

香川県の都市域における気象要素の経年変化と地表面状態の変化

山 地 一 代*・米 谷 俊 彦**・森 征 洋***

要 旨

香川県高松市、多度津町における気温および相対湿度の経年変化と周辺地域の地表面状態の変化について調べた。年平均気温は長期的に上昇傾向を示し、年平均相対湿度は急激な低下が起る時期が現れた。気温・相対湿度の経年変化を季節別にみると、特に春の変化率が最大となった。1960年代に、両観測点の周辺では比較的湿潤な地表面(水田・畑地・海など)が著しく減少し、逆に乾燥化され易い地表面(市街地・住宅地など)が急激に増加した。相対湿度の急激な低下の時期は、地表面状態の急激な変化の時期と一致しており、両者は密接に関係していることが示唆された。一方、年平均気温は、同時期における周辺の土地利用の急激な変化に対応するような変化は認められなかった。

1. はじめに

近年、人間の活動が地球環境に与える影響について問題とされている。特に、地球温暖化問題に関して、気温の長期的な変化が注目されており、全球の平均気温は増加傾向にあることが各種の解析結果から明らかにされている。日本においても気象庁等によって日本国内の地上気温の経年変化が調べられており、年平均気温は0.9度/100年の長期変化傾向があることが示されている(気象庁, 1993, 1996)。このような地上気温の経年変化を調べるに当たっての問題点は、観測地点の移転や観測・統計方法の変化などの影響があるばかりではなく、気温の経年変化には都市化の影響が含まれていることである(山元, 1990)。日本の気象官署における日最高気温・日最低気温に与える都市化の影響に関して、日最高気温には都市化の影響はみられないが、日最低気温には顕著な都市化の影響が認められることが報告されている(野口, 1994)。従って、日最低

気温に都市化の影響が現れるならば、それは日平均気温にも影響が現れることになる。

一方、日本の都市の相対湿度は1950年代と1960年代に急激な乾燥化を示しており、東京・大阪など大都市ほど相対湿度の低下は大きく、他の多くの都市でも同様の低下傾向が認められることが報告されている(小元ほか, 1994; 藤原, 1989; 中辻, 1992など)。これまで、気象要素の経年変化に及ぼす都市化の影響は、人口の変化などと関連づけて統計的に調べられている(野口, 1994)。しかし、都市化の影響は、観測地点周辺の土地利用状況の変化と関連づけて調べることがより直接的であるように思われる。

本研究では、香川県高松市(以下高松)と多度津町(以下多度津)の気象資料を用いて、日平均気温・日最高気温・日最低気温・日平均相対湿度の経年変化について調べた。これらの地点の気象要素の経年変化については、奥田・西本(1995)によっても調べられている。今回は月毎に長期的変化傾向の解析を行い、さらに詳しく調べるとともに、気象要素の経年変化と観測地点周辺の土地利用状況の変化との関係についても調べた。今回調査を行った2地点のうち多度津は、日本国内の気候変動の実態調査において、気象庁が資料を用いた全国15地点のうちの1つに入っている。

* 岡山大学資源生物科学研究所(現：四国工業技術研究所)。

** 岡山大学資源生物科学研究所。

*** 香川大学教育学部。

—1998年3月27日受領—

—1998年11月13日受理—



第1図 高松地方気象台と多度津測候所の位置.

2. 解析資料・方法

本研究では、高松地方気象台と多度津測候所の資料を用いた。第1図に、今回解析を行った高松地方気象台と多度津測候所の位置を示す。用いた資料は、日平均気温・日最高気温・日最低気温・日平均相対湿度の月平均値（以下では日平均相対湿度については単に相対湿度とする。）である。資料の期間は、高松が1921年～1995年（75年間）、多度津が1893年～1995年（103年間）である。なお、高松地方気象台での観測開始は1941年であり、それ以前の観測データは高松市内の別の地点で香川県によって観測されていたデータを用いた。観測地点が違っているために、1921年～1941年と1942年～1995年に分けて解析を行った。さらに相対湿度については、近隣の気象官署（岡山・松山・高知・室戸岬）の資料を用いて比較を行った。

