１．ヒートアイランド現象とは

１．１　ヒートアイランド現象の実態

ヒートアイランド現象とは、都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象です。ヒートアイランド現象は年間を通じて生じていますが、特に夏季の気温上昇が都市生活の快適性を低下させるとして問題となっています。東京周辺で 30℃以上となる時間数は、1980 年代前半には、年間 200 時間程度でしたが、最近では 20 年前の約２倍になり、その範囲も郊外へ広がっています。

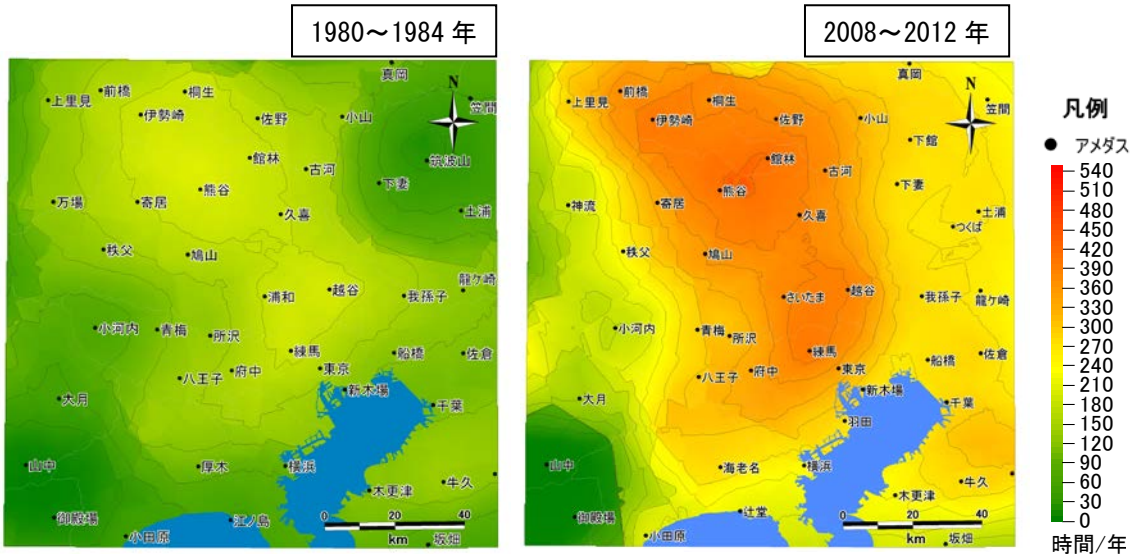


図 1.1　関東地方における 30℃以上の合計時間数の分布（５年間の年間平均時間数）

世界の平均気温は、ここ 100 年で約 0.7℃上昇しており、地球温暖化が主な原因と考えられています。

一方、東京の平均気温はこの 100 年あたりで約３℃上昇しています（図 1.2）。地球温暖化による気温上昇にヒートアイランド現象が加わり、急速に都市の温暖化が進んでいると言えます。

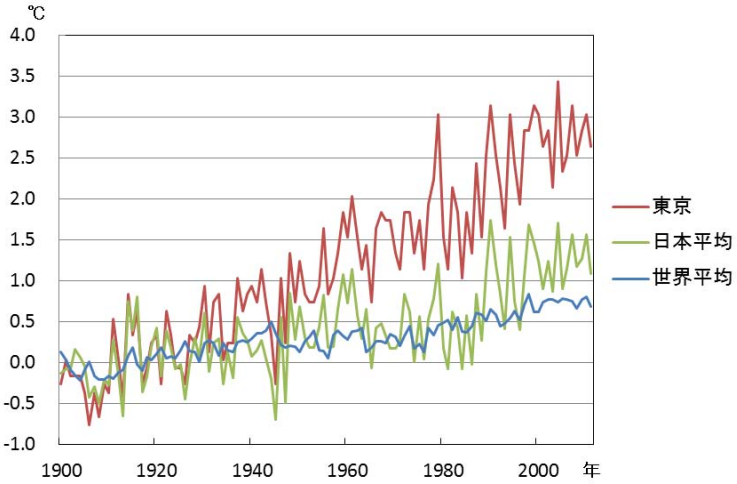


図 1.2　東京と世界の年平均気温の経年変化

資料）気象庁 HP 掲載データより作成

注：1900 年から 1929 年の 30 年間を基準としてグラフを作成

著しい気温の上昇傾向は、日本の多くの都市で見られますが、その傾向は季節や時間帯によって異なります。１月と８月の日最高気温、日平均気温、日最低気温の 100 年あたりの気温変化率（図 1.3）を見ると、いずれの季節も日最高気温より日最低気温の上昇率が大きく、一部の地域を除いて夏よりも冬の方が大きくなっています。例えば、１月の札幌や東京における日最低気温の変化率は６℃／100 年を超えているのに対し、８月の日最高気温の上昇率は東日本では１℃未満となっており、統計的に有意な変化傾向は見られません。

一般的にヒートアイランド現象が最も顕著となるのは、冬の夜間から明け方にかけての時間帯です。ただし、図 1.1 で見たように、気温が 30℃以上となる時間数は大幅に増加しており、夏のピーク気温は大きく上昇していないものの、暑い時間が長くなり、なかなか気温が下がらないこともヒートアイランド現象の特徴です。

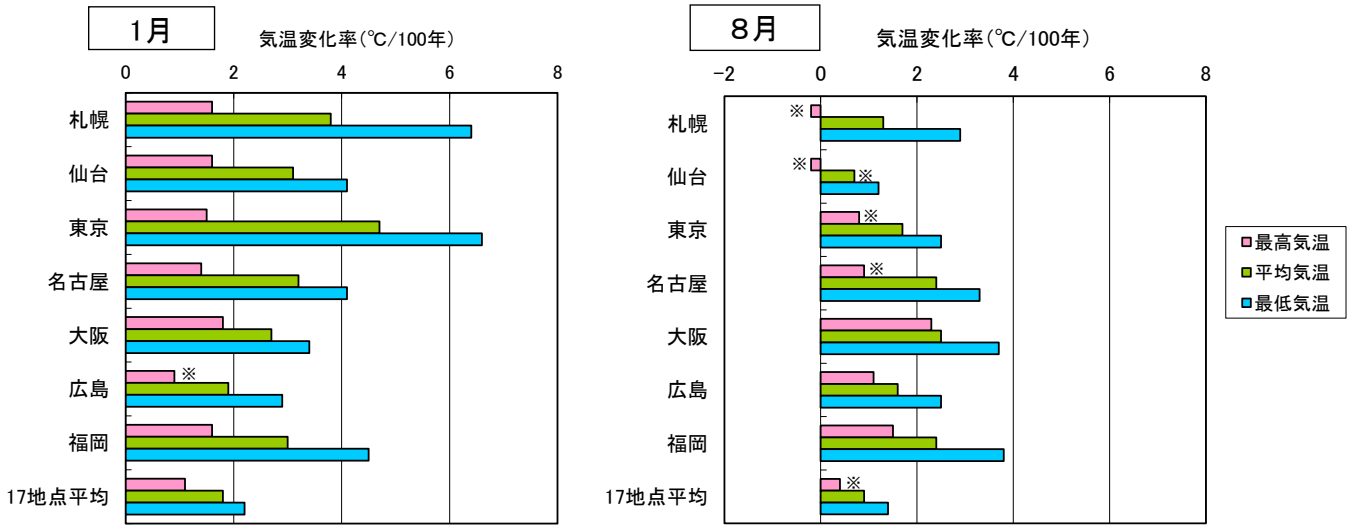


図 1.3　季節別の主要都市における気温の長期変化

資料）気象庁、ヒートアイランド監視報告（平成 23 年度）をもとに作成

注 1：統計期間は 1931 年から 2011 年まで。

注 2：「17 地点」とは、都市化による影響が少なく、特定の地域に偏らないように選定された国内の 17 箇所の気象観測所のこと（網走，根室，寿都（すっつ），山形，石巻，伏木（高岡市），長野，水戸，飯田，銚子，境，浜田，彦根，宮崎，多度津，名瀬，石垣島）

注 3：グラフ中の「※」は、信頼水準 90%以上で統計的に有意な変化傾向がないことを意味する。

コラム　『フェーン現象による高温化』

地球温暖化やヒートアイランド現象の他にも、気温を上昇させる現象の一つとして、フェーン現象があります。

フェーン現象は、湿った空気が上昇して山を越えるときに水分を失い、高温の乾いた空気が山から吹き降りることで生じるものです。

例えば、25℃の湿った空気が 1,000mの山を越え、山の反対側に移動するとき、山の斜面を上昇しながら、この湿った空気は 100m登るごとに約 0.5℃温度が低下（湿潤断熱減率）しますが、温度が下がると空気に含まれている水分が飽和して降雨となり、空気から水分が失われます。その乾いた空気は、山を下る際には 100m下るごとに約 1.0℃上昇（乾燥断熱減率）します。その結果、山を越えたことによって、25℃の空気が 30℃に高温化することになります。

フェーン現象は、５月頃から秋にかけての北陸地方などでよく見られます。全国的に南風が強く吹くと、フェーン現象により日本海側の気温が太平洋側の気温よりも高くなることがあります。このため、北陸では５月に 30℃を超す真夏日を観測することもあります。

