

クールスポットにおけるWBGT 低減効果 の相対比較

大阪公立大学 工学研究科
鍋島美奈子

背景

近年、ヒートアイランド現象が進行
→熱中症などの健康被害の増加

適応策

「クールスポット」の創出・利用の推進

- ・暑熱環境改善設備が施された場所
- ・河川・樹木の近く

【周辺より涼しい空間が形成された場所】

効果的なクールスポット創出のために



効果を適切に把握し、評価する
クールスポット評価方法が必要



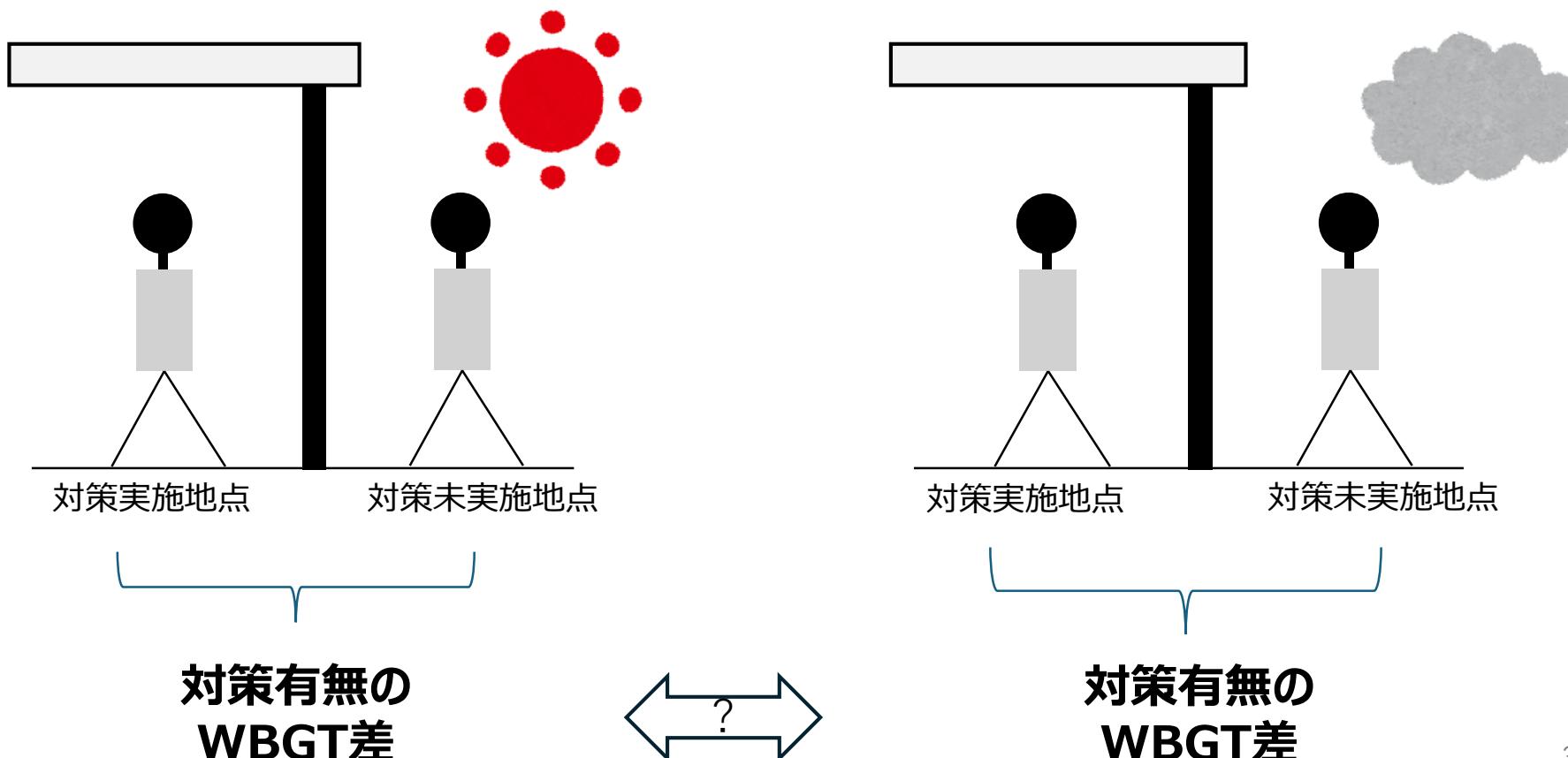
図：駅前クールスポット

背景

【現状】

クールスポットの対策実施地点と未実施地点の**WBGT差**で評価

しかし、気象条件の異なる日時のデータを単純に比較できない



本講演の趣旨

- クールスポットを適切に評価し順位付けを行うための**基準を確立する**
- また、基準値との差からクールスポットの**順位づけ**を行う



基準との比較



クールスポットA



基準との比較



クールスポットB



1. 対策事業者による効果検証データの分析

事業者の報告義務

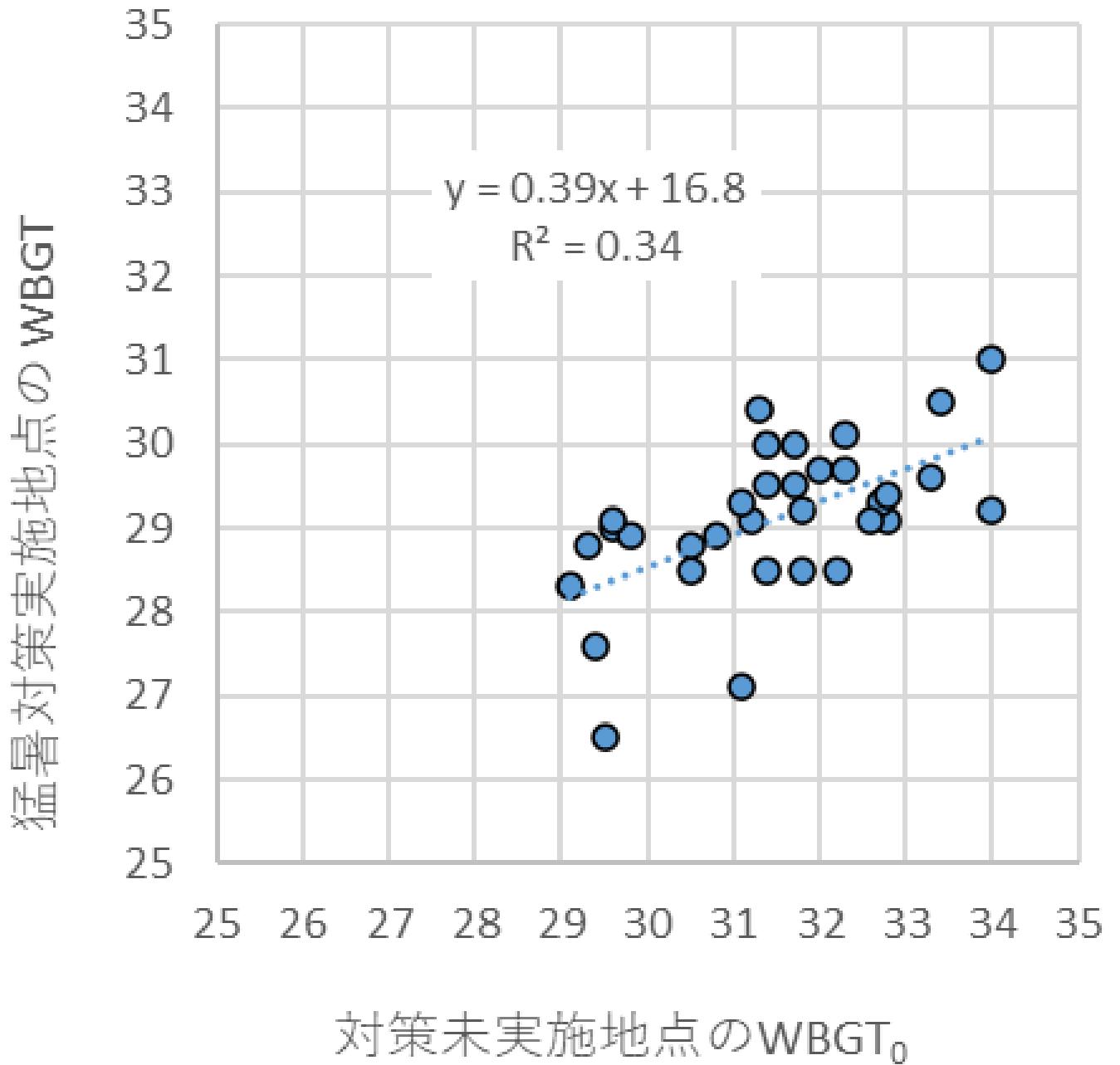
WBGT測定マニュアル(2023年版)

