

都市環境軸に関する調査研究

～名古屋のヒートアイランド対策としての水と緑を活用したパッシブ型まちづくりについて～

調査課 研究主査 泉 善弘

(名古屋工業大学 堀越哲美教授との共同研究)

1. 背景・目的

最近 100 年間で地球の平均気温は約 0.74°C 上昇し、今後 2100 年までには $1.8\sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 上昇することが予測され、2005 年には京都議定書の発行など、地球温暖化の問題は国際的に取り組むべき重要課題のひとつとなっている。さらに都市部では、地球温暖化を上回る速度での局地的に温暖化する現象、即ち「ヒートアイランド」の顕在化も各地で指摘され、100 年間で約 3°C 上昇した東京では地球温暖化の原因とされる CO_2 の削減策と並ぶ重点施策として取り組みが進められつつある。一方、本市でも、最近 100 年間で約 2.7°C 上昇¹⁾と、東京に匹敵する状況にあるが、その問題認識は十分とはいえない。

また、本市域では、都心部の高温部の出現や風系との関わり、広域の暑熱化等に関する調査研究がいくつか行われてはいるものの、まちづくり施策の検討に十分活用されていないのが現状である。

そこで、本研究では、本市における有効なヒートアイランド対策として、都市骨格を形成し「風の道」構想の空間としても期待される河川や運河などの水面域とともに、近年特に減少が著しい都市域での緑の持つ機能に着目し、自然の潜在力を活かした「パッシブ型まちづくり」のあり方について、行政機関や市民、企業等に広く提言していくことを目的に、「都市環境軸」という視点を中心に検討を行うものである。

2. 方法と進め方

当センターと名工大堀越哲美教授との共同研究として、堀越教授の総合的な監修のもとでヒートアイランドに関する先行研究事例などを調査した。

また、河川などによる海風の遡上とともに、パッシブ型まちづくりの重要な要素と考えられる壁面緑化や大小規模緑地の実際の効果量や、緑地配置による影響分析について名工大が中心に調査研究を行うとともに、本市のデータ分析や市民意向調査などについて当センターが実施し、本市における「都市環境軸」の必要性やその具体化に関する検討を行った。

3. ヒートアイランドとその対策

ヒートアイランドの顕在化については、東京等の各都市域を対象に指摘され、いくつかの具体策も実施されつつある。本市域でも各種主体においてその問題や対策について指摘、提案がされてはいるが、ヒートア

일랜드の実態や効果的な対策については、必ずしも明確にはなっていない。そこで、本市の現状把握に向けて、客観的な評価指標や、ヒートアイランドの一般的な要因や影響について整理した。

3-1 ヒートアイランドとは

(1) 言葉の定義

『ヒートアイランド (heat island)』とは、都市部の気温が周辺部より高くなる現象で、地図上で等温線を描くと、都市部では島のような閉曲線の形態となることからこのように呼ばれる。』

また気象庁¹⁾では、ヒートアイランドを『都市がなかったと仮定した場合に観測されるであろう気温に比べ、都市の気温が高い状態』とも定義される。

(2) 時間・空間の多様性

①時間の多様性

ヒートアイランドは、定常的に都市部での気温が相対的に高いという単純な現象ではなく、時間帯(昼間、夜間)や、季節(夏季、冬季)によってその程度は異なり、また都市部での風系の影響も大きい。一般的に、都市と郊外の気温差は、昼間よりも夜間に、また夏季よりも冬季で大きくなり、晴天の風の弱い日にも顕著になるといわれる。

②空間の多様性

ヒートアイランドによる気温差は、地上部付近で体感するものであるが、地上からの距離(高度)や時間帯(昼間、夜間)によってその程度は異なる。冬季等、夜間では、放射冷却による接地逆転層の影響を受け、地上付近で大きな気温差が生じるのに対し、昼間では、日射加熱による活発な熱拡散の影響を受け、比較的小さな気温差が上空にまで及ぶとされる。

3-2 ヒートアイランドの影響と要因

ヒートアイランドの顕在化に伴う定性的・定量的な影響や要因については、各種官学機関で既に調査研究され、ある程度整理されている。

(1) 顕在化による影響

関係省庁による「ヒートアイランド対策要綱」²⁾では、ヒートアイランドの顕在化による影響を「①夏季での熱中症の増加やエネルギー消費量の増加など」と「②冬季でのダストドームの形成など」とに集約・整理している。また、環境省³⁾では、顕在化による影響

を、①人の健康（熱中症、ウイルス感染など）、②生態系（植物の成長など）、③大気汚染（NO_x等）、④気象（集中豪雨）、⑤エネルギー消費量に整理し、指標としては「気温」「最高気温」「最低気温」等を挙げている。

