

地球温暖化時代における松山の気候変化

深 石 一 夫*

1 序

地球温暖化が言われてからかなりの年月がたっている。最初に地球温暖化が公開の場で発表されたのは、1988年夏の北米での高温干ばつによるトウモロコシ地帯での農業災害についての連邦議会の公聴会で、J.ハンセンらがこの農業災害は地球温暖化の結果による可能性があると言ったことに始まる（S.H.シュナイダー、1990）。わが国でも気象庁が地球温暖化を公式に認め始めたのは1990年頃からである（気象庁、1991）。その後1990年代は異常高温が続いたことから数多くの地球温暖化についての論争が活発になり、多くの成果が刊行されている（気象庁、1991、1994、1998など）。以来IPCCの設立など地球温暖化の実体、原因、将来の予測とその対策などに関する調査や報告が数多くなされている（例えば Houghton et al 1990、1995）。このように国内外で検討・論争がなされているが、身近な地域ではどのような気候変化や人々の暮らしへの影響があるだろうか、ほとんど検討がなされていない。

グローバルに見た年平均気温の経年変化は、1990年代になり急激な上昇を続けている。1998年の年平均気温は、グローバルに気象観測時代にはいった1860年以來年平均気温は最高で14.78度Cであったとされ、2位は1997年、第3位1995年と1990年代になり最高気温の記録をつぎつぎと更新し、いよいよ地球温暖化時代の到来かといわれている。我が国についても都市化の影響の少ない15地点の20世紀の気温上昇量は100年間で0.91度Cで、春1.33度C、夏0.81度C、秋0.80度C、冬0.94度Cとなっていて、この上昇量は危険率5%で有意であると報告されている。（気象庁1999）。特に1990年代の高温記録更新が多く出現し、集中豪雨、干ばつ、異常高温などの異常気象が多発していると報告

されている（気象庁1998）。

こうした地球温暖化時代を向かえ、松山の実体はどうなっているのかを松山地方気象台や周辺のアメダス観測資料を用いて検討してみたい。気温上昇はどの季節の多く出現し、月平均気温・日最低気温・日最高気温のどの部分に現れているのかを観測資料によって明らかにし、全国規模の傾向との差異を検討したい。また民生用途の夏の電力消費量を経年変化を見ることによって、夏の松山における気温上昇との関連について検討し、さらに人為的な活動が大気環境に与える効果として都市気候の顕在化と熱汚染の対策としていくつかの提言を試みたい。

2 松山での気温の経年変化

1) 年平均気温

松山地方気象台では気象観測が1890年開始され、以来2000年まで111年間実施されている。1990年には観測以来100周年を記念して『愛媛の気象100年』を刊行しているが、ここではそれ以降の気象観測資料を加えて松山の気象をレビューしてみよう。年平均気温の経年変化を図1に示す。図は上から日最高気温、平均気温、日最低気温の年平均値、それぞれの5年移動平均が示されている。年平均気温は観測開始以来一貫して上昇し、過去およそ110年間を長期的にみると一貫して上昇し、過去100年間に1.55度Cの気温上昇が見られる。大きくみると1960・1980年代に年平均気温が16度Cを越える年がしばしば見られるが、1990年以降には冷夏であった1993年を除くと連続して16度C以上の気温が出現し、回帰直線式でも1980年代後半には16度Cを越えている。さらに1990、1994、1998年には17度Cを越え1998年にはついに17.6度Cとかつてなかったような高温が出現するようになり、最近10年間に著しい高温年が出現している。

