

ヒートアイランド対策に関する科学的情報の
可視化事例集

平成 30 年 3 月
国土交通省 総合政策局 環境政策課

目次

1. はじめに.....	1
1.1 事例集作成の目的.....	1
1.2 本事例集が想定する読者.....	1
1.3 可視化の利用場面および事例リスト.....	2
2. 可視化事例.....	5
① 建物スケールを対象としたサーモカメラによる緑化効果の可視化（立教女学院）....	5
② 都市スケールを対象とした観測網による暑熱環境の可視化（大阪市立環境科学研究所）.....	7
③ 都市スケールを対象とした数値シミュレーションによる気温等の可視化（気象庁）	9
④ 都市スケールを対象とした熱環境マップによる暑熱要因の可視化（横浜市環境科学研究所）.....	11
⑤ 街区スケールを対象とした簡易ツールによる対策効果の可視化（国土技術政策総合研究所）.....	13
⑥ 建物スケールを対象とした簡易ツールによる対策効果の可視化（日本サステナブル建築協会）.....	15
⑦ 建物スケールを対象としたサーモカメラを用いた観測結果のグラフ化によるヒートアイランド対策効果の可視化（埼玉県）.....	17
⑧ 都市スケールを対象とした数値シミュレーションによる対策効果の将来予測の可視化（電力中央研究所他）.....	19
⑨ 都市・街区スケールを対象とした数値シミュレーションによる対策効果の可視化（東京大学他）.....	21
⑩ 街区スケールを対象とした数値シミュレーションによる各種対策効果の可視化（大阪府）.....	23
⑪ 街区スケールを対象としたサーモカメラによる対策効果の可視化（環境省）.....	25

1. はじめに

1.1 事例集作成の目的

ヒートアイランド対策は、気候変動緩和・適応の両面で効果が見込める対策です。緩和の観点からは、屋外の気温を低下させることにより冷房等によるエネルギー需要の削減につながります。適応の観点からは、住民や歩行者が感じる暑さ（熱ストレス）を軽減することにより熱中症等の抑制につながります。将来においても、気候変動により暑熱環境がますます悪化すると予想されており、ヒートアイランド対策の重要性は今後も高まるといわれています。これらの認識のもとに、国土交通省ではヒートアイランド現象の監視、ヒートアイランド現象に対応したまちづくりの推進、緑化の推進、将来の温暖化による暑熱環境悪化への対応（適応）など、様々な側面からヒートアイランド対策を推進しています¹。

本事例集は、「科学的知見を活用」し、それらを「可視化」という観点からヒートアイランド対策の普及促進をねらったものです。科学的・中立的な情報を活用することにより、客観的な資料に基づく現状認識のもとで対策導入の必要性を議論することができます。また、適切な可視化技術を用いてヒートアイランド現象あるいは対策の効果について視覚的に表現することにより、主体間で現状認識を共有することができます。

本事例集が示すように、既に様々な自治体または企業がヒートアイランド対策において可視化を活用しており、基礎的な事例から最新技術を用いた事例まで幅広いケースが存在します。本資料では、典型的な可視化についてその用途および効果を示しており、本資料により、これまで十分に可視化を活用していない自治体や企業に対しても利用の裾野が広がることを期待しています。

1.2 本事例集が想定する読者

本事例集は、民間・公共を問わずヒートアイランド対策の計画および実施に携わる全ての方を読者として想定しています。典型的には、市区町村の都市部局・環境部局など、都市づくりに携わる自治体の担当者や、街区の開発やまちづくりに携わる民間企業や団体の担当者を読者として想定しています。

¹ 国土交通省 ヒートアイランド・ポータル(閲覧日:2018年2月5日)
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_mn_000016.html

1.3 可視化の利用場面および事例リスト

ヒートアイランド対策の実施にあたっては、まず地域・地区の暑熱環境を適切に把握した上で、効果的な対策を選定する必要があります。また、一旦対策を導入した後も、継続的に対策の有効性を適切に評価し、対策の改善を行う必要があります。

本資料では、ヒートアイランド対策の可視化事例を「計画－実施－評価－改善」のサイクルに沿って整理しました。サイクルに沿った可視化情報の各利用場面と可視化の実現方法を図1に示しています。例えば、「Step1 現状の把握」を行う際には、気象観測網やサーモカメラ、または数値シミュレーションを用いて、ヒートアイランド現象の発生状況を把握することが考えられます。また「Step2 選択枝の検討」を行う際には、熱環境マップによる地域の特徴の把握や、シミュレーション等による対策効果の事前推定を行うことで、選択枝の絞込を行うことが考えられます。

このように、ヒートアイランド対策の可視化を行うにあたっては、利用場面に応じてその実現方法が異なるため、場面に応じて適切な方法を選択する必要があります。本事例集では、自治体や企業の方々が、対策の可視化情報を適切に活用することができるよう、利用場面に応じた個別事例を整理しています。

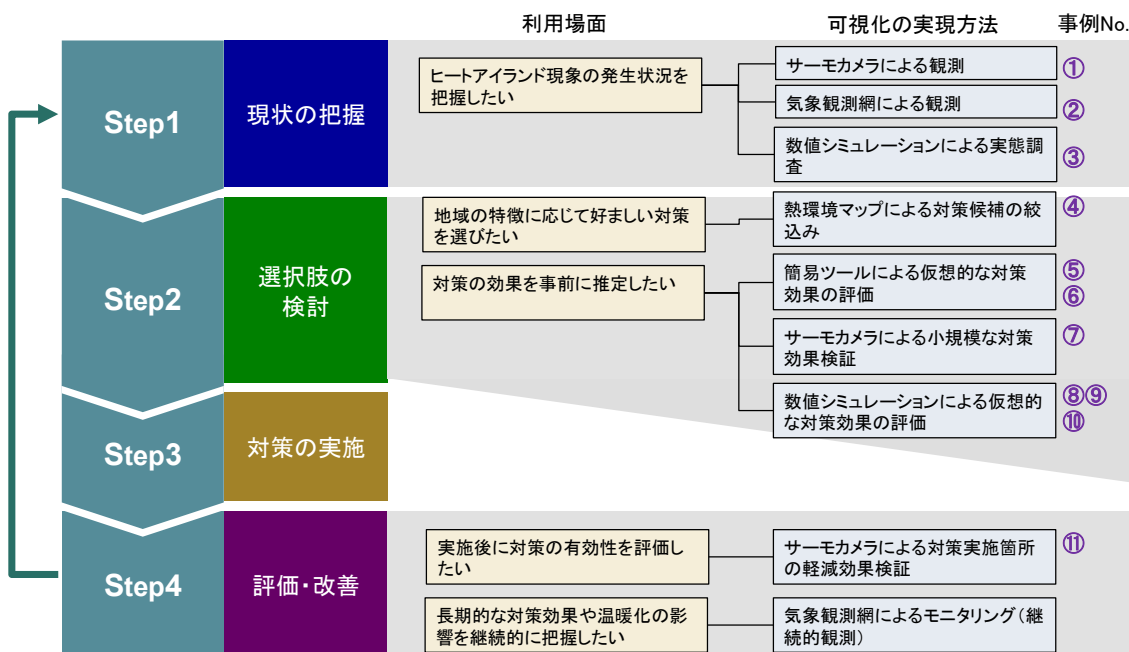


図1 ヒートアイランド対策における可視化の利用場面および実現方法

可視化の実現方法として挙げているツールには、以下のような特徴があります。

サーモカメラ：

地表面や壁面など、表面の温度を測定することができます。カメラを向けた範囲全体の温度の分布を測定できるため、表面温度を下げる対策（例えば保水性舗装や緑化など）を行った場合に、対策箇所が周囲と比較して相対的に温度が低くなっている状況を視覚的に確認することができます。

留意点としては、情報を把握できる範囲がカメラで撮影できる範囲に限られる点、把握できるのが表面の温度に限られ、例えば湿度を計測できないため、気温は高くないが湿度が高いため注意が必要な状況などを直接把握できない点が挙げられます。

気象観測網：

地域内に温度計・湿度計等を多数個設置し、それらの計測器から定期的に観測情報を収集することにより、ヒートアイランド影響の大きい地域などを把握することができます。典型的には、自治体単位で観測網を整備し、自治体内で相対的に対策の必要な地域を把握するために用いられます。

留意点としては、気象観測網を新たに整備する場合、計測器の購入・設置、情報収集システムの整備・保守などにコストが必要である点が挙げられます。

数値シミュレーション：

数値計算を用いて特定の地域の暑熱環境をシミュレーション（模擬）することにより、現状の把握や仮想的に対策を行った場合の効果を推定することができます。この方法では、観測地点ごととは異なり面的な現状の把握ができるほか、実際に対策を導入することなく効果の推定が可能となるため、大きなコストが必要となる対策の効果推定や多数の対策の効果比較などに有用です。

留意点としては、数値シミュレーションの実施には気象学や数値解析等の専門的な知見が必要である点、あくまでも現実の暑熱環境を模擬した結果であるため、実際の観測データとの間に差異が生じる点や実際に対策を実施した場合に期待通りの効果が生じるかについては不確実性を伴うという点が挙げられます。

簡易ツール：

事例⑤、⑥に示す機関では、ヒートアイランド対策に資することを目的として、簡易的に利用できるツールを提供しています。Excelシート等をダウンロードし、利用者に関する適切な情報を入力することにより、対策による気温低減効果や快適性向上効果について簡易的な評価を実施することができます。これらの方法は利用のためのハードルが低く、初歩的な検討に向いています。

留意点としては、評価可能な対策や空間的な範囲が限定されている点、単純化されたツールであるため、実際に対策が適用される場合の詳細な状況を考慮するためには、数値シミュレーション等のより高度な分析を行う必要がある点が挙げられます。

