

関東地方を通過する寒冷前線の局地解析*

杉 浦 茂**

要旨

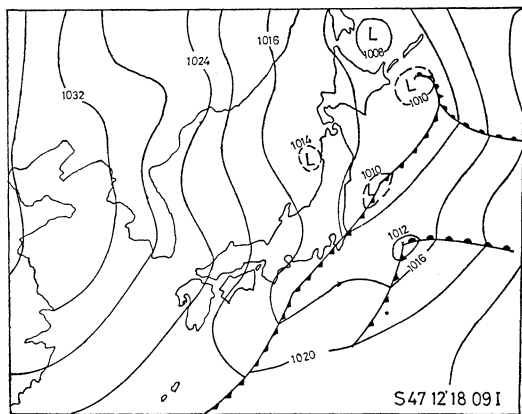
昭和47年12月18日寒冷前線が東日本を通過した。このとき関東南部はやや強い南西の風が吹いたが東京では風が弱くスモッグ（いおう酸化物による高汚染）が発生した。以下はその時の局地天気図の解析の結果である。関東地方ではシノプティックスケールの寒冷前線の通過とは別に局地的な前線が停滞し、寒気内の弱風域で高汚染が発生した。

1. はしがき

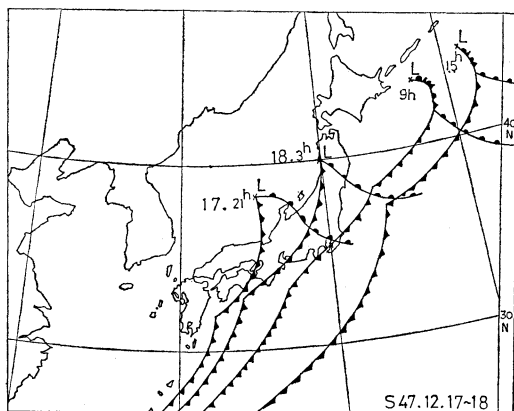
一般に冬期に寒冷前線が通過する際には東京では天気がいよ場合が多く風向の変化も顕著でない場合が多い¹⁾。

特に寒気の実質部分は中央山脈にさえぎられて通過がおけると考えられている。また中央山脈を通過する際、変質して山脈の風下では顕著な前線通過の検出の困難な場合が多い。更に地形の影響を受けて寒冷前線通過時の下層の大気の流れは西南西ないし西北西から東北東ないし東南東へ向う場合が多く、このような場合に関東南部に寒気内のまわり込んだ南西風が入り関東北部の北風とぶつかって関東中部に収束帯が出来るため²⁾前線通過の検出を困難ならしめている。夏季において海陸風前

線や熱低気圧がシノプティックスケールの気圧パターンの変化とは別に局地現象として顕著に現われると同じように、冬期においては地形の影響を受けた気流の流れがシノプティックスケールの気圧配置とは別に顕著に現わ



