

## 煙突から出る煙の観察について\*

伊 知 地 公 彦\*\*

### 1. ま え が き

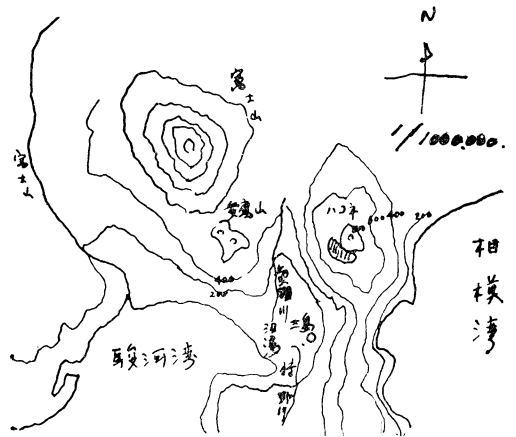
沼津、三島地方に石油コンビナートの誘致計画が昭和38年10月頃から活潑化されるにつれ、沼津、三島市民の間には賛成、反対の気運が高まってきた。石油コンビナートに関連し、一番危ぶまれることは大気汚染、主として亜硫酸ガスによる公害である。このような種々こもごもな情勢に刺戟され、煙の拡散に対する認識、特に煙突から出る煙が、どのような気象とつながりがあるであろうか。その必要性を感じ、昭和38年11月から昭和39年2月までの4ヶ月間測候所の屋上、地上6mの位置から附近の煙突から出る煙を観察してみた。煙の型別から逆に接地逆転層の高度を推定すると100mから150mの位置に逆転層が一つあり、今一つ接地逆転層が下からくずれてゆく途中において、もう少し高い所400m位に逆転層の存在がみとめられた。その外、煙の層状、又は滞留現象、或は煙霧の層の移動など観察できたので、その様子をのべてゆきたいと思う。

### 2. 三島の地形と風

第1図は富士山近傍の地形図である。藤村郡雄の下の土狩付附近の地勢の分析によれば、第1図に示されるように、まず第1に、箱根山と愛鷹山との間に黄瀬川谷があり、この北の谷の頂点は、御殿場、南端には下土狩、三島、沼津があり、駿河湾に向かって展開している。尚黄瀬川の扇状地には伊豆半島の中央部を南北に伸びる田方平野の北端が三島の付近で接合し、この平野を北上する狩野川はここで黄瀬川を合せて沼津から駿河湾へそくと述べられている。今ここでこの地形を三島をよぎって、北東から南西にかけきった垂直断面図、第2図を作り、それに三島の平均風向(第1表)及び上層気流<sup>2)</sup>(第3図)から風の分布を概念的に描くと矢印のようになる。即ち日中は駿河湾から3m/s以上の西南西の風が吹き、夜間は1m/s以下のごく弱い北々東の風が箱根山から吹いてくる。上層の風は4m/s以上の余り強くない西

第1表 平均風向 1941~1950

時	天気	1月	4月	7月	10月
6	はれ	N 29 E	N 30 E	S 48 E	N 50 E
	くもり	N 28 E	N 57 E	S 12 E	N 64 E
14	はれ	S 59 W	S 62 W	S 78 W	S 9 E
	くもり	S 19 W	S 46 W	S 63 W	S 56 E
22	はれ	N 19 E	N 24 E	N 4 E	N 77 E
	くもり	N 75 E	N 83 E	N 36 W	N 56 E



第1図 富士山近傍の地形図

風が吹いている。

### 3. 煙突の位置と観測点

観測点の位置と煙突の位置を第4図に示す。図中Aの煙突は昼夜煙を吐いてくれるので、観測の主体も当然Aに集中した。第2表には夫々の煙突の特性が示されている。ここで注目されるのは、高い煙突ほど、うすい煙を吐き、低い煙突にかぎって濃い黒い煙を吐くことである。

