

C-4 東アジアの酸性雨原因物質等の総合化モデルの開発と制御手法の実用化に関する研究

(1) 酸性雨原因物質の制御と評価に関する研究

②酸性雨原因物質制御評価モデルの開発に関する研究

研究代表者 佛教大学 溝口 次夫

佛教大学 溝口 次夫

厚生省 国立公衆衛生院

地域環境衛生学部 後藤純雄・渡辺征夫

(委託先) 埼玉大学工学部 坂本和彦

九州大学応用力学研究所 植田洋匡

豊橋技術科学大学 北田敏広

平成6-8年度合計予算額 27,258千円

(平成8年度予算額 8,011千円)

要旨

わが国は東アジア地域の東端に位置しているため、秋季から冬季、春季にわたって偏西風によって中国大陸からの酸性雨の越境汚染が憂慮されている。最近の中国工業地域の発展は著しく、今後ますます酸性雨の影響が大きくなるものと推測されている。本研究では中国の東部沿岸部を中心とした主要工業地域10地域を選定し、それぞれの地域から硫酸化物による湿性酸性降水物の越境汚染の状況をシミュレーションした。わが国のリセプターサイトは北海道から九州までの国設および地方自治体の持つモニタリングステーションのうち硫酸イオンの測定値のある47地点とした。

シミュレーションは1993年10月および11月の2ヶ月とし、それぞれのパラメーターを用いて行われた。

SO₂は1987年度に報告されている10地域の排出量から年率5%の伸びを見込んで計算し、1993年のSO₂排出量とした。シミュレーション結果によると、中国大陸東部及び南東部の臨海工業地域からの影響はわが国の九州地方に大きく現れており、北東部からの影響は、関東、東北地方に及んでいることが判明した。しかし、個々の地点では予想と異なる結果もあり、SO₂排出量、硫酸イオン測定値、気象データ、大気中での反応速度、使用したモデルの適否などについて、それぞれの精度を検討する必要がある。

〔キーワード〕 中国、偏西風、酸性降水物、輸送モデル、シミュレーション

1. はじめに

東アジア地域はヨーロッパ大陸、北米大陸に次いで酸性雨原因物質であるSO₂、NO_xの排出量が多い地域である。韓国と共にわが国へ直接酸性雨の影響を及ぼす可能性が最も大きい中国は現在既にSO₂の排出量は約2,000万トン/年であり、今後の経済発展により将来が危惧されている。

本研究では中国で最も工業発展の著しい地域から、現在わが国への程度の影響があるか、現在入

手しているデータを用いてシミュレーションを行い、将来の対策に備えることとした。

2. 輸送モデルと各パラメータの条件

2-1 使用したモデルの概要

(1) 拡散モデルの基礎式

拡散モデルの基礎式はフィックの拡散方程式に、発生・消滅項を組み込んだものとする。モデル内の各種係数は、ヨーロッパで開発された酸性雨予測モデルである RAINS モデルを参考とし設定した。汚染物質の拡散は、次の微分方程式で表される。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\nabla C V + \nabla (K_D \nabla C) + E - R + K \quad (1)$$

ここに、

- C : 単位体積中の物質質量
- V : 風速ベクトル
- K_D : 拡散係数
- E : 物質発生項
- R : 物質除去項
- K : 反応による生成、消滅項

差分法について、移流項は反復風上差分法を用いた。水平方向の移流項に比べ、1~2 オーダー小さいことが知られていることから、差分式への離散化は除いた。鉛直方向の換算項は、中央差分とし、式をクランク・ニコルソン法によって解いた。なお、拡散係数は、大気条件が安定の場合に O'Brien の式、不安定の場合に Cauthey & Palmer の式により推定した。

(2) 発生・消滅項の扱い

移流拡散の対象とした物質は、 SO_2 と SO_4^{2-} の 2 物質とし、 SO_2 から SO_4^{2-} への移行を考慮した。

$$\frac{dT_{\text{SO}_2}}{dt} = \left(\frac{v_1}{h_d} (k_t + k_{w1}) \cdot C_{\text{SO}_2} + (1 - \alpha - \beta) \right) \frac{Q}{V} \quad (2)$$

$$\frac{dT_{\text{SO}_4}}{dt} = \left(\frac{v_2}{h_d} + k_{w2} \right) \cdot C_{\text{SO}_2} + k_t \cdot C_{\text{SO}_2} + \beta \frac{Q}{V} \quad (3)$$

ここで、

- $C_{\text{SO}_2}, C_{\text{SO}_4}$: SO_2 および SO_4^{2-} の大気中濃度 (gS/m^3)
- v_1, v_2 : SO_2 および SO_4^{2-} の乾性沈着速度 (m/秒)
- h_d : 乾性沈着の生じる高さ(m)
- k_t : SO_2 から SO_4^{2-} への移行率 (1/秒)
- k_{w1}, k_{w2} : SO_2 および SO_4^{2-} に関する雨による除去率 (1/秒)
- α : 発生源近傍で局所的に沈着する場合 (-) (0.15 と仮定)

