

東アジア地域を対象としたトラジェクトリー型モデルによる硫酸イオンの湿性沈着の解析

市川陽一*・藤田慎一**・池田有光***

東アジア地域を対象に硫酸化合物の長距離輸送モデルを開発し、わが国の硫酸イオンの湿性沈着量を予測した。予測結果は、国内21箇所で1年間を通して測定した降水成分や降水量のデータをもとに検討された。観測データから評価した湿性沈着量0.29 Tg/年[S換算] ($T_g=10^{12}g$) に対して、輸送モデルの結果は0.22 Tg/年[S換算]であった。長距離輸送モデルによって観測値の80%近くを評価できた。わが国の火山から排出されるSO₂の寄与は、日本全域で年間について見ると約20%であった。

Key Words : acid rain, sulfur oxides, East Asia, wet deposition, long-range transport model

1. 緒言

酸性雨は、欧州、北米においては既に1960年代から70年代にかけて大きな社会、環境問題となっていた。そして、現在、経済成長、人口増加にともなう大気汚染物質の増大を懸念して、第3の地域としてアジアが注目されている。

大気中に排出された汚染物質は、風によって輸送されるとともに、その過程で拡散、変質、除去される。酸性物質の影響を考える場合、発生源から500 km以上の長距離にわたって、上記の各機構を解析する必要がある。大気汚染物質の長距離輸送を解析するモデルは、1970年代～80年代に欧州、北米を対象に数多く提案された。欧米を対象に開発されたモデルについては、池田¹⁾、岡本ら²⁾によって紹介されている。1990年代になると、アジアを対象に酸性物質の長距離輸送を解析する動きが見られるようになってきた^{3)～5)}。しかし、それらの解析対象期間やモデルの予測精度を検討する地域は限定されている。これまでのところ、年間を通してわが国全域におよぶ酸性物質の沈着を解析したり、長距離輸送モデルで予測した沈着量の精度を評価した事例はない。

本研究では、東アジア地域を対象に硫酸化合物の長距離輸送モデルを開発し、国内21カ所で1年間を通して測定した降水成分や降水量のデータをもとに、モデルの予測精度について検討した。本研究の長距離輸送モデルは、空気塊の流跡に沿って濃度解析するいわゆるトラジェクトリー型モデルであるが、非降雨時に雲による物質の取り込みを考慮した点、評価地点で物質収支をとることにより、降水中の硫酸イオン濃度を予測できる点が

従来のモデルとは異なる。また、本モデルは日常的に得られる気象データをもとに容易に濃度解析ができ、年間など長期の予測に適している。本研究では、この長距離輸送モデルを用いて、硫酸イオンの湿性沈着量に占める人為起源と火山起源の寄与を評価した結果についても報告する。

2. 長距離輸送モデル

(1) 方程式系

長距離輸送モデルには、物質収支式を差分法などを用いて数値的に解くオイラー型モデル^{6),7)}、空気塊の流跡に沿って濃度解析するトラジェクトリー型モデル⁸⁾、数値誤差の影響を受けず物質収支が厳密にとれるラグランジアン粒子モデル⁹⁾がある。オイラー型モデルは、物理、化学現象を詳細に扱えるが、入力データや計算機環境が十分でないと、精度よい結果が期待できない。そのため、通常は高濃度出現時などのエピソード解析に用いられている。トラジェクトリー型モデルは、物理、化学現象を簡単に扱っているが、日常的に得られる気象データをもとに容易に濃度解析ができ、年間におよぶ長期の予測が可能である。本研究のモデルはトラジェクトリー型である。ラグランジアン粒子モデルは、移流と拡散による物質の輸送をトラジェクトリー型モデルより詳細に扱うことができる。

本研究のモデルには、硫酸化合物の輸送、拡散、反応、沈着、雲によるとりこみ過程が考慮されている。硫酸化合物としては、SO₂と硫酸イオンの2種を対象とした。輸送計算は、 $x-y$ 直交座標系で行う。地球面上の位置から計算上の座標へは、ステレオ投影法を用いて変換する。 $x-y$ 座標系における風速(u_x, u_y)は次式で与えられる。

$$u_x = R' (1 + \sin \phi_s) \left[\tan \left(\frac{90^\circ - \phi}{2} \right) \cos(\theta - \theta_0) \right]$$

* 正会員 工博 (財) 電力中央研究所環境大気グループリーダー

** 理博 (財) 電力中央研究所環境化学グループリーダー
(〒201 東京都柏江市岩戸北2-11-1)

*** 正会員 工博 大阪府立大学教授 工学部環境工学講座

$$\frac{v_E}{R \cos \phi} - \frac{v_N/2R}{\cos^2 \{(90^\circ - \phi)/2\}} \sin(\theta - \theta_0) \Big] \dots \dots (1)$$

$$v_y = R'(1 + \sin \phi_s) \left[\tan \left(\frac{90^\circ - \phi}{2} \right) \sin(\theta - \theta_0) \right]$$

$$\frac{v_E}{R \cos \phi} + \frac{v_N/2R}{\cos^2 \{(90^\circ - \phi)/2\}} \cos(\theta - \theta_0) \Big] \dots \dots (2)$$

ここで、 v_E は東向き風の風速成分、 v_N は北向きの風速成分、 R は地球の半径、 (ϕ, θ) は緯度、経度、 (ϕ_0, θ_0) は座標原点である。また、

$$R' = \frac{L}{(1 + \sin \phi_s) \left\{ \tan \left(\frac{90^\circ - \phi_0}{2} \right) - \tan \left(\frac{90^\circ - \phi_1}{2} \right) \right\}} \dots \dots (3)$$

$$D_0 = R'(1 + \sin \phi_s) \tan \left(\frac{90^\circ - \phi_0}{2} \right) \dots \dots (4)$$

ここで、 ϕ_s は投影面の緯度、 ϕ_1 は経度 θ_0 における対象領域の北端を表す緯度、 L は対象領域の南北間の距離である。

ある地点に到達する空気塊の跡路、即ち、バックトラジェクトリーは、時間や場所によって変化する風場をトレースすることによって求める。風の観測位置から格子点、格子点から空気塊位置への風のデータの空間補間は、距離の2乗の逆数で加重する客観解析法により行う。

拡散については、濃度が水平方向に拡がり幅 σ_y で正規分布するように扱う。鉛直方向については、トラジェクトリー型モデルにおいても、BATモデル⁹⁾のように3層に分けて物質移動を扱う場合がある。しかし、本研究のモデルでは、排出された硫酸化合物は混合層を越えて上空に流出せず、混合層内で鉛直方向に濃度が一様に分布すると仮定した(一層モデル)。濃度の鉛直分布を考慮しなかった理由として、信頼しうる発生源の鉛直分布データがないこと、酸性物質が長距離輸送される場合や長期的に見た場合の混合層の発達を考えると濃度が一様分布に近づくと思われること、高所大規模煙源の影響で必ずしも地表近くの濃度が高くなり、輸送過程の乾性沈着量を極端に過小評価しないと思われることがあげられる。反応、沈着、雲の各過程については、濃度の1乗に比例して進行すると仮定する。このとき、輸送中の硫酸化合物濃度は次式で表せる。

$$\frac{dq}{dt} = -(k_1 + k_2 + k_3 + k_4)q = -Aq \dots \dots (5)$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{3}{2}k_1q - (k'_2 + k'_3 + k'_4)s = \frac{3}{2}k_1q - Bs \dots \dots (6)$$

$$\frac{dr}{dt} = \frac{3}{2}k_4q + k'_4s - k_5r = \frac{3}{2}k_4q + k'_4s - Cr \dots \dots (7)$$

ここで、 q, s, r : 順に、大気中の SO_2 ガス濃度 (g/m^3)、大気中の粒子状硫酸イオン (SO_4^{2-}) 濃度 (g/m^3)、大気中換算の雲水中硫酸イオン (SO_4^{2-}) 濃度 (g/m^3)、 t : 時間 (s)、 k_1 : SO_2 から粒子状 SO_4^{2-} への反応速度定

