

# 保水性舗装ブロック「テプサム クールブロック」 保水性壁体「テプサム クールウォール」

梅田 和彦<sup>1</sup>・長瀬 公一<sup>1</sup>・森 直樹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大成建設株式会社 技術センター 建築技術開発部 建築生産技術開発室  
(〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1)



本稿は、粉碎した使用済み発泡スチロール(以降, EPS : Expanded polystyrene)に温風処理して製造した「Tepsa」(Taisei expanded polystyrene aggregate)<sup>1)</sup>を使用して軽量化した保水性舗装ブロック「テプサム クールブロック」と保水性壁体「テプサム クールウォール」を紹介する。どちらも必要な時に表面を濡らすことが可能で、水分蒸発による気化熱で周囲の温度を下げるができる。給水源は雨水とし、給水ポンプの動力源には太陽光発電による電力を使用することを基本としている。実験とシミュレーションの結果から、暑熱緩和の効果があることがわかった。

キーワード 発泡スチロール, 保水性, 吸水性, 舗装, 壁体, 暑熱緩和

## 1. はじめに

我が国の大都市では、近代的な建物の建設と高速道路等の交通網の整備によって、生活環境の利便性が著しく向上してきた。しかしながら、その反面、夏季の気温上昇が顕著になるヒートアイランド現象が発生し、人体の健康と生態系への深刻な被害や冷房ピーク時の電力需要増加が大きな社会問題になっている<sup>2)</sup>。

都市の舗装の大部分を占めるアスファルトは、夏季の晴天日では昼間の路面温度が50°C以上になるので歩行者に熱的な不快感を与え、夜間は昼間に蓄熱した熱で外気を暖めるので熱帯夜の発生を助長する。一方、建物の外壁も日射や舗装等からの放射熱を吸収して蓄熱する結果、都市の気温が低下しにくい状況になっている。

都市の暑熱環境の緩和対策として、道路や壁の表面から水分を積極的に蒸発させて、その気化熱で冷却する方法がある。夏季に最も熱くなる路面に対して気化熱利用の対策を施せば、大きな効果を期待できるため路面の対策が最も重要と考えられるが、歩行者の体感の冷却方法として外壁や塀等の鉛直面を冷却する方法も有効と考えられる。

本稿では、使用済み発泡スチロール(EPS)に温風処理して製造したEPS骨材である「Tepsa」を使用して舗装や外壁の保水性の向上と軽量化を図り、表面を必要な時に湿潤状態にする目的で舗装や外壁に給水する方法を用いた保水性舗装「テプサム クールブロック」(以降、クールブ

ロック)と保水性壁体「テプサム クールウォール」(以降、クールウォール)を紹介し、暑熱緩和効果を報告する。

## 2. 技術概要

### (1) 軽量EPS骨材「Tepsa」

図-1に発泡スチロール(EPS)のリサイクル材である「Tepsa」を示す。製造方法は、使用済みEPSを最大粒径4mmに破碎後、120°C±1°Cの温風を均一に約15分間減容処理する。この温風減容処理により、容積が約1/8になり目的の密度の硬くて軽い骨材が得られる。かさ比重は0.1程度、かさ密度は0.1g/cm<sup>3</sup>である。



図-1 軽量骨材「Tepsa」

### (2) 保水性舗装ブロック「テプサム クールブロック」

本ブロックは軽量化と吸水・保水性の向上の目的で「Tepsa」を骨材にして、セメントペーストと混練しプレス成形した平面が10cm×20cmで厚さ6cmの寸法である。図-2に厚さ約1cmの表層にホタテの貝殻と罫子の粉砕物

を混ぜたブロックと舗装面を例として示す。絶乾密度は約 $1.3g/cm^3$ で、表乾密度は約 $1.6g/cm^3$ である。



図2 保水性舗装ブロック「テプサムクールブロック」

(3) 保水性壁体「テプサムクールウォール」

壁体も軽量化と吸水・保水性の向上の目的で「Tepsa」を骨材にして、セメントペーストと混練し振動成形した60cm四方の厚さ5cmのパネルである。複数枚のパネルを組合わせて既存の外壁に専用の金物により乾式工法で設置する。図-3に厚さ約1cmの表層にホタテの貝殻の粉砕物を混ぜたパネルと外壁面を例として示す。絶対密度と表乾密度は舗装とほぼ同じである。

