

東京首都圏のヒートアイランド現象

三 上 岳 彦

話の流れ

【1】 地球温暖化と都市のヒートアイランド現象はどこが違うのか？

【2】 ヒートアイランドとは何か？

首都圏の高密度気象観測システム「広域METROS」

都市と郊外の気温差はどうして生ずるのか？

人工排熱と人工土地被覆（コンクリート、アスファルト）が主要因

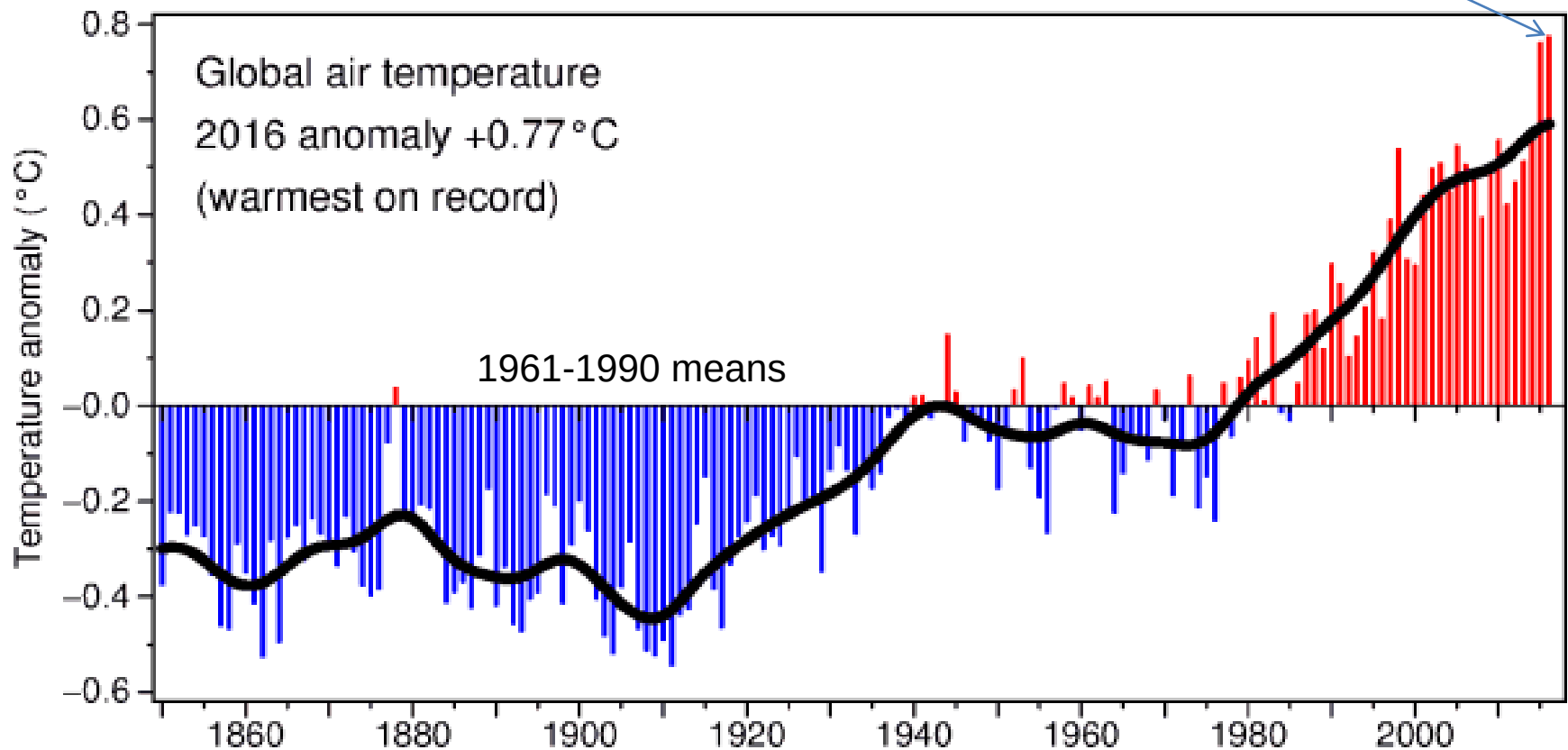
【3】 夏のヒートアイランドのキーワードは「海風」

【4】 緑地のクールアイランド効果

過去**166**年間(**1850**~**2016**)の全球平均気温変動

基準年(1961-1990)からの偏差で表示. 太線は、平滑曲線.

2016

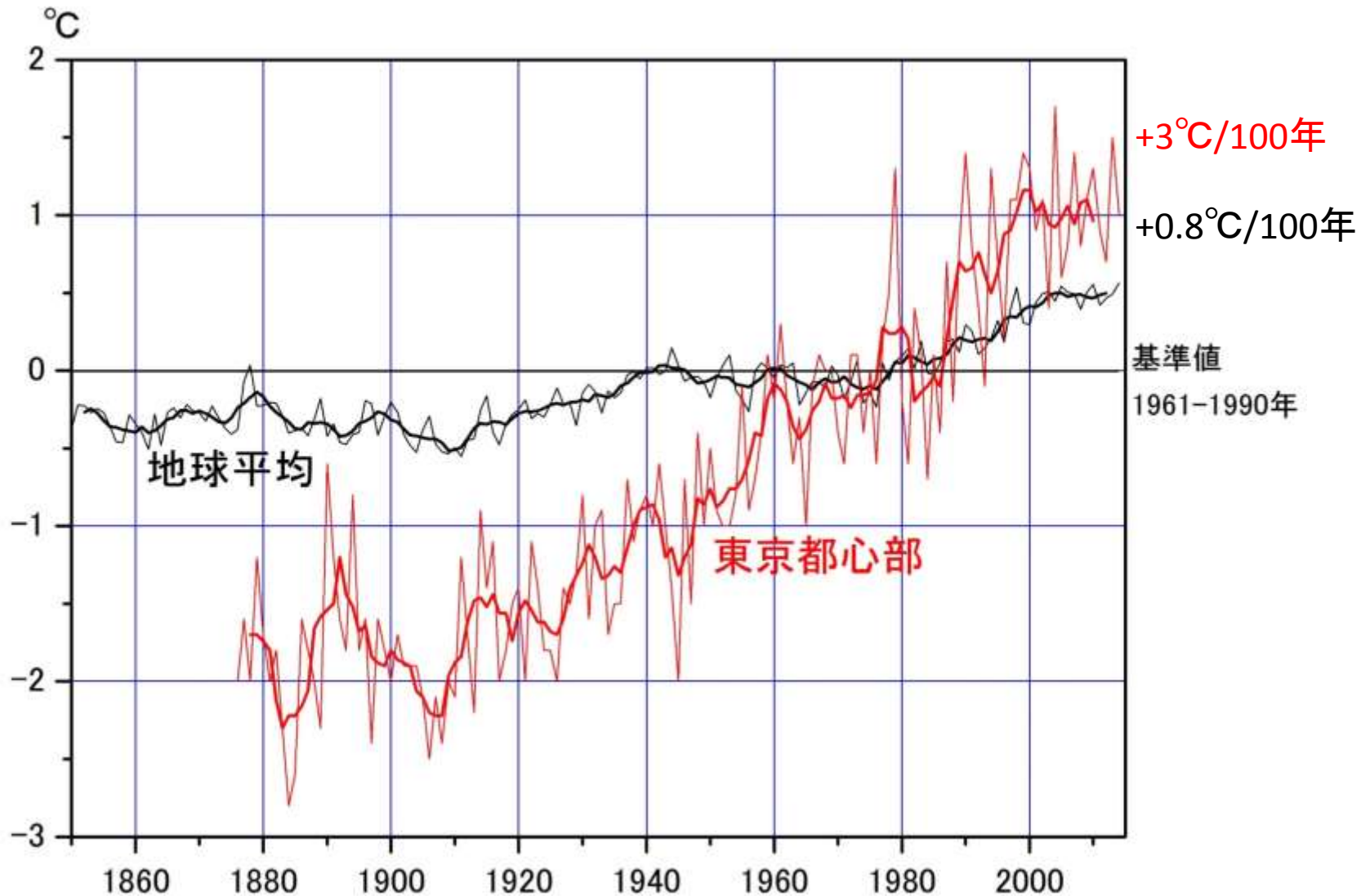


Climatic Research Unit, UEA(2017)

英国イーストアングリア大学・気候研究ユニット

大都市のヒートアイランドは地球温暖化をはるかに凌ぐ

高温化する東京の気温 過去100年間で3°C上昇

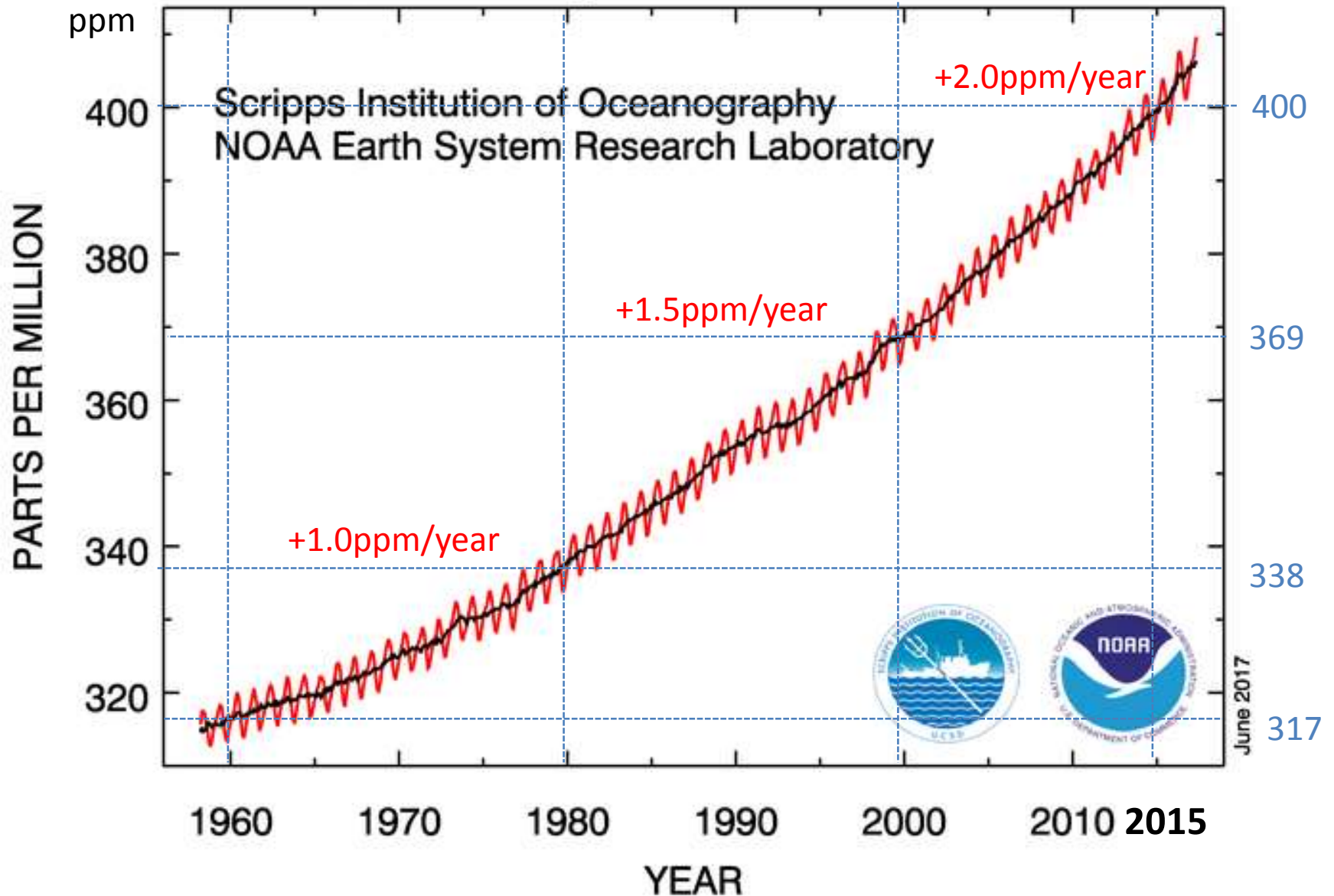


大気中のCO₂濃度 1959-2017

Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory

570ppm

In 2100?

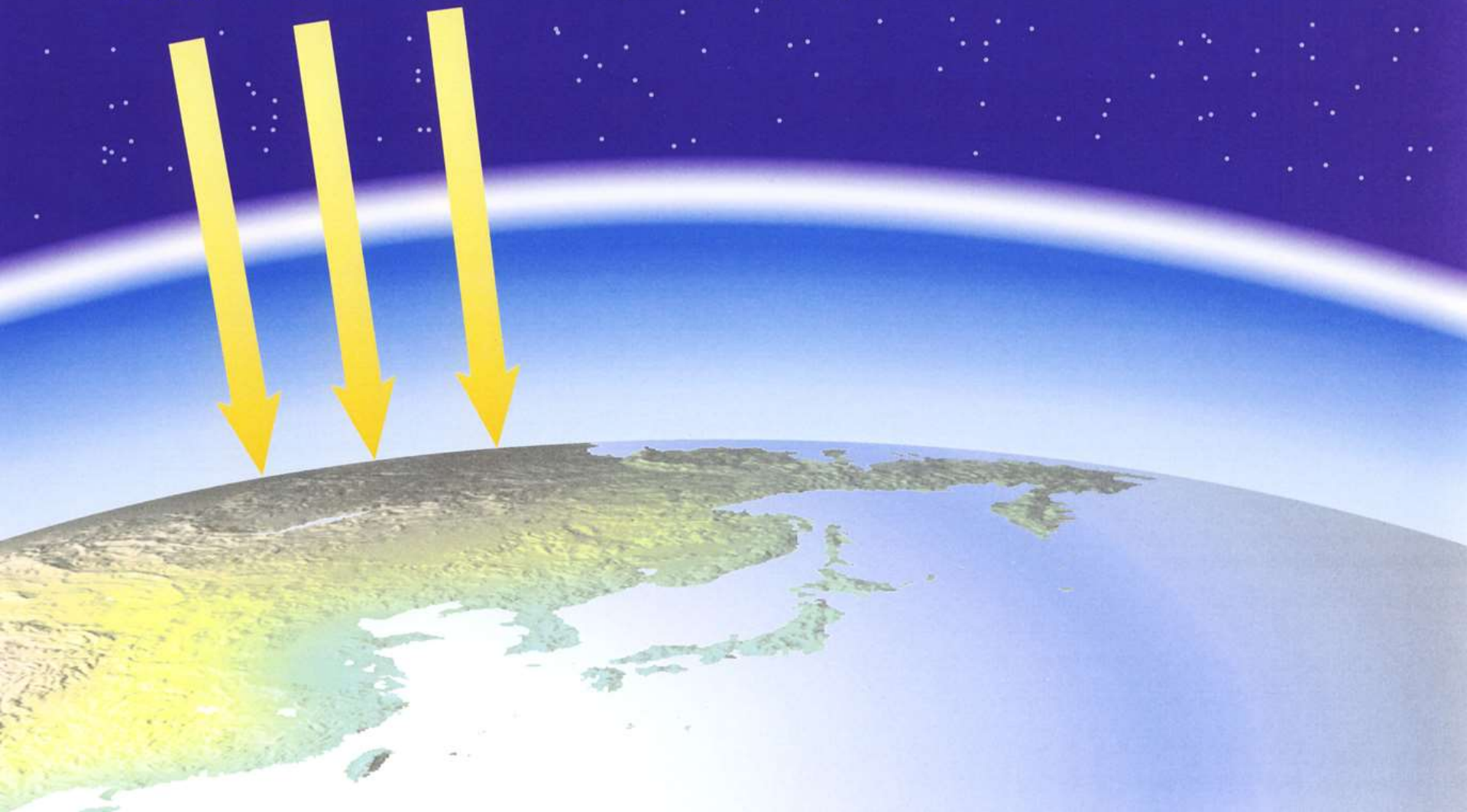


温暖化のしくみ



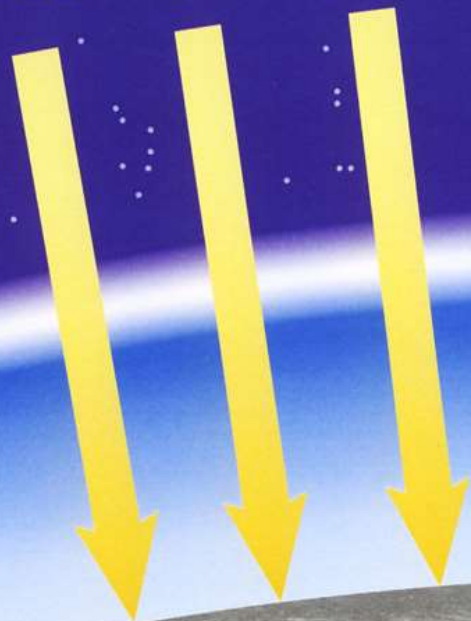
温暖化のしくみ

日射エネルギー



温暖化のしくみ

日射エネルギー



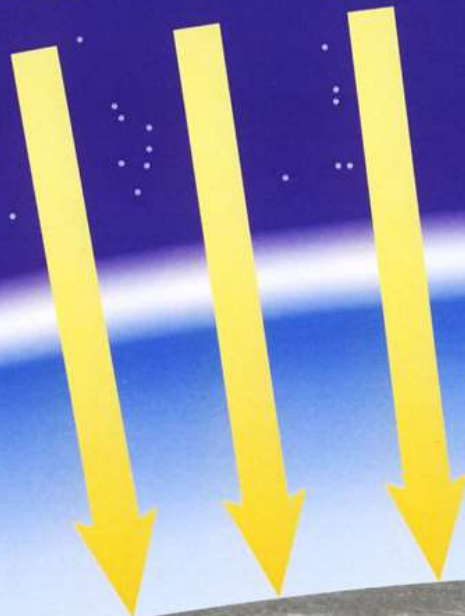
赤外線



大気中での吸収がなく、入ってきた日射エネルギーをすべて地球表面から赤外線として放出したならば、地上の気温は理論上、 -18°C で平衡状態になる。

温暖化のしくみ

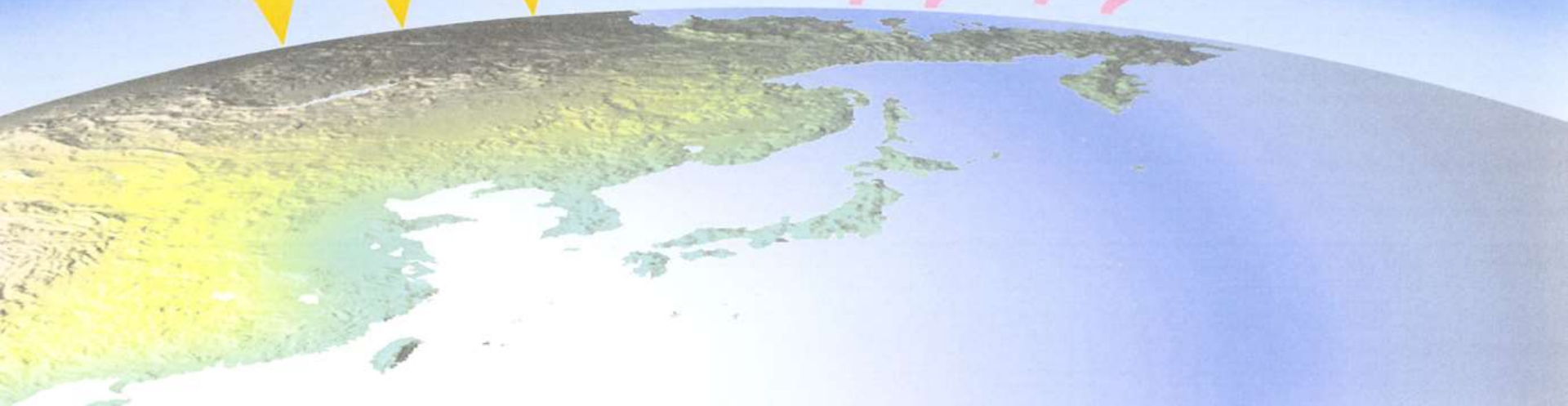
日射エネルギー



赤外線



二酸化炭素など



温暖化のしくみ

日射エネルギー

赤外線

二酸化炭素など

実際には、大気中に二酸化炭素やメタンなどの気体(温室効果ガス)があるため、大気は地球に向けて赤外線を再放射する。そのため、地上気温は上昇し、約15℃に保たれる → 「温室効果」

