

4章 ヒートアイランド現象に対する適応策

4.1 適応策とは

4.1.1 適応策の位置付け

- ・緩和策がヒートアイランド現象の抑制を目的とした対策の考え方であるのに対し、適応策はヒートアイランド現象により生じる影響の抑制を目的とした対策の考え方です。
- ・適応策には、緩和策と同様の原因削減による影響削減と人の行動変化による影響削減があります。

ヒートアイランド現象を解消するには、都市構造や都市生活者のライフスタイルも含め、既存の枠組みを超えた様々な施策を、社会的な合意を得ながら長期的且つ計画的に進めていくことが求められています。

これまでのヒートアイランド対策は、ヒートアイランド現象を生じさせないよう、その原因を削減する対策（緩和策）が進められてきており、人工排熱の低減、地表面被覆及び都市形態の改善、ライフスタイルの改善の取組が行われてきました。しかし、ヒートアイランド現象が長期間に渡って累積してきた都市化全体と深く結びついていることから、このような緩和策も長期的に継続して導入せざるを得ず、実行可能なものから対策が進められています。

一方で、ヒートアイランド現象により生じる影響については、都市の気温上昇という現象が生じた結果、熱中症や睡眠障害といった健康影響の増大や、風のよどみ域が発生し、大気の大気汚染が阻害されることによる大気汚染などの影響が懸念されています。

ヒートアイランド現象に対する適応策とは、影響の低減に主眼を置き、ヒートアイランド現象がある程度生じることは避けられないものとする前提に立ち、これにより生じる健康影響や大気汚染等の影響を可能な限り軽減する対策を言います。

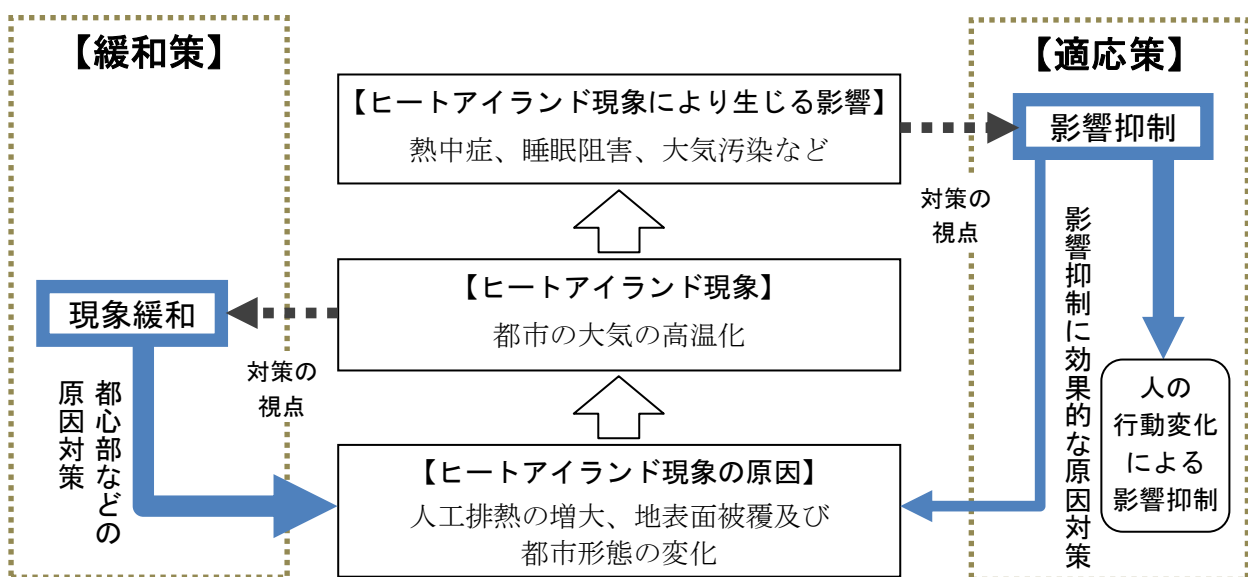


図 4.1 ヒートアイランド現象に対する緩和策・適応策の概念図

適応策では影響の低減に主眼を置きつつ、影響を軽減するために効果的な場所から実施していきます。そのため、採用する技術や設置場所によっては原因削減にも寄与し、緩和策と同じ役割を担うこともあります。また、適応策は原因だけに注目するのではなく、影響が軽減するように人の行動を変化させるための施策も含まれます。

特に1章で示したように、都市部を中心に近年においても高温域が拡大する傾向にあることから、今後のヒートアイランド対策は長期対策の緩和策に併せて、適応策についても実施していく必要があります。

4.1.2 屋外空間における人の熱ストレスを軽減する適応策

- ・現象の緩和に向けて原因削減を推進することで気温上昇が抑制され、結果として熱中症の発生抑制にも寄与することが考えられます。
- ・人への熱ストレスを軽減することに焦点を当てると、都市全体の気温低下以外にも短期的な施策で効果を得られる方法があります。

本マニュアルでは、都市の屋外空間における人への熱ストレスの軽減を目的とした適応策を対象に、その特徴や効果、留意事項などを紹介します。図 4.2 に熱中症の発生抑制に対する緩和策と適応策の関係を示しました。ヒートアイランド現象の緩和に向けて原因削減を推進することで気温上昇が抑制され、結果として熱中症の発生抑制にも寄与すると考えられます。しかし、都市全体の気温上昇を抑制する対策は長期にわたる継続的な緩和策の推進が必要になります。

一方、人への熱ストレスを軽減することに焦点を当てれば、都市全体の気温低下以外にも短期的な施策で効果を得られる方法（適応策）があることが分かります。例えば、屋外の歩行空間における熱ストレスの軽減に効果的な緑陰の形成や日傘の携行による日射遮蔽、暑さ予報などを通じて個々人の暑熱への曝露回避を促したりする情報提供、水分補給を促す普及啓発などです。これら適応策と従来の緩和策との主な特徴の違いを表 4.1 にまとめました。

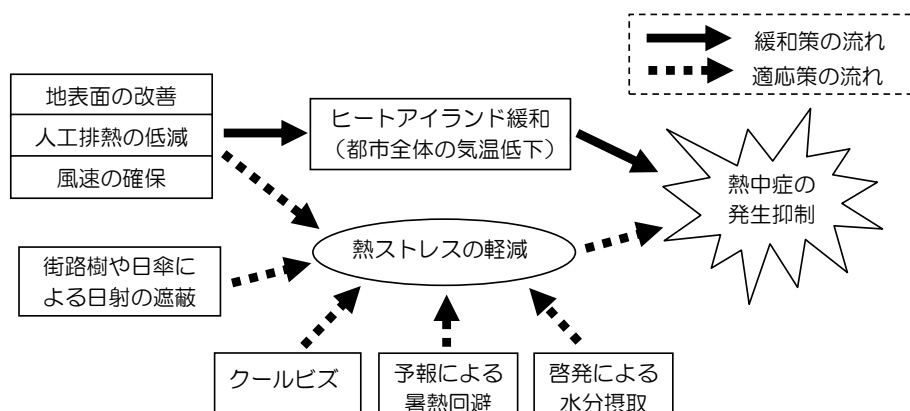


図 4.2 熱中症の発生抑制につながる緩和策と適応策の流れと施策効果のイメージ

表 4.1 緩和策と適応策(屋外空間における人の熱ストレスを軽減するもの)の主な特徴

	緩和策	適応策 (屋外空間における人の熱ストレスを軽減するもの)
目的	気温上昇抑制	人の熱ストレスの軽減
施策の手法	被覆改善や排熱削減などのハード面の手法	街路樹整備などのハード面と熱中症予報などのソフト面の手法
評価指標	都市スケールの気温	局所的な体感温度、個人的な熱ストレス
効果が現れるまでの期間	長期的な対策の積み重ねが必要	局所的な街路樹整備、広域的な情報提供など比較的短期に実施可能
効果的な対策の実施場所	原因が密集している都心部など	人通りの多い街路や熱ストレスに脆弱な高齢者等の関連施設周辺

表 4.1 にあるとおり、緩和策の特徴としてハード面の整備、長期的な対策の積み重ねが必要であるのに対し、適応策は局所的な導入でも効果が得られるため、比較的短期に導入できる点、ソフト面も含めた取組が可能であるといった特徴を有しています。このため、費用対効果や街路環境等の観点から従来はヒートアイランド対策の導入が難しかった街区においても福祉的観点からの導入が期待されるほか、ソフト面も含め中小事業者や個人等に対策が広がりを見せることが期待されます。

4.2 人の熱ストレスを軽減する適応策の考え方

4.2.1 人の熱ストレスと体感指標

- ・人の体感温度は気温で決まると思われている場合がありますが、体感温度は気温だけでなく、日射等の放射や湿度、風速が大きく影響しています。
- ・特に放射の影響は大きく、木陰で涼しさを感じるのは、気温が低いからではなく、日射や地面からの放射熱が低減されているためです。

人の体温はほぼ 36.5～37℃に保たれており、室温 25℃のときの衣服下の皮膚表面温度は、ほぼ 33～34℃です¹。人体は体温を一定に保つために精巧な体温調節の機能を有しており、代謝により産生された熱や外部環境から取り込んだ熱を、皮膚血管からの熱放散や発汗による蒸散により体の外に放出しています。

しかし、夏季の直射日光の長時間暴露や、発汗による体内水分量の減少により、体温調節が十分に機能なくなり、最悪、熱中症の発症につながってしまいます。こうした状況を避けるため、外部環境からの人への熱ストレスを低減することが求められます。

¹ 社団法人 空気調査・衛生工学会：新版 快適な温熱環境のメカニズム，丸善，2006

特に、熱放散反応が低下している高齢者や発汗機能が未発達な子どもは、高温環境に対する弱者であるため、適応策を講じる優先的な対象者群と位置付けることができると考えられます。

★高齢者及び子供における熱放散特性

子どもは若年成人より活動汗腺密度は高いですが、汗腺のサイズおよび機能が未発達であるために発汗量が少なく、この未発達な発汗機能を代償するために、頭部や躯幹部の皮膚血流量を増大して暑熱・運動に対処しています²。したがって、気温が皮膚温度よりも高くなると、熱の放散が難しくなり、深部体温が上昇してしまいます。

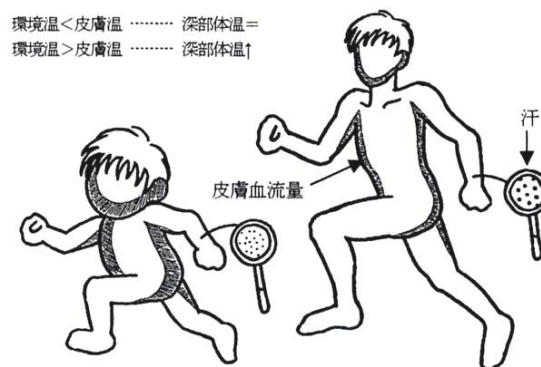


図 4.3 思春期前の子どもの熱放散特性²

高齢者は加齢に伴って、発汗機能および皮膚血流反応が低下しているため、熱放散機能全体が低下しています²。また、体内水分量が若年層に比べて現象しているため、体温が上昇しやすくなっています³。熱中症救急搬送データにおいても、同じ気温において、高齢者の人口当たり熱中症搬送数が大きくなっています（図 4.4）。

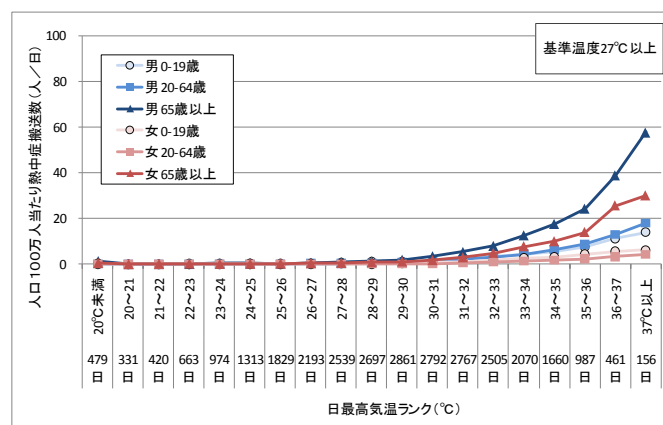


図 4.4 日最高気温と人口当たり熱中症搬送数の関係（年齢・性別別）⁴

（基準温度：各年の日最高気温の年間 80 パーセントイル値）

² 井上芳光：老若男女の暑熱適応能，日本建築学会環境工学委員会熱シンポジウム，38，pp.49-54，2008

³ 三宅康史，有賀徹，井上健一郎，奥寺敬，北原孝雄，島崎修次，鶴田良介，横田裕行：本邦における熱中症の実態-Heatstroke STUDY2008 最終報告-，日本救急医学会雑誌，21，pp.230-244，2010

