

◇技術紹介 Technical Report

蒸発冷却スクリーン 「アクアキャンバス™」 Evaporative Cooling Screen System “AQUA CANVAS”

赤川 宏幸 Hiroyuki Akagawa
杉本 英夫 Hideo Sugimoto
岩井 洋 Hiroshi Iwai
(本社設計本部)

1. はじめに

近年、都市部のヒートアイランド現象が顕著となり、熱中症や集中豪雨など市民生活にも影響を及ぼし始めている。平成16年に政府が策定したヒートアイランド対策大綱にもあるように、その対策として、4つの方向性が示されている。中でも、地表面被覆の改善と人工排熱の削減は、より即効性のある対策として、国や自治体を中心に、対策技術や施策の導入が進められている。一方で、建築外部空間における人間の暑熱環境も、ヒートアイランド現象とリンクして捉えられることが多い。人間の周りの暑熱環境を改善し、過ごしやすい街中を作ることが、結果的に、都市のヒートアイランド現象緩和にもつながるといえる。ここでは、都市の建築外部空間の夏の暑熱環境を緩和する技術を紹介する。

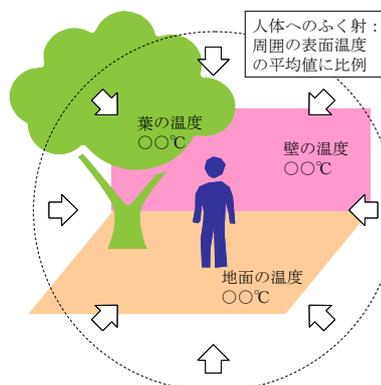


Fig. 1 建築外部空間のふく射
Radiation in an Outdoor Environment

2. 建築外部空間におけるふく射の重要性

暑いアスファルト上や、暑い折板屋根の下に立つと、たとえ気温が低く、直射日光を浴びていなくても、非常に暑く感じることもある。これは、体温よりも高い温度の物体と人間の間でふく射による熱のやり取りが行われるためである。ふく射熱は電磁波であるため、離れていても影響を受けるが、受熱点から熱い面を見た時の視野に占める割合（立体角投射率、または形態係数）が大きく影響する。つまり、Fig. 1に示すように、表面温度の高い面が大きければ大きいほど、近ければ近いほど、熱の影響を大きく受けることになる。

逆に、体温よりも冷たい面があれば、涼しく感じるはずである。また、周囲の地物の表面温度が高く、対象とする物体の表面温度が体温よりも低ければ、その物体の近くでは、相対的に涼しさが大きくなることが期待される。蒸発冷却スクリーン「アクアキャンバス」は、この冷ふく射の効果を快適性向上に生かした技術である。

3. アクアキャンバスの概要

Fig. 2にアクアキャンバスの基本構成を、Table 1に基本システムの諸元を示す。両端がつながり合わされたベルト状のスクリーンが、モーター内蔵の回転軸の周りをスクロールする。スクリーンの間の空間にはノズルユニットが組み込まれ、内側からスクリーンに向けて水がミスト状に噴霧される。このようにスクロールすることに

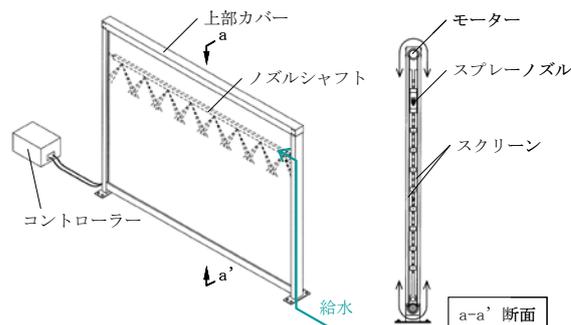


Fig. 2 アクアキャンバスの基本構成
Basic Structure of AQUA CANVAS

Table 1 アクアキャンバスの諸元
Specifications of AQUA CANVAS

寸法：幅	900～2,400程度
高さ	1,800～2,400mm程度
奥行	100mm (アナープレート除く)
材質：フレーム	アルミ or ステンレス
スクリーン	塩化ビニル等
モーター回転数	16rpm (50Hz) (回転シャフト径 60mm の時、スクロールスピードは約 5cm/s)
重量	30～50kg程度 (サイズ・材質による)
電源	AC100V、0.19W (モーター) その他にタイマー、電磁弁等
使用水量	ノズル1個あたり 6.4L/時 (ノズル5個、1日8時間、10分間隔で2分間噴霧の時、約 51L/日)
水源	上水、または飲用可能な水
維持管理	・スクリーンの定期的な清掃 ・雨水センサの交換

