

まちなかの暑さ対策ガイドライン
令和4年度部分改訂版

令和5年3月

環境省

はじめに

我が国の暑さは年々厳しさを増しており、令和4年6月末に急激な気温上昇により多くの方が熱中症により救急搬送されたところです。暑熱環境の悪化は熱中症リスクの増大をはじめ、国民生活に直結する深刻な問題です。

熱中症による救急搬送人員、死亡者数は高い水準で推移しており、国民生活に深刻な影響を及ぼしています。平成30年から令和2年までの3年間に統計開始以降最も多くの救急搬送人員が発生しており、死亡者数（5年移動平均）も年間1,000人を超える状況が続いている状況です。今後、気候変動の影響により、暑熱環境による国民生活への影響は増大していくと懸念されることから、社会全体で暑さ対策と熱中症予防対策に取り組むことが重要です。

本ガイドラインは、まちなかの暑さ対策を推進することを目的として、平成28年に初版が公表されました。人が感じる暑さについて科学的な情報を分かりやすく伝えるとともに、効果的な暑さ対策の実施方法についてその考え方を示し、関連する技術情報等を紹介しています。さらに、平成29年度には、環境省が実施した暑さ対策の効果検証結果や技術情報を更新し、改訂したところです。

今般、従来の暑さ対策に加え、熱中症対策の一助ともなるよう、暑さ対策の効果を暑さ指数で評価するなどの部分改訂を行い、令和4年度版（部分改定版）としました。

各主体において暑さ対策を実施される方々に本ガイドライン部分改定版を活用していただき、まちなかの暑さ対策の推進に貢献することができれば幸いです。

本ガイドラインの作成にあたりご協力をいただいた検討委員会の皆様をはじめ、関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

環境省水・大気環境局大気環境課大気生活環境室

まちなかの暑さ対策ガイドライン 令和4年度部分改訂版
目次

序章	ガイドラインの概要	1
—第1部 基礎編—		
第1章	まちなかの暑さと暑熱ストレス	3
1.1	人が感じる暑さ	3
1.2	まちなかの暑さと涼しさ	5
1.3	夏の暑さと暑熱ストレス	8
第2章	まちなかの暑さ対策	10
2.1	まちなかに求められる暑さ対策	10
2.2	暑さ対策のポイント	12
2.3	暑さ対策による効果	14
2.4	暑さ対策の進め方	16
第3章	暑さ対策の事例	17
—第2部 対策編—		
第4章	暑さ対策技術	30
4.1	暑さ対策技術の概要	30
4.2	暑さ対策技術シート	32
①	樹木・藤棚等による緑陰	34
②	人工日除け	37
③	窓面等の再帰反射化	41
④	地表面等の保水化	43
⑤	地表面等の遮熱化	47
⑥	地表面等の緑化	50
⑦	壁面等の緑化	52
⑧	壁面等の保水化・親水化（冷却ルーバー等）	55
⑨	微細ミスト	58
⑩	送風ファン	62
⑪	冷却ベンチ	64
第5章	対策技術選定の際の確認事項等	66
—第3部 技術情報編—		
第6章	暑さ指数（WBGT）の把握	73
6.1	人が感じる暑さの指標	73

6.2 実測等による把握方法.....	74
6.3 シミュレーションによる把握方法.....	79
第7章 暑さ指数（WBGT）による対策効果の把握.....	80

－序章－ ガイドラインの概要

【ガイドライン作成の背景】

地球温暖化や都市のヒートアイランド現象によって、都市で生活する人々が夏に感じる暑さは厳しさを増しています。極端に暑い日が増加し、夜間も気温の高い日が多くなってきています。そのため近年、熱中症が多発しています。この状況は大都市に限ったことではなく、中小の都市においても同様の傾向にあります。

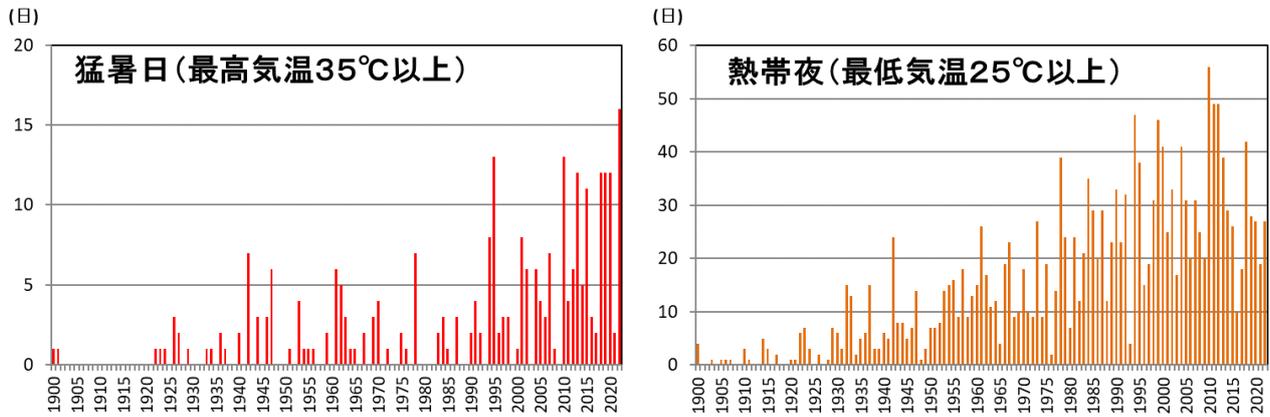


図 1 東京の猛暑日と熱帯夜の日数の推移¹

これまでの暑さ対策は、個々に日傘をさす、打ち水をするなどのソフトな取り組みを中心に行われてきました。しかし、気候変動による気温上昇は今後も一定程度進むことが予測されており、まちなかの暑さはより一層、厳しさを増す可能性があります。そのため、まちなかの暑さ対策にも積極的に取り組んでいくことが重要となります。



図 2 交差点近くの木陰（左）と商店街での微細ミスト対策（右）

¹ 気象庁 HP から東京管区气象台 観測地点「東京」のデータを用いて作成。2014 年 12 月に観測地点が千代田区大手町から北の丸公園へ移転した。

【ガイドラインの目的】

夏の暑さによる身体のストレス（以下、「暑熱ストレス」という。）を低減させて、健康で快適なまちづくりを推進するためには、人が感じる暑さや涼しさのメカニズムを理解し、その上で適切な対策をとることが重要です。

そこで本ガイドラインでは、まちなかの暑さ対策を推進することを目的として、人が感じる暑さについて科学的な情報を分かりやすく伝えるとともに、効果的な暑さ対策の実施方法についてその考え方を示し、関連する技術情報等を紹介します。

【ガイドラインの対象者と構成】

まちなかの暑さ対策を進めるためには、様々な立場の方に広く基本となる事項を知っていただく必要があります。一方で、暑さ対策を実務として担う場合には、暑さ対策の具体的な実施方法等、より技術的な情報も必要になります。そのためガイドラインを3部構成とし、第1部は「基礎編」として一般の方を対象に暑さ対策に関する基本的な内容を分かりやすく説明し、対策事例を紹介しました。第2部は「対策編」として暑さ対策技術の種類や効果、導入の際の留意事項などを整理しました。第3部は「技術情報編」として暑さ対策に取り組む実務者向けの技術的な情報等を掲載しています。

表 1 ガイドラインの構成

	内 容	対象者
第1部（基礎編） 第1～3章	人が感じる暑さや体感温度に関する基本的な知識、暑さ対策のポイントを説明 まちなかの暑さ対策事例を紹介	主に、行政やまちづくりに関わる一般の方
第2部（対策編） 第4～5章	暑さ対策技術の種類とその概要を説明 効果、導入の際の留意事項などの情報を紹介	まちづくりに関わる一般の方から対策を実施する実務者の方まで
第3部（技術情報編） 第6～7章	まちなかの暑さの把握方法や対策効果の評価方法等、効果的な暑さ対策に必要な技術情報等を紹介	施設設計や外構設計等の実務者の方

【ガイドラインが対象とする暑さ対策】

本ガイドラインは、屋外や半屋外などを対象として、日射を防いで、水・緑・風などの自然の力を活かして暑さをコントロールする対策手法を、既存の建物等に追加的に導入していくことで、局所的に人が感じる暑さを和らげる対策を中心に紹介するものです²。

暑さ対策を進めるには、ヒートアイランド現象を緩和して都市の気温を下げる対策、例えばまちなかの風通しを改善するための都市計画や街区設計、建物設計等が重要になりますが、計画・設計段階での配慮事項等につきましては、他のガイドライン等³を参照ください。

² 紹介する対策手法の一部には、補助的に動力を用いるものも含まれています。また、本ガイドラインで取り上げた対策手法の他に、歩行空間へ排出される空調機器等からの排熱位置・方向を変更することで歩行空間の熱環境を改善するなどの対策手法もあります。

³ 例えば、国土交通省「ヒートアイランド現象緩和に向けた都市づくりガイドライン」平成25年12月 等

—第 1 部 基礎編 —

第1章 まちなかの暑さと暑熱ストレス

1.1 人が感じる暑さ

- ・人が感じる暑さは気温だけでなく、湿度、風、日射や赤外放射にも影響される
- ・本ガイドラインでとりあげる「暑さ対策」は、人が感じる暑さを和らげるために、気温の低下のみで考えるのではなく、暑さ指数（WBGT）や体感温度（SET）^{4,5}を低下させることを目標とする

人が感じる暑さは、気温だけでなく、湿度、風の強さ、日射や高温化した路面などから放出される熱（赤外放射⁶）の違いに大きく影響されます。日向より木陰が涼しいと感じるのは、木陰の気温が低いためと認識されていることも少なくありません。実際には、日向と木陰の気温がほぼ同じ場合でも、木陰では日射や路面からの赤外放射が少ないために、日向より涼しく感じます。

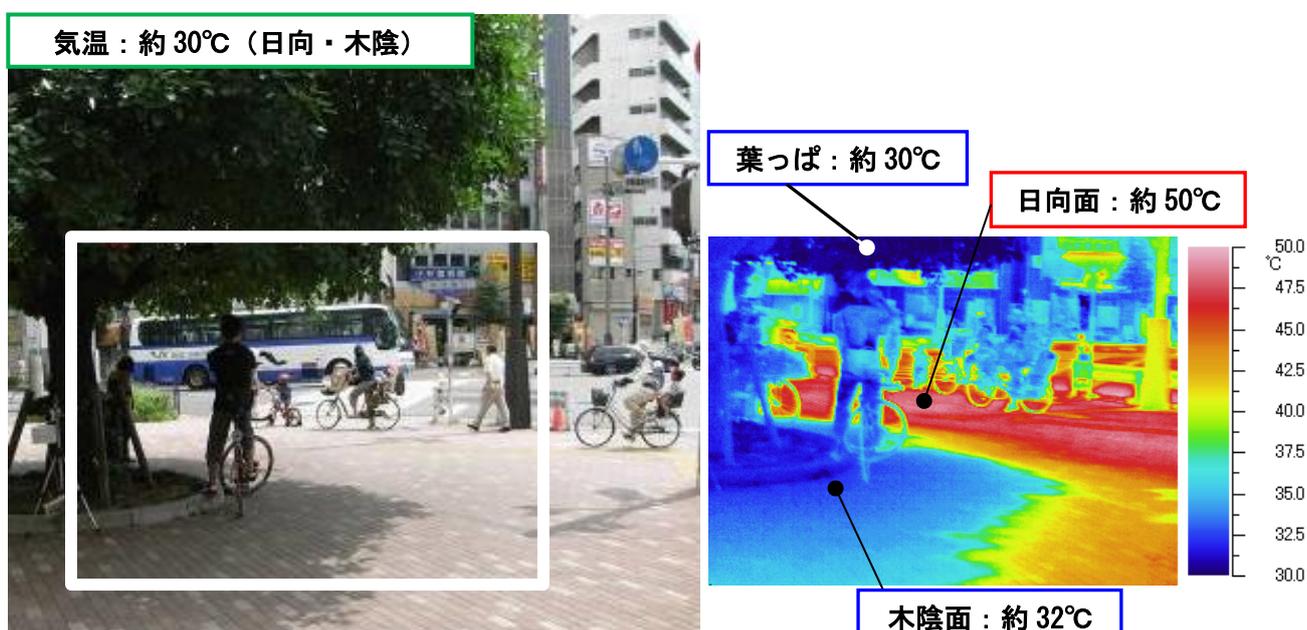


図 1.1 木陰のある交差点（東京都江東区木場）

本ガイドラインでとりあげる「暑さ対策」は、局所的に気温を下げることや、日射や赤外放射を抑制することなどにより、総合的に人が感じる暑さを和らげ、健康で快適な環境づくりを推進する手法です。そのため暑さ対策の効果は、気温の低下のみで考えるのではなく、湿度、風、日射や赤外放射を含めた「人が感じる暑さの指標」で評価することが重要です。

人が感じる暑さの指標については、本ガイドラインでは WBGT（湿球黒球温度。以下「暑さ指数（WBGT）」と言います。単位はなし⁷）と SET（標準有効温度。以下「体感温度（SET）」と言います。単位は°C）を用います。暑さ指数（WBGT）については次頁で、体感温度（SET）については第 6 章で詳しく

⁴ まちなかの暑さ対策ガイドライン改訂版（平成 30 年度 3 月）では、体感温度を「SET*」と表記していたが、ASHRAE Standard 55-2017 には、「SET」との表記に修正されているため、当ガイドラインでも「SET」に統一した。「SET」と「SET*」は同等である。

⁵ ANSI/ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, 2020, GA, USA

⁶ ものの表面温度に応じて電磁波として放出される熱を「赤外放射」という。温度が高いほど放射が強くなる。

⁷ 暑さ指数（WBGT）の単位は「°C」であるが、本ガイドラインでは、体感温度（SET）との混同を避けるため、暑さ指数（WBGT）では単位「°C」を除いている。

説明します。暑さ指数(WBGT)は熱中症予防に、体感温度(SET)は快適性の評価に適した指標です。本ガイドラインでは広く普及しつつある暑さ指数(WBGT)を主として用いますが、まちなかにおいては快適性の向上も求められるため、適宜、体感温度(SET)も用います。

暑さ指数 (WBGT : Wet Bulb Globe Temperature (湿球黒球温度))⁸

熱中症を引き起こす条件として「気温」は重要ですが、わが国の夏のように蒸し暑い状況では、気温だけでは熱中症リスクは評価できません。暑さ指数(WBGT)は、人体と外気との熱のやりとり(熱収支)に着目し、気温、湿度、日射・輻射(赤外放射)、風の要素をもとに算出する指標として、特に労働や運動時の熱中症予防に用いられています。

【算出式】

暑さ指数(WBGT)⁹ = 0.7 × 湿球温度 + 0.2 × 黒球温度 + 0.1 × 乾球温度

- 乾球温度：通常の温度計が示す温度。いわゆる気温のこと。
- 湿球温度：湿度が低いほど水分の蒸発により気化熱が大きくなることを利用した、空気の湿り具合を示す温度。湿球温度は湿度が高いときに乾球温度に近づき、湿度が低いときに低くなる。
- 黒球温度：黒色に塗装した中空銅球の中心に温度計を入れて計測した温度。日射や高温化した路面からの輻射熱(赤外放射)の強さ等により、黒球温度は高くなる。

【暑さ指数(WBGT)の基準域】

暑さ指数(WBGT)を用いた指針としては、日本生気象学会における「日常生活における熱中症予防指針」¹²、(公財)日本スポーツ協会による「熱中症予防運動指針」があり、暑さ指数(WBGT)に応じて表1.1に示す注意事項が示されています。また、夏季には、気象庁データに基づいた、全国約840地点の暑さ指数(WBGT)の実況値や予測値が「環境省熱中症予防情報サイト」で公開されています。

表1.1 暑さ指数(WBGT)に応じた注意事項等^{10,11,12}

暑さ指数(WBGT)による基準域	注意すべき生活活動の目安	日常生活における注意事項	熱中症予防運動指針
危険 31以上	すべての生活活動でおこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。	運動は原則中止 特別の場合以外は運動を中止する。特に子どもの場合には中止すべき。
厳重警戒 28以上 31未満		外出時は炎天下を避け室内では室温の上昇に注意する。	厳重警戒(激しい運動は中止) 熱中症の危険性が高いので、激しい運動や持久走など体温が上昇しやすい運動は避ける。10～20分おきに休憩をとり水分・塩分を補給する。暑さに弱い人は運動を軽減または中止。
警戒 25以上 28未満	中等度以上の生活活動でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に充分に休憩を取り入れる。	警戒(積極的に休憩) 熱中症の危険が増すので、積極的に休憩をとり適宜、水分・塩分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休憩をとる。
注意 25未満	強い生活活動でおこる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。	注意(積極的に水分補給) 熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。

⁸ 環境省「熱中症環境保健マニュアル2022」令和4年3月

⁹ JIS Z 8504では、WBGTの算出に「自然湿球温度」が用いているが、本ガイドラインでは、一般的に測定されている相対湿度から求めることができる「湿球温度」を用いて暑さ指数(WBGT)を算出している。「湿球温度」の測定は第6章で説明する。

¹⁰ 日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針 Ver.4」(2022)

¹¹ (公財)日本スポーツ協会「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」(2019)

¹² 日本生気象学会の承諾を得て、一部改変の上転載した。出典元のWBGTを“暑さ指数”と呼び、体感温度(単位:℃)と区別するため単位のない指数として表記した。

1. 2 まちなかの暑さと涼しさ

- ・まちなかの暑さは、日射、風の有無や周囲の環境によって大きく異なる
- ・日射が良く当たる幅の広い東西道路の北側歩道は特に暑い（赤外放射が強い）
- ・風通しの良さも人が感じる暑さに大きく影響し、風速が 0.8m/s から 1.5m/s に増加すると、暑さ指数 (WBGT)は 0.4 程度低下¹³
- ・川辺の風を利用したり、風通しを阻害しないようにしたりすることが重要

まちなかの暑さは場所によって違うのでしょうか。まちを歩いているとき、「暑い」と感じる場所と、逆に「涼しい」と感じる場所があります。

暑さに大きく影響するのは「日射」です。太陽からの日射のエネルギーは大きく、真夏の日中には肌を刺すような刺激を感じます。日射があたる路面は熱を吸収して温度が上昇します。熱を吸収しやすい黒いアスファルトの表面温度は 60℃を超えることもあり、路面から放出される赤外放射が強くなります。

そのため、盛夏においては樹木の陰に入ると、頭上からの日射と足元からの赤外放射が大幅に減り、日向にくらべ暑さ指数(WBGT)が2程度¹⁴、体感温度 (SET) が 7℃程度¹⁵低くなる¹⁶場合があります。

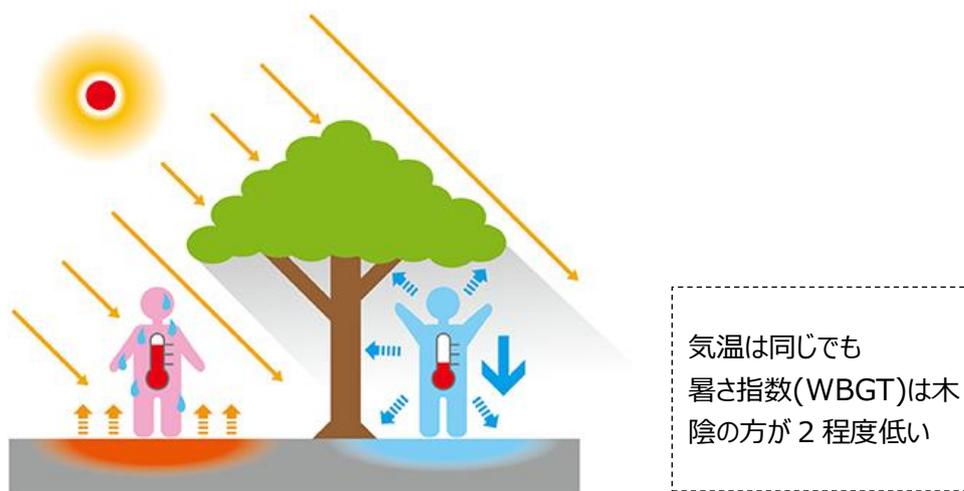


図 1.2 日向と木陰の暑さ指数(WBGT)の違いのイメージ

¹³ 環境省 平成 28 年度余剰地下水等を利用した低炭素型都市創出のための調査・検証事業（以下、「平成 28 年度環境省検証事業」とする。）

¹⁴ 富樫ほか、道路散水・街路樹・ミスト・遮熱性舗装による WBGT 低減効果に関する実測と考察、日本建築学会大会学術講演梗概集, 2359-2360, 2020

¹⁵ 萩島ほか、街路樹の暑熱緩和効果に関する調査研究:その 2 放射温度分布、日本建築学会大会学術講演梗概集 D, 1443-1444, 1994

¹⁶ 体感温度 (SET) は相対湿度 50%の標準環境での気温相当温度、暑さ指数 (WBGT) は相対湿度 100%環境での気温相当温度であり、相対湿度 100%未満の環境で表示される暑さ指数 (WBGT) の数値は、私たちが感じる暑さに相当する気温の数値より低くなる。私たちが感じる暑さに呼応する相対湿度 50%基準の WBGT が堀越らにより提案されている (堀越ほか、生活実感に呼応する相対湿度 50%を基準とした WBGT の提案、日本生気象学会雑誌, 57 巻, 4 号, 117-126, 2021)

放射（日射や赤外放射）に着目して真夏の正午に街路で歩行者が受ける熱量を計算した事例¹⁷では、まちなかの暑さが場所によって大きく異なることが分かります（図 1.3）。幅の広い東西方向の道路の北側歩道では、歩行者が受ける熱量が最も大きく、6 畳の部屋で 1,000W の電気ストーブを 10 台使用した場合と同程度になります。このうち、日射によるものは 5 割強、残りの 5 割弱は路面や壁面からの赤外放射でした。太陽は東から昇り西に沈むため、太陽が高く昇る夏には東西道路は長時間日射を受けて、路面などが高温化し、北側の歩道や交差点付近では、歩行者の暑熱ストレスが非常に大きくなります。

このように放射熱だけを考えても、まちなかの暑さは場所によって大きく異なります。気温や風の状況を考慮すれば、まちなかの暑さ分布は一層、複雑になります。

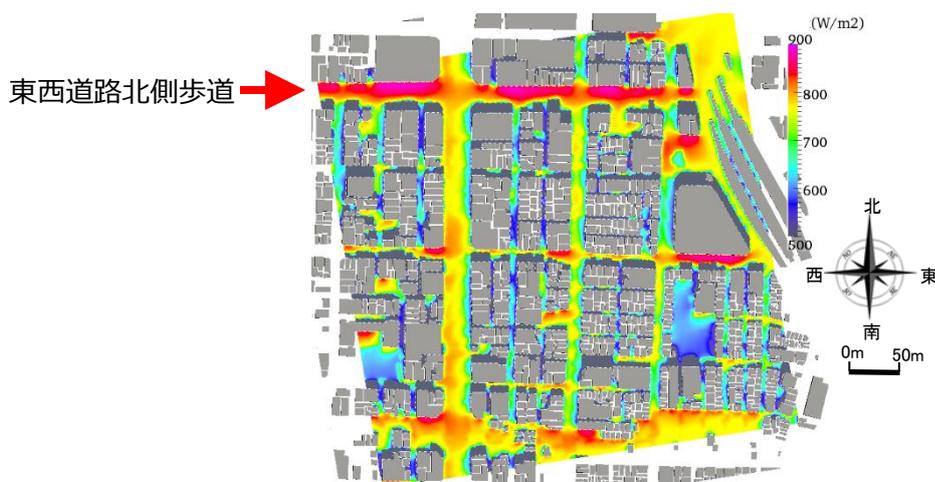


図 1.3 都市街路で歩行者が受ける熱量（8月12時）¹⁷

このような暑い街路でも、少しの空間に木陰とベンチなどがあれば、建物の利用者や歩行者にとって、ありがたいクールスポットになります。



図 1.4 街路沿いのクールスポット（東京都中央区銀座）

¹⁷ 環境省，平成 24 年度ヒートアイランド現象に対する適応策及び震災後におけるヒートアイランド対策検討調査，平成 25 年 3 月（国土交通省国土技術政策総合研究所（足永靖信氏）が開発した都市の熱環境評価のためのシミュレーションツールを使用して東京の都心部の街区を対象に計算した結果。真夏の正午（気温約 33℃）に街路で歩行者が受ける正味の受熱量を計算したところ、幅の広い東西方向の道路の北側歩道で受熱量が最も大きく、900W/m²（6 畳の部屋で 1,000W の電気ストーブを 10 台使用した場合と同程度の熱）にもなった。）

日射を遮る商店街のアーケードは、日中の人が感じる暑さを和らげます。日中のアーケードは日向に比べ、歩行の際に皮膚温度や心拍数の上昇を抑制する、すなわち暑熱ストレスの低減効果があることを確認できました¹⁸。

地域資源の一つであるアーケードを活用することで、高齢化が進む社会において、夏季の環境においても高齢者が安心して歩けるまちづくりが期待されます。



図 1.5 商店街アーケード（東京都荒川区 ジョイフル三の輪商店街）

風も人が感じる暑さに強く影響します。多少暑くても、風が吹いていると気持ち良く感じますが、風が止むと不快な暑さを感じます。まちなかで建物が密集すると、風通しを阻害する場合があります。街路内の風をコントロールすることは簡単ではありませんが、クールスポットを作るのであれば、風通しの良いところを選んだり、風を阻害したりしないよう配慮することが重要です。風速が 0.8m/s から 1.5m/s に増加すると、暑さ指数(WBGT)が約 0.4 程度低下¹⁹します。空気が滞留しやすく、人が密集するところなどでは、強制的に送風して熱だまりを防ぎ、人に風を当てて感じる暑さを和らげる方法も有効です。

夏の夕方、川辺は心地良く感じます。これは日が傾いて日射が弱くなり、川面の冷たさと河川に吹く比較的強い風が、人が感じる暑さを和らげるためです。

都市内には大小さまざまな河川が流れています。川辺の特徴を上手く利用することで、効果的なクールスポットを創出することが期待されます。



図 1.6 夏の夕方に隅田川沿いで過ごす人々

¹⁸ 環境省 平成 31 年暑熱環境に対する適応策調査業務

¹⁹ 平成 28 年度環境省検証事業

1. 3 夏の暑さと暑熱ストレス

- ・人は体温を一定に保つため発汗などにより放熱するが、暑熱環境下では放熱が進みにくい
- ・高齢者は体温調節機能が衰えはじめ、夏の日中に日向を歩いた場合、若年者にくらべて体の中心部分の温度が上昇しやすい
- ・子供は体温調節機能が未発達であることに加えて、身長が低いと路面からの赤外放射を受けやすい

食べ物を食べたり、運動したりすることで、人の体内では熱が発生します。また、日射を浴びることで外部からも熱を受けます。人間の体は体内で発生した熱や外部から受けた熱を逃がすために、汗をかくなどして放熱し、体温が一定以上に上がらないようになっており、体の中心部分の温度は、冬も夏も約 37℃で一定に保たれています。

しかし、夏の暑い環境では放熱しにくく、水分補給が十分でない場合などには体温が上昇して、熱中症になるなど健康への影響が生じます。

【人の体温調節メカニズム】

人は体温の上昇を防ぐために、自律的に皮膚近くの血管を拡張し、皮膚の近くに血液を多く流して、皮膚から周辺に放熱することにより血液を冷やします。特に手や足の抹消部分は、暑いときには寒いときより血流量が 100 倍程度も多くなると言われています。皮膚からは以下の 3 通りのメカニズムで放熱します。



-[空気に放熱（対流）]-

皮膚に直接当たる空気に放熱して皮膚を冷やします。気温が高いほど、風速が弱いほど、放熱は進みません。



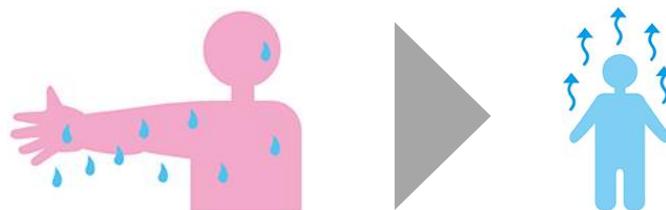
-[まわりのモノに放熱（放射）]-

まわりのモノに向かって熱を放射することで皮膚を冷やします。モノの温度が皮膚温より高いと放熱が進まず、逆に皮膚が受ける熱が多くなります



-[発汗して放熱（蒸発）]-

空気やまわりのモノに放熱するだけでは足りずに、体温が上昇してしまう場合に発汗が始まります。汗が蒸発するとき皮膚から気化熱を奪うことで皮膚を冷やします。湿度が高いと汗が蒸発しにくく放熱が進みません。発汗すると体内から水分・塩分が失われるので、水分・塩分を補給する必要があります。



