

2 ヒートアイランド現象の緩和

緑は、蒸散作用により気温の上昇を抑えてクールアイランドを形成し、都市活動による排熱や人工構造物の増加、自然的空間の減少等を原因とするヒートアイランド現象を緩和します。

今後必要な取組

【温室効果ガスの吸収量】

樹木によるCO₂吸収量については、これまで、面積あたりのものや、高木1本あたりの原単位などが確認されています。

今後、地球温暖化対策に資する都市緑化を効果的に進めるうえでは、都市における樹木の量、CO₂吸収量の算定方法などについて、さらに精査を進める必要があります。

吸収量原単位の例(高木1本あたりのもの)

出典名	原単位を求め式	記号説明	条件
半田・小澤(1993) ¹⁾	$Y = 0.598X + 1.018$	Y: 二酸化炭素固定量 X: 年胸高断面成長量	ケヤキ、シラカシ、ユリノキの3樹種平均
藤原他(2000) ²⁾	$Y = 0.1179 \{ (X + 1.01818) 2.2893 + X 2.2893 \}$	Y: 木質部乾燥重量成長量 X: 胸高直径	ケヤキ、イチヨウ、プラタナスの3樹種平均
Hyun-Kil JO ³⁾	$Y = 1.5 \{ X 2.1199 / \exp(1.8436) \}$		マツ属
Park(1985) ³⁾	$Y = 1.5 \{ 101.969 \times X 2.4789 / 1000 \}$		マツ属
Lee and Park(1987) ³⁾	$Y = 1.5 \{ X 2.4341 / \exp(2.0492) \}$		シラカシ属

- 1: 半田・小澤(1993):「道路緑化樹木の二酸化炭素固定」高速道路と自動車、36-1
2: 藤原、山岸、村中(2000):「土木学会 地球環境シンポジウム講演論文集」
3: 中村、野島、岡田、柳井、丸田(2000):「ランドスケープ研究」63-5より引用

【国際的な吸収源対策の議論】

気候変動枠組条約締約国会議、気候変動に係る政府間パネルなどの国際機関においても、各国が京都議定書の割当達成に吸収源対策を計上するうえでの方法論等を検討しており、日本政府も積極的に参画した議論を行っています。

都市公園の整備等の都市緑化は、開発されている土地に緑(植生)を回復する活動であり、京都議定書第3条第3項の「新規植林」や第3条第4項の「森林管理(基準年排出量の3.9%が上限)とは別に計上できる「植生回復(第3条4項)として位置づけられます。

この「植生回復」は、COP7の「マラケシュ合意」で、「0.05ha以上の植生回復を行うことにより、炭素蓄積量を増加させるための人為的活動で、新規植林や再植林の定義に含まれないもの」と定義されています。

吸収源に関するグッドプラクティスガイダンス(LULUCF-GPG)における吸収源対策の取扱いの基本的考え方

- 基準年(1990)及び第一約束期間(2008-2012)等の各報告年について、全国土を森林、農地、草地、湿地(河川等含む)居住地(都市等の開発された土地)その他の土地(岩石地など)に区分し、これに対応して京都議定書の活動(森林経営、植生回復など)を当てはめ、炭素蓄積量変化を算定。
- 二酸化炭素の炭素蓄積変化については、地上/地下バイオマス(根など)枯死木、剪定枝や落葉(litter)、土壌有機物なども対象として考えられる。
- 上記の土地利用情報を整備するとともに、樹木あたり・面積当たりの吸収量など、各国の気象・植生などの状況を踏まえた原単位を設定して吸収/排出量を計算し、不確実性を可能な限り少なくするための評価を行う。

吸収量原単位の例(面積にもとづくもの)

出典名	原単位	条件
岩城(1981)	5t - biomass / ha	「都市緑地」の原単位
IPCC(1996) ²⁾	2t - biomass / ha 注	温帯落葉樹林
	3t - biomass / ha 注	温帯常緑樹林
IPCC(2003) ³⁾	2.9 t - C / ha (樹冠面積)	都市緑地(Settlements)