数 (1/s)、 k_2, k'_2 : SO_2 と粒子状 SO_4^{2-} の湿性沈着速度定数 (1/s)、 k_3, k'_3 : SO_2 と粒子状 SO_4^{2-} の乾性沈着速度定数 (1/s)、 k_4, k'_4 : SO_2 と粒子状 SO_4^{2-} の雲による取り込み速度定数 (1/s)、 k_5 : 雲水中の SO_4^{2-} の降水中への取り込み速度定数 (1/s)、係数 $3/2$ は SO_4 と SO_2 の分子量の比である。ここで示した各速度定数は、本来、気象や地理的条件などによって変化する。例えば、乾性沈着速度定数は風速や地表面の状態によって異なり、降水や雲に関する速度定数は雨滴の粒径分布や雲水量、液相中の当該物質濃度など様々の関数である。しかし、それら諸因子の空間分布、時間変動をモデルで予測したり観測データとして取得することは、本研究のような広範囲、長期間の解析には適さない。そこで、本モデルでは各速度定数を一定または降雨強度の簡単な関数とした。

大気中の SO_2 ガス濃度および粒子状 SO_4^{2-} 濃度、雲水中の SO_4^{2-} 濃度は、式(5)~(7)の解析解として求めることができる。本モデルでは、硫酸化合物の発生源データは次節に示すように対象領域を分割した格子ごとに与え、濃度は評価地点を含む格子内平均として計算する。評価地点を含む格子に到達する硫酸化合物の濃度は、各格子点の発生源を対象に式(5)~(7)ならびに水平方向に正規分布するという仮定のもとで求めた濃度を積算して計算できる。輸送中の降雨による除去は、発生源から評価地点に到達する経路上の平均降水強度で、同じ割合で生じるとした。ここで、評価地点を含む格子に到達する大気中の SO_2 ガス濃度および粒子状 SO_4^{2-} 濃度、雲水中の SO_4^{2-} 濃度を順に $Q, S, R(\text{g/m}^3)$ とする。

評価地点を含む格子で、反応、沈着を考慮して物質収支をとり、定常状態を仮定する。このとき、評価地点の大気中の SO_2 ガス濃度 $[\text{SO}_2]$ (g/m^3) と粒子状硫酸イオン濃度 $[p\text{-SO}_4^{2-}]$ (g/m^3) が得られる。

$$[\text{SO}_2] = \left\{ \frac{UQ}{\Delta x} + \frac{(1-\beta)E}{H(\Delta x)^2} \right\} / \left(\frac{U}{\Delta x} + A \right) \dots \dots (8)$$

$$[p\text{-SO}_4^{2-}] = \left\{ \frac{US}{\Delta x} + \frac{3}{2}k_1[\text{SO}_2] + \frac{\beta \frac{3}{2}E}{H(\Delta x)^2} \right\} / \left(\frac{U}{\Delta x} + B \right) \dots \dots (9)$$

ここで、 U : 評価地点を含む格子への流入風速 (m/s)、 Δx : 格子幅 (m)、 β : 硫酸化合物の排出量のうち硫酸イオンとして排出される量の割合 (-)、 E : SO_2 換算の排出量 (g/s)、 H : 混合層高さ (m) である。

評価地点が降雨のときは、同様に大気中換算の雲水中の硫酸イオン濃度 $[r\text{-SO}_4^{2-}]$ を求めることができ、地表で測定される降水中の硫酸イオン濃度として $[rs\text{-SO}_4^{2-}]$ (g/m^3) が次式で計算できる。

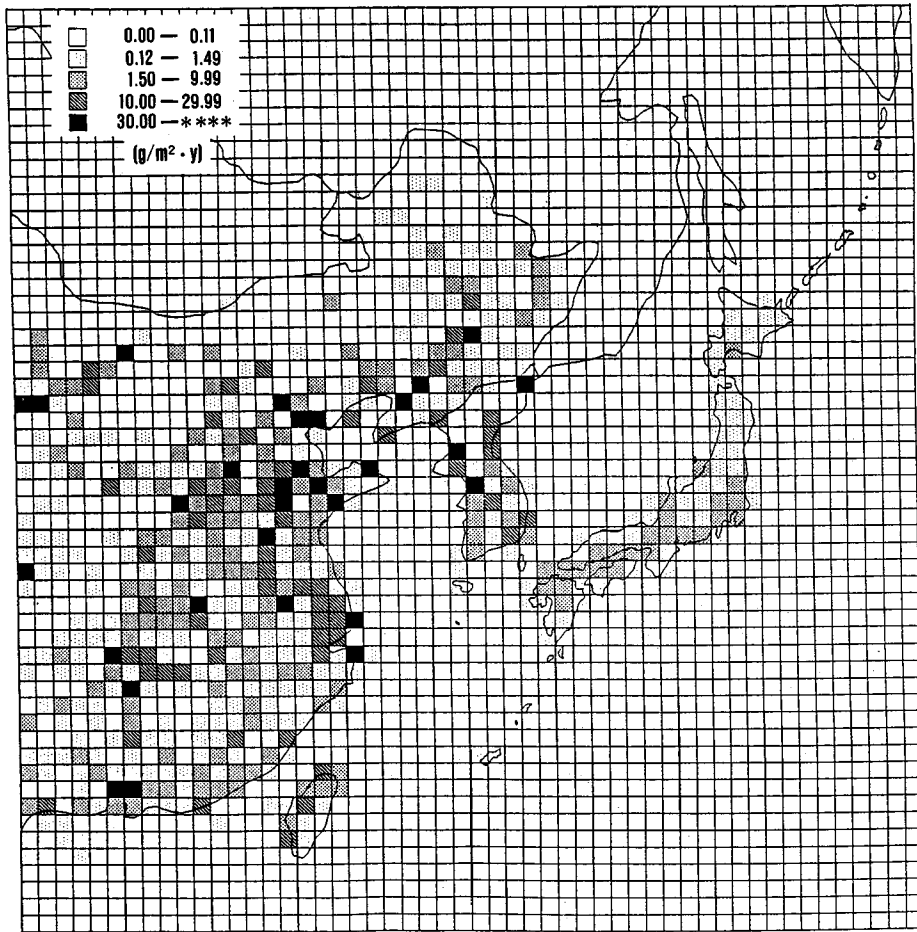


Fig.1 Emissions of anthropogenic sulfur dioxide per grid square in East Asia for 1986 (g/m²·y).

$$[rs-SO_4^{2-}] = \frac{3}{2} \frac{H}{I} \{ (k_2 + k_3) [SO_2] + \frac{2}{3} (k'_2 + k'_3) [p-SO_4^{2-}] \} + k_5 \frac{H}{I} [r-SO_4^{2-}] \dots (10)$$

ここで、 I は降雨強度 (m/s) である。

(2) 発生源データ

ここ数年、広域、地球規模での環境問題の高まりにともなって、アジア地域のエネルギー消費と大気汚染物質の排出に関する研究が進んだ。筆者ら¹⁰⁾は、東アジア地域(日本、中国、台湾、韓国、北朝鮮)を対象にほぼ80 km格子でSO₂の人為起源排出量を算定した。対象年は国により異なり、1983年から86年であった。これを更新して各国1986年の排出量に統一したデータを本研究では用いた。本研究の計算で用いた東アジア地域のSO₂排出量分布をFig.1に示す。5カ国からのSO₂排出量は年間約2,100万tである。この内訳は、日本が約90万t、中国が約1,800万t、台湾が約30万t、韓国が約100万t、北朝鮮が約90万tである。

Katoら¹¹⁾はアジア各国のSO₂排出量を見積もっている。彼らの報告によると、1986年のSO₂排出量は、日本が約110万t、中国が約1,800万t、台湾が約70万t、韓国が約140万t、北朝鮮が約30万tである。5カ国の合計および日本、中国については、本研究で用いた排出量と同程度になっている。中国からのSO₂排出量について、Shenら¹²⁾は1989年に1,800万t、Wangら¹³⁾は1988年~90年に1,600万t~1,800万tという値を報告している。Parkら¹⁴⁾によると、1986年における韓国からのSO₂排出量は120万tである。Liuら¹⁵⁾は、1988年における台湾からのSO₂排出量を60万tと報告している。本研究で用いたSO₂排出量と他の研究者が算定した排出量の間には、石炭中に含まれる硫黄分の推定や排出係数の設定のしかたによって違いが見られるが、その差は著しくないといえる。

Fig.1の地図を見るとわかるように、北海道や東北地方の日本海側はロシアの沿海州に面している。そのような地域ではロシアの発生源を含めて長距離輸送解析を行う必要がある。ロシアからの格子レベルでの排出量は、

