

1. 熱環境改善構想の考え方

1.1 熱環境改善構想の背景 ～ヒートアイランド現象の進行～

毎年、夏になると「ヒートアイランド」という言葉が、新聞やテレビで取り上げられるようになり、その言葉は今や常用語となった。100年前に比べ、東京の平均気温は約3度も上昇し、都心部では熱帯夜が年間30日以上となっている(図1-1)。ヒートアイランド現象は、大都市の東京という一地域の問題だけでなく、地方都市も同様の状況であり、日本全体の問題となっている(図1-2)。

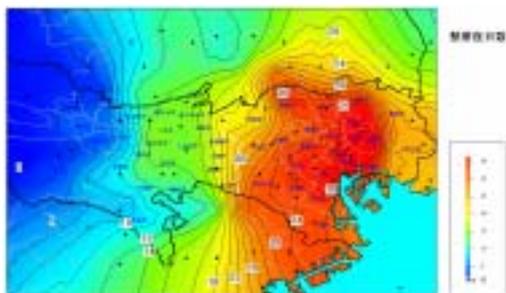


図1-1 東京周辺における熱帯夜の出現日数¹
(1998年6月～9月)

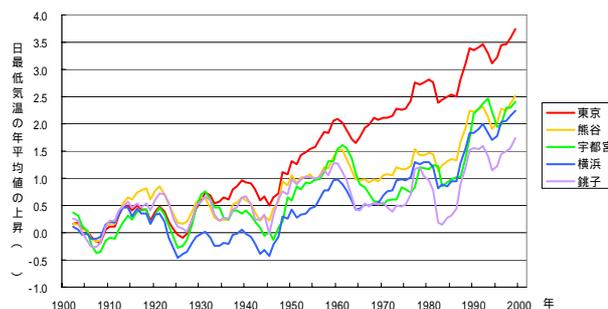


図1-2 東京と周辺部の日最低気温の年平均値の変化²
(5年移動平均)

このヒートアイランド現象拡大は、長期的にわたって蓄積した大規模な都市化と深く結びついている。これまで都市においては、緑地や水面の面積が減少する一方で、建物や道路などの人工構造物が増加してきた。この地表面被覆の改変によって、自然に行われていた蒸発散量が減少し、地表面の高温化や、熱吸収量の大きい人工構造物の高温化を招き、これら人工被覆物からの多大な熱放射によって、大気内に熱が蓄えられ、都市の熱環境を悪化させている。加えて、その中で生活する人々は、快適な環境を確保するため、エアコンの利用等に多大なエネルギーを消費することで、人工排熱が都市内に集積し、さらに都市の熱環境を悪化させるという悪循環が続き、都市の持続可能性を脅かしている。

東京という大都市の中にも、クールスポットといえる涼しい場所が存在する。それは、皇居・赤坂御所・明治神宮・新宿御苑をはじめとする緑地などである。本検討会では、こうした都市の中に存在する緑地に注目し、緑地が作り出した冷気を活用することにより都市の熱環境を改善する方策について検討するため、都市緑地に発生する冷気の実態を把握し、その冷気を活用するための都市形態の在り方とその効果を検証する。そして、ヒートアイランド現象を抑制し、地球温暖化の元となる無駄なエネルギー消費を抑制し、都市における良好な生活環境が確保されるよう、都市の熱環境改善の一つの手法とその可能性を示す

¹環境省 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検討業務報告書 P.4

²環境省 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検討業務報告書 P.2

1.2 緑・風・水のちからを活用した都市づくり

これまで多くの都市で、集積のメリットを享受すべく、人やものが集まり、機能的な都市生活を提供するための社会インフラが整備された。しかし、機能性・効率性に主眼の置かれた現在の都市においては、道路・公共交通・上下水道・電気・ガスなどが重要な位置づけとなり地域の地形・気候・風土をみて、そこにある自然のポテンシャルを活用するという視点は、これまであまり重視されなかった。

