

# 季節の進展と上層混合比の急激な増大

藤 田 敏 夫\*

## 1. はしがき

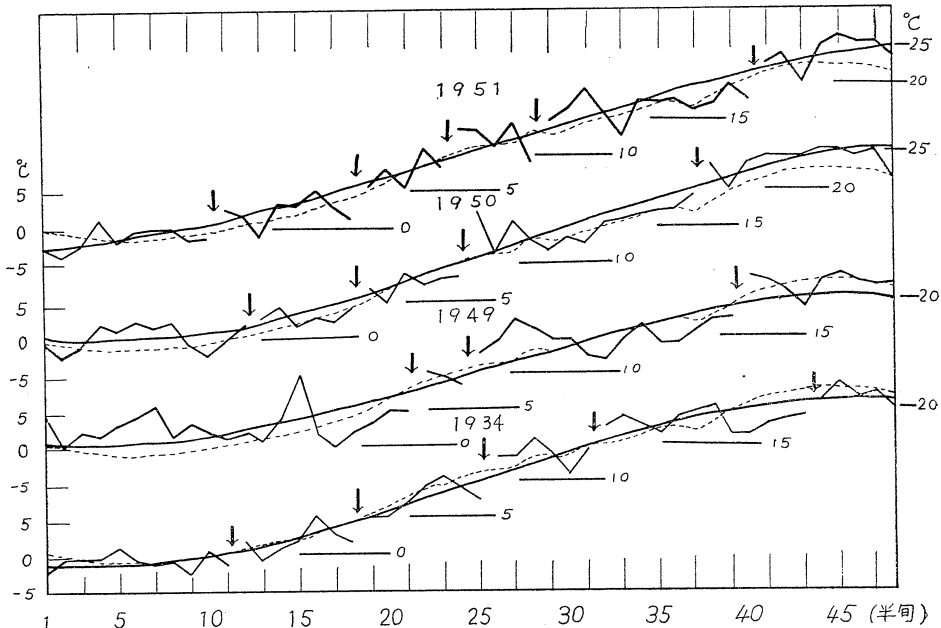
われわれは前に季節予報の実際的方法として、3月までの資料を使って東北地方の夏季気温および降水量の予報を実施した<sup>1)</sup>。しかし、たとえ物理的に十分説明のつく予報ができたとしても、予報の期間である冬季から夏季に至る、もっとも変化の大きい季節の移り変りの機構が説明されねばならない。そこで、東北地方の8月平均気温が特に低かった年と特に高かった年について、上層気温の局所変化を seasonal trend, trend からの偏差の変動の大きさ、時間的相関性等の面から検討した。また季節変化をさらに細かく分類して、各期間における上層気温の特性の日々変化について調べた。次に上層(700mb, 850mb 面)の混合比の季節変化を調べることにより、気団的に見れば、季節は不連続的に変化していること、しかもそれが世界各地でほとんど同じ頃に変化していることがわかる一方、flow pattern の面から検討した結果、

多くは帯状流がその振巾を増して、最強偏西風が枝分れするときに、この不連続変化が起っていることがわかった。以上のことを基礎として、季節の分類を合理的に行い、今後の季節予報の一助とすることを目的とする。

## 2. 半旬平均気温の季節変化の特性

### Seasonal Trend

東北地方の夏季気温の代表として宮古の8月平均気温を選び、これが、標準偏差以上(または以下)に偏った年12年を対象とした。そして各年の1月1日より8月28日(第1半旬から第48半旬)に至る半旬平均気温について3次の直交多項式をあてはめた。第1図には、代表的例として4年分を掲げた。図中の矢印は、そこで不連続的に昇温して、その後だいたい、定常な変化をする時点を示している。言い換えれば、矢印で境される前後のある期間の平均気温が統計的に有意な差を示すことを意味している。また trend curve 自身が年々変化してい



第1図 宮古半旬平均気温(地上)の季節変化(折線), 平滑な曲線は三次式で表現された seasonal trend, 点線は normal, 矢印は階段的变化の時点を示す。

\* 気象研究所予報研究部第4研究室

ることを示すために、点線で累年平均値を入れておいた。

第1表 Seasonal trend を表わす三次式の係数とその全変動に対する割合 (下段)  
\*印は危険率5%で有意なことを示す。

|        | 定数項    | 1次項              | 2次項     | 3次項     |
|--------|--------|------------------|---------|---------|
| 温暖年    | 1951   | 0.737*           | 1.814   | -2.545  |
|        |        | 0.982            | 0.0012  | 0.0033  |
|        | 1950   | 0.824*           | 5.141   | -5.348* |
|        |        | 0.947            | 0.0092  | 0.0143  |
|        | 1944   | 0.951*           | 5.590*  | -7.292* |
|        |        | 0.954            | 0.0092  | 0.0223  |
| 1943   | 0.899* | 6.970*           | -6.020* |         |
|        | 0.947  | 0.0138           | 0.0154  |         |
| 1938   | 0.700* | -0.554           | -2.481  |         |
|        | 0.962  | 0.0001           | 0.0033  |         |
| 1937   | 0.796* | 6.347*           | -4.752* |         |
|        | 0.959  | 0.0145           | 0.0116  |         |
| 寒冷年    | 1953   | 0.715*           | 1.643   | -3.837* |
|        |        | 0.972            | 0.0007  | 0.0091  |
|        | 1952   | 0.891*           | 1.276   | -8.026* |
|        |        | 0.941            | 0.0006  | 0.0345  |
|        | 1949   | 0.705*           | 6.190   | -5.490* |
|        |        | 0.889            | 0.0193  | 0.0217  |
|        | 1945   | 0.705*           | 1.510   | -2.170  |
|        |        | 0.964            | 0.0008  | 0.0024  |
|        | 1941   | 0.724*           | 0.584   | -6.090* |
|        |        | 0.941            | 0.0002  | 0.0284  |
| 1934   | 0.791* | 0.180            | -6.010* |         |
|        | 0.956  | 10 <sup>-5</sup> | 0.0218  |         |
| Normal | 9.67   | 0.796*           | 2.478   | -5.600  |
|        |        | 0.975            | 0.0247  | 0.0181  |

