

校庭芝生化のヒートアイランド緩和効果

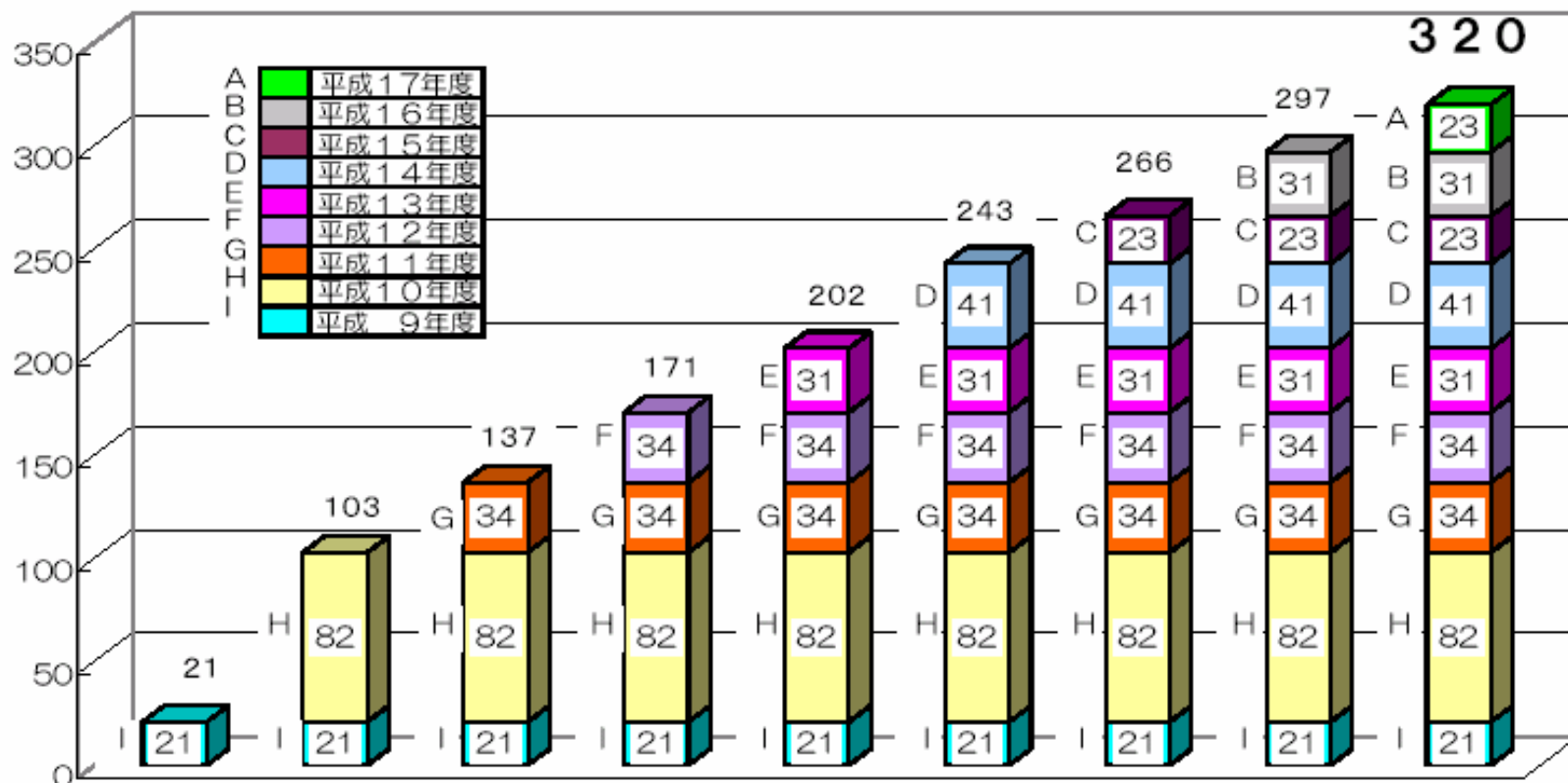


東京都環境科学研究所 調査研究部 横山 仁

全国で広がりを見せている校庭の芝生化

屋外教育環境整備事業において芝張りを実施した学校数(300㎡以上)

学校数(校)



	平成9年度	平成10年度	平成11年度	平成12年度	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度
学校数	21	82	34	34	31	41	23	31	23
累計数	21	103	137	171	202	243	266	297	320

東京都では

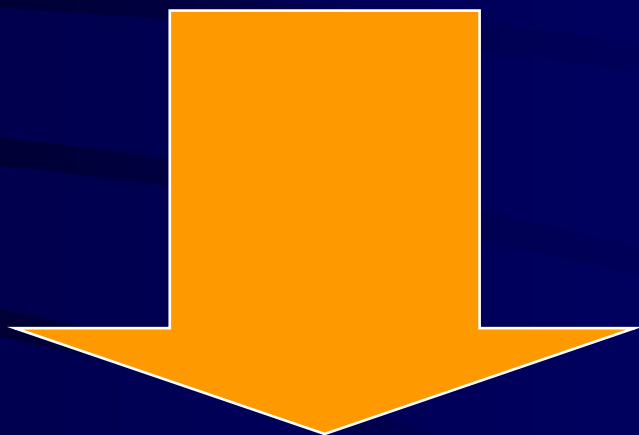
- ①平成13～16年度:16校(22, 188m²)
- ②平成17年度:重点事業「ヒートアイランド
対策の推進」
→27校(38, 737m²)
- ③現在までに、
43校(60, 925m²)の校庭が芝生化

昨年12月、東京都は、 「10年後の東京～東京が変わる～」 を策定

都内の全公立小中学校等の校庭芝生化
や屋上・壁面緑化等により、
今後10年間で
合計1000ha(サッカー場1500面)の緑
を生み出す

<校庭芝生化:約300ha>

今後、効果的な事業の展開を図るためには、
実測データに基づいたヒートアイランド緩和
効果等の検証が不可欠



本研究では、芝生校庭とダスト舗装校庭の
熱環境を比較し、校庭芝生化による
ヒートアイランド緩和効果を検討

ヒートアイランド

＝

熱の島

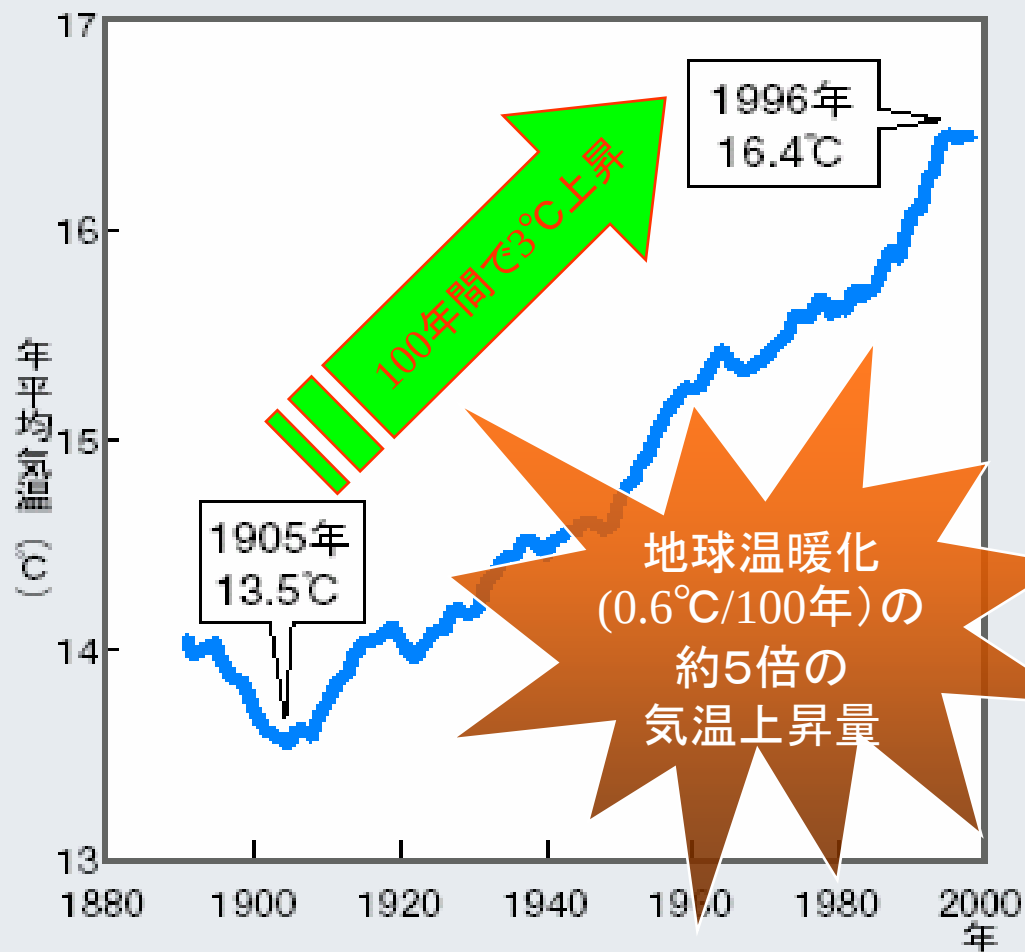
等温線を描くと、高温となる都市部が、
あたかも島のように見えることから
郊外に比べ都心部ほど気温が高くなる現象

都市温暖化

都市の熱(大気)汚染

東京のヒートアイランド現象

図表2-3 東京における平均気温の推移
(11年移動平均)



(資料) 気象庁

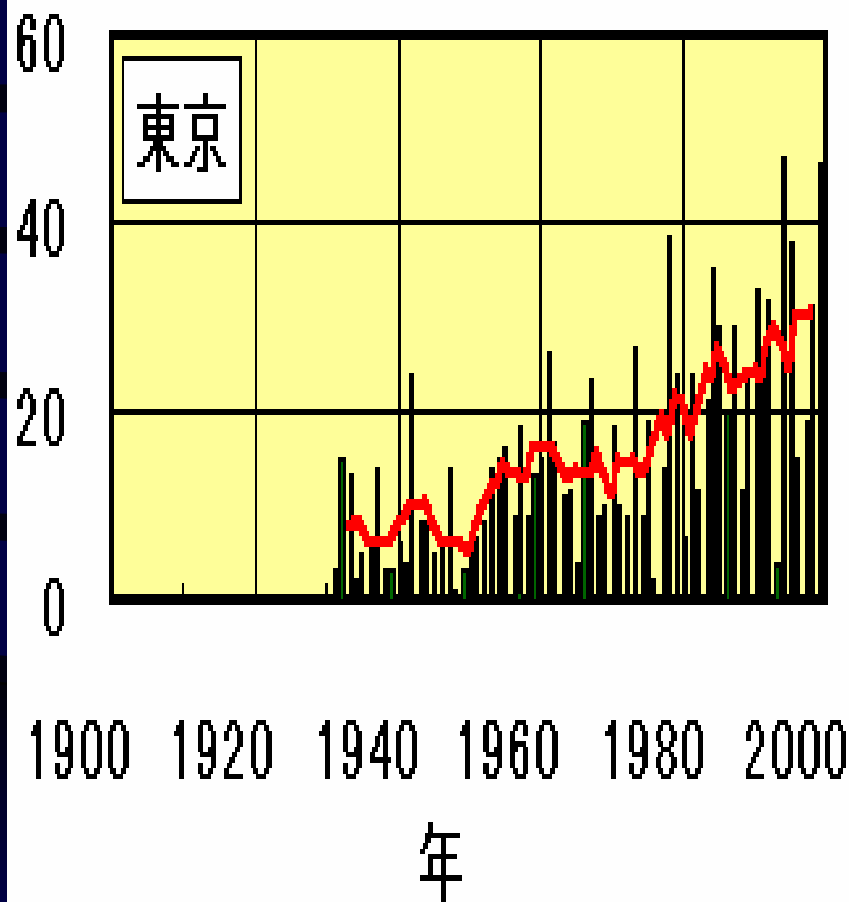
他都市との気温変化の比較

地点	100年当たりの上昇量 (°C/100年)		
	平均気温		
	(年)	(1月)	(8月)
札幌	+2.3	+3.0	+1.5
仙台	+2.3	+3.5	+0.6
東京	+3.0	+3.8	+2.6
名古屋	+2.6	+3.6	+1.9
京都	+2.5	+3.2	+2.3
福岡	+2.5	+1.9	+2.1
大都市平均	+2.5	+3.2	+1.8
中小規模の 都市平均	+1.0	+1.5	+1.1

(資料：気象庁)

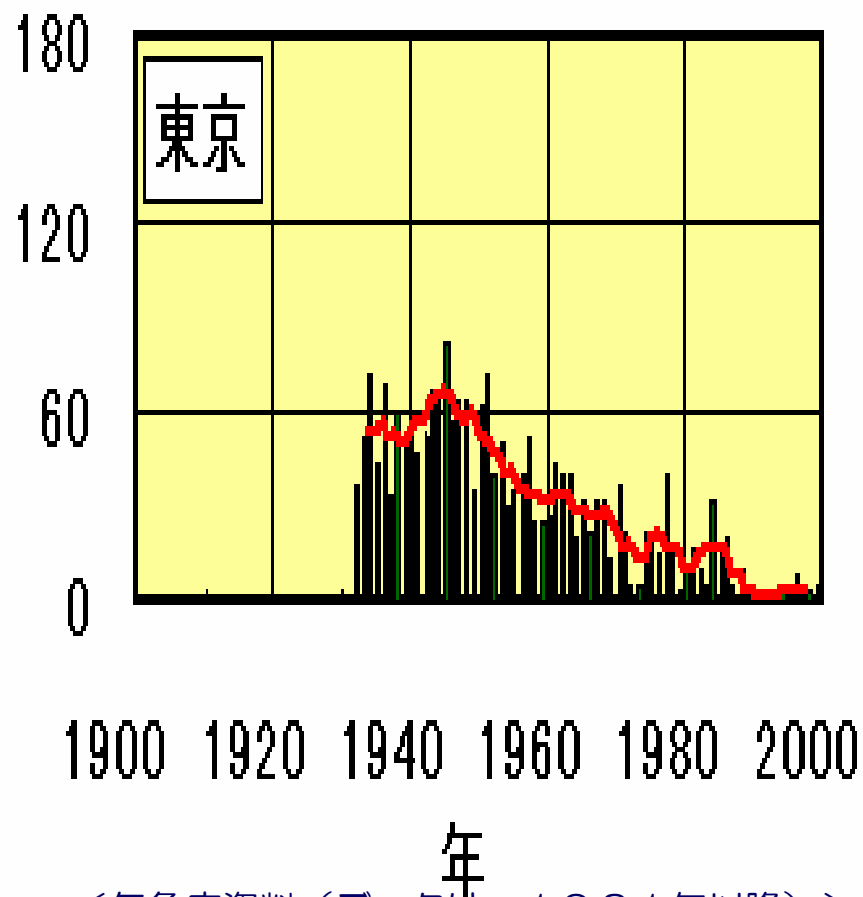
熱帯夜と冬日の年間日数の経年変化

日数



熱帯夜日数

(最低気温 25°C 以上)