高齢者は体温調節機能が衰えはじめるため、夏の暑さに対する注意が必要です。若年者と高齢者が日向と日陰で歩行運動を行った実験の結果²⁰では、若年者は日向でも日陰でも体の中心部分の温度上昇は0.6℃程度であり、高齢者も日陰では同程度の上昇でしたが、日向で運動した高齢者は約1℃と倍近く上昇していました。これは高齢者の発汗量が若年者に比べて少ないことなどが影響していると考えられ、高齢者の方が夏の暑さによる影響を受けやすいことが分かります。

ただし、高齢者も日陰では若年者と同程度の上昇だったため、高齢者でも日陰を選んで歩いたり、日傘をさしたりすることにより、夏の暑さによる影響を抑制することができると考えられます。

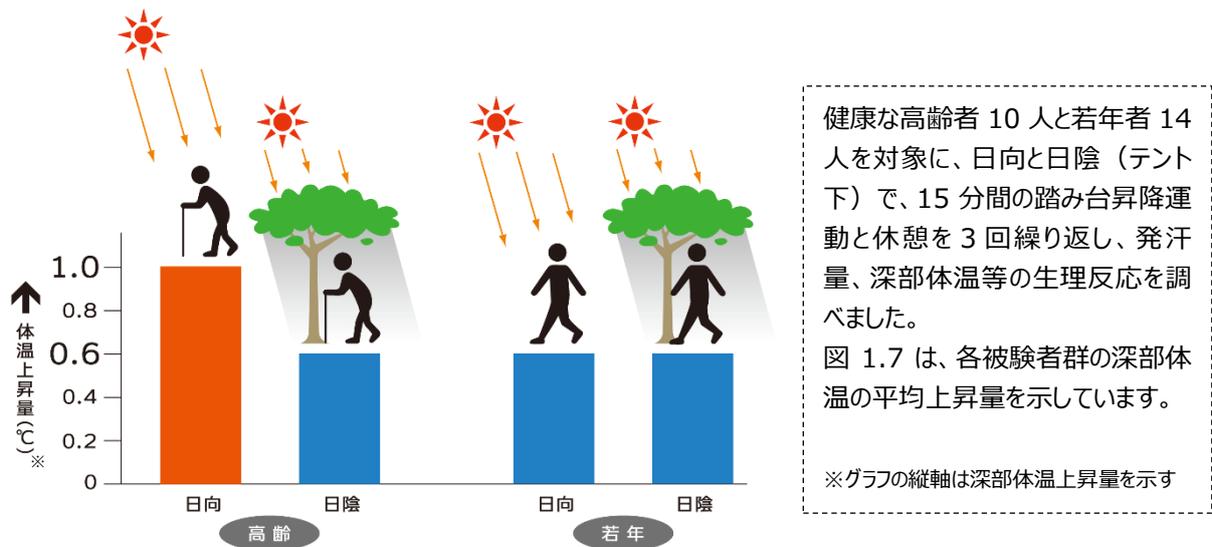


図 1.7 高齢者と若年者の歩行運動実験結果²⁰

子供は、汗腺をはじめとした体温調節機能が未発達で十分に放熱できず、厳しい暑さのなかでは体温が上昇しやすいという特徴があります。特に、身長が低い幼児やベビーカーに乗った赤ちゃんは、高温化した路面からの赤外放射を受けやすいため、子供の様子に注意が必要です。

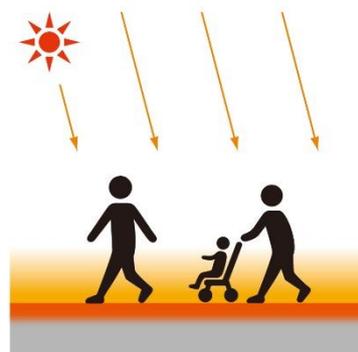


図 1.8 高温化した路面からの赤外放射のイメージ

²⁰ 環境省、平成 26 年度ヒートアイランド現象に対する適応策及び震災後におけるヒートアイランド対策検討調査業務報告書（平成 27 年 3 月）のデータをもとに作成。

第2章 まちなかの暑さ対策

2.1 まちなかに求められる暑さ対策

- ・暑くても待たなければならない場所、快適に過ごしたい場所などに暑さ対策を実施することで、健康で快適な環境づくりを推進
- ・夏に最も暑さを感じる行動は「まちなかの移動」で、特に「自宅周辺」や「交差点・信号待ち」を暑いと感じている

夏の炎天下を歩いていて、目の前の信号が赤になったとき、少しでも日射を避けたいと思います。近くに木陰があると本当に助かります。

暑さの要因を理解し、暑くても待たなければならない場所、快適に過ごしたい場所などに適切な暑さ対策を実施することで、健康で快適なまちなかの環境づくりを進めることができます。

例えば、人がたくさん集まる駅前のロータリーでは、バス停や待ち合わせに使われる場所などに遮熱性の日除けや微細ミスト、保水性ブロックなどを複合的に導入することで、待ち時間をより快適に過ごすことができます。

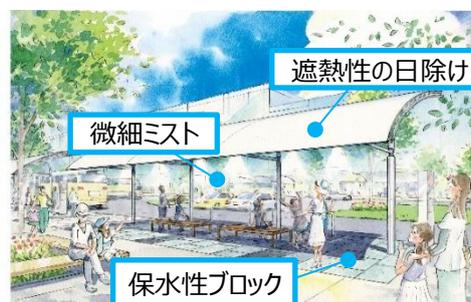


図2.1 バス停など、暑くても待たなければならない場所での暑さ対策のイメージ

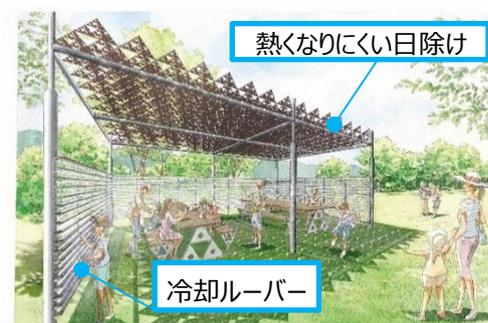


図2.2 公園など、快適に過ごしたい場所での暑さ対策のイメージ

また、気持ちのよい屋外の公園も、夏には子供たちにとっては暑すぎる場所になることもあります。樹木の葉を模した熱くなりにくい日除けや、水の蒸発を利用する冷却ルーバー²¹などで、より快適な休憩スポットを創出することができます。

暑さ対策は、大まかに、「うえ」日射の低減、「した」地表面等の高温化抑制・冷却、「よこ」壁面等の高温化抑制・冷却、そして「まんなか」空気・からだの冷却、に分類できます。

それぞれの対策を組み合わせることで、より効果的な暑さ対策となります。次節では、この分類と合わせて暑さ対策のポイントを解説します。技術の詳細は第4章以降を参照ください。

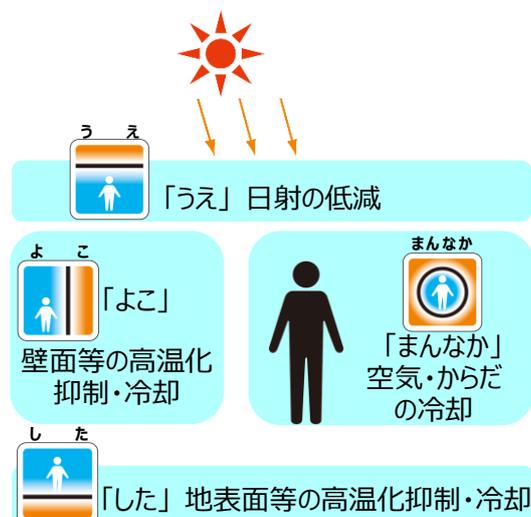


図2.3 暑さ対策の考え方

²¹ ルーバー：壁面や天井の開口部による戸状の板を縦または横に並べて付けたもの。(株式会社岩波書店 広辞苑第五版)

環境省で実施した一般の方を対象とした意識調査²²によると、夏の日常生活（平日の日中）において、最も暑さを感じる行動は「まちなかの移動」でした。

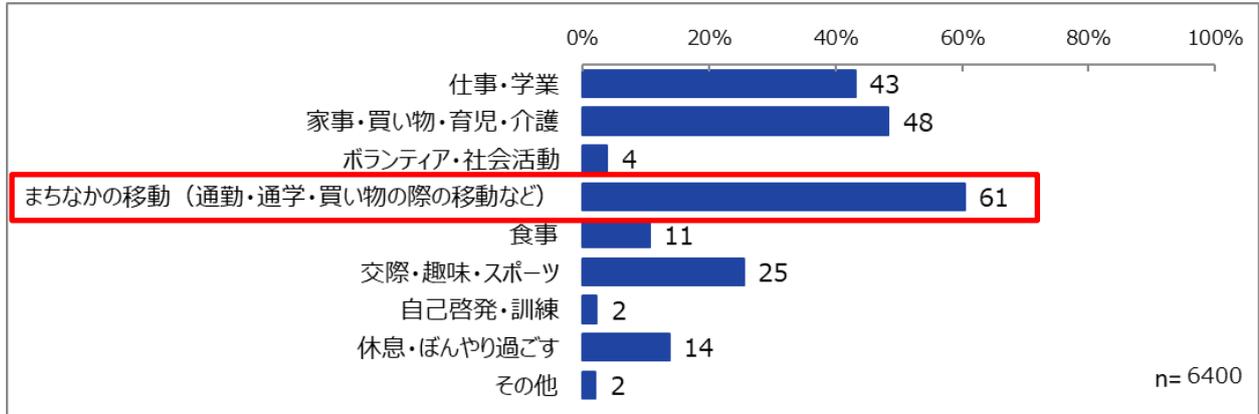


図 2.4 夏の日常生活で最も暑さを感じる行動

また、暑さを感じる場所は「自宅周辺」、「交差点・信号待ち」、「駐車場・駐輪場」との回答が多く、暑さを感じる時間は「昼過ぎ（12～14時台）」でした。

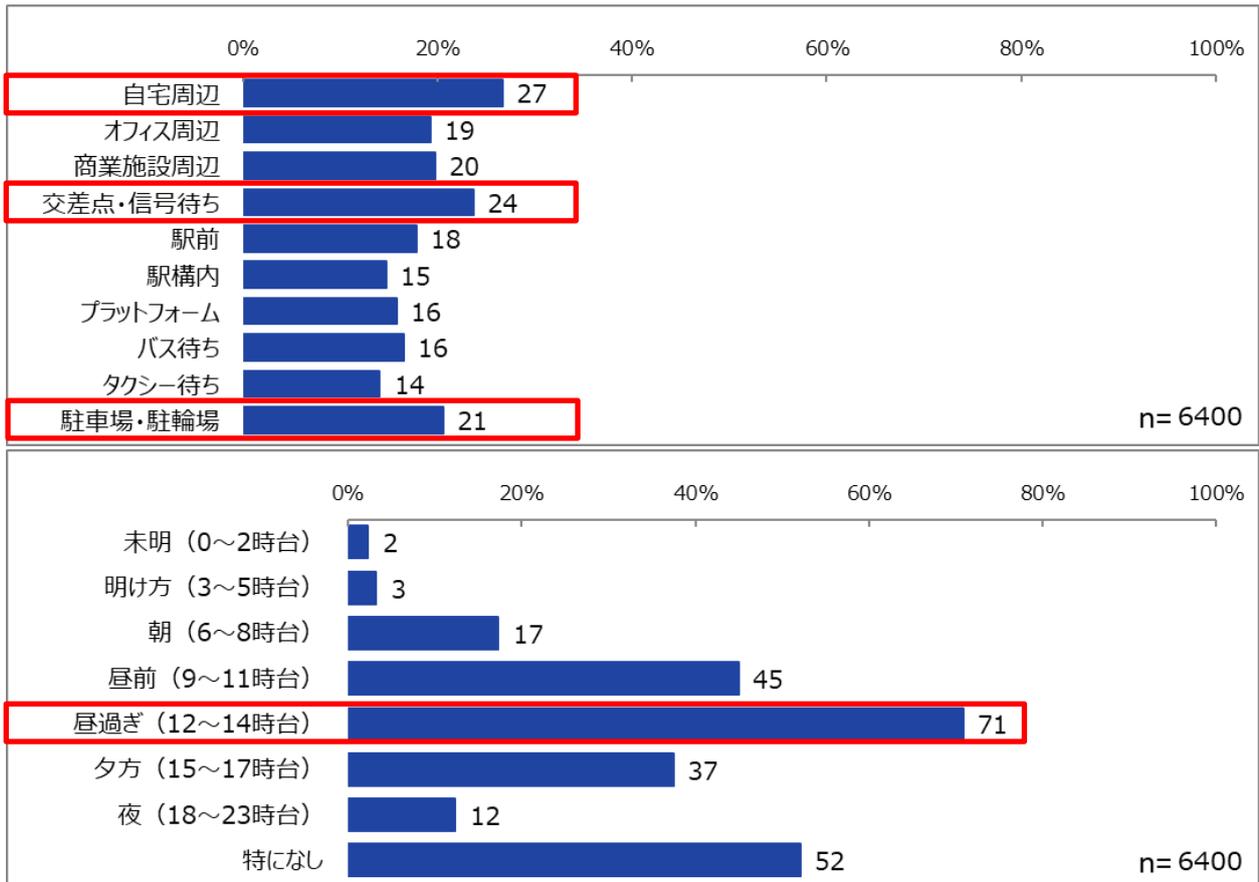


図 2.5 特に暑さを感じる場所・時間

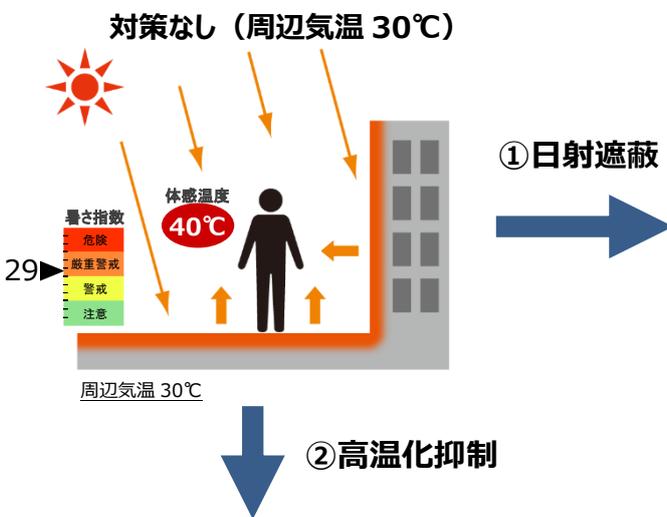
²² 環境省，令和 4 年度暑熱適応に対する適応策調査業務

2. 2 暑さ対策のポイント

ここでは、暑さ対策の主な手法と暑さ指数(WBGT)及び体感温度(SET)の低下効果²³の目安を示しました。

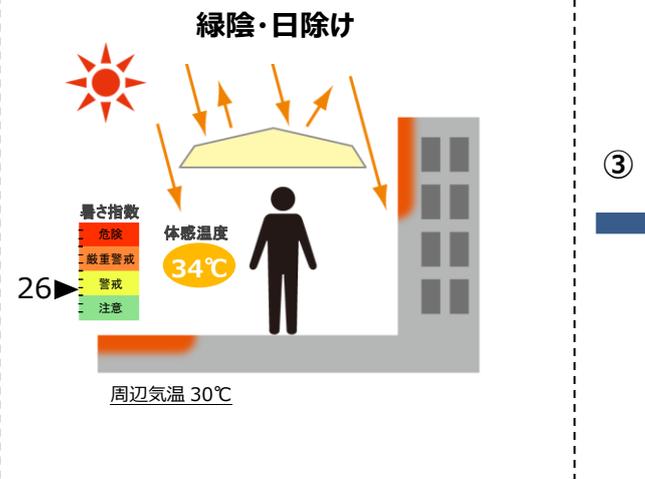
まちなかの暑さは厳しい

真夏の強い日射と、高温化したアスファルトなどの路面や建物の壁面からの赤外放射によって、人は厳しい暑さを感じます。風通しが悪いと、人が感じる暑さはさらに上昇します。



日射を遮りましょう

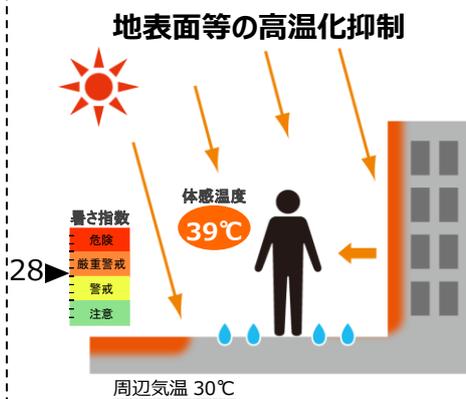
- ・人が受ける日射、路面や壁面に当たる日射を遮ることは暑さ対策として最も効果的
- ・日射と路面や壁面からの赤外放射が減り、暑さ指数(WBGT)が 2 程度低下
- ・緑陰、日射が透過しにくい日除け、日除け自体の温度が上昇しにくい日除けを選ぶと効果的



- ✓ 日射を遮ることが難しい場合は、日射が当たる場所の高温化を防ぎ、赤外放射を減らしましょう

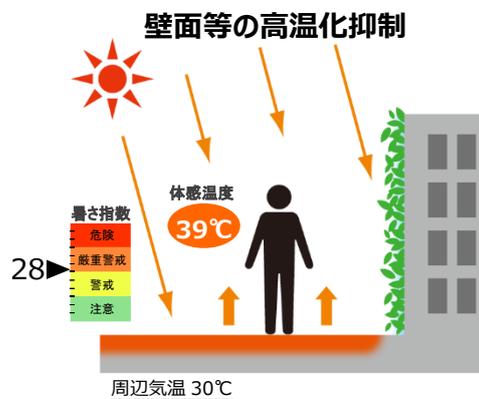
地表面等の高温化を抑制しましょう

- ・地表面等を緑化もしくは保水化することなどで高温化を抑制し、暑さ指数(WBGT)が 1 未満程度低下



壁面等の高温化を抑制しましょう

- ・壁面等を緑化することなどで高温化を抑制し、暑さ指数(WBGT)が 1 未満程度低下



²³ 足永靖信 屋外空間における短波および長波の放射強度の分布に関する実測 日本建築学会計画系論文第 500 巻 71-77 1997 を参考に MRT を算出し、暑さ指数 (WBGT) に換算した。体感温度(SET)はASHRAE SET*演算ソフト (空気調和・衛生工学会, 新版 快適な温熱環境のメカニズム 付録, 2006 年 3 月) を用いて計算した SET*。計算条件: 気温 30℃、相対湿度 50%、風速 0.5m/s、日射量 900W/m²、代謝量 1.7met、着衣量 0.43clo。

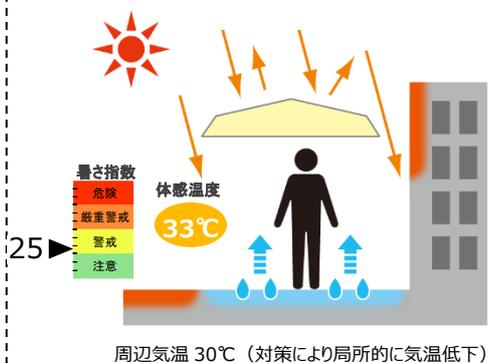
- ✓ 日射を遮り、水の気化熱を活用して路面や側面、空気を冷やすことで、積極的に涼しさを作りましょう
※冷却技術を使うことで、局所的に気温が低下する場合があります。

路面を冷やしましょう



- ・日陰になっている路面に散水もしくは給水すると、路面の温度は気温より低下し、暑さ指数(WBGT)が3~4程度低下

日除け+地表面等の冷却

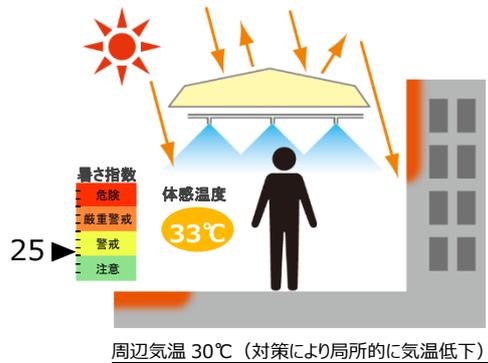


空気・からだを冷やしましょう



- ・微細ミストを噴霧すると、気化熱により局所的に気温が2°C程度、暑さ指数(WBGT)が3~4程度低下
- ・送風ファンで風を当てたり、座面を冷やしたベンチに座ることで、直接、からだを冷やす方法も有効

日除け+微細ミスト等



冷却

側面を冷やしましょう



- ・側面に冷却ルーバーなどを設置して路面からの赤外放射を遮ると、暑さ指数(WBGT)が3~4程度低下

日除け+壁面等の冷却

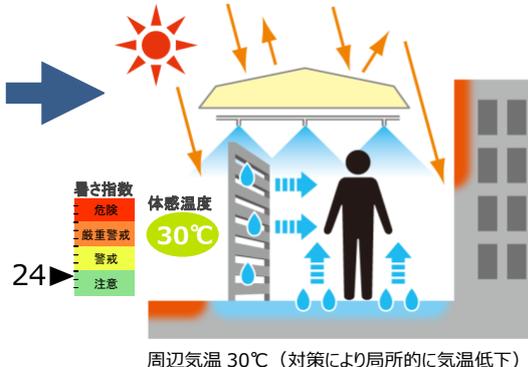


複合的に対策を組み合わせましょう



- ・頭上からの日射を防ぎ、路面、側面、空気・からだを冷却し、涼しさを実感できる空間を創出
- ・ただし、風通しの阻害に注意

日除け+地表面等の冷却 + 壁面等の冷却 + 微細ミスト等



*図の凡例は第4章 表 4.3 を参照ください。

2. 3 暑さ対策による効果

暑さ対策技術の導入により人が感じる暑さが和らぎ、からだへの負荷が減るだけでなく、快適なまちづくりの視点でも望ましい効果が期待できます。

1) 生理・心理反応の改善

暑さ指数 (WBGT) や体感温度(SET)が低下することで、人の生理反応 (心拍数・皮膚温等) や心理反応 (快適感、温冷感など) が改善します。

H28 年度環境省検証事業の堺市綾ノ町電停での実験で、被験者の温冷感や皮膚温度などを調べた結果、日向→テント下→暑さ対策施設内 (送風ファン付き微細ミストなどを設置) の順に体感温度(SET)が下がり、被験者の温冷感の申告も、暑い→涼しいに変化することが確認されています。



図 2.6 被験者実験の様子

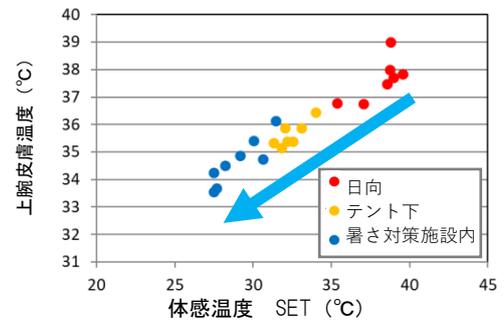
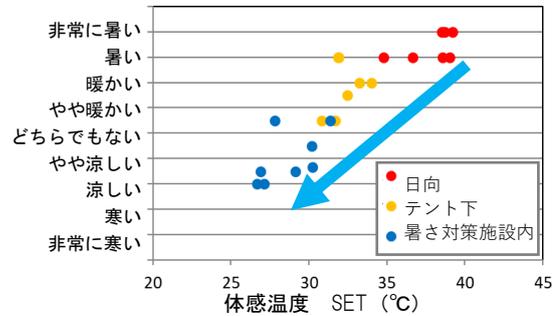


図 2.7 体感温度 SETと温冷感 (上)、上腕皮膚温度 (下) の関係

2) にぎわいの創出

暑さ対策を実施することで、夏には閑散としていた公園が、にぎわいを取り戻したり、商業施設であれば集客力向上にもつながる可能性があります。

H28 年度環境省検証事業では、公園内のベンチの利用と体感温度 (SET)との関係を調査した結果、夏に対策によって体感温度(SET)が低下することで、ベンチの利用が増加する傾向があることがわかりました。

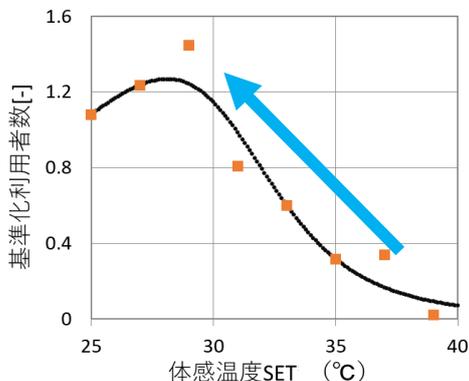


図 2.8 体感温度 SETと基準化利用者数^{注)}の関係

注) ある場所・時間帯における平均利用者数に対する比率
(H28 年度環境省検証事業 東京ビッグサイト前海上公園及び大阪ビジネスパーク前コミュニティスペースでの利用状況調査結果より)



図 2.9 対策前と対策後のベンチの様子 (H28 年度環境省検証事業 東京ビッグサイト前海上公園)

実際に、暑さ対策施設を利用した方々から、「空調が効いた室内の休憩場所よりもコミュニケーションが弾む」という声も聞かれ、暑さ対策施設が子どもから高齢者まで、幅広い世代を対象にまちなかの交流スポットとなる可能性があることもわかりました。

- 自然の涼しさがこころよい
- エアコンの部屋よりもコミュニケーションが弾む
- エアコンと比べて涼しすぎないけど汗がでないレベルで良い
- 子どもが遊ぶ場所としてちょうどよい
- 流れている水が涼しげ
- イスがひんやりして気持ちが良い



図 2.10 暑さ対策施設の利用の様子と利用者の声（H28 年度環境省検証事業 熊谷市役所前）

3) 省エネルギー

日除けなどの技術は、稼働時にエネルギーを使用しなくても体感温度(SET)を低下させることができます。水や電気を使用する微細ミスト等の技術でも間欠運転にすることなどで稼働エネルギーを小さくすることができます。

暑さ対策施設と仮想の空調室の電気消費量と体感温度(SET)低下効果を比べてみると、H28 年度環境省検証事業で検証した暑さ対策施設では、電力消費量は空調室に比べて格段に小さく一定の体感温度(SET)低下効果が得られることがわかりました。



図 2.11 暑さ対策施設での電力消費量と体感温度低下効果の目安（H28 年度環境省検証事業より）

2. 4 暑さ対策の進め方

・効果的な暑さ対策を実施するには、「現況の熱環境を把握すること」、「適切な対策技術を選定すること」、「効果を検証すること」の3つの手順が重要

暑さ対策は行政や民間事業者などの多様な主体がそれぞれの目的に応じて取り組むことが期待されます。そのため、暑さ対策を進める際の技術的な検討項目や検討内容は様々ですが、「現況の熱環境を把握すること」、「適切な対策技術を選定すること」、「効果を検証すること」の3つの手順を実施することで、有効な対策を進めることができます。

それぞれの手順と本ガイドラインの内容との関係を示します。ただし、以下に示した手順の全てを実施しなければならないわけではありません。必要に応じて、本ガイドラインを参照しつつ実施してください。

