

リサイクルガラス造粒砂を用いた  
ヒートアイランド抑制対策に関する研究報告書

平成20年 3月31日

国立 豊田工業高等専門学校

環境都市工学科コンクリート研究室

中嶋 清実

河野 伊知郎

## 1 研究目的

リサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGはこれまで軟弱地盤改良工事のパイル材や暗渠資材に使用されているが、更なる用途開発が望まれている。

そこでリサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGの活用として近年問題となっているヒートアイランド抑制対策として、リサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGを開粒度アスファルトの下層に埋めることにより、温度低減効果にどの程度効果があるかを調べる。

## 2 使用材料

### 2.1 リサイクルガラス造粒砂

リサイクルガラス造粒砂（サンドウェーブG）の主原料は市町村から排出された色つき廃ガラス瓶や及びガラスくず、その他、容器包装リサイクル法のもとに集まってくるガラス瓶である。写真2.1に色つき廃ガラス瓶やガラスくずを示す。今まではこのようなガラス瓶は、廃棄物として埋め立て処分されていた。

今回、特殊な破砕技術の開発により色つき廃ガラス瓶をリサイクルし再資源化されたガラス造粒砂サンドウェーブGとして自然砂と同等に使用できるものになった。主成分はガラスの成分である珪素である。リサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGを写真2.2、写真2.3にそれぞれ示す。

ガラス造粒砂サンドウェーブGは環境のことも配慮されていて、CO<sub>2</sub>を出さないために熱処理を行わない。また自然砂と同等に使用できることから、山砂採取を減らし自然の野山を保護することにつながる。

プラントでは年間12万トン进行处理でき、パイル砂や暗渠資材、ガス管埋め戻し材として利用されている。



写真2.1 色つき廃ガラス瓶やガラスくず



写真2.2 サンドウェーブG



写真2.3 サンドウエーブG

### 3 物理試験項目

本実験では以下に示す試験を行なった。

- ( 1 ) 含水比試験 ( 土の含水比試験 JIS A 1203 )
- ( 2 ) 密度試験 ( 土粒子の密度試験 JIS A 1202 )
- ( 3 ) 粒度試験 ( 土の粒度試験 JIS A 1204 )

## 4 現場測定

測定場所

東浦町役場駐車場

測定期間

約3ヶ月（平成19年6月27日～10月6日）

測定機器

- ・データロガー（写真4.1）
- ・熱伝対（写真4.2）

路面温度測定箇所

- ・サンドウェーブGの層厚60cmの路面（写真4.3）
- ・開粒度アスファルトの路面（写真4.4）
- ・密粒度アスファルトの路面（写真4.4）
- ・気温



写真4.1 データロガー



写真4.2 熱伝対



写真4.3 測定路面



写真4.4 測定路面

## 5 物理試験結果および考察

### 5.1 含水比試験

含水比試験の結果を表5.1に示す。

砂の代表的な含水比は約 10～40%であるのに対して、サンドウェーブGは 2.3%であり非常に小さい。

表5.1 含水比試験の結果

含水比試験			
	サンドウェーブG		
湿潤質量 $m_A$ (g)	787.15	741.73	748.6
乾燥質量 $m_B$ (g)	769.62	724.59	731.81
含水比 $w$ (%)	2.3	2.4	2.3
平均値 $w$ (%)	2.3		

### 5.2 密度試験

密度試験の結果を表5.2に示す。

砂の密度は約 2.6～2.7 (g/cm<sup>3</sup>) であるのに対して、サンドウェーブGの密度の平均値が 2.5 (g/cm<sup>3</sup>) なので少し小さい。

表5.2 密度試験の結果

密度試験				
ピクノメーター	No.	530	531	532
試料名	原材料			
(試料+蒸留水+ピクノメーター)質量 $m_b$ (g)		155.58	160.12	157.74
$m_b$ をはかったときの内容物の温度 $T$ ( )		21.0	21.0	21.0
$T$ における蒸留水の密度 $w(T)$ (g/cm <sup>3</sup> )		0.99799	0.99799	0.9979
温度 $T$ の蒸留水を満たしたときの(蒸留水+ピクノメーター)質量 $m_a$ (g)		148.84	153.09	151.48
試料 の炉 乾燥 質量	容器 No.	530	531	532
	(炉乾燥試料+容器)質量 (g)	60.67	65.88	62.64
	容器質量 (g)	49.48	54.18	52.26
	$m_s$ (g)	11.19	11.70	10.38
土粒子の密度 $s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.51	2.50	2.52
平均値 $s$ (g/cm <sup>3</sup> )		2.51		

