

大気汚染から見た京阪神地方の局地気候

中 島 暢 太 郎

AIR POLLUTION AND LOCAL CLIMATES OF KYOTO, OSAKA AND KOBE

By Chotaro NAKAJIMA

Synopsis

The eastern part of the Inland Sea of Seto and the central part of the Kinki District have inland-type climate. In winter season cold air lake with stable and calm air is often formed in this area. These features of the local climate of this area are favourable for the intensification of the density of air pollution. In this paper we illustrate the typical examples of weather maps for the dense air pollution. Then we discuss the difference of the local climates of Kyoto, Osaka and Kobe City in relation to air pollution.

1. ま え が き

大気汚染防止の問題はロンドンやロスアンジェルスなどの都市では古くから重視されていたが、近年は日本でも中都市にいたるまで工業化や人口の過密化と共に無視出来ない問題となって来た。その防止のための研究としては政治的なものから衛生学・気象学・工学など多方面からの検討が必要である。さて気象学的な調査方法として今までなされているものは大別して2種類ある。一つは大気乱流論の面からの調査で、ある与えられた風向・風速のもとで煙突からの煙がどのような形状で拡散するか、特に大気の乱れの度合や安定度によってそれがどう変化するかが調べられている。汚染源が点の場合から出発して線源さらに面状の源の場合に拡張された理論的にも実験的にも数多くの研究がなされて来た。この種の研究は煙突の設計（高さや煙の排出能力など）には欠くことの出来ないものである。

他の一つの方法は局地気候的な調査によるものである。一般的な天気予報によって予想天気図が与えられた場合に、たとえば京都盆地というような局地的な気候（局地風や逆転層の発達状況）はどうなるかを考察しさらに大気汚染との関連を調べようというわけである。この種の調査は大気汚染予報の基礎ともなり、また新しい工場地帯や原子炉などの設置計画にも結びついて来る。相対的にいえば前者の調査方法はミクロ的であり後者はマクロ的である。本論文ではこの後者の立場から京阪神地方の局地気候と大気汚染との関係を調査した。

2. 京阪神地方の気候特性

大気汚染の問題に入る前に気候学の見地から見て、瀬戸内海東部から近畿地方中部へかけてどのような特性があるかを考察して見ることにする。まず年降水量分布からいえばこの地域は近畿・中国・四国地方で降水量のもっとも少ない地域である。すなわちこの地域は西日本全体の中の一つの大きな盆地を形成していると考えてよく、この部分の気候は日本のような島国としては比較的内陸性である。太平洋や日本海から湿った空気がそのまま流入することはむづかしい。また強い風も吹きにくい地域であって、やや強い風が吹く場

合は天気図(たとえば 850 mb)で示される傾度風が、瀬戸内海に沿う西風や、紀伊水道から大阪平野へ向う南南西の風、あるいは琵琶湖から淀川方面へ向う北東風などを強化しやすいような場合で、そのような時を除けば一様な風向の強い風が吹くことは少なく、むしろ海陸風や山谷風のような局地的で日変化のはっきりした風が卓越するところといえる。

冬季にはこの瀬戸内海東部から京都盆地へかけての大きな盆地全体が、寒気を貯留する器となることがしばしば起る。すなわち季節風が強まって低温の気塊が西日本に侵入して来るとこの地域に寒気が停滞し、冬型気圧配置がくずれて南風が入るようになってこの寒気の重量によって生じたメソスケールの高気圧はこの地域に残留することになる。またこのような寒気の貯留が一旦生ずると気層は安定化し、霧やばい煙は発生しやすく、消滅しがたくなる。さらにこのため日射が地表面に達しがたくなるので地表面温度は上昇せず成層の逆転現象は持続性となる。

次に西高東低の冬型気圧配置がややゆるんだ後、低気圧が発達しながら日本海を東進する場合を考えよう。太平洋側からこの低気圧に向って吹きこむ暖気は西日本では地形の影響で豊後水道・紀伊水道・伊勢湾を通して化進するものが著しい。今は対象地域と関係のもっとも深い紀伊水道を北上する暖気についてのみ考察することにする。この暖気は淡路島南端付近までは海面付近でも強い南風となって現われているが、この付近から上述の瀬戸内海東部に貯留されている寒気の上をはいあがり、大阪湾では海面付近はほとんど風が