- β : 硫酸塩として直接発生すると仮定した場合 (-) (0.15 と仮定)
 Q : 単位時間当たり各メッシュ当たりの SO_2 の発生率 (gS/秒)
 V : 発生源を与えるメッシュの体積 (m^3)

h_d については最下層 150m とした。 α 、 β は RAINS モデルに用いられている 0.15、 0.05 とした。

① 乾性沈着速度

SO_4^{2-} については、 0.001m/s とし、 SO_2 については、 RAINS モデルを参考とし、 次式を用いた。

$$v_1 = v_{d(1m)} / \left(1 + \frac{v_{d(1m)}}{k^2 u(10m)} \cdot \ln(50) \cdot \ln \frac{10m}{z_0} \right) \quad (4)$$

$$v_{d(1m)} = \begin{cases} a_1 \cdot + (1-a_1) \cdot v_{d2} \cdot \tan(0.5(\pi/2 - \phi)) : \text{陸上} \\ 0.008 : \text{海上} \end{cases} \quad (5)$$

ここで、

- $v_{d(1m)}$: 高さ 1m における乾性沈着速度 (m/s)
 a_1 : 常数 (0.5)
 v_{d1} : 4~22 時 (昼) は 0.002、 22~4 時 (夜) は 0.004 (m/s)
 v_{d2} : 緯度に依存する SO_2 の乾性沈着速度 (0.008m/s)
 ϕ : 計算対象地点での緯度 (度)
 k : カルマン定数 (0.4)
 $u(10m)$: 地上 10m の風速 (m/s)
 z_0 : 粗度パラメータ (m) (海上は $1E-5$ 、 陸上は 0.25 とした)

② SO_2 から SO_4^{2-} への移行率

SO_2 から SO_4^{2-} への移行率 k_1 は、 次式を用いた。

$$k_1 = k_{t0} + k_{t1} \cdot \sin \left(2\pi \frac{\tau}{T} - \frac{\pi}{2} \right) \quad (6)$$

ここで、

- k_{t0} : SO_2 から SO_4^{2-} への移行率の定数項 ($3.0 \times 10^{-6} \text{S}^{-1}$)
 k_{t1} : SO_2 から SO_4^{2-} への移行率の振幅 ($2.0 \times 10^{-6} \text{S}^{-1}$)
 T : 1 年 (12)
 τ : 計算対象の月

③ 湿性沈着速度

雨による SO_2 、 SO_4^{2-} の除去率 (k_{w1} 、 k_{w2}) については、 次のように推定した。

$$k_{w1} = (w_1 \cdot P \cdot / h) \quad (7)$$

$$k_{w2} = (w_2 \cdot P \cdot / h) \quad (8)$$

- w_1 : SO_2 の雨による洗浄率 (5.0×10^5)
 w_2 : SO_4^{2-} の雨による洗浄率 (5.6×10^5)

P : 単位時間当たりの地上降水量 (m/s)

h : 降水が始まる層の上端高さ (m)

Δz : 計算を行う層の厚さ (m)

降水開始高さは3層目上端 (1.3m) とし、標高 1.3km 以上は2層目上端 (550m) とした。

(3) 酸性降下量の推定

乾性沈着と湿性沈着による酸性降下量は次式を求めた。

$$d_d = v_1 \cdot t \cdot C_{SO_2} + v_2 \cdot t \cdot C_{SO_4} \quad (9)$$

$$d_w = (k_{w1} \cdot t \cdot C_{SO_2} + k_{w2} \cdot t \cdot C_{SO_4}) \cdot h \quad (10)$$

$$d_t = d_d + d_w \quad (11)$$

ここで、

d_d : t秒間における単位面積当たりの乾性沈着量 (gS/m²)

d_w : t秒間における単位面積当たりの湿性沈着量 (gS/m²)

d_t : t秒間における単位面積当たりの降下物量 (gS/m²)

2-2 中国主要地域のSO₂排出量

中国 10 地域、北京、上海、重慶、天津、深川、洛陽、本溪、南京、杭州、瀋陽について、各地域の排出量は、科学技術庁の「アジアのエネルギー利用と地球環境」で調査された 1987 年度におけるアジア地域の SO_x 排出量に 1993 年までの各国の伸び率を乗じ推定した。各市を中心に 40~80km の範囲内の 1993 年の発生量は表-1 に示すとおりである。

表-1 中国各地の SO_x 排出量

地 域 名	単位 (千 t/年)	
		SO _x
北 京		513
上 海		1,434
重 慶		685
天 津		809
深 川		290
洛 陽		297
本 溪		396
南 京		610
杭 州		290
瀋 陽		215
中国 全 域		28,035
韓 国 全 域		1,764

