



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	札幌市における大気汚染による視程障害
Author(s)	井上, 力太
Citation	衛生工学, 8, 33-46
Issue Date	1963-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36162
Type	departmental bulletin paper
File Information	8_33-46.pdf



札幌市における大気汚染による視程障害

*井 上 力 太

(昭和38年7月29日受理)

ON SHORT VISIBILITY DUE TO ATMOSPHERIC POLLUTION OVER SAPPORO CITY

Rikita Inouye

SYNOPSIS

In this paper the author obtains, by analyzing the records observed at Sapporo District Meteorological Observatory, the meteorological conditions to cause the short visibility over Sapporo, and deals with the tendency of atmospheric pollution over Sapporo from its yearly as well as daily records of change.

The data for January over the past five years show, he mentions, that, the thickly polluted atmosphere at 09:00 does occur in the morning when it breezes in the direction of south-east or east, and especially after the previous night that the lowest temperature went down so positively. In such cases it is synoptically said that the pressure gradient slackens around Hokkaido, the wind blowing weakly, thus causing the inland high pressure owing to the inland low temperature.

The pollution at 21:00 is relative, on the contrary, only to the wind velocity.

The records of visibility over Sapporo also show that the heavy haze days (with visibility under 2 kilometers) increased to a considerable extent for 1930 - 1956, but they have decreased for the succeeding years. It does not follow,

however, that the utility sources to cause pollution in Sapporo have been improved for the period.

1 ま え が き

大気汚染のもたらす色々な影響の中で、特に視程障害は気象学者によつて最も注目されている要素の1つである。何故なら視程は、若しそれと汚染濃度との定量的関係が明らかになれば、特に採集と言う手段を介せず、又迅速に大気汚染に関する情報を我々に与えて呉れる Parameter であるからである。

更に今日の如く大気汚染が公害問題となる以前から気象官署では視程の観測を行つて居り、その記録が成されているので、汚染濃度の変化の歴史をたどるためにも極めて好都合である。

この故に今日迄求められた大気汚染と視程との量的相関関係があまり良くないにも拘らず、大気汚染研究者の興味は依然として視程に強く向けられているのである。

この報告は札幌管区気象台の観測資料によつて、札幌における悪視程発生気象条件を求め、又その日変化、年変化の様相及び変遷より札幌の大気汚染の推移を考察したものである。

2 視程と汚染濃度

気象観測上の定義では視程 (Visibility) とは日中では地平線附近の空を背景にした黒い物体を我々が肉眼で見て区別出来る最大距離とされている。目標を区別出来るという事は目標の存在を確認出来るだけでなく、目標の形までも識別できることで、例えば樹木を樹木として認め得ることを意味するものである。夜間の場合は燈火等を利用するが、その場合の観測値は若し大気の混濁の程度が同じであれば昼夜を問わず同じ値でなければならない。この為に例えば100しよくの光の白熱電球の光が認められなくなる距離と視程との関係、または丁度見えなくなる燈火のしよく光と視程との関係等が表になつて居り、これによつて昼間視程を推定するわけである。なお、一般気象官署の行つた観測では各方位の視程の中最短距離をとることになつて居る。

さて今明るさ B' の一様な背景中に明るさ B の孤立目標がある場合、その Contrast C_0 を

$$C_0 = (B' - B) / B' \dots\dots\dots (1) \text{ として定義する。}$$

$B = 0$ のような真黒な目標に対しては $C_0 = +1$ となる。この Contrast の値は距離と共に減衰する。即ち減衰係数を σ とすれば x なる距離における見掛けの Contrast C は

$$C = C_0 e^{-\sigma x} \dots\dots\dots (2)$$

で表わされることが証明されている。(1)

地平線附近の空を背景にした真黒な目標の場合には

$$C = e^{-\sigma x} \dots\dots\dots (3) \text{ となる。}$$

こゝで C に我々の肉眼で識別の可能な限界の Contrast の値を入れれば、その場合の x は視程 V の定義と一致する。限界の Contrast の値を ϵ とすれば(3)式の両辺の自然対数をとることにより

$$V = -\frac{1}{\sigma} \ln \epsilon \dots\dots\dots (4) \text{ となる。}$$

* 米国や、日本でも航空気象観測では最短視程ではなく卓越視程 (Prevailing visibility) を報告して居る

卓越視程とは地平円の半分以上に適用されるような最大視程のことで最短視程とは一般に異つた値をとる。したがつてこれ等の Data を同一視して比較することは出来ない。

ϵ の値は通常 0.02 が良く用いられているが、野外観測との対比結果によれば、0.05 とした方がよく観測値を説明出来るともいわれている。

(4)式より

$$\epsilon = 0.02 \text{ の場合は } V = \frac{3.9}{\%} \dots\dots\dots (5)$$

$$\epsilon = 0.05 \text{ の場合は } V = \frac{3.0}{\%} \dots\dots\dots (6)$$

を得る。

σ と粒子濃度とを関係づけることは一般にはかなり困難である。これを知る為には、汚染粒子の粒度分布、散乱及び吸収断面積等に対する情報が必要であるが、現在のところ、Carbon 粒子については限られた断片的な知識しか得られて居ない。又現在迄汚染濃度（例えば口紙式集じん器における粉じん濃度指数）と視程の直接観測より得られた両者の関係はあまり良くない相関で逆比関係を示している。これ等の点は今後実験、野外観測等によつて研究検討される必要がある。