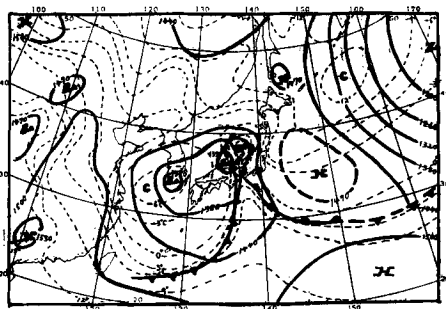


Fig. 1 850 mb weather map at 12 GMT 16 Mar. 1965. Full lines show contours in meters and broken lines show isotherms in °C.

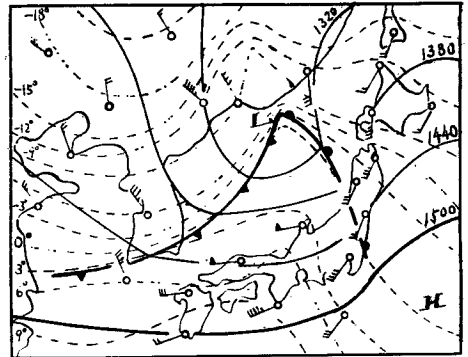


Fig. 2 850 mb weather map at 12 GMT 10 Jan. 1966.

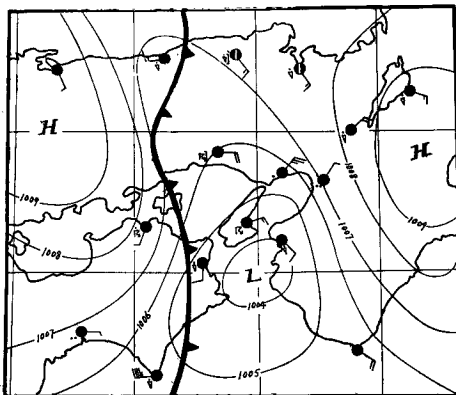


Fig. 3 Surface local weather map at 06 GMT 16 Mar. 1965.

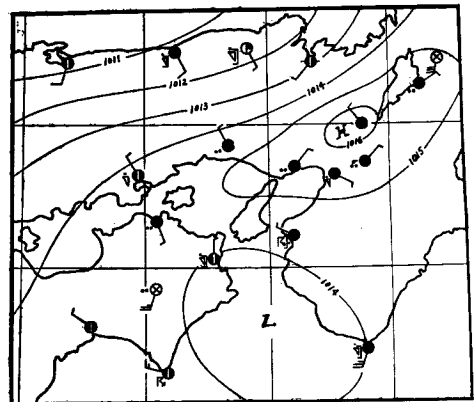


Fig. 4 Surface local weather map at 09 GMT 10 Jan. 1966.

吹かない。このように日本海側や太平洋側では南よりの強風が吹き荒れているのに京阪神地方では風も弱くむしろ濃霧が発生するということはしばしば起る。この場合紀伊水道入口付近と大阪湾付近との下層の気温差が著しく、したがって局地天気図上には日本海の低気圧の他に紀伊水道入口付近にメソスケールの低気圧が、また京阪神付近にはメソスケールの高気圧が画けることがよくある。ここには著者の解析した2例を示す。Fig. 1 は1965年3月16日21時の Fig. 2 は1966年1月10日21時の 850 mb 天気図であり、Fig. 3 は Fig. 1 に対応する16日15時の、また Fig. 4 は Fig. 2 に対応する10日21時の地表局地天気図である。これらの例では 850 mb 天気図には日本海に低気圧があるだけであるが、一方地表の局地天気図では紀伊水道付近にメソスケールの低気圧が現われている。

