

## 日本における1994年夏の異常高温の地域性とそのメカニズム

古野 朗子\*, 安成 哲三\*\*

### 1 はじめに

1994年の日本の夏は、全国各地で平年値を大幅に上回る極端に高い日最高気温が現れたこと、北日本から西日本までの広い範囲で長期間にわたり気温の高い状態が持続したことの2点で特徴的な猛暑であった(酒井, 1994)。しかしながら、この広範な地域は同じ要因で一様に昇温していたのではなく、第1図に示すように地域により季節内の気温変動傾向が異なっていた可能性がある(気象庁, 1994)。この図は最高気温の記録更新日が地域毎に異なっていることを示しており、各々異なる要因で昇温していることを示唆している。

1994年の猛暑についての研究は既に数多くなされている。大循環的立場では、日本付近の順圧構造が強化されていたことによる下降気流の増大、太平洋高気圧の西偏などが主要な原因として挙げられている(藤川他, 1994)。また局所的立場からは、著しい少雨のため地表面が乾燥し、これによる顕熱供給量の増大が1994年猛暑に大きく寄与している可能性(藤部,

1995)、局所的なフェーン現象が最高気温の記録更新に大きく寄与しているという解析結果(鳴村, 1996)が報告されている。これらの要因が第1図のような昇温の地域差にどのように関連しているかということは非常に興味深い問題である。

本研究ではまず日平均気温平年偏差を用いた主成分分析を行い、1994年独自の高温発現の地域パターンを抽出する。次いで天気図等を用いて、高温の要因を大まかに把握する。更に地表面と上層の昇温パターンを過去の暑夏年と比較することにより、それぞれのパターンにおける高温の要因を考察する。

### 2 主成分分析

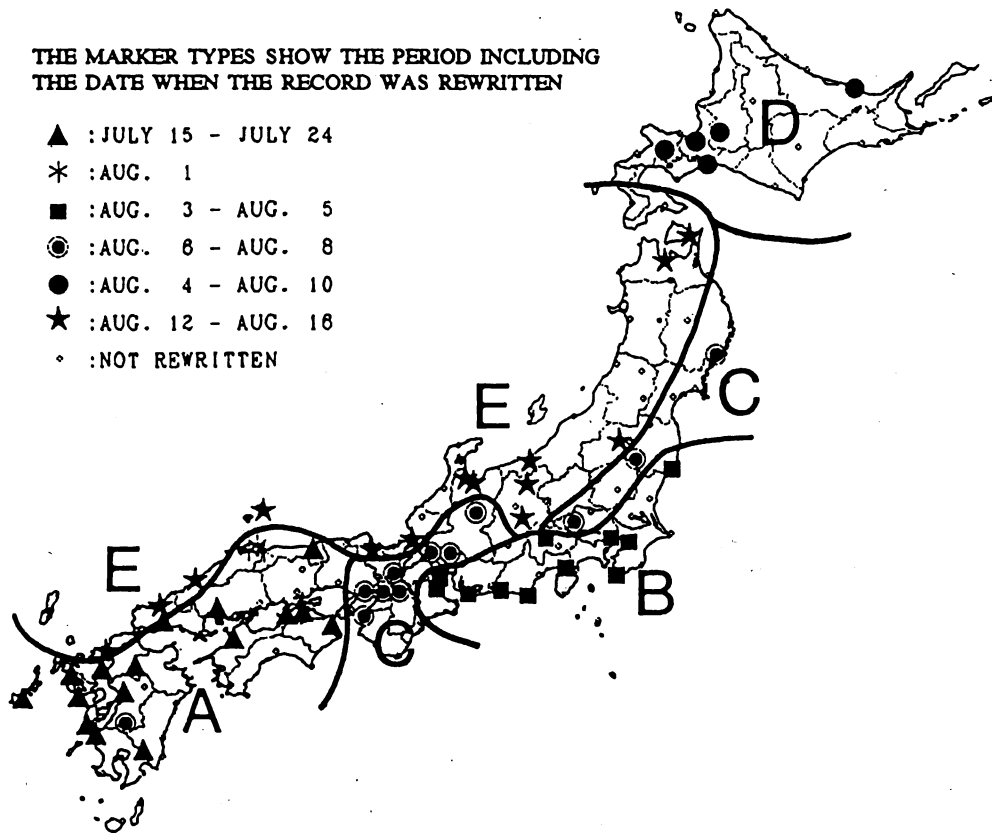
まず、地域区分の客観的な指標を得るために、1994年の日平均気温平年偏差を用いた主成分分析(EOF解析)を行った。スコア時系列の0線を平年値を見なすことが出来るように積和・平方和行列を用いて解析を行い、更に変動の特徴を鋭敏に捉えるために因子回転を施した。