環境の世紀といわれる 21 世紀に入り、都市は大きな変革を求められ、平成 13 年 12 月に都市再生本部で決定された都市再生プロジェクト（第三次決定）「大都市圏における都市環境インフラの再生」の推進に向けた「首都圏の都市環境インフラのグランドデザイン」（平成 16 年 3 月）の策定や、平成 17 年 6 月に施行された「景観緑三法」など、都市内や周辺の緑地と都市の関係を再評価する取り組みがスタートした。また、平成 16 年 12 月決定の都市再生プロジェクト（第八次決定）「都市再生事業を通じた地球温暖化対策・ヒートアイランド対策の展開」を踏まえて選定されたモデル地域においても、「風の通り道」の確保などが取組として盛り込まれるなど、風の持つ換気能力も着目され始めている。さらに、「ヒートアイランド対策大綱」（平成 16 年 3 月）においても、ヒートアイランド対策の柱の 1 つとして都市形態の改善が掲げられており、都市における緑や水、風を活用した対策の重要性が示されている。

今後は緑・水・風などがもたらす自然のポテンシャルを都市計画の中に導入していくことが、都市の熱環境改善に有効ではないかと考えられる。陸と海を繋ぐ河川は、上流から下流への排水路・放流路だけではなく、海から内陸部へと海風を運ぶ「風の通り道」としての新たな役割が期待される。また、都市内及び近郊の大規模緑地は、人と自然のふれあいの場や、良好な景観の提供といったこれまで認識されていた機能の他に、ヒートアイランド現象緩和のための冷気を産みだすなど、重要な環境調整機能を果たす場所としての役割が期待される。東京でのヒートアイランド現象の緩和を考えた場合には、ヒートアイランド現象が顕著な都心部に海風を効率よく送り込み、熱を換気するための大規模な「風の通り道」や大規模な都市緑地のネットワーク等が対策として考えられる。一方、都市緑地と近接する市街地街区の範囲で考えた場合は、緑地の効果による冷涼な微気候を活用し周辺市街地のヒートアイランド現象の緩和を図ることが考えられる。

また、自然の緑が提供する冷気には、室内の空気をエアコンで冷やすことでは得ることのできない心地よさがある。都市の熱環境が緑で改善できることを体感として知ってもらうことにより、人々の意識の変化を促し、その動きが新たな社会的価値を形成することにつながる。

このような都市の大規模緑地の活用による周辺地域の熱環境の改善可能性を考えた場合、緑、水、風といった自然のポテンシャルは都市の環境を改善する要素として重要な役割を持つことになると考えられる

1.3 熱環境と体感の関係

1) 体感の定量的指標

人間は、体内で発生させた熱を外部環境と熱交換を行って、体温の調整を行い、その作用によって暑い・寒いという感覚を得て温度を感じている。この熱交換に影響を与える要素は温熱環境要素と呼ばれ、以下の6つがあげられる(図1-3)。

- (1) 代謝量
- (2) 着衣量
- (3) 気温
- (4) 熱放射
- (5) 気流
- (6) 湿度



図1-3 温熱環境6要素

温熱環境と体感を対応させるための定量的指標を図1-4に示す。本検討会で対象としているような屋外熱環境の指標としては、WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) やヒートインデックスがある。しかし、どちらも暑熱環境の不快感あるいは安全限界を判定するものであり、快適環境設計用のもではない。そこで、本検討会の外熱環境の改善方法を検討する上では、気温・気流・熱放射のそれぞれに焦点をあてて考えていくことにする。

体感指標³⁾
体感温度を数値化するために、以下のような体感指標が用いられている。

(ア) WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)
湿球黒球温度 / 屋内・屋外の体感指標

WBGT は、ISO で定められた国際規格であり、作業者が労働環境において受ける暑熱環境による熱ストレスの評価を行い、速やかな判断を行うことを目的としている。この方法は、労働者が活動している一定時間における平均的な熱の影響を評価する場合には適用できるが、短時間に受けた熱ストレスの評価や、快適域に近い熱ストレスの評価には適用できない。