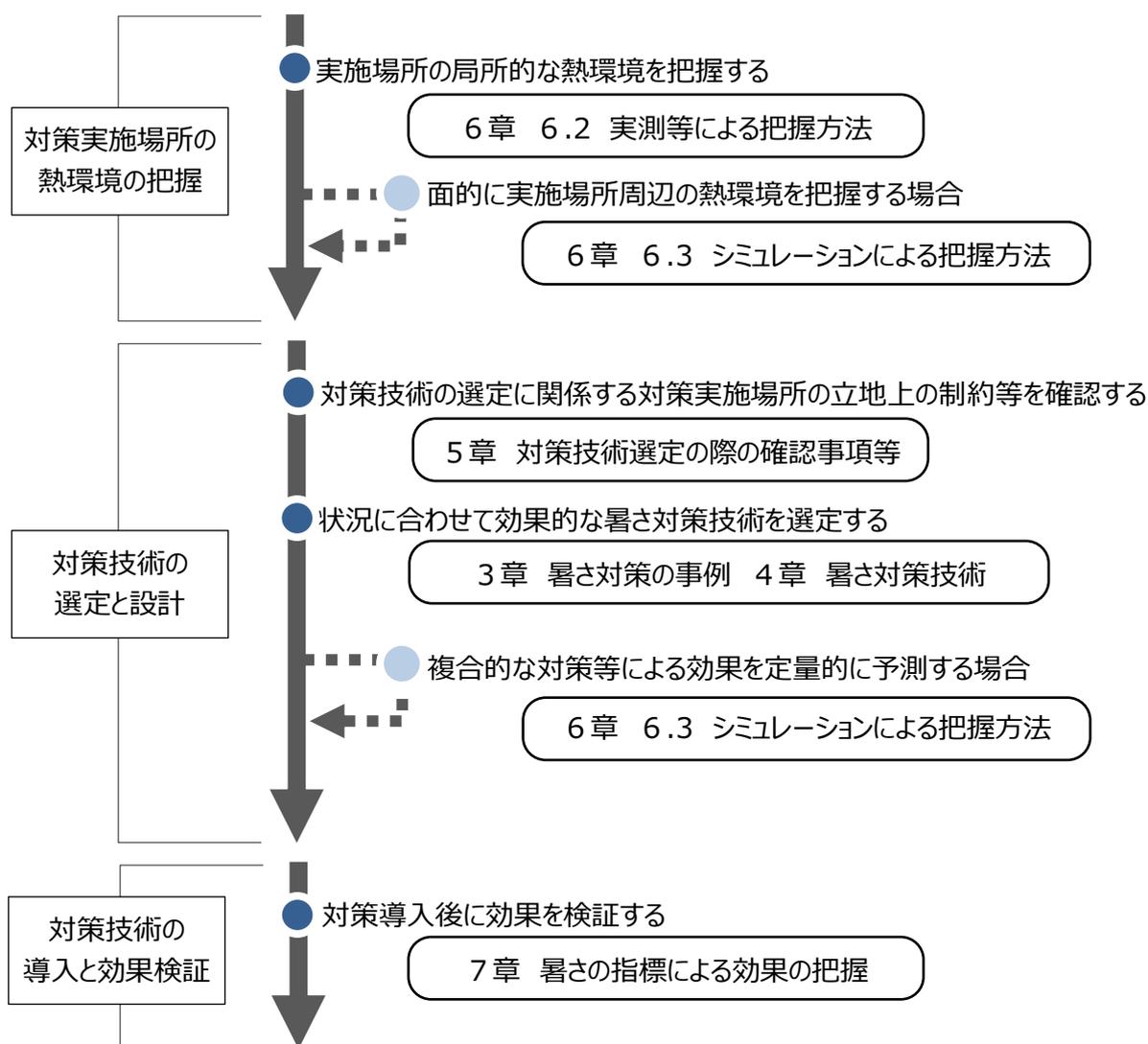


図 2.12 暑さ対策の手順とガイドラインの関係 (● は必要に応じて実施する項目)

第3章 暑さ対策の事例

まちなかの暑さ対策の事例を紹介します。事例を「うえ」「した」「よこ」「まんなか」「組み合わせ」「普及啓発」に分類し、さらに事例の導入主体、施工上の留意点などを一覧にしてインデックスとして整理しました。

うえ（日射の低減）						
適応策の例	掲載ページ	事例	電気の必要性	建築物確認の有無	掘削工事の必要性	事例のポイント
樹木・藤棚等による緑陰	20	横断歩道近傍のパーゴラ（藤棚）	×	○	○	・道路の付属物である「街路樹」として藤棚を設置
	20	公園のつる性植物による緑陰のトンネル	○	○	○	・デザインへの配慮で住民への理解を促進 ・ミストと組み合わせることで身体を冷やす効果も付与可能
	36	コラム：街路樹の管理方針	-	-	-	・街路樹の管理方針変更により、樹冠拡大し、緑陰を活用 ・CO2 吸収量の増大等副次的な効果も期待される
	36	コラム：雇用を創出する街路樹落ち葉清掃	-	-	-	・地域の障がい者施設に落ち葉清掃を委託し雇用を創出
人工日除け	20	商業施設の人工日除け	×	○	○	・商店街を訪れる人が日射を避けながら移動可能
	20	駅プラットフォームの人工日除け	×	○	○	・膜屋根は屋根下を明るく保てるため照明電力削減が可能
	21	幼保施設園庭のグラウンドの開閉式人工日除け	×	×	×	・グラウンドなどの空間に大きな日陰を作ることが可能 ・設置が容易なため、仮設の構造物への取り付けも有効
	21	学校のプールサイドの開閉式人工日除け	×	×	○	・使用時のみオーニングを引き出すことで劣化を抑制
	21	横断歩道近傍の人工日除け	○	○	○	・土地設置型だが、道路占用を最小限化 ・ガイドラインで設置方法、管理方法などが規定
	27	移動式日除けを使用した待機場所	×	×	×	・設置が簡易であるため、イベント等に適する
窓面等の再帰反射	21	ガラスボックス席の再帰反射フィルム	×	×	×	・日射の一部を上空に反射させる
個人の対策による回避	22	コラム：日傘レンタル、シェアリング、イベント時の日傘の貸出	△	×	×	・駅等を拠点としたシェアリングで手軽に日傘を活用できる ・地域イベント等に則したデザイン日傘を作成できる
行動による回避	22	コラム：日陰経路検索アプリ	-	-	-	・快適に過ごせる空間のリアルタイム情報を発信するサービス

した（地表面等の高温化抑制・冷却）						
適応策の例	掲載ページ	事例	電気の必要性	建築物確認の有無	掘削工事の必要性	事例のポイント
地表面の保水化	23	市道（寺院前）の景観に配慮した保水性舗装	×	○	○	・空間づくりのためのツールであり、環境にも配慮した対策
	23	歩道の住民が打ち水する保水性ブロック	×	○	○	・市と住民との間で協定が結ばれ、住民が打ち水を実施
地表面の緑化	51	コラム：ロボット式芝刈り機	○	×	×	・維持費が導入 5 年目以降人力管理より安くなる ・毎日短く草刈りを行った場合、集草が不要

よこ（壁面等の高温化抑制・冷却）						
適応策の例	掲載ページ	事例	電気の必要性	建築物確認の有無	掘削工事の必要性	事例のポイント
壁面等の緑化	54	コラム：大規模壁面緑化	○	○	○	・大規模な自立型緑化壁（バイオラング）
壁面等の保水化・親水化	22	住宅のクールルーパー	○	○	○	・少量の水で戸建て住宅 1 階テラスを効果的に冷却 ・冷却ルーパーが効果的に涼を創出できる環境に限り稼働

まんなか（空気・からだの冷却）							
適応策の例	掲載ページ	事例	電気の必要性	建築物確認の有無	掘削工事の必要性	事例のポイント	
微細ミスト	23	商店街に設置された大規模ミスト	○	○	○	・店舗の通路沿いに設置され、多くの歩行者が効果를享受 ・IoT により気象条件に応じた運転が可能	
	61	コラム：上海万博での微細ミスト					
	23	公園の送風ファン付ミストプリンター				×	・送風ファンにより、微細ミストを効果的に歩行者等へ届ける
	25	コラム：微細ミストの雲海				○	・来場者を増やすといった、暑さ対策以外でも活用
天井冷却	65	コラム：半屋外の天井冷却システム	○	○	×	・冷却フィンに冷水を通水させ下向きの自然対流を発生（地下水の有効活用）	

対策の組み合わせ						
組み合わせの例	掲載ページ	事例	電気の必要性	建築物確認の有無	掘削工事の必要性	事例のポイント
「うえ」「した」「よこ」	24	バス停に設置された対策	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水の冷たさを利用できる技術を導入 ・お年寄りの憩いの場や子どもの水浴び場としても活用
「まんなか」	57	コラム：水景施設による暑さ対策				
「うえ」「よこ」「まんなか」	24	路面電車電停に設置された対策	○	○	○	・限られた施工可能面積での暑さ対策
「うえ」「よこ」「まんなか」	25	公園ベンチに設置された例	○	○	○	・緑豊かな公園の特徴に合わせた暑さ対策
「うえ」「した」「まんなか」	25	コラム：Marunouchi Street Park	○	○	○	・にぎわいを創出する屋外空間の活用と暑さ対策

普及啓発						
適応策の例	掲載ページ	事例	電気の必要性	建築物確認の有無	掘削工事の必要性	事例のポイント
啓発イベント	27	コラム：散水イベント	-	-	-	・イベントを通して楽しみながら暑さ対策を体感できる
	28	コラム：クールスポット体験イベント	○	-	-	・定量的な効果を提示することで、市民の理解を深める
	28	コラム：イベントでの暑さ指数の表示	○	-	-	・暑さ指数(WBGT)を表示することで、対策活用率が向上する
	29	コラム：自治体職員向け研修会	-	-	-	・科学技術の習得を目的とし専門家の講義を実施
市民配布パンフレット	29	コラム：クールマップの作成	-	-	-	・具体的な取り組み事例の「見える化」

ここでは、実際のまちなかでの暑さ対策の事例を取り上げました。

日射を遮る



道路（埼玉県熊谷市 JR 熊谷駅前）
導入技術：横断歩道近傍のパーゴラ（藤棚）



暑くても信号待ちの間滞在しなければいけない交差点の歩道に暑さ対策を実施した例。道路の付属物である「街路樹」として藤棚を設置した。
（埼玉県熊谷市藤の parasol 事業）

公園（神奈川県横浜市）
導入技術：つる植物による緑陰のトンネル



木材とワイヤーによる構造につる性植物が成長して園路に連続的な緑陰を形成した例。曲線的なデザインが評価されており、微細ミストやベンチなども設置できる。

商業施設（香川県高松市高松丸亀町商店街）
導入技術：商業施設の人工日除け



商店街の各店舗の軒先に日除けを設置した例。商品から日射や雨を避けるために設置されたが、商店街を訪れる人が日射を避けて店舗間を移動できる環境となっている。

駅（東京都品川区旗の台駅）
導入技術：駅プラットフォームの人工日除け



駅の改修に伴い、ホーム全体を覆う膜構造の屋根を設置した例。金属屋根などと比べると、膜屋根は屋根の下を明るく保つことで照明の電力を削減できる。また、防汚効果が高い光触媒膜材で、高い日射反射率を維持することができる。

幼保施設（大阪府泉佐野市）

導入技術：グラウンドの開閉式人工日除け



グラウンドなどにワイヤーを張った開閉式メッシュテントで大きな日陰空間を創出した例。日射が遮られた環境を園児が遊ぶグラウンドに作り出すことができる。強風時、荒天時は閉じる必要がある。

学校（大阪府大阪市）

導入技術：プールサイドの開閉式人工日除け



プールサイドへの開閉式オーニングの設置。使用しないときには閉じておくことで、製品の劣化を防ぐことができる。オフシーズンは取り外すことも可能。

道路（韓国ソウル市）

導入技術：横断歩道近傍の人工日除け

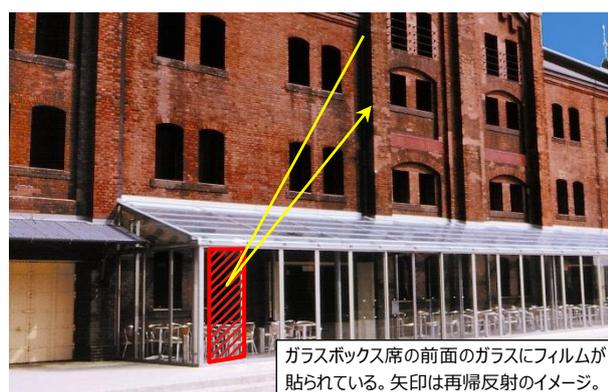


（写真提供：ソウルナビ）

信号待ちで留まる横断歩道手前の歩道に、夏季限定で日除けを設置した例。ソウル市では「日除け設置ガイドライン」が整備され、設置条件や管理方法などが規定されている。

商業施設（神奈川県横浜市中区赤レンガ倉庫）

導入技術：ガラスボックス席の再帰反射フィルム



ガラスボックス席の前面のガラスにフィルムが貼られている。矢印は再帰反射のイメージ。

商業施設内の飲食店のガラスボックス席に再帰反射フィルムを設置した例。ボックス席内への熱の侵入を抑えると同時に、日射の一部を上空に反射させることにより、反射した日射が、ガラス前面の歩行者に当たるのを防ぐことができる。

【個人でできる暑さ対策の例～日傘～】

個人で取り組める暑さ対策の一つとして、日陰を持ち歩ける日傘があります。令和2年度の環境省の調査では、日傘を活用することで、暑さ指数(WBGT)が1程度低下することが確認されています。

まちなかでは、日傘（晴雨兼用）をシェアリングする民間事業も見られ、駅などで気軽に日傘を使える機会が増えています。

また、イベントの来場者などに無料で日傘を貸し出す事例もあります。

例えば、神奈川県横浜市のヨコハマトリエンナーレ 2020 では会場間移動にデザインしたオリジナル日傘を貸し出し、埼玉県熊谷市の国宝歓喜院聖天堂の門前町では協力店舗であればどこでも日傘を借りて返せる取組み（熊谷市 えんむすび事業）などがあります。

さらに、日傘の利用が進まない男性への日傘の普及啓発なども行われています。



日傘のシェアリング



イベントでの貸出：ヨコハマトリエンナーレ 2020



(写真提供：熊谷市 HP)



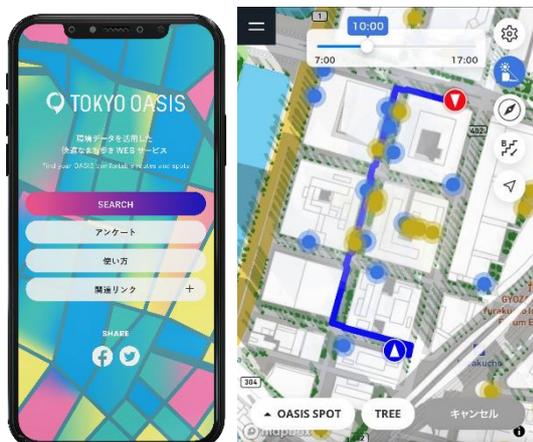
日傘男子の普及啓発活動
気候変動適応プラットフォーム HP

【環境データを活用した快適なまち歩きWEBサービス】

TOKYO OASIS（東京都千代田区）

建物や街路樹などのまちのデータを活用して日陰や日向などの視覚化により、まちで快適に過ごす空間（ルート・場所）の情報などを提供する WEB サービス。まちと人をつなげ新たなまちの魅力や価値の発見を通じて持続可能なまちづくりを目指しています。

(提供) Green Tokyo 研究会(事務局：エコツェリア協会)



側面を冷やす



住宅外構（埼玉県熊谷市）

導入技術：住宅の冷却ルーバー



戸建住宅の1階テラスの暑さ対策として冷却ルーバーを設置した例。アルミ製のルーバー表面に親水性・吸水性塗膜を施し、少量の水でルーバー表面温度が効率的に低下する製品が使用されている。

(埼玉県熊谷市熊谷スマートタウン整備事業の一環)

路面を冷やす



道路（滋賀県長浜市 市道（寺院前））
導入技術：景観に配慮した保水性舗装



舗装表面に模様をデザインできるように工夫した保水性舗装の施工例。道路としての機能だけでなく、環境にも景観にも配慮し、地域の特徴を活かした空間づくりを担う一つとしての活用が期待される。

道路（大阪府大阪市西区高台地区）
導入技術：住民が打ち水する保水性ブロック



保水性ブロックの設置例で、行政とまちづくりの会の協働により施工した。地域の歴史に因んだデザイン（相撲）に施工されている。市と住民との間で協定が結ばれ、整備された歩道には、住民が打ち水を実施している。

空気を冷やす



商業施設（東京都荒川区 美観商店街）
導入技術：商業施設の微細ミスト



商業施設のアーケードに、微細ミストを設置した例。駅からの出口や店舗が立ち並ぶ通路沿いに設置されている。気候に応じて遠隔にて起動、停止を制御している。

公園（東京都台東区）
導入技術：送風ファン付きミストプランター



(現在、台東区には設置されていません)

頭上ではなく、公園内に設定された花と緑のプランターからミストを噴霧した例。下方から噴霧するため、小型の送風ファンを組み込み、正面に立つ人の顔の位置に冷涼な気流が当たるように設計されている。

複合的に対策を組み合わせる

《H28 年度環境省検証事業²⁴の結果》

バス停（埼玉県熊谷市役所前）

導入技術：人工日除け・保水性ブロック・水景施設・冷却ルーバー・冷却ベンチ



暑くても待たなければならないバス停に、複数の暑さ対策技術を組み合わせ導入した例。地下水の冷たさを利用できる技術を導入した。お年寄りの憩いの場や子どもの水遊び場として活用された。

■暑さ指数(WBGT)低下効果：日向に比べて-3 程度

※ 8月の日中（例えば気温 34℃、湿度 50%、風速 1.0m/s、日向の日射量 846W/m²）のときの測定結果

※ 体感温度(SET)は日向に比べて約-11.9~-9.5℃

(H28 年度環境省検証事業)



路面電車電停（大阪府堺市綾ノ町電停）

導入技術：人工日除け・冷却ルーバー・送風ファン付き微細ミスト



高温化した車道と軌道に囲まれた路面電車の電停に暑さ対策を実施した例。施工可能な面積が 6 m²程度と限られていたため、ベンチに座る人を直接冷やす送風ファン付き微細ミストを導入した。

■暑さ指数(WBGT)低下効果：日向に比べて-3~-2 程度

※ 7月の日中（例えば気温 32℃、湿度 55%、風速 0.9m/s、日向の日射量 912W/m²）のときの測定結果

※ 体感温度(SET)は日向に比べて約-8.7~-7.1℃

(H28 年度環境省検証事業)



²⁴ 平成 28 年度環境省検証事業

公園（東京都江東区東京ビッグサイト前海上公園）

導入技術：人工日除け・保水性ブロックと散水システム・冷却ルーバー



オフィスビルの近隣で昼食時等に利用されていたベンチに暑さ対策を導入した例。緑が豊かな公園の特徴に合わせて、緑化した冷却ルーバーや樹木の葉を模したフラクタル形状の日除けなどを導入した。

■ 暑さ指数(WBGT)低下効果：日向に比べて-2 程度

※ 8月の日中（例えば気温 33℃、湿度 56%、風速 1.1m/s、日向の日射量 685W/m²）のときの測定結果

※ 体感温度(SET)は日向に比べて約-7.2~-5.2℃

（H28 年度環境省検証事業）



【にぎわいを創出する暑さ対策】

にぎわいの創出の創出を目的とした暑さ対策も実施されています。

道路（東京都千代田区）

導入技術：Marunouchi Street Park



エリアのにぎわい創出を目的とした道路空間を活用した取組で、まちなかの暑さ対策を快適なまちづくりの要素の一つと位置づけています。道路上にはワークスペース等も設置されており、屋外空間の新しい活用方法も促進されています。

民間施設（東京都文京区）

導入技術：微細ミストで創出する雲海

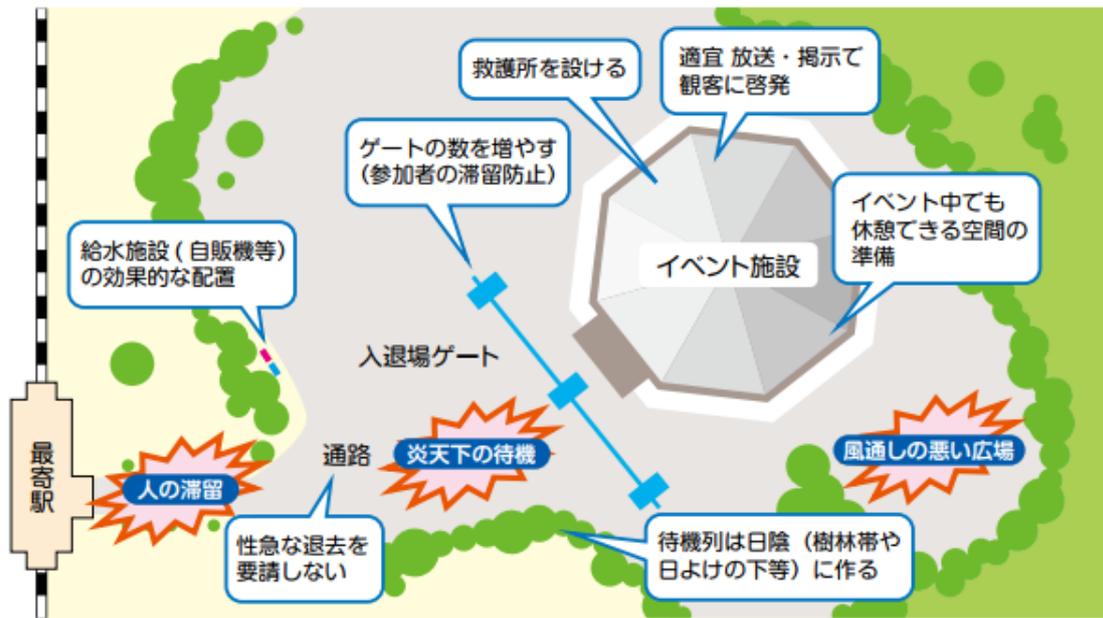


ミストの活用では従来の5倍程度噴霧できるノズルで屋外庭園に人工雲をつくる取組も実施されています。空間を冷やす暑さ対策の効果に加えて、来場者を楽しませたり、集客を促したりと、エンターテインメントとしても活用されています。

イベントにおける暑さ対策

夏季にイベントが開催される場合には、参加者等の安全性や快適性を確保するため、十分な飲料を供給するとともにイベント会場などの暑熱環境を把握し、参加者等が厳しい暑熱環境を回避できるよう、施設や運営上の工夫が必要です。

環境省「夏季のイベントにおける熱中症対策ガイドライン 2020」（以下、「熱中症対策ガイドライン」という）では、炎天下で人が滞留・待機する場所や風通しの悪い広場など、注意が必要な場所が示されています（下図）。ここでは、イベントにおける暑さ対策の参考となる事例を紹介します。



（熱中症対策ガイドライン 図「イベント会場における暑熱環境の緩和」より）  注意が必要な箇所

① 人の動線の暑さを和らげる

駅から会場までの道や会場内の通路は、たくさんの人が密集してゆっくりと移動することになります。日陰がない道の場合には、街路樹の整備や店舗の軒先に日除けを設置し、連続した日陰をつくりだすことで動線上の暑熱環境を大きく改善することができます。また、微細ミストを動線に沿って設置することで歩行者の暑さを緩和することができます。



←歩道沿いでの微細ミスト設置の例（世界陸上大阪大会）



↑連続した日除け設置の例

②人が待機・滞在する場所の暑さを和らげる

イベント当日には、チケット等の購入、入場待ちなどで人々が炎天下で待機する状況が想定されます。簡易テントや移動式の日除けを用いて、日射を避けられる環境を作りましょう。

また、休憩所などには面的に広い日陰空間を作る必要がありますが、大型のテントの他、仮設の構造物（アルミトラス）による大規模な日除けの設置事例などがあります。

また、日除けに微細ミストや送風ファンを併設することで、快適性を高めることができます。

日除け下の路面への打ち水も有効です。



↑移動式日除けを使用した待機所の例



↑仮設構造による大規模な日除けの設置の例



↑移動式の送風ファン付き微細ミストの例

③イベントの一環として暑さを和らげる

打ち水・散水などをイベントとして参加者とともに行うことで、楽しみながら暑さ対策を実施することができます。ミストを活用する場合にも、濡れにくい微細ミストに加えて、スポーツイベントなどの際には、噴霧量や粒径が大きいものを採用し、積極的に濡らしてからだを冷やす方法が有効な場合もあります。見た目にも涼しげで、人が集まる効果も期待できます。



↑消防用ホースを活用し、参加者とともに散水した例
(大阪府吹田市 第48回吹田まつり 吹田スプラッシュパーティー)

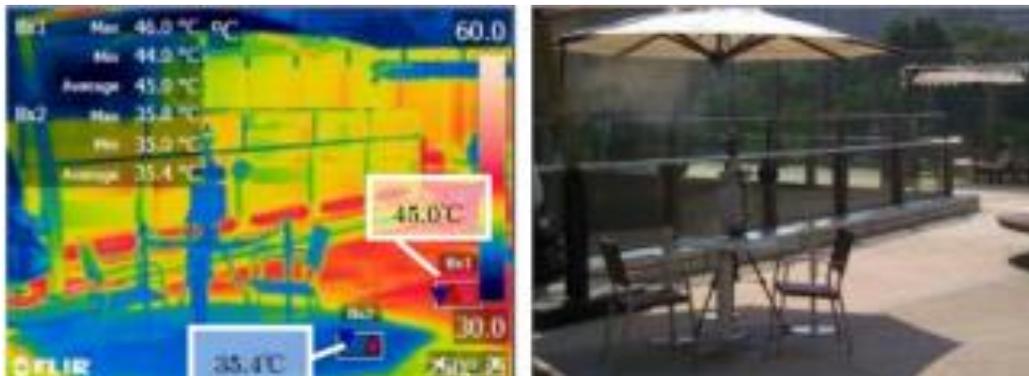


↑大噴霧量のミストの例（緑化トンネルとの組み合わせ）

イベント時には、このような対策の他にも、こまめな水分補給など個人でできる対策の呼びかけや、熱中症発生時の医療体制を整えることも重要です。詳しくは熱中症対策ガイドラインを参照してください。

④暑さ対策の体験イベント

東京都では、暑さ対策技術の普及促進のため、暑さ対策技術等の展示を行い、同時にその効果を検証しています。民間事業者が開発する微細ミスト、日よけ、緑化等の設備について、実際のまちなかで効果測定を実施することで、技術普及のより効果的な促進が期待できます。



↑クールスポット体験イベントの例²⁵

九都県市首脳会議環境問題対策委員会が実施した日傘無料貸出イベントにおいて、環境省は暑さ指数(WBGT)の測定値のリアルタイム表示と注意喚起、日傘利用の呼びかけを行いました。WBGT表示がある場合とない場合の日傘の利用率を比べると、表示がある場合で6%ポイント以上高くなっていました。対策効果の情報をリアルタイムに提示することで、暑さ対策の利用促進が期待できます。



↑イベントでの暑さ指数(WBGT)表示の例²⁵

²⁵ 環境省 平成30年度暑熱環境に対する適応策調査業務

まちなかの暑さ対策の普及啓発

まちなかの暑さ対策の推進には、行政や市民、事業者などの様々な立場の方が暑さ対策について理解を深め、情報を共有しつつ対策を進めていく必要があります。

① 地方公共団体職員向け研修会

国立環境研究所の気候変動適応センターでは、地方公共団体や地域気候変動適応センターの担当者を対象に、地域気候変動適応計画策定や適応策の推進に必要な手法や科学的知見の習得を目的として、各種の質問会や研修会を開催しています。

研修会には初級コース、中級コースなどの設定があり、「都市における暑熱適応策の考え方」など、まちなかの暑さ対策の最新の情報についても扱われています。



↑ 研修会の例²⁶

② クールマップの作成

大阪市では、具体的な暑さ対策の取組事例を「見える化」するため、「クールゾーン施策マップ」を作成しています。マップには、緑のスポットや保水性舗装、微細ミストや打ち水を実施している場所等の情報が掲載され、ゾーン内での取組の広がりが見えるようになっていきます。

クールゾーンマップをさらに充実させるため、新たな対策の実施や、市民や企業からのクールスポットの情報を随時募集しています。取組の見える化を行う事により、市民や企業の認知度を向上させ、対策への理解やさらなる実施を促進することが期待されます。



↑ クールマップの例²⁷

²⁶ 気候変動適応情報プラットフォーム <https://adaptation-platform.nies.go.jp/archive/conference/index.html>

