

ヒートアイランド抑止技術の共同研究に関する報告

—等々力緑地駐車場の保水性舗装における夏季調査結果—

Report of Joint Research for the Environmental Technique against Heat Island Phenomena
-Results of Summertime Survey for Water Holding Pavement in the Parking Lot of Todoroki Green Park-

竹内 淨 Jo TAKEUCHI 石田 哲夫 Tetsuo ISHIDA 梶 一成 Kazushige MASAKI
上坂 弘 Hiromu KOSAKA 小倉 隆 Takashi OGURA

要旨

中原区等々力緑地に施工した保水性舗装について、その路面温度低減効果を中心とした夏季集中調査を行った。その結果、保水性舗装（100%）の路面温度低減効果は、平均路面温度で4℃程度、日最高路面温度では10℃程度であることが分かった。散水後の保水効果は、保水性舗装（60%）では散水後2.5日程度、保水性舗装（100%）では散水後1週間程度持続すると考えられた。日射の測定結果から、保水性舗装（100%）は、日射の反射率（アルベド）が他の舗装よりも高く、反射効果によって、地表が日射により暖められることを抑制していると考えられた。長波放射の測定結果から、保水性舗装（100%）は、路面温度の低下により、上向き長波放射量が他の舗装よりも少なく、大気への放射を抑制していると考えられた。

キーワード：保水性舗装、ヒートアイランド現象、等々力緑地

Keywords: Water holding pavement, Heat island phenomena, Todoroki green park

1 はじめに

川崎市公害研究所では、産学官による環境技術に関する共同研究事業を推進している。この一環として、平成18年度に市内に保水性舗装実験施設を整備し、平成19年度からJFEスチール株式会社及び国立環境研究所とともに、ヒートアイランド対策技術としての評価を行っている。本研究では、平成19年度夏季に行った調査の結果について、保水性舗装の路面温度を中心に報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

実施施設は、図1の川崎市中原区等々力緑地の駐車場であり、図2のように保水性舗装2種類（各280m²）及

び排水性舗装（360（175+185）m²）を厚さ5cmで施工した。

保水性舗装は、JFEスチール株式会社が高炉スラグを原料として開発した保水材「ロードクール」¹⁾を、舗装の空隙に充填したものである。その効果は、降雨後に保持された水分が晴天時に蒸発し、気化熱によって路面温度の上昇を抑制することである。ここでは、保水材を舗装の空隙に対して60%及び100%充填した2種類とした。排水性舗装は、舗装の空隙を充填せず、水はけのよい舗装であり、保水性舗装との比較に用いた。なお、排水性舗装のうち、今回の実験で使用した範囲は図2左下側の175m²である。



図1 等々力緑地駐車場

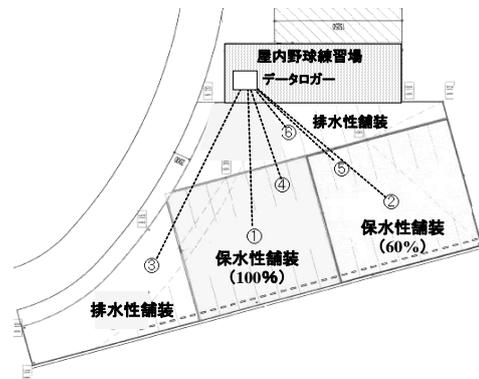


図2 保水性及び排水性舗装の施工図
(地点①、②及び③：機器設置位置)

2.2 調査期間

平成19年8月3日5時～6時の間に、駐車場の舗装面735 m² (保水性舗装280 m²×2+排水性舗装175 m²) に4,000Lの散水を行い、9日まで路面温度等の以下の項目について測定した。

2.3 測定項目、測定機器

路面温度：舗装の表面から2cmの位置に熱電対（K型熱電対温度計）を設置して測定した。熱電対の温度データは、図2のデータロガー（㈱キーエンス製NR-1000）に記録した。

日射量、長波放射量：各舗装路面から1.5mの高さに、放射計（Kipp&Zonen製CNR1）を設定して測定した。

気温：各舗装路面から0.5m、1.0m及び1.5mの高さに、データロガー付温度計を設置して測定した。

3 結果及び考察

3.1 路面温度

3.1.1 平均路面温度

表1 各舗装の路面温度（σ：標準偏差）

温度	排水性舗装	保水性舗装 (60%)	保水性舗装 (100%)
平均温度±σ	39.8±9.1℃	39.7±9.1℃	35.9±6.3℃
最高温度	59.9℃	60.1℃	50.0℃
最低温度	28.7℃	27.6℃ </td <td>27.4℃</td>	27.4℃