(イ) ヒートインデックス / 屋外体感指標

ヒートインデックスは、暑気症状を防ぐために、USナショナルウェザーサービスが開発した、気温と湿度を加味した指標である。高温域においては、湿度の影響が大きくなり、比較的人の生理的な現象を良く反映する指標の一つと考えられる。アメリカなどでは、この指標を利用して天気予報などで熱中症への注意が呼びかけられている。

(ウ) PMV (Predicted Mean Vote)
快適指数

デンマークのファンガー (Fanger) によって提案された指標で、温度環境に関する6要素(空気温度、平均放射温度、気流、湿度、着衣量、代謝量)の組合せで求めることができ、ISO-7730として、国際規格となっている。PMVは、-3から3の数値によって表される。

PMV値の意味						
-3	-2	-1	0	1	2	3
寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い

(エ) ET* (New Effective Temperature)
新有効温度 / 屋内体感指標

ET* は、換座位、着衣量 0.6clo の静穏な気流の場合を基準として、人体と環境との熱平衡式から導かれている。気温・風速・湿度・熱放射の組合せを(気温 - 周囲面)の温度(平均放射温度)、静穏気流、湿度 50%の時の気温で表現するものである。快適範囲は換座位で着衣量 0.8~1.0clo で示し、室温 22.9~25.2℃、相対湿度 20~60%の範囲である。しかしながら体感には各人毎の代謝量、着衣量に対して定義されるものなので、ET* のみでその環境が温熱的に快適かどうかを判断するのは、難しいといえる。

(オ) SET* (Standard New Effective Temperature)
標準新有効温度 / 屋内体感指標

SET* は、PMVで表す寒い暑いという指標に、その周辺を取り巻く温熱環境との間の熱平衡式に基づいて定義されるET* を基にして異なる条件の温熱環境を比較できるように標準化した体感指標である。SET* では、着衣量を代謝量によって修正することによって、様々な代謝量における温冷感や快適感評価を可能にしている。

(カ) OT (Operative Temperature)
作用温度

作用温度は、気温と平均放射温度の対流熱伝達率と放射熱伝達率の重みづけ平均である。作用温度には、湿度の影響は含まれていないので、顕熱のみについて評価する場合には、簡単に有用な温熱指標となる。

図1-4 体感指標

³⁾(ア)~(オ):環境省 平成16年度 都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討(中間報告)2005年3月 P.8-P.10 より
(カ):浦野良美 中村洋 編著 建築環境工学 森北出版株式会社 1996年3月 P.185より

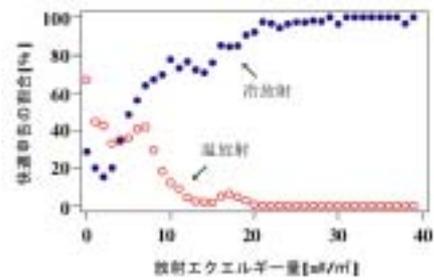
2) 室内での体感

図 1-5 に示すように、人の体感は周辺の物質から放射される熱と気温（空気温度）との関係を感じている。温度と風が一定であれば、主として人の温冷感、周辺の物質から放射される熱と空気と体との間の対流熱との関係によって決まる。平均放射温度（MRT）が気温（空気温度）より高いと、周辺からの熱放射の影響により高めの温度感覚を持ち、平均放射温度（MRT）が気温（空気温度）より低いと、周辺からの熱放射の影響により気温よりも低めの温度感覚を持つようになる。したがって、夏において人の体感する温熱環境を改善するには、周囲に気温よりもやや低い放射熱環境をつくることが重要である。図 1-6 は、そのような可能性を示唆する既往の事例である。

そうした放射熱環境を整備した上で、さらに適度な風（気流）があることで、体から発生する熱を程良く放散させることができ、図 1-7 にあるように、より多くの人々が涼しさを感じるようになる。



