

# 都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討 調査報告書(概要版)

環境省水・大気環境局大気生活環境室

## 1. 熱環境改善構想の考え方

### 【熱環境改善とは】

これまでの都市においては、緑地や水面が減少し、建物や道路などの人工構造物が増加した結果、日中にそれらの人工物の表面が高温化するとともにその熱を夜まで蓄え、都市の気温を上昇させてきました。また、都市で生活する人々は室内に快適空間を求め、エアコンを使用して人工的な排熱を大量に都市に捨て、これが都市の気温をさらに引き上げるという悪循環をもたらしました。

地表面の人工化は、都市における気温の上昇によって人々が暑いと感じる以上に不快感をもたらしています。人間が暑さを感じるのは、気温以外にも湿度や気流、周辺の建物や道路からの熱放射などが重要な要素となります。例えば、同じ日陰でもテントの下と樹木の陰では、同様の気温ながら平均放射温度(MRT)は約9度も異なり、木陰を涼しいと感じる理由が理解できません(図1)。

本構想では、この人が感じる熱、すなわち熱環境を改善する手法を検討し、快適な都市生活に資するとともに、新しい都市の価値を提案することを目的としています。その際、熱環境改善の出発点として考えたのが都市内の大規模緑地です。

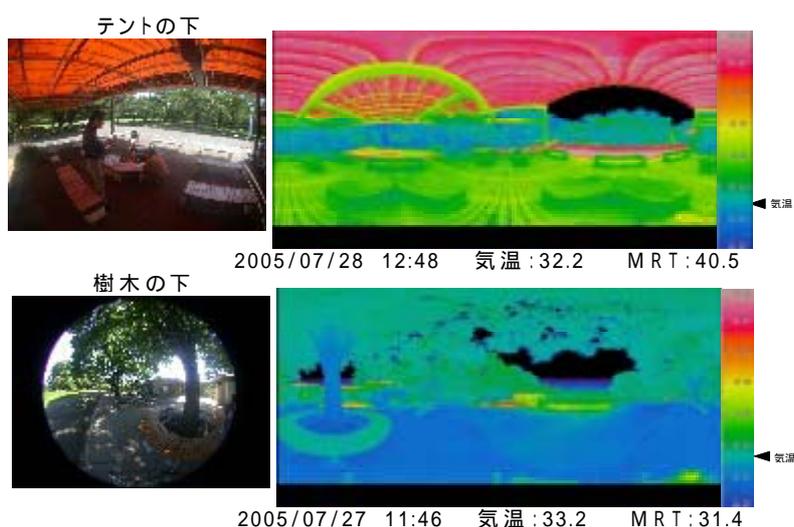


図1 テントと樹木の下の放射温度の違い

### 【熱環境改善の考え方】

都市内の大規模な緑地は、周辺街区にくらべ気温が低いことが知られています。そして緑地の冷涼な空気は、昼は風により、夜はにじみ出し現象などにより周辺市街地に運ばれ、周辺市街地の熱環境を改善させるものと期待されます。

しかし、緑地に冷涼な空気が存在していても、現実の都市では、緑地周辺に高い建物が立ち並び、近傍の道路も暑熱化するなど、緑地からの冷涼な風を享受できる範囲は限られています。建物自体が暖まらないように工夫し、また風向きを考慮し、冷涼な風の通り道を確保することで、冷涼な風の到達範囲が広がり、人が感じる風・熱放射も改善することができると考えられます(図2)。

このように緑や風、水などの自然が持つ冷熱ポテンシャルを強化し、これを有効に活用することにより周辺地域の熱環境の改善ができれば、これらの自然資源は都

市の生活環境を改善するインフラとして重要な役割を持つことになるのです。

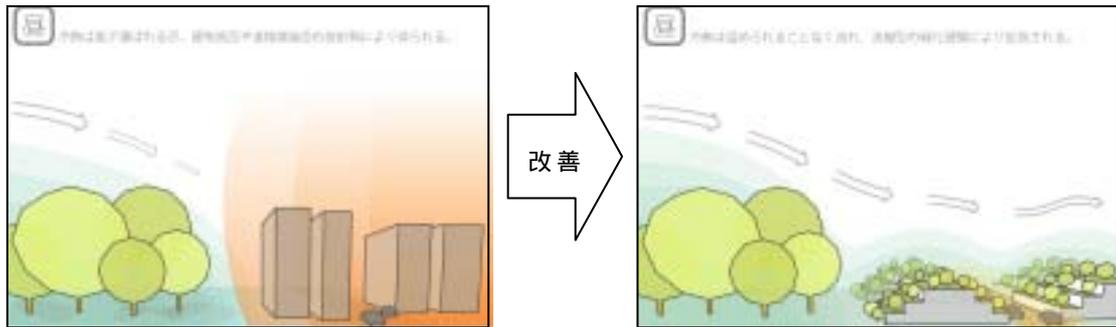


図2 熱環境改善のイメージ(左:現状、右:改善後)

