

## 人工島に造成された公園の熱環境特性に関する実態把握調査

神戸市立工業高等専門学校都市工学科

田中 岳斗

### 1. はじめに、研究背景

近年、都市の高温化が進行しており、とくに夏季の高温環境は深刻な社会問題となっている。気象庁観測では、猛暑日（最高気温 35℃以上）の発生日数は長期的に増加傾向にあり、神戸市でも同様の傾向が確認されている。<sup>1)</sup>高温環境は熱中症増加や屋外活動の制限に加え、空調需要の増大によるエネルギー消費の増加、都市インフラ負荷の増大など、多面的な影響を及ぼす。対策として都市緑化が注目される一方、高温化やヒートアイランド現象は都市の規模・立地・土地利用・周辺環境により現れ方が異なる地域性の強い現象であり、各都市の特性を踏まえた検討が求められる。神戸市では、平成 23 年 2 月改定の「神戸市緑の基本計画」<sup>2)</sup>において「緑の都市空間づくり」を重要方針に位置づけ、緑量の確保だけでなく、人の活動空間と結びついた質の高い緑の形成を重視している。街路や公園など身近な空間での快適性・安全性向上や環境負荷低減が期待される一方、市街地の緑地不足や樹木の生育環境悪化が課題であり、限られた都市空間での効果的配置が重要である。こうした方針の下、「こうべ木陰プロジェクト」<sup>3)</sup>等の施策が進められているが、導入箇所は限定的で、場所特性を踏まえた温熱環境改善効果の定量評価は十分に蓄積されていない。とくに公園・緑地内部において、地表被覆や植生構造の違いが局所的温熱環境に及ぼす影響は、実測に基づく検討が必要である。そこで本研究では、神戸港沖に造成された大規模人工島ポートアイランドに着目する。造成後 40 年以上が経過し、自然要素と都市要素が共存することに加え、舗装面・建築物の集積域と公園・緑地など多様な地表被覆が近接して分布しているため、被覆差に起因する局所的な気温差や微気候形成を検討するのに適した条件を備える。

### 2. 目的

本研究の目的は、人工島であるポートアイランドにおける気温分布の空間的特性を把握し、島内に形成される高温域・低温域の位置関係、ならびに地表被覆の違いに起因する温熱環境の不均一性を明らかにすることである。とくに、従来の点的観測では捉えにくい高温域・低温域の空間的配置に着目し、局所的な温熱環境がどのような要因によって形成されるかを整理する。本研究では、ポートアイランド南公園を対象地とする。南公園は、舗装面・芝生・樹林など代表的な地表被覆が近接して分布しており、被覆差が温熱環境に及ぼす影響を同一地区内で比較しやすい。人工被覆と緑地が隣接するため、日射条件や蓄熱

特性の違いが温度差として表れやすく、被覆条件と温熱環境の対応関係を読み取りやすい。さらに、ポートアイランドは土地利用の更新が進む地区であり、将来的な都市計画や緑化施策による温熱環境改善が期待される点も対象地としての意義である。

本研究では、気温計による点的な気温の連続観測と、得られた実測データに基づく空間可視化を通じて、地表被覆の違いに伴う局所的な温度差および時間変動特性を把握する。時系列の気温変化を捉えつつ、島内の温熱環境特性を地図情報として整理することで、高温化が生じやすい場所の条件や、冷却効果が期待できる被覆条件を検討する。これにより、高温域・低温域の形成に関与する要因を空間的に示し、どのような被覆条件の配置が温熱環境の改善に結びつく可能性があるかを考察する。以上により、本研究は、ポートアイランドにおける都市緑化施策や熱環境対策の検討に資する基礎的知見を提供することを目的とする。

### 3. 方法

#### 3.1 現地調査

兵庫県神戸市中央区にあるポートアイランドの南公園を対象とし、点源における気温の連続モニタリング調査とを実施した。南公園は、ポートアイランドの中央部に位置しており、ポートアイランド内で最も広い面積を持っている。親水空間や芝生空間、樹林空間が存在する。また地域住民のレクリエーション活動や憩いの場、環境保全等の役割を持つ公園である。本研究の対象箇所は、公園内の土地被覆および植生条件の異なる5地点を選定して実施した。調査地点は、①タイル舗装上（日中影なし）、②中央芝生空間（日中影なし）、③樹木から構成される樹林空間（日中影あり）、④コンクリート舗装の駐車場（日中影あり）、⑤公園沿いの道路（日中影なし）である。調査期間は2025年7月28日16時20分より継続的に実施している。本論文では、現時点で取得可能であったデータを用いるため、2025年12月24日14時40分までに取得された観測データを解析対象とした。気温の観測には、温度計測データロガーTidbiT v2を用いた。各調査地点に同一機器を設置し、気温の連続観測を行った。TidbiT v2の記録間隔は10分とした。温度計測機器の設置高さについては、調査地点ごとの設置環境および予算上の制約により統一することができなかった。そのため、本研究では各観測地点において設置可能な位置に温度計を設置しており、設置高さは地点ごとに異なっているが気温の変化は大きくないものとしてデータを使用している。研究対象日の選定は降水がない日と一日の平均風速が4m/s以下の日とした。降水がある場合、地表面の湿潤状態や蒸発の影響により気温が大きく変動し、地表被覆条件による温熱特性の差が不明瞭になる可能性があるためである。また、風速が大きい場合には、空気の混合が促進され、局所的な気温差が緩和されることから、本研究では一日の平均風速が4 m/s以下の日を対象とした。平均風速については気象庁のAMeDASが設置されている神戸空港のデータを基にしている。研究対象日は8月1日から12月19日