図 1-5 熱放射と室内環境

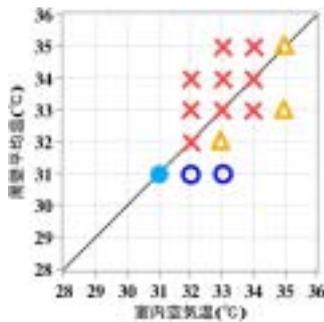


室内の周りの壁から、冷放射エクセルギーが 20mW 程度出る環境であれば、気流感が無くても、ほとんどの人にとって快適な空間になる。このような空間は、外気温よりも周壁平均温度が 1 程度低い環境である。

エクセルギー：「利用可能なエネルギー」を示す言葉。エネルギーとは「仕事をする能力」を表す言葉だが、エネルギー量はすべて利用できるわけではない。

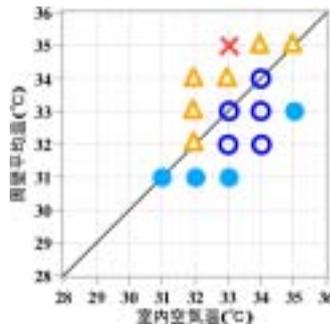
図 1-6 放射エクセルギーと快適申告の割合の関係⁴

【風なし】快適申告と室内空気温度・周壁平均温の関係

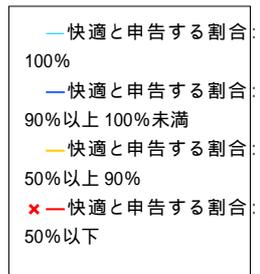


平均風速
0.1m/s
室内相対湿度
46～69%
外気温
32～35°C
外気相対湿度
45～63%

【風あり】快適申告と室内空気温度・周壁平均温の関係



平均風速
0.2m/s
室内相対湿度
46～69%
外気温
32～35°C
外気相対湿度
45～63%



グラフの凡例

90%以上の人々が快適と申告する割合（ \circ ）は、【風あり】のほうが多い。さらに 100%の人々が快適と申告する割合（ \bullet ）は、周壁平均温が室内空気温度より低い場合にのみ、現れている。

これは、夏における自然通風による室内温熱空間の快適許容上限を把握することを目的とした参考文献に示す既往の研究の一部であるが、本報告書の検討事項である、風の有用性を検討するにあたり再考して用いた。

図 1-7 快適申告と室内空気温度・周壁平均温の関係⁴

⁴参考文献

西内正人・岩松俊哉・徳永佳代・平賀智之・伊澤康一・山田浩嗣・宿谷昌則
夏季における遮熱・通風の組み合わせと快適性に関する実験
日本建築学会学術講演梗概集 近畿大会、pp605-612、2006年9月

3) 屋外での体感

図 1-8 の熱画像が示すように、形成される都市環境の違いにより人が感じる熱環境に違いがある。人の周辺の良い放射熱環境をつくり、そこに暮らす人達が、自然環境が生産する涼を供給できるように配慮した計画とすることが必要である。