- 1:「わが国におけるバイオマス資源の地域的分布について」環境情報科学、10-2
2: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(1996)
3: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry(2003)
注: バイオマスの炭素含有率を50%とすれば、原単位は1~1.5tC/haとなる。

吸収源対策を中心にしたこれまでの国際的な議論

1992年6月 国連環境開発会議(地球サミット:リオデジャネイロ)	気候変動枠組条約(United Nations Framework Convention on Climate Change/UNFCCC)の署名
1995年3月 COP1(ベルリン)	2000年以降の先進国の数量化された温室効果ガスの排出量の削減または抑制の定量的な目標を設定する議定書をCOP3で決めることで合意。
1997年12月 COP3(京都)	「京都議定書」を採択。
1998年11月 COP4(ブエノスアイレス)	条約履行の強化、京都議定書の早期発効の条件整備を行うため、今後の具体的作業計画を策定。(ブエノスアイレス行動計画)
2000年7月	IPCC吸収源特別報告書の完成。
2001年7月 COP6bis ポン	京都議定書の実施ルールの包括的合意(ボン合意)が採択。京都議定書3条3項及び3条4項に関する吸収源についての規定がなされた。
2001年10月 COP7 マラケシュ	京都議定書の運用ルールが合意(マラケシュ合意)。森林による二酸化炭素の吸収量の算入ルールについて定められ、日本は1,300万炭素トン(1990年総排出量比3.9%)が算入の上限に。
2003年11月	IPCC総会にて、吸収源に関するグッドプラクティクスガイダンス(LULUCF-GPG)が承認される。
2003年12月 COP9 ミラノ	「クリーン開発メカニズムの吸収源プロジェクトの実施ルール(sink CDM)」について合意。

京都議定書における吸収源対策関係の計上対象活動	
第3条3項	新規植林、再植林、森林減少
第3条4項	(追加的人為活動)森林管理、植生回復、耕作地管理、牧草地管理
第6条	共同実施(JI)
第12条	クリーン開発メカニズム(CDM)

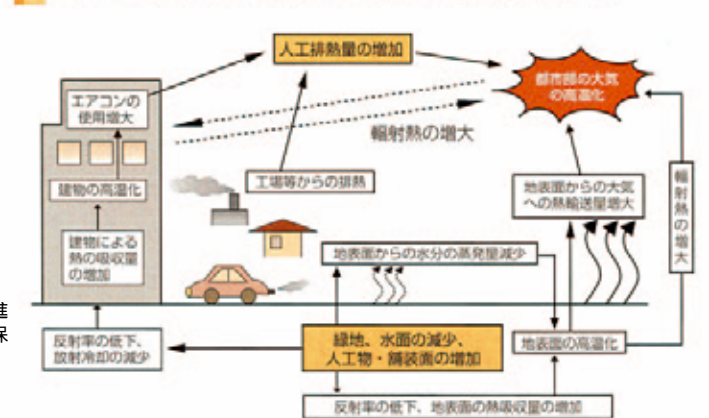
ヒートアイランド現象の状況

ヒートアイランド現象とは、都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象です。

ヒートアイランド現象の原因としては、(1)空調システム、電気機器、燃料機器、自動車などから排出される人工排熱の増加、(2)緑地・水面の減少と建築物・舗装面の増大による地表面の人工化などが挙げられます。

ヒートアイランドの原因
出典:「ヒートアイランド対策の推進のために」2000年 環境庁大気保全局大気生活環境室(当時)

ヒートアイランド現象はどのようにして起こるのか



20世紀において地球全体の平均気温が約0.6 上昇しているのに対し、日本の6大都市では平均気温がこの100年間で2~3 上昇しているなど、ヒートアイランド現象の進行は、かなり顕著な状況にあるといえます。