2-3 計算に用いた各条件

(1) 格子化

対象地域を水平方向は 40km 格子に、鉛直方向は 6 層 (地上から 150,550,1300,300,500m) に分割した。

(2) 使用気象データ

中規模気象予報ヨーロッパアンセンターが予報した 1993 年 10,11 月の風速成分、気圧、降雨強度及びアメダスデータの降雨量を用いた。

3. シミュレーション結果

3-1 中国主要地域の位置

中国 10 地域の位置は図-1 に示す通りである。また、酸性雨の評価地点は図-2 に示す通りである。

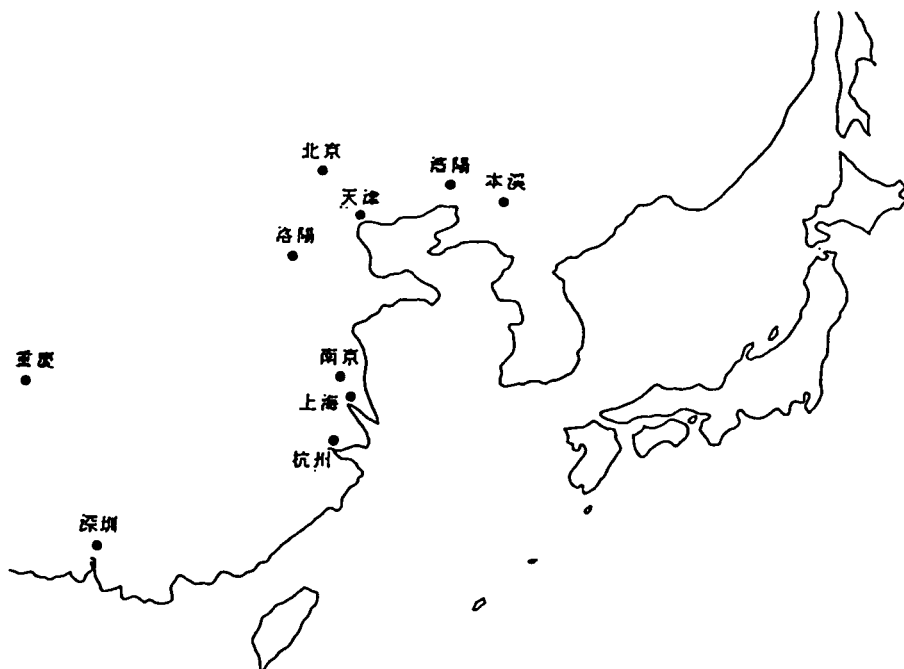


図-1 中国 10 地域の位置

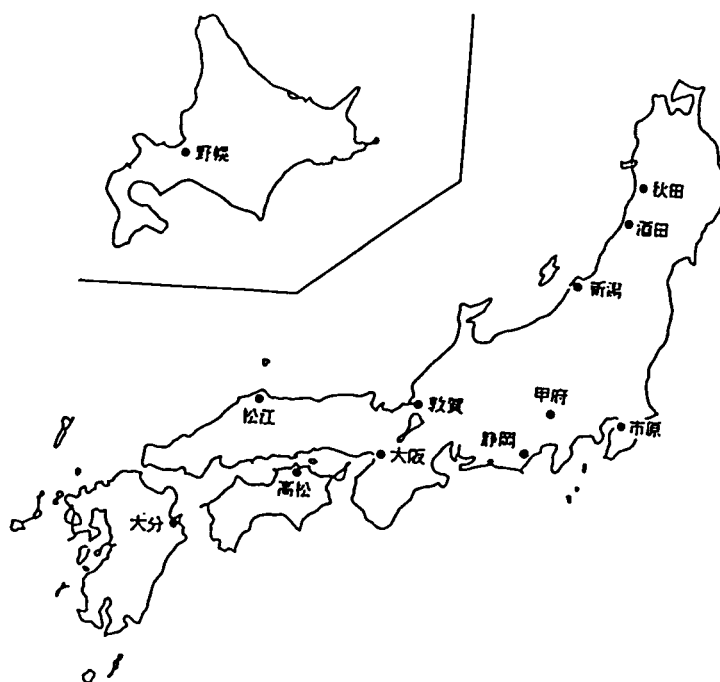


図-2 酸性雨の評価地点

3-2 シミュレーション結果と実測値の比較

(1) シミュレーション結果と国設観測局の実測値との比較

国設観測局と、以下の基準で選定した観測局について計算値と実測値の相関係数、回帰係数等を求め、シミュレーションの適合性を検討した。10月及び11月について湿性降水量の計算値と実測値の比較は図-3及び図-4に示す通りである。

《選定基準》

- ・九州について、火山の影響があるものは除いた。
- ・降雨量の実測値と計算値の差が大きい（5割以上の差）場合は局所的影響として除いた。
- ・都市部等で明らかに局所的影響があるものは除いた。

図-3及び図-4より、選定した測定局の結果から10月の相関係数は0.5、11月は0.8である。10月に比較して11月は良い相関が得られた。

(2) 中国主要地域からの影響について

中国主要地域からの評価地点への湿性降水量の寄与については、表-2～表-4に示す通りである。また、11月の湿性降水量寄与率は表-5に示す通りである。

表-3より、10月の湿性降水量については、中国全域からの影響が最も大きいのは、敦賀市の 0.15g/m^2 、次が静岡市の 0.12g/m^2 であった。

各地域からの寄与については、最も大きいのが上海から敦賀市への 0.03g/m^2 、次に新潟市への 0.02g/m^2 であった。北京、重慶、深川からの寄与は少ないことが分かった。

表-4により、11月の各地からの湿性降水量の寄与については、最も大きいのが天津から松江市への 0.03g/m^2 、次に上海から敦賀市への $0.02\mu\text{g/m}^2$ であった。10月と同様に、北京、重慶、深川からの寄与は少ないことが分かった。

表-5より、南京から高松市への寄与率が最も高く13%であった。次に上海から敦賀市への9%であった。

4. 考察

中国の東部臨海工業地域を中心に10地域を選定し、わが国の各地点への湿性酸性降下物の影響をコンピュータシミュレートした。1993年10月及び11月の気象観測データを用いて、上記10地域の推定した SO_2 排出量によってわが国への輸送量を計算した。

僅か2ヶ月だけの気象観測値であるため、東アジア地域の秋の平均的気象を表現していない可能性がある。また、排出量については1987年の推定値から年率5%の伸びで計算している。1987年の値も過小評価であるとの意見もあり、排出量については高精度は期待できない。しかし、中国の特定の工業地域からわが国の特定地域への影響の評価はおそらく初めての試みであり、その意味では結果の精度はともかく、十分価値あるものとする。

