

# ヒートアイランド対策としての汐留地区における 下水再生水の路面散水の実験結果

## 1. 調査内容

下水再生水の保水性舗装への路面散水による路面温度や気温の低減効果を計測するとともに、散水による通行者の快適性の向上を調査しました。また、散水による路面からの顕熱移動量（地表面から大気への熱移動）の低減や、潜熱輸送量（水の蒸発熱）の増加効果を評価しました。

### ①調査期間

平成 17 年 8 月 1 日（月）～9 月 22 日（木）

### ②調査場所

汐留土地区画整理事業地区のうち、再生水による路面散水施設（暫定施設）が設置されている箇所（1～3ブロック）及び比較対象として散水施設の無い箇所（4ブロック）において調査を行いました（図-1）。

### ③調査概要

散水時刻、散水時間、散水量について、通常ケース（平成 17 年度に東京都が実施している散水パターン）と、ケース 1～4（表-1）の各条件の下、散水量、舗装内温度（深さ約 2.5cm）、気温・湿度、WBGT<sup>注</sup>、日射量、赤外放射量、舗装面含水率、サーモグラフィによる温度分布等を計測しました。

### 【注】WBGT（熱中症指標）について

WBGTは、人体の熱収支に影響の大きい湿度、輻射熱、気温の3つをあわせて評価する指標であり、乾球温度、湿球温度、黒球温度の値を使って計算されます。また、ヒートアイランド現象による環境影響のうち、熱中症の発生数を評価する指標として、最高気温とともに「ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書」（平成16年3月環境省）に例示されています。

WBGTに関しては、表-2のとおり、熱中症予防のための運動指針が提示されています。

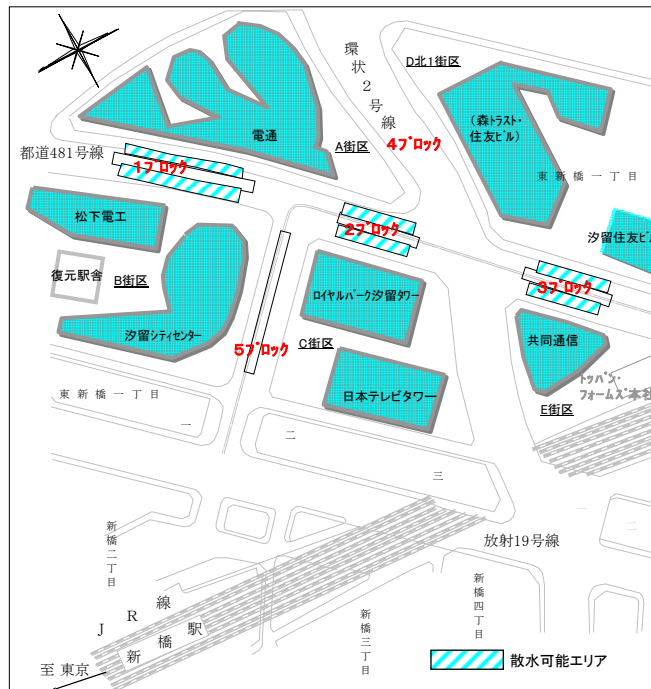


図-1 調査対象地区（汐留土地区画整理事業地区）

表-1 散水時刻・時間・散水量の条件

	散水時刻	散水時間	散水量（実績）
通常	6：30～6：50	20分	2.7m <sup>3</sup> /日
ケース1	8：00～8：20	20分	2.7m <sup>3</sup> /日
ケース2	8：00～8：20	20分	5.2m <sup>3</sup> /日
	11：00～11：10	10分	
ケース3	16：00～16：10	10分	5.3m <sup>3</sup> /日
	8：00～8：10	10分	
	11：00～11：20	20分	
ケース4	16：00～16：10	10分	0m <sup>3</sup> /日
ケース4	散水無し	0分	0m <sup>3</sup> /日