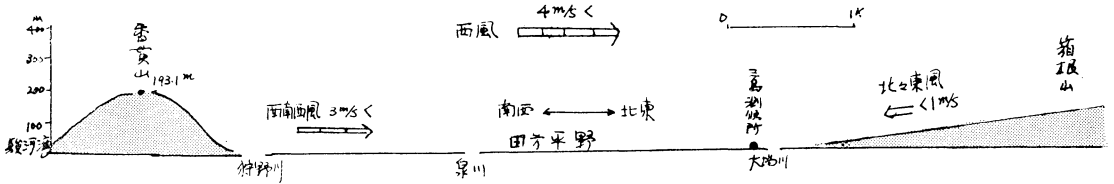
### 4. 煙の流れと天気

煙の流れは大気の安定、不安定の状態に左右される。

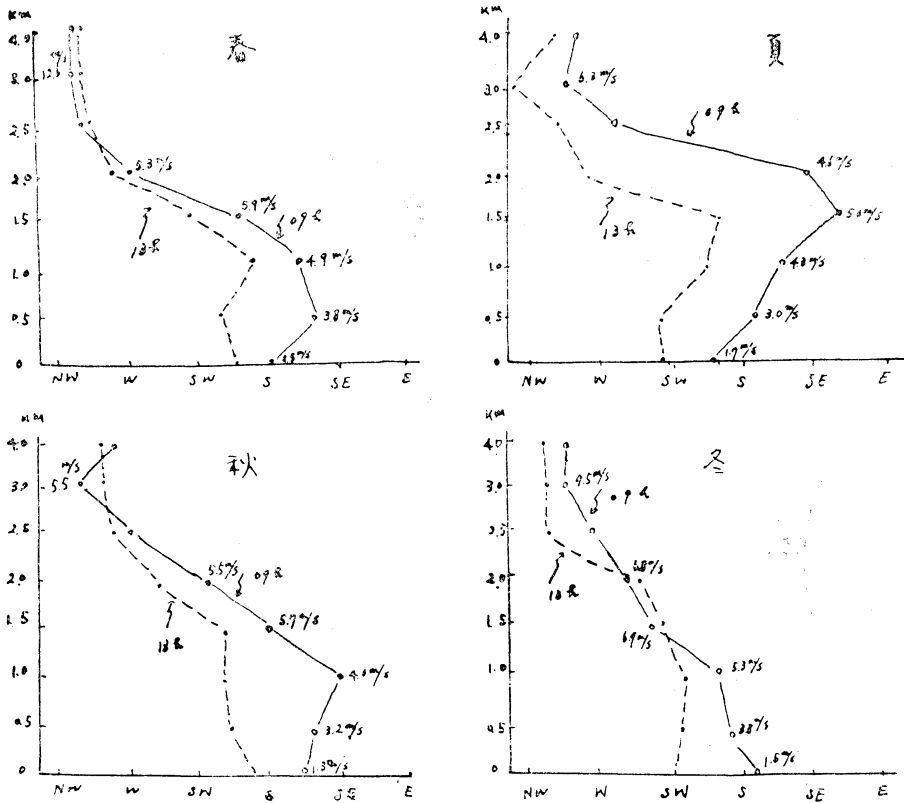
\* On the Diffusion of the Smoke Released from the Stack