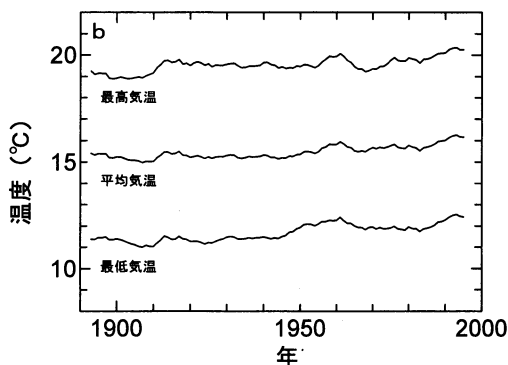
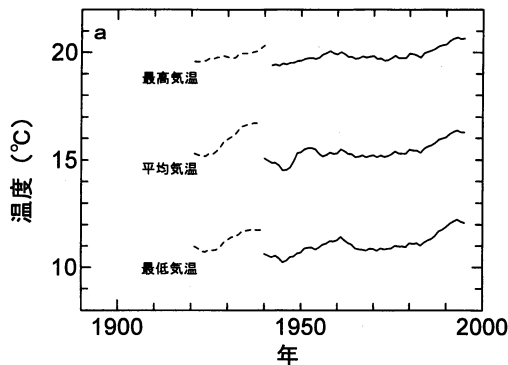
各気象要素は年毎のばらつきが相当に大きいので、経年変化の解析には3年間の移動平均を用いた。また、長期的変化傾向は線形回帰式の傾きから求めた。高松と多度津の対比のために、高松地方気象台での観測開始後の同じ期間である1942年から1995年までの54年間についても長期的変化傾向の比較を行った。

都市化の指標として地表面状態の変化を解析するために、これまでに国土地理院から発行された5万分の1および2万5千分の1の地形図を利用した。これらの過去の地形図から高松地方気象台および多度津測候所を中心とする地域の土地利用状況を読み取り、間接的な都市化の指標として、地表面状態の変化を調べた。

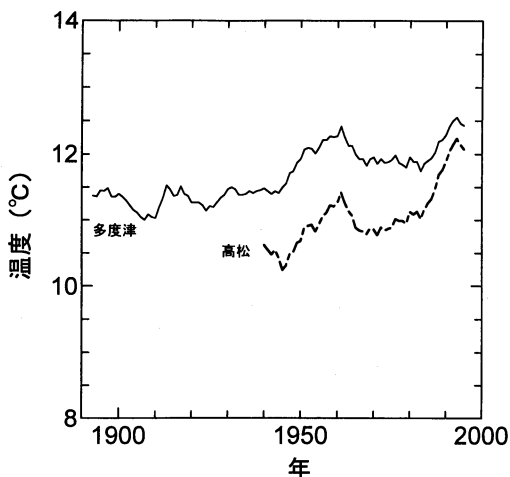
3. 解析結果

3.1 気象要素の経年変化

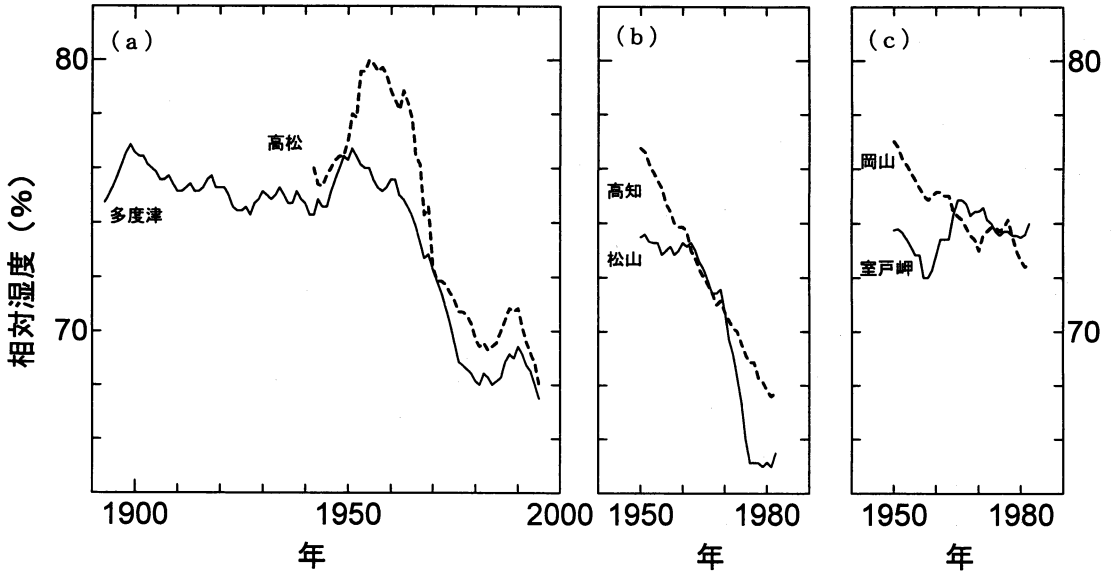
高松と多度津の日平均気温・日最高気温・日最低気温の年平均値の経年変化を第2図a, bに示す。高松で