### 5.3 粒度試験

粒度試験の結果を表5.3に示す。

細礫分が42.5%、粗砂分が31.6%の順に多かった。

粒径加積曲線を図5.1に示す。

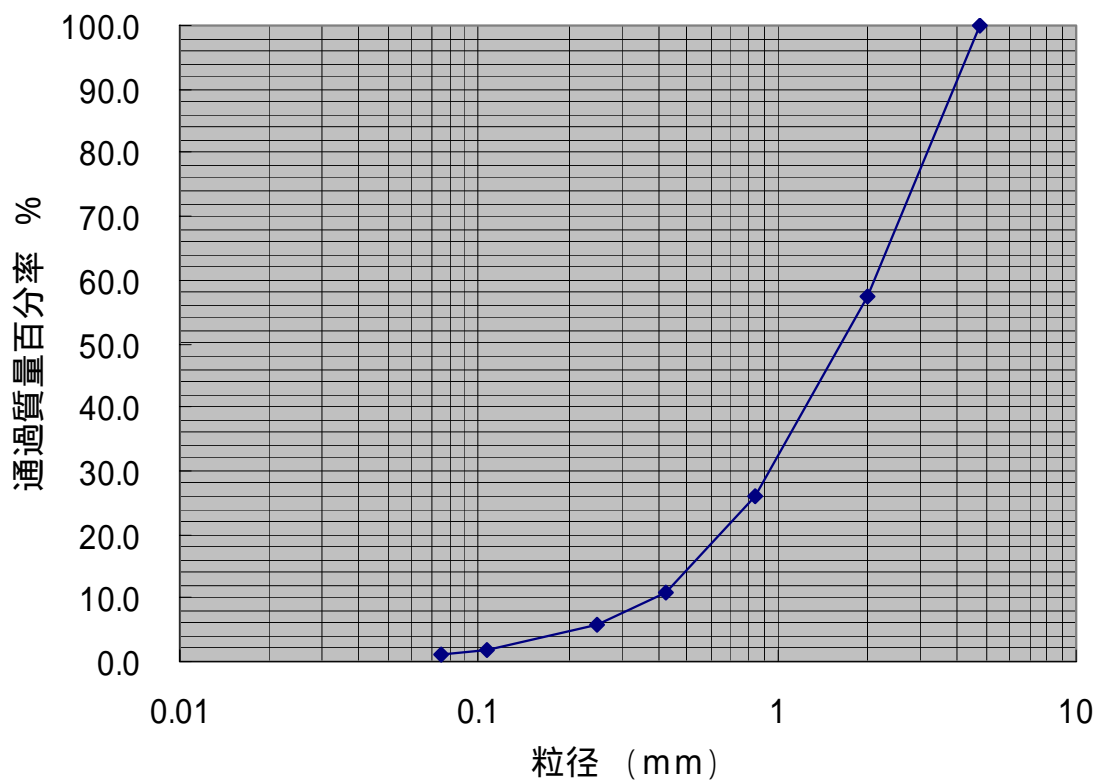


図5.1 粒径加積曲線

表5.3 粒度試験の結果

粒度試験 (粒径加積曲線)				
	原材料		試料名	原材料
試料名	粒径 (mm)	通過百分率 (%)	粗礫分	0.0
	75		中礫分	0.0
	53		細礫分	42.5
	37.5		粗砂分	31.6
	26.5		中砂分	20.0
	19		細砂分	4.7
	9.5		シルト分	1.2
	4.75	100.0	粘度分	
	2	57.5	2mm ふるい通過質量百分率	5705.0
	0.85	25.9	425 μm ふるい通過質量百分率	10.8
	0.425	10.8	75 μm ふるい通過質量百分率	1.2
	0.25	5.9	最大粒径 (mm)	4.75
	0.106	1.8	60 粒径 D (mm)	2.11
	0.075	1.2	50 粒径 D (mm)	1.68
			30 粒径 D <sub>3</sub> (mm)	0.967
			10 粒径 D <sub>1</sub> (mm)	0.400
			均等係数 U <sub>c</sub>	5.3
			曲率係数 U <sub>c</sub>	1.1
			土粒子の密度 s (g/cm <sup>3</sup> )	2.51
			D <sub>20</sub> (mm)	0.686