1.はじめに

本事例集では、可視化情報の各利用場面に沿って、ヒートアイランド対策の可視化情報を利用している11事例を整理しています。本事例集で紹介する個別事例の一覧は表1のとおりです。

表 1 本事例集で取り上げる可視化事例

番号	事例名	実施主体	可視化のポイント
①	建物スケールを対象としたサーモカメラによる緑化効果の可視化	立教女学院	サーモカメラを用いて敷地内の緑化の効果を可視化し、保護者等に対して敷地内の快適性を立証している
②	都市スケールを対象とした観測網による暑熱環境の可視化	大阪市立環境科学研究所	市民にとって実感を持ちやすい真夏日、熱帯夜などの指標を用いて、暑熱環境が悪化している現状を有効に伝えている
③	都市スケールを対象とした数値シミュレーションによる気温等の可視化	気象庁	気温分布等の可視化により、都市部だけでなく周辺地域の暑熱環境も悪化していることが把握でき、対策導入や注意喚起につなげている
④	都市スケールを対象とした熱環境マップによる暑熱要因の可視化	横浜市環境科学研究所	熱環境マップを用いて地域毎の特徴を把握し、適切なヒートアイランド対策のメニューを明らかにしている
⑤	街区スケールを対象とした簡易ツールによる対策効果の可視化	国土技術政策総合研究所	複数の対策候補に対して気温減少効果を比較することで、有効な対策メニューを選定している。また、街区全体を評価することで、風の道を通じた冷気の染み出しによる気温軽減効果について可視化している
⑥	建物スケールを対象とした簡易ツールによる対策効果の可視化	日本サステナブル建築協会	ヒートアイランド対策を、暑熱環境改善の観点から包括的かつ基準に基づき評価しているため、対策間の効果の比較や改善点が明確となっている
⑦	建物スケールを対象としたサーモカメラを用いた観測結果のグラフィ化によるヒートアイランド対策効果の可視化	埼玉県	各種対策導入後の気温変化をグラフィ化することで、各種対策の比較分析を可能とし、客観的な対策種類の選定に貢献している。
⑧	都市スケールを対象とした数値シミュレーションによる対策効果の将来予測の可視化	電力中央研究所他	数値シミュレーションを用いて対策の効果を可視化し、特に効果の大きい時間帯や場所を特定し、有効な対策につなげている
⑨	都市・街区スケールを対象とした数値シミュレーションによる対策効果の可視化	東京大学他	数値シミュレーションにより緑化効果を可視化し、対策効果を分かりやすく伝えている
⑩	街区スケールを対象とした数値シミュレーションによる各種対策効果の可視化	大阪府	数値シミュレーションにより対策導入効果を可視化し、比較することにより、より効果の高い対策の選定につなげている
⑪	街区スケールを対象としたサーモカメラによる対策効果の可視化	環境省	サーモカメラにより打ち水・道路散水の対策導入前後の気温分布を可視化することで、対策の有効性を検証している

2. 可視化事例

① 建物スケールを対象としたサーモカメラによる緑化効果の可視化（立教女学院）

事例①²では、立教女学院敷地内を対象に、敷地内全体を緑化したことにより軽減された気温分布について、サーモグラフを用いることで可視化しました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	学校法人立教女学院、東京パワーテクノロジー(株)環境事業部
可視化の難易度	容易（サーモカメラの準備のみで実現できるため）
可視化のポイント	サーモカメラを用いて敷地内の緑化の効果を可視化し、保護者等に対して敷地内の快適性を立証している
可視化の目的	対策評価：緑化
評価指標	地表面温度
可視化のスケール	建物スケール
利用場面	市民や従業員が集まる敷地内の気温の軽減対策を検討する場合
想定される利用者	保護者、学生、学校関係者

(1) 事例の概要

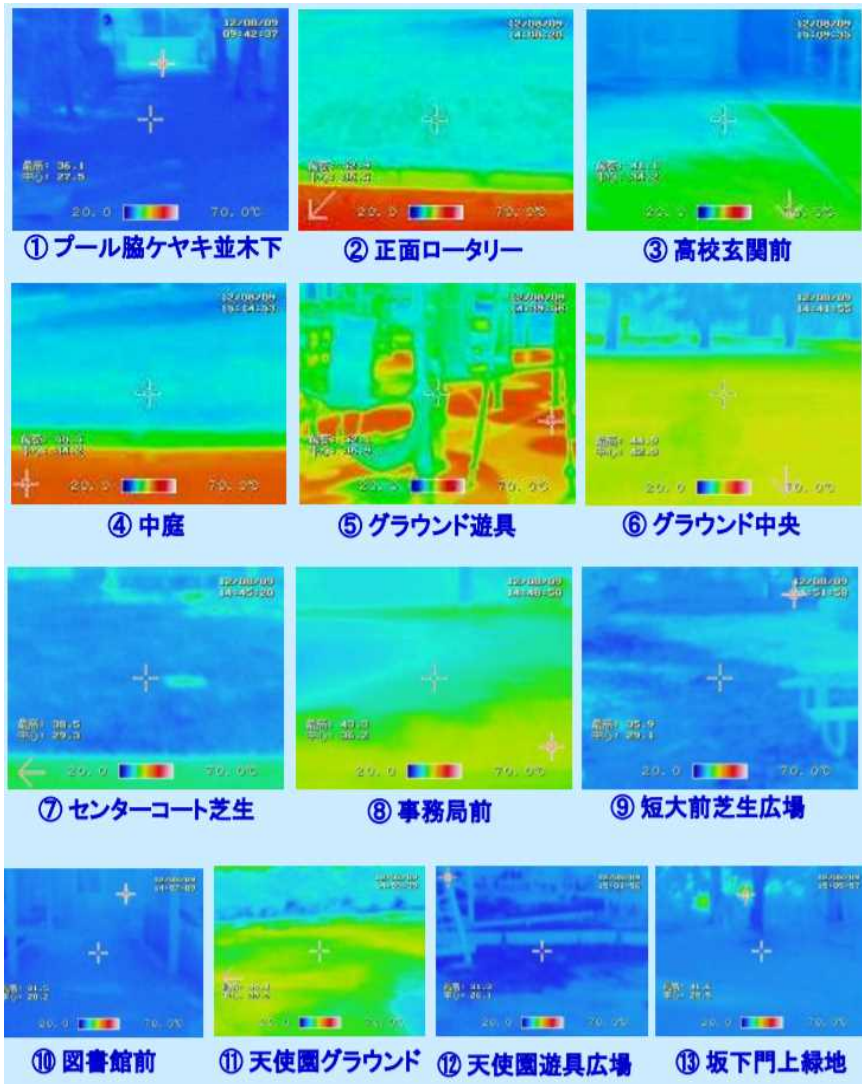
本事例では、「学校環境における保護者の方々からの安心、信頼の明確化」、「緑地管理における付加価値の向上」、「緑の効果による社会的評価の向上」、「緑の効果による快適な教育環境であることのPR効果」を目的にこのような緑の恩恵をデータ可・可視化し、緑の効果の基礎データを集約し、緑の付加価値の明確化を目指しました。

立教女学院では、敷地内の緑化対策導入後に、サーモカメラを用いて「緑化対策を導入した学院内の気温」と「緑化対策を導入しなかった学院外の気温」を可視化しました。図2は緑にあふれ冷却効果により暑熱負荷が軽減された学院内、を表しています。サーモカメラにより温度分布が可視化されており、濃い青になるにつれて温度が低く、濃い赤になるにつれて温度が高くなっています。青が濃い部分は、主に緑化により表面温度および気温が軽減され、生徒にとって快適な環境を作り出していることがわかります。

(2) 可視化による効果

緑化による気温軽減効果を可視化することで、緑化の効果を明確にすることができます。また、児童や高齢者のような比較的暑熱負荷に弱い市民が集まる施設では、このような緑化による気温軽減が、市民の健康リスクの軽減にも大きく貢献していると説明することができます。

² 立教女学院, 立教女学院の緑の効果について, <http://hs.rikkyojogakuin.ac.jp/common/imgs/midori.pdf> (閲覧日:2017年12月11日)



サーモカメラ設定温度

20°C ←→ 70°C 調査日時: 2012年8月9日(晴れ)

図 2 緑化対策を導入した学院内の気温の可視化結果

【(参考) 可視化の条件】

事例⑩では、サーモカメラを用いて地表面温度の画像撮影が行われました。なお、実施期間は、平成24年8月9日(木)晴9時~16時、対象地域は立教女学院敷地内です。また、WBGT計測器(熱中症指数測定)による温度、湿度、WBGT(熱中症指数測定)の計測(学院内外21地点)も行われました。

「同様の可視化を実現したい」場合には

地表面温度の可視化のためには、サーモカメラを導入する必要があります。緑化対策を導入した箇所、導入していない箇所の両方を撮影し比較することにより、緑化による気温の低減効果を可視化することができます。

② 都市スケールを対象とした観測網による暑熱環境の可視化（大阪市立環境科学研究所）

事例②³では、ヒートアイランド現象により暑熱環境が悪化している大阪市を対象に、市民の日常生活と関連が強い指標を用いて、ヒートアイランド現象の状況の可視化を行いました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	大阪市立環境科学研究所
可視化の難易度	高度（独自の気温観測網の整備が必要であるため）
可視化のポイント	市民にとって実感を持ちやすい真夏日、熱帯夜などの指標を用いて、暑熱環境が悪化している現状を有効に伝えている
可視化の目的	現状把握
評価指標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱帯夜日数、時間 ・ 酷暑の夜日数、時間 ・ 真夏日数、時間 ・ 猛暑日日数、時間
可視化のスケール	都市スケール
利用場面	市区町村全体のヒートアイランド対策の計画策定、対策導入を検討する場合
想定される利用者	自治体職員