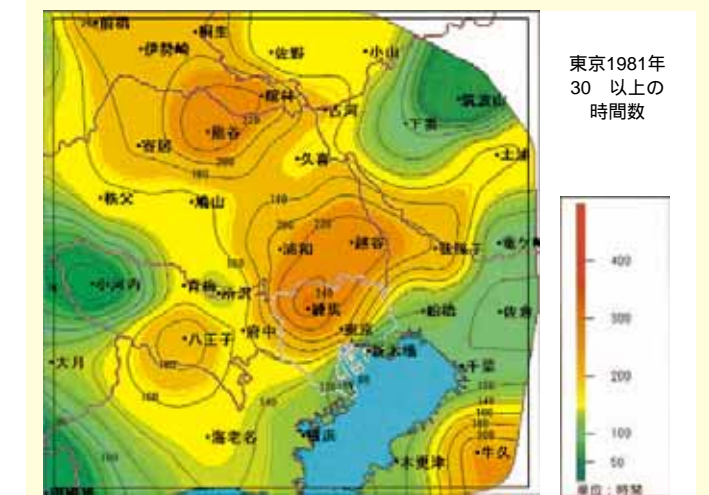
日本の大都市の平均気温及び日最低気温の100年(1901~2000年)当たりの上昇量

地点	100年当たりの上昇量(/100年)		
	年平均気温	年平均最低気温	年平均最高気温
札幌	+2.3	+4.1	+0.9
仙台	+2.3	+3.1	+0.7
東京	+3.0	+3.8	+1.7
名古屋	+2.6	+3.8	+0.9
京都	+2.5	+3.8	+0.5
福岡	+2.5	+4.0	+1.0
大都市(上記6都市)平均	+2.5	+3.8	+1.0
中小規模36都市平均	+1.0	+1.4	+0.7

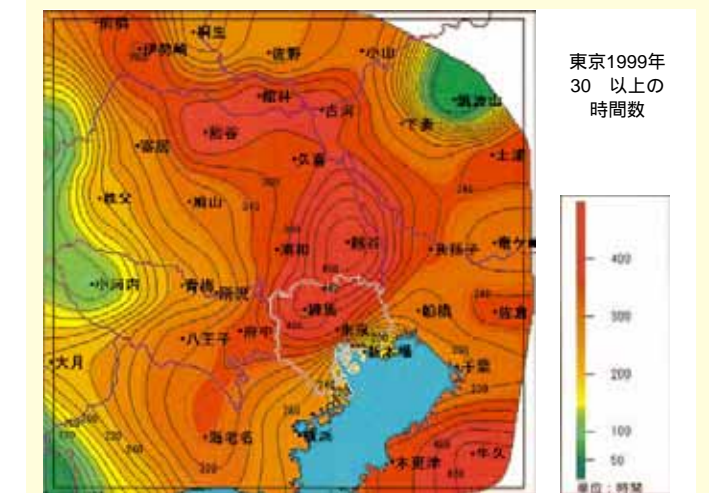
出典:「20世紀の日本の気候」気象庁

また近年では、大都市の中心部において、気温が30 を越える区域の広範囲化と長時間化、熱帯夜の出現日数の増加などが見られ、その結果、都市生活の不快さの増大、それを解消するための冷房需要増によるエネルギー消費量の増加や人工排熱増大による一層の気温上昇、といった悪循環も招いています。

さらに、ヒートアイランド現象は、夏季においては光化学オキシダント生成を助長し、局部的集中豪雨と関連性があること、また冬季においては、都市域の高熱化により発生する上昇気流が逆転層に遮られてできる混合層(ダスト・ドーム)を形成することなども指摘されています。



