

### 3. 対策技術等データシート

ヒートアイランド対策技術には、「風」「緑」「水」などの都市の環境資源を活用する技術と、人工的な技術を活用する「高反射化」や「排熱削減」、また熱中症対策のための「普及啓発」があります。

対策技術の効果は、従来より取り組まれてきた「緩和策」という視点と合わせて、影響抑制の視点である「適応策」、さらには地球温暖化対策の視点から「エネルギー消費の削減」に分類しています。また、対策技術の効果は昼夜で異なるため、「緩和策」と「適応策」に関しては、日中と夜間に分けています。

表 3.1 では、各対策技術の5つの効果のうち、特に夏季において効果のあるものに「✓」を記しています。なお、ここでは既に商品化されているものや、ある程度効果が期待されるものに絞って取り扱っています。

表 3.1 対策技術等データシートの一覧

	対策手法	データシート No	緩和策		適応策		エネルギー消費の削減
			日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和	夜間の暑熱緩和	
風を活用した対策	海風・山谷風の活用	1	✓	✓	✓	✓	
	河川からの風の活用	2	✓		✓		
緑を活用した対策	公園・緑地などの活用	3	✓	✓	✓	✓	
	街路樹の活用	4	✓	✓	✓	✓	
	駐車場の緑化	5	✓	✓	✓		
	建物敷地の緑化	6	✓	✓	✓	✓	
	屋上緑化	7	✓	✓			✓
	壁面緑化	8	✓	✓	✓		✓
水を活用した対策	噴水・水景施設の活用	9	✓		✓		
	舗装の保水化と散水・給水	10	✓	✓	✓	✓	
	建物被覆の親水化・保水化	11	✓	✓	✓		✓
	打ち水の活用	12			✓	✓	
	ミストの活用	13			✓		
日射の反射や遮蔽を活用した対策	遮熱性舗装の活用	14	✓	✓	✓	✓	
	屋根面の高反射化	15	✓	✓			✓
	人工日除けの活用	16			✓		
人工排熱対策	地域冷暖房システムの活用	17	✓	✓	✓	✓	✓
	建物排熱の削減	18	✓	✓	✓	✓	✓
	自動車排熱の削減	19	✓	✓	✓	✓	✓
普及啓発	情報提供による熱中症の予防対策	20			✓		

注) 一部の対策技術等では、例えば通年で見た場合にエネルギー消費量が増加してしまうなど、必ずしもプラスの効果となっていない場合があります。

### 3章 対策技術等データシート

対策実施計画を検討する際、それぞれの対策技術を効果的に適応するために考慮すべきスケールは異なります。例えば、日中の暑熱緩和を進める場合、「街路樹の活用」による日射の遮蔽効果は樹木を一本植えることで得ることができます。それに対し、「海風・山谷風の活用」による気温低下効果や風通しの促進効果を得ようとする場合は、都市もしくは街区全体で取り組む必要があります。表 3.2 には、本ガイドラインで取り扱う対策技術の種類をスケールごとに整理しました。

表 3.2 スケール別対策技術の一覧

		ヒートアイランド現象の緩和	人の暑熱ストレスの軽減		建物エネルギー消費の削減
			日中の暑熱緩和	夜間の暑熱緩和	
都市スケール (数十km四方)		海風・山谷風の活用 河川からの風の活用 公園・緑地などの活用 自動車排熱の削減	海風・山谷風の活用		
地区スケール (数km四方)		海風・山谷風の活用 河川からの風の活用 公園・緑地などの活用 地域冷暖房システムの活用 自動車排熱の削減	海風・山谷風の活用 河川からの風の活用	海風・山谷風の活用	地域冷暖房システムの活用 自動車排熱の削減
街区 スケール (数百m四方)	道路・ 歩道・ 駐車場	街路樹の活用 駐車場の緑化 舗装の保水化と散水 打ち水の活用 遮熱性舗装の活用 自動車排熱の削減	街路樹の活用 駐車場の緑化 舗装の保水化と散水 打ち水の活用 ミストの活用 遮熱性舗装の活用	街路樹の活用 舗装の保水化と散水 打ち水の活用 遮熱性舗装の活用	
	建物及び 建物敷地	建物敷地の緑化 屋上緑化 壁面緑化 建物被覆の親水化・保水化 屋根面の高反射化 建物排熱の削減 地域冷暖房システムの活用	建物敷地の緑化 噴水・水景施設の活用 ミストの活用 人工日除けの活用	建物敷地の緑化 屋上緑化 壁面緑化 建物被覆の親水化・保水化 屋根面の高反射化	建物敷地の緑化 屋上緑化 壁面緑化 建物被覆の親水化・保水化 建物排熱の削減
その他			情報提供による熱中症の予防 対策		

スケールは3つに整理しました。都市規模のヒートアイランド現象全体を緩和していこうとする「都市スケール」、住宅地区や商業・業務地区などで熱的な影響を受ける可能性のある近傍を含んだ「地区スケール」、道路や建物・建物敷地などで構成される「街区スケール」です。

地方公共団体が担うスケールは、主に「地区スケール」と「街区スケール」です。ただし、ヒートアイランド現象は都市スケールの現象です。地区スケールで対策を進める場合でも、都市スケールのヒートアイランド現象のメカニズムなどを踏まえることで、より効果の高い対策の実施につながるものと考えられます。

また、対策を進めようとする地区や街区の中にも広域なネットワークを形成する道路や河川などが含まれる場合があり、これらの要素は原因としても都市を冷やす力としても地区の気温形成などに大きく寄与していると考えられます。そうした場合には、広域な連携で対策を進めることにより、効率的かつ効果的に実施していくことが可能になるものと考えられます。

また、適応策は主に「街区スケール」において、人の熱ストレスを軽減させる対策です。

ヒートアイランド現象は地域ごとに特有の現象であり、その対策も地域特有のものとなることが考えられます。そのため、各対策技術の選定の際には、地域ごとにその適否を検討することが望まれます。

対策効果を把握するため、本データシートではシミュレーションにより対策効果の計算を行っています。気温の低下効果などについては「UCSS 簡易シミュレーション」、冷暖房の空調負荷削減効果については「LESCOM シミュレーション」をそれぞれ用いました。概要を以下に示します。

#### ●UCSS 簡易シミュレーション

UCSS は、都市気候予測システム (Urban Climate Simulation System) の略称であり、都市気候シミュレーションプログラムを都市 GIS (地図情報システム) と合わせてシステム化したものです。これは、都市建築が都市気候に及ぼす影響を予測するための数値モデルとして、独立行政法人建築研究所足永研究室などが開発したものです。

本データシートで用いた UCSS 簡易シミュレーションシステムは、入力条件が同じメッシュが連続しているという仮定の下で計算し、比較的短時間でメッシュの気温などを予測するものです。そのため、対策効果などの感度分析に適しています。詳細な計算条件などは巻末に掲載しています。

#### ●LESCOM シミュレーション

LESCOM (Life Energy Saving Computer Method) は、レスポンス・ファクタ法による多数室非定常熱負荷計算を用いたプログラムです。東京理科大学武田研究室により、間欠空調の蓄熱負荷計算と多数室室温変動計算への発展が可能となり、熱負荷標準気象データなどを備えた LESCOM 熱負荷計算プログラムとして開発されました。計算条件などの詳細は巻末に掲載しています。

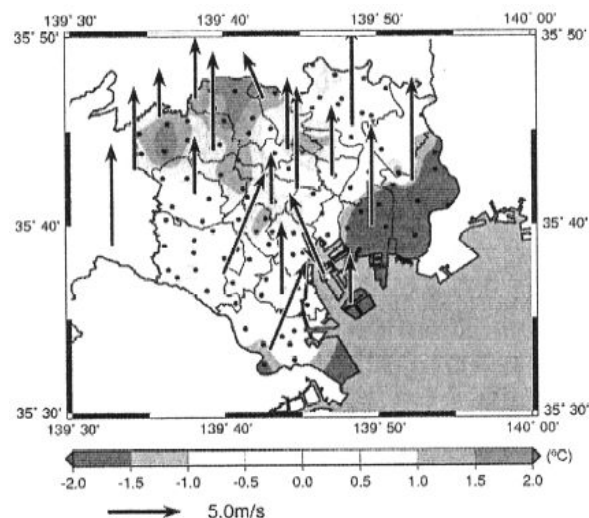
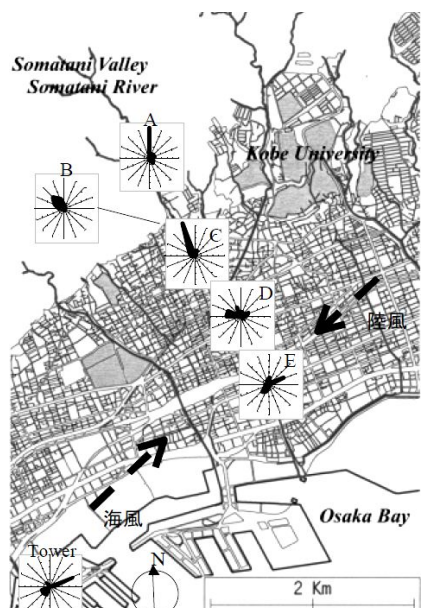
【対策技術等データシートの使い方】

対策技術等データシートは、ヒートアイランド対策に関連すると考えられる 20 の対策技術等について、以下のような項目について整理しています。

**対策効果の種類**

5つの効果（日中の現象緩和、夜間の現象緩和、日中の暑熱緩和、夜間の暑熱緩和、エネルギー削減）のうち、対策と関連性のあるものに「✓」を記している。

NO						
対策手法	対策技術等	日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和	睡眠障害の抑制	エネルギー削減
対策手法の概要	<p><u>対策技術等と効果の関係</u></p>					
対策手法の効果	<p><u>対策の効果</u> 基本的な対策効果を示している。具体的には表面温度低下効果、気温低下効果、暑熱改善効果、空調負荷削減効果などである。</p>					
効果的な活用及び留意事項	<p><u>対策の効果的な活用及び留意事項</u> 具体的な活用方法や本対策手法の適用に際して留意すべき事項を示している。対策技術等によっては、上記対策の効果と併せて示している。</p>					
対策に関連する制度など	<p><u>対策に関する制度など</u> 同対策を推進するにあたり関連すると思われる国内外の制度について事例などを示している。</p>					

NO	1					
対策技術等	海風・山谷風の活用	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px auto;">冷気の保全</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px auto;">市街地における風通しの確保</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px auto;">体感気温の改善</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px auto;">気温上昇抑制</div> </div> </div> <p>一般的には、海陸風循環によって、日中は海から陸に風が吹き、夜間は逆に陸から海に向かって風が吹きます。夏季では、日中の海からの風も夜間の山からの風も共に、市街地の気温より冷涼です。この冷熱資源を保全しつつ、市街地に上手く取り込むことにより、市街地の気温上昇を抑制し、暑熱の緩和を図る対策です。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【海風の効果】</b></p> <p>日本の大都市の多くは沿岸部に位置しているため、日中の海風を取り込むことで街区の気温上昇を抑制する効果が期待できます。</p> <p>海風を取り込むことによる都市の換気力の向上は、大気汚染防止の観点からも重要です。</p> <p>東京都内での気温の観測事例<sup>1</sup>では、海風の強くなる午後3時に海風による気温低下効果が見られています。練馬区、板橋区といった北西部で気温が高いのに対し、湾岸の大田区や荒川や隅田川といった大規模な河川がある江東区や江戸川区では、冷涼な海風の進入により、都心部より約2℃、気温が低くなっていました。</p> <p><b>【山地、丘陵地からの冷気の効果】</b></p> <p>夜間、放射冷却によって地面が冷やされると、地表面付近の空気が冷やされます。冷えた空気は相対的に重いため、山地や斜面緑地などでは、冷気が斜面に沿って流下します。この冷気流を市街地に取り込むことにより、夜間の暑熱を緩和することができます。</p> <p>これまでの観測事例<sup>2</sup>によると、神戸の六甲山麓から吹き降ろす冷気流は、広域の風が弱い場合に出現頻度が多くなります。その冷気流の気温は、谷戸</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>図 3.1 東京都区内の海風と気温偏差分布<sup>1</sup></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p>夜間、放射冷却によって地面が冷やされると、地表面付近の空気が冷やされます。冷えた空気は相対的に重いため、山地や斜面緑地などでは、冷気が斜面に沿って流下します。この冷気流を市街地に取り込むことにより、夜間の暑熱を緩和することができます。</p> <p>これまでの観測事例<sup>2</sup>によると、神戸の六甲山麓から吹き降ろす冷気流は、広域の風が弱い場合に出現頻度が多くなります。その冷気流の気温は、谷戸</p> </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div> <p>図 3.2 風の弱い場合の夜間風配図<sup>2</sup></p>					

(谷から市街地に向かう出口付近)では市街地に比べて2.6℃低くなっていました。市街地では、山際から約1kmの領域で冷気流による気温低下効果が見られました。しかし、広域の風が強くなる場合は、冷気流は吹き消されてしまい、市街地での気温低下効果は期待できません。

- 1 三上岳彦：風と緑の効果を活用した街づくり，季刊環境研究，141，2006
- 2 竹林英樹：夏季夜間における山麓冷気流の出現頻度と市街地における影響距離，日本建築学会計画系論文集，542，2001

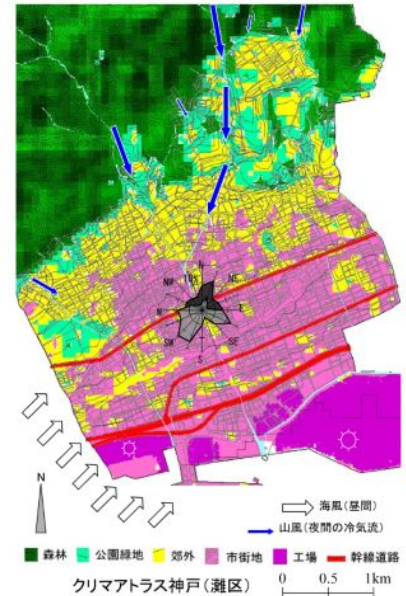
効果的な活用

【都市環境気候図を用いた冷気活用の検討】

冷熱資源の把握とその活用を考える際には、都市環境気候図を作成し、地域特性を分析することが有効です。図3.3は、神戸において六甲山麓から市街地に流入する冷気の経路を検討するため、地図上に市街地の形状や冷気の流入経路などの関連要素を書き込んだものです。さらに、気温分布や表面温度分布などを重ね合わせることで、効果的な対策を検討することができます。

【風洞実験やシミュレーションを用いた冷気活用の検討】

中高層の建物が多く建っている街区では、風の動きは非常に複雑になります。街区における風通しの改善策を検討するためには、風洞実験やシミュレーションを活用し、風の流れを把握することが有効です。図3.4はスーパーコンピュータの「地球シミュレータ」を用いて行った計算結果です。東京汐留において、高層ビル群がある場合とない場合で風に変化があることが分かります。



風配図は濃監視局の夏季晴天日観測結果（白：昼6-18時，黒：夜19-5時）

図 3.3 灘区のクリマアトラス  
資料) 神戸大学 森山正和氏  
都市環境・設備計画研究室ホームページ

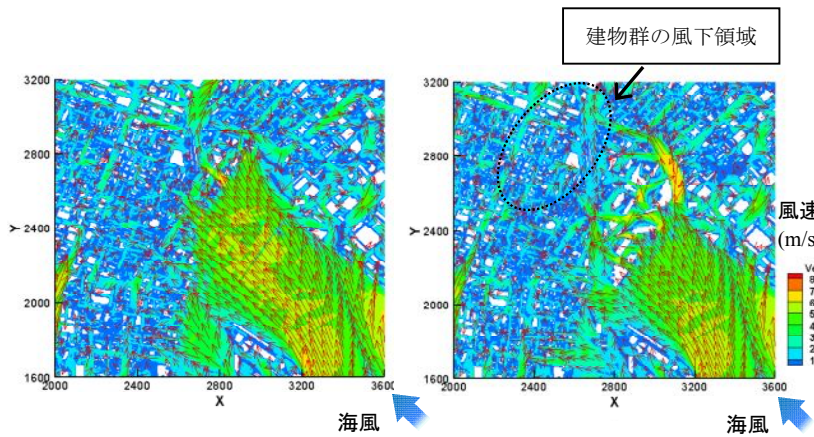


図 3.4 東京汐留における風のシミュレーション結果  
左：「シオサイト」がない場合，右：「シオサイト」がある場合  
資料) 国土技術政策総合研究所 足永靖信氏 提供



図 3.5 東京汐留  
網掛け部分：「シオサイト」  
資料) 電子国土

対策に  
連する制  
度など

【海外における風の活用の制度的推進】

海外では、ドイツのシュツットガルト行政管区におけるクリマアトラスを活用した都市計画手法や、香港での都市計画に「Air Ventilation (都市の風通し)」の項目が取り入れられているなど、風の活用を制度的に推進している事例が見られます。

香港では、地区レベル、土地レベルでそれぞれに配慮すべき事項が都市計画のためのガイドラインに整理されており、例えば地区レベルでは、街区内の風通しを確保するために道路を主風向に対して平行もしくは30度までの角度にすること、主風向の風上に向かって建物高さが低くなるよう配置することなどが求められています。また、Air Ventilation の評価手法についても技術的な内容が示されています。

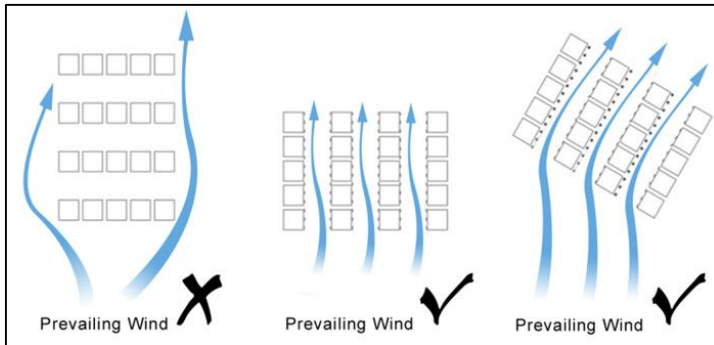


図 3.6 風の向きと道路の配置

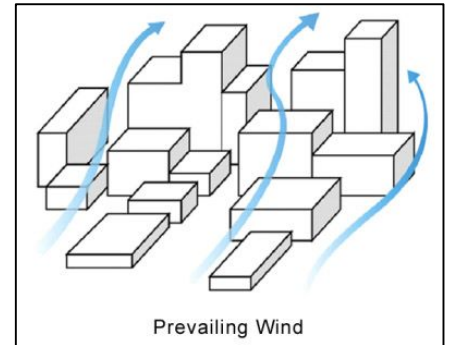


図 3.7 風よどみを作らない高さ配置

資料) Hong Kong Urban Design Guidelines : Air Ventilation

【国内における風の活用の制度的推進】

個別の建物による風通しの阻害については、国内でもその配慮を求める制度があります。東京都の建築物環境計画書制度や一般財団法人建築環境・省エネルギー機構が作成しているCASBEE-HI では、夏季の卓越風向に対する建物の見付け面積が小さいほど評価が高くなっています。

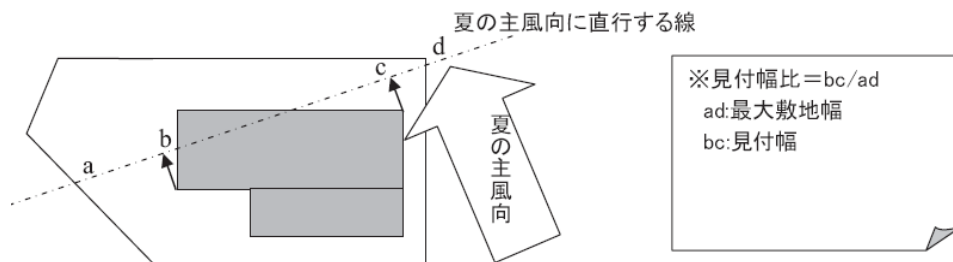


図 3.8 東京都建築物環境計画書制度での風に対する見付け幅の考え方

資料) 東京都環境局

NO	2					
対策技術等	河川からの風の活用	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px;">冷氣生成機能の強化</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px;">河岸建物配置等の工夫</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px;">体感気温の改善</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; margin: 5px;">気温上昇抑制</div> </div> </div> <p>都市内の河川では、水温が気温より低いことから河川周辺の大気を冷却します。また、河川は連続するオープンスペースを形成しているため、上空の涼しい風を取り込みやすくなっています。そこで、河川空間の冷涼な空気を市街地に取り込むことにより、市街地の熱環境を改善することができます。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【河川からの冷気の流出効果】</b></p> <p>河川からの冷気の流出についてはこれまで多くの観測事例がありますが、河川幅が広く、建物密度が小さいほど、河川からの冷気が及ぶ範囲は広がります<sup>1</sup>。</p> <p>図 3.9 に示すように、広島市の大田川（河川幅 100～270m）及びその周辺市街地で気温などを測定した事例では、高層建物のある市街地では 150m 程度、比較的開けた市街地においては 500m 程度まで河川による冷却効果が見られました<sup>2</sup>。</p> <div style="text-align: right;"> <p>図 3.9 河川の温熱効果の影響範囲<sup>2</sup></p> </div> <p><b>【河川の風の道効果】</b></p> <p>建物が密集している都市内において、河川は連続したオープンスペースを形成し、風の通り道として貴重な役割を果たしています。しかし、河川状況によってその効果は異なります。名古屋の庄内川では河口から 11km 程度まで海風の冷却効果があると考えられました<sup>3</sup>が、東京の目黒川では河口から 4 km 程度で市街地平均気温と等しくなっていました<sup>4</sup>。同じく東京の日本橋川では高架道路のかかる 700m 地点で平均風速が 7～8 割減少していました<sup>5</sup>。</p> <p>また、河川における風の道は必ずしも連続していませんが、河岸の建物が上空の冷風を河川空間に誘導し、途中からでも冷涼な風の道が発生することがあります<sup>4</sup>。</p> <p><sup>1</sup> 村川三郎ほか：都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究（続報）－水平および鉛直的影響範囲の検討，日本建築学会計画系論文報告集，415，1990  <sup>2</sup> 村川三郎ほか：都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集，393，1989  <sup>3</sup> 橋本剛ほか：都市近郊に位置する河川の「風の道」としての働き～夏季の実測調査に基づいて～，第 25 回人間-生活環境系シンポジウム報告集，2001  <sup>4</sup> 成田健一ほか：東京臨海・都心部におけるヒートアイランド現象の実測調査と数値計算（その 9）目黒川・大崎周辺の実測調査，日本建築学会学術講演梗概集 D-1，環境工学 1，2006  <sup>5</sup> 瀬野太郎ほか：東京臨海・都心部におけるヒートアイランド現象の実測調査と数値計算（その 8）日本橋川周辺の実測調査，日本建築学会学術講演梗概集 D-1，環境工学 1，2006</p>					