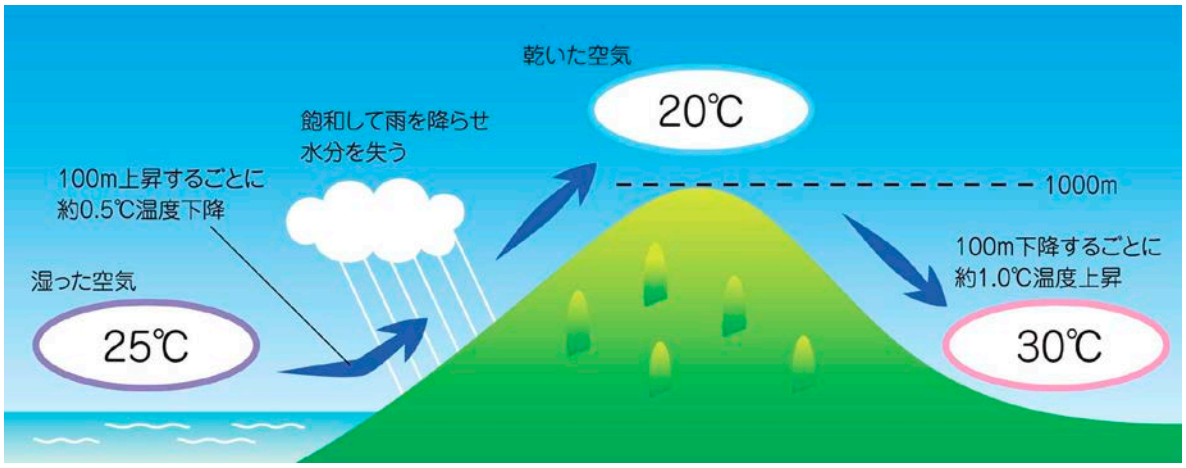


図 1.4　フェーン現象の仕組み

１．２　ヒートアイランド現象の原因

ヒートアイランド現象の主な原因は、人工排熱の増加（建物や工場、自動車などの排熱）、地表面被覆の人工化（緑地の減少とアスファルトやコンクリート面などの拡大）、都市形態の高密度化（密集した建物による風通しの阻害や天空率の低下）の３つが挙げられます。

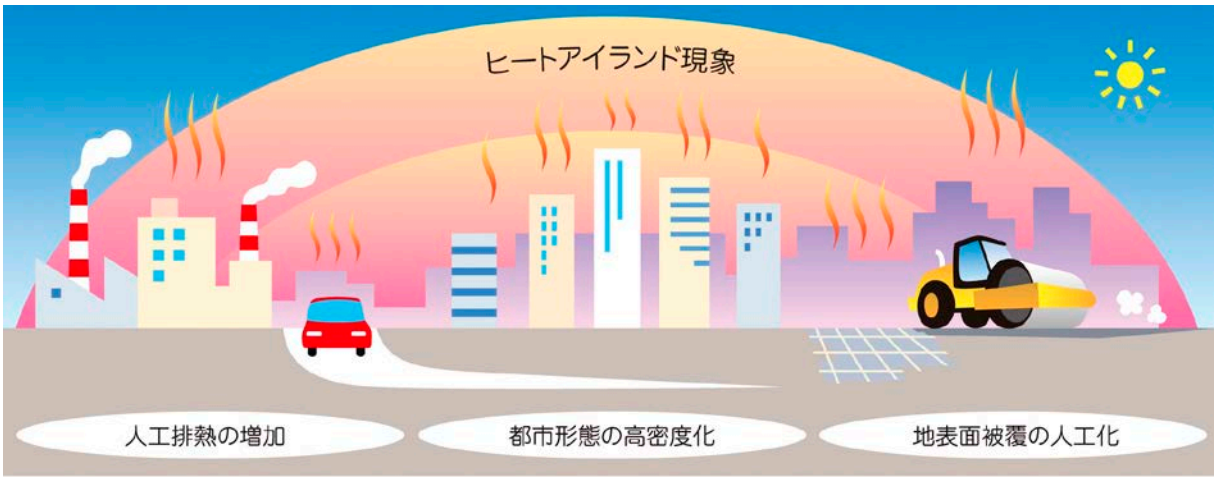


図 1.5　ヒートアイランド現象の原因

以下では、その原因の一つ一つについて、ヒートアイランド現象や人の感じる暑熱との関連について詳しく見ていきます。

（１）人工排熱の増加

空調機器や自動車などから面的に排出される熱、工場や火力発電所、ごみ焼却場からの排熱などが、都市の大気を暖めヒートアイランド現象の主要な原因の１つとなっています。電気、ガス、石油などのエネルギーを使えば、最終的には熱となって大気へ放出されるため、気温の上昇につながります。

対策としては、省エネの促進や排熱利用などにより都市の排熱総量を削減していくことが重要です。省エネなどは地球温暖化対策の観点からも必要であり、ヒートアイランド対策と地球温暖化対策の両面から進めるべき対策です。

また、やむを得ず熱を排出する場合でも、例えば、顕熱※１ではなく潜熱※２として排出したり、河川水や海水、下水などの水中や、地中に排出したりすることにより、人の生活空間である地表面近くの気温上昇を抑制することができます。

図 1.6　様々な人工排熱

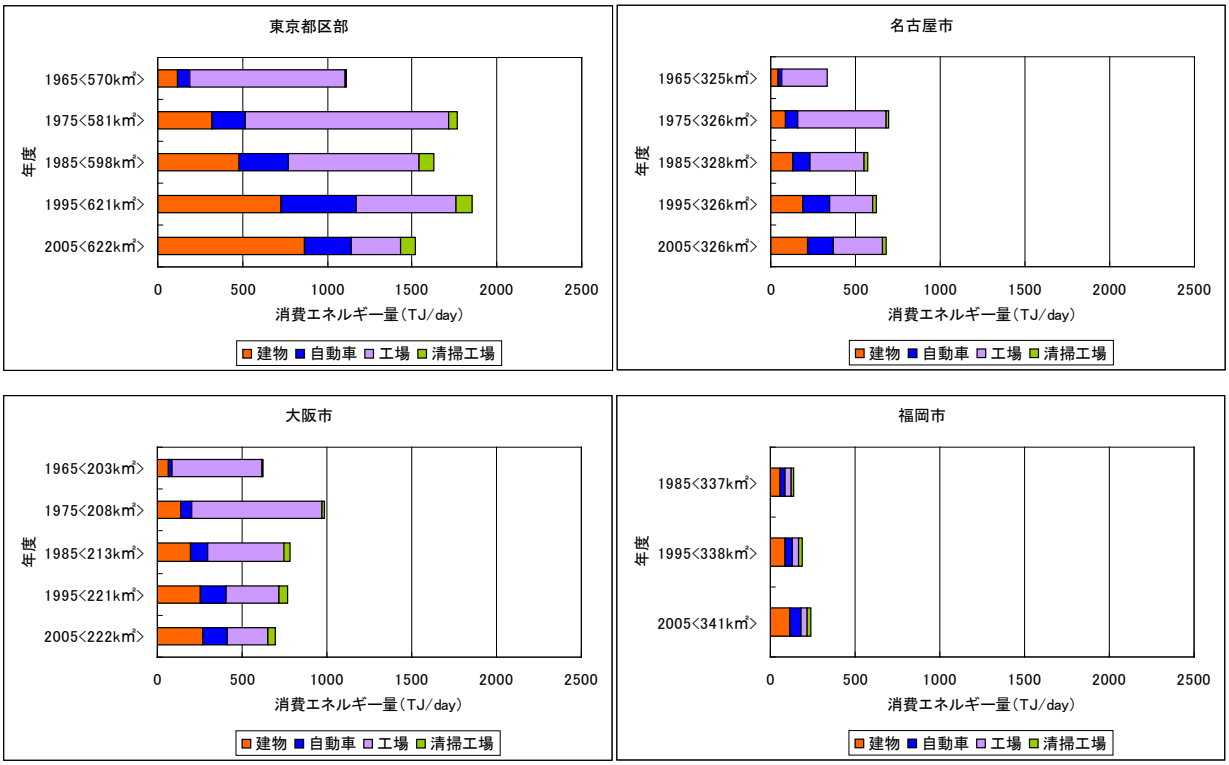
※１　顕熱：物質の状態変化を伴わず、その物質の温度上昇に使われる熱のことで、ここでは放射により加熱された地表面などから大気へ対流する熱のことを指します。顕熱は、地表面の温度と大気の温度の差が大きいほど、また風が強いほどその量は大きくなり、大気を暖めます。空冷式の空調機器や自動車などから出される熱の多くは顕熱で、そのまま大気を暖めます。

※２　潜熱：物質の状態が変化するときに必要とされる熱エネルギーのことで、ここでは水が蒸発する際に気化熱として地表面などから奪われる熱のことを指します。潜熱を放散しても空気を暖めませんが、湿度は上昇します。植物は、日中に日射から受けるエネルギーの多くを蒸散により潜熱として放出します。また、水冷式の空調機器などは排熱のほとんどを潜熱として排出します。

東京都区部、名古屋市、大阪市、福岡市における人工排熱（消費エネルギー）の構成の経年的推移を図 1.7 に示します。

いずれの都市でも、かつて大きなウェイトを占めていた工場からの排熱は徐々に小さくなっており、建物や自動車からの排熱が増加しています。自動車については、近年横ばいかやや減少傾向にありますが、建物からの排熱は増加を続けています。

また、排熱の総量は、工場からの排熱の減少傾向が大きい大阪では近年、減少傾向にありますが、その他の都市では建物からの排熱増加が排熱総量を押し上げてしまう場合もあり、特に建物排熱の対策が重要と言えます。



注）図中の＜＞内の値は対象となる都市域の面積(km²)を表している。

図 1.7　各都市における人工排熱（消費段階）の推移[1]

