
企業の適応策の紹介と課題

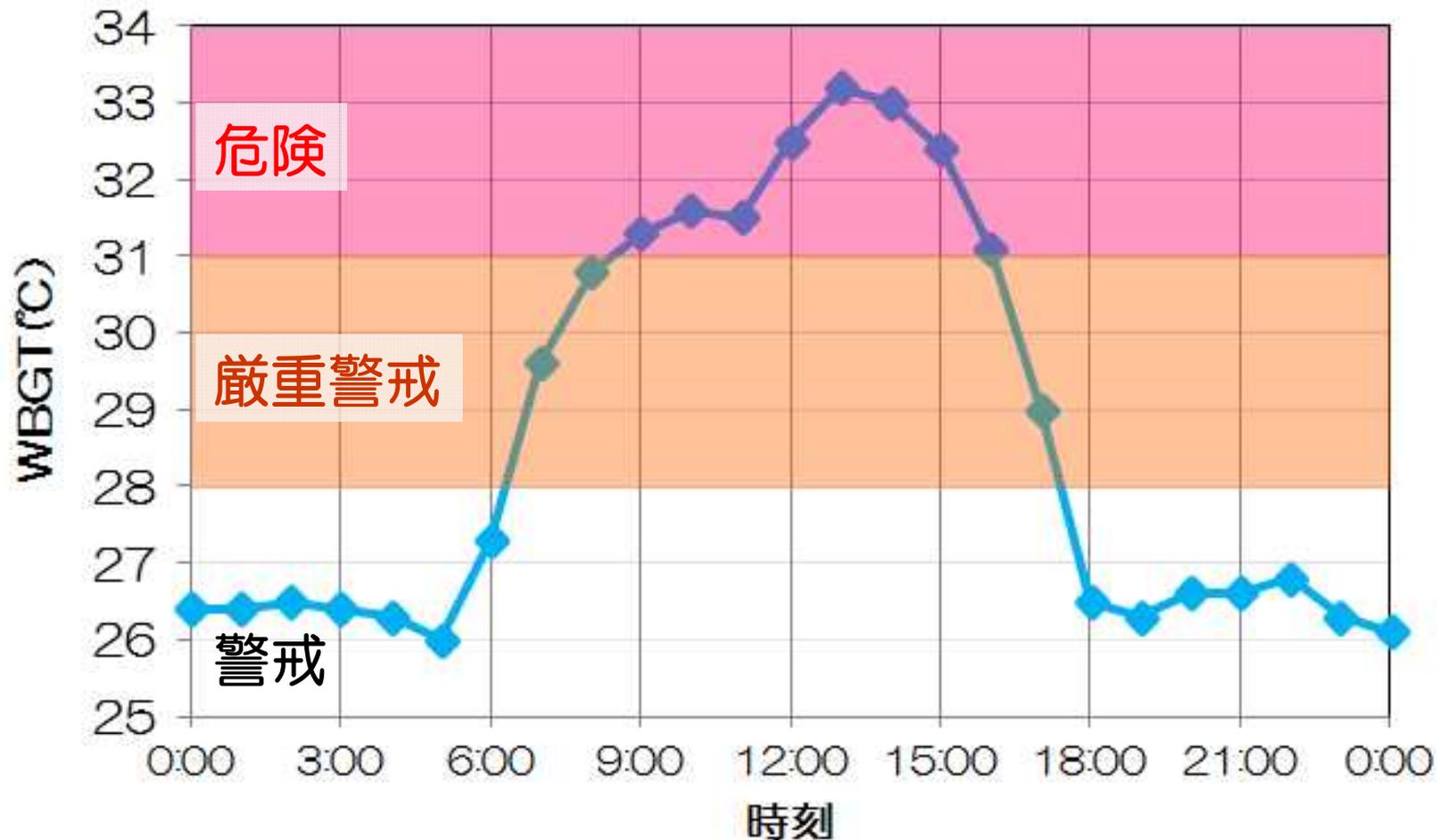
2016年10月12日

清水建設株式会社
技術研究所 環境基盤技術センター
中村 健二

内 容

- 建設業における取組みの背景
- 建物緑化による適応策
- 環境計測車による都市環境把握
- 適応策の課題

安全な都市環境の創出に向けて

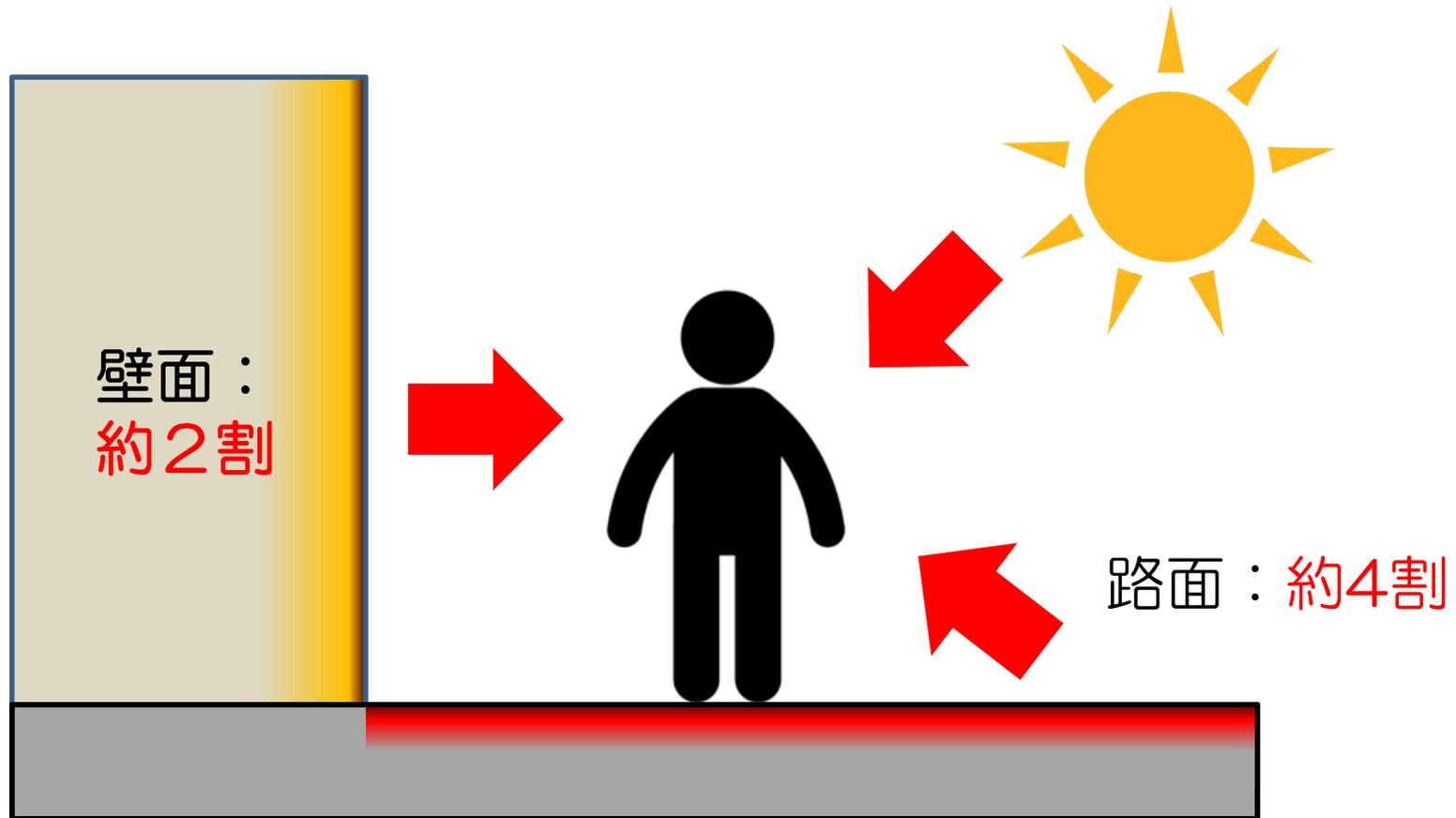


気温が37°Cまで上がった2013年8月10日
東京江戸川臨海の熱中症予防指標WBGT

人が受ける放射熱

$$\text{WBGT}(\text{°C}) = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

日射：約4割

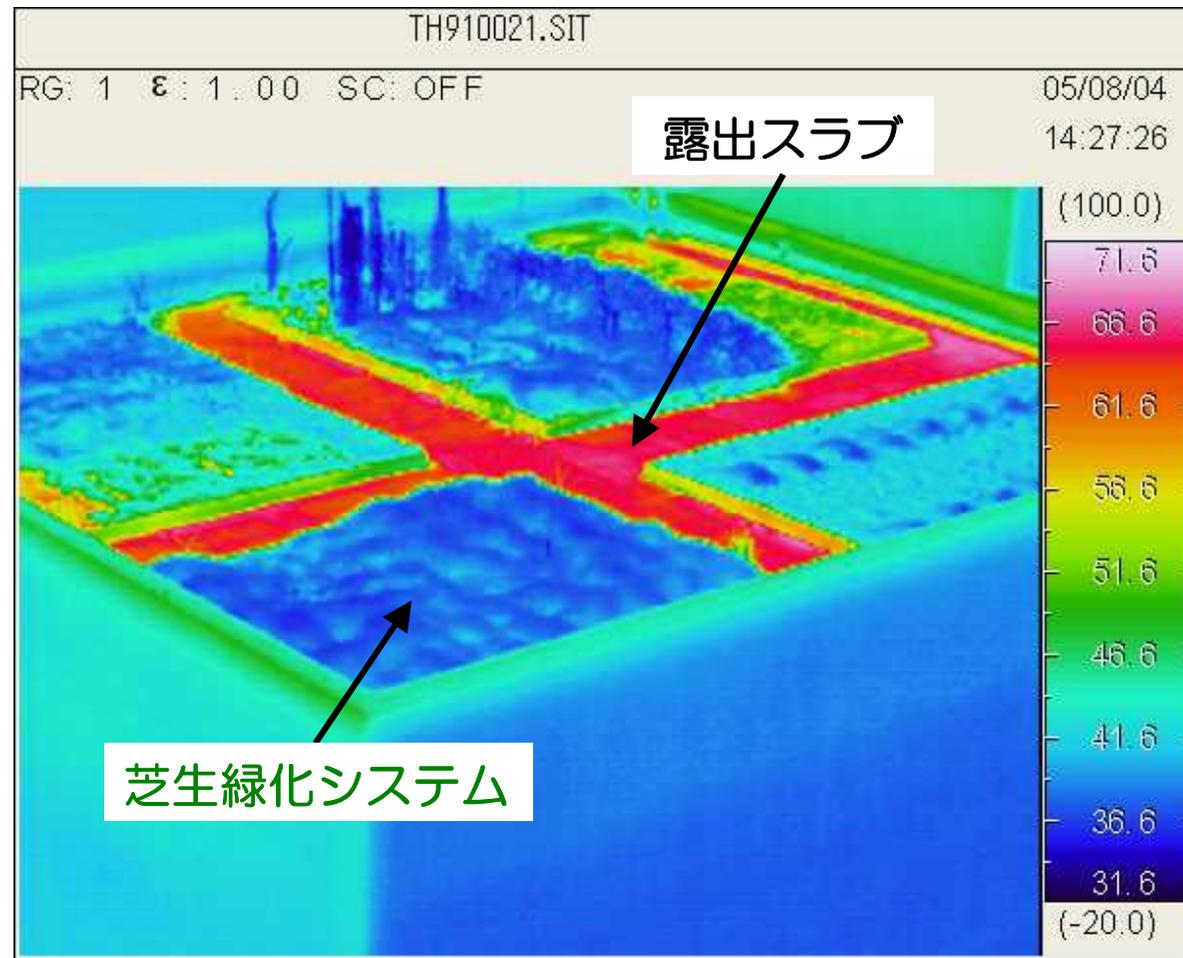


内 容

- 建設業における取組みの背景
- 建物緑化による適応策
