

# 鹿児島市の大気汚染調査 (第 30 報) 2016 年度調査報告

園田 愛留音\*・杉安 雅貴\*・中島 常憲\*\*・高梨 啓和\*\*・大木 章\*\*

Air Pollution in Kagoshima City (Part 30)  
Investigation from April 2016 to March 2017

Aruto SONODA\*, Masataka SUGIYASU\*, Tsunenori NAKAJIMA\*\*,  
Hirokazu TAKANASHI\*\* and Akira OHKI\*\*

Air pollution in Kagoshima City from April 2016 to March 2017 was investigated with particular emphasis on the dust fall (volcanic ash fall) from Mt. Sakurajima. The dust fall was collected monthly with rainwater at eight locations in Kagoshima City. After the sample had been filtered, the residue was dried and weighed, and the filtrate was analyzed for  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , and water-soluble matter, as well as for pH. The average monthly dust fall at eight locations in Kagoshima City was  $21.0 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{month}^{-1}$ , which was 40% decrease from that observed in the last fiscal year. The concentration of  $\text{NO}_2$  in the air was measured by using the "filter-badge method". The average  $\text{NO}_2$  concentration at the eight locations was 6.1 ppb, which was about the same as that observed in the last fiscal year.

**Keywords:** air pollution, Kagoshima City, Mt. Sakurajima, dust fall,  $\text{NO}_2$

## 1. 緒言

著者らは、1978 年度より、鹿児島市および桜島地区の降下ばいじん量・降下ばいじん成分を、桜島の火山・噴煙活動による大気汚染という観点から調査してきた。1987 年度より降下ばいじん量の観測地点を鹿児島市内のみにしぼり、主として工場や自動車の排気ガスに起因すると考えられる  $\text{NO}_2$  汚染の調査も加えて、鹿児島市内（桜島地区を除く）の大気汚染という観点から調査を行なっている<sup>1)</sup>。本論文では、2016 年度の調査結果を報告する。

2017 年 10 月 5 日受理

\* 博士前期課程 化学生命・化学工学専攻

\*\*化学生命・化学工学専攻

## 2. 実験方法

図-1 に示す鹿児島市内 8 ヶ所の測定地点を設定し、英国規格のデポジットゲージ<sup>2)</sup>に準ずる降下ばいじん捕集器（ロートの直径約 30 cm、容器の容量 20 L、ガラス製）を設置して、毎月 1 回降下ばいじん・雨水混合試料を採取した。採取試料をろ過し、ろ液について降水量 (L および mm)・pH・ $\text{SO}_4^{2-}$  濃度・ $\text{Cl}^-$  濃度を測定し、ろ液の蒸発残さ分から降下ばいじんの可溶性成分を求めた<sup>3)</sup>。 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度と  $\text{Cl}^-$ 濃度は、イオンクロマトグラフィー法により測定した。これらにデポジットゲージへの捕集量（ろ液の容量）を乗じて各成分の降下量を算出した。ろ過残さを不溶性成分とし、可溶性成分との合計を降下ばいじん量とした<sup>3)</sup>。

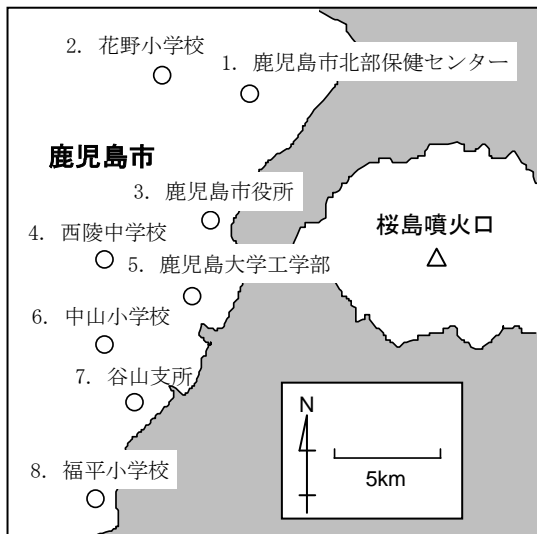


図-1 サンプルング地点

一方、上記 8ヶ所の測定地点において、アルカリろ紙法（フィルターバジジ法）<sup>4)</sup>による NO<sub>2</sub>濃度の測定を 2ヶ月毎に行なった。ADVANTEC 製フィルターバジジ NO<sub>2</sub> を各測定地点に 3 個ずつ、地上より 1.5 ～ 2.0 m の位置に設置した。24h 暴露後、NO<sub>2</sub> を吸収したアルカリろ紙をバジジケースより取り出して、文献記載<sup>4)</sup>の方法で NO<sub>2</sub> の 1 日平均濃度を算出し、3 個の平均を測定値とした。鹿児島市役所（測定地点 No. 3）および谷山支所（測定地点 No. 7）に設置されている窒素酸化物自計測器による測定結果と、フィルターバジジ法による測定結果を比較した。