⁴ 環境省：平成 22 年度熱中症とヒートアイランド現象の関係解析調査業務報告書，平成 23 年 3 月

夏季日中の日向と木陰では、木陰の方が涼しく感じますが、日向より木陰の気温が低いために涼しく感じると一般には思われています。しかし、実際には、木陰では日射や地面からの放射熱が低減されていることが涼しく感じる主たる要因です。このように、人の暑さの感じ方は気温以外にも日射などの放射熱に大きく影響されます。また、それだけでなく、湿度が高いことで発汗による放熱が抑制されます。風が強い場合には皮膚からの放熱量が増えるなど、多くの環境要素が人の熱の受容や放出に影響を及ぼしています。(図 4.5 参照)

こうした多くの環境要素を総合的に捉えるため、これまでに様々な指標が開発されており、「体感温度」と多くは称されています。

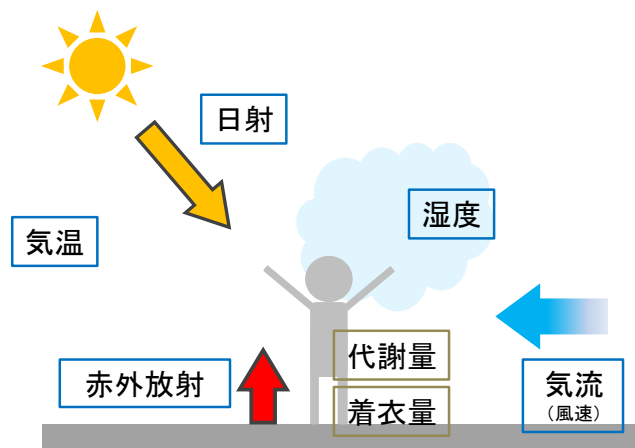


図 4.5 体感に関わる環境要素のイメージ

体感温度は上記の各要素の状況を総合的に評価した指標です。代表的な指標として、屋外の快適性評価に用いられることの多い指標である SET*や、熱中症予防の指針と関連付けのある WBGT が挙げられます。

<SET* (標準新有効温度、呼称「エス・イー・ティー・スター）」>

定義は「温熱間隔および放熱量が実在空間におけるものと同様になるような相対湿度 50%の標準環境の気温」です¹⁾。気温、湿度、気流(風速)、放射(日射、路面等からの赤外放射)の環境要素と、人の服装を表す着衣量、運動状態を表す代謝から算出されます。

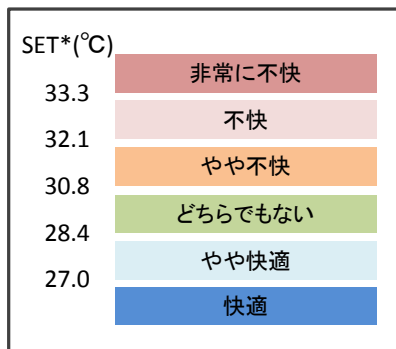
<WBGT (湿球黒球温度)>

環境要素から計算される指標であり、下式により算出されます。

$$\text{WBGT} = 0.7 \times t_{\text{nw}} + 0.2 \times t_{\text{g}} + 0.1 \times t_{\text{a}} \quad (t_{\text{nw}} : \text{自然湿球温度}(\text{°C}), t_{\text{g}} : \text{黒球温度}(\text{°C}), t_{\text{a}} : \text{気温}(\text{°C}))$$

快適感と SET* との関係性について、石井 他(1988)⁵により報告されている申告実験結果を基に作成しました(図 4.6)。報告によると、夏季の屋外環境の快適性の限界は SET* = 27~28℃付近に求められそうであることが指摘されています。また WBGT については、(公財)日本体育協会により、熱中症予防のための運動指針が示されています(図 4.7)。これら体感指標を用いた指針の多くは成年を対象に策定されており、特に熱ストレスに弱いとされる高齢者や児童・乳幼児については、一層の注意が必要です。

本マニュアルにおいては、これら2つの体感温度指標のうち、SET*に着目して低減効果等の試算を行いました。



日本人の屋外における快適感の申告試験結果(石井 他, 1988)を参考に作成

※上記のSET*は黒球温度の実測結果から算出(日射吸収率=約1)されているため、本マニュアルの他のSET*の値(日射吸収率=0.5)と絶対値の比較はできない点に留意する必要があります。

図 4.6 SET*と快適感の関係

熱中症予防のための運動指針				
WBGT(湿球黒球温度)とは、人体の熱収支に影響の大きい気温、湿度、放射熱の3つを取り入れた指標で、乾球温度、湿球温度、黒球温度の値を使って計算します。				
WBGT (°C)	湿球温 (°C)	乾球温 (°C)	運動は	WBGT31℃以上では、皮膚温度より気温のほうが高くなり、体から熱を逃すことができない。特別の場合以外は運動を中止する。
31	27	35	原則中止	熱中症の危険が高いため、激しい運動や持久走などは避ける。体力の低いもの、暑さに慣れていないものは運動中止。運動する場合は積極的に休息をとり、水分補給を行う。
28	24	31	厳重警戒	熱中症の危険が増すため、積極的に休息をとり、水分を補給する。激しい運動では30分おきくらいに休息をとる。
25	21	28	警戒	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しながら、運動の合間に積極的に水分を補給する。
21	18	24	注意	通常は熱中症の危険は少ないが、水分の補給は必要。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意する。
			ほぼ安全	

※ WBGT(湿球黒球温度)の算出方法
 屋外: WBGT = 0.7 × 湿球温度 + 0.2 × 黒球温度 + 0.1 × 乾球温度
 屋内: WBGT = 0.7 × 湿球温度 + 0.3 × 黒球温度

※ 環境条件の評価はWBGTが望ましい。
 ※ 湿球温度は気温が高いと過小評価される場合もあり、湿球温度を用いる場合には乾球温度も参考に。
 ※ 乾球温度を用いる場合には、湿度に注意。湿度が高ければ、1ランクびいい環境条件への注意が必要。

図 4.7 WBGT ごとの運動指針

資料) (公財)日本体育協会ホームページ

4.2.2 体感温度と熱環境要素の関係

- ・体感温度には気温以外の熱環境要素も大きく影響しており、SET* 1℃上昇につながる各熱環境要素の変化量は、気温が約 1.3℃の上昇、風速が約 0.8m/s (風速 2~3 m/s の場合) の低下、相対湿度が約 4%の上昇、放射熱が 190W/m²の上昇と試算されました。
- ・放射熱に着目すると、日なたと緑陰の下における平均放射温度の差は、およそ 1,300W/m²となりますが、これを気温換算すると、緑陰の下では日なたと比べて、気温が約 9℃低いと同じだけ涼しく感じるということになります。

各熱環境要素(気温、湿度、風速、放射熱)の変化が体感温度の低減や上昇に影響する程度を把握するため、代表的な体感温度指標である SET*を例に、各環境要素と体感温度の関係性を示します(図 4.8)。

図 4.6 より SET*が 1℃変われば、人が感じる快適感にも影響が現れることが分かりますが、

⁵ 石井昭夫, 片山忠久, 塩月義隆, 吉水久雅, 阿部嘉孝: 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集, 386, pp. 28-37, 1988

SET*には気温だけではなく、風速や湿度（相対湿度）、放射熱も大きく影響しています。図 4.8 のとおり、SET* 1℃上昇につながる各熱環境要素の変化量は、気温が約 1.3℃の上昇、風速が約 0.8m/s（風速 2～3 m/s の場合）の低下、相対湿度が約 4%の上昇、放射熱が 190W/m²の上昇となります。このように、気温以外の熱環境要素の変化によっても、SET* 1℃以上の変化をもたらすことが分かります。

ここで、放射熱に着目すると、日なたと緑陰における放射熱の差は、図 4.8 に示した試算の場合では、およそ 1,300W/m²となりますが、これにより SET*は約 7℃異なります。すなわち、緑陰では日なたと比べ、気温が約 9℃低いと同じだけ涼しく感じるということになります。

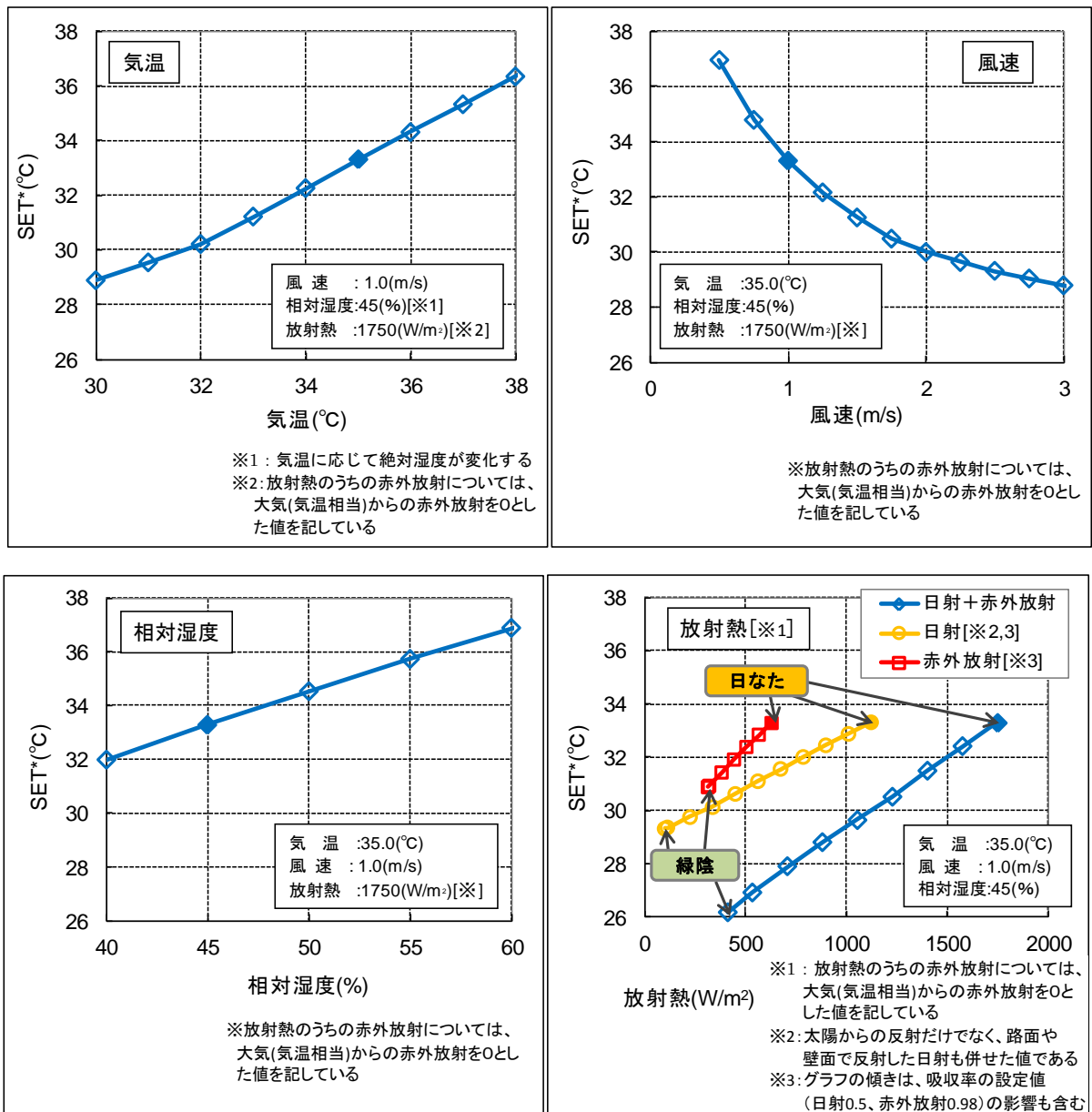


図 4.8 熱環境要素と体感温度 (SET*) の関係

(感度分析における標準設定値については、プロットを塗りつぶしている)

