

## 金沢市兼六園周辺における NO<sub>2</sub> 測定結果とその特徴 —特に高さ方向の検討—

奥田 浩・佐々木直哉・佐藤大介・津根 明・長谷川香織・大杉嘉秀・  
鷹野悦子・田中浩司・星野秀洋・奥野正幸・田崎和江

Hiroshi OKUDA, Naoya SASAKI, Daisuke SATOH, Akira TSUNE, Kaori HASEGAWA, Yoshihide OHSUGI, Etsuko TAKANO, Hiroshi TANAKA, Hidehiro HOSHINO, Masayuki OKUNO and Kazue TAZAKI : The NO<sub>2</sub> values around Kenroku-en in Kanazawa and the characterization of air pollution

**ABSTRACT :** Kanazawa city, a nonindustrial city, has been believed to be less polluted than industrialized cities. But, "how much is Kanazawa city unpolluted" was unknown. In order to know it, NO<sub>2</sub> concentration in Kanazawa city was measured during a two years' period.

The average NO<sub>2</sub> concentration was 0.020 ppm in 1996 and 0.006 ppm in 1997. NO<sub>2</sub> concentration in the central area of the city tend to be high because of heavy traffic. Additionally, high NO<sub>2</sub> concentration can be also obtained from an underground parking lot where air is unflowed. On the other hand, it has been confirmed that NO<sub>2</sub> concentration is low after long-dated rain. Measurement at a high-rise building showed that NO<sub>2</sub> concentration decreased as the floor goes up. Such results suggest that air in Kanazawa city is partly polluted.

In this study, it was revealed that NO<sub>2</sub> concentration was varied by weather, height and traffic conditions. Air pollution occurs frequently not only in industrial areas but also in countryside such as Kanazawa city. Accordingly air pollution should be considered as an important regional environmental issue even in local area, so as not to increase the effect to global environment.

**Key words :** Air pollution, NO<sub>2</sub> concentration.

### はじめに

産業革命以降の工業化に伴う化石燃料の大量消費により、大気中の CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> の濃度は上昇し、大気は汚染され続けている。そして近年、四日市に代表されるように、ぜんそく、肺気腫など人体をはじめ、多くの生命体に対する大気汚染物質の毒性が指摘され、社会的な問題になっている。特に、都市における局所的な大気汚染は、光化学スモッグ、発ガン性をはじめとする健康などへの影響が深刻な問題となっている。その主な原因として NO<sub>2</sub> による汚染が挙げられる。NO<sub>2</sub> は地球上において水、土壌、大気、人間活動などからも発生している (Smil 1997) が、都市における NO<sub>2</sub> 発生源の約 70% は自動車から排出される排気ガスである (藤田

1991)。自動車は現代生活において、身近で便利なものであるが、その自動車から排出されるNO<sub>2</sub>によって大気が汚染されており、その植物への影響は既に報告されている(北世ほか1996; Tazaki et al. 1997)。NO<sub>2</sub>は刺激性のガスで、比較的高濃度の暴露では、咽喉頭、胸部の刺激、痛みを伴い、重傷時には肺水腫を起し、軽症の時は、急性器官支肺炎、閉塞性気管支炎を起こすなどの毒性が指摘されている(天谷 1989)。

そこで、我々の住む金沢ではどの程度大気汚染が進行しているのか、過去の研究結果(Zhou, Tazaki 1996)と比較してどのような変化があるのかを知るために、本研究を行った。本研究のNO<sub>2</sub>測定は、金沢市内で観光客をはじめ多くの人口が集中する片町、香林坊、兼六園を中心に行った。今回は特に地下駐車場や高層ビルについてもNO<sub>2</sub>測定を行い、場所、主に高さ方向によるNO<sub>2</sub>濃度の違いについて検討した。また、降水の特性について馬飼野(1997)が報告しているが、本研究においても降水とNO<sub>2</sub>濃度の関係についても考察した。

### 調査および測定方法

大気中のNO<sub>2</sub>測定は天谷式簡易測定法(天谷 1989)を用いて1996年11月22日(金)・23日(土)、及び1997年7月12日(土)・13日(日)の二回、秋と夏に行った。NO<sub>2</sub>の採取は濾紙の入ったゴムキャップ付き捕集管で行った。捕集管は、1996年には金沢市内の兼六園周辺に148ヶ所、1997年には1996年と同じ場所に加えて、金沢市役所地下駐車場・北國新聞社ビルに49ヶ所の計187ヶ所に設置した。捕集管は1.5メートルの高さに設置し、24時間後に回収してその約2時間後に測定を開始した。

測定方法は、捕集管にザルツマン試薬を5 ml加え15分ほど放置して液を発色させてからユニメーターで測定した。他の試料の影響を受けないようにユニメーターは10試料毎にゼロ点調整を行った。NO<sub>2</sub>濃度は検量線を用いて、メーター値(μA)から換算した。

1997年は金沢市役所地下駐車場の通風・換気の強さと北國新聞社ビルの高さによる空気の流れを調べるために独自の風向棒を作成したほか、風速計(木村科学器械株式会社 デジタルウインドメーター)を用いて観察した。

### 結 果

#### <金沢市内のNO<sub>2</sub>値>

金沢市内のNO<sub>2</sub>測定地点(Fig. 1-1)および大気中のNO<sub>2</sub>量の24時間平均濃度をTable 1とFig. 2-1, Fig. 2-2に示した。なお、空白の部分はデータの欠落である。測定日1996年11月22日(金)~23日(土)の天気は小雨のち曇りで、NO<sub>2</sub>量の平均値は0.0199 ppm, 最高値は146番の北鉄バスターミナルの0.103 ppm, 最低値は13番の尾山神社の0.001 ppmであった。それに対して1997年7月12日~13日の天気は大雨で、NO<sub>2</sub>量の平均値は0.006 ppm, 最高値は158番の地下駐車場二階で0.029 ppm, 最低値は52番の会館かなざわをはじめとする14ヶ所で0.000 ppmであった。

Table 1. NO<sub>2</sub> value around Kenroku-en measured during November 22-23, 1996 and July 12-13, 1997