- 環境計測車による都市環境把握
- 適応策の課題

屋上緑化の温度抑制効果

表面の温度差＝最大28℃

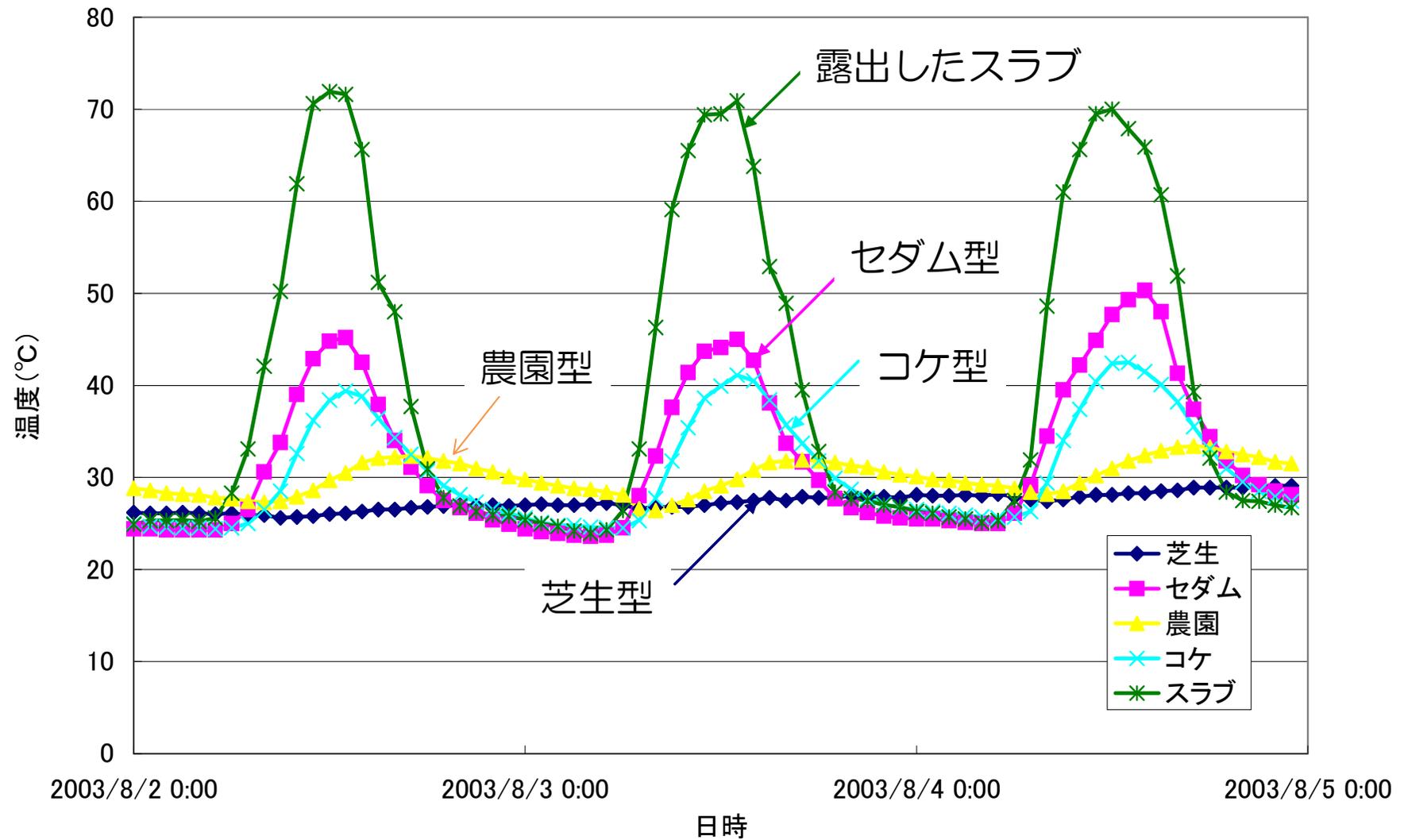


弊社音響実験棟屋上における観測例

屋上緑化（各種緑化の効果検証）



屋上緑化の温度抑制効果



既存建物にも適用可能な軽量型緑化

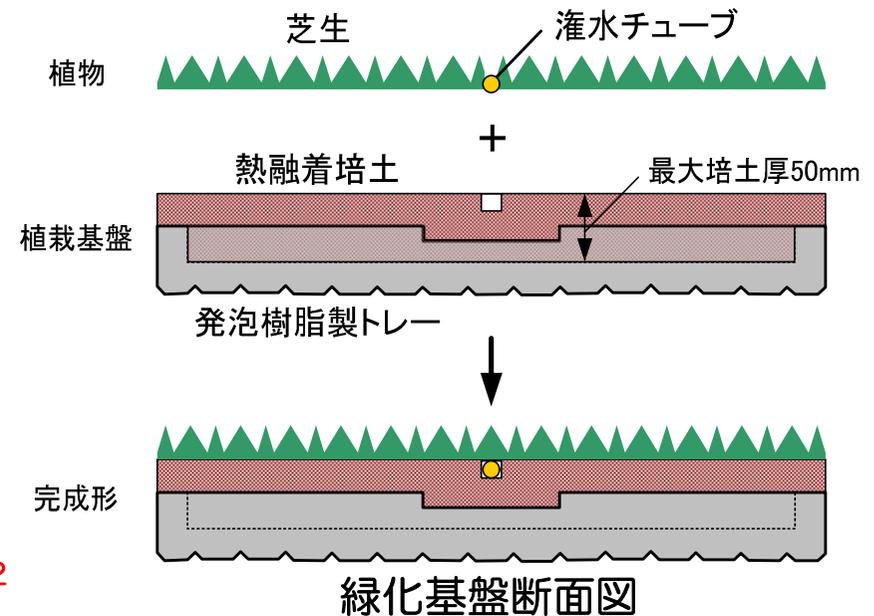
ユニット緑化システム

「熱融着培土」という特殊な固化培土を使用した軽量な緑化システム



曲面緑化例

* 植物なしの緑化基盤重量= 10 ~ 33kg/m²



四季や憩いを感じる節水型緑化

ベランダ緑化システム「年中花見月」

- 年中花見月
四季を通じて様々な花が楽しめる緑化ユニット
- 設置・移動が容易
コンテナを敷き並べるだけの簡単な作業
- 水遣り手間を軽減
貯水層を持つため2週間程度は、水遣り不要
- オプション
水辺ユニットや噴水等の組み込みも可能