冬日日数

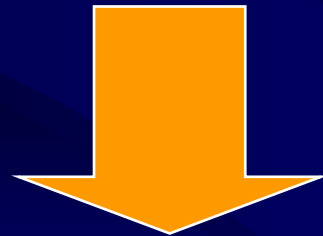
(最低気温 0°C 未満)

< 気象庁資料 (データは、1931年以降) >

ヒートアイランドによる影響

- 不快感, 寝苦しさの増大
- 健康被害(熱中症等)の増加
- 冷房需要の増加に伴うエネルギー消費量の増加→ヒートアイランド助長
- 都市型集中豪雨
- 大気汚染(光化学オキシダント)

等との関連

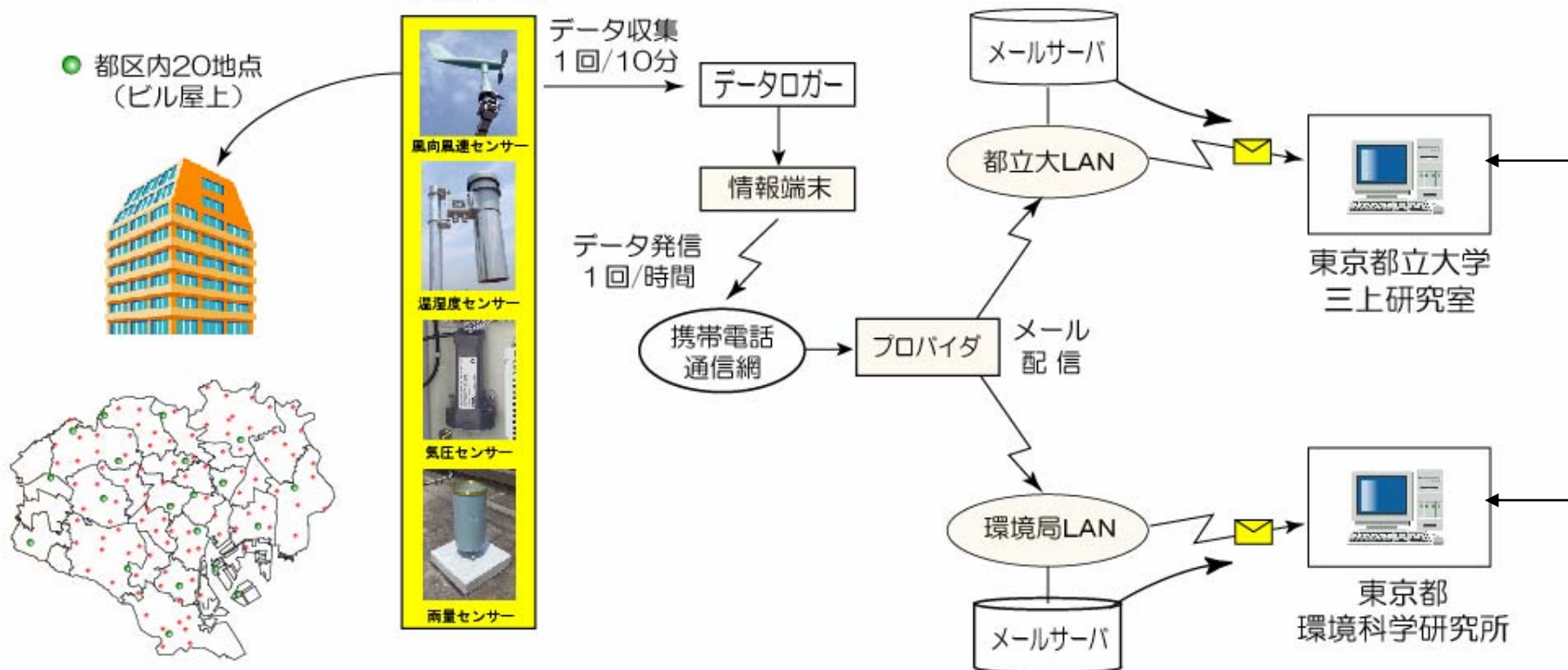


早急な実態把握と対策が必要

気象観測システム(METROS)

METROS20

高精度多項目
気象観測網

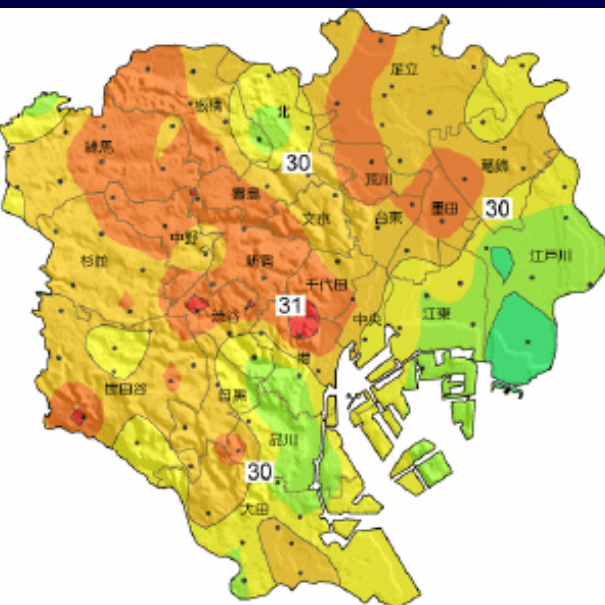


METROS100

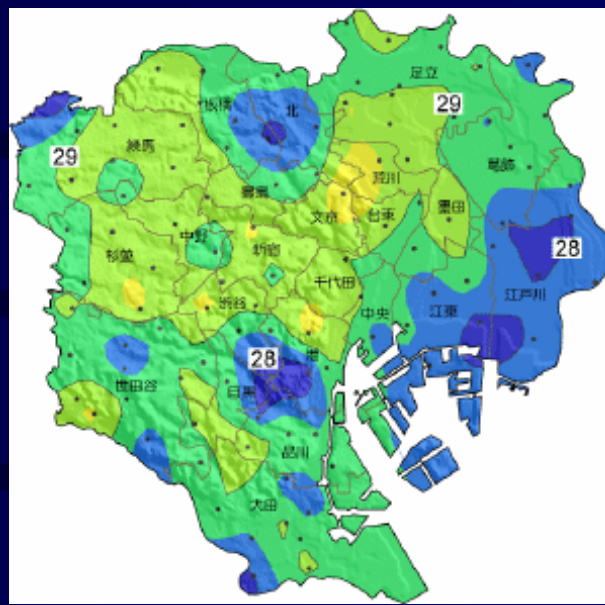
高密度温湿度
観測網



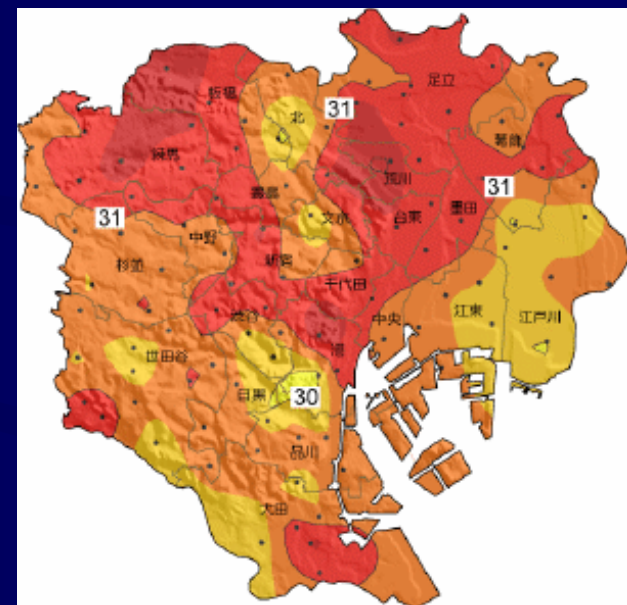
夏期における日最高気温の分布 (7月20日～9月30日の平均値)



<2002年>



<2003年>

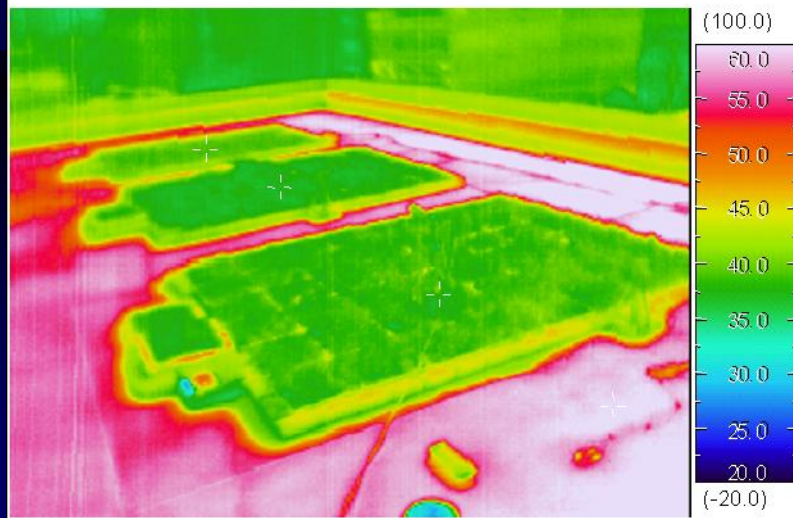


<2004年>

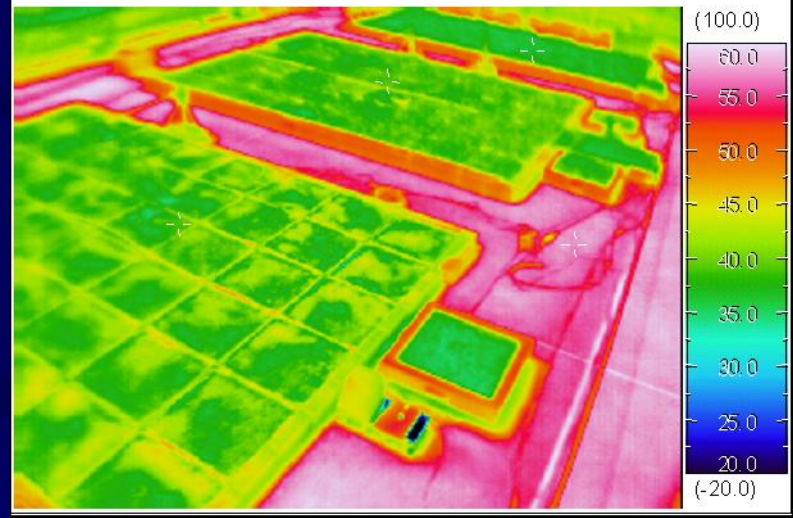
屋上緑化のヒートアイランド緩和効果に関する研究



RG: 1 ϵ : 1.00 SC: NORM EL: WA



RG: 1 ϵ : 1.00 SC: NORM EL: WA



都および区における主なヒートアイランド対策

- 保水性(遮熱性)舗装
- 高反射塗装
- 街路樹再生
- 屋上緑化
- 壁面緑化
- 校庭芝生化
- 護岸緑化
- 散水、打ち水 etc...

- ヒートアイランド対策取組方針の策定
- 熱環境マップの作成
- ヒートアイランド対策推進エリアの設定
- 建築物環境計画書制度
- ヒートアイランド対策ガイドラインの策定
- クールルーフ推進事業 etc...

ヒートアイランド対策としての 校庭芝生化の意義

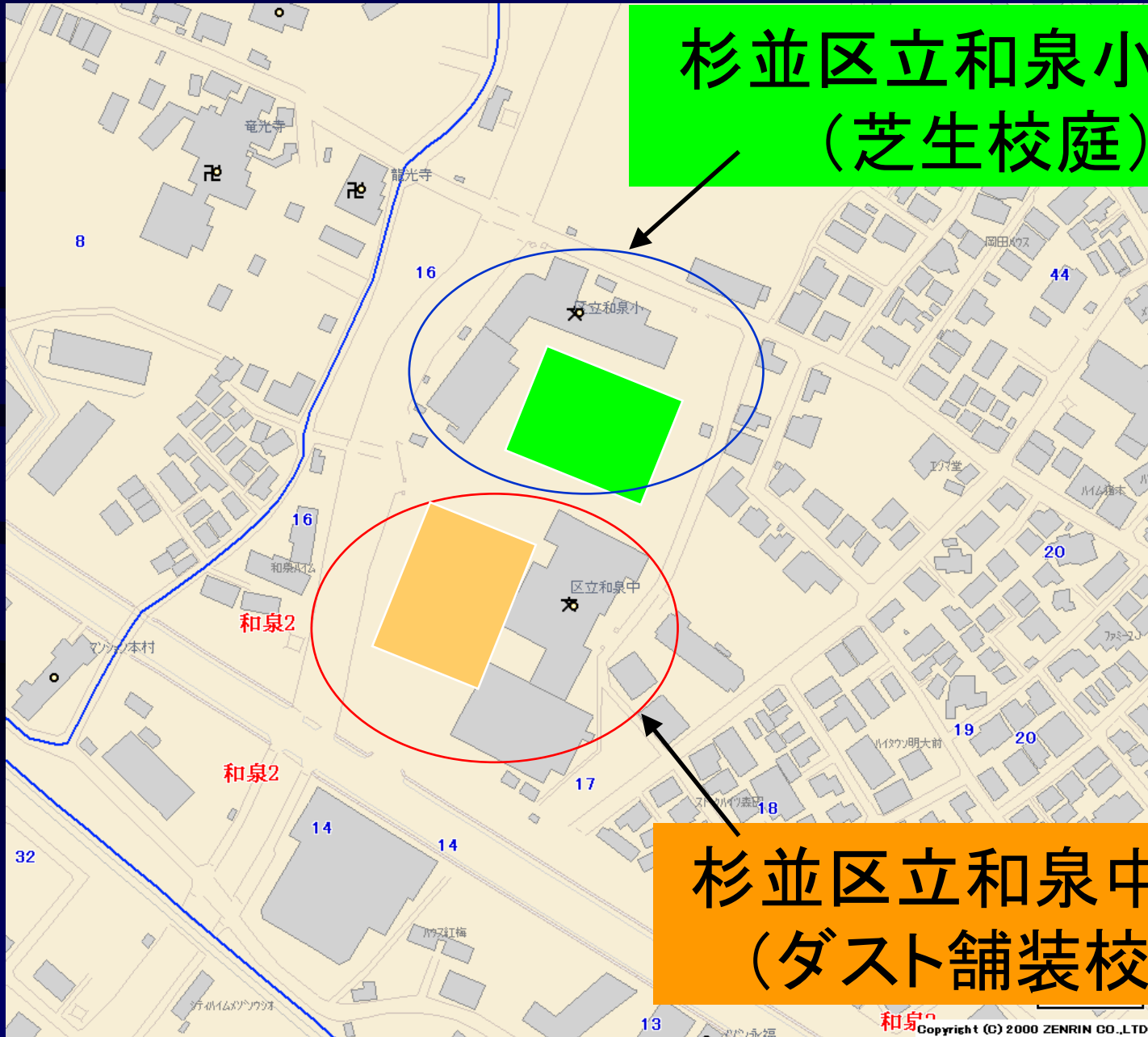
- ①都市部で、まとまった面積を新たに緑化することが困難な現状においては、学校の校庭は都市に残された貴重なオープンスペース
- ②小中学校等の教育施設は、一般に、地域に大きな偏りなく設置されている。