データは気象官署データの気温時別値(1994年)、気温日別値(1961~1989年)を使用し

\*筑波大学環境科学研究科

(現在所属：日本原子力研究所)

\*\*筑波大学地球科学系



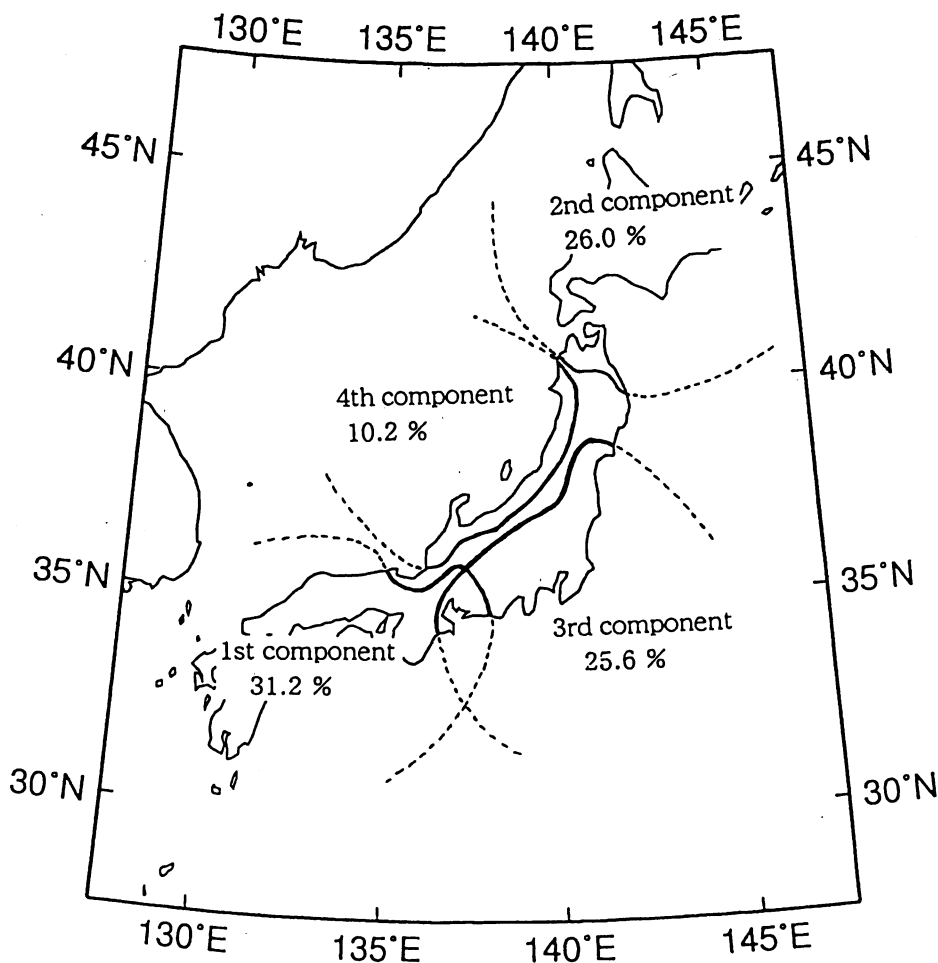
第1図 1994年夏に日最高気温の高い記録を更新した気象官署と記録が出現した日  
(気象庁, 1994)

た。期間は6月1日から8月31日までの92日間である。特別値データの欠測は空間的相関により補間し、日平均値を算出した。また1961~1989年の29年間の日別値から日別平均を作成し、これを平年値とした。解析地点には、1961年以後のデータが毎年揃っていて官署の移動がなく、高度1000m以下であるという条件を全て満たした全国118地点を選んだ。因子負荷量から見た地域区分を第2図に、スコア時系列を第3図に示す。第2図はそれぞれの成分の因子負荷量が0.6を越えた範囲を示している。

第1主成分は寄与率が31.2%である。全国的に正の値であるが、四国北部を中心とした西日本一帯に極大を持った分布をしている。興味深いのはスコア時系列図であり、6月下旬後期

