

湿潤舗装システム「打ち水ペープ」の開発（その2）

—地域熱環境計画における位置づけと臨海地区での適用検討—

久保田 孝 幸 小 宮 英 孝
宮 川 保 之

Development of Wet Pavement System "UCHIMIZU-PAVE" (Part 2)

— Concept of Regional Thermal Environmental Planning and Case Study in Waterfront Area —

Takayuki Kubota Hidetaka Komiya
Yasuyuki Miyagawa

Abstract

Planning technologies for improving the regional thermal environment are classified into three major categories: 'Form', 'Material' and 'Energy'. In this study, the effect of the wet pavement system (UCHIMIZU-PAVE), which belongs to the 'Material' category, in improving the summertime thermal environment is evaluated numerically. Reductions not only of radiation but also of atmospheric temperature by the wet pavement system in the case of a waterfront development are considered here. A wet pavement system of 10m × 10m in area is found to be sufficient for reducing mean radiant temperature (MRT), because an area of this size has a configuration factor of 0.48. Outside air temperatures in an imaginary development area in the summer are also calculated. Reductions of mean air temperature by the wet pavement system of 0.7°C and 0.2°C were obtained for noon and evening respectively. Especially, air temperatures around streets and canals along which people walk or take rests, are decreased by about 2 to 3.5°C. These results show that the wet pavement system effectively improves the outside thermal environment for pedestrians.

概 要

地域計画時に設定できる熱環境に寄与する計画技術は、「形態」、「素材」、「エネルギー」の3つに大別できる。ここでは「素材」の計画技術の一つである「打ち水ペープ」についての定量的検討と開発事例におけるフィジビリティスタディを行った。打ち水ペープを矩形に配置した場合、中央に立つ人に対する形態係数は10m四方で0.48と限界に近づき、輻射環境改善の面では充足することがわかった。次に、打ち水ペープを関西地域のウォーターフロント開発に適用した場合の気温低減効果を、熱環境シミュレーションにより求めた。具体的には、運河や十数棟の建物が計画されている2200m×1200mの地域において、打ち水ペープ等の環境緩和技術の適用の効果を求めた。打ち水ペープの適用により、評価対象地域の平均気温は、夏季の正午で0.7°C、夕方で0.2°C低下し、人が長時間滞留する歩道、運河付近においては2~3.5°Cの気温低下が見られる。以上の2つの観点からの検討により、打ち水ペープが暑熱環境改善に効果的であるという結果が明らかにされた。

1. はじめに

都市再開発や自然地の開発においては、地形、地表の改変や人工物の建設とそこからの排熱が地域の熱環境に変化を与える。開発計画の良否によっては、完成後の地域熱環境は、例えば夏季の日中の気温は平均で1°C前後、局所的には2~3°Cの差を生み、体感温度ではさらに大きな差となる。こういったことから、開発の計画時に地域熱環境についてシミュレーションを行い、事前に計画の妥当性を判断しておくことが重要である。

既報¹⁾においては、打ち水ペープの基本システムの性能をプロトタイプによる実験により検証した。本報においては、まず打ち水ペープの地域熱環境計画の中での位置づけを行った。次に、基本システムの性能より得られ

た結果をもとに、輻射環境への定量的な効果の検討を行うとともに、臨海地区における開発事例において、打ち水ペープを適用した場合の気温低減効果の評価を行った。

2. 地域熱環境計画と打ち水ペープ

地域計画時に設定できる、熱環境に寄与する計画技術は、「形態」、「素材」、「エネルギー」の3つに大別できる。これを整理した結果をTable 1に示す。熱環境の改善に関する目標は地域、用途により種々に異なるが、例えば東京以西では夏季の暑熱環境の改善が一つの大きな目標となる。

計画技術の3分類のうち「形態」の技術とは、地形や建物、樹木などの形や配置を適切にデザインすることに

よって、風の流れや日射をコントロールするものである。具体的な計画技術としては、地形や建物、植栽により都市の風の流れ道をつくる「風の道」、逆に強風を防ぐ「防風林」などが、また街路に日陰をつくる「街路樹」などがある。

「素材」の技術では、材料の熱特性の違いにより、日射を受けた場合の温度に差が生じ、気温や輻射環境が左右される。そこで、地域熱環境計画としては、設置する場所に応じて、素材を選択することが求められる。例えば、夏季においては緑や水面などが蒸発散効果により熱環境を緩和することが期待できる。具体的な計画技術としては、蒸発散効果による熱環境緩和技術として、運河や公園の配置などがある。「打ち水ペープ」はこの素材の中の一技術として位置づけられる。

「エネルギー」の技術では、建物の空調や自動車から大気中に大量に熱が排出されることから、この影響を少なくするために適切なシステムの選定や排熱方法を検討することが必要となる。具体的な計画技術としては、自然エネルギーの利用や省エネルギーなど化石燃料の燃焼排熱を削減することや、排熱位置を高層化することにより地上への影響を小さくする方法がある。