### 【熱環境という新しい都市の質】

先進国の中には、高層建物を壊して低層化するなど、あえて減築して周辺環境の質を高めるといった動きもあります。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であるということをこの構想では提案しています。さらに、都市において緑や風、水といった自然環境と共生するという付加価値をもたらすとともに、このような変化はエアコンに頼りがちなエネルギー多消費型のライフスタイルからの脱却を促すものと考えます。

また、この構想では都市の大規模緑地として新宿御苑をモデルに検討していますが、この考え方を現実のものとしていくには、関係者間で熱環境改善の価値を共有し、未来のあるべき姿を想定しながらまちづくりを進めていくことが重要です。そのための普及啓発手法についても検討を行い、市民参加型によるワークショップの一例を紹介しています。

## 2. 新宿御苑及び周辺の熱環境特性

国民公園新宿御苑は、東京の都心部、新宿駅の数百m南東に位置しており、都心の大規模緑地(面積58.3ha)として、散策路や良好な景観の形成など多様な機能を提供しています。また、100周年を迎えるという歴史のある庭園でもあります。

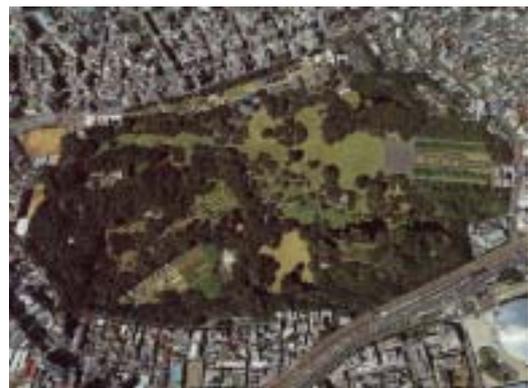


図3 新宿御苑の全景

### 【新宿御苑のクールアイランド効果】

新宿御苑における冷気の生成メカニズムや流出した冷気が作り出す周辺市街地の気温の面的分布・鉛直分布を把握するため、夏季を対象に御苑内および周辺市街地の気温や風の状況を測定しました。

昼間は、南からの風が卓越し、御苑北側に冷気が流れ出している状況が見られました(図4)。御苑内は30℃を下回っているのに対し、その100m北側の市街地では31℃を上回っており、その差は1℃以上となっていました。この時期、市街地から

御苑に向かって歩くと涼しさを感じますが、この感覚が数字として表れているものと考えられます。

また、夜から朝方にかけて御苑の上空 30m 程度まで冷氣溜まりが存在していることが分かりました（図 5）。この冷氣溜まりは、市街地の小規模なオープンスペースではほとんど見られず、御苑のような大規模緑地ならではの機能と考えられます。

その冷氣溜まりは市街地に流出しており、概ね水平距離で 100m ほどまで確認され、流出の厚さは高さ 10m 程度となっていました（図 6）。

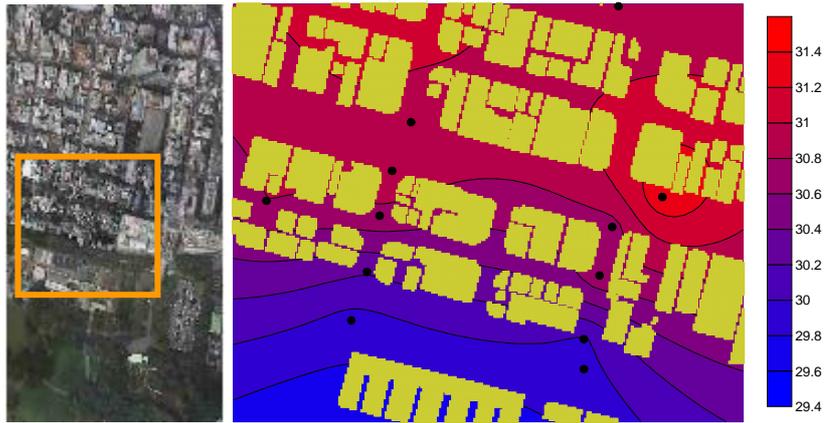


図 4 御苑北側市街地の平均気温分布 (7/27 ~ 8/29 の日中)