大阪府環境農林水産部 みどり推進室

| 項目 | 手順 |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ○測定地点 | ○対策実施地点と基準地点（対策未実施地点）で比較 |
| ○測定方法 | |
| ・測定時期 | ○7月中旬～8月中旬 (整備した暑熱環境改善設備等の効果が十分に発揮される状況で測定) |
| ・測定時間帯 | ○昼間（11時～15時頃） |
| ・測定時間 | ○測定機器を測定地点に15分間以上設置（暴露） ⇒1日当たり一定間隔10分間隔で60分間測定を3日間実施 【測定機器が記録した1日の測定値データ（WBGT、湿度、気温、黒球温度）の平均値を「別紙様式3」により報告】 |
| ・測定高さ | ○地上1.2m |
| ・測定回数 | ○3回（1回／日×3日） (※各回の測定後速やかに測定値を大阪府に報告) |
| ○気象条件 | |
| ・天候 | ○晴れ |
| ・気温 | ○30°C以上 |
| ○提出データ | ①WBGTデータ ②湿球温度（湿度）データ ③乾球温度（気温）データ ④黒球温度データ ⑤計測状況の写真 |
| ○WBGT 測定機器 | ○以下の精度を満たす機器を使用 <ul style="list-style-type: none"> ・WBGT 0.0～50.0°C ± 2.0°C ・気温 -10.0～60.0°C ± 1.0°C ・相対湿度 0.0～90.0% ± 3.0% (それ以外は±4.0%) ・黒球温度 0.0～50.0°C ± 1.0% (それ以外は±1.2%) <p>(なお、より精度を高めるためにJIS規格「JIS B 7922」クラス1.5を推奨しております)</p> |

事業者による測定結果

- 2023年度に効果計測を実施したクールスポット 33箇所
- 対策未実施地点のWBGT₀と対策実施地点のWBGTには弱い相関がある



【データの出典】

大阪府森林等環境整備事業評価審議会

環境省 熱中症予防サイト

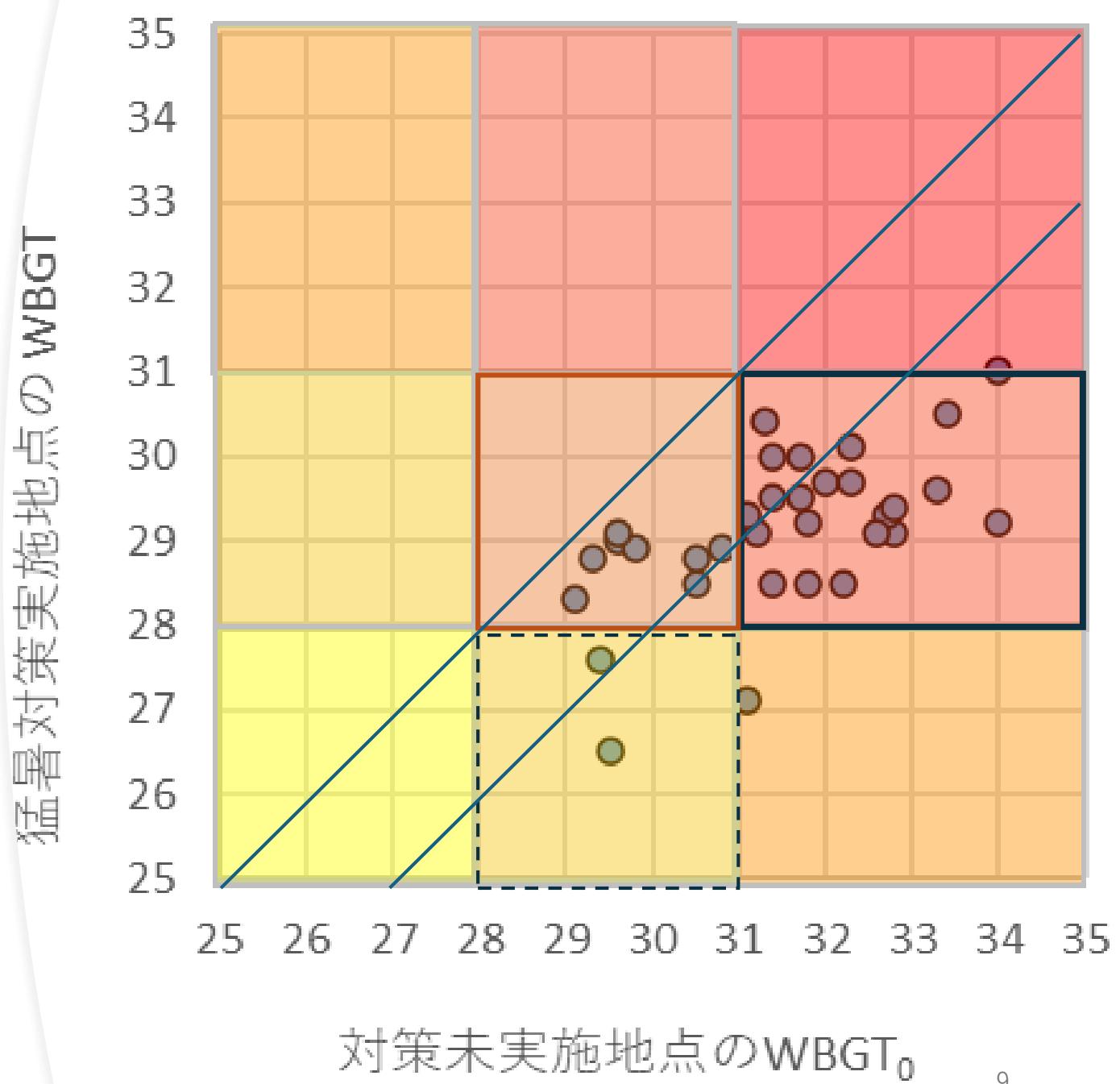
| 暑さ指数 (WBGT) | 注意すべき 生活活動の目安 | 注意事項 |
|------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------|
| 危険 (31以上) | すべての生活活動で おこる危険性 | 高齢者においては安静状態でも発生する危険性 が大きい。 外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。 |
| 厳重警戒 (28以上31未 満) | | 外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に 注意する。 |
| 警戒 (25以上28未 満) | 中等度以上の生活 活動でおこる危険性 | 運動や激しい作業をする際は定期的に充分に休 息を取り入れる。 |
| 注意 (25未満) | 強い生活活動で おこる危険性 | 一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時 には発生する危険性がある。 |