Dignon¹⁶⁾や Spiro¹⁷⁾によって報告されている。Dignon は全世界を 1° 格子に分割し、化石燃料の燃焼にともなう 1980 年の SO_2 排出量分布図を示した。この図を見ると、沿海州の SO_2 排出量は $2\sim 20 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ である。Spiro¹⁷⁾ は全世界を $4^\circ \times 5^\circ$ に分割して、 SO_2 排出量分布図を作成した。彼らの分布図には、化石燃料の燃焼や産業活動からの排出の他に、バイオマス燃焼や火山、海洋からの排出が考慮されている。ロシアの人為起源排出量については、Berlyand¹⁸⁾ の 1989 年のデータから推定している。Spiro¹⁷⁾ の排出量分布図によれば、沿海州からの SO_2 排出量は $0.4\sim 1.0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ である。ロシアの排出量は 1980 年から 89 年の間に 33% 減少している¹⁷⁾。このことを考慮して Dignon の推定値から 1989 年の値を求めると $1.3\sim 13 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ になり、Spiro¹⁷⁾ の推定値より高い。両者の排出量分布図は対数レベルの階級分類で表示されており、年度も異なるため、厳密な比較、評価はできない。また、階級分類した分布図からは、先に述べた 5ヶ国と同レベルの精度で排出量を特定できない。そこで、本研究ではまず、ロシア沿海州の SO_2 排出量を 0 として硫酸化物の沈着量計算を行い、その結果を議論する際に沿海州からの発生量を加算した。

わが国を対象に硫酸化物の沈着解析を行う場合、人為起源の SO_2 発生量の他に火山起源の SO_2 発生量を考慮する必要がある。日本の火山からの発生量については、藤田¹⁹⁾が報告している。本研究では、藤田らの報告と火山報告（気象庁編集、日本気象協会発行）をもとに、解析対象とした 1988 年 10 月～89 年 9 月について月単位で排出量を求めた。対象期間における日本の火山からの排出量は年間約 150 万 t で、この値は 1977 年～89 年の年平均値より 10% 程度高い。Fig.2 は 1988 年 10 月～89 年 9 月における日本の火山からの SO_2 発生量を示している。この図に示した火山以外に、カムチャッカ半島、千島列島、択捉島の火山から排出される SO_2 がわが国に影響があると思われる。先に述べた Spiro¹⁷⁾ の分布図を見ると、1980 年にはカムチャッカ半島で $4\sim 8 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ 、千島列島で $2\sim 4 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ 、択捉島で $0.4\sim 1.0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{年}$ の発生量がある。これらの大部分は火山起源である。気象年鑑（気象庁監修、日本気象協会編集）によると、カムチャッカ半島の火山活動は 88 年、89 年も非常に活発であった。また、89 年には千島列島、択捉島で噴火があったことが報告されている。しかし、これらの火山から排出される SO_2 の量は 1988 年、89 年については定かでないため、考察のための計算を除いて本研究では解析対象に含めなかった。

(3) 気象データ

本研究の長距離輸送モデルでは、硫酸化物は 850 hPa 等圧面（およそ 1,500 m の高度）の風で輸送されるとした。850 hPa 等圧面の風のデータは、エアロロジ

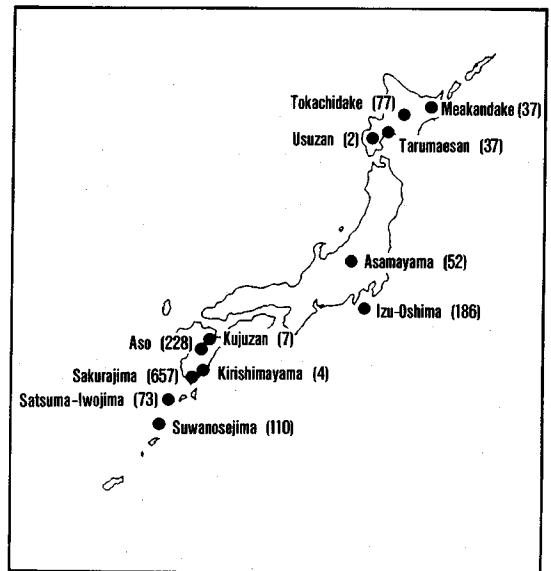


Fig.2 Annual emissions of volcanic sulfur dioxide (Oct.1988～Sep.1989). () : 10^3 tly .

カルデータおよび天気図（ともに気象庁編集、気象協会発行）から得た。観測地点は日本、中国、ロシア、韓国、北朝鮮に合計 54 箇所ある。観測時刻はグリニジ標準時で 0 時と 12 時である。

降水量の観測データは、日本国内 154 地点について気象庁作成の気象官署データ（SDP データ）、中国、台湾、韓国、北朝鮮、ロシア、モンゴルの合計 191 地点について気象庁作成の世界気象データ（ワールドデータ）から日単位で収集した。降水の観測位置から格子点への降水量の補間は、距離の 2 乗の逆数で加重する客観解析法により行った。

3. 湿性沈着量の予測と評価

(1) 降水中の硫酸イオン濃度の観測

長距離輸送モデルで予測した湿性沈着量を評価するために、電力中央研究所²⁰⁾が通産省資源エネルギー庁からの受託研究で取得した酸性雨の観測データを用いた。酸性雨の観測地点は後述する Table 2 に示す 21 地点である。これらの地点は Figs.3～5 の地図上に位置が示されている。図で○印は日本を地理的、気候的要因によって 15 に分割した地域の代表地点を表す。各地点が代表する地域は、日本列島上の区分線から理解できる。●印は島の観測地点、⊕印は電力中央研究所（東京都狛江市）の観測地点である。Table 2 には全 21 地点の所在地とともに、○印の 15 地点が代表する面積が示されている。○印の観測地点は汚染度の高いところではないが、広い地域の代表性を考える場合には、局地的な発生源の影響を受けていない方がよい。これらの地点のデータから日本全域の沈着量の概算ができるとと思われる。

Table 1 Parameter values used for the computation.

Parameter	Notation	Unit	Value
Conversion rate coefficient of SO ₂ to SO ₄ ²⁻	k ₁	1/h	0.01 for winter 0.03 for summer
Wet deposition rate coefficient of SO ₂	k ₂	1/h	0.1 x I
Dry deposition rate coefficient of SO ₂	k ₃ =V _d /H	1/s	<u>transport process</u> V _d =0.002 <u>receptor mesh</u> V _d =0.0017~0.0054 for winter V _d =0.0031~0.0055 for summer
Rainout removal rate coefficient of SO ₂	k ₄	1/h	0.02
Wet deposition rate coefficient of SO ₄ ²⁻	k ₂ '	1/h	0.1 x I
Dry deposition rate coefficient of SO ₄ ²⁻	k ₃ '=V _d '/H	1/s	<u>transport process</u> V _d '=0.001 <u>receptor mesh</u> V _d '=0.0002~0.0018 for winter V _d '=0.0002~0.0019 for summer
Rainout removal rate coefficient of SO ₄ ²⁻	k ₄ '	1/h	0.02
Intake rate coefficient of SO ₄ ²⁻ in cloud water into rain water	k ₅	1/h	0.1 x I
Mixing height	H	m	1000
Emission rate of SO ₄ ²⁻	β	%	3

V_d : Deposition velocity (m/s), I : Precipitation rate (mm/h)

降水の採取は、開口部の面積が約190 cm²のウェット・オンリー・サンプラー(光進電気工業, DRS-150 W)によって行われた。このサンプラーは感雨装置と5 lのポリエチレン容器からなる。降水はほぼ10日単位で採取された。降水中のSO₄²⁻はイオンクロマトグラフ法, Na⁺濃度は原子吸光法で分析した。Na⁺濃度は海塩起源のSO₄²⁻の寄与を除いたSO₄²⁻濃度を評価するために使われる。以後、本研究で用いるSO₄²⁻濃度には海塩起源の寄与が除かれている。

(2) 湿性沈着量の計算

湿性沈着量の計算は、1988年10月~89年9月を対象に行った。計算は、日本、中国、台湾、韓国、北朝鮮の人為起源のSO₂排出量を対象とした場合と、さらに日本の火山起源のSO₂排出量も考慮した場合について行った。長距離輸送モデルで使用する諸パラメータの値をTable 1に示す。輸送過程の各速度定数、SO₄²⁻の排出率については、岡本ら²⁾が代表的な長距離輸送モデルで用いられている値を一覧表としてまとめており、その中からほぼ中程度の値を採用した。ただし、湿性沈着について、雲による取り込み速度を一般化して区別した例は見られないことから、これを含めた値がこれまでのモデルで使われている範囲に収まるようにした。評価メッシュのSO₂およびSO₄²⁻の乾性沈着速度定数は、藤田ら^{21), 22)}によって冬季(10月~翌年3月)、夏季(4月~9月)別および地点別に与えた。表には21地点に対する値が範囲で示されている。物質の横方向の拡がり方は、上層では大気が安定であるため、パスキル・ギフォード線図のEに相当する値を与えた。また、計算では面煙