（２）顕在化の要因

ヒートアイランド発生の要因として、一般的には「①都市化による地表面被覆の人工化」と「②都市活動に伴う人工排熱の増加」に集約される。また、昼間の要因が「市街化による蒸発減少や人工排熱」に対し、夜間の要因は「地表面・建物への蓄熱など」と異なることも気象庁では指摘されている。

３－３ 定量化指標

（１）ヒートアイランド強度・半径

ヒートアイランドの強弱を示す指標として、「ヒートアイランド強度」（都心と郊外との温度差）や「ヒートアイランド半径」などがある。「最大ヒートアイランド強度」は、日本や韓国では人口 30 万人を境に変化する等、都市人口（対数等）に比例するといわれる。⁴⁾

前述のように、時間的、空間的な多様性があり単純ではないヒートアイランドを把握するには、時間的・空間的に評価軸（前提条件）を統一する必要があると考えられる。なお、現象を把握する指標としては地上面での「平均気温」以外に、「体感温度」「ヒートインデックス」「SET*（標準新有効温度）」などがあり、気温以外の影響も考慮した指標が開発され、調査研究の目的に応じて使い分けられる。

４．本市におけるヒートアイランドの現状

４－１ 全市域の気温変化

（１）経年変化

世界の気温は、最近の過去 100 年（1906～2005 年）で 0.74℃上昇し 21 世紀末にはさらに気温上昇率が高まるといわれる。わが国の気温上昇の経年変化をみると、日最低気温、平均気温、日最高気温の順で高く、また、都市別では東京の上昇率が最も高く、本市を始め京都や福岡などの大都市が中小都市と比べ高い。その結果、年間の熱帯夜日数の増加傾向が強くなり、本市でも近年特にその増加率が高まっている。

本市の年間平均気温を月平均でみると上昇率がさらに高まり、5,9,11月の平均最低気温は100年換算で7℃前後の高い上昇率を示している。（表 1）

なお、都市間の気温比較に通常用いられる本市の気象台データ（千種区）は、観測地点が東京など他の大都市と比べ、住宅系地区内に存在することに留意する必要があり、近年では、環境省で都心（ランの館）や郊外（戸田川緑地）で気温の常時観測が行われている。

表 1 本市の気温上昇率（1961～2005、100 年換算）

	平均気温	平均最高気温	平均最低気温
年間平均	3.7℃	1.5℃	5.1℃
月平均	2.6～4.9℃	-3.7～4.4℃	3.0～7.5℃
	3,9月等	9月	5,11,9月

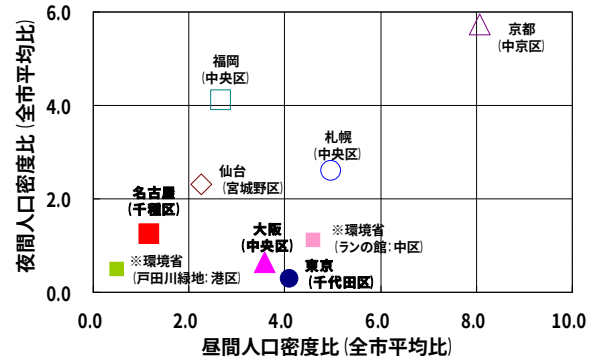


図1 気象台位置の比較

４－２ 気温変化の地点比較

市内で気温の常時観測を行っている 3 地点（気象台、ランの館、戸田川緑地）を比較した結果を以下に示す。

（１）年間日変動

「日平均気温」「日最低気温」「日最高気温」（以下「気温 3 指標」という。）で 3 地点の気温差をみると、「日最低気温」で最も大きく、常に 1～2℃程度は日平均で都心と郊外との気温差があることが伺える。なお、「日最高気温」では地点間の差はほとんどなかった。（図 2）

（２）月間変動

月平均の「気温 3 指標」で 3 地点を比較すると、やはり「平均最低気温」での気温差が最も大きく、特に冬季（12 月～2 月）で顕著となった。（図 3）

（３）時間帯変動

夏季及び冬季の代表月として 8 月、12 月を選び、「気温 3 指標」で 3 地点比較すると、冬季の方が気温差が大きく、また両月とも昼間よりも夜間・早朝で気温差が大きくなった。（図 4）