²⁷ 大阪市 クールゾーン施策マップ <https://www.city.osaka.lg.jp/kankyo/page/0000246750.html>

— 第2部 対策編 —

第4章 暑さ対策技術

4.1 暑さ対策技術の概要

本ガイドラインでは、日射を防いで、水・緑・風などの自然の力を活かして暑さをコントロールする対策手法を中心に紹介します。具体的には、日射を遮蔽する・反射させる、水の気化熱を利用して冷やす、緑で高温化を抑制する、風通しを確保するもしくは風を起こして涼しくするなどです。

ここでは、暑さ対策の基本的な考え方と技術の分類、技術選定に際して確認しておくべき事項の概要、さらには設置コストの目安について示します。

1) 対策の考え方と技術の分類

局所的な人が感じる暑さの改善を目的とする暑さ対策の手法は、大まかに「うえ」、「した」、「よこ」、「まんなか」の対策に分類できます。「うえ」の対策は樹木や日除けによる日射の低減、「した」と「よこ」の対策は水や緑による地表面や壁面等の高温化抑制や冷却です。「まんなか」は、人のまわりの空気を冷却する、風を起こして人に当てる、人が冷たいものに直接接触することなどにより、からだに熱が溜まるのを防ぐ対策です。

各対策技術の詳細は、次節の技術シートを参照ください。

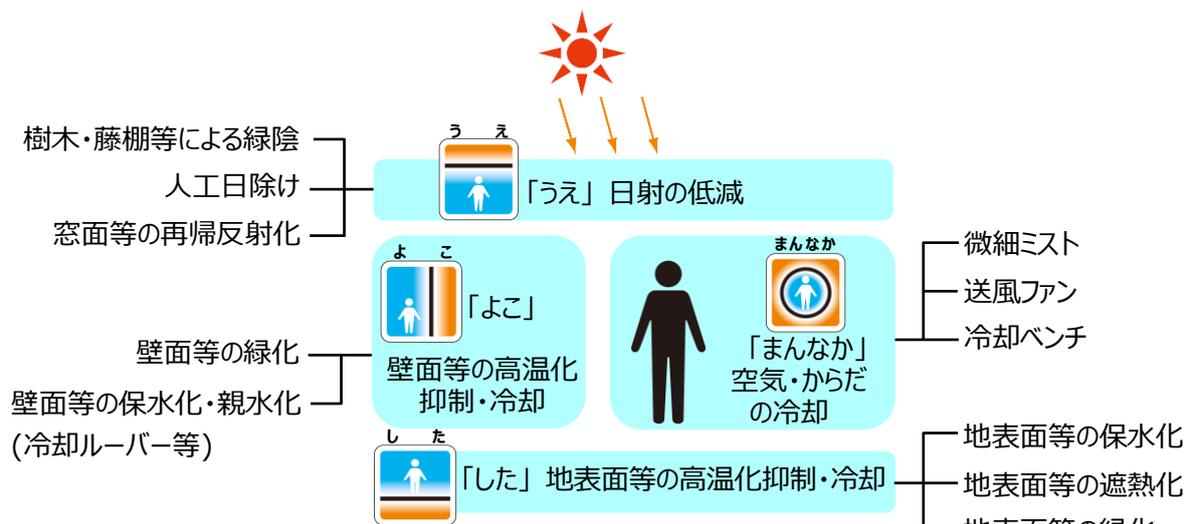


図 4.1 暑さ対策の考え方と技術の分類

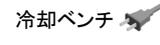
2) 技術の適合性等の確認

各対策技術の導入に際しては、効果が発揮できる環境や水・電気等の必要なインフラなど、対策実施場所への適合性を考える必要があります。また、事前に必要になる関係機関等との協議や調整などもあります。

例えば、対策実施場所の特性として「日向・日陰」、「水が利用できる場所・できない場所」等で対策技術のおおよその適合性を表 4.1 に分類しました。こうして見ると、水を使わない技術は、日射を遮蔽するもしくは反射させる手法等に限られ、その他の多くの対策では水の確保が必要になることが分かります。

その他にも、風が強い場所には適さないものや電気が必要なもの、建築物としての確認申請が必要なもの、設置に掘削が必要になるものなどをあらかじめ確認しておくことで、結果的に暑さ対策技術を円滑に導入・運用することが可能になります。確認事項等の詳細は、第 5 章を参照ください。

表 4.1 日射環境と水利用環境に応じた対策技術の適合性

	日向 	日陰 
水が必要 	樹木・藤棚  地表面等の緑化 壁面等の緑化	地表面等の保水化 冷却ベンチ  微細ミスト  送風ファン付き微細ミスト  冷却ルーバー等 
	人工日除け 壁付け型  自立固定式  自立可搬式  窓面等の再帰反射化 地表面等の遮熱化	送風ファン 

 電気が必要

 強風に適さない

 建築物としての確認が必要

 掘削工事が必要

3) 暑さ対策技術の設置コスト【参考】

技術選定の際に確認しておきたい重要な項目の一つがコスト情報です。コストには設置時のものとその後の維持管理に要するものがありますが、特に維持管理コストについては、製品によって、またその運用方法等によって大きく異なります。例えば植物の維持管理には、灌水、剪定、落ち葉清掃、病害虫対策などの多くの手間とコストを要します。また、水を使う技術についても、アオコが発生した場合の対応や水質の衛生面での管理などが必要になります。各対策の維持・管理については、次節の技術シートを参照ください。

そのため、ここでは参考情報として、設置時のコストの目安を整理しました。また同時に、体感温度(SET)の低下効果の目安も合わせて示しましたが、技術によっては視覚的な効果や室内環境の改善効果なども合わせて期待できるものもあります。なお、ここで対象とした対策技術は、複数の製品が普及しているものに限りません。コストの詳細については、その都度、事業者等からの見積り等で確認してください。

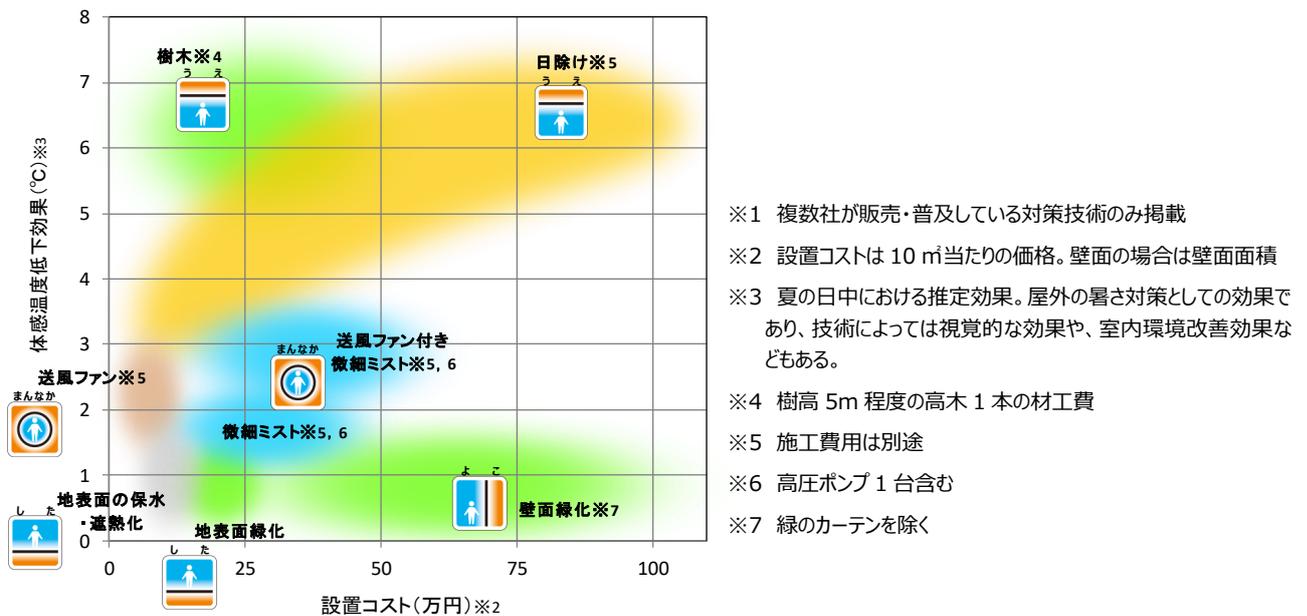


図 4.2 対策技術^{※1}の設置コスト^{※2}と体感温度 (SET) 低下効果^{※3}

4. 2 暑さ対策技術シート

この節では、表 4.2 に分類した主な暑さ対策の技術ごとに、効果や留意事項等を技術シートとしてまとめました。記載項目は表 4.3 に整理した通りです。

表 4.2 暑さ対策技術の分類

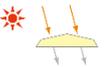
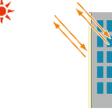
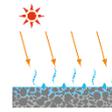
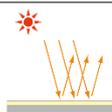
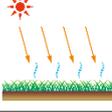
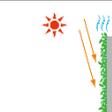
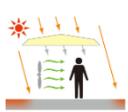
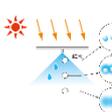
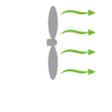
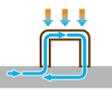
	対策手法	対策技術の分類
	<p>日射の低減</p> <ul style="list-style-type: none"> ●緑陰・日除け 	<p>① 樹木・藤棚等による緑陰</p> <p>樹冠の大きな樹木により緑陰を作る日射遮蔽対策</p> 
		<p>② 人工日除け</p> <p>人工日除けにより日陰を作る日射遮蔽対策</p> 
		<p>③ 窓面等の再帰反射化</p> <p>建物の窓や壁面に当たる日射の一部を上空に反射させて、地上の歩行者への反射日射を抑制する対策</p> 
	<p>地表面等の高温化抑制・冷却</p> <ul style="list-style-type: none"> ●地表面等の高温化抑制 ●地表面等の冷却  	<p>④ 地表面等の保水化</p> <p>路面や屋上面を濡れた状態に保つことで、気化熱により路面等の温度上昇を抑制・冷却する対策</p> 
		<p>⑤ 地表面等の遮熱化</p> <p>路面に当たる日射の一部を上空に反射させて、路面の温度上昇を抑制する対策</p> 
		<p>⑥ 地表面等の緑化</p> <p>地面や屋上面を芝生等で緑化することで、地面等の温度上昇を抑制する対策</p> 
	<p>壁面等の高温化抑制・冷却</p> <ul style="list-style-type: none"> ●壁面等の高温化抑制 ●壁面等の冷却  	<p>⑦ 壁面等の緑化</p> <p>建物壁面をつる性植物や緑化パネル等で覆い、壁面の温度上昇を抑制する対策</p> 
		<p>⑧ 壁面等の保水化・親水化（冷却ルーバー等）</p> <p>ルーバー等に散水することで表面を冷却し、放射環境を改善するとともに、通過する風を冷やす対策</p> 
	<p>空気・からだの冷却</p> <ul style="list-style-type: none"> ●空気の冷却 ●からだの冷却   	<p>⑨ 微細ミスト</p> <p>微細ミストを噴霧することで、噴霧直後に気化し、局所的に気温を低下させる対策</p> 
		<p>⑩ 送風ファン</p> <p>からだに風を当てて、皮膚表面からの放熱を促進する・熱だまりを解消する対策</p> 
		<p>⑪ 冷却ベンチ</p> <p>ベンチに冷水等を導水することで、座面を人の皮膚温より冷やし、人が着座した際に臀部（お尻）からの放熱を促進する対策</p> 

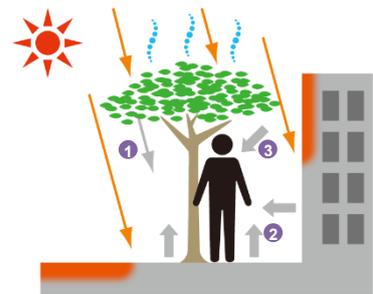
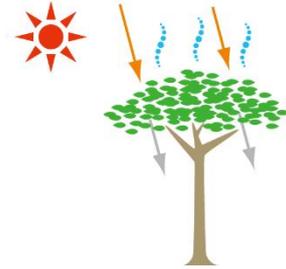
表 4.3 対策技術シートの記載内容

# 対策技術の分類	
<p style="text-align: center;">主要な確認事項について、各技術にマークを付しました。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  水が必要 </div> <div style="text-align: center;">  強風に適さない </div> <div style="text-align: center;">  掘削工が必要 </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;">  電気が必要 </div> <div style="text-align: center;">  建築物としての確認が必要 </div> </div>	
対策手法	
①概要	形状、素材等の特徴と事例について記載しました。
②人が感じる暑さを下げるメカニズム	<p>各対策技術の機能について、人が感じる暑さの低減につながる仕組みを記載しました。また、以下の凡例に基づいて仕組みを図示しました。</p> <div style="margin-left: 20px;">  日射  低減された日射  赤外放射  低減された赤外放射  冷放射（表面温度が皮膚温（約 35℃）より下がる可能性が大きい場合）  蒸発・蒸散  自然風・送風  冷やされた風  散水・保水化・親水化  直接伝わる熱 </div>
③人が感じる暑さの低減効果	人が感じる暑さの低減につながる温度変化の程度と、暑さ指数(WBGT)の変化の程度について記載しました。ただし、分類内の全製品に共通の数値ではなく、一部製品における実験結果等を記した論文等から、夏期の最も暑い時（日中については南中時や最高気温時、夕刻と夜間については日中に暑くなった日）についての効果の一事例として引用しています。また、参考として体感温度(SET)の変化の程度についても記載しています。
④効果を高める選び方・使い方	人が感じる暑さの低減効果の効果を高めるための、製品の選定方法、対策技術の組み合わせ、推奨される利用場所、運用方法等について記載しました。
⑤設置・維持管理	<p>【設置】</p> <p>設置に必要な費用等について、目安となるよう平均的な情報を記載しました。</p> <p>【維持管理】</p> <p>設置した対策技術を使用する際の、安全性や美観等を維持するために必要となる費用等について記載しました。</p>
⑥留意事項	対策選定時や設置時に留意すべき事項や、設置後に安全面で配慮が必要な事項について記載しました。効果を低下させないために配慮すべき事項については、「④効果を高める選び方・使い方」の欄に記載しています。
⑦副次的効果	人が感じる暑さの低減の他に、利点（人工排熱の削減等につながる等）がある場合に記載しました。



日射の低減

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>休憩スペースや歩行空間に、樹冠（樹木の枝や葉の茂っている部分）の大きな樹木により緑陰を作る日射遮蔽対策。</p> <p>樹冠は蒸散作用等によって、日射を遮蔽しても熱くなりにくいという特徴がある。樹種、樹高、枝張り、成長状況等や、植栽の密度等によって、日射の透過率は異なる。</p> <p>中高木による樹冠の他、藤棚等の上部につる性の植物を這わせる棚も用いられる。街路樹の他にも、可搬式の樹木を一定期間設置して緑陰を作る試みも見られる。</p> <p>【事例】</p> <p>街路樹、公園や公開空地等の樹木、公園や歩道の藤棚</p>
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<p>① 樹冠が日射を遮る（日射透過率は樹種や植栽の密度等により異なる）。</p> <p>② 樹冠で陰になる路面・壁面温度の上昇が抑制され、赤外放射が低減する。</p> <p>③ 蒸散作用等により日射を受けても樹冠が熱くならないため、上部からの赤外放射が少ない。</p>
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○日射の遮蔽</p> <p>樹冠により 75～95%程度（樹種や植栽の密度等により異なる）の日射を遮ることが確認されている²⁸。</p> <p>○表面温度</p> <p>樹木の葉の表面温度は日射の当たり具合によって部分的に気温より高くなるが、樹冠部全体の平均表面温度は一日を通じて気温と同程度となることが確認されている²⁹。</p> <p>○暑さ指数(WBGT)</p> <p>日向と比べて緑量の多い街路樹下は、暑さ指数(WBGT)が 2 程度低い³⁰ことが確認されている。</p> <p>○体感温度(SET)</p> <p>日向と比べて緑量の多い街路樹下は、体感温度(SET)が 7℃程度低い³¹（樹冠の形状や樹高によって体感温度(SET)の低減の程度は異なる³²）ことが確認されている。</p>



1 樹木・藤棚等による緑陰



<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<p>○街路樹に、低木の植樹帯やフェンスの緑化を組み合わせる</p> <p>広幅員道路等に接する歩道では、日射によって熱くなった車道の路面からの赤外放射が暑さ指数(WBGT)を上昇させる可能性がある。車道と歩道との間に低木植樹帯を設けることで、車道からの赤外放射の影響を遮り、歩行空間の暑さを和らげることが期待される。</p> <p>植樹帯の設置が難しい場合は、プランター式の緑化ガードレールのようなものを用いる方法もある。また、歩道の防護柵に植栽基盤を一体化させた製品もある。</p>	
<p>⑤設置・維持管理</p>	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 植樹に要する費用は樹種や大きさ、植栽場所等によって異なり、数万円/本（材料＋施工費）程度である^{33,34}。他に支柱設置や灌水設備設置の費用等が必要となる。 パーゴラ（藤棚）の設置に要する費用は大きさ等によって異なり、100～200 万円/基（本体のみ、施工費別）前後である³³。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> 剪定や施肥等の生育管理、落ち葉等の清掃、害虫駆除等が必要となる。 樹冠拡大により暑さの厳しい時期に木陰を増やすための樹木の管理・剪定が望ましい。 	
<p>⑥留意事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> 設置の際には掘削が必要となる。 街路樹等、道路上の整備となる場合は、関係機関との調整が必要となる。 信号や看板等の視界を遮らないよう注意する必要がある。 樹木への灌水のため、水の確保が必要となる。 施工後の管理体制を確保する必要があり、地域のボランティアによる美化活動を行っている地域もある³⁵。 	
<p>⑦副次的効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> 建物壁面や建物内に当たる日射を遮蔽するように整備した場合、冷房負荷の削減と、それに伴う人工排熱の減少、CO₂ 排出量の削減が期待される。 樹木の成長による CO₂ 固定効果が期待される。 景観向上、生物多様性保全、火災延焼防止等への寄与が期待される。 	

²⁸ 吉田ほか、樹木の成長、樹種の違いが樹冠の葉面積密度・光学的深さに及ぼす影響：実測に基づく街路樹の日射遮蔽効果の評価手法に関する研究、日本建築学会環境系論文集（605）、103-110、2006

²⁹ 萩島ほか、樹木の放射温度分布に関する実測、日本建築学会計画系論文集（516）、79-85、1999

³⁰ 山田ほか、夏季高温下における公園利用者の緑陰選択行動に関する研究、土木学会論文集 G（環境）Vol74 No.6（環境システム論文集 第46巻）、II_9-II_18、2018

³¹ 萩島ほか、街路樹の暑熱緩和効果に関する調査研究：その2 放射温度分布、日本建築学会大会学術講演梗概集 D、1443-1444、1994

³² 小林ほか、パーゴラによる遮熱効果が夏季の暑熱環境に及ぼす影響（第2報）屋外温熱環境の快適性評価、空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集、109-112、2011

³³ 一般社団法人建設物価調査会、建設物価、2017年11月

³⁴ 一般社団法人建設物価調査会、土木コスト情報 2017年10月

³⁵ 国土交通省、既成市街地における水と緑のネットワークの保全・再生・創出のための施策カタログ、平成20年3月

【街路樹の管理指針】

近年、街路樹管理の考え方に変化が見られ、例えば埼玉県川口市ではこれまでの「樹冠のコンパクト化」から施工が可能な場所で「樹冠拡大」を目指す方針に切り替えています。

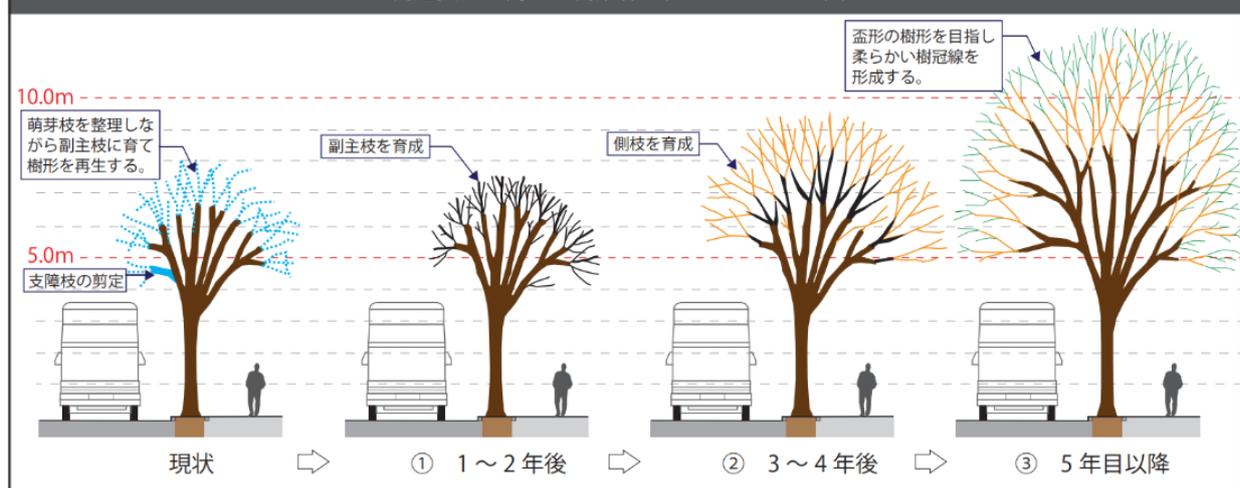
川口市樹木管理指針【街路樹編】（令和2年4月）では、街路樹の役割として「生命を守る砦としての役割」を明確にし、ヒートアイランド現象を抑制するために、これまでの樹冠を「コンパクトに抑える」管理から「樹冠拡大」を目指した管理への転換を打ち出し、理想とする街路樹像を明確にしています。

管理委託を複数年間で発注して樹形を整えるといった方法も見られます。

●ヒートアイランドの抑制に効果を発揮する街路樹

- ・年々暑さを増すヒートアイランド現象の緩和（生命を守る）
 - 大きな連続性のある緑陰形成による舗装面の温度上昇抑制
 - 緑陰を作って夏の強い日差しと高温から身体を守る
- ・街路樹の健全育成、樹冠拡大による微気候の緩和、CO2吸収量の増大
- ・雨水の地下浸透、涵養機能の強化による都市洪水、温度上昇の抑制
- ・緑の都市基盤として、適切な管理により健全に大きく生長

樹冠拡大に向けた樹形作り直しのイメージ図



【地域の雇用を創出する落ち葉清掃】

樹木の枝葉を充実させて緑陰を増やすと落ち葉対策が課題となります。横浜市では地域のみなさまの協力のもと、ハマロード・サポーター等ボランティアによる落ち葉清掃を実施しています。また、駅前の人通りの多い場所では、地域の障がい者施設の方々に落ち葉清掃を随意契約し、景観の向上と雇用の創出を行い、地域住民との交流の機会にもなっています。これらの取り組みにより、落ち葉対策のための過度な剪定を防ぎ、樹形管理を行うことで、管理費の削減と良質な景観形成を図っています。





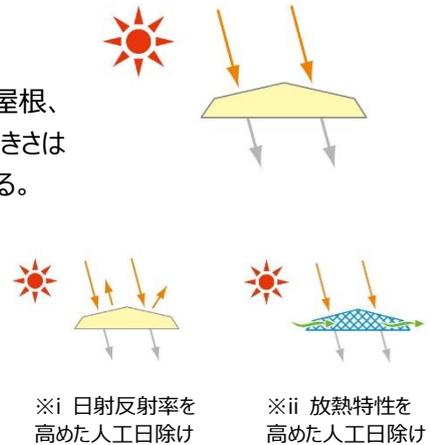
日射の低減

①概要

【特徴】

人工日除けにより日陰を作る日射遮蔽対策。
建物の出入り口や窓に設置する庇、バス停等の屋根、
テント、パラソル、オーニング³⁶等があり、材質や大きさは
様々である。自立型のもので壁付け型のものがある。

日除けの材質や色によっては、日除け素材の
表面温度が高くなり、体感温度(SET)の低減
効果が限定される。そのため、日射の反射率を
高めたり^{※i}、樹木の葉を模したフラクタル形状を
用いて放熱特性を高めたりする^{※ii}等の工夫
で、日除け部分が熱くなるのを防ぐ製品も開発
されている。

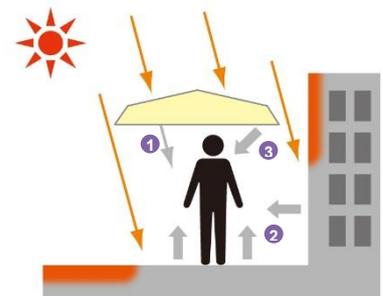


【事例】

オープンカフェ、バス停、休憩施設、ショッピングモールの通路、公共施設等の歩行空間、鉄道プラットフォーム

②人が感じる暑さを下げるメカニズム

- 1 日除けが日射を遮る（日射透過率は製品により異なる）。
- 2 日除けで陰になる路面・壁面温度の上昇が抑制され、赤外放射が低減する。
- 3 日除け部分が熱くなりにくい製品では、日除け素材からの赤外放射が少なく、体感温度(SET)低減の効果が大きい。



③人が感じる暑さの低減効果

○日射の遮蔽

コンクリートや金属等の日射を透過しない材質では日射を全て遮る。オーニングやテントでは6~9割程度（製品により異なる）の日射を遮ることが確認されている^{37,38,39}。樹木の葉を模したフラクタル形状の日除けには、太陽高度が高いほど日射透過率が小さくなる物もある³⁹。

○日除け下の地表面温度

日向のアスファルト舗装面の温度は60℃程度に達する^{40,41}ことがあるのに対し、日除け下の地表面温度は気温より2~3℃高い程度となることが確認されている^{39,42,43}。

○日除け素材の表面温度

日除け素材の色や放熱特性によって、表面温度の上がり方は異なる。

例えば、金属屋根面の温度は気温より15℃程度高くなる⁴²ことがあるのに対し、日射吸収率が低い日除け面は、日射を受けているときでも気温より3~4℃高い程度となることが確認されている^{42,44}。

2 人工日除け

	<ul style="list-style-type: none"> ○暑さ指数(WBGT) <p>日除け下の暑さ指数(WBGT)は日向より 1.7 程度低くなることが確認されている⁴⁵。 高遮光遮熱シートの日除け下の暑さ指数(WBGT)は日向より 1.9 程度低くなることが確認されている⁴⁵。</p> ○体感温度(SET) <p>日除け下の体感温度(SET)は日向より 3～6℃程度低くなることが確認されている^{38,39,46}。 日射透過率が小さく、日射反射率が高い素材の日除け下の体感温度(SET)は日向より 7℃程度低くなることが確認されている⁴⁷。</p>
<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○認証制度等を活用して選定する <ul style="list-style-type: none"> *ヒートアイランド対策認証制度 <p>一般社団法人日本ヒートアイランド対策協議会が実施する認証制度。認証委員会審査会が、第三者技術評価機関による評価結果を審査する。「日よけ」では、明度により、日射反射率と近赤外波長域日射反射率の認証基準が設けられている⁴⁸。</p> ○日射反射率の高い日除けを選ぶ <p>日除けの素材や色によって日射反射率や日射吸収率は大きく異なるが、日射反射率が高く日射吸収率が低い方が、人が感じる暑さの低減効果が大い。</p> <p>日除け素材のなかには遮った日射の熱の多くを吸収し³⁸日除け自体が熱くなるものもあり、導入の際には意匠性や人が感じる暑さの低減効果等を総合的に検討することが重要である。なお、製品の日射吸収率あるいは日射反射率は、公開されていないことも多い⁴⁹ため、メーカーに問い合わせる必要がある。</p> <p>表面に光触媒加工してある日除け素材は、親水性が高く、汚れにくい。白に近い色の場合には汚れによる日射反射率の低下を防ぐことができる。</p> ○放熱特性の高い日除けを選ぶ <p>樹木の葉を模して放熱特性を高めることで、日除け部分が熱くなるのを防ぐフラクタル形状の日除けも開発されている。雨除けにはならないが天気の良い日に利用される公園施設や屋外の休憩スペース等での導入に適している。</p> ○風通しを阻害しないように配慮する <p>空間を囲い込むように日除けを設置する際には、風通しを阻害しないように配慮することが望ましい。</p> ○可搬式樹木等と組み合わせる <p>日除けのあるオープンカフェ等を、簡単に設置できる可搬式樹木等で囲うことで、高温化している周辺の路面等からの赤外放射を遮り、さらに暑さを和らげることが期待される。</p> ○西日を遮蔽する <p>西日が当たるところでは、風通しを遮らないように、縦型のルーバーや緑のカーテン、よしず等を設置することで、強い横からの日射を遮ることができる。</p>