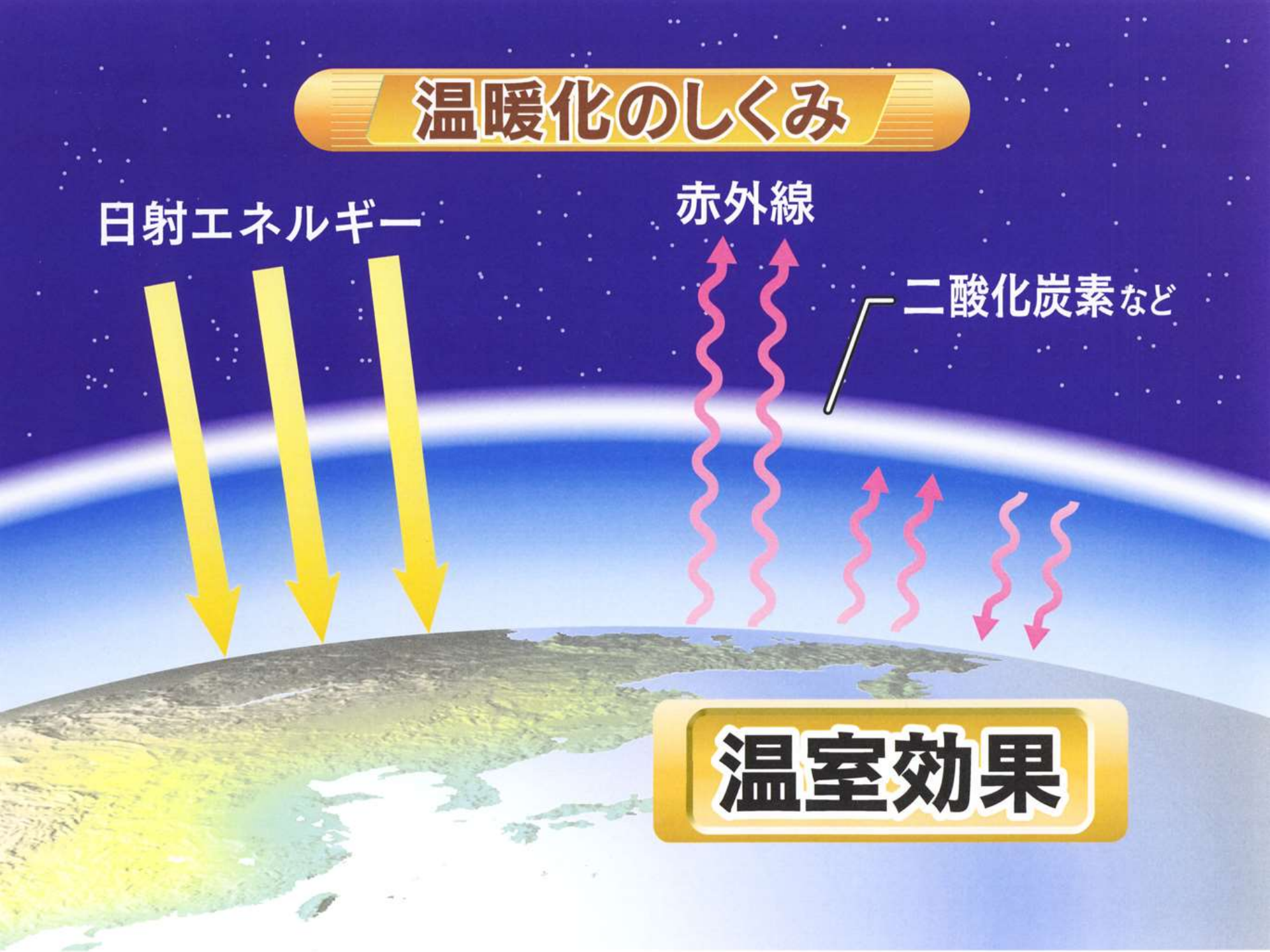
温暖化のしくみ

日射エネルギー

赤外線

二酸化炭素など

温室効果



温暖化のしくみ

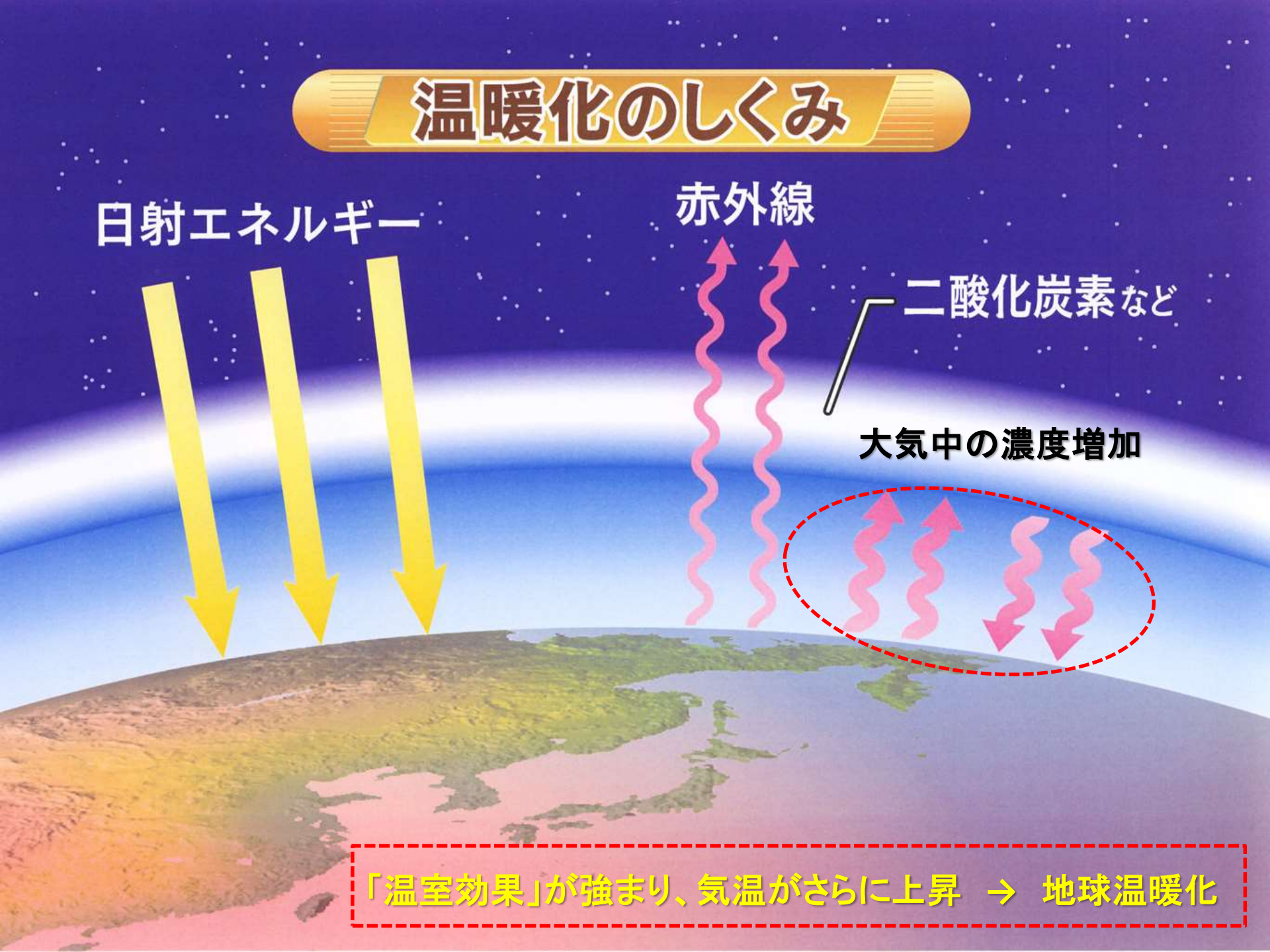
日射エネルギー

赤外線

二酸化炭素など

大気中の濃度増加

「温室効果」が強まり、気温がさらに上昇 → 地球温暖化



Heat Island（熱の島）とは？

ヒートアイランドという用語は、1958年に、イギリスの気候学者：ゴードン・マンレイ博士が論文の中で始めて用いた。

→ 本来のヒートアイランドは夏ではなく、寒候期の夜間～明け方の現象？

ロンドンで観測されたヒートアイランド

1959年5月14日早朝の等温線

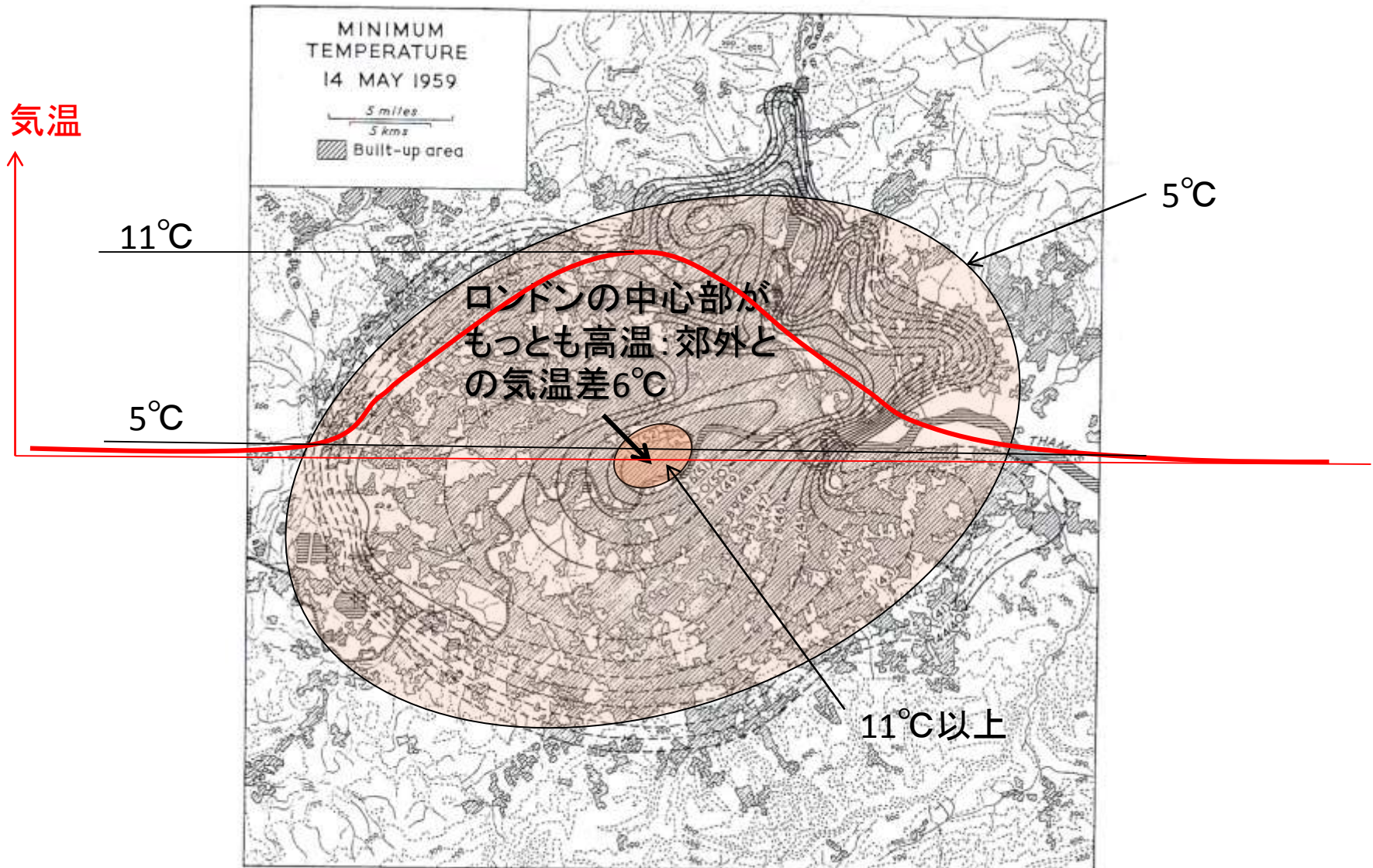


図2.8 静穏時のロンドンの最低気温分布（単位は°F、ただしカッコ内は°C）。
1959年5月14日。Chandler (1965) による。

東京では1930年代にヒートアイランド出現！

日六十月七年五和昭

(可読物便郵種二第)

