



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	札幌における冬期間のエロゾル濃度と降雪の電気伝導度の測定
Author(s)	菊地, 勝弘; KIKUCHI, Katsuhiko; 遠藤, 辰雄 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 33, 1-8
Issue Date	1975-08-20
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.33.1">https://doi.org/10.14943/gbhu.33.1</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14046">https://hdl.handle.net/2115/14046</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	33_p1-8.pdf



## 札幌における冬期間のエーロゾル 濃度と降雪の電気伝導度の測定

菊地勝弘・遠藤辰雄  
北海道大学理学部地球物理学教室  
(昭和49年12月3日受理)

### Measurements of the Aerosol Concentration and the Electric Conductivity of Melted Snowfall during Winter Season at Sapporo

By Katsuhiko KIKUCHI and Tatsuo ENDOH  
Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University  
(Received 3 Dec. 1974)

It had been carried out the measurements of the aerosol concentration by a Gardner Counter at the supersaturation of 525% and the electric conductivity of melted new fallen snow during winter season of 1971-1972 at the campus of Hokkaido University, Sapporo.

As a result, the mean aerosol concentrations before precipitation, during precipitation and after precipitation were  $7 \times 10^4$ ,  $4 \times 10^4$  and  $6 \times 10^4 \cdot \text{cm}^{-3}$ , respectively. This result shows that a considerable number of aerosol particles was scavenged by solid precipitation particles.

Regarding to the electric conductivity, it showed relatively high value of  $65 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  till  $10 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$  of the amount of precipitation, however, it decreased sharply the mean value of  $5 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  at  $100 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$ .

Further, the diurnal variations of atmospheric dust,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  and  $\text{NO}$  were reexamined separately by the cases of "precipitation" and "no precipitation". An interesting difference between both cases in all substances was recognized.

#### I. ま え が き

最近大気汚染の問題に関連してエーロゾル濃度についての情報が要求されるようになってきたが、比較的長期の観測はあまりなされていないので、都市汚染の影響が顕著に現われる札幌の冬期間3ヶ月のエーロゾル濃度の観測を行った。それと同時に降水による washout がどの程度行われているかということが興味の対象になっているが、固体降水についてはほとんど為されていないのでその点にも注目した。また10数年前の大阪や東京での浮游粉塵の濃度の天気現象別の時間変化では晴天より雨、曇天の場合の方が濃度が高くているので (Koshi; 1956, 中野; 1961),

それをチェックすると同時に washout がかなり行われているとすると降雪の電気伝導度にも現われてくると考えられるのでその観測も併せて行った。

## II. 測定方法

エアロゾル濃度の測定には、先に Endow and Magono (1971) が使用した photo-electric counter 型式の GARDNER COUNTER を用い、原則として毎日 09, 15, 21 時の 3 回、また特異な気象現象の時は随時観測を行った。使用過飽和度は 525 % である。一方降雪の電気伝導度は東亜電波の CM-2A 型を用い、毎日 09 時に採用水ポリバケツ内のポリ袋に入った降雪を融解させて測定した。この計器の測定限界は  $1.0 \mu\text{v} \cdot \text{cm}^{-1}$  である。その他北海道公害防止研究所が行っている浮游粉塵、硫黄酸化物、窒素酸化物の毎時のデータも使用した。

## III. 測定結果

### III-1. エアロゾル濃度

1971年12月から1972年2月一杯の札幌の冬期間におけるエアロゾル濃度の Weekday の測定結果を Fig. 1 に示した。図中●印は測定時に何らかの形の降水があった時の値を、○印は降水のなかった時の値を示している。09時に高濃度が認められ、これは従来から知られている一般的な都市活動の度合と接地逆転によるものであろう。21時の減少は09時と裏返し現象と考えられる。また降水時の値がいずれも小さくでているのが顕著であった。Fig. 2 は同様に同じ期間内の Holiday についてのみ括めたものである。Fig. 1 と同様の傾向を示しているが、更に全体としてレベルが Weekday に比して大分低く、これも Holiday と Weekday の人間活動の相違によるも