の 62 日分のデータを使用した。また気温データについては、短時間の変動や観測ノイズの影響を低減するため、1 時間ごとの平均気温を算出して解析に用いた。なお、本研究では風向・風速や日照時間の違いによる影の影響については補正を行っていない。

## 3.2 空間情報解析

### 3.2.1 正規化植生指数(Normalized Difference Vegetation Index)の概要

正規化植生指標 (以下 NDVI) はリモートセンシングデータを用いて植生の分布や活性度を定量的に把握するための代表的な指標である。植生は可視光域の赤色光を光合成のために強く吸収し、近赤外域の放射を強く反射するという分光特性を有している。NDVI は、この植生特有の反射特性を利用して算出する。そして、NDVI は衛星画像から得られた近赤外線バンド(NIR)と赤色バンド(Red)を用いて以下の式で定義される。

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

一般に値が大きいほど植生の被覆度や活性が高いことを示す。正の値が大きい領域は樹林や芝生などの植生域を示し、0 付近の値は裸地や人工被覆面、負の値は水面などに対応することが多い。

### 3.2.2 利用画像データ

利用した衛星画像は、産業技術総合研究所が提供する Landsat 8 のデータである。そして Landsat8 から近赤外線バンド (Band 5) および赤色バンド (Band 4) を抽出した。使用する衛星画像の選定にあたっては、雲の影響を最小限に抑えることが望ましいが、雲量を厳しく制限すると解析対象日に該当するデータが確保できない可能性があった。そのため、本研究では解析可能な画像数を確保することを優先し、雲量 30%以下のデータを選定基準とした。また、本研究の対象期間において、2025 年の夏季および冬季に対応する Landsat 8 データが取得できなかったため、植生分布に大きな変化は生じないと判断し、2024 年の衛星画像を代替データとして使用した。2024 年 12 月 9 日のデータは雲量が 50%を超えているがポートアイランドの NDVI を解析する点で問題はないと判断した。なお、解析に際しては、雲および雲影が確認される画素については解析対象から除外し、NDVI 算出への影響を低減するよう配慮した。

## 4. 結果

### 4.1 現地調査

太陽高度の変化に伴い、各測点において気温の上昇が確認された。特に測点 5 では、午前中における気温の上昇が顕著であり、日射の影響を強く受けていることが示唆される。8 月から 12 月にかけて、すべての測点で共通した明瞭な日周期変動が確認され、早朝に低

温、日中に上昇し、夕方以降に低下する傾向を示した。

測点別にみると、地表被覆および日射条件の違いに応じて、日中の気温水準に差が認められた。森林に位置する測点では日中の気温が相対的に低く推移する傾向が確認された。一方、人工被覆面を有する測点では、日中に高い気温を示す傾向が見られた。

夜間の気温については、夏季（8月・9月）には測点間の差がほとんど認められなかった。一方、冬季（11月・12月）では、森林に位置する測点3が最も高い気温を示しており、植生による保温効果の可能性が示唆される。

7～10時の気温上昇率および17～20時の気温低下率を比較した結果、地表被覆および日射条件の違いによる明瞭な差が確認された。月ごとの平均気温差はいずれの月においても約10℃前後であり、大きな差は見られなかった。

森林および日陰条件下にある測点（森林、駐車場）では、朝の気温上昇率および夕方の気温低下率がともに小さく、昇温・冷却が緩やかであることが示された。これに対し、日射の影響を直接受けやすい測点（道路・タイル・芝生）では、朝の気温上昇率および夕方の気温低下率が大きく、短時間で昇温・冷却する傾向が明瞭であった。

さらに、月ごとの平均気温差を1とした相対値で比較すると、測点1、2、5では気温差が大きく、測点3、4では小さい値を示した。これらの結果から、人工的・半人工的被覆面、日陰を有しない地点では気温変化が大きくなる一方で、樹木の存在やその存在による日陰条件を有する地点では気温変化が抑制される傾向が確認された。