よって、ライン状に噴霧された水が、スクリーン全体に行き渡り湿潤する。なお、ノズルユニットへの給水は、支柱内に組み込まれた給水配管を通して行われ、通常の水道水圧（約0.2Mpa程度）が必要である。給水源は、人に触れる水であることから、飲用に適したレベルの水を使用する。

スクリーンのサイズは自由に設定できるが、サイズが大きくなると、シャフトのたわみや剛性に影響が出るため、部材の肉厚を厚くするなどの対応が必要である。一般的に屋外看板としての機能性を考慮すると、幅1~2m×高さ2m前後が標準的なサイズである。スクリーンの素材は、塩ビ製の屋外用メッシュシートを基本とし、広告等をインクジェット印刷する。スクリーンの種類を変えることによって、スクリーン上への水の付着程度が変化し、蒸発冷却能力を変えることが可能である。

スクロールの頻度や噴霧水量についても自由に設定できる。設計思想としては、スクリーン上で蒸発する水量に応じた必要最小量の水量を供給することで、設備を最小化、ローコスト化することが望ましい。一方、スクリーン上を流れる水の視覚的効果や、漏れ出るミストの効果を演出したい場合など、五感に訴える効果を複合的に期待する場合には、ノズルの数や給水量を増やすことも考えられる。

4. アクアキャンバスの効果

4.1 期待される効果

建築屋外空間において、蒸発潜熱を利用した冷却技術は、ヒートアイランド対策として、市場に普及し始めている。保水性舗装、屋上緑化、壁面緑化等は、その熱くない表面温度によって、相対的な冷却効果を持つ。しかし、気温と比べると、同等か、高い場合が多く、積極的に街や人を冷やす効果は小さいといえる。一方、屋外のミスト噴霧は、蒸発潜熱によって空気を最大3℃程度冷やすことが可能である。しかし、2~3m/sの風が吹くと、その効果が薄れて消散してしまうという欠点があった。

アクアキャンバスは、

- 1) 広い湿潤面による冷ふく射の効果
- 2) 空気との広い接触面積による冷房効果
- 3) スクリーンのメッシュから漏れ出るミスト

による人への直接的な効果の3つの効果によって、複合的に涼を得られることを特徴とする（Table 2）。

また、現在市場にあるヒートアイランド対策や、ひと

Table 2 アクアキャンバスの効果
Effects of AQUA CANVAS

熱的效果	その他の効果
a. スクリーンの蒸発冷却による冷ふく射の効果	a. 広い印刷面によるサイン機能
b. 冷却面と空気との顕熱交換による冷房効果	b. ビル風等の防風効果
c. ミスト噴霧による人体への直接的な効果	

の暑熱環境を改善する要素技術や装置の多くは、夏限定の季節商品であり、投資効果が得にくいという課題があった。アクアキャンバスは、夏季のみの使用ではなく、冬季や中間期にもサインとしての機能を持つほか、建築外構の防風装置としての機能も果たす。また、広告収入を含めた事業展開や、企業の環境CSR戦略など、ビジネスモデルとしての展開も期待される。

4.2 蒸発冷却効果の測定

湿潤したスクリーンによる蒸発冷却効果を確認するため、Photo 1に示すような装置を用いて実験を行った。この時のスクリーンは網状素材であり、噴霧された水が絡みやすい特徴がある。蒸発に有効なスクリーンサイズは、幅1m、高さ1.2mである。スクリーンを水槽に浸した後、静かに引き上げ、自然に蒸発させた。その際、実験装置全体を電子天秤に載せて、その重量変化から蒸発量を求めた。Fig. 3は、スクリーン1枚と3枚の時の蒸発量の変化を示す。3枚の時の蒸発量は、1枚の時の約2倍であり、3倍にはなっていないことがわかる。つまり、全体の保水量が3倍になっても、中央の1枚には風があまり当たらないため、蒸発の効率が小さいことが推察される。Fig. 4、Fig. 5は、それぞれスクリーン前後30cmの距離で測定した気温と相対湿度である。風向の変化によって増減するが、大きい時で約2℃の気温低下と、約10%の湿度上昇が確認された。