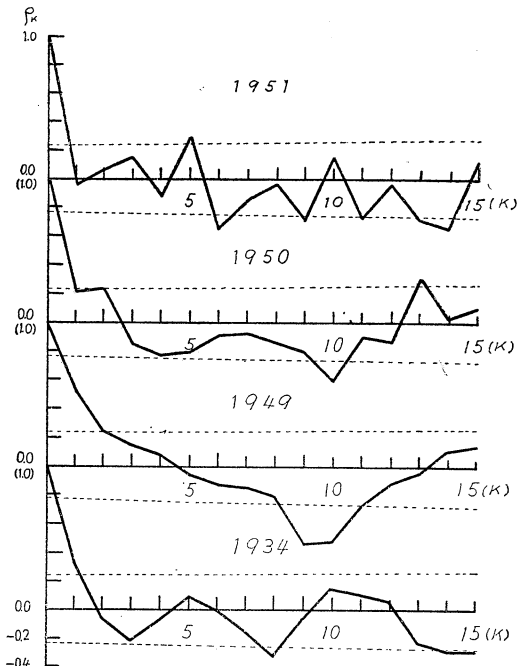
第1表の数字は、上段が三次式の各項の大きさを示す係数で、下段は各項の変動の占める割合である。また \*印をした係数は危険率5%以下で有意なことを示している。当然のことながら、第1次項が非常に大きく、次に3次項、2次項の順に小さくなっている。この表をよく見ると宮古の8月平均気温が低い年はすべて2次項は有意(以後危険率は5%とする)とならず、3次項は、1945年を除いてはすべて有意である。換言すれば、冬の間に特に寒く、春が暖かい年は、夏が低温になる割合は少いこと、そして、むしろ暖冬で、春が平年並に経過している年の夏は低温であることが多いようである。次に夏が高温の年について調べてみると、前者ほど明瞭な関係は見当たらないが、矢張り3次項が有意になることが多い。第1表の最下段は normal の季節変化の係数である。これを各年の係数と比べると、1次項は、温暖年に

は normal より大きいものも多く、逆に寒冷年は小さくなっている。また2次項についても全く同様のことが、もつと明瞭にいえるようである。そして3次項の係数は、温暖年はより小さいものが多いが、寒冷年についてははっきりしたことはいえない。

以上のことは極くわずかな例で、到底一般的結論となりえないが、従来からいわれてきた結論<sup>2)</sup>と矛盾はしないようである。

Correlogram

第1半旬から第48半旬に至る半旬平均気温の変化から3次の直交多項式で表わされる seasonal trend を差引いた定常的变化の相互依存性を調べてみよう。第2図は第1図に対応する年のコレログラムである。他の年についても、ほぼ同型となるので省略した。これを見て、まづ気付くことは、冷夏年(1934, 1949)は持続性ないし割合に長い周期性が明瞭であるのに反して、温暖年(1950, 1951)は持続性がなく、非常に複雑な変化をしていることである。