市民諸君よ

この暑さは辛い特権
近代都市となつたおかげで
酷熱化した東京市街

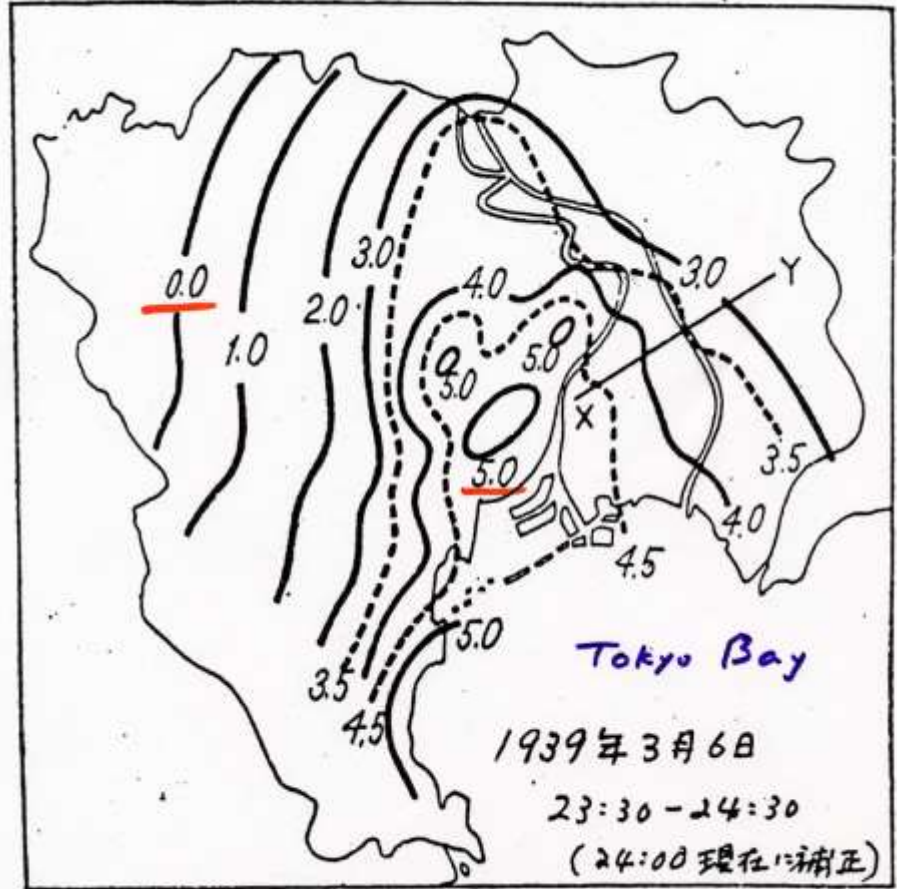
この暑さは辛い特権
近代都市となつたおかげで
酷熱化した東京市街

この暑さは辛い特権
近代都市となつたおかげで
酷熱化した東京市街

この暑さは辛い特権
近代都市となつたおかげで
酷熱化した東京市街

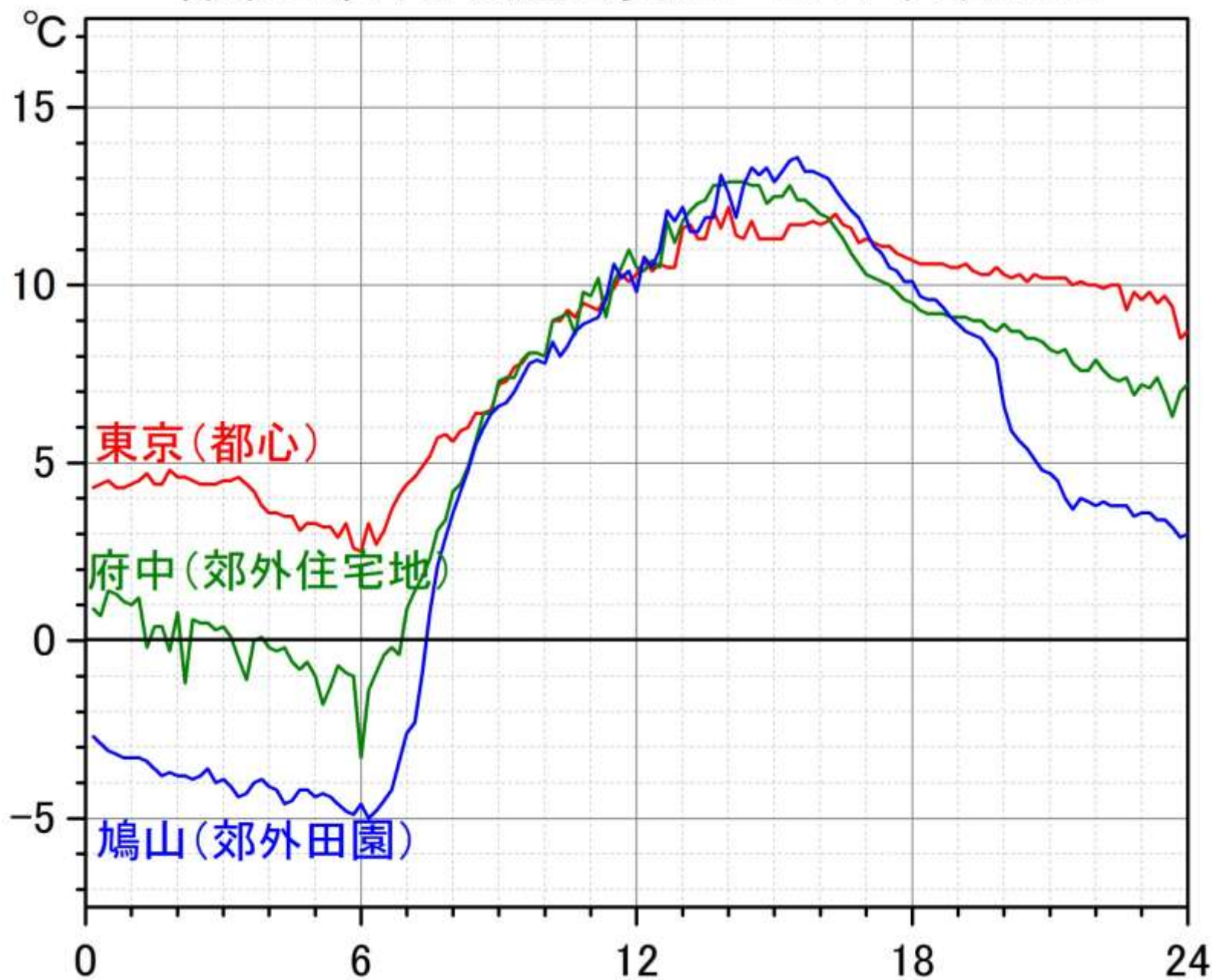
この暑さは辛い特権
近代都市となつたおかげで
酷熱化した東京市街

この暑さは辛い特権
近代都市となつたおかげで
酷熱化した東京市街



第4圖 東京市附近の気温分布 福井(1941)

都市と郊外の気温日変化： 2011年3月12日



首都圏のヒートアイランド解明に向けて、広域・高密度気象観測を実施中

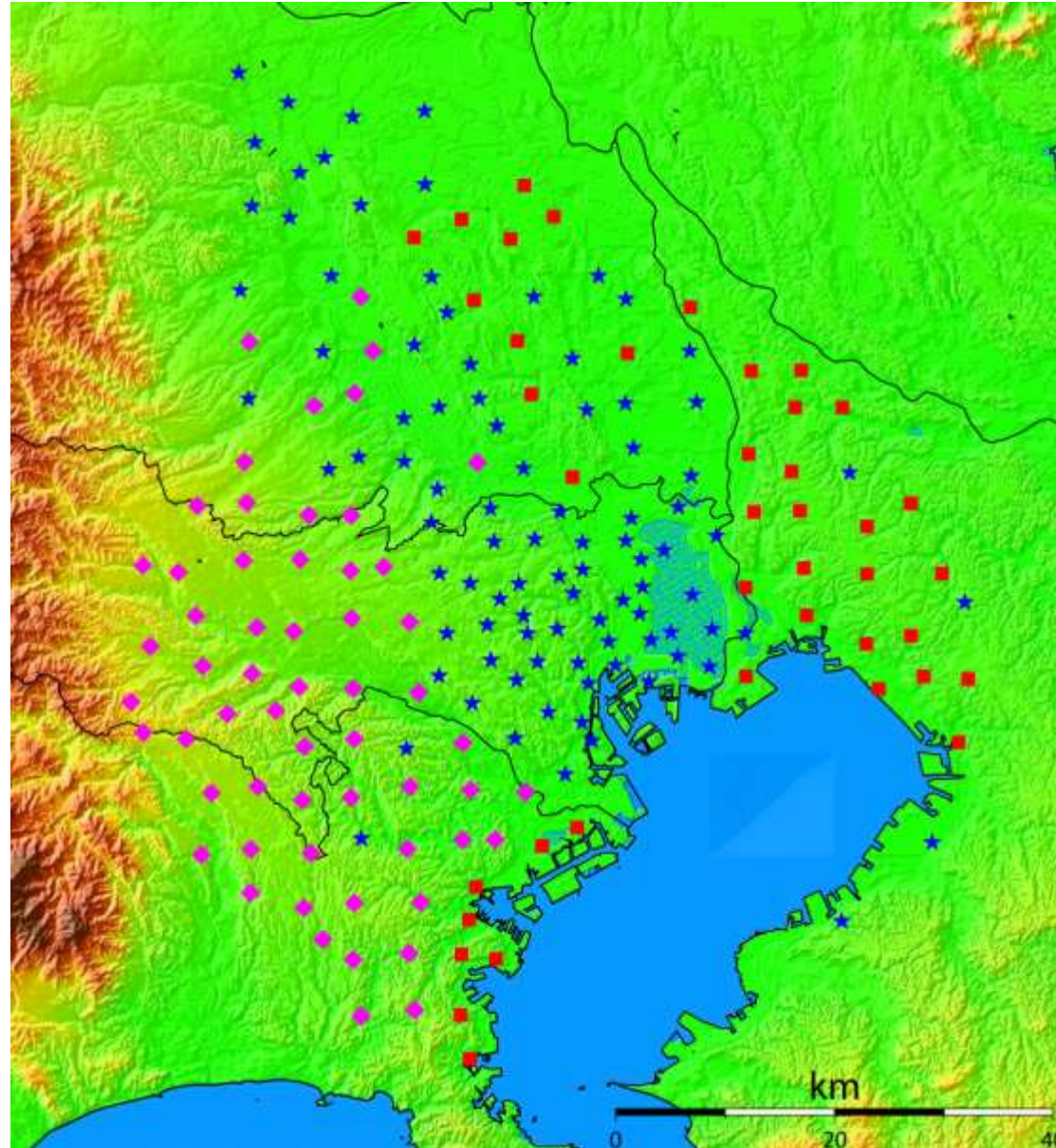
ヒートアイランド広域化と短時間局地的大雨の解明に対応するため、広域METROSを設置

2006年5月より観測開始、

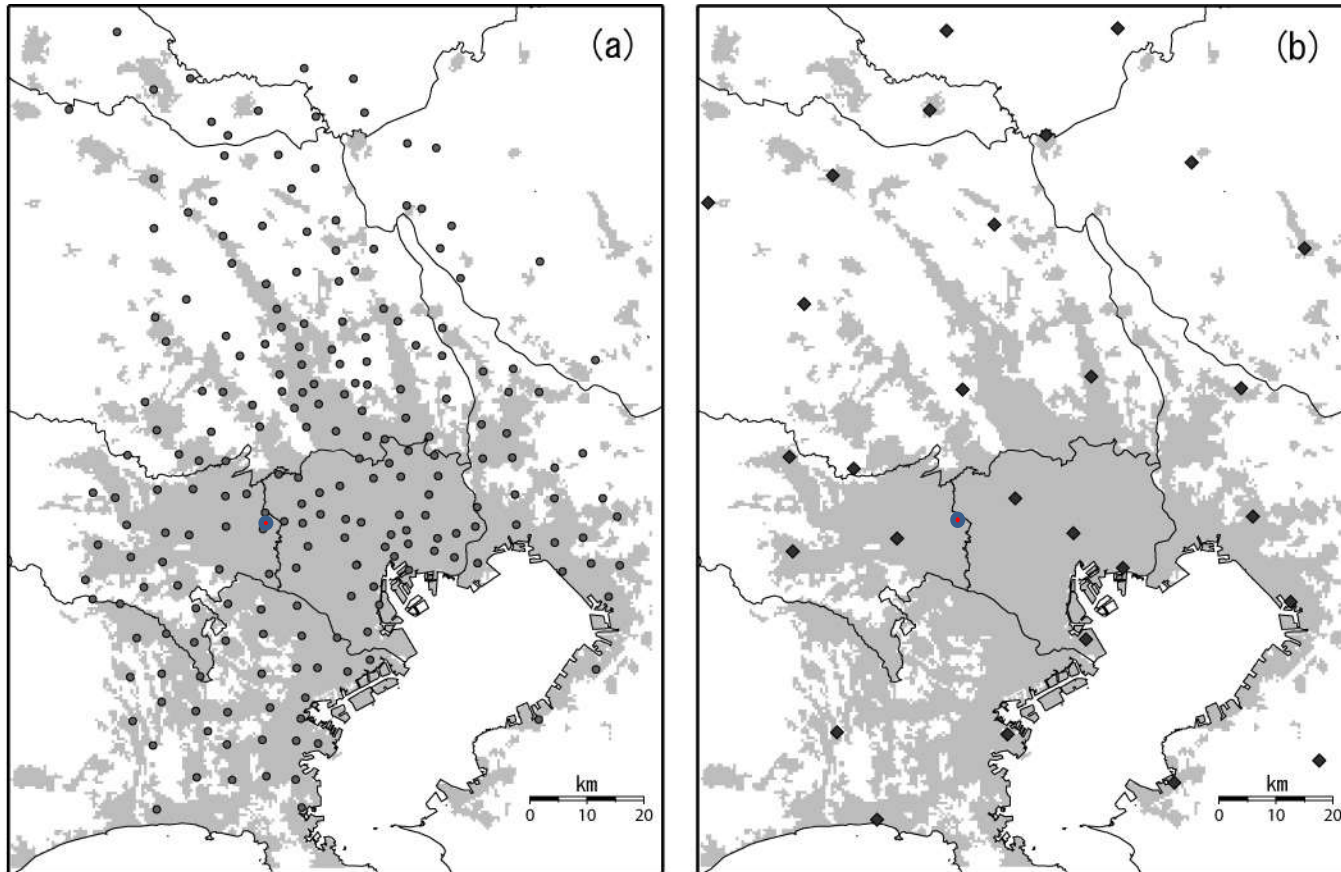
現在も継続中

現在、首都圏130地点で
気温・湿度を10分間隔で
観測中

気圧についても同様の観測を
実施中（独自観測＋
東大地震研MeSO-net）



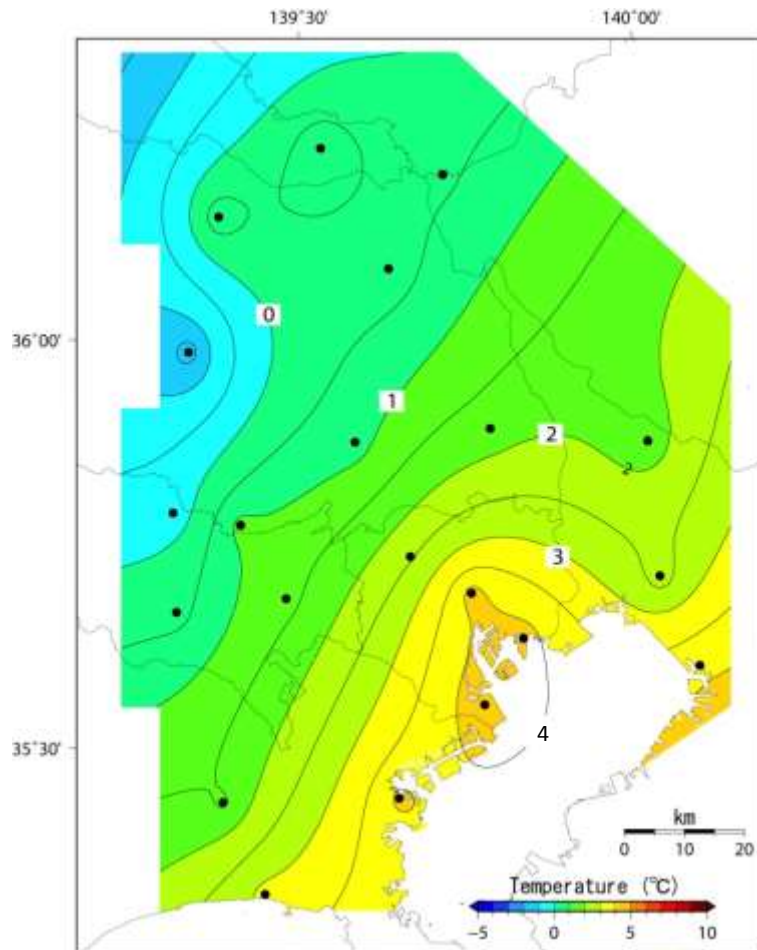
広域METROS(左図)およびAMeDAS(右図)の観測点分布



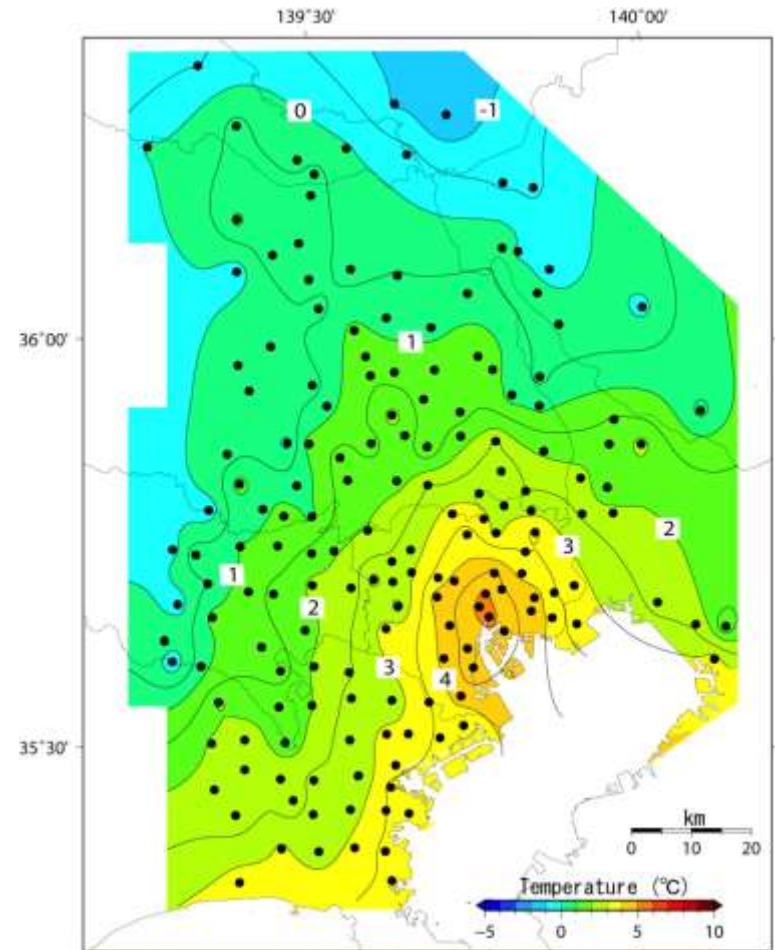
冬季(12~2月)の日平均最低気温分布

2006.12-2007.2および2007.12-2008.2の2年間の平均(単位℃)

(a)



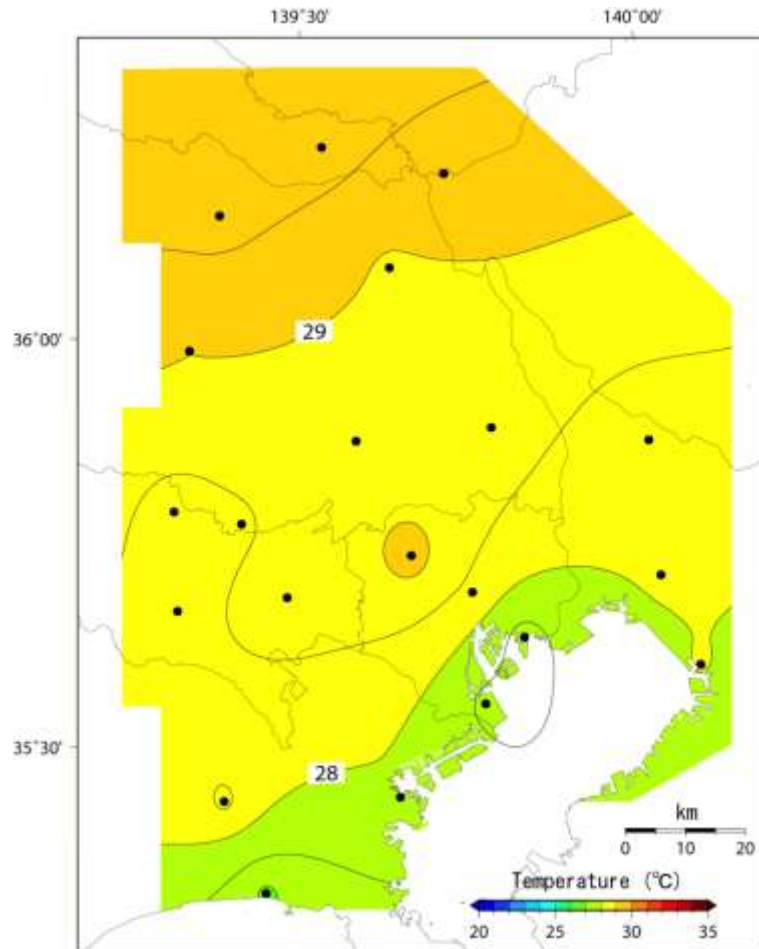
(b)