東京地域の高熱域の分布: 1981年



東京地域の高熱域の分布: 1999年

東京地域における30 超延べ時間の広がり
出典:「ヒートアイランド現象の実態解析と対応のあり方について」2000年 ヒートアイランド対策手法調査検討委員会



緑の気温低減効果

植物は、晴れた日に葉から盛んに水分を蒸発し、空気中に水蒸気を供給します。また、水分が水蒸気になる時に、周りの熱を奪うため、周囲の気温が下がります。

このような緑の蒸散作用などにより、まとまった緑地は、島状に冷気が集まる「クールアイランド」を形成する、という効果があります。



クールアイランドの形成と冷気のにじみだし

東京都心部での実測調査によると、明治神宮や新宿御苑などのまとまった緑地は周辺市街地に比べて低温であり、その緑地周辺も気温が低いことが確認されています。

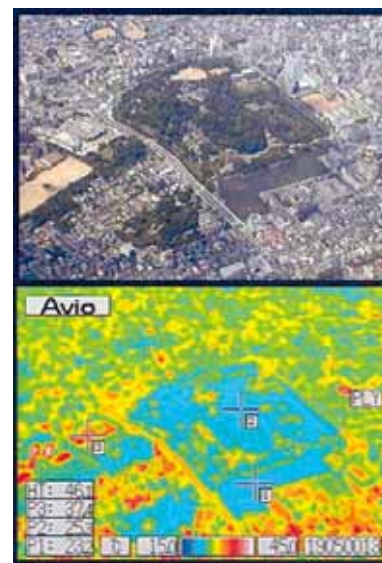
例えば新宿御苑では、市街地平均30℃に対して樹林地平均は5℃低く、新宿御苑内の冷気が周辺市街地ににじみ出し

ていることも確認されています。

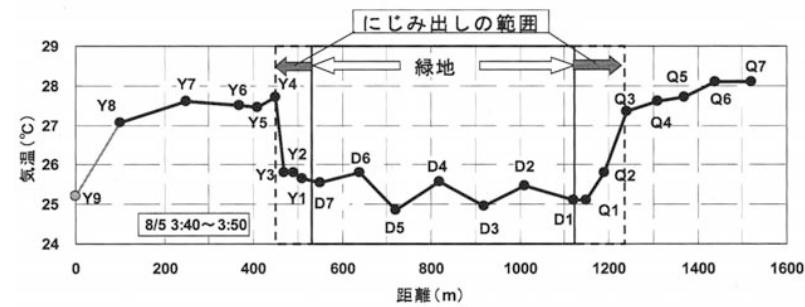
また、和歌山県和歌山市における実測調査では、緑地(和歌山城公園)内と周辺市街地では1.5～2.0℃程度の気温差があり、また緑地周辺50～80mの範囲で気温の低下が確認されています。



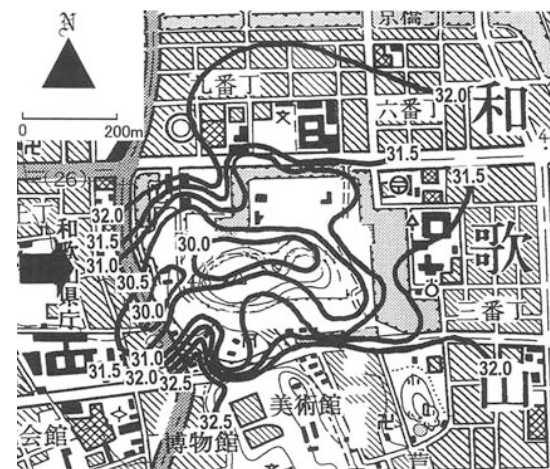
東京都心部の気温分布[平成19年9月20日14時] 出典: 山田宏之氏提供資料



和歌山公園における熱画像 出典: 山田宏之氏 提供資料



周辺市街地への冷気の「にじみ出し」の範囲(新宿御苑) 出典: 成田健一(2004); 緑が都市気候に及ぼす効果について、都市緑化技術、No.53.