(3) 事例の概要

本事例では、熱中症などの健康被害が増加すると懸念される大阪市を対象に、暑熱環境の現状評価を目的に市域内約 70 箇所での観測をもとに、可視化を行いました。

対策計画の進捗を評価するための指標として、「熱帯夜」、「真夏日」、「猛暑日」、さらに気象庁の定義にはありませんが「酷暑の夜」を加えて、4つの階級別日数を集計しました。今回は、一例として大阪市の夏季3ヶ月間の「熱帯夜」の階級別日数（図 3）を示します。図の中心部にいくにつれて赤色が濃くなっていることから、熱帯夜日数が増加していることが分かります。また、自治体が独自に設置している百葉箱のデータを用いることで、市域内の中心部と郊外で暑熱環境が異なっていることが分かることから、同じ自治体内でもエリアによって暑熱環境が異なることを示すことができ、それぞれのエリアに応じた対策の選択につながります。

(4) 可視化による効果

熱帯夜のように市民にとってわかりやすく、かつ日常生活の支障に結びつきやすい指標を用いて都市の暑熱環境を可視化することで、読み手である市民に対して、暑熱環境の悪化を印象付けることができます。このように、市民にとってわかりやすい指標（熱帯夜日数など）を目的に応じて使い分けることで、市民に対するメッセージが強まります。また、計画策定の場合、デグリーアワー（階級別温度差と時間の積）を用いることにより、日数よりも定量的な指標を示すことができます。

³ 榎元慶子、大阪市の夏季におけるヒートアイランド現象の時空間特性と暑熱指標（WBGT）による評価、大阪市立環科研報告 平成 20 年度 第 71 集、pp.35～40、2009

（注：現在は、「大阪市立環境科学研究所」に名称が変更されている。）

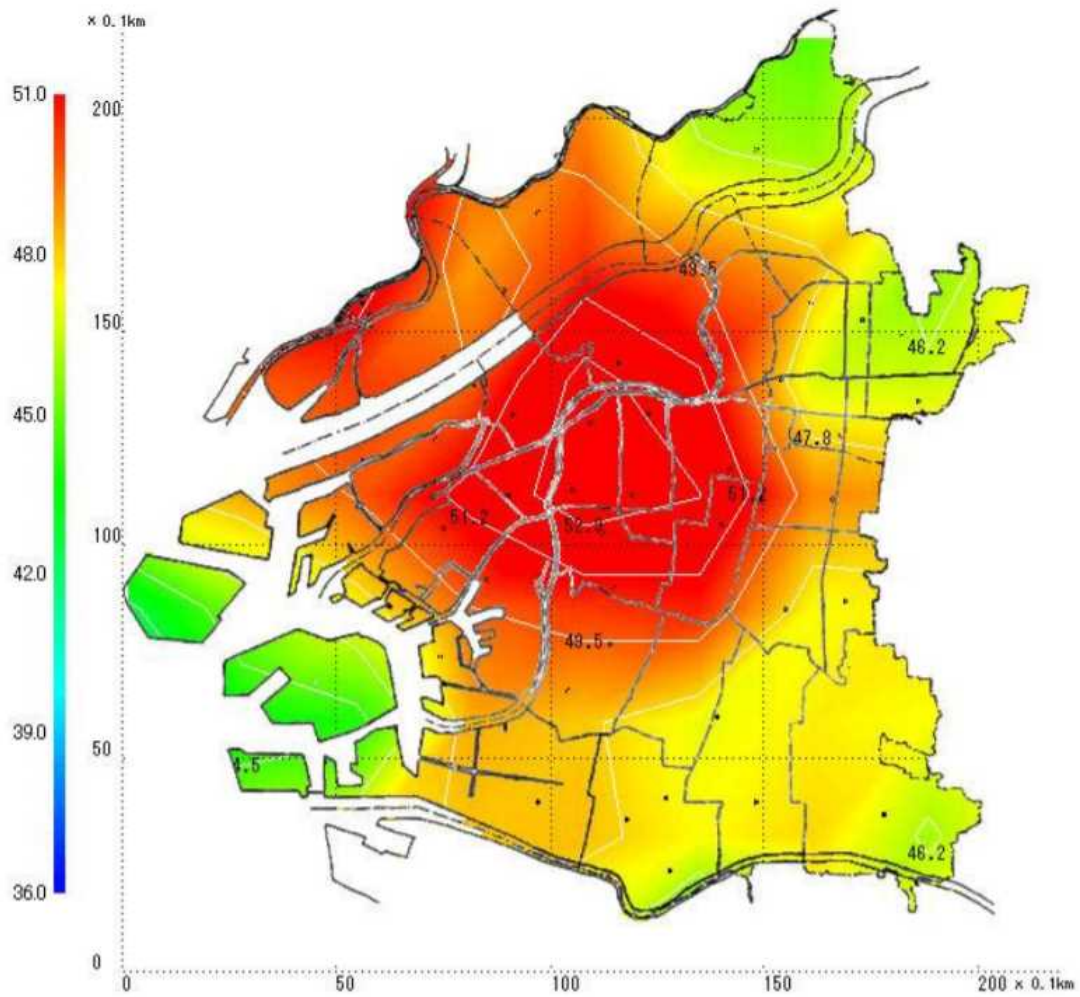


図 3 2008年7月から9月までの熱帯夜日数の分布

【(参考) 可視化の条件】

事例②では、大阪市内の小学校に設置されている百葉箱により観測された気温を用いて「熱帯夜（夜間の最低気温が 25℃以下）」、「真夏日（日最高気温が 30℃以上）」、「猛暑日（日最高気温が 35℃以上）」、「酷暑の夜（日最低気温が 28℃以上）」の分布図をそれぞれ作成しました。なお、気温の観測は、2008年7、8、9月の各観測点において10分間隔で行いました。また、デグリーアワーによる分布と比較して、日数では表現できない暑熱環境を検証しました。

「同様の可視化を実現したい」場合には

気温の観測網が既に存在する場合は、各地の観測データを収集して統計処理することで可視化が実現できます。存在しない場合は、長期的な観点で観測網の整備を行い、データを蓄積する必要があります。

③ 都市スケールを対象とした数値シミュレーションによる気温等の可視化（気象庁）

事例③⁴では、東京都を中心とした関東地方について、都市における気象を精度よく再現できるように開発された数値モデル（都市気候モデル）を用いて数値シミュレーションした結果を可視化しました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	気象庁
可視化の難易度	高度（独自に評価する場合：数値シミュレーションの実施が必要であるため）
	容易（気象庁によるヒートアイランド監視報告を参照する場合）
可視化のポイント	気温分布等の可視化により、都市部だけでなく周辺地域の暑熱環境も悪化していることが把握でき、対策導入や注意喚起につなげている
可視化の目的	現状把握
評価指標	気温、湿度
可視化のスケール	都市スケール
利用場面	都道府県・市区町村全体のヒートアイランド対策の計画策定、対策導入を検討する場合
想定される利用者	自治体職員

(1) 事例の概要

本事例では、東京を中心にヒートアイランド現象が顕著に現れている関東地方を対象に、暑熱環境の現状把握や都市化の影響評価を行うことを目的として、都市気候モデルで数値シミュレーションした結果を可視化しました。

2016年8月の平均気温と気温30℃以上となった時間の合計の分布を図4に、都市化の影響による平均気温と平均相対湿度の変化の分布を図5に示します。

まず、平均気温（図4左図）について見てみると、東京都心部から埼玉県南東部を中心に気温が高いことを意味する赤い部分が多く見受けられていることに対して、その周辺（特に内陸部）では薄い赤や黄色い部分が見受けられることから中心部よりも気温が低いことが分かります。また、この中心部付近は、気温30℃以上となった時間の月合計も多く（図4右図）、都市化の影響による平均気温の上昇量（図5左図）や平均相対湿度の低下率（図5右図）も大きくなっています。これらのことから、都市化と暑熱環境が密接に関係していることが分かります。

(2) 可視化による効果

地域全体を特徴的な月に着目して気温を可視化することで、当該月の暑熱環境の現状を適切に把握することができます。このような可視化された情報を活用することで、対策を導入する地域を適切に判断することができます。

⁴ 気象庁 ヒートアイランド監視報告 2016,
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/h29/himr_2016.pdf （閲覧日:2018年1月12日）