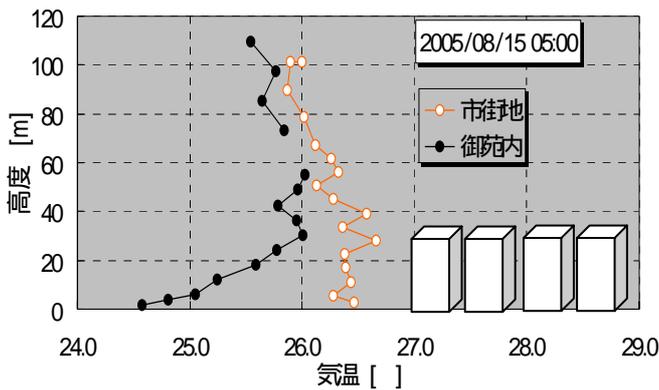


図 5 気温の鉛直分布 (夏の明け方)

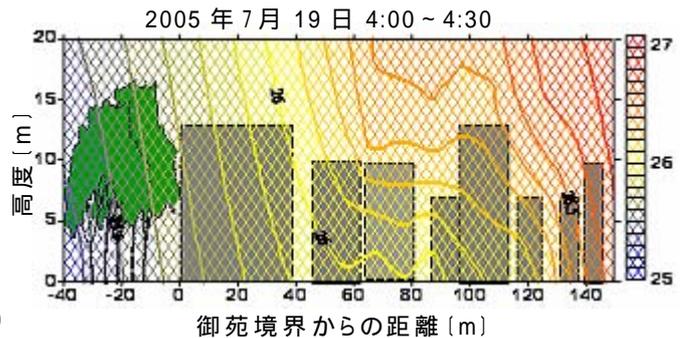


図 6 冷氣流出の状況 (夏の明け方)

### 3. 熱環境の改善に向けた課題と対策の方向性

【都市スケールで取り組むべき課題と対応策】

この地域は、都心部ながら明治神宮、新宿御苑、赤坂御所、神宮外苑などの大規模緑地が連なり、冷熱資源が豊富な地域です。しかし、これらの緑地は現状では建物や道路により分断されており、地域全体としてはこの冷熱資源の効果を十分に活用できていない可能性があります。

既存の小規模な緑地を繋ぐなどして、これらの大規模緑地を有機的に結びつける（図 7）ことにより、冷熱を地域全体で活用することが可能となります。この

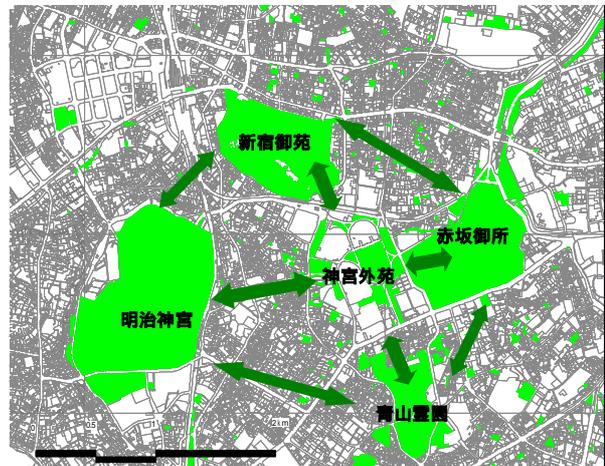


図 7 都市スケールでの熱環境改善イメージ  
- 緑のネットワーク化 -

ことは景観や生態系の保全の観点からも望ましいと考えられます。

また、現在、蓋掛河川となっている玉川上水・渋谷川を再生することにより、水面面積を増加させることも熱環境の改善に有効と考えられます。その際、河川沿いに親水空間を創出し、都市に生活する人々に憩いの場を提供するなど、水辺を活かしたまちづくりを行い、自然を身近に感じることでできる魅力的な生活環境の形成を図ることが重要です。

【新宿御苑周辺地区で取り組むべき課題と対応策：北側地区の例】

御苑では夏季の日中、南からの風が卓越しており、御苑の北側地区は、この風を利用することにより冷熱源としての御苑の恩恵を享受できる可能性の高い地区と言えます。しかし、現状では中層建物が立ち並び、冷涼な風を享受できる範囲が限定されるなど、その熱環境的な優位性を十分に活用できていないことが課題です。

そのため、まず御苑からの冷涼な風をより遠くまで運べるような風の通り道を創出することが重要です。現在、北側地区には図8から分かるように緑地がいくつか存在しますが、これらの緑地に向け青色矢印のように風の通り道を通すことで、効率的に御苑の冷気を運ぶことが出来ると考えられます。冷熱を暖めることなく誘導するためには、風の通り道に沿った建物や街路の緑化などにより、冷温域を連担させるという手法がありますが、さらに冷熱の誘導経路としての機能を強化するため、道の幅員を広げることや道路表面の散水システムなどを導入することが考えられます。