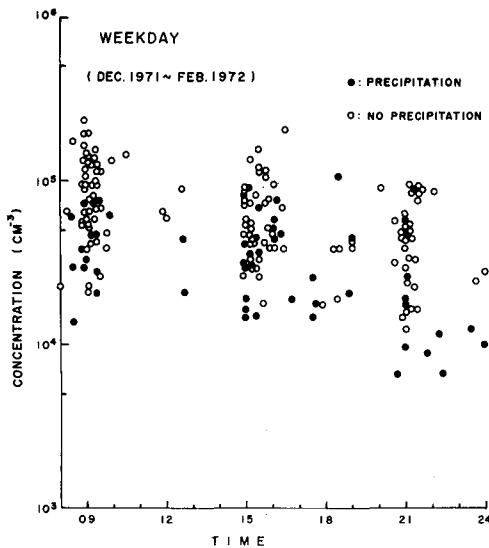


Fig. 1. Aerosol concentrations in winter season at Sapporo. (Weekday)

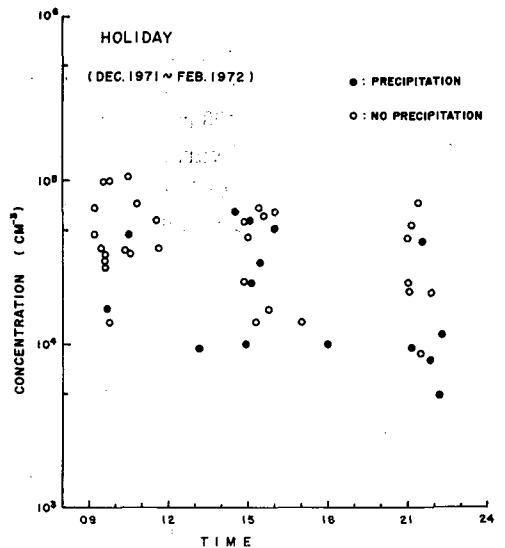


Fig. 2. Aerosol concentrations in winter season at Sapporo. (Holiday)

のと考えられる。以上のように降水の有無によってエロゾル濃度にかかなりの差異が認められたので、Weekday, Holiday の両者を降水の前, 中, 後について括めたのが Fig. 3 である。図から明らかなように降水中は 40% 以上の減少が認められた。かつて Kikuchi (1971) が南極昭和基地で過飽和度 1% の雲核について Chemical Diffusion Chamber を用いて (Uchida, 1966) 行った結果も再録してあるが, いずれも同じような傾向を示している。

