

3.4 対策手法の検討

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る。施策によっては適用可能な場所が限定されたり、また地域ごとに効果の高い施策にも違いがあるものと考えられる。

そこで本調査では、UCSS シミュレーションを用いて東京 23 区をモデルに、土地利用やその集積度合いなどから地区を分類し、効果的なヒートアイランド対策手法の検討を行った。

1) 土地利用・建物用途による類型化

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、混合エリアの 5 つに分類し、さらに建物の建て詰まり状況などから住宅、業務系、混合エリアをそれぞれ 2 つに分類し、合計 8 つの地区に分類した。

東京 23 区について、建物用途と、UCSS パラメータ（表 3-2 参照）による熱的な視点を考慮した分類を行った。

表 3 - 2 UCSS パラメータ

| UCSSパラメータ | 略称 | 説明 |
|---------------------------------|----------------------|--|
| ・建物 建物面積率 建物高さ 建物幅 | bldr bldh bldw | メッシュ内の建物面積の占有率(%) 各階4mと仮定したメッシュ内平均建物高さ(m) 建物を直方体と仮定した時のメッシュ内平均建物幅(m) |
| ・水面、裸地等の面積 水面面積率 裸地・草地面積率 | fwater ssind | 河川、海、池などの占有率(%) 畑、裸地など芝生相当の水分蒸発がある地表面の占有率(%) |
| ・アスファルトの面積 アスファルト面積率 | asph | アスファルト、コンクリートなど不透水性の地表面の占有率(%) 注) 建物面積率 + 裸地面積率 + 水面面積率 + アスファルト面積率 |
| ・樹木 樹木面積率 樹木高さ | ftree htree | 樹冠を地面に垂直投影した面積のメッシュ内占有率 (建物面積率や裸地、アスファルト面積率とは独立) 10m、15mで設定 |

分類では、まず建物が少ない地域として水辺緑地エリア（熱環境的に保全すべき地区）、人工被覆エリア（羽田空港など特殊な用途の地区）を抽出した。

次に建物が多く建っている場所の中でも、人工排熱が比較的少ない地区として、主に住宅用途となっているエリアを抽出し、人工排熱の多い地区として、事務所、ホテル及び店舗が半数近くを占めるエリアを抽出した。残りは、ほぼ住宅と業務系の建物が混在している地域となった。

このような分類により、東京 23 区対象メッシュ 2,667 の内、99.4%にあたる 2,650 メッシュが分類された。

表 3-3 に、5 つのエリア及びその分類条件を示す。

表 3 - 3 UCSS パラメータを用いた東京 23 区の分類

| エリア名 | メッシュ数 | 分類条件 |
|---------|-------|--|
| 水辺緑地エリア | 998 | 水面面積率 + 裸地面積率 ≥ 0.5 …(1) |
| 人工被覆エリア | 31 | アスファルト面積率 ≥ 0.7 …(2) |
| 住宅エリア | 842 | (1)(2)を除き、住宅延床面積 / 合計延床面積 ≥ 0.7 …(3) |
| 業務系エリア | 383 | (1)(2)を除き、 (事務所+ホテル+店舗床面積) / 合計延床面積 ≥ 0.4 …(4) |
| 混合エリア | 396 | (1)(2)(3)(4)を除き、 (住宅+事務所+ホテル+店舗床面積) / 合計延床面積 ≥ 0.6 |
| 合計 | 2,650 | |

次に上記の分類のうち、住宅エリア、業務系エリア及び混合エリアの建物が多く存在している地域について、建物の建て詰まりや、容積の大きさによりさらに分類を行った。すなわち建物が建て詰まると熱交換の低下、建物容積の大きさは人工排熱の増大が想定される。

住宅エリア

建物の建て詰まり状況により下記のように分類した。

住宅非密集地区： 建物面積率 < 0.3 (284 メッシュ)

住宅密集地区： 建物面積率 ≥ 0.3 (558 メッシュ)

業務系エリア

業務系建物が多く存在する地域を、容積率の低い地域（低容積地区）と高い地域（高容積地区）に分けた。

業務系低容積地区：グロス建物容積率 $< 100\%$ (110 メッシュ)

業務系高容積地区：グロス建物容積率 $\geq 100\%$ (273 メッシュ)

混合エリア

建物の建て詰まり状況により下記のように分類した。

混合非密集地区： 建物面積率 < 0.3 (137 メッシュ)

混合密集地区： 建物面積率 ≥ 0.3 (259 メッシュ)

2) 各類型の地表面形状と熱の特性

各地区の熱特性を見ると、地表面被覆の人工化が進んでいる地区ほど大気熱負荷量（顕熱）が多く排出されている。また、業務系や混合地区では、冷房の使用などにより人工排熱が多くなっている。

分類した 8 類型について、該当する地区のメッシュデータから UCSS パラメータ及び大気熱負荷量の平均値を求めた。以下この平均値をもとに各類型の形状・熱特性を示す。

水辺緑地エリア（表 3-4、図 3-9 参照）を見ると、1930 年代における東京 23 区の状態に比較的近い熱特性をしていることがわかる。一方、人工被覆エリア（表 3-5、図 3-10 参照）は大気熱負荷量（潜熱）は最高でも $50\text{W}/\text{m}^2$ 程度と低く、大気熱負荷量（顕熱）は $400\text{W}/\text{m}^2$ 近くになっている。このエリアは、羽田空港など特殊な用途の場所が含まれ、施策の種類が限定される地区である。

水辺緑地エリア

表 3 - 4 水辺緑地エリアの UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|--------------|-------|
| 水面面積率(%) | 0.19 |
| 裸地・草地面積率(%) | 0.48 |
| 樹木面積率(%) | 0.09 |
| 樹木高さ(m) | 10.27 |
| 建物面積率(%) | 0.16 |
| 建物幅(m) | 11.52 |
| 建物高さ(m) | 10.90 |
| アスファルト面積率(%) | 0.17 |

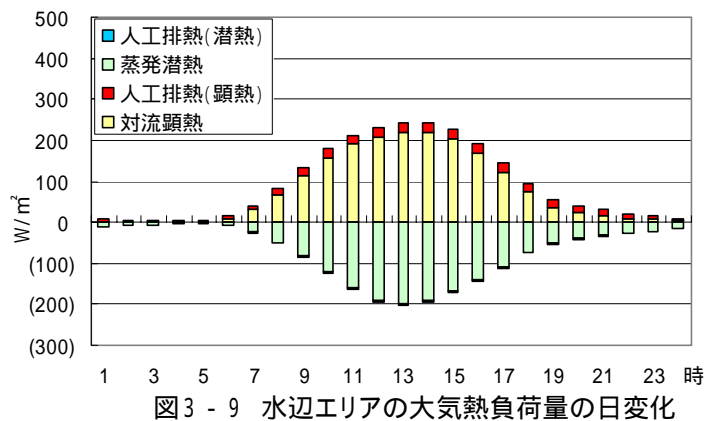


図 3 - 9 水辺エリアの大気熱負荷量の日変化

人工被覆エリア

表 3 - 5 人工被覆エリアの UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|--------------|-------|
| 水面面積率(%) | 0.02 |
| 裸地・草地面積率(%) | 0.03 |
| 樹木面積率(%) | 0.01 |
| 樹木高さ(m) | 1.61 |
| 建物面積率(%) | 0.05 |
| 建物幅(m) | 15.28 |
| 建物高さ(m) | 6.26 |
| アスファルト面積率(%) | 0.90 |