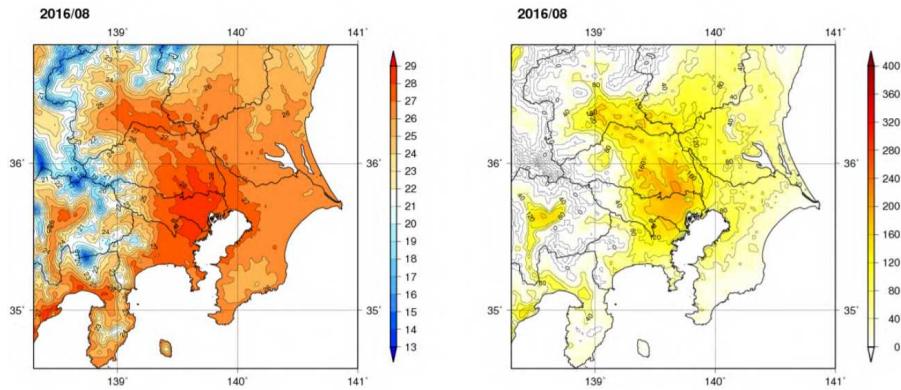


図 4 関東地方における 2016 年 8 月の平均気温（左図、単位：℃）と気温 30℃以上となった時間の合計（右図、単位：時間）の分布

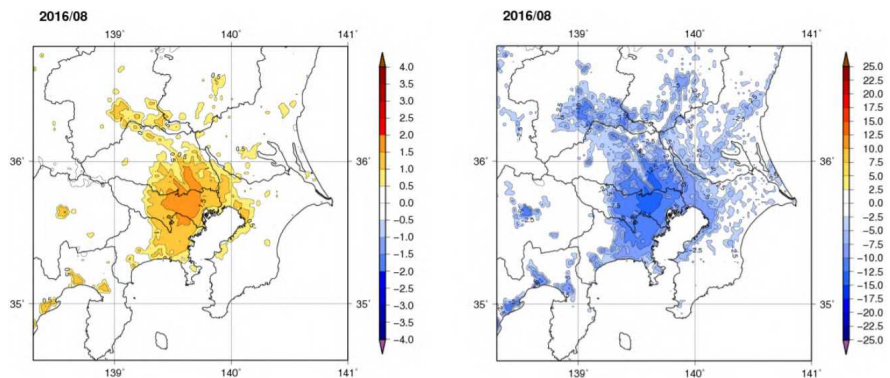


図 5 関東地方における 2016 年 8 月の都市化の影響による平均気温の変化（左図、単位：℃）と平均相対湿度の変化（右図、単位：%）の分布

【(参考) 都市気候モデルと都市化の影響評価について】

都市気候モデルとは、大気の状態とともに地形、都市域と草地や森林等の土地利用形態、人工排熱などを入力し、地表面や建築物との熱のやり取りをモデル化したもので、都市における大気の状態をコンピュータ上で精度よく再現することを目的として開発された数値モデルです。また、「都市化の影響による平均気温（相対湿度）の変化」とは、都市気候モデルにおいて「都市がある場合」と「都市がない場合（都市に分類されている領域を仮想的に草地に置き換え、かつ、人工排熱をゼロにする）」のシミュレーションにおける平均気温（相対湿度）の差を表します。

「同様の可視化を実現したい」場合には

既存の数値シミュレーションデータを取得、あるいは、実際に数値シミュレーションを実施してデータを作成し、適当な描画ソフト（例. GMT や GrADS 等*）を用いることで、可視化を行うことができます。

また、関東地方、近畿地方、東海地方においては気象庁の「ヒートアイランド監視報告」の中で本事例と同様の分析結果が提供されており、この結果を参照することで当該地域におけるヒートアイランド現象の発生状況を概観することができます。

*) GMT (Generic Mapping Tools) , <http://www.soest.hawaii.edu/gmt/>
GrADS (Grid Analysis and Display System) , <http://cola.gmu.edu/grads/>

④ 都市スケールを対象とした熱環境マップによる暑熱要因の可視化（横浜市環境科学研究所）

事例④⁵では、横浜市を対象に、暑熱要因毎に地域を類型した熱環境マップを用いて、ヒートアイランド現象の状況の可視化を行いました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	横浜市環境科学研究所
可視化の難易度	中程度（熱環境マップを作成するために、自治体が保有する各種データの収集・分析が必要であるため）
可視化のポイント	熱環境マップを用いて地域毎の特徴を把握し、適切なヒートアイランド対策のメニューを明らかにしている
可視化の目的	現状把握
評価指標	類型された地域毎に色分け
可視化のスケール	都市スケール
利用場面	市区町村全体のヒートアイランド状況を把握、あるいは対策導入重点地区・対策メニューを検討する場合
想定される利用者	自治体職員

(1) 事例の概要

本事例では、横浜市を対象に、気温分布や人工排熱（工場、建物、自動車など人間の活動から発生する熱）、地表面の被覆状況など、ヒートアイランド状況の観点から地域を類型化して可視化した熱環境マップを作成し、同市の暑熱環境を俯瞰することを目的に、可視化を行いました。

横浜市内の類型結果は、図 6 のとおりです。臨海部を中心に、「A1 業務集積地域（Ⅰ類型）」、「A2 建物密集地域（Ⅱ類型）」、「A3 複合要因地域（Ⅲ類型）」の割合が多くなりました。また、山間部に行くにつれて、「C1 中間地域（緑地）」、「C2 中間地域（その他）」、「D1 緑地地域（Ⅴ類型）」等の割合が多くなるのが分かります。

(2) 可視化による効果

熱環境マップは、人工排熱量が多い業務集積地域など、暑熱環境悪化の要因毎に地域を類型しているため、類型された地域毎に適した対策の展開につながりやすくなります。

【(参考) 可視化の条件】

事例②では、横浜市を対象に、人工排熱などのヒートアイランドに影響する因子を用いて、主成分分析という分析手法を適用し、横浜市をヒートアイランド状況の観点から類型しました。まず、各地域の平均気温を高、中、低に分類しました。高温域をさらに人工排熱などにより、「A1:業務集積地域（Ⅰ類型）」、「A2:建物密集地域（Ⅱ類型）」、「A3:複合要因地域（Ⅲ類型）」に分類しました。次に、中、低温域の内、人工排熱の多い地域を「B:高排熱地域（Ⅳ類型）」とし、さらに裸地緑地面積比率により、中間の気温の地域を「C1:中間地域（緑地）」と「C2:中間地域（その他）」、低温地域を「D1:緑地地域（Ⅴ類型）」と「D2 臨海・緑地地域」に分類しました。

⁵ 佐俣満夫, 井上友博, 福田亜佐子, 平澤佐都子, 横浜市における熱環境マップの作成について, 横浜市環境科学研究所報 第 30 号, 2006

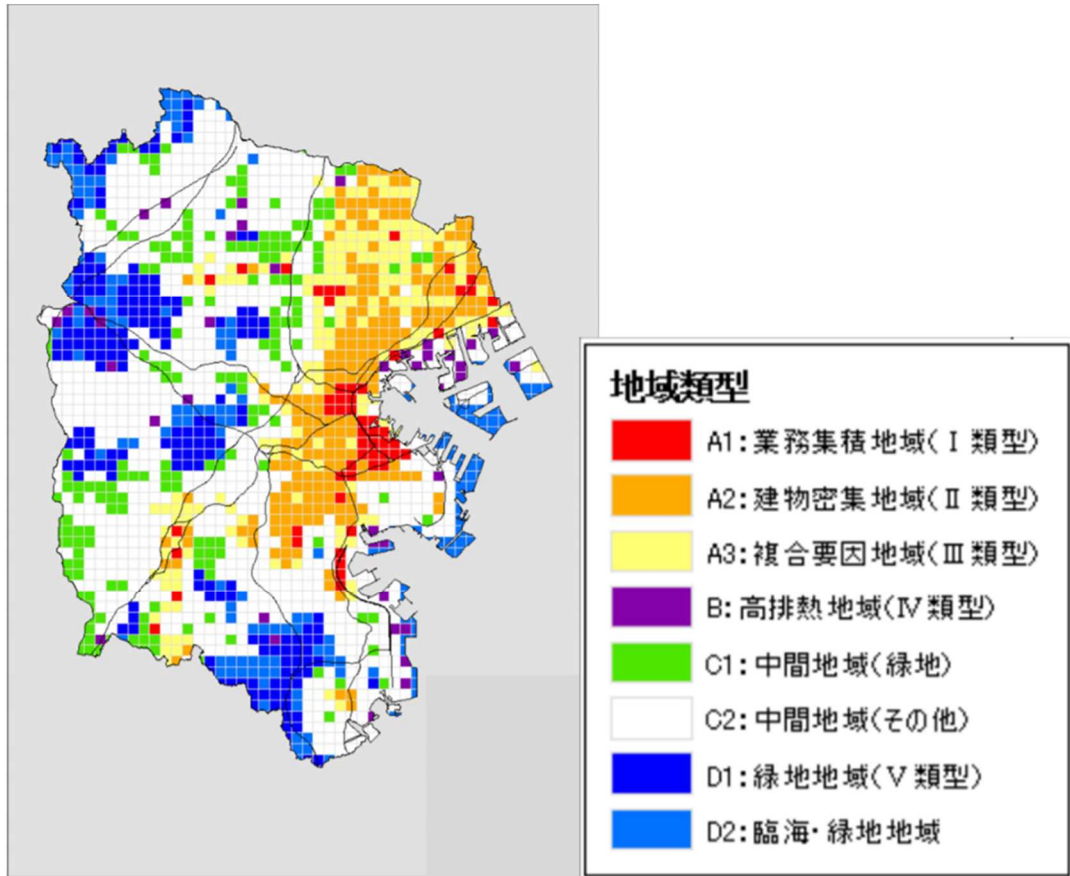


図 6 横浜市における熱環境マップ（図中の曲線は主な幹線道路を示す）

「同様の可視化を実現したい」場合には
環境省「ヒートアイランド対策ガイドライン平成24年度版*」に、「都市環境機構図の作成方法」として作成手順が示されています。同手順に従って都市内のデータを収集し分析することにより熱環境マップを作成できます。

*URL: http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guideline/h24.html

⑤ 街区スケールを対象とした簡易ツールによる対策効果の可視化（国土技術政策総合研究所）

事例⑤⁶では、東京都新橋駅周辺を対象に、各種ヒートアイランド対策導入による気温軽減効果を計算し、その結果の可視化を行いました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	国土技術政策総合研究所
可視化の難易度	容易（Excel 形式で実行可能なツールが公開されているため）
可視化のポイント	複数の対策候補に対して気温低下効果を比較することで、有効な対策メニューを選定している。また、街区全体を評価することで、風の道を通じた冷気の流入による気温軽減効果について可視化している
可視化の目的	対策評価：屋上緑化、地上緑化、風の道、人工排熱の低減
評価指標	風速、気温、気温変化
可視化のスケール	街区スケール
利用場面	街区単位でのヒートアイランド対策導入を検討する場合
想定される利用者	自治体職員、都市開発関連事業者

(1) 事例の概要

地球シミュレータによる数値シミュレーション技術を、国や自治体等向けのシミュレーションソフトとして実用化するために、都市や街区などの小さい単位で評価できるようにしました。そして、シミュレーションソフトの計算例として対策効果の可視化を行いました。

