

# 名古屋市における熱帯夜の分布と緑地効果について

大和田道雄\*・中川由雅<sup>1</sup>・岩田充弘<sup>2</sup>・櫻井麻理<sup>3</sup>・梅田佳子<sup>1</sup>

\*理科教育講座 (地学)

## Effect of green space and distribution of Hot Summer Night in Nagoya City, Japan

Michio OWADA\*, Yuka NAKAGAWA<sup>1</sup>, Mitsuhiro IWATA<sup>2</sup>, Mari SAKURAI<sup>3</sup> and Yoshiko UMEDA<sup>1</sup>

\*Department of Science, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

### 1. ま え が き

近年, 我が国の大都市では熱帯夜日数が増加傾向にあり (気象庁, 2002), その原因としてヒートアイランド強度が強まっていることが指摘されている (日本気象学会シンポジウム, 2004)。この中で, 注目すべきことは地球温暖化に伴って夏季は西日本での昇温率が高く, 北日本は冬季において昇温率が高くなる傾向にあることである (鬼頭, 2004)。これは, 熱帯海域の海面温度の上昇によってハドレー循環が強化され, 亜熱帯高圧帯の領域面積の拡大に伴う気候帯の北上によるものと考えられるからである (大和田他, 2006 a)。特に大都市では昇温率が $2.5^{\circ}\text{C}/100$ 年であり, 中小都市 ( $1.0^{\circ}\text{C}/100$ 年) に比較して2.5倍である (鬼頭, 2004)。したがって, これは大都市ほど地球温暖化に伴うヒートアイランド強度が増していることを示唆するものであり, 夏季の最低気温への影響が大きいことがわかる (野口, 1994)。都市における熱帯夜日数の増加は, ビル建物による長波放射量の増加や顕熱フラックスによって夜間の都市気温を上昇させているからであり, 熱容量の大きな都市建物によることが実証されている (近藤・劉, 1998; Kusaka and Kimura, 2004)。

このような夜間における都市の熱環境の改善に向け, 明治神宮や代々木公園などを事例とした都市内緑地が注目されるようになってきた (浜田・三上, 1994)。その結果, 都市内緑地の都市気候への緩和機能としての研究が行われるようになり (浜田・鈴木, 1996; 本條他, 1998; 神田他, 1997), 都市内緑地の効果がヒートアイランド対策として重要であることも

理解されるようになった (成田, 2003; 成田他, 2004)。これは, 都市内緑地がヒートアイランドの中心地域において冷気がにじみ出すクールアイランド現象の効果によるものである (菅原他, 2006)。名古屋市は, 1970年代においてヒートアイランド強度が $2^{\circ}\text{C}$ 前後であったが, 1990年代には $4^{\circ}\text{C}$ に達し, 現在では $5^{\circ}\text{C}$ を上回っている (大和田, 1994; 大和田, 2006 a・b)。福岡 (1995) によれば, 都市環境維持のためのヒートアイランド強度は $4^{\circ}\text{C}$ までとされており, 名古屋市はそれを上回る結果となった。その原因として考えられるのは緑被率の減少傾向であり, 現在25%を下回る (名古屋市, 2006)。