長期的に見れば1915年付近、1930年付近、1960年付

*愛媛大学法文学部

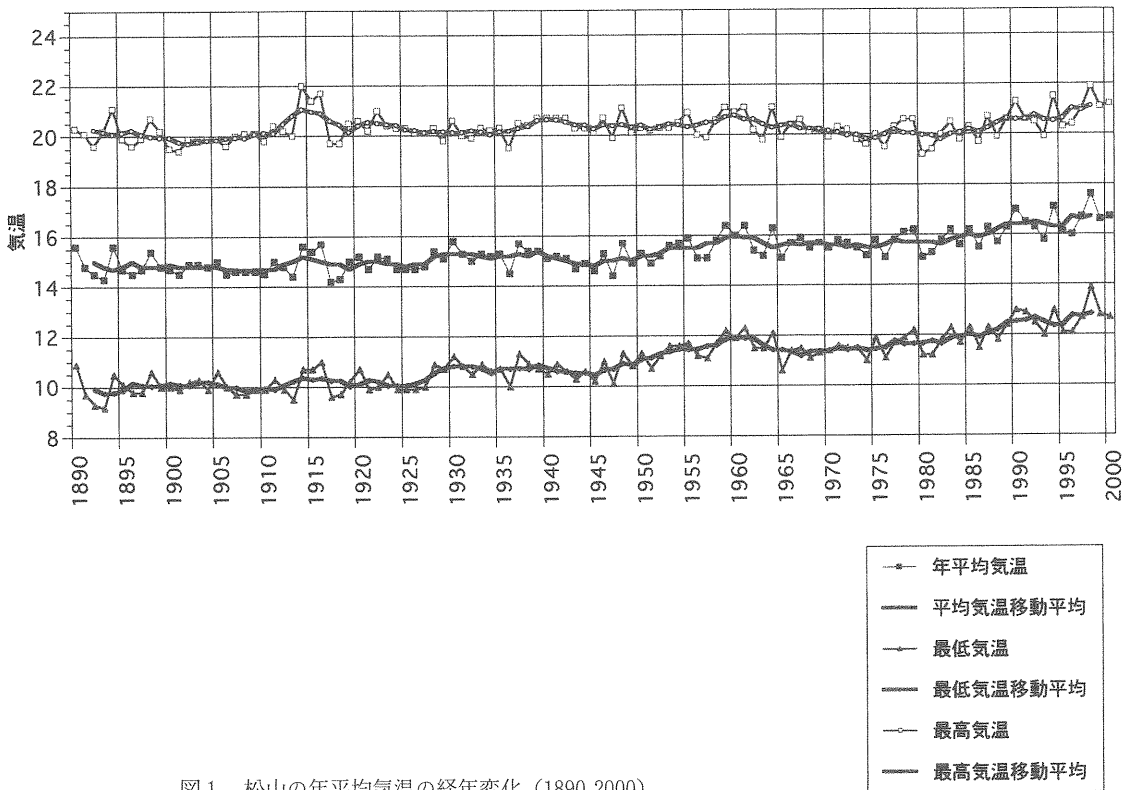


図1 松山の年平均気温の経年変化 (1890-2000)

近に高温期が認められるが、90年代の高温はこれまでにない長期にわたり、しかも高温の幅も大きい。このような傾向は日本規模でもおおかた一致し、グローバルに見ても大きな相違はない。こうした90年代の高温の実体を松山について各月ごとに平均気温レベルで見よう。日最低気温の年平均気温はもっとも上昇率が高く2.59度C/100年に達している。これに対し日最高気温の年平均気温はほとんど上昇していなく、0.34度C/100年である。

2) 月平均気温の観測以来の順位

観測開始以来 (1890-2000) の年別・月別の平均気温を高温順に第5位まで並べ、平均気温 (1961-1990) と標準偏差を下段に併記すると、表1ようになる。年平均気温は第1位として1998年の17.6度C、以下第5位までとると全部1990年代がしめ、90年代になってからの異常高温が顕著になっている。月別に見ても90年代の高温出現が目立っている。

一般に年および月平均気温のヒストグラムは正規分布をし、標準偏差の±3倍中に標本全体の99.7%が含まれるといわれている。ここでは標準偏差が0.4、平

均気温15.8度Cであるから、単純に計算すると17度Cを越える高温は100年に1回以下の出現確率である。しかし1990、1994、1998年の年平均気温は17度Cを超え、この10年間にこのような異常高温が3回も出現していることになる。この事実は年平均気温の出現頻度が従来とは異なった段階に移ったことを示している。

グローバルに地球温暖化を見ると、温室効果ガスの影響は高緯度、冬季にまず顕著に現れ、暖冬年が多くなるといわれている。しかし松山の最近の気温傾向を月平均気温の高温順位でみると、この冬季の高温傾向よりはむしろ、暖候期の高温傾向が高い頻度で出現している。90年代になって5位以内に入る高温は、3月5回、5、8、10月各4回、11月3回、2、4、6、7、9月各2回、12月1回で1月は全く更新されていない。つまり梅雨期の6月をのぞく3月から9月までの高温記録の更新が多く、暖候期の高温化が著しいことを示し、とりわけ8月の高温化が目立っている。8月平均気温の1位は29.1度Cで、1995年と1998年の両年である。1961年から1990年の30年間の8月平均気温が27.2度Cで標準偏差が0.7であるから、この高温は標準偏差の2.7倍に相当する。標準偏差の±2倍は