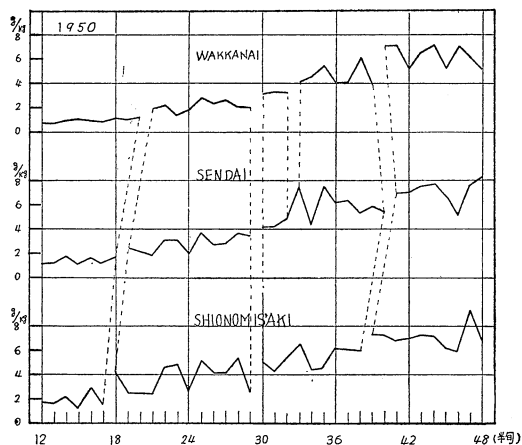


第2図 宮古半旬平均気温の seasonal trend からの偏差のコレログラム。点線は有意水準5%における有意点を示す。

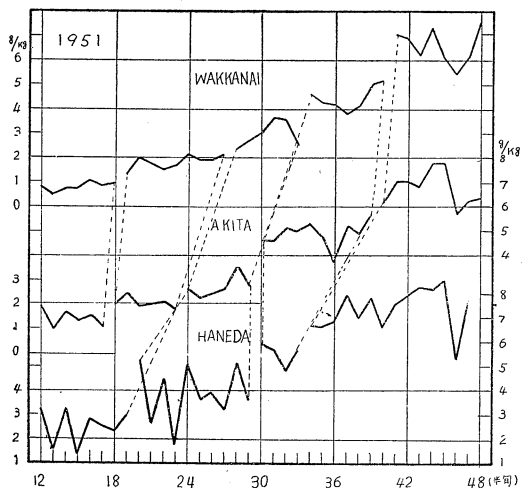
3 季節の推移と上層混合比の変化

上層混合比の季節変化に不連続現象が見られることは、すでに松倉<sup>3)</sup>によって発見されているが、筆者は、

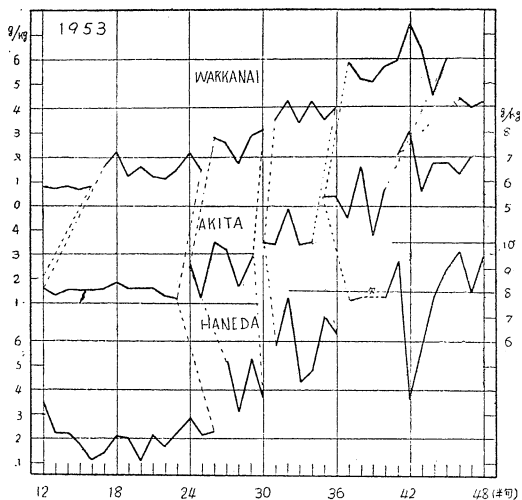
年と地点をふやして、この結論を再確認した。すなわち 第3・1図～第3・3図は1950, 1951, 1953年の資料により、140°E 子午線に沿って、稚内、秋田、仙台、羽田、潮岬における 700mb 面の混合比の季節変化を图示したものである。一見して変化は不連続であり、いわゆる階段式に変化していることがわかる。そして点線で結んであるように jump は初め南から始まって次第に北方にうつて行くことがよくわかる。1950年の例について平均値の差の有意性検定を行うと、稚内の第Ⅲ期間と第Ⅳ期間の差は5%の危険率で、またそれ以外はすべて1%の危険率で有意となる。第4.1～4.3図には、140°E



第3・1図 日本各地の700mb面における混合比の季節変化(1950年)



第3・2図 日本各地の700mb面における混合比の季節変化(1951年)



第3・3図 日本各地の700mb面における混合比の季節変化(1953年)

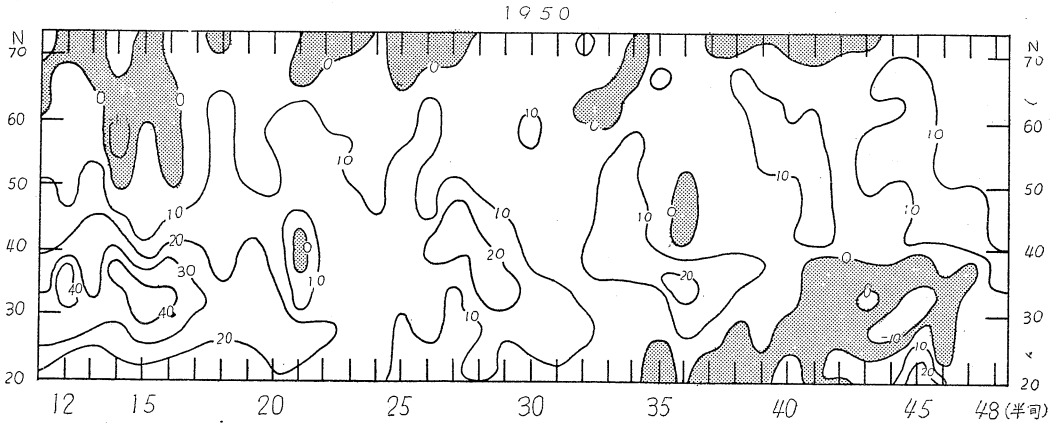
子午線上で計算した500mb面の偏西風東西成分のインプレットが示してあるが、上記のjumpに西風の弱まりが対応しており、この時に南北混合が盛になることを示している。

#### 4. 各定常期間の変動の性質

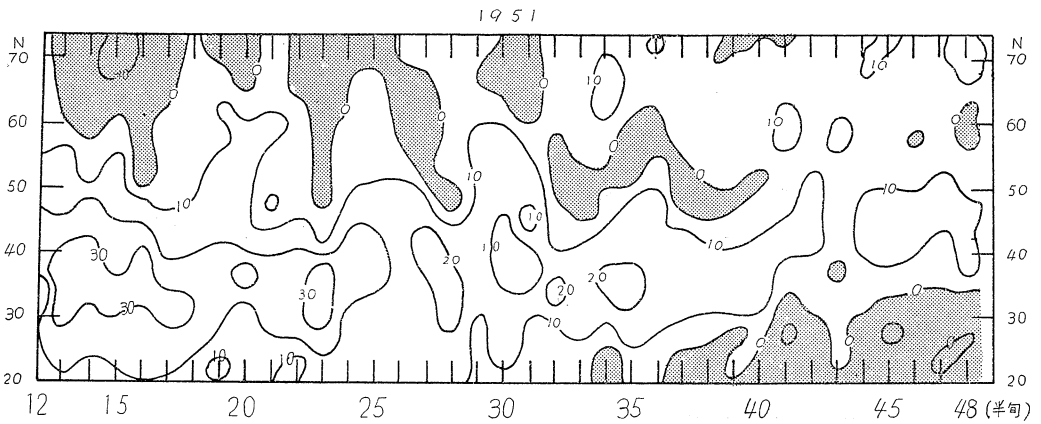
以上で日本付近の気団の消長を示す上層混合比の季節変化に不連続現象のあることが分かったが、これは、1つの定常期間の平均値は季節が進むにつれて変化することを物語っている。それでは、これらの定常期間の日々変化の変動の大きさや相互依存性はどうか、それぞれの定常期間に共通な性質はなにか、また各期間に特殊な性質はなにかを調べて見た。1例として1953年の秋田における700mb面混合比の変化から5つの定常期間を選び、同じ700mb面の気温について、その平均値と変動の大きさ(分散)とコレログラムを第2表と第5図に示した。一

第2表 秋田の700mb面における気温の各定常期間における平均値と標準偏差(1953)

