各種環境舗装の環境影響負荷低減効果とヒューマンセンスに与える影響の検証

佐藤研一

福岡大学工学部社会デザイン工学科

概要：本研究では、福岡大学工学部内に施工された排水性舗装、遮熱性舗装、保水性舗装、景観舗装、歩行者系舗装等の6種類の舗装を用いて、(1)遮熱性効果、(2)排水・保水性の効果、(3)景観性の効果、(4)歩き心地の検証を各種試験より舗装の性能評価を行った。また、ヒューマンセンスに与える影響についてアンケート調査を行い、得られた試験データとの比較から各舗装の比較を行なった。

1. はじめに

地球温暖化が進む現在、ヒートアイランド現象やゲリラ豪雨による都市部の浸水が大きな社会問題になっている。一方で、道路は舗装されていることが当たり前の現在、景観や歩き心地などの機能性を追及した舗装が施工され、循環型社会の形成の必要性から産業副産物を舗装工事に有効活用する新しい舗装材料も開発されている。そこで、本研究では、本学工学部の施工区内にある環境・景観・歩行者系舗装6種類と同じ区域内に施工された従来型の密粒度舗装と排水性(ポーラス)舗装、計8種類(**写真-1～7**)の比較を行うことによって、各舗装体の性能評価とアンケートの結果を総合的に検討することにより、ヒューマンセンスに与える影響について考察を行った。

2. 環境舗装の施工概要

本研究では、舗装大手6社の共同研究により本学工学部内に環境・景観・歩き心地に配慮した舗装の施工を約1000m²行った。各舗装の種類については**表-1**に、施工場所については**図-1**に示す。また、**表-2**に各舗装の特徴を示している。

会社	舗装種類	舗装の特徴
A	遮熱性舗装	日射エネルギーの約半分を占める近赤外線を高反射して舗装路面の温度上昇を抑制する舗装。すべり止め骨材を散布することで適度なすべり抵抗を有する。
B	景観舗装	環境にやさしい水性ポリエステルエマルジョン系常温薄層舗装を施工。素材にセラミック骨材を使用し、落ち着いた柔らかな色調と自然石の質感をもつ舗装。
C	歩行者系弾性舗装	適度な「衝撃吸収性」と「すべり抵抗性」を備えたゴムチップ入りアスファルト舗装。ゴムチップ容積を大幅に増加させ弾性舗装と同等の「衝撃吸収性」「弾力性」とアスファルト舗装と同等の「すべり抵抗性」が得られる。
D	歩行者系弾性舗装	遮熱性ゴムチップと自然砂を骨材としてバインダーに弾性に富んだウレタン樹脂を混合したゴム・砂舗装。この舗装の効果を測るために通常のゴムチップと砂の舗装と、通常のゴムチップのみを骨材とした舗装も施工。
E	ポーラスアスファルト舗装	舗装路面の排水を目的にした舗装。粗くしたアスファルトや排水性舗装材等(表層)の下に遮水層(不透層)を設けて路面に滞留する雨水を積極的に道路の両側にある側溝等の排水構造物へ排水。
F	保水性舗装	ポーラスアスファルト舗装の空隙50～70％に保水性スラリー中に保持された水分が発・気化するときに舗装の温度を下げる効果を持たせた舗装。通常の保水性舗装と高強度タイプの保水性スラリーの2種類の施工。
G	遮熱性舗装	可視光線を吸収し赤外線を反射させる特殊顔料と樹脂を混合した遮熱コーティング材料を使用。路面温度の上昇を抑制する。
H	密粒度舗装	一般的な舗装。

