

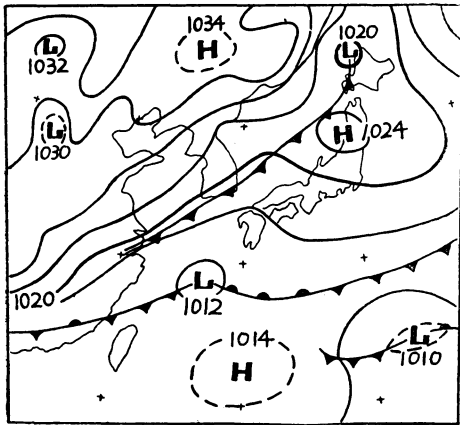
1960年1月16日の

低気圧の異常発達について*

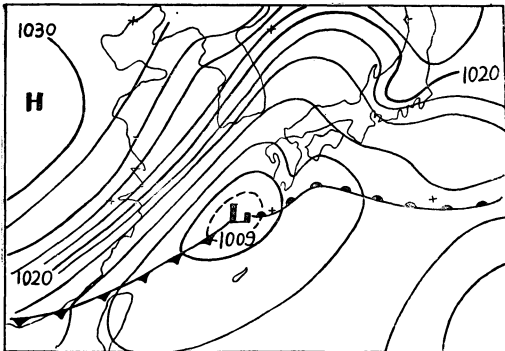
安田 清美**

1. まえがき

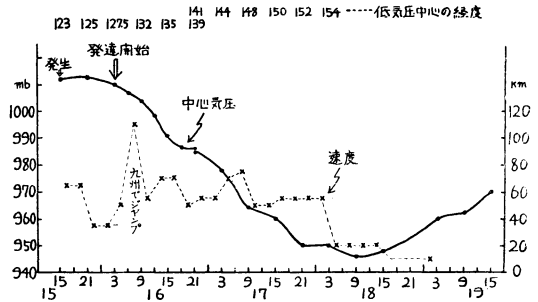
第1図の東支那海にある低気圧が第2図のような状態を経て24時間後には第18図に示すように、中心気圧が26mbも下り、異常に発達した。第3図に示すように低気圧が発生したのは15日15時、発達を始めたのは16日3時頃からである。



第1図 地上天気図, 1960年1月15日21時



第2図 地上天気図, 1960年1月16日03時



第3図 中心気圧(実線)と移動速度(点線)の変化, 縦軸は左側は気圧, 右側は速度
横軸は日時, 15~16日の中心気圧は日変化を補正してある

16日3時から17日3時までの、発達過程に入ってから24時間の中心気圧の深まりは実に32mbの大きな値を示している。

低気圧のこのような急激な発達には1954年5月9日のいわゆる「May Storm」や1958年1月26日の「南海丸低気圧」などの例をひくまでもなく、特に船に対する海上予報の立場から一刻も早く予報して、然るべき処置(注意報発表等)をとる必要がある。

本例については尾鷲測候所から、漁船に対する協力上極めて重要であるので、このような異常発達が16日早朝に予想出来ないかどうかを、昭和34年度の東海地方予報検討会で検討するように提案があつた。

本文はこの提案にもとづき、当時名古屋地方気象台が実際に行った予報と、その後、主として16日朝までに入手出来る資料を用いて、果してどの程度予想が可能であるかを調べた結果の報告である。

2. 当時の予報について

[1] 低気圧の経路と予想進路

[4] 項でのべるように新しい資料が手に入るにしたがって3回の予想を行った。予想の結果と実際の低気圧の経路を第4図に示した。

* On the Abnormal Development of the Low on JAN., 16, 1960.

** Kiyomi Yasuda, 名古屋地方気象台—1960年11月1日受理—

〔2〕 東海地方、各県地方气象台との連絡（地方指示報、VHF による）

時分	指示報番号	宛先	内容
05. 00	52	岐阜 津 静岡 小牧	今日全般に曇時々小雨、今晚曇で雨が残る」 谷の通過は比較的はやいもよう」 一部略
09. 35	VHF	津	注意報発表について
09. 42	〃	静岡	〃
10. 35	〃	津	低気圧発達と予想について
14. 30	54	岐阜 津 静岡 小牧	四国沖の低気圧の予想位置」明日 9時38°N 148°E附近、中心気圧 980又は985」以下略
15. 25	55	〃	低気圧は非常に発達し、移動も極めてはやい」予想位置次のとおり」 18時984尾鷲附近、21時980 35°N 138°E静岡附近、3時972 37°N 142.5°E、9時970以下39°N 147°E」 沿岸地方一時的に南風となる 予想」以下略
16. 03	VHF	津	低気圧発達と予想について
16. 11	〃	静岡	〃
19. 50	56	岐阜 津 静岡	18時の低気圧の位置」986 34.4° N137.3°E ENE 40ノット」愛知の 風雨注意報は間もなく強風にきりかえる予定