\*\* K. Ijichi, 三島測候所  
—1964年12月21日受理—

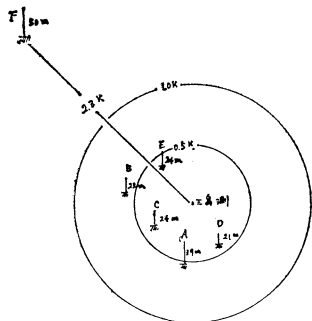
煙突から出る煙の観察について



第2図 三島の地形と風



第3図 季節別、高度別平均風向 1942~1944



第4図 固定観測点(地上6m)と煙突の位置

第2表 煙突の特性

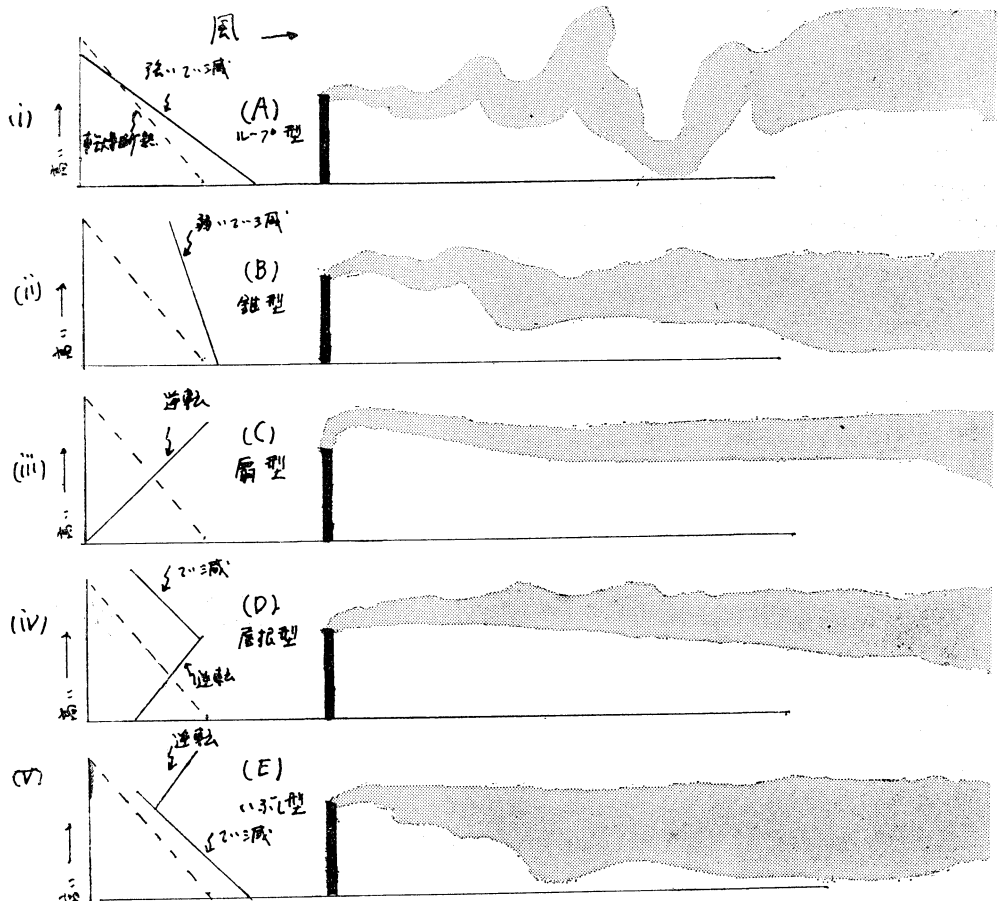
煙突	特性	高さ (m)	水平距離 (m)	吐出時間	濃度 (リンゲルマン)	色	燃料
A		39	510	1 日	1	紫	重油
B		23	550	明方・日中	5	黒	不明
C		24	400	//	4~3	//	//
D		21	375	明方	5	//	//
E		24	375	明方・日中	3~2	//	//
F		50	2.3k	明方	1	紫	重油

即ち最近刊行された伊東疆自氏の著書<sup>34)</sup>によると第5図にあるように、大気の安定度と煙の流れの関係は(i)ループ型 (ii) 錐型 (Coning) (iii) 扇型 (Fanning) (IV) 屋根型 (Lofting) (v) いぶし型 (Fumigation) の5種類に分けられている。実際煙の流れを観察して、これがループ型で、これがいぶし型等とはっきり区別出来ないのが実情であって、多くは変形したものが出てくる。煙突の高さによっても色々な煙が出てくる。そこで筆者は煙の流れ方を晴天型と曇天型の2つに分け、日中の風のごく弱い場合(1 m/s以下)と強い場合(3 m/s以上)に分け観察した結果をのべる。

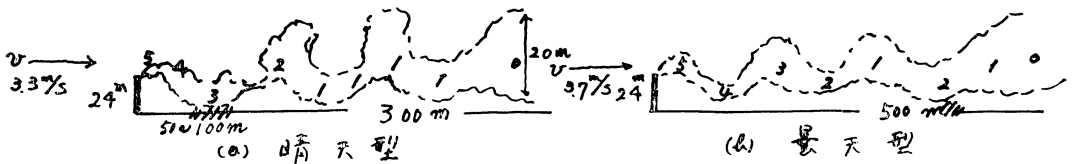
今煙のうすくなり方を観察してみる。第2表の煙突の特性の中で、比較的黒い煙を出すB及びDについて測定してみると、晴天型で風のない場合、一回の吐出時間2分ていどの煙ならば、空気中で拡散されて、すっかり消失してしまうまで10分位かかる。曇天型の場合だと20

