

亜熱帯ジェット流の大規模変位に関する解析(II)*

藤 井 盛 澄**

要 旨

米国付近で亜熱帯ジェット流が大規模に中・高緯度に侵入した1958年1月と12月の2例につき、亜熱帯ジェットの変位と中緯度高気圧との関係、および圏界面の変化を述べた。さらに、このような亜熱帯ジェットの大規模変位は、中・高緯度と低緯度大気の相互作用に重要な役割を持つことが示唆される。

1. ま え が き

極前線ジェットJpはポーラー・フロントのソレノイド場に深く関係しており、大規模な蛇行性を持っている。その軸は高度300 mb付近にあるが、その位置は可成りの変動を示す(Palmén and Nagler 1948, Riehl, Yeh and Seur 1950, Cressman, G.P. 1950)。これに反して、亜熱帯ジェット流Jsは地球の周りをめぐる連続した帯であって、熱帯循環の力学に関係していると云われる。その平均位置は緯度30°付近で相当持続性があり、Jpに比べて非常に定常な流れである。波動性についてみるとJpの様に著しくない(Yeh 1950, E. Palmén 1951, Mohri 1953, Koteswaram 1953)が三つの波動を持っていて、太平洋と大西洋では波動のリッジは大陸の東岸に、トラフは海洋の東部にある。もう一つの波はアフリカからアラビアに伸びているが、これらの波は準定常的であってほとんど進行しない。一般に、日本付近や米国東岸の様にJs波動のリッジのところ、即ちJsが比較的高緯度にあるところではJpは南の方へ下っており両者は接近している。又逆のこともいえる様である。

中・高緯度における大気大循環変動のきっかけとして、F. Defant (1958)は亜熱帯気団の半球の規模での中緯度への侵入およびそれに伴う亜熱帯ジェット流Jsの唐突な大規模変位(Js-impulse)が重要であると述べている。

先に、筆者はこの様な低緯度気団の大規模な中・高緯度への侵入に対しては、低緯度に伸びた“extended trough”が重要な役割を演ずることを述べたが、今回は

Jsの大規模変位に伴う中緯度高気圧と圏界面の変動をしらべた。

2. Js-impulse と月平均等高線パターン

Scherhag (1949) 又は米国気象局等による冬季の月平均上層天気図によれば、大陸の東岸、すなわち日本付近と米国の大西洋岸に顕著なトラフがあつて、第3のトラフが北部シベリヤからヨーロッパを経て東地中海に達している。また顕著なリッジが太平洋と大西洋の東部にある。これらの月平均パターンは大洋と大陸との温度差及びヒマラヤ山系、ロッキー山脈系等の大規模な山塊の大気に及ぼす力学効果などによって説明されている。

一方、太平洋東部から米国中部にわたってJs-impulseがあつた1958年1月及び12月の月平均500mbパターンでは、上述のScherhagの平均図に比べて、アラスカ付近の低気圧中心から南または南東に伸び、ハワイ付近に達するトラフが明らかに示されている。この様な深いトラフの出現は、米国付近でJs-impulseがあつたときの特徴であると思われる。月平均図にもその特徴がよくあらわれたのは、特に太平洋でシノプティックパターンがimpulseの時期を通じて、比較的長期にわたって維持されたためである。これに反して、同じく米国付近でJs-impulseのあつた1960年1月の月平均パターンでは、上述の様なトラフがハワイ付近に見られないでScherhagの平均図に似たパターンをしている。これは、この場合にはimpulseの時期が比較的短く(5日間程)、その前後でパターンの変化が大きかつたためであろう。事実、Js-impulseのあつた10日~12日の等高線パターンには、太平洋東部または米国の太平洋沿岸に沿ってextended troughが明らかに示されている。しかし、この場合には1958年1月および12月の場合に比してトラフの

* Analysis on the Large-Scale Displacement of Subtropical Jet Stream (II)

** M. Fujii 大阪電気通信大学

—1968年7月26日受理—

位置はかなり東へ片寄っており、1958年の例ではアリューシャンにあった低気圧中心は、1960年1月にはカナダの北極海沿岸にある。この様にトラフの位置の東偏に伴って、この場合には J_s -impulse は主として米国中・東部で行われた。