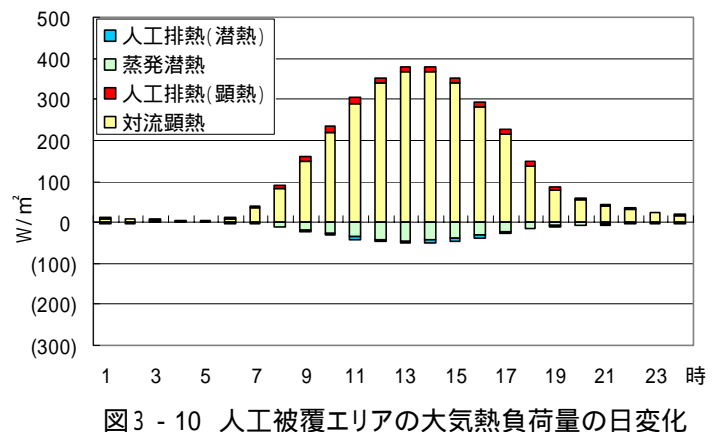


図 3 - 10 人工被覆エリアの大気熱負荷量の日変化

住宅エリアで建物が密集していない地区（非密集地区：表 3-6、図 3-11）と密集している地区（密集地区：表 3-7、図 3-12）を見ると、建物面積率（bldr）や裸地・草地面積率（ssind）の違いなどにより、13 時で密集地区の方が $40\text{W}/\text{m}^2$ 程度大気熱負荷量（潜熱）が少なく、逆に約 $30\text{W}/\text{m}^2$ 程度大気熱負荷量（顕熱）が多くなっている。

次に、業務系エリアで建物容積率が高くない地区（低容積地区：表 3-8、図 3-13）と建物容積率の高い地区（高容積地区：表 3-9、図 3-14）を比較すると、高容積地区の大気熱負荷量（顕熱）が最大で $400\text{W}/\text{m}^2$ と非常に高くなっていることがわかる。これには特に人工排熱（顕熱）の違いが影響している。低容積地区では人工排熱（顕熱）が最大で $65\text{W}/\text{m}^2$ なのに対し、高容積地区では $123\text{W}/\text{m}^2$ と約 2 倍になっている。

住宅非密集地区

表 3 - 6 住宅非密集地区の UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|---------------|-------|
| 水面面積率 (%) | 0.02 |
| 裸地・草地面積率 (%) | 0.43 |
| 樹木面積率 (%) | 0.06 |
| 樹木高さ (m) | 11.02 |
| 建物面積率 (%) | 0.25 |
| 建物幅 (m) | 10.41 |
| 建物高さ (m) | 11.26 |
| アスファルト面積率 (%) | 0.31 |

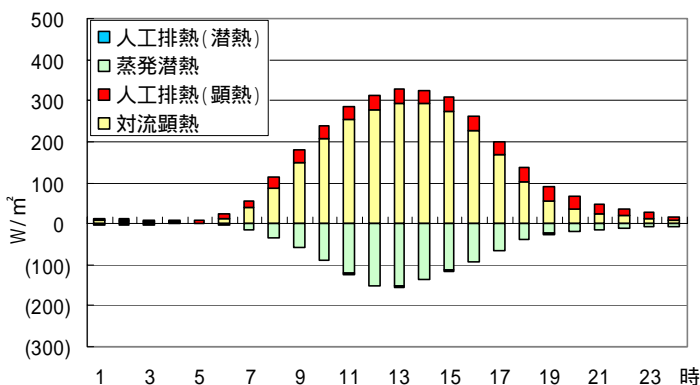


図 3 - 11 住宅非密集地区の大気熱負荷量の日変化

住宅非密集地区

表 3 - 7 住宅密集地区の UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|---------------|-------|
| 水面面積率 (%) | 0.00 |
| 裸地・草地面積率 (%) | 0.39 |
| 樹木面積率 (%) | 0.04 |
| 樹木高さ (m) | 10.64 |
| 建物面積率 (%) | 0.36 |
| 建物幅 (m) | 9.23 |
| 建物高さ (m) | 10.33 |
| アスファルト面積率 (%) | 0.25 |

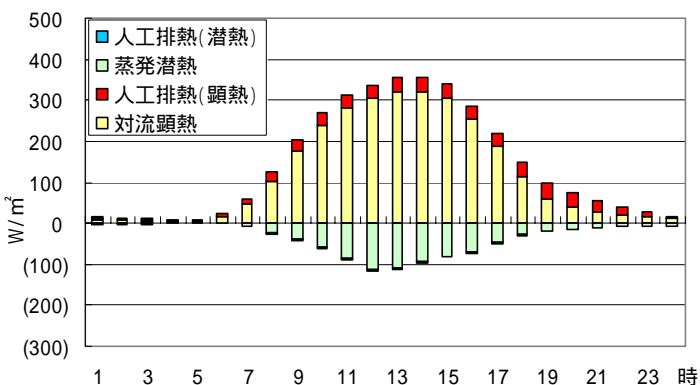


図 3 - 12 住宅密集地区の大気熱負荷量の日変化

業務系低容積地区

表 3 - 8 業務系低容積地区の UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|---------------|-------|
| 水面面積率 (%) | 0.07 |
| 裸地・草地面積率 (%) | 0.26 |
| 樹木面積率 (%) | 0.04 |
| 樹木高さ (m) | 11.42 |
| 建物面積率 (%) | 0.24 |
| 建物幅 (m) | 20.58 |
| 建物高さ (m) | 11.73 |
| アスファルト面積率 (%) | 0.42 |

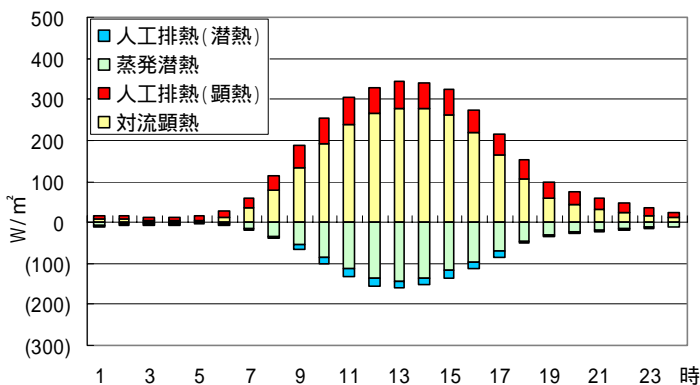


図 3 - 13 業務系低容積地区の大気熱負荷量の日変化

業務系高容積地区では 19 時で $90\text{W}/\text{m}^2$ 以上の対流顕熱を放出しており、その後も明け方

まで人工排熱（顕熱）と併せて $30\text{W}/\text{m}^2$ 以上の大気熱負荷量（顕熱）を放出し続けている。
 また、大気熱負荷量（潜熱）は人工排熱（潜熱）が多くを占め、蒸発潜熱は最高でも $70\text{W}/\text{m}^2$ 程度であり、人工被覆エリアに続いて低い値となっている。

最後に混合エリアでは、非密集地区と密集地区で、住宅エリアと同様の違いがある。特に混合密集地区では夜中に常時 $20\text{W}/\text{m}^2$ 程度の大気熱負荷量（顕熱）を出していることが特徴的である。

業務系高容積地区

表 3 - 9 業務系高容積地区の UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|---------------|-------|
| 水面面積率 (%) | 0.04 |
| 裸地・草地面積率 (%) | 0.22 |
| 樹木面積率 (%) | 0.05 |
| 樹木高さ (m) | 11.82 |
| 建物面積率 (%) | 0.34 |
| 建物幅 (m) | 14.99 |
| 建物高さ (m) | 23.01 |
| アスファルト面積率 (%) | 0.40 |