### 3. 結果と考察

測定結果を表-1～8に、8測定地点の平均値を表-9に示す。1年間の測定中にはやむを得ぬ事情で欠測値となった場合もあったが、そのデータを除いて平均値を求めた。

#### 3.1 降下ばいじん量

図-2に、2016年度の鹿児島市内8測定地点平均の月別降下ばいじん量を示す。また、図-3～6に測定地点別の月別降下ばいじん量を示し、図-7に各々の地点の年平均降下ばいじん量をまとめた。図-8に、鹿児島市内平均と桜島全島平均の年度別降下ばいじん量を示す。大都市における降下ばいじん量は一般に 5 g・m<sup>-2</sup>・month<sup>-1</sup> 以下であるが、鹿児島市における降下ばいじん量はこの値を大きく越える場合があり、桜島火山降灰の寄与が大きい。

表-9より、2016年度の鹿児島市内8測定地点の年平均降下ばいじん量は、21.0 g・m<sup>-2</sup>・month<sup>-1</sup> であり、2015年度の 34.7 g・m<sup>-2</sup>・month<sup>-1</sup> と比較し約 40% 減少した。図-8に示すように、桜島昭和火口の噴火が活発化した 2008 年度より毎年降下ばいじん量は増加傾向にあったが、2012年の 130 g・m<sup>-2</sup>・month<sup>-1</sup> をピークとして、これ以降は漸減している。

図-2に示すように、2016年度の平均月別降下ばいじん量は、4月をピークとして以降は漸減し、8-12月は 10 g・m<sup>-2</sup>・month<sup>-1</sup> 以下であった。図-9に、気象庁発表の資料<sup>6)</sup>よりまとめた桜島の月別爆発的噴火・噴火回数および火山性地震回数を示す。2016年度は、爆発的噴火 20 回、噴火 86 回、火山性地震 2167 回であった。2015年度の爆発的噴火 437 回、噴火 774 回、火山性地震 7524 回に比べて、桜島の火山活動は大きく減少した。これが、鹿児島市内の低降下ばいじん量につながった。

表-1 鹿児島市北部保健センター

月	降水量		pH	不溶性成分		可溶性成分		降下ばいじん量		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		NO <sub>2</sub> ppb
	L	mm		a)	a)	a)	a)	b)	a)	b)				
4	19.7	286.0	5.2	59.1	31.3	90.4	1.8	5.8	1.8	5.7	-	-	-	
5	-	c)	4.9	1.6	24.4	26.0	1.5	4.4	1.5	4.5	2.7	-		
6	-	d)	5.9	0.8	25.7	26.5	1.7	2.5	1.7	2.5	-	-		
7	-	e)	5.8	0.7	12	12.9	1.7	2.2	1.6	2.2	2.0	-		
8	3.2	47.0	4.6	0.6	0.3	0.9	0.2	6.1	0.3	7.3	-	-		
9	-	f)	5.8	0.0	2.2	2.2	2.4	6.6	0.8	2.2	3.2	-		
10	-	g)	5.7	0.1	2.7	2.8	0.8	3.6	0.5	2.5	-	-		
11	10.2	148.0	5.4	0.6	8.8	9.4	0.5	3.8	0.6	4.5	5.9	-		
12	5.2	76.0	5.5	0.1	3.7	3.8	0.6	9.0	0.1	1.5	-	-		
1	1.4	20.0	5.1	13.2	13.6	26.8	0.2	8.5	0.1	3.9	6.4	-		
2	6.6	96.0	4.9	4.2	0.6	4.8	1.9	18.7	0.5	5.2	-	-		
3	8.3	121.0	4.7	1.3	7.6	8.9	0.9	7.6	0.4	3.6	2.3	-		
Av.	7.8	113.4	5.3	6.9	11.1	18.0	1.2	6.6	0.8	3.8	3.8	-		