[1] 環境省：ヒートアイランド対策マニュアル～最新状況と適応策等の対策普及に向けて～，平成 24 年 3 月

コラム　『ヒートアイランド対策と地球温暖化対策』

ヒートアイランド現象と地球温暖化は「暖かくなる」という意味では同じ現象ですが、その原因や暖かくなるメカニズム、影響範囲は異なります。地球温暖化は主に CO_2 などの温室効果ガスによるものですが、ヒートアイランド現象は人工排熱の増加や地表面被覆の人工化、都市形態の高密度化などが主な原因となっています。また、地球温暖化の影響範囲は地球規模であるのに対して、ヒートアイランド現象は原因の集中する都市部を中心に影響が現れます。

しかし、その対策には共通する点があり、建物の空調負荷を削減する対策や自動車排熱を削減する対策などは、CO_2 排出削減につながるとともに排熱も減るため、地球温暖化対策とヒートアイランド対策の両方に役立ちます。

一方、都市部でのバイオマスの燃焼や分散型の発電などは、地球温暖化対策には役立ちますが、都市部での排熱の増加につながってしまうため、熱の排出の方法を工夫する（河川などの水中や地中に排出したり、潜熱として排出したりするなど）といったヒートアイランド対策を別途行うことが望ましいと言えます。

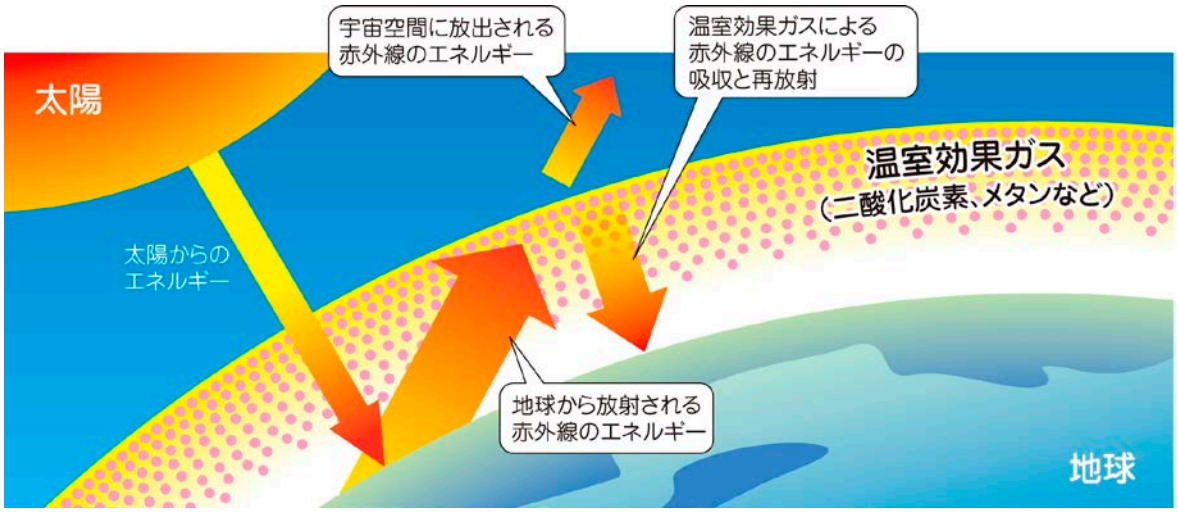


図 1.8　温室効果のメカニズム

（２）地表面被覆の人工化

緑地が減り、アスファルトやコンクリートなどの人工的な被覆面が増えることにより、特に夏季には地表面の温度が上昇します。

一方、植物は葉の表面から蒸散を行っており、日射により受けたエネルギーを潜熱として大気中に放出するため、大気を暖める要因にはなりません。また、樹冠の大きな木は日射を遮ることにより、地表面温度の上昇を抑制します。さらに、まとまった緑地は都市を冷やす冷熱源としての効果があります。

一方、アスファルトやコンクリートは、日射を受けることにより、夏季の日中には表面温度が 50～60℃程度にまで上昇し、大気を加熱します。また、アスファルトやコンクリートは日中に蓄えた熱を夜まで持ち越すため、夜間の気温低下を妨げることになります。

地表面の温度上昇を抑制するには、緑化の他にも地表面の保水化や打ち水などといった水の活用や、日射を反射させることにより地表面が蓄える熱を減らす方法があります。

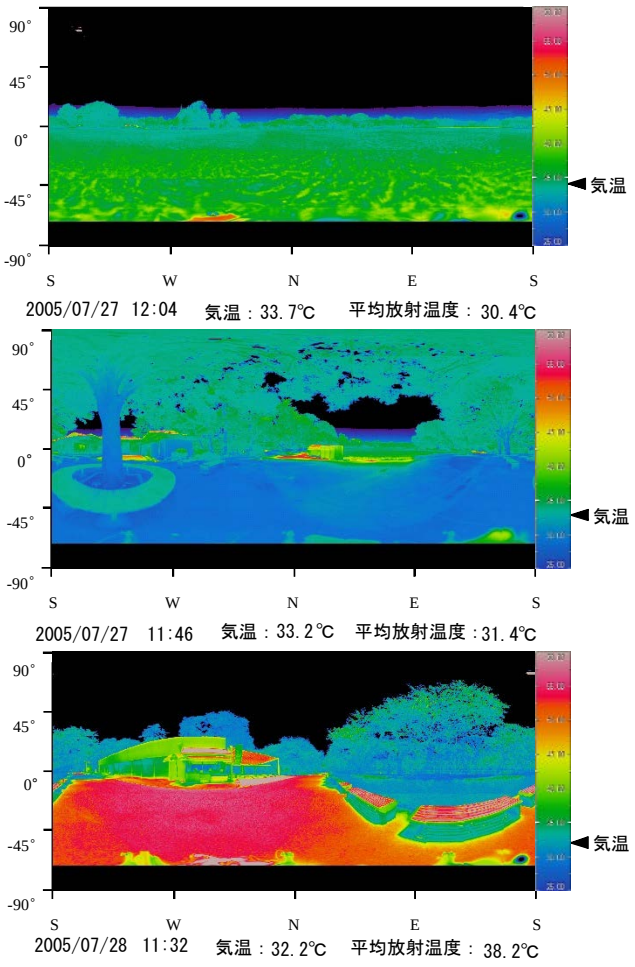


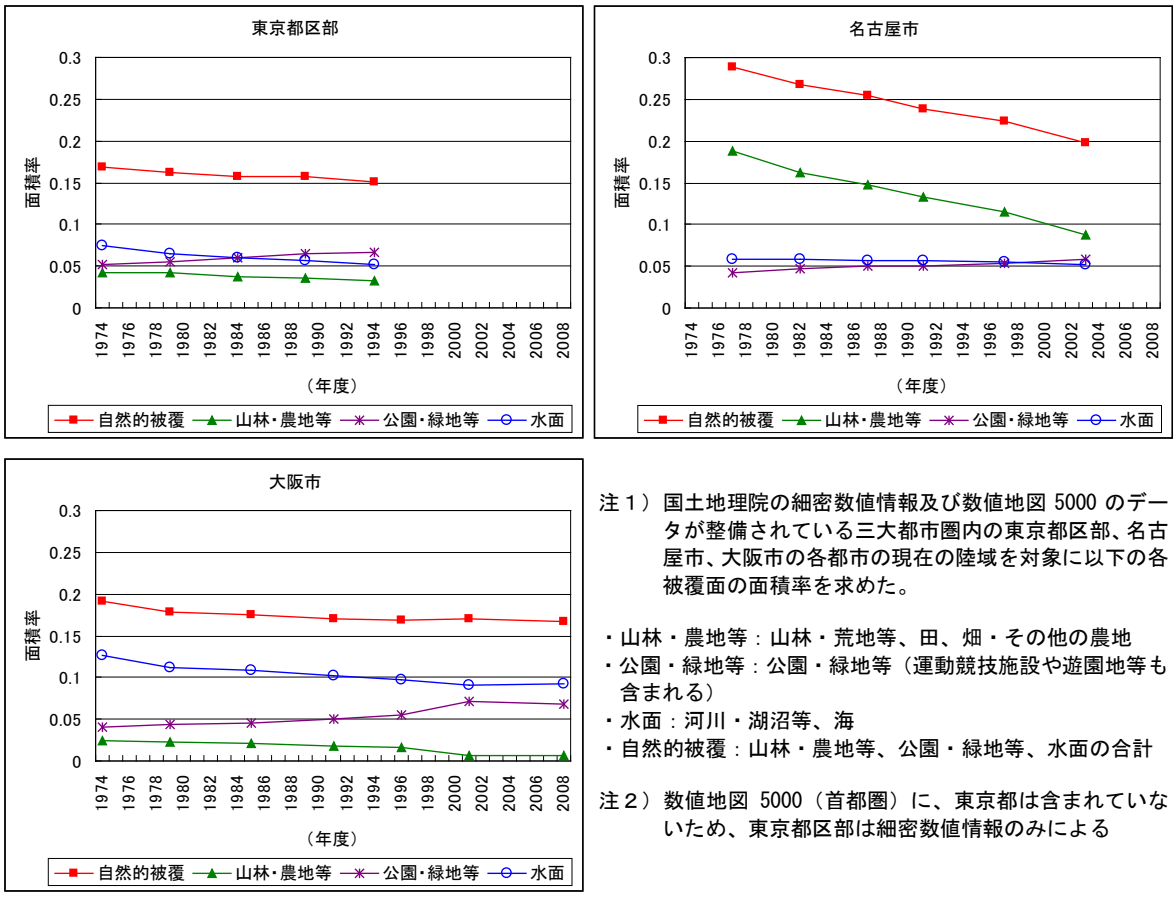
図 1.9　地表面別の熱画像 [2]