表1 松山における月・年平均気温の高温順位(1~5)
(1890-2000年, 平均と標準偏差は1961-1990)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	
1	8.0/1989	8.6/1990	10.6/1997	17.9/1964	20.8/1998	23.8/1990	
2	7.4/1972	8.3/1998	10.5/1990	17.3/1998	19.9/1997	23.8/1894	
3	7.0/1988	8.3/1959	10.5/1999	16.0/1983	19.9/1994	23.7/1916	
4	7.0/1979	7.6/1989	10.3/1998	15.6/1994	19.5/1982	23.5/1991	
5	7.0/1954	7.5/1979	10.1/1991	15.1/1989	19.4/1999	23.2/1996	
平均	5.3/1.1	5.6/1.3	8.6/0.9	14.1/1.0	18.3/0.6	22.0/0.8	
	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann
1	29.1/1994	29.1/1995	26.0/1999	20.5/1998	14.6/1994	10.4/1948	17.7/1998
2	28.1/1930	29.1/1998	25.7/1961	20.3/1961	14.6/1990	10.1/1890	17.1/1994
3	28.0/1990	28.9/1994	25.4/1985	19.6/1994	14.4/1997	10.0/1963	17.0/1990
4	27.9/1914	28.3/1983	25.2/1998	19.6/2000	14.2/1982	10.0/1998	16.7/1997
5	27.8/1961	28.2/1990	25.1/1970	19.5/1999	14.2/2000	9.6/1929	16.7/2000
平均	26.4/1.0	27.2/0.7	23.5/1.3	17.9/0.8	12.7/0.8	7.7/1.1	15.8/0.4

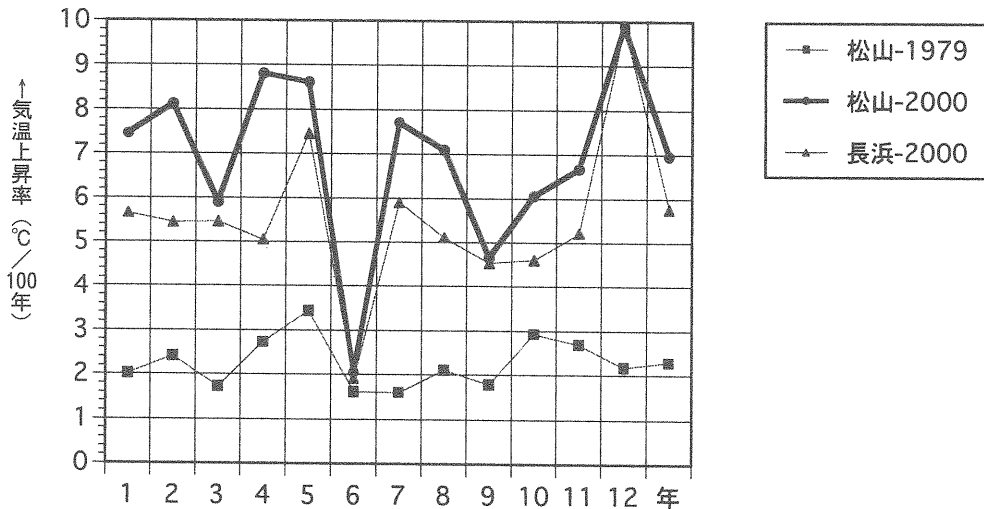


図2 松山(1890-1979), (1979-2000)と長浜(1979-2000)の月別気温上昇率(°C/100年)

95.4%母集団を含むから100年に5回以下出現するような異常高温がこの10年間に2回発生していることになり、従来の松山での気象観測からは考えられないような異常高温であったといえよう。このような90年代の高温傾向は全国規模の結果と異なり、松山を取り巻く環境とその変化がその原因と考えられる。また3月、10月、11月の高温記録更新が多いのは、季節的にいえば「春の訪れが早く、冬の訪れが遅い」ということになり、冬の期間が温暖化により短縮されたことになる。こうした気温の高温化現象はさまざまな生物季節(桜の開花、イロハカエデの紅葉など)にも影響を与えて

いる。次に各月ごとに気温の上昇率を見てみよう。

3) 月別気温上昇率

観測開始以来の平均・日最高・日最低の月別平均気温の上昇率を算出し、比較することにより最近の月平均気温の推移を見ることとする。図2は松山の(1890-1979年)・(1979-2000年)、長浜の(1979-2000年)における月別気温上昇率を示す。この気温上昇率は日最低気温の月平均値を時系列で並べ、最小二乗法で回帰直線式を求め、その式の勾配である上昇率を100倍し、100年間の気温上昇量で表している。