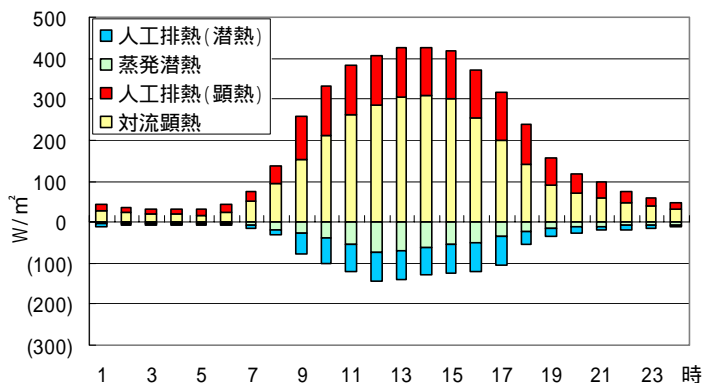


図 3 - 14 業務系高容積地区の大気熱負荷量の日変化

混合非密集地区

表 3 - 10 混合非密集地区の UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|---------------|-------|
| 水面面積率 (%) | 0.04 |
| 裸地・草地面積率 (%) | 0.39 |
| 樹木面積率 (%) | 0.06 |
| 樹木高さ (m) | 11.64 |
| 建物面積率 (%) | 0.25 |
| 建物幅 (m) | 10.75 |
| 建物高さ (m) | 11.58 |
| アスファルト面積率 (%) | 0.32 |

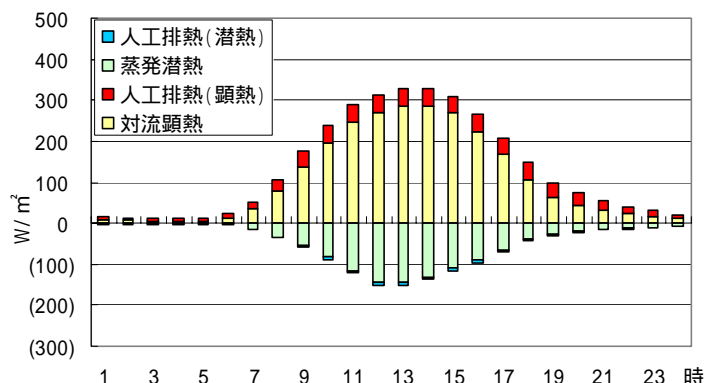


図 3 - 15 混合非密集地区の大気熱負荷量の日変化

混合密集地区

表 3 - 11 混合密集地区の UCSS

パラメータ

| 平均的パラメータ | |
|---------------|-------|
| 水面面積率 (%) | 0.01 |
| 裸地・草地面積率 (%) | 0.33 |
| 樹木面積率 (%) | 0.04 |
| 樹木高さ (m) | 11.41 |
| 建物面積率 (%) | 0.36 |
| 建物幅 (m) | 10.04 |
| 建物高さ (m) | 12.43 |
| アスファルト面積率 (%) | 0.30 |

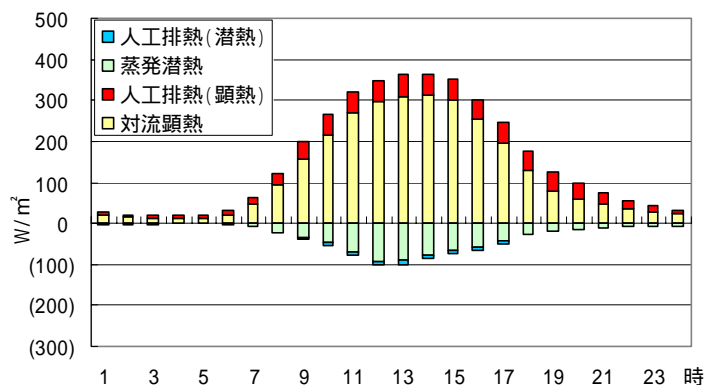


図 3 - 17 混合密集地区の大気熱負荷量の日変化

3) 対策地区と対策効果の検討

大気を直接暖める対流顕熱や人工排熱(顕熱)の放出が多くなっている「住宅密集地区」「業務系高容積地区」「混合密集地区」の3地区を対策の対象とした。

各対策地区におけるヒートアイランド対策(裸地・草地化、屋上緑化、省エネ、植樹)の個別効果をUCSSによる簡易シミュレーションシステムにより検討した。その結果、住宅地区では裸地・草地化、業務系地区では植樹による気温低減効果が高かった。

(1) 対策地区の抽出

本対策シミュレーションでは、「熱帯夜の削減」と「昼間の高温化の緩和」を目標としているように、ヒートアイランド現象や対策効果の把握には、気流など複雑な要素が影響した結果としての「気温」を指標とするのが有効である。一方、その原因としての熱の発生源を抽出するためには、地表面被覆と大気間の熱交換の状態、つまり「大気熱負荷量」を指標とするのが有効と考えられる。ただし大気熱負荷量による発生源の抽出を行うためには、一様な気象条件下(風向風速、気温・湿度等)で得られた結果を評価する必要がある。

ここでは分類した8類型から、風速など所与の条件を一定として得られた大気熱負荷量に主眼を置いて対策地区の選定を行った。

図3-17に各地区の日平均大気熱負荷量の比較を示す。

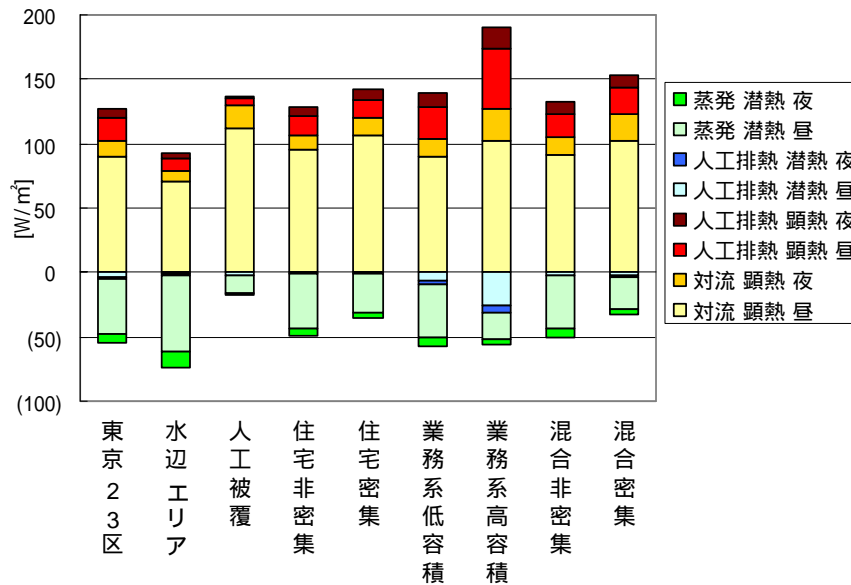


図3-17 大気熱負荷量の比較

今回の検討では次のような視点から対策地区を抽出した。

表3-12 対策設定の考え方

| 目標 | 住宅系エリア | 業務系エリア |
|-----------|-----------|------------------------|
| 熱帯夜の削減 | 昼間対流顕熱の削減 | 夜間人工排熱の削減 |
| 昼間の高温化の緩和 | 夜間対流顕熱の削減 | 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つを対策地区として設定した。