Photo 1 スクリーンの蒸発量の測定の様子
Measurement of the Amount of Evaporation from a Screen

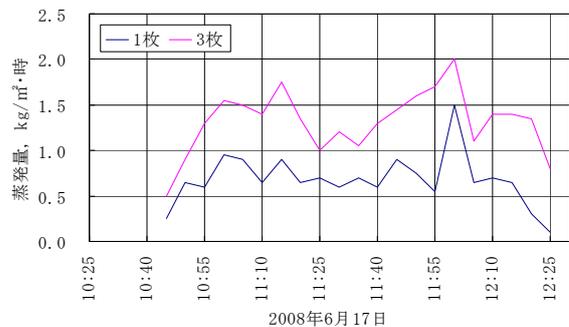


Fig. 3 湿潤したスクリーンからの蒸発量
Amount of Evaporation from Wet Textiles

4.3 実機による熱環境の測定

Photo 2は、アクアキャンパスのモックアップである。この装置と、実際に印刷したスクリーンを用いて、温熱環境の測定を行った。なお、スクリーンは4.2項で述べた網状スクリーンではなく、開口率14%のメッシュ状スクリーンである。印刷を前提としているので、メッシュの穴が小さく、湿潤時には穴に水が保持され、面に正対する方向の風の流れは遮断される。しかし、スクリーンに沿った風の流れは生まれ、蒸発は表面で促進される。

Fig. 6はアクアキャンパスの表（日射が当たっている面）と裏面、および周辺の屋上コンクリートスラブ面の表面温度を示す。約20分に1回、1周回転させているので、

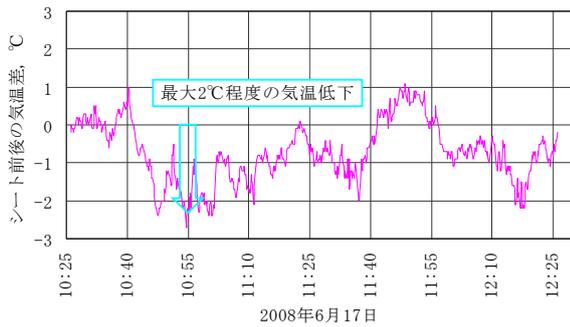


Fig. 4 湿潤したスクリーン前後の気温
Air Temperature in Front and in the Rear of Wet Textiles

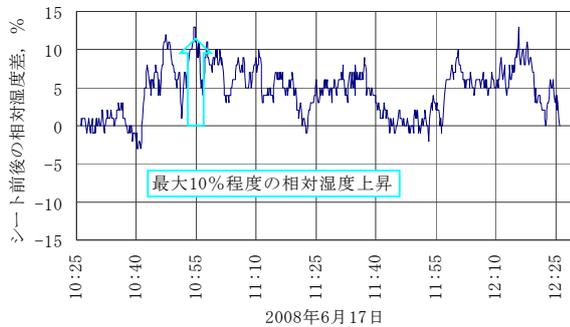


Fig. 5 湿潤したスクリーン前後の相対湿度
Relative Humidity in Front and in the Rear of Wet Textiles



Photo 2 アクアキャンパスの実物試験体
Mock-up of AQUA CANVAS

温度が周期的に変化している。屋上スラブ面のピークが44°Cの時、スクリーン表面が約30°C、日射の当たらない裏面は約27°Cであった。スクリーン自身は熱容量が小さく熱をほとんど貯めないことから、コンクリートスラブとの温度差は午後から夕方にかけて、10~15°Cとなる。

Fig. 7はスクリーン表面から中心距離で23cmの位置で測定した黒球温度である。人がスクリーンのすぐ近くに立った場合のふく射の影響を評価することを想定している。日射の当たる側の黒球温度は、コンクリートスラブ上の黒球温度よりも上昇していることがわかる。これは、冷ふく射の影響よりも、スクリーンからの反射日射の影響が大きいものと考えられる。すなわち、12時前後のス

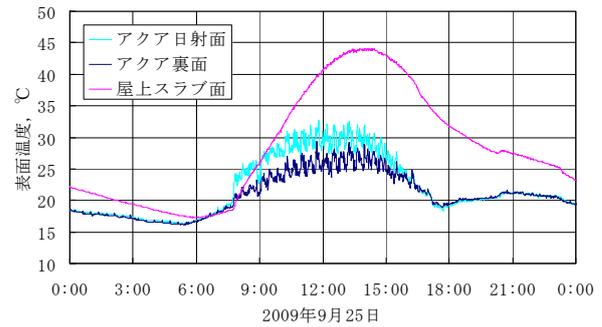


Fig. 6 湿潤したスクリーンの表面温度
Surface Temperature of Wet Textiles

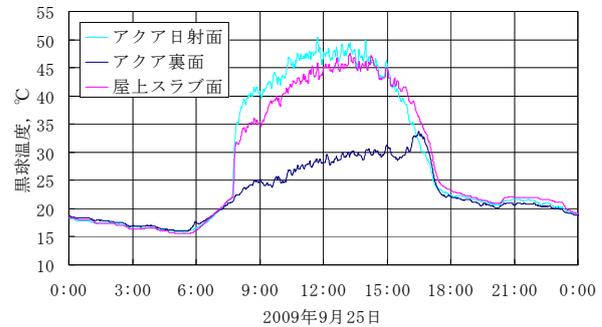


Fig. 7 湿潤したスクリーン前後の黒球温度
Globe Temperature in Front and in the Rear of Wet Textiles



