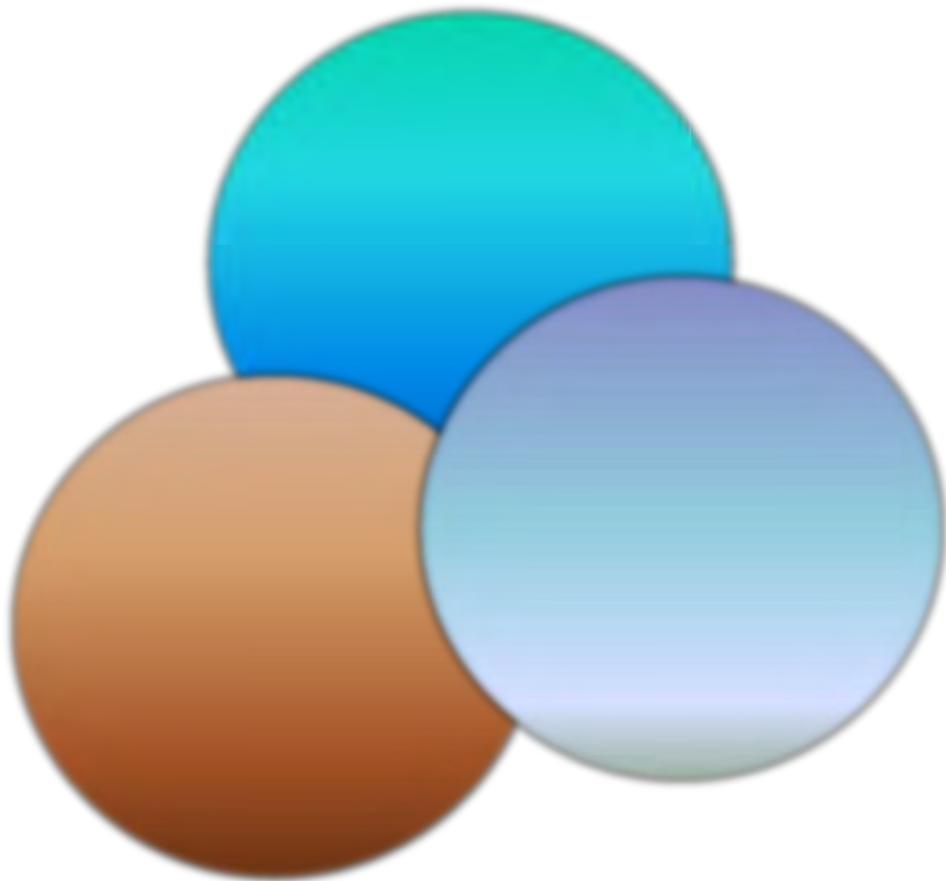


ISSN 2424-1083

季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.45 No.3 2020 (通巻 156 号)



目 次

[巻頭言]

コロナの時代と新たな課題への対応…………… 加藤 洋 / 1

[特 集 / 第6次酸性雨全国調査報告書2018 (平成30) 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)	/ 19
6. 乾性沈着 (パッシブサンプラー)	/ 35
7. まとめ	/ 38

…………… 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会
飯島 宏・岩崎 綾・大小田修司・尾川成彰・菊地優也・
濱村研吾・久恒邦裕・牧原秀明・山口高志・山田大介・
家合浩明・久保智子・高石 豊

[報 文]

北海道当別町高岡地区におけるため池の水環境と魚類相の特徴について	…………… 石川 靖・福田陽一朗・玉田克巳・島村崇志・ 小野 理・西川洋子・内藤一明 / 39
東日本大震災による災害廃棄物等の受入れに伴う秋田県内の環境放射能調査結果について 第2報	…………… 玉田将文・和田佳久 / 46
高知県における光化学オキシダント濃度の推移	…………… 小松寛卓・池澤正幸・武市佳子・ 川村尚貴・山下 浩 / 52
山口県における微小粒子状物質モニタリングの傾向について	…………… 岡本利洋・長田健太郎・隅本典子・伊藤和則 / 57
相模湾沿岸における一般参加によるマイクロプラスチック分布調査	…………… 難波あゆみ・三島聡子・五十嵐恵美子・ 小松明弘・坂本広美 / 62

C O N T E N T S

Characteristics of water quality and fish fauna in irrigation ponds in the Takaoka area of Tobetsu Town, Hokkaido

.....Yasushi ISHIKAWA, Yoichiro FUKUDA, Katsumi TAMADA,
Takashi SHIMAMURA, Satoru ONO, Yoko NISHIKAWA
Kazuaki NAITO / 39

Results of Environmental Radiation Monitoring Survey in Akita Prefecture for the Disaster Waste Receiving Caused by the Great East Japan Earthquake, Second Report

.....Masafumi TAMADA, Yoshihisa WADA / 46

Transition of photochemical oxidant concentration in Kochi Prefecture

.....Hiroataka KOMATSU, Masayuki IKEZAWA, Yoshiko TAKECHI,
Naoki KAWAMURA, Hiroshi YAMASHITA / 52

Recent Trends in Monitoring Fine Particulate Matter in Yamaguchi Prefecture

.....Toshihiro OKAMOTO, Kentaro OSADA, Noriko SUMIMOTO,
Kazunori ITO / 57

Survey on Microplastic Distribution on the Beach of Sagami Bay, Assisted by Citizen's Participation

.....Ayumi NAMBA, Satoko MISHIMA, Emiko IGARASHI,
Hiroaki KOMATSU, Hiromi SAKAMOTO / 62

◆巻頭言◆

コロナの時代と新たな課題への対応

神奈川県環境科学センター所長 加藤 洋



神奈川県は令和元年度と2年度、全国環境研協議会関東甲信静支部の支部長を務めております。本年度は新型コロナウイルス感染症対応のため、協議会の活動も大きく制約を受けているところですが、本協議会の発展のために精一杯努力してまいりますので、引き続きよろしくお願いたします。

神奈川県環境科学センターは、大気汚染、水質汚濁などの公害問題が深刻さを増していた昭和43（1968）年、横浜市内に「神奈川県公害センター」として発足しました。その後、平成3（1991）年4月に、現在の平塚市四之宮の地に移転し、「環境科学センター」としてスタートしました。公害センターからは半世紀を超え、環境科学センターとしても、間もなく30年の節目を迎えます。

当センターでは、良好な環境を継承していく科学技術拠点として、次世代につなぐ、いのち輝く環境づくりをめざし、「環境監視」「調査研究」「環境学習」の3つの取組みを進めています。

まず「環境監視」については、県内92の大気汚染常時監視測定局（大気汚染防止法の政令市6市が管理する局を含む。）すべての測定局のデータを当センターに集約し、ホームページで公表しています。光化学オキシダント以外の対象物質については、近年はPM2.5も含め、全測定局で環境基準を達成しています。光化学スモッグ注意報の発令は毎年8回前後で推移していますが、平成29（2017）年からは、Yahoo!の御協力を得て、より多くの皆様に発令地域ごとに注意報の情報を届けられるようになりました。

公共用水域の水質については、水質汚濁防止法の政令市10市等と連携して、河川、湖沼、相模湾、東京湾の計150地点で水質監視をしています。BOD又はCODの環境基準の達成率は、令和元（2019）年度で87.3%です。

「調査研究」については、地域の行政課題を踏まえ、マイクロプラスチック汚染の実態解明、PM2.5中のタンパク質成分の実態把握、環境DNA技術を活用した各種調査などに取り組んでいます。

海洋汚染が地球規模の問題となっているマイクロプラスチック（MP）については、これまでの調査の結果、相模湾の海岸に漂着するMPは、内陸から河川を通じて流れ

てきた物が多いと推定されました。現在は、河川を流下するMPや、路上に散乱するMPの実態把握を進めています。それによって、具体的な発生抑制につながる情報を得ていきたいと考えています。

「環境学習」については、NPO等とも連携し、地域で環境学習を進めてもらう人材（環境学習リーダー）の養成や出前講座の実施などに努めています。しかし、今年はコロナ対応のために、多くの人を集めるような活動ができません。このコロナ対応は年単位、数年単位の時間が掛かるとも言われる中、じっと待っている訳にもいきません。これを機会に、映像配信なども含めた新たな環境学習の展開方法を工夫していく必要があると考えています。

一方、昨年度から、当センターは、新たに気候変動適応法に基づく「地域気候変動適応センター」としての役割も担うことになりました。近年、我が国では毎年、想定を超える気象災害が頻発しています。当センターでは、気候変動による影響を地域の情報として収集・分析し、関係機関と連携を図っていききたいと考えています。

また、気候変動の問題は、環境学習においても重要なテーマです。当センターでは、気候変動に関する理解の促進を図るため、次代を担う若年層を主な対象に、教育委員会等と連携して、教育プログラムを作成することになりました。インターネット上でも広く公開し、多くの皆様に活用していただく予定です。

かつての公害克服の時代から、生活環境・地球環境問題への対処が求められる時代への変遷に伴い、地方環境研究所の課題も変化しています。しかし、変わらないのは、専門技術を活かして、地域の環境課題の解決に貢献するという使命です。これからは、例えば大規模な風水害や地震災害時に発生が懸念されるアスベストの飛散、有害物質による環境汚染などに対し、迅速に状況を把握し、復旧活動を支援することなど、防災とセットの業務も視野に入れていく必要があるのではないのでしょうか。

引き続き皆様とのネットワークを活かしながら、ともに活動の輪を広げていきたいと思っております。今後ともよろしくお願いたします。

<特 集>

第6次酸性雨全国調査報告書2018（平成30）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

飯島 宏, 岩崎 綾, 大小田修司, 尾川成彰, 菊地優也, 濱村研吾, 久恒邦裕,
牧原秀明, 山口高志, 山田大介, 家合浩明, 久保智子, 高石 豊

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3年目である2018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、硫酸化合物や窒素化合物の地域特性、さらに大気中のガス状成分、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化合物やオゾン濃度等が測定可能であるパンプ法を導入しました。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項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。新型コロナウイルスや7月豪雨被害により今後の見通しが立たない状況が続いていますが、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2年9月

全国環境研協議会

酸性雨広域大気汚染調査研究部会

部会長 神田 泰宏

（公益財団法人ひょうご環境創造協会

兵庫県環境研究センター長）

1. 調査目的

全国環境研協議会(以下、全環研)は、表1.1.1に示すように1991年度から酸性雨全国調査を行ってきた。その結果、全国の湿性および乾性沈着について、地域特性、季節変化、火山・大陸の発生源の影響、乾性沈着速度評価などの多くの知見を得てきた。第1次から第3次調査までは3年間の調査の後、1年間の準備期間を経て次の調査を行ってきた。第4次調査は2003～2005年度の予定で開始したが、急速に増大し始めた中国のSO₂およびNO_x排出量の影響などが懸念されたことから、追加調査として3年、計6年間の調査を2008年度まで実施した。その後は準備期間をおかずに第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としている。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(I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	
調査手法	ろ過式採取法(バルク採取)による原則1週間単位の試料採取	バケツ(バルク採取)による1日単位の試料採取	降水時開放型捕集装置(ウェットオンリー採取)による原則1週間単位の試料採取	フィルター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(O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	2016年度：30地点 2017年度：28地点 2018年度：29地点	2016年度：22地点 2017年度：20地点 2018年度：17地点		
調査手法	降水時開放型捕集装置(ウェットオンリー採取)による原則1週間単位の試料採取		パッシブサンプラー(O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))				

(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、今後も順次掲載予定である。

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			
																				湿性	FP
北海道・東北	北海道	利尻	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	0.81	0.44	0.02	NJ	45.1200	141.2094	☆	☆	○	☆	45	0.8	3	3	4	未指定(草、笹)		
		母子里	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	0.08	0.50	0.46	NJ	44.3622	142.2650	□	□	○		287	40	8	8	5	未指定(森林)		
		札幌北	北海道立総合研究機構 環境科学研究所	2.76	14.57	1.15	NJ	43.0817	141.3336	☆	○	○	☆	12	13	8	8	9	住居地域(市街地)		
	青森県	札幌白石	札幌市衛生研究所	2.72	14.72	1.27	NJ	43.0626	141.3819	○	○			15	17	14			住居地域(市街地)		
		青森東道	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)		
	岩手県	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		
		盛岡	岩手県環境保健研究所	0.77	3.24	1.30	NJ	39.6781	141.1328		○			125	7.0	12			準工業地域 市街地		
		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	39.4311	140.0735	○				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)	
		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	新潟県	新潟県環境科学研究所	1.41	6.04	1.00	JS	37.8453	138.9443	○	○	○		2	3.1	3	2		市街地調整区域
関東・甲・信・静		栃木県	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	5			住居地域	
			日光 ^{注5)}	栃木県環境保健センター	0.09	0.45	0.16	EJ	36.7443	139.4727	○				1300	95	1			住宅地	
	宇都宮 ^{注6)}		栃木県環境保健センター	1.63	6.12	2.53	EJ	36.6003	139.9403	○				140	65	10			住宅地		
	埼玉県	小山	栃木県環境保健センター	1.55	7.42	2.71	EJ	36.3139	139.8264	○				35	63	6			住宅地		
		加須 ^{注7)}	埼玉県環境科学国際センター	1.06	10.36	2.83	EJ	36.0851	139.5603	○	○	▲	○	13	55	11			農業地域		
	茨城県	さいたま	さいたま市健康科学研究所	3.70	28.65	4.67	EJ	35.8619	139.6453	○				15	35	15			商業地域		
		土浦	茨城県霞ヶ浦環境科学センター	0.90	4.54	3.09	EJ	36.0753	140.2656	○				18	31	1			未指定(草地)		
	群馬県	前橋	群馬県環境保健センター	1.89	7.58	6.83	EJ	36.4044	139.0691	○	○	○		103	110	20			市街地調整区域		
		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		
		鏡子	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	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			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			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			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			
智志野		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			
宮野木		千葉県環境保健研究所	8.33	29.28	3.36	EJ	35.6535	140.0979	○				21	4.1	3			住居地域			
神奈川県	平塚	神奈川県環境科学センター	0.52	10.46	2.61	EJ	35.3476	139.3514	○				9	3.7	22			準工業地域			
	川崎 ^{注8)}	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			
長野県	長野	長野県環境保全研究所	0.87	2.64	0.57	CJ	36.6354	138.1786	○		○		363	53	15	3		第一種住居			
	富山県	射水 ^{注9)}	富山県環境科学センター	5.03	11.55	1.43	JS	36.7006	137.0997	○	○	▲	○	22	8	1	13	13	住居専用地域		
近畿・東海・北陸	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			第2種住居専用地域		
		福井	福井県環境保健センター	1.31	4.50	0.68	JS	36.0741	136.2615	○	○	○		11	18	9			市街地調整区域		
	岐阜県	伊自良湖	岐阜県環境保健研究所	1.12	3.14	1.25	CJ	35.5725	136.6938	☆	☆	☆		140	60	4			林地		
		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	○		▲	○	20	6	8			住居地域		
	愛知県	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			準工業地域		
		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	
	兵庫県	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		
		和歌山県	和歌山 ^{注10)}	和歌山県環境衛生研究所	8.97	13.33	0.87	CJ	34.2143	135.1626	○				13	1	13			商業	
	中国・四国	鳥取県	若桜	鳥取県衛生環境研究所	0.01	0.29	0.28	JS	35.3526	134.4881	○	○			800	28	3			未指定	
			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	島根県環境保健研究所	0.26	1.38	0.50	JS	35.4750	133.0131	○				6	6	1			区域外	
			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	福岡県環境保健研究所	2.44	12.89	1.92	WJ	33.5116	130.4995	○		○		30	15	16	5		市街地調整区域	
九州・沖縄		福岡県	福岡	福岡市保健環境研究所	1.52	9.07	1.44	WJ	33.4974	130.3727	○				193	9.2	1			市街地調整区域	
			佐賀県	佐賀	佐賀県環境センター	1.20	3.87	1.46	WJ	33.2735	130.2072	○				4	11	9			第一種住居地域(市街地)
	長崎県	諫早	長崎県環境保健研究所	3.81	5.35	1.25	WJ	32.8591	130.0382	○				23	4	10			住居地域(市街地)		
		長崎	長崎県環境保健研究所	0.57	2.86	0.61	WJ	32.7622	129.8625	◇				5	1.3	3			商業地域		
	熊本県	佐世保	長崎県環境保健研究所	4.82	8.15	1.34	WJ	33.1786	129.7152	◆				6	1.3	38			商業地域		
		宇土	熊本県環境保健研究所	1.19	5.04	1.36	WJ	32.6661	130.6531	○				20	2.7	1			未指定		
	大分県	函岡 ^{注11)}	熊本市環境総合センター	0.95	4.88	2.72	WJ	32.7641	130.7345	○		▲		5	12	15			市街地調整区域		
		大分久住	大分県衛生環境研究所	0.06	0.48	1.27	WJ	33.0406	131.2536	○				560	35	5			未指定(牧草地)		
	宮崎県	大分	大分県衛生環境研究所	11.58	17.02	1.16	WJ	33.1582	131.6136	○				90	11	14			住宅地		
		宮崎	宮崎県衛生環境研究所	0.31	1.84	1.02	WJ	31.8332	131.4154	○	○			14	3.5	14			都市地域(準工業地域)		
	鹿児島県	鹿兒島	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		準工業地域		
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	26.3776	127.8349	○	▲	☆		34	3	10	11		未指定		
沖縄県	辺戸岬	沖縄県衛生環境研究所	0.00	0.03	0.32	SW	26.8670	128.2483	☆	☆	☆		60	0.2	2	5		特別地域			
	調査機関数				45			調査地点数			60			29			17			17	

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, □: 北大との共同研究成果, ■: 国環研・地球環境研究センター, 北大との共同研究成果, ◇: 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: バッソ法, 自動NO_x: 常時監視局自動測定装置によるNO_x・NO₂測定結果
 注4) 2015/11/2から測定地点変更 注5) 旧名称は日光中宮 注6) 旧名称は河内 注7) 旧名称は駒子 注8) 2013/1/23から測定地点変更 注9) 旧名称は小杉
 注10) 2017/9/11から測定地点変更(海南市役所→日方小学校)、2018/4から測定地点変更(海南→和歌山) 注11) 2016/3/7から測定地点変更(熊本→函岡町) 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

2018年度の調査参加機関は表2.1.1に示す45機関であり、湿性沈着調査地点は60地点、乾性沈着調査地点は34地点（FP法：29地点、パッシブ法：17地点、自動測定機：17地点）であった。調査地点は一部には他の学術機関との共同研究^{1) 2)}や国設局との共用データも含まれる。なお、環境省のデータとは降水量の算出方法（気象データを用いる場合と貯水量を用いる場合）が一部異なるため、数値が一致しない場合がある。

2018年度の調査期間は原則として2018年4月2日～2019年4月1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。2018～2019年度の部会組織および報告書の担当を表2.1.3に示す。

2.2 調査方法

2.2.1 湿性沈着

調査は通年調査とし、1週間単位での採取を原則とした。2週間単位あるいはそれ以上での採取も可とし、その場合冷蔵庫の設置等による試料の変質防止対策を推奨した。試料採取日は原則月曜日とした。得られた試料の測定データを表2.1.2に示す月単位に集計して解析に用いた。

表2.1.2 調査期間の季節・月区分

季節	月	2018年度	週
春	4	4月2日～5月1日	4
	5	5月1日～5月28日	4
夏	6	5月28日～6月25日	4
	7	6月25日～8月6日	6
	8	8月6日～9月3日	4
秋	9	9月3日～10月1日	4
	10	10月1日～10月29日	4
	11	10月29日～11月26日	4
冬	12	11月26日～1月7日	6
	1	1月7日～2月4日	4
	2	2月4日～3月4日	4
春	3	3月4日～4月1日	4

注) 週単位の試料交換日は原則として月曜日とした。

表2.1.3 全国環境研協議会・酸性雨広域大気汚染調査研究部会組織

部会役職	所 属	氏 名	担当年度	報告書等 担当部分
部会長	愛媛県立衛生環境研究所	四宮 博人	2018	
	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	2019	
理事委員	岡山県環境保健センター	岸本 壽男	2018	
	福井県衛生環境研究センター	徳山 郁弘	2019	
支部委員	宮城県保健環境センター	佐久間 隆	2018	D
	福島県環境創造センター	菊地 優也	2019	D
	埼玉県環境科学国際センター	松本 利恵	2018	D、5.3章
	川崎市環境総合研究所	山田 大介	2019	D
	滋賀県琵琶湖環境科学研究センター	三田村 徳子	2018	D
	愛知県環境調査センター（東三河支所）	牧原 秀明	2019	D
	広島市衛生研究所	宮野 高光	2018	D
	鳥取県衛生環境研究所	尾川 成彰	2019	D
	熊本県保健環境科学研究所	北岡 宏道	2018	D
鹿児島県環境保健センター	大小田 修司	2019	D	
委員	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 環境科学センター	山口 高志	2018-2019	2章、6章
	新潟県保健環境科学研究所	家合 浩明	2018-2019	総括、5.3章
	千葉県環境研究センター	横山 新紀	2018	6章
	富山県環境科学センター	木戸 瑞佳	2018	4章
	名古屋市環境科学調査センター	久恒 邦裕	2018-2019	4章
	島根県保健環境科学研究所	池田 有里	2018	5.3章
	島根県保健環境科学研究所	飯島 宏	2019	5.3章
	福岡県保健環境研究所	濱村 研吾	2018-2019	5.1-5.2章
	沖縄県衛生環境研究所	岩崎 綾	2018-2019	1-3、5.1-5.2章
	国立大学法人 東京農工大学 農学部	松田 和秀	2018-2019	
京都大学	村野 健太郎	2018-2019		
公立大学法人 北九州市立大学	藍川 昌秀	2018-2019		
京都大学フィールド科学教育研究センター	徳地 直子	2019		
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	2018-2019		
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	2018-2019		
大気環境学会中国・四国支部	大原 真由美	2018-2019		
環境省	上尾 一之	2018-2019		
事務局	愛媛県立衛生環境研究所	難波江 芳子	2018	
	〃	宇野 克之	2018	
	〃	紺田 明宏	2018	
	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	2019	
	〃	久保 智子	2019	
	〃	重村 悦子	2019	

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。

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

降水量は、貯水量を捕集面積で割って算出し、その他の測定項目、分析方法および手順については、湿性沈着モニタリング手引き書（第2版）³⁾に従った。また、イオンバランス (R_1) および電気伝導率バランス (R_2) が許容範囲を超える場合は再分析を行うなど、値の信頼性を確保した。分析精度の確保に関しては、環境省のモニタリングネットワークの測定局を対象に行われている分析機関間比較調査に本調査参加機関も多数参加し、全環研として解析を行った。

2.2.2 乾性沈着

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

2.2.2.1 フィルターパック法

FP法は、1段目で粒子状物質を、2段目で HNO_3 などを、3段目で SO_2 と HCl を、4段目で NH_3 を捕集する従来の4段ろ紙法⁴⁾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 $\text{PM}_{2.5}$ 成分とを分けて採取する5段構成のFP法を推奨した。なお、従来の4段ろ紙法による採取も可とした。さらに、それらに HONO 測定を加えた構成 (F2で採取された妨害分の一部の NO_2 ガス量を評価するためのF2'ろ紙をF2の後段に加える) をオプションとして設定した。

調査地点は、可能な限り湿性沈着調査地点と同一地点を選定することとし、通年調査で、採取単位は1週間～2週間であった。なお、解析に用いたデータは月単位とした。試料採取は、表2.2.1に示した5種または4種のろ紙を装着し、吸引速度は、インパクトを用いた場合は指定された流量である 2 L min^{-1} で、その他の場合は $1\sim 5 \text{ L min}^{-1}$ 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法に関するマニュアルは東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (以下、EANET) でも英訳されて用いられている。詳細な手順などはこれまでの報告⁴⁾およびEANETの技術資料⁶⁾などを参照されたい。

2.2.2.2 パッシブ法

パッシブ法は、目的のガス成分を捕集する試薬、あるいは目的のガス成分と反応する試薬が含浸されたろ紙を一定期間大気に暴露させることにより、大気中ガス濃度

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

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ヶ月であった。

SO_2 は NO_x に比べて大気中濃度が低く捕集量が少ない。そ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⁸⁾、 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⁷⁾に加えて、マニュアルとは異なる点を含む全環研用マニュアル改定版を作成した。詳細については全環研用パッシブ法のマニュアル改定版を参照されたい。

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

－ 引用文献 －

- 1) 母子里のデータは、北大北方生物圏フィールド科学センターとの共同研究による。
- 2) 天塩FRSのデータは、国立環境研地球環境研究センター、北大北方生物圏フィールド科学センターおよび北大工学研究科との共同研究による。
- 3) 環境省環境保全対策課：湿性沈着モニタリング手引き書(第2版)，2001，http://www.env.go.jp/air/acid_rain/man/wet_deposi/index.html (2020.1.23アクセス)
- 4) 全環研：第3次酸性雨全国調査報告書(平成11～13年度のまとめ)，全国環境研会誌，28，2-196，2003
- 5) 松本光弘，村野健太郎：インファレンシャル法による樹木等への乾性沈着量の評価と樹木衰退の一考察，日本化学会誌，1998(7)，495-505，1998
- 6) Acid Deposition Monitoring Network in East Asia：東アジアにおけるフィルターパック法に関する技術資料，http://www.eanet.asia/jpn/docea_f.html (2020.1.23アクセス)
- 7) 平野耕一郎，斉藤勝美：短期暴露用拡散型サンプラーを用いた環境大気中のNO，NO₂，SO₂，O₃およびNH₃濃度の測定方法(改訂版)，2010年8月，<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/shiryo/pub/d0001/d0001.pdf> (2020.1.23アクセス)
- 8) 恵花孝昭，野口泉，樋口慶郎：2009.0式パッシブサンプラー法におけるSO₂捕集剤の検討(第2報)，第50回大気環境学会年会講演要旨集，p.437
- 9) 福井哲央，國領和夫，馬場剛，神成陽容：大気汚染物質排出インベントリ－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

2018年の概況を表3.1.1に示す。また、黄砂観測日数は2017年度が5日に対し、2018年度は9日で、4月に8日、5月に1日観測された²⁾。

表3.1.1 気象概況¹⁾

春	<p>全国的に気温がかなり高く、東日本では記録的な高温</p> <p>期間を通して暖かい空気に覆われやすかったため、全国的に気温の高い状態が概ね持続し、平均気温はかなり高かった。特に東日本の年平均差は+2.0°Cで、春としては統計を開始した1946年以降では1位の高温となった。</p> <p>降水量は北・東・西日本で多く、沖縄・奄美でかなり少なかった</p> <p>低気圧の通過時に、南から温った空気が流れ込みやすかったため、北・東・西日本では降水量が多く、北・東日本日本海側ではかなり多かった。一方、沖縄・奄美では、温った空気や低気圧の影響を受けにくかったため、かなり少なかった。</p> <p>日照時間は東日本太平洋側と西日本、沖縄・奄美でかなり多かった</p> <p>東日本太平洋側と西日本、沖縄・奄美では高気圧に覆われやすく、晴れた日が多かったため、日照時間がかなり多かった。</p>
夏	<p>東・西日本は、記録的な高温となった</p> <p>太平洋高気圧とチベット高気圧の張り出しがともに強く、晴れて気温が顕著に上昇する日が多かったため、東・西日本は夏の平均気温がかなり高かった。夏の平均気温は東日本で+1.7°Cと1946年の統計開始以降で最も高くなり、全国の気象官署153地点のうち48地点で高い方から1位の値を記録した(タイを含む)。7月23日には、熊谷(埼玉県)で日最高気温41.1°Cを記録して歴代全国1位となった</p> <p>北日本日本海側と西日本太平洋側および沖縄・奄美は、降水量がかなり多かった</p> <p>北日本日本海側は梅雨前線や秋雨前線の影響で、西日本太平洋側と沖縄・奄美は台風や梅雨前線の影響で記録的な大雨の日があったため、夏の降水量がかなり多かった。沖縄・奄美の夏の降水量は、1946年の統計開始以降で最も多くなった。</p> <p>「平成30年7月豪雨」など、全国各地で大雨が発生した</p> <p>6月終わりから7月はじめにかけて、活動の活発な梅雨前線や台風第7号の影響を受けて西日本を中心に全国の広い範囲で記録的な大雨となり、「平成30年7月豪雨」が発生した。このほかにも、台風や前線などにより全国各地で大雨が発生した。</p>
秋	<p>気温は北・東日本で高かった</p> <p>日本の東海上で高気圧の勢力が強く、北からの寒気が南下しにくかったため、秋の気温は北・東日本で高かった。</p> <p>降水量は東日本から沖縄・奄美にかけては多かった</p> <p>活発な秋雨前線と台風第21号、第24号、第25号の影響で、秋の降水量は東日本から沖縄・奄美にかけて多かった。</p> <p>日照時間は東日本と西日本日本海側で少なく、北日本と沖縄・奄美で多かった</p> <p>日照時間は、秋雨前線や気圧の谷の影響で東日本と西日本日本海側で少なかった。一方、高気圧に覆われやすかった北日本と沖縄・奄美では日照時間が多かった。</p>
冬	<p>東日本以西では冬の平均気温がかなり高く、特に沖縄・奄美は記録的な暖冬となった</p> <p>東・西日本と沖縄・奄美では、北からの寒気の影響は弱く、冬の平均気温はかなり高くなった。特に、沖縄・奄美では冬の平均気温の年平均差が+1.8°Cとなり、冬の平均気温として最も高くなった(統計開始は1946/47年冬)。</p> <p>北・東・西日本日本海側の冬の降雪量はかなり少なく、西日本日本海側は記録的な少雪となった</p> <p>北日本日本海側では、発達した低気圧や温った空気の影響が弱く、冬の降雪量は平野部を中心にかなり少なくなった。東・西日本日本海側でも、寒気の影響が弱かったため、冬の降雪量はかなり少なくなった。特に、西日本日本海側の冬の降雪量は年平均比7%となり、冬の降雪量として最も少なくなった(統計開始は1961/62年冬)。</p> <p>降水量は、北・東日本で少なく、沖縄・奄美で多くなった</p> <p>北・東日本では、発達した低気圧や温った空気の影響を受けにくく、冬の降水量は少なく、北日本太平洋側ではかなり少なくなった。一方、沖縄・奄美では、暖かく温った空気の影響で、冬の降水量は多くなった。</p>

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

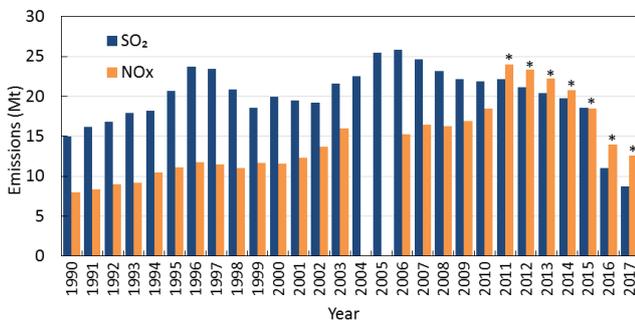


図3.2.1 中国におけるSO₂およびNO_x排出量⁴⁾
(*2011年以降はNO_xに自動車起源が加算)

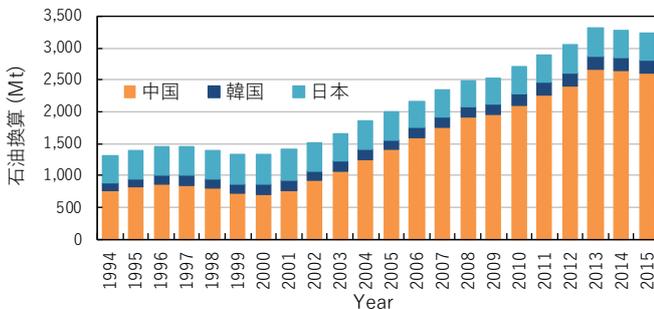


図3.2.2 中国、韓国および日本のエネルギー消費のトレンド

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

－ 引用文献 －

- 1) 気象庁報道発表資料, <http://www.jma.go.jp/jma/press/tenko.html> (2020.1.23アクセス)
- 2) 気象庁:黄砂, http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_table_1.html (2020.1.23アクセス)
- 3) J. Kurokawa, T. Ohara, T. Morikawa, S. Hanayama, G. Janssens-Maenhout, T. Fukui, K. Kawashima, and H. Akimoto: Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000-2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2, *Atmos. Chem. Phys.*, **13**, 11019-11058, 2013
- 4) National Bureau of Statistics of China, <http://english.mee.gov.cn/Resources/Reports/> (2020.1.23アクセス)
- 5) H. Tian, J. Hao, Y. Nie: Recent trends of NO_x Emissions from energy use in China, *Proceeding of 7th International Conference on Acidic Deposition*, **32**, 2005
- 6) 環境省環境統計集, <http://www.env.go.jp/doc/toukei/contents/> (2020.1.23アクセス)
- 7) 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
- 8) A. Kannari, Y. Tonooka, T. Baba, K. Murano: Development of multiple-species 1 km × 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, *Atmos. Environ.*, **41**, 3428-3439, 2007
- 9) 都市環境学教材編集委員会: 都市環境学, 森北出版, 2003

4. 湿性沈着

湿性沈着調査では、日本全域における湿性沈着による汚染実態を把握することが主目的である。ここでは、湿性沈着調査における、2018年度のとりまとめについて報告する。

2018年度の湿性沈着調査に対し、45機関60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。

2018年度は、月間データでは720個中11データ(1.5%)が除外され、年間データでは60地点中1地点が除外された。除外されたデータは参考値として扱った。なお、装置の故障等により、ある期間常時開放捕集となった地点については、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(R₁)および電気伝導率バランス(R₂)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、R₁)および電気伝導率バランス(以下、R₂)による2つの検定方法を用い、測定値の信頼性を評価した。なお、各機関における試料の採取および分析は、原則週単位で行われているため、本来、R₁およびR₂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、R₁およびR₂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、R₁による評価では、全ての項目が測定された720個のデータ中、R₁が許容範囲内にあったデータは665個(適合率92.4%)であった。同様に、R₂による評価では、R₂が許容範囲内にあったデータは706個(適合率98.1%)であった。R₁およびR₂の分布を図4.1.1に示す。2007~2017年度におけるR₁およびR₂の適合率は、R₁: 92~97%, R₂: 94~99%の範囲にあり高いレベルで保たれている^{1,3-12)}。

次に、分析精度管理調査について検討した。環境省が国設大気環境・酸性雨測定所(以下、国設局)を有する自治体を対象に行っている酸性雨測定分析機関間比較調査は、全環研から環境省への要望により、国設局以外の希望自治体についても分析精度管理調査(分析機関間比較調査)として実施されている。同調査は、模擬酸性雨試料(高濃度および低濃度の2種類)を各機関に配布し、その分析結果を解析することにより、分析機関に存在する問題点や測定の信頼性の評価を行っている。環境省の協力のもと、2018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)17機関を除き39機関(以下、精度管理参加機関)がこの調査に参加した。このうち全環研に湿性沈着の結果を報告している機関(以下、全環研報告機関)は29機関であった。

精度管理機関による測定成分毎のフラグ数と相対標準

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

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

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

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

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

Λ_{obs} : 降水試料の電気伝導率測定値

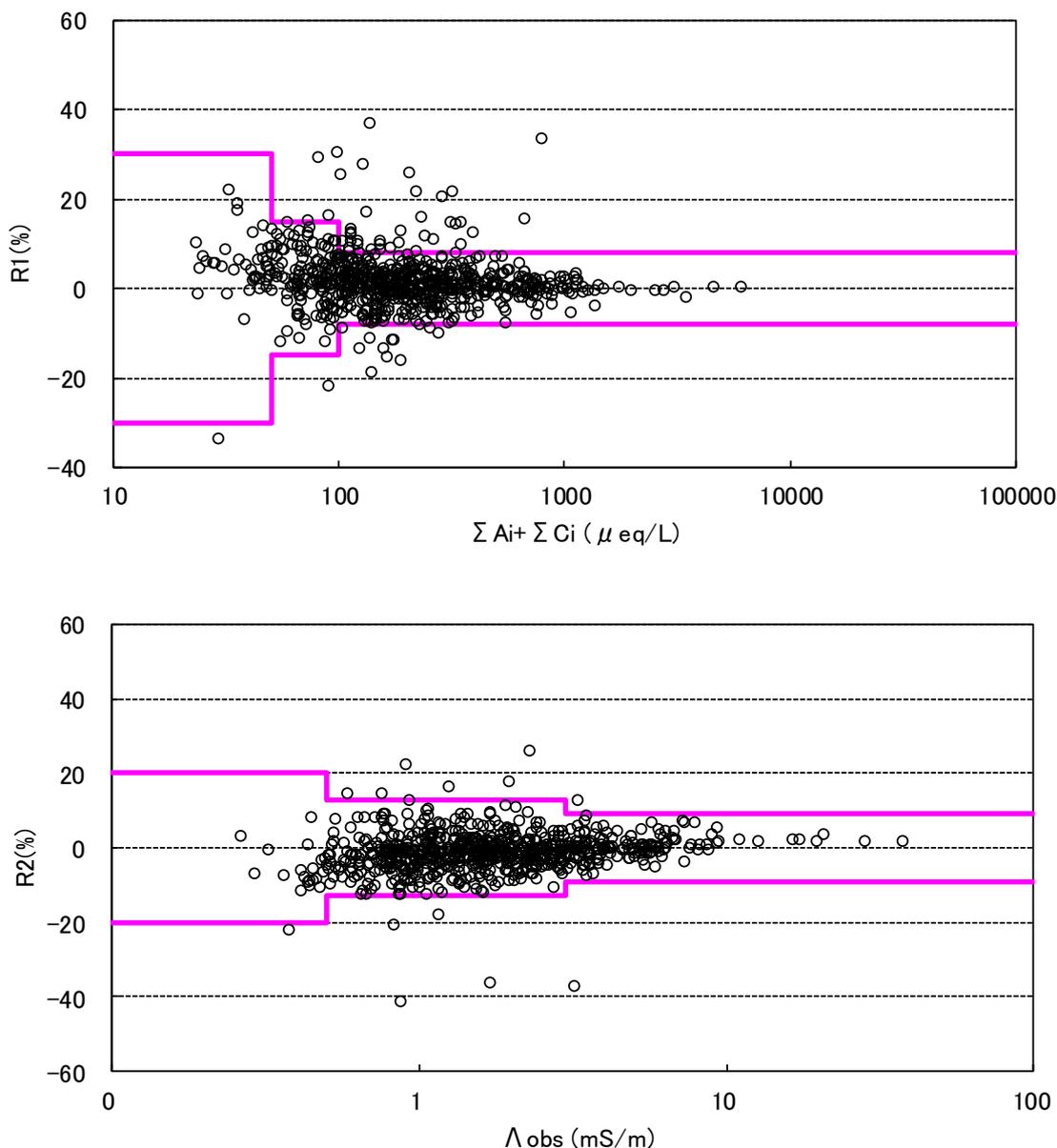


図4.1.1 イオンバランス (R_1) と総イオン濃度 ($\Sigma A_i + \Sigma C_i$) および電気伝導率バランス (R_2) と実測値との比較

