鹿児島市の大气污染調査（第Ⅲ報）2015年度調査報告

<table>
<thead>
<tr>
<th>著者</th>
<th>杉安 雅貴 須本村 和寛  · 中島 常憲  · 高梨 啓和  · 大木 章</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>雑誌名</td>
<td>鹿児島大学工学部研究報告</td>
</tr>
<tr>
<td>巻</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>ページ</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>発行年</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>URL</td>
<td><a href="http://hdl.handle.net/10232/00029679">http://hdl.handle.net/10232/00029679</a></td>
</tr>
</tbody>
</table>
Air pollution in Kagoshima City from April 2015 to March 2016 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 SO$_4^{2-}$, Cl$^-$, and water-soluble matter, as well as for pH. The average monthly dust fall at eight locations in Kagoshima City was 34.7 g·m$^{-2}$·month$^{-1}$, which was 30% decrease from that observed in the last fiscal year. The concentration of NO$_2$ in the air was measured by using the "filter-badge method". The average NO$_2$ concentration at the eight locations was 6.3 ppb, which was about the same as that observed in the last fiscal year.

Keywords: air pollution, Kagoshima City, Mt. Sakurajima, dust fall, 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、主として工場や自動車の排気ガスに起因と考えられる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っている1)。本論文では、2015年度の調査結果を報告する。

2016年8月日受理
* 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
一方、上記 8ヶ所の測定地点において、アルカリろ紙法（フィルターバッジ法）4)によるNO2濃度の測定を2ヶ月毎に行なった。ADVANTEC製フィルターバッジNO2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、NO2を吸収したアルカリろ紙をバッジケースより取り出して、文献記載4)の方法でNO2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、フィルターバッ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年間の測定中には雨や得め得ずの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、2015年度の鹿児島市内測定地点のNO2濃度の測定日は、上より2015年6月2日、7月29日、9月29日、11月29日、2016年1月29日、3月29日である。a) g・m⁻²・month⁻¹、b) mg/L、c) 降水量が容器オーバーのため欠測値とした。可溶性成分、Cl⁻、SO4²⁻濃度は気象庁発表の鹿児島市における降水量5)をもとに算出した。算出に用いた降水量はc) 1300 mm、d) 545 mmである。以下の表（表2〜9）も同じである。

表-9より、2015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、34.7 g・m⁻²・month⁻¹であり、2014年度の55.8 g・m⁻²・month⁻¹と比較し約3割減少した。図-9に示すように、桜島昭和火口の噴火が活発化した2008年度より每年降下ばいじん量は増加傾向にあったが、2012年の130 g・m⁻²・month⁻¹をピークとして、最近は漸減傾向である。

図-2に示すように、2015年度の平均月別降下ばいじん量は、5月をピークとして6月より漸減し、9〜12月は10 g・m⁻²・month⁻¹以下であった。図-9に、気象庁発表の資料6)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。2015年度は、爆発的噴火437回、噴火774回、火山性地震7524回であった。2014年度の爆発的噴火678回、噴火1071回、火山性地震6723回に比べて、爆発的噴火・噴火回数はかなり減少した。2015年度は、6月以降の噴火回数の減少が特に顕著であり、桜島火山活動が低下したことは明らかである。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

