

大分県における細菌性下痢症サーベイランスの動向 (2021年)

高野真実*、成松浩志、溝腰朗人、佐々木麻里**、岡崎嘉彦

Trend of Bacterial Diarrhea Surveillance in Oita Prefecture, 2021

Mami Takano, Hiroshi Narimatsu, Akito Mizokoshi, Mari Sasaki and Yoshihiko Okazaki

Key words: 細菌性下痢症 bacterial diarrhea, サルモネラ *Salmonella*, 大腸菌 *E. coli*

はじめに

前回の報告¹⁻²⁴⁾に引き続き、大分県の主に小児における細菌性散発下痢症の2021年の発生動向を報告する。

材料および方法

2021年1月から2021年12月末までに、県内の医療機関（小児科及び内科）において細菌性下痢症が疑われた患者便および分離菌株について細菌学的検索を実施した。検査方法の詳細は前報告^{1,2)}のとおりである。腸管出血性大腸菌（EHEC）、毒素原性大腸菌（ETEC）、腸管組織侵入性大腸菌（EIEC）、腸管病原大腸菌（EPEC）及び腸管凝集付着性大腸菌（EAggEC）はPCR法³⁻⁷⁾を用いて検索した。ただし、EPECとEAggECについては病原因子が不明（研究途上）であり、散発下痢症では確定診断が困難であるため、他の下痢原性大腸菌のカテゴリーの病原因子を保有せず、*eae*遺伝子を保有するものを「EPEC 疑い」、*aggR*遺伝子を保有するものを「EAggEC 疑い」として計上している。なお、本報告の文中では簡略のため以下「疑い」の表記を省略する。

2020年から検査を開始した *Escherichia albertii* は、既報⁸⁾のPCR法を用いて確認した。

1検体から同一の菌種または血清型が分離された場合は「1株」として集計し、1検体から複数の菌種または血清型が分離された場合は、それぞれの菌種または血清型ごとに「1株」として集計した。また「検出率」とは検査検体数における菌検出検体数（≡検出菌株数）の割合（%）で示した。

結果および考察

1 検査した検体の構成

検体数は延べ86検体で、男性由来56検体、女性由来28検体、不明2検体（男女比2：1）であった（図1参照）。

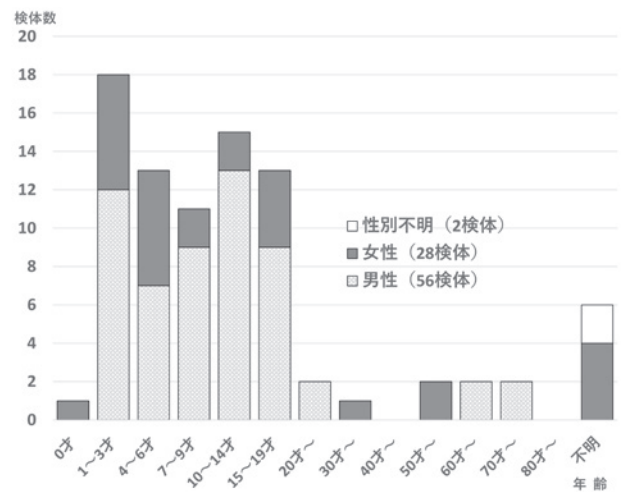


図1 検体の年齢別性別構成 (2021年)

2 下痢症起因菌の検出状況

86検体のうち36検体（41.9%）から36株の下痢症起因菌を検出した。検出菌の内訳は、サルモネラ属菌が最も多く29株（全菌株数の80.5%）、次いでカンピロバクター（*C. jejuni*）が3株（同8.3%）、EHEC、エロモナス、エルシニアおよび *Escherichia albertii* が各1株（各同2.8%）であった（図2参照）。2021年は、複数菌同時検出例がなかった。エロモナスは、*Aeromonas veronii biovar sobria* (*A. sobria*)、エルシニアは、*Yersinia enterocolitica* で血清型はO3群であった。

* 大分県立病院、** 大分県東部保健所

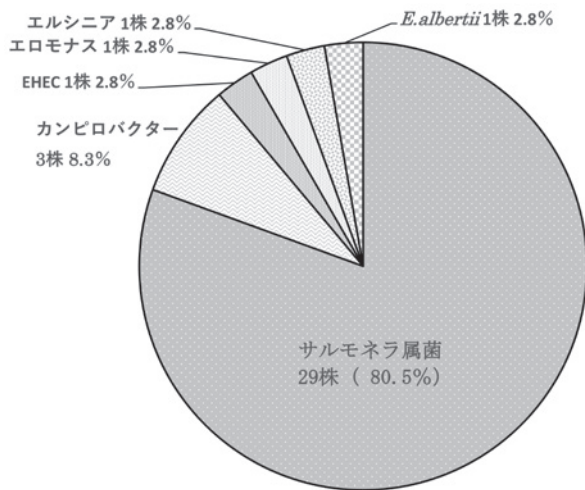


図2 検出菌の内訳 (2021年)

2.1 サルモネラ属菌

サルモネラ属菌は検査検体86検体中29検体(33.7%)から18種類の血清型が計29株検出された。18血清型の内訳は表1に示すとおり。

2021年は、サルモネラ属菌の検出数も前年同様に少なかった。2020年から続く新型コロナウイルス感染症の県内外の大流行による社会的な影響(会食の自粛等)を受けた可能性も考えられる。

過去20年間(2001年~2020年)に検出されたサル

表1 検出されたサルモネラの血清型 (2021年)

血清型名	O抗原:H1相:H2相	株数	割合
Enteritidis	O9:g,m:-	4	13.8%
Schwarzengrund	O4:d:1,7	3	10.3%
Miyazaki	O9:l,z ₁₃ :1,7	3	10.3%
Saintpaul	O4:e,h:1,2	2	6.9%
Heidelberg	O4:r:1,2	2	6.9%
Bareilly	O7:y:1,5	2	6.9%
Hadar	O6,8:z ₁₀ :e,n,x	2	6.9%
Typhimurium	O4:i:1,2	1	3.4%
型名不明	O4:i:-	1	3.4%
Chester	O4:e,h:e,n,x*	1	3.4%
Haifa	O4:z ₁₀ :1,2	1	3.4%
Braenderup	O7:e,h:e,n,z ₁₅	1	3.4%
Infantis	O7:r:1,5*	1	3.4%
Manhattan	O6,8:d:1,5	1	3.4%
Newport	O6,8:e,h:1,2	1	3.4%
Litchfield	O6,8:l,v:1,2	1	3.4%
Panama	O9:l,v:1,5:-	1	3.4%
Javiana	O9:l,z ₂₈ :1,5*	1	3.4%
合計		29	100.0%

*:実際は、H1相と2相が逆転していた

モネラ895株中で検出株数の多かった上位15の血清型について、5年ごとの4期集計を表2に示す(データは過去20年間の当センター年報)。

表2 過去20年間に高頻度に検出されたサルモネラの血清型

	2001—2005年		2006—2010年		2011—2015年		2016—2020年		20年間合計	
	株数(%)	順位	株数(%)	順位	株数(%)	順位	株数(%)	順位	株数(%)	順位
Enteritidis	156 (53.2)	①	133 (43.9)	①	10 (9.2)	④	7 (3.7)	⑨	306 (34.2)	①
Braenderup	21 (7.2)	③	61 (20.1)	②	5 (4.6)	⑧	7 (3.7)	⑨	94 (10.5)	②
Typhimurium	25 (8.5)	②	21 (6.9)	③	11 (10.1)	②	11 (5.8)	⑦	68 (7.6)	③
Saintpaul	15 (5.1)	④	13 (4.3)	④	16 (14.7)	①	17 (8.9)	②	61 (6.8)	④
Thompson	3 (1.0)	⑧	6 (2.0)	⑦	7 (6.4)	⑤	20 (10.5)	①	36 (4.0)	⑤
Schwarzengrund	0 (0)		6 (2.0)	⑦	11 (10.1)	②	17 (8.9)	②	34 (3.8)	⑥
Infantis	12 (4.1)	⑤	6 (2.0)	⑦	2 (1.8)	⑪	5 (2.6)	⑪	25 (2.8)	⑦
O4:i:-	0 (0)		1 (0.3)	⑬	7 (6.4)	⑤	15 (7.9)	④	23 (2.6)	⑧
Stanley	1 (0.3)	⑪	4 (1.3)	⑪	3 (2.8)	⑩	15 (7.9)	④	23 (2.6)	⑨
Miyazaki	2 (0.7)	⑨	6 (2.0)	⑦	7 (6.4)	⑤	8 (4.2)	⑧	23 (2.6)	⑨
Corvallis	5 (1.7)	⑦	4 (1.3)	⑪	4 (3.7)	⑨	4 (2.1)	⑫	17 (1.9)	⑪
Agona	9 (3.1)	⑥	1 (0.3)	⑬	1 (0.9)	⑫	4 (2.1)	⑫	15 (1.7)	⑫
Bareilly	1 (0.3)	⑪	1 (0.3)	⑬	0 (0)		12 (6.3)	⑥	14 (1.6)	⑬
Manhattan	2 (0.7)	⑨	7 (2.3)	⑤	1 (0.9)	⑫	2 (1.1)	⑭	12 (1.3)	⑭
Hadar	1 (0.3)	⑪	7 (2.3)	⑤	1 (0.9)	⑫	0 (0)		9 (1.0)	⑮
上記以外	40 (13.7)		26 (8.6)		23 (21.1)		46 (24.2)		135 (15.1)	
計	293 (100)		303 (100)		109 (100)		190 (100)		895 (100)	

2021年に検出された18血清型のうち7血清型(Heidelberg、Chester、Haifa、Newport、Litchfield、Panama、Javiana)は過去20年間(2001年~2020年)の検出数が少ない型であったが、ほかの11血清型はよく検出される型であった(表2参照)。