日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針Ver.4」（2022）より改編 ※

※ 日本生気象学会の承諾を得て、出典元の「WBGT」を「暑さ指数（WBGT）」とし、
値を気温（単位は°C）と区別しやすいように、単位のない指数として表記しています

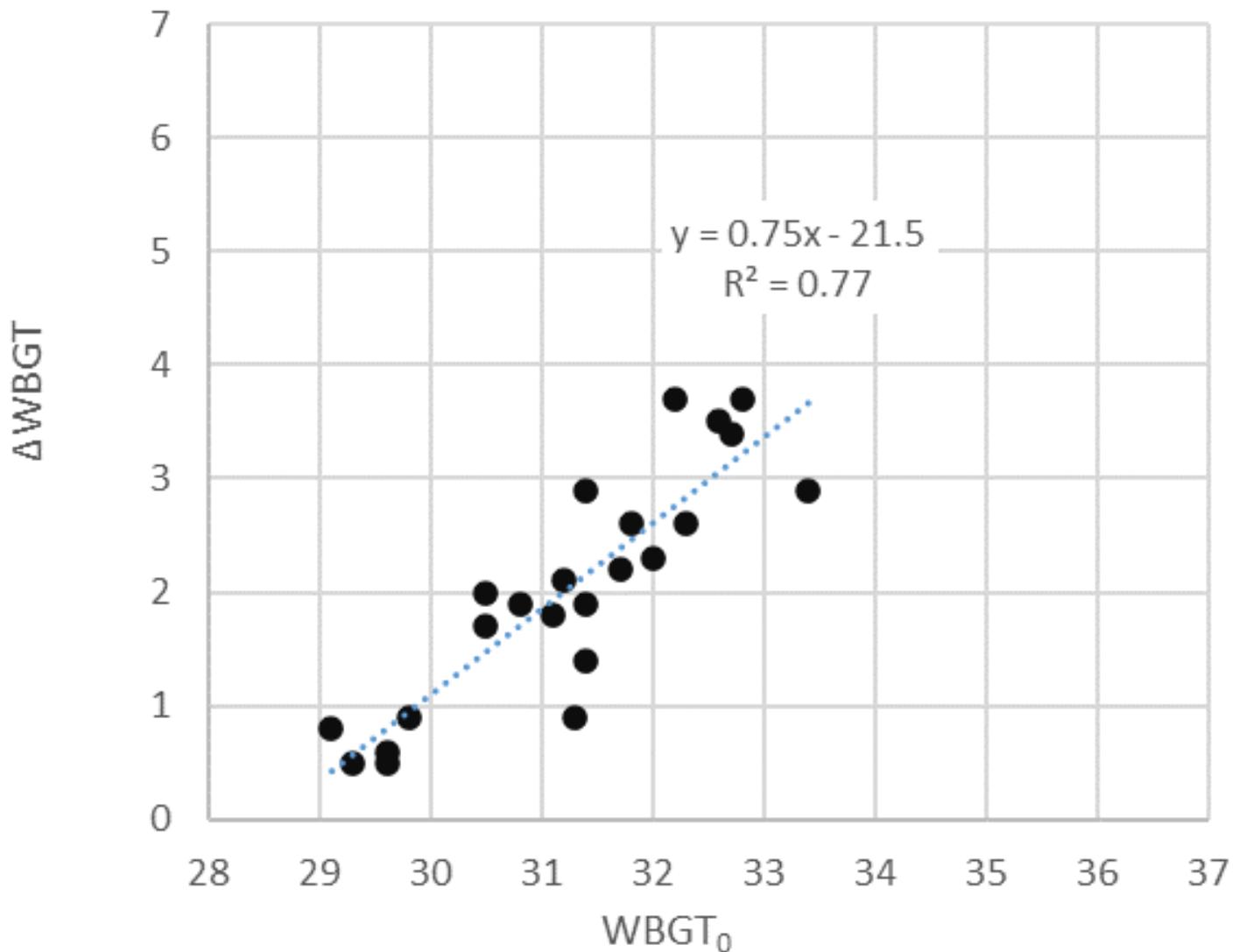
事業者による測定結果

- 対策実施地点のWBGTが対策未実施地点のWBGT₀に比べて、1段階低下している箇所が多い
- 注意喚起カテゴリ改善
「危険」 → 「厳重警戒」
「厳重警戒」 → 「警戒」