源を点煙源で扱うため、Nashvilleでの解析例²³⁾と同様に、拡がり幅の初期値としてメッシュ幅の約1/4である20 kmを設定した。混合層の高さは季節や時間、場所によって変化し、対流活動が盛んな日中には2000 m近くまで発達する²⁴⁾。本研究では、時間、空間の変化を考慮せず1000 mで一定とした。

トラジェクトリーの追跡は6時間間隔で行った。追跡の期間は10日で、トラジェクトリーがFig.1に示す領域外に出た場合は計算を打ち切った。

(3) 予測結果

降水中のSO₄²⁻濃度と降水量から湿性沈着量を求めた。Table 2に各観測地点の湿性沈着量の計算結果を示す。表には観測値も示されている。Figs.3, 4は計算値と観測結果の比較を示している。火山からのSO₂の排出を考慮しない場合、長距離輸送モデルによって予測されたわが国全域のSO₄²⁻の湿性沈着量(代表面積によって加重積算した値)は0.17 Tg/年 [S換算] (Tg=10¹²g)で、観測されたSO₄²⁻の湿性沈着量0.29 Tg/年の61% (21地点の単純平均では61%)を評価している。火山からのSO₂の排出を考慮した場合、予測値は0.22 Tg/年で、観測値の75% (21地点の単純平均では76%)を評価している。

Fig.4で計算値が総じて観測値より少し低くなっている中で、宮崎県高岡町の計算値が観測値より高くなっているのが目立つ。これは、火山から排出されるSO₂全量が混合層内に排出されると仮定したことが、桜島に近い高岡町の計算結果を幾分過大にしたためと考えられる。火山起源のSO₂の10%が成層圏に放出され^{17), 25)},

Table 2 Predicted and observed wet depositions of sulfate ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$).

No.	Station	Prefecture	Area ($\times 10^9 \text{m}^2$)	Observation	Calculation [Anthropogenic emissions]	Calculation [Anthropogenic + volcanic emissions]
1	Otofuke	Hokkaido	20	1.10	0.55	0.69 (0.80)
2	Tokoro	Hokkaido	16	1.41	0.40	0.61 (0.76)
3	Otohe	Hokkaido	30	2.52	0.92	0.97 (1.19)
4	Noshiro	Akita	25	2.64	1.02	1.10 (1.32)
5	Takashimizu	Miyagi	39	1.33	0.92	1.05 (1.12)
6	Kashima	Ishikawa	24	4.12	2.60	2.79
7	Shiobara	Tochigi	36	2.10	1.41	1.77
8	Hachijo	Tokyo	—	2.33	1.44	1.85
9	Inabu	Aichi	18	2.19	2.23	2.62
10	Komagane	Nagano	27	1.63	1.44	1.80
11	Omiachiman	Shiga	12	2.62	2.51	2.79
12	Takamatsu	Kagawa	45	2.36	1.60	1.96
13	Nangoku	Kochi	16	3.65	1.80	2.48
14	Izumo	Shimane	8	3.33	2.35	2.72
15	Oki	Shimane	—	2.92	1.87	2.10
16	Taku	Saga	29	3.59	1.93	2.51
17	Takaoka	Miyazaki	11	3.30	1.44	4.05
18	Amami	Kagoshima	—	1.81	0.78	0.86
19	Tsushima	Nagasaki	—	2.63	1.91	2.15
20	Fukue	Nagasaki	—	3.25	1.97	2.35
21	Komae	Tokyo	—	3.05	1.39	2.08
Total wet deposition in Japan (Tg/y in S equivalent)				0.29	0.17	0.22 (0.22)

The values in parentheses include the contribution of the emissions from the Russian Far East.

混合層と物質交換がなく、それ以外の SO_2 が混合層に取り込まれるとすると高岡町の湿性沈着量は $4.1 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ から $3.8 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ に減少し、まだ少し高いものの観測値に近づく。

Fig.4の結果を見ると、本研究のモデルのように物理、化学過程やパラメータを簡単に扱った場合でも、日本全域にわたって予測値と観測値が比較的良好に合うことがわかる。しかし、全般的に長距離輸送モデルの予測結果が観測値より幾分低くなっている。この原因として、簡略化したモデルを用いたことに加え、1986年の人為起源の発生源データを用いて88年～89年の解析を行ったこと、ロシア沿海州の人為起源、カムチャッカから択捉島に至る火山起源の SO_2 の排出を考慮しなかったこと、海洋における降水量を過大に評価している可能性があることがあげられる。日本の場合、1986年から88、89年の間に SO_2 の排出量の伸びは大きくないが、中国や韓国では15%程度の増加がある^{13),14)}。沿海州の人為起源からの SO_2 の排出量を2. (2)の議論から $1.0 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ として、北日本の5地点(音更、常呂、乙部、能代、高清水)を対象に湿性沈着量の計算を行った。結果はTable 2に括弧内数値で示されている。常呂町、乙部町、能代市では、 $0.2 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 程度の増加が見られる。Fig.4からわかるように、これらの地点では他地点と比べて計算値が特に低かった。Fig.5は沿海州の SO_2 排出

量を考慮した場合の計算値と観測値の比較である。以上から、北日本地域では、沿海州の発生源を考慮することが必要といえる。しかし、沿海州の発生源を考慮しても、わが国全域の沈着量はTable 2からわかるようにほとんど増加しない。

カムチャッカから択捉島に至る火山の影響を見るために、その地域の SO_2 排出量を $2.0 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ と仮定して、北海道の常呂を対象に湿性沈着量の計算を行った。その結果、常呂の SO_4^{2-} 湿性沈着量の増加は $0.01 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 以下で、あまり影響はなかった。

降水機構を考えると、海洋における降水量は陸地ほど高くならない。本研究では、陸地の観測データから海洋の降水量を距離の2乗の逆数で内外挿した。このため、海洋における降水量は陸地と同程度になっている。これが原因となって、硫酸化物が輸送過程で過大に沈着し、評価地点の沈着量が過小になった可能性がある。離島である奄美を対象に、輸送過程における降水量を仮に1/10にして計算すると、 SO_4^{2-} の湿性沈着量は $0.86 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ から $1.67 \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ に増加する。

Table 2から、火山起源の SO_2 寄与を日本全域で年間について見ると、およそ20%であることがわかる。しかし、地点や期間によっては火山の寄与が高くなる。当然のことながら、桜島の近くの高岡町では火山の寄与は著しく大きい。10日程度の短期間で湿性沈着量を予測

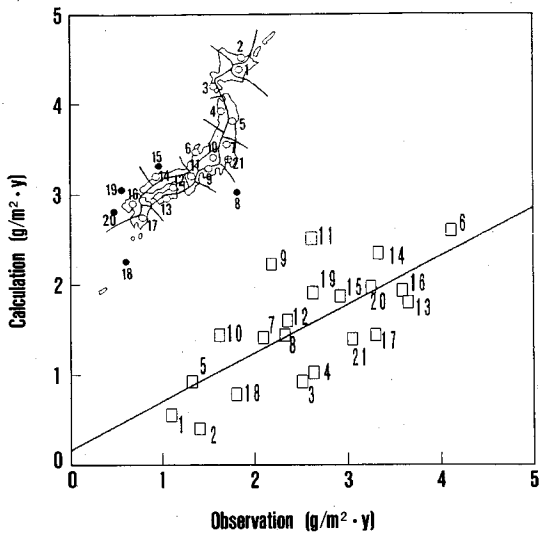


Fig.3 Comparison of wet depositions predicted by the long-range transport model with those observed at 21 points of the sampling network of acidic depositions. SO₂ data used for the computation is based on the anthropogenic emissions shown in Fig.1.