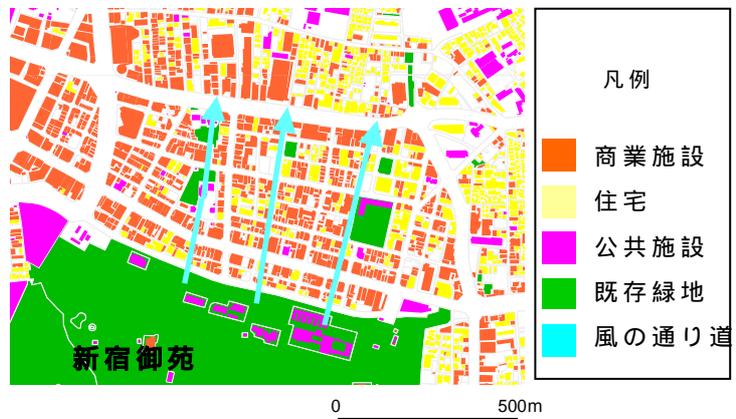


図8 新宿御苑北側地区における熱環境改善の考え

また、風の通り道の創出に加え、実際にそこで生活する人々がその冷熱を享受するためには、冷熱を街区の内部まで導入できるように配慮して街区を計画することや、建物内にもその冷熱を取り込めるような工夫が望まれます。

## 4. 将来市街地像の提案とその評価

### 4.1 将来市街地像の提案

今回の検討では、熱環境改善ポテンシャルの大きい御苑の北側地域を対象に、熱環境に配慮した将来市街地像とはどのようなものかの検討を行ないました。

ここでは現状の市街地をベースに3つの案について検討しました。1つ目は、現状の市街地形状を残したまま、屋上・壁面緑化、街



図9 将来市街地像提案の範囲

路樹の植栽等による熱環境改善を図るケース（以下、「現状改善案」）。2つ目は、現状の街区形状を基本とし、市街地の再整備に用いられる一般的な手法により熱環境改善を図るケース（以下、「部分改善案」）。3つ目は、市街地形状を全面的に変更し最良の熱環境を目指すケース（以下、「全面改善案」）です。

### 現状改善案



現状の街区形状、建築物を残して熱環境を改善する計画を検討しました。区画道路が南北方向に延びているため、これを風の通り道として活用することとし、できるだけそこを通る風を暖めずに遠くに運ぶことを目指しました。

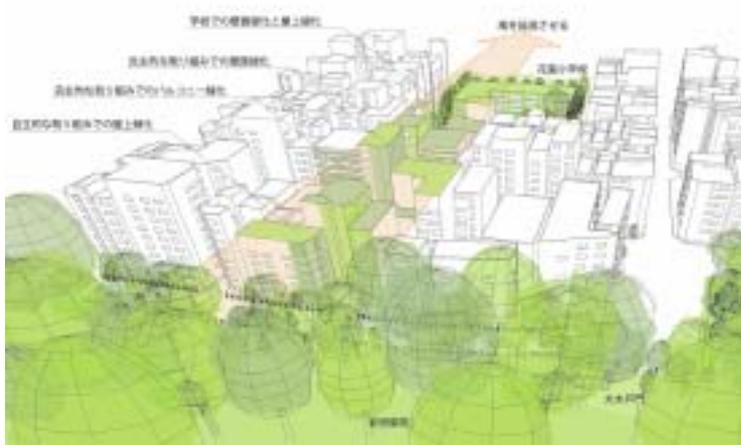


図 10 現状改善案

具体的な改善策としては、緑化による表面被覆対策が中心となります。

風の通り道となる南北方向街路の沿道建築物には屋上及び壁面緑化を施し、表面温度の低下を図りました。これにより冷気が流れていく過程で暖まってしまうことを防ぐことが期待されます。また、街路樹を植栽することにより、歩行者空間に緑陰を創出して歩行者の熱環境を改善することができます。

### 部分改善案

御苑からの冷涼な風の及ぶ範囲を拡張するために、沿道建築物の再構成によって既存道路（幅員 8M）を軸に両側に連続した空地を設け、風の通り道を広げるとともに御苑からの緑のネットワークを確保することを目指しました。沿道の再構成される建物については、現行制度のもとで、再構成後の建物の容積が現状市街地より大きくなるよう最大限配慮しました。

