

#### 5.4 街区スケールにおける数値シミュレーション

建物の形状を含む局地的な気温分布を再現するためには、個々の建物形状や人工排熱の排出位置等を入力してシミュレーションを行う微気象モデルが適している。本節では、千代田区の中からさらに特定の街区を抽出して、交通機関（自動車、鉄道）からの人工排熱が熱環境に与える影響を把握するとともに、今後の対策効果を検討するため、微気象モデルによる数値シミュレーションを行う。

##### 1) 条件設定と入力データ

###### (1) 計算条件の概要

自動車および鉄道からの排熱影響をみるのが主眼であるため、「建物対策」の計算エリアである千代田区の中での道路・鉄道の分布を勘案して、図5-19に示す営団地下鉄大手町駅周辺の500m四方を対象として、域内の道路・鉄道（駅舎含む）および建物をモデル化して設定した。

対象時刻は夏季を想定し、最高気温出現時刻前後の14時と、日射がなくなり交通排熱の寄与が相対的に大きくなると考えられる21時とした。また、排熱量の設定は5.1節に既述のとおり、「現状」と「交通対策1」（自動車17%削減、鉄道7%削減）の熱環境を比較した。計算ケース設定を表5-12にまとめた。



図5-19 計算対象地域

表5-12 計算ケース

| ケース名  | 対策内容          | 時刻      |
|-------|---------------|---------|
| 現況    | -             | 14時、21時 |
| 交通対策1 | 自動車17%、鉄道7%削減 | 14時、21時 |

## (2) 微気象モデル

街区スケールのシミュレーションには、日本気象協会所有の微気象モデルを使用した。モデルの概要を表5 - 13に、格子系を表5 - 14にそれぞれ示す。

表5 - 13 微気象モデルの概要

| 項目                 | 内容   |
|--------------------|--|
| 支配方程式<br>(レイノルズ平均) | <ul style="list-style-type: none"><li>・質量保存則</li><li>・運動量保存則</li><li>・熱エネルギー保存則</li><li>・乱流エネルギー-kの輸送方程式</li><li>・kの散逸率の輸送方程式</li><li>・比湿保存則</li><li>・凝結量保存則</li></ul> |
| 乱流過程               | <ul style="list-style-type: none"><li>・k-モデル</li></ul>   |
| 物理過程               | <ul style="list-style-type: none"><li>・放射関連過程(地表面)</li><li>・凝結過程</li></ul>   |
| 離散化手法              | <ul style="list-style-type: none"><li>・一般曲線座標系</li><li>・有限体積法</li></ul>  |

表5 - 14 モデルの格子系

| 項目   | 設定条件                                       |
|------|--|
| 計算領域 | 500 × 500 × 500m (東西(x) × 南北(y) × 鉛直方向(z)) |
| 格子間隔 | 水平方向は10mとし、鉛直方向は最小2m                       |
| 格子数  | 50 × 50 × 30 = 75000                       |

### (3) 街区のモデル化

前述の領域について街区のモデル化を行った。このとき、計算格子が道路と平行になるように、計算格子を時計回りに  $15^\circ$  回転させて設定した。

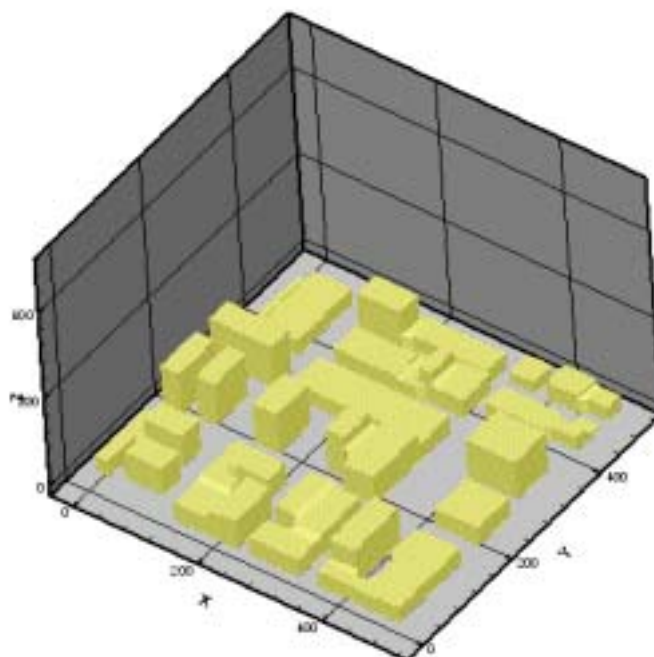


図 5 - 20 街区のモデル化

### (4) 日陰域の同定

熱流計算の境界条件となる表面熱フラックスは、入力される日射量によって異なるため、街区内の日向、日陰域を同定する必要がある。太陽赤緯を 8 月 15 日の値に設定して大手町周辺における日陰域を同定した結果を図 5 - 21 に示す。

