

北東および東南アジアのガス・粒子状物質大気汚染の統計解析

担当 松田 和秀

99T5070 小林 誠

1. 研究の背景と目的

東アジアでは各国の目覚ましい発展とともに、硫黄酸化物や窒素酸化物などの大気汚染物質の排出量が急激に増えており、近い将来、大きな被害が出現する可能性が考えられている。先進国である日本、中国、韓国の3カ国では、その大気汚染について比較的十分な調査がなされ、実態が把握されつつある。しかしながら、極東ロシア、モンゴルなどの北東アジアや、フィリピン、ベトナム、マレーシアなどの東南アジアでは、その実態が十分にわかっていない。本研究では東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) のモニタリングデータを統計解析し、北東および東南アジアのガス状、粒子状物質大気汚染の現状を把握するとともに、その特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

1) 解析に使用したデータはEANETが公開しているデータのうち、2001、2002、2003年の3年間のガス状物質 (SO₂、HNO₃、NH₃、HCl) と粒子状物質 (SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、Na⁺、Ca²⁺、Cl⁻、K⁺、Mg²⁺) の12の成分である。観測地点は、北東アジアとしてロシア3地点とモンゴル2地点を、東南アジアとしてフィリピン2地点、ベトナム2地点、マレーシア2地点のデータを使用した。

2) 大気汚染物質ごとに地点別の3年間の平均濃度、月平均濃度の最大値、月平均濃度の最小値をそれぞれ求めた。3年間の平均濃度の計算には式①を用いてデータの月毎の完全度で重み付けした。ただし3年間の完全度が70%以下の地点のデータは除いた。ここで、完全度とは、ある期間内で有効なデータがとれた時間の割合を示す。

3) 次に各地点で大気汚染物質間の相関を調べ、有意水準が99%以上あるものをピックアップし、それぞれの特徴を調べた。

重付平均の計算式

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^{12} A_i X_i}{\sum_{i=1}^{12} A_i} \quad \dots \textcircled{1}$$

i: 月 A: 月間完全度
X: 月平均濃度 Y: 3年平均

3. 結果と考察

図1にSO₂の3年間の平均濃度 (ppb) を示す。Petaling Jaya、Metro Manila、Ha Noiなど、東南アジアの都市域での濃度が高く、Tanah Rata、Mondy、Tereljなどは北東アジア及び東南アジアにかかわらず清浄域での濃度が低いことがわかる。またIrkutskは月平均濃度の濃度の最大値が高いにもかかわらず、平均濃度の値はそれほど高く無いことがわかる。

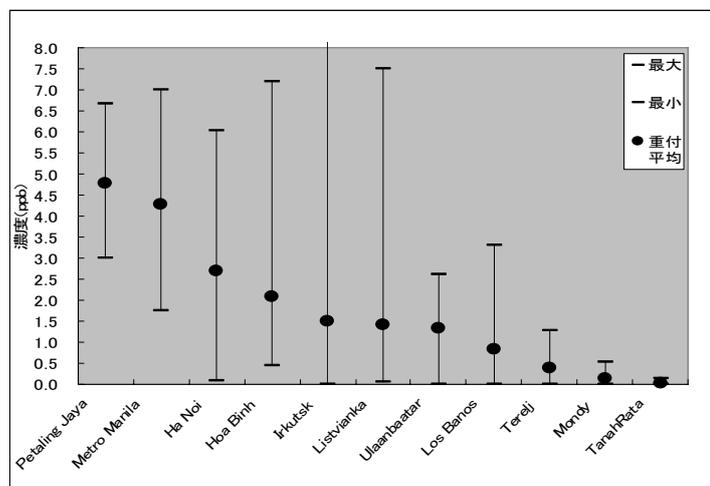


図1 SO₂の3年間の平均濃度

他の成分でも同様な解析を行い汚染物質の高濃度の上位2地点と低濃度の下位2地点の分布を作成した。(表1)

