

# 都市温暖化緩和のための都市環境デザインガイドラインの作成

課題責任者

横山真 福山市立大学都市経営学部

著者

横山真<sup>\*1</sup>, 荻野克樹<sup>\*2</sup>, 久保慶輔<sup>\*1</sup>, 田中貴宏<sup>\*3</sup>, 松尾薫<sup>\*4</sup>, 杉山徹<sup>\*5</sup>, 田村将太<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> 福山市立大学都市経営学部, <sup>\*2</sup> 広島大学工学部第四類, <sup>\*3</sup> 広島大学大学院先進理工系科学研究科,

<sup>\*4</sup> 大阪公立大学大学院農学研究科, <sup>\*5</sup> 海洋研究開発機構付加価値情報創生部門

キーワード：都市温暖化, グリーンインフラ, 気候変動, まちづくり, MSSG

## 1. はじめに

近年、都市ヒートアイランド現象と地球温暖化に伴う「都市温暖化」が各地の都市域で生じており、これらの影響に配慮した安全で快適な都市づくりが求められている。都市温暖化対策には多数の考え方や導入方法が存在するが、効果的な対策は対象地の気候特性等により異なるため、適材適所の対策導入が重要である。そこで本研究では地球シミュレータ上の大気海洋結合モデル Multi-Scale Simulator for the Geoenvironment (MSSG) による都市熱環境の大規模数値計算の結果を用いて対象エリアの気候特性や都市熱環境を高解像度で把握し、この結果をベースに「どのような場所」に「どのような都市環境デザイン」を用いれば都市温暖化緩和に効果的かを示す計画支援ツール「都市環境デザインガイドライン」をいくつかの国内外都市を対象として作成することを最終目的とする。本稿では、令和7年度に取り組んだ結果の一部を報告する。

## 2. 広島平野における海風到達時刻の空間解析

我が国の都市の多くは沿岸部に位置するため、海から吹く冷涼な海風を計画的にまちなかに通し、その冷却効果を活用していくことが望まれる。また海風は日中の気温上昇に伴い海岸線から内陸に向けて徐々に進入していくため、その動きと効果の傾向を把握する必要がある。ここでは、広島平野を対象とした MSSG による数値計算の結果から、典型的夏季晴天日における海風の到達時間と冷却効果を地図化し、さらに実測調査の結果と比較する。

対象日は典型的夏季晴天日である 2025 年 7 月 25 日とし、気象庁 MSM データを初期値・境界値として、助走期間を含む 7 月 20～25 日の計 6 日間の計算を行った。水平方向の空間解像度は 100m とし、6～17 時の結果を 30 分毎に出力した。

図 1 に、地上 10m の風向データを用いて作成した海風到達時刻の分布を示す。具体的には、次の 2 つの条件に該当するメッシュを「海風到達域メッシュ」とし、30 分毎に判定を行った。