図 7 では、屋上緑化の気温低下効果の試算結果を示しています。地区内の屋上面積の 50% 緑化を計算条件として気温低下効果を試算したところ、概ね風下側半分領域で 0.1℃前後の低下効果がありました。なお、臨海部であるため気象モデルによる境界条件として、風上側にある超高層ビル群による影響が少なめに計算されている可能性があることに注意する必要があります。同様に、図 8 に地上緑化の気温低下効果の試算結果を示します。

なお、各図では、図右側の気温差が小さく、白色で可視化されております。これは、もともと建物が密集している場合、風の道が構築されず、冷気の流入が少ないことが要因と考えられます。

(2) 可視化による効果

対策毎に対策導入前後の気温差を可視化することで、それぞれの対策効果が明らかになるだけでなく、対策間の比較にもつながり、適切な対策メニューの選定につなげることができると考えられます。

【(参考) 可視化の条件】

事例③の計算は、国土技術政策総合研究所が公開しているシミュレーションツールを用いて、標高データ、土地利用に関する GIS データ、建物高さを入力値とし、風速・風向および気温の境界条件を設定することで、風速・風向および気温の計算を行いました。この計算結果を対策導入前とし、屋上緑化（全ての建物の屋上面積の半分を緑化）や地上緑化（地上面積の半分を保水性舗装）することを想定した各種対策導入後を計算し、両者を比較して気温差分を可視化しました。

⁶ 国土交通省 国土技術政策総合研究所，都市空間の熱環境評価・対策技術の開発，国総研プロジェクト研究報告 第 20 号

屋上緑化の効果

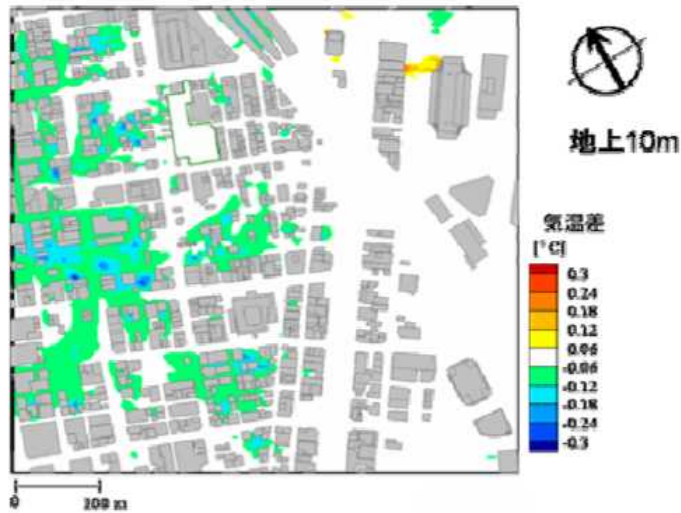


図 7 屋上緑化の気温低下効果の試算

地上緑化の効果

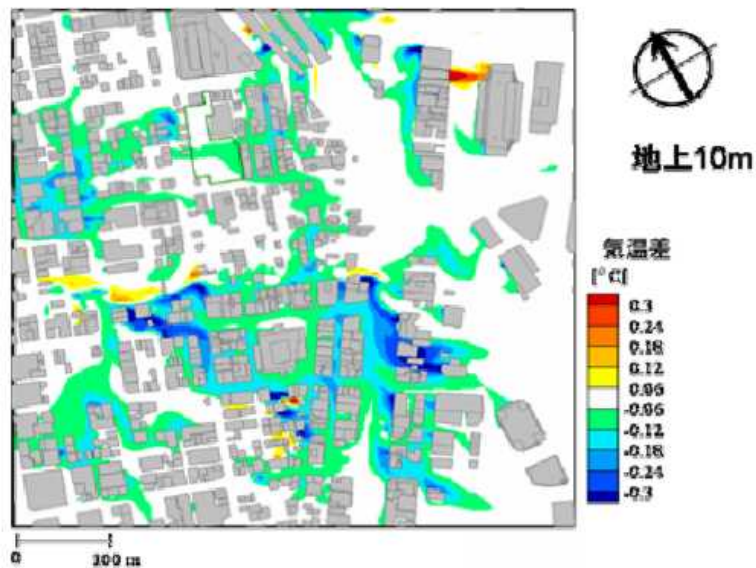


図 8 地上緑化の気温低下効果の試算

「同様の可視化を実現したい」場合には

上記の可視化のためのツールは、簡易に対策効果を評価できるように改良され、国土技術政策総合研究所により「都市の熱環境対策評価ツール*」として公開されており、Excel形式でダウンロードし無償で利用可能です。可視化を行いたい街区の情報をツールに入力し、実行することにより気温低下効果を試算することができます。

*URL: <http://www.nilim.go.jp/lab/heg/hyouka%20tool/hyouka-tool.htm>

⑥ 建物スケールを対象とした簡易ツールによる対策効果の可視化（日本サステナブル建築協会）

事例⑥⁷では、事務所ビルを対象に、CASBEE-HI を用いて5つの分野（風通し、日陰、外構の地表面被覆、建築外装材料、建築設備からの排熱）について評価し、その結果の可視化を行いました。

実施主体	日本サステナブル建築協会
可視化の難易度	容易（Excel 形式で実行可能なツールが公開されているため）
可視化のポイント	ヒートアイランド対策を、暑熱環境改善の観点から包括的かつ基準に基づき評価しているため、対策間の効果の比較や改善点が明確となっている
可視化の目的	対策評価：風通し、日陰、地表面被覆、建築外装材料、排熱等
評価指標	敷地内の暑熱環境改善効果の評価、敷地外へのヒートアイランド負荷低減性の評価
可視化のスケール	建物スケール
利用場面	建物単位でのヒートアイランド対策導入効果を評価し、ヒートアイランド対策に資する建築設計・改修等を検討する場合
想定される利用者	自治体職員、都市開発関連事業者

(1) 事例の概要

本事例は、CASBEE（建築環境総合性能評価システム）-HI（ヒートアイランド）という建物の暑熱環境を簡便に評価可能なツールを用いて、非住宅（事業所）建物の暑熱環境を総合的に評価しました。評価建物の概要は図9のとおりです。図10は、CASBEE-HIによる建物環境の評価結果です。CASBEE-HIでは、前述の2つの評価指標に対し、5つの分野（風通し、日陰、外構の地表面被覆、建築外装材料、建築設備からの廃熱）についての評価結果となります。各評価結果（ Q_{HI} 、 LR_{HI} ）は、棒グラフによりレベル1から5の間で個別に採点されており、レーダーチャートと BEE_{HI} により包括的に採点されています。図11は、評価項目の例として「 Q_{HI-1} 敷地内の風通し」算定の考え方を示しています。芝生・草地・低木等の緑地や通路等の空地を設けることにより、風の通り道が生まれ、暑熱環境が改善されます。図10、「 Q_{HI-1} 敷地内の風通し、空地確保」では、本建物は空地率（空地面積を敷地面積で除した値）を72%確保しているため、レベル4と採点されています。

(2) 可視化の効果

暑熱環境改善の観点から包括的に評価し、現時点の対策効果を可視化することで、ヒートアイランド対策に資する建築設計・改修等を適切に判断することができます。

【(参考) 可視化の条件】

CASBEE-HI を用いて建物環境性能を評価するためには、CASBEE のホームページから評価シートの電子データ入手する必要があります。電子シートに、評価建物の情報として、①建築物の概要、②評価パラメータなどを入力することで、図10のような評価結果が可視化され、出力されます。

⁷ 編集：一般財団法人 日本サステナブル建築協会、企画・発行：一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構、CASBEE-HI（ヒートアイランド） 建築環境総合性能評価システム 評価マニュアル（2017年版）

ケース1 (立地条件①、非住宅系建物)

評価結果 ランク B+ (BEE_{HI}: 1.4)



図9 評価建物の概要

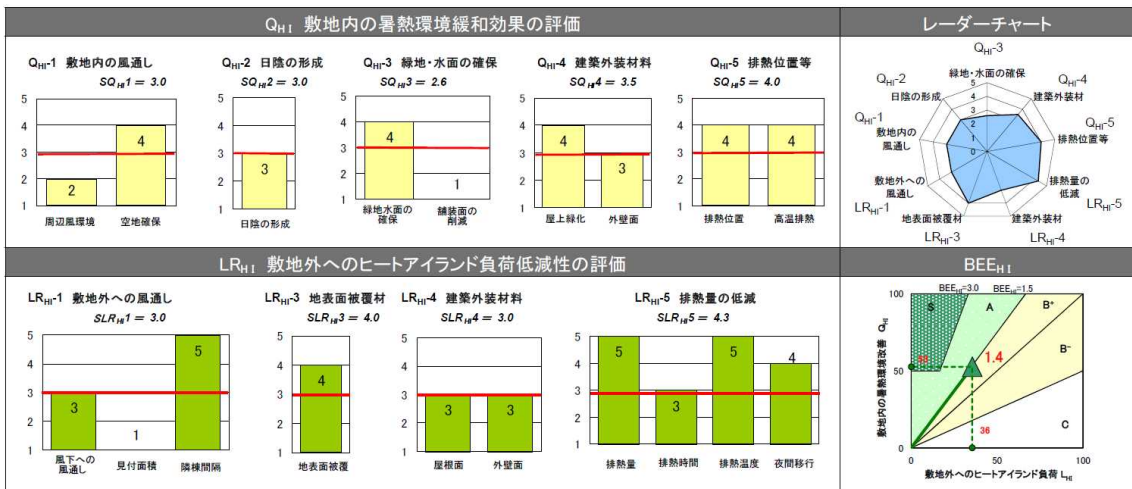


図10 評価結果

レベル	内容
レベル1	空地率が20%未満
レベル2	空地率が20%以上 40%未満
レベル3	空地率が40%以上 60%未満
レベル4	空地率が60%以上 80%未満
レベル5	空地率が80%以上

図11 算定の考え方(例:敷地内の風通し、空地確保)

「同様の可視化を実現したい」場合には
日本サステナブル建築協会が「CASBEE-HI (ヒートアイランド)*」の評価用ツールを公開しており、Excel形式でダウンロード可能で、無償で利用できます。建物の条件や暑熱対策の項目を記入することにより、対策の性能評価を行うことができます。
*URL: http://www.ibec.or.jp/CASBEE/cas_hi.htm

⑦ 建物スケールを対象としたサーモカメラを用いた観測結果のグラフ化によるヒートアイランド対策効果の可視化（埼玉県）

事例⑦⁸では、埼玉県庁舎内の敷地を対象に、遮熱性塗装、保水性舗装等などのヒートアイランド対策導入後とその前の気温変化を観測し、グラフ化することで、対策導入効果を可視化しています。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	埼玉県
可視化の難易度	中程度（複数の対策を試験的に導入する必要があるため）
可視化のポイント	各種対策導入後の気温変化をグラフ化することで、各種対策の比較分析を可能とし、客観的な対策種類の選定に貢献している。
可視化の目的	対策評価：遮熱性塗装、保水性舗装等
評価指標	地表面温度
可視化のスケール	建物スケール
利用場面	ヒートアイランド対策の効果を検証する場合
想定される利用者	自治体職員、都市開発関連事業者

(1) 事例の概要

埼玉県庁舎の敷地内に試験的に遮熱性塗装、保水性舗装等のヒートアイランド対策を導入した後、地表面温度を測定し、気温変化をグラフ化することで各種対策導入による気温軽減効果を評価し、各種対策を比較分析することを目的に可視化を行いました。図 12 に示すように、複数の企業から提供された製品を横並びの形で導入し、サーモカメラを用いて相対的な効果の大きさを比較しています。

図 13 は、温度センサーを用いて計測した各対策（下表参照）導入後の 2008 年夏季・日中の技術別低減温度の推移を示しております。このような手順や可視化を用いることで複数の対策の比較を行うことができます。

(2) 可視化による効果

各種対策導入後の気温分布を可視化することで、それぞれの効果を比較分析することが可能となり、対策種類の選定時の参考情報となります。また、試験期間には一般市民の見学も受け付けており、電光掲示板での表示を行い対策効果をわかりやすく示すことで、ヒートアイランド対策への意識の向上の効果も期待できます。

【(参考) 可視化の条件】

事例③では、埼玉県庁舎内の敷地を対象に、遮熱性塗装、保水性舗装等などのヒートアイランド対策導入後の地表面付近の気温を可視化しました。測定年日は、2006 年 8 月 6 日から 2008 年 8 月 31 日の間で、その間温度センサーによる計測・記録を用いて観測を行いました。

⁸ 埼玉県、ヒートアイランド対策技術公開検証結果 報告書

<http://www.pref.saitama.lg.jp/a0502/onheat/documents/398901.pdf> (閲覧日:2017 年 12 月 20 日)

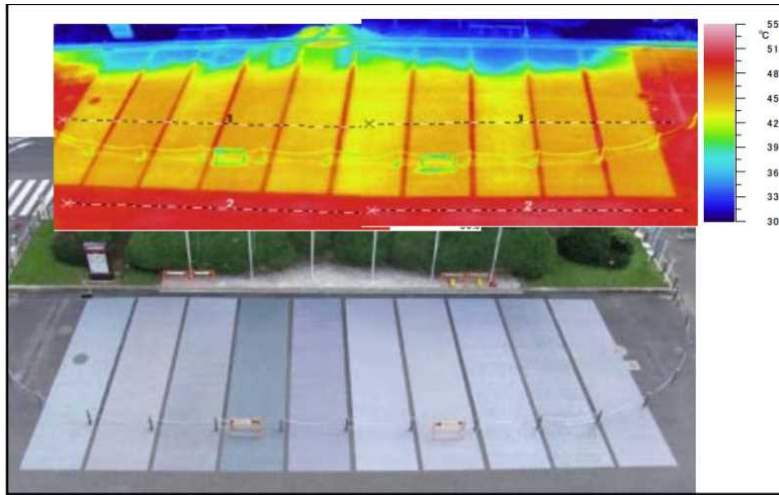
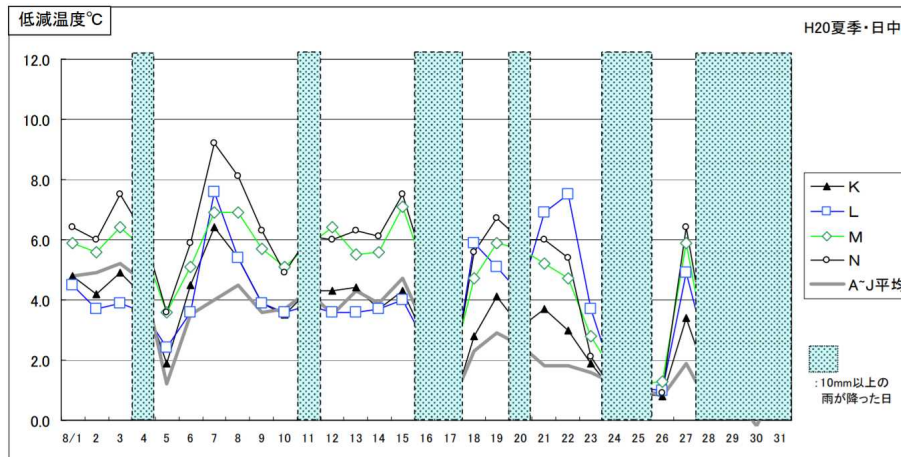


図 12 路面温度測定箇所（上：サーモグラフィ画像、下：写真）



対策名	概要
A～J 遮熱性舗装	舗装面に樹脂性の塗料などを塗布することにより、日射の一部を反射。主に車道や駐車場などで利用できる。
K アークサンドブロック舗装	焼却灰を再燃成（燃成：高温加熱すること。）して無害化した後、セメント等で固化した再生材を使用。
L 保水性セラミックブロック舗装	ガラス、陶磁器の廃材を主原料としたブロックを使用。
M 半たわみ型保水性舗装	アスファルトの空隙部に保水材を充填し、気化熱を奪って表面温度の上昇を抑える技術。
N セメント系木質舗装	間伐材や家屋廃材等のチップをセメントなどで固化したものを使用。
O～P 水性遮熱性舗装	水性塗料を塗布し日射の一部を反射させる技術で、主に歩道や公園の通路などで利用できる。

図 13 技術別低減温度の推移（平成20年夏季・日中）

「同様の可視化を実現したい」場合には
 地表面温度の可視化のためには、温度センサー等を導入する必要があります。複数の対策を試験的に導入し、温度センサー等を用いて周囲との気温の違いを可視化することにより、対策の効果を可視化することができます。

⑧ 都市スケールを対象とした数値シミュレーションによる対策効果の将来予測の可視化（電力中央研究所他）

事例⑧⁹では、ヒートアイランド現象により暑熱環境が悪化している東京 23 区を対象に、各種ヒートアイランド対策導入による気温軽減効果を計算し、それぞれの可視化を行いました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	電力中央研究所、東京都環境科学研究所、首都大学東京
可視化の難易度	高度（数値シミュレーションを実施する必要があるため）
可視化のポイント	数値シミュレーションを用いて対策の効果を可視化し、特に効果の大きい時間帯や場所を特定し、有効な対策につなげている
可視化の目的	対策評価：緑化推進、保水性舗装、高反射率塗装、建物・道路交通排熱削減
評価指標	気温、気温変化
可視化のスケール	都市スケール
利用場面	都市開発においてヒートアイランド対策を検討する場合
想定される利用者	自治体職員、都市開発関連事業者

(1) 事例の概要

東京 23 区を対象として、夏季の晴天弱風日におけるヒートアイランド対策（緑化推進、保水性舗装、高反射率塗装、建物・道路交通排熱削減）の導入効果を検証することを目的に行いました。

図 14 では、東京 23 区全体の平均および 23 区内の都心エリアの平均気温と気温変化量を時間毎に示しています。2030 年になると、日中の 23 区全体の気温低下量は約 0.5℃、都心エリアの気温変化量は約 0.8℃となりました。これは、都心エリアのみに保水性舗装を導入したこと、屋上緑化が可能な敷地面積が大きい建物が都心エリアに集中していたこと、さらには、都心エリアでは建物の排熱密度が高く排熱削減量が多かったことが理由として考えられます。

また、図 15 は、早朝 6 時、日中 14 時、日没後 20 時の気温変化量の分布を示しています。日中は、都心部に加えてその北西部で大きく気温が低下していることがわかります。

(2) 可視化による効果

図 14 のように、対策導入前と対策導入後の気温差をグラフ形式で可視化することで、対策導入効果がわかりやすくなります。また、図 15 のように、気温変化量の分布を気温変化毎に色分け（気温変化が大きくなると黒、気温変化が大きくなると白）することで、導入した対策がどの地域に対して効果的なのか把握することができ、対策を導入する地区の選定の際に役立ちます。

⁹ 田村 英寿, 石井康一郎, 横山 仁, 岩坪 哲四郎, 平口 博丸, 安藤 晴夫, 山口 隆子, 市野 美夏, 秋山祐佳里, 三上 岳彦, 東京 23 区におけるヒートアイランド対策導入効果の数値予測, 東京都環境科学研究所年報, 2005, pp.35~40, 2009

