

再帰性反射を付与した遮熱性舗装ブロック オーシャンクールテックの開発



都立桜ヶ丘公園での適用例

小玉 修^{*1}
柳沼 宏始^{*2}
上野 敦^{*3}

1. はじめに

近年、都市部の環境問題として、ヒートアイランド現象が大きく取上げられている。ここ100年間の温暖化による気温の上昇が全国平均1℃であるのに対して、東京都市部の気温上昇は3℃¹⁾と2℃高く、夏季の熱帯夜の日数も3倍以上に増加して、自然環境や生活環境が悪化してきている。図1に東京都区部の熱帯夜日数の分布を示す。

都市化により、地表面の大部分が道路や建物などによって覆われることにより、土や緑がアスファルトやコンクリートに置換わったため、蓄熱しやすく冷めにくい環境になったことがヒートアイランド現象の原因の一つとされている。夏季の日本の地表面に照射される太陽エネルギーは、1000W/m²²⁾といわれており、蓄熱量の大きい道路のアスファルトや建築物のコンクリートは太陽光を吸収して膨大な量の蓄熱体となる。国や自治体は、地表面被覆の改善策として、散水を必要としない路面温度上昇を抑制する遮熱性舗装を取上げ、車道を中心に施工実績が急速な伸びを示している。この中でも、東京都は本格的に遮熱性舗装を採用し、路面温度上昇抑制舗装

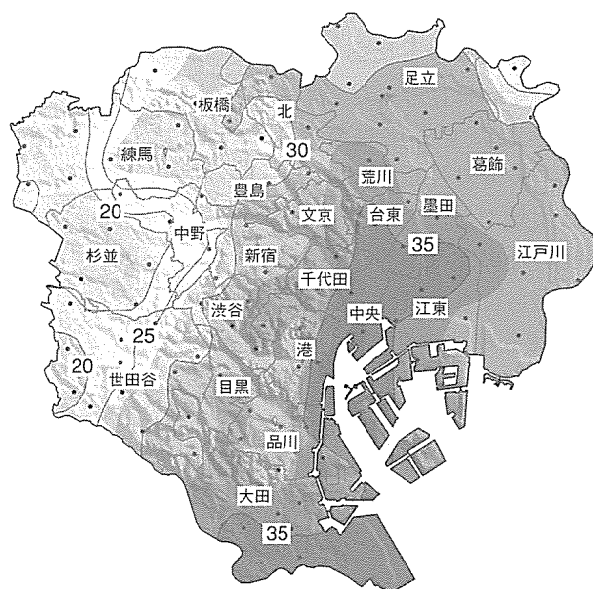


図1 東京都区部の熱帯夜日数の分布
[2004年7月20日～9月30日 / 作成：東京都環境科学研究所]

研究会による平成22年度までの累計施工面積は全体が102万8648m²に対して、東京都は55万8144m²と、全体の54%³⁾を占めている。

2. 遮熱性舗装ブロック 「オーシャンクールテック」

車道への対策は上述のとおりであるが、主に直接人が接触する歩道・公園・広場といった歩行者系道路の対策として開発を行った製品が本稿で紹介する遮熱性舗装ブロック「オーシャンクールテック(以下、OCTと略)」である。図2に遮熱性舗装の熱環

*1 太平洋プレコン工業(株) 開発部
*2 同上 博士(工学)
*3 首都大学東京 准教授 博士(工学)
DEVELOPMENT OF SOLAR HEAT-BLOCKING PAVEMENT BLOCK WHICH GAVE RETROREFLECTION (by Osamu KODAMA, et al.)