Litchfieldは培地上で硫化水素非産生であった。

2021年に最も多く検出された血清型であるEnteritidisは、2001年から2010年までの間に最も多く検出された型であったが、2011年以降激減している。次のMiyazakiは毎年一定に検出されている。Schwarzengrundは、2001年から2005年は不検出で、2006年以降に検出されるようになり、最近の10年で検出数が増加傾向にある血清型である。一方、TyphimuriumのH2相抗原が欠失した変異株⁹⁾を疑うO4:i:-は2021年に1株であったが、前年は4株であった。O4:i:-は2000年代前半にほとんど検出されなかったが、最近の10年間でよく検出されるようになっている(表2参照)。

2.2 下痢原性大腸菌および関連菌

下痢原生大腸菌のうち、EHEC O111:HNM (VT-1,2)が1株検出された。EPEC、EAggEC、ETECおよびEIECは検出されなかった。EPECやEAggECがまったく検出されないということは過去20年間(2001~2020年)に見られなかったことであり、これも新型コロナウイルス感染症流行の影響があったのかもしれない。

2020年に続き2021年も*E.albertii*が1株検出された。当センターの保存菌株の遡り調査で過去にEPECとされていた107株中の7株が*E.albertii*であった⁸⁾。*E.albertii*は、散発下痢症の中に一定の割合で

存在すると思われる。2020年と2021年の*E.albertii*は、両株ともリジンおよびインドールが陽性で運動性は陰性、βグルクロニダーゼ陰性であり、日本でよく検出されるバイオグループ3¹⁰⁾に属すると思われる。なお、両株ともVT2f遺伝子陰性であった。相違点としては、2020年の株は乳糖・白糖非分解であったが、2021年の株は乳糖・白糖分解菌であった。また、2020年の株は、大腸菌のO55とO128の両方の抗血清に凝集し、2021年の株はO103抗血清に凝集した。

3 年齢層別の菌検出状況

年齢別の菌の検出状況を表3に示す。

サルモネラ属菌は幅広い年齢層で検出されている。ほかの下痢症起因菌は検出数が少ないので明確な傾向はつかめないが、カンピロバクターは6歳男子と11歳の男子と女子から、EHEC O111は7歳女子から、エルシニアは13歳男子から、エロモナスは16歳男子から、*E.albertii*は5歳女子からそれぞれ検出された。

4 季節別の検出状況

月別の菌検出状況を表4に示す。全体的には6月をピークに前後数ヶ月間に検出数が多い傾向があった。カンピロバクターは7月と10月に検出された。EHEC O111は12月に検出され、サルモネラは冬や春先に検出されるものもあった。

謝 辞

検体採取に御協力頂いた医療機関の諸先生方に深謝いたします。

表3 年齢層別の菌検出状況 (2021年)

	年齢層														計
	0	1~3	4~6	7~9	10~14	15~19	20~	30~	40~	50~	60~	70~	80~	不明	
検査検体数	1	18	13	11	15	13	2	1	0	2	2	2	0	6	86
検出検体数	0	6	6	6	7	2	2	1	0	1	2	1	0	2	36
カンピロバクター			1		2										3
サルモネラ		6	4	5	3	2	2	1		1	2	1		2	29
EHEC					1										1
エロモナス				1											1
エルシニア					1										1
<i>E.albertii</i>			1												1
検出菌株数計		6	6	6	7	2	2	1		1	2	1		2	36

表4 月別の菌検出状況 (2021年)

検出菌名等	採取年月		2021年											経年推移		
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計	2020年	2019年	2018年
検査検体数	7	6	5	4	7	11	14	9	2	8	6	7	86	112	178	148
検出検体数	1	2	3	0	5	7	5	6	2	3	1	1	36	56	69	62
カンピロバクター							1			2			3	1	1	2
下痢原性 EPEC													0	18	6	7
大腸菌 EAggEC													0	1	3	6
ETEC													0	0	0	1
EHEC												1	1	5	5	4
EIEC													0	0	0	0
サルモネラ	1	2	3		5	5	4	5	2	1	1		29	27	52	36
黄色ブドウ球菌													0	4	2	4
腸炎ビブリオ													0	0	0	1
NAGビブリオ													0	1	0	0
ビブリオ ミミカス													0	0	0	0
エロモナス								1					1	2	0	0
プレジオモナス													0	0	0	0
エルシニア						1							1	1	0	0
セレウス菌													0	0	0	0
その他*						1							1	1	0	1
検出菌株数合計	1	2	3	0	5	7	5	6	2	3	1	1	36	62	69	62

注) *: その他の内訳について、2021年と2020年は*E.albertii*で、2018年はリステリア
複数菌検出検体があるので、菌株数合計と検出検体数は必ずしも一致しない。

参 考 文 献

- 1) 成松浩志、緒方喜久代、瀧 祐一、帆足喜久雄：大分県における細菌性下痢症サーベランスの動向 (1985-1994年). 大分県衛生環境研究センター年報, 22, 27-40 (1994)
- 2) 成松浩志、緒方喜久代、瀧 祐一、帆足喜久雄：大分地方における散発下痢症の細菌学的研究, 1985~1996年. 感染症学雑誌, 71, 644-651 (1997)
- 3) 伊藤文明、荻野武雄、伊藤健一郎、渡辺治雄：混合プライマーを用いたPCR法による下痢原性大腸菌の同時検出法. 日本臨床, 50, 343-347 (1992)
- 4) 伊藤文明、山岡弘二、荻野武雄、神辺眞之：下痢原性大腸菌のPCR法, 臨床病理, 43, 772-775 (1995)
- 5) 成松浩志、緒方喜久代、阿部義昭、帆足喜久雄：大分県における下痢症由来大腸菌の病原性関連遺伝子の保有状況調査. 大分県衛生環境研究センター年報. 29, 51-55 (2001)
- 6) 成松浩志、緒方喜久代、鷺見悦子、帆足喜久雄：健康人由来大腸菌における病原性関連遺伝子の保有状況調査. 大分県衛生環境研究センター年報, 30, 47-52 (2002)
- 7) 成松浩志、緒方喜久代、鷺見悦子：下痢症患者および健康人から分離された*eaeA*および*aggR*遺伝子保有大腸菌におけるその他の病原性関連遺伝子の分布、並びに、*afa*遺伝子保有大腸菌検査. 大分県衛生環境研究センター年報, 31, 35-40 (2003)
- 8) 溝腰朗人、後藤高志、佐々木麻里、成松浩志、加藤聖紀：大分県における*Escherichia albertii*の疫学調査. 大分県衛生環境研究センター年報, 47, 33-37 (2019)
- 9) 有吉理佳子:サルモネラ4:i:-について. Avian Disease Information, 15 (2018)
- 10) Murakami K, Maeda-Mitani E, Kimura H, Honda M, Ikeda T, Sugitani W, Konno T, Kawano K, Etoh Y, Sera N, Mizukoshi F, Saitoh T, Kawamura Y, Ishioka T, Ohnishi M, Oishi K, Fujimoto S. : Non-biogroup 1 or 2 Strains of the Emerging Zoonotic Pathogen *Escherichia albertii*, Their Proposed Assignment to Biogroup 3, and their Commonly Detected Characteristics., Front Microbiol. 10, 1543 (2019)

食品の微生物学的検査成績について（2021年度）

高野 真実*、佐々木 麻里**、溝腰 朗人、池田 稔、成松 浩志、岡崎 嘉彦

Microbiological Examination of Foods, 2021

Mami Takano, Mari Sasaki, Akito Mizokoshi, Minoru Ikeda, Hiroshi Narimatsu, Yoshihiko Okazaki

Key words：微生物学的検査microbiological examination、食品 food

はじめに

大分県では、食中毒の発生防止対策、流通食品の汚染状況の把握および汚染食品の排除を目的とし、大分県食品衛生監視指導計画に基づき、市販食品の収去検査を実施している。2021年度は、県産・国産食肉、加工食肉、県産鶏卵、県産ミネラルウォーター、県産養殖魚介類、生食用・加熱用二枚貝（カキ）の計78検体について、食中毒起因菌や汚染指標細菌、残留抗生物質、ノロウイルスなどの項目について検査を実施した。

材料および方法

1 材料

2021年4月から2022年3月にかけて、県下5ブロックの食品衛生監視機動班が収去・搬入した県産・国産食肉20検体（鶏肉11、豚肉9）、加工食肉10検体（豚ミンチ5、鶏ミンチ3、牛ミンチ2）、県産鶏卵10検体、県産ミネラルウォーター8検体、県産養殖魚介類20検体および二枚貝10検体（加熱用殻付きカキ4、加熱用むき身カキ2、生食用殻付きカキ3、生食用むき身カキ1）について検査した（表1）。

2 検査項目

食中毒起因菌（病原大腸菌、黄色ブドウ球菌、サルモネラ属菌、カンピロバクター）、汚染指標細菌（一般細菌数、大腸菌群、E.coli）、腸炎ビブリオ最確数、ノロウイルスおよび抗生物質について検査を行った。

3 検査方法

各項目の検査方法は、規格基準の定められた食品

は公定法（食品衛生法および関連法規）に従って実施し、それ以外の食品については、大分県検査実施標準作業書に基づいて実施した。

検査法の詳細は既報のとおり^{2,8)}である。

結 果

78検体中9検体（11.5%）から、食中毒起因菌等が検出された（表1）。

県産・国産食肉20検体中鶏肉3検体と豚肉2検体から食中毒起因菌が検出された。内訳は、5検体（鶏肉3、豚肉2）から黄色ブドウ球菌、2検体（鶏肉）からサルモネラ属菌が検出された（重複検出2検体）。検出されたサルモネラの血清型は、いずれも*S. Schwarzengrund*（O4:d:1,7）であった。なお、抗生物質はいずれの食肉からも不検出であった。

加工食肉10検体中4検体（鶏ミンチ2、豚ミンチ・牛ミンチ各1）から食中毒起因菌が検出され、内訳は4検体から黄色ブドウ球菌、2検体（鶏ミンチ）からカンピロバクター（*C.jejuni*）が検出された（重複検出2検体）。

