

◆特集：自然共生型流域圏・都市の再生◆

貯留・浸透した雨水等を活用した熱環境改善システムの開発

松下雅行* 水野太史** 山本昌弘*** 並河良治****

1. はじめに

利便性の高い都市に経済活動等が過度に集中し、人工的な地表面を構築して自然な水循環を阻害するとともに、冷暖房や給湯に代表される人工的な排熱を増やしている。これらがヒートアイランド現象の原因と考えられ、都市域の環境問題の一つとして取り上げられている。

自然共生型流域圏・都市再生技術研究イニシアティブにおいても、自然共生型都市の形成を目指して、自然基盤の再生・修復のみならず、都市のヒートアイランド現象等、高環境負荷状態の解決が急務であり、自然共生化技術開発の一つとして、ヒートアイランド緩和技術の開発が挙げられている¹⁾。

例えば、1980年から2000年のアメダスのデータを用いて、各年の夏季（7～9月）における時間値が気温30℃を超えた延べ時間数を、一次回帰分析によりトレンドを求め、20年間の変化量に換算すると、東京・名古屋で約2倍、仙台でも約3倍に時間数が増えており、都市生活者が高温にさらされる時間が増加していることがわかる（表-1）。また各都市ともに、その30℃超延べ時間数を等時間線で示したところ、その範囲は拡大する傾向にあり、高温にさらされる人口も増加していると考えられる。その影響のひとつとして、東京都内で熱中症により救急搬送された人の数も年々増加傾向にあり、その搬送人数と夏日（最高気温が25℃以上）の日数との相関関係も指摘されている²⁾。

表-1 各都市の30℃超延べ時間の推計時間

	1980年の推計時間数	2000年の推計時間数
仙 台	31時間	90時間
東 京	168時間	357時間
名古屋	227時間	434時間

(出典：文献1)

このような状況を解決するため、ヒートアイランド現象を解決する対策、言葉を替えて言えば、熱環境改善技術の開発が求められている。本稿では、貯留・浸透した雨水等を活用した熱環境改善システムの開発に着手したので、その概要と今後の方向性について紹介する。

2. 熱環境改善システムの概要

2.1 熱環境改善技術の分類

ヒートアイランド現象の緩和を図る、熱環境改善技術としては、①人工排熱の低減、②人工被覆物の改善、③都市形態の改善などに分類される対策が考えられている²⁾。これらの対策は、エネルギー消費機器や冷暖房システムの高効率化、建物の断熱・遮熱機能の向上から、建物や道路空間の緑化、建材・舗装材での対応、開水面の確保や建物配置への配慮等都市計画の分野までの幅広いものである。

国総研では、都市内の2割弱程度の面積を占めている道路に着目して、透水性舗装や保水性舗装等の舗装材で対応する人工被覆物の改善技術に、その効果の持続性を保つための工夫を組合せた熱環境改善システムを開発することとした。

現在開発されている舗装材での対応には、舗装表面から水が蒸発する際の潜熱の移動により、舗装表面温度の上昇が抑制され、舗装に蓄積される熱量を減らし、顕熱移動を減少させるタイプのもの（透水性舗装や保水性舗装等）か、舗装表面の反射率を向上させ、同じく蓄積される熱量を減少させるタイプのもの（高反射性舗装等）がある。前者のタイプの問題点は、新たな水分の供給がないと、その効果が持続しないことであり、後者のタイプの問題点は、温度低減効果がまだ十分に解明されていないところにある。前者のタイプでは、何らかの形で水の供給を行えば、その表面温度低減効果は明らかなので、持続性確保のための水供給を考慮することとした。

2.2 コンセプト

国総研が2002年度から研究に着手した熱環境改善システムのコンセプトを図-1に示す。

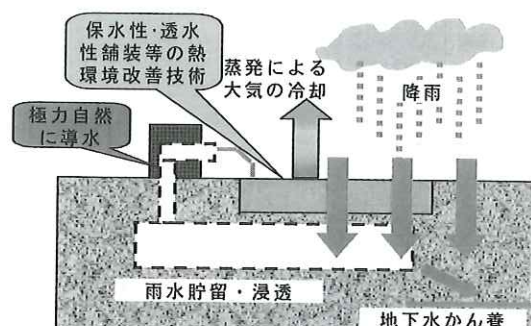


図-1 熱環境改善システムの概念図

本システムは道路・公園等の地下空間に雨水等を貯留・浸透させ、その雨水等を極力自然の力で効率よく地上に導水を図る技術と、保水性舗装や透水性舗装等の地表面の熱環境改善技術とを有機的に組合せたシステムを想定している。

本システムには、

- (1) 都市化に伴う人工的な地表面の構築による負の効果である、降雨時の急激な降雨水の流出や地下水の減少による健全な水循環の阻害に対しても、雨水を土中に浸透させることで都市型水害の緩和を図るとともに、地下水のかん養を担い、水循環の回復を図ること、
- (2) 道路表面をはじめとする地表面からの水の蒸発により、熱環境の改善を図ること、の両方の効果を期待している。しかし、水の供給のためのランニングコストは抑えたいこと、また貯留のために構造物を構築すれば、インシャルコストが上昇してしまうことから、本システムの開発にあたっては、