#### 4.2 空間情報解析

ポートアイランド全域をNDVIによって可視化した結果、島内における植生分布の空間的特徴が明瞭に把握された。ポートアイランド全域をNDVIによって可視化した結果、島内における植生分布の空間的特徴が明瞭に把握された。そして南公園で得られた気温データから、NDVIと気温の相関関係を調べた結果、8月の日中において相関が見られた。相関係数は $R=0.4\sim 0.5$ 程度の相関が得られた。相関をもとにポートアイランドの気温分布マップを作成した。図-4.1に13時頃のマップを示す。

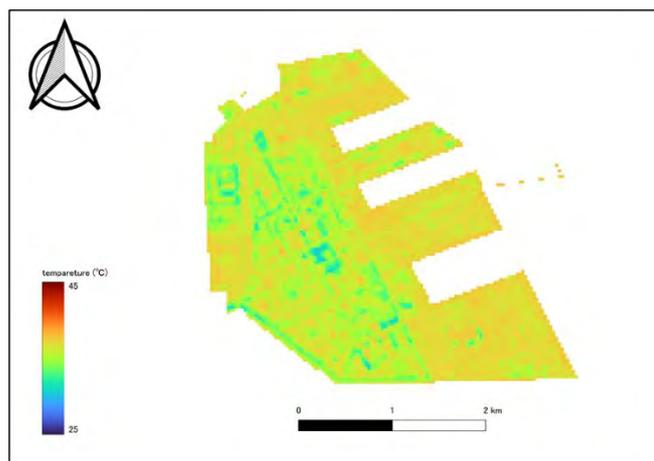


図-4.1 13時のポートアイランドの気温マップ

また、NDVI 値を 30%増加させた気温のマップと NDVI 値を 0.1 増加させた気温マップを作成した。次に、NDVI を増加させた試算結果（図 4.2、図 4.3）を比較すると、NDVI30%増（図 4.2）は暖色域の占める割合が大きく、島内の高温域がより広範に表現されるのに対し、NDVI を 0.1 増（図 4.3）は全体的な気温緩和を示し一部で寒色寄りの領域が見られるなど、増加させる方法（30%増か+0.1 か）によって気温分布の現れ方が異なることが分かる。以上より、本解析では、NDVI と気温の関係（8 月日中で  $R=0.4\sim 0.5$  程度）を踏まえた空間推定により、高温域がどこに連続して現れ、低温域がどの区域に対応するかを島スケールで把握でき、さらに植生量の変化を仮定した場合でも、気温分布の変化が一様ではなく、設定した増加条件によって空間パターンが変わることが示された。



図-4.2 NDVI 値を 30%増のマップ

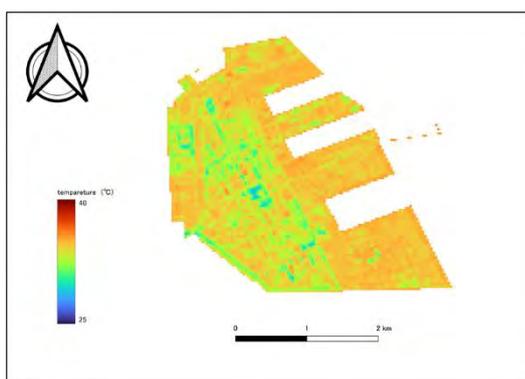


図-4.3 NDVI 値を 0.1 増のマップ

## 5. 考察

高温域が島内の一部に連続して現れる一方、低温域は植生が相対的に多い区域に対応して現れることが、島スケールで直観的に把握できる形で提示された。さらに、NDVI 増加

(30%増、+0.1 増) を仮定したシナリオマップを作成することで、緑の増加が気温分布に与える影響を「島全体のどこで、どの程度変化し得るか」という空間的観点から説明可能となった。以上のような“見える化”は、緑化を単なる景観整備としてではなく、暑熱環境の緩和に資する都市機能として理解させる啓発素材となり得る。すなわち、本研究で示した高温域・低温域の空間配置と緑化シナリオの比較は、神戸市が進める木陰創出や緑の質の向上に関して、「優先的に対策すべき場所の条件」や「緑を配置する意義」を市民にわかりやすく伝える根拠を提供し、緑の普及・啓発の説得力を高める基礎情報として位置づけられる。

## 6. 引用文献、参考文献

- 1) 神戸市：神戸市地球温暖化防止実行計画 - KOBE ゼロカーボン・チャレンジプラン  
[https://www.city.kobe.lg.jp/documents/8232/202303\\_ondankaplan.pdf](https://www.city.kobe.lg.jp/documents/8232/202303_ondankaplan.pdf)
- 2) 神戸市：神戸木陰プロジェクト  
<https://www.city.kobe.lg.jp/a51321/kurashi/machizukuri/park/oshirase/kokage.html>
- 3) 神戸市：緑の基本計画の改定について  
<https://www.city.kobe.lg.jp/documents/22339/230210toshin.pdf>