NO.	設置場所	測定値 (ppm)					
		測定日時					
		96.11.22~23	97.7.12~13				
1	むさし交差点	0.026	0.002	50	ワシントンホテル	0.031	
2	近江町交差点	0.038	0.003	51	タテマチ交差点	0.021	0.003
3	博労町交差点	0.032	0.009	52	会館かなざわ	0.018	0.000
4	JR 尾張町停留所	0.034	0.003	53	鱒町交差点	0.028	0.005
5	橋場町交差点	0.030	0.004	54	北陸電力	0.024	0.004
6	金沢中央信用組合前	0.027	0.004	55	広坂公園前	0.019	0.002
7	下堤町交差点	0.032	0.004	56	兼六園管理事務所前	0.018	0.004
8	近江町パーキング	0.021	0.005	57	出羽町交差点	0.016	0.001
9	北陸郵政局前交差点	0.011		58	成撰閣	0.019	0.002
10	NHK 前交差点	0.021	0.003	59	兼六坂上交差点	0.022	0.013
11	尾張町一丁目	0.015	0.003	60	兼見御亭	0.015	0.007
12	下堤町南交差点	0.030	0.019	61	兼六坂駐車場	0.018	0.009
13	尾崎神社	0.001	0.006	62	新館 東山	0.018	0.004
14	金沢城黒門下	0.017	0.004	63	兼六坂交差点	0.023	0.007
15	金沢総合健康センター	0.020	0.004	64	兼六園下派出所	0.027	0.003
16	大手町病院	0.023	0.006	65	白鳥路前停留所	0.025	0.003
17	大手町交差点	0.012	0.004	66	白鳥路前停留所の上	0.014	0.002
18	日本生命金沢ビル裏	0.023	0.002	67	石川橋入口下	0.017	0.000
19	南町交差点	0.030	0.016	68	石川橋入口	0.015	0.001
20	尾山神社	0.010	0.004	69	石川門	0.015	0.000
21	金沢中央ビルディングT字路	0.012	0.004	70	百間堀通り北	0.018	0.006
22	尾山交差点	0.016	0.001	71	蓮池門通り北	0.014	
23	仙石通り交差点	0.017	0.007	72	百間堀通り南	0.015	0.003
24	合同庁舎前交差点	0.012	0.005	73	蓮池門通り南	0.013	0.004
25	中央公園脇	0.017	0.001	74	真弓坂案内板(兼六園内)	0.012	0.001
26	中央公園中心		0.004	75	梅林(兼六園内)	0.010	0.000
27	石川県立体育館	0.015	0.004	76	噴水(兼六園内)	0.011	0.001
28	広坂2丁目	0.014	0.002	77	明治記念碑(兼六園内)	0.012	0.000
29	香林坊交差点	0.023	0.012	78	夫婦松(兼六園内)	0.011	0.001
30	香林坊地下駐車場入口	0.014	0.006	79	幸町交差点	0.025	0.004
31	市役所前交差点	0.017	0.010	80	金城幼稚園	0.017	0.002
32	広坂交差点	0.018	0.013	81	本多町3-5	0.013	0.003
33	兼六園テニスコート横	0.017	0.003	82	思案橋交差点	0.016	0.004
34	黒門入口	0.017	0.003	83	県立工業高等学校脇	0.016	0.000
35	旧理学部実験研究棟	0.016	0.002	84	本多町2	0.014	0.001
36	城内グラウンド	0.017	0.001	85	菊川二丁目交差点	0.018	0.005
37	旧教育学部	0.014	0.004	86	笠舞三丁目交差点	0.018	0.007
38	大手門	0.014	0.002	87	本多町1-10	0.014	0.001
39	旧法学部	0.015	0.003	88	本多町1-15	0.016	0.002
40	金沢三十間長屋	0.014		89	笠舞3-7	0.015	0.002
41	タテマチ:マクドナルド	0.037	0.005	90	笠舞3-14	0.014	0.000
42	うつのみや	0.020	0.002	91	梅光幼稚園	0.014	0.003
43	市役所公用車駐車場	0.014	0.001	92	石引き4-10	0.015	0.000
44	パティオ	0.023		93	NTT支社	0.014	0.000
45	県庁南分室	0.016	0.001	94	厚生年金会館	0.020	
46	広坂1丁目	0.014	0.004	95	県立歴史博物館裏	0.014	0.001
47	観光会館	0.024	0.002	96	県立美術館駐車場	0.017	0.000
48	片町交差点	0.049	0.014	97	能楽堂	0.017	0.000
49	大工町交差点	0.029	0.002	98	国立病院前交差点	0.019	0.001

99	北陸学園前交差点	0.024	0.001	151	地下駐車場 地下2階		0.017
100	紫錦台中前交差点	0.024	0.008	152	地下駐車場 地下2階		0.020
101	石引三丁目交差点	0.033	0.003	153	地下駐車場 地下2階		0.017
102	石引二丁目交差点	0.025	0.004	154	地下駐車場 地下2階		0.020
103	金大病院前交差点	0.026	0.008	155	地下駐車場 地下2階		0.019
104	石引交差点	0.026	0.015	156	地下駐車場 地下2階		0.019
105	石引東交差点	0.011	0.011	157	地下駐車場 地下2階		0.015
106	白山坂上交差点	0.027	0.007	158	地下駐車場 地下2階		0.029
107	天徳院停留所	0.025	0.003	159	地下駐車場 地下1階		0.018
108	白山坂交差点	0.017	0.002	160	地下駐車場 地下1階		0.022
109	笠舞東交差点	0.019	0.001	161	地下駐車場 地下1階		0.015
110	笠舞三丁目交差点		0.000	162	地下駐車場 地下1階		0.018
111	石引2-22	0.018	0.001	163	地下駐車場 地下1階		0.018
112	石引2-17	0.016	0.005	164	地下駐車場 地下1階		0.014
113	石引2-7 福光屋裏	0.030	0.000	165	地下駐車場 地下1階		0.018
114	白山坂	0.021	0.002	166	地下駐車場 地下1階		0.020
115	国看宿舍	0.019		167	地下駐車場 地下1階		0.022
116	賢坂辻交差点	0.017	0.004	168	地下駐車場 地下1階		0.018
117	横山町停留所	0.028	0.005	169	地下駐車場 地下1階		0.017
118	兼六園駐車場屋外	0.073	0.001	170	地下駐車場 地下1階		0.018
119	暁町停留所	0.016		171	地下駐車場 地下1階		0.018
120	桜町停留所	0.018	0.011	172	地下駐車場 地下1階		0.019
121	田井町交差点	0.017	0.001	173	地下駐車場 地下1階		0.008
122	天神町陸橋建設予定地	0.019	0.001	174	地下駐車場 地下2階		0.016
123	天神町陸橋工事現場	0.028	0.002	175	地下駐車場 地下1階		0.016
124	天神坂下T字路	0.022	0.008	176			
125	椿原神社	0.015	0.002	177			
126	天神坂中神社向かい	0.018		178	北國新聞社ビル21階		0.008
127	天神坂上カーブ	0.018	0.005	179	北國新聞社ビル20階		0.008
128	金沢大学医学部グラウンド隅	0.015		180	北國新聞社ビル19階		0.007
129	大学病院前通り石引信号	0.019	0.002	181	北國新聞社ビル18階		0.006
130	金沢大学付属病院前正面入口	0.016	0.005	182	北國新聞社ビル17階		0.008
131	大学病院前通り宝町T字路	0.016	0.004	183	北國新聞社ビル16階		0.006
132	木曾坂上	0.015	0.003	184	北國新聞社ビル15階		0.010
133	木曾坂中	0.011	0.002	185	北國新聞社ビル14階		0.009
134	木曾坂歩道中	0.011	0.001	186	北國新聞社ビル13階		0.007
135	木曾坂下	0.017	0.008	187	北國新聞社ビル12階		0.007
136	兼六温泉パーキング	0.011	0.002	188	北國新聞社ビル11階		0.009
137	ライオンズマンション前	0.013	0.003	189	北國新聞社ビル10階		0.007
138	馬坂下	0.011	0.001	190	北國新聞社ビル9階		0.011
139	兼六園駐車場2F屋内	0.028	0.005	191	北國新聞社ビル8階		0.011
140	中日新聞	0.019	0.006	192	北國新聞社ビル7階		0.011
141	八坂下	0.016	0.001	193	北國新聞社ビル6階		0.012
142	国立病院	0.017	0.007	194	北國新聞社ビル5階		0.011
143	紫錦台中学校	0.013	0.004	195	北國新聞社ビル4階		0.011
144	小將町停留所	0.014	0.005	196	北國新聞社ビル3階		0.011
145	兼六園駐車場1F屋内	0.041	0.000	197	北國新聞社ビル2階		0.015
146	北鉄バスターミナル	0.103	0.012	198	北國新聞社ビル屋外駐車場		0.013
147	馬坂上	0.015	0.002				
148	金沢大学医学部駐車場	0.017	0.001				
149	金沢大学薬学部駐車場	0.017	0.004				
150	金沢大学付属病院前	0.015	0.001				