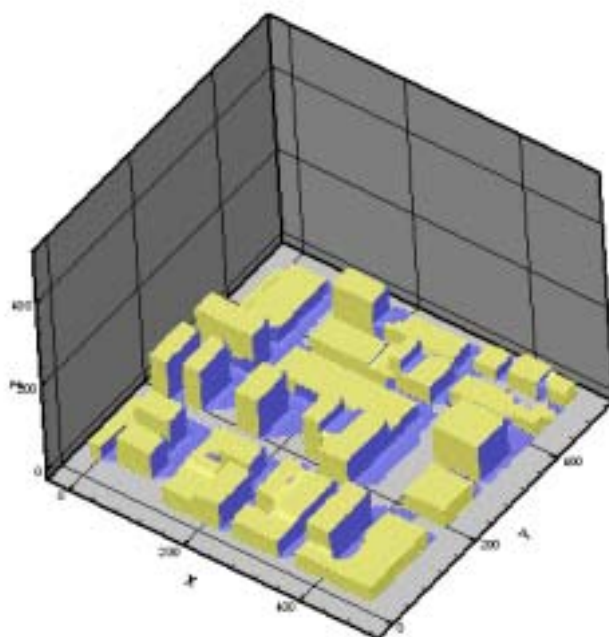


図 5 - 21 大手町周辺の日陰域（日陰：青の網掛け、8 月 15 日 14h）

(5) 地表面条件

地表面は都市域であることからアスファルトで覆われていると仮定する。ただし、部分的にある未利用地(図5-22参照、茶色の領域)は裸地として扱った。また、建物は全て一般的なコンクリート建築とみなした。

(6) 表面熱フラックスの設定

街区の熱環境をシミュレーションするためには、境界条件として地表面や建物壁面からの熱フラックスを設定する必要がある。ここでは、表5-15に示す夏季の一般的な表面熱フラックス設定を適用した。

表5-15 表面フラックスの設定値

| 表面条件   |                       | 14時   |       | 21時  |
|--------|-----------------------|-------|-------|------|
|        |                       | 日向    | 日陰    |      |
| アスファルト | 顕熱(W/m <sup>2</sup> ) | 333.8 | -12.2 | 10.9 |
|        | 潜熱(W/m <sup>2</sup> ) | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| コンクリート | 顕熱                    | 230.4 | -7.0  | 17.6 |
|        | 潜熱                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 裸地     | 顕熱                    | 142.1 | -0.5  | 1.8  |
|        | 潜熱                    | 115.5 | 12.9  | 24.0 |
| 建物屋上   | 顕熱                    | 212.1 | -6.9  | 35.0 |
|        | 潜熱                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 東面     | 顕熱                    | -4.7  | -6.4  | 17.2 |
|        | 潜熱                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 南面     | 顕熱                    | 95.7  | -6.4  | 39.9 |
|        | 潜熱                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 西面     | 顕熱                    | 175.5 | -6.4  | 29.4 |
|        | 潜熱                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |
| 北面     | 顕熱                    | -6.4  | -6.4  | -6.9 |
|        | 潜熱                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  |

## 2) 排熱量設定

### (1) 建物排熱

交通排熱に焦点を当てた計算であるため、建物については簡略化を行い、「事務所（官公庁含む）」「宿泊施設」「教育文化施設」の3区分として、単位床面積あたりの原単位を設定し、GISデータから得た床面積・階数を乗じて排熱量を求めた。排熱位置はすべて建物屋上と仮定した。

### (2) 自動車排熱

対象領域内の幹線道路は、国道1号線（センサス路線番号1、一般国道）、錦町有楽町線（センサス路線番号402、一般都道府県道）、大手町湯島線（センサス路線番号403、一般都道府県道）がある。これらについて3章の算定方法と同様に14時および21時の旅行速度を設定して原単位を求め、交通量に乗じて排熱量（単位長さあたりの排熱強度）を算定した。（表5-16参照）メッシュ配分に際しては、道路幅員を考慮して単位面積あたりの排熱量として与え、地表面において放出されるものとした。

なお、領域内の上記以外の非幹線道路については、交通量や車速を適切に設定する根拠資料がないため、計算には考慮していない。

表5-16 路線別交通量・旅行速度・排熱量

（14時）

| 路線名    | 路線番号 | 交通量(台/hr) |    |      |      | 旅行速度<br>(km/h) | 排熱量(W/m) |       |
|--------|------|-----------|----|------|------|----------------|----------|-------|
|        |      | 乗用        | バス | 小型貨物 | 普通貨物 |                | 顕熱       | 潜熱    |
| 一般国道1号 | 1    | 2,091     | 38 | 919  | 322  | 24.7           | 5,108.9  | 258.3 |
| 錦町有楽町線 | 402  | 1,467     | 0  | 334  | 135  | 24.0           | 2,702.3  | 134.1 |
| 大手町湯島線 | 403  | 1,467     | 0  | 334  | 135  | 28.6           | 2,476.7  | 123.0 |