表-2 熱中症予防のための運動指針（日本体育協会(1994)）

気温(参考)	WBGT温度	熱中症予防のための運動指針	
35℃以上	31度以上	運動は原則中止	WBGT温度が31度以上では、皮膚温より気温の方が高くなる。特別の場合以外は運動は中止する。
31～35℃	28～31度	厳重警戒	熱中症の危険が高いため激しい運動や持久走など熱負担の大きい運動は避ける。運動する場合には積極的に休息をとり水分補給を行う。体力低いもの、暑さに慣れていないものは運動中止。
28～31℃	25～28度	警戒	熱中症の危険が増すので、積極的に休息をとり、水分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休息をとる。
24～28℃	21～25度	注意	熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに運動の合間に積極的に水を飲むようにする。
24℃まで	21度まで	ほぼ安全	通常は熱中症の危険性は小さいが、適宜水分の補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

（国立環境研究所ホームページより引用）

## 2. 調査結果

### (1) 散水による舗装内温度の低減効果

保水性舗装（1ブロック）のうち非散水部分の舗装内温度変化が概ね類似する日を選び、散水実施区間（1-C-N）と散水未実施区間（1-W-N）の舗装内温度について、ケースごとに比較しました。その結果、以下のような知見が得られました（図-2）。

- ・朝散水の効果（図-2①：ケース1, 2, 3）：散水箇所の舗装内温度は、午前中は気温程度に低減しました。
- ・昼散水の効果（図-2②：ケース2, 3）：散水箇所の舗装内温度は、散水時間中に低減しました。
- ・舗装内温度のピーク低減効果（図-2③：ケース1, 2, 3）：昼の舗装内温度のピーク値は、散水箇所が非散水箇所に比べ低減しました。
- ・夕方散水の効果（図-2④：ケース2, 3）：夕方以降、非散水箇所の舗装内温度は翌朝まで気温より2～3℃程度高い一方、夕方散水した場合、散水箇所の舗装内温度は翌朝まで気温と同じ程度まで低減しました。
- ・散水の翌日への持続性（図-2⑤：ケース1, 2）：散水の翌日に散水を行わず、晴天となった時のピーク温度の傾向は、非散水2日目に観測したケース4の傾向（図-2③）と同様でした。したがって、散水量・時刻に関わらず、散水の効果は翌日朝以降は低下することが示されました。