松山地方気象台での観測開始以来地球温暖化が指摘される以前の1979年までの月別気温上昇量を見ると(深石・登日 1981), 日最低気温の上昇率が最も高く5・10・4・11月の値が大きく, 100年間に2.5~3.5度Cの上昇率になっている。これは春や秋の移動性高気圧の出現頻度と高い相関を持ち, 晴天で風が弱く, ある程度夜間の時間が長い季節である時期に気温上昇率が高い。このような夜半から明け方にかけての気温上昇は都市気候の特徴と説明されてきた。しかしこの場合7・8月は上昇率が低くなく, 100年間に1.5から2.0度Cの上昇率に留まっていて, 都市気候の特徴は限定的である。

同様の方法でアメダス観測が開始された1979年以降2000年までの観測資料を用いて日最低気温の上昇率を松山と, 都市の影響が少なく, 伊予灘に面した長浜について比較検討してみる。最近20年間の月平均気温の上昇率が最も高いのは松山でも長浜でも12月で, 初冬の季節風の吹き出しが遅く暖冬が続いていることを示している。月平均気温の高温順のランクに12月はほとんど現れていないにもかかわらず, 平均気温の上昇量が最も大きいのは興味深い。次いで松山では4月, 長

浜では5月が高く, この傾向は1979年以前の上昇率と一致している。これに対して秋の上昇率は両地点とも低い。最近の特徴として7月・8月の気温上昇率が高いことがあげられる。しかも松山での7月・8月の上昇率は年平均の上昇率よりも高い7.71度C, 7.09度Cで最近20年間に著しい上昇を見せている。一方長浜は5.90度C, 5.11度Cでいずれも松山より2度C近く低い。これは長浜のアメダス観測地点が伊予灘に近く, しかも都市化が進んでいないためと説明できる。なお6月は松山・長浜共にまた地球温暖化以前も以後も上昇率が最も低く, 2度C程度に固定されているのは, 梅雨期で接地層が多湿であるから一定になったものと推定される。また秋雨期の9月も低い上昇率にとどまり, 松山と長浜の差がほとんどない。

この松山の夏の高い日最低気温の上昇は1979年までは見られなかった現象である点に注目したい。夏の気温の上昇率が高いのは最近の現象であり, とりわけ都市域に顕著であると推定できる。松山と長浜は総観スケールでは同じ条件と考えられるので, 都市気候の効果が松山に顕著に現れ, 松山の日最低気温の上昇を促していることになる。このような夏の都市の高温化現