第2図 日最高気温・日平均気温・日最低気温の経年変化。(a)高松の気温の経年変化(破線は現在の気象台に移る前のデータ)を示す。(b)多度津の気温の経年変化を示す。



第3図 高松・多度津の日最低気温の経年変化.



第4図 高松・多度津および近隣の観測所の相対湿度の経年変化。(a) 高松・多度津の相対湿度の経年変化を示す、(b) 高松・多度津と似た変化傾向の松山・高知の相対湿度の経年変化を示す、(c) 高松・多度津と違う変化傾向の岡山・室戸岬の相対湿度の経年変化を示す。

の気象観測所は市内中心部にあったが、1941年から現在の場所での高松地方気象台による観測が開始された。第2図aには、現在の場所で気象観測が開始される以前のデータも破線で図に示した。高松の場合、観測地点が市街地から水田地域に移転したことにより、日平均気温・日最低気温に 2°C 程度の減少が認められる。また、日最高気温もわずかながら減少が認められる(第2図a)。市街地と水田地域で地表面状態の違いにより気温差が生ずることは、杉本・近藤(1994)の観測例からも明らかである。高松の観測地点が移転した前後の時期に、多度津の日平均気温・日最低気温には、顕著な不連続的な変化は認められない(第2図b)。高松における変化は、観測地点が市街地から郊外に移転したことによる周辺環境の変化に伴うものであると考えられる。他の気象官署についても観測地点の移転に伴う不連続な変化はしばしば報告されている(例えば、福岡, 1996)。このことは逆に、周辺地域の都市化によっても気温が変化することを意味していると考えられる。

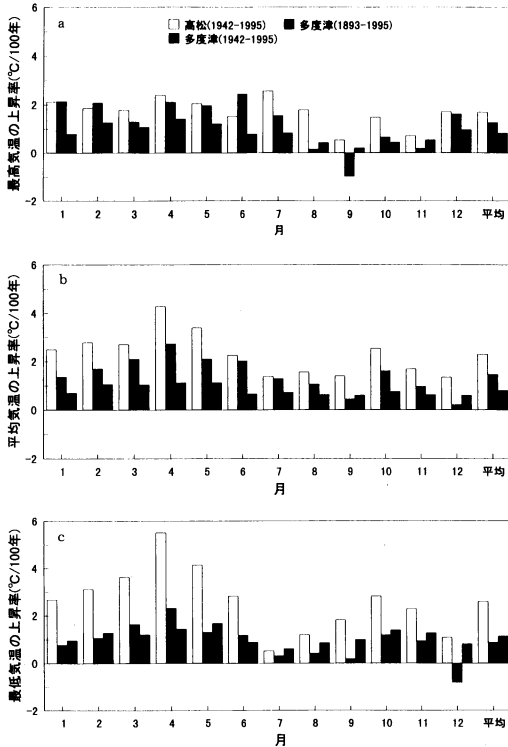
第2図a, bによると、移転後(1942年以後)の高松および多度津では、日最高気温・日平均気温・日最低気温の経年変化に長期的な上昇傾向が認められる。このような平均気温の上昇傾向については、奥田・西本