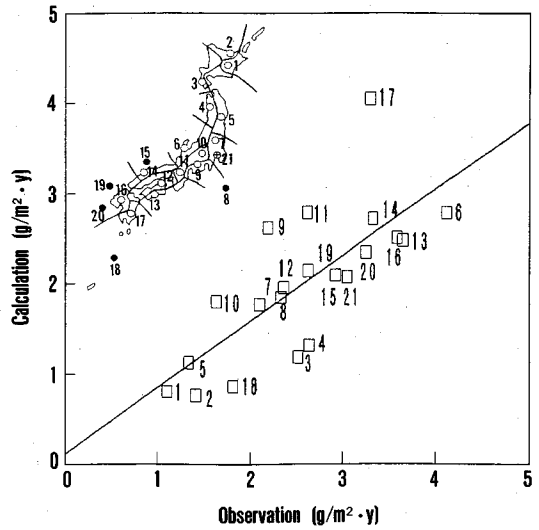


Fig.5 Comparison of wet depositions predicted by the long-range transport model with those observed at 21 points of the sampling network of acidic depositions. SO₂ data used for the computation include the emissions shown in Figs.1 and 2, and anthropogenic emissions from the Russian Far East.

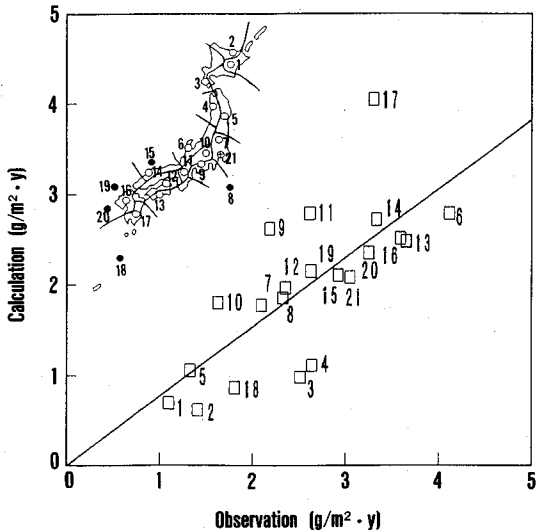


Fig.4 Comparison of wet depositions predicted by the long-range transport model with those observed at 21 points of the sampling network of acidic depositions. SO₂ data used for the computation is based on the anthropogenic and volcanic emissions shown in Figs.1 and 2, respectively.

する場合、火山の寄与が大きくなることもある。これについて鳥根県出雲市を例にとって解析する。Fig.6は出雲市を対象にほぼ10日単位で1年を通して、式(10)で降水中のSO₄²⁻濃度を計算した結果と観測結果を比較したものである。図の破線の計算は2.(2)に示した5ヶ国の人為起源、図の点線の計算は5ヶ国の人為起源と日本の火山起源のSO₂排出量データを用いて行わ

れた。この図からわかるように、1年を通して見ると、火山の影響は顕著でない。Table 2からは、出雲市における年間の湿性沈着量に占める火山起源のSO₂の寄与は15%弱であることがわかる。しかし、Fig.7に示すように7月中旬には、出雲市に到達するトラジェクトリーの約1/4は九州地方を通過する。九州地方の火山からは年間110万tのSO₂が排出されている。これはわが国の人為起源の排出量に匹敵する。このような場合には火山の寄与は40%に達する。

4. 結 語

東アジア地域を対象に開発した長距離輸送モデルを用いて、わが国の硫酸イオンの湿性沈着量を予測した。観測データから評価した湿性沈着量0.29 Tg/年 [S換算] (Tg=10¹²g) に対して、輸送モデルの結果は0.22 Tg/年 [S換算]であった。長距離輸送モデルによって観測値の約80%を評価できた。モデルの予測精度はよいといえる。モデルの予測値が観測値と比べて幾分低くなる原因として、物理、化学過程を簡略化して扱ったこと、解析対象年の発生源データが得られなかったこと、沿海州など考慮しなかったSO₂排出量があること、海洋における降水量を過大評価している可能性があることがあげられる。

わが国の火山から排出されるSO₂の寄与は、日本全域で年間について見ると約20%であった。しかし、宮崎県高岡町のように桜島に近い地点では、火山の寄与は大きい。また、九州地方を通過して評価地点に到達する

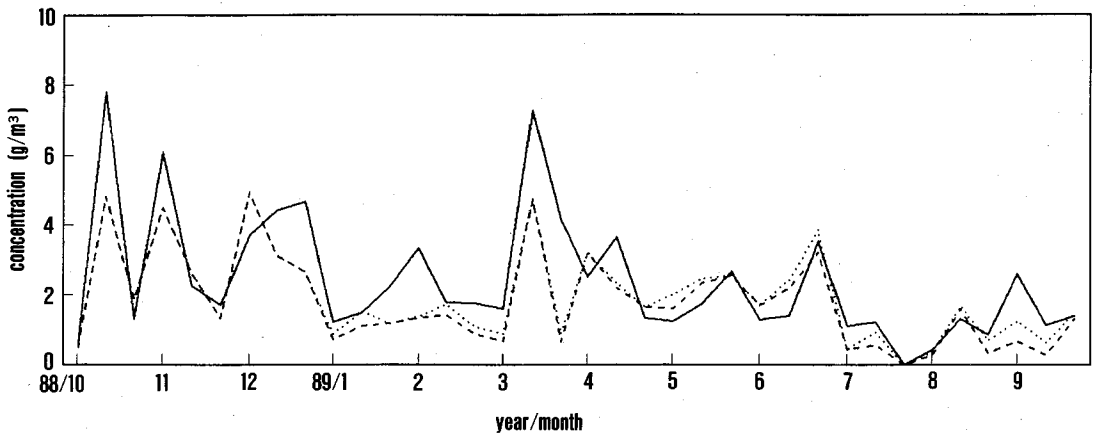


Fig.6 Predicted and observed concentrations of sulfate in precipitation from Oct. 1988 through Sep. 1989 at Izumo City. —: observation, ----: computation (anthropogenic emissions),: computation (anthropogenic and volcanic emissions).

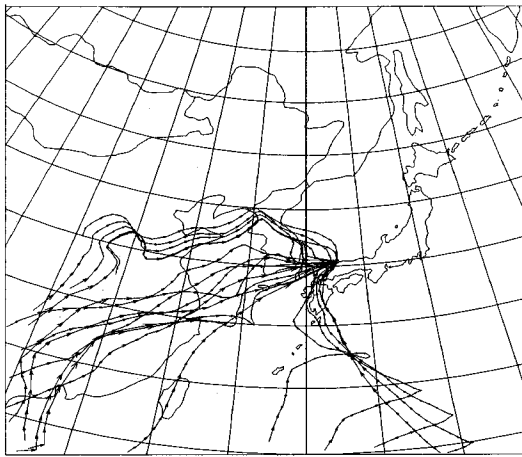


Fig.7 Back trajectories arriving at Izumo City (11~20 th July 1989).

気流が卓越する時期には、火山の寄与は高くなる。

これまで、東アジアの長距離輸送モデルを用いて、わが国全域におよぶ酸性物質の沈着量を予測、評価した事例はなかった。先に述べたように、長距離輸送モデルによって、わが国の湿性沈着量を精度よく評価できた。今後は、発生源データの更新や乾性沈着の解析が課題と考える。

付録1 式(1), (2)の誘導

平射極投影²⁶⁾において、極で地球に接する平面に投影する代わりに、地球を任意の位置で切る面に投影する。このとき、緯度、経度 (ϕ, θ) と計算上の座標 (x, y) の間には次の関係がある。

$$x = R'(1 + \sin\phi_0) \tan\left(\frac{90^\circ - \phi}{2}\right) \sin(\theta - \theta_0) + x_c$$

..... (A1)

$$y = -R'(1 + \sin\phi_0) \tan\left(\frac{90^\circ - \phi}{2}\right) \cos(\theta - \theta_0) + y_c$$

..... (A2)

x_c, y_c は計算上の基準点への移動を表すために付け加えた。式(A2), (A2)を時間微分することによって式(1), (2)が得られる。ただし、

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = v_E/R \cos\phi, \quad \frac{\partial\phi}{\partial t} = v_N/R$$

である。

付録2 式(8)~(10)の誘導

底面が $\Delta x \times \Delta x$ 、高さが H のボックス内で SO_2 についての物質収支をとる。

$$H(\Delta x)^2 \frac{d[\text{SO}_2]}{dt} = H\Delta x U(Q - [\text{SO}_2]) + (1 - \beta)E - A[\text{SO}_2]H(\Delta x)^2 \dots \dots \dots (A3)$$