そこで本研究は, 名古屋市のヒートアイランドの現状を踏まえ, 熱帯夜の分布に及ぼす緑地の効果について明らかにしようとするものである。

### 2. 調査対象地域

対象地域とした名古屋市は, 16の行政区からなる人口約220万人の中中部地方最大の都市であり, 異常高温が現れやすい地形的特徴を持っている (大和田,

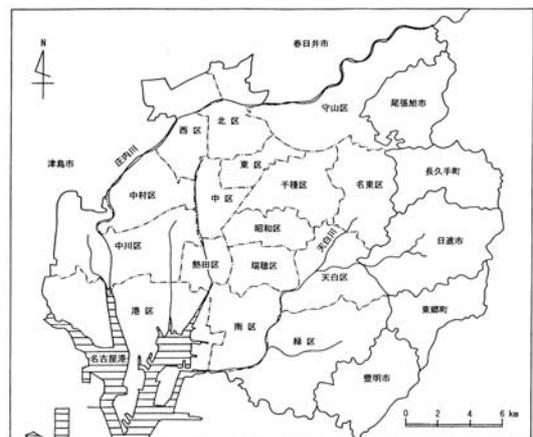


図2-1 調査対象地域である名古屋市とその周辺地域

1 愛知教育大学大学院生  
2 岩田食品株式会社  
3 名古屋市職員

1980・1994；大和田他，2005)。これは、日本列島の形状と伊勢湾を取り囲む地形、および北太平洋高気圧の張り出し位置との関係によるものである。近年、地球温暖化に伴う夏型気圧配置の変容で、全面高気圧型、および南高北低型が増加傾向にあり（大和田，2006b）、南西の気圧傾度風が吹きやすい状況が増えてきた。その結果、伊勢湾岸の南部海岸地域に位置する名古屋市は、風上側の鈴鹿山脈（御在所岳1,212m）から吹き下りるフェーン現象によって異常高温が現れる確率が高くなってきている。したがって、名古屋市は東京・大阪に比較しても37℃以上の猛暑が現れやすい（大和田他，2006b）。

庄内川に囲まれた名古屋市は、西側の起伏が平坦で沖積平野からなっているが、東側は洪積台地、および丘陵地である。このため、東側に向かうほど起伏が激しいが、歴史的な過程の中で開発が遅れたことから、緑地や樹林地が西部に比較して残存している（図2-1）。しかし、フェーン現象が起こっている時の名古屋市におけるヒートアイランド分布は、中区・熱田区を中心とする都心部以外に緑被率の高い東部地域においても高温域が現れることが少なくない（大和田他，2006c）。したがって、緑地や樹林地の多い東部丘陵地域の気温が低く現れるとは限らない。しかし、夜間から早朝にかけての時間帯になると、日中の蓄熱効果によって熱容量の大きな都心部に比較して熱容量が小さいため、熱帯夜においては東部の緑地効果が期待できると考えた。

### 3. 大都市における熱帯夜の現状とその要因

#### (1) 熱帯夜の Climate shift 以前と以降の出現傾向

図3-1は、東京・大阪・名古屋における日最低気温25℃以上、すなわち熱帯夜の出現日数の経年変化（1961～2005年）を表したものである。Climate shiftと呼ばれる1970年代後半までの熱帯夜日数は、最も多く現れるのが大阪の平均28.3日であるが、次いで東京の15.9日である。これまでの期間、名古屋はわずか6.1日しか現れなかった。したがって、緯度的には大きな違いが見られない大阪に比較して、名古屋の夜は格段

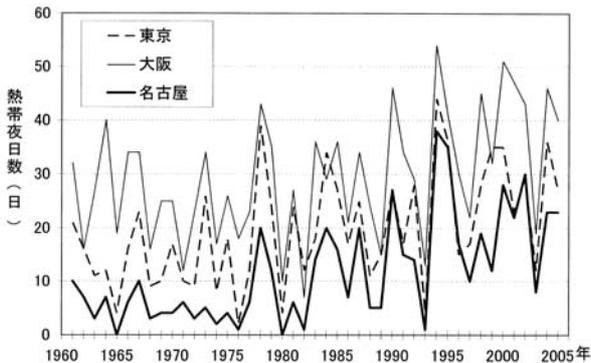


図3-1 東京・大阪・名古屋における熱帯夜（日最低気温25℃以上）出現日数の経年変化（1961～2005年）

に熱帯夜が少なかったことが伺える。高緯度側の東京が名古屋の約2.5倍の出現日数になったのは、都市規模の影響によるものであろう。福岡(1995)によれば、東京のヒートアイランド強度は約10℃にも達しており、高層建築物の林立による長波放射量の増加、および顕熱フラックスによる夜間気温の上昇によるものであろう。

しかし、1980年以降になると熱帯夜の出現日数が増加傾向を示し、各都市の経年変化の相関に乱れが現れるようになる。例えば、1982・84・99年は、東京が大阪を上回る年もあり、また2002年の名古屋は、熱帯夜日数が30日を超えて東京を僅かに上回った。その結果、1980年以降の熱帯夜日数は、大阪が1980年以前に比較して1.3倍の35.4日、東京は1.7倍の26.5日であるのに対し、名古屋は17.3日の2.8倍に達した(表3-1)。したがって、大都市における熱帯夜日数が増加するなかで、名古屋の増加傾向が最も著しいことが判明した。そこで、近年における気温の変化傾向を検討してみる。

