

# 鹿児島市の降下ばいじんおよび二酸化窒素汚染の調査 —1997～2006 年の 10 年間のまとめ—

緒方 秀樹\* 長谷川 博之\* 大山 謙二\*\* 中島 常憲\*\* 高梨 啓和\*\* 大木 章\*\*

Investigation of Falling Dust and Nitrogen Dioxide Pollution in Kagoshima City  
-Summary for 10 Years during 1987～2006-

Hideki OGATA\*, Hiroyuki HASEGAWA\*, Kenji OHYAMA\*\*, Tsunenori NAKAJIMA\*\*,  
Hirokazu TAKANASHI\*\* and Akira OHKI\*\*

The authors investigated the amount of falling dust, the composition of co-existing rain water, and the concentration of NO<sub>2</sub> in the air at 8 locations in Kagoshima City from 1997 to 2006. The average of the amount of falling dust for the 8 locations was 17.0 g·m<sup>-2</sup>·month<sup>-1</sup>, which was ca. 1/6 of that for the last ten years (1987-1996). The falling amount of sulfate ion as well as that of chloride ion was somewhat decreased compared to the last ten years. For the NO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere, the average for the 8 locations was 10.0 ppb, which was a little higher than that for the last 10 years.

**Keywords :** air pollution, Kagoshima City, falling dust, NO<sub>2</sub>

## 1. 緒論

著者らは、1997 年より 2006 年まで、鹿児島市内 8 ケ所の測定地点において、降下ばいじん量、共存雨水の成分、大気中の NO<sub>2</sub> 濃度などを測定してきた<sup>1)</sup> -<sup>10)</sup>。本論文では、この 10 年間のデータのまとめと考察を行った。

## 2. 実験方法

図-1 に示す鹿児島市内 8 ケ所の測定地点を設定し、英国規格のデポジットゲージ<sup>11)</sup>に準ずる降下ばいじん捕集器（ロートの直径約 30cm、容器の容量 201、ガラス製）を設置して、毎月末に降下ばいじん・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（1 および mm）・pH・硫酸イオン濃度・塩素イオン濃度を測定し、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。これにデポジットゲージへの総捕集量（湿性および乾性の総降下量）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>12)</sup>。

一方、上記 8 ケ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）<sup>13)</sup>による NO<sub>2</sub> 濃度の測定を 2 ヶ月毎に行った。東洋ろ紙（株）製フィルターバッジ NO<sub>2</sub> を各測定地点に 3 個ずつ、地上より 1.5 ～ 2.0m 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ッジケースより取り出して、文献記載<sup>13)</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。