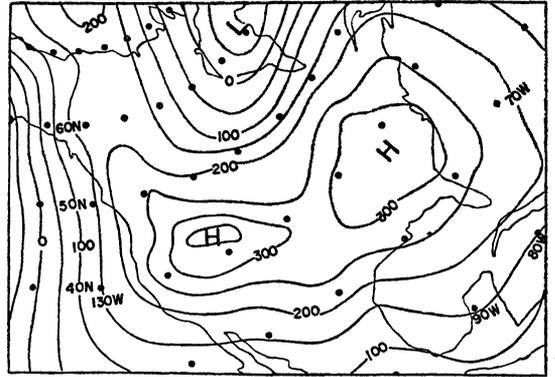
3. J_s の大規模変位

1) 1958年1月

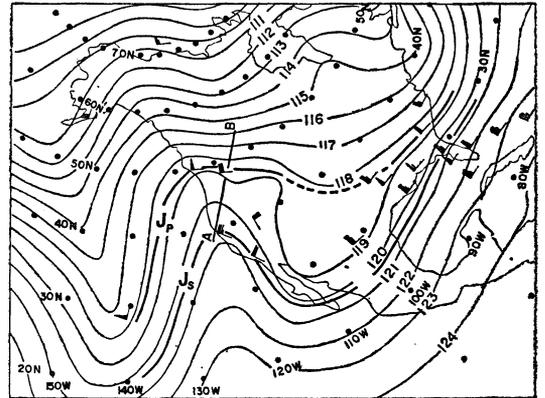
この月の始め米国西部には温暖高気圧があり、上層の気圧パターンは西部でリッジ、東部でトラフとなっていて、 J_p は太平洋東部から米国東部にかけて大振巾の波動を形成していた。4日頃からハワイの東で等高線波動の振巾が次第に増大し、5日にはアリューシャン東部から南東に伸びるトラフが急に発達して、ハワイの東側に伸びる顕著な extended trough を形成した。このトラフの前面では低緯度の暖気が大規模に中緯度へ侵入しており、それは、次第に米国西部へ拡がりつゝあった。またこの頃上層のサーマル・リッジは地上の高気圧中心の西側にあり、高気圧の軸は高さと共に西に傾いていた。

第1図に示される様に、5日12Zには extended trough の東側で米国西岸に沿って J_s の変位が始っており、 J_s は米国西部にある地上高気圧の西側に達している。この高気圧中心はその後殆んど停滞していたが、高層の波動が次第に東進してそのリッジが地上高気圧の真上に達した8日には、米国西部から中部にかけて優大な高気圧におゝわれた。この間 J_s の変位は次第に米国中部に拡がり、 J_s はこの高気圧を越えてその北側に達し、その北縁を巡って流れるに到った。この様にして、太平洋東部の発達した extended trough の前面で大規模に侵入した低緯度暖気が米国の西部から中部に拡がるにつれて、初め米国西部にあった温暖型中緯度高気圧は次第に亜熱帯高気圧の特性を持つに到った。extended trough が形成された初期にはこの高気圧の発達は未だ充分でなかったが、トラフの衰弱の段階になって発達して最盛期に達し、同時に J_s の変位が最大に達した8日頃には extended trough は消失していた。こうして低緯度からの暖気の補給がやめば高気圧は次第に衰弱し、4日後には J_s は低緯度へ後退しながら西方から消失していった。

第2図は第1図(b)に印したABに沿う垂直断面図である。上述の高気圧に伴う比較的高い中緯度圏界面が J_s を蔽っている。また、 J_p の北側の寒帯成層圏下部には暖域が拡がっている。 J_s は中緯度圏界面の切れ目の上側であって、 J_s の上方 80mb²には熱帯圏界面があり、これは通常見られる状態に近い。



