

第5次酸性雨全国調査報告書(平成22年度)

全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会

堀江 洋佑, 野口 泉, 西山 亨, 岩崎 綾, 木戸 瑞佳,
中村 雅和, 松本 利恵, 山口 高志, 北村 洋子, 横山 新紀

はじめに

全国環境研協議会による酸性雨全国調査は1991年度からの第1次調査に始まり、現在2009年度からの第5次調査を実施しています。

この間の調査を振り返ると、第1次調査(1991～1993年度)では、ろ過式採取法(バルク)による調査を行い、全国的な降水の酸性化を明らかにしました。

第2次調査(1995～1997年度)では夏季、冬季に日単位調査や流跡線解析を行いました。この結果、冬季に日本海側で沈着量が多く、硫酸イオンを多く含んだ気塊が中国や朝鮮半島を通過していたこと、カルシウムイオンを多く含む気塊は、モンゴルや中国北東部を起源とする場合が多かったことなどを明らかにし、酸性物質の移流の可能性が示唆されました。

第3次調査(1999～2001年度)では、湿性沈着(降水時開放型捕集装置)に加えて乾性沈着を把握するために、4段ろ紙法(フィルターパック法)によるガス・エアロゾル調査を実施しました。この結果、都市部における酸性雨の状況、硫酸酸化物や窒素酸化物の地域特性、更に大気中のガス成分、粒子状成分について全国的な濃度分布とその季節変化を明らかにするとともに、乾性沈着量の推定を行いました。

第4次調査(2003～2008年度)では乾性沈着量の空間分布について、より正確に把握するために、第3次の調査内容に加えて、フィルターパック法では測定できない窒素酸化物、オゾン濃度などの測定が可能なパッシブ法を導入しました。また、乾性沈着速度を算出するプログラムを共同開発し、乾性沈着量の評価を実施しました。なお、第4次調査は当初2003～2005年度の予定でしたが、中国における硫酸酸化物や窒素酸化物の排出量が急増する傾向が見られるため、2008年度まで3年間調査を延長しました。

このような経過から、2009年度に本部会の名称を「酸性雨広域大気汚染調査研究部会」と改め、東アジアからの影響を含めた広域大気汚染の解明も目的とした第5次調査を始めました。

今回は、第5次調査の2年目、2010年度の調査結果を報告します。この成果が、各地域でのデータ解析評価におきまして、お役に立てれば幸いです。また、東アジア地域の経済発展に伴う酸性物質排出量の増大という背景から、調査結果の解析では広域大気汚染についても検討を行っており、今後も継続したデータ収集及び解析により、東アジア酸性雨モニタリングネットワークの充実に貢献したいと考えています。

このように、本部会の取組は、我が国における酸性雨調査を面的及び項目的に補完しており、環境省及び独国立環境研究所と連携して全国的な情報・知見の集積を行う上で、地方研究機関の役割・貢献が極めて大きいことを示していると思われます。

最後になりましたが、行財政状況の大変厳しい中、本部会の活動にご参加いただきました全環研会員機関と調査担当の皆様、本調査の企画・解析等にご尽力されました各委員、有益なご助言・ご指導をいただきました有識者の皆様、本調査に対し多大なご協力・ご支援をいただきました環境省、(独)国立環境研究所、(財)日本環境衛生センター／アジア大気汚染研究センター、並びに、その他の多くの皆様に、この場をお借りしまして、深くお礼を申し上げます。今後も引き続き、当部会の活動に皆様のご支援・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

平成24年7月

全国環境研協議会
酸性雨広域大気汚染調査研究部会
部会長 山田 健二郎
(川崎市公害研究所長)

1. 調査目的

全国環境研協議会(以下、全環研)は、表 1.1.1 に示すように1991年度から全国調査を行ってきた。その結果、全国の湿性および乾性沈着について、地域特性、季節変化、火山・大陸の発生源の影響、乾性沈着速度評価などの多くの知見を得てきた。第1次から第3次調査までは3ヵ年の調査の後、1年間の準備期間を経て次の調査を行ってきたが、2003～2005年度の予定で開始した第4次調査では急速に増大し始めた中国のSO₂およびNO_x排出量の影響などが懸念されたことから、追加調査として3ヵ年、2008年度まで計6年間の調査を実施した。なお、第1～3次調査データは国立環境研究所地球環境研究センターにおける地球環境データベースにて公開されており(http://db.cger.nies.go.jp/ja/database_B2.html)、第4次調査結果についても同様の予定である。

2009年度からは、これまでの調査に加え窒素成分のより高度な沈着量の把握やバックグラウンドオゾン濃度の把握などを含めた、第5次調査を実施している。本調査の目的は、日本全域における酸性沈着による汚染実態を把握することであり、①国際標準の方法である降水時間開放型捕集装置(ウェットオンリーサンプラー)による湿性沈着の把握、②自動測定機、国際的モニタリングネットワークでも用いられているフィルターパック法およびパッシブ法による乾性沈着成分(ガス/エアロ

ゾル)濃度の把握、③インファレンシャル法による乾性沈着速度算出および乾性沈着量評価、以上の3つが主なテーマである。第5次調査の特徴としては、①第4次調査から準備年をおかずに継続して実施していること、②パッシブ法を小川式(O式)に統一することにより、広域の解析・とりまとめを目指すこと、③アンモニア・アンモニウムの成分ごとの評価を目指すことなどが挙げられる。

2. 調査内容

2.1 調査概要

2010年度の調査参加機関は表 2.1.1 に示す52機関であり、湿性沈着調査地点は67地点、乾性沈着調査地点は57地点(フィルターパック法:36地点、パッシブ法:41地点)である。なお、一部には、他の学術機関との共同研究^{1,2)}、国設局との共用データも含まれている。なお、環境省のデータとは降水量の算出方法(気象データを用いる場合と貯水量を用いる場合)などデータの算出法が一部異なるため、数値が一致しない場合があることに注意が必要である。

2010年度の調査期間は原則として2010年3月29日～2011年3月28日であり、季節および月の区切りは表 2.1.2 に示すとおりである。また、2011年3月に発生した東日本大震災の影響により、一部機関では3月は欠測になっている。

表 1.1.1 全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会による酸性雨全国調査の主な調査内容

	第1次酸性雨全国調査		第2次酸性雨全国調査		第3次酸性雨全国調査		第4次酸性雨全国調査			第5次酸性雨全国調査						
調査対象	降水成分		降水成分		湿性沈着		乾性沈着		湿性沈着		乾性沈着		湿性沈着		乾性沈着	
調査地点数	1991年度：158地点 1992年度：140地点 1993年度：140地点		1995年度：52地点 1996年度：58地点 1997年度：53地点		1999年度：47地点 2000年度：48地点 2001年度：52地点		1999年度：25地点 2000年度：27地点 2001年度：29地点		2003年度：61地点 2004年度：61地点 2005年度：62地点 2006年度：57地点 2007年度：61地点 2008年度：60地点	2003年度：32地点 2004年度：34地点 2005年度：35地点 2006年度：28地点 2007年度：28地点 2008年度：29地点	2003年度：59地点 2004年度：61地点 2005年度：59地点 2006年度：39地点 2007年度：34地点 2008年度：37地点	2009年度：72地点 2010年度：67地点	2009年度：32地点 2010年度：36地点	2009年度：42地点 2010年度：41地点		
調査手法	ろ過式採取法(バルク採取)による原則1週間単位の試料採取		バケツ(バルク採取)による1日単位の試料採取		降水時間開放型捕集装置(ウェットオンリー採取)による原則1週間単位の試料採取		フィルターパック法による原則1～2週間単位の試料採取		降水時間開放型捕集装置(ウェットオンリー採取)による原則1週間単位の試料採取		フィルターパック法によるガス及びN式によるガス成分調査、月単位の試料採取		パッシブサンプラー(O式およびN式)による粒子状成分調査、月単位の試料採取			
調査期間	通年調査		夏季及び冬の2週間調査		通年調査		通年調査		通年調査		通年調査		通年調査			
データの公表	国立環境研究所地球環境研究センターホームページ (http://www-cger.nies.go.jp/acid/acid0.html)に掲載		国立環境研究所地球環境研究センターホームページ (http://www-cger.nies.go.jp/acid2/acid2-0.html)に掲載		国立環境研究所地球環境研究センターホームページ (http://www-cger.nies.go.jp/acid3/acid3-index.html)に掲載		国立環境研究所地球環境研究センターホームページに掲載		国立環境研究所地球環境研究センターホームページに掲載		国立環境研究所地球環境研究センターホームページに掲載		国立環境研究所地球環境研究センターホームページに掲載			
報告書の公表	全国公害研誌 Vol. 19, No. 2, (平成4年度酸性雨全国調査結果報告書) 全国公害研誌 Vol. 20, No. 2, (酸性雨全国調査結果報告書(平成3年度～平成5年度))		全国公害研誌 Vol. 21, No. 4, (第2次酸性雨全国調査報告書(平成7年度)) 全国公害研誌 Vol. 22, No. 4, (第2次酸性雨全国調査報告書(平成8年度)) 全国公害研誌 Vol. 23, No. 4, (第2次酸性雨全国調査報告書(平成9年度))		全国環境研誌 Vol. 26, No. 2, (第3次酸性雨全国調査報告書(平成11年度)) 全国環境研誌 Vol. 27, No. 2, (第3次酸性雨全国調査報告書(平成12年度)) 全国環境研誌 Vol. 28, No. 3, (第3次酸性雨全国調査報告書(平成11～13年度))		全国環境研誌 Vol. 30, No. 2, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成15年度)) 全国環境研誌 Vol. 31, No. 3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成16年度)) 全国環境研誌 Vol. 32, No. 3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成17年度)) 全国環境研誌 Vol. 33, No. 3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成18年度)) 全国環境研誌 Vol. 34, No. 3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成19年度)) 全国環境研誌 Vol. 35, No. 3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成20年度))		全国環境研誌 Vol. 36, No. 3, (第5次酸性雨全国調査報告書(平成21年度))							

表 2.1.1 調査地点の属性及び調査内容

大 部	都道府県名	地点名	調査機関名	排出量 ⁽¹⁾ (t km ⁻² y ⁻¹)			地域区 分 ⁽²⁾	緯度 (度)	経度 (度)	属性 ⁽³⁾	酸性 ⁽⁴⁾	標高 (m)	海岸からの 距離(km)	アンテナ設置 位置 ⁽⁵⁾	土地利用など		
				SO ₂	NO _x	NH ₃											
北海道	利尻	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	1.27	0.51	0.02	NJ	45.12	141.21	☆	☆	☆	40	0.8	地上高3m	未指定(※、雪)		
	天塩VRS	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	0.01	0.09	0.50	NJ	45.06	142.10	○	◆	○	79	30.0	地上高8m	未指定(森林)		
	島子里	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	0.13	0.78	0.49	NJ	44.36	142.27	□	□	□	287	40.0	地上高8m	未指定(森林)		
	札幌南	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	5.10	25.61	1.07	NJ	43.08	141.33	☆	○	☆	12	13.0	地上高8m	住居地域(市街地)		
	豊川	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	0.03	0.30	1.00	NJ	43.56	144.51	○	○	○	550	30.0	地上高5m	未指定(森林)		
	黒松内	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	0.03	0.33	0.36	NJ	42.65	140.31	○	○	○	87	13.0	地上高5m	未指定(森林)		
	札幌白石	札幌市衛生研究所	5.23	25.81	1.19	NJ	43.06	141.38	○	○	○	14	17.0	地上高14m	沿道商業地域、市街地		
	札幌千歳	札幌市衛生研究所	4.03	21.05	0.69	NJ	43.15	141.22	○	○	○	5	0.7	地上高1.5m	市街地調整区域		
	札幌緑野	札幌市衛生研究所	3.79	12.34	0.65	NJ	42.91	141.38	○	○	○	295	31.0	地上高8m(2階上)	山林		
	青森県	青森東金田	青森県環境保健センター	1.18	3.59	0.44	NJ	40.83	140.79	○	○	○	3	0.7	地上高20m	住居地域(市街地)	
北海道・東北	姉ヶ沢舞戸	青森県環境保健センター	0.20	1.13	0.51	NJ	40.78	140.24	○	○	○	30	0.4	地上高13m	都市計画未指定		
	盛岡	岩手県環境保健研究所	1.21	5.94	1.33	NJ	39.68	141.14	○	○	○	131	70.0	地上高12m	準工業地域、市街地		
	八幡平	岩手県環境保健研究所	0.47	1.99	1.15	NJ	39.82	140.94	○	○	○	830	89.0	地上高5m	森林地域		
	宮城県	牡鹿	宮城県環境保健センター	0.29	0.87	0.24	NJ	38.39	141.52	○	○	○	50	0.2	地上高1.5m	草地	
	仙台幸町	宮城県環境保健センター	7.51	18.93	1.02	NJ	38.28	140.91	○	○	○	32	9.5	West 5.8m, FP1.5m	市街地		
	秋田県	秋田千秋	秋田県健康環境センター	4.37	6.14	0.53	NJ	39.72	140.13	○	○	○	16	5.5	地上高20m	商業地域	
	山形県	鶴岡	山形県環境科学研究所	0.12	0.71	0.38	NJ	38.55	139.87	○	○	○	220	26.0	地上高5m	未指定(森林)	
	福島県	福島中央	福島県環境センター	0.61	1.22	0.50	EJ	37.25	140.04	○	○	○	941	84.0	地上高10m	田圃	
	郡山朝日	福島県環境センター	1.32	6.08	1.37	EJ	37.41	140.36	○	○	○	242	69.0	地上高10m	田圃		
	郡山環境保全センター	郡山市環境保全センター	1.23	5.27	1.00	EJ	37.41	140.23	○	○	○	392	70.0	地上高10m	田圃		
新潟県	小名浜	いわき市環境監視センター	13.01	16.92	0.99	EJ	36.96	140.89	○	○	○	3	2.5	地上高約1.5m	第1種住居地域		
	新潟青和	新潟県環境保健科学研究所	2.60	9.49	1.28	JS	37.85	138.94	○	○	○	2	3.1	地上高2.5m, FP3.5m	市街地調整区域		
	長岡	新潟県環境保健科学研究所	1.87	4.94	0.62	JS	37.45	138.87	○	○	○	27	19.0	地上高5m	住居地域		
	新潟大山	新潟市衛生環境研究所	2.75	12.68	1.74	JS	37.94	139.08	○	○	○	10	1.2	地上高4m	住居地域		
	新潟坂井	新潟市衛生環境研究所	2.82	9.59	1.64	JS	37.89	138.98	○	○	○	0	1.5	地上高3m	住居地域		
	新潟南	新潟市衛生環境研究所	2.64	9.73	1.65	JS	37.87	139.00	○	○	○	0	1.5	地上高3m	住居地域		
	市原中宮	新潟市衛生環境研究所	0.71	0.97	0.02	EJ	36.74	139.48	○	○	○	1300	95.0	地上高1m	住宅地		
	宇都宮	栃木県環境保健センター	2.89	10.93	2.72	EJ	36.60	139.94	○	○	○	140	65.0	地上高10m	住宅地		
	小山	栃木県環境保健センター	3.13	12.69	3.05	EJ	36.31	139.83	○	○	○	33	63.0	地上高6m	住宅地		
	埼玉県	加賀川 ⁽⁶⁾	埼玉県環境科学国際センター	2.10	8.71	3.71	EJ	36.09	139.56	○	○	▲	13	55.0	地上高11m	農用地	
関東・甲・信・越	さいたま	さいたま市環境科学研究所	7.46	48.21	5.19	EJ	35.86	139.65	○	○	○	15	35.0	地上高15m	商業地域		
	茨城県	上郷	茨城県都市市街地科学センター	1.14	7.71	3.30	EJ	36.08	140.27	○	○	○	18	31.0	地上高1m	草地	
	群馬県	前橋	群馬県衛生環境研究所	4.13	12.98	7.65	EJ	36.40	139.10	○	○	○	120	110.0	地上高約20m	市街地調整区域	
	市川	千葉県環境研究センター	8.63	59.68	4.64	EJ	35.72	139.93	○	○	▲	5	6.1	地上高20m	住居地域		
	市原	千葉県環境研究センター	13.96	44.28	7.51	EJ	35.53	140.07	○	○	○	5	1.2	地上高10m	工業地域		
	香取	千葉県環境研究センター	17.03	20.01	4.00	EJ	35.89	140.55	○	○	▲	40	15.0	地上高3m	調整区域		
	千葉県	株子	千葉県環境研究センター	10.17	8.98	3.92	EJ	35.74	140.74	○	○	▲	50	4.5	West 5m, O式1m	商業地域	
	一宮	千葉県環境研究センター	0.23	1.97	0.97	EJ	35.35	140.38	○	○	○	5	1.0	地上高3m	農業地域		
	旭	千葉県環境研究センター	7.68	8.66	4.12	EJ	35.73	140.72	○	○	▲	58	4.7	West 0m, FP1m, O式1m	商業地域		
	佐倉	千葉県環境研究センター	2.96	26.96	3.01	EJ	35.73	140.21	○	○	▲	25	19.0	West 3m, FP3m, O式2m	住居地域		
神奈川県	青澄	千葉県環境研究センター	0.16	1.14	0.92	EJ	35.16	140.16	○	○	○	360	4.5	地上高0m	未指定(森林)		
	宮野木	千葉県環境保健研究所	12.33	42.86	3.97	EJ	35.65	140.10	○	○	○	21	4.1	地上高3m	住居系		
	平塚	神奈川県環境科学センター	1.42	17.70	3.03	EJ	35.35	139.35	○	○	○	9	3.7	地上高約22m	準工業地域		
	川崎	川崎市公害研究所	16.66	71.13	2.94	EJ	35.52	139.71	○	○	○	1	1.2	地上高12.9m	住居		
	長野	長野県環境保全研究所	1.35	4.76	0.61	CJ	36.64	138.18	○	○	○	363	52.5	地上高15m, FP3m	第1種住居地域		
	静岡県	静岡小黒	静岡市環境保健研究所	3.29	10.23	1.42	CJ	34.97	138.40	○	○	○	14	3.6	地上高14m	住居地域(市街地)	
	静岡北安東	静岡県環境衛生科学研究所	3.15	9.89	1.38	CJ	35.00	138.39	○	○	○	10	7.1	地上高9.3m	市街地調整区域		
	富山県	射水 ⁽⁷⁾	富山県環境科学センター	6.11	15.56	1.80	JS	36.70	137.10	○	○	▲	○	22	8.0	West 地、他12.5m	第一種中高層住居専用地域
	石川県	金沢	石川県環境保健センター	2.74	6.93	1.12	JS	36.53	136.71	○	○	○	120	14.0	地上高14m	第2種中高層住居専用地域	
	福井県	福井	福井市衛生環境研究センター	2.41	7.77	0.80	JS	36.07	136.26	○	○	○	11	18.0	地上高9m	市街地調整区域	
近畿・東海・北陸	岐阜県	伊自良田	2.00	5.52	1.54	CJ	35.57	136.70	☆	☆	☆	140	60.0	地上高4.3m	林地		
	愛知県	豊橋	愛知県環境調査センター	2.36	10.81	4.18	CJ	34.74	137.38	○	○	○	20	6.0	地上高8m(地上2階)	住居地域	
	名古屋南 ⁽⁸⁾	名古屋市調査科学研究所	13.05	63.43	4.44	CJ	35.10	136.92	○	○	▲	○	6	3.0	地上高19.2m	準工業地域	
	三重県	四日市市	4.10	17.71	2.31	CJ	34.99	136.49	○	○	○	190	15.1	地上高15m	原野		
	滋賀県	大津柳が崎	滋賀県琵琶湖環境科学研究所	3.92	17.74	1.34	CJ	35.03	135.87	○	○	○	87	53.0	地上高約28m	住宅地	
	京都府	京都北津	京都府環境保健研究所	1.85	13.84	1.98	CJ	34.74	135.83	○	○	○	32	38.0	地上高約15m	住宅地	
	京都南東	京都府環境保健研究所	0.39	1.10	0.21	JS	35.70	135.16	○	○	○	80	7.0	地上高5m	未指定(森林)		
	京都生石	京都市衛生環境研究所	3.96	17.81	1.65	CJ	35.00	135.73	○	○	○	26	47.0	地上高21m	準工業地域(市街地)		
	大阪府	大阪 大阪府環境農林水産総合研究所	8.96	66.99	6.04	CJ	34.68	135.54	○	○	○	2	15.0	地上高20m(屋上)	準工業地域		
	兵庫県	神戸市	神戸市環境保全センター	10.20	30.41	1.05	CJ	34.65	135.13	○	○	▲	15	0.8	地上高約17m	準工業地域	
中国・四国	奈良県	奈良市	1.75	13.03	2.04	CJ	34.68	135.82	○	○	○	94	35.0	地上高約11m	商業		
	和歌山県	和歌山	和歌山県環境衛生科学研究所	9.97	14.10	1.12	CJ	34.16	135.21	○	○	○	3	0.4	地上高12.5m(2階上)	市街地調整区域	
	鳥取県	鳥取	鳥取県衛生環境研究所	0.34	2.10	0.56	JS	35.52	134.21	○	○	▲	○	3	2.0	地上高9m(2階上)	住居地域
	鳥取県	鳥取南	鳥取県衛生環境研究所	0.03	0.50	0.30	JS	35.35	134.19	○	○	▲	800	28.0	地上高2.5m	未指定	
	鳥取県	鳥取西	鳥取県衛生環境研究所	0.25	1.30	0.86	JS	35.49	133.89	○	○	▲	2	1.3	地上高14m(2階上)	未指定	
	鳥取県	松江	鳥取県環境保健科学研究所	0.66	2.40	0.94	JS	35.47	133.91	○	○	○	5	6.0	地上高	住居系	
	広島県	広島市	広島市衛生研究所	3.36	12.32	1.04	WJ	34.46	132.41	○	○	○	80	11.0	1階上1.1.5m高	住居	
	山口県	山口	山口県環境保健センター	2.28	5.84	0.63	WJ	34.15	131.43	○	○	○	13	13.0	地上高1m, O式3.8m	住居	
	山口県	山口南	山口県環境保健センター	2.04	8.93	1.76	CJ	34.06	134.57	○	○	○	29	3.0	地上高20m	市街地調整区域	
	高知県	高知市	高知県環境研究センター	0.04	0.46	0.18	WJ	33.71	133.86	○	○	○	230	21.0	3階建屋上(11.4m)	区域外	
九州・沖縄	大分県	大分市	3.94	21.34	1.90	WJ	33.51	130.50	○	○	○	27	18.0	地上高18m, FP1.5m	市街地調整区域		
	佐賀県	佐賀市	2.43	14.89	1.38	WJ	33.50	130.31	○	○	○	190	9.5	地上高1m, FP1.5m	市街地調整区域		
	佐賀県	佐賀市	1.50	6.92	1.63	WJ	33.27	130.27	○	○	○	4	11.0	地上高8.5m(屋上)	第1種住居地域		
	長崎県	長崎市	6.80	7.58	1.50	WJ	32.86	130.04	○	○	○	23	4.0	地上高10m	住居地域(市街地)		
	阿蘇	熊本県環境保健科学研究所	0.30	1.33	1.72	WJ	32.97	131.05	○	○	▲	480	46.0	地上高1m	未指定		
	熊本県	宇土	熊本県環境保健科学研究所	2.07	8.38	1.47	WJ	32.67	130.65	○	○	○	20	2.7	地上高1m	未指定	
	熊本県	熊本	熊本県環境保健総合研究所	1.71	8.83	1.66	WJ	32.78	130.76	○	○	▲	40	12.0	地上高9m(屋上), FP10m	住居地域	
	宮崎県	宮崎	宮崎県環境保健センター	0.58	3.25	1.14	WJ	31.83	131.72	○	○	○	20	3.5	地上高14m(屋上)	都市地域(準工業地域)	
	鹿児島県	鹿児島	鹿児島市環境保健センター	1.41	5.88	1.37	WJ	31.58	130.56	○	○	○	1	0.4	地上高3m, FP21m	準工業地域	
	沖縄県	大田	沖縄県衛生環境研究所	6.30	7.83	2.08	SW	26.19	127.75	○	○	▲	109	1.8	地上高8m(2階上)	未指定	
沖縄県	戸部	沖縄県衛生環境研究所	0.00	0.00	0.35	SW	26.87	128.25	☆	☆	☆	60	0.2	地上高FP4m	特別地域		

表 2.1.2 調査期間の季節・月区分

季節	月	平成22年度	週
春	4	3月29日 ～ 4月26日	4
	5	4月26日 ～ 6月7日	6
夏	6	6月7日 ～ 7月5日	4
	7	7月5日 ～ 8月2日	4
	8	8月2日 ～ 8月30日	4
秋	9	8月30日 ～ 9月27日	4
	10	9月27日 ～ 10月25日	4
	11	10月25日 ～ 12月6日	6
冬	12	12月6日 ～ 1月4日	4
	1	1月4日 ～ 1月31日	4
	2	1月31日 ～ 2月28日	4
春	3	2月28日 ～ 3月28日	4

注) 週単位の試料交換日は原則として月曜日とした。

戸瑞佳(富山県環境科学センター), 中村雅和(宮城県衛生環境研究所), 松本利恵(埼玉県環境科学国際センター), 山口高志(北海道立総合研究機構環境科学研究センター), 北村洋子(宮城県保健環境センター), 横山新紀(千葉県環境研究センター)が執筆した。2010～2011年度の部会組織および担当を表 2.1.3 に示す。

2.2 調査方法

2.2.1 湿性沈着

調査地点は1地点の場合は原則として都市域で実施し、複数地点の場合は都市域及び都市域から20～30 km 離れた地点または(および)地方に特有

表 2.1.3 全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会組織

部会役職	所 属	氏 名	担当年度	報告書等担当部分
部会長	名古屋市環境科学研究所	岩間 千晃	H22	
	川崎市公害研究所	広瀬 健二	H23	
理事委員	石川県保健環境センター	山田 正人	H22	
	さいたま市健康科学研究センター	宮崎 元伸	H23	
理事委員代理	石川県保健環境センター	英 俊彦	H22	
	さいたま市健康科学研究センター	市川 浩之	H23	
支部委員	地方独立行政法人北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 環境科学研究センター	野口 泉	H22	D
	青森県環境保健センター	岩間 貴士	H23	D
	埼玉県環境科学国際センター	松本 利恵	H22-23	D, 5.3章
	財団法人ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター	平木 隆年	H22	D
	名古屋市環境科学研究所	大場 和生	H23	D
	鳥取県衛生環境研究所	洞崎 和徳	H22	D
	島根県保健環境科学研究所	田部 貴大	H23	D
	福岡県保健環境研究所	濱村 研吾	H22-23	D
委 員	地方独立行政法人北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 環境科学研究センター	野口 泉	H23	3章
	〃	山口 高志	H22-23	6章
	宮城県保健環境センター	北村 洋子	H22-23	6章
	新潟県保健環境科学研究所	江端 英和	H22	
	〃	家合 浩明	H23	
	千葉県環境研究センター	横山 新紀	H22-23	6章
	富山県環境科学センター	木戸 瑞佳	H22-23	5.1-5.2章
	三重県保健環境研究所	西山 亨	H22-23	4章
	京都府保健環境研究所	辻 昭博	H22	5.1-5.2章
	財団法人ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター	堀江 洋佑	H22-23	1-4章
	高知県環境研究センター	武市 佳子	H22-23	
	宮城県衛生環境研究所	中村 雅和	H22-23	5.1-5.2章
	沖縄県衛生環境研究所	友寄 喜貴	H22	1-4章
	〃	岩崎 綾	H23	4章
有識者	明星大学理工学部	松田 和秀	H22-23	
	独立行政法人国立環境研究所	向井 人史	H22-23	
	法政大学生命科学部	村野健太郎	H22-23	
	独立行政法人農業環境技術研究所	林 健太郎	H22	
	環境省	八田 哲典	H22	
	〃	山本 陽介	H23	
事務局	財団法人日本環境衛生センター	大泉 毅	H22-23	
	名古屋市環境科学研究所	大場 和生	H22	
	〃	山神真紀子	H22	
	川崎市公害研究所	松尾 清孝	H23	
	〃	竹内 淨	H23	
	〃	財原 宏一	H23	

注) 「報告書担当部分」における D はデータ収集、数字は報告書の章を表す。

表 2.2.1 測定項目別の捕集ろ紙

項 目	捕集ろ紙名
F P	粒子状成分
	テフロン(PTFE)
	SO ₂
	HNO ₃
	NH ₃
O 式	HC1
	K ₂ CO ₃ + ポリアミド
	リン酸 + ポリアミド
	K ₂ CO ₃ + ポリアミド
	SO ₂ , NO ₂
	NO _x
	K ₂ CO ₃ + TEA + PTIO
	NH ₃
	クエン酸
	O ₃
	NaNO ₂

の地点で実施している。

調査は、通年調査とし、1週間単位での採取を原則とするが、2週間あるいはそれ以上での採取も可とし、その場合、冷蔵庫の設置等による試料の変質防止対策を推奨している。試料採取は原則月曜日に行った。なお、解析に用いるデータは表 2.1.2 に示す月単位である。

降水の捕集装置は降水時開放型であり、降雪地域においては、移動式の蓋の形状変更や凍結防止用ヒーターの装備などの対策をとることが望ましいが、ヒーターの使用が無理な場合は、冬季間、バルク捕集となることも可としている。また、ロート部および導管部の洗浄については、月単位の切れ目の日に実施することとし、洗浄後にフィールドブランク試料を採取し、精度管理に用いている。

降水量は、貯水量を捕集面積で割って算出することとしており、測定項目および分析方法、手順については、湿性沈着モニタリング手引き書—第2版—(以下、手引き書³⁾)に従い、イオンバランス(R₁)および電気伝導率バランス(R₂)により、基準範囲を超える場合は、再分析を行うなどの精度管理を行っている。また、分析精度の確保に関しては、環境省のモニタリングネットワーク(以下、JADS)の測定局を対象に行われている分析機関間比較調査に本調査参加機関も多数参加し、全環研としても解析を行うことにより、分析データの信頼性を確保している。

2.2.2 乾性沈着

乾性沈着調査はフィルターバック法、パッシブ法および自動測定機による方法を採用した。フィルターバック法、パッシブ法における測定項目別

の捕集ろ紙を表 2.2.1 に示す。

2.2.2.1 フィルターバック法

フィルターバック法(以下、FP法)は、1段目で粒子状物質を、2段目でHNO₃などを、3段目でSO₂、HC1を、4段目でNH₃を捕集する4種のろ紙法^{4,5)}を全環研として採用した。

調査地点は、可能な限り湿性沈着調査地点と同一地点を選定することとなっており、通年調査で、採取単位は1週間～2週間である。なお、解析に用いるデータは月単位である。試料採取は、第3～4次調査⁴⁾と同様に表 2.2.1 に示した4種のろ紙を装着し、毎分1～5Lの吸引速度で連続採取を行い、積算流量計、あるいは平均流量から採気量を求めている。

なお、全環研のFP法に関するマニュアルは東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(以下、EANET)でも英訳されて用いられており、詳細な手順などはこれまでの報告⁴⁾およびEANETの技術資料⁶⁾などを参照されたい。

2.2.2.2 パッシブ法

パッシブ法は、目的のガス成分を捕集するための試薬が含浸されたる紙、あるいは目的のガス成分と反応を起こすための試薬が含浸されたる紙を用い、捕集量あるいは試薬成分変化量を測定し、濃度を求める方法である。パッシブ法においては、そのまま試薬含浸ろ紙を晒す方が捕集量は多くなるが、粒子状物質の沈着や風の強さなどの影響を除くため、目的ガス成分がろ紙にたどり着くまでの抵抗を設ける必要がある。本調査では抵抗方法として、細孔を開けたサンプラーのカバーによる(拡散長抵抗)方法であるO式パッシブ法(以下、O式法)を用いている。

2010年度のO式法の調査地点は、それぞれ41地点である。調査地点は大都市(例えば県庁所在地)・工業地域、中小都市地域、田園地域、山林地域などからその目的に応じ1地点以上選定する。可能な限り1地点はフィルターバック法又は自動測定機による測定を実施している地点を選定することとなっている。調査は通年であり、採取単位は原則1ヶ月である。

O式法は、THE OGAWA SAMPLERとして欧米でもモニタリングに用いられている方法であり、測定方法としてはFP法と同様に世界的にも

良く知られている。本方法は、拡散長抵抗方法が用いられ、濃度と捕集量の関係が理論的に証明されており、他の方法と比較することなく濃度の算出が可能である。また捕集効率が100%に近く、分子拡散係数が得られれば、他の成分でも測定が可能である。しかし、抵抗が大きく、ブランク値および分析の定量下限値の影響を受けやすい。特にSO₂に関しては、現在の日本の状況では発生源のある都市部などの地域以外では精度の高い測定結果を得るのは困難である。しかし、現在ろ紙の改良が進められており、また、従来法との換算式も公表される予定である。なお、現段階での詳細な手順などはこれまでの報告⁴⁾およびマニュアル⁷⁾などを参照されたい。

2.2.2.3 自動測定機のデータ

自動測定機による測定値は、大気汚染常時監視測定局データなどを月単位に集計し用いている。本データはFP法およびO式法による測定結果の精度確認のために用いた。また、一部は乾性沈着量の評価にも用いている。本データには高濃度地域に対応するための常時監視データも含まれており、一部はFP法より精度が低い場合もある。

2010年度の自動測定機の調査地点は、21地点である。

2.2.3 調査地点の属性および調査内容

広域的な環境調査データを解析する場合、目的に応じてデータおよび地点を選択することが有効である。

環境省の酸性雨モニタリング、EANETなどでは、モニタリングの目的、あるいは発生源(都市域)からの距離に応じて調査地点を区分している。これは、モニタリングデータを解析する場合に、この区分に応じて、近隣の発生源の影響などを考慮し、対象地点を選択して解析するためである。

本調査では、Kannariら(2007)⁸⁾による2000年度ベースのSO₂、NO_xおよびNH₃排出量の情報を用いて、必要に応じて排出量別の解析を実施した。それぞれの排出量は3次メッシュ(約1km四方)で得られており、調査地点周辺(半径20km相当:対象範囲は、測定地点を中心とした半径20kmの円内に3次メッシュの中心点が存在するメッシュとした。)の排出量を算出した。

一参考文献一

- 1) 母子里のデータは、北大北方生物圏フィールド科学センターとの共同研究による。
- 2) 天塩FRSのデータは、国立環境研地球環境研究センター、北大北方生物圏フィールド科学センターおよび北大工学研究科との共同研究による。
- 3) 環境省環境保全対策課:湿性沈着モニタリング手引き書(第2版), 2001
- 4) 全環研:第3次酸性雨全国調査報告書(平成11~13年度のとめ), 全国環境研会誌, 28, 2-196, 2003
- 5) 松本光弘, 村野健太郎:インフレーション法による樹木等への乾性沈着量の評価と樹木衰退の一考察, 日本化学会誌, 1998(7), 495-505, 1998
- 6) Acid Deposition Monitoring Network in East Asia:東アジアにおけるフィルターバック法に関する技術資料, http://www.eanet.cc/jpn/docea_f.html
- 7) 平野耕一郎, 斉藤勝美:短期暴露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO, NO₂, SO₂, O₃およびNH₃濃度の測定方法(改訂版), 2010年8月, <http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/shiryo/pub/d0001/d0001.pdf>
- 8) A. Kannari, Y. Tonooka, T. Baba, K. Murano: Development of multiple-species 1 km × 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, *Atmos. Environ.*, 41, 3428-3439, 2007

3. 気象概況および大気汚染物質排出量の状況

降水量が多い場合、湿性沈着成分濃度は低下するが、沈着量は増加する。また気温および日射は乾性沈着成分の生成や存在形態に影響すると思われる。一方、硫酸酸化物(SO₂)、窒素酸化物(NO_x)およびアンモニア(NH₃)排出量の状況も成分濃度や沈着量に反映されると考えられる。これらのことから、ここでは気象概況および大気汚染物質排出量の状況を示す。

3.1 2010年度の気象概況

2010年度は、2007~2009年度に引き続き、年平均気温が全国的に高かった。なお、東日本大震災が3月に発生した。

春は暖かい空気が流れ込み高温となった時期と寒気が流れ込み低温となった時期があり、全国的に気温の変動が大きかった。降水量は、春は北日本から西日本にかけてかなり多く、日照時間は、北日本と東日本から西日本にかけての日本海側でかなり少なかった。

夏は、北日本から西日本にかけて気温がかなり高く、北日本と東日本は1946年以降で最も高かった。降水量は北日本日本海側ではかなり多く、西

表 3.1.1 気象概況¹⁾

平均気温	
4月	東日本と西日本でかなり低く、北日本で低かった。沖縄・奄美では平年並だった。
5月	北日本で低く、その他の地域では平年並だった。なお、北日本から西日本にかけては気温の変動が大きかった。
6月	北日本でかなり高く、東日本と西日本で高かった。特に北海道では高かった。
7月	北日本と東日本でかなり高く、西日本で高かった。沖縄・奄美では平年並だった。
8月	全国的にかなり高く、特に北日本から西日本にかけては高かった。
9月	全国的にかなり高く、西日本を中心に高かった。
10月	東日本と西日本でかなり高く、北日本と沖縄・奄美で高かった。
11月	北日本で高かった。東日本、西日本および沖縄・奄美では平年並だった。
12月	北日本から東日本にかけてかなり高かった。一方、沖縄・奄美では低く、西日本では平年並だった。
1月	全国的に低く、特に西日本と沖縄・奄美ではかなり低かった。
2月	全国的に高く、特に北日本ではかなり高かった。東日本、西日本および沖縄・奄美では、気温の変動が大きかった。
3月	東北地方、西日本および沖縄・奄美でかなり低く、東日本で低かった。一方、北海道地方では高かった。
降水量	
4月	東日本と西日本でかなり多く、北日本で多かった。沖縄・奄美では平年並だった。
5月	北日本太平洋側でかなり多く、西日本で多かった。北日本日本海側、東日本および沖縄・奄美では平年並だった。
6月	西日本太平洋側で多かった。一方、沖縄・奄美では少なく、北日本、東日本および西日本日本海側では平年並だった。
7月	北海道地方と沖縄・奄美でかなり多く、西日本太平洋側で多かった。東北地方および日本海側では平年並だった。
8月	西日本太平洋側でかなり少なく、北日本太平洋側、東日本、および西日本日本海側で少なかった。一方、北日本日本海側と沖縄・奄美では多かった。
9月	東日本日本海側でかなり多く、北日本日本海側で多かった。一方、西日本太平洋側ではかなり少なく、北日本太平洋側、西日本日本海側および沖縄・奄美では少なかった。東日本太平洋側では平年並だった。
10月	沖縄・奄美でかなり多く、東日本から西日本にかけての太平洋側で多かった。一方、北日本日本海側では少なく、北日本太平洋側、東日本日本海側および西日本日本海側では平年並だった。
11月	北日本日本海側で多かった。一方、西日本日本海側ではかなり少なく、西日本太平洋側では少なかった。北日本太平洋側、東日本、および沖縄・奄美では平年並だった。
12月	東日本太平洋側と沖縄・奄美で多かった。一方、北日本太平洋側ではかなり少なく、北日本から東日本にかけての日本海側と西日本では、平年並だった。降雪では日本海側、北海道太平洋側、西日本太平洋側で多かった。
1月	東日本日本海側でかなり多く、北日本日本海側で多かった。一方、北日本から西日本にかけての太平洋側ではかなり少なく、西日本日本海側では少なかった。沖縄・奄美では平年並だった。降雪では日本海側で多く、全国的に平年を上回る場所が多かった。
2月	東日本日本海側でかなり少なく、北日本日本海側と西日本日本海側で少なかった。一方、東日本から西日本にかけての太平洋側では多く、北日本太平洋側と沖縄・奄美では平年並だった。降雪では、北日本から東日本にかけての日本海側でかなり少なく、西日本日本海側で少なかった。一方、東日本から西日本にかけての太平洋側では多かった。
3月	北日本から西日本にかけての太平洋側と沖縄・奄美でかなり少なく、西日本日本海側で少なかった。北日本から東日本にかけての日本海側では平年並だった。降雪では、西日本日本海側で多く、北日本日本海側と東日本日本海側では平年並だった。
日照時間	
4月	全国的にかなり少なく、平年の80%を下回ったところがあった。
5月	北日本、東日本日本海側および沖縄・奄美で少なかったが、太平洋側では多く、西日本日本海側では平年並だった。
6月	沖縄・奄美でかなり少なかった。一方、北日本と東日本では多く、西日本では平年並だった。
7月	東日本で多かったが、北海道地方と沖縄・奄美ではかなり少なく、西日本太平洋側で少なかった。東北地方と西日本日本海側では平年並だった。
8月	北日本太平洋側、東日本、および西日本で多かった。一方、沖縄・奄美では少なく、北日本日本海側では平年並だった。
9月	東日本から西日本にかけての太平洋側でかなり多く、北日本太平洋側、西日本日本海側および沖縄・奄美で多かった。一方、北日本から東日本にかけての日本海側では平年並だった。
10月	北日本から東日本にかけての太平洋側、西日本および沖縄・奄美でかなり少なく、東日本日本海側で少なかった。北日本日本海側では平年並だった。
11月	北日本、東日本太平洋側、西日本、沖縄・奄美で少なかった。東日本日本海側では平年並。
12月	東日本太平洋側と沖縄・奄美で多かった。一方、北日本太平洋側ではかなり少なく、北日本から東日本にかけての日本海側と西日本では、平年並だった。
1月	東日本太平洋側でかなり多く、北日本太平洋側と西日本太平洋側で多かった。一方、東日本日本海側と沖縄・奄美ではかなり少なく、西日本日本海側では少なかった。北日本日本海側では平年並だった。
2月	北日本から東日本にかけての日本海側でかなり多く、北日本太平洋側、西日本日本海側、および沖縄・奄美で多かった。東日本から西日本にかけての太平洋側では平年並だった。
3月	東日本太平洋側でかなり多く、西日本で多かった。一方、北日本日本海側と沖縄・奄美では少なく、北日本太平洋側と東日本日本海側では平年並だった。

日本太平洋側と沖縄・奄美が多かった。台風の発生、日本に接近した数は平年を下回った。

秋は9月は残暑が厳しく、全国的に気温が高かった。降水量では、台風、前線、湿った気流の影響を受けやすかった沖縄・奄美でかなり多かった。

冬は、降水量は北日本、東日本および西日本日本海側が多かった。特に12月終わってから1月末にかけては強い寒気が断続的に日本付近へ流れ込み、ほぼ全国で気温が低く、鳥取県において道が雪で塞がれるなど、日本海側では大雪になった¹⁾。

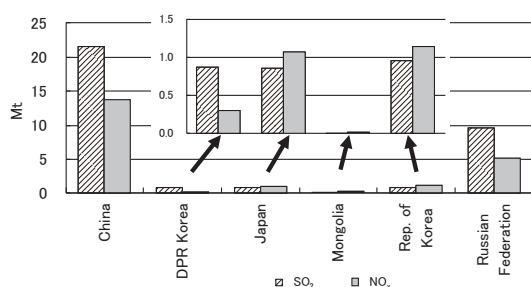


図3.2.1 北東アジアのSO₂およびNO_x排出量 (2000年)²⁾

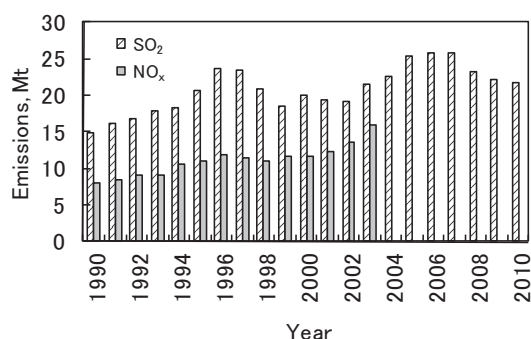


図 3.2.2 中国におけるSO₂およびNO_x排出量^{3,4)}

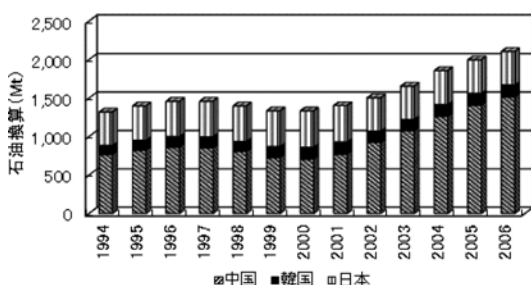


図 3.2.3 中国、韓国および日本のエネルギー消費のトレンド⁵⁾

黄砂観測日数は2010年4、5月で多く、特に5月はこれまでに最も多かった。2011年3月は少なかった。特に5月3～5日にかけては黄砂が日本の広い範囲に飛来した²⁾。

2010年度の各月における降水量、気温および日射(日照時間)の概況を表3.1.1に示す。

3.2 SO₂, NO_xなどの排出量のトレンドと分布

北東アジアにおける人為起源のSO₂およびNO_x排出量は、図3.2.1に示すように中国および極東ロシアが多い³⁾。また図3.2.2に示す中国のSO₂, NO_x排出量のトレンド^{4,5)}は、図3.2.3に示す中国、韓国および日本のエネルギー消費のトレンド⁶⁾とも合致しており、日本と韓国の排出量に比べ、中国の排出量の変動は大きく、90年代半ばから2000年頃まではやや停滞したが、その後再び排出量が増加し、2007年以降、SO₂排出量が漸減したとの報告¹⁰⁾もあるが、その排出量はいまだであり、NO_x排出量は増加傾向のままと考えられる。

SO₂の発生源としては火山の寄与も大きい。2000年に噴火した三宅島雄山の活動は低下しているものの、桜島では2009年度から爆発回数、降灰量などが増加し、その活動がやや高まった状態となっている⁷⁾。また、2011年1月19日から霧島山(新燃岳)の噴火が始まり、活発な噴火活動が続いている⁷⁾。

国内における人為発生源由来のSO₂, NO_xおよびNH₃排出量では、SO₂およびNO_x排出量は関東から北九州にかけての工業地帯および高速道路などの幹線道路近傍の排出量が多い⁸⁾。またNH₃排出量は酪農などを含む農業部門からの排出も多い傾向がみられている。なお、1995年度の分布と比べると幹線道路近傍のSO₂排出量は減少しており、軽油の硫黄分削減効果が認められている⁹⁾。

— 参考文献 —

- 1) 気象庁報道発表資料, <http://www.jma.go.jp/jma/press/tenko.html>, 2011
- 2) 気象庁: 黄砂, http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_data_index.html, 2011
- 3) North East Asia Sub-regional Programme for Environment Cooperation (NEASPEC), NEASPEC AND THE ENVIRONMENTAL PROFILES, <http://www.neaspec.org/map.asp>, 2008
- 4) 国家环境保护总局: <http://jcs.mep.gov.cn/hjzl/zkgb/>

- 2010zkgb/, 2011など
- 5) H. Tian, J. Hao, Y. Nie: Recent trends of NO_x Emissions from energy use in China, *Proceeding of 7th International Conference on Acidic Deposition*, **32**, 2005
 - 6) 環境省環境統計集, <http://www.env.go.jp/doc/toukei/contents/>, 2011
 - 7) 気象庁: 火山, <http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/volcano.html>, 2011
 - 8) A. Kannari, Y. Tonooka, T. Baba, K. Murano: Development of multiple-species 1 km × 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, *Atmos. Environ.*, **41**, 3428-3439, 2007
 - 9) 都市環境学教材編集委員会: 都市環境学, 森北出版, 2003
 - 10) 大原利眞: 東アジアにおける広域越境大気汚染モデリングの最新動向, 水環境学会誌, **35**, 6-9, 2012

4. 湿性沈着

湿性沈着調査では、日本全域における湿性沈着による汚染実態を把握することが主目的である。ここでは、湿性沈着調査における、2010年度のとりまとめについて報告する。

2010年度の湿性沈着調査に対し、49機関67地点の参加があった。ただし、4.1で示すとおりデータの精度が基準を満たしていない地点については、参考値として扱い、解析からは除外した。

なお、報告値の一部には、他の学術機関との共同研究および国設局との共用データも含まれている(表 2.1.1 参照)。

また、2010年度における湿性沈着の主要成分濃度の月別測定結果等については、国立環境研究所地球環境研究センターにおける地球環境データベース (http://db.cger.nies.go.jp/ja/database_B2.html) にて公開予定である。

4.1 データの精度

地域別・季節別のイオン成分の挙動等について解析するまえに、各機関の測定データの精度について、以下の評価を行った。

4.1.1 データの完全度

各機関から報告されたデータにおいて、月間または年間データ同士を比較検討する場合、欠測を考慮したデータの完全度が高いことだけでなく、各データ間の測定(試料採取)期間のズレ(適合度)が小さいことも重要である。そこで、各機関から報告されたデータについて、全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会(以下、全環研)で指定した月区切りに基づいて、完全度(測定期間の適合度を含む)の評価を行った。定義については、既報¹⁾を参照頂きたい。

完全度を基に、月間データの場合は60%未満、年間データの場合は80%未満のデータについては解析対象から除外した。ただし、月間データの完全度は基準以下であるがデータが存在する場合、年間データの集計には用いている。

2010年度は、月間データでは802個中15データ(1.9%)、年間データでは67地点中1地点(1.5%)が除外された。除外データは参考値として扱った。なお、装置の故障等により、ある期間常時開放捕集となった地点については、原則としてその期間のデータを参考値扱いとした。ただし、全環研の定めた酸性雨全国調査実施要領²⁾において、「降雪地域においては、冬季間、バルク捕集となることもやむを得ない」としているため、降雪地域の冬季については常時開放捕集期間を有効とし、月間および年間データの集計に用いた。

4.1.2 イオンバランス(R₁)および電気伝導率バランス(R₂)

表 4.1.1 に示すように、「湿性沈着モニタリング手引き書(第2版)」³⁾に従って、イオンバランス(以下、R₁)および電気伝導率バランス(以下、R₂)による2つの検定方法を用い、測定値の信頼性を評価した。なお、各機関における試料の採取

表 4.1.1 イオンバランス(R₁)および電気伝導率バランス(R₂)の許容範囲

$\Sigma C_i + \Sigma A_i$ ($\mu\text{eq L}^{-1}$)	$R_1(\%) = \{(\Sigma C_i - \Sigma A_i) / (\Sigma C_i + \Sigma A_i)\} \times 100$	Λ_{obs} (mS m^{-1})	$R_2(\%) = \{(\Lambda_{\text{cal}} - \Lambda_{\text{obs}}) / (\Lambda_{\text{cal}} + \Lambda_{\text{obs}})\} \times 100$
<50	±30	<0.5	±20
50~100	±15	0.5~3.0	±13
>100	±8	>3.0	±9

$\Sigma A_i = [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-] + [\text{Cl}^-]$ 但し、当量濃度($\mu\text{eq L}^{-1}$)

$\Sigma C_i = [\text{H}^+] + [\text{NH}_4^+] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$ 但し、当量濃度($\mu\text{eq L}^{-1}$)

Λ_{cal} : 測定対象イオンの当量濃度に極限等量電気伝導率を乗じた積算値

Λ_{obs} : 降水試料の電気伝導率測定値

および分析は、原則週単位で行われているため、本来、 R_1 および R_2 は個々の試料毎に評価すべきである。しかし、全環研への報告値は月区切りを採用しているため、本報告では月単位の加重平均値を用いて、 R_1 および R_2 を評価した。また、年間での加重平均値が許容範囲外であった場合や、年間での加重平均値が許容範囲内であった場合でも月単位の加重平均値が多く、月数許容範囲外である場合は解析対象となりえるか検討した。その

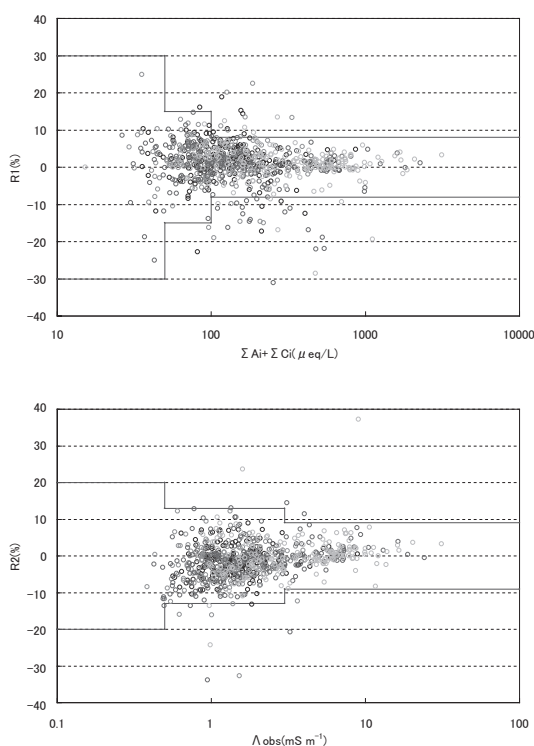


図 4.1.1 イオンバランス(R_1)と総イオン濃度($\Sigma Ai + \Sigma Ci$)および電気伝導率バランス(R_2)と実測値との比較

結果、ある機関で機器の状態が良くないという情報も加味して、2010年度は67地点中、 R_1 および R_2 で7地点(10.4%)を除外した。完全度とあわせると2010年度は67地点中、8地点(11.9%)が除外された。

完全度および年間の加重平均値が R_1 および R_2 の基準を満たした地点の月間データにおいて、 R_1 による評価では、全ての項目が測定された741個のデータ中、 R_1 が許容範囲内にあったデータは707個(適合率95%)であった。同様に、 R_2 による評価では、 R_2 が許容範囲内にあったデータは726個(適合率98%)であった。 R_1 および R_2 の分布を図 4.1.1 に示す。2003～2009年度における R_1 および R_2 の適合率は、 R_1 : 92～96%, R_2 : 97～98%の範囲にあり高いレベルで保たれている^{1,4,5,6,7,8)}。

741個のデータ中、 R_1 または R_2 が許容範囲外であったデータは45個(6.1%)であった。許容範囲外データのうち、 $R_1 > 0$ かつ $R_2 < 0$ となったデータが最も多く(15個(33%))、未測定陰イオンの存在が示唆された。 $R_1 < 0$ かつ $R_2 > 0$ となったデータが次に多く(12個(27%))、測定の際に陰イオンを過大評価している可能性が示唆された。

次に、分析精度管理調査について検討した。環境省が国設大気環境・酸性雨測定所(以下、国設局)を有する自治体を対象に行っている酸性雨測定分析機関間比較調査は、全環研から環境省への要望により、国設局以外の希望自治体についても分析精度管理調査(分析機関間比較調査)として実施されている。同調査は、模擬酸性雨試料(高濃度および低濃度の2種類)を各機関に配布し、その分析結果を解析することにより、分析機関に存在する問題点や測定の信頼性の評価を行っている

表 4.1.2 平成22年度分析精度管理調査におけるフラグ数と相対標準偏差

	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	
高濃度試料	フラグ E	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
	フラグ X	0	0	0	1	0	0	0	2	0	
	相対標準偏差	1.1% (n = 36)	3.4% (n = 36)	3.9% (n = 36)	3.7% (n = 35)	3.1% (n = 36)	4.1% (n = 36)	6.7% (n = 36)	5.4% (n = 35)	5.3% (n = 34)	6.0% (n = 34)
低濃度試料	フラグ E	0	10	00	31	10	40	42	40	103	50
	フラグ X	0									
	相対標準偏差	1.7% (n = 36)	5.0% (n = 35)	4.2% (n = 36)	6.6% (n = 35)	3.9% (n = 35)	7.2% (n = 36)	13.8% (n = 36)	9.2% (n = 36)	13.7% (n = 36)	8.4% (n = 36)

る。環境省の協力のもと、2010年度は全環研会員の自治体のうち国設局を管理している機関(以下、国設局管理機関)を除き36機関がこの調査に参加した。このうち全環研に湿性沈着の結果を報告している機関(以下、全環研報告機関)は30機関であった。

測定成分毎のフラグ数と相対標準偏差を表 4.1.2 に示す。フラグ数は、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)の精度管理目標値(DQOs: Data Quality Objectives, 分析の正確さ: $\pm 15\%$)を用い、DQOs の2倍まで($\pm 15\% \sim \pm 30\%$)の測定値にはフラグ E を、DQOs の2倍($\pm 30\%$)を超える測定値にはフラグ X を付けて判定した。相対標準偏差を求める際には、分析精度管理調査結果報告書⁹⁾の方法に従い、平均値から標準偏差の3倍以上はずれている測定値は棄却した。

高濃度試料では DQOs を満たすデータが 98.3%, フラグ E またはフラグ X が付いたデータは、それぞれ0.8%および0.8%であった。また、低濃度試料では、DQOs を満たすデータが 89.4%, フラグ E またはフラグ X が付いたデータは、それぞれ8.9%および1.7%であった。2009年度¹³⁾に比較して、高濃度試料は、分析制度の改善がみられたものの、低濃度試料については、悪化がみられた。フラグは陽イオン(特に低濃度試料)において、多く付与された。

一方、国設局管理機関(20機関)が2010年度に行った精度管理調査では、高濃度試料では DQOs を満たすデータが100%, であった。低濃度試料では、DQOs を満たすデータが97.5%, フラグ E またはフラグ X が付いたデータは、それぞれ2.5%および0.0%であった。陽イオンの分析データの一部にフラグ E がついた。

次に、全環研報告機関間でバラツキの大きな成

分を確認するため、各成分の測定結果の相対標準偏差を比較した。高濃度試料については7%以下、低濃度試料では14%以下であった。特に低濃度試料の K^+ と Mg^{2+} のバラツキが大きかった。国設管理機関が2010年度に行った分析精度管理調査では、高濃度試料の相対標準偏差が5%以下、低濃度試料は9%以下で推移していた。

以上の結果から、全環研報告機関と国設局管理機関のフラグの付与率および相対標準偏差を比較すると、全環研報告機関のほうがフラグ付与率および相対標準偏差ともに高かった。年々、分析精度の向上がみられ、概ね精度よく測定が実施されているが、さらなる改善が望まれる。特に低濃度試料に関してはよりいっそうの改善が必要である。

表 4.1.2 に示すように、各機関の測定結果のバラツキが大きい成分は、高濃度、低濃度試料ともに陽イオンであり、また、陽イオンにフラグの付与数が圧倒的に多かった。これらの項目の分析精度のさらなる向上により、全体の精度改善に繋がることが期待される。また、pH ではフラグ付与数が0であり、バラツキも小さいが、 H^+ 濃度に換算すると、大きなバラツキが予想される。 R_1 および R_2 の計算過程では H^+ 濃度として効いてくること、実際の降水試料の評価では H^+ 沈着量としての評価も重要であることなどから、pH については、 H^+ 濃度として測定機関間のバラツキがより小さくなるよう努力していく必要性が考えられる。

続いて、イオン成分の定量下限値とフラグ付与の関係について調べた。定量下限値は、イオン成分分析用検量線を作成する際の最低濃度標準液を5回以上の繰り返し測定したときの標準偏差(s)から求められる。検出下限値は $3s(\mu\text{mol L}^{-1})$ 、定量下限値は $10s(\mu\text{mol L}^{-1})$ として計算される。

表 4.1.3 定量下限値が精度管理目標値を満たしていない機関数、およびその機関のうち分析精度管理調査でフラグが付与された機関数

	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+
定量下限値が DQOs を満たしていない機関数	7	5	3	5	7	10	5	2
上記機関のうち、低濃度試料のフラグがついた機関数	0	2	0	2	1	0	2	1
上記機関のうち、高濃度試料のフラグがついた機関数	0	1	0	0	0	0	0	0
定量下限値に係る DQOs($\mu\text{mol L}^{-1}$)	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.6	1.0	3.0

DQOs: 精度管理目標値

このため、定量下限値は、イオン類測定の際の定量値のバラツキ度合いとみなすことができる。イオン成分の定量下限値が定量下限値に係る DQOs を満たしていない機関数と、その機関のうち分析精度管理調査でフラグが付与された機関数について表 4.1.3 に示す。定量下限値が DQOs を満たしていない機関数が多いイオン成分は、 Ca^{2+} (10機関 (28%)), K^+ , SO_4^{2-} (ともに 7 機関 (19%)) の順であった。DQOs を満たしていない機関のうち、分析精度管理調査の低濃度試料でフラグが付与された機関数は、 NO_3^- , Na^+ および Mg^{2+} で 2 機関, K^+ , NH_4^+ で 1 機関であり、 SO_4^{2-} , Cl^- および Ca^{2+} ではみられなかった。以上のことと前述のフラグ数から、必ずしも、定量下限値 > DQOs の場合にフラグが付与されるということではなく、また、フラグが付与されたからといって定量下限値 > DQOs であるということではなかった。

さらなる分析精度向上のためには、日常の実降水試料測定においての R_1 および R_2 の管理だけにとどまらず、酸性雨測定分析精度管理調査を積極的に活用し、配布される模擬酸性雨試料などを「標準参照試料」として利用した日常的な分析精度の管理を実施していくことが望ましいと考えられる。

4.1.3 フィールドブランク

フィールドブランク試験を実施する毎に、各機関にて捕集装置の洗浄確認等の自主管理が実行できるようにとの目的から、フィールドブランク (以下、FB) についての全国一律の推奨値 (暫定) を提案した⁶⁾。

2010年度調査において、FB 試験は、41地点 (全 67地点の 61%) にて計 498回実施された。表 4.1.4 に FB 推奨値と、それを超過したデータ数を示した。超過したデータ数は NO_3^- で 10回 (2.2%), 電気伝導率 (以下、EC) で 9回 (1.9%), Cl^- で 7

回 (1.5%), Na^+ および Mg^{2+} で 6回 (1.3%), SO_4^{2-} で 5回 (1.1%) であり、その他イオンでは 1% 未満であった。ある機関における超過数が特に多く、ロート部の洗浄作業が適正に行われていなかったことが判明した。洗浄作業の改善による汚染の低減化が必要となった。同機関のデータを除くと、超過したデータ数は NO_3^- で 5回 (1.1%) であり、その他イオンおよび EC では 1% 未満であった。

今回の結果から、ロート部などの洗浄操作はほとんどの地点で適正に実施されていることが示されたが、稀に高濃度の FB 試料がみられることがあった。高濃度が検出された際や、鳥の糞、黄砂、虫、植物片、種子などの汚染に気付いた場合においては、洗浄操作の徹底、チューブの交換などを実施し、流路からの汚染の低減化を検討する必要があると考えられる。また、FB 試料に濁りや不溶性のコンタミネーションがみられないかを確認し、ポータブルの EC 計により EC を測定することにより、流路からの汚染が少なく保たれているか現場にてチェックをすることが望ましい。これらの確認のため、各機関にて FB 試験を実施し、捕集装置の自主管理を実行することを推奨する。

4.2 pH, EC およびイオン成分濃度

ここでは、2010年度の湿性沈着調査における pH, EC およびイオン成分濃度について報告する。

解析対象は、4.1.1で示したとおり、完全度 (測定期間の適合度を含む) が、月間データで 60% 以上、年間データで 80% 以上の地点のデータを有効とした。なお、試料採取時にオーバーフローがあり、降水量の算出ができない試料については、近接の気象観測所等の降水量データを採用した。

4.2.1 降水量および酸性成分濃度による地域区分

地域毎の特徴を把握するために、全国に分布する調査地点を、「北部 (NJ : Northern Japan area)」

表 4.1.4 フィールドブランク推奨値および超過データ数

n = 462

	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	EC
推奨値	5	3	12	10	15	3	5	3	0.5
(単位: $\mu\text{mol L}^{-1}$ (イオン成分), mS m^{-1} (EC))	5	10	7	4	6	2	4	6	9
超過データ数									
割合	(1.1%)	(2.2%)	(1.5%)	(0.9%)	(1.3%)	(0.4%)	(0.9%)	(1.3%)	(1.9%)

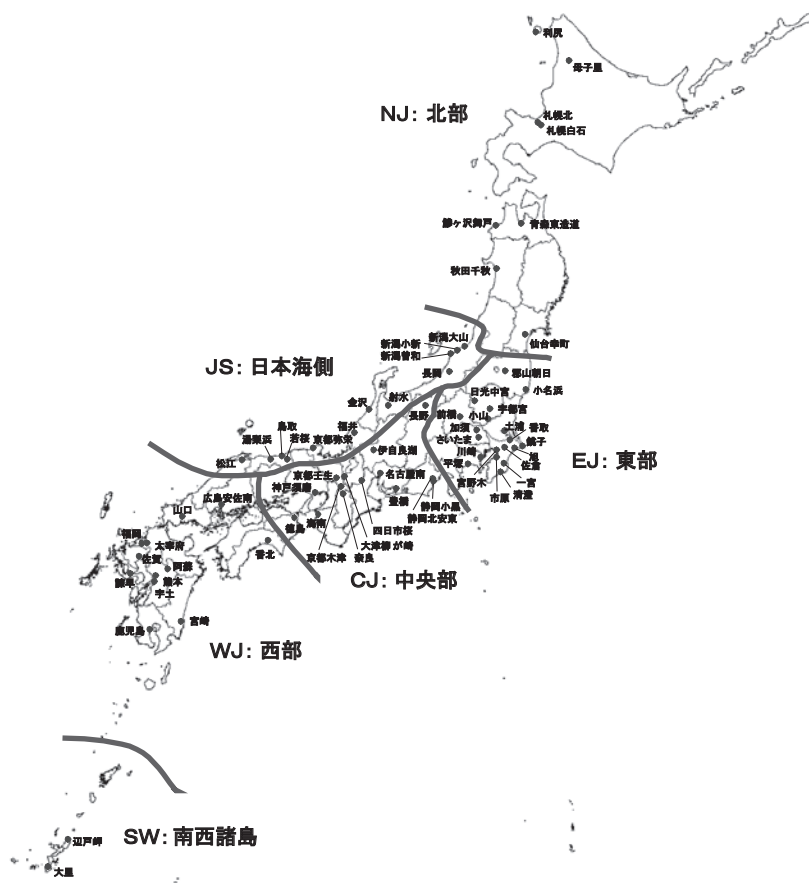


図 4.2.1 地域区分

「日本海側 (JS: Japan Sea area)」 「東部 (EJ: Eastern Japan area)」 「中央部 (CJ: Central Japan area)」 「西部 (WJ: Western Japan area)」 および 「南西諸島 (SW: Southwest Islands area)」 の6つの地域区分に分類した。地点毎の地域区分を、図 4.2.1 および表 4.2.1 に示す。なお、地域区分の設定方法等については、既報¹⁾を参照頂きたい。

4.2.2 pH, EC およびイオン成分濃度の年加重平均値

2010年度の年間データが有効となった地点(59地点)における、降水量および湿性イオン成分濃度等の年加重平均濃度を表 4.2.1 に示す。また、降水量および主要イオン成分濃度について、地域区分別に箱ひげ図を図 4.2.2 に示す。なお、“nss-”は「非海塩性(nss: non sea salt)」を表し、海塩性イオン(Na^+ をすべて海塩由来として海塩組成

比から算出)を差し引いた残りであることを示している。

2010年度の年間降水量は、969(長野)～3,536 mm(伊自良湖)の範囲にあり、単純平均は1,877 mmであった。地域別では、日本海側、西部および南西諸島で多く、北部で少ない傾向を示した。

年間平均 pH は、4.53(福井)～5.24(豊橋)の範囲で、加重平均は4.78であった。 H^+ 濃度としては、加重平均は $16.7 \mu\text{mol L}^{-1}$ であり、日本海側および西部で高く、東日本および南西諸島で低い傾向がみられた。

年間平均 EC は、0.86(日光中宮)～6.04 mS m^{-1} (鰹ヶ沢舞戸)の範囲で、加重平均は2.21 mS m^{-1} であった。

海塩粒子からの寄与を示す成分として大気では Na^+ が用いられる。年間平均 Na^+ 濃度では、3.7(日光中宮)～311.8 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (鰹ヶ沢舞戸)の範

表 4.2.1 湿性イオン成分等の地点別年加重平均濃度

地点名	地域	排出量区分 ²⁾			降水量	pH	EC	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
区分 ¹⁾	SO ₂	NO _x	NH ₃	(mm)	(mS m ⁻¹)	(μmol L ⁻¹)												
利尻	NJ	1.27	0.51	0.02	995	4.76	3.64	23.4	14.1	15.2	173.7	17.1	153.1	3.9	7.2	3.7	17.4	17.3
母子里	NJ	0.12	0.76	0.49	1541	4.77	3.24	23.3	16.5	23.8	125.8	22.5	111.4	4.3	10.0	7.5	13.4	16.9
札幌北	NJ	5.18	25.61	1.07	1108	4.85	2.94	20.1	13.5	14.6	127.3	19.8	109.3	3.0	8.1	5.6	12.4	14.1
札幌白石	NJ	5.23	25.81	1.19	1150	5.03	1.94	16.2	13.0	13.0	73.5	17.0	52.3	2.0	6.8	5.6	7.6	9.2
青森東造道	NJ	1.18	3.59	0.44	1392	4.69	3.79	24.4	14.6	17.8	182.4	26.7	161.3	4.2	8.5	4.9	17.1	20.4
鯉ヶ沢舞戸	NJ	0.20	1.15	0.51	1395	4.72	6.04	35.4	16.5	20.2	340.5	32.9	311.8	7.4	12.8	5.8	33.2	19.0
仙台幸町	NJ	7.51	18.93	1.02	1432	4.99	1.39	10.8	9.1	12.7	32.8	16.0	28.0	1.4	3.8	3.1	3.3	10.2
秋田千秋	NJ	4.37	6.14	0.53	1810	4.76	4.05	32.4	22.0	26.5	219.8	33.4	171.3	4.7	10.4	6.6	20.3	17.2
郡山朝日	NJ	1.32	6.08	1.37	1519	4.92	1.01	11.1	10.5	15.8	12.4	16.0	9.7	1.3	3.5	3.3	1.8	11.9
小名浜	EJ	13.81	16.92	0.99	1758	4.91	1.85	16.4	13.6	13.7	54.8	17.9	47.5	1.6	4.3	3.2	5.9	12.4
土浦	EJ	1.44	7.73	3.20	1507	5.07	1.19	11.4	10.0	14.1	25.3	22.5	22.3	1.8	2.8	2.3	3.5	8.5
前橋	EJ	4.13	12.96	7.55	1498	4.84	1.74	17.4	17.1	10.9	54.1	7.1	1.3	3.7	3.6	1.4	14.6	14.6
宇都宮	EJ	2.88	10.93	2.79	1767	4.76	1.59	15.0	14.5	26.1	11.8	32.4	8.6	0.8	4.2	4.0	2.1	17.4
小山	EJ	3.13	12.59	3.08	1370	4.99	1.46	14.8	14.1	27.2	15.6	39.1	11.2	1.0	6.6	6.3	2.8	10.3
日光中宮	EJ	0.13	0.97	0.16	2026	5.00	0.86	8.3	8.0	11.1	4.9	11.3	3.7	0.7	3.0	2.9	1.6	10.1
加須	EJ	2.49	18.24	3.51	1328	4.78	1.54	13.0	12.3	27.4	15.2	27.6	12.0	0.8	5.2	4.9	1.7	16.4
さいたま	EJ	7.46	48.21	5.19	1451	4.65	1.62	11.6	10.8	27.3	15.0	26.4	12.5	1.0	4.4	4.1	1.8	22.5
市原	EJ	13.96	44.28	3.14	(1339)	(5.21)	(1.25)	(18.8)	(17.9)	(12.3)	(37.7)	(27.5)	(15.9)	(4.8)	(7.0)	(6.6)	(5.1)	(6.2)
香取	EJ	17.03	20.01	4.00	(1571)	(5.22)	(1.62)	(16.4)	(13.9)	(13.5)	(69.4)	(35.4)	(40.0)	(2.3)	(4.5)	(3.6)	(6.0)	(6.0)
銚子	EJ	10.17	8.98	3.92	(1474)	(5.47)	(2.23)	(15.6)	(10.0)	(9.2)	(140.1)	(27.2)	(92.0)	(2.7)	(4.2)	(2.2)	(8.8)	(3.4)
一宮	EJ	0.23	1.97	0.97	(1047)	(5.11)	(2.31)	(16.2)	(10.6)	(10.1)	(131.2)	(17.0)	(91.7)	(3.0)	(4.6)	(2.7)	(9.0)	(7.7)
旭	EJ	7.68	8.66	4.12	(1846)	(6.38)	(2.72)	(17.0)	(12.0)	(11.5)	(138.1)	(58.8)	(82.5)	(5.0)	(3.7)	(1.9)	(7.4)	(0.4)
佐倉	EJ	2.96	26.96	3.01	(1682)	(4.90)	(1.12)	(11.4)	(10.7)	(13.5)	(31.1)	(24.8)	(12.2)	(1.6)	(3.6)	(3.3)	(3.8)	(12.6)
清澄	EJ	0.16	1.14	0.92	(1961)	(5.58)	(2.32)	(28.3)	(23.5)	(14.7)	(118.9)	(19.7)	(79.4)	(3.8)	(6.6)	(4.8)	(10.6)	(2.7)
宮野木	EJ	12.33	42.86	3.97	1560	4.98	1.09	11.8	10.6	11.3	27.2	14.6	19.7	1.3	4.7	4.2	4.1	10.5
川崎	EJ	16.56	17.13	2.94	1706	5.00	1.35	15.2	13.5	16.8	34.4	21.9	28.3	1.2	7.3	6.7	3.4	10.1
平塚	EJ	1.42	17.70	3.03	1491	4.90	1.34	11.5	9.7	14.6	36.7	29.2	1.3	3.4	2.7	3.9	12.6	12.6
新潟大山	JS	2.75	12.68	1.74	1950	4.75	4.11	28.2	17.5	20.7	191.8	27.1	175.1	4.7	9.1	5.1	19.8	17.7
新潟小新	JS	2.64	9.73	1.66	1793	4.67	3.81	24.9	15.7	21.6	166.0	20.1	152.7	4.1	8.1	4.6	17.5	21.4
新潟管和	JS	2.60	9.49	1.28	1780	4.65	4.10	27.8	17.8	24.4	190.2	21.5	164.9	5.0	10.1	6.4	19.6	22.2
長岡	JS	1.87	4.94	0.62	2873	4.67	4.12	27.7	17.2	21.1	199.7	19.6	173.1	4.5	8.9	5.1	20.2	21.4
射水	JS	6.11	15.55	1.80	2345	4.61	3.04	21.6	15.5	20.7	113.3	18.8	101.0	2.9	7.1	4.8	11.5	24.4
金沢	JS	2.74	6.93	1.12	2985	4.61	3.70	24.6	17.0	21.8	142.5	18.4	126.3	3.9	8.2	5.3	14.9	24.6
福井	JS	2.41	7.77	0.80	2618	4.53	3.86	24.9	17.1	25.7	146.0	20.2	127.7	3.5	8.0	5.1	15.6	29.6
長野	CJ	1.35	4.76	0.61	969	4.85	1.14	10.9	10.6	17.5	7.9	18.5	6.1	0.9	4.1	3.9	1.1	14.1
伊自良湖	CJ	2.00	5.52	1.54	3536	4.82	1.15	9.4	8.8	13.4	13.5	10.8	10.6	0.4	2.0	1.7	1.3	15.2
静岡北安東	CJ	3.15	9.89	1.38	2473	4.97	1.03	7.5	6.6	8.9	20.1	8.7	15.9	0.7	2.6	2.2	1.9	10.7
静岡小黒	CJ	3.29	10.23	1.42	2696	4.99	1.16	10.6	9.2	13.2	26.8	7.6	23.6	1.3	3.1	2.5	3.7	10.2
名古屋南	CJ	13.05	53.43	4.44	1358	5.10	0.90	9.3	8.8	10.9	9.6	16.0	8.6	0.7	2.5	2.3	0.8	7.9
豊橋	CJ	2.36	10.81	4.18	1589	5.24	0.87	8.2	7.0	9.7	24.1	11.8	20.1	0.6	5.7	5.3	2.8	5.7
四日市桜	CJ	4.10	17.71	2.31	2377	4.76	1.59	13.3	12.5	15.3	15.1	22.8	13.3	0.9	2.7	2.4	1.7	17.3
大津柳が崎	CJ	3.92	17.74	1.34	1736	4.85	1.13	9.2	8.6	13.5	10.0	13.6	9.0	0.8	2.3	2.1	1.1	14.0
京都壬生	CJ	3.96	17.81	1.65	1804	4.81	1.05	9.9	9.6	13.5	10.8	14.0	8.2	0.7	2.9	2.8	1.6	15.2
京都木津	CJ	1.85	13.84	1.98	1345	4.77	1.20	10.4	9.9	15.6	10.4	12.8	8.5	1.2	3.8	3.6	1.5	16.9
京都弥栄	JS	0.39	1.10	0.21	2327	4.57	3.99	26.7	17.5	21.5	172.6	17.1	153.0	4.5	7.2	3.8	17.5	26.8
神戸須磨	CJ	10.20	30.41	1.05	1466	4.81	1.50	13.4	11.6	13.9	33.5	12.6	29.8	0.9	4.3	3.7	3.3	15.6
奈良	CJ	1.75	13.03	2.04	1506	4.85	1.10	8.6	8.1	14.8	9.8	11.8	7.1	0.8	5.2	5.0	1.3	14.0
海南	CJ	9.97	14.10	1.12	1119	4.80	1.27	11.3	10.2	11.5	20.9	7.9	18.0	0.8	3.9	3.5	2.2	15.8
鳥取	JS	0.34	2.10	0.56	1640	4.76	3.66	30.5	20.6	27.1	184.6	24.3	164.0	4.5	9.8	6.1	19.0	17.5
若桜	JS	0.03	0.50	0.30	(1746)	(4.93)	(1.28)	(12.0)	(10.1)	(11.7)	(35.9)	(8.6)	(31.0)	(1.3)	(2.9)	(2.2)	(4.2)	(11.6)
湯梨浜	JS	0.25	1.30	0.86	1846	4.64	3.52	25.0	15.7	21.1	174.5	17.7	152.3	3.8	6.5	3.1	17.4	22.9
松江	JS	0.46	2.49	0.56	2158	4.60	3.85	28.2	20.4	32.5	149.1	26.0	130.0	4.1	10.3	7.4	15.9	25.1
広島安佐南	WJ	3.35	12.32	1.04	1772	4.63	1.66	15.9	14.7	16.1	23.0	12.8	19.8	1.6	3.3	2.9	2.5	23.2
山口	WJ	2.28	5.84	0.63	1981	4.73	1.79	15.8	13.0	18.4	39.7	12.4	45.7	2.9	5.1	4.1	4.3	18.5
香北	WJ	0.04	0.46	0.18	2687	4.90	0.91	7.8	7.2	5.2	12.2	4.9	9.7	0.6	0.9	0.7	1.5	12.5
徳島	CJ	2.04	8.03	1.76	1305	4.70	1.56	11.9	10.5	13.9	30.2	14.6	22.7	1.7	3.5	3.0	2.8	19.8
大宰府	WJ	3.94	21.34	1.90	1959	4.61	2.17	21.5	18.7	19.9	50.6	22.9	45.0	2.3	9.4	8.4	5.1	24.5
福岡	WJ	2.43	14.89	1.38	2507	4.70	2.16	16.5	13.6	17.6	57.1	16.0	49.3	1.9	4.9	3.8	6.2	20.1
佐賀	WJ	2.50	6.92	1.63	1873	4.84	1.62	17.1	15.5	18.2	29.2	28.8	27.4	1.7	6.2	5.6	3.8	14.6
諫早	WJ	5.88	7.58	1.30	2069	4.79	1.57	16.4	14.5	14.8	35.7	17.4	31.1	1.2	4.0	3.3	4.2	16.3
阿蘇	WJ	0.30	1.33	1.72	2093	4.62	1.84	17.4	16.6	14.9	25.0	21.8	13.4	1.7	4.6	4.3	1.9	24.2
宇土	WJ	2.07	8.38	1.47	1744	4.69	1.57	14.6	13.8	12.8	18.0	18.4	14.3	0.9	3.2	2.9	1.9	20.6
熊本	WJ	1.71	8.83	3.56	1706	4.79	1.18	14.0	13.3	14.0	14.9	18.7	11.0	1.1	3.5	3.2	1.9	16.1
宮崎	WJ	0.56	3.25	1.14	3179	4.74	1.56	13.6	11.6	8.9	40.1	9.8	33.8	1.7	3.1	2.3	4.3	18.2
鹿児島	WJ	1.41	5.88	1.37	2182	4.71	1.82	16.4	14.5	8.5	42.3	12.7	30.8	0.8	4.9	4.2	3.8	19.2
大里	SW	6.30	7.83	2.08	3017	5.16	1.48	9.6	6.0	5.7	65.5	10.1	60.1	1.9	3.1	1.8	7.0	6.9
辺戸岬	SW	0.00	0.05	0.35	2589	5.20	4.63	20.8	5.5	5.5	286.3	6.5	252.5	5.9	7.4	1.7	29.2	6.3
最低値					969	4.53	0.86	7.5	5.5	5.2	4.9	4.9	3.7	0.4	0.9	0.7	0.8	5.7
最高値					3536	5.24	6.04	35.4	22.0	39.1	340.5	54.1	311.8	7.4	12.8	8.4	33.2	29.6
加重平均値*					1877	4.78	2.21	17.0	12.9	16.8	76.1	18.1	66.1	2.2	5.4	4.0	7.9	16.7

¹⁾地域区分 (NJ: 北部, JS: 日本海側, EJ: 東部, CJ: 中央部, WJ: 西部, SW: 南西諸島)

*降水量は、単純平均値

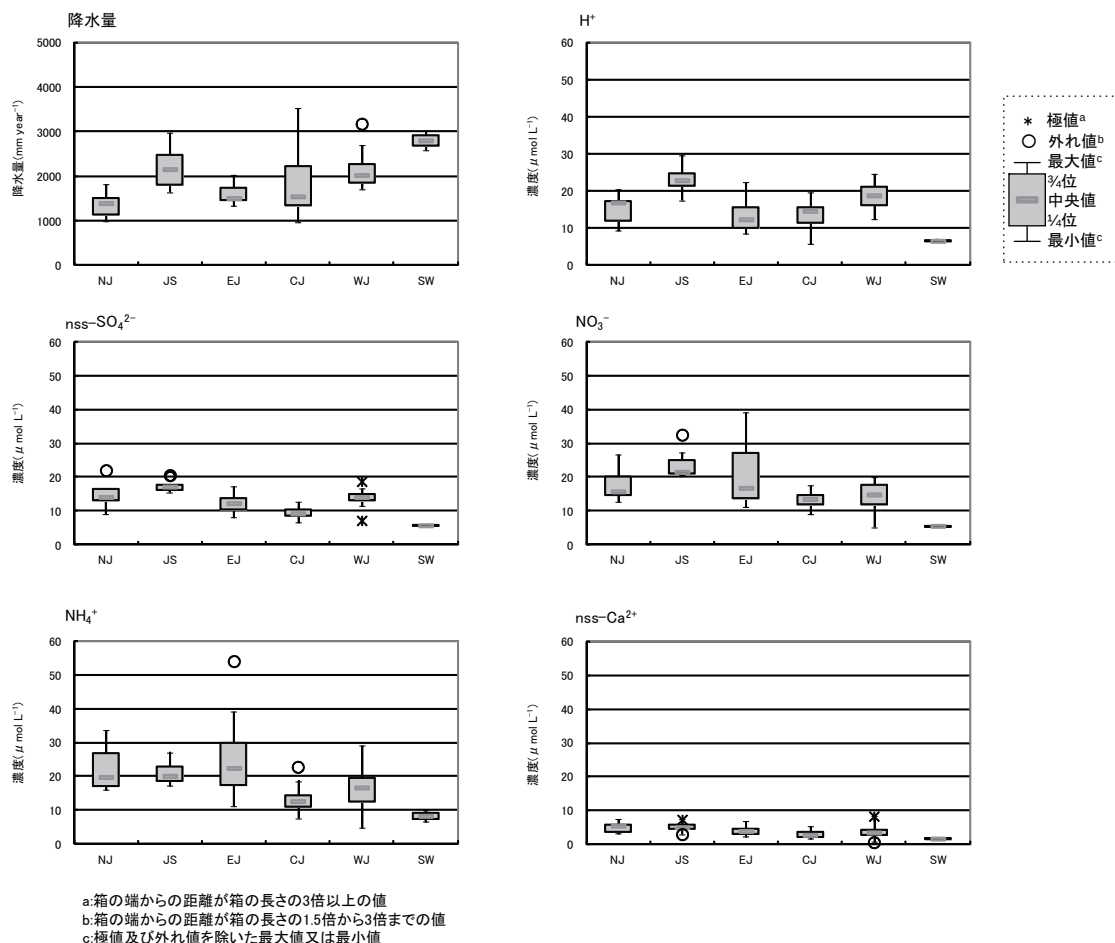


図 4.2.2 降水量および主要イオン成分の年加重平均濃度の分布

L⁻¹(前橋)の範囲で、加重平均は16.8 μmol L⁻¹であった。地域別では、日本海側、東部および西部で高く、南西諸島で低い傾向を示した。

降水中の塩基性成分については、次のとおりであった。

年間平均 NH₄⁺濃度は、4.9(香北)~54.1 μmol L⁻¹(前橋)の範囲で、加重平均は18.1 μmol L⁻¹であった。地域別では、東部で高く、南西諸島で低い傾向を示した。

年間平均 nss-Ca²⁺濃度は、0.7(香北)~8.4 μmol L⁻¹(大宰府)の範囲で、加重平均は4.0 μmol L⁻¹であった。地域別では、北部および西部で高く、南西諸島で低い傾向を示した。

4.2.3 pH およびイオン成分濃度の季節変動

湿性沈着による汚染実態を把握するのに重要と

考えられる項目について、2010年度の季節変動を地域区分別に図 4.2.3 に示す。地域区分別の月間代表値としては、地域区分内での中央値を採用した。なお、中央値を採用した理由は、データ数が比較的小さいため、平均値を採用すると1つの外れ値に引きずられて、代表性が乏しくなると考えられるためである。また、nss-SO₄²⁻濃度を日本地図上に棒グラフで示したものを図 4.2.4 に示す。

降水量は、中央部および西部において、夏季に多く、冬季に少ない傾向を示した。北部、日本海側および東部では、秋季に多い傾向を示した。南西諸島では、春季に多く、冬季に少ない傾向を示した。

H⁺濃度は、日本海側および西部で、冬季に高

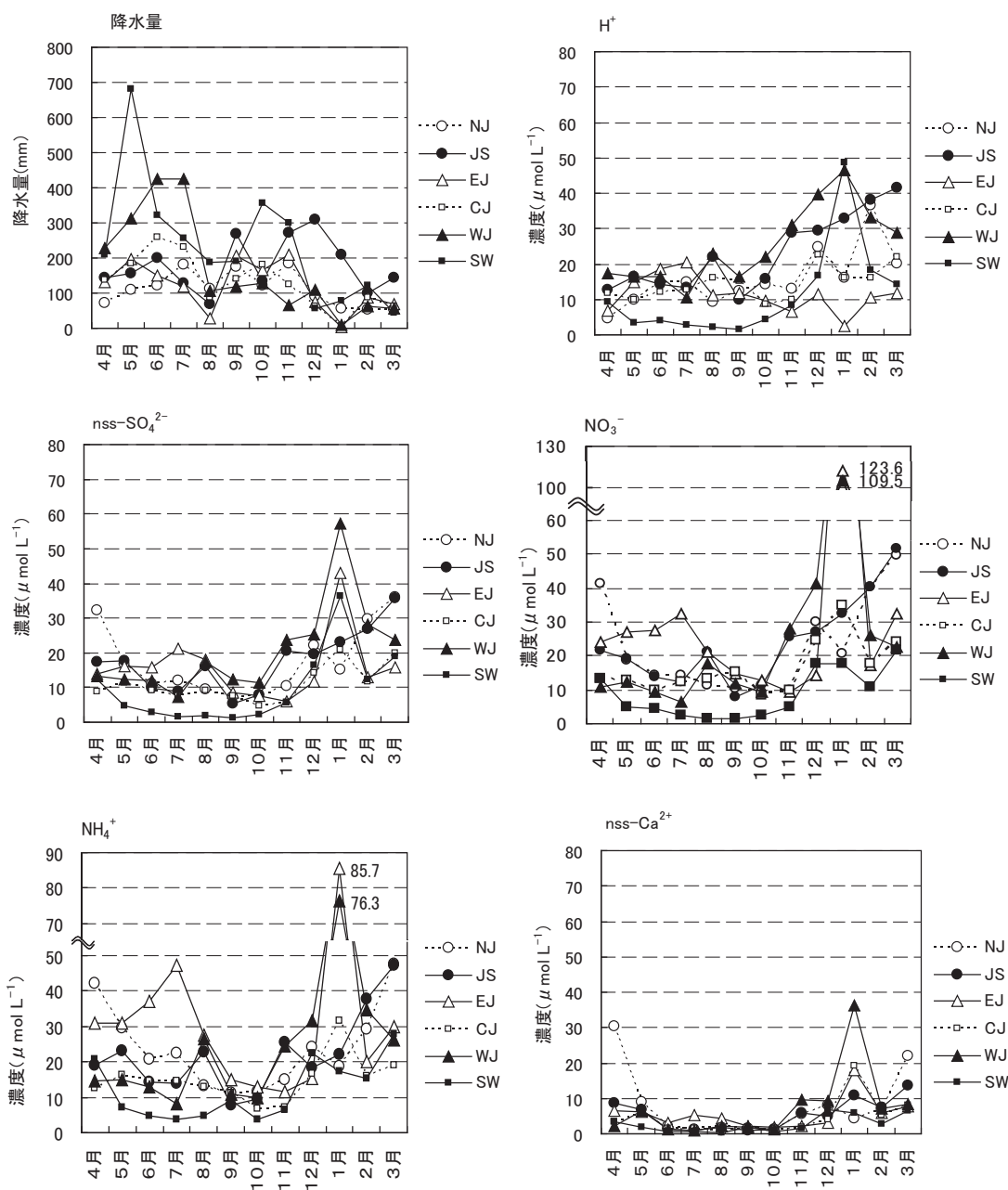


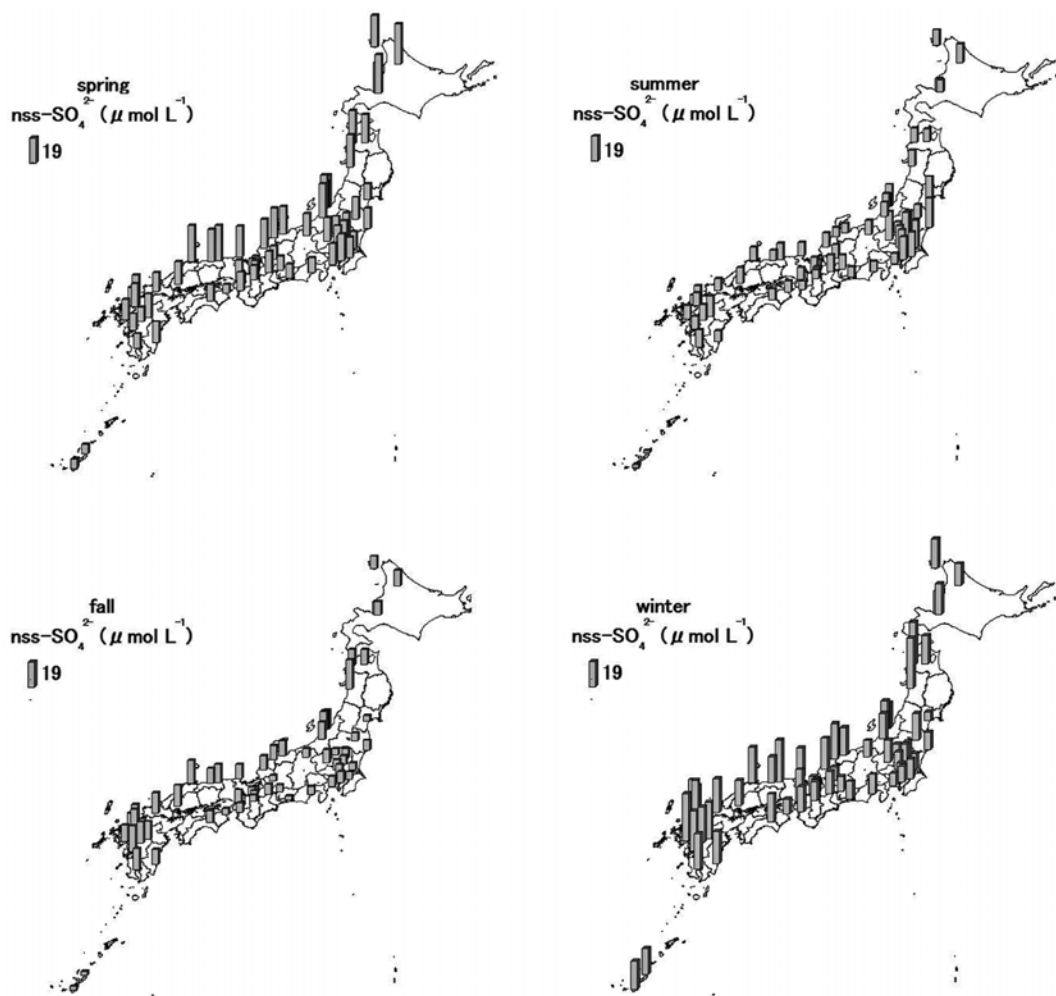
図 4.2.3 イオン成分濃度の地域別季節変動(中央値)

くなる傾向が顕著であり、東部を除く5地域において冬季に高濃度であった。東部では、夏季に高い傾向が見られた。

nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 濃度は、比較的類似した傾向を示し、東部・中央部・西部・南西諸島では冬

季に高濃度となる傾向が見られた。北部・日本海側では春季と冬季に高濃度となる傾向が見られた。

NH_4^+ 濃度は、東部・中央部・西部では冬季に高濃度となる傾向が見られ、北部・日本海側・南

図 4.2.4 nss-SO₄²⁻濃度の地図表示

西諸島では春季及び冬季に高濃度となる傾向が見られた。

nss-Ca²⁺濃度は、ほとんどの地域で冬季および春季に高い傾向がみられたが、他のイオン成分に比較して、年間を通し、低い値で推移していた。

濃度の季節変動において特徴的なことは、日本海側および西部では、春季および冬季に、nss-SO₄²⁻濃度が高い傾向がみられ、H⁺も冬季に高い傾向を示したことである。地理的要因や冬季の風向等を考慮すると、大陸からの汚染物質の移流が示唆された。なお、2005年度までは、この大陸からの越境大気汚染を示唆する傾向は、日本海側で顕著であった^{1,6,7)}が、2006年度にはその傾向が西部でも確認され⁵⁾、2007～2010年度も引き続

表 4.3.1 降水量と主要イオン成分の年間沈着量

(単位)		2010年度	
降水量	(mm y ⁻¹)	1767	969 (長野)
			3536 (伊自良湖)
nss-SO ₄ ²⁻	(mmol m ⁻² y ⁻¹)	23.0	10.2 (長野)
			50.6 (金沢)
NO ₃ ⁻	(μ)	28.2	12.9 (辺戸岬)
			70.2 (松江)
NH ₄ ⁺	(μ)	32.1	8.9 (海南)
			81.0 (旭)
nss-Ca ²⁺	(μ)	6.5	1.8 (香北)
			18.3 (大宰府)
H ⁺	(μ)	27.5	9.1 (旭)
			77.6 (福井)

※数値は、中央値、最小値(地点名)、最大値(地点名)を示す。

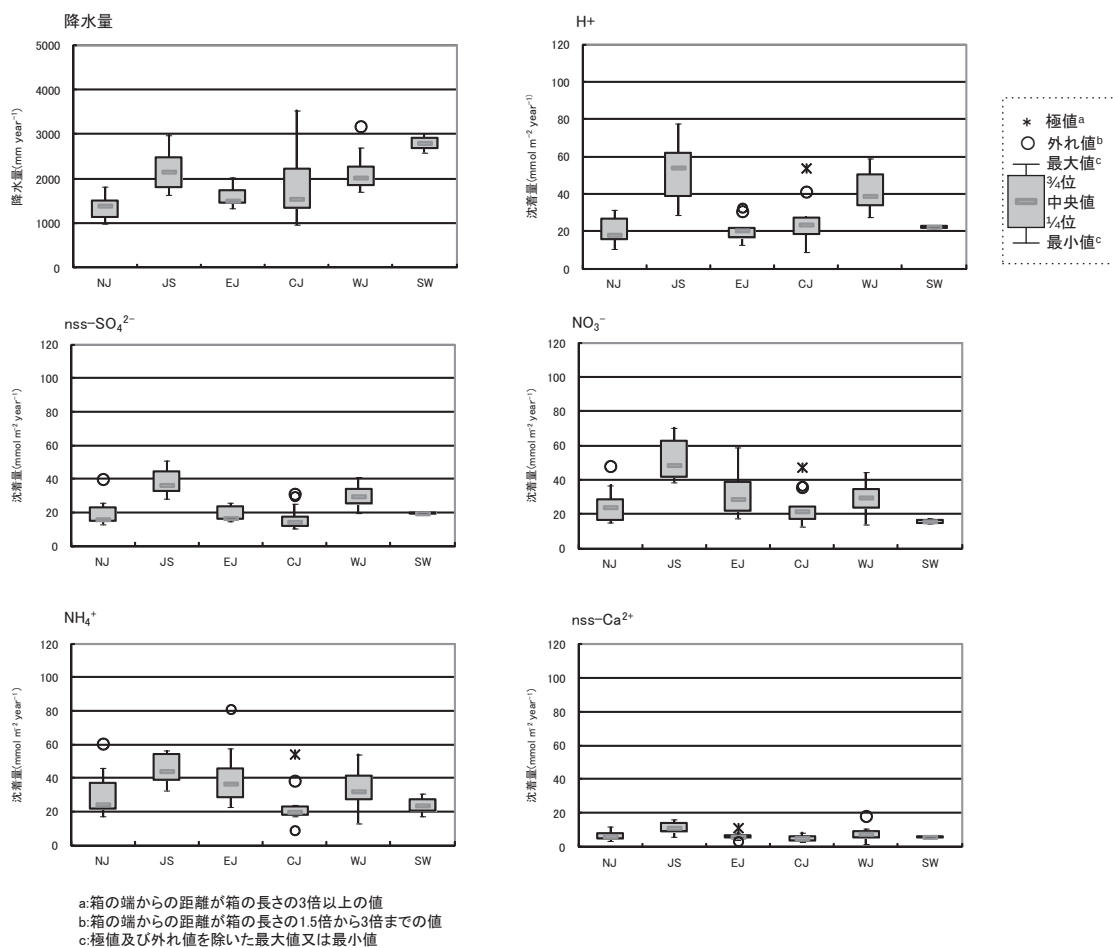


図 4.3.1 主要イオン成分年間沈着量および降水量の分布

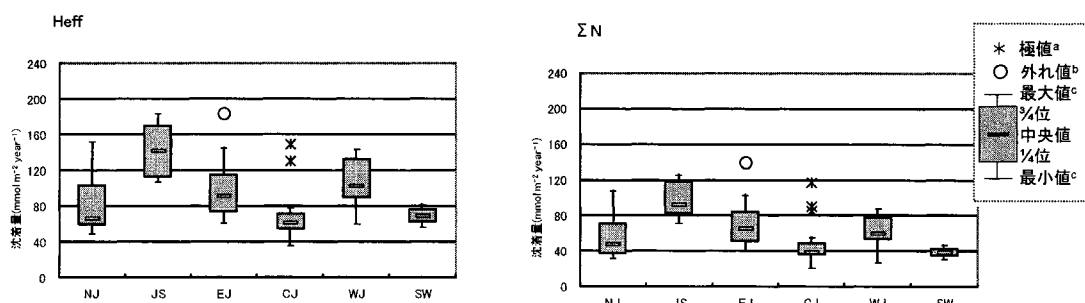


図 4.3.2 Heff およびΣN の年間沈着量の分布

き同様の傾向がみられた。

4.3 イオン成分湿性沈着量

イオン成分の年間沈着量や月間沈着量の有効データ(完全度を満たした測定値)を用いて、地点間や地域間の比較を行った。

4.3.1 年間沈着量

2010年度の年間データが有効となった地点(59地点)における、年間降水量および主要イオン成分の年間沈着量について表 4.3.1 に要約した。また、主要イオン成分の沈着量について、地域区分

別に箱ひげ図を示した(図 4.3.1)。なお、年間沈着量は、年平均濃度に年間降水量を掛け合わせるにより、算出した。

nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 沈着量は日本海側、次いで西部で多い傾向を示し、中央部および南西諸島では少ない傾向を示した。

NH_4^+ 沈着量は日本海側、次いで東部および西部で多い傾向を示した。 nss-Ca^{2+} 沈着量は、他の非海塩成分に比較して、沈着量が 1/4 程度と少なく、日本海側で多い傾向を示した。

H^+ 沈着量は、日本海側および西部で多く、北

部・東部・南西諸島で少ない傾向を示した。

次に、 NH_4^+ の土壌や湖沼への影響を考慮した沈着量について検討した。 NH_4^+ は降水中では中和成分として働くが、土壌に負荷された後は土壌酸性化をもたらす。また窒素成分は、閉鎖系水域に負荷されると富栄養化の原因ともなり、近年では森林などに対しても窒素負荷過剰の悪影響が懸念されている。潜在水素イオン ($\text{H}_{\text{eff}} = \text{H}^+ + 2\text{NH}_4^+$) は土壌の酸性化の、全無機態窒素 ($\Sigma \text{N} = \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) は湖沼の富栄養化の指標として¹¹⁾、また窒素負荷過剰の指標としても用いられ

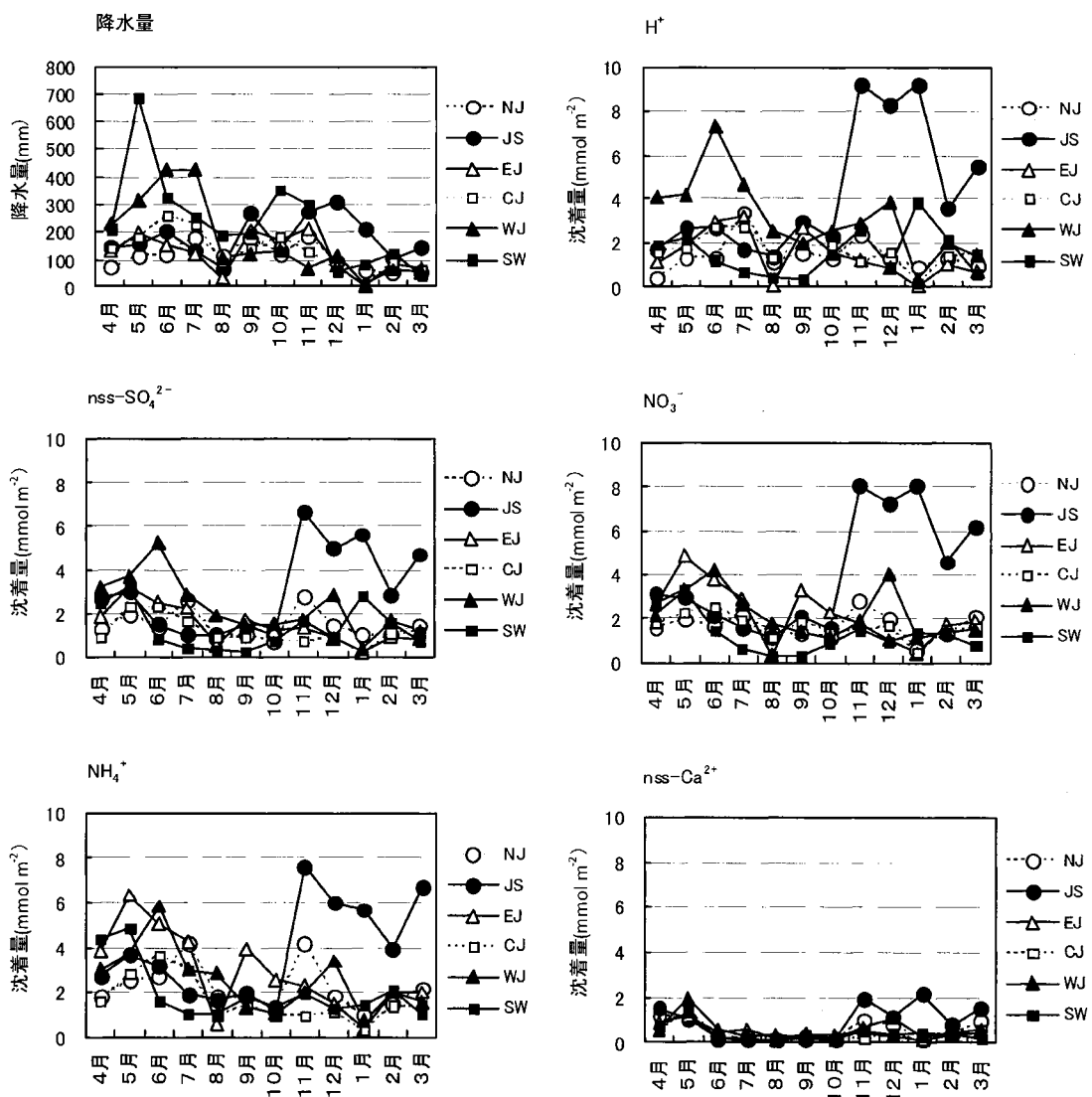


図 4.3.3 イオン成分沈着量の地域別季節変動(中央値)

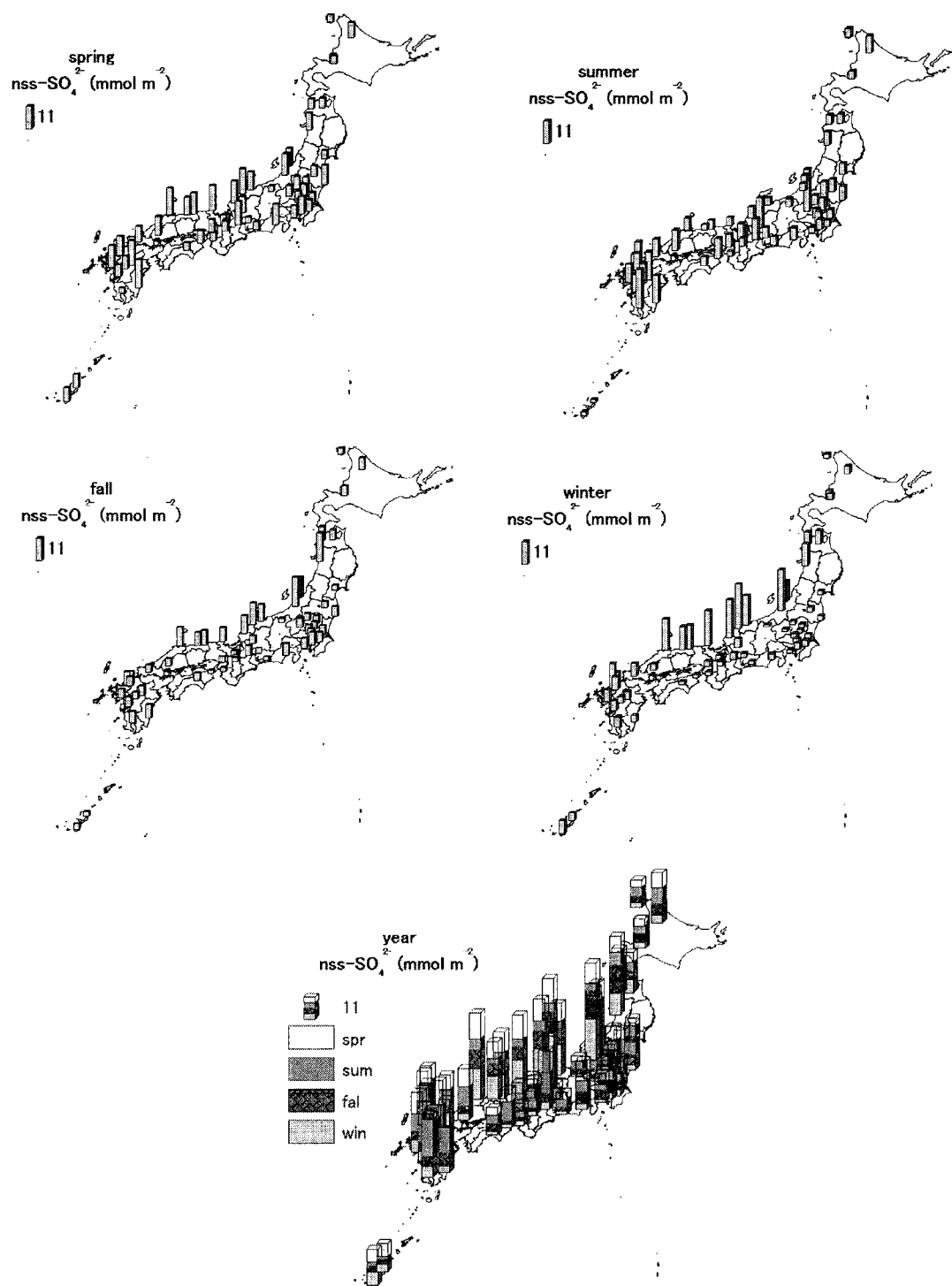


図 4.3.4 nss-SO₄²⁻沈着量の地図表示

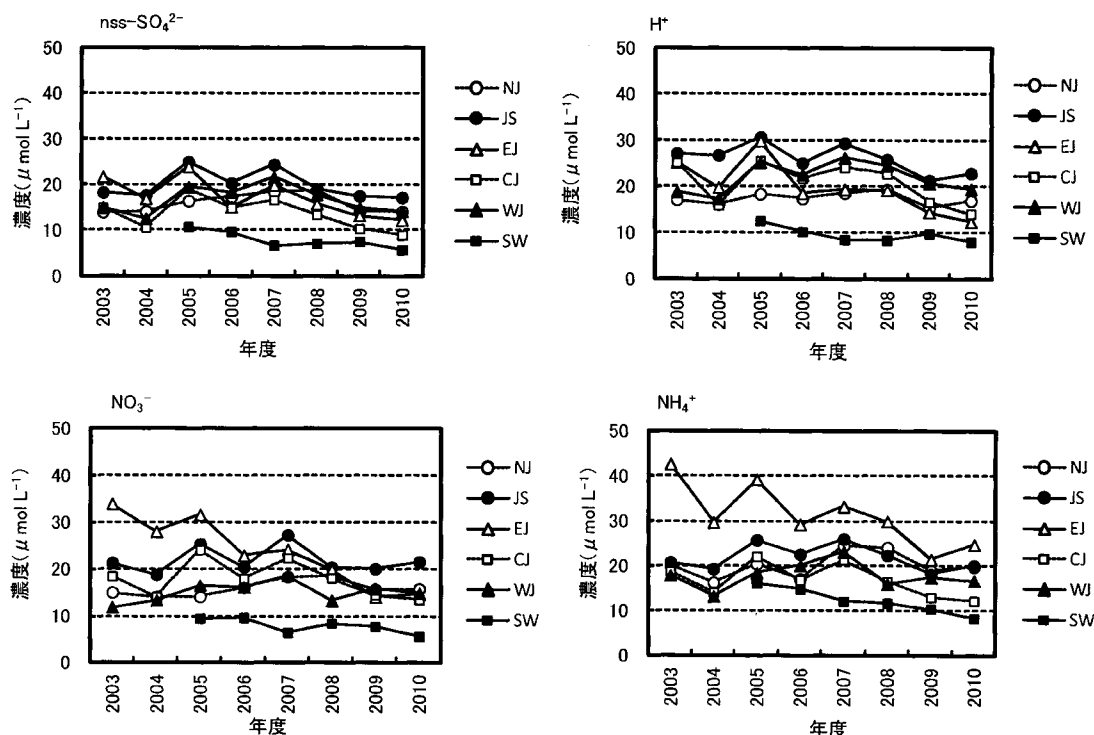


図 4.4.1 イオン成分濃度の経年変動

ている¹²⁾。H_{eff}およびΣNの年間沈着量について、地域区別に箱ひげ図を示した(図 4.3.2)。H_{eff}およびΣN沈着量ともに、日本海側・東部・西部で多い傾向にあった。

4.3.2 沈着量の季節変動

地域別の降水量(再掲)および主要イオン成分沈着量の季節変動を図 4.3.3 に示す。4.2.3と同様に、月間代表値としては中央値を採用した。また、nss-SO₄²⁻濃度沈着量を日本地図上に棒グラフで示したものを図 4.3.4 に示す。

H⁺沈着量は、日本海側では冬季に多い傾向が、西部では梅雨期に多い傾向が顕著であった。

nss-SO₄²⁻およびNO₃⁻沈着量は、H⁺沈着量に比較的類似した季節変動パターンを示した。日本海側では冬季に多い傾向がみられ、西部では6月に多い傾向がみられた。中央部および南西諸島では、年間を通して、沈着量が比較的少ない傾向を示した。

NH₄⁺沈着量は、日本海側では冬季に、東部では春季に、西部では夏季に大きい傾向を示した。

nss-Ca²⁺沈着量は、日本海側で春季及び冬季に多い傾向を示したが、全体的にはnss-SO₄²⁻、NO₃⁻およびNH₄⁺の沈着量に比較して少なかった。

4.4 経年変動

第4次調査が始まった2003年度から2010年度までの経年変動についての解析を行った。解析に際しては、各年度で測定地点が一部異なるが、地域区分ごとの中央値を採用していることから、全体的な傾向を調べるには問題がないと考えられる。

4.4.1 イオン成分濃度の経年変動

主なイオン成分濃度の地域区分ごとの経年変動を図 4.4.1 に示す。nss-SO₄²⁻、H⁺、NO₃⁻、NH₄⁺濃度は2007年度をピークに減少している。nss-SO₄²⁻濃度の減少については図 3.2.2のように、中国でのSO₂排出量が2007年度をピークに減少していることと関連があると考えられる。しかしNO₃⁻濃度については、日本海側において2008~2010年度に増加傾向にある。NO₃⁻はHNO₃の水への溶解性等からnss-SO₄²⁻と比較し

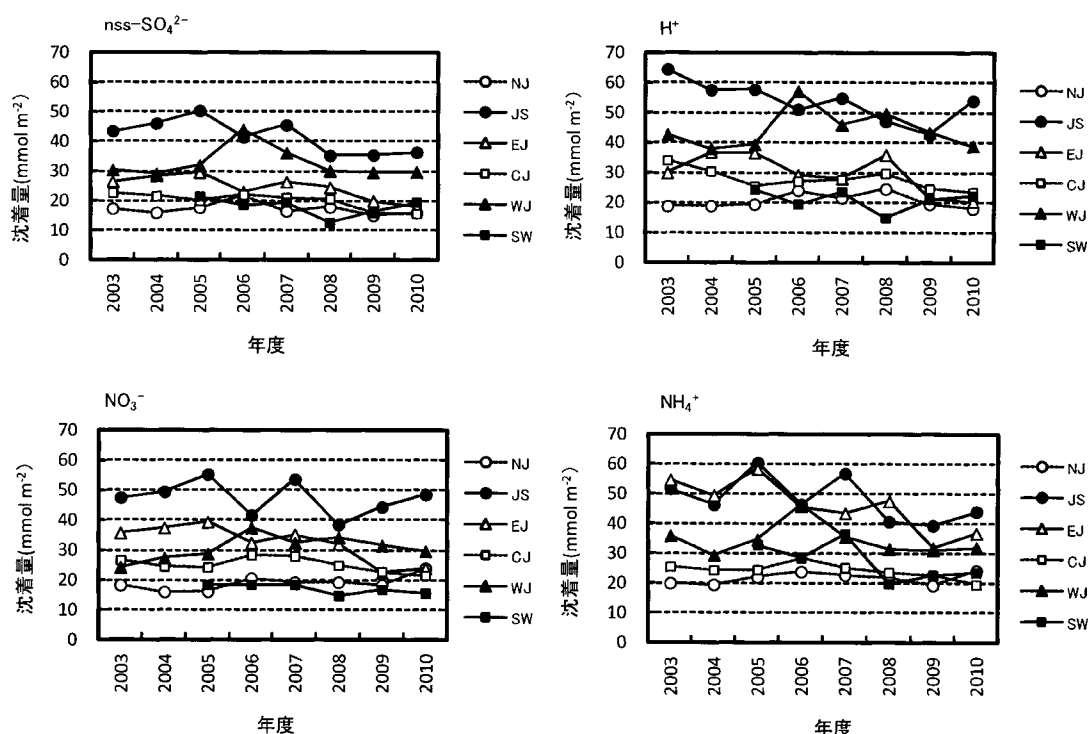


図 4.4.2 沈着量の経年変動

て大陸からの越境汚染の影響は少ないと考えられるが、国内での NO_x 排出量は年々減少傾向にあることや、測定地点近傍の NO_x 排出量と NO_3^- 濃度に相関が見られないこと¹³⁾、中国の NO_x 排出量が増加傾向にある¹⁴⁾ ことから、大陸からの越境汚染の影響も注視していく必要があると考えられる。

4.4.2 年間沈着量の経年変動

主な成分の年間沈着量の経年変動を図 4.4.2 に示す。濃度の経年変動と同じく、 nss-SO_4^{2-} 、 H^+ 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 沈着量は 2007 年度がピークであるが、地域によっては 2008～2010 年度における H^+ 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 沈着量が増加している。

これらの解析から、 nss-SO_4^{2-} 濃度及び沈着量は減少にあることがわかった。これは、国内及び大陸における SO_2 排出量が減少していることが原因であると考えられる。一方、 NO_3^- 濃度及び沈着量については、基本的には減少傾向であるが、一部の地域について増加傾向であることがわかった。その原因の一つとして、中国における NO_x

排出量増加による大陸からの越境大気汚染の可能性が示唆されるが、今後も中国における NO_x 排出量は増加していくと予想されているため、今後も引き続き観測を行うことが重要であると考えられる。

— 参考文献 —

- 1) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書(2005年度)，全国環境研会誌，**32**，78-152，2007
- 2) 全国環境研協議会酸性雨調査研究部会：第4次酸性雨全国調査実施要領，2003
- 3) 環境省地球環境局環境保全対策課，酸性雨研究センター：湿性沈着モニタリング手引き書(第2版)，2001
- 4) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書(平成15年度)，全国環境研会誌，**30**，58-135，2005
- 5) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書(平成16年度)，全国環境研会誌，**31**，118-186，2006
- 6) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書(2006年度)，全国環境研会誌，**33**，126-196，2008
- 7) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書(2007年度)，全国環境研会誌，**34**，193-223，2009
- 8) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書(2008年度)，全国環境研会誌，**35**，88-138，2010
- 9) 酸性雨研究センター：2009年度酸性雨測定分析精度管理

調査結果報告書(国設酸性雨測定局), 2010

- 10) M. Aikawa, T. Ohara, T. Hiraki, O. Oishi, A. Tsuji, M. Yamagami, K. Murano, H. Mukai: Significant geographic gradients in particulate sulfate over Japan determined from multiple-site measurements and a chemical transport model: Impacts of transboundary pollution from the Asian continent. *Atmos. Environ.*, **44**, 381-391, 2010
- 11) 酸性雨対策検討会: 酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書, 2004
- 12) 伊豆田猛: 酸性降下物と植物, 伊豆田猛(編著), 植物と環境ストレス, p. 43-87, コロナ社, 2006
- 13) 全国環境研協議会: 第5次酸性雨全国調査報告書(2009年度), 全国環境研会誌, **36**, 106-146, 2011
- 14) 大原利眞: 東アジアにおける広域越境大気汚染モデリングの最新動向, 水環境学会誌, **35**, 6-9, 2012

5. 乾性沈着(フィルターパック法)

2010年度のフィルターパック法(以下, FP 法)による乾性沈着調査地点を図 5.1.1 に示す。調査

結果には, 国設局および他の学術機関との共同研究データが一部含まれている。ただし, データ確定は部会基準(5.1に後述)で行ったため, 国設データについては環境省公表データと異なる場合がある。調査結果の解析は, 図 5.1.1 に示すように全国を6地域に分割した区分(北部[NJ], 日本海側[JS], 東部[EJ], 中央部[CJ], 西部[WJ], 南西諸島[SW])で行った。

5.1 データ確定

5.1.1 完全度

FP 法の有効データ数を表 5.1.1 に示す。データ確定では, 完全度(測定期間の適合度を含む)を指標として, 月データでは60%以上, 年データでは80%以上を満たす場合に有効データとした。ただし, 月データの完全度が60%未満でも, 年デー

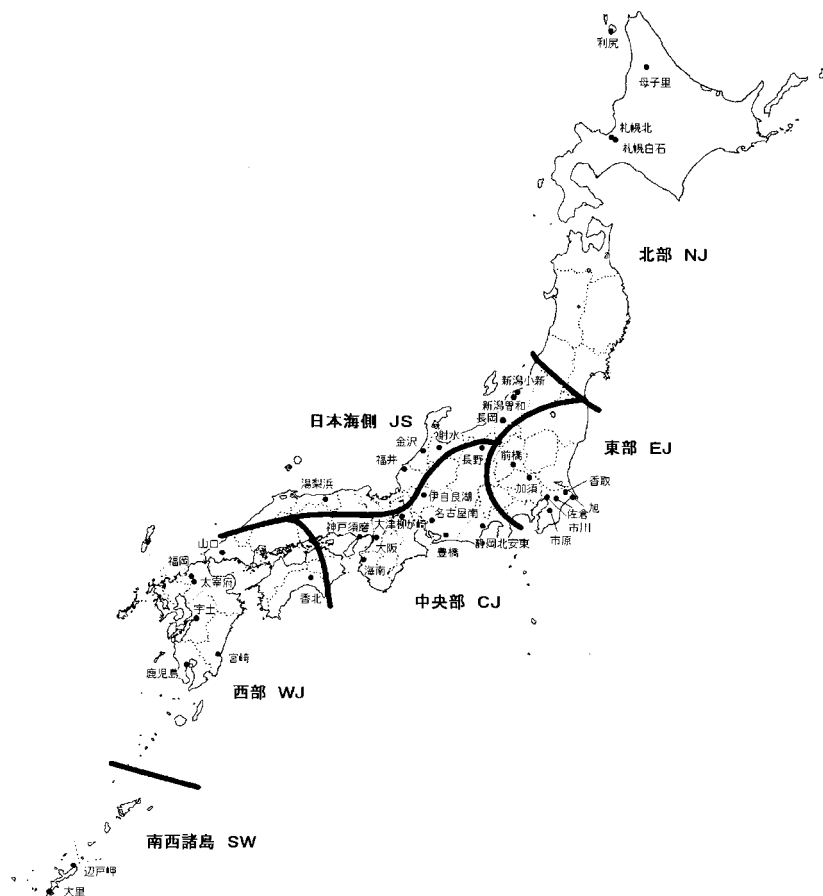


図 5.1.1 FP 法の調査地点

地域区分(北部, 日本海側, 東部, 中央部, 西部, 南西諸島)は表 2.1.1 のとおり

表 5.1.1 フィルターパック法による調査結果の有効データ数

成分	地点数	月平均濃度						年平均濃度					
		欠測数	データ数	完全度 60%未満	適合数	定量下限 値未満	有効データ 割合(%)	欠測数	データ数	完全度 80%未満	適合数	定量下限 値未満	有効データ 割合(%)
HNO ₃	36	3	429	89	340	0	79	0	36	8	28	1	78
SO ₂	36	3	429	89	340	4	79	0	36	8	28	0	78
HCl	36	3	429	89	340	4	79	0	36	8	28	0	78
NH ₃	36	5	427	93	334	2	78	0	36	9	27	0	75
SO ₄ ²⁻	36	3	429	89	340	0	79	0	36	8	28	0	78
NO ₃ ⁻	36	3	429	89	340	0	79	0	36	8	28	0	78
Cl ⁻	36	3	429	89	340	4	79	0	36	8	28	0	78
Na ⁺	36	3	429	89	340	0	79	0	36	8	28	0	78
K ⁺	36	3	429	89	340	1	79	0	36	8	28	0	78
Ca ²⁺	36	3	429	89	340	0	79	0	36	8	28	0	78
Mg ²⁺	36	3	429	89	340	3	79	0	36	8	28	0	78
NH ₄ ⁺	36	3	429	89	340	0	79	0	36	8	28	0	78

タが80%を満たせば、年平均値は解析対象とした。

FP法は吸引流量の変動が大きい場合などに異常値になりやすいことが報告されている¹⁾。そのため、意図的に流量を変更したなどの明確な理由がないにも関わらず流量変動が大きかった場合(変動係数30%以上)や前年度までの観測値と大きく異なる場合は参考値とし解析対象から除外した。また、サンプリングや測定に不具合があると考えられた場合も参考値または欠測とした。

5.1.2 定量下限値の設定

定量下限値は、前年度²⁾と同様に、EANET³⁾の基準値(粒子(p): 0.01 μg m⁻³, ガス(g): 0.1 ppb)を用いた。吸引流量は1 L min⁻¹を基準にし、X L min⁻¹の場合は1/X 倍の定量下限値とした。その判定は、月および年平均濃度に対して行い、定量下限値未満はゼロとした。

5.1.3 非海塩成分の算出

SO₄²⁻(p)およびCa²⁺(p)については、試料中のNa⁺(p)濃度と海水中のモル濃度比とを用いて、以下の式により非海塩(nss: non sea salt)由来成分濃度を算出した。

$$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p}) = \text{SO}_4^{2-}(\text{p}) - 0.060 \times \text{Na}^+(\text{p})$$

$$\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p}) = \text{Ca}^{2+}(\text{p}) - 0.022 \times \text{Na}^+(\text{p})$$

5.1.4 ガス・粒子間反応の測定結果への影響

大気中では、ガスと粒子の間で様々な物理的・化学的解離平衡反応が生じるが、これは大気中だ

けでなくサンプリング中にフィルター上でも起こりえる。そこで、前年度²⁾と同様に、平衡関係にあると考えられるガスと粒子については、全硝酸(HNO₃(g) + NO₃⁻(p))や全アンモニア(NH₃(g) + NH₄⁺(p))のようにガスと粒子の総計での評価も行った。

5.2 大気中のガス状および粒子状成分濃度

5.2.1 年平均濃度の地域特性

全国の地点別年平均濃度について、ガス状成分を表 5.2.1、粒子状成分を表 5.2.2、ガスと粒子の総計を表 5.2.3 に示す。

5.2.1.1 ガス状成分

SO₂(g)の年平均濃度の範囲は10.7~134.0 nmol m⁻³(平均値37.2 nmol m⁻³)であり、最高値は鹿児島、次いで宇土、最低値は母子里であった。SO₂(g)濃度は火山に近い地域や都市部などで高い傾向が見られた。

HNO₃(g)の年平均濃度の範囲は1.9~40.1 nmol m⁻³(平均値15.3 nmol m⁻³)であり、最高値は加須、次いで大津柳が崎、最低値は母子里であった。HNO₃(g)濃度は都市部で高い傾向が見られた。

HCl(g)の年平均濃度の範囲は5.7~43.4 nmol m⁻³(平均値20.5 nmol m⁻³)であり、最高値は鹿児島、次いで宮崎、最低値は母子里であった。鹿児島や宮崎は火山ガスの影響を受けて濃度が高くなった可能性がある。

表 5.2.1 ガス状成分の年平均濃度(地点別)

No.	都道府県市	地点名	SO ₂ (g)	HNO ₃ (g)	HCl(g)	NH ₃ (g)
(nmol m ⁻³)						
1	北海道	利尻	10.8	2.5	20.9	17.6
2	北海道	母子里	10.7	1.9	5.7	32.1
3	北海道	札幌北	51.6	8.8	13.4	64.4
4	札幌市	札幌白石	57.2	8.7	10.1	80.1
5	新潟県	新潟曾和	15.0	14.6	24.1	77.9
6	新潟県	長岡	13.0	12.8	11.8	76.4
7	新潟市	新潟小新	27.7	14.8	24.6	78.5
8	群馬県	前橋	16.2	17.3	11.1	332.9
9	埼玉県	加須	25.9	40.1	23.6	199.6
10	千葉県	市川	(35.2)	(16.6)	(28.1)	(110.8)
11	千葉県	市原	(71.2)	(18.4)	(29.5)	(106.5)
12	千葉県	香取	(12.9)	(6.9)	(16.3)	(450.3)
13	千葉県	旭	(15.9)	(8.9)	(29.4)	(1218.6)
14	千葉県	佐倉	(22.5)	(14.8)	(27.0)	(72.3)
15	長野県	長野	21.8	19.7	14.4	106.6
16	静岡県	静岡北安東	30.2	22.8	25.1	116.6
17	富山県	射水	17.3	16.1	17.2	92.7
18	石川県	金沢	20.8	8.8	12.4	35.5
19	福井県	福井	60.6	18.9	30.3	89.7
20	岐阜県	伊自良湖	17.1	9.6	6.7	44.6
21	愛知県	豊橋	44.3	23.0	28.9	195.0
22	名古屋市中	名古屋南	40.3	19.4	23.8	130.7
23	滋賀県	大津柳が崎	24.8	30.1	24.9	110.4
24	大阪府	大阪	(71.0)	(20.2)	(26.6)	(145.4)
25	和歌山県	海南	49.4	19.1	24.5	87.7
26	兵庫県	神戸須磨	68.5	24.3	25.5	86.6
27	鳥取県	湯梨浜町	16.4	6.3	25.2	80.9
28	山口県	山口	(32.5)	(13.6)	(13.8)	(132.5)
29	高知県	香北	16.1	6.3	10.4	(100.6)
30	福岡県	太宰府	44.7	22.8	20.6	105.3
31	福岡市	福岡	27.0	14.1	17.0	46.5
32	熊本県	宇土	98.2	16.1	20.4	131.6
33	宮崎県	宮崎	61.9	10.6	30.6	113.9
34	鹿児島県	鹿児島	134.0	14.5	43.4	117.4
35	沖縄県	大里	21.2	4.7	26.8	347.5
36	沖縄県	辺戸岬	(9.2)	(4.0)	(28.4)	(72.5)
全国最低値			10.7	1.9	5.7	17.6
全国最高値			134.0	40.1	43.4	347.5
全国中央値			26.4	14.7	22.2	89.7
全国平均値			37.2	15.3	20.5	111.1

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜きで示した。ここで、ゼロは最低値から除外した。

注) 参考値は()で示した。

NH₃(g)の年平均濃度の範囲は17.6~347.5 nmol m⁻³(平均値111.1 nmol m⁻³)であり、最高値は大里、次いで前橋、最低値は利尻であった。NH₃(g)濃度は畜産業の影響を受けていると考えられる地点や都市部で高い傾向が見られた。

5.2.1.2 粒子状成分

SO₄²⁻(p)の年平均濃度の範囲は21.2~65.7 nmol m⁻³(平均値40.1 nmol m⁻³)、nss-SO₄²⁻(p)は20.4~61.6 nmol m⁻³(平均値37.8 nmol m⁻³)であり、最高値は鹿児島、次いで太宰府、最低値はSO₄²⁻(p)は前橋、nss-SO₄²⁻(p)は母子

里であった。nss-SO₄²⁻(p)濃度は西日本で高い傾向が見られた。

NO₃⁻(p)の年平均濃度の範囲は6.9~53.6 nmol m⁻³(平均値25.7 nmol m⁻³)であり、最高値は豊橋、次いで神戸須磨、最低値は伊自良湖であった。NO₃⁻(p)濃度は、都市部で高い傾向が見られた。

Cl⁻(p)の年平均濃度の範囲は1.4~114.3 nmol m⁻³(平均値25.6 nmol m⁻³)であり、最高値は大里、次いで新潟小新、最低値は伊自良湖であった。

Na⁺(p)の年平均濃度の範囲は9.8~131.2 nmol m⁻³(平均値38.7 nmol m⁻³)であり、最高値は大里、次いで新潟小新、最低値は伊自良湖であった。大里や新潟小新ではNa⁺(p)とCl⁻(p)がともに高濃度で観測されており、海塩の影響が強いと考えられる。逆に、Na⁺(p)とCl⁻(p)濃度が低い伊自良湖は、内陸のため海塩の影響を受けにくいと考えられる。

K⁺(p)の年平均濃度の範囲は2.1~7.2 nmol m⁻³(平均値3.9 nmol m⁻³)であり、最高値は宮崎、次いで鹿児島、最低値は母子里であった。

Ca²⁺(p)の年平均濃度の範囲は2.0~20.6 nmol m⁻³(平均値7.7 nmol m⁻³)、nss-Ca²⁺(p)は1.6~19.1 nmol m⁻³(平均値6.8 nmol m⁻³)であり、最高値は鹿児島、次いでCa²⁺(p)は大里、nss-Ca²⁺(p)は太宰府、最低値は母子里であった。

Mg²⁺(p)の年平均濃度の範囲は1.5~16.2 nmol m⁻³(平均値5.0 nmol m⁻³)であり、最高値は大里、次いで新潟小新、最低値は伊自良湖であった。

NH₄⁺(p)の年平均濃度の範囲は27.2~106.3 nmol m⁻³(平均値65.6 nmol m⁻³)であり、最高値は太宰府、次いで豊橋、最低値は利尻であった。

5.2.1.3 ガス状および粒子状成分の総計

全硫黄(SO₂(g) + nss-SO₄²⁻(p))の年平均濃度の範囲は31.1~195.6 nmol m⁻³(平均値75.0 nmol m⁻³)であり、最高値は鹿児島、次いで宇土、最低値は母子里であった。全硫黄濃度は西日本で高い傾向が見られた。

全硝酸(HNO₃(g) + NO₃⁻(p))の年平均濃度の範囲は9.9~81.7 nmol m⁻³(平均値41.0 nmol m⁻³)であり、最高値は加須、次いで豊橋、最低値は母子里であった。全硝酸濃度は都市部で高い傾向が見られた。

全塩化物(HCl(g) + Cl⁻(p))の年平均濃度の範

表 5.2.2 粒子状成分の年平均濃度(地点別)

No.	都道府県市	地点名	SO ₂ ²⁻ (g)	nss-SO ₄ ²⁻ (g)	NO ₃ ⁻ (g)	Cl ⁻ (g)	Na ⁺ (g)	K ⁺ (g)	Ca ²⁺ (g)	nss-Ca ²⁺ (g)	Mg ²⁺ (g)	NH ₄ ⁺ (g)
(nmol m ⁻³)												
1	北海道	利尻	29.9	24.2	13.0	79.7	94.5	3.8	4.5	2.4	10.7	27.2
2	北海道	母子里	21.5	20.4	7.9	12.1	17.3	2.1	2.0	1.6	2.0	35.7
3	北海道	札幌北	32.8	30.5	22.2	26.9	38.2	3.5	8.2	7.3	4.4	66.4
4		札幌白石	31.7	30.1	22.2	25.5	25.9	2.8	7.1	6.5	4.1	59.1
5	新潟県	新潟管和	40.3	37.1	22.6	36.0	52.7	4.2	6.3	5.1	6.5	55.4
6	新潟県	長岡	29.7	28.4	16.7	12.3	21.2	2.7	4.4	3.9	2.8	49.6
7	新潟市	新潟小新	44.6	38.6	31.2	92.0	98.5	5.0	7.7	5.5	11.3	67.5
8	群馬県	前橋	21.2	20.5	32.9	8.4	10.9	3.5	8.9	8.7	2.5	54.4
9	埼玉県	加須	32.0	30.9	41.5	11.2	18.0	2.8	6.3	5.9	2.4	73.2
10	千葉県	市川	(46.9)	(43.5)	(66.7)	(50.6)	(56.4)	(7.4)	(16.0)	(14.7)	(7.5)	(76.2)
11	千葉県	市原	(72.5)	(66.5)	(77.0)	(91.9)	(97.9)	(9.1)	(37.1)	(34.9)	(13.1)	(78.0)
12	千葉県	香取	(39.0)	(35.6)	(39.6)	(56.6)	(56.8)	(16.4)	(8.8)	(7.5)	(5.8)	(62.9)
13	千葉県	旭	(54.0)	(44.4)	(63.1)	(200.5)	(157.8)	(10.0)	(17.1)	(13.5)	(15.5)	(87.7)
14	千葉県	佐倉	(44.2)	(41.6)	(42.4)	(31.6)	(43.3)	(10.1)	(10.0)	(9.0)	(5.8)	(64.1)
15	長野県	長野	39.3	38.5	20.7	3.3	12.0	3.4	4.9	4.6	1.8	70.7
16	静岡県	静岡北安東	38.7	36.8	23.6	7.7	30.5	3.8	6.8	6.2	3.6	65.5
17	富山県	射水	44.0	42.2	19.8	13.6	28.9	4.0	5.9	5.3	4.0	73.7
18	石川県	金沢	28.9	27.4	10.8	9.7	24.8	2.4	5.3	4.7	3.6	46.0
19	福井県	福井	42.4	39.5	22.3	32.8	46.9	4.4	11.6	10.6	6.4	61.7
20	岐阜県	伊自良湖	34.9	34.3	6.9	1.4	9.8	2.7	3.7	3.5	1.5	50.9
21	愛知県	豊橋	50.0	47.2	53.6	25.4	45.4	4.5	11.6	10.6	6.3	96.8
22	名古屋市	名古屋南	30.2	29.0	26.5	9.7	19.0	2.5	5.1	4.7	1.8	62.4
23	滋賀県	大津柳が崎	42.9	41.3	24.2	5.6	26.0	3.0	6.3	5.7	3.5	61.1
24	大阪府	大阪	(44.0)	(41.7)	(42.6)	(22.5)	(37.8)	(4.7)	(11.6)	(10.7)	(5.0)	(94.7)
25	和歌山県	海南	46.4	44.4	28.2	12.2	32.8	3.9	8.0	7.2	4.4	73.2
26	兵庫県	神戸須磨	44.2	41.3	48.9	28.7	48.7	2.4	8.9	7.8	6.2	82.0
27	鳥取県	湯浜浜町	45.4	42.8	21.6	31.5	42.3	3.9	5.5	4.5	4.7	54.9
28	山口県	山口	(32.4)	(31.3)	(17.1)	(7.3)	(18.4)	(1.8)	(5.3)	(4.9)	(1.9)	(58.4)
29	高知県	香北	36.7	36.0	9.9	2.7	12.1	2.7	3.5	3.2	2.0	60.9
30	福岡県	太宰府	58.9	56.4	45.8	24.7	40.0	6.5	12.7	11.8	5.3	106.3
31	福岡市	福岡	51.6	50.2	18.8	6.9	23.2	3.9	7.5	7.0	3.7	79.6
32	熊本県	宇土	51.2	49.4	27.2	11.7	29.9	4.5	9.3	8.6	4.7	88.5
33	宮崎県	宮崎	39.5	37.3	29.4	24.1	36.1	7.2	7.9	7.1	4.1	69.4
34	鹿児島県	鹿児島	65.7	61.6	42.5	47.1	67.0	6.8	20.6	19.1	9.5	95.1
35	沖縄県	大里	48.7	40.8	28.9	114.3	131.2	6.0	14.1	11.2	16.2	48.3
36	沖縄県	辺戸岬	(41.7)	(33.1)	(21.6)	(110.3)	(140.6)	(6.0)	(11.5)	(8.4)	(17.4)	(22.1)
全国最低値			21.2	20.4	6.9	1.4	9.8	2.1	2.0	1.6	1.5	27.2
全国最高値			65.7	61.6	53.6	114.3	131.2	7.2	20.6	19.1	16.2	106.3
全国中央値			39.9	37.9	23.1	12.9	30.2	3.8	7.0	6.0	4.1	64.0
全国平均値			40.1	37.8	25.7	25.6	38.7	3.9	7.7	6.8	5.0	65.6

注) 全国最低値は網掛け, 全国最高値は白抜きで示した。ここで, ゼロは最低値から除外した。

注) 参考値は()で示した。

囲は 8.1~141.2 nmol m⁻³ (平均値 46.1 nmol m⁻³) であり, 最高値は大里, 次いで新潟小新, 最低値は伊自良湖であった。

全アンモニア(NH₃(g) + NH₄⁺(p))の年平均濃度の範囲は44.8~395.8 nmol m⁻³(平均値176.8 nmol m⁻³)であり, 最高値は大里, 次いで前橋, 最低値は利尻であった。全アンモニア濃度は周辺の畜産業の影響を受けている地点や都市部で高い傾向が見られた。

5.2.2 月平均濃度の季節変化および地域特性

地点別月平均濃度について, 6つの地域区分(北部, 日本海側, 東部, 中央部, 西部, 南西諸島)ごとに平均濃度を算出した。平均濃度は, 参考値および定量下限値以下のデータは除いて算出した。ここでは, 地域区分別の月変化および包括的

な地域特性を述べる。

5.2.2.1 ガス状成分

ガス状成分の地域別月平均濃度の経月変化を図5.2.1に示す。SO₂(g)濃度は1年を通して西部でも高かった。西部では, 2009年以降に活動が活発化し噴火回数や降灰量などが増えている桜島や2011年1月に噴火した霧島山(新燃岳)などの火山ガスや越境大気汚染の影響を受けている可能性がある。SO₂(g)濃度は冬季に高くなる傾向が見られた。これは汚染大気の移流や冬季の暖房等の使用に伴う地域汚染の影響を受けているためと考えられる。

HNO₃(g)濃度は夏季に高く, 冬季に低くなる傾向が見られた。夏季の高濃度は, 東部と中央部で顕著であった。夏季にHNO₃(g)濃度が高くな

表 5.2.3 ガス状および粒子状成分の総計の年平均濃度(地点別)

No.	都道府県市	地点名	全硫黄	全硝酸	全塩化物	全アンモニア
			SO ₂ (g)+nssSO ₄ ²⁻ (p)	HNO ₃ (g)+NO ₃ ⁻ (p)	HCl(g)+Cl ⁻ (p)	NH ₃ (g)+NH ₄ ⁺ (p)
			(nmol m ⁻³)			
1	北海道	利尻	35.0	15.5	100.5	44.8
2	北海道	母子里	31.1	9.9	17.8	67.8
3	北海道	札幌北	82.1	31.0	40.3	130.8
4	札幌市	札幌白石	87.3	30.9	35.6	139.2
5	新潟県	新潟曾和	52.1	37.2	60.1	133.3
6	新潟県	長岡	41.4	29.5	24.0	126.0
7	新潟市	新潟小新	66.3	46.0	116.5	146.0
8	群馬県	前橋	36.7	50.2	19.5	387.4
9	埼玉県	加須	56.7	81.7	34.8	272.8
10	千葉県	市川	(78.7)	(83.3)	(78.7)	(187.0)
11	千葉県	市原	(137.7)	(95.4)	(121.4)	(184.5)
12	千葉県	香取	(48.5)	(46.6)	(72.8)	(513.3)
13	千葉県	旭	(60.3)	(72.0)	(229.9)	(1306.3)
14	千葉県	佐倉	(64.1)	(57.2)	(58.6)	(136.4)
15	長野県	長野	60.4	40.4	17.7	177.3
16	静岡県	静岡北安東	67.0	46.5	32.8	182.1
17	富山県	射水	59.6	35.9	30.8	166.4
18	石川県	金沢	48.1	19.6	22.2	81.5
19	福井県	福井	100.1	41.2	63.1	151.5
20	岐阜県	伊自良湖	51.4	16.5	8.1	95.5
21	愛知県	豊橋	91.5	76.6	54.3	291.7
22	名古屋市	名古屋南	69.3	45.9	33.5	193.1
23	滋賀県	大津柳が崎	66.1	54.3	30.4	171.5
24	大阪府	大阪	(112.7)	(62.8)	(49.0)	(240.0)
25	和歌山県	海南	93.9	47.3	36.7	160.9
26	兵庫県	神戸須磨	109.8	73.2	54.3	168.6
27	鳥取県	湯梨浜町	59.2	27.9	56.7	135.8
28	山口県	山口	(63.8)	(30.7)	(21.1)	(190.9)
29	高知県	香北	52.1	16.2	13.1	(161.5)
30	福岡県	太宰府	101.2	68.6	45.3	211.5
31	福岡市	福岡	77.2	32.9	23.9	126.1
32	熊本県	宇土	147.6	43.3	32.1	220.1
33	宮崎県	宮崎	99.2	40.0	54.7	183.2
34	鹿児島県	鹿児島	195.6	57.0	90.4	212.6
35	沖縄県	大里	62.0	33.6	141.2	395.8
36	沖縄県	辺戸岬	(42.4)	(25.6)	(138.7)	(94.6)
全国最低値			31.1	9.9	8.1	44.8
全国最高値			195.6	81.7	141.2	395.8
全国中央値			66.2	40.2	35.2	166.4
全国平均値			75.0	41.0	46.1	176.8

注) 全国最低値は網掛け, 全国最高値は白抜きで示した。ここで, ゼロは最低値から除外した。

注) 参考値は()で示した。

る要因としては, 夏季は光化学反応が活発になり窒素酸化物から HNO₃(g) への酸化が促進されるためや, 揮発性粒子である NH₄NO₃などの解離が進むためなどが考えられる。

HCl(g)濃度は南西諸島を除いて冬季に低くなる傾向が見られた。NH₃(g)濃度は, HNO₃(g)と同様に, 夏季に高く冬季に低くなる傾向が見られた。南西諸島では夏季の高濃度が顕著であるが, これは大里で極めて高い濃度を示したためである。大里は周辺の畜産業の影響を受けていると考

えられる。

5.2.2.2 粒子状成分

図 5.2.2 に粒子状成分の地域別年平均濃度を当量濃度で示す。どの地域でも陰イオンと陽イオンは同量程度であり, 分析した8成分でイオンバランスはおおむねとれていた。総当量濃度は, 南西諸島で最も高く, 北部や東部で低かった。南西諸島を除く地域では, 陰イオンは nss-SO₄²⁻, 陽イオンは NH₄⁺の占める割合が高かった。南西諸島では Na⁺と Cl⁻の占める割合が高く, 海塩粒子

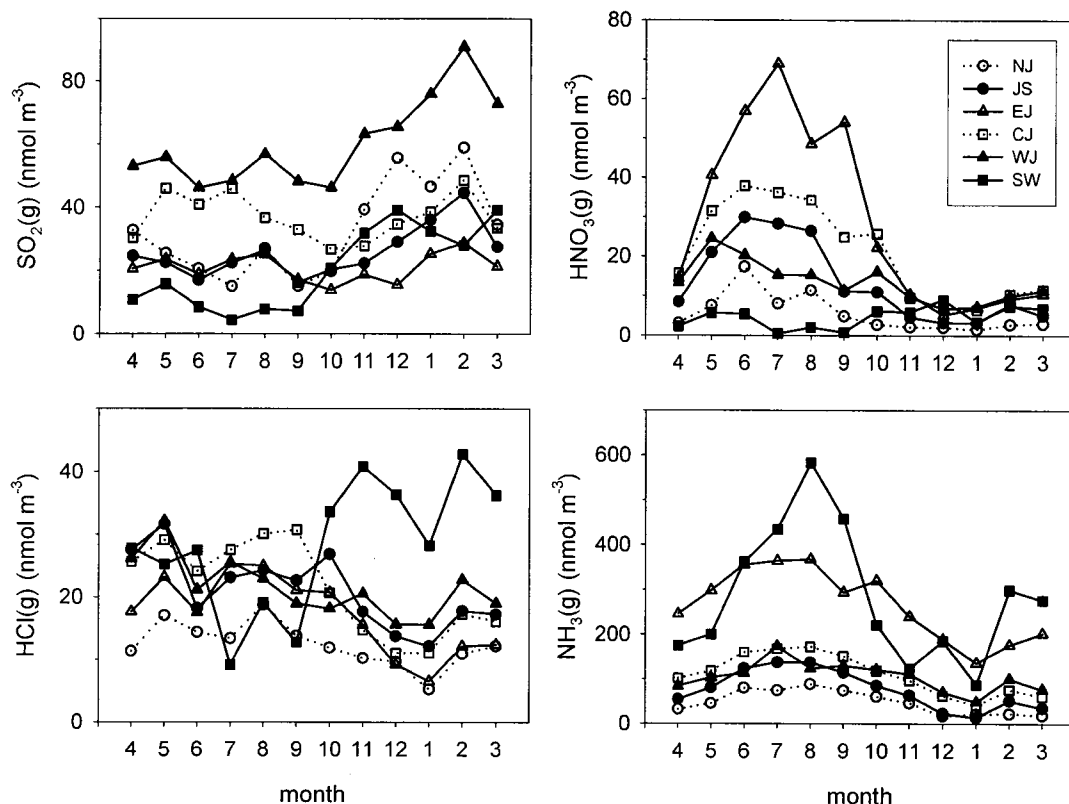


図 5.2.1 ガス状成分の地域別月平均濃度の経月変化

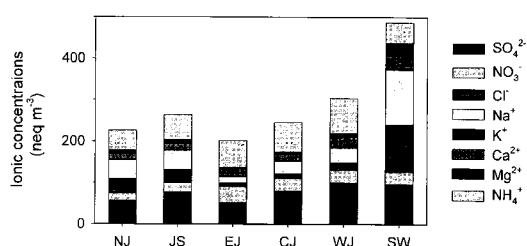


図 5.2.2 粒子状成分の地域別年平均濃度

の寄与が大きいと考えられる。東部では、他の地域と比べて NO_3^- の割合が高かった。

粒子状成分の地域別月平均濃度の経月変化を図 5.2.3 に示す。 nss-SO_4^{2-} (p) 濃度は、夏季を除いて南西諸島や西部で高く北部で低い傾向が見られた。このような nss-SO_4^{2-} (p) の分布は、Aikawa et al. (2008)⁴⁾ が指摘しているように、アジア大陸の汚染大気の流れの影響を反映していると考えられる。 NO_3^- (p) 濃度は東部で高く北部

で低かった。 nss-SO_4^{2-} (p) 濃度や NO_3^- (p) 濃度は春季に高い傾向が見られた。

nss-SO_4^{2-} (p) 濃度の変動パターンは NH_4^+ (p) とよく似ていた。図 5.2.4 (a) に nss-SO_4^{2-} (p) と NH_4^+ (p) の関係を示す。どの地域も NH_4^+ (p) / nss-SO_4^{2-} (p) モル比はおおむね 1 ~ 2 の間にあり、ほとんどの地点で nss-SO_4^{2-} (p) と NH_4^+ (p) 濃度に良好な相関関係が認められた。このことは、硫酸塩を含む粒子の大部分はアンモニアで中和された硫酸アンモニウムや硫酸水素アンモニウムなどとして存在することを示唆する。南西諸島では NH_4^+ (p) / nss-SO_4^{2-} (p) モル比が低い傾向があり、アンモニアによる中和が他の地域と比べて進んでいないか、高温多湿のためフィルター上で NH_4^+ (p) の再揮散が起こった可能性がある。また、モル比が低く硫酸塩が過剰な場合には、硫酸塩を含む粒子の一部が海塩粒子や土壌粒子と SO_2 との反応によって形成された Na_2SO_4 や CaSO_4 な

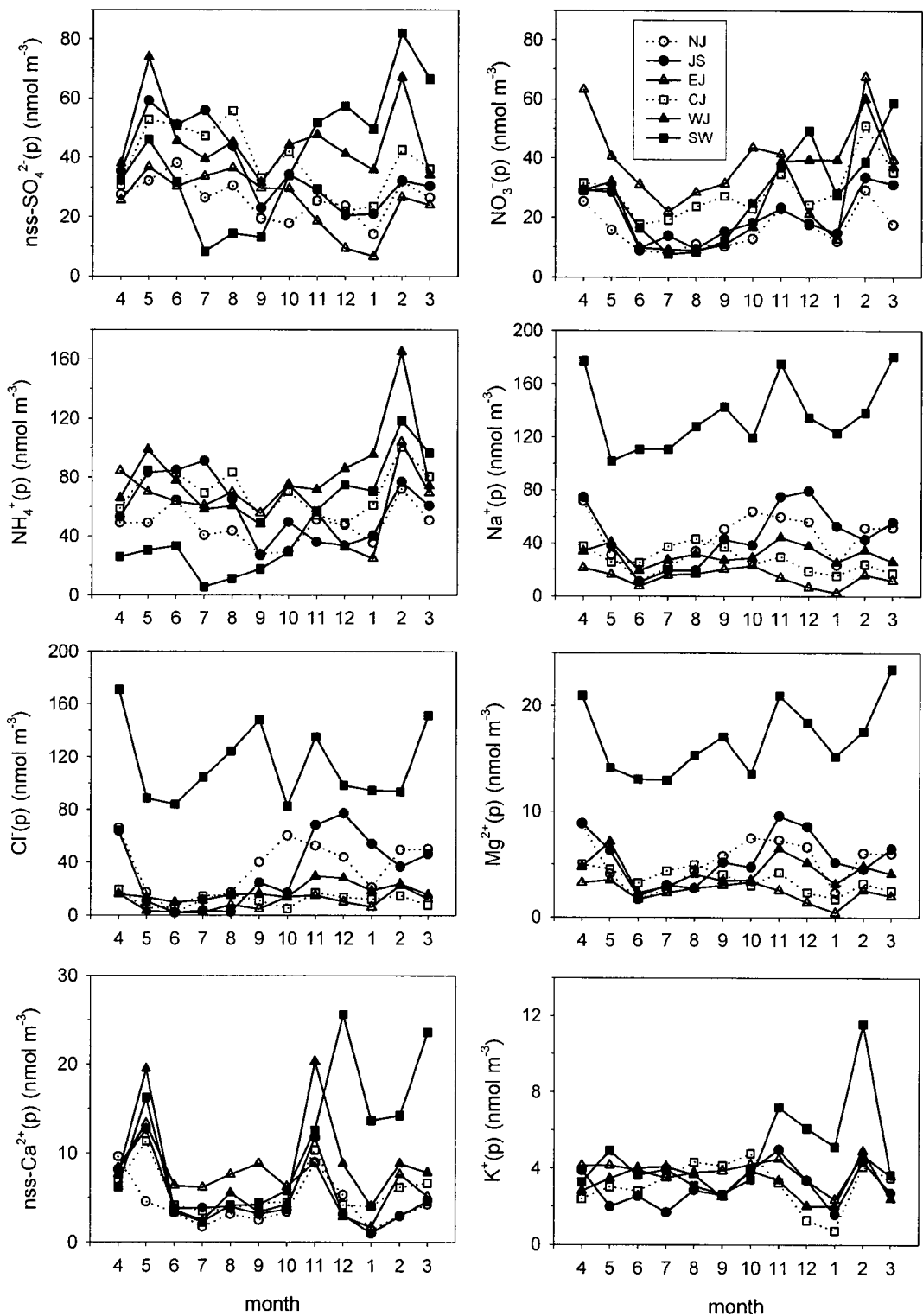


図 5.2.3 粒子状成分の地域別月平均濃度の経月変化

どとして存在することも考えられる。東部や中央部、西部では硫酸塩に対してアンモニウムイオンが過剰になっている場合が見られ、 $\text{NH}_4^+(\text{p})$ は硫酸塩以外に硝酸塩などとしても存在していると考えられる。

$\text{Na}^+(\text{p})$ 濃度は、東部と中央部以外の地域では秋季から冬季にかけて高い傾向が見られた。 $\text{Na}^+(\text{p})$ は $\text{Cl}^-(\text{p})$ や $\text{Mg}^{2+}(\text{p})$ と濃度変動パターンがよく似ていた。地域別月平均濃度について、 $\text{Na}^+(\text{p})$ と $\text{Cl}^-(\text{p})$ の関係を図5.2.4(b)に、 $\text{Na}^+(\text{p})$ と $\text{Mg}^{2+}(\text{p})$ の関係を図5.2.4(c)に示す。 $\text{Na}^+(\text{p})$ 濃度が高くなるにつれて $\text{Cl}^-(\text{p})$ や $\text{Mg}^{2+}(\text{p})$ 濃度は増加する傾向が見られた。 $\text{Na}^+(\text{p})$ と $\text{Mg}^{2+}(\text{p})$ の関係が海水比とよく一致していることから、これらは海塩の寄与が大きいことが示唆される。一方、 $\text{Cl}^-(\text{p})$ は海水比(1.18)に対して少なくなっているが、これは海塩粒子が硝酸や硫酸と反応することによってクロリンロスが起こったためと考

えられる。 $\text{Na}^+(\text{p})$ 濃度と $\text{Cl}^-(\text{p}) + \text{HCl}(\text{g})$ 濃度の関係(図5.2.4(d))を見ると、 $\text{Cl}^-(\text{p})$ だけよりも $\text{Cl}^-(\text{p}) + \text{HCl}(\text{g})$ のほうが海水比に近くなっていることがわかる。このことは、海塩粒子に

$\text{NaCl}(\text{p}) + \text{HNO}_3(\text{g}) \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{p}) + \text{HCl}(\text{g})$ のような反応が起こって、海塩粒子中の $\text{Cl}^-(\text{p})$ の一部が $\text{HCl}(\text{g})$ として大気中に放出された可能性を示唆する。

$\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$ 濃度は春季及び11～12月に高い傾向が見られた。気象庁では、2010年4月2～3日、4月27日～5月6日、5月9～12日、20～26日、11月12～15日、12月3～5日、11～12日、23～24日、2011年3月20日、22日に日本国内で黄砂を観測している⁵⁾。 $\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$ 濃度が高い月は黄砂の観測時期とよく対応していることから、 $\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$ 濃度は黄砂の飛来の影響を受けて高くなったと考えられる。 $\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$ 濃度は西部や南西諸島が高く、北部で最も低くなっている。

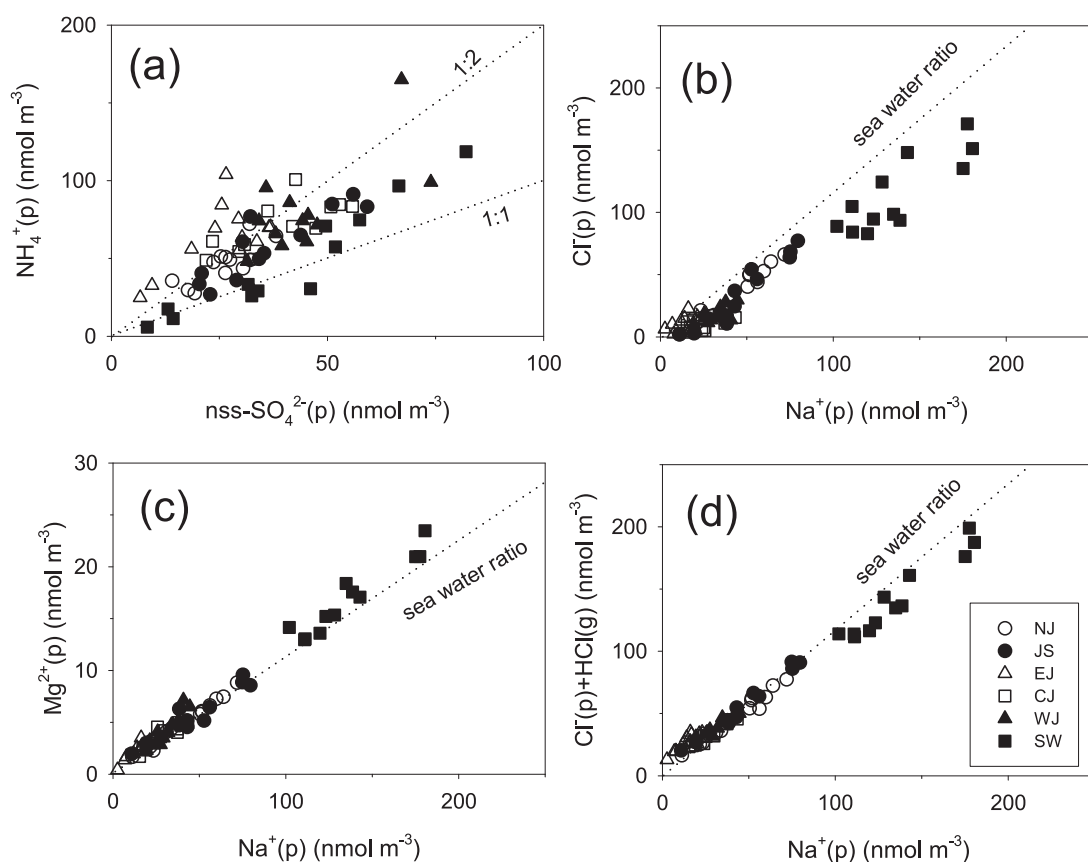


図 5.2.4 粒子状成分の地域別月平均濃度の関係

このことから、黄砂発生源のアジア大陸に近い地域で黄砂の影響を受けやすいことが示唆される。

5.2.2.3 ガス状および粒子状成分の総計

全硫黄 ($\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$), 全硝酸 ($\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$), 全塩化物 ($\text{HCl}(\text{g}) +$

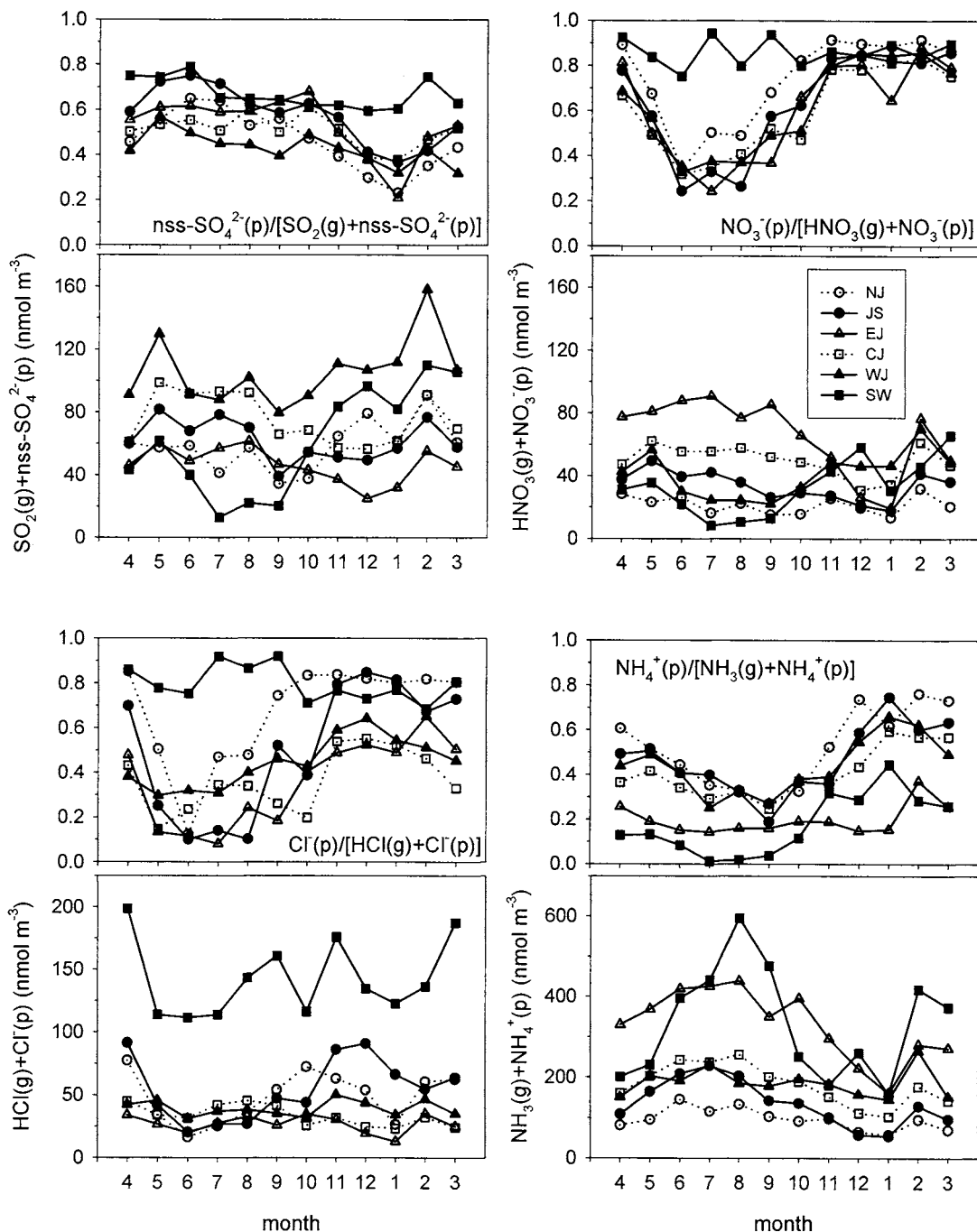


図 5.2.5 全硫黄，全硝酸，全塩化物，全アンモニア濃度およびそれぞれの粒子化率の地域別月平均値の経月変化

$\text{Cl}^-(\text{p})$), 全アンモニア($\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$)濃度およびそれぞれの粒子化率の地域別月平均値の経月変化を図 5.2.5 に示す。粒子化率は、粒子状成分濃度をガス状および粒子状成分の総濃度で除したものとした。

全硫黄($\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$)濃度は火山ガスや越境汚染の影響を受けやすいと考えられる西部で高かった。季節変化は地域によって異なり、北部は冬季に、日本海側、中央部、東部は春季から夏季に、西部と南西諸島では春季と冬季に高くなる傾向が見られた。全硫黄濃度の季節変化にはローカルな自然的・人為的 SO_2 発生源の影響や汚染大気の流れなど様々な要因が考えられる。粒子化率が西部で一年を通して低めなのは、火山性 SO_2 ガスの影響を受けたためであろう。南西諸島では粒子化率が一年を通して高く、地域からの SO_2 の寄与が小さいことや、温暖な気候のため粒子化が促進されやすいことが考えられる。南西諸島以外の地域では粒子化率は冬季に下がる傾向があり、特に北部で冬季の低下が顕著であった。北部では暖房等の使用に伴うローカル SO_2 の寄与が大きくなることや、低温で粒子化が進まないことなどの原因により、他の地域と比べて冬季の粒子化率が低くなる可能性がある。

全硝酸($\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$)濃度は東部と中央部で高い傾向が見られた。粒子化率は南西諸島

を除いて夏季に低く冬季に高い傾向が見られた。気温が高い時期には NH_4NO_3 など揮発性粒子の解離が起りやすいため粒子化率が低くなると考えられる。

全塩化物($\text{HCl}(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{p})$)濃度は南西諸島で高かった。季節変化はあまり明確でないが、秋季に濃度が増加する傾向が見られた。日本海側では秋季から冬季にかけて濃度が高かった。これは、秋季から冬季にかけて、季節風によって日本海で発生した海塩粒子の影響を強く受けるためと考えられる。

全アンモニア($\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$)濃度は周辺の発生源からのアンモニアの寄与が大きいと考えられる東部や南西諸島で高く、北部や日本海側で低かった。季節変化を見ると、春季から夏季に高く、冬季に低い傾向が見られた。粒子化率は、全硝酸と同様に、夏季に低く冬季に高かった。夏季に粒子化率が低くなる要因としては、揮発性の NH_4NO_3 や NH_4Cl などの解離が気温の高い夏季に促進されるためや、土壌から放出されるアンモニアの影響などが考えられる。

5.2.3 ガス状および粒子状成分の経年変化

アジア地域では、1980年代後半から中国を中心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増大しており、日本の大気環境に影響を与えていると考えられる⁶⁾。これまでの本調査か

表 5.2.4 ガス状および粒子状成分の年平均濃度(nmol m^{-3})

	2010年度	2009年度 ²⁾	2008年度 ⁸⁾	2007年度 ⁹⁾	2006年度 ⁷⁾	2003～2005年度 ¹⁰⁾
$\text{SO}_4^{2-}(\text{p})$	40.1	46.3	47.2	47.8	49.1	47.0
$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$	37.8	43.0	44.7	45.2	46.5	44.8
$\text{NO}_3^-(\text{p})$	25.7	32.5	27.0	27.2	26.6	31.0
$\text{Cl}^-(\text{p})$	25.6	41.4	27.9	27.5	28.9	24.4
$\text{Na}^+(\text{p})$	38.7	54.4	41.4	42.8	42.4	36.9
$\text{K}^+(\text{p})$	3.9	5.3	4.3	4.4	4.8	4.8
$\text{Ca}^{2+}(\text{p})$	7.7	10.9	7.8	7.9	7.9	7.8
$\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$	6.8	9.7	6.9	7.0	7.0	6.9
$\text{Mg}^{2+}(\text{p})$	5.0	6.7	5.1	5.5	5.7	4.8
$\text{NH}_4^+(\text{p})$	65.6	73.7	78.4	79.2	80.8	84.2
$\text{SO}_2(\text{g})$	37.2	36.7	40.5	45.1	46.0	52.2
$\text{HNO}_3(\text{g})$	15.3	16.0	19.4	18.3	19.7	20.8
$\text{HCl}(\text{g})$	20.5	22.4	22.0	24.3	24.4	24.0
$\text{NH}_3(\text{g})$	111.1	121.0	124.0	119.1	125.3	134.0
調査地点数	36	32	29	28	28	37

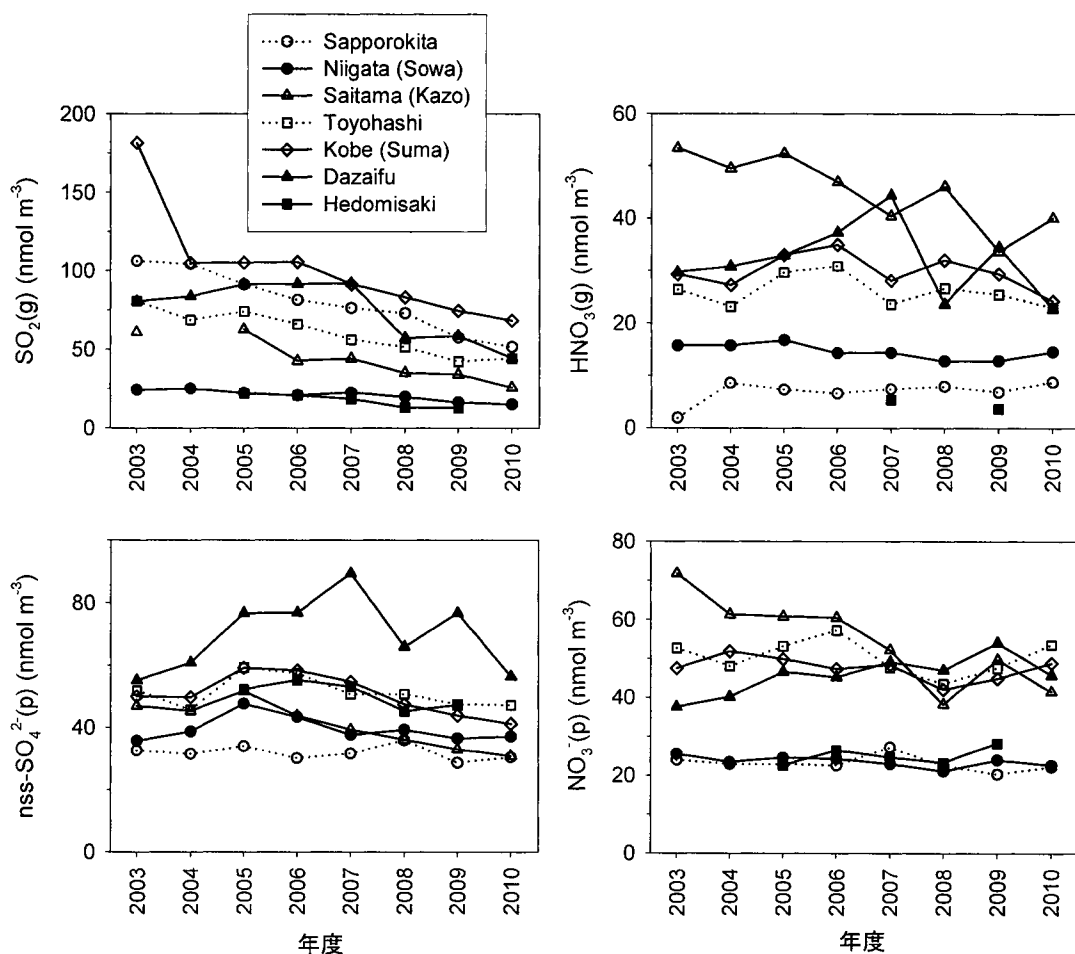


図 5.2.6 ガス状および粒子状成分の年平均濃度の経年変化

らは、1999～2006年度に $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度が経年的に増加している傾向が明らかになり、特に西部と日本海側で越境大気汚染の影響を強く受けている可能性が示唆されている⁷⁾。ここでは、第4次調査の2003年度から今回の2010年度(2009年度から第5次調査)までの8年間について、ガス状および粒子状成分濃度の経年変化を検討した。

表 5.2.4 に示したのはガス状および粒子状成分濃度の年度別全国平均値である。年によって調査地点は異なるが、年平均値は日本全体の濃度変動を把握できると考えられる。2003～2010年度に、 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{HCl}(\text{g})$ 、 $\text{NH}_3(\text{g})$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 、 $\text{NH}_4^+(\text{p})$ 濃度は減少傾向が見られた。それ以外の成分では目立った変動は見られ

なかった。これらの濃度の経年変化には、発生源の状況や気象状況、降水量など様々な要因が複雑に絡んでいると考えられる。

そこで、経年変化の地域特性を明らかにするために、既報⁷⁾と同様の5地点(札幌北、新潟曽和、豊橋、神戸須磨、太宰府)と東部の加須、南西諸島の辺戸岬について $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 、 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ 濃度の経年変化を示したものが図 5.2.6 である。辺戸岬では2005年度より調査を行っている。

$\text{SO}_2(\text{g})$ 濃度は、神戸須磨、札幌北、太宰府で高く、辺戸岬や新潟曽和で低かった。 $\text{SO}_2(\text{g})$ 濃度は2003～2010年度に減少傾向を示した。これは、日本の平均 $\text{SO}_2(\text{g})$ 濃度がゆるやかに減少し

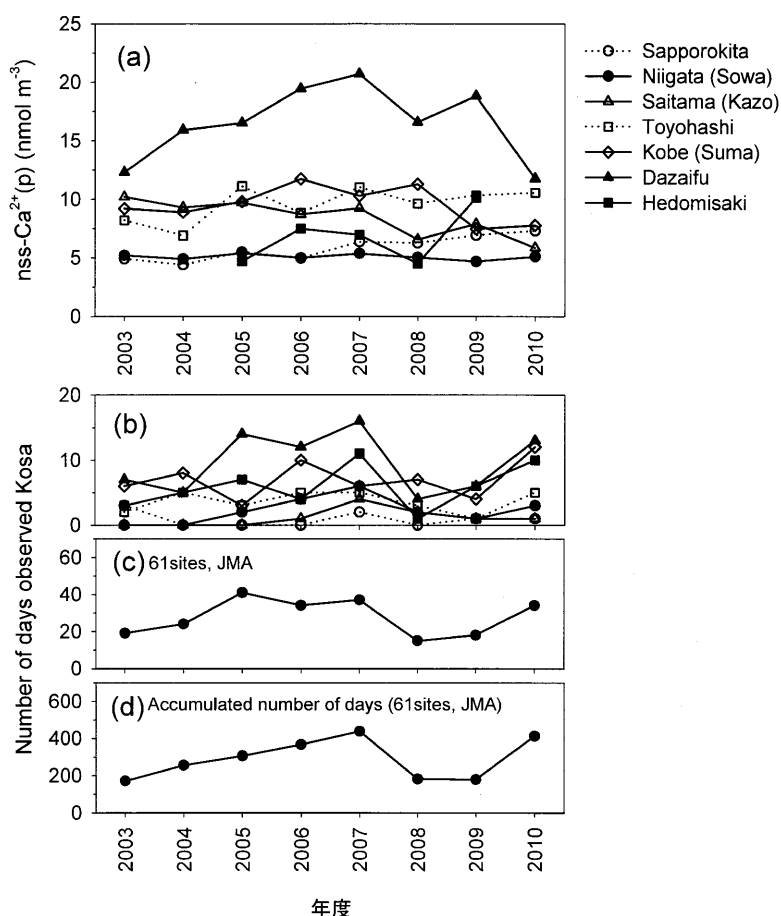


図 5.2.7 年平均 $\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$ 濃度 (a), 気象観測所における黄砂観測日数 (b), 日本国内における黄砂観測日数 (c) および黄砂観測のべ日数 (d) の経年変化

ている状況と一致する¹¹⁾。太宰府では、2007年度まではやや増加傾向であるが、それ以降は減少傾向に転じているように見える。

$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度は、太宰府で最も高く、札幌北で最も低くなり、緯度が高くなるほど濃度は低下する傾向が見られた。 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度は、札幌北は横ばい、新潟曽和、加須、豊橋、神戸須磨は2005年度まで増加しその後減少、太宰府と辺戸岬は2006年度または2007年度まで増加しその後減少した。地点によって若干異なるが、 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度は2005～2007年度は増加傾向が見られるが、それ以降減少傾向に転じており、1999～2006年度の経年的な増加傾向と大きく異なる。大原(2012)¹²⁾は、2000年以降増加傾向にあっ

た中国における SO_2 排出量が2006年以降(解析は2008年まで)は減少したことを報告しており、中国における SO_2 排出量の経年変化と本調査で得られた $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度の経年変化とはよく似ている。このことは、日本の $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度はアジア大陸から排出される SO_2 の影響を強く受けていることを示唆する。特に、アジア大陸に近い太宰府では $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ だけでなく $\text{SO}_2(\text{g})$ 濃度の経年変化も中国の SO_2 排出量の変化とよく似ていることから、他の地点と比べてアジア大陸の影響をより強く受けていると考えられる。

$\text{HNO}_3(\text{g})$ 濃度は、加須や太宰府で高く、辺戸岬や札幌北で低かった。太宰府以外の地点では、2003～2010年度に横ばいまたはゆるやかな減少傾

向を示した。太宰府以外の地点では、日本の平均 NO_x 濃度がゆるやかに減少している傾向¹¹⁾と一致する。

NO_3^- (p) 濃度は、加須や豊橋、神戸須磨、太宰府で高く、新潟曽和、札幌北、辺戸岬で低かった。 NO_3^- (p) 濃度は、加須では減少傾向、太宰府では増加傾向が見られるが、他の地点では横ばいであった。太宰府の NO_3^- (p) 濃度の増加傾向は中国の NO_x 排出量の増加傾向¹²⁾と似ており興味深い。 HNO_3 は水に溶けやすく大気中から除去されやすいと考えられるため SO_2 と比べて長距離輸送されにくいと言われるが、太宰府の NO_3^- (p) は SO_2 (g) や nss-SO_4^{2-} (p) と同様にアジア大陸の影響を受けている可能性がある。

2003～2010年度の nss-Ca^{2+} (p) 濃度の経年変化を図 5.2.7 (a) に示す。図 5.2.7 (b)(c)(d) は、それぞれ、各調査期間に調査地点に近い気象観測所(札幌、新潟、熊谷、名古屋、神戸、福岡、那覇)で黄砂が観測された日数、日本全国61ヶ所の気象観測所で黄砂が観測された日数および観測のべ日数を表す⁵⁾。 nss-Ca^{2+} (p) 濃度は太宰府で最も高く、札幌北や新潟曽和で低かった。 nss-Ca^{2+} (p) 濃度の分布は、 nss-SO_4^{2-} (p) と同様に、アジア大陸からの距離が関係しているようである。気象観測所における黄砂観測日数は福岡で多く札幌で少ないが、各地点における nss-Ca^{2+} (p) 濃度の変動と近傍の気象観測所での黄砂観測日数とはあまり対応していない。これは、大きい黄砂現象ほど大気中の nss-Ca^{2+} (p) 濃度は高くなると考えられるが、黄砂観測日数は黄砂の規模をあまり反映していないことが一因と考えられる。太宰府における経年変化を見ると、近傍の福岡や日本国内の黄砂観測日数よりも日本国内の黄砂観測のべ日数の変化と似ているように見える。地点によっては雨や雪などの気象状況により黄砂現象が観測されない場合や黄砂が下層まで下りてきていない場合はあるだろうが、大きな黄砂が来ると多くの地点で黄砂が観測されてのべ日数は多くなると考えられるため、黄砂観測のべ日数は黄砂観測日数よりも黄砂の規模を反映しやすい可能性がある。

nss-Ca^{2+} (p) 濃度の経年変化ははっきりしないが、加須では減少傾向、札幌北ではやや増加傾向が見える。札幌で黄砂観測日数の増加は見られな

いが、札幌北での nss-Ca^{2+} (p) 濃度の増加傾向は、天候が悪く黄砂現象を確認できないが大気中に黄砂が存在する場合や、気象観測所では観測されない弱い黄砂の飛来が増えている可能性を示すものであり興味深い。

一参考文献一

- 1) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会：第3次酸性雨全国調査結果、全国環境研会誌、**28**、126-196、2003
- 2) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書(平成21年度)、全国環境研会誌、**36**、106-146、2011
- 3) Acid Deposition Monitoring Network in East Asia：東アジアにおけるフィルターバック法に関する技術資料、http://www.eanet.cc/jpn/docea_f.html
- 4) M. Aikawa, T. Hiraki, M. Yamagami, M. Kitase, Y. Nishikawa, I. Uno: Regionality and particularity of a survey site form the viewpoint of the SO_2 and SO_4^{2-} concentrations in ambient air in a 250-km × 250-km region of Japan, *Atmos. Environ.*, **42**, 1389-1398, 2008
- 5) 気象庁：[地球環境のデータバンク]黄砂、http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_data_index.html
- 6) T. Ohara, H. Akimoto, J. Kurokawa, N. Horii, K. Yamaji, X. Yan, T. Hayasaka: An Asian emission inventory of anthropogenic emission source for the period 1980-2020, *Atmos. Chem. Phys.*, **7**, 4419-4444, 2007
- 7) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会：第4次酸性雨全国調査報告書(平成18年度)、全国環境研会誌、**33**、126-196、2008
- 8) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会：第4次酸性雨全国調査報告書(平成20年度)、全国環境研会誌、**35**、88-138、2010
- 9) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会：第4次酸性雨全国調査報告書(平成19年度)、全国環境研会誌、**34**、193-223、2009
- 10) 全国環境研協議会 酸性雨調査研究部会：第4次酸性雨全国調査報告書(平成17年度)、全国環境研会誌、**32**、78-152、2007
- 11) 環境省：環境白書 循環型社会白書/生物多様性白書(平成23年版)、p. 454、2011
- 12) 大原利真：東アジアにおける広域越境大気汚染モデリングの最新動向、水環境学会誌、**35**、6-9、2012

5.3 乾性沈着量の推計

5.3.1 乾性沈着推計ファイル

FP法の測定結果から、インファレンシャル法による乾性沈着量の推計を行った。インファレンシャル法は気象データなどから沈着速度(V_d)を算出し、乾性沈着量を求める方法である。

このモデルは以下の式で表される。

$$F = V_d(z) \times C$$

F：沈着面への沈着物質のフラックス(沈

着量)

$V_d(z)$: 基準高さ z における沈着速度

C : 沈着物の大気中濃度

したがって、 V_d が決定されれば、大気中の物質濃度から乾性沈着量が求められる。 V_d は沈着成分の輸送されやすさ、沈着しやすさによって変化し、風速や気温などの気象データ、また対象成分の溶解度や地表面の被覆状況(土地利用状況)などから推定する。

本報告で用いたモデルは松田(2001)¹⁾のモデルをベースに、高橋ら(2002)²⁾および環境省の酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書(2004)³⁾に示された Wesely (1989)⁴⁾, Erisman et al. (1994)⁵⁾, Walcek et al. (1986)⁶⁾のモデルおよびパラメータなどを一部用いたものである。沈着速度の算出には、野口ら(2006)が表計算ソフト(MS Excel)のファイルとして開発した乾性沈着推計ファイル Ver. 4-1を用いた^{7,8)}。このファイルは、北海道立総合研究機構環境科学研究センターのHPで公開されており、ダウンロードが可能である。ファイルの詳細についてはそちらを参照していただきたい。

この乾性沈着推計ファイルは、現在も改良が続けられているため、今回用いた Ver. 4-1による計算は、過去に報告した計算結果と必ずしも一致しない。また、このファイルは二酸化硫黄(SO_2)とアンモニア(NH_3)の濡れ面への取り込みについての精度が低い可能性があり、雨の多い地点や湿度の高い地点ではより精度が低くなると考えられているため、沈着速度算出に当たっては、濡れ効果(基準85%)を考慮している。さらに、森林、農地、草地の場合の風速がゼロとなる場合の高さ補正の要素(キャノピー高さの70%)を取り入れている⁹⁾。ただし、粒子状物質に関しては、微小粒子を対象にしており、粗大粒子としても存在する硝酸塩の評価では考慮済みの森林を除いて精度が落ちる可能性が高い。

FP法では粒子とガスの完全な分別捕集は難しい。しかし、乾性沈着ではガスと粒子の沈着速度が異なるため、FP法で得られた硝酸ガスと粒子状硝酸イオン、アンモニアガスと粒子状アンモニウムイオン濃度を用いて算出している。そのため、これらの乾性沈着量はFP法におけるアーティファクトの影響を受けている可能性がある。

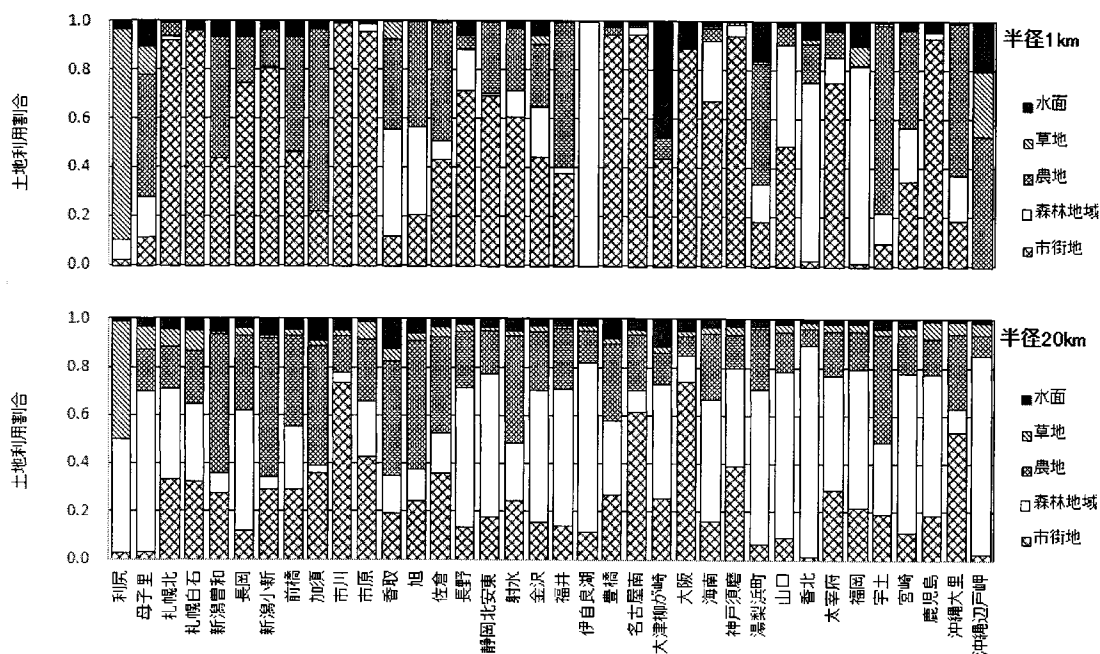


図 5.3.1 各地点の半径 1 km および半径 20 km の土地利用割合

5.3.2 乾性沈着量の評価方法

FP 法で大気濃度の測定を実施した地点のうち、完全度等により年平均濃度の算出が除外とならなかった調査地点について、乾性沈着量の評価を実施した。

乾性沈着推計ファイルに入力する気象データは、調査実施機関が指定する各調査地点に近い気象官署、アメダス¹⁰⁾、大気汚染常時監視測定局の1時間毎の測定値(風速、気温、湿度、日射量、雲量)を用いた。季節区分の判定には、温量指数と360時間前から120時間前の平均気温による季節区分指標(NDVI 予測指標)^{11,12)}を用い、積雪の有無は積雪深10 cm 以上を積雪ありとした。季節区分は1時間ごとに判定し、最も出現頻度の高いものを計算月の区分とした。測定点高さは10 m、風速測定点は気象官署等の風速測定高さを入力し計算を行った。

V_d は表面の状況により異なるため、土地利用状況毎に、粒子状物質(SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+)および SO_2 , HNO_3 , NH_3 , NO , NO_2 の V_d をそれぞれ1時間毎に算出し、採取基準日による月平均値を求めた。環境省の長期モニタリング報告書¹³⁾では、 V_d は半径1 km の森林と草地の利用割合で計算されているが、本報告書では半径20 km、土地利用の分類は、市街地(建物用地、幹線交通用地、その他)、森林地域(森林)、農地(田、その他の農用地)、草地(ゴルフ場などの草地、荒地)、水面(河川および湖沼、海浜)とした。土地利用割合は国土地理院のデータからFP法の測定地点周辺の海を除く半径20 km にかかるメッシュ値を抽出して求めた。

各土地利用状況における月平均 V_d とそれに対

応する土地利用割合、および月平均大気濃度の積を求め、その総和を調査地点の月間乾性沈着量とした。季節を冬(積雪有り)とした月については、農地、草地の V_d の代わりに、積雪の V_d を用いた。大気濃度はFP法で測定した粒子状物質(nss-SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+)およびガス状物質(SO_2 , HNO_3 , NH_3)、自動測定機で測定した NO_2 , NO の月平均濃度を用いた。月ごとに乾性沈着量を求め、それらを合計して年間沈着量を算出した。

各地点の半径1 km と半径20 km の土地利用割合を図 5.3.1 に、土地利用区分ごとの平均 V_d (乾性沈着量評価対象の全地点における2010年度の月平均 V_d の算術平均値)を表 5.3.1 に示す。地点により詳細な状況は異なるが、全体的には半径20 km の土地利用割合は、半径1 km のものに比べて、市街地は減少、森林地帯は増加の傾向がみられる。平均 V_d の数値から乾性沈着量は、森林地域の割合が大きいと粒子状物質および SO_2 が大きく、市街地の割合が小さいと NH_3 が大きく評価されと考えられる。

5.3.3 乾性沈着量の推計結果

乾性沈着量はFP法で大気濃度の測定を実施した地点のうち、年平均値が欠測または参考値となった調査地点を除いて年間値で評価した。硫酸成分は、非海塩由来成分(nss : non sea salt)について求めた。各地点の乾性沈着量の推計結果は表 5.3.2 のとおり。湿性沈着及びFP法の結果から推計した乾性沈着の全対象項目が有効となった地点について、湿性沈着と合わせた総沈着量を図 5.3.2 に示す。自動測定機で NO_x 測定を実施した地点については NO_x の沈着量も硝酸成分に合わせ

表 5.3.1 土地利用区分ごとの平均 V_d (m day^{-1})

	SO_4^{2-} (p)	NO_3^- (p)	NH_4^+ (p)	SO_2	HNO_3	NH_3	NO_2	NO
市街地	66	66	66	160	3500	43	27	0.00
森林地域	390	550	430	860	3100	320	33	1.8
農地	120	120	120	490	1000	230	60	1.5
草地	140	140	140	510	1300	220	49	1.5
積雪	88	88	88	330	330	370	1.1	0.22
水面	74	74	74	230	220	240	0.89	0.18

表 5.3.2 年間乾性沈着量(地点別)

No.	都道府県市	地点名	SO ₂ (g)	HNO ₃ (g)	NH ₃ (g)	nssSO ₄ ²⁻ (p)	SO ₄ ²⁻ (p)	NO ₃ ⁻ (p)	NH ₄ ⁺ (p)	NO ₂ (g)	NO(g)
			mmol/m ²								
1	北海道	利尻	3.6	2.4	4.1	3.8	4.8	3.0	4.8	0.3	0.006
2	北海道	母子里	1.6	1.3	3.5	1.8	1.9	1.0	3.4	-	-
3	北海道	札幌北	6.8	7.6	3.8	1.9	2.1	1.7	4.3	5.9	0.025
4	札幌市	札幌白石	7.7	7.1	4.8	1.8	1.9	1.6	3.6	-	-
5	新潟市	新潟管和	2.2	9.5	4.7	1.7	1.8	1.1	2.6	-	-
6	新潟県	長岡	2.9	12.6	6.8	2.9	3.0	2.2	5.2	-	-
7	新潟県	新潟小新	3.5	7.9	4.5	1.6	1.9	1.4	2.9	-	-
8	群馬県	前橋	1.9	13.0	15.2	1.2	1.2	2.2	3.1	-	-
9	埼玉県	加須	3.0	25.3	11.7	1.2	1.3	1.6	2.8	9.4	0.038
10	千葉県	市川	(2.7)	(15.5)	(2.8)	(1.4)	(1.6)	(2.3)	(2.5)	-	-
11	千葉県	市原	(10.8)	(20.0)	(5.5)	(3.6)	(3.9)	(4.8)	(4.3)	-	-
12	千葉県	香取	(2.7)	(4.4)	(36.3)	(2.1)	(2.3)	(2.7)	(3.7)	-	-
13	千葉県	旭	(5.4)	(11.5)	(132.8)	(3.4)	(4.1)	(6.1)	(7.0)	-	-
14	千葉県	佐倉	(5.0)	(13.4)	(6.3)	(2.8)	(3.0)	(3.4)	(4.5)	-	-
15	長野県	長野	3.6	16.7	8.8	3.0	3.1	1.9	5.6	3.5	0.038
16	静岡県	静岡北安東	5.8	19.0	9.8	2.8	2.9	2.4	5.3	-	-
17	富山県	射水	3.9	11.3	9.8	2.4	2.5	1.5	4.6	5.6	0.080
18	石川県	金沢	4.1	7.4	2.6	2.1	2.2	1.1	3.6	-	-
19	福井県	福井	16.3	15.5	10.7	3.0	3.2	2.3	5.0	4.4	0.058
20	岐阜県	伊自良湖	1.6	2.0	2.6	0.7	0.7	0.2	1.1	0.9	0.013
21	愛知県	豊橋	10.1	30.7	15.5	5.9	6.2	8.6	12.7	8.2	0.045
22	名古屋市	名古屋南	4.0	19.9	4.5	1.2	1.2	1.2	2.6	-	-
23	滋賀県	大津柳か崎	4.9	24.3	8.3	3.3	3.4	2.7	5.4	-	-
24	大阪府	大阪	(5.2)	(15.6)	(3.4)	(1.2)	(1.3)	(1.3)	(2.6)	9.9	0.012
25	和歌山県	海南	9.7	24.5	4.7	6.0	6.3	4.7	10.5	5.0	0.015
26	兵庫県	神戸須磨	13.5	33.4	4.7	4.0	4.3	6.0	8.4	11.3	0.071
27	鳥取県	湯梨浜町	4.7	5.5	8.2	3.6	3.8	2.5	5.0	4.1	0.054
28	山口県	山口	(4.4)	(7.8)	(7.3)	(1.8)	(1.8)	(1.3)	(3.4)	5.5	0.047
29	高知県	香北	2.1	3.5	(6.8)	2.1	2.2	0.8	3.9	-	-
30	福岡県	太宰府	7.6	26.2	5.5	6.1	6.4	6.4	12.0	8.1	0.033
31	福岡市	福岡	3.8	11.8	2.2	3.3	3.4	1.6	5.5	-	-
32	熊本県	宇土	19.4	11.3	14.4	3.6	3.7	2.4	6.8	6.8	0.19
33	宮崎県	宮崎	17.5	9.6	13.2	4.0	4.3	4.6	8.3	-	-
34	鹿児島県	鹿児島	26.2	12.4	7.6	4.3	4.6	4.0	7.1	-	-
35	沖縄県	大里	3.2	6.2	17.8	1.9	2.2	1.5	2.3	-	-
36	沖縄県	辺戸岬	(2.5)	(2.3)	(3.9)	(2.5)	(3.4)	(2.3)	(2.3)	-	-
最低値			1.6	1.3	2.0	0.7	0.7	0.2	1.1	0.3	0.006
最高値			26.2	33.4	17.8	6.1	6.4	8.6	12.7	11.3	0.19
中央値			4.0	11.6	6.8	2.8	3.0	2.0	4.9	5.6	0.038
平均値			7.0	13.5	7.8	2.9	3.1	2.6	5.3	5.9	0.048

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜きで示した。参考値は()で示した。

注) 湯梨浜町の NO₂、NO は鳥取のデータを用いた。

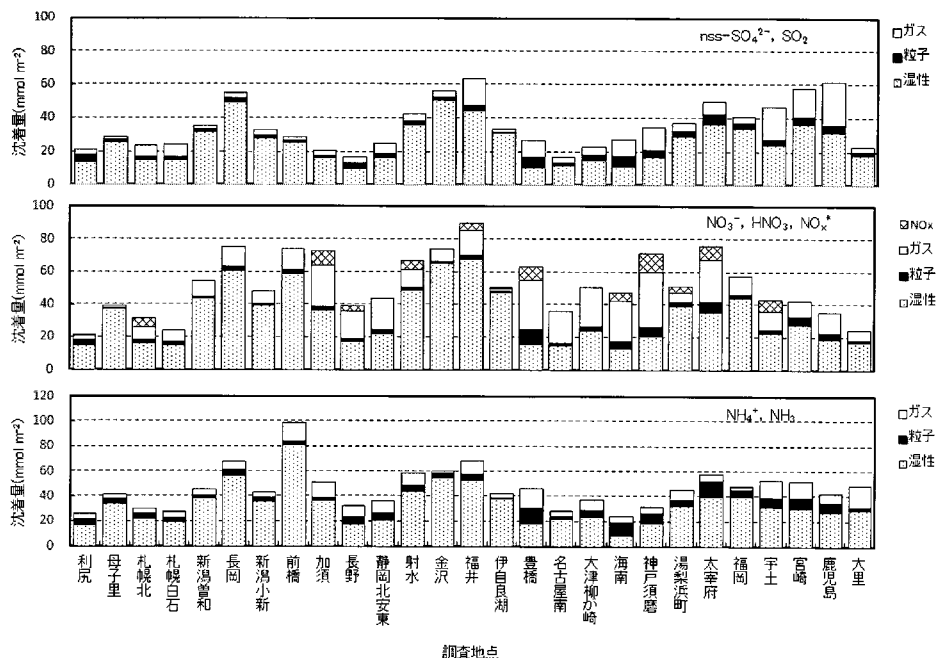


図 5.3.2 湿性沈着及び FP 法による対象測定項目の年間値がすべて有効となった調査地点の年間総沈着量
 NO_x は、自動測定機による測定実施地点(13地点)のみ表示

て示した。

ガス状物質の乾性沈着量は、 SO_2 が1.6(伊自良湖)～26(鹿児島)(平均値7.0) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 HNO_3 が1.3(母子里)～33(神戸須磨)(平均値13) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 NH_3 が2.0(金沢)～18(大里)(平均値7.8) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

粒子状物質の乾性沈着量は、 nss-SO_4^{2-} (p)が0.7(伊自良湖)～6.1(大宰府)(平均値2.9) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 NO_3^- (p)が0.2(伊自良湖)～8.6(豊橋)(平均値2.6) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 NH_4^+ (p)が1.1(伊自良湖)～13(豊橋)(平均値5.3) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

ガス状物質と粒子状物質を合わせた総乾性沈着量は、非海塩由来硫酸成分が2.2(伊自良湖)～30(鹿児島)(平均値9.9) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、硝酸成分が2.3(伊自良湖)～39(神戸須磨)(平均値16) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、アンモニウム成分が3.7(伊自良湖)～28(豊橋)(平均値13) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

非海塩由来硫酸成分について乾性沈着量が総沈着量に占める割合(Dry / (Dry + Wet) × 100 (%))は、6.7% (伊自良湖)～59% (豊橋)(平均値29%)、硝酸成分は、4.6% (伊自良湖)～72% (豊

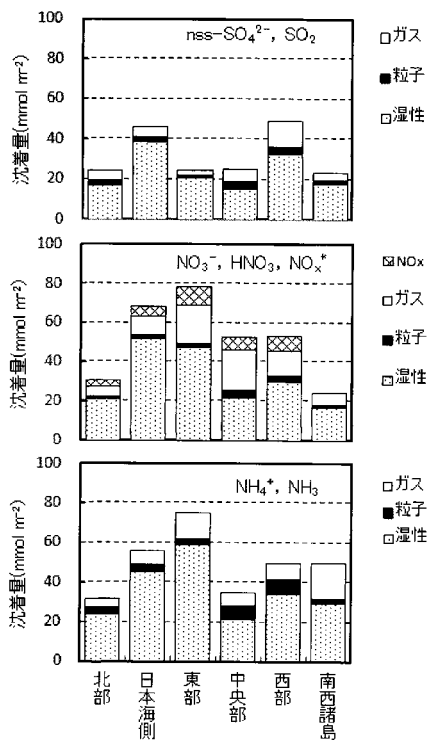


図 5.3.3 各地域区分の沈着量(2010年度)
 南西諸島では NO_x の測定地点なし

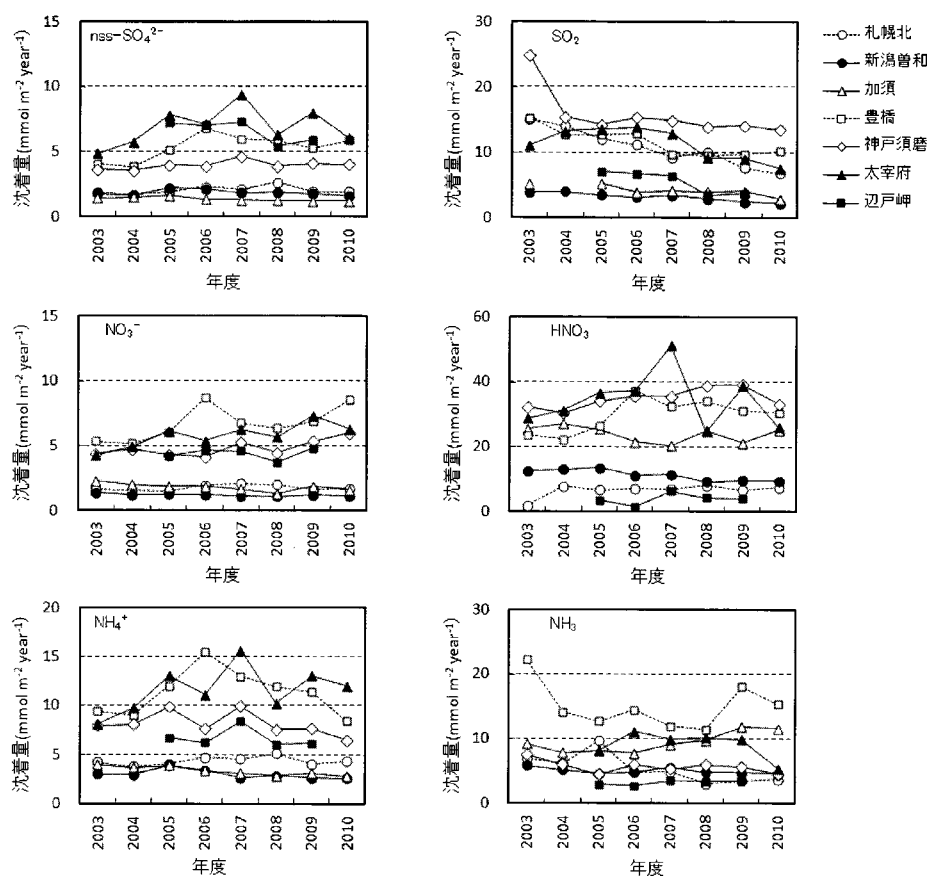


図 5.3.4 継続調査地点における乾性沈着量の経年推移

橋) (平均値35%), アンモニウム成分は、8.9% (伊自良湖) ~63% (海南) (平均値30%) であった。ほとんどの地点で湿性沈着量の方が乾性沈着量よりも多かったが、乾性沈着が50%を超える地点も存在した。

5.3.4 NO_x (NO, NO₂) の乾性沈着量

FP 法と並行して大気中の NO, NO₂ 濃度を自動測定機により測定している15地点について、NO および NO₂ の乾性沈着量を推計した (表 5.3.2, 図 5.3.2)。NO の乾性沈着量は0.006 (利尻) ~0.19 (宇土) (平均値0.048) mmol m⁻² y⁻¹ と少なかった。NO₂ の乾性沈着量は0.34 (利尻) ~11 (神戸須磨) (平均値5.9) mmol m⁻² y⁻¹ だった。NO_x (NO + NO₂) の乾性沈着量が全窒素酸化物乾性沈着量 (NO_x + NO₃⁻ (p) + HNO₃) に占める割合は、6.0% (利尻) ~39% (札幌北) (平均値24%), 総窒素酸化物沈着量 (NO_x + NO₃⁻ (p) + HNO₃ +

湿性 NO₃⁻) に占める割合は1.7% (利尻) ~20% (札幌北) (平均値11%) であった。

5.3.5 乾性沈着量の地域特性

地点別年沈着量について、6つの地域区分 (北部 (4地点), 日本海側 (7), 東部 (2), 中央部 (8), 西部 (6), 南西諸島 (1)) ごとに平均沈着量を算出した。湿性沈着と合わせて図 5.3.3 に示す。測定地点数が少ないが NO_x 測定を実施していない南西諸島をのぞいて、NO₂, NO の沈着量についても硝酸成分に合わせて示した。

非海塩由来硫酸成分の乾性沈着量 (ガス + 粒子) は、西部で他地域に比べて大きく、東部で小さい値となった。湿性沈着も含めた総沈着量は、日本海側、西部で大きかった。硝酸成分の乾性沈着量は、中央部、東部で大きく、北部、南西諸島で小さい。総沈着量は、日本海側、東部で大きくなった。アンモニウム成分の乾性沈着量は、南西諸島

で大きく、北部で小さかった。総沈着量は、日本海側、東部で大きくなった。

5.3.6 乾性沈着量の経年変化

FP 法による大気濃度測定の実験を継続して実施している地点のうち、札幌北、新潟曽和、加須、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬の7地点について、2003年度からの経年推移を比較した。乾性沈着推計ファイルは、改良が続けられているため、Ver. 4-1で再計算を実施した。なお、同一調査地点においても算出時に用いた気象データの種類(気象官署、アメダス、大気汚染常時監視測定局)が、年度によって異なる場合がある。その他の推計条件については、前述のとおりである。7地点の推移を図5.3.4に示した。

粒子状物質の沈着量は、大気濃度の推移と比べて土地利用割合で森林の多い辺戸岬は大きく、森林の少ない加須では小さくなる傾向がみられた。 nss-SO_4^{2-} 粒子沈着量は、太宰府、辺戸岬、豊橋で大きい値で推移した。太宰府は2007年度頃まで上昇傾向にあったが、その後は減少傾向となっている。加須、新潟曽和、札幌北では小さい値で推移した。 NO_3^- 粒子沈着量は、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬で大きく、札幌北、新潟曽和、加須で小さい値で推移した。2003年度と2010年度を比べると、豊橋、神戸須磨、太宰府で上昇し、新潟曽和、加須で減少している。 NH_4^+ 粒子沈着量は、豊橋、太宰府で大きく、新潟曽和、加須で小さい値で推移した。豊橋は2006年、太宰府は2007年度頃まで上昇傾向にあったが、その後は減少傾向となっている。

SO_2 沈着量は神戸須磨で大きく、新潟曽和、加須、辺戸岬で小さい値で推移した。2003年度と2010年度を比べると、各地点で減少している。 HNO_3 沈着量は、豊橋、神戸須磨、太宰府で大きく、札幌北、新潟曽和、加須、辺戸岬で小さい値で推移した。豊橋は2006年度、太宰府は2007年度が最大値となった。 NH_3 沈着量は、豊橋で大きい値で推移した。豊橋は2008年度まで減少傾向にあったが、2009年度以降増加している。加須、辺戸岬はやや増加傾向、その他の地点は横ばいからやや減少傾向を示している。

—参考文献—

- 1) 松田和秀：酸性物質の乾性沈着量推計のための沈着速度抵抗モデルの開発、日本環境衛生センター所報, **29**, 41-45, 2001
- 2) 高橋 章, 佐藤一男, 若松孝志, 藤田慎一, 吉川邦夫：インフュレンシャル法による森林への硫黄化合物の乾性沈着量の推定— SO_2 の乾性沈着に及ぼす葉面のぬれの影響—, 大気環境学会誌, **37**, 192-205, 2002
- 3) 酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書, 2004
- 4) M. L. Wesely: Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition In regional-scale numerical model, *Atmos. Environ.*, **23**, 1293-1304, 1989
- 5) J. W. Erisman, D. Baldocchi: Modeling dry deposition of SO_2 , *Tellus*, **46B**, 159-171, 1994
- 6) C. J. Walcek, R. A. Brost, J. S. Chang, M. L. Wesely: SO_2 , sulfate and HNO_3 deposition velocities computed using regional land use and meteorological data, *Atmos. Environ.*, **20**, 949-964, 1986
- 7) 野口泉, 松田和秀：乾性沈着量推計ファイルの開発と沈着速度の分布図作成、第21回全国環境研交流シンポジウム要旨集, 82-87, 2006
- 8) 全国環境研協議会：乾性沈着推計ファイル Ver 4-1, http://www.ies.hro.or.jp/seisakuka/acid_rain/kanseichinchaku/kanseichinchaku.htm
- 9) 松田和秀：大気中硫黄および窒素化合物の乾性沈着推計—沈着速度推計法の更新—, 大気環境学会誌, **43**, 332-339, 2008
- 10) 勸気象業務支援センター：気象観測月報2010年4月—2011年3月, (CD-ROM)
- 11) 野口泉：乾性沈着速度評価モデル(インフュレンシャル法)における植物活性評価方法について、第14回大気環境学会 北海道東北支部学術集会講演要旨集, 22-23, 2007
- 12) 野口泉, 布和敷斯尔, 高田雅之, 濱原和広, 高橋英明, 玉田克巳：気温による森林地域のNDVI推計モデルの開発、北海道環境科学研究センター所報, **32**, 43-56, 2006
- 13) 環境省：長期モニタリング報告書(平成15～19年度), 2009

6. パッシブサンプラー

パッシブ法ではフィルターパック法(以下、FP法)のみでは測定できない NO_2 、 NO_x 、 O_3 と、FP法と共通で測定できる NH_3 濃度の測定を行っている。これはガス状物質が粒子状物質より地点間の濃度差が大きいこと、窒素酸化物由来成分およびアンモニア(ガス)由来成分のいずれも乾性沈着量に占める割合はガス状物質が大きいことなどの理由による。さらにFP法では、総アンモニウム(アンモニア+アンモニウム塩)の濃度は把握できるが、アーティファクトとして NH_4^+ の一部が NH_3 に変換される場合があることも¹⁾測定が必要

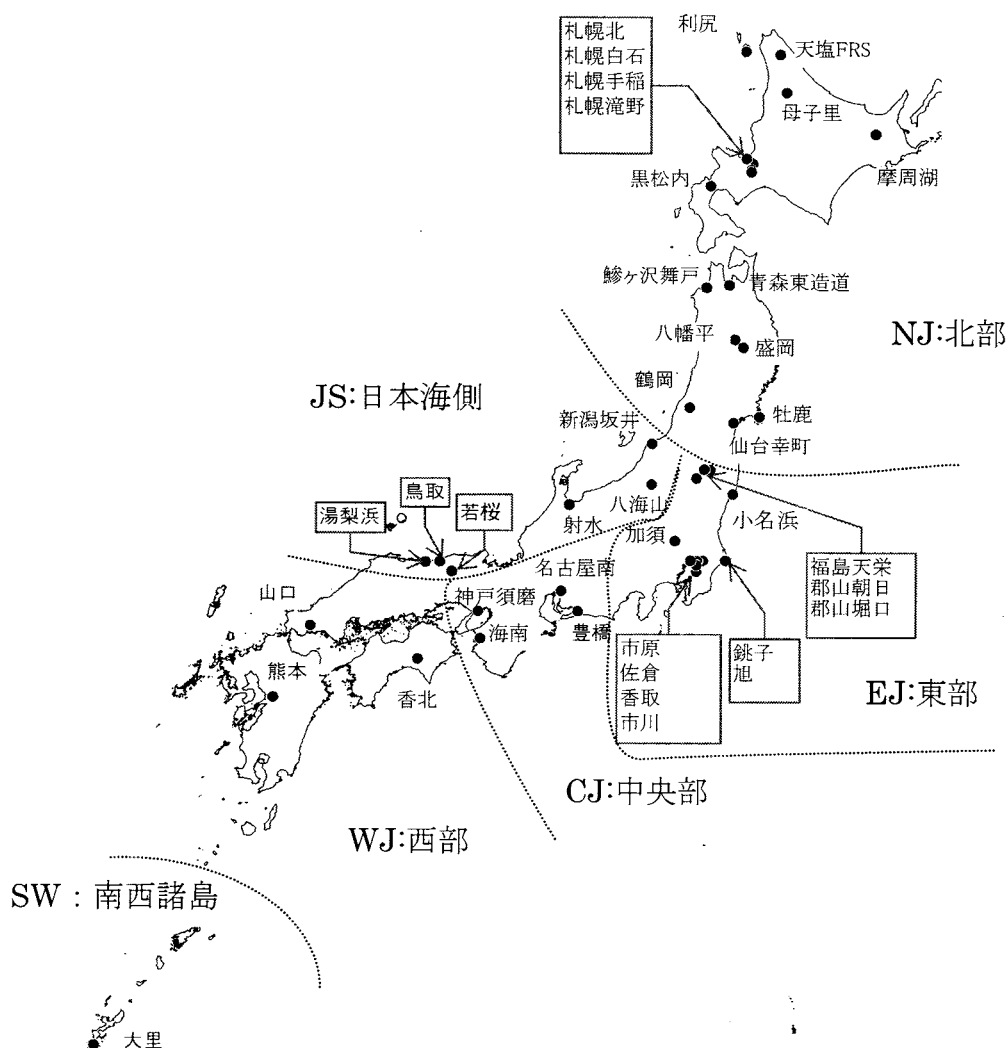


図 6.1.1 パッシブサンプラー測定地点および地域区分

とされる理由である。したがって、より多くの地点でガス状物質を測定することと、FP法で測定できない、あるいは分別できない成分を測定する目的で実施されたものである。なお、NO濃度はNO_x濃度からNO₂濃度を差し引いて算出している。またいずれも定量下限値はEANETにおける定量下限値(0.1 ppb)を用いた。データの有効判定はFP法と同様に、期間適合度60%以上を有効とした。NO₂およびNOの濃度算出については気温のほかにも湿度を用いる必要があるが、湿度データは局地性が高く、濃度算出に適当なデータが得られないことが多い。このことから、第4次

調査データ同様温度のみの補正とし、湿度は一律70%として算出した。

パッシブ法はNH₃濃度算出係数が改訂されるなど²⁾まだ検討課題があることからFP法で得られたデータと同様には扱えないとし、現段階では乾性沈着量の評価には用いていない。

6.1 測定地点

調査地点は大都市、工業地域、中小都市域、田園地域、森林地域から目的に応じ、1地点以上選定することとなっている。調査は通年で行い、試料捕集周期は1ヶ月(4週間または6週間)とした。2010年度は23機関41地点で実施された。なお

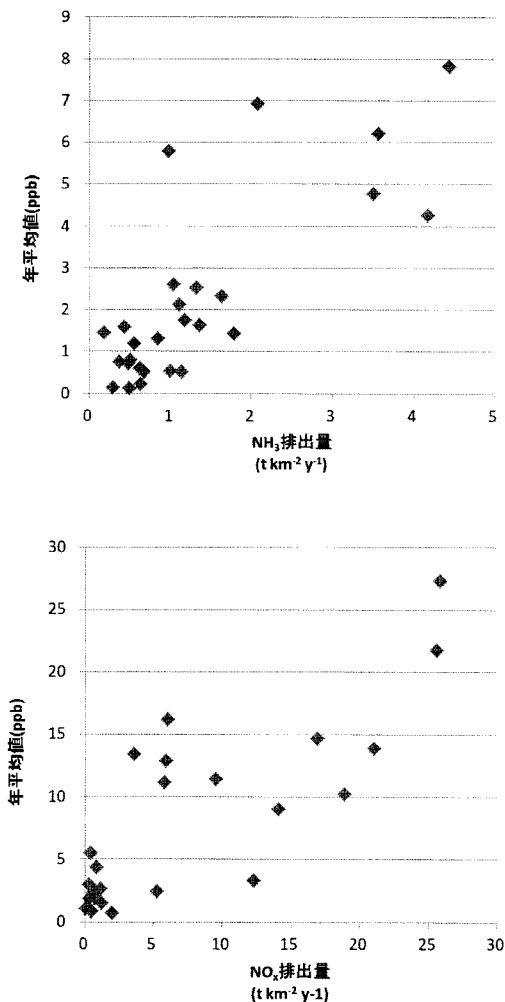


図 6.1.2 NH₃(上)及び NO_x(下)濃度と排出量の相関図

地点により測定項目は異なる。また全国を地域区分しての評価を行っているが地点数が少ない地域、土地利用の偏りがある地域もあり、必ずしも地域を代表していない場合もある(図 6.1.1)。

6.2 測定結果

測定地点図を図 6.1.1 に、成分濃度と排出量の相関を図 6.1.2 に、地域別季節変動を図 6.1.3 に示す。

2010年度データの欠測数および期間適合度60%以上の割合を表 6.1.1 に示す。東北地域では震災により数地点で3月に欠測があった。

6.2.1 NO₂

最高年平均濃度は札幌白石(17.5 ppb)、最低年

平均濃度は摩周(0.2 ppb)だった(付表 6-1)。経月変化は全体的には例年と同様に、冬季(12～2月)に高く、夏季(6～8月)に低い傾向となった。特に北部の都市域の高濃度の地点では顕著に見られた。これは冬季の暖房等による排出量増加と安定境界層の形成など気象要因によると思われる。低濃度の地点では鯉ヶ沢舞戸、牡鹿など前述のような傾向が見られない地点もあった。また山口、香北、海南など西部、中央部に位置する地点でも冬季にやや高い傾向にあった。一方東部でははっきりした傾向は認められなかった。

6.2.2 NO

最高年平均濃度は札幌白石(9.9 ppb)、最低年平均濃度は八幡平(0.1 ppb)だった(付表 6-2)。NO₂と同様に全体的には冬季に高くなる傾向にあり東部の郡山朝日、小名浜でも同様の傾向である。地点別では鯉ヶ沢舞戸、牡鹿などはNO₂同様、季節による明確な傾向は見られない。

6.2.3 NO_x

最高年平均濃度は札幌白石(27.3 ppb)、最低年平均濃度は八幡平(0.7 ppb)であり、2009年度とほぼ同様の結果である(付表 6-3)。地域別季節変動ではいずれの地域もほぼNO、NO₂同様に冬季に高く夏季に低い傾向にある。また札幌、盛岡、仙台など北海道東北地域の都市部が特に冬季に高い。

6.2.4 O₃

最高年平均濃度は八幡平(52.3 ppb)で最低年平均濃度は新潟坂井(21.2 ppb)だった(付表 6-4)。全体的に冬～春季(2～5月)に高く、夏季まで減少を続け、秋季(9～11月)以降徐々に増加する傾向が認められた。これは夏季には清浄な空気塊により低濃度になり、逆に冬季の高濃度は季節風による大陸からの汚染気塊の流入が原因として考えられる。一般に都市域では地域から排出される前駆物質から発生するO₃により、夏季に高濃度になるケースが多いが、パッシブサンプラーの設置地点は郊外が多いため、このような結果となったと考えられる。また、標高500 m以上の摩周、八幡平、福島天栄で濃度が高い傾向にあった。特に八幡平では3月に79 ppbと極めて高い濃度を記録した。これらのことから、標高により概ねO₃濃度は高くなる傾向にある。しかし、標高800 m

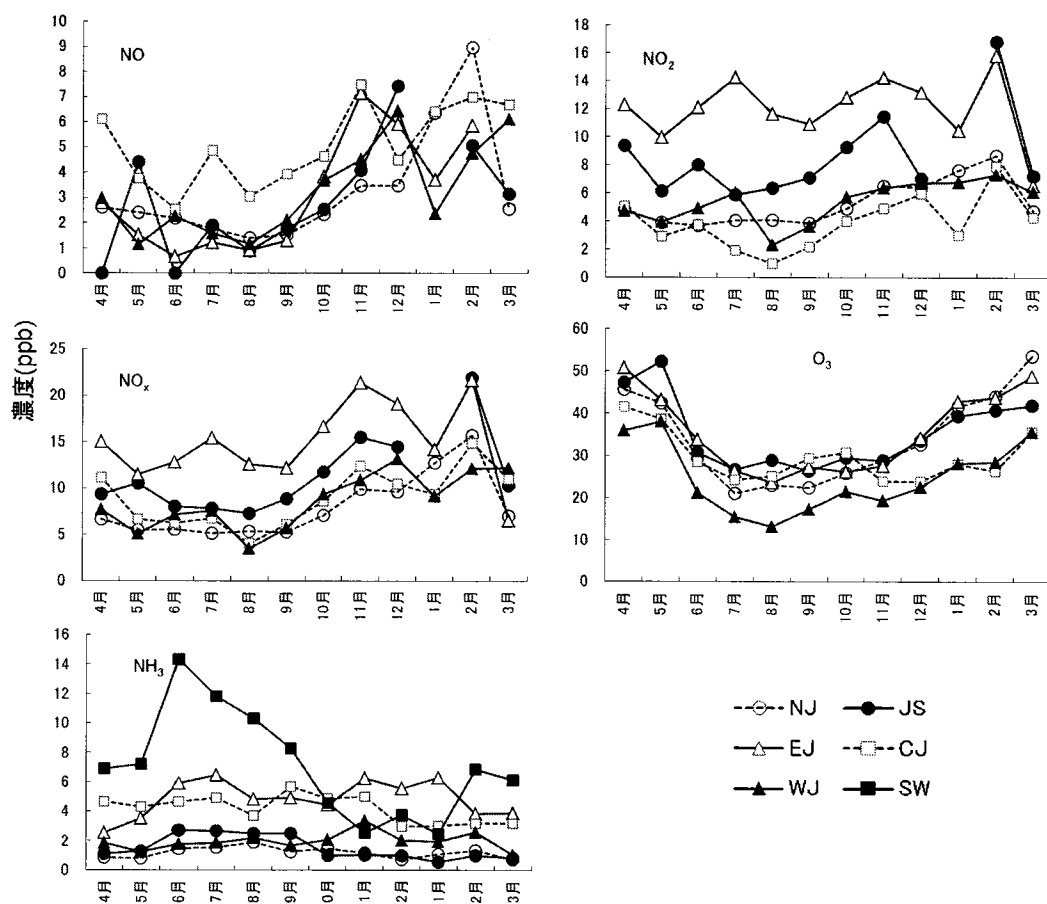


図 6.1.3 地域別季節変動

表 6.1.1 データ概況 (2010年度)

項目	地点数	月別				年間			
		欠測数	適合数	有効割合	< DL 値*	欠測数	データ数	有効割合	< DL 値*
NO ₂	24	8	267	97%	6	0	24	100%	0
NO	24	14	258	95%	25	1	23	96%	0
NO _x	24	14	258	95%	0	1	23	96%	0
O ₃	28	16	303	95%	0	0	28	100%	0
NH ₃	27	1	302	99%	30	0	27	100%	0

(*: < DL 値は ND の数を示す)

の若桜町では濃度が低く、これは地形的により O₃ が外部から流入し難い状況にあることが考えられ、標高が高くても必ずしも高濃度とならない場合もあると考えられる。

地域的な傾向として日本海側は年間を通じて濃度が高く、夏季にも 30 ppb 程度を維持している (図 6.1.3)。西部、中央部では昨年度同様に 9

～10月に濃度が上昇している。西日本では越境汚染により秋に濃度上昇することが指摘されており³⁾、越境汚染の影響が示唆される。

次に、PO 濃度を検討した (付表 6-5)。PO は次の式で算出した。

$$PO = O_3 + NO_2 - 0.1 NO_x$$

(NO₂: 二酸化窒素濃度, NO_x: 窒素酸化物濃度)

鳥取県若桜町は O_3 濃度だけしか得られておらず、PO は算出できない。しかし標高の高い地点での測定例が少ないため、ここでは参考として標記した。都市域の多くは窒素酸化物の影響が大きいため O_3 よりも PO が大幅に高くなるが、例えば利尻などの遠隔地では O_3 濃度と変わらない。年平均濃度の標準偏差は O_3 よりも PO で少ない傾向にあった。 O_3 濃度の変動が大きかったのは、前述したとおり、窒素酸化物濃度などの影響のためと考えられる。

6.2.5 NH_3

千葉県内の地点がきわめて高濃度であるが、2010年度データについては参考値となる。これらを除くと最高年平均濃度は名古屋南(7.8 ppb)、最低濃度は福島天栄(0.2 ppb)だった(付表 6-6)。年平均濃度と周辺排出量の散布図を図 6.1.2 に示す。概ね NH_3 排出量の多い地域で高濃度であることが確認される。大里では南系の風向の夏季に高濃度となり、風上に畜産施設が位置していることから風向と近傍発生源との位置関係により強く影響されていると考えられる。また小名浜では2009度は濃度が低かったが、2010年度は季節により極めて高濃度になったことから大里と同様に近傍の発生源の影響などが示唆される。

全国的な濃度分布では(図 6.1.3)、1.0 ppb を下回る地点は東北・北海道に多く、関東以西にはほとんどないことから、全体としては東北、北海道で濃度の低い傾向が見られた。また日本海側では概ね春から夏に高く冬に低い傾向にあったが、他の地域で明確な季節変動は認められなかった。

— 参考文献 —

- 1) 野口泉：ガス状および粒子状アンモニアの捕集測定方法(拡散デニューダ法、フィルターバック法およびパッシブ法)、第48回大気環境学会講演要旨集、244-245、2007
- 2) 株式会社 小川商会 <http://ogawajapan.com/new-page4.html>
- 3) 大原利真：光化学オキシダントと浮遊粒子状物質の全国的・地域的特性、第48回大気環境学会年会講演要旨集、116-119、2007

7. ま と め

2010年度酸性雨全国調査で得られた成果の概要は以下のとおりである。

7.1 湿性沈着

日本海側および西部では、冬季に $nss-SO_4^{2-}$ および H^+ 濃度が高い傾向を示した。この傾向は、2005年度までは日本海側で顕著であったが、2006年度には西部でも冬季に高濃度となる傾向が確認され、2007～2010年度も引き続き同様の傾向にあった。地理的要因や冬季の風向等を考慮すると、越境大気汚染の影響が示唆された。 H_{eff} および ΣN 沈着量は、日本海側で多く、次いで東部及び西部で多い傾向にあった。

7.2 FP 法によるガスおよびエアロゾル濃度

全国36地点でFP法による乾性沈着調査を実施したところ、2010年度の大気中のガス状および粒子状成分の年平均濃度は2009年度と同程度であった。季節変化や地域特性の解析結果から、地域汚染だけでなく越境汚染の影響を受けていると考えられる成分が見られた。2003～2010年度8年間の経年変化を調べたところ、 $nss-SO_4^{2-}(p)$ 濃度は2005～2007年度は増加傾向であるが、それ以降は減少傾向を示した。本調査で得られた $nss-SO_4^{2-}(p)$ 濃度の経年変化が中国における SO_2 排出量の経年変化とよく似ていることから、日本の $nss-SO_4^{2-}(p)$ 濃度はアジア大陸から排出される SO_2 の影響を強く受けている可能性が示唆された。

7.3 乾性沈着量評価と湿性沈着との比較

FP法の測定結果から、乾性沈着推計ファイル Ver. 4-1を用いてインファレンシャル法による乾性沈着量の推計を行った。

2010年度の乾性沈着量(ガス+粒子)の年平均値は、非海塩由来硫酸成分が $9.9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 、硝酸成分が $16 \text{ mmol m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 、アンモニウム成分が $13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ だった。

7.4 パッシブ法によるガス成分濃度

O式パッシブサンプラーにより NO_x 、 NO_2 、 NO 、 O_3 、 NH_3 の測定を行った。 NO_x の最高年平均濃度は札幌白石(27.3 ppb)、 O_3 の最高年平均濃度は八幡平(52.3 ppb)、 NH_3 の最高年平均濃度は名古屋南(7.8 ppb)だった。 O_3 は地域ごとの傾向では日本海側が高く、季節毎の傾向では春季に高い、これまでの調査と同様の傾向となった。

付表6-1 O式パッシブ法による NO₂ガス濃度 月・年平均 (2010年度)