2000年8月8日の気温分布(和歌山公園) 出典: 山田宏之氏提供資料

ヒートアイランド対策大綱

「規制改革推進3か年計画(改訂)」(2002年)をうけてヒートアイランド対策関係府省連絡会議が設置され、「ヒートアイランド対策大綱」(2004年)が策定されました。この大綱では、公園緑地に係るヒートアイランド対策として、緑化の推進等による地表面被覆の改善、水と緑のネットワーク形成等による都市形態の改善などが挙げられています。

地表面被覆の改善

緑地・水面の減少、建築物や舗装などによって地表面が覆われることによる蒸発散作用の減少や地表面の高温化を防ぐため、地表面被覆の改善を図る。

- 都市域における水と緑の公的空間確保量を平成19年度までに1割増の13m²/人とする。
- 民間建築物等の敷地における緑化等の推進(緑化地域制度等の創設、緑化施設整備計画認定制度の推進など)
- 官庁施設等の緑化等の推進(グリーン庁舎、公立学校緑化など)
- 公共空間の緑化等の推進(防災公園等の整備、立体公園制度の創出、借地公園の推進)

都市形態の改善

都市において緑地の保全を図りつつ、緑地や水面からの風の通り道を確保する等の観点から水と緑のネットワークの形成を推進する。また、長期的にはコンパクトで環境負荷の少ない都市の構築を推進する。

- 水と緑のネットワーク形成の推進(事業間連携、都市インフラのランドデザイン、緑地保全地域の創設、管理協定制度の拡充など)
- 環境負荷の小さい都市の構築に向けた都市計画制度の活用等の推進
- 観測・監視体制の強化及び調査研究の推進
- 観測・監視と実態把握
- 原因・メカニズム・影響に関する調査研究
- 計画的な施策展開のための調査研究

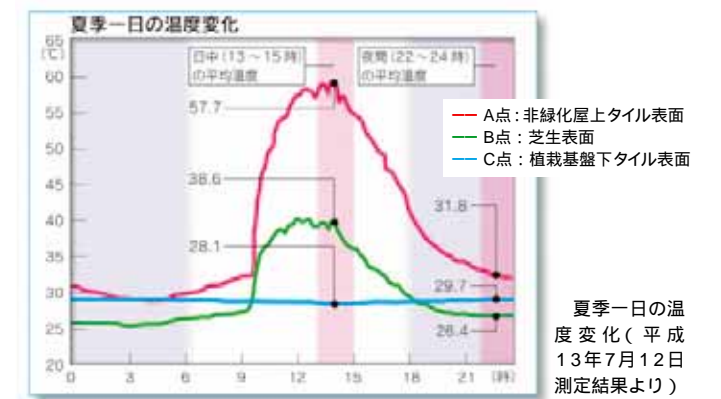
特殊空間緑化の効果

屋上や壁面などの特殊空間を緑化することで、土壌による断熱、植物からの蒸散、植物体による日射の遮蔽といった効果があり、省エネルギー効果も期待されます。

これらについて、国土交通省合同庁舎3号館の屋上庭園では、次のような効果が具体的に確認されています。

緑の断熱効果による真夏屋上の温度の違い

緑化した芝生面は、緑化していないタイル面の温度を比べると約3℃低い結果が得られました。しかも土壌の下の建物本体では一日を通じてほとんど温度変化がありません。

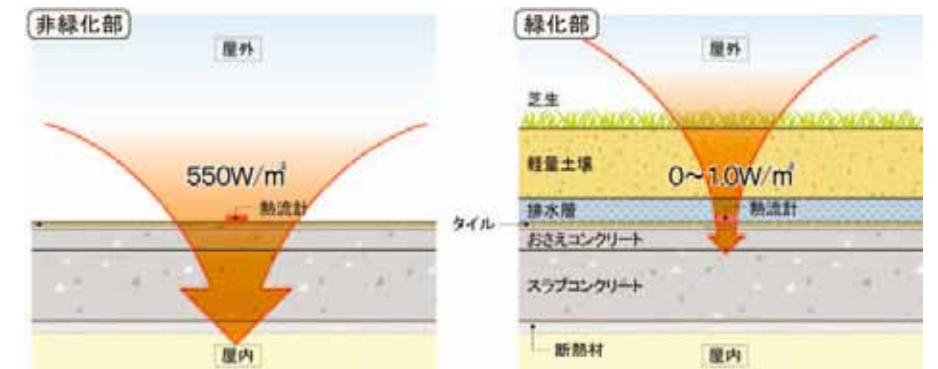


夏季一日の温度変化(平成13年7月12日測定結果より)