2重コンテナの断面



ベランダ緑化例

都市の生態系に配慮した緑化

屋上ビオトープ「万葉の里」

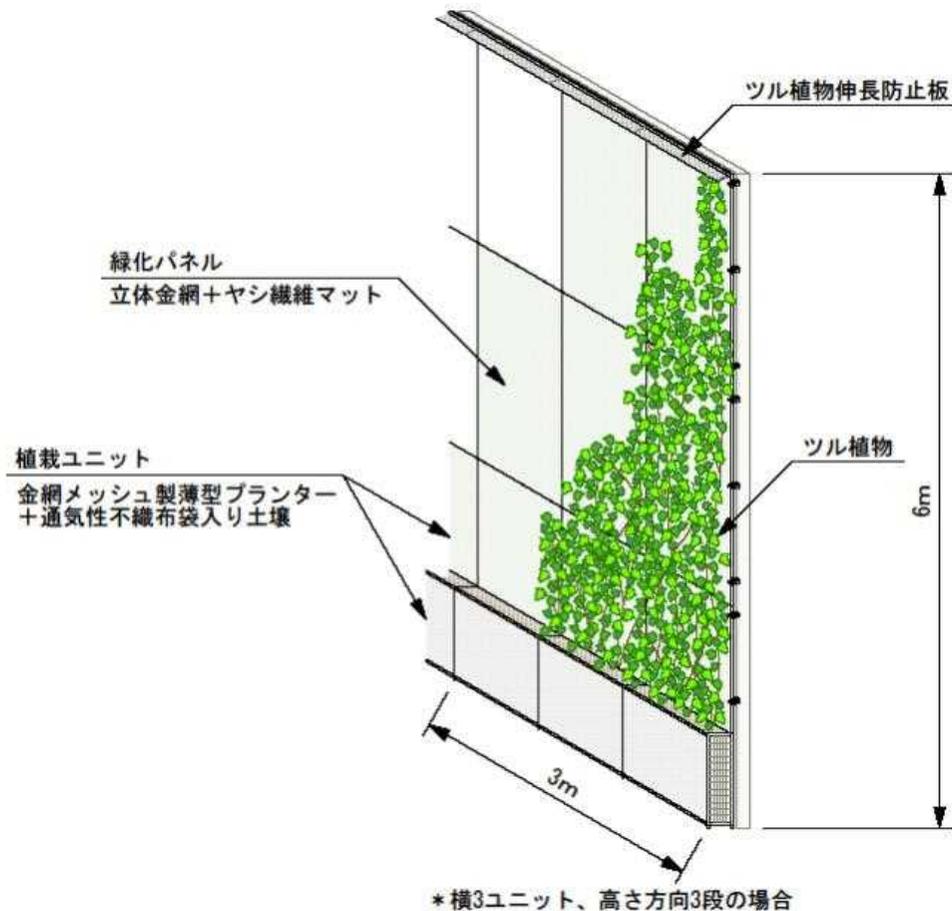
- 冬でも楽しめる万葉植物
万葉集由来の常緑植物を多用し、冬場の景観を確保
- 日本庭園の趣
日本庭園の要素（石橋、飛び石、枯山水）も加味
- 生物多様性への配慮
ハビタットや食餌植物に拘り、生態系に配慮