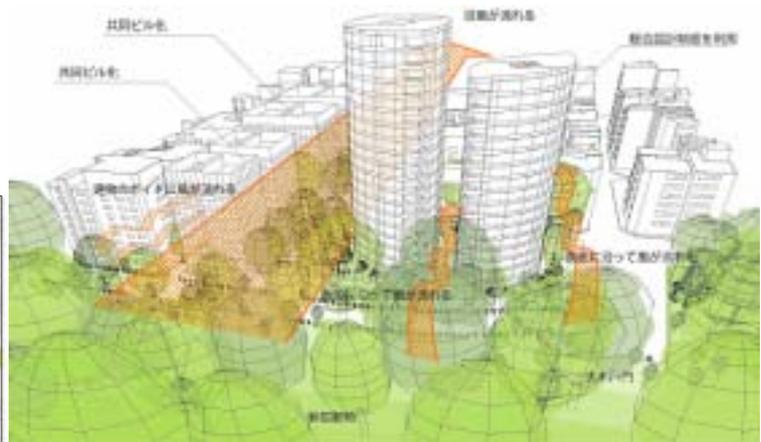


図 11 部分改善案

計画では、既存道路の両側 10m を空地として確保し、拡張部分には中高木を植え、地面は芝生で覆いました。これにより御苑からの冷涼な風を阻害せず、快適な緑地空間を創出できるものと考えます。また、建築物の再構成によって建てられた建築は既存の建築物より高層化しましたが、そのデザインは通風を遮らない形状とし、建築物内部でも冷気の恩恵を受けられるように自然通風にも配慮しました。

### 全面改善案

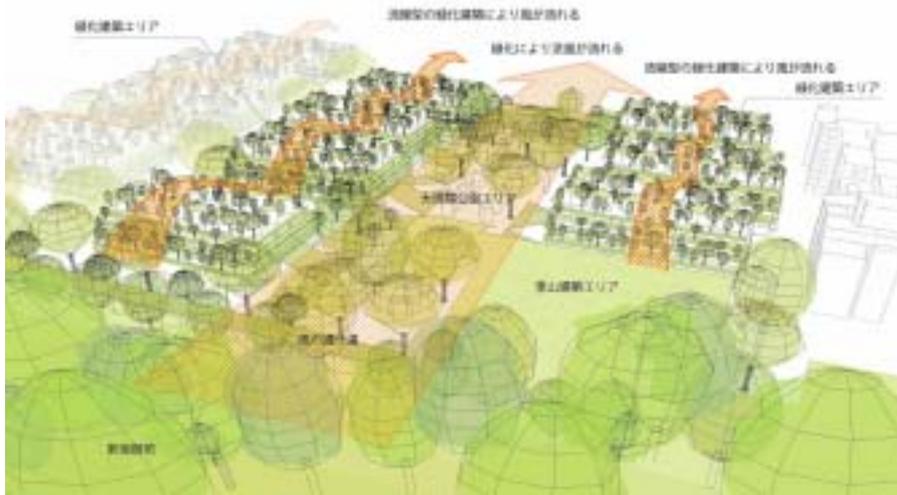


図 12 全面改善案

この案では、熱環境の視点から最も好ましいと考えられる市街地を形成するため、対象範囲全体を再構成することを検討しました。地域全体では現状の容積を保ちつつ、ほぼ 100 年前の緑被を再現し、市街地自体が冷気生成機能を有し、御苑と一

体的な緑地帯を形成することを目指しました。

建築物は、緑で全体を包み込み、かつ風の流れをできるだけ阻害しないように、地上 5 ~ 7 階程度の階段状のデザインとしました。これにより市街地全体で冷涼な風を作りつつその風を風下側に送り出すことが期待されます。地下 1 階 ~ 5 階は店舗や事務所、最上階は戸建住宅のようなペントハウスとし、都心に居ながらにして快適な環境共生型のライフスタイルを実現できるところが特徴と言えます。

緑の活用にあたっては、植樹地点の日照条件に合ったものを選定し、効果的な熱環境改善に資するよう、南側には樹冠の大きなものを、西側には西日を遮蔽するために比較的底部から葉が茂る樹種を選定するといった手法が有効です。

また、このように地区全体で計画を進める場合には、その後の緑の維持・管理なども考慮し、地区全体を一体の不動産として運用するような手法が適当であると考えられます。



図 13 緑化手法の例

### 4.2 将来市街地像の評価

今回の構想では、以下の 2 つに配慮しつつ検討をすすめてきました。

風の流れをできるだけ阻害しないこと

風が通り抜ける地表面や建物被覆の温度上昇を抑え、冷熱資源としての風を保全すること

そのため、評価の視点は「風の流れ」と「大気への熱負荷：HIP\*」の2つとしました。

HIP：ヒートアイランドポテンシャルのこと。周囲への熱的な影響を示す指標で、計算対象の敷地が平坦であると仮定したときに、その面が気温より何度上昇するのに相当するかを表す。HIPが大きいほど、ヒートアイランド現象を引き起こしやすい。