4.2.3 適応策が目指す効果

- ・放射熱には、一般的に(a)日射、(b)大気から放出される赤外放射、(c)路面・壁面で反射した日射、(d)日射が当たることで表面が高温化した路面・壁面から放出される赤外放射等があります。
- ・街路空間における構造物の改変を伴う適応策には、放射熱を低減する適応策として、日射を遮蔽し、路面・壁面の温度上昇を抑制する対策技術と、路面・壁面の温度上昇を抑制する対策技術があります。他に局所的な気温を低減する対策技術があります。
- ・情報活用による適応策には、クールビズや日傘の使用等の個人でできる熱ストレス低減手法の普及啓発と、WBGTを始めとする熱中症に関する情報提供やクールシェルター等の熱中症の予防に繋がる情報提供があります。

本マニュアルでは屋外街路空間における歩行時等の人の熱ストレスを軽減するために実施する施策として、1)街路樹等による日射の遮蔽や街路空間の舗装表面の変更など、構造物等の改変を伴う対策手法と、2)日傘の使用の推奨や暑さ予報の提供などの情報活用手法の2つの種類の適応策を取り扱います。

以下にそれぞれの対策手法のねらいを説明します。

1) 街路空間における構造物の改変を伴う適応策のねらい

街路空間における構造物等の改変を伴う適応策は、街路空間を歩行する人の体感温度の低減を目指すものです。前節で述べたように、体感温度には多くの環境要素が総合的に影響していますが、ここで取り扱う適応策の効果は、適応策の導入量の多少によらず、単体の導入によっても期待される効果としました。主として日射遮蔽や路面・壁面の高温化抑制などによる放射熱の低減効果を整理しました。また、ミスト噴射装置については、局所的に歩行空間の気温を低下させる効果を示しました。

ただし、これらの適応策が都市の全体に広がっていくことで、緩和策と同様に都市全体の気温上昇を抑制する効果をもたらすことは重要なポイントです。街路空間における構造物の改変を伴う適応策は、影響の抑制に主眼を置いています。ヒートアイランド対策施策の導入可否を判断するための有効な考え方です。

なお、街路における通風の改善が体感温度の低下に大きく寄与しますが、本マニュアルでは風環境を改善する対策は対象としていないこと、風環境は街路形状や評価地点によって大きく異なることから、評価対象からは除外しました。しかし、街路樹を多く植えることで日射遮蔽効果は高くなるものの、逆に風速を低下させる可能性があることなどから、適応策の導入においては風環境の確保が留意すべき項目となります。

①街路空間における放射熱の低減

4.2.2 で示したように、緑陰の形成による放射熱の低減により、気温を約9℃低下させる効果と同等の体感温度低減効果を得られることが分かります。

放射熱には、一般的に(a)日射、(b)大気から放出される赤外放射、(c)路面・壁面で反射した日射、(d)日射が当たることで表面が高温化した路面・壁面から放出される赤外放射などがあります。

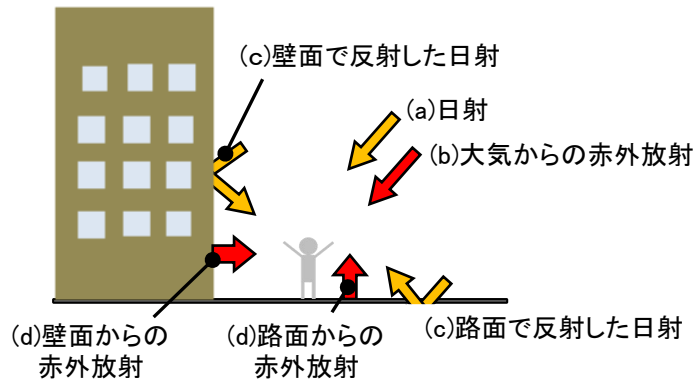


図 4.9 街路空間における放射環境

表 4.2 街路空間で人が受ける主たる放射熱の概要

放射熱の種類	概要
(a)日射	太陽からの波長の短い(※1)放射エネルギー。夏季日中には $800\sim 1,000\text{W/m}^2$ (※2)になる。
(b)大気から放出される赤外放射	暖められた大気から放出される波長の長い(※1)放射エネルギー。大気の絶対温度(気温(℃)+273)の4乗に比例して大きくなり、夏季には 400W/m^2 程度になる。
(c)路面・壁面で反射した日射	太陽からの短波放射が路面や壁面で反射した波長の短い(※1)放射エネルギー。路面や壁面の反射率(アルベド)が高いほど大きい。およそ 300W/m^2 程度になる。
(d)日射が当たることで表面が高温化した路面・壁面から放出される赤外放射	表面が熱くなった路面・壁面からの放出される波長の長い(※1)放射エネルギー。表面の絶対温度(温度(℃)+273)の4乗に比例して大きくなる。およそ $2,000\text{W/m}^2$ 程度(大気から放出される赤外放射分を差し引くと、およそ 630W/m^2 程度)になる。

※1：気象庁では、太陽放射エネルギーの大部分(約97%)を占める $0.29\sim 3\mu\text{m}$ の波長領域を日射、 $3\sim 100\mu\text{m}$ の波長領域を赤外放射として、観測を行っている。

※2： $1,000\text{W/m}^2$ とは、6畳の部屋(約 10m^2)に $1,000\text{W}$ の電気ストーブを10台置いた場合に放出される面積あたりの熱の強さのこと。

以下に夏季の典型的なオフィス街の街路空間における放射環境の内訳を、日中と夕方との別に示しました。

日中の放射熱の成分では直接当たる日射が最も大きく、次いで、路面からの赤外放射が大きくなっています。路面で反射した日射も直接当たる日射の3割ほどあり、壁面で反射する日射より大きくなっています。

一方夕方では日射は無くなりますが、赤外放射については日中の約半分程度の放射熱があります。壁面と路面からの赤外放射に顕著な違いは見られません。

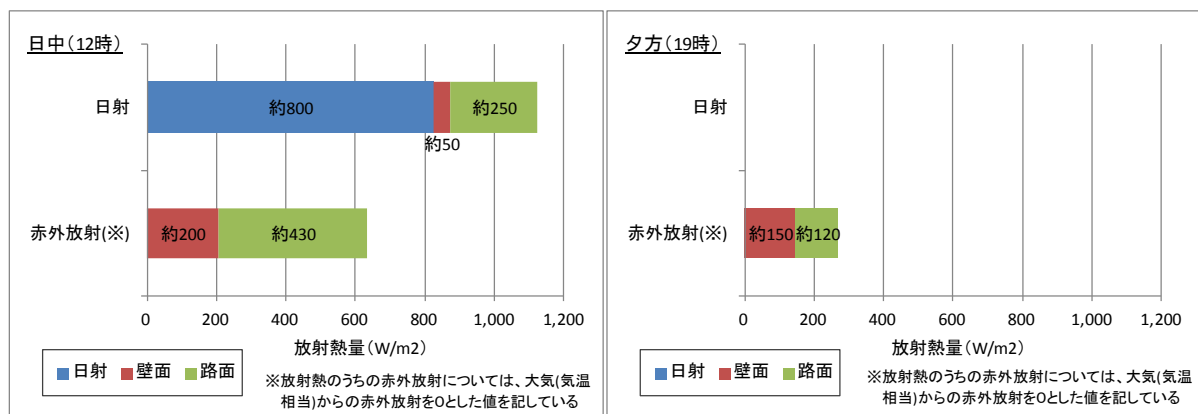


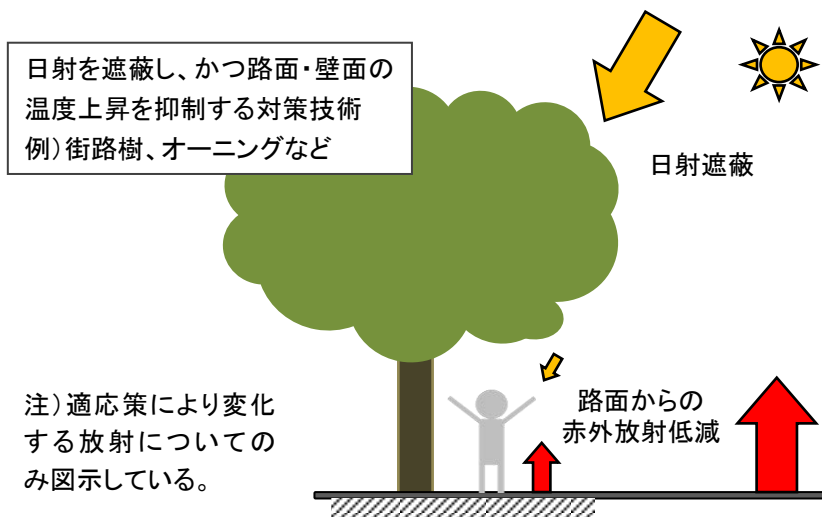
図 4.10 オフィス街の街路空間における放射熱の内訳

以下に、放射熱の低減による体感温度低減のメカニズムを、日射の遮蔽と路面・壁面の高温化の抑制に分けて解説します。

(i) 日射を遮蔽する適応策

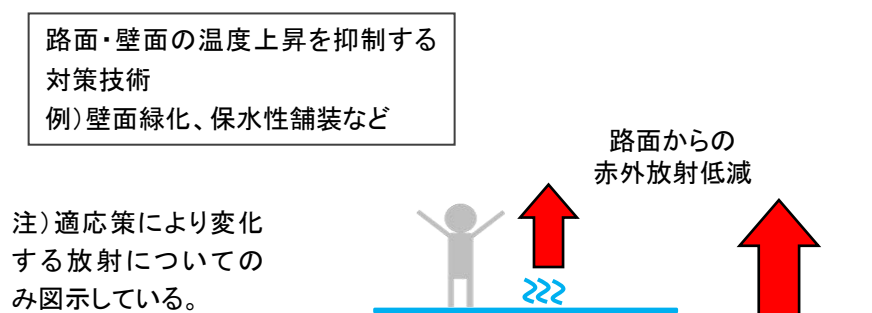
「日射を遮蔽し、路面・壁面の温度上昇を抑制する対策技術」は、(a)の人体に直接当たる日射を遮蔽して体感温度を低減する効果だけでなく、日射遮蔽により作られた日陰部分では(d)の路面や壁面の表面温度の上昇が抑制されるため、赤外放射の低減による体感温度の低減効果も有しています。対策技術例としては、街路樹やオーニング（日除け）などが挙げられます。

なお、金属などの日射が当たることで高温になりやすい材質で日射を遮蔽する場合は、そこから新たな(d)の赤外放射が発生し、人の体感温度を上昇させてしまう点には留意が必要です。



(ii) 路面や壁面の高温化を抑制する適応策

「路面・壁面の温度上昇を抑制する対策技術」は日射により高温化する路面や壁面の温度上昇を抑制することで、そこからの(d)の赤外放射を軽減し、体感温度を低減します。対策技術例としては、壁面緑化や保水性舗装などが挙げられます。