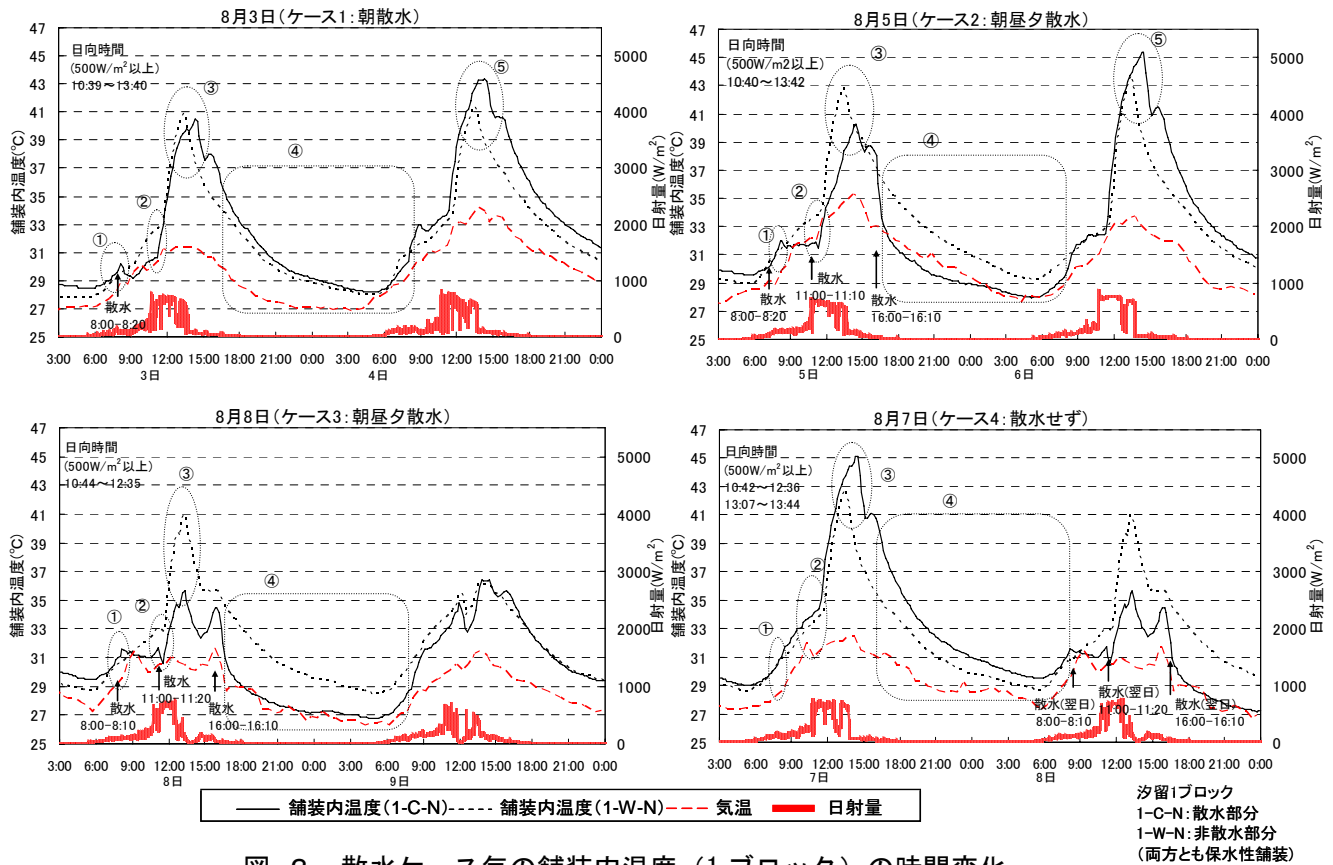


図-2 散水ケース毎の舗装内温度（1ブロック）の時間変化

### (2) 散水による気温、熱中症指標（WBGT）の低減効果

図-3に、ケース3（8月8日）における非散水箇所（4ブロック）と散水箇所（1ブロック）の気温、WBGTを比較した結果を示します。なお、気温、WBGTは、高さ0.5mにおいて、ハンディ型WBGT計により測定したものです。

気温、WBGTともに、散水箇所は非散水箇所に比べ低くなる傾向が見られました。WBGTについては、熱中症予防のための運動指針（p.3注参照）において「嚴重警戒」（28～31度）となる時間が、7時間から3時間へ減少しており、歩行者への快適性が向上していることが示されました。

ただし、各ブロックごとに日射や風速等の条件の違いがあるため、こうした効果に散水がどの程度寄与しているかを解明するためには、今後データを蓄積することが望まれます。

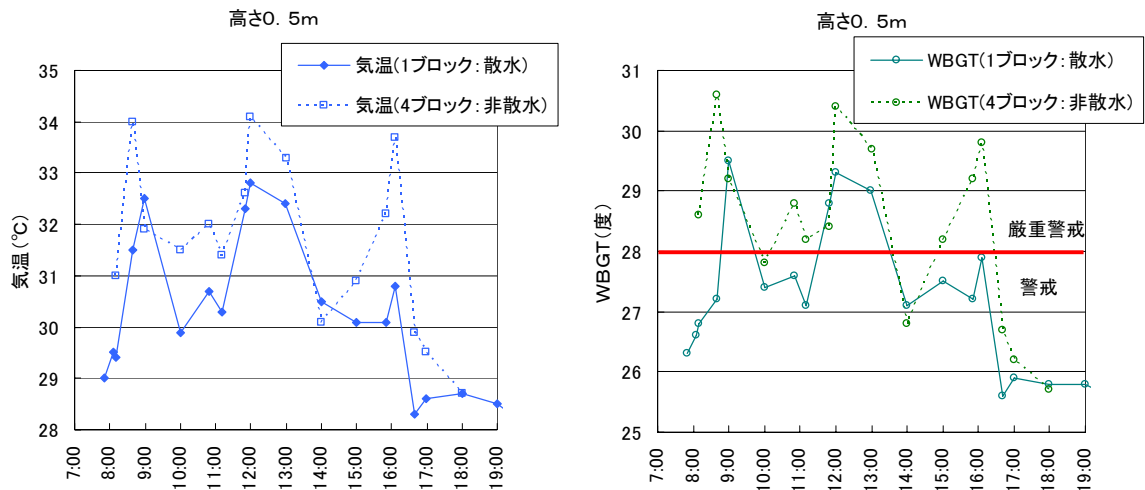


図-3 散水箇所と非散水箇所の気温、WBGTの比較 (8月8日)