東京23区2,667メッシュ中、今回選んだ3つの対策地区は合計1,090メッシュである。これは東京23区全体の約40%に該当する。

住宅密集地区（558メッシュ）

業務系高容積地区（273メッシュ）

混合密集地区（259メッシュ）

注）ここでは「地区」を空間的にまとまりのある地区ではなく、同様の形状、熱特性を持つメッシュの総称として用いる。

対策検討地域を図3-18に示す。

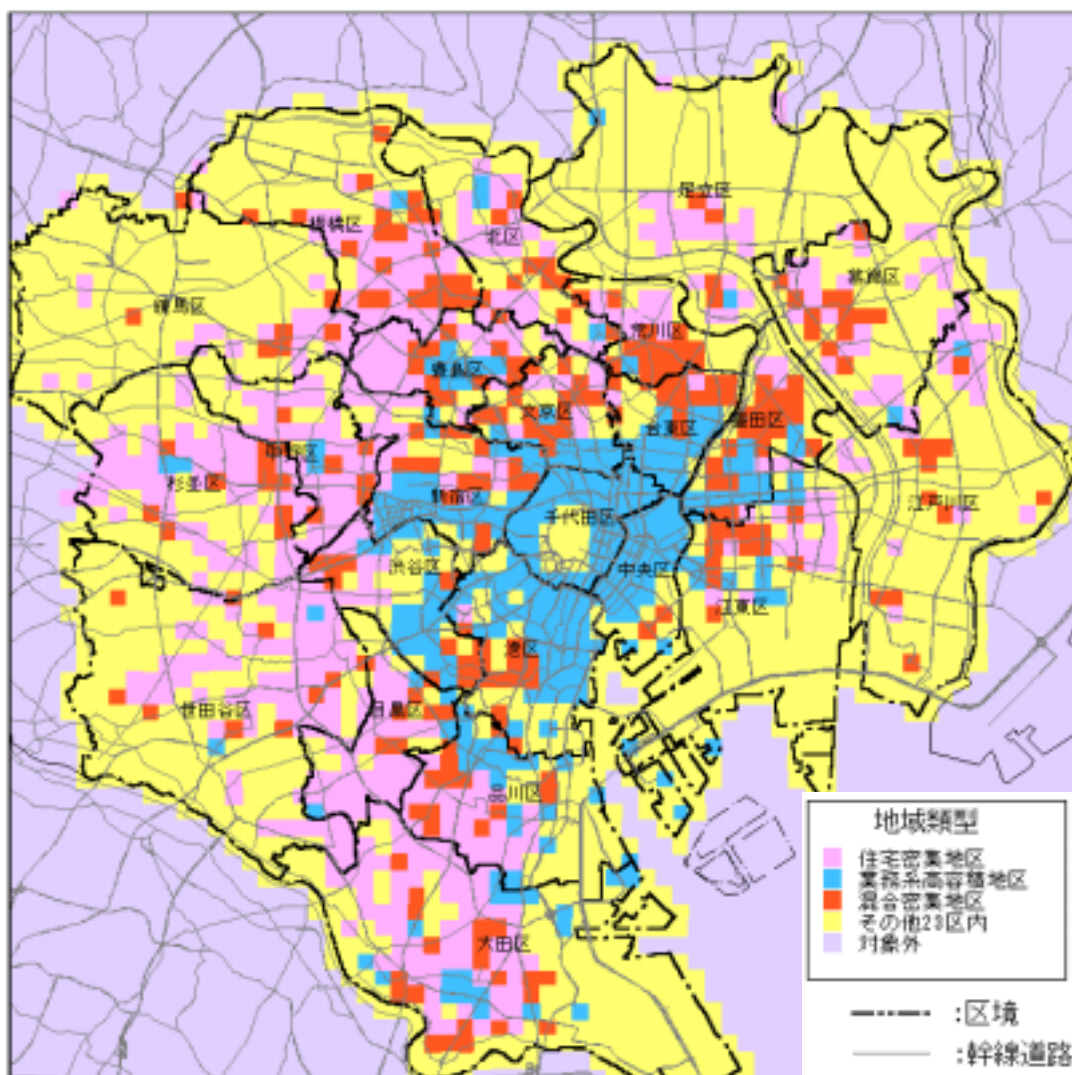


図3 - 17 対策地区

(2) 個別対策効果の検討

対策を検討する地区ごとに、裸地・草地化、屋上緑化、省エネの推進、植樹の4つの施策について、気温変動の感度を把握するため、UCSS 簡易シミュレーションシステムを用いて各施策の個別効果を見た。具体的には表 3-13 に示すように他のパラメータを固定した状態で当該施策を反映するパラメータを連続的に変動させ、その効果の違いを気温（地上 2.5m）で把握した。

表3 - 13 対策パラメータの設定

| 施策名 | 使用パラメータ | パラメータの変動幅 | |
|--------|----------|-----------|----------------|
| | | 下限値 | 上限値 |
| 裸地・草地化 | 裸地・草地面積率 | 現況面積率 | 現況 + アスファルト面積率 |
| 屋上緑化 | 屋上緑化率 | 0 | 建物面積率の 60% |
| 省エネ推進 | 人工排熱 | 0%カット | 50%カット |
| 植樹 | 樹木面積率 | 現況面積率 | 現況 + アスファルト面積率 |

各地区における対策ケースの結果を見ると（図 3-19～21 参照）今回対策地区として選定した地区は、いずれも建物が比較的建て詰まっている場所であり、対策効果の傾向は各地区とも概ね一致している。この中で各地区の特徴を見ると、住宅密集地区（図 3-19）では裸地・草地化による最低気温の低下効果が大きく最大で 1.0 となった。業務系高容積地区（図 3-20）では植樹による最高気温の低下が大きく、最大で 1.3 となった。混合密集地区（図 3-21）では住宅と業務系のそれぞれの効果が現れており、人工被覆の改善や植樹の効果が高くなっている。また、建物の屋上面積が比較的大きい業務系の地区では、屋上緑化による最高気温の低下が 0.4 と大きくなっている。

人工排熱の排出が大きい業務系高容積地区では、人工排熱の削減が気温低下につながると考えられたが、結果としては気温低減効果はそれほど見られなかった。これは人工排熱の放出高さなどが影響し、地上気温（高さ 2.5m）にはその効果が現れていないことが考えられるが、大気熱負荷量の変化を見ると（図 3-22）、20%以上の大気熱負荷量が削減されており、熱環境の改善に寄与するものと考えられる。

これらの結果をもとに、表 3-14 のような項目を中心として対策を行うこととした。

表3 - 14 対策項目

| 目標 | 住宅系エリア | 業務系エリア |
|-----------|--------|----------------------|
| 熱帯夜の削減 | 裸地・草地化 | 夜間エネルギー消費の削減 |
| 昼間の高温化の緩和 | | 省エネルギーの推進 植樹、屋上緑化 |

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「裸地・草地化」が有効と考えられる。この対策は、昼間の対流顕熱の削減にも有効である。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「省エネルギーの推進」が重要となる。「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する。