単位ppb																	
ID	地域 区分	NO _x 排出 量 (t km ⁻² y ⁻¹)	自治体	地点	10/4月	10/5月	10/6月	10/7月	10/8月	10/9月	10/10月	10/11月	10/12月	11/1月	11/2月	11/3月	2010
1	NJ	0.51	北海道	利尻	0.5	ND	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.7	0.6	0.1	0.7	0.4	0.4
2	NJ	0.09	北海道	天塩FRS	0.4	ND	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.5	0.7	0.2	0.5	0.4	0.3
3	NJ	0.76	北海道	母子里	0.8	0.0	1.0	0.5	0.6	0.5	1.0	1.1	2.6	2.3	2.2	2.0	1.2
6	NJ	0.33	北海道	黒松内	2.8	1.5	1.7	1.8	1.5	1.1	1.3	2.6	0.0	0.0	3.0	2.2	1.6
4	NJ	25.61	北海道	札幌北	12.5	7.9	5.8	10.7	11.8	10.0	14.3	18.0	16.8	22.3	25.8	13.5	14.0
5	NJ	0.30	北海道	摩周	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	ND	0.3	ND	0.2
7	NJ	25.81	札幌市	札幌白石	15.3	11.4	12.2	12.1	12.2	11.7	16.1	20.7	24.6	29.3	27.8	17.6	17.5
9	NJ	21.05	札幌市	札幌手稲	7.0	6.0	6.1	6.9	7.1	6.5	9.1	12.1	9.7	10.8	18.5	6.6	8.8
10	NJ	12.34	札幌市	札幌滝野	1.9	2.8	2.1	2.8	1.9	1.5	2.0	1.6	3.0	2.4	2.3	1.4	2.2
11	NJ	3.59	青森県	青森東道	7.8	5.4	7.3	6.0	6.4	6.6	9.9	12.6	13.1	18.6	19.5	9.2	10.1
12	NJ	1.15	青森県	鯉ヶ沢舞戸	1.9	2.1	2.6	2.0	2.1	1.7	1.9	2.1	2.1	1.5	2.3	1.4	2.0
13	NJ	5.94	岩手県	盛岡	6.6	4.8	5.1	4.7	5.3	7.8	8.0	13.0	11.6	11.0	16.2	5.3	8.3
14	NJ	1.99	岩手県	八幡平	0.5	0.3	0.7	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.7	1.0	0.8	0.6	0.6
15	NJ	0.87	宮城県	牡鹿	2.5	2.3	2.6	2.7	2.9	2.0	1.7	2.2	2.3	1.9			2.3
16	NJ	18.93	宮城県	仙台幸町	13.5	9.6	10.2	11.3	11.4	10.7	11.0	14.4	12.9	11.0			11.6
18	NJ	0.71	山形県	鶴岡	2.4	0.7	0.9	1.3	0.7	0.5	0.3	0.9	1.5	2.4	1.6	0.9	1.1
19	EJ	1.22	福島県	福島天栄	1.0	1.2	1.0	1.0	1.7	ND	ND	0.8	1.2	1.0	1.4	0.4	0.9
20	EJ	6.08	郡山市	郡山朝日	11.2	8.3	9.8	10.4	9.0	9.7	12.9	14.1	11.2	9.8	16.1		11.4
21	EJ	5.27	郡山市	郡山堀口	2.0	2.2	2.2	1.5	2.1	1.7	2.0	1.7	2.6	1.3	2.6		2.0
22	EJ	16.92	いわき市	小名浜	13.3	11.7	14.4	18.0	14.3	12.1	12.8	14.3	12.2	11.1	15.5	6.6	13.0
27	JS	9.59	新潟市	新潟坂井	9.4	6.1	8.0	5.9	6.4	7.1	9.2	11.4	7.0		16.8	7.2	8.0
70	CJ	14.10	和歌山県	海南	5.0	2.9	3.7	1.9	1.0	2.2	4.0	4.9	6.0	3.0	7.9	4.3	3.9
76	WJ	5.84	山口県	山口	8.0	6.6	8.9	6.0	3.9	5.8	9.1	11.0	10.6	10.5	12.6	9.3	8.5
78	WJ	0.46	高知県	香北	1.4	1.3	0.9	0.7	0.7	1.5	2.3	1.7	2.9	3.0	2.1	2.9	1.7

※欠測、EANETの定量化下限値以下、または参考値(完全度及び期間適合度が60%未満の場合など)

年平均値はNDを0として算出。

地域区分は、NJ：北部、JS：日本海側、EJ：東部、CJ：中央部、WJ：西部、SW：南西諸島

付表6-2 O式パッシブ法による NO₂ガス濃度 月・年平均 (2010年度)

単位ppb																	
ID	地域 区分	NO _x 排出量 (t km ⁻² y ⁻¹)	自治体	地点	10/4月	10/5月	10/6月	10/7月	10/8月	10/9月	10/10月	10/11月	10/12月	11/1月	11/2月	11/3月	2010
1	NJ	0.51	北海道	利尻	0.3	0.8	0.9	0.6	0.9	0.5	0.7	0.2	ND	ND	ND	0.3	0.4
2	NJ	0.09	北海道	天塩FRS	1.5	0.9	1.2	1.1	1.5	0.8	0.9	0.4	ND	ND	ND	0.5	0.7
3	NJ	0.76	北海道	母子里	1.0		0.7	0.7	0.7	0.4	0.6	0.4	0.3	1.5	1.2	2.5	0.8
6	NJ	0.33	北海道	黒松内	2.7	1.4	1.2	2.5	1.2	0.9	0.9	1.7			1.4	2.0	1.3
4	NJ	25.61	北海道	札幌北	3.1	4.6	8.0	3.6	3.1	2.9	5.8	9.8	7.2	18.3	21.0	6.1	7.7
5	NJ	0.30	北海道	摩周	3.6	2.5	1.3	1.8	1.6	1.2	1.5	0.9	0.2	0.6	1.6	2.2	1.6
7	NJ	25.81	札幌市	札幌白石	6.1	5.1	4.2	5.6	3.9	5.5	9.2	13.9	10.8	23.9	19.6	11.2	9.9
9	NJ	21.05	札幌市	札幌手稲	2.7	2.6	2.3	2.8	2.8	2.7	4.7	7.7	5.9	9.1	13.5	3.6	5.0
10	NJ	12.34	札幌市	札幌滝野	0.8	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	2.1	0.8	1.0	1.0	0.6	1.2
11	NJ	3.59	青森県	青森東道	2.3	1.6	2.3	1.6	0.8	1.9	3.2	5.3	4.9	5.9	7.2	2.7	3.3
12	NJ	1.15	青森県	鯉ヶ沢舞戸	0.5	0.6	0.9	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.7	0.9	0.7	0.8	0.7
13	NJ	5.94	岩手県	盛岡	1.1	0.4	ND	ND	ND	1.9	1.8	5.4	5.1	11.3	28.9	1.1	4.6
14	NJ	1.99	岩手県	八幡平	ND	ND	ND	0.1	ND	ND	ND	0.1	ND	0.5	ND	0.6	0.1
15	NJ	0.87	宮城県	牡鹿	8.5	8.7	1.3	0.7	0.4	0.1	0.5	0.6	0.2	ND			2.0
16	NJ	18.93	宮城県	仙台幸町			4.3		0.2	1.0	2.5	5.8	4.8	3.1			2.2
18	NJ	0.71	山形県	鶴岡	2.7	1.4	0.9	1.4	1.1	1.3	0.8	0.5	0.8	0.3	2.6	1.6	1.3
19	EJ	1.22	福島県	福島天栄	0.4	0.2	0.1	ND	1.1	1.0	1.5	0.9	0.7	0.2	0.7	0.6	0.6
20	EJ	6.08	郡山市	郡山朝日	4.3	1.2	1.0	1.7	0.8	2.3	6.2	10.3	8.8	5.4	9.4		4.8
21	EJ	5.27	郡山市	郡山堀口	0.7	0.2	ND	ND	ND	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	1.0		0.4
22	EJ	16.92	いわき市	小名浜	1.3	1.8	0.4	0.8	1.1	0.3	1.5	4.0	3.0	2.0	2.3	ND	1.7
27	JS	9.59	新潟市	新潟坂井	ND	4.4	ND	1.9	0.9	1.8	2.5	4.1	7.4		5.1	3.1	3.4
70	CJ	14.10	和歌山県	海南	6.1	3.8	2.5	4.9	3.0	3.9	4.6	7.5	4.5	6.4	7.0	6.7	5.1
76	WJ	5.84	山口県	山口	1.9	0.6	1.9	1.6	1.2	0.7	1.8	4.8	4.0	3.8	5.6	3.1	2.6
78	WJ	0.46	高知県	香北	4.1	1.7	2.6		1.2	3.5	5.6	4.2	9.9	1.0	3.9	9.2	3.8

※欠測、EANETの定量化下限値以下、または参考値(完全度及び期間適合度が60%未満の場合など)

年平均値はNDを0として算出。

地域区分は、NJ：北部、JS：日本海側、EJ：東部、CJ：中央部、WJ：西部、SW：南西諸島

付表6-3 O式バッシブ法による NO_xガス濃度 月・年平均 (2010年度)

単位ppb																	
ID	地域 区分	NO _x 排出 量 (t km ² ・y ⁻¹)	自治体	地点	10/4月	10/5月	10/6月	10/7月	10/8月	10/9月	10/10月	10/11月	10/12月	11/1月	11/2月	11/3月	2010
1	NJ	0.51	北海道	利尻	0.8	0.9	1.2	1.1	1.4	0.9	1.3	0.9	0.6	0.1	0.7	0.7	0.9
2	NJ	0.09	北海道	天塩FRS	1.9	0.9	1.4	1.4	1.9	1.1	1.2	0.9	0.7	0.2	0.5	0.9	1.0
3	NJ	0.78	北海道	母子里	1.8		1.7	1.2	1.3	0.9	1.6	1.6	2.9	3.8	3.3	4.5	1.9
6	NJ	0.33	北海道	黒松内	5.5	2.8	2.8	4.2	2.7	2.0	2.2	4.3			4.4	4.2	3.0
4	NJ	25.61	北海道	札幌北	15.6	12.4	13.8	14.3	14.9	12.9	20.1	27.8	24.0	40.6	46.7	19.6	21.7
5	NJ	0.30	北海道	摩周	3.7	2.7	1.5	2.2	1.8	1.4	1.8	1.4	0.5	0.6	2.0	2.3	1.8
7	NJ	25.81	札幌市	札幌白石	21.4	16.6	16.3	17.7	16.1	17.2	25.3	34.7	35.4	53.2	47.5	28.8	27.3
9	NJ	21.05	札幌市	札幌手稲	9.7	8.6	8.3	9.7	9.8	9.3	13.8	19.9	15.6	19.9	32.0	10.3	13.8
10	NJ	12.34	札幌市	札幌滝野	2.7	3.9	3.3	4.1	3.2	2.8	3.2	3.7	3.7	3.3	3.3	2.1	3.3
11	NJ	3.59	青森県	青森東遼道	10.1	6.9	9.5	7.7	7.2	8.5	13.1	17.9	18.0	24.5	26.6	11.9	13.4
12	NJ	1.15	青森県	鯉ヶ沢舞戸	2.3	2.7	3.5	2.7	2.7	2.4	2.7	2.6	2.8	2.4	3.0	2.3	2.7
13	NJ	5.94	岩手県	盛岡	7.8	5.1	5.1	4.7	5.3	9.7	9.8	18.4	16.7	22.4	45.1	6.4	12.9
14	NJ	1.99	岩手県	八幡平	0.5	0.3	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.7	0.8	1.4	0.9	1.3	0.7
15	NJ	0.87	宮城県	牡鹿	10.9	10.9	3.9	3.4	3.3	2.1	2.2	2.8	2.5	1.9			4.3
16	NJ	18.93	宮城県	仙台幸町			14.6		11.6	11.8	13.4	20.1	17.7	14.1			10.2
18	NJ	0.71	山形県	鶴岡	5.1	2.0	1.7	2.7	1.8	1.8	1.1	1.5	2.3	2.6	4.2	2.5	2.4
19	EJ	1.22	福島県	福島天栄	1.5	1.3	1.2	1.0	2.7	1.0	1.5	1.7	2.0	1.2	2.1	1.0	1.5
20	EJ	6.08	郡山市	郡山朝日	15.5	9.5	10.8	12.1	9.8	12.0	19.0	21.4	23.0	15.3	25.5		16.2
21	EJ	5.27	郡山市	郡山堀口	2.7	2.4	2.2	1.5	2.2	2.0	2.5	2.3	3.3	2.1	3.6		2.4
22	EJ	16.92	いわき市	小名浜	14.6	13.5	14.8	18.8	15.4	12.4	14.3	18.3	15.2	13.1	17.8	6.6	14.7
27	JS	9.59	新潟市	新潟坂井	9.4	10.5	8.0	7.8	7.3	8.9	11.8	15.5	14.4		21.9	10.3	11.4
70	CJ	14.10	和歌山県	海南	11.1	6.6	6.2	6.7	4.0	6.1	8.6	12.4	10.4	9.4	14.9	11.0	9.0
76	WJ	5.84	山口県	山口	9.9	7.2	10.8	7.5	5.1	6.4	10.8	15.8	14.6	14.3	18.2	12.3	11.1
78	WJ	0.48	高知県	香北	5.5	3.0	3.5		1.9	5.0	7.9	5.9	11.8	4.0	6.0	12.1	5.5

欠測・EANETの定量下限値以下または参考値(完全度及び期間適合度が60%未満の場合など)

年平均値はNDを0として算出。

地域区分は、NJ：北部、JS：日本海側、EJ：東部、CJ：中央部、WJ：西部、SW：南西諸島

付表6-4 O式バッシブ法による O₃ガス濃度 月・年平均 (2010年度)

単位ppb																	
ID	地域区分	標高(m)	自治体	地点	10/4月	10/5月	10/6月	10/7月	10/8月	10/9月	10/10月	10/11月	10/12月	11/1月	11/2月	11/3月	2010
1	NJ	40	北海道	利尻		44.1	30.4	23.6	29.9	27.7	37.6	38.8	43.4	56.3	51.8	57.5	40.2
2	NJ	70	北海道	天塩FRS		39.8	29.7	20.0	20.6	15.0	21.3	19.7	33.8	39.8	45.9	47.4	30.2
3	NJ	287	北海道	母子里			19.1	16.4	17.1	14.5	26.0	20.3	33.1	40.2	43.3	58.2	27.9
8	NJ	87	北海道	黒松内		42.5	21.0	8.6	14.1	13.8	16.6	20.3		45.5	36.4	43.7	26.6
4	NJ	12	北海道	札幌北		39.6	27.1	18.1	20.7	18.5	21.4	20.6	23.8	32.8	26.7	39.0	26.5
5	NJ	550	北海道	摩周		43.3	36.0	30.6	37.8	33.5	41.3	46.4	47.2	53.3	64.3	62.1	41.5
7	NJ	14	札幌市	札幌白石	44.8	41.1	30.5	18.7	22.3	18.2	19.5	19.3	23.2	20.7	30.7	37.9	27.5
9	NJ	5	札幌市	札幌手稲	37.1	46.6	23.0	12.8	11.3	17.4	19.8	23.5	31.4	34.8	37.3	49.4	29.3
10	NJ	295	札幌市	札幌滝野	55.0	44.1	31.0	21.1	24.6	26.5	31.9	34.4	36.4	40.7	47.3	51.6	37.2
11	NJ	3	青森県	青森東遼道	50.1	36.4	25.8	22.7	21.3	22.4	22.6	27.0	30.6	34.9	34.9	53.9	31.9
12	NJ	30	青森県	鯉ヶ沢舞戸	53.1	39.2	29.9	24.0	23.3	25.3	28.8	33.7	48.2	72.6	58.7	63.8	41.2
13	NJ	131	岩手県	盛岡	44.6	42.8	38.9	25.8	26.5	23.8	21.5	28.4	20.1	34.3	35.5	61.5	33.6
14	NJ	830	岩手県	八幡平	61.2	64.4	53.0	34.6	34.0	35.4	42.1	59.0	38.8	60.3	62.1	79.6	52.3
15	NJ	50	宮城県	牡鹿	45.2	44.0	33.8	24.8	28.1	32.3	29.8	33.1	29.5	33.6			33.4
16	NJ	32	宮城県	仙台幸町	35.8	33.7	28.8	22.4	23.9	22.8	18.4	18.2	21.5	27.0			25.3
18	NJ	220	山形県	鶴岡	29.4	34.0	14.2	11.7	8.8	11.8	14.3	29.3	29.5	39.1	42.6	46.2	24.9
19	EJ	941	福島県	福島天栄	72.7	51.6	40.9	26.4	26.0	32.8	34.5	38.4	40.6	52.7	52.3	55.0	43.7
20	EJ	242	郡山市	郡山朝日	39.5	39.6	33.4	28.4	23.5	21.0	19.5	20.1	30.0	40.4	37.0		30.2
21	EJ	392	郡山市	郡山堀口	53.0	47.7	31.5	29.7	23.0	29.5	30.6	31.6	40.1	48.3	55.5		38.3
22	EJ	3	いわき市	小名浜	38.0	33.8	29.5	20.9	21.8	25.9	20.1	19.8	25.9	29.9	30.4	42.6	28.1
27	JS	0	新潟市	新潟坂井	40.8		18.6	25.0	24.8	16.7	13.6	18.6		41.2	29.6	26.1	25.1
68	CJ	15	兵庫県	神戸須磨	45.0	36.7	28.7	22.0	25.7	28.3	32.8	21.2	21.4	25.7	23.8	32.8	28.7
70	CJ	3	和歌山県	海南	38.1	40.7	28.2	26.4	24.4	30.4	28.8	26.6	26.4	30.4	28.8	38.2	30.8
71	JS	3	鳥取県	鳥取	54.1	64.4	37.7	29.5	38.8	33.5	35.0	34.8	32.4	42.6	43.6	51.3	42.1
72	JS	800	鳥取県	若桜町	48.7	48.4	36.9	26.8	27.7	26.9	35.3	30.5	34.9	37.8	48.8	47.7	37.7
73	JS	2	鳥取県	湯梨浜町	45.6	44.1	29.9	25.4	24.5	28.0	34.3	30.8	33.5	35.8	41.2	42.9	34.9
76	WJ	13	山口県	山口	34.9	38.6	21.6	16.5	15.1	17.5	19.3	16.7	18.0	19.3	23.2	30.5	23.0
78	WJ	230	高知県	香北	36.9	37.3	20.7	14.3	11.2	16.9	23.7	22.0	27.0	36.8	33.7	40.7	27.0

欠測・EANETの定量下限値以下または参考値(完全度及び期間適合度が60%未満の場合など)

年平均値はNDを0として算出。

地域区分は、NJ：北部、JS：日本海側、EJ：東部、CJ：中央部、WJ：西部、SW：南西諸島

付表6-5 O式バンプ法による PO濃度 月・年平均 (2010年度)

単位ppb																	
ID	地域	標高(m)	自治体	地点	10/4月	10/5月	10/6月	10/7月	10/8月	10/9月	10/10月	10/11月	10/12月	11/1月	11/2月	11/3月	2010
1	NJ	40	北海道	利尻		44.1	30.6	23.9	30.3	28.0	38.1	39.4	43.9	56.4	52.4	57.9	40.5
2	NJ	70	北海道	天塩FRS		39.8	29.7	20.1	20.8	15.2	21.5	20.1	34.4	40.0	46.4	47.7	30.5
3	NJ	287	北海道	母子里			20.0	16.8	17.5	14.9	26.9	21.2	35.5	42.1	45.1	59.8	30.0
6	NJ	87	北海道	黒松内		43.7	22.4	10.0	15.3	14.7	17.6	22.4			39.0	45.4	25.6
4	NJ	12	北海道	札幌北		46.3	31.5	27.4	31.0	27.2	33.7	35.8	38.2	51.0	47.8	50.6	38.2
5	NJ	550	北海道	摩周		43.2	36.1	30.7	37.8	33.5	41.4	46.6	47.4	53.3	64.4	62.1	45.1
7	NJ	14	札幌市	札幌白石	58.0	50.9	41.0	29.0	32.9	28.2	33.1	36.5	44.2	44.6	53.8	52.6	42.1
9	NJ	5	札幌市	札幌手稲	43.1	51.7	28.2	18.7	20.4	23.0	27.5	33.6	39.5	43.6	52.6	55.0	36.4
10	NJ	295	札幌市	札幌滝野	56.6	46.5	32.8	23.5	26.2	27.8	33.5	35.6	39.0	42.7	49.3	52.9	38.9
11	NJ	3	青森県	青森東遼道	56.8	41.1	32.1	28.0	27.0	28.1	31.3	37.9	41.9	51.1	51.7	61.8	40.7
12	NJ	30	青森県	鯉ヶ沢舞戸	54.8	41.0	32.2	25.7	25.1	26.8	30.5	35.5	50.0	73.9	60.7	65.0	43.4
13	NJ	131	岩手県	盛岡	50.4	47.1	43.4	30.0	31.2	30.7	28.5	39.5	30.0	43.1	47.2	66.2	40.6
14	NJ	830	岩手県	八幡平	61.7	64.6	53.6	34.9	34.4	35.7	42.5	59.5	39.4	61.1	62.8	80.1	52.5
15	NJ	50	宮城県	牡鹿	46.6	45.1	35.9	27.2	30.7	31.1	31.2	35.0	31.6	35.3			35.3
16	NJ	32	宮城県	仙台幸町	49.3	43.3	37.6	33.7	34.1	32.3	28.0	30.6	32.7	36.6			35.8
18	NJ	220	山形県	鶴岡	31.3	34.5	14.9	12.7	9.3	12.1	14.5	21.0	30.7	41.2	43.8	46.9	26.1
19	EJ	941	福島県	福島天栄	73.6	52.6	41.8	27.3	27.4	32.8	34.5	39.0	41.7	53.6	53.5	55.3	44.4
20	EJ	242	郡山市	郡山朝日	49.2	47.1	42.2	37.5	31.5	29.5	30.5	31.7	41.8	48.7	50.6		40.0
21	EJ	392	郡山市	郡山堀口	54.7	49.6	33.4	31.1	24.9	31.0	32.4	33.0	42.3	49.4	57.7		40.0
22	EJ	3	いわき市	小名浜	49.8	44.1	42.4	37.1	34.6	36.8	31.4	32.3	36.6	39.7	44.1	48.4	39.8
27	JS	0	新潟市	新潟坂井	49.2		25.8	30.1	30.4	22.9	21.6	28.4			41.2	32.3	31.7
70	CJ	3	和歌山県	海南	42.0	42.9	31.2	27.6	25.0	31.9	31.9	30.2	31.3	32.5	35.2	41.4	33.6
72	JS	800	鳥取県	若桜町*	48.7	48.4	36.9	26.8	27.7	26.9	35.3	30.5	34.9	37.8	48.8	47.7	37.5
76	WJ	13	山口県	山口	41.9	44.5	29.4	21.7	18.5	22.6	27.3	26.1	27.1	28.4	34.0	38.5	30.0
78	WJ	230	高知県	香北	37.8	38.3	21.2		11.7	17.8	25.2	23.2	28.7	39.4	35.1	42.4	29.2

*欠測,EANETの定量下限値以下,または参考値(完全度及び期間適合度が60%未満の場合など)

地域区分は、NJ：北部,JS：日本海側,EJ：東部,CJ：中央部,WJ：西部,SW：南西諸島

*鳥取の若桜町については03のみであるが参考とした。

付表6-6 O式バンプ法による NH₃ガス濃度 月・年平均 (2010年度)

		単位ppb															
ID	地域 区分	NH ₃ 排出量 (t km ⁻² y ⁻¹)	自治体	地点	10/4月	10/5月	10/6月	10/7月	10/8月	10/9月	10/10月	10/11月	10/12月	11/1月	11/2月	11/3月	2010
3 NJ	0.49	北海道	母子里	1.0	0.4	1.6	1.4		1.0	1.5	0.5	0.2	0.6			0.5	0.7
7 NJ	1.19	札幌市	札幌白石	0.9	1.2	2.1	2.0	2.5	1.8	2.4	1.9	1.0	1.8	2.1	1.4	1.7	
9 NJ	0.69	札幌市	札幌手稲	ND	0.6	0.6	1.2	1.4	0.8	0.9	ND	0.3	ND	9.6	0.3	0.5	
10 NJ	0.65	札幌市	札幌滝野	ND	0.4	0.2	0.4	0.8	0.5	ND	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	0.2
11 NJ	0.44	青森県	青森東遼道	1.8	1.2	1.9	2.2	2.9	2.1	1.8	1.5	0.5	1.8	0.9	0.9	1.6	
12 NJ	0.51	青森県	鯉ヶ沢舞戸	1.1	0.8	1.3	1.3	1.7	1.1	0.6	0.5	0.2	0.2	0.3	0.6	0.8	
13 NJ	1.33	岩手県	盛岡	0.4	1.8	3.0	2.9	3.3	2.8	3.2	3.8	2.4	2.2	3.6	1.1	2.5	
14 NJ	1.15	岩手県	八幡平	0.6	0.3	1.2	1.1	0.2	0.6	0.4	0.2	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5	
18 NJ	0.38	山形県	鶴岡	0.3	0.6	1.2	1.4	2.3	0.5	0.9	0.4	0.7	0.6	ND	0.5	0.8	
19 EJ	0.50	福島県	福島天栄	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.6	ND	ND	0.9	0.1	
20 EJ	1.37	郡山市	郡山朝日	1.4	1.7	2.1	2.5	2.9	2.2	1.7	0.3	2.6	ND	1.2		1.6	
21 EJ	1.00	郡山市	郡山堀口	0.3	0.4	0.6	0.7	1.1	0.7	1.1	ND	0.8	0.1	0.2		0.5	
22 EJ	0.99	いわき市	小名浜	2.5	3.0	10.0	19.6	16.4	6.6	3.5	3.4	2.6	1.2	2.0	1.3	5.8	
27 JS	1.64	新潟市	新潟坂井	2.2	2.0	2.0	4.5	4.6	3.9	2.2	2.0	2.1	0.4	1.1	1.2	2.3	
32 EJ	3.51	埼玉県	加須	5.6	6.2	6.5	6.9	5.6	5.1	4.3	3.4	2.8	3.8	4.8	2.1	4.8	
37 EJ	3.14	千葉県	市原*	(2.1)	(3.2)	(4.8)	(4.6)	(3.2)	(5.4)	(4.6)	(4.4)	(3.6)	(4.0)	(2.7)	(2.5)	(3.8)	
40 EJ	3.92	千葉県	銚子*	(4.7)	(7.9)	(11.3)	(6.9)	(4.1)	(8.4)	(10.9)	(23.3)	(28.0)	(27.2)	(15.9)	(15.7)	(14.0)	
44 EJ	4.12	千葉県	旭*	(49.4)	(34.6)	(72.2)	(25.7)	(34.3)	(73.0)	(100.7)	(83.1)	(54.0)	(50.5)	(95.8)	(59.3)	(62.8)	
45 EJ	3.01	千葉県	佐倉*	(1.3)	(2.7)	(5.3)	(6.2)	(2.9)	(5.0)	(3.8)	(3.4)	(4.3)	(3.2)	(1.5)	(2.0)	(3.5)	
35 EJ	4.64	千葉県	市川*	(2.4)	(3.3)	(6.5)	(4.5)	(2.6)	(6.1)	(5.4)	(5.4)	(4.8)	(4.4)	(2.4)	(2.7)	(4.4)	
38 EJ	4.00	千葉県	香取*	(8.5)	(11.9)	(12.8)	(17.1)	(11.8)	(11.4)	(10.2)	(39.8)	(68.6)	(69.7)	(36.4)	(28.3)	(27.1)	
58 JS	1.80	富山県	射水	1.1	1.4	2.3	2.4	2.6	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4	1.0	0.7	1.4	
60 CJ	4.18	愛知県	豊橋	4.2	4.1	6.0	5.3	5.3	5.4	4.4	4.9	3.1	2.0	3.6	2.4	4.3	
90 CJ	4.44	名古屋市	名古屋南	7.8	8.1	9.3	8.5	6.4	11.1	10.2	10.9	4.2	5.9	5.3	4.8	7.8	
68 CJ	1.05	兵庫県	神戸須磨	3.0	3.0	2.2	4.0	1.9	3.4	1.8	2.4	1.7	2.7	2.0	3.3	2.6	
70 CJ	1.12	和歌山県	海南	3.7	2.0	1.1	1.9	1.3	2.7	3.0	1.7	2.9	1.5	1.8	2.2	2.1	
71 JS	0.56	鳥取県	鳥取	0.4	1.1	1.7	1.8	2.5	2.0	0.2	1.1	0.6	0.7	1.1	0.9	1.2	
72 JS	0.30	鳥取県	若桜町	ND	ND	ND	ND	0.5	ND	0.3	0.2	ND	ND	ND	0.6	0.1	
73 JS	0.86	鳥取県	湯梨浜町	0.7	0.6	4.9	2.1	2.3	2.0	0.5	0.8	0.3	0.7	0.7	0.7	1.3	
76 WJ	0.63	山口県	山口	0.4	0.7	0.7	0.7	1.2	0.6	0.7	0.7	0.2	0.5	0.4	0.5	0.6	
78 WJ	0.18	高知県	香北	1.3	1.3	1.6	1.1	1.8	1.3	2.1	1.5	0.8	0.6	2.6	1.5	1.5	
84 WJ	3.56	熊本県	熊本	3.9	1.8	3.1	3.8	3.6	3.1	3.4	7.8	5.0	4.7	4.8		6.2	
87 SW	2.08	沖縄県	大里	6.9	7.2	14.3	11.8	10.3	8.3	4.6	2.5	3.7	2.4	6.8	6.1	6.9	

*欠測,EANETの定量下限値以下,または参考値(完全度及び期間適合度が60%未満の場合など)

年平均値はNDを0として算出。

地域区分は、NJ：北部,JS：日本海側,EJ：東部,CJ：中央部,WJ：西部,SW：南西諸島

*2010年から名古屋緑は名古屋南に移動

*千葉県については今年度データは参考値となる。

[訂正とお詫び]

第5次酸性雨全国調査報告書(平成21年度)(全国環境研会誌 Vol.36 No.3 2011)に掲載の『4. 湿性沈着』において訂正がございます。ここにお詫び申し上げますと共に、訂正内容を記載致します。

p11
正)

表 4.1.2 平成21年度分析精度管理調査の測定結果におけるフラグ数と相対標準偏差

	pH	H ⁺¹⁾	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	
高濃度試料	フラグ E	0	7	0	1	1	0	1	2	1	1	2
	フラグ X	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	相対標準偏差 ²⁾	1.1% (n = 34)	11.5% (n = 34)	3.8% (n = 34)	3.5% (n = 33)	2.6% (n = 32)	3.9% (n = 34)	2.4% (n = 32)	5.4% (n = 32)	6.4% (n = 34)	5.5% (n = 34)	5.6% (n = 34)
低濃度試料	フラグ E	0	1	0	1	1	1	6	4	4	4	5
	フラグ X	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	相対標準偏差 ²⁾	1.3% (n = 34)	014.8% (n = 34)	4.3% (n = 34)	3.9% (n = 33)	4.1% (n = 33)	4.0% (n = 33)	4.8% (n = 32)	10.6% (n = 34)	9.4% (n = 34)	8.5% (n = 34)	7.4% (n = 34)

1) pH より換算した。

2) 相対標準偏差を求める際、平均値から標準偏差の3倍以上外れている測定値は棄却した。

p12

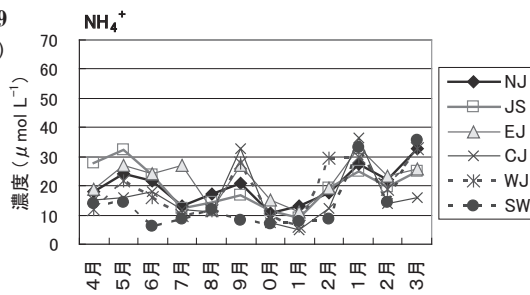
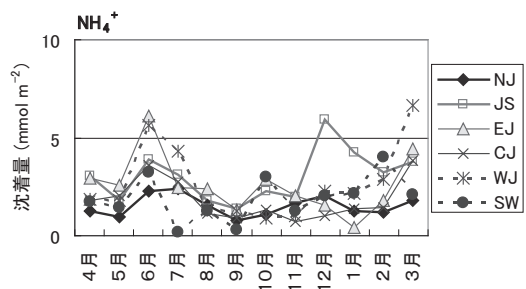
表 4.1.3 定量下限値が精度管理目標値を満たしていない機関数、およびその機関のうち分析精度管理調査でフラグが付与された機関数

n = 34

正)

	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺
定量下限値がDQOsを満たしていない機関数	7	6	6	8	5	14	5	2
上記機関のうち、低濃度試料のフラグがついた機関数	0	0	0	2	2	2	1	0
上記機関のうち、高濃度試料のフラグがついた機関数	0	0	0	1	0	1	0	0
定量下限値に係るDQOs(μmol L ⁻¹)	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.6	1.0	3.0

DQOs：精度管理目標値

p19
正)図 4.2.5 イオン成分濃度の地域別季節変動(中央値) NH₄⁺のグラフp21
正)図 4.3.3 イオン成分沈着量の地域別季節変動(中央値) NH₄⁺のグラフ