表3-1 Climate shift 以前（1961～1979年）と以降（1980～2005年）における東京・大阪・名古屋の熱帯夜（日最低気温25℃以上）の平均出現日数

	1961～1979年	1980～2005年	増加率
東京	15.9日	26.5日	1.7倍
大阪	28.3日	35.4日	1.3倍
名古屋	6.1日	17.3日	2.8倍

#### (2) 最高気温・最低気温の経年変化

最も熱帯夜日数が多い大阪における経年変化傾向は(図3-2)、日最高気温が1975年以降0.0357℃/年であるのに対し、日最低気温は0.0455℃/年と上昇傾向が大きく現れた。

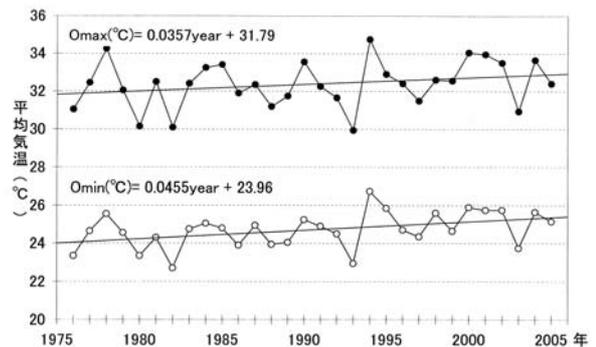


図3-2 大阪における夏季（7・8月）の平均日最高気温および平均日最低気温の経年変化（1976～2005年）  
※黒丸は平均日最高気温、白丸は平均日最低気温、実線は近似線である。

このような傾向は東京においてもみられるが(図3-3)、日最高気温が0.0648℃/年、および日最低気温は0.0488℃/年と大阪を上回る上昇傾向を示す。特に日最低気温にさほどの違いはみられないものの、日最

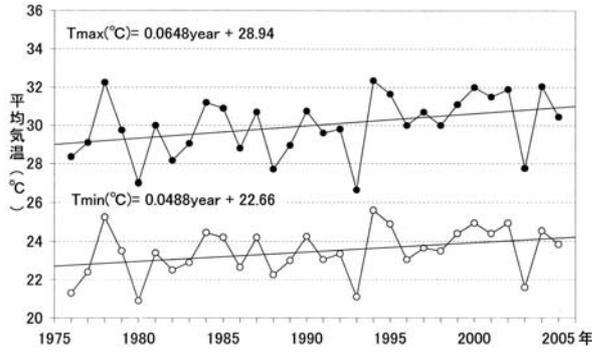


図3-3 東京における夏季(7・8月)の平均日最高気温および平均日最低気温の経年変化(1976~2005年)  
※黒丸は平均日最高気温, 白丸は平均日最低気温, 実線は近似線である。

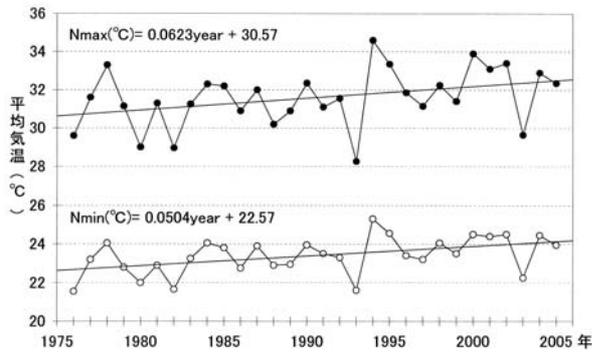


図3-4 名古屋における夏季(7・8月)の平均日最高気温および平均日最低気温の経年変化(1976~2005年)  
※黒丸は平均日最高気温, 白丸は平均日最低気温, 実線は近似線である。

