

ヒートアイランド対策技術公開検証結果 報告書

1 公開検証の趣旨

近年、都市化の進展に伴い、都市部の気温が郊外に比べて高くなるヒートアイランド現象の進行が顕著になっています。埼玉県では、その対策の一環として、県庁本庁舎南側敷地においてヒートアイランド対策技術公開検証を実施しました。

この公開検証では、平成18年度当初に、ヒートアイランド緩和に効果があると考えられる遮熱性舗装及び歩道等に利用する技術の技術公募を行い、検証対象として合計16技術を選定しました。遮熱性舗装等や電光掲示盤などを施工したのち、一般公開するとともに、平成18年8月6日から平成20年8月末日までの約2年1か月間、遮熱性塗装等を施工した路面の温度や気温等を継続的に観測しました。

この公開検証の目的は、各技術の性能を、継続的な観測によって同一条件下で比較、分析することにあります。同時に、県庁敷地を検証場所として活用し、こうしたヒートアイランド対策技術を多くの来訪者に見学していただくことでヒートアイランド対策への理解を深めることにあります。

このたび、観測期間を終了し、各技術の季節別の路面温度低減効果等を検証結果として取りまとめましたので報告します。

2 検証対象技術の選定

平成18年5月に、公開検証の対象とする、遮熱性舗装等のヒートアイランド対策技術を公募したところ、26社から39技術(複数応募した会社がある。)の応募がありました。これらの技術について、ヒートアイランド対策技術公開検証検討委員会(委員長:成田健一日本工業大学教授)の検討を経て、次のとおり検証対象技術を決定しました。

(1) 遮熱性舗装

既存の路面に塗布するだけで利用できる比較的手頃な技術であるということから、県庁敷地の既存のアスファルト面を利用し、遮熱性の塗料を塗布する技術を検証の対象としました。

応募数 : 19技術 (19社)
採用数 : 10技術 (4グループ、単独6) (16社)
実施企業 : (株)ガイアート T・K、(株) NIPPO コーポレーション、東洋ランドテクノ(株)、 福田道路(株)、(株)スガヤ、東京舗装工業(株)、大成ロテック(株)、世紀東急工業(株)、 東亜道路工業(株)、日本ペイント(株)、鹿島道路(株)、北川ヒューテック(株)、 ニチレキ(株)、大林道路(株)、前田道路(株)、日進化成(株)

(2) 歩道等に利用する技術

歩道や公園の散策路などに利用できる技術として、県庁敷地内の歩道部分を利用し、保水性舗装などの舗装技術を検証の対象としました。

応募数 : 20技術 (15社)
採用数 : 6技術 (6社)
実施企業 : 日本道路(株)、(株)佐藤渡辺、初雁興業(株)、クリスタルクレイ(株)、(株)アークノハラ、東亜道路工業(株)

3 対策技術等の施工

(1) 施工場所

当公開検証を広く県民の方々に見ていただくため、来庁者が自由に出入りでき、比較的目につきやすい県庁本庁舎の南側敷地を施工場所としました。

ア 遮熱性舗装

本庁舎南玄関正面の敷地(大型車臨時駐車場)



において、遮熱性舗装10技術を施工しました。施工は、既設の透水性アスファルト舗装(劣化はなく均一の仕上げ)の上に遮熱性塗料を塗布しました。

イ 歩道等に利用する技術

本庁舎南玄関の東側の歩道において、ブロック系2技術(アークサンドブロック舗装、保水性セラミックブロック舗装)、木質舗装1技術(セメント系木質舗装)、保水性舗装1技術(半たわみ型保水性舗装)の計4技術を施工しました。

温度センサーは、舗装表面から1cmの深さに設置するため、ブロック系についてはドリルで穴を開け、木質舗装及び保水性舗装については、かぶり厚さが1cmとなるように舗装しました。

また、本庁舎南玄関の西側の歩道において、水性遮熱性舗装2技術を施工しました。ここでは、施工性の理由から、既設のモルタルコンクリート面上に直接塗料を塗布しました。



技術名	技術の概要
A~J 遮熱性舗装	舗装面に樹脂性の塗料などを塗布することにより、日射エネルギー量の約半分を占める近赤外線域を反射させる技術で、主に車道や駐車場などで利用できる。
K アークサンドブロック舗装	焼却灰を再燃成して無害化した後、セメント等で固化した再生材を使用
L 保水性セラミックブロック舗装	ガラス、陶磁器の廃材を主原料とした燃成ブロックを使用。
M 半たわみ型保水性舗装	アスファルトの空隙部に鉱物質保水材を充填し、気化熱を奪って表面温度の上昇を抑える技術
N セメント系木質舗装	間伐材や家屋廃材等のチップをセメントなどで固化したものを使用
O~P 水性遮熱性舗装	水性塗料を塗布し近赤外線域を反射させる技術で、主に歩道や公園の通路などで利用できる。