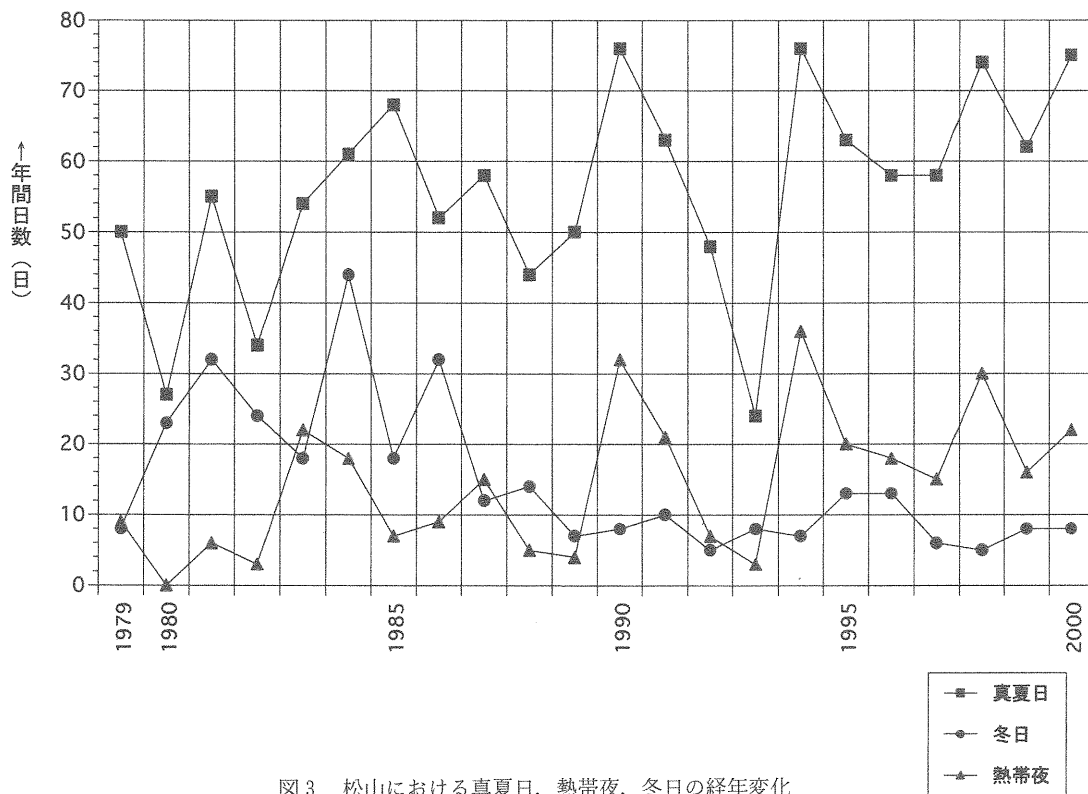


図3 松山における真夏日, 熱帯夜, 冬日の経年変化

象は関東内陸部の猛暑についての最近の調査（藤部1998）とも一致する。

4) 真夏日・冬日・熱帯夜の経年変化

日最高気温が30度Cを越える日数が真夏日で、気象庁ではこの日数の統計をとっている。日中の気温が30度Cを越えると、大部分の人は半袖のウェアを着用し、ビールの消費が伸び、エアコンの稼働時間が多くなるといわれている。1951-1980年の平均真夏日の年平均日数は57.3日である。1980年代は50.3日、1990年代は60.2日でここでも近年の上昇が見られるが、1990年代の特徴は6月、9月の真夏日の増加が著しいことである。とりわけ9月の真夏日は10.0日で、近年残暑が厳しいことを示している。

冬日は日最低気温が0度C以下に低下した日数で、野外のものが凍結するおそれがある。また冬日が少ないと、幼虫が多く越冬し害虫が異常発生するなど生態系が乱れ、農業や住民の日常生活にも影響が見られる。1951-1980年の年平均冬日日数は26.7日であったが、1980年代は22.4日、1990年代は8.3日で20年ほど前には1ヶ月近くあった冬日は、近年では1週間程度に減少している。

熱帯夜は日最低気温が25度C以上の日数である。夏の明け方の気温が25度C以上であると、寝苦しい夜になり夜間のエアコンの稼働率が高くなる。1951-1980年の年平均熱帯夜発生日数は6.5日、1980年代は8.9日、1990年代は19.8日でここでも著しい増加がみられる。80年代には全く発生しなかった6月に90年代には発生するようになり、80年代以前にはほとんどなかった9月に90年代には1.5日の発生があり、ここでも残暑が厳しいことを示している。

このように真夏日・熱帯夜の増加、冬日の減少、出現時期の変動などは各種産業、消費生活に大きな影響を与える。松山における真夏日・冬日・熱帯夜の経年変化を図3に示す。真夏日の増加、冬日の減少はいずれも最近の高温化傾向を如実に示している。次に熱帯夜を指標にとり高温化傾向と人間の活動の関連を見てみたい。

3 松山の都市気候

図3から明らかのように、熱帯夜の発生頻度については1990年代は年平均で19.8日で驚くべき上昇である。

1998年8月の熱帯夜は22日間で寝苦しい夜が3日間に2日以上、1994年には15日間で2日に1日あったことを示し市民生活に大きなインパクトを与えたことで記憶に残っている。1994年は水飢饉で暑い夏であったが、6月から9月まで年間36日間で観測以来最高であった。熱暑の夏は都市活動でも水需要が高くなり、蒸発散量の増加とともに農業用水の需要が増加するなど水不足と関連が深い。

こうした最近の高温傾向の原因を考えてみよう。松山は瀬戸内海の伊予灘に面し人口およそ47万人の四国最大の都市であり、瀬戸内海の気候特性と都市気候の影響が顕著に現れていることは、以前から指摘されている（深石・登日1982）。都市市街地では、人間の活動が集中し多量のエネルギーを消費するだけでなく、都市の構造、熱特性、汚染大気などが関わり都市固有の大気環境を形成する。この都市気候の特徴を簡単にいえば、接地層の大気の滞留、弱い風、熱の島、低湿度、汚染された大気の集積などが挙げられる（深石1992）。