②街路空間における局所的な気温の低減

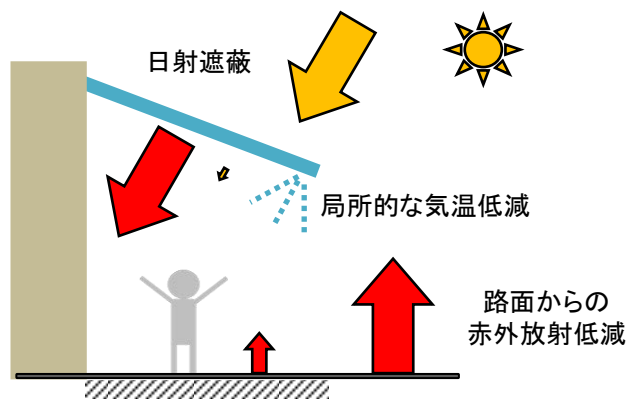
①の放射を抑える適応策とは異なり、直接局所的に気温を下げる適応策にはミスト噴射装置があります。ミスト噴射装置は微細な液体の水を噴射し、それらが空気中で蒸発する際に空気中の熱を奪い、気温を低減することで体感温度を低減します。ただし、気温が低減する一方で湿度が上昇するため、体感温度に対するマイナスの影響も含まれます。

局所的な気温を低減する対策技術
例)ミスト噴射装置



★複合導入による適応策の効果的な活用方法

例えば日射を遮蔽する適応策と局所的な気温を低減する適応策を組み合わせ、複合的に適応策を導入することにより、体感温度をより下げることが期待できます。



体感温度の低減効果
<ミスト単体>
SET*が 0.5°C低減
<ミスト+日除け>
SET*が 4.0°C低減

2) 情報活用による適応策のねらい

普及啓発や暑熱情報の発信等によって、暑熱の回避やクールビズなど、人の熱ストレスを低減する行動を促す手法です。

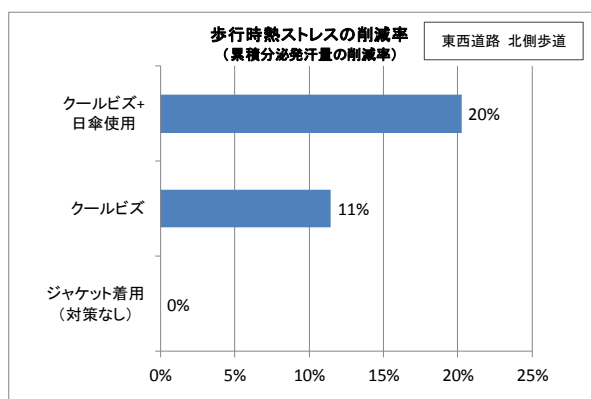
普及啓発による適応策には、熱中症予防に効果的な水分摂取などの啓発、クールビズの普及や、日傘の使用や緑陰・日陰での信号待ち、また打ち水を促すことなども含まれ、これらの効果を分かりやすく伝えることが重要です。

情報提供による適応策には、熱中症の予防に繋がる情報提供（WBGT 等の気象予報の発信等）やクールシェルターとして活用できる休憩施設等の情報提供などがあります。

★情報活用による適応策の例

①クールビズ及び日傘

環境省の調査⁶によると、上着を着用して歩行した場合に比べると、クールビズ（上着なし）では約 11%、さらに日傘を併用すると約 20%と、熱ストレスを大きく低減できることが判明しました。街路樹がない街路で日傘を差す効果は、10m 間隔で街路樹を設置する効果に匹敵することが分かっています。



<調査手法>

都市内の街路約 1 km を、信号待ちも含めて日中に約 20 分歩行するケースについて、街路樹等の街路の改良、クールビズ等の歩行者適応行動等の様々な適応策を取った場合に、歩行者の熱ストレス低減にどの程度効果があるか、累積分泌汗量等の適切な評価指標を設定して、シミュレーションによる試算を行った。

図 4.11 クールビズ及び日傘による熱ストレス削減効果の試算結果 資料) 環境省

②着衣の色

人体側の服の色を変えることにより、日射反射率が変わり、SET*が変わるという報告⁷があります。報告では、人体を模擬した球体の日射反射率を変えた時の SET*が算出されていますが、これによると衣服を日射反射率の高い白っぽい色にすることで、SET*が低減することが分かります。

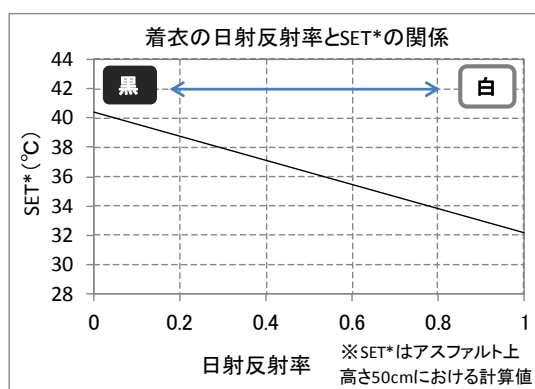


図 4.12 人体側の日射反射率による SET*の違い 資料) 赤川他(2008)⁴をもとに作成

⁶ 環境省：平成 22 年度ヒートアイランド現象に対する適応策検討調査業務報告書，平成 23 年 3 月

⁷ 赤川 宏幸，竹林 英樹，森山 正和：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)，pp. 85-91，2008

③クールシェルター

○クール街（東京都足立区）

節電要請下の中で、家庭でのエアコン利用を控えてもらいつつ快適に過ごせるよう、公共施設の開放等が実施されました。

- ・高齢者や乳幼児向けに熱中症対策をメインとした「住区センター」施設の開放。
- ・スーパー等の民間の商業施設に協力を仰ぎ、買い物をしながら涼んでもらう取組の実施。協力を得られた商業施設には、店舗でステッカーやのぼりを掲示するとともに、区のホームページで店舗名等を掲載（11店舗）。



図 4.13 取組のステッカー
資料) 足立区ホームページ

○避暑シェルター（東京都品川区）

節電要請下の中で家庭での節電を促し、かつ熱中症を予防する対策として、区が保有する公共施設が猛暑避難拠点（避暑シェルター）として位置づけられました。猛暑避難拠点はシルバーセンター16箇所、児童センター25箇所、地域センター13箇所、文化センター5箇所、保健センター3箇所の合計62箇所でした。特に地域センターは区内に均等に施設が点在しているため、利用者のアクセシビリティの不公平感の解消に繋がっています。

④普及啓発「熱中症予防声かけプロジェクト」

3つの構想「まちの避暑地構想」「声かけの絆づくり構想」「冷やし系ライフスタイル構想」をかかげ、コミュニケーションによって「ひと涼み」の輪を社会全体にひろげ、熱中症を予防するだけでなく、誰もが風情のある豊かな夏を過ごせることを目指した取組。行政機関をはじめ、民間団体も多く賛同して進められている普及啓発プロジェクトです。

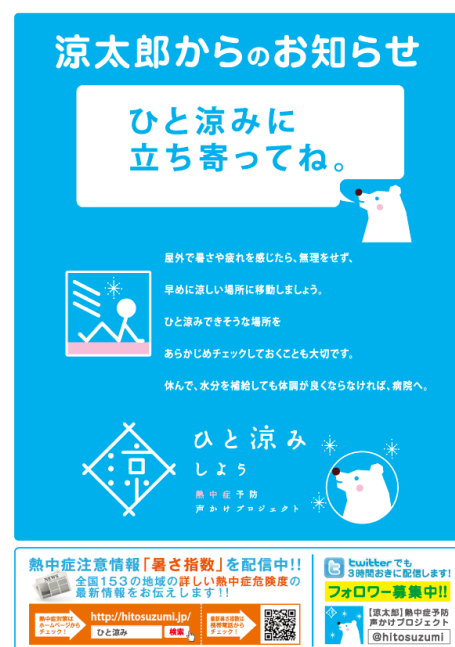


図 4.14 取組のポスター

資料) 熱中症予防声かけプロジェクト ホームページ

4.2.4 適応策の具体例

現在、ヒートアイランド対策として多くの施策が導入されていますが、人の熱ストレスを軽減する適応策を整理すると表 4.3 のとおりになります。

個別の対策の特徴は後述の適応策技術シートにて記しますが、適応策を複合的に導入する際には（114 頁コラム「複合導入による適応策の効果的な活用方法」参照）各適応策のメカニズムに留意することが重要です。同じメカニズムの適応策を複合導入するよりも、異なるメカニズムの適応策を複合導入する方が効果的なことも多いため、表 4.3 を参考とした検討が望まれます。

表 4.3 適応策の分類例

適応策の種別		概要	
街路空間における構造物の改変を伴う適応策	日射を遮蔽し、かつ路面・壁面の温度上昇を抑制する対策技術（※）	緑陰形成（街路樹、パーゴラ）	・緑による日射の遮蔽（蒸散による葉の表面温度の上昇抑制） ・緑陰の形成による路面温度の上昇抑制
		人工日よけ設置（オーニング等）	・日射の遮蔽
	路面・壁面の温度上昇を抑制する対策技術	壁面の緑化（生垣）	・緑被による歩行者空間にかかる壁面温度の上昇抑制（蒸散による葉の表面温度の上昇抑制）
		敷地の緑化	・緑被による歩行者空間にかかる路面温度の上昇抑制（蒸散による葉の表面温度の上昇抑制）
		植え込み設置	・緑被による歩行者空間にかかる路面温度の上昇抑制（蒸散による葉の表面温度の上昇抑制）
		建物被覆の親水化・保水化	・水による歩行者空間にかかる壁面温度等の上昇抑制
		舗装の保水化	・水による路面温度等の上昇抑制
		舗装の高反射化	・日射の反射による路面温度の上昇抑制
		水景施設の設置	・水による歩行者空間にかかる路面温度等の上昇抑制 ・水の蒸発による局所的な気温の低減（噴水等、霧の発生を伴う場合）
	局所的な気温を低減する対策技術	ミスト噴霧装置設置	・水の蒸発による局所的な気温の低減
情報活用による適応策	個人のできる熱ストレス低減手法の普及啓発	・クールビズ、日傘の使用、緑陰や日陰での信号待ちの効果の普及 ・打ち水の効果的な手法と効果の普及 ・熱中症予防に関する指導や知識の普及啓発	
	熱中症の予防に繋がる情報提供	・WBGT 等の気象予報の提供 ・クールシェルターとして活用可能な施設情報の提供	

※：日射の再帰反射により歩行者空間に向かって反射してくる日射を低減する技術も開発・研究が進められている。

4.3 適応策技術シート

これまで、適応策の考え方やメカニズムについて記載してきました。ここでは、これから適応策を実施していく際に有用となるとと思われる以下の情報を対策ごとに整理しました。

① 体感温度の低減効果

各適応策について、体感温度を低減するメカニズムや効果の程度を把握できるよう一定の条件のもとで試算した SET* の計算結果を示しました。適応策を導入した際に、期待できる体感温度の低減効果を想定する際の基礎情報として活用することができます。

② ヒートアイランド緩和効果・コベネフィット（相乗効果）

各適応策の、様々な効果を把握できるため、まだ認知度や導入実績が少ない適応策について、導入の意味付けを検討する際の基礎情報として活用することができます。

適応策の導入に際して、特にヒートアイランド対策による熱環境の改善は、低炭素都市づくりの考え方の一つにも位置付けられており、今後の普及が期待されています。

③ 留意事項

各適応策について留意点を把握できることから、導入を検討する上での課題の事前抽出や収集すべき情報の検討などに活用することができます。

④ 導入事例

実際の導入事例について、設置場所の特徴や費用、維持管理項目、ノウハウ等について把握できることから、具体的な適応策の導入を検討する際の基礎情報として活用することができます。

技術シートで対象とした対策を表 4.5 に整理しました。また、体感温度を試算する際に用いた各対策技術の設置条件も合わせて示しました。設置条件のイメージについては、図 4.15 を参照下さい。

試算では、東京のオフィス街を想定し、日当たりのいい東西道路の北側歩道において、真夏に太陽高度が高くなる 12 時と日没後の 19 時の 2 つの時間帯で効果を計算しました。試算における気象条件を表 4.4 に示しました。

試算に用いた詳細な入力条件等は参考資料 3 として巻末に添付しています。なお、本試算では、例えば街路樹など、施策による通風阻害は評価していない点に留意が必要です。