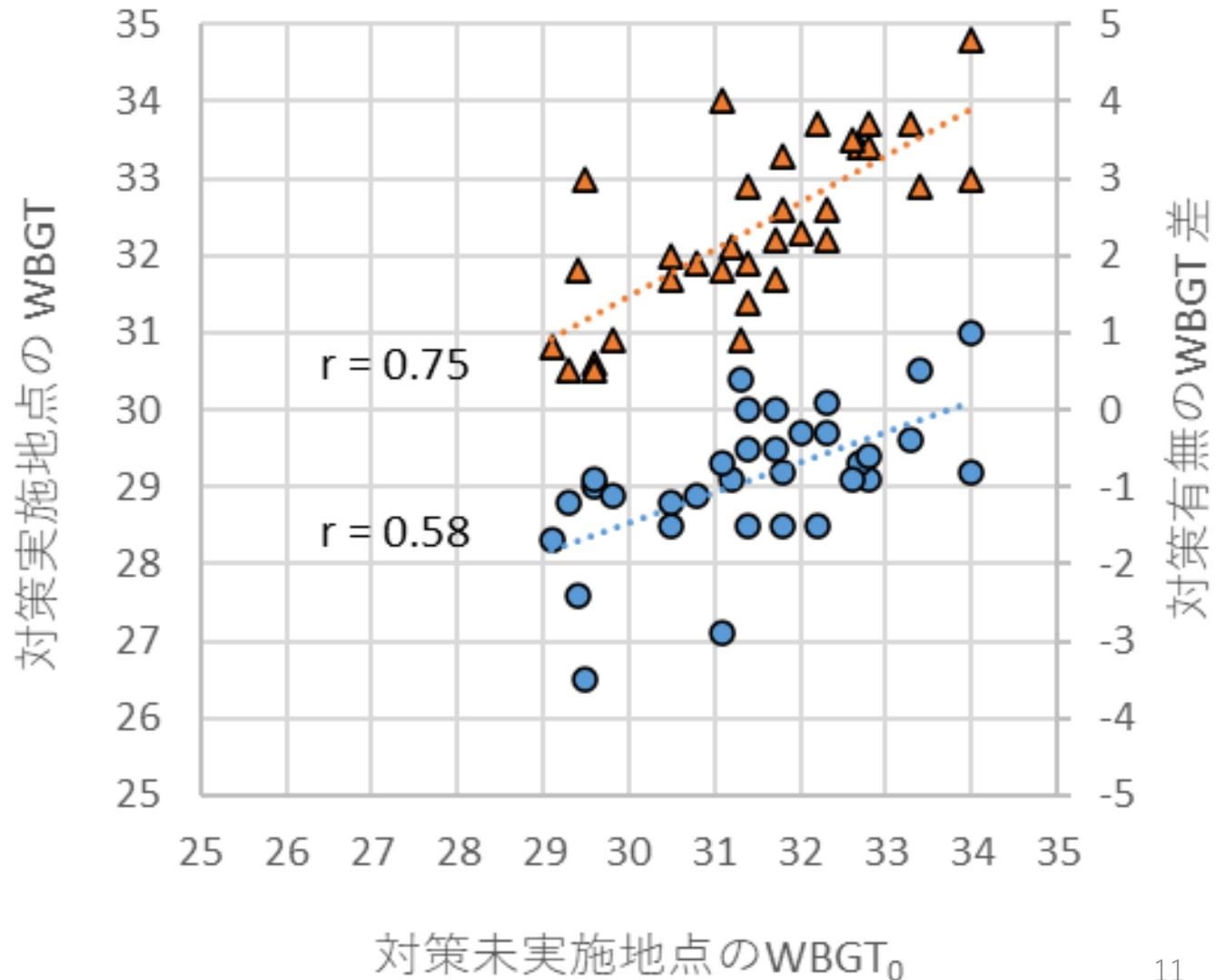
事業者による測定結果

- ・縦軸を対策有無の差
 ΔWBGT に変更
- ・横軸は対策未実施地点の
 WBGT_0
- ・相関が強くなった



事業者による測定結果 まとめ

- 対策未実施地点のWBGT₀は測定日の気象状況を反映している
- つまり、
- 各クールスポットの効果を比較評価するためには、測定日の違いを考慮した基準が必要



2. 評価基準の提案

比較評価基準の提案

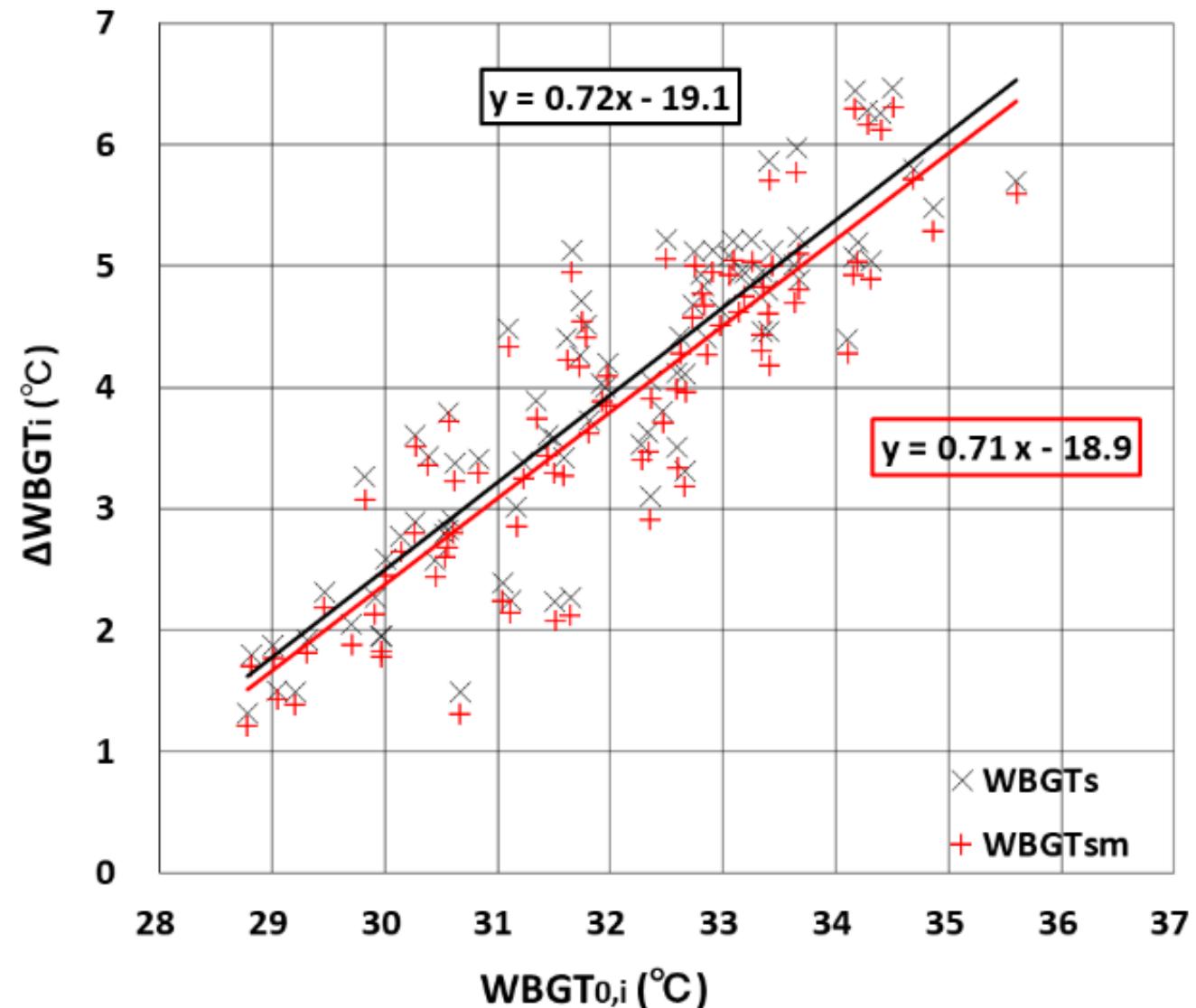
- 大阪管区気象台のWBGT実測データを用いて、理想的なクールスポット2種類のWBGTを推定する