効果的な活用

【周辺市街地への冷風の選択的導入】

市街地の建物の配置を河川に対して「逆ハの字」型にすることにより、夏季における河川の冷涼な風を選択的に市街地に導入し、逆に冬季には北風が市街地へ吹き込むのを防ぐことができます(図 3.10)。

品川区の大崎駅周辺地域都市再生緊急整備地域まちづくり連絡会では、「環境配慮ガイドライン」の中で目黒川を環境資源として活用することとしています。目黒川沿いの建物を「逆ハの字」に配置することや、オープンスペースを連続させることなど、建物の形状・配置計画を配慮し、目黒川からの風を効果的に取り込むことを図っています(図 3.11)。

<sup>6</sup> 成田健一ほか：都市環境のクリマアトラス，日本建築学会編著，83-91，2000

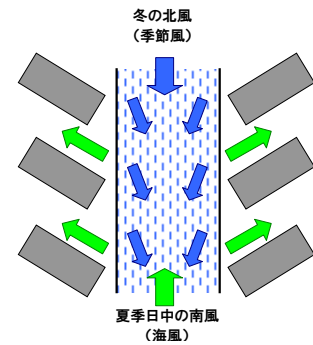


図 3.10 河川沿いの建物配置の工夫による河風の選択的導入のイメージ<sup>6</sup>



図 3.11 環境配慮ガイドラインにおける目黒川での風の道の活用  
資料) 品川区ホームページ

【冷気生成の促進】

河川における冷気の形成には、水温が市街地気温より低いことや、河川敷の緑などが寄与しています。都市内の中小河川では、河岸に植樹することにより水面に到達する日射を遮蔽して水温を低く保ったり、コンクリート護岸に緑化するなどにより、河川の冷気生成を促進することが有効です。

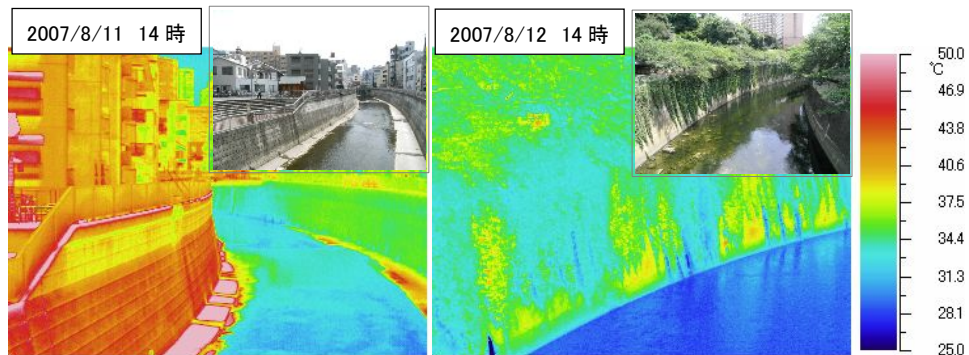


図 3.12 神田川における河岸構造の違いによる河川内熱環境の違い<sup>7</sup>

<sup>7</sup> 環境省：平成 19 年度都市内水路などによるヒートアイランド抑制効果検討業務報告書，平成 20 年 3 月

対策に関連する制度など

国内における施策事例は少ないですが、大崎駅周辺地域都市再生緊急整備地域まちづくり連絡会「大崎駅周辺地域における環境配慮ガイドライン」では、目黒川を利用して海からの風を地区内に取り込む考え方が示されています。

海外では、例えば韓国の清溪川における河川復元事業があります。高架道路の撤去により再生された水辺と風によって、ヒートアイランド現象の緩和が図られています。

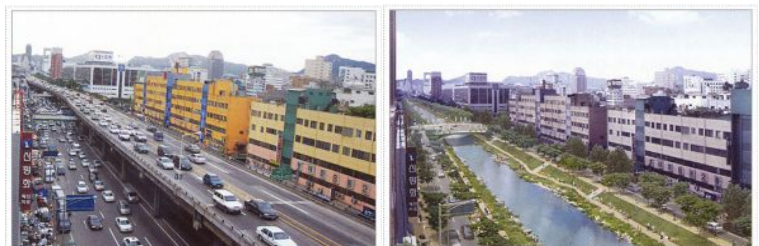


図 3.13 韓国ソウル市・清溪川  
左：高架道路撤去前 右：撤去後(イメージ図)  
資料) 清溪川復元推進本部ホームページ

NO	3					
対策技術等	公園・緑地などの活用	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> </div> </div> <p>都市内の緑地は、周辺市街地にくらべて気温が低いことが知られています。緑地の冷涼な空気は、日中は風により、晴れた風の弱い夜には、にじみ出し現象により周辺市街地に運ばれ、市街地の熱環境を改善します。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【冷気生成効果】</b></p> <p>環境省の調査<sup>1</sup>によると、同じ緑地でも芝生面と樹木の茂った場所では、昼夜の熱環境形成に違いが見られます。日中、芝生面は表面温度が気温相当まで上昇しますが、樹木に覆われた地表面は気温よりも低く保たれます。</p> <p>夜間は芝生面では天空放射が促進されるため、気温より表面温度が低くなり、平均放射温度(MRT)は気温より7℃も低くなっています。樹木に覆われた場所では、夜間、芝生面ほど涼しくないものの、昼夜を通じて安定した熱環境を形成しています。</p> <p>緑地は芝生面、樹木ともに冷気形成に効果があるものの、日中には樹木地が、夜間には芝生地が冷気形成への寄与が大きいと言えます。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>芝生広場</p> <p>2005/7/27 12:04 気温 33.7℃ 平均放射温度 30.4℃</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>樹木に覆われた場所</p> <p>2005/7/27 11:46 気温 33.2℃ 平均放射温度 31.4℃</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>夜間</p> <p>2005/7/27 18:56 気温 29.9℃ 平均放射温度 22.9℃</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>2005/7/27 18:39 気温 29.8℃ 平均放射温度 28.5℃</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図 3.14 新宿御苑における全球熱画像測定<sup>1</sup></p> <p><sup>1</sup> 環境省：平成17年度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，平成18年3月</p>					

【冷気の流出とにじみ出し】

緑地周辺の冷気流出などに関する調査事例は、数多く存在します。

図 3.15 は、新宿御苑及び周辺市街地における気温の観測結果です。日中、南風(3.2m/s)が吹く状況(8/5 16:40)では、風下側 250mの範囲まで、1～2℃程度の気温低下が見られます。また夜間の晴れた風の弱い時(8/5 4:50)には、南側 80m、北側 100mの範囲で、2～3℃程度の気温低下が見られます。

2 成田健一：風と緑の効果と活用したまちづくり—東京都内の「風の道」とヒートアイランド効果—, 季刊環境研究, 141, 29-34

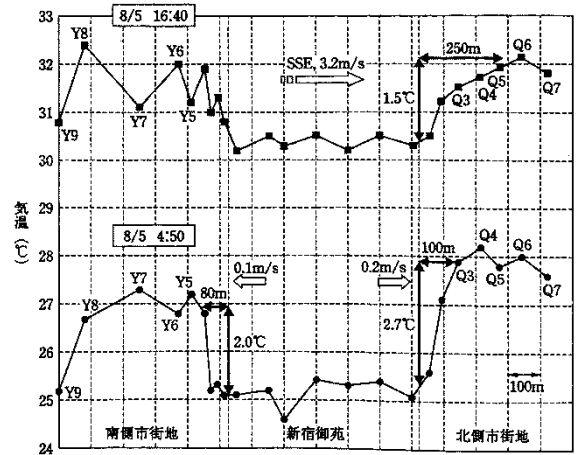


図 3.15 新宿御苑と南北市街地の気温断面図<sup>2</sup>

効果的な活用

【緑地周辺の街区における熱環境改善】

大規模緑地の周辺街区においても、蓄熱する道路、風通しの悪い街区形状などによって、緑地からの冷気の恩恵を受けにくくなっている場合があります。環境省では、新宿御苑周辺の街区を対象に、新宿御苑からの冷気を活用できる将来市街地像を構想しました<sup>3</sup>。

構想では、風の通り道に着目して、現状の街区をそのままに風の道となっている街路やそこに面する建物を緑化する「現状改善案」や、市街地形状を全面的に見直し新宿御苑と一体となった緑地を形成する「全面改善案」などを構想しています。

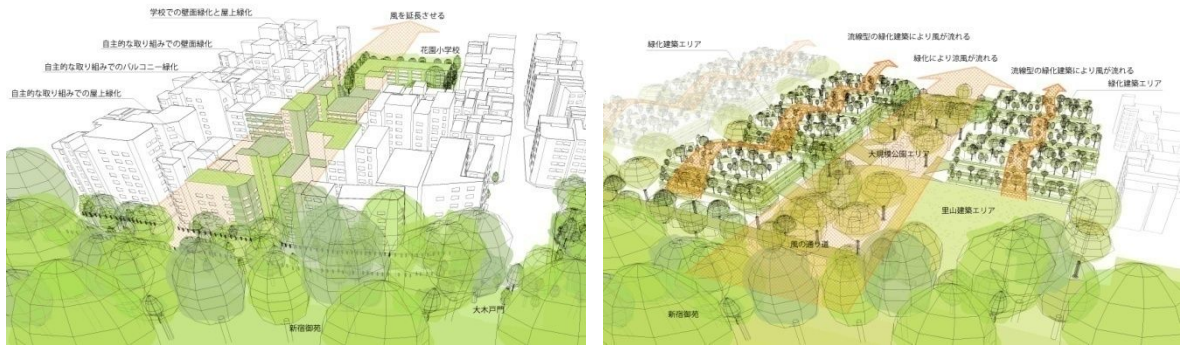


図 3.16 新宿御苑周辺の街区における熱環境改善構想<sup>3</sup> (左：現状改善案 右：全面改善案)

【学校のグラウンドの活用】

小学校などの公共施設にあるグラウンドを芝生にすることで、地域の冷熱源として活用できる可能性があります。また児童に対して精神的にもよい影響を及ぼすことや、環境教育に使用できるなど、副次的な効果もあり、東京都では都内の全公立小中学校(1,950校)の校庭芝生化を目指しています。

芝生化された校庭と通常の校庭(ダスト舗装)で表面温度を計測したところ、芝生化により表面温度が8℃低くなっていました。

3 環境省：平成17年度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, 平成18年3月

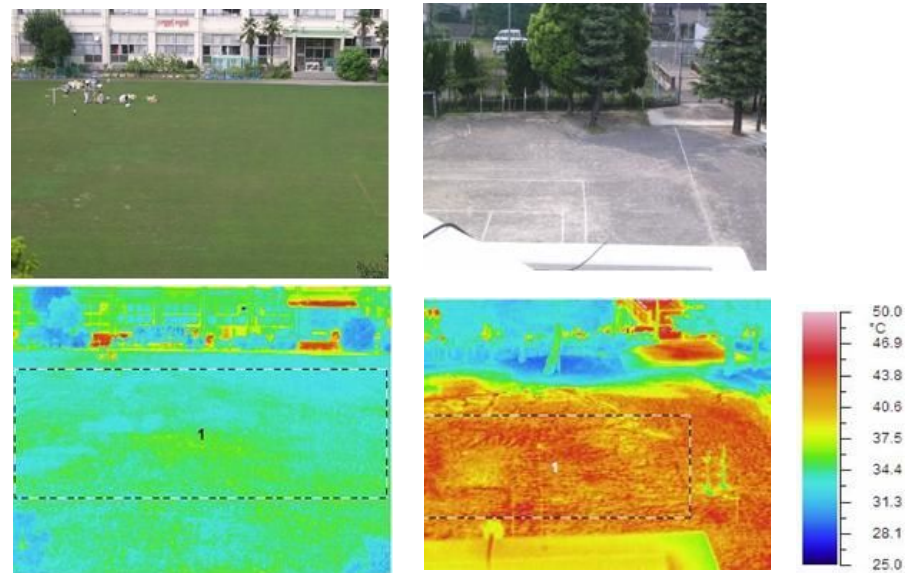


図 3.17 芝生化による校庭の表面温度の違い 資料) 東京都環境局ホームページ

**【都市における市民農園としての活用】**


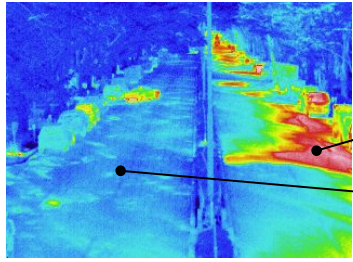
近年、高齢化や食の安全への意識の高まりなどから、市民農園への関心が高まっています。地方公共団体が開設する市民農園は、安価なこともあり、高い応募倍率となっています。

地方公共団体が市民農園を開設する目的は、農地の保全や、市民へ農業体験の機会を提供することが多くなっていますが、大阪府高石市などでは、「みどりのまちづくり施策」の中に市民農園を位置付けており、緑化政策の1つとしています。このように、市民の要望が高い施策がヒートアイランド対策にも寄与することで、相乗効果の高い施策の推進が可能になると考えられます。

対策に関連する制度など

公園などの緑化を推進する制度は多数存在します。以下に主な制度などを列挙します。

- ・都市公園法
- ・都市緑地法
- ・首都圏近郊緑地保全法
- ・生産緑地法
- ・市民農園整備促進法
- ・特定農地貸付法
- ・市民農園整備事業
- ・東京都公立学校運動場芝生化事業補助金交付要綱

NO	4					
対策技術等	街路樹の活用	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> </div> </div> <p>歩行者空間に樹冠の大きな樹木を植えることにより、木陰を創出し、歩行者の熱ストレスを軽減します。また、道路や歩道に当たる日射が遮蔽されるため、路面温度の上昇が抑制されると共に、蓄熱量が低減し、周辺街区の気温上昇抑制に寄与します。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【道路表面温度の低下効果】</b></p> <p>樹高、樹冠の大きな樹種を選定することにより、歩道だけでなく車道面への日射が遮蔽され、路面温度の上昇を抑制できます。日なた面と日陰面では約 15℃程度の差が見られる場合があります。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">   <div style="margin-left: 20px;"> <p>45.0 42.5 40.0 37.5 35.0 32.5 30.0 27.5 25.0</p> <p>日なた面：約 44℃</p> <p>日陰面：約 29℃</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.18 街路樹による路面表面温度の上昇抑制効果</b></p> <p style="text-align: center;">東京都渋谷区表参道，2008年9月9日12時，気温29℃      資料) 平成20年度環境省調査</p> <p><b>【熱ストレスの軽減効果】</b></p> <p>太陽からの日射と路面からの照り返しなどにより、歩行者の熱ストレスは高いものとなります。</p> <p>熱中症の指標である WBGT は黒球温度と湿球温度、乾球温度で計算されます。相対湿度を 55% として気温と黒球温度を変化させた場合の WBGT のランクを図 3.19 に示しました。気温が上昇すれば直ちに WBGT が上昇するわけではなく、例えば気温が 32℃ のときに WBGT を 26℃ 台に保つことができ、逆に、気温が 29℃ でも WBGT は厳重警戒域の 28℃ になることもあります。この違いは黒球温度の違いです。</p> <p>黒球温度は、完全な日陰では気温と同程度になります。しかし、日射や路面からの照り返しによっては、気温より 15～20℃ 近くも高くなる場合があります。風が吹いていれば、黒球温度は下がります。</p> <div style="text-align: right;"> <p style="text-align: center;"><b>図 3.19 気温と黒球温度による WBGT ランク</b></p> <p style="text-align: center;">注) 相対湿度を 55% とした場合 資料) 平成 20 年度環境省調査</p> </div>					

このように、気温以外にも、日射や放射、風などの要素をコントロールすることにより、WBGTを下げることができます。特に緑陰の創出による放射の低減は効果的です。

例えば、同じ歩道上でも、日射にさらされている場所と街路樹によって日射が遮蔽されている場所では、環境省の調査結果では、黒球温度にして12℃(44℃-32℃)、WBGTにして3.1℃(27.9℃-24.8℃)の違いがあります。

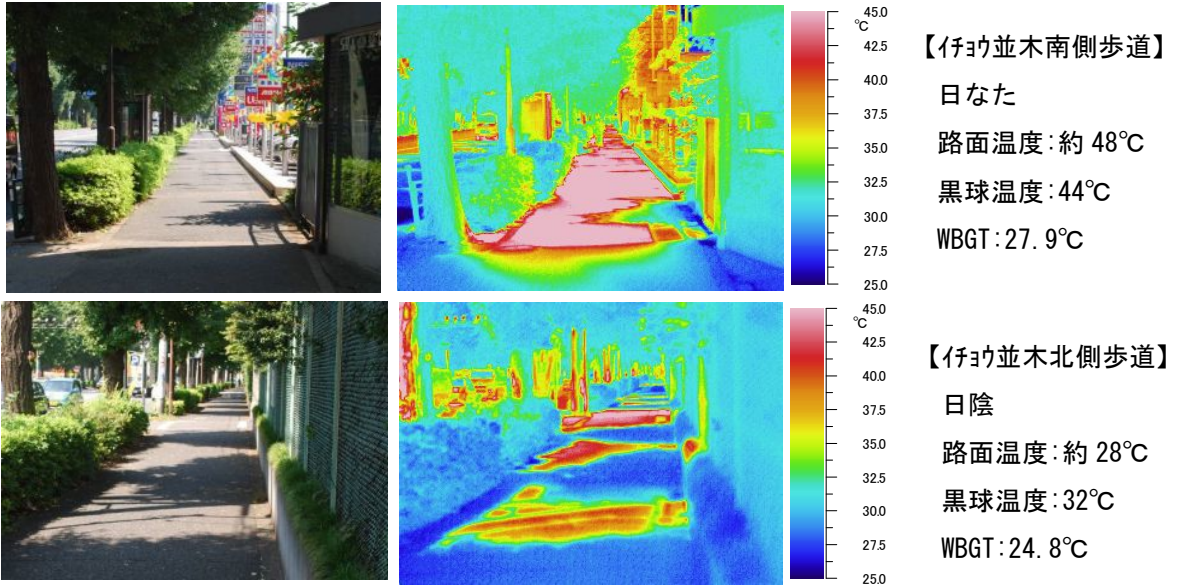


図 3.20 日当たりの良い歩道と木陰の歩道の熱環境比較

東京都杉並区青梅街道, 2008年9月12日11時, 気温30.7℃ 資料)平成20年度環境省調査

街路樹などの緑陰による体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算しました。夏季12時での計算では、日射は76.1%の低減(-107W/m<sup>2</sup>)、赤外放射は57.2%の低減(-88W/m<sup>2</sup>)となり、体感指標SET\*は6.0℃の低減となっています。

効果的な活用と留意事項

**【駅前広場、バス停など、日中に人の利用が多い場所での活用】**

対策は、駅前広場や高齢者の利用の多いバス停など、暑熱にさらされる歩行者などが多い場所で行うことが効果的です。

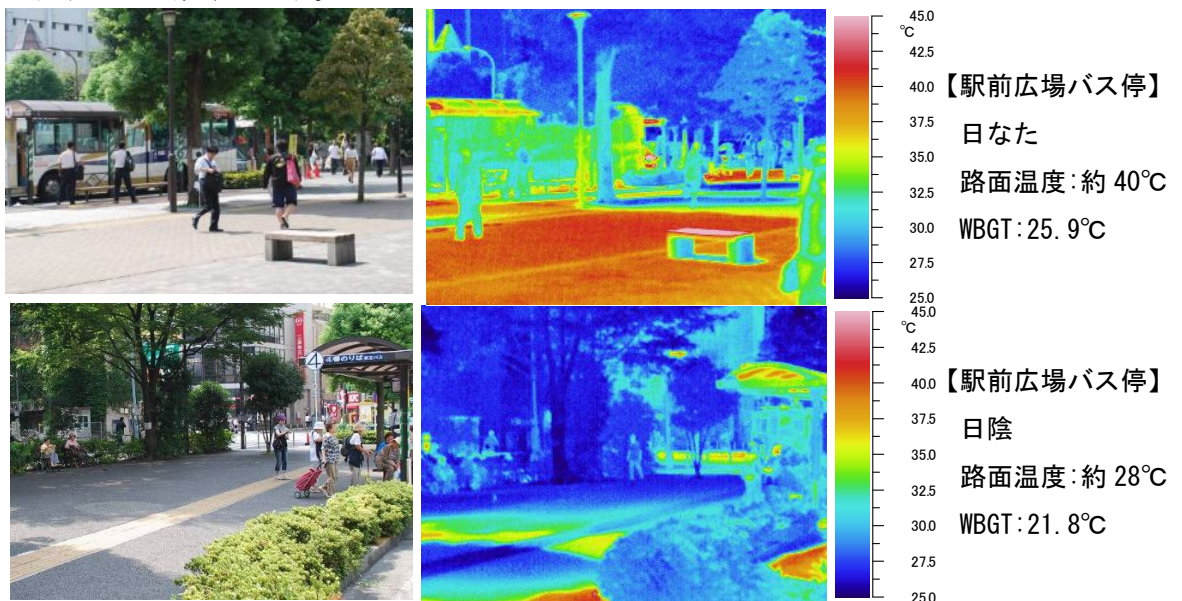


図 3.21 駅前広場の熱環境

東京都 調布駅南口, 2008年9月10日11時40分, 気温28.8℃ 資料)平成20年度環境省調査



東京都新宿区

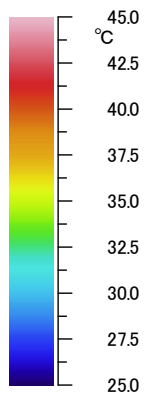
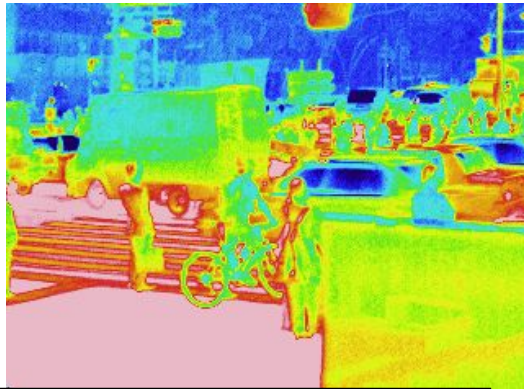


埼玉県春日部市

図 3.22 バス停や歩道における緑陰の創出事例

【交差点付近などでの活用】

交差点付近など、歩行者が長い時間、暑熱にさらされる場所に多くの木陰を創出することも有効です。なお、その際には、樹木により標識・信号・歩行者・左右から来る自動車などが見えづらくならないようにするなど、交通安全上の留意が必要です。




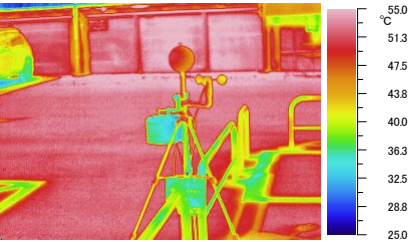

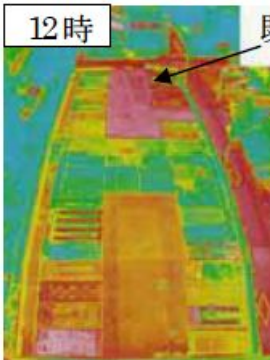
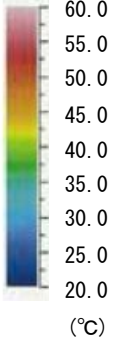
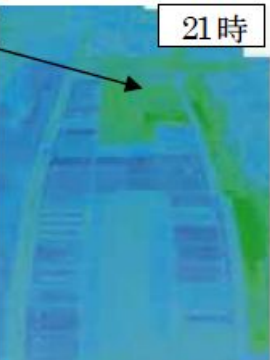
日なた路面温度:約 50°C 黒球温度:47°C WBGT:27.0°C

図 3.23 日当たりの良い交差点の熱環境

東京都渋谷区神宮前交差点, 2008年9月9日12時20分, 気温 29.9°C 資料)平成20年度環境省調査



図 3.24 交差点での樹木による木陰の創出事例  
東京都江東区木場5丁目付近

NO	5					
対策技術等	駐車場の緑化	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px;">駐車場の緑化</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>表面温度低下</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px;">暑熱環境の改善</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px;">気温上昇抑制</div> </div> </div> </div>					
	<p>比較的規模の大きな駐車場は、日射が良く当たり、駐車場全体の表面温度が高くなり、周辺地域の気温上昇に及ぼす影響が大きいと考えられます。このような駐車場に対し、植樹したり芝生を植えるなどにより、表面温度の上昇を抑制し、地域の熱環境を改善することができます。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.25 駐車場の熱画像</b> 東京都武蔵野市緑町付近          気温 29.3℃ アスファルト面約 52℃ WBGT26.7℃          2008/9/10 14時 資料) 平成 20 年度環境省調査</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【駐車場敷地の表面温度上昇抑制効果】</b></p> <p>兵庫県が兵庫県福祉センターで行った実証実験では、12時と21時の熱画像において、アスファルト舗装と緑地との平均表面温度差は、12時で最大25℃、21時で10℃という結果が得られています<sup>1</sup>。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>12時</p>  <p>既存アスファルト面</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p>21時</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.26 駐車場の芝生化による表面温度の低下効果<sup>1</sup></b></p> <p><sup>1</sup> 兵庫県：グラスパーキング（芝生化駐車場）普及ガイドライン（案），平成22年3月</p>					
効果的な活用及び留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歩行性に配慮した上で場内の通路などを芝生化することは、駐車場内の歩行者に対する暑熱の緩和に効果的です。</li> <li>・日照不足となる箇所の芝生が枯れてしまうため、芝生化する場所および芝生の選定に注意が必要です。</li> <li>・車の出入りが多い駐車場では、タイヤ圧の影響により芝生が枯れてしまうため、タイヤ圧によ</li> </ul>					



る影響を最小限に留める構造や芝生を選定します。

- ・効果を持続するためには、芝生の選定から管理まで多くの点で留意すべき事項があります。兵庫県で策定している「グラスパーキング（芝生化駐車場）普及ガイドライン（案）」に詳しく掲載されています。

**対策に関連する制度など**

駐車場も含めた個別の建物敷地の緑化を推進する条例などは複数見られます。しかし、ヒートアイランド対策の観点から、比較的大きな規模の駐車場を対象として緑化を進める制度は多くありません。表 3.3 に東京都による助成制度の概要を示します。この制度では、駐車場の緑化のほか、遮熱性舗装や保水性舗装も助成対象としています。

**表 3.3 環境に配慮した駐車場整備助成制度の内容**

資料）（公財）東京都道路整備保全公社ホームページ

助成対象地域	23区内で、環境に配慮した駐車場整備を推進する地域など
助成対象者	一般公共の用に供する既存駐車場を運営する事業者等
助成条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 次のいずれかに該当する駐車場 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 四輪：10台以上で半数以上が時間貸しの駐車場</li> <li>・ 二輪：150平米以上で半数以上が時間貸しの駐車場</li> <li>・ 自転車：150平米以上の自転車駐車場</li> <li>・ 駐車場法第12条に規定される届出駐車場</li> </ul> </li> <li>■ 整備後、3年以上の維持</li> <li>■ 整備前の申請とし、毎年度2月末までに完了予定の事業</li> </ul>
助成対象経費	<p>(1) エコ照明の設置 ソーラーパネルを利用した照明、LED照明 ※ただし、LED照明の照明柱については助成対象外とする。また、売電目的のものは助成対象外とする。</p> <p>(2) 駐車場の緑化 ・ 生垣（中低木）に適した樹木の植栽 ・ 独立木（中高木）の植栽 ・ 芝生の植栽 ・ 駐車場の壁面・屋上の緑化 ※ただし、屋上緑化は建物すべてが駐車場の場合に限る。</p> <p>(3) 駐車場の舗装 遮熱性舗装や保水性舗装など ※ただし、駐車場用地の1/2以上を施工する場合を対象とする。 ※土地の取得費、施工時の発生材処分費、各種手数料、維持管理費、消費税等は助成対象外とする。また、樹木・資材等をリース契約した場合も助成対象外とする。</p>
助成金額	<p>(1) エコ照明 助成対象経費の1/2、1場あたり400万円まで</p> <p>(2) 駐車場の緑化 助成対象経費の全額、1場あたり200万円まで</p> <p>(3) 駐車場の舗装 助成対象経費の1/2、1場あたり200万円まで</p> <p>※(1)～(3)を併用した場合、1場あたり400万円まで。ただし、各項目の上限額は超えないものとする</p>

NO	6					
対策技術等	建物敷地の緑化	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px;">建物敷地の緑化</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>→</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>表面温度低下</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>→</p> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px;">暑熱環境の改善</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px;">気温上昇抑制</div> </div> </div> <p>建物の敷地に、植樹したり芝生を植えるなどにより、敷地の表面温度の上昇が抑制されると共に、蓄熱量が低減し、昼夜共に暑熱を改善します。また、これを広く普及させることにより、地域の気温低下を図ります。具体的な推進手法としては、助成や義務化など多様な制度などで推進されています。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【気温低下効果】</b></p> <p>コンクリート敷地を緑化した場合の効果をシミュレーションにより計算したところ、昼夜で気温低下効果が見られますが、特に夜間において気温低下が大きくなっています。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="300 965 874 1312"> <p>敷地緑化 商業・業務地区 昼間(最高気温時)</p> </div> <div data-bbox="879 965 1453 1312"> <p>敷地緑化 商業・業務地区 夜間(最低気温時)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.27 商業・業務地区における敷地緑化の地上高別の気温低下効果 (UCSS シミュレーション)</b></p> <p style="text-align: center;">全面積から建物面積 (32%)と道路 (20%)を除いた敷地が、緑化が実施可能な面積 (48%)。</p> <p><b>【熱ストレスの軽減効果】</b></p> <p>日射が当たり表面温度が上昇するブロック塀や駐車場などに対し、生け垣を施したり芝生を植えることにより、表面温度の上昇が抑制されると共に、蓄熱量が低減し、熱ストレスを軽減することができます。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="448 1686 754 1921"> </div> <div data-bbox="791 1686 1422 1921"> <p>ブロック面: 約 47°C</p> <p>生け垣: 約 33°C</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.28 建物敷地の緑化の効果</b></p> <p style="text-align: center;">東京都練馬区関町付近, 2008/9/12 11時 (資料) 平成 20 年度環境省調査</p>					

敷地の緑化による体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算したところ、夏季12時での計算では、日射は0.4%の低減（ $-1\text{W}/\text{m}^2$ ）、赤外放射は5.3%の低減（ $-8\text{W}/\text{m}^2$ ）となり、体感指標 SET\*は0.3℃の低減となっています。

効果的な活用及び留意事項

【目的を明確化した効果的植樹の実施】

熱環境に配慮した敷地緑化の方法について、市民に周知することも効果的です。流山市(千葉県)における「流山グリーンチェーン戦略」では、道路表面の温度上昇を防ぐことを目的とした接道部への高木の植樹や、道路表面からの放射熱を防ぐことを目的として生垣などの連続した植栽の帯状配置、敷地内部での地表面や建物外壁の温度上昇を防ぐための敷地内の緑陰率の向上など、目的を明確化した緑化の実施を促しています。

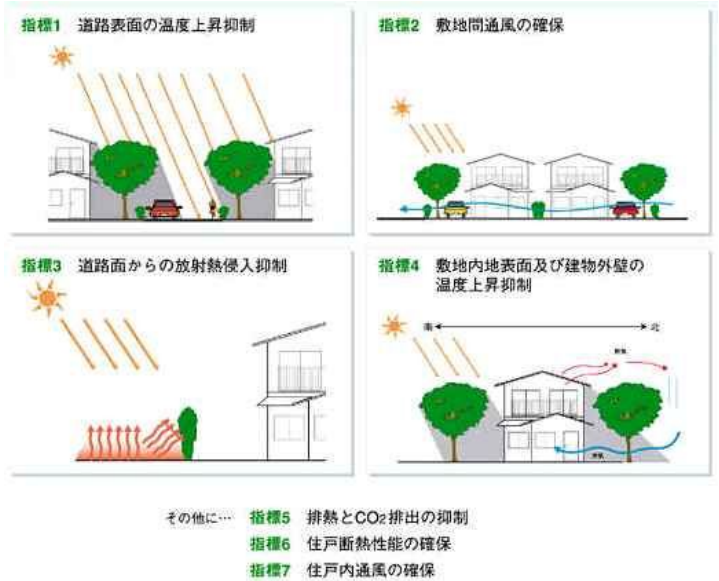


図 3.29 流山市グリーンチェーン戦略における認定条件資料) グリーンチェーン戦略パンフレット<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 流山市：流山グリーンチェーン戦略ホームページ

【植樹を検討する際の留意事項】

- ・対策効果は樹冠が広がる樹種（ケヤキ、サクラなど）で高くなりますが、敷地の広さと当該樹種の生長の程度に配慮し、適切な樹種の選定や成長の管理が必要です。
- ・植樹により冬季の建物への日射が遮蔽されると、暖房負荷が増加してしまいます。そのため、建物などに陰を作る場合には、冬季に日射を妨げない落葉樹を選定するなどの工夫が必要です。
- ・剪定、害虫駆除、落葉の清掃などの継続的な管理が必要となります。

対策に  
連する制  
度など

【敷地緑化の国内制度】

生け垣などの緑化を推進する制度としては、助成金制度が多く見られますが、名古屋市のように義務付けを行っている例もあります。

【敷地緑化の海外制度】

海外では、建物敷地の非浸透性被覆面積に応じて課金される雨水流処理料金(ストムウォーター料金)を、浸透性の被覆面積を増やすことにより割引く制度を採用する例が増えています。対象となる被覆面積には、建物の屋上や壁面なども含まれません。

また、ドイツのベルリンでは、1980年代にBAF(Biotope Area Factor)制度を導入し、敷地内に確保すべき緑被面積の割合を地区ごとに決めました。この制度は、土地の保水能力や、生物の生息地としての役割などを向上させることや、緑が住民にもたらす快適性を確保することを目的としています。現在、ベルリンの中心部であるMitte地区では、緑豊かな都市が形成されています。

【名古屋市緑化地域制度】



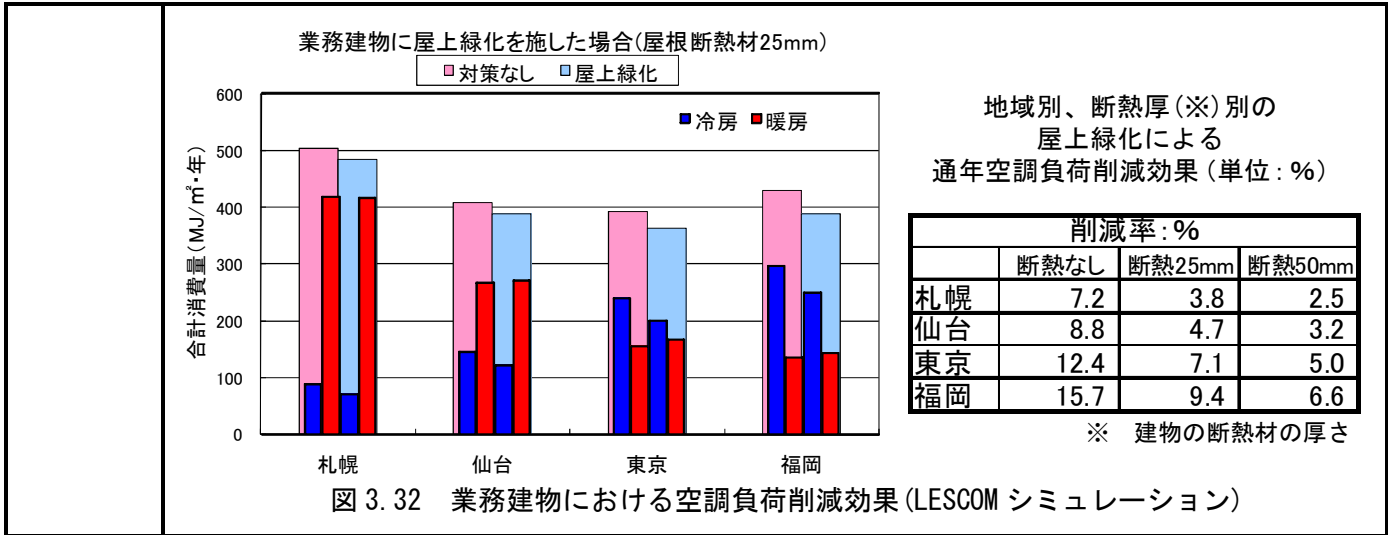
都市緑地法に基づく制度で、建築行為を行う際の建築確認において審査される。

- 施行年度：平成20年10月
- 対象区域：市街化区域全域
- 対象敷地面積：原則として300㎡以上、建ぺい率が60%を超え80%以下の区域については500㎡以上
- 対象の建築行為：新築の全て、増築後の床面積の合計が制度施行日における床面積の合計の1.2倍を超えるもの
- 義務付ける緑化率：建ぺい率に応じて10%から20%の範囲  
また、建ぺい率が80%を超える場合や建ぺい率の規定が適用されない場合、都市緑地法では十分な緑化を義務付けることができないため、緑のまちづくり条例により緑化を義務付けている。



図 3.30 ベルリン Mitte 地区の現状 資料) ベルリン市州ホームページ

NO	7					
対策技術等	屋上緑化	日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
		✓	✓			✓
対策技術等の概要	<p>対策手法</p> <pre>         graph LR             A[屋上緑化] --&gt; B[表面温度低下]             A --&gt; C[屋根面断熱性の向上]             B --&gt; D[気温上昇抑制]             C --&gt; E[空調負荷軽減&lt;br/&gt;(屋上直下階)]             E --&gt; F[エネルギー消費削減]             </pre>		<p>対策効果</p> <pre>         graph LR             D[気温上昇抑制]             F[エネルギー消費削減]             </pre>			
対策技術等の効果	<p><b>【表面温度低下効果】</b></p> <p>国土交通省の屋上庭園における測定によると、東京で猛暑日を記録した平成19年8月16日に、緑化されていないタイル面の表面温度は 56.1℃まで上がり、芝生面との表面温度差が最大で 23.7℃となっています。建築物への熱の侵入量は、緑化されていないタイル面では約 5.1MJ/m<sup>2</sup>でしたが、芝生面での熱の侵入はほとんど確認されていません。</p> <div data-bbox="338 1070 1460 1460"> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.31 屋上緑化による表面温度の低下効果</b> 資料) 国土交通省</p> <p>屋上緑化の表面温度低下効果に関する報告は数多く見られますが、夏季における測定結果では、おおむね 15℃程度の表面温度低下効果となっています。</p> <p><b>【屋上階下の空調負荷削減効果】</b></p> <p>屋上緑化による空調負荷の削減効果を、業務建物の最上階を対象としてシミュレーションにより計算しました。札幌から福岡までの4地域で計算したところ、いずれの地域でも削減効果が見られました。屋上緑化の場合、屋上に土壌層が形成され、建物の断熱性能が向上するため、夏季の冷房負荷の削減効果が大きくなっている一方で、冬季の暖房負荷にはほとんど変化がありません。また、対策前の建物の断熱性能によってもその効果の程度に違いが見られ、図 3.31 のように、断熱厚の薄い建物で効果が大きくなっています。</p>					



**効果的な活用及び留意事項**

屋上緑化には表面温度の上昇抑制、建築物への熱の侵入抑制といった物理的な効果に加え、人が活用できる都市の緑化空間としての機能、生物生息空間としての機能、都市景観の向上といった効果があり、屋上緑化による多面的な効果が得られるよう計画することが望まれます。

また、以下のような留意事項があります。

- ・屋上緑化の実施は建築物の耐荷重の制約を受けます。ただし、最近では比重の小さい材料やパレット式の薄層緑化技術などが開発されています。
- ・散水、剪定などの維持管理を行う必要があります。一部の植物（セダム系植物など）は無灌水で育成することができますが、蒸散量が少なく、対策効果が限定的となります。
- ・屋上緑化による空調負荷削減は、最上階でのみ効果が見られます。

**対策に関連する制度など**

屋上緑化は多くの地方公共団体で制度化され、費用の一部を負担する助成金によって推進されるケースが多く、助成額は1~5万円/㎡、多くの場合は2万円/㎡となっています。また、直接的な費用負担ではありませんが、東京都や大阪府などでは緑化率に応じた建物容積率の割増で、事業者が積極的に緑化を推進できるようインセンティブを与えています。さらに、条例により屋上緑化を義務付けている地方公共団体も複数存在します。東京都では「東京における自然の保護と回復に関する条例」で、敷地面積1,000㎡以上の建築物を新築、改築または増築する際に、地上部、屋上部それぞれに一定割合以上（例えば屋上面積の20%）の緑化を義務付けています。

また、環境省による「クールシティ中枢街区パイロット事業」では、ヒートアイランド現象が顕著な大都市中枢街区を対象に、施設緑化をはじめとしたヒートアイランド対策技術を一体的に実施する事業に対して補助を行いました。対象は民間事業者などとなっており、屋上緑化などの対策で交付事例があります。

海外でも敷地緑化の一部として屋上緑化が位置付けられており、流出雨水処理費用の割引制度や屋上緑化による容積率割増制度などにより推進されています。



図 3.33 クールシティ中枢街区パイロット事業補助対象例  
 新東京ビル 資料) 三菱地所(株)提供

NO	8					
対策技術等	壁面緑化	日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
		✓	✓	✓		✓
対策技術等の概要	<p>対策手法</p> <pre>         graph LR             A[壁面緑化] --&gt; B[表面温度低下]             A --&gt; C[壁面からの熱貫流量の削減]             B --&gt; D[暑熱環境の改善]             B --&gt; E[気温上昇抑制]             C --&gt; F[空調負荷軽減 (対策壁面に接した居室)]             F --&gt; G[エネルギー消費削減]             </pre>		<p>対策効果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>暑熱環境の改善</li> <li>気温上昇抑制</li> <li>エネルギー消費削減</li> </ul>			
	<p>壁面緑化は、つる性植物などを利用し、建物の壁面を植物で覆うことにより、建物壁面の温度上昇を抑えて周辺の暑熱環境を改善します。また、建物室内への熱の侵入を低減して、空調負荷を削減する効果を有しています。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【壁面表面温度の上昇抑制】</b> 東京都の「壁面緑化ガイドライン」によると、建物の西面に複数のタイプの緑化を施したところ、西日のあたる16時頃に、最大で10℃程度の表面温度低下効果が見られました。</p> <p><b>【室内への熱の出入りの抑制】</b> 緑化を施していない壁面では、日射により壁面が暖まり、熱が建物内に侵入します。また、夜間には蓄熱した壁面から、熱を屋外に放出しています。</p> <p><b>【緑のカーテンの効果】</b> 比較的簡単に壁面緑化の効果を得られる対策として、緑のカーテンを推進する事例が多くなっています。壁面、ベランダなどに設置したネットにヘチマ、ゴーヤ、アサガオなどのツル性植物をネット上に生長させるもので、住宅のベランダの小規模なものから、校舎などの壁全面を覆う大規模なものまで各地で実施されています。緑のカーテンには、壁面温度の低下、窓面からの日射の進入を抑制する効果があります。</p> <p>東京都杉並区内の小学校において行われた測定結果によると<sup>2</sup>、緑のカーテンの効果により、外壁表面温度はピーク時で6～7℃低下するなど、温熱</p>					

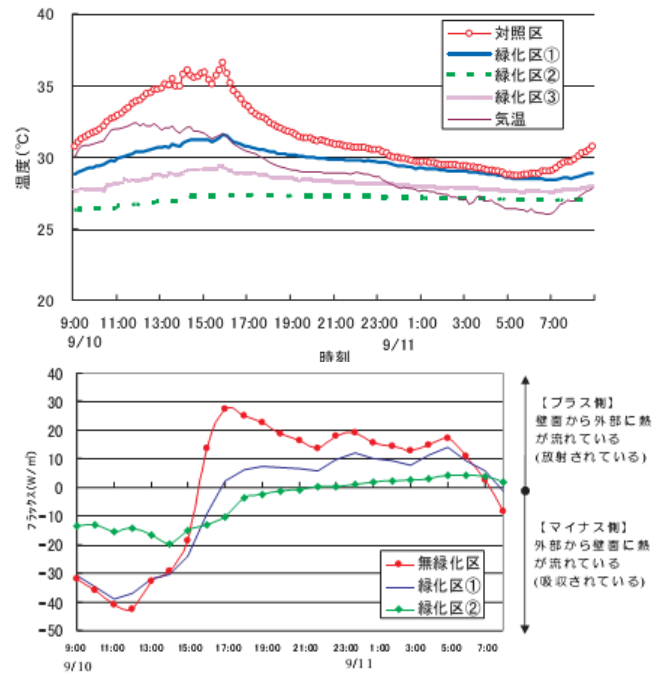


図 3.34 壁面緑化の効果<sup>1</sup>  
上段：壁面温度 下段：熱が出入りした量



図 3.35 杉並区役所の緑のカーテン  
資料) 平成 20 年度環境省調査

改善効果が認められました。ただし、緑のカーテンには通風阻害というマイナス面もあり、外壁との距離を確保するなどの工夫が求められます。

- 1 東京都：壁面緑化ガイドライン，平成18年3月
- 2 成田健一：緑のカーテンが教室の温熱環境に及ぼす効果，環境情報科学論文集，Vol. 21，501-506，2007

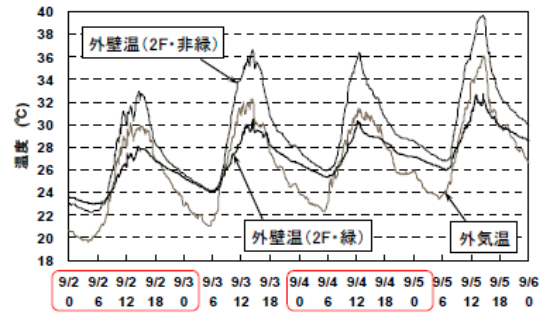


図 3.36 緑のカーテンによる壁面表面温度の低下効果<sup>2</sup>

【熱ストレスの軽減効果】

壁面緑化による体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算したところ、夏季12時での計算では、日射は0.7%の低減(-1W/m<sup>2</sup>)、赤外放射は11.5%の低減(-18W/m<sup>2</sup>)となり、体感指標 SET\*は0.6℃の低減となっています。

効果的な活用及び留意事項

歩行者空間に面した建物に壁面緑化を施すことで、壁面からの放射熱が低減し、歩行者の体感温度を改善することができます。また、壁面緑化は屋上緑化にくらべて人の目に入りやすく、緑化対策をアピールできるという点で効果的です。

壁面緑化の種類は多く、樹種や工法によってその効果にも違いが見られます。東京都では、直接登はん型、巻き付き型、下垂型、プランター・ユニット型など様々な工法による壁面緑化の設置方法や留意事項などについて、壁面緑化ガイドラインの中でまとめています。



図 3.37 東京都「壁面緑化ガイドライン」の一部

対策に関連する制度など

壁面緑化は多くの地方公共団体で制度化され、費用の一部を負担する助成金によって推進されるケースが多く、助成額は5千~1.5万円/m<sup>2</sup>程度が多くなっています。

名古屋市の緑化地域制度では、緑化率の義務付けが行われていますが、壁面緑化も緑化面積に含まれます。

海外でも敷地緑化の一部として、流出雨水処理費用の割引制度や地域の緑化割合を定める制度などにより推進されています。

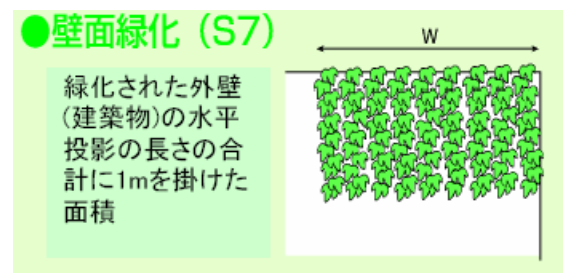

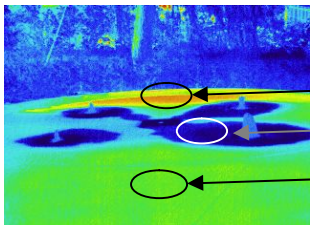


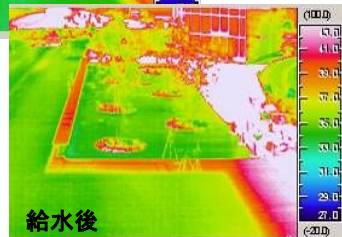


図 3.38 壁面緑化の緑化面積への算定方法 (資料) 名古屋市「緑化地域制度」



NO	9					
対策技術等	噴水・水景施設の活用	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> </div> </div> <p>公園や駅前広場、建物敷地などに噴水や水景施設などを設置することにより、水分が蒸発することで、地表面温度や気温が低下し、施設周辺での暑熱環境が改善されます。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【噴水施設などによる表面温度の低下効果】</b></p> <p>噴水施設周辺では、体感温度が低減することが期待されます。環境省の調査では、噴水による湿潤面の表面温度は、日なた面と比べて約24℃低いという結果が得られました。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">   <div style="margin-left: 20px;"> <p>日なた面 約48℃</p> <p>湿潤面 約24℃</p> <p>日陰面 約33℃</p> <p>(気温 28.1℃)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.39 噴水施設などにおける熱画像測定</b></p> <p style="text-align: center;">東京都港区 東京ミッドタウン, 2008/9/9 14時 資料) 平成20年度環境省調査</p> <p><b>【熱ストレスの軽減効果】</b></p> <p>歩道沿いの公開空地に水景施設が設置された場合について、歩行者の体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算したところ、夏季12時での計算では、日射は0.9%の低減(-1W/m<sup>2</sup>)、赤外放射は5.5%の低減(-8W/m<sup>2</sup>)となり、体感指標 SET*は0.3℃の低減となっています。</p> <p>人が集う場所に、水景施設を設けることは効果的です。公開空地において、人が立ち入れる厚さ(3~5mm程度)の水膜を形成させた水景施設の導入事例では、水膜形成時の表面温度の低下が確認されており、利用者の熱ストレスの軽減が期待されます。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;">  <p>給水前</p>  <p>給水後</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.40 水景施設の導入事例</b> 資料) オリックス不動産株式会社(株) 提供</p>					

【噴水施設などによる気温の低下効果】

大規模な水景施設付近では、周辺気温の低下が期待されます。天王寺公園(大阪府大阪市)の水景施設(滝および噴霧噴水が一定間隔で運転)で測定した例では<sup>1</sup>、噴霧噴水の運転時に、風下側で水景施設に近いほど気温が低くなっていました。また、噴霧噴水停止時においても、風下側の気温は公園内の平均気温(35℃)よりも1～2℃低い値が観測されています。

<sup>1</sup> N. Nishimura et al.: “Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology”, Solar Energy, 197-207 (1998)

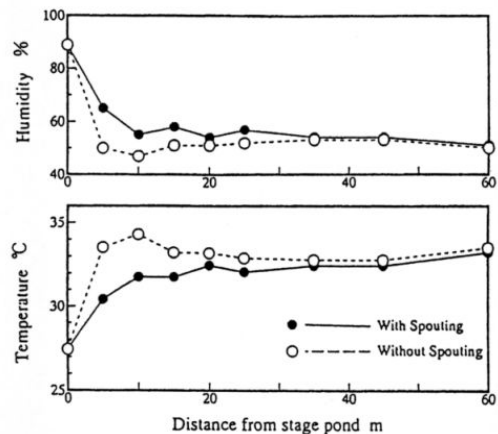


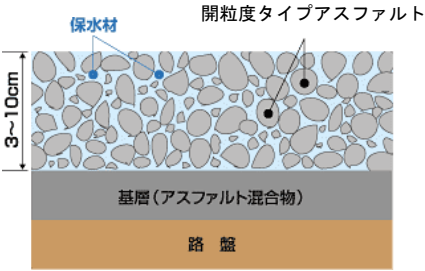
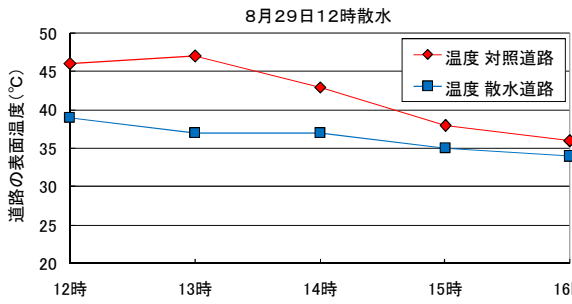
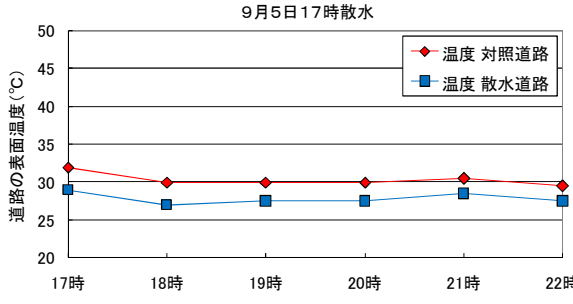
図 3.41 水景施設付近(風下)の湿度および気温<sup>1</sup>

(湿度・気温は14～15時の平均値、風速は約2.5m/s)

●With spouting: 噴霧噴水運転時  
○Without spouting: 噴霧噴水停止時

効果的な活用

水量が少なく、流れも緩やかな場合、日射が当たることで水温が上昇します。そういった場合には、植樹によって水面に木陰を作ると、水温を低く保つことができます。

NO	10					
対策技術等	舗装の保水化と散水・給水	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">舗装の保水化</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">散水</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>表面温度低下</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">暑熱環境の改善</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">気温上昇抑制</div> </div> </div> <p>歩道や車道などの舗装面は日中に日射を受けて高温となり、夜間まで蓄熱するため、昼夜を通じて周辺地域の気温上昇を助長します。</p> <p>保水性舗装は、開粒度タイプアスファルトに吸水・保水性を持つ保水材を充填したものや保水性の高いブロック等があります。降雨や散水により供給された水分が日射を受けて蒸発し、水の気化熱により路面温度の上昇を抑えて、周辺の気温上昇を抑制します。また、舗装材下部より給水するタイプの製品も見られます。</p> <p>ただし、保水性舗装は現在、国などで試験的な運用を実施しているところであり、今後の普及については、舗装の長期供用性やコスト面などでの検討が必要となります。</p> <div style="text-align: right;">  <p>図 3.42 保水性舗装の構造 資料) 保水性舗装技術研究会</p> </div>					
対策技術等の効果	<p><b>【熱ストレスの軽減効果】</b></p> <p>横浜市の商店街に敷設された保水性舗装道路に、夏に散水車で正午と17時に散水を行い、道路の表面温度を測定したところ、正午散水では散水後1時間の間は10℃程度の温度低下が見られましたが、3時間後には急速に温度低下効果が小さくなっています。一方、夕方散水は日中の散水ほど効果が大きくないものの、3℃程度の温度低下効果が22時ごろまで持続しています<sup>1</sup>。</p> <p>特に歩道では、路面温度が低下することで、体感温度が低減することが期待されます。保水性舗装による体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算したところ、夏季12時での計算では、赤外放射が27.5%の低減（-42W/m<sup>2</sup>）となり、体感指標SET*は1.3℃の低減となっています。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>8月29日12時散水</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>9月5日17時散水</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">図 3.43 保水性舗装への散水効果<sup>1</sup> 左：正午散水 右：17時散水</p> <p><sup>1</sup> 佐俣満夫ほか(2007) Cool わだまち 24 プロジェクトでの道路散水による温度低減効果調査, 横浜市環境科学研究所報, 第31号</p>					

駅前広場などの人が滞留する場所や人通りの多い歩道などで行うことが効果的です。



図 3.44 駅前広場での保水性舗装の導入事例 東京都港区新橋駅前

【気温の低下効果】

保水性舗装の気温低下効果をシミュレーションにより計算したところ、中高層建物が並ぶ商業・業務地区より、戸建住宅の並ぶ住宅地区で比較的大きな気温低下効果が見られました。日中、住宅地区は商業・業務地区にくらべて道路に日射が当たる割合が大きく、保水性舗装と散水・給水による気温の低下効果が大きくなっているものと考えられます。なお、シミュレーションでは、断続的に散水・給水し、路面は常に湿潤状態にある状況を想定しています。

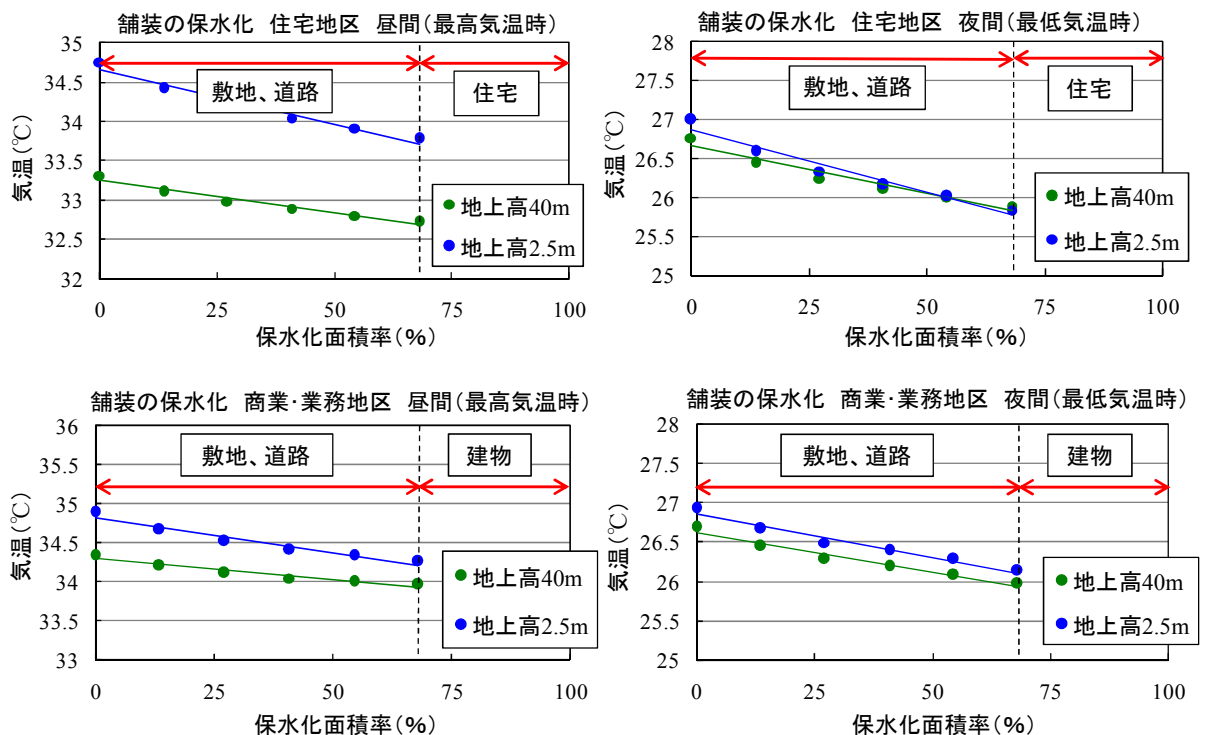


図 3.45 保水性舗装対策による地上高別の気温低下効果 (UCSS シミュレーション)

上段：住宅地区 下段：商業業務地区、左：最高気温時 右：最低気温時

全面積から建物面積(32%)を除いた敷地(道路含む)が、保水化が実施可能な面積(68%)。

**効果的な  
活用及び  
留意事項**

**【散水・給水方法】**

保水性舗装の効果は、舗装面が湿潤な状態に保たれることにより得られ、雨のみでは期待する効果が得られない場合があります。そのため、人為的に散水を実施しているケースが多く見られます。現在、行われている散水方法は、散水車によるものと道路脇に散水施設を設ける2つの方法があり、歩道などでは舗装材下部より給水するタイプもあります。散水車によるものは、日中の効果を持続させるためには頻繁に散水車を稼働させる必要があります。一方、散水施設によるものは初期の施設コストや管理コストがかかります。降雪地域では、融雪用の散水施設を用いることも考えられますが、地下水を水源とする場合には地下水位低下などに留意する必要があります。



図 3.46 散水車による散水  
資料) 環境省

**【散水に用いる水資源】**

散水に用いる水については、水資源の有効な活用に配慮し、下水再生水や地下施設への湧水などの利用が望まれます。

**【導入場所の検討】**

舗装材下部より給水するタイプについては、耐荷重の制限があるため、導入場所への車両通行頻度等について、予め検討を行うことが重要です。

注) 保水性舗装は、現段階では国土交通省で試験的な利用が行われているところであり、今後の普及については、舗装の長期供用性、効果の持続性、管理コストなどの検討を要します。

NO	11					
対策技術等	建物被覆の親水化・保水化	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減 ✓
対策技術等の概要	<div data-bbox="379 376 1337 600"> <p>対策手法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建物外皮の親水化</li> <li>散水</li> <li>建物外皮の保水化</li> </ul> <p>対策効果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>表面温度低下 → 気温上昇抑制</li> <li>室内への熱貫流抑制 → 空調負荷軽減 → エネルギー消費削減</li> </ul> </div>					
	<div data-bbox="288 613 906 1075"> <p>水の蒸発効果を活用した対策で、一つは超親水性を有する光触媒を建物外皮にコーティングし、その上に散水することより水の薄膜を作ります。この水の蒸発により表面温度の上昇を抑え、建物周辺の気温上昇を抑制するとともに、室内への熱の出入りを低減させて冷房負荷を削減します。もう一つは外皮に保水性のある建材などを用いることにより、降雨や散水により吸水された水分が日射を受けて蒸発し、光触媒被覆と同様の効果を得るものです。</p> </div> <div data-bbox="927 633 1474 949"> <p>酸化チタンの酸素(O)と水(H<sub>2</sub>O)が反応</p> <p>水と非常になじみの良い親水基(-OH)でおおわれる</p> <p>水が膜になる</p> </div> <div data-bbox="1002 972 1406 1048"> <p>図 3.47 超親水性のメカニズム 資料) NEDO ホームページ</p> </div>					
対策技術等の効果と効果的な活用及び留意事項	<div data-bbox="288 1093 986 1128"> <p>【光触媒コーティングと散水による表面温度低下効果】</p> </div> <div data-bbox="288 1144 1497 1272"> <p>光触媒がコーティングされた表面には薄く均一に水の膜ができ、効率的に蒸発することにより、表面温度の上昇を抑えることができます。これまでの報告から、壁面の温度が5～10℃、西日が当たる面では最大15℃程度の低下が期待されます。</p> </div> <div data-bbox="288 1288 619 1749"> <p>横浜市水道局菊名ウォータープラザで光触媒をコーティングしたガラスと散水システムによる実証実験を実施したところ、ガラスの表面温度が約10℃、室内温度は約2℃低下し、冷房空調負荷を約20%低減できることが確認されました<sup>1</sup>。</p> </div> <div data-bbox="692 1301 975 1765"> <p>散水パイプ</p> <p>室内</p> <p>外部冷却効果大</p> <p>温度低下</p> <p>温度の上昇をおさえる。</p> <p>水の膜</p> </div> <div data-bbox="986 1288 1481 1765"> <p>最大13.8℃ 平均8.1℃</p> <p>散水なし(8/15)</p> <p>散水あり(8/11)</p> <p>日照</p> <p>°C</p> <p>6:00 8:00 10:00 12:00 14:00 16:00 18:00</p> </div> <div data-bbox="730 1776 1481 1809"> <p>図 3.48 光触媒コーティングと散水による表面温度低下<sup>1</sup></p> </div> <div data-bbox="288 1861 619 1897"> <p>【熱ストレスの軽減効果】</p> </div> <div data-bbox="288 1912 1497 2040"> <p>建物被覆の親水化による体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算したところ、夏季12時での計算では、日射は1.4%の低減(-2W/m<sup>2</sup>)、赤外放射は15.6%の低減(-24W/m<sup>2</sup>)となり、体感指標SET*は0.8℃の低減となっています。</p> </div>					

【保水性建材の表面温度低下効果】

東京都で保水性建材 19 製品を対象としてヒートアイランド現象の緩和効果に関する試験を実施しました。試験体を水没させて飽和状態とした後、試験体上面からハロゲンライト 800Wを照射し、表面温度の変化を定常状態になるまで測定しました。

製品によっては、35℃～40℃付近において表面温度の上昇が一時停滞し、表面温度上昇を抑制しています。一方で、表面温度上昇を抑制しないで終局温度に到達してしまう製品も見られます。温度上昇の停滞は、試験開始前の体積含水率が高い試験体に多く見られました。

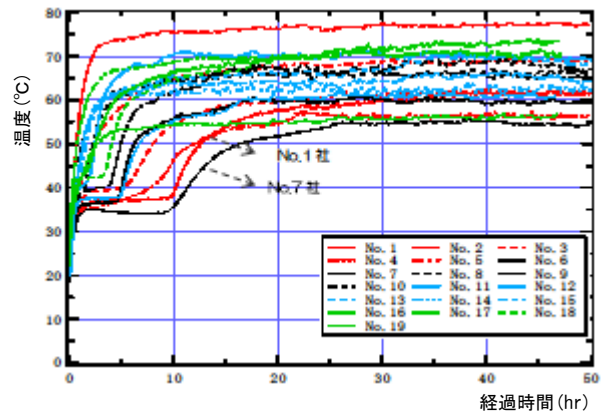


図 3.49 保水性建材の表面温度の経時変化<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 東京都環境局ホームページ

【光触媒コーティングと散水による空調負荷削減効果】

冷房期間のみに散水することより、暖房負荷はそのままに冷房負荷のみを削減することができます。工場の場合、屋根面の延べ床面積に対する割合が大きいため、冷房の削減効果が高くなります。削減効果は札幌から福岡まで見られますが、より温暖な福岡で削減効果が高くなっています。

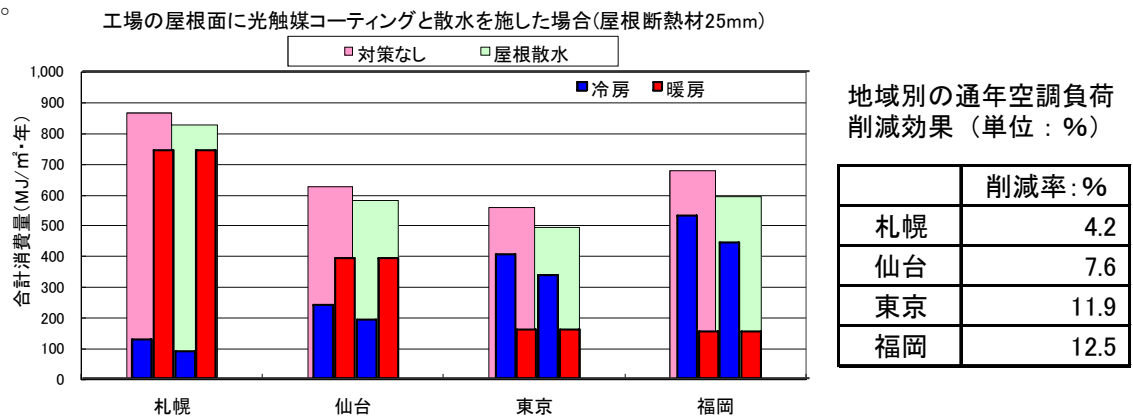


図 3.50 工場における空調負荷削減効果 (LESCOM シミュレーション)

図 3.51 で示した冷房が導入されていない建物において光触媒を利用した散水冷却システムを活用した事例では、夏季に光触媒を塗布したポリエステル製のメッシュシートを建物の西側に屋上より吊り下げ室内の温熱環境を改善し、冬季にはシートを巻き上げて室内に西陽を取り込むことにより暖房負荷を軽減しています。

現段階では水道水や井戸水などを使用した場合に、析出物が発生することが懸念されています。それを防止するための浄水設備にかかる費用も課題とされています。

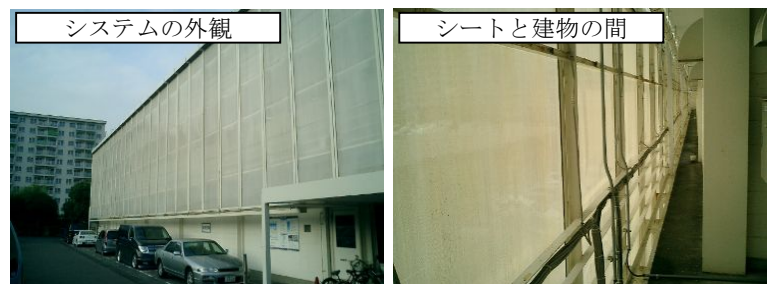
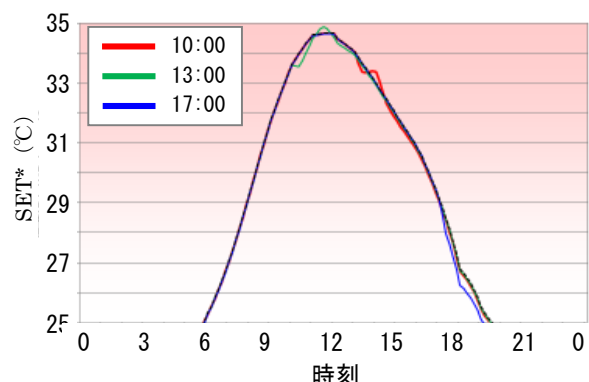
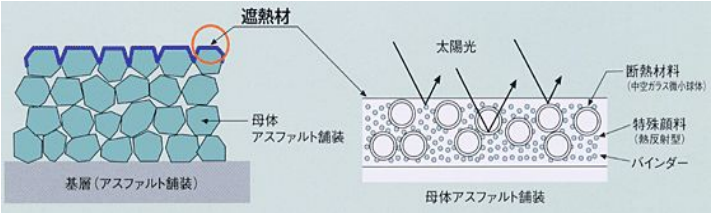
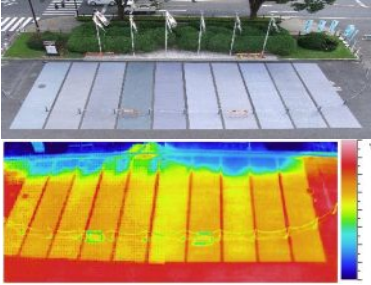
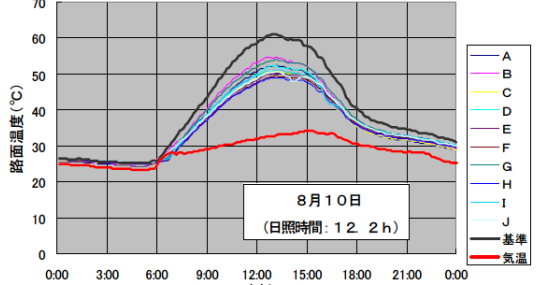


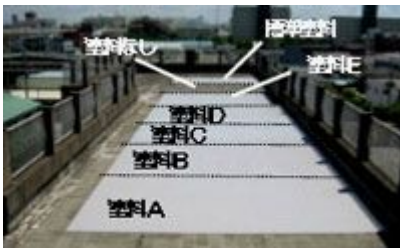
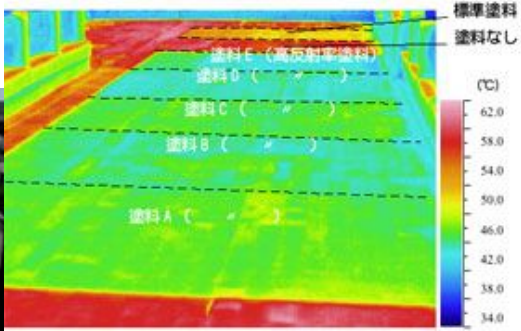
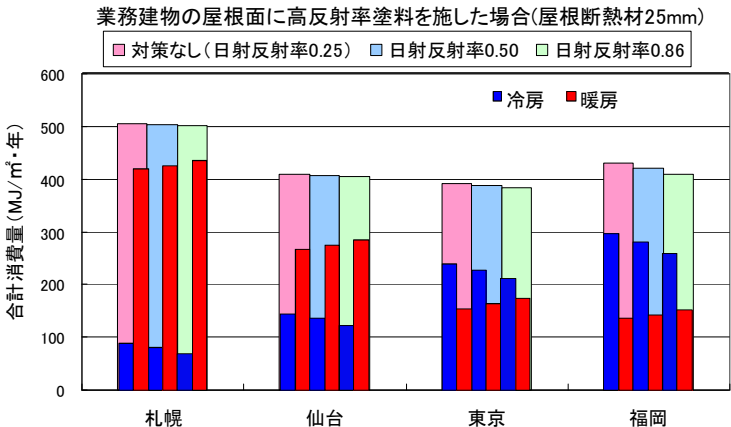
図 3.51 光触媒シートによる建物冷却システム  
横浜市、日産車体(株)本社 資料)環境省

NO	12					
対策技術等	打ち水の活用	日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
					✓	✓
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">対策技術</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">対策効果</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">打ち水</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">表面温度低下</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">暑熱環境の改善</div> </div> <p>日本では夏の暑さをしのぐため、軒先などに打ち水をする光景が江戸時代から見られてきました。打ち水をすることにより、その水が蒸発する際に気化熱として道路表面の熱を奪い、暑熱を緩和することができます。</p> <p>また、最近では夏のイベントとして各地で行われており、暑熱緩和効果だけでなく地域の連携や環境学習などの社会的な効果も期待されています。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【表面温度及び気温低下効果】</b></p> <p>打ち水の実施事例は、インターネット上などで多数報告されています。しかし、表面温度や気温の低下量には事例ごとに開きがあり、打ち水の方法や気温の測定方法などの違いが影響しているものと考えられます。</p> <p>既往の文献でその効果を見ると、日中の打ち水直後(20分後)の観測で、10℃程度の地表面温度の低下が報告されています<sup>1</sup>。</p> <p><sup>1</sup> 加藤琢磨ほか：打ち水の都市熱環境緩和作用に関する研究，土木学会第60回公演会公演概要集，2005</p>					
効果的な活用及び留意事項	<p>昔から打ち水は朝や夕方に行われていました。(独)産業技術総合研究所の報告では、17時に実施した場合は体感温度の低減効果が継続しているのに対し、10時や13時に実施した場合は、体感温度は一度低減しますが、その後急上昇し、また低下することが指摘されています。このことから、夕方に打ち水を実施することで、体感温度の低減効果を継続的に得られることが分かります。</p> <p>また、水道水は利用せずに、雨水や風呂の残り湯、中水、下水再生水などを利用することも、水資源の観点からは重要です。</p> <p>打ち水は、体感温度の低減を体験できるため、市民のヒートアイランド現象への理解が促進することが期待されます。また、打ち水のイベントが企業や地方公共団体と市民との協働のきっかけとなることも期待されます。</p>					
						
			<p>図 3.52 打ち水を実施時の体感温度 SET* の変化 (資料) (独) 産業技術総合研究所ホームページ</p>			
						
			<p>図 3.53 打ち水の風景 (資料) 打ち水プロジェクト実行委員会 提供</p>			



NO	13					
対策技術等	ミストの活用	日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>対策手法</b></p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px;">ミストの噴霧</div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>気化熱による 体感温度の改善</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>対策効果</b></p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 100px;">暑熱環境の改善</div> </div> </div> <p>微細なノズルから圧力をかけて水を噴射することにより、大気中へ微細なミストを噴霧し、噴霧直後に蒸発することで気化熱を利用して体感温度を改善します。</p>					
対策技術等の効果と効果的な活用と留意事項	<p><b>【熱ストレスの軽減効果】</b></p> <p>風の状況などによって異なりますが、ミストを噴霧すると、気化熱により体感温度が改善されると言われています。ミストによる体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算したところ、夏季12時での計算では、体感指標 SET*は0.5℃の低減となっています。</p> <p>ミストは、屋外もしくは半屋外などでの使用が一般的です。また、その効果が及ぶ範囲が限られているため、人通りの多いアーケードや駅前、イベント会場などに設置するのが効果的です。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="395 936 817 1377"> </div> <div data-bbox="871 976 1417 1377"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="427 1391 746 1464"> <p>図 3.54 ミスト噴霧装置 資料) 三菱地所(株)提供</p> </div> <div data-bbox="938 1391 1385 1464"> <p>図 3.55 ミスト噴霧装置(商店街) 資料) 吹田市 提供</p> </div> </div> <p><b>【熊谷駅への設置事例】</b></p> <p>熊谷市は、平成20年6月にJR熊谷駅広場3箇所にもミスト発生器を設置し、自動運転を開始しました。</p> <p>風が強いと、ミストは流されてしまい、期待した場所で蒸発しないため、涼しさが体感しにくくなる場合があります。そのため、ミストを効果的に活用するには、一定の気象条件の下で使用する必要があります。例えば、熊谷駅の事例では、毎日7時から21時までで「気温27℃以上・湿度70%未満・風速3m未満・降雨なし」を稼働の条件としています。</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div> <p style="text-align: center;">図 3.56 ミスト噴霧装置のシステム図</p>					

NO	14					
対策技術等	遮熱性舗装の活用	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> <p>舗装の遮熱化</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>→</p> <p>表面温度低下</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>→</p> <p>対策効果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>暑熱環境の改善</li> <li>気温上昇抑制</li> </ul> </div> </div> <p>歩道や車道などの舗装面は日中に日射を受けて高温となり、夜間まで蓄熱するため、昼夜を通じて周辺地域の気温上昇を助長します。</p> <p>遮熱性舗装は、舗装表面に太陽光のうち近赤外線領域を効率的に反射する特殊な顔料や材料を塗布もしくは充填し、表面温度の上昇を抑え、周辺の気温上昇を抑制します。</p> <p>ただし、遮熱性舗装は現在、国などで試験的な運用を実施しているところであり、今後の普及については、舗装の長期供用性やコスト面などでの検討が必要となります。</p> <div style="text-align: center;">  <p>図 3.57 遮熱性舗装の構造 資料) 遮熱性舗装技術研究会</p> </div>					
対策技術等の効果	<p><b>【表面温度低下効果】</b></p> <p>埼玉県では県庁舎の敷地において、10種類の遮熱性舗装の公開検証を実施しています。報告によると、日中の最高気温時に6~12℃程度の表面温度低下効果が認められます。また、大気を暖める顕熱量でその効果を測定したところ、日中(12~15時)、夜間(21~24時)ともに25~40%の低下が認められ、ヒートアイランド抑制効果が確認されました<sup>1)</sup>。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>図 3.58 遮熱性舗装の表面温度低下効果<sup>1)</sup></p> <p><sup>1)</sup> 埼玉県：ヒートアイランド対策技術公開検証結果中間報告書</p> <p><b>【熱ストレスの軽減効果】</b></p> <p>遮熱性舗装による体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算したところ、夏季12時での計算では、日射は19.6%の増加(+28W/m<sup>2</sup>)、赤外放射は23.5%の低減(-36W/m<sup>2</sup>)となり、体感指標 SET*は0.3℃の低減となっています。</p>					
効果的な活用及び留意事項	<p>日射を反射することで効果が得られるため、日当たりの良い舗装面などへの施工が効果的です。ただし、反射する日射は増加するため、歩道に実施する場合には、赤外放射の低減量と反射日射の増加量の両者を総合評価し、体感温度の視点から効果を検討することが重要です。</p> <p>明度の高い塗料については、まぶしさを感じる場合があるので、導入の際には周辺環境の状況を把握した上で、明度について検討する必要があります。</p> <p>注) 遮熱性舗装は、現段階では国土交通省で試験的な利用が行われているところであり、今後の普及については、舗装の長期供用性、効果の持続性、管理コストなどの検討を要します。</p>					

NO	15														
対策技術等	屋根面の高反射化	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減 ✓									
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>対策手法</p> <pre>             graph LR             A[屋根の高反射化] --&gt; B[表面温度低下]             A --&gt; C[室内への熱貫流抑制]             B --&gt; D[気温上昇抑制]             C --&gt; E[空調負荷軽減&lt;br/&gt;(屋上直下階)]             E --&gt; F[エネルギー消費削減]             </pre> </div> <div style="width: 45%;"> <p>対策効果</p> <pre>             graph LR             D[気温上昇抑制]             F[エネルギー消費削減]             </pre> </div> </div> <p>建物の屋根面に、太陽光の中でも赤外線領域を効率的に反射する特殊な塗料（高反射率塗料）を塗布し、表面温度の上昇を抑え、周辺の気温上昇を抑制します。さらには、建物の最上階への熱侵入を低減し、空調負荷を削減します。</p>														
対策技術等の効果と効果的な活用及び留意事項	<p><b>【屋根面の表面温度低下効果】</b></p> <p>東京都環境局で高反射率塗料の表面温度低下効果を測定したところ、対策がされていないコンクリート面の表面温度は約 62℃であったのに対し、高反射率塗料塗布面は約 47℃と、表面温度は約 15℃低下しています。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">   </div> <p>図 3.59 高反射率塗料の表面温度低下効果 資料) クールルーフ推進協議会</p> <p><b>【空調負荷の削減効果】</b></p> <p>高反射率塗料の塗布による空調負荷の削減効果を、シミュレーションにより計算しました。夏季の冷房負荷が減るものの、冬季にも熱の侵入が減少することで、逆に暖房負荷は増加しています。業務建物でのシミュレーション結果では、反射率を 0.25、0.50、0.86 と変化させたところ、札幌から福岡のいずれの地域でも冷房負荷が減り、暖房負荷が増加しています。ただし、通年では冷房負荷の小さい仙台以北で空調負荷削減効果が見られません。また、東京以西の地域においては、対策前の建物の断熱性能によってもその効果の程度に違いが見られ、表 3.4 のよう</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>業務建物の屋根面に高反射率塗料を施した場合(屋根断熱材25mm)</p>  <p>図 3.60 業務建物における空調負荷削減効果 (LESCOM シミュレーション)</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <p>反射率 0.50 の高反射率塗料による地域別の通年空調負荷削減効果 (単位: %)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>削減率: %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>札幌</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>仙台</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>東京</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>福岡</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>						削減率: %	札幌	0.2	仙台	0.4	東京	0.9	福岡	2.0
	削減率: %														
札幌	0.2														
仙台	0.4														
東京	0.9														
福岡	2.0														

に、断熱厚の薄い建物で効果が大きくなっています。  
 木造戸建住宅に対策した場合の効果については、業務建物にくらべて冷房負荷の割合が小さくなるため、通年の空調負荷削減効果は大きくありません。業務建物では最上階のみで計算を行っていますが、住宅については、世帯の全空調負荷に対する削減効果を計算しています。

表 3.4 地域別・断熱厚(※)別の高反射率塗料による  
 通年空調負荷削減効果(単位:%)  
 [業務建物, 対策なし(0.25)→0.86]

	削減率:%		
	断熱なし	断熱25mm	断熱50mm
札幌	-0.3	0.4	0.4
仙台	0.7	0.8	0.7
東京	3.1	2.0	1.6
福岡	7.3	4.8	3.5

※ 建物の断熱材の厚さ

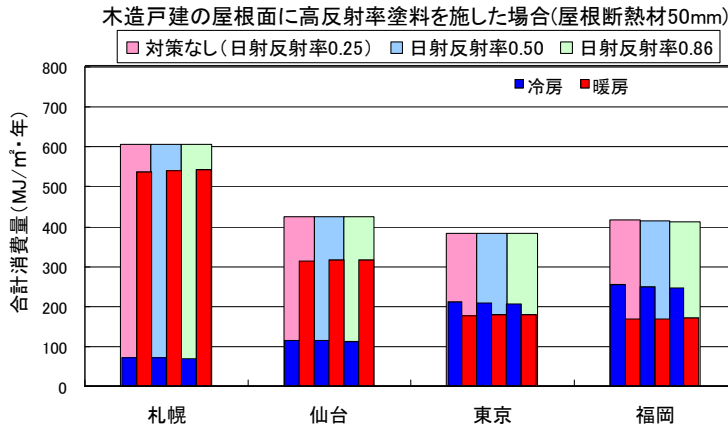


図 3.61 木造戸建における空調負荷削減効果(LESCOM シミュレーション)

反射率 0.50 の高反射率塗料による  
 地域別の通年空調負荷削減効果  
 (単位:%)

	削減率:%
札幌	-0.2
仙台	0.1
東京	0.3
福岡	0.6

工場については、東京以西で比較的大きな効果が得られました。工場では床面積に対する屋根面の大きさの割合が大きく、日射による熱の侵入の削減効果が大きくなったと考えられます。

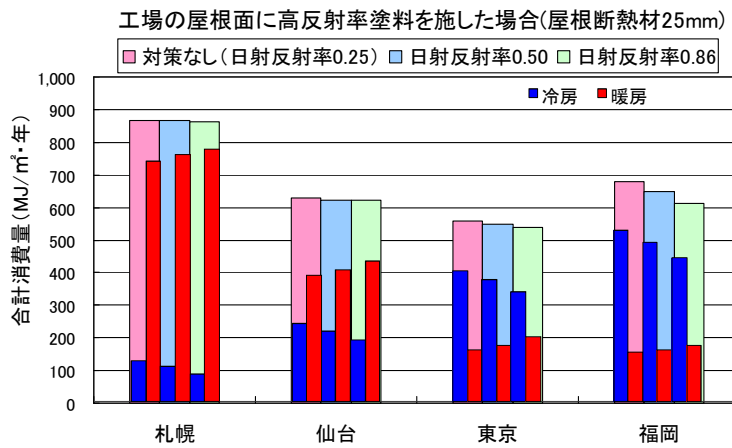


図 3.62 工場における空調負荷削減効果(LESCOM シミュレーション)

反射率 0.50 の高反射率塗料による  
 地域別の通年空調負荷削減効果  
 (単位:%)

	削減率:%
札幌	-0.1
仙台	0.6
東京	2.0
福岡	4.3

高反射率塗料による対策は、維持管理が比較的容易で、屋上緑化のように建築物の耐加重や屋根面の形状などの制約がありません。ただし、冷房の負荷を削減する一方で、暖房負荷を増加させてしまいます。そのため、地球温暖化対策の観点も含めると、関東より北の地域での適用に際しては検討が必要です。

【導入に当たっての留意事項】

明度の高い塗料については、まぶしさを感じる場合があるので、導入の際には周辺環境の状況を把握した上で、明度について検討する必要があります。

対策に関連する制度など

東京都墨田区では、「墨田区地球温暖化防止設備導入助成制度」の中で、既存建物における高反射率塗装などに対して、経費の20%(限度額あり)の助成を行っています。

NO	16					
対策技術等	人工日除けの活用	日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>対策手法</b></p> <p>人工日除け</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>日射の遮蔽</p> <p>表面温度の低下</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>対策効果</b></p> <p>人の暑熱ストレスの低下</p> </div> </div> <p>日除けの設置により、日射が遮蔽されると共に、日陰部分の表面温度が低下します。ただし、日除けそのものが吸収した日射により熱くなり、赤外放射が発生する点に留意し、効果把握の際には、各放射成分を総合的に評価することが必要となります。</p> 					
対策技術等の効果	<p><b>【熱ストレスの軽減効果】</b></p> <p>人工日除けによる体感温度の低減効果をシミュレーションにより計算しました。夏季12時での計算では、日射は89.0%の低減(-122W/m<sup>2</sup>)、赤外放射は3.7%の増加(+6W/m<sup>2</sup>)となり、体感指標SET*は3.5℃の低減となっています。</p> <p>人工日除けなどの適応策は、人が集まる場所である駅前広場や人通りの多い商店街、体温調節能力が低い高齢者や幼児などが利用する病院などの施設周辺での導入が効果的です。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"><b>図 3.63 商店街における人工日除けの設置例</b></p> <p style="text-align: center;">(左：高松丸亀町丸亀町商店街(香川県高松市)、右：東京浅草・雷門田原商店会(東京都台東区))</p>					
効果的な活用および留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日除けそのものが吸収した日射により熱くなりますが、それには日除けの日射反射率が関係します。導入の際には、意匠性や体感温度の低減効果などを総合的に検討することが重要です。</li> <li>・強風時に破損する恐れがあるため、管理に注意が必要です(自動管理システムあり)。</li> <li>・積雪時に使用すると、荷重により破損する可能性があります。</li> </ul>					

NO	17					
対策技術等	地域冷暖房システムの活用	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減 ✓
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>対策手法</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">地域冷暖房システム</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">排熱などの未利用熱の有効活用</div> </div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>空調効率の向上</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>対策効果</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">エネルギー消費抑制</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;">人工排熱削減</div> </div> </div> </div> <p>地域冷暖房とは、地域冷暖房プラントから、冷水・温水・蒸気などを、一定地域内の建物群に供給するシステムのことです。地域冷暖房システムを導入することより、高効率な大規模システムの導入可能性やごみ焼却場からの排熱など、都市の未利用熱の活用可能性が高まるなどのメリットがあります。</p>					
対策技術等の効果と効果的な活用及び留意事項	<p><b>【省エネルギー効果】</b>          経済産業省の調査<sup>1</sup>によると、地域冷暖房システムを導入することより、個別熱源による建物にくらべて 9.9%、未利用エネルギーを活用した地域冷暖房システムを導入することにより 20.6%の省エネルギー効果があることが分かりました。</p> <p><sup>1</sup> 経済産業省：平成 19 年度未利用エネルギー面的活用熱供給適地促進調査等事業報告書，平成 20 年 3 月          調査対象は、地域冷暖房：111 件(熱供給事業便覧平成 19 年度版より)，個別熱源：84 件。総合エネルギー効率は、販売熱量または供給熱量の合計(GJ)／原・燃料一次エネルギー使用量(GJ)で算出。</p> <p><b>【未利用エネルギーの活用】</b>          現在、地域冷暖房において利用されている海水などの熱は、全地域冷暖房に使われている燃料などの年間熱量換算値 27,500TJ (H18) のうち 3,150TJ (H18) であり、全体の約 11%となっています。地域冷暖房で活用している主な未利用エネルギーは、海水や下水を用いた温度差の利用、ごみ焼却施設や RDF (Refuse Derived Fuel；廃棄物固形燃料) 施設からの熱の利用があります。</p> <p>なお、都市域で比較的多いのが河川水の温度差の利用やごみ焼却排熱の利用です。</p> <p><b>【河川水の利用事例】</b>          大阪の中之島三丁目地区では、旧淀川(堂島川)の河川水を熱源として利用する地域冷暖房システムが稼動しています。このシステムは通常の空気熱源方式に比べ、平成</p>					

表 3.5 地域冷暖房における未利用熱の活用量

未利用エネルギーの種類			利用熱量 (GJ/年)
温度差エネルギー	水資源	河川水	210,554
		海水	776,523
		地下水	4,339
	空気熱源 水熱源	下水	309,899
		地下鉄・地下街	1,637
		ビル排熱	176,276
		変電所	4,077
		地中送電線	0
地中熱			0
小計			1,483,305
廃棄物エネルギー		ごみ焼却	591,949
		RDF	512,599
		再生油	0
		木質バイオマス	385,869
小計			1,490,417
工場等排熱エネルギー		工場排熱	29,446
		発電所抽気	125,276
小計			154,722
その他エネルギー		ガス圧力回収	0
		その他	0
小計			0
合計			3,128,444

(注)平成23年4月1日から平成24年3月31日までの値

資料) 熱供給事業便覧 平成 24 年版

17年度実績で16.5%のCO<sub>2</sub>削減となっています<sup>2</sup>。河川水を熱源とする場合には、地域冷暖房プラントの屋上などに冷却塔などの設備が必要なくなるため、屋上空間の有効利用が可能となるだけでなく、水道料金の負担が軽減されます。ただし、公共の河川を利用するため、河川法、道路法、道路交通法、下水道法などの法的手続きが必要になり、中之島の例では申請から許可までに5年を要しました。

<sup>2</sup> 関電エネルギー開発株式会社：技術資料

【ごみ焼却場の熱の活用】

ごみ焼却場が都市内に分散している東京23区などでは、身近な熱の供給源としてごみ焼却場の活用を考えることができます。現在のごみ焼却場での熱利用は、施設内でごみや排ガスの加熱などに利用する他は発電に利用される量が多くなっています。しかし、東京23区のごみ焼却場を対象とした調

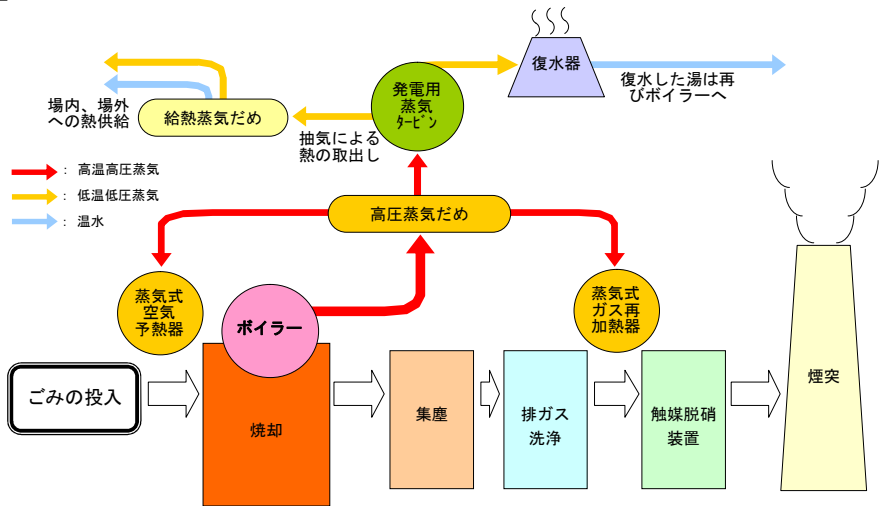


図 3.64 清掃工場における標準的な熱の流れ<sup>3</sup>

査<sup>3</sup>では、投入されるごみの熱量に対する発電効率はおおむね10～15%程度となっています。発電に使われた後の蒸気は復水されますが、その際、投入されるごみの熱量の約4割が大気に放出されます。こうした状況は、必ずしも熱が有効に使われているとは言えず、ヒートアイランド現象の原因の一つになっていると考えられます。

また、地域冷暖房プラントに熱を供給しているごみ焼却場では熱利用率が30%程度となっているのに対し、その他のごみ焼却場では15%程度となっていました。

<sup>3</sup> 環境省：平成19年度人工排熱低減による都市の熱環境改善の基礎調査業務報告書、平成20年3月

【地中熱を活用した地域冷暖房施設の計画】

東京スカイツリーでは、地域冷暖房システムを導入しており、世界最高水準の高効率機器の導入や地中熱の利用などにより、個別の熱源方式にくらべて年間CO<sub>2</sub>排出量を48%削減する計画となっています<sup>4</sup>。

<sup>4</sup> 東武鉄道株式会社ホームページ



図 3.65 東京スカイツリー<sup>4</sup>

NO	18																																								
対策技術等	建物排熱の削減	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減 ✓																																			
対策技術等の概要																																									
	<p>国土交通省と環境省が東京 23 区の人工排熱を調査した結果、建物からの排熱が人工排熱の半分を占めていました<sup>1</sup>。これは、窓面から入り込む日射、壁面から侵入する熱、照明機器やパソコンなどの発熱、さらには人が発する熱などが空調により排出されるものです。</p> <p>そのため、建物からの排熱を減らすためには、窓面からの日射の透過を防ぐとともに、建物内部で用いる照明やパソコンなどの機器の省エネ化を進めるなどの対策が必要となります。</p> <p>さらには、排熱の方法として地中に熱を排出したり、顕熱ではなく潜熱として放出することにより周辺の気温の上昇を抑制することができます。</p> <p><sup>1</sup> 国土交通省・環境省、都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書、平成 16 年 3 月</p> <div style="text-align: right;"> <p>排出段階の構成比</p> <p>2106TJ/day</p> <p>建物排熱 50%</p> <p>交通排熱 28%</p> <p>事業所排熱 20%</p> <p>その他 2%</p> </div> <p>図 3.66 東京 23 区における人工排熱<sup>1</sup></p>																																								
対策技術等の効果	<p><b>【気温上昇抑制効果】</b></p> <p>建物からの排熱を削減した場合の日中の気温低下効果をシミュレーションにより計算しました。建物排熱を段階的に削減した場合に気温が低下しますが、もともと排熱量の多い商業・業務地区と排熱量の小さい住宅地区ではその効果の程度に違いがあります。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="284 1518 877 1877"> <p>建物排熱削減 商業・業務地区 昼間(最高気温時)</p> <table border="1"> <caption>商業・業務地区 昼間(最高気温時)</caption> <thead> <tr> <th>排熱削減率 (%)</th> <th>地上高40m (°C)</th> <th>地上高2.5m (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>34.3</td><td>35.4</td></tr> <tr><td>25</td><td>34.2</td><td>34.8</td></tr> <tr><td>50</td><td>34.1</td><td>34.6</td></tr> <tr><td>75</td><td>34.0</td><td>34.4</td></tr> <tr><td>100</td><td>33.9</td><td>34.2</td></tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="877 1518 1476 1877"> <p>建物排熱削減 住宅地区 昼間(最高気温時)</p> <table border="1"> <caption>住宅地区 昼間(最高気温時)</caption> <thead> <tr> <th>排熱削減率 (%)</th> <th>地上高40m (°C)</th> <th>地上高2.5m (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>32.6</td><td>33.6</td></tr> <tr><td>25</td><td>32.6</td><td>33.6</td></tr> <tr><td>50</td><td>32.6</td><td>33.6</td></tr> <tr><td>75</td><td>32.6</td><td>33.6</td></tr> <tr><td>100</td><td>32.6</td><td>33.6</td></tr> </tbody> </table> </div> </div> <p>図 3.67 建物排熱の削減による地上高別の気温低下効果 (UCSS シミュレーション)</p> <p>シミュレーションでは、排熱量をそれぞれ商業・業務地区 170W/m<sup>2</sup>、住宅地区 8W/m<sup>2</sup>と設定。</p> <p>左：商業・業務地区 右：住宅地区</p>					排熱削減率 (%)	地上高40m (°C)	地上高2.5m (°C)	0	34.3	35.4	25	34.2	34.8	50	34.1	34.6	75	34.0	34.4	100	33.9	34.2	排熱削減率 (%)	地上高40m (°C)	地上高2.5m (°C)	0	32.6	33.6	25	32.6	33.6	50	32.6	33.6	75	32.6	33.6	100	32.6	33.6
排熱削減率 (%)	地上高40m (°C)	地上高2.5m (°C)																																							
0	34.3	35.4																																							
25	34.2	34.8																																							
50	34.1	34.6																																							
75	34.0	34.4																																							
100	33.9	34.2																																							
排熱削減率 (%)	地上高40m (°C)	地上高2.5m (°C)																																							
0	32.6	33.6																																							
25	32.6	33.6																																							
50	32.6	33.6																																							
75	32.6	33.6																																							
100	32.6	33.6																																							



効果的な活用及び留意事項

【建物排熱の発生源を把握する】

上で述べたように、建物から排出される熱には様々な発生源があります。排出される熱の内訳の目安を知ることは、対策を立てる上で非常に有効です。

国土交通省と環境省の調査<sup>1</sup>でモデル建物における熱負荷を計算したところ、日射や壁面からの熱の侵入で2割強、照明やパソコンなどから3割強となっています。これらの合計約6割の熱を削減することにより、空調エネルギーを削減することができます。

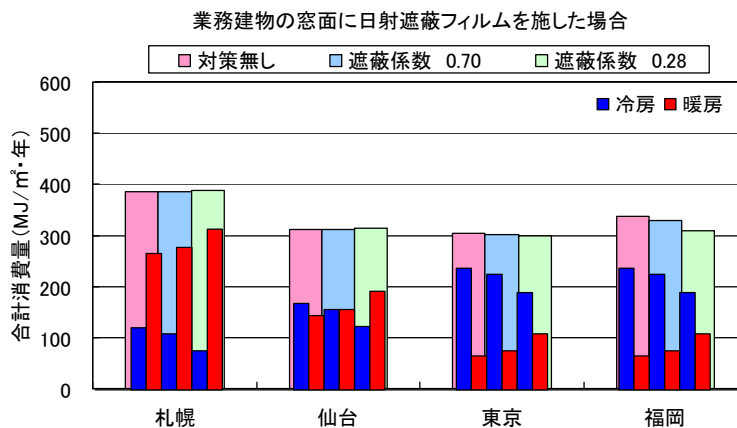
表 3.6 業務建物からの排熱の発生源別内訳  
資料) 報告書<sup>1</sup>をもとに作成

熱の発生源		発生割合(%)
自然由来	窓からの日射	16
	壁面からの熱貫流	7
	人体発熱	13
機器由来	照明	23
	パソコン等	11
	空調機器	29
	その他	4

【窓面への日射遮蔽フィルムの適用】

パソコンなどの機器からの熱は省エネにより削減されますが、窓面から建物に入り込む日射など、自然由来の熱を削減することも効果的です。そこで、日射の侵入を防ぐため、熱線反射ガラスなどを建物に組み込むことや、現在のガラスに日射遮蔽フィルムを貼ることが考えられます。ここでは、日射遮蔽フィルムを使った場合の空調負荷削減効果をシミュレーションで計算しました。

冷房の空調負荷はいずれの地域でも削減しましたが、冬季にも窓からの日射が減るため、暖房負荷が増加します。このため東京以西は通年で空調負荷が削減しますが、東京より寒い地域では、冷房負荷の削減より暖房負荷の増加が大きくなってしまう可能性があります。



地域別・遮蔽係数別の  
通年空調負荷削減効果(単位: %)

	削減率: %	
	遮蔽係数 0.70	遮蔽係数 0.28
札幌	0.0	-0.4
仙台	0.0	-0.8
東京	1.0	1.5
福岡	2.5	8.9

図 3.68 業務建物における空調負荷削減効果(LESCOM シミュレーション)

【排熱方法の改善】

排熱方法を変更することにより大気への顕熱量を削減することができます。具体的には、地中に熱を排出する方法や、潜熱にして排出する方法があります。また、それぞれの方法は空調機器の効率を高める効果もあるため、エネルギー削減にも効果があります。

地中熱を利用したヒートポンプ式の空調機器は、地中の熱を利用することにより効率の良い空調を行うとともに、大気への熱の排出をなくします。そのため、5~20%程度のCO<sub>2</sub>削減が見込まれる<sup>2</sup>とともに、周辺の気温上昇の原因になりません。ただし、地層や地下水などの事前調査や、地中熱採取管理設のためのボーリングなどが必要になり、対策の初期費用が大きくなります。

空調からの顕熱抑制技術は、空冷式室外機の熱交換器フィンに直接水を噴霧することにより、顕熱を潜熱化し、空調効率を高めるものです。

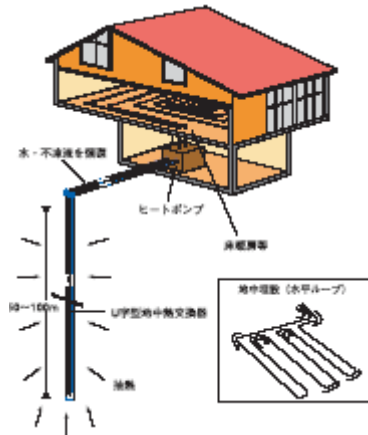


図 3.69 地中熱交換型ヒートポンプシステム  
資料) 地中熱利用促進協会パンフレット

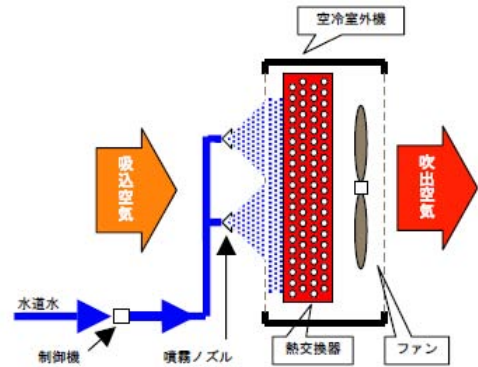


図 3.70 室外機から発生する顕熱抑制技術の例<sup>3</sup>

- <sup>2</sup> 安川香澄ほか(2005)地下の新しい活用法：地中熱による冷暖房、地質ニュース、NO. 661
- <sup>3</sup> 森村潔(2005)空冷室外機から発生する顕熱抑制技術の実証試験、環境研究、NO. 139

【建物の省エネ化の推進】

建物の省エネ化には、様々な技術があります。東京都では、既存建物の省エネ化を推進するため、「省エネリフォームガイドブック」を作成しています。ガイドブックには、省エネリフォームの効果や費用、施工事例などが記載されています。また、税制上の優遇措置や補助金などの制度についてもまとめています。

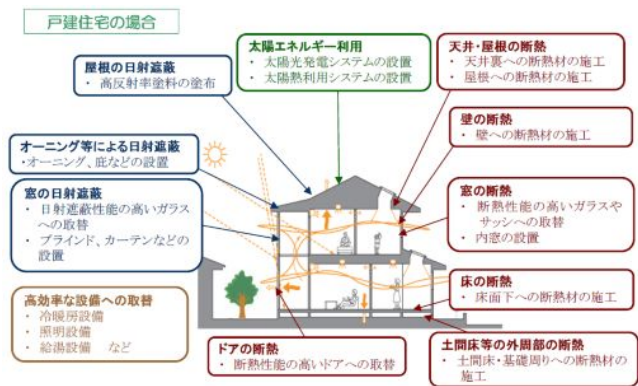
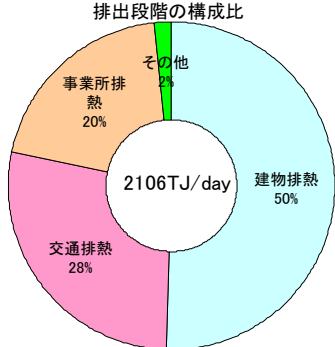
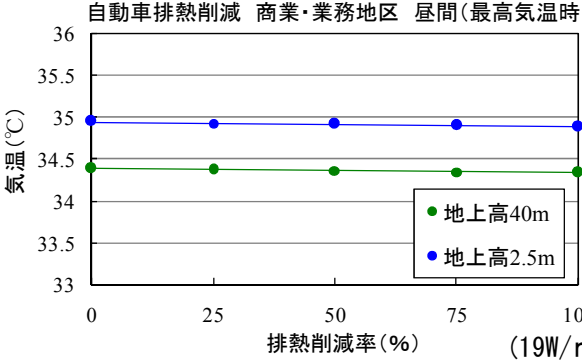
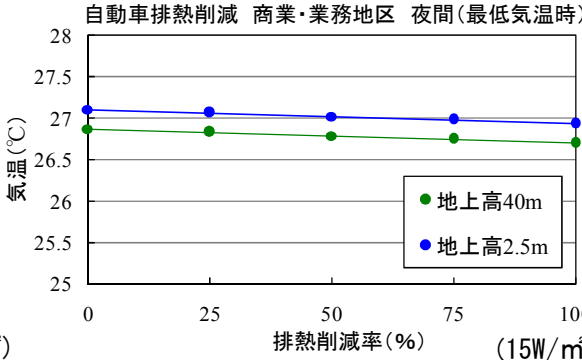


図 3.71 戸建て住宅の省エネリフォーム解説図<sup>4</sup>

<sup>4</sup> 東京都：住宅の省エネリフォームガイドブック

NO	19					
対策技術等	自動車排熱の削減	日中の現象緩和 ✓	夜間の現象緩和 ✓	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和 ✓	エネルギー削減 ✓
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;"><b>対策手法</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>低燃費自動車の普及</li> <li>交通流対策の推進</li> <li>公共交通の利用促進</li> </ul> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;"><b>対策効果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー消費削減</li> <li>自動車排熱削減</li> </ul> </div> </div> <p>国土交通省と環境省で東京 23 区の人工排熱を調査した結果、自動車からの排熱は都市の交通排熱の 9 割を占め、人工排熱全体の約 1/4 を排出していました<sup>1</sup>。ハイブリット自動車や電気自動車などの普及や、都市内の交通流の改善、さらには公共交通機関の利用促進により、自動車交通によるエネルギー消費と排熱を削減させることが求められます。</p> <p><sup>1</sup> 国土交通省・環境省：都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書，平成 16 年 3 月</p>					
		 <p style="text-align: center;">排出段階の構成比</p> <p style="text-align: center;">2106TJ/day</p> <p style="text-align: center;">建物排熱 50%</p> <p style="text-align: center;">交通排熱 28%</p> <p style="text-align: center;">事業所排熱 20%</p> <p style="text-align: center;">その他 2%</p>				
		<p>図 3.72 東京 23 区における人工排熱<sup>1</sup></p>				
対策技術等の効果	<p><b>【気温低下効果】</b></p> <p>自動車排熱の削減効果をシミュレーションにより計算しました。地表面からの対流顕熱が大きくなる日中には気温低下効果は大きくありません。自動車排熱の寄与が相対的に大きくなる明け方では、気温低下効果が見られます。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">自動車排熱削減 商業・業務地区 昼間(最高気温時)</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">自動車排熱削減 商業・業務地区 夜間(最低気温時)</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">図 3.73 自動車排熱の削減による地上高別の気温低下効果 (UCSS シミュレーション)</p> <p style="text-align: center;">シミュレーションでは、自動車排熱量をそれぞれ昼間 19W/m<sup>2</sup>、夜間 15W/m<sup>2</sup>と設定。</p> <p style="text-align: center;">左：昼間 (最高気温時) 右：夜間 (最低気温時)</p>					
効果的な活用及び留意事項	<p><b>【低燃費自動車の普及】</b></p> <p>低燃費自動車の普及については、2015 年度を目標年度とし、乗用車では 2004 年度比で 23.5% の燃費改善を目標とする新燃費基準が策定されています。また、規制的手法だけでなく、市場メカニズムを活用した経済的手法なども有効です。例えば、低燃費自動車に対する補助や自動車関連税制のグリーン化などです。</p>					

現在、実用化が進んでいる電気自動車などについても、その普及により走行当たりの排熱量の削減が見込まれます。JHFC 総合効率検討特別委員会および日本自動車研究所の調査<sup>2</sup>から、ディーゼルハイブリッド自動車では CO<sub>2</sub> 排出量をガソリン車の 1/2 程度に、電気自動車では 1/4 程度まで低減することが可能であることが分かります。電気自動車を使う電気は、既に発電所で熱を排出していることを考えれば、都市に排出される熱はより少なくなります。

<sup>2</sup> JHFC総合効率検討特別委員会・(財)日本自動車研究所：「JHFC総合効率検討結果」報告書，平成18年3月

**【交通流対策の推進】**

都市内の自動車交通の走行速度が遅いことから、交通流対策を推進することにより自動車走行当たりのエネルギー消費を削減することができます。例えば、商業業務地区で渋滞が著しい地区などを対象に物流の共同配送を推進したり、環状道路周辺での物流拠点の立地支援などにより都市内物流を効率化することで渋滞の緩和につながります。

**【公共交通の利用促進】**

バスや鉄道など排熱原単価の低い交通機関の利便性を向上することや、新交通システムや路面電車などエネルギー効率の良い公共交通の整備などによって、交通排熱を抑制することが期待できます。

また、最寄り駅まで自動車で移動し、そこから電車などの公共交通機関を利用するパーク・アンド・ライドの実施も効果的です。パーク・アンド・ライドを行うと、交通排熱が削減されるだけでなく、CO<sub>2</sub> 排出量の削減や大気汚染の防止、渋滞の緩和などにつながります。


車両種類	1km走行当りCO2総排出量(10・15モード)			
	単位:g-CO2/km			
FCV現状	0	50	100	150
FCV将来	0	50	100	150
ガソリン	0	50	100	150
ガソリンHV	0	50	100	150
ディーゼル	0	50	100	150
ディーゼルHV	0	50	100	150
CNG	0	50	100	150
BEV	0	50	100	150

【FCV現状】水素ステーション・FCVデータ：JHFC実証結果トップ値 その他データ：文献トップ値  
 【FCV将来】FCVの将来FCシステム効率60%と文献トップ値 【電力構成】日本の平均電源構成

図 3.74 Well to Wheel(※) CO<sub>2</sub> 総排出量<sup>2</sup>

FCV：燃料電池自動車，HV：ハイブリッド自動車，  
 CNG：天然ガス自動車，BEV：電気自動車

(※)Well to Wheel：1次エネルギーの採掘から車両走行まで

NO	20					
対策技術等	情報提供による熱中症の予防対策	日中の現象緩和	夜間の現象緩和	日中の暑熱緩和 ✓	夜間の暑熱緩和	エネルギー削減
対策技術等の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>対策手法</b></p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 150px; margin: 0 auto;">                     国および地方公共団体による情報提供                 </div> </div> <div style="text-align: center;"> <p>知識の習得 予防行動</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>対策効果</b></p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 150px; margin: 0 auto;">                     熱中症の回避                 </div> </div> </div> <p>熱中症の予防には、原因削減の対策だけではなく、適応面からの対策も重要です。シンポジウムやリーフレットなどを用いた熱中症に関する情報提供や、気候観測情報に基づいた熱中症警報などの情報提供を行うことで、熱中症の発生の抑制につながるものと考えられます。</p>					
対策技術等の効果	<p><b>【熱中症に関する情報提供】</b></p> <p>環境省では、熱中症に関する正しい知識の普及を目的とし、「熱中症環境保健マニュアル」を作成・公表しています。また、「熱中症の予防に関するシンポジウム」を開催することなどにより、熱中症対策の充実化を図っています。</p> <p>また、地方公共団体においても様々な情報提供の取組が行われています。町田市(東京都)では、学校での運動中の熱中症事故を防止するため、「安全の手引き」を作成し、教員や指導員向けの研修を実施しています。また、熊谷市(埼玉県)では、単身高齢者における室内での熱中症事故を防止するため、単身高齢者にリーフレットや熱中症計、クールスカーフ等を配布し、熱中症に対する注意喚起を行っています。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  <p><b>図 3.75 熱中症環境保健マニュアル 2011</b> 資料) 環境省</p> </div> <p><b>【熱中症警報などの情報提供】</b></p> <p>環境省では、「環境省熱中症予防情報サイト」において、平成 24 年度現在で全国 153 地点における暑さ指数(WBGT)の速報値を提供しています。平成 25 年度からは、841 地点に拡大する予定です。</p> <p>町田市(東京都)では、町田市内の全小中学校で体育館と校庭に温度湿度計を設置するとともに、ハンディタイプの WBGT 計を各校に 1 台ずつ置いています。運動部活動の開始前には、温度などを確認し、熱中症予防を図っています。</p> <p>熊谷市(埼玉県)では、市役所に設置した WBGT 計と小学校の百葉箱で気象データを監視し、それらの情報をもとに(財)日本気象協会の収集・解析システムを用いて「熱中症予防情報」を作成し、ホームページや携帯電話へのメール通知サービス、防災行政無線などにより配信しています。</p> <p><b>【人の行動による適応策】</b></p> <p>人の行動による適応策の実施により、熱ストレスを減らすことができます。適応策による熱ストレスの軽減効果をシミュレーションにより計算しました。ここでは、熱ストレスの指標として、</p>					

累積分泌発汗量を用いています。

都市内の街路約 1 km を信号待ちも含めて日中に約 20 分歩行する条件において、10m間隔の街路樹により 9%の熱ストレス軽減効果が期待できますが、信号待ちを緑陰で行うことで 23%の効果となりました。また、クールビズにより 11%、さらに日傘を利用することにより 20%の熱ストレス軽減効果が得られる試算となっています。

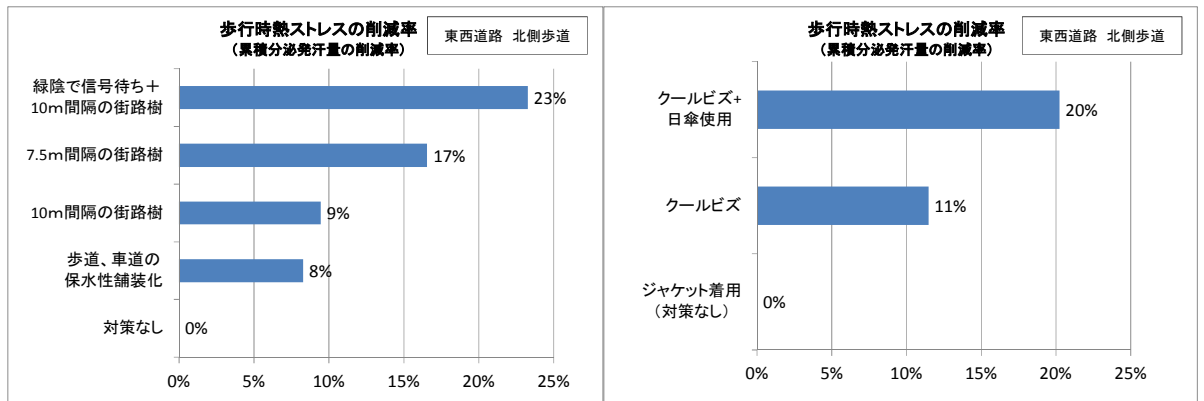


図 3.76 人の行動による適応策による熱ストレスの軽減効果 資料) 環境省

また、暑熱から回避できるクールシェルターの活用があります。東日本大震災後の節電取組として、地方公共団体での具体的な取組も見られます。足立区(東京都)では、家庭でのエアコン消費を抑えてもらいつつ快適に過ごせるように、公共施設を開放したほか、民間事業者の協力を得て、一部のスーパーなどにおいてステッカーやのぼりを掲示し、クールシェルターに位置づけました。

効果的な活用および留意事項

- ・熱中症に関する情報の発信に際しては、正確な情報が迅速に市民に伝わるように、携帯電話のメールや防災行政無線などを活用することが効果的です。
- ・熱中症の予防を目的とした気象観測では、気温の観測だけでなく、体感指標である WBGT の観測も合わせて行うことが重要です。

# 巻末資料

## 1. UCSS簡易シミュレーションの計算条件

### (気象条件など)

計算領域の上端風は、アメダス練馬における1997～1999年夏季の典型的な夏日の平均風速より、ベキ乗則によって設定した。

### (各地区の建物条件)

住宅地区、商業・業務地区、工場・倉庫地区ごとに下表の建物条件を仮定した。

表 3.7 シミュレーションにおける各地区の建物条件

地区名称	容積率 ネット	容積率 グロス	建蔽率 グロス	平均建物 高さ (m)	平均階数	平均 建物幅 (m)	延床面積 (m <sup>2</sup> /棟)	備考
住宅地区	80%	64%	32%	8	2	10.0	200	一般住宅地
商業・業務地区	400%	320%	32%	40	10	63.2	40,000	中高層商業業務地
工場・倉庫地区	200%	160%	32%	20	5	63.2	20,000	

### (人工排熱の条件)

#### ・建物排熱

国土交通省・環境省による既往調査<sup>1</sup>の排熱原単位を用い、各地区の建物条件における延床面積規模に応じたピーク時の顕熱量を住宅地区で20W/m<sup>2</sup>、商業・業務地区で200W/m<sup>2</sup>、工場・倉庫地区は排熱なしと設定し、同排熱原単位の時間変動パターンにより各地区の建物からの時間別の排熱量とした。

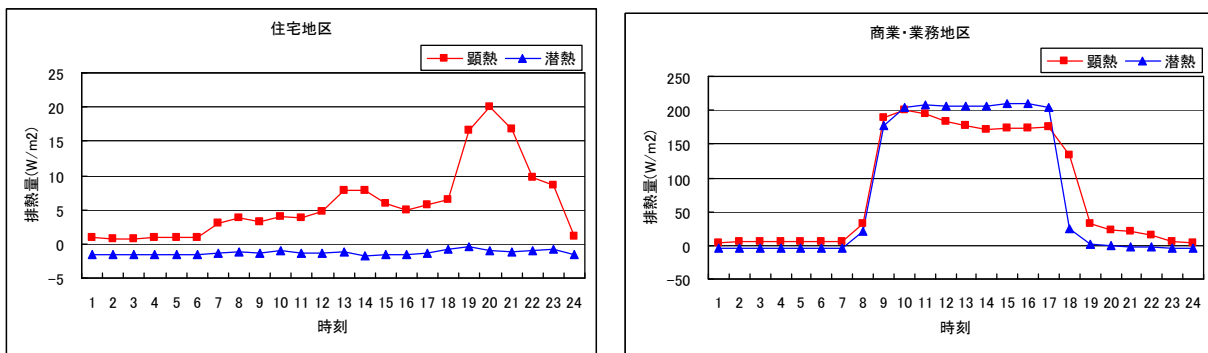


図 3.77 シミュレーションにおける各地区の建物排熱（住宅地区及び商業・業務地区）

<sup>1</sup> 国土交通省・環境省：平成15年度都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書，平成16年3月

・自動車排熱

自動車排熱量は、環境省による既往調査<sup>2</sup>で実施した広域シミュレーション（LOCALS-UCSS）データを利用し、東京都港区（工場地区を除く）のメッシュ平均を設定した。

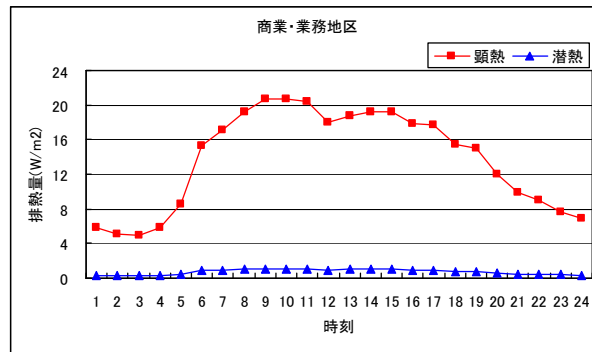


図 3.78 シミュレーションにおける商業・業務地区の自動車排熱

（シミュレーションにおけるパラメータ設定）

本データシートにおけるUCSS簡易シミュレーションは対策の感度分析を目的としているため、最大ケースにおいては可能な限り対策を実施した場合を想定し、対策量に応じた気温や対流顕熱などの変化量の傾きで対策効果が評価できるようにした。

なお、対策実施前の状態である標準ケースについては、商業・業務地区および工場・倉庫地区では、建物と道路（いずれの地区も一律20%と仮定）を除く敷地の被覆については、全面アスファルト舗装であるものと仮定した。住宅地区の敷地については、基本的には草地と仮定しているが、「敷地緑化」および「舗装の保水化」では全面アスファルトと仮定している。

表 3.8 UCSS 簡易シミュレーションにおけるケース別パラメータ設定

ケース	変化させる項目 (パラメータ)	設定内容 (最小および最大ケース)	最小ケース(%)			最大ケース(%)			変化量(%)		
			住宅	商業・ 業務	工場・ 倉庫	住宅	商業・ 業務	工場・ 倉庫	住宅	商業・ 業務	工場・ 倉庫
敷地緑化	敷地緑化 面積率	敷地のアスファルト舗装面(道路を除く)すべてに、 草地化を実施した場合を最大ケースとする。	0	0	/	48	48	/	12	12	/
舗装の保水化	保水化対策 面積率	道路及び敷地のアスファルト舗装面すべてに、保水 性対策を実施した場合を最大ケースとする。	0	0	0	68	68	68	14	14	14
高反射化	高反射化 面積率	高反射化が可能な面積(屋根面の80%)すべてに、 高反射化対策を実施した場合を最大ケースとする。	0	/	/	25.6	/	/	6.4	/	/
建物排熱削減	排熱削減率	最大100%削減ケースまで実施する。	0	0	/	100	100	/	25	25	/
自動車排熱削減	排熱削減率	最大100%削減ケースまで実施する。	/	0	/	/	100	/	/	25	/

<sup>2</sup> 環境省：平成18年度ヒートアイランド現象の実態把握及び対策評価手法に関する調査報告書，平成19年3月



## 2. LESCOM シミュレーションの計算条件

### (気象条件など)

今回の計算では、札幌、仙台、東京、福岡の4地域を対象とし、それぞれの地域における気象データは以下のものを用いた。なお、標準気象データの詳細な計算方法などについては、脚注の図書<sup>3</sup>を参照のこと。

- ・札幌標準年
- ・仙台標準年
- ・東京 90年代標準年
- ・福岡標準年

### (対象建物と室内条件)

以下に、オフィス・戸建住宅・集合住宅・工場の各建物について、間取りなどの建物条件および気温・湿度条件を示す。なお、高反射率塗料および日射遮蔽フィルムにおける遮蔽係数などのパラメータは、既存製品の試験値を参考にした。

#### ◆オフィス

設定温度(°C)：夏季 26°C、冬季：22°C

設定湿度(%)：50%

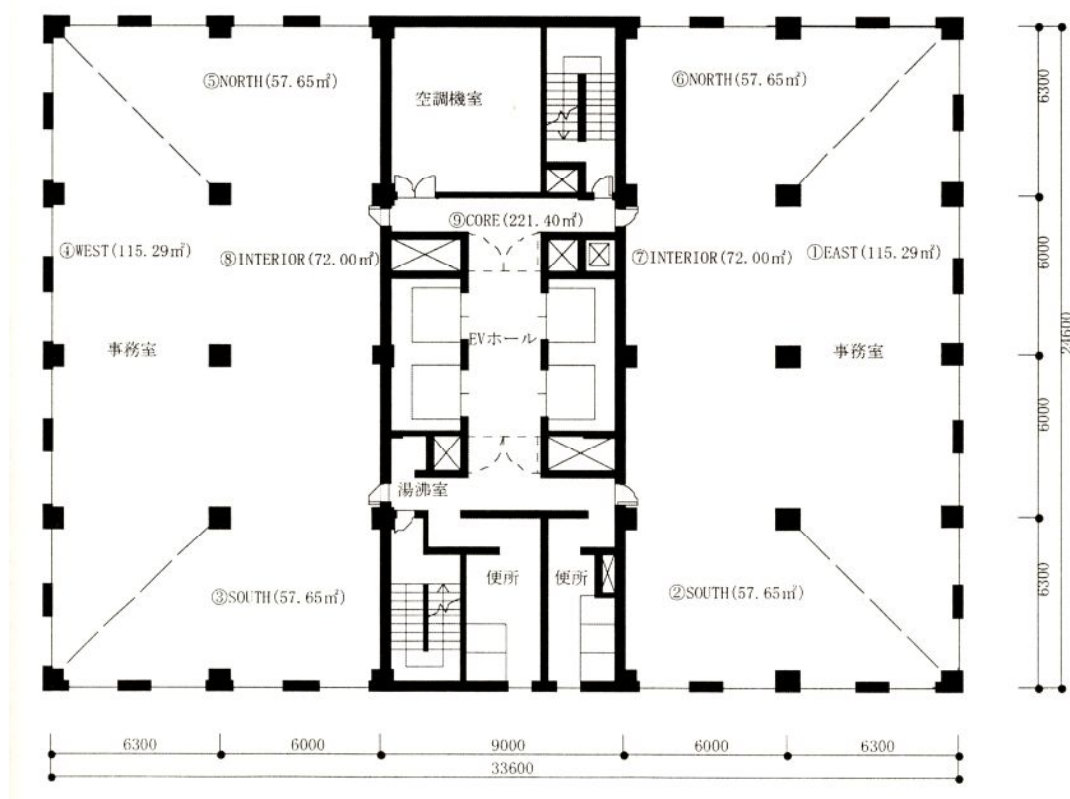


図 3.79 LESCOM シミュレーションにおけるオフィスのレイアウト

<sup>3</sup> 武田仁ほか：標準気象データと熱負荷計算プログラム LESCOM，井上書院，2005年3月

◆戸建住宅

設定温度(°C)：夏季 26°C、冬季：20°C

設定湿度(%)：50%

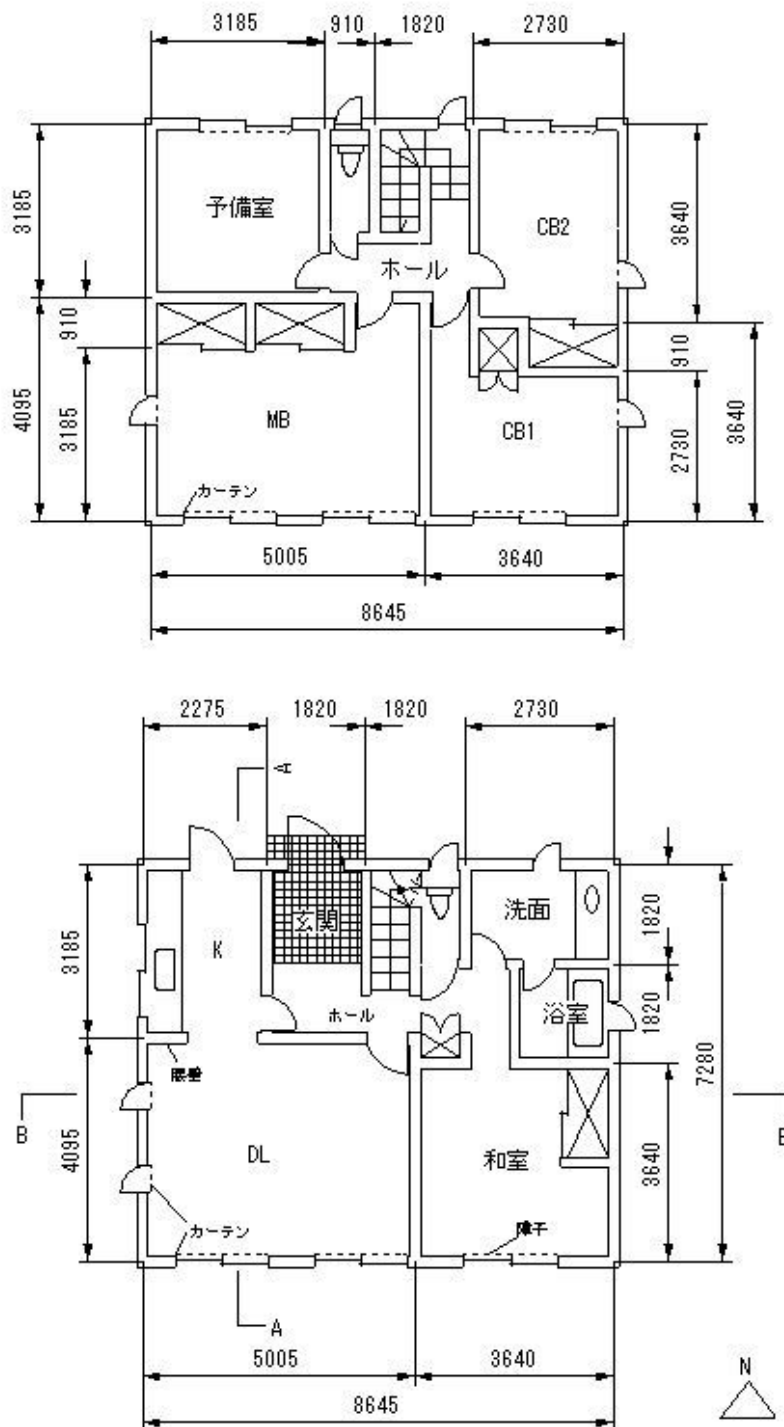


図 3.80 LESCOM シミュレーションにおける住宅のレイアウト

◆工場

設定温度(℃)：夏季 28℃、冬季：18℃

設定湿度(%)：50%

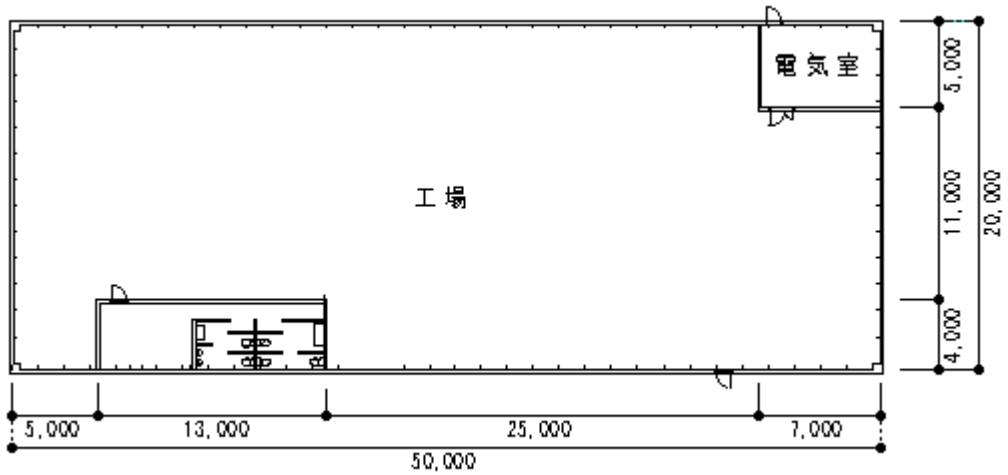


図 3.81 LESCOM シミュレーションにおける工場のレイアウト

(シミュレーションにおけるパラメータ設定)

本データシートにおける LESCOM シミュレーションは、対策による空調負荷の変化を評価できるように、地域別（札幌、仙台、東京、福岡）で、冷房負荷と暖房負荷の両者について計算を行っている。シミュレーションのパラメータ設定の一覧は表 3.9 に示した。表中に○があるものに関して、シミュレーション計算を行っている。

表 3.9 LESCOM シミュレーションにおけるパラメータ設定

	建物種別 (スラブ断熱性能:断熱材厚さ)						
	業務建物				木造戸建	工場	
	最上階			中層階	最上階	最上階	
	断熱なし	標準(25mm)	高(50mm)		高(50mm)	標準(25mm)	
屋上緑化	○	○	○				
建物被覆の親水化・保水化(光触媒コーティング+散水)						○	
屋根面の高反射化	反射率 高(0.86)	○	○	○		○	○
	反射率 中(0.50)		○			○	○
窓面への日射遮蔽フィルムの適用	日射遮蔽率 高(0.86)				○		
	日射遮蔽率 中(0.33)				○		
対策無し	○	○	○	○	○	○	

全てのケースにおいて、4地域(札幌、仙台、東京、福岡)で、冷房負荷および暖房負荷の両者について実施

### 3. 体感温度低減効果の試算条件

(基本条件)

本ガイドラインにおける体感温度の試算では、東京のオフィス街を想定したモデル街区を設定し、使用しました（図 3.82 左図）。評価区間は、日当たりがよく相対的に苛酷な熱環境となっている東西道路の北側歩道を対象としています。図 3.82 右図には環境省の既往調査<sup>4</sup>（以下、「環境省過年度調査」といいます。）で算出した SET\*の分布図を示しました。

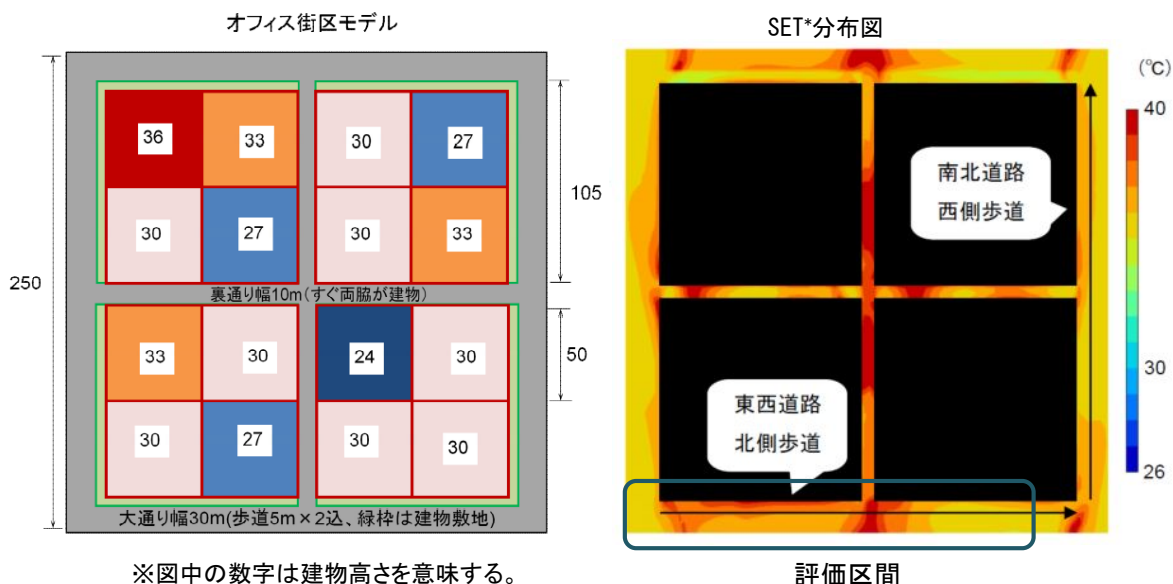


図 3.82 体感温度の試算に用いたモデル街区<sup>1</sup>

試算は、真夏に太陽高度が高くなる 12 時と日没後の 19 時の 2 つの時間帯で実施し、気象条件は環境省過年度調査で用いた値を参考に設定しました。また、SET\*の算出には 2-node モデルを用いました。表 3.10 にこれらの入力条件を一覧で示します。なお本試算では、適応策導入による気温や風速、湿度の変化は考慮していません（ミスト噴射装置を除く）。

表 3.10 試算における入力条件

気象条件			
		12 時	19 時
気温	(°C)	34.5	31.3
風速	(m/s)	1.0	1.2
相対湿度	(%)	45.0	62.0
法線面直達日射	(W/m <sup>2</sup> )	741.0	0.0
散乱日射	(W/m <sup>2</sup> )	114.1	0.0
大気放射	(W/m <sup>2</sup> )	427.8	421.5
太陽高度	(度)	74.4	0.0
太陽方位	(度)	191.0	296.9

人体モデル (2node モデル)		
着衣量	(clo)	0.6
代謝量	(met)	2.6
短波吸収率	(-)	0.5
長波吸収率	(-)	0.98

<sup>1</sup> 環境省：平成 22 年度ヒートアイランド現象に対する適応策検討調査業務，平成 23 年 3 月

評価点の設定は図 3.83 に示したように、歩道もしくは公開空地の中心、高さ 1.5m としました。

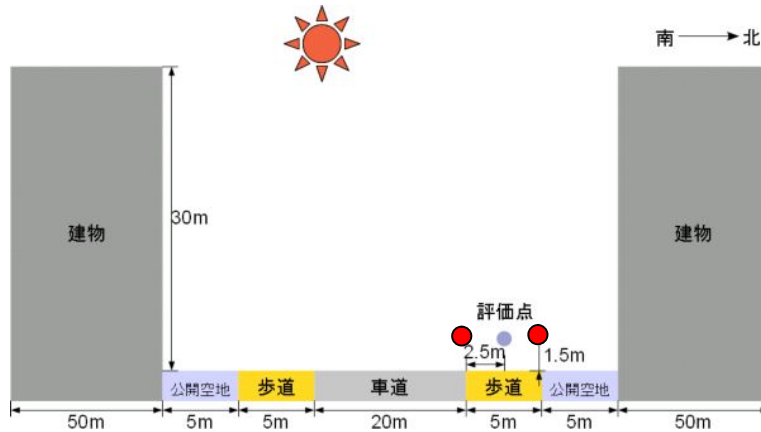


図 3.83 評価点の位置図

(適応策の入力条件)

表 3.11 には、表面温度と体感温度試算に当たっての設置条件の一覧を示しました。

表 3.11 試算における表面温度一覧

項目		表面温度(°C)		体感温度試算に当たっての設置条件
		12時	19時	
気温		34.5	31.3	
対策なし (基本ケース)	建物壁面	55.8※1	48.0※1	樹冠の大きさ 7.5mの街路樹が間隔 10mで設置されている状態を想定。日射透過率 0.96。緑陰は不連続。 建物壁面から5m張り出しているオーニング(白)が、隣接する建物に連続的に設置されている状態を想定。日射透過率 0.94。 建物壁面に高さ3mまで壁面緑化が施されている状態を想定。 公開空地(奥行き5m)の歩道側半分が緑被になっている状態を想定。 歩道の道路側に幅 1.5m、高さ 0.5mの植え込みが設置されている状態を想定。 高さ3mまでの窓面に水膜が形成されている状態を想定。壁面全体に対する窓面の面積比率は3割に設定。 歩道全体(車道を除く)に保水性舗装が施され、灌水装置により常に路面が濡れている状態を想定。 歩道全体(車道を除く)に高反射率塗料が塗布されている状態を想定。反射率(アルベド) 0.40。 公開空地(奥行き5m)の歩道側半分に水路が設けられ、水面が確保されている状態を想定。 1ノズル当たり 50cc/min 散水する設備が、1mに1ノズル設置されている状態を想定。
	歩道	62.2※1	39.7※1	
	公開空地	63.5※1	39.5※1	
1) 緑陰形成	樹冠内部	31.3※1	31.3	
	樹冠の日陰(路面)	43.0※1	33.3※3	
2) 人工日よけ設置	日よけ表裏面	64.5※2	31.3	
	日よけの日陰(路面)	40.3※1	33.3※3	
3) 壁面の緑化		36.5※4	31.3※4	
4) 敷地の緑化		40.5※3	30.3※3	
5) 植え込みの設置	上面	35.5※3	31.3※3	
	側面	34.5※3	31.3※3	
6) 建物被覆の親水化・保水化(窓面)		32.5※5	32.3※5	
7) 舗装の保水化		46.7※1	31.2※1	
8) 舗装の高反射化		49.5※3	34.3※3	
9) 水景施設の設置		32.5※3	32.3※3	
10) ミスト噴霧装置設置				

※1:「環境省：平成 22 年度ヒートアイランド現象に対する適応策検討調査業務」を参考に設定。

※2:「中村美智子(1985):日傘の防暑効果に関する実験的研究, 日本衣服学会誌, 29, pp.16-25」を参考に設定。

※3:「環境省:平成 21 年度モデル地域における未利用水有効活用検証に関する業務報告書」を参考に設定。

※4:「成田健一(2009):緑のカーテンは周囲空気を冷却するか?, 環境情報科学, 23, pp.167-172」を参考に設定。

※5:「武田 仁, 稗田 祐(2008):光触媒外付けスクリーン散水による温熱環境実測とシミュレーション—部位実験および実証実験棟による検証—, 日本建築学会環境系論文集, 73(632), pp.1179-1188」を参考に設定。

### 3章 対策技術等データシート

以下、各適応策における設置条件図を1)～10)に示しました。図3.84には全体のイメージを示しました。

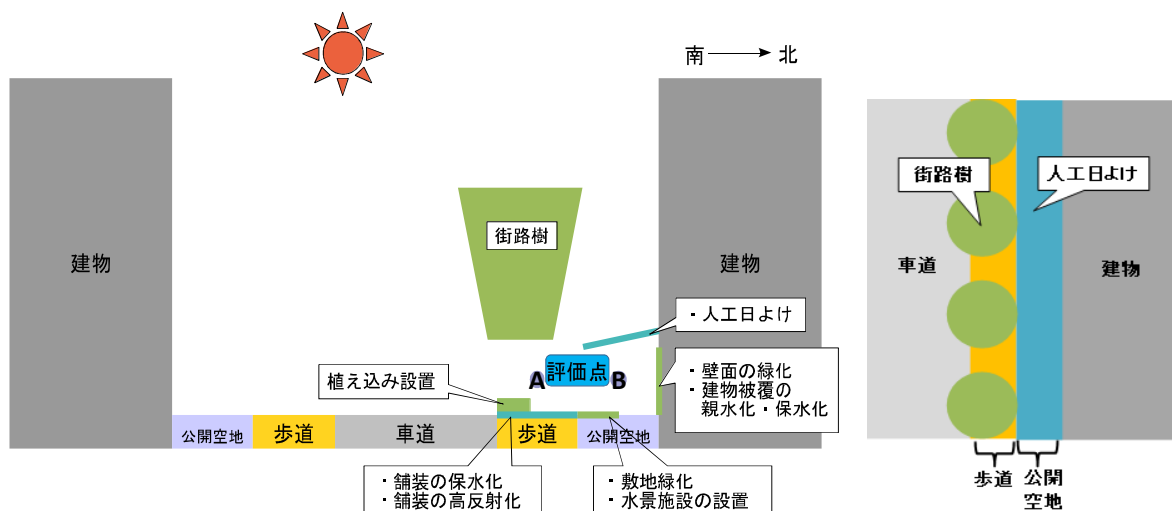
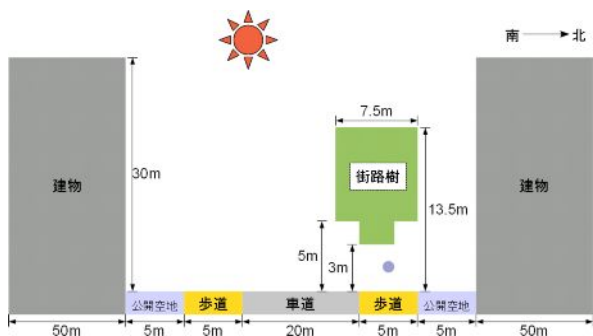


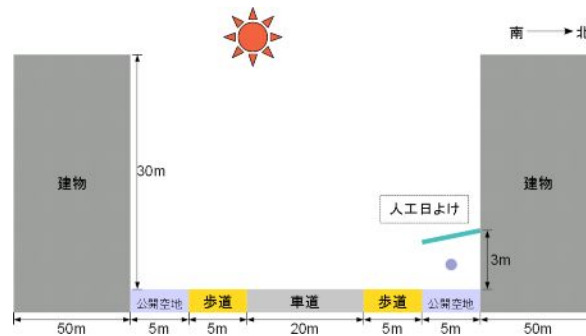
図 3.84 適応策の設置条件イメージ

(上図の街路樹は想定イメージであり、計算上は下図に示したメッシュに対応した形状である)

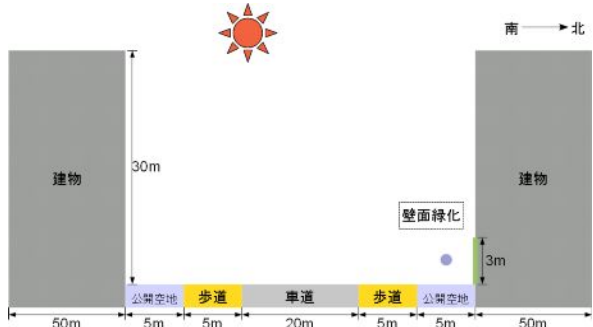
#### 1) 緑陰形成 (街路樹、パーゴラ)



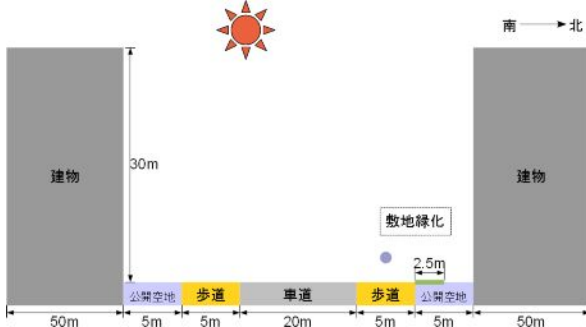
#### 2) 人工日よけ設置 (オーニング等)



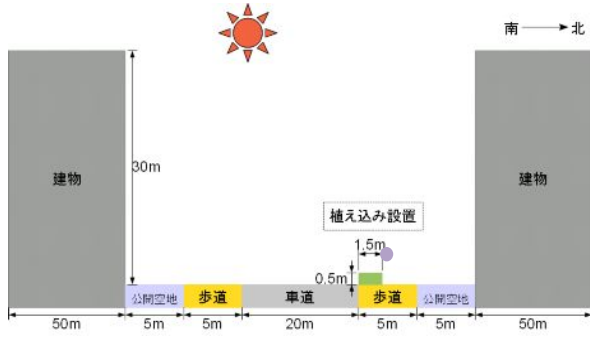
#### 3) 壁面の緑化 (生垣)



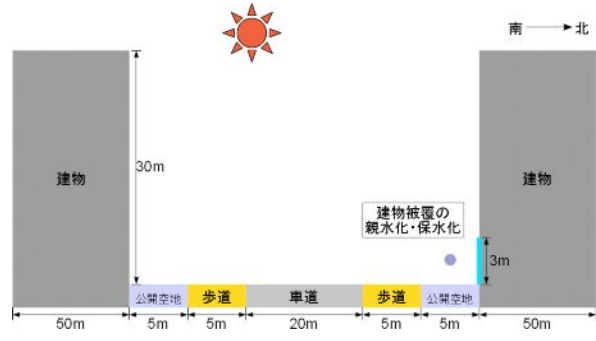
#### 4) 敷地の緑化



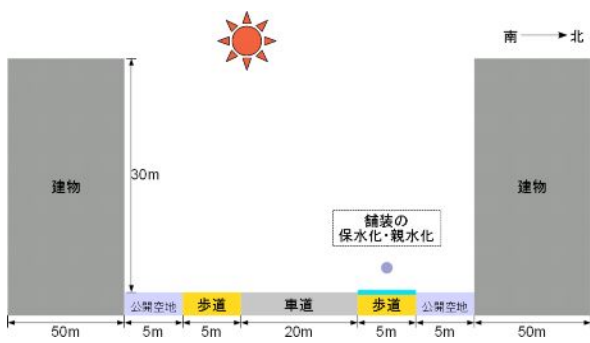
5) 植え込み設置



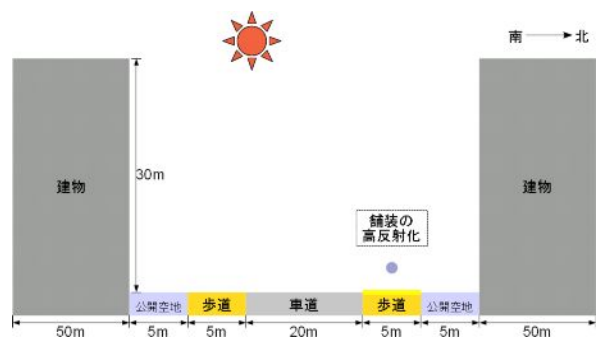
6) 建物被覆の親水化・保水化



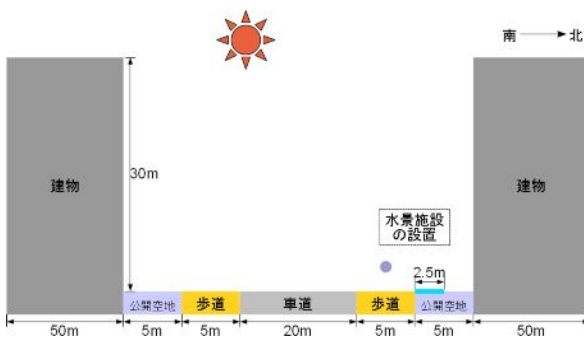
7) 舗装の保水化



8) 舗装の高反射化



9) 水景施設の設置



10) ミスト噴射装置設置