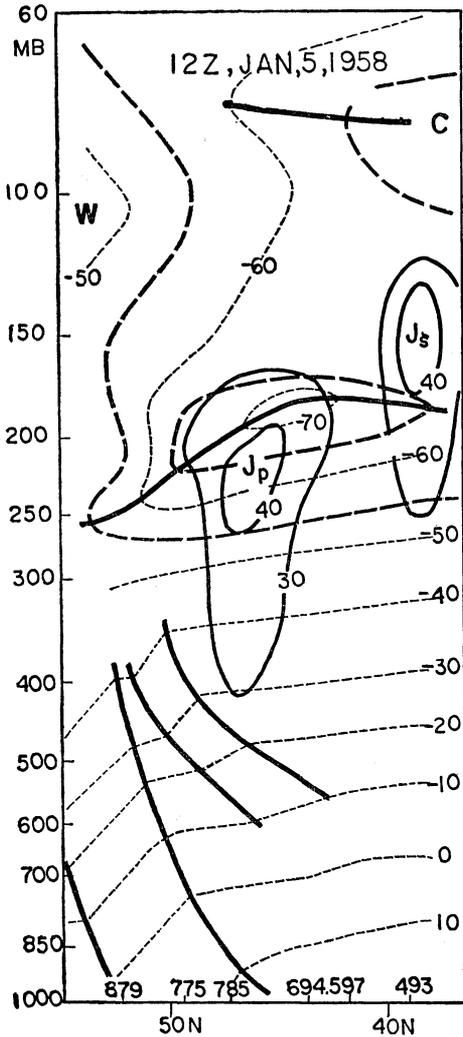
第1図(a) 1958年1月5日12Zの1000mb等高線、50m毎。



第1図(b) 1958年1月5日12Zの200mb天気図、細線は等高線(100m毎)、太線はジェットの軸、短い矢羽根は5m/s 長い矢羽根は10m/s、三角矢羽根は50m/s。

第3図は6日00Zの125°Wに沿う断面図である。 J_s は50°N付近に達しており、中緯度圏界面に沿って寒気が舌状に高緯度へ伸びている。 J_s の高度は12時間前の150mbから200mbへと低下したが、中緯度圏界面はこれを蔽って低緯度へ伸び、亜熱帯圏界面と融合して連続した圏界面をつくっている。一方 J_p は高気圧の発達に伴い高緯度へ後退している。

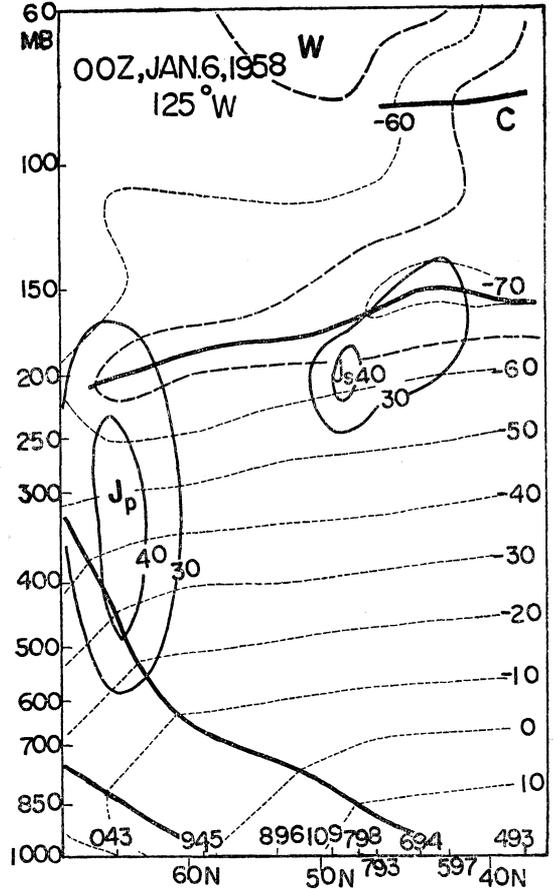
第4図は115°Wに沿うもので、 J_s はさらに北上して55°Nを越えており、San Diego 付近のノーマルな位置に新しい J_s が発生している。8日00Zには J_s の変位は米国中部に波及し、太平洋東部から米国にかけて大きく変位しているが、その勢力は稍衰退のきざしがみえる。第5図に示される様に、このとき J_s の北側にフロントとそれに伴う J_p が発生した。その背後からは寒帯圏界面