調査地点



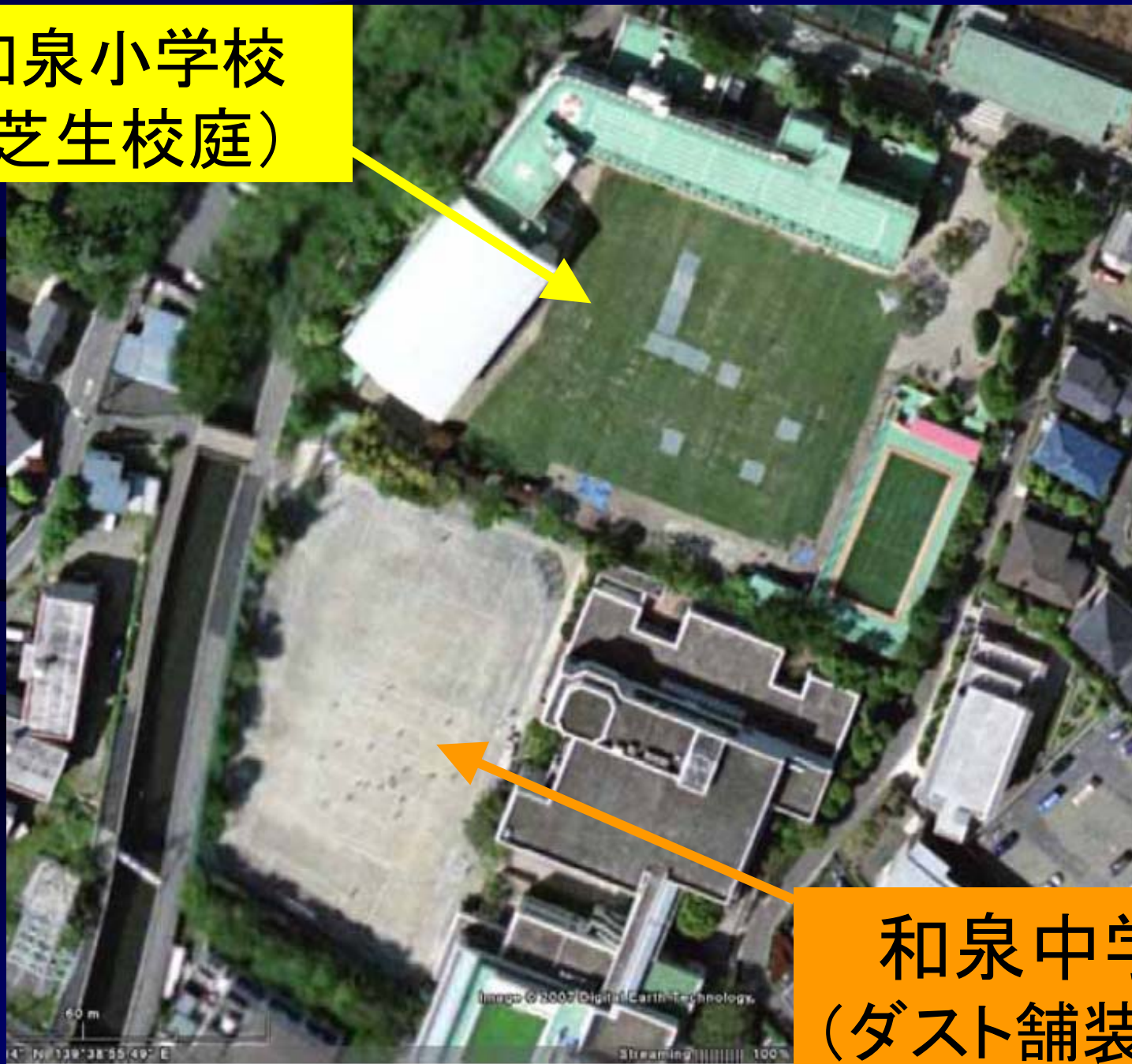
調査地点

杉並区立和泉小学校
(芝生校庭)



杉並区立和泉中学校
(ダスト舗装校庭)

和泉小学校
(芝生校庭)



和泉中学校
(ダスト舗装校庭)



ダスト舗装校庭(和泉中)



芝生校庭(和泉小)

和泉小学校の芝生校庭化について

①事業名：杉並区学校諸施設整備充実事業
「校庭緑地化事業」

（国庫補助「公立学校施設整備補助事業」）

①工事の期間：2001年10月～2002年3月

②芝生の面積：2574.8m²

③芝生の種類：トールフェスク（70%）

ペレニアルライグラス（10%）

ケンタッキーブルーグラス（20%）

④芝生化の工法：三種混合播種工法

校庭芝生化の概要



芝生化前の校庭



芝生化工事の様子



芝生校庭の完成



管理は授業の一環



グリーンプロジェクト



地域交流の場

校庭芝生化の効果

(「21世紀校庭緑化研究会HP」より作成)

< 環境保全上の効果 >

- (1)微気象の調節
- (2)砂塵の飛散防止
- (3)泥濘化の抑制
- (4)美観の向上

< 教育上の効果 >

- (1)教育(体育)活動の活発化
- (2)環境(体験)教育の教材
- (3)安全性の向上

校庭芝生化の効果(和泉小)

- (1)ケガの減少
- (2)外に出て元気に遊ぶようになった
- (3)遊び方の多様化
- (4)環境への関心の増加
- (5)意欲と積極性が出てきた
- (6)全員出席日数の増加
- (7)表現力が豊になった
- (8)友達とのかかわり方

石原都知事が和泉小学校を視察 (2006年12月26日)



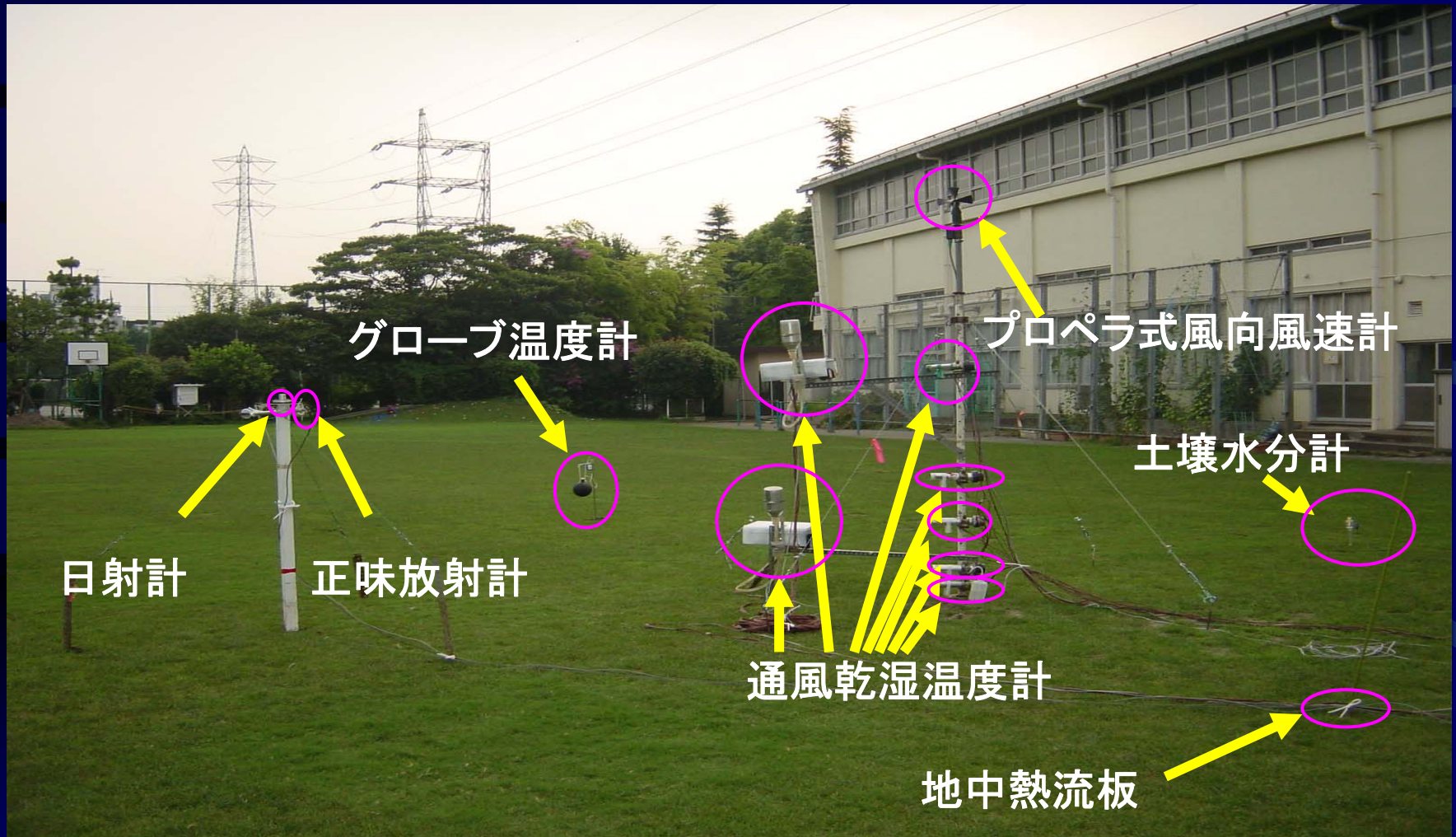
調査内容

測定項目

観測項目	機器(型式)	設置高さ(m)
日射	日射計(PREDE,PCM-01)	1.2
風向風速	プロペラ式風向風速計(YOUNG,CYG-5103)	2.2
正味放射	放射収支計(REBS,Q*7)	1.2
乾球・湿球温度	通風乾湿球温度計	5高度(0.1,0.2,0.5,0.8,1.5)
地中伝導熱	熱流板(REBS,PHF-01)	-0.01
地温	熱電対	3深度(-0.01,-0.05,-0.15)
地表面温度	サーモカメラ(AVIO,PVS-620)	約20
土壌水分	・pF計(KONA SYSTEM,KDC-S5) ・ADR計(IKEDA KEIKI,ML2X)	-0.15

<調査期間:2005年8月11日~17日>

測定機器の設置状況

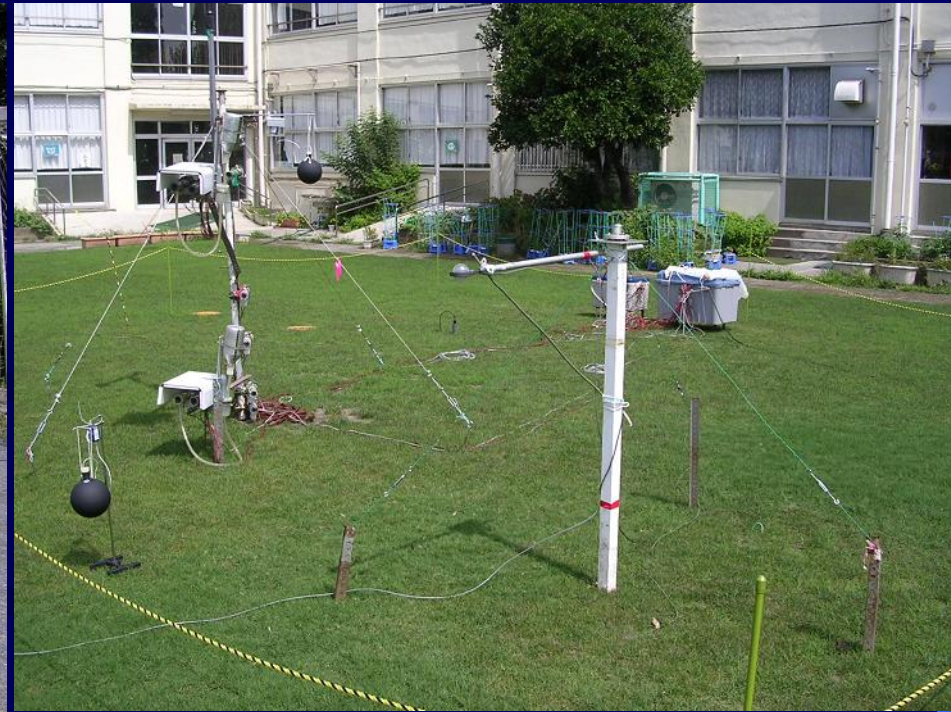


和泉小学校(芝生校庭)