- ① 風向が南～西南西である
- ② ①の条件に該当するメッシュが、海から連続する

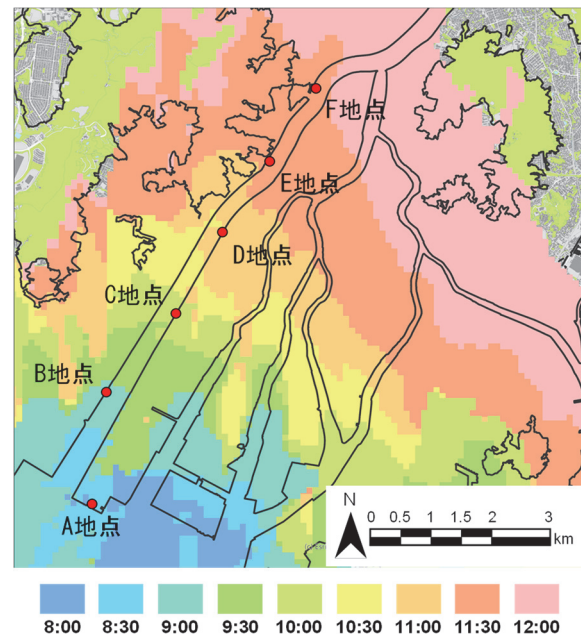


図 1 海風到達時刻の分布

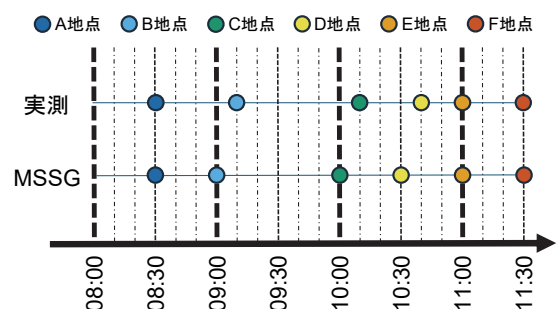


図 2 海風到達時刻の比較

図 1 より、海風は 8:00 頃に発達し始め、12:00 頃には広島平野の市街地全域に到達している。また、一定の速度で海岸線から内陸に進入するのではなく、10 時頃までは比較的遅く、11:00～12:00 時頃に速度が大きくなっている。これは海と陸の温度差がこの時間帯に、急に大きくなるためと考えられる。

図 2 に、数値計算 (MSSG) と実測調査の海風到達時刻

刻を比較した結果を示す。実測調査は2025年7月25日に広島平野の太田川放水路沿いの6地点(図1中の地点A~F)で実施した結果(地上約2m)を用いている。図2より、地点A~Fにおける数値計算と実測調査の海風到達時刻は概ね一致していることが分かる。10分程度実測調査の方が早い地点があるが、これは高さの違いも影響していると推察される。このことから、今回の数値計算は広島平野における海風到達の時刻と範囲を概ね再現できていると考えられる。

図3に、海風特性ゾーニングマップを示す。この図は、対象日の10~14時の顕熱移流量(100mメッシュ別)に基づき作成し、当該メッシュに吹く風の気温低減効果を表している。具体的には、先行研究を参考に以下の式を用いて顕熱移流量 $Q_{adv}$ を算出した。これらの式では100mメッシュ単位で、混合層内の昇温量 $Q_C$ を算出し、 $Q_C$ から地表面からの顕熱供給量 $Q_H$ を差し引くことで、顕熱移流量 $Q_{adv}$ を算出している。

$$Q_C = \int_{z_g}^{z_{top}} c_p \rho (\theta_{t_1} - \theta_{t_0}) dz$$

$$Q_H = \int_{t_0}^{t_1} H dt$$

$$Q_{adv} = Q_C - Q_H$$

$H$ : 地表面からの顕熱フラックス ( $\text{MJ/m}^2$ )  
 $c_p$ : 空気の定圧比熱 ( $\text{J/kg} \cdot \text{K}$ )  
 $\rho$ : 空気密度 ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $z_{top}$ : 大気混合層の上端高度 (m)  
 $z_g$ : 標高 (m)  $\theta$ : 温位  
 $t_0 = 10:00$   $t_1 = 14:00$

図3より、Zone①は海に面しており、海風の冷却ポテンシャルが最も大きい ( $Q_{adv} < -4.5 \text{ MJ/m}^2$ )。Zone②はデルタ市街地の沿岸近くに分布しており、川沿いでは範囲が少し北に延びている。また、実測調査において海風による冷却効果が大きかったA~C地点はいずれもZone②に属している。そのため、Zone①、Zone②が海風の冷却効果が大きいゾーンと言える。今後はこれらのゾーニングを基に、各ゾーンの対策のあり方を検討していく。

### 3. 福山港内港の冷却効果と埋め立ての影響評価

都市熱環境の改善には、都市内に存在する緑地や水域等のクールスポットを把握し、周辺地域においてそれらの冷却効果を活用していくことが重要である。ここでは、複雑な沿岸形状を有し、福山市の中心部近くまで水域が続いている福山港内港(以下、内港)およびその周辺地区(以下、内港地区)を対象地として、MSSGによる数値計算から夏季の熱環境・風環境の現状を把握する。また内港の埋込に伴う熱環境・風環境の変化を評価する。

図4に、現状(Case0)の地表面入力条件を示す。図3に示す約1.6km四方を計算領域とし、空間解像度は水平・鉛直ともに2mとした。対象日は典型的夏季晴天日である2025年8月24日とし、13:00~13:30の計算を行い、最後の10分間の結果を分析に用いた。また図5に作成した6つの埋め立てシナリオ(Case1~6)の土地利用を示す。各シナリオは内港内の建物密度および地表面被覆(建物敷地 or 緑地)が異なっている。