高気温の上昇率が10年で0.65℃であるから、最近30年間では約1.95℃も上昇していることになる。これに対し、名古屋では日最高気温が0.0623℃/年と東京に次いで上昇率が高まっているだけでなく、日最低気温にいたっては0.0504℃/年と東京を上回る(図3-4)。したがって、名古屋は、過去30年間で日最高気温が1.87℃、日最低気温も1.51℃上昇したことになる。これは、IPCC(2001)の報告とも一致するが、日最低気温の上昇率が3.1~4.1℃/100年の範囲であるとの予測値を上回る結果となった。これは、熱帯夜になった日数が特異日に起った現象ではなく、ヒートアイランド強度が増したことによる熱帯夜日数の増加を証明するものであろう(表3-2)。

このようなヒートアイランドの形成要因は、都市の地表面の改変によって蒸発散量の減少による顕熱フラックスの増加を招き、熱容量と熱伝導率の増加で蓄熱効果を増大させる。また、高層建築物等の都市構造が摩擦係数を増加させ、キャノピー層での熱交換が低下して夜間気温の上昇を招くことになる。さらに、日射の多重散乱によるアルベドの低下と長波放射の吸収・射出に伴う放射冷却の緩和、および人間活動に伴う顕熱・潜熱フラックスの増加、大気汚染物質による長波放射の吸収などによるものとされている(日下・

表3-2 東京・大阪・名古屋における夏季(7・8月)の日最高気温および日最低気温の上昇率

	最高気温上昇率 (°C/year)	最低気温上昇率 (°C/year)
東京	0.0648	0.0488
大阪	0.0357	0.0455
名古屋	0.0623	0.0504

木村, 2004)。

そこで、名古屋市における熱帯夜の実態を把握するための観測を実施した。

#### 4. 名古屋市における熱帯夜の実態観測

##### (1) 観測期日および方法

観測は、日本列島のほぼ全域が北太平洋高気圧に覆われた2005年8月3日に実施した。この日は、華中から朝鮮半島南部、および日本海から樺太南部にかけて梅雨前線が停滞しているものの、広く東からの海洋性高気圧に覆われていた(図4-1)。したがって、夏型気圧配置としての特徴は全面高気圧に近い南高北低型であり、中部地方は弱い西よりの風が吹いた典型的な夏型気圧配置であった。また、北緯20度、東経125度の付近には台風が北上しているが、沖縄を除く日本列島への影響はみられない。

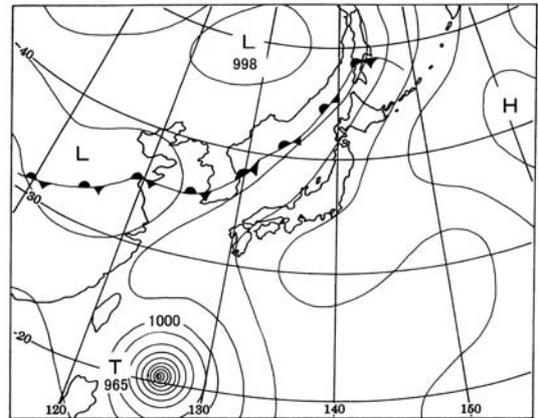


図4-1 2005年8月3日3時の地上気圧配置

観測は、デジタルサーミスタ温度計による移動観測である。移動は自動車によるもので、フロントバンパーに取り付けたセンサーからの温度を車内で読み取った。観測地点は、移動時間の補正のための定点を都心部の中区に設置し、移動観測地点は名古屋市16行政区、およびその周辺地域として尾張旭市、長久手町、日進市、東郷町、および豊明市を加えた48地点である(図4-2)。

##### (2) 名古屋地域における熱帯夜の分布

図4-3は、名古屋市とその周辺地域を加えた最低気温、すなわち熱帯夜の分布である。熱帯夜は、日最

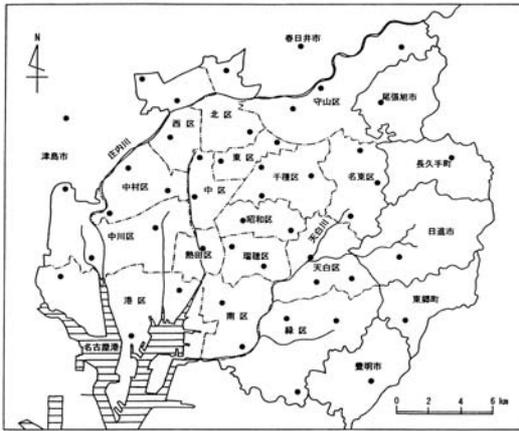


図4-2 観測地点の分布 (48地点)