散水後1日目～7日目の各路面温度の結果を、表1及び図3に示した。

表1より、平均路面温度は、排水性舗装と保水性舗装(60%)が同程度であったが、保水性舗装(100%)は排水性舗装よりも4℃程度低かった。また、図3より、3種類の舗装の路面温度は、散水後の時間経過とともに徐々に上昇する傾向がみられたが、保水性舗装(100%)の路面温度は常に最も低かった。

図3より、保水性舗装(60%)の路面温度は、散水後

1日目～3日目の間で徐々に排水性舗装の路面温度に近づき、散水後4日目以降では排水性舗装と同程度の温度となっていた。

3.1.2 日最高路面温度

図3より、12時～14時頃に観測される日最高路面温度は、保水性舗装(100%)で41.8℃～50.0℃、保水性舗装(60%)で45.3℃～60.1℃、排水性舗装で51.6℃～59.9℃であった。また、保水性舗装(60%)の日最高路面温度が、散水後4日目に排水性舗装と同程度になるのに対して、保水性舗装(100%)の日最高路面温度では、排水性舗装よりも10℃程度低い状態で散水後7日目まで継続した。

3.1.3 路面温度における保水効果と反射効果

図3より、18時～翌日6時までの保水性舗装(60%)の路面温度変化をみると、散水後1日目では保水性舗装(100%)と同程度であるが、散水後2日目では、排水性舗装と保水性舗装(100%)の間の温度となり、散水後3日目には排水性舗装と同程度になっていることが分かった。日最高路面温度は、散水後3日目で排水性舗装と保水性舗装(60%)で1.4℃の差があるが、散水後4日目には同程度であることから、散水後3日目の午後以降に保水性舗装(60%)の保水効果は失われたと考えられた。

今回の実験で使用した保水材は白色であり、保水性舗装(100%)が最も白みが強かった。高橋ら²⁾は、保水性舗装の路面温度低減効果には、保水による効果だけでなく、日射の反射による効果も含まれることを報告している。図3より、散水後1日目の保水性舗装(100%)と保水性舗装(60%)が十分に保水していると仮定すると、両保水性舗装の色による反射効果の違いは、散水後1日目の日最高路面温度の差から、最大で3～4℃程度と考えられた。

また、図3より、保水性舗装(100%)と排水性舗装の日最高路面温度の差は、散水後7日目まで一貫して10℃程度であることから、保水性舗装(100%)は反射効果とともに持続した保水効果を示していると考えられた。