表-1の NO<sub>2</sub>濃度の測定日は、上より 2016年 5月 30日、7月 26日、9月 26日、11月 28日、2017年 2月 2日、3月 31日である。

a) g・m<sup>-2</sup>・month<sup>-1</sup>; b) mg/L; c-g) 降水量が容器オーバーのため欠測値とした。可溶性成分、塩素イオン、硫酸イオンの値は、鹿児島地方気象台測定の降水量をもとに算出した。算出に用いた降水量はそれぞれ c) 400 mm (4/25-5/30 測定)、d) 704 mm (5/30-6/29 測定)、e) 668 mm (6/29-7/26 測定)、f) 345 mm (8/29-9-26 測定)、g) 249 mm (9/29-10/31 測定)である。以下の表 (表 2～9) も同じである。



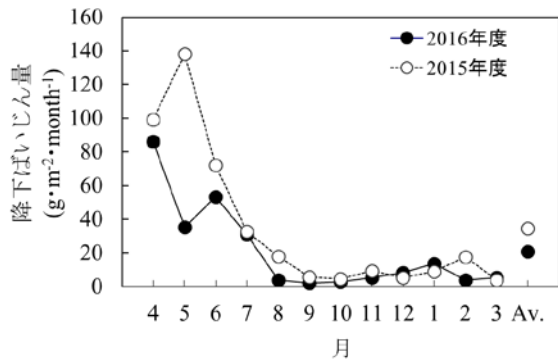


図-2 鹿児島市8地点平均降下ばいじん量

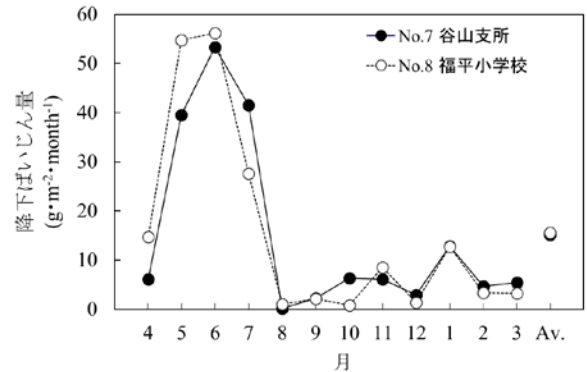


図-6 No. 7, No. 8 における降下ばいじん量

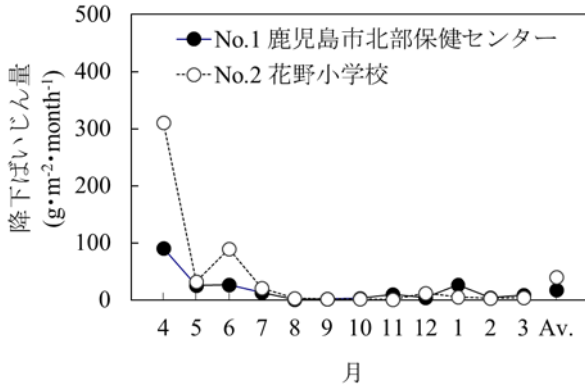


図-3 No. 1, No. 2 における降下ばいじん量

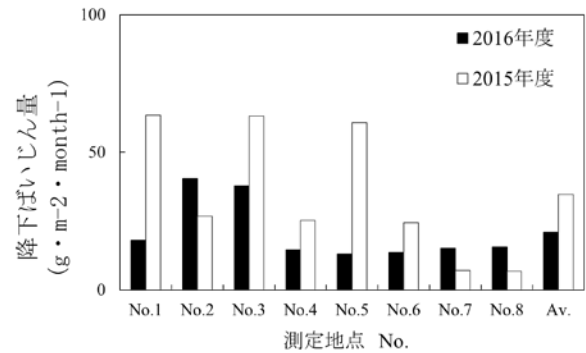


図-7 測定地点別の年平均降下ばいじん量

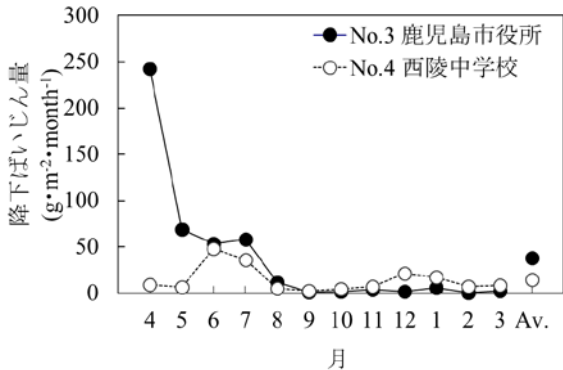