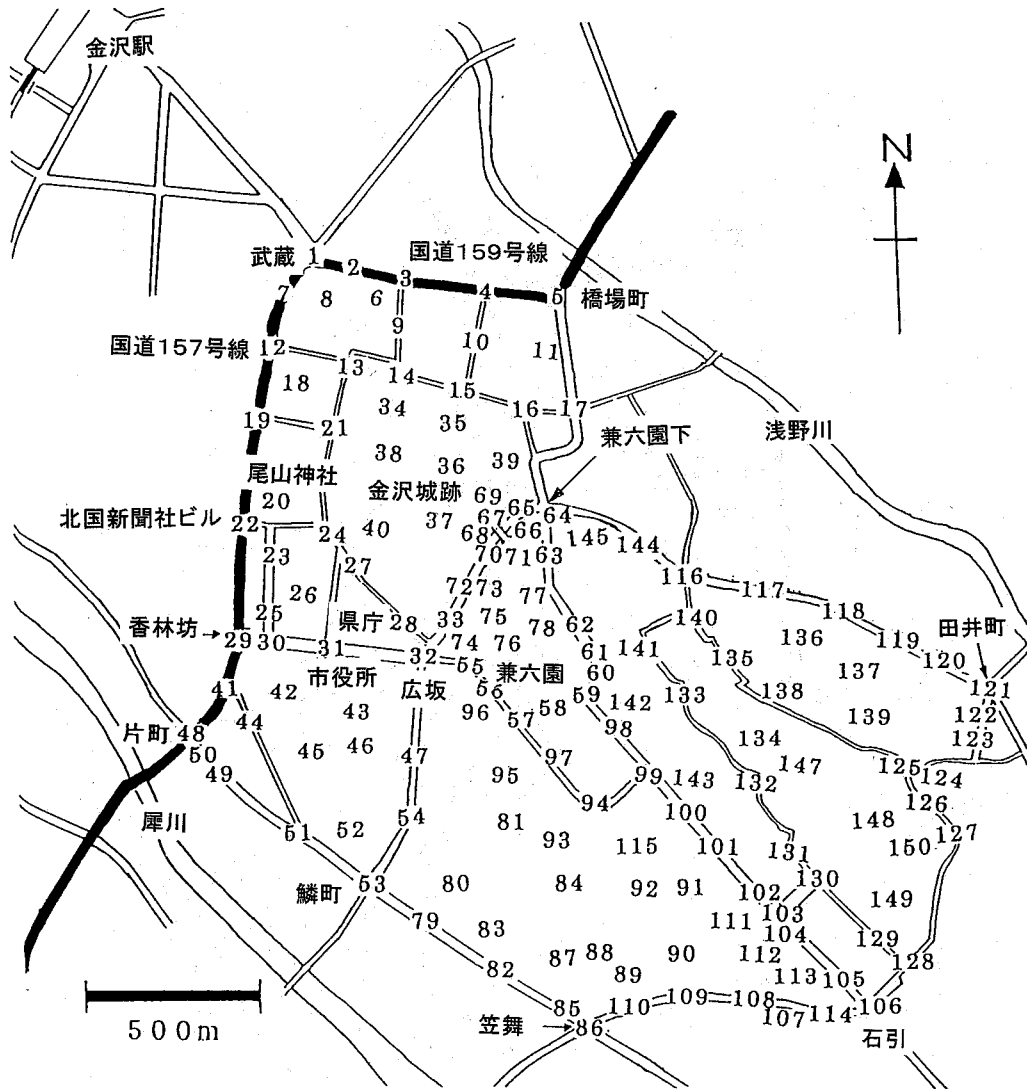


Fig. 1-1. Locality map of NO<sub>2</sub> measurement in Kanazawa.

一方、測定日の天候を Table. 2 に示した。1996年、1997年とも測定日一週間前から雨が降り続いたが、1996年11月16日(土)～22日(金)までの降水量は91.5mmであったのに対して、1997年7月6日(日)～12日(土)までの降水量は231.5mmで1997年のほうが約二倍の降水量であった。

また NO<sub>2</sub> 値と地形および高さとの関係を検討するため、金沢市中心部の地形を Fig. 1-2 に示した。金沢城跡・小立野台地は周辺部と比較して20～50m 高くなっており、この地域の NO<sub>2</sub> 濃度は0.000～0.013 ppm であった。小立野台地の北東側は急斜面、南西側は緩斜面になっている。今回の測定地域の中で標高は、橋場町・武蔵・片町が最も低く20m であり (NO<sub>2</sub> 濃度：0.001～0.014 ppm)，金大病院周辺が最も高く60m であった (NO<sub>2</sub> 濃度：0.001～0.008 ppm)。