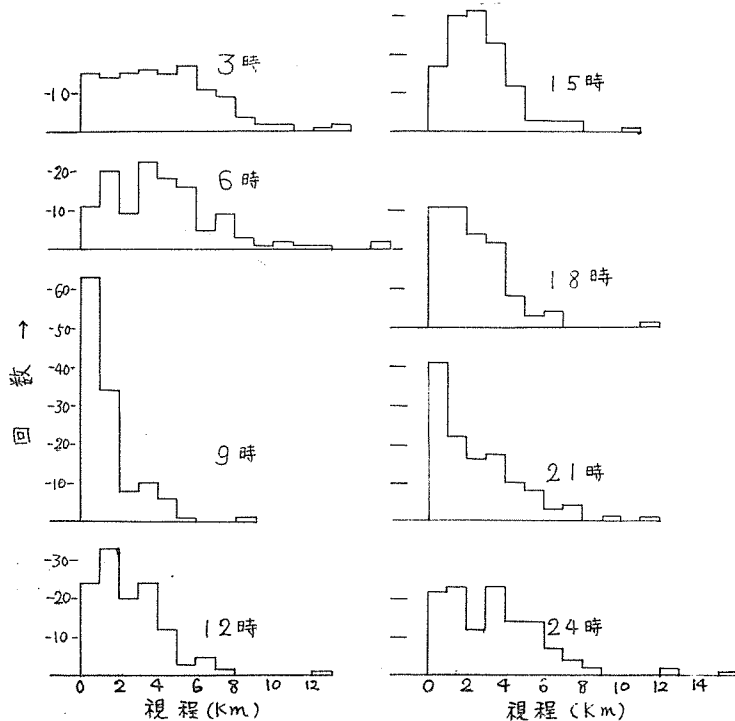
従つて現在のところ視程観測値から汚染粒子の濃度について細かな定量的議論をすることはあまり意味がない。

むしろ、頻度分布解析等の手段によつて全体の傾向、動向を把握する事に観測資料を利用するべきであろう。

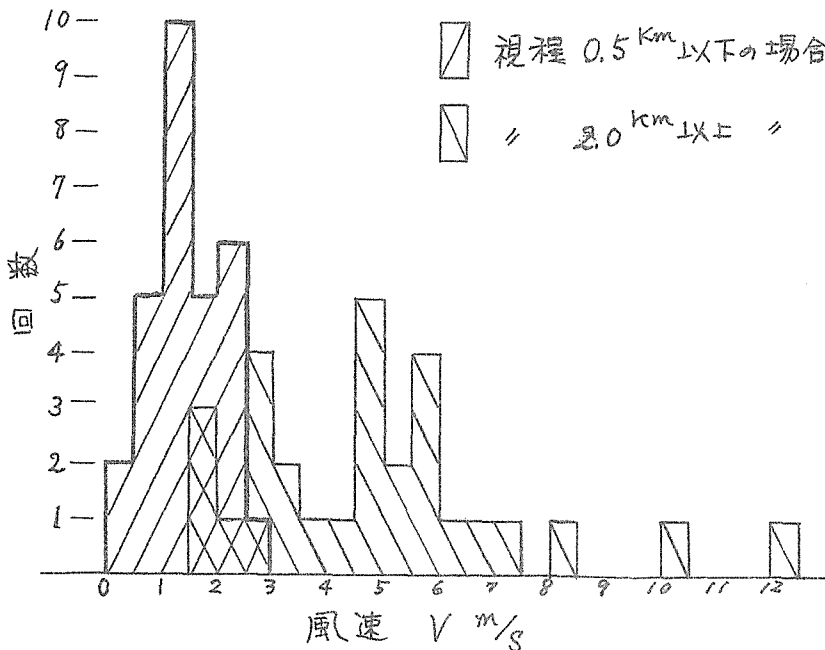
3 悪視程発生の気象条件について

過去 5 カ年間（1959～1963）の 1 月における 3 時間毎の視程観測値を 0～0.9Km, 1～1.9Km, ……のような階級に分け時刻別の頻度分布をとると第 1 図の如くなる。

第 1 図 階級別視程出現頻度



図に明らかな如く、9時及び21時には1 km以下の悪視程の表われる頻度が非常に大きい。これに比べ3時及び6時には比較的良好視程の表われる割合が多い。朝9時の汚染濃度上昇についてはHewsonのFumigation theory⁽²⁾によつて接地気温逆転解消時の乱流混合現象として説明されているが、今特に札幌におけるこの時刻の濃煙霧発生^{*}の気象条件を明らかにするために9時の視程観測値の中から0.5 km以下の場合と、2 km以上の場合とを撰び出して、その気象条件を比較して見る。第2図には先ず風速（9時における10分間平均風速）について、上の各々の場合の頻度分布がとつてあるが、図に見る如く、この両者には明らかな差があり悪視程の場合は風速が弱く、1例を除いては2.5 m/s以下である。