県産鶏卵10検体からサルモネラ属菌および抗生物質は不検出であった。

県産ミネラルウォーター8検体について、大腸菌群はすべて不検出であった。一般細菌数では、ミネラルウォーターの原水の基準 10^2 /ml（食品衛生法の製造基準）を超える検体はなかった。

県産養殖魚介類20検体から抗生物質は検出されなかった。

二枚貝（生カキ）10検体からは、ノロウイルス遺伝子は検出されなかった。生食用殻付きカキ3検体および生食用むき身カキ1検体はすべて食品衛生法の成分規格に適合していた。

* 大分県立病院、** 大分県東部保健所

考 察

これまでの成績¹⁻¹³⁾と同様に今回の調査においても、鶏肉11検体中2検体からサルモネラ属菌およびその加工品(鶏ミンチ)3検体中2検体からカンピロバクターが検出された。鶏肉から分離された2件のサルモネラ属菌の血清型はともにSchwarzengrund(O4:d:1,7)であった。この型は2006年度から検出されるようになり、近年検出されたサルモネラ血清型はすべてこの型で、2019年度に鶏肉から3件(14検体中3検体)、鶏ミンチから1検体(3検体中1検体)、2020年度も鶏肉から3件(5検体中3検体)、鶏ミンチから1件(3検体中1検体)検出されている¹²⁻¹³⁾。また、この型は大分県の散発下痢症においても2006年からよく検出されるようになり、2018年に4件、2019年に6件、2020年に6件、2021年に3件検出されており¹⁴⁻¹⁶⁾、今後も注視したい。カンピロバクターは、大分県では細菌性食中毒の発生件数としては最多の病因物質となっており¹⁷⁾、鶏肉の生食や不十分な加熱による食中毒のリスクが高いことを示唆する。これらのことから、食肉を取り扱う営業者や消費者に対し、鶏肉の十分な加熱の必要性を啓発すべきであると考ええる。

鶏卵は、1999年度から2021年度までの23年間で計300検体の検査を行ってきたが、サルモネラ属菌および抗生物質は不検出であった。

ミネラルウォーターについては、食品衛生法の規格基準には製品の一般細菌数の基準はないが、原水の基準(10²/ml以下)を超えることは、製造工程上の殺菌不良等の可能性がある。これまでの成績¹⁻¹³⁾によると、2016年度、2017年度および2021年度を除き、原水の基準を超える細菌数が検出された製品が認められており、県内の清涼飲料水製造業者に対する指導の継続が望まれる。

二枚貝(生カキ)のノロウイルスは2018年度から不検出が続いている(2020年度は未検査)。ノロウイルスの検出率(検出検体数/検査検体数)を2001年度から2021年度まで5年間区切りで見ると、2001-2005年度は6.9%(8/116)、2006-2010年度が18.3%(19/104)、2011-2015年度が13.3%(8/60)、2016-2021年度が5.7%(3/53)であり、最近は2000年代後半よりも低い傾向にある。

以上、流通する食品の微生物汚染を早期に探知することで、食中毒の未然防止や食品の安全確保が図られ、衛生行政に貢献できると考える。

参 考 文 献

- 1) 若松正人 他：食品の微生物学的検査成績について(2008年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 36, 61-65(2008)
- 2) 若松正人 他：食品の微生物学的検査成績について(2009年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 37, 55-59(2009)
- 3) 成松浩志 他：食品の微生物学的検査成績について(2010年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 38, 92-94(2010)
- 4) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2011年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 39, 124-126(2011)
- 5) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2012年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 40, 88-90(2012)
- 6) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2013年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 41, 79-81(2013)
- 7) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2014年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 42, 52-54(2014)
- 8) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2015年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 43, 79-82(2015)
- 9) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2016年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 44, 73-75(2016)
- 10) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2017年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 45, 84-86(2017)
- 11) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2018年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 46, 58-60(2018)
- 12) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2019年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 47, 62-64(2019)
- 13) 佐々木麻里 他：食品の微生物学的検査成績について(2020年度), 大分県衛生環境研究センター年報, 48, 68-70(2020)
- 14) 溝腰朗人 他：大分県における細菌性下痢症サーベイランスの動向(2018年), 大分県衛生環境研究センター年報, 46, 53-57(2018)
- 15) 溝腰朗人 他：大分県における細菌性下痢症サーベイランスの動向(2019年), 大分県衛生

環境研究センター年報, 47, 57-61 (2019)
 16) 溝腰朗人 他：大分県における細菌性下痢症
 サーバランスの動向 (2020年), 大分県衛生環
 境研究センター年報, 48, 63-77 (2020)

17) 大分県ホームページ, 過去30年間 (平成4年～
 令和3年) の食中毒事件について, [https://
 www.pref.oita.jp/site/suishin/r1jikenroku.html](https://www.pref.oita.jp/site/suishin/r1jikenroku.html)

表1 食品の微生物学的検査成績

検査検体名	検 体 数	陽 性 検 体 数	検査項目及び検出・基準超過件数									
			病 原 大 腸 菌	黄 色 ブ ド ウ 球 菌	サ ル モ ネ ラ 属 菌	カ ン ピ ロ バ ク タ ー	一 般 細 菌 数	大 腸 菌・大 腸 菌 群	腸 炎 ビ ブ リ オ 最 確 数	抗 生 物 質	ノ ロ ウ イ ル ス	
県産・国産食肉	20	5	0	5	2	0					0	
(内訳) 鶏肉	11	3	0/1	3	2	0					0	
豚肉	9	2	0	2	0	0					0	
加工食肉 (ミンチ・成型肉)	10	4	0	4	0	2						
県産鶏卵	10	0			0						0	
県産ミネラルウォーター	8	0					0	0				
県産養殖魚介類	20	0									0	
生食用・加熱用二枚貝	10	0					0/4	0/4	0/1			0
合計	78	9	0	9	2	2	0	0		0	0	0

注1) 検出された黄色ブドウ球菌のコアグララーゼ型とエンテロトキシン産生性の分布は表2に示す。
 注2) 検出されたサルモネラ (2件) は、*S. Schwarzengrund* (O4:d:1,7)
 注3) 検出されたカンピロバクター (2件) は、*C. jejuni*
 注4) ミネラルウォーターの一般細菌数は、原水の基準 (100/ml以下) を超えたものを検出件数としている。

表2 黄色ブドウ球菌のコアグララーゼ型とエンテロトキシン産生性

エンテロ トキシン型	n	コアグララーゼ型			
		II	VII	IX	型別不能
A	1	県国産 1 (豚)			
C	1	県国産 1 (豚)			
A~D 非産生	7	県国産 3 (鶏3) 加工 3 (鶏2・豚1)		加工 1 (牛)	
計	9	6	1	1	1

注) 県国産：県産・国産食肉由来, 加工：加工食肉由来

大分県における湿性沈着中の成分調査 (2021年度)

安藤 大生、甲斐 太郎

Investigation of components in Wet Deposition in Oita Prefecture (2021)

Daiki Ando, Taro Kai

Key Words: 湿性沈着:wet deposition, 酸性降下物:acid deposition, 水素イオン濃度:pH

はじめに

当センターでは、雨水の化学的性状を把握し酸性雨発生機構解明の基礎資料を得るため、全国環境研協議会の第6次酸性雨全国調査に参加し、雨水成分調査を行っている。これまでの報告では、2013～2020年度の調査のうち湿性沈着に係る調査結果について報告してきた^{1,2,3)}。今年度も引続き2021年度の降水量、pH、イオン成分濃度および沈着量の状況とそれらの推移などを報告する。

測定したイオン成分は、塩化物イオン(以下「Cl⁻」という)、硝酸イオン(以下「NO₃⁻」という)、硫酸イオン(以下「SO₄²⁻」という)、アンモニウムイオン(以下「NH₄⁺」という)、ナトリウムイオン(以下「Na⁺」という)、カリウムイオン(以下「K⁺」という)、カルシウムイオン(以下「Ca²⁺」という)及びマグネシウムイオン(以下「Mg²⁺」という)の8成分である。

調査方法

1 調査期間

2021年度 2021年3月29日～2022年3月28日

2 調査地点

大分県衛生環境研究センター屋上

大分市高江西2丁目8番

北緯33°09' 東経131°36' 標高約90m

大分市は、約47万人の人口を抱える県下随一の都市である。北部には臨海工業地帯(当センターから北北東に約14km)があり、鉄鋼や石油化学等の工場が立地している。

当センターは、市の中心から南約10kmに位置している。周囲は閑静な住宅地域である。

3 試料採取方法および分析方法

試料の採取は、降水時開放型捕集装置により原則月曜日に1週間ごとの雨水を採取する方法を用いた。

試料の分析は、湿性沈着モニタリング手引き書(第2版)⁴⁾に準じて、次のとおり行った。

測定項目のうち、pH及び電気伝導率は、pH計及び電気伝導率計により測定した。

降水試料中のイオン成分濃度については、イオンクロマトグラフ装置により測定した。

調査結果

以下に、2021年度の状況を示す。

pH及びイオン成分濃度の月平均値及び年平均値は、降水量加重平均値とした。降水量加重平均値とは、測定値を単純に平均したものではなく、降水量で重み付けした平均値のことであり、以下の計算式により算出した⁵⁾。

降水量加重平均値 (pH)

$$=-\log \{ \sum (10^{-\text{pHi}} \times \text{Qi}) \} / \sum \text{Qi}$$

$$=-\log (\text{合計H}^+\text{量}) / \text{合計降水量}$$

pHi: 各測定時のpH、Qi: 各測定時の降水量

降水量加重平均値 (成分濃度)

$$= \{ \sum (\text{Ci} \times \text{Qi}) \} / \sum \text{Qi}$$

$$= \text{合計成分量} / \text{合計降水量}$$

Ci: 各測定時の成分濃度、Qi: 各測定時の降水量

1 降水量について

降水量は捕集試料量 (mL) と捕集面積 (cm²) により算出した値を基本とし、オーバーフローが認められた試料については、屋上に設置してある雨量計による測定結果を用いた。

