

まちなかの暑さ対策ガイドライン(案)

平成 28 年 ● 月

ヒートアイランド現象に対する適応策検討委員会

まちなかの暑さ対策ガイドライン

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	5
1.1	人が感じる暑さ	5
1.2	まちなかの暑さと涼しさ	6
1.3	夏の暑さと暑熱ストレス	9
第2章	まちなかの暑さ対策	11
2.1	まちなかに求められる暑さ対策	11
2.2	暑さ対策のポイントと効果	12
2.3	暑さ対策の進め方	14
—第2部 具体的対策編—		
第3章	暑さ対策技術シート	17
3.1	樹冠・藤棚等による緑陰	19
3.2	人工日除け	21
3.3	壁面等の再帰反射化	24
3.4	地表面等の保水化	26
3.5	地表面等の遮熱化	30
3.6	地表面等の緑化	33
3.7	壁面等の緑化	35
3.8	壁面等の保水化・親水化	38
3.9	微細ミスト噴霧	41
—第3部 技術編—		
第4章	体感温度の把握	47
4.1	体感温度指標	47
4.2	実測等による把握方法	49
4.3	シミュレーションによる把握方法	54
第5章	体感温度による対策効果の把握	55
第6章	対策技術選定の際の留意事項	57
—参考資料—		
参考資料	簡易体感温度指標による効果把握	1
補遺1	簡易体感温度の計算方法について	10
補遺2	透過性のある日射遮蔽物（テントや日傘）の対策効果	15

－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。

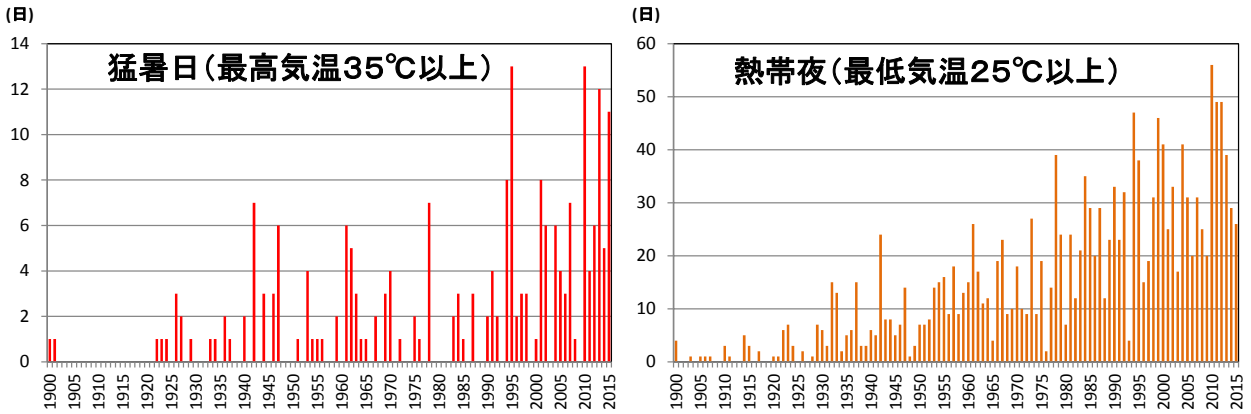


図 1 東京の猛暑日と熱帯夜の日数の推移¹

これまでの暑さ対策は、個々に日傘をさしたり、打ち水をするなど、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 気象庁データをもとに作成。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、第2部は「具体的対策編」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1～2章	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	主に、行政やまちづくりに関わる一般の方
第2部（具体的対策編） 第3章	暑さ対策技術の種類とその概要、効果、導入の際の留意事項などの情報	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幅広い方
第3部（技術編） 第4～6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	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、光、水、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（体感温度）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、体感温度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³）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。しかし、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。

