



Title	苫小牧地域における酸性霧について
Author(s)	野口, 泉; 井戸井, 毅; 佐藤, 紳
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 7 測定・評価 . 7-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 292-297
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7631">https://hdl.handle.net/2115/7631</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-7-8_p292-297.pdf



## 苫小牧地域における酸性霧について

野口 泉 (北海道環境科学研究センター)

井戸井 毅 (苫小牧地方環境監視センター)

佐藤 紳 (苫小牧市環境監視センター)

### [はじめに]

関東地方の後背地にあたる奥日光の山岳地帯では、樹木の立ち枯れ現象(白骨化)が起こっており、酸性霧による植物影響が懸念されている。これを受けて、環境庁が原因解明のためのリサーチに着手したことは記憶に新しい。酸性霧による植物影響は、これまでも群馬、神奈川県、福岡、そして北海道においても警鐘が鳴らされてきた。<sup>1, 2, 3, 4)</sup>しかし、酸性霧の植物影響は、わが国においてはまだ認知に慎重な研究者も多い。<sup>5)</sup>一方、酸性雨や酸性霧による被害は、一度起こると回復が困難であり、未然防止が最も重要である。特に酸性霧の場合は、大気中の汚染物質を高濃度で取り込みやすいため、その酸性度は雨より高い場合が多く、植物への直接的な急性被害が懸念される。そのため、酸性霧の対策は迅速性が要求され、その調査研究は急務である。しかし、北海道における酸性霧の植物影響の可能性が指摘された苫小牧地域でも、1979、80年度に行われた調査研究報告以降は、酸性霧に関する調査研究報告は見当たらない。<sup>4)</sup>近年では、北海道における酸性霧の調査研究報告は、釧路地方における報告がなされているだけである。<sup>6)</sup>

当センターにおいては、酸性霧に関する調査研究の重要性を考え、これまでいくつかの予備調査などにより本格的な調査研究へのアプローチを行ってきた。その結果、今回ようやく苫小牧地域における酸性霧の調査研究に着手することができたので、平成4、5年度の調査結果を中心に報告する。<sup>7)</sup>

### [調査]

調査の目的は、苫小牧地方の酸性霧の酸性度、及び成分構成の把握、およびその生成機構に関する知見を得ることを目的としている。調査時期は、年間の霧発生日数の6~7割を占め、酸性霧の発生頻度が高い、6~8月の3ヵ月間に実施した。この時期は、過去に苫小牧地域における異常落葉等がみられた時期でもある。<sup>4)</sup>

調査地点は、図1に示す通りである。平成4年度は、市街地と郊外の酸性度を比較するため、海からみて市街地の後背地の地点Aと市街地郊外の地点Bを選択した。いずれもローカルな影響は受けにくいと考えられる地点である。平成5年度は、上陸する海霧に取り込まれる酸性物質の洋上及び上陸後の寄与について知見を得るため、地点Aと海岸に近い地点Cを選択した。

霧採取装置は、国内でよく用いられている装置で、後方のファンによって強制的に霧を吸引し、前方の多数のストリングス面で捕集する方式のもので、これにろ過機構、霧感知機による自動化など、いくつかの改良を加えたものを用いた。<sup>1)</sup>

測定項目は、pH、導電率(EC)、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ の10項目である。なお、成分濃度は当量濃度で示しており、平均値はすべて霧水量換算(雨水の場合は降水量換算)による値である。また非海塩由来成分は、 $\text{Na}^+$ を基準として海塩組成比から算出している。

### [結果および考察]

平成4、5年度の調査時期の気象概要を表1に、酸性霧調査結果の概要を表2に示す。

### (1) 平成4年度

霧水試料数、霧水量はともに地点Aで多かった。pHの範囲は、地点Aにおいては全てpH4以下を示したのに対し、地点BではpH4以下の試料は6割にとどまり、地点Aの方が、平均pHでも0.4低く、平均 $H^+$ 濃度は2.5倍高い値を示した。また各成分の平均濃度においては、 $NO_3^-$ 、 $NH_4^+$ 以外は、地点Aの方が高く、海塩の代表成分である $Na^+$ との比( $nssSO_4^{2-}/Na^+$ など)も大きかった。これは、市街地の後背地に位置する地点Aでは、霧の進入経路に大気汚染物質の発生源が多く位置していることが原因であると考えられた。一方、 $NO_3^-$ 濃度は、地点A及び地点Bの周辺状況からみて、窒素酸化物の排出が多い臨海工業地帯に立地する工場からの影響を受けたこと、 $NH_4^+$ 濃度は周囲の原野、湿地における生物活動の影響を受けたことが地点Bで濃度が高かった原因として考えられた。