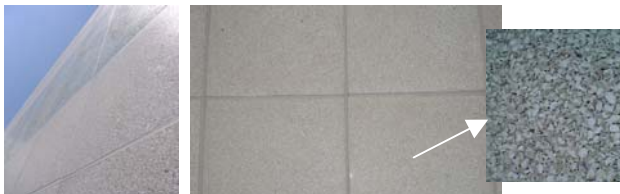


図3 保水性壁体「テプサムクールウォール」

(4) 給水方法

筆者らは、日射量が多くなれば舗装の蒸発量と太陽光発電の発電量が多くなることに着目して、保水量の減少に対し貯留した雨水を太陽光発電による電力で補填する給水方法を舗装と壁体に適用した。この方法で暑熱環境の緩和効果の持続性を向上させることができた。図-4に舗装における給水方法の例を、図-5に壁体における給水方法の例を示す。

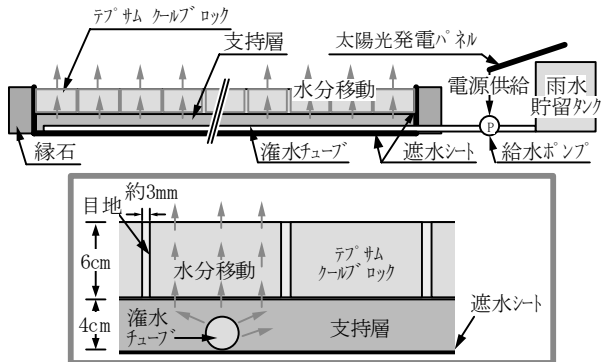


図4 クールブロックへの給水方法

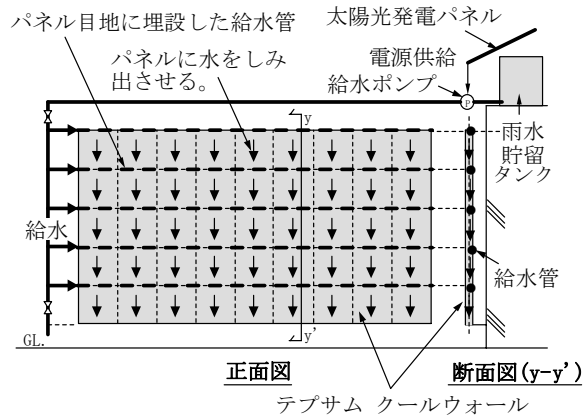


図5 クールウォールへの給水方法

3. 暑熱緩和効果

(1) 保水性舗装ブロック「テプサムクールブロック」の屋外実験

a) 実験概要

屋外実験では舗装の基本性能の確認を目的として、夏季で降雨がなく晴天が連続する2005年の8月17日から8月21日の5日間において、表面温度と蒸発量の推移を確認した。屋外実験の概要を表-1に示す。

表-1 実験概要

期間	2005年8月17日～2005年8月21日、2005年9月2日			
場所	大成建設(株)技術センター (横浜市戸塚区)			
試験体 (材料構成)	名称	構成	主な仕様	
	保水性 舗装	①ケール ブロック	寸法: 幅10cm×長さ20cm×高さ6cm 材料: モルタル+発泡スチロール粉砕(温風減容処理)	
		②支持層	寸法: 厚さ4cm 材料: 珪砂5号+モルタル +発泡スチロール粉砕(温風減容処理)	
		③目地	寸法: 幅1.5mm程度 材料: 珪砂5号	
水槽 貯留した雨水。縦45cm×横45cm×深さ約10cm				
測定項目 測定機器	測定項目	測定間隔	測定機器	主な仕様
	①全日射量	1分	日射計	波長 : 305～2800nm 精度 : ±0.04%/℃
	②気温 (高さ: 50cm)	1分	温湿度計 (通風形)	感温部: 白金測温抵抗体 温度 : -20～+60℃ 精度 : JIS A級
	③相対湿度 (高さ: 50cm)	1分		感温部: 高分子薄膜フィルム 湿度 : 0～100%RH 精度 : ±2% (0～90%RH) ±3% (90～100%RH)
	④風速 (高さ: 1.5m)	1分	風向風速計 (7°ロベラ形)	風速 : 0.2～60m/s 精度 : 0.1m/s
	⑤雨量	1分	雨量計	0.5mm/1転倒
	⑥表面温度	1分	熱電対	T型, 0.3mmφ
⑦蒸発量	1分	電子天秤	秤量 : 0～6100g 精度 : ±0.15g	