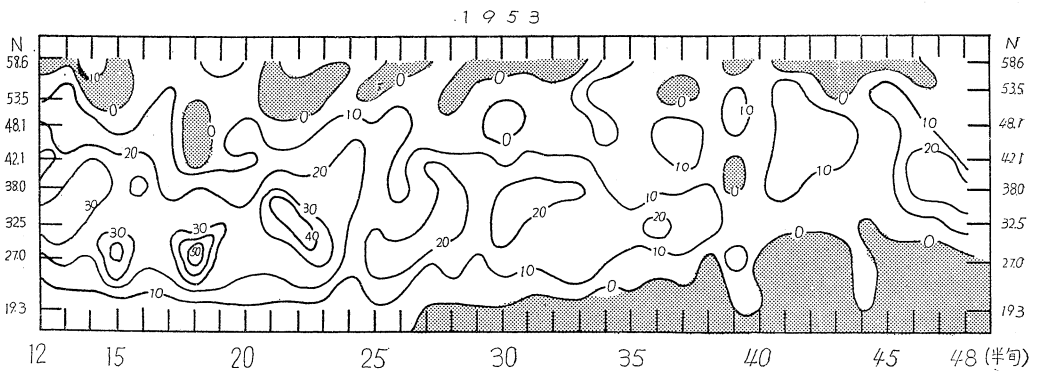
| 期 間          | 平均値 °C | 標準偏差 °C |
|--------------|--------|---------|
| 1月 1日～ 2月24日 | -19.8  | 4.3     |
| 2月25日～ 4月25日 | -12.2  | 4.4     |
| 4月26日～ 6月19日 | - 0.9  | 3.4     |
| 4月26日～ 5月25日 | - 3.2  | 3.9     |
| 5月26日～ 6月19日 | 1.9    |         |
| 6月20日～ 7月19日 | 6.5    | 1.5     |
| 7月20日～ 8月28日 | 7.7    | 2.5     |



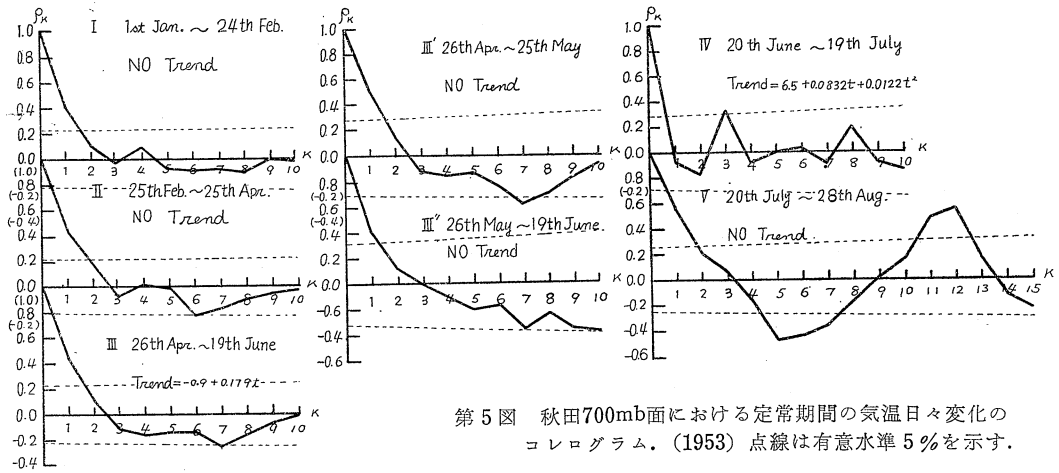
第4・1図 140°E子午線に沿う地衡風東西成分のイソプレット，ハッチは東風。  
 図中の数字の単位は m/sec.



第4・2図 140°E子午線に沿う地衡風東西成分のイソプレット，ハッチは東風。  
 図中の数字の単位は m/sec.



第4・3図 140°E子午線に沿う地衡風東西成分のイソプレット，ハッチは東風。  
 図中の数字の単位は m/sec.



第5図 秋田700mb面における定常期間の気温日々変化の  
コレログラム。(1953) 点線は有意水準 5%を示す。

見して分かるが、平均値が大きくなるにつれて、変動は小さくなる。そして1月から6月の初めまでは割合に持続性が大きい(相関係数で 0.4~0.5)。このうち4月頃までは、1日か2日の単純な持続性が想定されるが5月から6月にかけては、この持続性は10日以上に及ぶ減衰の少い長い周期性が重なった型になる。梅雨期は持続性が全くなく3日位の短い周期が卓越するようになる。梅雨が明けて盛夏期に入ると、非常に明瞭な持続性と12日位の周期性が現われている。これらの依存関係は年によって異なるかと思われるが、梅雨期を除いては冬も夏も1日間の持続性は同じ位であり、梅雨期の3日周期と暖候期の10日以上の減衰の少い周期および永続性周期が特殊な変動の性質となっている。

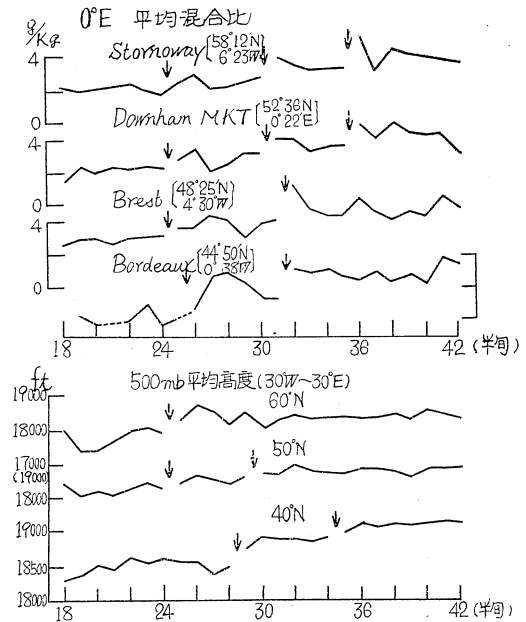
5. 世界各地の上層混合比の季節変化

前節では日本各地の上層混合比の不連続変化について説明したが、本節では、この事実が単に日本だけでなく世界各地においても現われていることを示そう。

世界各地といっても、全部について調べるわけにもゆかないので、変化のはげしい大陸と海洋の境とユーラシア大陸の中央を目標にして、0°E, 80°E, 140°E, 120°W, 80°Wの5つの子午線に沿って30°N~60°Nの間に各3~4カ所の station を選んだ。そして850mbと700mb面の平均混合比の季節変化をプロットしたのが第6・1図~第6・4図である。これらの図は1950年の資料から計算されたもので、不連続の起る時期等については、年によって多少のちがいはあると思われる。140°E, すなわち、日本附近についてはすでに述べたので省略するが、混合比の不連続変化に対応して500mb 高度や極