表-1　舗装概要

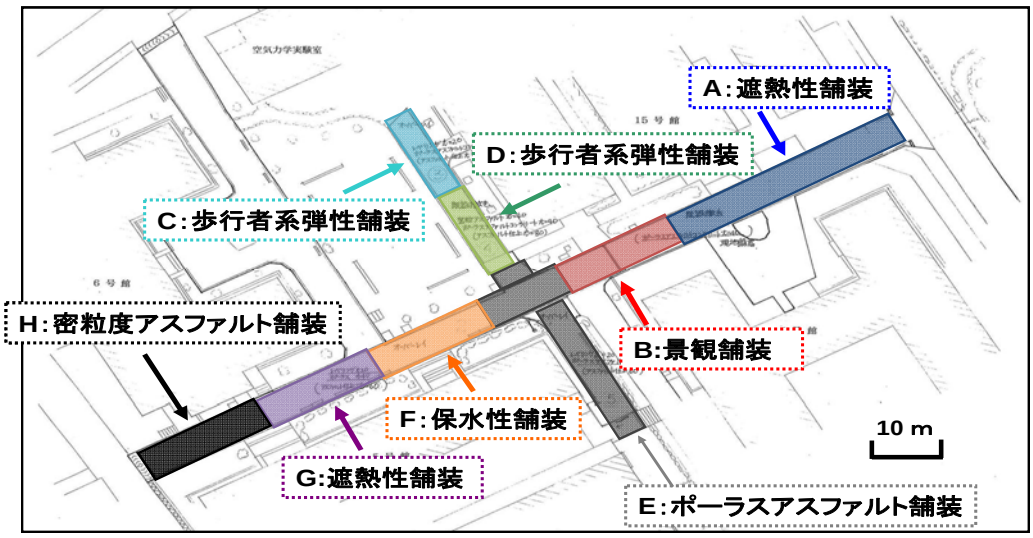

図-1　施工場所と施工概要

写真-1　施工以前の状況

写真-2　遮熱性舗装(A)
(㈱NIPPO)

写真-3　景観舗装(B)
(東亜道路工業㈱)

写真-4　歩行者系弾性舗装(C)
(大成ロテック㈱)

写真-5
歩行者系遮熱・弾性舗装(D)
(日本道路㈱)

写真-6　保水性舗装(F)
(鹿島道路㈱)

写真-7　遮熱性舗装(G)
(前田道路㈱)

施工箇所	工学部通り(車道)				Yショップ前通路(歩道)	
会社名	㈱NIPPO	前田道路㈱	鹿島道路㈱	東亜道路工業㈱	大成ロテック㈱	日本道路㈱
環境舗装種類	遮熱性舗装	遮熱性舗装	保水性舗装	常温型自然石薄層舗装	弾性舗装	弾性舗装
環境舗装名称	クールパービアス	ヒートオフペイブ	アクアクール	ネイチャーコートST	ソフトウォーク	レインボーミックSG
特徴	滑り止め骨材使用	カラーバリエーション	高炉スラグ粉末を主な原料とする	セラミック骨材使用	コストパフォーマンスに優れている	ウレタン系バインダーで混合

表-2　各社の舗装の特徴

3. 計測概要

3-1 路面温度測定

今回施工された舗装において日中の路面温度変化を調べるため非接触型のデジタル温度計による測定を行った。路面から 1.2m の高さにデジタル温度計を合わせ、11：00～15：00 の間 60 分ピッチで測定した。気温は気象庁のデータを利用し比較を行った。また、8 月 24 日～8 月 26 日の遮熱性舗装(A)とポーラス舗装(E)の基層及び表層の温度を、熱電対を使用して測定し、表・基層面の温度測定から遮熱効果検証を行っている。さらに路面表面全体の温度変化についてサーモグラフィーを用いて計測している。

3-2 路面の弾力性測定

路面の弾力性を測定するため、GB, SB 試験を行った。GB 試験はゴルフボール、SB 試験はスチールボールを使用し、路面から 1m の高さから自由落下させた時の跳ね返りの高さを求め、舗装体の衝撃吸収性の評価を行った。

3-3 路面のすべり抵抗性測定

路面の滑り抵抗性を測定するため、振り子式スキッドレジスタンステスタを用いたすべり抵抗試験を行った。実験は、装置を路面に対し水平状態にセットし、振り子を自由落下させることで路面に接した際の摩擦測定値によりすべり抵抗値(BPN)を測る。なお結果の整理については、路面温度が 20℃の時の BPN へ換算し比較した。

3-4　現場透水試験測定

今回の試験施工した舗装は、密粒度舗装(G),(H)を除いてすべて排水性舗装(ポーラス舗装)上に施工をしている。そこで、各舗装の透水性について現場透水試験を行い、経時的な透水性の変化について検討を行った。