万葉の里ビオトープ

施工容易な登はん型壁面緑化

壁面緑化システム「ツル自慢」



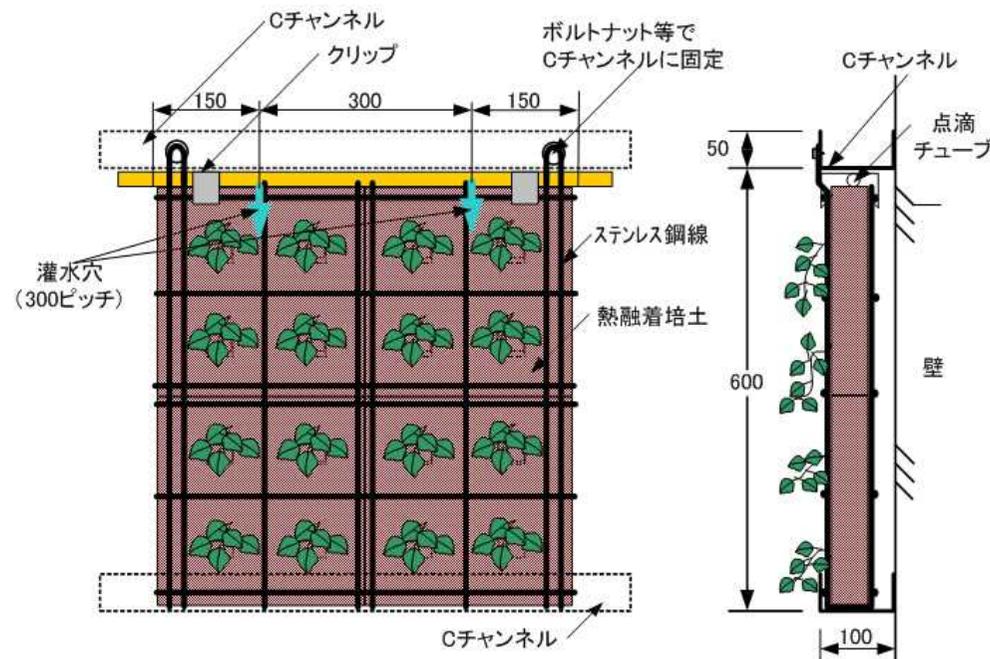
弊社技研本館

システム構成

デザイン性の高い壁面緑化

ユニット壁面緑化システム「パラビエント®」

- 緑による壁面デザインが可能
- 確実かつ永続的な緑化を実現
- 軽量かつ簡単施工

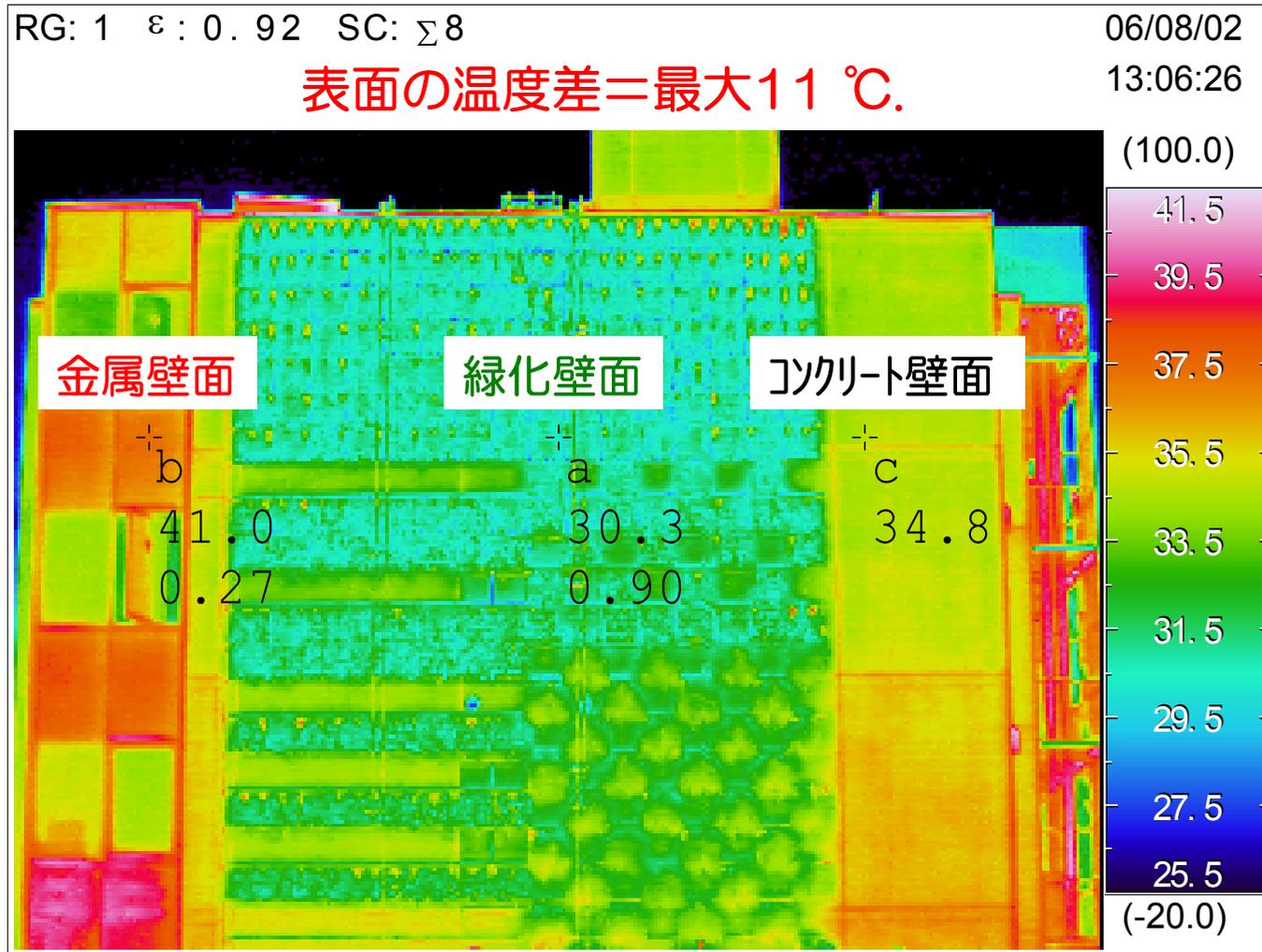


緑化ユニット



大阪大学FRC棟

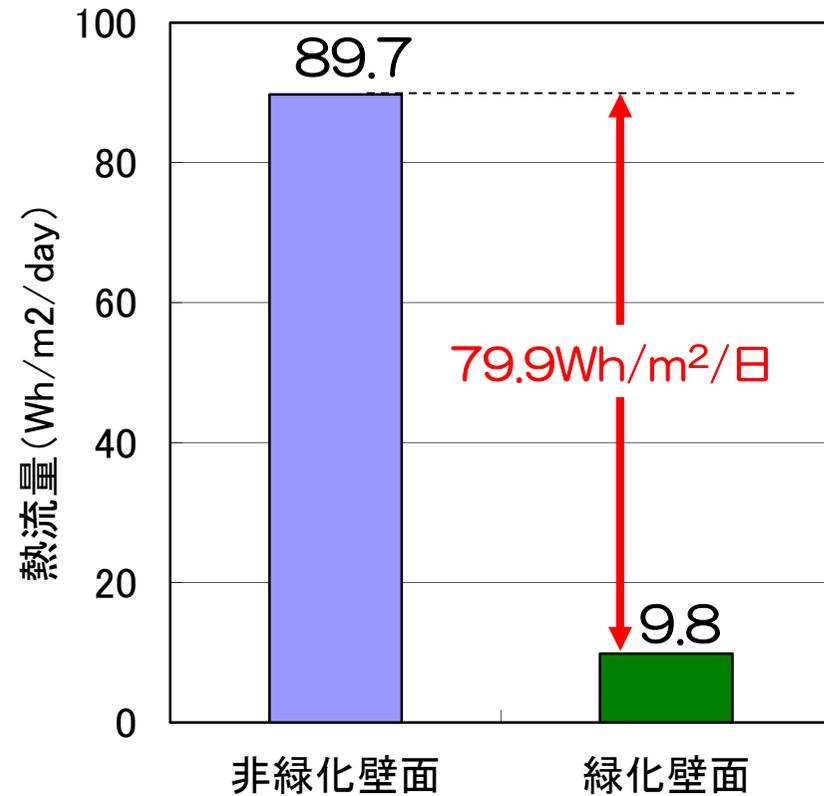
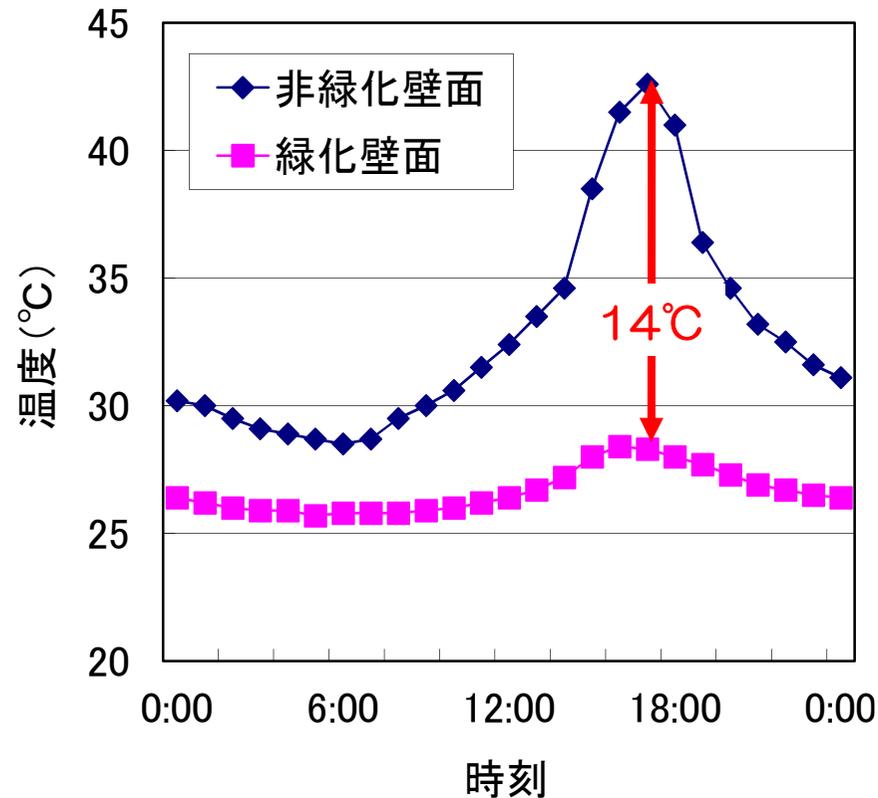
壁面緑化の効果



大阪大学FRC棟における観測例

壁面緑化の効果

壁面の温度を低減し、外部より建物内へ流入する熱量を削減



削減量は80Wh/m²/dayと小さいが、この他に緑化面より1日最大で3Liter/m²の水が蒸散しており、その蒸発熱は1,880Wh/m²/day と大きい。

壁面緑化適用事例



キャナルシティⅡ（第12回国土交通大臣賞）



ウィラーエクスプレスカフェ



東京駅グランルーフ（第14回国土交通大臣賞）



青山OMスクエア

内 容

- 建設業における取組みの背景
- 建物緑化による適応策
- 環境計測車による都市環境把握
- 適応策の課題

環境計測車

■ エリア計測車＋スポット計測車

- エリア計測車：温・湿度、日射、放射量、路面温度等の計測器を搭載
広域の温熱環境を把握
- スポット計測車：三次元風速計、6方向長短波放射計等を搭載
移動経路等の詳細な温熱環境を把握
- 温熱の他、空間放射線量、PM2.5濃度なども計測可能