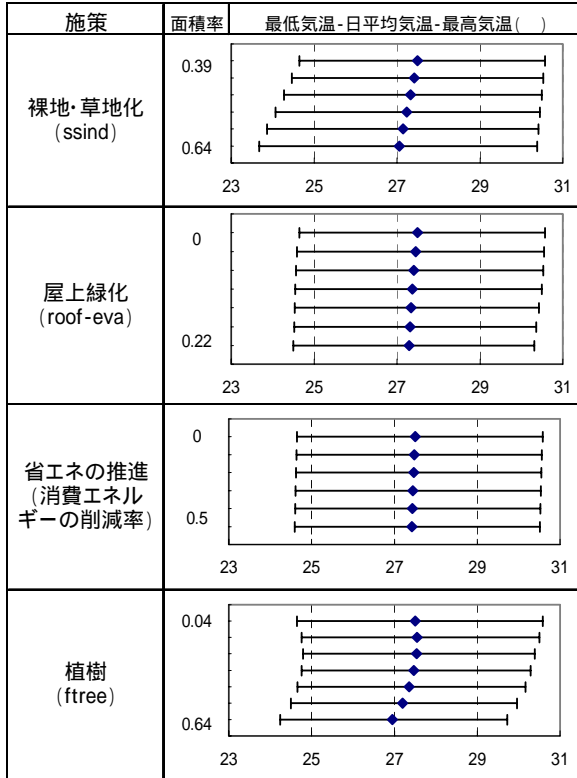


図3 - 19 住宅密集地区における単体対策ケースの効果

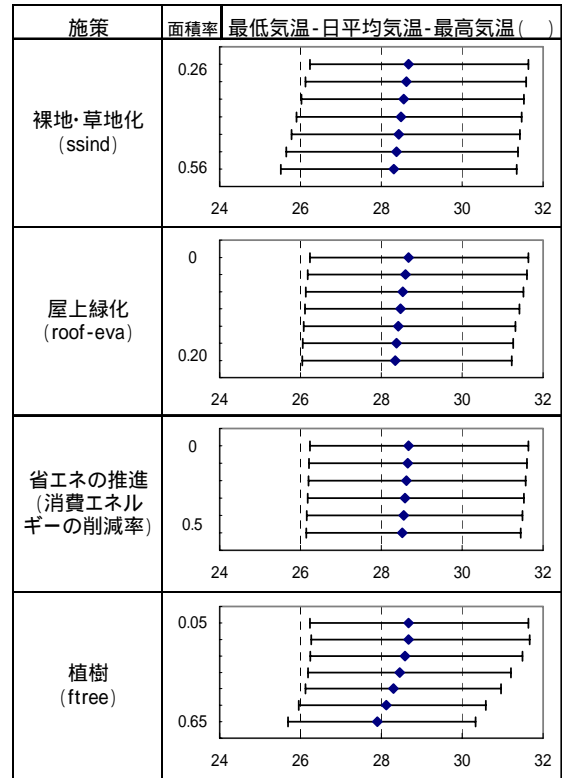


図3 - 20 業務系高容積地区における単体対策ケースの効果

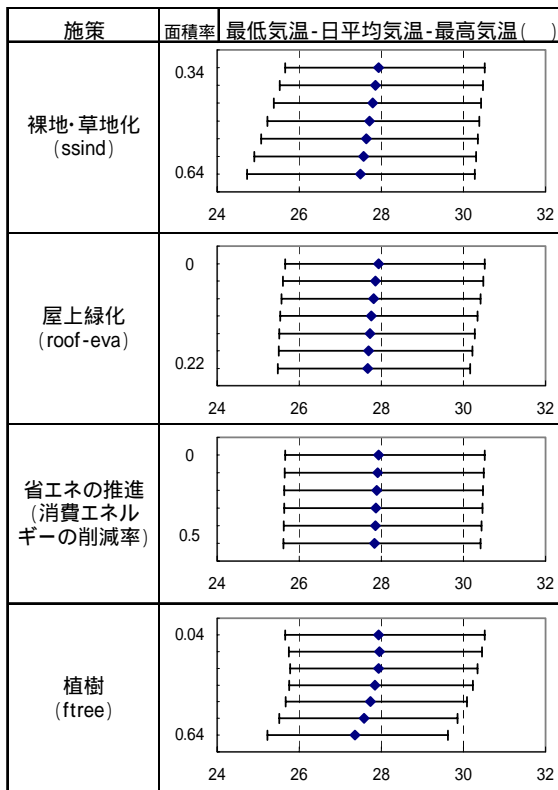


図3 - 21 混合密集地区における単体対策ケースの効果

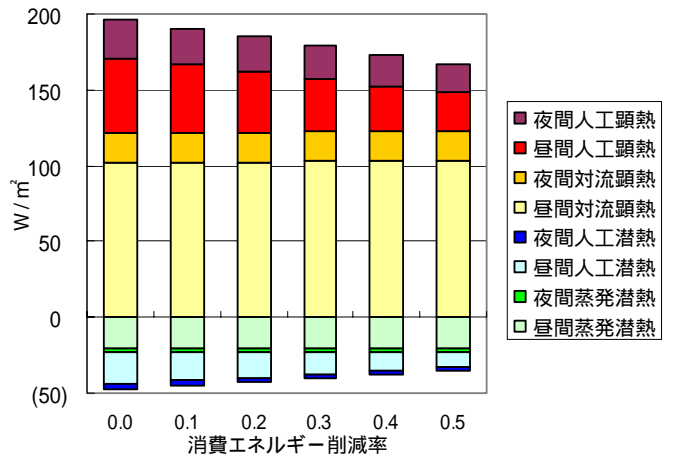


図3 - 22 業務系高容積地区における人工排熱削減による大気熱負荷量の削減効果

4) 東京 23 区シミュレーションによる対策の検討

東京 23 区の UCSS 詳細シミュレーションシステムにより、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 ケースを行った。

今回行ったケース設定による結果では、夜間では住宅地区で気温が低下し、業務地区では昼間の気温低下が見られた。また、熱環境的に問題のある地区に対して集中的に対策を行うことで、東京 23 区全体に気温低下が見られ、波及効果があることがわかった。

前項で検討した対策地区ごとの個別対策効果の結果を参考に、表 3-15 のような 4 つの対策ケースを設定した。すなわち住宅地区対策は住宅密集地区のみ、業務地区対策は業務系高容積地区のみ、混合地区対策は混合密集地区のみであり、全地区対策は 3 つの地区に同時に対策を実施した。

表 3 - 15 23 区対策シミュレーションの設定パラメータ

| 対策ケース | 対策対象地区 | 対策パラメータ | | | | | |
|--------|----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|--------|
| | | 裸地面積率(上段)及び面積(下段) | | 樹木面積率(上段)及び面積(下段) | | 屋上緑化率(上段)及び面積(下段) | 省エネ率 |
| | | 対策前 | 対策後 | 対策前 | 対策後 | | |
| 住宅地区対策 | 住宅密集地区 | 9%増 | | 5%増 | | - | - |
| | | 39% | 48% | 4% | 9% | | |
| | | 5,452(ha) | 6,651(ha) | 567(ha) | 1,265(ha) | | |
| 業務地区対策 | 業務系高容積地区 | 14%増 | | 20%増 | | 建物面積の 30% | 20%カット |
| | | 22% | 36% | 5% | 25% | | |
| | | 1,281(ha) | 2,120(ha) | 293(ha) | 1,463(ha) | | |
| 混合地区対策 | 混合密集地区 | 10%増 | | 10%増 | | 建物面積の 20% | 10%カット |
| | | 33% | 43% | 4% | 14% | | |
| | | 2,152(ha) | 2,772(ha) | 261(ha) | 909(ha) | | |
| 全地区対策 | 住宅密集地区 | 各地区に上記対策を実施 | | | | | |
| | 業務系高容積地区 | | | | | | |
| | 混合密集地区 | | | | | | |

図3-23から3-30に各対策ケースの13時と5時の気温分布を現況シミュレーション結果の気温との差で示した。

(地区別対策:13時)

まず地区ごとに対策を講じた住宅地区対策、業務地区対策、混合地区対策の効果について見る。

13時の結果(図3-23~25)を見ると、住宅地区対策では、住居が密集した地区が多く存在する品川、大田、目黒区や豊島、板橋区の付近で0.05程度の低下が見られる。