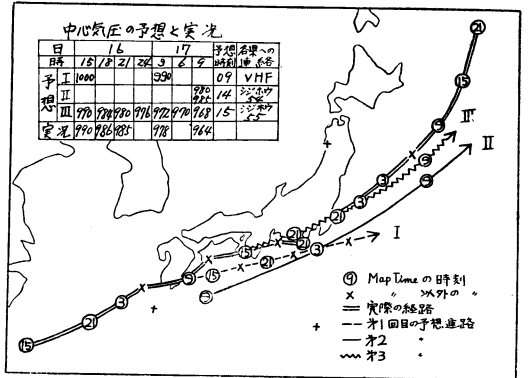
(注) 岐阜に対してはこのほかに市外電話でも連絡を行った

〔3〕 各県の警戒処置

日	時分	発表官署	種類	備考
16	09. 00	名古屋	Gale Warning	
	10. 00	〃	風雨注意報	強風にきりかえ
	11. 00	津	〃	〃
	11. 30	静岡	〃	〃
	19. 00	津	強風注意報	17日18.00解除
	19. 20	名古屋	Gale Warning	
	20. 00	〃	強風注意報	18日05.30解除
17	21. 00	静岡	〃	〃 09.30 〃
	02. 00	岐阜	〃	17日16.00 〃

〔4〕 発達予想の根拠

第1回 16日9時 結果は第4図のIの予想



第4図 低気圧の経路と予想進路

最新資料		発達に都合よいと考えた条件	関係図表	
時刻	種類			
地上	3	アジア 天気図	1. 蒙古の高気圧が華中まで急に南東進した。(1030mbの等圧線の動きに着目) 2. 日本海から華南に向け、大陸高気圧の縁辺の気圧傾度が非常に大きい。 3. 偏東風の谷が145°Eの30°N以南にある。	第2図
		app	4. 3mb/3hrの区域が現われた	第2表 第7図
		△P ₂₄	5. イサロバル低気圧が15日15時(この頃低気圧が発生したもよう)にくらべ急に深まっている。(5mb→10mb) _{12hr}	第1表 第6図
	6	小型 天気図	6. 低気圧の中心気圧が急に低くなった。(3mb/3hr) 7. 大陸の風向が等圧線に直角で範囲が広い。	
		app	更に大きくなる。(4mb/3hr)	第2表 第7図
高層	21	500mb	1. 大陸の谷が12時間前よりはっきりし、寒気の南下を伴っている。(寒気移流強くなる) 2. 強風帯が2本あり、地上の低気圧は南の強風軸の北側にある。(正渦度域にあり、発達の場合) 3. 寒気の南下により、北の強風帯が下り、両者は合流する。 4. 北の流れの谷に伴なう渦度が低気圧に移流される。	第9図
		850mb	5. 上海附近に低気圧があり、対流圏下層で低気圧性じゅん環がはっきりしている。	
		△Z ₅	6. 谷に対応する負域が南東進し9時よりも非常にはっきりしてきた	
	h ₈₅₋₅	7. 暖気が華南から東支那海へ北上、寒気が黄河に南下している。前日にくらべ南北交換がはっきりしてきた。	第12図	

第2回 16日14時 結果は第4図のⅡの予想

最新資料			発達に都合よいと考えた条件	関係図表
時刻	種類			
地上	9	アジア天気図	1. 低気圧の中心気圧は順調に下がっている。(1006→1004mb) 2. 高気圧縁辺の気圧傾度はひきつづき大きい。 3. 谷が次第にはっきりしてきた 4. 中心がジャンプしたので timing がはやくなった。	第3図
		app	5. 3時, 6時と同じで順調	
		△P ₂₄	6. イサロパール低気圧は更に深まっている	第1表 第6図
高層	9	日本の実況	1. 今迄は弱かったが850mbで南西～南東風が急に強くなった 2. 500mbでは南西風が卓越してきた 3. 各層とも気温が上昇している	

第3回 16日15時 結果は第4図のⅢの予想

最新資料			発達に都合よいと考えた条件	関係図表
時刻	種類			
地上	12	小型天気図	1. 中心気圧が飛躍的に低くなった(1004→998mb) 2. 中心位置が北上し, 暖域内の風強くなる(20kts) 3. 気圧傾向の大きい区域が中心まで及ぶ	第3図
		app	4. 8mb/3hrで今迄の2倍以上となった	
		14	航空実況	5. 中心気圧は2mb/hrで低くなっている(994mb)
高層	9	極東の実況	1. 850mbの低気圧は日本海にあるもようで高度の下り方が大きい 2. 500mbの谷は大陸沿岸に進んだもよう, 谷の後側で北西風が非常に強い 3. 700mbでも谷が非常に深まってきた	