## 6 現場実測試験の結果及び考察

写真6.1ならびに写真6.2で計測機器設置の様子を示す。ケーブル保護のためにケーブルプロテクターを用いた。

計測の結果をグラフで示す。



写真6.1 実験風景



写真6.2 計測装置設置の様子



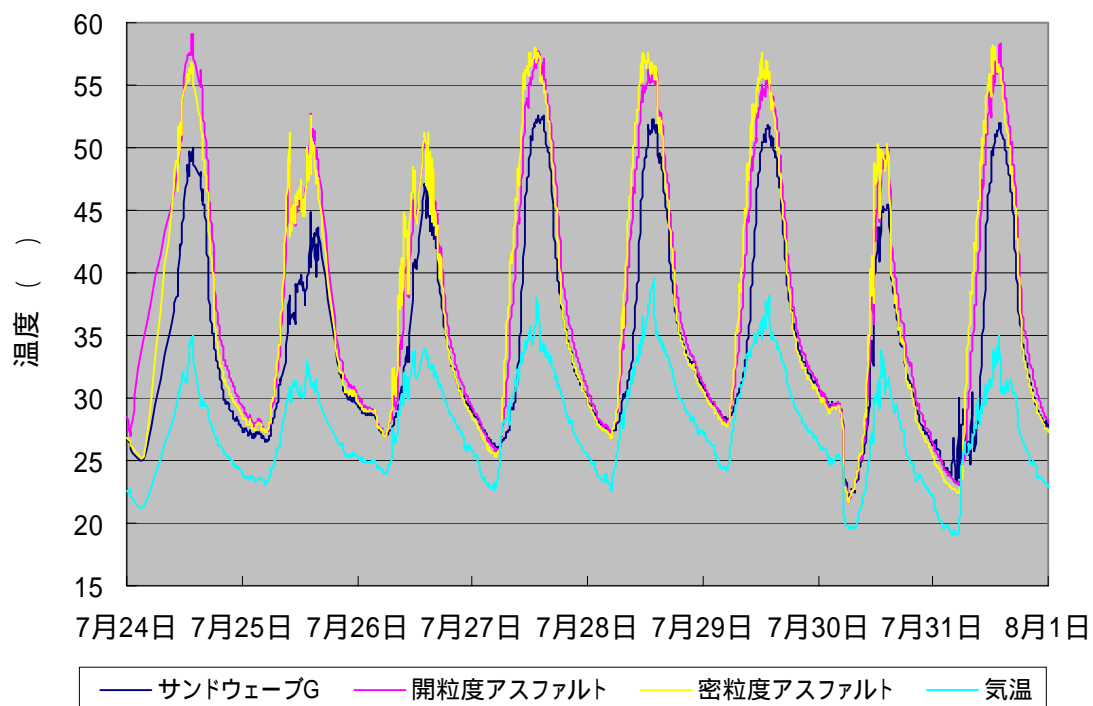


図6.1 計測結果 (7月24日~7月31日)

図6.1は7月24日から7月31日までの計測されたものである。

7月24日は密粒度アスファルトより開粒度アスファルトの路面温度が若干高い。密粒度アスファルト開粒度アスファルトの路面に対して、サンドウェーブGでは約7度も低い。

7月27日、7月28日ともに非常に気温が高く、40度に迫る勢いである。それに伴い、路面温度も高い温度を示した。開粒度アスファルトと密粒度アスファルトの路面測定温度が55度以上を示しているのに対して、サンドウェーブGが施工された路面の測定温度はそれより約5度ほど低い温度を示している。

連日気温が30度を超える暑い中、サンドウェーブGは他の路面に対して約5度以上も温度が低くヒートアイランド抑制効果としての機能が働いている。

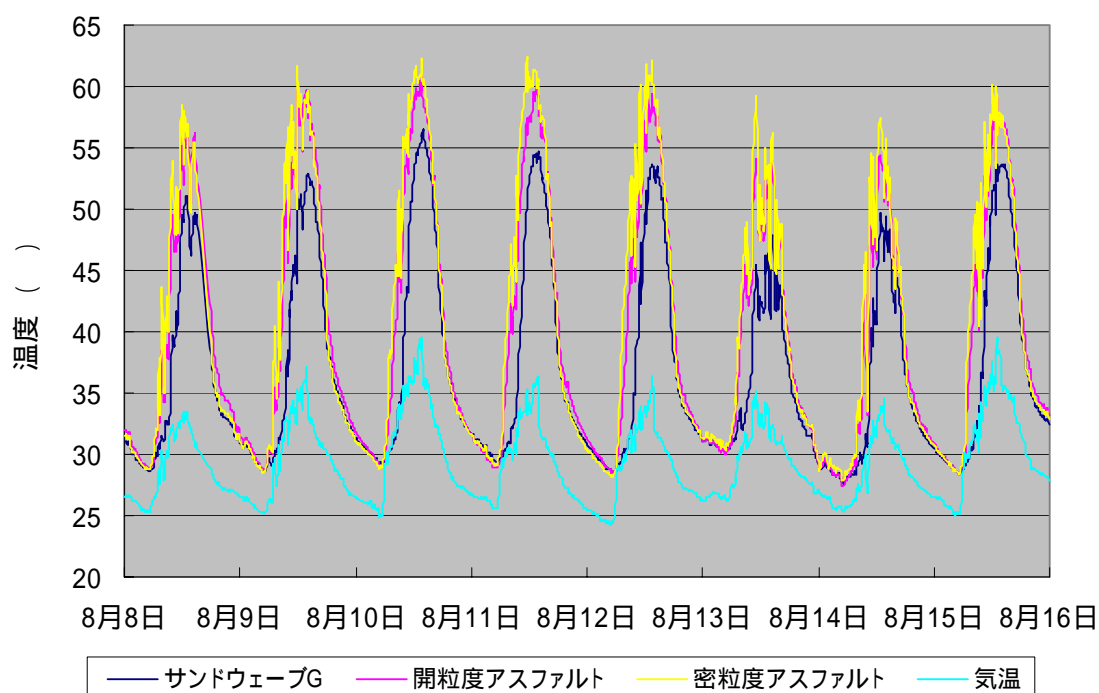


図 6 . 2 計測結果 ( 8 月 8 日 ~ 8 月 1 5 日 )

