

ヒートアイランド対策は、人工的な地表面被覆の改善、省エネルギーや新エネルギーの活用による人工排熱の削減、中長期的には都市内に放出される熱を効果的に発散できる都市形態の構築の3つに大きく分けることができます。本調査では東京23区を対象に、夏季における「熱帯夜の削減」と「昼間の高温化の緩和」を目標とし、都市の建物形状の改変を伴わない短期的な対策として、地表面被覆の改善と人工排熱の削減を中心に、独立行政法人建築研究所の足永氏らにより開発された UCSS<sup>注</sup>)を用いて詳細及び簡易シミュレーションを行い、効果的なヒートアイランド対策のあり方について検討しました。

## STEP 1

## 現況の把握(ヒートアイランド現象の把握)

図8は、UCSSの詳細シミュレーションシステムにより東京23区の現況と1930年代の大気熱負荷量の日変化を見たものです。現況は1930年に比べ、昼間(7:00~18:00)の大気熱負荷量(顕熱)が約50%増加しています。また、夜間(19:00~6:00)の大気熱負荷量(顕熱)は約5倍に増加しています。

増加要因を区別に分けると(日平均)千代田区などの都心部では増加分の80%程度が人工排熱(顕熱)ですが、世田谷区など住宅用途の多い地区では、増加分の60%以上が地表面被覆の人工化による対流顕熱となっています。

## STEP 2

## 要因から見た都市の類型化

ヒートアイランド対策を効率的に進めるには、「どこ」に「どのような施策」を行うかが問題となります。施策によっては適用可能な場所が限定されたり、また目標や地域によって効果の高い施策にも違いがあるものと考えられます。

本調査では、東京23区を土地利用、建物用途により、水辺エリア、人工被覆エリア、住宅エリア、業務系エリア、住宅と業務系の建物が混在している混合エリアの5つに分類し、さらに建物の建て詰め状況などから住宅、業務系、混合エリアをそれぞれ2つに分類し、合計8つの地区に分類しました。

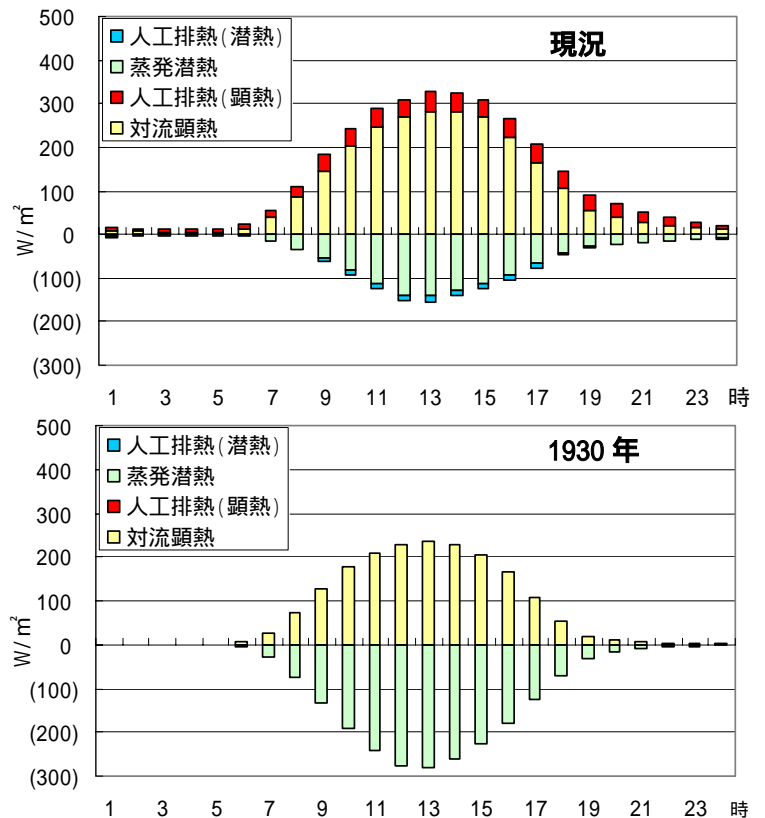


図8 東京23区の1930年と現況の大気熱負荷量

注) UCSSとは、都市気候予測システム(Urban Climate Simulation System)の略称であり、都市気候シミュレーションプログラムを都市GIS(地理情報システム)と合わせてシステム化したものである。本調査では、このUCSSを用いて2種類のシミュレーションシステムを開発し、対策の検討などに活用した。