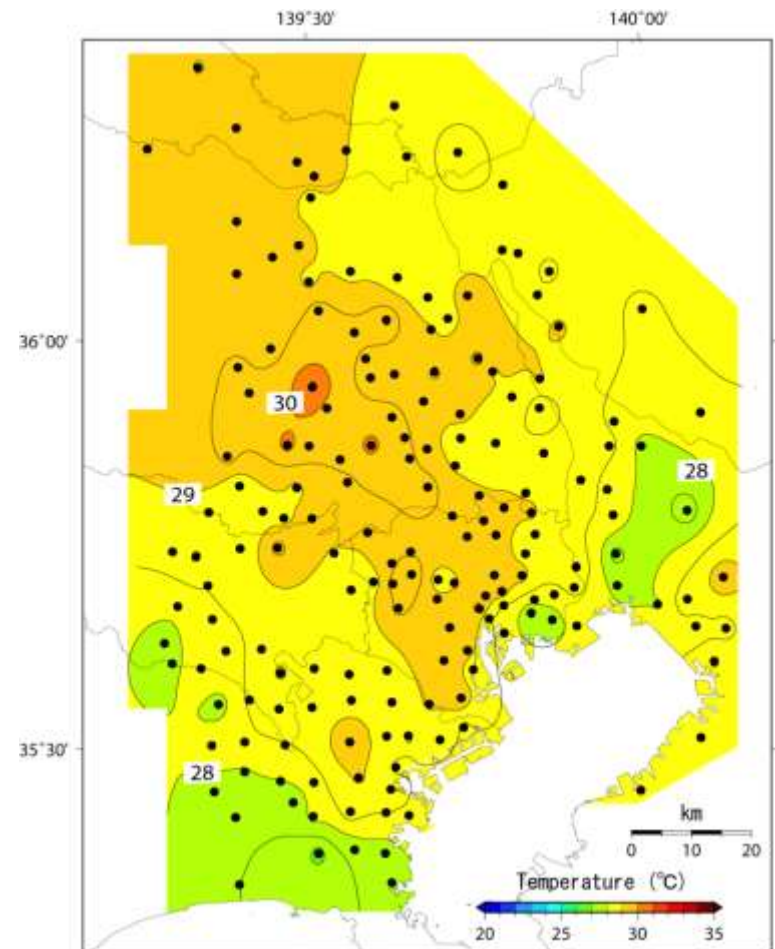
夏季(6~8月)の日平均最高気温分布

2006.8、2007.6-8および2008.6-7の2年間の平均(単位℃)

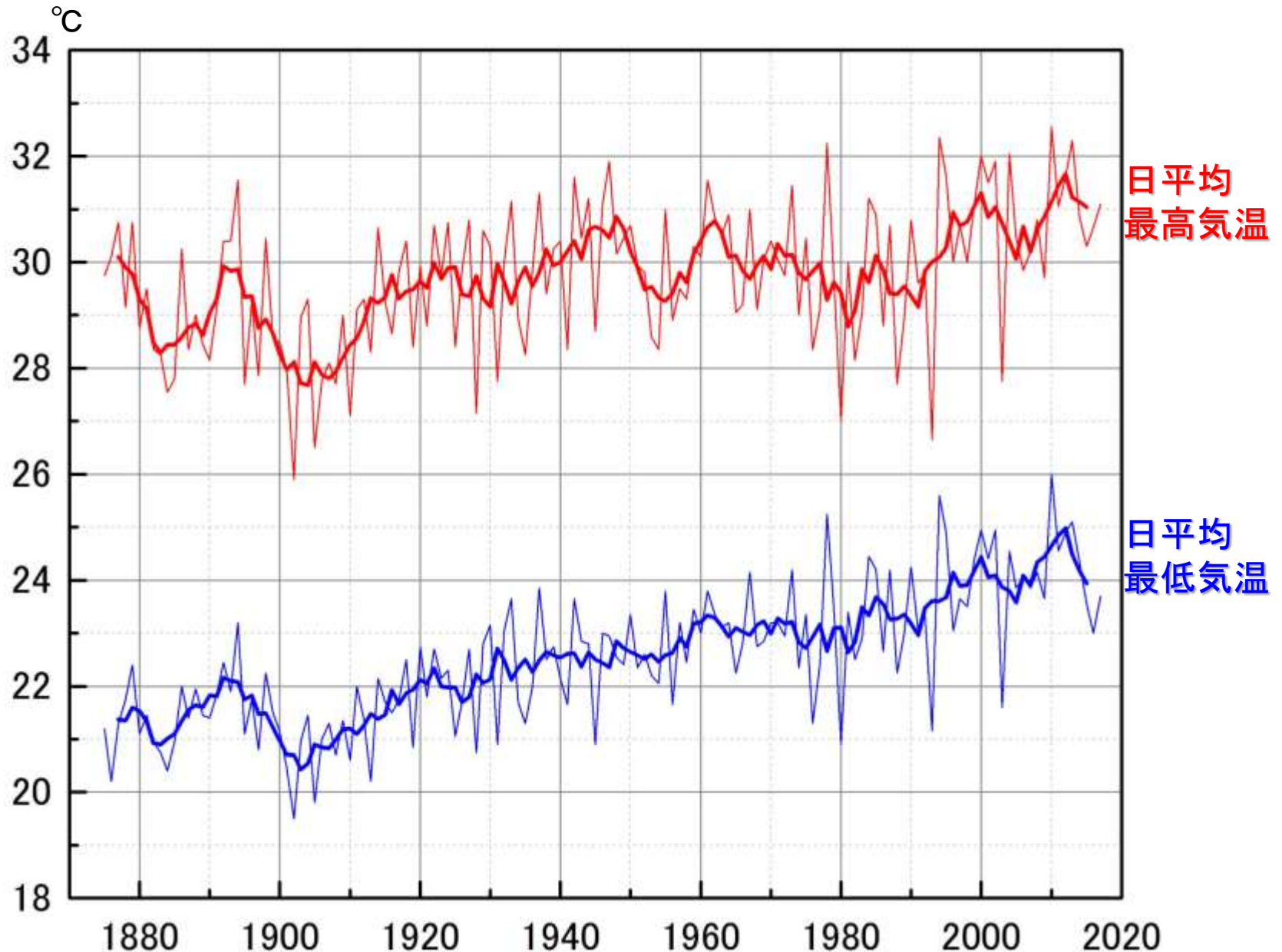
(a)



(b)



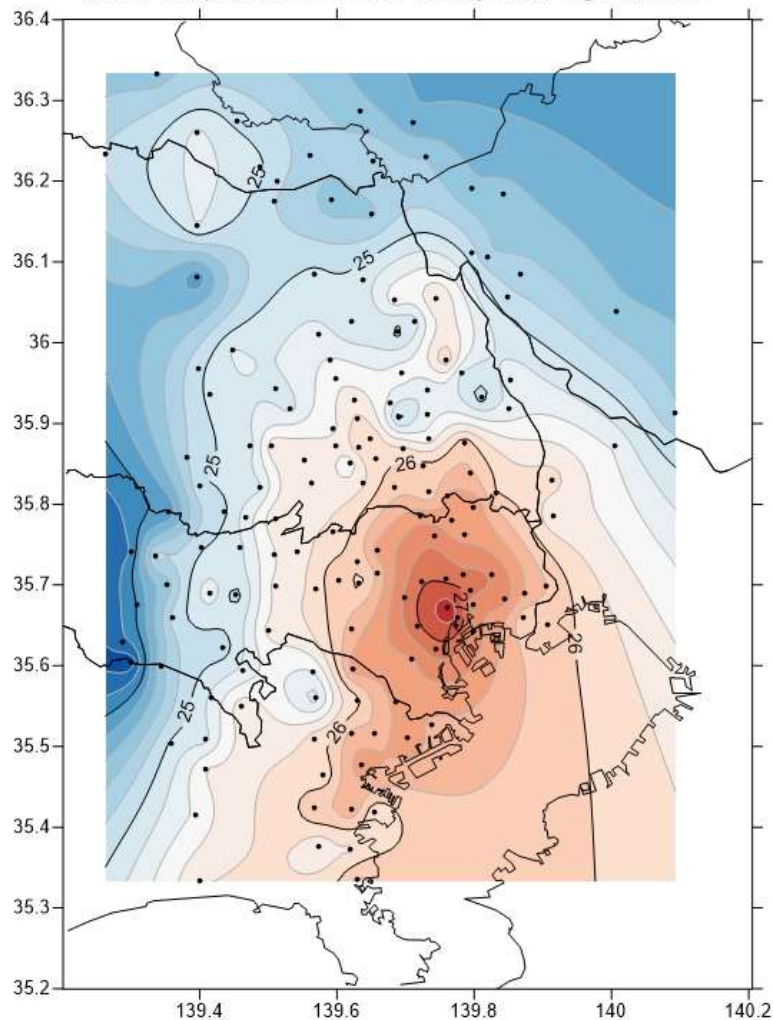
東京都心部の夏期(7/8月)気温変動



猛暑年2010年夏季(7~8月)の首都圏気温分布

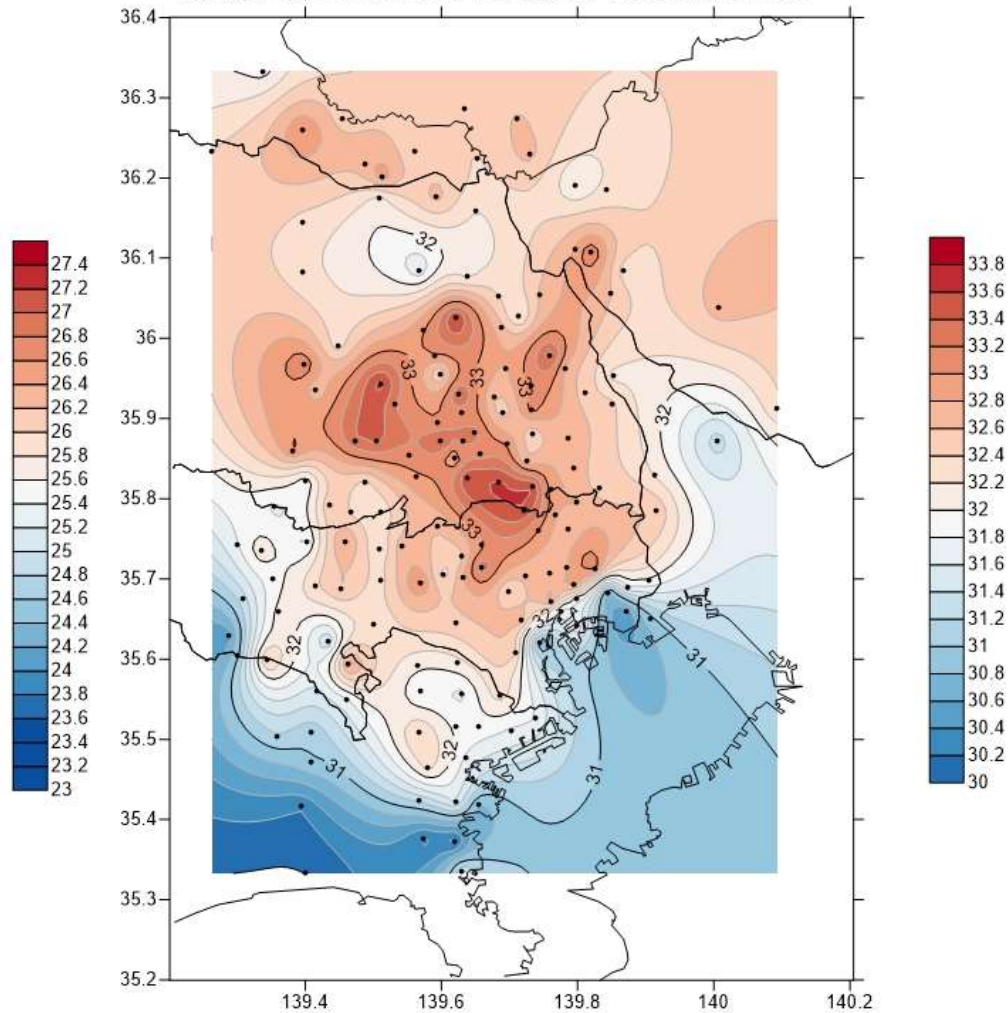
早朝(5:00)

Mean temperatures at 5:00 in July and August, 2010



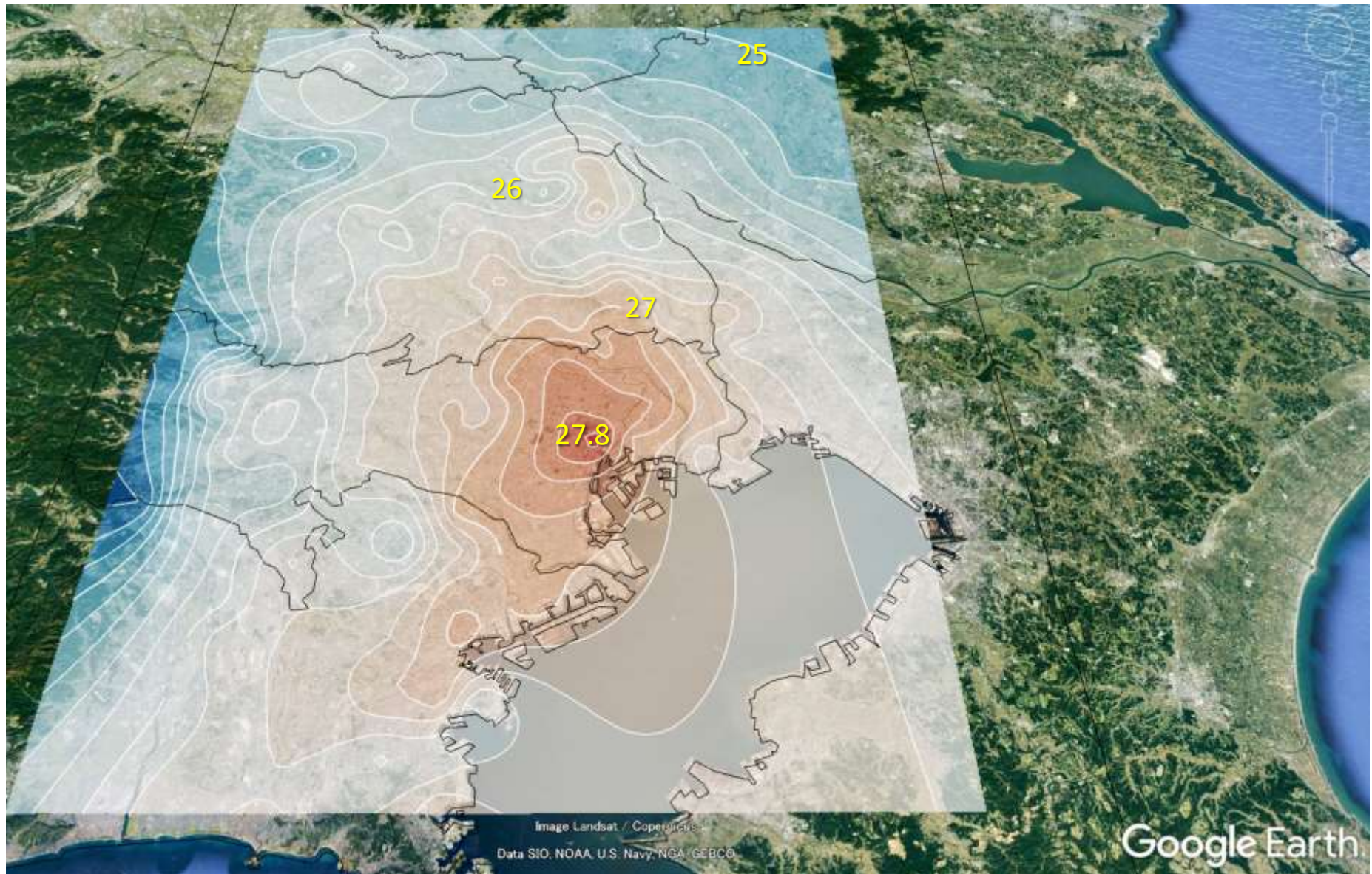
日中(14:00)