上：開けた芝地，中：樹冠に覆われた緑地，下：ｱｽﾌｧﾙﾄ地

図 1.10　地表面の状態と気温の関係

[2] 環境省：平成 17 年度都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討調査報告書，平成 18 年３月

東京都区部、名古屋市、大阪市における 1970 年代以降の自然的被覆（山林・農地等、公園・緑地等、水面）の変化を見ると、いずれの都市も山林・農地等が減少し、海面の埋立により水面も減少しています。特に名古屋市における山林・農地等の減少が大きいことがわかります。公園・緑地等（公園内等には一部人工的な被覆も含まれます）は整備により増加はしていますが、自然的被覆（山林・農地等、水面、公園・緑地等の合計）全体では減少しています。



注１）国土地理院の細密数値情報及び数値地図 5000 のデータが整備されている三大都市圏内の東京都区部、名古屋市、大阪市の各都市の現在の陸域を対象に以下の各被覆面の面積率を求めた。

・山林・農地等：山林・荒地等、田、畑・その他の農地
・公園・緑地等：公園・緑地等（運動競技施設や遊園地等も含まれる）
・水面：河川・湖沼等、海
・自然的被覆：山林・農地等、公園・緑地等、水面の合計

注２）数値地図 5000（首都圏）に、東京都は含まれていないため、東京都区部は細密数値情報のみによる

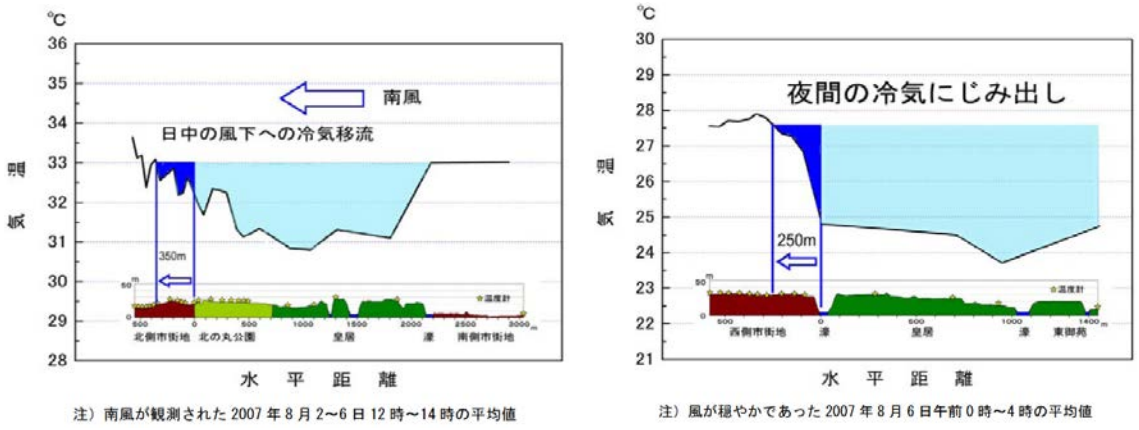
図 1.11　自然的被覆面積率の推移 [3]

[3] 環境省：ヒートアイランド対策マニュアル～最新状況と適応策等の対策普及に向けて～，平成 24 年 3 月

コラム　『皇居からのにじみ出し観測事例（環境省調査より）』

皇居と周辺市街地で、平成 19 年７月 31 日から７日間、気温と風向風速の連続観測を行った結果、日中には、風下（北側）に向かって皇居からお濠を越えて、さらに 350m程度の範囲で気温の低下が観測され、風による冷気の移流があることが分かりました[4]（図 1.12 左）。

また、風が穏やかだった８月６日の夜間（０時～４時）には、皇居からお濠を越えて、さらに 250m程度の範囲で気温の低下が観測され、市街地に冷気がにじみ出していることが確認されました（図 1.12 右）。



注）南風が観測された 2007 年 8 月 2~6 日 12 時~14 時の平均値

注）風が穏やかであった 2007 年 8 月 6 日午前 0 時~4 時の平均値

図 1.12　皇居周辺における冷気の観測結果[4]

公園緑地における夜間の冷気のにじみ出し

晴れた夜には、地表面の熱は宇宙空間に放射されていきます。これを放射冷却と言います。まとまった緑地で放射冷却が起きると地表面温度が下がり、風が弱い場合には、特に地表面付近の空気が顕著に冷やされます。その結果、比重の大きな冷気が地表面付近に溜まっていき、それが次第に周辺へにじみ出し、緑地周辺の市街地の気温を低下させます。

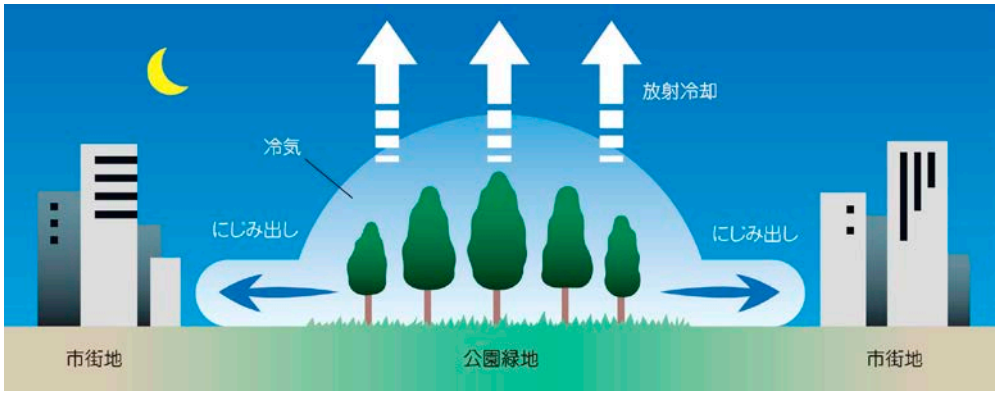


図 1.13　にじみ出しのメカニズム

[4] 環境省：皇居におけるクールアイランド効果の観測結果について，報道発表資料，平成 19 年 10 月

（３）都市形態の高密度化

１）風通しの阻害

中高層の建物が建て込むと、風向きによっては地上近くを流れる風が弱くなり、熱の拡散や換気力を低下させる可能性があります。建物の配置などについては、風通しに配慮した工夫が求められます。

【調査報告】高層ビル群が風環境に及ぼす影響解析

図 1.15 は、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使い、東京汐留の高層ビル群「シオサイト」がない場合（図 1.15 左）とある場合（図 1.15 右）における風の変化を計算した結果です。シミュレーション結果から、シオサイトがある場合では、高層ビル群の風下地域（図 1.15 右における破線領域）で部分的に風が弱められている様子が示されています。

図 1.14　東京汐留の「シオサイト」（網掛け部分）
資料）電子国土

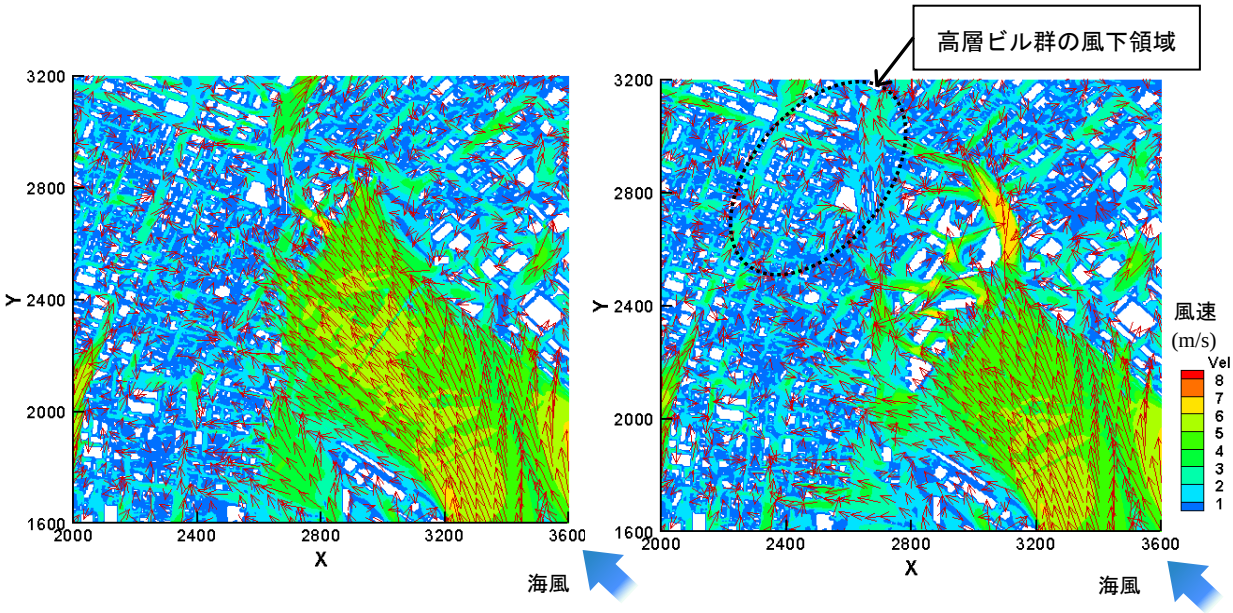


図 1.15　地球シミュレータを用いた東京汐留における風の計算結果
左：「シオサイト」がない場合，右：「シオサイト」がある場合
資料）国土技術政策総合研究所　足永靖信氏　提供

２）天空率の低下

高いビルが密集した地域でビルの谷間から上を見上げると、図 1.16 のように空の見える割合（これを「天空率」と言います）が低くなりますが、そのような場所では、夜間の放射冷却が進まず、日中に蓄えた熱を明け方まで持ち越しやすくなります。