- WBGT_s：完全日陰クールスポット $T_a = T_g$

$$WBGT_s = 0.7T_{nw} + 0.3T_a$$

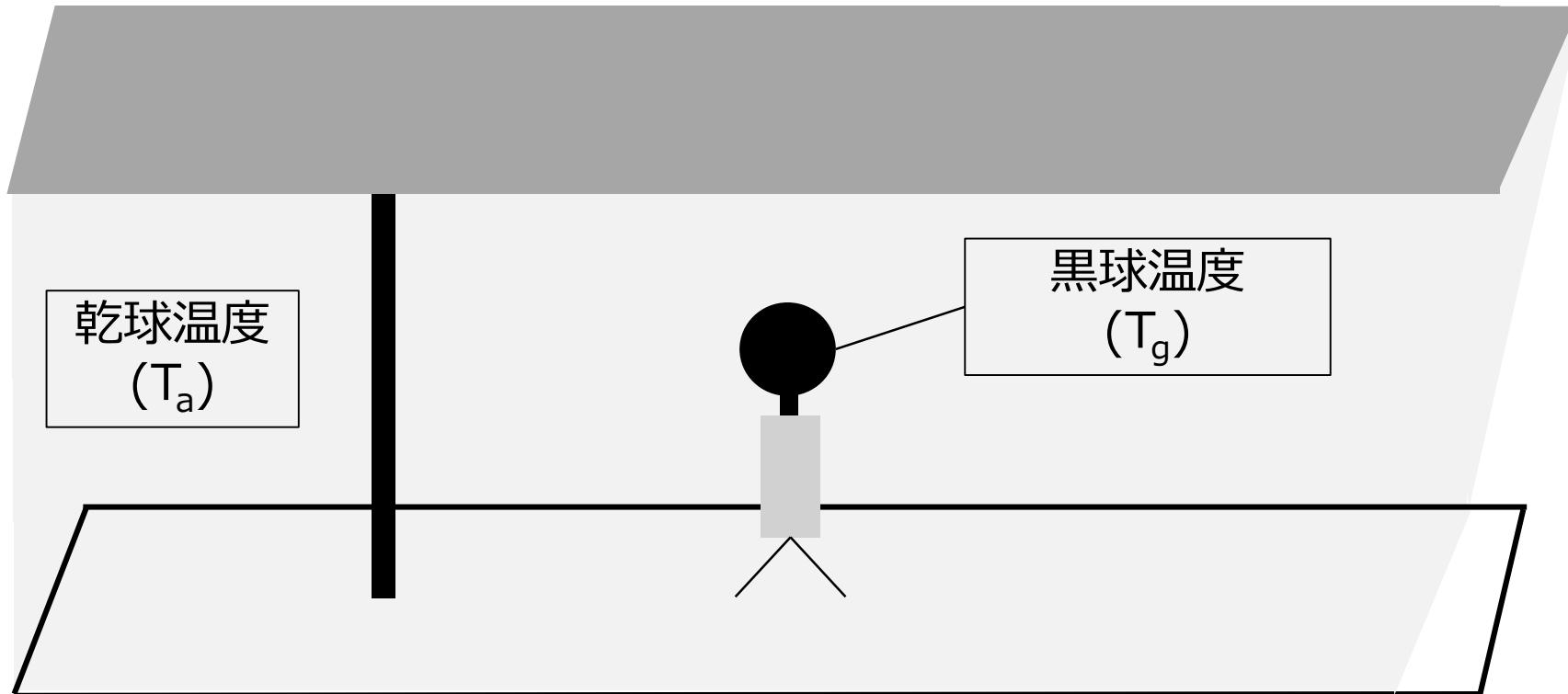
- WBGT_{sm}：完全日陰ミスト蒸発クールスポット

$$WBGT_{sm} = 0.7T_{nw} + 0.2T_g + 0.1T_{a50}$$



完全日陰クールスポット

- グローブ球が完全に屋根に覆われていると仮定($T_a = T_g$)
- ミストの設置がないもしくは停止しているクールスポットに用いる基準



図：完全日陰クールスポットイメージ図

乾球温度と黒球温度が等しい
理想的な日陰環境

比較評価基準の提案

- 回帰推定値からの乖離 $WBGT_{diff}$ を用いて、順位付けをおこなう

$$WBGT_S = 0.7T_{nw} + 0.3T_a \quad (1)$$

$$WBGT_0 = 0.7T_{nw} + 0.2T_g + 0.1T_a \quad (2)$$

$$\Delta WBGT_S = WBGT_S - WBGT_0 \quad (3)$$

$$WBGT_{SM} = 0.7T_{nw} + 0.2T_g + 0.1T_{a50} \quad (4)$$

$$\Delta WBGT_{SM} = WBGT_{SM} - WBGT_0 \quad (5)$$

$$T_{a50} = \frac{\eta_m}{100} * (T_w - T_a) + T_a \quad (6)$$

$$\bar{y}_i = \Delta \overline{WBGT}_i = \overline{WBGT}_{0,i} - \overline{WBGT}_i \quad (7)$$

$$WBGT_{diff} = \hat{y} - \bar{y}_i \quad (8)$$

T_{nw} ：自然湿球温度 [°C],

T_a ：乾球温度 [°C],

T_g ：黒球温度 [°C],

T_{a50} ：飽和効率 50% の時の乾球温度 [°C],

η_m ：飽和効率 [%],

T_w ：湿球温度 [°C],

$WBGT_S$ ：完全日陰クールスポットの WBGT [°C],

$WBGT_0$ ：対策なし地点の WBGT [°C],

$\Delta WBGT_S$ ：完全日陰クールスポットにおける WBGT 差 ,

$WBGT_{SM}$ ：完全日陰ミスト蒸発クールスポット [°C],

$WBGT_0$ ：対策なし地点の WBGT [°C],

$\Delta WBGT_{SM}$ ：完全日陰ミスト蒸発クールスポットの WBGT 差 [°C],

$WBGT_{diff}$ ：実測平均値と回帰推定値の差 [°C],

$\Delta \overline{WBGT}_i$ ：地点 i の対策有無の WBGT 差の平均 [°C],

$\overline{WBGT}_{0,i}$ ：地点 i の対策なしの WBGT の平均 [°C],

\overline{WBGT}_i ：地点 i の対策ありの WBGT の平均 [°C],

i ：クールスポット地点,

事業者による測定結果 (ミスト噴霧装置なし地点 23ヶ所)