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>降水量</th>
<th>pH</th>
<th>Cl⁻</th>
<th>SO4²⁻</th>
<th>NO2(g・m⁻²・month⁻¹)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>1</td>
<td>11.6</td>
<td>109.0</td>
<td>4.6</td>
<td>325.1</td>
<td>7.0</td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>13.6</td>
<td>172.0</td>
<td>2.8</td>
<td>175.2</td>
<td>2.8</td>
</tr>
<tr>
<td>3</td>
<td>15.9</td>
<td>70.0</td>
<td>4.3</td>
<td>22.2</td>
<td>2.2</td>
</tr>
<tr>
<td>4</td>
<td>13.3</td>
<td>193.0</td>
<td>5.0</td>
<td>19.8</td>
<td>6.1</td>
</tr>
<tr>
<td>5</td>
<td>11.3</td>
<td>164.0</td>
<td>5.3</td>
<td>7.4</td>
<td>1.8</td>
</tr>
<tr>
<td>6</td>
<td>10.6</td>
<td>40.0</td>
<td>3.6</td>
<td>1.1</td>
<td>1.0</td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>11.5</td>
<td>196.0</td>
<td>4.8</td>
<td>8.5</td>
<td>1.8</td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td>13.5</td>
<td>190.0</td>
<td>5.0</td>
<td>6.5</td>
<td>0.2</td>
</tr>
<tr>
<td>9</td>
<td>13.1</td>
<td>100.0</td>
<td>5.0</td>
<td>6.5</td>
<td>0.2</td>
</tr>
<tr>
<td>10</td>
<td>13.1</td>
<td>70.0</td>
<td>4.3</td>
<td>22.2</td>
<td>2.2</td>
</tr>
<tr>
<td>11</td>
<td>11.3</td>
<td>190.0</td>
<td>5.0</td>
<td>19.8</td>
<td>6.1</td>
</tr>
<tr>
<td>12</td>
<td>13.1</td>
<td>164.0</td>
<td>5.3</td>
<td>7.4</td>
<td>1.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

表-1のNO2濃度の測定日は、上より2015年6月2日、7月29日、9月29日、11月29日、2016年1月29日、3月29日である。a) g・m⁻²・month⁻¹、b) mg/L、c) 降水量が容器オーバーのため欠測値とした。可溶性成分、Cl⁻、SO4²⁻濃度は気象庁発表の鹿児島市における降水量5)をもとに算出した。算出に用いた降水量はc) 1300 mm、d) 545 mmである。以下の表（表2〜9）も同じである。
### 表-2 花野小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>3</td>
<td>3.9</td>
<td>3.4</td>
<td>1.2</td>
<td>4.7</td>
<td>4.7</td>
<td>1.5</td>
<td>5.4</td>
<td>3.0</td>
<td>9.9</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-5 鹿児島大学工学部

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>11</td>
<td>3.4</td>
<td>3.0</td>
<td>1.0</td>
<td>3.9</td>
<td>3.0</td>
<td>1.0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-9 全地点平均

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>3</td>
<td>2.8</td>
<td>2.3</td>
<td>0.7</td>
<td>2.8</td>
<td>2.3</td>
<td>0.7</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-10 九重平