偏差を表4.1.2に示す。フラグ数は、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) の精度管理目標値 (DQOs : Data Quality Objectives, 分析の正確さ : $\pm 15\%$) を用い、DQOsの2倍まで ($\pm 15\% \sim \pm 30\%$) の測定値にはフラグEを、DQOsの2倍 ($\pm 30\%$) を超える測定値にはフラグXを付けて判定した。相対標準偏差を求める際には、分析精度管理調査結果報告書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DQOsを満たすデータが97.1%、フラグEまたはフラグXが付いたデータは、それぞれ2.9%および0%であった。また、低濃度試料では、DQOsを満たすデータが92.4%、フラグEまたはフラグXが付いたデータは、それぞれ6.8%および0.8%であった。2017年度¹²⁾に比較して、フラグ付

与率は高濃度試料で同程度であり、低濃度試料では増加した。フラグは陽イオンに多く、特に低濃度試料における付与数が多かったことは2017年度¹²⁾と同様であった。

一方、国設局管理機関 (17機関) の2018年度分析精度管理調査¹³⁾では、高濃度試料ではDQOsを満たすデータが99.4%、フラグEまたはフラグXが付いたデータは、それぞれ0.6%および0%であった。低濃度試料では、DQOsを満たすデータが96.5%、フラグEまたはフラグXが付いたデータは、それぞれ2.4%および1.2%であった。低濃度試料ではフラグは全て陽イオンの分析データに付与された。

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。高濃度試料については、陰イオンは5.9%以下で陽

イオンは8.2%以下、低濃度試料では陰イオンは6.2%以下で陽イオンは12.2%以下であった。2017年度¹³⁾と同様にK⁺、Ca²⁺およびMg²⁺のバラツキが大きかった。国設管理機関が2017年度に行った分析精度管理調査¹³⁾では、相対標準偏差は高濃度試料については、陰イオンは3.2%以下で陽イオンは5.3%以下、低濃度試料では陰イオンは4.5%以下で陽イオンは9.8%以下であった。

以上の結果から、全環研報告機関と国設局管理機関のフラグの付与率および相対標準偏差を比較すると、全環研報告機関のほうがフラグ付与率および相対標準偏差ともに高かった。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のバラツキが大きい成分は、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ではフラグ付与数が0であり、バラツキも小さいが、H⁺濃度に換算すると、大きなバラツキが予想される。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DQOsを満たしていない機関数と、その機関のうち分析精度管理調査でフラグが付与された機関数について表4.1.3に示した。定量下限値がDQOsを満たしていない機関数は、Ca²⁺で1機関、Cl⁻、Na⁺、K⁺、Mg²⁺およびNH₄⁺で2機関であった。定量下限値がDQOs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DQOsを満たしていない機関がK⁺で1機関、Ca²⁺で2機関あった。フラグが付与されたからといって定量下限値>DQOsであるということではなかったが、定量下限値>DQOs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。

4.1.3 フィールドブランク

フィールドブランク（以下、FB）試験を実施する毎に、各機関にて捕集装置の洗浄確認等の自主管理が実行でき

表4.1.2 分析精度管理調査におけるフラグ数と相対標準偏差

	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	
高濃度試料	フラグE	0	0	0	0	1	1	5	2	0	2
	フラグX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	相対標準偏差	1.0%	2.9%	2.6%	2.9%	5.9%	4.0%	8.2%	4.8%	4.1%	5.9%
	(n=37)	(n=38)	(n=37)	(n=37)	(n=38)	(n=37)	(n=38)	(n=37)	(n=38)	(n=37)	(n=37)
低濃度試料	フラグE	0	0	1	3	1	7	8	2	3	3
	フラグX	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
	相対標準偏差	1.6%	2.7%	4.1%	5.7%	6.2%	5.0%	12.2%	9.3%	6.9%	7.0%
	(n=37)	(n=37)	(n=37)	(n=37)	(n=38)	(n=37)	(n=38)	(n=37)	(n=37)	(n=37)	(n=37)

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	1	2	1	1
上記機関のうち、高濃度試料のフラグがついた機関数	0	0	0	0	0	1	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	1	1	0	0
定量下限値に係る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

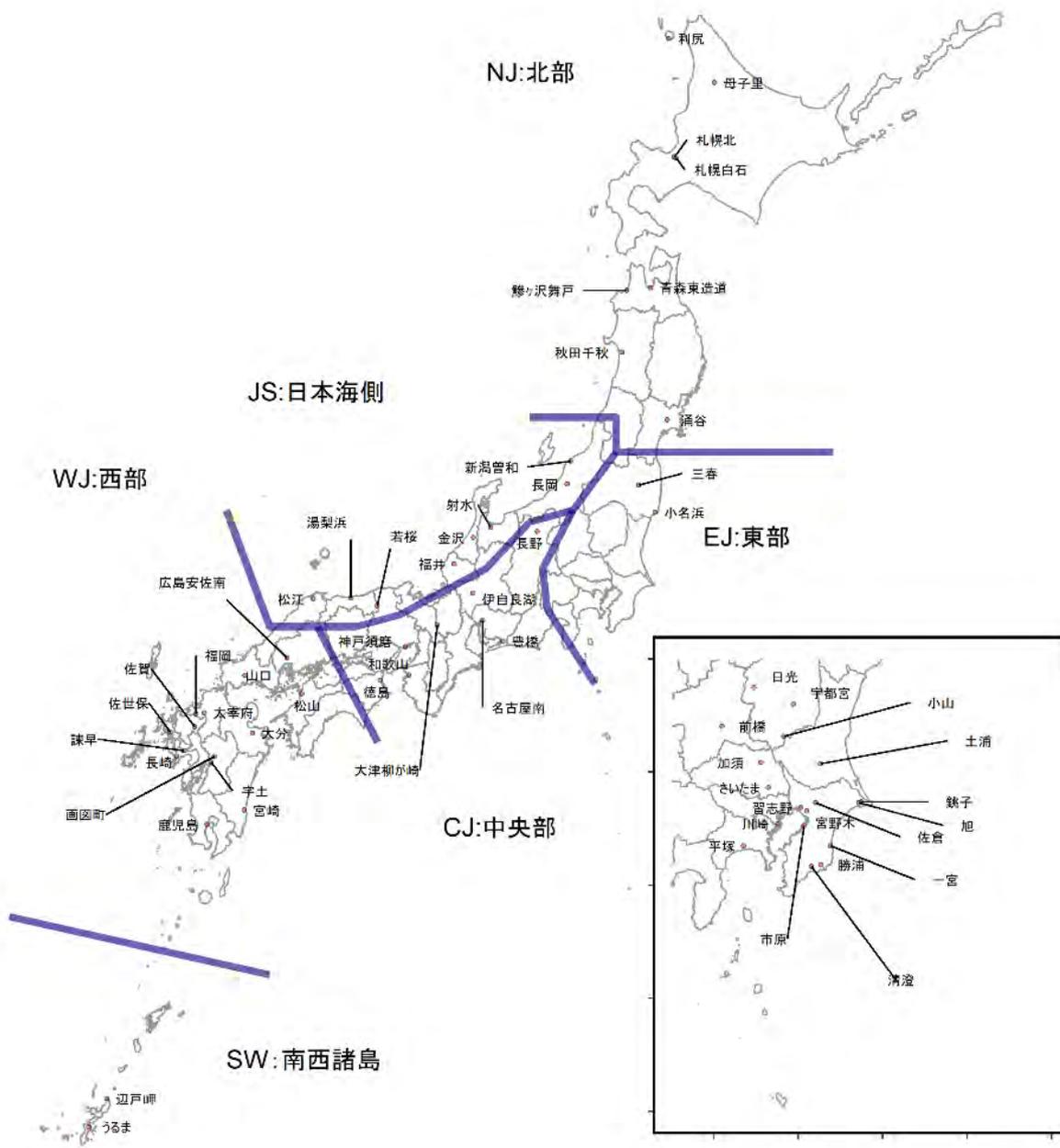


図4.2.1 地域区分

るようにとの目的から、FB試料濃度の上限値（暫定）を提案した⁴⁾。

FB試料から高濃度が検出された場合や、鳥の糞、黄砂、虫、植物片、種子などの汚染に気付いた際は、採取装置の洗浄を徹底し、チューブの交換などを実施することで、流路からの汚染を低減化する必要があると考えられる。また、現場においてはFB試料に濁りや不溶性のコンタミネーションがみられないかを確認することや、ポータブルの電気伝導率計により電気伝導率を測定することによ

り、流路からの汚染が少なく保たれているかをチェックすることが望ましい。各機関にてFB試験を実施し、捕集装置の自主管理を実行することを推奨する。

4.2 ECおよびイオン成分濃度

ここでは、2018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

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⁻	ns-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺ Na ⁺ K ⁺			Ca ²⁺	ns-Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
		SO ₂	NO _x	NH ₃								(μmol L ⁻¹)						
利尻	NJ	0.81	0.44	0.02	844	4.87	3.58	20.1	10.2	15.8	186.8	16.5	162.5	4.9	7.8	4.2	19.8	13.6
母子里	NJ	0.08	0.50	0.46	1379	5.15	1.84	12.2	8.3	13.9	75.4	16.2	65.1	4.0	6.4	4.9	9.0	7.0
札幌北	NJ	2.76	14.57	1.15	1127	4.93	2.25	14.4	9.5	13.7	94.6	17.8	80.6	2.8	6.8	5.0	10.1	11.7
札幌白石	NJ	2.72	14.72	1.27	1177	5.03	2.34	15.4	10.1	14.9	102.2	18.6	88.6	3.2	6.7	4.7	10.4	9.4
青森東造道	NJ	0.74	2.19	0.42	1515	4.81	3.72	21.1	11.4	18.9	190.2	19.3	161.1	4.3	8.2	4.5	18.9	15.6
鯉ヶ沢舞戸	NJ	0.12	0.61	0.44	1612	4.94	4.55	24.3	10.5	17.5	270.1	17.1	228.9	6.1	9.3	4.2	26.5	11.5
滝谷	NJ	1.07	3.64	2.28	802	5.14	0.96	7.0	6.1	10.4	18.7	14.0	16.0	0.6	2.9	2.6	2.0	7.2
秋田千秋	NJ	3.40	4.17	0.48	1754	4.85	2.82	19.6	12.2	18.7	141.6	21.8	120.6	3.8	7.1	4.4	14.1	14.1
三春	EJ	0.64	3.60	1.29	834	5.18	0.80	7.0	6.3	14.6	12.2	12.5	11.4	1.2	5.7	5.5	2.4	6.6
小名浜	EJ	9.47	11.50	0.78	1030	5.17	1.71	10.6	6.8	10.0	68.8	8.9	63.9	1.5	3.0	1.6	6.5	6.7
新潟魯和	JS	1.41	6.04	1.00	1770	4.87	2.87	17.5	10.6	18.8	132.5	17.1	113.0	2.8	7.0	4.5	13.9	13.4
長岡	JS	0.66	2.83	0.59	2391	4.83	3.36	21.3	13.1	22.1	157.9	22.4	135.8	3.6	7.8	4.8	16.7	14.8
日光	EJ	0.09	0.45	0.16	(1951)	(5.62)	(0.78)	(7.8)	(6.8)	(7.5)	(14.4)	(4.8)	(16.0)	(2.3)	(12.3)	(11.9)	(3.6)	(2.4)
宇都宮	EJ	1.63	6.12	2.53	1158	5.19	1.19	11.6	10.6	21.2	21.2	27.0	17.6	1.0	4.9	4.5	2.6	6.4
小山	EJ	1.55	7.42	2.71	968	5.19	1.05	9.9	9.1	21.1	15.9	26.4	12.8	1.0	4.3	4.0	2.1	6.5
加須	EJ	1.06	10.36	2.83	1031	4.80	1.29	10.5	9.4	24.7	20.9	24.9	17.4	0.8	4.1	3.8	2.0	15.8
さいたま	EJ	3.70	28.65	4.67	1077	4.95	1.34	10.9	9.7	23.4	23.0	24.7	19.5	0.9	4.6	4.1	2.6	11.1
土浦	EJ	0.90	4.54	3.09	1031	5.05	1.45	10.5	7.9	15.1	55.2	21.8	43.4	3.7	7.0	6.0	5.5	8.9
前橋	EJ	1.89	7.58	6.83	887	5.28	0.96	8.2	7.7	18.0	11.7	31.3	8.3	0.6	2.6	2.4	1.4	5.3
市原	EJ	9.71	36.61	2.79	1040	5.25	1.15	13.9	11.9	9.1	40.3	12.3	31.6	0.7	5.8	5.0	4.7	5.7
銚子	EJ	8.61	6.89	3.67	1256	5.63	2.22	13.2	6.3	7.8	138.5	21.9	113.2	1.0	3.2	1.2	11.1	2.4
一宮	EJ	0.11	1.12	0.85	1128	5.29	1.90	11.5	5.7	8.1	115.6	9.1	95.5	1.5	3.7	1.8	10.0	5.1
旭	EJ	8.59	6.93	3.87	1534	5.73	2.20	11.6	5.5	7.9	124.4	36.9	100.8	1.2	2.2	0.3	8.6	7.9
佐倉	EJ	1.72	15.47	2.54	1201	5.28	0.98	9.7	8.1	12.3	33.1	12.2	26.1	0.6	4.3	3.7	3.7	5.2
清澄	EJ	0.08	0.64	0.84	1791	5.29	1.74	13.6	8.8	10.9	98.8	6.1	78.6	2.7	9.0	7.2	9.0	5.2
勝浦	EJ	0.09	0.60	0.60	1800	5.24	1.57	9.8	5.4	6.6	90.5	5.5	73.2	0.9	2.5	1.1	8.2	5.8
習志野	EJ	7.35	31.11	3.69	788	5.22	1.39	13.0	10.3	15.5	54.1	15.1	43.8	0.7	6.6	5.6	5.6	6.0
宮野木	EJ	8.33	29.28	3.36	868	5.51	1.14	9.2	7.2	9.8	38.8	9.2	32.8	1.6	10.4	9.7	5.1	3.1
平塚	EJ	0.52	10.46	2.61	1079	5.26	2.31	12.6	6.0	15.4	124.8	19.2	109.0	3.4	6.8	4.3	12.6	5.5
川崎	EJ	11.95	55.76	3.48	1245	5.37	1.79	16.9	13.1	14.5	75.7	21.2	63.0	4.3	9.1	7.6	8.6	4.2
長野	CJ	0.87	2.64	0.57	579	5.15	0.67	5.4	5.1	10.3	6.7	10.0	5.0	0.5	2.2	2.1	0.9	7.1
射水	JS	5.03	11.55	1.43	2516	4.89	2.12	14.6	10.6	19.9	75.4	19.7	65.7	2.1	6.2	4.7	8.1	12.8
金沢	JS	1.49	3.78	0.97	2786	4.76	2.69	16.0	10.7	19.1	94.1	17.4	87.8	2.8	6.5	4.5	10.5	17.3
福井	JS	1.31	4.50	0.68	2149	4.86	2.44	17.2	12.1	22.8	98.0	17.5	84.4	2.7	7.7	5.8	9.9	13.8
伊自良湖	CJ	1.12	3.14	1.25	3395	4.90	1.01	8.0	7.0	11.3	98.0	9.9	15.5	0.5	2.3	1.9	2.1	12.5
豊橋	CJ	1.42	6.49	3.81	1798	5.29	1.86	11.0	5.9	10.1	97.9	9.5	84.9	2.3	4.6	2.7	10.7	5.2
名古屋南	CJ	8.83	35.50	3.82	1447	5.20	1.16	9.7	8.5	13.6	27.2	16.5	20.9	1.3	3.4	3.0	2.9	6.4
大津柳が崎	CJ	1.46	10.52	1.29	1701	4.84	1.10	8.8	8.1	14.1	14.7	12.2	12.3	1.0	2.8	2.5	1.6	14.3
神戸須磨	CJ	6.64	18.72	1.13	1844	4.92	2.42	13.5	6.9	8.9	127.0	6.6	109.1	2.2	3.8	1.3	12.1	12.1
和歌山	CJ	8.97	13.33	0.87	1562	4.91	1.39	13.9	11.7	12.2	42.7	8.2	35.2	1.1	5.5	4.7	4.4	12.3
若桜	JS	0.01	0.29	0.28	2508	4.89	1.36	10.8	8.2	14.4	48.0	11.2	42.7	2.0	3.8	2.8	5.1	12.8
湯梨浜	JS	0.10	0.72	0.77	1676	4.82	2.94	19.7	11.5	21.2	156.0	20.2	135.3	3.7	6.3	3.3	14.8	15.3
松江	JS	0.26	1.38	0.50	1868	4.75	2.55	17.7	13.1	24.0	90.3	21.8	76.0	2.6	6.4	4.7	9.1	17.8
広島安佐南	WJ	1.89	7.35	0.99	1679	4.68	1.54	13.2	12.4	16.5	15.7	11.2	13.0	0.8	3.0	2.7	2.1	20.9
山口	WJ	1.17	7.33	0.57	1526	4.81	1.70	15.1	13.3	16.2	30.7	14.2	30.0	3.2	5.2	4.5	3.4	15.3
徳島	CJ	1.10	4.60	1.46	1655	4.84	2.52	14.4	7.9	13.0	127.9	11.0	107.3	2.9	5.0	2.6	12.8	14.6
松山	WJ	5.86	9.87	0.89	1799	4.57	1.35	13.4	12.6	12.7	15.5	12.0	13.8	0.7	3.5	3.2	2.0	26.9
太宰府	WJ	2.44	12.89	1.92	1617	4.89	1.20	11.0	10.0	12.2	19.6	11.7	17.0	0.9	4.0	3.6	2.2	13.0
福岡	WJ	1.52	9.07	1.44	2341	4.84	1.51	11.7	9.7	12.7	40.7	12.6	33.4	1.6	2.7	2.0	4.1	14.5
佐賀	WJ	1.20	3.87	1.46	2024	4.69	1.51	14.9	13.9	12.2	21.6	15.2	17.6	0.8	3.6	3.2	2.3	20.6
諫早	WJ	3.81	5.35	1.25	775	4.46	2.48	22.0	19.4	18.8	53.8	20.1	42.2	1.6	5.4	4.4	5.9	34.3
長崎	WJ	0.57	2.86	0.61	1404	4.83	1.58	13.5	10.8	12.4	52.6	12.9	44.6	1.5	3.9	2.9	5.3	14.8
佐世保	WJ	4.82	8.15	1.34	380	4.56	2.18	20.5	16.4	17.6	39.0	10.9	25.1	0.6	4.4	3.4	3.6	27.6
宇土	WJ	1.19	5.04	1.36	1997	4.69	1.35	12.4	11.8	10.0	14.8	10.8	10.9	0.7	2.2	2.0	1.6	20.4
画図町	WJ	0.95	4.88	2.72	2033	4.62	1.31	12.7	12.2	10.6	11.5	14.3	8.0	0.7	2.4	2.3	1.5	24.1
大分	WJ	11.58	17.02	1.16	2108	4.67	1.56	14.6	13.8	12.5	17.0	9.5	13.3	0.6	3.3	3.0	1.8	21.4
宮崎	WJ	0.31	1.84	1.02	3324	4.93	1.79	12.4	8.5	8.1	73.9	8.4	63.9	0.9	3.2	1.7	7.4	11.8
鹿児島	SW	1.00	3.55	1.31	1862	4.41	3.41	23.4	9.8	98.8	12.2	60.8	2.1	10.5	9.2	7.5	39.4	
うるま	SW	10.14	9.25	1.28	2311	5.30	6.11	25.6	4.4	7.0	412.5	9.3	350.8	7.8	17.3	9.4	45.2	5.0
辺戸岬	SW	0.00	0.03	0.32	2138	5.01	4.99	20.8	4.1	6.2	324.3	4.7	275.6	6.2	8.3	2.1	34.5	9.8
最低値					380	4.41	0.67	5.4	4.1	6.2	6.7	4.7	5.0	0.1	2.2	0.3	0.9	1.9
最高値					3395	5.73	6.11	27.1	23.4	24.7	412.5	36.9	350.8	7.8	17.3	9.7	45.2	39.4
加重平均値※					1575	4.89	2.10	14.4	9.9	14.0	87.7	14.8	74.0	2.2	5.4	3.8	9.0	13.0

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)

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

4.2.1 降水量および酸性成分濃度による地域区分

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

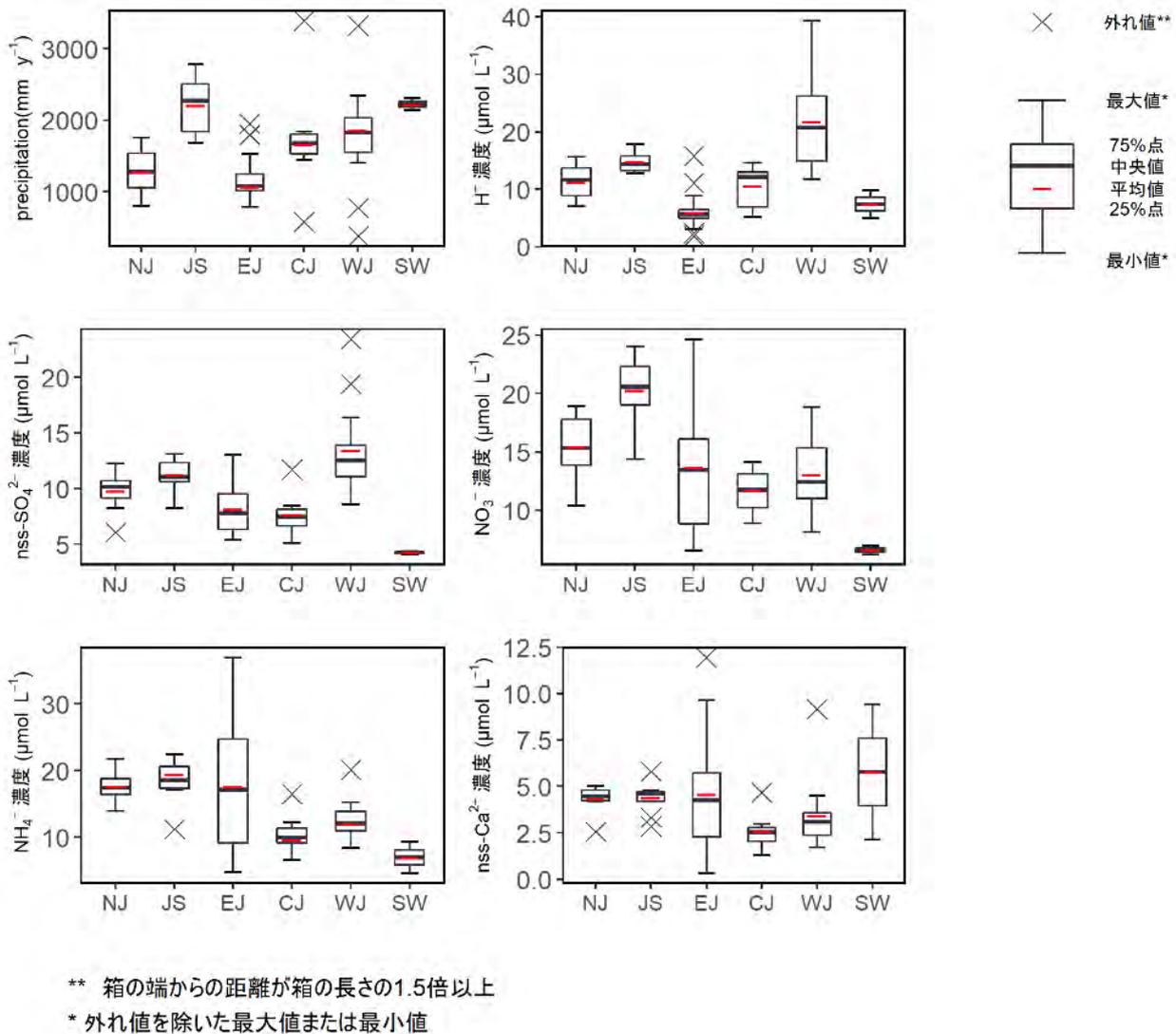


図 4.2.2 主要イオン成分の年加重平均濃度の分布

4.2.2 pH, EC およびイオン成分濃度の年加重平均値

2018年度の年間データが有効となった地点(60地点)における、降水量および湿性イオン成分濃度等の年加重平均濃度を表4.2.1に示す。また、主要イオン成分濃度について、地域区分別に箱ひげ図を図4.2.2に示す。なお、“nss-”は「非海塩性(nss: non sea salt)」を表し、海塩性イオン(Na⁺をすべて海塩由来として海塩組成比から算出)を差し引いた残りであることを示している。

2018年度の年間降水量は、380(佐世保)~3,395 mm(伊自良湖)の範囲にあり、単純平均は1,575mmであった。地域別では、日本海側で多く、東部で少ない傾向を示した。

年間平均pHは、4.41(鹿児島)~5.73(旭)の範囲で、加重平均は4.89であった。最高値を観測した旭は周辺に大規模な畜産施設があり、その影響を受けたと考えられる。H⁺濃度としては、加重平均は13.0 μmol L⁻¹であり、西日本で高く、東部で低い傾向がみられた。

年間平均ECは、0.67(長野)~6.11 mS m⁻¹(うるま)の範囲で、加重平均は2.10 mS m⁻¹であった。

海塩粒子からの寄与を示す成分としてはNa⁺が用いられる。2018年度の年間平均Na⁺濃度では、5.0(長野)~350.8 μmol L⁻¹(うるま)の範囲で、加重平均は74.0 μmol L⁻¹であった。

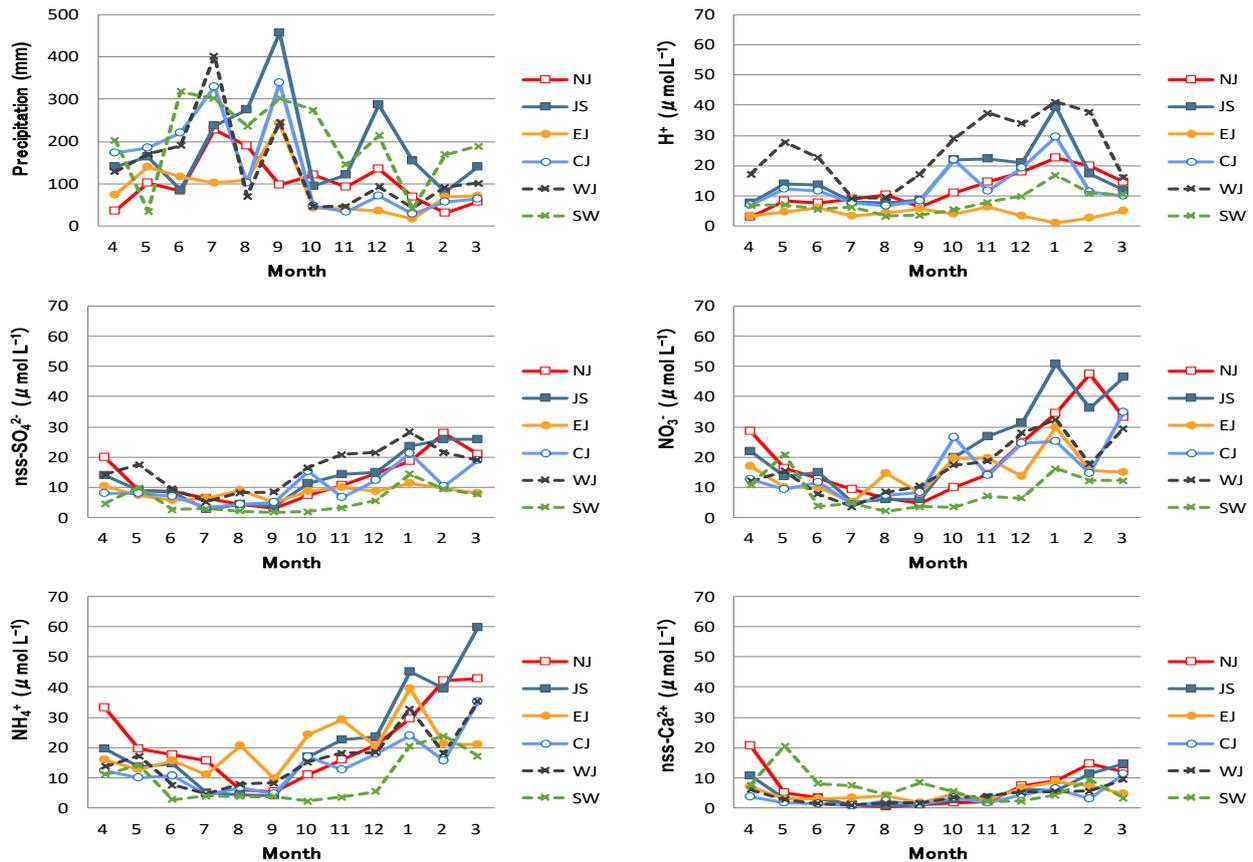


図4.2.3 イオン成分濃度の地域別季節変動（中央値）

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

降水の酸性化の原因となる酸性成分については、次のとおりであった。

年間平均 $nss-SO_4^{2-}$ 濃度は、4.1（辺戸岬）～23.4 $\mu mol L^{-1}$ （鹿児島）の範囲で、加重平均は9.9 $\mu mol L^{-1}$ であった。地域別では、西部で高く、南西諸島で低い傾向を示した。

年間平均 NO_3^- 濃度は、6.2（辺戸岬）～24.7 $\mu mol L^{-1}$ （加須）の範囲で、加重平均は14.0 $\mu mol L^{-1}$ であった。地域別では日本海側で高く、南西諸島で低い傾向を示した。

降水中の塩基性成分については、次のとおりであった。

年間平均 NH_4^+ 濃度は、4.7（辺戸岬）～36.9 $\mu mol L^{-1}$ （旭）の範囲で、加重平均は14.8 $\mu mol L^{-1}$ であった。地域別では、北部、日本海側および東部で高く、南西諸島で低い傾向を示した。

年間平均 $nss-Ca^{2+}$ 濃度は、0.3（旭）～9.7 $\mu mol L^{-1}$ （宮野木）の範囲で、加重平均は3.8 $\mu mol L^{-1}$ であった。地域別では、南西諸島で高く、中部で低い傾向を示した。

4.2.3 pHおよびイオン成分濃度の季節変動

湿性沈着による汚染実態を把握するのに重要と考えら

れる項目について、2018年度の季節変動を地域区分別に図4.2.3に示す。地域区分別の月間代表値としては、地域区分内での中央値を採用した。なお、中央値を採用した理由は、データ数が比較的小さいため、平均値を採用すると1つの外れ値に引きずられて、代表性が乏しくなると考えられるためである。

降水量は、7月に東部以外の地域で高い値を示した。これは【平成30年7月豪雨】と名付けられた台風7号および梅雨前線の影響によるものである。また9月にも台風21号および24号の影響で、多くの地域で降水量が多くなった。

H^+ 濃度は、西部で春季に、日本海側で冬季に高い傾向が見られた。

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

NO_3^- 濃度は、おおむねどの地域も夏季に低く、冬季に高くなる傾向が示された。

NH_4^+ 濃度も、おおむねどの地域も夏季に低く、冬季に高くなる傾向が示された。東部では夏季にも濃度の上昇が確認された。

$nss-Ca^{2+}$ 濃度は、他のイオン成分に比較して、年間を通し、低い値で推移していたが、春季や冬季にやや高濃度

となる傾向が見られた。

濃度の季節変動において特徴的なことの一つは、ほとんどの地域において夏季に濃度が低下した。また、冬季に多くの物質の濃度が高くなる傾向も確認された。地理的要因や冬季の風向等を考慮すると、大陸からの汚染物質の移流が示唆され、2008～2017年度に引き続き同様の傾向がみられた⁴⁻¹²⁾。

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)	1587	380	(佐世保)
			3395	(伊自良湖)
nss-SO ₄ ²⁻	(mmol m ⁻² y ⁻¹)	13.2	2.9	(長野)
			43.7	(鹿児島)
NO ₃ ⁻	(〃)	19.3	5.9	(長野)
			53.2	(金沢)
NH ₄ ⁺	(〃)	21.6	4.2	(佐世保)
			56.6	(旭)
nss-Ca ²⁺	(〃)	5.2	0.5	(旭)
			23.3	(日光)
H ⁺	(〃)	17.4	2.7	(宮野木)
			73.3	(鹿児島)

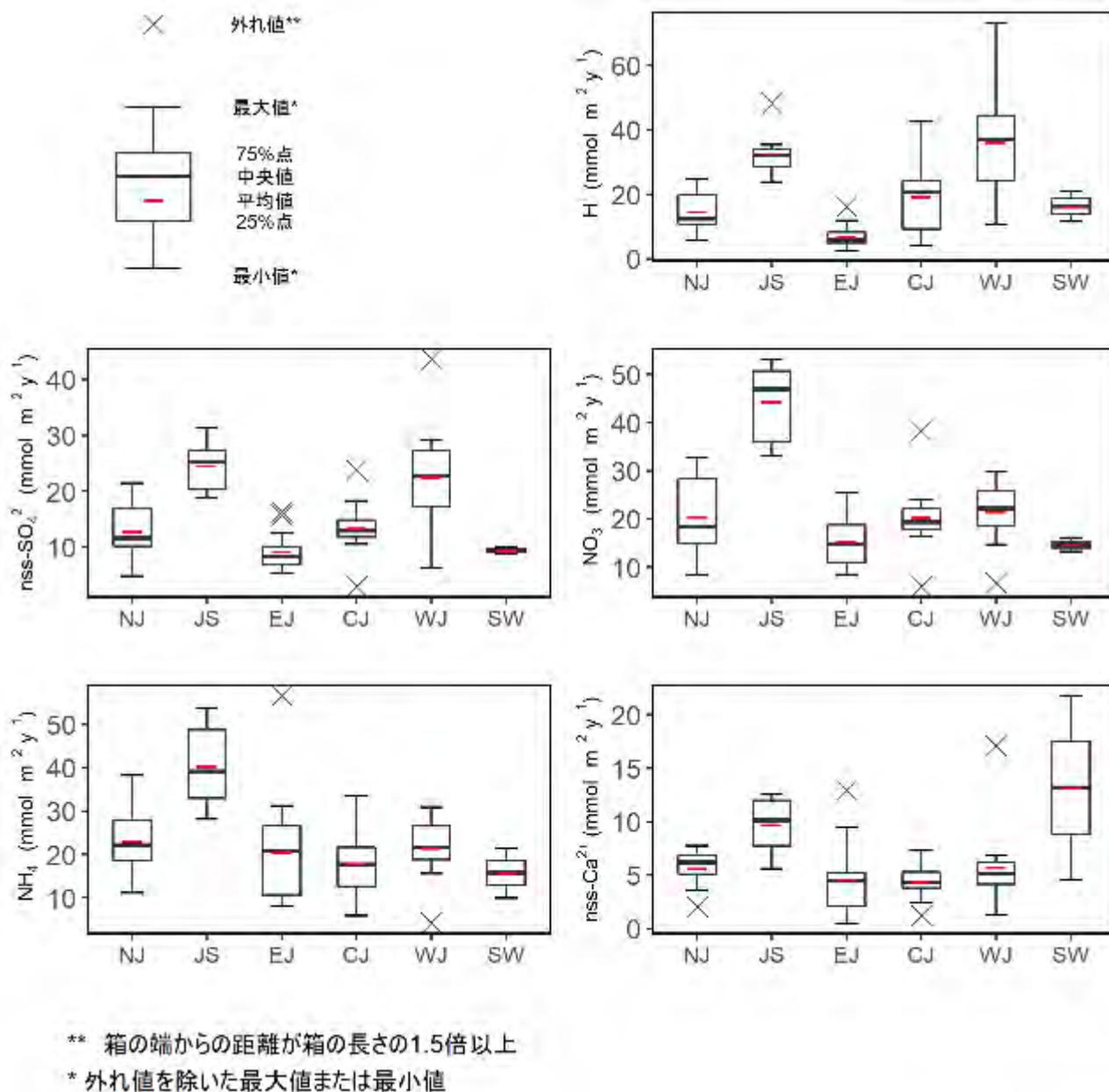


図 4.3.1 主要イオン成分年間沈着量および降水量の分布

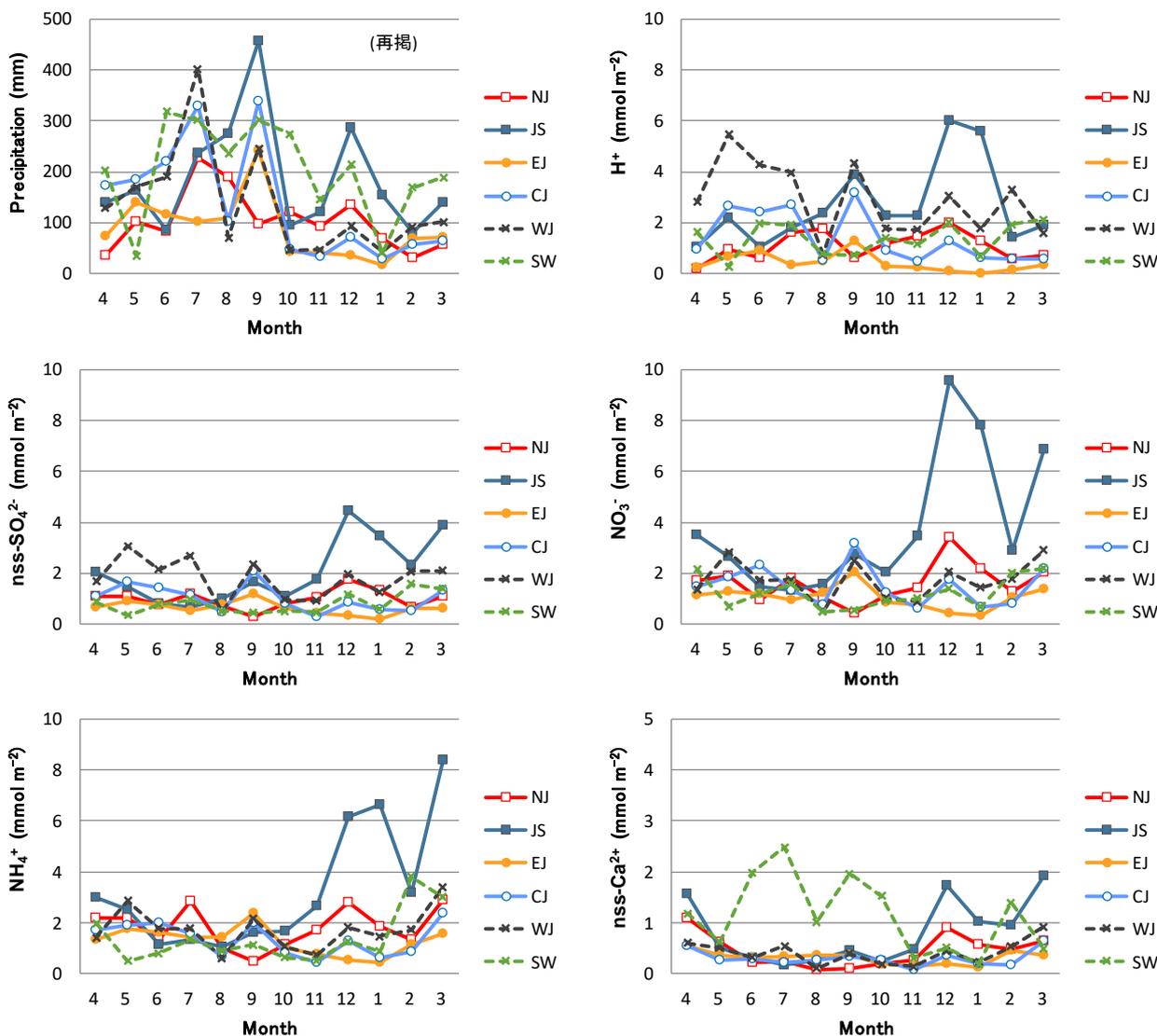


図 4.3.2 イオン成分沈着量の地域別季節変動（中央値）

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

2018年度の年間データが有効となった59地点における年間降水量および主要イオン成分の年間沈着量について、表4.3.1に要約した。また、図4.3.1には主要イオン成分の沈着量について、地域区分別に箱ひげ図を示した。なお、年間沈着量は、年平均濃度に年間降水量を掛け合わせるにより算出した。

H⁺沈着量は日本海側および西部で多く、中央値はそれぞれ32.2および37.1 mmol m⁻² y⁻¹であった。

nss-SO₄²⁻沈着量も日本海側および西部で多く、中央値はそれぞれ25.3および22.7 mmol m⁻² y⁻¹であった。

NO₃⁻沈着量は日本海側で多い傾向を示し、中央値は46.9 mmol m⁻² y⁻¹、それ以外の地域では中央値が14.7～22.2 mmol m⁻² y⁻¹の間であった。

NH₄⁺沈着量は日本海側で多く中央値は39.2 mmol m⁻² y⁻¹、それ以外の地域では中央値が15.7～22.2 mmol m⁻² y⁻¹の間であった。

nss-Ca²⁺沈着量は南西諸島で多く、中央値は13.2 mmol m⁻² y⁻¹、それ以外の地域では中央値が4.3～10.1 mmol m⁻² y⁻¹の間であった。

4.3.2 沈着量の季節変動

地域別の降水量（再掲）および主要イオン成分沈着量の季節変動を図4.3.2に示す。4.2.3章と同様に、月間代表値として中央値を採用した。

H⁺沈着量は、日本海側では冬季に多い傾向であり、西部では冬季にかけて多かった。同様の傾向がnss-SO₄²⁻沈着量でみられた。

NO₃⁻沈着量は西部で冬季に多い傾向であり、NH₄⁺沈着量でも同様の傾向が見られた。

nss-Ca²⁺沈着量は、南西諸島で春季および夏季で多くなった。日本海側では冬季に多くなった。

－ 引用文献 －

- 1) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書（平成17年度），全国環境研会誌，**32**，78-152，2007
- 2) 環境省地球環境局環境保全対策課，酸性雨研究センター：湿性沈着モニタリング手引き書（第2版），2001，http://www.env.go.jp/air/acidrain/man/wet_deposi/index.html
- 3) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書（平成19年度），全国環境研会誌，**34**，193-223，2009
- 4) 全国環境研協議会：第4次酸性雨全国調査報告書（平成20年度），全国環境研会誌，**35**，88-138，2010
- 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21年度），全国環境研会誌，**36**，106-146，2011
- 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22年度），全国環境研会誌，**37**，110-158，2012
- 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23年度），全国環境研会誌，**38**，84-126，2013
- 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24年度），全国環境研会誌，**39**，100-146，2014
- 9) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成25年度），全国環境研会誌，**40**，98-142，2015
- 10) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成26年度），全国環境研会誌，**41**，3，2-37，2016
- 11) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第5次酸性雨全国調査報告書（平成27年度），全国環境研会誌，**42**，3，83-126，2017
- 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（平成28年度），全国環境研会誌，**43**，3，79-119，2018
- 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：平成30年度酸性雨測定分析精度管理調査結果報告書（国設酸性雨測定所），2019

5. 乾性沈着（フィルターパック法）

2018年度のフィルターパック法（以下、FP法）による乾性沈着調査地点および地域区分を図5.1.1に示す。2018年度は29地点で乾性沈着調査を実施した。地域区分は、湿性沈着と同じく、北部[NJ]、日本海側[JS]、東部[EJ]、中央部[CJ]、西部[WJ]および南西諸島[SW]の6地域とした。

なお、調査結果には国設局および他の学術機関との共同研究データが含まれているが、データ確定を部会基準（5.1に後述）で行ったため、特に国設局については環境省が公表したデータ¹⁾と異なる場合がある。また、成分名に付してある(g)はガス状成分を、(p)は粒子状成分をそれぞれ表す。

5.1 データ確定

5.1.1 完全度および流量変動による判定

FP法の有効データ数を表5.1.1に示す。データ確定においては、完全度（測定期間の適合度を含む）を指標として、月データで60%以上、年データで80%以上の場合を有効データとし、それ以外を参考値として解析対象から除外した。ただし、月データの完全度が60%未満でも、年データが80%以上であれば、年平均値は解析対象とした。また、サンプリングや測定に不具合があると考えられた場合は参考値または欠測とした。

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⁾。

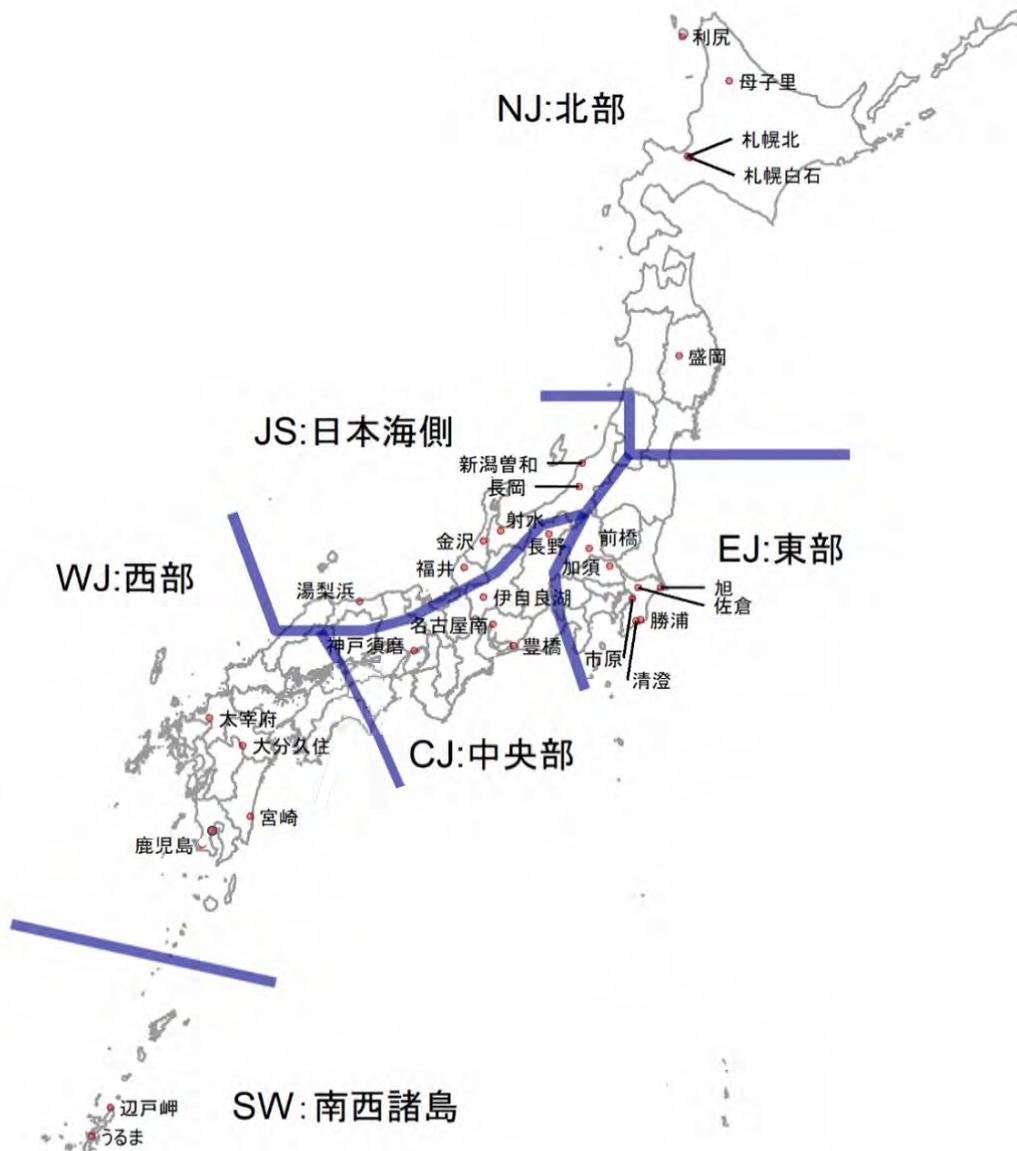


図5.1.1 FP法の調査地点（地域区分は表2.1.1のとおり）

表5.1.1 フィルターパック法による調査結果の有効データ数

成分	月平均濃度								年平均濃度						
	地点数	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)	29	8	340	20	0	320	44	94	0	29	4	0	25	0	86
SO ₂ (g)	29	9	339	21	0	318	10	94	0	29	4	0	25	0	86
HCl(g)	29	9	339	21	0	318	1	94	0	29	4	0	25	0	86
NH ₃ (g)	29	8	340	20	0	320	0	94	0	29	4	0	25	0	86
SO ₄ ²⁻ (p)	29	8	340	20	0	320	0	94	0	29	4	0	25	0	86
NO ₃ ⁻ (p)	29	8	340	20	0	320	0	94	0	29	4	0	25	0	86
Cl ⁻ (p)	29	8	340	20	0	320	1	94	0	29	4	0	25	0	86
Na ⁺ (p)	29	8	340	20	0	320	0	94	0	29	4	0	25	0	86
K ⁺ (p)	29	8	340	20	0	320	5	94	0	29	4	0	25	0	86
Ca ²⁺ (p)	29	8	340	20	0	320	0	94	0	29	4	0	25	0	86
Mg ²⁺ (p)	29	8	340	20	0	320	0	94	0	29	4	0	25	0	86
NH ₄ ⁺ (p)	29	8	340	20	0	320	0	94	0	29	4	0	25	0	86

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いる。2018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、試料中のNa⁺(p)濃度と海水中でのモル濃度比とを用いて、以下の式により非海塩(nss: non sea salt)由来成分濃度を算出した。

$$nss-SO_4^{2-}(p) = SO_4^{2-}(p) - 0.0607 \times Na^+(p)$$

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

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で表され、そのボックス内の黒線は中央値を、赤線は平均値を表す。エラーバーは最小値と最大値を表し、箱の端からの距離が箱の長さの1.5倍以上の値は外れ値として×で示されている。

SO₂(g)：WJで高く、JSおよびSWで低い傾向は例年通り。

大分久住と鹿児島は、阿蘇山や桜島等を起源とする火山ガスの影響と考えられる。市原は重油ボイラーが多く存在する工業地帯の影響と考えられる。

HNO₃(g)：CJ, WJおよびEJで高く、NJおよびSWで低い傾向は例年通り。

HCl(g)：例年はSWおよびEJで高いが、当年度はWJおよびCJでも高かった。NJで低い傾向は例年通り。

NH₃(g)：EJやSWで高い傾向は例年通り。旭、前橋およびうるまのように畜産業の影響を受けていると考えられる地点や都市部で高い傾向。

全国中央値を前年度と比較すると、調査地点は異なるが、SO₂(g)およびHCl(g)は10～20%増加、HNO₃(g)およびNH₃(g)は10%程度減少した。

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、地域区別の年平均濃度の箱ひげ図を図5.2.2に示す。

nss-SO₄²⁻(p)：WJで高く、NJで低い傾向は例年通り。

NJは前年度よりさらに5 nmol m⁻³ほど低かった。nss-SO₄²⁻(p)濃度の西高東低の分布は、Aikawa et al. (2010)⁵⁾が指摘しているように、アジア大陸の汚染大気の流れの影響を反映していると考えられる。

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	地域 区分	SO ₂ (g)	HNO ₃ (g)	HCl(g)	NH ₃ (g)
				(nmol m ⁻³)			
1	北海道	利尻*	NJ	4.9	3.1	15.2	16.7
2	北海道	母子里*	NJ	8.4	2.3	3.1	18.8
3	北海道	札幌北*	NJ	46.9	7.9	12.7	65.4
4	札幌市	札幌白石*	NJ	(30.4)	(3.9)	(7.0)	(68.4)
5	岩手県	盛岡*	NJ	23.8	4.1	9.7	82.6
6	新潟県	新潟曾和	JS	8.9	10.3	21.8	68.6
7	新潟県	長岡	JS	(12.2)	(13.0)	(15.7)	(72.4)
8	群馬県	前橋	EJ	14.9	21.6	18.5	520.7
9	埼玉県	加須*	EJ	21.8	30.1	28.9	173.7
10	千葉県	旭	EJ	20.7	5.8	24.0	3224.9
11	千葉県	勝浦	EJ	18.2	5.2	28.1	65.4
12	千葉県	清澄	EJ	29.4	5.7	24.8	79.1
13	千葉県	市原	EJ	115.6	14.3	41.8	169.0
14	千葉県	佐倉	EJ	35.6	13.9	34.9	147.5
15	長野県	長野	CJ	(13.7)	(15.1)	(11.9)	(92.1)
16	富山県	射水*	JS	11.5	9.8	15.3	80.3
17	石川県	金沢	JS	16.8	7.1	13.9	38.7
18	福井県	福井	JS	(27.0)	(11.4)	(20.5)	(66.3)
19	岐阜県	伊自良湖	CJ	7.3	7.9	8.1	43.6
20	愛知県	豊橋*	CJ	24.8	14.1	20.3	127.4
21	名古屋市	名古屋南	CJ	38.5	24.9	37.7	119.8
22	兵庫県	神戸須磨*	CJ	69.0	25.8	36.7	70.9
23	鳥取県	湯梨浜*	JS	7.4	6.1	18.3	144.8
24	福岡県	太宰府*	WJ	38.7	18.9	23.9	140.2
25	大分県	大分久住*	WJ	137.9	18.5	22.9	90.0
26	宮崎県	宮崎	WJ	50.4	13.5	40.7	105.9
27	鹿児島県	鹿児島*	WJ	122.6	11.8	36.0	83.2
28	沖縄県	うるま	SW	18.3	4.7	27.0	469.8
29	沖縄県	辺戸岬*	SW	9.1	5.3	31.9	39.7
全国最低値				4.9	2.3	5.1	16.7
全国最高値				137.9	30.1	41.8	3224.9
全国中央値				21.8	9.8	23.9	83.2
全国平均値				36.1	11.7	23.9	247.5

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜き、定量下限値未満は斜字、参考値は()で示した。
 注) 定量下限値未満及び参考値は最低値、最高値、中央値、平均値から除外した。
 注) *はインパクタ付きフィルターバック法による。

NO₃⁻(p) : EJやWJで高く, NJで低い傾向は例年通り。今年度はCJでも高い傾向がみられた。

Cl⁻(p), Na⁺(p), K⁺(p) : SWで高い傾向は例年通り。

nss-Ca²⁺(p) : SWで高い傾向は例年通り。周辺のセメント工場や石灰工場の影響を受けていると考えられる地点で高濃度であった。

Mg²⁺(p) : SWで高い傾向は例年通り。

NH₄⁺(p) : WJで高く, NJおよびSWで低い傾向は例年通り。

全国中央値を前年度と比較すると、調査地点は異なるが、Cl⁻(p), Na⁺(p)およびnss-Ca²⁺(p)は15~25%増加した。

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。

SO₂(g)+nss-SO₄²⁻(p) : WJで高い傾向は例年通り。

HNO₃(g)+NO₃⁻(p) : WJ, EJおよびCJで高く, NJで低い傾向は例年通り。

HCl(g)+Cl⁻(p) : SWで高い傾向は例年通り。

NH₃(g)+NH₄⁺(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。

全国中央値を前年度と比較すると、調査地点は異なるが、HCl(g)+Cl⁻(p)は25%増加した。

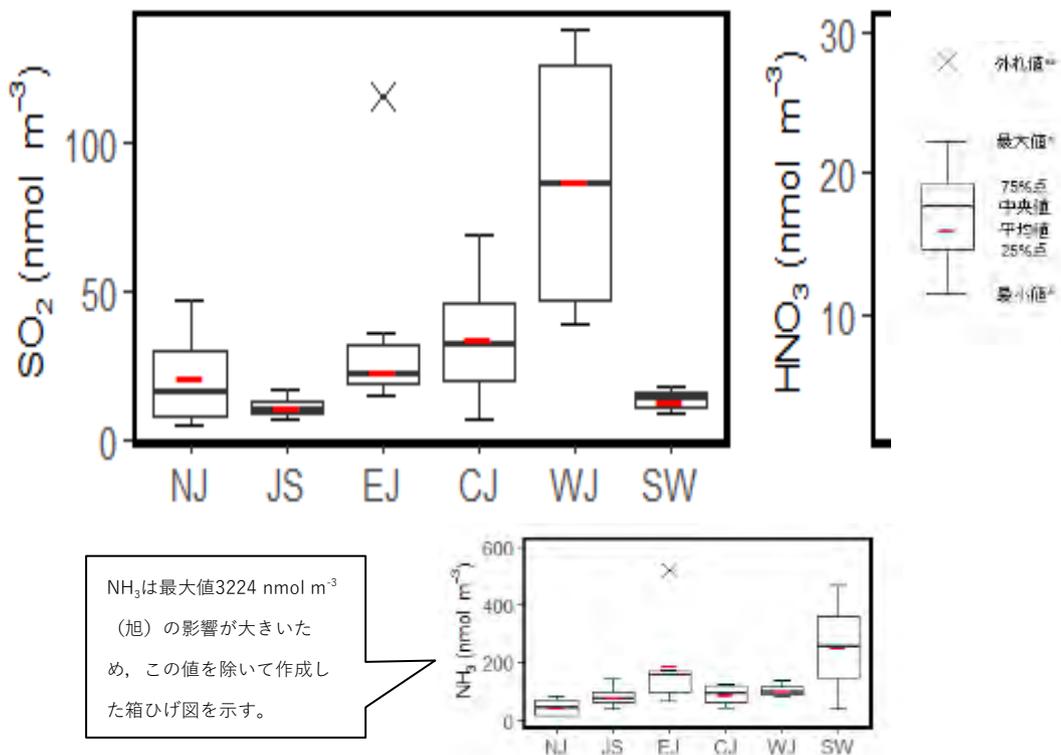


図5.2.1 ガス状成分の年平均濃度の分布（地域区分別）

表5.2.2 粒子状成分の年平均濃度（地点別）

No.	都道府県市	地点名	地域 区分	SO ₄ ²⁻ (p)	nss-SO ₄ ²⁻ (p)	NO ₃ ⁻ (p)	Cl ⁻ (p)	Na ⁺ (p)	K ⁺ (p)	Ca ²⁺ (p)	nss-Ca ²⁺ (p)	Mg ²⁺ (p)	NH ₄ ⁺ (p)
				(nmol m ⁻³)									
1	北海道	利尻*	NJ	20.3	15.8	10.3	69.3	73.9	3.5	3.5	1.9	8.8	22.2
2	北海道	母子里*	NJ	14.7	13.6	7.6	13.8	18.1	2.5	1.9	1.5	2.3	26.5
3	北海道	札幌北*	NJ	24.2	22.2	19.6	29.8	32.5	3.0	5.7	4.9	4.0	48.1
4	札幌市	札幌白石*	NJ	(20.3)	(18.3)	(18.0)	(29.3)	(31.6)	(2.5)	(5.1)	(4.4)	(3.4)	(44.7)
5	岩手県	盛岡*	NJ	13.6	12.6	12.1	10.7	15.8	1.6	2.8	2.5	1.9	25.5
6	新潟県	新潟曾和	JS	28.9	25.6	20.5	40.9	54.3	3.2	5.4	4.2	6.5	38.6
7	新潟県	長岡	JS	(30.2)	(28.1)	(21.0)	(23.4)	(34.3)	(2.8)	(5.5)	(4.8)	(4.3)	(49.5)
8	群馬県	前橋	EJ	27.2	25.9	38.6	12.1	20.5	5.9	14.2	13.7	4.1	55.7
9	埼玉県	加須*	EJ	29.9	28.4	38.0	16.4	24.7	3.7	8.4	7.9	3.1	64.4
10	千葉県	旭	EJ	33.3	27.5	38.5	92.9	95.9	3.6	6.6	4.4	10.4	64.0
11	千葉県	勝浦	EJ	35.6	29.9	28.4	75.8	94.3	3.2	6.6	4.5	10.8	39.0
12	千葉県	清澄	EJ	32.2	28.9	23.4	33.5	53.7	2.3	5.1	3.9	6.4	36.5
13	千葉県	市原	EJ	40.7	37.4	43.5	33.0	55.0	2.7	13.8	12.6	7.0	58.0
14	千葉県	佐倉	EJ	34.5	31.9	34.4	21.4	42.7	3.0	7.6	6.7	5.3	47.4
15	長野県	長野	CJ	(23.6)	(23.0)	(9.6)	(1.8)	(9.3)	(2.1)	(3.4)	(3.2)	(1.3)	(33.9)
16	富山県	射水*	JS	29.0	27.4	15.4	17.0	27.0	4.1	4.4	3.8	3.4	48.9
17	石川県	金沢	JS	22.7	21.2	13.5	11.2	24.9	2.4	4.9	4.3	3.5	29.6
18	福井県	福井	JS	(32.3)	(29.9)	(21.9)	(27.9)	(38.1)	(5.7)	(12.6)	(11.7)	(6.1)	(42.0)
19	岐阜県	伊自良湖	CJ	25.0	24.3	7.5	2.5	12.3	2.8	3.3	3.1	1.8	34.1
20	愛知県	豊橋*	CJ	27.4	24.9	27.0	27.2	42.0	3.7	7.1	6.1	6.8	49.9
21	名古屋市	名古屋南	CJ	31.9	29.8	34.3	23.1	34.9	3.6	10.0	9.2	5.0	55.4
22	兵庫県	神戸須磨*	CJ	40.8	37.4	41.6	38.9	55.5	2.5	7.3	6.1	6.4	72.8
23	鳥取県	湯梨浜*	JS	35.5	32.3	18.5	40.0	53.5	2.0	4.3	3.1	4.3	59.5
24	福岡県	太宰府*	WJ	42.9	40.8	41.3	21.6	35.1	4.1	9.5	8.7	4.5	85.9
25	大分県	大分久住*	WJ	63.8	61.9	42.0	16.0	31.0	3.8	9.8	9.1	5.1	120.1
26	宮崎県	宮崎	WJ	42.7	39.6	34.0	33.8	50.4	1.7	7.5	6.4	5.9	77.1
27	鹿児島県	鹿児島*	WJ	45.3	42.4	30.2	37.4	47.8	2.2	8.9	7.8	6.0	78.2
28	沖縄県	うるま	SW	34.8	28.2	26.7	94.7	109.0	4.0	18.9	16.4	15.0	31.2
29	沖縄県	辺戸岬*	SW	41.0	31.5	25.2	146.4	157.4	5.0	10.5	7.0	21.3	38.0
全国最低値				13.6	12.6	7.5	2.5	12.3	1.6	1.9	1.5	1.8	22.2
全国最高値				63.8	61.9	43.5	146.4	157.4	5.9	18.9	16.4	21.3	120.1
全国中央値				32.2	28.4	27.0	29.8	42.7	3.2	7.1	6.1	5.3	48.9
全国平均値				32.7	29.7	26.9	38.4	50.5	3.2	7.5	6.4	6.4	52.3

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜き、参考値は()で示した。
 注) 参考値は最低値、最高値、中央値、平均値から除外した。
 注) *はインパクタ付きフィルターバック法による。

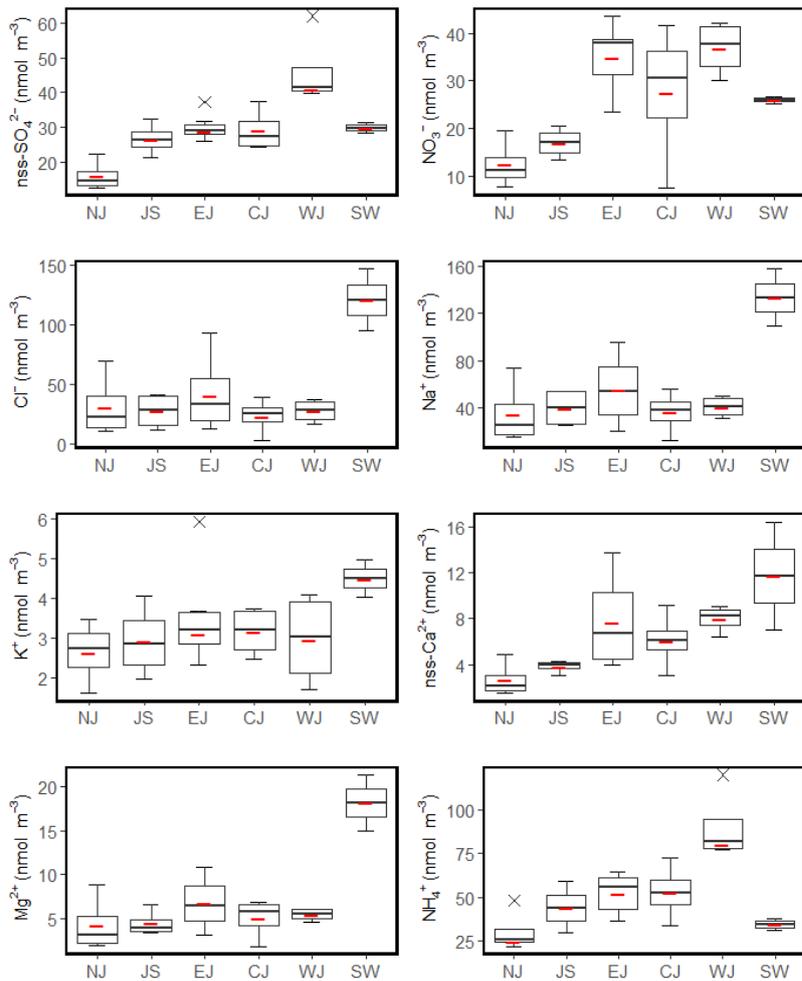


図5.2.2 粒子状成分の年平均濃度の分布（地域区別別）

表5.2.3 ガス状および粒子状成分の総計の年平均濃度（地点別）

No.	都道府県市	地点名	地域区分	全硫黄	全硝酸	全塩化物	全アンモニア
				SO ₂ (g)+ms-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*	NJ	20.8	13.4	84.5	38.9
2	北海道	母子里*	NJ	22.0	9.9	19.0	45.3
3	北海道	札幌北*	NJ	69.1	27.5	42.6	113.5
4	札幌市	札幌白石*	NJ	(48.7)	(21.9)	(36.3)	(113.1)
5	岩手県	盛岡*	NJ	36.5	16.3	20.4	108.1
6	新潟県	新潟曾和	JS	34.5	30.8	62.7	107.2
7	新潟県	長岡	JS	(40.3)	(34.1)	(39.1)	(121.9)
8	群馬県	前橋	EJ	40.8	60.2	30.6	576.4
9	埼玉県	加須*	EJ	50.3	68.0	45.4	238.1
10	千葉県	旭	EJ	48.2	44.3	116.9	3288.9
11	千葉県	勝浦	EJ	48.1	33.6	103.9	104.4
12	千葉県	清澄	EJ	58.3	29.1	58.3	115.6
13	千葉県	市原	EJ	153.0	57.8	74.8	227.0
14	千葉県	佐倉	EJ	67.4	48.3	56.4	194.9
15	長野県	長野	CJ	(36.7)	(24.7)	(13.7)	(126.0)
16	富山県	射水*	JS	38.9	25.2	32.3	129.2
17	石川県	金沢	JS	38.0	20.5	25.1	68.4
18	福井県	福井	JS	(56.9)	(33.4)	(48.4)	(108.2)
19	岐阜県	伊自良湖	CJ	31.6	15.4	10.7	77.7
20	愛知県	豊橋*	CJ	49.6	41.2	47.4	177.4
21	名古屋市	名古屋南	CJ	68.3	59.2	60.9	175.1
22	兵庫県	神戸須磨*	CJ	106.4	67.4	75.7	143.7
23	鳥取県	湯梨浜*	JS	39.7	24.6	58.3	204.3
24	福岡県	太宰府*	WJ	79.5	60.2	45.5	226.1
25	大分県	大分久住*	WJ	199.8	60.5	39.0	210.1
26	宮崎県	宮崎	WJ	90.1	47.5	74.4	183.0
27	鹿児島県	鹿児島*	WJ	165.0	42.0	73.4	161.4
28	沖縄県	うるま	SW	46.6	31.3	121.7	501.0
29	沖縄県	辺戸岬*	SW	40.5	30.4	178.3	77.7
全国最低値				20.8	9.9	10.7	38.9
全国最高値				199.8	68.0	178.3	3288.9
全国中央値				48.2	33.6	58.3	161.4
全国平均値				65.7	38.6	62.3	299.7

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜き、参考値は()で示した。

注) 参考値は最低値、最高値、中央値、平均値から除外した。

注) *はインパクタ付きフィルターバック法による。

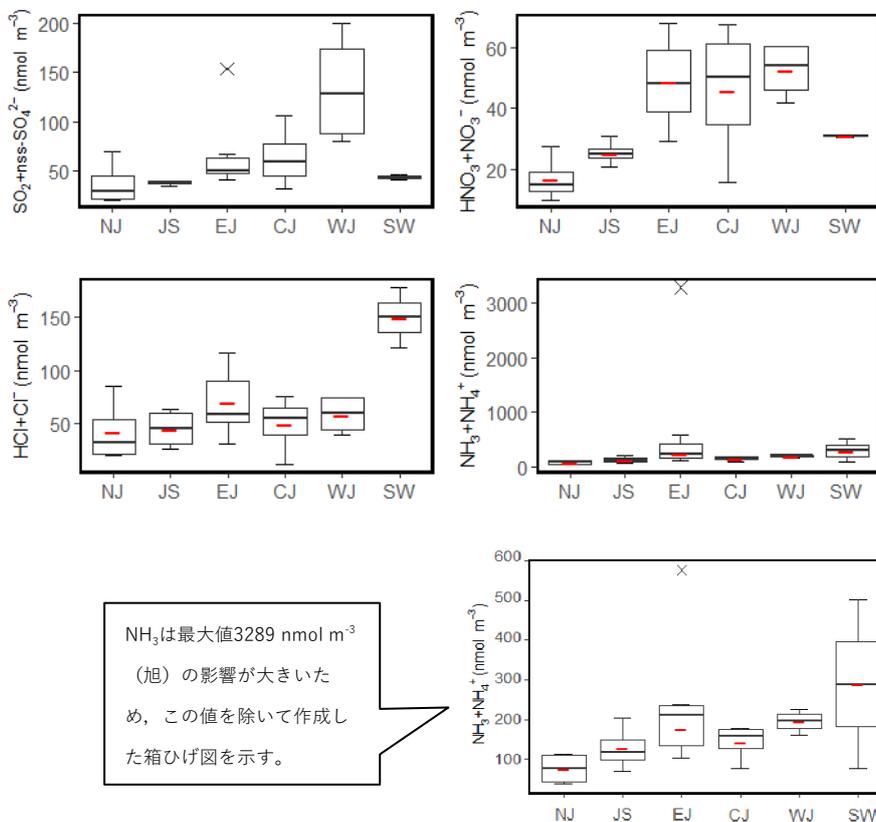


図5.2.3 ガス状および粒子状成分の総計の年平均濃度の分布（地域区分別）

5.2.2 経月変化および地域特性

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

5.2.2.1 ガス状成分

地域区分別のガス状成分濃度の経月変化を図5.2.4に示す。

$\text{SO}_2(\text{g})$: WJおよびSWを除き冬季から春季に高くなる傾向は例年通り。寒候期における暖房等の使用に伴う地域汚染の影響も考えられる。WJで最も高く、活発な噴火活動が継続する桜島や霧島山、口永良部島⁷⁾を起源とする火山ガスの影響を受けていることや、大陸起源の $\text{SO}_2(\text{g})$ の影響を強く受けている可能性が考えられる。

$\text{HNO}_3(\text{g})$: 春季から夏季にかけて高く、秋季から冬季にかけて低くなる傾向は例年通り。ただし、当年度はWJにおいて季節変動がはっきりしなかった。春季から夏季にかけての高濃度はCJで特に顕著であった。その要因としては、気温の上昇によって光化学反応が活発になり窒素酸化物から $\text{HNO}_3(\text{g})$ への酸化が促進されることや、揮発性粒子である NH_4NO_3 などの解

離が進むことなどが考えられる。

$\text{HCl}(\text{g})$: SWを除いて冬季に低くなる傾向は例年通り。ただし、当年度はWJにおいて季節変動がはっきりしなかった。発生源としては、廃棄物焼却施設、火山ガス、海塩粒子のクロリンロスなどが考えられる。

$\text{NH}_3(\text{g})$: 夏季に高く冬季に低くなる傾向は例年通り。この季節変化は、気温が上昇すると NH_4NO_3 などの揮発性粒子が解離することによりガス化し、逆に気温が低下すると粒子化することによって考えられる。SWでは夏季から秋季の高濃度が顕著であるが、これは周辺の畜産業の影響を強く受けていると考えられる。WJで最も高い濃度を示したためである。 $\text{NH}_3(\text{g})$ 濃度の高いSWおよびEJでは地域汚染の影響が強いと考えられる。

5.2.2.2 粒子状成分

粒子状成分の地域別年平均当量濃度を図5.2.5に、年平均組成比を図5.2.6に示す。どの地域でも陰イオンと陽イオンは同量程度であり、分析した8成分でイオンバランスはおおむねとれていた。総当量濃度がSWで最も高いことは例年通りであった。SWでは Na^+ と Cl^- の占める割合が高く、海塩粒子の寄与が大きいと考えられる。SWを除く地域では、陰イオンは SO_4^{2-} 、陽イオンは NH_4^+ または Na^+ の占める割合が高かった。EJでは、他の地域と比べて NO_3^- の割合が高かった。

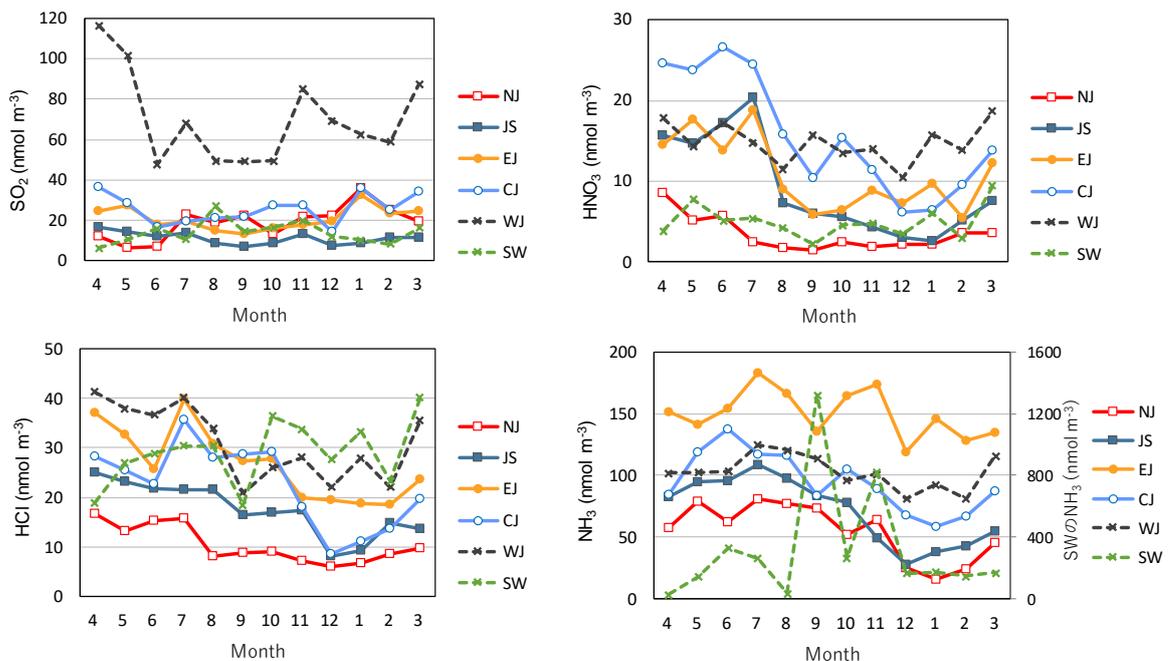


図5.2.4 ガス状成分濃度の経月変化（地域区分別）

※ NH_3 についてはSWの縦軸に第2軸（右側）を使用した。

粒子状成分濃度の経月変化を図5.2.7に示す。
 $nss-SO_4^{2-}(p)$ ：春季から夏季にかけて高い傾向は例年通り。ただし当年度においてはSWで夏季に低くなった。

$NO_3^-(p)$ ：どの地域も、夏季に低くなる傾向は例年通り。
 NH_4NO_3 などの揮発性粒子が解離した影響が考えられる。

$NH_4^+(p)$ ：春季から夏季にかけて高い傾向は例年通り。
 $nss-SO_4^{2-}(p)$ 濃度の変動と似ていた。

$nss-Ca^{2+}(p)$ ：春季に高い傾向は例年通り。2018年度は気象庁により4/6-7および4/15-17に九州から近畿地方にかけて黄砂が観測されており⁸⁾、黄砂の飛来の影響を受けて $nss-Ca^{2+}(p)$ 濃度が高くなったと考えられる。SWではうま近傍のセメント工場の影響を受けている可能性が考えられる。

$K^+(p)$ ：SWを除いて春季と秋季にやや高い傾向は例年通り。当年度は2月にも高かった。 $K^+(p)$ は、海塩粒子やバイオマス燃焼の影響があったと考えられる。

$Na^+(p)$ 、 $Cl^-(p)$ および $Mg^{2+}(p)$ の濃度変動は明瞭でなく、

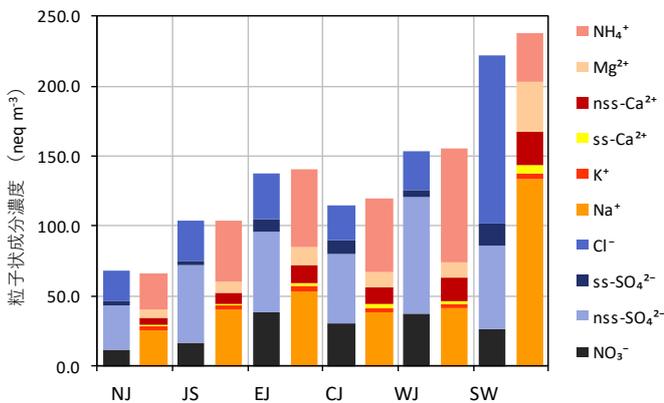


図5.2.5 粒子状成分の年平均当量濃度（地域区分別）

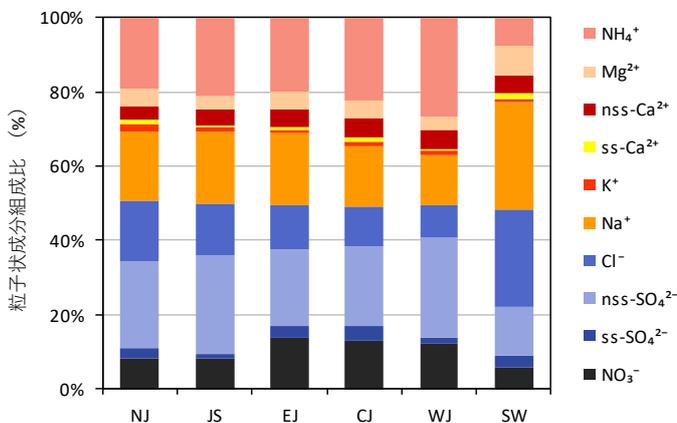


図5.2.6 粒子状成分の年平均組成比（地域区分別）

濃度は1年を通してSWで高かった（縦軸は第2軸を使用）。SWの調査地点は海に近いので、海塩粒子の影響が大きいと考えられる。

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($SO_2(g)+nss-SO_4^{2-}(p)$)、全硝酸($HNO_3(g)+NO_3^-(p)$)、全塩化物($HCl(g)+Cl^-(p)$)、全アンモニア($NH_3(g)+NH_4^+(p)$)濃度の経月変化を図5.2.8に示す。

$SO_2(g)+nss-SO_4^{2-}(p)$ ：JS, EJおよびCJでは春季にかけて高い傾向は例年通り。当年度においてはWJでも春季に高くなった。NJでは冬季にやや高くなった。SWでは変化が明瞭でなかった。

$HNO_3(g)+NO_3^-(p)$ ：春季に高くなる傾向、WJでは冬季も高濃度である傾向は例年通り。

$HCl(g)+Cl^-(p)$ ：経月変化は明確でなかった。

$NH_3(g)+NH_4^+(p)$ ：NJ, JSおよびCJでは春季から夏季に高い傾向がみられた。

5.2.2.4 微小粒子（PM_{2.5}）状成分

インパクトを装着した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PM_{2.5}とを粒径別に捕集した14地点（表5.2.1～表5.2.3で*を付した地点）の結果について述べる。

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。全地点のPM_{2.5}イオン成分濃度の合計の平均値は4.4 $\mu g m^{-3}$ であり、最高値は前年度と同じく大分久住（8.2 $\mu g m^{-3}$ ）、次いで太宰府と神戸須磨、最低値は母子里（2.0 $\mu g m^{-3}$ ）であった。どの地点も $nss-SO_4^{2-}$ の割合が最も高く、PM_{2.5}イオン濃度のうち48～66%を占めた。 $nss-SO_4^{2-}$ に次いで多いのはどの地点も NH_4^+ （15～24%）であるが、加須、札幌白石、札幌北および太宰府は他の地点と比べて NO_3^- の割合が高い傾向がみられた。

PM_{2.5}成分濃度の経月変化を図5.2.11に示す。

$nss-SO_4^{2-}(p)$ ：春季から夏季にかけて高くなる傾向は例年通り。

$NO_3^-(p)$ ：冬季に高い傾向は例年通り。

$NH_4^+(p)$ ：春季から夏季にかけて高く、さらに冬季にも高くなる傾向は例年通り。

$nss-Ca^{2+}(p)$ ：春季に高くなる傾向は例年通り。

$Cl^-(p)$ ：前年度同様、冬季に加須で顕著に高く、札幌北および札幌白石でも冬季に高かった。神戸須磨、太宰府および豊橋においても高い月があった。

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

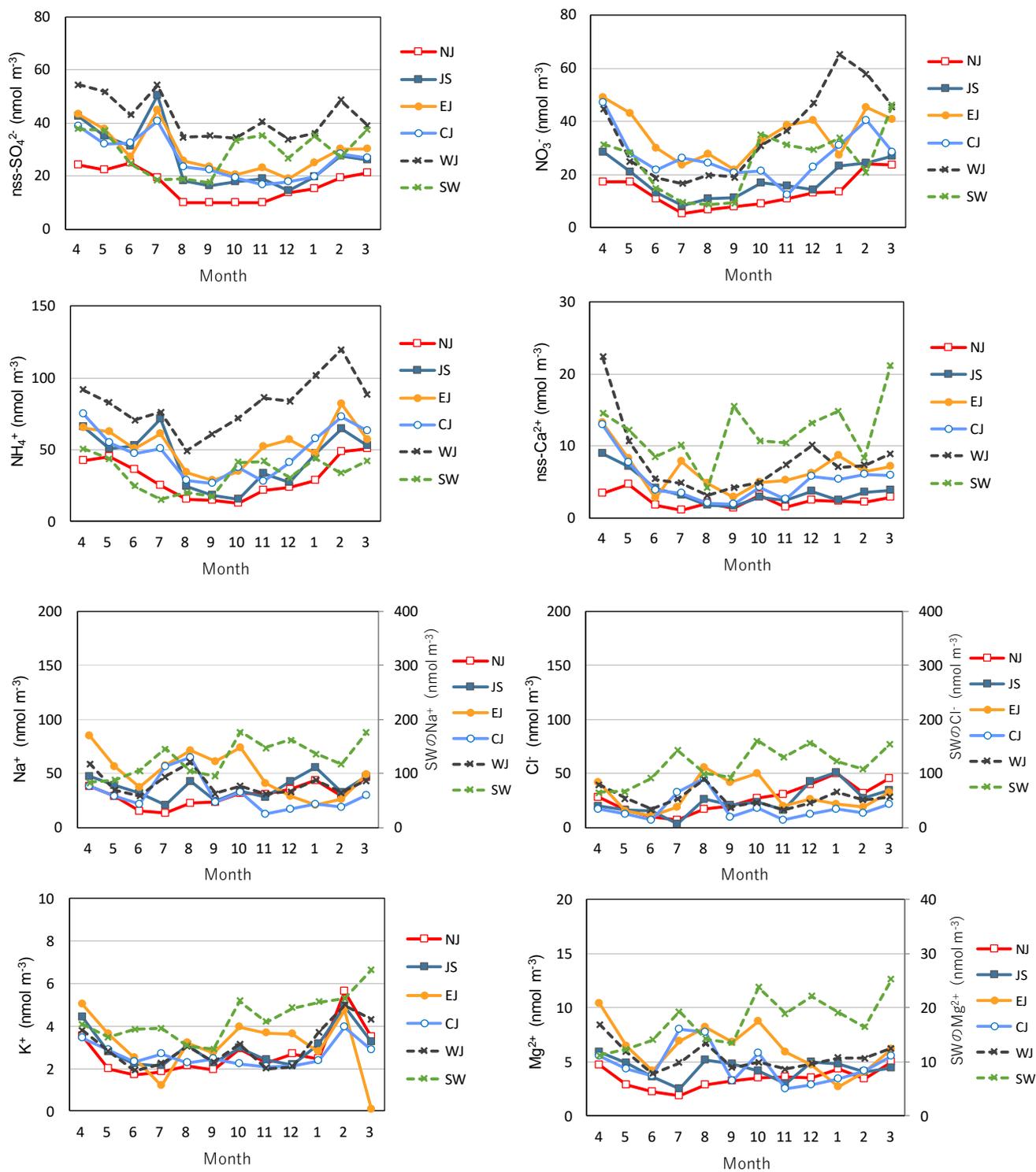


図5.2.7 粒子状成分濃度の経月変化（地域区別）

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

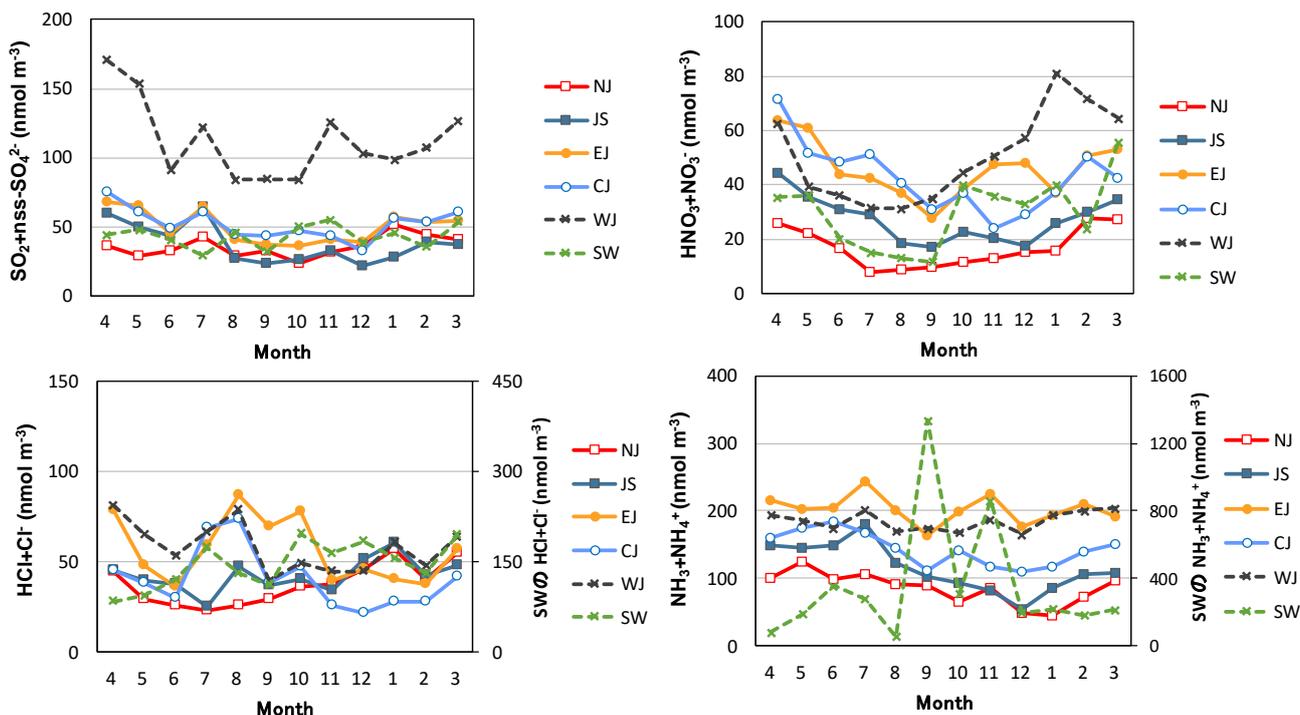


図5.2.8 ガス状および粒子状成分濃度の総計の経月変化（地域区別）

※HCl+Cl⁻およびNH₃+NH₄⁺についてはSWの縦軸に第2軸（右側）を使用した。

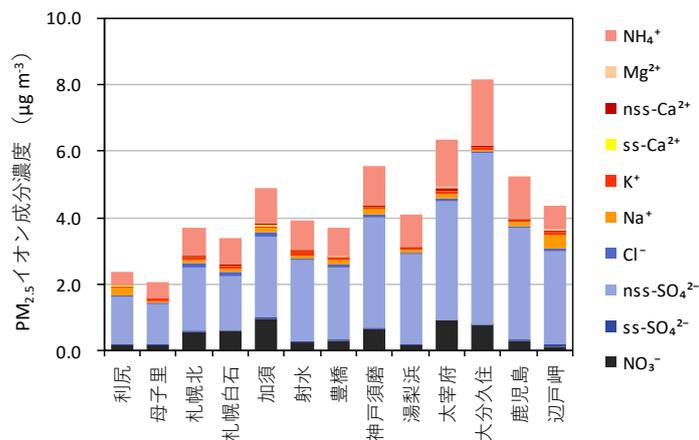


図5.2.9 $\text{PM}_{2.5}$ イオン成分の年平均濃度（調査地点別）

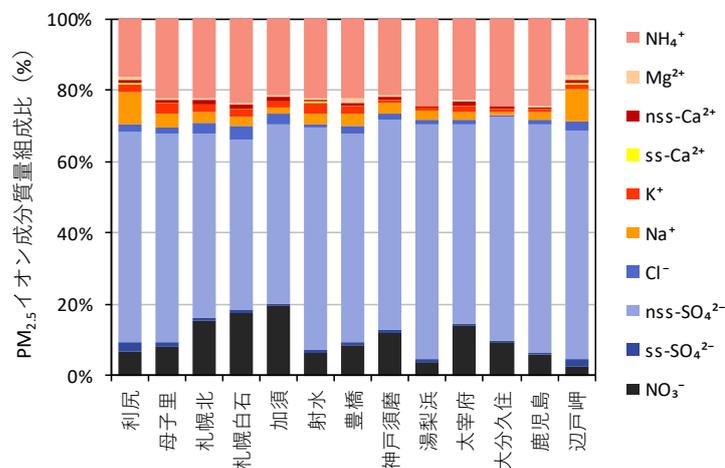


図5.2.10 $\text{PM}_{2.5}$ イオン成分の年平均組成比（調査地点別）

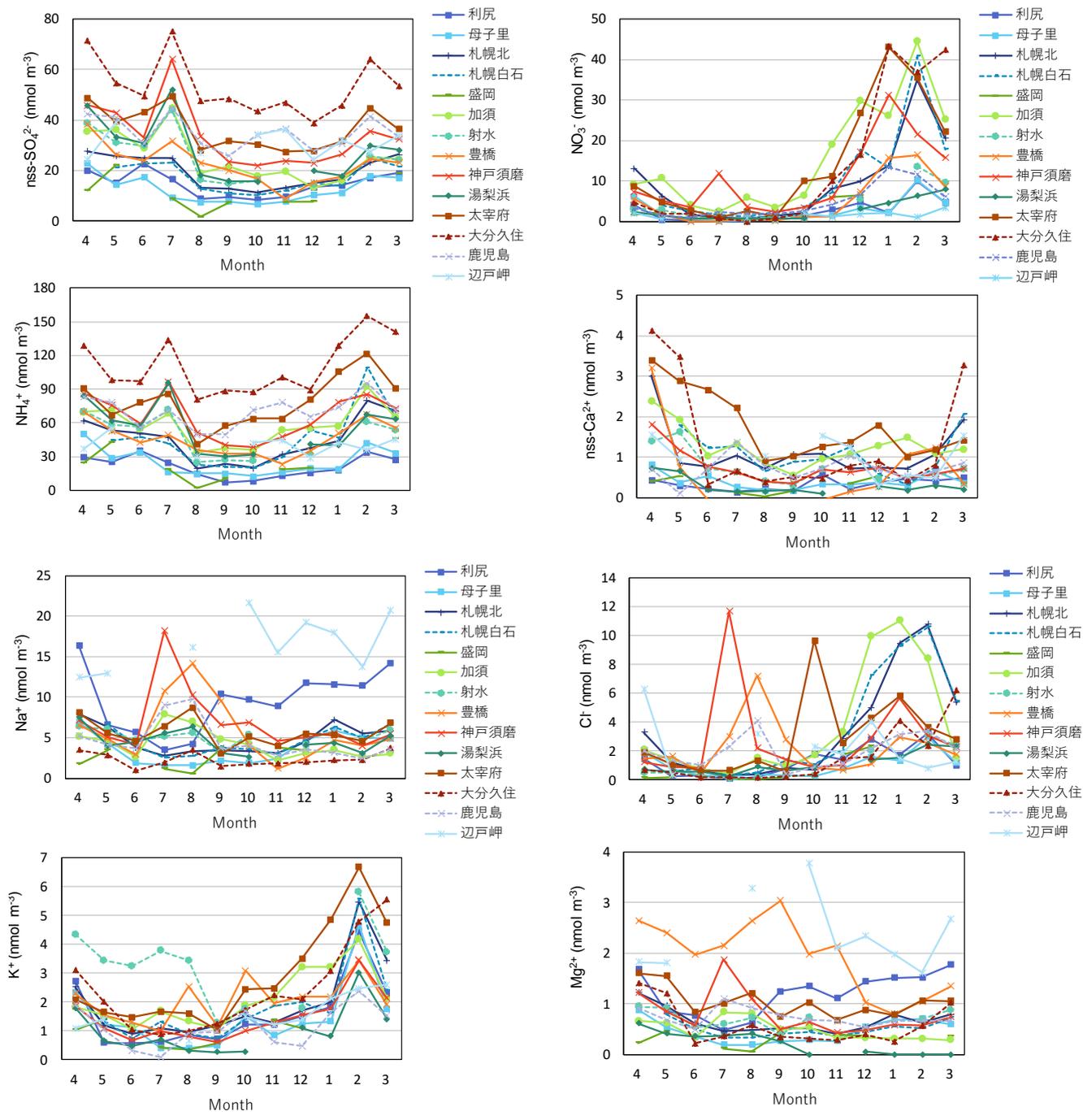


図5.2.11 PM_{2.5}成分濃度の経月変化（調査地点別）

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。

NO₃⁻(p)：夏季に低く、冬季に高い傾向は例年通り。夏季には粗大粒子に、冬季にはPM_{2.5}に多く存在する傾向がみられた。

K⁺(p)：夏季から秋季にかけてPM_{2.5}の割合が50%より低い地点が多くなる傾向。濃度が高くなる冬季にかけてPM_{2.5}に多く存在する傾向がみられた。

Cl⁻(p)：冬季に加須で顕著に高い傾向は前年度と同じ。
 SO₄²⁻(p), NH₄⁺(p)：1年を通してPM_{2.5}の割合が高かった。
 Na⁺(p), Ca²⁺(p), Mg²⁺(p)：1年を通してPM_{2.5}の割合が低かった。

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

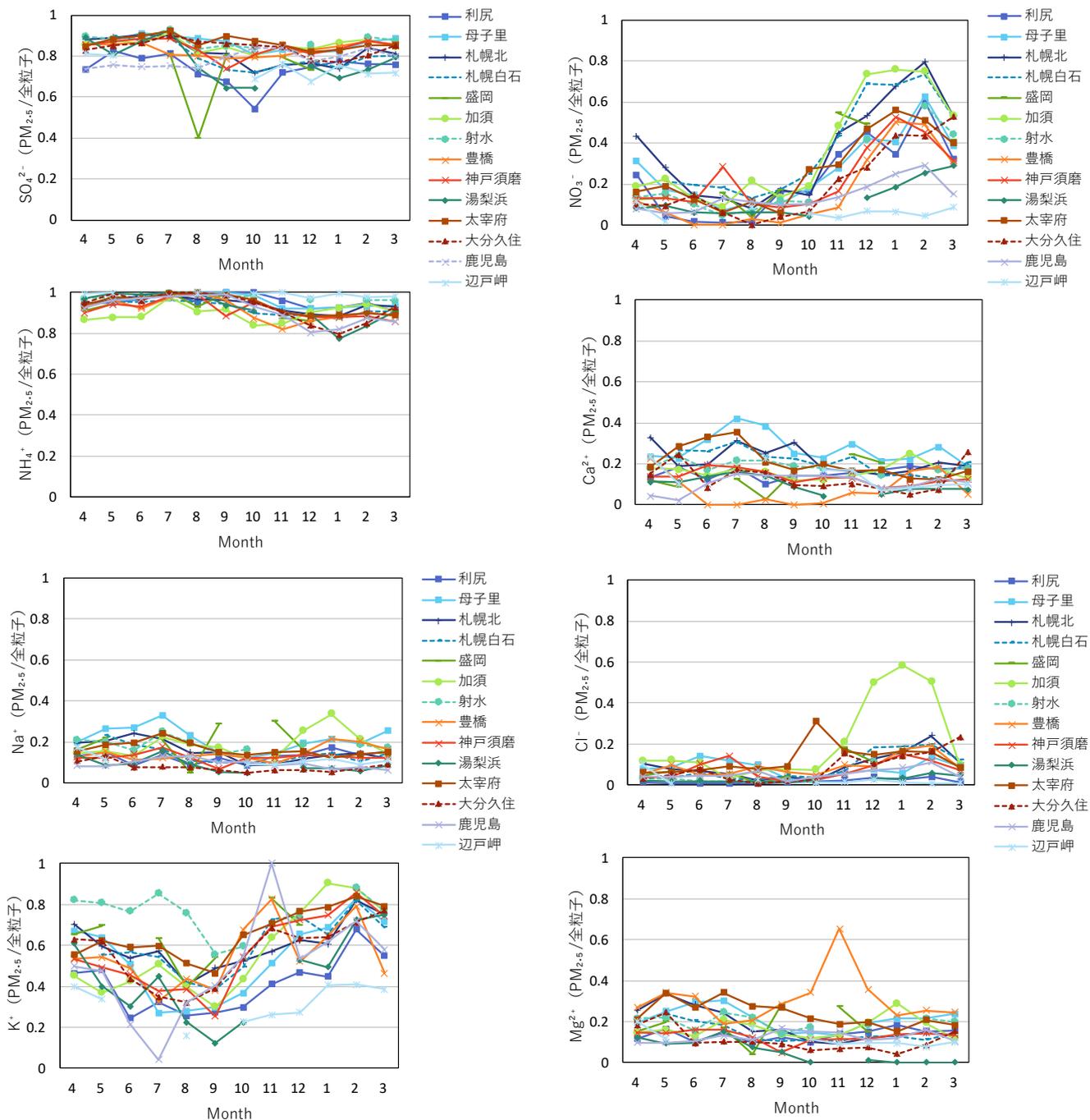


図5.2.12 全粒子状物質に占めるPM_{2.5}の割合の経月変化（調査地点別）

－ 引用文献 －

- 1) 環境省：平成30年度酸性雨調査結果について，
<http://www.env.go.jp/air/acidrain/monitoring/h30/index.html>（2020.2.26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) Network Center for EANET：Data Report 2018，
<https://monitoring.eanet.asia/document/public/index>（2020.2.26アクセス）
- 4) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会：第6次酸性雨全国調査報告書（平成28年度），全国環境研会誌，**43**，3，79-119，2018
- 5) M. Aikawa, T. Ohara, T. Hiraki, O. Oishi, A. Tsuji, M. Yamagami, K. Murano, H. Mukai: Significant geographic gradients in particulate sulfate over Japan determined from multiple-site measurements and a chemical transport model: Impacts of transboundary pollution from the Asian continent, *Atmos. Environ.*, **44**, 381-391, 2010
- 6) 気象庁：予報用語，http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/yougo_hp/mokuji.html（2020.2.26アクセス）
- 7) 気象庁：月間火山概況・火山活動解説資料，
http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php（2020.2.26アクセス）
- 8) 気象庁：[地球環境のデータバンク] 黄砂，
http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_data_index.html（2020.2.26アクセス）

5.3 乾性沈着量の推計

5.3.1 乾性沈着推計ファイル

インファレンシャル法による乾性沈着量の推計を行った。インファレンシャル法は気象データなどから沈着速度(V_d)を算出し、乾性沈着量を求める方法である¹⁾。

このモデルは以下の式で表される。

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

F: 沈着面への沈着物質のフラックス(沈着量)

$V_d(z)$: 基準高さzにおける沈着速度

C: 沈着物質の大気中濃度

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

V_d の算出には、野口らが表計算ソフト(MS Excel)のファイルとして開発した乾性沈着推計ファイルVer. 4-2を用いた²⁾。このファイルは、北海道立総合研究機構環境科学研究センターのHPで公開されており³⁾、ダウンロードが可能である。ファイルの詳細についてはそちらを参照していただきたい。

この乾性沈着推計ファイルは、現在も改良が続けられているため、今回用いたVer. 4-2による計算は、過去に報告した計算結果と必ずしも一致しない。また、乾性沈着推計ファイルVer. 4-2では、市街地の粒子状物質の V_d に上限値が設定されているが、本報告では上限値を設定せずに計算した。

5.3.2 乾性沈着量の推計方法

乾性沈着量の推計は、FP法で大気濃度の測定を実施した29地点について実施した。また、FP法調査地点のうち自動測定機またはパッシブ法で NO_2 、 NO 測定を実施した17地点については、 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、粒子状物質(SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、以後(p)をつけて表示)およびガス状物質(SO_2 、 HNO_3 、 NH_3 、以後(g)をつけて表示、 NO 、 NO_2)の V_d をそれぞれ算出した。

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

乾性沈着量は、土地利用状況別 V_d を調査地点周辺の土地利用割合で加重平均し、大気濃度との積により求めた。環境省の長期モニタリング報告書(平成15~19年度)⁵⁾では、測定局周辺約1kmの森林と草地の利用割合で計算されているが、本報告書では、測定局周辺半径約20kmを推計対象として、土地利用の分類を市街地(建物用地、幹線交通用地、その他)、森林地域(森林)、農地(田、その他の農用地)、草地(ゴルフ場などの草地、荒地)、水面(河川および湖沼、海浜)とした。土地利用状況によって V_d が大きく異なるため(表5.3.1)、土地利用の割合は推計結果に大きな影響を及ぼす。市街地は V_d 推計のためのパラメーターが十分に検証されていないなど不確実な部分が多いが、調査地点の多くが市街地にあることから、土地利用分類を上記のように設定した。また、気象データの測定点、FP法の測定地点と異なる地点が多いことから、測定局周辺半径20 kmを対象とした。土地利用割合は、国土地理院のデータ⁶⁾からFP法の測定地点周辺の海を除く半径20 kmにかかるメッシュ値を抽出して求めた。最多頻度の季節が冬(積雪あり)となった月については、農地、草地の V_d の代わりに、積雪の V_d を推計に用いた。なお、これらの条件設定については、さらに検討していく必要がある。

大気濃度は、FP法で測定した nss-SO_4^{2-} (p)、 NO_3^- (p)、 NH_4^+ (p)、 SO_2 (g)、 HNO_3 (g)、 NH_3 (g)、自動測定機またはパッシブ法で測定した NO_2 、 NO の月平均濃度を用いた。月ごとに乾性沈着量を求め、それらを合計して年間乾性沈着量を算出した。

FP法では粒子状物質とガス状物質の完全な分別捕集は難しい。しかし、乾性沈着ではガス状物質と粒子状物質の沈着速度が異なるため、FP法で得られた HNO_3 (g)と NO_3^- (p)、 NH_3 (g)と NH_4^+ (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(2018年度)

	(単位: cm s^{-1})							
	SO_4^{2-} (p)	NO_3^- (p)	NH_4^+ (p)	SO_2 (g)	HNO_3 (g)	NH_3 (g)	NO_2 (g)	NO (g)
市街地	0.18	0.18	0.18	0.18	4.6	0.047	0.031	5.2E-09
森林地域	0.60	0.87	0.66	1.4	4.2	0.56	0.11	0.0026
農地	0.14	0.14	0.14	0.68	1.3	0.40	0.15	0.0022
草地	0.17	0.17	0.17	0.73	1.7	0.37	0.10	0.0022
積雪	0.11	0.11	0.11	0.43	0.44	0.48	0.0015	0.0003
水面	0.088	0.088	0.088	0.30	0.29	0.32	0.0012	0.00024

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

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法で測定した大気濃度の年平均値が欠測または参考値となった調査地点を除いて評価した。

ガス状物質の乾性沈着量はSO₂(g)が1.0(伊自良湖)～30.8(鹿児島)(平均値 8.8)mmol m⁻² y⁻¹、HNO₃(g)が1.4(母子里)～35.1(神戸須磨)(平均値 11.7)mmol m⁻² y⁻¹、NH₃(g)が2.8(母子里)～463.6(旭)(平均値 31.2)mmol m⁻² y⁻¹だった。

粒子状物質の乾性沈着量はnss-SO₄²⁻(p)が0.6(伊自良湖)～10.6(宮崎)(平均値 3.4)mmol m⁻² y⁻¹、NO₃⁻(p)が0.3(伊自良湖)～12.8(宮崎)(平均値 3.9)mmol m⁻² y⁻¹、NH₄⁺(p)が1.0(伊自良湖)～22.5(宮崎)(平均値 6.2)mmol m⁻² y⁻¹だった。

ガス状物質と粒子状物質を合わせた乾性沈着量は非海塩由来硫黄成分(SO₂(g) + nss-SO₄²⁻(p))が1.6(伊自良湖)～39.3(宮崎)(平均値 12.1)mmol m⁻² y⁻¹、NO_x(=NO₂+NO)を含まない酸化態窒素成分(HNO₃(g) + NO₃⁻(p))が2.2(母

子里)～40.7(神戸須磨)(平均値 15.6)mmol m⁻² y⁻¹、還元態窒素成分(NH₃(g) + NH₄⁺(p))が5.2(母子里)～469.3(旭)(平均値 37.4)mmol m⁻² y⁻¹だった。

NO_x測定地点のNO₂乾性沈着量は0.6(母子里)～17.6(神戸須磨)(平均値 6.5)mmol m⁻² y⁻¹、NO乾性沈着量は0.002(利尻)～0.053(豊橋)(平均値 0.022)mmol m⁻² 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2.8(母子里)～58.4(神戸須磨)(平均値 21.3)mmol m⁻² 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(SO₂(g)、HNO₃(g)、NO₃⁻(p)、NO₃⁻(wet))および還元態窒素成分(NH₃(g)、NH₄⁺(p)、NH₄⁺(wet))に分類して考察した。大分久住の湿性沈着は大分の測定値を用いた。

表5.3.2 年間乾性沈着量 (2018年度地点別)

No.	都道府県市	地点名	SO ₂	HNO ₃	NH ₃	nss-SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂	NO
			(g)	(g)	(g)	(p)	(p)	(p)	(p)	(g)	(g)
mmol m ⁻²											
1	北海道	利尻	1.2	2.9	3.1	2.0	2.6	1.7	3.0	0.6	0.002
2	北海道	母子里	1.2	1.4	2.8	1.1	1.2	0.8	2.3	0.6	0.021 PS
3	北海道	札幌北	6.8	7.3	4.6	1.8	2.0	1.9	4.1	5.5	0.013
4	札幌市	札幌白石	(3.9)	(2.9)	(5.3)	(1.0)	(1.1)	(1.2)	(2.6)	—	—
5	岩手県	盛岡	7.7	3.8	14.6	1.4	1.5	1.7	2.9	—	—
6	新潟県	新潟菅和	1.6	8.0	7.4	1.6	1.7	1.2	2.3	7.0	0.014
7	新潟県	長岡	(2.6)	(9.0)	(9.0)	(2.3)	(2.5)	(2.2)	(4.4)	5.7	0.011
8	群馬県	前橋	1.7	12.0	36.2	1.6	1.6	2.8	3.6	8.0	0.007
9	埼玉県	加須	2.3	17.7	11.2	1.4	1.5	1.8	3.1	10.5	0.010
10	千葉県	旭	6.7	7.2	463.6	2.4	2.9	4.1	5.8	—	—
11	千葉県	勝浦	8.3	6.8	12.6	5.1	6.1	7.0	7.2	—	—
12	千葉県	清澄	13.4	7.5	17.2	5.1	5.7	6.0	7.1	—	—
13	千葉県	市原	19.6	14.6	12.6	2.5	2.7	3.1	3.8	—	—
14	千葉県	佐倉	6.7	13.3	12.6	2.6	2.8	2.9	3.5	—	—
15	長野県	長野	(3.7)	(12.5)	(11.4)	(1.8)	(1.7)	(0.8)	(2.5)	5.5	0.028
16	富山県	射水	2.4	7.4	10.1	1.8	1.9	1.2	3.4	7.5	0.042
17	石川県	金沢	3.6	6.1	3.9	1.7	1.8	1.4	2.6	—	—
18	福井県	福井	(6.2)	(7.8)	(7.8)	(2.0)	(2.1)	(2.0)	(3.1)	7.1	0.033
19	岐阜県	伊自良湖	1.0	2.1	4.9	0.6	0.6	0.3	1.0	1.6	0.020
20	愛知県	豊橋	7.7	19.4	18.7	3.6	4.0	5.0	7.5	13.1	0.053
21	名古屋市	名古屋南	3.7	27.3	5.6	1.7	1.8	2.0	3.0	—	—
22	兵庫県	神戸須磨	14.4	35.1	5.4	4.2	4.6	5.6	8.3	17.6	0.032
23	鳥取県	湯梨浜	3.5	8.8	28.6	7.0	7.7	6.1	14.2	4.2	0.020
24	福岡県	太宰府	6.3	16.6	11.3	3.5	3.7	4.2	7.6	12.3	0.019
25	大分県	大分久住	25.7	13.1	10.1	5.4	5.5	4.5	11.0	—	—
26	宮崎県	宮崎	28.7	24.2	22.8	10.6	11.4	12.8	22.5	—	—
27	鹿児島県	鹿児島	30.8	10.7	9.1	3.4	3.6	3.0	6.5	—	—
28	沖縄県	うるま	7.8	10.2	44.3	5.9	7.3	7.1	6.9	2.6	0.041 PS
29	沖縄県	辺戸岬	5.7	7.8	7.8	8.1	10.9	9.5	10.9	0.9	0.003
最低値			1.0	1.4	2.8	0.6	0.6	0.3	1.0	0.6	0.002
最高値			30.8	35.1	463.6	10.6	11.4	12.8	22.5	17.6	0.053
中央値			6.7	8.8	11.2	2.5	2.8	3.0	4.1	5.7	0.020
平均値			8.8	11.7	31.2	3.4	3.9	3.9	6.2	6.5	0.022

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NO₂、NOを示す。

また、NO₂、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10.1(前橋)~77.9(鹿児島)(平均値 27.0)mmol m⁻² y⁻¹、酸化態窒素成分が18.0(利尻)~60.7(金沢)(平均値 37.5)mmol m⁻² y⁻¹、還元態窒素成分が20.0(利尻)~526.0(旭)(平均値 62.1)mmol m⁻² 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、18.8(利尻)~76.3(神戸須磨)(平均値 45.4)mmol m⁻² 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6%(伊自良湖)~64%(市原)(平均値 39%)、NO_xを除く酸化態窒素成分が6%(伊自良湖)~71%(神戸須磨)(平均値 41%)、還元態窒素成分が12%(金沢)~89%(旭)(平均値 46%)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, 7)、中央部(CJ, 4)、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、NJ、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、新潟曾和、加須、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬の7地点について、2003年度からの乾性沈着量の経年推移を比較した(図5.3.3)。

粒子状成分の乾性沈着量は、豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬で多く、札幌北、新潟曾和、加須では少ない傾向がみられた。経年変化をみると、nss-SO₄²⁻(p)とNH₄⁺(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。NO₃⁻(p)は豊橋、神戸須磨、太宰府、辺戸岬で増加傾向を示していたが、ここ数年は横ばいまたは減少の傾向がみられた。

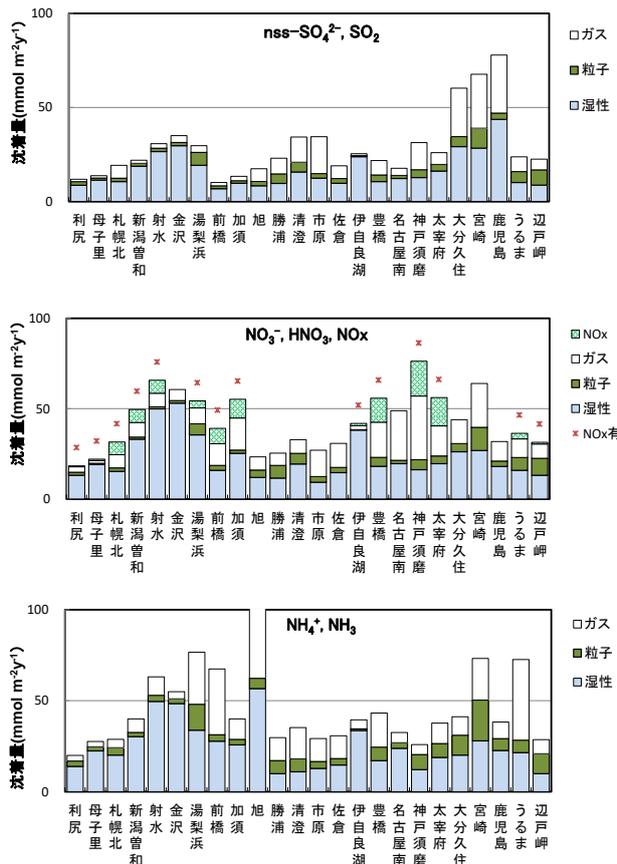


図5.3.1 調査地点の年沈着量 (2018年度)

注) 湿性沈着およびフィルターパック法による対象測定項目の年間値がすべて有効となった調査地点。ただし、大分久住の湿性沈着は大分の測定値を用いた。

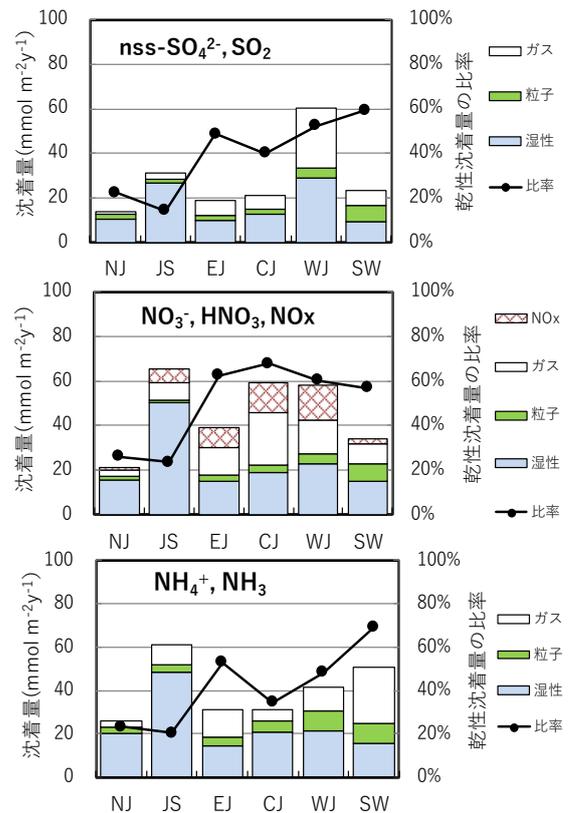


図5.3.2 各地域区分別の年沈着量 (2018年度中央値)

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。

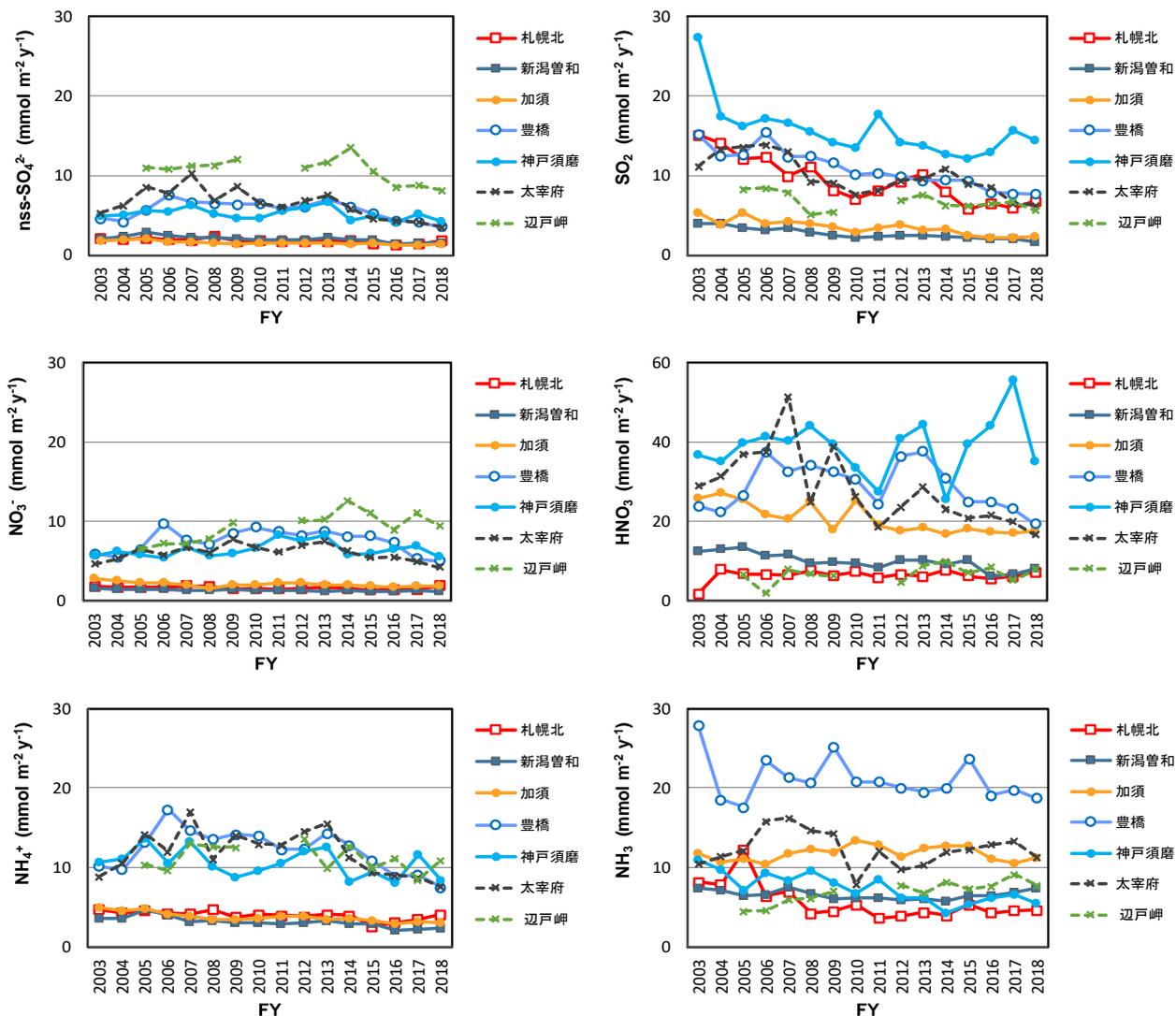


図5.3.3 継続調査地点における乾性沈着量の経年変化
(2003～2018年度)

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、太宰府で多く、経年的には減少傾向がみられた。HNO₃(g)は神戸須磨、豊橋、太宰府、加須が多く、年ごとの変動が大きいがほぼ横ばいの傾向がみられた。NH₃(g)は豊橋が多いが、全体的にほぼ横ばいの傾向が見られた。

－ 引用文献 －

1) Network Center for EANET: Technical Manual on Dry Deposition Flux Estimation in East Asia, Asia Center for Air Pollution Research, Niigata, 2010.

2) 野口泉, 松田和秀: 乾性沈着ファイルの開発
北海道環境科学研究センター所報, **30**, 23-28, 2003
3) 全国環境研協議会: 乾性沈着推計ファイルVer. 4-2
http://www.ies.hro.or.jp/seisakuka/acid_rain/kanseichinchaku/kanseichinchaku.htm
4) (財)気象業務支援センター: 気象観測月報2018年3月 - 2019年4月. (CD-ROM)
5) 環境省: 長期モニタリング報告書(平成15～19年度), 2009
6) 国土交通省国土政策局国土情報課: 国土数値情報ダウンロードサービス.
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

6. 乾性沈着(パッシブサンプラー)

調査目的

パッシブ法(以下PS法)はガス成分を対象とし、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は1か月などの期間平均濃度の測定になるが、小さく電源を要しないため設置場所が自由に選べることで、安価なことから多地点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、都市部よりも高い傾向が明らかにな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NH₄⁺(p)の影響がなくFP法の結果を検証することができる。

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(0.1 ppb)を用いた。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ヶ月(4週間または6週間)とした。

6.1.1 地点情報

測定地点の位置と年平均濃度を図6.1.1に、項目ごとの地点数と有効データ数を表6.1.1に示す。図6.1.1でNH₃の旭は69.3 ppbと高いため、サイズを1/5に縮小している。欠測の理由としては月期間適合度が60%未満、年期間適合度が80%未満もしくはサンプラーの紛失や測定上の問題などである。

2018年度の地点数はNH₃、NO_x、O₃がそれぞれ17、9、8地点だった。各地点により測定項目は異なりNO_x、O₃の測定地点は北海道・東北地域に多く、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。地域の傾向としては北海道では都市部、遠隔地いづれも濃度が低く、気温や積雪などの影響が考えられる。

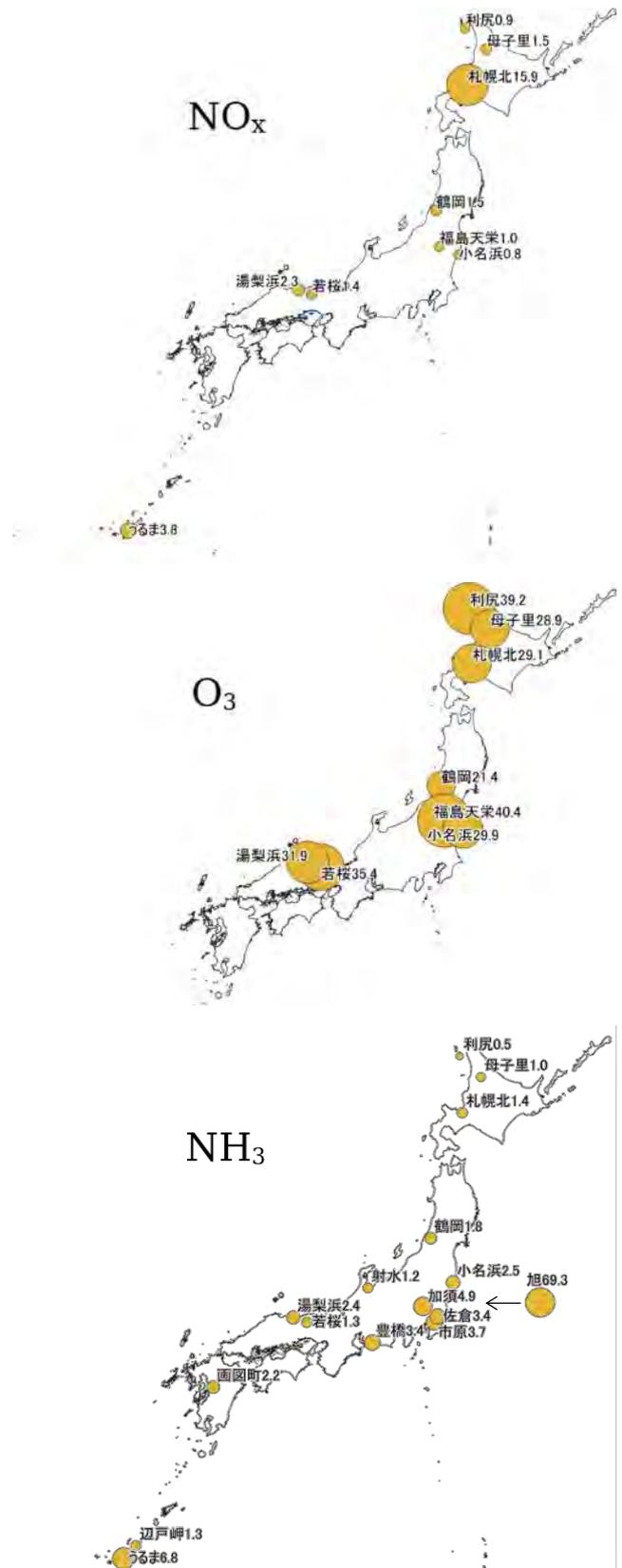


図 6.1.1 各測定項目の地点と年平均濃度 (ppb)

(NH₃の旭は重なりを避けるためずらして表示)

表 6.1.1 パッシブ法による調査地点と有効データ数

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	17	193	11	94.6%	16	1	94%
NO	9	105	3	97.2%	9	0	100%
NO ₂	9	105	3	97.2%	9	0	100%
NO _x	9	105	3	97.2%	9	0	100%
O ₃	8	94	2	97.9%	8	0	100%

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。

- ・ 各地点の月平均NO_x濃度 (図6.2.1)
- ・ 各地点の月平均O₃濃度 (図6.2.2)
- ・ 各地点の月平均NH₃濃度 (図6.2.3)
- ・ NH₃周辺発生量と年平均濃度 (図6.2.4)
- ・ 全地点の年平均濃度 (表6.1.2)

6.2.1 NO_x

年平均濃度では札幌北の15.9 ppbが最も高かった。これは都市部に位置するためである。特に冬に高く、これは暖房など排出量増加と逆転層の形成によると考えられる。

同様に冬に高くなる傾向は母子里や若桜でも見られる。これらの地域は山間部に位置し、周辺排出量は少ないものの風による拡散が少ないためと思われる。年平均濃度の最低地点は小名浜の0.8 ppbだった。

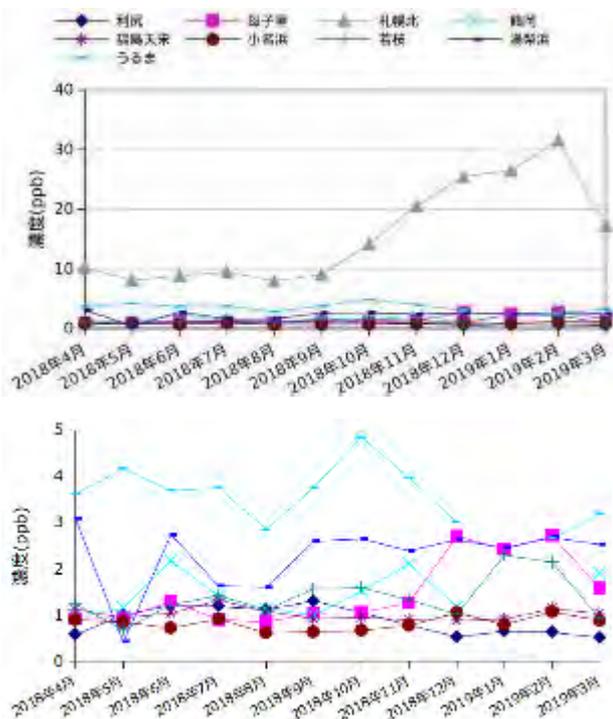


図 6.2.1 各地点の月平均NO_x濃度（上：全地点，下：札幌以外）

6.2.2 O₃

年平均濃度では福島天栄の40.4 ppbが最も高い。これは測定地点の標高が941 mと高いことが一因と考えられる。一方、最も低いのは鶴岡の21.4 ppbだった。鶴岡は測定地点が森林地帯に位置するため、春から秋にかけては樹木の葉表面でのオゾン濃度の消失などにより濃度が低いと考えられる。月平均濃度は例年どおり冬～春(2～5月)に高く、夏は減少し、秋に増加する傾向だった。

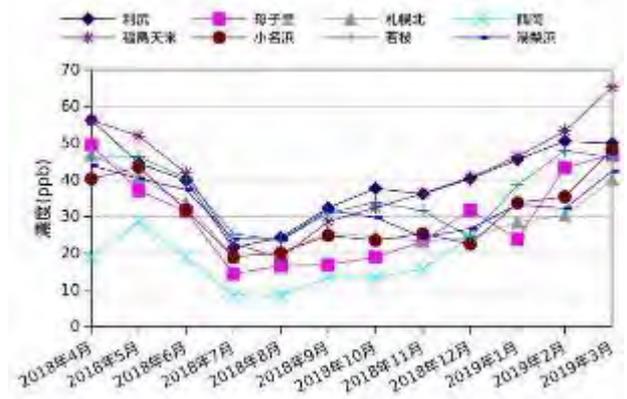


図 6.2.2 各地点の月平均O₃濃度

6.2.3 NH₃

年平均濃度では旭の69.3 ppbが最も高く、次に高いのはうるまの6.8 ppbだった。高濃度の地点は近傍の養鶏や酪農業等の影響を強く受けていると考えられる。年平均濃度が最も低いのは利尻の0.5 ppbだった。低濃度の地点ではおおむね夏期に高く冬期に低い傾向にある一方で、加須、市原は冬に高い。これは風速などの気象要因や近傍の発生源との位置関係によると思われる。

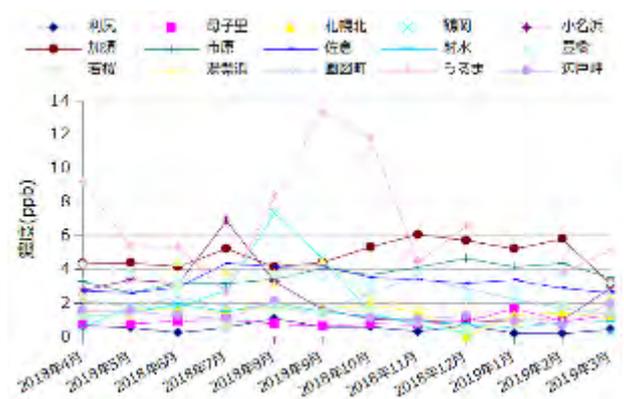


図 6.2.3 各地点の月平均NH₃濃度（旭を除く）

6.2.4 NH₃周辺発生量と年平均濃度の関係

旭は他地点よりきわめて濃度が高いため除外した。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する。近傍の発生源の影響が少なければ、大気中NH₃年平均濃度は半径20km円内の発生源でおおむね決定されると

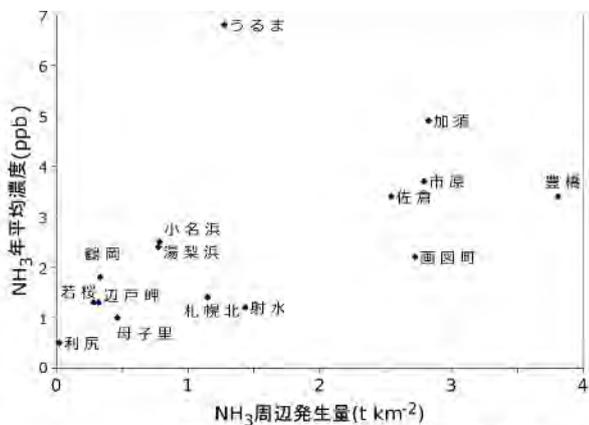
考えられる。

－ 引用文献 －

- 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式パッシブサンプリング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EEA Grid2000-Japanの年次更新. 大気環境学会誌, 49, 117-125, 2014.

表 6.1.2 地点別年平均濃度 (ppb)

都道府県市名	地点名	NO ₂	NO	NO _x	O ₃	NH ₃
北海道	利尻	0.4	0.5	0.9	39.2	0.5
北海道	母子里	0.9	0.7	1.5	28.9	1.0
北海道	札幌北	11.1	4.9	15.9	29.1	1.4
山形県	鶴岡	0.7	0.9	1.5	21.4	1.8
福島県	福島天栄	0.7	0.3	1.0	40.4	欠測
いわき市	小名浜	0.8	0.1	0.8	29.9	2.5
埼玉県	加須					4.9
千葉県	市原					3.7
千葉県	旭					69.3
千葉県	佐倉					3.4
富山県	射水					1.2
愛知県	豊橋					3.4
鳥取県	若桜	0.3	1.1	1.4	35.4	1.3
鳥取県	湯梨浜	1.1	1.2	2.3	31.9	2.4
熊本市	画図町					2.2
沖縄県	うるま	2.2	1.5	3.8		6.8
沖縄県	辺戸岬					1.3



	利尻	母子里	札幌北	鶴岡	小名浜	加須	市原
年平均濃度 (ppb)	0.5	1.0	1.4	1.8	2.5	4.9	3.7
NH ₃ 周辺発生量(tkm ⁻² year ⁻¹)	0.02	0.46	1.15	0.33	0.78	2.83	2.79
	佐倉	射水	豊橋	画図町	若桜	湯梨浜	うるま
年平均濃度 (ppb)	3.4	1.2	3.4	2.2	2.4	2.4	6.8
NH ₃ 周辺発生量(tkm ⁻² year ⁻¹)	2.54	1.43	3.81	2.72	0.28	0.77	1.28
	辺戸岬						
年平均濃度 (ppb)	1.3						
NH ₃ 周辺発生量(tkm ⁻² year ⁻¹)	0.32						

図 6.2.4 NH₃ 周辺発生量と年平均濃度

7. まとめ

2018年度酸性雨全国調査の結果概要は以下のとおりである。

7.1 湿性沈着

地点ごとの年加重平均濃度について、 H^+ および $nss-SO_4^{2-}$ は西部で高く、次いで日本海側が高くなり、例年と同様であった。 NO_3^- は平均では日本海側が高かったが、地点ごとでは東部でも高い値の地点があり、各地域区分内での、地点ごとのばらつきが大きかった。 NH_4^+ は東高西低の傾向が見られ、東部において地点ごとのばらつきが大きかった。季節別では多くの成分で冬季に濃度が高くなる傾向があったが、東部の H^+ および $nss-SO_4^{2-}$ や Ca^{2+} では、その傾向は見られなかった。

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

7.2 FP法によるガス状および粒子状物質濃度

全国29地点で調査を実施した。中央値を前年度と比較すると、調査地点は異なるが、ガスは $SO_2(g)$ および $HCl(g)$ が10～20%増加、 $HNO_3(g)$ および $NH_3(g)$ が10%程度減少した。粒子状成分は $Cl^-(p)$ 、 $Na^+(p)$ および $nss-Ca^{2+}(p)$ が15～25%増加した。粒子状成分の年平均組成比は、南西諸島を除く地域では、陰イオンは SO_4^{2-} 、陽イオンは NH_4^+ または Na^+ の占める割合が高かった。東部では、他の地域と比べて NO_3^- の割合が高かった。

14地点においてインパクトを使用して粗大粒子と微小粒子($PM_{2.5}$)と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 $8.2\sim 2.0\ \mu g\ m^{-3}$ であった。どの地点も $nss-SO_4^{2-}$ の割合が最も高く、 $PM_{2.5}$ イオン濃度のうち48～66%を占め、濃度は春季から夏季にかけて高くなる傾向であった。 $nss-SO_4^{2-}$ に次いで多いのはどの地点も NH_4^+ (15～24%)であり、濃度は春季から夏季にかけて高く、さらに冬季にも高くなる傾向であった。

7.3 乾性沈着量

FP法の測定結果から、乾性沈着推計ファイルを用いてインファレンシャル法による乾性沈着量の推計を行った。ガス状物質と粒子状物質を合わせた乾性沈着量の全国平均値は、非海塩由来硫黄成分が $12.1\ mmol\ m^{-2}\ y^{-1}$ 、 NO_x を含まない酸化態窒素成分が $15.6\ mmol\ m^{-2}\ y^{-1}$ 、還元態窒素成分が $37.4\ mmol\ m^{-2}\ y^{-1}$ だった。

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 (17地点)、 NO_x 、 NO_2 (9地点)、 O_3 (8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(15.9 ppb)、 O_3 では福島天栄(40.4 ppb)、 NH_3 では旭(69.3 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>

北海道当別町高岡地区におけるため池の水環境と魚類相の特徴について*

石川 靖**・福田陽一朗**・玉田克巳**・島村崇志**・小野 理**・西川洋子**・内藤一明***

キーワード ①農村 ②ため池 ③水環境 ④魚類相 ⑤土地利用

要 旨

農村における多様な生態系の創出に向けた基礎資料を得ることを目的に、北海道当別町高岡地区のため池において水質や魚類相の調査を2017年と2018年に行った。ため池は離農等により放置されていることから、水質は環境及び農業用基準に適合していないものが多かった。また、水質と周辺の土地利用には一定の関係が見られた。捕獲した魚類は種数が少なかったが、絶滅危惧種のエゾホトケドジョウ (*Lefua nikkonis*) を確認することができた。

1. はじめに

北海道では、農家戸数減少や高齢化が進む中で活力に満ちた魅力ある農村づくりを進めていくため、生態系や景観など環境との調和に配慮した農村整備を推進している¹⁾。一方、自然環境の消失がすすむ中で、農村地域が様々な生物の生息地の代替地の役割を担っていると考えられ、北海道の生物多様性保全の観点からも農村環境整備が求められる。しかし、農村における防風林や畦など様々な自然環境要素の基礎的情報は十分に把握されているとはいえない。

農村に点在するため池は、農業用水供給など水資源確保のために築造されたものであるが、今日では、利水目的に限られるわけではない。多様な生物の生息・生育場の提供や地下水の涵養、気候の緩和などの自然環境保全機能、洪水調節や防火用水確保などの防災機能、歴史的文化遺産として、また良好な水辺景観やレクリエーション空間として地域の憩いの場を提供する親水機能など、ため池の今日的な意義はむしろ増大している²⁾。このようなことから兵庫県、奈良県、香川県など歴史のある地域のため池では水質、生物相に関する研究事例³⁻⁵⁾が多くある。北海道は、農地開発に伴い基幹的な用排水施設が整備されたため、ため池の数は1,380と兵庫県(24,400)や香川県(14,614)⁶⁾に比して少なく、ため池の環境に注

目した研究事例は少ない。

これらのことを踏まえ、筆者らは、都市近郊にある農村地帯をモデル地域に設定し、農地の自然環境要素のひとつとしてため池における水環境と魚類相の調査を行ったので報告する。

本報告で用いるため池は、農業用水の確保を目的として人工または既存の天然池を利用して作られた農業用ため池である。

2. 調査地及び方法

2.1 ため池の選定とその周辺の土地利用の把握

本研究の対象とした北海道当別町は、札幌市より北方、20~30 kmに位置し、基幹産業は農業である⁶⁾。町内には多数のため池が見られるが、図1に示すように高岡地区が突出して多いことから、高岡地区のため池で調査を行った。同地区は樺戸山地の南端、標高は30~40 mの高台であり、約150年前に入植した人々⁷⁾が農業を行うためにため池を作ったものと考えられる。

地図⁸⁾から判明した105池について、現地を確認を行い、埋立て等で消失したものを除き83池を確認した。これらのうち、湿地化し採水不可能な11カ所と進入禁止となっている1カ所(No.71)を除いた71池(図2)を調査対象とした。

*Characteristics of water quality and fish fauna in irrigation ponds in the Takaoka area of Tobetsu Town, Hokkaido

**Yasushi ISHIKAWA, Yoichiro FUKUDA, Katsumi TAMADA, Takashi SHIMAMURA, Satoru ONO, Yoko NISHIKAWA (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 エネルギー・環境・地質研究所) Hokkaido Research Organization, Research Institute of Energy, Environment and Geology

***Kazuaki NAITO (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 さけます・内水面水産試験場) Hokkaido Research Organization, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute

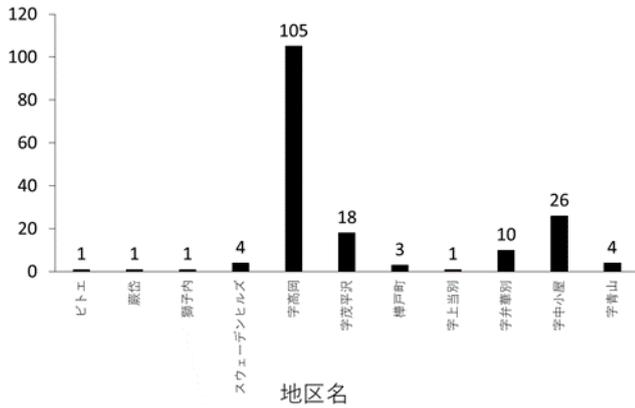


図1 当別町内における地区別のため池数

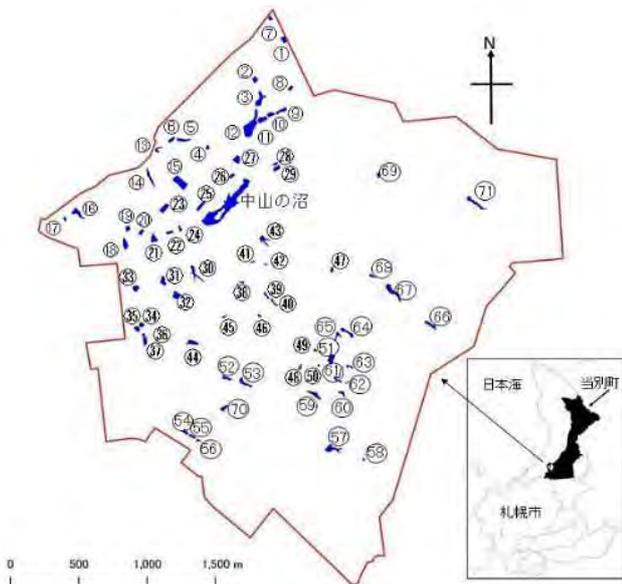


図2 高岡地区におけるため池とその位置

ため池周辺の土地利用を把握するために、GIS（地理情報システム）を用いてため池の中心から100 mのパッファーを発生させ、農地、人工造成地、草原（裸地や未利用地を含む）、森林の4タイプを抽出し、農地と人工造成地を人工利用地、草原と森林を天然利用地として、両者の割合を求めた。

2.2 水環境調査

調査対象とした71カ所の池について、2017年の6～9月に水質調査を行った。また、2018年の5～10月には、水環境の季節変動を把握するため、周辺の土地利用のタイプが異なる6つのため池を対象に月1回の水質調査を行うとともに、水位変動を把握するため水位計を設置した。水位計（ONSET Hobo water level logger）は、採水地点に設置し、1時間毎の水位データを取得した。

各ため池の沿岸部より1 mから2 m沖合で、3 Lのステンレス製採水缶または5 Lのポリエチレン製の持ち手

付ビーカーを用いて表面水を採水し、採水地点の水深も測定した。採水直後、水温、水素イオン指数（pH）、電気伝導度（EC）を測定（TOA-DKK WM-32EP）した。化学分析用試料水はポリエチレン製容器に満たして冷蔵して、実験室に持ち帰った。

採水したサンプルは、原水と孔径0.7 μmのガラス繊維ろ紙（Whatman GF/F）でろ過したろ液に分け、JIS K0102工場排水試験方法に準じて原水は全窒素（TN）、全リン（TP）の分析（Blan+Lueebe Quattro）に供し、ろ液は、アンモニウム態窒素（NH₄-N）、亜硝酸態窒素（NO₂-N）、硝酸態窒素（NO₃-N）、リン酸態リン（PO₄-P）の分析を流れ分析（Blan+Lueebe AACS-II）で行った。DTN（溶存態全窒素）とDTP（溶存態全リン）についてもTN、TPに準じて分析を行った。

イオン系成分のうち、塩化物イオン（Cl⁻）と硫酸イオン（SO₄²⁻）、ナトリウムイオン（Na⁺）、カリウムイオン（K⁺）、カルシウムイオン（Ca²⁺）、マグネシウムイオン（Mg²⁺）の分析は、原水を0.2 μmのフィルターでろ過して懸濁物を取り除いたものを、イオンクロマトグラフ法（Dionex ICS-2100）にて定量を行った。アルカリ度は、電位差滴定法（TOA-DKK AUT-501）により求めた。

2.3 魚類相調査

魚類はモンドリ（円筒の透明プラスチック、サイズ：約16.5×16.5×30 cm）を2～3時間ため池に係留して捕獲した。誘引のための餌は練り餌（主成分：アミエビ）を用いた。採捕した魚は、種類^{9,10}と個体数を記録した後、放流した。現地で種の同定ができなかった個体については、2～3個体を同定用のサンプルとして持ち帰った。また、全ての種について、2～3個体を持ち帰り、30%ホルマリンで3日間、固定後、70%メタノールで保存した。

3. 結果および考察

3.1 ため池の形態的特徴と利用状況

当別町高岡地区のため池の形態は、農地の角地を掘り込んだもの、旧河道の谷地形を利用して堤体等でせき止めたもの、元々あった天然の池を農業用水量の確保のため改良したもの、自然や人為的な土地改変による凹地に水が貯まったものなど様々であった（図3）。

ため池の形成について、掘り込みタイプ、堰き止めタイプ、天然池や凹地に水がたまった自然形成タイプ、その他（判別不能）に分けて整理したところ、それぞれ18池、23池、28池、2池に分類できた。天然池は、この地域で最大規模の通称中山の沼のみである。

調査したほぼ全てのため池には流入河川がなかったことから、貯水されている水の起源は水面に降り注いだり、周辺の表土を伝って流入した雨水と考えられる。表土か

ら50～60 cm 下部は不透水の粘土層であったことから地下水による流入はない。一部のため池では周辺の畑地に埋められている暗渠排水路の塩ビパイプから排水が流入していた。



図3 形態別のため池

水の流出については、中山の沼は周辺で農業活動として水田利用のための導水口が設けられていたのに対し、他のため池には流出口は設置されていないか、あった場合でも蓋で閉められていた。一部には畑作利用のための水中ポンプが設置されていた。地元住民への聞き取りによると、当初は水田の用水として利用されていたが、農業政策の変更等で野菜、果樹等の畑へ変化した結果、ほとんど利用されず放置されているとのことであった。高齢化に伴う休耕田の増加や離農もあり、所有者(管理者)が不明のため池も存在した。

3.2 水質環境の概況

調査地点の位置と標高、水深、pH、EC、TN、TPの水質および周辺の土地利用の状況は、付表1に示す。

採水地点の水深は、30～160 cmであった。掘り込み型以外のため池の水深は、採水地点より更に深い可能性はある。

水質については、pHは 6.77 ± 0.76 (平均±標準偏差)、ECは 16.8 ± 9.53 mS/m、TNは 3.90 ± 8.73 mg/L、TPは 0.109 ± 0.135 mg/Lの濃度範囲にあった。

TN、TPについて湖沼における公共用水域の環境基準の類型Ⅰ(TN 0.1 mg/L、TP 0.005 mg/L以下)、Ⅱ(0.2 mg/L、0.01 mg/L以下)を満たす池はなかった。TNでは、類型Ⅲ(0.4 mg/L以下)は1池、類型Ⅳ(0.6 mg/L以下)は10池、類型Ⅴ(1.0 mg/L)は16池、1 mg/L以上は44池

であった。同様にTPでは類型Ⅲ(0.03 mg/L以下)は15池、類型Ⅳ(0.05 mg/L以下)は20池、類型Ⅴ(0.1 mg/L以下)は14池、0.1 mg/L以上は22池であった。調査を行ったため池のうち、TNは62%、TPは31%が環境基準値を満たさないことが明らかになった。窒素、リンは農作物の成長に必須の肥料成分である。リンは一般的に土壌吸着性があるに対し、窒素は施肥により水溶性となつて流出することから、表面流出による高濃度の硝酸態窒素が水質汚染を引き起こすことが報告^{11,12)}されている。このため、環境基準値を超えるTN濃度を示した池が多いと考えられる。

また、農林水産省が定めた9項目の農業用水質基準¹³⁾では、pH(基準範囲6.0～7.5)、TN(1 ppm以下)、EC(30 mS/m以下)の基準に適合している池の数は、それぞれ55池、27池、65池であった。3項目とも基準を満たしているのは、23池と全体の32%であった。

調査したため池は、環境や農業において定められている基準値を超える水質である池が多いことが明らかになった。この原因は、一部のため池は周辺の農地からの排水が流入していることや、管理が長期間行われていないため水交換が停滞し、底層に腐泥が蓄積して富栄養化したことが考えられる。

表1 溶存態成分の水質(単位: mg/L)

	当別町		愛知県(括弧内平均) (槽谷 ³⁾)	香川県 (石原ら ⁵⁾)
	範囲	平均*		
NO ₃ -N +NO ₂ -N	<0.055~20	2.0	0.0~2.79(0.07)**	0.04~0.99
NH ₄ -N	<0.05~0.45	0.07	0.0~0.73(0.01)	<0.01~0.28
PO ₄ -P	<0.003~0.32	0.021	0.0~0.30(0.00)	0.003~0.18
SiO ₂ - Si	<0.5~14	3.9	-	-
DTN	0.28~69	3.4	-	-
DTP	0.010~0.33	0.040	-	-
Na ⁺	2.5~20	8.3	1.87~17.27(5.54)	-
K ⁺	<0.5~19	2.7	0.28~10.92(2.03)	-
Mg ²⁺	0.8~23	4.6	0.19~5.58(1.32)	-
Ca ²⁺	0.9~79	14	0.42~39.55(6.76)	-
Cl ⁻	2.7~80	17	1.10~36.74(5.92)	-
SO ₄ ²⁻	0.5~57	17	0.33~34.11(8.49)	-
アルカリ度	0.1~71	34	2.34~119.25(24.4)	-

*定量下限値未満は0として計算 **NO₃-Nのみのデータ

また、表1には、溶存態の栄養塩とイオン系成分の概要について示す。比較として示した香川県及び愛知県のため池は、農業利用されているが、最大値や平均値は、高岡地区のため池より低い傾向にある。この結果からも、高岡地区のため池は、水質が悪化していることを示している。

3.3 高岡地区のため池の水環境と土地利用の関係

ため池周辺の土地利用とため池の TN 及び TP の平均濃度との関係について、人工利用の比率が高くなるにつれて、TN 濃度は増加する傾向が窺えた (図 4)。一方で、人工利用の比率が高い場合でも、ため池 No. 26 のように TN 濃度が 1 mg/L を下回るため池もあり、農業排水の流れ込みにくい立地条件にため池が存在するためと考えられた。TP は、土地利用との相関的な傾向は示されなかった。リン成分は土壤中に鉄などと吸着して存在しているためと考えられる。

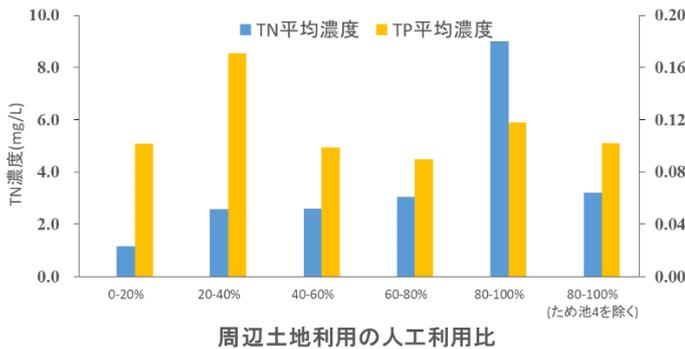


図 4 ため池周辺の土地利用と TN, TP 濃度の関係

3.4 水質の季節的変動

周辺の土地利用タイプが異なる 6 カ所のため池の 6 ヶ月間の水温, pH, EC の平均値を表 2 に示した。水温は, No. 54, 56, 中山の沼, No. 51 は 19.1~19.7 °C とほぼ同

じで, No. 54 と 56 は, 他の 4 つのため池より 2~3 °C 低かった。調査実施日の日平均気温¹⁴⁾と比較しても, 0.6~3.5 °C ほど低かった。これは, ため池の周囲を, 取り囲むように樹林帯があることから, 日射が遮られて水温上昇が抑制されたためと考えられた。pH は 6.3~7.5 とため池間で差は見られなかった。EC は, No. 15 が 22.8 mS/m と最も高く, No. 15 と No. 51 は 7.6, 6.1 mS/m と低く, ため池間の差が大きかった。

表 2 6つのため池の平均の水温, pH, EC

	水温 (°C)	pH	EC (mS/m)
No.15	19.7	7.5	22.8
No.35	19.1	6.3	7.6
No.51	19.8	6.6	6.1
No.54	18.0	6.6	11.9
No.56	16.5	6.7	13.5
中山の沼	19.5	7.5	15.5

図 5 に TN, TP, NO₃+NO₂-N, PO₄-P の月変動を示した。

TN は, No. 15, No. 35, No. 56, 中山の沼では 6 月と 8 月に濃度が増加したが, No. 54 と No. 56 は濃度変動が小さかった。TN の変動は No. 35 を除くと, NO₃+NO₂-N 濃度の変動と一致している。No. 35 の TN は 6 月に 4.2 mg/L, 8 月に 6.7 mg/L であったが, 同時期の NO₃+NO₂-N は 0.004 mg/L と 0.009 mg/L とほとんど検出限界値に近い濃度であった。同時に測定している DTN は 1 mg/L と 0.8 mg/L

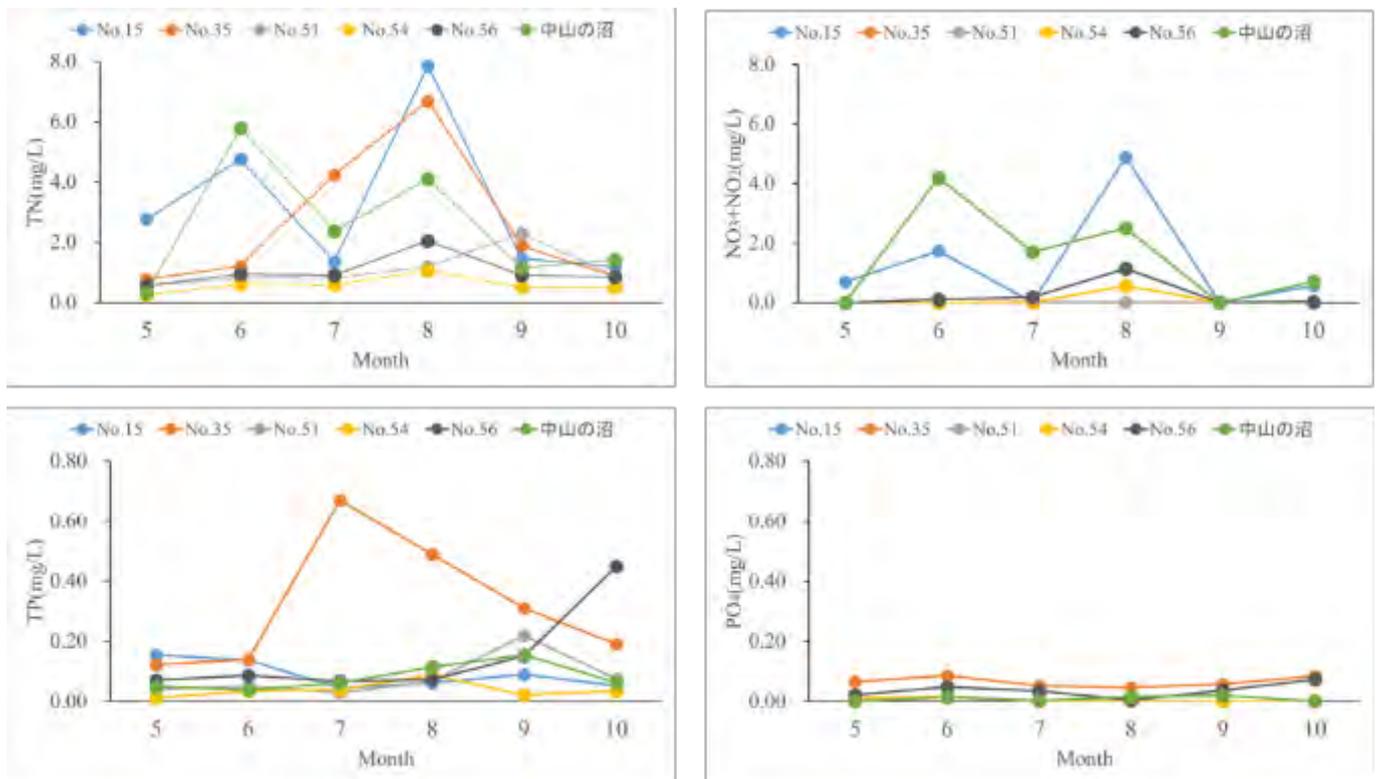


図 5 6つのため池の TN, TP, NO₃-N+NO₂-N, PO₄-P の月変動

であったことから懸濁態の窒素成分により、TNが高濃度になったと考えられる。ため池 No. 35 以外は周辺の土地利用の人工利用比が 50%以上であることから、TNの変動は農作業に由来する窒素成分の流入によると考えられる。

TPの月変動は、ため池 No. 35 と No. 56 を除いて、変動は小さかった。No. 35 では、7月と8月はTPが 0.67 mg/L と 0.49 mg/L と高かったが、それぞれの $PO_4\text{-P}$ 濃度は、0.051 mg/L と 0.047 mg/L で TP の 10%未満であった。No. 56 では、10月に 0.45 mg/L であったが、 $PO_4\text{-P}$ は 0.073 mg/L であった。DTP はそれぞれ、0.12 mg/L, 0.097 mg/L, 0.11 mg/L と 4分の1程度しかないことから、懸濁態のリン成分が影響したことによると考える。

3.5 ため池の水位変動

図 6 に 6 つのため池の水位変動を示した。図では 1 時間毎の測定値を日平均化しており、水位変動を比較しやすくするために測定開始日を 0 m として図示している。地元の農家の話によると例年、11 月下旬か 12 月に入るとため池表面は結氷し始め、翌年の 4 月中旬ころまで全面的に結氷するとのことであった。

6 つのため池とも概ね前日に 4.5 mm 以上か、当日 15.5 mm 以上の降雨があれば水位が回復する傾向がみられた。一方で 7 月から 8 月においては、日降雨が 10 mm 以上あっても水位が回復しないため池もあった。夏場の気温上昇による蒸発散が盛んなことや、乾燥した周辺の土壤に吸収された影響と見られる。

水位は、中山の沼を除けば、±20 cm 程度の範囲で変動していた。最高、最低の水位差は、中山の沼で 0.71 m、他は 0.2~0.37 m であった。ため池の水量は直接的な降雨量の影響によるところが大きく、地下水による供給はほとんどないことが明らかになった。

中山の沼は他の 5 つのため池と異なり、7 月上旬から

急速な水位低下が起きていた。水田に水を導入するための導水管が沼内に鉛直に 2ヶ所立っている。このパイプの中間に 2ヶ所の蓋がついた導水口がある。この蓋を適度の面積サイズで開放することで必要量の水を水田にもたすことができる。中山の沼を管理している農家によると、例年 7 月以降、暴風雨や台風による周辺への水害対策として予め水位をさげるために導水口を開けておくとのことであった。2018 年は、7 月 2 日に大雨の予報(降雨量 42.5 mm/日)があったことから、パイプ中間の予備口を開放しており、そのため強制的な水位低下が継続的に起き、他のため池より低い水位を示したが、降雨による水位回復は他の池と同様の傾向を示した。

3.6 採捕した魚類相の特徴

表 3 に採捕した魚種名と個体数を示す。

採捕された魚は、ヤチウグイ (*Phynchocypris percnurus*(Pallas, 1814)), モツゴ (*Pseudorasbora parva*), ドジョウ属の 1 種 (*Misgurnus* sp.), エゾホトケドジョウ (*Lefua nikkonis*) (環境省レッドリスト 絶滅危惧 IB 類), フナ属の 1 種 (*Carassius* sp.) の 5 種類であった。なお、前年に捕獲試験を行った No. 15 では、これら以外にトミヨ属の 1 種 (*Pungitius* sp.) を捕獲した。ヤチウグイは毎回数 10 個体単位で採捕された。他の魚種では、エゾホトケドジョウを 7 月に 16 個体採捕した以外は、採捕数は 1~4 個体程度であった。エゾホトケドジョウは北海道では、湧水のある流れの緩やかな湿地や細流に生息¹⁵⁾が見られる。今回、採捕した地点は、形態別では掘り込み型のため池であり、行き来できるような水路はない。由来は不明であるが、ため池に飛来した水鳥類により卵が運ばれた可能性も考えられる^{16,17)}。

中山の沼では 1 回に 2 種を採捕したが、他のため池では 1 回に 1 種類しか採捕できなかった。地元の農家から

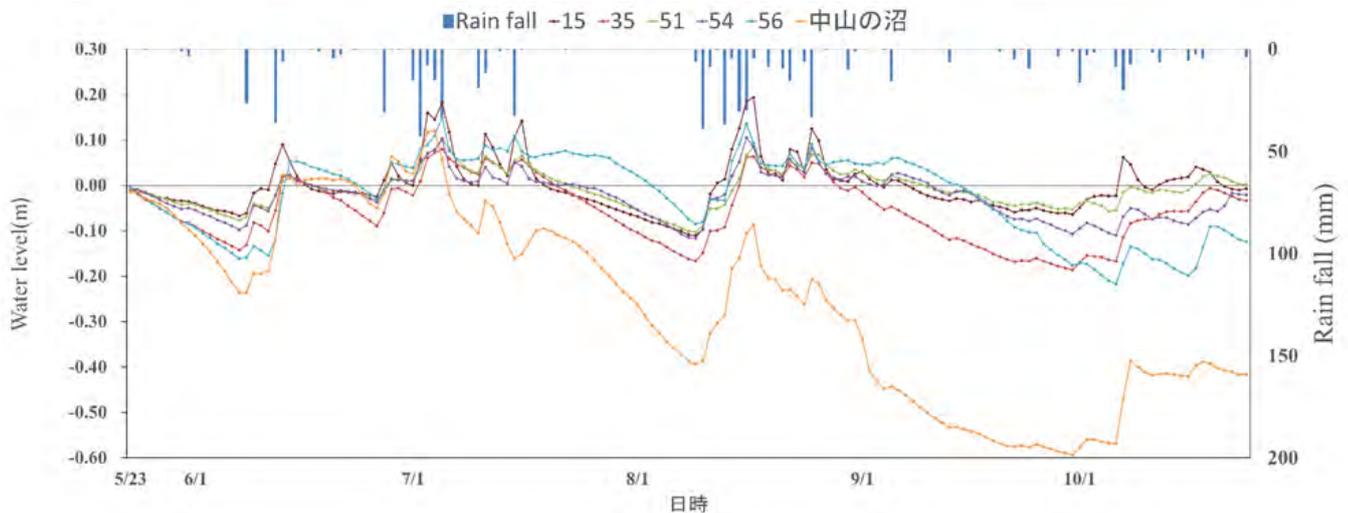


図 6 6 つのため池の水位変動と降雨量

付表1 調査地点状況と水質の概要

ため池番号	緯度(度)	経度(度)	標高	水深	pH	EC	TN	TP	土地利用面積比率(%)	
			m	cm					人工	天然
1	42.66350	141.74737	23.8	120	7.0	15.1	0.868	0.34	76.8	23.2
2	43.24593	141.43289	22.2	80	8.0	15.1	1.82	0.054	63.7	36.3
3	43.24483	141.43294	21.2	-	7.1	18.8	4.98	0.054	72.7	27.3
4	43.24207	141.42834	18.5	50	6.3	66.2	70.5	0.025	98.7	1.3
5	43.24213	141.42574	16.2	85	6.5	9.36	2.00	0.12	99.1	0.9
6	43.24187	141.42516	17.1	70	9.6	12.7	5.26	0.34	93.5	6.5
7	43.25031	141.43404	21.0	-	6.8	18.6	2.13	0.095	77.2	22.8
8	43.24522	141.43574	23.7	30	6.5	30.9	11.2	0.51	96.9	3.1
9	43.24415	141.43545	22.5	140	7.2	24.2	5.41	0.16	94.9	5.1
10	43.24355	141.43381	21.6	80	6.8	24.2	4.72	0.068	84.3	15.7
11	43.24348	141.43373	20.3	70	8.7	22.9	4.91	0.22	83.1	16.9
12	43.24278	141.43266	19.3	60	7.2	21.1	4.26	0.11	60.4	39.6
13	43.24158	141.42397	14.8	110	6.8	12.8	0.742	0.046	66.0	34.0
14	43.23892	141.42366	14.6	50	6.7	26.3	10.6	0.085	77.2	22.8
15	43.23913	141.42544	16.9	60	7.0	33.8	13.6	0.024	90.3	9.7
16	43.23702	141.41609	11.1	60	7.4	23.6	7.17	0.046	39.1	60.9
17	43.23720	141.42474	8.5	60	7.2	38.5	14.8	0.17	54.5	45.5
18	43.23482	141.42124	13.6	100	7.6	15.9	2.02	0.034	64.8	35.2
19	43.23613	141.42136	17.3	100	6.8	11.5	0.691	0.027	81.9	18.1
20	43.23564	141.42216	16.9	100	7.0	20.8	1.69	0.049	91.6	8.4
21	43.23538	141.42385	13.3	120	7.6	9.41	0.521	0.041	83.9	16.1
22	43.23568	141.42454	15.4	60	7.0	16.9	0.590	0.032	81.3	18.7
23	43.23770	141.42474	16.8	90	7.3	11.7	0.466	0.019	100.0	0.0
24	43.23613	141.42566	14.6	80	6.8	34.0	2.87	0.042	79.1	20.9
25	43.23777	141.42822	17.7	90	7.0	9.36	0.545	0.026	73.5	26.5
26	43.23929	141.43042	19.1	100	6.7	11.2	0.513	0.044	74.4	25.6
27	43.24037	141.43104	19.0	80	6.9	10.3	0.780	0.055	54.8	45.2
28	43.24049	141.43457	21.1	60	6.7	5.99	0.444	0.025	56.9	43.1
29	43.24029	141.43478	20.7	60	7.0	21.4	8.66	0.032	58.6	41.4
30	43.23274	141.42507	14.3	40	6.6	14.3	2.36	0.26	36.8	63.2
31	43.23243	141.42449	12.9	60	6.6	17.1	1.90	0.36	66.2	33.8
32	43.23243	141.42449	17.9	80	6.9	8.80	0.631	0.034	69.6	30.4
33	43.23167	141.42223	11.7	30	5.7	7.18	1.04	0.32	75.9	24.1
34	43.22946	141.42220	16.6	30	5.4	5.93	1.37	0.11	44.0	56.0
35	43.22937	141.42212	15.9	30	5.9	12.8	1.07	0.11	43.8	56.2
36	43.22896	141.42251	18.7	40	5.9	4.76	3.57	0.41	58.4	41.6
37	43.22874	141.42280	18.6	60	6.3	5.62	0.408	0.016	60.8	39.2
38	43.23224	141.43172	20.6	60	6.5	19.8	3.13	0.018	52.3	47.7
39	43.23150	141.43339	32.1	140	7.1	18.5	4.61	0.026	76.4	23.6
40	43.23123	141.43359	30.1	80	6.9	17.9	0.969	0.046	77.9	22.1
41	43.23370	141.43231	23.2	70	6.6	25.2	9.48	0.013	70.0	30.0
42	43.23359	141.43323	27.1	30	6.6	29.1	12.4	0.033	87.7	12.3
43	43.23526	141.43296	19.1	60	6.4	15.2	0.641	0.019	38.8	61.2
44	43.22856	141.42651	15.0	-	5.3	20.2	0.957	0.10	45.1	54.9
45	43.23029	141.43252	19.1	60	6.0	16.0	1.39	0.20	57.5	42.5
46	43.23028	141.43252	28.3	60	6.5	16.3	1.04	0.09	90.0	10.0
47	43.23350	141.44021	24.4	80	7.0	18.9	0.867	0.19	2.7	97.3
48	43.22740	141.43622	40.4	70	6.8	16.4	1.75	0.026	47.4	52.6
49	43.22796	141.43804	40.3	70	5.0	7.01	1.17	0.14	64.8	35.2
50	43.22682	141.43822	41.1	80	6.1	8.54	1.35	0.14	43.7	56.3
51	43.22753	141.43971	40.4	-	5.6	5.72	0.712	0.042	53.4	46.6
52	43.22611	141.43018	26.0	70	8.0	20.7	1.10	0.042	56.1	43.9
53	43.22566	141.43203	32.8	50	9.5	34.2	14.1	0.053	75.1	24.9
54	43.22217	141.42661	21.8	110	6.5	10.4	0.392	0.016	47.2	52.8
55	43.22205	141.42672	22.8	70	6.3	11.5	0.440	0.033	44.9	55.1
56	43.22183	141.42735	26.6	130	6.3	11.9	0.592	0.058	50.6	49.4
57	43.22118	141.43886	39.5	70	7.1	11.5	1.16	0.06	28.6	71.4
58	43.22054	141.44225	52.3	70	6.5	16.0	0.805	0.14	2.1	97.9
59	43.22337	141.43826	41.6	50	6.9	20.3	6.21	0.059	36.5	63.5
60	43.22508	141.44066	37.4	120	6.1	10.0	0.768	0.037	3.4	96.6
61	43.22569	141.44048	39.4	50	6.7	13.5	1.19	0.067	21.6	78.4
62	43.22561	141.44058	40.2	60	6.6	13.0	3.22	0.26	19.0	81.0
63	43.22673	141.44077	42.5	50	6.9	15.9	1.11	0.047	79.4	20.6
64	43.22897	141.44107	36.9	150	6.8	10.5	0.756	0.046	0.7	99.3
65	43.22910	141.44012	38.2	70	6.4	22.8	1.54	0.082	0.0	100.0
66	43.22967	141.44793	49.6	110	5.8	9.25	0.957	0.064	0.0	100.0
67	43.23236	141.44456	38.2	160	6.9	8.76	0.862	0.048	6.4	93.6
68	43.23273	141.44313	29.5	40	6.8	10.7	0.644	0.049	0.7	99.3
69	43.23907	141.44188	23.7	80	6.1	12.1	0.471	0.80	36.5	63.5
70	43.22414	141.43060	14.5	70	6.8	8.38	1.38	0.029	25.9	74.1
中山の沼	43.23651	141.42939	15.6	120	7.3	16.1	1.73	0.030	72.4	27.6

<報文>

東日本大震災による災害廃棄物等の受入れに伴う秋田県内の 環境放射能調査結果について 第2報*

玉田将文**・和田佳久**

キーワード ①東日本大震災 ②災害廃棄物 ③放射能

要 旨

東日本大震災により岩手県内で発生した災害廃棄物を広域処理した公共施設及び首都圏等のごみ焼却施設焼却灰を受入れている秋田県内の民間処理施設関連試料における環境放射能を測定した。その結果、全試料の放射能濃度は各種基準値を下回っており、施設周辺環境への放射性物質拡散を懸念する必要はないと考えられた。

1. はじめに

東日本大震災により発生した大量の災害廃棄物の処理は、被災自治体にとって大きな負担であり復興の妨げとなる可能性があった。そこで政府は平成23年4月に全国の自治体に災害廃棄物の広域処理について協力を要請したが、被災地の災害廃棄物には福島第一原子力発電事故により発生した放射性物質が混入している可能性があったため、平成23年8月に「東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン」を公表した¹⁾。

秋田県は、平成23年10月に岩手県から、平成24年2月に岩手県と災害廃棄物の処理に関する基本協定を締結し²⁾、平成24年4月から大仙美郷環境事業組合、平成24年9月からは秋田市等の県内6箇所の廃棄物処理施設において広域処理(表1)を実施し、平成25年12月18日に終了した³⁾。秋田県健康環境センターでは、継続的に県内自治体の処分場施設周辺の環境試料における放射性物質を測定しており、第1報⁴⁾では平成24年4月から平成26年3月までの調査結果を報告したが、本報では令和2年3月末までの調査結果とともに、平成24年5月以降に首都圏等のごみ焼却施設から排出された焼却灰を受入れている秋田県内の民間処理施設関連試料における環境放射能の測定結果⁵⁾を報告する。

2. 方法

平成24年4月から令和2年3月にかけて、秋田県内の各焼却施設及び最終処分場施設の周辺土壌や周辺河川水等において環境試料等を採取した(図1～図2)。試料媒体は処分場放流水、地下水、河川水、水道水源、土壌、底質及び排水処理汚泥の計1,007検体とし、放射性物質の測定項目は、ヨウ素131(¹³¹I)、セシウム134(¹³⁴Cs)及びセシウム137(¹³⁷Cs)とした。

また首都圏等のごみ焼却施設から排出された焼却灰が秋田県内の民間処理施設に埋め立て処分されたことから⁶⁾、平成24年5月から令和2年3月にかけて、同施設の放流水、地下水、排水汚泥及び放流先の河川水試料を毎月採取し、上記項目を測定した。

前処理操作は「No. 24緊急時における・線スペクトロメトリーのための試料前処理法」⁷⁾に準じ、測定操作は「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」⁸⁾に基づき行った。水試料は2Lマリネリ容器に入れ、ゲルマニウム半導体検出器付き・線スペクトロメーター(SEIKO EG&G社製)により3,600秒で測定した。その他試料はU-8容器に入れ、同測定機器により2,000秒で測定した。

*Results of Environmental Radiation Monitoring Survey in Akita Prefecture for the Disaster Waste Receiving Caused by the Great East Japan Earthquake, Second Report

**Masafumi TAMADA, Yoshihisa WADA (秋田県健康環境センター) Akita Prefectural Research Center for Public Health and Environment

表1 岩手県から秋田県への可燃物及び不燃物受入れ概要

搬出元	開始 年月日	終了 年月日	受入れ施設名	処理量 (t)	可燃物焼却灰 埋め立て処分場
岩手県宮古市 (可燃物)	平成24年4月23日	平成25年7月31日	大仙美郷環境事業組合 大仙美郷クリーンセンター	2, 610	大仙美郷環境事業組合 一般廃棄物最終処分場
岩手県野田村 (可燃物)	平成24年9月4日	平成25年3月19日	秋田市総合環境センター	5931. 18	秋田市総合環境センター 一般廃棄物最終処分場
	平成24年9月11日		横手市東部環境保全センター	577. 59	横手市南東地区最終処分場
			湯沢雄勝広域市町村圏組合 貝沢ごみ処理施設	697. 57	湯沢雄勝広域市町村圏組合 八面一般廃棄物最終処分場
	平成24年9月25日	平成24年10月31日	由利本荘市本荘清掃センター	150	広域市町村圏組合 一般廃棄物最終処分場, 矢島鳥海 一般廃棄物最終処分場
岩手県野田村 (不燃物)	平成24年12月3日	平成25年12月18日	田沢湖一般廃棄物最終処分場	4, 155	
	平成25年4月22日		秋田県環境保全センター	23, 381	



図1 試料採取（施設周辺土壌）



図2 試料採取（放流水）

3. 結果及び考察

3.1 災害廃棄物受入れに伴う環境試料について

図3に測定検体数、種類及び割合(%)を、表2及び表3に放射性セシウム($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$)の検出状況を示した。放流水では、秋田市の受入れ後1地点5検体において検出されたが、国の基準値⁹⁾を大幅に下回った。施設周辺土壌試料等では、受入れ前9検体及び受入れ後36検体において検出されたが、国の基準値¹⁰⁾を大幅に下回った。試料別の検出状況を見ると、放流水では ^{134}Cs は不検出(ND)(検出下限値0.24~0.62 Bq/L)、 ^{137}Cs はND~1.1 Bq/L(検出下限値0.28~0.60 Bq/L)であった。地下水では ^{134}Cs (検出下限値0.21~1.0 Bq/L)及び ^{137}Cs (検出下限値0.26~0.63 Bq/L)、河川水では ^{134}Cs (検出下限値

0.21~0.57 Bq/L)及び ^{137}Cs (検出下限値0.21~0.58 Bq/L)、水道水源では ^{134}Cs (検出下限値0.23~0.53 Bq/L)及び ^{137}Cs (検出下限値0.29~0.59 Bq/L)で、いずれもNDであった。土壌では、 ^{134}Cs はND~6.2 Bq/kg(検出下限値1.1~11 Bq/kg)、 ^{137}Cs はND~42 Bq/kg(検出下限値2.8~11 Bq/kg)であった。底質では、 ^{134}Cs はND(検出下限値5.5~6.9 Bq/kg)、 ^{137}Cs はND~5.9 Bq/kg(検出下限値5.3~8.3 Bq/kg)であった。排水処理汚泥では、 ^{134}Cs (検出下限値5.3~11 Bq/kg)及び ^{137}Cs (検出下限値5.1~11 Bq/kg)と、いずれもNDであった。なお、 ^{131}I は全試料においてNDであり、放射性セシウムも平成

26年4月以降の全試料においてNDであった。施設周辺土壌試料等において、事前調査では9検体、事後調査では36検体において放射性セシウムが検出された原因として、第1報⁴⁾では放射性核種存在比率と半減期¹¹⁾らチェルノブイリ原発事故に加えて福島第一原発事故の影響が反映されたと考察しているが、その後の調査ではNDであり、施設周辺環境への放射性物質拡散はほとんど確認できなかった。

3.2 焼却灰受入れに伴う環境試料について

¹³¹Iは全試料においてNDであったが、放射性セシウムは地下水及び河川水でND、放流水及び排水汚泥で検出された。試料別の検出状況は、放流水では¹³⁴CsはND～1.5 Bq/L（検出下限値0.29～0.68 Bq/L）、¹³⁷Csは0.87～6.2 Bq/L（検出下限値0.28～0.66 Bq/L）となり、¹³⁷Cs

は全放流水試料で検出されたが、国の基準値¹⁰⁾を下回っていた。図4に放流水における放射性セシウム濃度の推移を示した。¹³⁷Cs濃度は平成28年度にかけて上昇傾向が見られたが、その後減少し平成30年度以降は平均2.8 Bq/L前後で推移し、¹³⁴Cs濃度は平成30年10月以降NDであった。

また排水汚泥では、¹³⁴CsはND～12 Bq/Kg（検出下限値4.1～9.9 Bq/Kg）、¹³⁷CsはND～29 Bq/Kg（検出下限値3.2～10 Bq/Kg）であった。図5に排水汚泥における放射性セシウム濃度の推移を示した。¹³⁷Cs濃度はNDになることもあったが、平成28年11月以降の全試料において検出され、平均15 Bq/Kgで推移している。¹³⁴Cs濃度は全91検体中3検体のみ検出され、平成27年度以降はNDであった。その要因として、¹³⁴Csの半減期が約2年と¹³⁷Csの約30年よりも短く、今回の測定条件での検出下限値未満まで減少していることが考えられた。

表2 水試料における放射性セシウム (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs) 検出状況

施設名	試料媒体	調査地点数	災害廃棄物受入れ前			災害廃棄物受入れ後		
			検体数	最大濃度	検出数	検体数	最大濃度	検出数
大仙美郷処分場	放流水	1	1	ND	0	28	ND	0
	地下水	1	1	ND	0	28	ND	0
大仙美郷クリーンセンター	地下水	2	2	ND	0	2	ND	0
秋田市総合環境センター	放流水	1	2	ND	0	20	1.1	5
	地下水	2	4	ND	0	38	ND	0
	河川水	2	4	ND	0	2	ND	0
横手市東部環境保全センター	放流水	1	2	ND	0	19	ND	0
	地下水	1	2	ND	0	19	ND	0
湯沢雄勝広域市町村圏組合 貝沢ごみ処理施設	放流水	1	2	ND	0	18	ND	0
	地下水	1	2	ND	0	18	ND	0
	河川水	2	4	ND	0	6	ND	0
由利本荘市本荘清掃センター	放流水	1	2	ND	0	16	ND	0
	地下水	1	2	ND	0	16	ND	0
	河川水	2	4	ND	0	8	ND	0
由利本荘市矢島鳥海 一般廃棄物最終処分場	放流水	1	2	ND	0	16	ND	0
	地下水	1	2	ND	0	16	ND	0
	河川水	2	4	ND	0	6	ND	0
仙北市田沢湖処分場	放流水	1	1	ND	0	23	ND	0
	地下水	1	1	ND	0	23	ND	0
	河川水	2	2	ND	0	12	ND	0
秋田県環境保全センター	放流水	1	12	ND	0	50	ND	0
	地下水	1	12	ND	0	50	ND	0
	河川水	5	4	ND	0	149	ND	0
	水道水源	3	3	ND	0	92	ND	0
計		37 (37)	77 (77)		0 (0)	675 (343)		5 (5)

* 表中の括弧内数字は第1報掲載時、濃度単位はBq/L

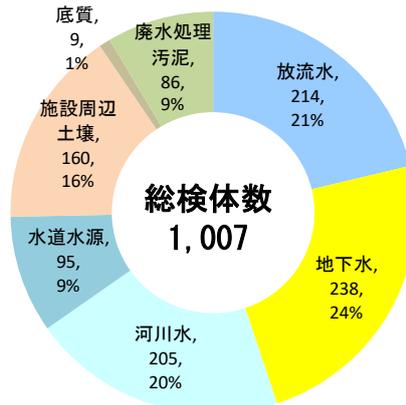


図3 災害廃棄物受入れに伴う検体種類、検体数及び割合 (%)

表3 施設周辺土壌・底質・排水処理汚泥試料における放射性セシウム (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs) 検出状況

施設名	試料媒体	調査地点数	災害廃棄物受入れ前			災害廃棄物受入れ後		
			検体数	濃度範囲	検出数	検体数	濃度範囲	検出数
大仙美郷処分場	周辺土壌	2	2	ND~11	1	23	ND~21	8
大仙美郷クリーンセンター	周辺土壌	6	6	ND~9.0	1	42	ND~21	21
秋田市総合環境センター	底質	3	6	ND~5.9	1	3	ND	0
	土壌	1	1	ND	0	3	ND	0
横手市東部環境保全センター	焼却場周辺土壌	4	8	ND~15	2	4	ND~18	2
	処分場敷地境界土壌	1	2	ND	0	1	ND	0
	処分場排水処理汚泥	1	0	-	-	17	ND	0
湯沢雄勝広域市町村圏組合 貝沢ごみ処理施設	焼却場周辺土壌	6	12	ND~42	2	12	ND~42	2
	処分場敷地境界土壌	1	2	ND	0	2	ND	0
	処分場排水処理汚泥	1	0	-	-	15	ND	0
由利本荘市本荘清掃センター	焼却場周辺土壌	6	12	ND~11	2	18	ND~21	3
	処分場敷地境界土壌	1	2	ND	0	3	ND	0
由利本荘市 矢島鳥海 一般廃棄物最終処分場	処分場敷地境界土壌	1	2	ND	0	3	ND	0
秋田県環境保全センター	処分場排水処理汚泥	1	12	ND	0	42	ND	0
計		35 (35)	67 (67)		9 (9)	188 (135)		36 (36)