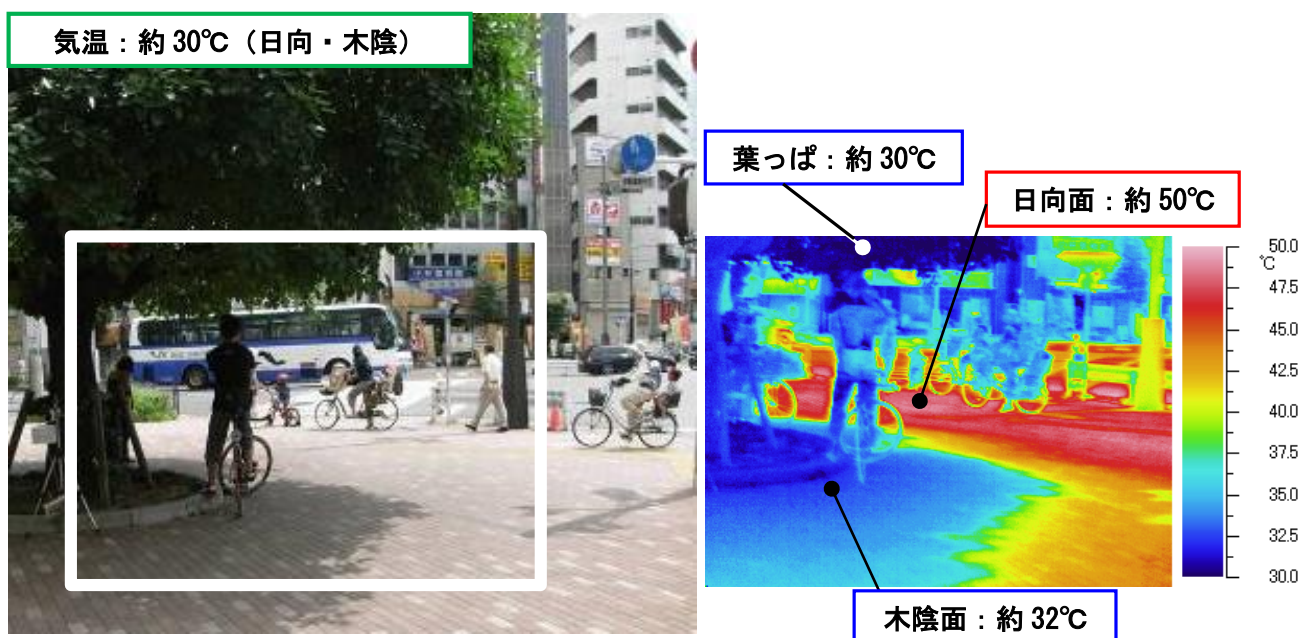


図 1.1 木陰のある交差点（東京都江東区木場）

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る、すなわち体感温度を低下させる手法です。暑さ対策の効果は、気温の低下のみで考えるのではなく、「体感温度」の改善を目標とすることが重要です。

体感温度については第4章で詳しく説明します。

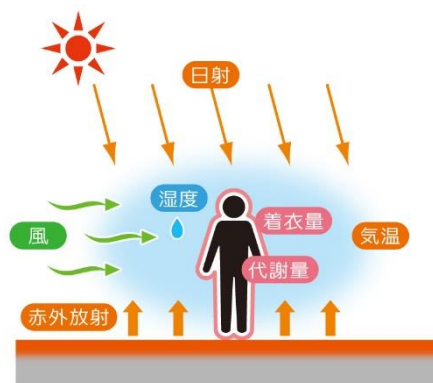


図 1.2 体感温度に影響する要素

³ 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。

1. 2 まちなかの暑さと涼しさ

- ・まちなかの暑さは場所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）
- ・風通しの良さも体感温度に大きく影響し、風速が 1m/s から 0.5m/s になると体感温度が 1℃上昇
- ・川辺の風を利用したり、風通しを阻害しないようにすることが重要

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、夏の晴れた日中には気温が 30℃でも日向の体感温度⁴は 40℃程度にもなる場合があります。一方で、大きな樹木の木陰に入ると、頭上からの日射と足元からの赤外放射が大幅に減り、日向にくらべ体感温度が 7℃程度低くなる⁵場合があります。