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>3</td>
<td>3.4</td>
<td>3.0</td>
<td>1.0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-11 西陵中学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4</td>
<td>3.2</td>
<td>2.6</td>
<td>0.9</td>
<td>3.1</td>
<td>2.6</td>
<td>0.9</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-12 中山小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5</td>
<td>3.1</td>
<td>2.5</td>
<td>0.8</td>
<td>3.0</td>
<td>2.5</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-13 花野小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4</td>
<td>3.0</td>
<td>2.4</td>
<td>0.8</td>
<td>2.9</td>
<td>2.4</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-14 西陵中学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5</td>
<td>2.9</td>
<td>2.3</td>
<td>0.8</td>
<td>2.8</td>
<td>2.3</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-15 中山小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>6</td>
<td>2.8</td>
<td>2.2</td>
<td>0.8</td>
<td>2.7</td>
<td>2.2</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-16 花野小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5</td>
<td>2.7</td>
<td>2.1</td>
<td>0.8</td>
<td>2.6</td>
<td>2.1</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-17 西陵中学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>6</td>
<td>2.6</td>
<td>2.0</td>
<td>0.8</td>
<td>2.5</td>
<td>2.0</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-18 中山小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>7</td>
<td>2.5</td>
<td>1.9</td>
<td>0.8</td>
<td>2.4</td>
<td>1.9</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-19 花野小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5</td>
<td>2.4</td>
<td>1.8</td>
<td>0.8</td>
<td>2.3</td>
<td>1.8</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-20 西陵中学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>6</td>
<td>2.3</td>
<td>1.7</td>
<td>0.8</td>
<td>2.2</td>
<td>1.7</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-21 中山小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>7</td>
<td>2.2</td>
<td>1.6</td>
<td>0.8</td>
<td>2.1</td>
<td>1.6</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-22 花野小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4</td>
<td>2.1</td>
<td>1.5</td>
<td>0.8</td>
<td>2.0</td>
<td>1.5</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-23 西陵中学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5</td>
<td>2.0</td>
<td>1.4</td>
<td>0.8</td>
<td>1.9</td>
<td>1.4</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-24 中山小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>6</td>
<td>1.9</td>
<td>1.3</td>
<td>0.8</td>
<td>1.8</td>
<td>1.3</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-25 花野小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4</td>
<td>1.8</td>
<td>1.2</td>
<td>0.8</td>
<td>1.7</td>
<td>1.2</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-26 西陵中学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5</td>
<td>1.7</td>
<td>1.1</td>
<td>0.8</td>
<td>1.6</td>
<td>1.1</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-27 中山小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>6</td>
<td>1.6</td>
<td>1.0</td>
<td>0.8</td>
<td>1.5</td>
<td>1.0</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-28 花野小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>4</td>
<td>1.5</td>
<td>0.9</td>
<td>0.8</td>
<td>1.4</td>
<td>0.9</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-29 西陵中学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5</td>
<td>1.4</td>
<td>0.8</td>
<td>0.8</td>
<td>1.3</td>
<td>0.8</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>

### 表-30 中山小学校

<table>
<thead>
<tr>
<th>月</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
<th>NO2</th>
<th>SO4</th>
<th>Cl-</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>6</td>
<td>1.3</td>
<td>0.7</td>
<td>0.8</td>
<td>1.2</td>
<td>0.7</td>
<td>0.8</td>
</tr>
</tbody>
</table>
図-2 鹿児島市8地点平均降下ばいじん量

図-3 No.1, No.2における降下ばいじん量

図-4 No.3, No.4における降下ばいじん量

図-5 No.5, No.6における降下ばいじん量

図-6 No.7, No.8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-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-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7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。2015年度の桜島全島の年平均降下ばいじん量は604 g・m⁻²・month⁻¹であり、2014年度の1136 g・m⁻²・month⁻¹と比較すると大きく減少した。

3.2 可溶性成分、SO₄²⁻、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、SO₄²⁻、Cl⁻の月別降下量を示す。2015年度の可溶性成分、SO₄²⁻、Cl⁻の年平均降下量はそれぞれ6.3、1.0、1.5 g・m⁻²・month⁻¹であった。可溶性成分とSO₄²⁻降下量の増減はほぼ対応しており、火山活動が低下した2015年度後半に下がっている。火山ガス中には、HF、HCl、SO₃、CO₂などが含まれるが、これらが氷に溶けると、それぞれF⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、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SO₄²⁻降下量の増減はほぼ対応しており、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。2015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44回であり、2014年度の回数（65回）と比較するとかなり減少した。
計測器のデータは1 h毎に測定したもので、24 h平均したもの）。

4. 結論

鹿児島市における2015年度の年平均降下ばいじん量は34.7 g・m⁻²・month⁻¹であり、2014年度の55.8 g・m⁻²・month⁻¹と比較するとかなり減少していた。これにより、2015年6月以降の桜島の活動低下が原因であり、9-12月は10 g・m⁻²・month⁻¹以下の降下ばいじん量であった。しかしながら、2016年2月以降桜島は再び活発化しているので、今後とも注意が必要である。2015年度の大気中のNO₂汚染に関しては、2014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
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).
7) 鹿児島県HP (2016年8月10日, 最終確認) https://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/sakurajima/sakurajimakouhairyou2.html