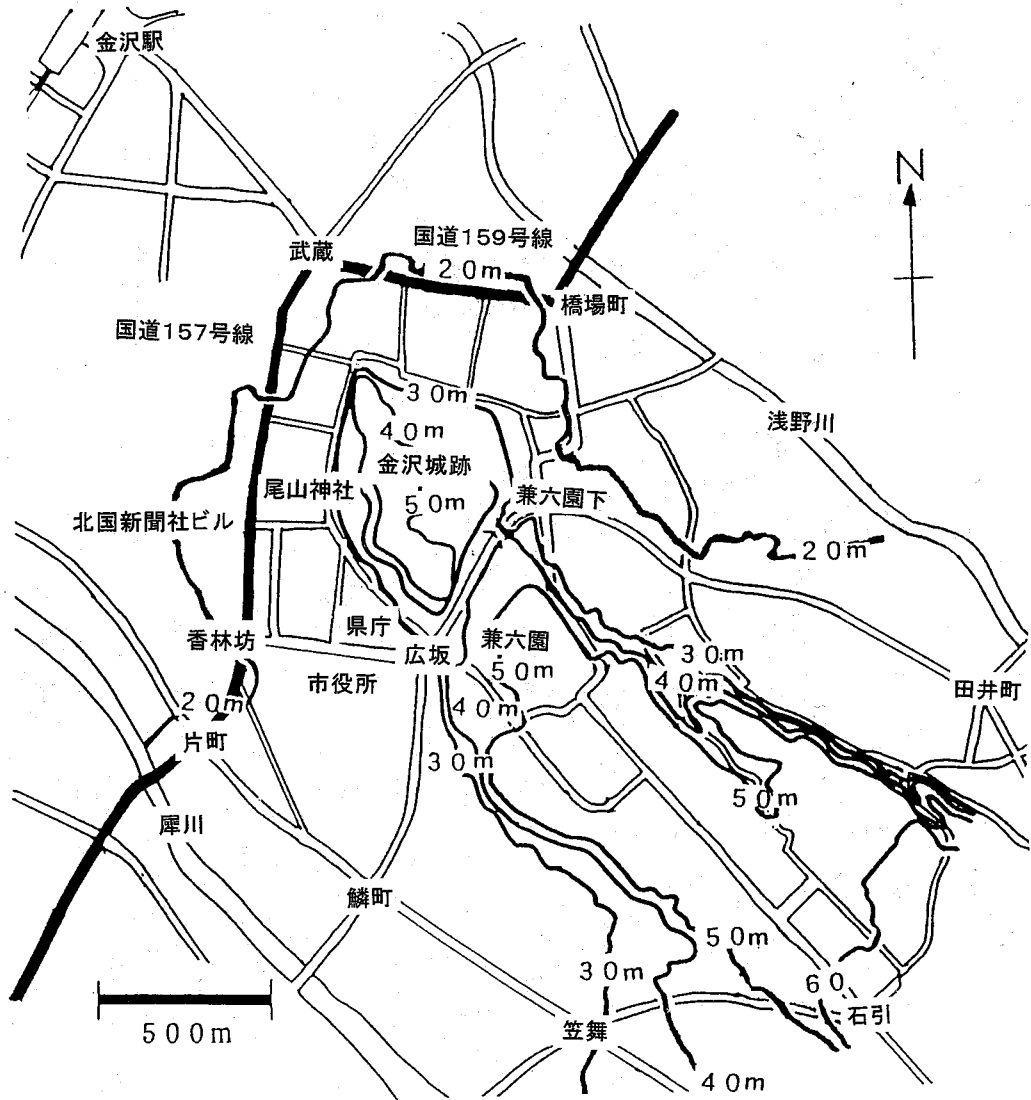


Fig. 1-2. The altitude map of central Kanazawa city.

金沢市中心部の植生を Fig. 1-3 に示した。植生が広範囲に渡って分布しているのは兼六園・金沢城跡・県庁・尾山神社であり、 $\text{NO}_2$  濃度は0.001~0.005 ppm を示した。小立野台地では北東斜面に帯状に植生が分布している。しかし、南西側は緩斜面で、住宅地となっているため植生は点在する程度である ( $\text{NO}_2$  濃度：0.000~0.005 ppm)。国道157・159号線沿線は道幅が狭く、高層ビルが密集しており、街路樹さえもみられず、12番、19番の地点でそれぞれ0.019 ppm, 0.016 ppm を示し、 $\text{NO}_2$  濃度が比較的高かった。

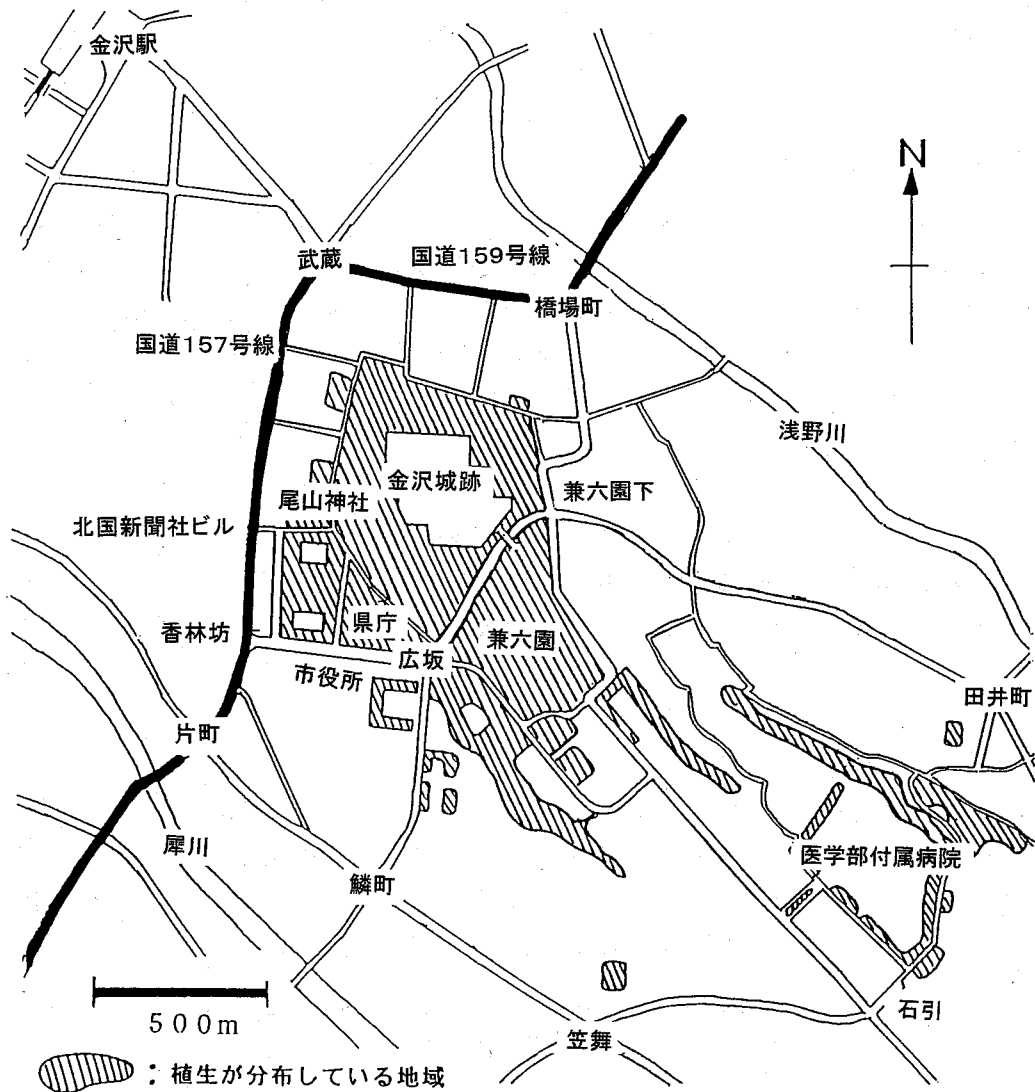


Fig. 1-3. Distribution of green area around Kenroku-en.