（21時）

| 路線名    | 路線番号 | 交通量(台/hr) |    |      |      | 旅行速度<br>(km/h) | 排熱量(W/m) |       |
|--------|------|-----------|----|------|------|----------------|----------|-------|
|        |      | 乗用        | バス | 小型貨物 | 普通貨物 |                | 顕熱       | 潜熱    |
| 一般国道1号 | 1    | 2,141     | 56 | 172  | 85   | 33.4           | 2,495.6  | 122.1 |
| 錦町有楽町線 | 402  | 890       | 0  | 105  | 28   | 30.0           | 1,030.4  | 49.9  |
| 大手町湯島線 | 403  | 890       | 0  | 105  | 28   | 30.0           | 1,030.4  | 49.9  |

### (3) 鉄道排熱

対象領域内の鉄道は、営団地下鉄4線（丸ノ内線・千代田線・東西線・半蔵門線）と都営地下鉄1線（三田線）があり、いずれも大手町駅を通過している。これらについて3章の算定方法と同様に、鉄道走行については原単位に14時および21時の列車運行本数を乗じて算定、付帯設備（駅舎）については原単位（路線毎の日排熱量）に時刻変動係数を乗じて排熱量を算定した。（表5-17参照）なお、走行に関しては3章と同様に各線の隣接駅との中間地点までの排熱が大手町駅から排出されると仮定した。また、排熱はすべて顕熱であるとみなした。

メッシュ配分に際しては、特定メッシュに上記の全熱量が集中する想定は現実的でないことから、営団地下鉄提供資料（換気口一覧表）を参考に、駅構内およびその周辺の地上（モデルの最下層）に6～10箇所の排熱位置を等間隔で設定し、これらから等分に排出されると仮定した。なお、排熱高さは自動車と同様に地上とした。

表5-17 路線別原単位・運行本数・排熱量

(14時)

| 路線名 | 走行         |       |      |        | 付帯設備      |          |        |
|-----|------------|-------|------|--------|-----------|----------|--------|
|     | 原単位        | 本数    | 駅間距離 | 排出熱量   | 原単位       | 変動係数     | 排出熱量   |
|     | Kcal/km/編成 | (上下計) | Km   | kW     | kcal/日/駅  | (1日=1.0) | kW     |
| 千代田 | 20,898.0   | 20    | 2.0  | 485.99 | 5,301,959 | 0.0580   | 357.57 |
| 丸ノ内 | 10,165.2   | 32    | 1.9  | 359.32 | 3,463,898 | 0.0580   | 233.61 |
| 東西  | 17,114.0   | 24    | 1.8  | 429.84 | 4,487,571 | 0.0580   | 302.65 |
| 半蔵門 | 22,446.0   | 24    | 2.4  | 751.67 | 7,672,849 | 0.0580   | 517.47 |
| 三田  | 9,361.8    | 20    | 2.2  | 239.48 | 2,684,421 | 0.0446   | 139.21 |

(21時)

| 路線名 | 走行         |       |      |        | 付帯設備      |          |        |
|-----|------------|-------|------|--------|-----------|----------|--------|
|     | 原単位        | 本数    | 駅間距離 | 排出熱量   | 原単位       | 変動係数     | 排出熱量   |
|     | Kcal/km/編成 | (上下計) | Km   | kW     | kcal/日/駅  | (1日=1.0) | kW     |
| 千代田 | 20,898.0   | 19    | 2.0  | 461.69 | 5,301,959 | 0.0520   | 320.58 |
| 丸ノ内 | 10,165.2   | 25    | 1.9  | 280.72 | 3,463,898 | 0.0520   | 209.44 |
| 東西  | 17,114.0   | 22    | 1.8  | 394.02 | 4,487,571 | 0.0520   | 271.34 |
| 半蔵門 | 22,446.0   | 24    | 2.4  | 751.67 | 7,672,849 | 0.0520   | 463.93 |
| 三田  | 9,361.8    | 15    | 2.2  | 179.61 | 2,684,421 | 0.0446   | 139.21 |

(4) 排熱量設定のまとめ

(1) ~ (3)の排熱量設定をとりまとめたものを図5 - および表5 - に示した。14 時には自動車のほうがやや大きいものの鉄道の寄与もほぼ拮抗している。一方、21 時には鉄道のほうが50%以上多く、3章の23区合計値と比較すると、鉄道の寄与が相対的に大きいエリアであることがわかる。