#### 【風の流れの評価】

3つの市街地像について、風の状況を数値シミュレーションにより計算したところ、例えば地上20mの高さでは図14に示すような結果が得られました。これを見ると、現状改善案では1m/s程度の弱い風となっているところが多くなっています。部分改善案では風の通り道を拡幅した場所で風速が2.1m/sから2.6m/sに増えています。しかし、高層建物周りで極端に風が強くなっていたり、逆にその後背地では風が弱くなっているなどの影響も見られます。最後に全面改善案を見ると、市街地内部で2~3m/s程度の風が吹きわたっている状況がわかります。

また、御苑の冷涼な風をより遠くに運ぶという観点から、地上10~30mの風の北向き成分(図14の下方から上方に向かう方向の成分)のみを取り出してその平均的な強さを比べてみました(図15)。現状改善案、部分改善案が市街地に入り急速に風速の北向き成分を弱めるのに対し、全面改善案では御苑からの風を阻害せず、ほぼ一定の状況を保っていることがわかりました。

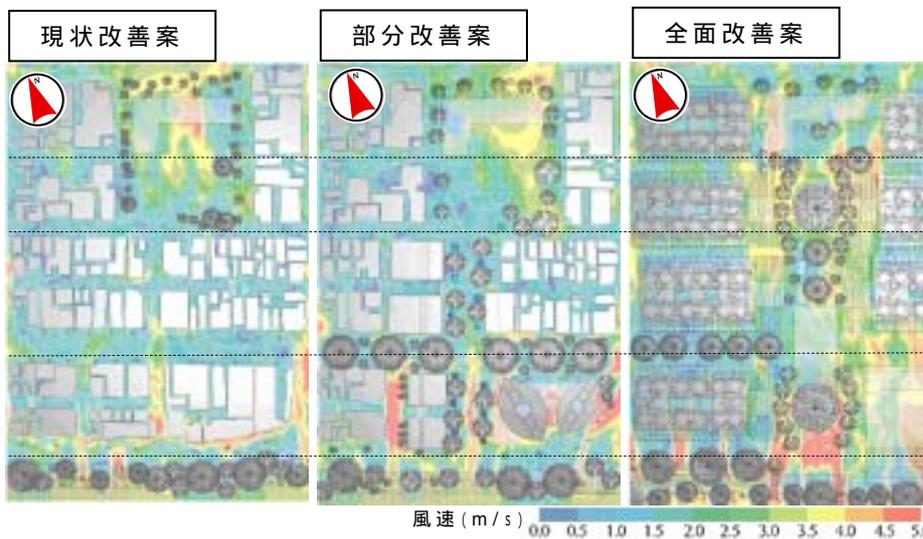


図14 風シミュレーションの結果(地上20mの例)  
協力)新菱冷熱工業㈱中央研究所

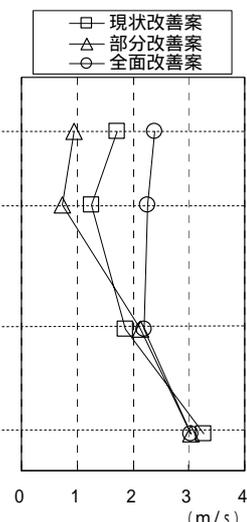


図15 風況の比較  
(北向き成分)

#### 【大気への熱負荷の評価】

緑化などによる地表面被覆の熱環境改善がどのような効果をもたらすのかについて、HIPを用いて評価してみました。通常、建物や道路などの地表面の温度は夏季には気温より高くなり、これが市街地の気温を暖める要因になりますが、緑化や日

射の遮蔽等によりどの程度、地表面の高温化を抑えられるかを定量的に求めました。

現状の市街地と3つの改善案について、それぞれの朝方5時の表面温度分布の状況を図16に、1日のHIPの変化を図17に示します。まず、現状では表面温度が気温より1℃程度高くなっているところが多く、昼間の日射を受けた建物や道路が蓄熱し、その熱が大気へ放射され、夜の気温を押し上げている状況が伺えます。

現状改善案では屋上緑化や壁面緑化により、風の通り道周辺の建物の表面温度が低下している状況が分かります。現状市街地と比べて日中で1℃前後、夜間では約0.3℃のHIP低減効果が見られます。

次に部分改善案では、風の通り道に面する再構成した建物の表面温度が低下している状況がわかります。建物の壁面に蓄熱の少ない素材を使ったことや緑化などの効果によるものです。HIPは現状市街地より日中で3℃、夜間で1℃程度下がりました。