<地下駐車場のNO<sub>2</sub>濃度>

Fig. 1-1 に示したように金沢市役所は金沢市街のほぼ中心に位置する。金沢市役所の地下駐車場は午前8時30分から午後10時まで開いており、月～金曜日の利用車数は1200～1300台、土曜、日曜日は400台程度利用されている。そこで、地下駐車場のNO<sub>2</sub>測定は1997年7月12日(土)の午前8時30分から13日(日)の午前8時30分まで行った。捕集管の設置場所を Fig. 3 に示した。地下1階に11ヶ所、地下2階に11ヶ所、地下1階と地下2階を結ぶ通路と駐車場の出入口に3ヶ所、計25ヶ所に設置した。一番濃度が高かった地点は、地下2階の奥まったところ158番で0.029 ppmであった。また一番低かった地点は、地下駐車場の出入口173番で0.008 ppmであった。さらに、

地下1階の濃度の平均は0.019 ppmで、地下2階の濃度の平均は0.020 ppmであった。Fig. 3に示される地下駐車場の立体図と平面図から、壁側の方が中央付近や地下1階と地下2階を結ぶ通路よりNO<sub>2</sub>濃度が高かった。

#### <新聞社ビルのNO<sub>2</sub>値>

新聞社ビルは、高さが約92mで、地上21階であり、北東方向に面している (Fig. 4-1)。NO<sub>2</sub>測定結果を Fig. 4-2 に示した。グラフから、高さが高くなるとNO<sub>2</sub>値は減少傾向にある。特に10階では、NO<sub>2</sub>値が急激に下がり0.007 ppmを示し、その後15階では再度上昇し0.010 ppmを示した。さらに空気の流れを調べるためにビルに吹きつけている風向・風力を測定した。その結果、ビルにはSWの風が風速5.0m/sが吹きつけていた。しかし、10階では上方向に平均3m/sの風、20階では上方向に平均5m/sの風が吹いていた。

## 考 察

以上の結果から天候、緑地、交通、地形、ビルの高さによるNO<sub>2</sub>濃度への影響および地下駐車場におけるNO<sub>2</sub>濃度に関してそれぞれ考察を行った。

#### <天候による影響>

志田 (1981) によれば二酸化窒素の反応は  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO} \dots (1)$  となり、ここで発生した一酸化窒素は  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2 \dots (2)$  となる。ここで(1)の反応性は弱く、二酸化窒素のすべてが雨と反応するわけではなく、(2)の反応によって二酸化窒素が再び発生すると考えられる。よってその雨の反応性を考慮して、測定一週間前からの降水量を検討した。

Table 2. Precipitation in Kanazawa city in November 16-22, 1996 and July 6-12 1997

	降 水 量 (mm)	
	1996年	1997年
6 日 前	9.0	0.0
5 日 前	21.5	1.5
4 日 前	31.5	86.0
3 日 前	6.0	39.5
2 日 前	0.0	40.0
1 日 前	21.5	10.0
測定当日	2.0	54.5
合 計	91.5	231.5



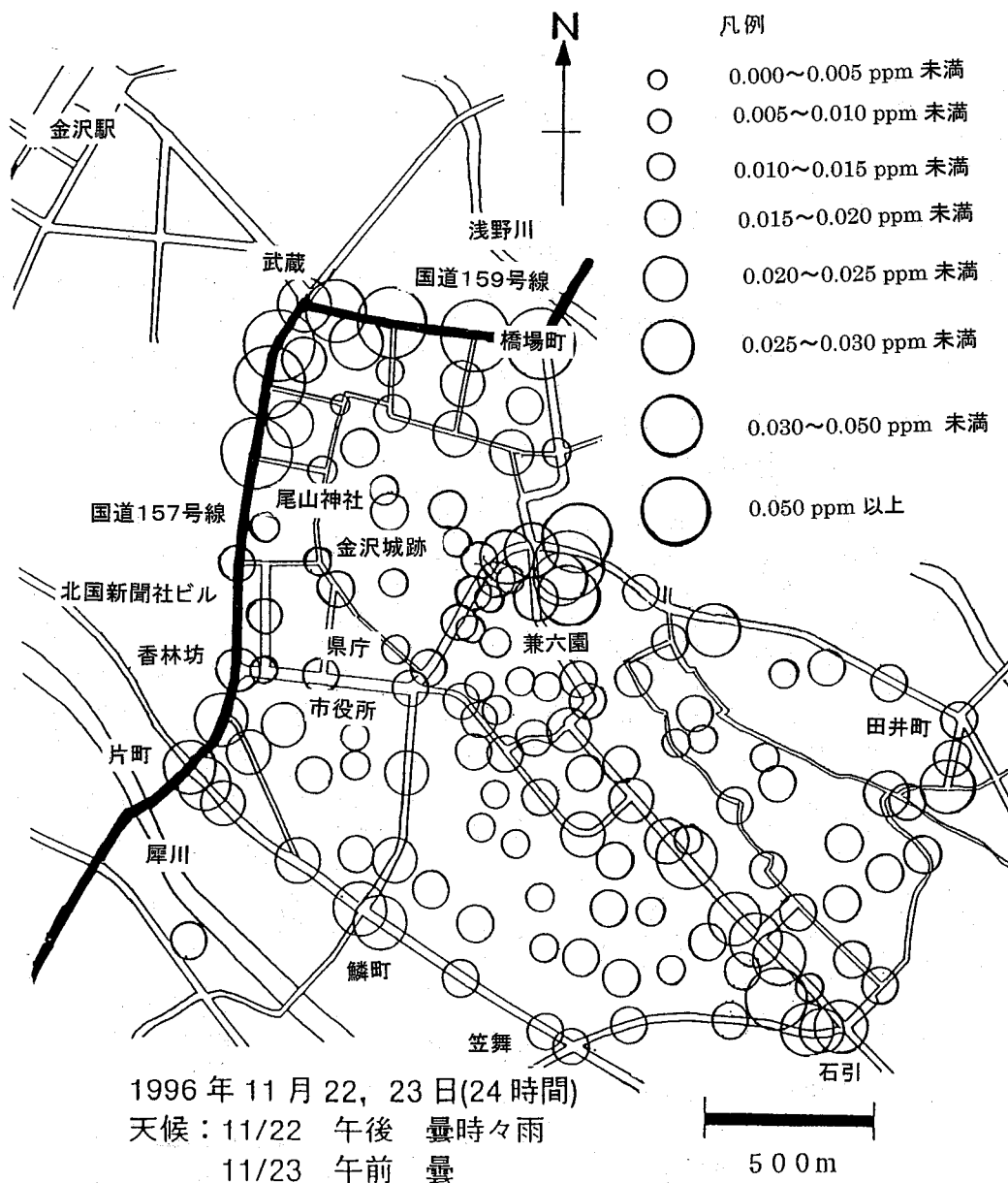


Fig. 2-1. Distribution of NO<sub>2</sub> value in Kanazawa in November 22-23, 1996.