第1図 昭和47年12月18日9時地上天気図



第2図 地上の前線の追跡図

註1

シノプティックスケールの前線解析は主に、カーク³⁾、クレスビック⁴⁾の考えに従った。

$$f \frac{\partial V_g}{\partial b} = -f^2 \alpha = -\frac{R}{g} f^2 T$$

f : コリオリ因数

V_g : 地衡風

b : 気圧

α : 比容

R : 気体常数

g : 重力加速度

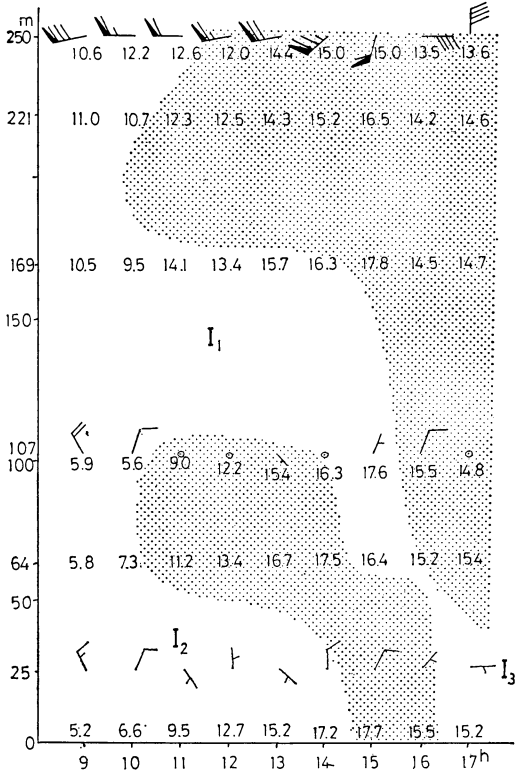
T : 気温

式の最大値がフロンタルゾーンの暖気側の端にあたる。今回の解析では気温は地表の影響の少ない850 mbの気温を用いた。

* Small scale analysis of cold front passing Kanto district.

** S. Sugiura: 気象庁予報課大気汚染気象センタ

—1973年3月1日受理, 1973年9月7日改稿受理—

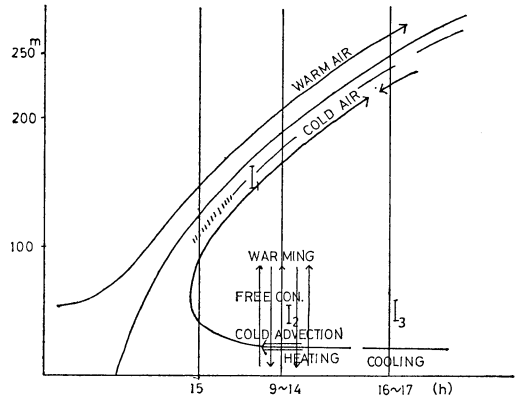


第3図 昭和47年12月18日9時から17時までの東京タワーの断面図。数字は気温 °C。矢羽根は1本が1 m/sec。

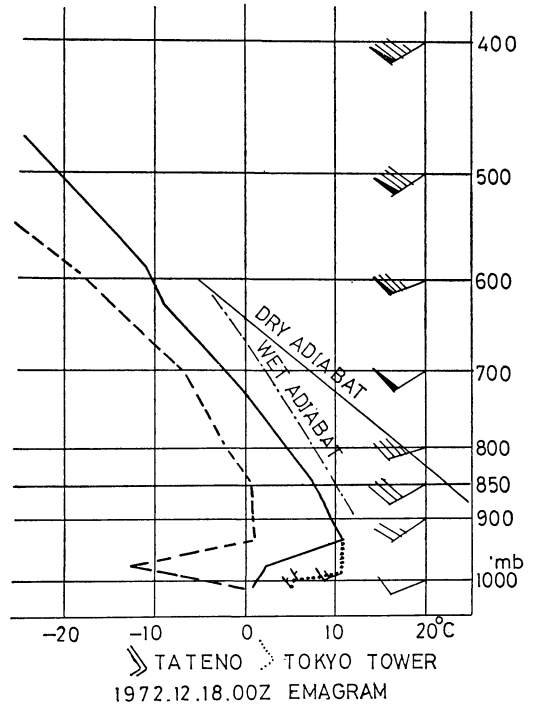
れる現象がある。今回の例はその一例でシノプティックスケールの解析では第1, 第2図に示すような形で単純に通過したと思われる寒冷前線^{註1}も局地解析をすると、かなり複雑な現象となっている。関東地方では別に局地的な前線が停滞し、前線の停滞によって寒気内の弱風帯にスモッグが発生した。なお、この前線上に R_i 数, R_0 数からヘルムホルツ波^{註2}と考えられる波動が発生した。

2. 東京タワーの気温・風の鉛直分布の解析

東京タワーでは第3図に示すように250mの高度までに風向、風速 (m/sec) の観測を3ヶ所、気温の観測を6ヶ所で行っている。9時から17時までを時間断面図で示したのが第3図である。朝は接地逆転と前線による逆転のため全層にわたって安定層を形成し、前線性逆転 I_1 は11時に最も顕著となり15時頃この逆転層の高さは前線の北上による接近に伴い低くなった。この逆転層を前線性逆転としたのは後で述べる局地流線図による解析、東京タワーの250mと下層の風の違い、地上の気温の南北