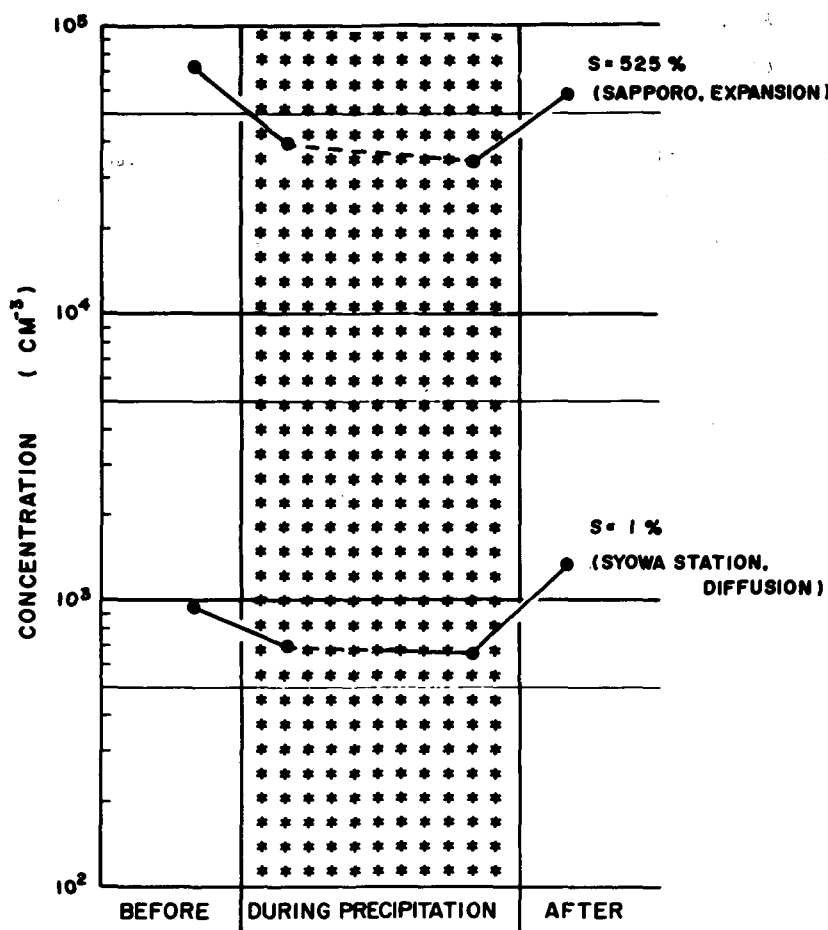


Fig. 3. Mean aerosol concentrations before, during and after precipitation.

### III-2. 浮游粉塵, 硫黄酸化物, 窒素酸化物の降水の有無による時間変化

今回の測定地点から北西方向に約 1 km 離れた北海道公害防止研究所が行っている浮游粉塵, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO について特に降水による除去の影響をみるために各時間のデーターを降水の有無で分けてプロットした結果を Figs. 4 ~ 7 に示した。図中 ●印はその時間に何らかの形で降水があった場合を, ○印は降水のなかった場合を示している。降水の記録は札幌管区気象台の日原簿

によった。また△印は冬期間3ヶ月間の内、その時間に降水があった時の割合を%で示してある。いずれの例においても降水はほぼ40%であって、特にある時間に降水が多かったり少なかったりというような降水の特異時間のようなものは認められなかった。図から明らかなように降水の有無による濃度の差はいずれにも認められたが、特に浮游粉塵とNOが顕著であった。

### III-3. エーロゾルに及ぼす Washout の効果

空気中に浮游するエーロゾルが降水によって除去される機構については Rainout と Washout の過程が一般に考えられているが、両者がどの程度の割合で除去に寄与しているかの例はほとんどない。Petrenchuk and Selezneva (1970) はソ連の European Territory を  $62^{\circ}$  N 以北 (Region 1), 北西部; レニングラード周辺とバルチック海 (Region 2), 南西部; 白ロシアとウクライナ (Region 3), 東および南東部; カザンからカスピ海 (Region 4) の4地域に分けて雲粒や降水の化学成分濃度を測定し、地上で観測される汚染物質濃度の Rainout と Washout による割合を次のようにして求めた。

$$M = Mc + (H/h) q_0 (1 - e^{-\sigma t}),$$

ここで、M: 降水の汚染物質濃度 ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), Mc: 雲中での汚染物質濃度 ( $6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), H: 雲底高度 (m), h: 降水量 ( $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ),  $q_0$ : 降水のない場合の汚染物質濃度 ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $\sigma$ : Washout 係数 ( $10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ ), t: 平均降水継続時間 (hour) である。