分はかかる。明方の場合天気に区別なく煙は上昇し、ある高度で滞溜する。ちょうど原爆のキノコ雲のように煙は上昇し、ある高度で水平方向(左右)に流れる。高い煙突はより高い所で、低い煙突はある所まで上昇するが、地物の影響もあってか、すぐに煙の流れは変形する。

晴天で3 m/s以上の風のない場合、煙のうすくなる速さは、煙突の附近から少し遠ざかると急にうすくなる。例えば第6図(a)の場合がそれである。煙突の高さ24m、煙突口の吐出濃度リングルマン5、風速3.3 m/s、の時50mから100mの所に煙が地面に舞い降り、他のうすくなった煙、リングルマンの濃度にして2又は1が風下約300mの地点で全く見えなくなってしまう。ところが、くもりの場合は図(b)のように煙の濃度と距離が比較的整然と配列されている。煙が全く見えなくなってしまうのは500m位の地点である。次に雨天型についてみ



第5図 大気の安定度と煙の型



昭和38年12月18日11時快晴

昭和38年12月11日10時 本曇

第6図 天気別による煙の流れ。(煙の中の数値はリングエルマン濃度)

るとこれは曇天型とよく類似し、煙のうすくなる速度は甚だおそく、時としては20分から30分位のことは通常観察される。さきにもべた煙の型の5番目の「いぶし型」であるが、筆者が4ヶ月間の観察中ただ1度あった。それは昭和38年12月18日午前1時頃、煙突Aから出た見事な「いぶし」型であった。

5. 日の出、日没時における煙の流れ方

煙の流れを時間的に追ったのが第7図である。これはAの煙突からスケッチしたものであって、これを見ると早朝6時15分頃までは、ほぼ逆転層内における煙の流れ方をしているが、太陽が昇り始める6時25分頃からそろそろ煙の上面は乱れ始める。7時30分頃から上面、下面とも乱れが目立ってくる。然し煙の上昇高度、即ち煙の中心附近の高度は6時頃も、7時30分頃も余り変らない。

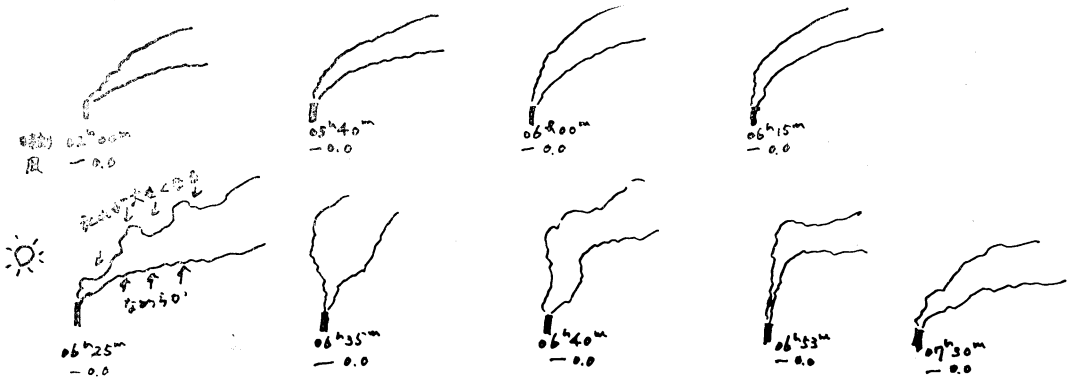
第8図は日没時のようすである。19時頃から逆転層内に入った煙の流れ方をしてくる。概して夕刻は煙を吐く

煙突がすくないので、詳しいことは、わからない。

6. 煙の上昇高度

煙が煙突口から、もくもくと上昇しある高さまでのぼると、その次は水平方向にたなびく。この煙の曲り角を、よく見定めて、測定点からトランシットで測る。この仰角から煙の上昇高度を求めるのである。第9図は、煙の上昇高度Hを求めるための測定図である。土地には起伏があるから、あらかじめ煙突口の仰角を測っておくとよい。今煙の上昇高度Hと煙突の高さとの比をaとし、aの値を検討して見る。第10図にあるように、aの値が1より大きい値であるとか、1より小さい値であるとかと云うようにaの値に色々な変り方をするような状態、例えば 風が比較的にある場合(3m/s以上)などはaの値を求めることは出来ないし、実際に意味がない。