このように瀬戸内海東部から京都盆地にかけては地表付近に寒気がたまりやすいことが示されたが、海面水温にもこのことはよく表わされている。Table 1 と Table 2 はそれぞれ Fig. 1 と Fig. 2 に例示された低気圧の通過日を含めた1965年3月10～20日と1966年1月5～15日の紀伊水道から瀬戸内海にかけての各地の毎朝の海面水温分布を示している。これらの表を見ると個々の低気圧通過の影響はそれ程ははっきり現われていないでむしろ地域差が非常にはっきり示されている。すなわち瀬戸内海東部は紀伊水道付近に比して約 10°C も低温であり、しかもこの温度差はほとんど淡路島南端付近に集中していて、冬季を通じてこの付近に海水表面温度の不連続帯が存在しているのではないかということを暗示している。伊勢湾口付近でもこのような海水表面温度の不連続帯が存在することが落合弘明¹⁾氏などの調査で示されている。

Table 1 Temperatures of sea surface on 10~20 Mar. 1965

	Tokushima	Tanabe	Akashi	Onomichi	(Osaka Bay)
10 Mar.	15.8	14.6	8.0	9.4	9.7
11	16.0	—	8.1	9.3	7.9
12	16.0	—	7.8	9.2	8.4
13	16.2	13.8	7.9	9.6	7.7
14	16.2	—	7.7	9.6	7.8
15	16.2	—	7.7	9.8	7.8
16	16.4	14.2	8.9	9.7	8.2
17	16.2	14.2	7.4	9.4	
18	16.4	—	8.5	9.9	
19	16.4	—	8.3	10.4	
20	16.8	14.2	8.1	9.6	

Table 2 Temperatures of sea surface on 5~15 Jan. 1966

	Tokushima	Tanabe	Akashi	Onomichi
5 Jan.	16.6	14.7	9.9	11.4
6	19.2	14.9	10.0	11.0
7	18.5	15.6	9.9	11.1
8	—	15.8	10.0	10.6
9	—	15.9	—	9.4
10	—	15.3	9.4	10.0
11	19.5	16.3	10.8	10.4
12	19.6	15.8	10.6	10.4
13	19.0	15.8	10.3	10.4
14	18.5	15.6	10.3	10.6
15	18.5	15.3	9.6	10.2

3. 大気汚染濃度と気象条件との関係

3.1. 大気安定度と逆転層

汚染物質がある地域の大气下層に滞留するか上方へ拡散するかには大気の安定度も大きな役割を演ずる。乾燥空気の場合に大気の静的安定度を高める原因としては次の3つの過程が考えられる。

第1は地表面が著しく冷されることで冬季移動性高気圧におおわれた夜の放射冷却などが代表的な例である。さらに一旦安定となつてば煙や霧が滞留すれば日射が地面に達しがたいため日中でも安定な状態がつづく。京都盆地などはこの現象がもっとも著しく起る。

第2は下層に寒気が流入しその上へ暖気が流入して来る場合である。海陸風や山谷風は小規模にこのような状態をつくる原因となる。大阪や神戸の場合はこの種の原因による逆転層が生じ易い。またさらに大規模な原因としては前線が付近に停たすることによって安定度が増大する。

第3は沈降逆転である。対流圏の上層から中層へかけて下降気流があると断熱昇温のため対流圏下層の気温は上昇し地表気温との間に逆転が生ずる。一般にこの種の逆転は第1や第2の原因によるものより大規模な現象となり、有名なロスアンジェルスのスモッグは夏季太平洋高気圧中の大規模な沈降が原因となっている²⁾。しかしやや小規模な現象としては冬季発達した上層寒冷渦の周辺や停滞しつつある寒冷前線付近で発生する。

3.2. 風

大気汚染におよぼす風の影響は第1に移流の問題で、特に強い汚染源が集中しているような場合には風向・風速が重要な要素となる。このためには天気図より求められる傾度風と山谷風・海陸風などの局地風との組合せを充分知っておく必要がある。第2は風の安定度におよぼす影響である。風は力学的に不安定を生ずる原因となるが、風と静的安定度との組み合わせによって煙突から出る煙の形状が種々に異なることについては理論的にも実験的にも多くの研究がなされている。

3.3. 大気汚染と気圧配置

3.1. や 3.2. で述べた各要素を充分考慮し総合した上で、京都市とか大阪市とかという特定地点で汚染濃度が増大しやすいような局地天気図やシノプチックな天気図の型をモデル的にえらび出すことが可能である。このような調査は特殊天気予報の一つである大気汚染予報を行なうための基礎となる。勿論大汚染濃度を高める原因は自然現象より人為的なものが根本であるから厳密に言えば汚染濃度が増大する可能性があるかどうかを予報するにとどまるわけである。

