

## 都内再開発地における都市緑地成長前後の暑熱環境調査

瀬戸芳一・崔麗華・國分優孝・上野広行

\*\*\*\*\*

【要約】2019年と2021年に引き続き、市街地再開発地区を対象として、2023年の夏季2ヶ月間、環境計測センサによる気温常時計測を実施し、ヘリコプター搭載サーモカメラによる地表面温度計測を行うことで、再開発に伴う都市緑地創出及び成長前後の暑熱環境の実態を把握した。さらに、熱流体解析モデルによる暑熱環境シミュレーション結果から、最高気温出現時において緑地創出後の体感温度が低下することが示された。

\*\*\*\*\*

【キーワード】都市再開発、緑化、暑熱環境、WBGT、熱流体シミュレーション

### 【目的】

グリーンインフラは、地球温暖化やヒートアイランド現象による東京の暑熱化に対処するための費用対効果の高い手段の一つと考えられる。本研究は、再開発による都市緑地創出及び成長前後の暑熱環境改善効果を定量的に明らかにし、都市緑化等による暑熱環境対策の推進に資する科学的知見を得ることを目的とする。本稿では、2023年夏季に北青山三丁目再開発地区（現名称：ののあおやま）及び四谷駅前再開発地区（現名称：コモレ四谷）を対象に実施した暑熱環境調査の結果を報告する。

### 【方法】

ののあおやまとコモレ四谷において、2023年7月末から9月末までの約2ヶ月間、昼夜連続でIoT環境計測センサ（Sens’it V3；STMicroelectronics製HTS221温湿度センサ）による気温の常時計測を、2019年と2021年に引き続いて実施した。このセンサは手の平サイズであり、バッテリー駆動かつデータ送信機能内蔵である。再開発地内部と隣接市街地の複数箇所において、地上約1.5mの高さにセンサを設置し、1時間間隔で計測した。

また、ヘリコプターにサーモカメラ（日本アビオニクス製サーモレーサ TS7302）を搭載し、典型的な夏季晴天日となった8月の最高気温出現時間帯に、地表面温度（上向き赤外放射量）計測を実施した。飛行高度は約610m、計測データの解像度は1mであり、空撮映像を地図に合うように正射投影するオルソ幾何補正を施した。

さらに、熱流体解析モデル（アドバンスドナレッジ研究所製FlowDesigner）を使用し、建築物の3次元CAD（ゼンリン製3D都市モデルデータ）をモデルに組み込み、体感温度等の数値シミュレーションを行った。乱流計算にk-εモデルを適用した。気温、湿度、日射、地面・壁面からの輻射、風速等の計算に加え、再開発後のシミュレーションでは樹木の蒸散についても計算し、体感温度の一種であるWBGT（Wet Bulb Globe Temperature：湿球黒球温度）を一般に用いられている式（ $WBGT=0.7\times\text{湿球温度}+0.2\times\text{黒球温度}+0.1\times\text{気温}$ ）から求めた。

### 【結果の概要】

図1に、ののあおやまにおける気温計測結果を示す。期間中、晴天日が多かったため、最高気温が35℃を超えている日も多い。図2に、再開発地内の地点における北の丸公園（気象庁観測値）との気温差の出現頻度分布を示す。緑地成長後の再開発地内において相対的に低温となる頻度が増加し、高温となる頻度は減少傾向にあった。図3は、ヘリ搭載サーモカメラによる、ののあおやまにおける再開発前後の地表面温度の計測結果である。緑化範囲付近において竣工前（緑地創出前）と比較して緑地成長後に平均約10℃低下している。図4は、再開発前後のWBGTのシミュレーション結果である。再開発地においては、竣工前（緑地創出前）と比較して竣工後（緑地創出後）にWBGTが低下している。これには、建物高層化に伴う日陰形成や風速増大（ビル風）の効果に加えて、樹木の蒸散による気温低下や緑地創出に伴う木陰形成による黒球温度低下も大きく寄与していると考えられ、コモレ四谷においても同様の結果が得られた。2024年夏季においても、都内の再開発地区（調布・武蔵小山）を対象に緑地（樹木）成長後の暑熱環境計測とシミュレーションを実施しており、本稿で示した2地区の計測結果と比較することで、都市緑地創出による暑熱環境改善効果を定量的に示していく。

