

# 熱帯低気圧に伴う異常気象について\*

外山保茂 北沢邦男\*\*

## 1. まえがき

航空交通管制のための気象サービスとしては、常時各地の気象資料が通報されている。又、たび、異常気象が発生すれば、勢い精度の高い気象情報が要求される。しかしながら台風のような強烈なじょう乱が本邦を支配している場合はその場所の、航空交通が杜絶するか又はこれに近い状態となるので、したがって要求度が減少する。これに反して、比較的よわいじょう乱で平常通りの交通が維持されているような場合は、地上ではあまり異常気象が認められない時でも上空では航空機が障害に遭遇している。したがって、この種の場合として昭和36年9月3日から4日にかけて本邦をおそった熱帯低気圧が、当時の航空交通にどの程度のえいきょうを与えたかを知るため若干の調査を行ったので、その結果を報告する。

## 2 概況

### (1) 地上、

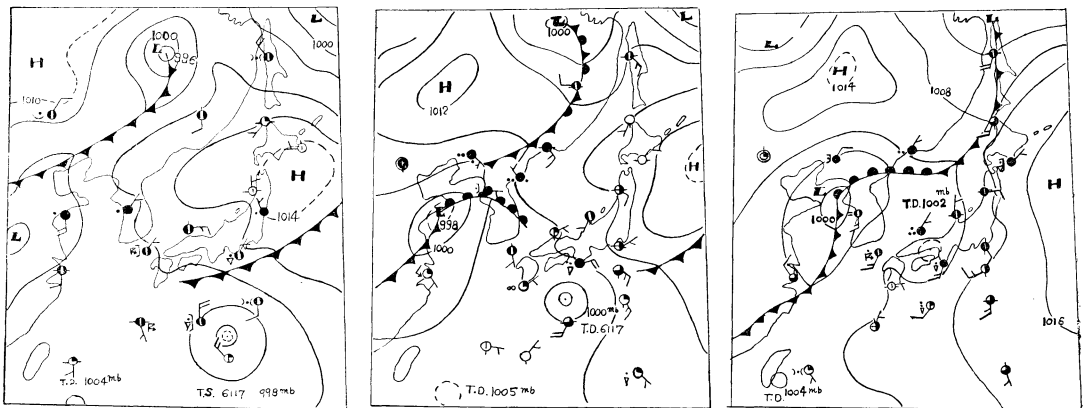
9月2日、オホーツク海を東進する低気圧の中心より

南西にのびた寒冷前線が同夜から3日朝にかけて本州の南岸まで南下した。一方3日21時には、山東半島付近に現われた998mbの低気圧が、東にのびる温暖前線をともなって北東に進んだので、この低気圧の前面では暖気の移流があり、そのために西日本では前述の寒冷前線は変質が早く、間もなく地上では消滅した。一方、台風第7号は3日21時には熱帯低気圧となり四国の南方海上約300kmに達し、中心示度は1000mbと衰えながら急速に北上した。そして4日早朝には四国へ上陸し、兵庫県を通過して日本海に入り、北陸沿岸をとおり同夜には東北地方に向けて移動した。

この間、本邦各地では雷雨が頻発し、特に径路に当たった近畿地方や東側の東海地方では顕著であった。なお関東南岸では、前述の前線が振動したため雷雨が5日早朝まで続いた。

### (2) 等圧面解析

700mbおよび500mb等圧面天気図では、中緯度高気圧の峯が本邦の東方洋上より西にのび、一方気圧の谷は



a (3日09時)

b (3日21時)

c (4日09時)