表 4.4 基本的な試算条件

	日中（12 時）	夕方（19 時）
気温	34.5℃	31.3℃
相対湿度	45%	62%
風速（地上高）	1.0m/s	1.2m/s

表 4.5 対象とした対策技術一覧

NO	対策技術の種類	体感温度試算に当たっての設置条件	評価点
1	緑陰形成 (街路樹、パーゴラ)	樹冠の大きさ 7.5mの街路樹が間隔 10mで設置されている状態を想定。緑陰は不連続。	歩道 (下図 A)
2	人工日よけ設置 (オーニング等)	建物壁面から 5 m張り出しているオーニング(白)が、隣接する建物に連続的に設置されている状態を想定。	公開空地 (下図 B)
3	壁面の緑化 (生垣)	建物壁面に高さ 3 mまで壁面緑化が施されている状態を想定。	公開空地 (下図 B)
4	敷地の緑化	公開空地(奥行き 5 m)の歩道側半分が緑被になっている状態を想定。	歩道 (下図 A)
5	植え込み設置	歩道の道路側に幅 1.5m、高さ 0.5mの植え込みが設置されている状態を想定。	歩道 (下図 A)
6	建物被覆の親水化・保水化	高さ 3 mまでの窓面に水膜が形成されている状態を想定。壁面全体に対する窓面の面積比率は 3 割に設定。	公開空地 (下図 B)
7	舗装の保水化	歩道全体(車道を除く)に保水性舗装が施され、灌水装置により常に路面が濡れている状態を想定。	歩道 (下図 A)
8	舗装の高反射化	歩道全体(車道を除く)に高反射率塗料が塗布されている状態を想定。反射率(アルベド) 0.40。	歩道 (下図 A)
9	水景施設の設置	公開空地(奥行き 5 m)の歩道側半分に水路が設けられ、水面が確保されている状態を想定。	歩道 (下図 A)
10	ミスト噴射装置設置	1 ノズル当たり 50cc/min 散水する設備が、1 m に 1 ノズル設置されている状態を想定。	歩道 (下図 A)

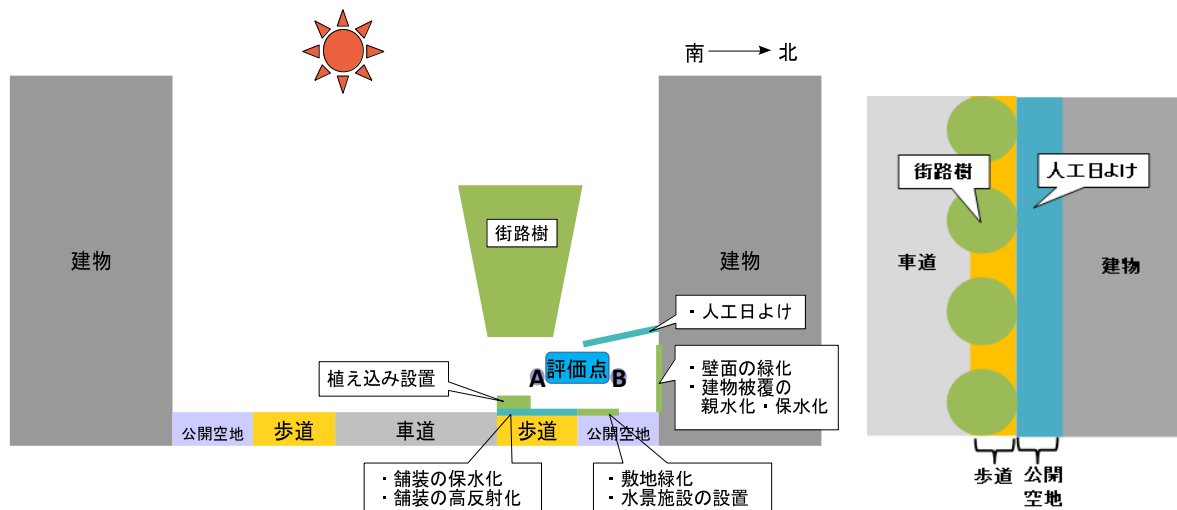


図 4.15 適応策の設置条件イメージ

NO 1	緑陰形成(街路樹、パーゴラ)	
体感温度の低減効果(※1)		
	日射の遮蔽効果(※2)	緑によって日射が日中約 76%低減します。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	日陰部分の路面・壁面の表面温度上昇が抑制されるため、赤外放射が日中約 57%(夕方約 11%)低減します。
	局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。
	体感温度の低減効果	◎ SET*が日中約 6.0°C(夕方約 0.3°C)低減します。但し通風阻害により体感温度が高くなる場合があります。
ヒートアイランド緩和効果(※3)	<ul style="list-style-type: none"> ・緑陰の形成により、路面温度の上昇が抑制され、対策前より周辺気温が低いことが期待されます。 ・冷房使用時には、街路樹によって建物壁面や建物内に当たる日射を遮蔽することで、空調負荷が削減され、人工排熱が減少することが期待されます。 	
コベネフィット	地球温暖化対策への寄与	<ul style="list-style-type: none"> ・対策が積み重なることで、CO2 の固定効果が期待されます。 ・冷房使用時には、街路樹によって建物壁面や建物内に当たる日射が遮蔽されることで、空調負荷が削減され、CO2 排出量の削減が期待されます。
	生物多様性への寄与	生物多様性は、都市部における緑化がもたらす効果として、位置づけられています。
	景観改善	緑は都市における重要な景観要素と位置づけられています。
	ストレス緩和癒し効果	植物によるストレス緩和効果・癒し効果が期待されます。
	空調費用の削減	冷房使用時には、街路樹によって建物壁面や建物内に当たる日射を遮蔽することで、空調費用の削減が期待されます。
	集客効果(街区の価値向上)	快適な街路空間の創出により、集客効果が期待されます。
	下水への流出雨水の減少	植栽部分に保水効果のある基盤の場合、流出雨水が減少することが期待されます。
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理に労力を要します(生育管理、落ち葉等清掃、害虫駆除等)。 ・看板が見えにくい等、視界を遮る場合があります。 	


※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

導入事例	通りにおける街路樹の設置(導入主体:東京都千代田区大丸有地区・沿道地権者)
 <p style="text-align: center; font-size: small;">資料) 三菱地所(株)提供</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ・丸の内仲通りは、以前はオフィス中心で休日はシャッター通りとなっていました。2002年の丸ビルの建て替えを契機として、通りに面する店舗を飲食物販中心にするなど、アメニティ・にぎわい軸としての空間作りを目指しました。仲通りの街路再整備は2002年と2007年の二期に分けて実施されています。 ・街路再整備では、歩行者に快適な屋外空間を提供するため、歩道を広げて車道を狭めています。区道であるため、調整は千代田区および警察等の関係行政と密に行いました。幅員構成の変更については、無秩序な路上駐車を減らすという目的もありました。 ・街路樹については、緑陰形成や緑視率の向上、季節感の演出等を目的とし、ユリノキからケヤキやアメリカフウ、シナノキ、カツラ等に変更しています。樹種については、季節感があり、また夏は緑陰により涼しく冬は日差しが当たり暖かくなるよう、落葉樹を中心に選定しました。冬季はイルミネーションにも活用しています。 ・街路樹整備と併せて一部では、連続植樹帯も整備し、緑量確保と車道の横断防止を図っています。 ・歩行者の通行の障害にならない街路樹の間にはベンチ等を設置し、快適な緑陰空間で休むことができるようにしています。 ・歩道については透水性の舗装にすることで、雨水の地下浸透を促しています。 ・街路全体の整備効果として、休日はシャッター街だったのが、休日買い物客等でにぎわうようになり、街区の集客能力は向上しています。 ・評判について、国内、海外問わず、来街者から緑が非常に印象に残ると評価されることも多くあります。
導入費用	歩道の大部分は建物のセットバックにより確保された民有地であり、街路樹はその中に整備されていることから、沿道建物所有者が費用を負担しました。
維持管理の項目・費用	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理としては、枯れ枝剪定(年1回)、病害虫の駆除(年1回)、剪定(建物に枝が当たる場合など、最低限の剪定)、落ち葉清掃(街路清掃の一環として随時)を行っています。 ・管理主体は面する建物の管理会社、もしくは丸の内美化協会になります。 ・日常より清掃は行っているが、落ち葉があることも自然で、季節感をもたらすという意味からも、落ち葉の清掃に過敏にならなくても良いという意識の変化が感じられます。
今後同様の取組を行うに当たってのノウハウ・課題	<ul style="list-style-type: none"> ・道路上の整備ということで、関係行政との調整が非常に重要になります。 ・しかし、まずは、地区として、シンボルとなる通りをどのように考えるかというコンセプトをまとめることが重要です。 ・施工後の管理体制をどのように考えるかも非常に大きなポイントになります。

導入事例	歩道における藤棚の設置(導入主体:埼玉県春日部市)
	
<ul style="list-style-type: none"> ・春日部市の歩道に設けられている藤棚は、春日部駅から 300m南下した目抜き通り(ふじ通り)の両側に位置します。周辺には、市役所等の公共施設があり、人通りの多い通りとなっています。 ・昭和 54、55 年度に区画整理事業の一環として整備されました。全長 1,080mであり、藤の本数は合計で 282 本でしたが、一部撤去され、平成8年当時で 217 本になります。なお、藤は春日部市の花に指定されています。 ・年に1回行われる藤まつりでは、地元の人だけではなく周辺の市町村の人も参加もあり、にぎわいを見せています。開花時期になると、市外から見物客もいます。市民から声では、歩いていて楽しい、夏季に日陰が形成されて快適といった声がある一方、維持管理費がかかり過ぎであるといった批判もあります。 	<p>導入費用 導入費用は総工事費で 55,850,000 円</p>
<p>維持管理の項目・費用</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・主たる維持管理項目には、①剪定(軽剪定4回/年、冬季剪定1回/年)、②施肥(1回/年)、③除草(年4回)が含まれます。 ・維持管理費用は①と②で合計おおよそ 370 万円/年で、その内①が約9割、②が約1割になります(街路樹全体の維持管理費用より概算)。③は約 140 万円/年になります(シルバー人材センターに委託)。このほか、臨時的なツルの剪定作業が発生し特に夏季はツルの生長が早く、車や人に当たるほど伸びるため、注意が必要です。
<p>今後同様の取組を行うに当たってのノウハウ・課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・藤も含めた街路樹の管理は、落ち葉や剪定、虫や鳥、薬剤散布など多くの課題があります。 ・上記の維持管理は最低限の水準で実施しており、観賞用として管理するにはより多くの経費がかかります。計画時には、維持管理に相当量の手人もコストもかかることを認識する必要があります。 ・最近咲かない藤が出てきています。温暖化や排気ガス、夜間の車のライト、管理手法(水、肥料)等の原因が考えられますが、樹木医でもはっきりした理由は分かっていません。 ・後々撤去する事態にならぬよう、将来的な土地利用や道路の使い方を考慮した上で、計画する必要があります。 ・また、既成市街地では、店舗の看板が見えにくい等のクレームが予想されるので、大規模な再開発等と併せた導入の方が実現しやすくなります。

導入事例	バス停におけるパーゴラの設置(導入主体:東京都新宿区)
	<ul style="list-style-type: none"> ・「みんなでみどり公共施設緑化プラン」に基づいた公共施設における緑化の取組の一つです。(現在5箇所、新宿3丁目バス停については平成18年に設置) ・取組の主目的は、みどりとうるおいのある環境都市の実現になります。期待する成果としては、建築物・工作物緑化の普及啓発、都市景観の向上、ヒートアイランド現象の緩和、区取組のPR効果、バス停やバス事業者のイメージアップが挙げられます。 ・成果を確認する調査は実施していませんが、現在大きなトラブルもなく、施設利用者からは概ね好評なようです。
導入費用	<p>設置に係るイニシャルコストは、バス停1施設あたり80~100万円程度(材工込)。材料は、植物の固定資材、プランター、植物等があります。</p>
維持管理の項目・費用	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理項目には、①水やり(夏季3回/週、冬季1回/週程度)と②剪定、誘引、施肥、雨どいの詰まり点検等の諸管理(2回/年程度)があります。 ・維持管理の軽減とトラブルの未然防止のため、工法や植物種には工夫が必要です。 <ul style="list-style-type: none"> ◆工法:登はん用のネットは、植物が登はんしやすく、かつ人が登りにくい形状等を採用。 ◆植物種:テイカカズラを採用。(理由:成長が遅すぎず早すぎない、虫がつきにくい、常緑で落葉が少ない、重量が重くない、強く枯れにくい、花が咲き新緑もきれい)
今後同様の取組を行うに当たってのノウハウ・課題	<ul style="list-style-type: none"> ・以下のような安全配慮を行った結果、現在トラブルは起きていません。 <ul style="list-style-type: none"> ◆緑化設備による荷重増加について構造計算を実施しています(緑化設備により屋根上に積雪しやすくなることも考慮し、積雪時の場合も計算)。 ◆台風時の破損がないよう、強度を確認しました。 ◆プランター等設備一式の設置に当たっては、バスの利用者(特に身体障害者)や通行人の障害とならないよう配慮しています。 ◆設置工事は、バスが運行していない夜間に実施し、1晩で完成させました。 ・バス停の緑化に当たっては、バス停の所有者(東京都交通局)との調整に加えて、道路管理者(東京都)との調整が必要でした。その際、構造物を損傷・加工しないこと、かつ容易に原状回復が可能な設計を行うことで所有者の理解を得ています。 ・つるの伸びる方向が風の影響を受けており、風下側に偏っています。通常設計時は均等に生長する想定だったため、風の影響を予め考慮した設計が必要です。