- 大阪管区気象台でのWBGT測定データを元に、高柳らが評価基準を提案

$$y=0.72x-19.1$$

- WBGT_{diff}**: Δ WBGT評価基準（回帰推定値）からの差でランク付けする

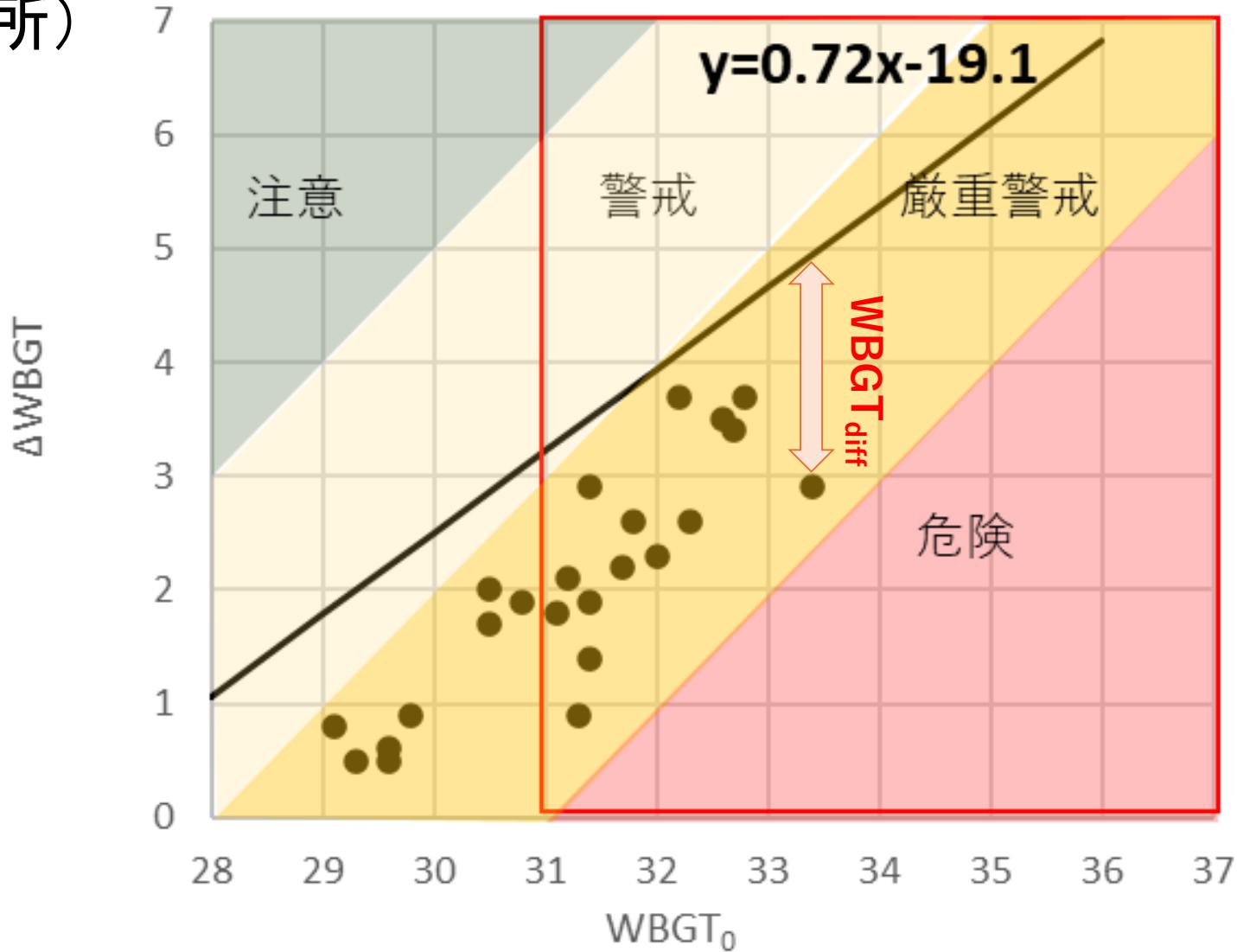
S: 評価基準より大きい

A: 評価基準より0~1小さい

B: 評価基準より1~2小さい

C: 評価基準より2~3小さい

高柳・鍋島・西岡：駅前広場におけるクールスポットのWBGT低減効果による順位づけ—温熱環境測定結果に基づく評価基準の検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2024



事業者による測定結果 (ミスト噴霧装置なし地点)

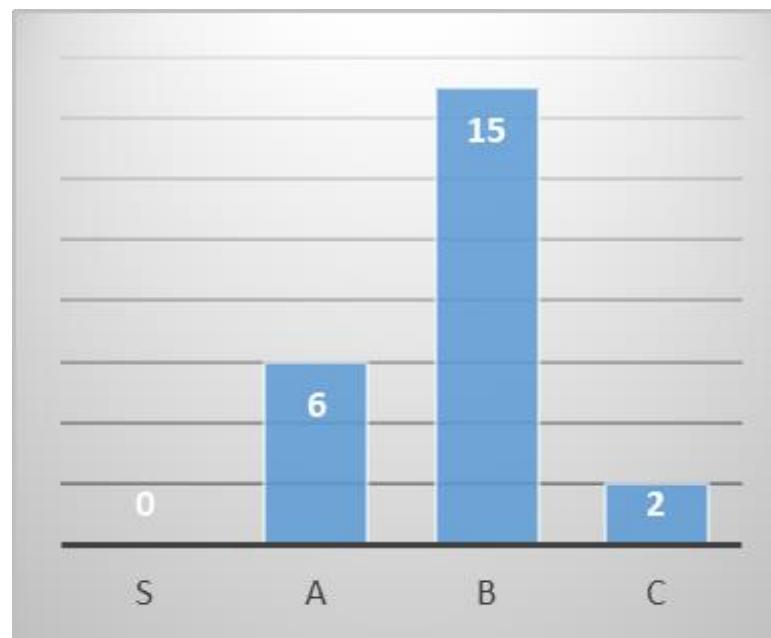
- ランク付けの結果

S : 0

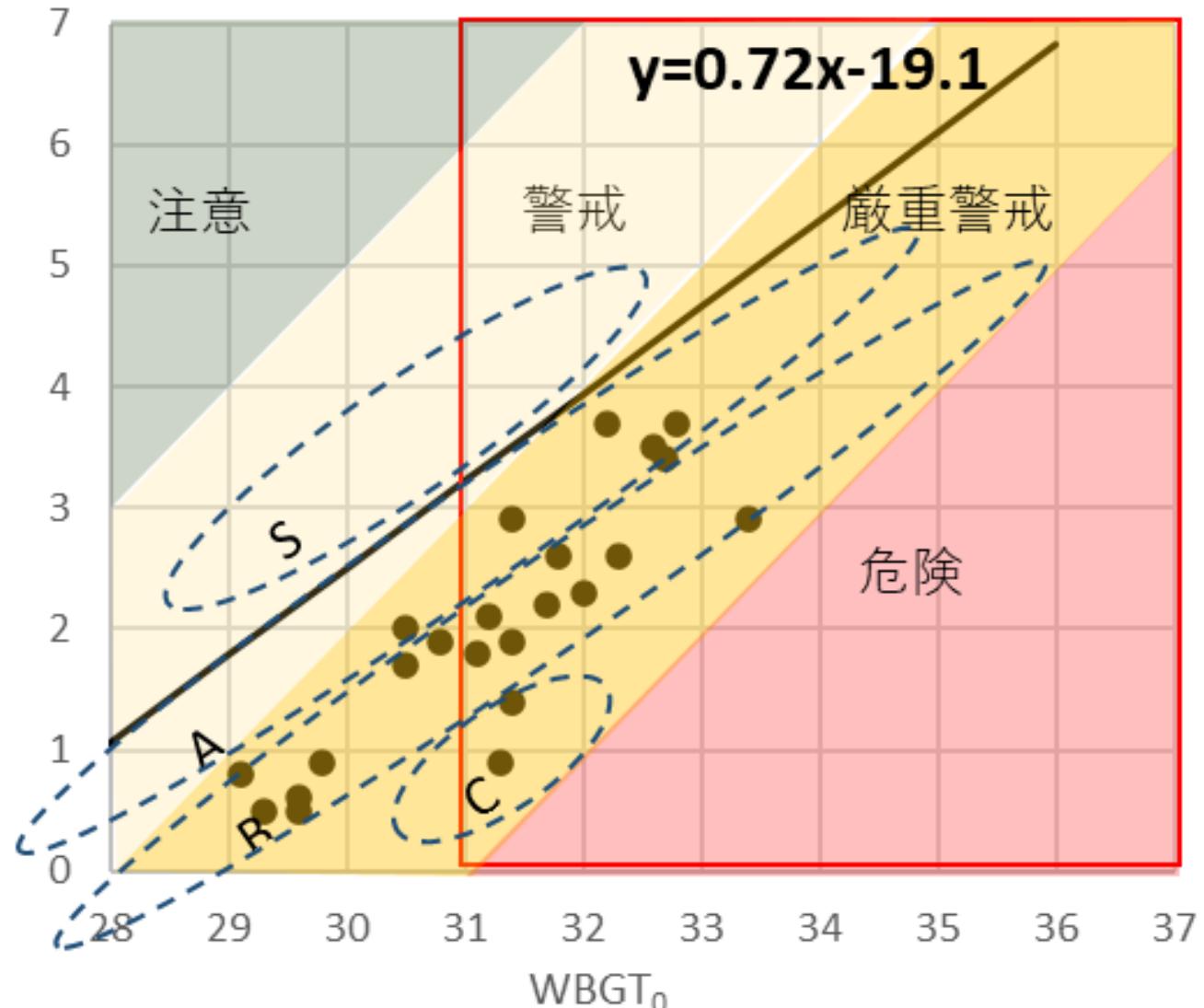
A : 6

B : 15

C : 2



ランク付けのイメージ図



事業者による測定結果 (ミスト噴霧装置あり地点 10ヶ所)