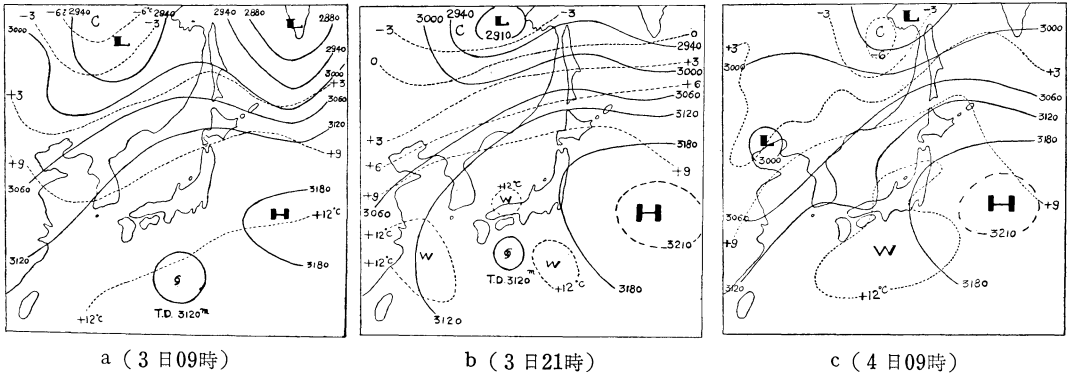
第1図 地上天気図 1961年9月3日9時～4日9時

\* On the Significant Weather Accompanied by the Subtropical Depression Which Hit Japan on the 3rd~4th Sep. 1961.

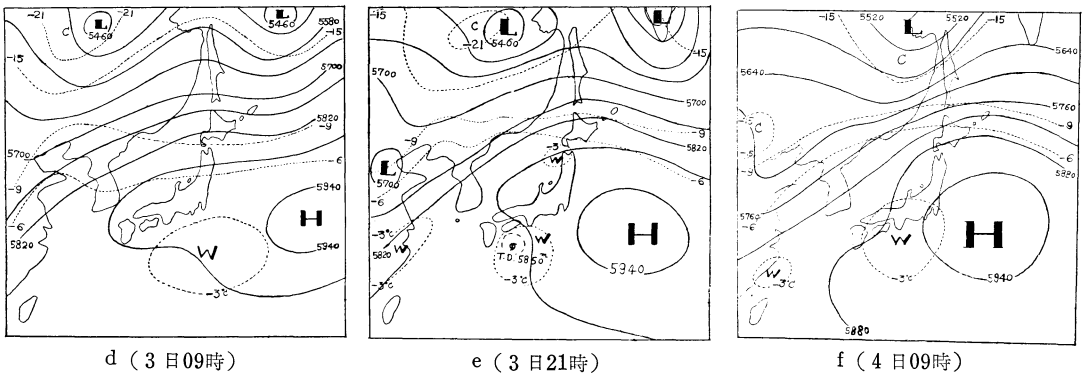
\*\* Yasushige Toyama, Kunio Kitazawa  
東京航空地方気象台 ー1963年1月10日受理ー

中国大陸の東部にあってゆっくりと東進していた。

熱帯低気圧は、3日09時には鳥島の南西海上にあって北西に進んでおり、3日21時から4日09時にかけて本州は、熱帯低気圧の接近と谷の東進により各々の等圧面高



第2図 等圧面天気図 (700mb) 1961年3日9時~4日9時



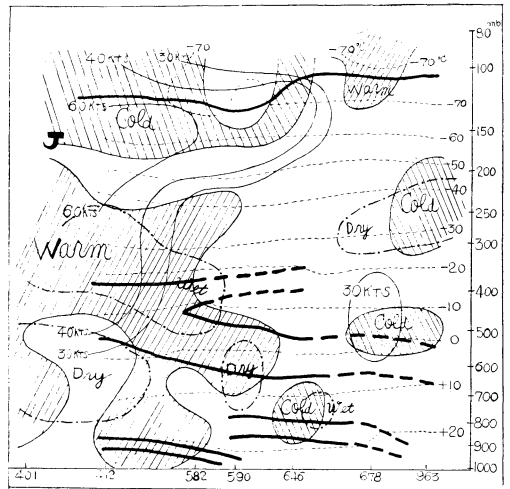
第2図 等圧面天気図 (500mb) 3日9時~4日9時

度は西日本では降下したが、関東地方から東北地方では逆に上昇した。これは中緯度高気圧の西進によるものである。なお熱帯低気圧の中心付近の閉じた等高線は、700mb と、500mb では3日21時まで認められるがそれ以後は谷の形となった。次に、本邦周辺の温度場をみると、3日09時までの変化はあまり大きくなかったが、同日21時には地上と同様西日本から日本海にかけて大規模な暖気の移流があり、後その現象は次第に東へ移って4日09時の700mb では、中部地方から東北地方へ舌状に強い暖気が侵入してきた。

