

新潟県の酸性雨・雪の現状と今後の調査研究課題

福 崎 紀 夫
新潟県衛生公害研究所

Present Status of Acid Rain and Snow in Niigata Prefecture and Subjects in Research for the Future

Norio Fukuzaki
Niigata Prefectural Research Laboratory for
Health and Environment

1 はじめに

わが国における酸性雨調査の本格的な開始は、環境庁によって昭和50年から5年間にわたって実施された関東地域における湿性大気汚染調査^{1,2)}である。この調査は、昭和48～50年の梅雨期に北関東を中心に、霧雨が眼や皮膚を刺激するという人体影響の原因究明を目的として実施された。新潟県内では、昭和51年に入広瀬村大白川新田で大気汚染のバックグラウンド調査の一環として、降水のpHやイオン成分が測定された (pH: 4.4～4.8)³⁾が、本格的な調査は昭和58年から実施された新潟県湿性大気汚染調査^{4,5)}である。この調査においては、県内131地点という多地点において簡易採取器を用いて初期降水が採取され、pHや導電率などの空間的な分布例が明らかとされ、その後の酸性雨調査の地点選定などの基礎となった。現在ではこれらをもとに新潟、長岡、六日町及び上越において酸性雨常時監視調査が継続調査されている^{6,7)}。また、昭和58、59年に実施された降雪調査は、降雪成分の時間的変動と地域的な特徴を明らかにした⁴⁾。

最近では、酸性雨問題は地球環境問題と地域環境問題の接点として社会的な関心を集めている。環境庁では昭和58～62年度に第1次、昭和63年度～平成4年度に第2次、その後第3次酸性雨対策調査を実施している。降水の調査は、昭和50年頃までは、大気中から化学成分が除去される過程として、主に地

球化学の研究の一環として実施され⁸⁾、降雪や降雨中の主要成分や放射性物質の測定⁹⁾が活発に行われたが、環境の酸性化の観点に立った降水のpH測定には重点はおかれていなかった。日本を含む東アジア地域では産業活動が活発化することに伴い、大気汚染物質の排出の増大が予想され¹⁰⁾、酸性雨問題は今後ますます重要になる環境問題の一つとして一層の取り組み強化が必要とされている。以下では、新潟県における酸性雨・雪の現状と今後の課題について主に調査研究面から筆者の私見を述べたい。

2 新潟県における酸性雨・雪の現状

2.1 年間沈着量・年平均濃度

新潟県の降水の特徴は、冬期間雪としてもたらされる降水量の多いことである。酸性雨・酸性雪の生態系への影響を考えると、化学成分の年間沈着量、特に冬季沈着量の把握及び地域的変動の把握が重要である。県では酸性雨による被害の未然防止の観点から昭和60年度より常時監視の一環としてろ過式採取法による酸性雨調査を実施している。県環境保健部がまとめた最近5年間(平成2～6年度)の降水の調査結果⁷⁾を、環境庁^{11,12)}及び民間検査機関の調査結果^{13,14)}とともに表1及び表2に示す。

県の調査結果から次のことがいえる。①降水量は、長岡、六日町及び上越で約2,000 mmと新潟の約1.5倍となっており、各成分沈着量はこれらの地点で多い。②pHは新潟、長岡及び六日町では4.6台であるが、

表-1 降水成分濃度の比較

(単位：降水量；mm/年，イオン濃度：mg/l，H⁺：μg/l)

	新潟県調査				民間***	環境庁調査			
	新潟	長岡	六日町	上越	新発田	第1次調査*	第2次調査**	新津**	相川**
	(H2~H6)				(H5~H6)	(S61~S62)		(H1~H4)	
地点数	1	1	1	1	1	29	28	1	1
降水量	1328	2046	2002	1970	2009	1755	1403	1537	1483
pH	4.61	4.67	4.67	4.51	4.78	4.7	4.8	4.6	4.6
H ⁺	24.5	21.4	21.4	30.9	16.6	20.0	17	29	25
SO ₄ ²⁻	3.21	3.23	2.35	3.27	3.63	2.64	2.13	2.16	2.39
nss-SO ₄ ²⁻	2.04	2.27	1.90	2.31	2.39	2.14	1.85	1.74	1.56
NO ₃ ⁻	1.33	1.23	1.13	1.24	1.36	0.96	0.87	0.91	0.91
NH ₄ ⁺	0.44	0.67	0.54	0.41	0.75	0.39	0.33	0.31	0.25
Ca ²⁺	0.47	0.42	0.30	0.44	1.08	0.52	0.32	0.19	0.13
nss-Ca ²⁺	0.29	0.28	0.23	0.29	0.35	0.47	0.28	0.27	0.15
Na ⁺	4.63	3.83	1.82	3.84	4.92	1.97	-	-	-

* 酸性雨対策検討会大気分科会：酸性雨対策調査報告書（平成2年1月），p.23.