さてこのような調査³⁾は大気汚染研究の他の分野に比してやや遅れているようであるが近畿地方を対象としたものとしては原田朗氏⁴⁾⁵⁾⁶⁾などの研究結果が出はじめている。同氏によれば従来いわれているように円形の移動性高気圧の中心におおわれている場合よりもむしろ東西に長くのびた高気圧におおわれている場合が持続的な汚染濃度の増大に好適であることがわかった。特に京阪神地方がその帯状高気圧の鞍部にあたる場合や、さらにその鞍部が南北にのびる弱い気圧の谷になっていて日本海側と太平洋側に二つ玉低気圧がある場合が最適であり、太平洋側と日本海側に前線が停たいていて京阪神地方がその中間の高圧部になっている場合も大気汚染が発生し易いケースにあげられている。また移動性高気圧が東に去り西から低気圧にともなう温暖前線が近づいている場合や、停滞前線の北側に当たっている場合もモデルケースとされている。天気としてはくもりから小雨の天気が好適であり、雨が強くなれば洗い落されてしまう。

4. 京阪神地方の大気汚染と天気

阪神地方の大気汚染についてはかなり早くから多くの調査があり気象との関係についても若干の調査結果が出ているが、京都市については少なくとも気象との関係については調査がはじまったところといえよう。こ

Table 3 Densities of ($\text{SO}_2 + \text{SO}_3$) measured by self-recorder of air pollution. Daily maximum values (upper numerals) and averaged values (lower numerals) are shown for the days with dense air pollution in the whole central Kinki District. Unit : ppm

	Kyoto	Kobe	Osaka
29 Oct. 1965	0.28/0.16	0.29/0.08	0.30/0.14
24 Nov.	0.44/0.13	0.28/0.14	0.62/0.38
10 Dec.	0.39/0.14	0.23/0.07	0.38/0.27
22 Dec.	0.44/0.10	0.31/0.06	0.67/0.28

Table 4 Same as Table 3 but for the days with dense air pollution especially near the Kyoto City.

	Kyoto	Kobe	Osaka
1 Oct. 1965	0.30/0.08	0.16/0.04	0.16/0.11
21 Oct.	0.35/0.13	0.07/0.03	0.24/0.11
28 Oct.	0.32/0.17	0.28/0.10	0.19/0.14

こには1965年10～12月の資料を用いて京阪神の状況を比較検討した予備調査の結果を述べる。

Table 3 はこの期間に京阪神共通に亜硫酸ガス濃度の高かった日を4例選んで示してある。数字は自動測定装置によって測定された $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ 濃度を ppm 単位で示したもので上段は日最大値、下段は日平均値である。なおこれらの値は京都タワー（97.4 m の値）、神戸衛研 および 大和田東小学校（大阪）で測られたものを一応各都市の代表値として示されたものである。**Fig. 5** はこれ等の日の朝の天気図である。一応これらの例だけから共通していえることは京阪神地方は優勢な移動性高気圧の中心部におおわれていないで、西方から弱い気圧の谷が近づいて来ていることである。京阪神地方は風が弱いことも共通している。

Table 4 は京都市が他の2都市に比て汚染度が高い3例を示している。このような例は10月に集中していた。**Fig. 6** はこれらの日の天気図である。これらの天気図に一応共通していることは東方にまだ低気圧

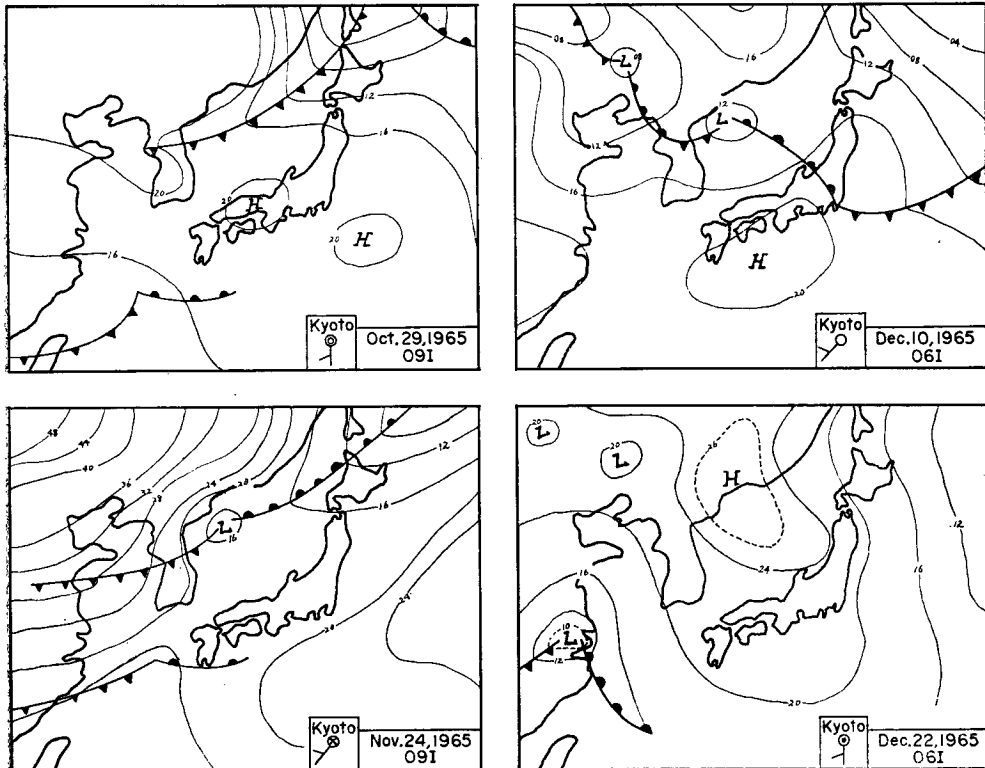


Fig. 5 Surface weather maps on the days with dense air pollution in the whole central Kinki District.

Table 5 Same as Table 3 but for the days with dense air pollution especially near the Osaka City

	Kyoto	Kobe	Osaka
30 Nov. 1965	0.21/0.09	0.26/0.05	0.73/0.26
15 Dec.	0.22/0.07	0.04/0.02	0.54/0.21

Table 6 Same as Table 3 but for the days with dese air pollution especially near the Kobe City

	Kyoto	Kobe	Osaka
2 Nov. 1965	0.14/0.08	0.34/0.06	0.14/0.09
12 Dec.	0.21/0.08	0.33/0.09	0.35/0.24

が残っていることであり、翌日は京阪神そろって汚染度が高まっている例が多い。このようなことから京都盆地がもっとも早く風がおさまるといえる。

Table 5 と **Fig. 7** は大阪市だけが特に汚染されたと思われる日を2例示したものである。大阪の場合はこのように前線に近い場合の悪天日に濃度が高まることが多い。

Table 6 と **Fig. 8** は神戸市だけが特に汚染されたと思われる日を2例示したものである。(この **Table** では大阪は衛研の値を示す) 神戸は北風が六甲おろしとなって強まることと工場が南側の海岸地