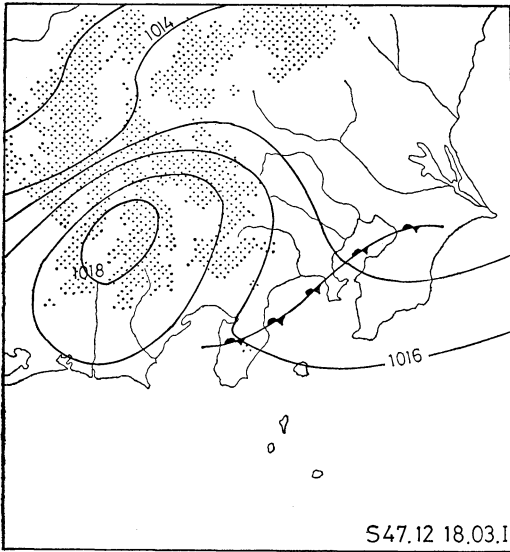
第4図 前線付近の断面解析想定図



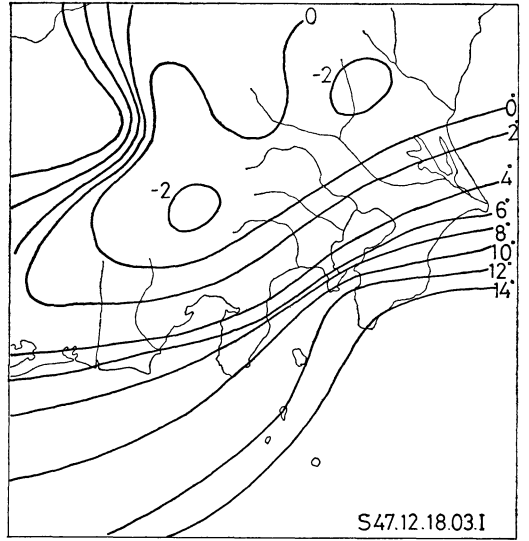
第5図 昭和47年12月18日9時の館野と東京タワーの状態曲線

方向の差の強さ等による。下層の接地逆転 I_2 は昼過ぎまで持続したが、これは地上で南北に10kmで約10°Cの強い温度傾度があったためと思われる。すなわち、日射によって地面付近が温められると対流が起り下層は一樣に昇温するが地面付近は北風のため北の方から冷たい気塊が流れてくるため安定層が持続したと考えられる。

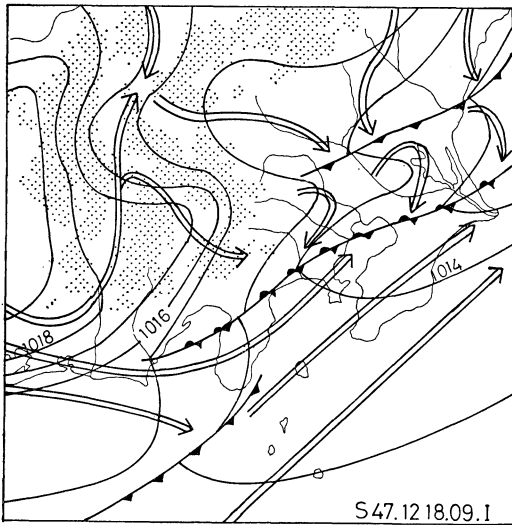
(ただし測器の精度等の問題もあるので、断定はできな



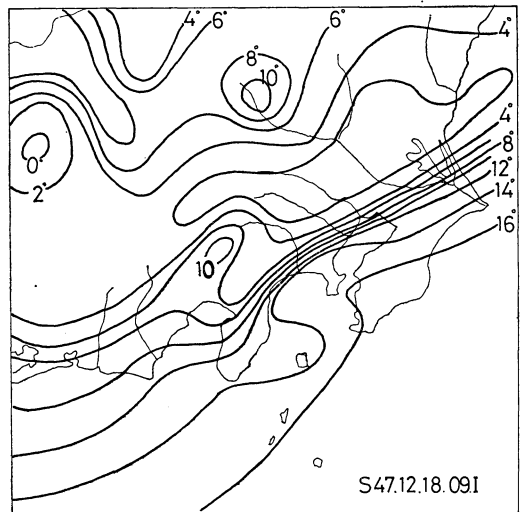
第6図 (a)