3. 進路および発達の予想について

低気圧の発達については診断方程式として, Sutcliffe (1947) の発達の式¹⁾

$$l(\text{div } V - \text{div } V_0) = -V' \frac{\partial}{\partial s} (\zeta + \zeta_0 + l)$$

$$= -V' \frac{\partial}{\partial s} (\zeta' + 2\zeta_0 + l)$$

があり, 更に一歩進んだものとして

Petterssen (1955) の次のような形の式²⁾

$$\frac{\partial Q_0}{\partial t} = A_0 - \frac{g}{f} \nabla^2 A_T - \frac{R}{f} \nabla^2 S - \frac{R}{f} \nabla^2 H$$

がある。

この式は現在としてはほぼ完全な形と考えられ, Es-toque (1956, 1957) はこれからモデルⅠとモデルⅡの予報方程式を導いた。同じ頃, 本質的には変りはないが Reed や Fjórtoft の予報方程式が発表されされた。又後でのべるように岸保 (1958) の式³⁾もある。

本文でとりあつかうような発達初期には例えば Petterssen の式において右辺第3項の浮力項や第4項の非断熱項は余りきかない筈であるので, 第1項の 500mb 面 (非発散面と見なす) の渦度移流と第2項の 1000~500 mb シックネス移流のラブラシアンが重要な働きをするものと考えられる。

したがって, 発達を論ずるには第1項と第2項を正確に見つめて加え合わせたもので評価しなければならぬ。

しかし, 本文では現業的立場からの調査検討に重点がおかれているので, 以上のような理論的な考え方を参考として大部分は現業で使っている資料にもとずいて, 一部は多少の操作をしたものについて調べてみた。又時機については16日朝, 手に入る資料 (それまでに観測された資料という意味で, 例えば15日21時のファックス資料は実際には入手出来ていないが, 入手出来たものと仮定する) に重点をおいたが発達の経過を説明する意味でそれ以後の資料もかなり使っている。

〔1〕 $(\bar{Z}_5)_{t=0}$ および $[(Z_5)_{t=24 \text{ or } 36}]_{cal}$ と低気圧の移動 (第5図)

ともに15日21時のファックス資料であるので実際は16日朝には手に入っていないが, これらの場で直接, 低気圧中心を流してみた。すなわち

(1) $(\bar{Z}_5)_{obs}$ および $(Z_5)_{cal}$ で24~36時間流した。

(2) 流す場はファックス資料による次の3つのものを用いた。

I: $(\bar{Z}_5)_{t=0}$

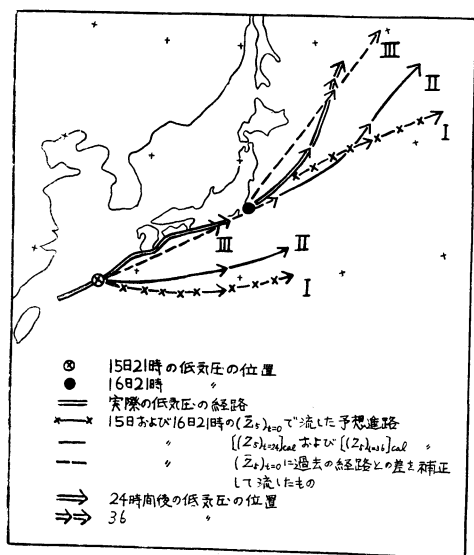
II: $[(Z_5)_{t=24}]_{cal}$ および $[(Z_5)_{t=36}]_{cal}$

III: $(\bar{Z}_5)_{t=0}$ に過去の低気圧経路との差を補正したもの

(3) I, IIIは同じ場で24~36時間流したがIIは最初の24時間は $[(Z_5)_{t=24}]_{cal}$ で, 次の12時間は $[(Z_5)_{t=36}]_{cal}$ で流して36時間後の位置を求めた。