天空の開けている例（河川沿いの歩道）
■天空率 67.8%
■日照時間 564 分／788 分（2007/8/20）

天空が遮蔽されている例（市街地の歩道）
■天空率 28.9%
■日照時間 166 分／788 分（2007/8/20）

図 1.16　市街地における天空率の撮影事例[5]　　東京都墨田区江東橋付近

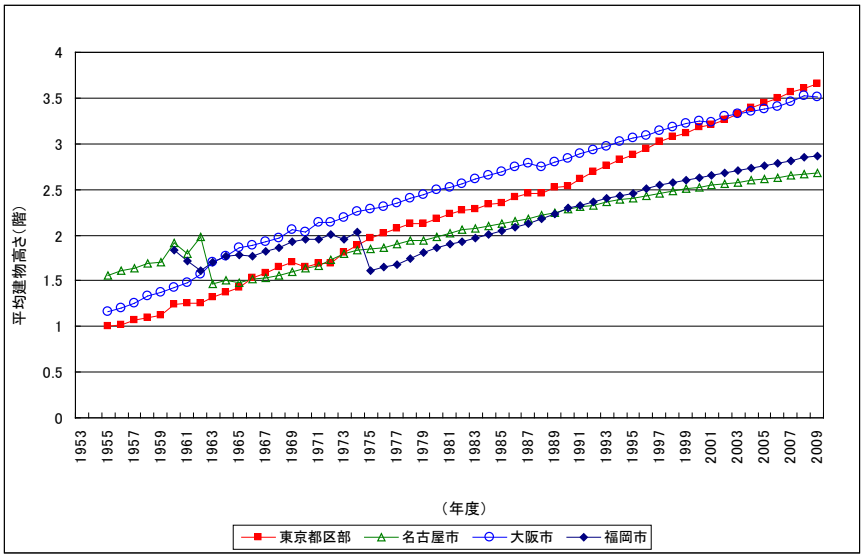
図 1.17　天空率と放射の関係

これらの原因に対処する方向性としては、高密度化した都市を改善し、都市の中の風通しを確保することや、夜間の放射冷却を促進することが重要です。しかし、地表面の改善などと異なり、都市の中の建物の形状や配置、密度などを変えていくには、長期的な政策や計画で誘導していくなどの取組が必要となります。

[5] 環境省：平成 19 年度都市内水路等によるヒートアイランド抑制効果検討業務報告書，平成 20 年３月

3）建物高さの推移

都市における建物密度は、建物面積率と建物高さの積として考えることができます。図 1.11 で自然的被覆が徐々に減少している状況を見ましたが、その逆に建物面積率は徐々に増加しています。図 1.18 は建物高さの推移を推定したものですが、建物高さはここ 50 年程度で 2～3 倍程度に増加しており、風通しや夜間の放射冷却が阻害され、都市内から熱が逃げにくくなっている状況が推察されます。



注 1）建物面積率と固定資産税課税対象建物の延床面積（大都市比較統計年表）を用いて各都市における値の推移を推定した。
注 2）周辺市町村の編入（名古屋市、福岡市）等により一時的に値が減少する場合がある。

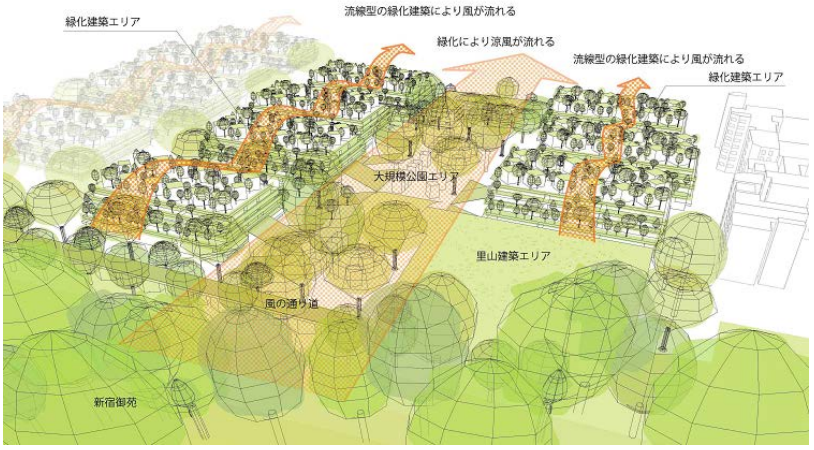
図 1.18　平均建物高さの推移 [6]

[6] 環境省：ヒートアイランド対策マニュアル～最新状況と適応策等の対策普及に向けて～，平成 24 年 3 月

コラム　『熱環境に配慮した街区のあり方の検討（環境省調査より）』

環境省では、大規模緑地である新宿御苑に近接する街区を対象に、新宿御苑からの冷気を活用し、熱環境に配慮した将来街区のあり方を検討しました[7]。

現在、新宿御苑の周辺には10 階建て程度の建物が密集して立ち並んでいますが、街区の表面温度が高いことや風が流れにくいことなどにより、新宿御苑からの冷気を上手く活用できていません。そこで、街区全体を緑で覆い、かつ風通しに配慮し、御苑と一体となった緑地帯を形成した場合について検討を行い、良好な熱環境を形成できることが分かりました。



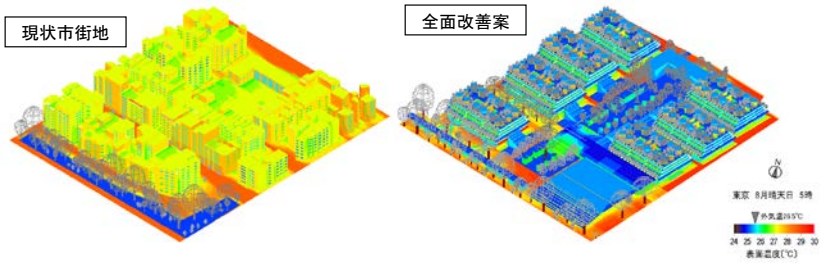


図 1.19　新宿御苑における熱環境改善イメージ図

[7] 環境省：平成 17 年度都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討調査報告書，平成 18 年３月

1．3　ヒートアイランド現象による環境影響

ヒートアイランド現象により、私たちの健康や生活、動植物などに様々な影響が生じています。

人の健康に対しては夏季における気温の上昇が深刻な影響を与えますが、ヒートアイランド現象による影響は年間を通じて発生しています。例えば、秋には紅葉が遅れ、暖かい冬には植物の休眠に悪影響を与えるなど、生態系にも影響を及ぼしています。

表 1.1 にヒートアイランド現象による影響の例を整理しました。

表 1.1　ヒートアイランド現象による様々な影響の例

影響項目		影響の内容
人の健康	熱中症	高温化（主に夏季）により、熱中症の発症が増加するおそれがある。
	睡眠阻害	高温化（主に夏季の夜間）により、夜間に覚醒する人の割合が増えて睡眠が阻害されるおそれがある。
	大気汚染	都心部で暖められた空気により起こる熱対流現象により、大気の拡散が阻害され、大気汚染濃度が高まるおそれがある。高温化（主に夏季）することにより、光化学オキシダントが高濃度となる頻度が増えるおそれがある。
人の生活	エネルギー消費	夏季の高温化により、冷房負荷が増えエネルギー消費が増加する。一方、冬季の高温化は暖房エネルギーを削減する。
	集中豪雨	地表面の高温化により、都市に上昇気流が起き、大気の状態によっては、積乱雲となって短時間に激しい雨が降る場合があると言われている。
植物の生息	開花・紅葉時期の変化	春の開花時期が変化したり、紅葉時期が遅れる可能性がある。

（１）　人の健康に及ぼす影響

ヒートアイランド現象が引き起こす高温化による熱中症の増加や睡眠の阻害が懸念されています。また、都市内における大気の循環を作り出し大気汚染物質の拡散を妨げたり、光化学オキシダントの生成を助長するといった影響もあります。

１）熱中症

熱中症は、高温下で体温の調節機能が破綻するなどして、体内の水分や塩分（ナトリウムなど）のバランスが崩れ、発症する障害の総称です[8]。熱中症は、筋肉のひきつけ症状や失神を起こす場合があり、死に至るケースもあります。

図 1.20 は、東京と大阪の日最高気温別・熱中症死亡率を示したものであり、日最高気温が 30℃を超えるあたりから、熱中症による死亡が増え始め、その後気温が高くなるに従って死亡率が急激に上昇する様子が見られます。図 1.21 は同様の関係を日最高 WBGT（18 ページ　コラム参照）について示したものです。日最高気温以上に、熱中症死亡率との関係がはっきりしており、日最高 WBGT が 28℃を超えるあたりから熱中症による死亡が増え始め、その後日最高 WBGT が高くなるに従って死亡率が急激に上昇する様子が見られます。

