

## 三国山脈を挟む関東・新潟地域における 梅雨期大気降水成分の特徴

福崎 紀夫

Keywords : 大気降水物 ; 梅雨期 ; 成分の特徴 ; 関東地方 ; 谷川岳.

### 1 はじめに

関東地方は全国で最も大気汚染物質排出量が多い地域であり、とりわけ関東南部の1都3県は面積的には全国の約4%にとどまるものの、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>排出量は全国のそれぞれ約10%、20%を占めている<sup>1)</sup>。一方、関東地方は南岸及び東岸が太平洋に面し西方は丹沢及び関東山地によって、北方は三国山脈から那須高原、八溝山地に至る山々によって囲まれた比較的平坦な地形となっている。首都圏から排出された大気汚染物質は、夏季の昼間には海風によってこれらの山地までは容易に輸送されるものの、山地を越えて周辺地域にはたやすくは移流しにくいものと考えられ、関東地方と周辺地域では大気降水成分に違いが予想される。

ここでは、谷川岳を主峰とする三国山脈を境として新潟県内と関東地方で大気降水成分にどのような違いがあるかについて、1都11県1市による梅雨期酸性雨共同調査(以下、共同調査)データに谷川岳山頂における大気降水物調査データをまじえて考察した。

### 2 方 法

#### 2.1 調査地点

大気降水物の採取地点は、新潟、三条、長岡、小千谷、六日町、三国(以上、新潟県)、谷川岳山頂(以下、谷川岳)、中之条、前橋、太田(以上、群馬県)、熊谷、浦和(以上、埼玉県)及び千代田(東京都)である。これらの分布を図1に示す。谷川岳の調査地点は山頂から避難小屋方向に登山道を50mほど下った地点(標高約1950m)である。他の調査地点の詳細は共同調査報告書<sup>2)</sup>を参照されたい。

#### 2.2 調査期間

1992年から1996年(5年間)の6月中旬から下旬の12日間に採取された大気降水物を解析対象とした。梅雨期の共同調査データは各年度の調査報告書<sup>2)</sup>から引用した。谷川岳における試料採取は可能な限り共同調査に合わせたが、登山の日程などによって前後2・3日の差異があった年もある。なお、三条と小千谷は1996年度の調査は実施されていないので調査期間は4年間である。

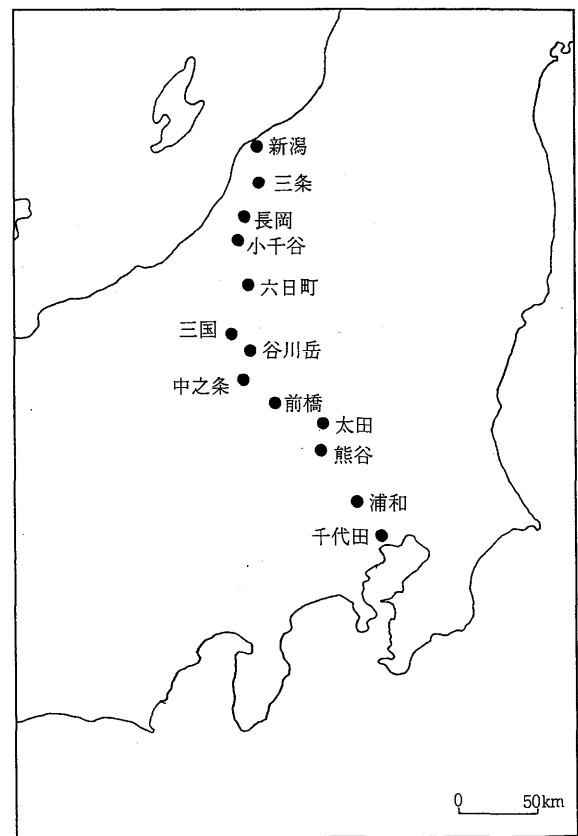


図1 調査地点の分布

#### 2.3 試料採取方法

梅雨期共同調査における大気降水物採取にはダストジャー法<sup>2)</sup>が用いられている。この採取方法では、測定開始時にあらかじめ深さ2cm程度(約170ml)の蒸留水を入れてから大気降水を採取する。採取中の留水の蒸発や開始時に入れた水量を差し引くことなく、最終流量を採取面積で除して降水量を算出している。一方、谷川岳における大気降水物の採取にはろ過式採取方法<sup>3)</sup>を用いた。これは試料採取時には採取状況を監視することが困難であり、昆虫や木の葉が長期間試料と混在することを防ぐためである。これらのことから、留水中の成分濃度比較は適当でないと考え、ここでは降水量のみ比較・検討対象とした。谷川岳の試料採取は群馬県水上町在住の森邦広氏の協力によった。