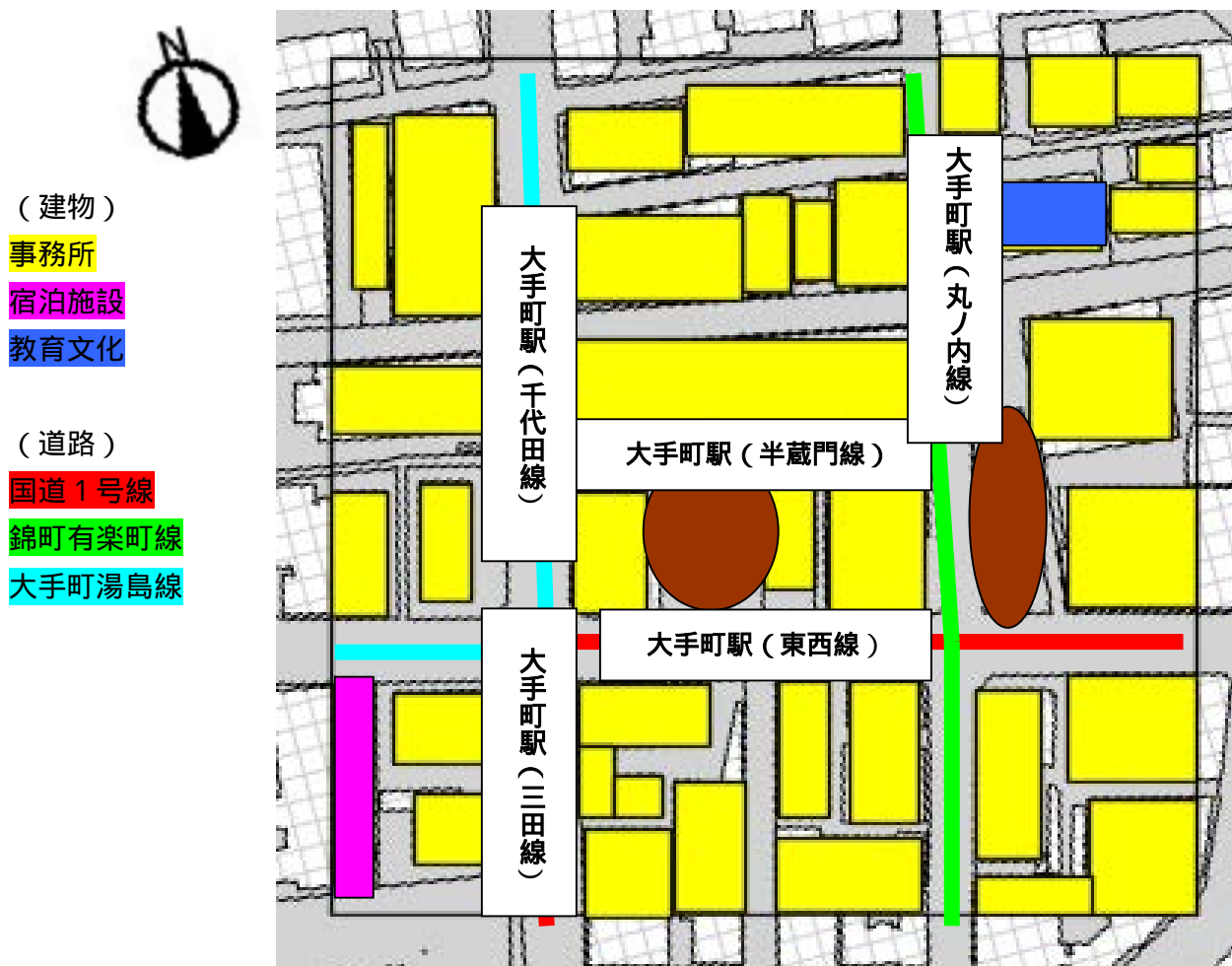


図5 - 22 建物・道路・鉄道の配置

表5 - 18 対象領域内の排熱量総量 (単位:kW)

| 区分  | 14時   |        |        | 21時   |    |       |
|-----|-------|--------|--------|-------|----|-------|
|     | 顕熱    | 潜熱     | 合計     | 顕熱    | 潜熱 | 合計    |
| 建物  | 8,885 | 10,692 | 19,577 | 1,183 | 79 | 1,262 |
| 自動車 | 439   | 22     | 461    | 196   | 10 | 206   |
| 鉄道  | 382   | 0      | 382    | 347   | 0  | 347   |

### 3) 気象条件

気象条件は、夏季の当該地域を代表するものとして、2002年8月の東京管区気象台のデータ（時刻別平均値）を用いて表5-19のように設定した。

表5-19 気象条件（2002年8月）

| 気象条件 | 14時                     | 21時                     |
|------|-------------------------|-------------------------|
| 風向   | 南                       | 南西                      |
| 風速   | 75mの高さで3.9m/s<br>(べき乗則) | 75mの高さで3.4m/s<br>(べき乗則) |
| 気温   | 31.0                    | 27.3                    |
| 湿度   | 55%                     | 69%                     |