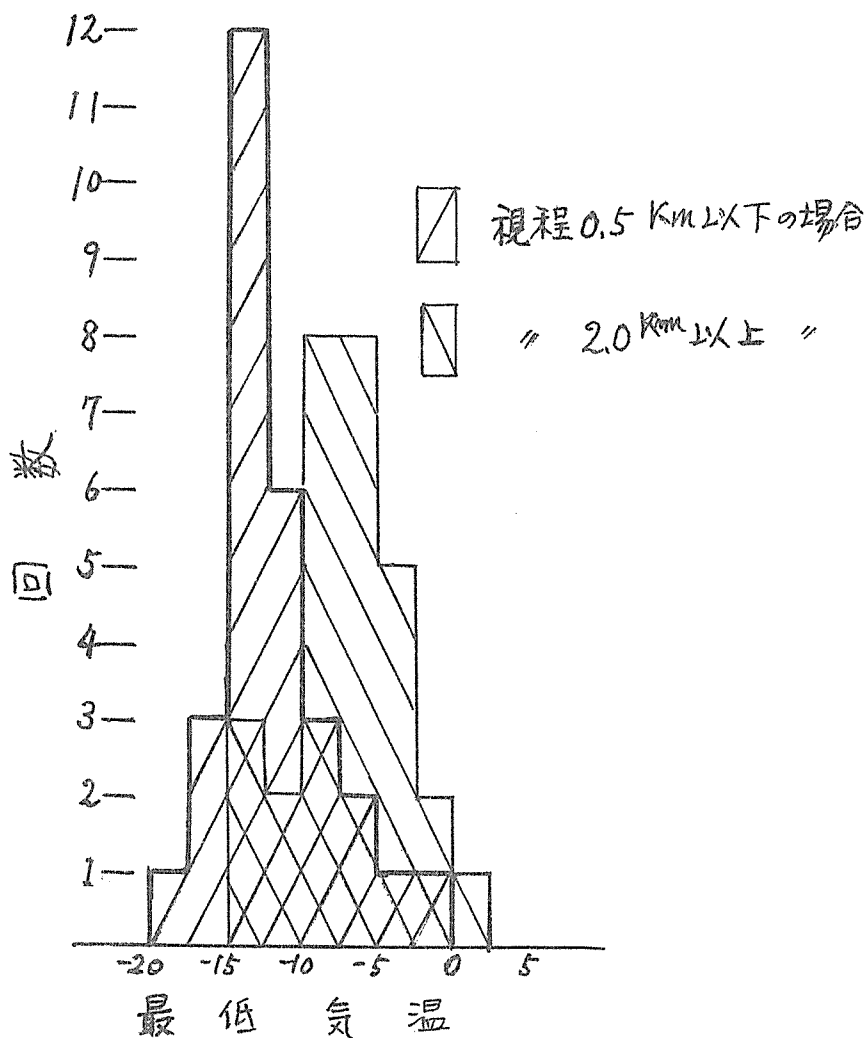


第2図 良視程（2.0 km以上）と悪視程（0.5 km以下）
に対応する風速頻度分布図

次に前日の9時から、当日9時迄の最低気象について同様に頻度分布図を作つて見ると第3図の如くなる。この場合は風速程明確ではないが明らかに悪視程に対応する最低気温は視程の良い場合に比べて低い。

そこで今仮に1月において前日9時より、当日9時迄の最低気温が -10°C 以下で、且9時の風速が 2.5 m/s 以下と言う条件を設定して見る。こうすると5年間の1月の日数155日中にこのような条件に適合する日は52日あつたが、更にその中から9時において、降雪のある日13日を除いた39日について、視程4.5 km以下の日は22日であつた。又このような気象条件に適合せず、しかも煙霧又は煙によつて視程0.5 km以下になつた日が5日あつた。最低気温の高低は地面附近の大気安定度の程度を表わしているものと考えられるので、実際に大気安定度を観測し、これを取り入れればもつと

* 気象用語。Hazeの訳でSmogとは異なり、肉眼で見えない小さい粒子が大気中に浮游している現象



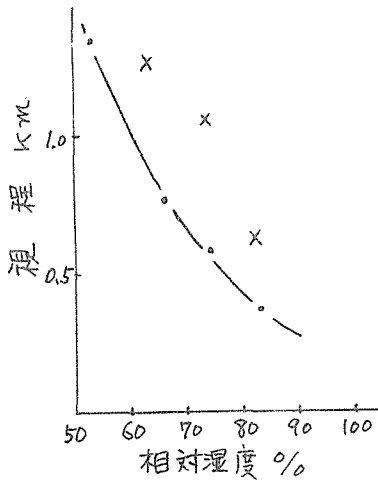
第3図 9時における良視程(2.0 Km以上)と悪視程(0.5 Km以下)に対応する前24時間の最低気温頻度分布図

良い条件が設定出来るものと考えられる。

前述の条件に適合した39日の中には視程 2.0 Km以上の日が3日入つて居るが、これ等の日は何れも相対湿度が極めて低い値を示して居ることがわかる。

今この39例について50～59%，60～69%………と言うような10%毎の相対湿度の階級毎に視程を平均して見ると第4図に示すようになる。

同様な湿度と視程の関係はLos Angeles⁽³⁾ オランダのLeeuwarden⁽⁴⁾でも観測されて居り、これは汚染物質中の吸湿粒子が吸湿によつてsizeを増し視程を悪くするものと考えられている。例えばSO₃がH₂SO₄ mistとなるものは34%附近近の低湿度でも起り得るが特に75～80%に湿度が増加した場合は非常にeffectiveなcloud forming agent となることが確められ

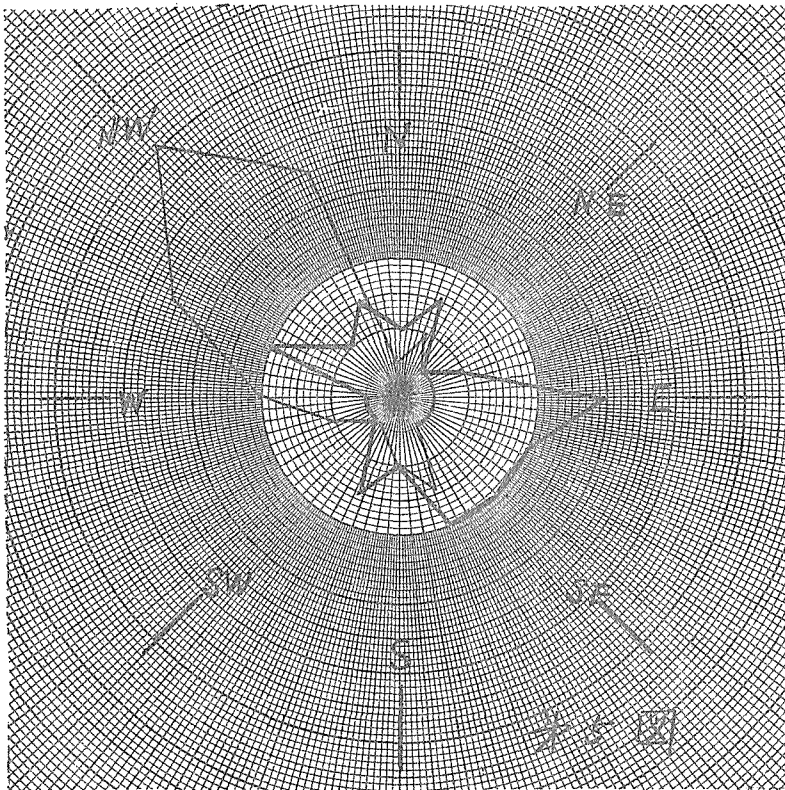


第4図 視程と相対湿度

ている。

なお第4図に×印でplotしてあるのは前に述べた降雪のあつた日13例について上と同様な値を求めたものである。同じ湿度について降雪のない場合よりもむしろ視程が良いという事は、このような日の大気安定度にも関係すると思うが、主に降雪の洗浄効果によるのではないと思われる。この事についての現在迄の観測資料は極めて乏しいが雨による洗浄効果は比較的明らかにされて居り、雪も少くとも雨と同程度の洗浄効果は持つものと考えられる。