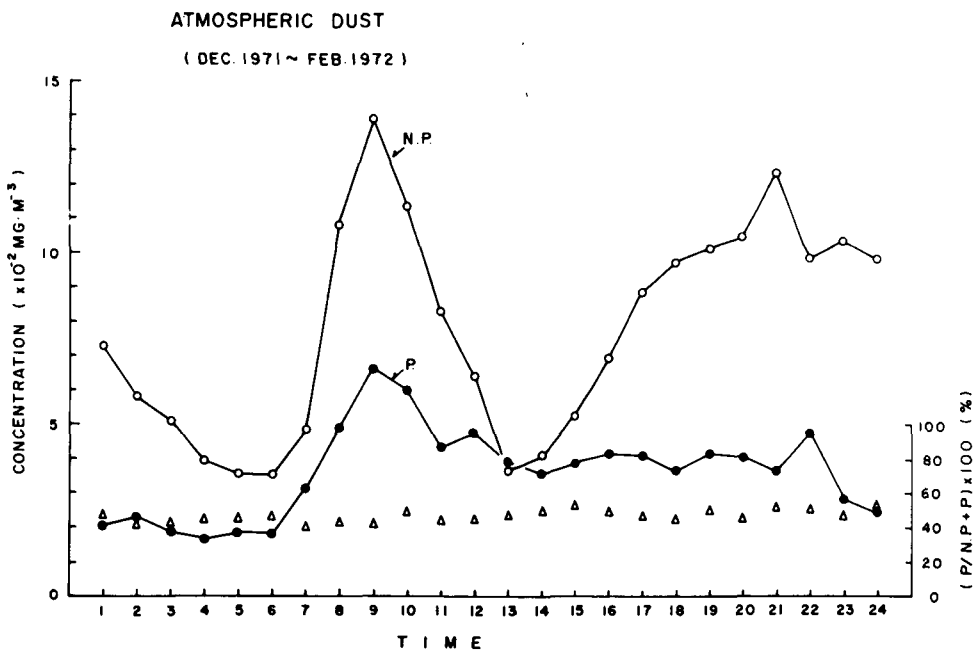


Fig. 4. Diurnal variations of atmospheric dust during precipitation and no precipitation.

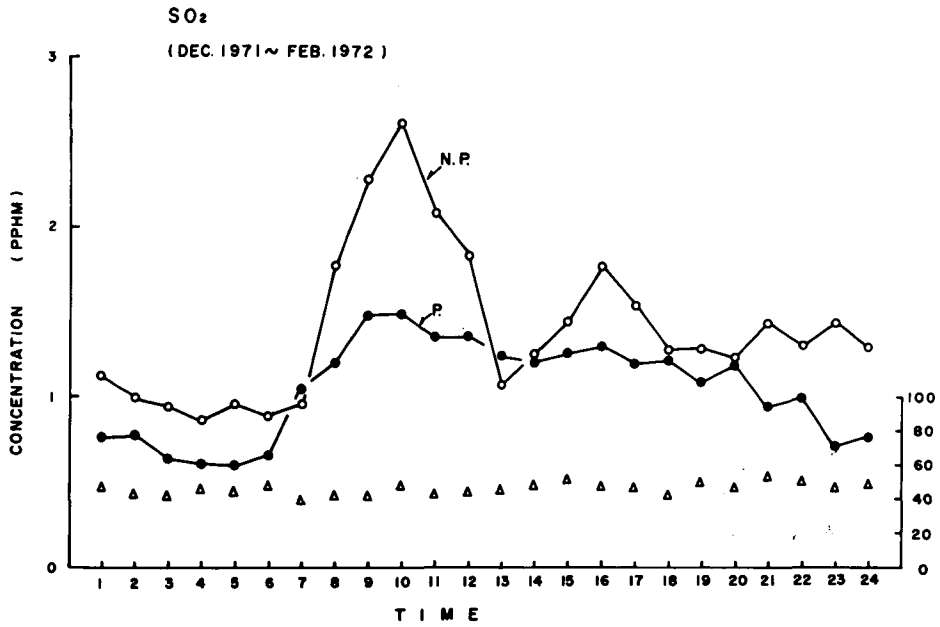


Fig. 5. Diurnal variations of SO<sub>2</sub> during precipitation and no precipitation.