### 4) シミュレーション結果と考察

1)～3)の条件のもとに昼間(14時)を対象にシミュレーションを実施した結果を示す。図5-23および図5-24は地上の気流分布図および温度分布図(上記基準値31.0からの差分)であり。また、図5-25には対策前後の温度分布の変化量(交通対策1-現況)を示す。この結果から、次のようなことが言える。

- ・ 風向とほぼ平行な錦町有楽町線および大手町湯島線で比較的風が強い。
- ・ 高温部は国道1号や錦町有楽町線上にくわえ、地下鉄半蔵門線や東西線の大手町駅がある周辺に点在している。
- ・ 交通排熱の削減対策による、気温上昇の緩和効果は最大で0.4程度であり、国道1号線と錦町有楽町線が交わる丸ノ内センタービル前の交差点付近で、対策効果が顕著に現れている。

同様に夜間(21時)を対象にシミュレーションを実施した結果を、図5-26～27および図5-28に示す。なお、気温の基準値は27.3である。

- ・ 図左下の大手町交差点より南ではやや風が強いが、他の領域では全般に昼間(14時)より風は弱い。
- ・ 自動車排熱が昼間に比べて半減したことにより、地下鉄半蔵門線大手町駅周辺の高温部が相対的に目立つ。
- ・ 削減影響の現れる場所は概ね昼間と対応しているが、影響は小さく0.1程度にとどまっている。



(a) 現況 (14 時)

(b) 交通対策 1 (14 時)

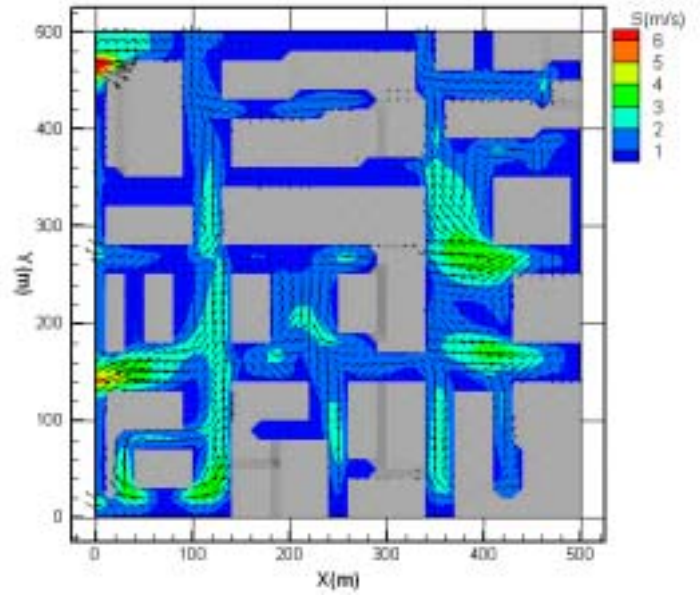
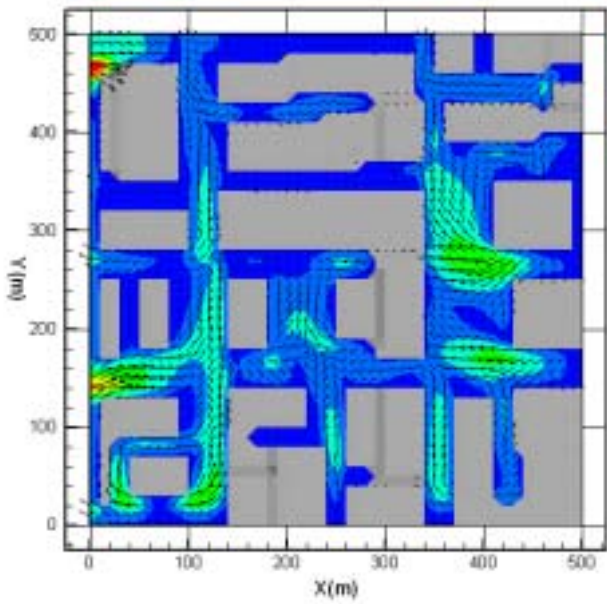


図 5 - 23 地上の速度ベクトルおよび風速分布図(a)現況、(b)交通対策 1 (14 時)



(a) 現況 (14 時)

(b) 交通対策 1 (14 時)