から7月中旬にかけて平年よりかなり高い値が続いていることがわかる(第3図(a))。この期間の地上天気図を見ると、スコアが正になる期間に対応して、太平洋高気圧から分離した高気圧、いわゆる「鯨の尾型」高気圧が頻繁に出現しているのが目立つ。西日本の日最高気温の高い記録の更新が7月中旬に起こったことを考慮すると、西日本の高温はこの高気圧によるところが大きいと推定される。

第1図と比較すると、第1主成分の因子負荷量の大きい地域は第1図のC, A, E(西部)地域に対応している。C地域, E地域の一部が含まれることは一見意外であるが、これらの地域の気温時系列図は第1主成分のスコア時系列図に酷似していた(図は省略)。この地域は最高気温の記録更新の時期こそA地域とは異な



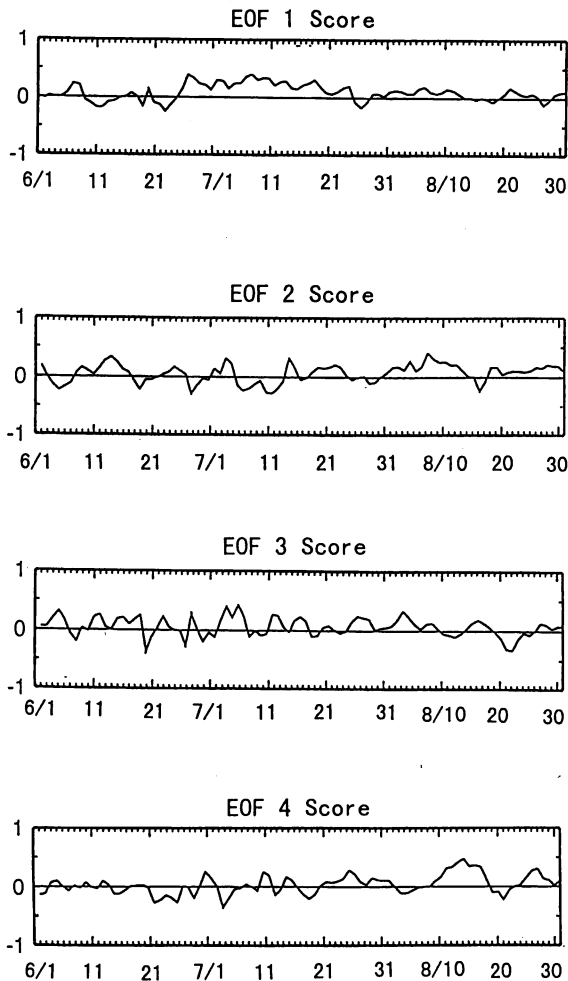
第2図 主成分分析の上位4成分の因子負荷量による地域区分。それぞれの成分の因子負荷量が0.6を越えた範囲を示す。

ったが、A地域と同様の原因で早くから昇温していたために、この成分の因子負荷量が高くなったと考えられる。

第2主成分は寄与率が26.1%であり、北海道から東北北部に極大を持った分布をしている。東北地方以北の梅雨が明けた7月中旬から8月中旬にかけてほぼ正のスコアが維持されている(第3図(b))。天気図を見ると、この時期に対応してジェット気流の位置が平年より大幅に北上していることが分かるが、それ以前は負のスコアも目立っている。また、北海道地域で最高気温の記録更新が起きた8月上旬には正のスコアが顕著に現れている。この成分の因子

負荷量の大きい地域は第1図のD区域にはほぼ対応している。

第3主成分は寄与率が25.7%であり、東北南部から中部地方にかけての太平洋側に極大を持っている。スコア時系列図にはそれほど顕著な特徴は見られないが、7月上旬前期、8月上旬の正のスコアには着目する必要がある。第1・第2成分と併せて8月上旬は時期は全国で気温が高かったということが出来る。7月初めは中部地方以北が梅雨の時期で、8月上旬には全国的に太平洋高気圧の圏内に入っているという明確な差があるが、先の「鯨の尾型」高気圧が存在している点ではこの2つの時期は共通で