(3) 高層断面解析

140°Eに沿う子午面内では、北は稚内より南は鳥島までと、東西方向には館野、潮岬を経て福岡に至る断面解析を3日09時から4日21時まで行なった(図の一部を省略掲載)。

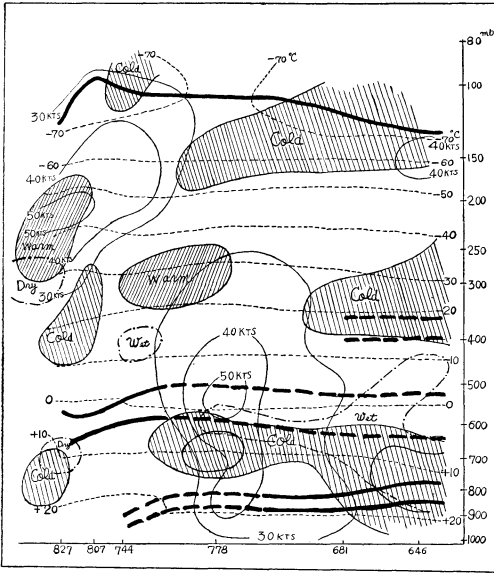
これらの解析より3日09時には、本邦上層には660mb付近、850mb付近、および950mb付近の転移層が解析された。これらを上からA、BおよびCとすると、Aは上空の亜熱帯前線で南海上では寒冷前線となり、又Bは館野



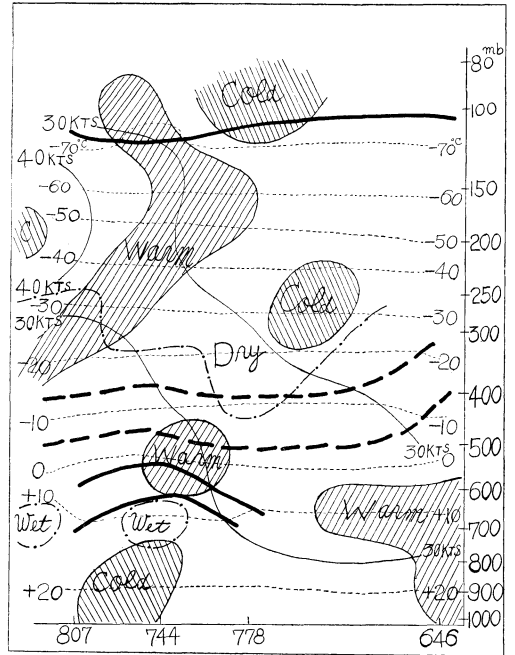
a (140°E) (3日21時)

第3図 垂直断面解析図(1961年9月3日9時~4日9時)

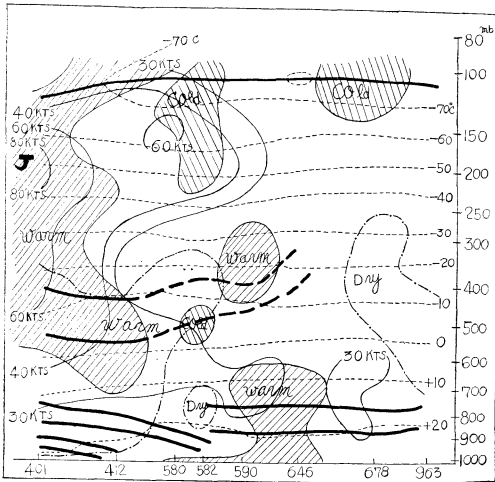
付近、Cは秋田付近でそれぞれ、地上で寒冷前線となっていた。そして3日21時には、Aは不明瞭となり、Bはや



b (West Bound Route) (3日21時)



d (West Bound Route) (4日09時)



c (140°E) (4日09時)

カーブして北東方向に進んだため、径路の南東側に当る東海、関東の両地方の上層では、BおよびCが共に上昇し、一旦南下したCともなる寒冷前線は中緯度高気圧の影響も加わって温暖前線となり、やゝ北上した。

なお、東北地方では偏西風帯と熱帯低気圧にともなる暖気流の干渉により、西よりの上層風が次第に強くなってきた。

### 3. 異常気象の発生

2節で述べたような気象状態の下にあって本邦周辺では、前掲の地上天気図に見られるような雷雨が起っていたが、上層では運航中の各種航空機から第1表に掲載したような異常気象が報告された。

異常気象の分布は、熱低の前面および南東側に多く発生しており、熱低の中心に対して特に対称性はない。

次に、航空上の問題となる観測通報された異常気象の種類は、乱れ (turbulence) と雷雨が大部分で、着氷 (icing) は一例のみで、これらの強度は雷雨に active また乱れに moderate のものが多く、着氷は light であった。なお乱れの強度は遭遇する航空機の大小により異なるのは大方周知のとおりである。また、当時の雷雨は熱低の勢力圏および接近により間接的に発生したものが大部分であるが、関東南岸および豆南諸島付近における雷雨は、概況の項で述べた寒冷前線にともなう変質した

南下した。そこで気温、湿度の変化をみると3日9時から同日21時までの12時間では、西日本で極く下層で温度上昇が認められるが、東日本ではA以下の層に寒気が蓄えられていた。それが4日09時には熱帯低気圧が本州に上陸したため暖湿な気流が移流し、東北地方以南ではAが、中国地方ではBが、それぞれ大幅に上昇した。

この間の本邦の上層風は東よりないし南よりの風系で、浜松では250mbまで、潮岬では400mbまで達し、最大風速は50ノットであった。その後、熱低がU字状に

第1表 異常気象報告表

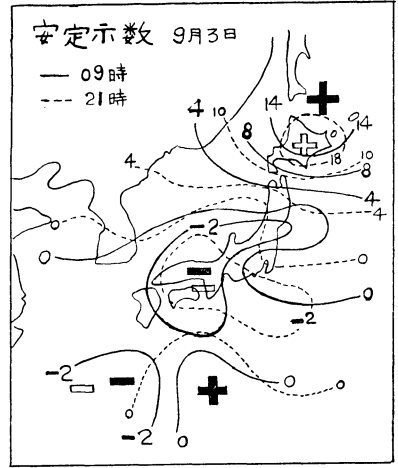
観測時刻	機種	の種類	場所	飛行高度	雲頂
3/1230	DC-7	なし	大島	6	15
1700	DC-8	なし	串本	33	36
4/0900	T-33	—	伊丹—高松	27	不明
1000	F-86	Λψ	峯山	25	20~25
1000	T-6	☐ (LGT)	大島	6	不明
1000	T-6	☐ (HVY)	大島	10	不明
1025	T-33	—	小松—峯山	23	31
1055	T-33	—	小松—峯山	23	31
1100	C-46	—	三沢—宮古	10	10
1125	T-33	—	小牧	23	37
1100	T-33A	—	秋田	33	37
1200	T-33A	—	秋田	33	37
1100	R4D-6	☐	(イ)岩国—高松 (ロ)小牧	8	15以上
1300	R4D-6	☐	(イ)岩国—高松 (ロ)小牧	8	15以上
1200	T-6	☐ (HVY)	小牧—伊丹	6	不明
1200	T-6	☐ (LGT)	小牧	10	不明
1230	T-33	—, ☐	千ガ崎—大津	28	40
1430	T-33	☐	大津	35	43
1500	T-33	☐	大津	35	43
1500	RD-6	Λ	岐阜—小沙 草—牧岬	9	11
1515	T-6	☐	横須賀—大焼 島—津	5	不明
1530	T-6	☐	横須賀—大焼 島—津	5	不明
1530	T-33A	—	小牧	25	17
1930	F9F	☐	岩国	10	42

(注) 観測時刻は3日12時30分より4日19時30分まで、機種は、DC-7がターボプロップ式、DC-8がジェット式でそれぞれ4発の旅客機、T-6がプロペラ式、T-33がジェット式単発の軍用練習機であり、又F-86のジェット式やR4D-6, RD-6, F-9Fなどは比較的小型の米軍機である。飛行高度および雲頂の単位は1000 feet.

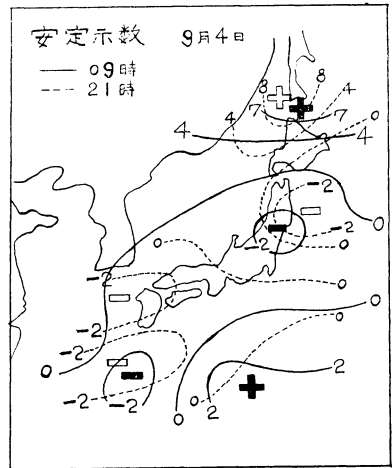
大陸気団と亜熱帯気団の干渉によるものであり、また南下して一旦停滞前線となったが、熱低が東北地方へ移動したためおよび、小笠原高気圧が強く西へ張り出してきたために、逆に温暖前線に変化して北上を開始したため、3日から5日までの期間に亘って経続した。この経過は前掲の第3図 a および c の温度場の12時間変化からみるとさらに現象が明瞭に理解される。以上の諸気象現象は、根本的には何づれも大気的不安定が原因をなしている。たとえば、雷雨の発生発達には大気の熱的不安定が必要条件となり、これに trigger action として熱帯低気圧によるじょう乱が加われば充分な条件を備えることになり、乱れについては温度風とか、上昇気流とかの因子が効いてくる。これらの理由で、当時の本邦付近の Showalter の index と上昇気流の目安として、代り

に水平発散を計算してみた。

Showalter index は、3日09時から12時間おきに4日21時まで計算したがその結果、3日09時には○域の中心が西日本から北陸、東北の各地方へ舌状に伸びており同日21時には関東の南海上にも拡がったが、4日には東北地方へ移動した(第4図)。したがって、これらは異常気象の分布と略々一致しており、また熱帯低気圧の進路を指向していた。なお○域の中心示度は $-2^{\circ}\text{C}$ である



a



b

第4図 安定指数分布図

1961年9月3日～4日09時および21時

から経験則<sup>(4)</sup>の教えによる、雷雨発生境界条件内に入っている。

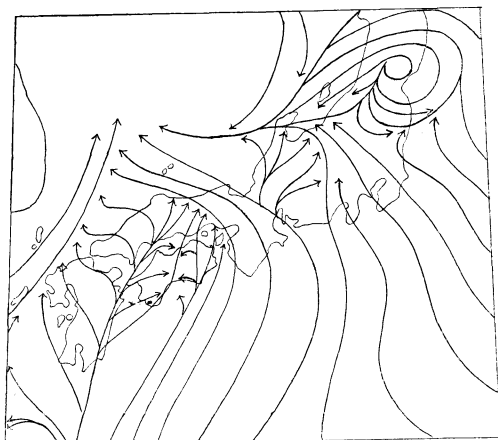
つぎに、水平発散量の計算は、上層風観測を行っている官署を結ぶ三角形を作り、ベラミーの方法を用いて、

第2表 水平発散量 ( $\times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$ )

日時	計算区域	等圧面			計
		850 mb	700 mb	500 mb	
3日15時	潮岬-鹿児島-米子	+0.6	-1.9	-5.3	-6.9
	米子-潮岬-館野	+0.0	+1.9	-1.8	+5.0
	潮岬-館野-八丈島	-2.4	+2.7	-2.7	+5.0
3日21時	鹿児島-福岡-潮岬	-0.0	-1.7	-1.9	-3.6
	福岡-米子-潮岬	-1.5	-0.7	-6.8	-8.8
	潮岬-米子-輪島	-2.4	-1.8	+2.5	-1.7
	潮岬-輪島-館野	-2.1	-0.0	-0.7	-2.8
	潮岬-館野-八丈島	+2.1	+4.0	+0.6	+6.7
	潮岬-八丈島-鳥島	+1.8	+0.0	+1.7	+2.5
4日09時	福岡-潮岬-米子	+0.0	-0.0	-2.6	-2.6
	潮岬-米子-輪島	+1.0	+0.8	-0.7	+1.1
	輪島-館野-潮岬	-2.2	+2.2	+1.2	+1.2
	潮岬-館野-八丈島	+1.7	-2.4	+1.9	-2.6
	潮岬-八丈島-鳥島	+0.6	+2.2	-	(+2.8)
4日15時	潮岬-米子-輪島	+0.3	+0.9	+2.8	+4.0
	潮岬-米子-館野	+2.6	+0.0	+0.9	+3.5
	輪島-館野-仙台	+1.1	-2.7	-1.2	-2.8
	輪島-仙台-秋田	-2.0	+1.0	+0.6	-3.6

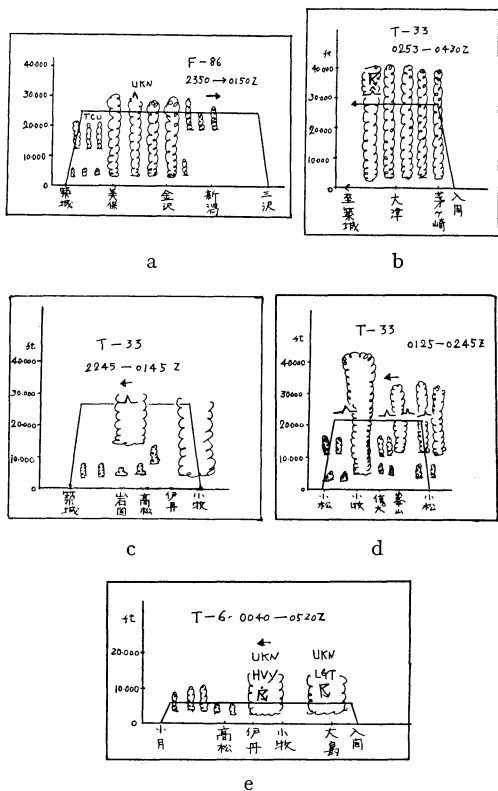
850mb, 700mb および 500mb の各等圧面内におけるものであり, 3日15時, 同21時, 4日09時, および同15時の4回の資料を用いて計算したのが第2表である。熱帯低気圧にともなう異常気象といっても一様に分布している訳でもないから, 現象のスケールに合致した三角形を作るべきであったが, 観測点の分布上種々の大きさになったのは止むを得なかった。さて, 大気下層での収斂が上昇気流を頭はすものとすると, 3日21時の西日本, 4日15時の東北地方は明らかに上昇気流の場となり, また前述の index の○域の分布とも一致していた。こゝで問題となるのは, 4日に東海地方で顕著な異常気象が存在しており, index は○符号であったが収斂域は下層のみにとどまっている事である。すなわち, 4日09時の地上における流線図(第5図参照)では, 明らかに収斂域が存在し, また計算結果によれば輪島, 館野, 潮岬を結んだ三角形内で, 850mb 面上では  $-2.2 \times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$  の値で収斂を示していたが, 700mb および 500mb 面上では  $+2.2 \times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$ ,  $+1.2 \times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$  の値となって発散を示していた。

この結果については計算区域が, 日本の屋根といわれる山嶽地帯を含んでいるので地形の影響および前述のスケールの問題等のため, 計算式を適用する場合の条件を



第5図 流線図 1961年9月4日09時

十分に満たしていないためではないかと考えられる。しかしながらこれらの方法は一応の目安として使えるのである。

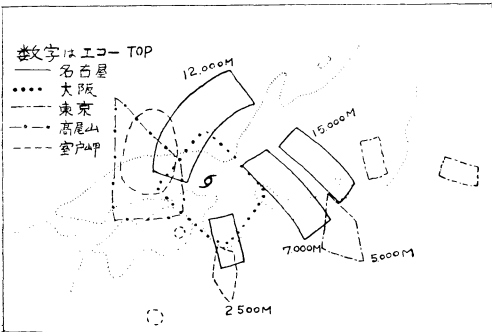


第6図 熱帯低気圧の中心が兵庫県内にあつた時の航空実況図

図中上段の記号は機種, 下段は(ゼットタイム) UKN は不明の意, 矢印は進行方向

4. 雲頂およびレーダーエコーについて

熱帯低気圧の中心が兵庫県内にあった、4日09時前後の航空機よりの実況報告およびレーダーエコーの資料により、異常気象およびこれらに関係の深い積乱雲(Cb)の分布等について若干述べよう。入手した資料は、4日09時前後に熱帯低気圧の北側に2例、南側に3例で、いずれもジェット式軍用機で機種別には練習機が4例、戦闘機が1例で、飛行高度は2~3万呎であった。これらの報告から多少時間のずれはあるが大体当時の状況を知る事が出来る。すなわち、南側では大島付近から熱低の中心までCbの発達が多く続き、処々 moderate の乱れや雷雨があり、雲頂は3~4万呎あたりまで、北側では中心の北西方向に当る鳥取県では3万呎位で、これから更に北東の方向に伸び大津付近で4万呎とやゝ高くなり金沢方面まで広がっていた。同時刻の各地のレーダーエコーより作った COMPOSITE CHART によれば(第7図参照)、熱低の周囲はエコーにより囲まれている。レーダーの精能によるものと思われるが、大阪、高尾山\*のエコーは散乱した面エコーで熱低にともなう雲系をとらえていないが、名古屋のレーダーは大体、散乱した線エコーで雲の分布が吾々の持っているイメージに最も近いものである。

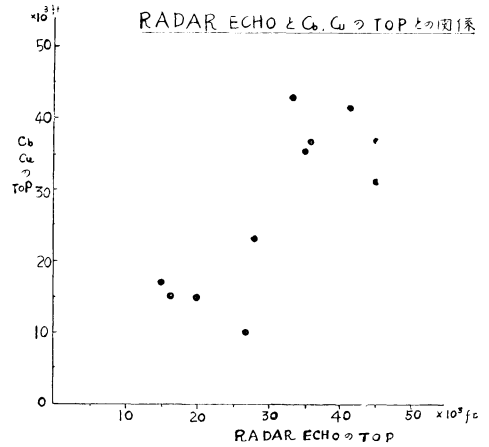


第7図 レーダーエコー分布図 1961年9月4日09時

即ち、台風の衰滅期には、中心付近では衰退しているが、中心からかなり離れた外側では、強風帯が依然として存在し、対流性の雲が発生しているのを、よく経験する。名古屋のレーダーでは、台風の中心付近には、強いエコーは現われていないが外側には強いエコーが現われているのは、この間の事情を明瞭に示しているものといえよう。

5. レーダーエコーと Cb, Cu の 頂きとの関係

\* 防衛庁レーダーサイト



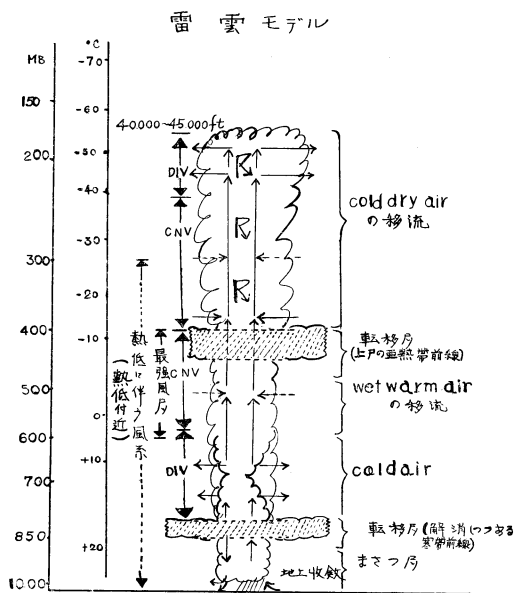
第8図 レーダーエコーの高度と飛行機観測による雲頂との関係

前項で、名古屋のレーダーエコーと航空機で観測した雷雲 Cb Cu の頂きとの対応について可成りよい結果が得られたので、さらにこれを他の場合について調べたのが第8図に示した。観測資料は共に大凡同時刻のものを選んだため資料の数が少なくかなりばらついているが一応 linear な分布となっている。なお、ここで注意すべき点は雲頂高度の観測値には、かなり誤差を伴っていることである。またレーダーによる観測値にも同様な場合もあろう。

次に、問題とすべき点は、レーダーエコーは雲層中に水滴の存在を示すものであるから、少なくともこの場合には雲頂近くまで水滴が含まれていたことになる。一方雲頂高度4万呎に於ける気温は第3図でも明らかなように-50°Cで、このような高い高度にもおそらくは超過冷却状態の水滴が存在していたらうことがいえる。この点常識では判断出来ないが、文献<sup>2)</sup>には-50°Cでも雨滴が存在していた例があるから、今回の観測に誤差がないとすれば、実存したことになる。

6. 雷雲モデルの考察

前述の解析から総合すると第9図のような雷雲のモデルが考えられる。まず、850mb位に解消しつつある弱まった前線、更に上空400mbには上層の亜熱帯前線が存在し、最初に地上で収束した湿潤気塊が上昇して850mb付近の弱い前線上における上昇運動と重なり、更に上昇を続けるが発散域に入り運動は弱まる。(中緯度高気圧)しかし、一方600mb以上の熱低にともなう強い暖湿な気塊と、上層の亜熱帯前線に伴う上昇運動とが



第9図 雷雲モデル

再び重なって強まると同時に、その上層400mb以上の乾いた寒冷気塊によって拍車をかけられ、強い上昇運動を起し大きな気層転換となり、雷雨を頻発させ、また長

引かせたと考えられる。熱低の近傍では勿論、これ自身にとりもなう上昇流に上空の乾いた寒冷気塊が関係したのはいままでもない。

7. むすび

いじょうで、今回は本邦を通過した熱帯性低気圧がかなり小さかったにも拘らず、雷雨や乱れ (turbulence) など運航に支障をもたらす特異気象現象が時間、空間共に大きい一つの例として調査したのみでこの報告を終るが、特に結論という程のものもなく、甚だ不十分なものであるが、多少でも参考になれば幸いと思う。なお、ご指導を戴いた山田管制気象課長および、ご協力を戴いた方々に感謝の意を表する。

参考引用文献

- (1) S. Peteepssen Weather Analysis and Forecast vol. 2, P. 173.
- (2) スコール・ライン中における強烈な対流活動の観測 (訳文) 航空気象学文献第5巻第10号, 383~30.
- (3) 航空気象学 (地人書館上松外)
- (4) 台風論 (同上笠原外)
- (5) 予報研究ノート第6巻, P. 226.

理事会便り

第11回常任理事会議事録

日時 昭和38年5月6日 15.30~20.00  
 場所 神田学生会館  
 出席者 神山, 松本, 岸保, 村上, 今井, 有住, 桜庭, 増田, 吉武, 須田, 淵 各理事 (順序不同)

6. 38年度予算案については一部修正のうえ原案通り承認する。

決議

- 1. 吉武理事長代理より和達学術会議会員に総会で報告方要請する。
- 2. 中国気象学者の招請については日中友好協会と学術団体と共同で行なう。
- 3. 日中学術交流に関する経過報告は神山理事が行なう。
- 4. 次期役員選挙の時期は転勤等を考慮して少し遅らせる。
- 5. 天気10周年を機に総目録を発行する。

訂正 本誌 Vol 10, No 5, 182頁の下から16行目 Iye を Eye, 12行目レーダーをレーザーに訂正願います。