(1995)によっても指摘されている。日最低気温は、高松における上昇が特に著しい。そのため、日最低気温は1980年代以前には多度津の方が高松よりも 1°C 程高温であったが、最低気温の経年変化を比較した第3図が示すように、最近では高松と多度津の日最低気温の差が次第に小さくなってきている。

高松・多度津の相対湿度はともに1960年代から1980年代の約20年間に、約10%の減少を示した(第4図a)。両地点の相対湿度が急激な低下を示した期間について、近隣の気象官署(岡山・松山・高知・室戸岬)の経年変化を第4図b, cに示す。県庁所在地である松山・高知については、同期間に高松や多度津と同様な相対湿度の低下が認められた(第4図b)。一方、当時の観測地点が比較的郊外に位置していた岡山では、他の観測点ほど急激な相対湿度の低下はほとんど認められない。また、周辺環境変化が少なかった室戸岬においては、相対湿度の低下は全く認められない(第4図c)。これらの結果は、相対湿度の低下と周囲の環境の変化の間には密接な関係があることを示唆している。

3.2 気象要素の月別上昇率

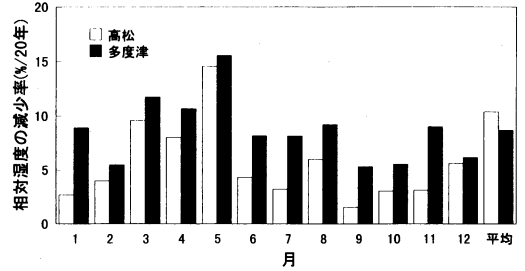
高松と多度津の月別の気温(日平均・日最高・日最低)の経年変化からそれぞれの気温の100年あたりの月



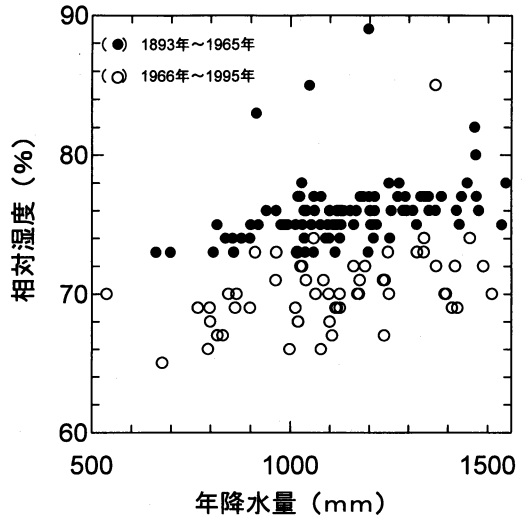
第5図 高松(1942-1995)・多度津(1893-1995)の日最高気温・日平均気温・日最低気温の100年あたりの月別上昇率。(a)日最高気温の100年あたりの上昇率を示す、(b)日平均気温の100年あたりの上昇率を示す、(c)日最低気温の100年あたりの上昇率を示す。

別上昇率を求めた(第5図 a, b, c)。高松・多度津ともに、日平均気温の上昇率は冬から春にかけて大きくなり、10月にも若干大きくなる傾向があった(第5図 b)。日最低気温も同様に、冬から春にかけて上昇率が大きく、4・5月に第1のピークが見られ、7月に最低になっている。その後、再び上昇率が大きくなり、10月に第2のピークが見られる(第5図 c)。日最高気温の上昇率は日平均気温や日最低気温の上昇率に比べて小さい。また、日最高気温の上昇率は1年を通して月毎の変化が小さい(第5図 a)。このことより、日平均気温の上昇傾向は、日最高気温の上昇よりも日最低気温の上昇の影響を大きく受けていると考えられる。

1960年から1980年において、多度津の月別の相対湿度の経年変化から、20年間あたりに換算して月別減少率を求めた(第6図)。高松・多度津ともに、冬から春にかけて減少率が大きくなっている。相対湿度の減少