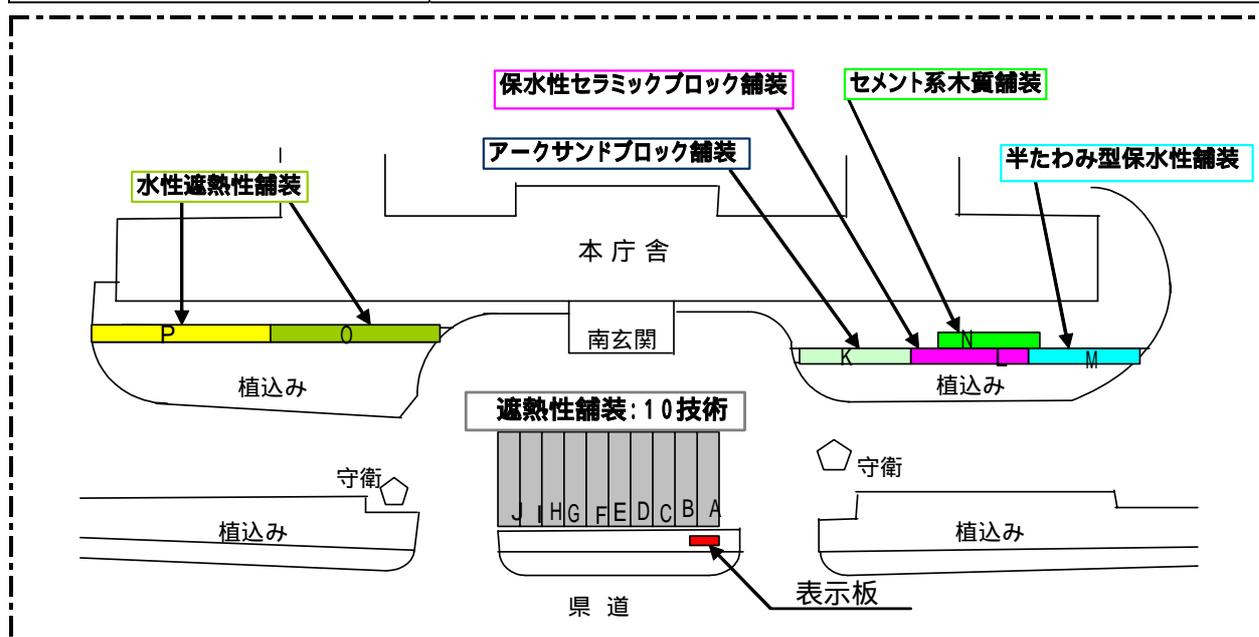


図1 対策技術の概要と施工場所位置図(県庁南側敷地)

(2) 温度センサー

今回の施工場所は範囲が広く、それぞれのデータを電光掲示盤に集約する必要がありました。また、舗装面上を車輛や歩行者が通行するため、これによる破損を防ぐとともに、長期間安定した計測を可能とするため、センサーは白金測温抵抗体を使用し、舗装表面から1cmの深さに設置しました。



(3) 電光掲示盤

当公開検証では、各舗装技術の効果や内容などを県民の方々に分かりやすく紹介するため、各技術及び対照地点(普通の透水性アスファルト)の路面温度を電光掲示盤を設置し、表示しました。



(4) 舗装面の明度について

遮熱性舗装の塗料については、一般に明度が高い方が遮熱効果は高いとされていますが、明るすぎる路面は交通安全上好ましくないため、各技術とも(明度 40%)を基準としました。

なお、歩道等に利用する技術については、車道と異なり耐荷重や安全性などの影響が少ないことから、特に明度の制限を設けていません。

明度

白を100、黒を0とし、その中間の色の明度を100分率で表示するもので、数字が100に近いほど明度が高い。

(5) その他

遮熱性舗装については、既設の透水性アスファルト面を利用して10技術を施工するため、アスファルト面の温度が均一であることを事前にサーモグラフで確認しました。なお、平成19年10月に標準温度計との温度センサーの校正及び計測値の取込状況等を検査した結果、計測システムの機能が正常であったことを確認しました。

4 路面温度の計測方法等

(1) 温度センサーによる計測・記録

遮熱性舗装10技術、歩道等に利用する6技術と対照するための通常の透水性アスファルト2か所(以下、「基準点」という。)の計18箇所の路面温度を10分間隔で記録しました(毎記録時前1分間の平均値を記録)。

観測開始日は平成18年8月6日で、観測終了日は平成20年8月31日です。

(2) 気温・湿度の測定

本庁舎東玄関前において、壁掛け式百葉箱の中に温度計とデータロガーを設置し、10分間隔で気温及び湿度を記録しました。ただし、気温が欠測の場合は、アメダス(さいたま市桜区)の気温で代替しました。

日照時間、雨量については、観測しなかったため、必要に応じアメダスのデータを活用しました。

(3) 明度補正の有無

遮熱性舗装10技術については、施工後、明度を測定したところ、一部低いものはありましたが、ほとんどの技術が条件の40近辺だったことから、明度補正は行いませんでした。

5 検証期間の設定

(1) 平成19年度の4季節の約1ヶ月間

各技術の季節ごとの効果を検証するために、19年度の4シーズンについて、概ね1ヶ月間の検証期間を設定しました。欠測があるため、連続していない期間があります。

表1 各季節の設定期間

季節	期 間	日 数
19年春	19/3/29 ~ 4/10, 4/17 ~ 4/30	27日間
19年夏	19/8/1 ~ 8/31	31日間
19年秋	19/9/20 ~ 10/2, 11/22 ~ 11/30	22日間
19年冬	19/12/3 ~ 12/5, 12/14 ~ 12/27, 20/1/18 ~ 1/31	31日間

(2) 各季節の代表日の抽出

ヒートアイランド対策の効果を検証するという視点では、日射の多い日とその効果を分析するのに適しています。そこで、季節別の変化及び夏季の経年変化を把握するため、次の基準により約2年間の全データの中から8期間の代表日を選定し、そのデータの検証を行いました。

表2 各季節代表日選定の基準

天 気	日照時間が概ね8時間以上の晴天日
気 温	概ね春季17 ~ 26、夏季34 ~ 36、秋季24 ~ 27、冬季6 ~ 12

基準に照らし、次のとおり8季節の代表日を5日間(H19年秋季、H夏季20は4日間)選定しました。なお、路面温度計測場所は駐車場として使用されることがあるため、駐車実績のない日を選定しました。

H18年夏季: 8 / 5 ~ 9 / 5	8 / 6, 7, 10, 29, 9 / 5
H18年秋季: 10 / 1 ~ 10 / 31	10 / 9, 10, 12, 16, 19
H18年冬季: 1 / 1 ~ 1 / 31	1 / 5, 9, 10, 15, 25
H19年春季: 3 / 29 ~ 5 / 3	3 / 29, 4 / 21, 27, 29, 30
H19年夏季: 8 / 1 ~ 31	8 / 4, 10, 14, 20, 21
H19年秋季: 9 / 20 ~ 11 / 30	9 / 20, 21, 22, 28
H19年冬季: 12 / 1 ~ 1 / 31	12 / 5, 16, 24, 1 / 25, 27
H20年夏季: 8 / 1 ~ 31	8 / 7, 8, 14, 15

(3) 夏季の抽出月間

ヒートアイランド現象による影響の大きな夏季の概ね1ヶ月間については、平成18年、19年、20年の3期について、検証を行いました。年によって気象条件が異なり各年の間の比較は困難ですが、全体の傾向を把握するために設定したものです。

表3 夏季の設定期間

年	期 間	日 数
18年	18/8/6 ~ 9/5	31日間
19年	19/8/1 ~ 8/31	31日間
20年	20/8/1 ~ 11, 8/13 ~ 26, 8/28 ~ 31	29日間