- 大阪管区気象台でのWBGT測定データを元に、高柳らが評価基準を提案

$$y=0.71x-18.9$$

- △WBGT評価基準（回帰推定値）からの差でランク付けする

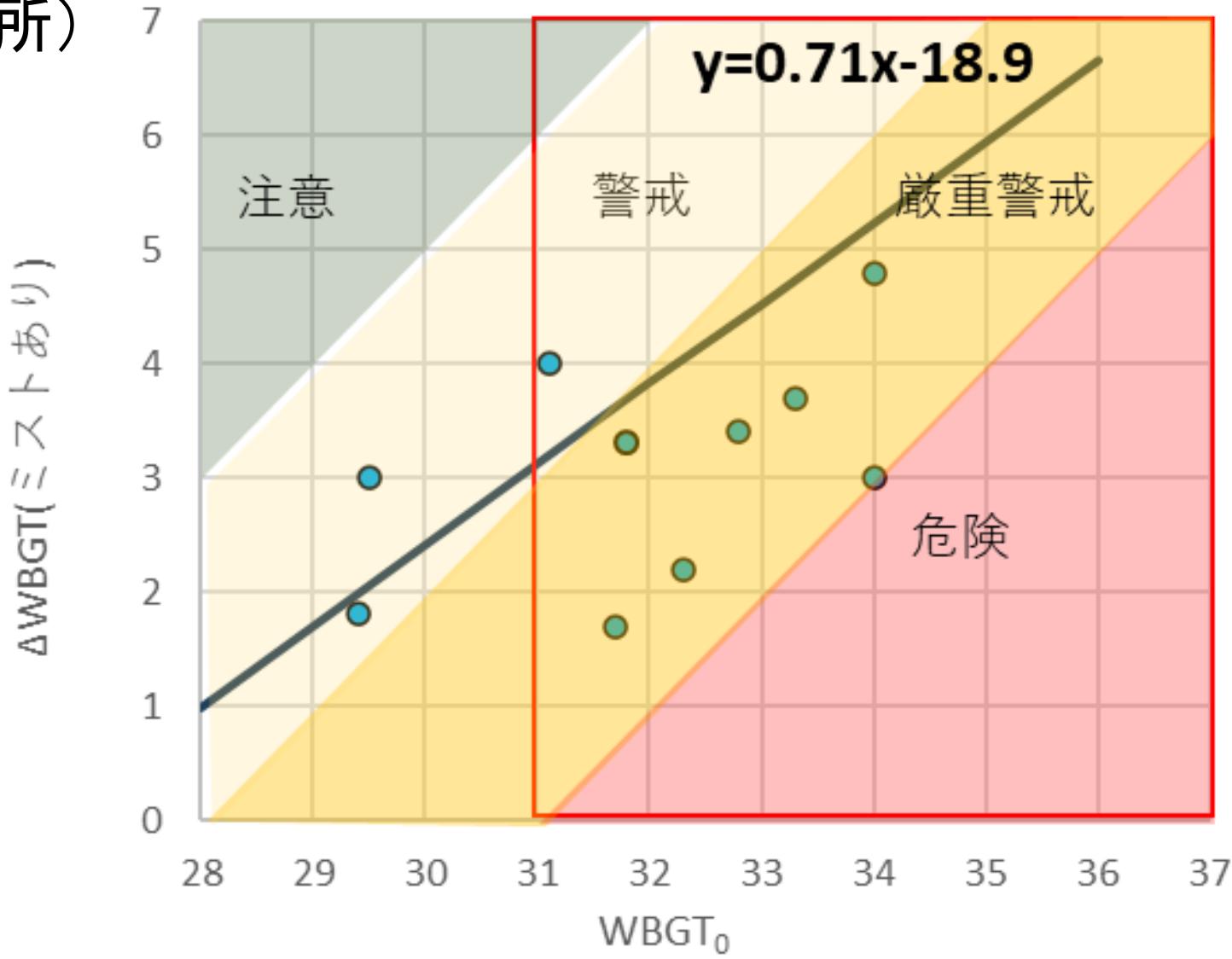
S：評価基準より大きい

A：評価基準より0~1小さい

B：評価基準より1~2小さい

C：評価基準より2~3小さい

高柳・鍋島・西岡：駅前広場におけるクールスポットのWBGT低減効果による順位づけ—温熱環境測定結果に基づく評価基準の検討—、日本建築学会大会学術講演梗概集、2024



事業者による測定結果 (ミスト噴霧装置あり地点)