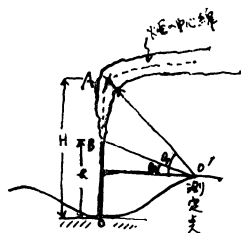
第3表には各煙突におけるaの値を示してある。この表によると、高さの比は3から約5の値を示している。



第7図 日の出時における煙の変化 昭和38年12月1日

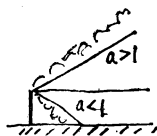


第8図 日没時における煙の変化 昭和39年1月5日



H: 煙の上昇高度  
h: 煙突の高さ

第9図 煙の上昇高度Hの測定図



$a=1$

第10図  $\frac{H}{h}=a$  と煙の流れ

プリーストレイ (Priestley, 1955) らは温位傾度  $2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  の気温逆転下で無風の時、家庭の煙突 (30フィート) 程度の熱源から出る煙でも地上から80フィートも上昇すると推定している。

第3表 各煙突の煙の高度と煙突の高さの比 a

煙突	A	B	C	D	E	F
$a = \frac{H}{h}$	2.9	4.7	3.5	3.2	3.3	3.5
H	116m	110m	80m	70m	80m	180m
観測回数	279	33	24	19	5	31

比に換算すると約 2.7 になる。

第4表には煙突Aにおける煙の上昇高度の日変化を示してある。日中の値が朝晩の値に比べてひくいのは、日中はやや風があるのと日射のため、a の値に多少なりとも不安定さを生ずるためだと思う。朝晩の煙の上昇高度から逆転層の高度が推定されるとすれば、大体 110m から 130m の位の高さになる。第3表と合せて考えると、接地逆転層の推定高度は恐らくは、100m から 150m 位ではないかと思う。

7. 煙の層状の観察

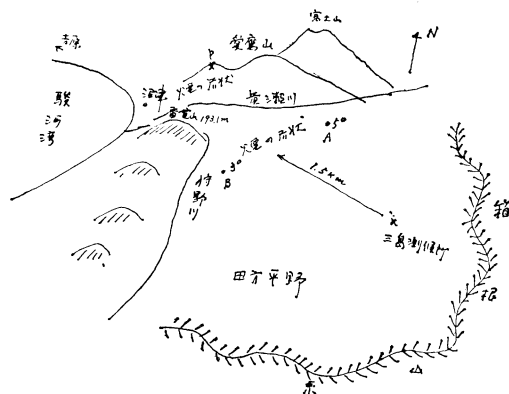
静かな部室で煙草をふかすと、煙はゆっくり上昇し、天井付近で波状をなして水平方向にたなびく。これは誰でも日常経験することである。これと同じような現象が大気中において、特に明方又は夕刻から宵にかけ観察されるのである。第5表は煙の層状の観測表である。

第4表 煙突Aにおける煙の上昇高度の日変化 (1963. 11~1964. 2)

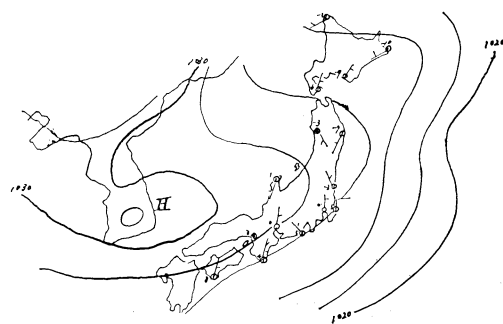
時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H	110	110	120	120	110	110	110	120	110	110	110	110	97	97	97	92	92	97	128	117	138	92	117	128
回数 N	4	3	3	3	10	25	30	39	32	12	6	2	2	6	3	9	11	10	21	14	17	7	6	4

天気別には、晴天の時に最もよくあらわれ、ついでくもりの日である。風は弱く 1.5m/s とまじりである。

天気図による分類は高気圧圏内3, 高気圧の張出し9, 気圧の谷4, 前線が南岸にあるもの5, 高気圧の後面1となっている。このように、高気圧の張出しが一番多く高気圧圏内は割合に少い。この表中特に煙の層状の出現に顕著なものには※印をした。特記すべきは、7例中3例が南岸に前線があった時である。三島と香貫山の最低気温並びに午前9時の気温をとって温度差をみると、その殆んどは逆転下にある。発生は工場が作業開始してボイラーをたく頃、又は一般家庭の暖房、或は焚火等の時刻と一致して明方の6時頃から8時頃に多く観察され