(4) 天候による効果の違いの検証

平成20年8月のデータから気温、雨量、日射量を考慮し3日を選択しました。

(5) 歩道等に利用する技術の保水性能の検証

保水性能が期待できる技術(K ~ N技術、計4技術)について、平成18年、19年、20年の夏季の3期について、検証を行いました。

6 結果

(1) 季節別の路面温度低減効果

平成19年の春、夏及び秋における路面温度の時間変化(1か月平均)を図2～4に示します。冬については、観測地の南側に樹木があり、南中高度の低さによる日陰が観測地点を覆っていることが多く、路面温度低減効果を正確に把握することが困難でした。

図中で、赤線(太点線)は気温を、黒線(太線)は基準点温度を表しています。

基準点温度は、夏季の日中では50以上となり、気温を大きく上回っていました。各検証技術の路面温度をみると、気温を上回っているものの、18時から22時の時間帯を除き、全ての検証技術の路面温度が基準点温度を下回っており、路面温度低減効果が発揮されていることが分かりました。

春についても基準点温度と各検証技術との温度差はありますが、夏に比べると差は小さくなっており、秋については、さらに小さくなっていました。

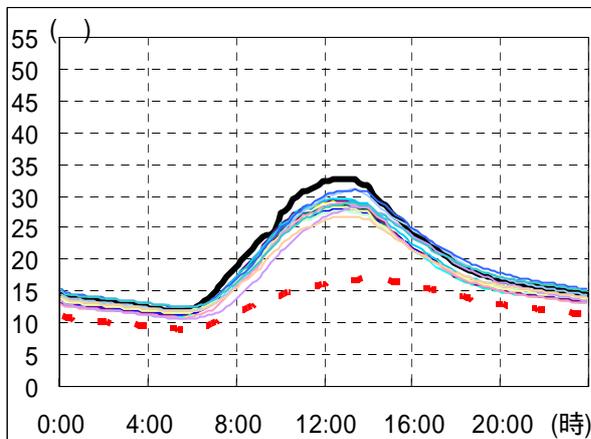


図2 路面温度の時間変化(平成19年・春)

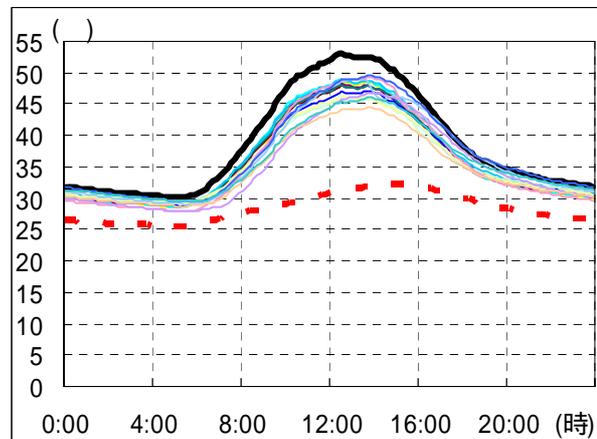


図3 路面温度の時間変化(平成19年・夏)

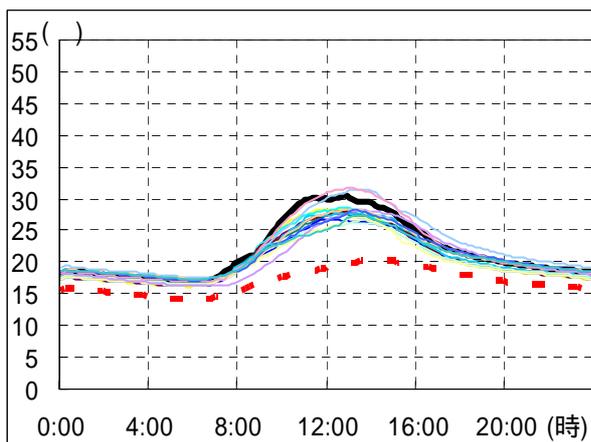


図4 路面温度の時間変化(平成19年・秋)

代表日における日中(6時～18時)の低減温度(基準点温度 - 各検証技術温度)を表4に示します。全技術の平均でみると、春季、夏季、秋季の低減温度はそれぞれ、4.6、5.6、2.0であり、夏季>春季>秋季の順で低減温度が大きいという結果になりました。

表4 季節別低減温度(代表日・日中)

(単位:)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	平均
18年夏	5.4	4.3	5.7	5.6	6.4	7.0	4.4	7.0	6.1	5.9	4.2	5.8	7.7	7.7	5.5	8.2	6.1
18年秋	1.1	0.0	-0.4	0.0	0.3	0.5	-0.5	0.8	0.5	1.4	-2.7	-0.6	2.8	1.4	-0.4	4.9	0.6
19年春	4.1	3.8	4.2	4.6	4.7	5.6	4.0	5.9	5.9	5.3	2.9	4.4	5.2	6.6	2.1	4.1	4.6
19年夏	4.4	4.0	4.7	4.6	4.7	5.7	3.9	6.4	6.7	6.1	4.3	3.6	6.5	8.0	3.6	5.6	5.2
19年秋	2.6	2.4	3.0	2.9	3.1	3.9	2.3	4.7	5.0	4.9	2.1	1.4	4.5	5.3	2.3	4.1	3.4
20年夏	3.8	3.8	5.3	5.0	5.0	6.4	4.1	7.4	6.3	6.0	4.9	5.2	6.5	7.7	4.2	5.3	5.4
春 平均(1年)	4.1	3.8	4.2	4.6	4.7	5.6	4.0	5.9	5.9	5.3	2.9	4.4	5.2	6.6	2.1	4.1	4.6
夏 平均(3年)	4.5	4.1	5.2	5.1	5.4	6.4	4.1	6.9	6.4	6.0	4.4	4.9	6.9	7.8	4.4	6.3	5.6
秋 平均(2年)	1.9	1.2	1.3	1.5	1.7	2.2	0.9	2.8	2.8	3.2	-0.3	0.4	3.7	3.4	1.0	4.5	2.0

代表日の日中(6時～18時)の平均値

(2) 夏季の路面温度低減効果

ア 各年の気候の状況と全体の傾向

路面温度低減効果が最も大きい夏季について、詳細な解析を行いました。

表5に18年から20年までの夏季の気温、風速、基準点温度及び低減温度(全技術平均)を示します。低減温度は、全日(0時～24時)、日中(6時～18時)ともに、18年と19年はほぼ等しく、20年に減少していました。

表5 夏季の気温、風速、基準点温度、低減温度(全技術平均)

(単位)風速:m/s、風速以外:

区分	年	気温	風速	基準点温度	低減温度
全日	18年	27.0	1.5	35.1	2.8
	19年	28.3	1.7	38.8	2.8
	20年	26.1	1.8	33.9	2.2
日中	18年	28.2	1.8	39.9	4.2
	19年	29.8	1.9	45.0	4.2
	20年	27.3	2.0	38.9	3.4

全日:0時～24時、日中:6時～18時

イ 遮熱性舗装 10 技術の低減効果

図5に18年から20年の夏季・日中における基準点温度と遮熱性舗装(A~J)の平均低減温度の相関を示します。全ての年において強い正の相関を示しており、基準点温度が高い時は低減温度が大きくなっていることがわかります。

近似直線から、基準点温度が60 時の低減温度を求めたところ、18年から順に、8.88 、6.78 、7.60 となっており、18年に比べて、19、20年は低減温度が低くなっていました。

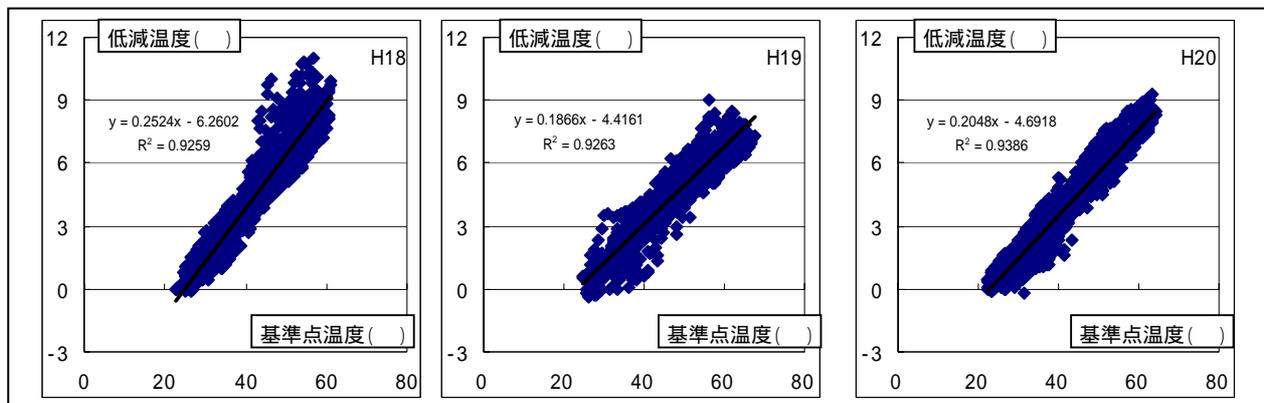


図5 基準点温度と遮熱性舗装平均低減温度の相関(夏季・日中)

ウ 歩道等に利用する技術のうち水性遮熱性舗装 2 技術の低減効果

図6に18年から20年の夏季・日中における基準点温度と水性遮熱性舗装(O,P)の平均低減温度の相関を示します。遮熱性舗装(A~J)に比べて弱いながらも、正の相関を示しました。

近似直線から求めた、基準点温度が60 時の低減温度は、18年から順に、10.0 、6.16 、7.26 となっており、遮熱性舗装と同様の傾向を示しました。

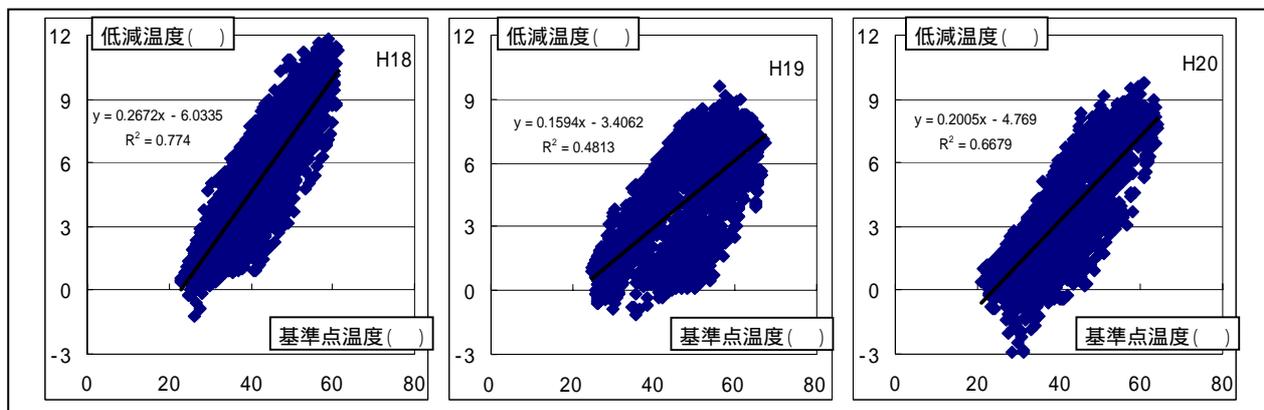


図6 基準点温度と水性遮熱性舗装平均低減温度の相関(夏季・日中)

エ 全 16 技術の基準点温度 60 時の低減効果

次に各技術の温度低減効果について検証します。天候や気温、日射量等をできるだけ同様の条件とするため、基準点温度がほぼ最高となる 60 で比較しました。夏季・日中において、基準点温度が 60 時の低減温度を技術毎に回帰分析で求めた結果を表6及び図7に示します。

技術Kを除く全ての技術で、18年が最も低減温度が大きくなっており、経年劣化の影響が示唆されました。しかしながら、20年においても5.1~10.8 の低減温度を示しており、一定の温度低減効果が持続していることがわかりました。

表6 基準点温度 60 時の低減温度(夏季・日中)

(単位:)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	平均
18年	7.8	6.4	8.8	8.7	9.7	10.5	6.8	10.8	10.0	9.1	5.7	8.7	10.9	11.8	7.7	12.3	9.1
19年	5.6	5.0	5.9	6.1	6.2	7.5	5.2	8.6	9.3	8.4	5.7	4.0	8.0	10.5	4.7	7.5	6.8
20年	5.3	5.1	7.6	7.1	7.1	9.2	5.9	10.6	9.3	8.7	7.1	6.7	9.2	10.8	6.3	8.2	7.8