## 3. 結果と考察

### 3.1 降下ばいじん

2007 年 8 月 16 日受理

\* 博士前期課程生体工学専攻

\*\*生体工学科

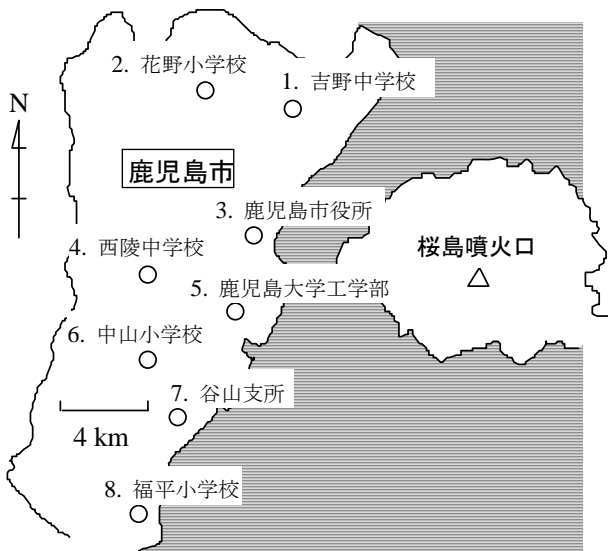


図-1 サンプルング地点

図-2~5 に、1997-2006 年の 10 年間における鹿児島市内 8 測定地点の降下ばいじん量を示す。また、図-6 に 8 測定地点平均の降下ばいじん量を示す。ここに示した 1 ヶ月当たりの降下ばいじん量 ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ ) は、春期 (3-5 月:Sp)、夏期 (6-8 月:Su)、秋期 (9-11 月:Au)、冬期 (12-2 月:Wi) における 3 ヶ月間の平均値である (この表記は以下の図においても同様である)。図-7 に、測定地点別の 10 年間の平均降下ばいじん量を示すが、8 測定地点の平均値は  $17.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  であった。著者らは前報<sup>14)</sup>において、1987-1996 年の 10 年間における同様なまとめを報告し、8 測定地点平均の降下ばいじん量は  $102 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  であった。すなわち、1997-2006 年は、前の 10 年間に比べて、降下ばいじん量が 1/6 程度に減少した。これは、特に 1987-1992 年の夏季において、桜島の火山活動による大量の降下ばいじん (降灰) があったが、1997-2006 年の期間はこのような大量降灰が無かったためである。1997-2006 年の期間で、降下ばいじん量が  $100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  を越えたのは、2000 年夏期と 2001 年秋期のみであった。この間の期間も降下ばいじん量が比較的多かったが、これ以外の期間は  $20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  以下であり、特に 2003 年以降はほとんどが  $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  以下であった。

1987-1996 年において最も降下ばいじん量が多かった測定地点は No. 3 鹿児島市役所の  $248 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  であり、1997-2006 年も同様に No. 3 が最も降下ばいじん量が多かったが、 $36.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  であった。最も降下ばいじん量が少なかったのは、