** 環境庁・酸性雨対策検討会：第2次酸性雨対策調査結果（平成6年7月），p.48.

*** 二市北蒲原郡総合健康開発センター：酸性雨調査報告書

表-2 降水成分降下量の比較

(単位：降水量；mm/年，イオン沈着量：g/m²/年，H⁺：mg/m²/年)

	新潟県調査				民間***	環境庁調査			
	新潟	長岡	六日町	上越	新発田	第1次調査*	第2次調査**	新津**	相川**
	(H2~H6)				(H5~H6)	(S61~S62)		(H1~H4)	
地点数	1	1	1	1	1	29	28	1	1
降水量	1328	2046	2002	1970	2009	1755	1403	1537	1483
H ⁺	32.6	43.7	42.9	60.4	33.2	33.7	24	43	37
SO ₄ ²⁻	4.28	6.60	4.71	6.44	7.29	4.63	3.72	3.78	4.15
nss-SO ₄ ²⁻	2.74	4.64	3.80	4.54	4.80	3.76	3.11	3.06	2.52
NO ₃ ⁻	1.77	2.53	2.26	2.45	2.72	1.68	1.54	1.62	1.52
NH ₄ ⁺	0.68	1.38	1.09	0.81	1.51	0.68	0.55	0.55	0.44
Ca ²⁺	0.65	0.86	0.60	0.87	1.08	0.90	0.81	0.40	0.58
nss-Ca ²⁺	0.41	0.57	0.47	0.58	0.70	0.77	-	-	-

* 酸性雨対策検討会大気分科会：酸性雨対策調査報告書（平成2年1月），p.28.

** 環境庁・酸性雨対策検討会：第2次酸性雨対策調査結果（平成6年7月），p.44.

*** 二市北蒲原郡総合健康開発センター：酸性雨調査報告書

上越でやや低い傾向にある。上越のpHの年平均値は、環境庁が実施した第1次及び第2次酸性雨対策調査における全国平均値よりやや低い値となっている。③海塩成分(Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻)は新潟、長岡、六日町と海岸から離れるにしたがい、顕著な濃度減衰をみせている。④NO₃⁻濃度は新潟で、nss-SO₄²⁻濃度は、長岡及び上越でやや高い値となっている。新潟県の調査では県北のデータが無いが、新発田市(本町)における二市北蒲原郡総合健康開発

センターの平成5及び6年度の調査結果によれば、nss-SO₄²⁻及びNO₃⁻濃度は新潟、長岡、六日町及び上越よりもやや高いものの、中和成分であるNH₄⁺及びnss-Ca²⁺も高く、pHは4.78とこれら4地点よりやや高い値となっている。

2.2 季節変動等

県内の降水成分等の季節変動には次の様な特徴が認められる⁷⁾。降水量は梅雨期と冬季に多く、冬季には北西季節風の影響で海塩成分濃度が上昇しその

沈着量は著しく増加する。各成分濃度の季節変動は、①12, 1, 2月をピークとするもの (Na^+ , Mg^{2+} , Cl^-), ②3, 4, 5月をピークとするもの (nss-Ca^{2+} , NH_4^+ , NO_3^-), ③①と②を合成した変動を示すもの (nss-SO_4^{2-}) 及び④梅雨期と冬季に低値を示すもの (pH) の大きく4パターンに分けられる。これらと同様な傾向は上越市における今井らによっても観測されている¹⁵⁾。また、鈴木・遠藤によれば十日町市における平成3, 4, 5年冬季の降雪のpHは、4.46, 4.16, 4.22と低く、また、海塩成分濃度は対流混合層が高いとき高くなることが報告されている¹⁶⁾。さらに、今井らの観測によれば南岸低気圧にともなう上越市における降雪中の海塩成分、 nss-SO_4^{2-} 及び nss-Ca^{2+} 濃度は冬型気圧配置にともなう寒気の吹き出しによる降雪に比べ著しく低いことが報告されている¹⁷⁾。同様の事実は及川らによっても報告されている^{18,19,20)}。

2.3 経年変化

過去10年間の経年変化を見ると⁷⁾、新潟、長岡及び六日町における nss-SO_4^{2-} 濃度は低下傾向を、 NO_3^- は横ばいないし緩やかな上昇傾向を、 nss-Ca^{2+} 濃度は低下傾向をみせている。pHは低下傾向ののち、現在は全国平均値¹²⁾と同レベルで横ばいの状況にある。pHの低下傾向は、スパイクタイヤの規制による道路粉じんの減少と窒素酸化物排出量増加の相乗的な影響によるものではないかと考えられている。道路粉じん中には道路舗装材に由来するCa成分が多く、スパイクタイヤ装着率が高かった時には、道路粉じんの影響によって地上で観測される降水のpHはやや高かったものと考えられている²¹⁾。北海道・東北地方の自治体との降雪期の共同調査においても、過去の降雪期にはスパイクタイヤの装着にともなう影響が見られたことが報告されている²²⁾。なお、 $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ は降水の酸性化に、 NO_3^- と nss-SO_4^{2-} のどちらの寄与が大きいかを示す指標値であるが、 NO_3^- 及び nss-SO_4^{2-} 測定値⁷⁾から、この値は年々高くなってきており、降水の酸性化をもたらす先駆物質として窒素酸化物の寄与が相対的に大きくなりつつある。