第2図 第1図(b)のABに沿う鉛直断面図。
実線は等風速線(m/s), 破線は等温線。

が伸びており、中緯度圏界面との間のブレイクに沿って成層圏下部で暖域が生長しつつある。

第6図は12時間後の8日12Zの状態、Jsは消失しつつあるが、そのすぐ北側に発生したJpは発達し、同時にフロントも生長して300mbに達している。また、このJpの北側では寒帯成層圏の暖域が拡大した。先に、低緯度の30°N付近に発生したJsも漸く確立し、断面図の状態はノーマルなものに近くなった。この図でJpの低緯度側にある中緯度圏界面は、上述の様にJsの消滅、そのすぐ北側でのJpの発生および30°N付近でのJsの発生の過程によって亜熱帯圏界面が変質したものであ



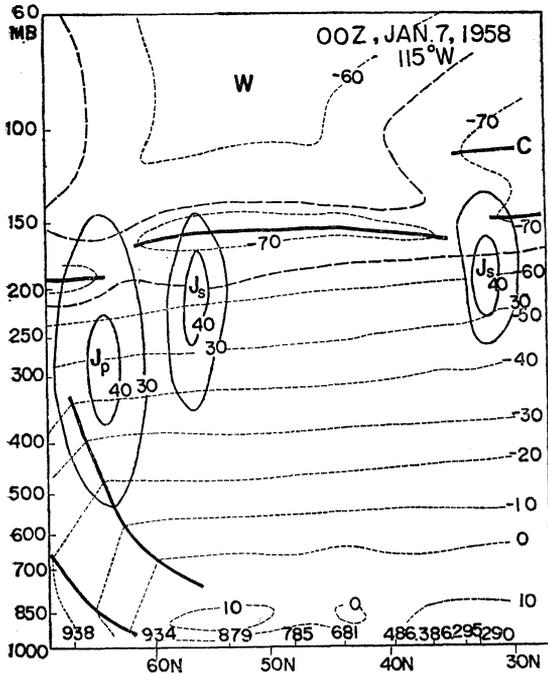
第3図 1958年1月6日00Zの125°Wに沿う子午断面図。

る。同時にこの過程によって、中・高緯度に侵入した亜熱帯気団は中緯度気団に融合したと思われる。

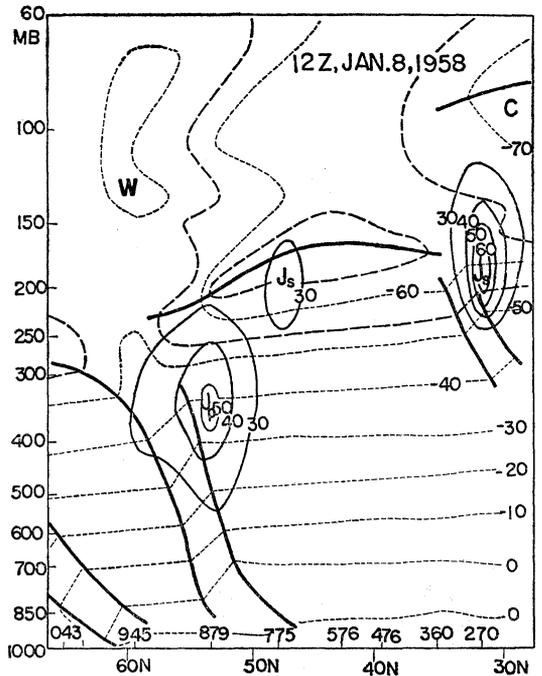
2) 1958年12月

この月のシノプティック・パターンの特徴はすでに述べた1月の場合と非常に似ており、7日頃からハワイの東側に伸びる extended trough が発生し、その東側での強い南風 [Ship N (30°N, 140°W) の200mbで南々西の風56m/s] によって低緯度暖気の大規模にかつ持続的に中緯度に送り込んでいた。このため米国西部で温暖型高気圧が発達し、Jsの変位は1月の場合と同様に、米国西部でこの地上高気圧の南西側から始まり、15日頃にはその真上に達した。さらに16日には46°Nに達し、地上気圧を越えてその北側を流れる様になった。