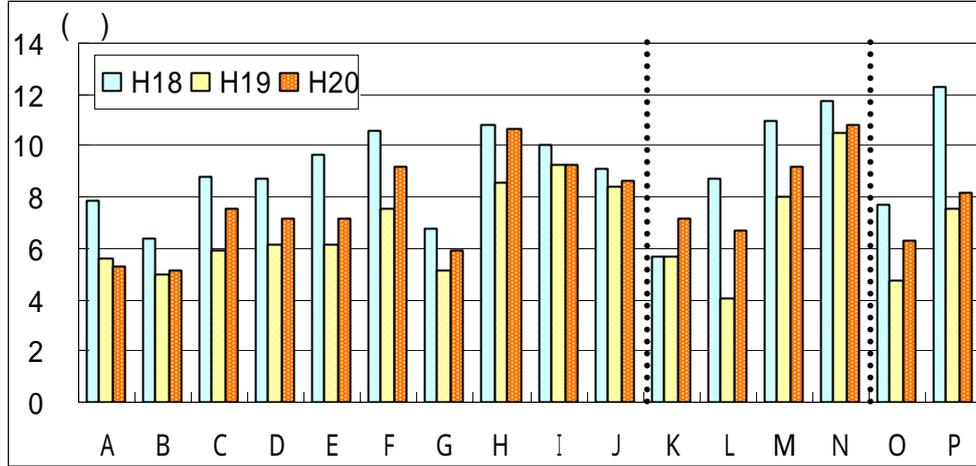


図7 基準点温度 60 時の低減温度(夏季・日中)

参考として、路面温度の低減状況をサーモグラフィで撮影した画像及び通常の写真を図8に示します。画像周縁部は基準路面であり、赤色の高温域になっているのに対し、10本の短冊状の検証技術路面は、黄色の中温域になっています。また、短冊状部分の上部が青色になっているのは、樹木の影の影響で低温域になっているものです。

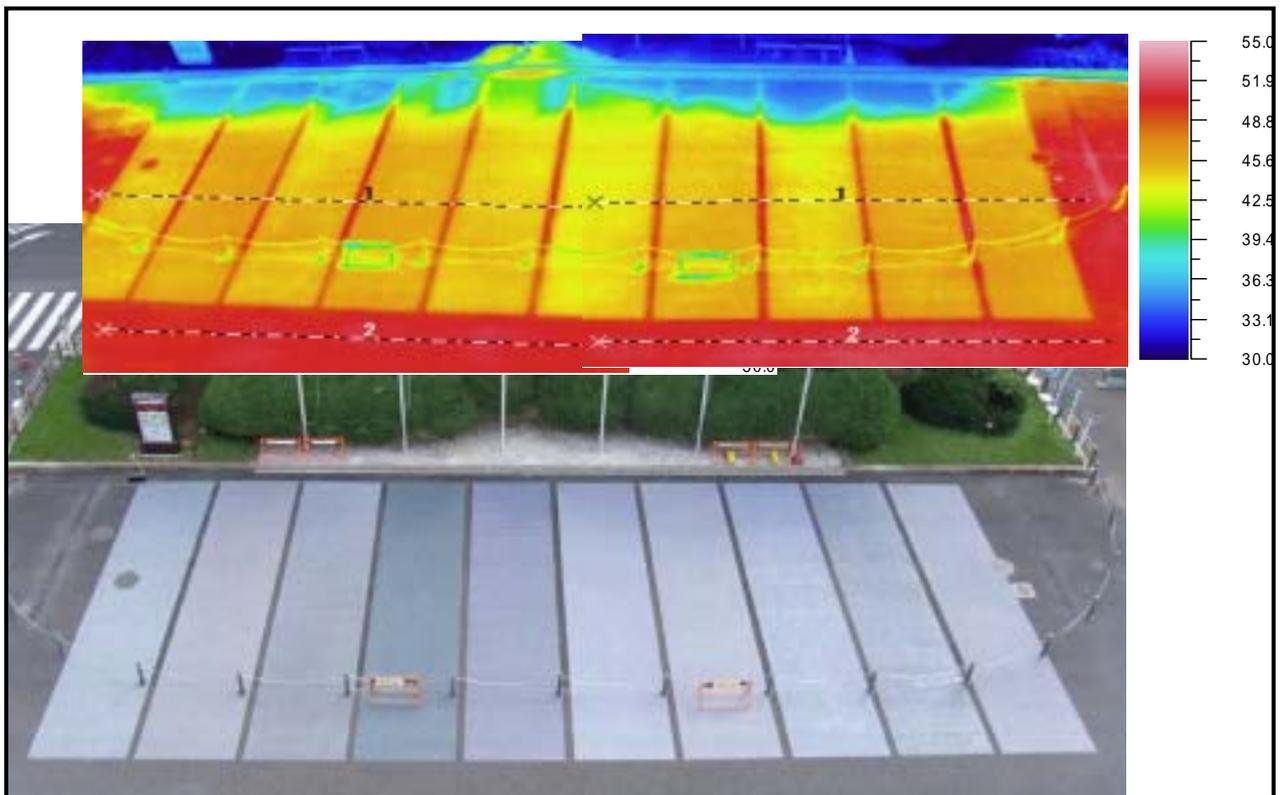


図8 路面温度測定箇所(上:サーモグラフィ画像、下:写真)

(3) 天候の違いによる遮熱性舗装の低減効果の違い

遮熱性舗装の効果が、気候によってどう変化するかを見るため、図9では、平成20年8月の10日(曇り)、15日(晴れ)、30日(雨)の3日の動向について、全体に基準点との温度差が大きい遮熱性舗装の技術の中で20年度に温度低減効果が一番大きかった技術Hについて表示しました。