2 人工日除け

<p>⑤設置・維持管理</p>	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 人工日除けの設置に要する費用は、施工方法や形状・素材によって異なり、テント地や膜材の人工日除けの場合では、千円～十数万円/m²（本体のみ、施工費別）である。イベントなどであれば、レンタルでテントや移動式のオーニングを設置する方法もある。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> オーニング等の日除け素材は、定期的に拭き掃除をするか、素材によっては専門業者によるクリーニングが必要となる。
<p>⑥留意事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> 製品により設置の際に掘削が必要となる。 製品・設置場所・方法によっては、道路占用許可等の申請を要する場合もあるため、関係機関に相談する必要がある。 自立固定式の製品などでは、建築物としての確認申請を要する場合もあるため、市区町村の建築確認申請などの窓口相談が必要がある。 方位特性を有するフラクタル形状の日除けの場合、設計時、設置時に製品の設置方位に注意する必要がある。また、製品によって、季節、時間帯によって日射遮蔽効果が変化することに留意する必要がある。 オーニング等は強風時に破損する恐れがあるため、管理に注意する必要がある。強風時にセンサー感知して自動で閉じる製品もある。 耐風性能、耐積雪性能等は、製品によって異なるため留意する必要がある。
<p>⑦副次的効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> 建物壁面や建物内に当たる日射を遮蔽するように設置した場合、冷房負荷の削減と、それに伴う人工排熱の減少、CO₂排出量の削減が期待される。

36 オーニング：片流れの日除けテント。窓、縁側、出入口などの上に設けて外側に差し出すもので、巻き取り、収納も可能。（株式会社岩波書店 広辞苑第五版）

37 小島ほか、オーニングの素材と色による日射遮蔽効果の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学 II）、145-146、2013

38 三坂、温熱環境的な空間を創出するための日射遮蔽と表面被覆対策技術の性能評価に関する研究：その1 膜状日射遮蔽材料の暑熱環境緩和効果に関する研究、日本工業大学研究報告 第44巻 第2号、59-60、2014

39 蝦名ほか、日射遮蔽による屋外暑熱環境の緩和に関する研究：その1 フラクタル形状日除けによる暑熱環境緩和効果の実測評価、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学 I）、893-894、2013

40 橋田ほか、駐車場の舗装構造改善と緑化による夏季の温熱環境改善効果、ランドスケープ研究 72(5)、471-474、2009

41 志村ほか、道路舗装に関する屋外比較実験の概要と夏季測定結果：各種道路舗装材が微気候形成に及ぼす影響その1、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学 I）、863-864、2012

42 濱野ほか、透過日射が膜屋根下の熱的快適性に与える影響に関する研究 その1、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学 II）、383-384、2012

43 酒井ほか、フラクタル日除けによる都市表面温度抑制効果 都市模型実験、日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学 II）、475-476、2013

44 梅干野ほか、膜構造建築物の半屋外生活空間に形成される夏季の微気候に関する実測調査、日本建築学会技術報告集 15(30)、505-510、2009

45 令和元年度 東京都環境公社検証事業

46 安藤ほか、人が利用する屋外空間における環境評価に関する研究：その1 屋外オフィスにおける日除けを対象とした温熱環境評価、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1、815-816、2011

47 平成28年度環境省検証事業

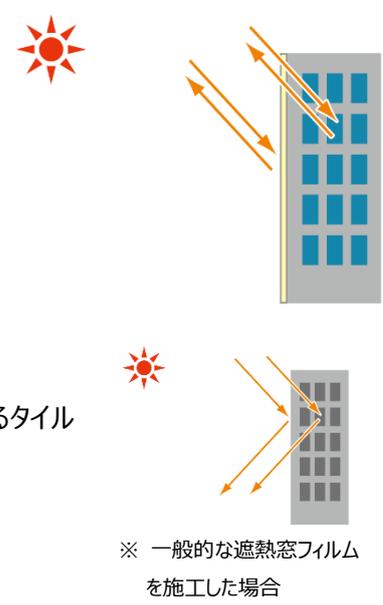
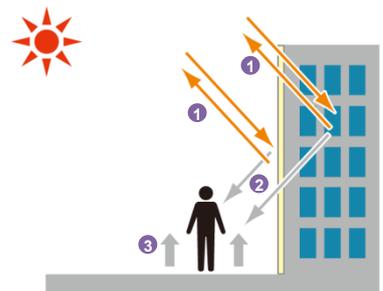
48 明度により、基準となる日射反射率と、近赤外波長域日射反射率（波長範囲：780nm～2500nm）が異なる。明度 $L^* \leq$

40.0 では、日射反射率 ≥ 30.0 、且つ近赤外波長域日射反射率 ≥ 40.0 。明度 L^* 値が $40.0 < L^* < 80.0$ では、日射反射率 $\geq 3/4L$ 、且つ近赤外波長域日射反射率 $\geq 1/2L+20$ 。明度 $L^* \geq 80.0$ では、日射反射率 ≥ 60.0 、且つ近赤外波長域日射反射率 ≥ 60.0 としている。一般社団法人日本ヒートアイランド対策協議会, ヒートアイランド対策認証制度実施の要領について (平成 29 年 8 月改訂版)

⁴⁹ 日本膜構造協会, 環境に貢献する膜構造の技術開発, 平成 23 年 2 月

3 窓面等の再帰反射化

日射の低減

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>建物の窓や壁面に当たる日射の一部を上空に反射させて、地上の歩行者への反射日射を抑制する対策。</p> <p>近年、建物の窓面の反射率を高めて建物内へ取り込む熱を抑制するフィルム等の技術が普及しているが、ただ反射させるのでは窓面で反射した日射が歩行空間の熱環境を悪化させることが懸念される[*]。その点を考慮し、表面形状等を工夫することで日射のエネルギーを上空方向に反射させる技術が開発されている。</p> <p>窓面に適用する透明なフィルムの外、外壁に適用できるタイルが開発されている。</p> <p>【事例】</p> <p>オフィスビル、商業施設、学校など</p> 
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<ol style="list-style-type: none"> ① 再帰反射化した窓・壁面で、日射の一部を上空方向に反射させる。 ② 歩行空間へ反射する日射が低減する。 ③ 路面に当たる日射が減り、路面温度の上昇が抑制され、赤外放射が低減する。 
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○反射日射の抑制</p> <p>再帰反射化した窓・壁面から歩行空間に向かって反射する日射を、7割程度（70～150 W/m²程度）抑制することが確認されている^{50,51}。</p> <p>○表面温度</p> <p>南面や西面に設置すると、従来の壁材や高反射窓フィルムを設置した場合と比べて、建物前面の路面温度が5℃程度低いことが確認されている^{50,52,53}。特に南面・西面に対策を施すと地表面温度の上昇を抑制する効果が大きく⁵⁰、午後から夕方効果を得られる。</p>
<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<p>○技術実証の結果等を参考に選定する</p> <p>窓面等を再帰反射化する技術は、以下の制度の対象となっている。</p> <p>* 大阪ヒートアイランド対策技術認証制度</p> <p>大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアムが実施する認証制度。認証制度運営委員会が、評価実施機関による評価結果を審査する。「再帰性高日射反射率窓フィルム」では、上方日射反射率 10%以上、下方日射反射率 10%未満、「再帰性高日射反射率外壁材」では、上方日射反射率 40%以上、下方日射反射率 30%未満等の認証基準が設けられている⁵⁴。</p>

3 窓面等の再帰反射化

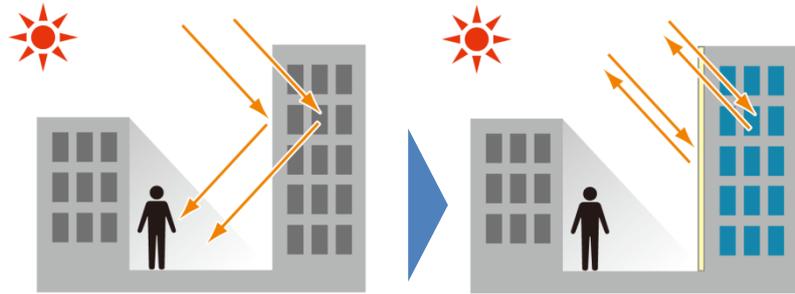
*** 環境省環境技術実証事業 (ETV)**

先進的環境技術について、第三者が客観的に実証することにより、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的とした事業。

ヒートアイランド対策として、建築物外皮による空調負荷低減等技術もその一つとされており、再帰反射化の技術も実証技術（指向性反射技術）に選定されている。

○日陰になる歩道や商業施設のオープンテラスなどへの反射日射を抑制する

日陰で受ける反射日射を抑制するように再帰反射技術を導入すると、効果を体感しやすい。



日陰で受けていた反射日射（左:対策前）を、再帰反射化によって抑制する（右:対策後）

また、建物壁面に当たった日射が公園などのクールスポットなどに向かって反射される場合にも、再帰反射技術を導入することで、快適なクールスポットを保全することができる。

⑤設置・維持管理

【設置】

- ・ 窓面や壁面の再帰反射化対策の設置に要する費用は、数千円～数万円/m²（材料＋施工費）である。

⑥留意事項

—

⑦副次的効果

- ・ 建物外皮を高反射化させることにより、冷房負荷の削減と、それに伴う人工排熱の減少、CO₂排出量の削減が期待される。
- ・ 反射光による眩しさの低減が期待される。

⁵⁰ 産業技術総合研究所, クールアイランドタイル検証試験報告書, 2012年3月

⁵¹ 藤田ほか, 建物周辺放射環境を考慮した開口部の遮熱対策に関する研究:一近赤外域における再帰反射特性を有する遮熱フィルムの提案と効果検討一, 日本建築学会環境系論文集 79(696), 167-172, 2014

⁵² Yoshida et al., An evaluation of the effects of heat ray retro-reflective film on the outdoor thermal environment using a radiant analysis method, ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate, 2015

⁵³ Inoue, Improvement of Outdoor Thermal Radiation Environment in Urban Areas using Wavelength-selective Retro-reflective Film, PLEA2015(Bologna, Italy), 2015

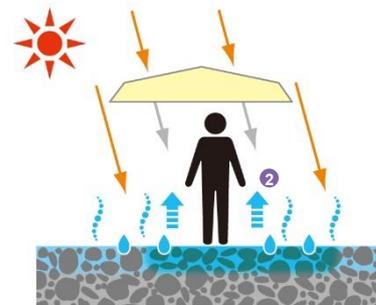
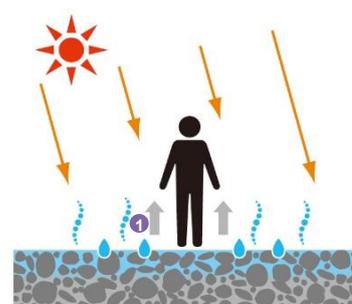
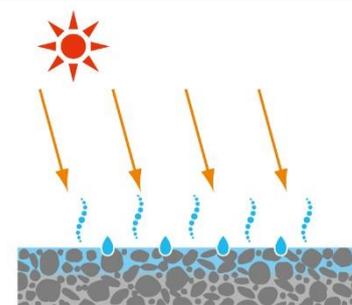
⁵⁴ 上方/下方日射反射率について、JIS A 5759 (建築窓ガラス用フィルム) に準じて算出するとしている。大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアム ホームページ, 2017.11.27 閲覧

4 地表面等の保水化



地表面等の高温化抑制・冷却

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>路面や屋上面を濡れた状態に保つことで、気化熱を利用して路面等の温度上昇を抑制・冷却する対策。</p> <p>保水性舗装には、開粒度タイプアスファルトや多孔質材に吸水・保水性能を持つ保水材を充填したもの等がある。吸水・保水能力を備えた舗装用ブロックや、保水性と透水性を兼ね備えた製品もある。また、舗装材下部より給水する施工例も見られる。</p> <p>公園内の遊歩道等で利用される土系舗装にも、保水性能がある。</p> <p>建物屋上や住宅のベランダに設置する保水性建材もある。</p> <p>【事例】</p> <p>歩道、車道、駐車場、建物屋上、住宅ベランダ</p>
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<p>① 雨や散水によって供給された水分が蒸発する際の気化熱で、路面温度の上昇が抑制され、赤外放射が低減する。</p> <p>ただし、路面温度の上昇を抑制する効果は、路面の湿潤の程度に影響を受ける。</p> <p>② 日陰で使用した場合は、日射を遮るとともに、日陰になる路面に給水することで、路面温度が気温よりも低下し、赤外放射がより一層、低減する。</p>
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○表面温度</p> <p>日中、日向での表面温度が、通常のアスファルト舗装と比べて 10～15℃程度低く、気温より 5～12℃程度高いことが確認されている^{55,56,57}。また、日陰で散水すると表面温度が気温以下に低下することが確認されている⁵⁸。</p> <p>夜間は、表面温度が通常のアスファルト舗装と比べて 1～3℃程度低く、気温と同程度か 1℃程度低いことが確認されている^{57,58}。</p> <p>なお、建物屋上や住宅のベランダに設置する保水性建材もあり、コンクリートと比べて日中の表面温度が、ベランダに設置する場合で 3℃程度⁵⁹、建物屋上に設置する場合で 9℃程度⁶⁰低くなることが実証されている。</p>



4 地表面等の保水化



	<ul style="list-style-type: none"> ○暑さ指数(WBGT) 日中、日向では打ち水をしていない場所と比べて、打ち水を実施した地点の暑さ指数(WBGT)が0.3程度低いことが確認されている⁶¹。 ○体感温度(SET) 路面に近いほど体感温度(SET)低減の効果は大きく、日中、日向ではアスファルト舗装と比べて、体感温度(SET)が高さ1.5m地点では0.5~1℃程度、高さ0.6m地点では2℃程度低いことが確認されている^{62,63,64}。 ○効果の持続性 概ね降雨後3日間は散水無しで表面温度低減の効果を得られることが確認されている⁶⁵。
<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○認証制度等を活用して選定する 地表面等を保水化する技術は、以下のような制度の対象となっている。 <ul style="list-style-type: none"> * 環境省環境技術実証事業 (ETV) 先進的環境技術について、第三者が客観的に実証することにより、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的とした事業。 ヒートアイランド対策として、建築物外皮による空調負荷低減等技術もその一つとされており、保水性建材等の表面温度の低下効果等が示されている。 * クールブロックパイプ認定制度 一般社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会の定めた認定制度。協会認定機関が、協会が定めた測定方法で測定して、路面温度低減値が8℃以上のものに対して認定する。2016年度時点で13製品が認定されている⁶⁶。 * 大阪ヒートアイランド対策技術認証制度 大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアムが実施する認証制度。認証制度運営委員会が、評価実施機関による評価結果を審査する。「保水性舗装ブロック」では、蒸発効率が50%以上、または蒸発効率が40%以上で乾燥時の日射反射率(波長範囲300~2500nm)が15%以上等の認証基準が設けられている⁶⁷。 * ヒートアイランド対策認証制度 一般社団法人日本ヒートアイランド対策協議会が実施する認証制度。認証委員会審査会が、第三者技術評価機関による評価結果を審査する。「保水性舗装」では、保水性、吸水性、蒸発効率の認証基準が設けられている⁶⁸。 ○湿潤を保つ 降雨の有無にかかわらず効果を維持するためには、定期的に給水する必要がある。給水方法は、散水車によるものと道路脇に散水設備を設ける方法等があり、歩道等では舗装材下部から給水するタイプもある。散水車による方法については、適切な散水量は降雨量で2~5mm相当とする報告がある⁶⁹。 ○日射遮蔽と組み合わせる 日除け等により日射を遮蔽することで、水分の蒸発量が少なくなり、効果が持続する。また、地表面等の表面温度が気温より低くなり⁵⁸、人が感じる暑さの効果を実感しやすくな

4 地表面等の保水化



	<p>る。ある程度の規模の日除けの下を保水化することで、日没から深夜にかけて、日除け下の気温が低下することが確認されている⁷⁰。</p>
⑤設置・維持管理	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 保水性舗装の設置に要する費用は、数千円/m²前後（材料＋施工費）⁷¹である。 保水性ブロックの設置に要する費用は、1万円/m²前後（材料＋施工費）^{71,72}である。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> 湿潤状態を保つと、施工箇所によってはアオコやぬめりが発生することがあるため、定期的な清掃を要する場合がある。 コンクリートの保水性ブロックは、白華（レンガ、コンクリート等の表面に生じる白色の粉）が生じやすい。美観を損なわないよう、発生状況に応じて洗浄が必要となる。 自動灌水を行う場合、灌水設備の設計、設置コスト、管理コストが必要となる。
⑥留意事項	<p>○設計・施工</p> <ul style="list-style-type: none"> 保水材および保水性舗装の構造によって施工方法が異なるため、施工にあたってはその特性を十分把握した上で行う必要がある⁷³。 舗装材下部から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する必要がある。 ブロックを新たに設置する場合は、既設舗装部分との段差が生じないように配慮する必要がある。 <p>○給水</p> <ul style="list-style-type: none"> 給水に用いる水には、水資源の有効な活用に配慮し、下水再生水や雨水等を利用することが望ましい。 一度に多量の散水をして保水されずに排水されてしまうため、表面が湿潤となる適量を数回に分けて散水することが望ましい⁷³。 歩行者や一般車両の安全走行への影響を考慮して、散水時刻等を計画する必要がある⁷³。
⑦副次的効果	<ul style="list-style-type: none"> 路面が保水することで、流出雨水の減少が期待される。一部の製品には保水性だけでなく透水性を兼ね備えたものもあり、流出雨水をさらに少なくし、都市型洪水の予防、健全な水循環の維持に貢献することが期待される。 保水性建材を建物の屋上に設置した場合には、空調負荷の削減⁷⁴と、それに伴う人工排熱の減少、CO₂排出量の削減が期待される。

⁵⁵ 高瀬ほか、給水型保水性舗装による屋外暑熱環境緩和の実験による評価：（第1報）実験概要と表面温度・アルベド測定結果，空気調和・衛生工学会学術講演会論文集（1），565-568，2009

⁵⁶ 古橋ほか、環境配慮型道路舗装面の熱収支に関する研究：その1測定結果，日本建築学会近畿支部研究報告集・環境系（45），213-216，2005

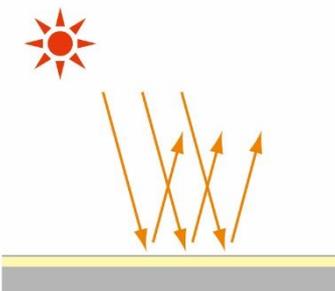
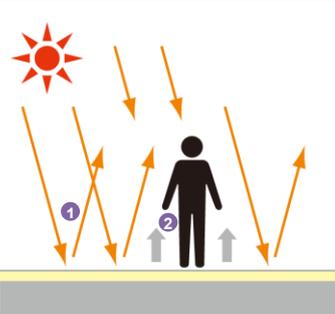
⁵⁷ 三坂ほか、都市内緑地における芝生・舗装面の熱収支実測，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1，669-670，2007

⁵⁸ 平山ほか、パッシブクーリングアイテムによる戸建住宅街区のクールスポット創出に関する研究（その3）開発初期の住宅地における屋外熱環境の検証，日本建築学会大会学術講演梗概集（環境工学 D），523-524，2015

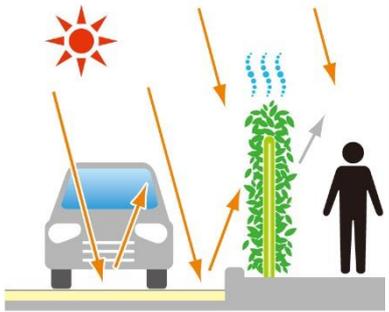
-
- 59 環境省 ETV 実証技術、ベランダ用保水性建材に関する公表結果
- 60 環境省 ETV 実証技術、軽歩行が発生する場合にも適用可能な、屋根・屋上用保水性建材に関する公表結果
- 61 東京都 平成 30 年度海上公園暑さ対策実証実験等実施委託業務報告書
- 62 長野ほか、道路舗装上の体感温度と被験者の心理反応:各種道路舗装材が微気候形成に及ぼす影響その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 I),865-866,2012
- 63 梅田ほか、太陽光発電による給水方法を用いた保水性舗装に関する実験的研究, 日本建築学会環境系論文集(605), 71-78, 2006
- 64 佐々木ほか、保水性舗装及び大規模緑地のヒートアイランド緩和機能について (都立日比谷公園における調査), 東京都環境科学研究所年報 2007, 3-11, 2007
- 65 橋本ほか、遮熱性舗装と保水性舗装の路面温度低減性能について, 東京都土木技術支援・人材育成センター年報, 43-52, 2014
- 66 一般社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会ホームページ, 2017.11.24 閲覧
- 67 認証基準として、蒸発効率 β により異なる日射反射率(乾燥時)を定めている。 $\beta < 20\%$ の場合は日射反射率 40%以上、 $20\% \leq \beta < 30\%$ の場合は日射反射率 28%以上、 $30\% \leq \beta < 40\%$ の場合は日射反射率 22%以上、 $40\% \leq \beta < 50\%$ の場合は日射反射率 15%以上、 $\beta \geq 50\%$ の場合は日射反射率は問わない。保水性ブロックの蒸発効率とは、保水性ブロックの蒸発速度と十分湿らせた表面からの蒸発速度の比のことをいい、大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアムではワーキンググループが指定した蒸発性能試験法により試験するとしている。大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアム ホームページ,2017.11.27 閲覧
- 68 JIS A 5371 に従う試験で保水性 0.15 g/cm³,吸水性(吸上げ高さ) 70.0%以上及び蒸発効率 40.0%を超えるものとしている。蒸発効率の平均化時間は 12 時間としている。一般社団法人日本ヒートアイランド対策協議会,ヒートアイランド対策認証制度実施の要領について(平成 29 年 8 月改訂版)
- 69 小作ほか、保水性舗装に散水した場合の気温・湿度への効果, 東京都土木技術センター年報 2008, 141-152, 2008
- 70 酒井ほか、フラクタル日除けと保水性舗装による暑熱環境改善, 日本ヒートアイランド学会第 12 回全国大会予稿集, 2017
- 71 一般社団法人建設物価調査会, 建設物価, 2017 年 11 月
- 72 一般社団法人建設物価調査会, 土木コスト情報 2017 年 10 月
- 73 路面温度上昇抑制舗装研究会, 保水性舗装技術資料, 2011
- 74 足永ほか、保水性建材を設置した建物の表面温度及び熱負荷に関する検討, 日本建築学会環境系論文集 79(701), 615-621, 2014

5 地表面等の遮熱化

地表面等の高温化抑制・冷却

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>路面に当たる日射の一部を上空に反射させて、路面の温度上昇を抑制する対策。</p> <p>遮熱性舗装は、舗装表面に遮熱性材料を吹きつける、あるいは塗布する「塗布型」、舗装表面近傍に遮熱性材料を充填する「充填型」、表層用混合物に遮熱性材料を混合する「混合物型」に大別される⁷⁵。</p> <p>また、表面に遮熱性材料を塗布したインターロッキングブロック等もある。</p> <p>【事例】</p> <p>車道、交差点、バス停、駐車場、工場の構内道路⁷⁶</p>	
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<p>① 遮熱化した路面が、日射の一部を反射する*。</p> <p>② 路面に吸収される熱が減り、路面温度の上昇が抑制され、赤外放射が低減する。</p> <p>(※人が受ける反射日射は増える)</p>	
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○表面温度</p> <p>日中は、日向での表面温度が、通常のアスファルト舗装と比べて 5～10℃程度低く、気温より 10～15℃程度高いことが確認されている^{77,78,79,80}。</p> <p>夜間は、日中の蓄熱量が減少し、遮熱性舗装の表面温度は通常のアスファルト舗装と比べて 1～3℃程度低く、気温と同程度となること^{78,79}でヒートアイランド現象の抑制につながることが期待される。</p> <p>○暑さ指数(WBGT)</p> <p>日中は、通常のアスファルト舗装と比べて路面からの赤外放射が少ないことが暑さ指数(WBGT)の低減に寄与する。ただし、反射した日射が強くなることで、場合によっては暑さ指数(WBGT)が通常のアスファルト舗装と比べて高くなることもあるため注意が必要⁷⁹。</p> <p>○体感温度(SET)</p> <p>夕刻は、高さ 0.5m 地点の体感温度(SET)が通常のアスファルト舗装と比べて 1℃程度低いことが確認されている⁷⁹。</p>	

5 地表面等の遮熱化

<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<p>○認証制度等を活用して選定する</p> <p>地表面等を遮熱化する技術は、以下のような制度の対象となっている。</p> <p>*クールブロックペイブ認定制度</p> <p>一般社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会の定めた認定制度。協会認定機関が、協会が定めた測定方法で測定して、路面温度低減値が 8℃以上のものに対して認定する。2016 年度時点で 18 製品が認定されている⁸¹。</p> <p>*大阪ヒートアイランド対策技術認証制度</p> <p>大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアムが実施する認証制度。認証制度運営委員会が、評価実施機関による評価結果を審査する。「高日射反射率舗装（車道除く）」では、初期の日射反射率（波長範囲 300～2500nm）が 40%以上（30%以上の場合準認証）と、暴露 3 年後の日射反射率保持率 70%以上との認証基準が設けられており、5 製品が認証（準認証を含む）されている⁸²。</p> <p>*ヒートアイランド対策認証制度</p> <p>一般社団法人日本ヒートアイランド対策協議会が実施する認証制度。認証委員会審査会が、第三者技術評価機関による評価結果を審査する。「遮熱舗装」では、明度により、日射反射率と近赤外波長域日射反射率の認証基準が設けられている⁸³。</p> <p>○夕方に利用の多い場所で効果的</p> <p>遮熱性舗装は、夕方以降の日射の影響が少なくなってからの時間帯で、効果を体感しやすい。</p> <p>○日当たりの良い車道で効果的</p> <p>日射を反射させることで効果を得られるため、日当たりの良い車道等への施工が効果的である。その際、車道と歩道の間に植栽を設けることで、車道面から歩道への反射日射を遮り、歩行者への影響を和らげることができる⁸⁴。植栽を設ける方法には、植樹帯の他、プランター式の緑化ガードレールのようなものを用いる方法、防護柵を緑化する方法がある。</p> 
<p>⑤設置・維持管理</p>	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 遮熱性舗装の設置に要する費用は、数千円/m²（材料+施工費）である⁸⁵。 遮熱性ブロックの設置に要する費用は、1 万円/m²前後（材料+施工費）である^{85,86}。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> タイヤ跡等で塗料の剥がれ・摩耗が発生した場合は、一部分あるいは全面に再度、塗布施工をする。剥がれや摩耗の程度は施工場所によって異なる。
<p>⑥留意事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> 歩道に設置する場合には、日中には歩行者が反射日射を受けるため、歩行者への影響に留意して施工場所等を検討することが重要である。 明度の高い素材については眩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る。

5 地表面等の遮熱化

	<ul style="list-style-type: none"> 塗布型の中には強い臭気を発するものもあるので、周辺環境への影響に留意する必要がある。また、使用に当たってはメーカー発行の製品データシート（MSDS）の記載を確認する必要がある⁷⁵。 ブロックを新たに設置する場合は、既設舗装部分との段差が生じないように配慮することが望ましい。
⑦副次的効果	<ul style="list-style-type: none"> 路面温度の上昇抑制により、舗装のわだち掘れ低減⁸⁷が期待される。 車道面や歩道面の反射率が高まることで、夜間に照明の光を反射して視認性が増すことが期待される⁸⁷。 塗布型については、塗布した遮熱材が母体の舗装表面を保護し、骨材飛散の抑制が期待される⁸⁸。

⁷⁵ 社団法人日本道路協会，環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック，平成 21 年 6 月

⁷⁶ 路面温度上昇抑制舗装研究会，遮熱性舗装 技術資料，平成 23 年 9 月

⁷⁷ 橋本ほか，遮熱性舗装と保水性舗装の路面温度低減性能について，東京都土木技術支援・人材育成センター年報，43-52,2014

⁷⁸ 露木ほか，太陽熱高反射塗料の日射熱防除効果(その 4):遮熱舗装の温熱環境への影響，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 147-148,2006