Mean temperatures at 14:00 in July and August, 2010



首都圏・夏期夜間のヒートアイランド

2010年7-8月平均 21:00-07:00

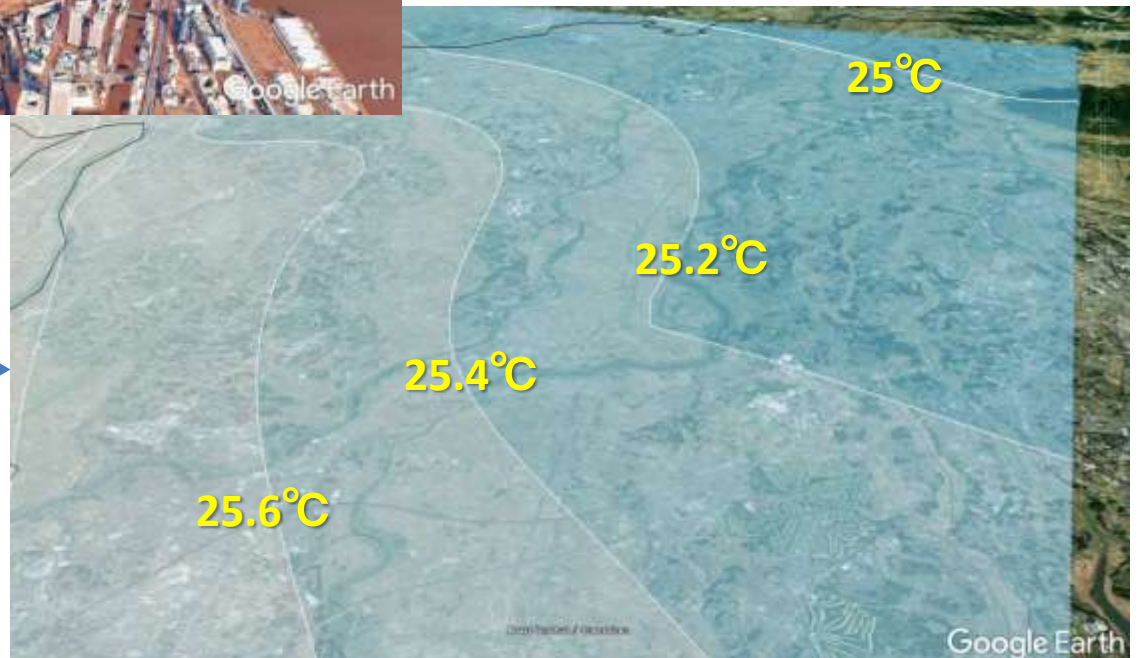


夏期夜間のヒートアイランドと土地利用

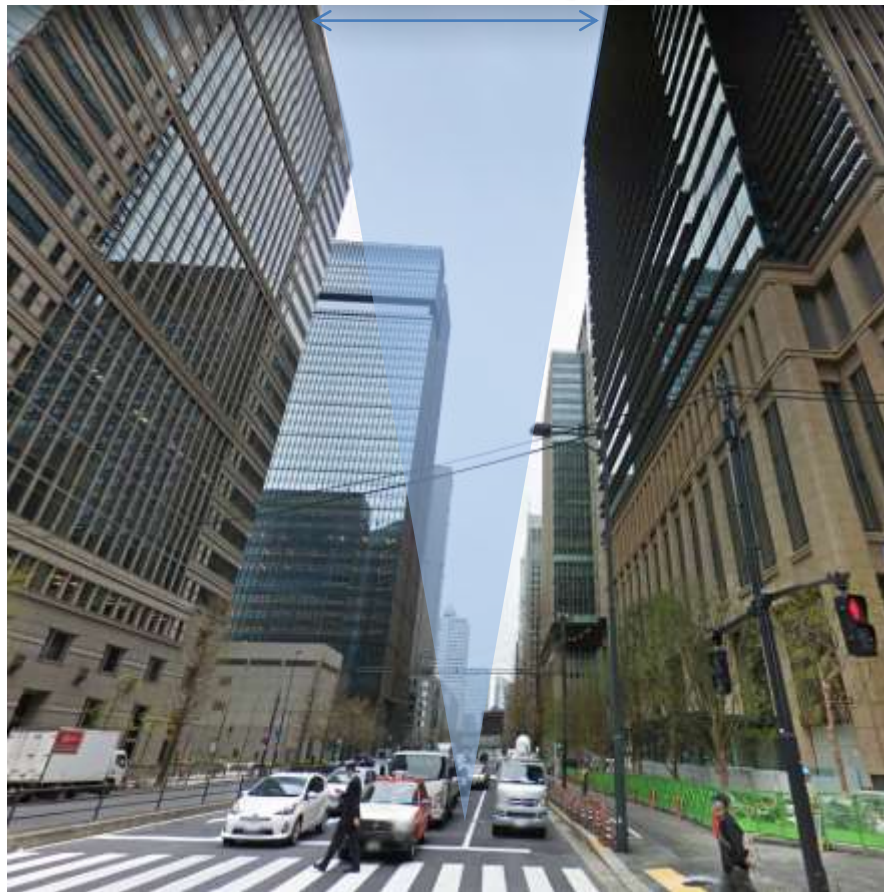


← 都心部
Urban Center

郊外田園地帯 →
Rural Area



都心ビル街



★人工排熱〔大〕（オフィス、自動車、工場）

★人工表面（コンクリート、アスファルト）

→ 日中加熱・蓄熱、夜間放熱：低反射率、非保水・非透水性

→ 天空率〔小〕→ 夜間放射冷却抑制（熱がこもりやすい）

★◆海風による冷却効果 → 沿岸部〔強〕、内陸部〔弱〕

郊外水田地帯



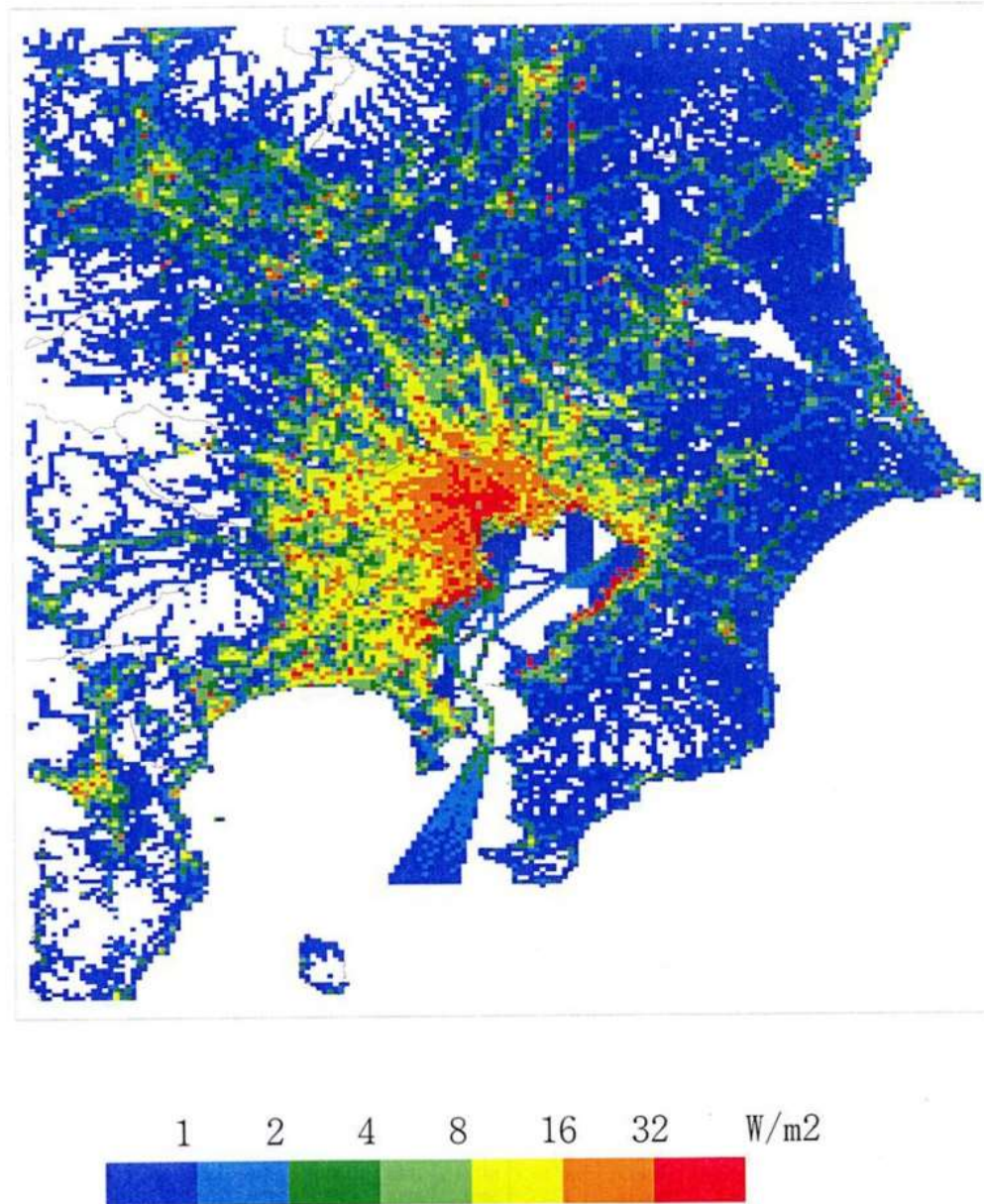
◆人工排熱〔小〕（散在する集落、木造家屋）

◆自然土地利用（田畑、林、川、池など）

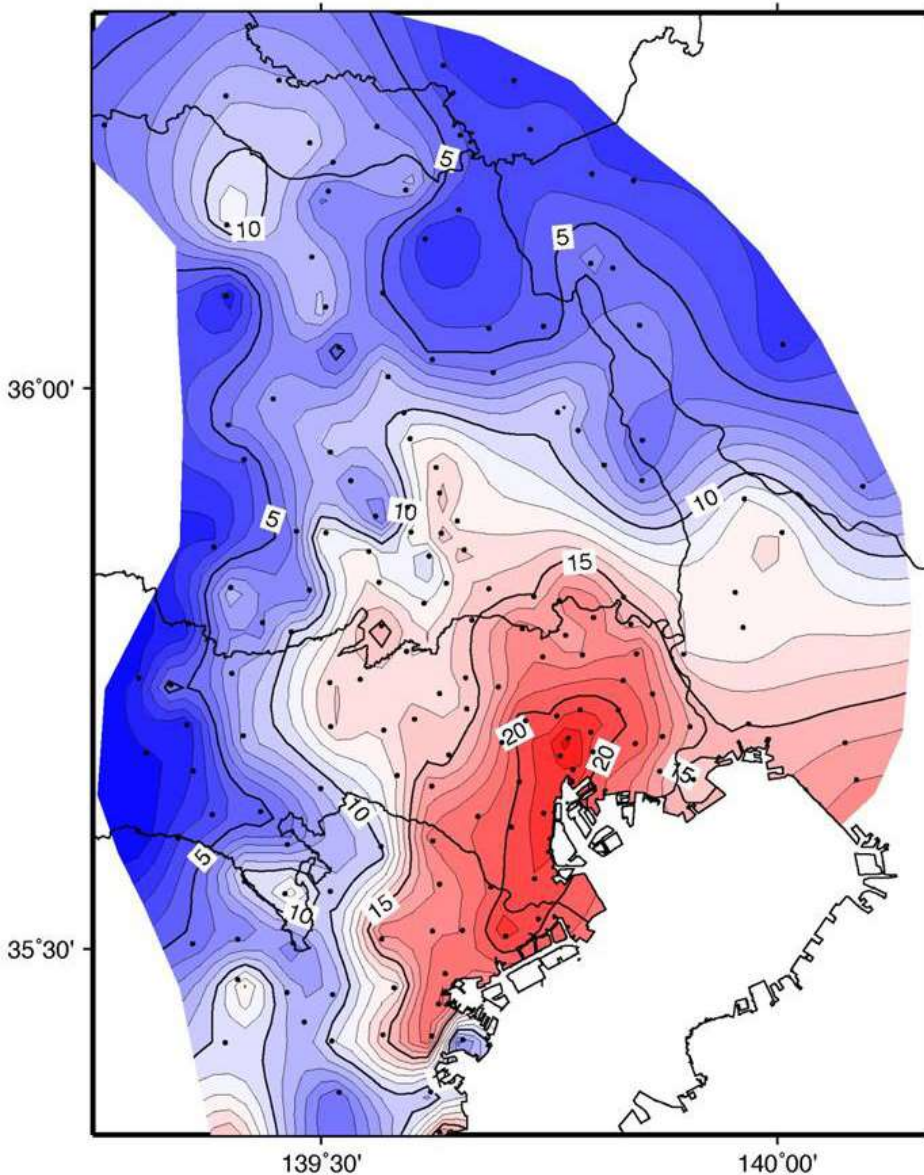
→ 高反射率、保水・透水性、蒸発散

→ 天空率〔大〕→ 放射冷却促進（熱が逃げやすい）

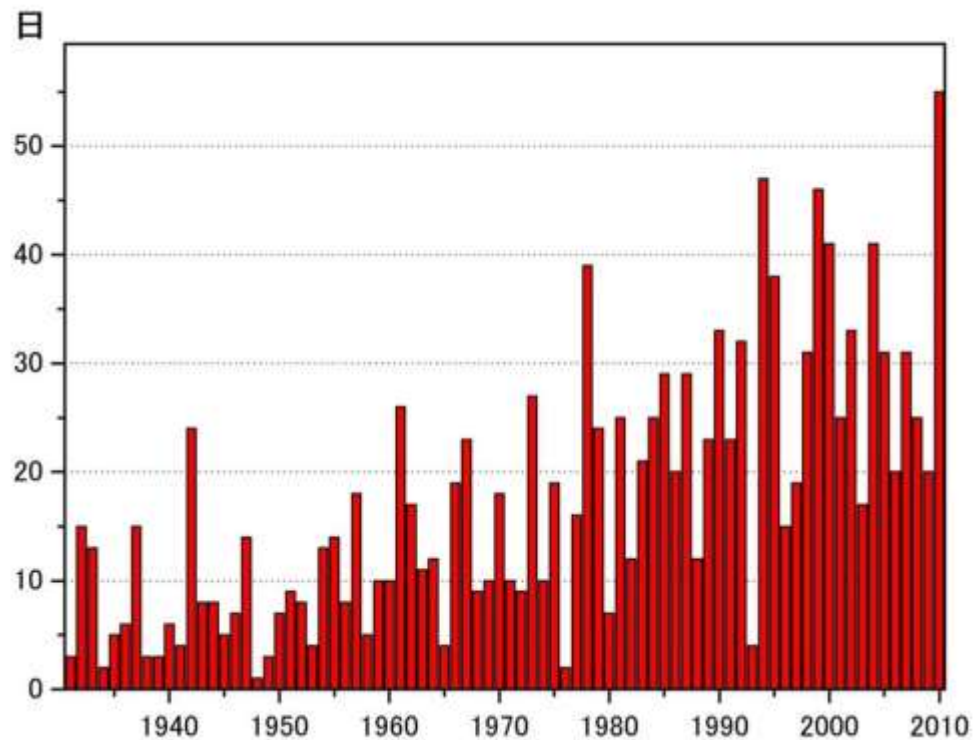
人工排熱量分布(1994年度年平均推計値:単位 W/m^2)



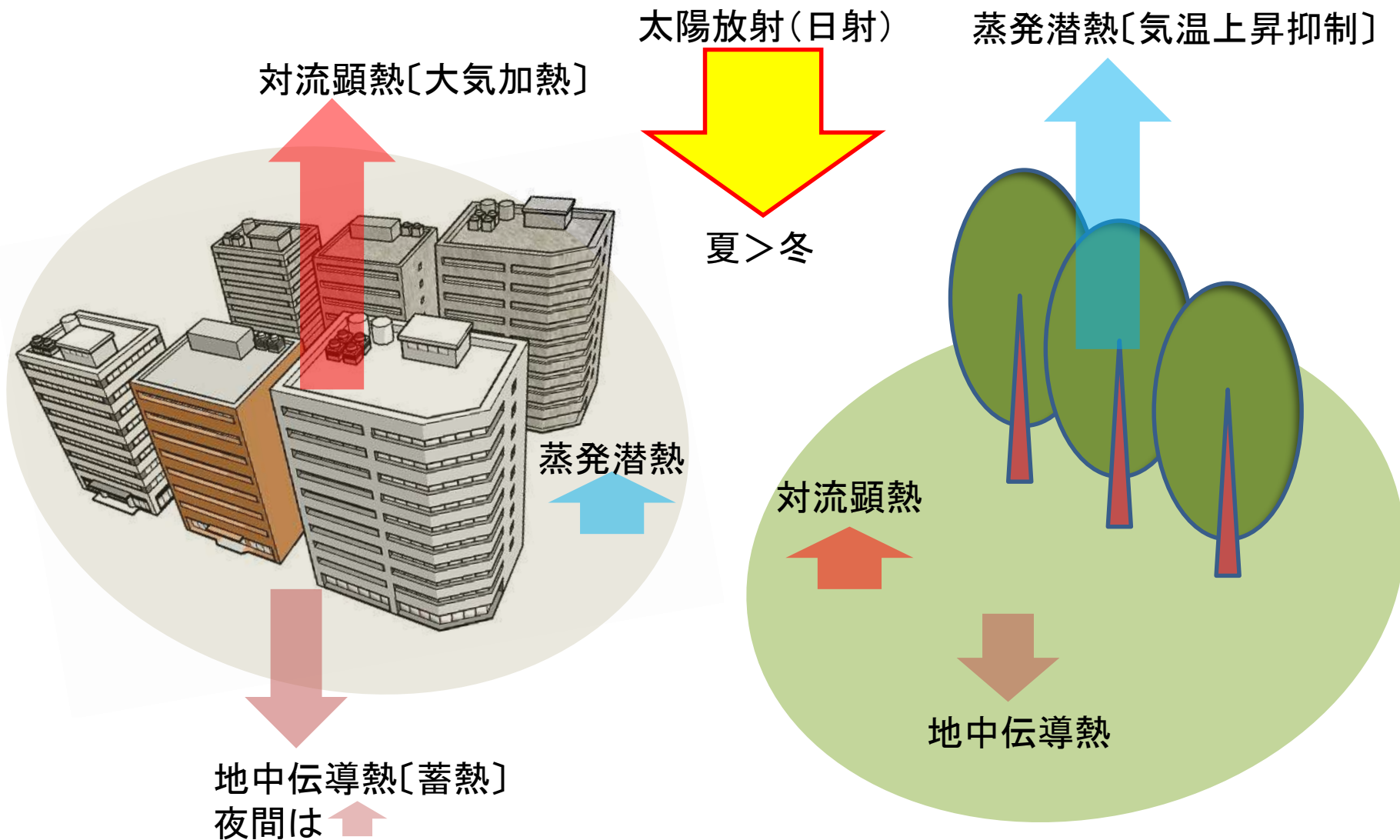
首都圏の熱帯夜日数分布 (2011年7月1日～31日)



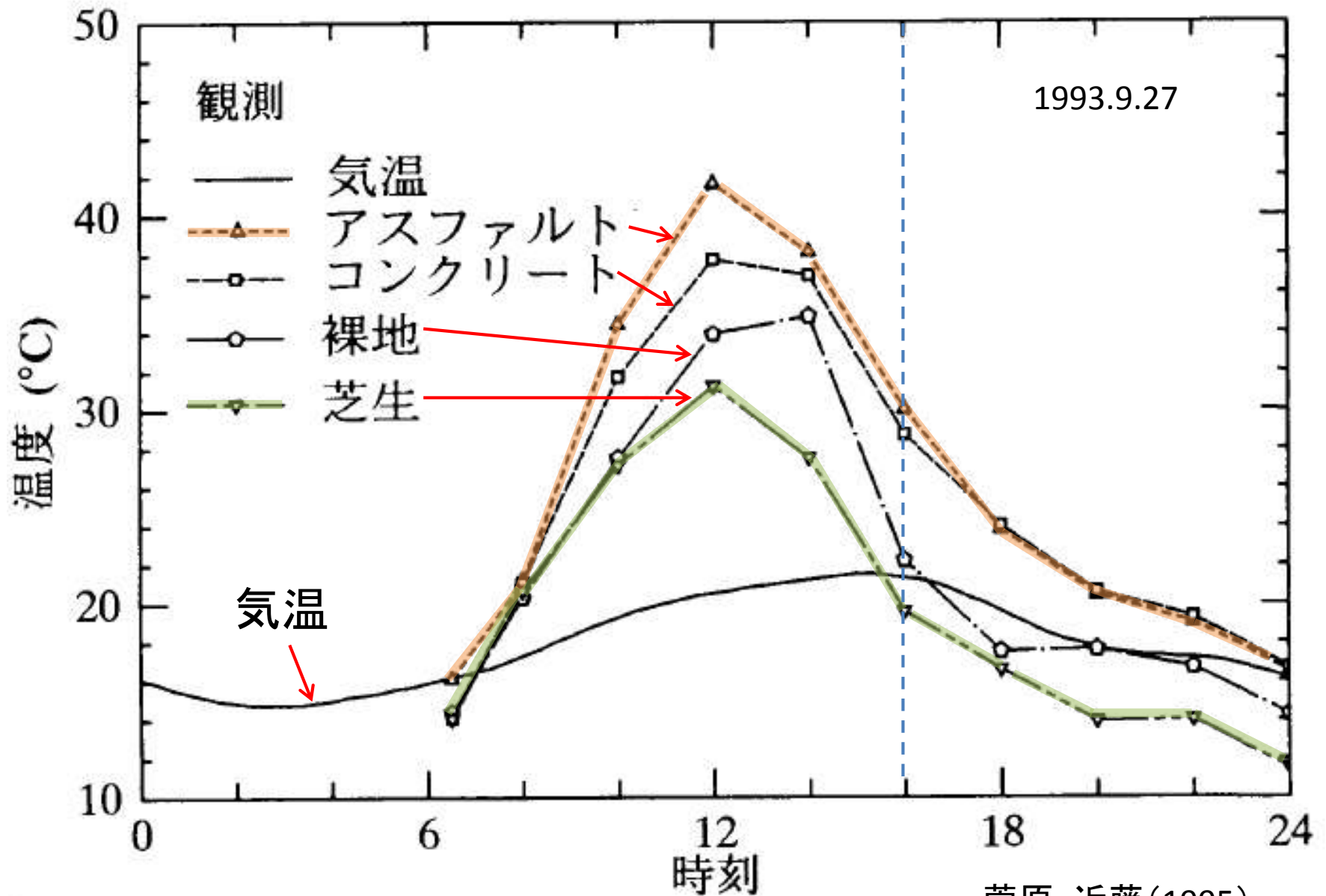
東京都心部(大手町)における 熱帯夜日数の経年変化(1931-2010)