東域の帯状流指数も不連続的变化をしていることを付記しておく。

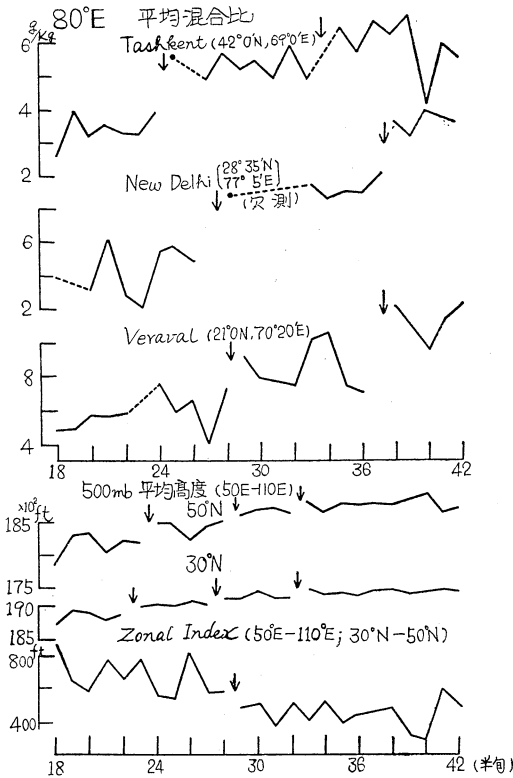
第6・1図は0°Eに沿う各地の850mbと700mb面の平均混合比の季節変化を示すもので、矢印は jump の起る時点である。この前後における平均混合比(時間、空間的)は、いずれも5%の危険率で有意差が認められる。下図は、これに対応して各緯度の500mb 平均高度の季節変化をプロットしたものであるが、同じような時



第6.1図 0°子午線に沿う各地の平均混合比と  
500mb平均高度の季節変化. 矢印は階  
段的变化時点を示す。

点に矢印をつけることができる。

第6・2図は80°Eに沿う3地点の変化であるが、42°NにあるTashkentでは24半旬にjumpしており、低緯度のNew Delhi (28.5°)とVeraval (21°N)では24半旬のjumpは認められないで、28半旬に明瞭に現

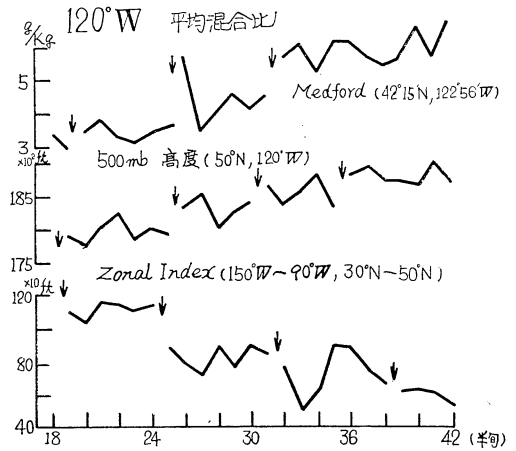


第6・2図 80°E子午線に沿う各地の平均混合比と、500mb平均高度及びzonal indexの季節変化。矢印は階段的变化時点を示す。

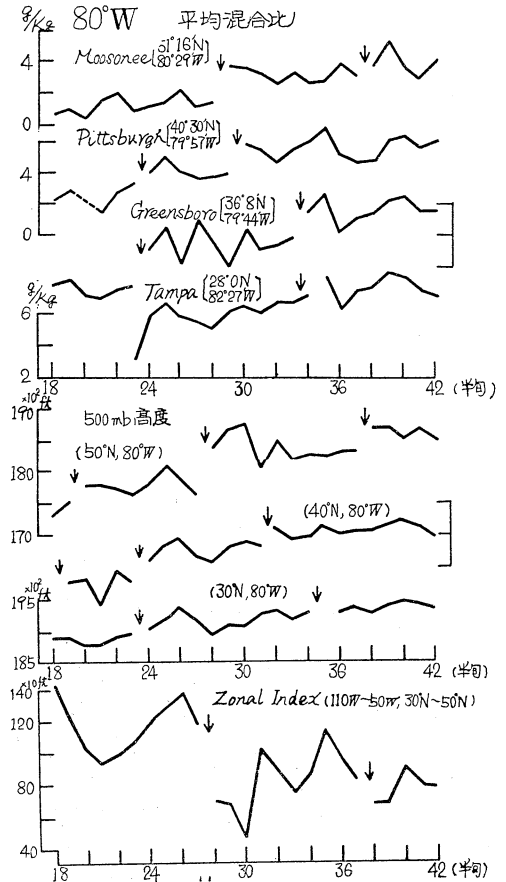
われている。500mbの平均高度および地域的zonal index (50°E~110°E; 30°~50°N)の変化を調べてみると、不連続時点は明瞭に対応しており、特に28半旬の不連続はzonal indexのけんちよな低下で特徴づけられている。

合衆国西海岸(120°W)についてはMedford(42°15'N, 122°50'W)ただ1カ所の資料しかないが、第6・3図に見られるように24半旬~25半旬および30半旬の変化は急激であり、特に24半旬の不連続は地域的なzonal index (150°W~90°W; 30°N~50°N)の大巾な減少を伴っている。