1996年の測定結果は1997年と比較し高いNO<sub>2</sub>濃度を示したのは冬期で気温も低く曇りであった上、さらに、空気の放散が少なく、今回の1/2の降水量しかなかったため、空気が浄化されなかったと考えられる。また、二酸化窒素が毎日蓄積されるならば連日の雨が毎日の蓄積分に加えて以前からの蓄積分まで洗い流してしまった可能性がある。これらのことから1997年7月上~中旬の長期にわたる降水(231mm)が大気中の二酸化窒素濃度を低下させた可能性があるといえる。

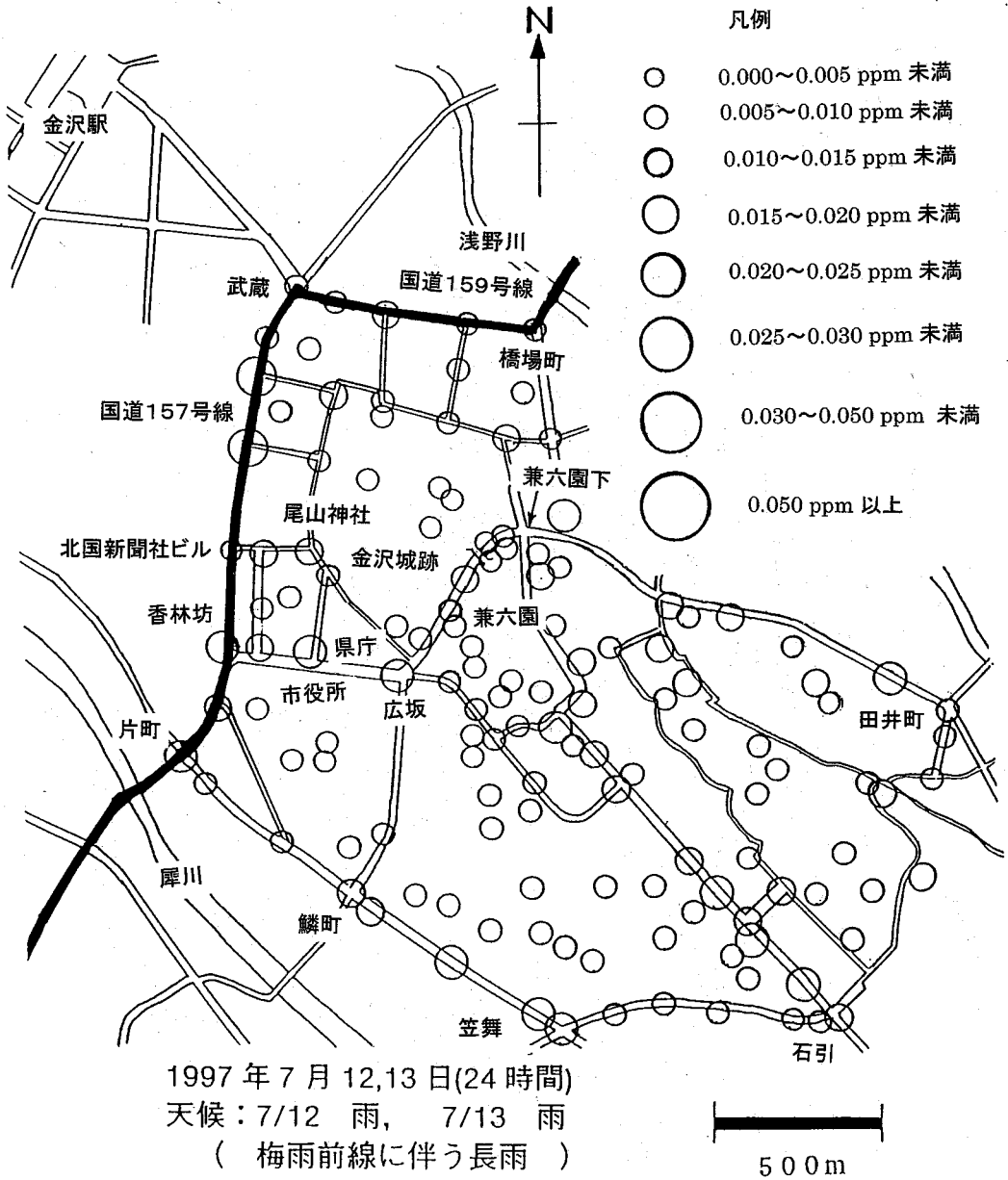


Fig. 2-2. Distribution of NO<sub>2</sub> value in Kanazawa in July 12-13, 1997.

<緑地のNO<sub>2</sub>濃度への影響>

兼六園・尾山神社・県立美術館・歴史博物館・成巽閣付近の緑地におけるNO<sub>2</sub>濃度を1996年(11月22, 23日測定)と1997年(7月12, 13日測定)を比較すると1996年は0.010~0.020 ppm, 1997年は0.000~0.005 ppmと1997年の方がNO<sub>2</sub>濃度が低いという結果がえられた。この結果を緑地の有無によるNO<sub>2</sub>濃度への影響の面から検討すると、秋の測定と初夏の測定とでは植物の