基準点と技術Hの温度差は、晴れ、曇りの順に小さくなっていますが、日射のほとんどない雨の日は基準点との温度差がほとんどないことがわかります。

なお、表7は、分析の対象とした3日間の気象データです。

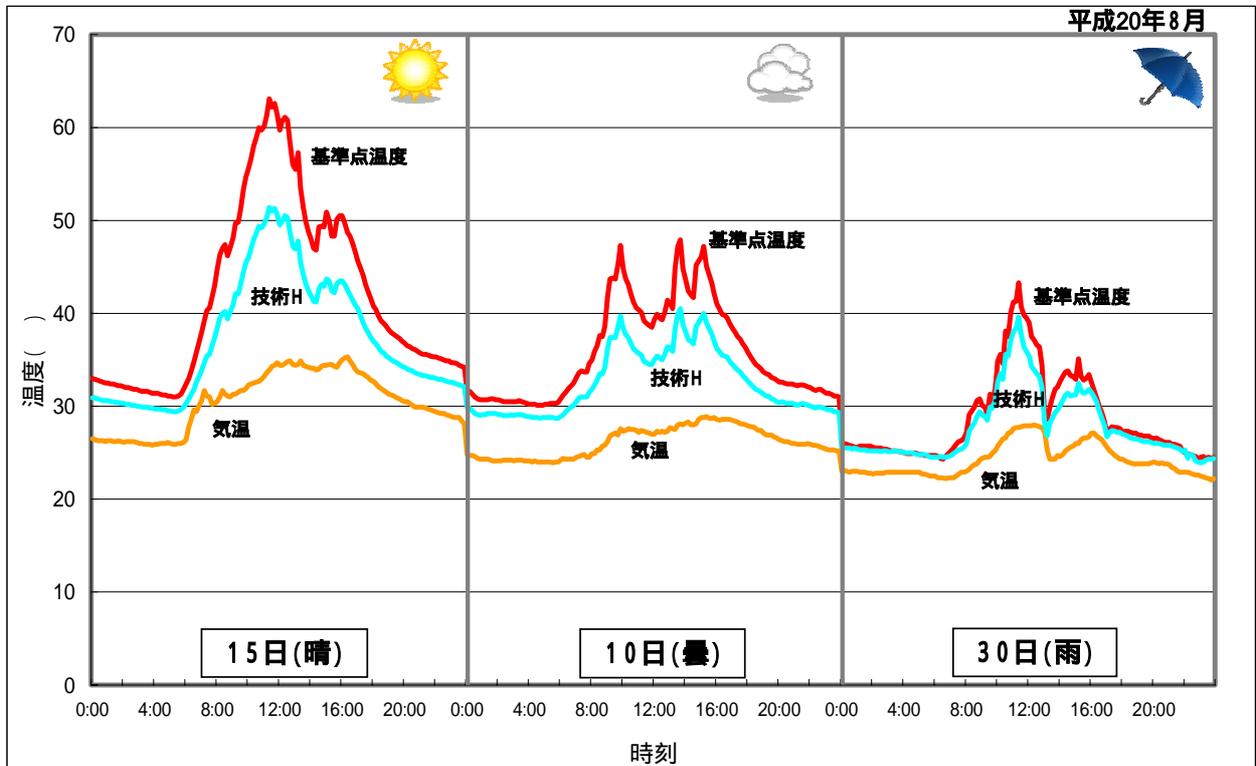


図9 晴・曇・雨の日の温度変化

表7 3日間の気象状況

天候	期日	降水量(mm)	日照時間(h)	最高気温()	最低気温()
晴	H20/8/15	0	10.6	35.3	25.8
曇	H20/8/10	0	3.3	28.9	23.9
雨	H20/8/30	42.5	1.9	28.0	22.2

(4) 歩道等に利用する技術(水性遮熱性舗装を除く)の効果

当公開検証では、歩道等に利用する技術として、遮熱性能に加え保水性能も期待できる4技術(技術K~N)を施工しました。

平成18年夏期(日中)の、技術K~N及び、比較のため保水性がない遮熱性舗装(A~J平均)の低減温度のグラフを図10に示します。グラフ中の水色の帯は、さいたま市内で10mm以上の降雨があった日を示します(表8)。技術Lと技術Mについてみると、技術Lについては、全ての降雨日の翌日(8/10,8/18,8/24)に低減温度の増大がみられました。技術Mについても、8/10,8/18に低減温度の増大がみられました。

平成19年のデータを図11に、平成20年のデータを図12に示します。

平成19年は降雨日が少ないですが、降雨日の翌日である8/29に技術L、技術Mともに遮熱性舗装(A~J平均)との差が大きく上昇しております。

また、平成20年についても、技術Lについて降雨日の翌日や翌々日に遮熱性舗装(A~J平均)との差が大きく増大している日がみられます。

表8 夏季調査期間における10mm以上の降雨日

H18	月日	8/8	8/9	8/17	8/23							
	降水量(mm)	31	43	43	20							
H19	月日	8/5	8/28									
	降水量(mm)	15	17									
H20	月日	8/4	8/11	8/16	8/17	8/20	8/24	8/25	8/28	8/29	8/30	8/31
	降水量(mm)	21.5	30.5	31	22.5	75.5	47	20	65.5	48	42.5	12.5

(出典:気象庁ホームページ)

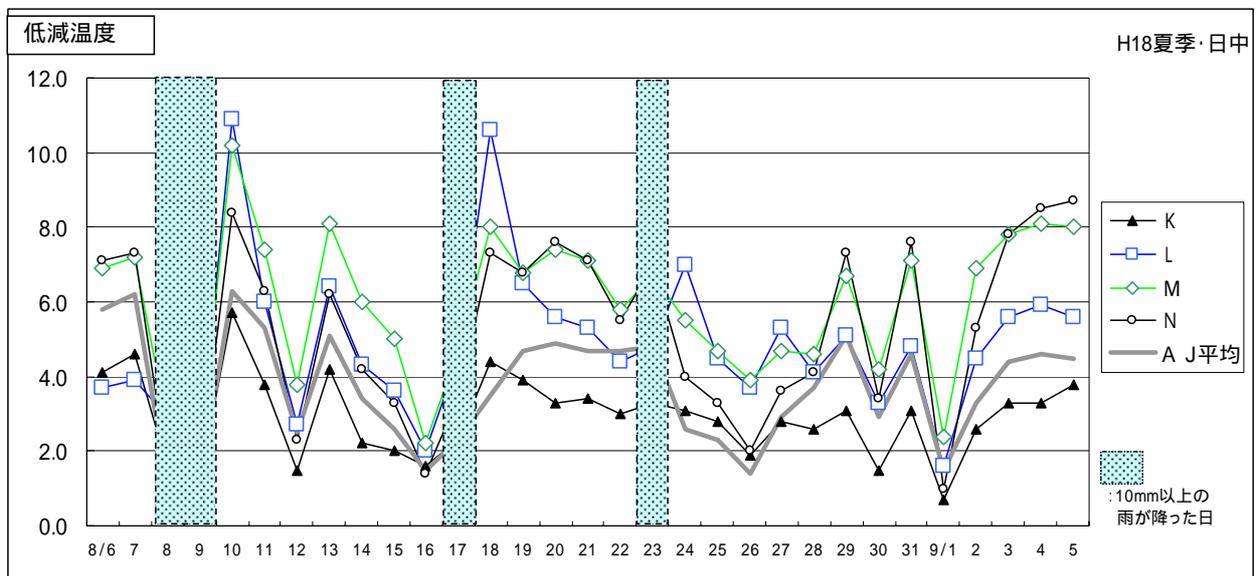


図10 技術別低減温度の推移(平成18年夏季・日中)