4. 実験結果及び考察

4-1 路面温度測定による温度低減効果の検討

図-2, 3 にデジタル温度計によって測定された路面温度について、8 月の晴天日(最高気温 33.6℃)、10 月の晴天日(最高気温 20.7℃)の結果を示す。遮熱性舗装(A・G)及び保水性舗装(F)を施工した区間における路面温度は、ポーラス舗装(E)と比較して最大で 8 月では約 15℃、10 月では約 8℃低く遮熱効果が生じていることが分かる。一方、遮熱効果のあるゴムチップを用いた歩行者系舗装(D)は弾性効果を主目的としているため、他の工法に比べて温度低減効果があまり見られない結果となった。**図-4** に熱伝対によって遮熱性舗装(A)とポーラス舗装(E)の路面温度を連続的に測定した結果を示す。外気温度がほぼ同じだったデジタル温度計にて計測した**図-3** と比較すると最大遮熱効果がほぼ同じ約 15℃であることがわかる。また、基層における温度の比較を行うと約 8℃の温度差があった。この結果から遮熱効果が、ヒートアイランド低減効果や夏季におけるわだち掘れの緩和に有効であることがわかる。さらに 25 日の夜間において、ポーラス舗装(E)と遮熱性舗装(A)の表層最低温度の比較を行うとそれぞれ 25.6℃と 23.3℃であり、舗装内の蓄熱量もわずかではあるが少ないことも示された。しかしながら、日没後の遮熱性舗装表面温度の低下が大きいことは、夜間における舗装からの放射熱が少ないことを示唆している。

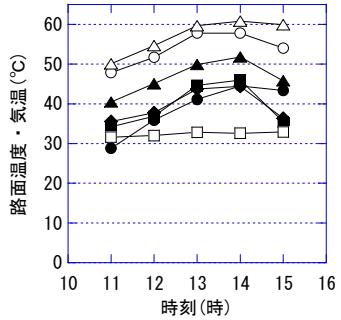

図-2　路面温度と時刻の関係
(2009.8.27　晴れ)

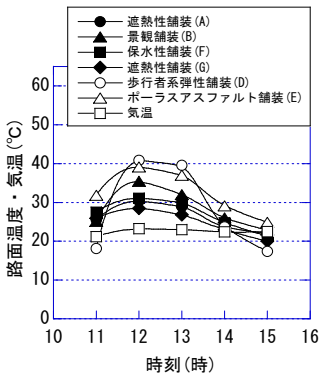

図-3　路面温度と時刻の関係
(2009.10.15　晴れ)