第6図 (b)



第6図 (c)



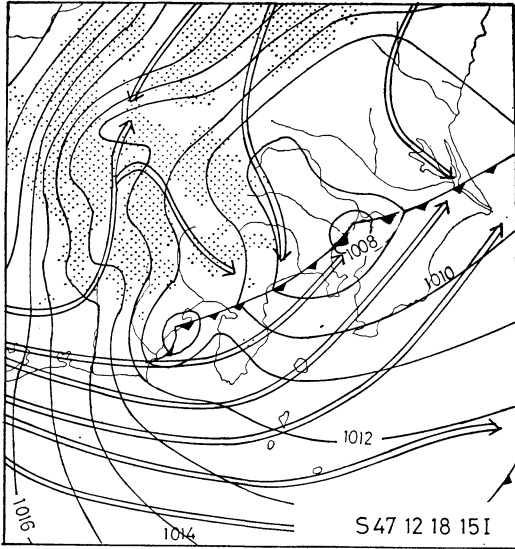
第6図 (d)

い) 夕方は日射の弱まりにより接地逆転層 I_3 が出来たと思われる。これらの関係を断面図で示したのが第4図である。これは大気汚染の高濃度発生と関係のあるいくつかの安定層の発生のメカニズムに関する考え方であって多少問題もあろうかと思われる。第5図は館野のメタグラムと東京タワーの観測をコンポジットしたものである。

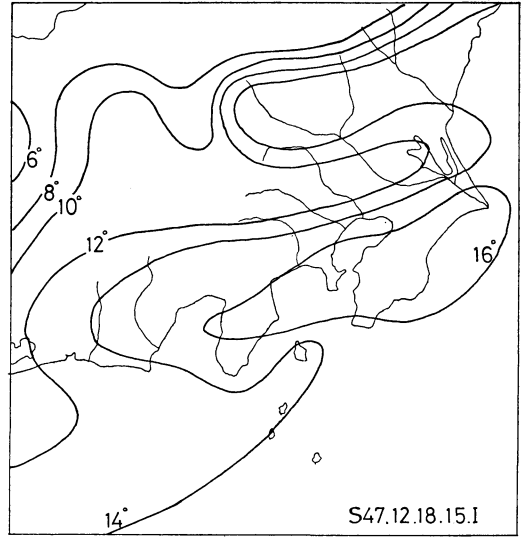
3. 関東地方周辺の解析

当日朝3時から21時までの前線、流線および気温の解

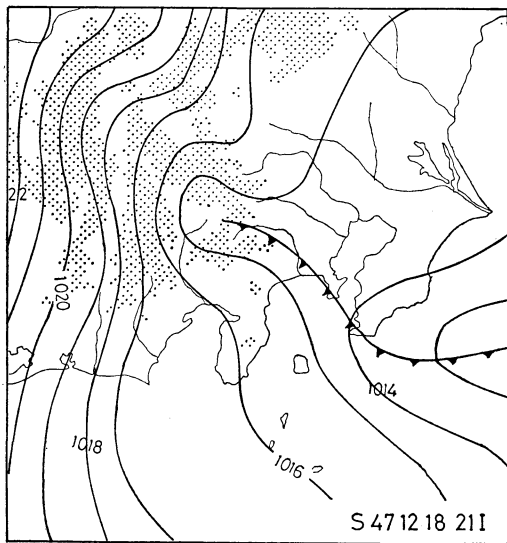
析を第6図(a)~(h)に示す。朝3時には放射冷却による高気圧が中部地方南部に発生し関東地方中部に前線を形成している。この時の気温の分布を見ると中部地方から関東北部にかけての冷却と南海上の暖気との気温差が大きくなっている。9時にはシノプティックスケールの寒冷前線は北の方は関東北東部に達し南は伊豆半島の南海上に達した。関東北東部の寒冷前線は気温差がないが、前線の位置の推定は館野の下層の風を考慮して風のシャーから決めたものである。資料が少ないためその付