都市と郊外の熱収支を較べる

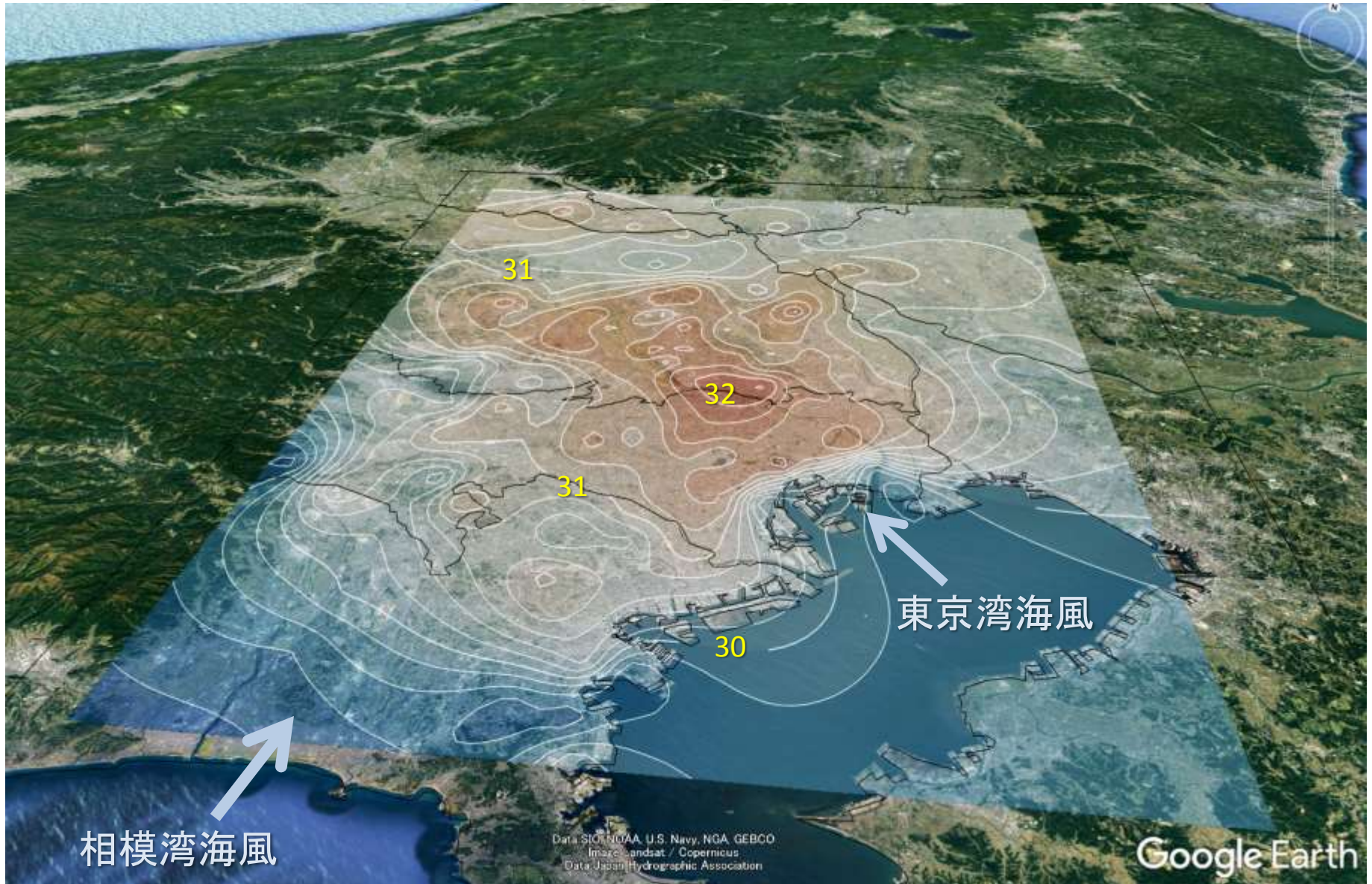


地表面温度の日変化



首都圏・夏期日中のヒートアイランド

2010年7-8月平均 10:00-19:00



JIC(英国気象学会誌)に掲載された論文: Yamato, Mikami & Takahashi (2017) と 日経新聞(2017.6.17)の紹介記事

EFFECT OF SEA BREEZE PENETRATION ON TOKYO'S MIDSUMMER TEMPERATURES

埼玉・川越 暑さ日本一?

日本で最も暑いのは埼玉
川越市かも? 首都大学
東京などは独自の気象観測
で、川越市は日本有数の「暑
い街」の熊谷市よりも最高
気温が1〜2度高いことを
明らかにした。気象庁の観
測網は川越をカバーしてお
らず、正確な気温を出せて
いない。英気象学会誌の電
子版に掲載された。三上岳
彦名誉教授は「典型的な夏
日のときは川越の方が常に
暑い」と話す。

国内では熊谷は2007
年、国内2位の40・9度

首都大東京、独自に観測

を記録。国内最高は高知県
江川崎の41・0度で、川越
はそれを上回る日もあつ
たのではないかとみてい
る。

研究チームは首都圏約2
00カ所に独自の観測網を
展開している。06〜10年の
猛暑の日を分析したところ
、気温が最も高かったのは
川越だった。都心で発生
したヒートアイランド現象
で、午後の気温の上昇を抑
える海風が入りにくくな
り、周囲より暑くなったと
いう。

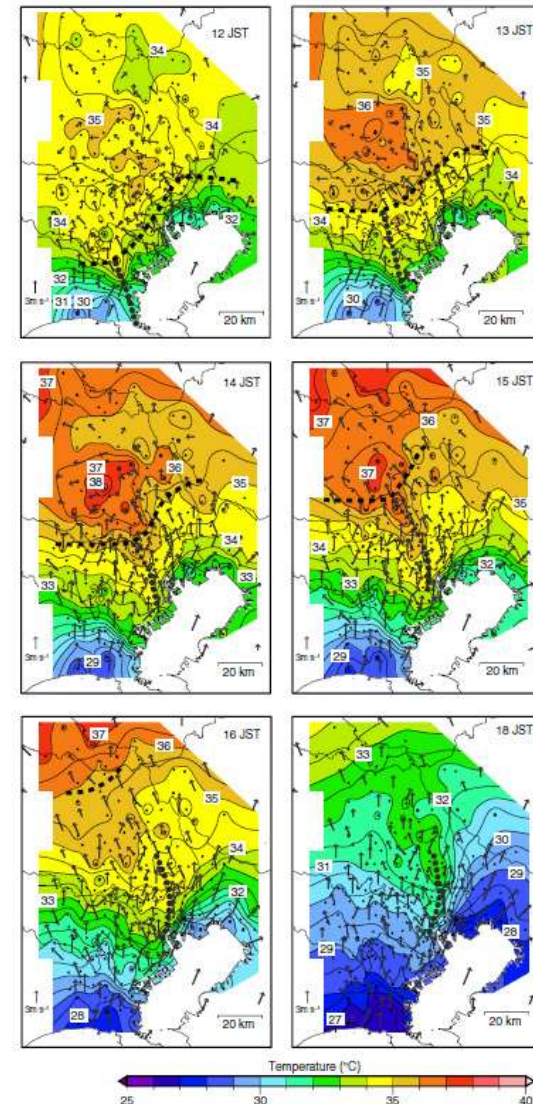
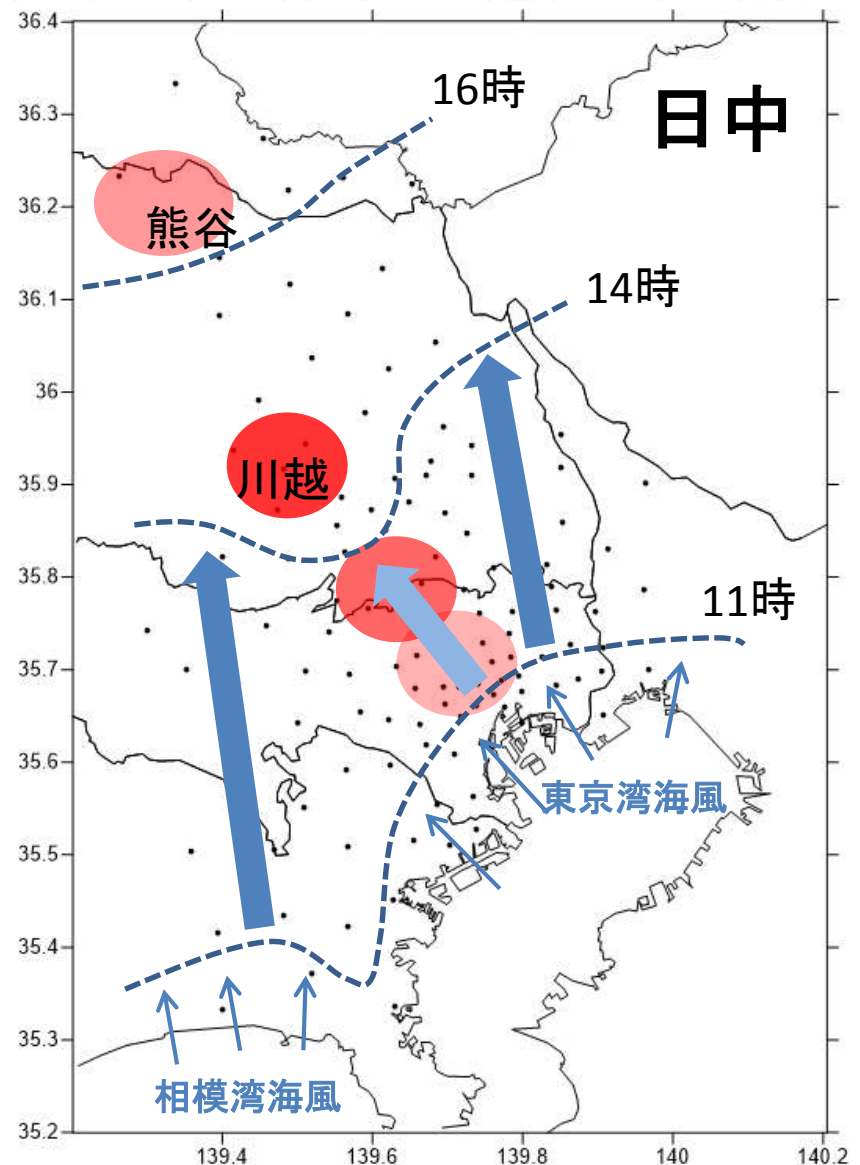
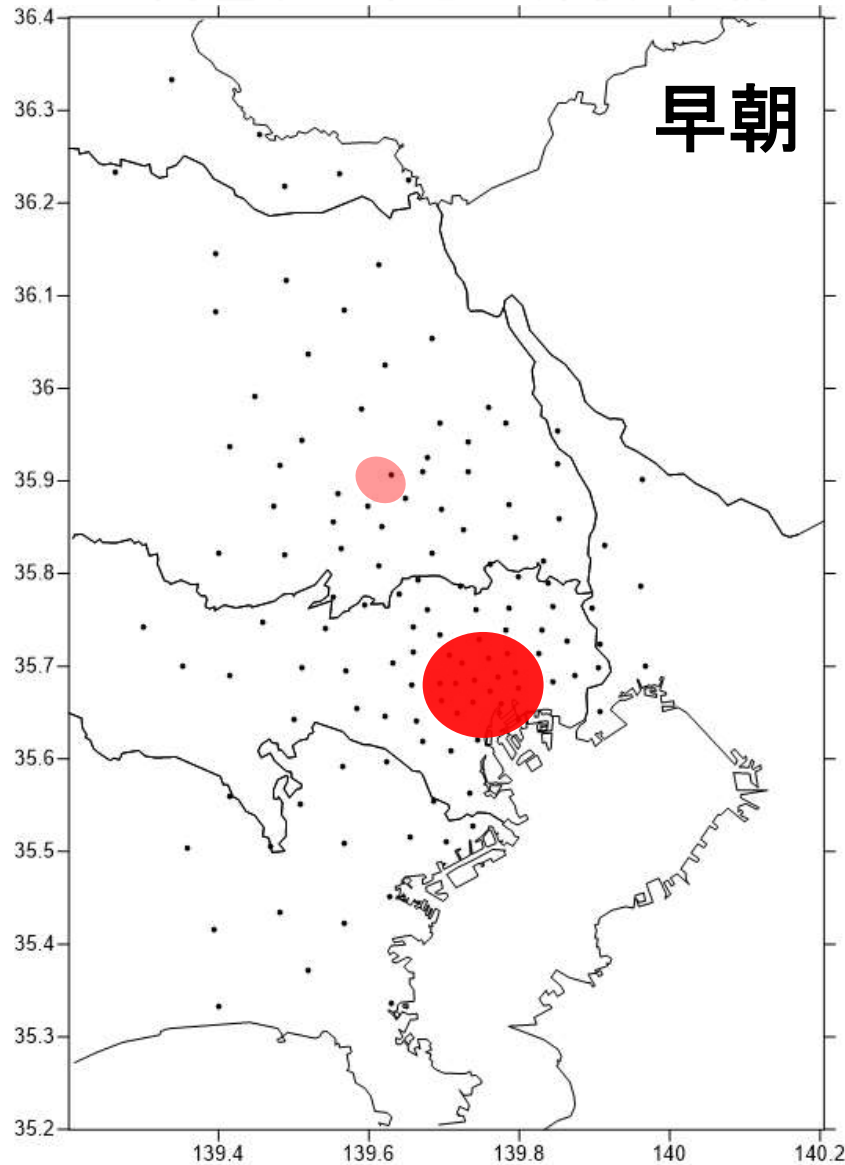


Figure 4. Temperature and surface wind distribution recorded on 4 August 2006. The sea breeze front is shown by the dashed line. The convergence line is shown by the dotted line. [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com].