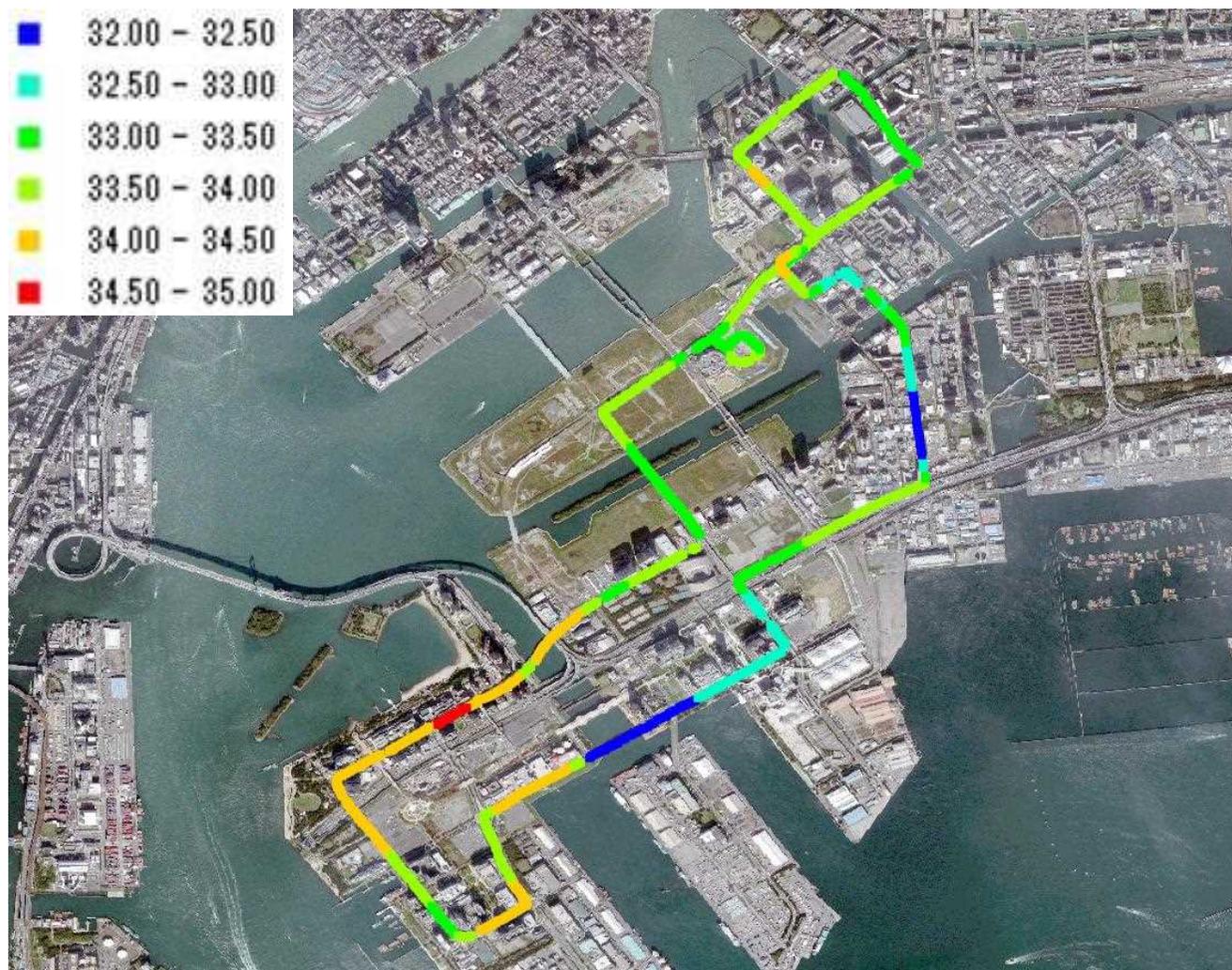


エリア計測車



スポット計測車

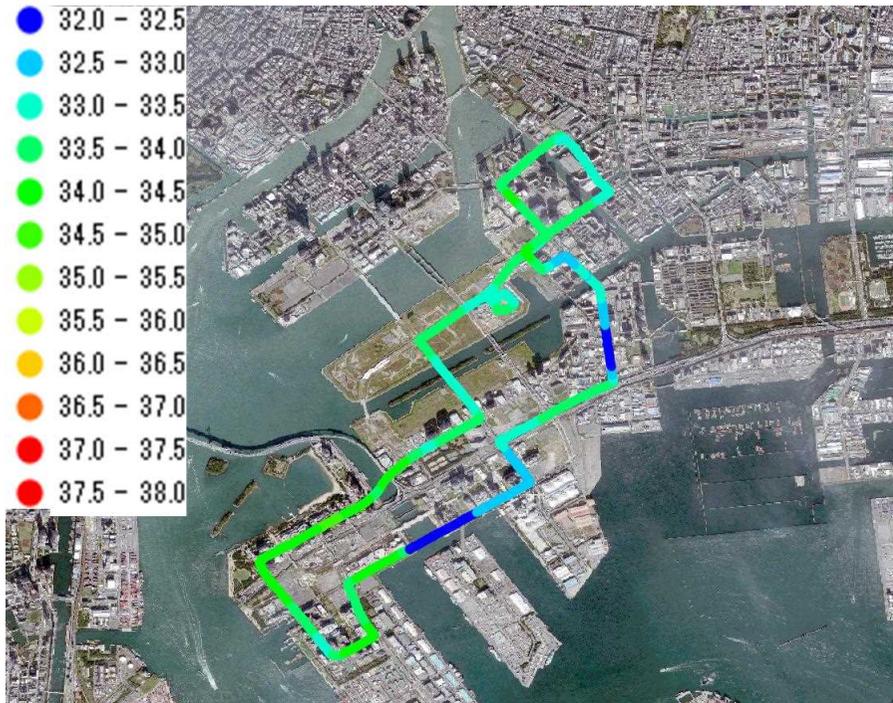
広域の計測結果例



8月6日の12:30~13:30（時間経過に伴う気温変化分は補正済み）

⇒ 移動距離20km程度の狭い範囲でも、気温に約3°Cの差を確認

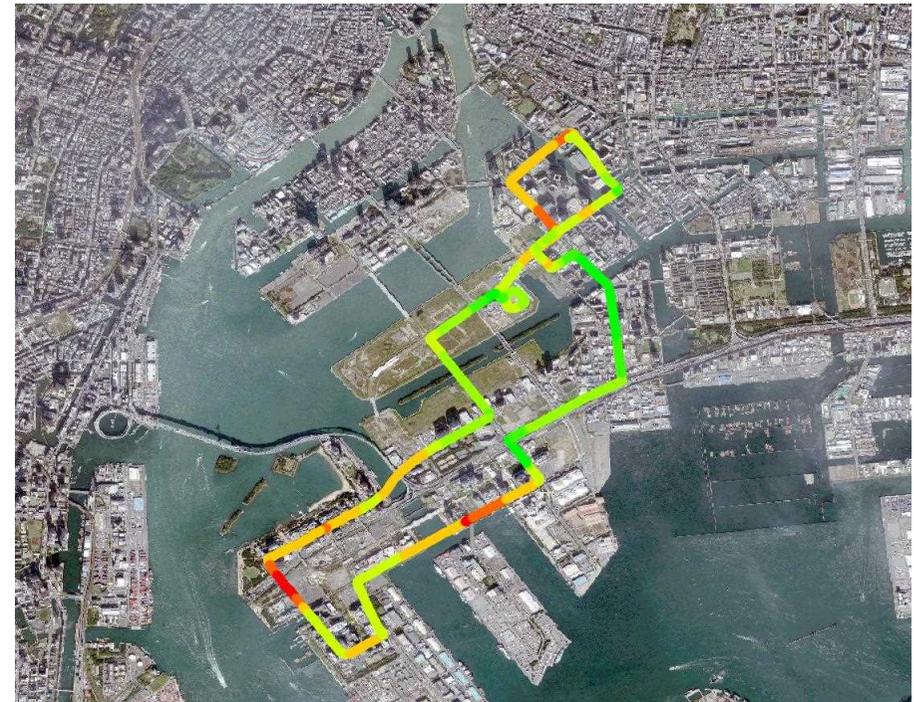
広域の計測結果例



8月6日

12:30~13:30

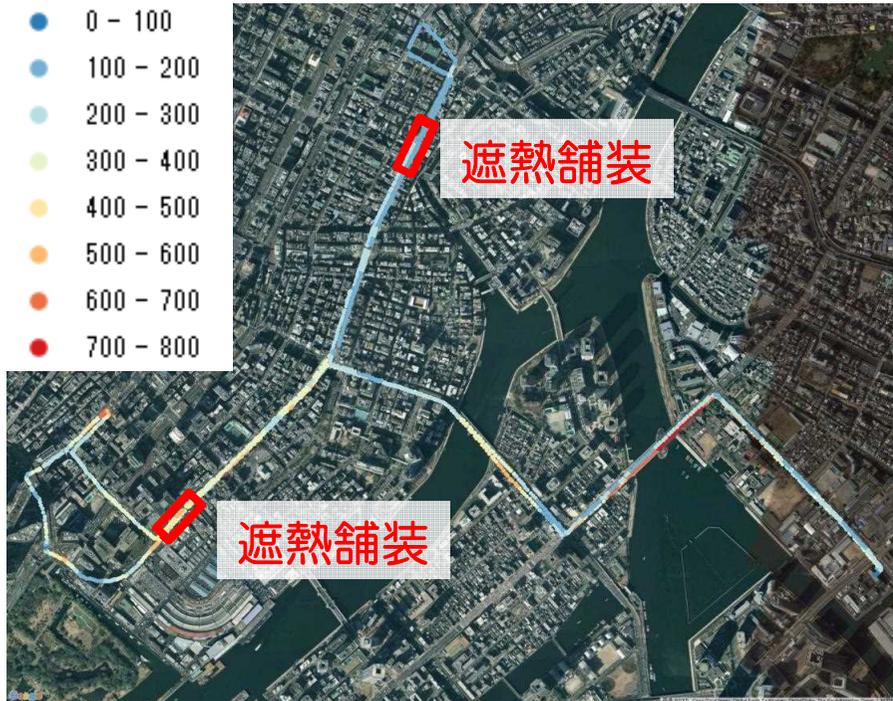
(時間経過に伴う気温変化分は補正済み)