第6図 高松・多度津(1960~1980)の相対湿度について20年間の月別減少率。

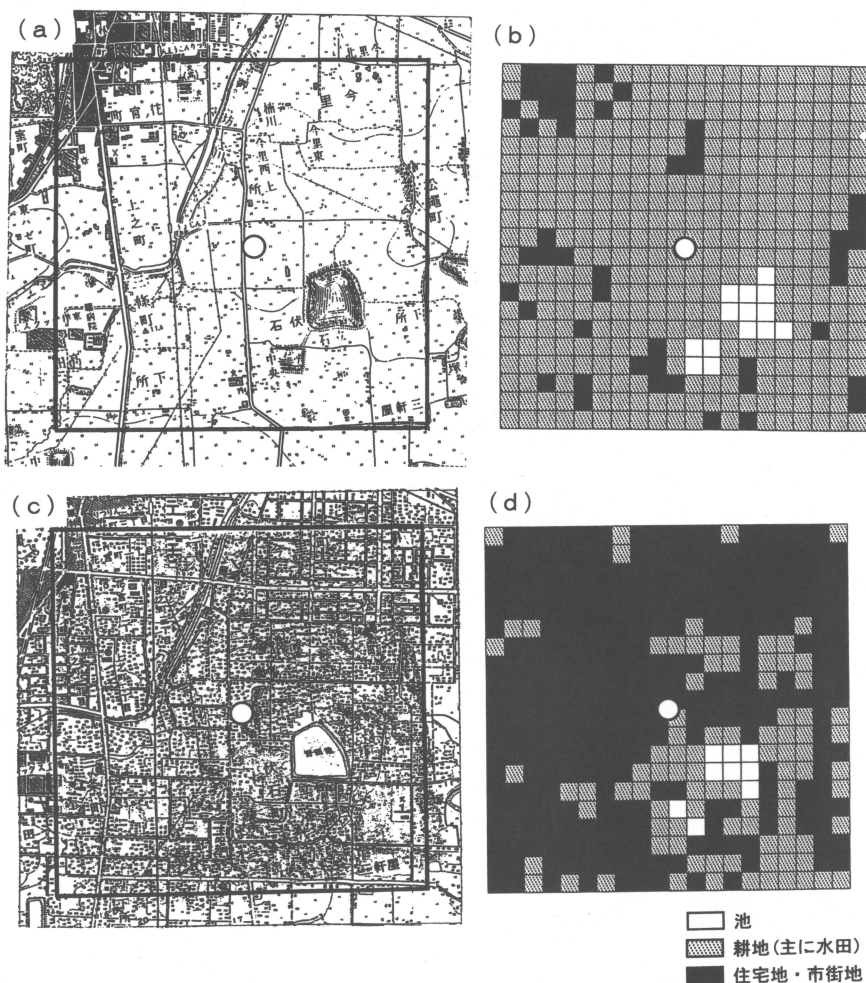


第7図 高松・多度津における降水量と相対湿度の年平均値の関係。

率のピークが、日平均気温の上昇率のピークと似た季節に生じたので、気温の上昇と相対湿度の減少の間に何らかの関係があると考えられる。

3.3 相対湿度の経年変化と他の気象要素の関係

相対湿度の経年変化に及ぼす年降水量の影響をみるために、高松および多度津において、相対湿度の低下が始まる前の73年間(1893年~1965年)と後の30年間(1966年~1995年)に分けて、年降水量に対する相対湿度の年平均値をプロットした(第7図)。相対湿度の低下の始まる前と後では、両期間ともに、年降水量が増加すると相対湿度に増加する傾向が見られる。しかしながら、相対湿度の低下が始まる前と後の年降水量はともに500 mm~1600 mmの間でばらついており、この時期の降水量の顕著な減少は認められない。したがって、1960年以降の相対湿度の急激な低下は年降水量の変化によるものとは考えられないように思われ