⁷⁹ 赤川ほか，湿潤舗装と遮熱舗装上の温熱環境改善効果に関する実験的研究，日本建築学会環境系論文集 73(623), 85-91,2008

⁸⁰ 志村ほか，道路舗装に関する屋外比較実験の概要と夏季測定結果:各種道路舗装材が微気候形成に及ぼす影響その 1，日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 D), 863-864,2012

⁸¹ 一般社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会ホームページ,2017.11.24 閲覧

⁸² 大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアム ホームページ,2017.11.24 閲覧

⁸³ 明度により、基準となる日射反射率と、近赤外波長域日射反射率（波長範囲:780nm～2500nm）が異なる。明度 L^* 値が $L^* \leq 40.0$ では、日射反射率 ≥ 20.0 、且つ近赤外波長域日射反射率 ≥ 30.0 。明度 L^* 値が $40.0 < L^* < 80.0$ では、日射反射率 $\geq 5/8L^* - 5$ 、且つ近赤外波長域日射反射率 $\geq 6/8L$ 。明度 L^* 値が $L^* \geq 80.0$ では、日射反射率 ≥ 45.0 、且つ近赤外波長域日射反射率 ≥ 60.0 としている。一般社団法人日本ヒートアイランド対策協議会，ヒートアイランド対策認証制度実施の要領について（平成 29 年 8 月改訂版）

⁸⁴ 若間ほか，高反射性舗装が街路空間の熱環境に及ぼす影響(その 1)：表面温度・放射の実測と作用温度による温熱環境評価，日本建築学会近畿支部研究報告集．環境系（43），281-284，2003

⁸⁵ 一般社団法人建設物価調査会，建設物価，2017 年 11 月

⁸⁶ 一般社団法人建設物価調査会，土木コスト情報 2017 年 10 月

⁸⁷ Pomerantz et al., Durability and visibility benefits of cooler reflective pavements, Lawrence Berkeley National Laboratory Report No. LBNL43443, 2000

⁸⁸ 路面温度上昇抑制舗装研究会，遮熱性舗装リーフレット

6 地表面等の緑化



地表面等の高温化抑制・冷却

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>地面や屋上面を芝生等で緑化することで、地面等の温度上昇を抑制する対策。</p> <p>公園、学校の校庭、比較的規模の大きな駐車場等は、日射が良く当たり、地表面の温度が高くなる。芝生や低木、草本類等を植えることによって、表面温度の上昇を抑制することができる。</p> <p>また、屋上についても、テラス空間等として利用する場合には、屋上面を緑化することで足元からの暑さを和らげることができる。</p> <p>【事例】</p> <p>公園広場の緑化、学校校庭の芝生化、駐車場の芝生化（グラスパーキング）、路面電車軌道敷の緑化、屋上庭園</p>	
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<p>① 蒸散作用等により日射を受けても植物の葉が熱くなりにくいと、緑化面からの赤外放射が低減する。</p>	
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○表面温度</p> <p>日中は、日向のアスファルト面等と比べて緑化面の温度は10℃以上低いことが確認されている^{89,90}。</p> <p>夕刻以降、緑化面の温度は気温より低くなり⁹¹、日中に日が当たっていたアスファルト面等より3～4℃程度低いことが確認されている^{89,92}。</p>	
<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<p>—</p>	

6 地表面等の緑化



⑤設置・維持管理	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 駐車場緑化の設置に要する費用は工法等によって異なり、数万円/㎡（材料＋施工費）である⁹³。 ・ 芝類やセダム類による屋上緑化の設置に要する費用は、数万円/㎡（材料＋施工費）である⁹³。ただし、事務所や商業施設等の民間施設では、高木・中木の樹木を植栽する屋上緑化を採用する傾向があり、設置費用が10万円/㎡を超える事例も少なくない⁹⁴。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 芝刈、除草、施肥など定期的な管理が必要となる⁹⁵。
⑥留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 植物への灌水のため、水の確保が必要となる。 ・ 対策場所に適した種類の植物を選定する。 駐車場の芝生化では、日照時間不足や自動車の踏圧、アイドリングによる熱によって枯れてしまうことがあり、緑化する場所や植物の種類の選定に留意する必要がある。
⑦副次的効果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 景観向上や生物多様性保全への寄与が期待される。 ・ 植栽部分の基盤に保水効果がある場合、流出雨水の減少が期待される。 ・ 屋上緑化では、建物屋上面に当たる日射を遮蔽することで、冷房負荷の削減と、それに伴う人工排熱の減少、CO₂排出量の削減が期待される。

【ロボット式芝刈り機】

芝生の利用頻度が高い場合、良好な空間を維持するためには、きめ細かな管理が必要です。ロボット式芝刈り機の導入は、省力化のほか、低刈りへの対策にもなります。また、長期的な管理を行う場合、人力管理に比べて、管理費を抑えることができるという試算結果が確認されています⁹⁶。



●2,000㎡の場合の管理費用の比較（単位：円）

	機械を用いた 人力管理(年3回)	ロボット式 芝刈機	差
7年	1,230,623	846,069	384,555
14年	2,461,247	1,692,138	769,109
21年	3,691,870	2,538,206	1,153,664

⁸⁹ 淑ほか、緑化タイプの違いによる駐車場の熱環境改善効果の比較、日本緑化工学会誌 37(2), 318-329, 2011

⁹⁰ 山本ほか、屋上緑化による温熱環境改善効果に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 233-234, 2002

⁹¹ 瓜生ほか、学校林と校庭芝生化の夏季温熱環境緩和効果の比較研究、日本建築学会学術講演梗概集 D-1, 775-776, 2011

⁹² 三坂ほか、軽量・薄層型屋上緑化技術のヒートアイランド緩和効果の定量評価に関する研究、日本建築学会技術報告集 (21), 195-198, 2005

⁹³ 日本政策投資銀行、都市環境改善の視点から見た建築物緑化の展望、2004

⁹⁴ 鈴木ほか、屋上緑化施設の公開、植栽形態ならびに費用に関する公共と民間の比較、ランドスケープ研究 74(5), 451-456, 2011

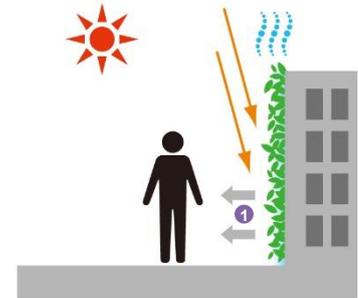
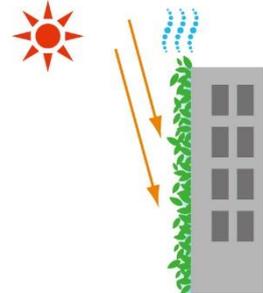
⁹⁵ 公益社団法人日本道路協会、道路緑化技術基準・同解説、平成 28 年 3 月

⁹⁶ 国土交通省、ロボット式と人力（機械刈り）による芝刈り費用の比較について



壁面等の高温化抑制・冷却

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>建物壁面をつる性植物や緑化パネル等で覆い、壁面の温度上昇を抑制する対策。</p> <p>壁面緑化の形状には、植物を壁面に登攀または下垂させる方法、建物に支持材を取り付ける方法、ユニット型の緑化パネルを組み合わせる方法、緑化ブロックを組み合わせる方法等がある。</p> <p>緑のカーテンは、窓面やベランダなどに設置したネット上につる性植物を這わせる方法で、住宅や校舎等において実施されている。</p> <p>【事例】</p> <p>オフィスビルや商業施設のエントランス等の壁面緑化、学校や市庁舎等の緑のカーテン</p>
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<p>① 蒸散作用等により日射を受けても植物の葉が熱くならにくいため、緑化面からの赤外放射が低減する。</p>
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○表面温度</p> <p>日射が当たる通常の壁面は、南面では気温より 4～10℃程度、西面では気温より 10～20℃程度高くなる⁹⁷ことがあるのに対し、緑化面の葉の表面温度は、気温より 2～5℃高い程度となることが確認されている^{98,99,100}。</p> <p>○暑さ指数(WBGT)</p> <p>緑化冷却ルーバーの場合、日中日陰で高さ 1.5m、幅 5m、ルーバーから 0.3m 離れた場所では暑さ指数(WBGT)が 0.2～0.3 程度低下することが確認されている¹⁰¹。</p> <p>○体感温度(SET)</p> <p>日中、面積約 2m 四方の緑化面から水平方向に 0.5m 離れた地点の体感温度(SET)が、通常の壁面と比べて 1℃程度低いことが確認されている¹⁰²。</p>



7 壁面等の緑化



<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<p>○日がよく当たる建物の西面や南面に設置する</p> <p>建物の西面や南面の壁面を緑化すると壁面温度の上昇を抑制する効果が大きく、冷房負荷削減の効果も得られる。</p>
<p>⑤設置・維持管理</p>	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 壁面緑化（緑のカーテンを除く）の設置に要する費用は、数万～十数万円/m²（材料＋施工費）である¹⁰³。緑のカーテンは、工夫次第で安価に導入が可能な対策である。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> 剪定、施肥、病虫害防除、除草の維持管理が必要となり、費用は数千円/m²前後である¹⁰³。灌水設備や登攀・下垂用の支持材等の施設管理も必要となる¹⁰⁴。 壁面緑化では枯損や病虫害被害の改修コストが大きくなりやすいため、早期発見・早期対処のための定期巡回も重要となる。また、定期的に枯葉を除去することで、景観を保つことができる¹⁰⁵。
<p>⑥留意事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> 植物への灌水のため、水の確保が必要となる。 壁面緑化の維持管理に要する作業頻度・項目等を設計段階で検討する必要がある¹⁰⁵。 緑のカーテンを窓面に設置する場合には、窓からの通風を阻害しないよう、窓面から一定の距離を確保することが望ましい¹⁰⁶。
<p>⑦副次的効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> 建物壁面や建物内に当たる日射を遮蔽することで、冷房負荷の削減と、それに伴う人工排熱の減少、CO₂排出量の削減が期待される。 景観向上や生物多様性保全への寄与が期待される。 壁面緑化は屋上緑化にくらべて人の目に留まりやすく、緑化対策のアピール効果が期待される。 目に見える緑が増えることで、空間の「安らぎ」、「潤い」というイメージが高まる¹⁰⁷ことが期待される。

⁹⁷ 環境省，平成 19 年度都市内水路等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

⁹⁸ 鈴木ほか，季節の違いによる壁面緑化の温熱環境改善効果，日本緑化学会誌 33(4)，587-595，2008

⁹⁹ 梅干野ほか，つる植物による植栽スクリーンの日射遮へい効果に関する基礎的研究：植栽スクリーンの葉温分布，日本建築学会研究報告．中国・九州支部．2，環境系 (6)，137-140，1984

¹⁰⁰ 成田，緑のカーテンは周囲空気を冷却するか？，環境情報科学論文集 23，167-172，2009

¹⁰¹ 平成 28 年度環境省検証事業

¹⁰² 鈴木ほか，WBGT，SET*による壁面緑化の温熱環境改善効果の評価，ランドスケープ研究：日本造園学会誌 69(5)，441-446，2006

¹⁰³ 鈴木，壁面緑化の研究動向と普及に向けた諸課題，城西国際大学紀要 22(7)，1-25，2014

¹⁰⁴ 鈴木ほか，壁面緑化に関する技術開発の動向と課題，日本緑化学会誌 31(2)，247-259，2005

¹⁰⁵ 屋上開発研究会技術開発部会 壁面緑化 WG，「美しいまちをつくる」ための壁面緑化，2009

¹⁰⁶ 成田，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 21，501-506，2007

¹⁰⁷ 国土交通省，都市の緑量と心理的効果の相関関係の社会実験調査について，国土交通省 都市・地域整備関係報道発表資料 平成 17 年 8 月 12 日

【大規模壁面緑化 バイオラング】

2005年日本国際博覧会（愛・地球博）長久手会場には、横幅約150m、最大高さ15m、緑化面積約3500㎡の大規模な自立型緑化壁が設置されました。

生物を意味する「バイオ」と肺の「ラング」を組み合わせ「バイオラング」と名付けられたこの壁は、都市部の気温上昇を抑える、植物が空気中の二酸化炭素を吸収する等の効果が期待される都市緑化の社会実験モデルとして施工され、熱環境改善効果などが測定されました¹⁰⁸。

その結果、バイオラングの表面温度は25～35℃（気温は33.4℃）で、高いところでも気温より2℃高い程度となり、バイオラング近傍の気温も低下していることが示されました¹⁰⁹。

バイオラングの設置場所には、暑熱環境の一層の改善を期待して、微細ミストや保水性舗装も組み合わせられていました。

複数の対策を組み合わせる「暑さ対策」としても、参考になる先行事例と言えます。



大規模壁面緑化「バイオラング」
（写真提供：公益財団法人都市緑化機構）

¹⁰⁸ 井口，緑化によるヒートアイランド現象の緩和，環境省クールシティ 2008 講演資料，2008 年 7 月

¹⁰⁹ 国土交通省，2005 年日本国際博覧会（愛・地球博）で実施している大規模壁面緑化（バイオラング）の効果測定実験について（速報），2005 年 8 月 12 日



壁面等の高温化抑制・冷却

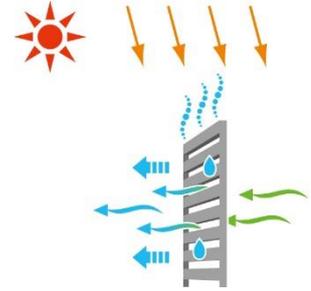
①概要

【特徴】

建物壁面や、ルーバーやブロック等の立面を構成する部材に、保水性や親水性の機能を持たせて水を供給し、気化熱により壁面等の温度上昇を抑制・冷却する対策。

ルーバーや通風性を有するブロックを用いることで、通過する風を冷やすことができる。表面に吸水性・親水性を持たせたアルミ材等を用いたルーバー、保水性能を持たせたブロック等が使われており、緑と組み合わせている製品もある。

製品によって、常時給水するものと間欠的に給水するものがある。



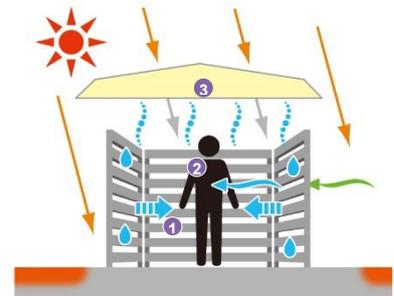
なお、建物ガラス面や建物外側に設置した膜やパネルに親水性を持たせて散水し、建物壁面の温度上昇を抑制する方法や、看板をミスト噴霧で濡らして体感温度(SET)低減の効果を得ようとする試みも見られる。

【事例】

商店街のベンチ、バスやタクシー等の待合所、住宅のバルコニー

②人が感じる暑さを下げるメカニズム

- ① ルーバーやブロックの表面から水が蒸発する際の気化熱で、表面温度が低下し、赤外放射が低減する。
- ② ルーバーやブロックを通過する風が冷やされ、風下側の気温が局所的に低下する。
- ③ 日射を遮蔽すると、効果を体感しやすい。



③人が感じる暑さの低減効果

○表面温度

冷却ルーバーの表面温度の低下量は、相対湿度により変化するが、例えば相対湿度50%の場合には気温よりも5℃程度低くなることが確認されている¹¹⁰。

○周辺気温

日陰に設置した場合、日中、風上と比べて風下側の気温が1～1.5℃程度低下することが確認されている^{111,112}。

○風速

冷却ルーバーの風下側の風速は、風上側風速の2割から最大8割程度減衰することが確認されている^{110,113}。

○体感温度(SET)

日陰に設置した場合、日中、風下側に1m程度の範囲、または冷却面に囲まれた場所

8 壁面等の保水化・親水化（冷却ルーバー等）	
	<p>の、体感温度(SET)が1～2℃低下することが確認されている^{114,115,116}。</p> <p>○人の快適感</p> <p>冷却ルーバー等の風下側では、室内にくらべると気温や風速の乱れが大きくなり、温熱快適性が改善することが確認されている^{117,118}。</p>
④効果を高める選び方・使い方	<p>○日射遮蔽と組み合わせる</p> <p>冷却ルーバー・ブロック等に日射が当たると表面温度が低下しにくくなるため、日除け等により日射を遮蔽することで、体感温度(SET)低減の効果が大きくなる。</p> <p>○2方向以上の面を囲んで設置する</p> <p>冷却ルーバー・ブロック等を1面だけではなく、2方向以上の面を囲んで設置すると、囲まれた空間で体感温度(SET)低減の効果を体感しやすくなる。</p> <p>2方向以上の面を囲んで設置する際には、風通しを阻害しないように配慮することが望ましい。</p>
⑤設置・維持管理	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷却ルーバー・ブロック等の設置に要する費用は、10～20万円/㎡前後（材料＋施工費）で、設置場所や灌水方法によって、別途、水道工事等を要する場合がある。 冷却ルーバー・ブロック等に給水した水が下部に滴下するため、床面を透水性・保水性のある素材で仕上げる等の処理が必要となる。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷却ルーバー・ブロック等の運用中は、10リットル/日・㎡前後の水を使用する。 給水のためにポンプを使用する場合等には電気代が必要となる。 下水道料金については、給水した水が公共下水道に流れ込まない場合、地方自治体によっては減免される場合があるが、当該自治体に問い合わせる必要がある。
⑥留意事項	<ul style="list-style-type: none"> 製品により設置の際に掘削が必要となる。 製品・設置場所・方法によっては、道路占用許可等の申請を要する場合もあるため、関係機関に相談する必要がある。 いずれの製品についても、灌水設備を給水装置として水道に接続する場合には、水道法を遵守する必要がある。 高台や沿岸部等の非常に風当たりの強い場所への設置を検討する際は、製品の耐風性能等に留意する必要がある。 人が冷却ルーバー・ブロック等に触れる可能性がある場合、給水する水の水質に配慮する必要がある。 風が強い場所にルーバーを設置する場合、風下に水滴が飛散することがあるため、給水する水の水質に配慮する必要がある。また、ルーバー前面に植栽を配置することで風速を低減させる方法もある。
⑦副次的効果	<ul style="list-style-type: none"> 建物の窓の外側に設置すると、窓を開けた際に室内に取り込まれる外気が冷やされるため、冷房の使用を控えることで、人工排熱の減少、CO₂排出量の削減が期待される。

- 110 平成 28 年度環境省検証事業
- 111 平山ほか、パッシブクーリングアイテムによる戸建住宅街区のクールスポット創出に関する研究（その 3）開発初期の住宅地における屋外熱環境の検証, 日本建築学会 学術講演梗概集(環境工学 II), 523-524, 2015
- 112 小松精練株式会社, グリーンビズを用いたルーバー型壁面緑化による温度低減効果, 2015
- 113 平山ほか、親水・吸水性塗膜を施した表面濡れ性が高いパッシブクーリングルーバーシステムの開発と屋外実験による基本性能の把握, 日本ヒートアイランド学会誌 Vol.11, 2016
- 114 平山ほか、パッシブクーリング技術の複合による冷涼な半屋外空間の形成手法に関する研究, 日本建築学会環境系論文集(744), 193-203, 2018
- 115 奥田ほか、透水性孔あきレンガを用いたパッシブクーリングウォールの開発：その 3 SET*による風下空間の熱的快適性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 419-420, 1997
- 116 白井ほか、パッシブクーリングウォールにより構成された空間における涼しさの評価：透水性の孔あき壁体を利用した蒸発冷却による屋外・半屋外快適空間の形成 その 3, 日本建築学会計画系論文集 (552), 15-20, 2002
- 117 平山ほか、微気象の時間・空間的な変化が熱的快適性に与える影響—蒸発冷却手法適用空間における「気温の低下」と「気温の乱れ」—, 日本ヒートアイランド学会第 11 回全国大会予稿集, 2016
- 118 佐藤ほか、アダプティブモデルを用いたパッシブクーリング技術の熱的快適性評価に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集(環境工学 II), 29-30, 2017

【水景施設による暑さ対策】

水を利用する暑さ対策の一つに、水景施設の活用も挙げられます。

噴水や水盤等を設置することによって、見た目や水音で周囲の環境に変化を与えるだけでなく、水分の蒸発により周囲の暑さを和らげたり、直接、水に触れたりすることで涼しさを得られます。

体感温度(SET)の低減効果としては、噴水の風下側の気温が 1～2℃低くなる¹¹⁹ことや、体感温度(SET)が 2～3℃低くなる¹²⁰ことが確認されています。

公園の噴水のほか、まちなかの公開空地等に噴水や水盤を設置して憩いの空間を提供している事例もあります。

人が直接、水に触れる施設の場合には、水質への配慮が必要になります。



水景・親水施設の設置の例

¹¹⁹ Nishimura et al., Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology, Solar Energy, 197-207, 1998

¹²⁰ 三坂ほか、水景施設を活用した暑熱環境改善効果に関する研究：その 2 温熱快適性と熱収支の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 887-888, 2009



空気・からだの冷却

①概要

【特徴】

大気中へ微細なミストを噴霧し、噴霧直後に蒸発する際の気化熱を利用して局所的に気温を低下させる対策。

噴霧の方法には、水に圧力をかけて噴射する(一流体)方法と、圧搾空気とともに水を放出する(二流体)方法とがある。

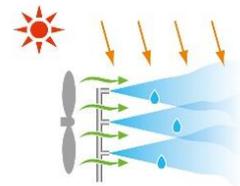
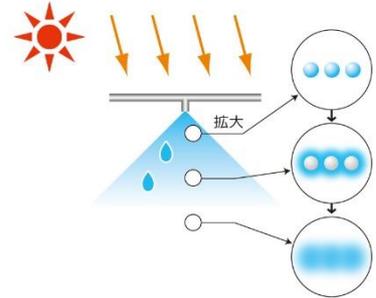
噴霧されるミストの粒子径は、製品によって異なるが 10~30 μm と微細であり、短時間で気化するため人が濡れを感じることなく暑さを和らげることができる。

微細ミストが噴霧される光景は涼しげで、民間の集客施設や公共施設等で導入例が見られる。

送風ファンと組み合わせた物もある[※]。

【事例】

人通りの多いアーケードや駅前、イベント会場
ショッピングセンター、アミューズメント施設、パーキングエリア、市役所、鉄道駅、建物エントランスの半屋外空間

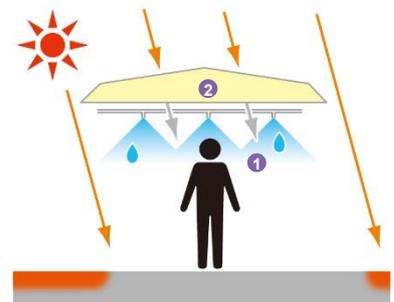


※ 送風ファンと組み合わせた場合

②人が感じる暑さを下げるメカニズム

① 噴霧された微細ミストが蒸発する際に、周囲の空気から気化熱を奪い、局所的に気温が低下する。

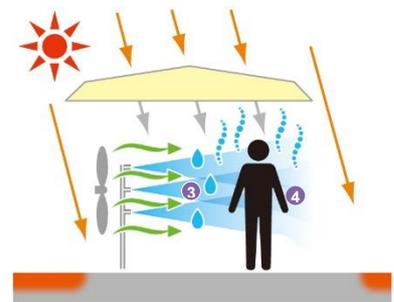
② 日射を遮蔽すると、効果を体感しやすい。



送風ファンを併用する場合はさらに、

③ ファンによって冷やしたい場所へミストが運ばれる。

④ ファンの風が肌に当たり、汗や皮膚に付着した微細ミストを蒸発し、皮膚温度が低下することで体感温度 (SET) が下がる。



③人が感じる暑さの低減効果

○近傍の気温

日陰で微細ミストを噴霧した場合、ノズルから風下側の水平方向に約 5mの範囲内 (弱風時) の気温が平均的には 2 $^{\circ}\text{C}$ 、瞬時的には 5 $^{\circ}\text{C}$ 程度低下することが確認されている¹²¹。噴霧開始直後から気温が低下し、噴霧停止直後に気温が上昇する¹²²。

9 微細ミスト



	<p>ミストが風で流されるため、風速が 1～1.5m/s 程度以上の場合にはノズル直下の気温は低下しない^{121,122}。また、相対湿度が高い場合には微細ミストが気化しにくくなり、気温の低下量は小さい¹²¹。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○皮膚温の低下 <p>送風ファンを併用して微細ミストを飛ばすことで、風とミストが当たる皮膚の温度が局所的に 1～7℃程度低下することが確認されている¹²³。</p> ○暑さ指数(WBGT) <p>微細ミストによって暑さ指数(WBGT)が 0.1～0.3 程度低下することが確認されている^{124,125}。</p> ○体感温度(SET) <p>微細ミストによって体感温度(SET)が 2℃程度低下することが確認されている^{122,126}。</p> <p>送風ファンを併用して微細ミストを飛ばすことで、体感温度(SET)が 3℃程度低下することが確認されている¹²⁷。</p> ○視覚的な涼感効果 <p>ミストの視覚的な涼しさを実験したところ、実際にはミスト有りの方がミスト無しよりも気温が高くなっていても、その差が 0.6℃までであれば、大半の利用者は、ミスト有りの方が涼しいと感じることが確認されている¹²⁸。</p>
<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○日射遮蔽と組み合わせる <p>日向より日陰で使用した方が、ミストの効果を体感しやすいことが確認されている¹²⁹。</p> ○日中に、屋外・半屋外で使用する <p>相対湿度が高い場合には気温の低下量が小さい¹²¹ため、相対湿度が比較的低い日中の利用が適している。閉鎖空間での使用は相対湿度が高くなるため適さず、半屋外空間においても、相対湿度が高くなりすぎないように、ある程度の換気量が確保される場所で利用するとよい。</p> ○一定の気象条件の下で稼働させる <p>風が強いとミストが飛ばされてノズル下で気温低下の効果を得られない^{121,122}こと、また気温が 25℃以下ではミストを噴霧すると不快になる傾向が確認されている¹²⁹ことから、気象センサーを設置して、一定の気象条件で噴霧するよう制御することが望ましい。</p> <p>例えば、「気温 27℃以上・湿度 70%未満・風速 3 m/s 未満・降雨なし」等の条件を設定する例が見られる。</p> ○イベント会場等で利用する <p>一時的に人が大勢集まるイベント会場等、恒久的な暑さ対策の設置が難しい場所では、電源があれば稼働できる移動式製品の利用が適している。</p> ○送風ファンを併用して特定の場所を冷やす <p>送風ファンを併用した物は、強制的にミストを飛ばすことで、特定の場所を効率的に冷却することができる。被験者を用いた実験で、被験者の温冷感などの申告値は、被験者の上半身近傍の気温や SET との良好な関係性が確認されている^{127,130}。そのため、送風ファンの</p>

9 微細ミスト



	向き等を調整することで、効果の高い対策を実施することが可能である。
⑤設置・維持管理	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 微細ミストの設置に要する費用は製品や規模等により異なり、数十万～数百万円（材料＋施工費）である。 ・ 送風ファン付き微細ミストの製品価格は製品や大きさにより異なり、数十万円～数百万円である。可搬式の製品などは、レンタルで設置が可能である。 <p>【維持管理】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ シーズンイン・オフの 2 回/年、配管の水抜きや清掃、点検、部品の交換等を実施する。ノズル、ポンプユニットの消耗部品とオイルは、定期的に交換を要する。 ・ タンクに給水する仕様のもは、水質を適切に維持できる頻度で水を入れ替える。長期間使用しない場合は、ノズルやタンクの中の水を全て排水する。 ・ 水道直結式でも、配管ホースや延長ホースに汚染が発生しないよう、消毒と持続的放水による維持管理が有効であることが確認されている¹³¹。 ・ 下水道料金については、噴霧した水が公共下水道に流れ込まない場合、地方自治体によっては減免される場合があるが、当該自治体に問い合わせる必要がある。
⑥留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 稼働に電気が必要である。 ・ 水の粒径によって周辺の濡れ具合は異なり、粒径が大きいほど濡れやすいため、用途に応じて製品を選定する必要がある。 ・ 給水装置として水道に接続する場合には、水道法を遵守する必要がある。 ・ 商業街路等で実施する場合、店舗の商品等によっては、わずかな濡れも適さない場合があるため、噴霧場所に留意する必要がある。 ・ 車道際に設置する場合は、噴霧量や風向きにより道路にミストが流され、交通の視認性への影響が懸念される可能性があることに留意する必要がある。 ・ ポンプと一体型の移動式製品の場合、ポンプは直射日光や雨が当たるところには設置しないよう留意する。 ・ ミストが人の口に入ったり吸引されたりする可能性を考慮し、水源の選定やタンク・ホースの維持管理により、ミストの水質の安全性を確保する必要がある。 ・ 用いる水の温度が高くても（約 90℃）、ノズルから 1m 離れたところでは、気温低下効果への影響は小さいことが確認されている¹³²。 ・ 微細ミストのためのポンプやファンの稼働には一定の電力が必要になるが、間欠的な運転や人感センサーの活用などにより、省エネ効果をより一層、高めることができる。
⑦副次的効果	視覚的にも涼しさを提供するため、暑さ対策のアピール効果が期待される。