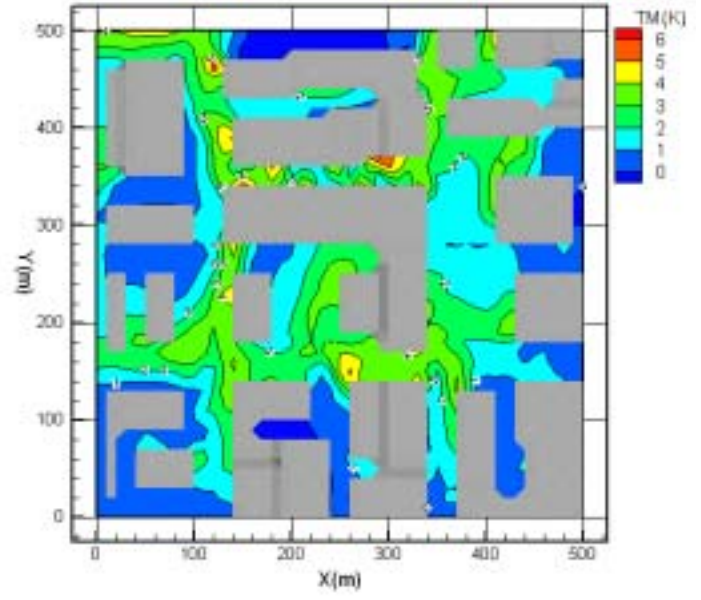
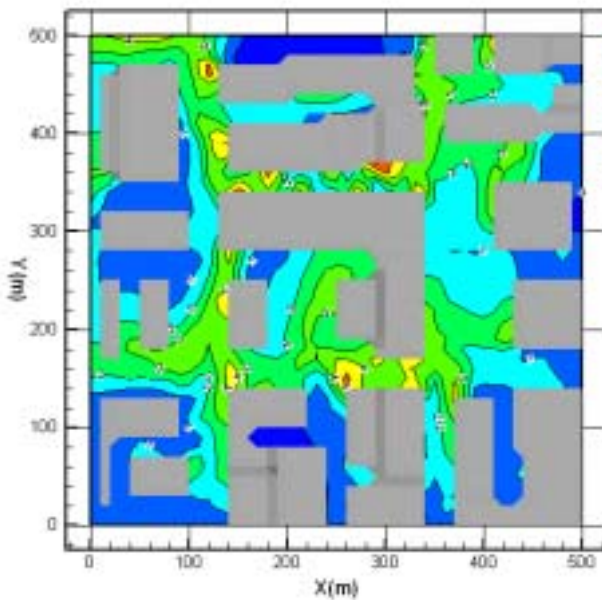


図 5 - 24 地上の温度分布図(a)現況、(b)交通対策 1 (14 時)

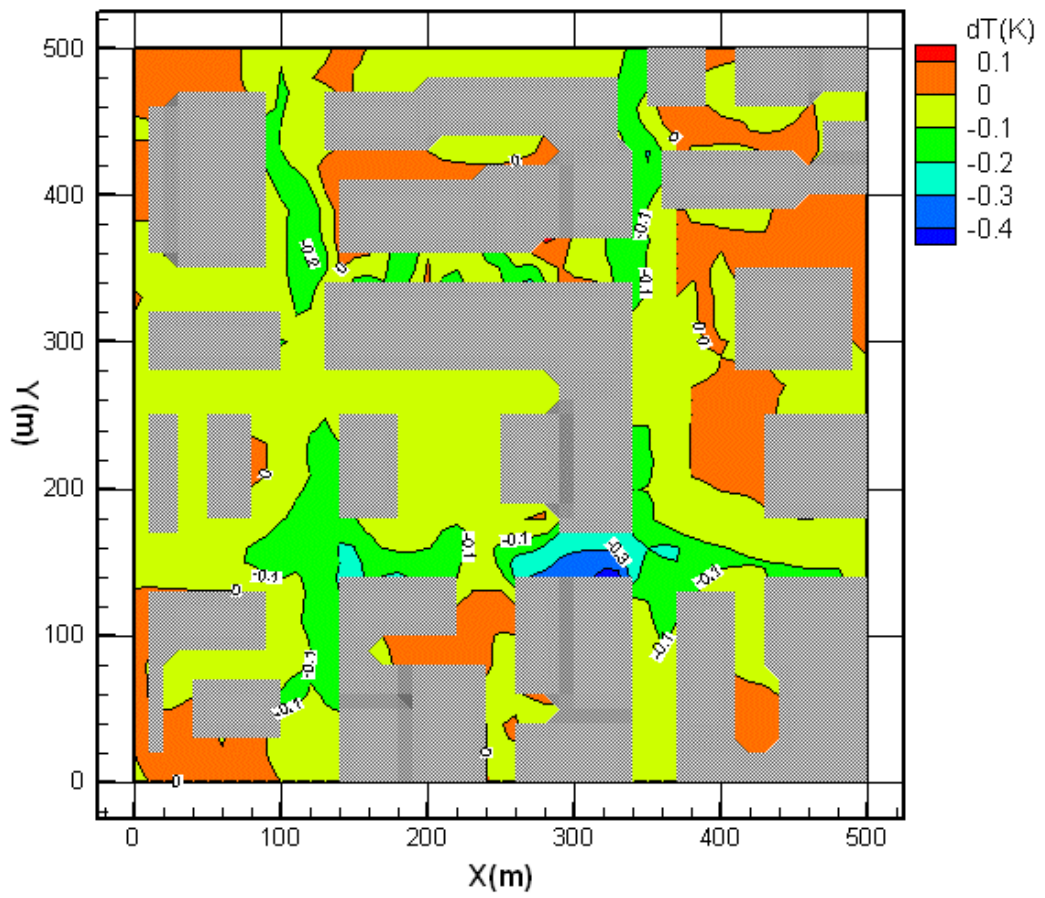


図 5 - 25 対策前後の温度変化量の分布図 (14 時、交通対策 1 - 現況)



