

福岡大学工学部内に施工された 各種環境系舗装の効果とその検証

佐藤研一¹

¹正会員 博(工) 福岡大学教授 工学部社会デザイン工学科

(〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈八丁目 19-1)

E-mail : sato@fukuoka-u.ac.jp

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、歩行者系弾性舗装等の6種類の環境舗装を用いて、(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環境系の舗装の性能評価を行った。また、工学部の職員と学生にアンケート調査を行い、各舗装より得られた評価試験結果とアンケート結果から各舗装の効果を利用者はどう感じているのかについて考察を行なった結果について報告する。

Key Words : *environment-conscious pavement, environmental load-reducing effect, questionnaire*

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、遮熱効果、保水効果、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^{1)~4)}されている。そこで、本研究では、本学工

学部内に遮熱性、保水性、景観および歩行者系弾性舗装6種類と同じ区域内に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-1~6)の試験施工を行った。この報告では、各舗装体の性能評価を各種試験から行い、さらに学部職員と学生にアンケート調査を行った結果を用いて、各舗装の効果とその検証について考察を行った。ここで、景観舗装⁴⁾とは、コンクリートやアスファルトをそのままむき出しにした状態で舗装するのではなく、景観と調和に配慮した環境にも優しい舗装である。



写真-1 遮熱性舗装(A)



写真-2 景観舗装(B)



写真-3 歩行者系弾性舗装(C)



写真-4 歩行者系
遮熱・弾性舗装(D)



写真-5 保水性舗装(F)



写真-6 遮熱性舗装(G)

表-1 舗装の種類と特徴

呼び名	舗装種類	舗装特徴
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塗装。
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とした舗装。粗くしたアスファルトや排水性舗装材料等(表層)の下に遮水槽(不等層)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。

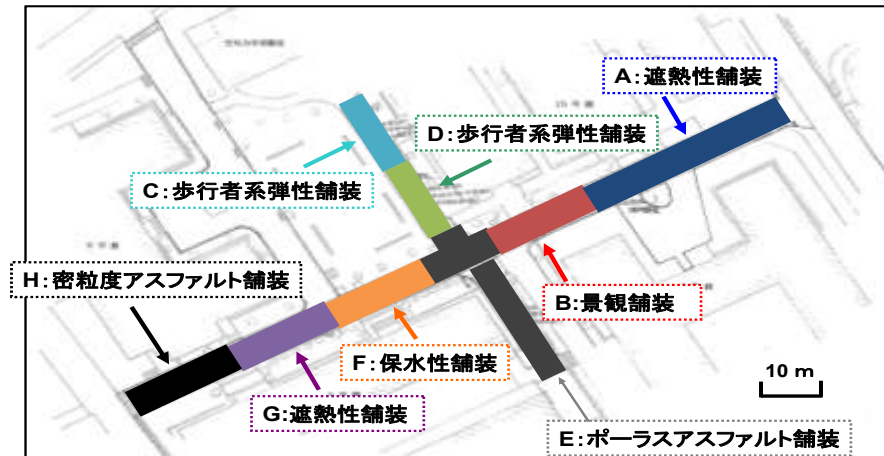


図-1 施工場所と施工概要

表-2 各舗装の特徴

施工箇所	車道				歩道	
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
環境舗装呼び名	A(写真-1)	G(写真-6)	F(写真-5)	B(写真-2)	C(写真-3)	D(写真-4)
特徴	すべり止め骨材使用	特殊顔料と樹脂を使用	高炉スラグ粉末が主な原料	セラミック骨材を使用	コストパフォーマンスに優れる	ウレタン系バインダーで混合

2. 環境舗装の施工概要

本研究では、舗装6社の共同研究により本学工学部内に遮熱性、保水性、景観および歩き心地に配慮した歩行者系弾性舗装の施工を約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。

3. 計測概要

(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

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。ここで、保水性舗装では、計測前日に十分に水を散水している。

(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) 路面のすべり抵抗性測定

路面のすべ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ト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⁵⁾し比較した。

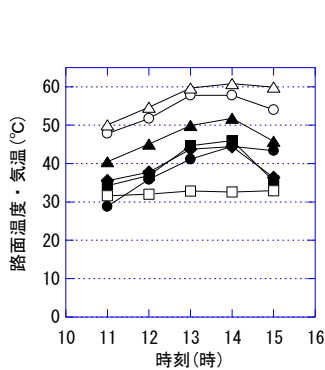


図-2 路面温度と時刻の関係
(2009.8.27 晴れ)

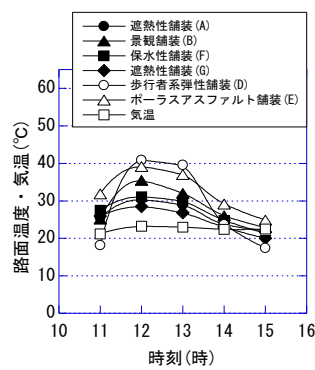


図-3 路面温度と時刻の関係
(2009.10.15 晴れ)

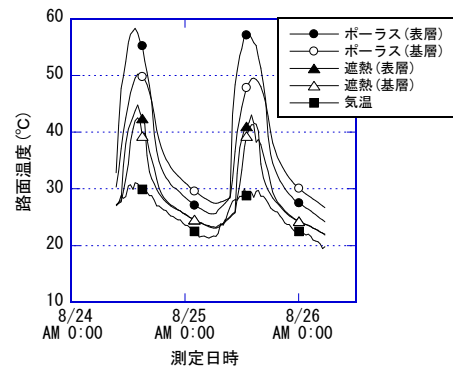


図-4 熱伝対による路面温度測定結果

(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、各舗装材料による影響と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

(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。このような結果は、すでに多くの既往の研究成果と同じような遮熱・保水効果を示している^{6)~9)}。

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-2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。この結果は、舗装表面の遮熱効果がヒートアイランド低減効果を緩和させるだけでなく、夏季におけるわだち掘れの緩和^{9), 10)}に有効であることもわかる。また25日の昼過ぎから夜にかけて、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、遮熱性舗装の方が夕方において30度以下まで低下している。さらに最も低下した時点では約28℃と約23℃であり、夜間における舗装内の蓄熱量も異なることが分かる。このように日没後の遮熱性舗装表面温度の低下がポーラス舗装と比較して大きいことは、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。

(2) 照射ランプによる路面温度低減値の評価

今回施工された遮熱性舗装(A),(G)および保水性舗装(F)の舗装材料を用いて行った照射ランプによる室内照射実験の結果^{11), 12)}を図-5に示す。ここで、温度低減効果とは、遮熱性舗装(A)と保水性舗装(F)については、ポーラス舗装(E)と遮熱性舗装(G)については、密粒度舗装(H)に対する実験により得られた各材料の温度差(温度低減効果)を示している。舗装表面の温度低減効果を有する3種類の舗装材料は、気温の変化のない室内条件下においていずれも14~15℃程度の温度低減効果があることが示された。今後、施工直後に現場計測された結果とほぼ同程度の結果が得られたことより、今後現場においてこの各温度低減効果が経年的にどのように変化するかについて検討していく予定である。

(3) GB, SB 試験による舗装路面の弾力性の検討

歩行者系弾性舗装体(C)および(D)とその他の舗装において計測されたGB及びSB試験の結果を一般的な各種舗装材料のGB係数とSB係数の関係¹³⁾の図中に示した結果を図-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。また、歩行者系弾性舗装体(D)については、弾性ゴムを用いたもの(G)、弾性ゴムに砂を混合し、摩擦抵抗を向上させたもの(SG)、弾性ゴムに遮熱効果持たせたもの(遮熱)の3種類についての結果を示している。

歩行者系弾性舗装(C)は、今回施工された歩行者系以外の舗装体と比較すると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)は歩行者系以外の舗装体と比較すると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。

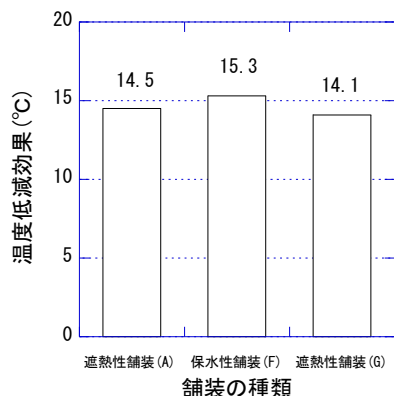


図-5 各舗装の温度低減効果

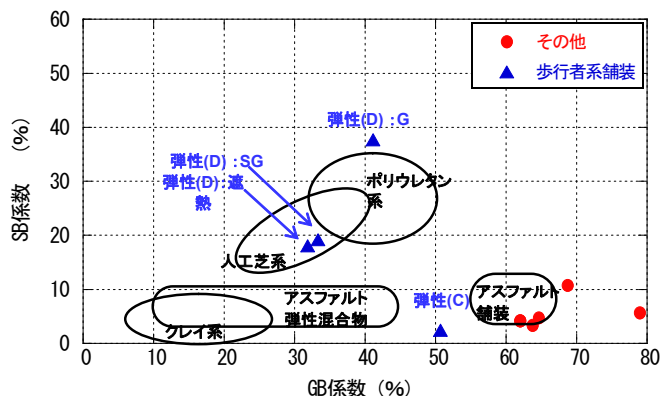


図-6 一般的な舗装とのGB,SB係数の関係図

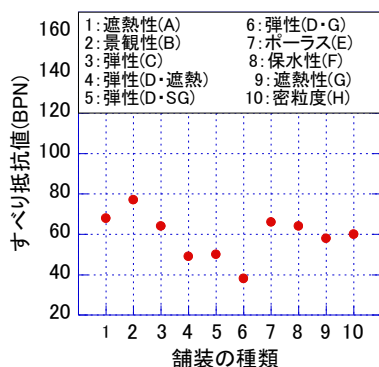


図-7 振り子式すべり抵抗試験結果

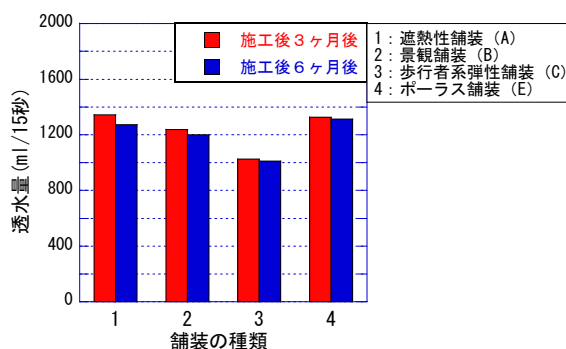


図-8 現場透水量試験結果

表-3 現場透水量試験結果

	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

(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以下がすべりやすく、道路に適していないといわれている¹⁴⁾。図-7より、歩行者系弾性舗装(D)がすべ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すべりやすく、砂を配合することでいかにすべりやすさを軽減できるかということが示された。

(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、わずかながら景観舗装(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ヵ月後と比較を行うと、いずれの舗装もわずかながら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ことを示している。

5. アンケートを用いた各種環境舗装が利用者に与える影響について

(1) アンケート調査方法

先述した各種試験の結果から各舗装体はその機能を有していることが示された。そこで、今回施工された環境舗装のうち、特に歩行者系弾性舗装(C)、(D)および景観舗装(B)について利用者にどのような感覚を与えているのかについて利用者アンケートを実施した。また、「すべりにくさ」については、今回のすべての舗装が一般の舗

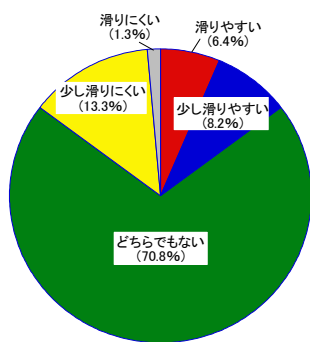


図-9 「すべりにくさ」に関するアンケート結果(舗装全体)

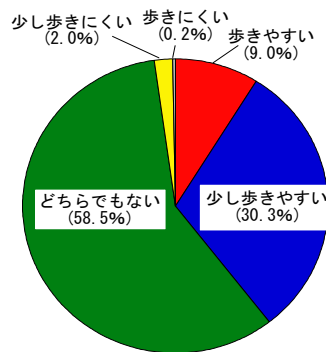


図-10 「歩きやすさ」に関するアンケート結果(舗装(C)と(D))

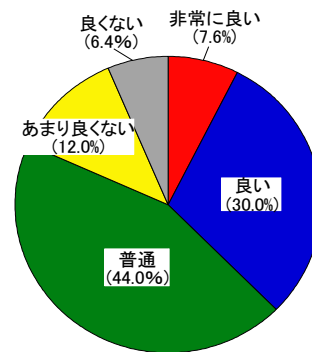


図-11 「景観性」に関するアンケート結果(舗装(B))

装体の上に特別な舗装を敷設したために試験施工を行った舗装区間全体(合計 8 種類)についての質問を行っている。

アンケート項目は、歩行者系弾性舗装(C)、(D)の舗装の特徴である歩行性(歩きにくさ)、景観舗装(B)の景観性ならびに施工された舗装全体における安全性(「すべりにくさ」)に関して、各質問につき 5 段階評価(図-9~11 参照)とそう感じる具体的な場所とその理由を記述してもらい、回答してもらった。

アンケートは 10 月 19 日~11 月 20 日に大学のポータルサイト上で福岡大学関係者 109 名(性別:男・女、年齢 18 歳~65 歳)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(性別:男・女、年齢 19 歳~22 歳)、151 名対象に行った。ここで、「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。また、遮熱性および保水性舗装における涼しさに関するアンケート実施が 10 月中旬と言う季節もあり、今回は実施していない。

(2) アンケート調査結果

「すべりにくさ」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。「すべりにくさ」の項目では、『どちらでもない』と答えた人が多かった。しかし、図-7 ですべり抵抗値が高い結果を示している密粒度舗装(H)・保水性舗装(F)・遮熱性舗装(G:密粒度舗装上に施工)において、特に雨の日に『すべりやすい』、『少しすべりやすい』と答えた回答が見られた。舗装面を散水して行う実験結果とアンケート結果が異なった理由を考えると、舗装表面に雨水が残ってしまう密粒度舗装と保水性舗装において、利用者は視覚・感覚的にそう感じてしまうことが結果に表れたと考えられる。また、図-7 で示したすべり抵抗性の試験結果で歩行者系弾性舗装(D)においては、雨水を浸透するためにアンケート結果にはすべりやすいと言う回答はなかった。

これまでの研究によるとすべり抵抗性と人の感覚には関係があるとの報告¹⁵⁾がなされている。しかし、今回の結果では、すべり抵抗性の試験結果と利用者の感覚が異なる結果が見られた。

「歩きやすさ」についてのアンケート結果を図-10 に示す。結果は、『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人の感覚に与えた影響が大きかった項目と言える。しかし、今回のアンケート結果では十分に人に与える感覚を捕らえることは難しいことも明らかになった。

今後、アンケートによって利用者の持つ感覚から舗装の性能を評価する場合、視覚や色覚と言った項目や天候による影響について詳細に検討する必要があると言える。

図-11 に舗装の利用者が景観舗装(B)の景観性についてどのように感じているかについてアンケートの結果を示す。結果から『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。『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て、「施工区間が一部分だけだから」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¹⁶⁾になってくるため、試験的な施工と言え施工場所や施工範囲に配慮して舗装した上で評価方法を検討する必要があると感じ

6. まとめ

- 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、ポーラス舗装と比較して遮熱舗装内部の蓄熱量が少ないことから、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。

- (b) 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。
- (c) すべ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。
- (d) 現場透水試験の結果より、ポーラス舗装上に各種環境系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。
- (e) アンケート調査の結果より、「すべりにくさ」の項目では、すべり抵抗性の試験結果と雨天時に利用者の感じる感覚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、歩行者用に開発されたゴムチップ系の舗装は利用者の感覚にも大きな影響を与えていることが示された。しかし、舗装から得られる計測結果と今回のアンケート結果には少なからず乖離があることが分かり、人の感覚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さらに詳細なアンケートの実施による評価が必要である。

謝辞：本研究は(株)NIPPO(松木重夫氏)、鹿島道路(株)(口分田渉氏)、前田道路(株)(水口浩明氏)、東亜道路工業(株)(中西太氏)、日本道路(株)(梶谷明宏氏)、大成ロテック(株)(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。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会舗装委員会舗装性能評価小委員会：路面温度低減量の概要，舗装，44-8，pp.31，2009.
- 2) 保水性舗装技術研究会：保水性舗装技術，舗装，44-8，pp.32-33，2009.
- 3) 遮熱性舗装技術研究会：遮熱性舗装技術，舗装，44-8，pp.34-35，2009.
- 4) (社)土木学会：街路における景観舗装，舗装工学ライブラリー5，2007.
- 5) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（第1分冊），pp.96-97，2007.
- 6) 友永拓史，芦刈義孝，濱田敏宏：遮熱性舗装の温度低減効果について，第27回日本道路会議，2007.
- 7) 佐々木 徹，安久憲一，藤原栄吾：保水性舗装のヒートアイランド抑制効果に関する一検討，第27回日本道路会議，2007.
- 8) 浅倉 清，田村祐二，唐澤明彦：練馬区で施工された保水性舗装の温度低減効果の検証結果報告，第28回日本道路会議，2009.
- 9) 鈴木淳示，渡邊善彦，浅野耕司：名古屋市におけるヒートアイランド対策舗装の取組み，第28回日本道路会議，2009.
- 10) 吉中 保，早川 勇，植松祥示：耐流動性改善を目的とした遮熱大粒径舗装の空港誘導路への適用検討，第28回日本道路会議，2009.
- 11) (社)日本道路協会：舗装性能評価法（別冊），pp.73-85，2008.
- 12) 峰岸順一，上野慎一郎，竹田敏憲：遮熱性舗装の夏季路面温度低減量と室内照射試験の関係，第28回日本道路会議，2009.
- 13) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（第1分冊），pp.1-128-129，2007.
- 14) (社)土木学会：街路における景観舗装，舗装工学ライブラリー5，pp.56，2007.
- 15) 三宅秀和，佐藤研一，川上貢，佐藤雅治：歩行者系舗装体の歩き心地に関する研究，第58回土木学会年次学術講演会講演概要集，V-670，2003.
- 16) (社)土木学会：街路における景観舗装，舗装工学ライブラリー5，pp.1-16，2007.

EFFECTS OF THE ENVIRONMENT-CONSCIOUS PAVEMENTS IN FUKUOKA UNIVERSITY AND ITS VERIFICATION

Kenichi SATO

In this research, the performance evaluation of six kinds of pavements (e.g., drainage, heat-blocking, water-retentive, aesthetic and pedestrian-friendly pavements) constructed on the premises of the faculty of engineering, Fukuoka University has been conducted by several tests. The study points are as follows; (1) heat-blocking effect, (2) drainage and water-retentive effect, (3) aesthetic effect and (4) the verification of comfort issue for walking. In addition, the questionnaire investigations concerning the effects to the human sense have been carried out. Then, the results of questionnaire investigation were compared with the test results then the performance of each pavement was evaluated.