第8図 高松地方気象台周辺の土地利用の変化。○は高松地方気象台の位置を示す、(a) 高松地方気象台を中心とする4 km²の地形図(1962年)(国土地理院発行の2万5千分の1地形図「高松南部」(昭和3年測図)を使用)、(b) 高松地方気象台を中心とする4 km²の地表面積状態を示す(1962年)、(c) 高松地方気象台を中心とする4 km²の地形図(1989年)(国土地理院発行の2万5千分の1地形図「高松南部」(昭和44年改測、平成元年修正)を使用)、(d) 高松地方気象台を中心とする4 km²の地表面積状態を示す(1989年)。

る。

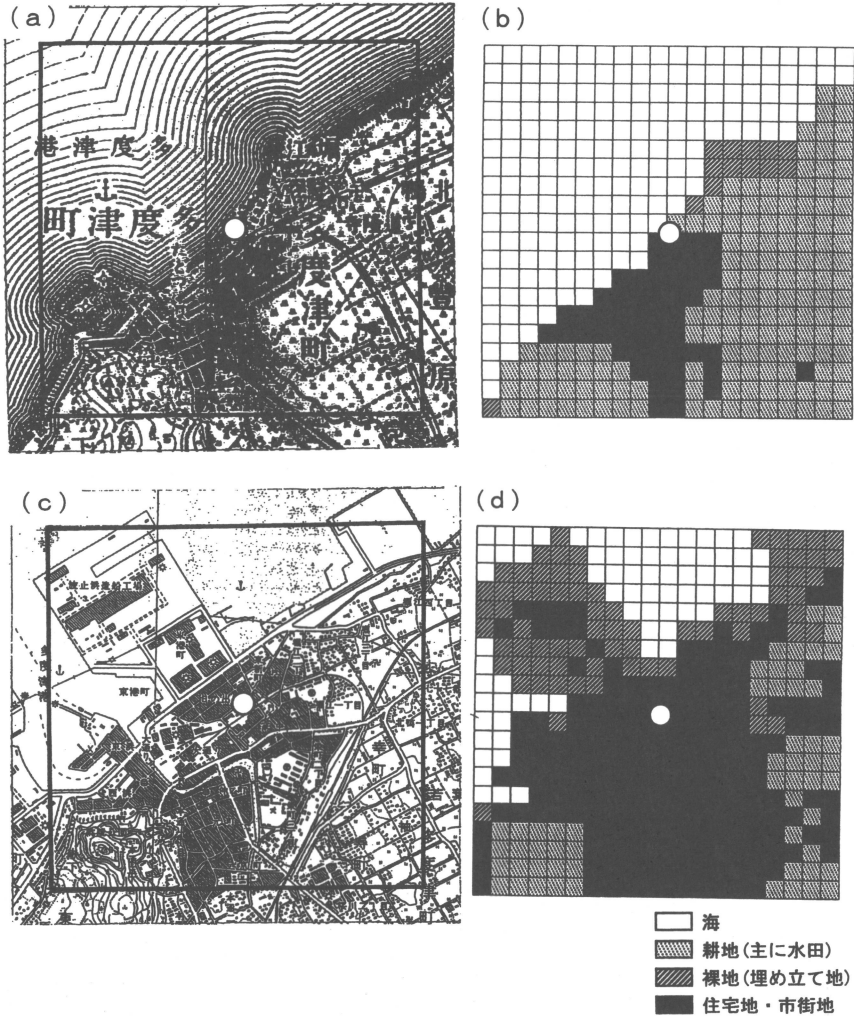
また、相対湿度の低下の原因として、気温の上昇による影響も考えられる。しかし、相対湿度の急激な減少は1960年から1980年に生じており、気温上昇の生じた期間と必ずしも一致していない。さらに、尾崎(1998)は、月毎や時刻毎の絶対湿度を算出して相対湿度の低下が始まる前後の比較を行い、1960年から1980年についての絶対湿度の低下を確認している。このことから、

相対湿度の経年変化は、他の気象要素によっても大きく左右されると考えられるが、気象要素以外にも相対湿度の低下をもたらす幾つかの要因があるように思われる。

3.4 気象要素の変化と地表面状態

(1) 地表面状態の解析

地表面状態の変化を調べる直接的な資料はないので、地形図から読み取った土地利用の変化から地表面



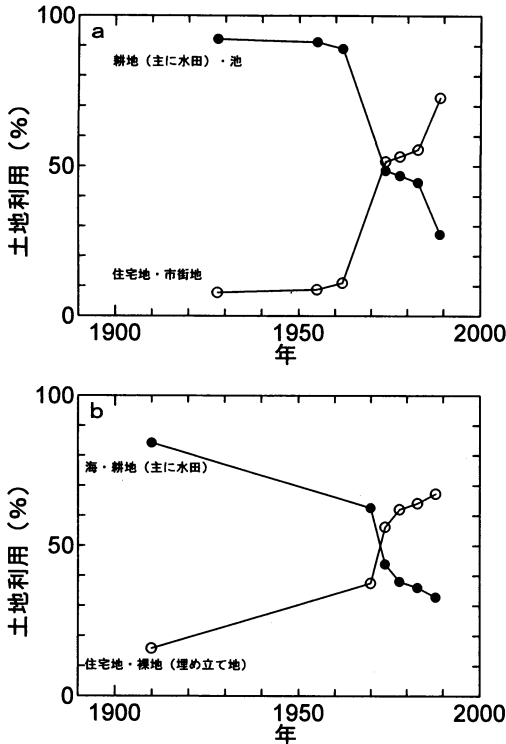
第9図 多度津測候所周辺の土地利用の変化。○は多度津測候所の位置を示す。(a) 多度津測候所を中心とする4 km²の地形図(1910年)(国土地理院発行の5万分の1地形図「仁尾」(明治39年測図, 明治43年修正)および「丸亀」(明治39年測図)を使用); (b) 多度津測候所を中心とする4 km²の地表面状態を示す(1910年), (c) 多度津測候所を中心とする4 km²の地形図(1989年)(国土地理院発行の2万5千分の1地形図「讃岐粟島」(昭和53年改測, 平成元年修正)および「丸亀」(昭和44年改測, 平成元年修正)を使用), (d) 多度津測候所を中心とする4 km²の地表面状態を示す(1989年)。

状態の経年変化を調べることにした。この解析においては、気象観測地点を中心とする、辺の長さが東西・南北それぞれ2 kmの正方形の領域(面積4 km²)を100 m四方のメッシュで区切り、各区画ごとに土地利用の状態を海・池、耕地、裸地(埋め立て地)および市街地・住宅地の区分で読みとった。

高松地方気象台周辺の土地利用の解析については、

1928年から1989年間の7枚の地形図を利用した。多度津測候所周辺の土地利用の解析については、1910年から1989年間の6枚の地形図を利用した。

高松地方気象台周辺の土地利用の変化の例として、1962年の地形図(第8図a)と地形図から読み取った地表面状態(第8図b)、1989年の地形図(第8図c)と地形図から読み取った地表面状態(第8図d)を示し



第10図 観測所周辺の地表面状態の経年変化。
(a) 高松地方気象台周辺、(b) 多度津測候所周辺。

た。高松地方気象台は1962年には水田で取り囲まれていたが、1989年には周辺の一部を残して住宅地となっている。多度津測候所周辺の土地利用の変化の例として、1910年の地形図(第9図a)と地形図から読み取った地表面状態(第9図b)、1989年の地形図(第9図c)と地形図から読み取った地表面状態(第9図d)を示した。多度津測候所は、1910年には海岸近くに立地していたが、1989年には埋め立てに伴い300 mほど海岸から離れている。また、周辺の住宅地も拡大している。両観測地点ともに周辺の土地利用は大きく変化している。

観測所周辺の地表面状態の経年変化を第10図に示す。高松においては、1962年以降に住宅地・市街地の占める割合が増加し、逆に水田が著しく減少している(第10図a)。多度津において、1960年以降に沿岸部の埋め立てや水田の減少に伴って、住宅地や埋め立て地の占める割合が増加した(第10図b)。両地点とも、住宅地や市街地などの割合が、1970年頃まで50%以下であったが、1989年には約70%になった。