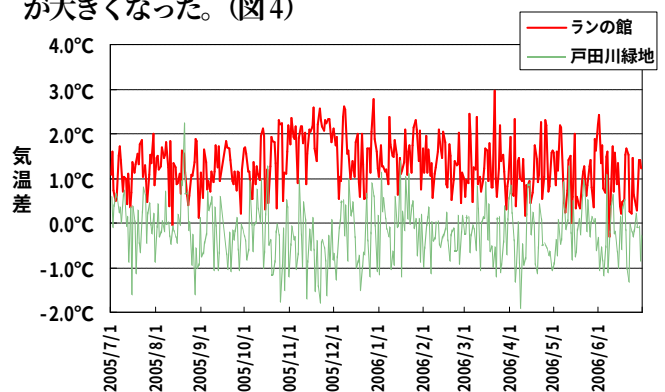


図2 気象台との気温差（日最低気温）

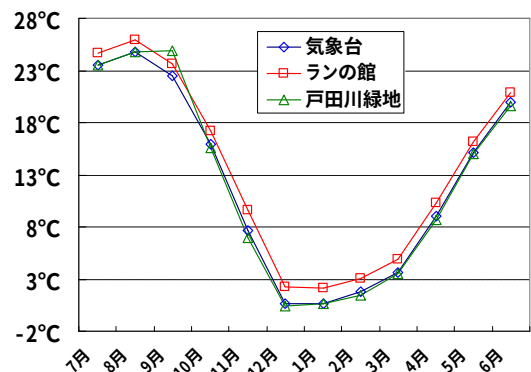


図3 月別平均気温（日最低気温）

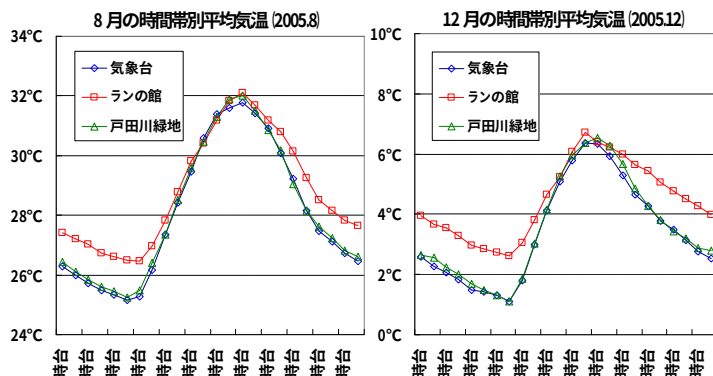


図4 時間帯別平均気温の比較

4-3 ヒートアイランド（気温差）の現状 (1) 本市のヒートアイランド強度

本市の最大ヒートアイランド強度は、人口との関係で算出すると6〜7°C程度となる⁵⁾。本研究では、環境省での常時観測地点である前述の2地点(都心と郊外)で、最近1年間の時間帯別気温差を日ごとに算出し、各日の最大気温差として365日分算出した。(図5)

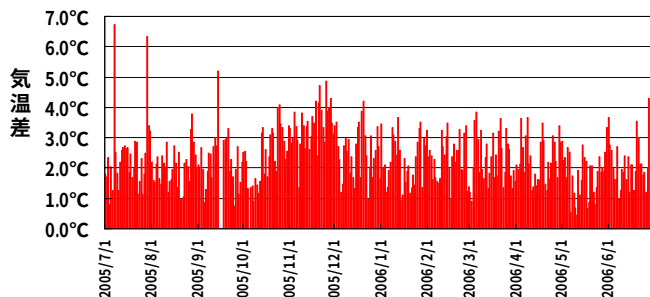


図5 ヒートアイランド強度の年間変化

年間平均は2.3°Cで、標準偏差×2(95%)でみると0.5〜4.1°Cとなり、月別でみると11月が最大となり月平均値3.4°Cであった。また発生時刻でみると早朝、深夜での発生頻度が高いことが明確になった。(図6)

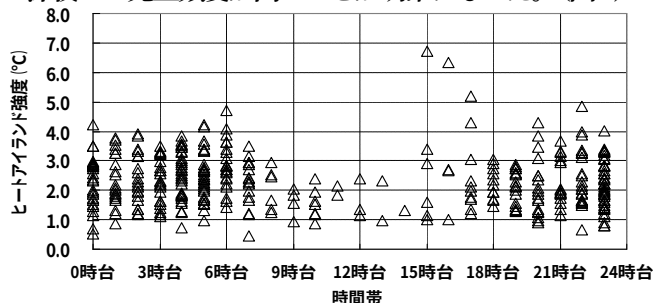


図6 ヒートアイランド強度の発生時刻

4-4 ヒートアイランド顕在化による影響など (1) 地域間の影響分析

前述の3地点間比較により、地域別の影響分析を熱帯夜時間数(25°C以上の延時間数)の視点で行った。

気温差が示すとおり郊外より都心の方が熱帯夜時間数が多く、人口密度の違いを除外しても都心の方が冷房のエネルギー消費量(一人当たり環境負荷)が相対的に大きくなり、対策の優先順位が高いことが伺える。