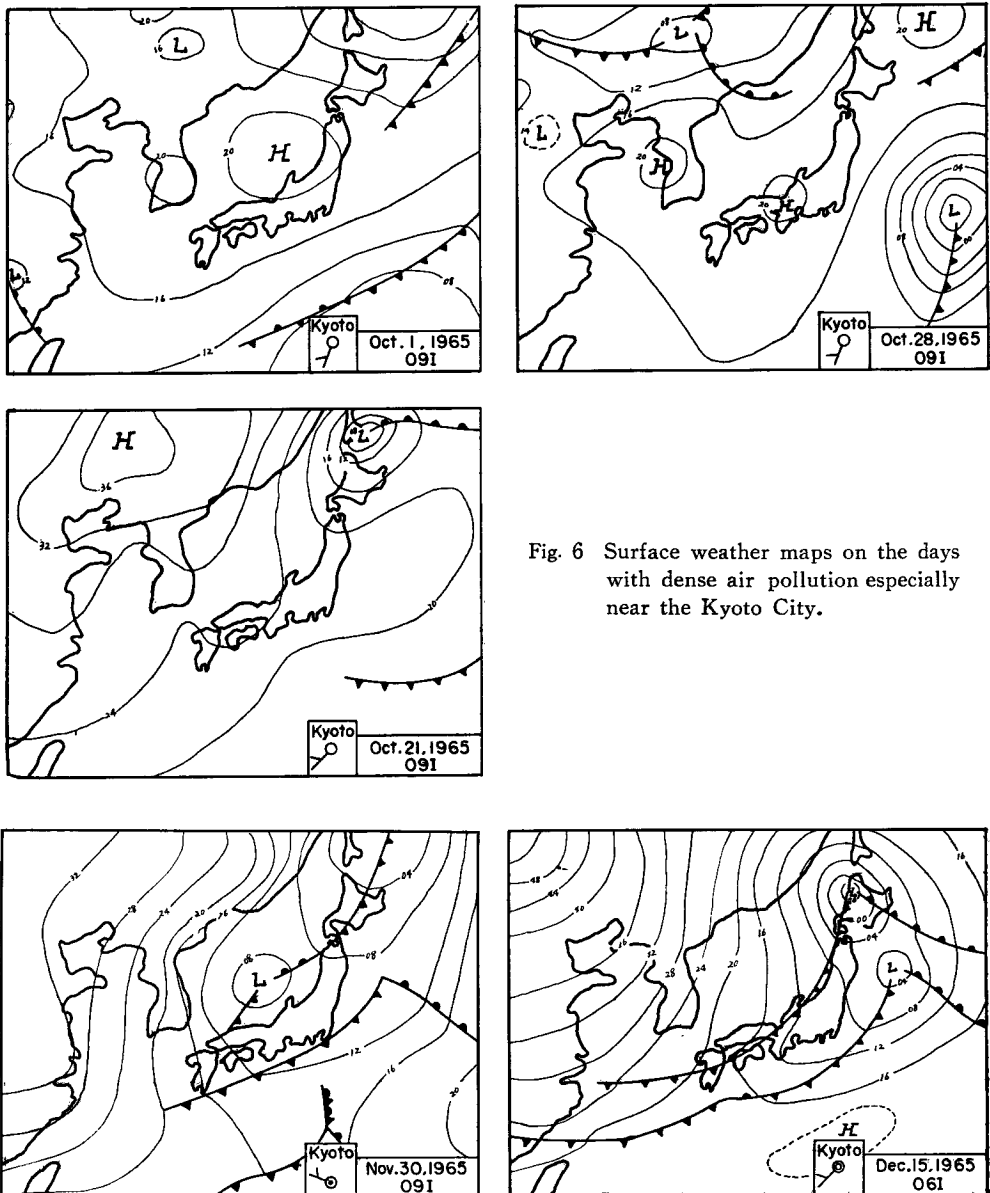


Fig. 6 Surface weather maps on the days with dense air pollution especially near the Kyoto City.

Fig. 7 Same as Fig. 6 but for Kobe City.

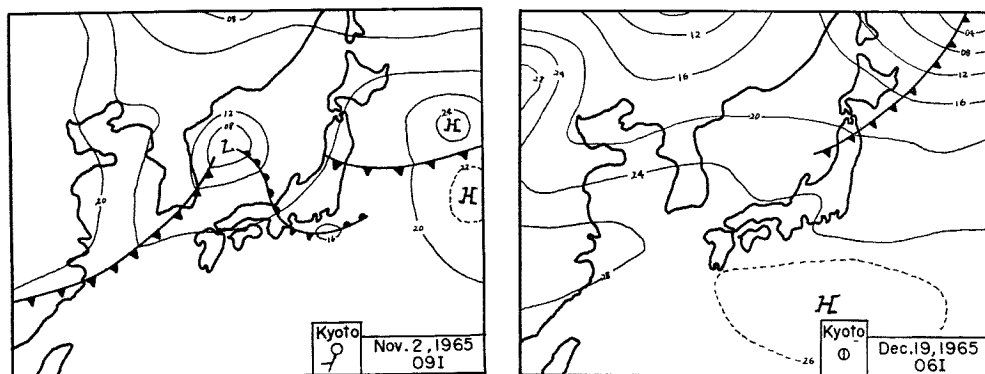


Fig. 8 Same as Fig. 6 but for Osaka City.