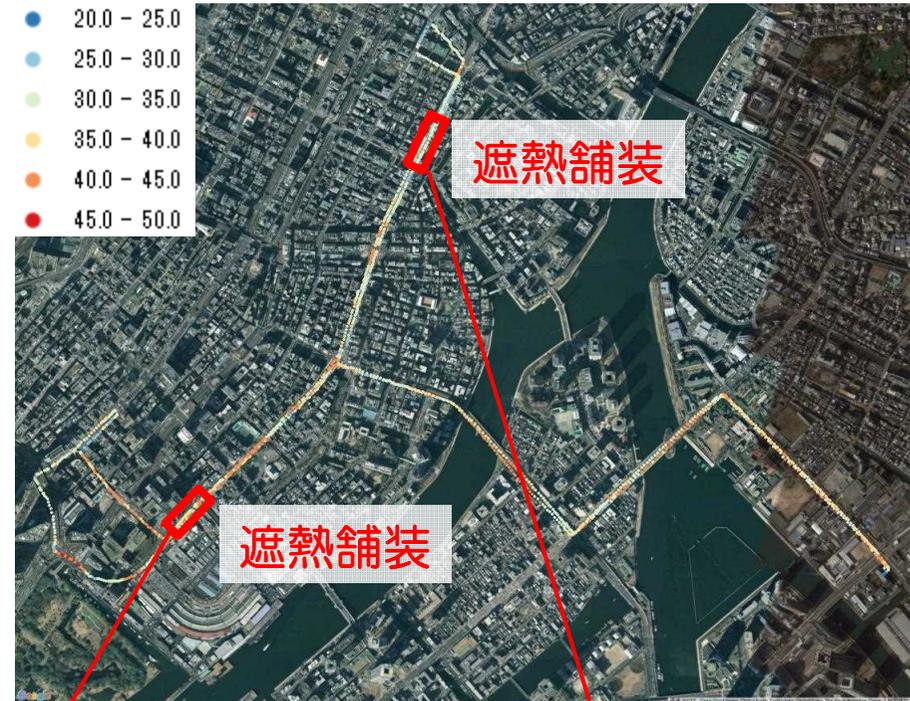
8月7日

⇒ 日射量がほぼ同等の日でも、風向きによって気温に約6°Cの差

路面温度計測例



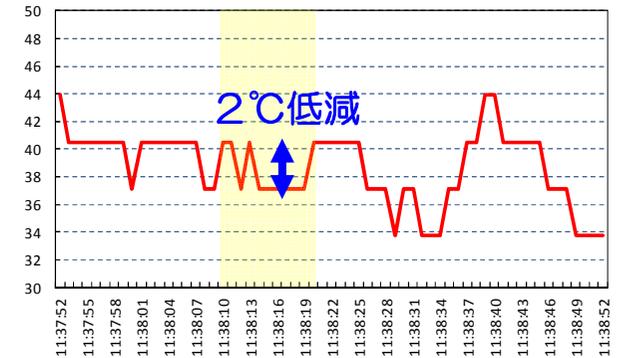
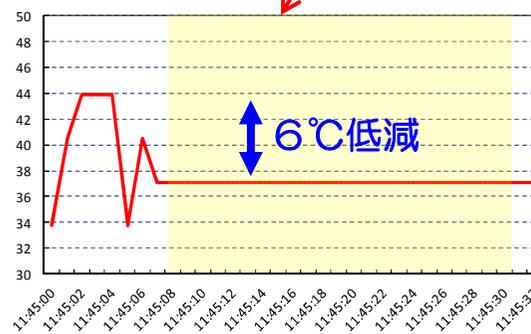
全天日射量[W/m²]



地表面温度[°C]

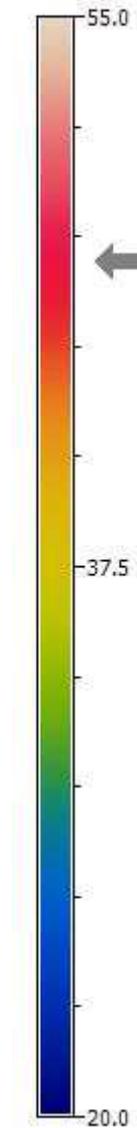
- 遮熱舗装は周囲に比べて、**2-6°C程度は低くなる傾向**
- 建物等による**日陰の効果も大きい**

⇒遮熱舗装を採用すべきかどうかの判断も可能

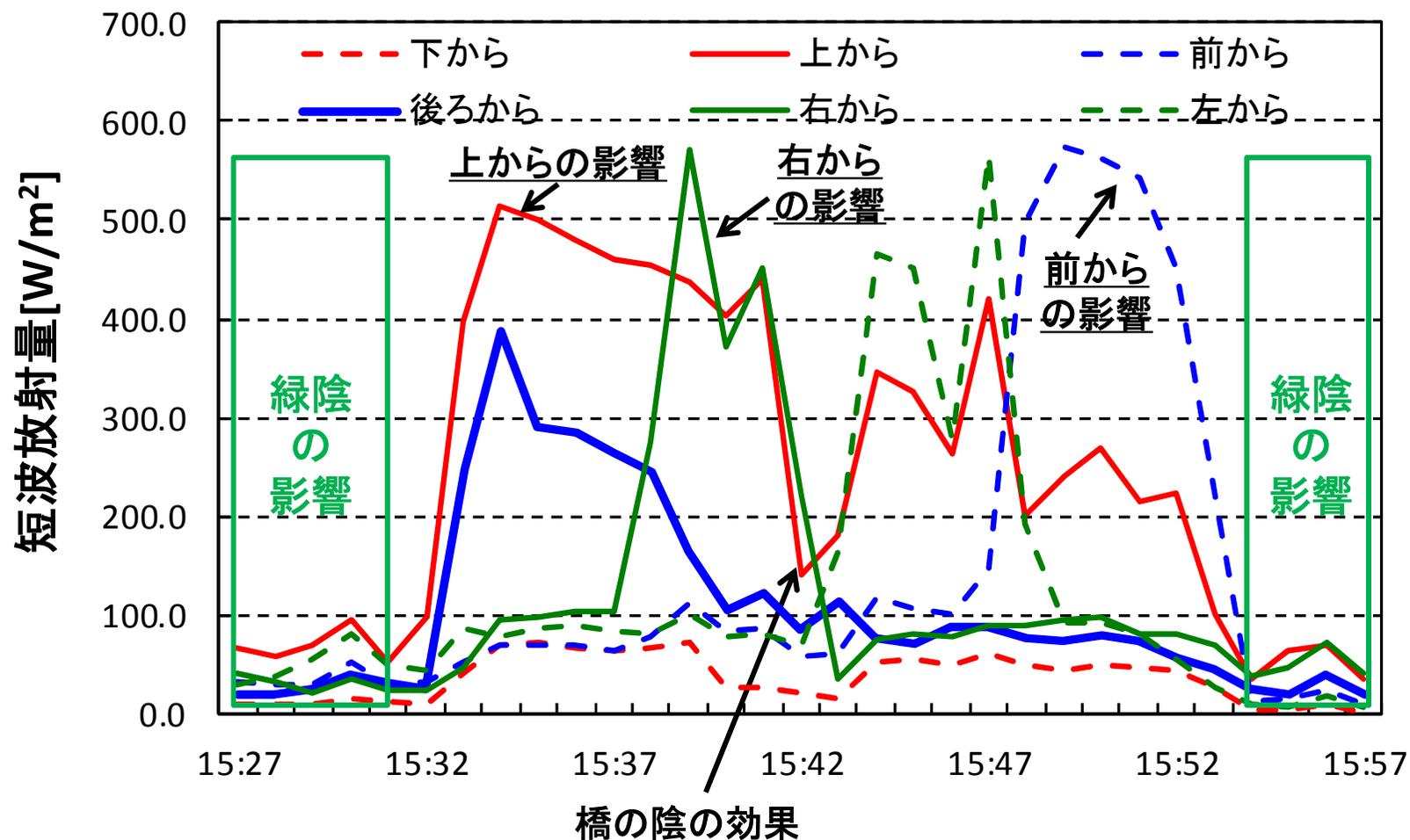


※黄色の網掛けが遮熱舗装部分を通った時間帯

移動路の熱画像計測例



局所(移動路)の計測結果例



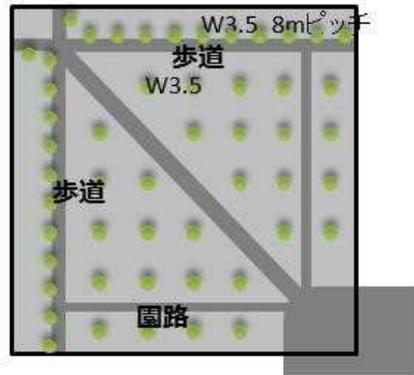
⇒ スポット計測車の実測により、どの方向からの熱の影響が大きいかを判断
最適な対策（日除け、緑化、壁面の素材等）を提案可能

内 容

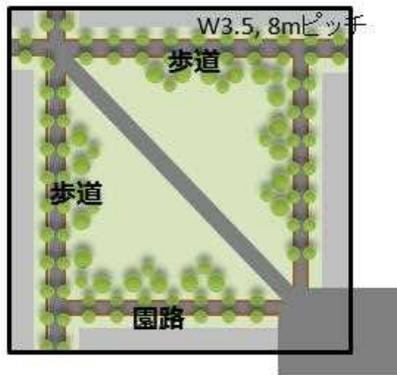
- 建設業における取組みの背景
- 建物緑化による適応策
- 環境計測車による都市環境把握
- 適応策の課題

地表面温度および温冷感指標SET*の評価

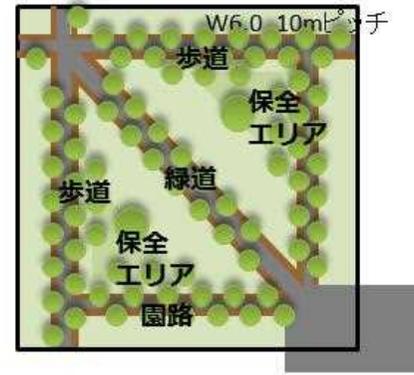
緑化プラン A (梅)