* 表中の括弧内数字は第1報掲載時、濃度単位はBq/Kg

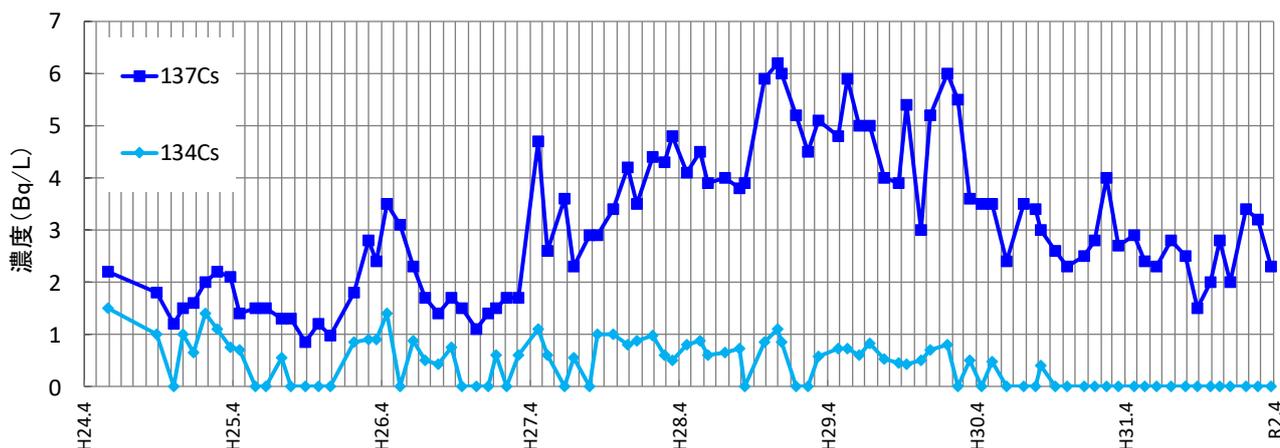


図4 焼却灰受入れに伴う放流水における放射性セシウム濃度の推移

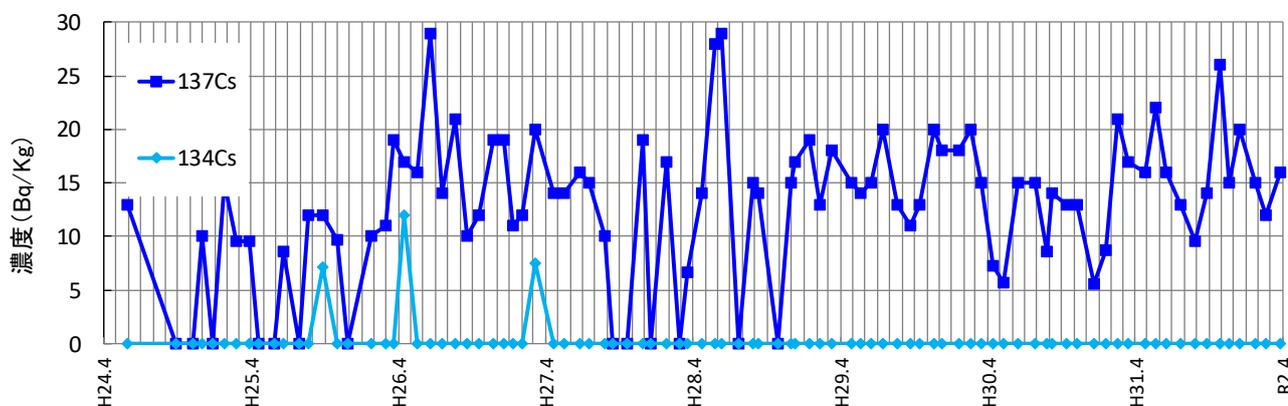


図5 焼却灰受入れに伴う排水汚泥における放射性セシウム濃度の推移

4. まとめ

災害廃棄物受入れに伴う事前・事後調査において、地下水・放流水、河川水、汚泥、底質試料からは、放射性セシウムはほとんど検出されず、土壌試料の放射性セシウムは事前調査時と同じく低濃度であった。また首都圏等のごみ焼却施設から排出された焼却灰の受入れを行っている秋田県内の民間処理施設における環境放射能濃度も基準値を下回っており、施設周辺環境への放射性物質拡散を懸念する必要はないと考えられた。

5. 引用文献

- 1) 環境省：東日本大震災により生じた災害廃棄物の広域処理の推進に係るガイドライン，
https://www.env.go.jp/jishin/attach/memo20120111_shori.pdf (2020.7.19アクセス)
- 2) 秋田県：災害廃棄物の処理に関する基本協定の締結について，

<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/5794>
(2020.7.19アクセス)

- 3) 環境省：環境省_岩手・宮城 がれき処理データサイト_秋田県，
<http://kouikishori.env.go.jp/data/akita.html>
(2020.7.22アクセス)
- 4) 田村高志，玉田将文，菅原剛，高橋英之，高嶋司，高橋浩：東日本大震災による災害廃棄物受入れに伴う秋田県内の環境放射能調査結果について．全国環境研究会誌，**39**(2)，10-15，2014
- 5) 秋田県：焼却灰等の廃棄物に係る放射能の状況，
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/genre/13355>
(2020.8.10アクセス)
- 6) 秋田県：千葉県流山市のごみ焼却施設から排出された溶融飛灰について～第1報～，
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/5320>
(2020.8.12アクセス)
- 7) 公益財団法人日本分析センター：No.24緊急時における・線スペクトロメトリーのための試料前処理

- 法, https://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/main_pdf_series_24.html (2020. 7. 25アクセス)
- 8) 公益財団法人日本分析センター : No. 7ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリ, https://www.kankyo-hoshano.go.jp/series/main_pdf_series_7.html (2020. 7. 25アクセス)
- 9) 環境省 : 放射能濃度等測定方法 ガイドライン, https://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/haikibu_tsu-gl05_ver2.pdf (2020. 7. 29アクセス)
- 10) 農林水産省 : 放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について, <https://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/supply.html> (2020. 7. 28アクセス)
- 11) 河田燕, 山田崇裕 : 原子力事故により放出された放射性セシウムの $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ の放射能比について, *Isotope News*, **5**, 16-20, 2012

<報 文>

高知県における光化学オキシダント濃度の推移*

小松寛卓**・池澤正幸**・武市佳子**・川村尚貴**・山下 浩**

キーワード ①光化学オキシダント ②大気測定局 ③新指標 ④ポテンシャルオゾン ⑤NO_x タイトレーション効果

要 旨

平成元年度から30年度までの光化学オキシダント濃度（以下「O_x」という。）及び窒素酸化物濃度（以下「NO_x」という。）の測定結果について平成28年環境省通知に基づく新指標であるO_xの日最高8時間値の年間99パーセンタイル値の3年移動平均値及び従来の指標である昼間の1時間値の年平均値を用いてO_x及びポテンシャルオゾン濃度（以下「P0」という。）の解析を行った。この結果、昼間の1時間値の年平均値においてO_x及びP0は概ね同じ挙動を示したが、平成22年度以降はO_xが横ばいの傾向を示したのに対し、P0はわずかに低下傾向を示した。また、NO_xの年平均値は10年度以降低下傾向であった。新指標を用いた場合には、県内平均値のO_x及びP0の経年変化は低下傾向であり、高濃度域でのO_xの長期的な変化を評価できた。

1. はじめに

光化学オキシダントは紫外線を受けて光化学反応を起こし生成されるオゾン等を含む酸化性物質を指し、光化学スモッグの原因となる。

県内における大気汚染の発生源は、自動車や事業所等から排出される汚染物質の割合が大きく、商業都市生活型の汚染形態を示しており¹⁾、平成4年度以降、全ての測定局でO_xは環境基準未達成となっている。

O_xの前駆物質である窒素酸化物や揮発性有機化合物の大気中濃度は大気汚染防止のための様々な取組の強化によって多くの地域で減少している。しかし、O_xについては昼間の日最高1時間濃度の年平均値の漸増傾向や注意報発令地域の広域化が見られ、全国的にも環境基準達成率は極めて低い水準にとどまっている。また、O_xの指標として「環境基準の達成状況」、「注意報等の発令状況」及び「昼間の日最高1時間濃度の年平均値」等が用いられてきた。しかし、気象要因による年々変動が大きく、長期的な環境改善効果を適切に示す指標としては十分ではないという指摘もある。²⁾

ポテンシャルオゾンは、一酸化窒素がオゾンと反応しオゾン濃度が減少する効果（以下「NO_x タイトレーション効果」という。）の影響を受けないため、オゾンの経年変化を解析する場合の有効性が示されている。³⁾

そこで、P0を用いてO_x結果の解析を行うとともに、O_xの環境改善効果を適切に示すための指標として環境省から示されたO_xの日最高8時間値の年間99パーセンタイル値の3年移動平均値（以下「新指標」という。）²⁾を用いてO_x及びP0の傾向把握を行った。

2. 方法

2.1 調査地点及び調査期間

平成元年度から平成30年度までの期間中にNO₂、NO_x及びO_xを3年以上連続で測定している一般環境大気測定局の1時間値を用いて解析を行った。ただし、平成30年度はデータ解析時に未確定値だったため参考値として取り扱った。

一般環境大気測定局の所在地及び解析期間を表1に、位置関係を図1に示す。

表1 一般環境大気測定局の所在地及び解析期間

測定局名	所在地	解析期間
安芸局	安芸市西浜	平成26～30年度
中村局	四万十市具同	平成26～30年度
介良局	高知市介良西	平成21～30年度

*Transition of photochemical oxidant concentration in Kochi Prefecture

**Hiroataka KOMATSU, Masayuki IKEZAWA, Yoshiko TAKECHI (令和元年度退職), Naoki KAWAMURA, Hiroshi YAMASHITA (高知県衛生環境研究所) Kochi Public Health and Environmental Science Research Institute

南新田町局	高知市南新田町	平成9～27年度
大津局	高知市大津	平成1～21年度
百石町局	高知市百石町	平成1～8年度
丸ノ内局	高知市丸ノ内	平成1～4年度



図1 測定局の位置関係

2.2 データ処理方法

2.2.1 新指標の算出及び測定値の取り扱い

新指標の算出手順については、環境省の通知に基づき以下のとおりとした。⁴⁾

- (1) O_x の8時間値の移動平均値を算出する。
- (2) 8時間の移動平均値の日最高値を算出する。
- (3) 8時間の移動平均値の日最高値の年間99パーセントタイル値を年間代表値とする。
- (4) 年間代表値を3年移動平均し、光化学オキシダントの新指標値として算出する。

2.2.2 PO の算出

PO の算出方法は次式のとおりとした。⁵⁾

$$[PO] = [O_3] + [NO_2] - \alpha [NO_x]$$

α は一次排出の NO_2 (二酸化窒素) 比率をいい、ここでは、一般的な値である「0.1」を用いた。⁵⁾

3. 結果及び考察

3.1 O_x の経年変化

各測定局における昼間(5～20時)の1時間値の年平均値を図2に、全測定局の平均値を県内平均値(以下、「県内平均値」という。)として図3に示す。

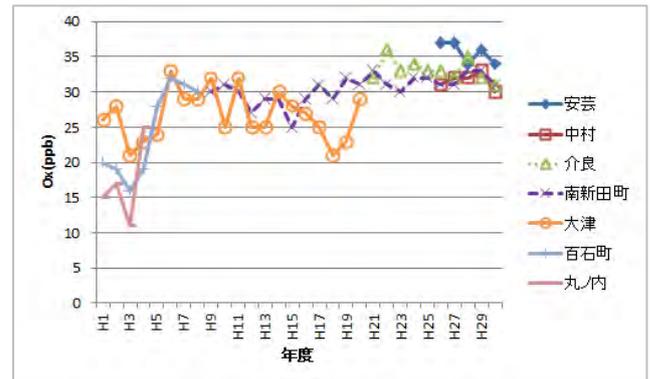


図2 各測定局における O_x の昼間の1時間値の年平均値

図2において最大値は平成26及び27年度の安芸局の37ppb、最小値は平成3年度の丸ノ内局の11ppbであった。

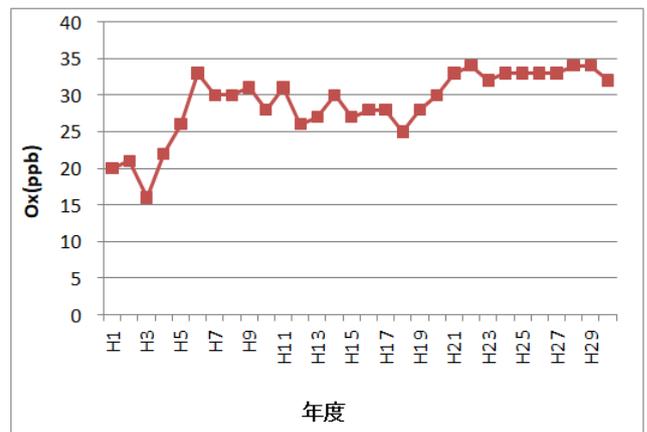


図3 県内平均値の O_x の昼間の1時間値の年平均値

図3において最大値は平成22、28及び29年度の34ppb、最小値は平成3年度の16ppbであった。

平成6年度まで上昇した後、緩やかな低下傾向を示し、平成18年度から再び上昇傾向に転じ、平成22年度以降横ばいの傾向を示している。

3.2 NO_x の推移

光化学オキシダントの前駆物質である NO_x の年平均値について各測定局の経年変化を図4に県内平均値を図5に示す。

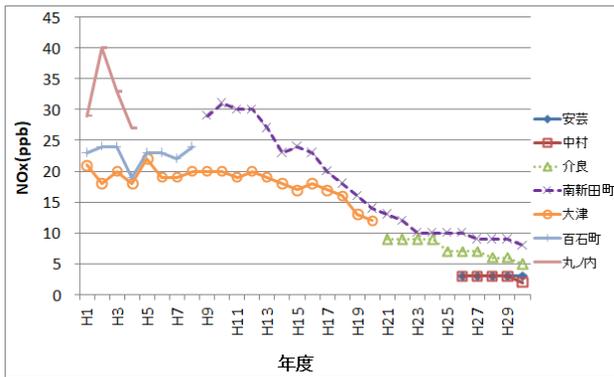


図4 各測定局におけるNOx年平均値の推移

図4において最大値は平成2年度の丸ノ内局の40ppb、最小値は平成30年度の中村局の2ppbであった。

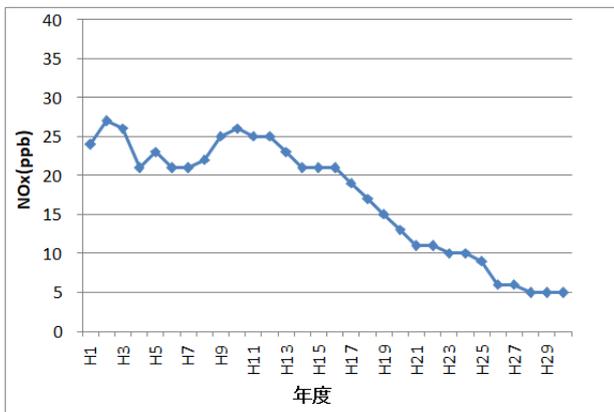


図5 県内平均値におけるNOxの年平均値の推移

図5において最大値は平成2年度の27ppb、最小値は平成28、29及び30年度の5ppbであった。また、平成10年度以降は低下傾向を示した。

3.3 0x, P0及びNOx経年変化

県内平均値の0x, P0及びNOxの推移を図6に示す。0x及びP0は昼間の1時間値の年平均値、NOxは年平均値を表す。

図6において0x及びP0は概ね同じ挙動を示したが、平成22年度以降は0xが横ばいの傾向を示したのに対し、P0はわずかに低下傾向を示した。

3.4 0xとP0の変化量

図6で示した0x及びP0の変化量を図7に示す。平成25年度光化学オキシダント検討会⁵⁾を参考に平成13年度と平成21年度の濃度差を変化量として整理した。

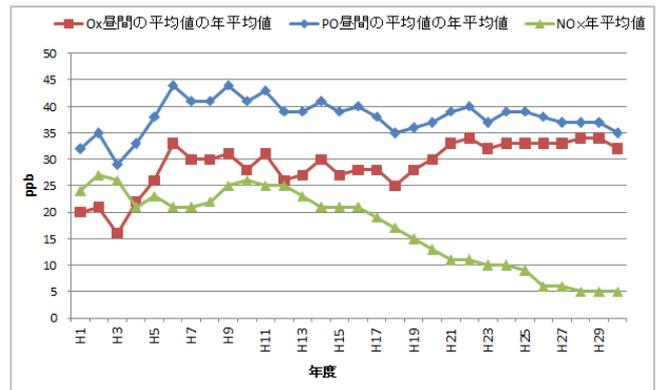


図6 県内平均値における0x, P0及びNOxの推移

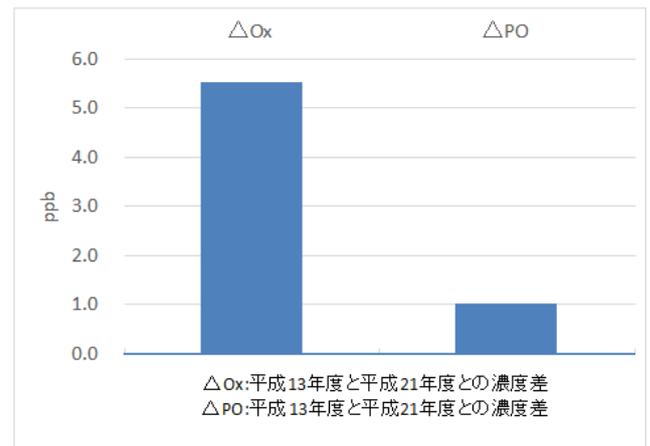


図7 0x及びP0の平成13年度と平成21年度の変化量

0x変化量がP0変化量より大きく、NOタイトレーション効果の低下による0xの上昇が考えられる。⁵⁾

高知県の濃度差は平成25年度光化学オキシダント検討会⁵⁾における関東、東海、阪神地域と同程度であり、九州地域より大きかった。

このことから、平成13年度～21年度でのNOタイトレーション効果の低下による影響は関東、東海、阪神地域と同程度であることが示唆される。

3.5 新指標を用いた評価

3.5.1 新指標を用いた0xの推移

各測定局における新指標(日最高8時間値の年間99パーセンタイル値の3年移動平均値)による0xの推移を図8に示す。

最大値は平成9～11年度の大津局の84ppb、最小値は平成1～3年度の百石町局の52ppbであった。

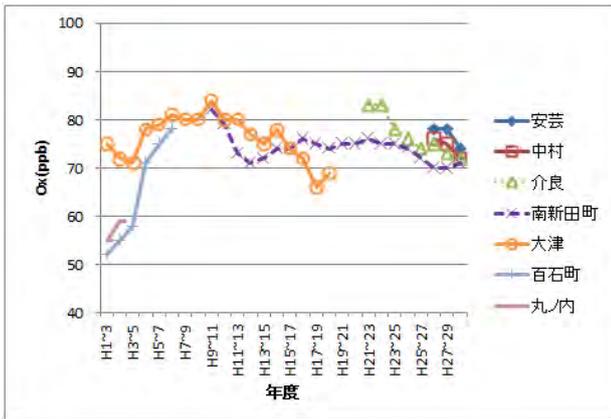


図8 各測定局における新指標によるO₃の推移

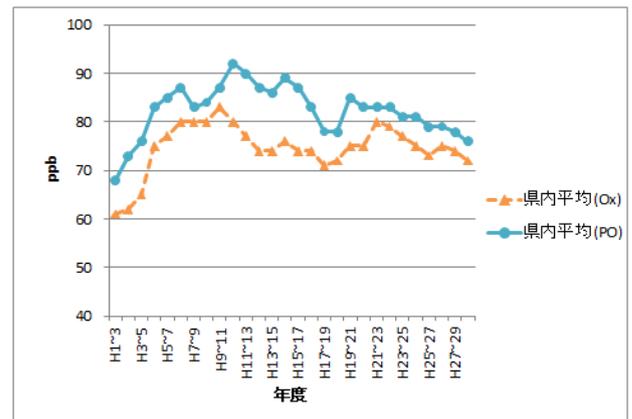


図10 O₃及びP0の県内平均値の推移

3.5.2 新指標を用いたP0の推移

新指標（日最高8時間値の年間99パーセンタイル値の3年移動平均値）によるP0の推移を図9に示す。

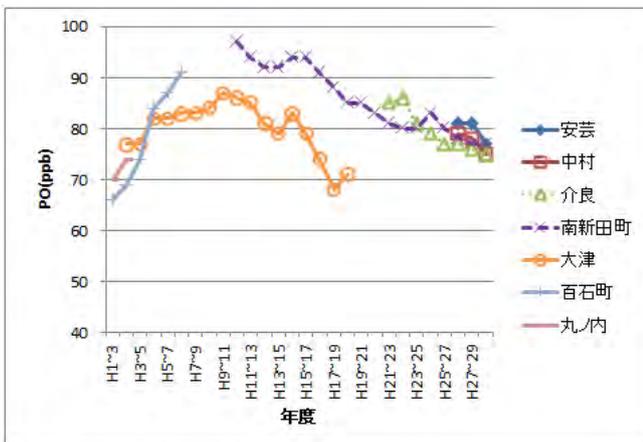


図9 各測定局における新指標によるP0の推移

最大値は平成10～12年度の南新田町局の97ppb、最小値は平成1～3年度の百石町局の66ppbであった。

3.5.3 O₃及びP0の比較

新指標によるO₃及びP0の県内平均値の推移を図10に示す。

O₃について最大値は平成9～11年度の83ppb、最小値は平成1～3年度の61ppbであった。

P0について最大値は平成10～12年度の92ppb、最小値は平成1～3年度の68ppbであった。

また、O₃及びP0ともに平成21～23年度以降低下傾向を示した。

4. まとめ

高知県の平成元年度から30年度までのO₃及びNO_xの

測定結果並びに新指標であるO₃の日最高8時間値の年間99パーセンタイル値の3年移動平均値及び従来の指標を用いてO₃及びP0の解析を行った。

昼間の1時間値の年平均値においてO₃及びP0は概ね同じ挙動を示したが、平成22年度以降はO₃が横ばいの傾向を示した一方で、P0はわずかに低下傾向を示した。また、NO_xの年平均値は10年度以降低下傾向であった。P0の低下傾向から実質的なO₃は減少していると考えられる。また、NO_xの減少によるNOタイトレーション効果の低下によって、見かけのO₃の減少が抑制され、O₃は横ばい傾向を示したものと推測される。

環境省から示されたO₃新指標について、最大値は平成9～11年度の大津局の84ppb、最小値は平成1～3年度の百石町局の52ppbであった。

昼間の1時間値の年平均値においてO₃の県内平均値では平成22年度以降横ばいの傾向だったが、新指標において県内平均値は平成21～23年度以降低下傾向であり、高知県の高濃度域でのO₃が低下傾向にあることが示唆された。

5. おわりに

O₃の測定方法としては、「環境大気常時監視マニュアル（第6版）」⁶⁾で、主に吸光光度法（以下「KI法」という。）と紫外線吸収法（以下「UV法」という。）が規定されている。

県内のO₃測定局においては、従来、全て湿式である吸光光度法（KI法）であったが、乾式である紫外線吸収法（UV法）に変更されたことからKI法とUV法で濃度差が生じる可能性がある。理由としては、KI法ではオキシダント（二酸化窒素を除く酸化性物質）を測定しており、UV法ではO₃を測定している点が挙げられる。

「オキシダントのほとんどがオゾンであること」とき

れ、測定方法としては問題がないとされる一方、KI法は窒素酸化物による正の干渉等による感度の低下の可能性がある。⁵⁾

この点について「測定法の切り替えにより平均濃度に対しては影響があったといえるが、長期的な濃度変動やトレンドを解析・検討するにあたっては影響が少ない」としている並行観測の結果もある。⁷⁾

また、Oxの測定については、平成18年にJISが改正され、その校正法がKI法からUV法に変更された。これを受け、環境省では平成22年3月に環境大気常時監視マニュアル(第6版)⁶⁾を改正した。

マニュアルの変更に伴い、全国的にトレーサビリティを考慮した統一的な精度管理体制が整備されている。平成22年度から順次、地域ブロック毎に二次標準器、自治体毎に三次標準器が設置され、平成23年度以降、新校正法に基づくデータとなっている。長期的なOxの変動を解析・検討する際には留意する必要がある。

6. 謝辞

介良局、南新田町局、大津局、丸ノ内局及び百石町局については高知市環境部環境保全課から提供を受けた測定結果を用いて解析を行った。深く感謝申し上げます。

7. 参考文献

1) 光化学オキシダント等に関する共同研究グループ：

- 大原利眞，日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究，p. 85，独立行政法人国立環境研究所，茨城，2007
- 2) 環境省水・大気環境局大気環境課長通知「光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標（中間とりまとめについて）（平成26年9月26日付け環水大大発1409262号）
- 3) 光化学オキシダント等に関する共同研究グループ：大原利眞，光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究，p. iii，独立行政法人国立環境研究所，茨城，2010
- 4) 環境省水・大気環境局大気環境課長通知「光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標に係る測定値の取り扱いについて（平成28年2月17日付け環水大大発1602171号）
- 5) 光化学オキシダント調査検討会報告書（H26年3月）
- 6) 大気常時監視マニュアル（第6版）（平成22年度3月環境省）
- 7) 吉井克英，小枝雅之，安井朗：京都市における光化学オキシダント濃度の経年的な濃度変動傾向及び光化学オキシダント自動測定機の測定法変更に伴う測定データへの影響の検討．平成22年度京都市衛生環境研究所年報，77，p. 93，2011

<報 文>

山口県における微小粒子状物質モニタリングの傾向について*

岡本利洋**・長田健太郎**・隅本典子**・伊藤和則**

キーワード

①微小粒子状物質 (PM_{2.5}) ②越境汚染 ③地域汚染

要 旨

山口県では、大気常時監視事業の一環として、平成23年度から県下の16測定局に微小粒子状物質自動測定機を導入し、連続測定を開始している。平成30年度に、初めて全測定局で環境基準が達成された。しかしながら、越境汚染における成分の変化が懸念されるところであり、今後も季節的な成分変動を含めたPM_{2.5}測定は重要であると考えられる。

1. はじめに

微小粒子状物質 (PM_{2.5}) については、平成21年9月9日に「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について」が告示され、微小粒子状物質の環境基準が定められた。これを受けて、平成22年3月31日に、「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」が改正され、微小粒子状物質の質量濃度の測定に関する記載が追記された。

こうした状況において、山口県のPM_{2.5}のモニタリング体制の整備については、平成21年度の環境省のPM_{2.5}モニタリング試行事業により、周南市役所測定局において、連続濃度測定を開始している。さらに、平成23年度からは、大気常時監視事業の一環として、順次県下の測定局に自動測定機を導入し、現在は16局において連続濃度測定を実施している。

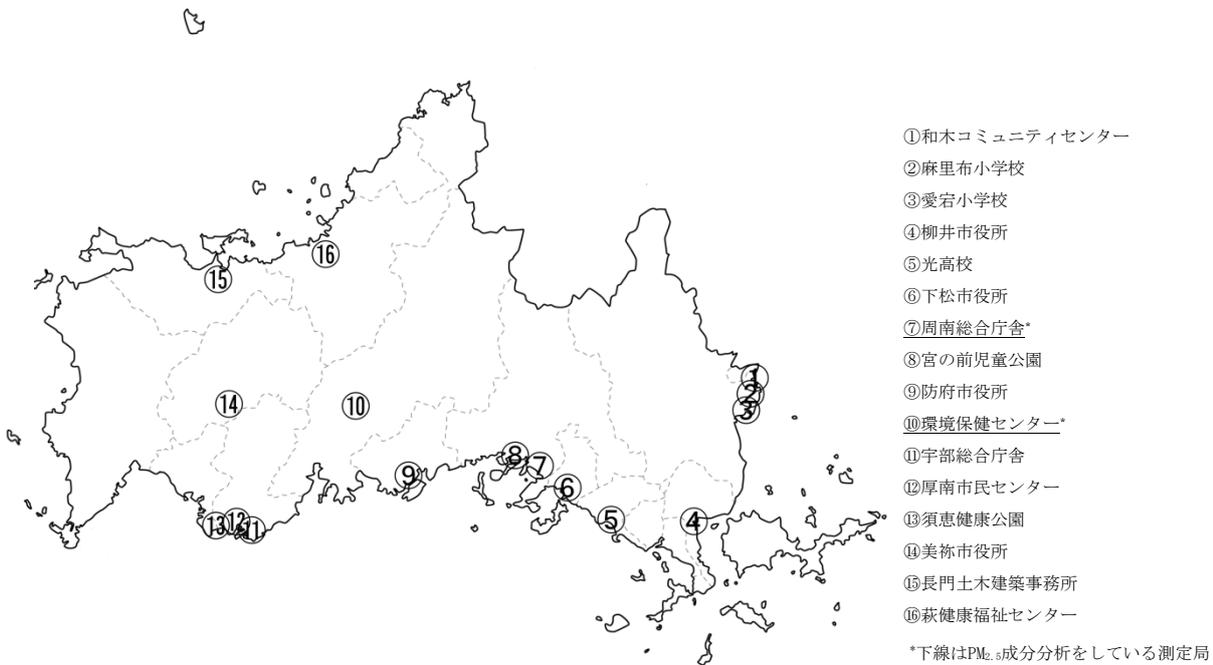


図1 現在の山口県のPM_{2.5}測定局

*Recent Trends in Monitoring Fine Particulate Matter in Yamaguchi Prefecture

**Toshihiro OKAMOTO, Kentaro OSADA, Noriko SUMIMOTO, Kazunori ITO (山口県環境保健センター) Yamaguchi Prefectural Institute of Public Health and Environment

山口県は、北部の日本海側は農水産業や観光業を中心とした産業構造であり、南部の瀬戸内海側は、瀬戸内海工業地域の一角をなす重化学工業の工場群が存在し、本州と九州、四国を結ぶ交通の要衝となっている。このため、自動測定機は、26か所ある大気汚染測定局のうち南部の瀬戸内海側を中心に、規模が比較的大きくオキシダント測定機が設置されている16か所の一般大気測定局に設置している。現在稼働中のPM_{2.5}自動測定機は、FPM-377（東亜DKK製）が8台、FPM-377C（東亜DKK製）が7台、PM712（紀本電子工業製）が1台で、屋外設置型が8台、屋内設置型が8台となっている。なお、山口県内ではこの他にも下関市が独自に市内の4つの測定局にPM_{2.5}自動測定機を設置している。

また、同時にPM_{2.5}成分分析も開始している。PM_{2.5}成分分析の採取期間は、「微小粒子状物質（PM_{2.5}）の成分分析ガイドライン」（平成23年7月環境省 水・大気環境局）に従い、春夏秋冬にそれぞれ連続2週間とし、採取地点は瀬戸内海側の周南総合庁舎（高濃度地点：図1中⑦地点、平成27年冬季に周南市役所測定局から移設）と環境保健センター（バックグラウンド地点：図1中⑩地点、平成29年度に萩健康福祉センターから移設）の2測定局としている。

2. 山口県の濃度測定状況

2.1 連続測定状況

図2にPM_{2.5}濃度の経年変化を示す。全国平均値は環境省大気汚染状況報告書の一般局の結果より算出した²⁾。

山口県全体の平均濃度が最も高い平成25年においては、環境保健センターを除く全ての測定局において環境基準を超過していた。その後、全測定局においてPM_{2.5}濃度は減少傾向にあり、平成30年度には連続測定を開始した平成23年度以降、初めて全測定局において環境基準の長期的評価を達成した。一方、短期的評価については、平成26年度までは9割以上の測定局で環境基準を達成できていなかったが、平成28年度及び30年度に全測定局において達成している。また、山口県平均値と全国平均値との差は、年々小さくなっており、平成30年度はほぼ同程度の値を示している。

表1に平成30年度における山口県内各測定局の連続濃度測定の結果を示す。平成30年度のPM_{2.5}濃度の年平均値は麻里布小学校測定局において最大で、次いで、宮の前児童公園測定局、宇部総合庁舎測定局であった。いずれも瀬戸内海側の大規模工場の近くに位置し、交通量も多く、工場や移動発生源による地域汚染の影響が大きいことが示唆される。

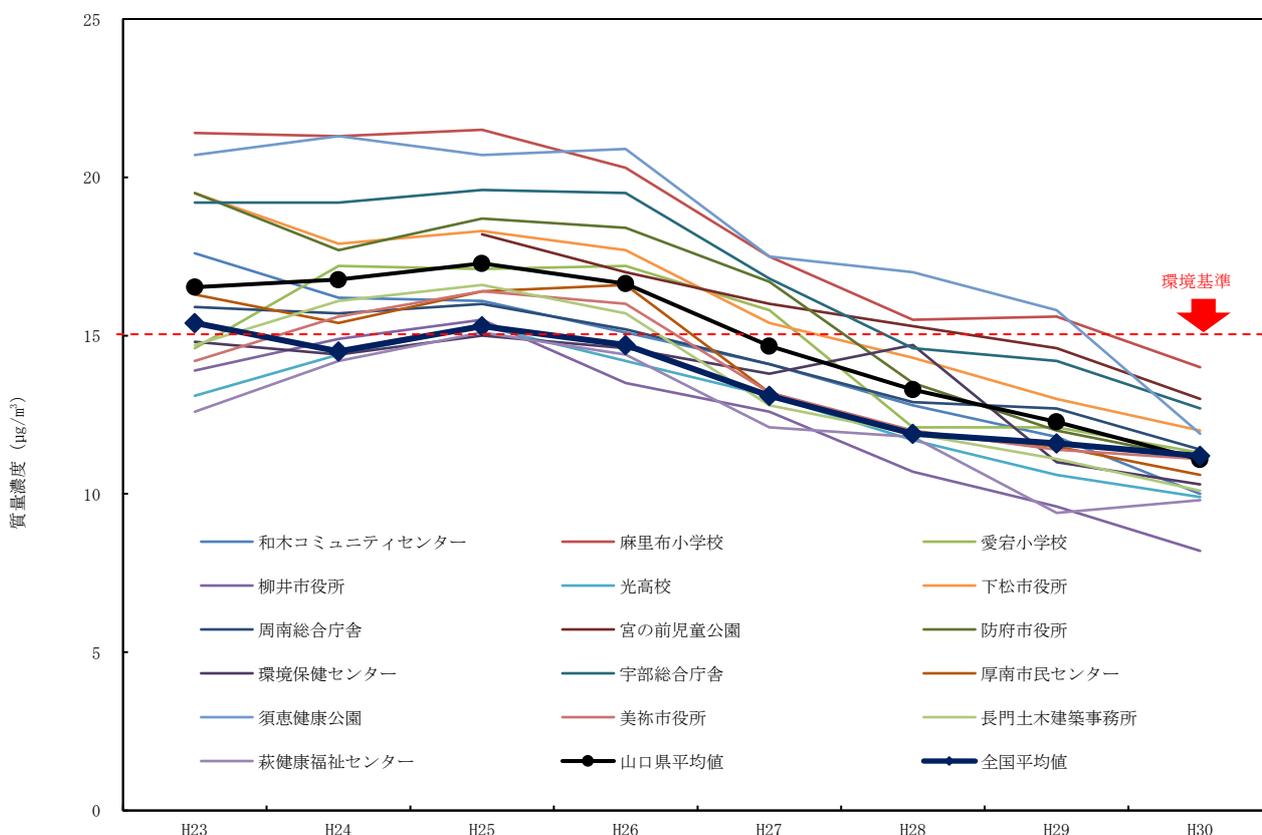


図2 PM_{2.5}濃度の経年変化

表1 平成30年度のPM_{2.5}濃度測定結果

所在地	測定局名	用途地域	有効測定日数 (日)	年平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	日平均値の年間98値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日数とその割合 (日) (割合)
和木町	和木コミュニティセンター	住	365	10.0	28.0	1 0.3
岩国市	麻里布小学校	商	364	14.0	33.6	7 1.9
	愛宕小学校	住	365	11.3	28.0	0 0.0
柳井市	柳井市役所	商	364	8.2	24.6	0 0.0
光市	光高校	住	365	9.9	25.5	0 0.0
下松市	下松市役所	商	365	12.0	28.1	2 0.5
周南市	周南総合庁舎	商	365	11.4	27.6	1 0.3
	宮の前児童公園	商	365	13.0	30.2	2 0.5
防府市	防府市役所	商	365	11.1	29.2	0 0.0
山口市	環境保健センター	住	365	10.3	25.6	0 0.0
宇部市	宇部総合庁舎	商	365	12.7	28.3	1 0.3
	厚南市民センター	住	365	10.6	26.6	1 0.3
山陽小野田市	須恵健康公園	住	364	11.9	27.5	0 0.0
美祿市	美祿市役所	商	361	11.1	27.5	0 0.0
長門市	長門土木建築事務所	住	365	10.1	27.7	0 0.0
萩市	萩健康福祉センター	住	365	9.8	27.9	1 0.3

2.2 成分分析の状況

図3に平成29年度の全国平均及び山口県における質量濃度に対する各成分の割合を示す⁵⁾。全国平均と比較して、山口県は硫酸イオンの割合が高く、有機炭素(OC)が低く、その他の成分は差異がなかった。

山口県は大陸からの越境汚染の影響を受け、特に日本海側はその影響が大きい⁶⁾。PMF (Positive Matrix Factorization) 解析等の結果からも、大陸からの越境汚染の場合は硫酸イオンが高くなる傾向がある⁷⁾。