第11図 煙の層状の立体図 昭和39年1月10日6時頃晴



第12図 典型的な煙の層状出現時の天気図 昭和39年1月10日6時

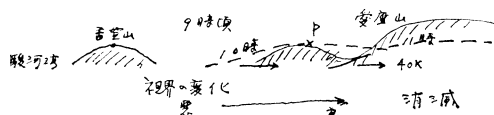
第5表 煙の層状の観測表

	年 月 日	時刻	仰角	位 置	天気	風向、風速	天気圏分類	三気 島温	香 貫 山	逆転
1	38 11 15	5 50	5	香貫山一愛鷹	⊙	— 0.2	高気圧圏内	Min 9h 6.0 12.1	10.4 13.8	十 十
2	〃 11 20	8 45	8	〃	⊙	— 0.0	谷	11.9 13.6	10.5 14.6	— 十
※ 3	〃 11 23	6 00	N12 S15	〃	○	SSE 1.2	南岸に前線	6.8 13.5	12.2 15.2	十 十
4	〃 12 6	9 00	9	〃	○	WSW 1.0	〃	5.0 10.3	7.3 12.5	十 十
5	〃 12 13	8 00	10	〃	○	SSE 1.0	高気圧張出し	0.1 5.8	5.0 9.5	十 十
※ 6	〃 12 15	8 15	10	〃	○	— 0.0	〃	1.1 8.5	6.5 10.7	十 十
7	〃 12 16	8 30	12	〃	⊗	S 0.5	南岸に前線	0.4 2.9	欠	
8	〃 12 19	8 30	12	〃	○	SW 0.7	高気圧張出し	-2.2 2.7	2.1 8.0	十 十
※ 9	〃 12 21	7 00	4	〃	○	— 0.2	谷	-1.6 3.8	0.7 6.8	十 十
※ 10	〃 12 23	8 55	6	〃	○	SE 1.2	高気圧圏内	-1.6 4.0	3.8 0.2	十 —
11	〃 12 24	7 30	5	〃	⊙	S 0.3	高気圧の後面	4.0 11.8	3.7 8.3	— —
12	〃 12 28	7 30	5	〃	○	NE 0.7	高気圧の張出し	-2.7 2.6	-4.4 0.2	— —
13	〃 12 29	7 30	8	〃	○	— 0.0	高気圧圏内	-4.0 1.2	-3.2 0.7	— —
14	39 1 6	7 30	3	〃	○	— 0.0	高気圧の張り出し		欠	
※ 15	〃 1 10	6 50	3—5	〃	⊙	NE 0.8	〃		欠	
※ 16	〃 1 26	7 00	5	〃	⊙	ENE 0.7	南岸に前線		欠	
17	〃 2 3	7 00	10	〃	○	— 0.0	高気圧の張出し		欠	
18	〃 2 6	8 30	12	〃	○	NNE 1.0	南岸に前線	-3.8 1.8	-0.9 4.3	十 十
19	〃 2 7	7 30	6—8	〃	⊙	SE 1.2	谷	6.2 7.2	4.5 5.9	— —
20	〃 2 11	8 30	11	〃	⊙	N 0.5	〃	2.0 7.4	-1.8 10.1	— 十
※ 21	〃 2 14	8 30	5	〃	⊙	SW 1.5	高気圧の張出し	-4.3 1.9	-1.2 2.7	十 十
22	〃 2 29	8 30	7—8	〃	○	SE 1.0	〃	-3.2 4.1	1.3 3.8	十 —

た。位置は南西から北にかけ、仰角は3度から5度位の間にあらわれる。距離にして1.5kmから2.0kmに測定出来るから、高度にして100mから150mになる。この水平距離の1.5kmから2.0kmの目安は煙の層状の方向の煙突の鮮明度から(トランシットによる)割出したものであるから大体まちがいないと思う。仰角の中には10度又は12度と大きな値があるが、水平距離にしてもっと手前にあるものである。第11図に煙の層状の典型的な例として、昭和39年1月10日6時頃のもようを立体的に図示してある。