両校庭における測定状況

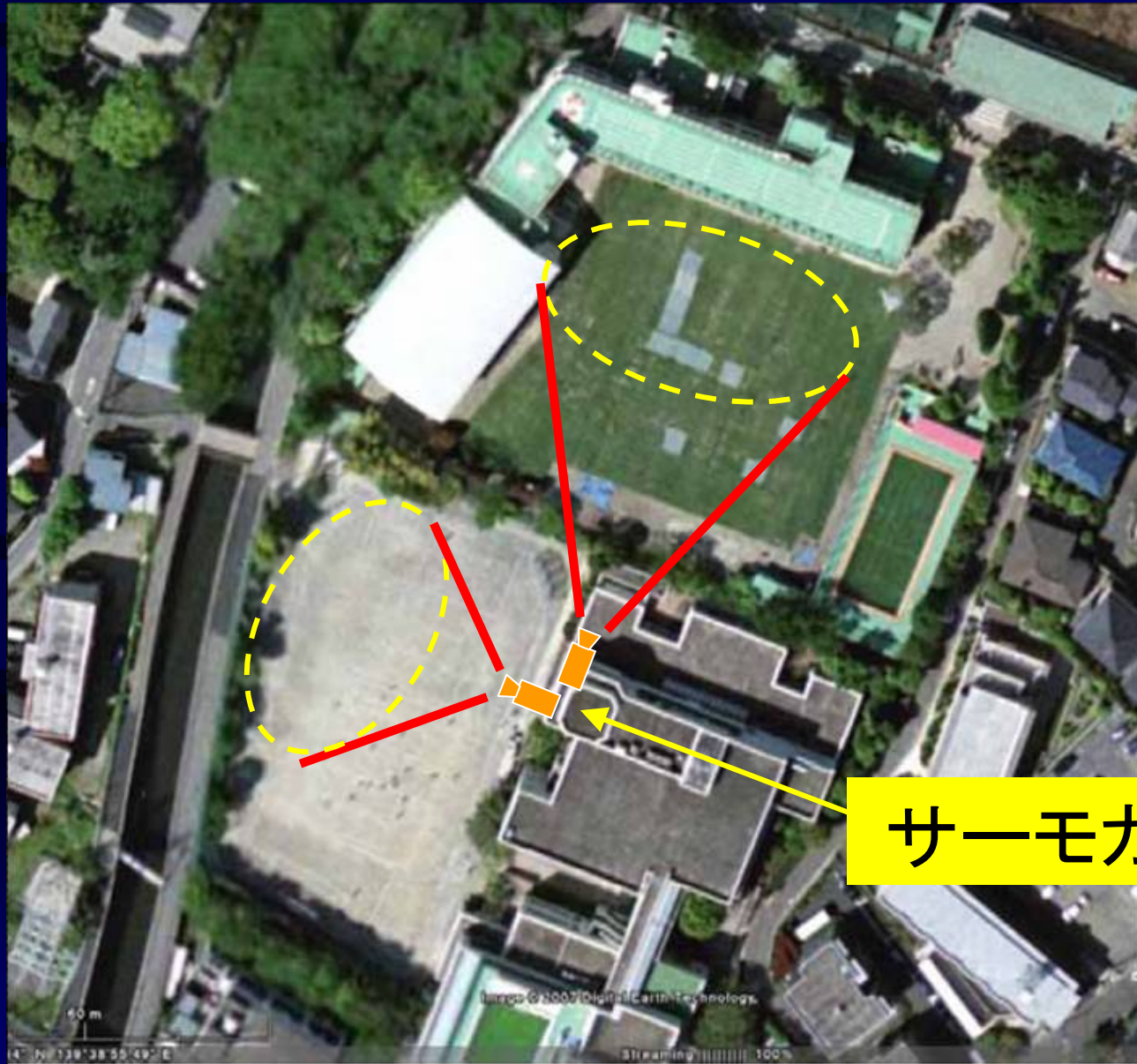


ダスト舗装校庭(和泉中)



芝生校庭(和泉小)

サーモカメラによる地表面温度の測定



サーモカメラ

サーモカメラによる測定状況

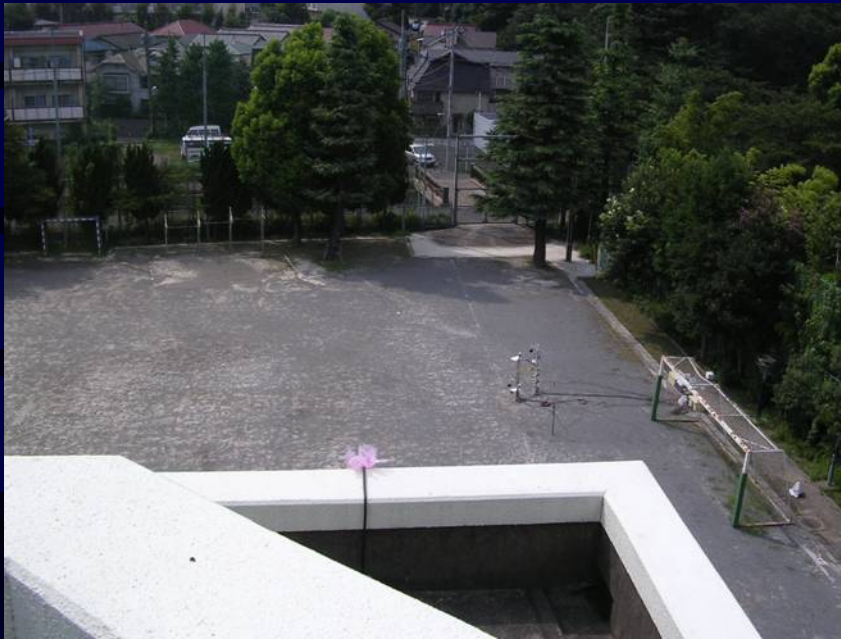


夜間は自動測定

調查結果

地表面温度の測定結果

(2005年8月17日)

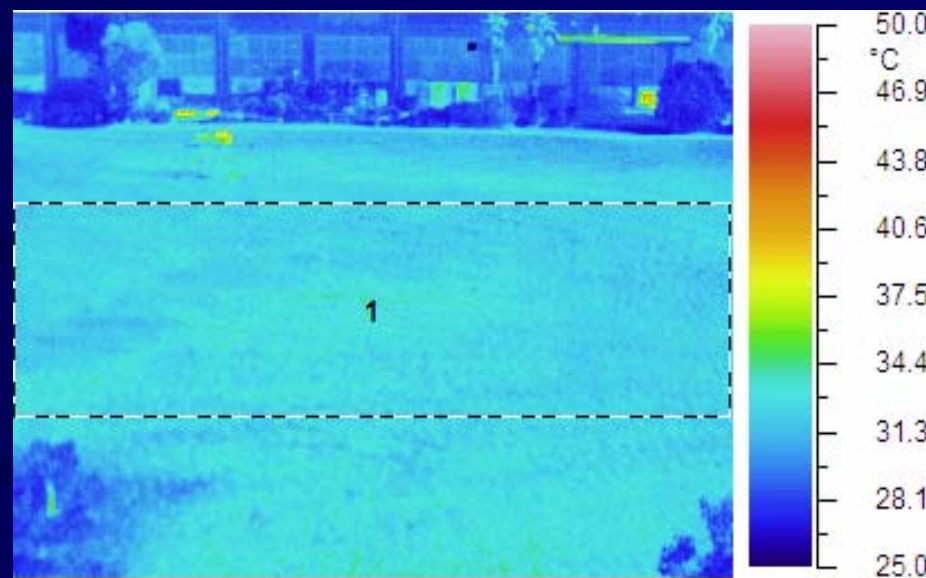
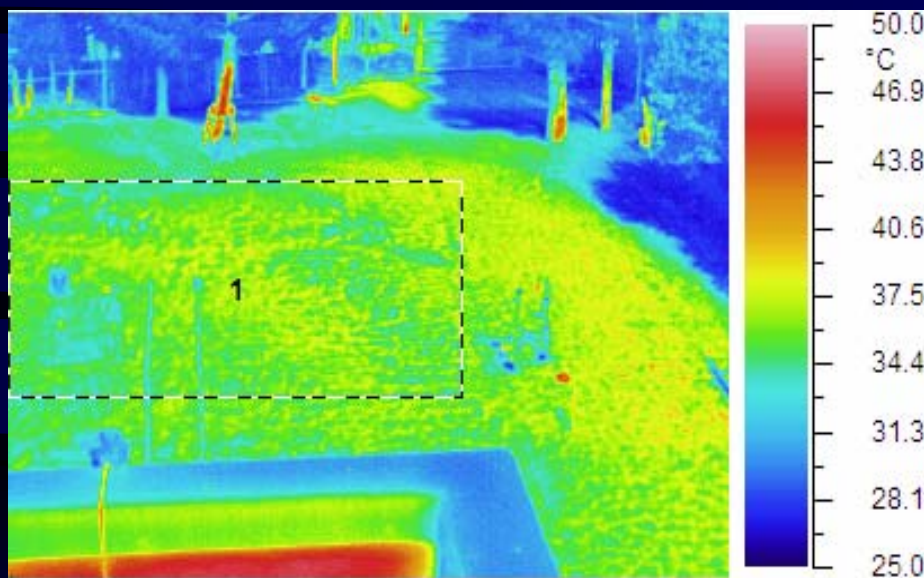


ダスト舗装校庭

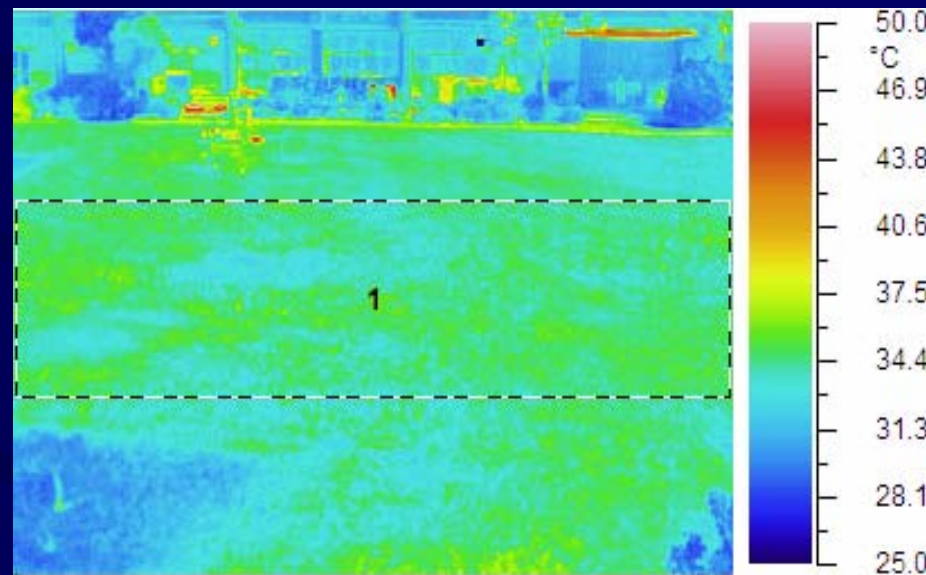
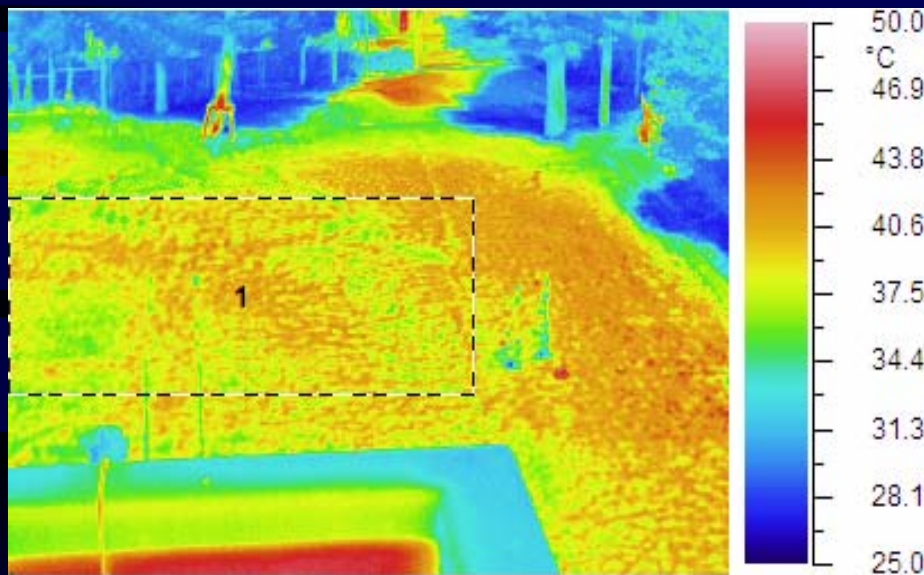


芝生校庭

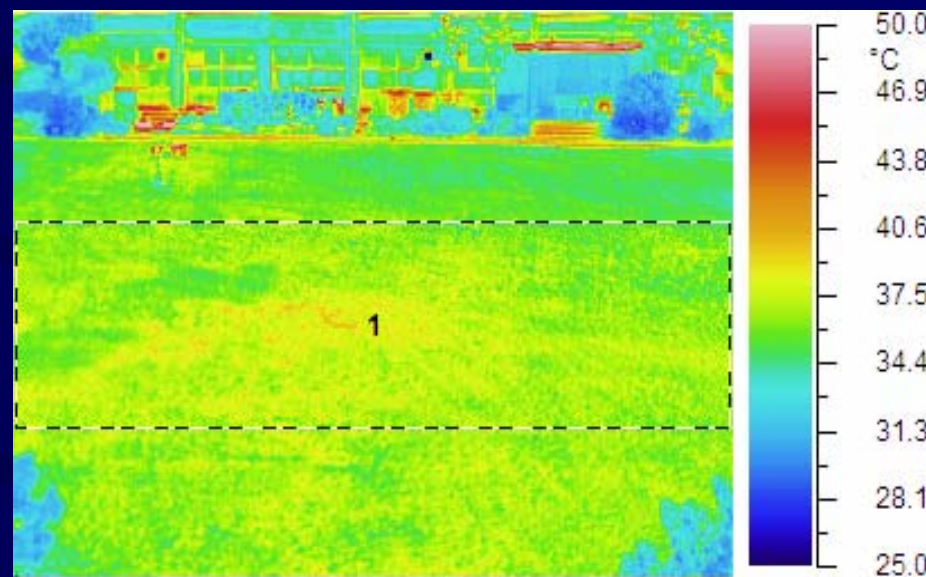
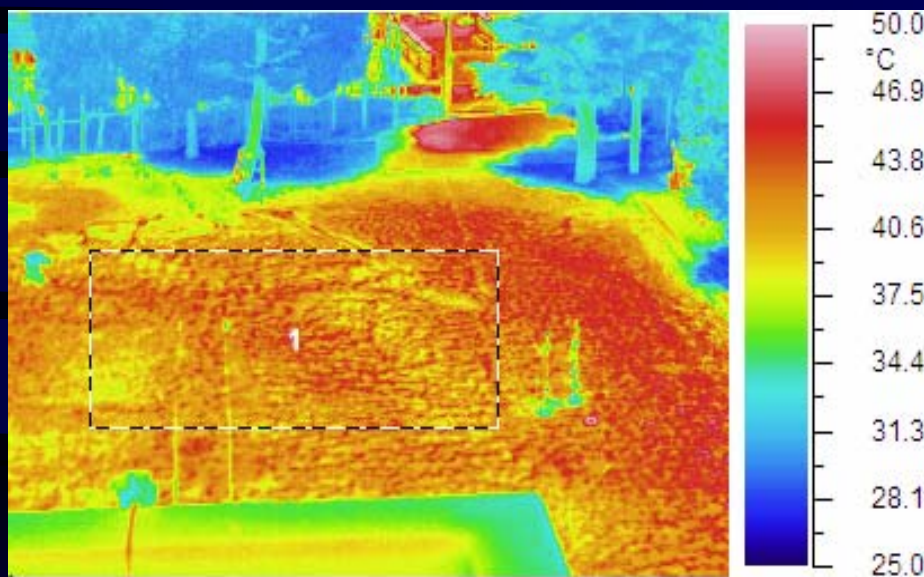
2005年8月17日 9:00