測定は、大成建設(株)技術センター (横浜市戸塚区) 敷地内の建物の日射遮蔽の少ない屋上にて実施する。なお、測定開始前日の降雨量は26mm/日である。

舗装の試験体の概要を図-6に示す。舗装の試験体では、厚さ5cmの断熱材の箱の底全面に支持層を厚さ4cmになるように転圧して設置し、ブロックを載せて上面を屋外に暴露する。さらに、ブロック周囲の目地に目地砂を充填する。水槽の試験体では、厚さ5cmの断熱材の箱に雨水を貯留して上面を屋外に暴露する。

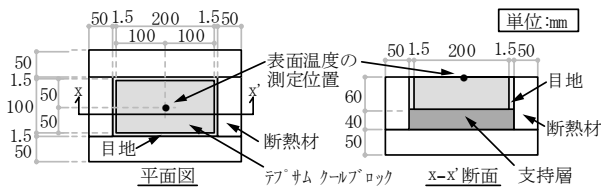


図-6 試験体概要

測定項目は、全天日射量、気温、相対湿度、風速、雨量の気象状況と試験体表面温度と蒸発量である。蒸発量については、重量変化を電子天秤で測定し、試験体の側面を風避け用のスロープで囲んで風圧による重量変化を抑制する。なお、全ての測定項目を1分間隔で測定する。

b) 実験結果

測定した5日間における試験体の表面温度と蒸発量の推移を気象状況と併せて図-7に示す。

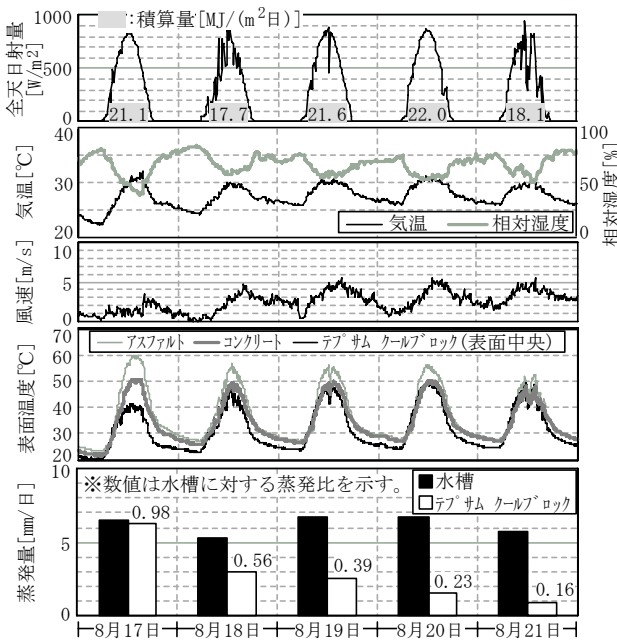


図-7 実験結果

測定期間の気象は、連日、全天日射積算量が17MJ/(m²日)を越え最高気温が30°C以上である。相対湿度は昼間で40%から60%で、夜間は最高80%程度である。試験体上部1.5mの風速は降雨後の晴天日1日目(8月17日)が最大3m/s程度であり、8月18日以降の4日間では最大5m/s程度である。

表面の最高温度は、晴天日1日目でクールブロックは約40°Cでアスファルトより約20°C低く、コンクリートより約10°C低いが、晴天日4日目(8月20日)でコンクリートとほぼ同じ約50°Cとなり、給水していないクールブロックは晴天4日間で約10°C上昇したことになる。

蒸発量については、水槽の蒸発量が5日間共5mm/日を超えるのに対して、クールブロックは晴天日1日目で約6mm/日(水面との蒸発比は0.98)である以降は徐々に減少して、晴天日5日目(8月21日)では約1mm/日(水面と

の蒸発比は0.16)である。

(2) 保水性壁体「テプサムクールウォール」の屋外実験

a) 実験概要

実験は降雨のない2005年9月10日から3日間、大成建設(株)技術センター(横浜市戸塚区)敷地内の建物の屋上で周囲に日射遮蔽物が少ない場所で行った。

試験体の概要を図-8に示す。試験体は、「Tepsa」を骨材にして、セメントペーストと瓦の粉砕物を混ぜたもので、寸法が幅30cm×高さ40cm×厚さ5cmである。屋外暴露面以外の5面を厚さ5cmの断熱材で囲んだ。給水管上下の湿潤状態を比較するため、試験体上端から10cm下の位置に水平方向に給水管を埋設した。試験体の向きを南にして、電子天秤の測り台に垂直に設置した。

