

＜特 集＞

第6次酸性雨全国調査報告書2017（平成29）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

岩崎綾，久垣邦裕，宮野高光，北岡宏道，木戸瑞佳，濱村研吾，三田村徳子，佐久間隆，山口高志，横山新紀，池田有里，松本利恵，家合浩明，難波江芳子，宇野克之，紺田明宏

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2016年度からの第6次調査を実施しています。

当報告書では，第6次調査の2年目である2017年度の調査結果を報告します。

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，夏季および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む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法）に加えて，乾性沈着を把握するために，4段ろ紙法（フィルターバック法）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，硫酸化合物や窒素化合物の地域特性，さら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，フィルターバック法では測定できない窒素化合物やオゾン濃度等が測定可能である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。

第5次調査（2009～2015年度）では，これまでの調査に加え，窒素成分のより高度な沈着量やバックグラウンドオゾン濃度の把握などを含めた調査を行いました。

第6次調査（2016年度～）では，フィルターバック法による乾性沈着調査において，従来の4段ろ紙法から5段も

しくは6段ろ紙法への移行を推奨し，さらに高精度かつ広域的な全国調査を実施しています。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および解析により，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，日本における酸性雨調査を面的および项目的に補完しており，環境省および国立研究開発法人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。われわれ地方環境研究機関が中心となって独自の調査研究を行っていくことは，環境行政の推進に必要不可欠であり，今後も継続していくことが重要であると思われます。

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国環境研協議会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，国立環境研究所，（一財）日本環境衛生センター／アジア大気汚染研究センターなら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。

令和元年 9 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 神田 泰宏

（公益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年度から酸性雨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年間の調査の後、1年間の準備期間を経て次の調査を行ってきた。第4次調査は2003～2005年度の予定で開始したが、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年、計6年間の調査を2008年度まで実施した。その後は準備期間をおかず第5次調査を2009年度から実施し、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行った。調査の目的が果たされたことから2015年度で第5次調査を終了し、第6次調査を2016年度から開始した。

第6次調査は、日本全域における大気汚染物質濃度およびその沈着量の把握を目的として湿性沈着および乾性沈着のモニタリングを実施している。湿性沈着に関しては、国際標準の方法である降水時開放型捕集装置（ウェットオンリーサンプラー）による湿性沈着の把握を、乾性沈着に関しては、大気中のガス/エアロゾル濃度の測定により沈着量の見積りを行う。なお、乾性沈着調査は(i)ガス/エアロゾル濃度の測定を行うフィルターバック法（以下、FP法）、(ii)ガス濃度の測定を行うパッシブ法、(iii)自動測定機による測定の3つの手法を併用して行う。第6次調査の特徴としては、①第5次調査から準備年をおかず継続して実施していること、②窒素沈着の実態把握をテーマの一つとしたこと、③FP法において粗大粒子と微小粒子(PM_{2.5})とを分けた採取を推奨していることである。②については、反応性窒素成分である湿性のNO₃⁻および

表1.1.1 全国環境研協議会・酸性雨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		
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	
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:29地点 2007年度:34地点 2008年度:37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	フィルターバック法による原則1-2週間単位の試料採取	降水時開放型捕集装置(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	フィルターバック法によるガスおよび粒子状成分調査、原則1-2週間単位の試料採取	パッシブサンプラー(ガスおよびN式)によるガス成分調査、月単位の試料採取
調査期間	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://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/01/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 (http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/02/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 (http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/03/index.html)に掲載		
報告書の公表	全国公害研会誌 VOL.19, NO.2, (平成4年度酸性雨全国調査結果報告書) 全国公害研会誌 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))	全国公害研会誌 VOL.21, NO.4, (第2次酸性雨全国調査報告書(平成7年度)) 全国公害研会誌 VOL.22, NO.4, (第2次酸性雨全国調査報告書(平成8年度)) 全国公害研会誌 VOL.23, NO.4, (第2次酸性雨全国調査報告書(平成9年度))	全国環境研会誌 VOL.26, NO.2, (第3次酸性雨全国調査報告書(平成11年度)) 全国環境研会誌 VOL.27, NO.2, (第3次酸性雨全国調査報告書(平成12年度)) 全国環境研会誌 VOL.28, NO.3, (第3次酸性雨全国調査報告書(平成11～13年度))	全国環境研会誌 VOL.30, NO.2, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成15年度)) 全国環境研会誌 VOL.31, NO.3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成16年度)) 全国環境研会誌 VOL.32, NO.3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成17年度)) 全国環境研会誌 VOL.33, NO.3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成18年度)) 全国環境研会誌 VOL.34, NO.3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成19年度)) 全国環境研会誌 VOL.35, NO.3, 4, (第4次酸性雨全国調査報告書(平成20年度))			
	第5次酸性雨全国調査				第6次酸性雨全国調査		
調査対象	湿性沈着	乾性沈着		湿性沈着	乾性沈着		
調査地点数	2009年度:72地点 2010年度:67地点 2011年度:66地点 2012年度:64地点 2013年度:67地点 2014年度:65地点 2015年度:68地点	2009年度:32地点 2010年度:37地点 2011年度:36地点 2012年度:34地点 2013年度:35地点 2014年度:34地点 2015年度:31地点	2009年度:42地点 2010年度:41地点 2011年度:38地点 2012年度:36地点 2013年度:30地点 2014年度:28地点 2015年度:26地点	2016年度:64地点 2017年度:63地点	2016年度:30地点 2017年度:28地点	2016年度:22地点 2017年度:20地点	
調査手法	降水時開放型捕集装置(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	フィルターバック法によるガスおよび粒子状成分調査、原則1-2週間単位の試料採取		降水時開放型捕集装置(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	フィルターバック法によるガスおよび粒子状成分調査、原則1-2週間単位の試料採取、インバクタブ装備による粗大粒子と微小粒子(PM2.5)とを分けた採取を推奨		
調査期間	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://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/05/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予定		
報告書の公表	全国環境研会誌 VOL.36, NO.3, (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.37, NO.3, (第5次酸性雨全国調査報告書(平成22年度)) 全国環境研会誌 VOL.38, NO.3, (第5次酸性雨全国調査報告書(平成23年度)) 全国環境研会誌 VOL.39, NO.3, (第5次酸性雨全国調査報告書(平成24年度)) 全国環境研会誌 VOL.40, NO.3, (第5次酸性雨全国調査報告書(平成25年度)) 全国環境研会誌 VOL.41, NO.3, (第5次酸性雨全国調査報告書(平成26年度)) 全国環境研会誌 VOL.42, NO.3, (第5次酸性雨全国調査報告書(平成27年度))				全国環境研会誌 VOL.43, NO.3, (第6次酸性雨全国調査報告書(平成28年度))		

NH_4^+ ，乾性の粒子状 NO_3^- および NH_4^+ ，ガス状の HNO_3 （測定されている場合は HONO も含む）， NO_2 ， NO および NH_3 を対象に窒素沈着量を評価することを目標にしている。③については，従来の4段ろ紙法の構成に加え，前段にインパクト（I0ろ紙）を装備した5段構成により行う。この利点として，（i）粒径別の成分の挙動を把握するとともに，乾性沈着量推計において粒径の影響を考慮することができる，

（ii） $\text{PM}_{2.5}$ 成分データを得ることにより， $\text{PM}_{2.5}$ 対策へ貢献することが可能となる，という点が挙げられる。

なお，第1～5次調査結果（2015年度まで）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/dataset/acidrain/ja/index.html>）に掲載されており，今後も順次掲載予定である。

2. 調査内容

2.1 調査概要

2017年度の調査参加機関は表2.1.1に示す47機関であり、湿性沈着調査地点は63地点、乾性沈着調査地点は35地点（FP法：28地点、パッシブ法：20地点、自動測定機：17地点）であった。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および都市域から20～30km離れた地点または（および）地方に特有の地

点で実施した。一部には他の学術機関との共同研究^{1)・2)}や国設局との共用データも含まれる。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）が一部異なるため、数値が一致しない場合がある。

2017年度の調査期間は原則として2017年4月3日～2018年4月2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。

表2.1.1 調査地点の属性および調査内容

支 部	都道府県名	地点名	調査機関名	排出量 (t km ⁻² y ⁻¹)			地域区 分 (R1)	緯度 (度)	経度 (度)	湿性 (R2)	乾性 ^(R2/R3)			標高 (m)	海岸か らの距離 (km)	サンプラー設置位置 地上高(m)	土地利用	
				SO ₂	NO _x	NH ₃					FP	O式	自動 NO _x					
北海道・東北	北海道	利尻	北海道立総合研究機構 環境科学センター	0.81	0.44	0.02	NJ	45.12	141.21	☆	☆	○	☆	45	0.8	Wet・FP:3, O式:4	未指定(草、笹)	
		母子里	北海道立総合研究機構 環境科学センター	0.08	0.50	0.46	NJ	44.36	142.27	□	□	○		287	40	Wet・FP:8, O式:5	未指定(森林)	
		札幌北	北海道立総合研究機構 環境科学センター	2.76	14.57	1.15	NJ	43.08	141.33	☆	○	○	☆	12	13	Wet:8, FP:O式:9	住居地域(市街地)	
		摩周	北海道立総合研究機構 環境科学センター	0.02	0.17	0.88	NJ	43.56	144.51			▲		550	30		1.5 未指定(森林)	
	札幌白石	札幌市衛生研究所	2.72	14.72	1.27	NJ	43.06	141.38					15	17		13.5 住居地域(市街地)		
	青森県	青森東道	青森県環境保健センター	0.74	2.19	0.42	NJ	40.83	140.79	○				3	0.7		20 住居地域(市街地)	
		鯉ヶ沢舞戸	青森県環境保健センター	0.12	0.61	0.44	NJ	40.78	140.24	○				30	0.4		13 都市計画未指定	
	岩手県	盛岡	岩手県環境保健研究センター	0.77	3.24	1.30	NJ	39.68	141.13		○			125	70		12 準工業地域 市街地	
	宮城県	涌谷	宮城県保健環境センター	1.07	3.64	2.28	NJ	38.55	141.17	○				165	19		3 未指定(草、笹)	
	秋田県	秋田千秋	秋田県健康環境センター	3.40	4.17	0.48	NJ	39.43	140.07	○				16	5.5		20 商業地域	
	山形県	鶴岡	山形県環境科学センター	0.04	0.34	0.33	NJ	38.55	139.87		○			220	26		5 未指定(森林)	
	福島県	福島天栄	福島県環境創造センター	0.40	0.64	0.42	EJ	37.25	140.04		○			941	84		1.2 田園	
		三春 ^(R4)	福島県環境創造センター	0.64	3.60	1.29	EJ	37.43	140.52	○				423	46		10 工業地域	
		小名浜	いわき市環境監視センター	9.47	11.50	0.78	EJ	36.96	140.89	○	○	○	○	3	2.5	Wet:5, O式:1.5	住居地域(市街地)	
		新潟曾和	新潟県保健環境科学研究所	1.41	6.04	1.00	JS	37.85	138.94	○	○		○	2	3.1	Wet:2.5, FP:2.1	市街化調整区域	
		長岡	新潟県保健環境科学研究所	0.66	2.83	0.59	JS	37.45	138.87	○	○		○	27	19		5 住居地域	
		新潟小新	新潟市衛生環境研究所	1.45	6.42	1.28	JS	37.88	138.98	○				0	1.7		15 住宅地域	
日光 ^(R5)		栃木県保健環境センター	0.09	0.45	0.16	EJ	36.74	139.48	○				1300	95		1 住宅地		
宇都宮 ^(R6)		栃木県保健環境センター	1.63	6.12	2.53	EJ	36.60	139.94	○				140	65		10 住宅地		
小山		栃木県保健環境センター	1.55	7.42	2.71	EJ	36.31	139.83	○				35	63		6 住宅地		
埼玉県		加須 ^(R7)	埼玉県環境科学国際センター	1.06	10.36	2.83	EJ	36.09	139.56	○	○	▲	○	13	55		11 農業地域	
関東・甲信・静岡	さいたま	さいたま市健康科学センター	3.70	28.65	4.67	EJ	35.86	139.65	○				15	35		15 商業地域		
	茨城県	土浦	茨城県霞ヶ浦環境科学センター	0.90	4.54	3.09	EJ	36.08	140.27	○				18	31		1 未指定(草地)	
	群馬県	前橋	群馬県衛生環境研究所	1.89	7.58	6.83	EJ	36.40	139.10	○	○		○	103	110		20 市街化調整区域	
	千葉県	市原	千葉県環境研究センター	9.71	36.61	2.79	EJ	35.53	140.07	○	○	▲		3	1.2	Wet:5, FP,O式:10	工業地域	
		鎌子	千葉県環境研究センター	8.61	6.89	3.67	EJ	35.74	140.74	○				50	4.5		5 農業地域	
		一宮	千葉県環境研究センター	0.11	1.12	0.85	EJ	35.35	140.38	○				5	1		3 農業地域	
		旭	千葉県環境研究センター	8.59	6.93	3.87	EJ	35.73	140.72	○	○	▲		58	4.7		0 農業地域	
		佐倉	千葉県環境研究センター	1.72	15.47	2.54	EJ	35.73	140.21	○	○	▲		28	19		3 住居地域	
		清澄	千葉県環境研究センター	0.08	0.64	0.84	EJ	35.16	140.16	○	○			360	4.5		0 未指定(森林)	
		勝浦	千葉県環境研究センター	0.09	0.60	0.60	EJ	35.18	140.27	○	○			97	4.4	Wet:5, FP:3	農業地域	
		習志野	千葉県環境研究センター	7.35	31.11	3.69	EJ	35.69	140.03	○				14	3.1		3 住居地域	
	宮野木	千葉市環境保健研究所	8.33	29.28	3.36	EJ	35.65	140.10	○				21	4.1		3 住居地域(市街地)		
	神奈川県	平塚	神奈川県環境科学センター	0.52	10.46	2.61	EJ	35.35	139.35	○				9	3.7		22 準工業地域	
	川崎 ^(R8)	川崎市環境総合研究所	11.95	55.76	3.48	EJ	35.54	139.75	○				4	3.2		20 準工業地域		
	長野県	長野県	長野県環境保全研究所	0.87	2.64	0.57	CJ	36.64	138.18	○	○		○	363	52.5	Wet:15, FP:3	第一種住専	
	静岡県	静岡小黒	静岡市環境保健研究所	2.07	6.27	1.08	CJ	34.97	138.40	○				14	3.6		8 住宅地	
	近畿・東海・北陸	富山県	射水 ^(R9)	富山県環境科学センター	5.03	11.55	1.43	JS	36.70	137.10	○	○	▲	○	22	8	Wet:0, FP:O式:12.5	住宅専用地域
		石川県	金沢	石川県保健環境センター	1.49	3.78	0.97	JS	36.53	136.71	○	○			120	14		14 第2種住居専用地域
		福井県	福井	福井県衛生環境研究所	1.31	4.50	0.68	JS	36.07	136.26	○	○		○	11	18		9 市街化調整区域
岐阜県		伊自良湖	岐阜県保健環境研究所	1.12	3.14	1.25	CJ	35.57	136.69	☆	☆		☆	140	60		4.3 林地	
愛知県		豊橋	愛知県環境調査センター東三河支所	1.42	6.49	3.81	CJ	34.74	137.38	○	○	▲	○	20	6		8 住居地域	
名古屋南		名古屋市環境科学調査センター	8.83	35.50	3.82	CJ	35.10	136.92	○	○			0	3		19.2 準工業地域		
三重県		四日市桜	三重県保健環境研究所	2.57	12.56	2.08	CJ	34.99	136.49	○				190	15.1		15 原野	
滋賀県		大津柳ヶ崎	琵琶湖環境科学研究所	1.46	10.52	1.29	CJ	35.03	135.87	○				87	53		28 住宅地	
兵庫県		神戸須磨	(公財)ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター	6.64	18.72	1.13	CJ	34.65	135.13	○	○		○	15	0.9	Wet:29, FP:17	準工業地域	
和歌山県		海南 ^(R10)	和歌山県環境衛生研究所	8.04	10.56	0.94	CJ	34.16	135.21	○	○	▲	○	3	0.4		12.5 商業	
和歌山県		海南 ^(R10)	和歌山県環境衛生研究所	8.04	10.56	0.94	CJ	34.16	135.21	○	○	▲	○	2	0.4		1 住居地域	
中国・四国		鳥取県	若桜	鳥取県衛生環境研究所	0.01	0.29	0.28	JS	35.35	134.49	○	○			800	28.4		2.5 未指定
	徳島県	湯梨浜	鳥取県衛生環境研究所	0.10	0.72	0.77	JS	35.49	133.89	○	○	○	○	2	1.3		1 未指定	
	島根県	松江	島根県保健環境科学研究所	0.26	1.38	0.50	JS	35.47	133.01	○				6	6		12 区域外	
	広島県	広島安佐南	広島市衛生研究所	1.89	7.35	0.99	WJ	34.46	132.41	○				73	11		10 住居地域	
	山口県	山口	山口県環境保健センター	1.17	7.33	0.57	WJ	34.15	131.43	○				13	13		1 住居地域(市街地)	
	徳島県	徳島	徳島県立保健製薬環境センター	1.10	4.60	1.46	CJ	34.07	134.56	○				2	3		18 住居地域(市街地)	
	福岡県	太宰府	福岡県保健環境研究所	2.44	12.89	1.92	WJ	33.51	130.50	○				30	15	Wet:16.4, FP:5.1	市街化調整区域	
	福岡県	福岡	福岡市保健環境研究所	1.52	9.07	1.44	WJ	33.50	130.31	○				193	9.2		1 市街化調整区域	
	佐賀県	佐賀	佐賀県環境センター	1.20	3.87	1.46	WJ	33.27	130.27	○				4	11		8.5 第1種住居地域(市街地)	
	長崎県	諫早	長崎県環境保健研究センター	3.81	5.35	1.25	WJ	32.86	130.04	○				23	4		10 住居地域(市街地)	
九州・沖縄	長崎県	長崎	長崎県環境保健研究センター	0.57	2.86	0.61	WJ	32.76	129.86	◇				5	1.3		2.6 商業地域	
	佐世保	長崎県環境保健研究センター	4.82	8.15	1.34	WJ	33.18	129.72	◆				6	1.3		38 商業地域		
	阿蘇	熊本県保健環境科学研究所	0.22	0.76	1.62	WJ	32.07	131.05	○				481	46		3 未指定		
	熊本県	宇土	熊本県保健環境科学研究所	1.19	5.04	1.36	WJ	32.67	130.65	○				20	2.7		1 未指定	
	画図町 ^(R11)	熊本県環境総合センター	0.95	4.88	2.72	WJ	32.76	130.73	○	▲			5	12.0	Wet:14.7, O式:15.7	市街化調整区域		
	大分県	大分久住	大分県衛生環境研究センター	0.06	0.48	1.27	WJ	33.04	131.25	○	○			560	35		4.7 未指定(牧草地)	
	大分県	大分	大分県衛生環境研究センター	11.58	17.02	1.16	WJ	33.16	131.61	○				90	11		14.3 住宅地	
	宮崎県	宮崎	宮崎県衛生環境研究所	0.31	1.84	1.02	WJ	31.83	131.42	○	○			14	3.5		14 都市地域(準工業地域)	
	鹿児島県	鹿児島	鹿児島県環境保健センター	1.00	3.55	1.31	WJ	31.58	130.56	○	○			1	0.1	Wet:4.5, FP:21	準工業地	
	沖縄県	うるま ^(R12)	沖縄県衛生環境研究所	10.14	9.25	1.28	SW	26.38	127.83	○	○	▲		34	3.0	Wet:9.5, FP:11	未指定	
沖縄県	辺戸岬	沖縄県衛生環境研究所	0.00	0.03	0.32	SW	26.87	128.25	☆	☆	▲	☆	60	0.2	Wet:1.5, FP:4.5	特別地域		
調査機関数				47	調査地点数				63	28	20	17						

注1) NJ: 北部, JS: 日本海側, EJ: 東部, CJ: 中央部,

本調査および報告書の作成は全環研・酸性雨広域大気汚染調査研究部会が主導して行われた。2017～2018年度の部会組織および報告書の担当を表2.1.3に示す。

2.2 調査方法

2.2.1 湿性沈着

調査は通年調査とし、1週間単位での採取を原則とした。2週間単位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た。試料採取日は原則月曜日とした。得られた試料の測定データを表2.1.2に示す月単位に集計して解析に用いた。

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た。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指標とした。

降水量は、貯水量を捕集面積で割って算出し、その他の測定項目、分析方法および手順については、湿性沈着測定モニタリング手引き書—第2版—³⁾（以下、手引き書）に従った。また、イオンバランス (R_1) および電気伝導率バランス (R_2) が許容範囲を超える場合は再分析を行うなど、値の信頼性を確保した。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、全環研として解析を行った。

2.2.2 乾性沈着

乾性沈着調査はFP法、パッシブ法および自動測定機による方法を採用した。FP法およびパッシブ法における捕集ろ紙を表2.2.1に示す。

2.2.2.1 フィルターパック法

FP法は、1段目で粒子状物質を、2段目で HNO_3 などを、3段目で SO_2 と HCl を、4段目で NH_3 を捕集する従来の4段ろ紙法^{4) 5)}の構成に加え、前段にインパクト（I0ろ紙）を装

表2.1.2 調査期間の季節・月区分

季節	月	2017年度	週
春	4	4月3日 ～ 5月1日	4
	5	5月1日 ～ 5月29日	4
夏	6	5月29日 ～ 6月26日	4
	7	6月26日 ～ 8月7日	6
	8	8月7日 ～ 9月4日	4
秋	9	9月4日 ～ 10月2日	4
	10	10月2日 ～ 10月30日	4
	11	10月30日 ～ 11月27日	4
冬	12	11月27日 ～ 12月25日	4
	1	12月25日 ～ 2月5日	6
	2	2月5日 ～ 3月5日	4
春	3	3月5日 ～ 4月2日	4

注) 週単位の試料交換日は原則として月曜日とした。

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	愛媛県立衛生環境研究所	四宮 博人	H29-30	
理事委員	高知県環境研究センター	西森 郷子	H29	
	岡山県環境保健センター	岸本 壽男	H30	
支部委員	宮城県保健環境センター	佐藤 由美	H29	D
	〃	佐久間 隆	H30	D
	埼玉県環境科学国際センター	松本 利恵	H29-30	D, 5.3章
	滋賀県琵琶湖環境科学研究センター	三田村 徳子	H29-30	D
	広島市衛生研究所	宮野 高光	H29-30	D
	熊本県保健環境科学研究所	北岡 宏道	H29-30	D
	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	山口 高志	H29-30	2章, 6章
委 員	新潟県保健環境科学研究所	家合 浩明	H29-30	総括
	千葉県環境研究センター	横山 新紀	H29-30	6章
	富山県環境科学センター	木戸 瑞佳	H29-30	4章
	名古屋市環境科学調査センター	久恒 邦裕	H29-30	4章
	鳥取県衛生環境研究所	山添 良太	H29	5.3章
	島根県保健環境科学研究所	池田 有里	H30	5.3章
	福岡県保健環境研究所	濱村 研吾	H29-30	5.1-5.2章
	沖縄県衛生環境研究所	岩崎 綾	H29-30	1-3, 5.1-5.2章
	国立大学法人 東京農工大学 農学部	松田 和秀	H29-30	
	京都大学	村野 健太郎	H29-30	
有識者	公立大学法人 北九州市立大学	藍川 昌秀	H29-30	
	国立研究開発法人 国立環境研究所 地球環境研究センター	向井 人史	H29-30	
	一般財団法人 日本環境衛生センター アジア大気汚染研究センター	箕浦 宏明	H29-30	
	大気環境学会中国・四国支部	大原 真由美	H29-30	
	環境省	石飛 博之	H29	
	〃	船越 吾朗	H29	
	〃	上尾 一之	H30	
	〃	仲井 哲也	H29	
事務局	愛媛県立衛生環境研究所	難波江 芳子	H30	
	〃	宇野 克之	H29-30	
	〃	紺田 明宏	H29-30	
	〃			

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。

備し、粗大粒子とPM_{2.5}成分とを分けて採取する5段構成のFP法を推奨した。なお、従来の4段ろ紙法による採取も可とした。さらに、それらにHONO測定を加えた構成（F2で採取された妨害分の一部のNO₂ガス量を評価するためのF2'ろ紙をF2の後段に加える）をオプションとして設定した。

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し、通年調査で、採取単位は1週間～2週間であった。なお、解析に用いたデータは月単位とした。試料採取は、表2.2.1に示した5種または4種のろ紙を装着し、吸引速度は、インパクトを用いた場合は指定された流量である2 L min⁻¹で、その他の場合は1～5 L min⁻¹の範囲で設定して連続採取を行い、積算流量計あるいは平均流量から採気量を求めた。

なお、全環研の4段ろ紙を用いた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いる。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試薬、あるいは目的のガス成分と反応する試薬が含浸されたろ紙を一定期間大気に暴露させることにより、大気中ガス濃度を求める方法である。本調査では、分子拡散の原理に基づいた小川式パッシブ法（以下、パッシブ法）を用いており、風速や粒子状物質による汚染の影響を除くために捕集の前面に細孔を設けている。測定したガス成分の捕集量と理論的に証明されている計算式により、大気中ガス濃度が算出される。

パッシブ法の調査地点は大都市（例えば県庁所在地）、工業地域、中小都市地域、田園地域および山林地域などから目的に応じ1地点以上選定することとしている。複数地点を選定する場合は、可能な限り1地点はFP法または自動測定機による測定地点とすることとしている。調査は通年であり、採取単位は原則1ヶ月であった。

SO₂はNO_xに比べて大気中濃度が低く捕集量が少ない。このため都市部以外では精度の高い測定が困難であり、本調査では測定対象としていない。しかし、従来のトリメタノールアミンに代わり、K₂CO₃により改良された低濃度用ろ紙によるSO₂の測定結果と従来法との換算式が報告され⁸⁾、K₂CO₃含浸ろ紙が市販されている。これを受け、従来のマニュアル⁷⁾に加えて、マニュアルとは異なる点を含む全環研用マニュアル改定版を作成した。詳細については全環研用パッシブ法のマニュアル改定版を参照されたい。

表2.2.1 FP法およびパッシブ法の捕集ろ紙

構 造		捕集ろ紙名
F P 法 4 段	1段目 (F0)	テフロン(PTFE)
	2段目 (F1)	ポリアミド
	3段目 (F2)	K ₂ CO ₃ 含浸セルロースろ紙
	4段目 (F3)	リン酸含浸セルロースろ紙
F P 法 5 段	1段目 (I0)	ポリカーボネート製PM _{2.5} インパクト ＋石英繊維ドーナツろ紙
	2段目 (F0)	テフロン(PTFE)
	3段目 (F1)	ポリアミド
	4段目 (F2)	K ₂ CO ₃ 含浸セルロースろ紙
	5段目 (F3)	リン酸含浸セルロースろ紙
項 目		捕集ろ紙名
パ シ ブ 法	NO ₂	トリエタノールアミン(TEA)含浸ろ紙
	NO _x	(TEA+PTIO)含浸ろ紙
	NH ₃	クエン酸含浸ろ紙
	O ₃	(NaNO ₂ +K ₂ CO ₃)含浸ろ紙

2.2.2.3 自動測定機の詳細

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た。本データはFP法およびパッシブ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た。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った。

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、福井ら(2014)⁹⁾による2010年度ベースのSO₂、NO_x排出量およびNH₃発生量の情報を用いて、必要に応じて排出量別の解析を実施した。排出量は3次メッシュ（約1km四方）ごとに得られており、調査地点周辺の半径20km内のメッシュの排出量から算出した。なお対象メッシュは測定地点からメッシュの中心点までの距離が20km以内のものとした。

周辺排出量の計算は、第5次調査までは（排出量合計）／（半径20km内のメッシュ面積合計）として行っていたが、第6次調査からは（排出量合計）／（半径20kmの円の面積）に変更したため、数値が変化した。変更した理由は、離島などでは半径20kmの円内に排出量データベースでメッシュが設定されていない海域を含む場合があり、メッシュの有無によって周辺排出量が変化してしまうためである。さらに、本調査からは新しい2010年度ベースの排出

量情報を用いた計算に変更しており数値が大きく変わった地点があった。

－ 引用文献 －

- 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，http://www.env.go.jp/air/acid_rain/man/wet_deposi/index.html (2019.1.11アクセス)
- 4) 全環研：第3次酸性雨全国調査報告書(平成11～13年度のまとめ)，全国環境研会誌，**28**，2-196，2003
- 5) 松本光弘，村野健太郎：インフアレシヤル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パック法に関する技術資料，http://www.eanet.asia/jpn/docea_f.html (2019.1.11アクセス)
- 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> (2018.1.5アクセス)
- 8) 恵花孝昭，野口泉，樋口慶郎：2009.0式パッシブサンプラー法におけるSO₂捕集剤の検討(第2報)，第50回大気環境学会年会講演要旨集，p.437
- 9) 福井哲央，國領和夫，馬場剛，神成陽容：大気汚染物質排出インベントリーEAGrid2000-Japanの年次更新．大気環境学会誌，**49**，117-125，2014

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考えられる。一方、SO₂、NO_xおよびNH₃排出量の状況も成分濃度や沈着量に反映され则认为られる。これらのことから、ここでは気象庁発表の気象概況および大気汚染物質排出量の状況を示す。

3.1 気象概況

2017年の概況は、次のとおりであった。梅雨前線の活動が活発となった時期があり、「平成29年7月九州北部豪雨」など記録的な大雨となった所があった。新潟県や秋田県などでも大雨となった日があった。8月は北・東日本太平洋側で、10月は北～西日本で曇りや雨の日が多く、不順な天候となった。沖縄・奄美では、夏は太平洋高気圧に覆われ晴れた日が多く、秋には南から暖かい空気が流れ込みやすかったため、気温のかなり高い状態が続いた。8月、9月は、2か月続けて記録的な高温となった。

春（3～5月）の概況は、次の通りであった。平均気温は、北・東・西日本で高く、沖縄・奄美では平年並だった。降水量は、北・東日本日本海側ではかなり少なく、北・東日本太平洋側、西日本で少なかった。沖縄・奄美では平年並だった。日照時間は、東日本と西日本日本海側でかなり多く、北日本、西日本太平洋側で多かった。沖縄・奄美では平年並だった。

夏（6～8月）の概況は、次の通りであった。平均気温は、沖縄・奄美でかなり高く、東・西日本で高かった。北日本で平年並だった。降水量は、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、東日本太平洋側、西日本日本海側と沖縄・奄美で少なかった。北・西日本太平洋側では平年並だった。日照時間は、東日本日本海側、西日本と沖縄・奄美で多かった。北日本と東日本太平洋側では平年並だった。

秋（9～11月）の概況は、次の通りであった。平均気温は、沖縄・奄美でかなり高かった。一方、北日本で低かった。東・西日本では平年並だった。降水量は、東日本太平洋側と西日本でかなり多く、北日本と東日本日本海側、沖縄・奄美で多かった。日照時間は、西日本でかなり少なく、沖縄・奄美で少なかった。北・東日本では平年並だった。

冬（12～2月）の概況は、次の通りであった。気温は、全国的に低く、特に西日本では32年ぶりの寒い冬となった。降雪量は西日本日本海側ではかなり多く、東日本日本海側は多かった。また、北～西日本日本海側では記録的な大雪となった所があったほか、北・東日本太平洋側でも大雪の降った日があった。日照時間は、東日本太平洋側ではかなり多く、西日本太平洋側でも多かった。¹⁾

黄砂観測日数は2016年度が11日に対し、2017年度は5日で、5月と3月に観測された²⁾。

2017年度の各月における降水量、気温および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、中国およびインド、極東ロシアが多い³⁾。図3.2.1に中国のSO₂、NO_x排出量のトレンド^{4,5)}を示した。NO_x排出量は2011年からNational Bureau of Statistics of Chinaの報告において自動車起源が加算されたため、グラフに*印を付けて示した。図3.2.1と図3.2.2に示した中国、韓国および日本のエネルギー消費のトレンド⁶⁾は2010年頃まで類似傾向にあった。SO₂排出量については、1990年代半ばから2000年頃までは排出量がやや停滞したがその後再び増加し、2007年以降漸減したとの報告⁷⁾があるが、図3.2.1より、その排出量は2015年まで多いままであった。2016年以降は減少したが、今後も傾向を注視する必要がある。NO_x排出量については、2011年以降減少傾向にある。

国内における人為発生源由来の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発生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⁾。

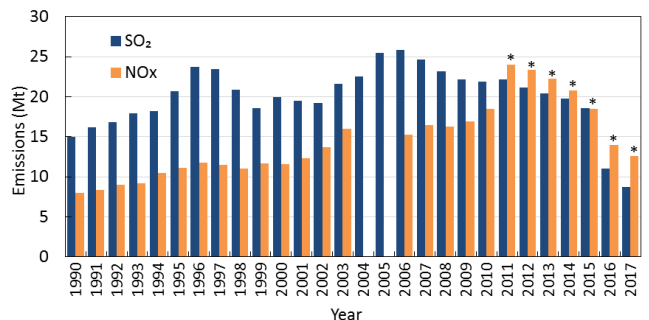


図3.2.1 中国におけるSO₂およびNO_x排出量⁴⁾
(*2011年以降はNO_xに自動車起源が加算)

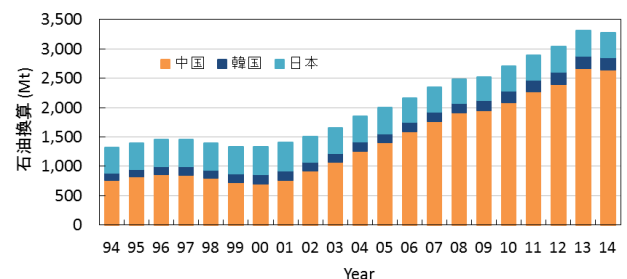


図3.2.2 中国、韓国および日本のエネルギー消費のトレンド

表3.1.1 気象概況¹⁾

平均気温

4月	北・西日本で高かった。東日本、沖縄・奄美では平年並だった。
5月	北・東・西日本でかなり高かった。境、米子(以上鳥取県)、西郷(島根県)、下関(山口県)、厳原(長崎県)で5月の月平均気温の高い方から1位の値を更新し、他4地点で1位タイの値を記録した。沖縄・奄美では平年並だった。
6月	西日本で低かった。北・東日本と沖縄・奄美では平年並だった。
7月	北・西日本でかなり高く、東日本と沖縄・奄美で高かった。釧路(北海道)、輪島(石川県)など4地点で7月の月平均気温の高い方から1位の値を更新し、萩(山口県)、人吉(熊本県)など7地点で7月の月平均気温の高い方から1位タイの値を記録した。
8月	沖縄・奄美でかなり高く、西日本で高かった。名瀬(鹿児島県)、那覇、石垣島(以上、沖縄県)など9地点で8月の月平均気温の高い方から1位の値を更新し、延岡(宮崎県)、枕崎(鹿児島県)など5地点で8月の月平均気温の高い方から1位タイの値を記録した。北・東日本では平年並だった。
9月	沖縄・奄美でかなり高かった。沖永良部(鹿児島県)、西表島(沖縄県)など4地点で9月の月平均気温の高い方から1位の値を更新し、久米島(沖縄県)で9月の月平均気温の高い方から1位タイの値を記録した。一方、西日本では低かった。北・東日本では平年並だった。
10月	沖縄・奄美でかなり高かった。父島(東京都)で10月の月平均気温の高い方から1位の値を更新した。一方、北日本では低かった。東・西日本では平年並だった。
11月	東・西日本で低かった。一方、沖縄・奄美で高かった。北日本では平年並だった。
12月	強い寒気が断続的に流れ込んだため、全国的に気温が低く、西日本ではかなり低かった。
1月	東・西日本では強い寒気が流れ込みやすかったため、月平均気温は低かった。特に、中旬前半と下旬は顕著な低温となった。
2月	日本付近は強い寒気に覆われることが多かったため、全国的に月平均気温が低かった。
3月	日本付近は寒気が南下しにくく、南から暖かい空気が流れ込みやすかった。このため、全国的に気温が高く、北・東・西日本ではかなり高かった。東日本の月平均気温は平年差+2.5℃となり、1946年の統計開始以来3月として1位の高温となった。

降水量

4月	西日本で多かった。北・東日本、沖縄・奄美では平年並だった。
5月	東日本と西日本日本海側でかなり少なく、北日本と西日本太平洋側では少なかった。東京(東京都)、松江、西郷(以上島根県)、姫路(兵庫県)で5月の月降水量の少ない方から1位の値を更新した。沖縄・奄美では平年並だった。
6月	北日本でかなり多かった。小樽、倶知安、紋別(以上北海道)では6月の月降水量の多い方から1位の値を更新した。一方、東日本太平洋側でかなり少なく、東・西日本日本海側では少なかった。西日本太平洋側と沖縄・奄美では平年並だった。
7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。伏木(富山県)では7月の月降水量の多い方から1位の値を更新した。一方、東・西日本太平洋側と沖縄・奄美では少なかった。八丈島(東京都)では7月の月降水量の少ない方から1位の値を更新した。北日本太平洋側と西日本日本海側では平年並だった。
8月	東日本日本海側でかなり多く、西日本太平洋側で多かった。一方、沖縄・奄美では少なかった。宮古島(沖縄県)では8月の月降水量の少ない方から1位の値を更新した。北日本、東日本太平洋側と西日本日本海側では平年並だった。
9月	西日本日本海側と沖縄・奄美で多かった。宮古島(沖縄県)では9月の月降水量の多い方から1位の値を更新した。一方、東日本太平洋側では少なかった。北日本、東日本日本海側と西日本太平洋側では平年並だった。
10月	北日本太平洋側と東・西日本でかなり多く、北日本日本海側と沖縄・奄美で多かった。名古屋(愛知県)、大阪(大阪府)、広島(広島県)など27地点で10月の月降水量の多い方から1位の値を更新した。
11月	東日本日本海側と沖縄・奄美で多かった。一方、北・東日本太平洋側と西日本日本海側で少なかった。宮古(岩手県)では月降水量の少ない方から1位の値を更新した。西日本太平洋側では平年並だった。
12月	北日本や東日本日本海側では気圧の谷や低気圧の影響を受けやすく、東日本日本海側の降水量はかなり多く、北日本日本海側でも多かった。特に、12日頃や27日頃は発達した低気圧や、その後の強い冬型の気圧配置により北日本や東日本日本海側を中心に大雪となった。
1月	中旬前半と下旬は冬型の気圧配置が強まり、日本海側では東・西日本中心に大雪となる時期があり、月降雪量は東・西日本日本海側で多かった。
2月	冬型の気圧配置の日や高気圧に覆われる日が多く、低気圧や前線の影響を受けることが少なかったため、東日本太平洋側では月降水量がかなり少なかった。
3月	北・東・西日本では、南から湿った空気が流れ込みやすく、降水量が多く、北日本と東日本太平洋側でかなり多かった。東日本太平洋側の月降水量は平年比163%となり、1946年の統計開始以来3月として1位の多雨となった。

日照時間/積雪

4月	北・東日本太平洋側、西日本と沖縄・奄美で多かった。北・東日本日本海側では平年並だった。
5月	東日本日本海側と西日本でかなり多く、北日本と東日本太平洋側で多かった。福江(長崎県)、牛深(熊本県)で5月の日照時間の多い方から1位の値を更新した。沖縄・奄美では平年並だった。
6月	東日本でかなり多く、北日本太平洋側と西日本で多かった。諏訪(長野県)では6月の日照時間の多い方から1位の値を更新した。一方、北日本日本海側と沖縄・奄美では少なかった。
7月	北日本太平洋側でかなり多く、北日本日本海側と東日本太平洋側で多かった。苫小牧(北海道)、沖永良部(鹿児島県)、南大東島(沖縄県)では7月の月間日照時間の多い方から1位の値を更新した。東日本日本海側、西日本、沖縄・奄美では平年並だった。
8月	北・東日本太平洋側でかなり少なく、北・東日本日本海側で少なかった。大船渡(岩手県)、仙台(宮城県)、東京(東京都)では8月の月間日照時間の少ない方から1位の値を更新した。一方、沖縄・奄美ではかなり多かった。西表島(沖縄県)では8月の月間日照時間の多い方からの1位の値を更新した。西日本では平年並だった。
9月	北日本と東日本日本海側でかなり多く、東日本太平洋側と沖縄・奄美で多かった。一方、西日本で少なかった。
10月	北・東・西日本でかなり少なかった。酒田(山形県)、上野(三重県)、洲本(兵庫県)など5地点で10月の月間日照時間の少ない方からの1位の値を更新した。沖縄・奄美では平年並だった。
11月	日照時間は沖縄・奄美でかなり少なく、北日本日本海側で少なかった。江差(北海道)では月間日照時間の少ない方からの1位タイの値を記録した。一方、東日本と西日本日本海側で多かった。豊岡(兵庫県)では月間日照時間の多い方から1位の値を更新した。北・西日本太平洋側では平年並だった。降雪の深さ月合計は北日本日本海側で多かった。むつ(青森県)では降雪の深さ月合計値の多い方からの1位を更新した。北・東日本太平洋側では平年並だった。月最深積雪は、北日本で多いところが多かった。
12月	冬型の気圧配置となる日が多く、日照時間は北日本日本海側と沖縄・奄美でかなり少なく、東・西日本日本海側で少なかった。一方、東日本太平洋側では多かった。
1月	22日から23日にかけて、低気圧が発達しながら本州の南岸沿いを進んだ影響で、関東甲信地方や東北太平洋側では大雪となった。
2月	しばしば冬型の気圧配置が強まって日本海側では上旬後半と中旬前半を中心に、発達した雪雲が日本海から盛んに流れ込み、北陸地方を中心に記録的な大雪となった所があった。
3月	移動性高気圧に覆われやすく、寒気の影響も弱かったため、全国的に日照時間が多く、東・西日本と沖縄・奄美ではかなり多かった。月間日照時間は、東日本日本海側で平年比141%、西日本日本海側で平年比137%、沖縄・奄美で平年比171%となり、いずれも1946年の統計開始以来3月として1位の多照となった。

－ 引用文献 －

- 1) 気象庁報道発表資料, <http://www.jma.go.jp/jma/press/tenko.html> (2018.10.11アクセス)
- 2) 気象庁：黄砂, http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_table_1.html (2018.10.11アクセス)
- 3) J. Kurokawa, T. Ohara, T. Morikawa, S. Hanayama, G. Janssens-Maenhout, T. Fukui, K. Kawashima, and H. Akimoto: Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000-2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2, *Atmos. Chem. Phys.*, **13**, 11019-11058, 2013
- 4) National Bureau of Statistics of China, <http://english.mee.gov.cn/Resources/Reports/> (2018.10.11アクセス)
- 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/> (2018.10.11アクセス)
- 7) 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, 2013
- 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

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、2017年度のとりまとめについて報告する。

2017年度の湿性沈着調査に対し、44機関63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）。

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前に、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。

2017年度は、月間データでは756個中14データ（1.9%）が除外され、年間データでは63地点中1地点が除外された。除外された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も、原則としてその期間のデータを参考値扱いとした。

4.1.2 イオンバランス（ R_1 ）および電気伝導率バランス（ R_2 ）と分析精度管理調査結果

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）」²⁾に従って、イオンバランス（以下、 R_1 ）および電気伝導率バランス（以下、 R_2 ）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。

完全度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747個のデータ中、 R_1 が許容範囲内にあったデータは709個（適合率94.9%）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729個（適合率97.6%）であった。 R_1 および R_2 の分布を図4.1.1に示す。2005～2017年度における R_1 および R_2 の適合率は、 R_1 : 92～97%、 R_2 : 94～99%の範囲にあり高いレベルで保たれている^{1,3,-13)}。

次に、分析精度管理調査について検討した。環境省が国設酸性雨測定所（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。環境省の協力のもと、2017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）14機関を除き39機関（以下、精度管理参加機関）がこの調査に参加した。このうち全環研の全国酸性雨調査に参加している機関（以下、全環研報告機関）は33機関であった。

精度管理機関による測定成分毎のフラグ数と相対標準

表4.1.1 イオンバランス（ R_1 ）および電気伝導率バランス（ R_2 ）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

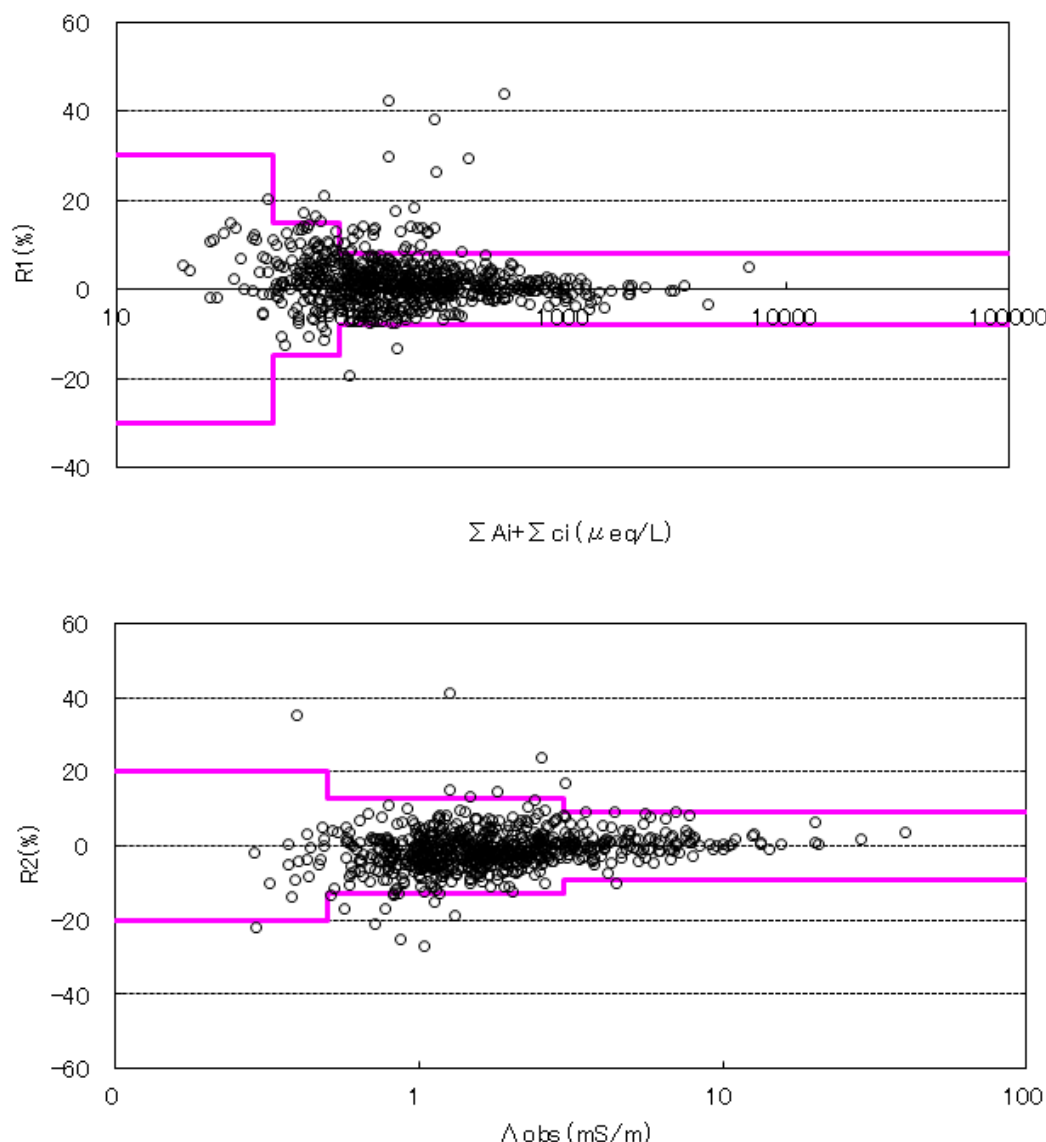


図4.1.1 イオンバランス(R_1)と総イオン濃度($\Sigma A_i + \Sigma C_i$)および電気伝導率バランス(R_2)と実測値との比較

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（DQ0：Data Quality Objectives，分析の正確さ：±15%）を用い、DQ0の2倍まで（±15%～±30%）の測定値にはフラグEを、DQ0の2倍（±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、酸性雨測定分析機関間比較調査結果報告書¹⁴⁾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DQ0を満たすデータが95.9%，フラグEまたはフラグXが付いたデータは、それぞれ1.8%および2.3%であった。また、低濃度試料では、DQ0を満たすデータが89.5%，フラグEまたはフラグXが付いたデータは、それぞれ6.4%および4.1%であった。フラグ付与率は高濃度試料、低濃度試料とも2016年度¹³⁾と同程度で

あるが、2017年度は R_1 や R_2 にフラグが付与されたデータがみられた。 R_1 や R_2 にフラグが付与されたデータは入力ミスやEC値の異常が考えられた。フラグが陽イオン（特に低濃度試料）に多く付与される傾向は2016年度¹³⁾と同様であった。

一方、国設局管理機関（18機関）の2017年度分析精度管理調査¹⁴⁾では、高濃度試料でDQ0を満たすデータは99.4%，フラグEが付いたデータは0.6%であり、フラグXが付いたデータはなかった。また、低濃度試料では、DQ0を満たすデータは96.1%，フラグEまたはフラグXが付いたデータはそれぞれ2.8%および1.1%であった。高濃度試料、低濃度試料ともpHおよび陰イオンにフラグが付与されたデータはなかった。

次に、精度管理参加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。2017年度の相対標準偏差は、高濃度試料は陰イオン：3.6～4.3%，陽イオン：3.7～8.5%，低濃度試料は陰イオン：5.0～5.4%，陽イオン：8.1～18.3%であり、2016年度¹³⁾と同様にK⁺、Ca²⁺およびMg²⁺のバラツキが大きかった。国設局管理機関における2017年度分析精度管理調査¹⁴⁾の相対標準偏差は、高濃度試料では陰イオン：2.2～2.4%，陽イオン：1.5～5.0%，低濃度試料では陰イオン：2.5～4.3%，陽イオン：4.5～13.9%であった。

以上の結果から、フラグ付与率および相対標準偏差は、全環研報告機関のほうが国設局管理機関より高かった。どの機関もおおむね精度よく測定が実施されているが、各機関において分析精度管理調査結果を有効に利用することでさらなる改善が期待できる。特に低濃度試料の陽イオンに関してはより一層の改善が望まれる。

精度管理参加機関の測定結果で相対標準偏差が大きい成分は、表4.1.2に示すように、低濃度試料では陽イオンであり、陽イオンにフラグの付与数が多かった。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はフラグが付与されたデータはなく、相対標準偏差も小さい（高濃度試料：1.8%，低濃度試料：2.1%）が、H⁺濃度に換算すると大きなバラツキが予想される。R₁およびR₂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 (μmol L⁻¹)、定量下限値は10s (μmol L⁻¹)として計算される。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DQO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に示した。定量下限値がDQOを満たしていない機関数は、SO₄²⁻で3機関と最も多く、次いでMg²⁺で2機関、Cl⁻、Na⁺およびK⁺でそれぞれ1機関であった。定量下限値がDQOを満たしていない機関のうち、分析精度管理調査の高濃度試料と低濃度試料でフラグが付与された機関数は、定量下限値がDQOを満たしていない機関があった全ての測定項目において1機関のみであった。フラグが付与されたからといって定量下限値>DQOであるということではなかったが、定量下限値>DQOの機関はフラグが付与されることが多かった。

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R₁およびR₂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る。また、分析に関する質問などがある場合には、当部会の相談窓口や各支部の担当者会議を活用していただきたい。

4.1.3 フィールドブランク

フィールドブランク（以下、FB）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

表4.1.2 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	1	0	1	1	0	1	1	1	0
	フラグX	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1
	相対標準偏差	1.6%	3.4%	3.6%	4.1%	4.3%	3.7%	8.5%	5.1%	5.7%	3.7%
		(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)
低濃度試料	フラグE	0	1	1	1	1	3	7	2	6	3
	フラグX	0	1	1	1	1	2	4	2	2	2
	相対標準偏差	1.7%	4.8%	5.0%	5.4%	5.1%	10.3%	18.3%	8.2%	8.9%	8.1%
		(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)	(n=39)

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DQOを満たしていない機関数	3	0	1	1	0	1	2	0
上記機関のうち、高濃度試料のフラグがついた機関数	1	0	0	0	0	0	0	0
上記機関のうち、低濃度試料のフラグがついた機関数	1	0	0	1	0	0	1	0
定量下限値に係るDQO(μmol L ⁻¹)	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.8
DQO:精度管理目標値								

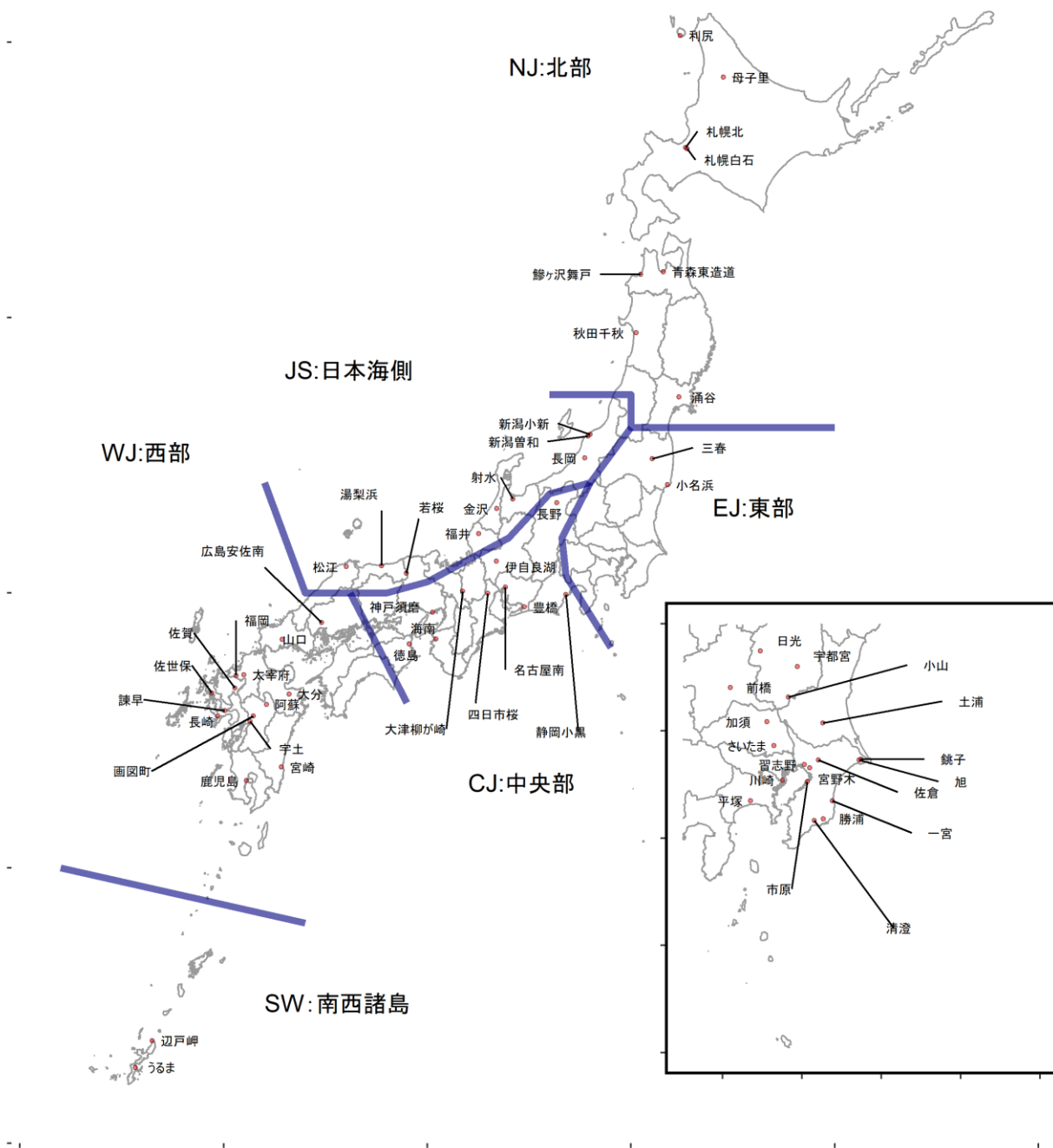


図4.2.1 地域区分

るようにとの目的から、FB試料濃度の上限値（暫定）を提案した⁴⁾。

FB試料から高濃度が検出された場合や、鳥の糞、黄砂、虫、植物片、種子などの汚染に気付いた際は、採取装置の洗浄を徹底し、チューブの交換などを実施することで、流路からの汚染を低減化する必要があると考えられる。また、現場においては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することや、ポータブルの電気伝導率計により電気伝導率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をチェックすることが望ましい。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 ECおよびイオン成分濃度

ここでは、2017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章で示したとおり、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

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 区分 ¹⁾	排出量(t km ⁻² y ⁻¹)			降水量 (mm)	pH	EC (mS m ⁻¹)	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
		SO ₂	NO _x	NH ₃														
利尻	NJ	0.81	0.44	0.02	961	4.78	5.73	30.7	13.2	20.7	325.6	25.1	288.6	7.8	10.6	4.2	17.5	16.6
母子里	NJ	0.08	0.50	0.46	(1705)	(5.05)	(2.53)	(15.9)	(10.3)	(18.1)	(107.2)	(22.5)	(92.6)	(5.0)	(8.4)	(6.3)	(11.6)	(9.0)
札幌北	NJ	2.76	14.57	1.15	1117	4.95	1.82	11.3	7.5	9.4	74.9	14.8	62.9	2.0	3.7	2.3	7.7	11.2
札幌白石	NJ	2.72	14.72	1.27	1133	4.90	2.23	14.3	9.7	12.7	88.3	19.1	75.8	2.5	5.1	3.4	8.7	12.5
青森東造道	NJ	0.74	2.19	0.42	1366	4.80	5.07	27.5	13.5	19.4	272.2	19.8	230.9	6.0	9.6	4.5	26.3	16.0
鯉ヶ沢舞戸	NJ	0.12	0.61	0.44	1431	4.86	6.67	33.3	12.8	19.4	397.0	18.5	338.1	8.3	12.0	4.4	38.7	13.9
涌谷	NJ	1.07	3.64	2.28	1095	5.08	0.95	7.1	6.0	8.2	22.0	11.6	18.1	0.6	1.5	1.1	2.1	8.4
秋田千秋	NJ	3.40	4.17	0.48	1802	4.86	4.04	24.6	13.0	19.9	220.1	25.0	190.6	5.5	8.2	3.9	21.4	13.9
三春	EJ	0.64	3.60	1.29	945	5.10	0.80	8.0	7.3	13.2	10.4	13.3	10.5	0.8	4.5	4.2	1.5	8.0
小名浜	EJ	9.47	11.50	0.78	1130	4.98	2.22	16.1	10.7	14.2	94.4	15.6	89.3	4.5	2.5	0.8	8.2	10.5
新潟曾和	JS	1.41	6.04	1.00	2199	4.82	3.77	21.3	10.9	16.3	201.8	19.3	172.0	4.5	6.7	2.8	19.9	15.2
長岡	JS	0.66	2.83	0.59	2913	4.82	3.81	22.3	12.0	18.0	200.1	21.7	170.5	4.4	6.4	2.6	19.7	15.2
新潟小新	JS	1.45	6.42	1.28	(1293)	(4.88)	(2.28)	(14.6)	(9.5)	(15.1)	(98.2)	(18.8)	(83.2)	(2.7)	(4.2)	(2.4)	(9.6)	(13.2)
日光	EJ	0.09	0.45	0.16	2074	5.06	0.73	6.8	6.5	8.2	6.0	7.4	4.8	0.7	2.1	2.0	0.8	8.7
宇都宮	EJ	1.63	6.12	2.53	1443	5.04	1.24	12.5	11.8	20.6	15.2	28.2	12.5	1.1	4.4	4.1	1.9	9.2
小山	EJ	1.55	7.42	2.71	1273	5.16	1.37	12.6	11.4	22.0	25.0	30.6	19.9	1.5	8.8	8.4	3.3	6.8
加須	EJ	1.06	10.36	2.83	1198	4.92	1.33	11.7	10.9	24.4	18.3	25.2	13.7	0.9	4.6	4.3	2.0	12.0
さいたま	EJ	3.70	28.65	4.67	1558	4.91	1.52	11.4	9.4	20.3	37.6	21.5	32.0	1.1	3.5	2.8	3.9	12.4
土浦	EJ	0.90	4.54	3.09	1147	5.07	1.29	10.9	9.1	17.1	34.3	23.2	29.8	2.1	4.9	4.2	3.6	8.5
前橋	EJ	1.89	7.58	6.83	1136	5.04	1.03	9.6	9.3	18.5	8.2	28.4	4.8	0.8	2.4	2.3	1.0	9.1
市原	EJ	9.71	36.61	2.79	1188	5.10	1.33	15.5	12.7	9.8	52.8	14.5	46.6	0.2	6.2	5.1	5.6	7.9
銚子	EJ	8.61	6.89	3.67	1829	5.49	2.11	13.0	6.4	8.8	129.9	19.2	108.7	1.5	2.9	0.6	10.4	3.2
一宮	EJ	0.11	1.12	0.85	1674	5.17	1.87	11.3	5.2	7.5	115.7	7.7	99.3	0.8	2.8	0.7	9.4	6.8
旭	EJ	8.59	6.93	3.87	1527	5.82	1.08	7.5	4.8	6.7	51.6	28.2	44.1	0.3	0.7	0.2	2.7	1.5
佐倉	EJ	1.72	15.47	2.54	1448	5.23	0.97	9.9	8.1	11.4	34.7	12.6	30.0	0.3	3.7	3.0	3.4	5.9
清澄	EJ	0.08	0.64	0.84	2084	5.24	2.12	14.6	8.3	9.2	120.3	6.9	103.0	2.7	7.7	5.4	11.5	5.8
勝浦	EJ	0.09	0.60	0.60	1983	5.15	2.14	12.4	4.8	5.1	144.7	5.1	124.3	2.0	2.8	0.3	12.4	7.1
習志野	EJ	7.35	31.11	3.69	1107	5.16	0.94	9.0	7.1	9.6	36.5	8.8	30.4	0.0	2.9	2.2	3.2	6.9
宮野木	EJ	8.33	29.28	3.36	1181	5.19	1.08	9.3	7.6	8.7	32.4	9.1	28.2	1.0	6.2	5.6	4.4	6.5
平塚	EJ	0.52	10.46	2.61	1672	5.06	2.19	13.3	7.8	15.8	107.1	20.9	90.9	2.9	5.4	3.4	10.6	8.6
川崎	EJ	11.95	55.76	3.48	1619	5.13	2.02	16.5	12.5	14.3	76.8	23.2	66.0	4.9	7.7	6.3	7.2	7.4
長野	CJ	0.87	2.64	0.57	815	5.05	0.72	6.5	6.3	9.8	4.7	11.4	3.3	0.5	2.3	2.2	1.1	8.9
静岡小黒	CJ	2.07	6.27	1.08	2373	5.07	1.76	9.8	5.2	8.6	84.7	6.8	73.2	1.4	2.9	1.3	8.4	8.6
射水	JS	5.03	11.55	1.43	2889	4.82	3.37	17.8	9.9	15.8	151.3	18.2	131.3	3.9	5.7	2.8	15.5	15.2
金沢	JS	1.49	3.78	0.97	3236	4.71	3.43	19.6	11.5	17.2	149.2	17.1	133.0	4.1	6.2	3.3	16.0	19.5
福井	JS	1.31	4.50	0.68	2477	4.79	3.89	23.7	13.6	21.4	190.9	17.2	165.8	4.6	7.8	4.1	17.7	16.1
伊自良湖	CJ	1.12	3.14	1.25	2977	4.75	1.29	9.8	8.9	15.3	17.8	12.2	14.8	0.6	2.2	1.9	1.9	17.7
豊橋	CJ	1.42	6.49	3.81	1753	5.17	1.27	9.7	7.4	12.4	44.4	11.4	37.7	1.2	5.4	4.6	4.8	6.7
名古屋南	CJ	8.83	35.50	3.82	1555	4.99	1.21	11.2	10.5	15.9	15.3	18.8	12.9	1.1	2.9	2.6	1.7	10.3
四日市桜	CJ	2.57	12.56	2.08	2030	4.80	1.30	9.3	8.2	16.2	22.1	20.2	18.6	0.8	1.6	1.2	1.8	15.9
大津柳が崎	CJ	1.46	10.52	1.29	1722	4.79	1.20	9.4	8.9	15.8	10.9	14.3	9.5	1.1	2.1	1.9	1.1	16.3
神戸須磨	CJ	6.64	18.72	1.13	1132	4.77	1.72	14.5	11.5	15.0	57.0	11.4	49.6	1.4	5.3	4.2	5.8	17.0
海南	CJ	8.04	10.56	0.94	1545	4.98	1.32	9.7	7.7	12.0	38.7	8.1	33.2	1.4	3.6	2.8	4.0	10.4
若桜	JS	0.01	0.29	0.28	2032	4.63	1.81	12.7	10.2	12.8	49.5	8.1	41.3	2.0	3.5	2.6	5.6	23.4
湯梨浜	JS	0.10	0.72	0.77	1794	4.60	3.65	23.3	12.6	17.4	213.4	10.1	176.9	4.5	7.0	3.1	19.4	25.2
松江	JS	0.26	1.38	0.50	1903	4.69	3.47	19.8	12.0	24.3	149.7	18.8	127.7	3.2	6.7	3.8	15.3	20.5
広島安佐南	WJ	1.89	7.35	0.99	1914	4.54	1.87	11.8	10.8	22.8	19.3	7.0	16.9	0.9	2.7	2.4	2.5	28.6
山口	WJ	1.17	7.33	0.57	1812	4.85	1.57	13.6	11.5	15.8	35.4	11.5	34.1	2.5	4.6	3.8	4.2	14.0
徳島	CJ	1.10	4.60	1.46	1599	4.85	1.88	11.6	7.2	11.1	87.6	10.9	73.0	2.2	4.3	2.6	8.6	14.0
太宰府	WJ	2.44	12.89	1.92	1343	4.85	1.61	12.9	10.4	14.0	44.4	15.3	40.5	1.2	4.0	3.0	4.6	14.2
福岡	WJ	1.52	9.07	1.44	2162	4.86	2.16	15.5	10.6	15.8	95.8	14.3	80.8	2.3	4.7	2.9	9.4	13.7
佐賀	WJ	1.20	3.87	1.46	1779	4.74	1.61	12.5	10.7	12.0	33.7	15.4	30.3	1.0	2.8	2.1	3.7	18.3
佐世保	WJ	4.82	8.15	1.34	1730	5.28	2.24	16.0	12.7	15.9	68.2	15.0	54.8	2.5	29.4	28.2	10.3	5.2
長崎	WJ	0.57	2.86	0.61	1066	5.01	0.99	10.1	9.0	11.2	22.4	13.3	19.0	0.8	1.8	1.4	2.5	9.8
諫早	WJ	3.81	5.35	1.25	2123	4.72	1.55	12.4	10.7	11.4	34.9	12.2	28.9	1.0	3.7	3.1	5.0	18.9
阿蘇	WJ	0.22	0.76	1.62	2655	4.74	1.21	12.5	12.0	9.1	12.6	12.4	9.4	0.8	2.2	2.0	1.3	18.4
宇土	WJ	1.19	5.04	1.36	2203	4.75	1.22	10.8	10.0	9.2	17.6	9.4	14.0	0.8	1.9	1.6	1.8	17.6
画図町	WJ	0.95	4.88	2.72	1924	4.74	1.11	11.0	10.5	9.9	11.3	13.2	8.9	0.8	2.2	2.0	1.5	18.3
大分	WJ	11.58	17.02	1.16	2396	4.70	1.59	13.9	12.7	11.2	23.9	10.7	20.2	0.6	2.5	2.0	2.5	19.9
宮崎	WJ	0.31	1.84	1.02	3374	4.90	1.70	11.8	7.8	8.3	77.8	10.3	66.5	1.4	4.2	2.7	7.7	12.7
鹿児島	WJ	1.00	3.55	1.31	1645	4.47	3.11	23.4	18.7	11.7	102.3	13.7	78.3	2.5	5.8	4.0	8.5	33.9
辺戸岬	SW	0.00	0.03	0.32	1508	4.99	8.14	29.3	5.2	8.6	562.4	5.9	486.3	8.8	15.1	4.2	68.4	10.3
うるま	SW	10.14	9.25	1.28	2153	5.50	1.53	9.9	5.7	8.0	78.7	9.9	68.9	1.4	11.0	9.4	8.9	3.2
最低値					815	4.47	0.72	6.5	4.8	5.1	4.7	5.1	3.3	0.0	0.7	0.2	0.8	1.5
最高値					3374	5.82	8.14	33.3	18.7	24.4	562.4	30.0	486.3	8.8	29.4	28.2	68.4	33.9
加重平均値※					1752	4.87	2.18	14.5	9.8	13.8	92.0	14.8	78.8	2.2	5.2	3.4	9.2	13.4

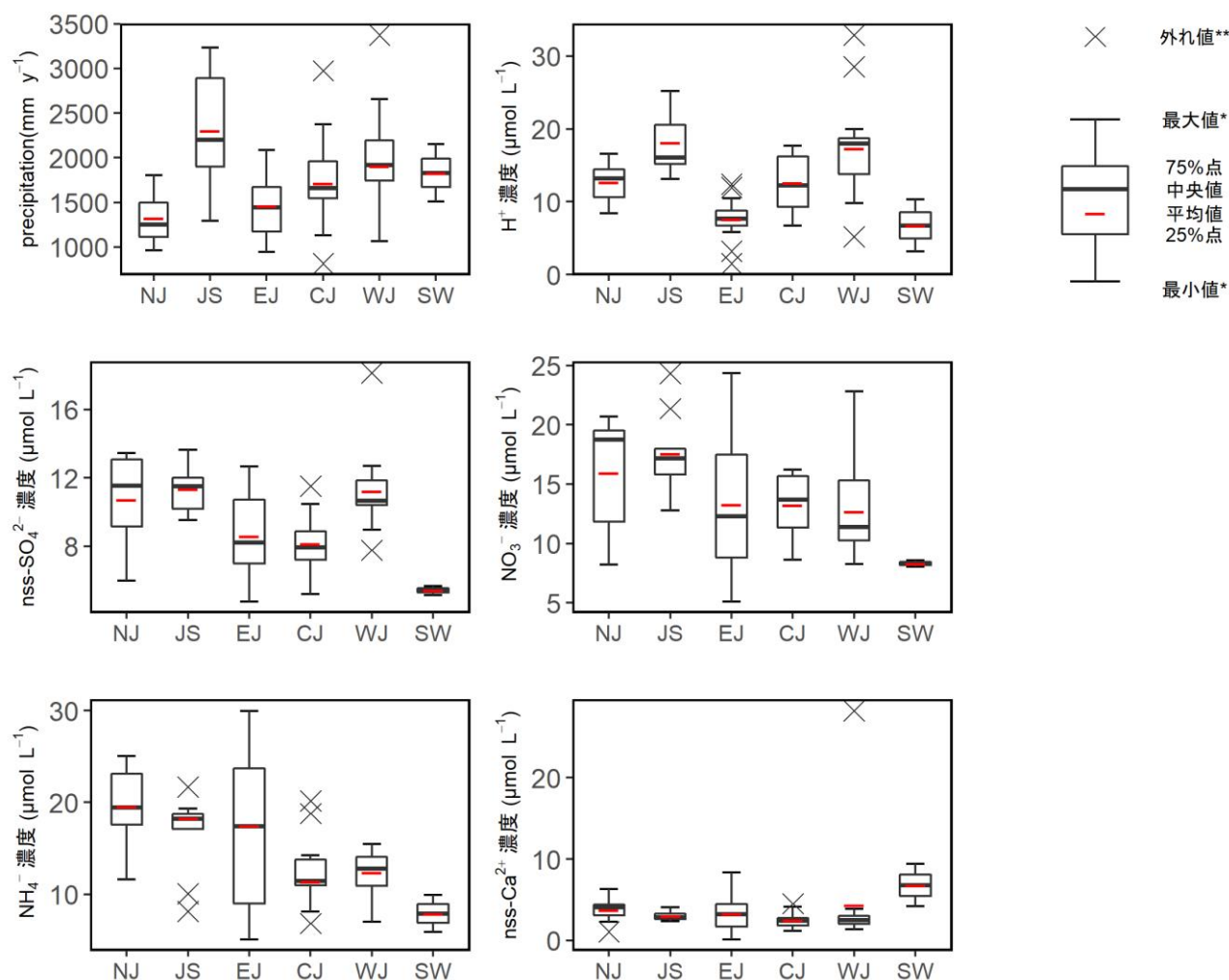
¹⁾地域区分 (NJ:北部、JS:日本海側、EJ:東部、CJ:中央部、WJ:西部、SW:南西諸島)

※降水量は、単純平均値

最大値: 白抜き

最小値: 斜体

参考値: (括弧)



** 箱の端からの距離が箱の長さの1.5倍以上

* 外れ値を除いた最大値または最小値

図4.2.2 主要イオン成分の年加重平均濃度の分布

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)」「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

2017年度の年間データが有効となった地点 (62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、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。

2017年度の年間降水量は、815 (長野) ~ 3,374 mm (宮崎) の範囲にあり、単純平均は1,752 mmであった。地域別では、日本海側で多く、北部で少ない傾向を示した。年間平均pHは、4.48 (鹿児島) ~ 5.82 (旭) の範囲で、加重平均は4.88であった。最高値を観測した旭は周辺に大規模な畜産施設があり、その影響を受けたと考えられる。

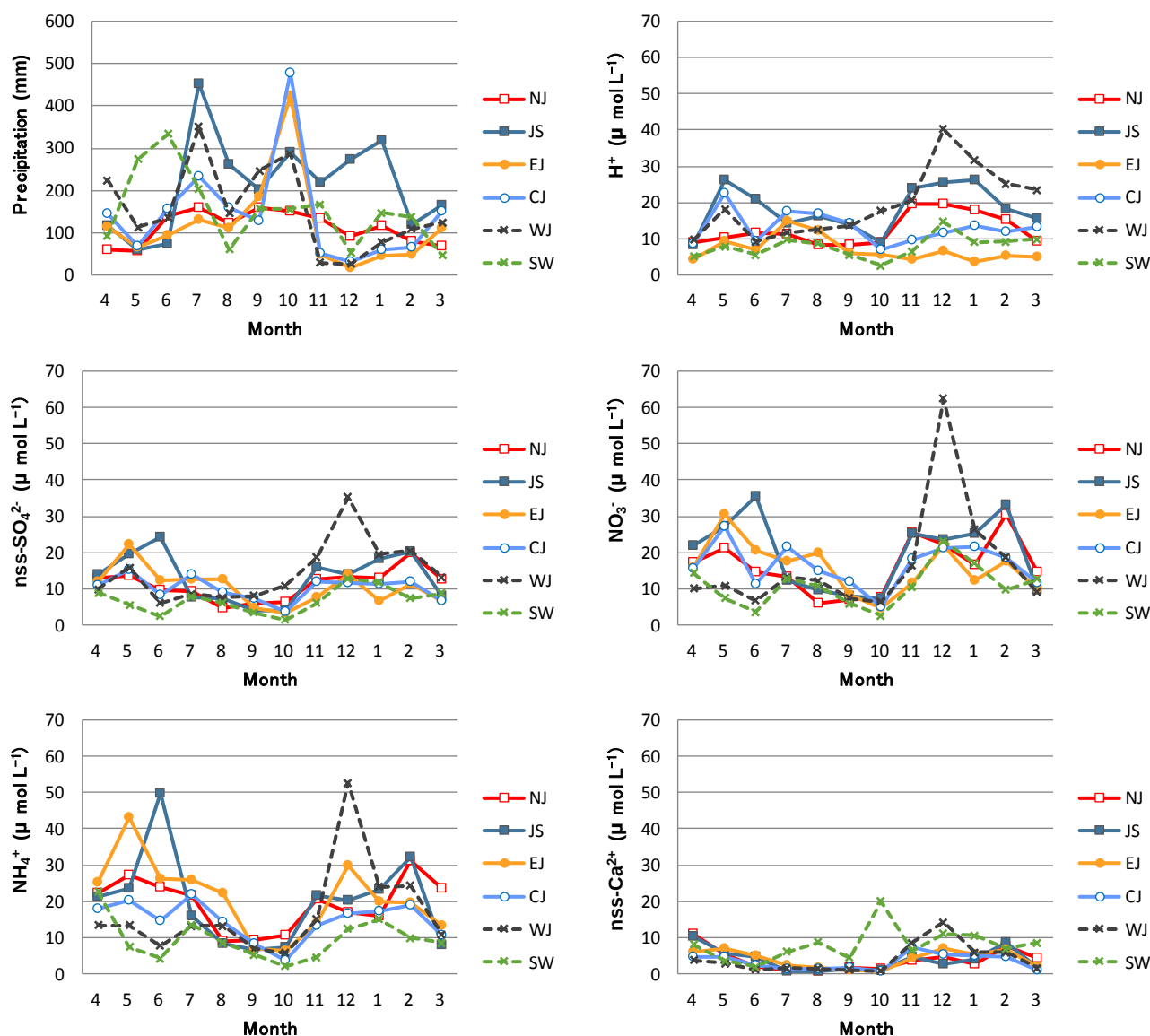


図4.2.3 イオン成分濃度の地域別季節変動（中央値）

H^+ 濃度としては、加重平均は $13.3 \mu\text{mol L}^{-1}$ であり、日本海側や西日本で高く、東部で低い傾向がみられた。

年間平均ECは、 0.72 （長野）～ 8.14 mS m^{-1} （辺戸岬）の範囲で、加重平均は 2.19 mS m^{-1} であった。

海塩粒子からの寄与を示す成分としては Na^+ が用いられる。2017年度の年間平均 Na^+ 濃度では、 3.3 （長野）～ $486.3 \mu\text{mol L}^{-1}$ （辺戸岬）の範囲で、加重平均は $79.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ であった。

次に湿性沈着の汚染状況を把握するのに重要なイオン成分（ nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ および nss-Ca^{2+} ）について記す。

降水の酸性化の原因となる酸性成分については、次のとおりであった。

年間平均 nss-SO_4^{2-} 濃度は、 4.8 （勝浦および旭）～ $18.1 \mu\text{mol L}^{-1}$ （鹿児島）の範囲で、加重平均は $9.8 \mu\text{mol L}^{-1}$ であった。地域別では、日本海側および西部で高く、南西諸

島で低い傾向を示した。

年間平均 NO_3^- 濃度は、 5.1 （勝浦）～ $24.4 \mu\text{mol L}^{-1}$ （加須）の範囲で、加重平均は $13.8 \mu\text{mol L}^{-1}$ であった。地域別では北部および日本海側で高く、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 NH_4^+ 濃度は、 5.1 （勝浦）～ $30.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ （小山）の範囲で、加重平均は $14.9 \mu\text{mol L}^{-1}$ であった。地域別では、北部および東部で高く、南西諸島で低い傾向を示した。

年間平均 nss-Ca^{2+} 濃度は、 0.2 （旭）～ $28.2 \mu\text{mol L}^{-1}$ （佐世保）の範囲で、加重平均は $3.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ であった。地域別では、南西諸島で高く、中部で低い傾向を示した。

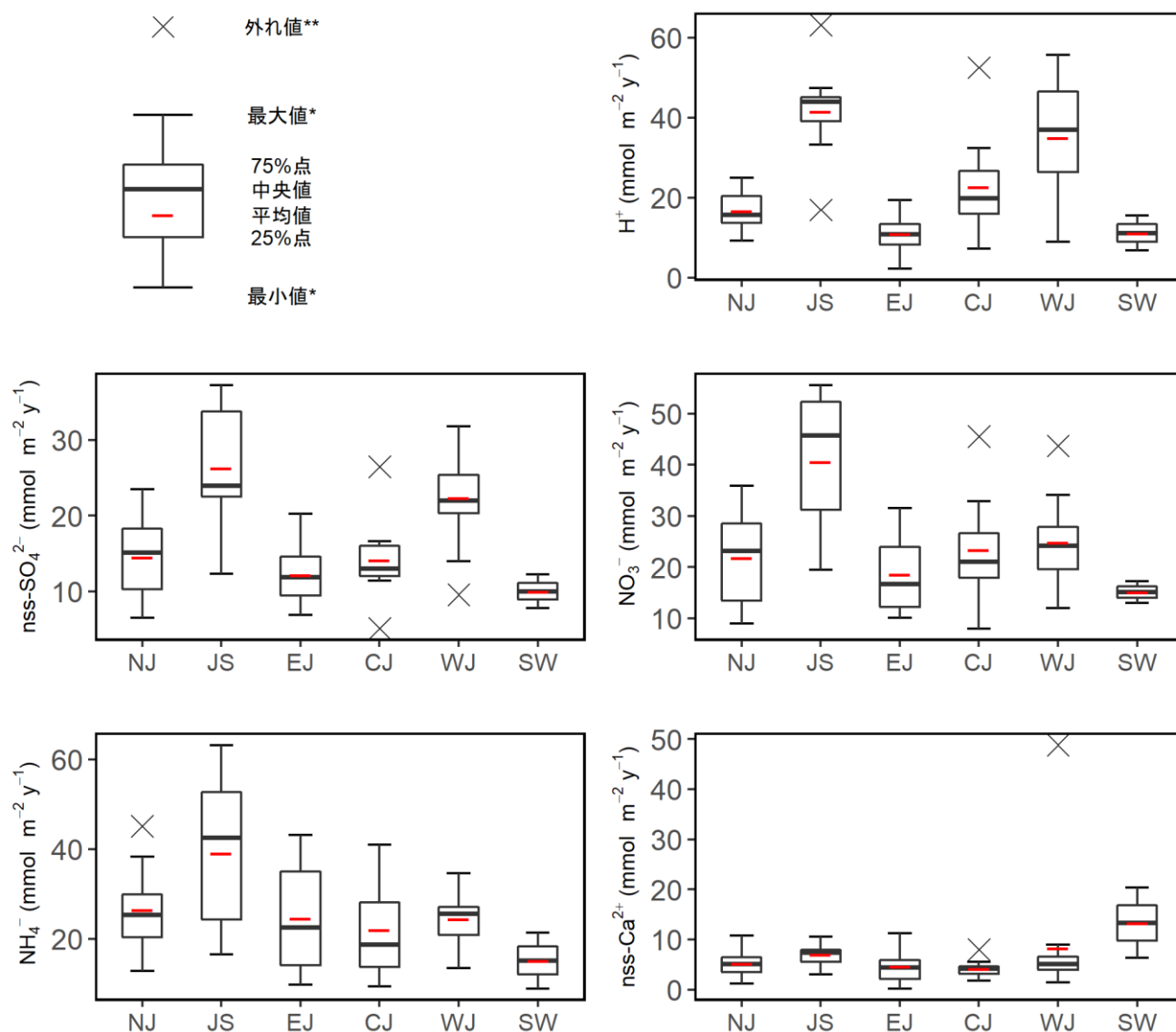
4.2.3 pHおよびイオン成分濃度の季節変動

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、2017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、データ数が比較的少ないため、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。

降水量は、南西諸島では春季に、日本海側と西部では夏季に、東部と中央部では秋季に多い傾向を示した。 H^+ 濃度は、日本海側では春季と冬季に、北部、および西部およびでは冬季に、高い傾向が見られた。

表4.3.1 降水量と主要イオン成分の年間沈着量

項目	(単位)	中央値	最小値	(地点名)
			最大値	(地点名)
降水量	(mm y^{-1})	1674	815	(長野)
			3374	(宮崎)
nss-SO_4^{2-}	($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)	15.0	5.1	(長野)
			37.3	(金沢)
NO_3^-	(〃)	21.4	8.0	(長野)
			55.6	(金沢)
NH_4^+	(〃)	24.6	8.9	(辺戸岬)
			63.2	(長岡)
nss-Ca^{2+}	(〃)	4.9	0.2	(旭)
			48.8	(佐世保)
H^+	(〃)	17.0	2.3	(旭)
			63.2	(金沢)



** 箱の端からの距離が箱の長さの1.5倍以上

* 外れ値を除いた最大値または最小値

図4.3.1 主要イオン成分年間沈着量の分布

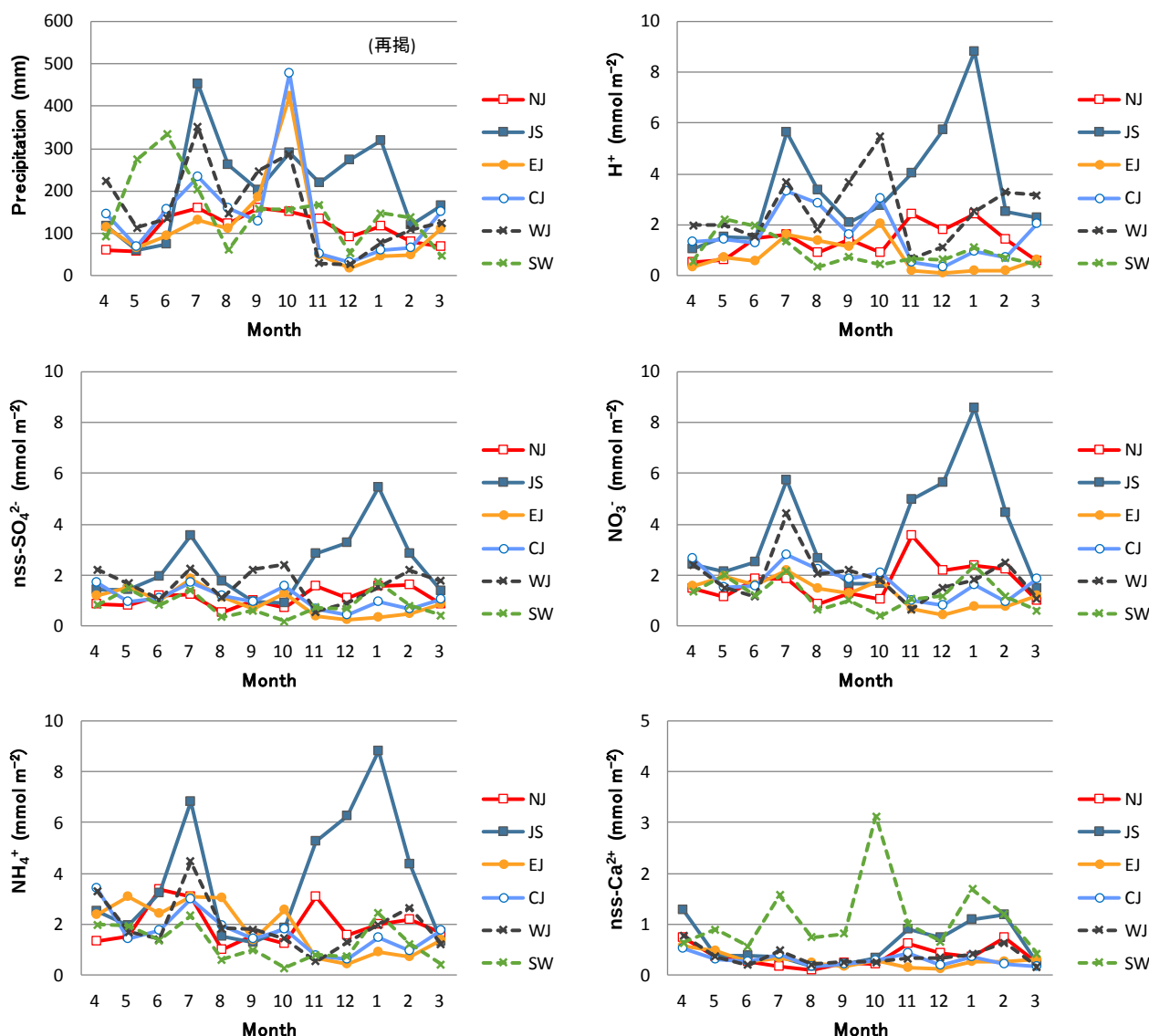


図4.3.2 イオン成分沈着量の地域別季節変動（中央値）

nss-SO_4^{2-} 濃度は、おおむねどの地域も、春季と冬季に高い傾向が見られた。

NO_3^- 濃度は、おおむねどの地域も秋季に低くなる傾向が示された。

NH_4^+ 濃度も、おおむねどの地域も秋季に低くなる傾向が示された。

nss-Ca^{2+} 濃度は、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が、春季や冬季にやや高濃度となる傾向が見られた。ただし、南西諸島ではこの限りではなかった。

濃度の季節変動において特徴的なことの一つは、ほとんどの地域において秋季に濃度が低下した。また、冬季に多くの物質の濃度が高くなる傾向も確認された。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⁾が、2006年度にはその傾向が西部でも確認され³⁾、2007～2016年度も引き続き同様の傾向がみられた⁴⁻¹²⁾。

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、地点間や地域間の比較を行った。解析対象は4.2と同様に扱った。

4.3.1 年間沈着量

2017年度の年間データが有効となった62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、図4.3.1には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。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。

H⁺およびnss-SO₄²⁻沈着量は日本海側および西部で多く、中央値はそれぞれ24.0および22.0 mmol m⁻² y⁻¹であった。

NO₃⁻沈着量は日本海側で多い傾向を示し、中央値は45.7 mmol m⁻² y⁻¹、それ以外の地域では中央値が15.1～24.2 mmol m⁻² y⁻¹の間であった。

NH₄⁺沈着量は日本海側で多く中央値は42.5 mmol m⁻² y⁻¹、それ以外の地域では中央値が15.1～25.5 mmol m⁻² y⁻¹の間であった。

nss-Ca²⁺沈着量は南西諸島で多く、中央値は13.3 mmol m⁻² y⁻¹、それ以外の地域では中央値が3.1～7.3 mmol m⁻² y⁻¹の間であった。

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4.3.2に示す。4.2.3章と同様に、月間代表値として中央値を採用した。

H⁺沈着量は、日本海側では冬季に多い傾向であり、次いで7月に多く、西部では秋季に、中央部では7月から10月にかけて多かった。同様の傾向がnss-SO₄²⁻沈着量でみられた。

NO₃⁻沈着量は日本海側で7月および11月～2月に多い傾向であり、NH₄⁺沈着量でも同様の傾向が見られた。

nss-Ca²⁺沈着量は、南西諸島で7月、10月および1月で多くなった。日本海側では11月～2月で多くなった。

－ 引用文献 －

- 1) 全国環境研協議会：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
- 2) 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，
http://www.env.go.jp/air/acidrain/man/wet_deposition/index.html
- 3) 全国環境研協議会：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
- 4) 全国環境研協議会：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
- 5) 全国環境研協議会：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
- 6) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：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
- 7) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成22年度），全国環境研会誌，**37**，110-158，2012
- 8) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成23年度），全国環境研会誌，**38**，84-126，2013
- 9) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部

会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成24年度），全国環境研会誌，**39**，100-146，2014

10) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成25年度），全国環境研会誌，**40**，98-142，2015

11) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成26年度），全国環境研会誌，**41**，3，2-37，2016

12) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成27年度），全国環境研会誌，**42**，3，83-126，2017

13) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第6次酸性雨全国調査報告書（平成28年度），全国環境研会誌，**43**，3，79-119，2018

14) 一般財団法人日本環境衛生センター アジア大気汚染研究センター：平成29年度酸性雨測定分析機関間比較調査結果報告書（大気系），2018

5. 乾性沈着（フィルターパック法）

2017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および地域区分を図5.1.1に示す。2017年度は28地点で乾性沈着調査を実施した。地域区分は、湿性沈着と同じく、北部[NJ]、日本海側[JS]、東部[EJ]、中央部[CJ]、西部[WJ]および南西諸島[SW]の6地域とした。

なお、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含まれているが、データ確定を部会基準（5.1に後述）で行ったため、特に国設局については環境省が公表したデータ¹⁾と異なる場合がある。また、成分名に付してある(g)はガス状成分を、(p)は粒子状成分をそれぞれ表す。

5.1 データ確定

5.1.1 完全度および流量変動による判定

FP法の有効データ数を表5.1.1に示す。データ確定においては、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60%以上、年データで80%以上の場合を有効データとし、それ以外を参考値として解析対象から除外した。ただし、月データの完全度が60%未満でも、年データが80%以上であれば、年平均値は解析対象とした。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は参考値または欠測とした。

これまでの調査結果から、FP法は吸引流量の変動が大きいと異常値になりやすいことがわかっている²⁾。そのた

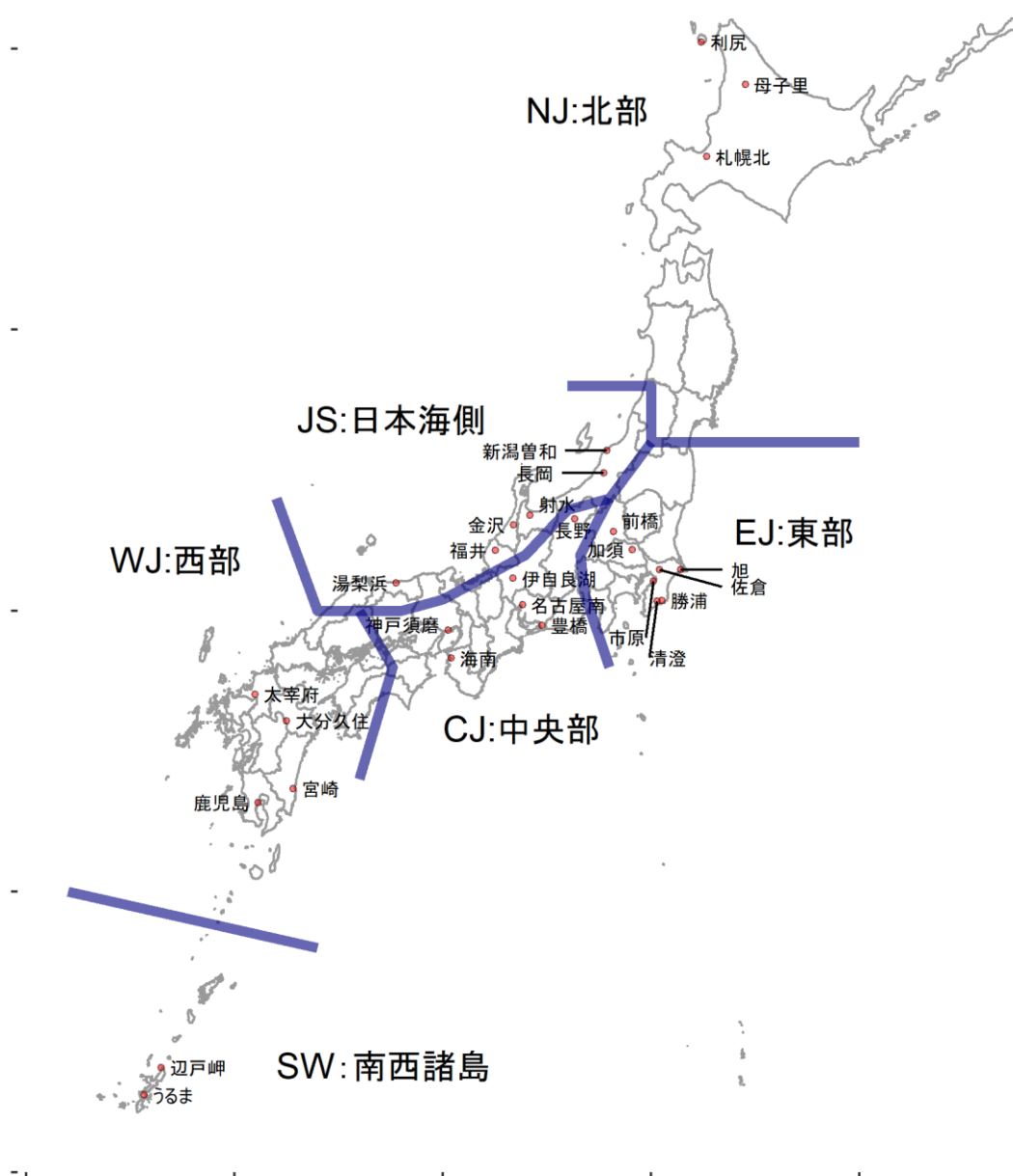


図5.1.1 FP法の調査地点（地域区分は表2.1.1のとおり）

表5.1.1 FP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						有効データ割合(%)	年平均濃度						有効データ割合(%)
		欠測数	データ数	完全度 60%未満	その他 参考値	適合数	定量下限 値未満		欠測数	データ数	完全度 80%未満	その他 参考値	適合数	定量下限 値未満	
HNO ₃ (g)	28	8	328	9	11	308	43	94	0	28	1	1	26	0	93
SO ₂ (g)	28	8	328	9	11	308	4	94	0	28	1	1	26	0	93
HCl(g)	28	8	328	9	11	308	4	94	0	28	1	1	26	0	93
NH ₃ (g)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93
SO ₄ ²⁻ (p)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93
NO ₃ ⁻ (p)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93
Cl ⁻ (p)	28	8	328	9	11	308	2	94	0	28	1	1	26	0	93
Na ⁺ (p)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93
K ⁺ (p)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93
Ca ²⁺ (p)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93
Mg ²⁺ (p)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93
NH ₄ ⁺ (p)	28	8	328	9	11	308	0	94	0	28	1	1	26	0	93

め、設定流量の変更等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(年間の平均流量と標準偏差から算出した変動係数が30%以上の場合、さらにインパクト付きでは積算流量から計算した平均流量が1.5～3.0 L min⁻¹の範囲を外れた場合)は年間を通して参考値としている。2017年度は、流量変動を理由として解析対象から除外された調査地点は1地点であった。

5.1.2 定量下限値の設定

定量下限値は、EANET³⁾の基準値(粒子：0.01 μg m⁻³，ガス：0.1 ppb)を用いた。吸引流量は1 L min⁻¹を基準とし、X L min⁻¹の場合は1/X倍した値を定量下限値とした。

なお、定量下限値の判定は、月および年平均濃度に対して行い、定量下限値未満の場合は解析対象から除外した。

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)濃度と海水中で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。

$$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p}) = \text{SO}_4^{2-}(\text{p}) - 0.0607 \times \text{Na}^+(\text{p})$$

$$\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p}) = \text{Ca}^{2+}(\text{p}) - 0.0224 \times \text{Na}^+(\text{p})$$

5.1.4 ガス・粒子間反応の測定結果への影響

サンプリング期間中、大気中と同様に、フィルター上ではガスと粒子の間で様々な可逆あるいは不可逆反応が生じていると考えられるが、フィルターに捕集された後に生じるこれらの反応によるアーティファクトを分別して評価することは困難である。そこで、前年度⁴⁾までと同様に、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))、全アンモニア(NH₃(g)+NH₄⁺(p))、全塩化物(HCl(g)+Cl⁻(p))のようにガスと粒子の総計でも評価した。

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

ガス状成分について、地点別年平均濃度を表5.2.1に、地域区分別の年平均濃度の箱ひげ図を図5.2.1に示す。粒子状成分について、地点別年平均濃度を表5.2.2に、地域区分別の年平均濃度の箱ひげ図を図5.2.2に示す。ガス状および粒子状成分の総計について、地点別年平均濃度を表5.2.3に、地域区分別の年平均濃度の箱ひげ図を図5.2.3に示す。箱ひげ図は、各地域区分の地点別年平均濃度の25%点と75%点がボックスの両端で表され、そのボックス内の黒線は中央値を、赤線は平均値を表す。エラーバーは最小値と最大値を表し、箱の端からの距離が箱の長さの1.5倍以上の値は外れ値として×で示されている。

5.2.1.1 ガス状成分

SO₂(g)の年平均濃度の範囲は5.2～117.6 nmol m⁻³(平均値32.3 nmol m⁻³)であり、最高値は市原、次いで大分久住、最低値は利尻であった。市原は重油ボイラーが多く存在する工業地帯の影響で、大分久住は阿蘇山等を起源とする火山ガスの影響でSO₂(g)濃度が高いと考えられる。SO₂(g)濃度はWJで高く、JSおよびSWで低い傾向がみられた。

HNO₃(g)の年平均濃度の範囲は2.2～39.4 nmol m⁻³(平均値13.2 nmol m⁻³)であり、最高値は神戸須磨、次いで加須、最低値は母子里であった。HNO₃(g)濃度はWJ、CJおよびEJで高く、NJおよびSWで低い傾向がみられた。

HCl(g)の年平均濃度の範囲は5.8～39.5 nmol m⁻³(平均値21.5 nmol m⁻³)であり、最高値は神戸須磨、次いで市原、最低値は母子里であった。HCl(g)濃度はSWおよびEJで高く、NJで低い傾向がみられた。

NH₃(g)の年平均濃度の範囲は16.3～3255.8 nmol m⁻³(平均値235.5 nmol m⁻³)であり、最高値は旭、次いで前橋、最低値は利尻であった。NH₃(g)濃度はEJの旭や前橋、SWのうまのように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みられた。

なお、これまでSO₂(g)、HNO₃(g)およびHCl(g)が高濃度であった「大分」でのFP法の調査は2016年度で終了した。

5.2.1.2 粒子状成分

$\text{SO}_4^{2-}(\text{p})$ の年平均濃度の範囲は17.0～54.4 nmol m^{-3} (平均値33.8 nmol m^{-3}) であり、最高値は大分久住、次いで神戸須磨、最低値は母子里であった。 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ の年平均濃度の範囲は15.8～53.1 nmol m^{-3} (平均値30.8 nmol m^{-3}) であり、最高値は大分久住、次いで神戸須磨および太宰府、最低値は母子里であった。 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度はWJで高く、NJで低い、西高東低の傾向がみられた。このような $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度の分布は、Aikawa et al. (2008)⁵⁾ が指摘しているように、アジア大陸の汚染大気の移流の影響を反映していると考えられる。

$\text{NO}_3^-(\text{p})$ の年平均濃度の範囲は7.3～51.7 nmol m^{-3} (平均値27.2 nmol m^{-3}) であり、最高値は神戸須磨、次いで旭、最低値は伊自良湖であった。 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ 濃度はEJやWJで高く、NJで低い傾向がみられた。

$\text{Cl}^-(\text{p})$ の年平均濃度の範囲は2.0～196.0 nmol m^{-3} (平均値36.7 nmol m^{-3}) であり、最高値は辺戸岬、次いでうるま、最低値は伊自良湖であった。 $\text{Cl}^-(\text{p})$ 濃度はSWで高い傾向がみられた。

$\text{Na}^+(\text{p})$ の年平均濃度の範囲は11.2～211.3 nmol m^{-3} (平均値49.2 nmol m^{-3}) であり、最高値は辺戸岬、次いでうるま、最低値は伊自良湖であった。 $\text{Na}^+(\text{p})$ 濃度はSWで高い傾向がみられた。

$\text{K}^+(\text{p})$ の年平均濃度の範囲は2.3～6.1 nmol m^{-3} (平均値3.2 nmol m^{-3}) であり、最高値は辺戸岬、次いでうるま、

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	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{HNO}_3(\text{g})$	$\text{HCl}(\text{g})$	$\text{NH}_3(\text{g})$
(nmol m ⁻³)						
1	北海道	利尻*	5.2	3.6	16.7	16.3
2	北海道	母子里*	10.5	2.2	5.8	17.5
3	北海道	札幌北*	45.8	7.2	12.3	59.2
4	新潟県	新潟曾和	11.2	9.2	23.6	67.1
5	新潟県	長岡	12.5	12.5	17.6	82.3
6	群馬県	前橋	16.9	26.2	18.2	487.3
7	埼玉県	加須*	22.7	30.4	27.0	175.1
8	千葉県	旭	16.5	5.2	16.9	3255.8
9	千葉県	勝浦	18.1	6.4	28.4	69.7
10	千葉県	清澄	31.4	6.8	24.0	72.7
11	千葉県	市原	117.6	17.5	37.0	162.7
12	千葉県	佐倉	33.9	15.1	33.3	142.2
13	長野県	長野	13.3	15.8	19.8	99.9
14	富山県	射水*	12.4	10.2	13.9	76.7
15	石川県	金沢	18.1	7.0	15.2	41.7
16	福井県	福井	(30.1)	(14.0)	(26.6)	(120.7)
17	岐阜県	伊自良湖	10.7	7.5	6.8	40.9
18	愛知県	豊橋*	28.0	17.9	23.6	145.6
19	名古屋市	名古屋南	35.6	23.6	28.7	107.2
20	和歌山県	海南*	32.9	15.3	16.1	104.9
21	兵庫県	神戸須磨*	87.9	39.4	39.5	89.4
22	鳥取県	湯梨浜*	9.3	4.9	10.7	117.3
23	福岡県	太宰府*	37.3	22.1	24.6	148.8
24	大分県	大分久住*	102.1	17.9	15.5	66.0
25	宮崎県	宮崎	(78.2)	(34.5)	(56.5)	(235.2)
26	鹿児島県	鹿児島*	81.7	11.9	26.6	92.3
27	沖縄県	うるま	17.5	3.6	23.0	331.3
28	沖縄県	辺戸岬	10.9	2.9	34.7	53.4
全国最低値			5.2	2.2	5.8	16.3
全国最高値			117.6	39.4	39.5	3255.8
全国中央値			18.1	11.1	21.4	90.9
全国平均値			32.3	13.2	21.5	235.5

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜き、定量下限値未満は斜字、参考値は()で示した。

注) 定量下限値未満及び参考値は最低値、最高値、中央値、平均値から除外した。
注) *はインパクター付きフィルターパック法による。

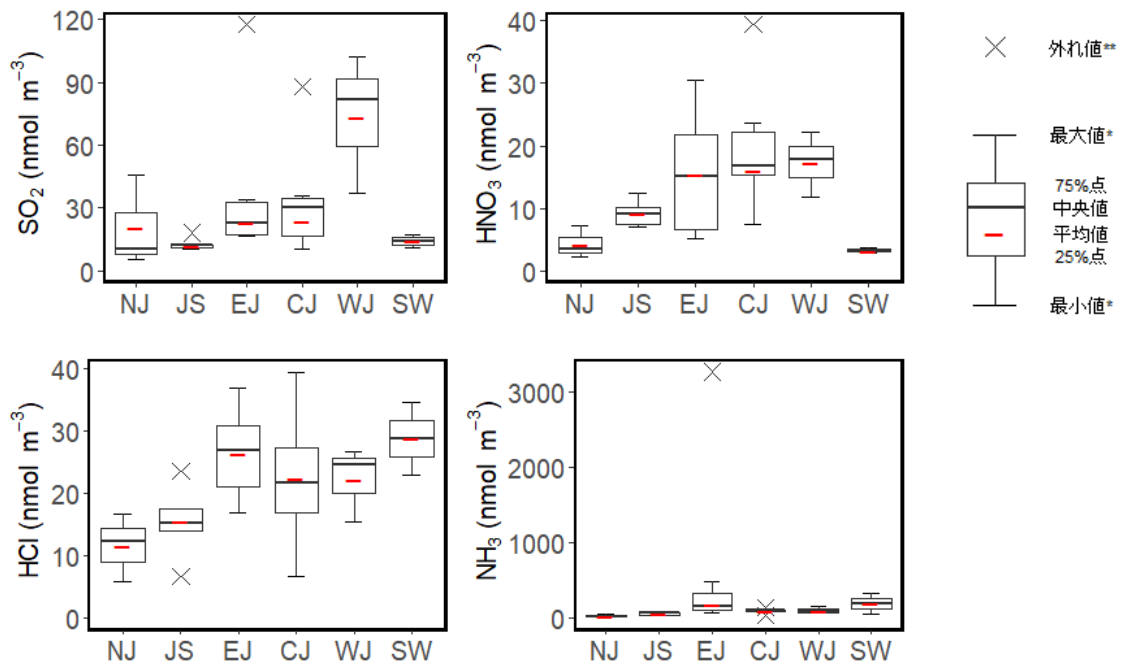


図5.2.1 ガス状成分の年平均濃度の分布（地域区分別）

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 ₄ ²⁻ (p)	nss-SO ₄ ²⁻ (p)	NO ₃ ⁻ (p)	Cl ⁻ (p)	Na ⁺ (p)	K ⁺ (p)	Ca ²⁺ (p)	nss-Ca ²⁺ (p)	Mg ²⁺ (p)	NH ₄ ⁺ (p)
(nmol m ⁻³)												
1	北海道	利尻*	24.0	19.4	10.3	67.9	75.8	3.7	3.5	1.8	8.8	25.5
2	北海道	母子里*	17.0	15.8	7.8	13.7	18.8	2.5	2.1	1.7	2.3	30.9
3	北海道	札幌北*	26.3	24.2	21.0	30.2	34.1	3.1	5.5	4.8	3.9	58.1
4	新潟県	新潟曽和	29.2	25.3	21.4	51.3	63.7	3.7	5.4	4.0	7.8	38.4
5	新潟県	長岡	27.2	25.1	20.2	22.4	34.5	3.2	4.6	3.8	4.4	42.6
6	群馬県	前橋	26.5	25.5	43.7	10.3	17.5	4.0	13.2	12.8	3.5	64.7
7	埼玉県	加須*	27.9	26.6	39.8	14.4	21.5	3.8	7.6	7.1	2.8	70.1
8	千葉県	旭	33.2	28.5	44.5	75.7	78.7	3.0	5.7	4.0	8.3	76.5
9	千葉県	勝浦	36.4	31.1	28.7	64.9	87.3	3.4	6.8	4.8	9.6	38.3
10	千葉県	清澄	31.9	28.6	23.9	30.3	53.4	2.3	4.3	3.1	5.6	36.1
11	千葉県	市原	38.3	35.5	39.1	24.8	46.6	2.4	12.4	11.4	5.5	56.0
12	千葉県	佐倉	35.0	32.7	32.9	14.3	38.4	2.4	6.1	5.3	4.0	48.5
13	長野県	長野	25.4	24.7	14.0	3.5	11.6	2.6	2.8	2.5	1.2	41.6
14	富山県	射水*	26.8	25.3	14.9	14.4	24.0	2.9	3.7	3.2	2.7	48.6
15	石川県	金沢	29.4	26.8	18.2	23.2	42.0	3.7	5.9	4.9	5.8	40.3
16	福井県	福井	(36.4)	(34.2)	(23.2)	(21.1)	(35.8)	(4.4)	(11.6)	(10.8)	(5.1)	(51.1)
17	岐阜県	伊自良湖	26.7	26.0	7.3	2.0	11.2	2.6	3.1	2.9	1.5	38.9
18	愛知県	豊橋*	32.1	30.2	29.8	20.4	31.2	3.0	7.5	6.8	5.7	61.4
19	名古屋市	名古屋南	32.0	30.3	37.6	17.1	27.2	4.1	9.2	8.5	3.7	59.6
20	和歌山県	海南*	35.7	34.0	23.3	16.0	28.1	3.0	5.9	5.2	3.6	69.7
21	兵庫県	神戸須磨*	49.1	46.0	51.7	30.6	51.9	2.6	8.5	7.4	6.2	100.8
22	鳥取県	湯梨浜*	38.7	35.4	21.3	41.7	53.4	2.6	5.5	4.3	5.5	69.1
23	福岡県	太宰府*	48.2	46.0	43.3	23.2	37.0	3.3	10.1	9.3	4.7	91.9
24	大分県	大分久住*	54.4	53.1	28.7	10.4	21.4	3.2	6.8	6.3	3.5	101.6
25	宮崎県	宮崎	(88.7)	(84.1)	(46.7)	(41.7)	(77.3)	(5.7)	(11.0)	(9.2)	(10.2)	(152.2)
26	鹿児島県	鹿児島*	47.1	44.6	30.7	29.6	41.2	2.5	8.5	7.6	5.2	91.0
27	沖縄県	うるま	36.6	29.4	26.6	105.4	118.4	4.3	19.8	17.1	15.7	33.2
28	沖縄県	辺戸岬	43.4	30.6	26.6	196.0	211.3	6.1	9.9	5.1	25.9	27.0
全国最低値			17.0	15.8	7.3	2.0	11.2	2.3	2.1	1.7	1.2	25.5
全国最高値			54.4	53.1	51.7	196.0	211.3	6.1	19.8	17.1	25.9	101.6
全国中央値			32.0	29.0	26.6	23.2	37.7	3.1	6.0	5.0	5.0	52.3
全国平均値			33.8	30.8	27.2	36.7	49.2	3.2	7.1	6.0	6.1	56.2

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜き、参考値は()で示した。

注) 参考値は最低値、最高値、中央値、平均値から除外した。

注) *はインパクタ付きフィルターバック法による。

最低値は清澄であった。K⁺(p)濃度はSWで高い傾向がみられた。

Ca²⁺(p)の年平均濃度の範囲は2.1～19.8 nmol m⁻³(平均値7.1 nmol m⁻³)、nss-Ca²⁺(p)の年平均濃度の範囲は1.7～17.1 nmol m⁻³(平均値6.0 nmol m⁻³)であり、いずれも最高値はうるま、次いで前橋、最低値は母子里であった。前年度まではCa²⁺(p)およびnss-Ca²⁺(p)濃度は、周辺のセメント工場や石灰工場の影響を受けていると考えられる市原で最高値を観測していたが、市原におけるnss-Ca²⁺(p)濃度は前年度から約70%の減少となった。新たに測定地点となったうるまの周辺にはセメント工場が位置しており、その影響を受けて高濃度になったと考えられる。

Mg²⁺(p)の年平均濃度の範囲は1.2～25.9 nmol m⁻³(平均値6.1 nmol m⁻³)であり、最高値は辺戸岬、次いでうるま、最低値は長野であった。Mg²⁺(p)濃度はSWで高い傾向がみられた。

NH₄⁺(p)の年平均濃度の範囲は25.5～101.6 nmol m⁻³(平均値56.2 nmol m⁻³)であり、最高値は大分久住、次いで神戸須磨、最低値は利尻であった。NH₄⁺(p)濃度はWJで高く、NJおよびSWで低い傾向がみられた。

全国中央値を昨年度と比較すると、調査地点は異なるが、NO₃⁻(p)およびNH₄⁺(p)は10～15%増加、Cl⁻(p)、Na⁺(p)およびMg²⁺(p)は10～15%減少した。

5.2.1.3 ガス状および粒子状成分濃度の総計

非海塩由来の全硫黄(SO₂(g)+nss-SO₄²⁻(p))の年平均濃度の範囲は24.6～155.2 nmol m⁻³(平均値63.1 nmol m⁻³)であり、最高値は大分久住、次いで市原、最低値は利尻であった。全硫黄濃度はWJで高い傾向がみられた。

全硝酸(HNO₃(g)+NO₃⁻(p))の年平均濃度の範囲は10.1～91.1 nmol m⁻³(平均値40.4 nmol m⁻³)であり、最高値は神戸須磨、次いで加須、最低値は母子里であった。全硝酸濃度はWJ、EJおよびCJで高く、NJで低い傾向がみられた。

全塩化物(HCl(g)+Cl⁻(p))の年平均濃度の範囲は8.8～230.7 nmol m⁻³(平均値58.2 nmol m⁻³)であり、最高値は辺戸岬、次いでうるま、最低値は伊自良湖であった。全塩化物濃度はSWで高い傾向がみられた。

全アンモニア(NH₃(g)+NH₄⁺(p))の年平均濃度の範囲は41.8～3332.3 nmol m⁻³(平均値291.7 nmol m⁻³)であり、最高値は旭、次いで前橋、最低値は利尻であった。全アンモニア濃度はEJの旭や前橋、SWのうるまのように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

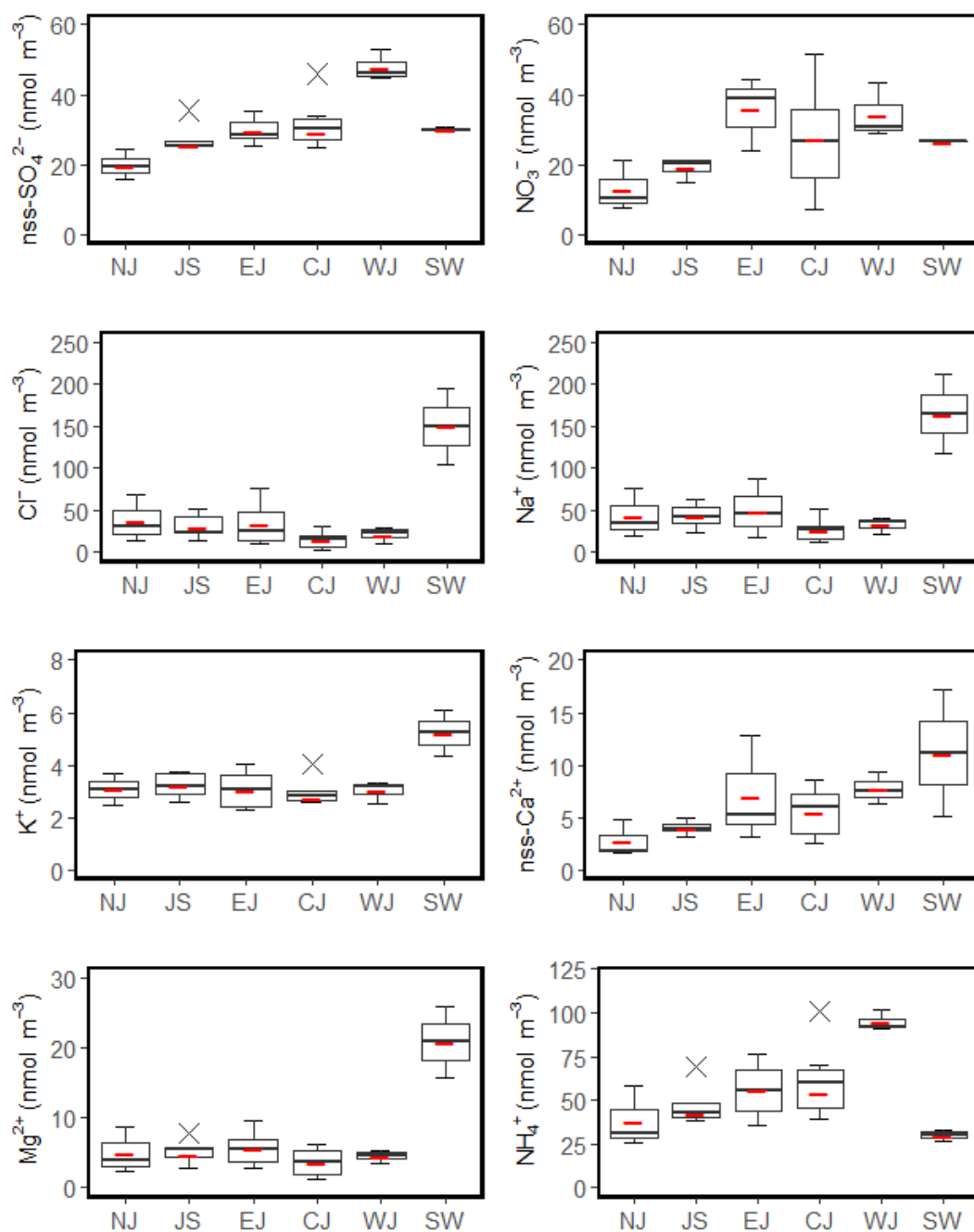


図5.2.2 粒子状成分の年平均濃度の分布（地域区別）

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)+nss:SO 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*	24.6	13.9	84.6	41.8
2	北海道	母子里*	26.3	10.1	19.5	48.3
3	北海道	札幌北*	70.0	28.2	42.5	117.3
4	新潟県	新潟曽和	36.5	30.5	74.9	105.4
5	新潟県	長岡	37.5	32.7	40.0	124.8
6	群馬県	前橋	42.4	70.0	28.4	551.9
7	埼玉県	加須*	49.3	70.2	41.4	245.2
8	千葉県	旭	44.9	49.7	92.5	3332.3
9	千葉県	勝浦	49.2	35.1	93.3	107.9
10	千葉県	清澄	60.1	30.7	54.4	108.8
11	千葉県	市原	153.1	56.6	61.8	218.7
12	千葉県	佐倉	66.6	48.0	47.7	190.7
13	長野県	長野	38.0	29.8	23.2	141.5
14	富山県	射水*	37.7	25.1	28.3	125.3
15	石川県	金沢	45.0	25.2	38.4	82.0
16	福井県	福井	(64.3)	(37.2)	(47.7)	(171.8)
17	岐阜県	伊自良湖	36.8	14.9	8.8	79.9
18	愛知県	豊橋*	58.2	47.7	43.9	207.0
19	名古屋市	名古屋南	65.9	61.1	45.8	166.8
20	和歌山県	海南*	66.8	38.6	32.1	174.6
21	兵庫県	神戸須磨*	133.9	91.1	70.1	190.2
22	鳥取県	湯梨浜*	44.8	26.2	52.4	186.4
23	福岡県	太宰府*	83.3	65.5	47.8	240.7
24	大分県	大分久住*	155.2	46.6	25.9	167.6
25	宮崎県	宮崎	(162.2)	(81.2)	(98.2)	(387.3)
26	鹿児島県	鹿児島*	126.3	42.6	56.3	183.3
27	沖縄県	うるま	46.9	30.2	128.4	364.4
28	沖縄県	辺戸岬	41.5	29.5	230.7	80.4
全国最低値			24.6	10.1	8.8	41.8
全国最高値			155.2	91.1	230.7	3332.3
全国中央値			48.0	33.9	46.7	167.2
全国平均値			63.1	40.4	58.2	291.7

注) 全国最低値は網掛け，全国最高値は白抜き，参考値は()で示した。

注) 参考値は最低値，最高値，中央値，平均値から除外した。

注) *はインパクタ付きフィルターパック法による。

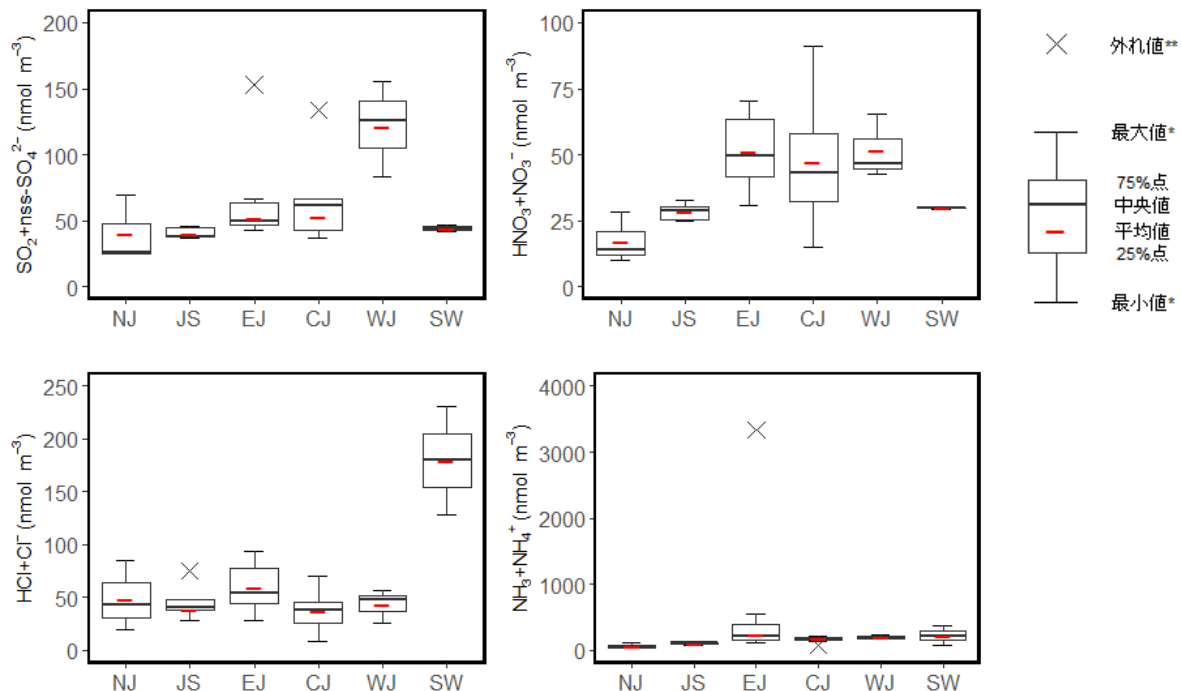


図5.2.3 ガス状および粒子状成分の総計の年平均濃度の分布（地域区別）

みられた。

5.2.2 経月変化および地域特性

地点別月平均濃度を見ると、ほとんどの成分は6つの地域区分(NJ, JS, EJ, CJ, WJ, SW)ごとに濃度変動パターンが似ていた。ここでは、地域区分の特徴を捉えるため、地域区分別の成分ごとの外れ値を除いた平均値をもとに、経月変化や包括的な地域特性を述べる。なお、気象庁の予報用語⁶⁾に従い、本文中、春季(春)は3～5月、夏季(夏)は6～8月、秋季(秋)は9～11月、冬季(冬)は12～2月のことをそれぞれ指す。

5.2.2.1 ガス状成分

地域区分別のガス状成分濃度の経月変化を図5.2.4に示す。 $\text{SO}_2(\text{g})$ 濃度は、WJを除き冬季から春季に高くなる傾向がみられた。NJでは5月から10月に低くそれ以外の月では比較的高い傾向があり、寒候期における暖房等の使用に伴う地域汚染の影響も考えられる。 $\text{SO}_2(\text{g})$ 濃度はWJで最も高く、アジア大陸に近いWJでは、大陸起源の $\text{SO}_2(\text{g})$ の影響を強く受けている可能性がある。また、WJでは活発な噴火活動が継続する桜島や阿蘇山、霧島山⁷⁾を起源とする火山ガスの影響を受けていることも考えられる。

$\text{HNO}_3(\text{g})$ 濃度は春季から夏季にかけて高く、秋季から冬季にかけて低くなる傾向がみられた。春季から夏季にかけての高濃度はCJおよびWJで特に顕著であった。春季から夏季に $\text{HNO}_3(\text{g})$ 濃度が高くなる要因としては、気温の上昇によって光化学反応が活発になり窒素酸化物から

$\text{HNO}_3(\text{g})$ への酸化が促進されることや、揮発性粒子である NH_4NO_3 などの解離が進むことなどが考えられる。

$\text{HCl}(\text{g})$ 濃度はSWを除いて冬季に低くなる傾向がみられた。 $\text{HCl}(\text{g})$ の発生源としては、廃棄物焼却施設、火山ガス、海塩粒子のクロリンロスなどが考えられる。

$\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度は、夏季に高く冬季に低くなる傾向がみられた。 $\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度の季節変化は、気温が上昇すると NH_4NO_3 などの揮発性粒子が解離することによりガス化し、逆に気温が低下すると粒子化することによると考えられる。 $\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度の高いSWおよびEJでは地域汚染の影響が強いと考えられる。SWでは春季から夏季にかけての高濃度が顕著であるが、これはうるまで極めて高い濃度を示したためである。うるまは周辺の畜産業の影響を強く受けていると考えられる。EJでは外れ値となった旭以外に、前橋において月平均 $\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度が278～684 nmol m^{-3} と高かった。

5.2.2.2 粒子状成分

粒子状成分の地域別年平均当量濃度を図5.2.5に、年平均組成比を図5.2.6に示す。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、SWで最も高かった。SWでは Na^+ と Cl^- の占める割合が高く、海塩粒子の寄与が大きいと考えられる。SWを除く地域では、陰イオンは SO_4^{2-} 、陽イオンは NH_4^+ または Na^+ の占める割合が高かった。EJでは、他の地域と比べて NO_3^- の割合が高かった。

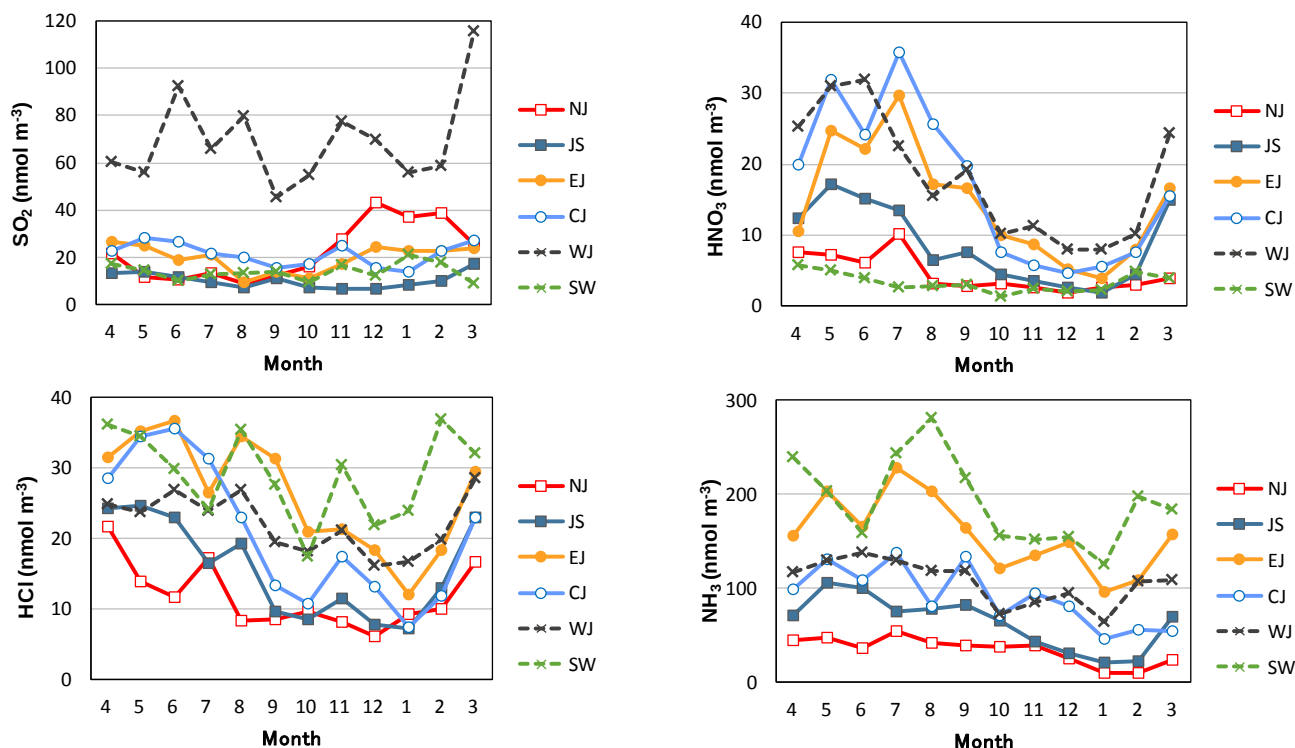


図5.2.4 ガス状成分濃度の経月変化（地域区分別）

粒子状成分濃度の経月変化を図5.2.7に示す。
nss-SO₄²⁻(p)の濃度変動は、春季から夏季にかけて高い傾向がみられた。濃度はWJで高く、NJで低かった。

NO₃⁻(p)濃度はどの地域も、夏季に低くなる傾向がみられた。夏季の低濃度は、NH₄NO₃などの揮発性粒子が解離した影響が考えられる。

NH₄⁺(p)濃度の変動は、nss-SO₄²⁻(p)濃度とよく似ていた。NH₄⁺(p)濃度はWJで高い傾向がみられた。

nss-Ca²⁺(p)濃度は春季に高い傾向がみられた。2017年度は2017年5月および2018年3月に気象庁によって黄砂が観測されており⁸⁾、黄砂の飛来の影響を受けてnss-Ca²⁺(p)濃度は高くなったと考えられる。また、年平均Ca²⁺(p)濃

度が最も高いうまでは、近傍のセメント工場の影響を受けている可能性が高いことから、nss-Ca²⁺(p)の高濃度は、黄砂以外に地域的発生源の影響も大きいと考えられる。

Na⁺(p)、Cl⁻(p)およびMg²⁺(p)の濃度変動は明瞭でなく、濃度は1年を通してSWで高かった（縦軸は第2軸を使用）。SWの調査地点は海に近いため、海塩粒子の影響が大きいと考えられる。

K⁺(p)濃度は、SWを除いて春季と秋季にやや高い傾向があった。K⁺(p)は、海塩粒子やバイオマス燃焼の影響があったと考えられる。

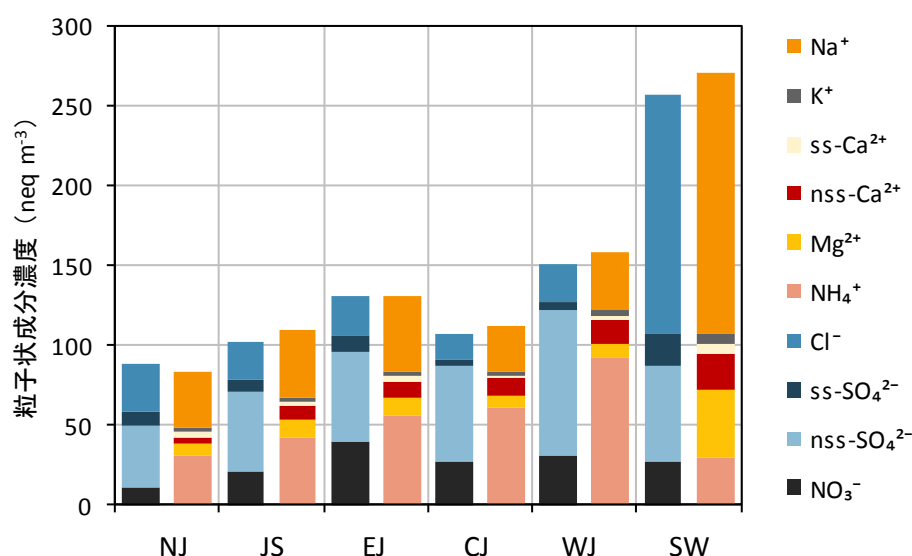


図5.2.5 粒子状成分の年平均当量濃度（地域区別）

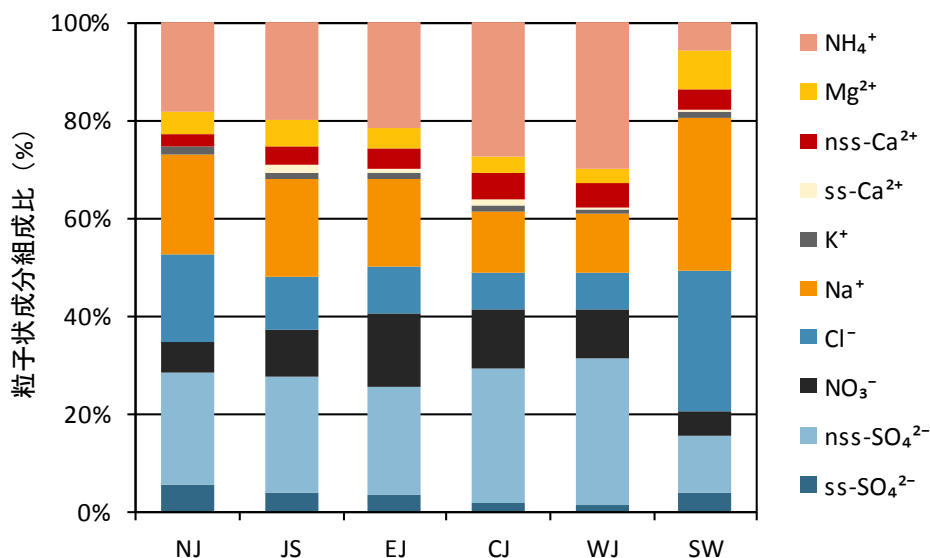


図5.2.6 粒子状成分の年平均組成比（地域区別）

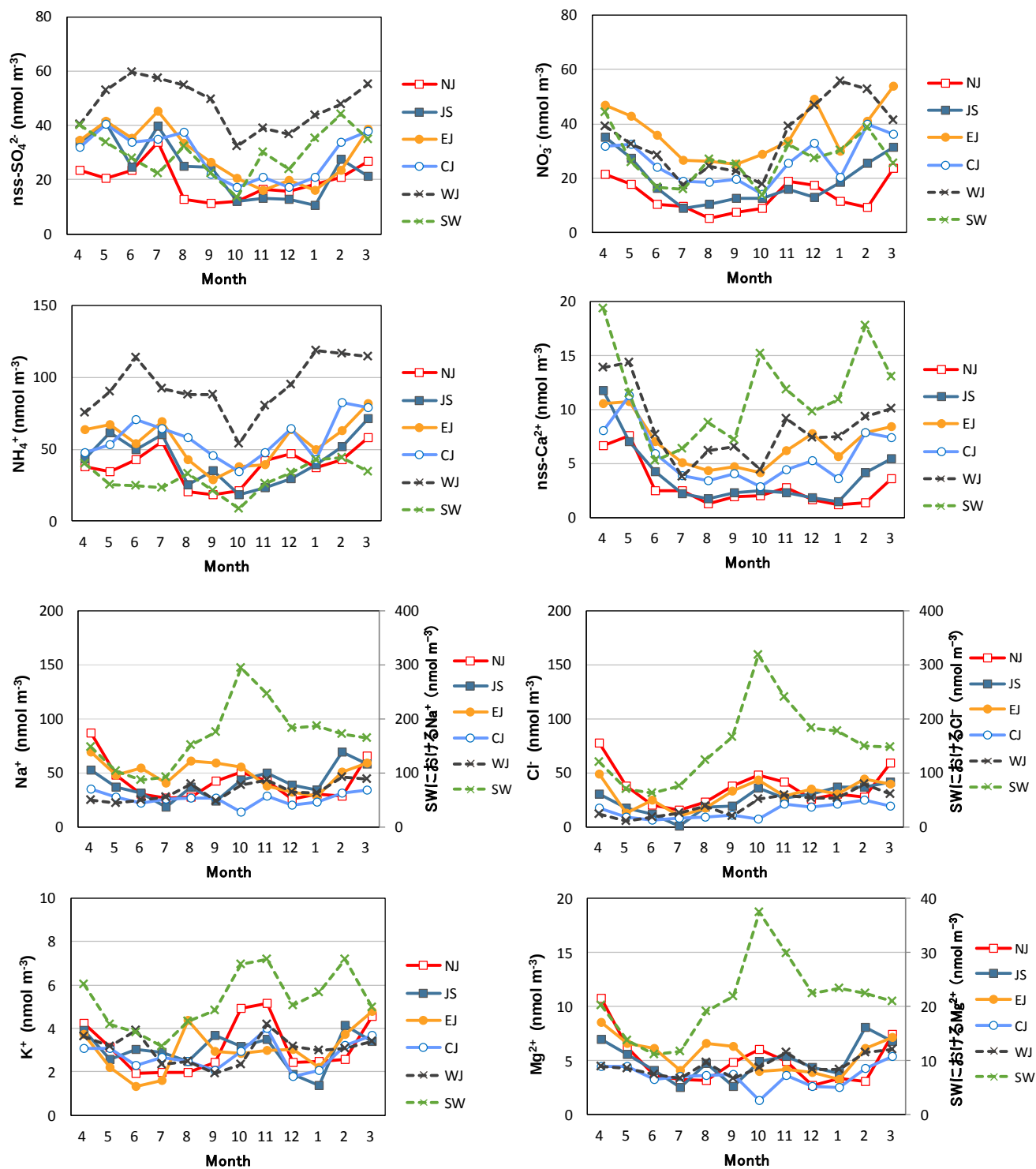


図5.2.7 粒子状成分濃度の経月変化（地域区分別）

※Na⁺、Cl⁻ およびMg²⁺についてはSWの縦軸に第2軸（右側）を使用した。

5.2.2.3 ガス状および粒子状成分の総計

非海塩由来の全硫黄 ($\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$), 全硝酸 ($\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$), 全塩化物 ($\text{HCl}(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{p})$), 全アンモニア ($\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$) 濃度の経月変化を図5.2.8に示す。

非海塩由来の全硫黄 ($\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$) 濃度は, NJ およびSWでは冬季から春季にかけて, JS, EJおよびCJでは春季から夏季にかけて高い傾向がみられた。WJでは濃度変動が大きく濃度が高かった。

全硝酸 ($\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$) 濃度は, 春季に高くなる傾向がみられた。WJでは冬季も高濃度であった。

全塩化物 ($\text{HCl}(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{p})$) 濃度の経月変化は明確でなかった。SWでは1年を通して 90 nmol m^{-3} 以上と高濃度であった。

全アンモニア ($\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$) 濃度は, 春季から夏季に高い傾向がみられた。地域分布をみると, 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SWで高く, NJで低かった。

5.2.2.4 微小粒子 ($\text{PM}_{2.5}$) 状成分

インパクタを装着した5段ろ紙法では, ドーナツ型ろ紙に捕集された粒子は粗大粒子として, 後段のF0ろ紙に捕集された粒子は $\text{PM}_{2.5}$ としてそれぞれの粒径に分けて測定することができる。ここでは, 粗大粒子と $\text{PM}_{2.5}$ とを粒径別に捕集した12地点（利尻, 母子里, 札幌北, 加須, 射水, 豊橋, 海南, 神戸須磨, 湯梨浜, 太宰府, 大分久住および鹿児島）の結果について述べる。

$\text{PM}_{2.5}$ イオン成分の地点別年平均濃度を図5.2.9に, 各地点の組成比を図5.2.10に示す。年平均濃度の範囲は $2.3 \sim 7.2 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ (平均値 $5.0 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$) であり, 最高値は大分久住, 次いで神戸須磨と太宰府, 最低値は母子里であった。どの地点も nss-SO_4^{2-} の割合が最も高く, $\text{PM}_{2.5}$ イオン濃度のうち45~65%を占めた。 nss-SO_4^{2-} に次いで多いのはどの地点も NH_4^+ (16~25%) であるが, 加須, 札幌北, 太宰府および神戸須磨は他の地点と比べて NO_3^- の割合が高い傾向がみられた。

$\text{PM}_{2.5}$ 成分濃度の経月変化を図5.2.11に示す。

$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度は, 春季から夏季にかけて高くなる傾向がみられた。

$\text{NO}_3^-(\text{p})$ 濃度はほとんどの地点で冬季に濃度が高い傾向がみられた。

$\text{NH}_4^+(\text{p})$ 濃度は春季から夏季にかけて高く, さらに冬季にも高くなる傾向がみられた。

$\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$ 濃度は, 春季に高くなる傾向がみられた。

$\text{Cl}^-(\text{p})$ 濃度は, 冬季に加須で顕著に高かった。

$\text{Na}^+(\text{p})$ および $\text{Mg}^{2+}(\text{p})$ 濃度はどの地点も季節変化は明瞭でなかった。

全粒子状物質に占める $\text{PM}_{2.5}$ の割合の経月変化を図5.2.12に示す。

$\text{NO}_3^-(\text{p})$ の $\text{PM}_{2.5}$ の割合は夏季に低く, 冬季に高い傾向があった。 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ は夏季には粗大粒子に, 冬季には $\text{PM}_{2.5}$ に多く存在する傾向がみられた。

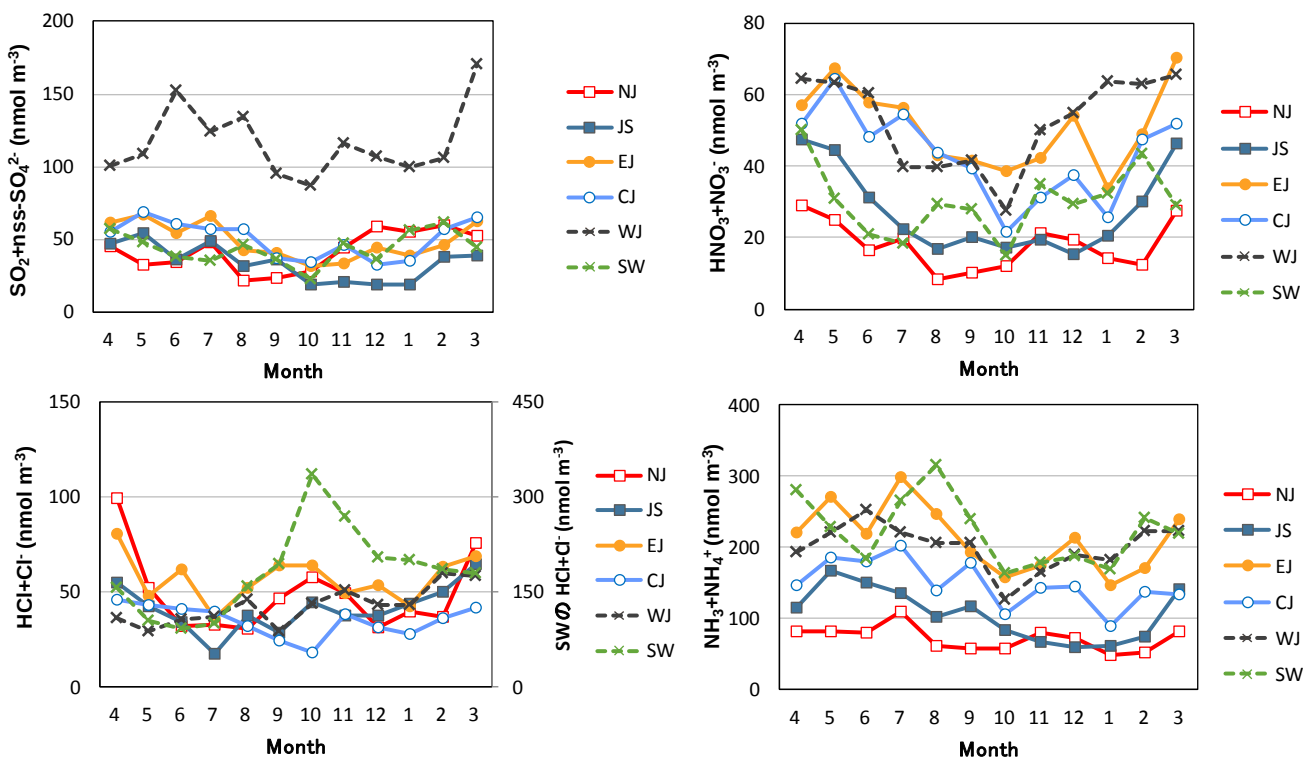


図5.2.8 ガス状および粒子状成分濃度の総計の経月変化（地域区分別）

※HCl+Cl⁻についてはSWの縦軸に第2軸（右側）を使用した。

$K^+(p)$ の $PM_{2.5}$ の割合は夏季に低い傾向があり、利尻、母子里、豊橋および湯梨浜で顕著であった。夏季以外の $PM_{2.5}$ の割合はおおむね50%以上であることから、夏季は特定の発生源の影響を受けている可能性がある。

$Cl^-(p)$ の $PM_{2.5}$ の割合は、冬季に加須で顕著に高かった。

$SO_4^{2-}(p)$ および $NH_4^+(p)$ は1年を通して $PM_{2.5}$ の割合が高く、 $Na^+(p)$ 、 $Ca^{2+}(p)$ および $Mg^{2+}(p)$ は1年を通して $PM_{2.5}$ の割合が低かった。

粒径の季節変化については、乾性沈着量の見積もりや発生源を推定する際に有用な情報となるため、今後も調査を継続しデータを蓄積していく必要がある。

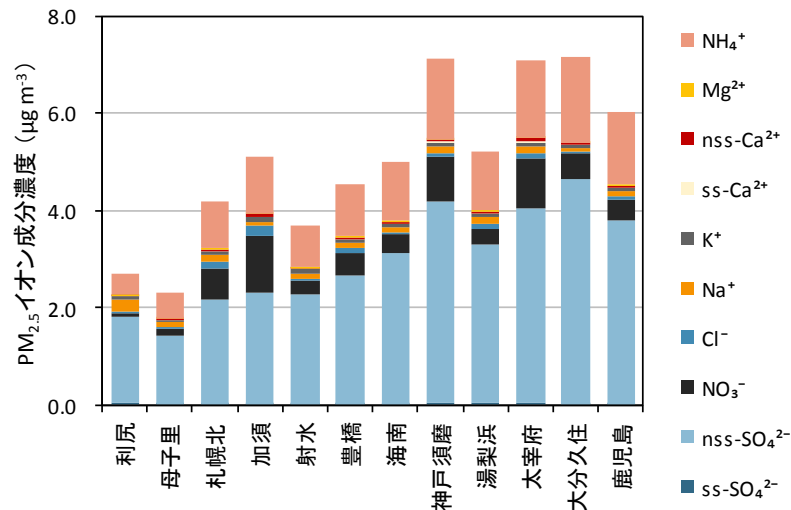


図5.2.9 $PM_{2.5}$ イオン成分の年平均濃度（調査地点別）

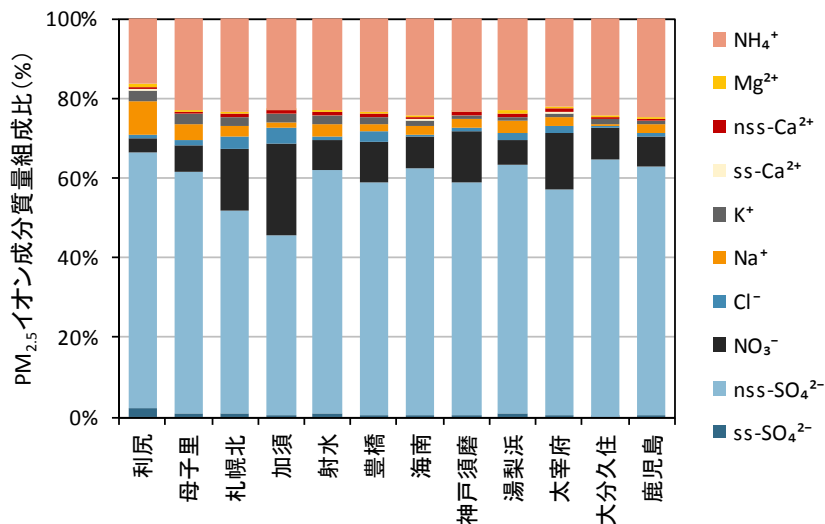


図5.2.10 $PM_{2.5}$ イオン成分の年平均組成比（調査地点別）

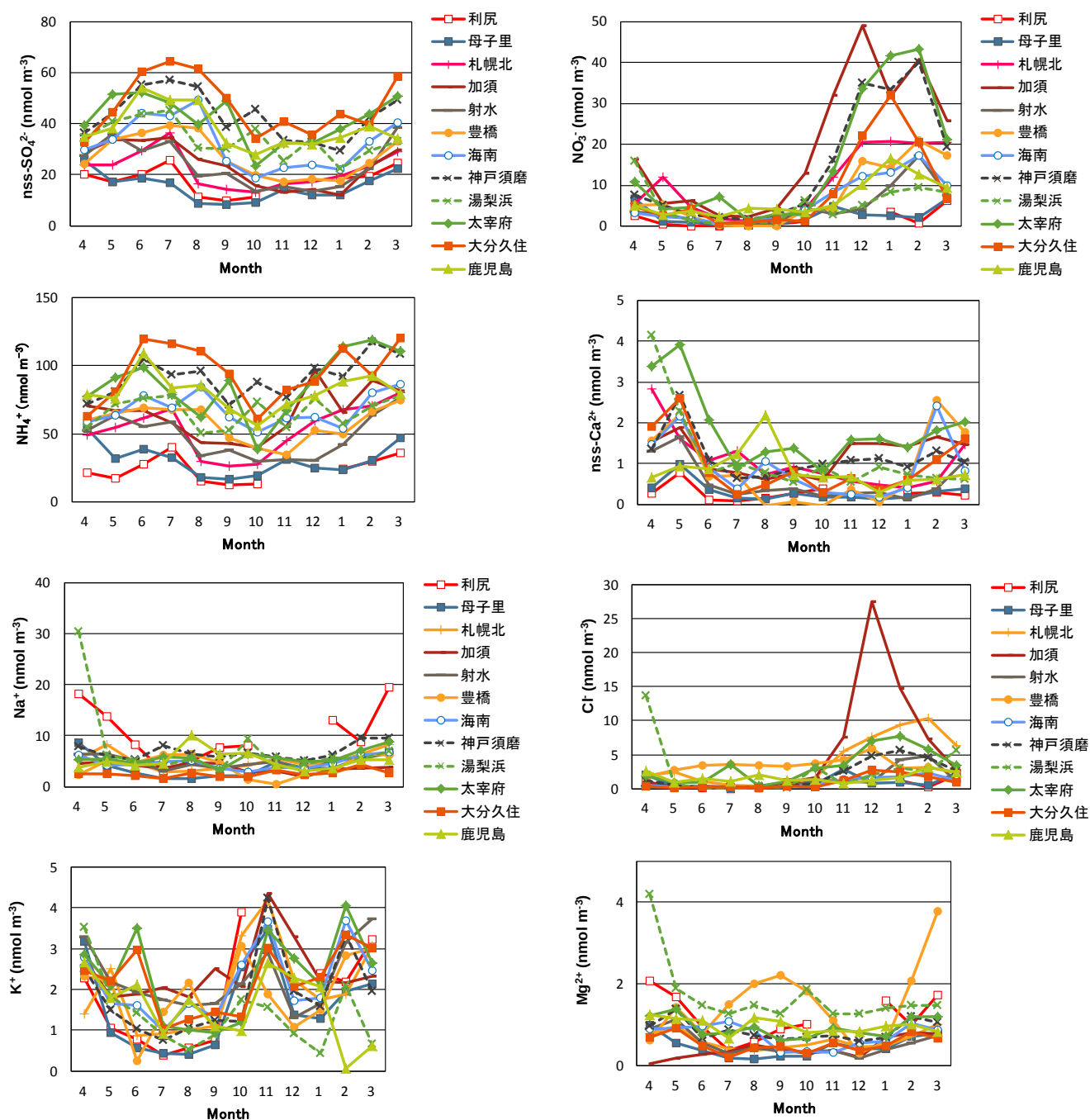


図5.2.11 $PM_{2.5}$ 成分濃度の経月変化（調査地点別）

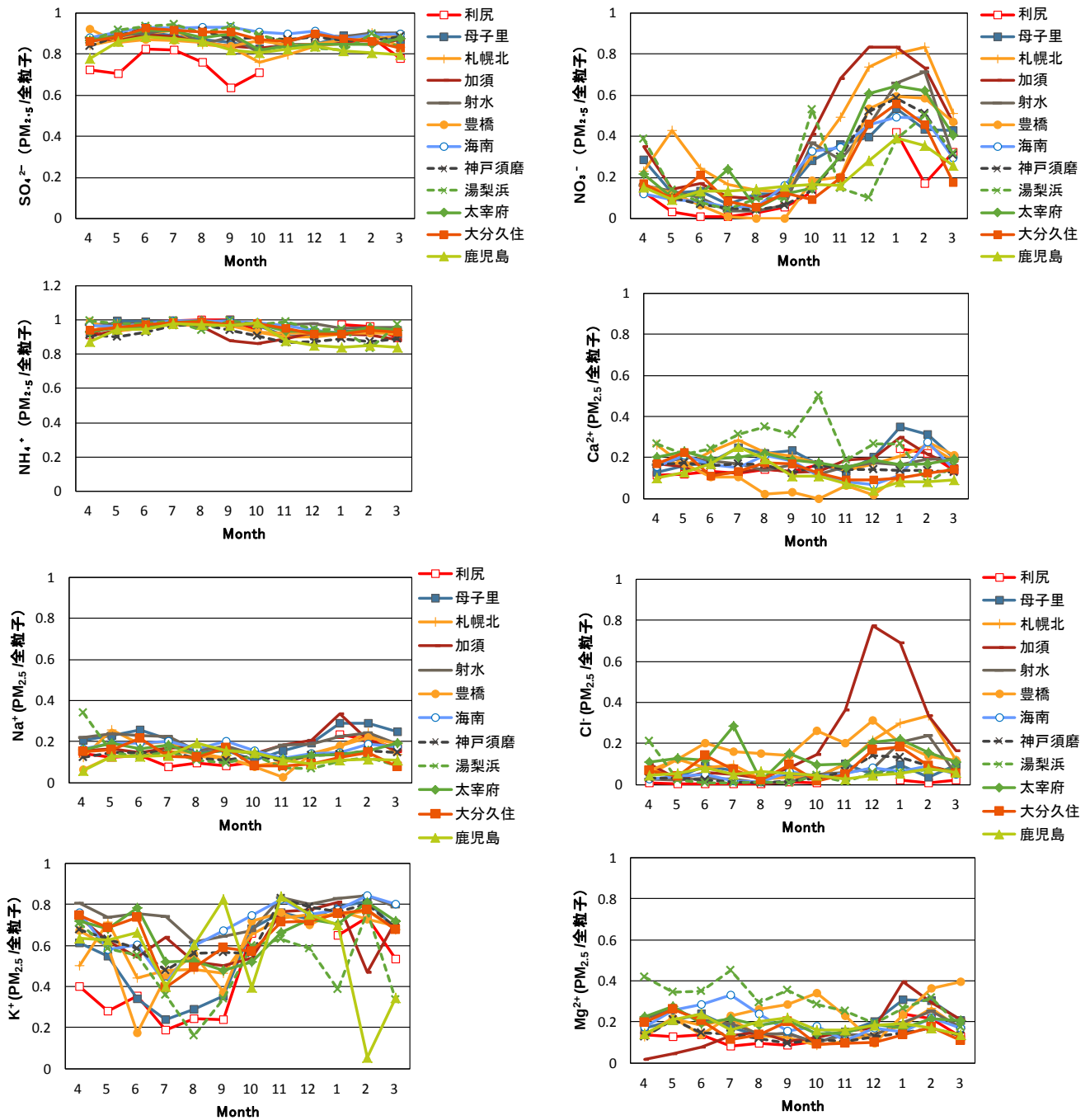


図5.2.12 全粒子状物質に占める $\text{PM}_{2.5}$ の割合の経月変化（調査地点別）

－ 引用文献 －

- 1) 環境省：平成28年度酸性雨調査結果について，
http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h27/post_24.html
- 2) 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
- 3) Acid Deposition Monitoring Network in East Asia：東アジアにおけるフィルターパック法に関する技術資料，http://www.eanet.cc/jpn/docea_f.html
- 4) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第6次酸性雨全国調査報告書（平成28年度），全国環境研会誌，**43**(3)，79-119，2018
- 5) M. Aikawa, T. Hiraki, M. Yamagami, M. Kitase, Y. Nishikawa, I. Uno: Regionality and particularity of a survey site from 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
- 6) 気象庁：予報用語，http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/mokuji.html
- 7) 気象庁：年間の日本の主な火山活動，http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/annual.htm
- 8) 気象庁：[地球環境のデータバンク] 黄砂，http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_data_index.html

5.3 乾性沈着量の推計

5.3.1 乾性沈着推計ファイル

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¹⁾。

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: 沈着物質の大気中濃度

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。

V_d の算出には、野口らが表計算ソフト(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. 4-2を用いた²⁾。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³⁾、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. 4-2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、乾性沈着推計ファイルVer. 4-2では、市街地の粒子状物質の V_d に上限値が設定されているが、本報告では上限値を設定せずに計算した。

5.3.2 乾性沈着量の推計方法

乾性沈着量の推計は、FP法で大気濃度の測定を実施した28地点について実施した。また、FP法調査地点のうち自動測定機またはパッシブ法で NO_2 、 NO 測定を実施した18地点は、 NO_2 、 NO についても推計した。

V_d の算出において、乾性沈着推計ファイルに入力する気象データ(風速、気温、湿度、日射量、雲量)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⁴⁾、大気汚染常時監視測定局の1時間値を用いた。

季節区分(春、夏、秋、冬(積雪なし)、冬(積雪あり))は、温量指数と季節区分指標を用いる方法とした。

V_d は表面の状況により異なるため、土地利用状況別に、粒子状物質(SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、以後(p)をつけて表示)およ

びガス状物質(SO_2 、 HNO_3 、 NH_3 、以後(g)をつけて表示、 NO 、 NO_2)の V_d をそれぞれ算出した。

このようにして算出した各調査地点における成分ごとの土地利用状況別 V_d (沈着速度、 cm s^{-1})を集計して年平均値を求め、参考として表5.3.1に示した。

乾性沈着量は、土地利用状況別 V_d を調査地点周辺の土地利用割合で加重平均し、大気濃度との積により求めた。環境省の長期モニタリング報告書(平成15～19年度)⁵⁾では、測定局周辺約1km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、測定局周辺半径約20kmを推計対象として、土地利用の分類を市街地(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。土地利用状況によって V_d が大きく異なるため(表5.3.1)、土地利用の割合は推計結果に大きな影響を及ぼす。市街地は V_d 推計のためのパラメーターが十分に検証されていないなど不確実な部分が多いが、調査地点の多くが市街地にあることから、土地利用分類を上記のように設定した。また、気象データの測定地点が、FP法の測定地点と異なる地点が多いことから、測定局周辺半径20 kmを対象とした。土地利用割合は、国土地理院のデータ⁶⁾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。最多頻度の季節が冬(積雪あり)となった月については、農地、草地の V_d の代わりに、積雪の V_d を推計に用いた。なお、これらの条件設定については、さらに検討していく必要がある。

大気濃度は、FP法で測定した $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 、 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ 、 $\text{NH}_4^+(\text{p})$ 、 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{NH}_3(\text{g})$ 、自動測定機またはパッシブ法で測定した 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乾性沈着量を算出した。

FP法では粒子状物質とガス状物質の完全な分別捕集は難しい。しかし、乾性沈着ではガス状物質と粒子状物質の沈着速度が異なるため、FP法で得られた $\text{HNO}_3(\text{g})$ と $\text{NO}_3^-(\text{p})$ 、 $\text{NH}_3(\text{g})$ と $\text{NH}_4^+(\text{p})$ 濃度を用いて乾性沈着量を算出している。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。

5.3.3 乾性沈着量の推計結果

表5.3.1 土地利用状況別の平均沈着速度(2017年度)

(単位: cm s^{-1})

	$\text{SO}_4^{2-}(\text{p})$	$\text{NO}_3^-(\text{p})$	$\text{NH}_4^+(\text{p})$	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{HNO}_3(\text{g})$	$\text{NH}_3(\text{g})$	$\text{NO}_2(\text{g})$	$\text{NO}(\text{g})$
市街地	0.18	0.18	0.18	0.19	4.6	0.05	0.031	5.5E-09
森林地域	0.60	0.86	0.66	1.3	4.2	0.56	0.11	0.0024
農地	0.14	0.14	0.14	0.66	1.3	0.40	0.14	0.0020
草地	0.17	0.17	0.17	0.71	1.7	0.37	0.10	0.0020
積雪	0.11	0.11	0.11	0.43	0.44	0.48	0.0015	0.0003
水面	0.091	0.091	0.091	0.30	0.29	0.32	0.0012	0.00024

注) 各調査地点で、対象成分ごとに土地利用別に算出した沈着速度 V_d (cm s^{-1})の年間平均値

各地点の年間乾性沈着量の推計結果は、表5.3.2のとおりである。乾性沈着量は、FP法で測定した大気濃度の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評価した。

ガス状物質の乾性沈着量は、 $\text{SO}_2(\text{g})$ が1.1(利尻)～21.0(鹿児島)(平均値6.8) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 $\text{HNO}_3(\text{g})$ が1.7(母子里)～55.4(神戸須磨)(平均値12.4) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 $\text{NH}_3(\text{g})$ が2.9(母子里)～497.1(旭)(平均値30.5) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

粒子状物質の乾性沈着量は、 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ が0.6(伊自良湖)～8.8(辺戸岬)(平均値3.3) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ が0.3(伊自良湖)～11.0(辺戸岬)(平均値3.6) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 $\text{NH}_4^+(\text{p})$ が1.1(伊自良湖)～17.4(湯梨浜)(平均値5.9) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

ガス状物質と粒子状物質を合わせた乾性沈着量は、非海塩由来硫黄成分($\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$)が2.0(伊自良

湖)～24.9(大分久住)(平均値10.1) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 $\text{NO}_x (= \text{NO}_2 + \text{NO})$ を含まない酸化態窒素成分($\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$)が2.2(伊自良湖)～62.4(神戸須磨)(平均値16.1) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、還元態窒素成分($\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$)が5.6(伊自良湖)～503.8(旭)(平均値36.3) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

NO_x 測定地点の NO_2 乾性沈着量は、0.6(利尻)～19.3(神戸須磨)(平均値7.0) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 NO 乾性沈着量は0.003(海南)～0.047(豊橋)(平均値0.019) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。酸化態窒素成分に NO_x を加えた窒素酸化物成分は3.4(母子里)～81.7(神戸須磨)(平均値21.7) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

5.3.4 乾性沈着量と湿性沈着量との比較

湿性沈着およびFP法による大気濃度の年平均値が全て有効となった26地点について、湿性沈着(以後(wet))をつけて表示)と乾性沈着を合わせた総沈着量を図5.3.1に示した。ここで、総沈着量は非海塩由来硫黄成分($\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 、 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{wet})$)、酸化態窒素成分($\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ 、 $\text{NO}_3^-(\text{wet})$)および還元態窒素成分($\text{NH}_3(\text{g})$ 、 $\text{NH}_4^+(\text{p})$ 、

表5.3.2 年間乾性沈着量(2017年度地点別)

No.	都道府県市	地点名	SO_2 (g)	HNO_3 (g)	NH_3 (g)	nss-SO_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	1.1	2.8	3.6	2.1	2.6	1.5	3.1	0.6	0.004
2	北海道	母子里	1.5	1.7	2.9	1.5	1.6	1.0	3.1	0.7	0.029 PS
3	北海道	札幌北	6.5	6.6	4.8	1.9	2.1	2.0	4.7	7.0	0.015
4	新潟県	新潟曽和	2.1	6.9	6.8	1.5	1.7	1.3	2.3	7.2	0.019
5	新潟県	長岡	3.4	10.5	12.5	2.7	3.0	3.1	5.2	4.8	0.013
6	群馬県	前橋	2.0	14.0	35.6	1.4	1.5	2.8	3.7	8.4	0.010
7	埼玉県	加須	2.3	17.1	10.6	1.3	1.3	1.8	3.2	10.4	0.010
8	千葉県	旭	5.3	6.0	497.1	2.4	2.8	4.5	6.7	—	—
9	千葉県	勝浦	8.2	8.0	14.6	5.2	6.1	7.1	7.2	—	—
10	千葉県	清澄	14.4	8.7	16.3	5.0	5.6	6.1	7.2	—	—
11	千葉県	市原	18.3	17.5	12.1	2.3	2.4	2.8	3.6	—	—
12	千葉県	佐倉	5.8	13.8	11.9	2.6	2.7	2.8	3.7	—	—
13	長野県	長野	2.6	13.8	13.0	2.2	2.2	1.4	3.7	5.4	0.037
14	富山県	射水	2.7	8.2	9.8	1.7	1.8	1.3	3.6	7.2	0.028
15	石川県	金沢	4.8	8.2	5.9	3.0	3.3	2.7	4.9	—	—
16	福井県	福井	(4.2)	(6.6)	(9.0)	(1.6)	(1.7)	(1.4)	(2.5)	7.3	0.040
17	岐阜県	伊自良湖	1.4	1.9	4.5	0.6	0.6	0.3	1.1	1.3	0.008
18	愛知県	豊橋	7.8	23.2	19.7	4.1	4.4	5.3	9.1	13.2	0.047
19	名古屋市	名古屋南	3.4	24.9	5.4	1.7	1.8	2.1	3.2	—	—
20	和歌山県	海南	3.6	10.3	6.8	1.9	2.0	1.5	3.9	9.2	0.003
21	兵庫県	神戸須磨	15.7	55.4	6.5	5.2	5.6	7.0	11.7	19.3	0.028
22	鳥取県	湯梨浜	4.8	7.8	19.8	8.0	8.8	7.3	17.4	3.9	0.015
23	福岡県	太宰府	6.6	19.9	13.3	4.2	4.4	4.9	8.7	15.6	0.022
24	大分県	大分久住	20.3	13.0	7.5	4.7	4.8	3.3	9.5	—	—
25	宮崎県	宮崎	(40.0)	(54.3)	(44.2)	(20.2)	(21.5)	(17.1)	(40.6)	—	—
26	鹿児島県	鹿児島	21.0	10.8	11.7	3.4	3.6	3.1	7.5	—	—
27	沖縄県	うるま	5.2	7.4	30.1	5.3	6.7	6.2	6.2	3.1	0.017 PS
28	沖縄県	辺戸岬	6.7	5.2	9.1	8.8	12.7	11.0	8.4	0.9	0.003
		最低値	1.1	1.7	2.9	0.6	0.6	0.3	1.1	0.6	0.003
		最高値	21.0	55.4	497.1	8.8	12.7	11.0	17.4	19.3	0.047
		中央値	5.0	9.5	11.1	2.5	2.8	2.8	4.8	7.1	0.016
		平均値	6.8	12.4	30.5	3.3	3.7	3.6	5.9	7.0	0.019

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。

NH_4^+ (wet))に分類して考察した。大分久住の湿性沈着は大分の測定値を用いた。また、 NO_2 、 NO 測定を実施した地点の NO_x の乾性沈着量は、酸化態窒素成分と合わせて示した。

総沈着量の年間値は、非海塩由来硫黄成分が9.9(長野)～55.4(大分久住)(平均値 $27.4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 、酸化態窒素成分が19.1(札幌北)～79.4(神戸須磨)(平均値 $40.3 \text{ mmol m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 、還元態窒素成分が23.3(海南)～546.9(旭)(平均値 $63.1 \text{ mmol m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ だった。 NO_x の乾性沈着量を含めた酸化態窒素成分は、24.8(利尻)～98.7(神戸須磨)(平均値 $48.7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ だった。

総沈着量に占める乾性沈着量の比率(=乾性沈着量/(乾性沈着量+湿性沈着量) $\times 100(\%)$)は、非海塩由来硫黄成分が7%(伊自良湖)～67%(辺戸岬)(平均値36%)、 NO_x を除く酸化態窒素成分が5%(伊自良湖)～79%(神戸須磨)(平均値41%)、還元態窒素成分が13%(伊自良湖)～92%(旭)(平均値44%)だった。

湿性沈着および大気濃度の年平均値が有効となった26地点を6つの地域区分(北部(NJ, 3地点)、日本海側(JS, 5)、東部(EJ, 7)、中央部(CJ, 6)、西部(WJ, 3)、南西諸島(SW, 2))に分類して集計した年間総沈着量の中央値を図5.3.2に示した。 NO_x の乾性沈着量についても酸化態窒素成分に合わせて示した。

総沈着量は、非海塩由来硫黄成分はWJで、酸化態窒素成分、還元態窒素成分はJSで多かった。

中央値から算出した総沈着量に乾性沈着量が占める割合は、非海塩由来硫黄成分、還元態窒素成分はSWで大きく、JS、NJはすべての成分で小さかった。

5.3.5 乾性沈着量の経年変化

FP法による大気濃度測定の調査を継続して実施している地点のうち、札幌北、新潟曾和、加須、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬の7地点について、2003年度からの乾性沈着量の経年推移を比較した(図5.3.3)。

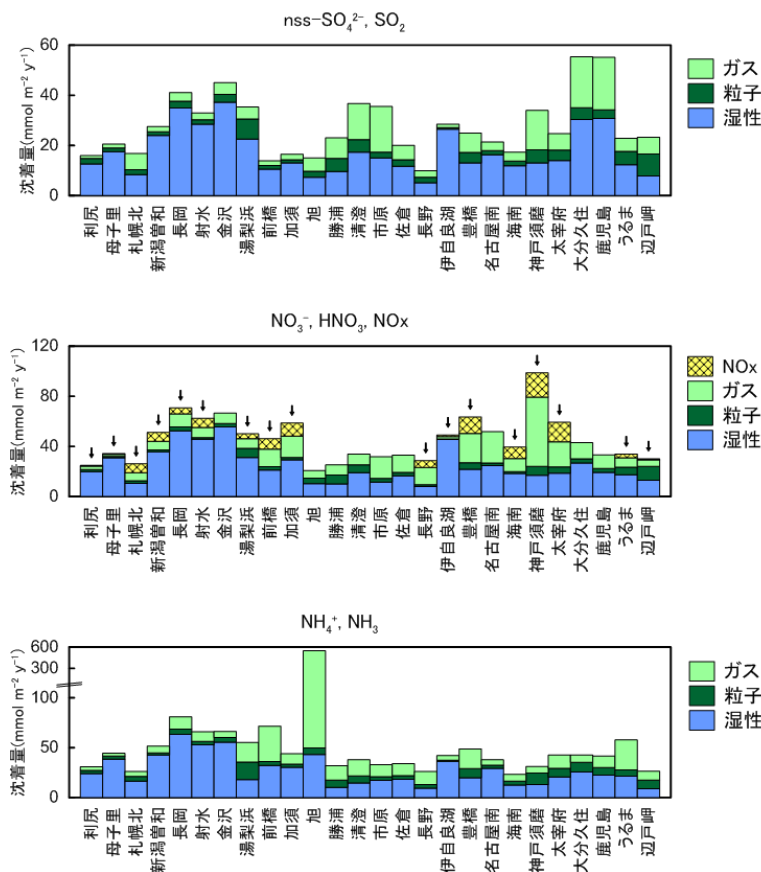


図5.3.1 調査地点の年沈着量(2017年度)

注)湿性沈着およびフィルターパック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。ただし、大分久住の湿性沈着は大分の測定値を用いた。

注) NO_x ($\text{NO}+\text{NO}_2$)は、自動測定器または0式パッシブ法による測定を実施した地点のみ表示(図内↓印)

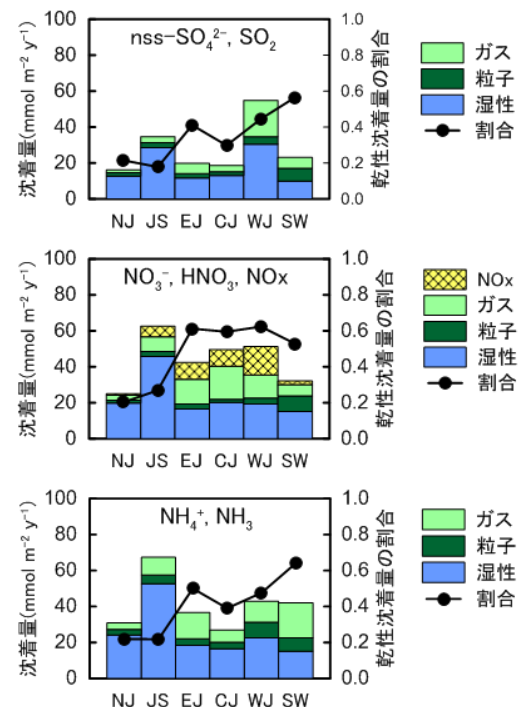


図5.3.2 各地域区別の年沈着量(2017年度中央値)

注)総沈着量に占める乾性沈着量の割合 = 乾性沈着量/(乾性沈着量 + 湿性沈着量)、中央値より求めた。

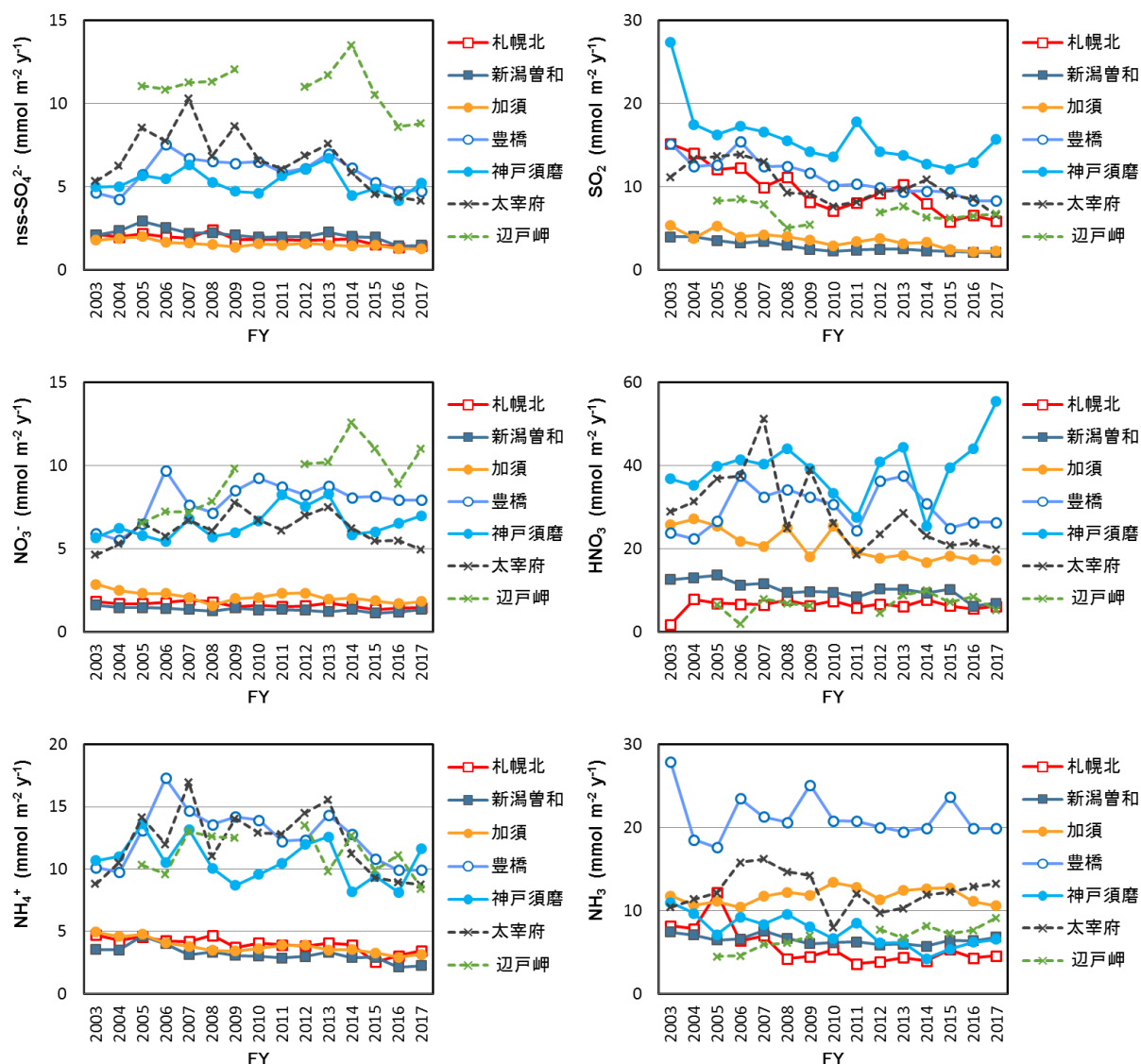


図5.3.3 継続調査地点における乾性沈着量の経年変化
(2003～2017年度)

粒子状成分の乾性沈着量は、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬で多く、札幌北、新潟曾和、加須では少ない傾向がみられた。経年変化をみると、 $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ と $\text{NH}_4^+(\text{p})$ は、2014年以降は横ばいまたは減少の傾向がみられた。 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ は、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬で増加傾向を示していたが、ここ数年は横ばいまたは減少している。

ガス状成分の乾性沈着量の経年変化は、横ばいまたは減少傾向を示す地点が多かった。

－ 引用文献 －

- 1) Network Center for EANET: Technical Manual on Dry Deposition Flux Estimation in East Asia, Asia Center for Air Pollution Research, Niigata, 2010.
- 2) 野口泉, 松田和秀: 乾性沈着ファイルの開発
北海道環境科学研究センター所報, **30**, 23-28, 2003
- 3) 全国環境研協議会: 乾性沈着推計ファイルVer. 4-2
http://www.ies.hro.or.jp/seisakuka/acid_rain/kanseichinchaku/kanseichinchaku.htm
- 4) (財)気象業務支援センター: 気象観測月報2017年3月 - 2018年4月. (CD-ROM)
- 5) 環境省: 長期モニタリング報告書(平成15～19年度), 2009
- 6) 国土交通省国土政策局国土情報課: 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

6. パッシブサンプラー

経緯

パッシブ法（以下、PS法）ではフィルターパック法（以下、FP法）で測定できない 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。

パッシブサンプラーは1ヶ月など比較的長期間の平均濃度の測定になるが、小さく電源を要しないため設置場所が自由に選べることで、安価であることから多地点での測定に有用な測定方法である。 O_3 はこれまでの調査から、常時監視局の少ない郊外や山岳部で濃度が高いことがわかっている。このことから、パッシブサンプラーにより常時監視局の少ない地域における O_3 濃度を把握することを目的としている。

NH_3 については、FP法では $\text{NH}_3(\text{g})$ とアンモニウム塩粒子($\text{NH}_4(\text{p})$)を分離して測定している。しかしアーティファクトにより $\text{NH}_4(\text{p})$ の一部が $\text{NH}_3(\text{g})$ に変換されるため、特に気温の高い夏期のガス/粒子の比率はアーティファクトの影響を強く受けている。一方パッシブサンプラーは原理的には $\text{NH}_3(\text{g})$ を捕捉するため、FP法の結果に対する検証材料としても使用できる。

6.1 測定方法

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。測定値について、いずれの項目も定量下限値としてEANETにおける定量下限値（0.1ppb）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。測定方法については第5次調査と同様とした。

地点情報

各地点の位置と年平均濃度を図6.1.1に、項目ごとの地点数および欠測数を表6.1.1に示す。欠測の理由としては月期間適合度が60%未満、年期間適合度が80%未満もしくはサンプラーの紛失や測定上の問題などである。

2017年度の地点数は NH_3 、 NO_x 、 O_3 がそれぞれ20、11、10地点だった。各地点により測定項目は異なり NO_x 、 O_3 の測定地点の多くは北海道・東北地域に位置し、 NH_3 は北海道から沖縄まで分布している。 NO_x は都市部では遠隔地の十倍以上高く、自動車等の排ガス濃度は局所的に高いことがわかる。 O_3 は札幌北が遠隔地の利尻より低く、これは NO の酸化でオゾンが消費されることと、札幌では本州大都市部のような光化学反応によるオゾン生成が少ないことが原因として挙げられる。 NH_3 はおおむね数倍の差であるが、畜舎や鶏舎などは高濃度の発生源であるため、ある程度そのような施設から距離を置いて設置してあると思われる。

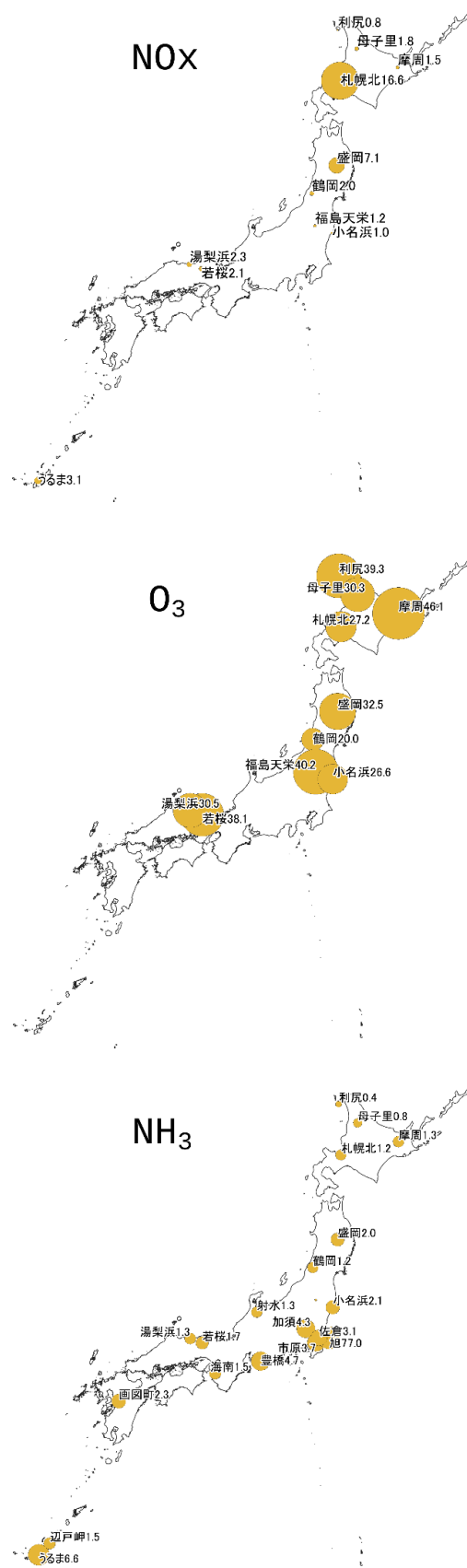


図6.1.1 各測定項目の地点と年平均濃度（ppb）
（旭は77ppbを1/10の7.7ppbの大ききで表示）

表6.1.1 パッシブ法の調査地点数および有効データ数

項目	地点数	月有効データ数	月欠測数	月有効割合(%)	年有効データ数	年欠測数	年有効割合(%)
NH ₃	20	226	14	94.2%	19	1	95.0%
NO ₂	11	131	1	99.2%	11	0	100.0%
NO _x	11	130	2	98.5%	11	0	100.0%
O ₃	10	116	4	96.7%	10	0	100.0%

6.2 測定結果

測定結果の図表は以下のとおりである。

- ・図6.1.2：各地点の月平均NO_x濃度
- ・図6.2.2：各地点の月平均O₃濃度
- ・図6.2.3：各地点（旭，うるま以外）の月平均NH₃濃度
- ・図6.2.4：NH₃の年平均濃度と周辺排出量の相関図
- ・表6.1.1：調査地点数および有効データ数
- ・表6.1.2：全地点の年平均濃度

6.2.1 NO_x

年平均濃度では札幌北の16.6ppbが最も高い。これは都市部で周辺排出量が高いことと、特に冬季に高濃度になるためである。冬季には暖房などによる排出量増加と逆転層の形成により高濃度が生じることが原因と考えられる。同様の傾向は盛岡でもある。年平均濃度の最低地点は利尻で0.8ppbだった。これらは例年どおりである。

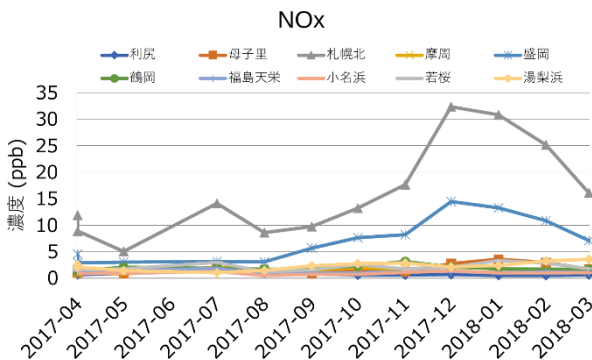


図6.2.1 各地点の月平均NO_x濃度

6.2.2 O₃

年平均濃度では摩周の46.1ppbが最も高く、これは標高が高いことが一因と考えられる。また山岳部など風の強い地点ではパッシブ法による測定は乱流により過大評価になる場合があり、注意が必要である。一方、最も低いのは鶴岡の20.0ppbだった。これらはおおむね例年通りである。月平均濃度では例年どおり冬～春季(2～5月)に高く、夏季まで減少を続け、秋季(9～11月)以降増加傾向だった。

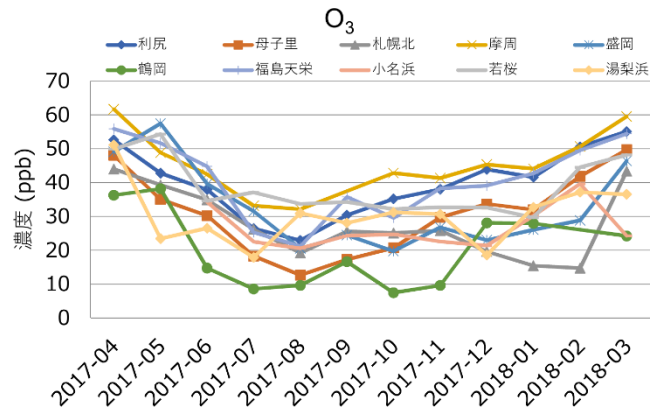


図6.2.2 各地点の月平均O₃濃度

6.2.3 NH₃

年平均濃度では旭が77.0ppbで最も高く、次に高いのはうるまの6.6ppbだった。これらの地点は周辺の畜産業等の影響を強く受けていると考えられる。最低は利尻の0.4ppbだった。低濃度の地点ではおおむね夏季に高く冬季に低い傾向にある一方で、豊橋や加須、市原は冬季に高い。これは近傍の発生源の状況によるとと思われる。

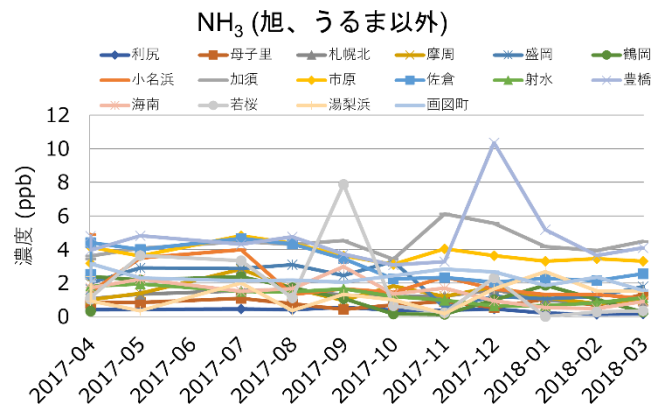
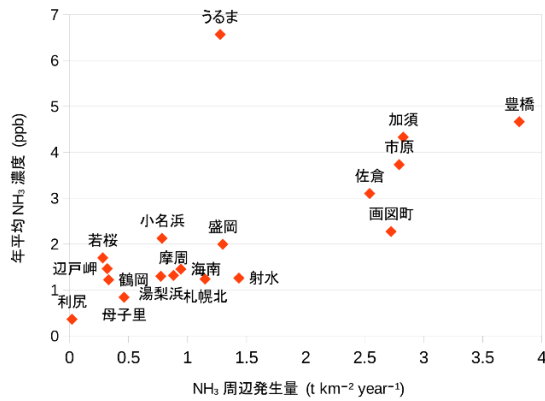


図6.2.3 各地点の月平均NH₃濃度

6.2.4 NH₃周辺発生量と年平均濃度の関係

旭は他地点よりきわめて濃度が高いため除外した。今回、周辺発生量はEAGrid2010から求めた値に変更したが、うるまを除くと従来通りおおむね年平均濃度と周辺発生量の相関は良い。うるまが周辺の発生量の割に濃度が高いのは測定地点と発生源が近いためと思われる。



	利尻	母子里	札幌北	摩周	盛岡	鶴岡	小名浜	加須	市原
年平均濃度 (ppb)	0.4	0.8	1.2	1.3	2.0	1.2	2.1	4.3	3.7
NH ₃ 周辺発生量(tkm ⁻² year ⁻¹)	0.02	0.46	1.15	0.88	1.30	0.33	0.78	2.83	2.79

	佐倉	射水	豊橋	海南	画図町	若桜	湯梨浜	うるま	辺戸岬
年平均濃度 (ppb)	3.1	1.3	4.7	1.5	2.3	1.7	1.3	6.6	1.5
NH ₃ 周辺発生量(tkm ⁻² year ⁻¹)	2.54	1.43	3.81	0.94	2.72	0.28	0.77	1.28	0.32

図6. 2. 4 NH₃周辺発生量と年平均濃度

ー 引用文献 ー

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, フィルターパ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.

表6. 1. 2 地点別年平均濃度 (ppb)

自治体	地点	NO _x	O ₃	NH ₃
北海道	利尻	0.8	39.3	0.4
北海道	母子里	1.8	30.3	0.8
北海道	札幌北	16.6	27.2	1.2
北海道	摩周	1.5	46.1	1.3
岩手県	盛岡	7.1	32.5	2.0
山形県	鶴岡	2.0	20.0	1.2
福島県	福島天栄	1.2	40.2	欠測
いわき市	小名浜	1.0	26.6	2.1
埼玉県	加須			4.3
千葉県	市原			3.7
千葉県	旭			77.0
千葉県	佐倉			3.1
富山県	射水			1.3
愛知県	豊橋			4.7
和歌山県	海南			1.5
鳥取県	若桜	2.1	38.1	1.7
鳥取県	湯梨浜	2.3	30.5	1.3
熊本市	画図町			2.3
沖縄県	うるま	3.1		6.6
沖縄県	辺戸岬			1.5

注)全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜きで示した。

7. まとめ

2017年度酸性雨全国調査の結果概要は以下のとおりである。

7.1 湿性沈着

地点ごとの年加重平均濃度について、 H^+ および $nss-SO_4^{2-}$ は日本海側および西部で高く、例年と同じ傾向を示した。 NO_3^- は平均では日本海側で高かったが、地点ごとでは東部や西部でも高い値の地点があり、地域的な傾向は明確ではなかった。地域的な傾向が明確ではなく、地点ごとに特徴のある値を持つのは、 NH_4^+ でも同様であった。季節別では多くの成分で春季および秋季に濃度が高くなる傾向があった。特に12月には西部で多くの成分の濃度が高くなった。濃度の値は、昨年度と同程度であった。

沈着量では、日本海側の冬季における降水量が高かった影響を受けて、当該地域・季節で多くの成分の沈着量が増加した。

7.2 FP法によるガスおよびエアロゾル濃度

28地点で乾性沈着調査を実施した。粒子状成分濃度の全国中央値を2016年度と比較すると、 $NO_3^-(p)$ および $NH_4^+(p)$ は10～15%増加、 $Cl^-(p)$ 、 $Na^+(p)$ および $Mg^{2+}(p)$ は10～15%減少した。粒子状成分の総当量濃度は、南西諸島で最も高く、その他の地域では、陰イオンは SO_4^{2-} 、陽イオンは NH_4^+ または Na^+ の占める割合が高かった。東部では他の地域と比べて NO_3^- の割合が高かった。

12地点においてインパクタを使用して粗大粒子と微小粒子（ $PM_{2.5}$ ）とを分けて捕集した結果、 $PM_{2.5}$ 中イオン成分濃度の年平均値の範囲は2.3～7.2 $\mu g\ m^{-3}$ であった。どの地点も $nss-SO_4^{2-}$ の割合が最も高く、 $PM_{2.5}$ イオン濃度のうち45～65%を占めた。全粒子状物質に占める $PM_{2.5}$ の割合については、 $NO_3^-(p)$ は夏季に $PM_{2.5}$ の割合が低く、冬季に高い傾向があった。 $SO_4^{2-}(p)$ および $NH_4^+(p)$ は1年を通して $PM_{2.5}$ の割合が高く、 $Na^+(p)$ 、 $Ca^{2+}(p)$ および $Mg^{2+}(p)$ は1年を通して $PM_{2.5}$ の割合が低かった。

7.3 乾性沈着量

FP法の測定結果から、乾性沈着推計ファイル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。ガス状物質と粒子状物質を合わせた乾性沈着量の全国平均値は、非海塩由来硫黄成分が10.1 $mmol\ m^{-2}\ y^{-1}$ 、 NO_x を含まない酸化態窒素成分16.1 $mmol\ m^{-2}\ y^{-1}$ 、還元態窒素成分36.3 $mmol\ m^{-2}\ y^{-1}$ だった。

7.4 ガス成分濃度（パッシブ法）

パッシブサンプラーにより NO_x 、 NO_2 、 O_3 、 NH_3 の測定を行った。

年平均濃度が最も高かった地点は NO_x では札幌北（16.6 ppb）、 O_3 では摩周（46.1 ppb）、 NH_3 では旭（77.0 ppb）だった。

NH_3 と周辺発生量の関係について、今年度周辺発生量の集計元はEAGrid2000からEAGrid2010に変更されたが従来のおりよい相関を示した。

お詫びと訂正

全環研会誌 Vol. 43 No. 3（2018）に掲載の第6次調査報告書（平成28年度）において、表5.2.4の脱落がございました。110ページの前に下の表が入ります。謹んでお詫び申し上げ、ここに訂正いたします。

表5.2.4 粒径別粒子状成分の年平均濃度（ $nmol\ m^{-3}$ ）

No.	都道府県市	地点名	粒径	SO ₄ ²⁻ (p)	nss-SO ₄ ²⁻ (p)	NO ₃ ⁻ (p)	Cl ⁻ (p)	Na ⁺ (p)	K ⁺ (p)	Ca ²⁺ (p)	nss-Ca ²⁺ (p)	Mg ²⁺ (p)	NH ₄ ⁺ (p)
				(nmol m ⁻³)									
1	北海道	利尻	粗大	4.5	1.1	7.2	56.5	55.3	1.5	2.1	0.9	6.3	0.7
			PM _{2.5}	17.0	16.5	1.2	0.6	7.9	1.5	0.4	0.2	0.9	22.5
2		母子里	粗大	2.1	1.2	4.3	12.6	14.1	0.9	1.1	0.8	1.7	1.7
			PM _{2.5}	14.7	14.5	1.6	0.6	3.3	1.2	0.3	0.3	0.4	27.5
3		札幌北	粗大	4.0	2.1	9.5	29.8	31.1	1.0	3.6	2.9	3.3	3.3
			PM _{2.5}	21.0	20.5	11.4	7.9	8.5	1.9	1.1	1.0	1.0	47.1
4	埼玉県	加須	粗大	4.0	2.8	19.3	10.2	19.4	1.4	5.2	4.7	2.4	3.3
			PM _{2.5}	24.8	24.5	17.1	4.4	4.3	2.5	1.2	1.1	0.5	61.1
5	静岡県	静岡北安東	粗大	2.8	1.7	15.4	8.2	17.0	1.5	2.9	2.5	2.3	1.5
			PM _{2.5}	23.1	22.9	1.6	0.4	3.4	3.5	0.9	0.9	0.5	43.1
6	富山県	射水	粗大	(2.5)	(1.5)	(8.3)	(13.9)	(17.4)	(0.6)	(2.3)	(1.9)	(2.0)	(1.4)
			PM _{2.5}	(16.9)	(16.6)	(4.6)	(1.2)	(4.4)	(1.6)	(0.4)	(0.3)	(0.6)	(34.3)
7	和歌山県	海南	粗大	3.1	1.7	18.2	14.4	23.9	0.5	4.1	3.6	3.0	2.4
			PM _{2.5}	31.4	31.1	4.2	0.6	5.2	3.4	1.1	1.0	0.8	61.7
8	鹿児島県	鹿児島	粗大	(6.0)	(3.9)	(21.3)	(26.2)	(34.6)	(1.0)	(5.7)	(4.9)	(3.7)	(5.9)
			PM _{2.5}	(38.8)	(38.4)	(8.7)	(2.9)	(6.7)	(1.9)	(1.0)	(0.8)	(0.6)	(80.9)
9	沖縄県	辺戸岬	粗大	11.0	2.2	20.0	148.8	144.4	3.5	6.6	3.4	18.6	0.1
			PM _{2.5}	29.2	28.2	1.6	3.3	17.3	1.4	0.6	0.2	2.4	35.3

注) () は参考値を示す。