図-4 No. 3, No. 4 における降下ばいじん量

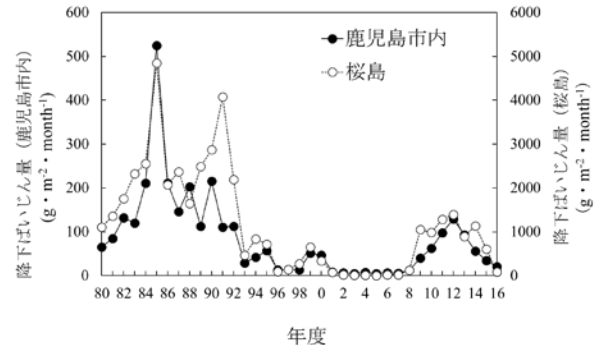


図-8 鹿児島市内および桜島全島平均の年度別降下ばいじん量

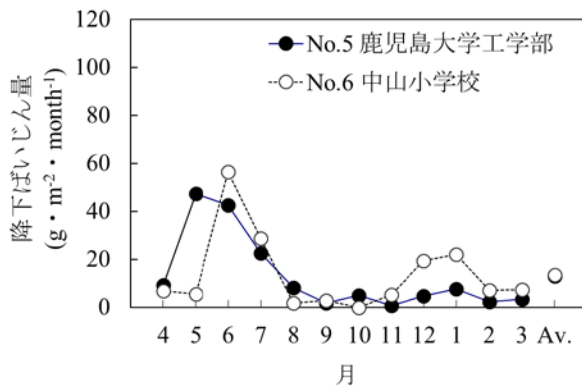


図-5 No. 5, No. 6 における降下ばいじん量

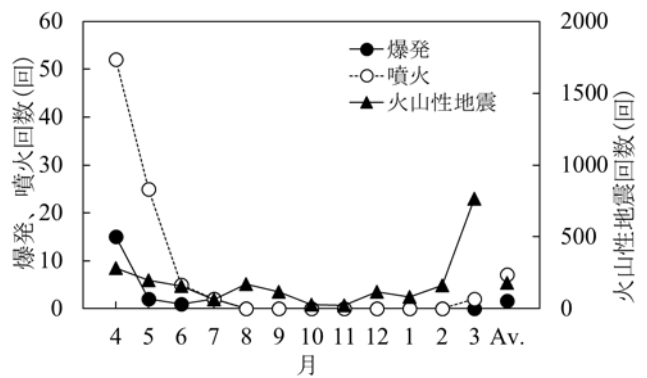


図-9 桜島火山の爆発的噴火、噴火、および火山性地震の回数

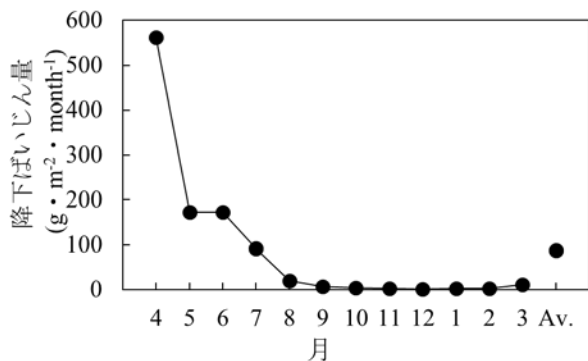


図-10 桜島 14 地点平均降下ばいじん量

図-10に、鹿児島県発表の資料<sup>7)</sup>よりまとめた桜島全島（高免、園山、黒神、有村、湯之、持木、桜島口、小池、湯之平、武、藤野、二俣、二俣上、赤水の14測定地点）における月別平均降下ばいじん量を示す。これらの測定地点は桜島のほぼすべての方向に平均して配置されており、図-10に示す降下ばいじん量の月別変化は、風向等の季節的な影響はなく桜島の活動そのものを反映しており、図-9に示す桜島の爆発的噴火・噴火回数におおよそ対応している。2016年度の桜島全島の年平均降下ばいじん量は  $38 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  であり、2015年度の  $604 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  と比較すると大きく減少した。