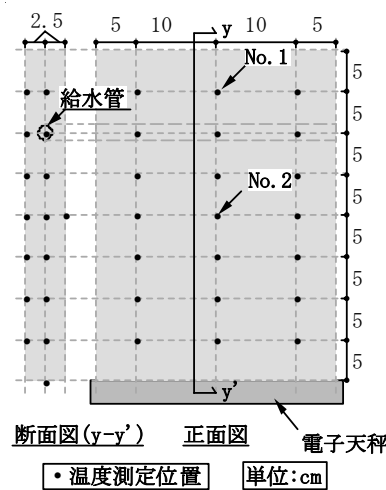


図-8 試験体概要

給水源は貯留した雨水で、貯留槽を厚さ5cmの断熱材の箱に入れて水温変化を抑制した。給水スケジュールは午前9時から午後5時までの毎正時1時間間隔で、給水量は約0.1L/min(2分間)である。実験概要を表-2に示す。

表-2 実験概要

測定項目	測定機器	主な仕様
①全天日射量	日射計	波長：305~2800nm 精度：±0.04%/°C
②気温(高さ0.3m)	熱電対	T型、0.3mmφ
③相対湿度(高さ0.3m)	湿度計	感温部：高分子 湿度：10~95%RH 精度：±5%(25°C, 50%RH)
④風速(高さ1.5m)	風向風速計(7ノベラ形)	風速：0.2~60m/s 精度：0.1m/s
⑤表面温度	熱電対	T型、0.3mmφ
⑥蒸発量	電子天秤	秤量：0~21kg 精度：±0.15g
⑦雨量	雨量計	0.5mm/1転倒

b) 実験結果

試験体表面温度の給水有無での比較結果を図-9に示す。天候は2日目(9月11日)に一時的に曇る他は良く晴れて、全天日射量は1日目と3日目でほぼ同等で18MJ/m²日前後で、3日間連続で最高気温は35°C前後で降雨はなく日中は暑い3日間であった。相対湿度は昼間で50%から70%程度で推移し、風速は1日目と3日目で最大3m/s程度であった。表面温度は給水した3日目で、図-8に示した位置のNo.2がNo.1より最大で約9°Cほど低く、水分蒸発による試験体表面温度の低下を確認した。

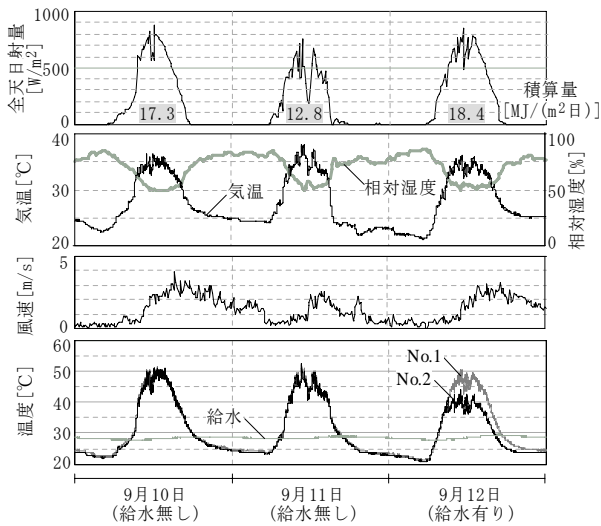


図-9 気象状況と試験体表面温度

試験体からの水分蒸発量を図-10に示す。蒸発が試験体暴露面全体で行われると仮定して蒸発量を試算すると給水した場合、最大蒸発量は約0.6mm/hで、熱量に換算すると約400W/m<sup>2</sup>の熱を表面温度上昇を伴わない放熱で大気へ放出したことになる。