(2) 気象要素の変化と地表面状態の変化の関係

水田や海水面などの比較的湿潤な地表面は、高松・多度津ともに1960年代から著しく減少し、代わって住宅地や市街地などの比較的乾燥化され易い地表面が増加した。両地点ともに、相対湿度も1960年代以降急激に低下して、地表面状態の変化の時期と一致している。一方、気温の上昇傾向は近年の15年間に比較的顕著に現れているが、地表面状態の変化との関係は明らかにはならなかった。

4. まとめ

高松および多度津における気温および相対湿度の経年変化と観測地点周辺の土地利用の関係について調べた。長期的に見ると、両地点とも日最高気温・日最低気温・日平均気温は上昇傾向を示し、相対湿度は低下傾向を示した。気温・相対湿度ともに季節によって経年変化率は異なり、特に日最低気温・日平均気温は、春季の上昇率が最大となった。各種の気温は、最近15年間の上昇傾向が著しい。日平均気温の近年の上昇傾向と1960年代に生じた観測地点周辺の土地利用の急激な変化との間には、時期的な対応関係は見られなかった。このことは、高松・多度津における年平均気温の長期的な上昇傾向には、周辺の土地利用の変化ばかりではなく、大きなスケールの気温の上昇傾向も反映されていることを意味していると考えられる。

両観測地点の相対湿度は、1960年から1980年にかけて急激な低下を示している。これは他の都市の気象官署における特徴と類似している。特に、冬から春にかけて最低気温の大幅な上昇と相対湿度の大幅な低下が認められた。これらの経年変化の傾向は、他の都市における特徴と類似しており、高松・多度津においても都市化の影響が現れていることを示唆している。

観測地点の周辺地域の地表面状態は、高松・多度津ともに、1960年代以降に比較的湿潤な地表面が減少し、代わって比較的乾燥化され易い地表面状態が増加した。地表面状態の変化と気温の上昇傾向との間に相関は見られなかった。一方、高松および多度津での相対湿度の急激な低下時期と観測地点周辺の地表面状態の変化時期との間には、密接な関係があることが明らかになった。

謝辞

研究を行うにあたり、資料を提供して下さった高松地方気象台および多度津測候所に感謝の意を表しま

す。

参 考 文 献

- 藤部文昭, 1997: 都市気象官署における気温極値の経年変化, 天気, 44, 101-111.
- 藤原 清, 1989: 神戸における湿度について, 研究時報, 41(別冊), 130-131.
- 福岡義隆, 1996: 近郊農業に対する情報から都市気候分を除く必要性—都市化と気象台移転, 中国・四国の農業気象, 9, 14-17.
- 気象庁, 1993: 地球温暖化監視レポート1992, 気象庁.
- 気象庁, 1996: 地球温暖化監視レポート1995, 気象庁.
- 中辻 剛, 1992: 大分市の気候変動, 研究時報, 44(別冊), 180-181.
- 野口泰生, 1994: 日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響, 天気, 41, 123-135.
- 奥田雅彦, 西本 章, 1995: 高松気象年表の整理と解析, 平成7年度大阪管区府県気象研究会誌, 374-375.
- 小元敬男, 體谷 憲, 巖 香姫, 1994: わが国の都市の近年の湿度変化, 水文・水資源学会誌, 7, 106-113.
- 尾崎美紀, 1998: 高松における相対湿度の低下の原因について, 香川大学教育学部卒業研究.
- 杉本荘一, 近藤純正, 1994: 仙台市におけるヒートアイランドと各種地表面温度の日変化の観測, 天気, 41, 541-544.
- 山元龍三郎, 1990: 地球温暖化の実態に関する研究の動向, 天気, 37, 289-305.

Long-term Variations of Urban Meteorological Elements and its Relation to Land Surface in Kagawa

Kazuyo Yamaji*, Toshihiko Maitani** and Yukihiro Mori***

* (Corresponding author) Research Institute for Bioresources, Okayama University
(Present affiliation: Sikoku National Reserch Institute. Hayashi, Takamatsu, Kagawa, 761-0395, Japan)

** Research Institute for Bioresources, Okayama University

*** Faculty of Education, Kagawa University

(Received 27 March 1998 ; Accepted 13 November 1998)