Photo 3 ゴルフ場でのデモのようす
Demonstration of AQUA CANVAS at a Golf Course

クリーンの日射反射率は約0.37であり、黒球はスクリーンが無い状態と比較して、垂直面が受ける日射の約4割を上乗せして受けるからである。スクリーンのデザインに左右される面もあるが、日射反射率の低い濃色系の方が、正面に立つ人の温熱快適性にとって良いといえる。一方、裏面の黒球は、コンクリートスラブ上と比べて、約15℃低く、日陰と冷風射の両方の効果が得られている。

これまで、ゴルフトーナメント会場でのデモ (Photo 3) を2回実施し、来場者から涼しい、気持ち良いなど、概ね良好な反応を頂いている。Fig. 8は、アクアキャンパスの赤外線カメラ画像である。アスファルトと比べて約30℃の温度差が認められた。

5. まとめ

Fig. 9, Fig. 10は、当社の技術研究所の入口に設置予定のアクアキャンパスのCG画像である。一般的なサインの寸法を考慮し、縦長の形状とした。ただし、効果は面積に左右されることから、2体並べて設置することとした。また、Fig. 11は、建設現場の仮囲いに適用した場合のCG画像である。このように、都市空間の人との接点にふさわしい環境改善技術として採用が期待される。

一方、飲用に適した水を使用しても、屋外で使用するため、レジオネラ菌対策等の水の安全性を指摘する意見もあった。今後、これらの装置を運用する中で、定期的な清掃など、ひとが手に触れても安心な状態を維持する

ための維持管理方法の実証や、物理的な除菌方法などを確認する。

アクアキャンパスは、環境改善技術をデザインまで昇華し、さらに、多機能化を図ることによって、類似技術との差別化を目標としている。今後、商業施設をはじめ、都市域の建築外構を中心に活用が期待できる。



Fig. 9 技術研究所アクアキャンパス完成パース (CG)
Perspective Image of AQUA CANVAS installed in the Exterior of the New Main Building of TRI (CG)

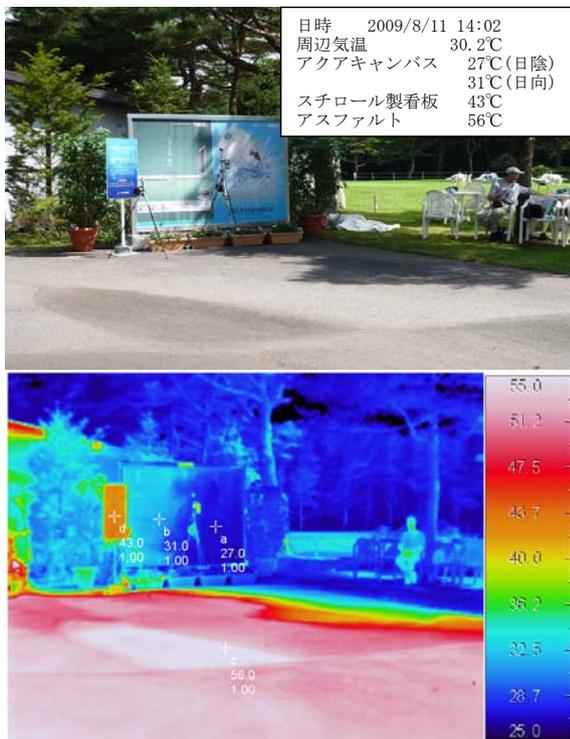


Fig. 8 アクアキャンパスの赤外線カメラ画像
Infrared Image of AQUA CANVAS



Fig. 10 技術研究所アクアキャンパス本体 (設置前)
(幅 1,057mm×高さ 2,250mm×奥行 100mm)
AQUA CANVAS for the New Main Building of TRI
(W=1,000, H=2,100, D=100)



Fig. 11 建設現場の仮囲いへの適用イメージ (CG)
Installation Image on to a Temporary Enclosure (CG)