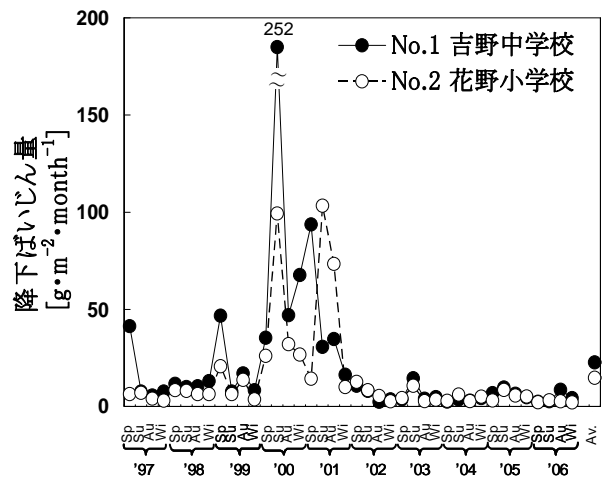


図-2 No. 1, No. 2における降下ばいじん量

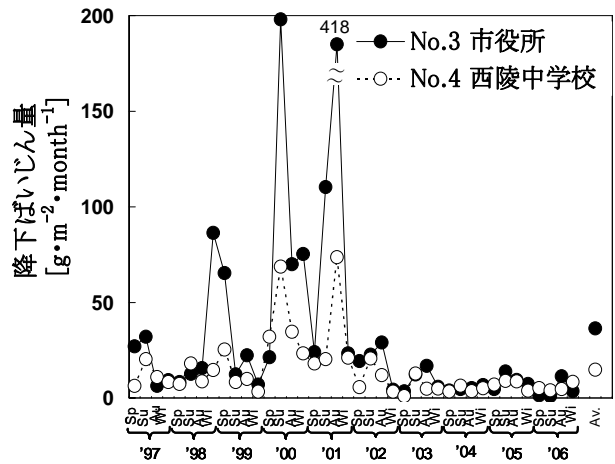


図-3 No. 3, No. 4における降下ばいじん量

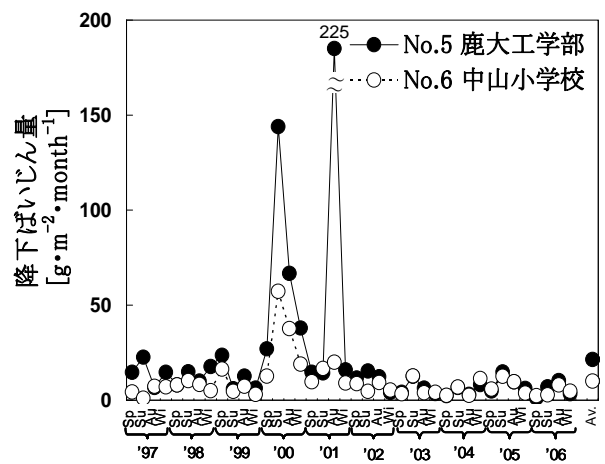


図-4 No. 5, No. 6における降下ばいじん量

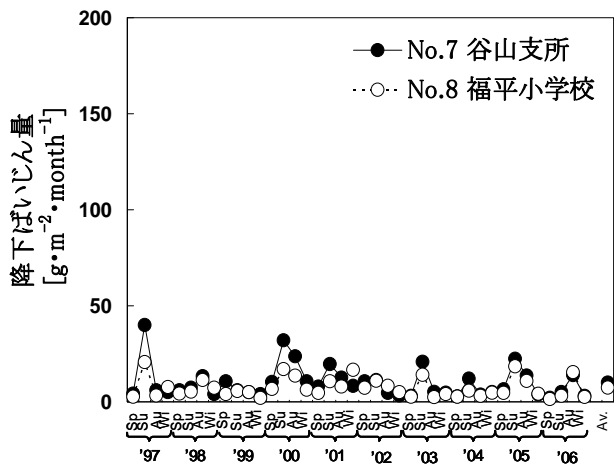


図-5 No. 7, No. 8における降下ばいじん量

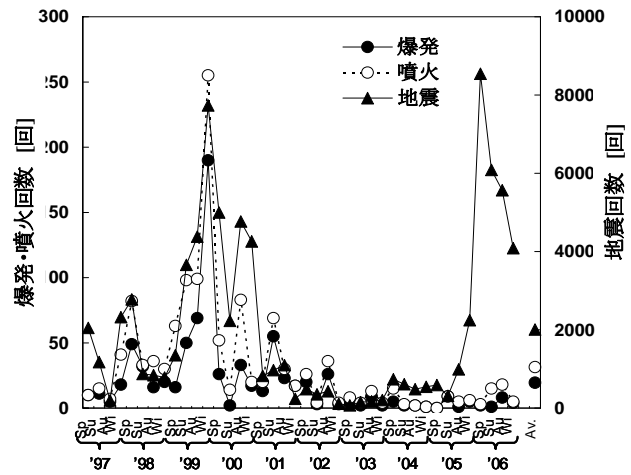


図-8 桜島火山の爆発、噴火、回数および火山性地震回数

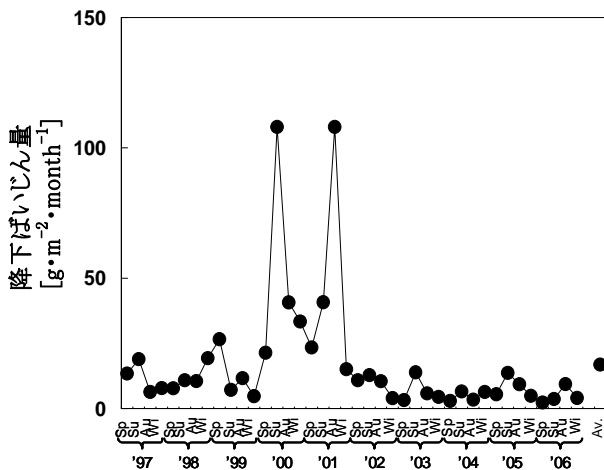


図-6 8測定地点平均降下ばいじん量

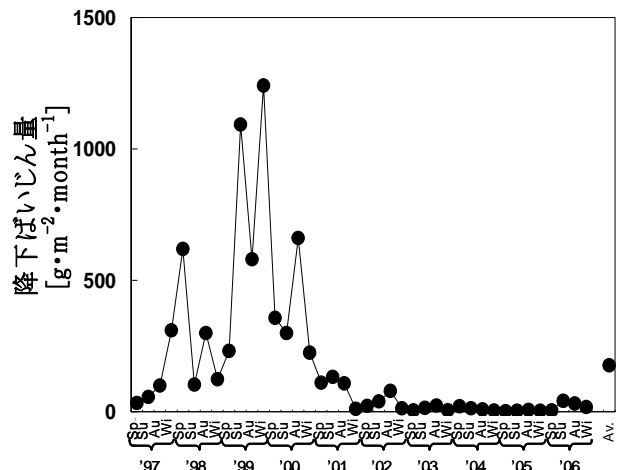


図-9 桜島14地点平均降下ばいじん量

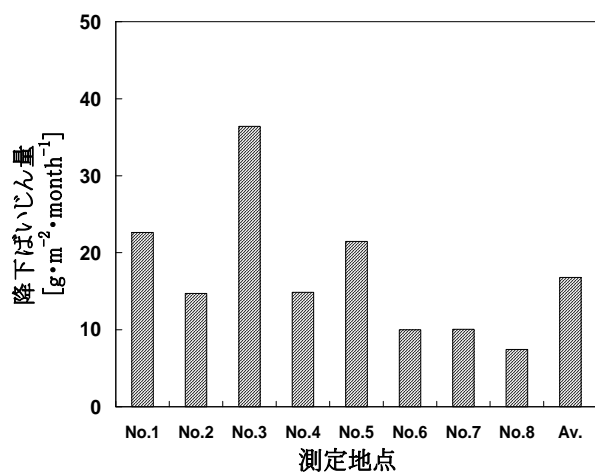


図-7 測定地点別降下ばいじん量

1987-1996年および1997-2006年の場合とも、No. 8 福平小学校であり、それぞれ  $19.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  と  $7.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$  であった。すなわち、1987-1992年の夏季に大量降灰があったのは鹿児島市北部地域であり、南部地域（特に福平地区）はこの期間でもそれほどの影響を受けていないことがわかる。

図-8に、鹿児島地方気象台提供の資料よりまとめた1997-2006年の10年間の桜島火山の爆発・噴火および火山性地震回数を示す（爆発・噴火は、鹿児島地方気象台の定義では以下のとおりである。爆発：音、体感空振、噴石、爆発地震のいずれかがあり、微気圧計応答のもの；噴火：噴煙量3以上のもの）。桜島の爆発、噴火、火山性地震の回数は、1999年後半より2001年前半にかけて多く、これは

2000-2001年の鹿児島市内における比較的多い降下ばいじん量に対応していると考えられる。