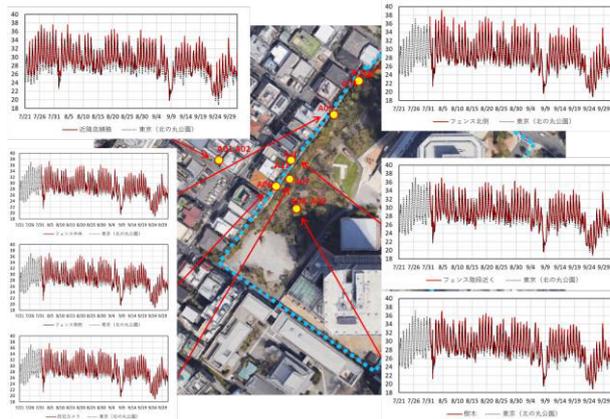


図1 ののあおやまと隣接市街地における気温(°C)計測結果(赤太線; 2023年7月31日~10月1日)。

青点線は再開発事業範囲。各グラフの黒線は気象庁観測による北の丸公園の気温。Google航空写真使用。

市街地で最低気温が高めであるが、日々の気温日変化が明瞭に現れており、気象庁観測値と整合している。

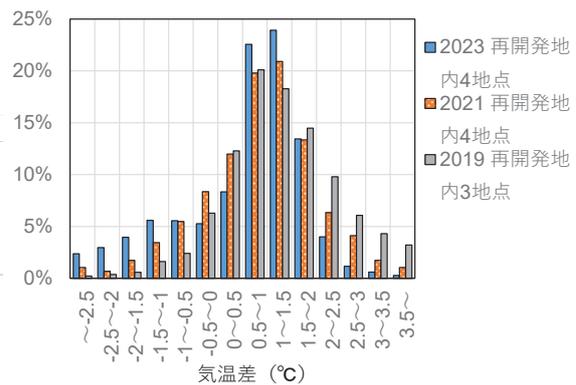


図2 ののあおやま再開発地内における北の丸公園との気温差(°C)の出現頻度分布(0.5°C間隔)。

青色: 緑地成長後(2023年), 橙色: 竣工後(2021年), 灰色: 竣工前(2019年)。

各年における日降水量1mm未満, 日照3時間以上の晴天日を対象とした。

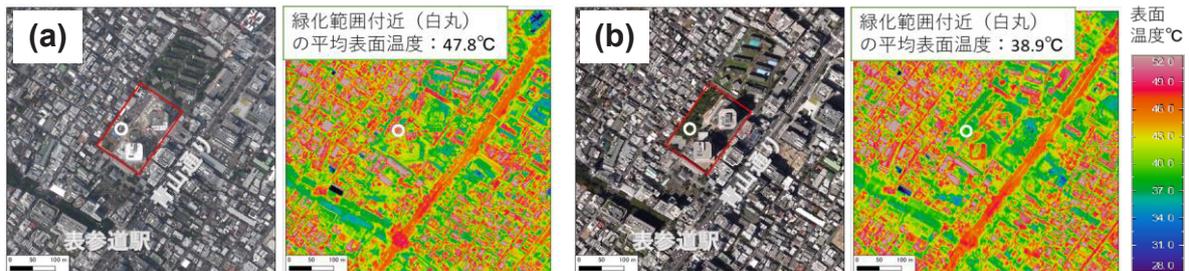


図3 ののあおやまとその周辺の(a)竣工前(2019年8月2日)と(b)緑地成長後(2023年8月25日)における航空写真(左)と地表面温度(°C)(右)。

へりによる計測(13時30分頃)。放射率は一律に1と仮定。赤色線は再開発事業範囲。

緑地成長後において、緑化範囲付近(白丸)で表面温度が大きく低下しており、再開発地付近では、高層ビル建設に伴い日陰が形成されている。

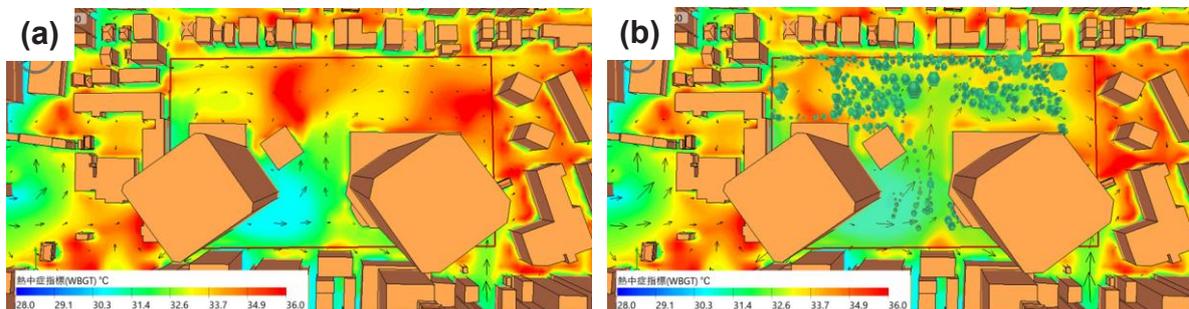


図4 ののあおやまとその周辺の(a)竣工前(緑地創出前)と(b)竣工後(緑地創出後)における地上1.5mのWBGT(°C)のシミュレーション結果(2019年8月2日13時30分)。

ベクトルは風向風速。初期時刻: 同日9時00分。境界条件: 北の丸公園における気象庁観測値。計算領域: 東西1,500m×南北1,500m×鉛直180m。格子間隔: 3m。赤色線は再開発事業のおおよその範囲。

緑地創出に伴う樹木の日陰形成による黒球温度低下等の影響により、再開発地のWBGTは竣工前(緑地創出前)と比較し竣工後(緑地創出後)に低下している。