導入事例	駐車場における緑化(導入主体:神奈川県相模原市)
 	<ul style="list-style-type: none"> ・博物館建設前は緑が多い土地であったことから、緑をできるだけ残すコンセプトの下、設計が行われました。その結果、駐車場についても緑と調和的になるよう、樹木や芝が取り入れられました。その際、相模原市の木であるケヤキ等は外部から移植したものの、それ以外は元々その土地にある植物を用いています。 ・駐車場の敷地面積は、1397.59m²で、用いた樹木本数(駐車場内の植樹本数)は24本です。
<p>導入費用</p>	<p>植栽の伐採や移植に係る費用は約 1,100 万円(博物館全体の緑に対する導入費が約 3,800 万円であり、駐車場部分がおよそ3割を占める)と見積もられます。その他、車止めなどの設備が約270万円、駐車場の舗装が約1,200万円でした。(駐車場規模は、乗用車40台、大型車4台、障害者用2台)</p>
<p>維持管理の項目・費用</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・維持管理項目は、剪定1回/年、草刈2回/年、病虫害の駆除2回/年、施肥1回/年です。落ち葉清掃については、常駐の警備員が日常業務の一環として実施しています。 ・維持管理費は、およそ40万円/年程度と見積もられます。(博物館全体の緑に対する維持管理費が約140万円/年であり、駐車場部分がおよそ3割に相当)
<p>今後同様の取組を行うに当たってのノウハウ・課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・駐車場に樹木を設置する際には、駐車場としての利用のしやすさを損なわない設計を十分に検討する必要があります。具体的には、駐車スペースを広げにすることと、設置する樹木は太くならず、まっすぐ上に向かって成長する樹種を選定することが挙げられます。 ・また、樹木の位置についても、来訪者の特性を考慮し、利用しやすい配置を検討する必要があります。例えば、家族連れが多い施設であれば、ベビーカーが出しやすいように、車の後方にスペースを確保するような樹木配置を行うことなどが挙げられます。 ・維持管理のことを考えるのであれば、剪定に高所作業車が必要にならないよう、あまり高くない樹種を選定することや、落ち葉清掃の負担を軽減するために、常緑樹を選定する等の配慮が必要です。 ・駐車場の芝は、当初の想定とは異なり、ほとんど生育していません。原因は緑陰による日照時間不足や自動車による圧迫が考えられます。そのため、導入環境に適したブロックの配置などの施工法や日照時間に対応した品種の検討が必要です。

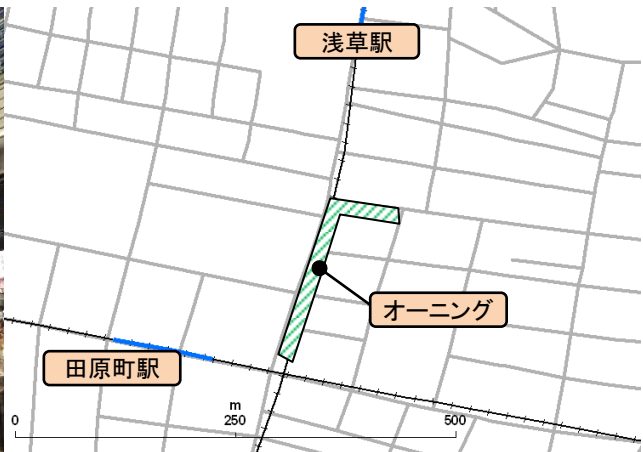
NO 2	人工日よけ設置(オーニング等)	
体感温度の低減効果(※1)		
	日射の遮蔽効果(※2)	人工日よけによって日射が約 89%低減します。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	日陰部分の路面・壁面の表面温度上昇が抑制されるため、夕方は赤外放射が 38%低減します。但し日中は日よけからの赤外放射が加わり、合計で約 3.7%増加します。
	局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。
体感温度の低減効果	◎ SET*が日中 3.5℃(夕方 1.1℃)低減します。但し通風阻害により体感温度が高くなる場合があります。	
ヒートアイランド緩和効果(※3)	<ul style="list-style-type: none"> ・冷房使用時には、オーニングによって建物壁面や建物内に当たる日射が遮蔽されることで、空調負荷が削減され、人工排熱が減少することが期待されます。 ・人工日除けの素材や色によって、日除け面の表面温度が日除け設置前の路面よりも低ければヒートアイランド緩和効果が期待できますが、逆に高くなる場合については、気温上昇に寄与する可能性もあります。 	
コベネフィット	地球温暖化対策への寄与	冷房使用時には、オーニングによって建物壁面や建物内に当たる日射が遮蔽されることで、空調負荷が削減され、CO2 排出量の削減が期待されます。
	景観改善	共通の意匠のオーニングの設置が、商店街の景観改善取組などにより実施されています。
	空調費用の削減	冷房使用時には、オーニングによって建物壁面や建物内に当たる日射が遮蔽されることで、空調費用の削減が期待されます。
	集客効果(街区の価値向上)	快適な街路空間の創出により、集客効果が期待されます。
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・積雪時に使用すると、荷重によりキャンバスが破損する可能性があります。 ・強風時にも破損する恐れがあるため、管理に注意が必要です(自動管理システムあり)。 	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

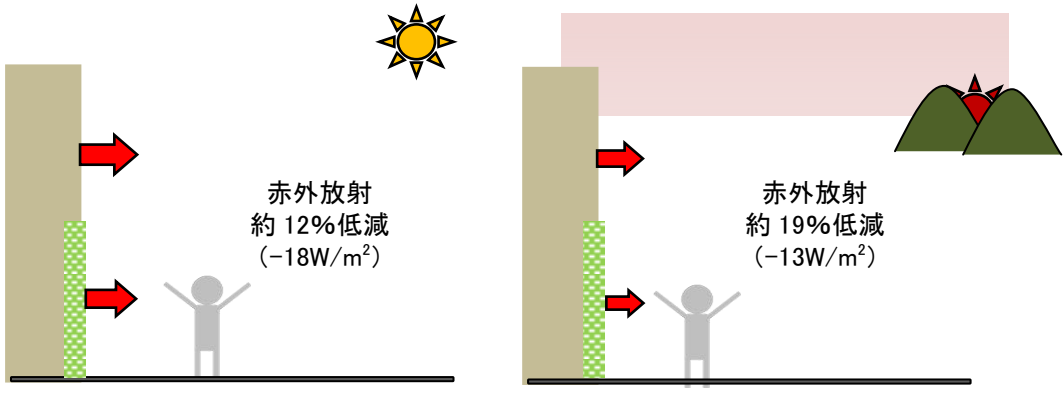
導入事例	商店街におけるオーニングの設置(導入主体:東京浅草・雷門田原商店会)
------	------------------------------------



- ・アーケードの撤去に伴い、これまでのアーケードの代わりに歩行者の雨よけや日除け、商品の日焼け防止といった機能を持つオーニングが設置されました。
- ・オーニングは、設置距離がおおよそ全長 170mになります。商店会としての同調性を重視して統一したデザイン(色、ロゴ)を導入しています。アーケードは暗い印象があったため、オーニングに変更したことで「明るくなった」「きれいになった」という声が聞かれています。
- ・歩行者の日除けや雨よけ、商品の日焼け防止効果が得られています。アーケードと比較するとその効果は劣るものの、出幅 2.5mの出幅が大きいオーニングにしたことで、十分な効果は得られています。
- ・アーケードと異なりオーニングは出し入れができるため、特に日除けとしての機能が求められる夏季はオーニングを出し、冬季は出さない等の運用も可能になっています。

導入費用	アーケードの撤去に約 1,280 万円(うち約8割は助成金を活用)、オーニング(底部分含む)の設置に約6,250万円(うち2/3は助成金を活用)。不足分については、商店会の各店舗が間口の広さに応じて負担しています。
------	---

維持管理の項目・費用	<ul style="list-style-type: none"> ・現在は特に清掃などの維持管理は行っていないため、維持管理費としては保険代のみとなります。保険は風などによりオーニングが破損し、それにより歩行者が怪我をした場合等の治療費に備えた保険と、破損時の修繕費に備えた保険を契約しています。 ・前者が年間約5万5千円で、後者が年間約9万5千円の費用がかかりますが、設置後約3年間で、これまでに自然故障によるトラブルはありません。 ・留意点として、キャンバス上に積雪がある場合に収納すると設備が破損することがあります。(実際にそういったケースが1回発生しています。)その際は保険が適用されたため費用負担を回避することができました。 ・キャンバスの張替えなど、今後の維持管理には費用がかかることも予想されますが、各店舗の費用面での負担をその時に集約させないために、管理費として毎年一定の積み立てを行っています。これにより、対応策を検討する際の合意形成が得やすくなります。 ・オーニングが設置されている底部分は構築物に該当するため、確認申請と竣工検査、道路占用の許可申請が必要になります。
------------	---

NO 3	壁面の緑化(生垣)	
体感温度の低減効果(※1)		
日射の遮蔽効果(※2)	著しい効果は期待できません。	
路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	緑化部分の壁面の表面温度上昇が抑制されるため、赤外放射が日中約12%(夕方約19%)低減します。	
局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。	
体感温度の低減効果	○	SET*が日中約0.6℃(夕方約0.5℃)低減します。但し湿度の増加により体感温度が高くなる場合があります。
ヒートアイランド緩和効果(※3)	<ul style="list-style-type: none"> 壁面が緑化されることで、壁面温度の上昇が抑制され、対策前より周辺気温が低いことが期待されます。 冷房使用時には、緑化によって建物内への貫流熱が減少するため、空調負荷が削減され、人工排熱が減少することが期待されます。 	
コベネフィット	地球温暖化対策への寄与	<ul style="list-style-type: none"> 対策が積み重なることで、CO₂の固定効果が期待されます。 冷房使用時には、緑化によって建物内への貫流熱が減少することで、空調負荷が削減され、CO₂排出量の削減が期待されます。
生物多様性への寄与	生物多様性は、都市部における緑化がもたらす効果として、位置づけられています。	
景観改善	緑は都市における重要な景観要素と位置づけられています。	
ストレス緩和癒し効果	植物によるストレス緩和効果・癒し効果が期待されます。	
空調費用の削減	冷房使用時には、街路樹によって建物壁面や建物内に当たる日射を遮蔽することで、空調費用の削減が期待されます。	
集客効果(街区の価値向上)	快適な街路空間の創出により、集客効果が期待されます。	
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理に労力が必要です(生育管理、落ち葉等清掃、害虫駆除等)。 地植えでない場合、灌水設備の故障により早期に枯失する恐れがあるため、注意が必要です。 	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