図 6 . 2 は 8 月 8 日 から 8 月 1 5 日 までの計測結果のグラフである。

8 月 9 日 から 8 月 1 2 日 まで 4 日間連続で開粒度アスファルトと密粒度アスファルトの路面温度が 6 0 を超えている。密粒度アスファルトの路面は開粒度アスファルトの路面より若干高い路面温度を示す傾向がみられる。

サンドウェーブ G を施工した路面では、路面温度が 6 0 を超える日はなく、約 5 ~ 7 ほど温度が低くなっている。特に 1 1 日 と 1 2 日 に温度低減効果が高く見られている。

気温が高く、路面温度が高い日でもサンドウェーブ G が施工された路面では温度が低く、ヒートアイランド抑制効果が認められる。

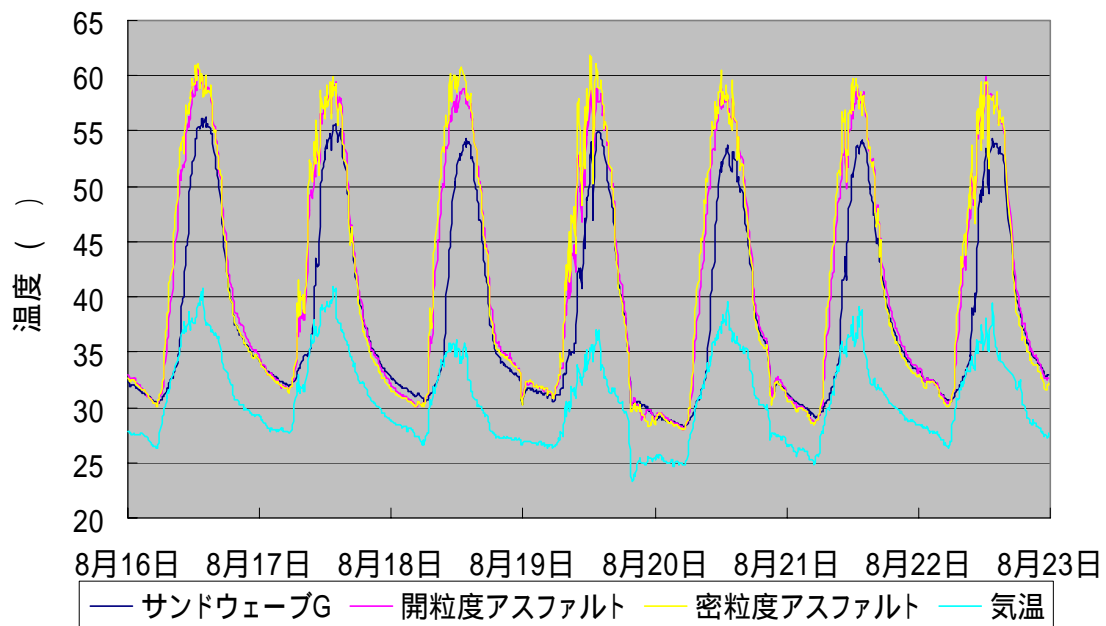


図6.3 計測結果 (8月16日～8月22日)

図6.3に8月16日～8月22日までの計測結果を示す。

8月ということもあり、密粒度アスファルトと開粒度アスファルトの路面ともに連日のように60度近く、または60度以上の温度になっている。8月16日、8月17日の両日は計測気温が40度を超えている。また最高気温も連日のように35以上を記録している。夜も気温は下がるがそれでも25以上の熱帯夜が続いている。

サンドウェーブGの熱低減効果として16日では約5、17日では約4、18日は少し高く約7、19日は約6、20日は約7、21日は約6、22日は約6の温度低下が認められる。