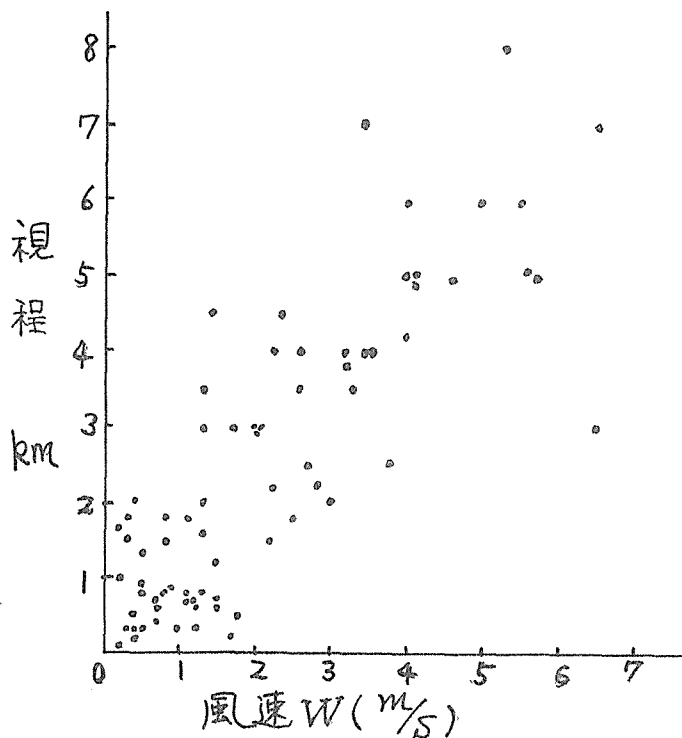
なお前述の悪視程と良視程の各々について、Wind roseを作つて見ると第5図の如くなる。即ち良視程の場合は北西風が断然卓越するが悪視程の場合風向は東乃至南々東に偏している。



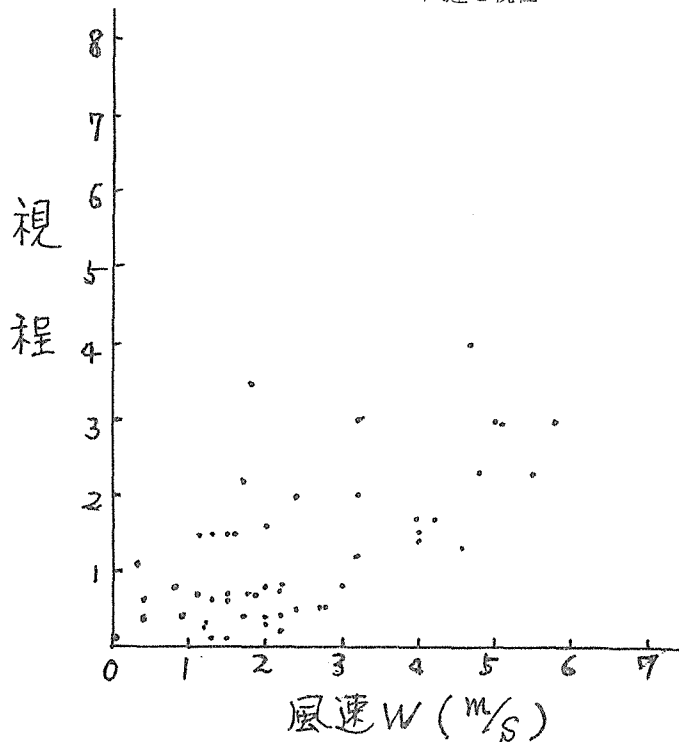
第5図 9時における良視程(2.0 Km以上)と悪視程(0.5 Km以下)に対応するWind rose

以上を総括して見ると朝9時頃の大気の混濁の大きい日は、前夜の最低気温が低くて、接地逆転が強く、大気安定であり、風が弱くて風向は南東乃至東のことが多い。これは既に報告されている如く(6)北海道附近の気圧傾度がゆるくて風が弱く、従つて北海道内陸は低温となつて内陸高気圧が発生している場合に相当することが多い。この内陸高気圧からの弱い吸出によつて札幌附近では弱い南東風が吹く事が多いのである。

次に21時の視程に



第6図 21時の風速と視程



第7図 9時の風速と視程

について同じく1959～1963年の1月の観測値によつて調査して見た。先づ朝9時と21時の視程観測値に相関関係があるかという点について調べて見たところ全く無相関であつた。又21時に視程が0.5 Km以下の場合が20例あるがこの中当日又は翌日の9時の視程が0.5 Km以下である場合は5例で他は一致しない。従つて朝の視程の悪い場合は晩も悪いとか或は晩に悪ければ翌朝悪いという様な事は言い得ない。

21時の視程と気象要素の関係については色々調べて見たが、風速以外とは良い相関を見出すことが出来ない。たゞ風速と視程では第6図に示すように大体において比例関係が成立つて居るようである。たゞこの比例係数は、朝9時の場合とは相当異つた値をとる。第7図には第6図と同じことを朝9時の場合について示しておいた。相当無理ではあるがこの2つの例について実験式を求めると、

$$9 \text{ 時については } V_i = 0.6 W \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$21 \text{ 時については } V_i = 1.2 W \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。但し V_i は視程 (Km) W は風速 ($\frac{m}{s}$) である。