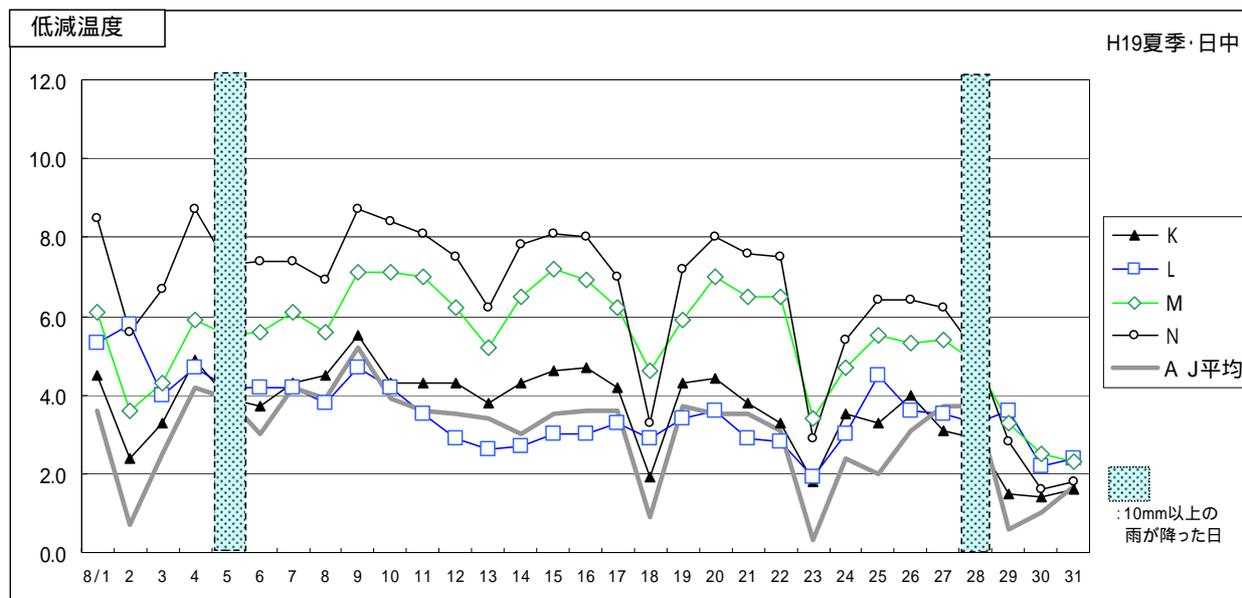


図11 技術別低減温度の推移(平成19年夏季・日中)

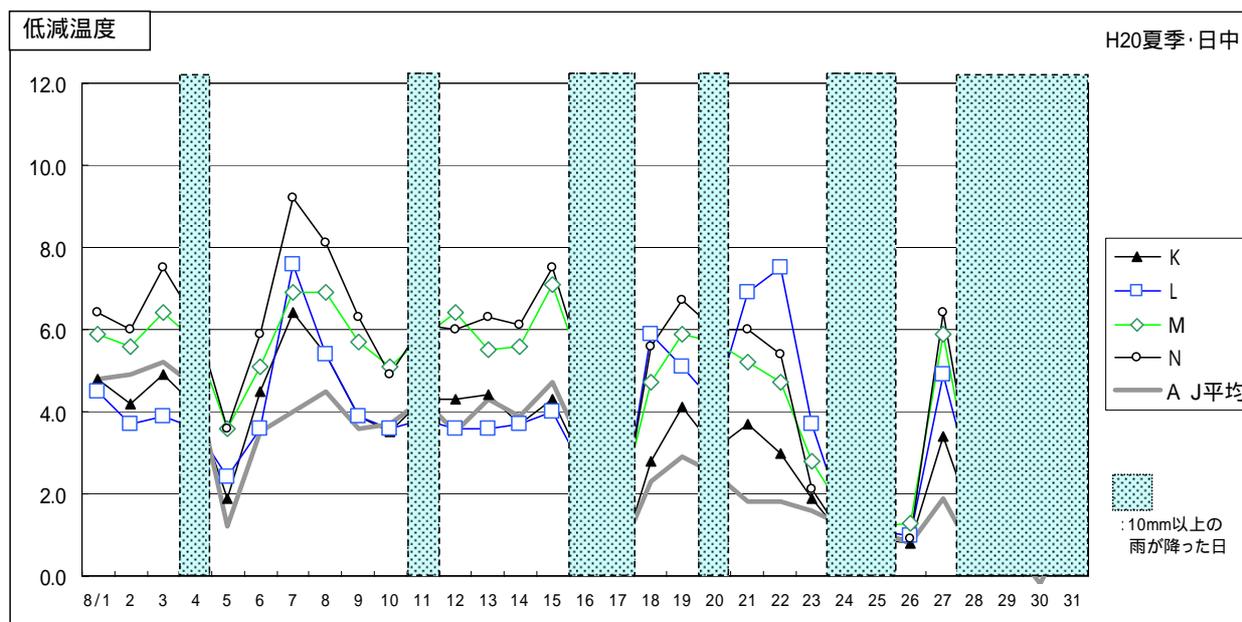


図12 技術別低減温度の推移(平成20年夏季・日中)

次に、保水性を有する技術に対する評価を行うため、各技術に対する降雨に対する影響を解析しました。

図13に雨の少なかった19年を除く、18年と20年の各技術別の夏季日中における基準温度と平均低減温度の相関を示します。技術によってばらつきの程度は異なるものの、概ね正の相関を示しており、いずれの技術も遮熱性能による温度低減効果を有することが分かります。中でも技術Mについては、比較的ばらつきが少なく、強い正の相関が見られました。また、遮熱性舗装と同様、18年に比べ、20年の削減温度は減少しており、経年劣化の影響が推測されました。

また、技術L、Mについては、降雨日の翌日(図中:赤)は降雨の影響が無い日(降雨後3日以降)(図中:青)よりも路面温度の低減効果が高くなっており、保水による遮熱の効果であるといえます。特に平成18年度の技術Lについては、その効果が顕著で、翌々日にも保水の効果が継続していることがわかります。平成20年度は各技術ともに、ばらつきが大きくなっています。