式(A3)の右辺の第1項は面積が $H \cdot \Delta x$ の面を通してボックス内に流入する量と流出する量の差、第2項は発生量、第3項は反応や沈着でボックス内から消失する量である。式(A3)で定常を仮定し、式を整理すると式(8)が得られる。同様に式(9)は次式から得られる。

$$H(\Delta x)^2 \frac{d[p - \text{SO}_4^{2-}]}{dt} = H\Delta x U(S - [p - \text{SO}_4^{2-}]) + \frac{3}{2}\beta E - B[p - \text{SO}_4^{2-}]H(\Delta x)^2 + \frac{3}{2}k_1[\text{SO}_2]H(\Delta x)^2 \dots \dots \dots (A4)$$

右辺第4項は反応により生じる量である。

式(10)は次式を整理することによって得られる。

$$(\Delta x)^2 I[rs - \text{SO}_4^{2-}] = \frac{3}{2}(k_2 + k_3)H(\Delta x)^2$$

$$[\text{SO}_2] + (k_2 + k_3)H(\Delta x)^2[p - \text{SO}_4^{2-}] + k_5H(\Delta x)^2[r - \text{SO}_4^{2-}] \dots \dots \dots (A5)$$

左辺は面積 $(\Delta x)^2$ の地表で測定される降水中の硫酸イオンの量, 右辺は各沈着過程により地表に除去される量の総和である。ただし, 地表に到達した SO_2 は液相中でサンプリング期間中に SO_4^{2-} に変化するとしている。

参考文献

- 1) 池田有光: 長距離輸送モデル, 気象研究ノート, 第158号, pp.139~151, 1987.
- 2) 岡本眞一・片谷教孝: 大気汚染の長距離輸送モデル, 天気, Vol.35, No.8, pp.461~478, 1988.
- 3) Carmichael, G.R.: Modeling of acid deposition in Asia, Third Annual Conference on Acid Rain and Emissions in Asia, Bangkok, Thailand, Resource Management Associates, Argonne National Laboratory and Asian Institute of Technology, pp.36~45, 1991.
- 4) Katatani, N., Murao, N. and Okamoto, S.: A modeling study on acid deposition in Eastern Asia, Emerging Issues in Asia, Proceedings of the 2nd IUAPPA Regional Conference on Air Pollution, vol.II, Seoul, Korea, Korean Air Pollution Research Association, pp.59~64, 1991.
- 5) Kitada, T. and Tanaka, K.: Simulated semiglobal scale transport of SO_2 and SO_4^{2-} from East Asia to the Northern Pacific in spring season: The role of low and high pressure systems, Air Pollution Modeling and its Application IX, van Dop, H. and Kallos, G. ed., Plenum Press, New York, pp.445~454, 1992.
- 6) Chang, J.S. et al.: A three-dimensional Eulerian acid deposition model: Physical concepts and formulation, J. Geophys. Res., Vol.92, No.D 12, pp.14681~14700, 1987.
- 7) Carmichael, G.R., Peters, L.K. and Kitada, T.: A second generation model for regional-scale transport / chemistry / deposition, Atmos. Environ., Vol.20, No.1, pp.173~188, 1986.
- 8) Eliassen, A. et al.: A Lagrangian long-range transport model with atmospheric boundary layer chemistry, J. Appl. Met., Vol.21, pp.1645~1661, 1982.
- 9) Heffter, J.L.: Branching atmospheric trajectory (BAT) model, NOAA Technical Memorandum ERL ARL-121, National Ocean and Atmospheric Administration, 1983.
- 10) Fujita, S., Ichikawa, Y., Kawaratani, R. and Tonoooka, Y.: Preliminary inventory of sulfur dioxide emissions in East Asia, Atmos. Environ., Vol.25 A, No.7, pp.1409~1411, 1991.
- 11) Kato, N. and Akimoto, H.: Anthropogenic emissions of SO_2 and NO_x in Asia: Emission inventories, Atmos. Environ., Vol.26 A, No.16, pp.2997~3017, 1992.
- 12) Shen, D. and Zhao, D.: Emission of trace gases and reduction strategy in China, International Symposium on

Emissions Inventory and Prevention Technology for the Atmospheric Environment, Tsukuba, Japan, pp.92~102, 1992.

- 13) Wang, W., Shi, Q. and Shu, Y.: SO_2 emission and its control in China, International Symposium on Emissions Inventory and Prevention Technology for the Atmospheric Environment, Tsukuba, Japan, Supplement, pp.43~53, 1992.
- 14) Park, I.-S., Na, J.-G. and Kim, J.-S.: The emission amounts of SO_2 and NO_2 in Korea, International Symposium on Emissions Inventory and Prevention Technology for the Atmospheric Environment, Tsukuba, Japan, pp.103~118, 1992.
- 15) Liu, C.-M., Chen, H.-W., and Fang, S.-H.: Emission Inventory of SO_2 and NO_x in Taiwan, International Workshop on the Harmonization of the monitoring techniques of acid deposition and the methodology of emission inventories of SO_2 and NO_x in East Asia, Tsukuba, Japan, 1993.
- 16) Dignon, J.: NO_x and SO_x emissions from fossil fuels: A global distribution, Atmos. Environ., Vol.26 A, No.6, pp.1157~1163, 1992.
- 17) Spiro, P.A., Jacob, D.J. and Logan, J.A.: Global inventory of sulfur emissions with $1^\circ \times 1^\circ$ resolution, J. Geophys. Res., Vol.97, No.D5, pp.6023~6036, 1992.
- 18) Berlyand, M.E.(Ed.): Annual Report on the State of the Air Pollution and Anthropogenic Emissions in Cities and Industrial Centers of the Soviet Union 1989 (A guide to the book of Soviet emissions, edited by C.Spivakovsky), 1990.
- 19) 藤田慎一・外岡 豊・太田一也: わが国における火山起源の二酸化硫黄の放出量の推計, 大気汚染学会誌, 第27巻, 第6号, pp.336~343, 1992.
- 20) 電力中央研究所酸性雨検討会: 酸性雨の実態調査, 電力中央研究所報告研究報告 T 91019, 1992.
- 21) 藤田慎一・高橋 章・村治能孝: わが国における硫黄化合物の乾性沈着量に関する検討, 大気汚染学会誌, 第25巻, 第5号, pp.343~353, 1990.
- 22) 藤田慎一・高橋 章: わが国における二酸化硫黄の沈着速度の季節変化, 大気汚染学会誌, 第26巻, 第1号, pp.29~38, 1991.
- 23) 大気汚染研究全国協議会編: 大気汚染気象ハンドブック, コロナ社, p.208, 1965.
- 24) 竹内清秀・近藤純正: 大気科学講座 1 地表に近い大気, 東京大学出版会, pp.67~68, 1981.
- 25) Stoiber, R.,E., Williams, S.N. and Huebert, B.: Annual contribution of sulfur dioxide to the atmosphere by volcanoes, J. Volcanol. Geotherm. Res., Vol.33, pp1~8, 1987.
- 26) 井上修次他: 自然地理学 地形篇, 地人書館, p.32, 1980.

(1993.12.22 受付)

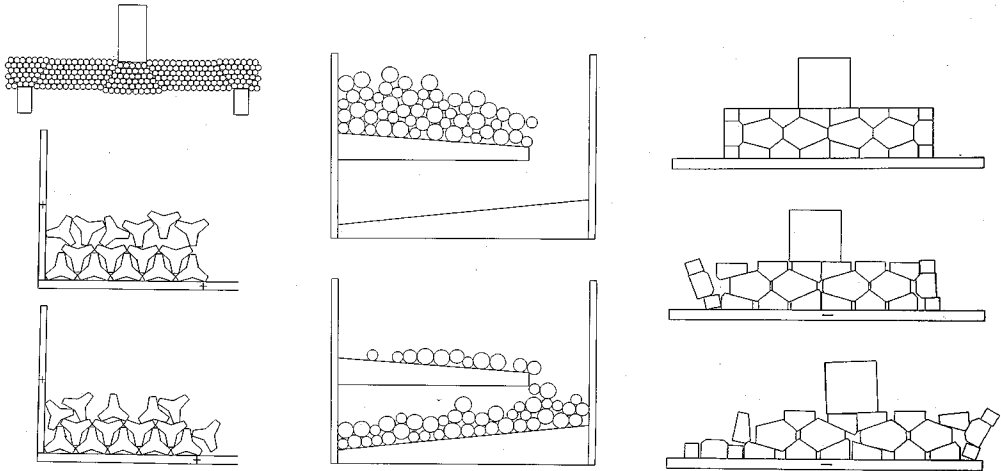
AN ANALYSIS OF WET DEPOSITION OF SULFATE USING A TRAJECTORY MODEL FOR EAST ASIA

Yoichi ICHIKAWA, Shin-ichi FUJITA and Yukoh IKEDA

A long-range transport model for East Asia was developed to estimate wet deposition of sulfate. The results obtained by the long-range transport model were evaluated through comparison with observation data of acidic deposition. The observation was conducted at 21 stations throughout Japan for one year. The calculated amount of wet deposition of sulfate in Japan was 0.22 Tg/y in S equivalent, while the observed one was 0.29 Tg/y. The long-range transport model can predict almost 80% of the observed wet deposition. The contribution of the sulfur oxides from volcanic eruption to wet deposition amounted to about 20%.