2.4 関東地域からの影響

関東地域は大気汚染物質排出量が全国で最も多い地域で、首都圏の1都3県の SO_x , NO_x 排出量は全国の、それぞれ約10%, 20%を占めている²³⁾。新潟県を含む1都11県1市の共同調査から、関東平野

内における降水は NO_3^- 濃度の高いことが特徴としてあげられ、各種成分沈着量は降水量の多い6~9月に多く、pHもこの時期に低いことが報告されている。 NO_3^- 沈着量は NO_x 発生量の多い東京湾岸地域よりも発生量が少ない関東平野中部から北部で多く^{24,25)}、三国山脈を越えた新潟県内への移流も考えられている^{26,27)}。分水嶺である谷川岳の降水は、夏は関東地域の特徴を示し、冬型気圧配置下における降雪は日本海側の特徴を示すものの冬型が崩れると関東地域の特徴があらわれることが、登山家の協力を得た谷川岳における通年の調査から明らかとなっている²⁸⁾。

2.5 北海道・東北地域の特徴

新潟県を含む北海道・東北地域は、面積で日本の約20%を、人口で約10%を、 SO_x 及び NO_x 排出量ではともに全国の約10%を占める²⁹⁾。全国公害研協議会・北海道東北支部の共同調査から、北海道・東北地域の降水の特徴として、梅雨期のpHは南低北高傾向を示し、仙台、いわき、郡山、新潟、長岡及び六日町などで低く、盛岡以北で高い傾向が、また、冬季の日本海側地域で nss-SO_4^{2-} 沈着量が多いことなどが報告されている^{22,29)}。

2.6 アジア大陸北東部地域からの影響

全国公害研協議会の酸性雨全国調査から、本邦日本海側地域の冬季の降水中の nss-SO_4^{2-} 濃度は、降水量が多いにもかかわらず他地域と同程度かむしろやや高い値を示し、pHもやや低く各種成分沈着量は全国で最も多い地域となっていることがわかった³⁰⁾。この原因として汚染物質は、対流性である雪雲の生成時に主にレインアウト過程で取り込まれ、雲中にかなり均一に分布し、降水量が増加しても濃度減衰しにくいと考えられる³¹⁾。このことは、汚染物質は日本海上で雪雲に取り込まれ、日本列島に達することを意味し、冬季降水中の化学成分はアジア大陸北東部の発生源の影響を受けている³²⁾ものと考えられる。この推定を確かめるため種々のアプローチが試みられている。降水中の硫黄の同位体比($\delta^{34}\text{S}$ 値)は冬季に上昇し(季節変動の①に酷似)、海塩の影響を受けていると考えられるものの、海塩寄分を差し引いた非海塩起源の硫黄同位体比($\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$ 値)も冬季に高く夏季に低い季節変動を示す³³⁾。+4%を超える冬季降水中の $\delta^{34}\text{S}_{\text{nss}}$ 値は、新潟県内の主な化石燃料燃焼の人為発生源から排出される二酸化硫黄の平均 $\delta^{34}\text{S}$ 値(-2.7%, n=17)と明か

な違いを見せ、平均として高い硫黄同位体比を示す中国炭(+9.2‰, n=12)やロシア炭(+4.5‰, n=5)の燃焼排ガスの影響を受けているものと推定される^{34,35)}。この推定を支持する他の事実として、降水をもたらし大気の流れ経路が、硫黄同位体比が高い石炭を使用している河北以北であるとき降水中硫黄同位体比も高い傾向にあること³⁶⁾、また、石炭燃焼排ガスの指標元素とされるセレン³⁷⁾、テルル³⁸⁾及びフッ化物³⁹⁾の濃度及び沈着量は冬季に高く夏季に低いという顕著な季節変化を示すことがあげられる。一方、及川らによる高層の気象解析からもアジア大陸北東部の人為発生源の影響が大きいことが報告されている¹⁸⁾。

しかし、長岡における降水の硫黄同位体比測定からアジア大陸北東部の人為発生源に由来する硫黄の寄与率は、冬季においても20数%程度と見積られ³⁴⁾、海塩寄与分を考慮してもローカルな発生源の影響も大きく寄与していることは否定できない。これは前述のように SO_4^{2-} 沈着量は減少傾向にあるものの、今後とも日本国内の発生源対策がおろそかにはできないことを物語っているものと考えられる。