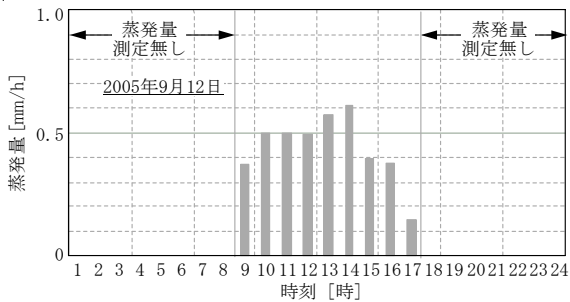


図-10 試験体からの水分蒸発量

給水開始後10分経過(9月12日12時10分)における試験体の表面と内部の温度分布を図-11に示す。給水管の上側の表面温度は平均で44.4°Cに対して、下側の表面温度は平均36.7°C(標準偏差0.8°C)で7.7°C低く湿潤分布はほぼ均一であり、採用した給水方法で湿潤面全体の表面温度をほぼ均一に低下できることを確認した。

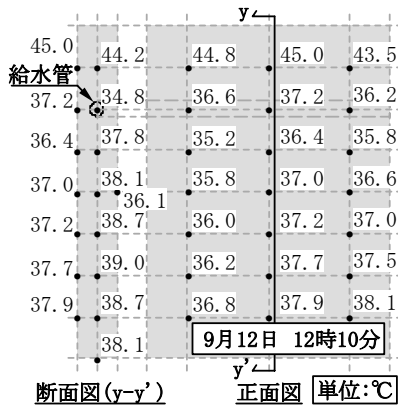


図-11 試験体表面温度(給水直後)

### (3) 街区モデルによるシミュレーション

#### a) 計算概要

クールウォールによる暑熱緩和効果の確認のため、図-12に示す街区を想定した計算モデルを用いてCFD(Computational Fluid Dynamics:計算流体力学)解析を行った。計算モデルは、1街区あたり6階建ての高さ24mの建物が4棟建つ容積率400%の9街区モデルである。建物周囲の敷地外溝幅は3.5mである。計算では、クールウォールの他にクールブロックも評価対象とし、両者の組合せによる熱緩和の相乗効果についても検討した。クールウォールの設置は中央街区の建物4棟の南向き外壁で高さ4mまでの範囲とした。クールブロックの設置は中央街区の建物敷地外溝全体とした。計算方法を表-3に、計算条件を表-4に計算ケースを表-5に示す。

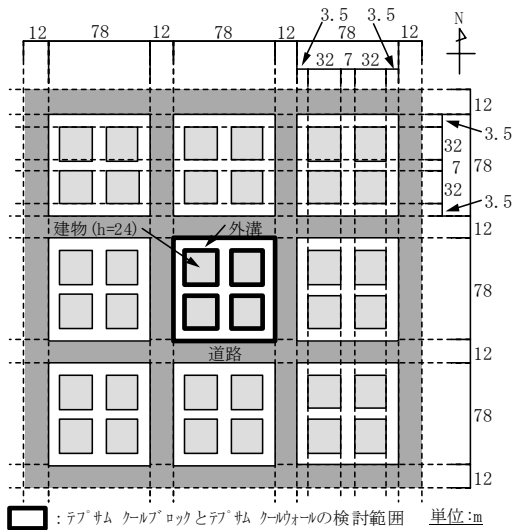


図-12 街区モデル

表-3 計算方法

解析法	SIMPLE法	
差分スキーム	一次風上差分	
境界条件	流入面 <sup>3)</sup>	$U(z)=U_s(z/z_s)^\alpha$ , $U_s=3\text{m/s}$ , $z_s=15.82\text{m}$ , $\alpha=0.25$ $I(z)=0.1(z/z_0)^{-\alpha-0.05}$ , $z_0=100\text{m}$ $k(z)=\{I(z)U(z)\}^2$
	流出面	自然流出条件
	表面	一般化対数則
解析要素数	155,808	

表-4 計算条件

与条件名称	単位	建物		外溝		道路
		クールウォール	コンクリート	クールブロック	アスファルト	アスファルト
熱貫流率	[W/m <sup>2</sup> K]	1.0	1.0	5.0	5.0	5.0
内部温度	[°C]	28.0	28.0	26.0	26.0	26.0
蒸発効率	[-]	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
反射率	[-]	0.21	0.26	0.15	0.05	0.05
短波長	[-]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

表-5 計算ケース

計算ケース	風向	風速 [m/s]	日付	時刻	日射量 [W/m <sup>2</sup> K]	気温 [°C]	湿度 [%]	クールブロック	クールウォール
CASE 1	S	3.0	8/1	正午	800	33.0	50.0	-	-
CASE 2	S	3.0	8/1	正午	800	33.0	50.0	有	-
CASE 3	S	3.0	8/1	正午	800	33.0	50.0	-	南
CASE 4	S	3.0	8/1	正午	800	33.0	50.0	有	南