個別要素法プログラムシリーズ

■開発元 Dr.Cundall (ITASCA社)



UDEC

個別要素、差分要素を基本とする汎用 2 次元コードです。

- ・転倒、滑落解析
- ・地震応答解析
- ・地盤、不連続性岩盤の安定解析
- ・岩盤の掘削解析
- ・コンクリートの亀裂進行解析
- ・流れ解析 (Coupled flow-mechanical analysis)
- ・熱解析 (Coupled thermal-mechanical analysis)

BALL2D/3D

解析対象を円あるいは球でモデル化する手法のコードで、この手法は数多くの個別要素法プログラムに採用されています。

BALL2D-Polygon

BALL2Dに多角形ブロックを機能追加したバージョンです。任意剛体壁境界あるいは、飛翔体等を多角形ブロックとし、円ブロックとの相互作用解析が可能です。

BFLOW

解析対象を任意多角形でモデル化する手法のコードで、接触判定ロジック、特に凹型のブロックの接触判定の難点を解決したものです。

UDECではやや困難な完全崩壊、流動解析に適します。

CASK-3D

キャスク等の 3 次元円筒構造物の地震時の転倒解析コードです。

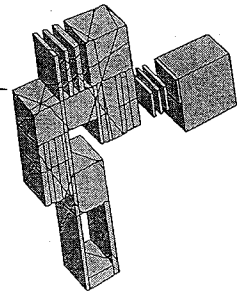
3DEC

UDECの 3 次元バージョンです。充実した 3 次元グラフィック機能をもっています。

- ・転倒、滑落解析
- ・地震応答解析
- ・地盤、不連続性岩盤の安定解析
- ・岩盤の掘削解析
- ・コンクリートの亀裂進行解析

■価格

● UDEC	SUN/IBM-PC (Barton-Bandis Model等の機能追加も可能です。)	ソース・コード	260万円
● BALL2D/3D	SUN/IBM-PC/FACOM/HITAC	ソース・コード	各200万円
● BALL2D-Polygon	SUN/IBM-PC	ソース・コード	260万円
● BFLOW	SUN/IBM-PC	ソース・コード	260万円
● CASK-3D	SUN/IBM-PC	ソース・コード	200万円
● 3DEC	SUN/IBM-PC	ロード・モジュール	680万円



プログラムはいずれも最新バージョンを提供いたします。また、問題に応じた個別要素法プログラムの開発も行っています。

* 当社は1988年7月からITASCA社の販売代理店をしています。

OKL 株式会社 応用工学研究室

〒151 東京都渋谷区上原2-2-7 カマタビル201
TEL. (03) 3485-9360 FAX. (03) 3485-6955

FLAC-2D (Fast Lagrangian Analysis of Continue)

1950年代に有限要素法が出現し、コンピュータの発展と共に進歩をとげていったのと並行して、衝撃分野での解析を目的に始まった差分法に基づく、“Hydrocodes”もすくなくからぬ成功をおさめていました。応力波伝播を基本とする弾塑性固体の大変形、スライド・ライン手法による滑り・剝離挙動の解析には目覚ましいものがありました。しかし、これらを取り扱うプログラムの多くは公的機関での開発のため、公開されたものは余りありませんでした。FLAC-2Dはこの流れをくむ地盤非線形解析プログラムです。

プログラムの特徴

- ・幾何学的大変形及び材料非線形を取り扱うことができます。微小変形・歪解析も可能です。
- ・要素の大きなゆがみの発生からくる数値不安定を避けるため3角形差分要素を採用しています。
- ・要素間の滑りを考慮できるスライド・ライン機能(大変形)を備えています。

要素ライブラリー

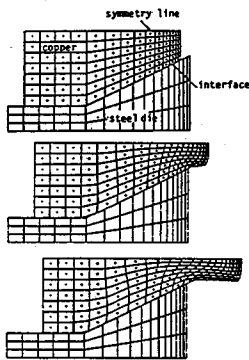
- ・2次元平面歪/応力要素
- ・ケーブル要素
- ・ビーム要素
- ・ロックボルト要素(point anchor/grouted)

適用分野

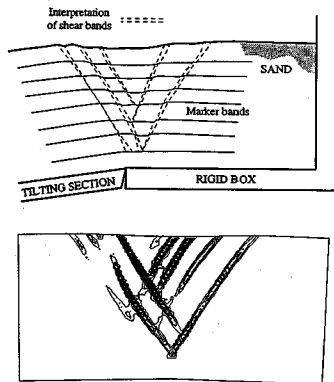
- ・斜面・盛土の設計及び安定解析
- ・浅/深基礎解析
- ・アースダム及びコンクリートダム解析
- ・トンネル、鉱山掘削解析
- ・圧密、流れ解析
- ・固体と流体の相互作用解析

構成則

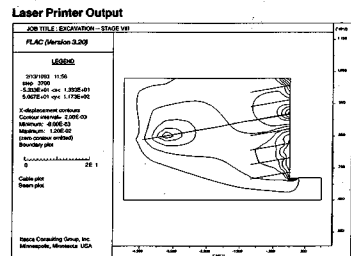
- ・等方性、非等方性弾性
 - ・弾塑性(Mohr-Coulomb, Von Miseses, Drucker-Prager等)
 - ・偏在ジョイント・モデル(Ubiquitous joint)
 - ・歪-硬化/軟化
 - ・ヌル要素
 - ・体積歪依存の間隙水圧発生モデル 等
- その他の構成則の機能追加も可能です。



スライド・インターラクション



断層解析



地盤安定解析

■価格

- FLAC-2D SUN/IBM-PC ロード・モジュール 標準バージョン……80万円
- ※追加オプションとして、動解析、クリープ解析及び熱解析があります。
- 追加オプションを含む一括購入の場合……150万円

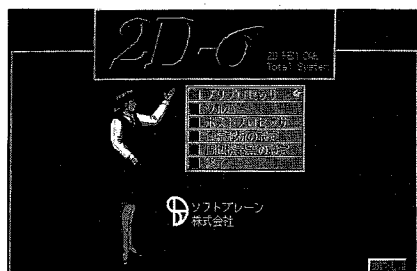
プログラムはいずれも最新バージョンを提供いたします。また、問題に応じた地盤非線形プログラムの開発も行っています。

*当社は1988年7月からITASCA社の販売代理店をしています。

OKL 株式会社 応用工学研究室

〒151 東京都渋谷区上原2-2-7 カマタビル201
TEL.(03)3485-9360 FAX.(03)3485-6955

パソコン用土木構造解析CAEシステム



■システムマネージャー（動画、音声）

ツードイシグマ

2D-σ

TOTAL SYSTEM

土木業界で大好評

「噂は聞いているが、ここまでできると思わなかった！」
「これなら私にも使える！」「もう他のソフトは使えない。」

—よく聞くユーザーの声

詳細資料提供

数日間かかった解析がわずか数十分間で！
だれでも、どこでも、低コストで、簡単に。
斬新なコンセプトで設計のあり方が変わる！

高性能CADを内蔵、全ての情報はCAD図面に直感的に指定。（境界・荷重条件、掘削、盛土、支保等）

有限要素的な指定は存在しない。システムはCAD上の情報から全てのデータを自動的に生成する。

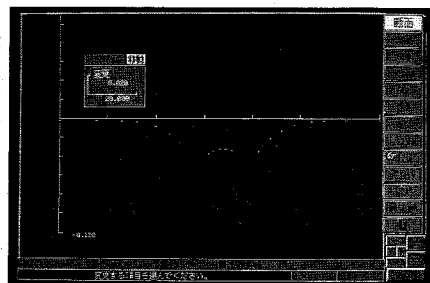
土木解析に必要な機能のほとんどに対応。（非線形、弾塑性、ジョイント、掘削、盛土、支保、熱応力など）