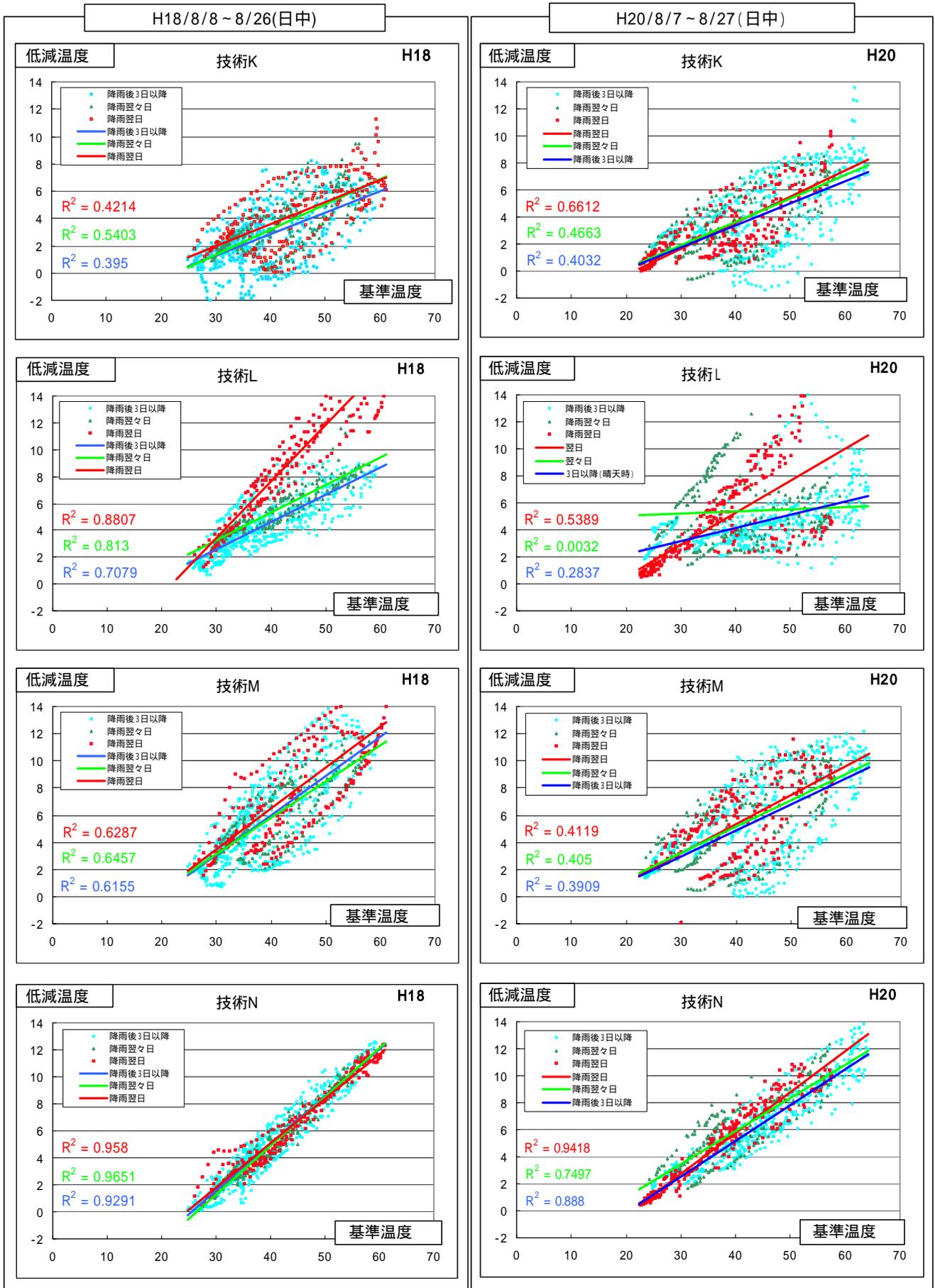


図13 各技術の基準温度と低減温度の相関(夏季・日中、降雨日(10mm以上)を除く日)

7 公開検証のまとめ

(1) 検証結果について

遮熱性舗装（A～Jの10技術）について

図7により8月1ヶ月の基準温度が60 時の平均低減効果をみると、5～8 の効果が3年間継続した技術は、技術F、H、I、Jの4技術であることがわかりました。また、他の技術についても、概ね4 以上の低減効果が持続していたことがわかりました。しかし、全10技術のうち、7技術が18年に比較して20年の低減効果が小さくなっており、遮熱性能がやや劣化したことが推察されます。

歩道等に利用する技術（K～Nの4技術）について

いずれの技術も一定の3年間継続した遮熱性能による温度低減効果を有していました。

保水性能についてみると、技術L、Mのいずれも18年には降雨日翌日、翌々日に低減効果を示しました。特に技術Lについては、その効果が顕著でした。3年の観測では、いずれの技術も降雨日翌日まではある程度の効果が確認できましたが、20年には翌日の効果のばらつきが大きくなっていました。

歩道等に利用する技術のうち、水溶性遮熱性舗装（O～Pの2技術）について

2技術とも効果は3年間に低下しました。これは、他の対策技術に比べ水溶性遮熱性舗装区は歩行者が多く、経年劣化が大きかったことが原因の一つだと推察されました。実際、コンクリートに塗装してある観測地点には、外観上、退色又は摩耗等が認められ、それが影響していることが推察されます。

なお、本水溶性遮熱性舗装区はコンクリートの路面に塗装していますが、基準点がアスファルト舗装の路面に設定しているため、基準点との差は参考値にとどまることに留意が必要です。

(2) 普及啓発効果

施工した直後の平成18年8月に複数のテレビや新聞で報道していただいたほか、多くの方に見学していただきました。

また、19年度には、事業の概要を、(社)日本道路協会が主催する日本道路会議で発表しました。今後も機会を捉えて普及啓発に努めていきます。

(3) 普及への課題

今回検証した技術のうち遮熱性舗装は施工費用が高価であることや、塗装であることから耐久性も課題です。今回は月に数回しか車が駐車されない場所で検証しましたが、外観上、一部に退色又は摩耗等が認められました。車の通過が多い車道では耐久性が課題と思われます。

当面は、歩行者のみが通過する場所や比較的車両の少ない駐車場などでの利用が期待されます。