最後に合衆国の東海岸(80°W)では40°Nと50°Nおよ



第6・3図 Medfordにおける平均混合比と500mb高度、及びzonal indexの季節変化。矢印は階段的变化時点を示す。



第6・4図 80°Wの子午線に沿う各地の平均混合比と500mb高度及びzonal indexの季節変化。矢印は階段的变化の時点を示す。

び30°Nでは多少様子が異っていて、24半旬の変化は40°N以南に、29半旬の変化は40°N以北にのみ現われている。そして29半旬の不連続は地域的な zonal index (110°W~50°W; 30°N~50°N) の低下に対応しているが、24半旬その他の変化は500mb 平均高度には現われるが zonal index には現われていない (第6・4図参照)。

### 6. 混合比の不連続前後の Flow Pattern

今までに述べたところによって、混合比が不連続的に増大する時には500mb 高度面が上昇し、同時に zonal index が低下することを知った。そこで、変化前後における flow pattern を調べるために、先ず0°を中心に30°W から、30°E、30°Nから75°Nの範囲で緯度間隔5°の半旬平均地衡風東西成分を計算し23半旬から27半旬まで並べたのが第7・1図の右側である。この図を見ると、初めは複雑な pattern を示しているが、24半旬までは、矢印で示した西風の強い域が45°N~50°Nを東西に並ん

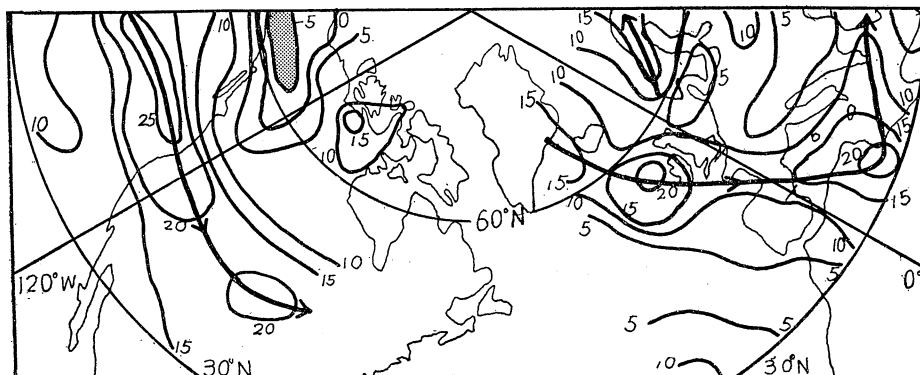
でいる。これが25半旬になると、ヨーロッパ南部に東風の領域があらわれて、西風は南下し、70°N附近に10m/sec以上の西風があらわれる。26半旬ではますます顕著になっている。

次に7・1図の左側に示すごとく、120°W を中心に150°W~90°W と30°N~70°Nの範囲について同じ図を作ると、この場合は0°E 附近よりも明瞭に blocking type の流れを示している。そして27半旬になって元の pattern に戻っている。

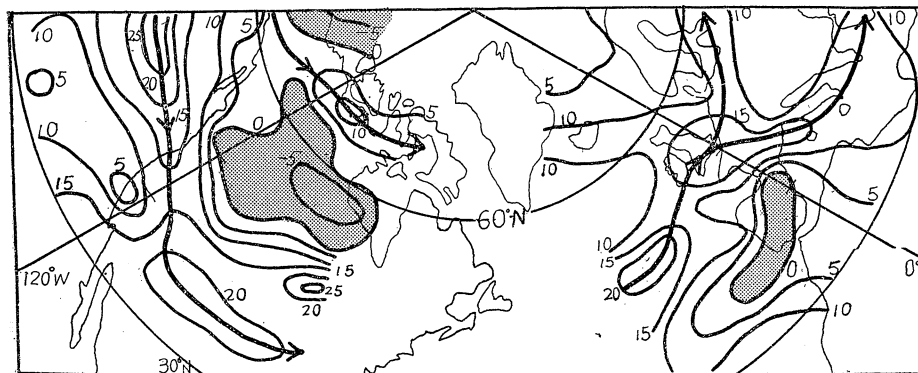
その他の地域については140°E と80°W を中心にして東西に60°の範囲の平均地衡風東西成分のプロファイルについて検討した。

第7・2図は80°W に関する図であるが、上の図は、ちょうど23半旬が変化の時点である。あまり明瞭ではないが、22半旬に一樣な西風であったのが、23、24半旬は55°N附近に東風の領域が現われる。そして25半旬にはまた元へ戻っている。下の図は28半旬が変化時点であり27半旬には最強の西風が45°N 附近にあるが、その後は次第に

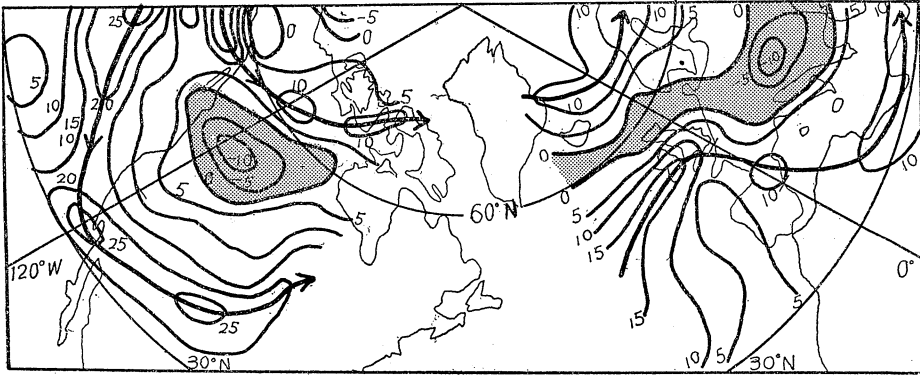
1950年、23半旬 (4月21日~25日)