詳細シミュレーションシステム：各メッシュに対応したデータを入力し、これらを総合化して各メッシュごとの大気熱負荷量や気温等を予測する。本調査では東京23区を500mメッシュ(64×64)に分けて計算を行った。(所要時間：1週間/ケース)

簡易シミュレーションシステム：メッシュに同じデータを入力(つまり同じ形態の町が連続していると仮定)し、その中の1つのメッシュについて大気熱負荷量や気温を予測する。モデルの感度分析を目的として開発されたシステムで、比較的短時間で結果を得ることができる。(所要時間：5時間/ケース)

STEP 3

各類型の熱特性の把握と対策地区の抽出

各地区の熱特性を見ると、舗装や建物などにより地表面被覆の人工化が進んでいる地区ほど対流顕熱が多く放出されていることが分かりました。また、業務系や混合エリアでは、冷房使用などにより人工排熱が多くなっています。本調査の検討では次のような視点から対策地区を抽出しました。

目標	住宅系エリア	業務系エリア
熱帯夜の削減	夜間対流顕熱の削減	夜間人工排熱の削減
昼間の高温化の緩和	昼間対流顕熱の削減	昼間人工排熱の削減 昼間対流顕熱の削減

その結果、熱帯夜対策が重要で対流顕熱の多い「住宅密集地区」、昼間の人工排熱が多い「業務系高容積地区」、住宅・業務両地区の特徴を持った「混合密集地区」の3つを対策地区としました。

面積にすると、住宅密集地区は東京 23 区の約 20%、業務系高容積地区と混合密集地区は各 10% 程度で、対策対象地区の合計面積は東京 23 区の面積の約 40% に該当します。

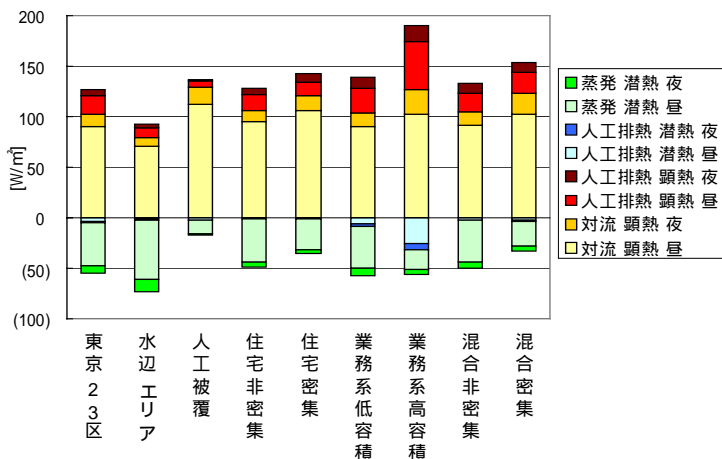


図9 大気熱負荷量の比較

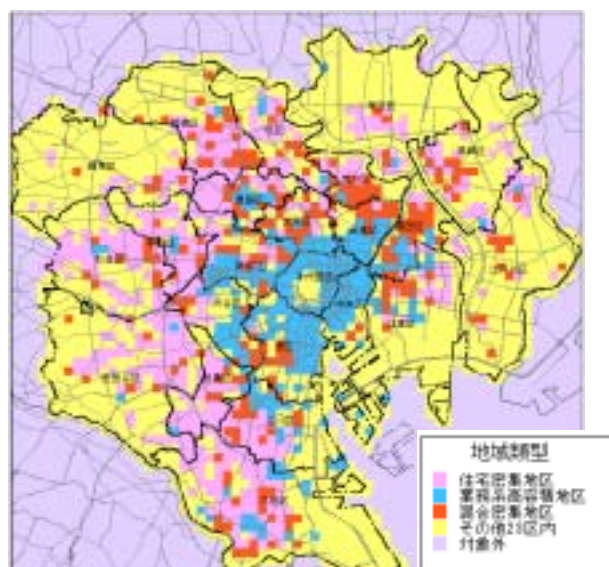


図10 対策対象地区

STEP 4

施策の検討

ヒートアイランド対策には「地表面被覆の改善」、「人工排熱の低減」、「都市形態の改善」に資する様々な施策があります。各施策にはそれぞれの特徴があり、その効果や実現可能性などを検討し、対策を効率的に進める必要があります。例えば地表面被覆の改善としては自然的地覆化の推進など、人工排熱の低減としては省エネルギーの推進などがあります。本調査では次のような対策項目を中心に検討を進めました。