帯にならんでいることもあって弱い海風（南風）の場合がもっとも汚染濃度が高くなりやすい、したがって天気図上でも南に高気圧があることが条件になるようである。

5. 京都市の局地気候と大気汚染

我々は今京都市の局地気候と大気汚染の関係について調査をはじめたばかりであるが今の段階としては次のようなことがいえる。まずその三方山にかこまれた地形からいってもっとも風が弱く逆転層が発達しやすいことから人工的な条件を別とすればもっとも汚染されやすいところといえる。阪神の海岸地方では逆転層の高さはそれほどでないが京都の場合はかなり高いと思われる。Photo. 1~4 は京都市の南端付近にある市の塵芥処理場の煙突の煙を東方から見たところで写真の左が南右が北になる。煙がほとんど真上に上昇するような日の煙のただよう高度は 300 m 位のものであるが、現在統計的に調査中である。

Fig. 9 は縦軸に温度、横軸に日付をとって 1965 年 12 月 1~26 日の比叡山頂 9 時の気温を実線と黒丸で示し、それと盆地内の京都地方気象台の 9 時の気温との差を白丸と破線で示してある。比叡山頂の方が高温の場合はこの値は負となる。また図の上部に二重丸で印されている日は亜硫酸ガス濃度の高かった日である。

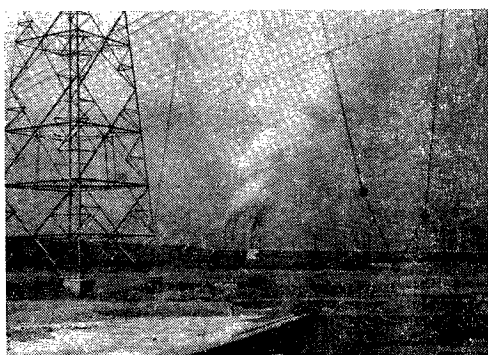


Photo. 1 An example of the behavior of smoke in the southern part of the Kyoto City viewed from the east side. This Photo. was taken on 2 Aug. 1966, when a weak front extended over this area from west to east.

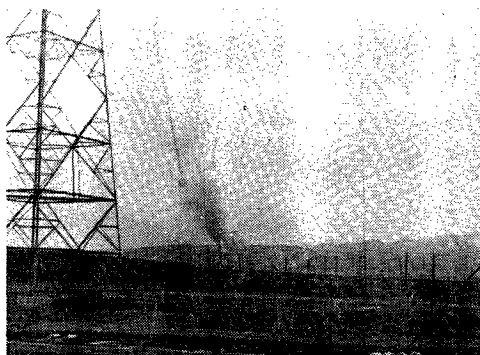


Photo. 2 Same as Photo. 1, but on 13 Aug. 1966, when this area was in the rear part of a moving high.

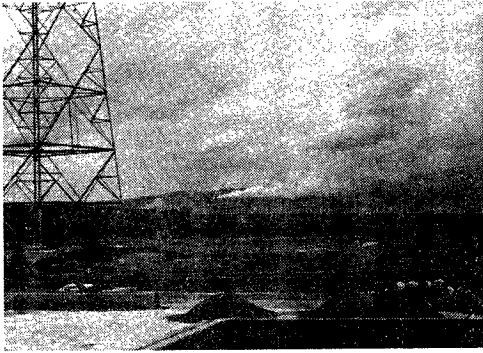


Photo. 3 Same as Photo. 1, but on 17 Aug. 1966, when a developing low was approaching to the Japan Sea.

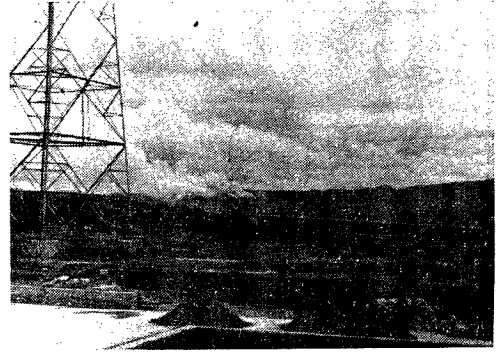


Photo. 4 Same as Photo. 1, but on 19 Sep. 1966, when a developed low was moving eastward near Shionomisaki (southern part of the Kinki District).