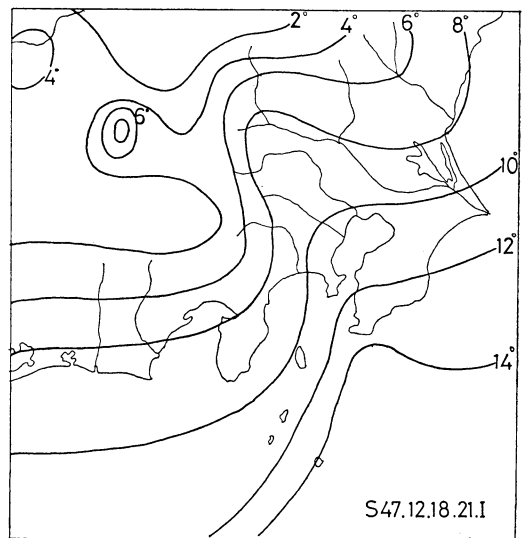
第6図(e)



第6図(f)



第6図(g)



第6図(h)

第6図 昭和47年12月18日3時~21時の解析図, 左は気圧 (mb) と流線右は気温 °C

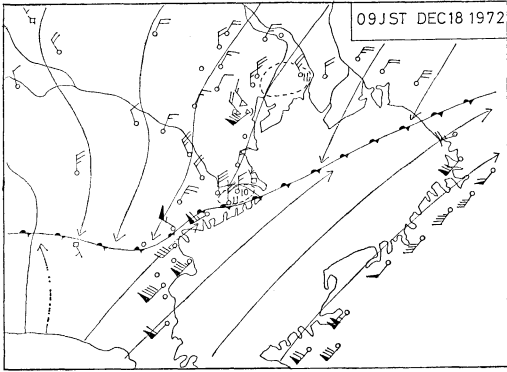
近の前線の位置や流線解析はやや不確実である。関東中部は放射冷却による寒気と中部地方南海上からまわりこんだ暖気との間に顕著な前線を形成した。気温分布をみると前に示したように東京付近で最も気温差が大きくなっている。15時には北の前線は関東中部の前線と合体し銚子沖では東海上へ出てしまった。また南海上の前線は三宅島の東へ去っていった。しかし関東中部の前線は日

射による寒気の昇温により気温差は小さくなったが気圧系としては更に顕著となって低気圧が発生し、流線は後で示す局地流線図でもわかるように顕著な流れの差を示している。21時にはさすがの前線も東の方から南下し、寒気のはらん並に放射冷却によって気温も全般に低くなってきた。なお第6図(c), (e)に示した中部山岳方面の流線は河村氏の解析とはほぼ似た形をとった。

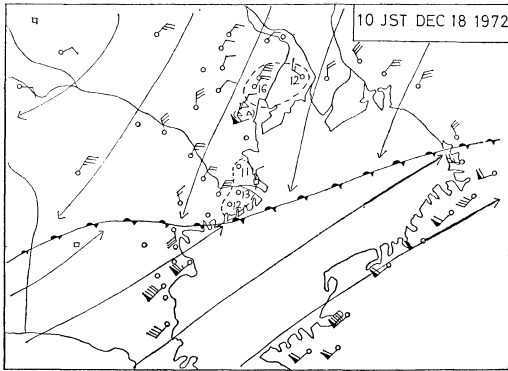
4. 関東地方の局地解析

第7図 (a)~(i) は関東地方の前線付近の東京, 神奈川, 千葉3都県の風の解析を行ったものである. 3都県の汚染観測点の風向, 風速 (m/sec) (風速1mにつき矢羽根1本でプロット)に飛行場の観測(□に国際式でプ