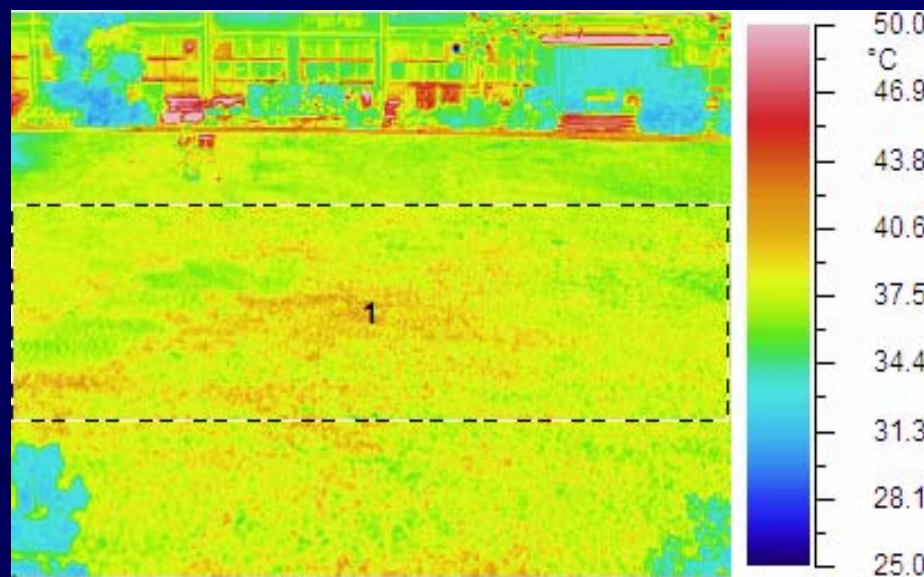
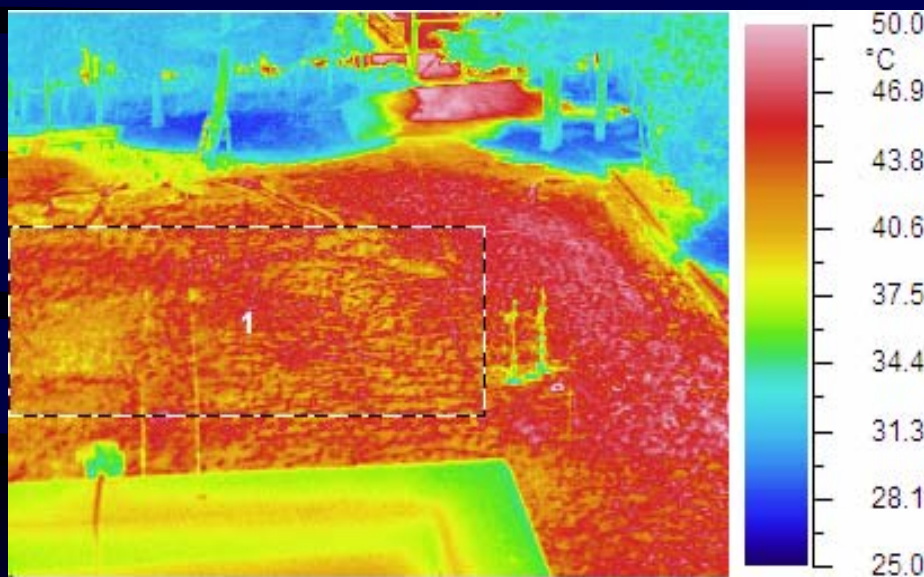
2005年8月17日 10:00



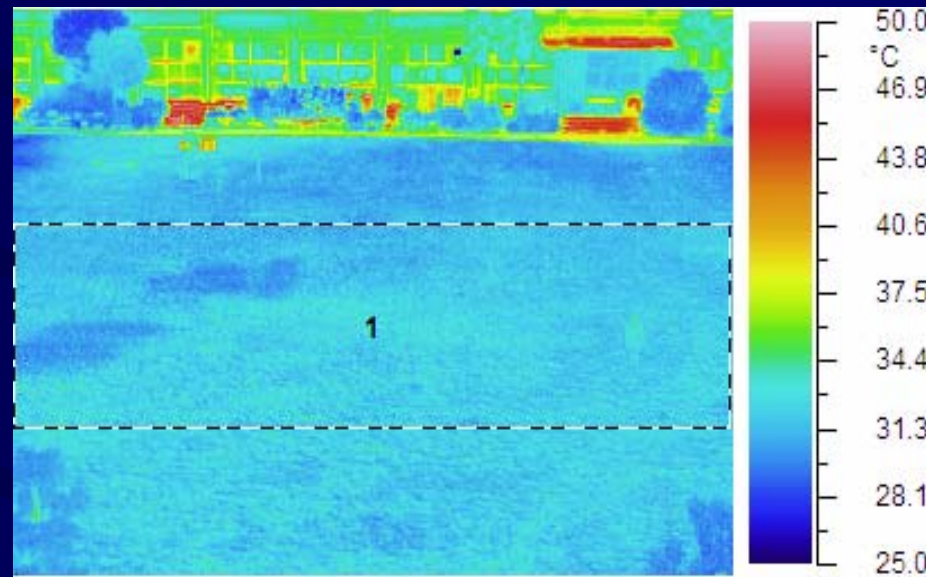
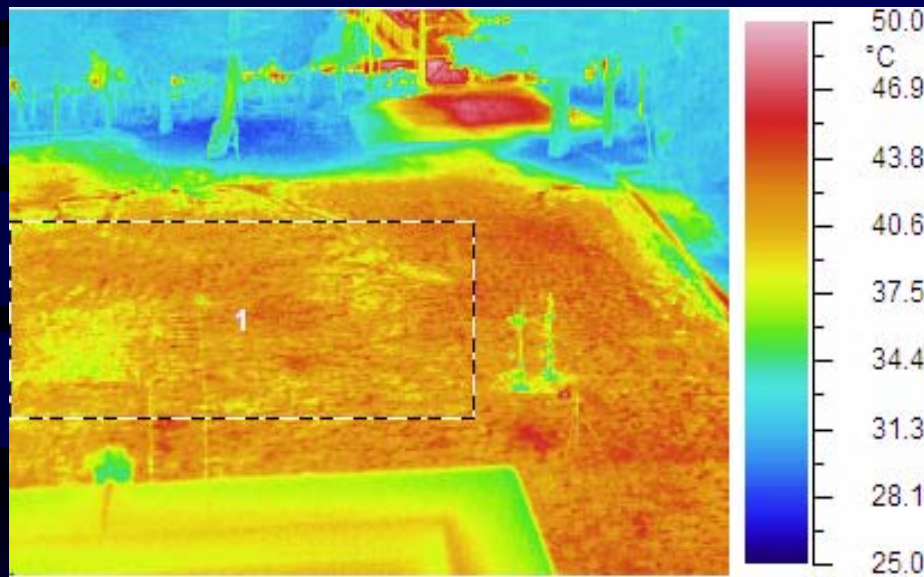
2005年8月17日 11:00



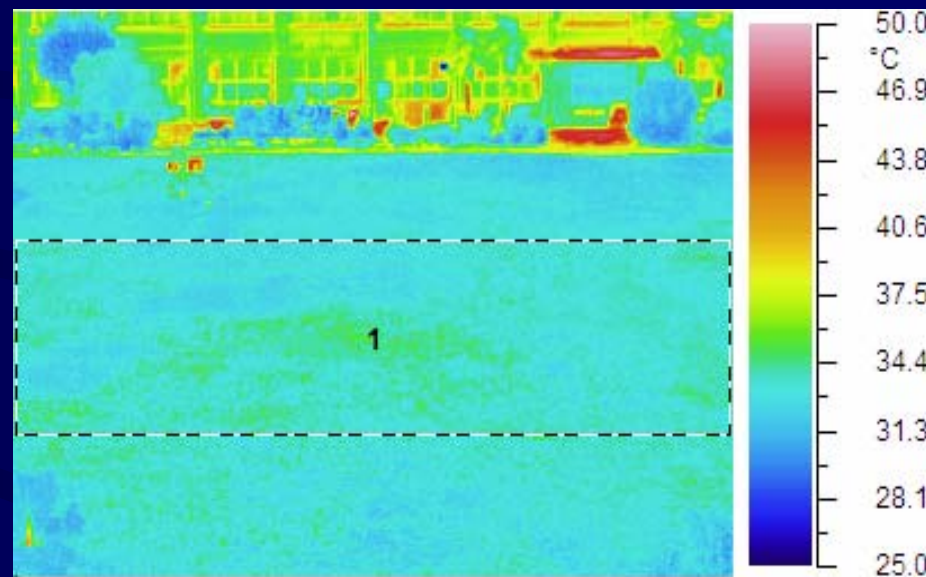
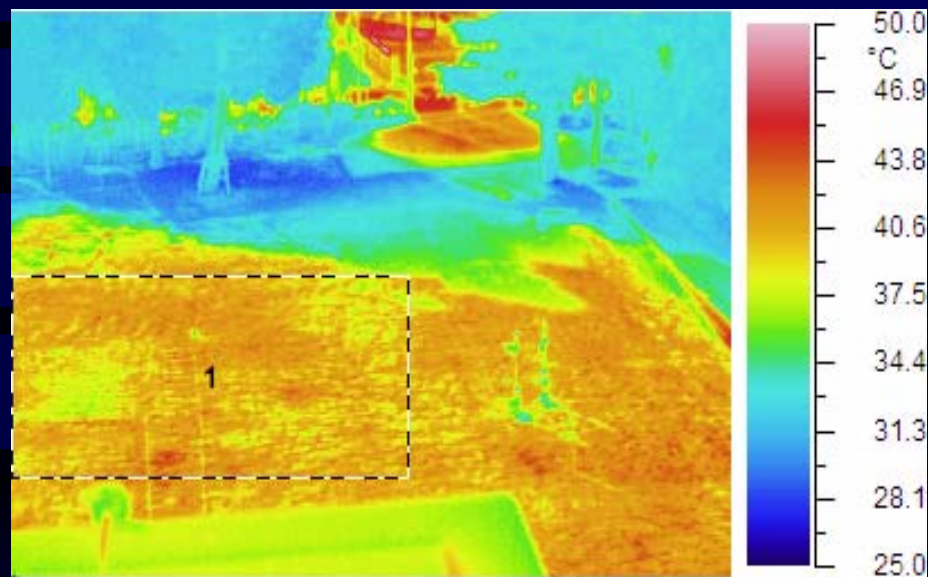
2005年8月17日 12:00



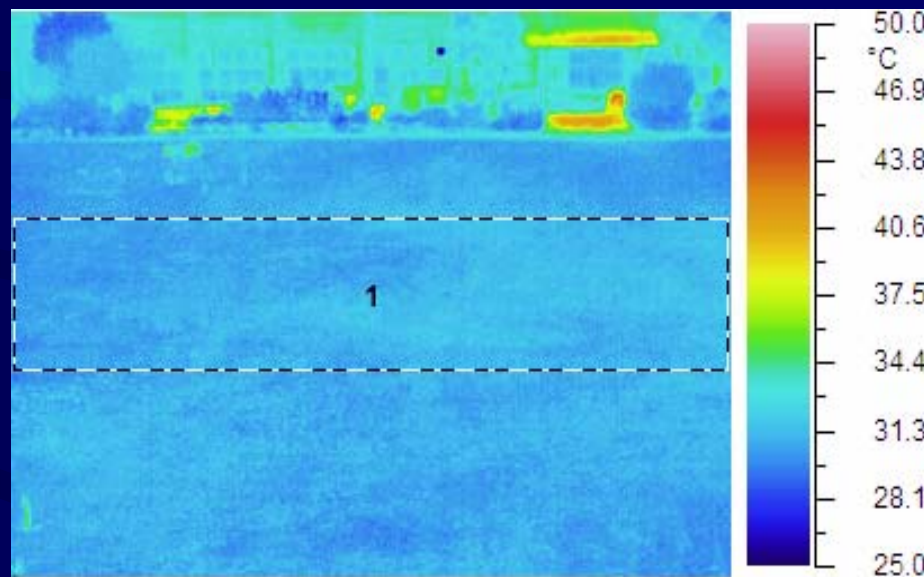
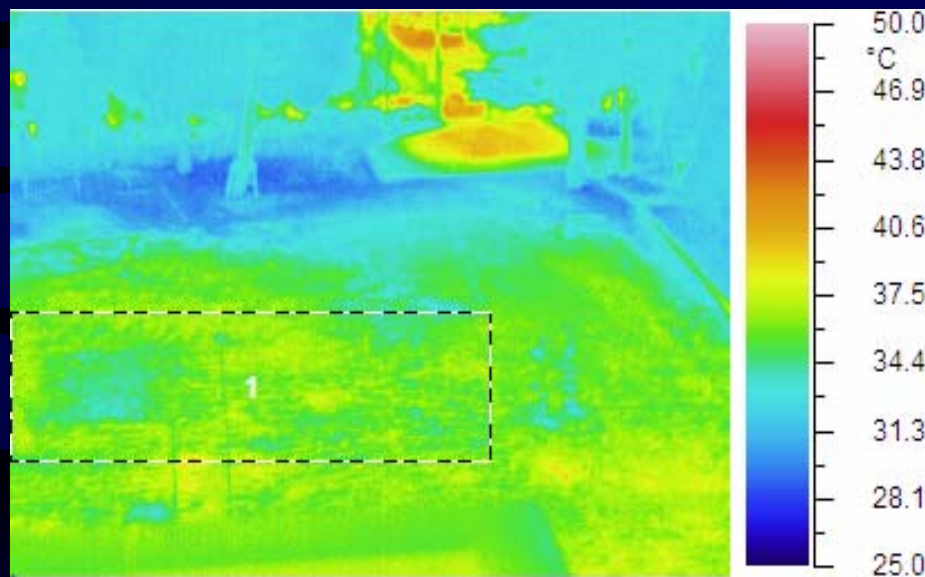
2005年8月17日 13:00