注1) クールブロックの“-”印: アスファルト  
クールウォールの“-”印: コンクリート

注2) 風速の高さ: GL+7.4

**b) 計算結果**

気温, 絶対湿度, 平均放射温度 (Mean Radiant Temperature: MRT), SET\*(Standard New Effective Temperature:標準新有効温度)<sup>4)</sup>の各計算結果を図-13から図-24に示す。各図では, クールウォールとクールブロックが無いCASE1を基準とした差を表示している。

気温については, クールブロックの面積が広いので風下側の街区へ0.5℃程度冷却された空気が移流する現象が図-13から確認できる。クールウォールを設置した建物の南側敷地外溝から道路にかけて, 0.5℃程度外気が冷却されていることが図-14から確認できる。図-15では, クールウォールとクールブロックの相乗効果で, 気温がさらに低下して建物間で気温低下が1℃弱となっている。

絶対湿度については, 建物間でクールブロックからの湿気が滞留し1.5g/kg(DA)程度の湿度上昇を図-16から確認できる。クールウォールを設置した建物の南側においても, 敷地外溝で0.5g/kg(DA)程度の湿度上昇を図-17から確認できる。図-18では, クールウォールとクールブロックによる相乗効果によって, 湿度がさらに上昇して建物間では湿度上昇が2.5g/kg(DA)程度となっている。

平均放射温度については, クールブロックからの冷放射で最大2.5℃程度のMRTの低下を図-19から確認できる。クールウォールを設置した建物の南側においても, 敷地外溝で最大1.5℃程度のMRTの低下を図-20から確認できる。図-21では, クールウォールとクールブロックによる相乗効果によってMRTがさらに低下して街区南側の建物の南側では最大4℃程度のMRTの低下を確認できる。

SET\*については, 図-22の建物間でSET\*が1℃弱上昇しているが, 図-16に示す湿度上昇の影響と考えられる。図-22の中央街区のその他の敷地外溝ではクールブロックからの冷放射の影響で0.5℃程度のSET\*の低下を確認できる。クールウォールを設置した建物の南側でも, 敷地外溝で最大0.5℃程度のSET\*の低下を図-23から確認できる。