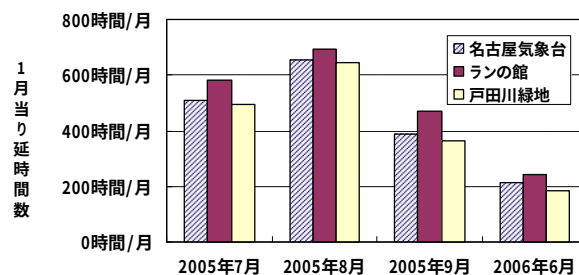


図7 熱帯夜日数の比較

(2) 全市データの分析

① 気温上昇と健康障害

名古屋気象台での日別の前述の「気温3指標」と熱中症等(熱射病・日射病、脱水症)とを相関分析した。熱中症等の発生件数は、7〜9月に急増するが、気温との間にも明確な相関がみられ、特定の気温(最高気温: 34°C、最低気温: 25°C、平均気温: 28°C)を境に急増することが伺える。(図8、なお平均気温は省略)

② 気温上昇とエネルギー消費

名古屋気象台での月別の前述「気温3指標」と市内電力販売量とを相関分析した。電力販売量は、冷暖房使用量との相関があると考えられ、特に7〜9月に増加する傾向がある。冷房と暖房との比較では、気温上昇当りのエネルギー消費量(グラフの傾き)は冷房の方が大きいことが伺える(図9)。エネルギー使用量をCO₂排出量に単純換算⁶⁾してみると、気象台気温の1°C上昇により、冷房等の電力消費に伴うCO₂排出量が市民1人当たり1日150g-CO₂増加すると試算できる。

③ その他

図は省略するが、桜の開花時期と3月の平均気温との相関も高かった。また、大気汚染(NO_x)と気温差についても、顕著ではないが相関関係がみられた。

なお、要因分析では、道路舗装面積の増加と気温上昇との間に長期的には相関が認められた。

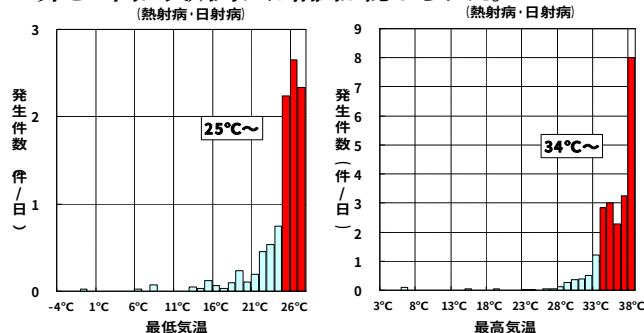


図8 最高気温・最低気温と熱中症・日射病発生件数

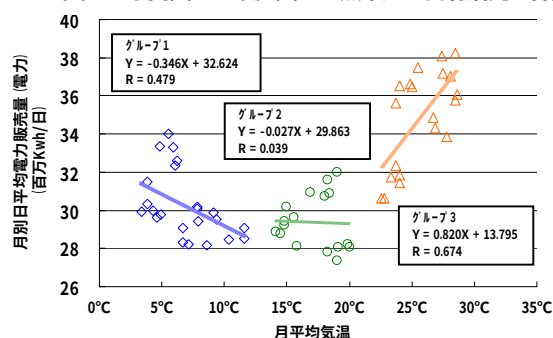
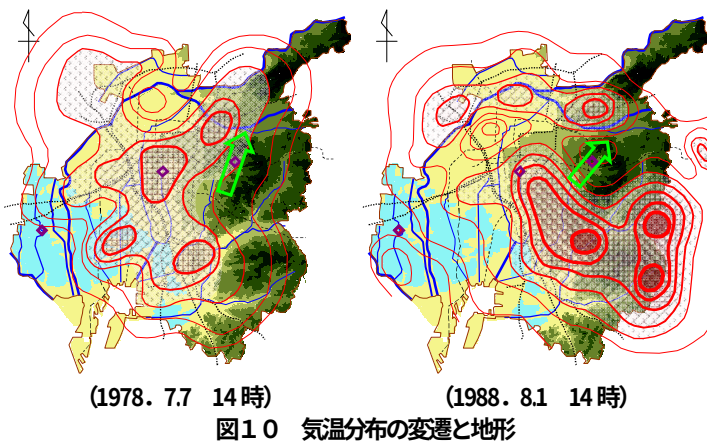


図9 月別平均気温と電力販売量(2001.4〜2005.3)

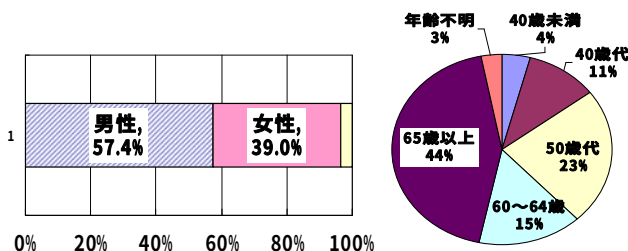
4-5 ヒートアイランドの空間分布と変遷

経年的に行われる市域の気温観測からは、近年では高温域は郊外に拡大し、気温差 4℃近くまで上昇しているとも指摘される。⁷⁾一例を図10に示す。



5 市民意識調査

電子電話帳により市民3千世帯を対象に意識調査を行い、836世帯（個人では1321人）から回答を得た。属性区分は、3指標（性別・年齢・居住地）で集計し、居住区別の世帯回収率は緑区（25%）から中村区（16%）となり、多少ばらつきがみられた。