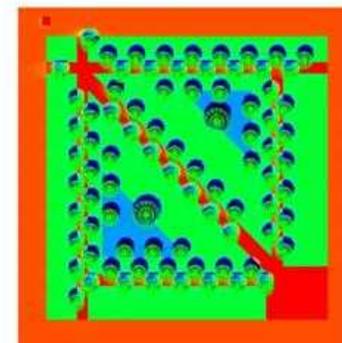
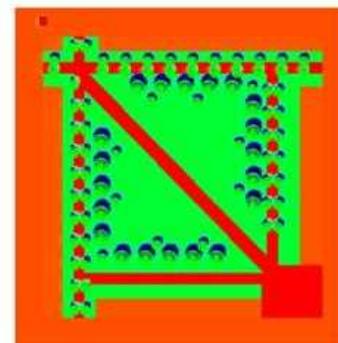
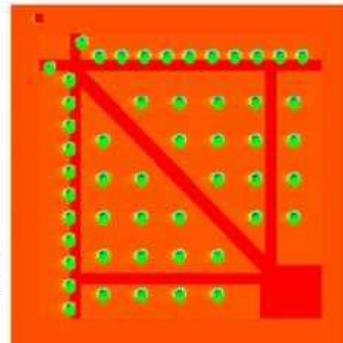
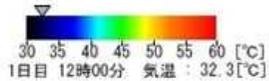
緑化プラン B (竹)



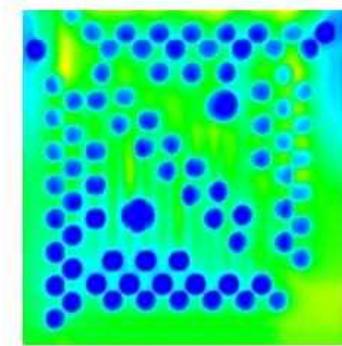
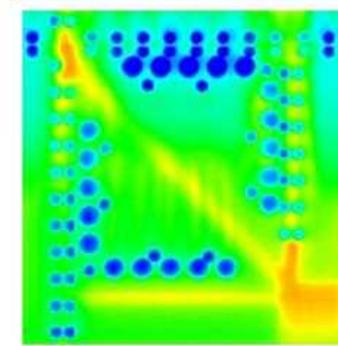
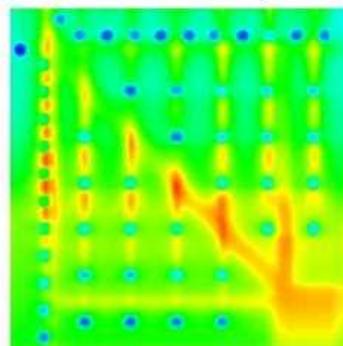
緑化プラン C (松)



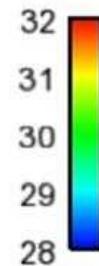
12時の
地表面温度



12時の
高さ1.25m
温冷感指標
SET*

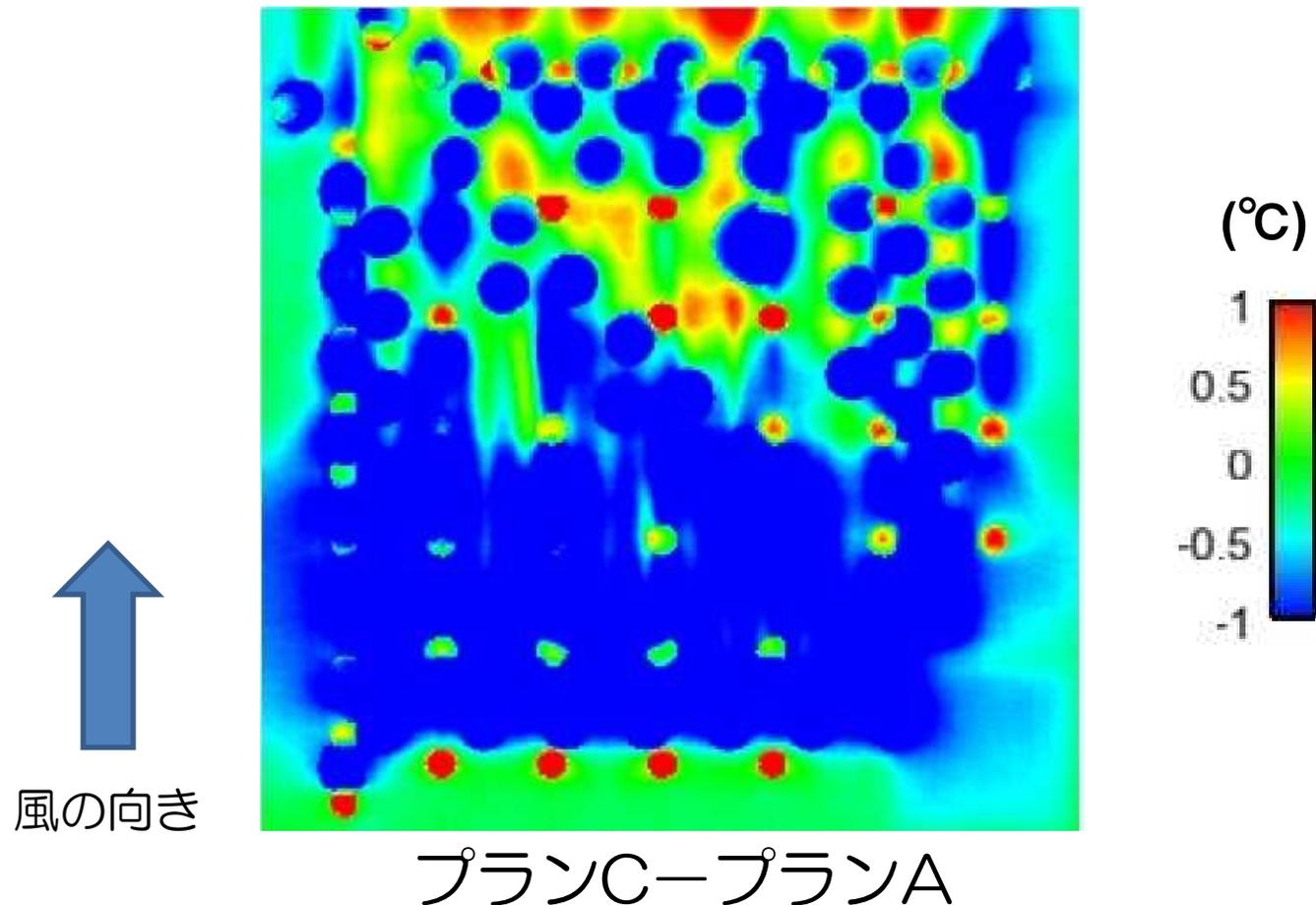


SET*
(°C)



緑化プランによるSET*の差

- プランAとCの差 (プランC - プランA)
 - ⇒値が負(水色～青) : 樹木を植えることで温冷感が改善
 - ⇒値が正(黄～赤) : 樹木を植えることで温冷感が悪化