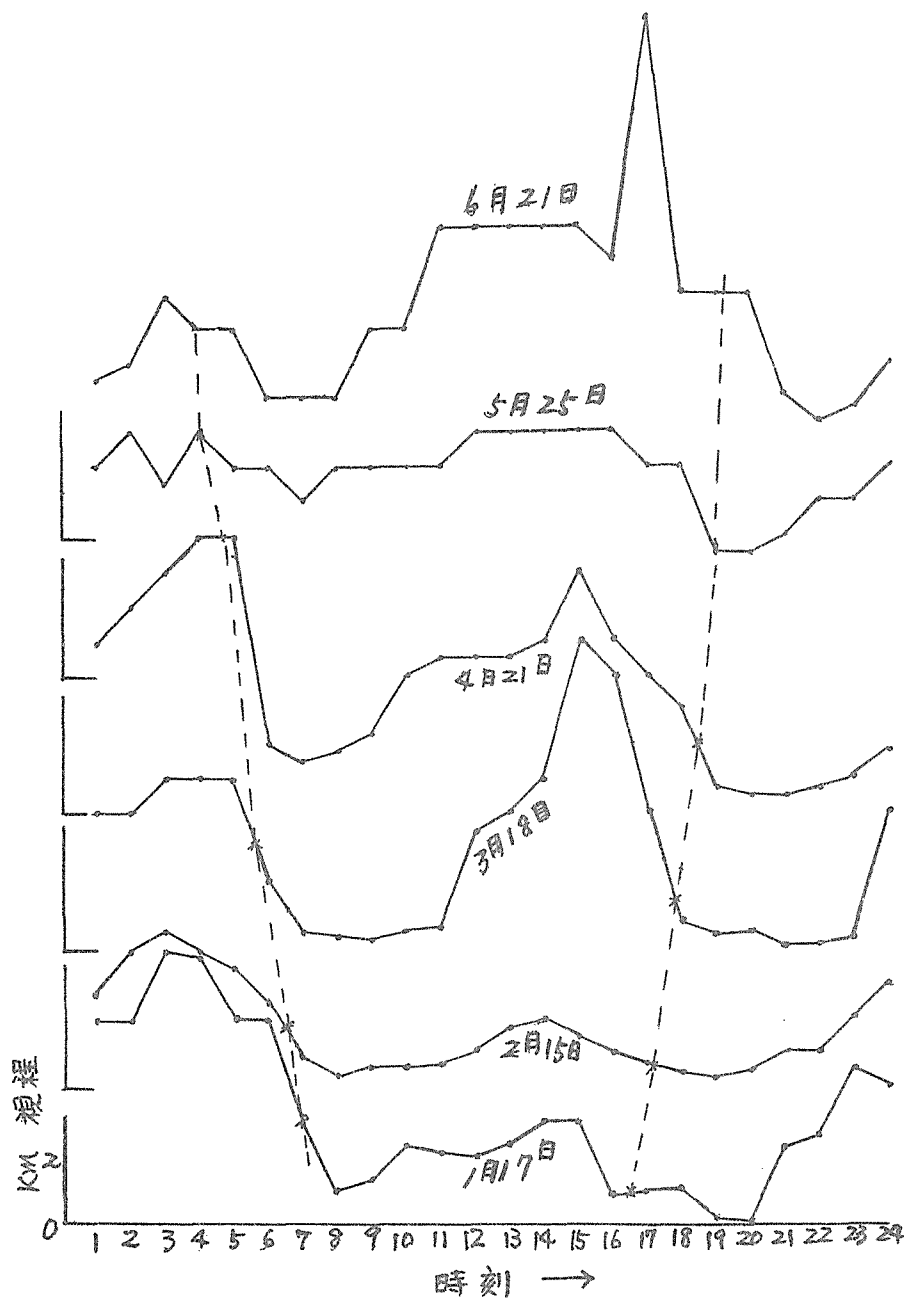
この係数の相違の原因は朝は接地逆転層によつて上限をおさえられて居るのに対し、21時の場合は風速の強い時は接地逆転層が出来ないため汚染粒子は垂直方向に

は大きく拡散するためと考えられる。

4 札幌における視程観測値の日変化、年変化について

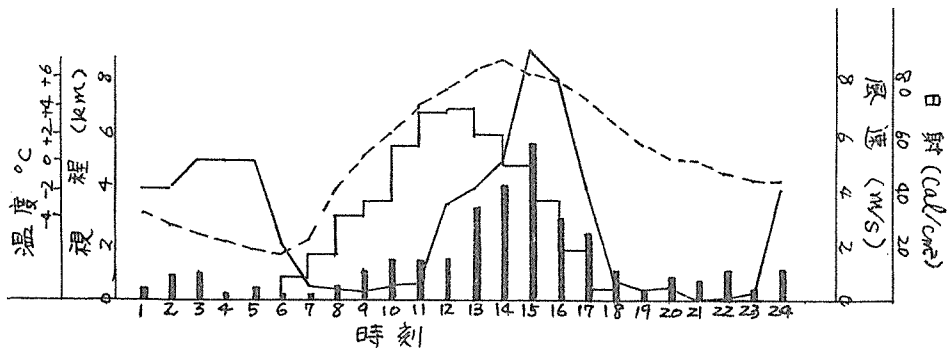
第8図は1959年における6月迄の視程の毎時観測値により、その日変化の状態を示したもので

第8図 日変化の推移



ある*これには各月から1日づつなるべく降水等の現象のない、且風速の弱い代表的な日を選んで示して置いた。破線で連ねてゐるのは日出入の時間を示したものである。この図のみでは単に特殊例を示した事になるが他の場合も検討した上で結論出来る事は、日出入後2、3時間で視程最小の状態になること、及びどちらかと言えば冬期は視程の最大値は早朝に出現し、夏期には午後出現することが多いと言う事である。この昼間の日変化は風速の日変化に比較的良く似て居る事が多い。第9図は第8図中の3月18日における視程、日射、気温、風速の日変化を示したものであるが図に見る如く先ず日射量が最大に達し続いて輻射昇温によつて気温が最大となり続いてこれによる乱流混合のmaximumに対応する視程の最大値と、風速最大値が起るので気温、風速の最大はほぼ同時刻に起ることになるのであらう。