今後シミュレーションの数を増やし、平均的な偏西風時の気象データを求めること、排出量のデータを少しでも改善すること、リセプター側の測定値の精度を高めること、大気中での反応過程をより明らかにして東アジア地域での精度の高い反応係数を入力すること、輸送モデルを改良することなどによってシミュレーション結果がより高精度になるよう努力することが必要である。

(10月、全測定局)

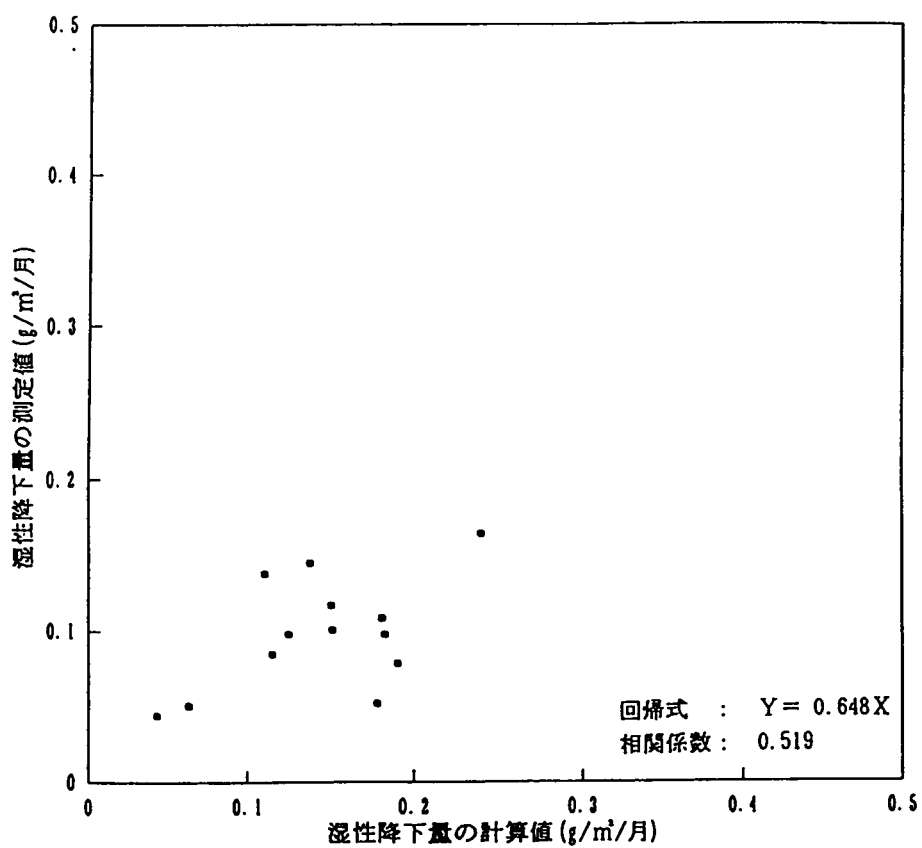
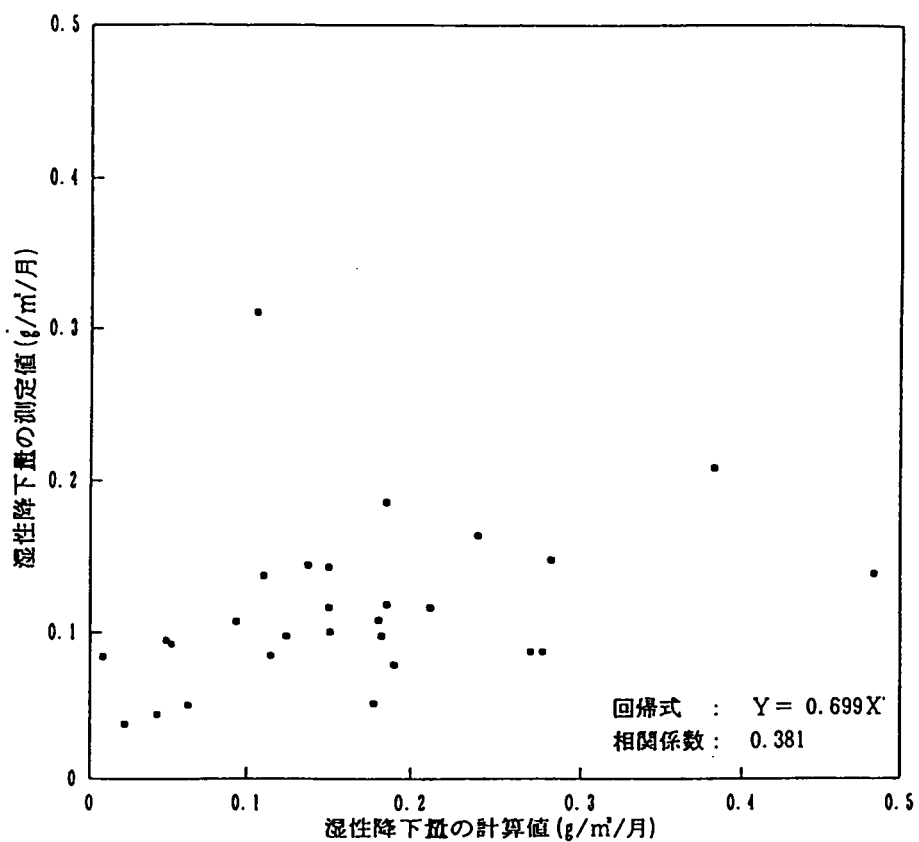


図-3 湿性降水量の測定値と計算値の関係 (10月、選定した測定局)