最後に全面改善案では、全面的に建物表面に緑化等の対策を行っており、夜間の天空への熱放射（放射冷却）も促進されるため、朝5時の時点では気温より表面温度が低くなっている部分が見られます。HIPは3案中で最も低く、現状市街地と比べて日中は5℃前後下がっています。夜間のHIPは概ね0℃、明け方だけを見るとマイナスとなっています。すなわち、この市街地の被覆は、夜間、全く周辺の気温を暖めることなく、良好な熱環境の形成に寄与していると推定されます。

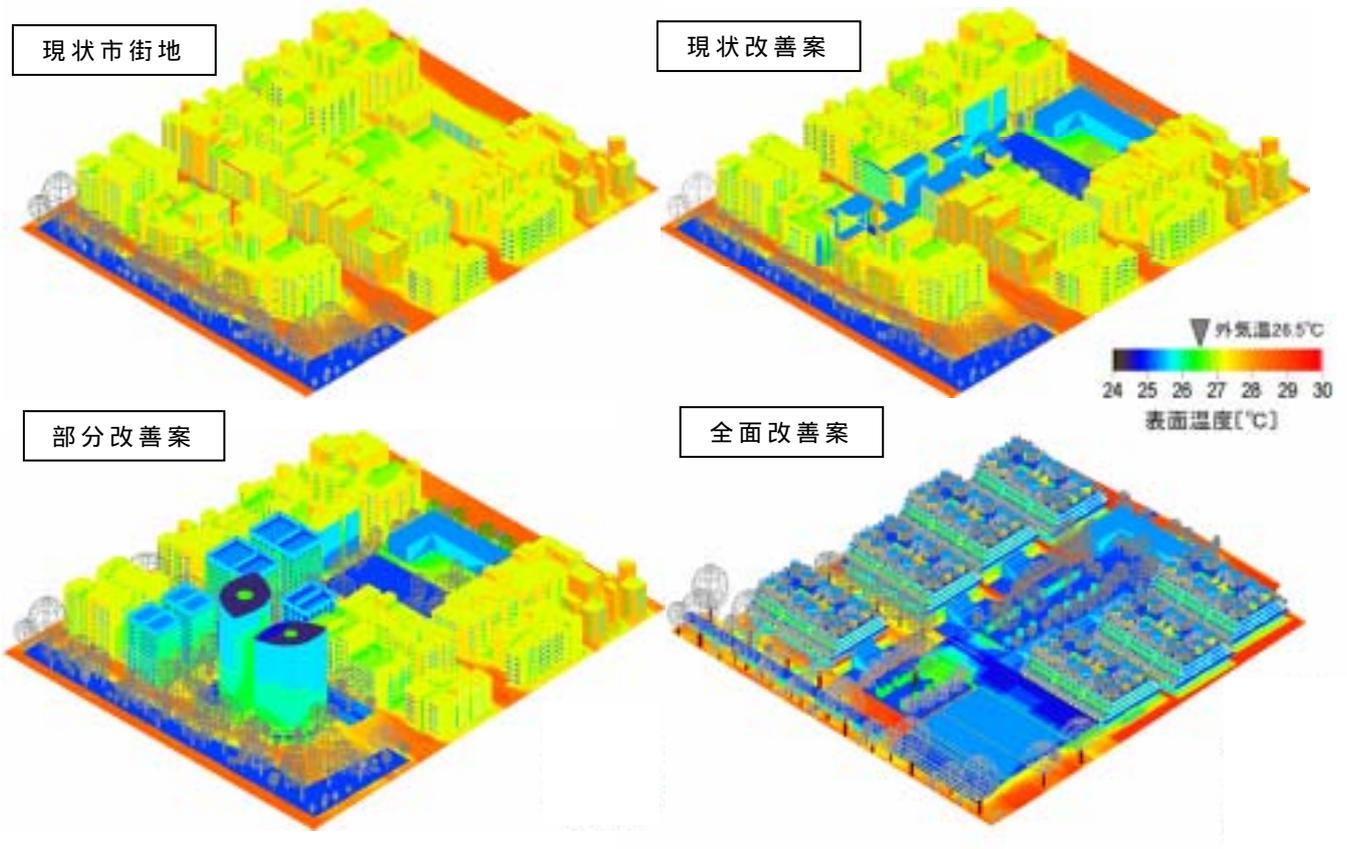


図16 表面温度の計算結果(朝5時)

3つの案を総合的に見てみると、表1のように整理することができます。比較的容易に実施できる現状改善案、風の通り道沿いの街区など部分的な合意で可能な部分改善案では、大気へ与える熱負荷の低減に効果が見られました。一方で、全面改善案ではその実現には地域全体としての合意が必要となるものの、その熱環境は非常に優れており、都市に新たな価値が付け加わったことをシミュレーション上でも確認することができたと考えます。