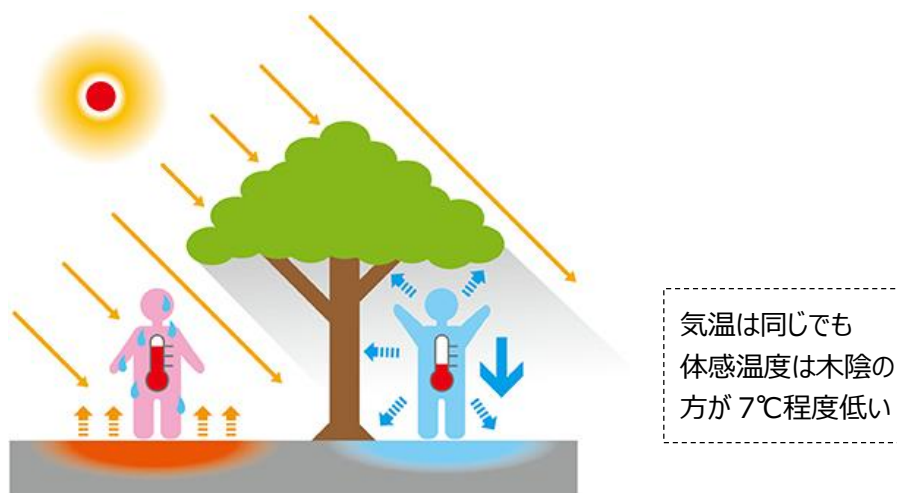


図 1.3 日向と木陰の体感温度の違いのイメージ

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⁶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 1.4）。幅の広い東西方向の道路の北側歩道

⁴ 体感温度には数多くの指標があり、本ガイドラインで「体感温度」を定量的に用いる場合、SET*（標準有効温度、詳細は第 4 章を参照のこと）を指します。

⁵ 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

⁶ 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。）

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。

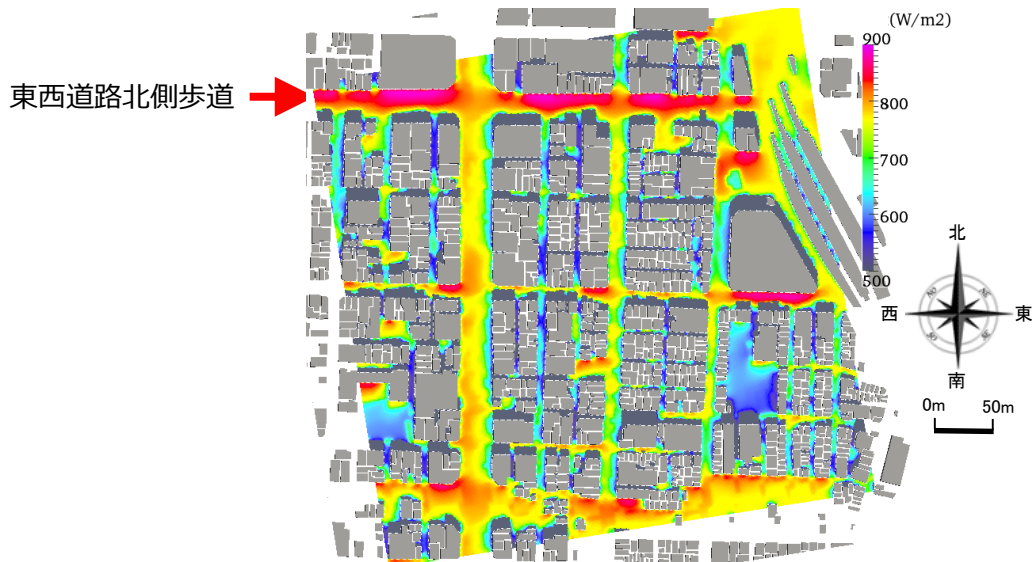


図 1.4 都市街路で歩行者が受ける熱量（8月12日）⁶

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、そこにいる人の体感温度を下げるができます。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 1.5 街路沿いのクールスポット（東京都中央区銀座）

風も人の体感温度に強く影響します。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、風を阻害しないよう配慮することが重要です。風速が秒速 1m から 0.5m になると、体感温度にして約 1℃上昇⁷します。

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、体感温度を低下させるためです。

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

⁷ 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。計算条件：気温 30℃、相対湿度 50%、平均放射温度 30℃、代謝量 1met、着衣量 0.4clo