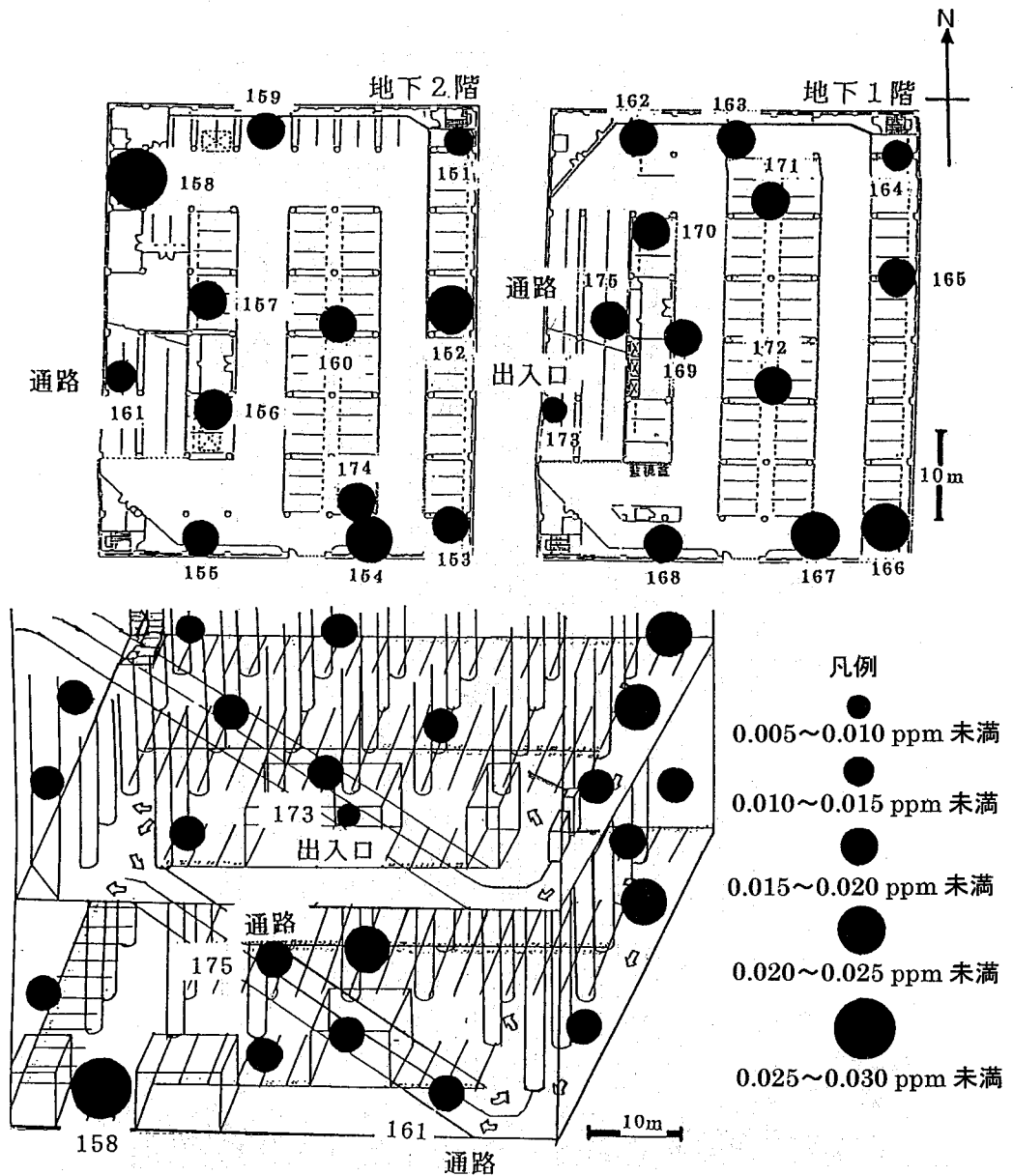


Fig. 3. Distribution of NO<sub>2</sub> value in the underground parking lot of the Kanazawa city office.

繁茂の状態が大いに異なるため (本田 1995), 緑地 (植物) が NO<sub>2</sub> 濃度削減の一つの要因となっていることが推定される。生物学的には, 植物における窒素同化は葉緑体で行われ, 大気中の窒素固定には土壤中の細菌・水中のラン藻などが関与している (Kawamura *et al.* 1996; Smil 1997) ことが報告されている。

初夏の NO<sub>2</sub> 濃度測定においては, 植物の葉に葉緑体が多く認められること, 植物が生えてい

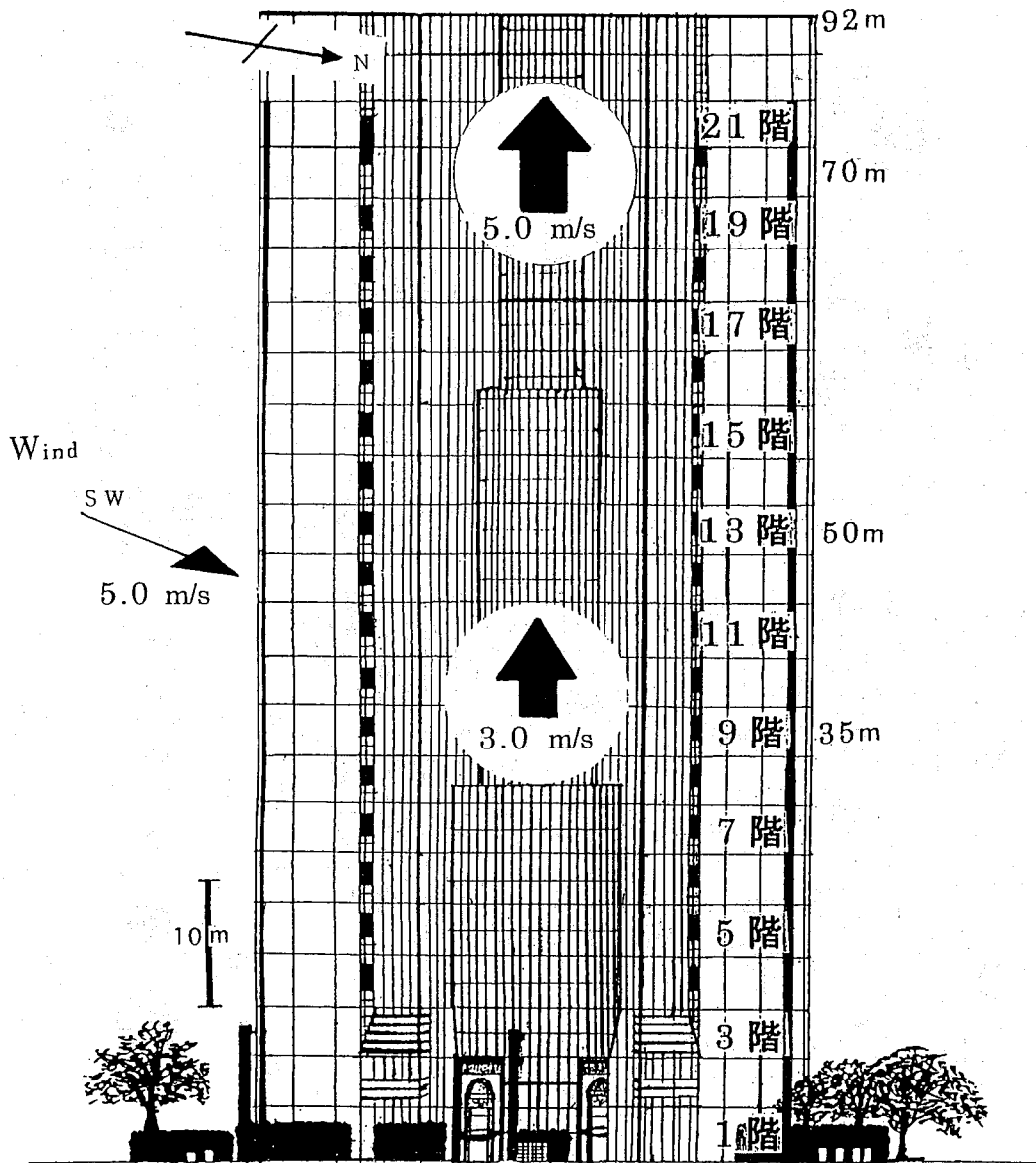
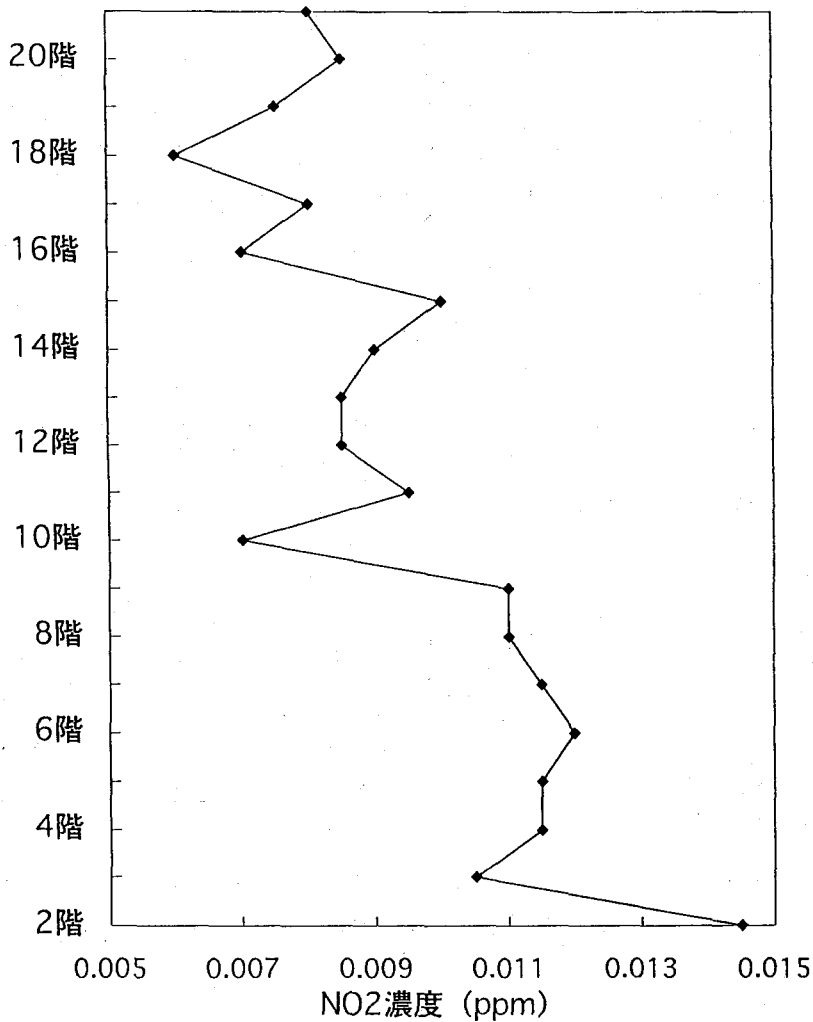