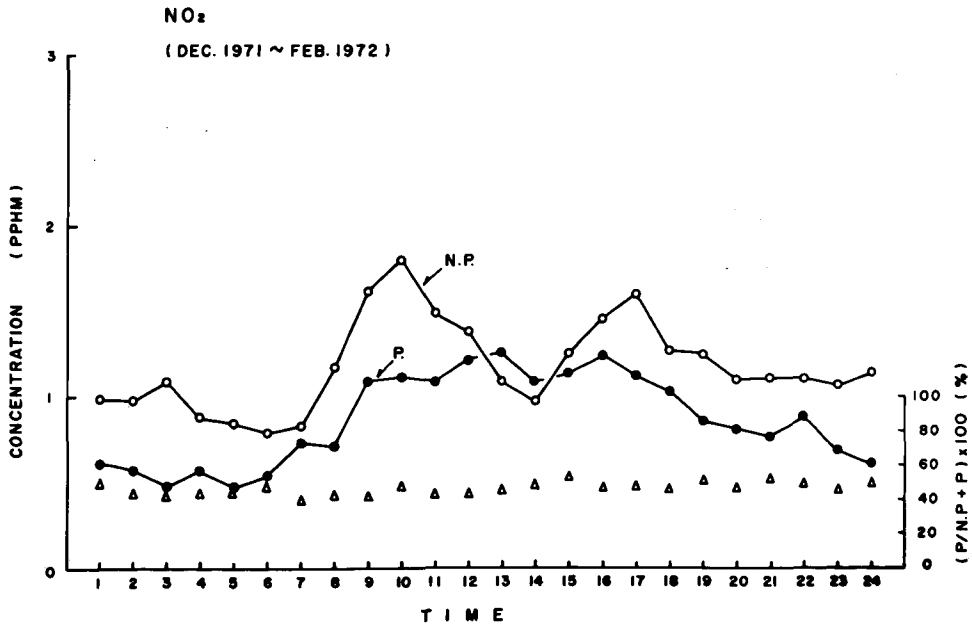


Fig. 6. Diurnal variations of NO<sub>2</sub> during precipitation and no precipitation.

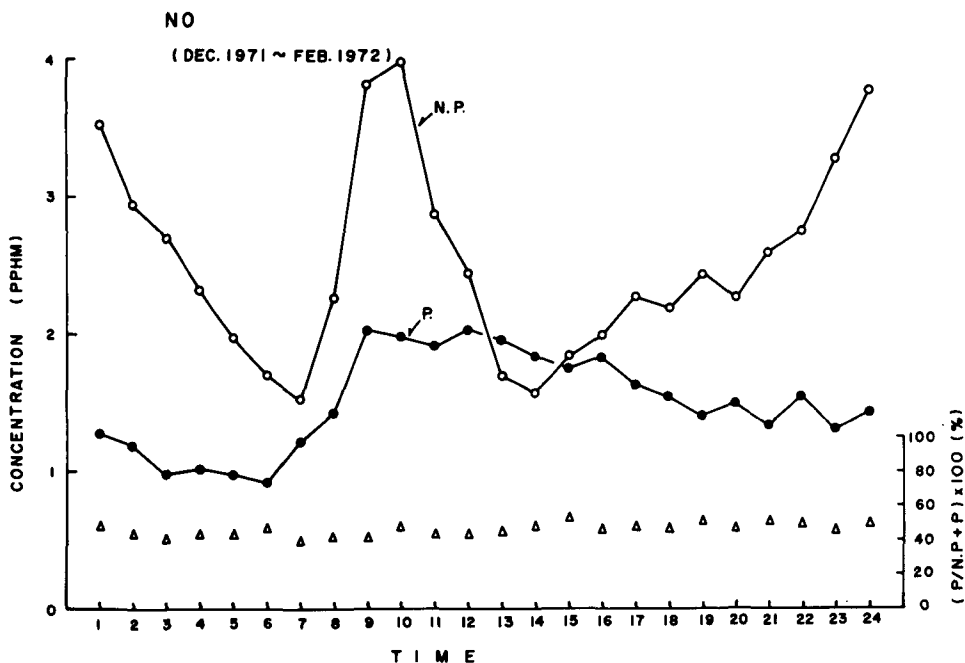


Fig. 7. Diurnal variations of NO during precipitation and no precipitation.