緑の断熱効果による建物へ出入りする熱流の抑制

緑化した場合は熱の流入がほとんどなくなり、昼間、日射による建物躯体の蓄熱を防ぎ、屋内への熱の流入を起さないなど、建物内外の断熱に役立つことが明らかになりました。

空調用消費エネルギーに換算すると、約4%に相当する省エネルギー効果(モデルルーム1室(30m²)あたり7Mcal/日 193Mcal/h 186Mcal/h)が認められます。

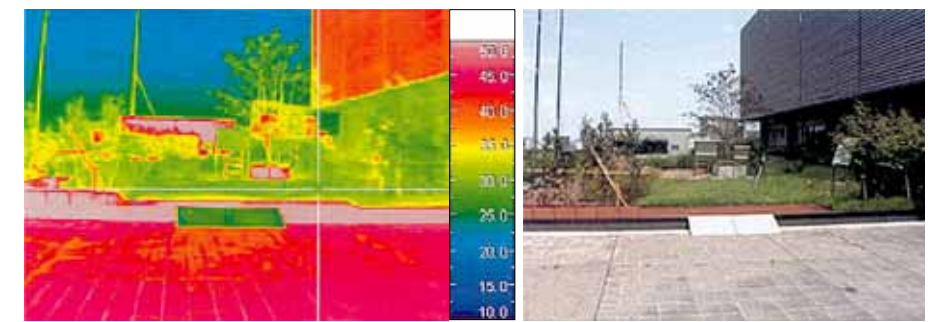


夏季一日の熱流(平成14年8月10日測定結果より)

植物の蒸散作用による温度の低減

緑化した面は外気温28℃に対し、気温と同等または若干低くなっています。

屋上緑化は外部への負荷を転嫁せず、屋外空間の熱的快適性の保持に貢献しているといえます。



夏期晴天日昼頃の熱画像(赤外線放射カメラ)と通常画像(平成13年9月1日撮影)



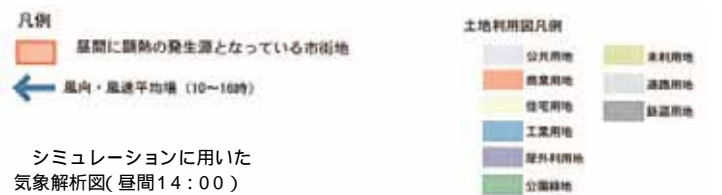
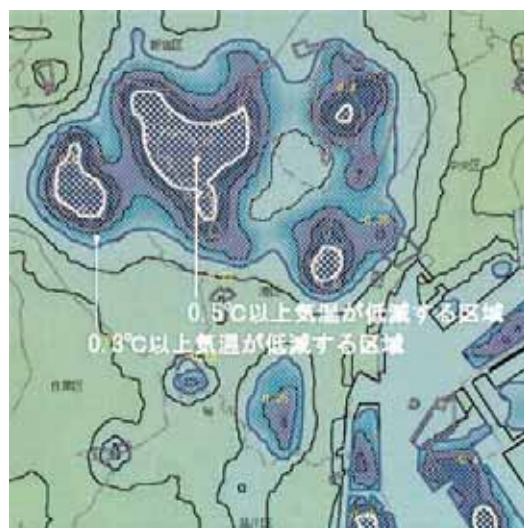
数値シミュレーションによる都市緑化のヒートアイランド現象緩和効果の検証