1. 3 夏の暑さと暑熱ストレス

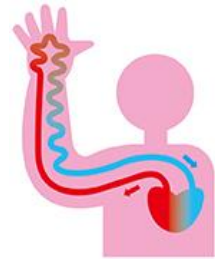
- ・人は体温を一定に保つため発汗などにより放熱するが、暑熱環境下では放熱が進みにくい
- ・高齢者は体温調節機能が衰えはじめ、夏の日中に日向を歩いた場合、若年者にくらべて体の中心部分の温度が上昇しやすい
- ・子供は体温調節機能が未発達であることに加えて、身長が低いと路面からの赤外放射を受けやすい

食べ物を食べたり、運動することで、人の体内では熱が発生します。また、夏には日差し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、汗をかいたりして放熱し、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。



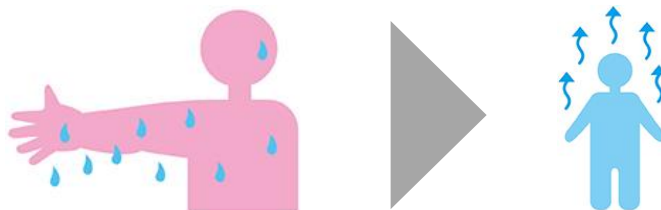
-[まわりのモノに放熱（放射）]-

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（夏は 35℃程度）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⁸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、日傘をさすことなどにより、夏の暑さによる影響を抑制できると考えられます。

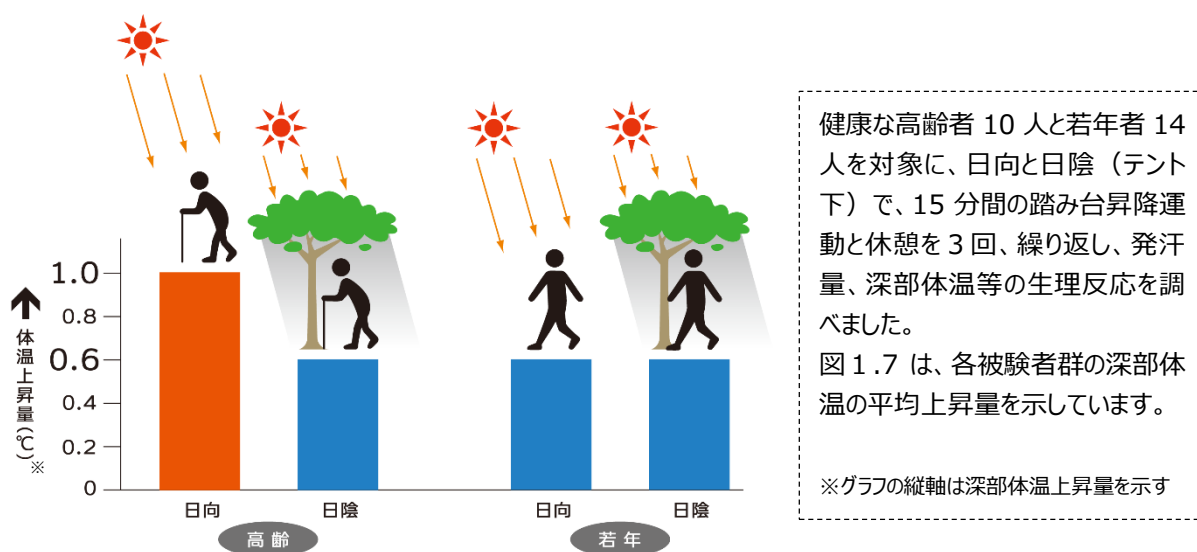


図 1.7 高齢者と若年者の歩行運動実験結果⁸

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。

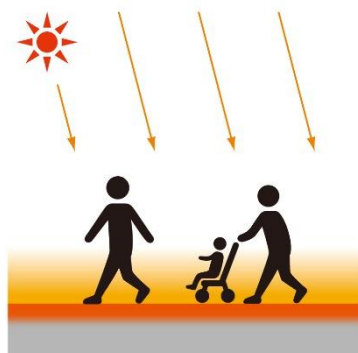


図 1.8 高温化した路面からの赤外放射のイメージ

⁸ 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も、健康で快適な環境づくりの推進に効果的

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、少しでも日差し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 交差点近くの木陰で信号待ちをする人々