(4) 流す巨艦は季節的傾向と従来の経験により I, III については地衡風の50%, IIについては40%とした。

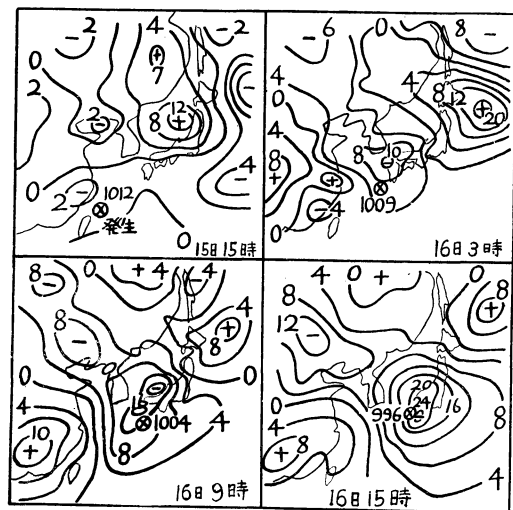
(5) 結果を第5図に示した。



第5図 $(Z_5)_{t=0}$ および $[(Z_5)_{t=24,36}]_{cal}$ と低気圧の移動

Ⅲは大体よいが、Ⅰ、Ⅱはよくない。これは500mbの空間平均場がすっかり変わってしまうことと、バロトロピック予報ではこのような時にはうまくいかないため、本質的には場の予想自体に問題がある。したがって現業ではⅢのような方法をとるよりほかにうまい方法はないだろう。

〔2〕 $(\Delta P_{24})_{t=0}$ と低気圧の発達 (第6図)



第6図 $(\Delta P_{24})_{t=0}$ と低気圧の発達, ⊗は低気圧の位置, 数字は中心気圧 (mb), 以下同じ

(1) 24時間イサロバル低気圧の変化と気低圧の深まりとの関係は第1表および第6図のとおりである。

第1表 24時間イサロバルと低気圧の発達

日	15			16			17			
	9	15	21	3	9	15	21	3	9	15
ΔP_{24}	-5	-5	-5	-10	-17	-25	-37	-38	-39	-39
$\Delta(\Delta P_{24})_6$		0	0	-5	-7	-8	-12	-1	-1	0
${}_1P_c$			1012	1009	1004	990	985	978	964	960
${}_2P_c$			1012	1009	1003	991	984	978	963	961
$\Delta({}_2P_c)_6$	発生			-3	-6	-12	-7	-6	-15	-2

(注) $\Delta(\)_6$: 6時間の差

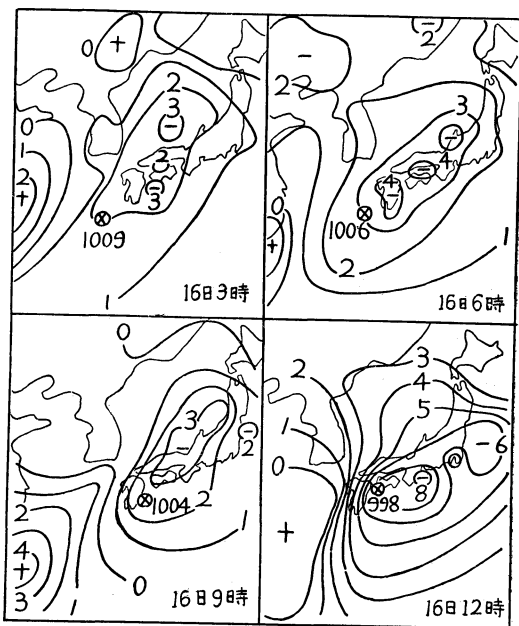
${}_1P_c$: 天気図上の低気圧の中心気圧

${}_2P_c$: ${}_1P_c$ に気圧の日変化の補正をしたもの*

(2) $\Delta(\Delta P_{24})_6$ と $\Delta({}_2P_c)_6$ との傾向は大体合っているが量的には必ずしも対応しているとはいえない。しかし、 $\Delta(\Delta P_{24})_6$ の方がはや目に出ているようだから予想資料として使えるかも知れない。

〔3〕 app と低気圧の発達 (第7図)

(1) 第2表および第7図のとおり3時間イサロバル



第7図 app と低気圧の発達

* 正確ではないが、名古屋における平均の気圧日変化の値を用いて補正した。

の負域の値の変化と低気圧の中心気圧の深まりはよい対応を示している。

第2表 app と低気圧の発達

日	16			
	3	6	9	12
app	-3	-4	-3	-8
${}_1P_c$	1009	1006	1004	998

(2) app は現業的に簡単に手に入る割合に低気圧発達
のよい示数となるので、大いに活用すべきである。

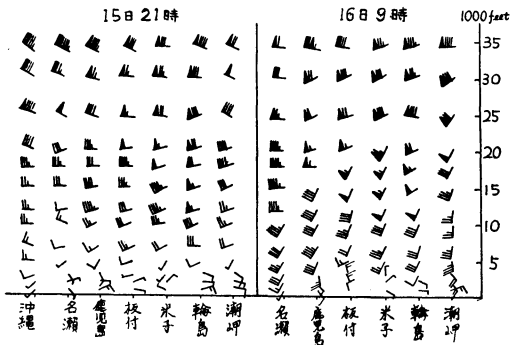
[4] 高層風断面図と低気圧の発達 (第8図)