表1 梅雨期12日間の主要成分平均降下量及び当量比

	H <sub>2</sub> O mm	meq/m <sup>2</sup>							N/S	Cl <sup>-</sup> /Na <sup>+</sup>	A	H <sup>+</sup> /A
		H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	nss-Cl <sup>-</sup>				
千代田	66	1.07	5.33	1.26	2.70	5.41	4.12	1.78	0.50	2.58	9.89	0.11
浦和	59	2.48	4.50	0.49	2.97	4.66	1.68	1.46	0.64	4.14	9.09	0.27
熊谷	56	3.00	5.68	0.52	4.58	4.71	1.20	1.13	0.97	3.34	10.42	0.29
太田	64	2.65	4.86	0.33	3.76	4.55	1.60	1.10	0.83	4.48	9.41	0.28
前橋	80	2.79	11.43	0.65	7.18	7.55	2.16	1.75	0.95	3.86	16.48	0.17
中之条	82	2.66	6.46	0.61	4.58	5.24	1.22	0.91	0.87	2.66	10.73	0.25
谷川岳	105	3.52	2.15	0.57	2.71	3.08	0.38	0.07	0.88	1.28	5.86	0.60
三国	89	2.30	2.68	0.41	2.36	2.79	0.50	0.10	0.85	1.41	5.25	0.44
六日町	59	1.31	2.69	0.49	1.94	2.57	0.64	0.00	0.75	1.16	4.51	0.29
小千谷	62	0.93	2.58	0.66	1.53	2.26	0.41	0.00	0.68	1.13	3.79	0.25
長岡	78	1.21	2.70	1.93	1.97	2.89	0.56	0.00	0.68	1.11	4.86	0.25
三条	57	1.15	3.64	1.17	1.84	2.97	0.43	0.15	0.62	1.29	4.96	0.23
新潟	61	1.39	1.87	3.15	1.50	2.29	0.63	0.09	0.66	1.19	3.88	0.36

H<sub>2</sub>O：降水量，N/S：NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，A：NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+nss-Cl<sup>-</sup>。

## 2.4 分析方法

共同調査では、酸性雨等調査マニュアル<sup>3)</sup>により測定・分析及びそれらの精度管理が行われている。谷川岳の試料の分析・測定も同様に行った。測定・分析項目は、留水量、pH、導電率、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>である。Na<sup>+</sup>を基準として非海塩由来分(nss-)を海塩成分比から算出した。最終留水量に成分濃度を乗じ採取面積で除することによって単位面積当たりの降下量を求めた。

## 3 結果と考察

### 3.1 平均降下量

表1に平均イオン降下量(12日間)を示す。陰イオン降下量では、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>及びnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>降下量は全般に関東地方、特に関東地方内陸部の前橋や中之条などで多くなっている。nss-Cl<sup>-</sup>は千代田から中之条までの関東地方で多くなっている。一方、陽イオン降下量のうち、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>降下量はNO<sub>3</sub><sup>-</sup>及びnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と同様に、関東地方、特に内陸部の前橋及び中之条で多く、Na<sup>+</sup>降下量は新潟、千代田などの沿岸部で高く、前橋及び中之条を除き内陸部で低くなっていることがわかる。nss-Ca<sup>2+</sup>降下量も、全般に新潟県内よりも関東地方で多く、特に千代田で最も多い。