これらは、例えば街路樹などは形態と素材の両方の機能をもっているように、相互に関連しあっている。また、都市構成上も個々の技術だけでは十分な効果は得られない場合もあり、地域の事情にあった手法を組み合わせることで総合的な効果を発揮させる必要がある。

3. 設置規模と輻射環境改善効果

まず、打ち水ペープの設置規模と夏季における輻射環境改善効果について検討する。

打ち水ペープの熱環境改善効果は、蒸発散により路面を低い温度に保ち、輻射を低減することである。コンクリート舗装に対して打ち水ペープは、夏季の日中において15℃以上低い¹⁾表面温度となる。

打ち水ペープを正方形に保って面積を拡大していった時、その中心にいる人体に対しての打ち水ペープの形態係数、およびコンクリート-打ち水ペープ間の温度差(15℃)と形態係数との積で定義されるMRT(Mean Radiant Temperature)差は、Table 2のようになる。10m×10mの規模で形態係数が0.48とほぼ限界となり²⁾(水平面の形態係数の最大値は0.5)、その時のMRT差が7.2℃となった。つまり、輻射温度の低減の効果が注目した場合には、100m²程度の設置で、ほぼ最大限の効果が得られ、4m程度の地区内道路へ設置した場合であっても、その70%程度の輻射温度低減効果を期待することができる。

4. 臨海地区での外気温低減効果

次に、打ち水ペープを関西地域のウォーターフロント開発に適用した場合の気温低減効果を、熱環境シミュレ

ーションにより求めた。但し、評価対象地域内の建築物は想定である。

4.1 計算条件

開発計画をもとに計算領域の土地利用をFig.1のように設定した。土地利用の構成はTable 3の通りである。評価対象地域内のグロスの建蔽率は12%、道路率(街区内の道路は除く)は27.2%である。計算領域はx:5800m×y:5500m×z:650mであり、メッシュ数は110×100×26である。評価対象地域はおよそ東西3km、南北0.5kmの地域であり、その中の1メッシュは約20m四方である。

Table 1 地域熱環境における計画技術 Planning Technology for Regional Thermal Environment

項目	形態	素材	エネルギー
対策	地形、建物の形・配置、植栽等により、風の流れと日射をコントロールする。	素材の違いにより、日射を受けた場合の外気への熱流に差が生じる。緑や水面などが夏季の熱環境を緩和する。	建築物の空調や自動車から大気中に熱が排出される。適切なシステムの選定や排熱方法を検討する必要がある。
計画技術	風の道、防風林、街路樹、建物の高層化	打ち水ペープ、ウエットーフ、池、運河、緑、適切な色、木造建築、構造物の地下化	自然エネルギーの利用、省エネルギー、コミュニティール、排熱位置の高度化

Table 2 打ち水ペープの設置面積と輻射低減効果 Configuration Factor and Reduced Mean Radiant Temperature in Rectangular Planes by Wet Pavement System

面積	1m ²	4m ²	16m ²	36m ²	100m ²
形態係数(-)	0.14	0.22	0.34	0.42	0.48
MRT差(℃)	2.1	3.4	5.1	6.2	7.2

Table 3 土地利用の構成 Assumed Land-use Ratio

建物	街区内空地	道路	運河	公園	海	合計
12.0	37.0	27.2	7.4	12.9	3.5	100.0

(%)

Table 4 地被の構成 Ground Covered Ratio

	打ち水ペープ	コンクリート	アスファルト	水面	高木	低木	建物その他	合計
CASE 1	0	11.1	34.6	3.5	10.1	13.9	26.8	100.0
CASE 2	19.3	0	26.4	3.5	10.1	13.9	26.8	100.0
CASE 3	7.4	0	26.4	10.9	16.9*	11.6	26.8	100.0

*CASE3の高木には打ち水ペープとセットとなっている部分も含まれる。(%)