市街地の外観は様々な高度の建造物が不規則に配列され、下層大気は建造物によって暖められ、人間活動による加熱・汚染大気を引き起こし、その大気は滞留し易い物理的環境にある。とりわけ太陽高度が低い時間には都市部の凹凸が日射を多く受け止め、日向側の壁面を加熱し都市温度形成に関わっている（朴1987、野口1994）。最近の調査では大都市の自動車・厨房・空調の廃熱、つまり人間活動による熱汚染が無視できない状況になっていることが指摘されている。次に松山を取り巻く自然環境の特徴を見てみよう。

松山は瀬戸内海気候に属し、ここでは暖候期には晴天日数・日照時間が多いので、高温になりやすい。また周辺が山地・陸地に囲まれているので風がよわく、周辺山地からの気流は瀬戸内海域に滞留しやすい気候特性を持つので、汚染大気の拡散、都市の熱の島の消散には不利な条件となる。伊予灘に面した松山は暖候期には南よりの気流に対し四国山地の風下側になるので、とりわけフェーン現象の頻度が高くなり、夏の高温に寄与する（深石1993）。

伊予灘に面した松山周辺では海陸風循環が一般的である（深石・辻田1994）。つまり日中は伊予灘から海風として陸地に風が吹き、夜間は陸地から伊予灘に陸風が吹き、これらの風が交代する際には風の弱い時間帯である朝なぎ、夕なぎがあり夏の高温期には高い体

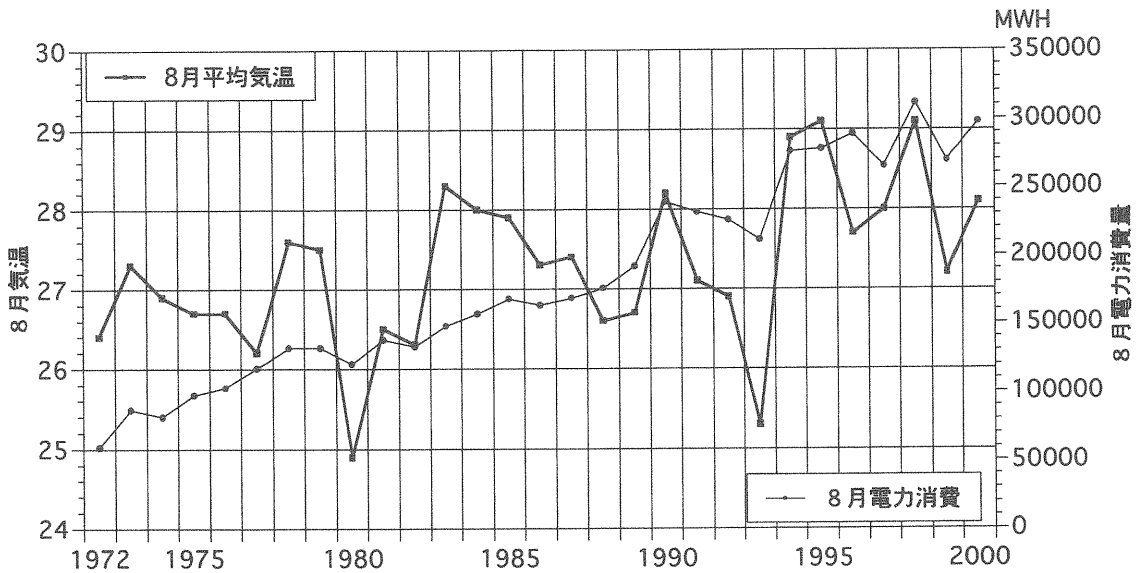


図4 8月平均気温（松山）と8月電力消費量（愛媛県）。

感気温の原因となる。とりわけ「瀬戸の夕なぎ」は耐え難い蒸し暑さを長時間にわたり継続するのでよく知られている。一般に弱い風の瀬戸内海気候に加え、こうした松山を取り巻く自然条件が夏の暑さをさらに厳しくしている。

1) 8月の平均気温と消費電力量

全国的にバックグラウンドの気温上昇に加え、生活環境の要請から1990年以降のエアコンの急激な普及（松本2000）が都市における熱の島の強化に関わっていると推定される。松山でも市街地に居住する人々に90年代の暑さは耐え難く、エアコンなしには過ごせない状況になっている。大型建造物の多く密集している市街地ではより大型の空気調節設備があり、より大量の廃熱がヒートアイランド強度を大きくする（小元1988）。

このような熱の島は周辺域に対して高温になるので、低圧部を形成し、接地層では収束気流が卓越し大気汚染濃度が高まる。つまり熱の島は大気汚染の島に重なる。さらに前述のように熱暑の時期に高温の大気が滞留するので、大気環境の悪化に拍車をかけることになる。このような要請がエアコンの増設につながり熱の島を強化し、大気環境の悪化を促進する。生活の快適さを求めて設置されたエアコンからの熱を排出する熱のゴミ捨て場として都市市街地が置かれ、都市生活の