2.7 融雪影響

新潟県の山間地域は最大積雪深が3 mを超える世界でも有数の豪雪地帯であり、雪による災害などに関する調査研究は枚挙にいとまがない。しかし、降雪や積雪中に含まれる化学成分の挙動に関しては知見がきわめて少ない。新雪は積雪層内で、しまり雪、ざらめ雪と変態し層状構造を形成する。新潟県の山間地域の積雪層の雪質については、長年の調査結果が武田らによって報告されている⁴⁰⁾。山岳地域においては降雪中の汚染物質の多くの部分は積雪中に保存される。妙高山の北側斜面は新潟県内でも最も積雪量の多い地域の一つであるが、積雪中に蓄積される H^+ 量は30~40 mg/m²に達する⁴¹⁾。この値は、新潟、長岡及び六日町における H^+ の年間沈着量に匹敵する量⁷⁾である。積雪中の化学成分は融雪とともに融け出すこととなるが、酸性成分は融雪の初期に融け出し易く、積雪が約20%融けると50%程度の H^+ 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- が融け出すことが融雪実験で報告されている⁴²⁾。北欧や北米において陸水生態系に多大な影響を与えたアシッドショック^{43,44)}が新潟県において起こることはないのか懸念されるが、この点に答えられるデータは少ない。環境庁による第2次酸性雨対策調査の一環として塩沢町清水において実施

された融雪水等の調査によれば、初期融雪水中のイオン成分は積雪の2~5倍となっていたことが報告されている¹²⁾。

一方、妙高山麓での調査から、積雪層内では新雪、しまり雪、ざらめ雪という「雪の変態」にともない成分濃度は低下し、また、化学成分は積雪層内で上層から下層へと移動しており積雪層から融雪水の流出のある場合には蓄積された成分の一部は溶出しているものと推定される⁴⁵⁾。したがって、新潟県内でも標高の低い地域のような比較的温暖な多雪地域における融雪影響は、化学成分が積雪中に全量保持される地域よりもやや緩和されるものと考えられる。しかし、山岳地域においては、東らによる妙高山麓・笹ヶ峰での厳冬期から早春の調査に見られるように積雪中の化学成分のほとんどは早春まで積雪中に保持されることが報告されている⁴⁶⁾。山岳地域における早春から初夏までの融雪期における融雪にともなう化学成分の流出過程には不明な点が多い。また、今後、雪に含まれる酸性成分が上昇すればその融雪水の酸性度はさらに高まることから、今後とも雪の酸性化には十分な監視が必要と考えられる。

2.8 森林への影響

環境庁は第2次酸性雨対策調査結果の評価において、神奈川県丹沢山系のモミの衰退に見られるような「原因不明の樹木衰退が報告された地域もあり、酸性雨との関連を否定できない」としている¹²⁾。新潟県内においては、現在のところ、酸性雨もしくは酸性霧によると考えられる大規模な森林の衰退は報告されていない。調査例としては、環境庁の第2次酸性雨対策調査の一環として、ドイツトウヒ林の立ち枯れが見られる妙高山麓笹ヶ峰地区において森林生態系影響解明調査が平成3、4年度に実施されている。その結果は、「土壌の理化学性に加えて霧や大気汚染物質について調査した結果、基礎的なデータは得られたものの、影響解明には至らなかった」と評価されている¹²⁾。日本林業協会の調査によればこのトウヒ林の衰退は、台風による細根の切断、根腐病の発生、ナラタケ菌の侵入発病、樹液流動の停止、落葉そして枯死にいたったものと考えられている⁴⁷⁾。しかし、服部らは、ナラタケにとって発芽の至適pHは6~6.5であるが、多くの微生物が共存しその影響を受ける自然環境下では、より酸性条件が発芽に適しているとされ、pH 4~5の酸性雨は細菌の増殖を阻害しナラタケの増殖を促進する可能性

があることを指摘している⁴⁹⁾。なお、欧州におけるトウヒの衰退については森山による詳細な解説がある⁴⁹⁾。また、県内においては松くい虫による松の立ち枯れがめだっており、これが酸性雨によるものではないかとする新聞投書がよく見られる⁵⁰⁾。松枯れはマツノマダラカミキリ(松くい虫)を媒体としたマツノザイセンチュウによる感染死であろうが、その引き金となったものは酸性雨によるものとする説⁵¹⁾も出されている。

2.9 陸水影響

長野県内で花崗岩や流紋岩などの酸性岩を基盤とする河川水のpHが春先に低下するとともに、経年的にも低下しつつあることが報告されている⁵²⁾。これは前述の融雪の影響と考えられ注目されている。新潟県内ではこうした報告はなされていないが、山間地域の河川水の常時監視結果から、山間部の融雪時に導電率が低下し、pHはわずかながら低くなる傾向が一部の河川の上流域で認められる⁵³⁾。これは土壌もしくは岩石による中和作用を受け導電率が上昇した河川水が、それを受けていない雪解け後期の導電率が低い融雪水と混合するためと考えられる。