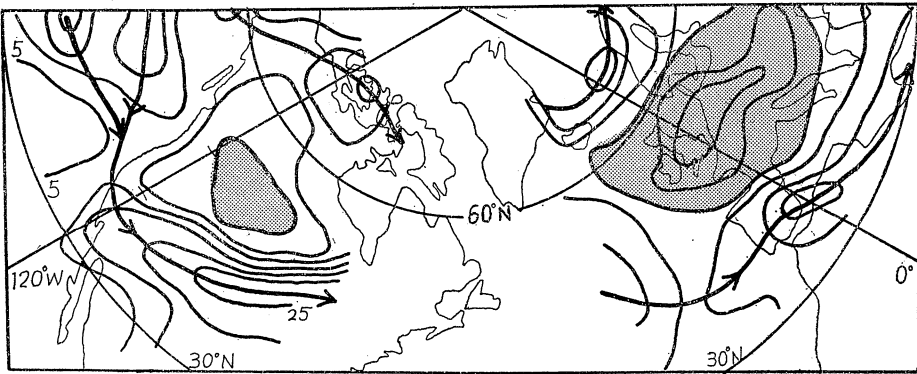
24半旬 (4月26日~30日)



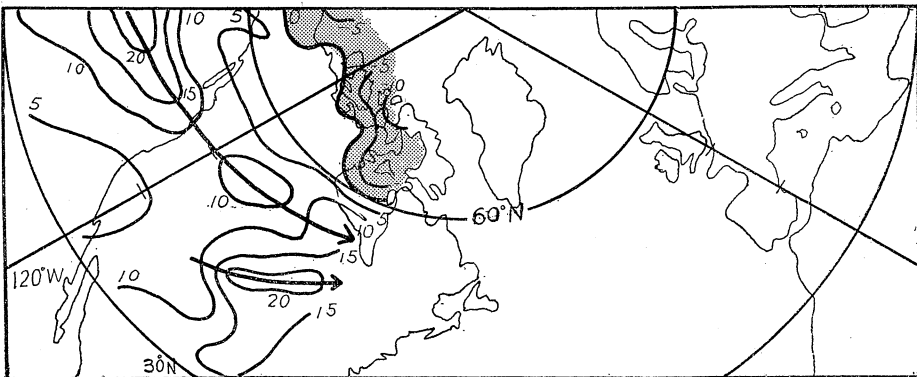
25半旬（5月1日～5日）



26半旬（5月6日～10日）

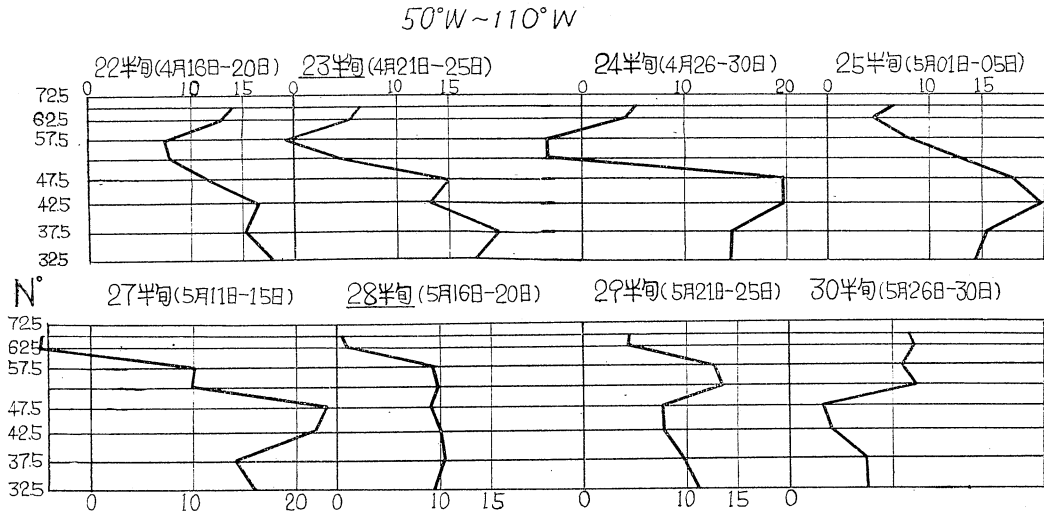


27半旬（5月11日～15日）

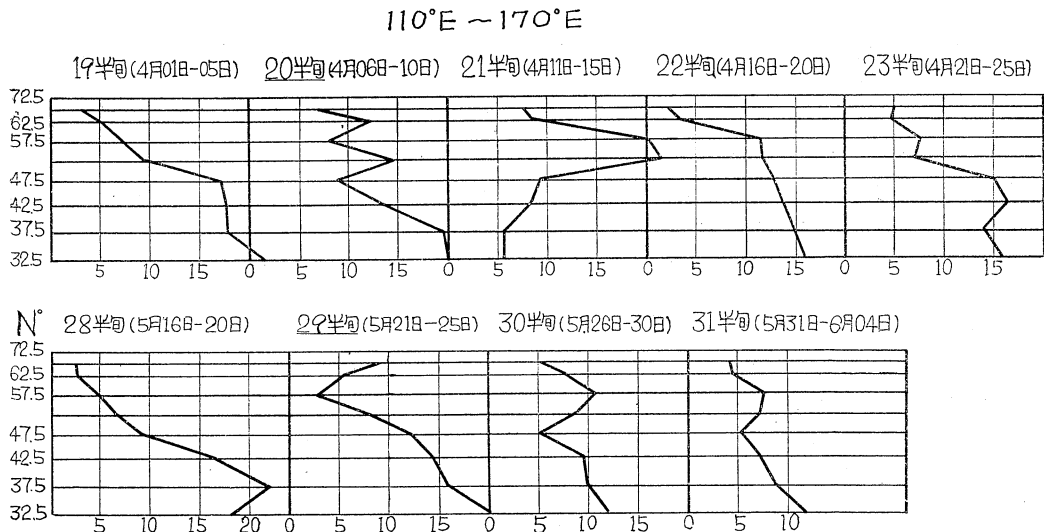


第7・1図 500mb 半旬平均天気図から計算した地衡風東西成分の分布，ハッチした領域は東風，数字の単位は m/sec.