降水量および成分濃度を表1に示す。年間降水量は1683.5mmであり、前年度比で約14%減少となった(2020年度 年間降水量1965.3mm)。

2 pHおよび電気伝導率について

表1よりpHの年平均値は4.89であり、前年度の年平均値4.80より高い値であった。

2021年度における1週間降水の測定値によるpH分布を図1に示す。pH分布に突出した頻度分布は確認できない結果となった。

表1より、電気伝導率(mS/m)の年平均値は、0.97であり、前年度年平均値の1.38よりも低い値を示した。原因としては、後述するイオン成分沈着量が前年度比で50%減少したことが考えられる。

3 イオン成分濃度

イオン成分濃度について、表1、図3-1~3-3に各成分濃度の経月変化、図2に降水試料中の各イオン成分濃度組成の割合を示す。なお、表及び図中の“nss-”とは非海塩性(nss-:non sea salt)を、“ss-”は海塩性(ss-:sea salt)を表している。非海塩性は各成分の測定値から海塩性イオンを差し引いた値である。雨水中には、海水中の SO_4^{2-} や Ca^{2+} などが含まれるため、ここでは Na^+ をすべて海塩性イオンとして、次式によりnss- SO_4^{2-} 、nss- Ca^{2+} を算出した^{6,7)}。

$$\begin{aligned} [\text{nss-SO}_4^{2-}] &= [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{ss-SO}_4^{2-}] \\ &= [\text{SO}_4^{2-}] - 0.06028 \times [\text{Na}^+] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{nss-Ca}^{2+}] &= [\text{Ca}^{2+}] - [\text{ss-Ca}^{2+}] \\ &= [\text{Ca}^{2+}] - 0.02161 \times [\text{Na}^+] \end{aligned}$$

(海水中の濃度を Na^+ :468.3mmol/L、 SO_4^{2-} :28.23mmol/L、 Ca^{2+} :10.12mmol/Lとする。)

上記式を用いて算出した2021年度降水試料中の非海塩性イオン成分の割合は、nss- SO_4^{2-} が94.7%、nss- Ca^{2+} が90.8%であった。

本項では、湿性沈着の汚染状況を把握するのに重要なイオン成分として H^+ 、降水の酸性成分であるnss- SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、降水の塩基性成分である NH_4^+ 、nss- Ca^{2+} に着目した^{5,8,9,10)}。

まず酸性成分であるnss- SO_4^{2-} 加重平均濃度は8.1 $\mu\text{mol/L}$ であった。

NO_3^- については10.1 $\mu\text{mol/L}$ であった。

次に塩基性成分である NH_4^+ については、7.7 $\mu\text{mol/L}$ であった。

nss- Ca^{2+} については、1.6 $\mu\text{mol/L}$ であった。

また、 H^+ については13.0 $\mu\text{mol/L}$ であった。

降水試料中の各イオン成分濃度組成の割合につい

て、図2から酸性成分であるnss- SO_4^{2-} および NO_3^- 割合の合計は28.7%であった。塩基性成分である NH_4^+ およびnss- Ca^{2+} 割合の合計は14.6%であった。また、 H^+ の割合は20.4%であった。

イオン成分濃度の経月変化について、図3-1~3-3に示すとおり多くのイオン成分において、夏季(6~8月)を中心に低濃度となり、秋期(9~11月)から冬季(12~2月)にかけて高濃度となる季節変動が見られた。

4 イオン成分湿性沈着量

2021年度におけるイオン成分総沈着量を表2に示す。なお、イオン成分総沈着量(mmol/m^2)はイオン成分濃度($\mu\text{mol/L}$)に降水量(mm)を掛け合わせるにより算出した。

nss- SO_4^{2-} の年間沈着量は13.7 $\text{mmol/m}^2/\text{y}$ であった。

NO_3^- の年間沈着量は17.1 $\text{mmol/m}^2/\text{y}$ であった。

NH_4^+ の年間沈着量は12.9 $\text{mmol/m}^2/\text{y}$ であった。

nss- Ca^{2+} の年間沈着量は2.7 $\text{mmol/m}^2/\text{y}$ であった。

H^+ の年間沈着量は21.9 $\text{mmol/m}^2/\text{y}$ であった。

5 pH,イオン成分湿性沈着量の経年変化

図4に2013~2021年度におけるpHの経年変化、表3、図5に2017~2021年度におけるイオン成分沈着量の経年変化を示す。

2021年度のpHは4.89であった。2019年度から増加傾向を示している。

2021年度のイオン成分総沈着量は107.0 $\text{mmol/m}^2/\text{y}$ であった。2017~2020年平均値比で49%減少となった。

6 考察

2021年度湿性沈着は過去の調査結果と比較するとイオン成分沈着量が半分になるという結果となった。その理由として以下の2点について考察した。

6.1 年間降水量の減少

2021年度年間降水量は2017~2020年平均比で22%減少している。そのため、イオン成分濃度に降水量を掛け合わせて算出する沈着量も同程度減少すると考えられる。

6.2 台風の影響

表4に台風接近時と平時の雨水成分比較、図6に2019~2021年度における Na^+ 沈着量経月変化、図7に2019~2021年度における Cl^- 沈着量経月変化を示す。

2021年湿性沈着結果と2017-2020年平均値を比較した場合、イオン成分沈着量の減少量が最も多かったのは Na^+ 、 Cl^- で、それぞれ28.2、28.1 mmol/m^2 減少した。つまり、海洋由来成分である Na^+ 、 Cl^- が減少したことが総沈着量減少の大きな要因となっている。そのため、 Na^+ 、 Cl^- 成分沈着量減少理由について考察した。

Na^+ 、 Cl^- 沈着量増加理由として考えられる要因に台風が存在する。台風は降水雲の発生メカニズム、風速等が特異的であるため平時の雨水と比較し海塩由来成分である NaCl を多く含むことが報告されているためである^{11,12,13}。

実際に大分県の湿性沈着分析結果からも、大分県で台風による降雨が発生した週は平時と比較して、 Na^+ 、 Cl^- 成分濃度が上昇する傾向が表4より確認できている。しかし、台風接近時の全試料で成分濃度上昇が発生しているわけではない。これは台風と成分濃度の関係には、進路、風向き、直撃の有無、雨量等の要因が存在し¹¹、台風によってそれぞれ条件が異なるためである。また、台風の影響を算出するために以下の式で試算を行った。

イオン成分総沈着増加量 mmol/m^2
 $= (\text{台風接近時成分濃度} - \text{台風接近時を除外した年加重平均成分濃度}) \times \text{台風接近時降水量} \div \text{成分原子量}$
 その結果、台風により2019、2020年はイオン成分総沈着量がそれぞれ19.0、36.7 mmol/m^2 増加する試算結果となり、台風の影響を確認できた。

さらに、 Na^+ 、 Cl^- 成分沈着量は図7より台風の発生する8-10月に増加する傾向を確認できている。

以上のことから、イオン成分総沈着量減少の一因として台風の影響があると考えられる。

しかし、今回報告したサンプルは台風による降雨と収集期間に発生した降雨が混ざっており、台風による雨水単体の成分分析ができておらず、正確な比較ができたとはいえない。そのため、今後は台風に起因する雨水のみを採取し、成分分析する等の検討が必要であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 伊東矢頭 他：「大分県における湿性沈着中の成分調査 (2013~2018年度)」, 大分県衛生環境研究センター年報, 46, 72-84 (2018)
- 2) 伊東矢頭 他：「大分県における湿性沈着中の成分調査 (2019年度)」, 大分県衛生環境研究センター年報, 47, 75-83 (2019)

- 3) 甲斐太郎 他：「大分県における湿性沈着中の成分調査 (2020年度)」, 大分県衛生環境研究センター年報, 48, 78-86 (2021)
- 4) 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
- 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25年度), 全国環境研会誌, 40 (3), 98-142, 2015, (<http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/05/>)
- 6) 酸性雨調査法研究会編集：「酸性雨調査法」, (株)ぎょうせい, 263-264, 267-268
- 7) 気象庁編：海洋観測指針, 第1部, 財団法人気象業務支援センター, 33 (1999)
- 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26年度), 全国環境研会誌, 41 (3), 2-37, 2016, (<http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/05/>)
- 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27年度), 全国環境研会誌, 42 (3), 2-45, 2017, (<http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/05/>)
- 10) 全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会；第6次酸性雨全国調査報告書 (平成28年度), 全国環境研会誌, 43 (3), 2-42, 2018, (http://tenbou.nies.go.jp/science/institute/region/journal/JELA_4303002_2018.pdf)
- 11) 加藤善徳 他：「横浜における海塩物質沈着量の経年的増加傾向について (1984-2004)」, 大気環境学会誌, 第45巻 第3号, 133-143 (2010)
- 12) 玉置示則：「我が国の雨水の化学的性状」, 環境技術.Vol14, No.2, 2-16 (1985)
- 13) 皆已幸也 他：「台風に伴う降水雲の化学組成の変化 酸性雨対策調査 (環境省) の結果から」, 日本気象学会2004年度秋季大会プログラム.254 (2004)