NO 4	敷地の緑化	
体感温度の低減効果(※1)		
	日射の遮蔽効果(※2)	著しい効果は期待できません。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	緑化部分の路面の表面温度上昇が抑制されるため、赤外放射が日中約5%(夕方約4%)低減します。
	局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。
	体感温度の低減効果	○ SET*が日中約 0.3℃(夕方約 0.1℃)低減します。但し湿度の増加により体感温度が高くなる場合があります。
ヒートアイランド緩和効果(※3)	・路面が緑化されることで、路面温度の上昇が抑制され、対策前より周辺気温が低いことが期待されます。	
コベネフィット	地球温暖化対策への寄与	対策が積み重なることで、CO2 の固定効果が期待されます。
	生物多様性への寄与	生物多様性は、都市部における緑化がもたらす効果として、位置づけられています。
	景観改善	緑は都市における重要な景観要素と位置付けられています。
	ストレス緩和癒し効果	植物によるストレス緩和効果・癒し効果が期待されます。
	集客効果(街区の価値向上)	快適な街路空間の創出により、集客効果が期待されます。
	下水への流出雨水の減少	植栽部分に保水効果のある基盤の場合、流出雨水が減少することが期待されます。
留意事項	・維持管理に労力が必要です(生育管理、落ち葉等清掃、害虫駆除等)。	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

NO 5	植え込み設置	
体感温度の低減効果(※1)	<p>赤外放射 約 11%低減 (-17W/m²)</p> <p>赤外放射 約 5%低減 (-3W/m²)</p>	
	日射の遮蔽効果	著しい効果は期待できません。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	緑化部分の路面の表面温度上昇が抑制されるため、赤外放射が日中約 11%(夕方約5%)低減します。
	局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。
	体感温度の低減効果	○ SET*が日中約 0.6℃(夕方約 0.1℃)低減します。但し湿度の増加により体感温度が高くなる場合があります。
ヒートアイランド緩和効果(※2)	・路面が緑化されることで、路面温度の上昇が抑制され、対策前より周辺気温が低いことが期待されます。	
コベネフィット	地球温暖化対策への寄与	対策が積み重なることで、CO ₂ の固定効果が期待されます。
	生物多様性への寄与	生物多様性は、都市部における緑化がもたらす効果として、位置づけられています。
	景観改善	緑は都市における重要な景観要素と位置付けられています。
	ストレス緩和癒し効果	植物によるストレス緩和効果・癒し効果が期待されます。
	集客効果(街区の価値向上)	快適な街路空間の創出により、集客効果が期待されます。
	下水への流出雨水の減少	植栽部分に保水効果のある基盤の場合、流出雨水が減少することが期待されます。
留意事項	・維持管理に労力が必要です(生育管理、落ち葉等清掃、害虫駆除等)。	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

NO 6	建物被覆の親水化・保水化	
体感温度の 低減効果(※1)		
	日射の遮蔽効果(※2)	著しい効果は期待できません。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	親水化部分の壁面の表面温度上昇が抑制されるため、赤外放射が日中約 16%(夕方約 20%)低減します。
	局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。
	体感温度の低減効果	○ SET*が日中約 0.8℃(夕方約 0.6℃)低減します。但し湿度の増加により体感温度が高くなる場合があります。
ヒートアイランド 緩和効果(※3)	<ul style="list-style-type: none"> ・水の蒸発により、壁面温度が低く保たれるため、対策前より周辺気温が低くなるのが期待されます。 ・冷房使用時には、壁面温度が低く保たれることで建物内への貫流熱が減少するため、空調負荷が削減され、人工排熱が減少することが期待されます。 	
コベネフィット	地球温暖化対策への寄与	冷房使用時には、壁面温度が低く保たれることで建物内への貫流熱が減少することで、空調負荷が削減され、CO2 排出量の削減が期待されます。
	空調費用の削減	冷房使用時には、壁面温度が低く保たれることで建物内への貫流熱が減少するため、空調負荷が削減され、空調費用の削減が期待されます。
留意事項	・(窓面の親水化の場合)詰まりやスケール発生を抑制するため、ろ過システム等を必要とする場合があります。	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

NO 7	舗装の保水化	
体感温度の低減効果(※1)	<p>赤外放射 約 28%低減 (-42W/m²)</p> <p>赤外放射 約 27%低減 (-18W/m²)</p>	
	日射の遮蔽効果(※2)	著しい効果は期待できません。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	保水化部分の路面の表面温度上昇が抑制されるため、赤外放射が日中約 28%(夕方約 27%)低減します。なお、路面温度の上昇抑制効果は、路面の湿潤の程度に影響を受けます。
	局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。
体感温度の低減効果	○	SET*が日中約 1.3℃(夕方約 0.7℃)低減します。但し湿度の増加により体感温度が高くなる場合があります。
ヒートアイランド緩和効果(※3)	・水の蒸発により、路面温度が低く保たれるため、対策前より周辺気温が低いことが期待されます。	
コベネフィット	景観改善	意匠性の高い製品の使用により街路等の景観改善が期待されます。
	下水への流出雨水の減少	路面が保水することで流出雨水が減少することが期待されます。
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・(灌水システムの場合)設備の定期的な清掃・点検が必要です。 ・舗装面やブロックが汚れやすいため、定期的な清掃が必要です。 ・舗装としての耐久性は強くありません。 ・施工時には、既存の道路表面を剥離する必要があります。 	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

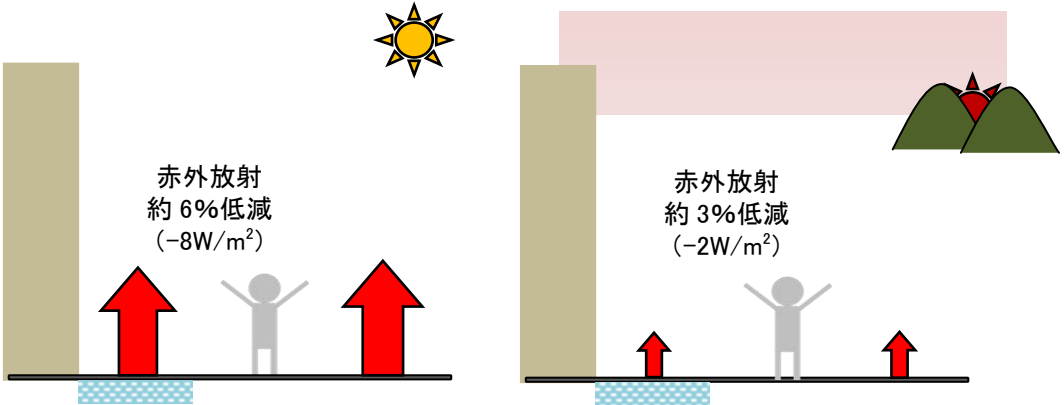
導入事例	駅前広場における保水性舗装の導入(導入主体:東京都港区)
	
	<ul style="list-style-type: none"> ・新橋西口駅前広場は施設の老朽化に伴う改修に際し、環境配慮の一環として保水性舗装が実施されました。 ・広場部分を保水性ブロック舗装(約 2,383m²)に、広場内で車両が通行する部分を遮熱性舗装(約 230m²)としたほか、広場中央部(約 898m²)には給水システムが導入されています。 ・保水性ブロックは透水効果があることから、雨水の貯留槽と併せて集中豪雨などによる都市型水害対策の効果があり、消防水利としての防災機能もあります。 ・熱環境改善効果の検証調査を実施しており、夏季日中における保水性舗装設置部分の表面温度が周囲の舗装部分よりも低く保たれていることが確認されています。また、サーモカメラによる測定も実施しており、アスファルトよりも最大で 13℃温度が低いことが確認されています(平成 18 年7月時点)。
導入費用	給水設備も併せた保水性舗装の材工共の工事費は、約 2.4 万円/m ² になります。
維持管理の項目・費用	新橋西口駅前広場全体を対象とした年2回の清掃と年2回の設備点検が必要です。これらの経費はおよそ 110 万円/年になります(設備交換等の大規模な修繕費は含まない)。
今後同様の取組を行うに当たってのノウハウ・課題	<ul style="list-style-type: none"> ・現状の課題として、経年経過により、雨水貯留タンクやパイプ等の給水設備に、十分な給水が行われていないなど不具合が発生しています。給水には環境配慮のために雨水を用いているため、タンクやパイプ内で詰まりが発生して給水機能の障害を生んでいる可能性があります。さらにパイプ部分は埋設してあるため、メンテナンスや修理の困難さが課題となります。 ・このため、今後は新たにシステムを設置する場合は、メンテナンスや修理のしやすいシステムを十分に検討する必要があります。ただし、駅前広場では通行人に水がかかるとトラブルとなるため、寒冷地の融雪設備のような舗装表面からの給水を行う際には、対策が必要になります。

NO 8	舗装の高反射化	
体感温度の低減効果(※1)		
	日射の遮蔽効果(※2)	路面で反射する日射が増加し、日射が約 20%増加します。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	高反射化部分の路面の表面温度上昇が抑制されるため、赤外放射が約 24%(夕方約 18%)低減します。
	局所的な気温低減効果	著しい効果は期待できません。
体感温度の低減効果	○	SET*が日中約 0.3℃(夕方約 0.5℃)低減します。
ヒートアイランド緩和効果(※3)	・日射の反射により、路面温度が低く保たれるため、対策前より周辺気温が低いことが期待されます。	
コベネフィット	交通安全	歩道等に視認性の高い色の塗料を塗布する等により、歩行者の安全性を高めている事例があります。
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装面が滑りやすい点が挙げられます(滑り止めの施工方法あり)。 ・施工時に臭いがする場合があります(低臭気の商品あり)。 ・ライト等の光が乱反射する場合があります(つや消し工法あり)。 	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

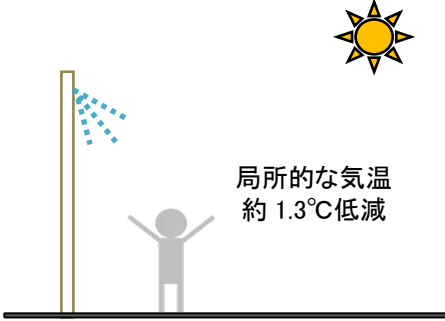
※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

NO 9	水景施設の設置	
体感温度の低減効果(※1)		
	日射の遮蔽効果(※2)	著しい効果は期待できません。
	路面・壁面の温度上昇抑制による赤外放射低減効果	水面部分の路面の表面温度上昇を抑制されるため、赤外放射が日中約6%(夕方約3%)低減します。
	局所的な気温低減効果	噴水等の霧を発生させる施設であれば、霧の蒸発に伴い、局所的に気温が下がります。
体感温度の低減効果	○ SET*が日中約 0.3℃(夕方約 0.1℃)低減します。但し湿度の増加により体感温度が高くなる場合があります。	
ヒートアイランド緩和効果(※3)	<ul style="list-style-type: none"> ・水部分の表面温度は、水の蒸発により低く保たれるため、対策前より周辺気温が低いことが期待されます。 ・水の蒸発により局所的に気温が下がることが期待されます。(噴水等、霧の発生を伴う場合) 	
コベネフィット	景観改善	緑と同様に、水面も都市における重要な景観要素と位置付けられています。
	集客効果(街区の価値向上)	視覚的にも涼しさを提供するため、集客効果が期待できます。
留意事項	・定期的な清掃が必要です。	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。



※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

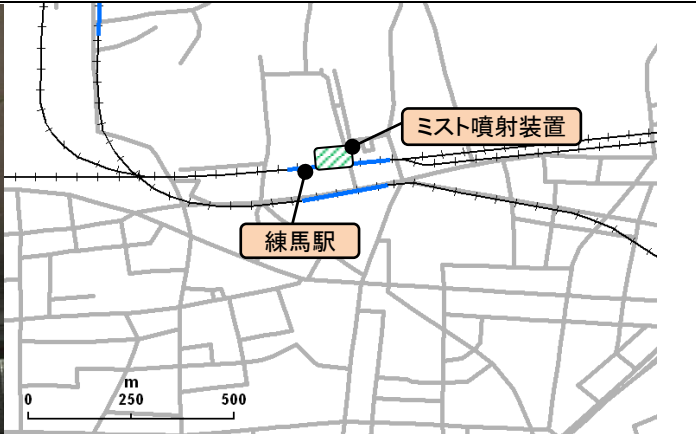
NO 10	ミスト噴射装置設置	
体感温度の 低減効果(※1)	 <p>局所的な気温 約 1.3°C低減</p>	
	日射の遮蔽効果(※2)	著しい効果は期待できません。
	路面・壁面の温度上昇抑制 による赤外放射低減効果	著しい効果は期待できません。
	局所的な気温低減効果	ミストの蒸発に伴い、局所的な気温が日中約 1.3°C下がります。
	体感温度の低減効果	○ SET*が日中約 0.5°C低減します。但し湿度の増加により体感温度が高くなる場合があります。
ヒートアイランド 緩和効果(※3)	・水の蒸発により局所的に気温が下がることが期待されます。	
コベネフィット	集客効果(街区の価値向上)	視覚的にも涼しさを提供するため、集客効果が期待できます。
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> ・日射がないことや風が弱い所等、効果的な設置場所が限られます。 ・夕方は日中と比べて湿度が高くなるため、使用には向きません。 	