目標	住宅系エリア	業務系エリア
熱帯夜の削減	自然的地覆化の推進	夜間エネルギー消費の削減
昼間の高温化の緩和		省エネルギー等による人工排熱削減、植樹、屋上緑化などの推進

熱帯夜対策が重要な住宅密集地区では、アスファルトなどに比べ昼間に蓄えられる熱が減少し、夜間に放出される対流顕熱が減少する自然的地覆化などが有効と考えられます。この対策は、昼間の対流顕熱の削減にも有効です。昼夜ともに人工排熱の多い業務系高容積地区では、都市へのエネルギー投入を削減する省エネルギー等の推進が重要です。植樹は、地上に到達する日射を遮り、蒸発潜熱を放出するとともに木陰を作り、昼間の屋外環境の快適性を向上させる効果を持ち、屋上緑化などの建物緑化は、昼間の建物表面からの対流顕熱を抑制し、特に屋上緑化は断熱効果により最上階の室内温度の低減に寄与します。

STEP5

施策効果の検証

対策地区ごとに対策を実施した場合と、3つの対策地区で同時に対策を実施した場合の合計4ケース（右上段表）の詳細シミュレーションを行いました。

住宅密集地区では夜間の気温低減に寄与する自然的地覆化などを主体とし、業務系高容積地区では人工排熱の削減に結びつく省エネ、植樹や屋上緑化などを組み合わせた対策を設定しました。これにより例えば全地区対策では東京23区の面積（2,667メッシュ：66,675ha）の3.8%（現況の樹木面積率は6.5%）を植樹することになります。

対策効果を見ると（右中段表）東京23区全体で最低気温25未満となるメッシュ数は18%増加し、30以上時間数（メッシュ数×時間数）は16%減少し、熱帯夜や昼間の高温化が緩和されることがわかります。

気温の低減効果を見ると（図11）全地区対策で最大0.3程度の気温低下（13：00）が見られました。昼間の気温が低下した業務地区では冷房需要の減少、夜間の気温が低下した住宅地区では寝苦しみの緩和が期待されます。

また、対策を施さなかった地区（東京23区の60%）にも気温低下が見られ、熱的に問題のある地区を把握し、これらの地区の熱環境を順次改善することにより、周辺地区でも対策の波及効果が期待できるとわかりました。

表 対策内容

対策ケース	対策対象地区	対象地区面積 (ha)	対策項目			
			自然的地覆面積 (増加分: ha)	樹木面積 (増加分: ha)	屋上緑化面積 (増加分: ha)	人工排熱削減率
住宅地区対策	住宅密集地区	13,950	1,199	698	-	-
業務地区対策	業務系高容積地区	6,825	839	1,170	627	20%カット
混合地区対策	混合密集地区	6,475	619	648	469	10%カット
全地区対策	住宅密集地区 業務系高容積地区 混合密集地区	27,250	2,657	2,516	1,096	上記各地区に準じる

表 全地区対策による東京23区全体の対策効果

対策指標	現況	全地区対策	対策効果
最低気温25未満となるメッシュ数	989	1,166	18%増加
30以上時間数（メッシュ数×時間数）	8,786	7,348	16%減少