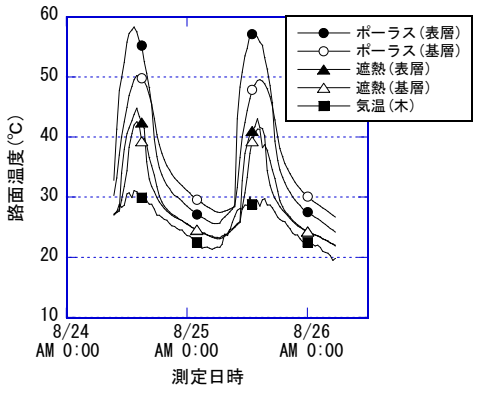

図-4　熱伝対による路面温度測定結果

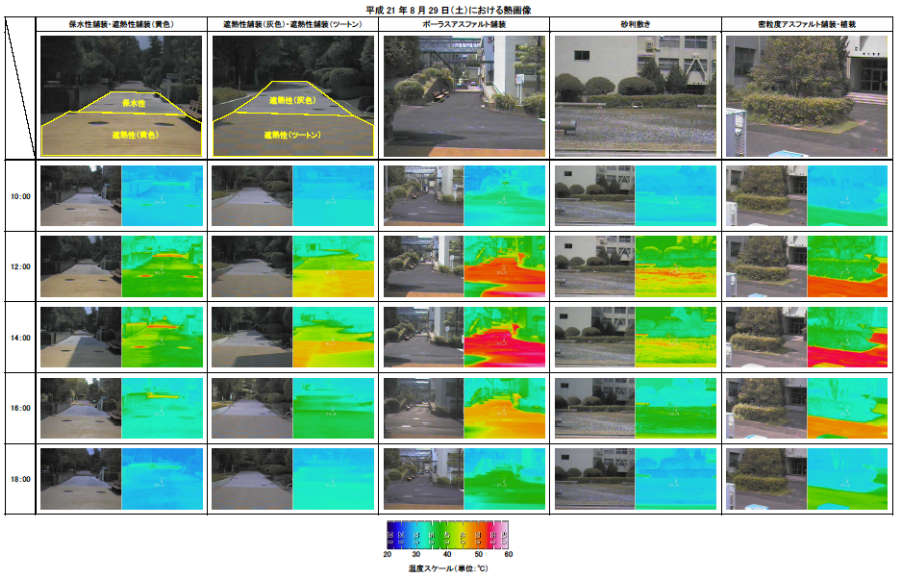

図-5　サーモグラフィー計測による路面温度測定結果

4-2 サーモグラフィー計測による路面温度測定結果

サーモグラフィー計測による路面温度測定結果を**図-5** に示す。デジタル温度計の結果と同様にポーラスアスファルト舗装や密粒度アスファルト舗装に比べ各舗装の路面温度の低減効果が見られた。特に 12：00 の結果では、ポーラスアスファルト舗装の表面温度が 50℃以上にまで上がっているのに対し、遮熱及び保水性舗装は 40℃程度にまで抑えられている。植栽と比較しても 2℃程度しか上がっていない。また 18：00 の結果では、ポーラスアスファルト舗装の表面温度が約 38℃に対し、遮熱及び保水性舗装は 30℃程度にまで抑えられている。このことから遮熱及び保水性舗装内部の蓄熱量も少ないことが分かる。

4-3 GB, SB 試験による舗装路面の弾力性の検討

GB 及び SB 試験の結果を**図-6** に示す。GB 反発係数は衝撃吸収性を、SB 反発係数は反発弾性を表す。歩行者系弾性舗装(C)は、他の舗装と比べると GB 係数は低いが SB 係数は同等の値を示している。そのため柔らか過ぎない舗装面となり、車椅子や自転車の走行に適しているといえる。一方で、歩行者系弾性舗装(D：遮熱性ゴムチップ舗装)は他の舗装と比べGB係数が低く SB係数が高い結果となり、人工芝系やポリウレタン系の舗装に近い舗装になっている。

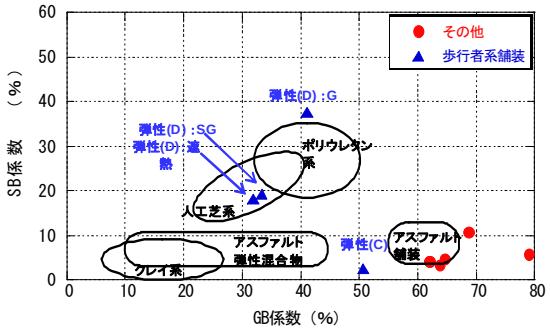

図-6　一般的な舗装との GB, SB 係数の関係図

4-4 すべり抵抗試験による舗装路面の安全性の検討

すべり抵抗試験の結果を**図-7** に示す。一般的に、すべり抵抗値(BPN)は 40 以下が滑りやすく、道路に適していないといわれている。**図-7** より、歩行者系弾性舗装(D)が滑りやすいことがわかる。中でも、試験的に施工したゴムチップのみを配合した舗装は BPN が 40 をわずかに下回っており、ゴム単体では湿潤路面で滑りやすく、砂を配合することでいかに滑りやすさを軽減できるかということが示された。

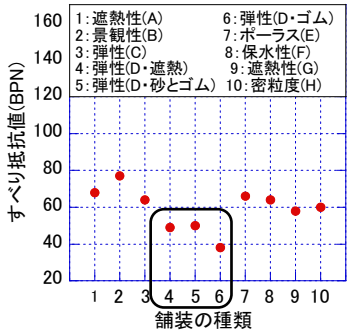

図-7　振り子式すべり抵抗試験結果

	現場透水量　(ml/15秒)			
	遮熱性舗装(A)	景観舗装(B)	歩行者系弾性舗装(C)	ポーラス舗装(E)
2009/10/23 (3ヵ月後)	1345	1237	1027	1327
2009/1/22 (6ヵ月後)	1274	1200	1011	1313