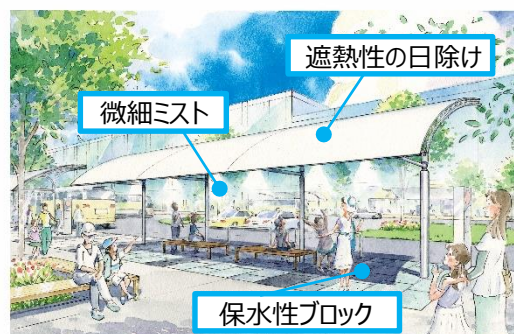


図2.2 バス停など、暑くても待たなければならない場所での暑さ対策のイメージ

また、気持ちのよい屋外の公園も、夏には小さな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。樹木の葉っぱを模したような熱くならない日除けや水の蒸発を利用する冷却ルーバーなどで、より快適な休憩スポットを創出することができます。

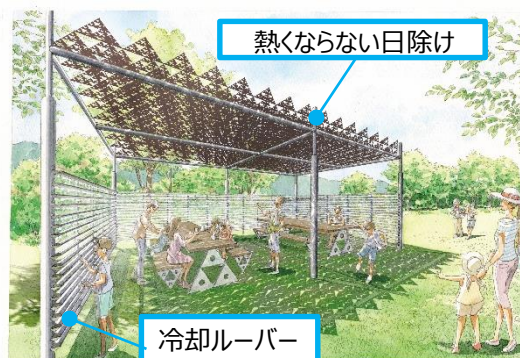


図2.3 公園など、快適に過ごしたい場所での暑さ対策のイメージ

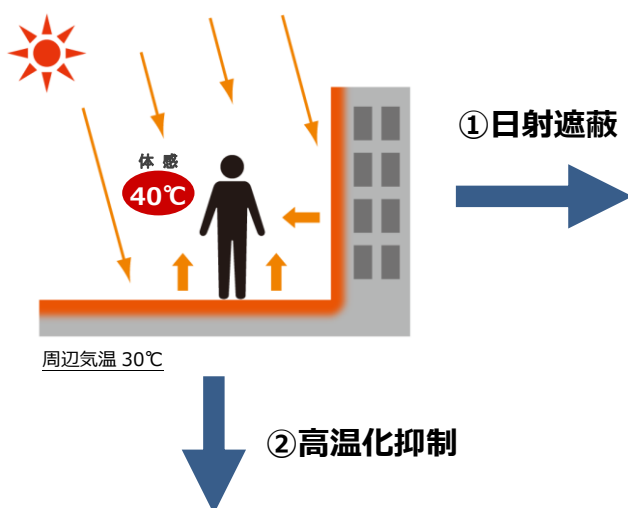
2. 2 暑さ対策のポイントと効果

ここでは、暑さ対策の主な手法と体感温度の低下効果⁹の目安を示しました。

まちなかの体感温度は高い

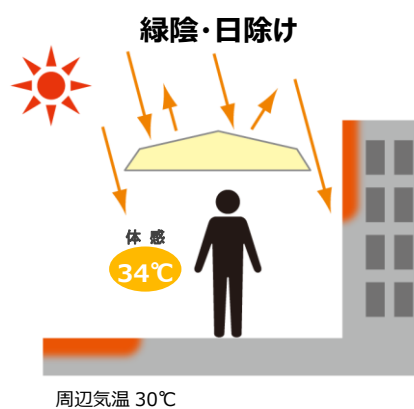
真夏の強い日射と、高温化したアスファルトなどの路面や建物の壁面からの赤外放射によって、気温は 30℃程度でも体感温度は 40℃近くになることがあります。