都市における緑地での実測調査により、緑被率が10%増えるごとに気温が0.3程度低くなる傾向があることが示されています(「ヒートアイランド現象緩和と都市緑化」1999 山田宏之(グリーンエイジ)より)。

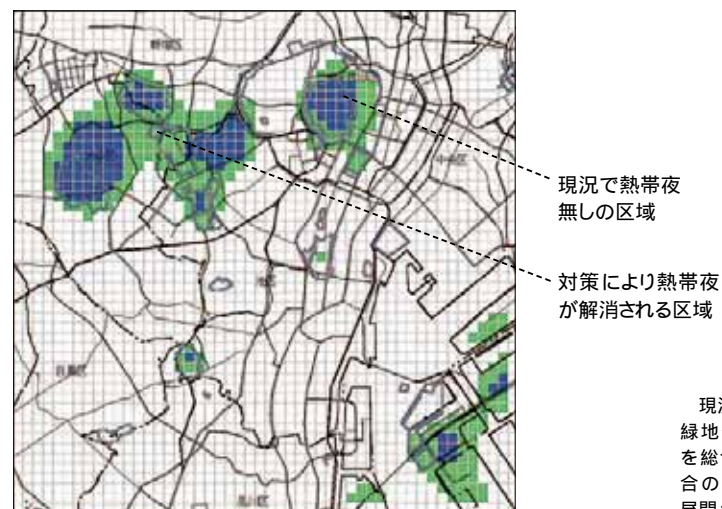
国土交通省では、独立行政法人建築研究所で開発された都

市気候予測システム(UCSS)を用いたシミュレーションを用い、東京都心部(10km四方)で緑地保全や緑化施策を総合的に講じた場合(緑被率を現況の27.3%から39.5%へ)の気温等の変化を計算した結果、以下のような試算結果が得られました。

- ・日平均・日最高・日最低気温が平均で0.3低下
- ・熱帯夜が平均0.3時間減少
- ・熱帯夜となる区域が約972ha(現況の10.9%)減少
- ・真夏日(日中最高気温が30以上の日)となる区域が約276ha(現況の3.3%)減少
- ・東京における100年あたりの気温上昇と単純比較すれば、約10年間分の気温上昇の解消に相当します。
- ・ほぼ中央区の面積に相当する広さの地域において、熱帯夜が解消されることに相当します。



シミュレーションに用いた気象解析図(昼間14:00)