第9図 3月18日における視程、日射量、気温・風速の日変化



次に煙霧又は煙によつて視程が2 Km以下になつた日を濃煙霧の日と定義し、これの年変化を示したものが第10図である。図には1941年(昭和15年)1949年(昭和24年)、1956年(昭和31年)の3例を示した。特に最近の1956年の例でわかるとおり冬期11月～4月の間は殆んどの日がこのような意味で定義した濃煙霧日数に入つてしまう。

このような点からは、視程2 Km以下で定義した濃煙霧日数は、日数統計上の意味は札幌については失われつつあるので、今後の推移を見るためにははもとと低い値(例えば500 m以下)をとるべきであらう。

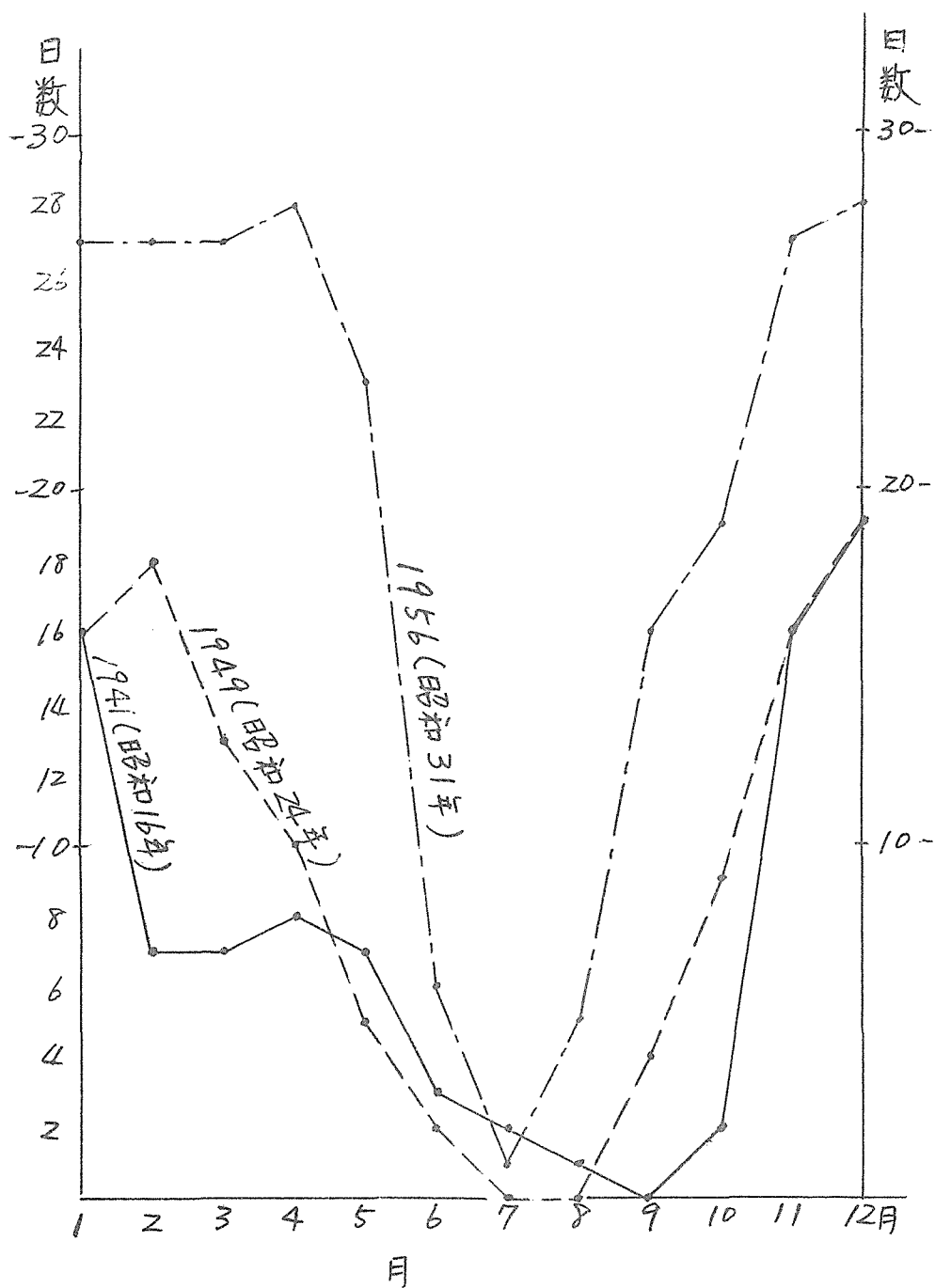
次に普通よく示されて居るような年間総濃煙霧日数の経年変化を第11図に示す。

図には参考として大阪⁽⁷⁾及び東京⁽⁸⁾の例も同時に示して置いた。

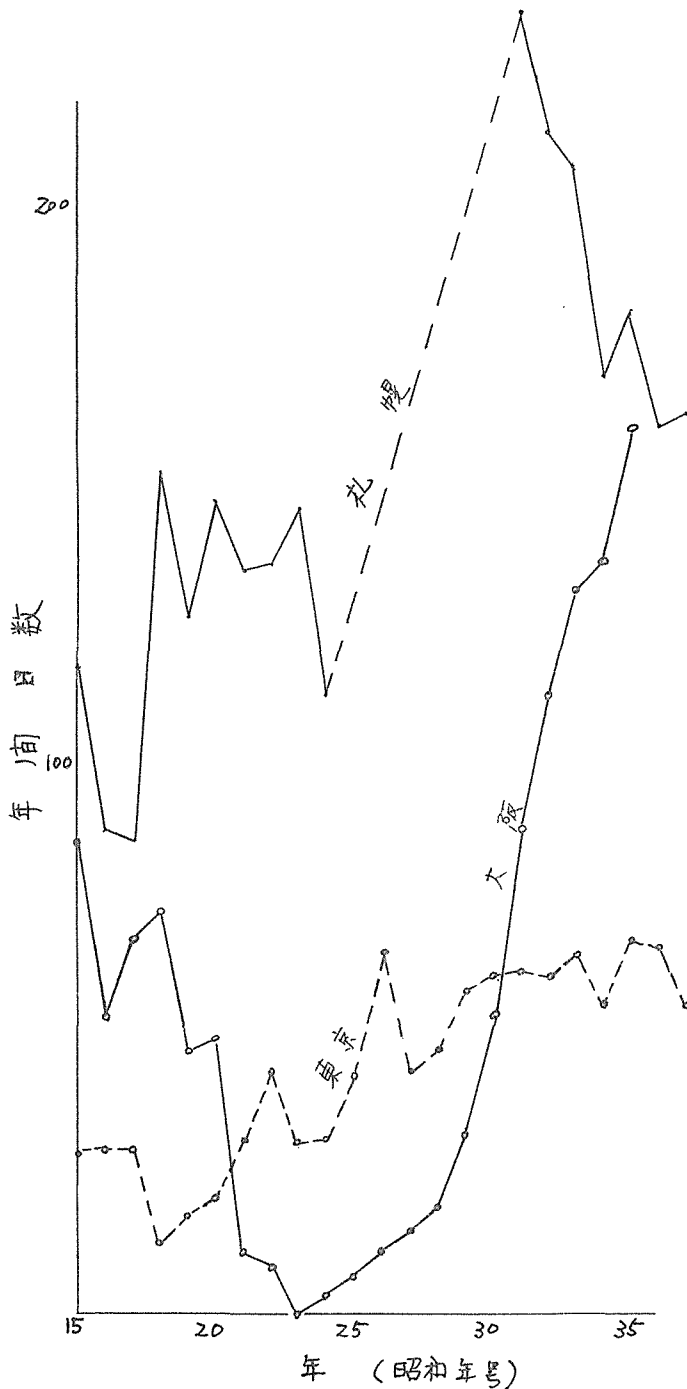
札幌では1950(昭和25年)～1955(昭和30年)の間は煙によつて視程が2.0 Km以下になつた場合は濃煙霧日数に入れて居ないので、この間は前述の定義による濃煙霧日数は不明である。又全国的に1940～1949年の間は視程1 Km以下を濃煙霧と定義して居たが、この図では観測原簿から視程2 Km以上の日を調べなおして掲げてある。大阪及び東京の経年変化に対しては色々な説明が成されている。