図-9に、鹿児島県消防防災課提供のデータよりまとめた桜島全島平均（高免、園山、黒神、有村、湯之、持木、桜島口、小池、湯の平、武、西道、二俣、二俣上、赤水の14測定地点の平均）の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-9に示す降下ばいじん量の変化は、桜島の活動に反映しており、図-8に示す桜島の爆発および噴火回数と非常によく対応を示している。

### 3.2 硫酸イオン、塩素イオン、可溶性成分の降下量およびpH

降下ばいじんの共存雨水中に含まれる硫酸イオン、塩素イオンおよび可溶性成分の量を調べた。図-10に、8測定地点平均の各成分の降下量を示す。硫酸イオン降下量と可溶性成分降下量の経時的増減は、かなり対応していた。

図-11に、硫酸イオンおよび塩素イオンの測定地点別平均降下量を示す。前報で報告した1987-1996年の8測定地点平均の硫酸イオンおよび塩素イオンの降下量は、それぞれ $2.7$ と $1.2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ であり<sup>14)</sup>、1997-2006年の場合は、それぞれ $2.1$ と $0.79 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ であった。すなわち、1997-2006年の方が、前の10年間に比べて、これらの降下量が少し減少した。1987-1996年の硫酸イオン降下量については、No. 1吉野中学校やNo. 3鹿児島市役所などの北部地域の方が、No. 7谷山支所やNo. 8福平小学校に比べて、1.5倍程度多かった。しかしながら、1997-2006年では両地域における硫酸イオン降下量はほとんど差はなかった。1987-1996年の北部地域の硫酸イオン降下には、桜島降灰の影響があると考えられる。塩素イオン降下量は、No. 3鹿児島市役所、No. 7谷山支所、No. 8福平小学校などの比較的海岸に近い測定地点において多い傾向があり、海水飛沫が主原因と考えられ、桜島降灰の寄与は少ないと結論される。この傾向は、1987-1996年の測定においても同様であった<sup>14)</sup>

図-12に、No. 3鹿児島市役所およびNo. 3谷山支所における1997-2006年の降下ばいじん共存雨水のpHを示す。前報において、共存雨水のpHと降下ばいじん量はほとんど相関性がないことを述べたが<sup>14)</sup>、1997-2006年の測定においても同様であった。図-13に、8測定地点における10年間の平均