り、三角で印されている日は浮游ばい塵のみ濃度が高かった日である。この図では比えい山頂と京都盆地の底の温度差が 2°C 以下になった日は必ず亜硫酸ガス濃度が高くなっている。浮游ばい塵濃度には風その他の影響があるのかやや一致性がわるい。このように京都市の冬季の大気汚染予報には比えい山頂の観測はきわめて有力である。

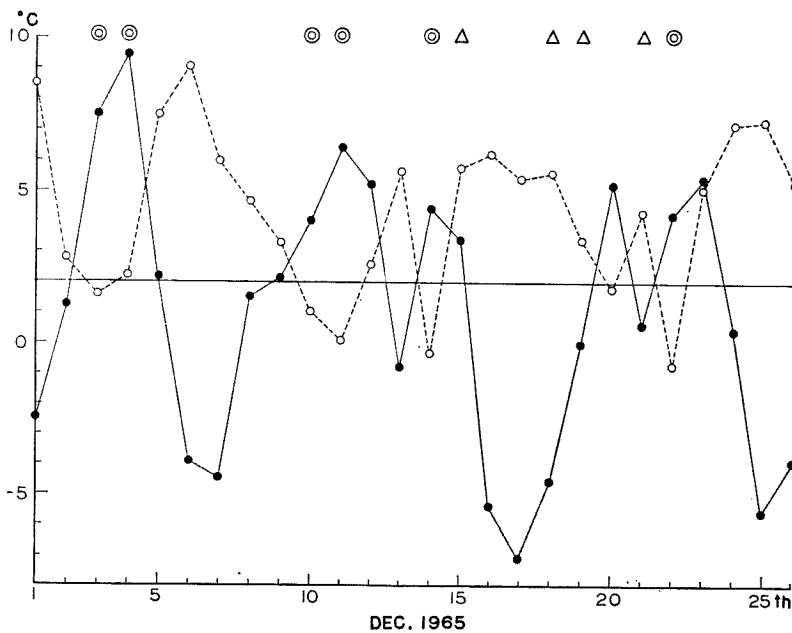


Fig. 9 Relation between the dense air pollution and the temperature difference of Mt. Hiei and the Kyoto Basin in Dec. 1965. Dark dots and full lines show the temperatures at 00 GMT on the top of Mt. Hiei (848.3m). White dots and broken lines show the temperature difference between the top of Mt. Hiei and the Kyoto Basin. Double circles show the days with dense SO_2 gas. Triangles show the days with dense floating dust.

6. あ と が き

この調査は未だはじめたばかりでこの報告は序報ともいうべきものである。今後京都盆地の気象調査を中心として阪神地方と比較しながら研究をすすめて行く予定である。最後にこの研究にあたっていろいろ御助言を頂いた北田道男・原田朗両氏に厚く御礼申し上げる。また資料の提供を頂いた京都地方気象台と京都・大阪・神戸の府県および市の環境衛生担当の方々さらに徳島・田辺・明石・尾道の水産試験所に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 落合弘明：伊勢湾口付近の春の濃霧について，日本気象学会 1966年度秋季大会講演予稿集(10)，1966，pp.79—80.
- 2) C.M. Böttger and H.J. Smith：The Nashville Daily Air Pollution Forecast, Monthly Weather Rev. Vol. 89, 1961, pp.477—481.
- 3) 太田芳夫：大気汚染に関する気象学的解析の研究，研究時報17巻11号，1965，pp.661—726.
- 4) 原田朗：高濃度の大気汚染と気象条件について，天気13巻12号，1966. pp.417—426.
- 5) 原田朗：高濃度大気汚染とメソ気象学的解析例，研究時報18巻，1966. (予定)
- 6) 熊沢安正：大気中の SO_2 ガス測定について〔Ⅲ〕スモッグの成因と気象条件について，大阪府立公衆衛生研究所研究報告，公害編，1965.