(1) 基本集計（設問数7）

①④より市民のヒートアイランドに対する関心の高さが伺える。②③より、暑くなったと感じる場所・時間帯は比較的具体化していると考えられる。

⑤⑥よりヒートアイランドの原因は、「建物排熱」「自動車排熱」「緑の減少」に集約され、対策も「車の利用抑制」「冷房の抑制」「公園・街路樹整備」などの必要性が高いと認識された。また、対策の実施主体は、⑦より「市民主体（4割）」「行政が率先（3割）」「民間が率先（2割）」の順で多様な認識がなされている。

(2) クロス集計

属性等でクロス集計し、特徴的なものを以下に示す。

《居住地》との関係で顕著なのが、中区などの都心では、「昼間」「高層ビル等建物の密集する場所」で《気温上昇を体感》する比率が高く、《対策》としては「自動車抑制」「建物の屋上・壁面緑化」の選択率が高かった。逆に緑区など郊外区では「公園・街路樹整備」などの選択率が高かった。

《①理解度》と《④影響》との関係では、理解度が高いと認識する人ほど、「熱中症」よりも「エネルギー

消費」を選択する傾向にあった。また《①理解度》と《⑥対策》と関係では、理解度が高いと認識する人ほど、「自動車抑制」よりも「冷房抑制」「都心緑化」を選択する傾向があり、《⑦実施主体》は「行政・民間」が主体と回答する比率が高くなる傾向があった。

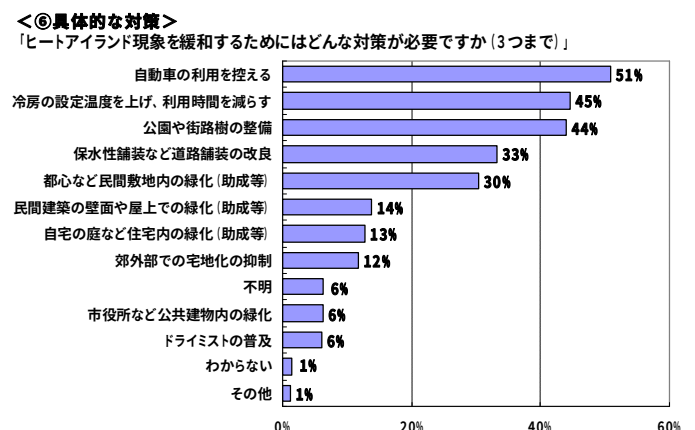
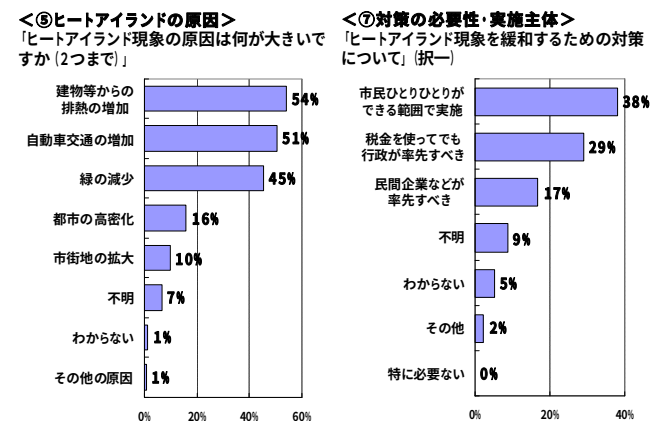
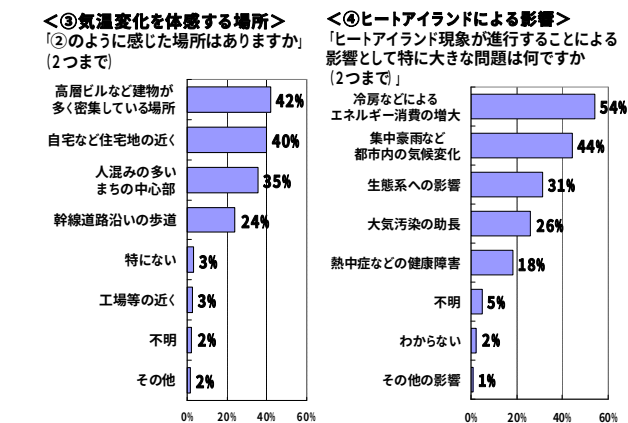
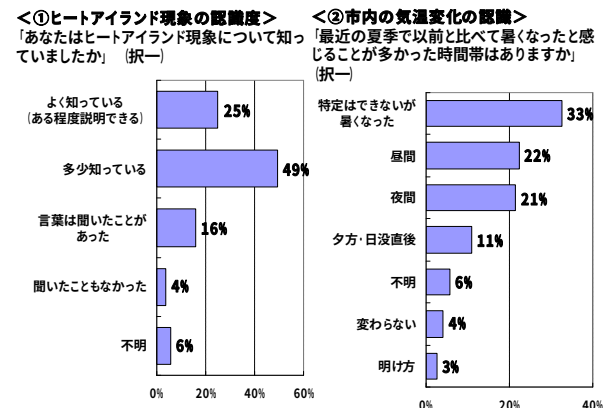