例えば大阪の昭和23年におけるminimumは終戦後の工場操業の停止状態に対応するものであるとか、或は東京の昭和22年、26年の山は産業再開、朝鮮動乱の特需景気に一致する等である。暖房煤煙が主体である札幌では石炭消費量、ボイラ、炉等の燃焼設備等の変化に注目すべきと思

* 1959年8月1日より札幌は1日8回観測となつたがそれ以前は24回観測であつた。

第10図 濃煙霧日数の年変化

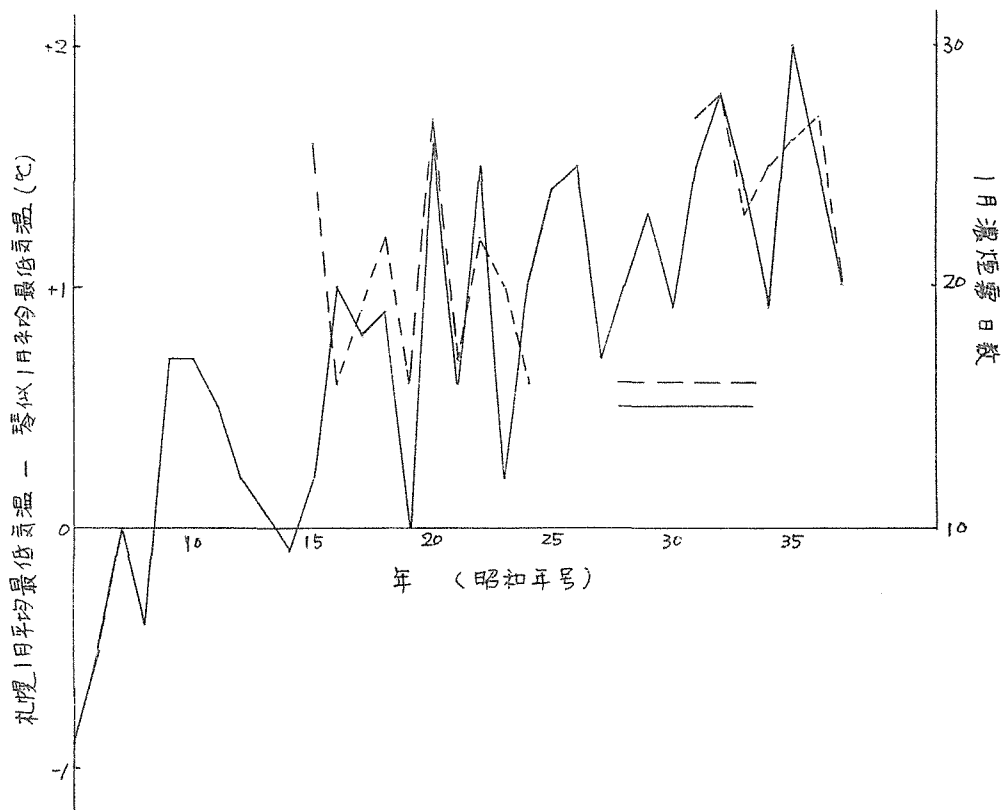


第11図 濃煙霧日数の経年変化



うが、その点は未調査である。特に前述の如く最近はこの定義による濃煙霧日数は冬期間は殆んど必ず起り、これがない日は強風雪等の気象条件である事が多い。このような事から昭和31年以後の濃煙霧日数の減少が汚染事情の改善によるものかどうかは疑問である。

最後に大気汚染の影響によるものと考えられている都市気温の上昇について札幌の例を第12図に示す。図は1月における札幌の最低気温の平均値と、札幌近郊の琴似(国立農業試験場内)の最低気温の平均値との差の経年変化を示したものである。都市最低気温の上昇は普通には煙霧層の温室効果(greenhouse effect)によるものと考えられて居るが山本⁽⁹⁾の如くこれに疑問を表明する説もあつて結論を得ていない。第12図には1月の濃煙霧日数を破線で示して置いた。又第13図には1956年におけるこの平均最低気温差と濃煙霧日数の年変化を掲げて置いた。この両者の間には大ざつばに見れば平行関係が成立つて居るようである。この事は直接温室効果の立証にはならない