体感温度にもとづく快適性の提供

温熱環境の異なる歩行経路にて深部温、皮膚温、発汗量、心拍数、心理量を計測 ⇒ 芝浦工業大学との共同研究



温熱が人に及ぼす影響を計測する生理量計測機器

✓ 実験ルート

実験 I

A→B→C→教室

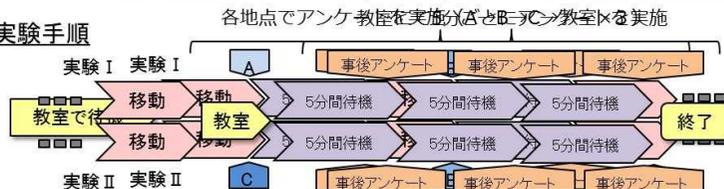
実験 II

C→B→A→教室

ルートの違いが人間の温熱感覚・生理量に
関係するの検証する



✓ 実験手順



大宮キャンパスでの被験者実験

⑥現在のあなたの温熱感に最も近いものを選択して○をして下さい。

とても暑い | 暑い | やや暑い | どちらでもない | やや寒い | 寒い | とても寒い

⑦現在のあなたが感じる空気の湿り具合で最も近い項目を選択して○をつけて下さい。

とても乾いている | 乾いている | やや乾いている | どちらでもない | やや湿っている | 湿っている | とても湿っている

⑧現在のあなたの汗のかき具合に最も近い項目を選択して○をつけて下さい。

とても汗をかいている | 汗をかいている | やや汗をかいている | かいていない

⑨現在の場所の日差しのあたり具合に関してあなたの感覚に最も近い項目に選択して○をつけて下さい。

とても強い | 強い | やや強い | どちらでもない | やや弱い | 弱い | とても弱い

⑩現在の場所での風の強さをどのように感じていますか？一番近い項目を選択して○をつけて下さい。

とても強い | 強い | やや強い | どちらでもない | やや弱い | 弱い | とても弱い

⑪上記の質問項目を総合してあなたの快適感に最も近い項目を選択して○をつけて下さい。

とても快適 | 快適 | やや快適 | どちらでもない | やや不快 | 不快 | とても不快

⑫上記の質問項目を総合するとこの環境は受け入れられますか？

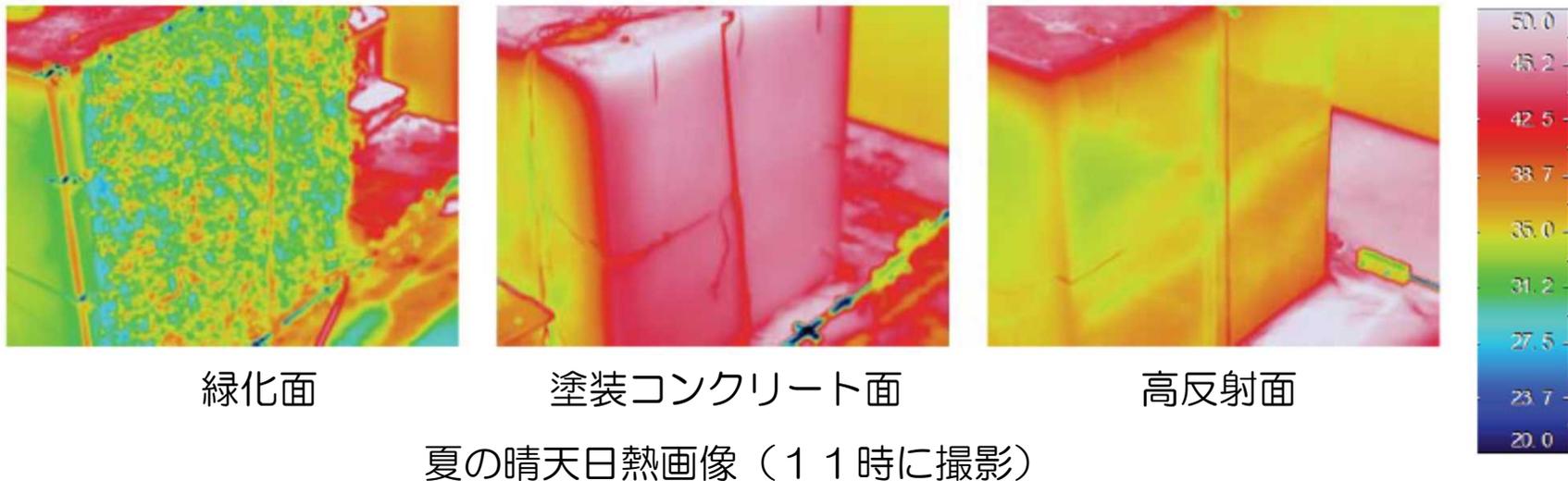
完全に耐えられる | 少し耐え難い | かなり耐え難い | 非常に耐え難い | 耐えられない

心理量計測 (アンケート)

緑化壁面の効果

壁面表面温度と地表面温度を低減

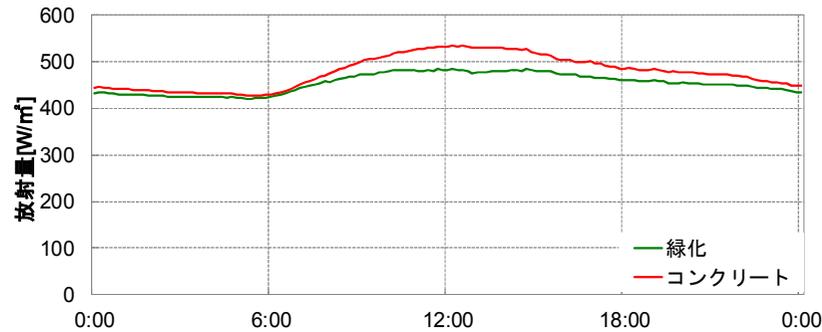
緑化壁面は高反射面（白色の金属板を設置した面）よりも温度低減効果が高い
また高反射面前の地表面温度が最大で約 2.5°C 上昇したのに対し、**緑化壁面前の地表面温度は約 6°C 低下**



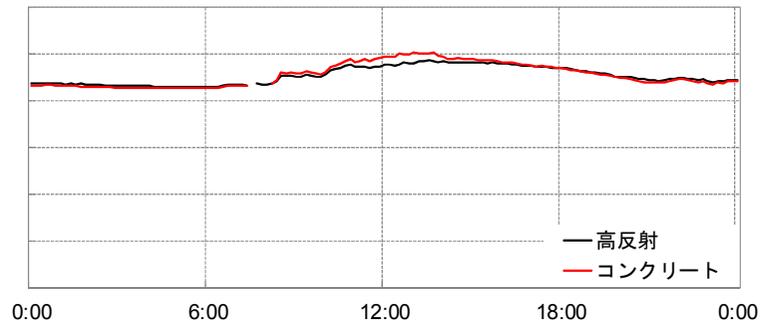
緑化壁面の効果

壁の前に立つ人への影響も低減

緑化壁面は高反射面と比較して、**反射日射である短波成分は小さな値。**
緑化壁面はコンクリート壁面と比較して、**全放射量では、最大25W/m²小さい。**

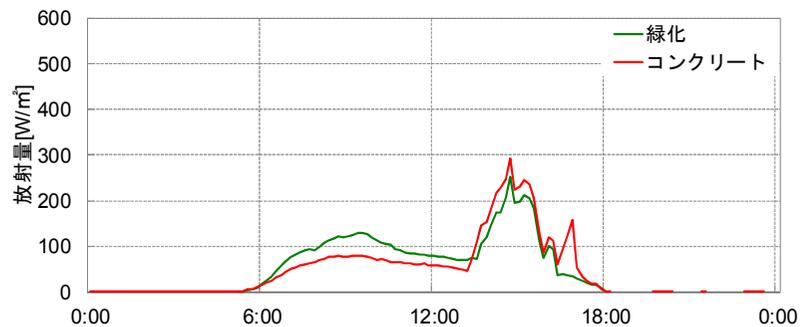


(1) 緑化面ーコンクリート面

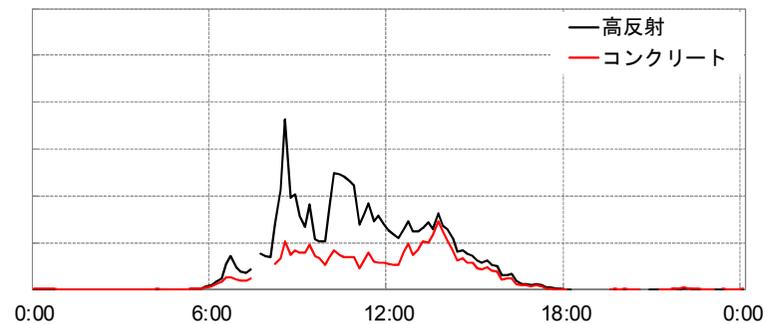


(2) 高反射面ーコンクリート面

長波放射量の比較



(1) 緑化面ーコンクリート面



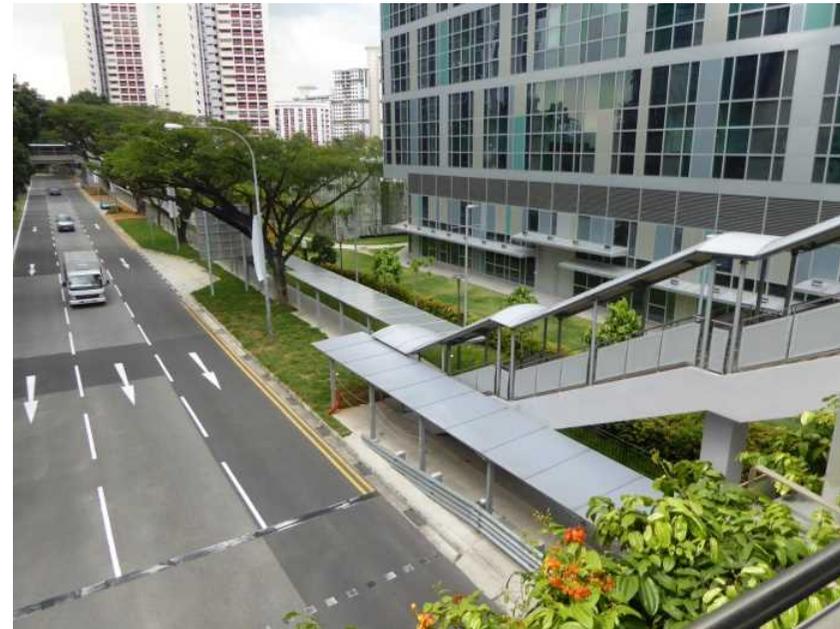
(2) 高反射面ーコンクリート面

短波放射量の比較

海外における適応策例



交差点に植栽された街路樹
(信号待ち時の日除け・雨除け)



屋根付きの歩道橋・歩行路
(歩行時の日除け・雨除け)

海外における適応策例



West Gate 建物緑化
(美観向上と壁面温度の低減)



Capitol Development 噴水
(空間演出と路面の温度低減)

END