図12 基本集計結果

6 パッシブ型まちづくりとしての都市環境軸の提案

6-1 ヒートアイランド対策とまちづくり

(1) ヒートアイランド対策

レベルの大小はあるが、本市を含めた各機関でヒートアイランド対策に対する取り組みが行われている。

①国（国土交通省、等）

関係省庁において前述の「対策要綱」が策定されている他、国土交通省⁸⁾では総合的評価のための「評価・技術」の開発を行うとともに、「公園緑地分野」の制度充実や「建築設計ガイドライン」の策定、「道路舗装の改良」等について取り組んでいる。

②東京都

非常に力が注がれており、CO2 対策と並ぶ重点施策として全庁的に継続して取り組まれている。

(2) ヒートアイランドと地球温暖化

狭義には原因や進行速度が異なるとされる「ヒートアイランド」も含めた都市の暑熱化と「地球温暖化」であるが、都市環境に与える長期的な影響や顕在化した時点での対策の困難さについては共通し、まちづくりを始めとした各種対策を講じる場合には、両者が連携することが望ましい。地球温暖化の先導事例ともとらえられる都市の暑熱化、即ち広義のヒートアイランドの影響は、「①夏季などの昼間の高温化」、「②夏季の夜間での熱帯夜化」、「③冬季のダストドーム」、「④その他（都市気候や生態系の変化）」に区分でき、①②が近年の課題として認識されている。

まちづくりに関するハード系の対策として、①に対しては、屋上緑化等の地表面被覆の改善や人工排熱の削減等の「顕熱系の対策」が有効であり、また、②に対しては、反射材や断熱材による地表面被覆の改善や、保水性・透水性舗装等の「潜熱系の対策」が有効といわれる。「顕熱系の対策」が比較的即効性があるのに対し、「潜熱系の対策」は、即効的ではないが潜在的なポテンシャルを低下するものであるともいわれ⁹⁾、顕在化の程度により使い分けが必要である。

都市部の気温上昇を抑制するための対策としては、ハード系やソフト系、また、短期的施策や長期的施策等レベルは様々だが、緑や水面などの自然の潜在能力を活かした「パッシブ型まちづくり」は長期的、抜本的な対策のひとつとして、ヒートアイランドの緩和はもちろんのこと、都市の景観やアメニティなどの向上に効果があるものとして期待できる。

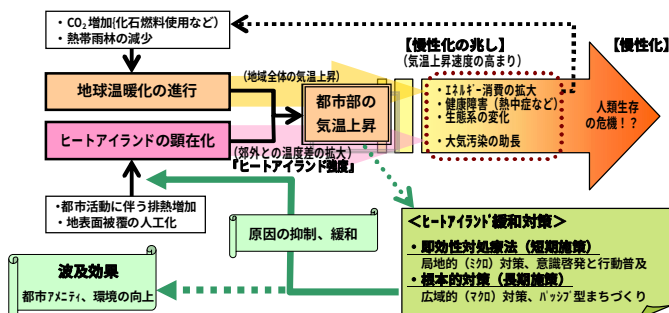


図13 都市部の気温上昇とまちづくり

6-2 本市の都市環境軸の重要性

(1) 都市環境軸の概念

全市域の環境改善には局地的な単独施策のみでは限界があり、全市域への展開が望ましいと考えられる。

そこで、この全市域展開に先立ち、特に課題の大きい地域を「都市環境軸」と位置付ける。この軸は、ヒートアイランドが顕在化する地域を対象に、「パッシブ型まちづくり」の要素となる既存「環境インフラ」を有効活用するとともに、各種対策を集約し実施する区域であり、本市が目指す「環境首都」実現に向けた象徴的な空間として、今後のまちづくりにおける都市の「意思」を示す重要な空間となるものと考えられる。