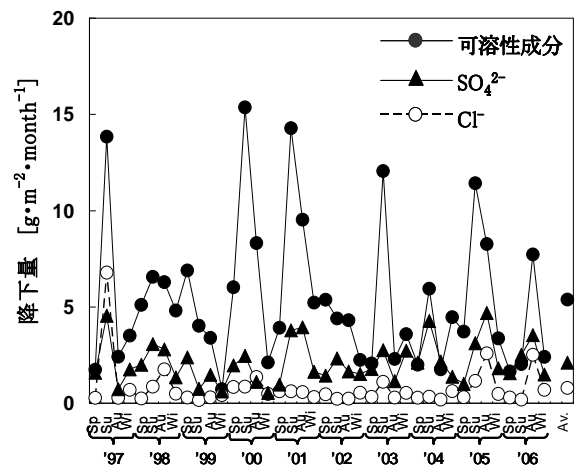


図-10 8測定地点平均の各成分降下量

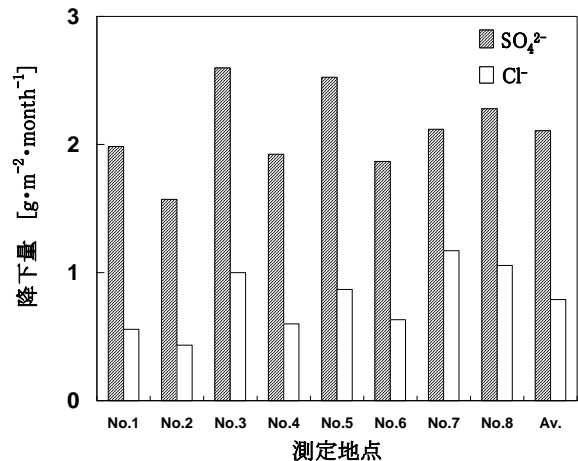


図-11 測定地点別平均の各成分降下量

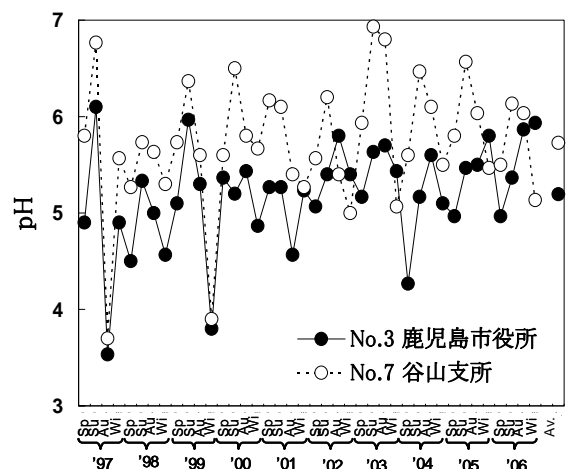


図-12 No. 3, No. 7における共存雨水のpH

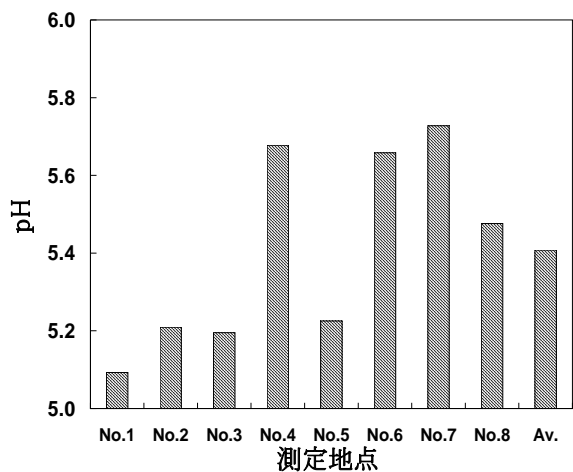


図-13 測定地点別平均の共存雨水pH

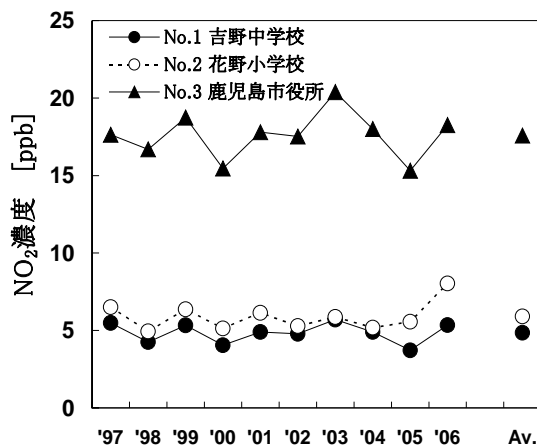


図-14 No. 1, No. 2, No. 3におけるNO<sub>2</sub>濃度

pH を示す。前報において、鹿児島市北部地域の pH の方が、南部地域のそれよりも低い傾向を示すことを報告したが<sup>14)</sup>、今回の測定においても同様であった。