※1: 気温・湿度・風速についても対策技術の導入により変化する場合があるが、変化の多寡が対策技術の導入スケールに依存し対策技術の効果として一概には扱えないことから、主に放射環境の変化について評価している。

※2: 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※3: 気温低減効果の多寡は、対策導入量にも影響するため注意が必要である。

<p>導入事例</p>	<p style="text-align: center;">駅前商店街におけるミスト噴射装置の導入</p> <p style="text-align: center;">(責任主体: JR 吹田駅周辺まちづくり協議会、実施組織: 商店街エコ化事業推進委員会)</p>
	
<p>導入費用</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ドライ型ミスト整備工事等 約 4,600 万円 ・太陽光発電パネル設置工事等 約 7,600 万円 ・照明の高効率化 約 800 万円
<p>維持管理の項目・費用</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ドライ型ミストポンプ電気代 約 18 万円／年 ・ドライ型ミスト水道代 約 24 万円／年 ・太陽光パネルの発電量は年間約 32,000kWh であり、42 円／kWh で関西電力に売電することで、年間約 130 万円の収入があります。この収入からランニングコスト及び修繕積立金を拠出し、残りを環境イベント等、商店街エコ化事業に充てています。

導入事例	駅前広場におけるミスト噴射装置の導入(導入主体:東京都練馬区)
 <p>資料) 練馬区ホームページ</p>	 <p>練馬駅</p> <p>ミスト噴射装置</p> <p>0 m 250 500</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 平成 21 年度に、ヒートアイランド現象を緩和し、快適な空間を創出するため、「ねりまクールタウン社会実験」として、西武池袋線練馬駅前に冷却ミスト(40m、40 ノズル)が設置されました。 メーカーとの打合せの中で最も効果が期待できる設置場所を検討した結果、「区内で最も乗降者数が多い駅であること」「バスやタクシーといった熱源が多く集まる場所であること」「ミストの効果が得やすい日陰であること」の条件から、練馬駅の駅前広場が選定されました。 ミストは自動制御を行っており、気温 28℃以上、風速3m/s 未満、湿度 60%未満、降雨なしの条件が満たす際に運転されています。 冷却ミスト設置場所付近と設置していない場所に温度計を設置しており、その温度差を効果指標としていますが、平成 21 年8月では、温度差は最大で3.2℃、平均で2.0℃であり、冷却ミストにより気温が低下していることが確認されました。 アンケートを実施した結果(回答人数 136 人)、約8割の人が涼しさを感じるとの回答でした。自由意見として、見た目の涼しさも挙げられました。また、約8割の人が冷却ミスト設置に対して好感を持っていたことが分かりましたが、一部からは税金の無駄遣いという指摘や、濡れる気がして不快であるという声もありました。
導入費用	<p>イニシャルコストは、約 914 万円でした。その内約5割がポンプやノズル、気象センサー等の機械設備費で、配管材料費および、電路材料費で約1割、工事費等で約3割になります。</p>
維持管理の項目・費用	<ul style="list-style-type: none"> ランニングコストとしては、保守点検費用と光熱費(電気代、水道代)がかかっています。 平成 23 年度の保守点検費用は約 42 万円/年(6/30~9/30)でした。費用の中には、立ち上げ及び立ち下げの費用と、故障時の修理費が含まれています。ただし、軽微な修繕は含んでいますが、部品交換を要する場合は別途協議・費用が必要になります。なお、これまで大きな故障はありません。 平成 21 年度の光熱費は4か月(6~9月)の運転で、電気代が約6千円、水道代が約7千円でした(稼働時間から推測した費用のため、実費額ではありません)。
今後同様の取組を行うに当たってのノウハウ・課題	<ul style="list-style-type: none"> 設置場所の条件が厳しいため、設置場所がなかなか見つからない点が挙げられます。設置条件としては、風が強すぎないこと、日射がないこと、霧が当たると困る人のための迂回スペースが確保できることがあります。

各適応策における、体感温度の低減効果を表 4.6 に整理しました。日射遮蔽効果が期待できる適応策である緑陰形成や人工日よけ設置の体感温度の低減効果が大きくなっています。ただし、これらの数値は試算による目安であるため、実際の適応策の導入に当たっては、期待されるコベネフィットや留意事項等を考慮しつつ、対象地点に適切な適応策を選定することが望まれます。

表 4.6 各適応策における体感温度の低減効果の試算結果

評価点	NO	対策技術の種類	日中(12時)※1,2			夕方(19時)※1,2		
			SET*	日射※3	赤外放射	SET*	赤外放射	
歩道 (下図 A)	1	緑陰形成(街路樹、パーゴラ) (樹冠の大きさ7.5m、植樹間隔10m、緑陰は不連続)	-6.0°C	-76.1% (-107W/m ²)	-57.2% (-88W/m ²)	-0.3°C	-10.9% (-7W/m ²)	
	4	敷地の緑化 (公開空地の歩道側2.5mが緑被)	-0.3°C	-0.4% (-1W/m ²)	-5.3% (-8W/m ²)	-0.1°C	-3.5% (-2W/m ²)	
	5	植え込み設置 (歩道の道路側に幅1.5m、高さ0.5mの植え込み)	-0.6°C	-2.0% (-3W/m ²)	-11.0% (-17W/m ²)	-0.1°C	-4.8% (-3W/m ²)	
	7	舗装の保水化 ※4 (歩道全体(車道を除く)、路面が常に濡れている状態)	-1.3°C	0.0% (0W/m ²)	-27.5% (-42W/m ²)	-0.7°C	-27.1% (-18W/m ²)	
	8	舗装の高反射化 (歩道全体(車道を除く)塗布、反射率(アルベド)0.40)	-0.3°C	+19.6% (+28W/m ²)	-23.5% (-36W/m ²)	-0.5°C	-18.1% (-12W/m ²)	
	9	水景施設の設置 (開空地の歩道側2.5mが水面(水路))	-0.3°C	-0.9% (-1W/m ²)	-5.5% (-8W/m ²)	-0.1°C	-2.5% (-2W/m ²)	
	10	ミスト噴霧装置設置 (1mに1ノズル設置。1ノズル当たり50cc/min 散水)	-0.5°C					
	公開空地 (下図 B)	2	人工日よけ設置(オーニング等) (5m張り出しているオーニング(白)が連続的に設置)	-3.5°C	-89.0% (-122W/m ²)	+3.7% (+6W/m ²)	-1.1°C	-37.7% (-26W/m ²)
		3	壁面の緑化(生垣) (建物壁面に高さ3mまで壁面緑化)	-0.6°C	-0.7% (-1W/m ²)	-11.5% (-18W/m ²)	-0.5°C	-19.2% (-13W/m ²)
		6	建物被覆の親水化・保水化 (高さ3mまでの窓面に水膜が形成、窓面積率30%)	-0.8°C	-1.4% (-2W/m ²)	-15.6% (-24W/m ²)	-0.6°C	-20.1% (-14W/m ²)

※1 以下の条件で試算した。

場所：東京都心部の商業業務地区における東西道路の北側歩道

気象：(12時)気温34.5°C、湿度45%、風速約1.0m/s (19時)気温31.3°C、湿度62%、風速約1.2m/s

※2 日射及び赤外放射の放射熱量については、環境中の放射熱ではなく、人体における吸収量を表している。

※3 太陽からの日射だけでなく、路面や壁面で反射した日射も併せた評価値である。

※4 舗装の保水化の効果は、散水後の路面が完全に湿った状態を想定して試算したが、路面の湿潤の程度によっては効果が異なる。

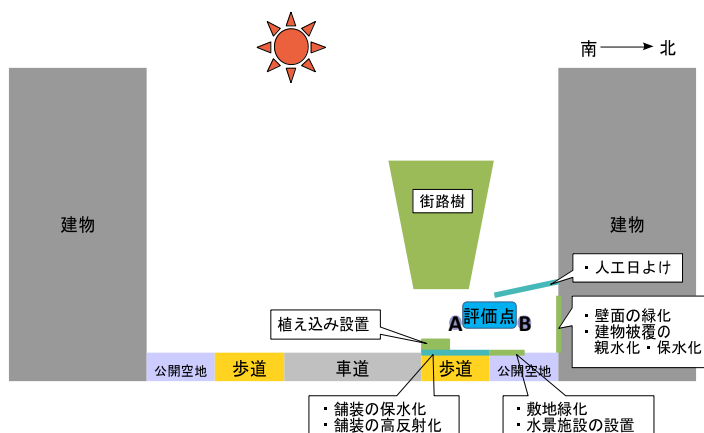


図 4.16 適応策の設置条件イメージ(再掲)

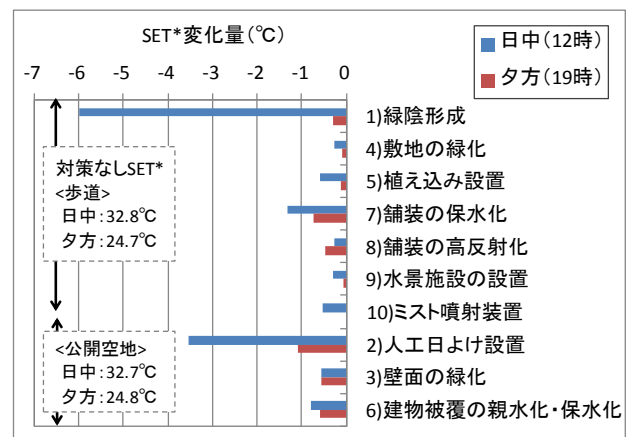


図 4.17 適応策による SET* の変化量 (試算値)

4.4 ヒートアイランド現象に対する適応策のまとめ

- ・緩和策がヒートアイランド現象の抑制を目的とした対策の考え方であるのに対し、適応策はヒートアイランド現象により生じる影響の抑制を目的とした対策の考え方です。緩和策が長期的な視点から被覆改善等の原因を削減するハード面の対策を積み重ねていくものであるのに対し、人の熱ストレスを軽減する適応策は、街路樹により日陰を創出するなど、ハード面の対策でも局所的な導入で効果が得られる特徴があります。また、クールビズや日傘の利用による体感温度の改善や、クールシェルターの活用等の熱中症予防の普及啓発による暑熱環境回避行動なども適応策に含まれます。
- ・人の体感温度は、気温だけではなく、日射等の放射や湿度、風速が大きく影響しています。例えば、緑陰の形成により放射熱を抑えることで、気温を約9℃下げると同等の体感温度低減効果があります。
- ・街路空間において、導入量の多寡によらず効果が期待されるハード面の適応策では、街路樹等の日射を遮蔽する対策、保水性舗装等の路面や壁面の高温化を抑制する対策やミスト噴射装置等の局所的な気温を低減する対策があります。
- ・今後、熱環境において影響を受けやすい高齢者や児童・乳幼児については、特に福祉的観点からも、人の熱ストレスを軽減する適応策を推進していくことが期待されます。
- ・適応策の技術を紹介している適応策技術シートでは、体感温度の改善効果を試算し、掲載しています。また、コベネフィットや留意事項についても、比較検討がしやすいよう整理をしています。ただし、改善効果の試算については、いくつかの条件下で行っており、実際の導入に際しては、これら条件を十分に勘案する必要があります。