第3図 主成分分析の上位4成分のスコア時系列。

- (a) 第1主成分
- (b) 第2主成分
- (c) 第3主成分
- (d) 第4主成分

ある。この高気圧が存在しているとき、関東地方では北西風となり、高気圧性フェーン（猪川，1990）が起こりやすくなる。従って同じ高気圧でも、第1主成分の影響が大きい地域とは作用が異なると考えられる。このことはこの地域の昇温にある程度寄与していることが予想される。この区分は第1図のB地区に対応していると考えられる。

第4主成分は寄与率が10.2%である。北陸以北の日本海側に極大を持つ。スコア時系列の

正の値が顕著なのは8月中旬である（第3図(d)）。この期間には台風14号が日本海を通過した。日本海側の最高気温記録更新がこの期間に起こったことを考慮すると、この成分の意味は熱帯低気圧によるフェーンによる高温である可能性が高いと考えられる。しかしここで区分された地域は第1図のEに比べて狭く、北に偏っている。第1主成分の影響が小さい地域だけが抽出されたのだと考えるのが妥当である。

以上より、1994年夏季の気温変動パターンは4つの主成分で表わされる（第2図）。つまり因子負荷量0.6以上の地域を各成分で表わされる地域とすると、おおむね日本は4地域に区分される。主成分分析では各成分が独立であるため、これらの4地域はそれぞれ異なった要因で昇温していると考えられる。

この分布を第1図の分布と比較すると、西日本域で異なる部分があるものの、共通点が多いといえる。

### 3 気温変動の要因

#### 3-1 月平均値で見た空間分布

前章で行った主成分分析と地上天気図解析により、昇温パターン分類と各々の原因の推定を行った。ここで問題として挙げられるのは、このパターンが大規模場の異常のみに起因しているのか、或いは局所的要因が更に関与しているかということである。これに答えるために、全国13地点の高層データを用いた解析を行った。

高層データは高層月報（Aerological Data of Japan）から抜粋した。期間は1984年～1994年の計11年で、全国13地点の月平均気温（00Z）、4地点の気温・相対湿度の日別値（00Z）の2種を使用した。00Zのみを使用したため定量的な議論は困難であるが、日々の温度傾向を論じる際には問題はないと思われる。しかしながらデータが過去11年分しかなく、夏季（6～8月）平均の気温の変動が大き

い期間に対応している(新田, 1995)ため, 以下の議論は一般の平年偏差を用いたものとは異なる。

まず全国13地点・4高度(地表面, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa)の月平均気温の11年平均からの偏差図(第4図)を作成した。

6月は鹿児島県の地表面を除いて顕著な昇温箇所はない。平均からの偏差 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 未満は平年並みと見なすとすると, 全層全地点でほぼ平年並みと言える。一方7月は以下のような特徴が顕著に現れている。地表面気温偏差は全国的に大きくなっているが, 北日本(輪島以北)では上層部も地表面と同程度昇温しているのに対し, 館野以西では上層の気温偏差が小さい。更に, 館野・八丈島・潮岬・鹿児島では地表面のみが著しく昇温しているのに対し, 米子・福岡の2地点は850 hPaの昇温もかなり大きく, 上層へ行くに従い上昇の程度が小さくなっている。従って, 米子から福岡にかけての地域には他の西日本地域とは異なった昇温の原因があると推定できる。先程の主成分分析でも両者が異なることが示されている。

8月は一転して島部と潮岬を除いた全地点で地表面の昇温が著しい。強いて特徴を挙げると, 東北地方と館野では地表面と850 hPa面の気温偏差の差が $1^{\circ}\text{C}$ 程度であるのに対し, 米子以西と輪島ではその差が $2^{\circ}\text{C}$ 程度開いている。

以上より高度方向の昇温パターンでも地域性があることが示唆された。7月に全層で高温となった輪島以北, 地表面のみの著しい高温が目立った関東以西の太平洋側, 地表面の高温の他に850 hPaや700 hPaの昇温も著しい中国・九州北部の3地域である。これを主成分分析の結果(第2図)と比較すると, 北日本域で多少異なるものの, 主成分分析による区分と共通性があることが分かる。