シミュレーション結果により熱帯夜が解消すると予想される区域

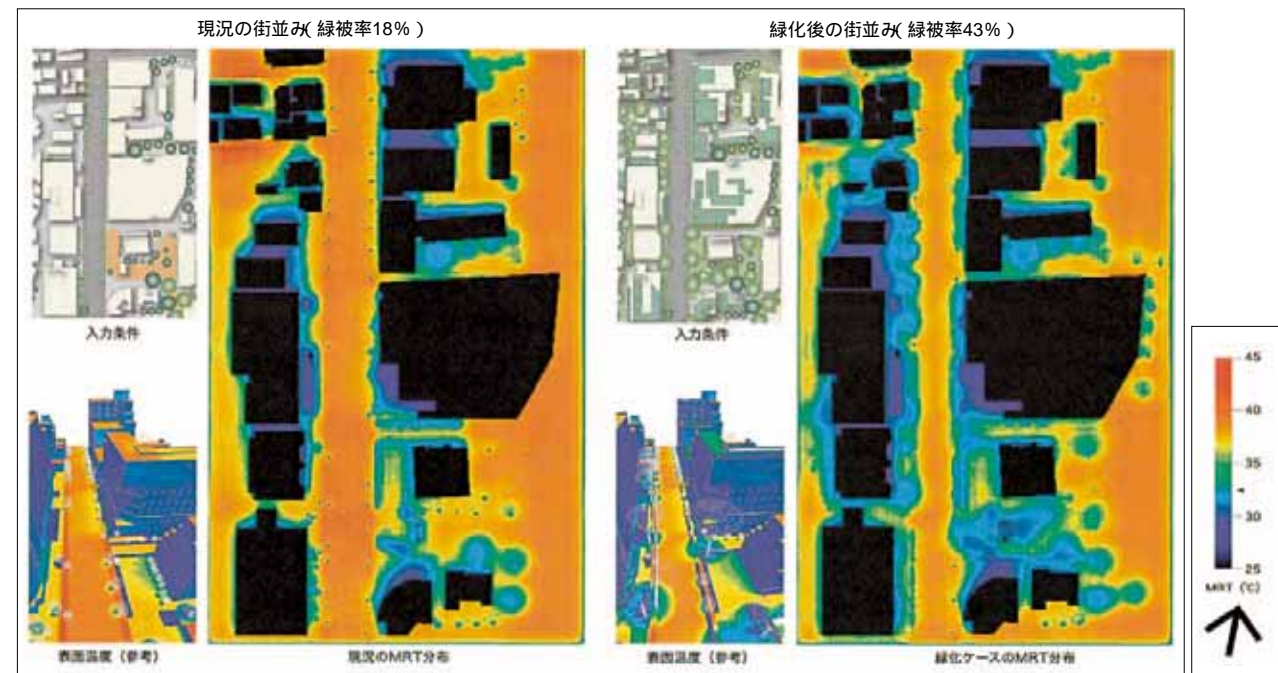
現況の気温分布と、緑地保全・緑化施策を総合的に講じた場合の気温差(上図は昼間13:00、下図は夜間5:00)

また、東京工業大学の梅干野研究室が開発した熱環境の数値シミュレーションを用い、南青山地区(東京都港区)において3次元CADで再現した「現況の街並み(緑被率18%)」と「緑化後の街並み(緑被率43%)」における暑さの体感指標「平均放射温度(MRT)」を比較しました。

その結果、日中12時において、「緑化後の街並み」は、地上

1.5m(人の歩く高さ)におけるMRTが気温相当となっている分布域が現況の10%から20%へと倍増し、特に歩道部分を中心に快適性が向上することがわかりました。

平均放射温度(MRT):暑さ感を示す体感指標の一つで、周囲の全方向から受ける熱放射を平均化して温度表示したものである。MRTの値が気温よりも高いと、周囲から受ける放射熱による暑さを感じ、逆に気温よりも低いと涼しさを感じる。



MRT(地上1.5m)の分布(12:00)

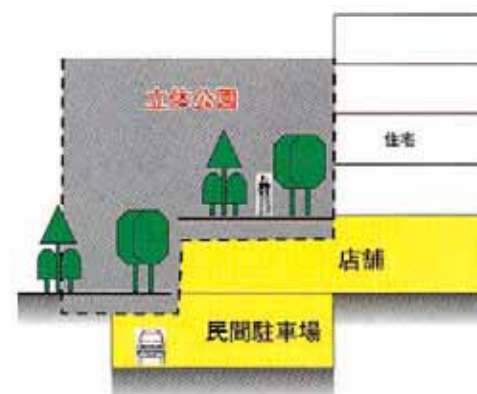
立体都市公園制度の創設

地表面の多くが建築物や舗装などで覆われている都市空間では、地表面被覆の改善によってヒートアイランド現象の緩和を図るためにも、緑の保全や新たな緑地空間の創出を積極的に進めることが重要です。

平成16年の都市公園法の改正では、このような観点も踏まえて、立体的に都市公園の区域を定めることができる立体

都市公園制度が創設されました。

この制度は、都市公園の区域を立体的に定めることにより、都市公園の整備を効率的に進めるとともに、貴重な土地の有効活用を可能とするものであり、地上権の取得費用、人工地盤の整備費用が新たに補助対象となります。



立体都市公園制度のイメージ



人工地盤上に水と緑を創出した久屋大通り公園