### 3.3 大気中の NO<sub>2</sub> 濃度

図-1 に示す鹿児島市内 8 測定地点において、フィルターバッジ法により大気中の NO<sub>2</sub> 濃度を測定した。図-14~16 に、1997-2006 年の 10 年間の NO<sub>2</sub> 濃度の変化について、8 測定地点の値およびそれらの平均値を示す。大気中の NO<sub>2</sub> 濃度の測定は、約 2 ヶ月毎の任意の 1 日を選び 24 時間測定を行った。図-14~16 のデータは、各々の年の 6 回の測定値の平均値である。図-17 に、各測定地点別 NO<sub>2</sub> 濃度の 1987-1996 年の平均値と 1997-2006 年の平均値をまとめた。

図-17 に示すように、1997-2006 年の全測定地点平均の NO<sub>2</sub> 濃度は 10.0 ppb であり、これは前の 10 年間の値 9.3 ppb よりも少し上昇した。No. 3 鹿児島市役所については、1987-1996 年の値は 18.9 ppb であるのに対し、1997-2006 年では 17.6 ppb と減少した。しかしながら、No. 6 中山小学校と No. 7 谷山支所では 1987-1996 年の値がそれぞれ 8.9 と 11.4 ppb であるのに対し、1997-2006 年では 10.3 と 13.0 ppb と上昇していた。この事実は、鹿児島市内の交通量が南部地域で増加しているためと考えられる。