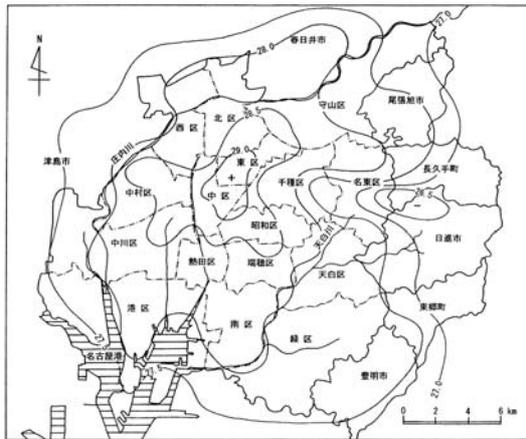


図4-3 名古屋市とその周辺地域における夏季の日最低気温出現時(2005年8月3日4時)の気温分布

低気温が25℃以上で日最高気温が25℃以上の夏日に相当する暑さであることが条件とされているが、この日はさらに厳しい熱帯夜であったことがわかる。名古屋市はほぼ全域が27.5℃以上であり、気温が低く現れた名古屋市東部の周辺地域でも一部の地域を除いて26.5℃以上であった。特に気温が高かったのは、都市中心部の東区と中区であり、29.0℃以上である。これは、日中の最高気温が真夏日(30℃)に近い値であり、名古屋中心部の夜間における厳しい暑さを伺わせるものである。さらに、中区・東区を取り囲むように北区から昭和区、熱田区、中川区、中村区の一部の地域では28.5℃以上、港区から南区、瑞穂区、千種区、名東区、守山区から春日井市の広い範囲で28.0℃以上が現れた。28.0℃以下の地域は、名古屋市西部では庄内川右岸と名古屋市東部の緑区・天白区と名東区、および名古屋市周辺の東郷町、日進市、長久手町、尾張旭市である。特徴的だったのは、名東区から長久手町にかけての地域に現れた26.5℃以下である。これは、27.5℃の等温線が千種区にまで張り出していることから、緑被率の高い東部丘陵からの冷気の流入によるものであろうと考えられる。

以上の事実から、熱帯夜日数の増加が著しい名古屋市の熱帯夜の実態は、熱帯夜としての条件(日最低気温25℃以上)をはるかに上回るものであることが判明した。特に、都心部では29℃以上にも達し、真夏日(日最高気温30℃以上)に近くっており、今後の夜間消費電力量削減に向けて警鐘を鳴らす結果となった。しかし、名古屋市東部の丘陵地帯では都心部に比較して2℃以上も低く、緑地帯や樹林地の冷却効果も大きいことが判明した。

## 5. 夜間のヒートアイランドにおよぼす緑地効果

### (1) 名古屋市における緑被率の分布

名古屋市は、1970年代当時では緑被率が30%を上回る理想的な都市であったが(大和田, 1980; 福岡, 1995)、現在では25%をわずかに下回る程度になっている(名古屋市, 2006)。これは、公園緑地や神社・仏閣の緑地や樹林地、および緑地帯が減少したのではなく、都市内生産緑地が住宅地に変わったからに他ならない。しかし、生産緑地は、もともとの緑地開発地域であるため、地表面のアルbedoや気化熱の効果は期待できるものの、従来の田畑が担っていた洪水等の震災には該当しない。したがって、現在残された緑地帯の保全に努めるだけでなく、三次元的な緑地、すなわち樹林地を増やす努力が必要である。