Fig. 4-1. The force of the wind and the wind direction at Hokkoku Shinbun building.

るところには必然的に土壌があり、さらに、兼六園には大きな池もあることから、水中の藻類や微生物が関与しているなどの点で、上述の報告の窒素同化と結びつけることができる。つまり葉緑体を持っている植物が生えている緑地は、 $\text{NO}_2$  濃度を下げる効果があると考えられる。

Fig. 4-2. A change of NO<sub>2</sub> value depend on height.

#### <地下駐車場の NO<sub>2</sub> 濃度>

今回の地下駐車場の NO<sub>2</sub> 濃度の測定結果から下記のことが考えられる。測定地点が地下ということで気象条件など自然的要因の影響よりはむしろ自動車から排出される NO<sub>2</sub> の量の影響が現れやすい。一番濃度が高かった地点は地下2階の奥で0.029 ppmであった。この値は NO<sub>2</sub> 濃度環境基準値である0.040~0.060 ppmという値を下回っている。それは測定した日が土曜、日曜日で平日よりは車の台数が1/3程度であったからと考えられる。また158番で一番濃度が高かった原因は、その地点には換気扇がなく空気の循環が悪かったためと考えられる。また濃度が低かった地点は駐車場の出入口付近や階段の付近で0.008 ppm, 0.014 ppmであった。その地点は外との風の出入りが激しいためと考えられる。

換気扇は駐車場が利用される午前8時30分から、午後10時まで作動している。風向き、風力を測定した結果、換気扇による空気の流れの構造は駐車場の中央から風を吹き出し、壁側で吸い込むようにできている。しかし地下1階と地下2階では換気扇の強さが異なり、地下2階の方が弱いので、地下1階と地下2階での平均NO<sub>2</sub>濃度は、地下2階の方が濃度が高かった。すなわち、地下駐車場のNO<sub>2</sub>濃度は空気の流れの悪いところや換気の悪いところで高い。地下駐車場では空気の流れの強さ及び方向を考えて換気扇を設置する必要がある。

#### <高さによるNO<sub>2</sub>濃度の変化>

Fig. 4-1, 4-2は、高さによりNO<sub>2</sub>の量が減少していくことを示している。2階から9階までの傾向と10階から21階までの傾向を2つに分けて考えてみる。北国新聞社ビルの向かい側に高さ9階のビルがあり、観測時には南西の風5m/sが常時吹いていた。この風が建物間で乱流を生じ、9階までの高さの空気をよどませていたと考えられる。また、それに対して10階以上の空気は、周囲にそれ以上に高い建物がないために乱流を起こす要因がなく、従って比較的新鮮な空気が流れ、NO<sub>2</sub>濃度を下げたと考えられる。

#### ま と め

- (1) 長期にわたる多量の降雨は大気中のNO<sub>2</sub>濃度を低下させる。
- (2) NO<sub>2</sub>濃度が秋より春の方が高いのは植物の葉緑体による窒素同化のためと考えられる。
- (3) 交通量の多い繁華街・主要道路ではNO<sub>2</sub>濃度が高く、住宅地・公園などでは低い。このことは自動車の排気ガスがNO<sub>2</sub>発生の原因の一つと考えられる。
- (4) 地下駐車場のNO<sub>2</sub>濃度は空気の流れや換気の悪いところでは高い。
- (5) 高層ビルのNO<sub>2</sub>濃度は高さが増すに従ってNO<sub>2</sub>濃度は低くなり、空気の循環がNO<sub>2</sub>濃度に関係している。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、金沢市役所、北国新聞社には測定場所の提供の際にご協力をいただいた。金沢气象台には、気象データを提供していただいた。金沢大学理学部生物学科の和田敬四郎教授には文献に関してご助言をいただいた。金沢大学理学部地球学科3年、渥美 晋、沖野竜太、小幡吉広、高岩伸行、日比野剛、茂木賢一の各氏には測定の際にご協力をいただいた。これらの方々に感謝申し上げます。

#### 文 献

- 天谷和夫. 1989. みんなでためす大気の汚れ. 合同出版. 26-27p, 37-38p.  
 藤田敏夫. 1991. 恐るべき自動車排ガス汚染. 合同出版. 41p.  
 本田雅人. 1995. 金沢野生植物分布図第一集. 7-10, 117-120.

- Kawamura, Y., Takahashi, M., Arimura, G., Isayama, T., Irifune, K., Goshima, N., and Morikawa, H. 1996. Determination of Levels of  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  and  $\text{NH}_4^+$  ions in leaves of various plants by capillary electrophoresis.
- 北世晃一, 田崎和江. 1996. 大気汚染物質の植物への影響実験. 金沢大学理学部附属植物園年報. 19 : 23p.
- 馬飼野光治, 田崎和江. 1997. 金沢大学角間キャンパスにおける冬期降水状況の観察とその特性—pH, 導電率の測定— 金沢大学理学部附属植物園年報. 19 : 27-29p.
- 馬飼野光治, 田崎和江. 1997. 金沢大学角間キャンパスにおける酸性降水特性と残留物質の関係 金沢大学理学部附属植物園年報. 20 : 41-43, 50-56p.
- 志田正二. 1981. 化学辞典 p. 400.
- Tazaki, K., Zhou, G, and Makaino K. 1996. Effect on narcissus plant by exhaust emissions derived from deasel engine. Earth science. 50 (2) : 9-13.
- Smil, V. 1997. Global Population and the Nitrogen Cycle Scientific American 58-63.
- Zhou, G., Tazaki, K. 1996. Mineralogical characteristic of aerosols collected at Matsue and Kanazawa -with a special reference to neutralizing effect on acid pollutions. The Journal of the Georogical Society of Japan. 102 (9) : 789-794.