日によって多少のばらつきはあるものの、平均的に5前後の温度低減効果が確認された。

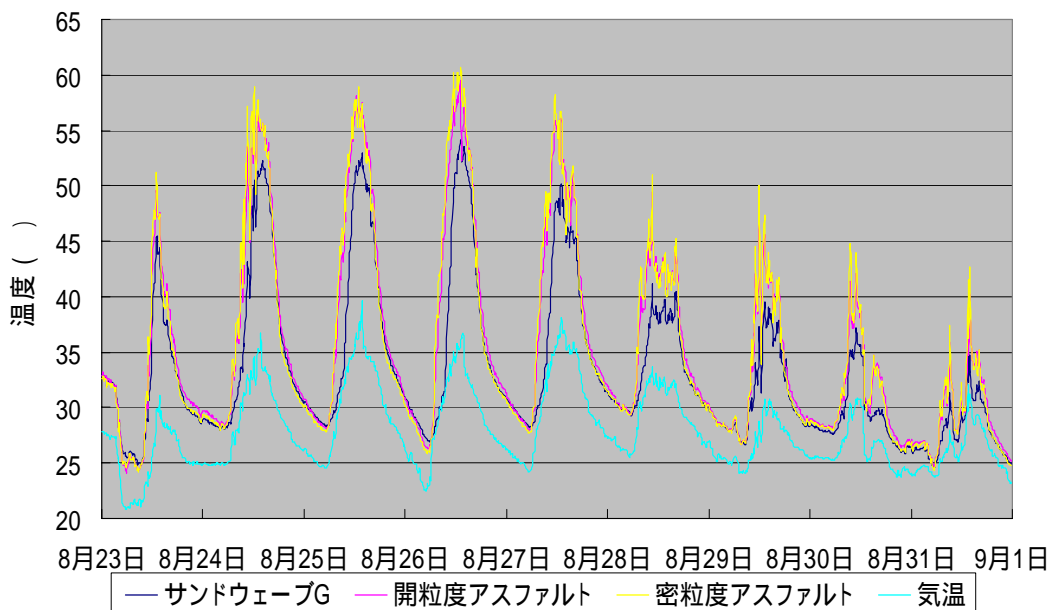


図6.4 計測結果 (8月23日～8月31日)

図6.4に8月23日から8月31日までの計測結果を示す。

8月23日は気温が31度までしか上がらず、そのため路面温度は密粒度アスファルト、開粒度アスファルトともに50度を少し超えるところまでしか上がらなかった。

24日、25日、26日、27日の4日間は気温も高く路面温度も高い値を示した。サンドウェーブGの施工された路面と比べると最高温度で5度以上の差がでた。

28日は気温があまり上がらず、路面温度はあまり上がっていない。しかしサンドウェーブGの路面では開粒度アスファルト路面や密粒度アスファルト路面より約5度低くなっている。

29日、30日、31日ともに同じ傾向にある。夏から秋になるにつれ、気温と路面ともにあまり上がらなくなってきた。

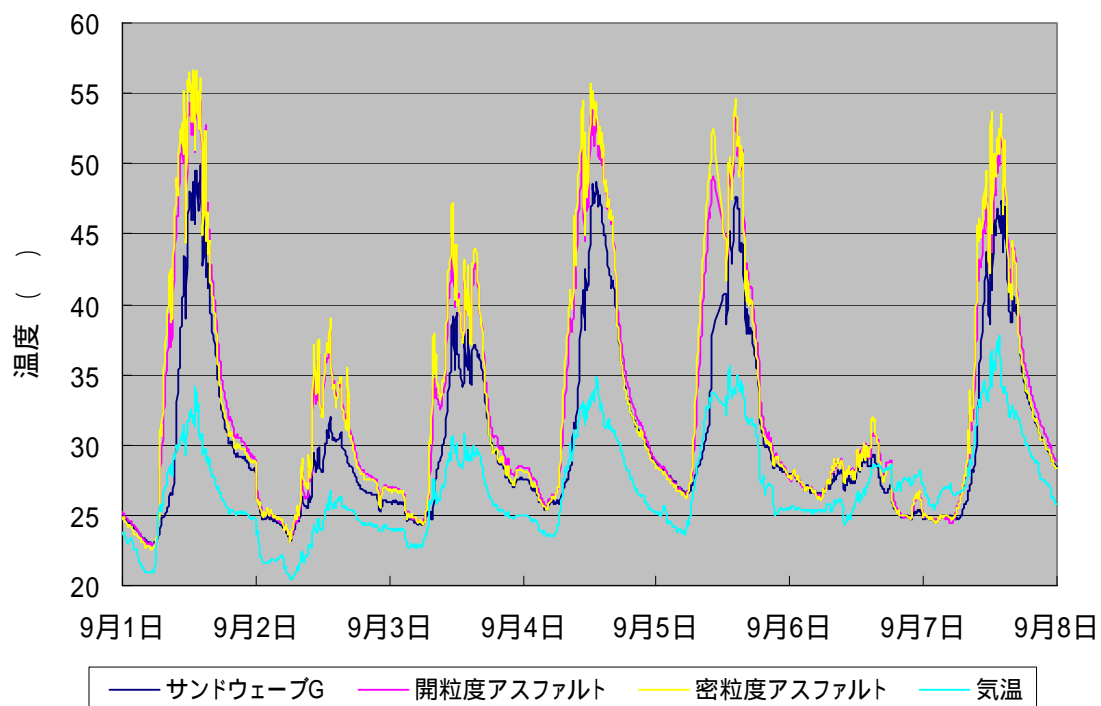


図6.5 計測結果 (9月1日~9月7日)

図6.5に9月1日から9月7日までの一週間の計測結果を示す。

1日は気温が35 近くまで上がったため、密粒度アスファルト路面、開粒度アスファルト路面ともに55 以上になった。サンドウェーブGの路面では50 以下となり、約5 以上低い値になった。

2日、3日ともに気温が上がらず、路面の温度もそれほど高くならなかった。サンドウェーブGの路面では約7 温度が低かった。

4日、5日ともに気温が35 まで上がり、そのため密粒度アスファルト路面、開粒度アスファルト路面ともに高い温度を示した。サンドウェーブGの路面は約7 ほど低くなっている。