3 モニタリングと影響調査等に関する今後の課題

3.1 モニタリング方法の検討

新潟県では現在酸性雨の常時監視として、降水にともなう湿性沈着とそれをともなわない乾性沈着をひとまとめに採取するろ過式採取法⁵⁴⁾が採用されている。この方法では、同じバルク採取法の降下ばいじんの採取法と違い、遮光されたろ過装置と貯蔵タンクを用いてろ過しつつ降水を採取している。ろ過することによってばいじんと降水の長時間の接触を避け、降水成分とばいじんと反応、微生物作用を防ぐとともに、メンブランフィルターで大気中のアンモニアガスなど水溶性ガスの溶け込みによる採取後の降水の変質も防いでいる。この装置は日本で開発されたものであり欧米では類を見ない降水採取装置である。環境庁の第2次及び第3次酸性雨対策調査では、欧米との比較を可能とし、また、降水成分を正確に把握するため、湿性・乾性分別採取法が採用されている。ろ過式採取法は、湿性・乾性分別採取法に比べpHは0.1~0.2高めに測定されることが報告されており⁵⁵⁾、国の測定値との整合性をはかる上からも自治体レベルでも湿性・乾性分別採取法による酸性雨の常時監視体制が検討されるべきであり、

この場合これまでのデータとの比較に関するデータも必要となるであろう。

3.2 自動採取測定機の活用

モニタリング手法として環境庁の第2次酸性雨対策調査では降水の自動採取測定機が採用され、現在でも一部使用されている。この装置は、大気降水物を湿性・乾性に分別捕集し、湿性試料のpH、EC等をリアルタイムで測定しデータロガーに入れるものである。この装置の利点は、大気汚染物質濃度の街頭パネル表示と同様に、現在降っている雨や雪のpHがどのくらいかという情報を刻々、必要に応じて県民に公表できる可能性があるということである。県民の酸性雨への関心の高まりは相当なものであり、今後検討しても良い課題ではなかろうか。この場合、測定精度が信頼するに足りうるか否かということが疑問として残る。確かに、環境庁の第2次調査の開始直後においては自動採取測定装置は問題点が多かった。しかし、最近の装置ではイオンクロマトグラフを導入した成分分析機能を持った採取分析装置が開発されており、比較的短い時間でイオンバランスと電導率検定が可能となりつつある。したがって、精度管理チェック後にデータを表示することも将来的には可能になるものと考えられる。

3.3 乾性沈着量の測定

酸性雨モニタリングにおいて世界的に問題となっていることは、乾性沈着量をいかにして評価するかということである。大気汚染物質濃度が高い地域においては、乾性沈着量はほぼ湿性沈着量に匹敵する^{56,57)}といわれている。しかし、そのモニタリング方法は確立されていない。上に述べた湿性・乾性分別捕集に使用される乾性沈着物採取容器は多くの場合テフロンコーティングされたバケツである。このバケツを使用し、非降水時に採取される乾性沈着量、例えばSO₂の乾性沈着量は、ある大きさを持ったテフロンコーティングバケツに対しての沈着量であって一般の地表面ではない。すなわち、テフロンという代理表面への乾性沈着の値であって、地面や植物、建物、雪表面などへの乾性沈着量ではないという問題がある。現在のところ、乾性沈着量(D)は大気中の汚染物質濃度(C)に比例するとして、大気中濃度とその表面への乾性沈着速度(Vd)から、 $D = C * Vd$ によって計算から求めることが推奨されている⁵⁷⁾。しかし、大気中濃度は正確に測定されたととしても、その物質の乾性沈着速度は現在のところ

ろ文献値を使用せざるをえない状況である。すなわち、日本での乾性沈着速度 (Vd) のデータはほとんど実測されていない。さらに、大気中濃度の測定面においても、硝酸ガスなどではエアロゾルとの平衡に温度依存性が大きく、ろ紙法による硝酸エアロゾルのサンプリング時には、一度採取したエアロゾルから硝酸ガスに変化することにより、捕集率が低下するなどの問題点が指摘されている⁵⁷⁾。このような捕集上の問題点をクリアするにはデニューダーなどかなり手の込んだ装置と手法が必要とされ、モニタリングには適さない面もある。環境庁が推進している東アジア酸性雨モニタリングネットワークにおいても、この乾性沈着量の測定方法をどのようなものとするか検討中であり⁵⁸⁾ それらの動向に注目する必要がある。