表-3　現場透水量試験結果

4-5　現場透水量試験結果

現場透水量試験の測定結果を**表-3** に、舗装の種類による透水量を示したものを**図-8** に示す。

図-8 より、歩行者系弾性舗装(C)が他の舗装に比べ透水量が少なくなっている。これは、遮熱性舗装(A)と景観舗装(B)がポーラス舗装上に施工されているためだと考えられる。また、遮熱性舗装(A)と景観舗装(B)を比較すると、わずかではあるが景観舗装(B)の透水量が少ない結果となった。このことは、遮熱性舗装(A)を施工してもポーラス舗装の排水性能に影響が少ないと考えられる。次に、施工後3ヵ月後と6ヵ月後で比較を行うと、いずれの舗装もわずかではあるが透水量が減少している。このことから、施工後の時間経過と共に舗装の透水性能が減少する恐れがある。

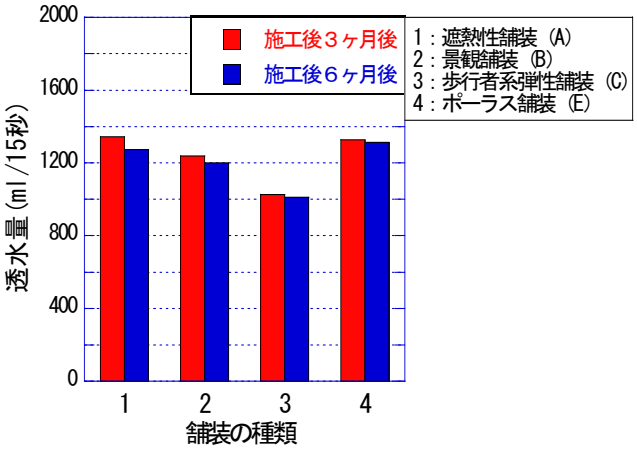

図-8　現場透水量試験結果

5. アンケートによるヒューマンセンスに与える影響の検討

5-1 アンケート調査方法

今回施工された舗装技術が利用者にどのような影響を与えるのか、利用者にアンケートを実施した。アンケート項目は舗装の特徴である、歩行性(歩きやすさ)・安全性(滑りやすさ)・景観等に関するものであり、各質問につき5段階評価とそれらの具体的な場所と理由を示し、回答してもらった。アンケートは10月19日～11月20日にHP上で福岡大学関係者109名に、11月10日～11月17日の紙面にて福岡大学工学部社会デザイン工学科2,3年生151名に行った。「歩きやすさ」の項目では歩行者系弾性舗装(C・D)においてのみ回答してもらった。

5-2 アンケート調査結果

「滑りにくさ」の項目に関するアンケートの結果を**図-9** に、「歩きやすさ」の項目に関するアンケートの結果を**図-10** に示す。「滑りにくさ」の項目では、『どちらでもない』と答えた人が多かったが、『滑りやすい』、『少し滑りやすい』と答えた人は【密粒度舗装(H)・保水性舗装(F)・遮熱性舗装(G)】の施工区間を指す意見が目立った。すべり抵抗試験で計測された結果では歩行者系弾性舗装(D)の滑りやすさが明確になったが、実際に体感している人は少なかった。これは、滑り抵抗性の結果とヒューマンセンスが異なる結果であり、今後の検討が必要である。また、「歩きやすさ」の項目では、『歩きやすい』、『少し歩きやすい』と答えた人の割合が高く、今回施工した舗装が最もヒューマンセンスに与えた影響が大きかった項目と言える。しかし、人間の持つ感覚のうち視覚や色覚と言った項目や天候による影響についてもアンケート評価に加え検討する必要がある。