夏季のヒートアイランドと海風前線の役割

→ 高温域の中心： 深夜・早朝は銀座、日中は練馬～川越、夕方は熊谷



H.Yamato,T.Mikami and H.Takahashi(2017)に基づいて作図

東京都心部の気象観測地点(気象庁)はどこ？



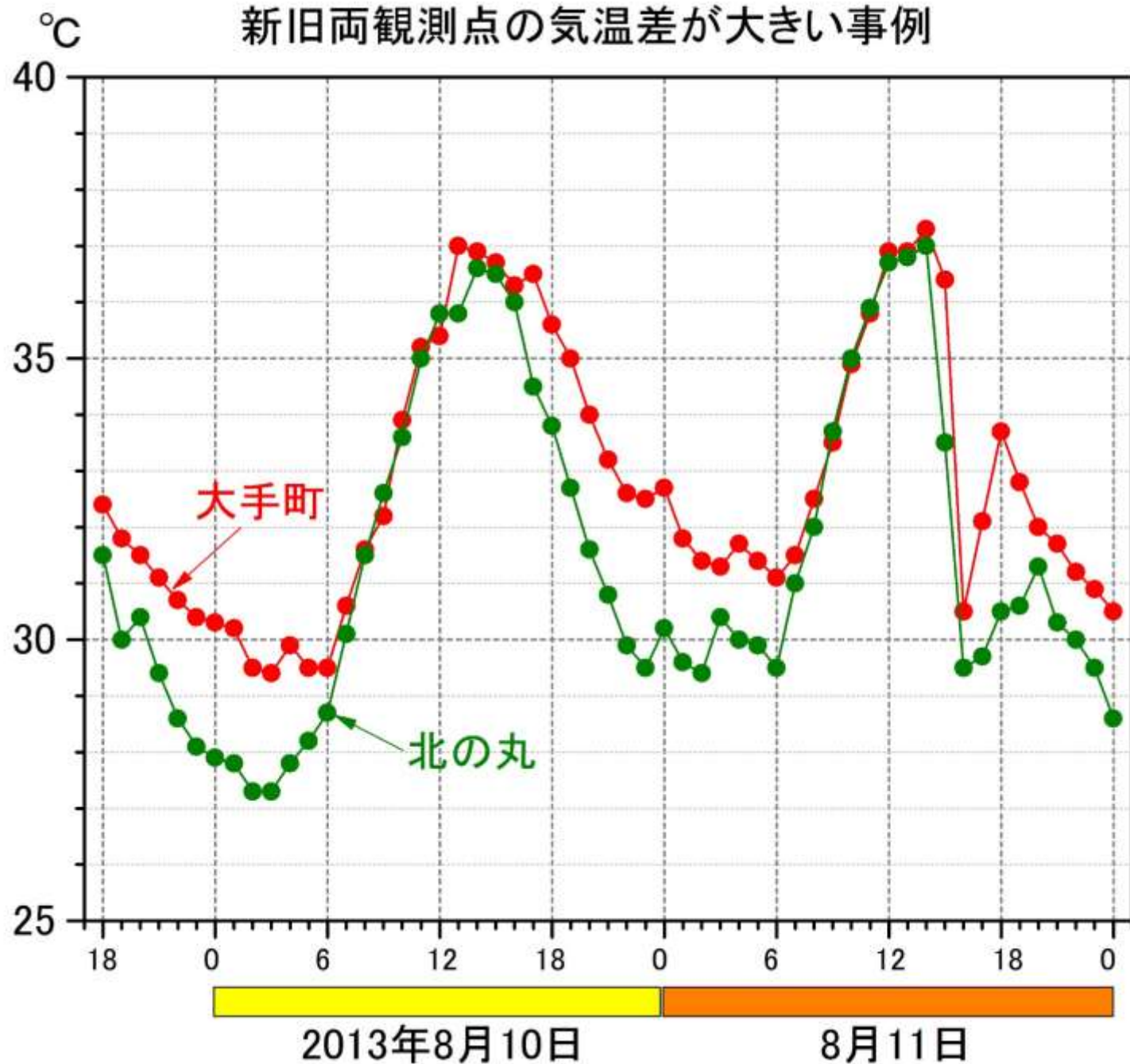
北の丸: 2012-



大手町: 1923-2014



新旧両観測点の気温差が大きい事例



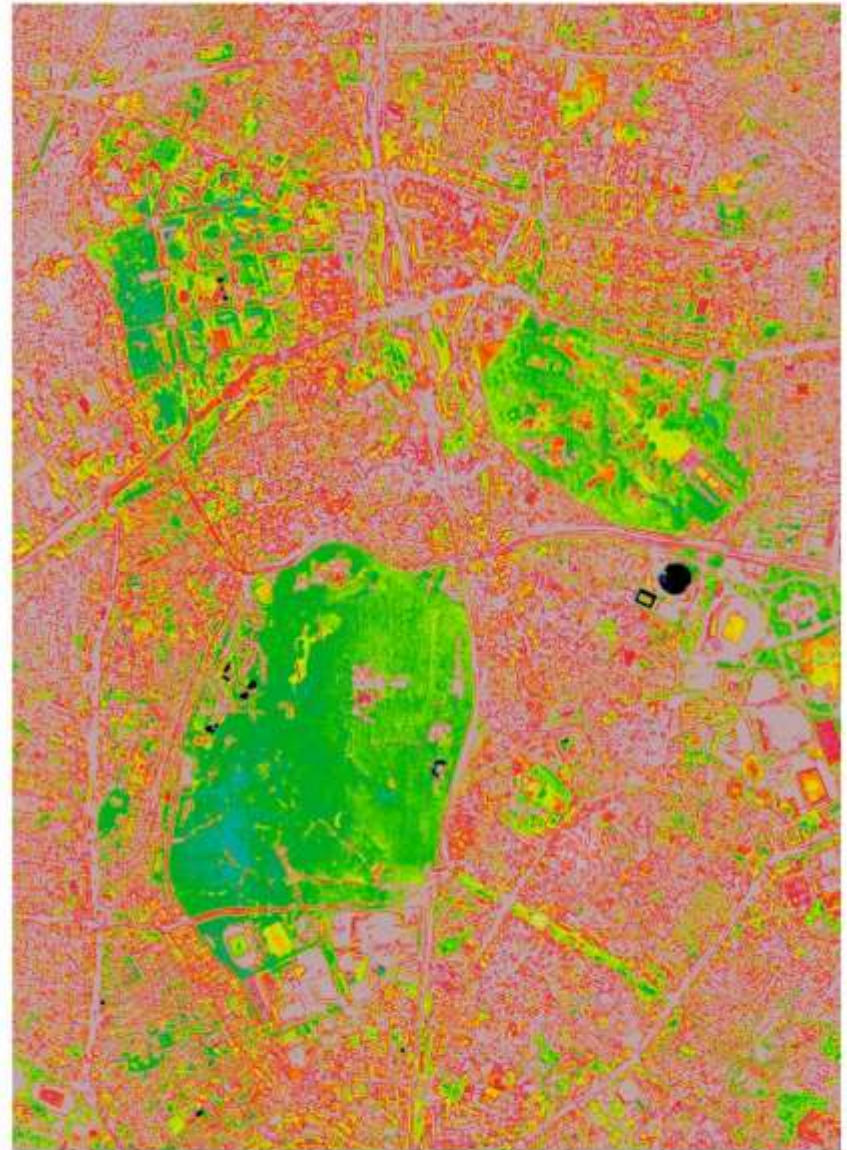
都市内緑地のクールアイランド効果

緑地内冷氣の市街地への流出
新宿御苑での観測事例

ヒートアイランド緩和のキーワードは
水と緑と風！



新宿・代々木公園サーモマップ

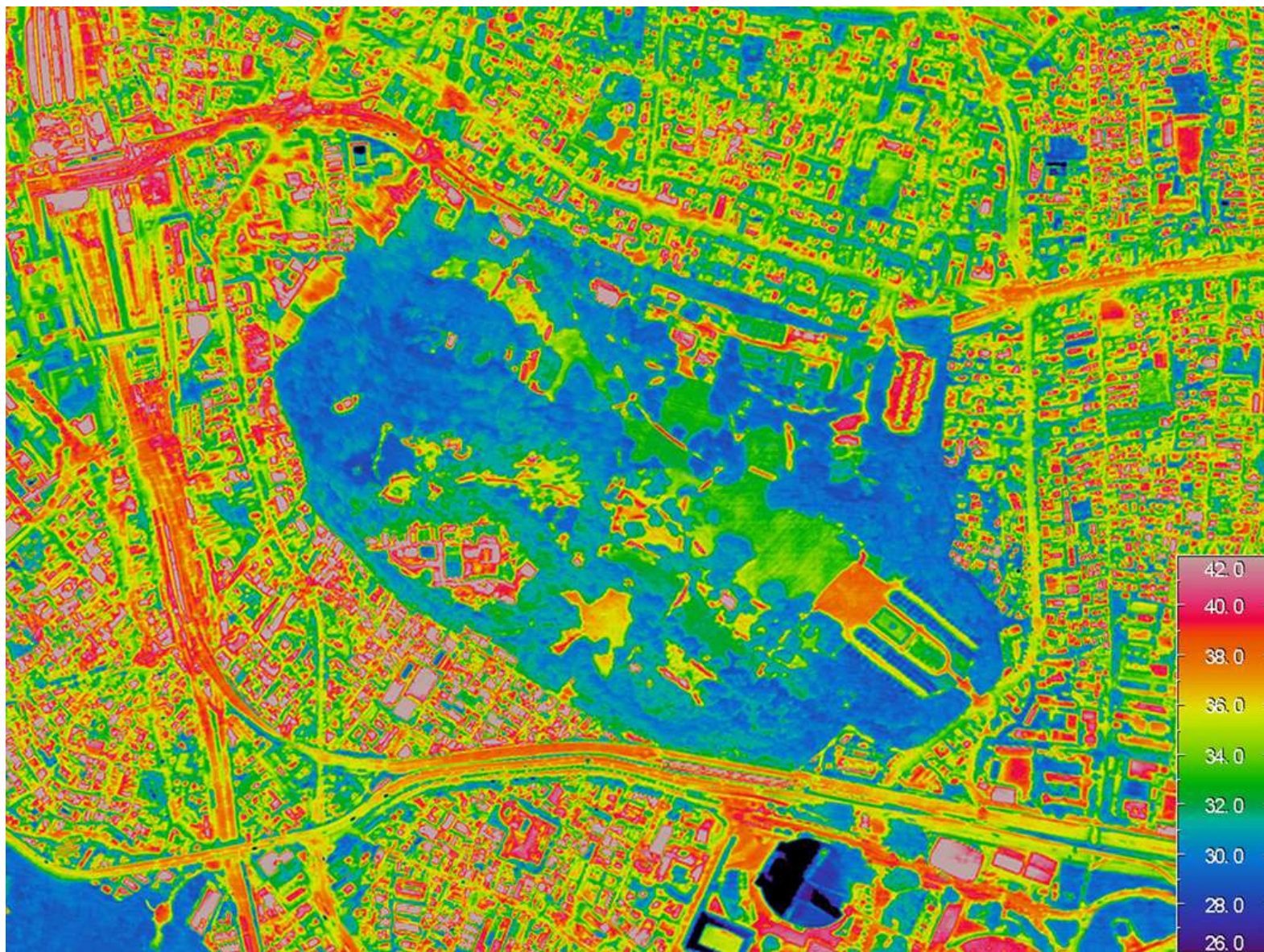


0 500 1,000 Meters

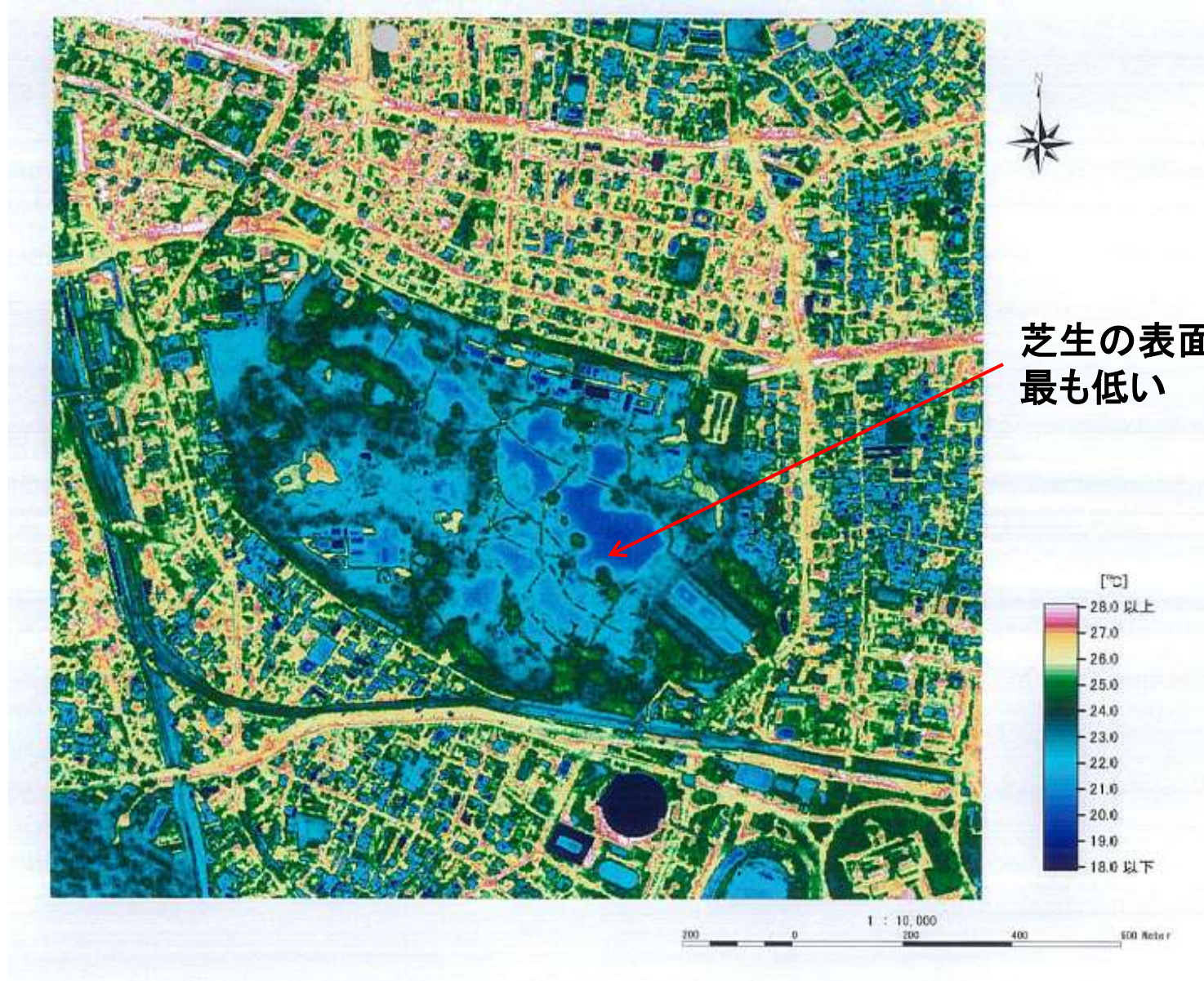
東京都心のオアシス 新宿御苑(58ヘクタール)



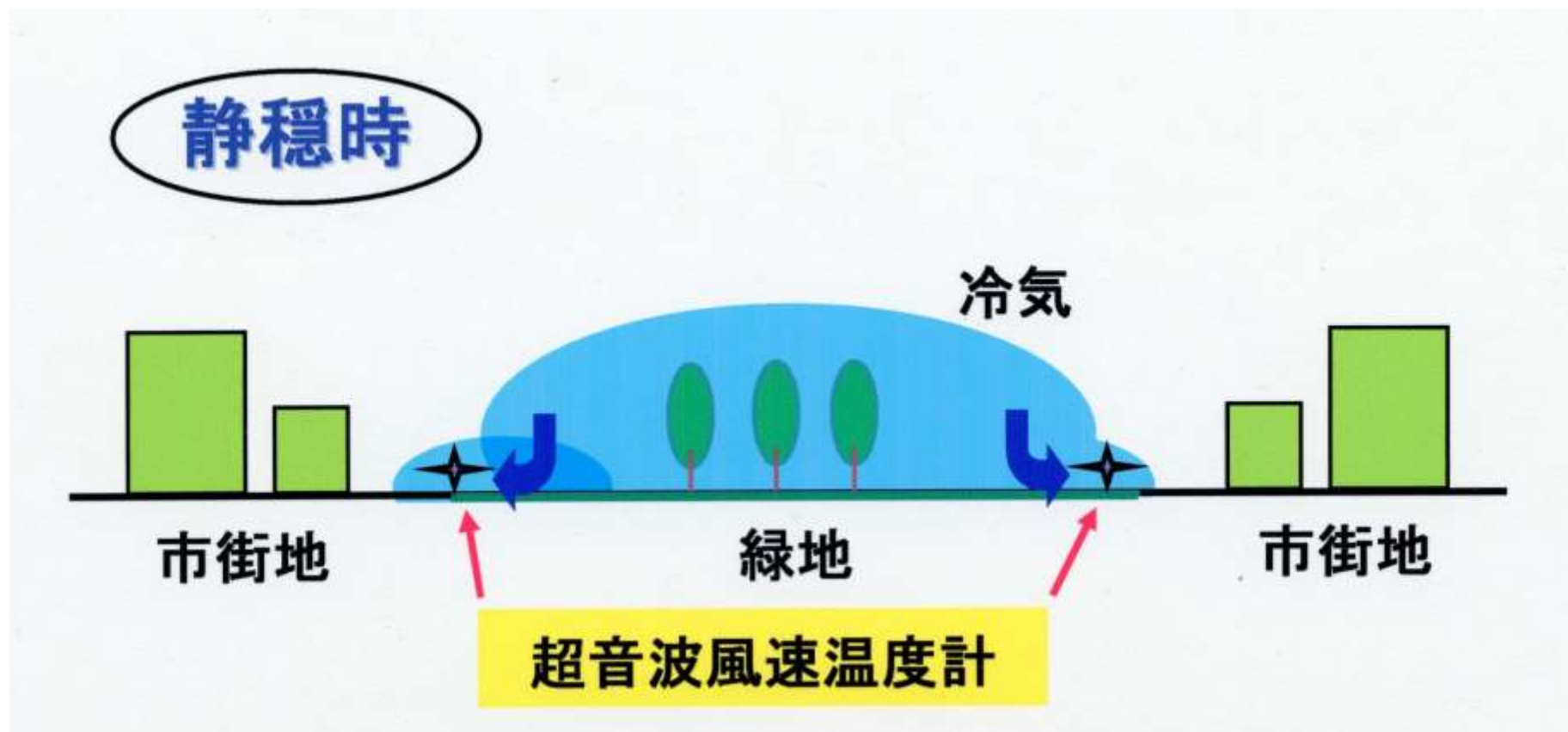
新宿御苑の熱画像(夏季日中の表面温度)



新宿御苑の熱画像(夏季早朝の表面温度)