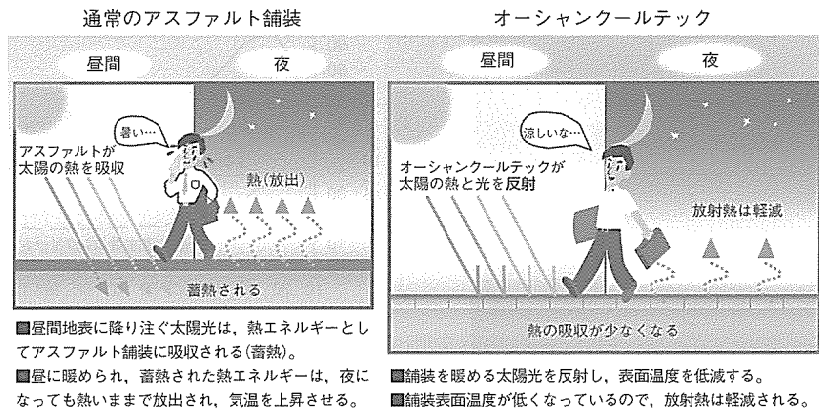


図2 遮熱性舗装の熱環境イメージ

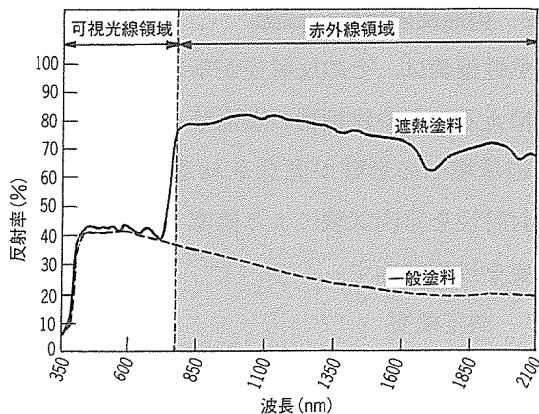


図3 一般塗料と遮熱塗料の分光反射率

境イメージを示す。

2-1. 遮熱性舗装ブロックとは

遮熱性舗装ブロックは、ブロック表面に赤外線を反射させる太陽熱高反射塗料(以下、遮熱塗料と称する)を塗布することにより製造した。一般の密粒度アスファルト(以下、密粒度Asと略)舗装に比べ、夏季における昼間の路面温度を10℃以上低減し、また蓄熱を抑えることで、夜間の舗装面からの放熱量を減らすことができる。遮熱塗料は、太陽光エネルギーの約50%を占める赤外線を70~80%反射する。可視光線領域では一般の塗料とほぼ同じ反射特性を持つことから、太陽熱を効率良く反射する。したがって、外観上は一般の塗料と同様である。図3に一般塗料と遮熱塗料の分光反射率の例を示す。

2-2. オーシャンクールテックの特長

① 景観材として必要な色のバリエーションを

表1 OCTと密粒度Asとの温度差

試験体	密粒度AS	OCT			
		ライトグレー(CT05)	ベージュ系(CT20)	薄茶(CT40)	濃茶(CT45)
色	黒				
表面温度(℃)	60.5	44.4	42.7	45.6	47.9
温度差(℃)	-	-16.1	-17.8	-14.9	-12.6

揃えている。なお、赤外線を反射することで、一般塗料よりも明度の違いによる表面温度の差が少ない。室内照射試験による密粒度AsとOCTの表面温度の差を表1に示す。密粒度Asが60.5℃の時のOCTの表面温度は44.4~47.9℃となった。温度差は、-12.6~-16.1℃となり、明るい色ほどわずかながら温度低減差が大きくなった。

② ブロック表面にスリット状の凹凸を設けた形状を採用した。これにより以下の効果が得られる。

- ・再帰性反射効果が得られ、鏡面反射した太陽エネルギーによる建物の温度上昇等の悪影響が抑制される。
- ・凸部の表面が摩耗しても、凹部の低面と側面には塗膜が残るため、遮熱効果を長期間維持する。
- ・すべり抵抗性が向上することにより、歩行の安全性を確保できる。
- ・平面よりも表面積が大きいため、風による熱交換効率が良く、表面温度の低減が大きい。