(11月、全測定局)

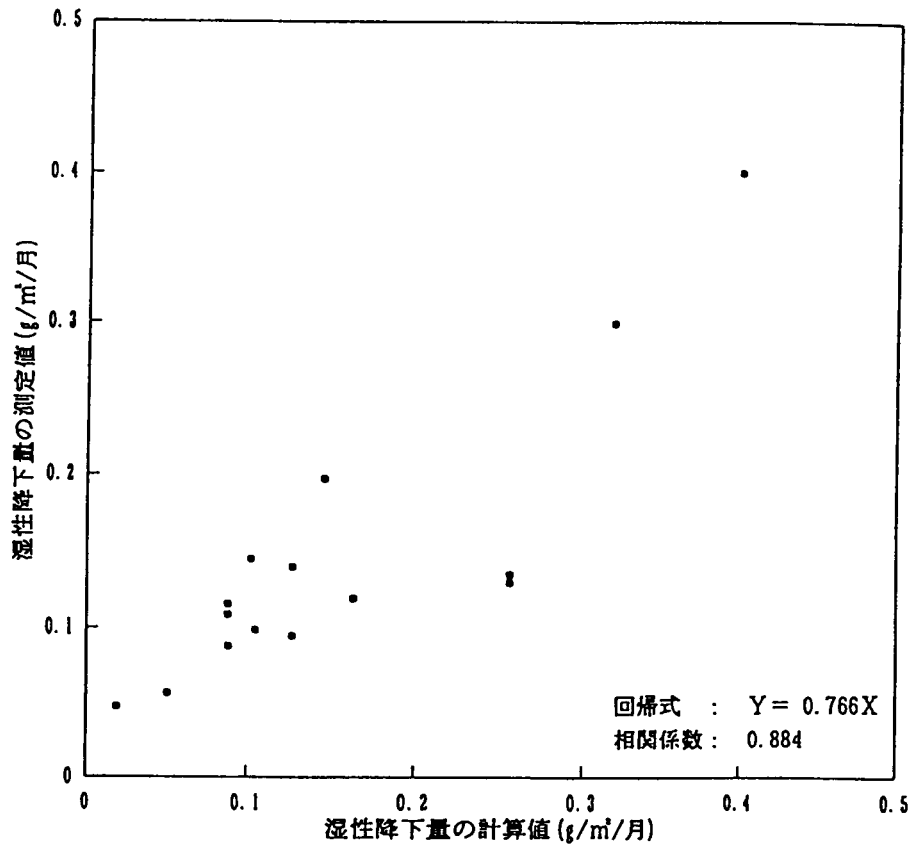
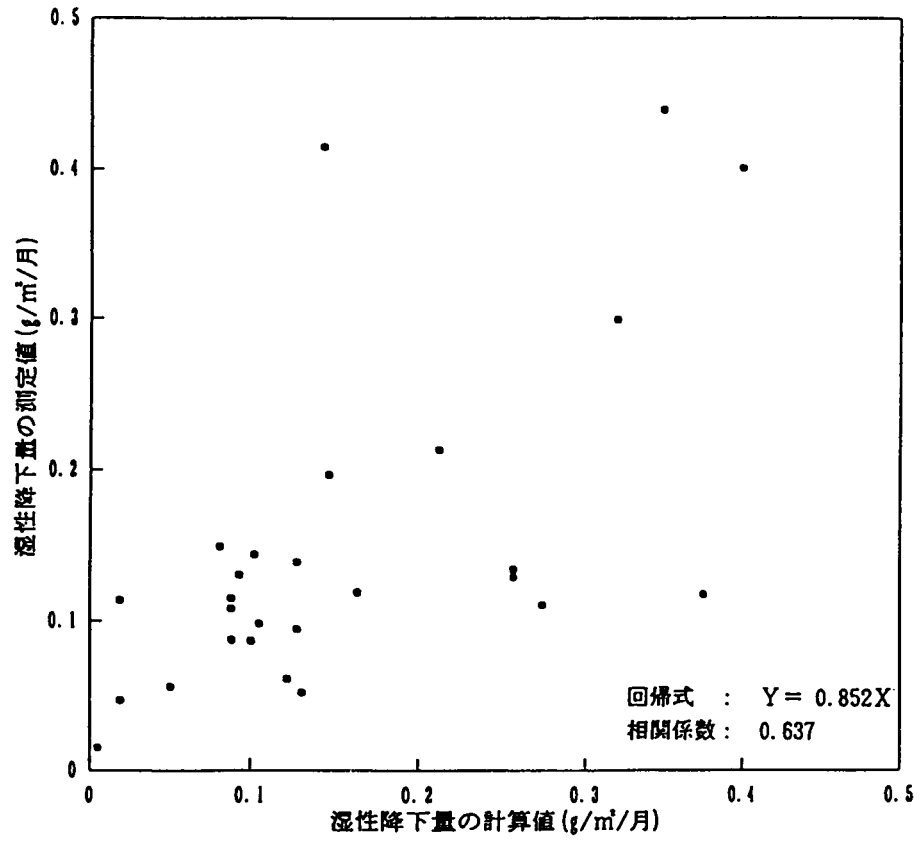


図-4 湿性降水量の測定値と計算値の関係 (11月、選定した測定局)

表一2 11月のシミュレーション結果 (1993年)