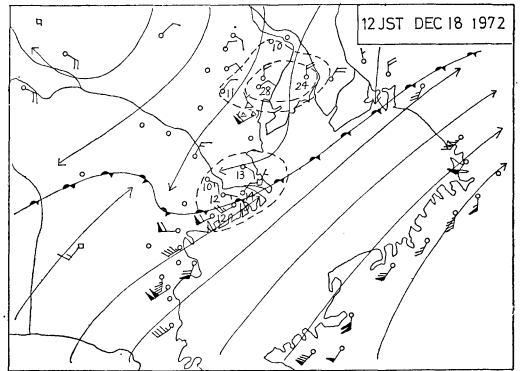
ロット)と東京タワーの観測(△の位置かっこ内は左が107m 右が250mの観測)を加えたものである. 観測点の数字はSO₂の濃度でpphmで示し10pphmの所を破線で囲んだ. 暖気側では南西の強風が吹きつづき, 寒気側はNまたはNEの2ないし3mの弱い風がつづいた. 9時に発生した都心の都市暖房による汚染域と川崎工場地帯の工場汚染による汚染域が次第に拡がり, 11時に都心の汚染濃度は0.20ppmに達した. 12時に厚木飛行場観測の風は南西15KTSに強まり神奈川県北部に前線性波動が発生した. この波動は北上し13時には東京タワーのすぐ近くまで近づいた. 川崎地区はとり残された北風の域に入っていて未だ0.10ppm以上の濃度を示していたが14時には前線の北上とともにやや強い南西風にかわり汚染は消失した. この間の東京タワーの風は南西風であることをあわせ考えると高汚染域は100~200mのかかなり低い層でふたをされた形になっていることがよくわかる. 16時前線の南下とともに前線性逆転層の高度が高くなったため都心の汚染は次第に弱まり, 前線は17



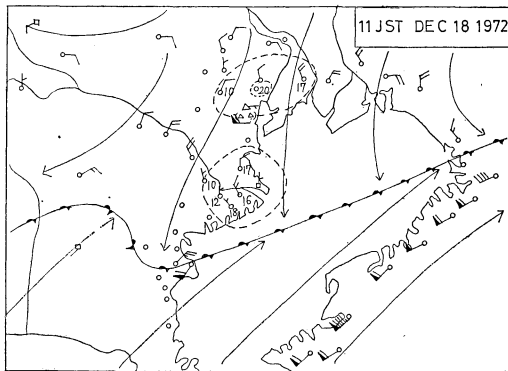
第7図 (a)



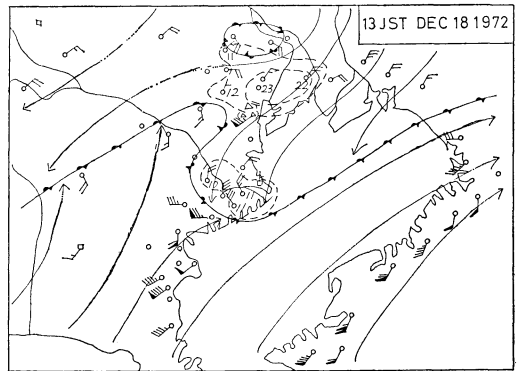
第7図 (b)



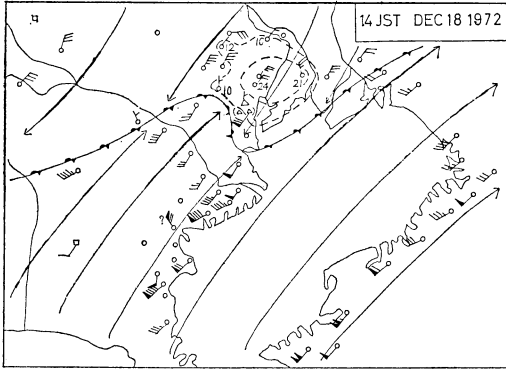
第6図 (d)