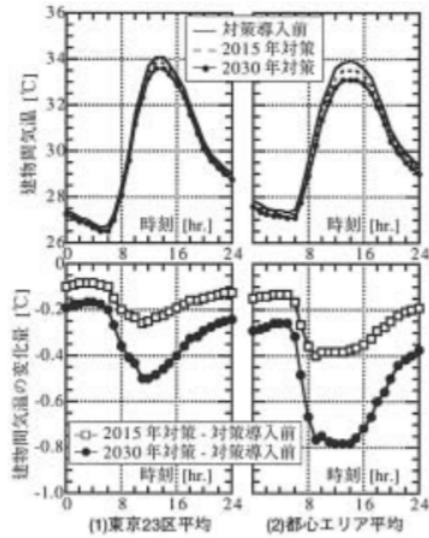


図 14 対策導入前と対策導入後の気温差

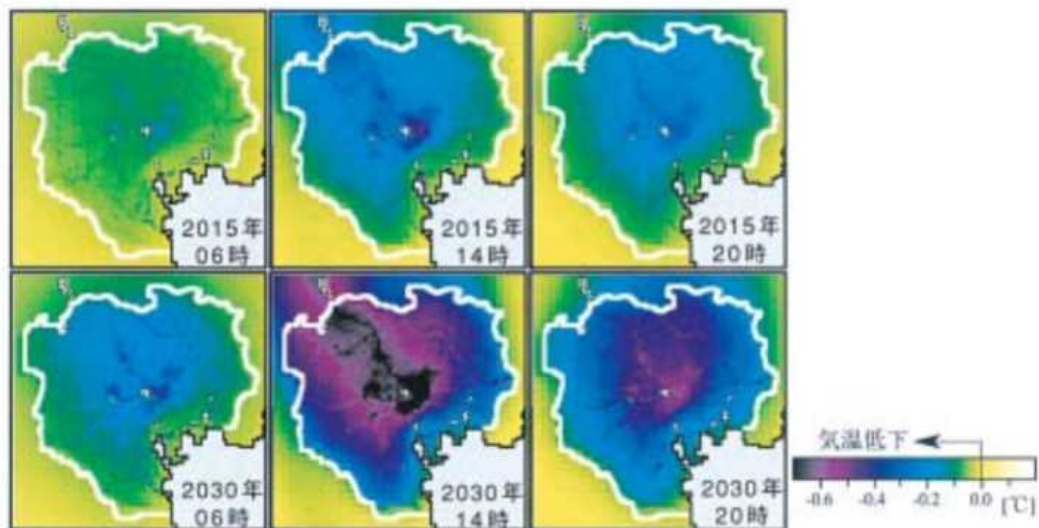


図 15 気温変化量の分布

【(参考) 可視化の条件】

事例④における計算は、「大気」の計算と「地表・地中」の計算に大別されます。大気の計算では、運動方程式、連続式、温位・比湿の輸送方程式を用いて、三次元風速・温位・比湿をそれぞれ算出しました。地表・地中の計算では、熱収支式・鉛直熱伝導式を用いて、地表温度、地中温度を算出しました。なお、計算条件については、気象条件気象庁の高層気象観測データより温位・比湿の初期条件、千葉県水産総合研究センターの東京湾海況情報などにより海水温度の境界条件をそれぞれ設定しました。

各計算結果を東京都の観測情報と比較し、両者の差が小さくなるように上記方程式内のパラメータを調節することで、モデルを構築し、最終的な計算結果を算出しました。

「同様の可視化を実現したい」場合には

同様の可視化を行うためには、気象モデルを用いてシミュレーションを行う必要があり、一般的にはモデルに関する専門的な知見を必要とします。知見を持つ大学などの専門家の協力を得ることも有効です。

⑨ 都市・街区スケールを対象とした数値シミュレーションによる対策効果の可視化（東京大学他）

事例⑨¹⁰では、オフィスビル、商業ビルなどから構成されている複合地域である東京都港区の南青山を対象に、大規模緑化による周辺地域の気温軽減効果を計算し、その結果の可視化を行いました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	東京大学他
可視化の難易度	高度（数値シミュレーションを実施する必要があるため）
可視化のポイント	数値シミュレーションにより緑化効果を可視化し、対策効果を分かりやすく伝達している
可視化の目的	対策評価：緑化
評価指標	気温、風速
可視化のスケール	都市・街区スケール
利用場面	都市・街区単位でのヒートアイランド対策を定量的に評価し、適切な対策選定について検討する場合
想定される利用者	自治体職員、都市関連事業者

(1) 事例の概要

本事例では、実街区を対象とし、大規模緑地による市街地の水平方向（歩行空間）や鉛直方向の気温の低減効果を定量評価することを目的に、解析を行いました。

大規模緑地の風下側の街区の気温は緑地がない街区に比べ約1.5℃低下しており、大規模緑地による気温軽減効果が見られました。緑地の冷気が住宅地内部まで運ばれており、緑地に近いほど、気温低下が大きいと考えられます。また、(b)緑地ありの右側では、左側と比べて気温低下が小さいことが分かります。これは、右側の場合、建物が密集しており、風の道が狭く、冷気の染み出しが少ないことが要因と考えられます。

(2) 可視化による効果

緑化導入前と導入後の気温分布を比較することで、対策導入による効果がわかりやすくなり、その後の対策の展開につながりやすくなります。

¹⁰ H.B リジャー, 大岡 龍三, 黄 弘, 香月 壮亮, 数値解析による大規模緑地のヒートアイランド緩和効果の検討, 生産研究 62 巻 1 号, pp.54-61, 2010

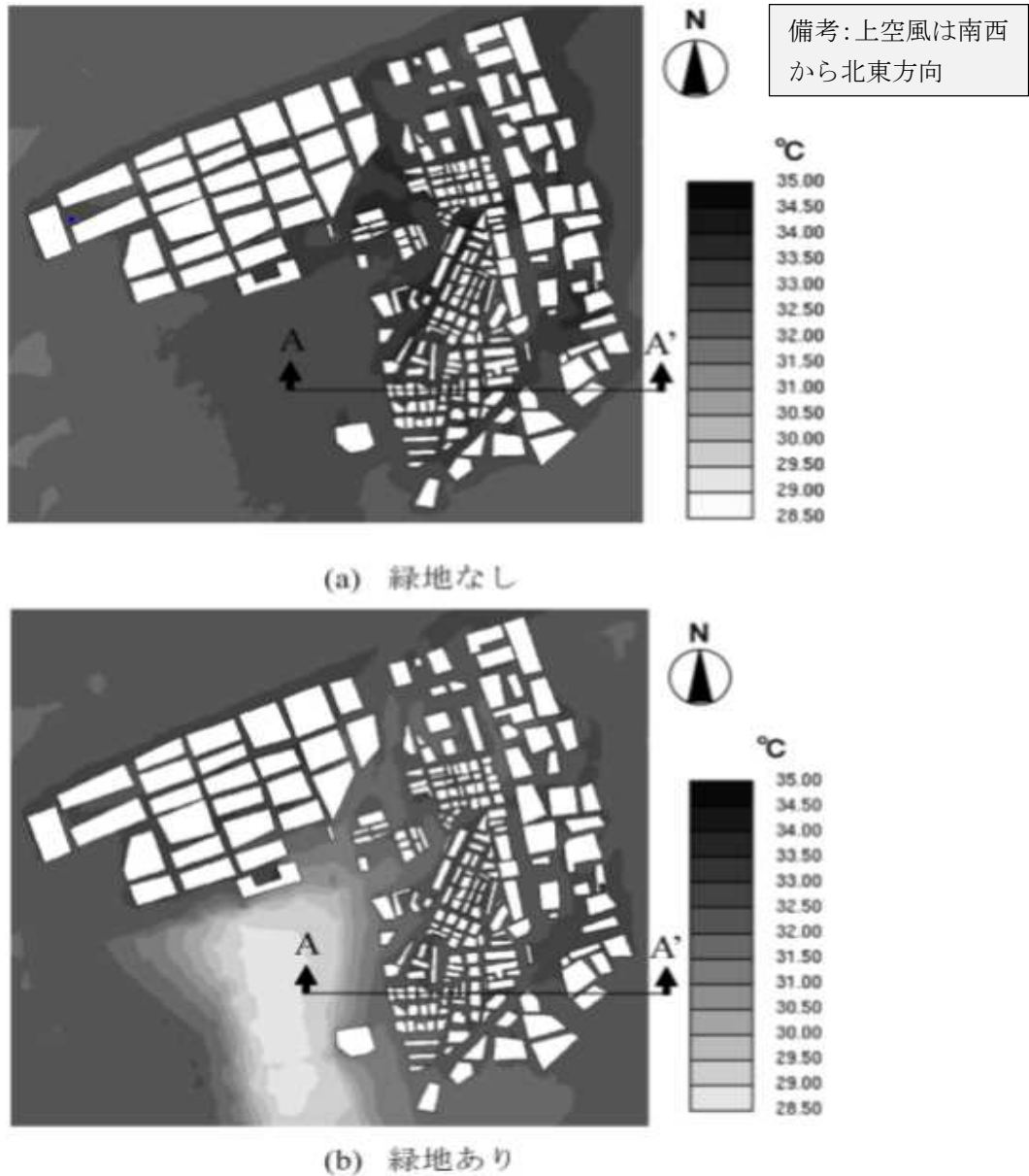


図 16 緑地有無による地上 1.5m における気温分布 (15:00)

【(参考) 可視化の条件】

事例⑤では、「放射・対流計算」を行い、「地表面温度計算」を算出しました。

「放射・対流計算」では、はじめに放射計算を行い、次にその結果を用いて対流計算を行いました。放射計算については、CD Adapco 社の RADX を用いて、風速、気温、法線面直達日射、天空日射等をそれぞれ入力し、気象条件を計算しました。対流計算については、同社の汎用流体ソフト StarCD を用いて、放射計算結果等を入力し、地表面温度を計算しました。

「同様の可視化を実現したい」場合には

同様の可視化を行うためには、気象モデルを用いてシミュレーションを行う必要があります。一般的にはモデルに関する専門的な知見を必要とします。知見を持つ大学などの専門家の協力を得ることも有効です。