現在の名古屋市の緑被率は、行政区ごとに比較すると最も高いのは守山区で41.9%である(図5-1)。次いで天白区の30.7%、港区の28.1%、緑区26.9%、名東区27.0%の順で、主に名古屋市東部の洪積台地を中心にして緑地が多く残され、北区、千種区、中川区でも緑被率が20%を上回っている。特に、中川区や港区の沖積平野にも25%以上の緑地・オープンスペースが残されていることは意外である。緑被率は、空中写真によって緑地分布を詳細に選び出す根気の要る作業であるが、平地と樹林地に重みをつけているわけではな

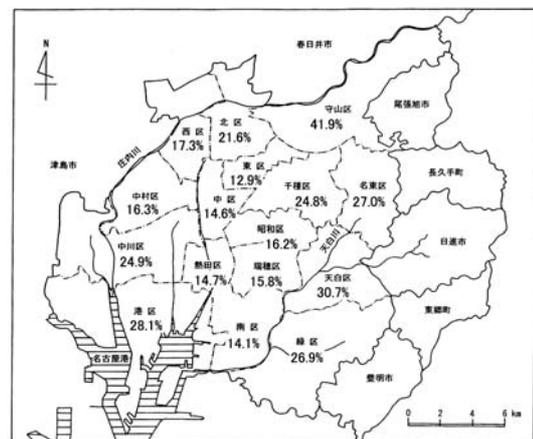


図5-1 名古屋市における行政区別緑被率の分布(2005年現在)

く、ヒートアイランドへの緑地効果が同じであるとは限らない。したがって、樹林地の多い名古屋市東部とその周辺の丘陵地の効果は単純に比較できるものではない。

名古屋市で最も緑被率が低かったのは、熱帯夜の分布で気温が高かった(図4-3)東区(12.9%)と中区(14.6%)である。次いで南区の14.1%、熱田区の14.7%の順であり、中村区や昭和区、瑞穂区も16%台と低く現れており、熱帯夜の気温分布と逆相関を示す。そこで、熱帯夜の分布を行政区単位で表してみた。

(2) 名古屋市における日最低気温の平均偏差分布

図5-2は、図4-3をもとに各行政区単位、および市域周辺の市町を含む熱帯夜を指数で表したものである。指数値は、観測地域全体の平均偏差であり、「正」は熱帯夜が厳しい行政区、「負」は相対的に気温が低い行政区、および市町である。

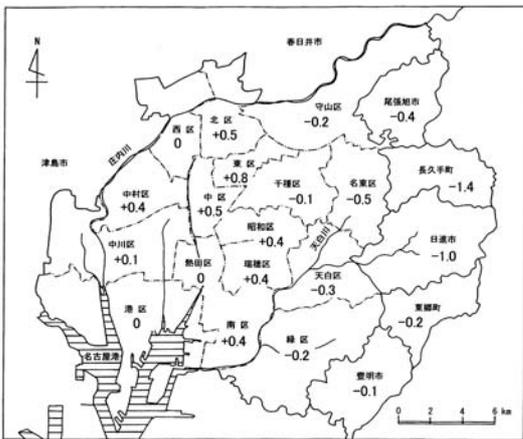


図5-2 名古屋市とその周辺地域における行政区別の日最低気温の平均偏差分布

その結果、名古屋市の熱帯夜の指標となる日最低気温の偏差値は、西側は「正」、東側が「負」と明確に分かれていることがわかる。西区・熱田区・港区は偏差値が「0」であるが、北区から東区・中区・昭和区・瑞穂区・南区の地域では「正」であるのに対し、守山区・千種区・天白区・緑区・名東区、および尾張旭市から長久手町・日進市・東郷町・豊明市にいたる東側の地域では「負」となる。西側の「正」の値が最も高いのは東区(0.8℃)で、次いで北区と中区の0.5℃である。これに対して「負」の行政区で低いのは名東区の-0.5℃であるが、市域外の長久手町では-1.4℃、日進市の-1.0℃があり、守山区を上回る緑地環境が予想できる。しかし、これらの周辺地域での緑被率はまだ公表されていないのが残念でならない。したがって、緑被率が高い行政区ほど日最低気温が低く、また緑被率が15%以下の都市中心部ほど気温が高く現れ、ヒートアイランド分布と緑地とは密接な関係にあることが読み取れる。