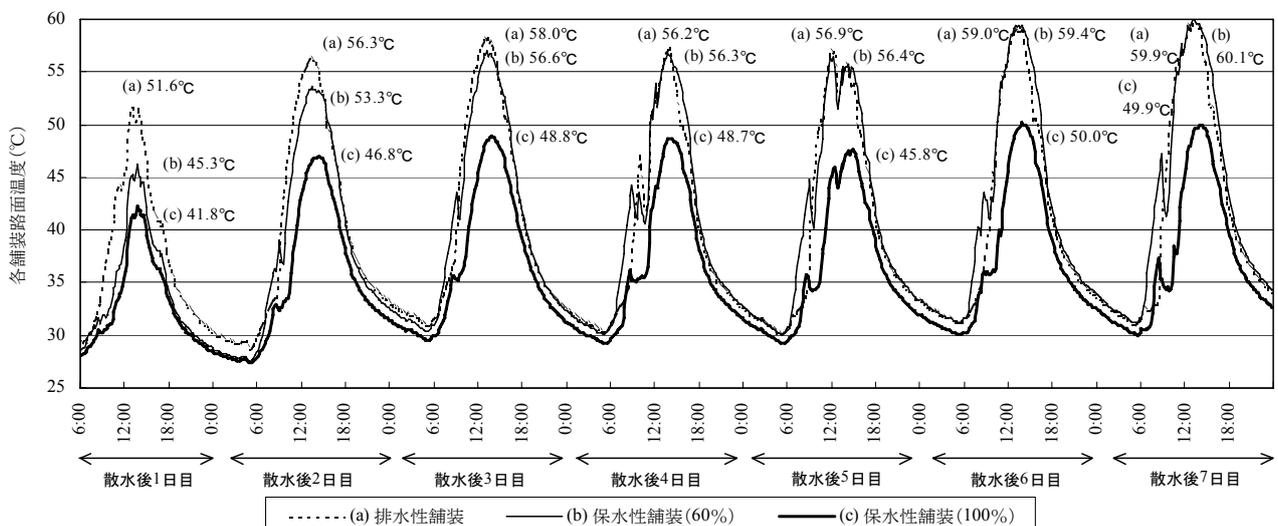


図3 舗装路面温度の経時変化（図中の数字は日最高路面温度）

表 2 日射量、長波放射量の測定結果、並びに、舗装路面のアルベド及び赤外放射率

調査日	舗装の種類	全天日射量 R^S_{\downarrow}	反射日射量 R^S_{\uparrow}	下向き長波放射量 R^L_{\downarrow}	上向き長波放射量 R^L_{\uparrow}	舗装路面のアルベド α^3	舗装路面温度による理論長波放射量 σT^4 ^{*4}	舗装路面の赤外放射率 ^{*5}
		(W/m^2) ^{*1}	(W/m^2) ^{*1}	(W/m^2) ^{*2}	(W/m^2) ^{*2}	$R^S_{\uparrow}/R^S_{\downarrow}$	(W/m^2) ^{*2}	$R^L_{\uparrow}/\sigma T^4$
散水後 1日目	排水性舗装	401	25	432	521	0.06	531	0.98
	保水性舗装(60%)	415	36	432	508	0.09	509	1.00
	保水性舗装(100%)	406	76	429	483	0.19	499	0.97
散水後 2日目	排水性舗装	490	31	437	529	0.06	541	0.98
	保水性舗装(60%)	532	50	438	526	0.09	532	0.99
	保水性舗装(100%)	517	100	435	496	0.19	510	0.97
散水後 3日目	排水性舗装	469	27	439	536	0.06	551	0.97
	保水性舗装(60%)	504	48	439	535	0.09	549	0.97
	保水性舗装(100%)	489	95	436	502	0.19	522	0.96
散水後 4日目	排水性舗装	420	24	427	527	0.06	541	0.97
	保水性舗装(60%)	473	46	427	529	0.10	545	0.97
	保水性舗装(100%)	456	89	425	500	0.20	518	0.96
散水後 5日目	排水性舗装	467	29	427	531	0.06	545	0.97
	保水性舗装(60%)	525	50	426	533	0.10	549	0.97
	保水性舗装(100%)	504	96	424	501	0.19	518	0.97
散水後 6日目	排水性舗装	475	29	435	537	0.06	551	0.98
	保水性舗装(60%)	528	51	434	540	0.10	558	0.97
	保水性舗装(100%)	510	101	432	506	0.20	525	0.96
散水後 7日目	排水性舗装	486	29	428	541	0.06	556	0.97
	保水性舗装(60%)	554	53	429	545	0.10	564	0.97
	保水性舗装(100%)	530	100	426	508	0.19	526	0.97

*1 6:00～17:50の10分値について、単位面積あたりのエネルギー積算値を時間で割った($W=J/s$)。
 *2 10分値について、単位面積あたりのエネルギー積算値を時間で割った($W=J/s$)。なお、8月3日は、6:00～11:50の10分値を使用。
 *3 ここでは、舗装路面に到達した日射のうちどの程度が反射されるかを示す。なお、地球のアルベドは、大気での反射も考慮し、0.30と見積もられている。
 *4 舗装路面を黒体としたときの放射量。黒体温度 $T(K)$ のときに $\sigma T^4(W/m^2)$ 。ここで、Stefan-Boltzmann定数 $\sigma=5.67 \times 10^{-8} W/m^2/K^4$ 。
 (黒体:物体は、その温度に応じた電磁波を放出するが、その温度で理論上最大のエネルギーを放射するとして仮想的な物体。)
 *5 放射率:物体からの放射が、どれくらい同温度の黒体放射に近いのかを示す。