表1 2021年度月平均濃度

月	捕集期間		降水量 mm	成分濃度 μmol/L													非海塩成分割合 %			
	開始日	終了日		pH	電気伝導率 mS/m	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	ss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	ss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	nss-SO ₄ ²⁻ /SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺ /Ca ²⁺
4月	3月29日	4月26日	57.5	4.83	1.26	12.5	11.1	1.4	7.3	28.3	7.2	23.5	1.0	2.0	1.5	0.5	3.0	11.7	88.7	74.8
5月	4月26日	6月7日	451.1	4.95	0.76	7.8	7.5	0.3	9.8	7.8	7.9	4.6	0.4	2.4	2.3	0.1	0.9	11.2	96.5	96.0
6月	6月7日	7月5日	111.7	4.67	1.47	13.7	13.4	0.3	17.3	7.7	16.2	5.2	0.4	2.0	1.8	0.1	0.8	21.5	97.7	94.2
7月	7月5日	8月3日	174.9	5.08	0.70	5.4	5.2	0.2	7.5	5.2	5.0	3.8	0.2	0.6	0.5	0.1	0.4	8.2	95.7	85.9
8月	8月3日	8月30日	415.0	5.37	0.38	3.2	3.0	0.2	2.6	16.4	2.0	2.9	0.2	0.4	0.3	0.1	0.3	4.2	94.4	82.2
9月	8月30日	9月27日	78.2	4.56	1.97	15.5	14.8	0.7	25.7	14.3	14.9	10.9	0.7	2.4	2.1	0.2	1.6	27.3	95.7	90.0
10月	9月27日	10月25日	75.6	5.12	0.77	6.5	5.9	0.6	10.0	11.1	5.7	9.8	0.4	1.6	1.4	0.2	1.4	7.6	90.9	86.8
11月	10月25日	12月6日	73.5	4.91	0.95	7.5	6.7	0.8	7.0	18.1	3.2	13.0	0.5	1.3	1.0	0.3	1.5	12.2	89.5	77.5
12月	12月6日	1月4日	10.4	4.51	1.52	11.2	11.0	0.2	7.1	15.3	4.2	3.0	0.1	0.8	0.8	0.1	0.4	30.9	98.4	92.2
1月	1月4日	1月31日	51.8	4.47	2.00	14.8	13.9	0.9	17.6	21.3	10.4	14.2	0.5	1.5	1.2	0.3	1.6	33.7	94.2	79.0
2月	1月31日	2月28日	43.8	4.30	3.53	25.9	23.4	2.4	36.7	54.7	26.7	40.2	1.5	4.4	3.6	0.9	5.1	49.9	90.6	80.5
3月	2月28日	3月28日	140.0	4.72	1.57	15.4	14.6	0.7	14.4	14.6	13.1	11.7	0.7	4.2	3.9	0.3	1.8	19.3	95.4	93.9
年間値	3月29日	3月28日	1683.5	4.89	0.97	8.6	8.1	0.5	10.1	13.5	7.7	7.5	0.4	1.8	1.6	0.2	1.1	13.0	94.7	90.8

表2 2021年度月沈着量

月	捕集期間		降水量 mm	成分沈着量 mmol/m ²												
	開始日	終了日		SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	ss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	ss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
4月	3月29日	4月26日	57.5	0.7	0.6	0.1	0.4	1.6	0.4	1.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.7
5月	4月26日	6月7日	451.1	3.5	3.4	0.1	4.4	3.5	3.6	2.1	0.2	1.1	1.1	0.0	0.4	5.0
6月	6月7日	7月5日	111.7	1.5	1.5	0.0	1.9	0.9	1.8	0.6	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	2.4
7月	7月5日	8月3日	174.9	0.9	0.9	0.0	1.3	0.9	0.9	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	1.4
8月	8月3日	8月30日	415.0	1.3	1.2	0.1	1.1	6.8	0.8	1.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	1.8
9月	8月30日	9月27日	78.2	1.2	1.2	0.1	2.0	1.1	1.2	0.9	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1	2.1
10月	9月27日	10月25日	75.6	0.5	0.4	0.0	0.8	0.8	0.4	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.6
11月	10月25日	12月6日	73.5	0.6	0.5	0.1	0.5	1.3	0.2	1.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.9
12月	12月6日	1月4日	10.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
1月	1月4日	1月31日	51.8	0.8	0.7	0.0	0.9	1.1	0.5	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	1.7
2月	1月31日	2月28日	43.8	1.1	1.0	0.1	1.6	2.4	1.2	1.8	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	2.2
3月	2月28日	3月28日	140.0	2.1	2.1	0.1	2.0	2.0	1.8	1.6	0.1	0.6	0.5	0.0	0.2	2.7
年間値	3月29日	3月28日	1683.5	14.4	13.7	0.8	17.1	22.7	12.9	12.6	0.7	2.9	2.7	0.3	1.8	21.9

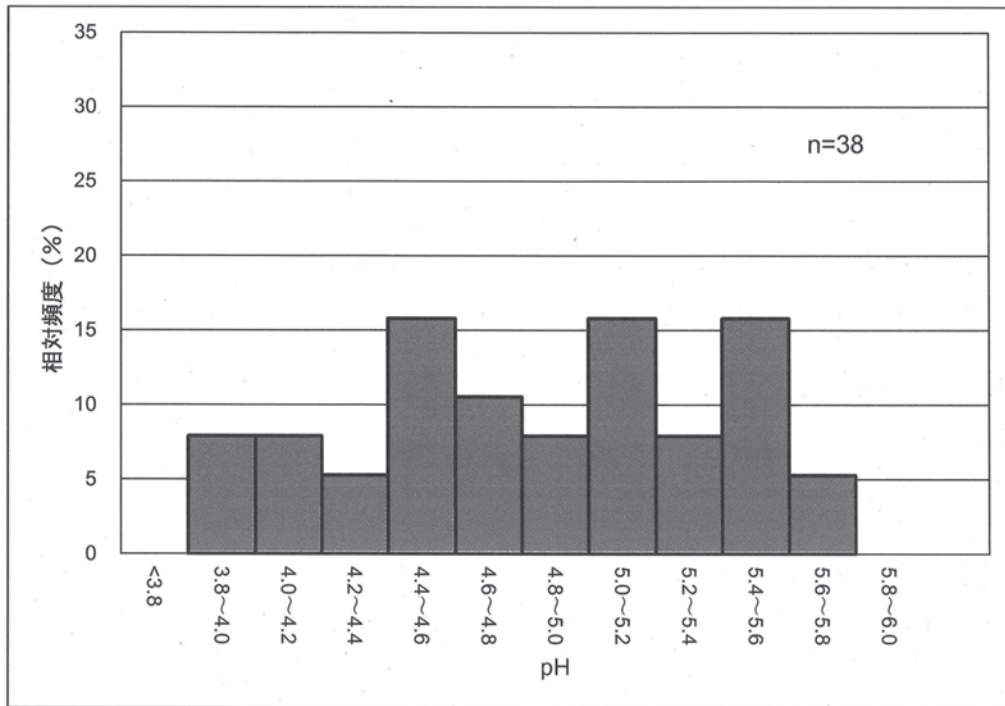


図1 雨水のpH分布 (2021年度)

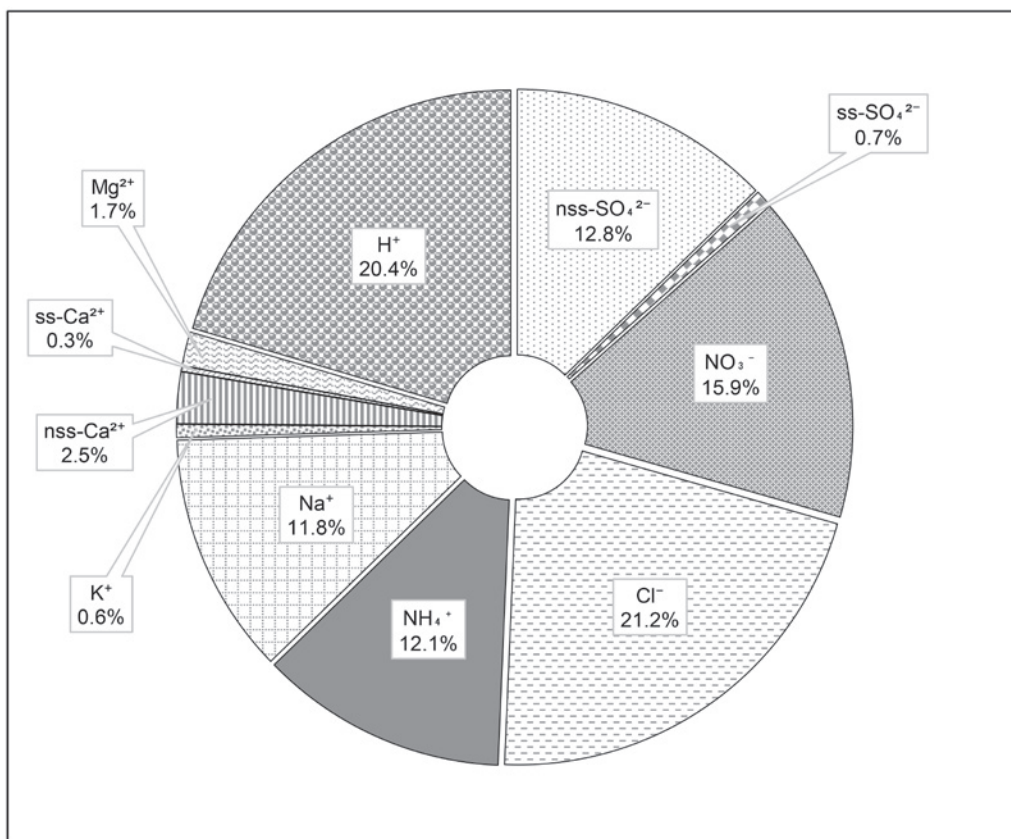


図2 イオン成分濃度組成割合 (2021年度)