予測地点名	注	11月における湿性降水量の寄与率 (%)								
	全地域	北京	上海	重慶	天津	深川	洛陽	本溪	南京	杭州
北海道札幌市	.11180	0.62	0.00	0.09	1.34	0.00	0.24	1.45	0.21	0.00
北海道野幌	.12790	1.51	0.00	1.04	2.39	0.00	0.77	3.93	0.17	0.00
青森県八戸市	.02405	1.42	0.01	0.25	5.95	0.00	0.28	6.61	0.93	0.00
岩手県盛岡市	.08542	1.16	0.16	0.28	4.99	0.00	1.17	4.45	0.79	0.00
宮城県仙台市	.01923	0.37	0.01	0.00	0.45	0.00	0.01	0.46	0.11	0.00
秋田県秋田市	.27200	1.16	0.10	0.38	3.24	0.00	1.60	3.24	0.55	0.00
山形県酒田市	.41250	0.30	0.47	0.14	3.24	0.00	3.71	2.55	0.38	0.01
福島県郡山市	.01869	1.38	1.67	0.12	0.44	0.00	0.14	1.69	0.45	0.41
新潟県新潟市	.30350	0.21	1.48	0.58	0.47	0.00	0.80	0.31	1.02	0.13
茨城県水戸市	.03942	2.67	0.00	0.00	2.78	0.00	0.10	1.40	0.08	0.00
栃木県宇都宮	.02202	6.87	0.01	0.00	8.84	0.00	0.34	3.70	0.08	0.00
群馬県前橋市	.05491	0.70	0.00	0.00	3.34	0.00	0.64	0.28	0.01	0.00
埼玉県熊谷市	.02973	2.71	0.00	0.00	7.72	0.00	0.31	1.54	0.01	0.00
千葉県市原市	.12790	1.24	0.00	0.00	2.13	0.00	0.13	1.24	0.21	0.00
東京都新宿区	.21180	0.37	0.00	0.00	1.85	0.00	0.05	0.13	0.01	0.00
神奈川県川崎市	.06027	1.15	0.00	0.00	7.76	0.00	0.88	0.81	0.05	0.00
群馬県甲府市	.01889	2.72	0.00	0.00	9.21	0.00	0.31	0.93	0.02	0.00
長野県長野市	.03147	0.16	3.83	0.09	0.40	0.00	0.11	0.69	2.42	0.37
静岡県静岡市	.17360	0.60	0.00	0.00	2.01	0.00	1.12	1.69	0.57	0.00
石川県七尾市	.21750	0.31	4.20	1.52	1.47	0.00	0.32	0.57	2.30	0.23
福井県敦賀市	.25910	2.00	9.26	0.51	1.12	0.00	0.16	4.11	4.26	0.96
岐阜県岐阜市	.07939	2.03	2.00	0.63	2.17	0.00	0.20	2.28	0.71	0.46
愛知県名古屋市	.10220	1.70	2.00	0.22	1.01	0.00	0.07	2.45	0.67	0.06
滋賀県彦根市	.12390	3.66	2.69	1.10	1.61	0.00	0.08	5.23	0.74	1.07
京都府京都市	.10030	1.39	0.61	0.64	2.24	0.00	0.11	1.04	0.39	0.02
大阪府大阪市	.08801	0.16	0.63	0.29	3.09	0.00	0.06	0.07	1.36	0.03
兵庫県神戸市	.13030	0.06	0.26	0.05	2.01	0.00	0.06	0.07	0.46	0.01
奈良県奈良市	.10020	0.31	1.45	0.35	2.00	0.00	0.07	0.18	5.07	0.06
和歌山県和歌山市	.09945	0.01	0.23	0.01	1.98	0.00	0.43	0.02	6.34	0.01
鳥取県鳥取市	.34230	0.28	6.35	0.64	3.51	0.00	0.54	0.10	4.79	0.31
島根県松江市	.59700	0.17	0.67	0.46	4.87	0.00	0.52	0.12	1.84	0.02
岡山県倉敷市	.10530	0.36	0.07	0.08	2.03	0.00	0.72	0.23	1.23	0.00
広島県広島市	.32480	0.19	0.33	0.04	0.74	0.00	1.69	0.18	2.83	0.00
山口県山口市	.39120	0.17	1.74	0.11	0.48	0.00	2.54	0.13	3.58	0.01
徳島県徳島市	.06517	0.05	0.61	0.00	0.67	0.00	2.65	0.03	0.47	0.00
香川県高松市	.08207	0.04	0.23	0.02	0.49	0.00	1.35	0.26	12.99	0.00
愛媛県松山市	.22510	0.14	1.17	0.08	0.24	0.00	0.99	0.03	8.96	0.00
高知県高知市	.37350	0.18	1.61	0.10	0.33	0.00	1.39	0.05	4.70	0.01
福岡県福岡市	.29810	0.02	6.14	0.29	0.06	0.00	0.20	0.11	10.13	0.03
長崎県長崎市	.23590	0.00	8.34	0.93	0.01	0.00	0.10	0.01	10.42	0.01
熊本県大牟田市	.14360	0.03	3.03	1.74	0.14	0.00	1.58	0.02	6.63	0.00
大分県大分市	.19230	0.11	0.41	0.06	0.37	0.00	3.27	0.00	6.60	0.00
宮崎県宮崎郡	1.00400	0.11	5.56	0.42	0.22	0.00	0.68	0.00	1.81	0.46
島根県隠岐	.37410	0.37	1.86	0.34	1.42	0.00	1.04	0.14	3.46	0.04
新潟県佐渡	.27320	0.53	1.67	1.27	1.04	0.00	2.06	0.55	0.40	0.10
長崎県対馬	.27190	0.01	0.67	1.26	0.03	0.00	1.28	0.13	8.18	0.00
北海道利尻	.13090	1.90	0.00	0.51	5.60	0.00	1.08	4.67	0.03	0.00