6日は雨が降ったため気温、路面温度ともに低くなっている。

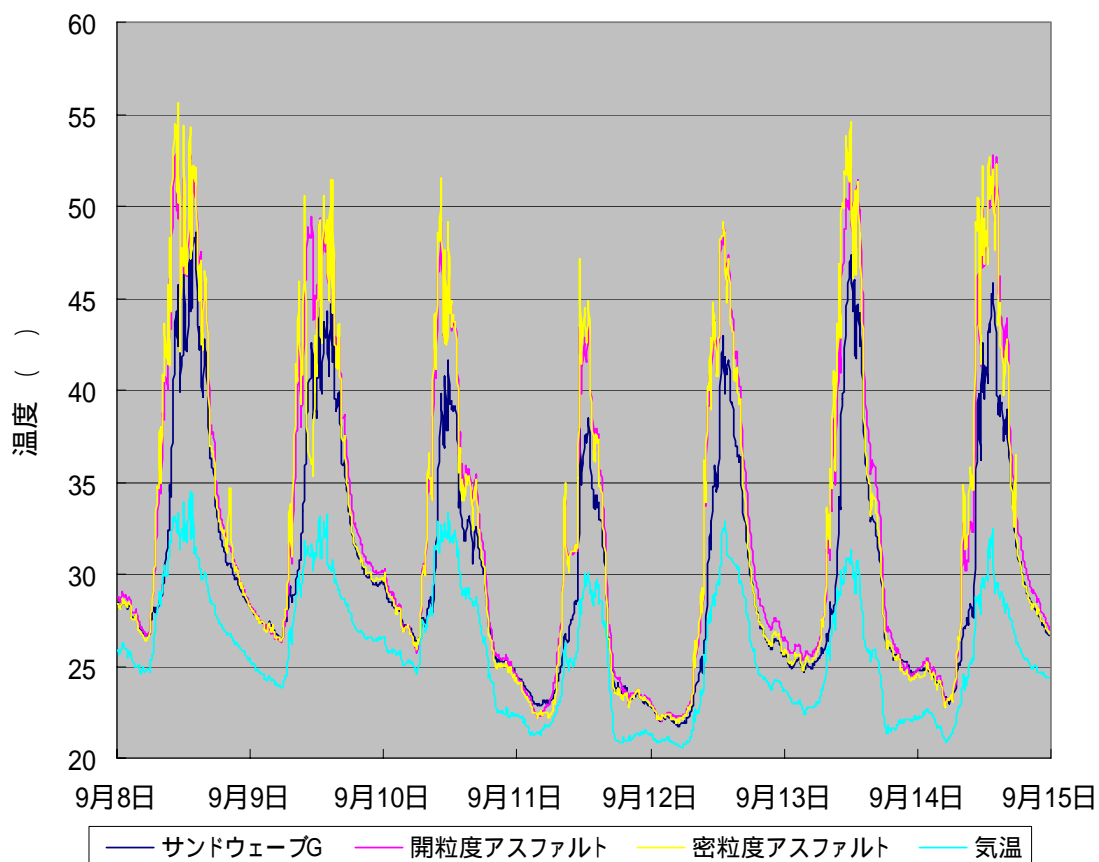


図6.6 計測結果 (9月8日~9月14日)

図6.6に9月8日から9月14日までの一週間の計測結果を示す。

8日、9日は2日連続で気温が30 を超えており、密粒度アスファルト路面、開粒度アスファルト路面ともに路面温度が50 以上まで上がった。サンドウェーブGの路面は約5 ほど低い結果となっている。

密粒度アスファルト路面と開粒度アスファルト路面に比較し、サンドウェーブGの施工された路面では路面温度の差が約5 から7 低くなっている。路面温度がそれほど高くないときでもサンドウェーブGの施工された路面は開粒度アスファルト路面と密粒度アスファルト路面より温度が低くなっている。