冷氣にじみ出しのモデル



新宿御苑におけるクールアイランド効果の観測

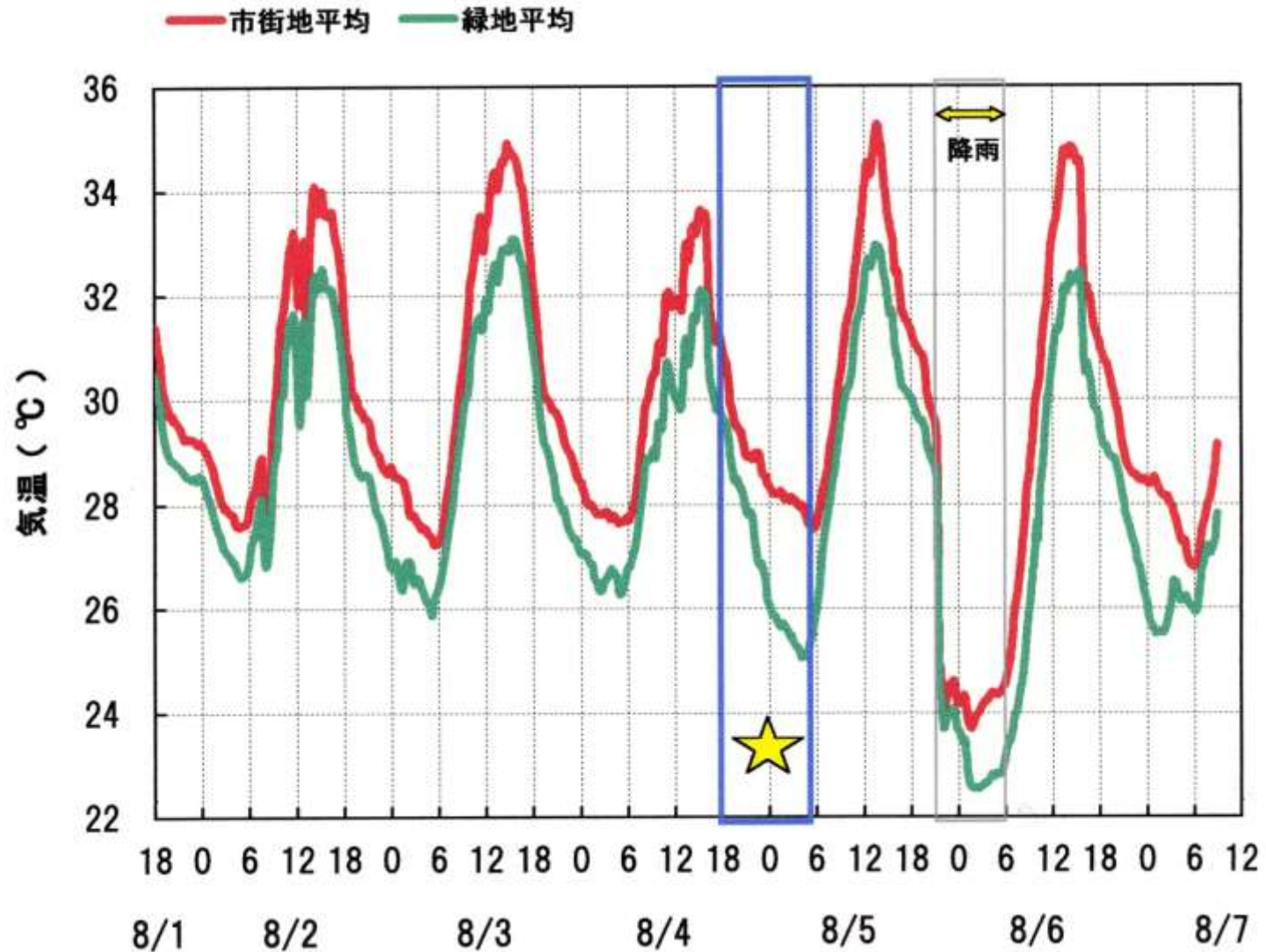
2000年8月



第1図 観測対象地域および観測機器設置地点

緑地内外の気温差

緑地内は常にクールアイランド

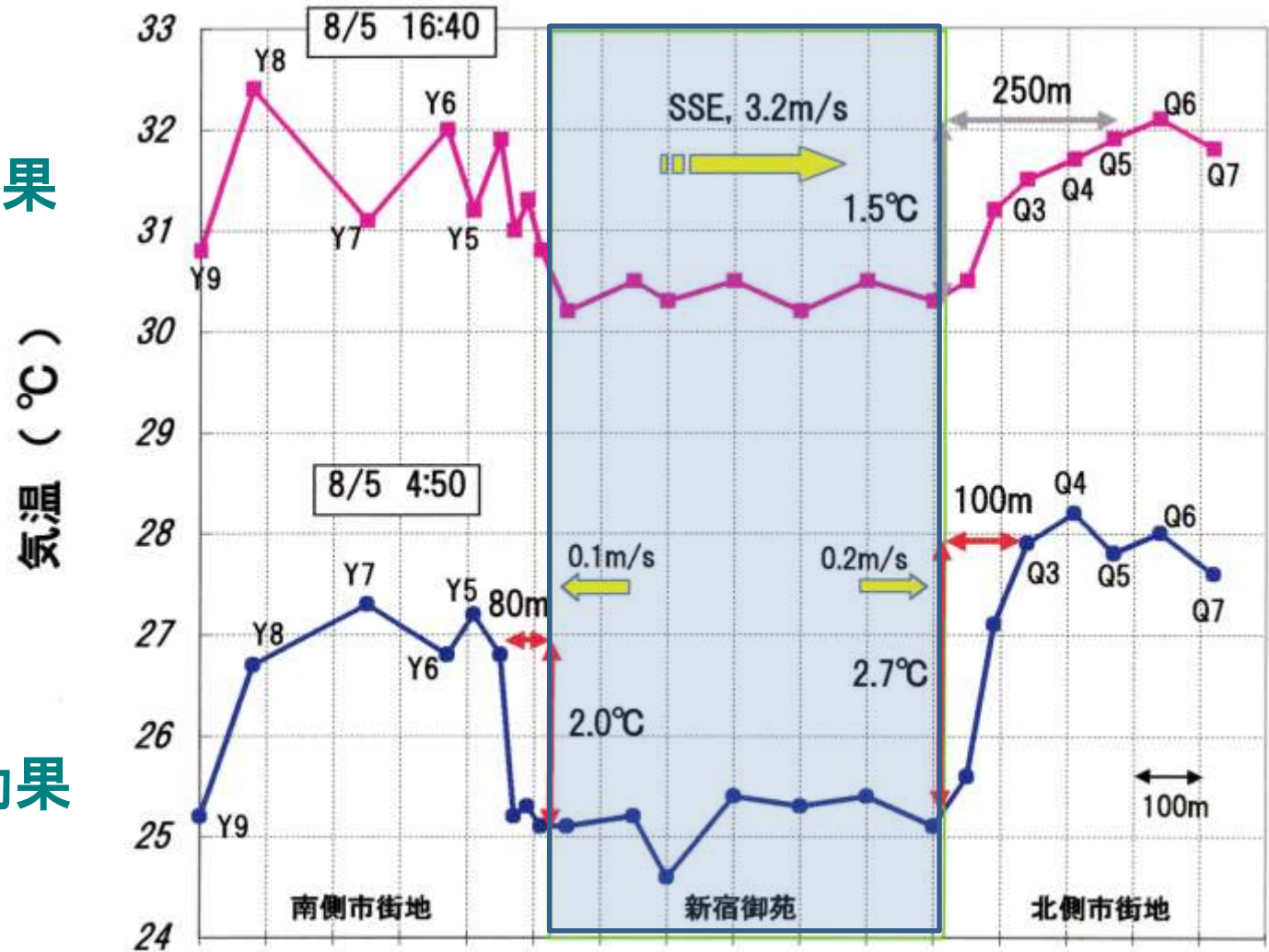


緑地内冷氣の市街地流出効果

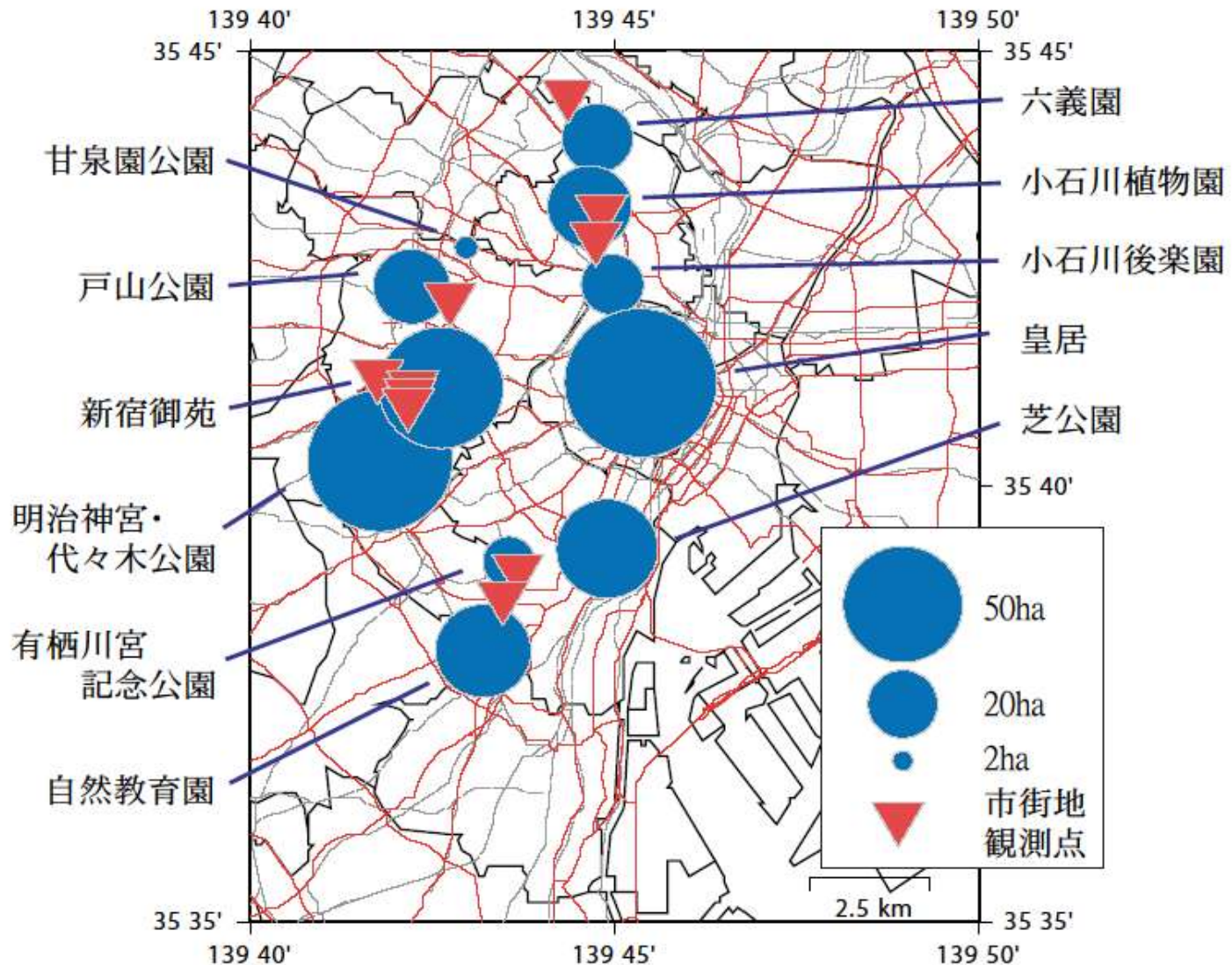
気温南北断面図

日中の冷氣
風下移流効果

夜間の冷氣
にじみ出し効果

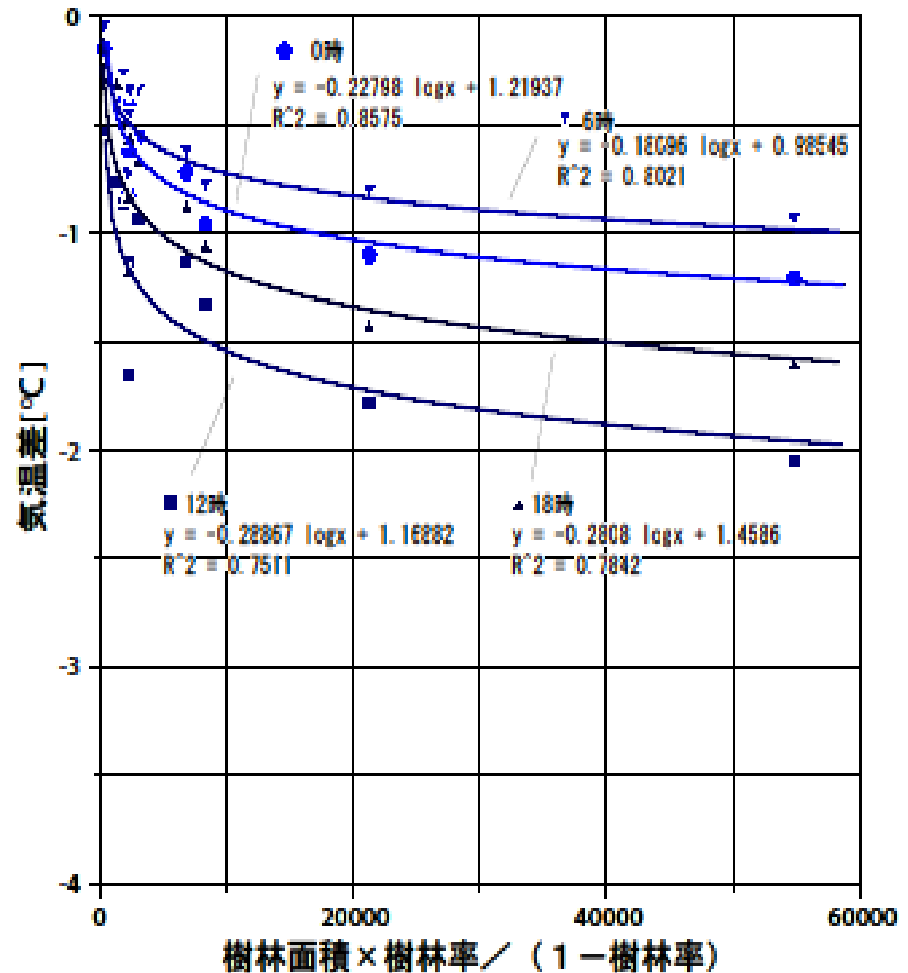
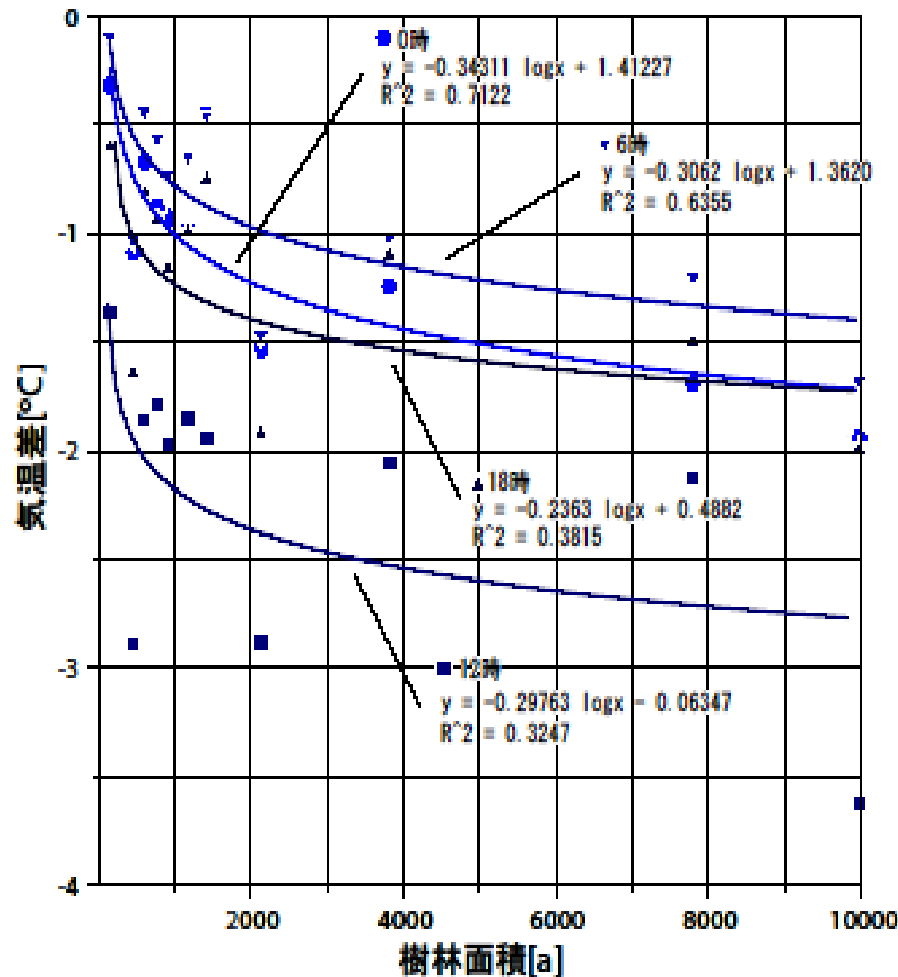


東京都内における緑地規模別 クールアイランド効果の観測



樹林面積・樹林率と緑地内外気温差(クールアイランド強度)の関係

関田・三上(2007)

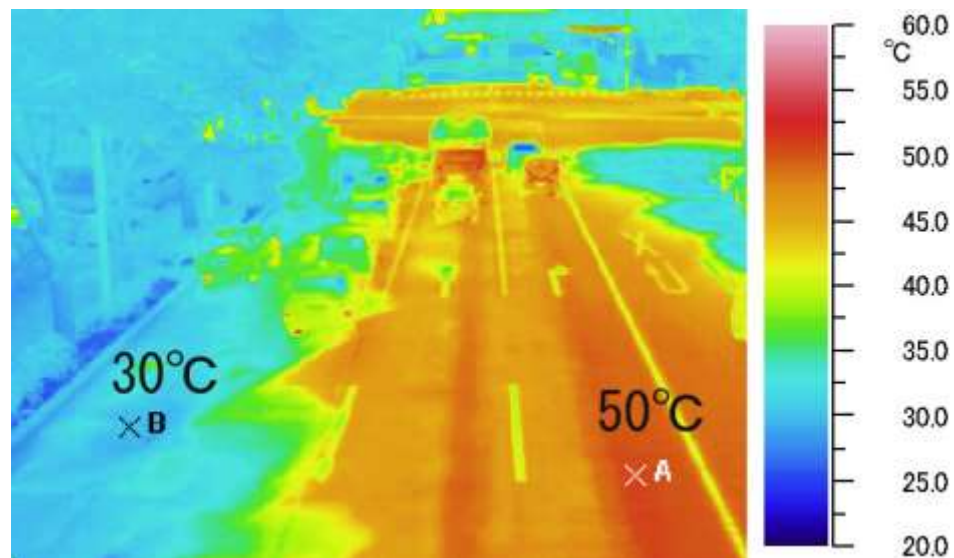


街路樹が作り出すクールスポット



東京都府中市のケヤキ並木

街路樹による日陰効果で、
アスファルトの表面温度は
10～20℃も低くなる。
気温も0.5～1℃低下！



ヒートアイランド緩和に向けて

－ 都市内緑化の推進が重要 －

- ★ 大都市のヒートアイランドは地球温暖化をはるかに凌ぐ
 - ◆ 地球温暖化はCO₂増加による温室効果の強化、ヒートアイランドは都市部の人工排熱増加・表面人工化による熱収支の変化が主な要因
- ★ 都市の緑化によるクールアイランド効果とその有効利用
 - ◆ 大規模緑地のクールアイランド効果
 - 日中: 植生(樹林)の蒸散効果と日陰(日傘)効果
 - 夜間: 放射冷却(接地気温逆転現象)
 - ・ 緑地内冷気の周辺市街地への流出とその有効利用
 - 日中: 風下への冷氣流出効果
 - 夜間: 冷氣にじみ出し現象
 - ◆ 緑地の構成と規模によるクールアイランド効果の差異比較
 - ・ 樹林主体の緑地はクールアイランド効果が大きい
 - ・ 公園緑地の面積が20haを超えるとクールアイランド効果は一定になる
 - ◆ 公共スペースの緑化推進: クールスポットの創出
 - ・ 街路樹の整備・拡充 → 日陰効果・蒸散効果
 - ・ 校庭芝生化 → 夜間の冷氣にじみ出し効果