(1) 第8図に低気圧に近い、南西諸島から中部日本までの断面図を示した。

(2) 風向は高さと共に低気圧性になり、15日21時でも
全般に風速の垂直シャーが大きい。16日9時には更に大
きくなり、温度風が卓越している事を示している。

(3) 温度風の卓越には強風帯の高さの低くなった事が
大きく影響しているように見える。

(4) 16日9時には谷の東側で南西風が強くなつて、低
気圧の発達に都合のよい場にはっきり変っている。



第8図 高層風断面図

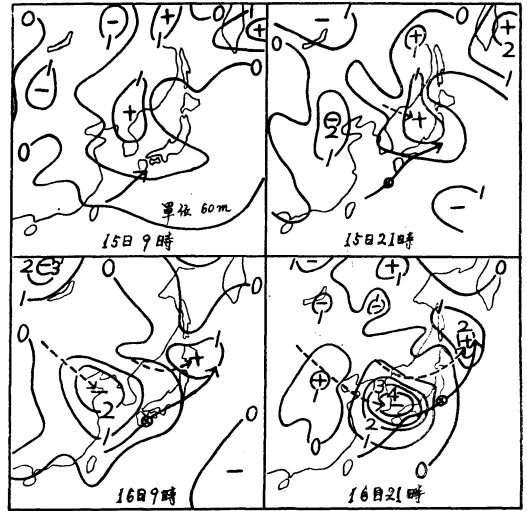
[5] $(\Delta Z_5)_{t=0}$ および $(\Delta \bar{Z}_5)_{t=0}$ と低気圧の移動、
発達 (第9, 10図)

(1) 第9図は $(\Delta Z_5)_{t=0}$ 、第10図は $(\Delta \bar{Z}_5)_{t=0}$ の変化
と低気圧経路との関係を示したものである。

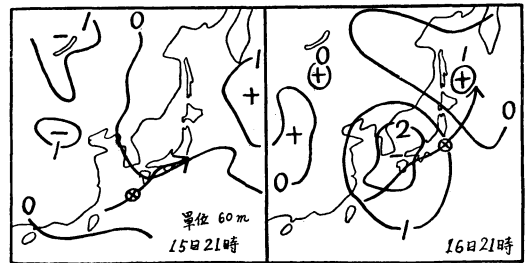
(2) $(\Delta Z_5)_{t=0}$ と低気圧の移動方向との関係は認めら
れない。

(3) $(\Delta Z_5)_{t=0}$ と低気圧発達との関係は第3表のと
おである。

(4) ΔZ_5 と低気圧の中心気圧 ${}_1P_c$ の深まりとは非常に



第9図 $(\Delta Z_5)_{t=0}$ と低気圧の移動、 $\otimes \rightarrow$ は低
気圧の位置および24時間後の経路、以下
同じ、 \dashrightarrow は正負域の中心の移動



第10図 $(\Delta \bar{Z}_5)_{t=0}$ と低気圧の移動、発達

第3表 $(\Delta Z_5)_{t=0}$ と低気圧の発達

日	15		16		17	単位
	15	21	9	21	9	
ΔZ_5	-80*	-110	-140	-250	-310	m
${}_1P_c$	1012	1012	1004	985	964	mb
ΔZ_5 と ${}_1P_c$ と の巨離	2200*	1800	1200	1000	500	km

* 推定値

よい対応を示している。

(5) ΔZ_5 と ${}_1P_c$ の巨離の変化と ${}_1P_c$ も非常に密接な
関係が認められる。すなわち巨離が小さくなるにしたが
って低気圧が発達している。これは ω 方程式⁴⁾

$$\nabla^2 + \omega \frac{f^2 k}{g} \frac{\partial^2 \omega}{\partial p^2} = \frac{k f}{g} \left[\frac{\partial}{\partial p} (V \cdot \nabla \eta) \right]$$

$$+ \frac{g}{f} \nabla^2 \left\{ V \cdot \nabla \left(-\frac{\partial z}{\partial p} \right) \right\}$$

の右辺第1項に該当する効果が現れているためと思われる。

(6) $(\Delta \bar{Z}_5)_{t=0}$ と低気圧移動との関係も $(\Delta Z_5)_{t=0}$ の場合と同じように直接の関係は認められない。