地点A、Bに近い地点で、同時期にろ過式採取器を用いて調査を行った雨水試料と地点A、Bの霧水試料の $H^+$ 、非海塩由来 $SO_4^{2-}$ ( $nssSO_4^{2-}$ )、 $NO_3^-$ の平均成分濃度を比較を行った。表3に示すように、いずれも霧水試料の方が濃度が高く、 $NO_3^-$ 、 $H^+$ 、 $nssSO_4^{2-}$ 濃度の順に著しかった。また地点A、Bにおける $NO_3^-$ と $nssSO_4^{2-}$ の濃度の比(以下N/nssS比)は、雨水試料では、それぞれ0.31、0.55、霧水試料では、それぞれ1.1、1.7を示し、霧水試料の場合、 $nssSO_4^{2-}$ より $NO_3^-$ 濃度がより高くなること、地点Bの方が $nssSO_4^{2-}$ に対して $NO_3^-$ の割合が大きいことが認められた。また、図2に示すようにN/nssS比が特に大きい時にpHが低い傾向がみられ、この時期は、降水間隔が長く空いた後であり、霧発生日でありながら日照時間が比較的多かったことが観測されている。これらのことから、酸性霧のpH低下に最も寄与するのは硝酸であり、その寄与は気象条件の影響を受けると考えられた。

### (2) 平成5年度

霧水試料数は地点C、霧水量は地点Aで多かった。霧水量が地点Aで多かった原因としては、地点Cより地点Aにおける気温がより低いこと、粒径が大きく成長し、単位空気量当たりの霧水量が多くなっていたこと、地点Aは地点Cより標高が高いことから、霧の発生時間が長かったことなどの原因が考えられた。<sup>8)</sup>

地点A、Cのすべての試料はpH4以上で、平均pHは同じであったが、pHの範囲は地点Cで大きく、pH5以下の割合は、地点Aで71%、地点Cで82%であった。地点Aについて平成4年度と比較すると、平成5年度の方がpHの高い試料が多く、平均で1.4高かった。

地点A、Cにおける霧水試料中の $H^+$ 、 $nssSO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 濃度、及びN/nssS比を図3に示す。同時期の試料について比較すると、 $H^+$ を除いていずれも地点Aに比べ地点Cにおいて高い場合が殆どで、この傾向はアルカリ成分である $NH_4^+$ 、 $nssCa^{2+}$ 濃度の場合も同様であった。しかし、 $nssSO_4^{2-}/Na^+$ 、 $NO_3^-/Na^+$ 比は、地点Aにおける場合の方が大きかった。このことから、苫小牧における海霧は、苫小牧沖で次々に発生し、洋上において大気汚染物質を取り込んだ後、雲で言えば雲底部などに相当する高濃度成分を含んだ部分がまず海岸部に沈着しつつ上陸すると考えられる。その後、霧は内陸に進入しながらさらに市街地の汚染物質を取り込み、同時に沈着しながら最後には霧散すると考えられる。

地点Aの酸性霧について平成4年度と比較すると、平成5年度の方が、pHは高く、 $H^+$ を除いた成分の濃度も高く、霧水量も少なかった。(表2参照)特に、 $nssCa^{2+}$ 濃度は、8.7倍と最も差が大きかった。これは、平成4年度に比べ、平成5年度は、調査時期の霧の発生が少なく、平均湿度もやや低かったことによって、アルカリダストの舞い上がりが多く、これらが大気中に滞留し、霧に取り込まれたためpHが高かったと考えられた。