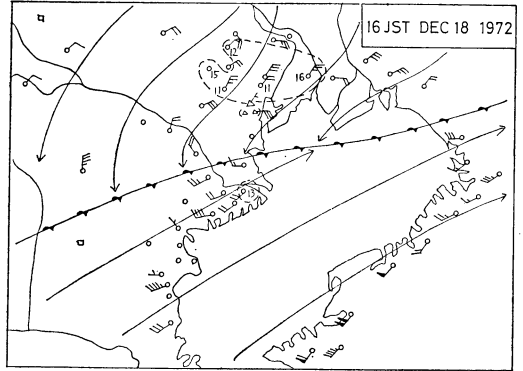
第7図 (c)



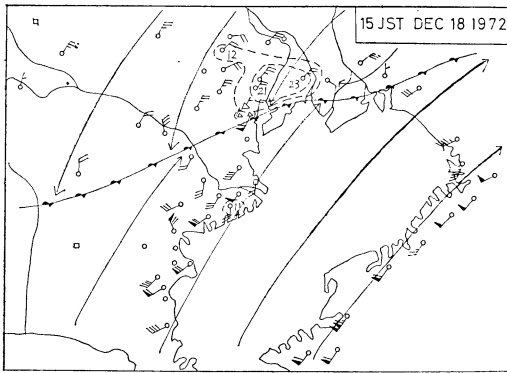
第7図 (e)



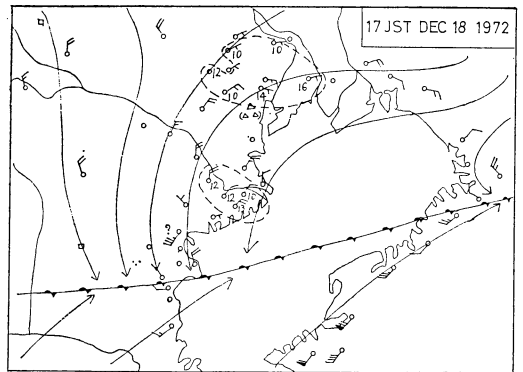
第7図 (f)



第7図 (h)



第7図 (g)



第7図 (i)

第7図 昭和47年12月18日9時~17時の局地流線図(関東南部)。△は東京タワー-25m高度。(△)左は東京タワー-107m高度。右(△)は東京タワー-250m高度。□は飛行場観測所。矢羽根は1本1m/secを示す、但し飛行場観測所のみ国際式。数字はSO₂濃度pphmを示す。

時には急速に南下した。前線の変化を示したのが第8図である。前線ははっきりした形ではないが規則的に変化し小さな波動の移動のように思われる。第6図の(e)と対比してみると波動の中心と思われる位置は1008mbの小低気圧となっている。東京タワーの250mの風向は西から南西、南南西とかわり波動のとおり過ぎたあとの

16時には東風となった。12時頃から15時頃までの寒暖両気塊の気温差は小さくかつ風の垂直シャーが強いのでリチャードソン数はかなり小さい*。また波動の長さは100km以下なのでロスビー数は1より大きい**。このためこの波動はヘルムホルツ波と思われる。

6. むすび

この調査はSO₂の高汚染時の局地風系の解析を目的として行った。日常一般の解析で時々遭遇するシノプティックスケールと局地スケールの解析の相違が顕著だった。昭和42年頃と違ってSO₂の高汚染の発生の回数は非常に少なくなった。やや強い接地逆転があれば朝必ずといってよい程0.20ppmを越えた(冬期は2日に1度)が最近では少なくなり(月に2,3回)気圧パターンも高気圧内の弱風、高気圧後面の接地逆転+曇り等の一般のパターンでは高濃度が持続せず今回のような特殊な状況