(3) 名古屋市の日最低気温と緑被率の関係

そこで、名古屋市の熱帯夜が現れた日の最低気温と緑被率との関係を求めてみた(図5-3)。その結果、相関係数0.72の高い「負」の相関が得られ、緑被率が低いほど気温が高く、高いほど気温が低く現れることが実証できた。官庁街やオフィスビルなどの都心部にあたる東区やヒートアイランドの風下側にあたる北区、これとは逆に熱田神宮の森の影響を受ける熱田区、および緑被率の高い東部丘陵からの冷気の風道にあたる名東区を除くと、さらに高い相関関係が得られた。これは、緑地がヒートアイランドの軽減としての効果が期待できることをデジタル化したもので、緑地の重要性を認識させるものである。

この名古屋市における熱帯夜の日最低気温(NTmin)と緑被率(Gcr)との関係は、

$$NTmin(℃) = 30.629Gcr^{-0.028} \dots\dots\dots(1)$$

で表すことができ、緑被率30%に対しての減少率が2%で日最低気温が0.05℃上昇し、10%で0.32℃、20%の減少では0.87℃上昇することが推定できる(表5-1)。

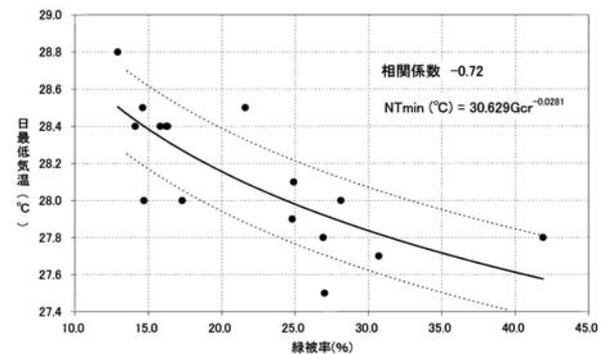


図5-3 名古屋市における夏季の日最低気温と緑被率との関係  
※実線は累乗近似曲線、破線は標準偏差を表す。

表5-1 緑被率が30%を下回る行政区における緑被率の減少と夏季の日最低気温上昇率との関係

緑被率の減少 (%)	日最低気温上昇率 (℃)
2	0.05
4	0.11
6	0.18
8	0.24
10	0.32
12	0.40
14	0.50
16	0.60
18	0.73
20	0.87

## 6. 結語とあとがき

- (1) 地球温暖化に伴う都市のヒートアイランド強度は、中小都市に比較して大都市で強まっており、特にその傾向は夜間において著しい。その結果、近年熱帯夜日数が増加しており、Climate shift以前に比較して東京が1.7倍、大阪は1.3倍なのに対し、名古屋は2.8倍に達している。これは夏季（7・8月）の日最高気温、および日最低気温の経年変化傾向からも明らかであり、名古屋の最低気温は10年で約0.5℃の割合で上昇していることが判明した。
- (2) これは、名古屋の緑被率の急激な減少によるものであり、守山区を除く全ての行政区で緑被率30%を下回った。特に、中心部の中区・東区では15%以下であり、官庁街やオフィスビル等、高層建築物による顕熱・潜熱フラックスの増加が考えられる行政区と一致する。その結果、熱帯夜が現れた日の最低気温と緑被率とに高い相関が得られ、夜間のヒートアイランドに及ぼす緑地の効果が大きいことが証明できた。
- (3) その結果、名古屋市域における緑被率と日最低気温の関係から、緑被率30%以下の行政区は、減少率が10%で日最低気温が0.32℃、20%では0.87℃上昇することになり、ヒートアイランド対策に向けて緑被率を上げるだけでなく、樹林地を増やして三次元的な緑地効果を高める努力が必要である。

この研究は、2006年度日本地理学会春季全国大会で発表したものに加筆・補正したものである。観測は岩田、資料解析は中川、櫻井、および梅田が、論文の完成は大和田が行った。