業務地区対策では業務系の建物が密集している都心部に集中的な対策を実施したため千代田、中央、港区で0.25気温が低下している。

混合地区対策では混合地区が多く存在する荒川、墨田区付近に0.05~0.1程度の気温低下が見られる。

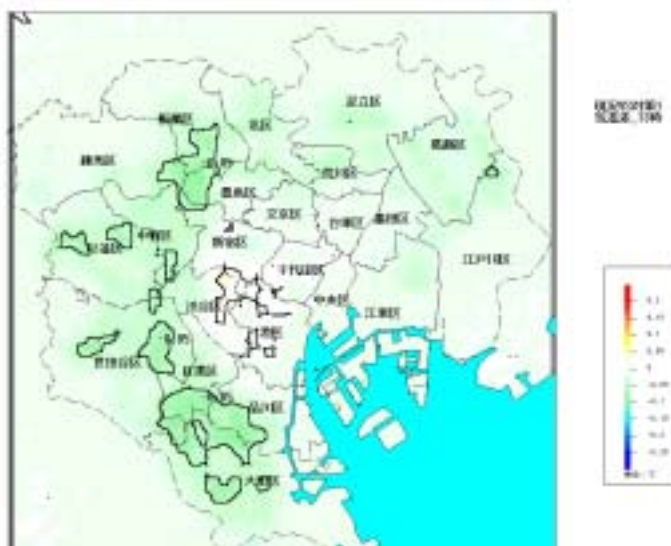


図3 - 23 住宅地区対策と現況の気温差(東京23区): 13時

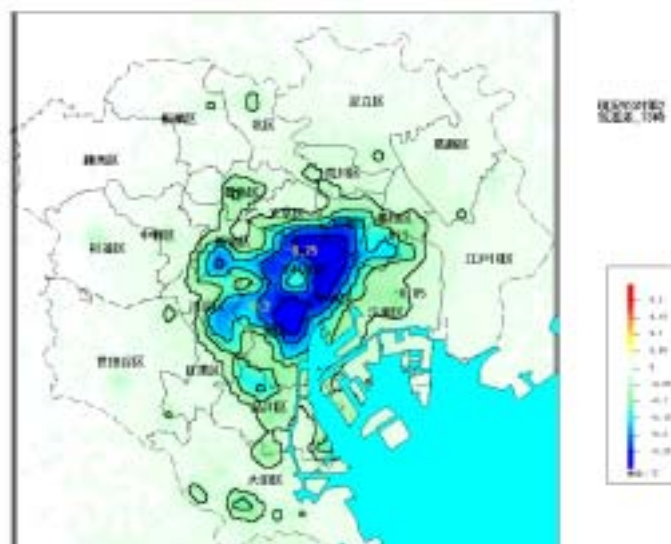


図3 - 23 業務地区対策と現況の気温差(東京23区): 13時



図3 - 25 混合地区対策と現況の気温差(東京23区): 13時

(地区別対策: 5時)

次に5時の結果(図3-26~28)を見ると、住宅地区対策の効果が強く現れていることがわかる。品川の南部で0.15の低下が見られる。

業務地区対策では、昼間ほどの効果は見られず、最高でも0.15程度の気温低下となっている。

また混合地区対策では、ほぼ13時と同程度の気温低下が見られる。

今回のケース設定におけるシミュレーションでは、省エネや植樹、屋上緑化等の施策を取り混ぜて行った業務系地区で昼間の気温が下がり、最低気温の低減効果が高いとされた裸地・草地化を主に行った住宅地区で夜間の気温が低下した。

この効果からは、業務地区対策では昼間に業務地区で使用される冷房需要の減少、住宅地区対策では住宅地区で寝苦しさの緩和が期待され、ヒートアイランド対策の選択的实施による効果が示唆されている。

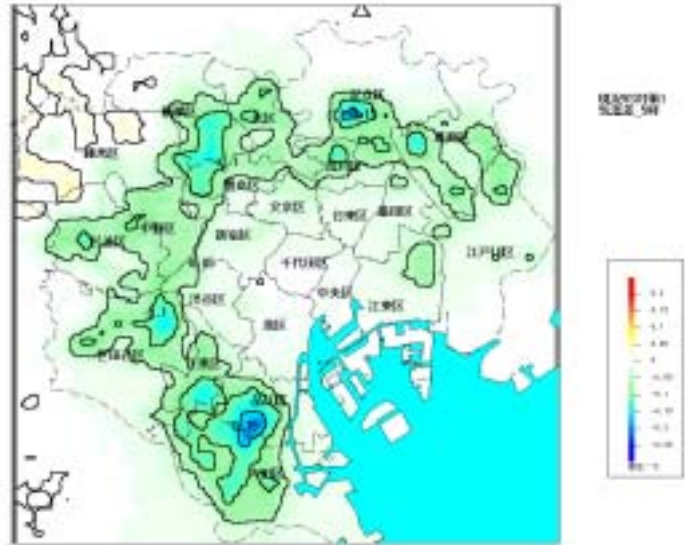


図3 - 26 住宅地区対策と現況の気温差(東京23区): 5時

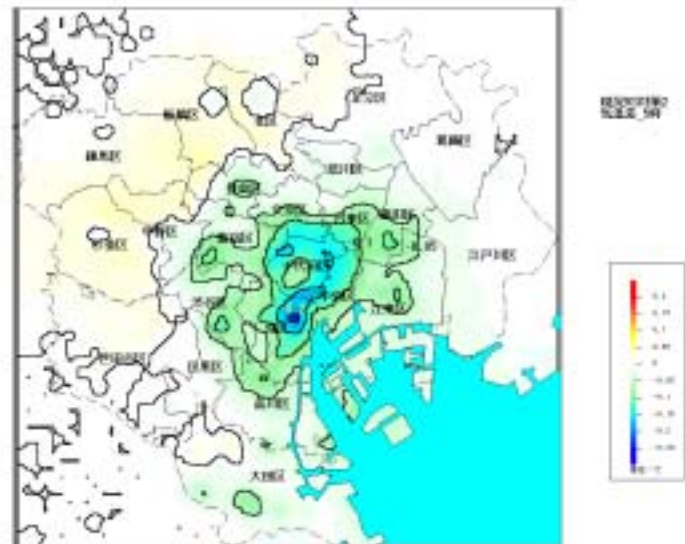


図3 - 27 業務地区対策と現況の気温差(東京23区): 5時

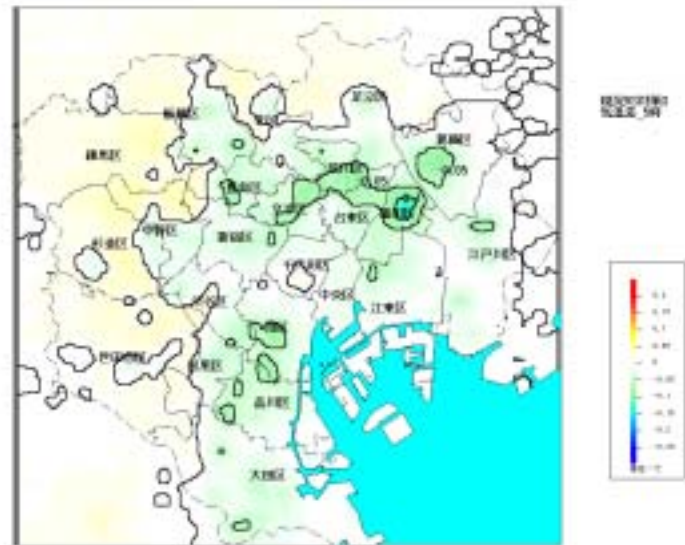


図3 - 28 混合地区対策と現況の気温差(東京23区): 5時

(全地区対策)

全地区対策(図 3-29 ~ 30)では各対策地区における気温低下が見られるのはもちろんのこと、その効果は地区別の対策ケースに比べて高くなっている。例えば業務地区対策では 13 時(図 3-24)の都心部の気温低下は最大で 0.25 であったが、全地区対策では最大で 0.3 となっている。墨田区でも業務地区対策で気温低下が最大で 0.1 であったが、全地区対策では同 0.2 となった。