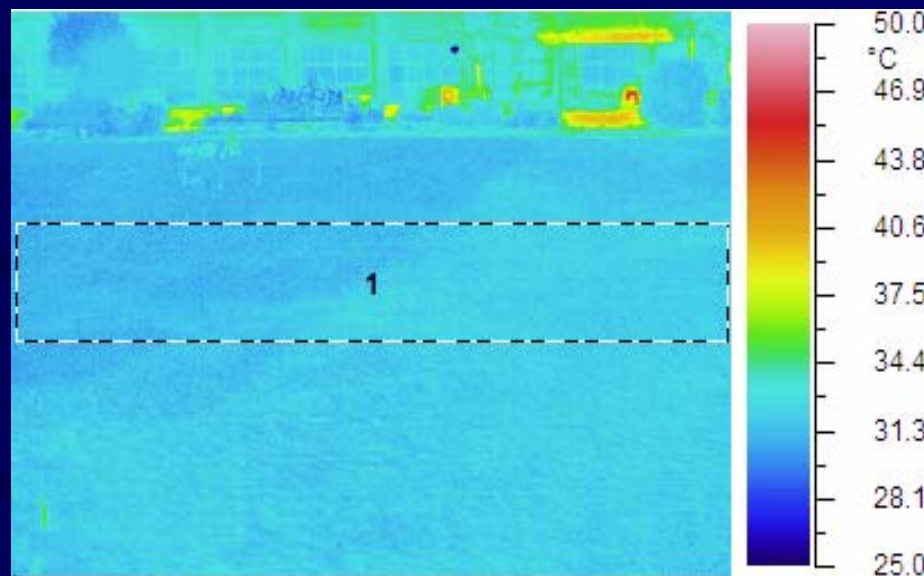
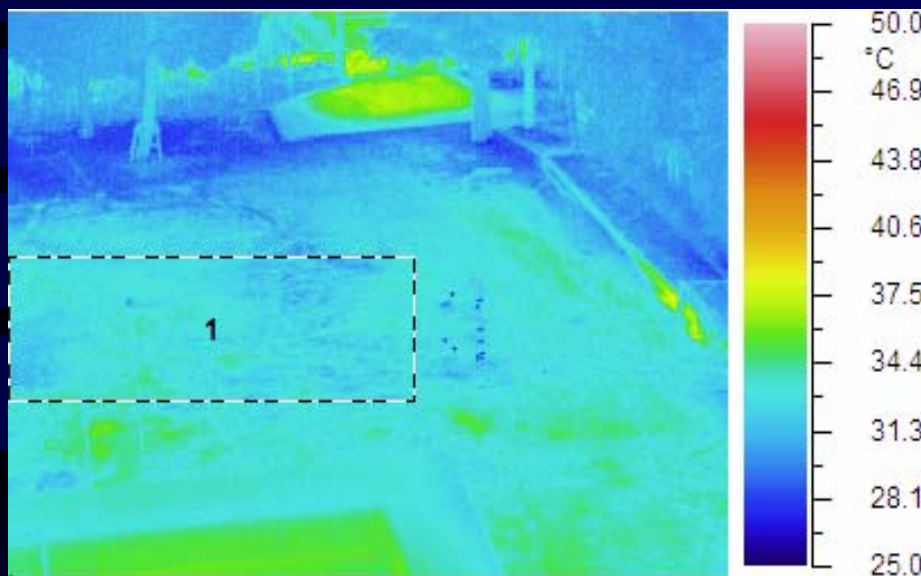
2005年8月17日 15:00



2005年8月17日 16:00



2005年8月17日 17:00



2005年8月17日13:30の地表面温度

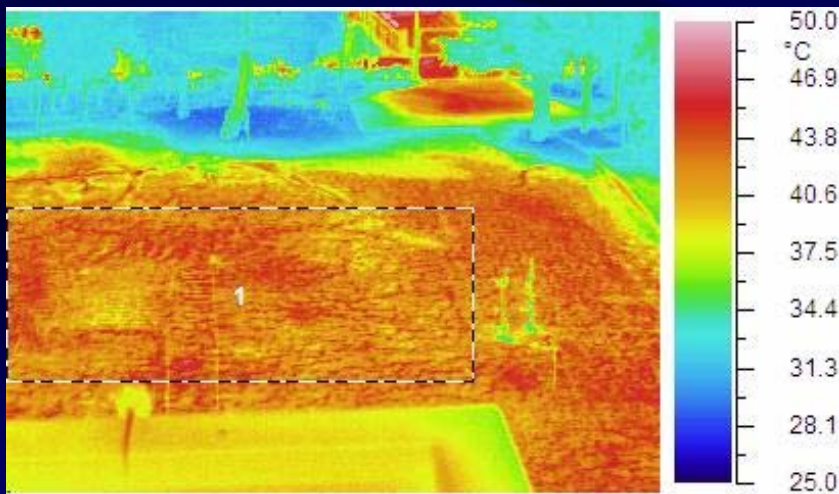
ダスト舗装校庭



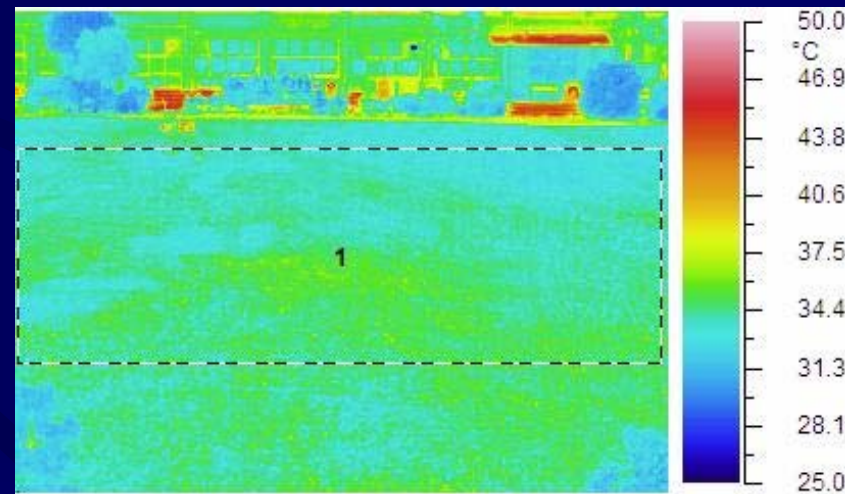
芝生校庭



<実画像>



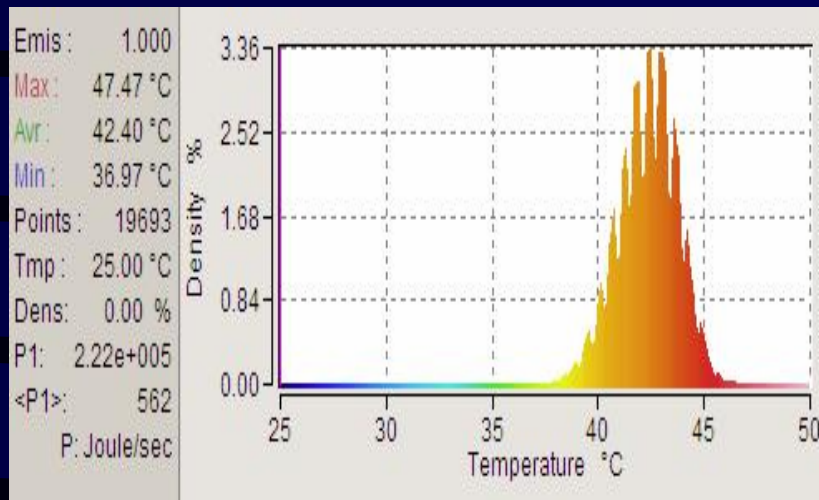
<熱画像>



(熱画像内の点線はヒストグラム解析領域)