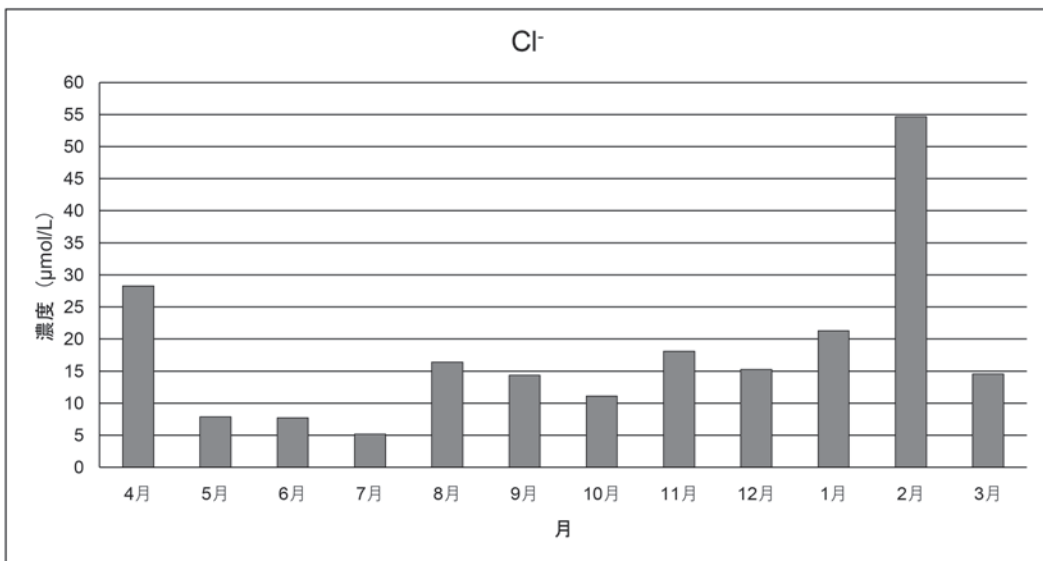
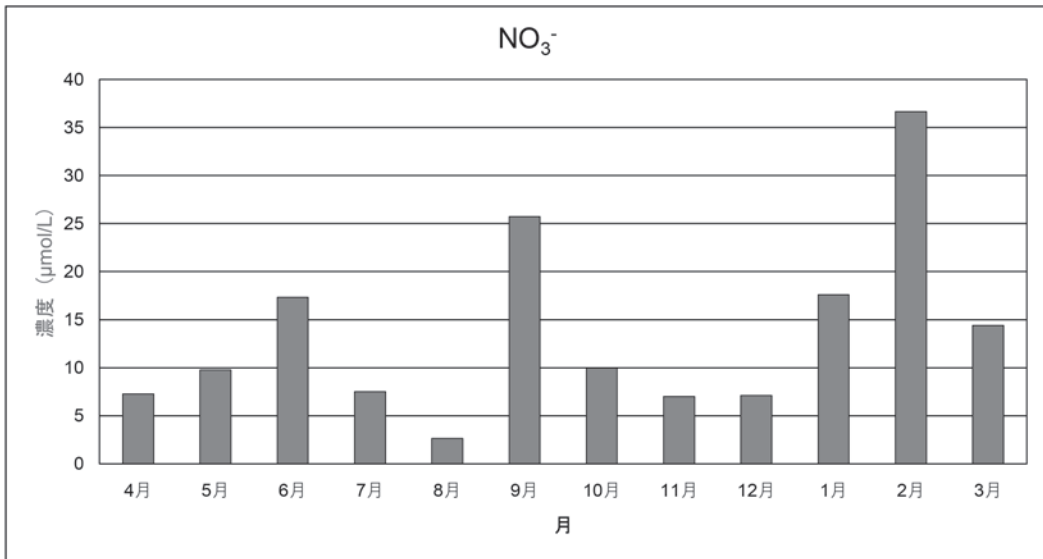
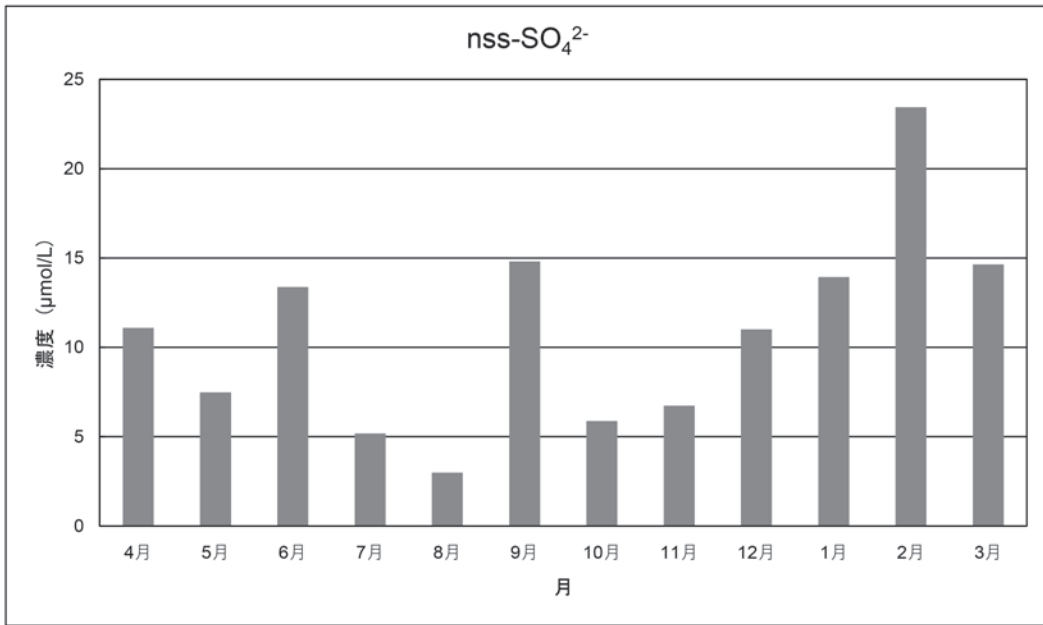


図3-1 各イオン成分濃度の経月変化 (2021年度)

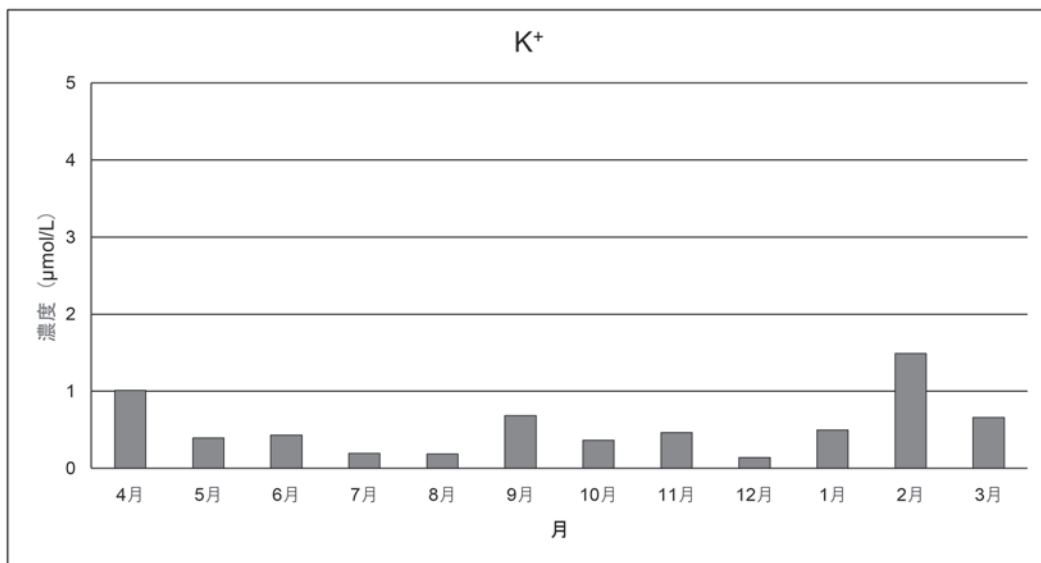
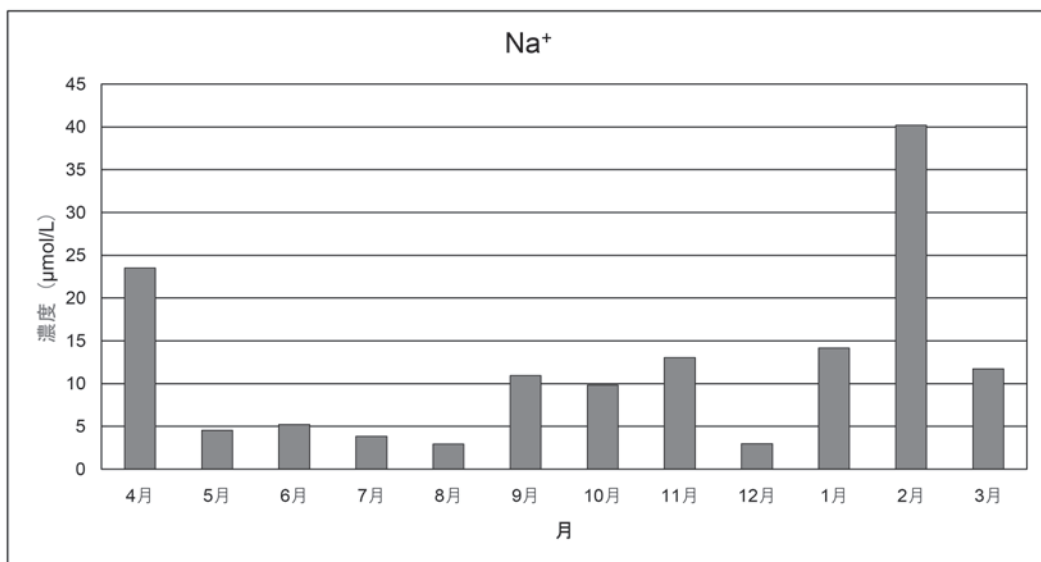
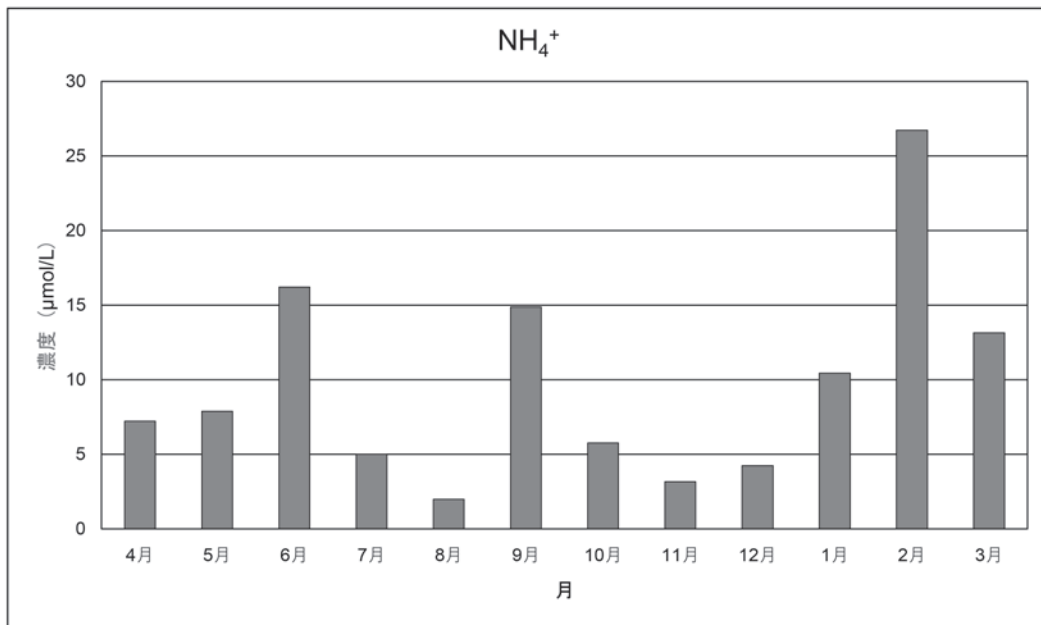