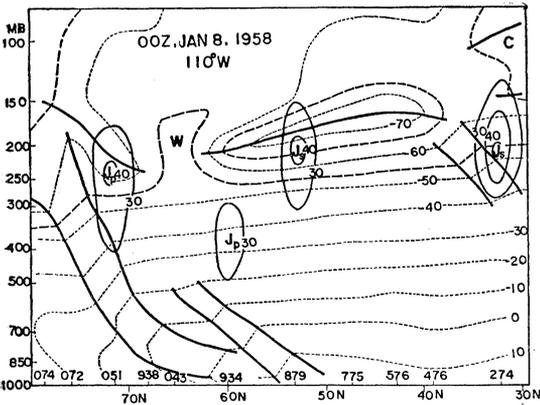
Jsの変位に伴う断面図の変化の様も1月の場合と非常によく似ているが、以下にその概略を述べる。Jsの変



第4図 1958年1月7日00Zの115Wに沿う子午断面図。



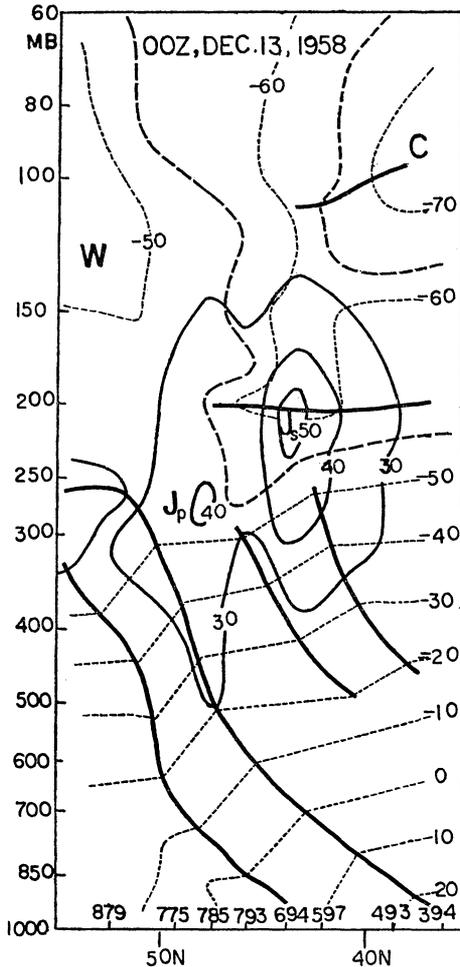
第6図 1958年1月8日12Zの110W付近に沿う鉛直断面図。北上したJsは南下しつつ衰え、その北側に発生したJpは発達した。第5図と比較。



第5図 1958年1月8日00Zの110Wに沿う子午断面図。Jsの北側にフロントとそれに伴うJsが発生した。第4図と比較。

位は19日頃極大となり、米国西部では、48°N、東部でも40°Nに達した。その後、変位は次第に小さくなり、22日頃にはノーマルな状態に復した。第7図は初期の状態、Jsは米国西岸沖を北上して47°Nに達していた。この図はそのすぐ東側での断面である。Salem(45°N)の上200mbにあるJsをはさんで、中緯度圏界面と亜熱帯圏

界面との間には明瞭なブレイクがある。Jpの後方の寒帯成層圏には広い範囲にわたって暖域があるが、Jsの北上とそれに伴うJpの後退と共にその領域を縮小した。Jsの変位が極大に達した後、衰えながら徐々に南下の傾向を示す頃にはこれは再び低緯度に拡大していった。この時の断面図が第8図である。この図の特徴は第4図に非常に似ており、亜熱帯圏界面と中緯度圏界面は融合して、連続した面を形成している。また30°N付近にはすでに新たなJsが発生しており、Great Fallsの対流圏中層ではフロントが発生しつつある。翌22日(第9図)にはこれは対流圏上層に達する明瞭なフロントとなった。同時にJsの北側にはJpが発生している。この図ではJsは前日に比してより発達している様であり、JpはJsに比べて弱い。しかしこの断面図の西側又は東側ではJsは40m/s以下で前日より衰えており、Jpは50m/sを越えている。したがって、全体としてはJsは衰える傾向にあり、それに誘発される様にJpが発生したものと考えられるであろう。北方へ変位していたJsは西方から次第に衰えて南下しながら消滅したが、これに応じてJpの発生も西から東へ伝播した。またJpの発生によ