(2) 課題地区の抽出

ヒートアイランドの要因である前述の「①地表面被覆の人工化」と「②都市活動に伴う人工排熱の増加」について指標化し、課題地域の分布把握を試みた。

①人工被覆率

$$\text{「学区別人工被覆率(\%)」} = 100 - \text{「学区別緑被率(H17)」}$$

②都市活動力（滞留人口密度）

$$\text{「学区別都市活動力(平均滞留人口密度)」}$$

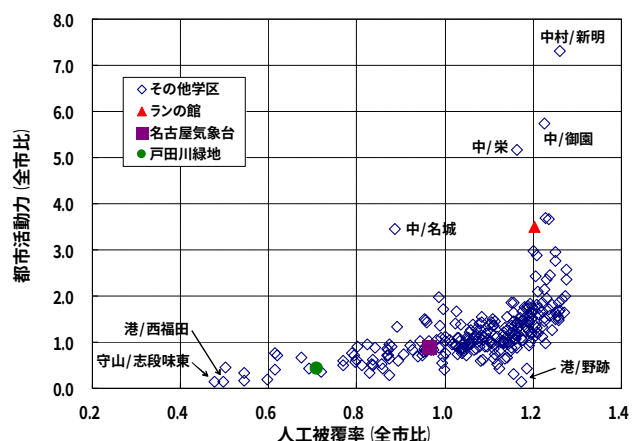
$$= (\text{「夜間人口密度(H17)」} + \text{「昼間滞留人口」}^{※1} \text{密度(H12)}) \div 2$$

(※1) 昼間人口を、自由目的交通 (H13のPT調査) により補正)

「①人工被覆率」と「②都市活動力」との関係は図14のとおりとなり、一般的に両者は相乗効果によりヒートアイランドが顕在化すると推測される。この①と②の積（両者とも全市平均比）として算出した学区別「ヒートアイランドポテンシャル^{※2)}」と「年間平均気温」「25℃以上延時間数」とは、3地点（气象台、都心、郊外）において相関がみられた。

全市域での分布を図16に示す。都心域で特に高くなっており、その緩和が課題と考えられる。

(※2) 「ヒートアイランドポテンシャル」は、国土交通省では「建物や地面などすべての表面から発生する顕熱の街区面積に対する割合」として定義されるが、ここではヒートアイランドの潜在性を示す指標として、上記式により定義した。



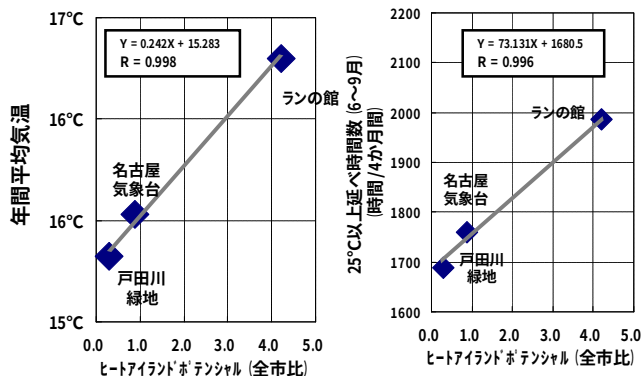


図15 ヒートアイランドポテンシャルと平均気温・25℃以上延滞時間

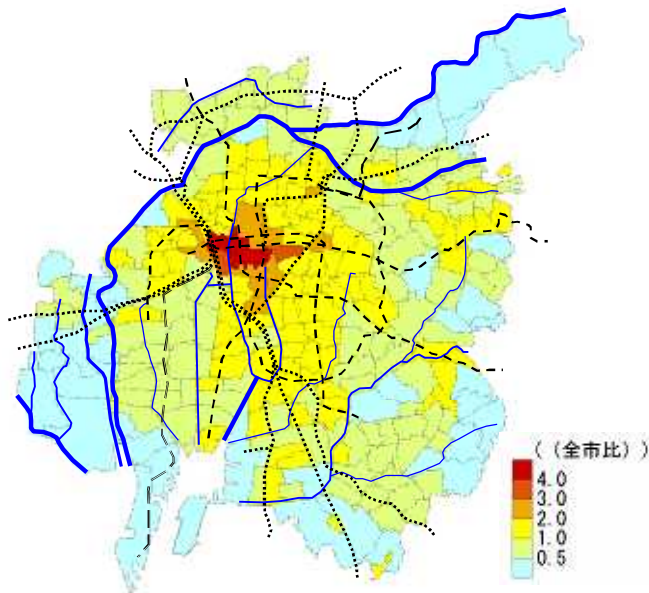


図16 学区別ヒートアイランドポテンシャルの分布

(3) 環境インフラの活用

①都市内の緑と水の活用

緑に対する期待はいくつかの意識調査で実証され、定量的な効果も本研究を始めとして検証されている。水の活用も、都市内の水面空間の効果検証以外に保水性舗装等の技術開発が進められている。こうした環境インフラは、貴重な資産として一体的に有効活用すべきである。また、今後の市街地形成においても、都心での立体緑化等の緑地空間の創出が望まれる。