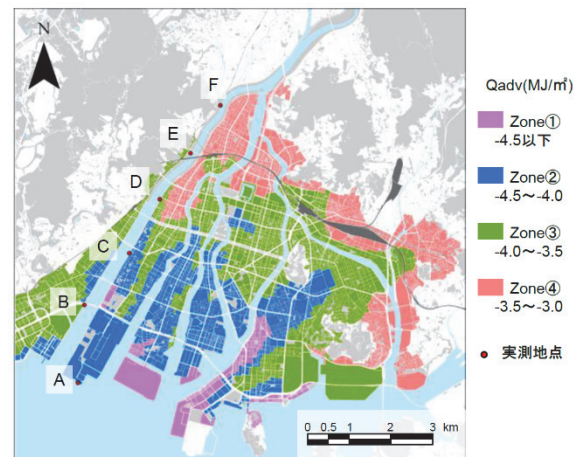


図3 海風特性ゾーニングマップ

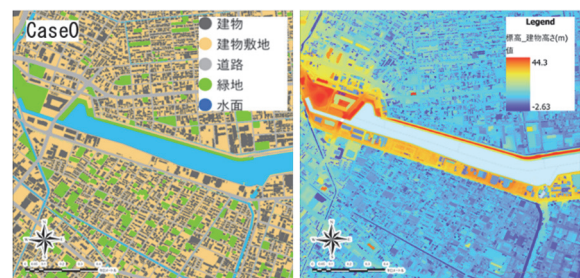


図4 Case0の地表面入力条件  
(左: 土地利用、右: 標高+建物高さ)



図5 Case1~6の土地利用

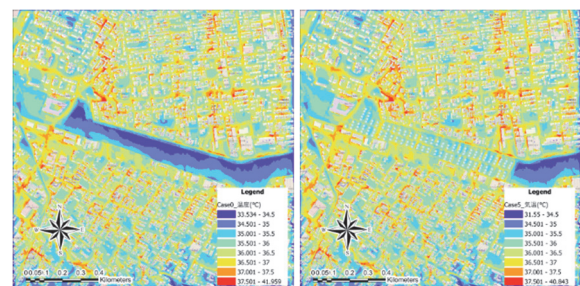


図6 気温分布(左: Case1、右: Case5)

図6に、現状およびCase5(低密度の低層住宅+緑地)の気温分布(地上約1m)を示す。なお値は13:20~13:30の平均値である。図5左より、内港では気温が周囲より1℃程度低く、クールスポットとなっていることが分かる。また対象日に行った実測調査結果と比較

して、気温や風向風速は概ね同様であった。また図 5 右より、埋め立て後の内港内は地表面が緑地であるため気温は高くないが、現状と比べると 1℃程度上昇している。

図 7 に、現状および各シナリオにおける平均気温と平均風速を示す。なお図 6 は、内港北岸から手城産業道路までを算出の範囲とした。図 6 より、差は小さいものの、全てのシナリオで現状よりも気温が高くなっており、かつシナリオ毎に気温は異なる。比較的気温が高いのは Case1（建物敷地）と Case3（高密度の低層住宅＋建物敷地）であった。一方、比較的気温が低いのは Case2（低密度の低層住宅＋建物敷地）と Case5（低密度の低層住宅＋緑地）であり、Case5（低密度の低層住宅＋緑地）でより低かった。これらの結果から、低密度の低層住宅を配置し、建物間に一定の空間を確保した Case2（低密度の低層住宅＋建物敷地）および Case5（低密度の低層住宅＋緑地）では、建築物により水平・鉛直の適度な風の流れが形成され、さらに Case5（低密度の低層住宅＋緑地）では緑化により、風下への気温上昇が抑制されたと推察される。

今回作成したシナリオは土地利用のみを変更し、堤防等の地表面の凹凸は改変していないため、今後はより多様なシナリオの比較に基づく検討が必要である。

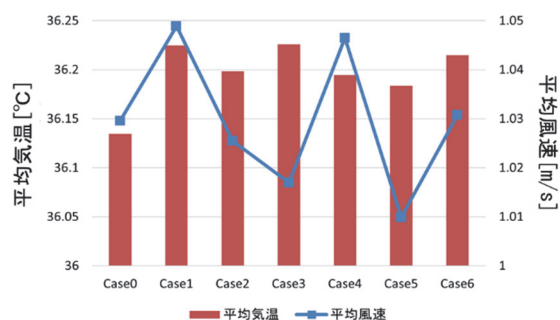


図 7 Case0～6 の平均気温と平均風速

#### 謝辞

本研究の一部は、日本生命財団（環境問題研究助成）の助成を受けたものである。