風通しが悪いと、体感温度はさらに上昇します。



日射を遮りましょう

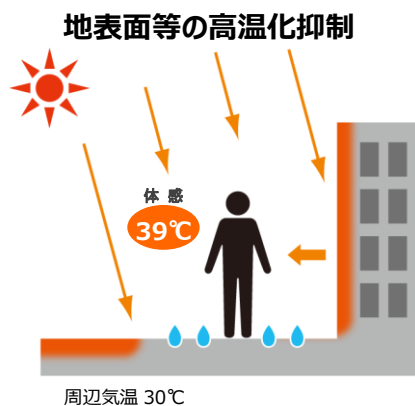
- ・人が受ける日射、路面や壁面に当たる日射を遮ることは暑さ対策として最も効果的
- ・日射と路面や壁面からの赤外放射が減り、体感温度が 5～7℃程度低下
- ・緑陰、日射が透過しにくい日除け、日除け自体の温度が上昇しない日除けを選ぶと効果的



✓ 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

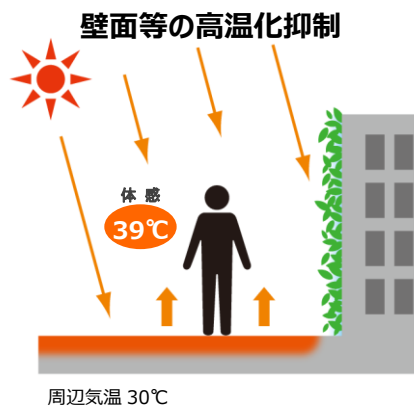
路面の高温化を抑制しましょう

- ・路面を緑化もしくは保水化することなどで高温化を抑制し、体感温度が 1～2℃程度低下



側面の高温化を抑制しましょう

- ・壁面を緑化することなどで高温化を抑制し、体感温度が 1℃程度低下



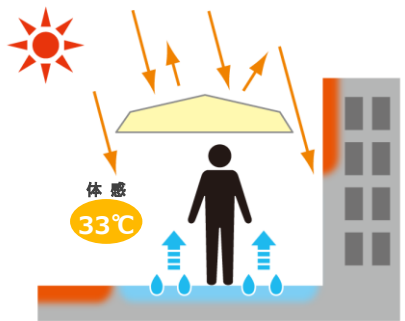
⁹ ASHRAE SET*演算ソフト（空気調和・衛生工学会,新版 快適な温熱環境のメカニズム 付録, 2006年3月）を用いて計算。計算条件：気温 30℃、相対湿度 50%、風速 0.5m/s、日射量 900W/m²、代謝量 1.7met、着衣量 0.43clo

- ✓ 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、体感温度が 1℃ 程度低下

地表面等の冷却（日除け+路面冷却）

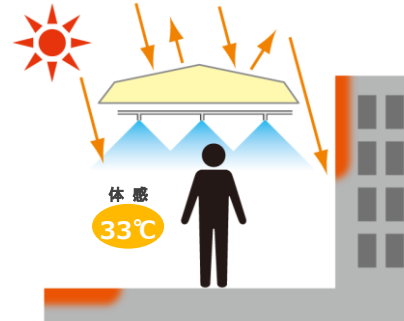


周辺気温 30℃（対策により局所的に気温低下）

空気を冷やしましょう

- ・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℃程度、体感温度が 1℃程度低下
- ・ただし、風が強いと効果を実感できないことに注意