### 3-2 日別値で見た従来の暑夏年との比較

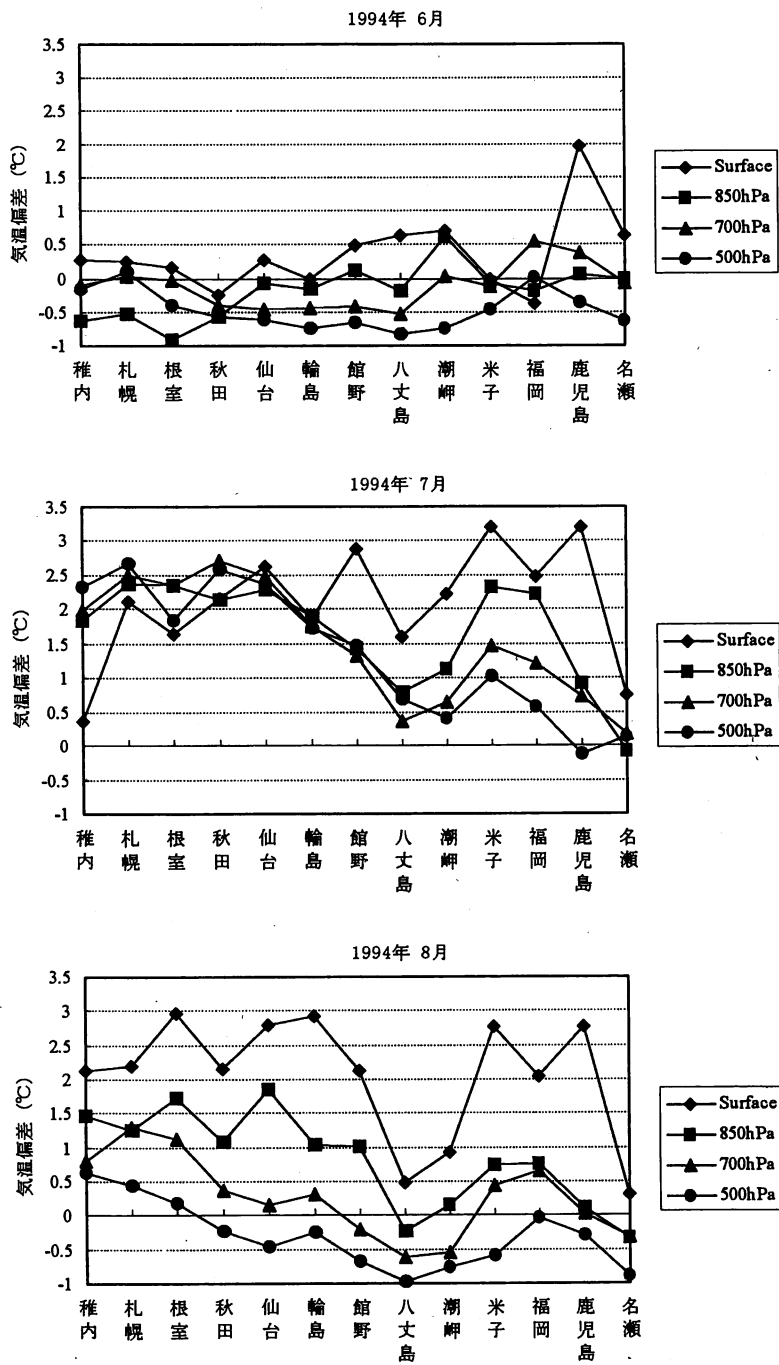
この事情をより詳細に見るため, 主成分分析の各成分の代表と考えられる4地点(札幌, 輪島, 館野, 福岡)を選び, 日別のデータを用いて上と同様の解析を行った。ここでは比較しやすいように半旬平均を作成し, 更に対象としている11年の中で1994年に次いで夏季平均気温の高かった1990年, 1984年との比較を行った(図は省略)。

まず全体的に言えるのは, 1994年の高温が過去の2例と比較しても著しく, しかも長期間持続していることである。また全国的に8月の地表面気温の上昇が目立つ。

1994年の札幌では, ほぼ全期間を通じ上層2層の正偏差が大きい。7月は先の結果の通り全層で高温であるが, これは札幌の高温には大循環的な要因が寄与していることを示している。ジェット気流の大幅な北上に対応しているため, このことがこの地域の昇温の直接の原因であると考えられる。また, 8月4日付近では地表面が著しく高温になっている。これは北海道地域でフェーン現象が起きたとする鳴村(1996)の結果に対応するものであると考えられる。

輪島では7月30日以降の地上気温の上昇が特徴的である。殊に日本海を台風14号が通過した8月14日からの半旬に地表面のみが著しく高温になっており, これがフェーンの結果であることは, やはり鳴村(1996)でも報告されている。