3.4 モニタリング地点

県では現在、新潟、長岡、六日町及び上越で酸性雨常時監視を実施しているが、酸性雨調査法に記載されている⁵⁹⁾ ように天気予報区分程度、すなわち、上越、中越、下越及び佐渡を、それぞれ代表する地点でのモニタリング体制が必要ではないだろうか。このうち、佐渡は環境庁の離島測定局が設置されていることから、さしあたっては下越を代表する地点でのモニタリングが必要と考えられる。

一方、新潟県の約80%は山岳森林地域等で占められる。降水量は多くの場合山岳地域で多く、また、酸性霧も山岳地域で発生しやすい。酸性雨による影響は、自然条件の厳しい環境にあらわれやすいことから、新潟県における山岳森林地域におけるモニタリング体制をどのようなものとするか検討すべきであろう。ちなみに、環境庁における酸性雨モニタリングネットワークでの山岳地域の測定局は、八幡平、尾瀬、日光、赤城、八方尾根、立山、久住である。

3.5 影響調査

酸性雨による環境影響は基本的には、急性影響と慢性影響に分けられる。急性影響には、かつて梅雨期の関東を中心に発生した眼や皮膚がヒリヒリするといった人体影響や北欧や北米に見られた酸性融雪水による陸水棲魚類の被害及び酸性霧による(といわれる)樹木の立ち枯れなどがあげられる。一方、慢性影響には土壌を介した樹木の衰退、石像や建築物の被害などがあげられるが、大気汚染による被害と区別しにくいという側面がある。

環境庁は第2次酸性雨対策調査結果について、「欧

米並の酸性雨が広く観測されているが、酸性雨による生態系への影響について明確な兆候はみられていない。しかし、酸性雨の影響を受けやすい湖沼や土壌が存在すること、初期融雪水により陸水生態系に影響を及ぼすことが懸念されること、原因不明の樹木衰退が報告された地域もあり、酸性雨との関連を否定できないことを考えると将来的には生態系への影響が顕在化するおそれは否定できない」と評価している¹²⁾。この評価に立脚し、今のような酸性雨が降り続いた場合、被害の未然防止の立場から、新潟県版の酸性雨影響の評価に関する調査研究が今後重要な位置を占めてくるものと考えられる。具体的には、酸性雨の影響を受けやすい湖沼や河川、土壌は新潟県には無いか、それは特に融雪期でも大丈夫かという点が重要と考えられる。融雪水の影響を山間部の養魚場等で調査し、生態系への影響の有無を確認することも重要と考えられる。なお、関西地域においては、文化財への影響が重要な調査研究課題となっており、今後新潟県においても検討せねばならない課題である。

3.6 調査結果情報等の交換

新潟県内においては環境庁、国立研究機関、県、市町村、大学及び民間検査機関においてモニタリングや調査研究が活発に実施されており、また、小、中、高校生の課外活動や市民運動によるpH測定及び一部成分調査も行われている。しかし、その研究の専門分野は大気汚染、分析化学、地球化学、陸水生態学、地域気象学、雪氷学、農産製造学、土壌学、被服学及び教育学など多岐にわたっており、公表対象論文誌も専門分野に細分化され、それらの内容について周知しえない現状にある。したがって、新潟県における酸性雨問題について総合的な立場に立った評価の議論はなされにくいという側面があった。今後、新潟県をフィールドとし環境、特に酸性雨を研究対象とする研究者の横のつながりを保てるような討論会の場の設定や情報誌の発行も大切になってくるものと考えられる。

4 対策にむけた調査研究課題

4.1 臨界負荷量

ヨーロッパでは、酸性降下物の前駆物質である二酸化硫黄や窒素酸化物の排出削減を効果的に行うため、酸性降下物の森林生態系及び陸水生態系への臨界負荷量 (Critical load) を推定する研究が各国

協力のもとに精力的に実施されてきた。臨界負荷量は酸性物質の負荷により生態系が悪影響を受けることがない許容限界として定義されるものである⁵⁹⁾。新潟県においてもこのまま酸性雨が降り続いたとき、森林や河川・湖沼に影響は出ないのかという議論が活発化しつつある。群馬県土壌を対象に1 kmメッシュを単位に研究レベルでの推定例⁶⁰⁾や群馬県内の渓流水に関する研究⁶⁰⁾も報告されてきており、今後新潟県においても推進されるべき調査研究課題と考えられる。

4.2 モデルの開発

(1) 影響予測モデル

環境庁の第2次調査結果¹²⁾に述べられているように、酸性雨が陸水・土壌・森林生態系に与える影響を評価するには、モニタリングデータを蓄積するとともに地域に適合した精度の高い陸水系や土壌系の影響予測モデルの開発が重要と考えられる。したがって、国の動向を参考にしつつその開発に着手し、将来的には新潟県の降水-陸水-土壌のシステムを総合的に評価できる手法を確立する必要があるものと考えられる。この場合、酸性雨に弱い土壌地域及び融雪水の陸水への影響について重点的に調査する必要がある。特に、雪解け時の酸性化融雪水の陸水水質及び土壌への影響シミュレーションモデルの開発は、今後の重要な調査研究課題と考えられる。欧米では数多くの報告例があるが、わが国では山形県内を対象とした研究⁶¹⁾が報告されているに過ぎない。