- (1) 極力自然に導水する技術の導入、
- (2) 雨水貯留方式として舗装や基盤土壌の活用等に焦点をあてながら、当初目的である
- (3) 熱環境改善効果の持続性の確保等に留意して研究を進めていく。

2.3 要求される貯留量の評価

地上へ導水する雨水等について、必要とされる貯留量を設定するために、ここ10年程度の連続無降水日数を整理した。

観測データは1990年から2002年のものを使用したが、最も間隔があいた場合は、92日もの間、降雨が無かった。雨水等の貯留が必要とされるのは、特に夏季であると考えられることから、月別の傾向を把握するために、最新のデータとして2002年の月別の最大無降水日数を整理したものが表-2である。この降水のない期間に必要な水量を貯留可能となるように考えることとした。

表-2 2002年での月別最大無降水間隔日数

月	最大無降水間隔 (日)	月	最大無降水間隔 (日)
1	8	7	8
2	10	8	13
3	8	9	5
4	8	10	5
5	5	11	21
6	6	12	11

表-2からわかるように、概ね10日間分の必要水量を貯留量と設定すれば問題ないと考えた。

次に1日あたりの必要水量を試算した。

保水性舗装を例にとり考えると、現在研究中の保水性舗装であれば、メーカーや舗装種別によるバラツキはあるものの、保水量が $6l/m^2$ 程度あれば1日以上持続効果が期待できるようである。以上から、全体の必要貯留量を試算すると、

$$6l/m^2 \times \text{約} 10 \text{日} = 60l/m^2$$

となる。要求される貯留量としては、この値を目標値として設定することとした。

3. システム開発のための確認実験施設の開発

要求される貯留量及び蒸発量に見合う水分の供給力を満足し、効率的な蒸発散を実現する効率的な熱環境改善システムを開発するために、これらの能力を確認する検証実験を実施することとした。その検証実験の方針と使用する装置は次のとおりである。

3.1 検証実験の概要

検証実験では、2.2 コンセプトの項で記述したように、熱環境改善システムの開発にあたり、舗装や基盤土壌を活用した雨水貯留方式の採用や極力自然に導水する技術の導入には、以下の観点での確認が必要である。

- (1) 舗装の路盤材料の貯水性能（時間・量）及び上部への水分の供給性能の確認
- (2) 路盤上面まで貯水されている場合における表層材の蒸発性能等の確認

これらの性能を個別に判定するため、各種路盤材の貯水・給水性能実験（シリーズ1）と、各種表層材の蒸発性能実験（シリーズ2）として、確認実験を行うこととした。

3.2 路盤材料の貯水・給水性能実験（シリーズ1）
各種路盤材料の貯水・給水性能実験（シリーズ1）における確認項目は、

- (1) 貯水量
- (2) 透水係数
- (3) 飽和率

の3項目である。

また、シリーズ1で対象とした路盤材の種類は、施工性、経済性等が実用的なものとして、

- (1) 粒状路盤材
- (2) 透水性セメント安定処理路盤
- (3) 透水性アスファルト安定処理路盤
- (4) 保水性ブロック

の4種類である。

シリーズ1の試験装置の概念図を図-2に示す。図-2の右側に示した給水装置内の水位を、上部からの給水量と下部に配したバルブにより制御して変化させ、それぞれの水位と路盤材側の重量を測定することにより、路盤材の貯水性能及び浸透性能を確認することを目的としている。ここでは、初期物性としての路盤材の密度、透水係数、含水比等もあわせて計測する。

3.3 表層材の蒸発性能実験（シリーズ2）

表層の下面に十分水分が供給されているとして

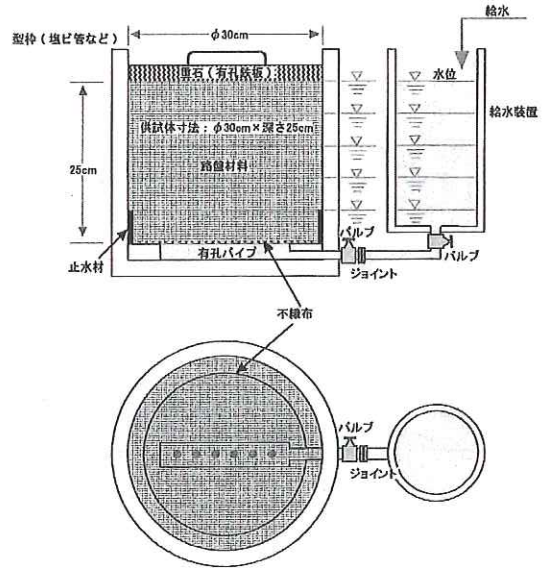


図-2 路盤材料の貯水性能実験（シリーズ1）の概念図

も、蒸発が十分に進まなければ所期の効果は期待できない。そのため、表層の下に水面がある（一部は、より水位が高い）状態で、各種表層材の蒸発性能を確認する実験（シリーズ2）を行う。この実験における確認項目は、