札幌における降雪粒子による Rainout と Washout による効果を見積るために、札幌付近での  $M_c$  の値がないので、仮に前述の  $6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  を使用し、冬期間の平均の  $H, h, q_0, t$  を代入すると Table 1 下段に示すように Rainout : Washout = 23 : 77 となってソ連の最も工業的汚染にさらされている地域 (Region 4) とほぼ同じ割合になった。しかし札幌の  $q_0$  の値は少な目に見積っているので実際の Washout の効果はもっと大きいものと考えられる。

Table 1. Comparison of the rate of contribution of rainout and washout

Region	H(m)	h(mm)	t (hr)	$q_0(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$	$M(\text{mg} \cdot \text{l}^{-1})$	Rainout (%)	Washout (%)
USSR 1	1000	3.4	5.6	20	10.9	55	45
" 2	"	4.4	4.4	60	16.9	35	65
" 3	"	4.5	3.0	145	27.0	22	78
" 4	"	3.4	3.4	100	26.3	23	77
SAPPORO	1000	4.3	8.6	90	26.0	23	77

\* USSR の値は Petrenchuk and Selezneva (1970) による。

### III-4. 降雪の電気伝導度

雨水の化学組成に関しての観測例は古くからかなり多くあり、また雲内での降水粒子の電気伝導度、および降雨の電気伝導度の例もいくつかある (Petrenchuk and Drozdova; 1966, Komabayasi and Isono; 1967, Petrenchuk and Selezneva; 1970, Jagannadha Sarma and Subba Rado; 1972) が、降雪の観測例はほとんどない。

一方、上に述べた降雪粒子の Washout の効果はかなり多く、従ってこのことから電気伝導度にも何らかの影響を及ぼすことが考えられる。この測定期間中に得られた結果を Fig. 8 に示した。図中 (●) 印は雨を、(※) は霰、(✱) は雪を示しているが、図からみられるようにほとんどが降雪であった。図中破線で示される範囲でデータをカバーしたとすると、その平均値は実線のようになり、ほぼ  $10 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$  で明らかに差のあることが認められた。すなわち電気伝導度に大きく影響を及ぼすのは  $10 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$  ( $\sim 60 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) までであってそれ以上の降水量は汚染物質の稀釈の効果にまわっているように考えられる。一連の降水について、例えば塩素イオン濃度や放射性物質の降下量が降水の初期において高い値を示すことと同様であろう。