また、対策地区は東京 23 区の 40% にすぎないが、対策を施さなかった地区にも相応の気温低下効果が現れていることがわかる。

熱的に問題のある地区に対し、その問題に応じた対策を行うことにより、その他の地区にも熱環境改善の波及効果をもたらすことが分かった。

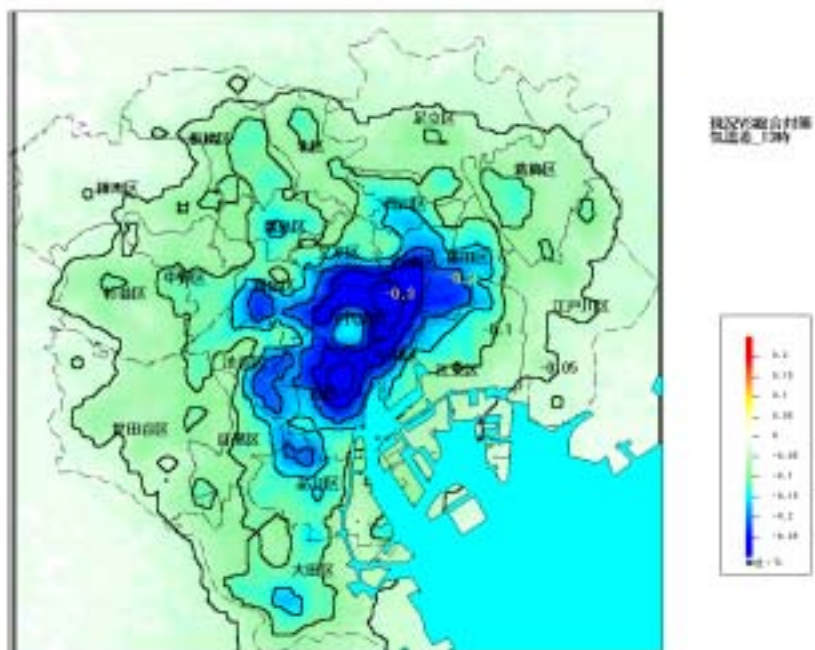


図3 - 29 全地区対策と現況の気温差(東京 23 区): 13 時

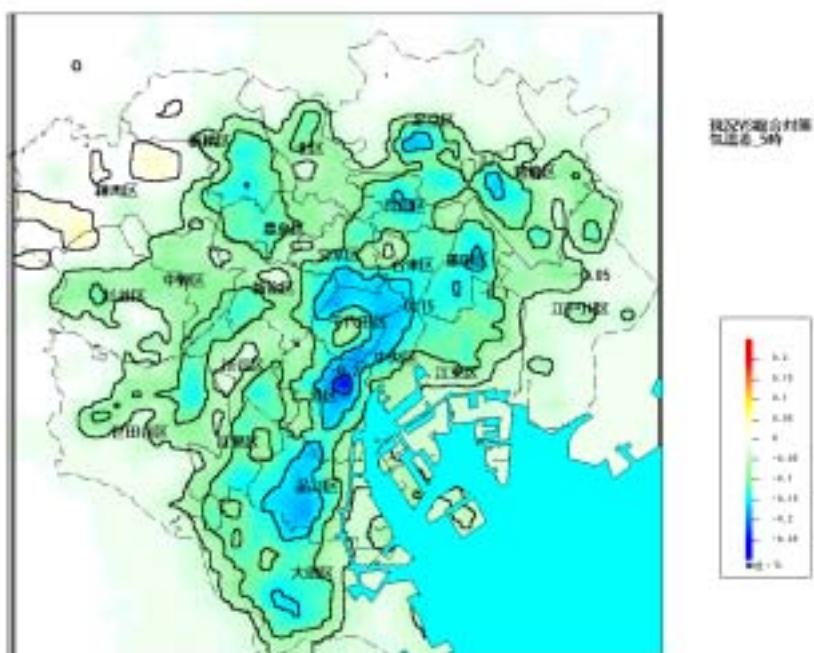


図3 - 30 全地区対策と現況の気温差(東京 23 区): 5 時

次に、各ケースの結果を現況との日平均気温の差で見ると、表 3-16 のようになる。

地区ごとに対策を講じた場合に比べ、全地区対策では相乗効果によると考えられる気温の低下が見られる。即ち、23 区全体で見ると、全地区対策では 0.07 の低下に対し、地区別対策では 0.01 から 0.03 の低下となっており、地区ごとの対策よりも大きな効果が得られた。

また、今回の全地区対策ケースでは 23 区全体の約 40%に何らかの対策を実施したことになるが、その他の約 60%の範囲にも平均して 0.04 の気温低下が見られた。前述のように、熱環境的に問題のある地区を抽出し、集中してヒートアイランド対策を行うことによって、その他の地区にも熱環境的な改善が見られることが分かる。これは、ヒートアイランド現象が都市空間における熱の移流を伴っていることに起因するものであるが、このようにヒートアイランド現象のメカニズムを解明し、その原因となっている熱的な問題点を把握・改善することが都市全体のヒートアイランド現象を効果的に抑制することにつながると考えられる。

表 3 - 16 気温の変化による施策効果

日平均気温及び気温差()

| 対象地区と対象メッシュ数 | 現況 | 現況 - 住宅地区対策 | 現況 - 業務地区対策 | 現況 - 混合地区対策 | 現況 - 全地区対策 | |
|--------------|-------|-------------|-------------|-------------|------------|------|
| 23区全体 | 2,667 | 27.54 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.07 |
| 住宅密集地区 | 558 | 27.67 | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.08 |
| 業務系高容積地区 | 273 | 27.69 | 0.01 | 0.12 | 0.02 | 0.16 |
| 混合密集地区 | 259 | 27.73 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.10 |
| 23区内その他の地区 | 1,577 | 27.44 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.04 |

シミュレーション結果による効果を 30 以上時間数の変化で見ると表 3-17 のようになる。また、表 3-18 には、熱帯夜の基準となる最低気温 25 未満となるメッシュ数の変化を示した。

これらの表を見ると、住宅地区対策から混合地区対策までの地区別対策では、それぞれ対策を施した地区で効果が表れている。また、全地区対策では地区別の対策に比べ、各地区とも効果が高くなっており、気温の低下と同様にその他の地区に及ぼす波及効果を見ることができる。

中でも、業務系高容積地区における 30 以上時間数の減少が大きい。最高気温の低減効果の高い植樹や屋上緑化などを比較的多く実施したためと考えられる。一方 25 未満となるメッシュの増加数では、住宅地区での効果が高くなっており、最低気温の低減効果のある裸地・草地化を中心とした対策による結果と推察される。

表 3 - 17 30 超時間数の減少による施策効果

日30 以上時間数(メッシュ数×時間数)及びその差

| 対象地区と対象メッシュ数 | 現況 | 現況 - 住宅地区対策 | 現況 - 業務地区対策 | 現況 - 混合地区対策 | 現況 - 全地区対策 | |
|--------------|-------|-------------|-------------|-------------|------------|------|
| 23区全体 | 2,667 | 8,786 | 259 | 749 | 339 | 1438 |
| 住宅密集地区 | 558 | 2,429 | 96 | 120 | 82 | 308 |
| 業務系高容積地区 | 273 | 983 | 20 | 295 | 40 | 370 |
| 混合密集地区 | 259 | 1,137 | 25 | 90 | 69 | 209 |
| 23区内その他の地区 | 1,577 | 4,237 | 118 | 244 | 148 | 551 |

表3 - 18 最低気温 25 未満となるメッシュ数の増加による施策効果

日最低25 未満メッシュ数及びその差

| 対象地区と対象メッシュ数 | | 現況 | 現況 - 住宅地区対策 | 現況 - 業務地区対策 | 現況 - 混合地区対策 | 現況 - 全地区対策 |
|--------------|-------|-----|-------------|-------------|-------------|------------|
| 23区全体 | 2,667 | 989 | -130 | -15 | -11 | -177 |
| 住宅密集地区 | 558 | 182 | -73 | 1 | 0 | -87 |
| 業務系高容積地区 | 273 | 10 | 0 | -4 | 0 | -4 |
| 混合密集地区 | 259 | 23 | -11 | -1 | -6 | -18 |
| 23区内その他の地区 | 1,577 | 774 | -46 | -11 | -5 | -68 |

また、気温について現況との気温差を各地区の経時変化で見ると図 3-31 のようになる。住宅密集地区では就寝時刻から明け方までの気温が低下し、地区平均で 0.1 (全地区対策 5:00) の低下が見られる。業務系高容積地区では就業時間中の気温が地区平均で 0.25 (全地区対策 16:00) 低下していることが分かる。