第12図はその日の午前6時の天気図で、高気圧の張出しに相当する。図中に煙の層状が三島市と沼津市の間と他の1つは沼津市の方に描いてある。これは筆者が観察していて、煙の層状が、どうしても2つあるように思われ、たまたま香貫山に出かけたところ、香貫山頂にある月光天文台気象課の五味氏、小林氏からこのことが指摘されたので沼津の方にも描いたわけである。煙の層状の左端は狩野川に、いつも発生する川霧にとけこんでいる。この川霧の上辺は香貫山中腹より少し上の方に位置しているように見える。沼津市にある沼津工業高校の西

岡先生が昭和39年2月29日から3月1日にかけて香貫山を数回登り、観測したところ川霧の高さはせいぜい100m位と云うことであった。煙の層状の消滅は大体9時から10時頃である。その後は煙霧の現象となり、冬期の晴天時には11時頃にはすっかり煙霧もはれ、異常透明となる。煙の層状の消滅時に、時として雲一点もない青空に、高さにして400m附近にうすい帯状の煙の層が出現することが屢々あった。このことは上空に尚1つの逆転層が存在していることを意味していると思われる。第13図は煙霧の解消を図に示したものである。9時頃全体をおおっていた煙霧の層は、南から次第にはれ、愛鷹山の点Pの高度に比較的濃くおおいかぶさり、11時頃には愛鷹山麓から瀬川谷に沿って消散してゆくようである。



第13図 煙の層状の境界がぼやけ、煙霧となり視程が南から除々によくくなる変化

## 8. むすび

無我夢中にやり始めたことで、煙を追うことが、いかに難しく、いかに根気を要するものか、つくづく感じられた。煙は千変万化つかみ所がないし、4ヶ月間は煙に追われてしまった。逆転層の高さはすくなくとも100mから150mの位置にあるものと思われる。煙の層状の滞留現象、或は煙霧のはれぐあい等、色々観察出来たことは、せめてもの収穫だと思っている。終りに月光天文台の五味氏小林氏、沼津工業高校の西岡教諭等の色々な御助言を心からあつく感謝致します。

## 参考文献

- 1) 藤村郁雄 (1964): 下土狩の気象: 東海地方研究会誌掲載の予定
- 2) 伊知地公彦 (1961): 三島の上層気流: 東海地方研究会誌, 第15巻 p. 4
- 3) 伊東彊自 (1961): 大気汚染と制御 (上) 応用気象学講座, 地人書館 p. 69
- 4) 伊東彊自 (1963): スモッグ 紀伊国屋新書 p. 74

## 国際会議及び学会のお知らせ

(WMO, Bulletin Vol. XIV. No. 3 July, 1965 による)

### CALENDAR OF COMING EVENTS

#### World Meteorological Organization

9-11 August	Commission for Climatology, Working Group on Climatic Atlases, Stockholm, Sweden
12-26 August	Commission for Climatology, 4th session, Stockholm, Sweden
18-24 August	IAMAP/WMO Symposium on Atmospheric Chemistry, Circulation and Aerosols, Visby, Sweden
31 August-13 September	FAO/WMO Seminar on Meteorology and the Desert Locust, Asmara, Ethiopia
6-18 September	Commission for Synoptic Meteorology, Working Group on Telecommunications, Geneva, Switzerland
13 September (3 weeks)	Commission for Synoptic Meteorology, Working Group on Codes, Geneva, Switzerland
4-16 October	Commission for Instruments and Methods of Observation, 4th session, Tokyo, Japan
4-16 October	Regional Association II (Asia), 4th session, Tehran, Iran
10-17 November	Executive Committee Working Group on Antarctic Meteorology, Melbourne, Australia
17 November (4 weeks)	Seminar on Numerical Weather Prediction, Moscow, U.S.S.R.

#### Other International Organizations

14 September-12 November	Plenipotentiary Conference of the International Telecommunication Union, Montreux, Switzerland
10-15 October	4th Czechoslovak Bioclimatological Congress with International Participation, Brno, Czechoslovakia
22 November-3 December	Special Study Group A (Data Transmission) (ITU/CCITT), Brussels, Belgium