(7) $\Delta \bar{Z}_5$ の時間変化は予想外におきく、 ΔZ_5 のほぼ 1/2 に達している。

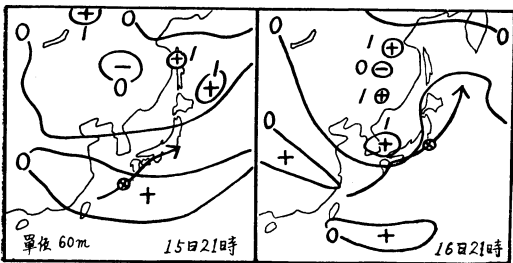
したがって、このような場合は、平均場自体の変化もかなり考えなければならないわけである。

(8) これが 500mb のバロトロピック予報、ひいては [1] でのべた、低気圧の移動方向の予想がうまくいかない大きな原因である。

[6] $(\bar{Z}_5 - Z_5)_{t=0}$ と低気圧の移動 (第11図)

(1) $(\bar{Z}_5 - Z_5)_{t=0}$ の変化に組織的な移動がみえないので、低気圧の移動と直接関係づけることはむづかしい。

(2) しかし、16日21時の朝鮮海峡附近の 60m の区域の出現と低気圧の位置と発達は無関係ではない。



第11図 $(\bar{Z}_5 - Z_5)_{t=0}$ と低気圧の移動、発達

[7] $(h_{85-5})_{t=0}$ および $(\Delta h_{85-5})_{t=0}$ と低気圧の移動発達 (第12図)

(1) 量的な見つもりは行なわなかったが、定性的には Z_5 より h_{85-5} の方が今後の発達を示している。

(2) Δh_{85-5} は 24時間前より高低ともに大きな変化が認められ、15日21時で既に h_{85-5} の場よりも更にはっきりと発達過程に入りかけている事がわかる。

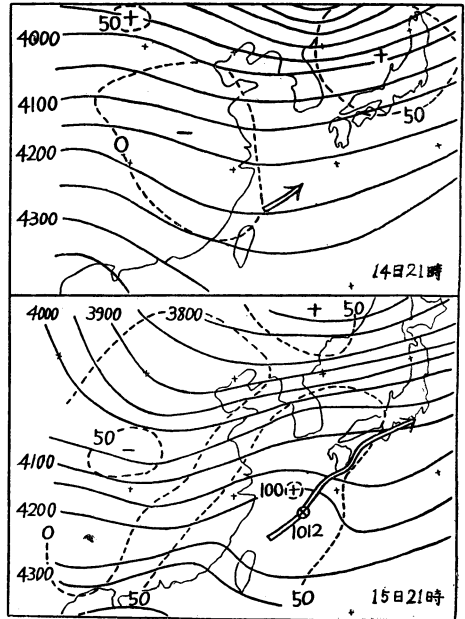
(3) このようにシクネの場は低気圧発達に対してかなり有力な示唆をあたえている。

[8] $(\frac{\partial c_5}{\partial t})_{t=0}$ と低気圧の移動、発達 (第13図)

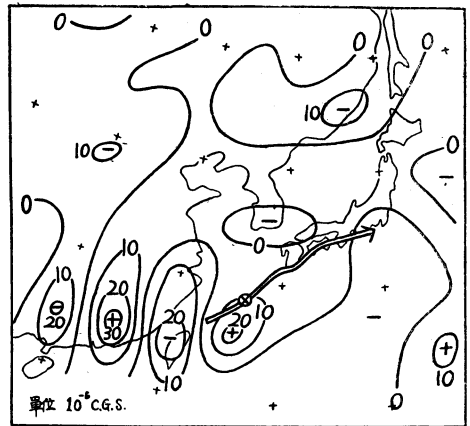
(1) $\frac{\partial c_5}{\partial t}$ は 300km の S.M 格子で求めた。

(2) 移動方向との関係は認められない。

(3) 発達との関係も余りはっきりしないが正負ともに絶対値が大きいため、発達すると考えた方がよいだろう。



第12図 $(h_{85-5})_{t=0}$ および $(\Delta h_{85-5})_{t=0}$ と低気圧の移動、発達
 $\otimes \rightarrow$ は 24時間後の低気圧の経路



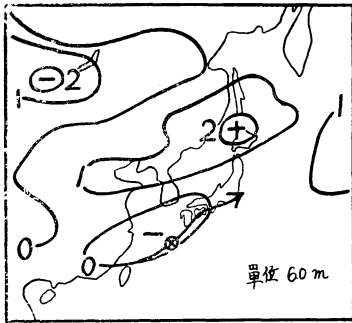
第13図 $(\frac{\partial c_5}{\partial t})_{t=0}$ と低気圧の移動、発達