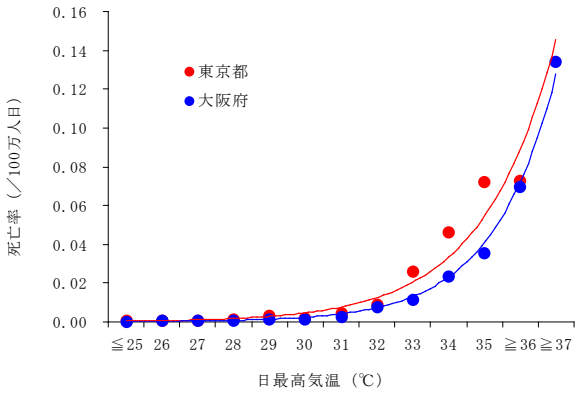


図 1.20　日最高気温別熱中症死亡率（1972～1996）

資料）国立環境研究所　小野雅司氏提供

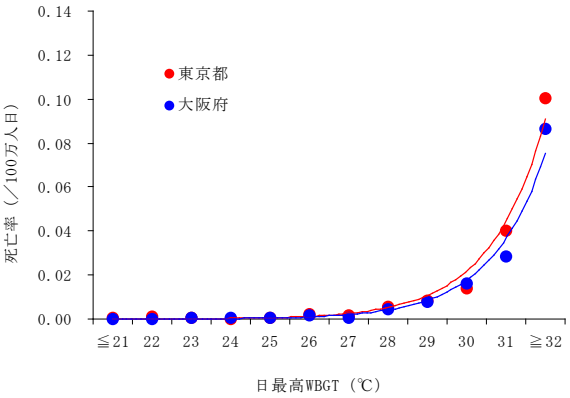


図 1.21　日最高 WBGT 別熱中症死亡率（1972～1996）

資料）国立環境研究所　小野雅司氏提供

[8] 環境省：熱中症環境保健マニュアル 2008

熱中症発症のリスクは、例えば梅雨明け直後など、急に暑くなった時に高まる傾向があります。そのため、比較的涼しい地域においても、突然高温になる日には熱中症を起こす危険があります。熱中症は屋外で発生することが多いですが、屋内で発生している場合もあるので注意が必要です。特に高齢者では自宅で発症する例が半分以上となっています。

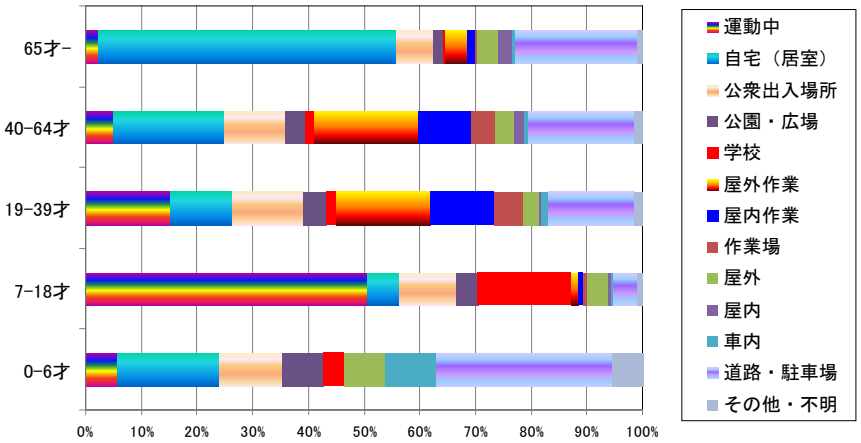


図 1.22　年齢階級別・発生場所別の熱中症の割合

資料）国立環境研究所　小野雅司氏提供

人が感じる暑さには、次頁のコラムにも説明していますが、気温や放射熱、風速などが影響します。都市の街路空間を歩く人にとって、ヒートアイランド現象による気温上昇に加え、高温化したアスファルトからの放射熱や建物による風通しの阻害などによって、体感温度が悪化している可能性があります。

そのため、熱中症が発生しにくい環境にするには、気温上昇を抑制したり、太陽からの日射や高温化したアスファルト面からの放射熱を低減することが効果的です。具体的な対策としては、植樹による木陰の創出や、地面の保水化による高温化の防止などが挙げられます。

また、個人に予防を促す対策として、水分補給などの予防方法についての普及啓発や、暑さを避けるための予報の提供なども重要になります。

コラム　『WBGT』

人が体感する暑さには、気温だけでなく日射や地表面からの放射熱が大きく影響します。気温が同程度であっても、日当たりの良い道では、日射に加え、路面や建物壁面からの放射熱なども受けるため、木陰にいる時よりも暑く感じます。

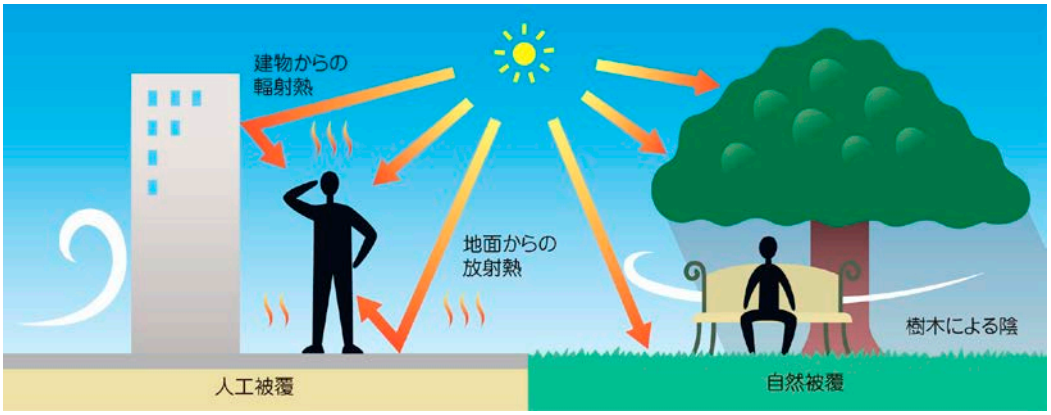


図 1.23　体感温度と放射熱の関係

ＷＢＧＴ（湿球黒球温度）は、気温（乾球温度）に加え、放射熱や湿度を取り入れた指標で、以下のように表されます。

日射のある場合：　WBGT = 0.7×湿球温度 + 0.2 ×黒球温度+ 0.1 ×乾球温度

日射のない場合：　WBGT = 0.7 ×湿球温度 + 0.3 ×黒球温度

熱中症予防指針に関しては、財団法人日本体育協会により「運動時の熱中症予防」指針が示されています（表1.2）。また、熱中症は運動時や労働作業時だけでなく日常生活時にも多く発生しており、高齢者や幼児などには特に配慮する必要があるため、日本生気象学会により「日常生活における熱中症予防指針」が示されています。

表1.2　熱中症予防のための運動指針　資料）財団法人日本体育協会ホームページ

WBGT（℃）	湿球温（℃）	乾球温（℃）		
31	27	35	運動は原則中止	WBGT31℃以上では、皮膚温度より気温のほうが高くなり、体から熱を逃すことができない。特別の場合以外は運動を中止する。
28	24	31	厳重警戒	熱中症の危険が高いので、激しい運動や持久走などは避ける。体力の低いもの、暑さに慣れていないものは運動中止。運動する場合は積極的に休息をとり、水分補給を行う。
25	21	28	警戒	熱中症の危険が増すため、積極的に休息をとり、水分を補給する。激しい運動では30分おきくらいに休息をとる。
21	18	24	注意	熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意しながら、運動の合間に積極的に水分を補給する。
			ほぼ安全	通常は熱中症の危険は少ないが、水分の補給は必要。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意する。

※ WBGT(湿球黒球温度)の算出方法
　屋外：WBGT＝0.7×湿球温度＋0.2×黒球温度＋0.1×乾球温度
　屋内：WBGT＝0.7×湿球温度＋0.3×黒球温度
※ 環境条件の評価はWBGTが望ましい。
※ 湿球温度は気温が高いと過小評価される場合もあり、湿球温度を用いる場合には乾球温度も参考にする。
※ 乾球温度を用いる場合には、湿度に注意。湿度が高ければ、1ランクきびしい環境条件への注意が必要。

2）睡眠阻害

環境省で夜間の暑熱が睡眠の質に及ぼす影響について調べたところ、夜間の気温が高くなるほど、目が覚めてしまう人の割合が増加していることが分かりました[9]。ヒートアイランド現象による熱帯夜の増加が夏季の睡眠環境を悪化させていると考えられます。また、外気温が高くなれば冷房を使用する割合が増え、エネルギー消費が増加します。

これまでのヒートアイランド対策は、原因の大きい商業・業務地区を中心に実施される傾向にありました。しかし、ヒートアイランド現象がもたらしている寝苦しさなどを軽減するため、影響抑制の観点から住宅地区における対策を進めることも重要と考えられます。

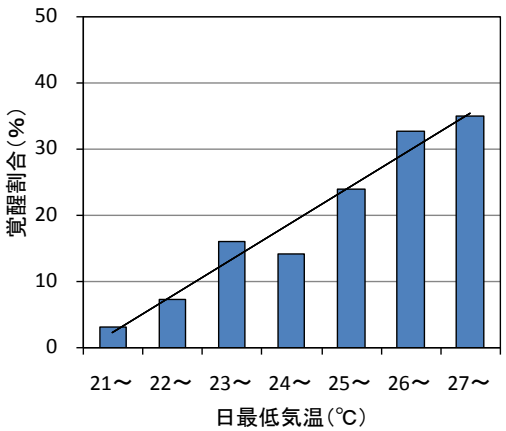


図 1.24　日最低気温に対する覚醒割合[9]

調査地域）東京、大阪、福岡
調査対象人数）延べ 362 名

図 1.25　ヒートアイランド現象による睡眠阻害

[9] 環境省：平成 20 年度ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査業務，平成 21 年３月

３）大気汚染

都心部で空気が暖められると、上昇気流が発生します。上昇気流は上空で冷やされ、郊外に向けて下降しながら、都心部へ流れ込みます。これにより循環流が生じます。この循環流は都市内で生じた大気汚染物質の拡散を妨げるため、都市部の大気汚染を悪化させます。この現象は、冬季にも出現することが報告されており、ヒートアイランド現象は夏季だけの問題ではないことを示しています。