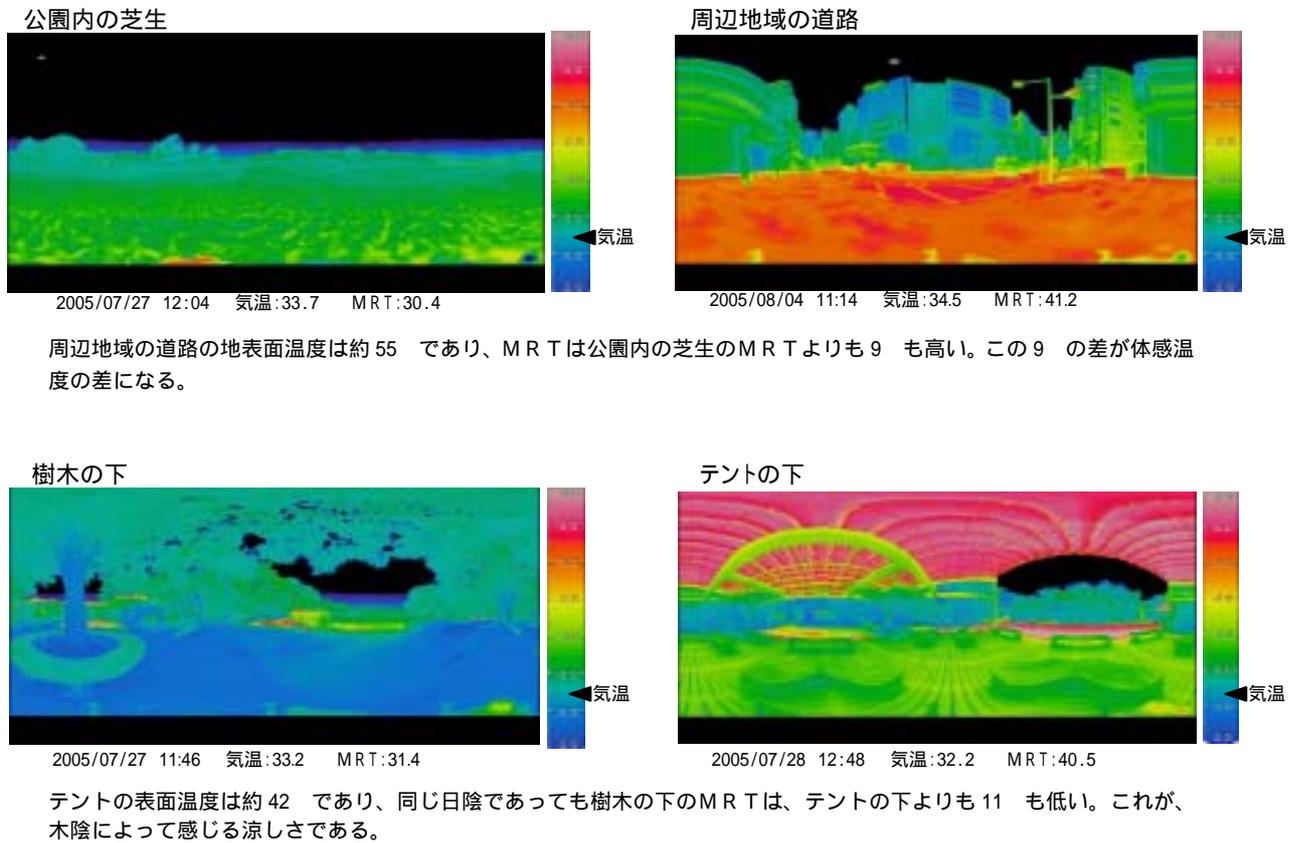


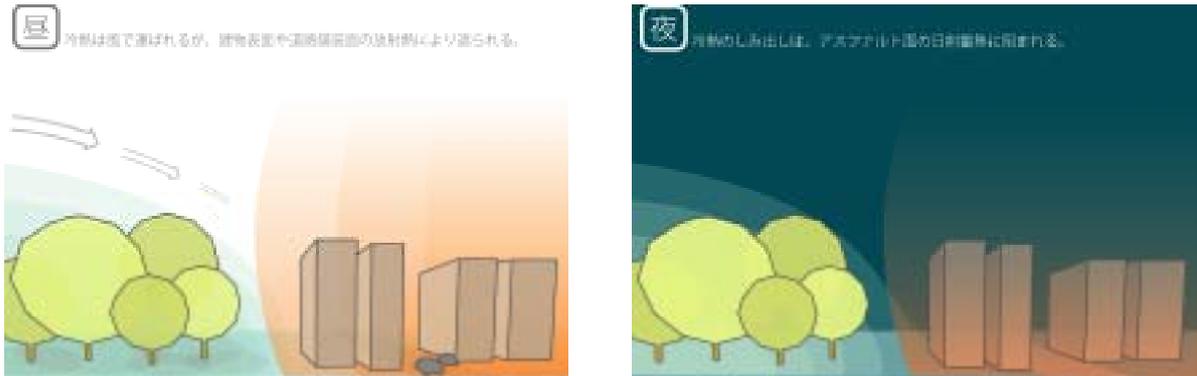
図 1-8 熱放射と屋外環境⁵

⁵東京工業大学 梅干野研究室：新宿御苑の熱環境実測 2005/7

1.4 熱環境改善の手法

都市における大規模な緑地は、周辺街区に比べ気温が低いことが知られている。そして緑地の冷涼な空気は、昼間は風に運ばれ、夜間にはじみ出し現象により、周辺の街区に運ばれていく。しかし、自然がつくる冷気は力が弱く、幅員の広い道路のアスファルト表面などから放熱される対流顕熱に阻まれ、流れが遮られ、冷却効果が薄らいでしまう。自然が生み出す冷気を、涼を損なうことなくそのまま街に供給するには、風の通り道の大きさやその被覆、周辺の建築形態など、街区の形状にも配慮することが重要である。

例えば、図 1-9 に示すように、緑地に冷涼な空気が存在していても、周辺に高い建物が立ち並び、暑熱化する道路の存在により、緑地からの冷涼な風を享受できる範囲は限定的である。



しかし、図 1-10 に示すように、風向きを考慮し、その風の通り道を確保するとともに、街区全体に風が通り抜けるよう配慮し、道路や建物自体も暖まらないよう工夫することで、冷気を拡張できる（気温を下げる）とともに、人が感じる風（気流）・熱放射も改善することができる。このような熱環境改善の手法を地域ごとの特性に合わせて検討し、これを実現していくことにより快適な都市を構築できるものとする。



ただし、ここでの検討は、緑、風、水という自然のポテンシャルを活用した地域の熱環境改善の提案である。これからの環境配慮の都市システムとして検討すべき地域熱供給や、太陽光、太陽熱、風力等の新エネルギーシステムの導入などは含んでいない。この報告書では、都市の大規模緑地の冷熱を活用するという切り口で、熱環境的に優れた都市形態、街区構成、緑化手法等を提案している。この報告書で検討し、提案したことに加え、地域の自然エネルギーの利用、排熱を減らす省エネ対策などと組み合わせれば、さらに大きな環境改善効果生み出されるものと期待される。

1.5 地域の理解と持続性

ドイツなどの先進国の中には、人工的に被覆されていた部分を緑地に戻したり、高層建物を壊して低層化するなど、あえて減築して居住周辺環境の質を高めるといった動きもでてきている。日本も少子高齢化が進み、人口減少の方向へ向かっており、今後の都市づくりは、数・量から質の供給へ移り変わろうとしている。

量から質への価値の変化において市街地の熱環境も都市の質の一つであるということを普及・啓発していくことも必要である。また、人工的な日よけの下より街路樹の木陰の方が涼しく感じるというように、市街地の周辺環境の違いで体感温度が変わったり、ちょっとした工夫で涼感が得られるということについても積極的に広めていくことが必要である。

さらに、緑、風、水を活用したまちづくりを行う場合、環境と共生するという意味、重要性、その恩恵を地域住民が理解することも不可欠である。また、住民それぞれが、自分たちが暮らすそのまちの置かれている課題を共有し、未来のあるべき姿を想像しながらまちづくりを進めていくことが重要である。

この検討会ではそのための熱環境改善に関する普及啓発手法についても検討を行い、市民参加のワークショップの一例も示している。

この報告書で提案する都市緑地を活用した地域の熱環境改善の構想は、東京の新宿御苑周辺の街区を想定して検討を行っている。しかし、それはあくまで想定される改善手法がどのような効果をもたらすかを検証した一例を示すものであり、それぞれの手法のいずれかを現実とすることを想定したものではない。ただ、ここで検討された改善手法は、新宿御苑周辺に限らず、都市における大規模緑地の周辺における緑地を活用したまちの在り方の参考にもなり得ると考える。ここで示す様々な改善の手法が、それぞれの地域における住民検討会などの参考資料となり、都市再生やまちづくりの役に立てば幸いである。