表1 2001~2003年 観測地点の汚染物質の濃度の順位

	ガス状物質				粒子状物質							
	SO ₂	HNO ₃	NH ₃	HCl	SO ₄	NO ₃	NH ₄	Na	Ca	Cl	K	Mg
TanahRata	10	11	11	—	11	11	10	9	10	10	9	10
Petalng Jaya	1	1	1	9	3	8	4	6	8	11	6	9
Ulaanbaatar	7	8	2	7	6	3	8	4	1	4	5	2
Terelj	9	10	7	6	9	9	9	10	7	8	7	8
Metro Manila	2	4	3	3	5	2	6	2	5	5	3	5
Los Banos	8	7	5	4	8	5	7	1	4	3	4	4
Mondy	10	9	10	10	10	10	11	11	11	9	11	11
Listvianka	6	5	9	8	7	7	5	8	9	6	10	7
Irkutsk	5	6	8	5	2	4	3	7	6	7	8	6
Ha Noi	3	2	4	2	1	1	2	3	2	1	1	1
Hoa Binh	4	3	6	1	4	6	1	5	3	2	2	3

■ 上位位
 □ 上位位
 ■ 下位位
 □ 下位位

表1よりガス状物質汚染はPetalng Jaya、粒子状物質汚染はHa Noiが顕著な都市であるといえる。一方で、TanahRata、Mondyといった清浄域では大気汚染物質の濃度が低い。これは北東アジア、東南アジアを問わず周辺に大気汚染物質の発生源が存在しない地点で濃度が低いという特徴を反映した結果といえる。表2に汚染物質間の相関が大きい上位3組を示す。ガス状物質汚染が顕著であるPetalng Jayaと粒子状物質汚染が顕著であるHa Noiの硫酸イオンに注目すると、Petalng JayaではNH₄SO₄(硫酸アンモニウム)、Ha NoiではCaSO₄(硫酸カルシウム)として存在する傾向があることがわかる。また、清浄域でもTereljはNH₄SO₄として存在するPetalng Jaya型であるが、MondyやIrkutskではNH₄SO₄とCaSO₄、両方とも存在するというタイプの違いが現れた。

表2 汚染物質間の相関が大きい上位3組

	1	2	3
TanahRata(マレーシア)	SO ₄ ²⁻ -HCl	K ⁺ -HCl	NH ₄ ⁺ -HCl
Petalng Jaya(マレーシア)	NH ₄ ⁺ -SO ₄ ²⁻	K ⁺ -NH ₄ ⁺	K ⁺ -SO ₄ ²⁻
Ulaanbaatar(モンゴル)	K ⁺ -Ca ²⁺	Mg ²⁺ -Ca ²⁺	Mg ²⁺ -SO ₄ ²⁻
Terelj(モンゴル)	NH ₄ ⁺ -SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺ -HCl	NH ₄ ⁺ -HNO ₃
Metro Manila(フィリピン)	Mg ²⁺ -Ca ²⁺	K ⁺ -Cl ⁻	Mg ²⁺ -NO ₃ ⁻
Los Banos(フィリピン)	Mg ²⁺ -Ca ²⁺	Cl ⁻ -Ca ²⁺	NH ₄ ⁺ -NH ₃
Mondy(ロシア)	NH ₄ ⁺ -SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺ -SO ₄ ²⁺	Ca ²⁺ -NH ₄ ⁺
Listvianka(ロシア)	Cl ⁻ -NH ₄ ⁺	Mg ²⁺ -Ca ²⁺	NO ₃ ⁻ -SO ₄ ²⁻
Irkutsk(ロシア)	Mg ²⁺ -Ca ²⁺	NH ₄ ⁺ -SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺ -SO ₄ ²⁻
Ha Noi(ベトナム)	Ca ²⁺ -SO ₄ ²⁻	K ⁺ -Ca ²⁺	HCl-HNO ₃
Hoa Binh(ベトナム)	K ⁺ -Ca ²⁺	K ⁺ -HNO ₃	Mg ²⁺ -Ca ²⁺

4. まとめ

北東および東南アジアのガス状、粒子状物質の統計解析を行った結果、ガス状物質汚染はPetalng Jaya、粒子状物質汚染はHa Noiが顕著な都市であることがわかった。さらに、Petalng JayaではNH₄SO₄(硫酸アンモニウム)、Ha NoiではCaSO₄(硫酸カルシウム)として存在する傾向があることが示唆された。

<参考文献>

- (1) 酸性雨研究センター、「Data Report on the Acid deposition in the East Asian Region」、2001年、2002年、2003年
- (2) 樽谷修一、「地球環境科学」、朝倉出版1995年
- (3) 管民郎、「Excelで学ぶ統計解析入門」、オーム社開発局1999年