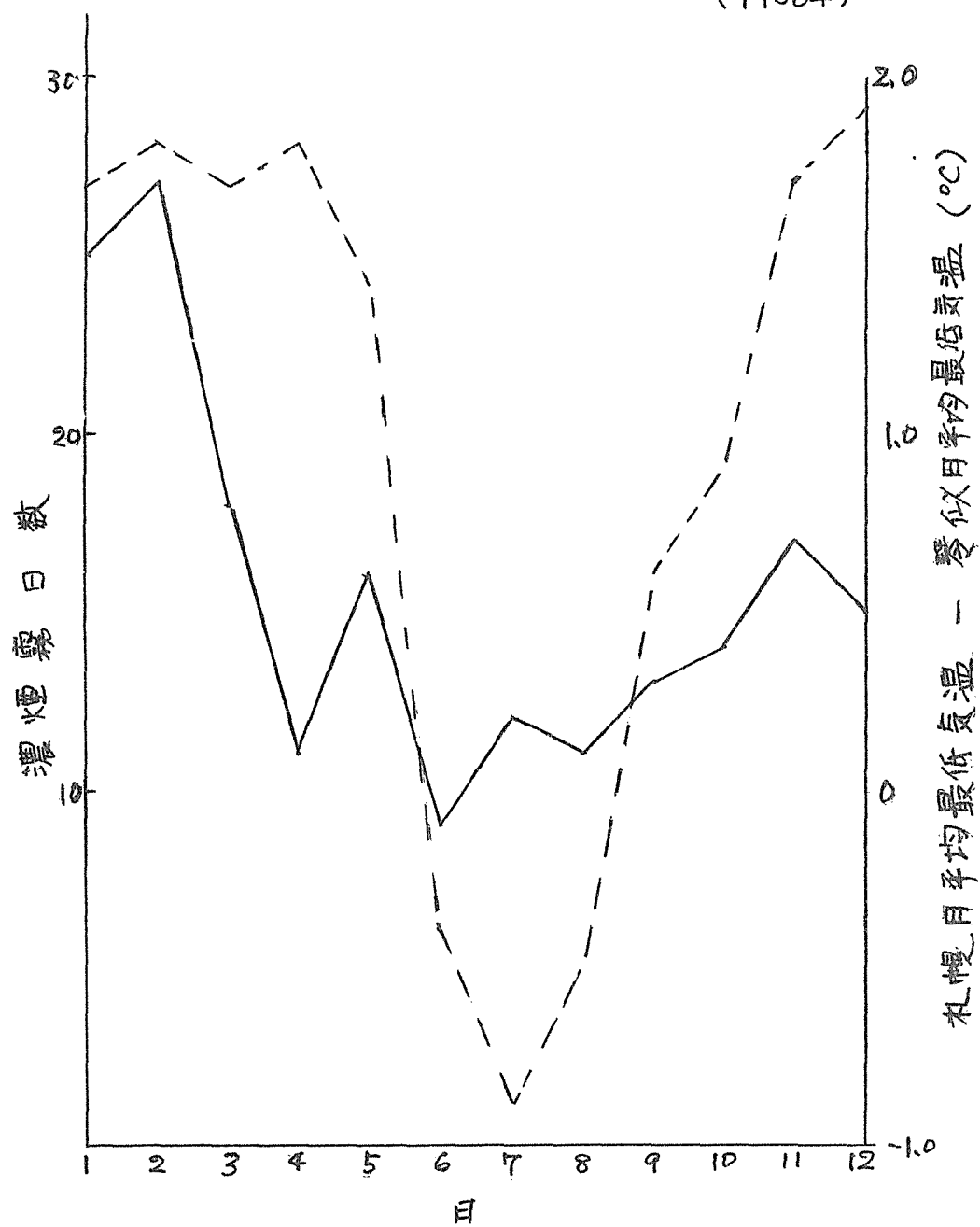


第12図 札幌と札幌との1月平均最低気温の差(実線)
及び札幌の1月濃煙霧日数(破線)

としても大気汚染と都市気温上昇との深い関係を示すものであろう。

第13図 札幌と琴似との平均最低気温の差（実績）
及び札幌濃煙日数（破線）

（1956年）



あ と が き

今回は単に過去の気象資料の統計のみによる調査を行つたため、単に観測資料の展示程度に留まつたが、今後は必要な観測を行つて現象の解明に努めたい。最後にこの報告を本誌に掲載する機会を与えていたゞいた事について射場本教授の御好意に厚く感謝する。

参 考 文 献

- (1) Carsten Stefens. visibility and Air Pollution P. L. Magill, F. R. Holden, C. Ackley, Air Pollution Handbook 6-1~6-6. McGraw-Hill Book Comp, Inc. (1956).
- (2) Hewson, E. W., The Meteorological Control of Atmospheric Pollution by Heavy Industry, Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 71, 266-282 (1945)
- (3) M. Neiburger and M. G. Wurtele, Chem. Revs. 44, 321 (1949)
- (4) T. J. Bull. Amer. Meteorol. Soc. 41(7), 357 (1960)
- (5) E. Robinson, Effects of Air Pollution on Visibility. A. C. Stern, Air Pollution 7B-228. Academic Press. (1962)
- (6) 札幌管区气象台調査課, 札幌市の煤煙と気象; 煤煙防止に関する調査資料. P. 125
札幌市煤煙防止対策委員会. (1960)
- (7) 太田芳夫 東京の大気汚染気象研究ノート12-2, 99-120 日本気象学会. (1961)
- (8) 中野道夫 大気汚染分布とその機構に関する研究 同上 121-192
- (9) Yamamoto, G, Estimation of Additional Downward Radiation from Aerosols over Large Cities; 75th Anniversary Volume of the Journal of the Meteorological Society of Japan. P. 1 1957