### (3) 散水による顕熱輸送量の低減、潜熱輸送量の増加効果

ヒートアイランド現象の原因として、都市化が進んだ結果、コンクリートやアスファルト等で覆われる地表面積の増加(地表面被覆の人工化)が挙げられます。実際に、環境省の「ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書」(平成15年3月)によれば、東京23区では自然的土地利用(水面、裸地・草地)が人工的土地利用(建物、舗装)に変化した結果、対流顕熱(大気が地表面から温められる際の熱移動量)が増加し、蒸発潜熱(水の蒸発熱)が減少しているなど、熱収支の変化が指摘されています。

そこで散水時(ケース3)、非散水時(ケース4)における顕熱輸送量、潜熱輸送量を比較しました(図-4)。なお、顕熱輸送量はバルク法(注)により求め、潜熱輸送量は、路面からの蒸発量を実測した結果を用いて算出しました。

その結果、散水により舗装面温度が減少した結果、昼間(6時~18時)には顕熱輸送量が456kJ/m<sup>2</sup>から154kJ/m<sup>2</sup>へと約1/3に減少し、夜間(18時~0時)には顕熱輸送量が62kJ/m<sup>2</sup>から16kJ/m<sup>2</sup>へと約1/4に減少しました。一方、潜熱輸送量は、非散水時には0だったのに対し、散水時には舗装に蓄えられた水分の蒸発により、昼間(6時~18時)には1578kJ/m<sup>2</sup>、夜間(18時~0時)には252kJ/m<sup>2</sup>に増加しました。このように、保水性舗装への路面散水により、地表面被覆の人工化にともなう対流顕熱の増加・蒸発潜熱の減少などの熱収支が改善されることが期待されます。

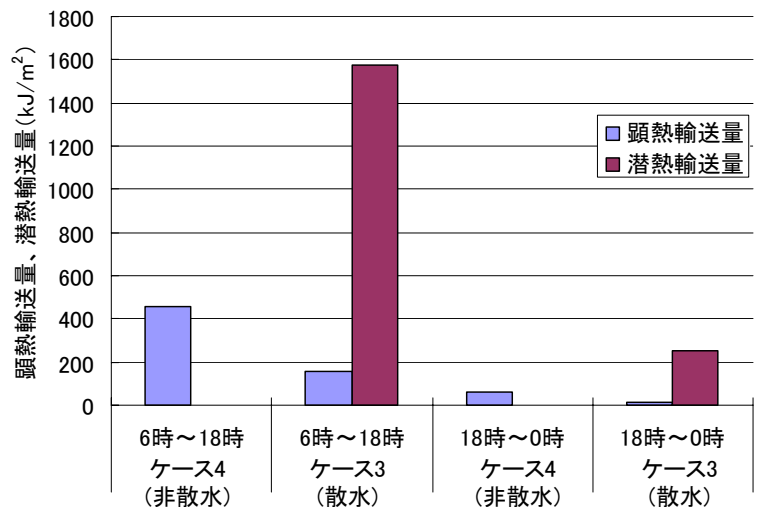


図-4 保水性舗装への散水の有無による昼間・夜間の顕熱輸送量、潜熱輸送量の比較

なお、顕熱輸送量の推定に必要な風速は10分間隔で測定していますが、現場でのビル風等一時的な強風を捉え切れていない可能性があり、さらに精緻な観測により現場の気象条件を評価することが求められます。

【注】 顕熱輸送量 = 空気の体積熱容量 (1.21 × 10<sup>3</sup> JK<sup>-1</sup>m<sup>-3</sup>) × 顕熱輸送のバルク輸送係数 (0.0015<sup>1)</sup>) × 風速 × (舗装面温度<sup>2)</sup> - 気温)

1) 近藤純正(1994)「水環境の気象学」p.137における「平らな裸地 観測高1m」の値を引用した。  
2) 舗装面温度は実測できなかったため、舗装内温度(深さ約2.5cm)を用いた。

### 3. まとめ

東京都汐留土地区画整理事業地区における実態調査により、再生水の散水による路面温度、気温、通行者の快適性に関する指標であるWBGTの低減効果が示されました。また、散水による路面からの顕熱移動量（地表面から大気への熱移動）の低減、潜熱輸送量（水の蒸発熱）の増加が確認され、保水性舗装への路面散水により、地表面被覆の人工化にともなう対流顕熱の増加・蒸発潜熱の減少などの熱収支の改善が期待できることが示されました。