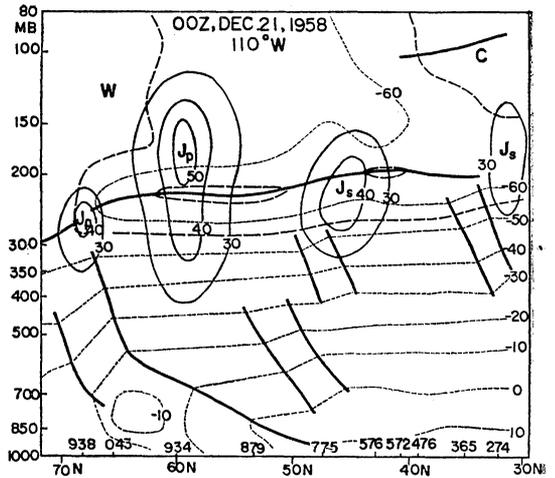


第7図 1958年12月13日00Z. 米国西岸に沿うJsの変位の初期状態.

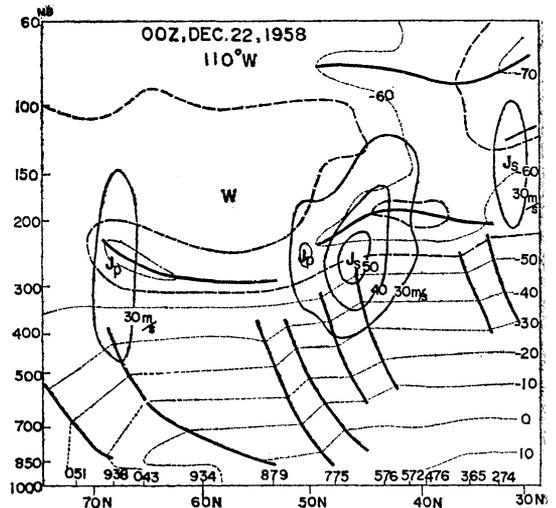
ってそこに圏界面のブレイクが生じた。変位していたJsの消滅とJpの発生および30°N付近での新しいJsの発生によって、Jsの変位に伴って北上していた亜熱帯圏界面は中緯度圏界面に変質したものと思われる。一方、発生したJpの北側の寒帯圏界面は中緯度圏界面が変質したものと思われる。

4. 大気大循環への影響

F. Defant(1958)が述べている様に Js-impulse を契機として大循環の様子は高示数から低示数へと急激に変動する。1958年12月の場合について述べれば、問題の期間高層の気圧場の特徴は1958年11月とは逆に東半球では等高線は比較的ゾーナルで風も強く、小振巾の波動を伴うに過ぎないが、西半球では大振巾の波動が顕著で、特