舗装の利用者が景観性について実際にはどのように感じているか景観舗装(B)についてアンケートを実施した。アンケートの結果を**図-11** に示す。『良くない』『あまり良くない』という回答に対し、『非常に良い』、『良い』と答えた人の割合が高い結果となった。一方で、『良くない』『あまり良くない』という回答者の具体的な理由とし

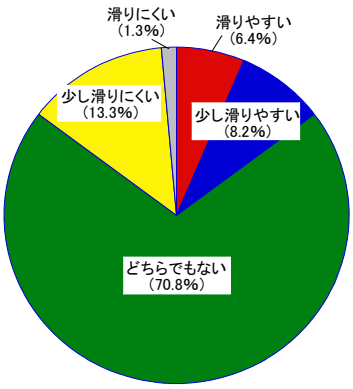

図-9　「滑りにくさ」の項目

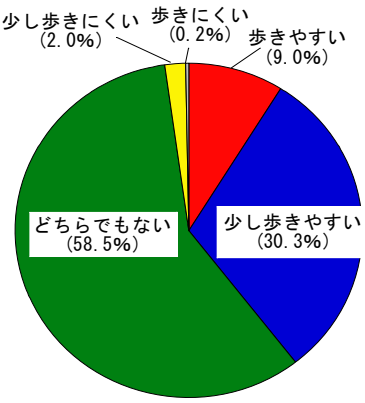

図-10　「歩きやすさ」の項目

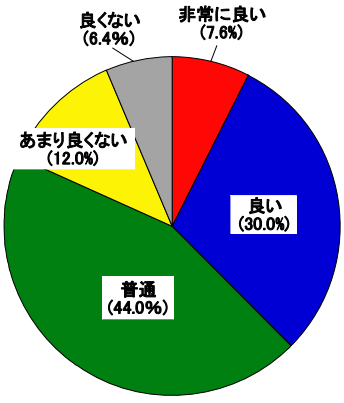

図-11　「景観性」の項目

て【一部分だけだから】という意見が多かった。このような意見は、狭い範囲に多様な舗装をしたことで、舗装個々の美観的な評価を下げてしまったことを示唆していると考えられる。景観にとっては周辺環境との調和や視覚による美観性が重要になってくるため、試験的な施工と言えど施工場所や施工範囲に配慮して舗装した上で評価する必要があると感じた。

6. まとめ

1) 舗装表・基層面の温度計測結果から遮熱性舗装の遮熱効果は1日にわたり大きいことが示された。特に遮熱効果は日没後に顕著に現れ、遮熱及び保水性舗装内部の蓄熱量も少ないことから、夜間における外気温を低下させる効果があることが示唆された。

2) 今回施工した歩行者系弾性舗装(C)は、他の舗装と比べると柔らか過ぎない舗装面となり、車椅子や自転車の走行に適していることが示された。また、歩行者系弾性舗装(D：遮熱性ゴムチップ舗装)は、人工芝系やポリウレタン系の舗装に近い舗装であった。

3) 滑り抵抗試験の結果よりゴムチップに砂を混合させることにより、すべり抵抗性が改善されることが示された。

4) 現場透水試験の結果より、遮熱性舗装(を施工してもポーラス舗装の排水性能に影響が少ないことが確認された。しかしながら、施工後の時間経過と共に舗装の透水性能が減少する恐れがあることも示された。

5) アンケート調査の結果より、滑り抵抗性の結果とヒューマンセンスが異なる結果が示された。また、「歩きやすさ」の項目では、『歩きやすい』、『少し歩きやすい』と答えた人の割合が高く、今回施工した舗装が最もヒューマンセンスに与えた影響が大きかった。しかし、計測結果とアンケートの結果からヒューマンセンスに与える影響を捉えるには、今後視覚や色覚などさらには天候等影響を含め総合的な評価が必要である。

謝辞：本研究は㈱NIPPO(松木重夫氏)、鹿島道路㈱(口分田渉氏)、前田道路㈱(水口浩明氏)、東亜道路工業㈱(中西太氏)、日本道路㈱(梶谷明宏氏)、大成ロテック㈱(毛利行洋氏) の 6 社と福岡大学との共同研究として行われたものである。各社の担当者には設計・施工・計測に当たりご尽力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。