- (1) 表層材の吸い上げ性能
- (2) 蒸発量
- (3) 表層温度

の3項目である。

また本シリーズ2で試験を行う表層材は、現実性の高いものを中心に選定した以下の5種類とした。

- (1) 排水性舗装
- (2) 保水性舗装
- (3) 透水性舗装

路盤内から道路表面に給水する舗装 写真用レフランプ

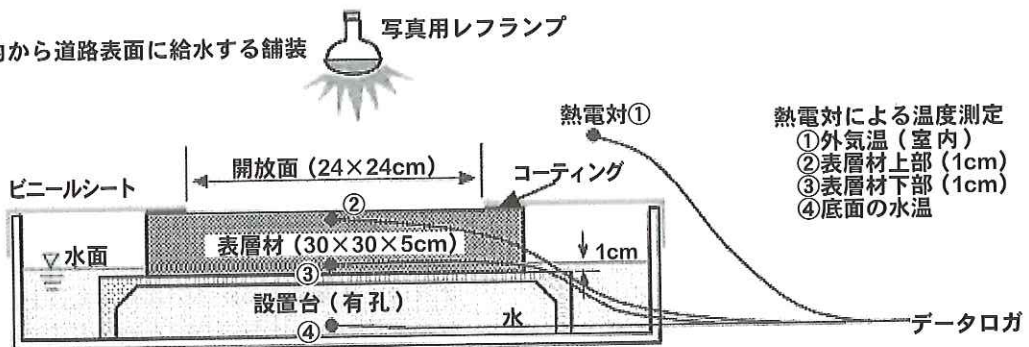


図-3 表層材の蒸発性能実験（シリーズ2）の概念図

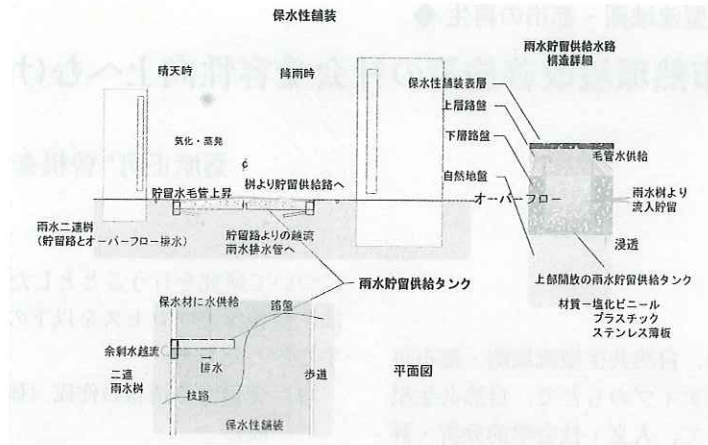


図-4 保水性舗装を利用した場合の熱環境改善システムのイメージ

(4) 保水性ブロック

(5) グレーチング+密粒舗装

上記 (5) の「グレーチング+密粒舗装」とは、密粒舗装の上にグレーチングとそれを支持するもので空間を設け、その空間に水を貯留するもので、いわば連続した水路を車両が走行すると表現されるものをイメージしていただきたい。

シリーズ2での試験装置の概念図を図-3に示す。図-3は、路盤内から表層材へ給水する表層材 (2)~(4) の場合のものを示している。

中央部に配した表層材の下面まで湿潤させた状態を初期状態とし、水供給の有無、熱源 (写真用レフランプ) の有無により条件を変えて、それぞれの表層材で4ケースの実験を行い、図に示す4ヶ所 (外気温、表層材上部及び下部、底面の水温) での温度測定を行うものである。

4. おわりに

これまで、システムに要求される貯水量等のスペックを検討し、これらのスペックを満足するシステムを構築するために必要な条件を確認する検証実験の方針を定め、実験装置を定めた。今後、これらの実験を通して、性能が優秀な素材を組合せたものを敷地内等のフィールドにて屋外の実証実験を行い、効果とその持続性を検証する。さらに、その結果から気温を降下させる効果に関してシミュレーションにより試算を行う予定である。

参考文献

- 1) 総合科学技術会議重点分野推進戦略専門調査会環境プロジェクト：「分野別推進戦略環境分野」，平成13年9月21日等
- 2) 環境省：「平成12年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書 (増補版)」，平成13年10月

松下雅行*



首都高速道路公団東京建設局建設第一部関連街路課
(前 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室交流研究員)
Masayuki MATSUSHITA

水野太史**



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室交流研究員
Futoshi MIZUNO

山本昌弘***



(前 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室交流研究員)
Masahiro YAMAMOTO

並河良治****



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室長
Yoshiharu NAMIKAWA