- 121 成田ほか, 微細水ミスト噴霧による気温低下領域の実測超音波風速温度計の多点計測による検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 I),617-618,2015
- 122 金田ほか, 都市街路空間内でのミスト噴霧による熱環境改善効果に関する実証実験, 空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集(3),2049-2052,2007
- 123 Farnham et al, Evaluation of cooling effects: outdoor water mist fan, Building Research & Information, 43(3), 334-345, 2015
- 124 東京都 平成 30 年度海上公園暑さ対策実証実験等実施委託業務報告書
- 125 東京都 令和 2 年度国際展示場駅前広場暑熱対応設備実証実験委託業務報告書
- 126 三坂ほか, 微細ミストによる暑熱環境緩和に関する研究:(第 2 報)半屋外の実空間への適用と効果評価, 空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集(2),1063-1066,2011
- 127 平成 28 年度環境省検証事業
- 128 ファーナム クレイグ, ミストによる温冷感のうち視覚的要因が与える影響, 日本ヒートアイランド学会第 12 回全国大会予稿集, 2017
- 129 河野ほか, 日射遮蔽を考慮した微細水ミスト噴霧環境の快適性評価に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 II),499-500,2013
- 130 成田ほか, 微細水ミスト噴霧による暑熱緩和効果の屋外実験 気温の瞬時変動の解析と体感評価の時間変化, 日本建築学会学術講演梗概集(環境工学 I), 969-970, 2016
- 131 濱武ほか, 水道直結式ミスト発生装置の維持管理方法について, 日本公衆衛生雑誌 62(4), 182-189, 2015
- 132 Craig FARNHAM et al., Effect of water temperature on evaporation of mist sprayed from a nozzle, 日本ヒートアイランド学会誌 Vol.11, 2016

【上海万博での微細ミスト】

2010 年 5 月から 10 月にかけて上海で開催された国際博覧会では、来場者が列をなす場所などに微細ミスト等の暑さ対策が実施されました。日本館でも、パビリオンへの入場者が待機する屋根の付いた半屋外空間において、人体発熱量等を考慮した微細ミストが設計され、送風機付きとノズルのみの 2 種類の装置により、合計で 10kg/min のミストが噴霧されました。

開催期間中のミスト噴霧日と非噴霧日に計測が実施されました¹³³。微細ミストの非噴霧日では外気にくらべ待機場所の気温は 1℃低く、一方、噴霧日では外気にくらべ最大 5℃、平均で 2℃程度低くなっており、微細ミストによる気温の低下効果が示されました。また、SET についても評価しており、微細ミストによる暑熱緩和効果が示されています。

設置場所の気象条件等を踏まえた適切な設計により、大規模イベント時の半屋外空間において、効果的な暑さ対策が実施可能であることが示された事例と言えます。



上海万博で設置された微細ミスト¹³⁴

¹³³ 三坂ほか, 微細ミストによる暑熱環境緩和に関する研究 (第 2 報) 半屋外の空間への適用と効果評価, 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(2), 1063-1066, 2011

¹³⁴ 写真出典: 三坂, ヒートアイランド現象に対する適応策 (快適な熱環境の形成), 環境省ヒートアイランド対策推進ブロックセミナー講演資料, 2012 年 3 月 6 日



空気・からだの冷却

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>送風ファンでからだに直接、風を当てて、皮膚表面からの放熱を促進する対策。</p> <p>また、空気が滞留しやすい場所や人が密集して熱が溜まりやすい場所などで送風ファンを使うことで、熱だまりを解消し、気温の上昇を抑制する効果も期待できる。</p> <p>電気が使えれば簡便かつ安価に導入が可能な対策で、暑さ対策としての効果が高いことが特徴である。</p> <p>【事例】</p> <p>(イベントなどで) 人や空気が滞留しやすい場所</p>	
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<p>① からだに直接、風を当てる。</p> <p>② 皮膚から放熱して皮膚温を低下させて、体感温度 (SET) を下げる。</p> <p>送風ファンで熱だまりを解消することで、気温の低下による体感温度 (SET) の改善も期待できる。</p>	
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○風速の増加</p> <p>ファンの風量と風の直進性、ファンからの距離とそのときの自然の風の風速によって、人が受ける風速が影響される。例えば、風量 24 m³/min の送風ファンから 2m 離れた位置での風速の増加量は、1.5～1.6m/s 程度 (自然風速が 0.8～0.9m/s の場合) となる¹³⁵。</p> <p>○体感温度 (SET)</p> <p>上記の風速の増加によって、体感温度 (SET) が 2.6～2.8℃ 低下する¹³⁵。</p>	

10 送風ファン



<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<p>○気象条件に応じて風速を調節する</p> <p>好まれる風速は、気温が高いほど強くなり、26℃ではほぼ 0.6m/s、28℃では 0.8m/s 程度、30℃では 1.2m/s 程度、また同様に相対湿度が高いほど好まれる風速が強くなる¹³⁶。</p> <p>○変動風を活用する</p> <p>同じ平均風速であれば、定常風より変動風の方が涼感・快適感を得やすい¹³⁷。</p> <p>多方向からの変動気流は快適感を得やすい¹³⁸。</p> <p>○熱だまりを解消する</p> <p>送風ファンにより空気を攪拌するだけでなく、空間の熱だまりを解消し、気温の上昇を抑制することが望ましい。半閉鎖空間の換気においては空間上部の空気を排気すると効果的である。</p>
<p>⑤設置・維持管理</p>	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 直径 50cm 程度の業務用扇風機で 1 万円前後、直径 1m を超える大型ファンで 5 万～数十万円である。イベントなどであれば、レンタルでの設置も可能である。
<p>⑥留意事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> 稼働に電気が必要である。 涼しさが得られるには 0.5m/s 以上の風速が必要であるが、風速が強ければ強いほど涼しさが得られるわけではないことに留意する必要がある¹³⁹。 気流を好む人と、逆に好まない人がいる¹⁴⁰ため、風量を抑えるもしくは、気流を好まない人が風を避けることができるよう配慮する必要がある。 防水仕様の製品は少ないため、屋外で使用する場合は降雨時に撤去するなどの対応が必要になる。
<p>⑦副次的効果</p>	<p>—</p>

¹³⁵ 平成 28 年度環境省検証事業

¹³⁶ 久保ほか、蒸暑環境における好まれる気流速度の人体影響に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集(442)，9-16, 1992

¹³⁷ 徐ほか、変動風環境における生理・心理反応に関する研究：暑不快環境から気流のある中立環境へ移動した場合の温冷感実験，日本建築学会計画系論文集(519)，47-53, 1999

¹³⁸ 森本ほか、変動気流の温熱的快適性に関する研究，日本建築学会関東支部研究報告集 I (75), 569-572, 2005

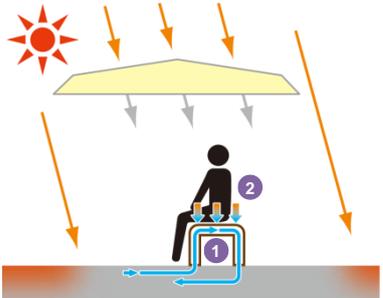
¹³⁹ 斉藤ほか、「涼しさ」を感じる気流に関する屋外での実測とその解析，日本建築学会計画系論文集 (523), 39-44, 1999

¹⁴⁰ 大浦ほか、心地よい風を把握するためのアンケート調査と心理反応実験に関する研究，日本建築学会近畿支部研究報告集，環境系 (54)，385-388, 2014

11 冷却ベンチ



空気・からだの冷却

<p>①概要</p>	<p>【特徴】</p> <p>ベンチに冷水等を導水することで、座面を人の皮膚温より冷やし、人が着座した際に臀部（お尻）からの放熱を促進する対策。</p> <p>座面を冷やす方法は、地下水を導水する、電氣的に冷やす方法などがある。</p> <p>人のからだを直接的に冷却するため、効率よく人の暑さの感じ方を緩和することができる。</p> <p>【事例】</p> <p>バス停のベンチ、鉄道駅の待合室のベンチ、スタジアムのベンチ等</p>
<p>②人が感じる暑さを下げるメカニズム</p>	<p>① ベンチの座面を皮膚温より冷やす。</p> <p>② 臀部から放熱することで、人の体温の上昇を抑制し、暑さの感じ方を緩和する。</p> 
<p>③人が感じる暑さの低減効果</p>	<p>○皮膚温の低下</p> <p>ベンチの座面を 27℃程度に保って 15 分間着座したところ、臀部の皮膚温度は 31℃程度まで低下することが確認されている¹⁴¹。</p> <p>○体感温度(SET)</p> <p>冷却ベンチへの放熱量を人の熱収支との関係性から評価した結果、SET にして 2.4℃～3.6℃の低下に相当することが指摘されている^{141,142}。</p>
<p>④効果を高める選び方・使い方</p>	<p>○日射遮蔽と組み合わせる</p> <p>冷却ベンチの効果は、ベンチの温度に大きく影響されるため、日射の影響によりベンチ座面温度が上昇しないように日射を遮蔽することが望ましい。</p> <p>○導水量を制御する</p> <p>ベンチの座面が皮膚温近くまで上昇すると効果が感じられなくなる一方、冷たすぎると不快感が増すとともに、結露により座面が濡れてしまうため、水源の水温や気象条件によって導水量を制御することが望ましい。</p>
<p>⑤設置・維持管理</p>	<p>【設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 地下水等を導水する冷却ベンチの設置に要する費用は、30 万円／基前後（材料＋施工費）で、別途、地下水等の給排水に要する費用等が必要となる。

11 冷却ベンチ



	【維持管理】 <ul style="list-style-type: none">・ シーズンイン・オフの2回/年、水抜きや清掃等を要する。・ 長期間使用しない場合は、ベンチの中の水を全て排水する。
⑥留意事項	<ul style="list-style-type: none">・ 地下水の揚水等のため電気が必要である。・ 結露が発生した場合に座ると濡れる可能性があることを喚起する注意書きを掲示するなどの対応が望まれる。
⑦副次的効果	—

¹⁴¹ 平成 28 年度環境省検証事業

¹⁴² 三坂ほか, 水冷ベンチを用いた暑熱環境緩和に関する研究その2 人体熱収支解析による暑熱環境緩和効果の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学 I, 755-756, 2017

【天井冷房システムの半屋外空間での利用】

一般的に屋内向けの製品として発売されている天井冷房システムの半屋外空間での利用について、平成 28 年度の環境省検証事業で試験的に設置し効果検証が行われました。

検証を行った天井冷房システムは、天井に設置された冷却フィンに冷水を通水し、冷却フィンの表面温度を低下させることで、フィン近傍の空気を冷やし、下向きの自然対流を発生させ、均一で冷涼な環境を形成することを意図した設備です。

JR 前橋駅の駅コンコース内の約 20 m²の範囲に設置され、約 17℃の冷水を循環させて運用しました。

夏季の測定の結果、システムの下（地上 1.1m）では、気温の低下と放射環境の改善が見られ、体感温度（SET）で最大 1.2℃の低下が確認されました。

ただし、気流の影響を受けやすいこともわかり、設置場所の風環境を把握し、風速が弱い場所に適用するのが効果的であることがわかりました。



JR 前橋駅コンコースに設置された天井冷房システム

第5章 対策技術選定の際の確認事項等

- ・対策技術の選定の際に確認・調整すべき項目を体系的に把握しておくことが重要
- ・「場所の特性と対策技術の適合性」「設置時・運用時の留意事項」「関係機関等との事前協議・調整」「効果」「利用期間」の5つの軸で整理

導入する暑さ対策技術を効果的かつ円滑に運用するには、技術を選定する際に、場所の特性と対策技術の適合性を確認するだけでなく、関係機関や利害関係者と必要な協議・調整をするなど、事前に確認等しておくべき項目を体系的に把握しておくことが重要です。

本章では、「場所の特性と対策技術の適合性」「設置時・運用時の留意事項」「関係機関等との事前協議・調整」「効果」「利用期間」の5つの軸で整理しました。

1) 場所の特性と対策技術の適合性

暑さ対策を導入する場所の特性を踏まえて対策技術を選定します。表 5.1 に、環境条件として日射環境と風環境、立地条件として水、電気の利用可能性について、各技術の適合性を整理しました。

①日射環境

日向に最も適しているのは、日射を防ぐ対策です。一方で日陰に適した対策として、微細ミストや地面・壁面を蒸発により冷却させる対策、座面を冷却する対策などがあります。

②風環境

ビル風などにより常時、風速が強い場所がありますが、微細ミストのように風に煽られてしまう対策や、冷却ルーバーのように水滴が風下に飛散する可能性がある対策は適さない場合があります。

③水の利用

水質や水温によっても、適した対策が異なります。微細ミストのように、水が人に触れることを想定する場合、一定の水質基準を満たす必要があります。また散水用水などとして利用する場合には、水資源の有効な活用に配慮し、下水再生水や雨水等を利用することが望まれます。国土交通省の「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル（平成 17 年 4 月）」では、用途に応じた下水処理水の水質について基準が示されています。

④電気の利用

本ガイドラインで紹介する対策は、水の蒸発や放射のコントロールなど、できるだけ自然の力を活かす対策手法です。微細ミストなどの一部の対策は電気の利用が必要になりますが、太陽光発電による電力で高圧ポンプを稼働させる製品等を利用することで、系統電力を使わずに対策を実施することが可能です。

表 5.1 場所の特性と対策技術との適合性^{※1}

				日射環境		風環境		水の利用			電気利用	
				日向	日陰	強風	弱風	上水	地下水	不可	系統電力	不可
 日射の低減	緑陰	樹木	◎	×	-	-	○	○	△	-	○	
		パーゴラ（藤棚）	◎	×	-	-	○	○	△	-	○	
		人工日除け	壁付け型	◎	×	△ ^{※4}	-	-	-	○	-	△
			自立固定式	◎	×	△ ^{※4}	-	-	-	○	-	△
			自立可搬式	◎	×	△ ^{※4}	-	-	-	○	-	△
窓面等の再帰反射化	◎	△	-	-	-	-	○	-	○			
 地表面の高温化抑制・冷却	地表面等の保水化	○ ^{※2}	◎ ^{※3}	-	-	○	○	△	-	○		
	地表面等の遮熱化	△	×	-	-	-	-	○	-	○		
	地表面等の緑化	○	△	-	-	○	○	△	-	○		
 壁面等の高温化抑制・冷却	壁面等の緑化	○ ^{※2}	△	-	-	○	○	×	-	○		
	冷却ルーバー等	○ ^{※2}	◎	×	◎	○	○	×	-	○		
 空気・からだの冷却	微細ミスト	○ ^{※2}	◎	×	◎	◎	-	×	○	△ ^{※5}		
	送風ファン付き微細ミスト	○ ^{※2}	◎	△	◎	◎	-	×	○	△ ^{※5}		
	送風ファン	○ ^{※2}	◎	△	◎	-	-	○	○	△ ^{※5}		
	冷却ベンチ	△ ^{※2}	◎	-	-	△	◎	△	○	△ ^{※6}		

※1 ◎：非常に適している、○：適している、△：製品・工法によっては適している、×：適さない

※2 日向であっても、日除け等の対策と組合せることで、十分な効果が得られる技術

※3 日陰を常時、保水状態に保つと、アオコなどが発生するため、定期的に乾燥や清掃が必要になる

※4 一定以上の風速で自動的に閉じる仕組みなどが必要になる

※5 太陽光発電による電力で高圧ポンプやファンを稼働させる製品もある

※6 既存の井戸等から一定の圧力で汲み上げられている地下水を使える場合

2) 設置時・運用時の留意事項

暑さ対策技術については、技術の特性上、設置時や運用時の留意点があります。

効果的な対策とするための設置時の留意点と、水の利用に関する留意事項等を表 5.2 に整理しました。留意事項を事前に把握して、適切に対応することで対策技術の効果的で円滑な運用が可能になります。より詳細な留意事項等は第 4 章 4.2 暑さ対策技術シートで各対策技術の項目を参照してください。

表 5.2 設置時・運用時の留意事項

		設置場所、設置向き等		水の利用等	
 日射の低減	緑陰	樹木	-	-	
		パーゴラ（藤棚）	-	-	
		人工日除け	壁付け型	・風通しを阻害するように設置すると、体感温度(SET)の改善効果が低減するため留意すること	-
			自立固定式	・壁付け型オーニング等は強風時に破損する恐れがあるため、管理体制に留意すること	-
			自立可搬式	・方位特性を有するフラクタル形状の日除けの場合、設置方位に留意すること	-
窓面等の再帰反射化	-	-			
 地表面の高温化抑制・冷却	地表面等の保水化	-	・湿潤状態を保つと、施工箇所によってはアオコ等が発生するため、定期的な乾燥や清掃が必要なことに留意すること		
	地表面等の遮熱化	・歩行者等が路面からの反射日射を受けないように留意すること	-		
	地表面等の緑化	-	-		
 壁面等の高温化抑制・冷却	壁面等の緑化	-	-		
	冷却ルーバー等	・冷却ルーバーを設置する場合、風通しを阻害するように設置すると、体感温度(SET)の改善効果が低減するため留意すること	・冷却ルーバーを設置する場合、強風時に水滴が飛散するため、ルーバー前面に植栽を配置することで風速を低減させるなどの対策に留意すること		
 空気・からだの冷却	微細ミスト	・体感温度(SET)改善効果が体感しやすいように風向きに配慮して設置すること ・道路際での使用は、交通の視認性の確保に留意すること	・商業街路等で実施する場合、店舗の商品等によってはわずかな濡れも適さない場合があるため、噴霧場所に留意すること ・水源の選定やタンク・ホースの水抜きや適切な維持管理により、微細ミストの水質の安全性の確保に留意すること		
	送風ファン付き微細ミスト				
	送風ファン	-	-		
	冷却ベンチ	-	・ベンチの表面温度を下げ過ぎると、ベンチ表面に結露が発生することに留意すること		

3) 関係機関等との事前協議・調整

暑さ対策技術の設置を検討する場合、関係機関による確認・調整等が必要になります。事前に調整等が必要な事項を整理しておくことで、法令等を遵守しつつ円滑に進めることができます。地域によっては以下に示した例の他にも様々な制約等が存在するため、適宜、関係機関等と事前に協議することが望まれます。

① 施設管理者等との協議

暑さ対策技術の設置場所の土地の所有者や管理者等が対策に合意し、土地占用などの手続きが必要になりますが、その他にも留意すべき事項があります。特に、車道や歩道等の道路上で暑さ対策を実施する場合、構造物等が車両や歩行者の交通の安全性・円滑性に支障をきたすことを防ぐため、道路占用許可（道路法）や道路使用許可（道路交通法）等の関係法令を確認するとともに、道路管理者（地方自治体や国土交通省等）だけでなく交通管理者（警察）とも事前に協議する必要があります。

② 建築物の設置に係る確認

日除け等の対策技術はその規模や形状等によっては建築基準法上の建築物¹⁴³に該当し、関係法令等に従って手続きを進める必要があります。また、場所によっては床面積としての制約があり、追加的な建築

¹⁴³ 建築物（建築基準法第2条）：土地に定着する工作物のうち、屋根及び柱若しくは壁を有するもの（これに類する構造のものを含む。）、これに附属する門若しくは塀、観覧のための工作物又は地下若しくは高架の工作物内に設ける事務所、店舗、興行場、倉庫その他これらに類する施設（鉄道及び軌道の線路敷地内の運転保安に関する施設並びに跨線橋、プラットホームの上家、貯蔵槽その他これらに類する施設を除く。）をいい、建築設備を含むものとする。

物が認められない場合もあります。

そのため、事前に市区町村の建築確認申請などの窓口にご相談し、検討している日除け等の対策が建築物に該当するかを確認し、必要な手続き等を実施してください。

③ 構造物の基礎をつくる場合の事前調整

自立固定式の日除け等の構造物を設置する場合には、構造計算にもとづく基礎等の土木工事が必要になります。基礎等の構造と大きさを明確にしたうえで、対策実施地点の埋設物等を確認するため、電気、ガス、上下水道等のインフラ設備の関係機関との協議が必要になります。

その他にも、例えば文化財保護法により指定された地域で土木工事等を行う際には事前に届出が必要になるなど、対策実施地点の土地の特性に応じて、関係機関への必要な手続き等を確認してください。

④ 周辺の店舗等との事前協議

水の飛沫がかかる可能性がある対策技術を選定する場合、近隣の書店や服飾関係の施設等、水滴が付着することで問題となる可能性があるため、対策実施地点の風の状況や対策技術の飛沫の飛散状況を事前に確認するとともに関係者間で協議することが望まれます。

また、日除け等の構造物は、地域の景観にも影響を及ぼします。地域の景観に配慮した対策技術・製品を選定するとともに、暑さ対策を導入した場合の夏季の良好な景観の形成について、関係者間で協議しつつ進めることが重要です。

表 5.3 関係機関との事前調整

			施設管理者	建築確認申請 などの窓口※1	埋設インフラ などの管理者※2	近隣の店舗等
 日射の低減	緑陰	樹木	○	-	-	○
		パーゴラ（藤棚）	○	-	○	○
	人工日除け	壁付け型	○	-	-	○
		自立固定式	○	○	○	○
		自立可搬式	○	-	-	○
	窓面等の再帰反射化	○	-	-	-	
 地表面の高温化抑制・冷却	地表面等の保水化	○	-	-	-	
	地表面等の遮熱化	○	-	-	-	
	地表面等の緑化	○	-	-	-	
 壁面等の高温化抑制・冷却	壁面等の緑化	○	-	○※3	-	
	冷却ルーバー等	○	-	○※3	○※4	
 空気・からだの冷却	微細ミスト	○	-	○※3	○※4	
	送風ファン付き微細ミスト	○	-	○※3	○※4	
	送風ファン	○	-	-	-	
	冷却ベンチ	○	-	-	-	

※1 建築基準法の建築物に該当するかの確認を要するもの
 ※2 ガス、上下水道、埋蔵文化財等、基礎の掘削をする場合に調整を要するもの
 ※3 基礎を掘削する構造物等を新たに設置する場合に確認・調整を要するもの
 ※4 水の飛沫がかかる可能性がある近隣の書店や服飾関係の施設等との協議が望まれるもの

なお、上に示した各項目以外にも、暑さ対策技術の導入の際には、留意すべき点があります。例えば、夏以外の季節には、暑さ対策技術が良好な環境づくりにつながらない場合があるなど、夏以外の季節への配慮が求められる可能性があります。関係者と協議するなどにより、事前に留意事項を整理しておくことが重要です。

4) 効果

対策技術の選定の際には、留意事項だけでなく、どの程度の効果が期待できるのかも重要な確認項目です。詳細は各対策技術の頁を参照いただきますが、ここではおおよその目安について、暑さ指数(WBGT)低下効果、エネルギー使用量の少なさ(省エネ)、その他の効果について整理しました。

①暑さ指数(WBGT)低下効果

暑さ対策としての効果が高いのが、日向で日射を遮る対策技術です。盛夏では、大きな樹木の下や遮熱性能の高い日除けの下の暑さ指数(WBGT)が日向にくらべて2程度低くなります。また、地表面の保水化などは、単体技術としての効果はそれほど大きくありませんが、日射遮蔽と組合せることで、効果を実感しやすくなります。

②省エネ

本ガイドラインで紹介する対策は、水の蒸発や放射のコントロールなど、できるだけ自然の力を活かす対策手法です。ただし、例えば微細ミストの稼動には一定の電力が必要になりますが、一般的なエアコンにくらべると、噴霧位置近傍の空気を冷やす効率(COP)は約13倍、高いことが指摘されている¹⁴⁴など、省エネで低炭素な対策技術と言えます。また、間欠的な運転や人感センサーを活用することなどにより、省エネをより一層、高めることができます。さらに、太陽光発電等の再生可能エネルギーを利用することで、低炭素な暑さ対策にすることができます。

③その他の効果

人が感じる暑さの物理的な低減効果だけでなく、まちなかに設置する対策としては、対策技術の外観など、設置場所に適したデザイン等が必要になります。特に緑を利用した対策や、水を利用した対策については、視覚的な涼しさや、人を惹きつける効果があるため、対策の目的や場所に適した対策技術を選定してください。

¹⁴⁴ 原田ほか, 都市におけるドライミストの普及促進に関する研究: ドライミストによる都市の暑熱環境の改善効果と空調エネルギーの削減効果, 日本建築学会学術講演梗概集, 719-720, 2015

表 5.4 対策技術の暑さ指数(WBGT)低下効果

			暑さ指数(WBGT) ^{※1} 低下効果			省エネ ^{※2}	その他の効果	
			2以上	1程度	0.5以下			
	日射の低減	緑陰	樹木	○	-	-	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
			パーゴラ(藤棚)	○	-	-	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
		人工日除け	壁付け型	○ ^{※3}		-	◎	
			自立固定式	○ ^{※3}		-	◎	
			自立可搬式	○ ^{※3}		-	◎	
		窓面等の再帰反射化		-	-	○	◎	
	地表面の高温化抑制・冷却	地表面等の保水化		-	-	○	◎	
		地表面等の遮熱化		-	-	○ ^{※4}	◎	
		地表面等の緑化		-	-	○	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
	壁面等の高温化抑制・冷却	壁面等の緑化		-	-	○	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
		冷却ルーバー等		-	-	○	◎	水滴の涼しげな視覚的な効果
	空気・からだの冷却	微細ミスト		-	-	○	○	ミストの涼しげな視覚的な効果
		送風ファン付き微細ミスト		-	-	○	△	ミストの涼しげな視覚的な効果
		送風ファン		-	-	○	○	
		冷却ベンチ		-	-	-	◎	暑さ指数による計測不可

※1 暑さ指数の目安として、特に注記しない限り、夏季日中における WBGT の低下量を示している

※2 ◎ : エネルギー使用量ほぼ無し、○ : 30Wh/m²程度以下、△ : 60Wh/m²程度以下 (H28 年度環境省検証事業による)

※3 簡易な日除けの場合、素材の違いにより効果のばらつきが大きくなる

※4 日没後の夕刻における効果を示している

【対策技術の体感温度(SET)低下効果】

表 5.5 対策技術の体感温度(SET)低下効果

			体感温度(SET) ^{※1} 低下効果			省エネ ^{※2}	その他の効果	
			4℃以上	3℃程度	2℃以下			
	日射の低減	緑陰	樹木	○	-	-	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
			パーゴラ(藤棚)	○	-	-	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
		人工日除け	壁付け型	○ ^{※3}		-	◎	
			自立固定式	○ ^{※3}		-	◎	
			自立可搬式	○ ^{※3}		-	◎	
		窓面等の再帰反射化		-	-	○	◎	
	地表面の高温化抑制・冷却	地表面等の保水化		-	-	○	◎	
		地表面等の遮熱化		-	-	○ ^{※4}	◎	
		地表面等の緑化		-	-	○	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
	壁面等の高温化抑制・冷却	壁面等の緑化		-	-	○	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
		冷却ルーバー等		-	-	○	◎	水滴の涼しげな視覚的な効果
	空気・からだの冷却	微細ミスト		-	-	○	○	ミストの涼しげな視覚的な効果
		送風ファン付き微細ミスト		-	○	-	△	ミストの涼しげな視覚的な効果
		送風ファン		-	○	-	○	
		冷却ベンチ		-	○	-	◎	

※1 体感温度(SET)の目安として、特に注記しない限り、夏季日中における標準有効温度 SET の低下量を示している

※2 ◎ : エネルギー使用量ほぼ無し、○ : 30Wh/m²程度以下、△ : 60Wh/m²程度以下 (H28 年度環境省検証事業による)