写真1 高圧水による洗浄実験

表2 実験結果の一例

遮熱塗料	40MPa	80MPa	判定結果
A (OCT)	剥がれなし	剥がれなし	○
B	剥がれなし	剥がれあり	×
C	剥がれあり	剥がれあり	×

- ③ スリットの形状を2種類設定し、周囲の景観に合わせて選択できるようにした。
- ④ ブロックに透水性機能を与えることにより、地中への雨水の還元および水分の蒸発散による温度低減が期待できる。
- ⑤ 関東地区では、基層部にエコセメントを使用することにより資源面で環境負荷を低減している。

3. オーシャンクールテックの試験結果

3-1. 塗料の耐久性確認

OCTはブロック表面に高反射率塗料を塗布していることから、供用に伴う塗料の剥がれに起因する路面温度低減効果の持続性が疑問視されることがあるため、塗料の剥がれに対する耐久性を確認した。歩行者系道路の透水性やすべり抵抗性の回復、汚れやガム等の付着物の除去に用いられている超高圧水による洗浄試験(写真1)を行った。試験結果の一例を表2に示す。これより、塗料によっては40MPaの水圧で剥がれが生じているが、OCTに使用している遮熱塗料(A)は80MPaの水圧下でも剥がれが生じないことが確認された。このことは、供用に伴う目詰りにより透水性能が低下しても、高圧水による洗

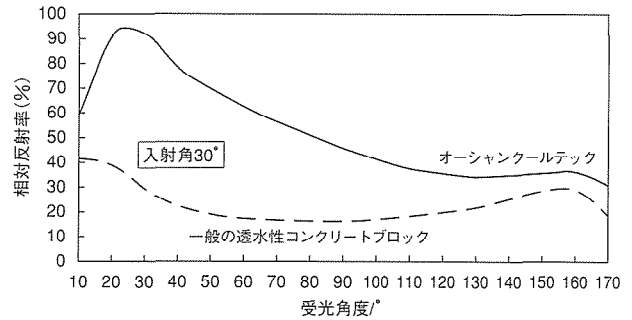


図4 反射率の測定結果

浄で機能回復が可能であることを示している。

3-2. 再帰反射特性の確認

遮熱性舗装は、その反射光が歩行者人体への熱負荷が増えることや建築物の壁面等を暖めることによる周辺環境への影響が懸念されることから、OCTの反射特性を室内試験により確認した。反射率の測定概要を以下に示す。

(1) 測定概要

- ① 測定には、日本ペイント(株)が開発した任意の角度から供試体に光を入射させ、その時の反射光を10~170°の範囲で10°ピッチに受光可能な再帰反射率測定装置¹⁾を適用した。
- ② 測定に用いた供試体は、OCTと標準的な透水性コンクリートブロック(以下、透水ブロックと略)の2種類(切断して100×100×10mm)とした。
- ③ 測定条件は光源にハロゲンランプ150Wを用い、測定波長900nm、入射角度を30°、受光角度を10~170°の範囲で10°ピッチに受光する条件下で実施した。
- ④ 硫酸バリウム白色標準板の鏡面反射(150°)強度を基準(100%)とし、これに対する各供試体の反射強度の比率を相対反射率とした。

(2) 測定結果

OCTと透水ブロックの反射率を図4に示す。これより、OCTは入射角(30°)に対して再帰反射となる受光角度30°付近で反射率のピーク(=92%)を示していることから、高い再帰反射性を有している。これに対して、透水ブロックではこのような特性は少

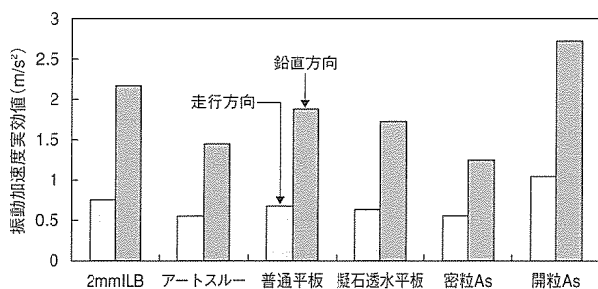


図5 車椅子の振動加速度の比較

ない。鏡面反射角150°の反射率と再帰反射角30°の反射率は、透水ブロックが29%：29%(1：1)に対して、OCTが36%：92%(1：2.6)を示し、鏡面反射に対する再帰反射の比率はOCTが2.6倍も大きい。

