それを悪化させる人間活動の部分が問題で、それは人間が責任を負うべきだということ、やはり pH 5.6 で切るべきではないか?

原：

結論から言うと、やはり pH で切るのは問題である。環境に対する影響は pH だけでは決まらない。同じ pH の降水でも、そこに含まれる化学成分濃度が10倍以上違うこともある。pH いくつの雨が降ると言うより、例えば、どのくらいの硫酸イオンが環境に付加されるか、最近ヨーロッパで出てきたものであるが、いわゆる臨界負荷量 (critical load) という概念が必要になる。

藤田 (司会)：

司会者からの質問ですが、水素イオンの沈着量についての閾値というのは提案されているか？

原：

臨界負荷量にもいろいろあって、例えば、水生生物への影響を見る場合と土壌への影響を見る場合で違う。土壌の場合は、それぞれの土壌のアルミニウムの溶出しやすさなどのセンシビティで異なる。対策としてはどこかで決めなければならないが、あまり厳密には決めにくい。したがって、pH が下がれば酸性雨であるという言い方が、pH 5.6 以下は酸性雨であると言うよりは、ある意味で正しいと思う。

大和 (群馬大学教育学部)：

二酸化炭素が経年的に増加しているが、酸性雨の pH 5.64 という基準は変わらないか？また二酸化炭素濃度の地域差は無視できるか？降水の炭酸イオン濃度は分析しなくて良いか？

原：

酸性雨の基準については、そのように降水の pH を用いることが無意味であると申し上げたい。ナチュラルな降水でも酸やアルカリを含んでおり、二酸化炭素と平衡にある蒸留水の pH 5.64 は基準にならないと考えている。降水の炭酸イオン濃度については、pH 5 程度の降水では硫酸イオン、硝酸イオンなどの強酸イオンが存在するため、炭酸イオン濃度が極めて低く無視できる。

土器屋 (気象大学校)：

つけ加えるが、600 ppm の二酸化炭素と平衡にある蒸留水の pH を計算するとおよそ pH

5.56 になり、蒸留水に関しても殆ど問題にならない。

2. 井川氏に対して

横山 (千葉県大気保全課)：

1960-70年代の方が、現在よりもはるかに SO_2 濃度が高かったが、樹木の立ち枯れはあまりなかったと思う。現在 SO_2 濃度がかなり下がっているのに、立ち枯れが顕在化しているのは何故か？

井川：

酸性霧の組成から見ると、硝酸イオン濃度が一番高い。ついで、塩化水素、硫酸濃度という順になる場合が関東地方では多く見られる。この原因は、大気中の SO_2 濃度は下がったが、 NO_x 濃度が上がったためではないかと考えられる。最近になって酸性の高い霧が必ずしも増えてきたわけではなく、霧の酸性成分の組成が変化してきたことが、森林衰退に影響している可能性がある。

河村 (都立大学理学部)：

モミの鉢植えが枯れた件について、噴霧した霧 (pH 3, pH 5) は、天然の霧試料か標準試料か。葉のクチクラ層を破壊する化学成分として何を考えるか？水素イオンか、他の化学種か？

井川：

噴霧した霧は、 NaCl 、 NaNO_3 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ をそれぞれ 1 meq/l 含む人工的な霧である。クチクラ層を破壊する成分は、よく分かっているが、水素イオンが最も効いていると考えている。pH 3 の霧を噴霧したとき、逆に木の生長が認められたが、それは初期の段階のみである。植物の先端の新芽の柔らかい部分から枯れてくる。

牛山 (信州大学農学部)：

以前、手持ちの測器で降水の pH を測定したことがあったが、集水器を清浄しておかないとデータのばらつきが目立つように思われた。現行の測器でのデータのばらつきは、どのくらいと考えればよいか？

井川：

集水器部にフィルターを付けるなど、環境庁の示した手法を用いれば、ほぼコンスタントな

値が得られると考えている。しかし、実際の降水時に採取したものと一定期間放置したものの（環境庁の濾過式サンプラー）を比較すると、pH 0.1~0.2 程度のばらつきがあるとの報告もある。

3. 佐藤氏に対して

石川（京都大学防災研究所）：

今日の話は硫酸イオンの話が主であったが、硝酸イオンを対象とすると長距離輸送の過程での gas phase の chemistry を考慮する必要があると思われるが、どの程度考慮しているのか。また、Lagrangian model でどうやって化学変化を考慮するのか。Eulerian model の方がいいのではないか？

佐藤：

Lagrangian particle を使っているので化学

反応は考えていない。硫黄酸化物の場合は、 SO_2 と SO_4^{2-} への変換速度だけを考慮している。反応式が入った輸送モデルは Lagrangian model では難しいと思う。

前田（資源環境研究所）：

モデルを最初アメリカでチューニングしてから東アジアに適用したということだが、東アジアにそのまま適用したのか？

佐藤：

アメリカの場合に、湿性沈着量を過小評価したのは、気象モデルで降らせる雨の閾値が 0.5 mm/h だったからで、アメダス・データとアジア地域との比較をして、閾値を 0.1 mm/h にチューニングして東アジアに適用した。乾性沈着速度は、地表面が陸地か海洋かで分けてある。 SO_2 から SO_4^{2-} の変換速度については全域一律にやっている。