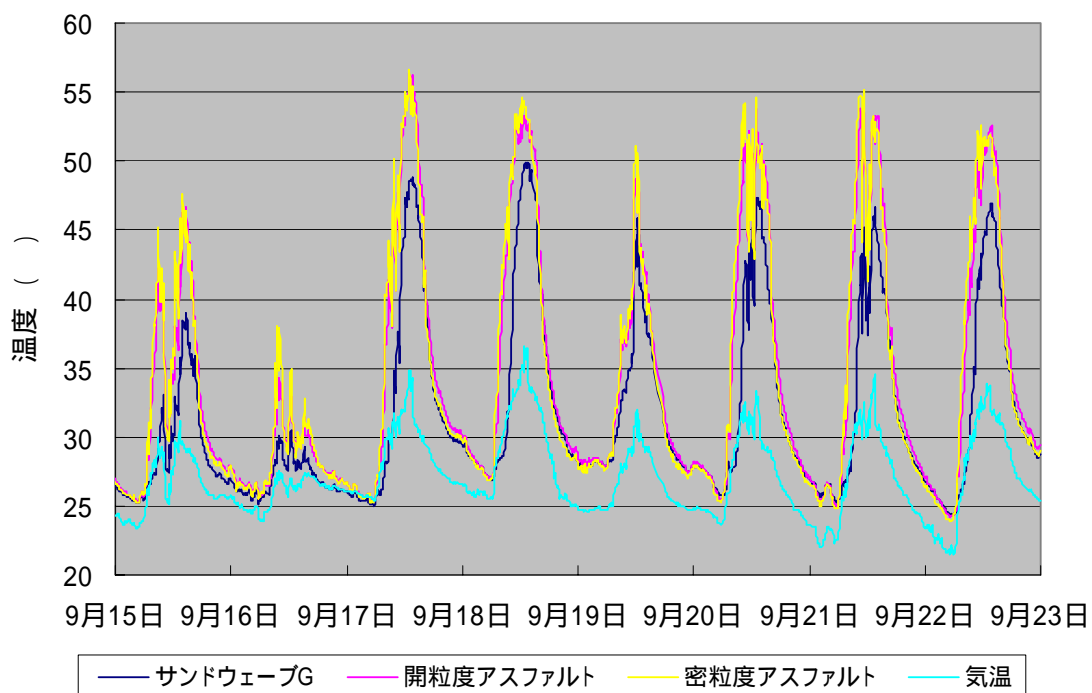


図6.7 計測結果 (9月15日~9月22日)

図6.7に9月15日から9月22日までの一週間の計測結果を示す。

16日は雨の影響で気温、路面温度ともに上がらなかった。

17日のグラフはきれいな結果となっている。開粒度アスファルト路面と密粒度アスファルト路面がほぼ同じ形を示し、路面温度も56まで上昇している。サンドウェーブGの路面も49の路面温度となっており、7ほどの温度低減効果が確認された。

18日のグラフは非常にきれいな形をしている。気温も35以上と残暑が厳しいため、開粒度アスファルト路面と密粒度アスファルト路面ともに55近くまで路面温度が上昇している。それに対しサンドウェーブGは50と約5ほど温度の上昇を抑えている。

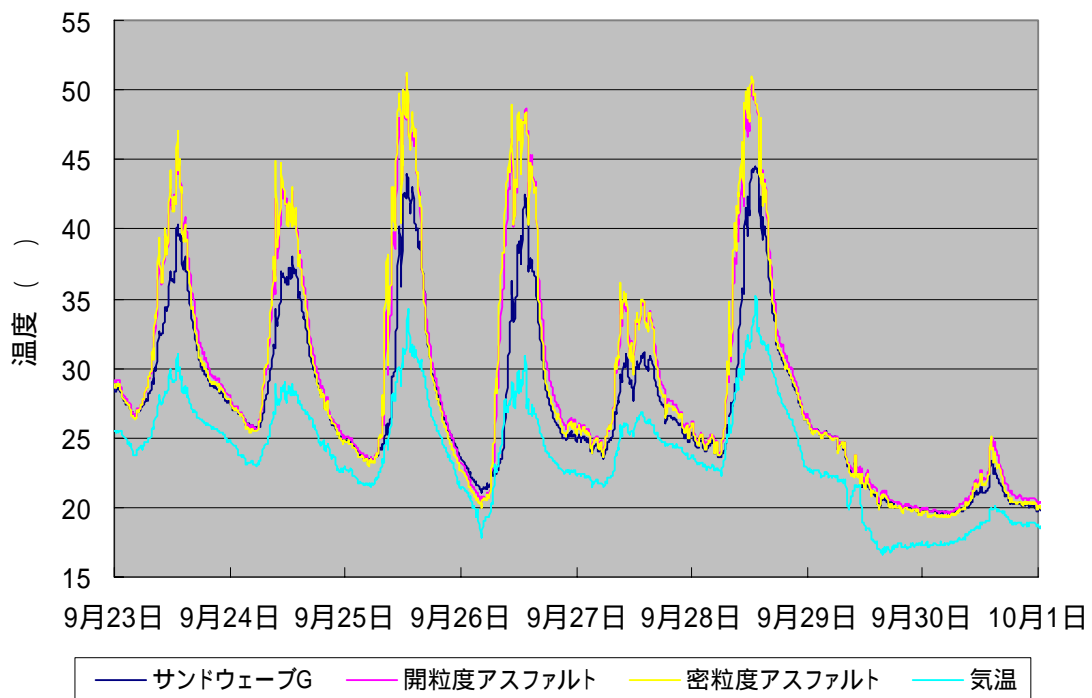


図6.8 計測結果 (9月23日~9月30日)

図6.8は9月23日から9月30日までの計測結果を示す。

グラフを全体的にみると路面温度の最高温度が50 ほどとなっており、8月に比べて10 ほど低くなった。サンドウェーブGの温度低減効果も約7 と高い効果が発揮されている。