これより、OCTは透水ブロックと比べて高い再帰反射特性を有していることが確認できた。これは、遮熱塗料とブロック表面に設けた凹凸の効果によるものである。なお、この凹凸には、図5に示すように車椅子の振動を歩道に使用されている開粒度As舗装に比べて約50%、従来のインターロッキングブロック(以下、ILブロックと略)や平板に比べても20～30%低減する効果も有している。

3-3. 路面温度低減効果

夏季晴天時ではアスファルト舗装の表面温度が60℃程度に達することがあり、都市のヒートアイランド現象の一因とされている。そこで、OCTの路面温度低減効果を室内試験により確認した。

(1) 測定の概要

- ① 試験は室温20℃の恒温室内で、150Wビームランプを使用する照射試験とした。ランプの位置は、密粒度アスファルト供試体が3時間で表面温度が60℃となるように高さを設定した。
- ② 各供試体は断熱材にて5面拘束して照射し、

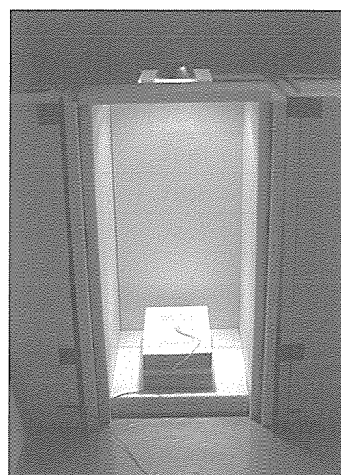


写真2 屋内照射試験

3時間後の温度を測定した。

- ③ 供試体の種類と寸法は、148×298×80mmの凹凸を有するブロックを母材とし、遮熱塗料の有無で比較した。
- ④ 試験条件は、密粒度アスファルト供試体の表面温度が60℃の時の各供試体温度を測定した。

(2) 測定結果

測定結果を表3に示す。これより、表面温度で比較すると密粒度Asが60℃に達した時、OCTが44.0℃、未塗装が53.6℃となった。また、ブロック内部の温度でも7.5～9.2℃の差異が認められる。これより、OCTに使用している塗料には路面温度の上昇を抑制する効果が確認された。

3-4. 屋外曝露試験における路面温度低減効果の確認

2010年の夏に東京都内にて密粒度AsとOCTの曝露試験を行い、表面温度の比較を行った結果を表4および図6に示す。

密粒度Asは夜間に表面温度が下がっても、気温よりも5℃程度高くなっていた。これは、密粒度

表3 測定結果

ブロックの種類	項目	表面	1cm下	4cm下	裏面
OCT	最高温度(℃)	44.0	42.2	39.5	38.7
	密粒度Asとの温度差(℃)	16.0	—	—	—
未塗装	最高温度(℃)	53.6	51.4	47.5	46.2
	CT40との温度差(℃)	9.6	9.2	8.0	7.5
	密粒度Asとの温度差(℃)	6.4	—	—	—

表4 最高気温と表面温度

測定日	2010/8/15	2010/8/16	2010/8/17
最高気温	35.5℃	36.3℃	37.2℃
A：密粒度As	59.0℃	60.8℃	63.5℃
B：OCT	48.2℃	49.5℃	51.4℃
温度差(A-B)	12.6℃	12.9℃	14.1℃