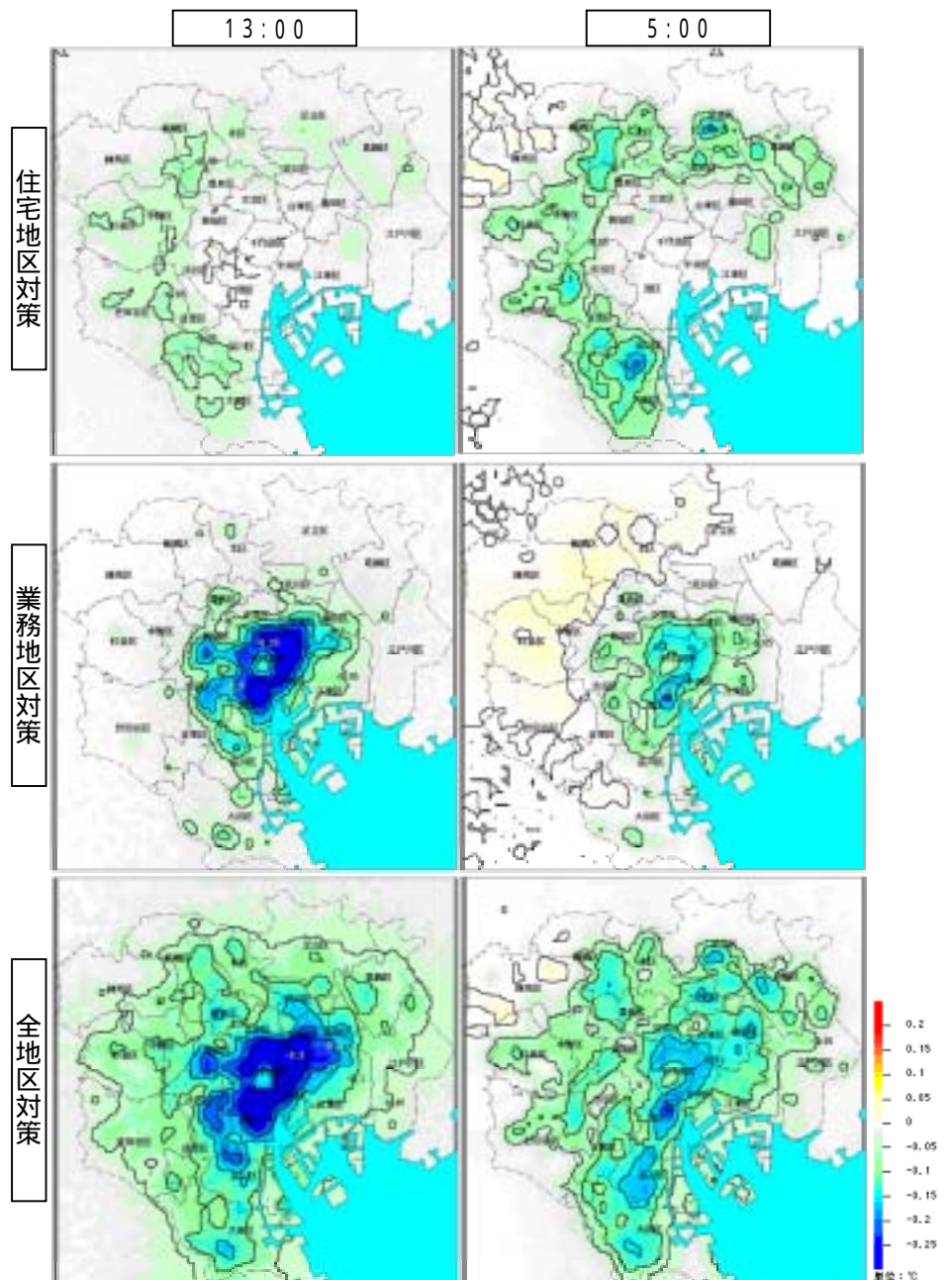


図11 地区ごとの対策による気温低減効果（現況 - 対策）

人為的な行為、すなわち地表面被覆の人工化や人工排熱の増加が、生活環境としての都市気候までも変化させるほど過大になってしまったのがヒートアイランド現象であり、今後は各要素を総合的に管理する必要性が生じています。つまり、ヒートアイランド対策は「熱」という視点で都市を捉え直し、地表面被覆の改善、人工排熱の削減や排出方法、風による熱の移流・拡散、熱の発生源やクールスポットの配置などの改善を通じて都市の熱を総合的、統一的に管理することです。

この都市の熱、すなわち大気熱環境と対策・施策を適切にコントロールするのが「都市の熱管理」です（図12）。

この熱管理の検討の基本的な流れを図13に示します。まず、対象となる都市で熱環境のバランス変化、その特徴的な現象としての熱帯夜の発生状況などを把握・評価します。次いで、現象と対策のスケールを整理して、対策のスケールに応じた密度のデータを気象、土地利用、人工排熱などの分野について収集あるいは推計します。こうしたデータは、同

じスケールの地図上に表して（基礎情報図）それらを重ね合わせることにより、気象や地表面被覆、人工排熱の関係を分析し、問題点の抽出や課題を見ることができます（考察図）。これらの一連の図を「都市環境気候図」と呼び、本調査では東京23区を例にこの試作を行いました。

一方、同じデータを用いて定量的に現況の熱収支や地区の熱特性、対策効果を把握するには数値シミュレーションが有効です。本調査ではUCSSをもとに詳細、簡易シミュレーションシステムを開発し、現況の再現、対策効果の検証を行いました。さらに、対策効果が簡便に把握できるように簡易計算システム（業務系、東京・大阪地区）を開発しました。