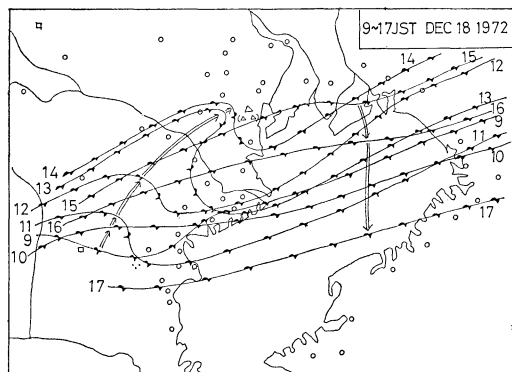
* 200m で Δθ≈1°C, ΔV≈7mpsec とすると

$$R_i = \frac{g}{\theta} \frac{\frac{\partial \theta}{\partial z}}{\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2} \approx \frac{980CGS}{29^\circ C} \times \frac{10^{-4}CGS \times \left(\frac{1}{2}\right)}{10^{-4}CGS \times \left(\frac{7}{2}\right)^2} \approx 0.14$$

で0.25より小さい。

** 波長を100km とすると

$$R_0 = \frac{V}{fL} \approx \frac{7 \times 10^2 CGS}{0.7 \times 10^{-4} \times 10^7 CGS} \approx 1$$



第8図 昭和47年12月18日前線移動図

すなわち強風を持った暖気にくたをされたせまい弱風域の持続という状態で高濃度が発生している。なおこの調査にあたっては東京都、神奈川県、千葉県から資料の提

供を受け、また予報課の皆様には検討に加わって頂いた。厚く感謝の意を表します。

文献

- 1) 杉浦 茂 (1963): 昭和38年5月24~28日前線通過に伴う東京の天気。関東甲信地方予報検討会資料。
- 2) 河村 武 (1966): 中部日本における冬の地上風系。地理学評論第39巻第8号。
- 3) Kirk T.H., (1966): Some aspects of the theory of fronts and frontal analysis. Quart. J. Roy Meteor. Soc., **92**, 374-381.
- 4) Creswick, W.S., (1967): Experiments in objective frontal countour analysis. J. Meteor. Soc., **6**, 774-781.
- 5) Orlandi I., (1968): Instability of frontal waves, J. Atmos. Sci., **25**, 178-200.



高橋浩一郎著
生存の限界

—日本の未来を予測する—

毎日新聞社, 1973, 262 pp, ¥ 750

著者はこの本の序文で、これを書くつもりになった動機は、「ローマ・クラブのレポートを読んだことから始まる」と述べている。ところが、本書の内容を見ると、文明の危機、爆発する人口、枯渇する資源、エネルギー革命、限りある水資源、自給出来ない生物資源、増大する公害、自然の生態、気象環境と社界現象、変わる気候、迫る大地震の脅威、自然災害の克服、情報の心理効果、国土の計画的利用、望まれる未来設計、からなり、ローマ・クラブの報告書より一層広い範囲にわたって問題をとりあげている。このことは著者が単に優れた気象学者であるばかりでなく、平素から自然科学、人文科学を包括する広い視野と見識とをもっている証左である。最近トイレット・ペーパー等がまき起した騒ぎがあった

が、本書のなかにはそれを予測するかの如くに、「デマの流布量=影響の重要性×現象の曖昧性」という公式がのせられているが、これなどは著者の博識の一端をうかがわせるものであろう。

本書は人類の危機を予告し、考えさせられる問題を数多く提出しているばかりでなく、それらをわかり易く、かつ興味深く解説している点からも、是非これを読み、さらに考えることをおすすめしたい。

この本の母体になっているローマ・クラブの報告書は、その後数多くの論議をよんでいるが、やがて危機が来るという点では大方の意見は一致しており、問題は危機到来の時期とその回避方法についてであるようである。勿論両者は関連しており、時期が早いか遅いかによって、おのづから対応策も異ってくる筈である。そこでわれわれ気象を学んでいる者の立場からすると、気候変動の予測をより正確にすることが、この問題に一番貢献しうるみちであらう。多分このような見地から、GARPではFGGE (First GARP Global Experiment) に続く問題として、気候変動の研究を採り上げようとしているが、わが国の研究者の間にもこの気運が滲透することが望まれる。

(山本義一)