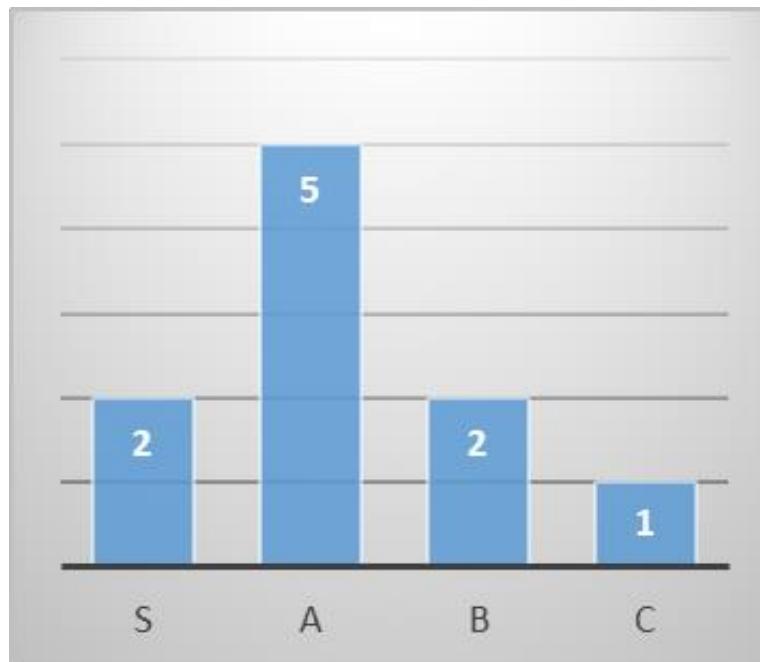
- ランク付けの結果

S : 2

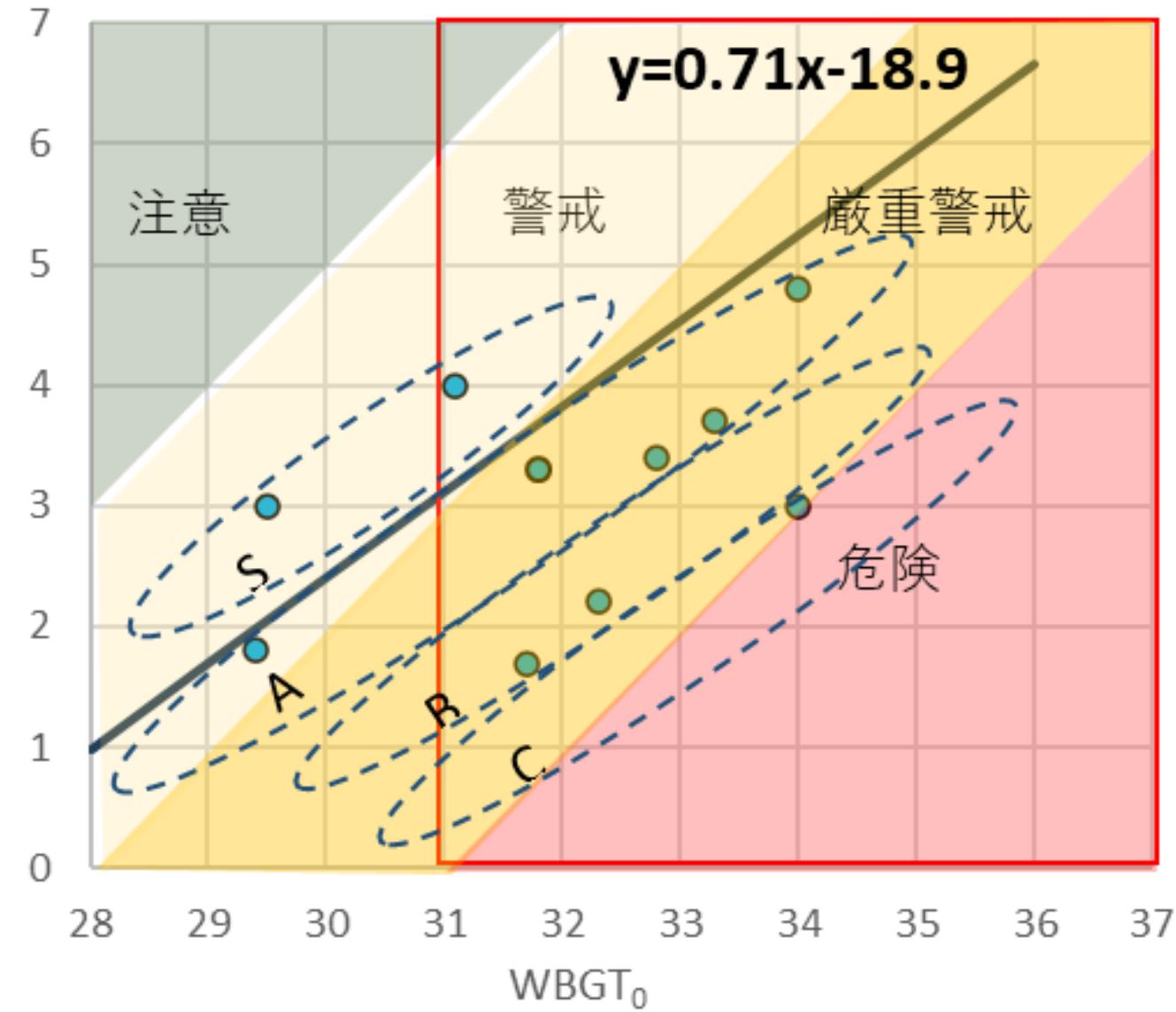
A : 5

B : 2

C : 1



ランク付けのイメージ図



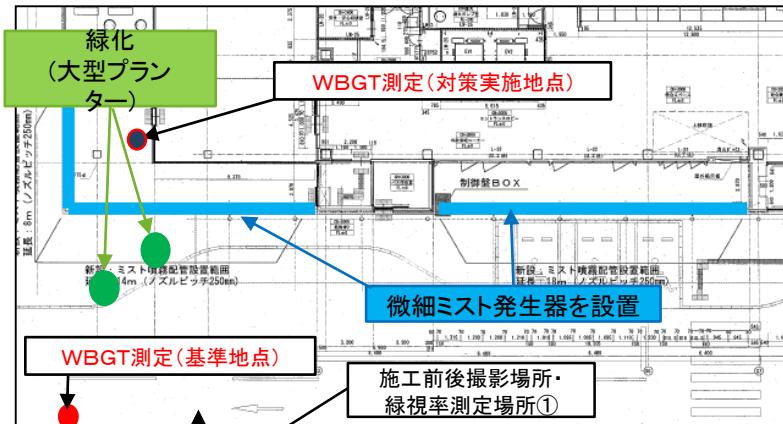
3. 好事例



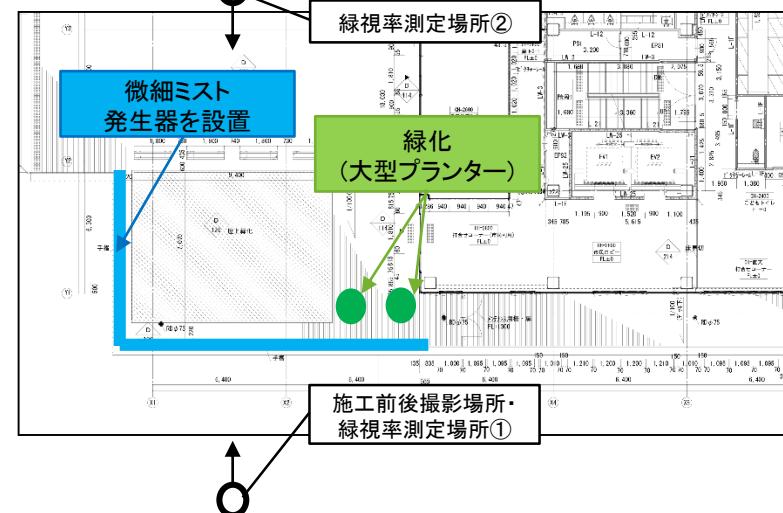
令和4年度 都市緑化を活用した猛暑対策事業実績（27） 市役所前

【事業地】市役所前
【事業主体】柏原市

1F



2F



【施工前】



(令和4年4月22日撮影)

【施工後】



(令和5年8月10日撮影)

【出典】大阪府森林等環境整備事業評価審議会



柏原市役所
KASHIWARA CITY HALL



KASHIWARA









令和4年度 都市緑化を活用した猛暑対策事業実績（30） サイクルセンター

【事業地】
サイクルセンター

【事業主体】
一般財団法人自転車センター
関西サイクルスポーツセンター

施工前後撮影場所・
緑視率測定場所①

緑化
(大型プランター)

ウッドデッキ
を整備

日除け
(パーゴラ)
を
整備

緑化
(大型プランター)

WBGT測定
(基準地点)

WBGT測定
(対策実施地点)

ウッドフェンスを
整備

既存歩道

既存花壇

既存歩道

既存歩道

既存歩道

既存歩道

既存歩道

10m

【施工前】



(令和4年9月24日撮影)

【施工後】



(令和5年8月10日撮影)

【出典】大阪府森林等環境整備事業評価審議会





まとめと今後の課題

- すべてのクールスポットで暑さ指数が改善
- 多くの地点で熱中症危険度も1段階低下
- 相対比較可能な評価基準を導入すると
 - ミスト噴霧装置なし地点の最頻カテゴリ:B
 - ミスト噴霧装置あり地点の最頻カテゴリ:A
 - ミスト噴霧装置がある方が、評価の良いクールスポット(SやA評価)が増える
- 2024年度HITEC都市デザインWGの活動として、
 - 評価の妥当性を検証
 - 好事例を対象に見学会実施(8月下旬ごろの予定)