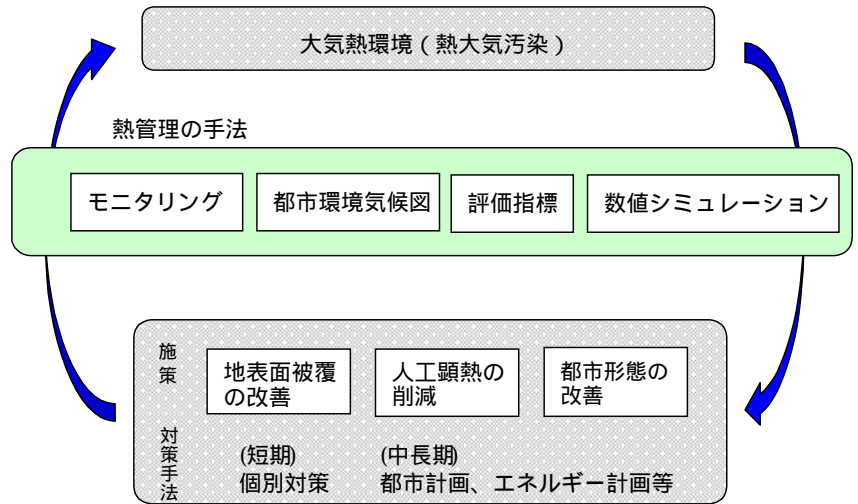


図12 都市の熱管理の概念図

じスケールの地図上に表して（基礎情報図）それらを重ね合わせることにより、気象や地表面被覆、人工排熱の関係を分析し、問題点の抽出や課題を見ることができます（考察図）。これらの一連の図を「都市環境気候図」と呼び、本調査では東京23区を例にこの試作を行いました。

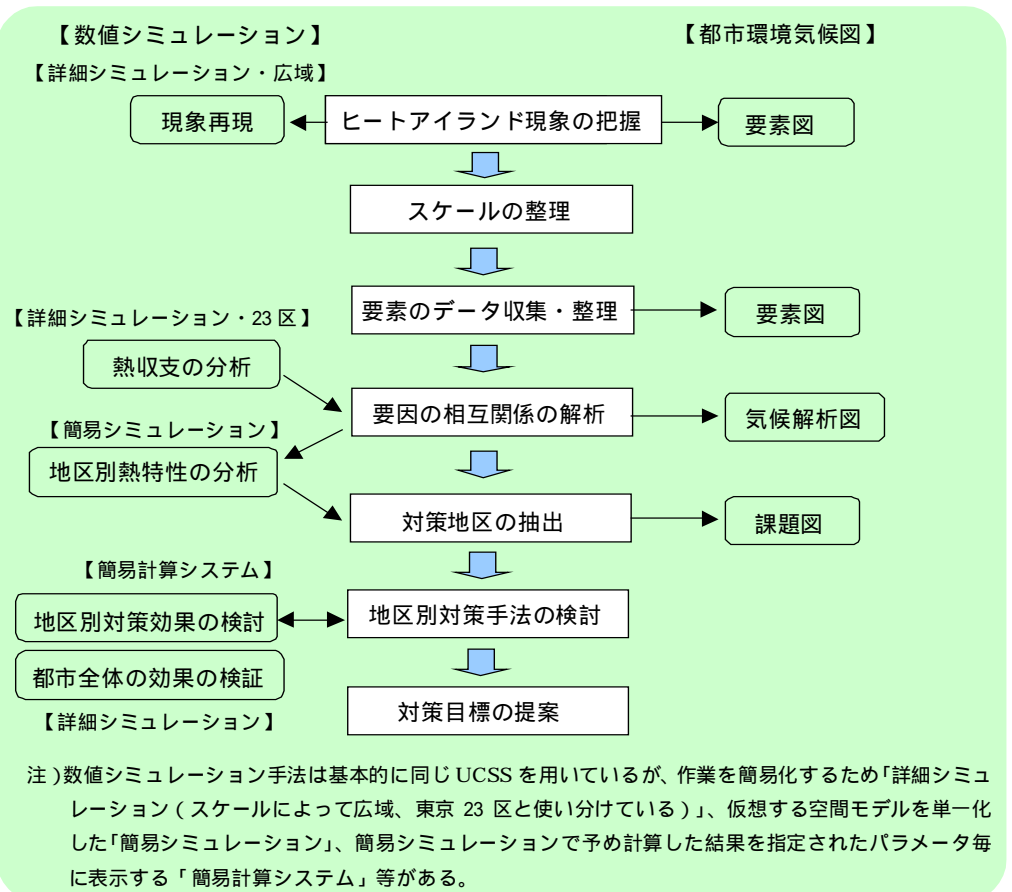


図13 都市の熱管理の流れ