図-24では, クールウォールとクールブロックの相乗効果によって, SET\*がさらに低下して街区の風通しの良い場所では1℃程度のSET\*の低下を確認できる。

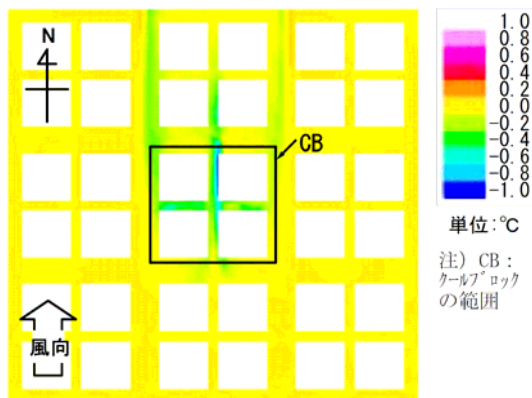


図-13 気温の差 (CASE2-CASE1) GL. +1.1m

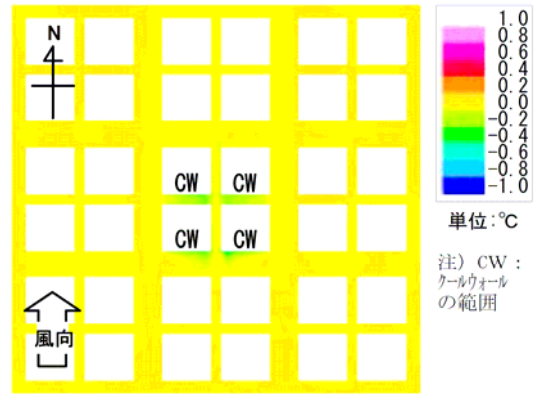


図-14 気温の差 (CASE3-CASE1) GL. +1.1m

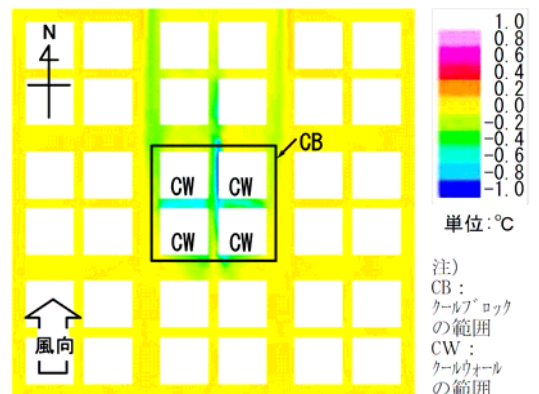


図-15 気温の差 (CASE4-CASE1) GL. +1.1m

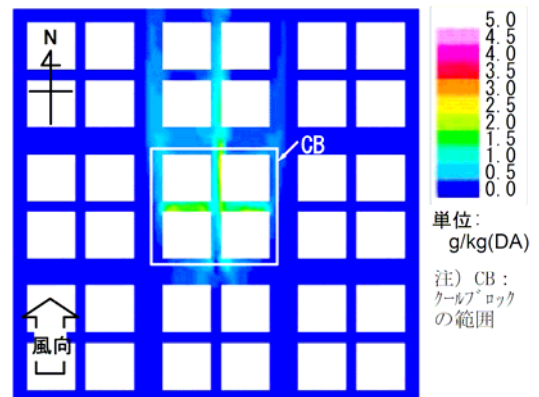


図-16 絶対湿度の差 (CASE2-CASE1) GL. +1.1m

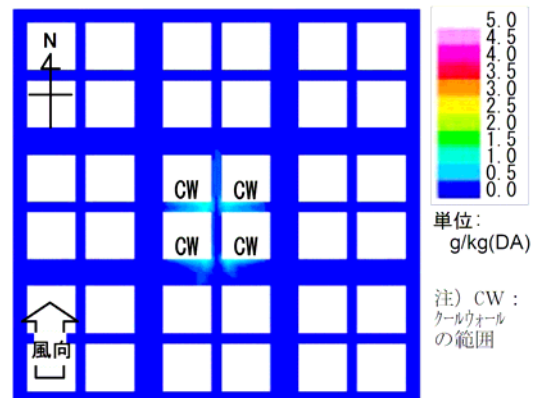


図-17 絶対湿度の差 (CASE3-CASE1) GL. +1.1m

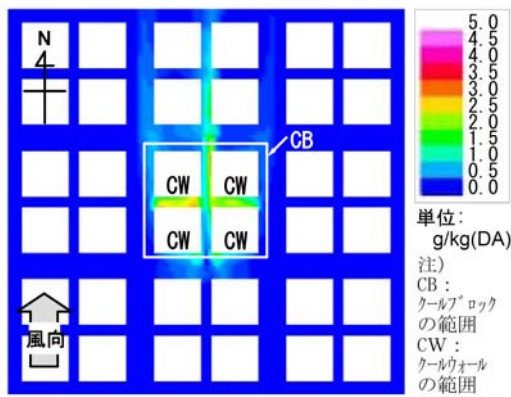


図-18 絶対湿度の差 (CASE4-CASE1) GL +1.1m

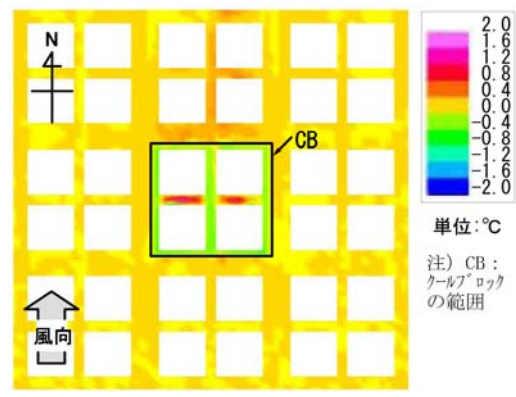


図-22 SET\*の差 (CASE2-CASE1) GL +1.1m

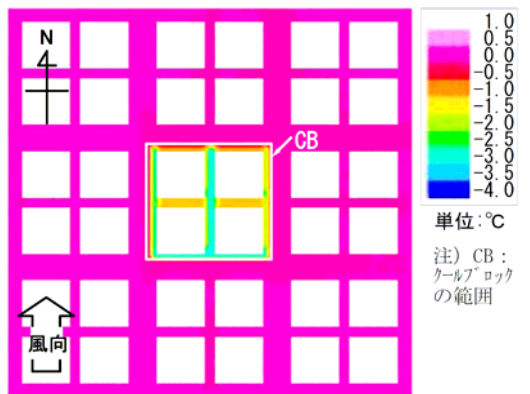


図-19 平均放射温度(MRT)の差 (CASE2-CASE1) GL +1.1m

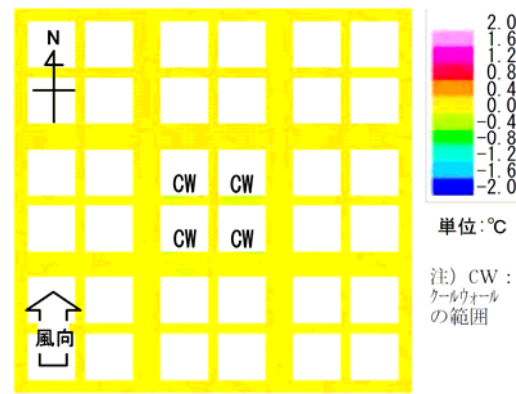