図3-2 各イオン成分濃度の経月変化 (2021年度)

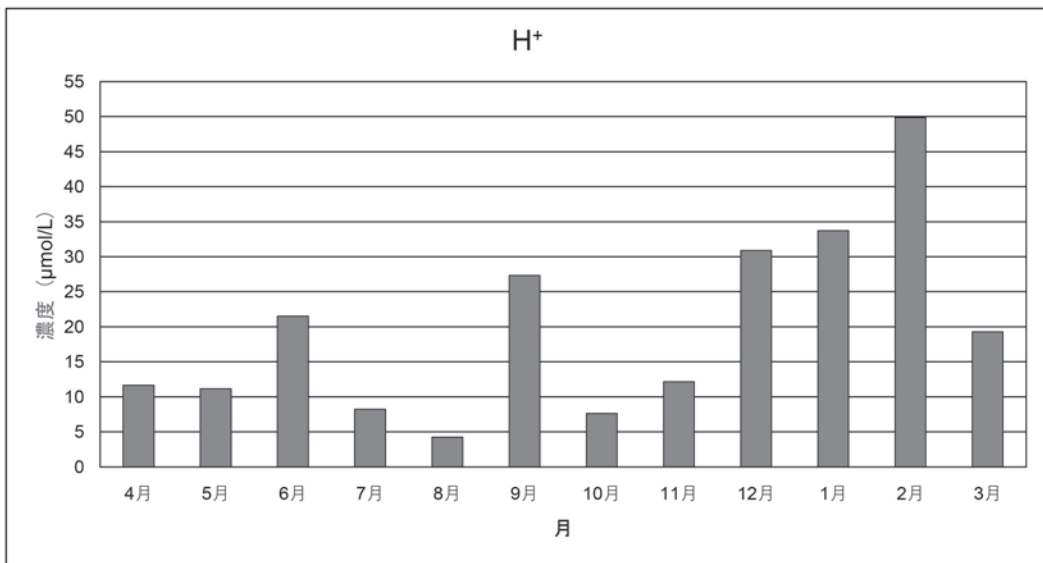
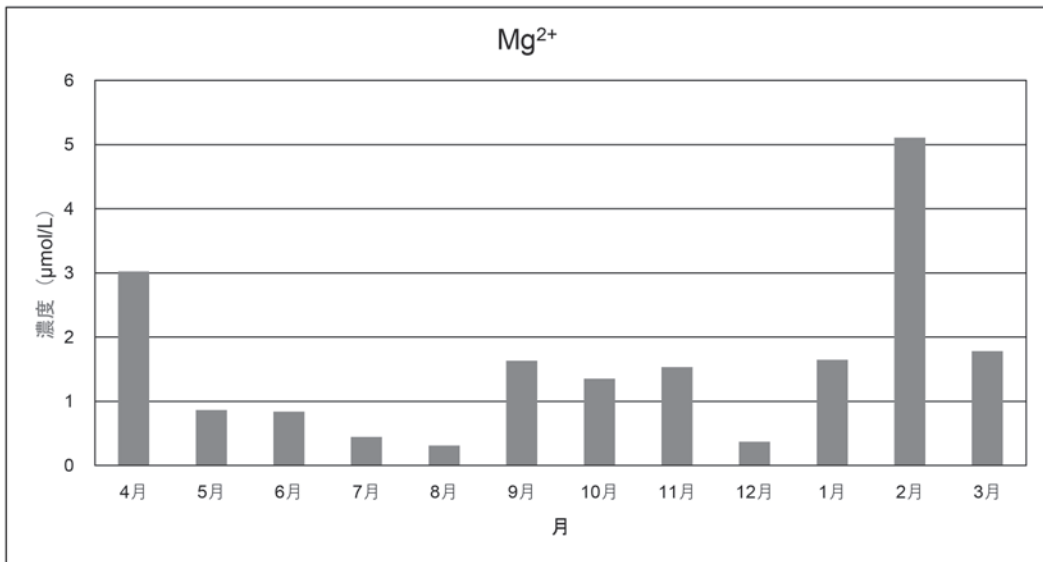
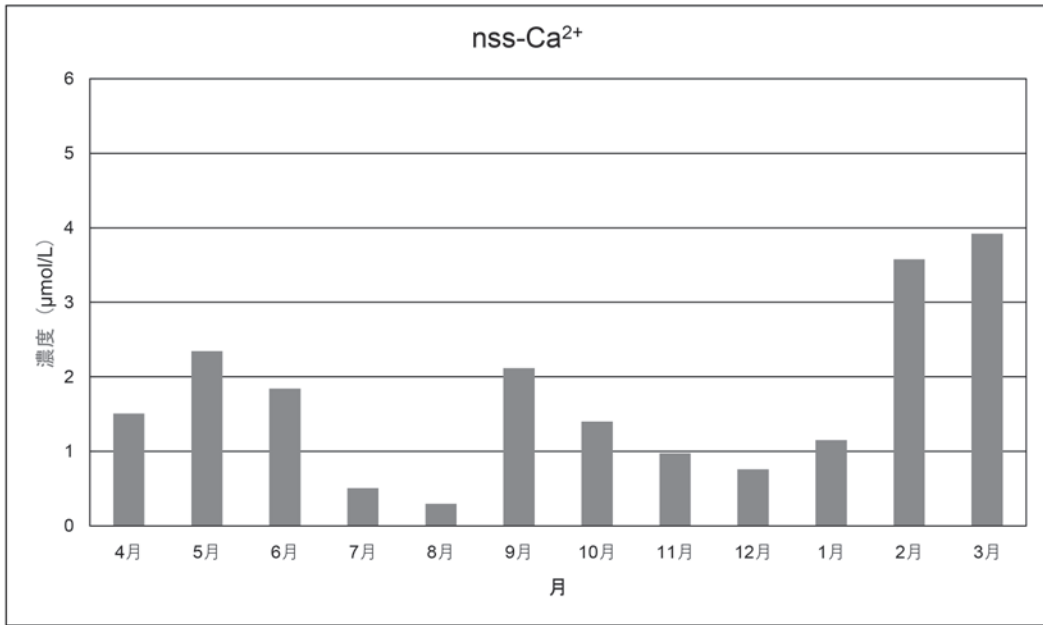


図3-3 各イオン成分濃度の経月変化 (2021年度)

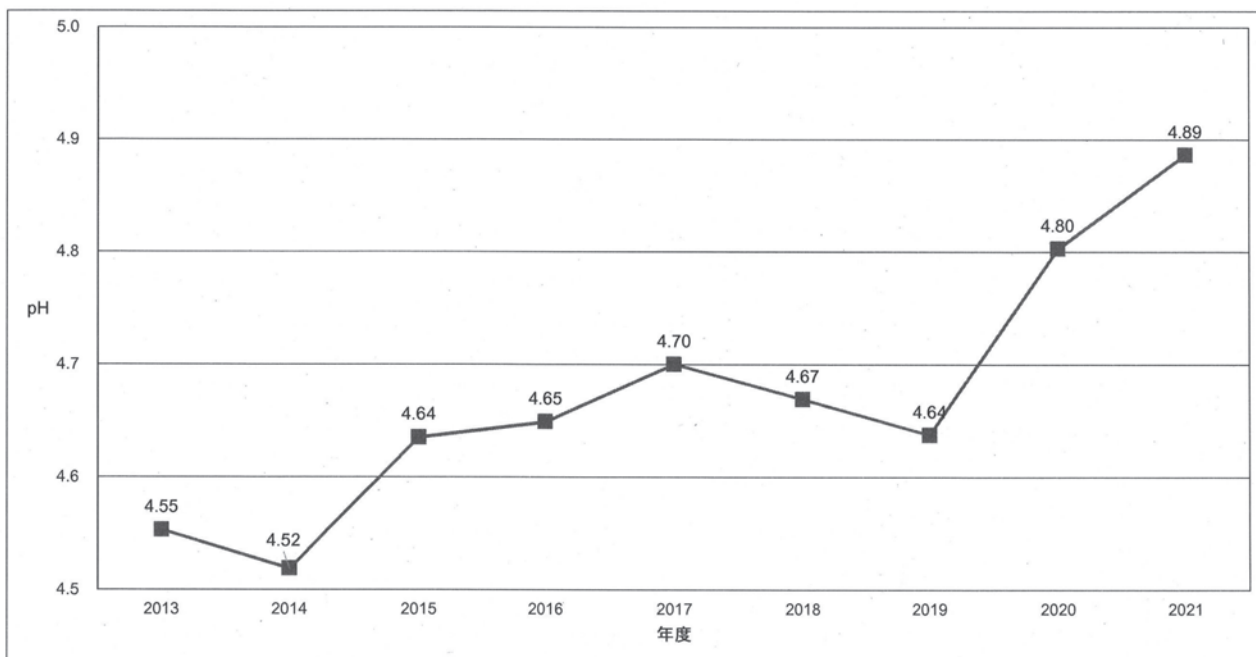


図4 pHの経年変化 (2013~2021年度)