Table 5 気象条件
Weather Conditions in the Air-Flow Simulation

	12:00	18:00
風速 (高さ6.5m)	2.69m/s	3.05m/s
風向	WSW	WSW
気温	32.9°C	30.9°C

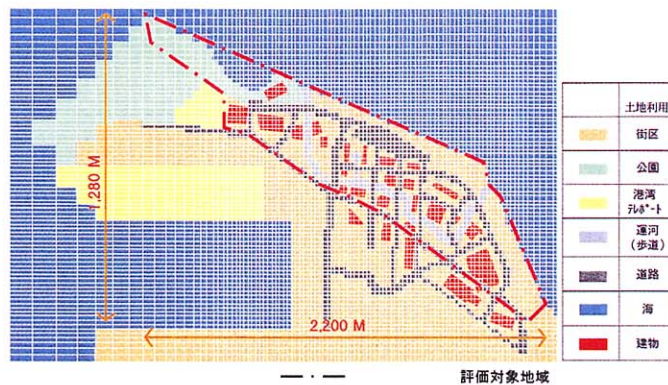


Fig.1 土地利用の想定
Assumed Land-use

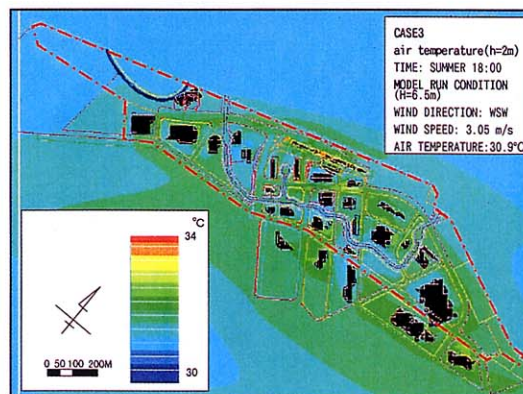
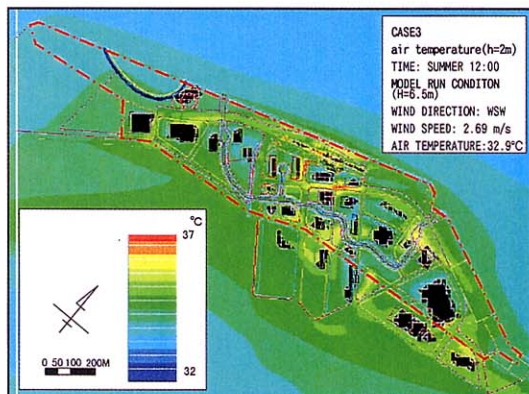
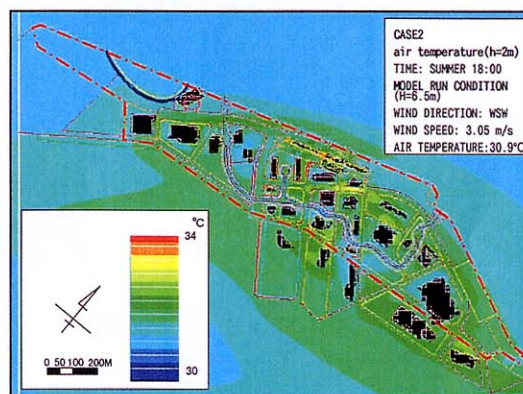
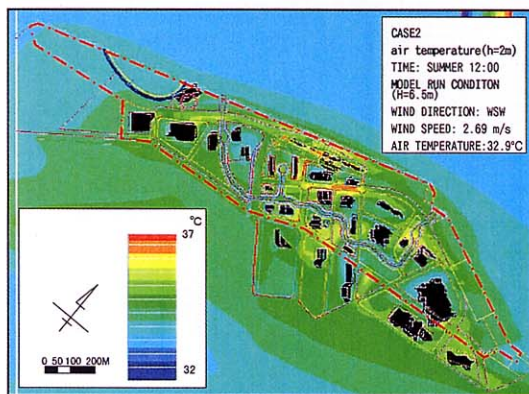
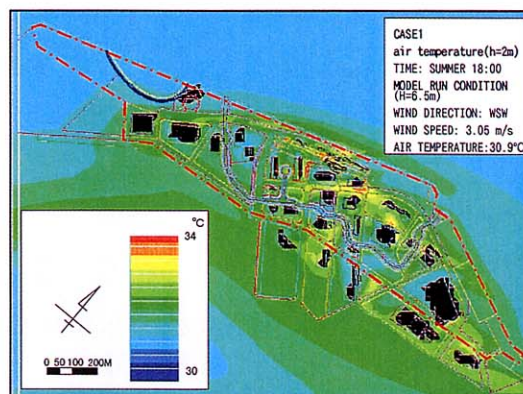
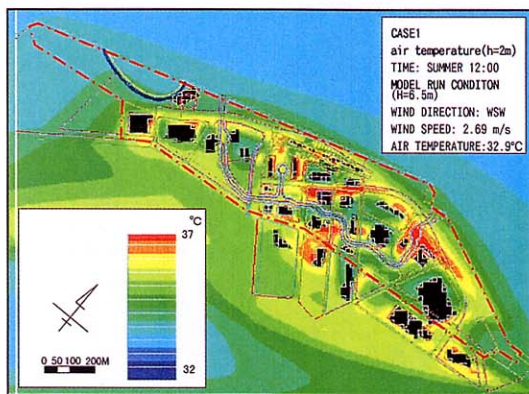


Fig.2 気温分布 (夏季日中, 高度2m)
Horizontal Distributions of Air Temperature
(Summer noon, Altitude: 2m)