吉武ら(1986)は、苫小牧地方における酸性霧の植物影響に関して、1979、80年に行った調

査から、ストロブマツを中心とした異常落葉等が夏期に起こることを報告している。またこの原因として、この時期に多く発生する霧のpHが低く、高濃度の硫酸イオンを含んでいること、他の原因が認められず、結果的に消去法から酸性霧が原因として考えられたと報告している。<sup>4)</sup>この報告では、 $\text{nssSO}_4^{2-}$ 濃度の算出、 $\text{NO}_3^-$ 濃度の測定は行われておらず、植物被害がみられていた当時の霧の酸性度に寄与する酸性物質の組成等については不明である。また酸性霧の採取方法が異なるため、今回の調査結果と単純な比較はできない。しかし、植物被害が報告された過去のデータとの比較は重要であり、表4に示す大気汚染状況の推移と併せて比較検討を行った。比較検討に用いた酸性霧データは、吉武らの調査地点と最も近い地点Aにおける調査結果を用いた。その結果、以下の知見が得られた。

(1) 6～8月の地点Aにおける二酸化硫黄濃度では、月平均濃度はほぼ横這いに近かったが、日最高濃度、1時間の最高濃度は約0.7倍と減少しており、短時間の極値が減少していると考えられた。

(2) 6～8月の地点Aにおける窒素酸化物濃度では、月平均濃度は約2倍、日最高濃度は約1.4倍、1時間の最高濃度は約1.3倍に増加し、平均的な濃度がより増加していた。

(3) 採取方法は異なるが、今回のpHの分布範囲は同程度、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度は同程度かやや高めであった。

以上のことから、酸性霧の酸性度、汚染物質濃度は当時と同程度であり、むしろ $\text{NO}_3^-$ 濃度は増加していることが考えられた。しかし、二酸化硫黄濃度の1時間の最高値がやや減少していることから、当時は高濃度の二酸化硫黄による短時間の暴露が起こっていた可能性があり、過去の大気汚染データについてもさらに調査を行う必要がある。

#### [まとめ]

苫小牧地域における酸性霧の挙動について平成4、5年度の6～8月に調査を行った結果から得られた主な知見を以下に示す。

(1) 市街後背地の酸性霧は、郊外の酸性霧より高濃度の汚染物質を含んでいた。

(2) 酸性霧のpHを下げるのに最も寄与するのは硝酸と考えられた。

(3) 海岸に近い地点の酸性霧は、市街後背地の酸性霧より汚染物質濃度が高かったが、海塩成分である $\text{Na}^+$ 濃度に対する $\text{nssSO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 濃度の比から、霧は洋上において大気汚染物質を取り込んだ後、高濃度成分を含んだ部分が海岸部に沈着し、さらに市街地の汚染物質を取り込みながら内陸に進入すると考えられた。

(4) 平成4年度に比べ、平成5年度の酸性霧は、霧水量が少なく、pHが高く、また $\text{H}^+$ を除いて各成分濃度が高く、特に $\text{nssCa}^{2+}$ 濃度が高かった。これは霧の発生が少なく、平均湿度も低かったため、アルカリダストが舞い上がりやすく、これらが酸性霧に取り込まれたためと考えられた。

(5) ストロブマツの異常落葉等に関する研究が行われた1979、80年度当時と比べて、霧の酸性度、汚染物質濃度は当時と同程度であり、むしろ $\text{NO}_3^-$ 濃度は増加していると考えられた。しかし、当時は高濃度の二酸化硫黄による短時間の暴露が起こっていたことも考えられた。

以上のことをふまえ、平成6年度以降は以下の調査研究課題に取り組む予定である。

- (1) 洋上において取り込まれる大気汚染物質の発生源の解明
- (2) 市街地において取り込まれる大気汚染物質の寄与とその発生源の解明
- (3) 酸性霧の進入に伴う垂直方向も含めた空間分布と挙動
- (4) 酸性霧の時間分布と挙動
- (5) 酸性霧の原因物質であるガス状、粒子状の大気汚染物質の組成、挙動

〔おわりに〕

過去に苫小牧地方で異常落葉等のみられたストロブマツは、1960年代には約2000haあったが、次第に伐採改植され、現在では約50haしか残っていないため、当時と同じ林分について現在の酸性霧による植物影響を検討することはできない。<sup>9)</sup> また、他の樹木に関しては、現在は顕著な被害の報告はなく、植物に対する酸性霧、あるいは高濃度の大气汚染物質の影響、それぞれの寄与については過去の研究の継続による説明は困難である。また、樹木自体、これらのストレスに対して耐性の優れた個体が優占するという報告もある。<sup>10)</sup> そのため、古くから酸性霧に晒されてきた地域では、すでに耐性を備えた種や個体のみが残っており、耐性のない種や個体は既に存在していないため、被害が顕著に現れないことも考えられる。今後は、霧の発生に関する気象状況の変化を引き起こす巨大事業や原因物質である大气汚染物質の質、量の変化などが考えられる地域での調査研究が重要となる。また、雨、雪や霧だけではなく、ガス状、粒子状の大气汚染物質も含めた大气の酸性化およびその影響に関する総合的な調査研究が必要である。

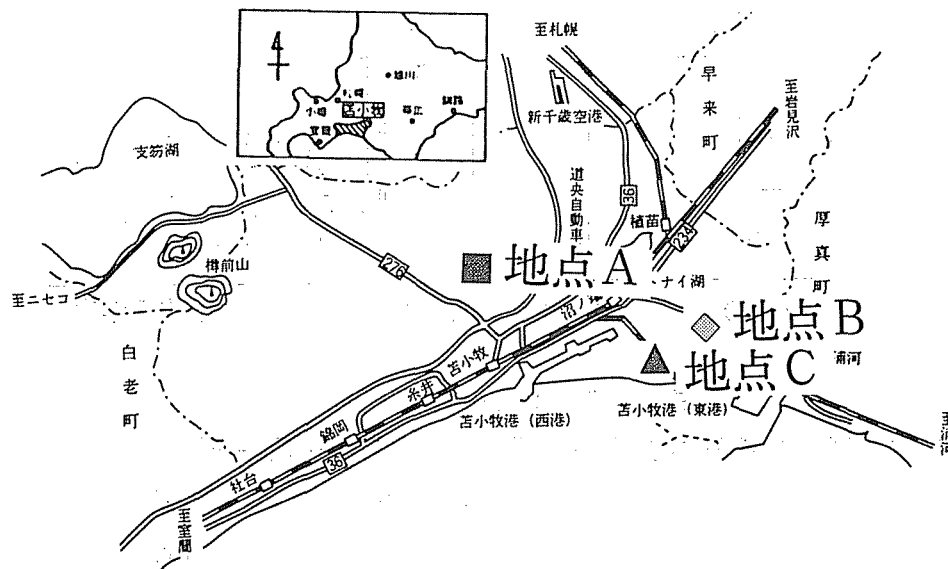


図1 調査地点

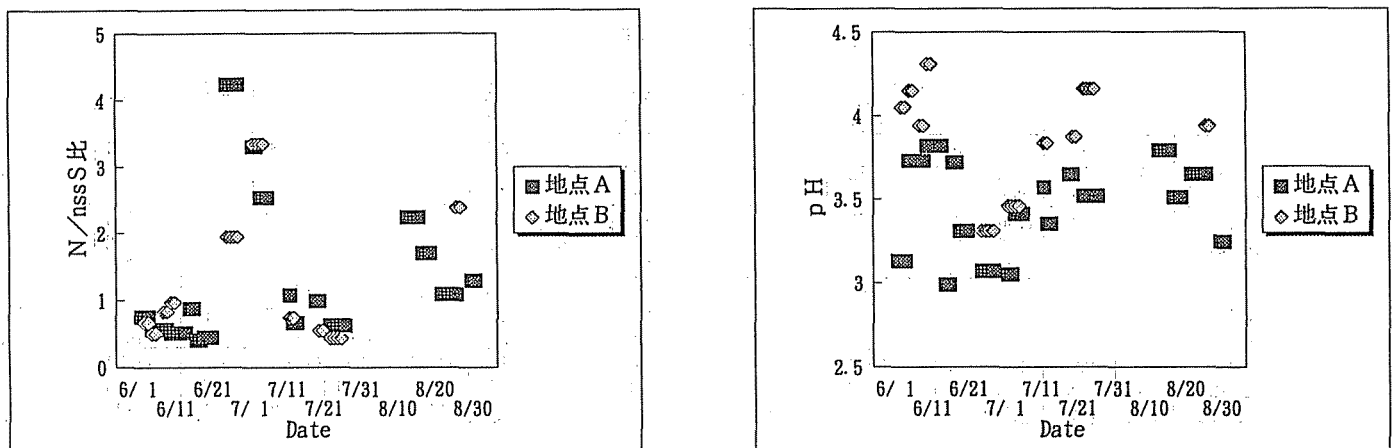


図2 N/nssS比とpHの挙動(平成4年度)

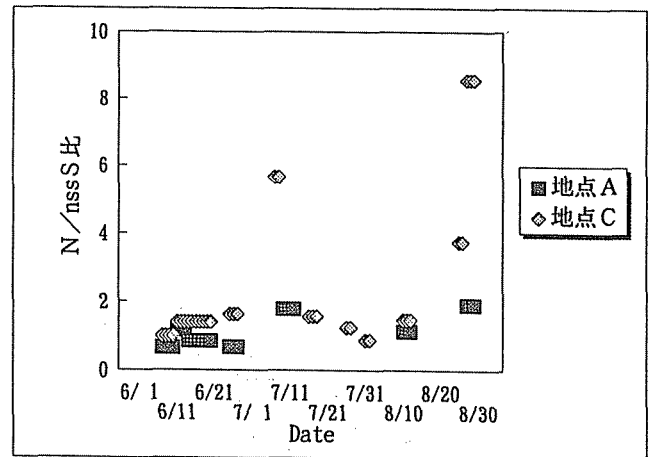
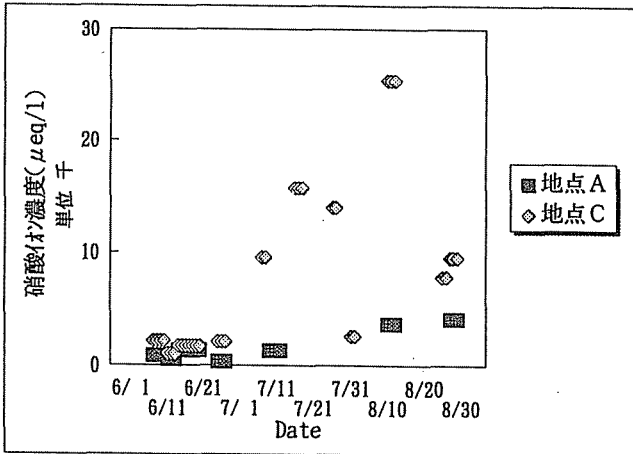
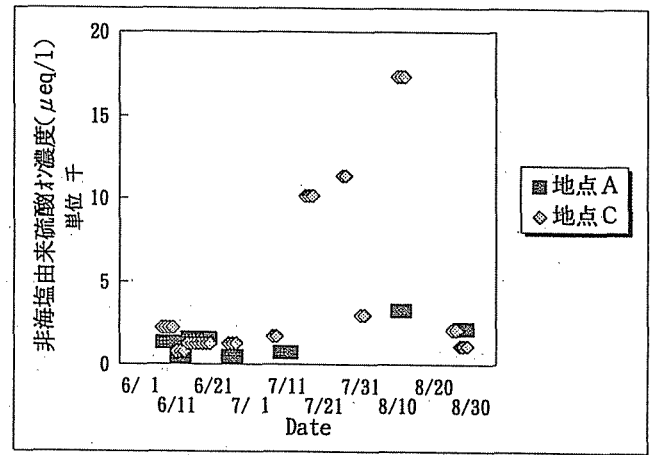
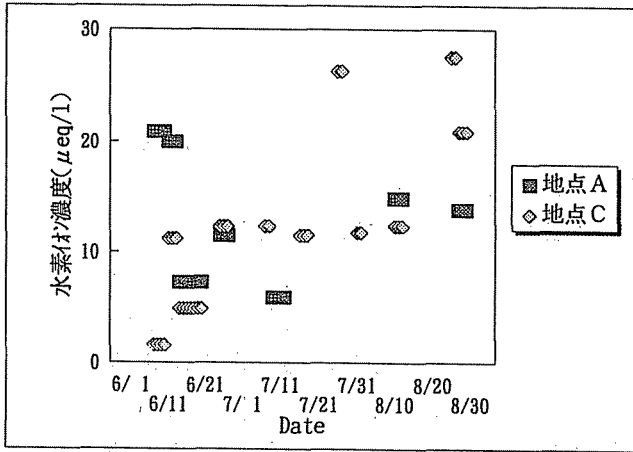


図3 H<sup>+</sup>、nssSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度、及びN/nssS比(平成5年度)

表1 調査時期の気象概要

	平均気温 °C	平均風速 m/s	最多風向	平均湿度 %	霧発生日数 days	降水量 mm	日射時間 h
平成4年度 6~8月平均	16.6	2.6	SSE	88	38	163	104
平成5年度 6~8月平均	15.6	2.9	SSE	85	26	122	117

表2 酸性霧調査結果の概要

	試料数	霧水量 ml	pH	Cond.	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	nssSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	nssCa <sup>++</sup>		
				μS/cm	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	μeq/l	
平成4年度	地点A	17	max.	760	3.8	1260	1023	1600	3804	4122	1097	3717	1060	996	136	1152	896
			min.	82	3.0	121	151	235	90	186	54	160	46	43	13	176	39
			avg.	308	3.5	308	334	551	484	948	302	809	184	202	36	454	149
平成4年度	地点B	10	max.	1700	4.3	751	490	1057	2707	4372	1872	3717	410	543	97	819	320
			min.	120	3.3	29	49	54	22	23	38	19	6	5	2	52	6
			avg.	660	3.9	247	144	387	511	873	372	753	123	126	35	296	90
平成5年度	地点A	7	max.	240	5.2	5670	21	8008	4104	43667	780	39283	6575	10165	1066	3278	4847
			min.	44	4.7	197	6	561	332	616	125	530	680	123	54	461	657
			avg.	120	4.9	826	14	1583	1105	4860	363	4472	1550	1186	232	1045	1353
平成5年度	地点C	11	max.	220	5.8	66700	28	100421	25348	856536	7126	699070	48595	176724	19432	17350	18237
			min.	12	4.6	761	2	1221	1050	4333	456	3848	1150	1095	194	758	981
			avg.	75	4.9	9874	13	12208	4315	95924	1241	81572	7254	20696	2315	2386	3665

表3 霧水試料中／雨水試料中の平均成分濃度

	H <sup>+</sup>	nss S O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	N O <sub>3</sub> <sup>-</sup>
地点A	335/32.9 (=10.2)	454/51.0 (= 8.9)	484/15.6 (=31.0)
地点B	144/18.9 (= 7.6)	296/43.5 (= 6.8)	510/23.9 (=21.3)

注) 単位はμeq/l、雨水試料はろ過式採取による

表4 大気汚染状況の推移

	S O <sub>2</sub> 濃度 (ppb)			N O <sub>x</sub> 濃度 (ppb)		
	月平均	日最高	1h最高	月平均	日最高	1h最高
1979～1980年度 6～8月の平均	6	15	55	4	11	40
1990～1992年度 6～8月の平均	5	11	41	8	15	50

[参考文献]

- 1) 村野健太郎：酸性霧研究の現状，大気汚染学会誌，28(4)，185～199(1993)
- 2) 杉本龍志，相原敬次，古川昭雄：森林衰退の現状－丹沢大山モミ林の場合－，大気汚染学会講演要旨集，364(1989)
- 3) 大石興弘，宇都宮彬，岩本真二，下原孝章，浜村研吾，石橋龍吾，村野健太郎：三郡山における雲水・雨水調査について，大気汚染学会講演要旨集，432(1990)
- 4) 吉武 孝，増田久夫：苫小牧地域におけるストロームマツ等の異常落葉に関する考察，林業試験場研究報告，337，1～28(1986)
- 5) 松本陽介，丸山 温，森川 靖，井上敏雄：人工酸性雨(霧)およびオゾンがスギに及ぼす影響と近年の汚染状況の変動－樹木の衰退現象に関連して－，森林立地，34，85～97，1992bなど
- 6) 西尾文彦：道東に生きるひとびとに－酸性化する地球は今－(1992)
- 7) 野口 泉，井戸井 毅：苫小牧地域における酸性霧(第1報)，大気汚染学会講演要旨集，479(1993)
- 8) 竹内政夫，石本敬志，野原他喜男，福沢義文：地表における海霧の変質，土木試験所月報，371，6～10(1984)
- 9) 吉武 孝：酸性霧降下地帯における異常落葉，酸性降下物と森林環境問題研究報告会資料，19～22(1992)
- 10) 小池孝良：遺伝育種学的アプローチと問題点，酸性降下物と森林環境問題研究報告会資料，48～49(1992)