表3 イオン成分沈着量の経年変化 (2017~2021年度)

年度	成分沈着量											総沈着量 mmol/m ² /y
	nss-SO ₄ ²⁻	ss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	nss-Ca ²⁺	ss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	
	mmol/m ²											
①2017年度	30.4	2.9	26.7	57.2	25.7	48.5	1.5	4.9	1.0	6.0	47.8	252.7
②2018年度	29.2	1.7	26.3	35.9	20.1	28.1	1.2	6.3	0.6	3.8	45.2	198.4
③2019年度	26.1	2.3	21.2	52.2	17.9	37.8	1.1	3.2	0.8	4.7	48.1	215.4
④2020年度	17.6	3.0	17.8	57.9	15.9	49.0	1.3	2.5	1.1	5.7	30.9	202.6
⑤2021年度	13.7	0.8	17.1	22.7	12.9	12.6	0.7	2.7	0.3	1.8	21.9	107.0

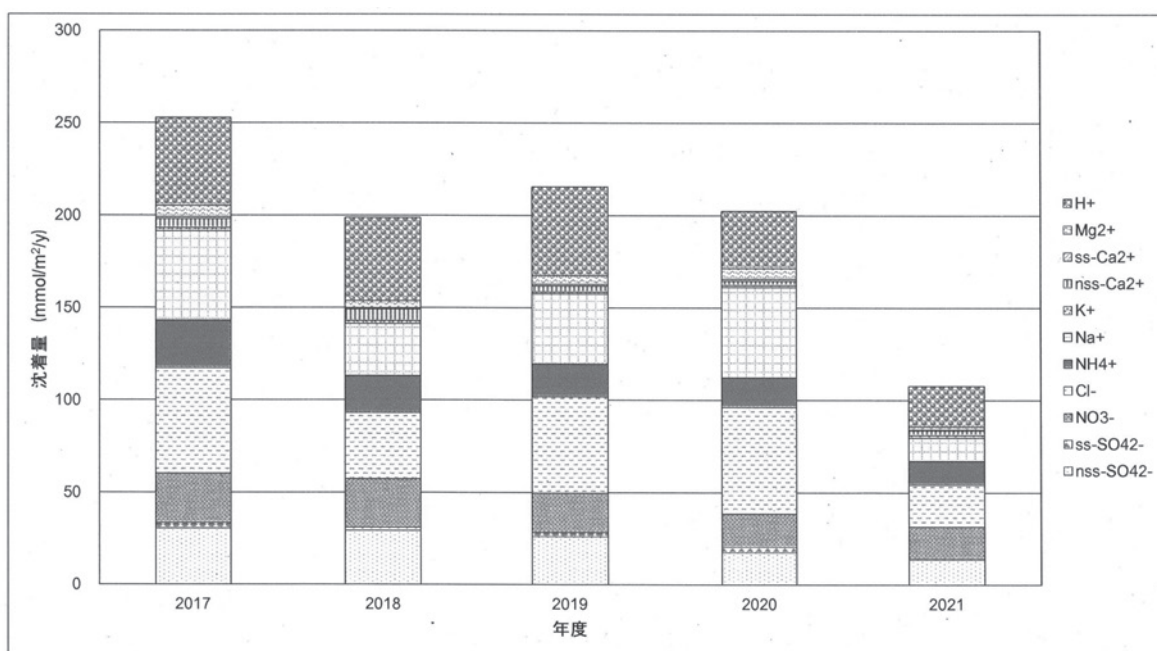


図5 イオン成分総沈着量の経年変化 (2017~2021年度)

表4 台風接近時と平時の雨水成分比較

条件	年度	試料名	採取期間		降水量 【mm】	濃度【mg/L】										備考
			開始日	終了日		EC	pH	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	
台風接近時	2019	1	8月5日	8月13日	161.9	6.6	5.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.6	8/6台風6号
		2	8月13日	8月19日	170.8	13.5	5.2	1.1	0.1	0.0	0.1	0.1	2.0	0.3	0.9	8/15台風10号
		3	9月17日	9月24日	75.3	19.6	4.9	1.4	0.2	0.1	0.2	0.1	2.5	0.6	1.3	9/22台風17号
	2020	4	8月31日	9月7日	179.6	21.2	5.4	2.6	0.0	0.1	0.3	0.1	4.5	0.2	0.8	9/7台風10号
	2021	5	8月3日	8月10日	149.0	3.4	5.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.2	0.2	8/8台風9号
平時	2019	年間加重平均値(試料1-3除外)		1680.7	17.7	4.6	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	0.8	0.7	1.4	台風の影響を除外 (試料名1~5)	
	2020	年間加重平均値(試料4除外)		1785.7	13.0	4.8	0.4	0.2	0.0	0.0	0.1	0.7	0.6	1.0		
	2021	年間加重平均値(試料5除外)		1534.5	10.3	4.9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.5	0.7	0.9		

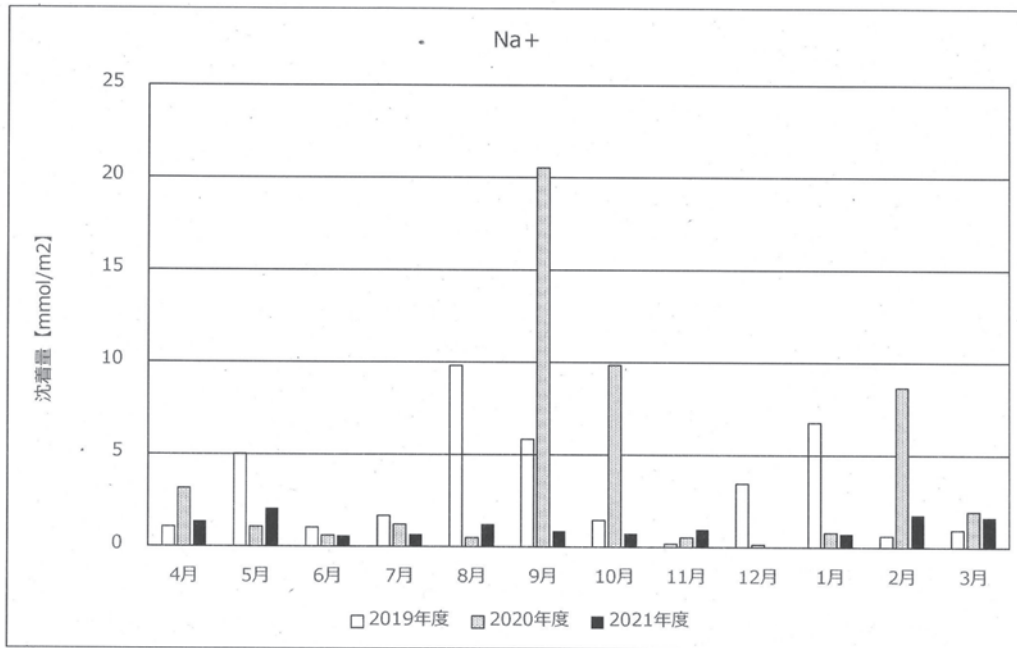


図6 Na⁺沈着量経月変化 (2019~2021年度)

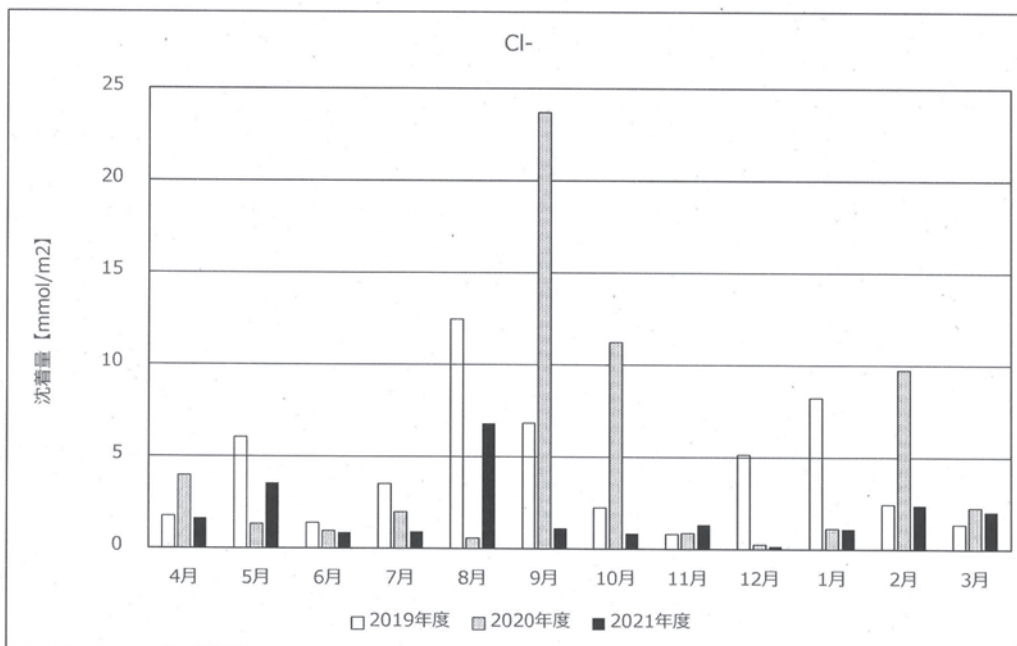


図7 Cl⁻沈着量経月変化 (2019~2021年度)