高度なステップ解析機能により、施工中の力学的変化をリアルに再現。（前ステップのデータは自動的に継承されユーザーは図面上で「施工」する感じ）

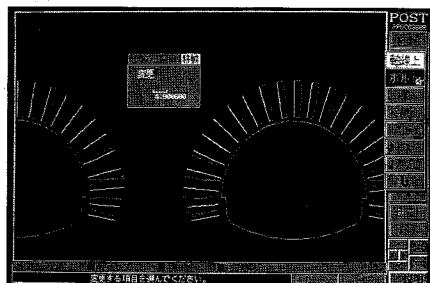
EWS並みの大規模解析能力と高速演算。（3000節点、拡張可、1400節点の演算はCPU486DXで約2分間）

独自のウィンドウシステム、音声サポート、オンラインヘルプ、豊富で高品質な出力など。

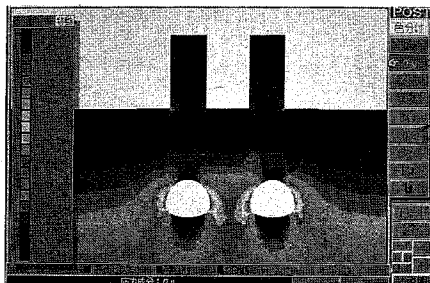
任意断面の成分分布曲線



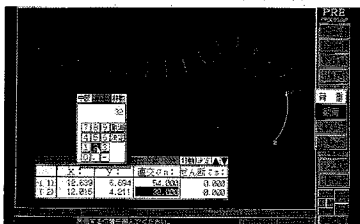
ワンタッチでM・Q曲線



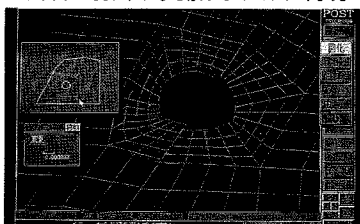
応力/ひずみの分布状態



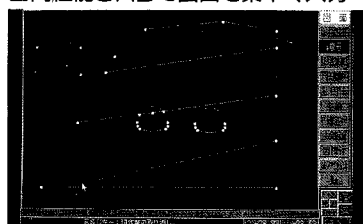
■全ての条件は図面上に直接指定



■断層・弱面の挙動はリアルに再現



■高性能CADで図面を素早く入力



開発・販売



ソフトブレン(株)

お問合せは 03-3592-7659

本社：〒001 札幌市北区北37条西4丁目王陽ビル

Tel 011-736-7009 Fax 011-736-7449

販売代理 株式会社CRC総合研究所

MATRAN EX

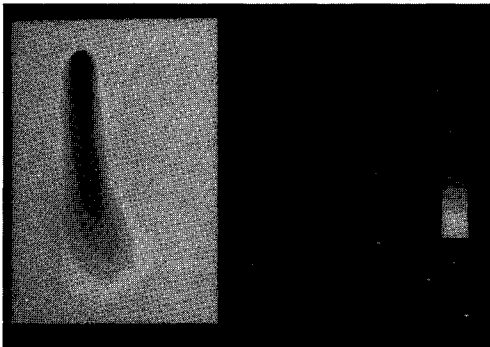
地下水汚染
の解析に!

塩水くさび
農薬汚染
廃棄物処理
その他

飽和・不飽和浸透解析に、移流分散・拡散を考慮。
EXTensiveな問題に適用可能なEXcellentなプログラム。

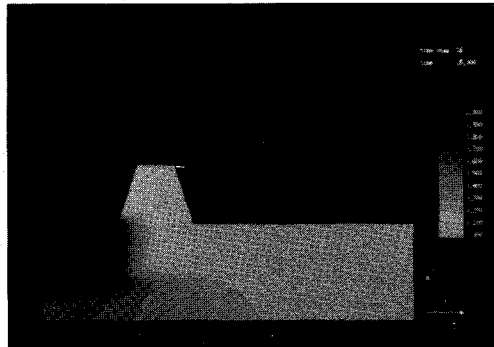
プログラムの特長

- 断面(EXV)および平面(EXH)の解析が可能
- 充実した解析機能
 - 定常・非定常解析 (断面、平面)
 - 軸対称解析 (断面)
 - 降雨 (断面、平面)
 - 揚水・注水 (断面、平面)
 - 浸出面 (断面)
 - 材質変更 (断面、平面)
 - 境界条件の変更 (断面、平面)
 - 水位・濃度の経時変化 (断面、平面)
- 豊富なグラフィック出力 (濃度コンター図、流速ベクトル図、濃度の時間推移グラフ 他)



濃度コンター図(平面解析例)

画面出力図



濃度コンター図(断面解析例)

画面出力図

パソコン用、準3次元広域地下水変動解析プログラム

未来設計企業

CRC

PC/UNISSF Ver.3.0 for Windows

“PC/UNISSF Ver.3.0”は、すでに汎用機やEWSで実績のある準3次元広域地下水変動解析プログラム、UNISSF(V-2)に強力なプリ・ポスト処理プログラムを付加し、Windows版として新登場しました。このプリ・ポストプログラムは、マウスを使ったメニュー形式の導入、画面上での入出力等の機能により、すぐれた操作性をもたらします。

9月10日までキャンペーン中
98万 → 85万

プログラムの特徴 (☆印は新機能)

■プリ処理

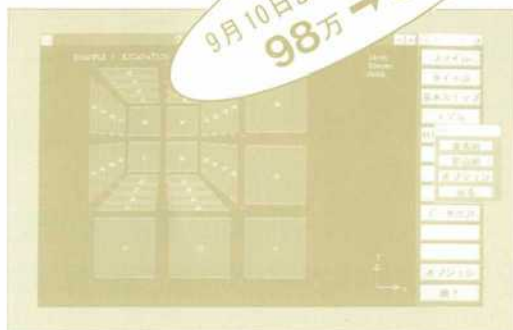
- ☆モデル作成のためのメッシュジェネレート機能
- ★地層データ、初期水位データ等の自動発生機能
- ☆モデル図を参照しながら、境界条件等各種データの入力、修正が可能
- ☆マウス入力とメニュー形式による操作性の向上

■解析機能

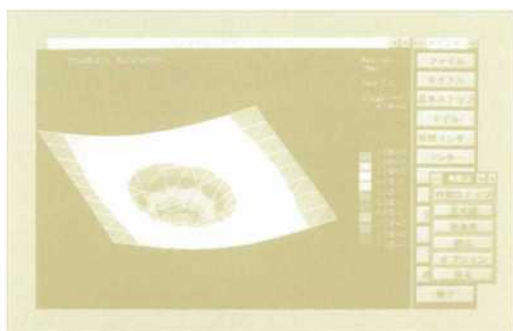
- ☆汎用機、EWS版と同一機能(順解析)、同一データフォーマット
- ☆約3000～10000節点までのモデルが解析可能
- ★降雨・揚水井・浸出面の取り扱いが可能
- ★水位・流量の経時変化
- ★境界条件の変更、材質の変更
- ★掘削機能・簡易漏水機能
- ★初期定常計算・非定常計算・最終定常計算

■ポスト処理

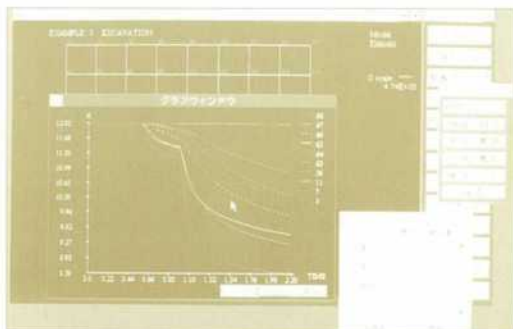
- ☆線画に加えて画面塗りつぶし処理が可能
- ☆水位の時間変化が簡単にグラフ化可能
- ☆マウス入力とメニュー形式による操作性の大幅な向上



【モデル図】



【全水頭コンター】



【水位変化グラフ】

動作環境

Windows Ver.3.1
CPU : 80386 以上 (推奨 80486DX 33MHz以上)
RAM : 8MB 以上
ハードディスク空容量 : 10MB以上

- ・UNISSFは情報処理振興事業会の委託を受けて当社で開発したプログラムです。
- ・Windowsは米国マイクロソフト社の商標です。

問い合わせ先

株式会社 **CRC総合研究所**

西日本事業部 科学システム営業部
〒541 大阪市中央区久太郎町4-1-3
TEL.06-241-4730 (担当/松本)

通商産業省 特別認可法人

情報処理振興事業協会 (IPA)

〒105 東京都港区芝公園3丁目1番38
TEL.03-3437-2301