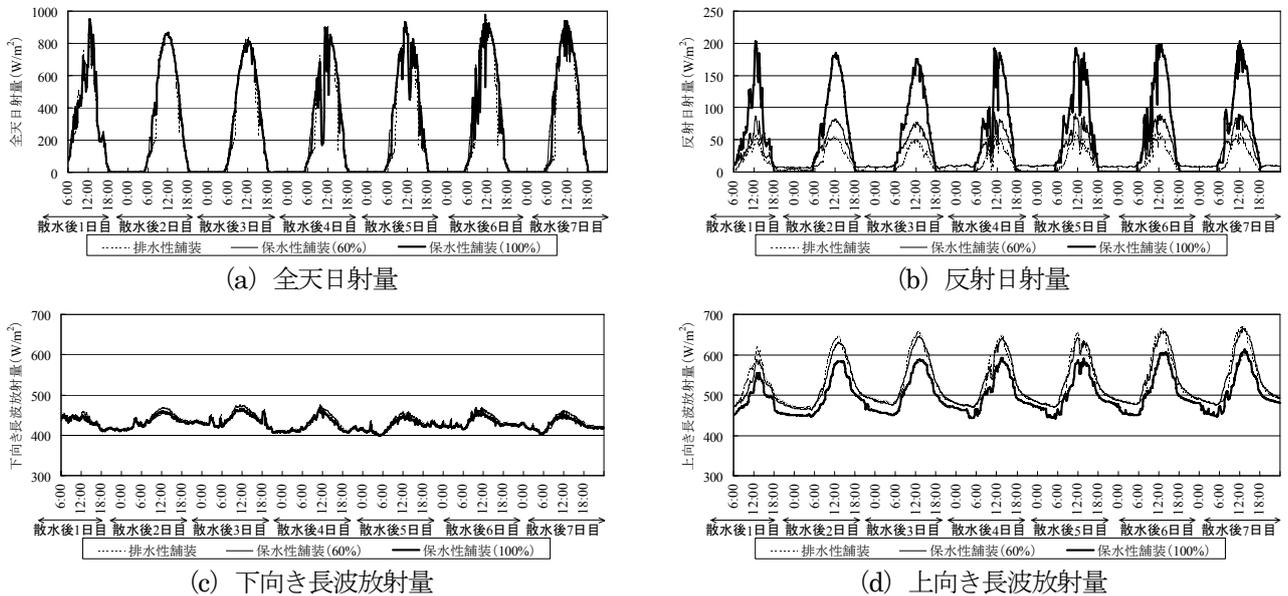


図 4 日射量、長波放射量の経時変化

3.2 日射量及び長波放射量

表 2 及び図 4 に日射量及び長波放射量の結果を示した。日射は、太陽放射、短波放射ともいうが、ここでは、下向きを全天日射(直達日射及び大気による散乱日射の合計)とし、上向きを地表による反射日射とした。長波放射は、地球放射、赤外放射ともいうが、ここでは、下向き及び上向き長波放射とした。

3.2.1 日射量からみた反射効果

表 2 及び図 4 (b) の反射日射量では、保水性舗装(100%)が最も高く、排水性舗装が最も低い傾向が顕著に見られた。表 2 の右側に示したように、反射日射量と全天日射量の比によって示す反射率アルベド(albedo)は、保水性舗装(100%)で 0.19~0.20、保水性舗装(60%)で 0.09~0.10、排水性舗装で 0.06 であり、全ての調査日でほぼ同じ値を示した。これは、3.1.3 節で述べたように保水材が白色であり、保水性舗装(100%)が最も白

いことと矛盾しない。これより、保水性舗装(100%)は、反射効果によって、地表が日射により暖められることを抑制していると考えられた。

3.2.2 長波放射量からみた放射抑制効果

表2及び図4(c)より、大気から地表への放射である下向き長波放射量は、各舗装において大きな違いはみられなかった。これに対して、表2及び図4(d)より、地表から大気への放射である上向き長波放射量は、保水性舗装(100%)が最も少ない傾向が顕著にみられた。

図3の各舗装路面温度を用いて、舗装路面を黒体と仮定して算出した理論長波放射量 σT^4 、並びに、その上向き長波放射量との比である赤外放射率を、表2右側に示した。表2より、各舗装の赤外放射率は概ね1に近く、これらの舗装路面は黒体として扱えるため、各舗装の上向き長波放射は、舗装路面温度の4乗に比例すると考えることができる。これより、保水性舗装の路面温度の低下は、大気への放射を抑制していると考えられた。

3.3 気温

各舗装路面から高さ0.5m、1.0m及び1.5mで測定した気温の結果について表3に、高さ0.5mにおける気温の経時変化を図5に示した。

表3より、全ての高さにおいて、各舗装による気温の明確な違いはみられなかった。また、図5より、最も路面に近い0.5m付近の気温でも、各舗装において経時変化に違いはみられなかった。