第7.2図 50°W ~ 110°W の平均地衡風東西成分のプロファイルの変化

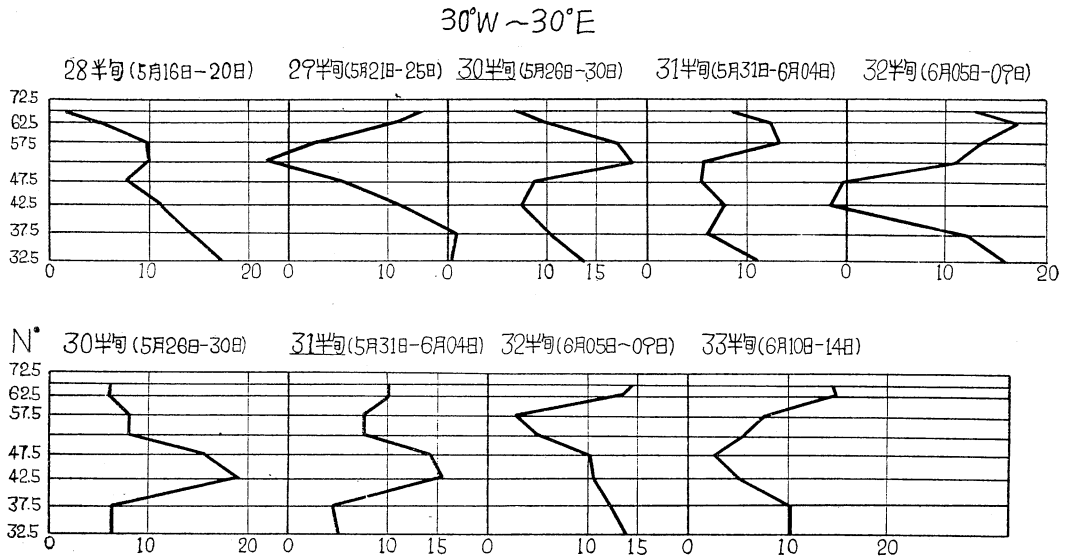


第7.3図 110°E ~ 170°E の平均地衡風東西成分のプロファイルの変化。

北に偏って28半旬後は明らかに南北に分れ、むしろ北側の西風の方が強くなっている。第7.3図は140°Eの子午線に沿う地衡風東西成分のプロファイルである。上の図は20半旬が変化時点になっている。分流は認められないが21半旬に最強西風が突然20度も北へ変位している。下の図では変化時点は29半旬であるが、この半旬を境にして最強西風は2つに分かれている。0°と120°Wの初めの変化時点については、patternで説明したが、0°の30半旬と120°Wの31半旬の変化前後のプロファイルを

第7.4図に示してある。これらの図を見ると変化前に1本であった最強西風が、変化後は2本に枝分かれしていることがわかる。

以上で、24半旬頃と29~30半旬頃に、世界的に blocking type の pattern があらわれ、その際に上層混合比が急激に増大する。これは分流が解消する時に北側の最強偏西風が残り、その結果500mb面の高度が上昇する。このようにして季節が進展し、定常状態がある期間続くことがわかった。



### 7. 結 語

上記の諸事実と推論を総括すると次のようになる。

(1) 平均混合比は24~25半旬, 29~31半旬および弱いながら37~38半旬の3つの時期に世界的に不連続的に増大し, 増加後1カ月~1カ半月位は定常状態を保つ。これらは1951年の資料について来海<sup>り</sup>が指摘した<sup>4</sup>, <sup>5</sup>の1., および<sup>5</sup>の2.の「変り目」に相当している。

(2) 混合化の不連続的变化に対応して500mb平均高度にも著るしい不連続变化が認められる。また24半旬や29半旬の変化に際してはzonal indexが低下して, 偏西風の蛇行が大きくなり, 後で示すように多少 blocking typeの気圧配置が予想される。

(3) 結局, これらの不連続变化は, 春から夏にかけては上層の気圧が急速に上昇する際に偏西風のうねりが大きくなって, 暖気が多量に北方へ輸送されるときにも最強偏西風が分流し, それが解消するとき北側の分枝が強くなって残る。その結果, その附近の気圧, 気温が上昇することになる。かくしてこの現象は半球規模であって, 局所的現象ではない。

(4) 従来の暦による季節区分から, 一歩前進して,

大気環流を考慮して季節を分類することが必要と思われる。

(5) ただし, 何分にも, ただ1年だけの資料から導かれた大胆な推論であることを申し添えねばならない。

最後に, この研究の推進に多くの理解を示され, 種々教示して頂いた予報研究部第4研究室の諸兄に, また製図を手伝ってくれた井上多喜子嬢に厚くお礼申します。

### 参 考 文 献

- 1) 小河原正己, 小沢正, 鈴木栄一, 藤田敏夫, 戸松喜一, 1954: 確率的季節予報について, 気象集誌, **II**, **32**, 253.
- 2) 荒川秀俊, 1954: 夏の冷暑と冬の寒暖, 気象集誌, **II**, **32**, 240.
- 3) 松倉秀夫, 1951: 気団の階段式転位について, 研究時報, **3**, No. 9.
- 4) 来海徹一, 1953: 上層から見た季節について, 研究時報, **5**, No. 5.
- 5) 村上多喜雄, 1951: 梅雨あけの機構, 気象集誌, **I**, **29**, No. 5.
- 6) 統計科学研究会, 1952: 新編統計数値表, 河出書房.