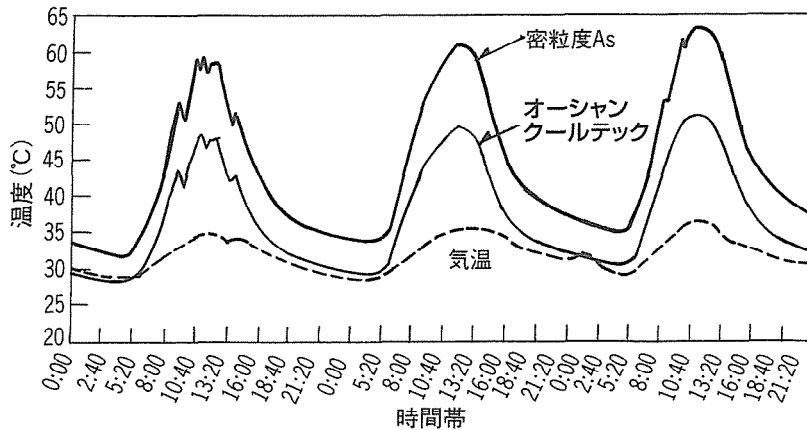


図6 OCTの温度低減効果

Asは夜間も熱放射し、周りの気温を上昇させることを示す。これに対して、OCTは、夕方から夜にかけてブロックの表面温度がほぼ気温まで下がり、夜間の気温を上昇させないことがわかる。

遮熱性舗装の路面温度低減値の基準²⁾は、国土交通省関東地方整備局では10℃以上(現場計測)、横浜市では8℃以上(現場計測)、東京都建設局では11℃以上(室内照射)と規定している。10℃以上の表面温度低減効果が確認され、現場計測の基準を満足した。

3-5. 試験施工における路面温度低減効果の確認

(1) 温度測定の概要

2011年7月28日に調布市役所前の歩道部にOCTの試験施工を実施した(写真3)。試験施工は既設のILブロック(白とグレー)を298×298mmの平板サイズ(ベージュ系)のOCTに張替えたものである。温度測定は調布市役所と共同で実施し、ブロック表面に温度センサを取付けて、10分間隔で自動計測した。測定は、OCT 2個所と既設のILブロックの白とグレーとした。ただし、グレーは8月23日から測定を開始した。



写真3 調布市における試験施工

(2) 測定結果

① 最高気温時の比較

8月中旬に最高気温を記録(37.2℃)した18日を含む前後3日間(17~19日)の気温と各ブロックの表面温度の推移を図7に示す。最高気温を記録した時のブロック表面温度は、白が48.7℃、OCTが44.9~45.6℃となった。図7より、白ブロックに比べてOCTの表面温度が昼間夜間を通して低い傾向にある。測定期間中の両者の温度差は最大で9.7℃(8月18日12時、OCTNo.1=36.8℃、白=46.5℃)に達し、平均で1.5~2.3℃を示した。これにはブロックのアルベドが大きく影響していると考えられる。

② 降雨後の比較

9月20日17時~21日19時にかけて最大降雨量(102mm)を記録した降雨翌日(22日)を含めた3日間(20~22日)の気温と各ブロックの表面温度の推移を図8に示す。この図から、この期間でも白やグレーに比べてOCTの表面温度が昼間夜間を通して低いことがわかる。降雨翌日(22日)早朝6時の気温は21.7℃であるが、ブロックの表面温度は白が21.6℃、グレーが21.3℃、OCTが20.8~20.9℃となりいずれも気温よりわずかに低い値にある。気温が最も高い(=28.4℃)12時と比較すると、白が32.2℃、グレー

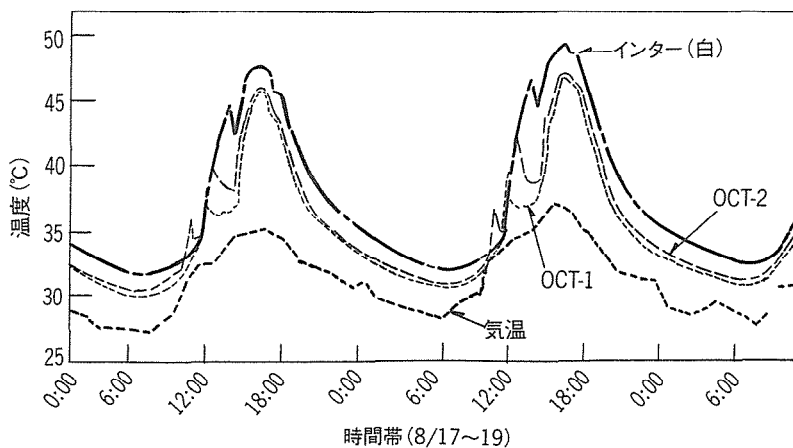


図7 各ブロックの表面温度の推移(8/17~19)