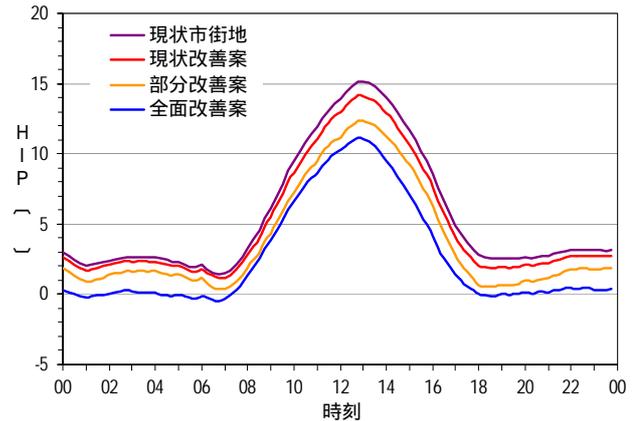


図 17 HIPの経時変化

表 1 冷気誘導面からの将来市街地像の評価

	風の流れの改善	大気への熱負荷の低減
現状改善案	現状のまま	
部分改善案		
全面改善案		

( : 限定的な効果がある、 : 効果がある、 非常に優れている )

## 5. 構想の実現に向けて

この構想では、御苑をモデルとして、緑と風そして水を活用した熱環境改善をテーマに検討を行ってきました。そこでは、現状の都市における熱的な状況や自然の持つ熱環境改善機能が整理され、良好な熱環境を有する市街地の将来像を描き出し、都市における新しい環境価値を提案することができたものと考えます。この成果を広く発信し、各地での地域づくりの参考としていただくことが期待されます。

### 【人的地域基盤づくりの重要性】

熱環境改善を実現するには、建物や設備などのハード面での整備が必要ですが、その動きを推進するためには地域に生活する人々が熱環境改善の良さを知り、実際に試し、これを地域全体に広げていくことが重要になります(図 18)。この一連の普及啓発の取り組みを「人的地域基盤づくり」と位置づけ、これを戦略的に進めるとともに行政やNPOなどとも連携を図っていくことが展開のカギとなります。

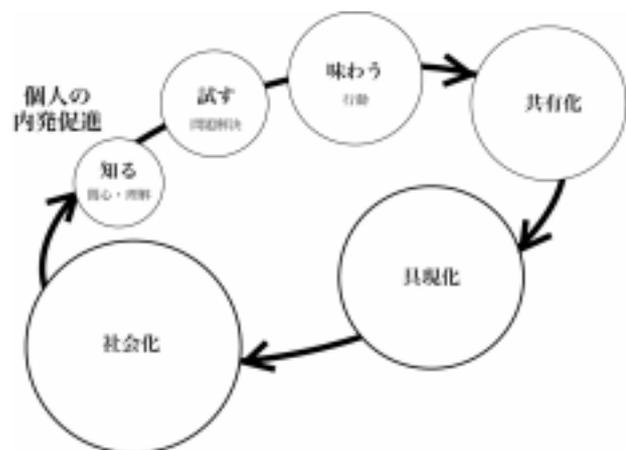


図 18 人的地域基盤づくりのプロセス

### 【次なるステップへ】

この検討会では、実際にワークショップを開催し、地域の方たちと『知る』、『試

す』、『味わう』というプロセスを実践しました。例えば街歩きや熱環境改善セミナーなどです。

構想の具体化に向けては、関係者の協力、莫大な財源、そして市民も参加する継続的な管理の仕組みづくりなどが必要であり、一朝一夕で実現できる話ではありません。しかし、新宿御苑をモデルとして検討した都市緑地の冷気を活用して地域の熱環境を改善しようとする本構想を活かし、まずは現状改善案からでも一歩ずつ具体化に向けた検討が行われ、さらには環境都市再生の道筋へと繋がり、その動きが各地に波及していくことが期待されます。

## 【参考】

### 都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想検討会 委員名簿

座長	早稲田大学 教授	尾島 俊雄
委員	早稲田大学客員教授	
	JFE スチール(株)特別顧問	小澤 一郎
委員	(株)チームネット代表取締役	甲斐 徹郎
委員	東京農業大学 教授	近藤 三雄
委員	ジャーナリスト・環境カウンセラー	
	NPO法人新宿環境活動ネット代表理事	崎田 裕子
委員	武蔵工業大学 教授	宿谷 昌則
委員	防衛大学校 講師	菅原 広史
委員	一級建築士事務所オーガニックテーブル代表	善養寺 幸子
委員	清水建設(株)環境ソリューション本部プロジェクト プランニング部 副部長	高木 史人
委員	東京工業大学 教授	梅干野 晁
委員	首都大学東京 教授	三上 岳彦

(五十音順、敬称略)