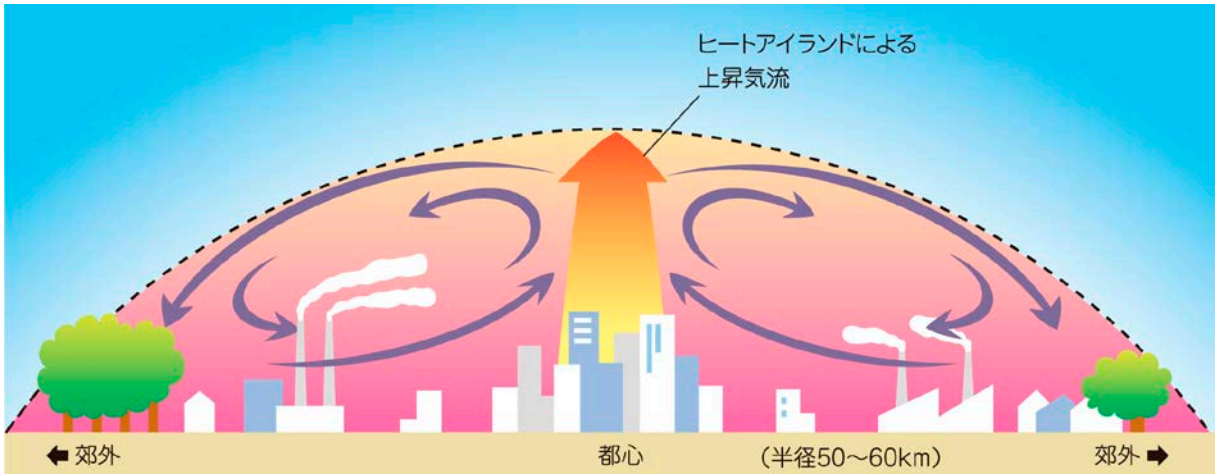


図 1.26　ヒートアイランド現象による都市の循環流

また、光化学オキシダントの高濃度化にヒートアイランド現象が関与しているとの研究報告があります。都市の気温上昇により光化学反応によるオゾンの生成が促進されるだけでなく、ヒートアイランド現象が海風の内陸部への進行を阻害し、海風の風下にあたる内陸部で光化学オキシダントなどの大気汚染物質濃度の上昇が見られます[10]。高濃度光化学オキシダントの発生過程は複雑で、そのメカニズムの検討が進められていますが、環境省が行った調査[11]では、光化学オキシダントの前駆物質である窒素酸化物（NOx）や非メタン炭化水素（NMHC）が都市内の循環流により、夏季の朝方に高濃度化することが分かりました。

[10] 環境省：平成 15 年度 ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書，平成 16 年３月

[11] 環境省：ヒートアイランド対策マニュアル～最新状況と適応策等の対策普及に向けて～，平成 24 年３月

（2）　人の生活に及ぼす影響

ヒートアイランド現象による高温化は、冷暖房によるエネルギー使用量に影響を与えます。また、地表面の高温化が引き起こされると、大気の状態によっては、短時間に激しい雨が降る場合があるとも言われています。

1）エネルギー消費量

人の集まっている都市では多くのエネルギーが消費されています。特に都心部では、業務部門（オフィスなど）によるエネルギー消費の割合が高くなっており、例えば東京都千代田区では約８割のエネルギーが業務部門により消費されています。

人やパソコンなどの機器が多いオフィスなどでは、夏季の冷房使用によるエネルギー消費量が多くなっていますが、ヒートアイランド現象による夏季の気温上昇はオフィスでの冷房使用をさらに増加させます。オフィスなどのエネルギー消費量は近年も増え続けており（22 ページ コラム参照）、地球温暖化対策の観点からも課題となっています。

なお、気温上昇により、冬季にはエネルギー消費が減る傾向にありますが、オフィスなどの場合、北海道などの寒い地域を除き、夏季のエネルギー消費の増加量は冬季の削減量よりも多いと推定されています[12]。

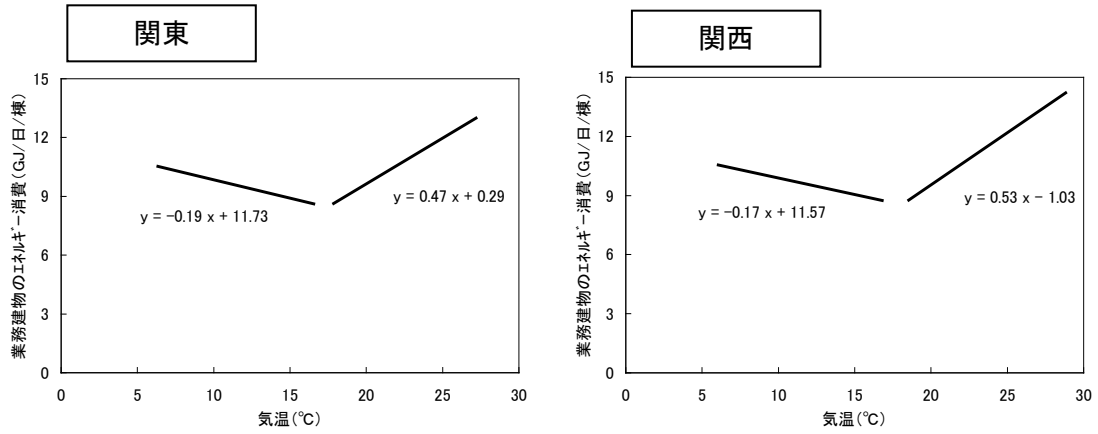


図 1.27　業務建物における気温とエネルギー消費との関係[12]

[12] 環境省：平成 16 年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書，平成 17 年３月

コラム　『日本の CO_2 排出量』

現在の日本の CO_2 排出量は、11 億 9 千万トン（2010 年度）となっており、産業部門が約４割、運輸と業務部門が各２割、家庭部門が 1 割強を占めます。これらの主要４部門の 1990 年からの CO_2 排出量の推移を見ると、最も排出量の多い産業部門は 12%減となっているものの、運輸部門では 1 割弱、家庭部門と業務部門では３割強の増加となっており、一層の対策が必要となっています。

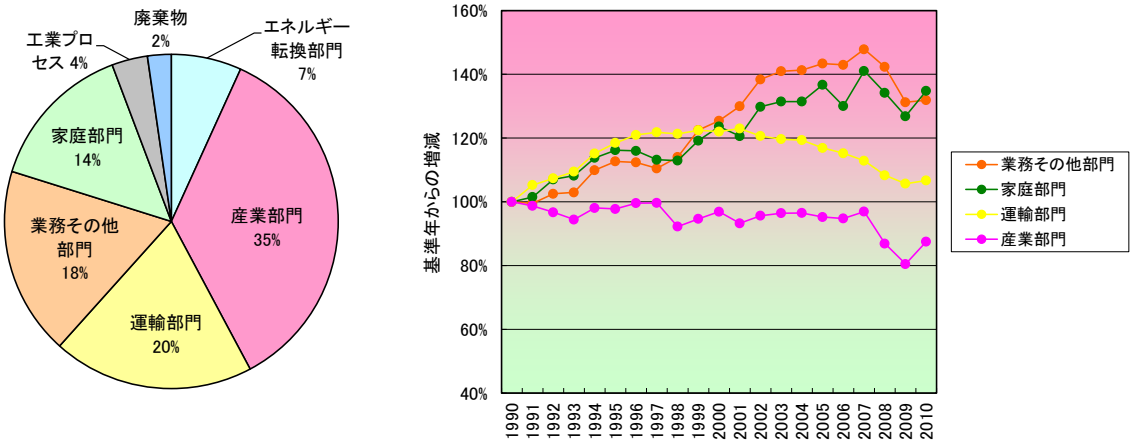


図 1.28　部門別 CO_2 排出割合（2010）と主要４部門の排出増減推移

資料）国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスのデータをもとに作成

２）集中豪雨

地表面の高温化や人工排熱の放出による大気の加熱により都市に上昇気流が起き、その日の気温や湿度、風などの状態によっては、積乱雲が生じて短時間に激しい雨が降る場合があるといわれています。しかし、ヒートアイランド現象と集中豪雨との関連はまだ明確に分かっておらず、今後の研究の進展が待たれています。

【調査報告】ヒートアイランドと東京都心における短時間降水の変化

降水に対するヒートアイランドの効果は夏季の午後に最も大きく現れると考えられます。気象庁気象研究所と東京管区気象台の研究チームは、過去 118 年間の降水資料を使って、東京の短時間降水の長期変化を調べました。

６～８月の 17～23 時についての結果は図 1.29 のとおりです。期間全体として 100 年当たり約 50%の割合で増加しています。他の時間帯や季節についても同様に調べたところ、30%以上の増加傾向はみられませんでした。さらに、最近 30 年間の短時間降水量について東京都心とその周辺地域とで比較したところ、東京都心の降水量は、夏季の夕方において周辺地域より 30%以上多いこと、他の季節・時間帯には大きな差がないことが分かりました。