24日を見ても、開粒度アスファルト路面と密粒度アスファルト路面に対して、約10 温度が低下している。

29日、30日は雨のため気温と路面温度共に低い温度となっている。



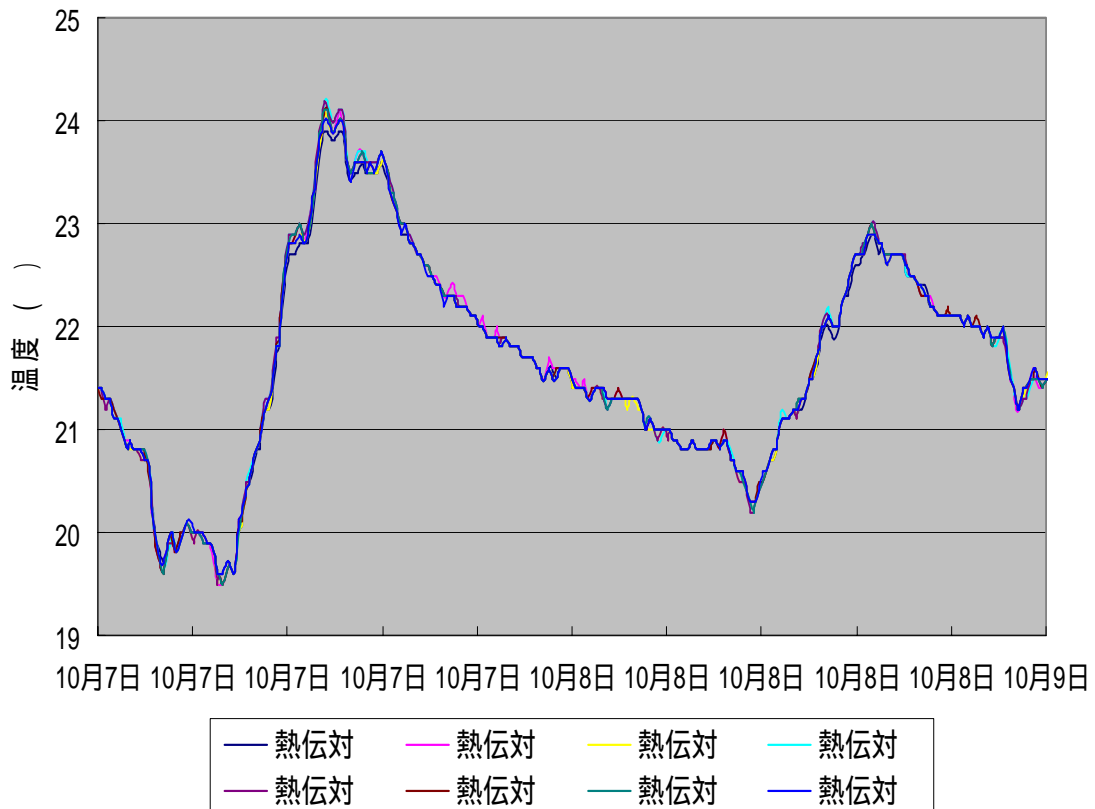


図6.9 熱伝対の比較 (10月7日~10月8日)

図6.9は各熱伝対による温度測定誤差の結果である。

熱伝対の温度測定誤差は0.1以下と非常に小さい。熱伝対 から熱伝対 までの温度測定の結果のグラフは8本のグラフが3日間ほぼ重なっている。そのため各熱伝対間における温度測定誤差がないことが確認できる。

このことよりこれまでの測定結果の相互比較をすることが可能になり、これまでのデータの精度の良さを表す目安である。

図6.1から図6.8まで各期間の計測結果からサンドウェーブGを施工した路面では開粒度アスファルトや密粒度アスファルトで施工された路面より、路面温度が低くなることいえる。このことからサンドウェーブGを施工することにより、ヒートアイランド抑制対策として路面の温度の低減効果があることがわかった。温度低減効果として約3ヶ月の計測期間の間、平均約5以上の安定した効果があった。ヒートアイランド対策として有効である。

## 7 まとめ

リサイクルガラス造粒砂を用いたヒートアイランド抑制対策の研究を行い、その結果を要約すると以下の通りである。

- ( 1 ) リサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGにはヒートアイランド抑制効果として温度を低減効果があり、ヒートアイランド抑制対策として有効である。
- ( 2 ) 計測期間約3ヶ月の結果、リサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGは温度低減効果として平均5℃の温度低減効果があり、最高では9℃の温度低減効果がある。
- ( 3 ) リサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGの温度低減効果は、気温が25℃以上で温度低減効果がより発揮された。
- ( 4 ) リサイクルガラス造粒砂サンドウェーブGは条件によって自然砂の代替品として用いることができる。

## 参考文献

- 1) 「土木試験 基本と手引き」 社団法人 地盤工学会, pp.18~38
- 2) 「ガラスリサイクル事業試料」リサイクルガラス造粒砂「サンドウェーブG」,  
トーエイ株式会社