### 3.2 可溶性成分、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 降下量および pH

図-11に鹿児島市内8測定地点平均の可溶性成分、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ の月別降下量を示す。2016年度の可溶性成分、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ の年平均降下量はそれぞれ  $11.0$ 、 $1.0$ 、 $1.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  であった。これらの降下量の増減はおおよそ対応しており、火山活動が低下した夏以降に下がっている。火山ガス中には、HF、HCl、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ などが含まれるが、これらが水に溶けると、それぞれ  $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、炭酸イオンとなるので、可溶性成分はこれらの金属塩と考えられる。このため、可溶性成分と  $\text{SO}_4^{2-}$  降下量の増減はほぼ対応しており、 $\text{Cl}^-$  降下量は海水飛沫の影響も受けるので、台風等で海水飛沫が多い8月に上昇したと考えられる。

図-12に、測定地点別の pH の段階別頻度を示す。2016年度は pH 4.9 以下を記録した回数が、全測定値点についてのべ 29 回であり、2015年度の数 (44 回) と比較するとかなり減少した。

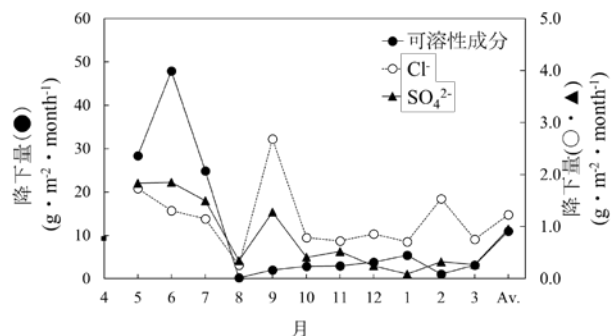


図-11 8 地点平均可溶性成分、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  降下量

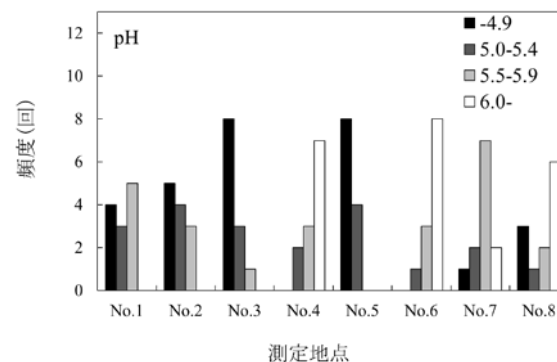


図-12 測定地点別の pH 段階別頻度

### 3.3 大気中の $\text{NO}_2$ 汚染

図-13に、2016年度におけるフィルターバッジ法による鹿児島市内8測定地点の大気中  $\text{NO}_2$  濃度測定値の平均を 2015年度の場合とあわせて示す。2016年度の鹿児島市内8測定地点平均  $\text{NO}_2$  濃度は、 $6.1 \text{ ppb}$  であり、これは 2015年度の  $6.3 \text{ ppb}$  とほぼ同様な結果であった。測定地点平均  $\text{NO}_2$  濃度は、2006年度までは  $10 \text{ ppb}$  前後で推移していたが、それ以降は漸減傾向であり、これはハイブリット車等の窒素酸化物排出の少ない車の増加が原因であろう。最も年平均  $\text{NO}_2$  濃度が高いのは No. 3 鹿児島市役所であり、No. 5 の地点も高い値を示した。これは、これらの測定地点が交通量の多い幹線道路の近くに位置しているためである。

図-14に、No. 2 花野小学校、No. 3 鹿児島市役所、No. 5 鹿児島大学工学部、No. 7 谷山支所における  $\text{NO}_2$  濃度の日変動を示す。 $\text{NO}_2$  濃度は大きな日変動があり、市内の  $\text{NO}_2$  濃度は連動していた。特に、2017年2月2日は No. 3、5 において、 $\text{NO}_2$  濃度が高く、 $14\text{--}15 \text{ ppb}$  であったが、この値も環境基準 (1時間値の1日平均値が  $40\text{--}60 \text{ ppb}$  またはそれ以下) を下回っていた。図-15に、No. 3 鹿児島市役所および No. 7 谷山支所におけるフィルターバッジ法と自動計測器による  $\text{NO}_2$  濃度測定値の比較を示す。フィルターバッジ法は 24 h 暴露したときの値