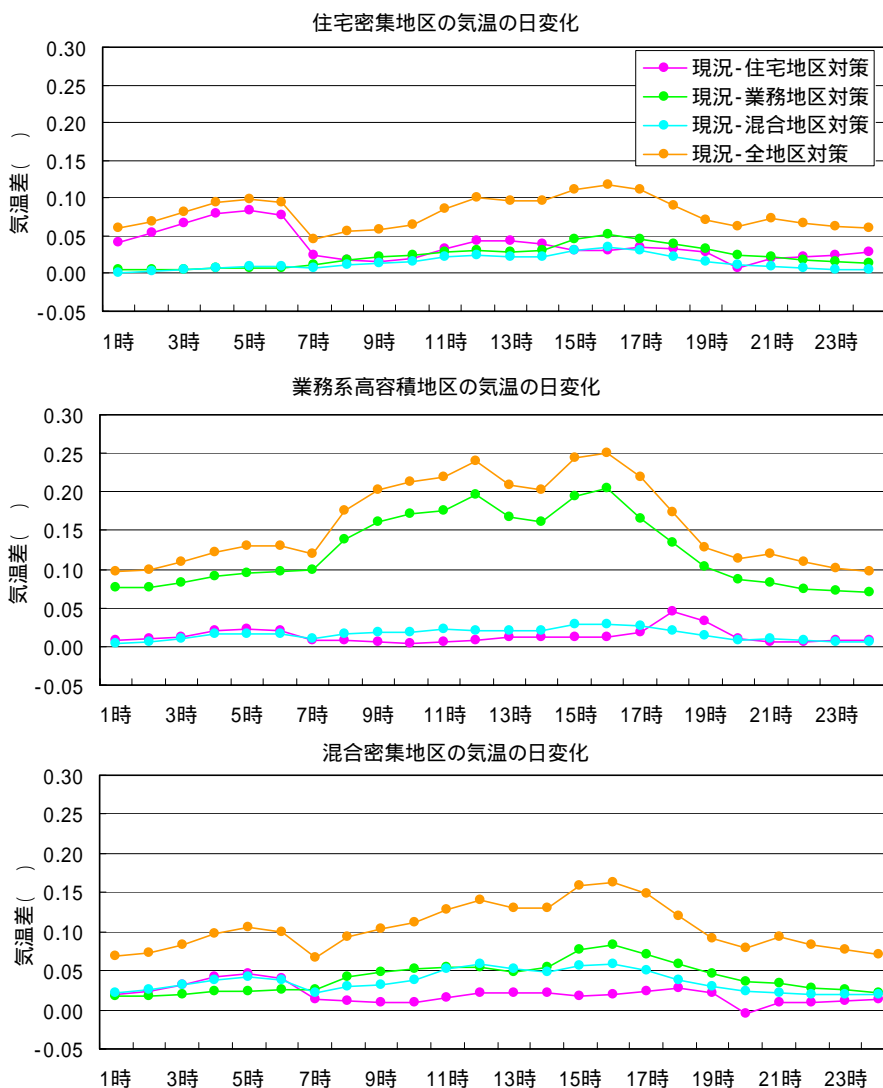


図3 - 31 対策による気温低下の日変化
(上:住宅密集地区、中:業務系高容積地区、下:混合密集地区)

5) 東京 23 区における対策手法のまとめ

東京 23 区について、これまでに検討した内容をまとめた。その内容は「大気熱負荷量の著しい増加」、「問題箇所の抽出と対策効果の検討」及び「熱の移流効果」として整理できる。

本調査では、東京 23 区をモデル地域として、UCSS シミュレーションによる大気熱負荷量や地上気温を指標としたヒートアイランド対策の検討を行った。

この検討から導き出された基本的知見は以下のように整理できる。

- 大気熱負荷量の著しい増加 -

東京 23 区は、地表面被覆の人工化及びその面的広がりや、そこで行われる活発な経済活動により大気熱負荷量（顕熱）が増大している。

（1930 年代との比較）

- ・ 1930 年に比べ、現況の大気熱負荷量（顕熱）は、昼間（7:00～18:00）平均で 60% 程度増加している。特に夜間（19:00～6:00）平均では 1930 年代に対して現況は 6 倍以上の大気熱負荷量（顕熱）となっており、熱収支のバランスが大きく崩れていると考えられる。
- ・ 地区ごとに大気熱負荷量（顕熱）の増加分を見ると、千代田区、中央区、港区などの都心部では増加分の 80% 程度が人工排熱（顕熱）となっているのに対し、世田谷区や杉並区など住宅用途の多い区では、対流顕熱が 1.5 倍程度となっており、増加分の 60% 以上が対流顕熱となっている。

- 問題箇所の抽出と対策効果の検討 -

東京 23 区は、全体としてヒートアイランドを促進させるような熱特性を有していると考えられるが、ヒートアイランド対策を実施する際には、「どこに」、「どのような対策」を実施するのが問題となる。このためには以下のような検討を行う必要がある。

（地区の分類）

- ・ 本調査では、東京 23 区を土地利用、建物用途により、水辺緑地エリア、人工被覆エリア、住宅エリア、業務系エリア、混合エリアの 5 つに分類し、さらに建物の建て詰まり状況などから住宅、業務系、混合エリアをそれぞれ 2 つに分類し、合計 8 つの地区に分類した。

（対策地区の抽出）

- ・ 対策地区の選定については、大気熱負荷量を指標とした。一様な気象条件（風向風速、気温・湿度等）においては、熱環境の改善が必要な地区を抽出するには大気熱負荷量を指標とした方法が有効である。今回の検討では次のような視点から対策地区を抽出した。
熱帯夜対策：住宅エリアにおける対流顕熱と業務系エリアの人工排熱削減
昼間の高温化対策：業務系エリアの対流顕熱及び人工排熱の削減

- ・今回対策が必要な地区として住宅密集地区、業務系高容積地区、混合地区の計 1,090 メッシュを選定した。これは東京 23 区 2,667 メッシュ中 40%に該当する。

(対策効果の検討)

- ・ヒートアイランド対策として、裸地・草地化、屋上緑化、省エネの推進及び植樹の 4 つの施策について、気温の低減程度などを把握した。
- ・対流顕熱の増加が問題となる住宅地区では、裸地・草地化による夜間の気温低減効果が高かった。
- ・業務系のエリアでは植樹による最高気温の低減、省エネによる大気熱負荷量の低減が大きく、混合エリアでは住宅と業務系のそれぞれの効果が現れていた。
- ・建物の屋上面積が比較的大きい業務系の地区では、屋上緑化による最高気温の低減が見られた。

- 熱の移流効果 -

ヒートアイランド現象の特徴の一つに、「熱の移流」が挙げられる。熱的に問題のある地区は、当該地区の熱環境を悪化させるだけでなく、風下地区の熱環境にも影響を与える。逆に考えれば、熱的問題箇所に対策を施すことによって、その周辺の熱環境をも改善して、より広い範囲に熱環境の改善効果が波及することが期待できる。

(連担性のある対策による波及効果)

- ・今回の検討において対策を実施した地区は、23 区全体の 40%である。対策シミュレーションの結果、対策地区においては平均気温で 0.08 ~ 0.16 の低下が見られた。
- ・対策を施さなかった地区(東京 23 区の 60%)にも平均して 0.04 の気温低下効果があることが分かった。
- ・23 区全体の最低気温 25 未満となるメッシュ数や 30 以上時間数(メッシュ数×時間数)の変化で見ると、それぞれ 18%の増加、16%の減少が見られ、23 区の広い範囲で熱帯夜や昼間の高温化が緩和されたことが分かる。
- ・ヒートアイランド現象のメカニズムを解明し、その原因となっている熱的な問題点を把握・改善することが都市全体のヒートアイランド現象を効果的に緩和することにつながると考えられる。