### 3.2 成分当量比

#### 3.2.1 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

降水の酸性化にNO<sub>3</sub><sup>-</sup>とnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>のいずれの寄与が大きいかを見る指標としてNO<sub>3</sub><sup>-</sup>/nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>(以下、N/S)が用いられる<sup>4)</sup>。表1に各調査地点のN/Sを示した。この値は、熊谷から中之条までの関東地方内陸部の調査地点と谷川岳、並びに新潟県内の三国及び六日町では、新潟から小千谷に至る新潟県内の地点より高くなっている。これは、「はじめに」で述べたように、関東地方では窒素酸化物の排出量が多いためと考えられる。千代田及び浦和ではこの比は低く、これはNO<sub>3</sub><sup>-</sup>に比較してnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>降下量が多いためと考えられる。谷川岳及び三国は関東地

方内陸部に近い値であり、窒素酸化物など関東地方で排出された大気汚染物質の影響を受けているものと考えられる。なお、谷川岳におけるガスパック法によって測定された大気中窒素酸化物濃度は、1ないし2ppb<sup>5)</sup>であり、これが乾性沈着やウオッシュアウトによって谷川岳山頂の大気降下物成分に大きな影響を及ぼすとは考えにくい。したがって、雲に取り込まれて(レインアウトによって)、三国山脈を越え三国の大気降下物に影響を及ぼしているものと考えられる。なお、六日町についても関東地方と新潟県内の調査地点の中間的な値であり関東地方の影響も否定できない。

#### 3.2.2 Cl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>

降水中に海塩以外にCl<sup>-</sup>の取り込みがあるか否かを推定する指標としてCl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>が用いられる。表1からわかるように、この値は新潟県内に比べ関東平野内の値が極めて高い。海塩中のCl<sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>は1.16である。新潟県内の値は三国で1.41と、これよりもやや高いがほぼ海塩の値に近いものとなっている。関東地方でのこの値は海塩中の値を大きく超える2.58(千代田)~4.48(太田)の範囲にあり、ゴミ焼却などに伴う塩化水素放出<sup>6)</sup>など海塩由来以外のCl<sup>-</sup>発生源寄与が大きいものと考えられる。谷川岳では1.28と低く、海塩由来以外のCl<sup>-</sup>の取り込みは小さいものと考えられる。この点、N/Sから考えられた関東地方からの窒素酸化物などの影響と異なるものとなっている。この原因として、発生源分布や塩化水素、二酸化硫黄及び窒素酸化物の水への溶解度の違いなどが考えられるが、今後、この点についてさらに検討が必要である。

#### 3.2.3 H<sup>+</sup>/(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+nss-Cl<sup>-</sup>)

この指標は、もともとあった酸のうち、中和されずに残存した酸の割合を示すものである。表1からわかるように、この値がもっとも大きい地点は谷川岳の0.60であり、次いで三国の0.44である。他の地点は0.11から0.36の範囲にある。平均的には酸のうち7~8割は中和され、2割から3割程度の酸が残存しているが、谷川岳や三国など山間部で

は残存する酸が4～6割と多いといえる。なお、表1からわかるように谷川岳における $H^+$ 降水量は全地点中最も高い値となっている。

#### 4 ま と め

1992年から1996年の6月中旬から下旬に実施された新潟県を含む関東地方の梅雨期酸性雨共同調査と谷川岳における大気降下物調査から、梅雨期12日間のこれらの地域における大気降下物の成分的特徴について考察した。

関東地方では新潟県内の地点より $Cl^-/Na^+$ が、また関東地方内陸部では $NO_3^-/nss-SO_4^{2-}$  (N/S)が高いという特徴が見られた。谷川岳(山頂)と新潟県側の山麓地点の三国ではN/S比が高いことから、窒素酸化物など関東地方で排出された大気汚染物質の影響を受けていると考え

られる。さらに谷川岳や三国では中和されずに残存する酸が多いという特徴が認められた。

#### 文 献

- 1) 鶴田治雄：科学，59，305 (1989)。
- 2) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会・1都3県公害防止協議会：平成4年度～平成8年度湿性大気汚染(酸性雨)調査報告書。
- 3) 環境庁大気保全局：酸性雨等調査マニュアル(改訂版)，(1990)。
- 4) 原 宏：大気汚染学会誌，26，A 51 (1991)。
- 5) 森 邦広，森千恵子：第34回大気汚染学会講演要旨集，p.492 (1993)。
- 6) 小山恒人：全国公害研究会誌，20，211 (1995)。