※ 街区単位など、より小さなスケールで行う場合は事例③のツールも利用できます。

⑩ 街区スケールを対象とした数値シミュレーションによる各種対策効果の可視化(大阪府)

事例⑩¹¹では、ヒートアイランド現象により地球温暖化のペースを上回る気温上昇が見られる大阪府を対象とし、街区単位での各種ヒートアイランド対策の導入効果について、簡易評価モデルを用いて計算し、可視化しました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	大阪府
可視化の難易度	高度（数値シミュレーションを実施する必要があるため）
可視化のポイント	数値シミュレーションにより対策導入効果を可視化し、比較することにより、より効果の高い対策の選定につなげている
可視化の目的	街区特性毎のヒートアイランド対策の評価：屋上緑化、屋上の高反射化、壁面緑化、地上緑化、保水性塗装、人工排熱対策
評価指標	時間帯別の大気顕熱負荷の削減量
可視化のスケール	街区スケール
利用場面	居住地や開発予定地等における熱負荷特性の理解とヒートアイランド対策効果の評価
想定される利用者	自治体職員、都市開発関連事業者

(1) 事例の概要

本事例では、大阪府を対象に、「業務街区」、「商業街区」、「集合住宅街区」、「戸建住宅街区」毎に各種ヒートアイランド対策の導入効果の評価を目的に、シミュレーションを行いました。この事例では「顕熱負荷」と呼ばれる指標を用いており、空調機などから人工排熱として放出されたり、日射などにより暖められた地面や建物から放出される熱の大きさを評価しています。いずれの街区においても昼間の時間帯に負荷が集中しています。また、街区の種類別に見てみると、業務街区と商業街区については、屋上面、壁面、人工排熱による負荷が大きく、集合住宅街区では地表面、戸建住宅街区では屋上面、壁面による負荷が大きくなっています。

(2) 可視化による効果

例えば、図 17 の昼間（14 時）におけるシミュレーション結果を見てみると、業務街区では人工排熱対策、商業街区では屋上の高反射化が最も有効であることが分かります。集合住宅街区では地上緑化、戸建住宅街区では壁面緑化が最も有効であることが分かります。このような可視化を行うことで、街區別に有効な対策が異なることが分かり、対策メニューの適切な選定につなげることができます。

【(参考) 可視化の条件】

大阪府が過去に作成した熱環境（熱負荷特性）マップにおいて相対的に熱負荷の高い地域の中から建物特性の異なる 4 つの街区を抽出し、「大気顕熱負荷簡易評価モデル」を用いて各種ヒートアイランド対策の効果を定量的に評価しました。

「同様の可視化を実現したい」場合には

同様の可視化を行うためには、顕熱負荷を計算することができるモデルによるシミュレーションを行う必要があります。一般的にはモデルに関する専門的な知見を必要とします。知見を持つ大学などの専門家の協力を得ることも有効です。

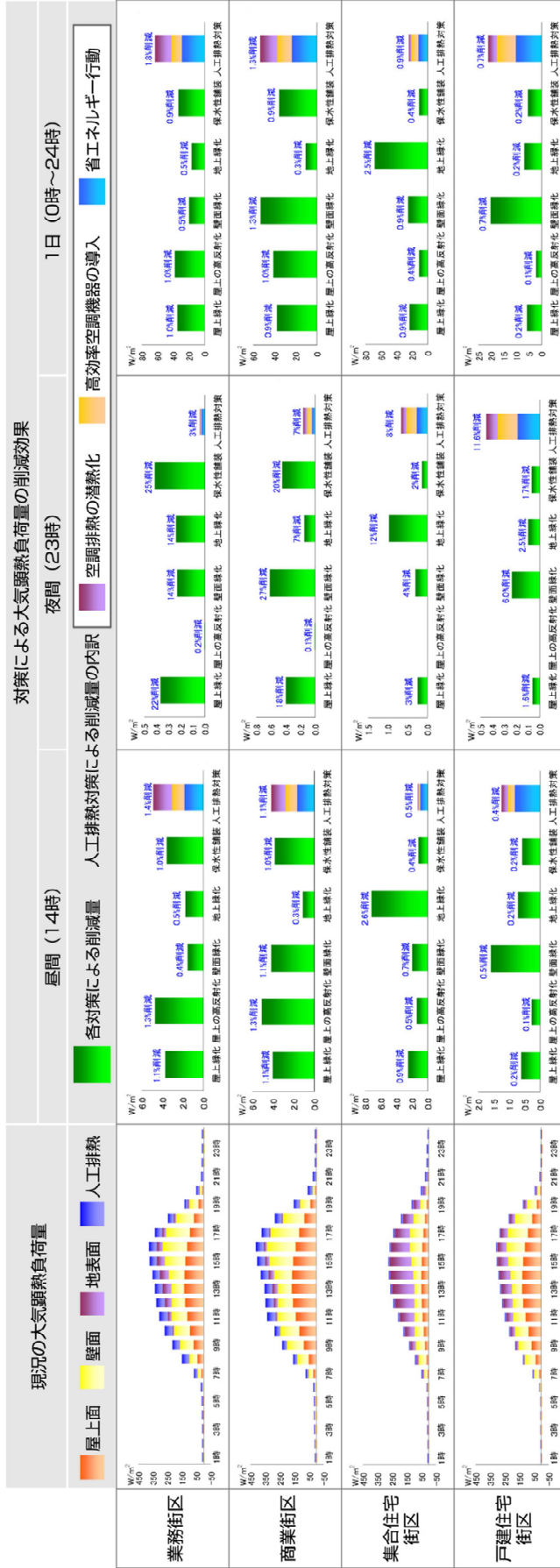


図 17 現況の大気顕熱負荷量と各種対策による大気顕熱負荷量の削減効果

⑪ 街区スケールを対象としたサーモカメラによる対策効果の可視化（環境省）

事例⑪¹²では、南大阪を対象に、打ち水・散水による気温軽減効果を評価することを目的として、打ち水・道路散水前後の気温変化を可視化しました。本事例の特徴は次のとおりです。

実施主体	環境省
可視化の難易度	中程度（サーモカメラにより実施可能であるが、地理的に広範囲の効果を検証しているため）
可視化のポイント	サーモカメラにより打ち水・道路散水の対策導入前後の気温分布を可視化することで、対策の有効性を検証している
可視化の目的	対策評価：道路散水
評価指標	地表面温度
可視化のスケール	街区スケール
利用場面	都市・街区単位でのヒートアイランド対策導入を検討する場合
想定される利用者	自治体職員、都市開発関連事業者

(1) 事例の概要

本事例では、南大阪を対象に、打ち水・散水による気温軽減効果を評価することを目的として、打ち水・道路散水前後の気温変化を可視化しました。

打ち水・道路散水前後の気温変化を次に示します。まず、関西電力南大阪営業所から西方向（境駅方向）（上部）を見てみると、打ち水・道路散水前は、気温が高い赤い部分が見受けられたことに対して、打ち水・道路散水後は、気温が低い緑・青い部分が多くなっていることから、打ち水・道路散水の効果があることがわかります。次に関西電力南大阪営業所対面（下部）を見てみると、打ち水・道路散水後の方が前よりも明らかに青い部分が多く見受けられることから、気温が軽減していることがわかります。

(2) 可視化による効果

本事例のように、サーモカメラを用いて、打ち水・道路散水の対策導入前後の気温分布を可視化することで、導入効果があきらかとなり、継続的な打ち水・道路散水の導入へとつなげることができると思われます。

【(参考) 可視化の条件】

本事例では、大阪府堺市で8月に実施された大規模な打ち水・散水イベントによる効果を可視化しています。高所に設置したサーモカメラにより対策前、対策後（同じ日の対策前後）の広域の地表面温度を可視化し、両者を比較することにより、対策によって地表面温度が低減された箇所と、その効果の大きさを評価しています。

「同様の可視化を実現したい」場合には

地表面温度の可視化のためには、サーモカメラを導入する必要があります。打ち水・散水等の対策を導入し、サーモカメラを用いて周囲との気温の違いを可視化することにより、対策の効果を可視化することができます。

¹² 環境省 平成18年度地下水を活用した地表面散水の効果検証及び地下水・地盤環境への影響評価検討事業報告書、2007

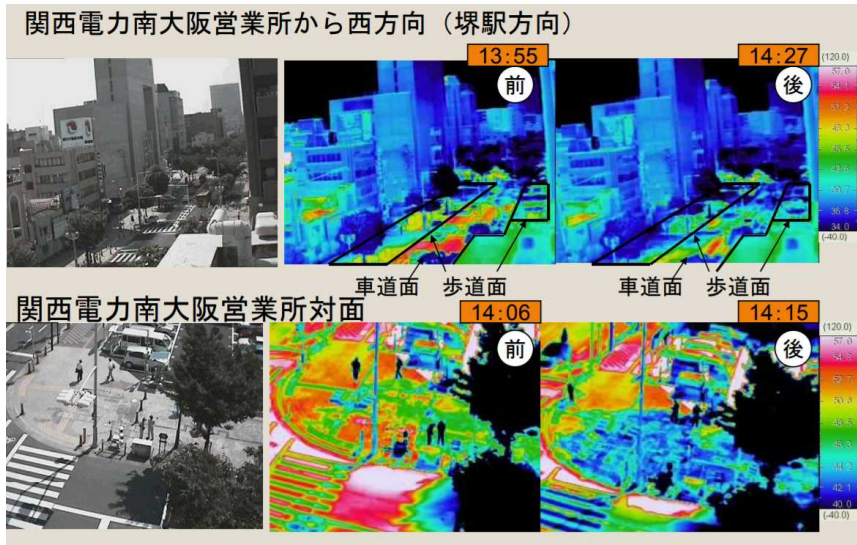


図 18 サーマカメラによる温度変化



図 19 ヒートアイランド対策実施内容



図 20 散水の様子