(2) 酸性雨中・長距離輸送モデル

ある地域の酸性雨は、数1000 km遠方の発生源から排出されたSO_x、NO_x等の前駆物質が移流・拡散しつつ雲に取り込まれて生成する寄与が大きい場合と、数100 km以内の比較的近隣の発生源から排出された汚染物質の寄与が大きい場合がある。後者については、関東地域を対象として報告されている例⁶²⁾などを参考として新潟県版の「酸性雨中距離輸送モデル」の開発に着手するとともに、前者については国が進めている「酸性雨長距離輸送モデル」に関する情報収集と特に冬季の新潟県への適用が大切である。中国北部等から排出された大気汚染物質が日本海の海上で筋状雲に取り込まれ、酸性雪を北陸地方にもたらす酸性雪生成モデルが北田らによって報告されており^{63,64,65)}参考とすべきである。

5 おわりに

環境庁の第3次酸性雨対策調査においては、積雪地における融雪影響については具体的な調査研究の実施は見合わされている。しかし、酸性雨被害は雪国北欧では顕在化しており、新潟県が世界有数の多雪地帯に位置することを考えると、アシッドショックをはじめとする雪の持つ化学的側面による被害を未然に防止する努力が必要と考えられ、そのための情報収集及び対策に向けた調査研究が大切である。新潟県環境基本条例にも掲げられているように、健全で豊かな環境の確保と継承に向け、自然と共生しつつ地球環境保全への積極的な取り組みが求められる時代となっており、県民が各自のすることから酸性雨問題の解決に向け取り組むことが極めて大切である。行政としてはそれを支援する体制づくりと的確な情報を提供することが、今求められていることと考える。

文 献

- 1) 環境庁：湿性大気汚染調査総合報告書（地上調査編），昭和55年4月。
- 2) 環境庁：湿性大気汚染調査総合報告書（総括編），昭和56年3月。
- 3) 全国公害研協議会：環境における大気汚染物質の分布量に関する研究I（山岳・森林・原野のバックグラウンド調査），昭和52年3月。
- 4) 新潟県環境保健部：新潟県湿性大気汚染調査報告書，昭和61年3月。
- 5) 新潟県生活環境部公害規制課，新潟県公害研究所：公害と対策，20，783（1984）。
- 6) 新潟県環境保健部：新潟県酸性雨調査報告書（昭和60年度～平成元年度），平成3年2月。
- 7) 新潟県環境保健部：新潟県酸性雨調査報告書（平成2年度～平成6年度），平成8年3月。
- 8) 角皆静男，品川高儀：地球化学，11，1（1977）など。
- 9) 川瀬金次郎，小林宇五郎，小山誠太郎，滝沢行雄：“環境と放射能”，東海大学出版会，1971など。
- 10) N. Bhatti, D.G. Streets, W.K. Foell: Environ. Manag., 16, 541 (1992)。
- 11) 酸性雨対策検討会大気分科会：酸性雨対策調査報告書，平成2年1月。