今後、名古屋市は西部の沖積平野、中央部の洪積台地、および東部の丘陵地の地形を生かし、緑地の保全と維持を防災計画の避難地域も念頭に置いた都市計画を期待したい。

## 参 考 文 献

大和田道雄 (1980) : 名古屋の気候環境. 荘人社, 181pp.  
 大和田道雄 (1994) : 伊勢湾岸の大気環境. 名古屋大学出版会, 219pp.  
 大和田道雄・秋山祐佳里・畔柳洋子・中川由雅・石川由紀・櫻井麻理 (2005) : 大都市における夏季の異常高温出現傾向について. 日本地理学会春季大会予稿集.  
 大和田道雄 (2006 a) : 地球温暖化による日本の地域気象・気候への影響について—名古屋の異常猛暑を例として—. 愛知

教育大学共通科目研究交流誌「教養と教育」, 6, 7-16.  
 大和田道雄 (2006 b) : 地球温暖化による名古屋のヒートアイランドへの影響と対策. 環境, 111, 1-10.  
 大和田道雄・石川由紀・畔柳洋子・大和田春樹 (2006 a) : 100 hPa 面における南アジア高気圧の盛衰と東西変動. 愛知教育大学研究報告, 55 (自然科学編), 23-28.  
 大和田道雄・畔柳洋子・石川由紀・中川由雅・梅田佳子 (2006 b) : 夏型気圧配置の変容と名古屋の異常猛暑. 日本地理学会春季大会予稿集.  
 大和田道雄・中川由雅・岩田充弘 (2006 c) : 名古屋市における熱帯夜の分布について. 日本地理学会春季大会予稿集.  
 神田学・森脇亮・高柳百合子・横山仁・浜田崇 (1997) : 明治神宮の森の気候緩和機能・大気浄化機能の評価 (1) 1996年夏季集中観測. 天気, 44, 713-722.  
 気象庁 (2002) : 20世紀の日本の気候. 財務省印刷局, 116pp.  
 日本気象学会シンポジウム (2004) : 「ヒートアイランド—熱帯夜の熱収支—」報告. 天気, 51, 87-122.  
 鬼頭昭雄 (2004) : 地球温暖化と都市化による気温変化について. 天気, 51, 93-95.  
 日下博幸・木村富士男 (2004) : 都市気象モデルからみた熱帯夜の形成機構—都市の凹凸効果の検討—. 天気, 51, 95-99.  
 近藤裕昭・劉發華 (1998) : 1次元都市キャノピーモデルにおける都市の熱環境の研究. 大気環境学会誌, 33, 179-192.  
 菅原広史・成田健一・三上岳彦・本條毅・石井康一郎 (2006) : 都市内緑地におけるクールアイランド強度の季節変化と気象条件への依存性. 天気, 53, 394-404.  
 名古屋市 (2006) : 緑被率区別内訳 (緑政土木局資料).  
 成田健一 (2003) : ヒートアイランド対策としての緑地の機能—緑地での冷気生成・分布と都市気候への影響—. 緑の読本, 66, 26-31.  
 成田健一・三上岳彦・菅原広史・本條毅・木村圭司・桑田直也 (2004) : 新宿御苑におけるクールアイランドと冷気のにじみ出し現象. 地理学評論, 77, 403-420.  
 野口泰夫 (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.  
 浜田崇・三上岳彦 (1994) : 都市内緑地のクールアイランド現象—明治神宮・代々木公園を事例として—. 地理学評論, 67 A, 518-529.  
 浜田崇・鈴木智恵子 (1996) : 都市気候に及ぼす緑地・水面の効果. 生活衛生, 40, 3-11.  
 福岡義隆 (1995) : 都市の風水土—都市環境学入門—. 朝倉書店, 164pp.  
 本條毅・高倉直・水谷敦 (1998) : 都市緑地が周囲に及ぼす影響の微気象観測. 農業気象, 54, 323-328.  
 IPCC (2001) : Climate Change 2001: The Scientific Basis. J. T. Houghton et al. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 881pp.  
 Kusaka, H. and F. Kimura (2004) : Coupling a single-layer urban canopy model with a simple atmospheric model: Impact on urban heat island simulation for an idealized case. J. Meteor. Soc. Japan, 82, 67-80.

(平成18年9月19日受理)