空気の冷却（日除け+微細ミスト）



周辺気温 30℃（対策により局所的に気温低下）

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、体感温度が 1～2℃程度低下

壁面等の冷却（日除け+側面冷却）

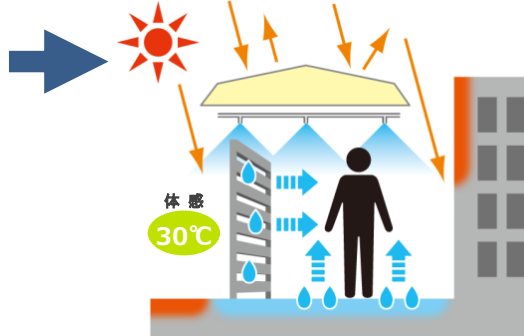


周辺気温 30℃（対策により局所的に気温低下）

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+側面冷却 +路面冷却+微細ミスト



周辺気温 30℃（対策により局所的に気温低下）

*図の凡例は第3章 表 3.2 を参照ください。

2.3 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。

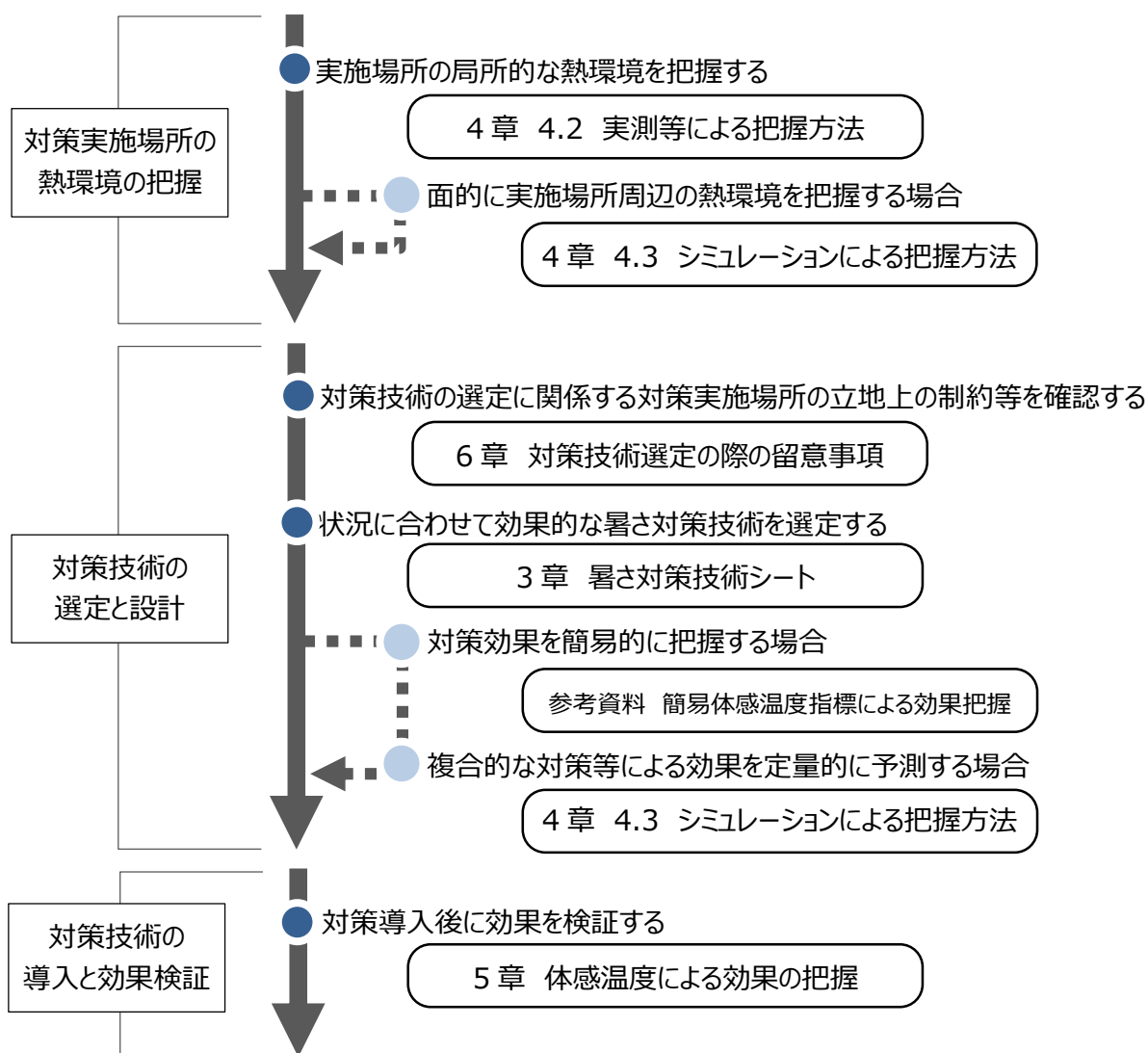


図 2.4 暑さ対策の手順とガイドラインの関係 (● は必要に応じて実施する項目)

— 第2部 具体的对策編 —