[9] $[(\bar{Z}_5 - Z_5)_{t=24}]_{cal}$ と低気圧の移動、発達 (第14図)

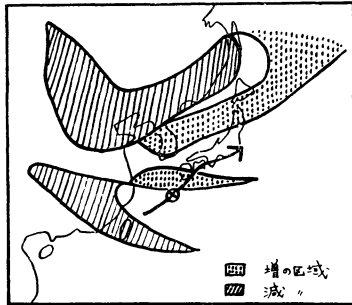
(1) $[(\Delta \bar{Z}_5)_{t=24}]_{cal}$ はファックスのバロトロピック24時間予想図 $[(Z_5)_{t=24}]_{cal}$ から求めた。

(2) $[(Z_5)_{t=24}]_{cal}$ がうまくいっていないので発達との間により結果は期待出来ない。

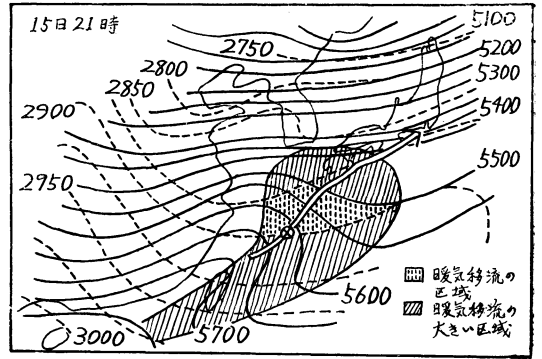
[10] $[(\bar{Z}_5 - Z_5)_{t=24}]_{cal}$ の増減区域と低気圧の移動 (第15図)



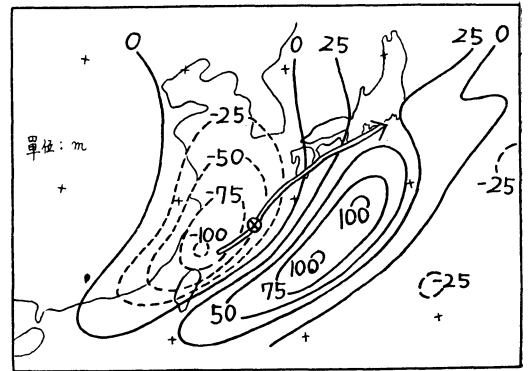
第14図 $[(\Delta Z_s)_{t=24}]_{cal}$ と低気圧の移動、発達、 $t=24$ は16日21時



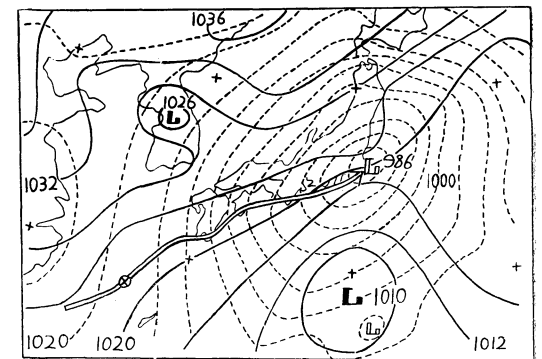
第15図 $[(Z_s - Z_s)_{t=24}]_{cal}$ の増減区域と低気圧の移動、 $t=24$ は16日21時



第16図 $(h_{10-5})_{t=0}$ (実線) の移流 (点線は移流場 $Z_{\frac{1}{2}(10+5)}$) と低気圧の移動



第17図 $[(V \cdot \nabla(\nabla^2 h_{10-5}))_{t=24}]_{cal}$ と低気圧の移動、発達、 $t=24$ は16日21時



第18図 16日21時に対する1000mbの24時間予報 (実線) と、実況 (点線) との比較、Initial Map は第1図の15日21時の天気図

(1) $(\bar{Z}_5 - Z_s)_{t=0}$ を $(\bar{Z}_5)_{t=0}$ の地衡風の50%で24時間流して求めた。

(2) 図に示すように、よい結果は得られなかった。

[11] $(h_{10-5})_{t=0}$ および $[(V \cdot \nabla(\nabla^2 h_{10-5}))_{t=24}]_{cal}$ と低気圧の移動、発達 (第16, 17図)

(1) [7] では850~500mbのシックネスを用いたが、低気圧発達を論ずるには1000~500mbのシックネスの方がよいので、これを用いて[7]とは別の見方もしてみた。