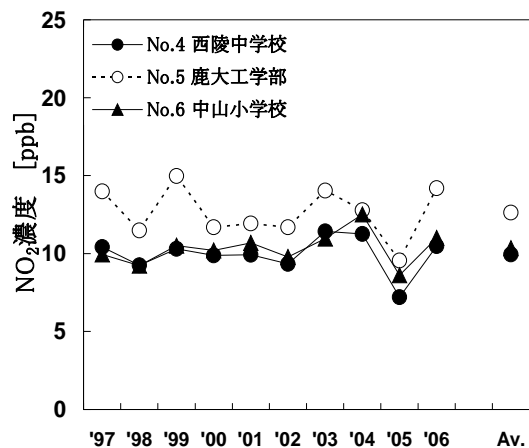


図-15 No. 4, No. 5, No. 6におけるNO<sub>2</sub>濃度

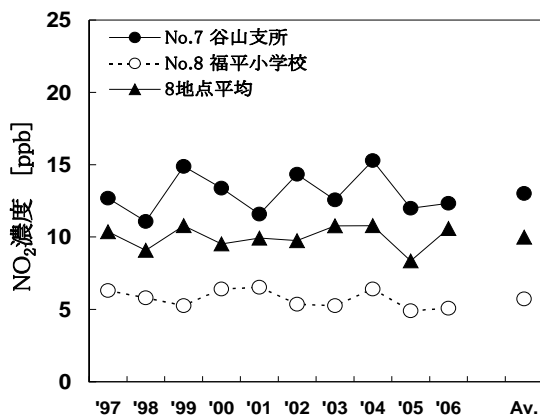


図-16 No. 7, No. 8, 8地点平均のNO<sub>2</sub>濃度

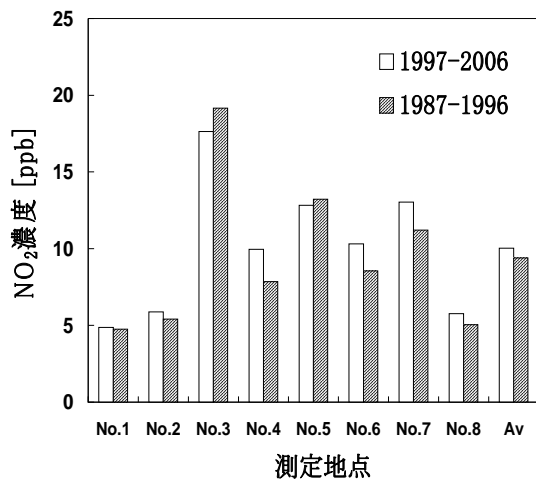


図-17 測定地点別の平均NO<sub>2</sub>濃度

#### 4. 結論

1997-2006年の10年間において、鹿児島市内8ヶ所の測定地点にて、降下ばいじん量、共存雨水の成分、大気中のNO<sub>2</sub>濃度などを測定した。8測定地点平均の降下ばいじん量は、 $17.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{month}^{-1}$ であり、これは前の10年間(1987-1996年)の値に比べて約1/6であった。硫酸イオンと塩素イオンの1997-2006年の平均降水量は、前の10年間に比べて少し減少した。大気中のNO<sub>2</sub>濃度については、1997-2006年の8測定地点平均は10.0 ppbであり、前の10年間に比べてやや増加した。

終わりに、調査にご協力いただき、また貴重なデータを提供していただいた鹿児島市役所、鹿児島県庁、鹿児島地方気象台、の関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 中村 透・大木 章・中島 常憲・前田 滋(1998) : 鹿児島市の大気汚染調査(第11報). 鹿児島大学工学部研究報告, 40号, pp. 67-74.
- 2) 海平 泰司・大木 章・中島 常憲・前田 滋(1999) : 鹿児島市の大気汚染調査(第12報). 鹿児島大学工学部研究報告, 41号, pp. 133-140.
- 3) 隈部 康誉・中島 常憲・大木 章(2000) : 鹿児島市の大気汚染調査(第13報). 鹿児島大学工学部研究報告, 42号, pp. 193-201.
- 4) 山下 浩幸・大山 謙二・中島 常憲・大木 章

- (2001) : 鹿児島市の大気汚染調査(第14報). 鹿児島大学工学部研究報告, 43号, pp. 131-139.
- 5) 岩下 章・大山 謙二・中島 常憲・高梨 啓和・大木 章(2002) : 鹿児島市の大気汚染調査(第15報). 鹿児島大学工学部研究報告, 44号, pp. 113-121.
- 6) 星野 太作・大山 謙二・中島 常憲・高梨 啓和・大木 章(2003) : 鹿児島市の大気汚染調査(第16報). 鹿児島大学工学部研究報告, 45号, pp. 109-117.
- 7) 小城 祐史・浅岡 哲朗・大山 謙二・中島 常憲・高梨 啓和・大木 章(2004) : 鹿児島市の大気汚染調査(第17報). 鹿児島大学工学部研究報告, 46号, pp. 121-126.
- 8) 浅岡 哲朗・大山 謙二・中島 常憲・高梨 啓和・大木 章(2005) : 鹿児島市の大気汚染調査(第18報). 鹿児島大学工学部研究報告, 47号, pp. 93-98.
- 9) 岡田 章吾・緒方 秀樹・大山 謙二・中島 常憲・高梨 啓和・大木 章(2006) : 鹿児島市の大気汚染調査(第19報). 鹿児島大学工学部研究報告, 48号, pp. 69-74.
- 10) 緒方 秀樹・長谷川 博之・大山 謙二・中島 常憲・高梨 啓和・大木 章 : 鹿児島市の大気汚染調査(第20報). 鹿児島大学工学部研究報告, 49号 (印刷中).
- 11) Leithe, W.・新良 宏一郎(1973) : 大気汚染の測定. 化学同人, pp. 110-112.
- 12) 竹下 寿雄・前田 滋・下原 孝章(1979) : 鹿児島市及び桜島の大気汚染調査(第1報). 鹿児島大学工学部研究報告, 21号, pp. 140-147.
- 13) 堀 素夫・鈴木 伸・榎木 義一・樋口 伊佐夫(1984) : 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.
- 14) 大木 章・中村 透・中島 常憲・前田 滋(1997) : 鹿児島市の降下ばいじんおよび二酸化窒素汚染の調査(1987-1996年の10年間のまとめ). 鹿児島大学工学部研究報告, 39号, pp. 93-100.