注) 全地域は計算による湿性降水量 (g/m²)

表-3 10月における中国主要地域からの評価地点への湿性降下量の寄与

地点名	10月における湿性降下量 (g/m ²)												
	全地域	北京	上海	重慶	天津	深圳	洛陽	本溪	南京	杭州	瀋陽	中国	韓国
北海道野幌	0.1107	0.0001	0.0009	0.0001	0.0058	0.0000	0.0003	0.0042	0.0046	0.0000	0.0021	0.0538	0.0121
秋田県秋田市	0.1799	0.0004	0.0057	0.0006	0.0059	0.0000	0.0020	0.0028	0.0030	0.0006	0.0016	0.0945	0.0347
山形県酒田市	0.0995	0.0004	0.0028	0.0006	0.0003	0.0000	0.0027	0.0001	0.0007	0.0003	0.0001	0.0491	0.0491
新潟県新潟市	0.2712	0.0001	0.0223	0.0006	0.0004	0.0000	0.0007	0.0001	0.0025	0.0017	0.0002	0.0885	0.0462
千葉県市原市	0.2394	0.0000	0.0002	0.0003	0.0020	0.0000	0.0012	0.0011	0.0006	0.0000	0.0012	0.0767	0.0387
群馬県甲府市	0.0876	0.0000	0.0001	0.0001	0.0008	0.0000	0.0002	0.0005	0.0001	0.0000	0.0006	0.0413	0.0329
静岡県静岡市	0.2325	0.0000	0.0001	0.0005	0.0055	0.0000	0.0007	0.0058	0.0021	0.0000	0.0040	0.1168	0.0397
福井県敦賀市	0.1956	0.0000	0.0283	0.0007	0.0048	0.0002	0.0018	0.0061	0.0006	0.0079	0.0027	0.1492	0.0158
大阪府大阪市	0.1511	0.0007	0.0001	0.0006	0.0037	0.0000	0.0003	0.0134	0.0002	0.0000	0.0112	0.0977	0.0246
島根県松江市	0.1828	0.0026	0.0012	0.0001	0.0099	0.0000	0.0004	0.0041	0.0003	0.0003	0.0071	0.0730	0.0787
香川県高松市	0.2012	0.0001	0.0010	0.0013	0.0017	0.0000	0.0004	0.0001	0.0020	0.0001	0.0003	0.0561	0.1199
大分県大分市	0.1507	0.0001	0.0002	0.0002	0.0009	0.0000	0.0026	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0605	0.0185

表-4 11月における中国主要地域からの評価地点への湿性降下量の寄与

地点名	11月における湿性降下量 (g/m ²)										
	全地域	北京	上海	重慶	天津	深圳	洛陽	本溪	南京	杭州	
北海道野幌	0.1279	0.0019	0.0000	0.0013	0.0031	0.0000	0.0010	0.0050	0.0002	0.0000	
秋田県秋田市	0.2720	0.0032	0.0003	0.0010	0.0088	0.0000	0.0044	0.0088	0.0015	0.0000	
山形県酒田市	0.4125	0.0012	0.0019	0.0006	0.0134	0.0000	0.0153	0.0105	0.0016	0.0000	
新潟県新潟市	0.3035	0.0007	0.0045	0.0018	0.0014	0.0000	0.0024	0.0009	0.0031	0.0004	
千葉県市原市	0.1279	0.0016	0.0000	0.0000	0.0027	0.0000	0.0002	0.0016	0.0003	0.0000	
群馬県甲府市	0.0189	0.0005	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	
静岡県静岡市	0.1736	0.0010	0.0000	0.0000	0.0035	0.0000	0.0020	0.0029	0.0010	0.0000	
福井県敦賀市	0.2591	0.0052	0.0240	0.0013	0.0029	0.0000	0.0004	0.0107	0.0111	0.0025	
大阪府大阪市	0.0880	0.0002	0.0006	0.0003	0.0027	0.0000	0.0001	0.0001	0.0012	0.0000	
島根県松江市	0.5970	0.0010	0.0040	0.0027	0.0291	0.0000	0.0031	0.0007	0.0110	0.0001	
香川県高松市	0.0820	0.0000	0.0002	0.0000	0.0004	0.0000	0.0011	0.0002	0.0107	0.0000	
大分県大分市	0.1923	0.0002	0.0008	0.0001	0.0007	0.0000	0.0063	0.0000	0.0127	0.0000	

表-5 11月における中国主要地域から評価地点への湿性降下量の寄与率

地 点 名	11月における湿性降下量の寄与率(%)								
	北 京	上 海	重 慶	天 津	深 圳	洛 陽	本 溪	南 京	杭 州
北海道野幌	1.51	0.00	1.04	2.39	0.00	0.77	3.93	0.17	0.00
秋田県秋田市	1.16	0.10	0.38	3.24	0.00	1.60	3.24	0.55	0.00
山形県酒田市	0.30	0.47	0.14	3.24	0.00	3.71	2.55	0.38	0.01
新潟県新潟市	0.21	1.48	0.58	0.47	0.00	0.80	0.31	1.02	0.13
千葉県市原市	1.24	0.00	0.00	2.13	0.00	0.13	1.24	0.21	0.00
群馬県甲府市	2.72	0.00	0.00	9.21	0.00	0.31	0.93	0.02	0.00
静岡県静岡市	0.60	0.00	0.00	2.01	0.00	1.12	1.69	0.57	0.00
福井県敦賀市	2.00	9.26	0.51	1.12	0.00	0.16	4.11	4.26	0.96
大阪府大阪市	0.16	0.63	0.29	3.09	0.00	0.06	0.07	1.36	0.03
島根県松江市	0.17	0.67	0.46	4.87	0.00	0.52	0.12	1.84	0.02
香川県高松市	0.04	0.23	0.02	0.49	0.00	1.35	0.26	12.99	0.00
大分県大分市	0.11	0.41	0.06	0.37	0.00	3.27	0.00	6.60	0.00