表3 各舗装付近の気温 (σ : 標準偏差)
(8月3日6:00~8月9日23:50)

観測高さ	温度	排水性舗装	保水性舗装(60%)	保水性舗装(100%)
0.5m	平均気温 $\pm\sigma$	31.1 \pm 3.9 $^{\circ}$ C	31.3 \pm 3.8 $^{\circ}$ C	31.1 \pm 3.9 $^{\circ}$ C
	最高気温	39.4 $^{\circ}$ C	39.2 $^{\circ}$ C	39.8 $^{\circ}$ C
	最低気温	25.4 $^{\circ}$ C	25.8 $^{\circ}$ C	25.7 $^{\circ}$ C
1.0m	平均気温 $\pm\sigma$	31.1 \pm 3.8 $^{\circ}$ C	31.1 \pm 3.8 $^{\circ}$ C	31.0 \pm 3.8 $^{\circ}$ C
	最高気温	39.3 $^{\circ}$ C	39.0 $^{\circ}$ C	38.9 $^{\circ}$ C
	最低気温	25.6 $^{\circ}$ C	25.5 $^{\circ}$ C	25.3 $^{\circ}$ C
1.5m	平均気温 $\pm\sigma$	30.9 \pm 3.7 $^{\circ}$ C	31.1 \pm 3.6 $^{\circ}$ C	31.1 \pm 3.8 $^{\circ}$ C
	最高気温	38.7 $^{\circ}$ C	38.8 $^{\circ}$ C	39.0 $^{\circ}$ C
	最低気温	25.4 $^{\circ}$ C	25.8 $^{\circ}$ C	25.3 $^{\circ}$ C

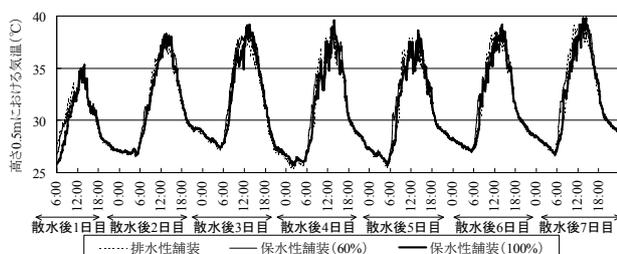


図5 高さ0.5mにおける気温の経時変化

小作ら³⁾は、保水性舗装及び一般的な密粒度舗装の路面から0.03m、0.21m、0.54m及び1.0mの各高さにおける気温を測定し、散水後の保水性舗装の高さ0.03m及

び0.21mにおいて、気温上昇が抑制されていることを報告している。舗装の施工面積にも関係するが、前述の報告を参考にすると、本施設においても、0.5mよりも低い観測高さにおいて測定することで、保水性舗装による気温低減効果を確認することができると思われる。

なお、顕熱、潜熱及び地中伝導熱による熱収支に関しては、共同研究において、国立環境研究所の分担となっている。

4 まとめ

- ・ 保水性舗装(100%)の路面温度低減効果は、平均路面温度で4 $^{\circ}$ C程度、日最高路面温度では10 $^{\circ}$ C程度であった。
- ・ 散水後の保水効果は、保水性舗装(60%)では散水後2.5日程度、保水性舗装(100%)では散水後1週間程度持続すると考えられた。
- ・ 保水性舗装(100%)は、アルベドが他の舗装よりも高く、反射効果によって、地表が日射により暖められることを抑制していると考えられた。
- ・ 保水性舗装(100%)は、路面温度の低下により、上向き長波放射量が他の舗装よりも少なく、大気への放射を抑制していると考えられた。

謝辞

共同研究でお世話になりました国立環境研究所の藤田壮室長、並びに、JFE スチール株式会社の高橋克則博士、八木竜一氏に深謝します。

参考文献

- 1) ロードクール: JFE スチール株式会社ホームページ、<http://www.jfe-steel.co.jp/products/slag/heat/index.html>
- 2) 高橋克則、藪田和哉: 高炉スラグを用いた保水材「ロードクール」による路面温度上昇抑制効果、JFE 技報、19、28-32 (2008)
- 3) 小作好明、春日井哲夫、橋本一郎、古賀睦、高根澤浩二: 保水性舗装に散水した場合の熱輸送量への効果、平成19年度東京都土木技術センター、165-176 (2007)