1994年の館野では6月末に突然全層で昇温した後, 地上気温が際立って高い状態が8月中旬まで持続する。館野付近の高温には地表面付近の加熱が関与している可能性が高い。鳴村(1996)は, 8月初めにこの付近で高気圧性フェーンが起きたことを報告しているが, その他の時期でも地表面気温が高い状態が続いていることは, 太平洋高気圧に覆われ晴天が続く, 降

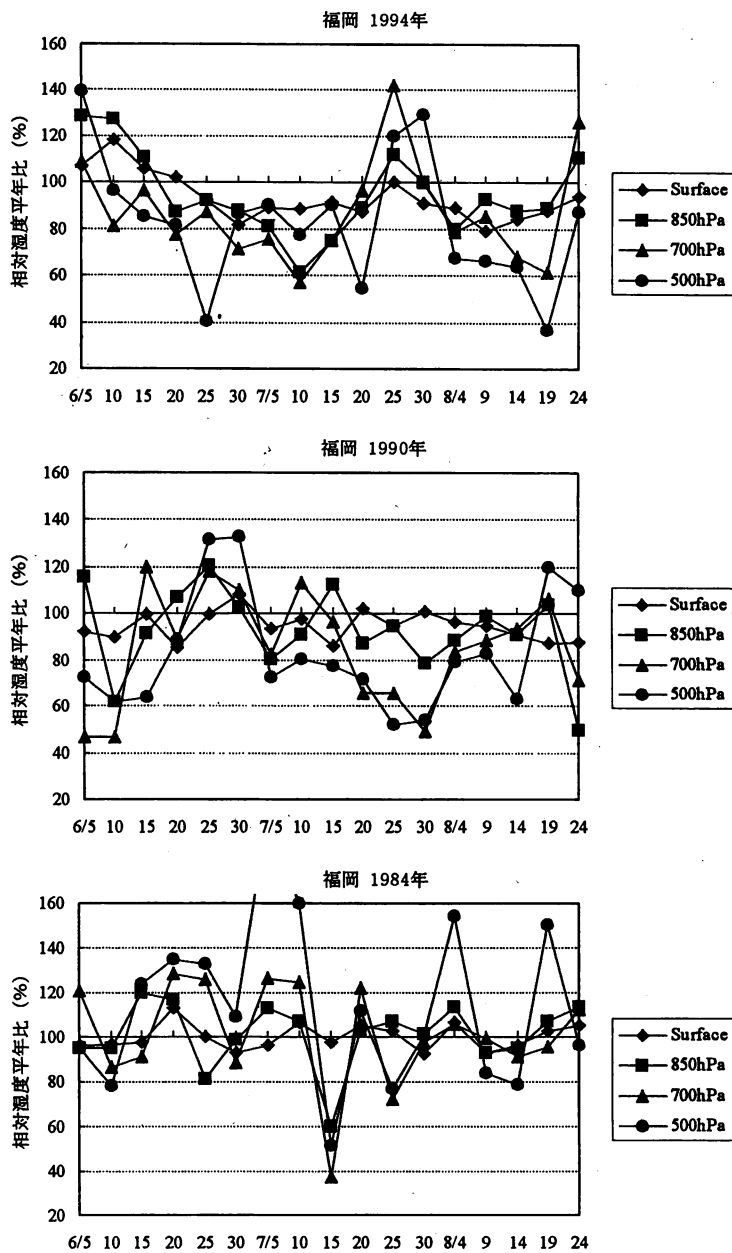


第4図 全国13地点における地表面, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa 各層の昇温パターン  
縦軸は平年偏差 (°C), 上から順に6月, 7月, 8月。

水量が少なかったことによる顕熱供給量の増大が原因であるとする藤部 (1995) の推論と対応している可能性を示す。

福岡では6月末の地表面正偏差が際立って高

く, その後も高い状態を維持している。福岡では館野付近より降水量平年比がかなり小さかったため, 館野と同様地表面からの顕熱が高温の原因であると考えるのは妥当である。しかしな



第5図 福岡における地表面, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa 各層の相対湿度平年比 (%) 分布図。