- 12) 環境庁, 酸性雨対策検討会: 第2次酸性雨対策調査結果, 平成6年7月.
- 13) 平成5年度酸性雨調査報告書, 二市北蒲原郡総合健康開発センター.
- 14) 平成6年度酸性雨調査報告書, 二市北蒲原郡総合健康開発センター.
- 15) 今井昭二, 神谷直子, 田中俊行, 林 康久: 日本化学会誌, **1995**, 929 (1995).
- 16) 鈴木啓助, 遠藤八十一: 雪氷, **56**, 233 (1994).
- 17) 今井昭二, 神谷直子, 林 康久: 日本化学会誌, **1996**, 208 (1995).
- 18) 及川紀久雄, 今泉範子, 近藤博義, 長崎義治: 第33回大気汚染学会講演要旨集, 526 (1992).
- 19) 及川紀久雄, 村野健太郎, 猪股 保, 和田健一, 榎本保典: 第34回大気汚染学会講演要旨集, 569 (1993).
- 20) 及川紀久雄, 石橋康則, 吉沢裕義, 今泉範子: 第35回大気汚染学会講演要旨集, 553 (1994).
- 21) 森山 登: 新潟県衛生公害研究所年報, **8**, 114 (1994).
- 22) 全国公害研協議会北海道・東北支部: 北海道東北ブロック酸性雨合同調査解析報告書 (昭和62年度~平成3年度), 平成5年5月.
- 23) 鶴田治雄: 科学, **59**, 305 (1989).
- 24) 福崎紀夫: 公害と対策, **27**, 141 (1991).
- 25) 関東地方公害対策推進本部: 平成6年度湿性大気汚染調査報告書, 平成7年4月.
- 26) 菊池 立, 押尾敏夫: 第28回大気汚染学会講演要旨集, 356 (1987).
- 27) 関東地方公害対策推進本部: 平成5年度湿性大気汚染調査報告書, 平成6年4月.
- 28) 福崎紀夫: 新潟県衛生公害研究所年報, **9**, 88 (1993).
- 29) 大泉 毅: 公害と対策, **27**, 136 (1991).
- 30) 全国公害研協議会・酸性雨調査研究部会: 全国公害研会誌, **20**, 77 (1995).
- 31) 福崎紀夫, 大泉 毅: 環境科学会誌, **8**, 425 (1995).
- 32) 電力中央研究所: 電中研レビュー, **31**, 50 (1994).
- 33) 大泉 毅, 福崎紀夫, 森山 登, 漆山佳雄, 日下部実: 日本化学会誌, **1991**, 675 (1991).
- 34) 大泉 毅, 福崎紀夫, 日下部実: 日本化学会誌, **1994**, 822 (1994).
- 35) 丸山隆雄, 福崎紀夫, 種岡 裕: 第36回大気環境学会講演要旨集, 299 (1995).
- 36) 種岡 裕, 丸山隆雄, 福崎紀夫: 新潟理化学, **21**, 42 (1995).
- 37) 横尾保子, 福崎紀夫, 大泉 毅, 森山 登: 大気汚染学会誌, **30**, 276 (1995).
- 38) 横尾保子, 福崎紀夫: 新潟理化学, **21**, 44 (1995).
- 39) 大泉 毅, 福崎紀夫: 日本化学会誌, **1996**, 427 (1996).
- 40) 武田 宏, 野表昌夫, 伊藤信治, 養口秀夫: 雪氷, **56**, 275 (1994).
- 41) 福崎紀夫, 大泉 毅, 高橋裕志, 藤枝義丸: 新潟県衛生公害研究所年報, **6**, 105 (1990).
- 42) 坂井正昭, 山内武雄, 丸田文之, 大泉 毅: 新潟理化学, **12**, 19 (1986).
- 43) 石 弘之: “酸性雨”, 岩波出版, p.40 (1992).
- 44) ロス・ハワード, マイケル・パーレイ; 田村 明 (監訳): “酸性雨”, 新曜社, p.20 (1987).
- 45) 福崎紀夫, 大泉 毅: 大気汚染学会誌, **30**, 94 (1995).
- 46) K.Goto-Azuma, M.Nakao, M.Shimizu, N.Azuma, M.Nakayama, K.Yokoyama: *Annals of Glaciology*, **18**, 85 (1993).
- 47) 日本林業技術協会: 笹ヶ峰ドイツトウヒ林被害対策調査報告書, 平成3年2月.
- 48) 服部浩之, 佐竹研一: 環境科学会誌, **8**, 419 (1995).
- 49) 森山 登: 新潟理化学, **18**, 11 (1992).
- 50) 小越忠教: “枯死する松林調査に本腰を”, 新潟日報, 平成7年4月7日付け朝刊など.
- 51) 谷山鉄郎: “恐るべき酸性雨”, 合同出版, p.121 (1989).
- 52) 栗田秀実, 堀 順一, 浜田安雄, 植田洋匡: 大気汚染学会誌, **28**, 308 (1986).
- 53) 新潟県: 平成6年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, p.140 (1995) など.
- 54) 環境庁大気保全局: 酸性雨等調査マニュアル, 平成2年3月.
- 55) 玉置元則, 平木隆生: 日本化学会誌, **1992**, 405 (1992).
- 56) 藤田慎一, 高橋 章, 村治能孝: 大気汚染学会誌, **25**, 343 (1990).
- 57) 酸性雨調査法研究会: “酸性雨調査法”, ぎょうせい, p.123 (1993).
- 58) 海外環境協力センター: 第3回東アジア酸性雨

モニタリングネットワークに関する専門家会合
最終報告書, p.126 (1995).

- 59) 新藤純子, 袴田共之: 環境科学会誌, 8, 59 (1995).
- 60) 佐藤一男, 高橋 章: 環境科学会誌, 9, 95 (1996).
- 61) 飯田俊彰, 上木勝司, 塚原初男, 伊藤恵利子: 環境科学会誌, 9, 95 (1996).
- 62) Y. S. Chang, B. S. Ravishanker, G. R. Carmichael, H. Kurita, H. Ueda: Atmos. Environ., 24 A, 2035 (1990).
- 63) T. Kitada, P. C. S. Lee, H. Ueda: Atmos. Environ., 27 A, 1061 (1993).
- 64) T. Kitada, P. C. S. Lee: Atmos. Environ., 27 A, 1077 (1993).
- 65) 北田敏廣: 気象研究ノート, 182, 95 (1994).