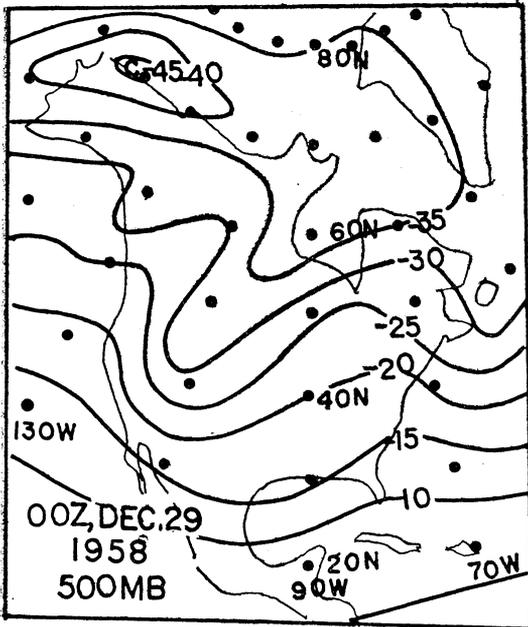


第8図 1958年12月21日00Z. 変位したJsが衰えながら南下しているときの断面図。Jsの北側の対流圏中層でフロントが発生した。

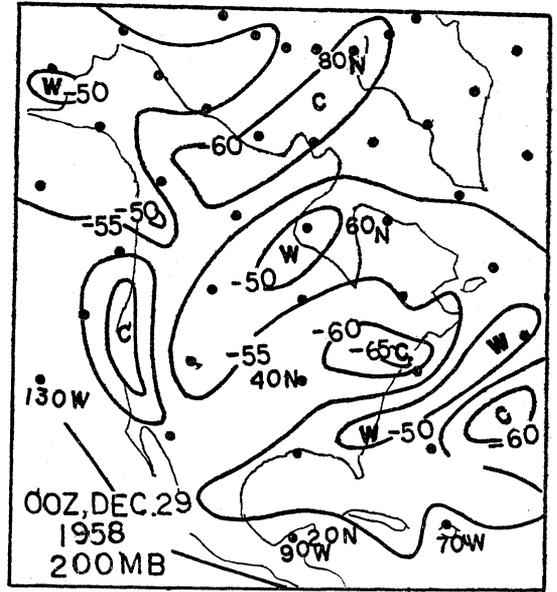


第9図 1958年12月22日00Z. Jsの北側ではポラー・フロントが生長し、Jpが発生した。寒帯成層圏の暖気が中緯度へ拡大しつつある。

にハワイ東側のトラフ (extended trough), 米国西部のリッジおよび東部のトラフは異常に発達したものであった。またアラスカ北部に優勢な高気圧が長期間にわたって存在したことも異常なことであった。この様なシノプティック・パターンに相当して、米国で温度場は東部と西部で著しい相異を示した。すなわち、西部では低緯度から吹き込む高温の南風によって、平年値からの正偏差4~10°Cを示したが、東部ではアラスカ方面から東部沿



第10図 1958年12月29日00Zの500mb等温線。
偏西流が不安定化し、ハドソン湾附近から寒気が南西に流出している。



第11図 1958年12月29日00Zの200mb等温線。
比較的暖い寒帯成層圏下部の暖気が中緯度へ拡がり、成層圏下部の温度場は複雑となる。

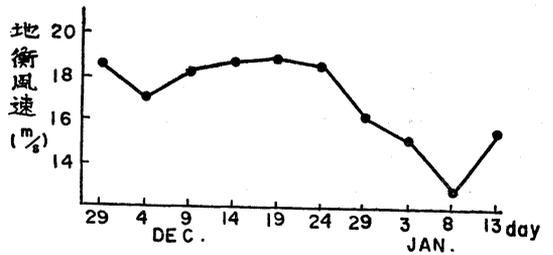
岸のトラフに向かって吹く北寄りの風のため $-8^{\circ} \sim -16^{\circ}C$ の負偏差という異常な低温を示した。

すでに述べた様に、上流に形成された extended trough の東側で、中・高緯度に侵入した低緯度の暖気（成層圏では寒気）が米国西岸のリッジを通過した後、次第に南東へ移動し同時に Js の変位は次第に東へ波及した。暖気が米国東部の定常なトラフの西側に達する頃、このトラフは次第に移動性となり、これを契機として北方の寒気が中緯度へ流出を始めるに及んで、シノプティック・パターンは急変動した。比較的直線的であったこれまでの流れは小渦動に分裂し、気圧傾度はゆるみ、これに伴い温度場も急変し、西部では温度の下降が、東部では上昇があつて、東西の気温傾度は著しく減少した。

この頃から中緯度で偏西流は不安定化し、偏西流中に次々と小渦動が発生して低緯度へとカットオフされた。第10図は高緯度の寒気がハドソン湾付近から南西に流出しているときの等温線を示したものである。

寒帯寒気の低緯度への流出に呼応して、成層圏では比較的暖い寒帯成層圏下部の暖気が中緯度へ拡がり、暖域を拡大しつつある（第11図）。

このため Js-impulse の後には、成層圏では暖域と寒域とが交錯して複雑な温度場を示している。第12図は



第12図 Js の大規模変位を契期とする帯状示数の急変。

$40^{\circ}N$ と $50^{\circ}N$ との間の半旬平均500mb 面高度差より求めた地衡風速の帯状平均である。図に示される様に24日頃までは比較的高示数を示していたが、シノプティック・パターンの変動に応じて帯状示数は顕著な変動をし、低示数型となった。

5. むすび

以上の結果を要約すれば次の様になるであろう。

(1) 温暖型中緯度高気圧の西側に非常に深いトラフ (extended trough) が発生し (米国付近ではハワイの東側から米国西岸の間に発生することが多い) 比較的長期にわたって維持されると、このトラフの東側で低緯度の暖気が大規模に中緯度へ侵入し、地上高気圧の西縁に