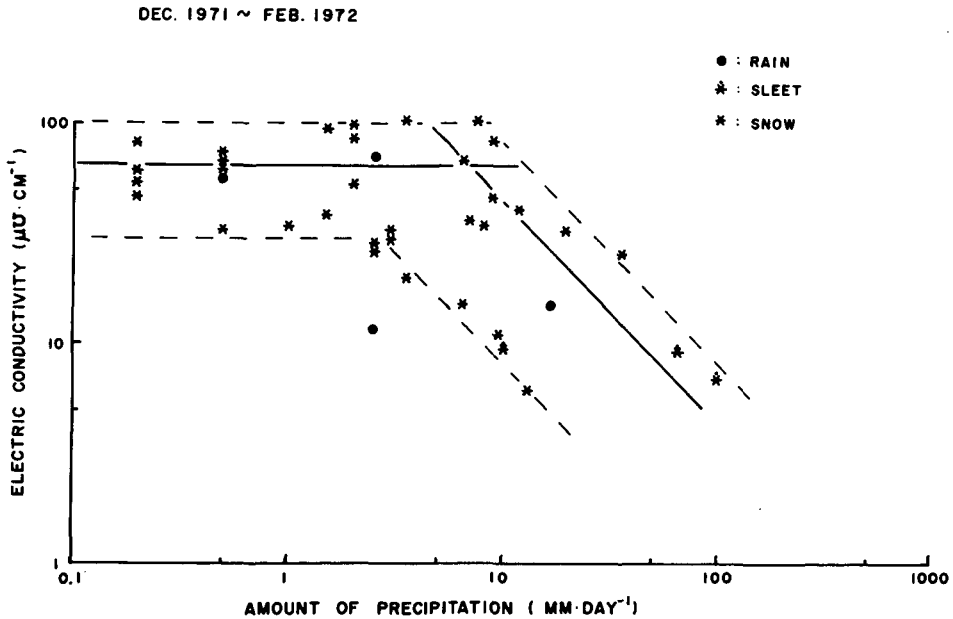


Fig. 8. Relation between the amount of snowfall ( $\text{mm} \cdot \text{day}^{-1}$ ) and the electric conductivity of melted snowfall ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

## IV. 結 語

札幌の冬期間のエロゾル濃度は  $7 \sim 8 \times 10^4 \cdot \text{cm}^{-3}$  で降雪により半減し、降雪によると考えられるエロゾル粒子の除去の影響は浮游粉塵、NO に特に顕著であった。Koshi (1956), 中野 (1961) 等が指摘した雨天および曇天の方が晴天時よりもエロゾル濃度が高い傾向を示す説明として降雨時には日射が弱く、汚染物質の拡散を弱めるとともに、大気中の汚染物質を地面付近に集中させる傾向があり、降雨の清浄作用よりそれらの効果が大きいため結果として汚染濃度を増大させるものであろうとする結論は、曇天の場合は一応考えられるとしても、今回の観測では雨と雪の違いがあったとしても否定的であった。降雪時の気象状態が晴天時のそれと比較して、気塊の入れ変り、あるいは風向風速の違いが考えられるとしても、更に検討を要すると考えられる。また Rainout : Washout = 23 : 77 程度であって、Washout の効果はかなり大きいことがわかった。また電気伝導度に関しては降雪量が  $10 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$  以下で  $40 \sim 100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  で、 $10 \text{ mm} \cdot \text{day}^{-1}$  以上では急激に減少することがわかった。

## 謝 辞

この研究に使用したデータの一部を提供された北海道公害防止研究所、札幌管区気象台観測課、また研究の一部を援助された当時学部学生の上野文男君に感謝の意を表します。研究費の一部は昭和46年度文部省科学研究費特定研究(1)「降水による大気の自浄作用に関する研究」から支弁されたものである。

## 文 献

- ENDOW, T. and C. MAGONO, 1971. Distributions of aerosols in Sapporo in the winter season, *Jour. Met. Soc., Japan*, **49**, 48-55.
- JAGANNADHA, SARMA, V. V. and C. SUBBA RAO, 1972. Electrical conductivity of rain water at Visakhapatnam, India. *J. G. R.*, **77**, 2197-2200.
- KIKUCHI, K. 1971. Observation of cloud condensation nuclei at Syowa Station, Antarctica. *Jour. Met. Soc., Japan*, **49**, 376-383.
- KOMABAYASHI, M. and K. ISONO, 1967. Electric conductivity of rain water in the cloud over the island of Hawaii. *Tellus*, **19**, 408-419.
- KOSHI, S. 1956. Meteorological study on atmospheric pollution in Tokyo City. *Jour. Met. Soc., Japan*, **34**, 327-335.
- 中野道雄. 1961. 大気汚染と気象条件との関係, 気象研究ノート, **12**, 142-174.
- PETRENCHUK, O. P. and V. M. DROZDOVA, 1966. On the chemical composition of cloud water. *Tellus*, **18**, 280-286.
- PETRENCHUK, O. P. and E. S. SELEZNEVA, 1970. Chemical composition of precipitation in regions of the Soviet Union. *J. G. R.*, **75**, 3629-3634.
- UCHIDA, E. 1966. Chemical diffusion chamber for counting condensation nuclei activated in a small supersaturation. *Papers Meteor. Geophys.*, **17**, 31-45.