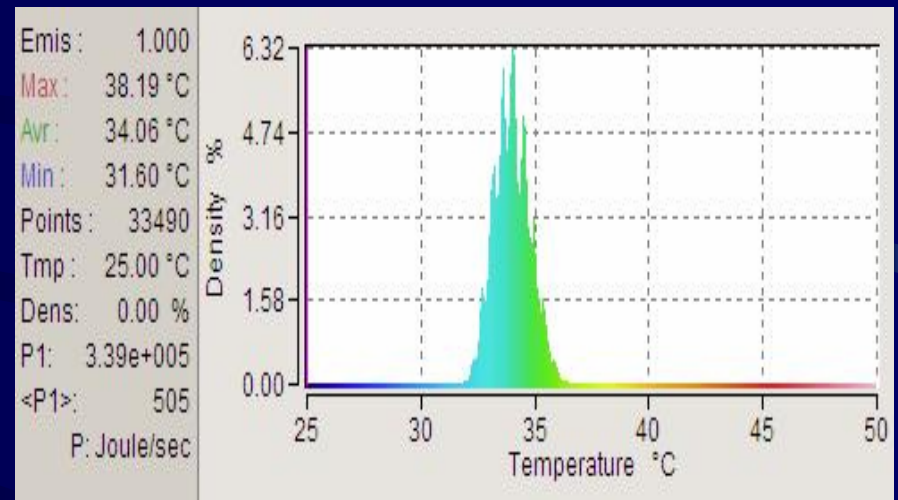
地表面温度のヒストグラム

ダスト舗装校庭



平均表面温度：42.4°C

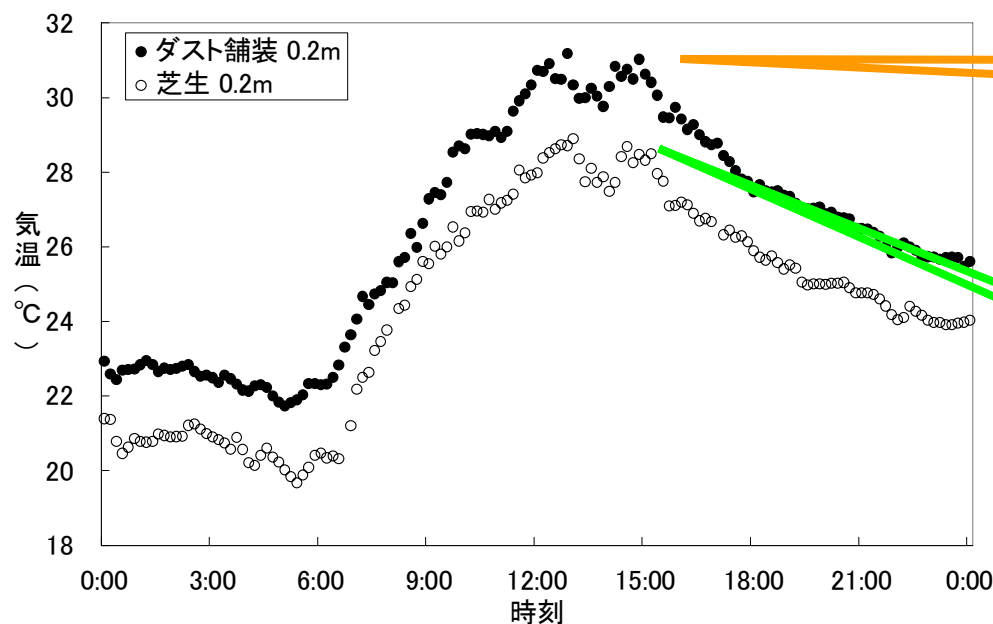
芝生校庭



平均表面温度：34.1°C

芝生校庭のほうがダスト舗装校庭よりも、
8.3°C低い

地上0.2m

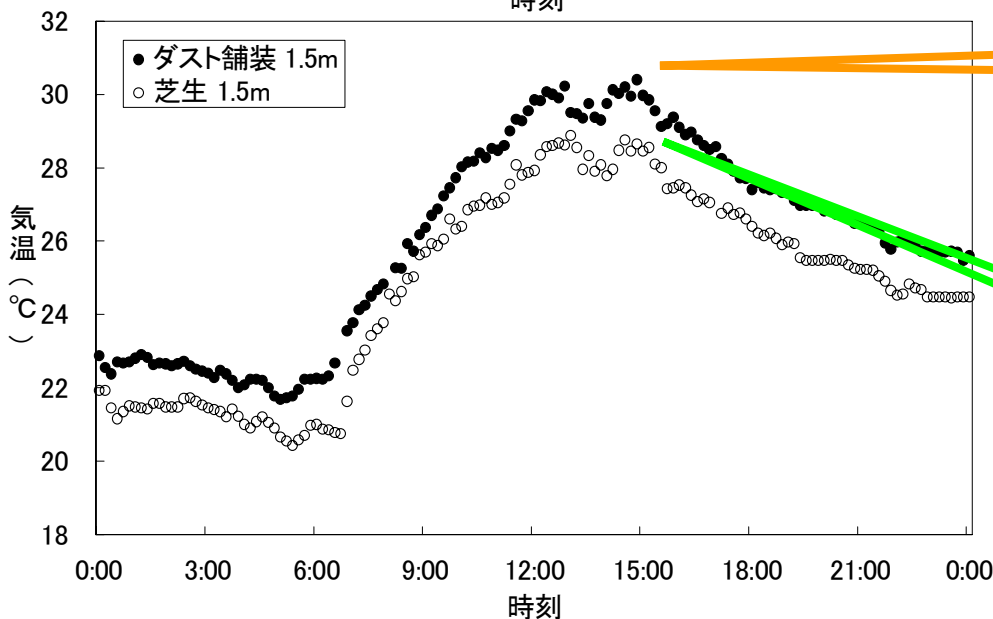


31.2°C

2.5°C

28.7°C

地上1.5m



30.2°C

1.6°C

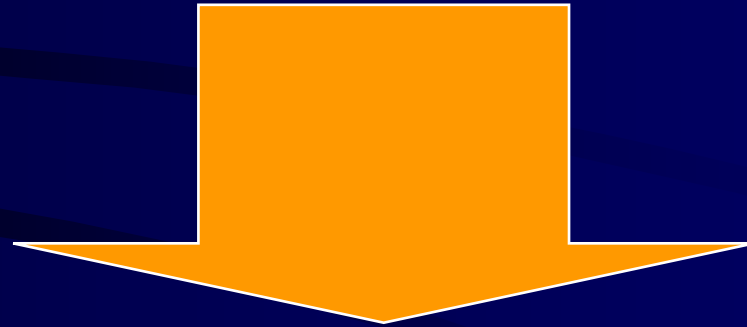
28.6°C

ダスト舗装校庭と芝生校庭の高さ0.2m（上図）及び
1.5m（下図）における気温の経時変化（2005年8月17日）

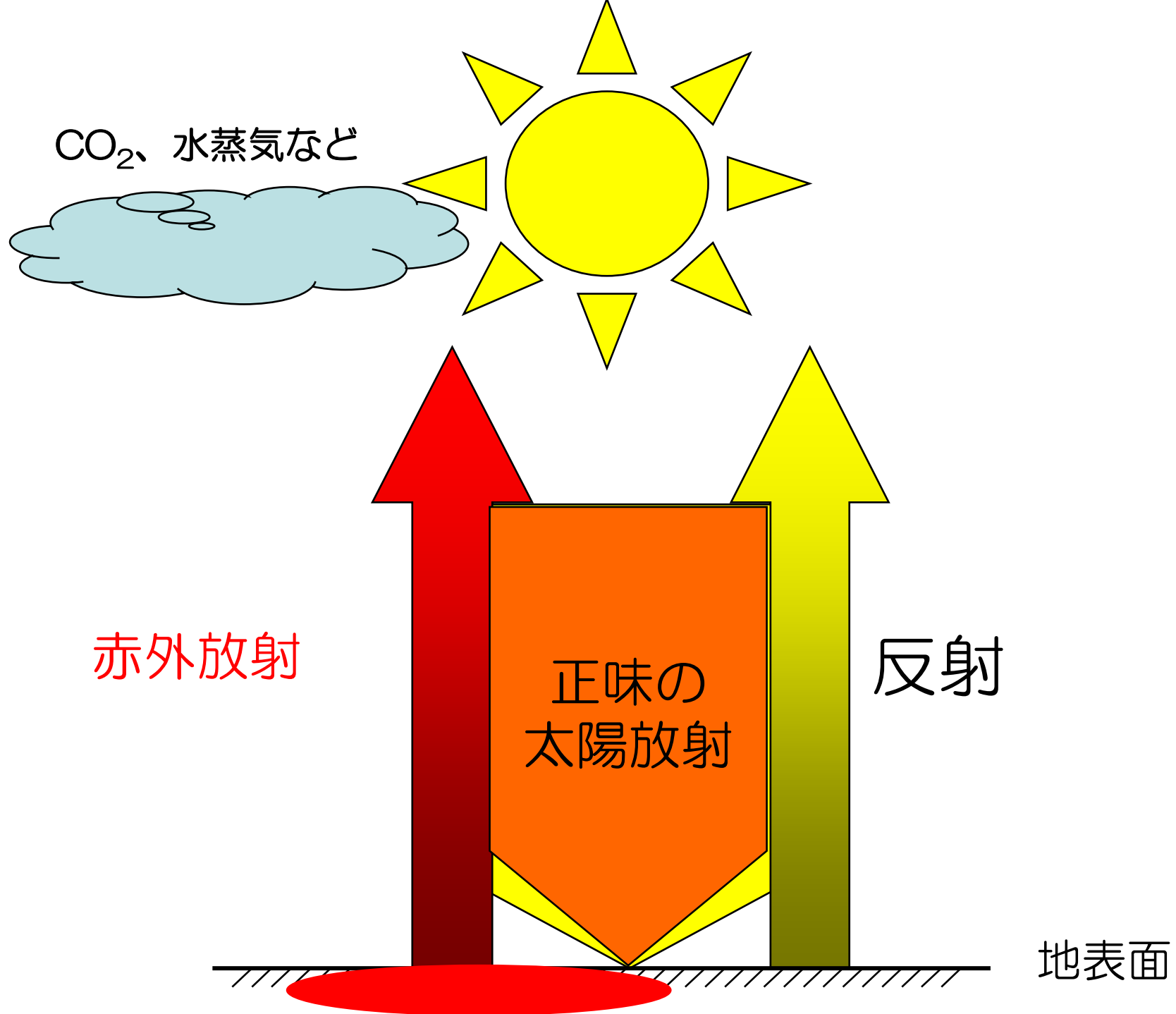
熱収支解析による ヒートアイランド緩和効果の 定量評価

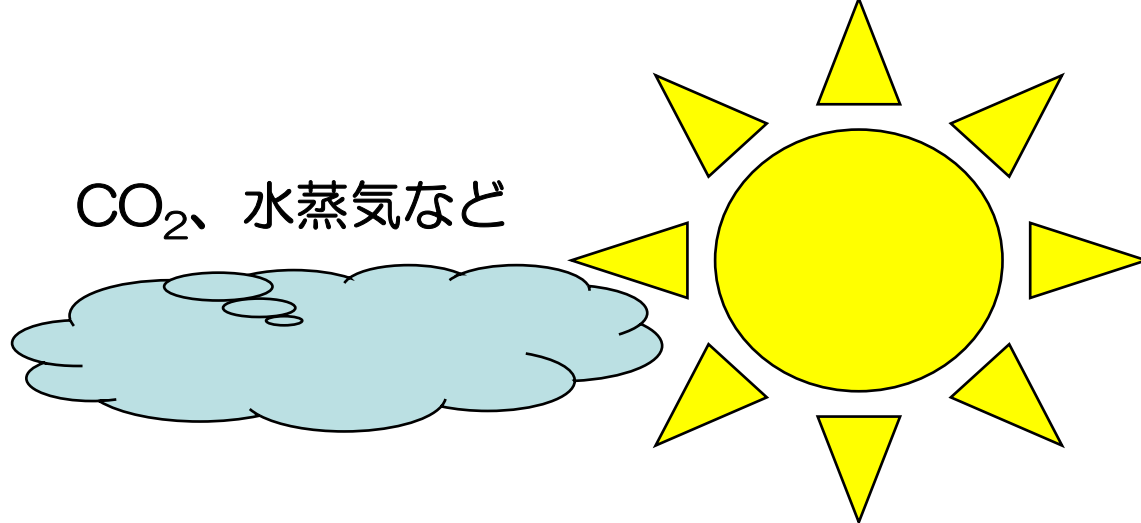
熱収支とは

地上に到達する太陽エネルギーと、
地上から出ていく熱エネルギーの収支



太陽エネルギーが、どのような熱に換わり、
地上の気温にどう関わるか

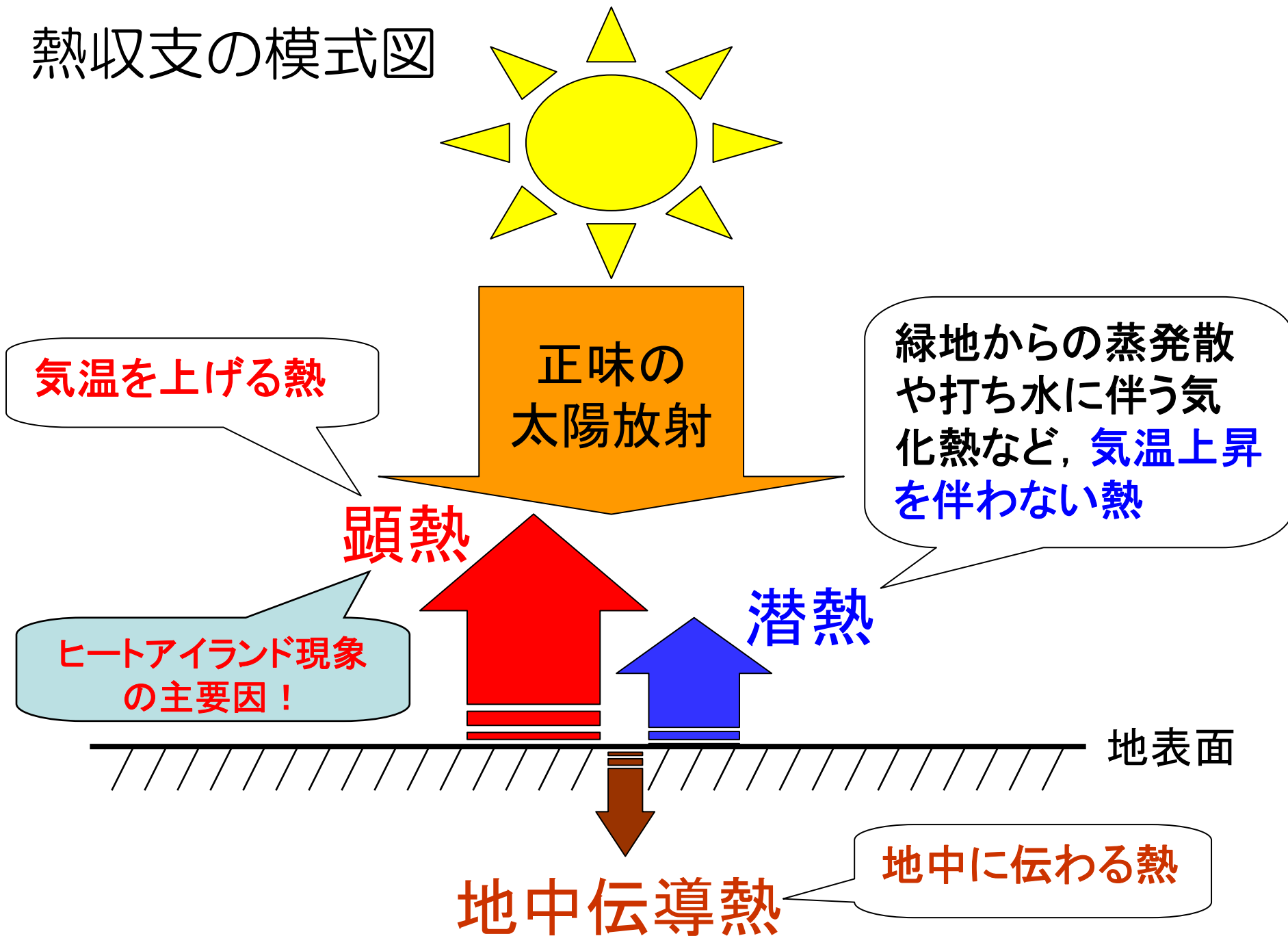




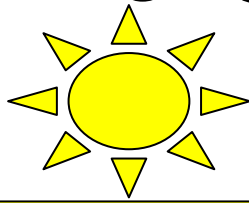
正味の
太陽放射

地表面

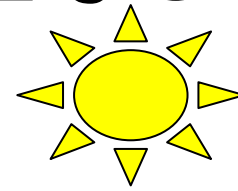
熱収支の模式図



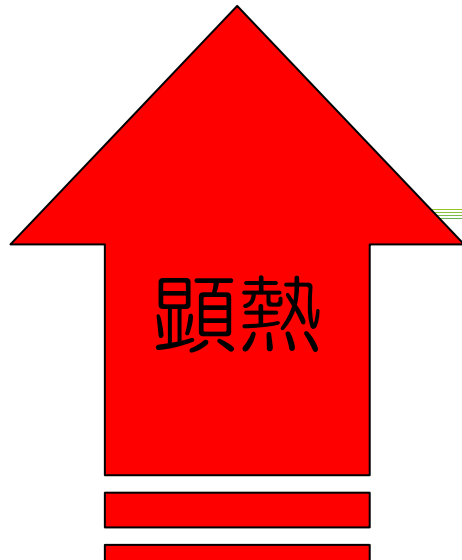
緑による気候緩和の主なしくみ



正味の
太陽放射

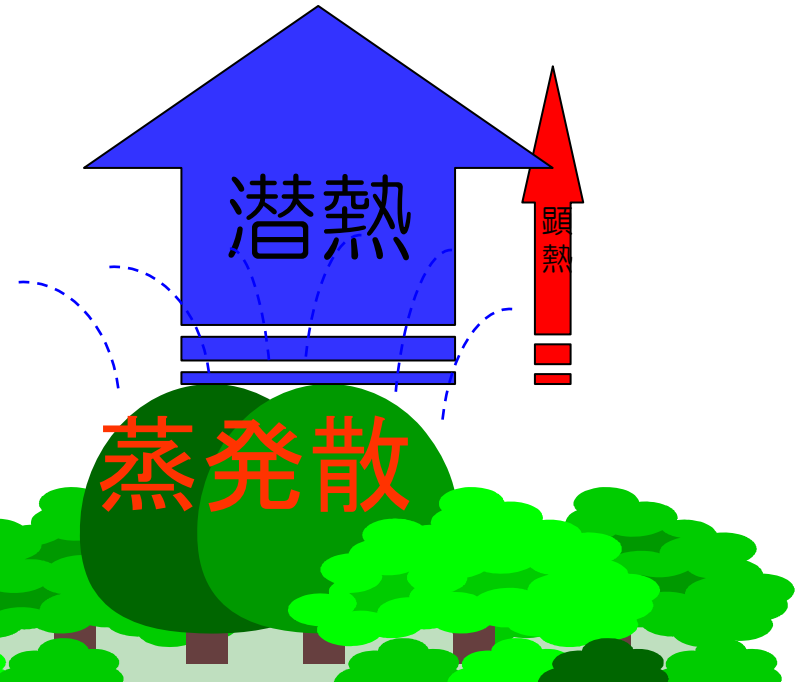


正味の
太陽放射



アスファルト舗装

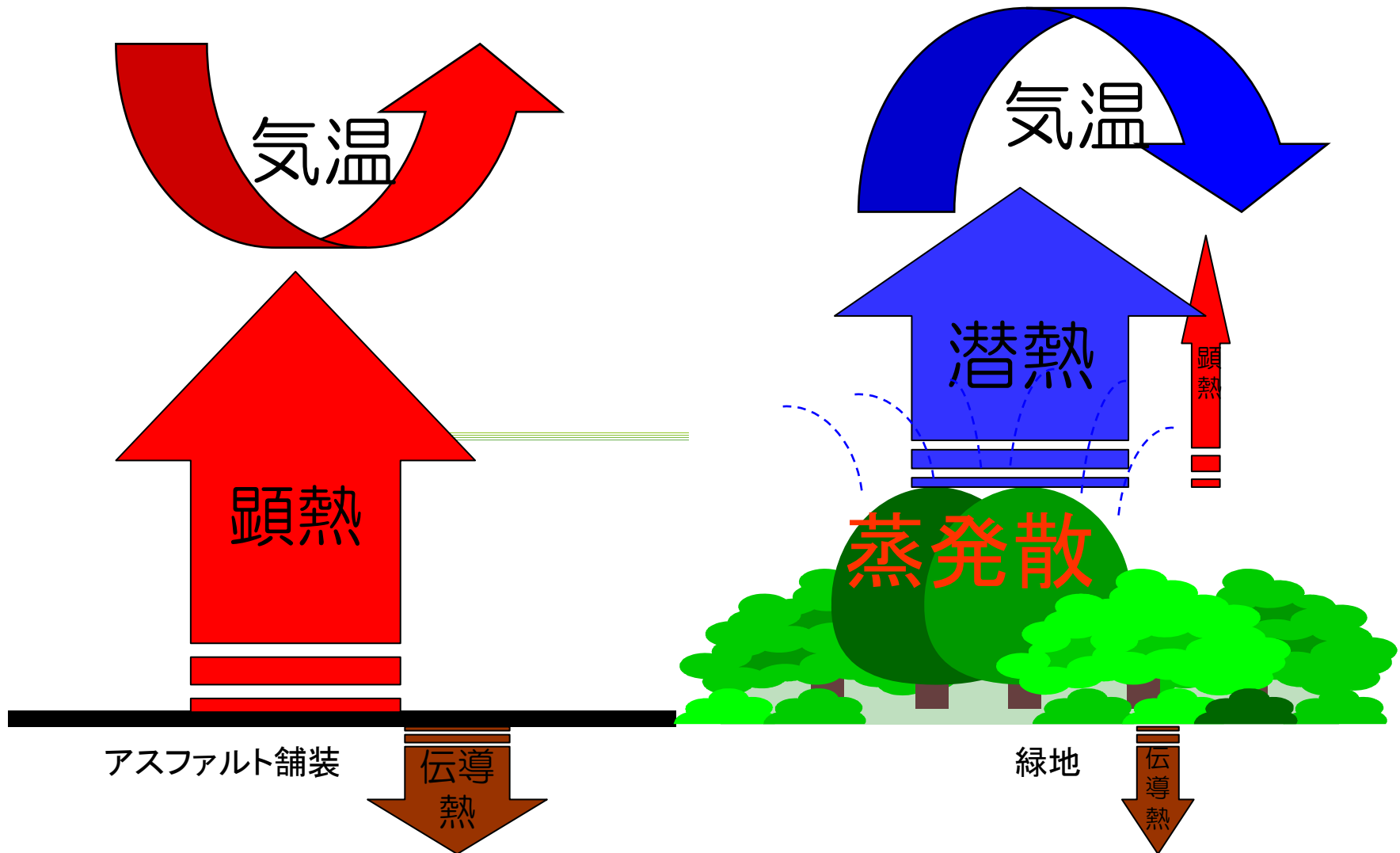
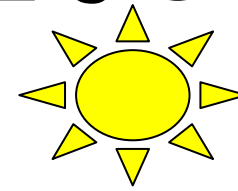
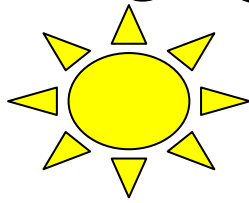
伝導熱



