

ISSN 2424-1083

季刊 全国環境研会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.47 No.3 2022 (通巻 164 号)



目 次

【巻頭言】

環境問題を地域の課題に	川崎 敏久 / 1
-------------------	-----------

【特 集／第6次酸性雨全国調査報告書2020（令和2）年度】

はじめに	/ 2
1. 調査目的	/ 3
2. 調査内容	/ 5
3. 気象概況および大気汚染物質排出量の状況	/ 7
4. 湿性沈着	/ 9
5. 乾性沈着（フィルターパック法）	/ 23
6. 乾性沈着（パッシブ法）	/ 40
7. まとめ	/ 43
..... 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会	
岩永 恵・加藤真美・豊岡久美子・久恒邦裕・藤井未希・	
宮崎康平・山口高志・家合浩明・横田哲朗・渡邊一史・	
風見千夏・工平晴俊・武蔵沙織	

【報 文】

倉敷川中・下流部における北側流域からの汚濁負荷についての一考察	藤田和男・林 隆義 / 44
横浜市内の気温観測調査結果と「暑さをしのぐ環境づくりの手引き」について	石田麻衣子・小田切幸次・狭間優哉・
佐藤玲子・保坂涼平	/ 50
従属栄養細菌の活動を利用した有明海の栄養塩類調査	秦 弘一郎・柏原 学 / 56

C O N T E N T S

A Study on Pollutant Load from the North Basin in the Middle and Downstream of the Kurashiki River -Review of Discharge Load and Runoff Load of Pollutant-

..... Kazuo FUJITA, Takayoshi HAYASHI / 44

Result of temperature observation in Yokohama city And Abstract of “The leaflet for establishing environments to adapt heat”

..... Maiko ISHIDA, Koji OTAGIRI, Yuya HAZAMA,
Reiko SATO, Ryohei HOSAKA / 50

Survey of Nutrient Salts in the Ariake Sea Using Activity of Heterotrophic Bacteria

..... Koichiro HATA, Manabu KASHIWABARA / 56

◆巻 頭 言◆

環境問題を地域の課題に

高知県衛生環境研究所長 川崎 敏 久



令和3年度、4年度の全国環境研協議会中国・四国支部長を務めさせていただいています高知県衛生環境研究所長の川崎と申します。日ごろから、皆様方には多大なご協力をいただき感謝申し上げます。

高知県衛生環境研究所は、令和元年度に衛生研究所と環境研究センター、それに福祉保健所の検査部門を統合し、新庁舎で発足しました。

統合に当たって、環境、生活、健康について連携していけるようにしなければならないと考えてきました。今年で4年目になりますが、環境科学と生活科学が農薬等の検査で分析機器のメソッドを共有していく試みをはじめなど所内連携を進めてきましたが、まだまだ一つの衛生環境研究所として十分に機能できていない状況です。

また、発足に合わせて「高知県気候変動適応センター」を当研究所に設置しました。高知県内での気候変動の影響及び気候変動適応に関する情報基盤を強化するとともに県内の事業者や住民等に情報提供を通して地域の取組を推進していくように活動していくことが業務です。

これまでのモニタリング中心の業務とは異なり、国立環境研究所の気候変動適応センターの皆様との協議やアドバイスをいただきながら少しずつですが取組を進めてきたところです。

昨年度には、高知県内における気候変動の影響やさまざまな分野での適応策について調査し、小学校高学年向けのパンフレットを作成しました。それを県内全小学校に1部ずつ配り、同時にアンケートを行ないました。回答の中には、「このような対策をしていることを初めて知っておどろいた。」というお声がありました。

パンフレットを追加で欲しいとの要望がありましたので、今年度はパンフレットを増刷するとともにパネルを作成し、展示等で活用していくことにしています。

今後は、企画展示など、ダイレクトに住民のリアクションが返ってくる取り組みを行い、地域に気候変動への適応の必要性について広げていきたいと思っています。

当研究所では、これまで地域的な課題や局所的な課題の解決に取り組んできましたが、気候変動というような

地球規模の課題に取り組むことはありませんでした。これを機会に地球温暖化対策やマイクロプラスチック調査などグローバルな環境問題にも、地域からどのようにアプローチできるのか、又地域住民とどのように協働していくのか、知恵を出しながらチャレンジしていきたいと考えています。

一つの研究所でできることはどうしても限られてしまいますので、会員の皆様や国立環境研究所と連携を深めながらグローバルな課題に取り組んでいくことで、得られた成果を地域に還元していければと思っています。

最後になりますが、中国・四国支部の会員の皆様には、大変なご協力をいただき、コロナ禍の中で支部活動を続けることができましたことに、改めて感謝申し上げます。

また、全国の会員の皆様には、今後とも情報交換や情報発信に努めていきたいと思っておりますので、ご指導、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。



<https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/130120/2022030800151.html>

※ 令和4年7月に「A-PLAT」に掲載されました。

＜特 集＞

第6次酸性雨全国調査報告書2020（令和2）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

岩永恵，加藤真美，豊岡久美子，久恒邦裕，藤井未希，宮崎康平，山口高志，
家合浩明，横田哲朗，渡邊一史，風見千夏，工平晴俊，武蔵沙織

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5年目である2020年度の調査結果を報告します。

これまで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，硫黄酸化物や窒素酸化物の地域特性，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，フィルターパック法では測定できない窒素酸化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の把握やバックグラウンドオゾン濃度の把握などを行いました。

第6次調査（2016年度～）では，フィルターパ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多くの皆様に，この場をお借りしまして，深くお礼申し上げます。世界的に猛威を振るう新型コロナウイルス感染の収束が未だ見えない状況ですが，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4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 西村 正樹

（千葉市環境保健研究所長）

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に第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パック法（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方法の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に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NH₄⁺、乾性の粒子状NO₃⁻およびNH₄⁺、ガス状のHNO₃（測定されている場合はHONOも含む）、NO₂、NOおよびNH₃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。

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：39地点 2007年度：34地点 2008年度：37地点	
	ろ過採取法（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	フィルターパック法による原則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	フィルターパ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（0式および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	夏季および冬季の2週間調査	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に掲載 http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/01/index.html	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 http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/02/index.html	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 http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/03/index.html		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 http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/04/index.html		
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：66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：35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 2018年度：60地点 2019年度：59地点 2020年度：55地点	2016年度：30地点 2017年度：28地点 2018年度：29地点 2019年度：27地点 2020年度：26地点	2016年度：22地点 2017年度：20地点 2018年度：17地点 2019年度：15地点 2020年度：13地点		
	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	フィルターパ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（0式）によるガス成分調査、月単位の試料採取	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	フィルターパ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、インパクト装備による粗大粒子と微小粒子（PM _{2.5} ）とを分けた採取を推奨		
	調査期間	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に掲載 http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/05/index.html			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）） 全国環境研会誌 VOL.44, NO.3,（第6次酸性雨全国調査報告書（平成29年度）） 全国環境研会誌 VOL.45, NO.3,（第6次酸性雨全国調査報告書2018（平成30）年度） 全国環境研会誌 VOL.46, NO.3,（第6次酸性雨全国調査報告書2019（令和元）年度）					

(ii)PM_{2.5}成分データを得ることにより、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、今後も掲載予定である。

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 (注1)	緯度 (度)	経度 (度)	湿性 (注2)	乾性 ^{(注2) (注3)}			標高 (m)	海岸から の距離 (km)	サンブラー設置位 置地上高(m)			土地利用				
				SO ₂	NO _x	NH ₃					FP	O式	自動 NO _x			湿性	FP	O式					
北 海 道 ・ 東 北	北海道	利尻	北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所	0.81	0.44	0.02	NJ	45.1200	141.2097	☆	☆	○	☆	46	0.7	3	3	4	未指定（草、笹）				
		札幌北	北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所	2.76	14.57	1.15	NJ	43.0818	141.3336	☆	○	○	☆	12	13	8	9	9	住居地域（市街地）				
		札幌白石	札幌市衛生研究所	2.72	14.72	1.27	NJ	43.0626	141.3819	○	○			15	16.7	14	14		住居地域（市街地）				
	青森県	青森東道道	青森県環境保健センター	0.74	2.19	0.42	NJ	40.8303	140.7918	○				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	40.7831	140.2382	○				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	39.6781	141.1328	○	○			125	70		12		準工業地域				
	宮城県	涌谷	宮城県環境保健センター	1.07	3.64	2.28	NJ	38.5537	141.1720	○				165	19	3			未指定（草、雑）				
	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	39.7197	140.1264	○				15	5.5	20			第一種住居地域				
	山形県	鶴岡	山形県環境科学研究所	0.04	0.34	0.33	NJ	38.5525	139.8650			○		220	26			5	未指定（森林）				
		福島天栄	福島県環境創造センター	0.40	0.64	0.42	EJ	37.2526	140.0445			○		941	84			1	未指定（森林）				
関 東 ・ 甲 ・ 信 ・ 静	福島県	三春 ^(注4)	福島県環境創造センター	0.64	3.60	1.29	EJ	37.4347	140.5194	○				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	36.9633	140.8927	○		○	○	3	2.5	5		2	住居地域（市街地）				
	新潟県	新潟管	新潟県環境科学研究所	1.41	6.04	1.00	JS	37.8453	138.9443	○	○		○	2	3.1	4	2		市街化調整区域				
		長岡	新潟県環境科学研究所	0.66	2.83	0.59	JS	37.4462	138.8681	○	○		○	27	19	6	7		住居地域				
	栃木県	宇都宮 ^(注5)	栃木県環境保健センター	1.63	6.12	2.53	EJ	36.6004	139.9404	○				140	65	10			住宅地				
		埼玉玉	埼玉県環境科学国際センター	1.06	10.36	2.83	EJ	36.0852	139.5595	○				14	55	11			農業地域				
	群馬県	さいたま ^(注6)	さいたま市健康科学研究所	3.70	28.65	4.67	EJ	35.8621	139.6455	○				15	35	16			商業地域				
		前橋	群馬県衛生環境研究所	1.89	7.58	6.83	EJ	36.4044	139.0961	○	○		○	103	110	20	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	35.5259	140.0682	○		▲		3	1.2	5	10	10		工業地域			
		銚子	千葉県環境研究センター	8.61	6.89	3.67	EJ	35.7351	140.7447	○				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	35.3485	140.3805	○				5	1.0	3			農業地域					
旭		千葉県環境研究センター	8.59	6.93	3.87	EJ	35.7271	140.7202	○	○	▲		58	4.7	1	1	1	農業地域					
佐倉		千葉県環境研究センター	1.72	15.47	2.54	EJ	35.7279	140.2065	○	○	▲		28	19	3	3	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	35.1634	140.1555	○	○			356	4.5	1	1		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	35.1795	140.2659	○	○			97	4.4	5	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	35.6858	140.0304	○				14	3.1	3			住居地域					
神奈川	平塚	神奈川県環境科学センター	0.52	10.46	2.61	EJ	35.3476	139.3514	○				9	3.7	22			準工業地域（市街地）					
	川崎 ^(注7)	川崎市環境総合研究所	11.95	55.76	3.48	EJ	35.5411	139.7540	○				4	3.2	20			準工業地域					
近 畿 ・ 東 海 ・ 北 陸	長野県	長野県環境保全研究所	0.87	2.64	0.57	CJ	36.6354	138.1786	○	○		○	363	52.5	15	3			第一種住専				
	富山県	射水 ^(注8)	富山県環境科学センター	5.03	11.55	1.43	JS	36.7006	137.0997	○	○	▲		25	8	2	14	14		住居地域（市街地）			
	石川県	金沢	石川県環境保健センター	1.49	3.78	0.97	JS	36.5270	136.7058	○	○			120	14	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センター	1.31	4.50	0.68	JS	36.0741	136.2615	○	○		○	12	18	9	9		市街化調整区域				
	岐阜県	伊自良湖	岐阜県環境保健研究所	1.12	3.14	1.25	CJ	35.5706	136.6975	☆	☆		☆	140	58	4	4		山林				
		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	34.7423	137.3840	○	○	▲		19	6	8	8	8		住居地域			
	愛知県	大崎	愛知県環境調査センター東三河支所	1.29	6.00	3.80	CJ	34.7171	137.3443				○	17	1				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	35.0990	136.9156	○	○			0	3	19	19		工業地域				
	滋賀県	大津柳が崎	琵琶湖環境科学研究所	1.46	10.52	1.29	CJ	35.0265	135.8671	○	○			87	53	28			住宅地				
	兵庫	神戸須磨	兵庫県環境研究センター	6.64	18.72	1.13	CJ	34.6487	135.1318	○	○		○	15	0.9	29	17			準工業地域			
和歌山		和歌山県環境衛生研究センター	8.97	13.33	0.87	CJ	34.2143	135.1626	○				13	1	13			商業					
中 国 ・ 四 国	鳥取県	湯梨浜	鳥取県衛生環境研究所	0.10	0.72	0.77	JS	35.4934	133.8852	○				2	1.3	11			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	35.4750	133.0131	○				6	6	1			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	34.4615	132.4074	○				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	34.1528	131.4335	○				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	34.0700	134.5608	○				2	3	18			住居地域（市街地）				
	愛媛県	松山	愛媛県立衛生環境研究所	5.86	9.87	0.89	WJ	33.8382	132.7542	○				17	5	19			商業地域				
	福岡県	太宰府	福岡県保健環境研究所	2.44	12.89	1.92	WJ	33.5116	130.4995	○	○		○	30	15	18	5		市街化調整区域				
		曲淵 ^(注10)	福岡市保健環境研究所	1.52	9.07	1.44	WJ	33.4974	130.3072	○				193	9.2	1			市街化調整区域				
		城南	福岡市保健環境研究所	1.65	10.79	1.61	WJ	33.5757	130.3699	○				3	2.6	14			商業地域				
	佐賀県	佐賀	佐賀県環境センター	1.20	3.87	1.46	WJ	33.2735	130.2727	○				4	11	9			第1種住居地域（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	32.7621	129.8629	◇				4	1.3	8			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	33.1787	129.7152	◆				6	1.3	38			商業地域				
	熊本県	宇土	熊本県保健環境科学研究所	1.19	5.04	1.36	WJ	32.6661	130.6531	○				20	2.7	1			未指定				
		阿蘇一の宮	熊本県保健環境科学研究所	0.15	0.63	1.21	WJ	32.9387	131.1143	○				534	50	12			未指定				
	画図町 ^(注11)	熊本市環境総合センター	0.95	4.88	2.72	WJ	32.7642	130.7346	○		▲		5	12	15	15		市街化調整区域					
	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	33.1583	131.6136	○	○			90	11	14	14		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	31.8321	131.4161	○	○			14	3.5	14	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	31.5846	130.5644	○	○			1	0.1	5	21		準工業地				
	沖縄県	うるま ^(注12)	沖縄県衛生環境研究所	10.14	9.25	1.28	SW	26.3772	127.8345	○	○	▲		34	3	10	11	11		未指定			
		辺戸岬	沖縄県衛生環境研究所	0.00	0.03	0.32	SW	26.8670	128.2483	☆	☆	▲	☆	60	0.2	2	5	5		特別地域			
調査機関数				43				調査地点数				55				26				13		15	

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

注2) ☆：環境省の委託事業、◇：長崎市からデータ提供、◆：佐世保市からデータ提供、▲：一部実施

注3) FP：インバクタ付き5段ろ紙法または4段ろ紙法、O式：パンプ法、自動NO_x：常時監視局自動測定装置によるNO・NO₂測定結果

注4) 2015/11/2から測定地点変更 注5) 旧名称は河内 注6) 旧名称は駒西 注7) 2013/1/23から測定地点変更 注8) 旧名称は小杉

注9) 2017/9/11から測定地点変更(海南海事所→日方小学校)、2018/4から地点変更(海南→和歌山)

注10) 旧名称は福岡 注11) 2016/3/7から測定地点変更(熊本→画図町) 注12) 2017/3/6から測定地点変更(大里→うるま)

2. 調査内容

2.1 調査概要

2020年度の調査参加機関は表2.1.1に示す43機関であり、湿性沈着調査地点は55地点、乾性沈着調査地点は33地点（FP法：26地点、パッシブ法：13地点、自動測定機：15地点）であった。調査地点は一部、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。

2020年度の調査期間は原則として2020年3月30日～2021年3月29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。

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。2020～2021年度の部会組織および報告書の担当を表2.1.3に示す。

表2.1.2 調査期間の季節・月区分

季節	月	2020年度	週
春	4	3月30日 ～ 4月27日	4
	5	4月27日 ～ 5月25日	4
夏	6	5月25日 ～ 7月6日	6
	7	7月6日 ～ 8月3日	4
	8	8月3日 ～ 8月31日	4
秋	9	8月31日 ～ 9月28日	4
	10	9月28日 ～ 10月26日	4
	11	10月26日 ～ 12月7日	6
冬	12	12月7日 ～ 1月5日	4
	1	1月5日 ～ 2月1日	4
	2	2月1日 ～ 3月1日	4
春	3	3月1日 ～ 3月29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	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	神田 泰宏	2020	
	千葉市環境保健研究所	大塚 正毅	2021	
理事委員	福井県衛生環境研究センター	谷口 和之	2020	
	神奈川県環境科学センター	長谷川 陽一	2021	
支部委員	福島県環境創造センター	菊地 優也	2020	D
	山形県環境科学研究センター	渡邊 一史	2021	
	川崎市環境総合研究所	山田 大介	2020	D
	茨城県霞ヶ浦環境科学センター	豊岡 久美子	2021	
	愛知県環境調査センター（東三河支所）	牧原 秀明	2020	D
	石川県保健環境センター	加藤 真美	2021	
	鳥取県衛生環境研究所	村田 智穂	2020	D
	島根県保健環境科学研究所	藤井 未希	2021	D
	鹿児島県環境保健センター	桐原 仁志	2020	D
	長崎県環境保健研究センター	横田 哲朗	2021	D
委 員	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所	山口 高志	2020-2021	1-3, 6章
	新潟県保健環境科学研究所	家合 浩明	2020-2021	総括, 5.3章
	名古屋環境科学調査センター	久恒 邦裕	2020-2021	4章
	島根県保健環境科学研究所	池田 有里	2020	5.3章
	山口県環境保健センター	岩永 恵	2021	1-3, 5.3章
	福岡県保健環境研究所	濱村 研吾	2020	5.1-5.2章
	〃	宮崎 康平	2021	5.1-5.2章
	沖縄県衛生環境研究所	岩崎 綾	2020	5.1-5.2章
	国立大学法人 東京農工大学 農学部	松田 和秀	2020-2021	
	京都大学	村野 健太郎	2020-2021	
有識者	公立大学法人 北九州市立大学	藍川 昌秀	2020-2021	
	京都大学フィールド科学教育研究センター	徳地 直子	2020-2021	
	国立研究開発法人 国立環境研究所 気候変動適応センター	向井 人史	2020-2021	
	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	2020	
	〃	弓場 彬江	2021	
	大気環境学会中国・四国支部	大原 真由美	2020-2021	
	環境省	馬島 貴教	2020-2021	
	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	高石 豊	2020	
	〃	久保 智子	2020	
	千葉市環境保健研究所	工平 晴俊	2021	
事務局	〃	武蔵 沙織	2021	
	〃	風見 千夏	2021	

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。

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、ヒーターが使用できない場合は、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、湿性沈着モニタリング手引き書（第2版）¹⁾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^{2,3)}の構成に加え、前段にインパクト（I0ろ紙）を装備し、粗大粒子と微小粒子（ $\text{PM}_{2.5}$ ）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 NO_2 ガスを評価するための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週間を基本とした。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 2L min^{-1} で、その他の場合は $1\sim 5\text{L min}^{-1}$ 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法に関するマニユ

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²⁾およびEANETの技術資料⁴⁾などを参照されたい。

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_2CO_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 $\text{PM}_{2.5}$ 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_2CO_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 ッ 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	($\text{NaNO}_2+\text{K}_2\text{CO}_3$)含浸ろ紙

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る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、可能ならば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か月であった。

SO_2 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、 K_2CO_3 により改良された低濃度用ろ紙による SO_2 の測定結果と従来法との換算式が報告され⁵⁾、 K_2CO_3 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⁶⁾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。

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）⁷⁾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、（排出量合計）／（半径20kmの円の面積）で行った。

－ 引用文献 －

- 1) 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_deposi/index.html（2022.1.6アクセス）
- 2) 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
- 3) 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
- 4) Acid Deposition Monitoring Network in East Asia：Technical Manual for Air Concentration Monitoring in East Asia，<https://www.eanet.asia/publications/>（2022.1.6アクセス）
- 5) 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
- 6) 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，https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/kankyohozen/kansoku/science/shiryo/sonotahoukokusyo/201008.files/0004_20200821.pdf（2022.1.6アクセス）

uri-kankyo/kankyohozen/kansoku/science/shiryo/sonotahoukokusyo/201008.files/0004_20200821.pdf（2022.1.6アクセス）

- 7) 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

3.1 気象概況

2020年の概況を表3.1.1に示す。また，黄砂観測日数は2019年度が8日に対し，2020年度は12日で，4月に3日，5月に2日，1月に3日および3月に4日観測された²⁾。

表3.1.1 気象概況¹⁾

春	気温は北日本でかなり高く、東・西日本で高かった。 4月は、大陸からの寒気の影響を受けやすく全国的に低かったが、3月と5月は、南からの暖かい空気が流れ込みやすかったため、春の気温は北日本でかなり高く、東・西日本で高かった。 日照時間は東日本太平洋側と西日本でかなり多かった。 3月から4月にかけて、西日本を中心に移動性高気圧に覆われる日が多かったことから、春の日照時間は、東日本太平洋側と西日本でかなり多く、東日本日本海側で多かった。 降水量は北日本と沖縄・奄美で多かった。 北日本では発達しながら通過した低気圧や前線、湿った空気の影響を受けやすかったため、春の降水量は多かった。また、沖縄・奄美では、3月と5月に前線や暖かく湿った空気の影響を受けやすく、春の降水量は多かったが、湿った空気の影響を受けにくかった4月の降水量はかなり少なかった。
	全国的に気温は高く、東日本と沖縄・奄美ではかなり高かった。 暖かい空気に覆われる時期が多かったため、全国的に夏の気温は高かった。特に、8月に太平洋高気圧に覆われて厳しい暑さが続いた東日本と、期間を通して暖かい空気に覆われやすかった沖縄・奄美ではかなり高かった。 東日本日本海側と沖縄・奄美では日照時間が少なかった。 7月に梅雨前線や湿った空気の影響を受けやすかった東日本日本海側と、期間を通して前線や湿った空気の影響を受けやすかった沖縄・奄美では、夏の日照時間は少なかった。 「令和2年7月豪雨」など、全国各地で大雨が発生した。 7月は活発な梅雨前線の影響で、東・西日本を中心に各地で長期間にわたって大雨となった（「令和2年7月豪雨」）。このため、東・西日本の夏の降水量はかなり多かった。沖縄・奄美では、期間を通して前線や湿った空気の影響を受けやすかったため、降水量はかなり多かった。
	気温は北日本と沖縄・奄美でかなり高く、東日本で高かった。 北・東日本では、9月前半と11月後半を中心に南から暖かい空気が流れ込みやすかったため、北日本でかなり高く東日本で高かった。また、沖縄・奄美では、11月を中心に暖かい空気に覆われたため、かなり高かった。 日照時間は北日本で少なく、東・西日本日本海側で多かった。 北日本では、秋の前半に低気圧や前線または寒気の影響を受けたため、秋の日照時間は少なかった。一方、東・西日本日本海側では、秋の後半を中心に移動性高気圧に覆われることが多かったため、秋の日照時間は多かった。 降水量は西日本太平洋側で多く、北日本太平洋側、東日本日本海側、沖縄・奄美で少なかった。 西日本太平洋側では、秋の前半を中心に台風や低気圧と前線などの影響を受けたため、秋の降水量は多かった。一方、北日本太平洋側と東日本日本海側では、秋の後半を中心に低気圧の影響を受けにくく、また、沖縄・奄美では、11月を中心に低気圧の影響を受けにくかったため、秋の降水量は少なかった。
秋	冬の前半に強い寒気の影響を断続的に受けたが、東・西日本と沖縄・奄美で暖冬。 冬の前半に強い寒気が流れ込んだ時期があったが、後半は寒気の南下が弱く、また、北日本付近を通過する低気圧に向かって暖かい空気が流れ込んだ時期もあったことから、冬の気温は東日本でかなり高く、西日本と沖縄・奄美で高かった。冬の前半と後半で気温の変動が大きかった。 日照時間は西日本で記録的に多かった。 冬の後半を中心に、冬型の気圧配置が長続きせず寒気の南下が弱かったことや、高気圧に覆われやすかったため、西日本日本海側と西日本太平洋側では、平年比がそれぞれ126%、118%と統計開始以来1位の多照となった（統計開始は1946/47年冬）。 降雪量は西日本日本海側でかなり多く、冬の降水量は東日本日本海側でかなり多かった。 冬の前半に強い寒気が流れ込んだ影響で、記録的な大雪となった所もあり、冬の降雪量は西日本日本海側でかなり多かった。また、冬の後半には北日本付近で低気圧が通過することが多かったため、冬の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。

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。中国の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⁶⁾があり、図3.2.1より、その排出量は2006年から2017年まで減少傾向であった。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⁷⁾。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⁸⁾。

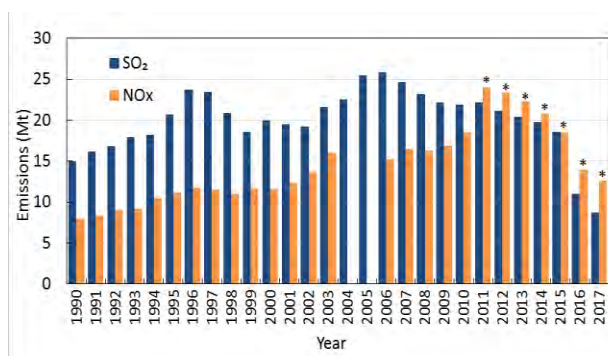


図3.2.1 中国におけるSO₂およびNO_x排出量⁴⁾
(*2011年以降はNO_xに自動車起源が加算)

－ 引用文献 －

- 1) 気象庁報道発表資料, <http://www.jma.go.jp/jma/press/tenko.html> (2021.12.17アクセス)
- 2) 気象庁：黄砂, http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_table_1.html (2021.12.17アクセス)
- 3) Kurokawa J., Ohara T., Morikawa T., Hanayama S., Janssens-Maenhout G., Fukui T., Kawashima K., and Akimoto H. : 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/> (2021.12.17アクセス)
- 5) Tian H., Hao J., Nie Y. : Recent trends of NO_x Emissions from energy use in China, *Proceeding of 7th International Conference on Acidic Deposition*, **32**, 2005
- 6) 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, 2013
- 7) Kannari A., Tonooka Y., Baba T., Murano K. : Development of multiple-species 1 km × 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, *Atmos. Environ.*, **41**, 3428-3439, 2007
- 8) 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、2020年度のとりまとめについて報告する。

2020年度の湿性沈着調査に対し、42機関55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。

2020年度は、月間データでは660個中27データ（4.1 %）が除外され、年間データでは55地点中2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660個のデー

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

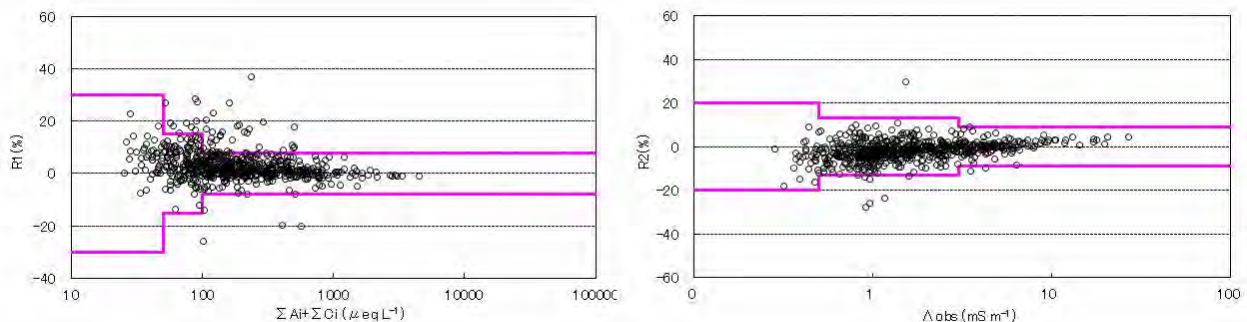


図4.1.1 イオンバランス（ R_1 ）と総イオン濃度（ $\Sigma A_i + \Sigma C_i$ ）および電気伝導率バランス（ R_2 ）と実測値との比較

タ中、 R_1 が許容範囲内にあったデータは612個（適合率92.7%）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646個（適合率97.9%）であった。 R_1 および R_2 の分布を図4.1.1に示す。2010～2020年度における R_1 および R_2 の適合率は、 R_1 ：92～97%、 R_2 ：98～99%の範囲にあり高いレベルで保たれている^{1,3-12)}。ただし、近年は以前と比較すると R_1 が下がっている。各機関において、連続して許容範囲を外れる場合などには、分析手順等の見直しの機会として頂きたい。

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、2020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）15機関を除き38機関

（以下、精度管理参加機関）がこの調査に参加した。このうち全環研の酸性雨全国調査に参加している機関（以下、全環研報告機関）は30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（DQO：Data Quality Objectives、分析の正確さ：±15%）を用い、DQOの2倍まで（±15%～±30%）の測定値にはフラグEを、DQO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¹³⁾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DQOを満たすデータが98.9%、フラグEが付いたデータは1.1%で、フラグXが付いた機関は無かった。また、低濃度試料では、DQOを満たすデータが97.1%、フラグEが付いたデータは2.9%で、フラグXが付いた機関は無かった。フラグ付与率は高濃度試料、低濃度試料ともに2019年度¹²⁾から改善された。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2019年度¹²⁾と同様であった。

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	0	0	0	0	0	2	1	1	0
	フラグX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	相対標準偏差	2.4 (n=38)	3.3 (n=38)	2.0 (n=38)	3.3 (n=38)	3.6 (n=38)	2.0 (n=38)	7.6 (n=36)	5.7 (n=37)	5.7 (n=37)	2.5 (n=38)
低濃度試料	フラグE	0	0	0	0	1	1	1	2	6	0
	フラグX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	相対標準偏差	2.8 (n=38)	4.2 (n=38)	3.0 (n=38)	3.7 (n=38)	4.6 (n=37)	3.3 (n=37)	4.7 (n=37)	6.4 (n=36)	8.7 (n=32)	4.6 (n=38)

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	0	0	1	1	0	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	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	0	0	0	0	0	1	0	0
検出下限値に係るDQOs(μmol L ⁻¹)	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.8

DQOs：精度管理目標値

一方、国設局管理機関（15機関）の2020年度分析精度管理調査¹³⁾では、高濃度試料でDQOを満たすデータは99.3%，フラグEが付いたデータは0.7%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、DQOを満たすデータは100.0%，フラグEまたはフラグXが付いたデータはなかった。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。2020年度の相対標準偏差は、高濃度試料は陰イオン：2.0～3.3%，陽イオン：2.0～7.6%，低濃度試料は陰イオン：3.0～4.6%，陽イオン：3.3～8.7%であり、2019年度¹²⁾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2020年度分析精度管理調査¹³⁾の相対標準偏差は、高濃度試料では陰イオン：1.5～2.2%，陽イオン：2.0～7.4%，低濃度試料では陰イオン：2.2～3.4%，陽イオン：1.5～5.3%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：2.4%，低濃度試料：2.8%）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、Ca²⁺で2機関と最も多く、Cl⁻、Na⁺およびMg²⁺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、2020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。

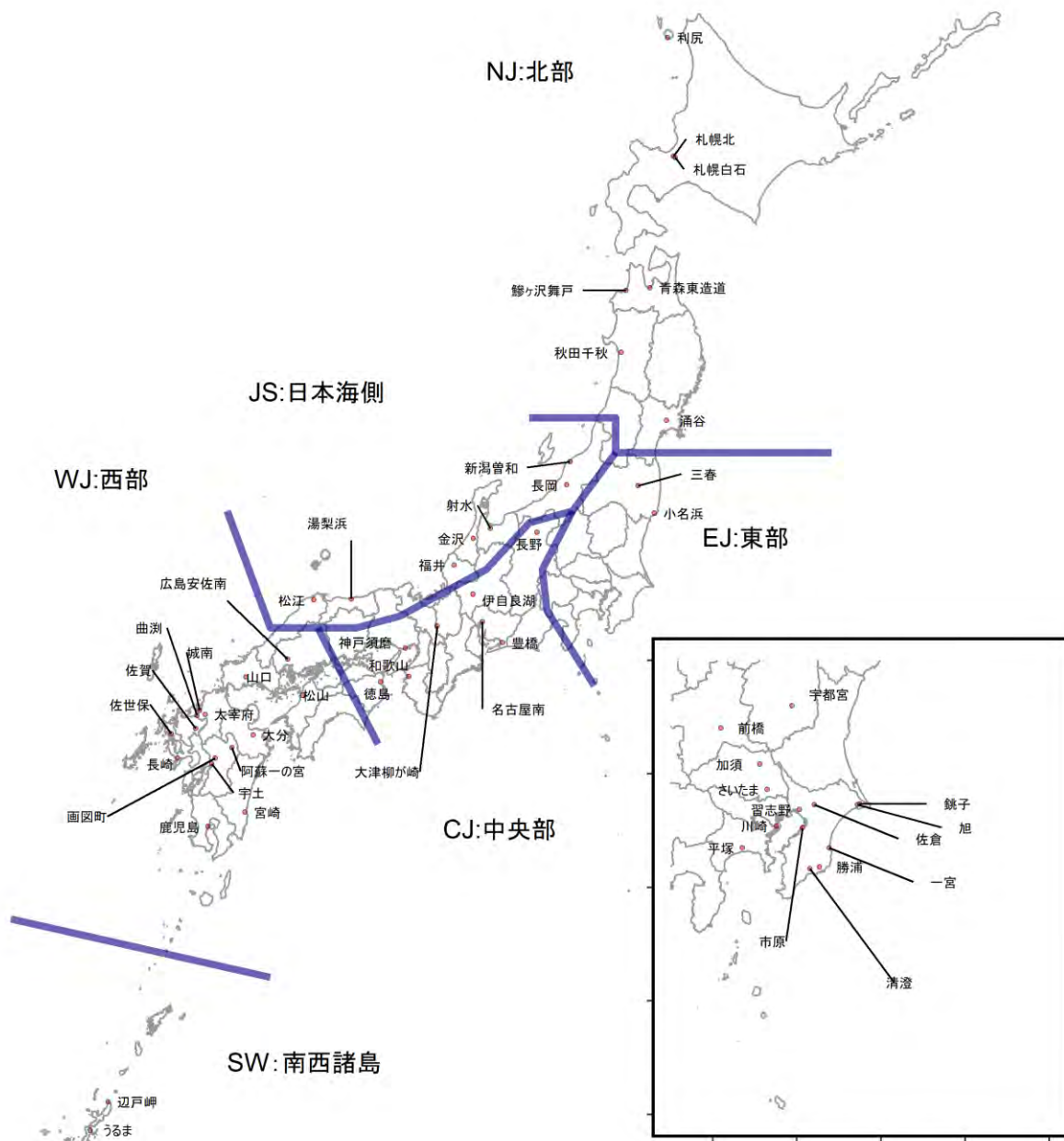


図4.2.1 地域区分

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

2020年度の年間データが有効となった地点 (55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、

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	742	5.06	4.04	21.5	9.3	14.5	227.9	18.5	201.2	6.0	9.3	4.8	23.0	8.8
札幌北	NJ	2.76	14.57	1.15	780	4.99	2.35	14.9	9.8	16.7	97.3	19.4	83.8	3.2	6.6	4.7	9.8	10.3
札幌白石	NJ	2.72	14.72	1.27	863	5.03	1.93	12.8	8.7	14.7	80.2	19.5	67.6	2.0	6.0	4.5	8.0	9.2
青森東遼道	NJ	0.74	2.19	0.42	1522	4.87	4.43	24.9	12.1	22.3	253.1	20.1	212.6	5.2	9.9	5.1	24.6	13.4
鯉ヶ沢舞戸	NJ	0.12	0.61	0.44	1591	5.00	5.25	28.1	11.1	22.4	332.5	18.3	280.5	6.7	12.0	5.7	31.9	10.1
涌谷	NJ	1.07	3.64	2.28	1054	5.13	0.93	6.4	5.1	8.1	24.9	11.8	20.9	0.7	2.0	1.6	2.3	7.5
秋田千秋	NJ	3.40	4.17	0.48	1778	4.98	3.50	21.1	10.4	20.2	191.9	22.2	162.9	4.0	8.6	4.7	18.6	9.8
三春	EJ	0.64	3.60	1.29	1062	5.31	0.61	5.8	5.2	9.1	9.8	10.0	8.3	0.8	3.9	3.8	1.5	4.9
小名浜	EJ	9.47	11.50	0.78	1266	5.05	1.33	8.3	5.8	8.0	47.6	9.1	41.4	1.1	2.7	1.8	4.6	9.0
新潟曾和	JS	1.41	6.04	1.00	2353	4.94	2.72	15.3	8.0	13.8	138.4	13.0	119.7	3.1	6.0	3.3	13.8	11.5
長岡	JS	0.66	2.83	0.59	3099	4.99	3.47	20.3	10.5	17.6	187.5	17.9	162.3	4.0	7.6	3.9	19.5	10.2
宇都宮	EJ	1.63	6.12	2.53	1357	5.84	0.82	8.5	7.9	16.1	12.6	26.5	9.9	0.6	3.2	3.0	1.5	1.4
加須	EJ	1.06	10.36	2.83	1299	5.10	0.98	8.7	7.7	20.9	12.8	23.5	10.1	1.2	5.6	4.6	1.8	8.4
さいたま	EJ	3.70	28.65	4.67	1515	4.97	1.17	9.5	8.8	20.3	14.8	23.0	11.8	0.5	3.2	2.9	1.6	10.7
前橋	EJ	1.89	7.58	6.83	1184	5.51	0.82	7.6	7.3	17.4	7.6	37.2	5.1	0.6	3.1	2.9	1.0	3.1
市原	EJ	9.71	36.61	2.79	1495	5.43	1.36	15.6	13.4	10.7	44.7	16.6	36.3	2.1	10.4	9.6	5.3	3.7
銚子	EJ	8.61	6.89	3.67	1634	5.57	2.90	14.6	5.6	7.4	175.0	21.9	148.4	4.4	5.9	2.6	16.9	2.7
一宮	EJ	0.11	1.12	0.85	1545	5.58	2.18	11.3	4.7	7.1	128.5	12.5	108.3	3.8	5.8	3.4	12.2	2.7
旭	EJ	8.59	6.93	3.87	1988	6.04	3.10	16.5	8.0	12.5	180.5	45.2	140.1	2.5	6.1	3.0	15.1	0.9
佐倉	EJ	1.72	15.47	2.54	1707	5.25	1.22	10.2	7.8	11.7	43.6	14.4	39.5	0.8	5.8	4.9	4.2	5.6
清澄	EJ	0.08	0.64	0.84	1758	5.67	2.30	14.5	8.2	14.7	113.9	13.2	98.4	9.9	8.6	6.3	11.8	2.1
勝浦	EJ	0.09	0.60	0.60	1830	5.53	1.47	8.2	4.2	7.9	76.7	8.7	65.0	3.5	5.0	3.5	7.4	2.9
習志野	EJ	7.35	31.11	3.69	1314	5.14	1.32	10.7	8.4	12.9	45.5	16.5	37.6	1.7	3.7	2.9	4.4	7.3
平塚	EJ	0.52	10.46	2.61	1290	5.47	1.08	7.4	5.1	10.7	43.4	20.5	37.4	1.7	2.6	1.8	3.2	3.4
川崎	EJ	11.95	55.76	3.48	1450	5.76	1.00	10.9	9.4	12.1	23.9	20.5	20.6	3.5	6.4	5.8	3.3	1.8
長野	CJ	0.87	2.64	0.57	945	5.17	0.64	5.6	5.4	9.7	5.1	11.6	3.6	0.5	2.2	2.1	0.8	6.8
射水	JS	5.03	11.55	1.43	2107	4.93	2.70	16.5	9.8	16.9	130.2	17.0	109.6	2.9	6.0	3.5	12.9	11.8
金沢	JS	1.49	3.78	0.97	2717	4.88	2.76	15.0	8.4	16.2	116.5	14.7	108.5	2.8	6.0	3.6	12.6	13.3
福井	JS	1.31	4.50	0.68	2416	4.79	2.59	15.7	9.3	17.8	118.3	13.9	88.3	2.6	5.2	3.0	11.6	15.9
伊豆良湖	CJ	1.12	3.14	1.25	3617	5.00	0.96	6.9	6.0	10.8	17.5	11.0	15.3	0.5	1.8	1.4	1.9	10.0
豊橋	CJ	1.42	6.49	3.81	2125	5.38	0.94	6.4	4.8	9.8	32.5	9.9	25.7	1.2	2.6	2.0	4.4	4.2
名古屋南	CJ	8.83	35.50	3.82	1731	5.38	0.81	6.2	5.3	9.2	18.1	10.9	14.5	1.2	2.1	1.7	1.5	4.1
大津柳が崎	CJ	1.46	10.52	1.29	1827	5.14	0.84	5.7	5.2	9.9	9.0	11.2	8.5	1.2	2.4	2.2	1.2	7.3
神戸須磨	CJ	6.64	18.72	1.13	1530	4.91	1.22	8.3	6.0	10.4	45.6	8.3	38.5	1.2	2.4	1.6	4.5	12.3
和歌山	CJ	8.97	13.33	0.87	1698	5.03	1.13	8.0	6.2	8.4	35.8	8.7	29.7	0.9	3.5	2.8	3.6	9.3
湯梨浜	JS	0.10	0.72	0.77	2105	4.89	3.56	19.3	9.4	18.6	201.7	21.0	162.5	7.7	8.1	4.5	19.6	12.8
松江	JS	0.26	1.38	0.50	2126	4.88	2.75	14.8	8.0	16.2	128.9	14.9	112.6	2.9	5.3	2.7	13.2	13.3
広島安佐南	WJ	1.89	7.35	0.99	2209	4.81	1.24	9.8	8.8	12.8	18.4	10.3	15.9	0.7	1.9	1.5	2.0	15.3
山口	WJ	1.17	7.33	0.57	2296	5.00	1.29	13.2	11.5	13.9	30.7	12.9	29.0	2.0	3.3	2.7	3.5	9.9
徳島	CJ	1.10	4.60	1.46	1722	5.05	1.18	7.5	5.2	8.8	46.3	9.7	39.0	1.3	2.9	2.0	4.8	9.0
松山	WJ	5.86	9.87	0.89	1669	4.76	1.02	9.4	8.9	11.4	10.4	11.1	8.3	0.5	3.1	2.9	1.8	17.2
大宰府	WJ	2.44	12.89	1.92	2439	5.01	1.00	8.2	7.1	9.2	22.0	11.1	18.6	0.9	2.7	2.2	2.2	9.8
福岡(曲瀬)	WJ	1.52	9.07	1.44	2732	5.01	1.10	8.6	6.9	9.1	31.1	9.6	26.2	1.5	2.0	1.4	3.2	9.9
福岡(城南)	WJ	1.65	10.79	1.61	2115	4.97	1.06	8.3	7.0	9.8	25.9	11.1	21.5	0.9	2.1	1.6	2.7	10.6
佐賀	WJ	1.20	3.87	1.46	2485	4.72	1.18	10.7	9.5	9.6	24.5	13.3	21.0	0.7	2.3	1.8	2.5	19.2
長崎	WJ	0.57	2.86	0.61	2601	4.90	1.60	10.8	7.8	10.2	55.9	10.4	49.5	1.5	2.9	1.8	6.2	12.5
佐世保	WJ	4.82	8.15	1.34	(1136.0)	(4.9)	(2.2)	(15.4)	(11.1)	(12.3)	(89.1)	(3.4)	(70.8)	(1.8)	(5.8)	(4.2)	(7.9)	(14.3)
宇土	WJ	1.19	5.04	1.36	2550	4.69	1.18	8.6	7.6	9.3	19.5	10.8	15.9	1.0	1.7	1.4	2.0	20.2
阿蘇一の宮	WJ	0.15	0.63	1.21	2429	4.55	1.39	10.4	10.0	6.8	19.3	11.5	6.5	0.8	1.7	1.5	1.1	28.3
園田町	WJ	0.95	4.88	2.72	2131	4.74	1.11	10.1	9.5	9.2	12.6	12.4	9.1	0.8	1.9	1.7	1.4	18.3
大分	WJ	11.58	17.02	1.16	1965	4.80	1.38	10.5	9.0	9.0	29.5	8.7	24.9	0.7	1.8	1.2	2.9	15.7
宮崎	WJ	0.31	1.84	1.02	2271	4.96	1.75	12.1	8.2	8.0	73.3	10.2	63.3	1.5	2.5	1.7	7.2	10.9
鹿児島	WJ	1.00	3.55	1.31	2080	4.61	2.89	16.4	10.6	8.6	122.6	11.9	94.9	2.5	4.7	2.6	10.9	24.6
うるま	SW	10.14	9.25	1.28	2925	5.44	2.44	12.5	4.9	7.0	147.8	8.2	125.2	2.9	10.0	7.2	15.7	3.6
辺戸岬	SW	0.00	0.03	0.32	(1644.0)	(5.0)	(4.7)	(21.5)	(5.4)	(6.7)	(307.9)	(7.7)	(258.2)	(5.7)	(7.0)	(1.2)	(30.5)	(9.0)
最低値					742	4.55	0.61	5.6	4.2	6.8	5.1	8.1	3.6	0.5	1.7	1.1	0.8	0.9
最高値					3617	6.04	5.25	28.1	13.4	22.4	332.5	45.2	280.5	9.9	12.0	9.6	31.9	28.3
加重平均値※					1738	4.98	1.83	11.9	7.9	12.2	77.2	14.5	64.8	2.2	4.5	3.0	7.7	10.5

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)

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。

4.2.3 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、2020年度の季節変動（中央値）を地域区分別に図4.2.3に示す。

WJの7月の降水量が高くなった。これは、＜令和2年7月豪雨＞と名付けられた、大雨の影響によるものである。

ほとんどの地域において秋季に濃度が低下し、冬季に多くの物質の濃度が高くなる傾向が確認された。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⁾、2007～2021年度も引き続き同様の傾向がみられた⁴⁻¹²⁾。

4.2.4 イオン成分濃度の経年変動

重要と考えられる項目の経年変動について、図4.2.4に示す。各年度の、すべての測定地点の年平均値を箱ひげ図として示した。また、2011～2020年度の10年間のうち7年以上参加している地点を用いて年度ごとの平均値を計算し、赤丸と折れ線グラフで示した。一定年数以上の参加地点のみを平均の対象としたのは、年度ごとの地点の変動による影響を緩和するためである。

降水量については、いずれの地点においても一定の範囲内で推移していた。多くの成分および地域において、経年的に減少または横ばい傾向が確認できる。WJでは近年、H⁺やnss-SO₄²⁻ でやや上昇する傾向が見られていたが、2020年度は低下した。

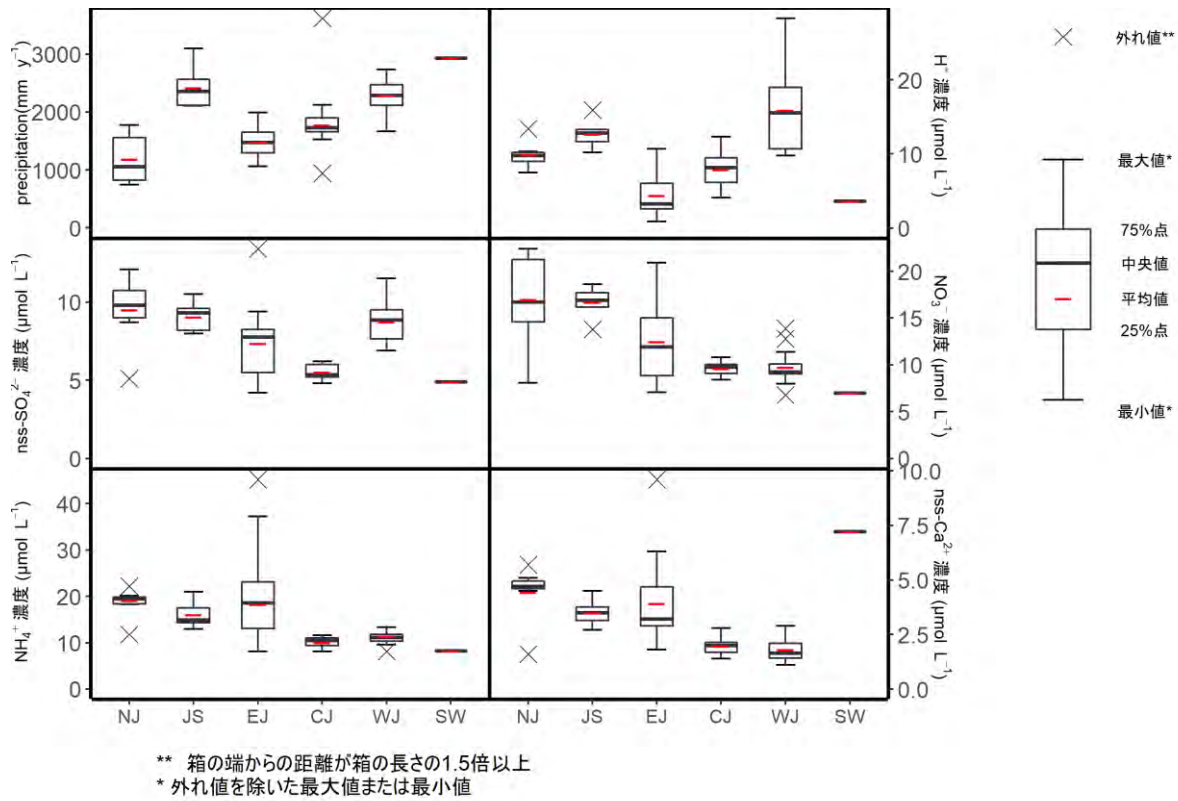


図4.2.2 主要イオン成分の年加重平均濃度の分布

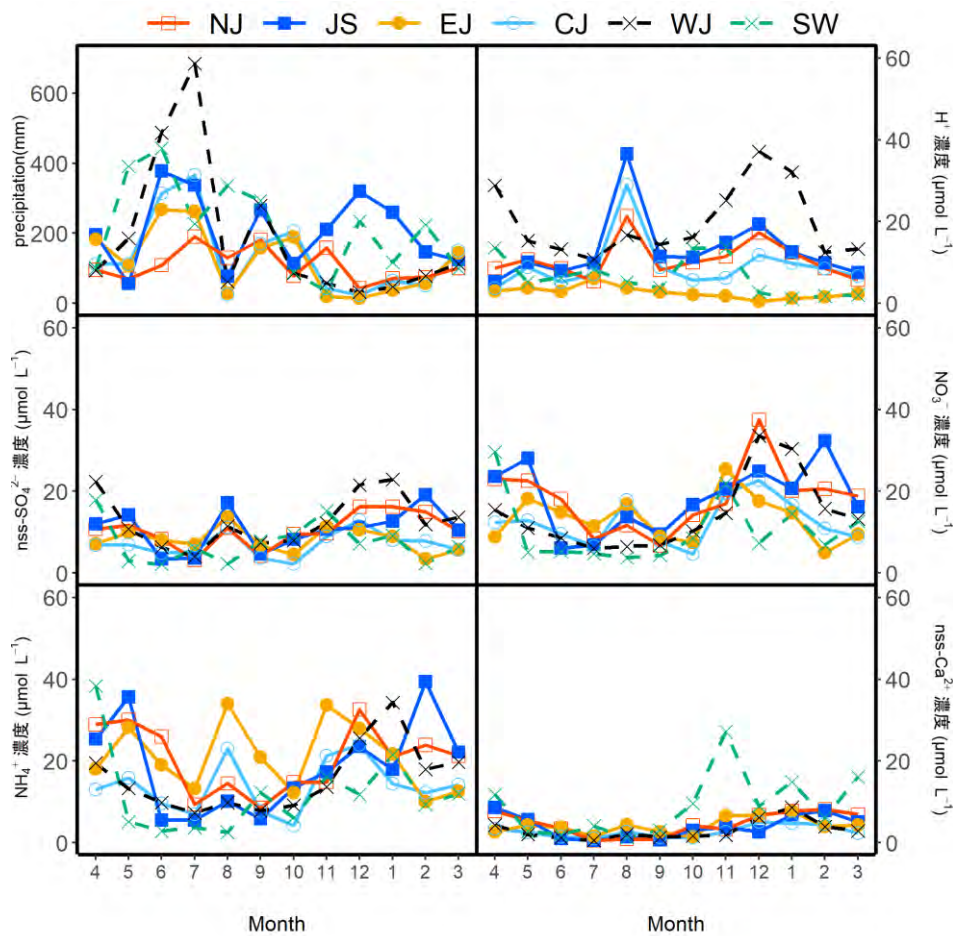


図4.2.3 主要イオン成分濃度の地域別季節変動（中央値）

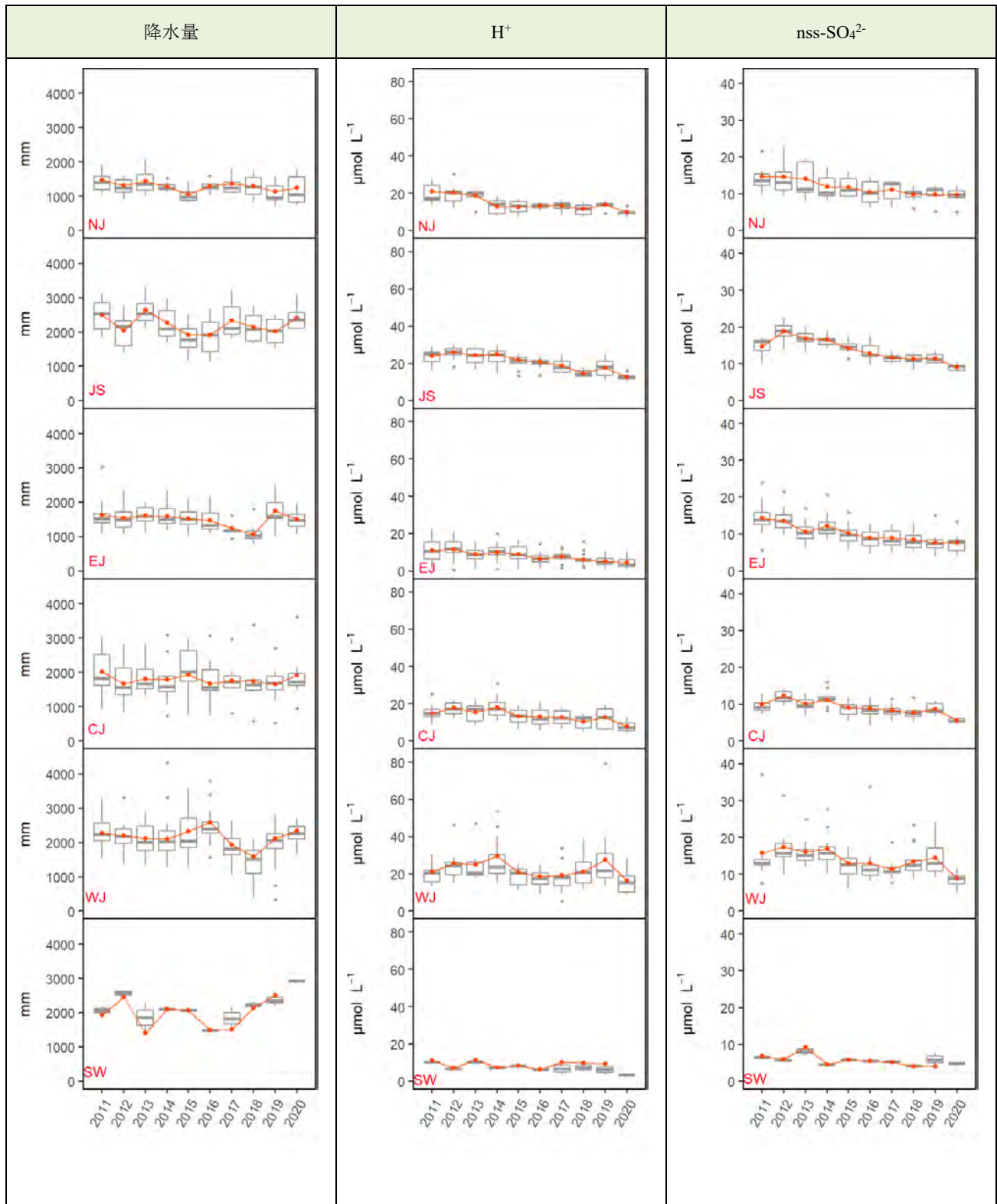


図4.2.4 イオン成分濃度の地域別経年変動（降水量，H⁺，nss-SO₄²⁻）

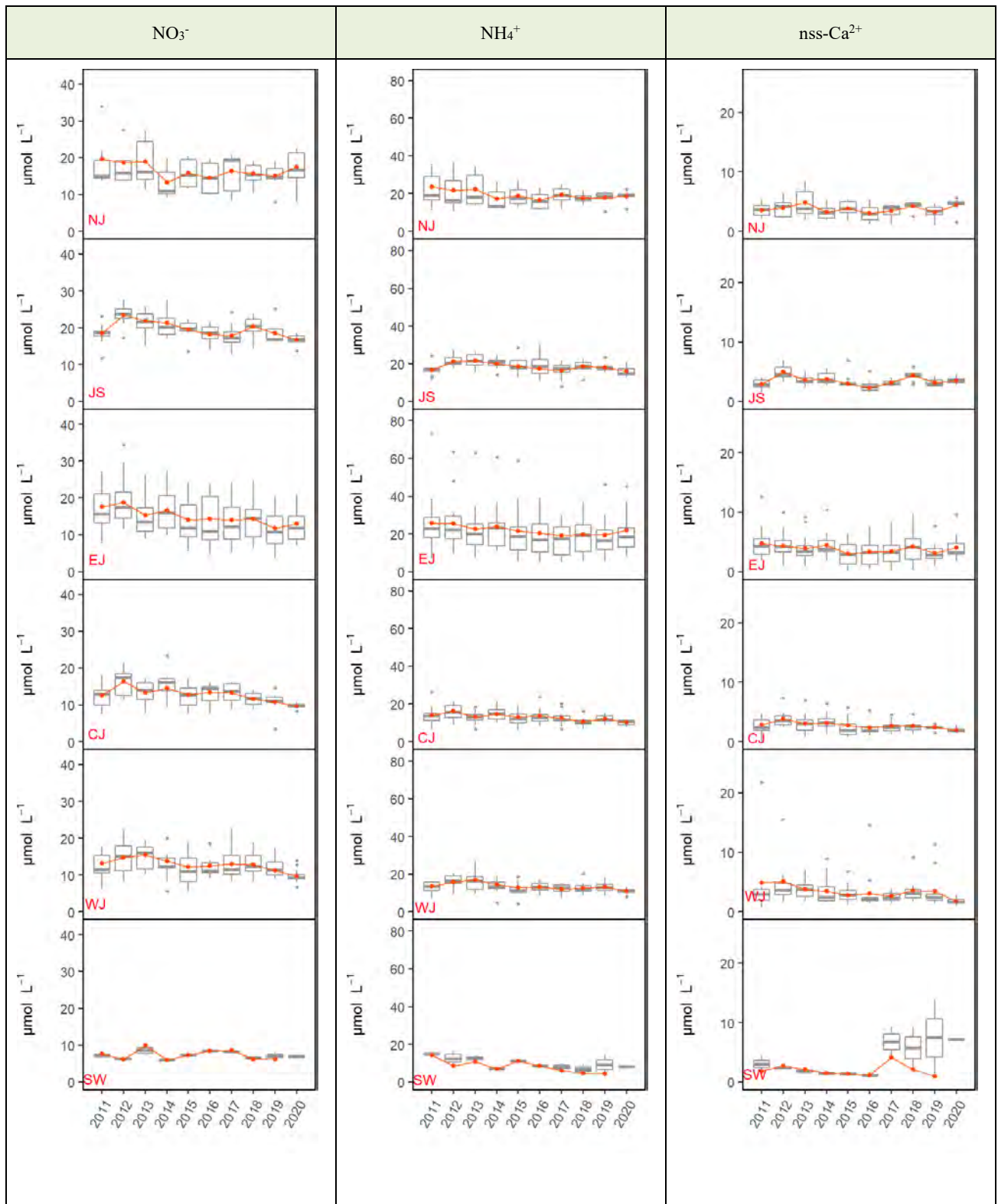


図4.2.4 イオン成分濃度の地域別経年変動 (NO₃⁻, NH₄⁺, nss-Ca²⁺)

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

2020年度の年間データが有効となった55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ことで算出した。

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)	1758	742	(利尻)
			3617	(伊自良湖)
nss-SO ₄ ²⁻	(mmol m ⁻² y ⁻¹)	14.8	5.1	(長野)
			32.5	(長岡)
NO ₃ ⁻	(〃)	20.0	8.5	(涌谷)
			54.5	(長岡)
NH ₄ ⁺	(〃)	24.9	10.6	(三春)
			89.8	(旭)
nss-Ca ²⁺	(〃)	4.4	1.6	(涌谷)
			21.1	(うるま)
H ⁺	(〃)	15.9	1.8	(旭)
			68.7	(阿蘇一の宮)

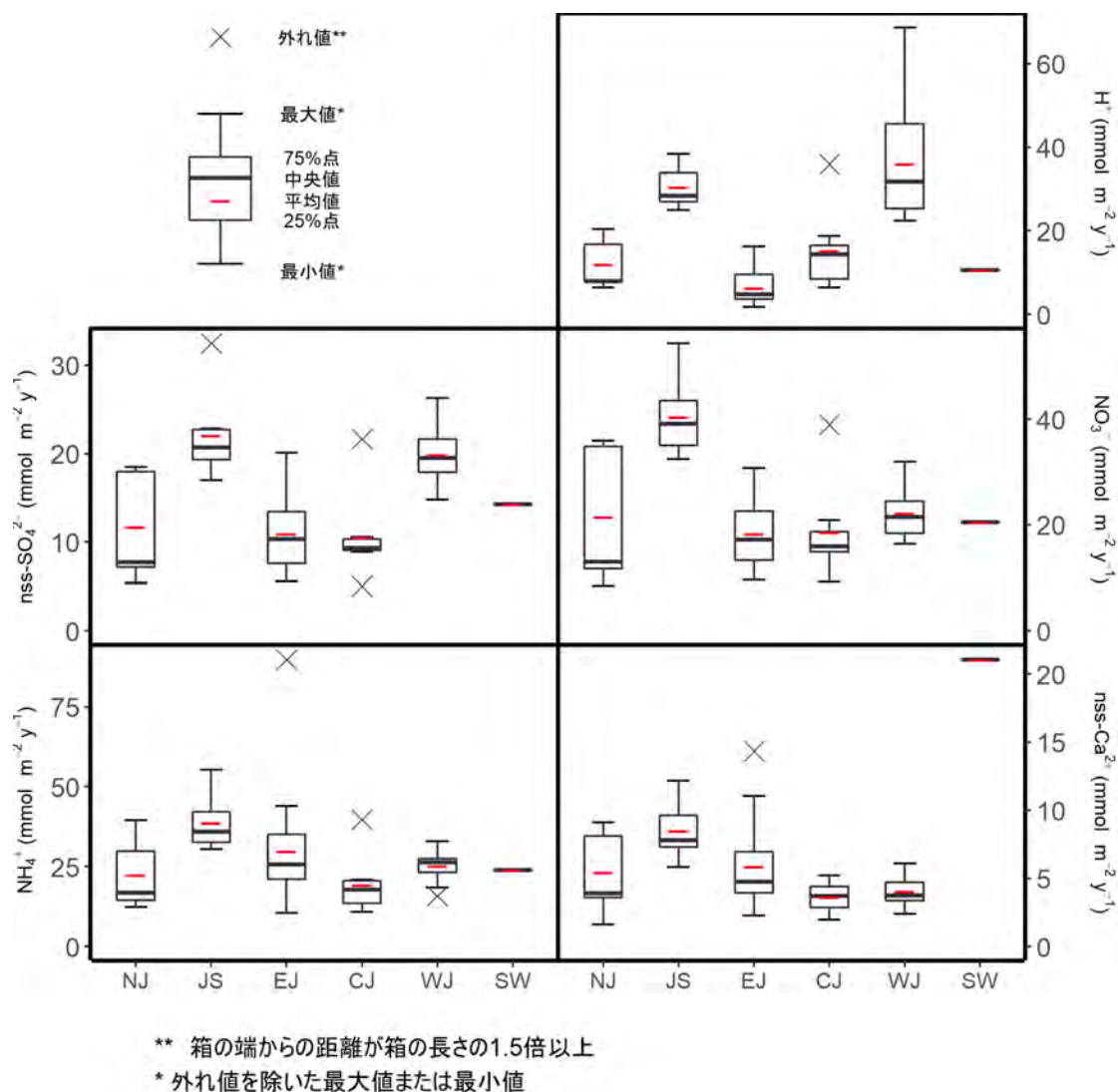


図4.3.1 主要イオン成分年間沈着量および降水量の分布

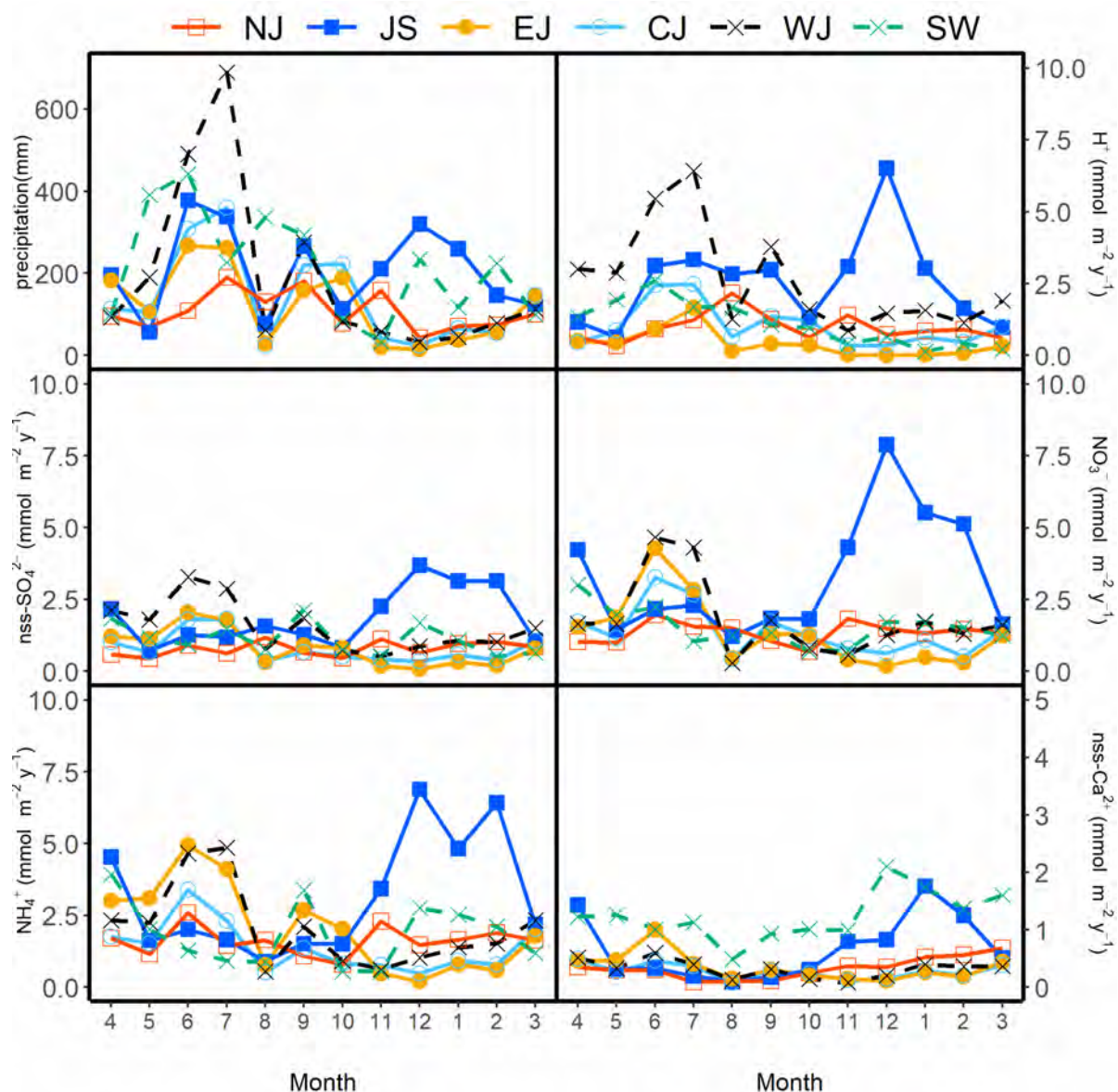


図4.3.2 イオン成分沈着量の地域別季節変動

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。

4.3.3 沈着量の経年変動

地域別の降水量（再掲）および主要イオン成分沈着量の経年変動については図4.3.3に示した。箱ひげ図および平均の折れ線グラフについては、図4.2.4と同様の地点の選定方法を用いた。

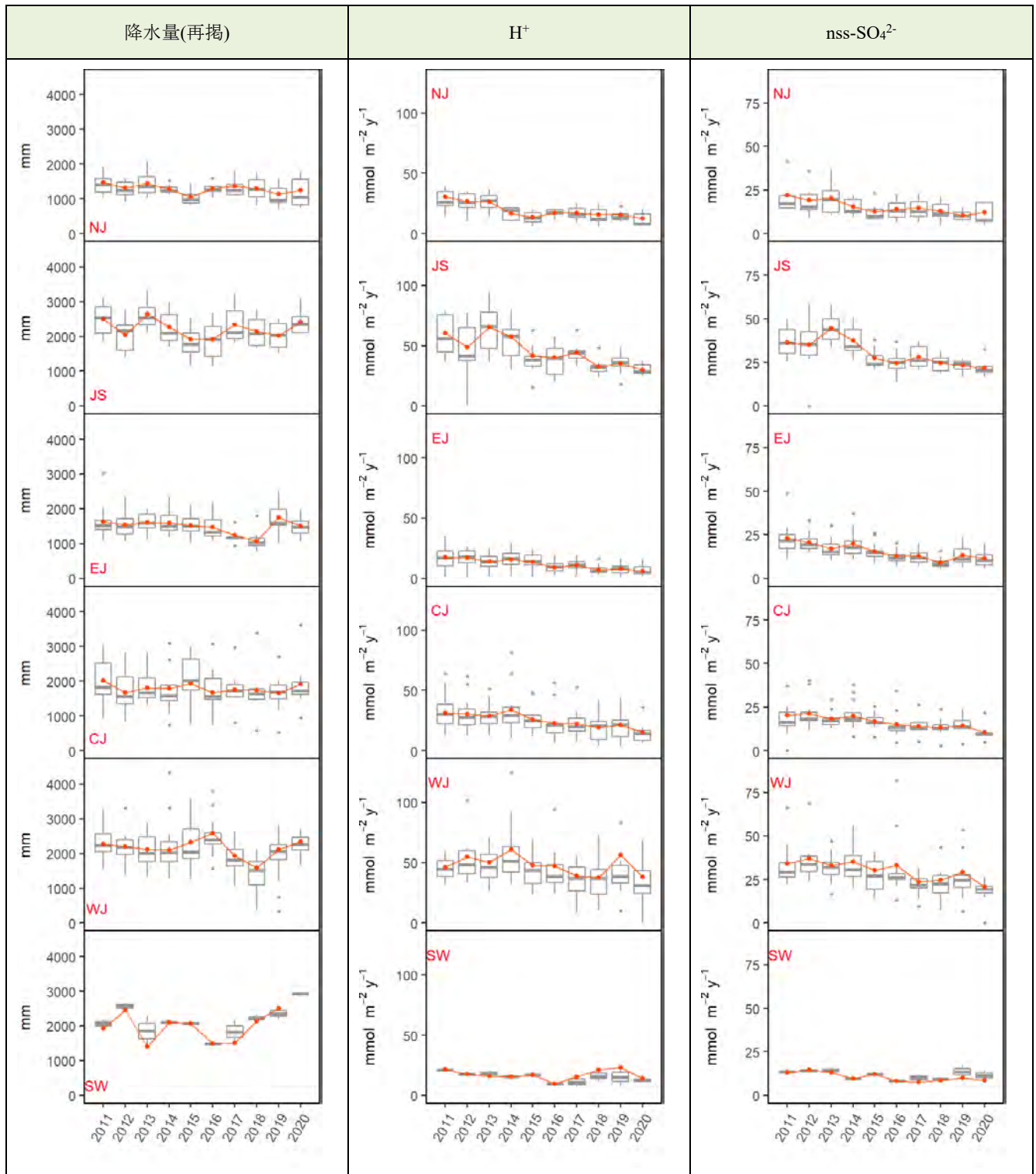


図4.3.3 イオン成分沈着量の地域別経年変動（降水量， H^+ ， $nss-SO_4^{2-}$ ）

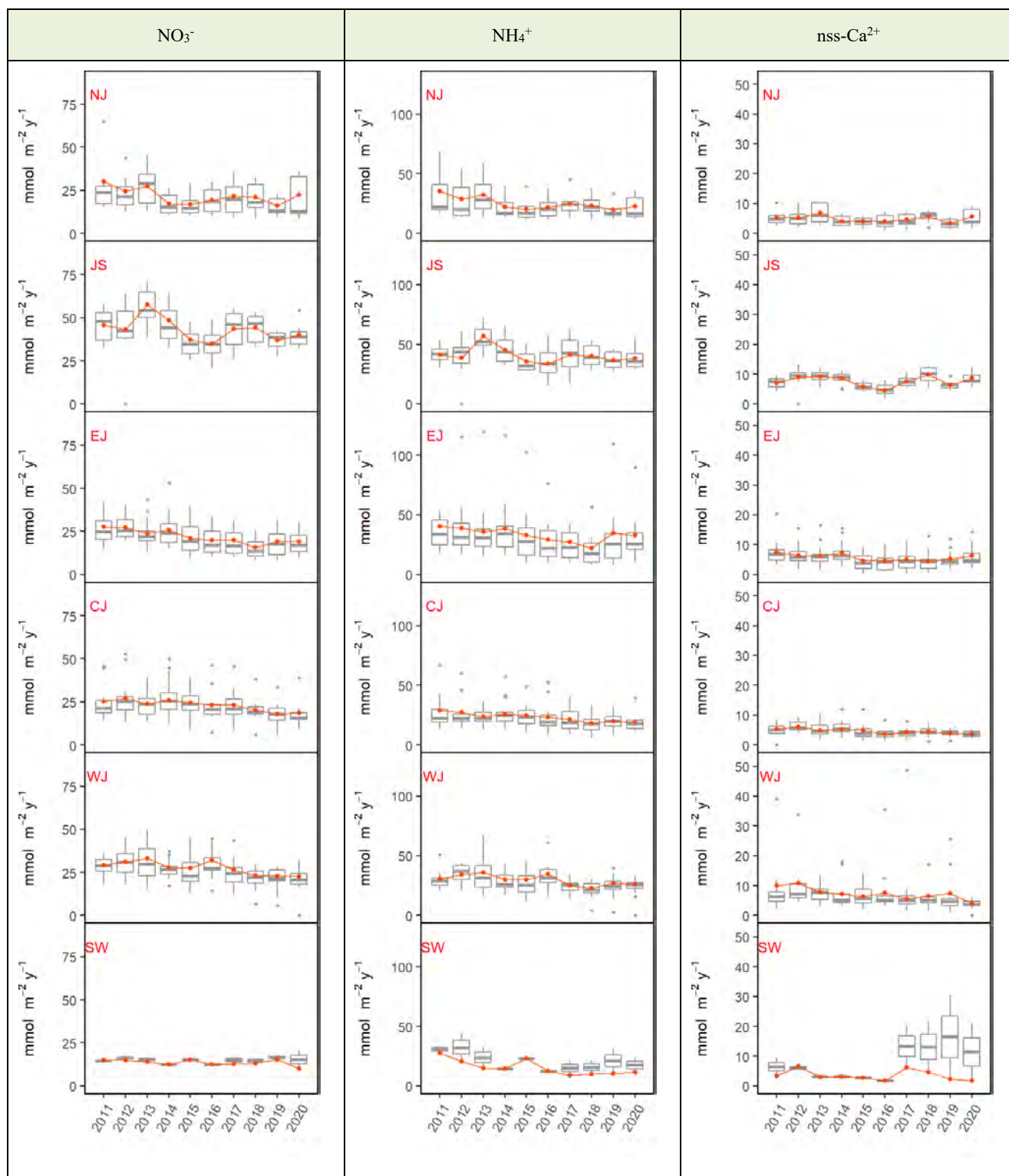


図4.3.3 イオン成分沈着量の地域別経年変動 (NO_3^- , NH_4^+ , nss-Ca^{2+})

4.4 COVID-19の影響について

COVID-19の影響により、中国ではロックダウンをはじめとした対策が取られ、2020年1月から3月にかけて経済活動が停滞した。また、日本においては2020年4月7日

（首都圏および関西圏）で緊急事態宣言が発出され、最長で5月25日（首都圏等）までで続いた。その後、2021年1月8日（首都圏）から、3月21日（首都圏）にかけても発出された。そこで、当該期間の濃度変動を調べた。

各図の左には2017年4月から2021年3月までの月中央値を地域区分ごとに折れ線で示した。灰色の帯は、下が25パーセンタイル値、上が75パーセンタイル値を示す。赤い帯で色づけた期間は中国においてロックダウン等が行われた2020年1月23日～3月15日に該当する。青い帯の期間は緊急事態宣言が発出された2020年4月7日～5月25日、

緑の帯の期間は2回目の緊急事態宣言が発出された2021年1月8日～3月21日に該当する。また比較のため、他の年度の同じ期間については、同じ色でバーを示した。

帯で色付けした期間の濃度は、他の年度と比較して低下が認められず、湿性沈着に関してCOVID-19の明確な影響は確認できなかった。

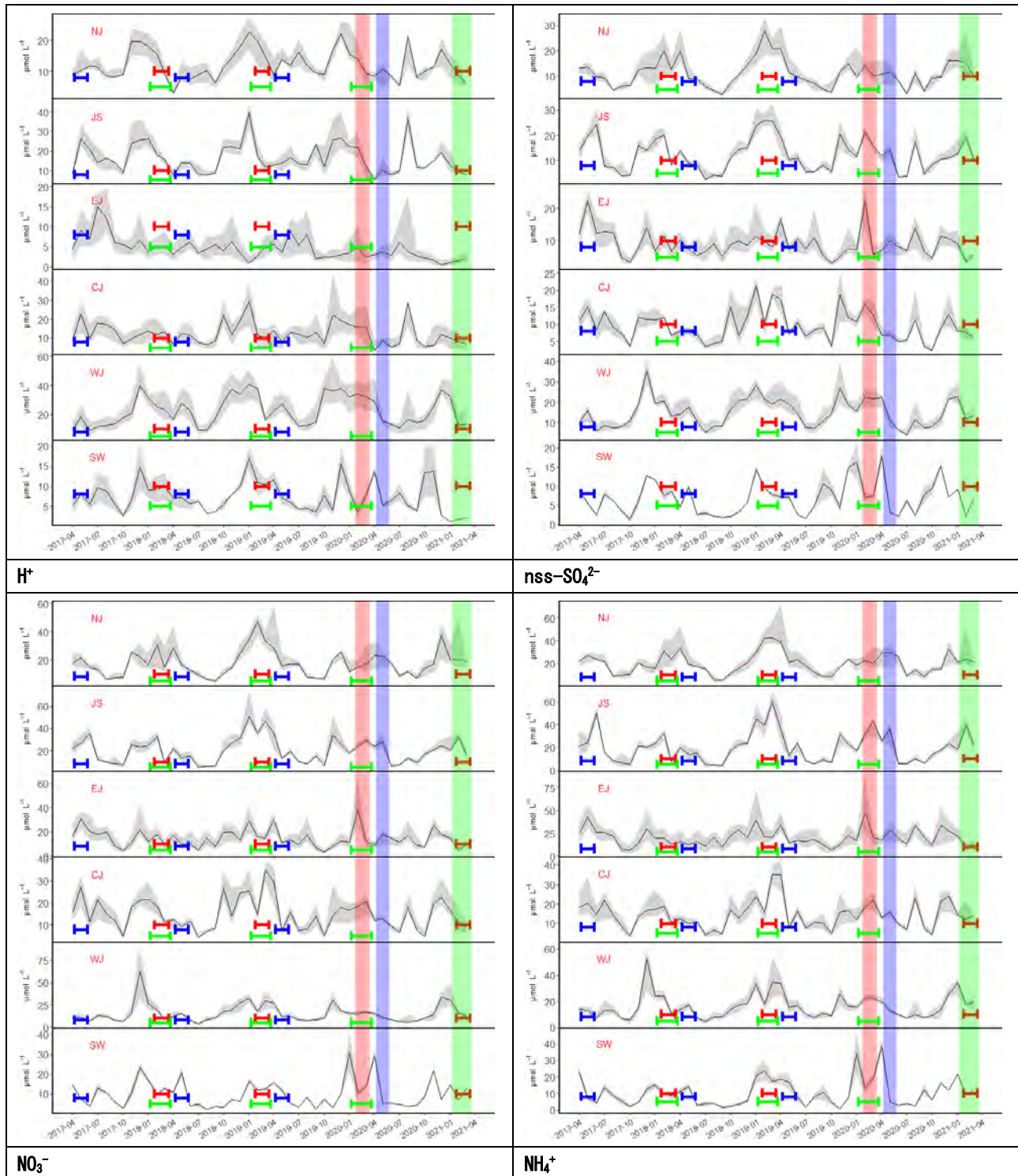


図4.4.1 COVID-19に関連したイオン成分濃度への影響（ H^+ 、 nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ ）

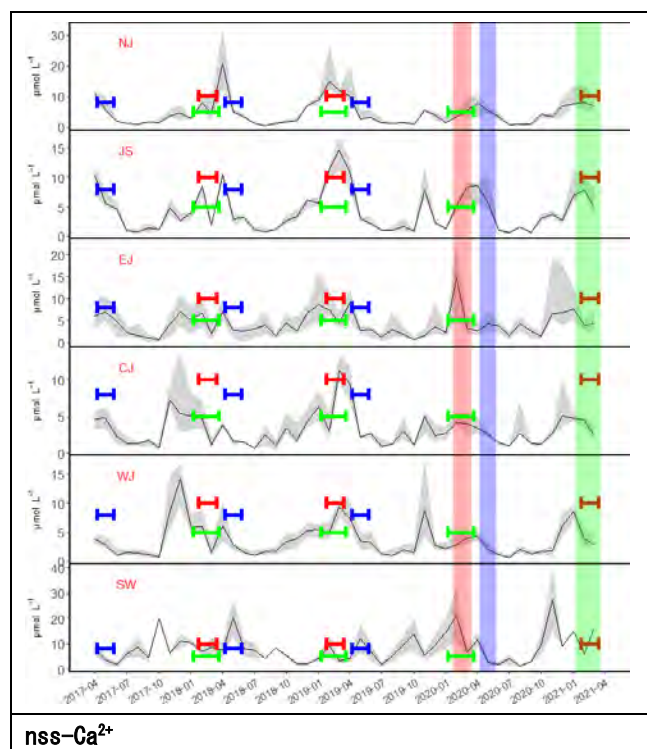


図4.4.1 COVID-19に関連したイオン成分濃度への影響 (nss-Ca²⁺)

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_deposi/index.html
- 3) 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
- 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
- 5) 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
- 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25年度），全国環境研会誌，**40**，98-142，2015
- 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26年度），全国環境研会誌，**41**，3，2-37，2016
- 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27年度），全国環境研会誌，**42**，3，83-126，2017
- 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
- 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6次酸性雨全国調査報告書2017（平成29年度），全国環境研会誌，**44**，3，74-115，2019
- 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6次酸性雨全国調査報告書2018（平成30年度），全国環境研会誌，**45**，3，85-121，2020
- 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6次酸性雨全国調査報告書2019（令和元年度），全国環境研会誌，**46**，3，75-114，2021
- 13) 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：令和2年度酸性雨測定分析機関間比較調査結果（大気系），2021

5. 乾性沈着（フィルターパック法）

2020年度のFP法による調査地点および地域区分を図

5.1.1に示す。調査は全国26地点で実施した。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。

なお、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、湿性沈着と同様、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。

また、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⁾。

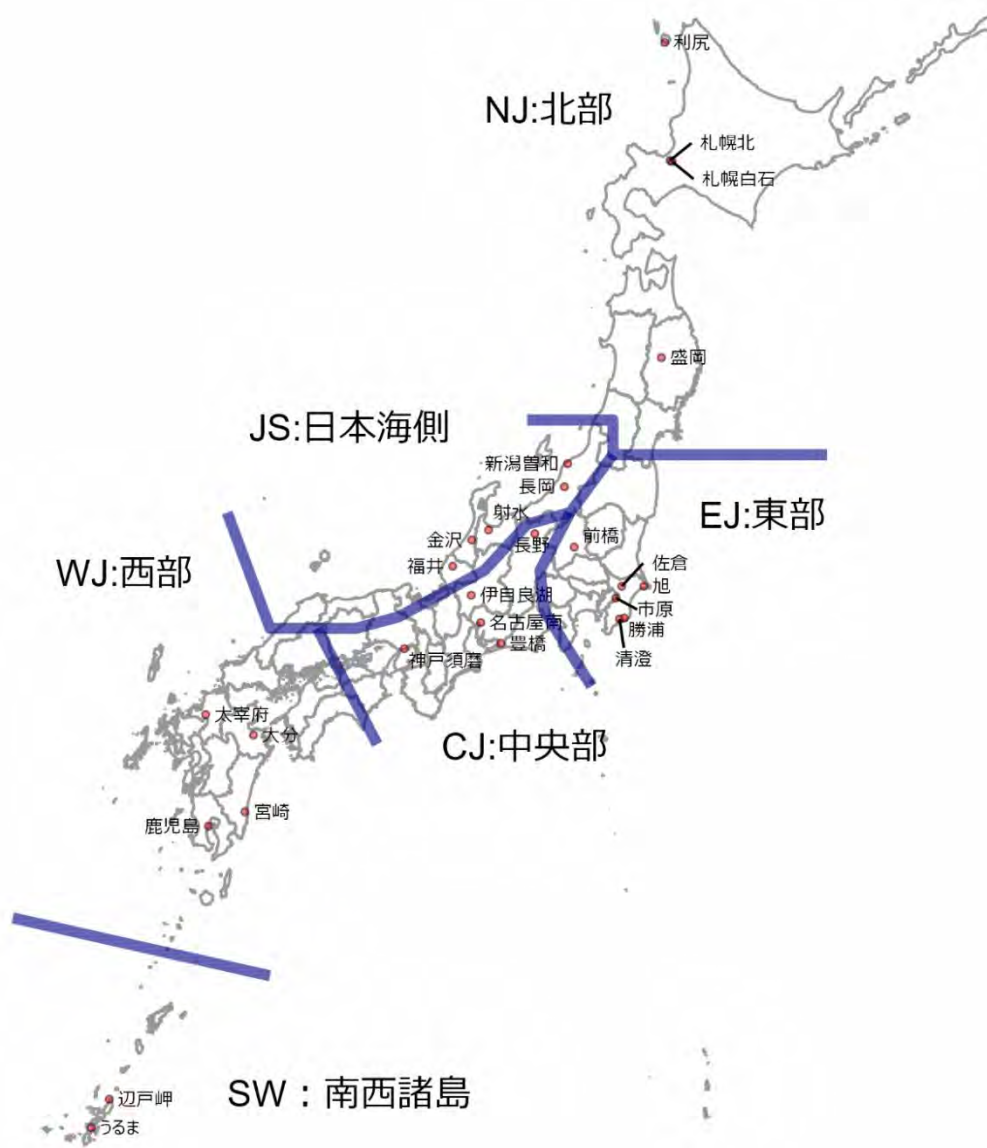


図 5.1.1 FP 法の調査地点（地域区分は表 2.1.1 のとおり）

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							年平均濃度						
		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	有効データ 割合(%)	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	有効データ 割合(%)
HNO ₃ (g)	26	3	309	14	0	295	43	95	0	26	1	0	25	1	96
SO ₂ (g)	26	3	309	14	0	295	7	95	0	26	1	0	25	0	96
HCl(g)	26	3	309	14	0	295	10	95	0	26	1	0	25	0	96
NH ₃ (g)	26	3	309	14	0	295	0	95	0	26	1	0	25	0	96
SO ₄ ²⁻ (p)	26	3	309	14	1	294	0	95	0	26	1	0	25	0	96
NO ₃ ⁻ (p)	26	3	309	14	1	294	0	95	0	26	1	0	25	0	96
Cl ⁻ (p)	26	3	309	14	1	294	3	95	0	26	1	0	25	0	96
Na ⁺ (p)	26	3	309	14	1	294	0	95	0	26	1	0	25	0	96
K ⁺ (p)	26	3	309	14	1	294	2	95	0	26	1	0	25	0	96
Ca ²⁺ (p)	26	3	309	14	1	294	3	95	0	26	1	0	25	0	96
Mg ²⁺ (p)	26	3	309	14	1	294	4	95	0	26	1	0	25	0	96
NH ₄ ⁺ (p)	26	3	309	14	1	294	0	95	0	26	1	0	25	0	96

そのため、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吸引流量の許容範囲（例：流量2.0 L min⁻¹の許容範囲は1.5～3.0 L min⁻¹）を外れた場合）は年間を通して参考値として扱うこととしている。2020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なかった。

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、湿性沈着と同様に、試料中のNa⁺(p)濃度と海水中でのモル濃度比を用いて、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

5.2.1.1 ガス状成分

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。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、そのボックス内の黒線は中央値、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×で示した。

各成分の傾向は次のとおりである。全国中央値を前年度と比較すると、SO₂(g)は15 %、HCl(g)は19 %、HNO₃(g)は21 %、NH₃(g)は5 %、それぞれ減少した。

SO₂(g)

WJで高く、JSで低い傾向は例年と同様であった。

WJの中でも大分および鹿児島が高濃度であり、火山ガスの影響があったと考えられた。

また、最高濃度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を受けたと考えられた。

HNO₃(g)

CJおよびWJで高く、NJおよびSWで低い傾向は例年と同様であった。

HCl(g)

昨年同様、SWおよびEJに加えて、WJおよびCJでも高かった。NJで最も低かった。

NH₃(g)

EJおよびSWで高い傾向は例年と同様であった。中でも旭および前橋の2地点が特に高く、畜産業が盛んな地域であるため、その影響を受けていると考えられた。

これらの特に高値であった地点を除くと、東日本から西日本にかけて徐々に濃度が上昇していく傾向が見られた。

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*	5.0	2.9	14.0	15.3
2	北海道	札幌北*	28.9	5.2	10.2	54.0
3	札幌市	札幌白石*	20.3	4.2	8.3	67.5
4	岩手県	盛岡*	11.1	7.8	13.7	89.9
5	新潟県	新潟管和	10.9	6.4	16.7	57.7
6	新潟県	長岡	13.0	7.1	11.5	63.4
7	群馬県	前橋	9.3	24.4	17.5	624.8
8	千葉県	旭	10.2	4.0	11.0	2599.2
9	千葉県	勝浦	12.3	5.4	27.5	64.0
10	千葉県	清澄	14.8	6.0	24.3	54.9
11	千葉県	市原	79.4	12.4	34.6	162.2
12	千葉県	佐倉	16.7	8.8	16.1	89.2
13	長野県	長野	7.2	11.1	10.5	74.5
14	富山県	射水*	8.0	7.5	11.4	71.7
15	石川県	金沢	10.0	6.4	13.8	35.9
16	福井県	福井	(11.1)	(9.0)	(22.6)	(67.7)
17	岐阜県	伊自良湖	6.0	4.7	5.5	33.9
18	愛知県	豊橋*	15.8	13.2	17.7	129.4
19	名古屋市	名古屋南	25.6	22.0	35.0	114.2
20	兵庫県	神戸須磨*	28.6	23.3	32.6	81.5
21	福岡県	太宰府*	23.5	17.3	16.6	146.9
22	大分県	大分*	62.1	19.3	18.2	60.4
23	宮崎県	宮崎	36.7	10.1	29.5	111.7
24	鹿児島県	鹿児島*	72.9	9.7	28.0	92.6
25	沖縄県	うるま*	15.2	3.6	19.9	221.4
26	沖縄県	辺戸岬*	10.3	3.1	26.8	44.6
全国最低値			5.0	2.9	5.5	15.1
全国最高値			79.4	24.4	35.0	2599.2
全国中央値			14.8	7.5	16.7	74.5
全国平均値			22.2	9.8	18.8	206.4

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) 定量下限値未満および参考値は最低値、最高値、中央値、平均値から除外した。

注) *はインパクタ付きフィルターバック法によりPM_{2.5}を採取した地点を示す。

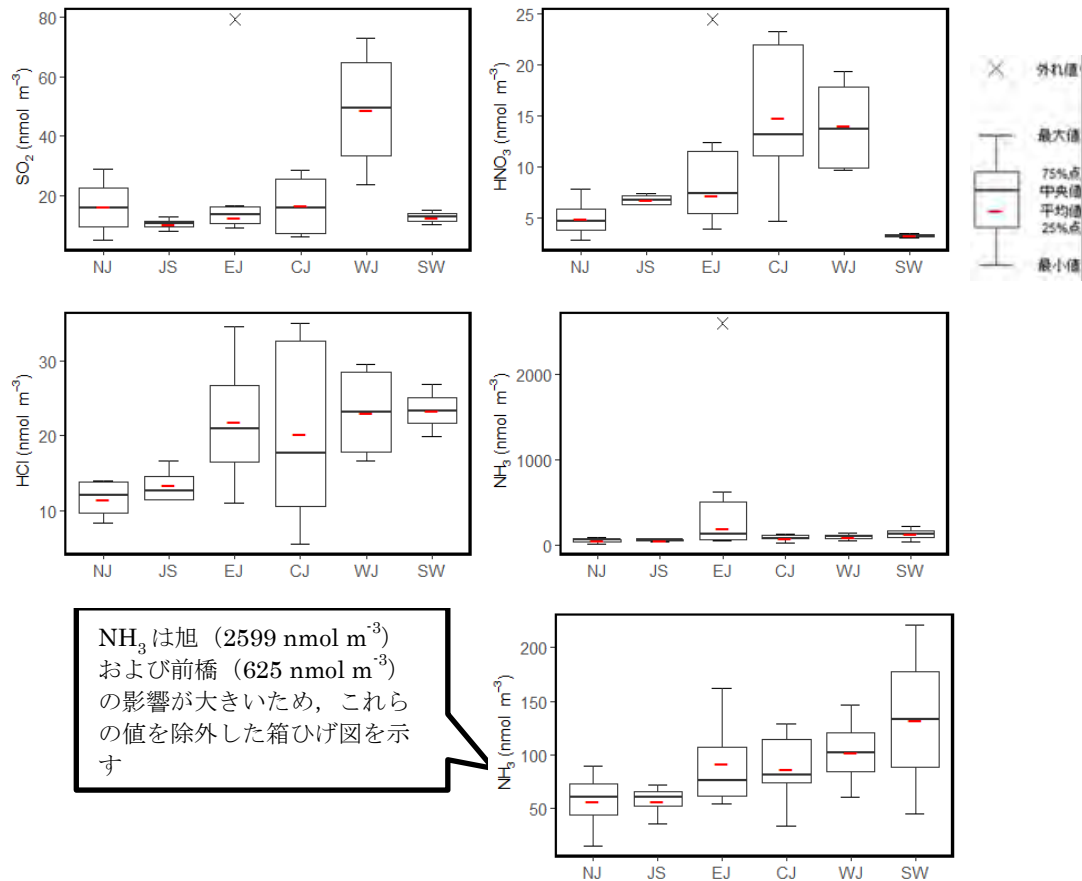


図 5.2.1 ガス状成分の年平均濃度の分布（地域区分別）

5.2.1.2 粒子状成分

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。

各成分の傾向は次のとおりである。

全国中央値を前年度と比較すると、調査地点は異なるが $\text{Ca}^{2+}(\text{p})$ は14.7 %、 $\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$ は15.6 %増加し、それ以外の成分は減少した。特に $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ は19.7 %減少した。

$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$

WJで高く、NJで低い傾向は例年どおりであった。

$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 濃度の西高東低の分布は、Aikawaら⁵⁾が指摘しているとおおり、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た。

$\text{NO}_3^-(\text{p})$

EJおよびWJで高く、NJで低い傾向は例年どおりであった。

$\text{Cl}^-(\text{p})$ 、 $\text{Na}^+(\text{p})$ 、 $\text{Mg}^{2+}(\text{p})$

SWで高い傾向は例年どおりであり、海塩の影響を大きく受けていると考えられた。

$\text{NH}_4^+(\text{p})$

例年どおりWJで高い傾向にあった。また、前年度に引き続き、NJで2018年度までより高い傾向がみられた。

5.2.1.3 ガス状および粒子状成分濃度の総計

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。

各成分の傾向は次のとおりである。

$\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$

WJで高い傾向は例年どおりであった。

$\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$

WJ、EJおよびCJで高く、NJ、JSおよびSWで低い傾向は例年と同様であった。

$\text{HCl}(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{p})$

SWで高い傾向は例年どおりであった。

$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$

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みられた。

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	$\text{SO}_4^{2-}(\text{p})$	$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$	$\text{NO}_3^-(\text{p})$	$\text{Cl}^-(\text{p})$	$\text{Na}^+(\text{p})$	$\text{K}^+(\text{p})$	$\text{Ca}^{2+}(\text{p})$	$\text{nss-Ca}^{2+}(\text{p})$	$\text{Mg}^{2+}(\text{p})$	$\text{NH}_4^+(\text{p})$
(nmol m ⁻³)												
1	北海道	利尻*	18.9	14.6	9.6	65.3	70.6	2.8	2.9	1.3	8.0	17.6
2	北海道	札幌北*	19.2	17.3	17.1	30.3	31.0	2.2	4.3	3.6	3.7	35.8
3	札幌市	札幌白石*	18.5	16.6	16.8	27.4	30.7	1.7	4.1	3.4	3.3	36.7
4	岩手県	盛岡*	21.4	20.0	15.0	19.5	23.5	2.7	2.7	2.2	2.5	39.6
5	新潟県	新潟曾和	20.1	16.9	18.0	42.9	53.4	2.8	4.1	2.9	6.0	24.9
6	新潟県	長岡	18.8	17.0	17.0	21.6	30.9	2.3	3.6	3.0	3.7	28.5
7	群馬県	前橋	24.5	23.4	39.4	10.4	17.8	3.8	11.2	10.8	3.2	60.4
8	千葉県	旭	21.1	16.9	31.1	69.7	69.9	3.0	9.2	7.6	7.7	49.2
9	千葉県	勝浦	24.7	20.2	20.6	50.0	73.9	4.3	7.2	5.6	9.0	17.6
10	千葉県	清澄	23.0	20.1	17.2	24.4	46.9	3.2	5.9	4.9	6.1	17.2
11	千葉県	市原	32.3	29.0	35.0	35.1	53.6	3.6	15.6	14.4	7.7	41.8
12	千葉県	佐倉	20.3	18.3	23.8	15.8	32.1	2.5	6.6	5.9	3.6	30.3
13	長野県	長野	18.6	18.0	11.3	2.1	8.8	1.7	2.9	2.7	1.1	29.1
14	富山県	射水*	23.7	22.1	14.9	17.3	26.5	2.8	3.8	3.2	3.2	42.7
15	石川県	金沢	22.7	20.6	14.6	20.8	33.5	2.4	3.5	2.8	4.2	31.8
16	福井県	福井	(24.8)	(22.7)	(19.1)	(32.2)	(35.4)	(3.3)	(7.2)	(6.4)	(4.5)	(35.7)
17	岐阜県	伊自良湖	17.0	16.4	6.1	1.9	9.6	1.7	2.1	1.9	1.3	24.8
18	愛知県	豊橋*	24.6	22.5	24.8	25.6	35.6	3.7	7.3	6.5	7.1	46.1
19	名古屋市	名古屋南	25.8	23.9	30.9	19.7	31.8	3.0	7.8	7.1	4.0	41.3
20	兵庫県	神戸須磨*	32.5	29.4	39.4	36.8	51.1	2.7	7.1	5.9	6.3	77.3
21	福岡県	太宰府*	37.0	34.5	37.5	27.4	40.6	3.4	8.2	7.3	4.6	71.8
22	大分県	大分*	35.6	33.9	25.0	14.1	27.6	2.7	6.9	6.3	3.7	59.1
23	宮崎県	宮崎	37.2	30.1	26.8	32.0	46.4	2.7	6.2	5.2	5.8	59.7
24	鹿児島県	鹿児島*	38.4	35.5	27.7	38.5	47.2	10.1	8.9	7.8	6.7	64.6
25	沖縄県	うるま*	32.0	25.6	20.6	101.5	105.8	3.6	12.6	10.2	14.0	38.7
26	沖縄県	辺戸岬*	34.1	25.0	18.1	144.6	148.8	4.3	7.3	4.0	18.9	28.4
全国最低値			17.0	14.6	6.1	1.9	8.8	1.7	2.1	1.3	1.1	17.2
全国最高値			38.4	35.5	39.4	144.6	148.8	10.1	15.6	14.4	18.9	77.3
全国中央値			23.7	20.6	20.6	27.4	35.6	2.8	6.6	5.2	4.6	38.7
全国平均値			25.7	22.7	22.3	35.8	45.9	3.2	6.5	5.5	5.8	40.6

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りPM_{2.5}を採取した地点を示す。

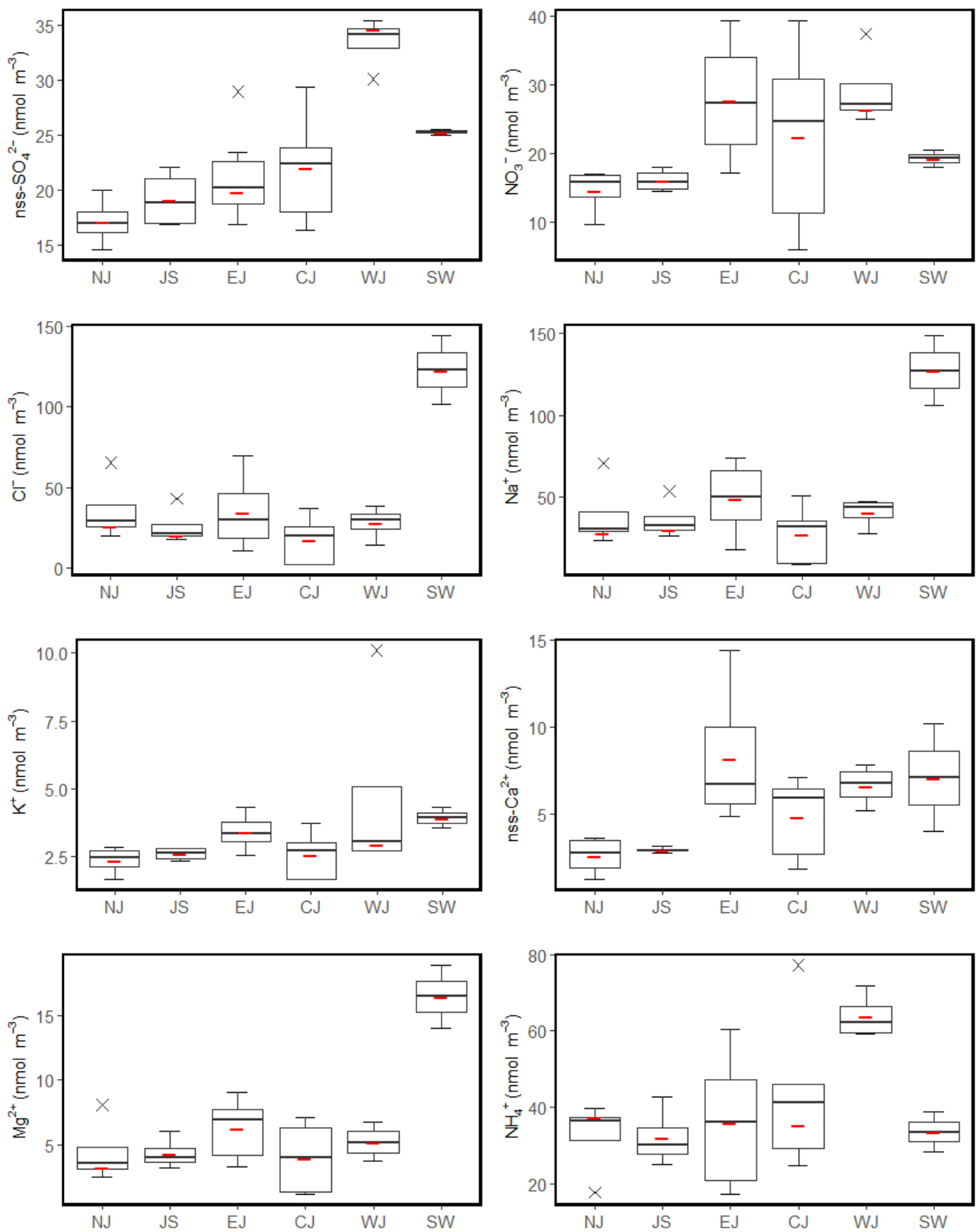


図 5.2.2 粒子状成分の年平均濃度の分布（地域区別）

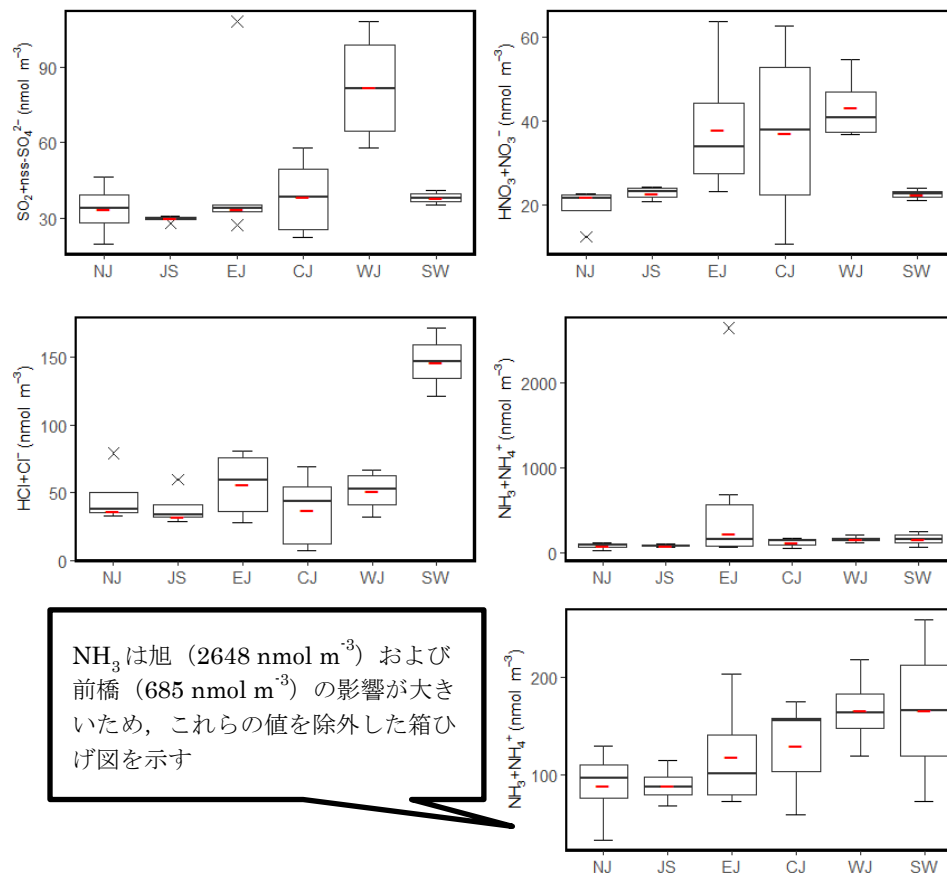
表 5.2.3 ガス状および粒子状成分の総計の年平均濃度

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)+msr·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*	19.6	12.5	79.2	32.7
2	北海道	札幌北*	46.3	22.3	40.5	89.8
3	札幌市	札幌白石*	36.9	21.0	35.7	104.2
4	岩手県	盛岡*	31.0	22.9	33.2	129.4
5	新潟県	新潟曽和	27.8	24.4	59.6	82.7
6	新潟県	長岡	29.9	24.1	33.1	91.8
7	群馬県	前橋	32.7	63.8	27.8	685.2
8	千葉県	旭	27.1	35.0	80.7	2648.4
9	千葉県	勝浦	32.5	25.9	77.5	81.7
10	千葉県	清澄	34.9	23.2	48.7	72.1
11	千葉県	市原	108.4	47.4	69.6	203.9
12	千葉県	佐倉	35.0	32.7	32.0	119.6
13	長野県	長野	25.3	22.5	12.6	103.6
14	富山県	射水*	30.1	22.4	28.7	114.3
15	石川県	金沢	30.7	20.9	34.6	67.8
16	福井県	福井	(33.9)	(28.1)	(54.8)	(103.4)
17	岐阜県	伊自良湖	22.4	10.8	7.4	58.7
18	愛知県	豊橋*	38.3	38.0	43.3	175.5
19	名古屋市	名古屋南	49.5	52.9	54.7	155.5
20	兵庫県	神戸須磨*	58.0	62.7	69.3	158.7
21	福岡県	太宰府*	58.0	54.8	44.0	218.7
22	大分県	大分*	96.0	44.3	32.4	119.5
23	宮崎県	宮崎	66.8	36.9	61.4	171.3
24	鹿児島県	鹿児島*	108.3	37.4	66.5	157.3
25	沖縄県	うるま*	40.8	24.1	121.4	260.0
26	沖縄県	辺戸岬*	35.3	21.3	171.4	73.0
全国最低値			19.6	10.8	7.4	32.7
全国最高値			108.4	63.8	171.4	2648.4
全国中央値			35.0	24.4	44.0	119.5
全国平均値			44.9	32.2	54.6	247.0

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りPM_{2.5}を採取した地点を示す。



5.2.2 経月変化および地域特性

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、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。

SO₂(g)

例年、WJを除いて冬季から春季に高くなる傾向があったが、NJにおいて冬季に高くなる傾向が見られた程度で、そのほかの地域においては特徴的な季節変動は見られなかった。

NJにおいては、暖房等の使用に伴う地域汚染の影響で冬季に高値となった可能性が考えられた。

WJでは通年で最も高く、アジア大陸起源のSO₂(g)の影響と、活発な噴火活動が継続する桜島や阿蘇山、口永良部島、諏訪之瀬島を起源とする火山ガスの影響⁷⁾を複合的に受けて高濃度であった可能性が高いと考えられる。

HNO₃(g)

春季から夏季にかけて特にCJおよびWJで高く、秋季から冬季にかけて低くなる傾向は昨年と同様であった。春季から夏季に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HNO₃(g)への酸化が促進されることや、揮発性粒子であるNH₄NO₃の解離が進むことなどが考えられる。

HCl(g)

SWを除いて冬季に低くなる傾向がみられた。HCl(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。

NH₃(g)

SWおよび12月のEJを除いて、夏季に高く冬季に低くなる傾向があった。このことから、NH₃(g)濃度の季節変動は、気温が上昇するとNH₄NO₃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起因する可能性が示唆された。

一方、SWおよび12月のEJでは、畜産業等による影響を受けていると考えられた。

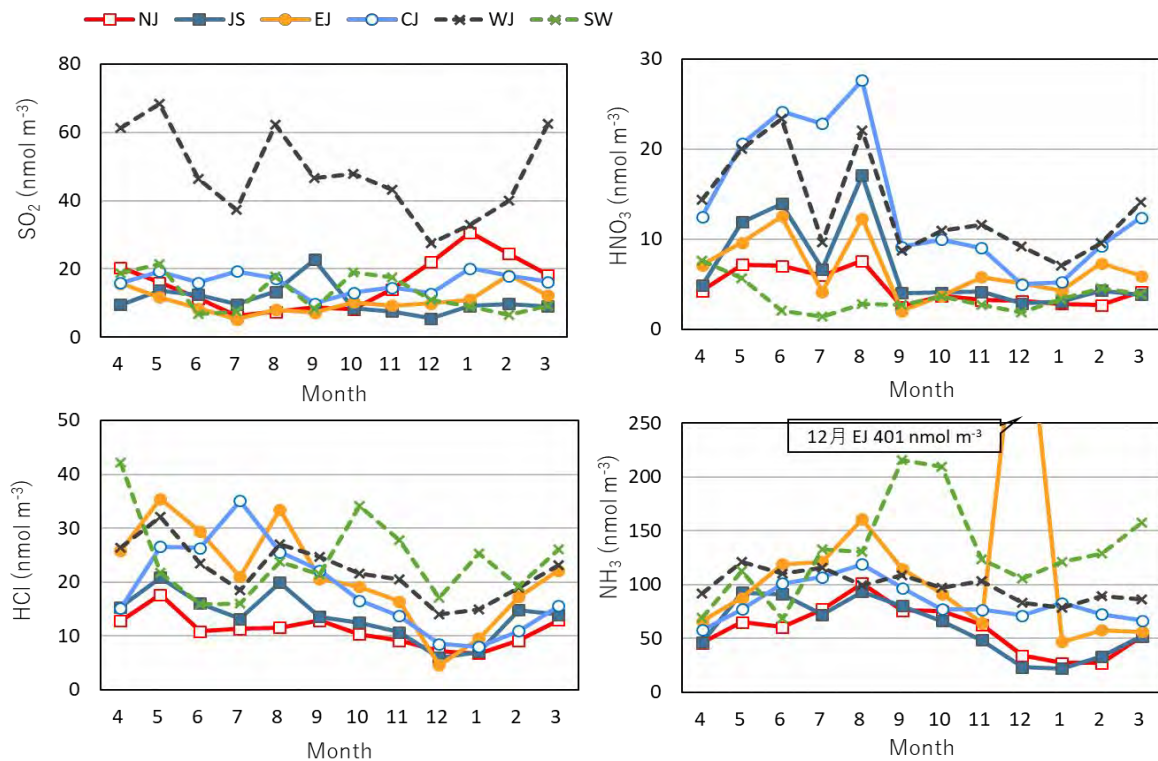


図 5.2.4 ガス状成分の経月変化（地域区分別）

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。

イオンバランス

どの地域においても陰イオンと陽イオンは同量程度（±10 %の範囲内）であり、分析した8成分でイオンバランスは概ねとれていた。

総当量濃度

SWで最も高かった。SWでは Na^+ と Cl^- の占める割合が特異的に高く、海塩粒子の寄与が大きいと考えられた。SWを除く地域では、陰イオンは SO_4^{2-} 、陽イオンは NH_4^+ および Na^+ の占める割合が高かった。

粒子状成分濃度の経月変化を図5.2.7に示す。

nss-SO_4^{2-} (p)

春季に高くなる傾向があり、また、WJで高濃度であった。一方で、8月にNJ以外の地域で高濃度を示した。8月には諏訪之瀬島、西之島等火山由来の硫黄成分が飛来しており^{8), 9)}、その影響を強く受けたものと

考えられた。

NO_3^- (p)

夏季に低くなる傾向があり、 NH_4NO_3 などの揮発性粒子がガス化した影響が考えられた。

NH_4^+ (p)

経月変化は nss-SO_4^{2-} (p)濃度とよく類似していたため、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ として存在していた可能性が高かった。また、WJで高い傾向がみられた。

nss-Ca^{2+} (p)

全体として冬季～春季に高い傾向がみられた。3.1で前述したように、2020年4月および5月、2021年1月および3月に黄砂が観測されており¹⁰⁾、その影響を受けて nss-Ca^{2+} (p)濃度が高くなったと考えられた。

Cl^- (p), Na^+ (p), Mg^{2+} (p), K^+ (p)

明瞭な季節変動は観測されなかった。1年を通してSWで高く、SWの調査地点は海に近いので、海塩粒子の影響が大きいと考えられた。

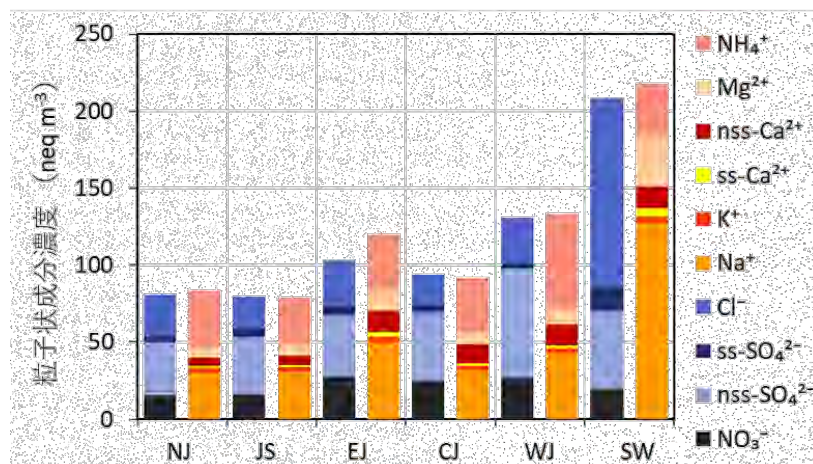


図 5.2.5 粒子状成分の年平均当量濃度（地域区分別）

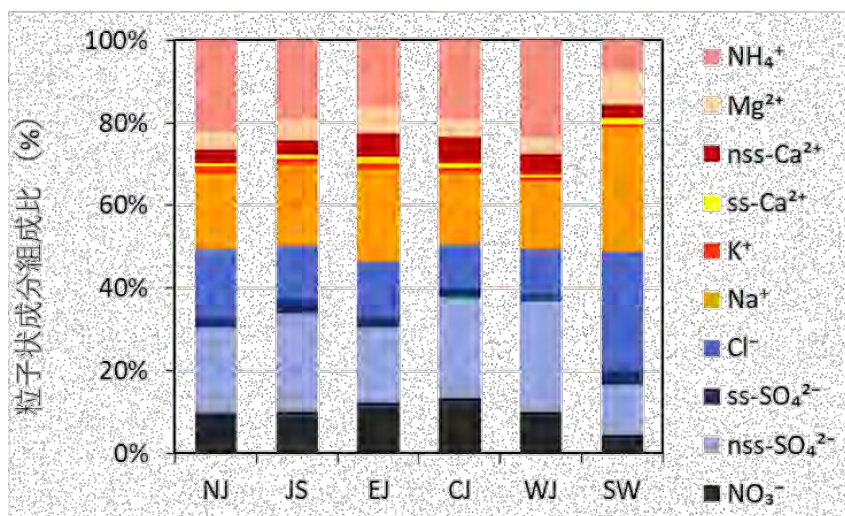


図 5.2.6 粒子状成分の年平均組成比（地域区分別）

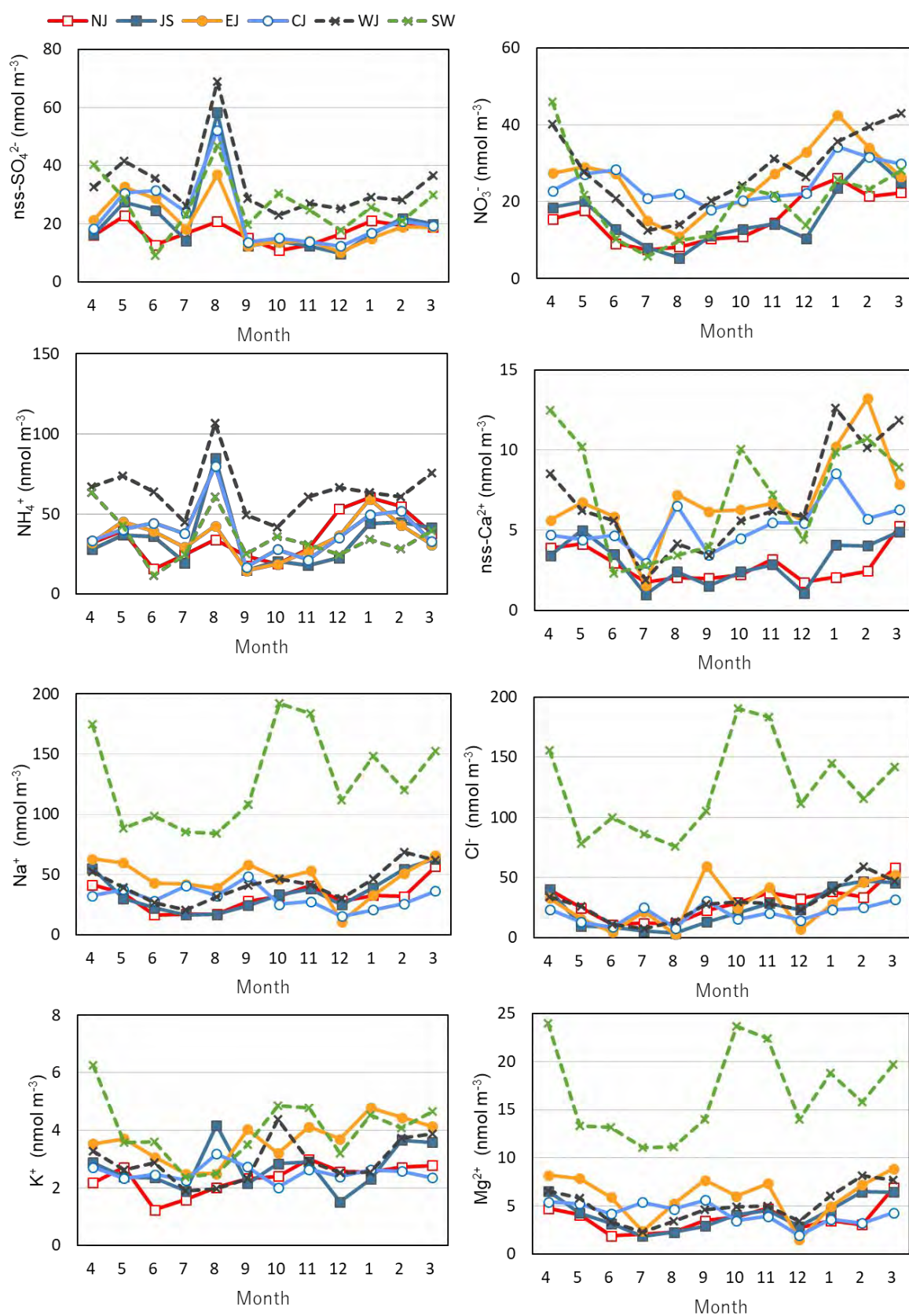


図 5.2.7 粒子状成分濃度の総計の経月変化（地域区別）

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。

$\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$

NJを除いて全国的に春季に高くなる傾向にあったが、NJは冬季に高濃度となった。また、NJを除いて全国的に8月に高値となり、火山活動に由来する硫黄成分の影響を受けたと考えられた。

$\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$

CJを除き、冬季から春季に高くなる傾向にあった。

$\text{HCl}(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{p})$

経月変化は明確でなかった。SWは他の地域と比べて高濃度であった。

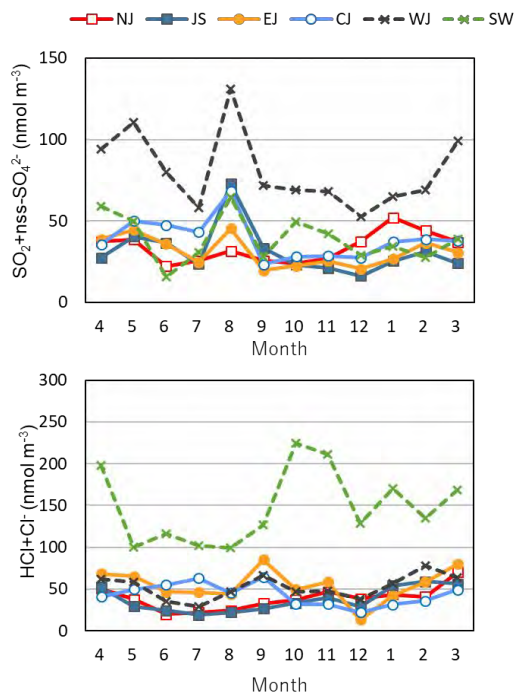


図 5.2.8 ガス状及び粒子状成分濃度の総計の経月変化（地域区別）

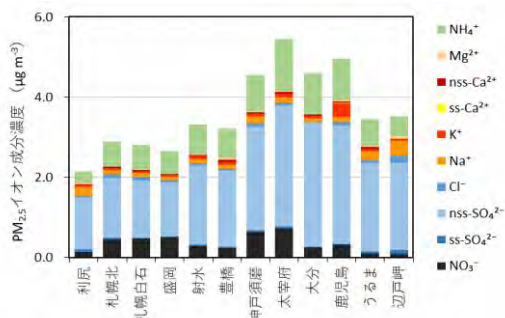


図 5.2.9 $\text{PM}_{2.5}$ イオン成分の年平均濃度（地点別）

$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$

今年度は8月に高い濃度を示し、火山活動が影響した可能性が示唆された。SWおよび12月のEJは地域汚染を反映したと考えられた。

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、札幌北、札幌白石、盛岡、射水、豊橋、神戸須磨、太宰府、大分、鹿児島、うるまおよび辺戸岬）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。

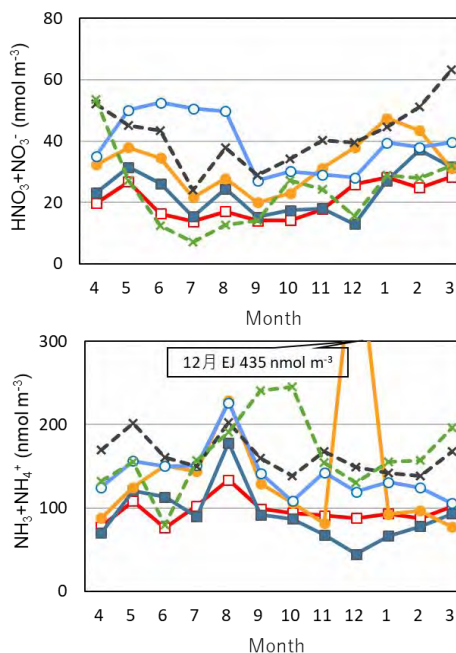


図 5.2.10 $\text{PM}_{2.5}$ イオン成分の年平均組成比（地点別）

年平均濃度

濃度範囲は2.2～5.4 $\mu\text{g m}^{-3}$ （平均値3.6 $\mu\text{g m}^{-3}$ ）であり、昨年度と同程度であった。最高値は太宰府、次いで鹿児島であり、最低値は利尻であった。全体として東日本よりも西日本で高値であり、特にWJの地点で高値であった。

組成比

PM_{2.5}の重量濃度に対して、どの地点もnss-SO₄²⁻（50～70 %）の寄与が最も大きく、次いでNH₄⁺（15～25 %）の寄与が大きかった。札幌白石、札幌北、盛岡、神戸須磨および太宰府は他の地点と比べてNO₃⁻の割合が多い傾向があった。

PM_{2.5}成分濃度の経月変化を図5.2.11に示す。

nss-SO₄²⁻ (p)

8月を除いて、春季から夏季にかけて高い傾向にあった。また、8月は西日本を中心に火山活動に由来すると考えられる濃度上昇がみられた。

NO₃⁻ (p)

ほとんどの地点で冬季に高く、夏季に低い傾向にあった。

NH₄⁺ (p)

nss-SO₄²⁻と異なり、冬季にも高くなる傾向にあった。また、8月にはnss-SO₄²⁻ (p)と同様に濃度が上昇していたことから、火山から噴出したSO₂が酸化され、NH₄⁺ (p)をカウンターイオンとして取り込んだことにより微粒子化した可能性が示唆された。

nss-Ca²⁺ (p)

春季に高くなる傾向にあった。うるまおよび豊橋は近傍の発生源の影響が考えられた。

Cl⁻ (p)

全体として冬季に上昇する傾向にあった。

Na⁺ (p), Mg⁺ (p)

全体として明瞭な濃度変動は見られなかった。辺戸岬、うるま、利尻の海に近い地点で高濃度であり、海塩粒子の影響が考えられた。

K⁺ (p)

明瞭な濃度変動は見られなかった。鹿児島において濃度変動が大きかった。

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

SO₄²⁻ (p), NH₄⁺ (p)

1年間を通してPM_{2.5}の割合が高く、全粒子状物質に占める割合もこの2成分で7割以上を占めた。

NO₃⁻ (p)

夏季に低く、冬季に高い傾向にあった。NO₃⁻ (p)は夏

季には粗大粒子に、冬季にはPM_{2.5}に多く存在した。

K⁺ (p)

割合の変動が一定ではなく、大きく変動する様子が窺えた。

Na⁺ (p), Cl⁻ (p), Ca²⁺ (p), Mg²⁺ (p)

1年を通してPM_{2.5}の割合が低かった。

粒径別の季節変化については、乾性沈着量の見積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。

－ 引用 文 献 －

- 1) 環境省：令和2年度酸性雨調査結果について、
<http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/r02/index.html>
(2022.1.6アクセス)
- 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2019（令和元）年度、全国環境研会誌、**46**, 3, 75-114, 2021
- 5) M. Aikawa et al.: 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**, pp.381-391, 2010
- 6) 気象庁：予報用語、http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/mokuji.html (2022.1.7アクセス)
- 7) 気象庁：令和2年（2020年）の日本の主な火山活動、https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/S_TOCK/monthly_report/2020y.pdf (2022.1.14アクセス)
- 8) 山村：大気モデルによる火山由来PM_{2.5}の生成・移流過程の解析、第62回大気環境学会年会講演要旨集、p.151, 2021
- 9) 中川ら：2020年夏季における瀬戸内海周辺のPM_{2.5}高濃度事例の解析、第62回大気環境学会年会講演要旨集、p.200, 2021
- 10) 気象庁：[地球環境のデータバンク] 黄砂、https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_data_index.html (2022.1.7アクセス)

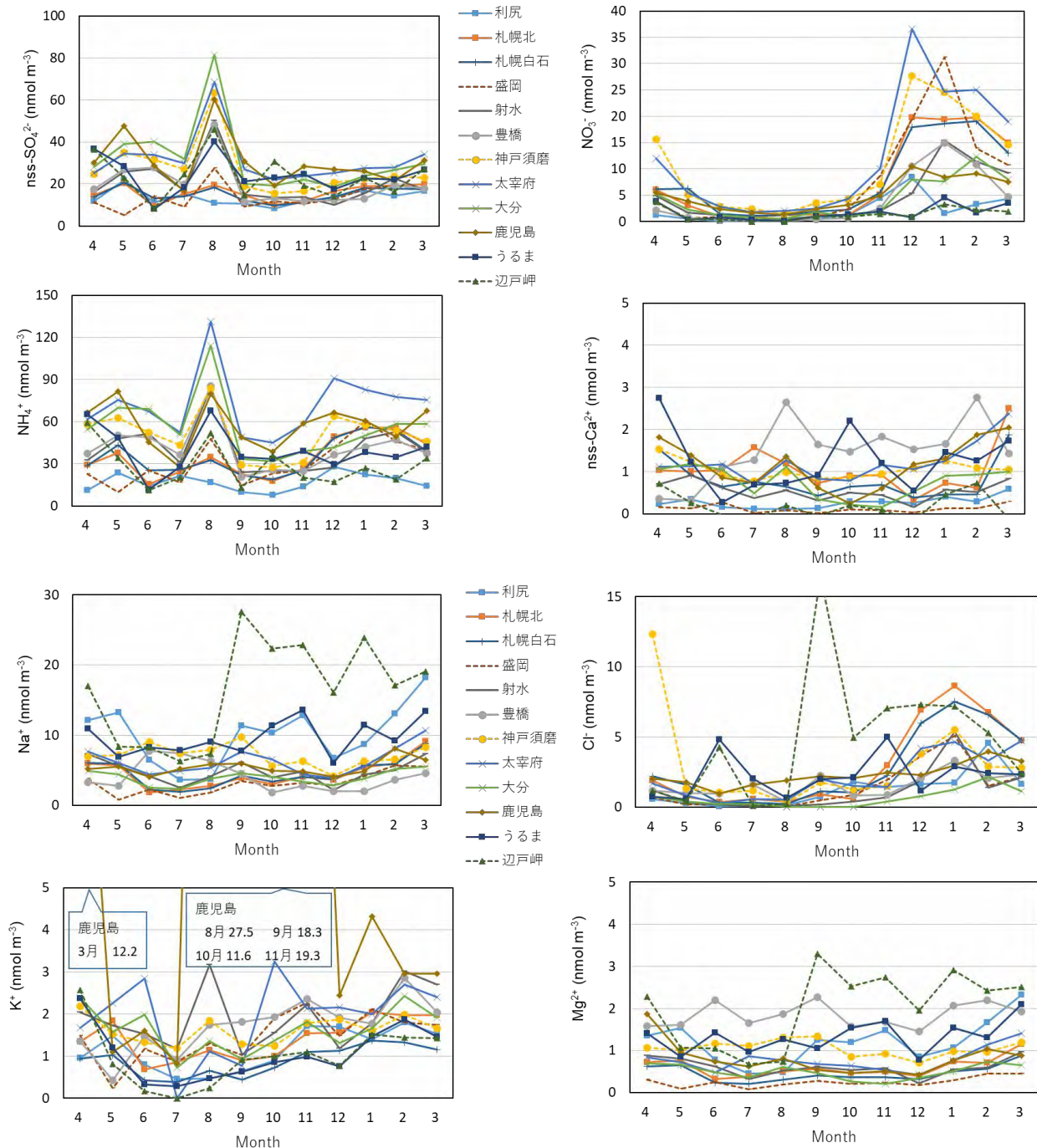


図 5.2.11 $PM_{2.5}$ 成分の経月変化（地点別）

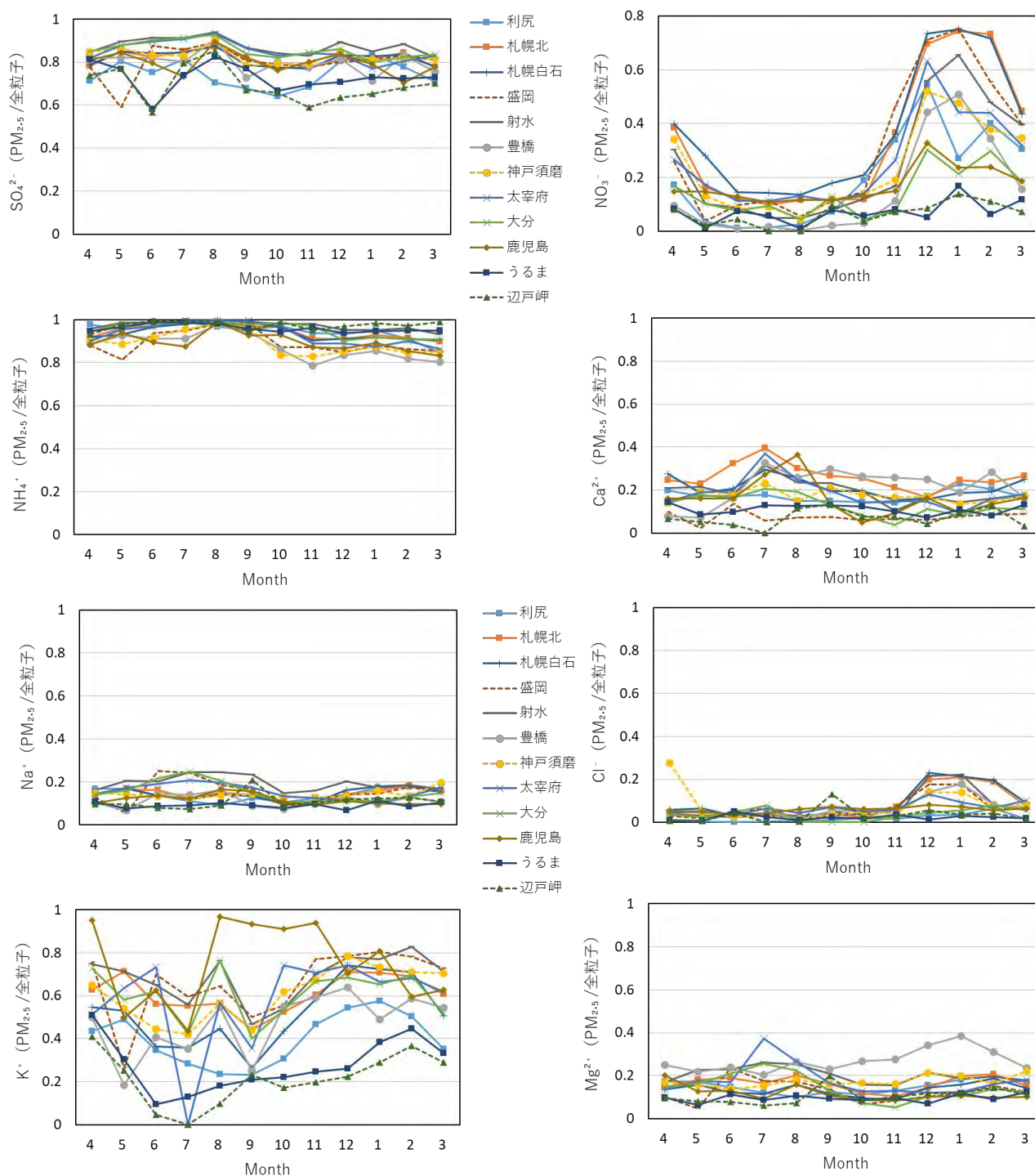


図 5.2.12 全粒子状物質に占める $PM_{2.5}$ 成分の割合の経月変化（地点別）

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法により大気濃度測定を行った26地点において実施し、さらに、FP法調査地点のうち自動測定機またはパッシブ法により NO_2 、 NO 測定を行った13地点は NO_2 、 NO の沈着量も同様に推計した。

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、粒子状成分（ SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、以後（p）をつけて表示）およびガス状成分（ 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法により測定した $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 、 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ 、 $\text{NH}_4^+(\text{p})$ 、 $\text{SO}_2(\text{g})$ 、 $\text{HNO}_3(\text{g})$ 、 $\text{NH}_3(\text{g})$ 、自動測定機またはパッシブ法により測定した 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法ではガス状成分と粒子状成分の完全な分別捕集は難しい。しかし、乾性沈着ではガス状成分と粒子状成分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。

表5.3.1 土地利用状況別の平均沈着速度（2020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	0.16	0.16	0.16	0.18	4.7	0.048	0.031	5.3E-09
森林地域	0.59	0.86	0.66	1.4	4.2	0.58	0.11	0.0028
農地	0.14	0.14	0.14	0.69	1.4	0.41	0.15	0.0024
草地	0.16	0.16	0.16	0.75	1.8	0.39	0.10	0.0024
積雪	0.10	0.10	0.10	0.44	0.44	0.49	0.0015	0.00030
水面	0.087	0.087	0.087	0.30	0.30	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

5.3.3 乾性沈着量の推計結果

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、FP法により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く25地点で評価した。

ガス状成分の乾性沈着量は $\text{SO}_2(\text{g})$ が0.7(伊自良湖)～19.0(宮崎) ($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)、 $\text{HNO}_3(\text{g})$ が1.1(伊自良湖)～27.0(神戸須磨) ($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)、 $\text{NH}_3(\text{g})$ が3.2(利尻, 伊自良湖)～430.0(旭) ($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)だった。

粒子状成分の乾性沈着量は $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ が0.4(伊自良湖)～8.0(宮崎) ($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)、 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ が0.2(伊自良湖)～11.0(宮崎) ($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)、 $\text{NH}_4^+(\text{p})$ が0.6(伊自良湖)～17.0(宮崎) ($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)だった。

ガス状と粒子状成分を合わせた乾性沈着量については非海塩由来硫黄成分 ($\text{SO}_2(\text{g}) + \text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$) が1.1(伊自良湖)～27.0(宮崎) ($\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$)、 $\text{NO}_x (= \text{NO}_2 + \text{NO})$ を含まない酸化態窒素成分 ($\text{HNO}_3(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{p})$)

が1.3(伊自良湖)～31.0(神戸須磨) (平均値 12.9) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、還元態窒素成分 ($\text{NH}_3(\text{g}) + \text{NH}_4^+(\text{p})$) が3.9(伊自良湖)～440.0(旭) (平均値 33.0) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。

NO_x 測定地点の NO_2 乾性沈着量は0.4(利尻)～15.0(神戸須磨) (平均値 6.3) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、 NO 乾性沈着量は0.001(利尻)～0.039(射水) (平均値 0.018) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 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2.0(伊自良湖)～46.0(神戸須磨) (平均値 19.1) $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 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法での大気濃度の年平均値が全て有効となった24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 ($\text{NH}_3(\text{g})$, $\text{NH}_4^+(\text{p})$, $\text{NH}_4^+(\text{wet})$) に分類して考察した。

表5.3.2 年間乾性沈着量（2020年度地点別）

No.	都道府県市	地点名	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{HNO}_3(\text{g})$	$\text{NH}_3(\text{g})$	$\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$	$\text{SO}_4^{2-}(\text{p})$	$\text{NO}_3^-(\text{p})$	$\text{NH}_4^+(\text{p})$	$\text{NO}_2(\text{g})$	$\text{NO}(\text{g})$	
mmol m^{-2}												
1	北海道	利尻	1.4	3.1	3.2	2.3	3.0	2.1	3.0	0.4	0.001	PS
2	北海道	札幌北	4.2	4.6	4.8	1.0	1.1	1.2	2.2	5.7	0.015	
3	札幌市	札幌白石	3.0	3.4	6.0	0.9	1.0	1.1	2.1	—	—	
4	岩手県	盛岡	3.1	7.6	16.0	2.0	2.2	2.0	4.3	—	—	
5	新潟県	新潟曾和	1.9	4.9	6.1	1.0	1.1	1.0	1.4	6.6	0.022	
6	新潟県	長岡	3.6	6.5	9.1	1.9	2.2	2.6	3.6	—	—	
7	群馬県	前橋	1.2	17.0	51.0	1.5	1.6	3.1	4.1	7.1	0.009	
8	千葉県	旭	3.4	4.7	430.0	1.4	1.8	3.2	4.3	—	—	
9	千葉県	勝浦	5.4	6.8	14.0	3.3	4.0	4.9	3.1	—	—	
10	千葉県	清澄	5.6	6.8	12.0	3.3	3.8	3.9	3.1	—	—	
11	千葉県	市原	12.0	11.0	10.0	1.6	1.8	2.2	2.4	—	—	
12	千葉県	佐倉	2.9	7.8	7.6	1.3	1.5	1.9	2.1	—	—	
13	長野県	長野	1.5	9.2	9.4	1.5	1.5	1.2	2.5	5.7	0.016	
14	富山県	射水	1.7	5.9	9.5	1.4	1.5	1.2	2.8	6.1	0.039	
15	石川県	金沢	2.2	5.7	3.7	1.7	1.8	1.6	2.7	—	—	
16	福井県	福井	(2.5)	(5.9)	(8.3)	(1.4)	(1.6)	(1.8)	(2.5)	6.2	0.031	
17	岐阜県	伊自良湖	0.7	1.1	3.2	0.4	0.4	0.2	0.6	0.7	0.019	
18	愛知県	豊橋	3.7	16.0	16.0	2.6	2.9	3.7	5.7	11.0	0.033	
19	名古屋市	名古屋南	2.7	23.0	6.2	1.2	1.3	1.6	2.1	—	—	
20	兵庫県	神戸須磨	4.9	27.0	5.7	2.5	2.8	4.2	6.9	15.0	0.027	
21	福岡県	太宰府	3.8	15.0	12.0	3.0	3.3	4.2	6.6	12.0	0.016	
22	大分県	大分	14.0	17.0	7.3	3.1	3.2	2.8	5.4	—	—	
23	宮崎県	宮崎	19.0	18.0	22.0	8.0	8.9	11.0	17.0	—	—	
24	鹿児島県	鹿児島	17.0	8.7	10.0	2.7	3.0	2.8	5.3	—	—	
25	沖縄県	うるま	6.7	8.2	24.0	5.3	6.6	5.8	8.8	4.1	0.008	PS
26	沖縄県	辺戸岬	7.7	5.6	8.6	7.3	10.0	7.7	9.2	0.8	0.002	
		最低値	0.7	1.1	3.2	0.4	0.4	0.2	0.6	0.4	0.001	
		最高値	19.0	27.0	430.0	8.0	10.0	11.0	17.0	15.0	0.039	
		中央値	3.6	7.6	9.4	1.9	2.2	2.6	3.1	6.1	0.016	
		平均値	5.3	9.8	28.3	2.5	2.9	3.1	4.5	6.3	0.018	

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。

また、右欄外のPSはパッシブ法で測定した NO_2 、 NO を示す。

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8.0(長野)～46.0(宮崎)（平均値 23.1） $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、酸化態窒素成分が16.0(利尻)～64.0(長岡)（平均値 36.1） $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 、還元態窒素成分が20.0(利尻)～530.0(旭)（平均値 62.5） $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ だった。 NO_x の乾性沈着量を含めた酸化態窒素成分は16.0(利尻)～62.0(神戸須磨)（平均値 40.0） $\text{mmol m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 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）×100(%)）は、非海塩由来硫黄成分が5%(伊自良湖)～61%(辺戸岬)（平均値 34%）、 NO_x を除く酸化態窒素成分が3%(伊自良湖)～66%(神戸須磨)（平均値 38%）、還元態窒素成分が9%(伊自良湖)～83%(旭)（平均値 40%）だった。

対象とした24地点を6つの地域区分（北部(NJ, 3地点）、日本海側(JS, 4)、東部(EJ, 6)、中央部(CJ, 5)、西部(WJ, 4)、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

は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対して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、新潟曽和、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬の6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）。

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、新潟曽和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、またはやや減少の傾向がみられた。 $\text{NO}_3^-(\text{p})$ については豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬で増加傾向を示していたが、2014年以降は $\text{nss-SO}_4^{2-}(\text{p})$ 等と同様に横ばいまたは減少の傾向がみられた。

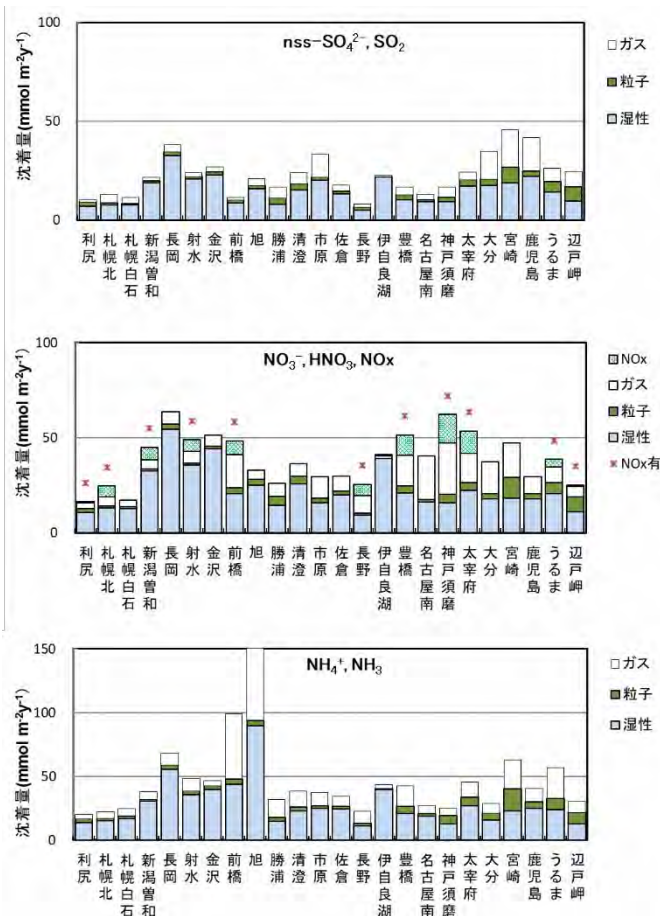


図5.3.1 調査地点の年沈着量
(2020年度)

注) 湿性沈着およびフィルターバ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。

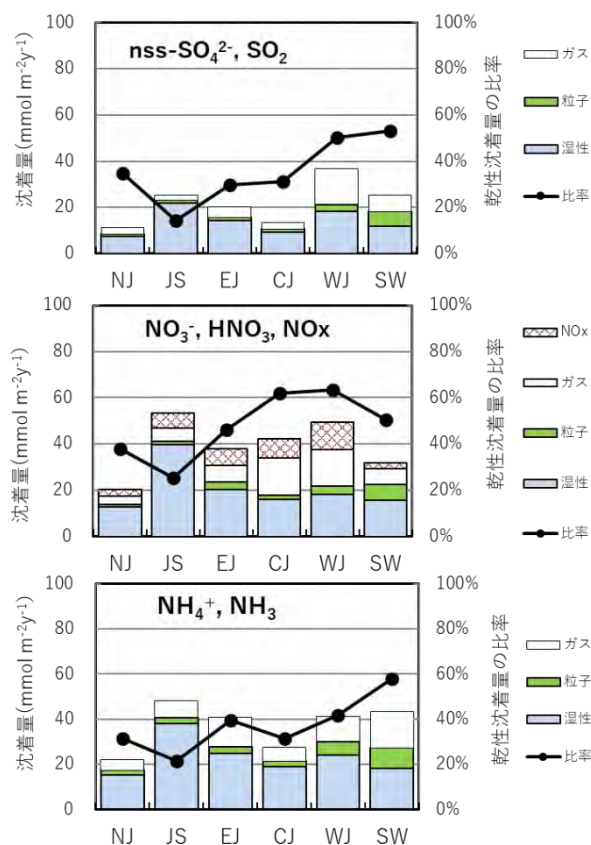


図5.3.2 各地域区分別の年沈着量
(2020年度中央値)

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。

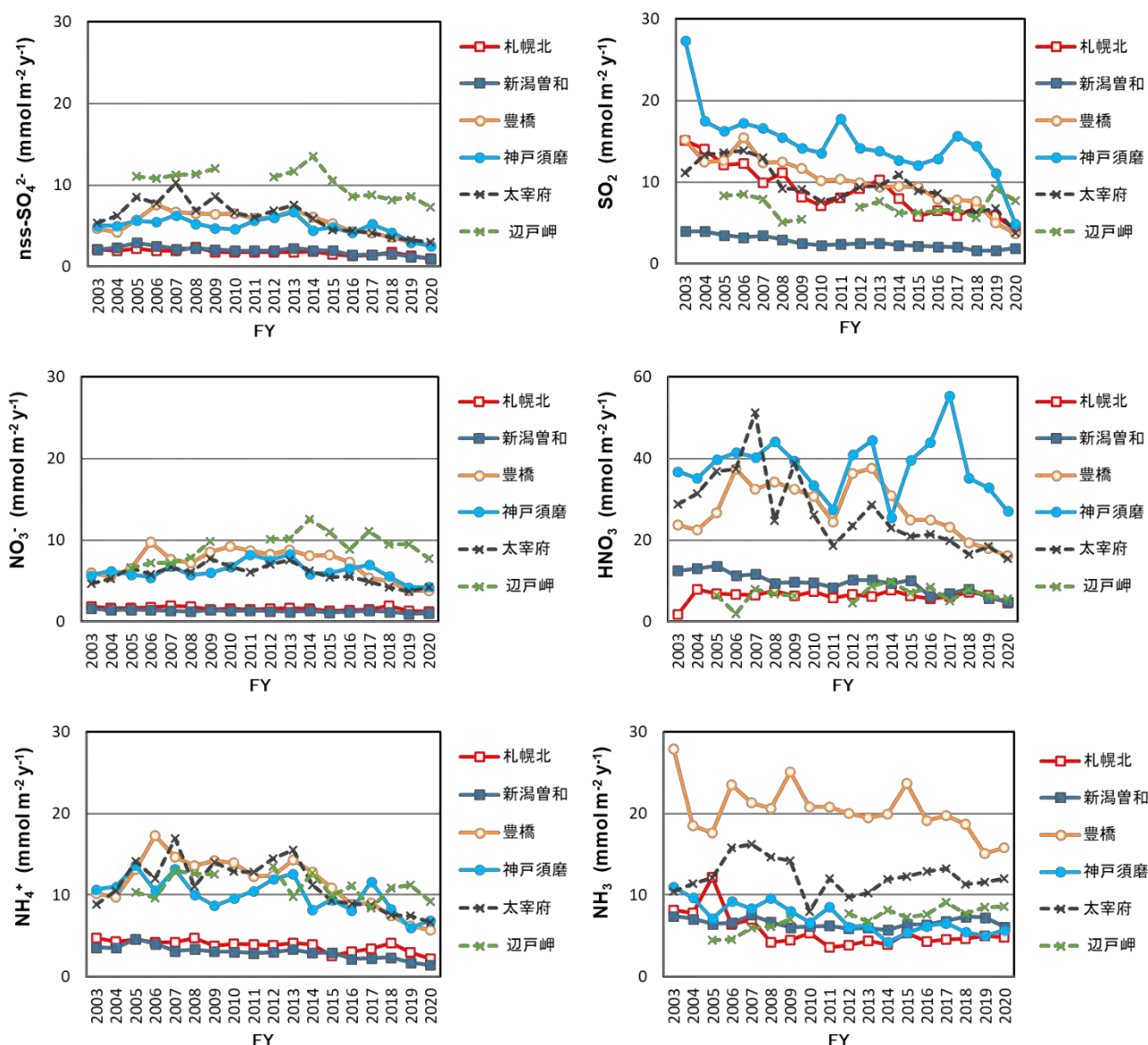


図5.3.3 継続調査地点における乾性沈着量の経年変化
(2003~2020年度)

ガス状成分の乾性沈着量は、地点によりかなり差が大きい。SO₂(g)は神戸須磨、豊橋、札幌北、太宰府、辺戸岬で多く、経年的には減少傾向がみられ、特に神戸須磨では2017年度以降、急激に減少している。HNO₃(g)は神戸須磨、豊橋、太宰府が多く、年ごとの変動が大きい。NH₃(g)は豊橋が最も高いが、近年は減少傾向が顕著になっている。その他の地点は全体的にほぼ横ばいの傾向が見られた。

一 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
https://www.hro.or.jp/list/environmental/research/ies/katsudo/acid_rain/kanseichinchaku/kanseichinchaku.html (2022. 5. 16 アクセス)
- 4) 気象庁ホームページ: 各種データ・資料
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>
(2022. 5. 16 アクセス)
- 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>
(2022. 5. 16 アクセス)

6. 乾性沈着（パッシブ法）

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NO₂、NO_x、O₃と、FP法と共通で測定できるNH₃濃度の測定を行っている。

パッシブサンプラーでの測定値は自動測定機のような1時間値ではなく期間平均濃度になるが、小さく電源が不要であり、山地や遠隔地などでの測定に有用な方法である。

このため、PS法により常時監視局の少ない郊外や山岳部でO₃濃度測定を行い、都市部よりも高濃度の傾向を明らかにするなどの成果が得られている¹⁾。

NH₃について、FP法ではNH₃(g)とアンモニウム塩粒子NH₄⁺(p)を分離して測定している。しかし気温が高いと捕集されたNH₄⁺(p)の一部がNH₃(g)に変換される。このためNH₃(g)測定濃度が大気中濃度よりも高くなる場合が指摘されている²⁾。一方、パッシブサンプラーは原理的にはNH₃(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。

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。

6.1 測定方法

調査は通年で行い、試料捕集周期は1か月（4週間または6週間）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。

2020年度の地点数は、NH₃、NO_x、O₃がそれぞれ13、6、5地点だった。各地点により測定項目は異なりNO_x、O₃の測定地点の多くは北海道・東北地域に位置し、NH₃は北海道から沖縄まで分布している（図6.1.1）。NH₃は各測定地点周辺の畜舎などの発生源の影響を強く受けていると思われる。

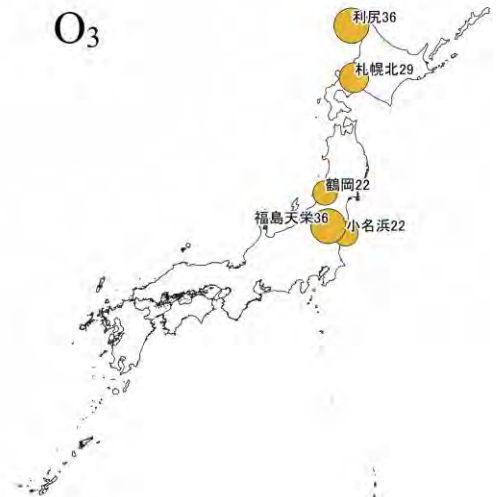
表6.1.1 パッシブ法による調査地点数と有効データ数

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	13	154	2	98.7%	13	0	100.0%
NO	6	70	2	97.2%	6	0	100.0%
NO ₂	6	70	2	97.2%	6	0	100.0%
NO _x	6	70	2	97.2%	6	0	100.0%
O ₃	5	58	2	96.7%	5	0	100.0%

NO_x



O₃



NH₃



図6.1.1 各測定項目の地点と年平均濃度（ppb）

6.2 測定結果

測定結果の図表は以下のとおりである。おおむね例年どおりの結果となった。

- ・図6.2.1：各地点の月平均NO_x濃度（上：全地点，下：札幌北以外）
- ・図6.2.2：各地点の月平均O₃濃度
- ・図6.2.3：各地点の月平均NH₃濃度（旭を除く）
- ・図6.2.4：NH₃周辺発生量と年平均濃度の関係
- ・表6.1.2：地点別年平均濃度（ppb）

NO_x

年平均濃度では札幌北の14.0ppbが最も高かった。これは都市部に位置するためと、特に冬に高いためであり、暖房などの排出量増加と逆転層の形成など気象要因によると考えられる。年平均濃度の最低地点は小名浜の0.8ppbだった。札幌北以外は5ppb未満と低く、鶴岡と小名浜は札幌北同様に冬季に高いが、うるまや利尻は逆に冬季に低いなど傾向は異なる。地点ごとの周辺環境などに依るものと考えられる。

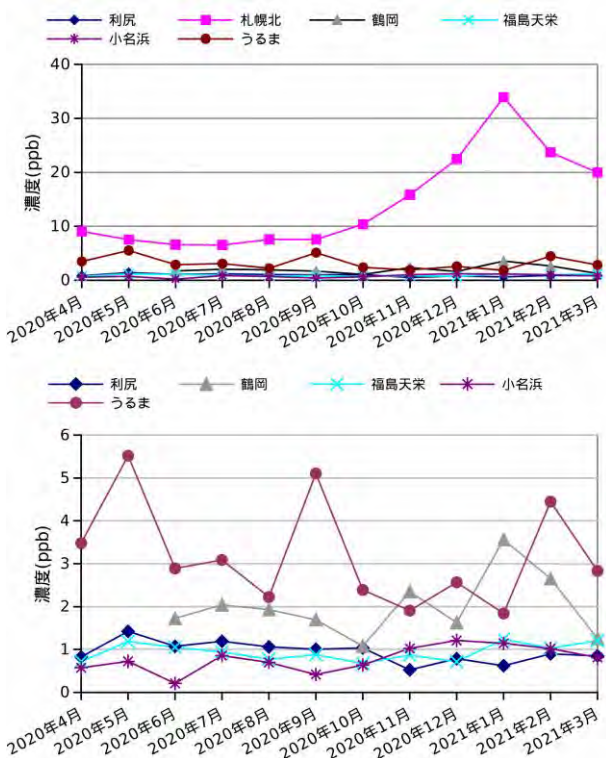


図6.2.1 各地点の月平均NO_x濃度
（上：全地点，下：札幌北以外）

O₃

年平均濃度では利尻の36.4ppbが最も高かった。利尻は日本海の離島に位置し、標高は低いことからNO_xによるタイトレーション効果の減少や越境汚染が要因と考えられる。一方、最も低いのは鶴岡の21.8ppbだった。鶴岡は測定地点が森林に位置し、夏季は樹冠でのオゾン消失によ

り濃度が低いと考えられる。また小名浜の5、6月の月平均濃度は例年40～30ppb程度だが、2020年は20ppbを下回るなど低い傾向にあった。

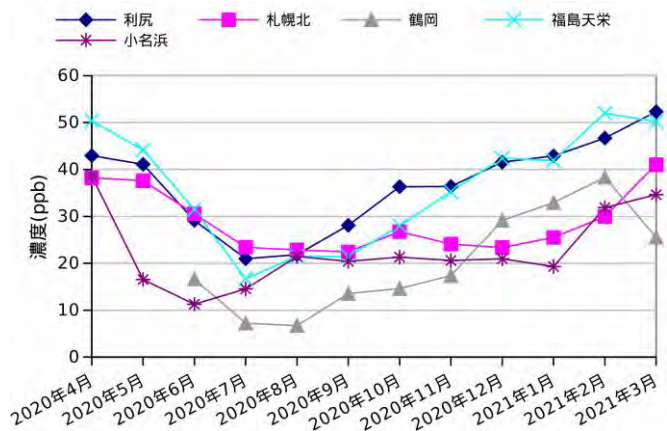


図6.2.2 各地点の月平均O₃濃度

NH₃

年平均濃度では旭の76.5ppbが最も高く、次にうるまの4.2ppbだった。高濃度の地点は近傍の酪農業等の影響を受けていると考えられる。うるまは昨年よりも低く、原因は発生量や風向の変化と思われる。市原、佐倉、豊橋は概ね2～5ppb、鶴岡、札幌北、福島天栄は2ppb未満だった。小名浜と画図町は月毎の濃度差が大きく発生源からの風向などが関係していると考えられる。年平均濃度が最も低いのは福島天栄の0.4ppbだった。

季節変化としては豊橋、佐倉、福島天栄および射水は夏季に高く冬季に低い傾向にあり、気温の影響が考えられる。一方うるまは冬季に高く、近傍の発生源からの影響が季節風や位置関係により変化するためと思われる。

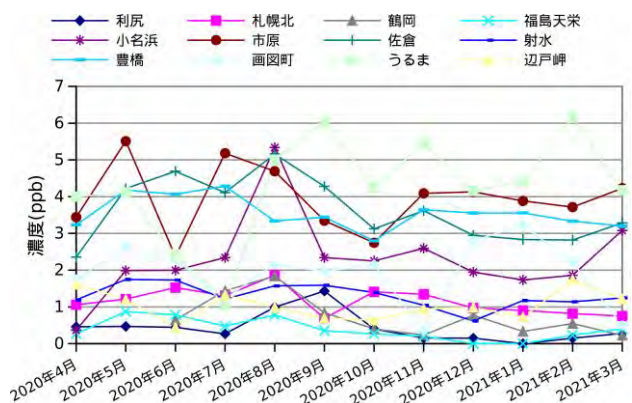
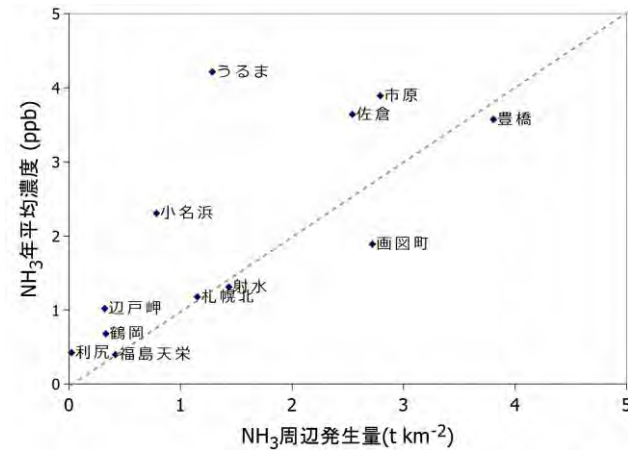


図6.2.3 各地点の月平均NH₃濃度（旭を除く）

NH₃の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。測定地点から半径20km円内の周辺発生量³⁾と年平均濃度の関係は、うるまを除くと従来どおり高低がよく一致

し、大気中NH₃年平均濃度(ppb)は周辺発生量(t km⁻²)で1:1の直線（図6.2.4中の点線）付近に分布した。



	利尻	札幌北	鶴岡	福島天栄	小名浜	市原
年平均濃度 (ppb)	0.4	1.2	0.7	0.4	2.3	3.9
NH ₃ 周辺発生量(tkm ⁻² year ⁻¹)	0.02	1.15	0.33	0.42	0.78	2.79

	佐倉	射水	豊橋	画図町	うるま	辺戸岬
年平均濃度 (ppb)	3.6	1.3	3.6	1.9	4.2	1.0
NH ₃ 周辺発生量(tkm ⁻² year ⁻¹)	2.54	1.43	3.81	2.72	1.28	0.32

図6.2.4 NH₃ 周辺発生量と年平均濃度の関係

表6.1.2 地点別年平均濃度 (ppb)

地点	NO ₂	NO	NO _x	O ₃	NH ₃
利尻	0.3	0.6	0.9	36.4	0.4
札幌北	9.8	4.2	14	28.7	1.2
鶴岡	0.6	1.3	1.9	21.8	0.7
福島天栄	0.6	0.3	0.9	36.1	0.4
小名浜	0.8	0.1	0.8	22.1	2.3
市原					3.9
旭					76.5
佐倉					3.6
射水					1.3
豊橋					3.6
画図町					1.9
うるま	2.6	0.5	3.1		4.2
辺戸岬					1.0

ー 引用文献 ー

- 1) 北村洋子, 大泉毅, 野口泉, 家合浩明: 全国酸性雨調査(65): 乾性沈着 (0式パッシブサンブラ法によるオゾン濃度の動向), 第50回大気環境学会年会講演要旨集, 596, 2009
- 2) 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回大気環境学会年会講演要旨集, 244-245, 2007
- 3) 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

7. まとめ

2020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^+ は西部で高かった。 $nss-SO_4^{2-}$ は北部、日本海側および西部で高く、いずれも例年同様であった。 NO_3^- は北部、日本海側で高かったが、北部および東部では地点ごとのばらつきが大きかった。 NH_4^+ は北部および東部で高く東高西低の傾向を示し、東部でばらつきが大きかった。季節別では、例年同様に夏季に濃度が低下する地点が多かったが、一部の地点では濃度が高くなった。

沈着量をみると、日本海側や西部において、高い値が観測された。

7.2 FP法によるガスおよびエアロゾル濃度

全国26地点で調査を実施した。中央値を前年度と比較すると、ガス状成分では、 $SO_2(g)$ が15 %、 $HCl(g)$ が19 %、 $HNO_3(g)$ が21 %、 $NH_3(g)$ が5 %、それぞれ減少した。

粒子状成分では、 $Ca^{2+}(p)$ が14.7 %、 $nss-Ca^{2+}(p)$ が15.6 %増加し、それ以外の成分は減少した。特に $nss-SO_4^{2-}(p)$ は、19.7 %減少した。

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 ($PM_{2.5}$) を分けて採取した結果、 $PM_{2.5}$ 中イオン成分濃度の年平均値の範囲は $2.2 \sim 5.4 \mu g m^{-3}$ であり、いずれの地点も $nss-SO_4^{2-}$ の割合が最も高く、 $PM_{2.5}$ イオン濃度のうち50～70 %を占めた。次いで多いのはいずれの地点も NH_4^+ (15～25 %) であった。

本年度は、例年の変動に加えて、8月に $nss-SO_4^{2-}(p)$ および $NH_4^+(p)$ の上昇がみられ、火山活動による影響が示唆された。

7.3 乾性沈着量

FP法など乾性沈着の測定データ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。ガス状物質と粒子状物質を併せた乾性沈着量の全国平均値は、非海塩由来硫黄成分が $7.8 mmol m^{-2} y^{-1}$ で西部が多く、 NO_x を含まない酸化態窒素成分が $12.9 mmol m^{-2} y^{-1}$ 、還元態窒素成分が $33.0 mmol m^{-2} y^{-1}$ だった。いずれの成分とも北部と日本海側は少なかった。

7.4 パッシブ法によるガス成分濃度

パッシブサンプラーにより NH_3 (13地点)、 NO_x 、 NO_2 (6地点)、 O_3 (5地点) の月平均濃度の測定を行った。年平均濃度が最も高かった地点は NO_x では札幌北 (14.0 ppb)、 O_3 では利尻 (36.4 ppb)、 NH_3 では旭 (76.5 ppb) だった。濃度や季節変動などはおおむね例年どおりだった。

＜報 文＞

倉敷川中・下流部における北側流域からの汚濁負荷についての一考察 *

-排出負荷量及び流達負荷量の検討-

藤田和男 **・林隆義 ***

キーワード ①児島湖 ②COD ③全窒素 ④全りん ⑤汚濁負荷

要 旨

児島湖の水質への影響が大きいと考えられる倉敷川中・下流部の北側流域に着目し、発生源別及び月別の汚濁負荷量を推計・調査した。原単位法による排出負荷量の推計では、COD と全りんでは農地系、全窒素では生活系の割合が最も大きくなった。現地調査法による流達負荷量の調査では、原単位法に流達率を掛けた流達負荷量推計値と近い値が得られた。また、季節別の推移を見ると、全りんは、かんがい期と非かんがい期で6倍の差があることがわかった。

1. はじめに

岡山県南部に位置する児島湖は、農業用水の確保を目的として造られ、昭和34年に完成した。流域面積は岡山県の面積の約13分の1にすぎないが、岡山市や倉敷市の中心部を含むため、流域内の人口は岡山県の人口の約3分の1を占めている¹⁾。

環境基準は、CODはB類型、全窒素及び全りんはV類型が当てはめられているが、流域内の発展に伴い水質の汚濁が進行したことから、昭和60年には湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼となった。その後、児島湖の水質は、生活排水対策等の推進につれて緩やかに改善されてきたが、近年は横ばい傾向が続いている¹⁾。

これまで、児島湖の汚濁負荷量は、主な流入河川である笹ヶ瀬川、倉敷川及びその他小河川等、流域別に全体を8つのブロックに分け、2とおりの方法で検討されている。具体的には、(1)統計データによる排出負荷量（流域の発生源（家庭、事業場、面源など）から周辺の用水路や河川に流出する負荷量）²⁾の推計（以下「原単位法」という。）、(2)現地調査による流達負荷量（水質調査地点のある河川（倉敷川等）に到達した負荷量）²⁾の推定（以下「現地調査法」という。）が行われている^{1, 3)}。

原単位法は簡易である一方、原単位（対象区域の発生源別の面積又は人口当たり排出負荷量）や流達率（発生源からの負荷量のうち本川に流達する割合）⁴⁾の設定などに課題があり、厳密な流達負荷量を評価するには限界がある⁴⁾。

現地調査法は、水質や水量の測定（調査頻度は原則として月1回以上とすることが望ましい⁵⁾）に多大な労力がかかること、発生源（生活系、産業・畜産系、農地・自然系等）毎の排出負荷量が分からないなど、原単位法と比べて不利な点があるが、適切に調査地点と調査頻度を設定すれば、流達負荷量の総量並びに流入地点別の量及び季節変化がより直接的に分かる利点がある。

倉敷川中・下流部（^{みのろ}稔橋から倉敷川河口部までの範囲とする。）については、これまでの調査において、倉敷川の北側の流域（以下「北側流域」という。）からの流達負荷量が大きいことが分かっている⁶⁾。そこで、水質改善に向けた現状把握のため、北側流域から倉敷川中・下流部に流入する汚濁負荷について、(1)原単位法による排出負荷量の推計及び(2)現地調査法による流達負荷量の推算から、地点別の流達負荷及び季節毎の発生状況等を検討したので報告する。

* A Study on Pollutant Load from the North Basin in the Middle and Downstream of the Kurashiki River -Review of Discharge Load and Runoff Load of Pollutant-

** Kazuo FUJITA（岡山県環境文化部環境管理課（元岡山県環境保健センター））Environmental Management Division, Department of Environment and Culture, Okayama Prefecture

*** Takayoshi HAYASHI（岡山県環境保健センター）Okayama Prefectural Institute for Environmental Science and Public Health

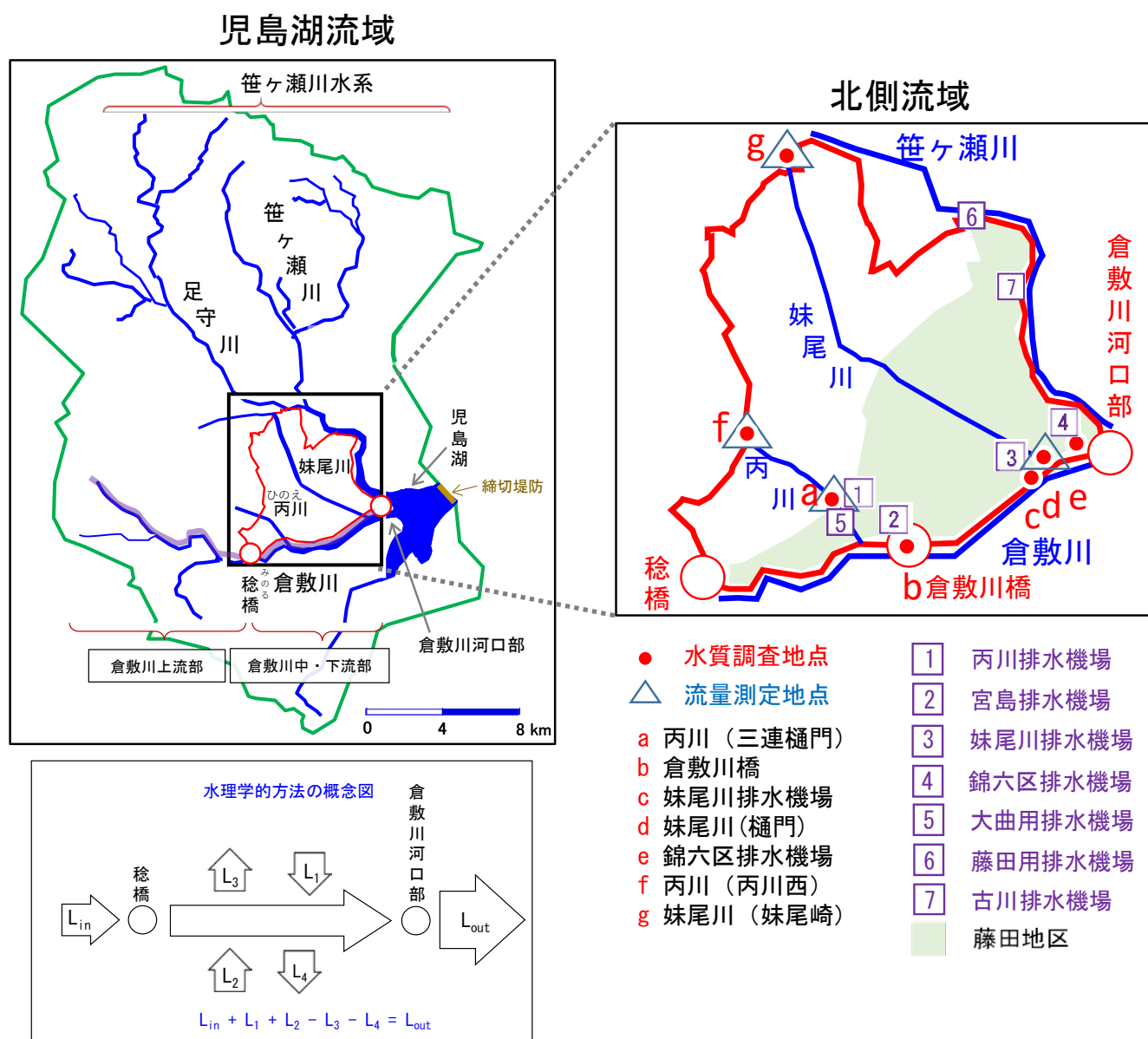


図1 調査対象流域の概況及び調査地点

2. 調査対象及び方法

2.1 調査地点及び時期

流域の概況及び調査地点を図1に示す。また、原単位法と現地調査法に用いたデータは、直近で同時期のものが入手可能な平成28年度の値を用いた。

2.2 原単位法

北側流域は、湖沼水質保全計画に基づく調査³⁾において範囲が示され、また排出負荷量の推計に必要な統計データが調査・集計されている。しかし、一部の区画（藤田地区）では、この区画を含む周辺区域分を併せたデータしか存在しない項目があるため、周辺区域との人口比により按分して求めた。

排出負荷量の推計に必要な基礎データは、生活系は、

生活系排水の処理形態別の人口及び原単位、産業・畜産系は、特定事業場毎に水量と水質から求めた排出負荷量、農地・自然系は、水田、畑、山林、市街地等の面積及び原単位である。

2.2.1 生活系

生活系は3形態（合併処理浄化槽、単独処理浄化槽、雑排水）を検討した。合併処理浄化槽と単独処理浄化槽の排出負荷量は、それぞれの人口データを地元市から入手し、原単位³⁾を乗じて算出した。雑排水は統計データ³⁾に準じて単独処理浄化槽人口、し尿処理施設人口及び自家処理人口の合計から求めた。ただし、藤田地区の雑排水人口の計算に必要なし尿処理人口は、この地区を含む周辺区域の人口と人口比³⁾から設定した。

なお、北側流域で発生する下水及びし尿は、全量が流域外の下水处理場又はし尿処理施設で処理される。また、北側流域に農業集落排水施設はない。

2.2.2 産業・畜産系

産業系は、2形態（特定事業場、非特定事業場）を検討した。特定事業場については、水質汚濁防止法等に基づく特定事業場³⁾の排出負荷量を集計し、非特定事業場については、その排出負荷量推計値データ³⁾に対象とする地区の人口比を乗じた値とした。

畜産系は、北側流域内の牛頭数³⁾から設定した。

なお、北側流域の豚頭数は0³⁾である。

2.2.3 農地・自然系

農地・自然系は4形態（水田、畑、山林、市街地等）を検討した。

水田と畑については、統計データ³⁾を用い、藤田地区は面積値を地元市から入手した。

山林については、統計データ³⁾から面積を推計し、藤田地区は土地利用基本計画図（おかやま全県統合型GIS）から推計した。

市街地等については、各区域の総面積から水田、畑及び山林面積を差し引いて求めた。

2.2.4 系外からの流入

北側流域には系外からの汚濁負荷が2地点（f、g）と2排水機場（〔5〕、〔6〕）から流入する（図1）。地点fとgからの負荷量は、次節に示すとおり、流量と水質から負荷量を求めた。2排水機場からの負荷量は文献値³⁾と公共用水域水質測定結果⁷⁾から求めた。

2.2.5 笹ヶ瀬川への流出

北側流域からの流出水の大部分は倉敷川に流出するが、一部は排水機場（〔7〕）³⁾から笹ヶ瀬川に流出する。笹ヶ瀬川に流出する負荷量の割合は、両河川（倉敷川と笹ヶ瀬川）への流量比率から求めた。

2.3 現地調査法

北側流域から倉敷川中・下流部への流達負荷量を、水質と水量から推算した。北側流域から流出する排水機場は文献³⁾から選定し、倉敷川中・下流部への流達負荷量は、図1に示す2地点（a、d）と4排水機場（〔1〕～〔4〕）の合計とした。

現地調査法の詳細は既報⁶⁾のとおりである。流量については、図1に示す4地点（図中a、d、f及びg）では巻き尺で川幅と水深、電磁流量計（東邦電探製TK-106X）で流速を測定し、流量を計算した。排水機場（〔1〕～〔7〕）

の流量は報告値³⁾を用いた。^{ひのえ}丙川と妹尾川の流量は、既報⁶⁾に示すとおり、下流に位置する児島湖の水位低下速度と流量の関係から求めた。

水質は7地点（a～g）で、平成28年4月から平成29年3月まで月1回採水し、CODはJIS K0102の17、全窒素は同45.6、全りんは同46.3.4の方法で測定した。

また、以下の推計方法（以下「水理学的方法」という。）による流達負荷量の概算も行った。概念図を図1（左下）に示す。

$$L_{in} + L_1 + L_2 - L_3 - L_4 = L_{out}$$

ここでLは月毎の水質と水量を掛けて求めた負荷量であり、 L_{in} ：稔橋の負荷量、 L_1 ：北側流域からの負荷量、 L_2 ：南側流域からの負荷量、 L_3 ：北側流域への取水により取り出される負荷量、 L_4 ：南側流域への取水により取り出される負荷量、 L_{out} ：倉敷川河口部の負荷量である。

河川水質は公共用水域水質測定結果⁷⁾を用いた。水量について、 L_{in} の水量は、児島湖全体の水量³⁾に稔橋地点の流量比率調査結果⁸⁾の比を掛けて求めた。 L_1 の水量は前節に示すとおり2地点（a、d）と4排水機場（〔1〕～〔4〕）の合計である。 L_2 の水量は該当する排水機場データ³⁾から求めた。 L_3 の水量は前節に示す排水機場（〔5〕）データ³⁾を用いた。 L_4 の水量は調査データ³⁾を用いた。

3. 結果及び考察

3.1 原単位法

原単位法による北側流域の発生源の区分を生活系、産業・畜産系及び農地・自然系（系外からの流入水を除く）の3つに分類したときの各割合を表1、より詳細な発生源別排出負荷量推計値を図2に示す。CODと全りん排出負荷量は農地・自然系からの割合がそれぞれ52%と60%で最も大きく、全窒素は生活系の割合が58%で最も大きいと推計された。COD及び全りんは農地・自然系の中でも水田の面積や原単位が大きいと推計された。一方、全窒素は単独処理浄化槽の原単位が比較的大きいため、排出負荷量が大きくなった。

原単位法による北側流域からの排出負荷量に、系外から流入する負荷量を合わせると、COD負荷量は642t/年、全窒素負荷量は194t/年、全りん負荷量は32t/年と推計された。

表1 発生源別排出負荷量割合

	生活系	産業・畜産系	農地・自然系
COD	39 %	9 %	52 %
全窒素 [※]	58 %	11 %	30 %
全りん	35 %	5 %	60 %

※ 端数処理により合計が100%とならない。

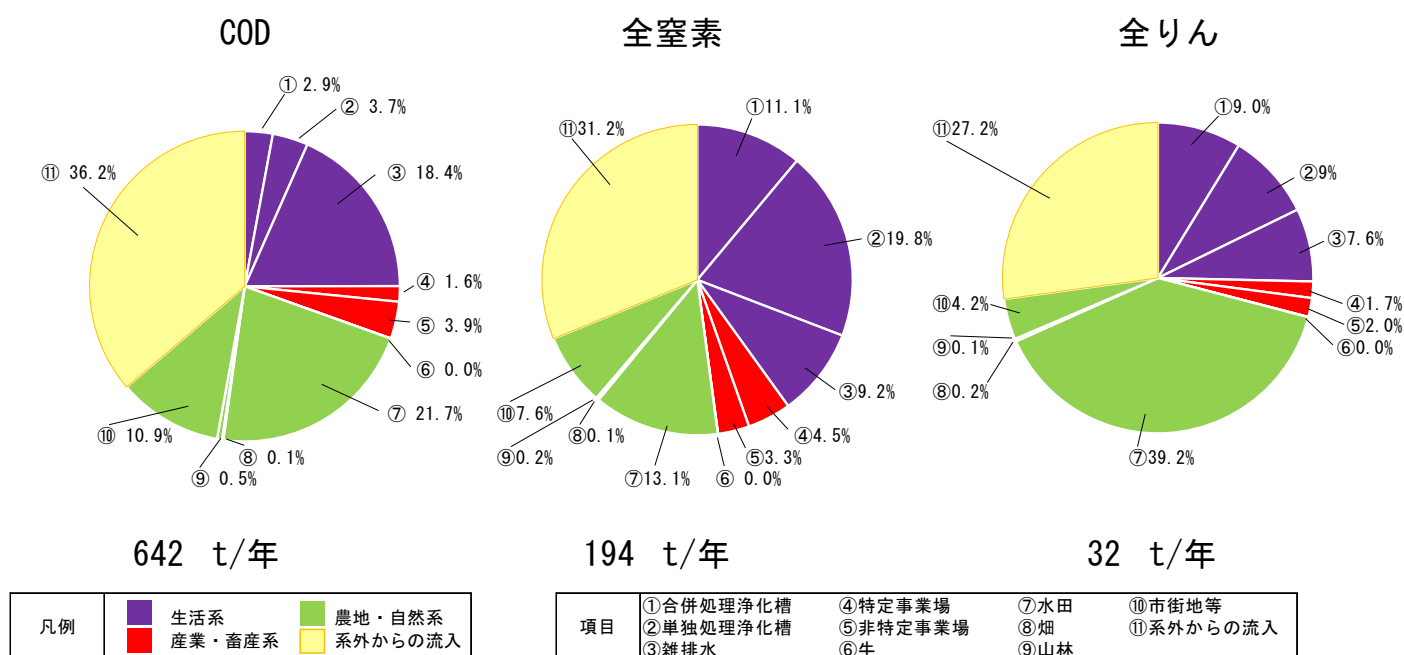


図2 原単位法による発生源別の排出負荷量割合

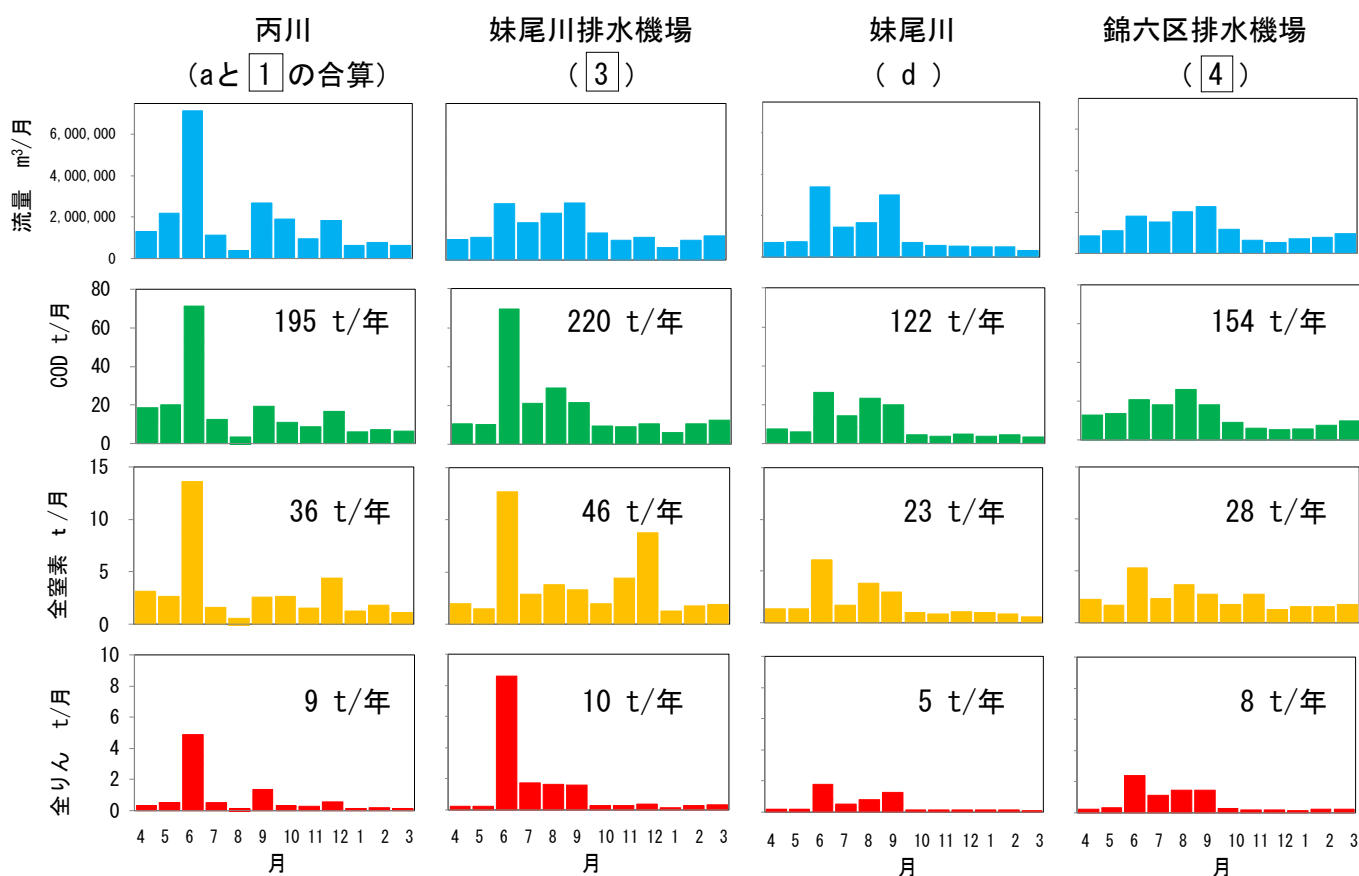


図3 現地調査法による月別の流量及び流達負荷量

3.2 現地調査法

現地調査法による地点別及び季節別の流達負荷量推算結果を図3に示す。ただし[2]宮島排水機場については、値がわずかであるため記載を省略した。北側流域から倉敷川へのCOD流達負荷量は692t/年、全窒素流達負荷量は133t/年、全りん負荷量は32t/年と推計された。

北側流域から倉敷川中・下流部への流入水の平均的な水質の目安とするために、上記流達負荷量を、丙川、妹尾川、妹尾川排水機場及び錦六区排水機場の流量の年間合計値で除したところ、CODが9.8mg/L、全窒素が1.9mg/L、全りんが0.35mg/Lだった。児島湖湖心の水質（平成28年度平均値：COD 7.3mg/L、全窒素1.2mg/L、全りん0.18mg/L）と比較して、特に全りんは1.9倍高い値であった。

さらに、流達負荷量の総量を月毎で見ると、かんがい期（6月～10月）の全りんの月平均値（5.3t/月）は非かんがい期（0.9t/月）と比較して約6倍の高い値であり、CODと全窒素でも約2倍の値を示した。

3.3 2つの調査から

2つの調査で得られた結果と、倉敷川の水量及び水質から水理学的方法で概算した結果を表2に示す。

なお、北側流域全体の排水機場の流量比率から、原単位法により推計された発生源のうち8%が笹ヶ瀬川、92%が倉敷川に流出するとした。また、原単位法による排出負荷量と現地調査法による流達負荷量は、根本的な考え方が異なり、そのままでは同列に論じることができない。

そのため、排出負荷量に流達率を乗じて流達負荷量に換算することで両者を比較することとした。流達率（流達負荷量÷排出負荷量）は、児島湖流域の排出負荷量（COD 3,618t/年、全窒素 1,228t/年、全りん 166t/年）³⁾と流達負荷量（COD 3,852t/年、全窒素 985t/年、全りん 126t/年）³⁾の比から推計し、COD 1.07、全窒素 0.80及び全りん0.76とした。なお、この値は過去に報告された倉敷川の流達率（平成16年度、COD>1.00、全窒素 0.85及び全りん0.73）⁸⁾とも近い値である。

なお、笹ヶ瀬川への流出による倉敷川への流達負荷量推計値への影響については、原単位法では、笹ヶ瀬川への流出が増加する分、倉敷川に流出する負荷量の値は減少するため、これを差し引く必要があるが、現地調査法や水理学的方法では、いずれも倉敷川での流量から流達負荷量を推計しており影響はない。

原単位法と現地調査法は方法論が異なり、各方法による流達負荷量の値は厳密には一致しないことから、いずれも真の値からいくらかの偏差があると考えられるものの、概ねCOD流達負荷量は約600～700t/年、全窒素流達負荷量は約100～140t/年、全りん流達負荷量は約20～30t/年、児島湖流域全体に占める割合もCODが16～18%、全窒素が9～15%、全りんが17～25%と、いずれも同程度の値であった。

北側流域は面積で見ると児島湖流域の9%に留まるが、負荷量はより高い割合を占めている。この要因の検討のため指標の比較を行った（表3）。その結果、流域面積に対する単独処理浄化槽人口、雑排水人口及び水田の割

表2 北側流域の負荷量推計値の比較 t/年

	流達負荷量			
	児島湖流域全体 ²⁾	①原単位法×流達率	②現地調査法	同左（水理学的方法）
COD	3,852	629 (16 %)	692 (18 %)	654 (17 %)
全窒素	985	143 (15 %)	133 (14 %)	92 (9 %)
全りん	126	23 (18 %)	32 (25 %)	22 (17 %)

（ ）内は、北側流域の流達負荷量が流域全体の流達負荷量に占める割合。

表3 流域の主な指標の比較

	児島湖流域	北側流域
夜間人口/面積（人/ha）	12	9
単独処理浄化槽人口/面積（人/ha）	1.2	2.5
雑排水人口/面積（人/ha）	1.9	3.5
水田面積/面積（%）	20%	55%
山林面積/面積（%）	40%	5%
市街地面積/面積（%）	34%	39%

合が高いことが理由と見られた。

北側流域からの負荷量削減対策を考えた場合、CODでは農地・自然系の水田と生活系の雑排水、全窒素では単独処理浄化槽、全りんでは水田に対する対策が重要と考えられた。特に児島湖湖心の水質はりんが環境基準の2倍程度で推移していること¹⁾から、水田の対策が重要と思われる。生活排水については、近年、単独処理浄化槽から下水道又は合併処理浄化槽への転換が進められており¹⁾、今回の検討においても転換を促進する施策の重要性が示された。

4. まとめ

倉敷川中・下流部の北側流域からの汚濁負荷を検討した。

- ・原単位法による評価が有用であるとともに、現地調査法を組み合わせることで、季節変化を含めたより総合的な汚濁負荷量の評価が可能となることが示された。
- ・原単位法により、北側流域からの倉敷川中・下流部への流達負荷量は、CODが629t/年、全窒素が143t/年、全りんが23t/年と推計された。また現地調査法により推算した流達負荷量はCODが692t/年、全窒素が133t/年、全りんが32t/年で、両法とも近い値を示した。
- ・原単位法から、排出負荷量の発生源別の割合は、COD

と全りんでは水田、全窒素では単独処理浄化槽が最も大きいと考えられた。

- ・季節変動について、特に全りんは、かんがい期は非かんがい期に比べて約6倍と高い値であった。

5. 引用文献

- 1) 岡山県：児島湖ハンドブック，2021
- 2) 武田育郎：よくわかる水環境と水質，オーム社，東京，2010
- 3) 岡山県：平成29年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書，2018
- 4) 國松孝男，村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，東京，1989
- 5) 日本水質汚濁研究協会：湖沼環境調査指針，p. 18，2007
- 6) 藤田和男，小川知也，吉岡敏行：倉敷川流域の水量及びリン負荷量の推定．岡山県環境保健センター年報，41，29-40，2017
- 7) 岡山県：平成28年度公共用水域水質測定結果（詳細版），<https://www.pref.okayama.jp/page/541625.html>（2022.2.1アクセス）
- 8) 岡山県：平成17年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書，2006

横浜都心部や臨海部等は、容積率が高く建物が密集している地域や産業等の都市活動による人工排熱が多い地域である。一方で郊外部には、図2に示すとおり、西部から南部にかけて位置する緑の10大拠点を中心に、まとまりのある緑地がある特徴を有する⁶⁾。



図2 緑の10大拠点⁷⁾

3. 横浜市内の気温観測調査について

3.1 観測方法

毎年夏季（7～8月）に、市内約40校の小学校の百葉箱にサーミスタ温度計（TR-52i, 株式会社ティアンドデイ製）を設置して、1時間毎の気温の観測を行っている。

観測地点は、年によって若干数の増減や場所の変更はあるが、2012年以降は概ね同地点での観測を続けている。参考に、2021年の気温観測地点を図3に示す。

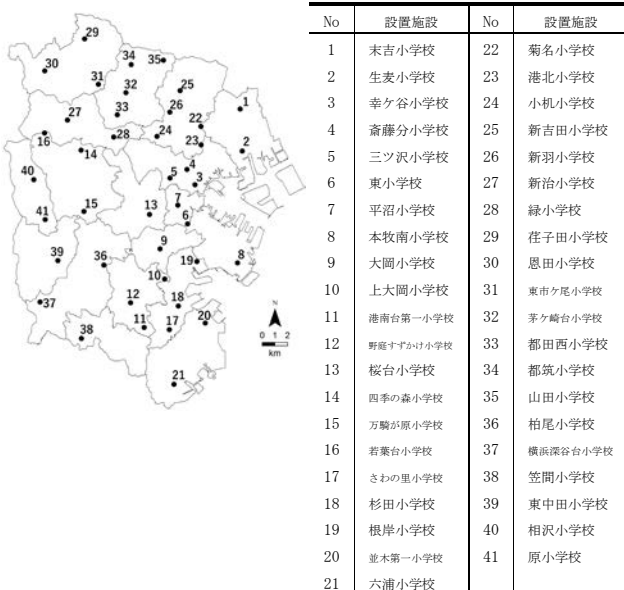


図3 気温観測地点（2021年）

3.2 観測結果

3.2.1 地域差の傾向

観測データをもとに、市内全域の気温分布について調べた結果を表1に示す。市内でも気温に地域差があり、高温となりやすい（もしくはなりにくい）地域の傾向は、日中と夜間で異なっていることを確認した。この傾向は概ね毎年共通したものとなっている⁸⁾。

表1 地域差の傾向

	高温となりやすい地域 (指標の数値が大きい地域)	高温となりにくい地域 (指標の数値が小さい地域)
平均気温	東部（特に横浜港周辺）	西部
真夏日日数 ^{※1}	北東部	西部・南部
熱帯夜日数 ^{※2}	東部（特に横浜港周辺）	西部

※1：1日の最高気温が30℃以上の日

※2：夕方から翌日朝までの最低気温が25℃以上の日

3.2.2 猛暑の年と平年並の年の比較

夏季の暑さの厳しさは年によって差があり、例えば、気温が高く暑さの厳しい猛暑の状況が続いた年（以下、「猛暑の年」とする）もある一方で、比較的気温が平年値に近い平年並の暑さだった年（以下、「平年並の年」とする）もある。そこで、猛暑の年と平年並の年との暑さの状況の違いについて調べるため、これまで観測した年の中から1か年ずつ選出し、比較を行った。

対象年の選出方法については、1991～2020年の各年の7月と8月の月平均気温（横浜地方気象台の観測値）について、気象庁の解説用階級区分⁹⁾に基づき、平年値と比較した。その結果、猛暑の年として7月は「かなり高い」、8月は「高い」に該当した2018年を、平年並の年として7・8月ともに「平年並」に該当した2014年を、対象年とした。

対象年の7～8月の観測結果について、表2及び図4に示す。いずれの指標も猛暑の年は平年並の年を大きく上回っていた。猛暑の年は日中は気温の高い時間が長く続くために、夜間も気温が下がりにくい状況であった。

地球温暖化の進行によって、このような猛暑の年の発生頻度の増加やこれまで経験した以上の猛暑の発生リスクも増えるとされている¹⁰⁾。高温化の影響緩和に向けた対策に一層強く取り組んでいく必要がある。

表2 地点別の最高値と最低値の比較

7～8月の集計値 (約40地点)		平均気温 (℃)	30℃以上 延べ時間数 (時間)	夜間 [※] 25℃以上 延べ時間数 (時間)
猛暑の年 (2018年)	最高 最低	29.1 27.3	516 285	657 503
平年並の年 (2014年)	最高 最低	27.1 25.7	317 120	474 284

※：18時～翌6時とする

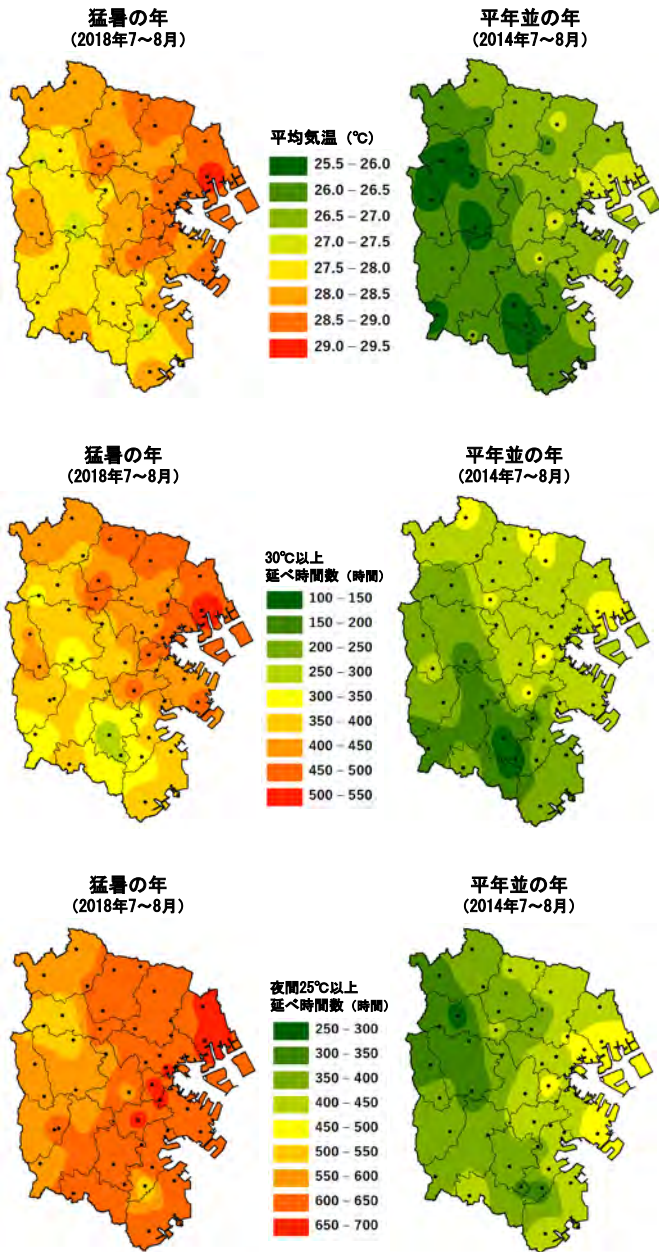


図4 気温分布（上：平均気温，中：30℃以上延べ時間数，下：夜間25℃以上延べ時間数）

4. 「暑さをしのぐ環境づくりの手引き」について

4.1 概要

この手引きは、横浜の暑さの特徴を知り、地域特性を踏まえた「暑さをしのぐ環境づくり」を考えるためのものである。

横浜の気温に影響を与える「海風」と「緑地」の地域特性を可視化した都市環境気候図を活用して、海風と緑地の地域ごとの特徴や活用の視点を整理し、それらを踏まえた具体的な取組や対策を例示する構成となっている。

4.2 都市環境気候図

都市の高温化への対策としては、地表面被覆の改善、人工排熱の削減、風通しの確保等が挙げられているが、同一都市内においても立地条件や周辺の地形形状等の違いから、地域毎に適した対策が異なるため、適材適所の対策を選択する必要がある。そこで、都市内の各地域に適した都市の高温化の影響の緩和に向けた対策を検討するための資料として都市環境気候図が提案されている⁵⁾。都市環境気候図の作成には、都市内の気温分布の地域特性に影響している要因を把握し、それをもとに地域区分（ゾーニング）を行う必要がある¹¹⁾。

そのため、横浜を対象地として「海風」と「緑地」に関する短期及び長期の観測調査及びシミュレーションによる実態分析を行った。また、緑地に関しては現況の詳細な緑被率データを使用した。それらの結果をもとに、夏季の卓越風（海風）の到達時間等の違いによる市域のゾーン分類と、緑地の分布状況（周辺緑被率）の情報を地図上に記載した都市環境気候図（図5）を作成した。

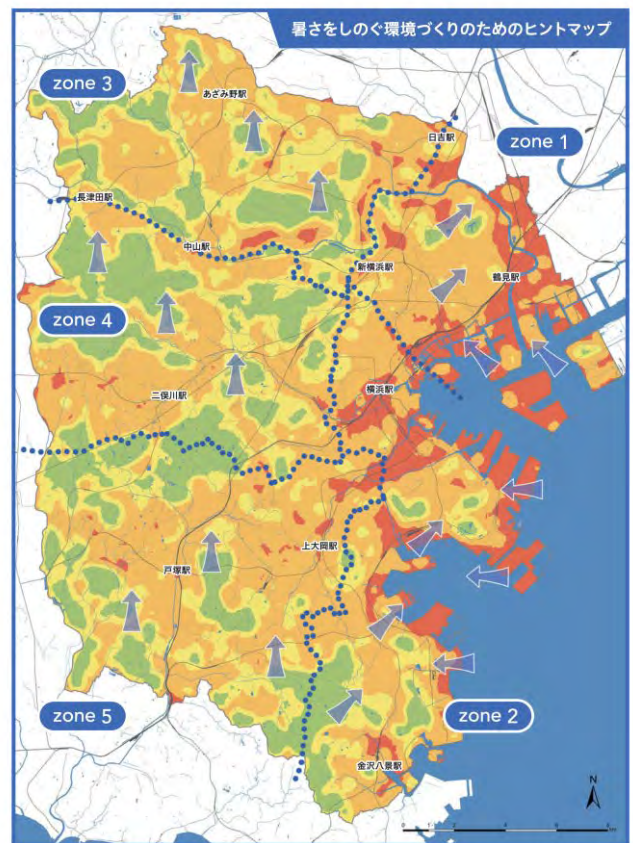


図5 都市環境気候図

4.3 海風と緑地

4.3.1 日中と夜間における海風と緑地の効果

3.2.1で示したとおり、横浜市内では気温に地域差があり、日中と夜間では地域差（高温となりやすい地域やなりにくい地域）の傾向は異なっている。

横浜の気温に主に影響を与える因子には、「海風」と「緑地」があり、日中は「海風」による気温上昇を抑える効果が、夜間は「緑地」による気温を低減する効果がある。

4.3.2 海風の効果

海上の涼しい空気を運んでくる海風³⁾は、気温上昇を抑える効果のほか、それ自体が人々の温熱快適性の向上にも寄与するため、海風を市街地に取り入れることは都市の高温化の影響緩和につながる²⁾。

夏季の日中は、東京湾と相模湾の2方向からの海風が市内に段階的に進入してくる。図6に示すとおり、この海風の到達時間等の進入状況の違いが気温の地域差につながる。そこで、市域を5つのゾーンに分類し、ゾーン毎に具体的な海風の吹き方と取り入れ方について表3のとおり整理した。

都市環境気候図（図5）には、海風の進入方向を矢印で示し、ゾーンの分類を点線で示した。

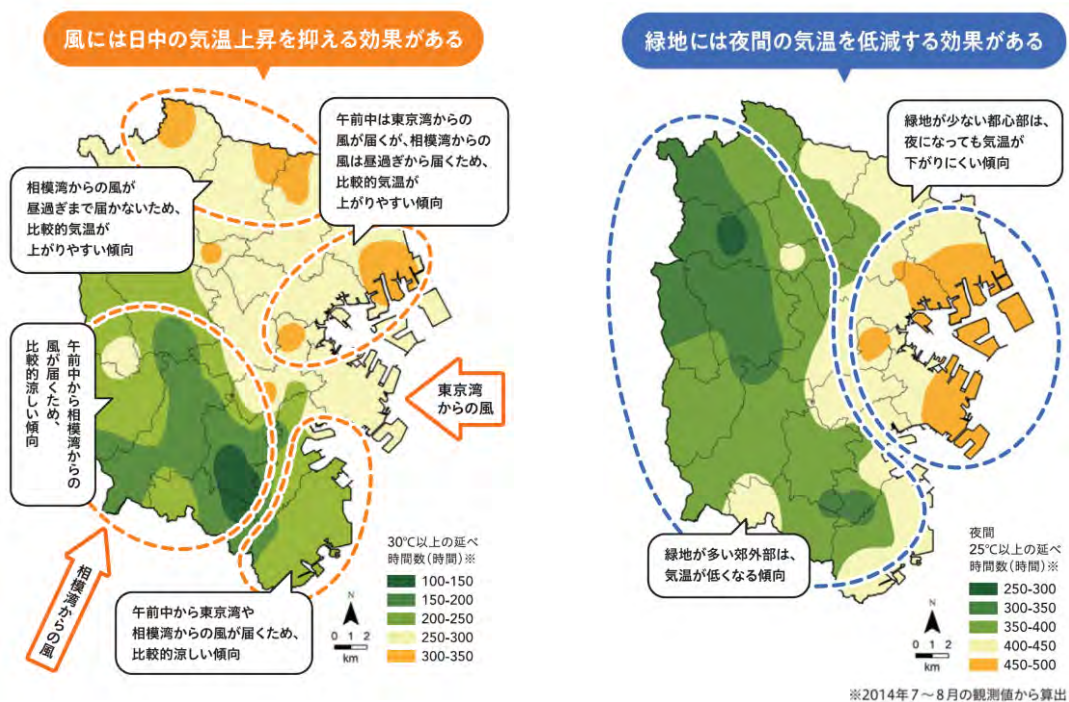


図6 気温分布と海風・緑地との関係（左：海風，右：緑地）

表3 ゾーン別の海風の吹き方と取り入れ方

ゾーン	午前	午後	風の取り入れ方
zone 1	昼過ぎまで南東風	南西風	午前中は南東風、午後は南西風が吹いているので、風の道（オープンスペース ^{※1} 等）を確保して風を最大限活用。
zone 2	昼過ぎまで東風	南西風	午前中は東風、午後は南西風が吹いているので、風の道を確保して風を最大限活用。
zone 3	— ^{※2}	昼過ぎから南風	風の活用を考える場合は、南向きに風の道を確保。昼過ぎまで風が届かないので、風の活用よりも日射を遮る・熱をためない工夫を優先。
zone 4	— ^{※2}	昼近くから南風	昼近くには南風が吹くので、風の道を確保して風を活用。午前中は日射を遮る・熱をためない工夫が必要。
zone 5	日中を通して南風		日中を通して南風が吹いているので、風の道を確保して風を最大限活用。

※1: 上空を吹いている風を呼び込むための芝生や草地、低木の緑地など開けた空間のことで、連続していなくても有効。
 ※2: 気温に影響を与えるほどの風が吹きにくい。

4.3.3 緑地の効果

緑地には、日射の遮へいや潜熱の交換、蓄熱の削減等の効果があるほか、図6に示すとおり、夜間ではまとまった緑地があることで、放射冷却による冷気形成が起こり、気温を低減する効果がある¹²⁾。

周辺緑被率（市域を5m×5mのメッシュに区分し、それぞれのメッシュの中心から半径300mの円の範囲にある緑地の割合）について、10%未満、30%未満、50%未満、50%以上の4つに分類し、周辺緑被率が相対的に高い場所は緑地の保全を、低い場所は地表面の改善の検討を、といった地表面改善の視点について表4のとおり整理した。

都市環境気候図（図5）には、周辺緑被率を上記割合別に色分けし、分布状況を示した。

4.4 具体的な取組の検討

4.3.2と4.3.3で示した海風と緑地による地域特性を踏まえて、暑さをしのぐ環境づくりにおいて重要な5つの視点の「風の利用」、「地表面の改善」、「建材等の工夫」、「排熱への配慮」、「快適性への配慮」から具体的な取組例を示した。ゾーン別に、さらに主な土地利用別（住居系、商業・業務系、工業系）に分類し、「◎：特に重要」、「○：重要」の2段階で表5のとおり整理した。

4.5 その他

手引きでは先述の内容のほか、市街地の屋外空間での取組例の紹介や、夏も快適な住まい空間の維持のために重要な視点についても示している。

なお、この手引きは本市環境創造局のホームページにて公開している¹³⁾。

表4 周辺緑被率別の地表面改善の視点

周辺緑被率(周りにどれだけ緑があるか) ^{※3}	地表面改善の視点
10%未満	地表面の改善が強く望めます。積極的に地表面の改善をしていきましょう。
30%未満	地表面の改善が望めます。積極的に地表面の改善をしていきましょう。
50%未満	既存の緑地は積極的に保全し、さらなる地表面の改善を意識しましょう。
50%以上	熱帯夜が発生しにくい環境です。積極的に緑地を保全しましょう。

※1: アスファルトやコンクリートなどの舗装面(人工物)を減らし、緑の創出等を行うこと。

※2: 直接気温を下げるのではなく、木陰により体感温度を下げて暑さをしのぐ場所。

※3: 市域を5m×5mのメッシュに区分し、それぞれのメッシュの中心から半径300mの円の範囲にある緑地の割合を算出し図示。

表5 ゾーン・土地利用別の取組例

	住居系	商業・業務系	工業系	zone 1	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5
風を利用しよう								
● 風が抜ける住宅設計	○	◎		○	◎		○	◎
● 敷地内にオープンスペースを確保	○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎
● 卓越風向に対する見付け面積を小さくしたり、セットバックをする	○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎
地表面を改善しよう								
● 敷地内の緑の創出(植樹や菜園づくりなど)	◎ ○ ○	◎ ○ ○		◎ ○ ○	◎ ○ ○		◎ ○ ○	◎ ○ ○
● 敷地内の保水化	○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎
建材等を工夫しよう								
● 壁面や窓の工夫(壁面緑化、再帰反射化 ^{※1} など)	○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎
● 屋根の高反射塗装や反射率の高い建材の使用	○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎
排熱に配慮しよう								
● 設備の省エネ・高効率化	○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎
● 排熱の再利用・自然エネルギーの活用	○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎		○ ◎ ◎	○ ◎ ◎
快適性に配慮しよう^{※2}								
● クールスポットの創出(屋根、緑陰(木1本でも)、日除けなど)	◎ ○	◎ ○		◎ ○	◎ ○		◎ ○	◎ ○
● ミストの設置	○	○		○	○		○	○
● 室外機からの排熱を歩行空間に向けて出さない	◎ ○	◎ ○		◎ ○	◎ ○		◎ ○	◎ ○

※1 建物の窓や壁面に当たる日射の一部を上空に反射させて、地上の歩行者への反射日射を抑制する対策。(環境省「まちなかの暑さ対策ガイドライン改訂版」より)

※2 人の暑さの感じ方には、①温度 ②日射・輻射など周辺の熱環境 ③気温 ④風速が関係するとされています。

5. まとめ

横浜の暑さの状況把握を目的とした市内全域の夏季気温観測調査の結果、市内の気温には地域差があり、さらに地域差のみられる気温分布の傾向は日中と夜間で異なっていることを確認した。また、猛暑の年は、平年並の年と比べて、日中と夜間ともに高温の指標の延べ時間数が多いため気温の高い時間が長く続き、平均気温が高くなる状況を確認した。

また、横浜では、日中は海風による気温上昇抑制効果、夜間は緑地による気温低減効果がある。そこで、海風と緑地の情報を可視化した都市環境気候図を活用し、地域特性を踏まえた具体的な取組への情報をまとめた「暑さをしのぐ環境づくりの手引き」を作成した。

今後も、効果的な暑さへの対策に繋げていけるよう、継続的な調査や情報発信を行っていく。

6. 謝辞

横浜市内の気温観測調査を行うにあたり、市内小学校の方々に、百葉箱内の温度計の設置及び観測のご協力をいただいた。

また、「暑さをしのぐ環境づくりの手引き」の作成では、広島大学大学院田中貴宏教授及び国立研究開発法人海洋研究開発機構杉山徹様にご監修いただいた。

ここに記して謝意を表す。

7. 引用文献

- 1) 気象庁：都市化率と平均気温等の長期変化傾向，
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/himr_1-1-1.html (2022. 8. 8アクセス)
- 2) 田中健太，矢上優希，横山真，田中貴宏，松尾薫，佐土原聡：沿岸部の中高層市街地における街路の風・気温分布の分析および風通し改善モデルの検討－海風活用を目的とした風通し改善策の提案に向けて－．公益社団法人日本都市計画学会都市計画論文集，**53**，3，2018
- 3) 藤部文昭：都市の気候変動と異常気象－猛暑と大雨をめぐる－，p. 68・84，朝倉書店，東京，2012
- 4) 竹林英樹，森山正和，村上周三，大岡龍三，持田灯，芝池英樹，吉田伸治：数値モデルによる計算結果と観測データを併用した都市スケールの気候解析．日本建築学会計画系論文集，**556**，63-68，2002
- 5) 佐々木唯，松尾薫，横山真，田中貴宏，佐土原聡：沿岸都市における夏季気温分布形成要因分析および都市気候ゾーニング手法に関する研究－谷戸地形を有する横浜市における都市環境気候図（クリマアトラス）作成を目的として－．日本建築学会環境系論文集，**83**，751，769-779，2018
- 6) 横浜市：横浜市都市計画マスタープラン（全体構想），
<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/toshiseibi/sogotyousei/plan/kaitei/kaitei.html> (2022. 8. 8アクセス)
- 7) 横浜市：横浜市水と緑の基本計画，
<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/midori-koen/mizutomidori.html> (2022. 8. 8アクセス)
- 8) 横浜市：気温観測結果，
<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/kankyohozen/kansoku/science/data/kion.html> (2022. 8. 8アクセス)
- 9) 気象庁：気象観測統計の解説，
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/index.html> (2022. 8. 8アクセス)
- 10) 文部科学省：気候変動リスク情報創生プログラム研究成果集，<https://www.jamstec.go.jp/sousei/jp/product/index.html> (2022. 8. 8アクセス)
- 11) 松尾薫，田中貴宏：広島平野における夏季日中の海風が気温分布に及ぼす影響に関する研究－海風による気温緩和効果の地図化を目的として－．日本建築学会環境系論文集，**81**，721，283-293，2016
- 12) 日本ヒートアイランド学会：ヒートアイランドの事典，p. 100・106，朝倉書店，東京，2015
- 13) 横浜市：ヒートアイランド対策，
<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/ondanka/etc/heat.html> (2022. 8. 8アクセス)

<報 文>

従属栄養細菌の活動を利用した有明海の栄養塩類調査*

秦 弘一郎**・柏原 学***

キーワード ①有明海 ②豊かな海 ③栄養塩類 ④従属栄養細菌 ⑤MBOD

要 旨

近年、有明海をはじめとする海域において、環境基準だけでなく生物の多様性や生産性を考慮した「豊かな海」の概念が注目されている。豊かな海を実現するためには生物と栄養塩類の関係を明らかにする必要がある。本研究では、従属栄養細菌の活動から生物利用可能な栄養塩類を間接的に評価することができるMBOD法を用いて、有明海の栄養塩類を調査した。その結果、以下の知見が得られた。①従属栄養細菌の活動は窒素成分によって制限されている。②窒素成分とリン成分のバランスを考慮する必要がある。③窒素成分の制限はアンモニア性窒素によっても解消が可能である。

1. はじめに

近年、環境基準を順守しながら、生物多様性や生物生産性を向上させる「豊かな海」の概念が注目されている¹⁾。福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県の4県が面する有明海においても、経済活動・生物・環境に配慮した「豊かな海」を実現するために、実情の把握が求められている。有明海においてはノリの養殖を始めとする漁業が盛んにおこなわれており、平成12年度(2000～2001年)のノリの大不作等があるものの、長期的にはノリの生産量は増加の傾向が続いている²⁾。一方で、近年のアサリやタイラギ等の二枚貝の漁獲量は壊滅的な状況となっている。その原因の一つとして、貝類の餌となる植物プランクトンの増殖に必要な栄養塩類をノリと競合していることが指摘されている³⁻⁵⁾。また、植物プランクトンの大規模な増殖は赤潮等の問題とも直結し、貧酸素水塊の発生につながる可能性も指摘されている⁶⁾。このように栄養塩類と生物の関係は非常に複雑であり、経済活動と生物に配慮した環境創生には、様々なバランスを考慮した管理が求められる。

有明海においては、海域の基礎生産力を向上させるための取り組みとして、施肥や下水処理施設の硝化抑制運転によって窒素成分の負荷量を増加する試みが実施・検討されている^{7,8)}。その効果範囲などについては近年報告されてきているが⁹⁻¹²⁾、生物影響についての報告は少ない。窒素成分がノリの色落ち改善に効果的であることなどが

室内実験等によって明らかにされているものの¹³⁾、現場海域での定量的な評価やその他の水産生物への影響については不明な点が多い状況である。そのため、海水中の栄養塩類と生物影響の関係を明らかにしていく必要がある。

海域の基礎生産は光合成を行う独立栄養生物の増殖として捉えられ、独立栄養生物が生産した栄養塩類を含む有機物が、食物連鎖に従って従属栄養細菌を含む従属栄養生物へと移行していく。従属栄養生物へ移行した有機物は呼吸等によって無機化されることで海中の栄養塩類が循環している。この時、バクテリアなどの従属栄養細菌の活動は、栄養塩循環に対して重要な働きを担っている。栄養塩類は独立栄養生物のみならず、従属栄養細菌の増殖過程においても必須であり、両方で競合すると考えられる。そのため、栄養塩不足で従属栄養細菌の活動が制限される場合には、一次生産を担う植物プランクトンやノリ等の大型藻類の成長も制限されることが予想される。豊かな海を実現するためには、生物の活動を制限する要因となる栄養塩の種類を明らかにすることが重要な知見となる。

MBODは中本が提唱した「Modifyされた生物化学的酸素要求量(BOD)」の意味であり、バイオアッセイ手法の一つである¹⁴⁾。有機汚濁指標として用いられる生物化学的酸素要求量(BOD)は、栄養塩類が枯渇しないように栄養塩を含む培地を添加し検水中の有機物量によって酸

*Survey of Nutrient Salts in the Ariake Sea Using Activity of Heterotrophic Bacteria

**Koichiro HATA (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

***Manabu KASHIWABARA (福岡県リサイクル総合研究事業化センター) Fukuoka Research Commercialization Center for Recycling Systems

素消費量に制限をかける。それに対してMBODは、有機物を十分量添加し検水中に含まれる栄養塩類によって有機物分解に利用される酸素消費量に制限をかける手法である。また、中本はMBODの原理を利用することで、任意の栄養塩類を添加することによって有機物分解の制限要因となる栄養塩を操作することが可能であることも示している。本研究においては、MBODの原理を利用した栄養塩類と有機物分解量の関連を評価する一連の手法をMBOD法と表記する。MBOD法では種々の生物利用可能栄養塩量に制限された有機物分解量が酸素要求量として一元的に表される。この酸素要求量は従属栄養細菌の呼吸に起因するものであるため、従属栄養細菌の活動と栄養塩類の関係性についての知見を得ることが可能になると考えた。

本報では、有明海における生物利用可能栄養塩類に関する知見を得ることを目的として、従属栄養細菌の活動に着目したMBOD法による検討を行ったので報告する。

2. 調査方法

2.1 調査年月日及び地点

検討には2020年10月19日の有明海の表層水を用いた。調査地点（東経130.4113、北緯33.0346；WGS84）を図1に示す。

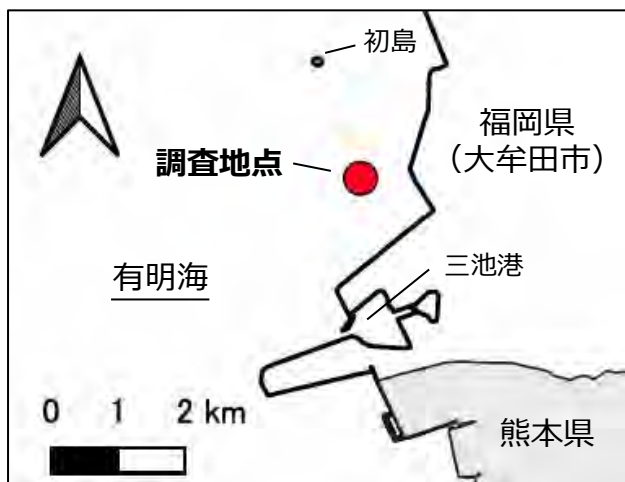


図1 調査地点（国土数値情報（海岸線データ）¹⁵⁾を加工して作成）

2.2 MBOD法による生物利用可能栄養塩類の検討

MBOD法による検討は中本の方法¹⁴⁾を、試験操作はJIS K0102 21. 生物化学的酸素要求量 (BOD)¹⁶⁾（以下JIS）を参考にした。また、従属栄養細菌の活動に注目するために、種々の従属栄養細菌の試験方法^{17, 18)}を参考に培養期間を7日として測定を行った。本研究において評価したMBODをMBOD₇と表記する。MBOD₇-Xの添え字 (X) は、酸素要求量の制限要因とした栄養塩の種類を示す。有機物量に制限された酸素要求量との比較のために、培養期間

を7日間とした無ろ過海水及び検水並びに栄養塩類のみを検水に添加した場合のBOD (BOD₇) を合わせて測定した。栄養塩類のみを検水に添加した場合は、有機物量が酸素要求量の制限因子となると考えられるため、表記をBOD₇-Cとする。

一部水域では鉄が植物プランクトン増殖の制限因子や磯焼けの原因の一つとして報告されているため^{19, 20)}、鉄についてもMBOD法による検討を行った。ただし、中本によると、特定の微量元素だけを除いたM-BOD法は、生物の種類や栄養状態によって微量元素の要求量が大きく異なるため、実用的ではないとされている。一方で、この試験結果は、検水中の生物成長妨害物質の有無の検討にもなる。本調査結果においても、生物の活動を妨害する物質の有無についてのみ言及することとする。

添加液の組成を表1に示す。添加液調製に用いた試薬は、Fe(III) EDTAは株式会社同仁化学研究所製、その他は富士フイルム和光純薬株式会社製特級試薬を用いた。添加液及び希釈水の調製には、イオン交換水を超純水製造装置 (RFU665DA, アドバンテック東洋株式会社製) によって精製した超純水を用いた。

MBOD法は、これまで主に富栄養化した湖沼（淡水）の評価に用いられてきた^{21, 22)}。検水が淡水の場合には、希釈水には蒸留水やイオン交換水を用いれば良い。一方で、検水が海水の場合には蒸留水やイオン交換水で希釈することは妥当ではない。柴田らは希釈の必要がないマノメーター方式のDO測定器を用いることで、海水に対してMBODを行った結果について報告している²³⁾。しかし、このDO測定方法はJISには記載がない上に機器が高価であるため一般的ではない。そこで、本研究ではJISに記載のあるDO測定方法でMBOD法による評価を行うために、海域の塩分濃度に近い3%塩化ナトリウム水溶液で検水を希釈することとした。

具体的な操作方法を以下に示す。採取した海水は孔径0.45 μmのメンブレンフィルターを用いてろ過した。ろ液に1%の割合で無ろ過海水を植種したものを検水とした。塩化ナトリウム（残留農薬・PCB試験用、富士フイルム和光純薬株式会社製）を30g/Lとなるように超純水に溶かした水溶液を希釈水とした。検水を希釈水で適宜希釈（無希釈、2、5、10、25、50倍希釈）したもの100mLに対して、0.2mLの割合で添加液を添加したものを試料とした。溶存酸素量 (DO) はザイレムジャパン株式会社製YSI5000を用いて測定した。フラン瓶に封入した試料は、DO測定を行った後、20℃の暗所で7日間静置した。培養後のDO測定を行い、消費されたDOが40–70%の範囲であった希釈倍率の結果を用いて、それぞれの酸素要求量を算出した。

表1 添加液の組成

添加液	MBOD ₇ 添加液	BOD ₇ -C 添加液	MBOD ₇ -N 添加液	MBOD ₇ -P 添加液	MBOD ₇ -Fe 添加液	MBOD ₇ (NH ₄) 添加液
グルコース [g/L]	20.0	-	20.0	20.0	20.0	20.0
CaCl ₂ ・2H ₂ O [g/L]	-	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
MgSO ₄ ・7H ₂ O [g/L]	-	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Fe(III)EDTA [mg/L]	-	100	100	100	-	100
KH ₂ PO ₄ [g/L]	-	3.3	3.3	-	3.3	3.3
KNO ₃ [g/L]	-	38.0	-	38.0	38.0	-
NH ₄ Cl [g/L]	-	-	-	-	-	19.1

2.3 アンモニア性窒素の生物利用可能性の検討

有明海で実施・検討されている窒素成分の負荷量増加は、主にアンモニア性窒素として海域に負荷されるものである^{7, 8)}。そこで、アンモニア性窒素の生物利用可能性について検討した。MBODに関する既報^{14, 21-23)}では、窒素源として硝酸カリウム（希釈後の試料濃度として硝酸性窒素が10mg/L）が用いられている。本検討では、硝酸カリウムに変えて塩化アンモニウムをアンモニア性窒素として試料濃度が10mg/Lとなるように添加し、MBOD法による試験を行った（MBOD₇(NH₄)と表記する）。試験操作方法及び添加液の組成は2.2（表1）に示した通りである。

3. 結果と考察

3.1 MBOD法による生物利用可能栄養塩類の評価

MBOD法による検討結果を図2に示す。無ろ過海水及び検水のBOD₇はそれぞれ1.1mg/L、0.6mg/Lであり、BOD₇-Cは0.4mg/Lであった。検水のBOD₇とBOD₇-Cが同程度の値を示したことから、検水の制限要因は栄養塩類ではなく有機物であることが確認された。

MBOD₇-Feは調製した最大希釈倍率（50倍）においても7日後のDOが枯渇した。そのため、有効な試験結果は得られず計算結果は400mg/L以上となった。しかしなが

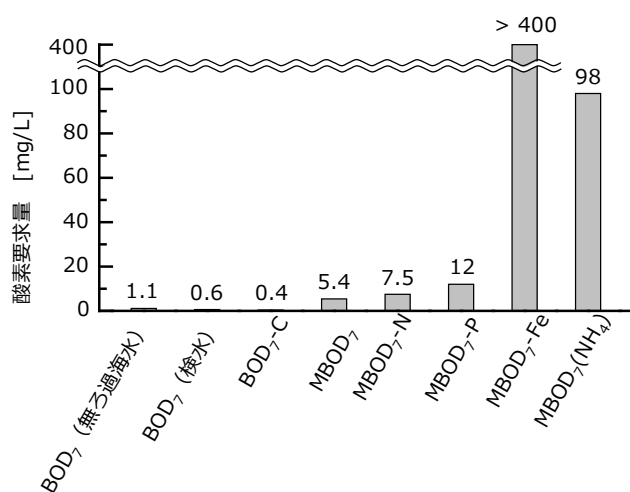


図2 BOD及びMBOD法による酸素要求量

ら、MBOD₇-Feは他と比べて非常に高い値であり、この結果は、栄養塩類の特に窒素及びリンによる栄養塩制限を取り払った場合には、従属栄養細菌の有機物分解を阻害する化学物質や重金属等の因子が存在しなかったと考えられる。

MBOD₇とMBOD₇-Nに大きな差が無いため、MBOD₇は窒素成分によって制限を受けていたものと推察された。MBOD₇-Pは、MBOD₇及びMBOD₇-Nと比較してやや高い値を示し、窒素成分の添加によって従属栄養細菌の活動は制限が緩和された。このことから、有明海への窒素成分負荷量増加は、海域における従属栄養細菌の活動による円滑な栄養塩類循環に貢献する可能性が示唆された。

一方で、MBOD₇-NとMBOD₇-Pは1.6倍程度の差異であった。海域への十分な窒素成分供給が行われた場合には、すぐさまリン成分による制限を受ける可能性を示唆している。過剰な窒素成分の負荷量増加は環境負荷につながると予想され、環境基準順守を考慮した海域の基礎生産力向上のためには、栄養塩類供給のバランスを考慮した施策が求められるものと考えられる。

3.2 アンモニア性窒素の生物利用

MBOD₇(NH₄)は、アンモニア性窒素を窒素源として添加し、かつ、栄養塩類で制限がかからない状態の結果である。MBOD₇(NH₄)は98mg/Lであり、MBOD₇-N及びMBOD₇-Pと比較して高い値を示した。従属栄養細菌による有機物分解の制限はアンモニア性窒素によっても解消できることが示唆された。

一方で、栄養塩による制限を除外した条件であるにも関わらず、MBOD₇(NH₄)はMBOD₇-Feに比べて低い値を示した。アンモニアは水生生物に対する毒性を持つことが知られており²⁴⁻²⁶⁾、毒性はpHに大きく影響される。添加したアンモニア性窒素の一部は毒性の低いアンモニウムイオン態（NH₄⁺）から毒性の強いアンモニア態（NH₃）に変化した状態で存在し、従属栄養細菌の活動を妨害した可能性がある。しかしながら、本検討におけるアンモニア性窒素として10mg/Lという濃度は、有明海の湾奥部や福岡県地先において通常観測される濃度^{27, 28)}と比較して約10²のオーダーで高い濃度である。海洋にアンモニア性窒素成分を添加する場合には、希釈・拡散の効果によって高濃度で維持される時間は短いため、従属栄養細菌の活動を妨害する可能性は低いと考えられる。

また、一般的に硝化細菌の増殖には長期間かかることが知られている²⁹⁾。筆者らの事前検討においても、好気性条件において有明海海水に対してアンモニア性窒素の添加を行った結果、添加から21日後までアンモニア性窒素の8割以上が残存し硝酸性及び亜硝酸性窒素が検出されないこと、28日後に窒素添加量のほぼ100%が亜硝酸性

窒素として検出され、硝酸性及びアンモニア性窒素が検出されないことを確認している。そのため、硝化反応は21-28日後に観測されるものと推察し、本調査の培養期間（7日間）においては、アンモニア性窒素の硝化による酸素消費の影響はないものと考えた。

4. まとめ

MBOD法による検討を行った結果、有明海における従属栄養細菌の活動と栄養塩類の関係について、以下の3点が示唆された。

- ・ 従属栄養細菌の活動は窒素制限であり、窒素成分の負荷量増加が円滑な栄養塩類循環に貢献する。
- ・ 窒素成分及びリン成分の栄養塩類負荷は、バランスを考慮した管理が求められる。
- ・ 従属栄養細菌の活動を向上させる窒素負荷源として、硝酸性窒素だけでなくアンモニア性窒素も効果が期待できる。

今後、ノリ養殖や二枚貝等の生物のライフサイクルや赤潮の発生等に合わせた調査を行うことで、有明海を豊かな海とするための基礎生産力向上に必要な栄養塩管理に関する知見の収集につながる事が期待できる。

5. 引用文献

- 1) 柳哲雄：持続可能な沿岸海域管理法開発プロジェクトの概要．沿岸海洋研究，**56**，3-11，2018
- 2) 環境省：有明海・八代海等総合調査評価委員会報告，2017
- 3) 川口修，山本民次，松田治，橋本俊也：有明海におけるノリと浮遊珪藻の栄養塩競合に及ぼす環境諸因子の影響評価．海の研究，**14**，411-427，2005
- 4) 多田邦尚，藤原宗弘，本城凡夫：瀬戸内海の水質環境とノリ養殖．分析化学，**59**，945-955，2010
- 5) 川口修，山本民次，松田治：有明海熊本沿岸におけるノリ不作年度の水質環境の特徴．海の研究，**11**，543-548，2002
- 6) 田中昌宏，小田切光典：有明海湾奥部の貧酸素水塊形成過程とそのモデル化．土木学会論文集B2（海岸工学），**B2-66**，1011-1015，2010
- 7) 川村嘉応，久野勝利，横尾一成：佐賀県有明海で実施されている栄養塩添加の現状．佐賀県有明水産振興センター研究報告，**25**，81-87，2011
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部：栄養塩類の循環バランスに配慮した運転管理ナレッジに関する事例集，2014
- 9) 横山佳裕，藤井暁彦，後藤祐哉，望月佑一，内田唯史：冬季有明海における下水処理緩和運転によるノリ養殖場への栄養塩供給の効果検討．土木学会論文集G（環境），**75**，II_239-II_246，2019
- 10) 鈴木元治，中谷祐介，古賀佑太郎：下水処理場の窒素排出量増加運転が瀬戸内海播磨灘の有機物及び栄養塩の海水中濃度に与える影響評価．水環境学会誌，**43**，43-53，2020
- 11) 浅川愛，酒池遼，管生伸矢，中石明希：下水処理施設における栄養塩管理運転が今切川河口周辺海域の水質に及ぼす影響．徳島県立保健製薬環境センター年報，**11**，54-59，2021
- 12) 一般社団法人佐賀県環境科学検査協会，国立大学法人佐賀大学，佐賀市上下水道局：下水処理施設の季節別運転管理によるノリ養殖海域への効果報告書，https://www.water.saga.saga.jp/site_files/file/%E7%94%A3%E5%AD%A6%E5%AE%98%E5%85%B1%E5%90%8C%E7%A0%94%E7%A9%B6/kyoudou_kenkyu20201228.pdf（2022.4.1アクセス）
- 13) 白石日出人：ノリ葉体の色調変化に関する研究．福岡県水産海洋技術センター研究報告，**20**，131-134，2010
- 14) 中本信忠：バイオアッセイ法による水中の生物利用可能栄養物質の推定．下水道協会誌，**15**，(172)，35-42，1978
- 15) 国土交通省：国土数値情報，<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-C23.html>（2022.4.1アクセス）
- 16) 日本規格協会：JIS K 0102 工場排水試験方法，2019
- 17) 日本水道協会：上水試験方法，2011
- 18) 日本下水道協会：下水試験方法（下巻），2012
- 19) 武田重信：鉄による海洋一次生産の制御機構．日本水産学会誌，**73**，429-432，2007
- 20) 張経華，佐藤友規，丸山亮馬，高尾雄二，畝中佑，藤田雄二，山崎素直：有明海のノリの色落ちと微量元素欠乏-特に鉄欠乏について．日本海水学会誌，**63**，158-166，2009
- 21) 山口慎一，宇都宮高栄，内田利勝，田川専照：MBODによる湖沼の制限因子の調査について．福井県公害センター年報，**16**，151-156，1986
- 22) 針谷さゆり，若山正夫，東島正哉，五井邦宏：別所沼の水質浄化に関する調査．埼玉県公害センター研究報告，**17**，45-57，1990
- 23) 柴田次郎，東義仁：MBODによる大阪湾の富栄養化調査．大阪府公害監視センター所報，**20**，83-91，2000
- 24) 菊池幹夫，若林明子：アンモニア汚染の環境リスク評価．東京都環境科学研究所年報，143-148，1997

- 25) 若林明子：化学物質の毒性や濃縮性に影響を与える因子．環境毒性学会誌，**1**，(2)，27-40，1998
- 26) USEPA：Toxicity Reduction Evaluation Guidance for Municipal Wastewater Treatment Plants，EPA/833B-99/002，1999
- 27) 石谷哲寛，郡山益実，荒木啓輔：有明海奥部における海水中の栄養塩濃度の季節変化について．佐賀大学農学部彙報，**97**，19-26，2012
- 28) 熊谷香，内藤剛：有明海福岡県地先への栄養塩供給量の動向．福岡県水産海洋技術センター研究報告，**17**，73-80，2007
- 29) 藤井滋穂，松澤正貴，永禮英明，清水芳久：硝化反応のBODに及ぼす影響の実験による評価検討．環境工学研究論文集，**40**，531-540，2003

＜支部だより＞

北海道・東北支部

令和3年度北海道・東北支部の活動状況について報告します。

（支部事務局：宮城県保健環境センター）

1. 令和3年度北海道・東北支部総会（書面開催）

（担当：青森県環境保健センター）

(1) 期日 令和3年7月8日（木）

(2) 内容

ア 支部総会

①議事事項

- ・令和2年度事業報告について
- ・令和2年度収支決算報告について（監査報告）
- ・令和3年度支部事業計画（案）について
- ・令和3年度支部収支予算（案）について

②報告事項

- ・令和3年度全国環境研協議会第1回理事会の概要

イ 支部長表彰

芥川 智子 氏

（地方独立行政法人北海道立総合研究機構
産業技術環境研究本部エネルギー・環境・
地質研究所）

花石 竜治 氏

（青森県環境保健センター）

千崎 則正 氏

（岩手県環境保健研究センター）

梶谷 明弘 氏

（秋田県健康環境センター）

武 直子 氏

（新潟県保健環境科学研究所）

木原 敏博 氏

（札幌市衛生研究所）

2. 令和3年度環境測定分析統一精度管理ブロック会議（書面開催）

（担当：山形県環境科学研究センター）

(1) 期日 令和3年10月27日（水）

(2) 内容

①環境測定分析における留意点及び精度管理について

②質問、要望及び情報交換事項について

3. 第47回北海道・東北支部研究連絡会議（書面開催）

（担当機関：地方独立行政法人北海道立総合研究機構
産業技術環境研究本部エネルギー・環境
・地質研究所）

(1) 期日 令和3年10月1日（金）

(2) 内容

①共通課題討論

（共通）

- ・10年以上経過した分析機器の更新について
- ・全環研支部の会議・研修会の開催方法について（第1分科会：大気）
- ・大気自動測定機のペーパーレス化について
- ・航空機騒音測定機器の整備状況等について
- ・有害大気汚染物質モニタリング調査における実施状況について

（第2分科会：水質）

- ・六価クロム測定方法及び定量下限について
- ・六価クロム環境基準見直しに伴う添加回収試験方法等について

②一般研究発表（3題）

- ・山形県における光化学オキシダントの実態調査と濃度予測
- ・ヘッドスペースGC/MSによる環境水中臭気物質の一斉分析方法について
- ・新潟県の主要河川底質の水銀形態について

4. 令和3年度北海道・東北支部酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会（書面開催）

（担当機関：岩手県環境保健研究センター）

(1) 期日 令和4年3月8日（火）

(2) 内容

①全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究専門部会の活動報告について

②令和3年度部会活動状況について

③令和4年度部会活動計画について

④酸性雨及び広域大気汚染等に関する提案・情報交換について

⑤研修企画提案について

編集後記

新型コロナウイルスによる影響の先行きは不透明な状況となっています。基本的な感染対策はもちろんのことですが、季節の変わり目の気温の変化等で体調を崩さないように日々の健康管理が重要と感じています。

東日本大震災から11年半が経過した現在でも、福島県では、原則立ち入りが禁止されている帰還困難区域が未だ解消されず残っている状況で、これらのうち、住民が帰還するための環境を整備する区域として、特定復興再生拠点区域が6町村に設定されています。今年の6月13日には、葛尾村の特定復興再生拠点区域の避難指示が解除され、これにより帰還困難区域で初めて居住が可能となりました。また、6月30日に大熊町、8月30日に双葉町で同様の解除が行われたところです。

このように避難指示の解除等は着実に前進していますが、一方で、解除はあくまでも復興の過程の一つであり、インフラ等の生活基盤の整備や住民帰還の促進、特定復興再生拠点区域以外に関する対応等、課題解決に向けて長期にわたる取組が必要です。

環境創造センターは、福島県のほか日本原子力研究開発機構と国立環境研究所が同居する施設となっています。両機関の協力も得ながら、本県の実環境回復と環境創造に向けて、引き続き調査研究等の取組を進めてまいります。

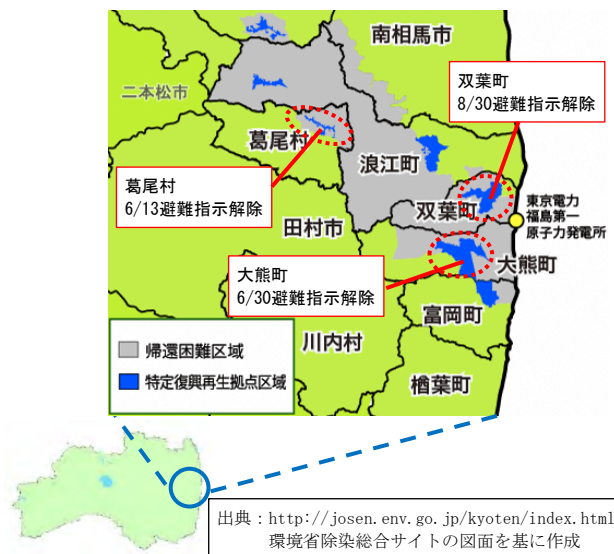


図 福島県内の避難指示の状況

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただいた高知県衛生環境研究所長様、特集「第6次酸性雨全国調査報告書2020(令和2)年度」を担当していただいた千葉市環境保健研究所様、報文3編を投稿していただいた皆様、「支部だより」を執筆していただいた宮城県保健環境センター様、お忙しいところご協力をいただきありがとうございました。会員の皆様におかれましては、今後とも会誌への積極的な投稿についてご協力をお願いいたします。

(福島県環境創造センター)

令和4年度

全国環境研協議会広報部会

< 部 会 長 > 福島県環境創造センター所長
< 広報部会担当理事 > 山形県環境科学研究センター所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.47 No.3(通巻164号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2022年9月26日発行

発行 全国環境研協議会

編集 全国環境研会誌 編集委員会