図4に山口県における成分分析結果の経年変化を示す。平成23年度春季については、質量濃度の測定を行っていないため除外している。質量濃度は、平成24年度から平

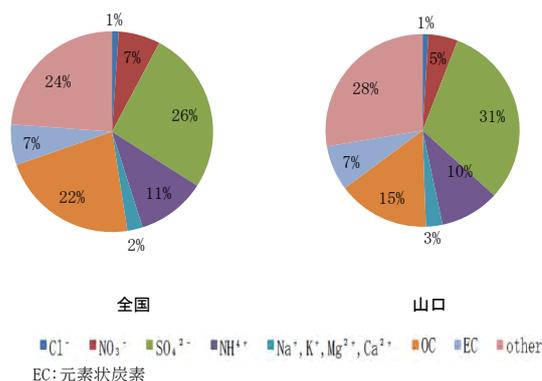
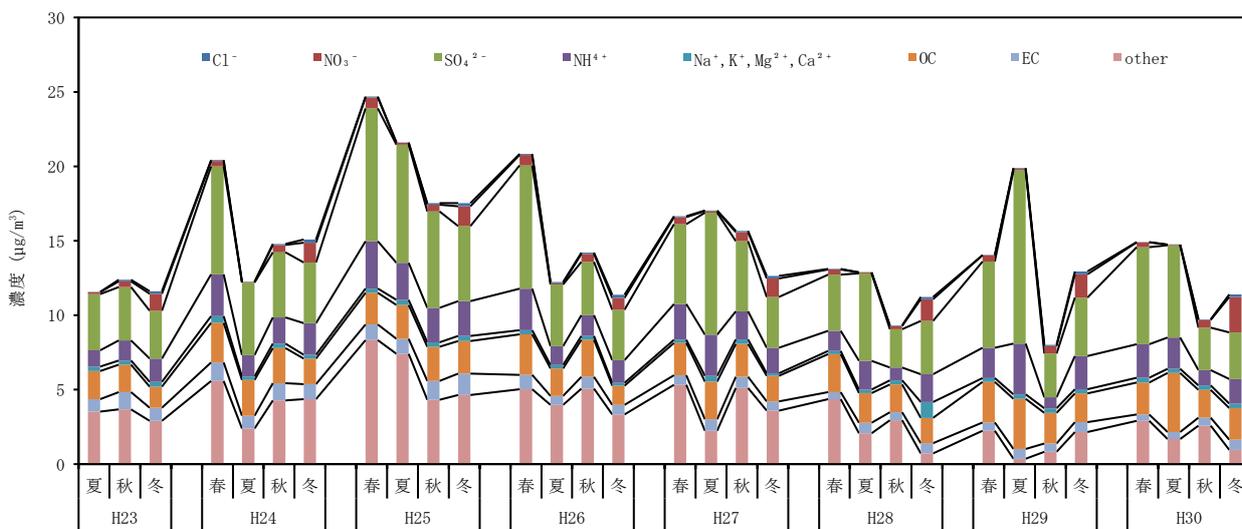


図3 PM_{2.5}の成分割合(平成29年度)



*: 平成23年度春季は質量濃度未測定により除外

図4 山口県のPM_{2.5}濃度の経年変化(季節変動)

成26年度までは春季に濃度ピークがあったが、平成27年度及び平成29年度は夏季がピークとなっており、また、平成28年度、平成30年度は春季、夏季の濃度差が極わずかである等、季節における質量濃度の傾向が変化している。これは、中国のPM_{2.5}濃度の低下に伴い、我が国のPM_{2.5}濃度も減少傾向にある²⁾ことから、越境汚染の影響による急激な濃度上昇等が緩和された結果、平準化されてきたものと推察する。

イオン成分濃度については、質量濃度の高い春季、夏季に硫酸イオンの濃度が高い傾向が見られた⁸⁾。また、冬季は硝酸イオンが高い傾向にあるが、硝酸イオンはアンモニウムイオンとともにガスとイオンの間で可逆的に変化するためと考えられる。

また、無機元素成分については、全年度に共通してNa, Al, K, Ca, Feの濃度が高かった。季節変動を見るとK, Ca, Zn, As, Ba, Pbは冬季から春季にかけて、Al, Fe, Se, Rb, Cs, La, Ceは春季に、Na, V, Niは春季から夏季にかけて濃度が高くなる傾向が見られている⁹⁾。

2.3 成分分析の状況（採取地点毎）

図5に平成30年度の周南総合庁舎測定局（高濃度地点）及び環境保健センター測定局（バックグラウンド地点）の質量濃度に対する各成分の割合を示す。

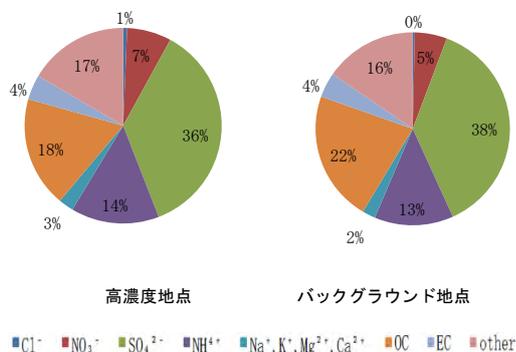


図5 PM_{2.5}の成分割合（平成30年度）

質量濃度については高濃度地点が13.4 μg/m³、バックグラウンド地点が12.0 μg/m³で高濃度地点の濃度が高かったが、成分割合についてはともに硫酸イオンの濃度が高く、同様の傾向であった。

3. 成分分析における硝酸イオンの変動

図4に示すとおり、冬季に硝酸イオンの濃度が高いことから、図6に成分分析における硝酸イオンの冬季における経年変化を示す。全国平均においては、質量濃度に比例した下降傾向であるが、山口県については、高濃度地点、バックグラウンド地点ともに上昇傾向であった。

図7は、国設五島酸性雨測定所、福岡大学、国設隠岐酸

性雨測定所においてACSA-14で測定した微小粒子状物質濃度の硝酸イオン濃度を示すグラフ（月平均）である¹⁰⁾。発生源の少ない地域である五島、隠岐においても冬季は都市部の福岡と同程度の硝酸イオン濃度があり、越境汚染の影響が示唆されている。同様に山口県の硝酸イオンの濃度上昇も越境汚染の影響と考えられる。

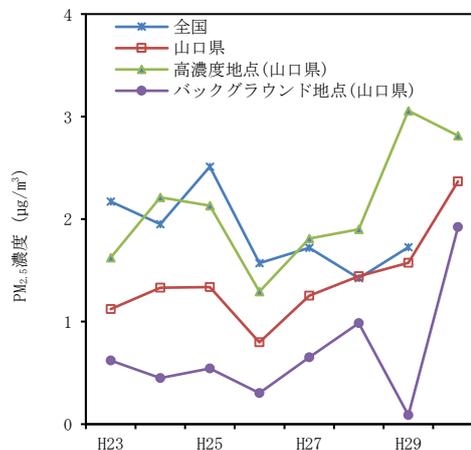


図6 硝酸イオンの冬季における経年変化

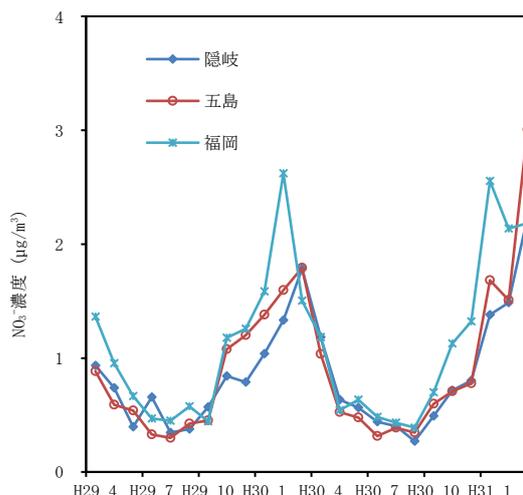


図7 fNO₃の月平均の変化

4. まとめ

平成30年度に各測定局において環境基準を達成する等、山口県内のPM_{2.5}濃度は着実に減少してきている。しかしながら、山口県は瀬戸内海に立地する重化学工場群による地域汚染の影響がある一方で、地理的に大陸からの越境汚染の影響を受けやすい。中国におけるPM_{2.5}濃度は減少傾向にあることから、今後もPM_{2.5}濃度は低下していくものと推察するが、鶴野ら¹¹⁾は、硝酸アンモニウムの越境輸送量の増加を示唆しており、このことは山口県の成分測定状況と合致している。このため、今後も季節的な成分変動を含めたPM_{2.5}測定は重要であると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 中野かおり:PM2.5をめぐる問題の経緯と今後の課題. 立法と調査, No345, 141-151, 2013
- 2) 環境省:大気汚染状況報告書, <https://www.env.go.jp/air/osen/report/index.html> (2020.7.20アクセス)
- 3) 山口県:山口県環境白書, <https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a15500/hakusho/whitepaper.html> (2020.7.20アクセス)
- 4) 環境省:大気汚染状況, <https://www.env.go.jp/air/osen/index.html> (2020.7.20アクセス)
- 5) 環境省:微小粒子状物質(PM2.5)の質量濃度及び成分測定(手分析)結果, <https://www.env.go.jp/air/osen/pm/monitoring.html> (2020.7.9アクセス)
- 6) 長田健太郎他:中国四国地方におけるPM_{2.5}高濃度状況. 第58回大気環境学会講演要旨集, 2017
- 7) 川本長雄他:山口市におけるPM_{2.5}イオン成分調査, 山口県環境保健センター所報(第56号), 2017
- 8) 野村美沙希他:山口県における微小粒子状物質(PM_{2.5})中のイオン成分について, 山口県環境衛生職員業務研究発表収録(第58号), 2018
- 9) 倉田有希江他:山口県における微小粒子状物質(PM_{2.5})中の無機元素成分について, 山口県環境衛生職員業務研究発表収録(第57号), 2017
- 10) 環境省:微小粒子状物質(PM2.5)成分自動測定結果, http://www.env.go.jp/air/%20osen/pm_resultmonitoring/post_25.html (2020.7.9アクセス)
- 11) Uno I, Z. Wang, Itahashi S, Yumimoto K, Yamura Y, Yoshino A, Takami A, Hayasaki M, B-G. Kim:Paradigm shift in aerosol chemical composition over regions downwind of China, Scientific Reports, 10, Article number 6450, 2020
- 12) 環境省:微小粒子状物質の成分分析 | 大気中微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアル, <https://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html> (2020.7.9アクセス)
- 13) 環境省:微小粒子状物質の大気中の挙動, <https://www.env.go.jp/council/former2013/07air/y078-04/ref02-1.pdf> (2020.7.20アクセス)

<報文>

相模湾沿岸における一般参加によるマイクロプラスチック分布調査*

難波あゆみ**・三島聡子**・五十嵐恵美子**・小松明弘**・坂本広美**

キーワード ①マイクロプラスチック ②相模湾 ③樹脂ペレット ④被覆肥料 ⑤人工芝

要 旨

相模湾のマイクロプラスチック汚染の実態把握を目的として、2019年7月から8月にかけてクラウドファンディングにより資金を調達し、2019年10月から2020年1月に神奈川県沿岸27地点についてマイクロプラスチック分布調査を行った。海岸に漂着するマイクロプラスチック数を調査したところ、ヘッドランド(茅ヶ崎市)が調査地点の中で最も多かった。また、海岸でしばしば発見される特徴的なマイクロプラスチックである樹脂ペレット、樹脂系被覆肥料の被膜殻と推定される中空球状マイクロプラスチック及び人工芝の破片と推定される緑色へら状マイクロプラスチックの漂着数を調査したところ、樹脂ペレットが59%、緑色へら状マイクロプラスチックが48%及び中空球状マイクロプラスチックが41%の地点から検出された。

1. はじめに

近年、5mm以下¹⁾のプラスチックであるマイクロプラスチック(MP)の海洋中の総量はおよそ5兆個²⁾、日本近海の漂流量は世界平均の27倍³⁾であると推定されている。このMPは、もともと5mm以下に成形され、その形状が損なわれていない一次MPと、プラスチック製品やその廃棄物が環境中で劣化・微細化し破片となった二次MPに大別される。このMPは、親油性のため、海水中の希薄なPCB等の残留性有機汚染物質を高濃度に吸着し、遠隔地に輸送する性質を持つと言われている^{4,5)}。更には海洋生物によるMPの摂食も確認されている^{6,7,8)}。このようなことから、2015年に開催されたエルマウサミット以降、世界的にその対策が議論されている。

日本では環境省がMP調査を行っているが、日本近海の漂流MPが対象であり、ローカルな汚染実態については、地元自治体が主体的に調査を行う必要がある。

そこで、相模湾に面している神奈川県ではMP汚染の実態把握を目的として2017年から相模湾沿岸のMP調査⁹⁾を行った。この調査では相模湾側に位置する逗子(逗子市)、鶴沼(藤沢市)、高浜台(平塚市)及び山王網一色(小田原市)と、比較対象として東京湾側に位置する久里浜(横須賀市)を加えた計5地点について、材質構成と漂着量を調査したところ、地域ごとに異なる結果が得られた。この

ことから、相模湾沿岸に漂着するMPは内陸から河川を經由して海域に流出しているものと考えられ、そのMPの内訳は内陸の発生源(供給源)の種類や地域分布により影響を受けるものと推測される。その実態を解明するためには、まず沿岸に漂着したMPの実態を詳細に把握する必要がある。しかし、多地点におけるMPの実態把握を進めるためには、調査費用とマンパワーが課題であった。そこで、2019年7月から8月にかけて調査資金をクラウドファンディングで募り、得られた資金を活用して調査を行うことを目的として、2019年9月に調査参加者を公募し、この問題に関心を寄せる27団体の一般県民の皆様の協力を得て、2019年10月から2020年1月にMP分布調査を行うことができた。

2. 方法

2.1 調査地点

図1に調査地点図を、表1に調査地点一覧を示す。調査地点は神奈川県内に位置し、相模湾に注ぐ一級又は二級河川近傍21地点及びそれ以外の4地点(⑨-1~3及び⑰)並びに比較対象として東京湾に注ぐ二級河川近傍1地点(⑱)及びそれ以外の1地点(⑱)の合計27地点とした。

*Survey on Microplastic Distribution on the Beach of Sagami Bay, Assisted by Citizen's Participation

**Ayumi NAMBA, Satoko MISHIMA, Emiko IGARASHI, Hiroaki KOMATSU, Hiromi SAKAMOTO (神奈川県環境科学センター) Kanagawa Environmental Research Center

表1 採取地点一覧

No.	採取地点	市町村名	河川名	湾名
①	門川	湯河原町	千歳川	相模湾
②	吉浜	湯河原町	新崎川	
③	山王川河口	小田原市	山王川	
④	酒匂川河口	小田原市	酒匂川	
⑤	中村川河口	二宮町	中村川	
⑥	葛川河口	大磯町	葛川	
⑦-1	大磯海水浴場	大磯町	金目川	
⑦-2	金目川河口	平塚市	金目川	
⑦-3	虹ヶ浜	平塚市	金目川	
⑧	サザンビーチ	茅ヶ崎市	相模川	
⑨-1	ヘッドランド	茅ヶ崎市	-	
⑨-2	浜須賀	茅ヶ崎市	-	
⑨-3	汐見台	茅ヶ崎市	-	
⑩-1	辻堂西海岸	藤沢市	引地川	
⑩-2	辻堂海水浴場	藤沢市	引地川	
⑩-3	鵜沼海水浴場	藤沢市	引地川	
⑪-1	片瀬海岸西浜	藤沢市	境川	
⑪-2	片瀬東浜海水浴場	藤沢市	境川	
⑫-1	由比ガ浜海水浴場	鎌倉市	滑川	
⑫-2	材木座海水浴場	鎌倉市	滑川	
⑬	逗子海岸	逗子市	田越川	
⑭	森戸海岸	葉山町	森戸川	
⑮	下山川河口	葉山町	下山川	
⑯	富浦の浜	横須賀市	松越川	
⑰	和田長浜海水浴場	三浦市	-	
⑱	三浦海岸	三浦市	-	東京湾
⑲	久里浜海岸	横須賀市	平作川	

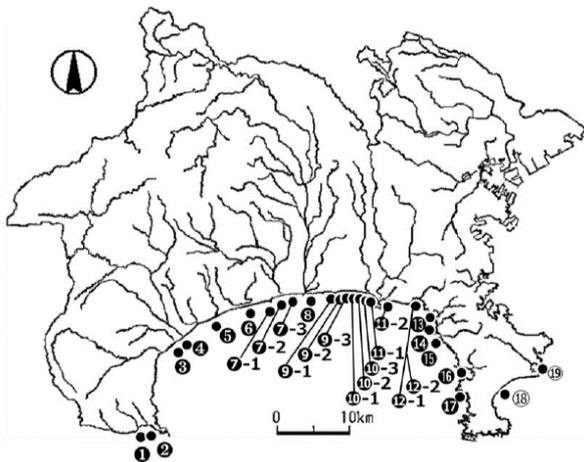


図1 調査地点

視にて確認し、その場所に40cm四方の採取区画ひもを張り、採取場所を決定した¹⁰⁾。

なお、採取区画の数は、色のついたMPが目視で合計100個程度カウントできた区画で終了とするか、もしくは最大10区画のいずれか区画が少ない方とした。

続いて上層約3cm程度の深さまでスコップで砂をすくい、上段が4.75mm、下段が2.00mmの二段式篩で篩分けを行い、下段上に残った残留物からピンセットを用いてマイクロプラスチックを採取した。

次に、OLYMPUS製実体顕微鏡SZ61により、粒径として長軸長さ(最も長い辺の長さを指す)を計測した。あわせて、特徴的なMP(樹脂ペレット、中空球状MP及び緑色へら状MP)の分類目的で形状と色も計測した。

なお、形状は、「ペレット」、「球」、「棒」、「板」、「不定形」、「その他」の6種に区分した。特徴的なMPについては、樹脂ペレットと推定されるものは「ペレット」、中空球状MPは「球」、緑色へら状MPは「棒」、「板」及び「不定形」に分類した。

サイズを測定したMPは、日本分光製赤外分光光度計FT/IR-4600 (TGS検出器)を用いたATR法により赤外線吸収スペクトルを測定し、図3に示した「PE(ポリエチレン)」、「PP(ポリプロピレン)」、「PS(ポリスチレン)」及び「その他」の4区分で材質判定を行った。材質判定を行ったMPは採取地点別の個数を計測した。あわせて図4に示した特徴的なMPの個数も計測した。

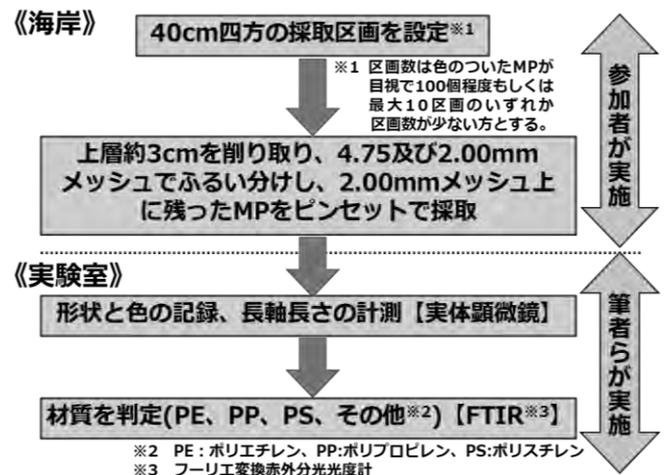


図2 調査方法

2.2 調査方法

試料の採取及び分離の手順を図2に示す。本調査では得られた27試料について、漂着数、材質比率及び特徴的なMPの有無を調べた。漂着数については、異なる採取地点間の比較を行い、相模湾沿岸に漂着したMPの特性を調べた。具体的な調査方法を以下に示す。

まず海岸の満潮線上において漂着物が多いところを目



図3 一般的な海岸漂着MPの例



図4 特徴的なMP

3. 結果と考察

3.1 全漂着数

図5に全漂着数の分布状況を示した。近隣の地域を比較すると、地域によって漂着数が異なり、特に近傍に河川がない⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が多かった。⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)は、図6に示したように茅ヶ崎海岸を侵食から防ぐために作られたT字型の突堤であり、潮の流れが反時計回りに回る¹¹⁾相模湾においては、海中に漂うMPが多量に漂着しやすい環境と考えられる。したがって、今回の結果よりMPの漂着量には、河川由来のほかに、地形が影響している可能性があると考えられた。

また東京湾と比較すると、相模湾の方が漂着数が多かった。

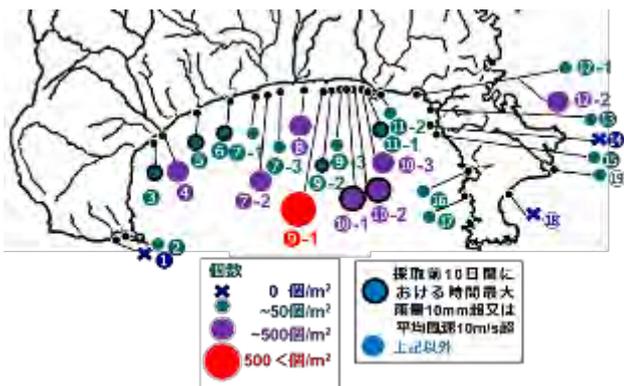


図5 全漂着数



図6 ヘッドランド(神奈川県茅ヶ崎市)

3.2 材質構成

図7にMPの材質構成を示した。地域毎の分布型はPE, PP, PS混合型, PEメイン型, PPメイン型, PSメイン型, その他及びMPなしの6種類に分けられた。一部異なる地域はあるが、近隣の地点は似た傾向を示した。一方でPSメイン型とその他型は局所的であった。

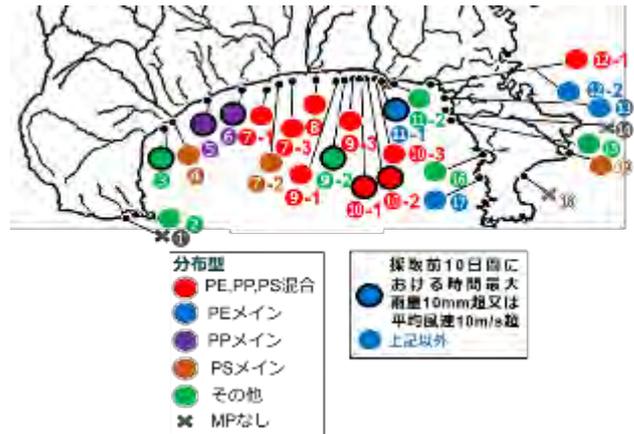


図7 材質構成

3.3 特徴的なMPの有無

3.3.1 樹脂ペレット

図8に樹脂ペレットの漂着数を示した。樹脂ペレットは⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が突出して多かった。

検出率は59%(16/27試料)であった。地点毎の全体に占める樹脂ペレットの割合は、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)のみ50%を超えた。県西部(①~④)と逗子市・葉山町(⑬~⑮)は低い傾向であった。東京湾側(⑱及び⑲)と比較すると、相模湾の方が多量漂着がみられた。

樹脂ペレットはプラスチック製品の原料であり、ほぼ工業的な用途に限定されるため、漂着数が多かった原因は、輸送過程での積み替え等に伴う漏出やプラスチック成型事業所からの漏出が可能性として考えられる。この場合、内陸から河川を伝って相模湾へ運ばれると推定されるが、樹脂ペレットの材質に多いPEやPPは比重が海水よりも小さいため、波によって運ばれ、河口のみならず、地形的に堆積しやすい場所に集まると推定される。そのため、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)で多量漂着があったと考えられた。

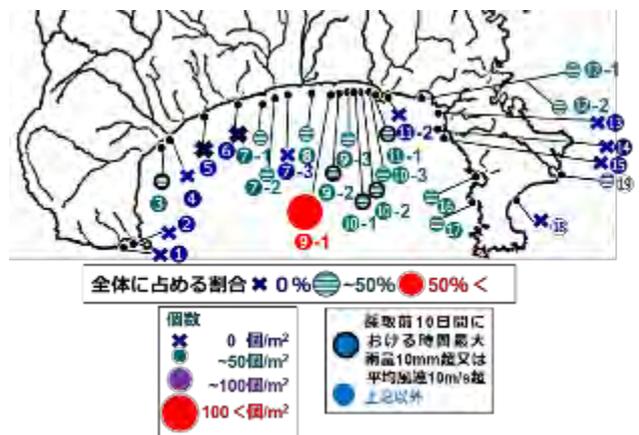


図8 樹脂ペレット漂着量

3.3.2 中空球状MP

図9に中空球状MPの漂着状況を示した。中空球状MPは全地点において50個/m²以下であった。

検出率は41% (11/27試料)であった。地域別では、③山王川(小田原市)、④酒匂川(小田原市)、⑦-1、2金目川(大磯町および平塚市)、⑧相模川(茅ヶ崎市)、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)、⑩-1、2引地川(藤沢市)、⑬田越川(逗子市)、⑯松越川(横須賀市)及び⑰和田長浜海水浴場(三浦市)において検出されているが、東京湾側(⑱及び⑲)を含む上記以外の16地域では未検出であった。

地点毎の全体に占める中空球状MPの割合は、③山王川(小田原市)のみ50%を超えたが、それ以外の地点においては50%以下であった。

中空球状MPは緩効性の樹脂系被覆肥料の被膜殻と推定されており、野菜栽培にも使われるが、神奈川県内では水稲栽培での使用が大部分とされている⁹⁾。これらの樹脂系被覆肥料は過去に圃場に施肥されたものが、河川を通じて流出したものと考えられた。また中空球状MPは用途が限られており、このように検出される地域に偏りが生じた要因は、特定の地域で樹脂系被覆肥料が施肥されていることが要因と考えられた。

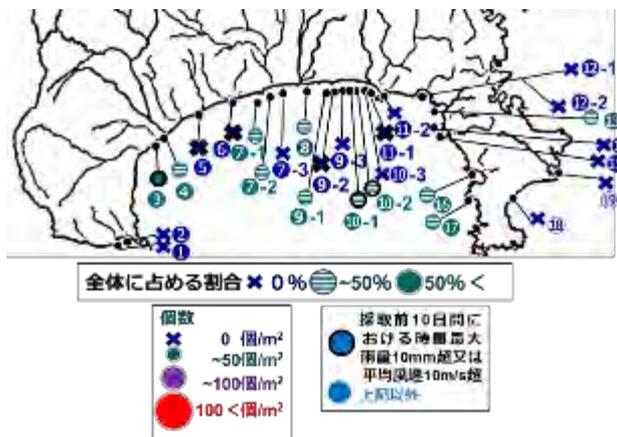


図9 中空球状MP漂着量

3.3.3 緑色へら状MP

図10に緑色へら状MPの漂着状況を示した。緑色へら状MPは全地点において50個/m²以下であった。

検出率は48% (13/27試料)であった。地点毎の全体に占める緑色へら状MPの割合が50%を超えた地点はなく、県西部と逗子・葉山町は低い傾向であった。東京湾側(⑱及び⑲)と比較しても目立つ特徴は見られなかった。

このことから、緑色へら状MPは突出した多量漂着はないが、比較的広範囲で検出されていることがわかった。

緑色へら状MPは人工芝から発生すると考えられ、家庭用人工芝や玄関マット等の身近な生活用品から排出され

る可能性があるため、人工芝の普及率の違いや人口密度等が影響すると考えられた。

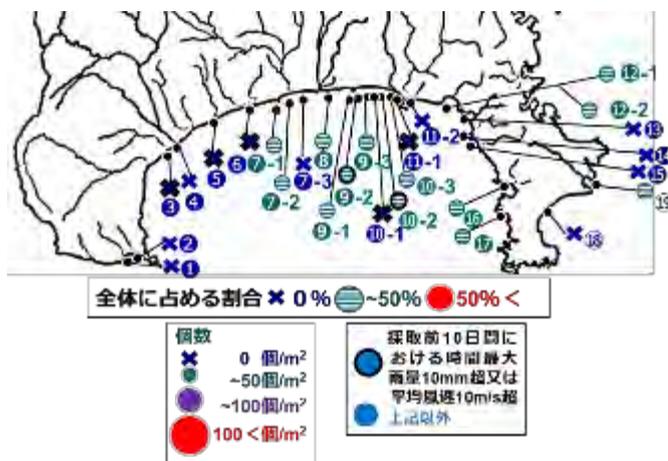


図10 緑色へら状MP漂着量

4. まとめ

今回の調査から、明らかになったことを(1)~(7)に示した。

- (1) 相模湾沿岸では⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が最もMP漂着量が多かった。また漂着量には地形が影響する可能性があることが示唆された。
- (2) 材質比率は近隣の地域は似た傾向を示したが、一方でPSメイン型とその他型は局所的であった。
- (3) 樹脂ペレットの検出率は59%であり、⑨-1ヘッドランド(茅ヶ崎市)が最も漂着量が多く、全体に占める割合も50%を超えた。一方で県西部や逗子市・葉山町の地域については低い傾向であった。
- (4) 中空球状MPの検出率は41%であり、樹脂ペレットや緑色へら状MPと比較して、検出地域が限定的であった。検出された地域の中では、④山王川(小田原市)が全体に占める割合が高かった。
- (5) 緑色へら状MPの検出率は48%であった。全体に占める割合が50%を超えた地点はなく、県西部と逗子市・葉山町の地域については低い傾向であった。
- (6) 特徴的なMPの中では樹脂ペレット、緑色へら状MP、中空球状MPの順で検出率が高かった。
- (7) 東京湾と相模湾を比較すると、相模湾の方が全漂着数及び特徴的なMPの漂着数が多い傾向であった。特に、中空球状MPの漂着状況に差が見られた。

今後は、こうした結果や、現在取り組んでいる河川中のMPの実態調査などの結果をもとに、内陸部の発生源となる可能性のあるエリアを絞り込むとともに、MPの発生の機会となる事象をとらえることによって、海域へのMPの流入を減らすための具体的な対策につなげていきたい。

5. 謝辞

本研究実施のため、クラウドファンディングによる研究資金の募集に際し、5万円以上ご支援いただいた方を、次のとおりご紹介させていただきます。

味澤 将宏様

株式会社コア・エレクトロニックシステム様

山志田 俊二様

株式会社陽報様

(順不同)

(お名前掲載について、ご承諾が得られた方のみ記載しています。)

この他にも本研究を行うにあたり、クラウドファンディング及び調査への協力等、大変多くの方からご支援をいただきました。この場をお借りして、全ての皆様に厚く御礼申し上げます。

6. 引用文献

- 1) GESAMP : Reports and Studies 90 "Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: a Global Assessment", pp.14-29, International Marine Organization, London, 2015
- 2) Eriksen M., Lebreton L. C. M., Carson H. S., Thiel M., Moore C. J., Borrorro J. C., Galgani F., Ryan P. G. : Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighting over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, **9**, e111913, 2014
- 3) Isobe A., Uchida K., Tokai T. and Iwasaki S. : East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics. *Mar. Pollut. Bull.*, **101**, 618-623, 2015
- 4) Mato Y., Isobe T., Takada H., Kanehiro H., Ohtake C., Kaminuma T. : Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environ. Sci. Technol.*, **35**, 318-324, 2001
- 5) Endo S., Takizawa R., Okuda K., Takada H., Chiba K., Kanehiro H., Ogi H., Yamashita R., Date T. : Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. *Mar. Pollut. Bull.*, **50**, 1103-1114, 2005
- 6) Carpenter E. J., Anderson S. J., Harvey G. R., Miklas H. P., Peck B. B. : Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*, **178**, 749-750, 1972
- 7) Tanaka K., Takada H. : Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Sci. Rep.*, **6**, 34351, 2016
- 8) 牛島大志, 田中周平, 鈴木裕識, 雪岡聖, 王夢澤, 鍋谷佳希, 藤井滋穂, 高田秀重: 日本内湾および琵琶湖における摂食方法別にみた魚類消化管中のマイクロプラスチックの存在実態, 水環境学会誌, **41**, 107-113, 2018
- 9) 池貝隆宏, 三島聡子, 菊池宏海, 難波あゆみ, 小林幸文: 相模湾沿岸域のマイクロプラスチック漂着特性. 神奈川県環境科学センター研究報告, **41**, 1-10, 2018
- 10) 池貝隆宏, 三島聡子, 長谷部勇太, 小林幸文: 海岸漂着量の評価のためのマイクロプラスチック採取方法. 全国環境研会誌, **42**, 197-202, 2017
- 11) 松山優治, 岩田静夫, 細田昌広: 相模湾における流れの観測, 沿岸海洋研究ノート, **18**(1), 9-17, 1980

<支部だより>

関東・甲信・静支部

関東・甲信・静支部の活動について報告します。
(支部事務局：神奈川県環境科学センター)

1. 令和元年度支部役員会

- (1) 期 日：令和元年8月19日（月）
- (2) 場 所：神奈川自治会館
- (3) 議 事
 - ① 会長賞被表彰者の支部推薦に係る選考
 - ② 支部長表彰被表彰者の選考
 - ③ 全国環境研協議会関東甲信静支部総会の開催時期の見直しについて

(3) 大気専門部会

(部会長機関：群馬県衛生環境研究所)

- ① 期 日：令和元年11月29日（金）
- ② 場 所：群馬県庁
- ③ 参加者：15機関，24名
- ④ 内 容：演題発表（10題）

2. 令和元年度支部総会

- (1) 期 日：令和元年11月22日（金）
- (2) 場 所：クーポール会館
- (3) 議 事
 - ① 全国環境研協議会関東甲信静支部総会の開催時期の見直しについて
 - ② 令和2年度の支部役員及び総会等の開催地について
 - ③ 各専門部会事業報告
 - ④ 全国環境研協議会会長賞候補者推薦報告
 - ⑤ 支部長表彰者報告及び表彰式



支部役員会の様子

3. 支部専門部会開催状況

- (1) 騒音振動専門部会
(部会長機関：川崎市環境総合研究所)
 - ① 期 日：令和元年7月9日（火）
 - ② 場 所：川崎市環境総合研究所
 - ③ 参加者：11機関，20名
 - ④ 内 容：講演（1題），事例発表（6題）

- (2) 水質専門部会
(部会長機関：静岡県環境衛生科学研究所)
 - ① 期 日：令和元年11月1日（金）
 - ② 場 所：静岡県コンベンションアーツセンター
グランシップ
 - ③ 参加者：16機関，29名
 - ④ 内 容：演題発表（11題）



支部総会の様子

編集後記

令和2年7月の豪雨は、九州を中心に全国各地で河川の氾濫や土砂崩れなど大きな被害をもたらしました。被害に遭われた方々に対し、心からお見舞い申し上げます。特に今年は新型コロナウイルス感染症の影響で、避難先での生活や復旧作業など、今までにないご苦労とご心労はいかばかりかと拝察申し上げます。

さて、5月の緊急事態宣言の解除以降、「新しい生活様式」に基づき、自粛されていた会議やイベントの開催が徐々に増えてきました。再開を歓迎する声の一方で、流行はいまだ終息の気配を見せず、主催者としては本当に開催をして大丈夫なのか、感染防止対策をどうするかなど、頭を悩ませることも多いかと思えます。

当所も、毎年実施していた環境学習イベントの多くを当面の間見合わせや中止とし、代わりにWeb会議ツールや動画配信などの手段を用いて開催ができないか、検討を進めています。

この代替例の一つとして、本稿では当所が毎年8月に行っている「自然ふれあい講座：みんなで温暖化ウオッチ～セミのぬけがらを探せ！～」をご紹介します。この講座は、夏休み中の小学生とともに県内各地でセミのぬけがらを収集し、その種類や数、分布の変化などを調べることで気候変動への理解を深めていただくことを目的とした事業ですが、今年は新型コロナの影響により、やむなく全て中止にせざるをえませんでした。

そこで、スマートフォンやタブレットなどの端末上のアプリを利用して、参加者が自ら調査を行う「自宅でセミ調べ_2020」を、国立環境研究所の気候変動適応センターの技術的援助を受けて6月から開始しました。

参加者は、アプリにセミの種類や観察した日付、場所などのデータを入力し送信することで、どこからでも簡単に調査・報告が行えるほか、これまでに入力された調

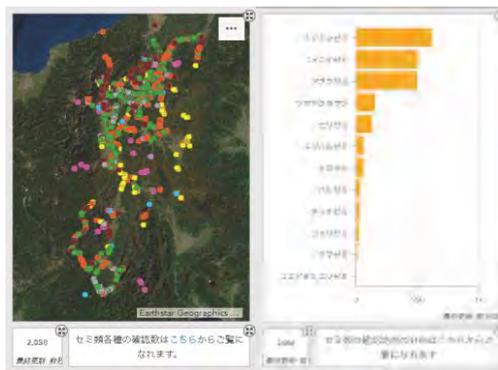


図.「自宅でセミ調べ_2020」アプリ画面の一部
(詳細は<https://lccac-shinshu.org/support/>をご覧ください。)

査状況も画面で確認することができます。8月末までに2,000件以上のご報告をいただきました。今後も継続して調査を行うことで、学習の対象や効果をこれまで以上に広げることができるのではと期待しています。

従来のイベントの全てをこういった手法で代替することは、機材や回線環境、セキュリティなどの様々な制約から困難ですが、持続可能な社会の実現に向け、ウィズコロナの時代においても歩みを止める訳にはいきません。

試行錯誤と工夫を重ねながら、可能な限り事業を続けていきたいと思えます。

* * *

最後になりましたが、巻頭言を執筆していただきました神奈川県環境科学センター所長様、特集の「酸性雨全国調査報告書」を担当していただきました兵庫県環境研究センター様、報文を投稿いただきました皆様、「支部だより」を執筆いただきました神奈川県環境科学センター様には、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。全国各支部会員の皆さまにおかれましては、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。

(長野県環境保全研究所)

令和2年度

全国環境研協議会広報部会

< 部 会 長 > 長野県環境保全研究所長
< 広報部会担当理事 > 山梨県衛生環境研究所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.45 No.3(通巻156号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2020年9月25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