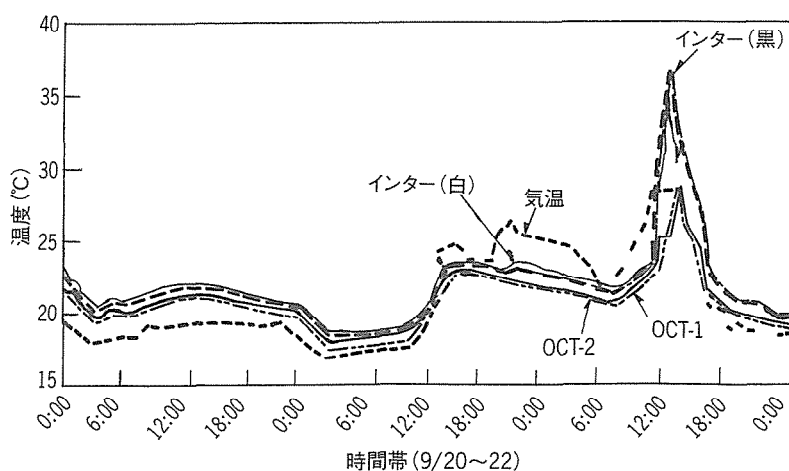


図8 各ブロックの表面温度の推移(9/20~22)

が36.1℃、OCTが24.8~25.2℃となり、OCTは白に比べて7.0~7.4℃も低い。降雨後昼間の気温が30℃付近に達するとOCT内に残留した水分の蒸発散が活発になり、遮熱効果と合わせてOCTの表面温度が抑えられると考えられる。このことは、平成21年の夏季に当社埼玉工場で実施した温度測定結果と同様な傾向を示した。

4. おわりに

OCTは、夏季晴天時の路面温度の上昇を抑制するだけでなく、ブロック表面の凹凸が再帰反射特性と車椅子の振動低減効果にも寄与している。これらの効果により、歩行者系道路では安全で快適な歩行環境を提供でき、周辺環境にマッチした色調を選択することにより景観性の向上も図ることができる。

OCTの長期間に渡る路面温度低減効果の持続性やはがれに対する耐久性は、引き続き調布市役所と共同で調査を継続していく予定である。また、現状のOCTはブロックの曲げ強度が3.0MPaであるため、用途が歩行者系道路に限定される。商店街や住宅地内等の歩車共存道にも適用できる製品開発も今後の検討課題に挙げられる。

[参考文献]

- 1) 気象庁/20世紀の日本の気候, 2002.5
- 2) JIS C8904-3/2011太陽電池デバイス-第3部: 基準太陽光の分光放射照度分布による太陽電池測定原則
- 3) 遮熱性舗装技術研究会/遮熱性舗装施工実績(H14年度~H22年度)
- 4) 五樽木一, 坂本康文, 津島 宏, 筒井宏明/遮熱性舗装の再帰反射特性に関する一検討, 土木学会年次学術講演会, 平成23年度, V-372, pp.743~744
- 5) 舗装性能評価法別冊, (社)日本道路協会, 平成20年3月, pp.75

複写についてのお願い

セメント協会は下記協会に複写に関する権利委託をしております。本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写して下さい。ただし(社)日本複写権センター(同協会より権利を再委託)と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません(社外頒布用の複写は許諾が必要です)。なお、著作物の転載・翻訳などの複写以外の許諾は、直接セメント協会広報部門(☎03-5200-5055)へご連絡下さい。

連絡先: (中法)学術著作権協会 ☎170-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

☎03-3475-5618 ☎03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp