

U. D. C 628. 111

# ヒートアイランド緩和技術の開発

## — 直上給水型保水性人工地盤のフィールド実験 —

遠藤 修\* 椿 雅俊\* 福田 淳\*\*  
宇多 寛人\*\*\* 安田 雄一\*\*\*

**要約：** ヒートアイランド現象は、都市中心部の極度な人工化によりもたらされた典型的な都市環境問題として、国、地方公共団体を始め、各種の施策がとられている。一方、都心部では駅周辺での再開発事業が計画されており、その事業においてはヒートアイランド対策を考慮した計画が求められている。

そこで、再開発事業で計画される駅前広場やペDESTリアンデッキを対象とし、ヒートアイランド現象を緩和する技術として直上給水型保水性人工地盤の開発を行っている。本技術は人工地盤上に降った雨水を地中に貯留し、ブロック表面温度を低減する為に利用する技術である。本報告では、武蔵工業大学環境情報学部横浜キャンパス内に本人工地盤を設置し、7月から9月の3ヶ月間の温度等の計測を行ったフィールド実験の概要と、本人工地盤によるヒートアイランド緩和効果について報告する。

**キーワード：** ヒートアイランド、雨水利用、保水性ブロック、表面温度

<b>目次：</b>	1. はじめに	4. フィールド実験の概要
	2. 保水性人工地盤の概要	5. 実験結果および考察
	3. 室内照射実験	6. まとめ

### 1. はじめに

ヒートアイランド現象は、都市中心部の気温が郊外に比べて高く、高温域が形成されることにより、気温の等温線が島状になる現象である。この現象は、極度な人工化がもたらした典型的な都市環境問題として捉えられている。平成16年3月には、ヒートアイランド対策大綱<sup>1)</sup>が策定されるなど、国、地方公共団体を始めとして、ヒートアイランド対策に関する各種の施策が講じられ、技術開発も行われてきている。

一方、当社においては、これまで緑化や雨水利用に関する技術開発を行ってきており、ヒートアイランド現象に対する総合的な対策技術を確立する為に、これらを応用したヒートアイランド緩和技術（直上給水型保水性人工地盤）の開発に着手した。この開発は武蔵工業大学との産学共同研究として実施しており、本報告では、今年度実施したフィールド実証実験の概要とその結果の一部について報告する。

表1 ヒートアイランド対策の分類

大項目	中項目	小項目	適用箇所	
地表面被覆の改善	緑化	敷地緑化	・敷地の草地、裸地化 ・敷地の樹木緑化 ・道路敷地緑化	公園、校庭、工場、歩道(街路樹)、車道(中央分離帯)、集合住宅、オフィススペース、商業ビル等(外構) 駐車場
		建築物緑化	・屋上緑化 ・壁面緑化	オフィススペース、集合住宅、商業ビル、工場、戸建住宅、軌道面等
		建材	屋根面の高反射化	オフィススペース、集合住宅、商業ビル、工場、戸建住宅等
	舗装	透水性舗装		車道、歩道、人工地盤、駐車場等
		保水性舗装	・強制灌水型 ・無動力灌水型	
		遮熱性舗装		
	水辺空間	水面の確保	・ビオトープ	遊水池、親水公園等
人工排熱の削減	省エネルギー	冷暖房空調排熱	・空調効率	オフィススペース、集合住宅、商業ビル、工場、戸建住宅、軌道面等
		自然エネルギー	・風力発電、バイオマス	地域全体
都市形態の改善	風	地域風(海陸風、山谷風)の活用	・風の道	地域計画(一定規模以上)
	街路、建物	配置計画	・解析	地域計画(一定規模以上)

\*土木エンジニアリング部 自然環境グループ \*\*建築エンジニアリング部 エンジニアリング推進グループ

\*\*\*設備部 エンジニアリンググループ

## 2. 保水性人工地盤の概要

ヒートアイランド対策の分類は表1に示すように、①地表面被覆の改善、②人工排熱の削減、③都市形態の改善等に分類される。今回開発に着手した「直上給水型保水性人工地盤」は、この分類に従うと、「地表面被覆の改善 - 舗装 - 保水性舗装 - 無動力灌水、強制灌水併用型」に分類され、適用箇所としては、歩道、駅前広場やペDESTリアンデッキ等の人工地盤を想定している。

図1に本人工地盤の概念図を示す。本人工地盤は、地表面より保水性ブロック、敷砂、保水性路盤、雨水貯留槽より構成されており、プラスチック製の雨水貯留槽には、地表面より浸透した雨水と建物屋上に降った雨水が貯留される構造となっている。また、路盤は保水性能の高い材料であり、雨水貯留槽の脚部の内部にも充填されているため、毛管現象により保水性ブロックが絶えず湿潤された状況になっている（直上給水型）。これより、ブロック上面から水分が蒸発し、その気化熱でブロック表面の温度が下げられる構造になっている。また、降雨が少ない時期においては、雨水貯留槽からその直上の保水性ブロックへの給水を行うことが可能である。

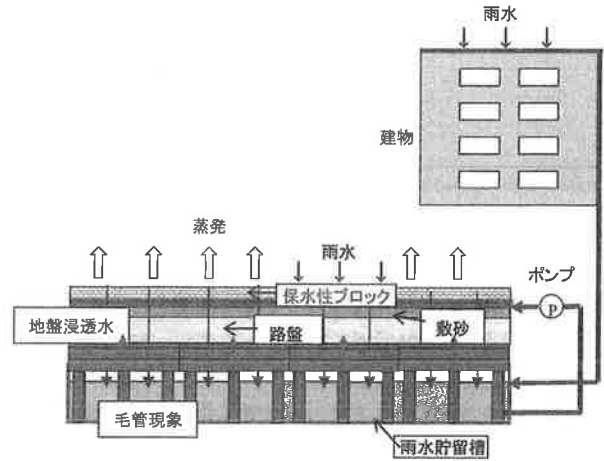


図1 保水性人工地盤（直上給水型）の概要

## 3. 室内照射実験

本システムにより保水性ブロックの表面温度の低減効果を確認する為に、室内での照射実験を行った。

図2に照射実験の実験装置の概要を示す。保水性ブロックの下部に水槽があり、その水位はマリオットタンクにより、一定に保持されている。その状態で赤外線ランプ（100V、250W）を72時間（3日間）照射し、保水性ブロックの表面温度の上昇を計測した。水槽の水位は、ブロック下端、側面中央、上端の位置に一定に保持した。

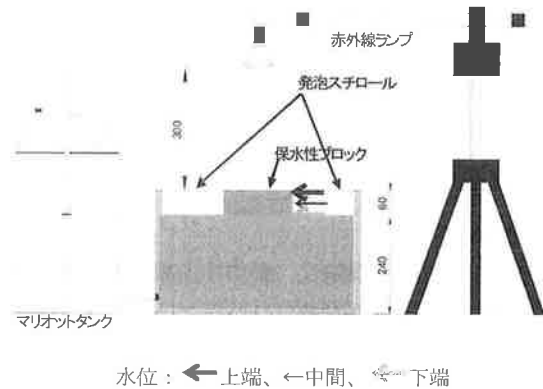


図2 室内照射実験装置

図3は、1500分（=25時間）までのブロック表面温度を示している。これより、水槽の水位がブロック下面である場合には、ブロック表面温度の上昇が若干早く発生するが、いずれの場合においても約600分（約10時間）程度で一定値に達し、それ以上の温度上昇は認められない。また、給水することにより、表面温度は水位のない場合に比較して、約8℃程度低下していることがわかる。これらの現象は、水槽の水が保水性ブロックに吸水・保持され、ブロック表面で蒸発し、その気化熱によって表面温度が低下しているためであると考えられる。

したがって、保水性ブロックへの給水は下面への給水でも、表面温度を低下させる為に十分な効果があると推定される。

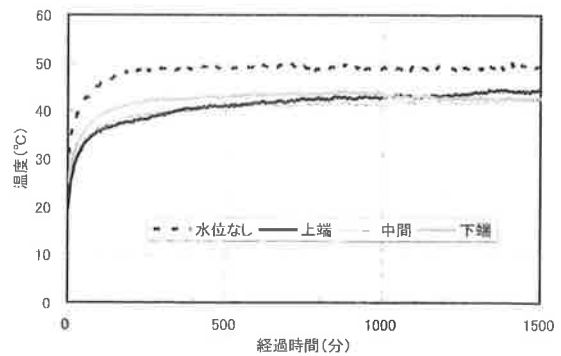


図3 表面温度の経時変化

## 4. フィールド実験の概要

### 4.1 試験フィールド

前節で述べた室内照射実験に基づき、実際のフィールドで保水性人工地盤の効果を確認するための実証実験を行った。

実験は、写真 1 に示す武蔵工業大学環境情報学部(横浜キャンパス)の敷地内に、写真 1 に示す約 100 m<sup>2</sup>の実験エリアを下記の通り設定した。

- ・実験エリア①：保水性ブロック人工地盤(35 m<sup>2</sup>)  
給水システム
- ・実験エリア②：保水性ブロック人工地盤  
(直上給水型) (31.2 m<sup>2</sup>)  
給水システム  
雨水貯留槽 (②、③連続 19 m<sup>3</sup>)
- ・実験エリア③：保水性ブロック人工地盤  
(直上給水型) (28.2 m<sup>2</sup>)  
給水システム  
雨水貯留槽 (②、③連続 19 m<sup>3</sup>)
- ・実験エリア④：既存ブロック

実験エリア②、③の雨水貯留槽は連続しており、前述したようにブロック表面の降雨と建物屋根から導かれる雨水が貯留できる構造となっている。実験エリア①は通常の保水性ブロック人工地盤である。

また、給水システムは、実験エリア②、③に設置した貯留槽の雨水をポンプによって各実験エリアに別系統で供給できるシステムであり、設置箇所は次節で述べる。このシステムにより、実験ケースに応じて給水するエリア、給水時間を調整できる。

#### 4.2 保水性人工地盤の構造

図 4 に今回実証実験を行った保水性人工地盤の標準断面図(実験エリア②、③)を示す。保水性人工地盤は、実験フィールドを深さ約 50cm 掘削して設置されており、下部より土壌支持部材を遮水シートによって包んだ雨水貯留槽と、保水性路盤材料、サンドクッション、及び保水性ブロック等から主に構成されている。土壌支持部材の柱部内には、保水性路盤材料が充填されており、雨水貯留槽の雨水の毛管現象により保水性路盤材料が湿潤状態に保持されている。なお、実験エリア①には、雨水貯留槽はなく、通常の路盤材料、サンドクッション、保水性ブロックから構成されている。

一方、保水性ブロック下部のサンドクッション部には、給水システムが設置されており、実験ケースに応じて実験エリア①、②、③に給水が実施できる。

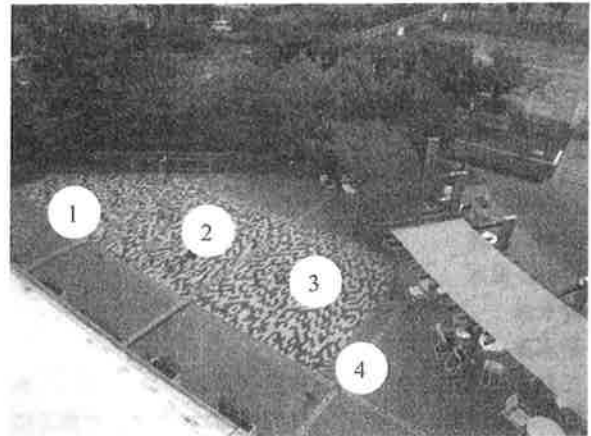


写真 1 実験エリア全景

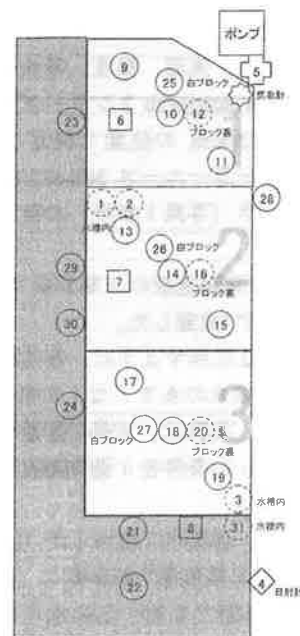


図 5 計測機器の配置

(図中の記号内の数字は計測チャンネル番号)

#### 4.3 計測装置

計測機器の配置模式図を図 5 に示す。なお、図中の記号内の数字は計測チャンネル番号である。計測は自動計測で実施した。また、計測項目は下記の項目であり、括

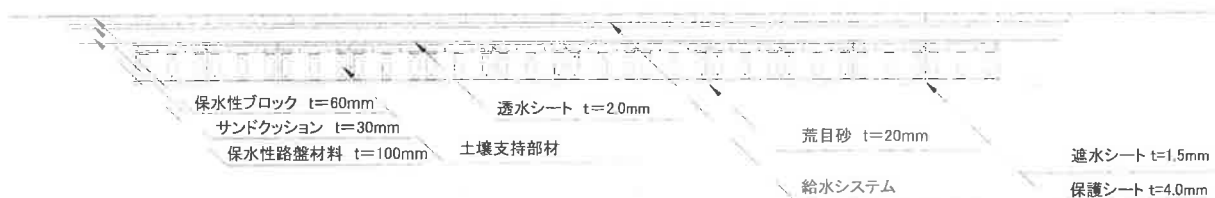


図 4 保水性人工地盤標準断面図

弧内に図中の記号を示した。

- ・表面温度（既存ブロック、保水性ブロック） (○)
- ・ブロック下面温度 (⊙)
- ・水平面放射温度 (□)
- ・雨水貯留層内水温、水位 (⊖)
- ・日射量 (◇)
- ・風向、風速
- ・気温、湿度
- ・降水量
- ・給水量 (⊕)



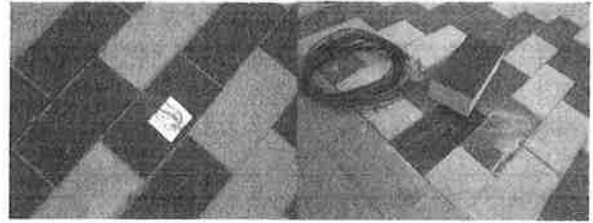
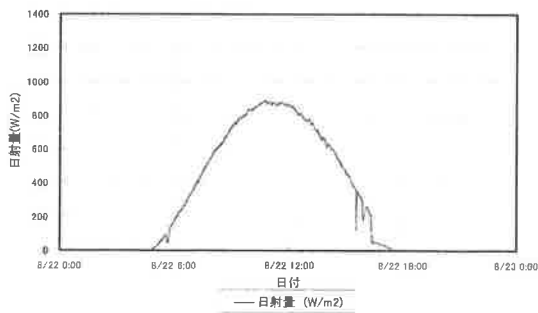
これらのうち、地表面温度計（保水ブロック）、水平面放射温度計、気象計、日射計については、写真2に設置状況を示す。水平面放射温度計については、写真2に示すようにブロックと同じ大きさの発泡スチロールに黒色で塗装した銅板を貼り付け、両者の間に熱電対を接着させた装置を作製し、保水性ブロックの間に埋め込んだ。また、風向、風速、気温、湿度、降水量については、気象計（Davis社製 VantagePro 2シリーズ）を用いて、人工地盤上の高さ 150cm の位置で測定した。日射計（英弘精機㈱製、ソーラーエース MS-601）は、実験フィールド近傍のパーゴラ（写真1参照）の梁上に設置した。

#### 4.4 実験ケース

実験は、フィールド実験施設の工事が終了した 2007 年 7 月～9 月の 3 ヶ月間で実施した。

実験パターンは表 2 に示すように、各実験エリア①、②、③における動力給水のあり・なしの組合せで、A～Dのように設定した。実験は、天候の影響を受けるため、基本的に同一パターンの条件を 1 週間継続して実施することとした。

この際の給水量は、連続的に給水した（保水性）舗装表面からの夏季晴天日蒸発量<sup>2)</sup>を参考に、 $7l/m^2 \cdot 日$ とした。20 l/時間の給水能力を有する給水ポイントを 3 箇所/ $m^2$ の割合で設置し、前述の給水量を実現する為に、給水時間を毎日 7:00～8:10 の 70 分間と設定した。



表面温度計（熱電対）

水平面放射温度計



日射計

気象計

写真 2 計測装置

表 2 実験パターン

実験エリア	人工地盤の構造	動力給水	実験パターン			
			A	B	C	D
①	保水性ブロック、給水設備	あり			○	○
		なし	○	○		
②	保水性ブロック、給水設備、貯留水槽	あり		○		○
		なし	○		○	
③	保水性ブロック、給水設備、貯留水槽	あり		○		○
		なし	○		○	

## 5. 実験結果及び考察

### 5.1 計測結果（実験パターン B）

従来の保水性ブロックと本工法の比較をおこなうため、本報告では給水した場合の効果について考察する。

図 6 に実験パターン B で実験を行った 8 月 22 日の気温、湿度、日射量の経時変化を示す。この実験パターン

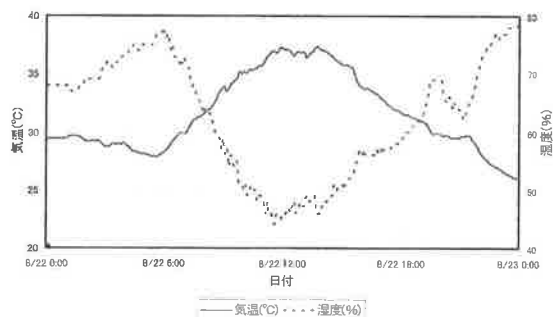


図 6 日射量、気温、湿度 (2007/8/22)

参照)。日射計の計測結果からわかるように、当日は晴天であり日射量も6:00前には上昇し、12:00前にピークに達している。これと連動して気温も上昇し、正午過ぎには37℃程度を記録している日であった。

図7は、同日の2箇所の放射計温度を示しており、2箇所とも最高で75℃まで上昇している。放射温度計の構造で示したように、今回使用した放射温度計は断熱材である発砲スチロールを用いて作製しているため、地中への熱伝達はわずかであり、ここで計測される値が地表面からの最大の放射温度であると考えられる。また、図8、9に実験エリア①、③のブロック表面の温度の経時変化をそれぞれ示す。いずれのブロック表面温度も放射温度より低く、ブロックを通して路盤材への熱伝導や、地表面における潜熱による温度の低下が発生したものと考えられる。

一方、各エリア間のブロック表面温度の違いに注目すると、実験エリア③(図9)のブロック表面温度は、明らかに実験エリア①(図8)のそれよりも4℃程度低く、給水したことによる温度低減効果が現れたものと考えられる。また、このことは、ブロック下面の温度も実験エリア③(図9)の方が低いことからわかる。

ここで示した計測結果は、20日間降雨がない後のデータであるが、今回のように7:00~8:10までの70分間の給水であっても、従来の保水性ブロックに比較して、表面温度低減効果があることが確認できた。

### 5.2 放射温度と表面温度の関係

図10、11は、8月22日における放射温度と実験エリア①、③におけるブロック表面温度の関係をそれぞれ示している。図の薄緑色の部分は0:00~6:00と18:00~24:00の夜間を示し、濃い青色部分は7:00~18:00の昼間を示している。赤い部分は昼間のうち給水時間帯(7:00~8:10)を示している。なお、ここに示す実験結果のうち、図11(実験エリア③)が給水を行っている実験ケースである。

これらより両図においても、放射温度と表面温度は線形の関係になく、放射温度の上昇に対して表面温度の上昇には遅れが生じ、放射温度の低下に対して表面温度の低下は同様に遅れが生じている。これは、ブロックに蓄熱されることの影響が現れていると考えられる。

一方、給水の違いによる温度上昇の傾向に注目すると、放射温度が60℃に達するまでの表面温度の上昇に違いがあることがわかる。すなわち、給水した場合(図9)にはその上昇勾配は、給水なしの場合(図8)に比較して小さく、給水により表面温度の上昇が抑制されたことがわかる。

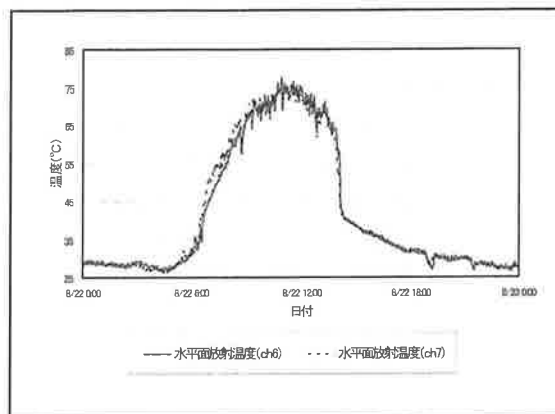


図7 放射温度の経時変化 (2007/8/22)

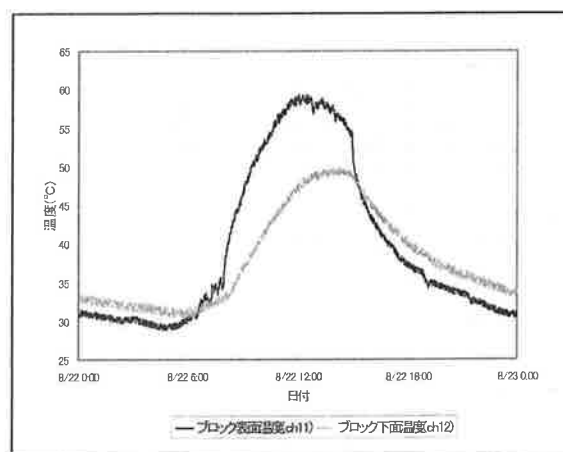


図8 実験エリア①のブロック表面、下面温度 (2007/8/22)

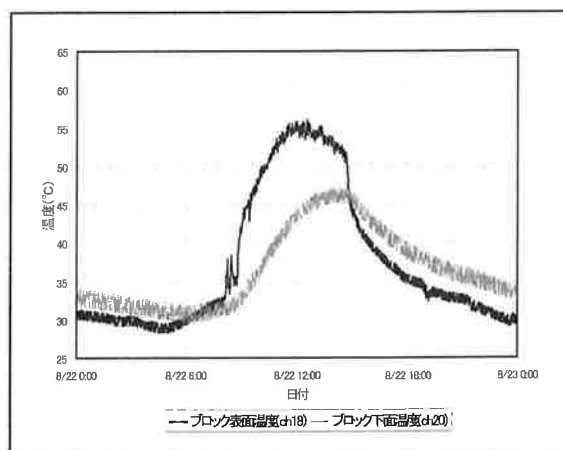


図9 実験エリア③のブロック表面、下面温度 (2007/8/22)

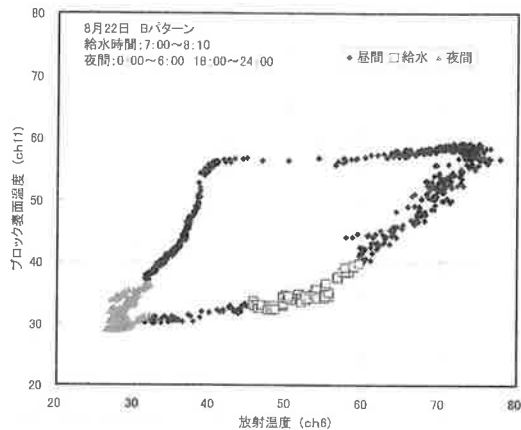


図 10 放射温度と表面温度  
(実験エリア①、実験パターンB、給水なし)

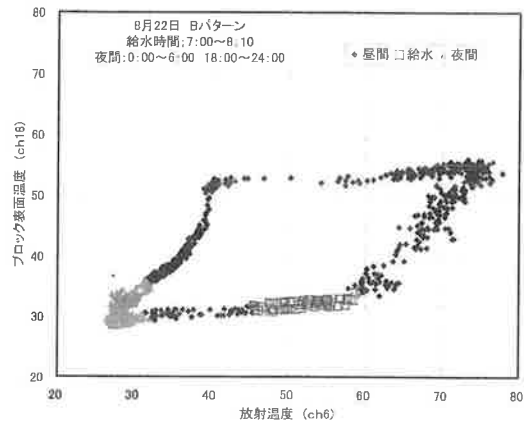


図 11 放射温度と表面温度  
(実験エリア③、実験パターンB、給水あり)

## 6. まとめ

ヒートアイランド現象に対する緩和技術を確立するため、武蔵工業大学環境情報学部（横浜キャンパス）において、保水性人工地盤（直上給水型）のフィールド実証実験を行った。本報告では、フィールド実験の概要と従来の保水性ブロックとの比較による給水の効果について検討した。

その結果、以下のことがわかった。

- 1) 貯留した雨水のみで、給水システムを稼働させることが可能であった。
- 2) 20 日間降雨なしの状況でも、70 分の給水システムにより、表面温度の低減効果を確認できた。
- 3) 放射温度と表面温度の関係から、給水の効果が確認できた。

今後、種々の実験条件の結果から、表面温度を低減する効果的な人工地盤の構造について検討する予定である。

## 謝 辞

本研究は、武蔵工業大学との産学共同研究として実施しました。武蔵工業大学環境情報学部 宿谷昌則教授、同 横浜事務室 吉村俊夫室長、同 横浜事務室総務課 佐々木暢俊係長をはじめ、関係各位には大変お世話になりました。深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) ヒートアイランド対策関係府省連絡会議：ヒートアイランド対策大綱、平成 16 年 3 月
- 2) 赤川宏幸：新しい保水性舗装、建設設備と配管工事、2007 年 4 月

## DEVELOPMENT OF MITIGATION METHOD FOR HEAT ISLAND PHENOMENON — FIELD TEST AND EFFECTS OF THE METHOD —

O.Endo, M.Tsubaki  
J.Fukuda, H.Uda and Y.Yasuda

The counter measure to Heat-Island Phenomenon has developed using a stored rainfall. This paper is reported the outline of the field test to develop the mitigation method for Heat Island phenomenon and the results of the test. The field test was done in the scale of 100 m<sup>2</sup>, from July 2007 to September 2007, and at Musashi Institute of Technology (Yokohama Campus). This method is consisted of the pavement block kept water, the water tank under the block and the water supply system for the blocks. The tank gathers a rainfall in the test field.

In this field test, temperatures of surface of the block were measured. Using the water supply system, the reduction of temperature of block surface was found.