快適さが都市大気に熱汚染という多大なマイナスの負荷を与えている。

エアコンの大部分は電力に頼っているので、電力消費の経年変化を見てみよう。最近30年間の愛媛県における8月の民生用電力消費量（「えひめの統計」電灯消費量による）と同じ期間の8月の平均気温を図4に示す。家庭用電力消費量はほぼ一貫して上昇し、1970年には5万MWhだった消費量が1980年代までは20万MWh、1990年には急増し24万MWh、1994年には27万MWh、1998年にはついに30MWhを越えた。注目すべきは1990、1994、1998年に急増が顕著で8月の気温上昇と一致している。1983、1984年も気温上昇が大きいですが、電力消費量は微増に留まっている。

1990年代について8月の月平均気温と消費電力の関係を見てみよう。'91年から'93年までは気温が低下しているが、電力消費量も減少している。とりわけ'93年は長雨冷夏で梅雨明けのない年で全国的に平成の凶作といわれた。気温変化で見ても1980年に次ぐ低温であるが、消費電力量は年変化で見れば低下してはいえ、1980年の2倍近くに達している。これは1990年を中心としたバブル経済最中で家電消費がエアコン以外にもおよびその影響である。

2) 熱汚染とその対策

都市の熱の島では低圧部になるので汚染された下層

大気が収束気流となって熱の島に集まるから、「熱の島は汚染の島」になり、都市大気劣化の原因となる。従って熱の島を軽減し、汚染された大気を拡散する環境を用意することが都市大気を改善することになる。熱の島の強化が一方向的に進んでいるが、これに対する対処はないのであろうか。夏の熱暑の時期でも城山の緑陰に入ったり、瀬戸の夕なぎの時刻でも石手川の河畔では涼しい川風が吹き自然の快適さが得られる場合が多い。身体の表面が濡れていれば、そこから蒸発が起こるので低温になるし、そこに風を当てればさらに蒸発が促進される。しかし都市市街地は表面から水分を追い出し（道路の舗装、建造物の密集など）、風も弱められ（高層建造物が不揃いに配列）るので、人体に例えれば汗をかかない人が密室に閉じこめられたようなもので、体温は上昇せざるを得ない。従ってこうした都市のヒートストレスに対する対策としては、都市域内に緑と水面の環境を造成することにある。

まず水面についてみてみよう。水面上では気温が上昇すると、水面上の大気が飽和していなければ水面から蒸発がおこり、蒸発の潜熱が奪われるので水温の上昇、付近の大気の気温上昇は妨げられる。この効果は海辺や河川のほとりで日常的に体験できる。市街地で日中、噴水が周辺大気の冷却する効果についての観測が行われ、かなりの空間的広がりにも影響を持っていることが報告されている。水量が多ければ、水体は熱容量が大きく熱汚染に対しては大きな効果が期待できる。森林緑地も水面と同様に熱汚染に対して重要である。暖候期には植生は生育活動が活発で光合成や蒸発散が盛んに行われる。この過程を通じて森林は、市街地の大气から二酸化炭素を吸収したり、汚染大気を清浄にし、熱汚染された地域は蒸発散によって周辺と比較し低温になり地域環境を改善する。その上こうした相対的な低温域が連なって分布すれば、ある種の気流を作り広い範囲にわたり、地域環境改善効果が拡大する。こうした気流形を「風の道」とよんでいる。

「風の道」とはドイツのシュツットガルトやフライブルグの市街地で、市街地の汚染された大気の収束・滞留を防ぐために、風の通り道を都市計画の中に取り込んでいることをいう（一ノ瀬1993, 1999）。「風の道」の本来のコンセプトは都市の大気の換気、つまり熱や汚染された大気を入れ替えるような大気の流路を都市環境の中に取り入れるということである。松山でも1980年代までは柑橘畑、水田、普通畑が市街地に接し

た土地利用であったし、農業用水路が市街地にも流れ、しかも多くは明渠の状態であった（深石・登日, 1981）。しかし90年代になり都市化が進展し、こうした状態は改変され、都市的気候が顕著になった。