(a) 現況 (21 時)

(b) 交通対策 1 (21 時)

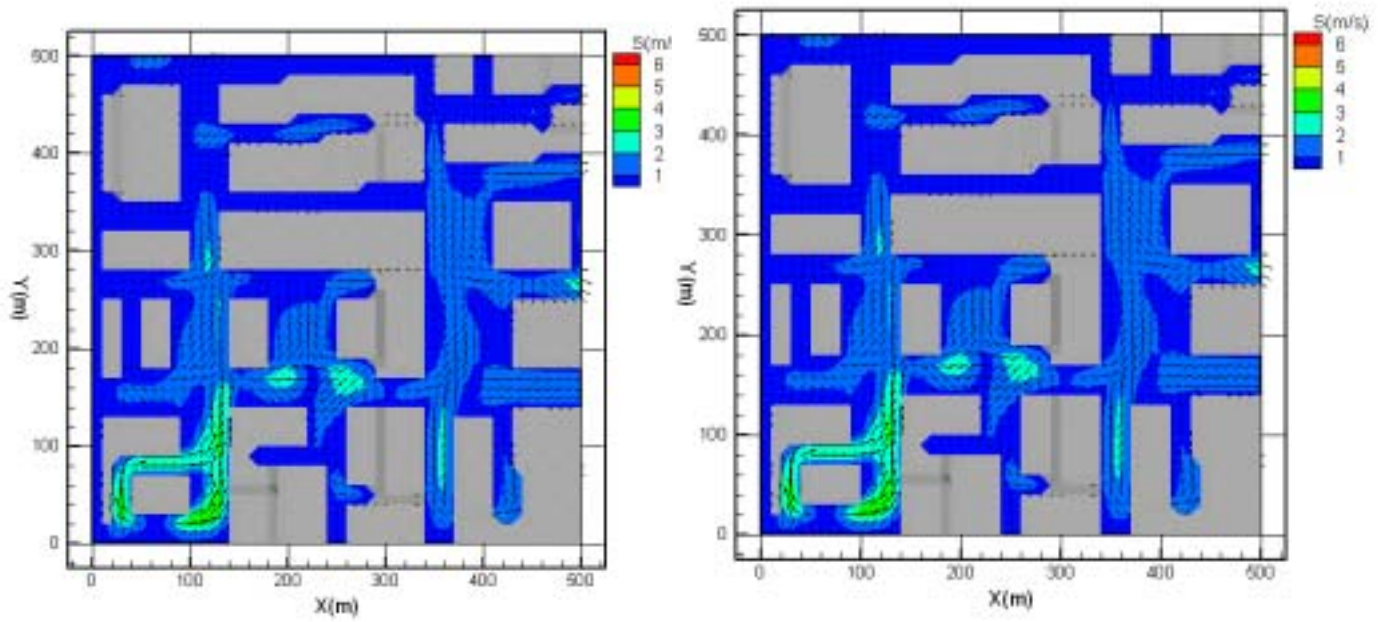


図 5 - 26 地上の速度ベクトルおよび風速分布図(a)現況、(b)交通対策 1 (21 時)



(a) 現況 (21 時)

(b) 交通対策 1 (21 時)