Fig.3 気温分布 (夏季夕方, 高度2m)
Horizontal Distributions of Air Temperature
(Summer evening, Altitude: 2m)

打ち水ペープを評価する基準となるCASE1では、計画されている運河部分を遊歩道であると仮定し、道路部分はアスファルト舗装のみとした。CASE2では道路部分の30%、及び遊歩道と街区内のコンクリート舗装部に打ち水ペープを設置したと仮定した。さらにCASE3では、運河を配置し、道路の打ち水ペープ上には、さらに街路樹を設置して、日射遮蔽効果により気温がさらに低下することを狙った。それぞれの主な地被素材の構成はTable 4の通りであり、打ち水ペープはCASE2では19.3%、CASE3では7.4%設置されている。

これらの条件を用いて、打ち水ペープの効果が発揮される夏季の日中と夕方についてシミュレーションを行い、気温低減効果について評価を行った。気象条件としては対象地付近の観測所における'91~'96のデータをもとに、8月の日照時間が30分以上ある12時、18時の値を平均化したものを用いた。(Table 5)

各素材からの熱流値の算出、並びに熱気流計算については既報³⁾の手法により行った。

4.2 熱環境改善効果

地上2mにおける気温について評価すると、熱環境緩和技術を導入していないCASE1(比較基準)ではアスファルトによる高温域が昼夜共に道路上に発生している。(Fig. 2, Fig. 3) CASE2および3では道路上の高温域がほぼ解消されるとともに、高温部の街区内部への移流もほぼ解消されている。評価対象地域内の平均気温(Table 6)では、CASE1と比較してCASE2, 3はそれぞれ日中で0.7℃, 0.8℃低く、夕方では0.2℃, 0.3℃低い結果となった。人の移動や滞留がある道路近辺では、日中2~3.5℃, 夕方1~2℃の気温低下効果が見られた。すでに前節で述べたように、この部分では輻射低減効果もあるので、総合的な熱環境は大幅に改善される。

ここにおいて、CASE2は打ち水ペープのみの効果を選択的に明確にするために設定した仮想的なケースであり、CASE3は実際の開発計画で検討されるであろう事例である。CASE2とCASE3の差が小さいということは熱環境改善の要素技術として打ち水ペープが効果的な手法であることを示している。しかし、実際には視覚的效果や心理的效果なども含めてCASE3のような、多くの要素技術が組み合わされて適用されるのが一般的である。

5. まとめ

打ち水ペープの地域熱環境計画における位置づけを行った。また、熱環境改善効果について、設置規模による

Table 6 評価対象地域内の平均気温
Mean Air Temperature in the Region

		CASE1	CASE2	CASE3
12:00	平均気温(℃) (CASE1との差)	35.1	34.4 (-0.7)	34.3 (-0.8)
	最大気温差*(℃) (CASE1との差)	-	-3.6	-3.9
18:00	平均気温(℃) (CASE1との差)	31.9	31.7 (-0.2)	31.6 (-0.3)
	最大気温差*(℃) (CASE1との差)	-	-1.9	-2.2

*メッシュごとの差より算出

輻射低減効果、および地域規模での気温低減効果について評価した。以下に得られた知見を示す。

- 1) 打ち水ペープを矩形に配置した場合、中心に立っている人に対する形態係数は4m四方で0.34、10m四方で0.48となり、輻射の面では、ある程度の規模で十分な効果が得られる。コンクリートと比較するとMRTはそれぞれ5.1℃, 7.2℃低くなる。
- 2) 地域開発において打ち水ペープを約20%設置すると、道路などの特に高温になる場所では、局所的に日中2~3.5℃, 夕方1~2℃, 気温が低減される。
- 3) 以上の結果、輻射環境の改善だけであれば10m四方の設置規模で十分である。地域環境改善のスケールへの適用では、他の要素(例えば樹木など)と複合することで、さらに効果的で総合的な熱環境の改善が期待できる。

最近の地域開発では、環境に配慮することが絶対条件となってきており、事前のアセスメントの重要性がますます大きくなってきている。今後は打ち水ペープを含めた環境改善のための要素技術を計画地域の特性に合わせアッセンブリーするとともに、その効果を事前に評価していく総合的な計画技術が求められる時代が来ると考える。

参考文献

- 1) 赤川, 小宮他: 湿潤舗装システム「打ち水ペープ」の開発(その1), 大林組技術研究所報, No. 58, pp. 119~122, (1999)
- 2) 土川, 小林他: 実測による人体の有効放射面積および人体と矩形面との形態係数に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No. 383, pp. 48~59, (1988)
- 3) 赤川, 小宮他: 市街地における熱環境予測手法(その2), 大林組技術研究所報, No. 54, pp. 77~82, (1997)