※3 簡易な日除けの場合、素材の違いにより効果のばらつきが大きくなる

※4 日没後の夕刻における効果を示している

5) 利用期間

夏の暑さ対策は、まちなかの恒久的な施設として導入する場合と、一時的なイベントあるいは夏季に限定した仮設的な設備として導入する場合が考えられます。そこで、現在、市販されている製品において、恒久施設、仮設設備の一般的な対応状況の例を整理しました。ただし、この分類に限らず、技術や製品によってはどちらにも対応可能なものがあります。

また、対策技術によっては、利用期間の長さによって、人の快適性向上などの効果に影響を及ぼす場合があります。特に、視覚的な効果が認められている微細ミストやファンによる強制的な送風などは、短期的な利用において快適性を改善する効果が高く、イベントなどには適している対策技術と言えます。

なお、中長期的に考えれば、暑さ対策の推進によって、低炭素で持続性の高いまちづくりにつなげていくことが求められます。そのため、エネルギーをできるだけ使わずに、ヒートアイランド現象の緩和を進めるという視点で暑さ対策技術を選定することも重要です。

表 5.6 利用期間に応じた対策技術の適合性

			恒久的な導入	一時的な利用		
 日射の低減	緑陰	樹木	◎※1	○	プランター型の可搬式樹木など	
		パーゴラ（藤棚）	◎※1	-		
		人工日除け	壁付け型	○	-	
			自立固定式	○	-	
			自立可搬式	○	○	
		窓面等の再帰反射化	◎※1	-		
 地表面の高温化 抑制・冷却	地表面等の保水化	◎※1	○	打ち水イベントなど		
	地表面等の遮熱化	○	-			
	地表面等の緑化	◎※1	○			
 壁面等の高温化 抑制・冷却	壁面等の緑化	◎※1	○	緑のカーテンなど		
	冷却ルーバー等	○	-			
 空気・からだの 冷却	微細ミスト	○	◎※2			
	送風ファン付き微細ミスト	○	◎※2			
	送風ファン	○	◎※2			
	冷却ベンチ	○	○			

※1 ヒートアイランド現象の緩和と夏季の省 CO₂ の効果が大きい技術

（国土交通省、ヒートアイランド現象緩和に向けた都市づくりガイドライン（H25.12）より）

※2 イベント等での短期的な利用で、快適性向上などの効果が特に高い技術

—第3部 技術情報編—

第6章 暑さ指数(WBGT)の把握

6.1 人が感じる暑さの指標

- ・人が感じる暑さの指標は複数の温熱要素で計算され、人が感じる暑さや涼しさを単一の尺度で表す指標
- ・暑さ指数 (WBGT) は熱中症予防、体感温度 (SET) は快適性の評価に適した指標

人が感じる暑さには気温、湿度、風速、日射・赤外放射、風の4つの環境側の要素と、運動量（代謝量）と着衣量の2つの人間側の要素が影響します。人が感じる暑さの指標は、これらの複数の要素を用いて計算され、人が感じる暑さや涼しさを単一の尺度で表す指標です。暑さ指数(WBGT)は環境側の要素を用いて、体感温度(SET)は環境側と人間側の要素を用いて計算されます。暑さ指数(WBGT)は熱中症予防に、体感温度(SET)は快適性の評価に適した指標です。暑さ指数(WBGT)は4頁、体感温度(SET)は以下のコラムを参照下さい。

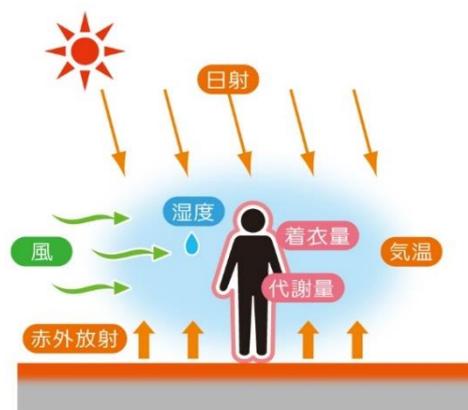


図 6.1 人が感じる暑さに影響する要素

【体感温度 (SET : Standard Effective Temperature (標準有効温度))】

SET は研究者や空調分野の技術者などの間で広く使われている指標で、温熱的に同等な標準環境の気温 (°C) と言えます。屋内の熱環境の評価を基本としていますが、日射などの条件を適切に設定し、屋外の評価にも使われています。人の温冷感や快適感と良い関係性を示し、SET が 32°C を超えるあたりで「不快」と感じる傾向にあるようです。また、非空調空間を対象に SET と人の許容度との関係を調べた研究¹⁴⁵では、SET32°Cが温熱的に受容できる上限であると報告されています。

表 6.1 SET と快適感との関係

SET (°C)	快適感
33.3	非常に不快
32.1	不快
30.8	やや不快
28.4	どちらでもない
27.0	やや快適
	快適

日本人の屋外における快適感の申告試験結果¹⁴⁶を参考に作成

¹⁴⁵ 中野ほか, O 駅及び非空調駅の熱的快適域の比較-大規模空調空間を有する駅の熱的快適域に関する研究その 3, 日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 II), 319-320, 2012

¹⁴⁶ 石井ほか, 屋外気候環境における快適感に関する実験的研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 386, 28-37, 1988

6. 2 実測等による把握方法

- ・JIS B 7922 に準拠した携帯型暑さ指数(WBGT)計を用いて簡単に暑さ指数(WBGT)を計測できる
- ・日当たりや風通しの状況を確認し、黒球温度計等を用いて気温、湿度、風速、日射・赤外放射、風の要素を測定
- ・実測による方法は、測定場所の局所的な影響を受けやすいことに注意
- ・測定した複数の温熱要素を用いて暑さ指数(WBGT)を計算

1) 携帯型暑さ指数(WBGT)計による測定

暑さ指数 (WBGT) は湿球温度、黒球温度、乾球温度から計算しますが、それぞれの温度は表 6.2 に示す環境側の温熱要素の影響を受けます。

JIS B 7922「電子式湿球黒球温度 (WBGT) 指数計 (2017)」に準拠した小型の暑さ指数(WBGT)計測器 (以下「携帯型暑さ指数(WBGT)計」という。)を用いることで比較的簡単に暑さ指数(WBGT)を計測することができます。黒球がないタイプのもの (室内用等) も市販されていますが、屋外では正しく暑さ指数 (WBGT) が計測されない可能性があるため、屋外の測定には黒球付きのものを推奨します。携帯型暑さ指数 (WBGT) 計は表 6.3 のように測定精度によってクラス分けされています¹⁴⁷。ただし、携帯型暑さ指数 (WBGT) 計を用いる場合、0.3m/s 未満の弱風環境では暑熱環境を過小評価する可能性があるため、より正確な計測が必要な場合には標準黒球 (直径 15cm) を用いた計測方法もあります¹⁴⁸。



図 6.2 携帯型暑さ指数(WBGT)計のイメージ

表 6.2 暑さ指数 (WBGT) の温熱要素

測定値	環境側の温熱要素
湿球温度	気温、湿度
黒球温度	気温、日射・赤外放射、風
乾球温度	気温

表 6.3 携帯型暑さ指数 (WBGT) 計のクラス¹⁴⁷

クラス	WBGT 指数の誤差限界
1	±1
1.5	±1.5
2	±2

日向の暑さ指数を正確に測定するためのポイントとして、以下の測定方法が挙げられます。

- ・黒球に日射を当てる (黒球が陰にならない)
- ・地上から 1.1m 程度の高さで測定
- ・壁等の近くは避ける
- ・値が安定してから (10 分程度) 測定値を読み取る

※屋外の計測は熱中症の危険性が高まるため、事前に水分補給をし、帽子を被り測定するようにしましょう。

¹⁴⁷ JIS B 7922「電子式湿球黒球温度 (WBGT) 指数計 (2017)」

¹⁴⁸ 標準黒球温度計を用いた測定方法については、JIS Z 8504 を参照ください。

一方、正確に測定できない要因として、以下のような測定方法が挙げられます。

- ・測定器に日射が当たらない
- ・地面、朝礼台等の上に直接置く
- ・黒球を握る、通気口をふさぐ

正確に測定できない可能性がある測定方法

例1 測定器に日射が当たらない。



例2 地面、朝礼台等の上に直接置く。



例3 黒球を握る、通気口をふさぐ。



図 6.3 携帯型暑さ指数計の使い方¹⁴⁹

¹⁴⁹ 環境省「屋外日向の暑さ指数計の使い方」https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/heatillness_leaflet_wbgtmeter.pdf

2) 暑さ指数 (WBGT) と体感温度 (SET) の測定方法

①測定場所の選定

暑さ指数は日当たりや風通しの状況などの局所的な影響を受けやすいため、計測場所周辺の建物状況などを観察し、評価に適した場所に計測器を設置します。また、計測センサーの設置高さについて、高温化した路面上で測定する場合などは低い位置ほど暑さ指数が高くなる可能性があります。歩行者の暑さ指数を評価する場合には地上高 1.1m¹⁵⁰が基本になりますが、着座時を評価する場合にはより地面に近い位置で測定する必要があります。

②気温の測定

気温センサーが日射や路面からの赤外放射を受けないように物理的に遮蔽する必要があります。気温センサーを筒や放射シールドで遮蔽する場合、通風を確保する必要があります。その際、自然通風式は強制通風式（気温センサーを入れた筒などにファンで強制的に風を導入する方式、6.5 参照）の温度計にくらべて、日向では日射などの影響をかなり受けることが指摘されています¹⁵¹。日向では、気温を強制的な通風条件で測定することで正確な値を測ることができます。

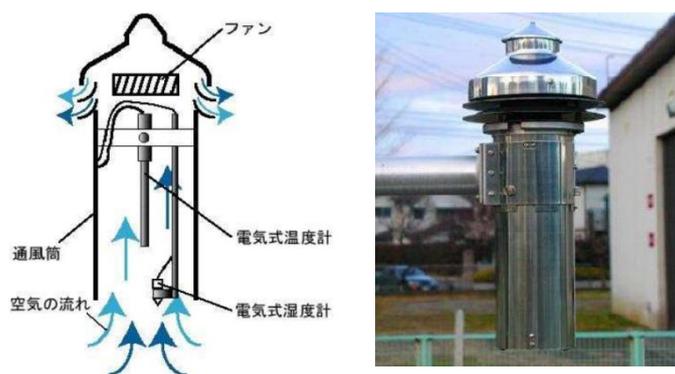


図 6.4 気温センサーを入れる通風筒の例（断面と外観）¹⁵²

③自然湿球温度の測定

自然湿球温度は、湿球温度計（オーガスト温湿計）を自然の風に当てて測定します。しかし、現在の測定機器は相対湿度を測定する 경우가多く、表 6.4 を使うことで気温と相対湿度から湿球温度を求めることができます。屋外日向で気温と相対湿度を測定して湿球温度を求める場合、本来の自然湿球温度より低くなる可能性があります。

なお、JIS B 7922「電子式湿球黒球温度 (WBGT) 指数計」では、屋外日向における相対湿度などから自然湿球温度を近似的に求める方法が示されています。風速などの詳細なデータが必要になりますが、WBGT の精度を向上させることができます。

¹⁵⁰ 日本建築学会, 日本建築学会環境基準 AIJES-H002-2009 室内温熱環境測定規準・同解説 を参考とした。

¹⁵¹ 気象庁, 気象観測の手引き, 1998 年 9 月

¹⁵² 気象庁, 気象観測ガイドブック, 2002 年 12 月

表 6.5 乾球温度と相対湿度から湿球温度 (°C) を求める表 (標準気圧の場合)

		相対湿度 (%)														
		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
気温 (乾球温度) (°C)	40	25	27	28	29	30	32	33	34	35	36	37	37	38	39	40
	39	24	26	27	28	30	31	32	33	34	35	36	37	37	38	39
	38	24	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38
	37	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37
	36	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36
	35	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35
	34	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33	34
	33	20	21	22	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32	32	33
	32	19	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	31	32
	31	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	30	31
	30	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	29	30
	29	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	27	28	28	29
	28	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28
	27	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	26	27
26	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	23	24	25	25	26	
25	15	15	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	

④放射環境の測定

放射環境を簡単に測るには黒球温度計を uses。黒球は全方位からの日射（短波放射）と路面等からの赤外放射（長波放射）の全ての放射熱を同時に測定します。黒球温度の値が安定するまでには時間がかかるため 15 分以上、放置する必要があります。視覚的には、サーモカメラを用いて熱画像を撮影することで、赤外放射量が多い高温部分を容易に特定することができます。スマートフォンなどを用いて簡単に熱画像を撮影できる機器も市販されています。

長短波放射収支計を用いて波長帯別、方向別に計測する方法もあります。短波、長波の別に上下 2 方向を計測¹⁵³したりし、より詳細には 6 方向（上下、左右、前後）を計測（次頁のコラムを参照ください）し、波長帯別、方向別に重み付けして平均放射温度 MRT¹⁵⁴を算出することで、人が受ける放射により近い値を知ることができます。

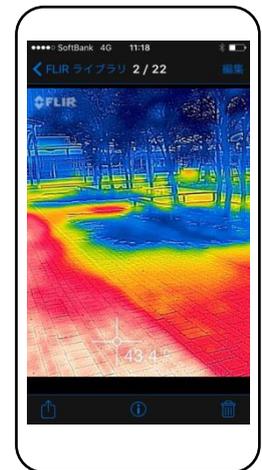


図 6.5 スマートフォンによる熱画像撮影のイメージ

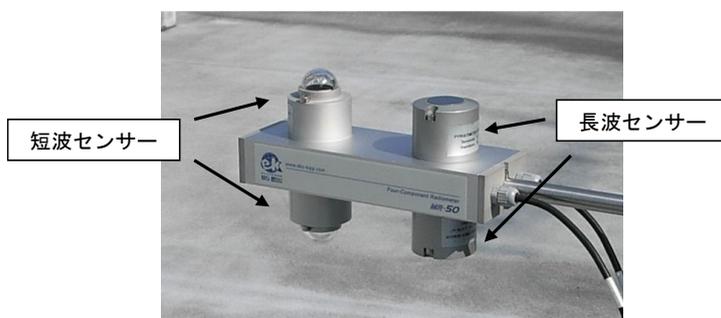


図 6.6 直径 15cm の黒球温度計 (左) と長短波放射収支計 (右) の例

¹⁵³ 渡邊ほか,屋外における平均放射温度の算出法の比較,日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学 II),357-358,2013

¹⁵⁴ MRT (Mean Radiant Temperature) : 周囲から受ける放射熱量の全方向に対する平均値と等価な放射熱量を出す黒体放射の温度 (°C)

なお、以下の式を用いて黒球温度などから MRT を求めることができます。

$$MRT = \left[(t_g + 273)^4 + 2.5 \times 10^8 \times V_a^{0.6} (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273 \quad (\text{ISO7726})$$

ここで、MRT：平均放射温度(°C)、 t_g ：黒球温度(°C)、 t_a ：気温(°C)、 V_a ：風速(m/s)。ただし、標準的な黒球温度計（直径 15cm）の場合。

【体感温度(SET)の測定方法】

体感温度(SET)を把握するには気温(°C)、相対湿度(%）、風速(m/s)、黒球温度(°C)もしくはMRT (°C)の温熱4要素に加え、人の代謝量(met)と着衣量(clo)が必要になります。

体感温度(SET)の計算は複雑ですが、演算ソフトが一般に公表されており¹⁵⁵、計測した気温、相対湿度、風速、黒球温度などから求めることができます。

また、代謝量（作業量）と着衣量は状況に応じた適当な数値を入力します。以下に代謝量と着衣量の例を示します。例えば、静かに椅子に座っている場合で 1.0[met]、男性の夏の服装で 0.43[clo]などが使われます。

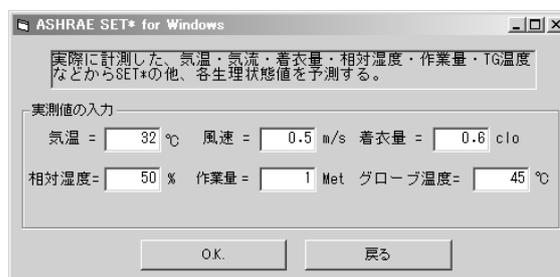


図 6.7 SET*演算ソフトの例¹⁵⁵

表 6.6 代謝量 (met) の例¹⁵⁶

活動	代謝量 (met)
いす座安静	1.0
立位安静	1.2
歩き回り	1.7
平坦歩行：3.2km/h	2.0
平坦歩行：4.8km/h	2.6

表 6.7 着衣量 (clo) の例¹⁵⁶

男性		女性	
服装	着衣量 (clo)	服装	着衣量 (clo)
1) 半ズボン、半袖シャツ、サンダル等	0.3	1) 夏ワンピース、サンダル等	0.21
2) 夏ズボン、半袖ワイシャツ、靴等	0.43	2) 夏ブラウス、夏スカート、サンダル等	0.26
3) 2)に夏上着、ネクタイ	0.56		

¹⁵⁵ ASHRAE SET*演算ソフト（空気調和・衛生工学会，新版 快適な温熱環境のメカニズム 付録，2006年3月）

¹⁵⁶ 空気調和・衛生工学会，新版 快適な温熱環境のメカニズム，2006年3月

6.3 シミュレーションによる把握方法

- ・シミュレーションツールを用いることで人が感じる暑さの面的な分布の把握や対策効果の予測が可能
- ・ただし、適切なツールの選定や詳細な入力データの作成など、専門的な知識と技術が必要

街路空間の人が感じる暑さを面的に把握するにはシミュレーションを活用することが有効です。放射環境や風環境等のまちなかの分布状況から対策すべき場所を検討したり、様々な対策効果を予測したりすることができます。ただし、シミュレーションを実施するまでには、適切なシミュレーションツールを選定し、道路や建物等の情報を数値化、気象データを作成する等、その準備にも専門的な知識と技術が必要になります。そこで、専門技術を有するコンサルタント等にツールの選定やシミュレーションに必要な作業等を委託する方法もあります。

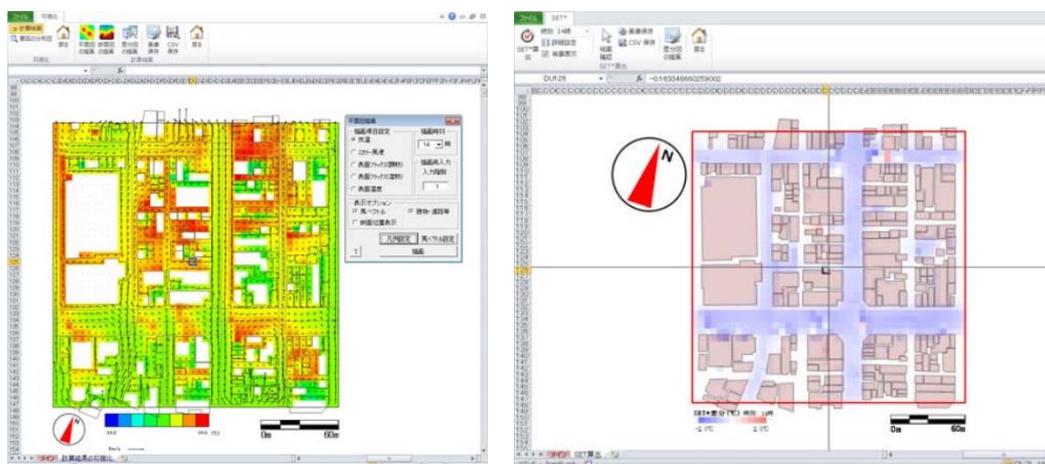
【シミュレーションツールの選定】

シミュレーションツールは研究機関等で保有するものが多くありますが、市販のシミュレーションツールも存在し、目的、費用等に応じて選定します。

人が感じる暑さを扱うことができるシミュレーションツールは、気温、湿度、風速、放射の複数の温熱要素を連成して計算するため、コンピューターの計算機負荷が高くなる傾向があります。そのため、どの程度のスケールの街区を対象とするのか、どの程度の解像度のデータが求められるのかを予め検討し、必要な計算機資源等を見積る必要があります。また、ツールによっては、出力可能な温熱要素や計算できる人が感じる暑さに制約があるため、どの種類の要素や指標が出力可能か、事前に確認しておく必要があります。

【国土交通省－都市の熱環境対策評価ツールの紹介】※ツールの推奨環境をご確認の上ご使用ください

国土交通省は、地方公共団体等がヒートアイランド対策に資する「風の道」を活用した都市づくりを検討する際、パソコンを用いて、緑化や保水性舗装、「風の道」の確保などの様々な対策効果を予測できるシミュレーションツールを開発・提供しています。詳細版と簡易版が用意されており、詳細版では500m四方の地区を設定し、入力データの作成支援ツールを活用し、様々な対策の効果を体感温度（SET）でも評価することができます。 <http://www.nilim.go.jp/lab/icg/hyouka-tool.htm>



都市の熱環境対策評価ツールの出力例（左：気温と風速分布、右：SETの差分分布）

第7章 暑さ指数（WBGT）による対策効果の把握

- ・対策効果を暑さ指数（WBGT）で把握することで、熱中症予防の評価が可能
- ・暑さが厳しい夏季日中だけでなく、対策実施場所の利用状況に応じて夕方なども対象に評価
- ・効果予測にはシミュレーション等による複雑な計算が必要だが、簡易的に効果を把握する手法を紹介
- ・実測の場合、適切な比較対照地点で同時に測定することが望ましい

暑さ対策技術の導入による熱環境改善の効果は、暑さ指数（WBGT）などの指標で評価します。気温だけでは対策効果が明確にならない場合でも、人が感じる暑さを表す指標を用いることで人の実感に近い評価が可能になります。また、対策効果を評価する際、暑さが最も厳しい夏季日中はもとより、対策実施場所の利用状況を想定の上、夕方なども対象として評価することが考えられます。その際、次の1)～3)のいずれの比較であっても、夏季日中や夕方等、同じ時間帯での測定結果を比較することが重要です。また、対策効果を明示する際には、効果を把握する際の気象条件を記載しておくことも重要です。

また、暑さ指数（WBGT）の場合は指針となる基準域が示されており（WBGT31 以上で「危険」や「運動は原則中止」など（第1章参照））、これらの基準域との比較で対策効果を評価することができます。

1) 対策実施前と後で比較

対策を実施する前と対策を実施した後の熱環境を測定して、暑さ指数（WBGT）などの違いを評価します。測定日の気象条件が異なると、測定結果には対策効果だけでなく気象の違いが影響するため、できるだけ同じような気象条件のもとで測定することが望まれます。

なお測定時、可能であれば2)で説明するように、対策を実施していない基準地点でも同時に測定しておくことで、対策前後の単純比較ではなく、基準地点との差分を用いて暑さ指数(WBGT)の低下量を把握することができます。

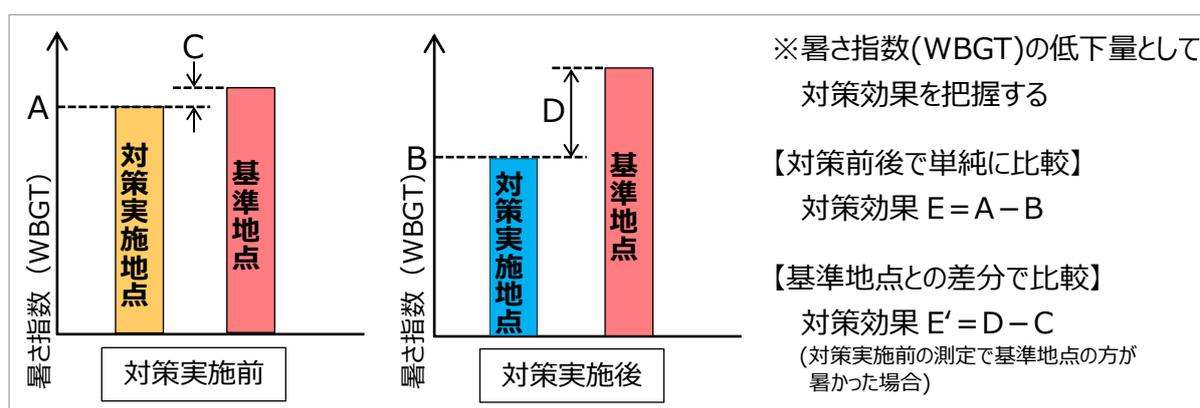


図 7.1 対策前後で結果を比較したイメージ

2) 対策実施地点と未実施地点（基準地点）で比較

対策実施地点での測定に加え、対策を実施していない比較対照（基準）となる地点でも測定する方法です。ただし、例えば基準地点の風が局所的に強い場合などには単純に比較できなくなるため、基準地点の選定には注意が必要です。基準地点を選定する際の留意事項の例を以下に示します。

- ・対策実施地点の近傍で、日当たりや周辺建物形状等が対策実施地点と大きく変わらないこと
(対策を導入する前に対策実施予定地点と基準地点の熱環境を同時に測定し、同程度の熱環境であることを確認しておくことが望ましい)
- ・対策実施地点の対策効果の影響を受けない地点であること
(例えば、微細ミストの効果을把握する場合、対策実施地点の風下側に効果が波及することが考えられるため、基準地点は対策実施地点の風上側であることが望ましい)

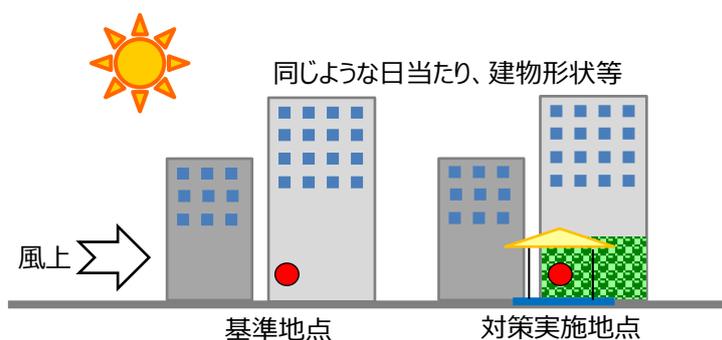


図 7.2 対策実施地点と未実施地点で比較するイメージ

3) 対策の稼働時と非稼働時で比較

対策技術の稼働と非稼働を繰り返すことにより、測定値の変化から対策効果を評価します。例えば、微細ミストの噴霧と停止を一定時間ごとに繰り返すことで、熱環境の変化を測定します。その際、可能であれば上記 2) と同様に、基準地点でも同時に測定することで、稼働時の効果を基準地点との差分として評価することができます。なお、気温などの変化を測定する場合には、センサーの応答時間を考慮して測定機器を選定する必要があります。

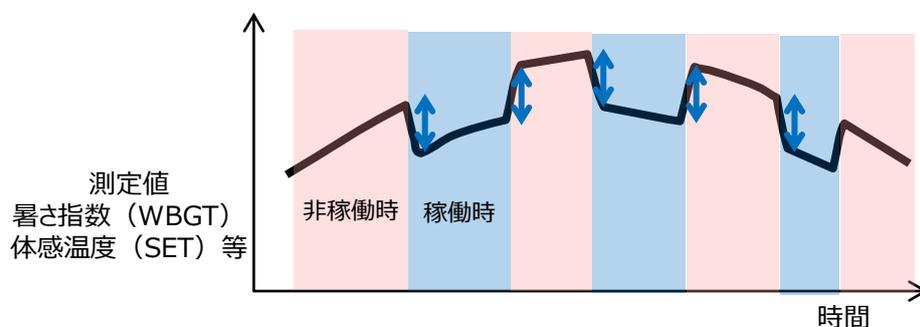


図 7.3 対策の稼働時と非稼働時で比較した結果のイメージ

令和4年度暑熱環境に対する適応策調査検討委員会

足永 靖信 国立研究開発法人建築研究所 研究専門役
後藤 圭二 吹田市長
鍋島 美奈子 大阪公立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 教授
成田 健一 日本工業大学 学長（座長）
本條 毅 千葉大学大学院 園芸学研究科 教授
藤田 文彦 三菱地所株式会社 都市計画企画部 ユニットリーダー
三坂 育正 日本工業大学 建築学部建築学科 教授
渡邊 慎一 大同大学 工学部建築学科 教授・副学長

（五十音順、敬称略）

事務局

一般社団法人環境情報科学センター

平成28年5月 発行

平成30年3月 改訂

令和5年3月 部分改訂

環境省 水・大気環境局 大気環境課 大気生活環境室