がら 850 hPa, 700 hPa 等でも同等に昇温している事実は、この地域には地表面状態の他に何らかの要因が関与したことを示している。

相対湿度についても半月平均の平年比を取り、過去の暑夏年と比較した。札幌、輪島、館野では過去との比較において明確な差が見られ

なかったが、福岡では以下のような特徴が現れた(第5図)。先に述べたとおり、福岡では6月下旬から7月中旬、8月上旬に顕著な高温になったが、この時期に対応して全層で平年比90%を下回る期間が持続している。しかし用いている指標が相対湿度であるため、平年比を

下回することは乾燥を意味するとは限らない。そこで比湿を用いて同様の図を作成した（図は省略）。その結果、1990年との差は明らかでなかったものの、共に平均と比べて少ないということが確認できた。他の地点では気温が平均を大きく上回っていたにも拘らず福岡のような結果にならなかったことを考慮に入れると、1994年の福岡は乾燥傾向であったと考えられる。

以上より1994年の福岡では、過去の盛夏年と比較しても高温・乾燥の状態であったことが示された。数値予報天気図を見ると、特に7月上旬期、地上・850 hPa・500 hPaの各高度においてこの狭い地域に高気圧が連なって形成されているパターンが多く出現したことがわかる。この地域が背の高い高温・乾燥気団の影響を強く受けたと推論できる。これは過去の2例には見られなかったものであり、1994年猛暑の重要な特徴であるといえる。

#### 4 まとめ

1994年の日本の夏は全国的に高温であったが、季節内の気温変動傾向は地域毎に異なり、4地域に分けられることが示された。東北地方北部から北海道の北日本地域、本州の日本海側、東北南部から中部地方の太平洋側、中国・四国・九州の西日本地域である。この区分は主成分分析によるものであるが、最高気温の極値更新の観点による区分及び高層の気温偏差の観点による区分とも本質的に対応していると考えられ、各々の高温の原因が異なっていることを裏付けている。

北日本の高温はジェット気流が北上し亜熱帯気団に覆われたことによる大循環的な要因、東日本の太平洋側は地表面からの顕熱輸送および高気圧性フェーン、日本海側は熱帯低気圧によるフェーンの影響がそれぞれ強いと考えられる。また、高層データの解析から、特に著しい

高温であった西日本地域が上層部まで乾燥傾向であったことが分かった。高温・乾燥の大陸性気団あるいは下降気流の影響を受けている可能性が考えられる。これについては大循環的な立場から更に詳細な解析を行う必要がある。

また、全国的に8月の地表面気温が際立って高かったことは、降水量が大変少なかったことによる顕熱の増大が高温の原因であるという可能性（藤部，1995）を示唆している。

#### 〈参考文献〉

- 藤部 文昭，1995：1994年猛暑の境界層内における特徴，日本気象学会1995年春季大会予稿集，52 p.
- 藤部 文昭，1995：北日本における夏の月平均気温変動の地域特性と各種観測要素との関係 —主成分分析から見た冷夏の多様性の実態—，天気，42，567-577.
- 藤川 典久 他，1994：1994年夏のアジア・太平洋域の循環場の特徴について，日本気象学会1994年秋季大会予稿集，25 p.
- 猪川 元興，1990：力学的に誘起されたフェーン，天気，37，420 p.
- 気象庁：気候系監視報告（1994，1990）
- 気象庁，1994：気象庁月報
- 気象庁，1994：気象庁年報
- 気象庁：Aerological Data of Japan（1984-1994）
- 気象庁，1991：地上気象観測統計指針
- 気象庁，1995：数値予報天気図
- 気象庁，1972：季節予報指針，245-278.
- 気象庁，1991：日本気候表 その1 月別平年値，478 pp.
- 倉島 厚，1966：日本の気候，古今書院，253 pp.
- 三上 岳彦，1975：主成分分析による日本の夏季気温分布型の表現とその動気候学的考察，地理学評論，48，784-797.
- 日本気象学会，1995：1994年の日本の夏（日本気象学会1995年春季大会シンポジウム資料）
- 新田 勅，1995：最近の日本の天候の特徴とその要因，第2回日本気象学会中部支部公開気象講座資料，10-15.
- 酒井重典，1994：この夏の天候と大気の循環場 —記録的な高温と少雨—，Private Communication，6 pp.
- K. Ninomiya and H. Mizuno，1985：Anomalous Cold Spell in Summer over Northeastern Japan Caused by Northeasterly Wind from Polar Maritime Air mass，Part 1. EOF analysis of temperature variation in relation to the large-scale situation causing the cold summer，J. Meteor. Soc. Japan，63，845-857.