緑地

伝導熱

緑による気候緩和の主なしくみ



解析に用いた熱収支式（ボーエン比法）

$$Rn = H + lE + G$$

$$H = \beta (Rn - G) / (1 + \beta)$$

$$lE = H / \beta$$

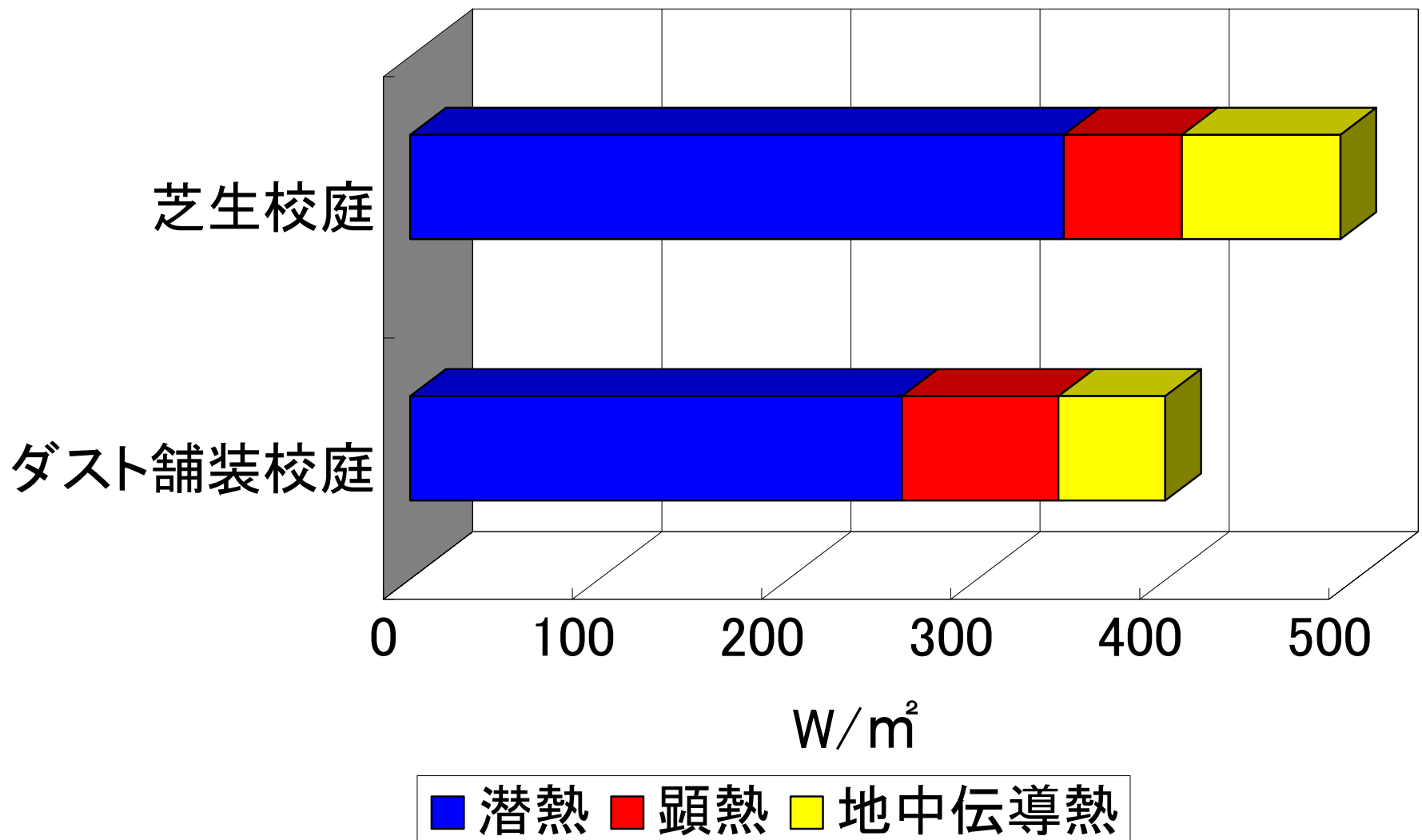
$$\beta = \gamma (Td_1 - Td_2) / (e_1 - e_2)$$

Rn ：正味の太陽放射 (W/m_2)， H ：顕熱 (W/m_2)，

lE ：潜熱 (W/m_2)， G ：地中伝導熱 (W/m_2)，

β ：ボーエン比， γ ：乾湿計定数，

Td_1, Td_2 および e_1, e_2 ：高さ150cm，20cmにおける乾球温度 ($^{\circ}C$)
および水蒸気圧(hPa)



ダスト舗装校庭と芝生校庭における地表面熱収支
(2005年8月17日9時～15時の平均値)

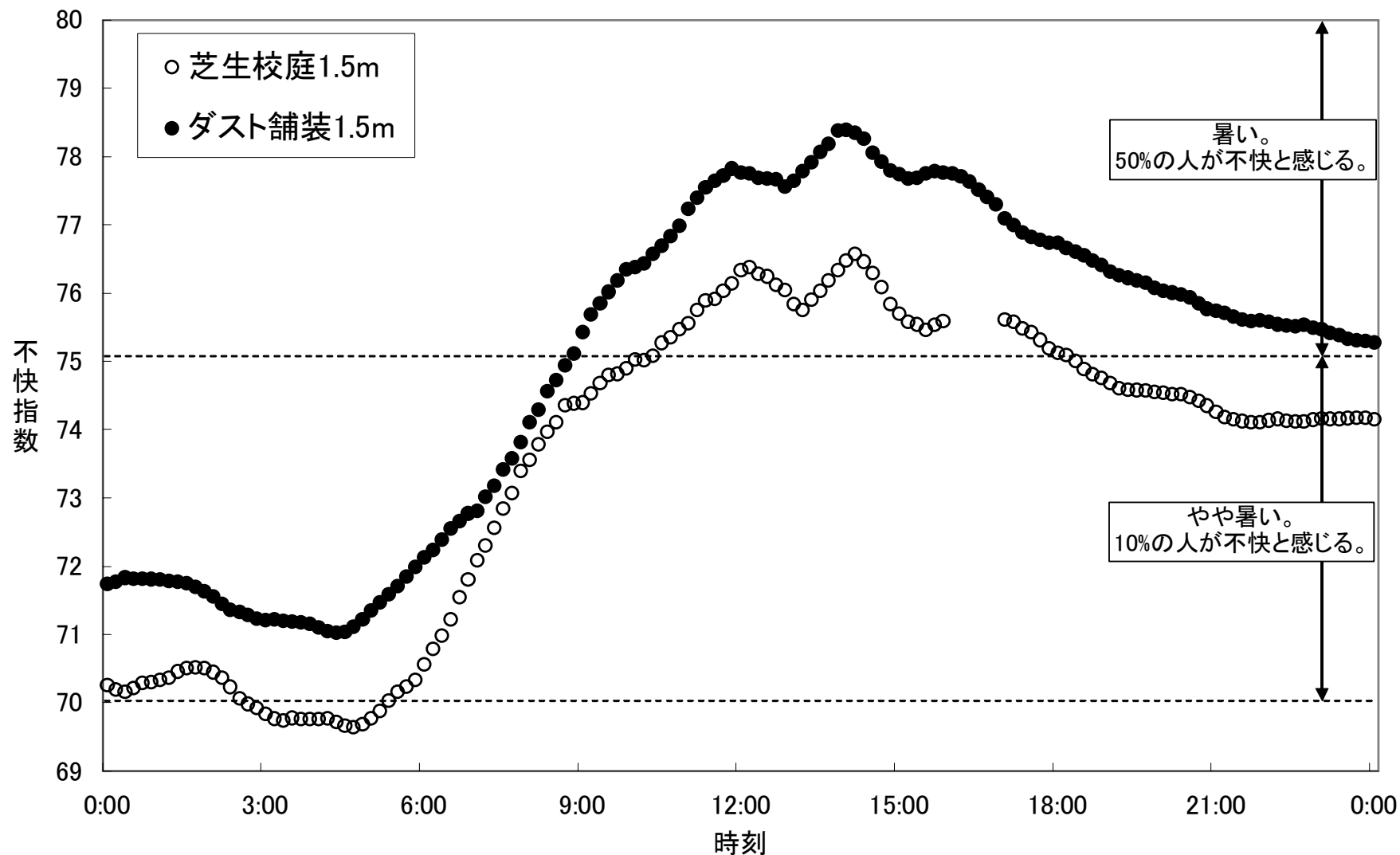
体感温度の検討

不快指数 (Discomfort Index : DI)

$$DI = 0.72 (T_d + T_w) + 40.6$$

(T_d : 乾球温度 T_w : 湿球温度)

- 気温と湿度による蒸し暑さの指数測定が簡便なため広く普及
- $DI > 70$ = 約 10% の人が不快
- $DI > 75$ = 約 50% の人が不快
- $DI > 80$ = ほぼ全員が不快



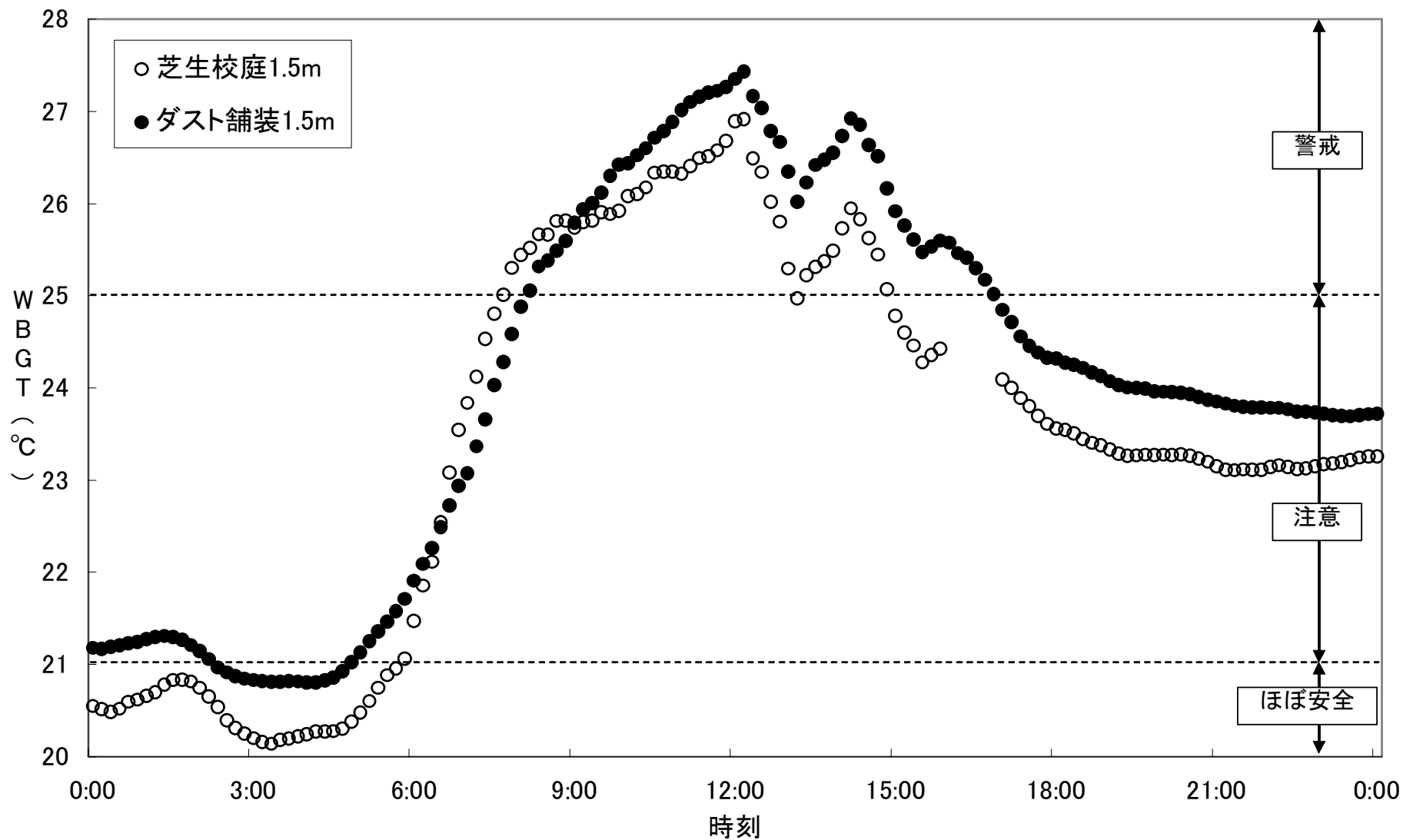
ダスト舗装校庭と芝生校庭における不快指数の経時変化
(2005年8月17日)

WBGT (Wet bulb globe temperature) 湿球黒球温度

$$WBGT = 0.7 \times T_w + 0.2 \times T_b + 0.1 \times T_d$$

(T_w : 湿球温度 T_b : 黒球温度 T_d : 乾球温度)

- 気温、湿度、輻射熱を取り入れた体感指標
- 労働や運動時の熱中症予防指標
- WBGT > 21℃ : 熱中症に「注意」
> 25℃ : 熱中症に「警戒」
> 28℃ : 熱中症に「嚴重警戒」



ダスト舗装校庭と芝生校庭におけるWBGTの経時変化
(2005年8月17日)

まとめ

- 芝生校庭はダスト舗装校庭に比べ、晴天日日中の最高温度が、地表面温度で 8.3°C 、 0.2m 気温で 2.5°C 、 1.5m 気温で 1.6°C それぞれ低かった。
- 芝生校庭はダスト舗装校庭に比べ、潜熱が $86\text{W}/\text{m}^2$ 大きく、顕熱が $21\text{W}/\text{m}^2$ 小さかった。
- 芝生校庭はダスト舗装校庭に比べ、熱中症に対し「警戒」を要する時間が1時間30分少なかった（不快な時間も短）。

芝生校庭はダスト舗装校庭に比べ、地表面温度、
気温が低く、体感温度、熱収支についても有利



校庭の芝生化は、ヒートアイランド対策として有効



杉並区立和泉小学校、ならびに、和泉中学校の教職員はじめ関係者の皆様に深く感謝申し上げます。