であり、自動計測器のデータは1 h 毎に測定したものを24 h 平均したものである。両者の値はかなり違う場合もあるが、増減の傾向は類似していた。

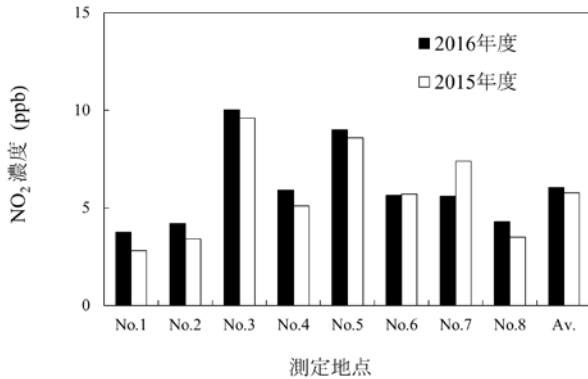


図-1-3 測定地別の年平均NO<sub>2</sub>濃度

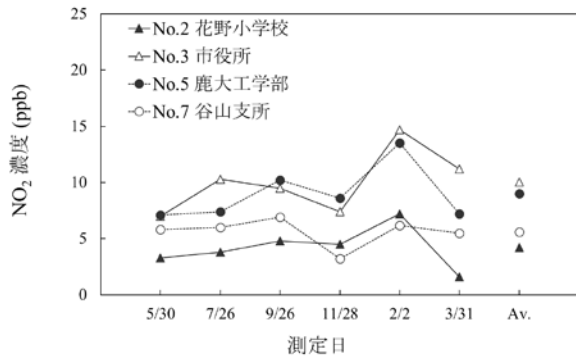


図-1-4 4測定地点におけるNO<sub>2</sub>濃度

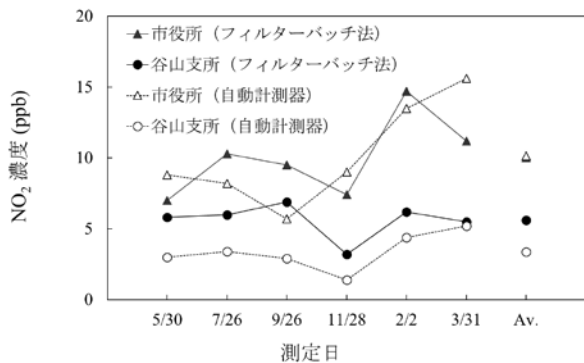


図-1-5 フィルターバッチ法と自動計測器によるNO<sub>2</sub>濃度

#### 4. 結論

鹿児島市における2016年度の年平均降下ばいじん量は $21.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ であり、2015年度の $34.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ と比較するとかなり減少していた。これは、2016年夏以降の桜島の活動低下が原因であり、8-12月は $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ 以下の降下ばいじん

量であった。しかしながら、2017年4月以降桜島は再び活発化しているため、今後とも注意が必要である。2016年度の大気中のNO<sub>2</sub>汚染に関しては、2015年度と比べほぼ同程度であり、すべての測定値は環境基準値以下であった。

終わりに、調査にご協力いただきました鹿児島市役所の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 杉安雅貴, 本村知寛, 中島常憲, 高梨啓和, 大木章, 鹿児島大学工学部研究報告, **57**, 15 (2015).
- 2) W. Leithe, 新良宏一郎ほか訳, 大気汚染の測定. 化学同人, pp.110-112 (1973).
- 3) 竹下寿雄, 前田滋, 下原孝章, 鹿児島大学工学部研究報告, **21**, 140 (1979).
- 4) 堀素夫, 鈴木伸・榎木義一, 樋口伊佐夫, 大気環境のサーベイランス-測定・設計・解析. 東京大学出版会, pp.59-62 (1984).
- 5) 気象庁HP (2017年7月12日, 最終確認)  
[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=88&block\\_no=47827&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=88&block_no=47827&year=&month=&day=&view=)
- 6) 気象庁HP (2017年7月12日, 最終確認)  
[http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly\\_v-act\\_doc/monthly\\_vact\\_vol.php?id=506](http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact_vol.php?id=506)
- 7) 鹿児島県HP (2016年7月12日, 最終確認)  
<https://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/sakurajima/sakurajimakouhairyou2.html>