図-23 SET\*の差 (CASE3-CASE1) GL +1.1m

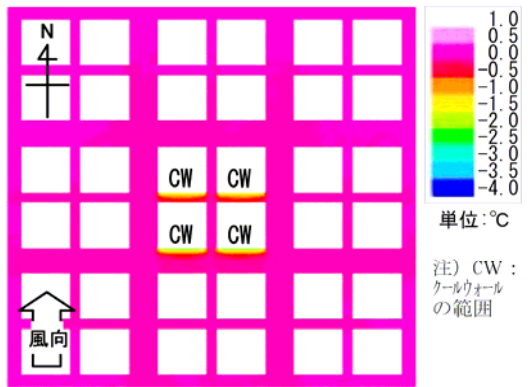


図-20 平均放射温度(MRT)の差 (CASE3-CASE1) GL +1.1m

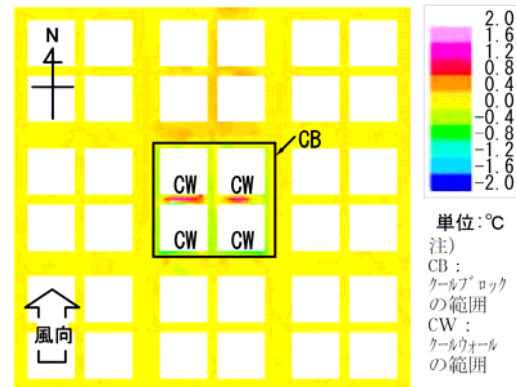


図-24 SET\*の差 (CASE4-CASE1) GL +1.1m

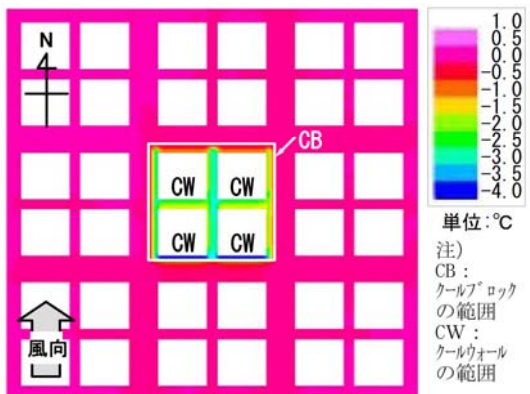


図-21 平均放射温度(MRT)の差 (CASE4-CASE1) GL +1.1m

#### 4. 結論

使用済み発泡スチロールを温風処理した骨材「Tepsa」を用いた保水性舗装ブロック「テプサム クールブロック」と保水性壁体「テプサム クールウォール」による実証結果から、夏季の暑さ対策に充分効果があることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 長瀬公一, 田端淳, 檜垣貴司, 屋脊下亮: 再生EPS骨材を用いたリサイクル材の開発, 大成建設技術センター報第38号, 2005.
- 2) (社)日本建築学会: 都市のヒートアイランド対策に関する提言, 2005.
- 3) 義江龍一郎: STREAMによる計算結果と実験結果の比較-角柱周りの流れ場について-, 第十回ユーズ-事例発表会講演集2000.
- 4) A. P. Gagge, A. P. Fobelets, L. G. Berglund: A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment, ASHRAE Transactions, Vol. 92, Part 2, 1986