参考文献

- 1) 中国統計年鑑、中国統計年鑑出版社、(1995)
- 2) 東野晴行・外岡豊・柳沢幸雄・池田有光、東アジア地域を対象とした大気汚染物質の排出量推計—中国における硫黄酸化物の人為起源排出量推計、大気環境学会誌、30、374-390.
- 3) 池田有光・東野晴行、東アジア地域を対象とした酸性降下物の沈着量測定(II)、大気環境学会誌、32、175-186.
- 4) Akimoto, H. and Narita, H., Distribution of SO₂, NO_x and CO₂ Emission from Fuel Combustion and Industrial Activities in Asia Resolution. Atmos. Environment, 28, 213-225 (1994).
- 5) Kitada, T., Nishizawa, M. and Kondo, Y., Numerical simulation of the transport of SO and NO over East Asia and the west Pacific ocean in winter. With anthropogenic and natural emissions. Proc. Intor. Symp. on Acidic deposition and Its Impacts, National Institute for Environ. Stud., Japan, 282-288. (1996)

研究発表の状況

原著及び総説

溝口次夫 (1995) : 地球規模大気環境の概要。環境と測定技術、23(2)、31-52.

溝口次夫 (1995) : 水と空気と地球環境。公衆衛生、59(12)、810-812.

Kitada, T., Isogawa, S. and Kondo, Y. (1995): Long range transport of NO_x, SO_x and O₃ over east Asia and the northern Pacific ocean causes by typhoons, Proc. 10th world Clear Air Congress, 2, (311),1-4.

Kitada, T., Isogawa, S. and Kondo, Y. (1996): Long range transport of NO_x, SO_x and O₃ over east Asia and the northern Pacific ocean causes by typhoons. Air Pollution Modeling and its Application XI, Plenum Press,

New York, in press, pp.8.

Murano, K., Hatakeyama, S., Mizoguchi, T. and Kuba, N. (1995): Gridded Ammonia Emission Fluxes in Japan. *Water, Air and Soil Pollution*, 85, 1915-1920.

溝口次夫 (1995) : 中国の環境汚染の現状。公衆衛生研究、64(1)、13-29.

溝口次夫 (1995) : 東アジア地域の酸性雨原因物質の制御技術に関する研究。資源環境対策、31(3)、225-229.

全浩・松本光弘・溝口次夫(1995): β 線吸収法による浮遊粒子状物質の解析から黄砂飛来の評価。エアロゾル研究、10(1)、41-50.

溝口次夫・久松由東・城戸伸夫・守富寛・幡野博文・鈴木善三・松田聡 (1994) : 中国向けの脱硫、脱硝技術の検討。環境衛生工学研究、8(3)、145-150.

全浩・黄業如・西川雅高・相馬光之・森田昌敏・坂本和彦・岩坂泰信・溝口次夫 (1994) : 1993年5月5日に中国甘粛省で発生した砂塵嵐粒子の化学組成。環境化学、4(4)、857-861.

孫恵欣・渡辺征夫・溝口次夫 (1994) : 中国における環境の現状と保全対策。環境技術、23、517-524.

坂本和彦 (1994) : 中国の大気汚染と今後の対策について。MACRO REVIEW, 7(1), 115-122.

坂本和彦 (1994) : 深刻化するアジアの環境問題—東アジアの大気汚染と酸性雨—。エネルギー資源、15(6), 582-588.

Komeiji, T., Aoki, K., Kadoi, M. and Sakamoto, K. (1994): Relationship between atmospheric corrosion of carbon steel and air quality. *Zairyo-to-kankyo*, 43, 250-257.

著書

溝口次夫 (共著) (1995) : 地球規模の健康問題。人間科学全書 テキストブックシリーズ 6, てらぺいあ。

溝口次夫編著 (1994) : 酸性雨の科学と対策。丸善。

溝口次夫共著 (1994) : 地球を守る環境技術 100 選'94。公害対策技術同友会。環境システム計測制御・自動化の最近の動向。環境システム計測自動化研究会。

抄録のある学会報告

溝口次夫他 (1996) : 中国重慶市における石炭燃焼による大気汚染現状調査。第 37 回大気汚染学会、280.

北田敏廣・五十川誠二・近藤豊 (1995) “地球規模輸送・反応モデルによる台風期の東アジアにおける物理輸送特性—10km 面での O_2 、 SO_4^{2-} 等鉛直フラックス分布—” 第 1 回大気化学討論会講演集。

坂本和彦 (1995) : わが国の酸性雨と黄砂の移流中の反応。環境問題研究会。

溝口次夫・松本光弘・村越邦啓・坂本和彦・周燕榮・李仕林・高世東 (1994) : 中国重慶市の大気汚染調査。日本地球化学会年会。

溝口次夫・安楽岡顕・杉田義和 (1994) : 発展途上国向けの脱硫/脱硝技術とその評価。第 35 回大気汚染学会。