沿って Js の変位が始る。

(2) その後, Js は低緯度暖気の侵入によって発達したこの高気圧を越えて, その北縁を巡って流れるようになる。この頃には上流の extended trough は衰えて目だたなくなるが, 高気圧が次第に衰えながら東方へ移動すると共に, Js の変位も東方へ波及しながら小さくなり, 遂に消滅する。

(3) Js-impulse の最盛期には亜熱帯圏界面と中緯度圏界面は連続した一枚の圏界面となって変位した Js を蔽っており, この圏界面に沿ってうすい寒気の層が高緯度へ伸びている。

(4) Js-impulse の末期には衰えながら南下しつつある Js のすぐ北側にフロントと Jp が発生し, Js の消滅と共に北上していた亜熱帯圏界面は中緯度圏界面に変る。この頃には 30°N 付近のノーマルな位置に新しい Js が発生している。

(5) Js-impulse を契機として偏西風は不安定化し, 対流圏では高緯度より寒気が流出し, 成層圏では高緯度の暖気が中緯度へとその領域を拡げる。しかし, 北上した亜熱帯圏界面に沿って伸びていた寒気の層は Js の消滅後も中・高緯度に留まるため, 成層圏では暖気と寒気が錯綜して複雑な温度場を呈する。

(6) Js-impulse に先だって低緯度暖気が大規模に中緯度に侵入し, impulse の後には高緯度の寒気が中低緯度へ流出する。従って, Js-impuls は中・高緯度と低緯度大気の相互作用に重要な役割を持つと思われる。

おわりに, 本論をまとめるに当り, 種々の便宜を与えられた京都大学理学部山元竜三郎教授に謝意を表する。

参考文献

- 1) Palmén, E. and K.M. Naglar, 1948: An analysis of the wind and temperature distribution in the free atmosphere over America in a case of approximately westerly flow, *J. Meteor.*, 5, 58—64.
- 2) Riehl, H., T.C. Yeh and N.E. La Seur, 1950: A study of the general circulation, *J. Meteor.*, 7, 181—194.
- 3) Cressman, G.P., 1950: Variations in the structure of the upper westerlies, *J. Meteor.*, 7, 39—47.
- 4) Yeh, T.C., 1950: The circulation of the high troposphere over China in the winter of 1945—46, *Tellus*, 2, 173—183.
- 5) Palmén, E., 1951: On the three dimensional motion in an outbreak of polar air, *J. Meteor.*, 8, 25—39.
- 6) Palmén, E., 1951: The role of atmospheric disturbances in the general circulation, *Q. J. Roy. Met. Soc.*, 77, 337—354.
- 7) Palmén, E., 1951: The aerology of extratropical disturbances. *Compendium of Meteor.* Boston Amer. Meteor. Soc. 599—620.
- 8) Mohri, K., 1953: On the fields of wind and temperature over Japan and adjacent waters during winter of 1950—1951, *Tellus*, 5, 340—358.
- 9) Koteswaram, P., 1953: An analysis of the high tropospheric wind circulation over India in winter, *Ind. J. Meteor. Geophysics*, 4, 13.
- 10) Defant, F. and H. Taba, 1958: The strong index change period from January 1 to January 7, 1956, *Tellus*, 10, 225—242.
- 11) Defant, F. and H. Taba, 1958: The break down of zonal circulation during the period January 8 to 13, 1956, the characteristics of temperature field and tropopause and its relation to the atmospheric field of motion, *Tellus*, 10, 430—450.
- 12) Bannon, J. K., 1954: Note on the subtropical jet stream in January and April 1951, *The Meteor. Magazine*, 83, No. 987.
- 13) Newton, C.W. and A.V. Persson, 1962: Structural characteristics of subtropical jet stream and certain lower-stratospheric wind system, *Tellus*, 14, 221—241.
- 14) Krishnamurti, T.N., 1961: The subtropical jet stream of winter, *J. Meteor.*, 18, 172—191.
- 15) 藤井盛澄, 1967: 亜熱帯ジェット流の大規模変位に関する解析 (I), *天気*, 14, 22—30.