(2) 東支那海における暖気の北上が[7]の850~500mbシックネスの場合よりも更にはっきり現われている。

(3) 第16図は暖気移流の場所を見るために $Z_{\frac{1}{2}(10+5)}$ を移流場として重ねたものである。

低気圧の付近に暖気移流の最も大きい区域があり、大陸の強い寒気移流と考えあわせると、温度場としては低気圧発達の過程に入っているといえる。

(4) 第17図の $[(V \cdot \nabla(\nabla^2 h_{10-5}))_{t=24}]$ は V として $(\bar{Z}_5)_{t=0}$ を用い、地衡風の50%で流して求めた。

定性的にはかなりよい傾向を示してはいるが実際には $(\bar{Z}_5)_{t=0}$ が24時間後にはかなり変っているので、量的に

は十分ではない。

[12] 岸保の方法による 1000mb. の 24 時間予報 (第 18 図)

(1) 発達初期の予報を目的とした岸保の式³⁾

$$\frac{\partial Z_0}{\partial t} = K \frac{\partial Z_5}{\partial t}$$

又は

$$\frac{\partial Z_0}{\partial t} = -\frac{g}{f} J(\bar{Z}_5, KZ_5 + Z_0)$$

を用い、 $K = \frac{1}{2}$ 、格子間隔 600km として 15 日 21 時の天気図から図式に 24 時間後の予想図を作った。

(2) 第 18 図に示すとおり、移動方向も発達も予想は困難であった。

(3) 結果が思わしくおない原因は移流場 Z_5 を 24 時間一定と考えて一気に流した事と傾圧性の表現が不十分なためと思われる。実際は前にものべたとおり 24 時間の $\Delta \bar{Z}_5$ は ΔZ_5 の $\frac{1}{2}$ にもおよぶ大きな変り方をしてるのでこのような場合は少くとも 1 時間毎の time step をふまなければ無理だろう。

(4) もう一つは最後の式を導く時。

$(\bar{V}_5 - V_5) \cdot \nabla (Z_{10} - \bar{Z}_{10})$ をオーダーの小さい項として省略しているが、このように 24 時間に中心多圧が 2~30 mb も急に発達する場合には省略出来ないようになるためではないかと思われるが量的に当ててみなかったのははっきりしたことはわからない。

4. むすび

以上のようなわけで、組織的に調査、検討を行ったわけではないので、これからすぐ結論的な事を導く事は出来ないが、16 日朝にあのような急激な発達を予想する事はかなり困難のように思われる。

本文で調べた項目の中で最も利用価値があると思われるのはシクネス h と app および 500mb 高度変化 ΔZ_5 ではないかと思う。フックスによるバロトピック予報はこのような異常現象に対しては根本的に無理があるので、最近テストの結果非常に有効であると言われている 4 層モデルによる予報図を一日も早く流すようにして頂き度いものである。

終りに、平素何かと激励の言葉を頂く今里台長および添田予報課長に又岸保の式による図式計算をやって頂いた長井予報官に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) R.C. Sutcliffe, 1947: A Contribution to the Problem of Development, Quart. Journ. **73**, 370~383.
- 2) S. Petterssen, 1955: A General Survey of Factors influencing Developing at Sea Level, J. Meteor. **12**, 36~42.
- 3) 岸保勘三郎, 1958: 発達初期の 1000mb 予報, 東北予報通信 **2**, 149~152.
- 4) 斎藤直輔, 1957: 雨量予報序論 (気象協会), p. 105 (p. 44 参照).

〔雲 鏡〕

雲のあだ名の改名

寒候期における積乱雲 (75 周年記念論文集参照) について筆者は「海洋性熱源移動積乱雲」と名づけたが、西部管区気象界の一部では俗に「ちゃやみち雲」と呼んでいる (名づけ親は枕崎測候所員)。これは筆者の旧姓茶屋道を取って名づけたものであるが、その後筆者が改姓したので「伊集院雲」と改名すべきではないかと、かつて今里名古屋地方気象台長から御意見があったので (鹿児島地方気象台主催の気象談話会の席上で) 筆者も共鳴を感じるので今後は「伊集院雲」と改名したいと思う。

この雲の俗名の改名は「雲の家庭裁判所」に申請する必要もないがしかし何だか雲を掴むような話ではある。

由来動物や植物などには発見した人の個人名がつけられることは、しばしば聞くところであるが雲に個人名がつけられた話はまだ聞いたことがない。そこで筆者は同僚や上司の方々によって名づけられた雲のあだ名の「茶屋道雲」とか「伊集院雲」とかのことを考える時、無上の光栄に思うと共に心中私かに愉快的な微笑を禁じ得ないものがある。

(昭和 34. 6. 8 枕崎測候所 伊集院久吉)