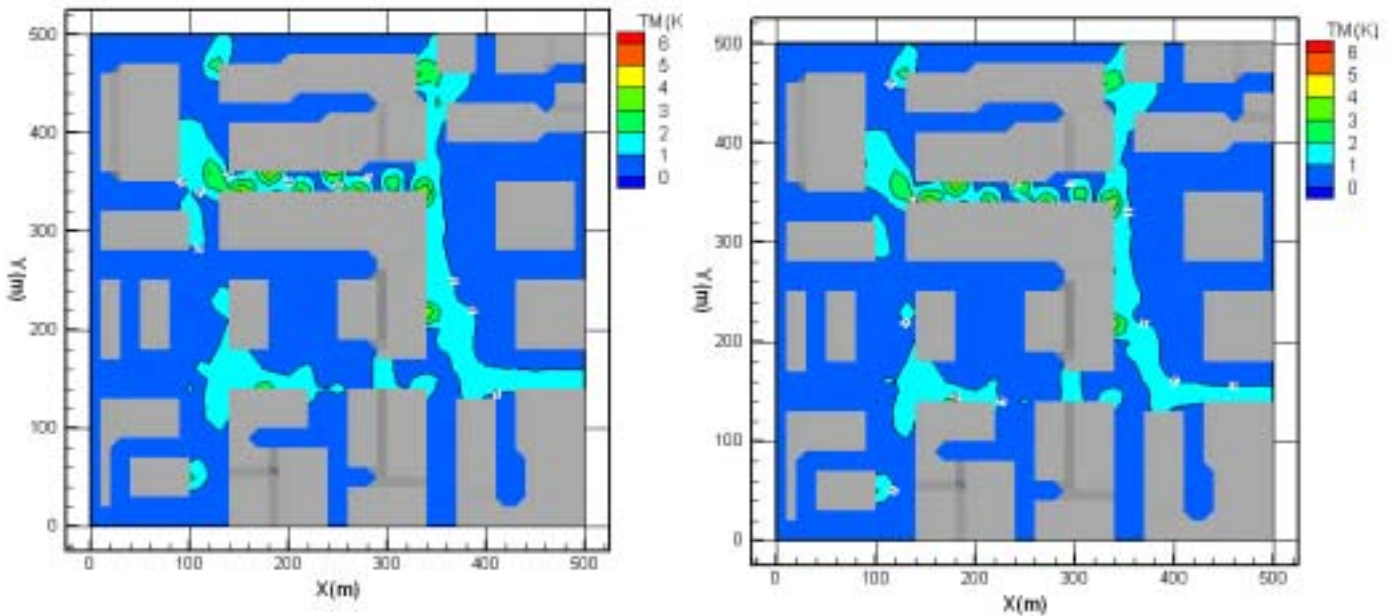


図 5 - 27 地上の温度分布図(a)現況、(b)交通対策 1 (21 時)

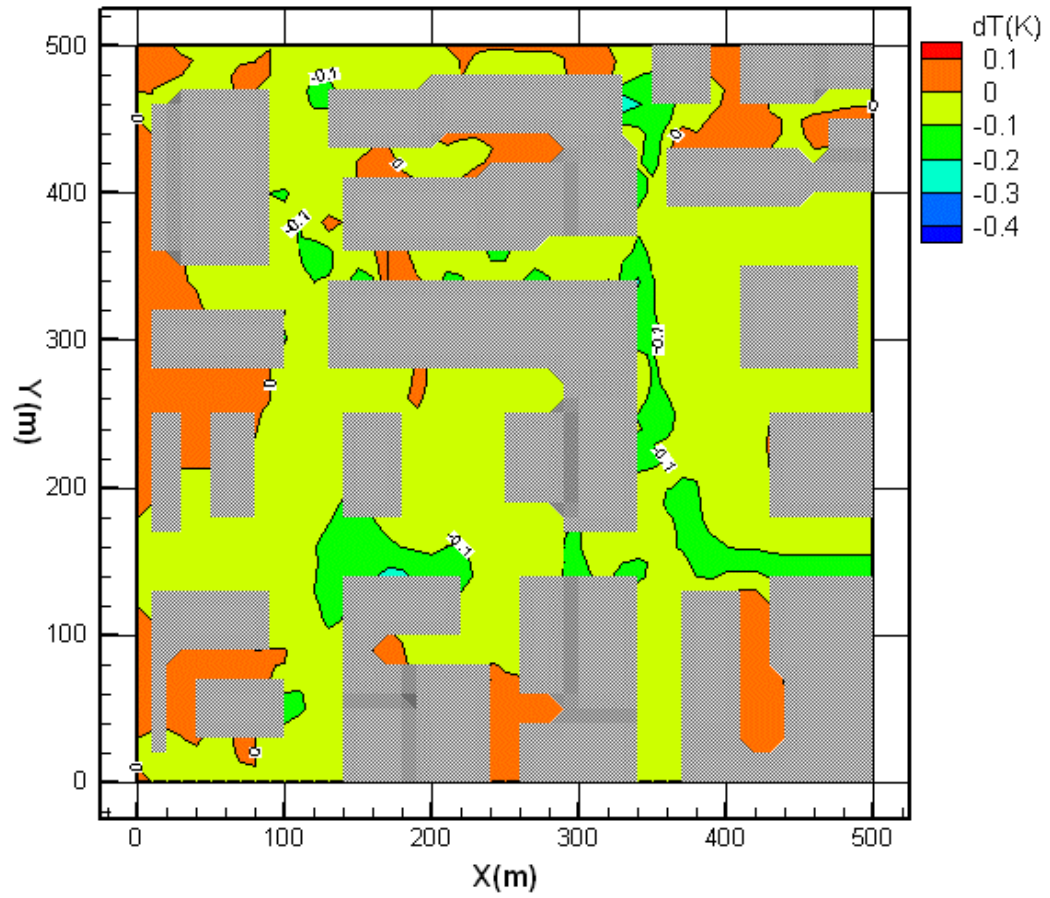


図 5 - 28 対策前後の温度変化量の分布図 (21 時、交通対策 1 - 現況)