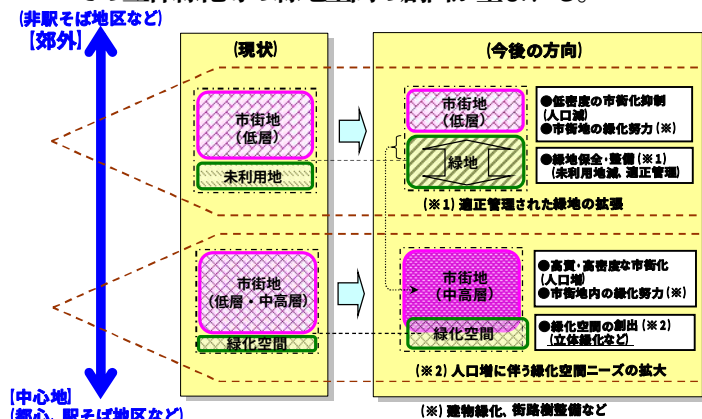


図17 市街地整備と緑地空間の確保

②冷気流としての風の活用

本市での風による気温低減効果は既に調査研究されている。また、ヒートアイランドが一因とされるダストドームに対しても、風による拡散浄化作用は大きい。

都市内の風で日毎の変化を示すものとして、「海陸風」と「山谷風」が顕著に影響を及ぼし、本市内でも、水・緑と合わせて有効活用すべきである。

表2 本市で活用すべき風の種類

種類	発生地域	時間帯	活用地区	課題
海陸風	港→都心	主に昼間	商業系地区等	港域地区大気改善
山谷風	東部丘陵谷筋	主に夜間	住居系地区等	大規模緑地保全
中小緑地冷気	公園・神社周辺	昼間・夜間	上記地区と連携	緑地保全

(4) 本市の都市環境軸の提案

前述の課題地区を踏まえ、持続可能な市街地形態として「TOD (公共交通指向型開発)」を考慮すると、本市の「都市環境軸」は図18のとおりとなり、今後のまちづくりにおいて特に意識すべきである。

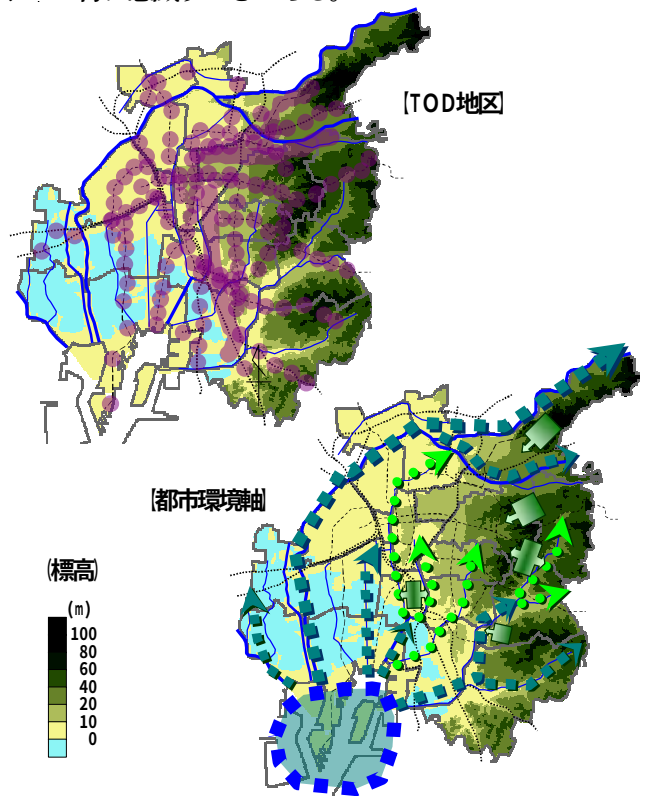


図18 TOD地区と都市環境軸

(5) 実現化に向けた課題

気候に関する調査継続・都市気候図 (クマトラ) の作成等によるまちづくり基本計画への位置づけや、全庁的な推進組織の強化、各種制度づくり等が望まれる。

《参考文献等》

- 1) 「異常気象レポート2005」2005.10 気象庁
- 2) 「ヒートアイランド対策要綱」2004.3 ヒートアイランド対策関係府省連絡会議
- 3) 「平成15年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査」環境省
- 4) 「都市環境学事典」1998 朝倉書店
- 5) 夜間人口: 220万人=10⁶×6.3として、文献4)p50 図1.30より算出
- 6) 「なごや環境大学 環境ハンドブック2005」なごや環境大学実行委員会
- 7) 「みどりの都市計画検討業務報告書別冊」2004.3 名古屋市住宅都市局
- 8) 「国土交通省におけるヒートアイランド対策への取り組み」2005.1
- 9) 「平成12年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方」環境省