松山周辺では海陸風循環が一般的で、海風や陸風の通路を保つことで伊予灘や内陸の森林地帯からの低温で清浄な大気と入れ替えるので大気汚染や熱汚染が緩和される。そのためには石手川の河畔スペース、道後公園や城山の緑地とお堀の水面、中の川通りなどの旧農業用水路の保全、周辺地域のため池の保全などが松山の都市大気環境の保全にとって重要である。さらに今後の都市計画にはこうした緑地・水面をネットワークで連結し、局地循環である海陸風や山谷風の吹き抜け易いように「風の道」を目指すべきである。

とりわけ近年は夏の夜間の気温が上昇著しく、エアコンの普及が一層の熱汚染の負荷を増加させていることは明らかである。夕凧の時刻から夜半にかけては陸風が卓越するが、この陸風は海風より弱く風向のばらつきが大きい。河川、山地、緑地などから吹き出す夜間の風を妨げず、伊予灘の方向に向け流出させる「風の道」に沿った都市計画が望まれる。

4 結論

最近の松山地方気象台における気象観測資料を用いて、最近の地球温暖化時代の気温の経年変化を検討した。1990年代になって年平均気温が急上昇したが、月ごとの上昇率をみると暖候期の高温化が顕著である。年間の真夏日、冬日、熱帯夜の経年変化を検討した結果、暖候期とりわけ盛夏期の日最低気温の上昇が著しいことが明らかになった。この原因として考えられる要因として、自然的な要因と人為的な要因が挙げられ、人為的な原因として高密度になった人工建造物による蓄熱・増加する粗度高度・水面や植生の減少、大量の自動車排気ガスなどが指摘されているが、ここではエアコンの消費電力と夏の高温化の関連を検討した。その結果エアコンの増加が都市の高温化に負荷を与えていることが明らかになった。

こうした都市の高温化は都市大気の換気を促すことによって緩和される。緑地や水辺を都市計画のなかに取り入れ、こうした熱の島を防ぐ環境が線上につながり、とりわけ夜間の気流系である周辺山地からの斜面下降風や陸風と重なる「風の道」を計画的に設置し

都市大気の改善を図る必要があることを指摘したい。

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
- 藤部文昭 (1998) 関東内陸域における猛暑日数増加の実体と都市化の影響についての検討 天気 45 643-653
- 深石一夫・登日伸治 (1981) 松山市街地周辺の都市温度分布 社会科学 3 28-37
- 深石一夫 (1989) Urban Heat Island (都市の熱の島)「生物生存環境の適正化に関する総合的研究」愛媛大学教育研究学内特別経費 (代表荻野和彦) 41-50
- 深石一夫 (1993) 『愛媛の気候』愛媛県文化振興財団
- 深石一夫・辻田英樹 (1994) 松山周辺における海陸風の特徴 愛媛の地理 12 35-44
- 福岡義隆 (1983) 都市の規模とヒートアイランド 地理 28 34-42
- 一ノ瀬俊明 (1993) シュツットガルトにおける「風の道」 天気 40 691-693
- 一ノ瀬俊明 (1999) ドイツの Klimaanalyse 天気 46 709-715
- 気象庁編 (1992) 『地球温暖化監視レポート1991』大蔵省印刷局
- 気象庁編 (1994) 『異常気象レポート '94』大蔵省印刷局
- 気象庁編 (1998) 『気候変動監視レポート』大蔵省印刷局
- 気象庁編 (1999) 『異常気象レポート'99』大蔵省印刷局
- 松山地方気象台 (1990) 『愛媛の気象百年』日本気象協会松山支部
- 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
- 小元敬男 (1988) 都市と気候 気象研究ノート 162 211-231
- 朴恵叔 (1987) 日本と韓国の諸都市におけるヒートアイランド強度 地理学評論 60A 238-250
- 阪井雅洋 (1955) 松山市におけるヒートアイランドに関する気候学的考察 愛媛大学法文学部平成7年度卒業論文 1-144 (未発表)
- S.T.シュナイダー, 内藤正明他訳 (1990) 『地球温暖化の時代』ダイヤモンド社
- 松本泰子 (2000) 地球温暖化と私たちの生活 気象 44 9 10-15
- 柳瀬知美 (1998) 地球温暖化時代の愛媛県の高温暖化傾向に関する研究 愛媛大学法文学部平成10年度卒業論文 1-85 (未発表)
- 吉野正敏・山下修二編 (1998) 『都市環境学事典』朝倉書店
- J.T.Houghton et al (1990) 「Climate Change. The IPCC Scientific Assessment」. Cambridge University Press
- J.T.Houghton et al (1995) 「Climate Change 1994」. Cambridge University Press