これらの研究結果は、夏の都市域におけるヒートアイランド効果により、短時間降水の発生・発達が促されている可能性を示すものと考えられます。

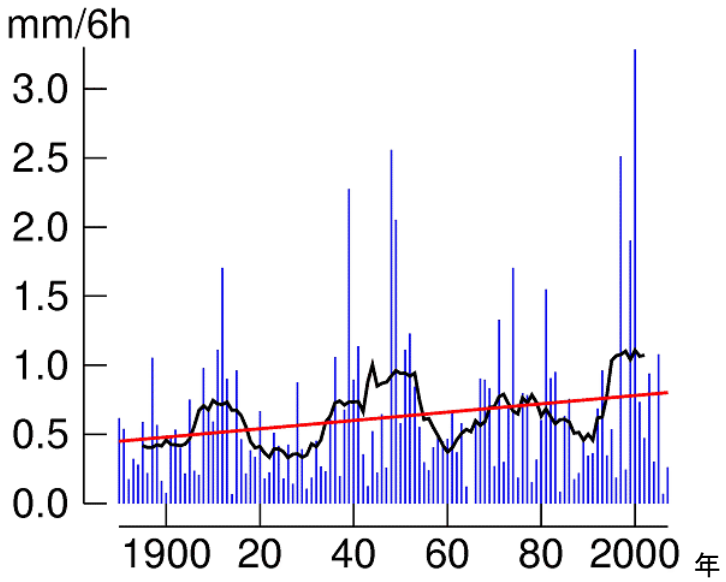


図 1.29　東京の短時間降水の経年変化

（６～８月の 17～23 時における平均降水量）

青線：年々の値、黒線：11 年移動平均、赤線：１次トレンド　資料）気象庁

（３）植物への影響

ヒートアイランド現象は、地球温暖化と相まって、都市の植物にも影響を与えています。植物の開花、紅葉・落葉は温度上昇の影響を受け、その時期が変化していることが多くの研究で報告されています。東京管区気象台におけるソメイヨシノの開花日は、近年の３月の平均気温の上昇に伴い開花日が早くなっていることが報告されています[13]。また東京都区部における調査では、３月の平均気温の高い区域である都市中心部ほど、ソメイヨシノの開花日が早いことが報告されています[14]。

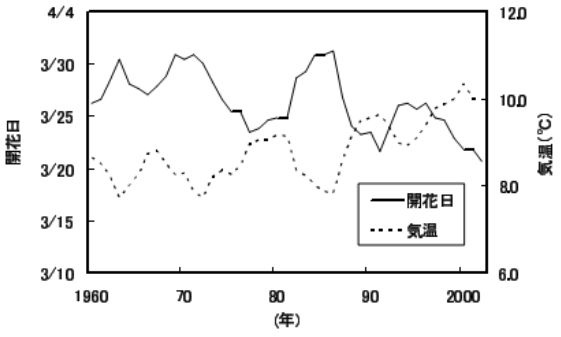


図 1.30　東京管区気象台におけるソメイヨシノ開花日と３月の平均気温の経年変化（５年移動平均値、1960～2002 年）[13]

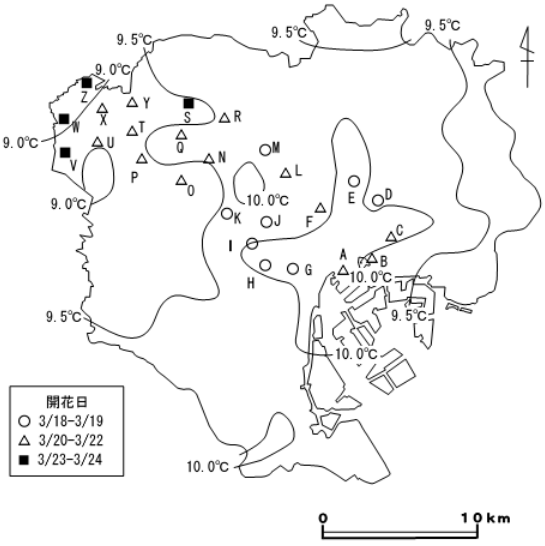


図 1.31　東京都区部におけるソメイヨシノ開花日及び 2004 年３月の平均気温の分布[14]

[13] 松本太：植物季節に及ぼす都市の温暖化の影響　熊谷市におけるソメイヨシノ開花日を例として，地理学評論，76，no. 1，1-18，2003

[14] 松本太：都市域における温暖化（ヒートアイランド）ソメイヨシノの開花日に及ぼす影響，都市緑化技術，69，30-33，2008

一方、冬季の気温上昇によって植物の開花が遅れたという報告もあります[15]。落葉樹が春に開花するためには、秋から冬にかけて一定の低温にさらされる必要があります（26 ページ コラム参照）。このため、気温上昇によってソメイヨシノの開花時期やナシの発芽時期が遅れるといった現象が起きています。図 1.32 では、気温が高いほどナシの開花が早まるわけではなく、気温が高すぎると逆に遅れることが分かります。

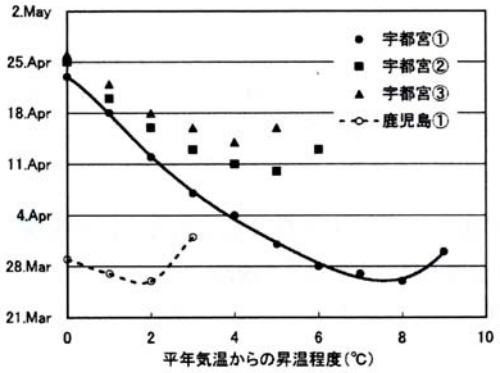


図 1.32　ニホンナシ「幸水」の開花中央日に及ぼす気温上昇の影響[16]

図 1.33 は、典型的な暖冬であった 1979 年について、平均気温が 15℃以下の日を低温日とした場合のソメイヨシノの開花日を地域別にプロットした図です。図からは、この年に低温日日数の少なかった種子島や八丈島などの地域でソメイヨシノの開花が遅いことが分かります。このことからも、気温が高いことによって、開花日が遅れる場合があることが分かります。

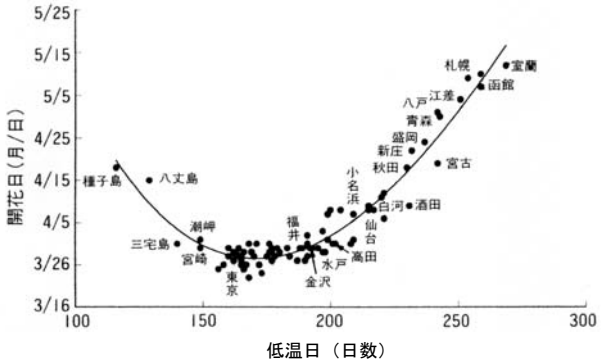


図 1.33　1979 年の低温日日数とソメイヨシノの開花日の関係[17]

[15] 気象庁：異常気象レポート 2005，平成 17 年 10 月

[16] 本條均：気候温暖化が落葉果樹の休眠・開花に及ぼす影響，（独）果樹研究所編．平成 15 年度果樹農業生産構造に関する調査報告書．中央果実基金調査資料 No189，22-32，2004

[17] 永田洋：生物季節現象，樹木環境生理学（現代の林学 13），47-80，2002

気温の上昇により都市の生物相が影響を受けた事例もあります。東京都目黒区にある国立科学博物館附属自然教育園内における生物相の変化を見ると、1950～2002年までの園内の主要樹種が大きく変化しており、熱帯性のシュロが３本から1,082本に増加し、一方スギは121本が 10 本に減少していました（図 1.34）。

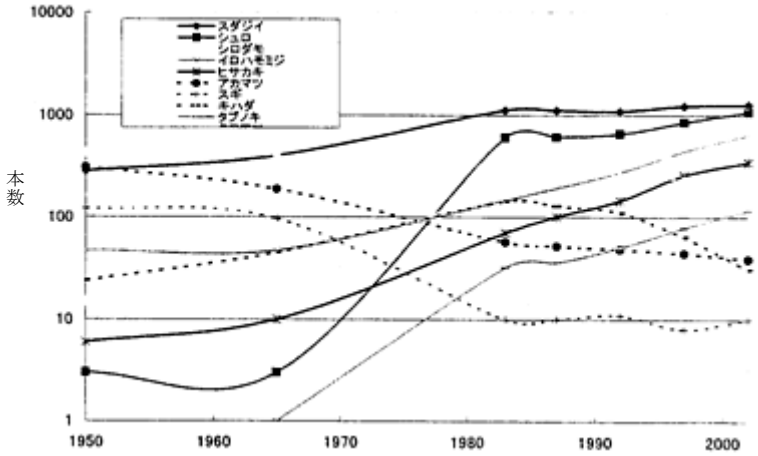


図 1.34　自然教育園の種樹の増減

資料）　国立科学博物館付属自然教育園　萩原信介氏提供

コラム　『植物の花芽の休眠』

サクラやナシのような落葉樹は、夏の間に翌春咲く花の基となる花芽を形成しますが、その後花芽は冬まで休眠します。花芽が休眠から覚醒し、春に成長を開始するためには、一定の低温にさらされる必要があります。要求される温度や時間は樹木の種類やその品種などによって異なりますが、例えばニホンナシ「幸水」の場合は７℃以下で 800 時間とされています（表 1.3）。これに満たない場合、開花が遅れたり開花しなくなる可能性があります。これを「眠り症」と呼びます。

表 1.3　梨の栽培基準 [18]

平均気温			
年	4月1日～10月31日	冬季の最低極温	低温要求時間
7℃以上	13℃以上	-20℃	幸水については800時間以上

[18] 農林水産省：果樹農業振興基本方針，平成 17 年３月

コラム『動物への影響』

地球温暖化やヒートアイランド現象による都市の気温上昇は、動物の生息域にも影響を与えます。中でも懸念されるのは、西ナイルウイルスやデング熱などを媒介するヒトスジシマカをはじめとしたウイルス媒介蚊の生息域の拡大です。図 1.35 左は、1950 年からヒトスジシマカ確認地点と、年平均気温 11℃以上の地域を示したものです。図 1.35 右では、分布が次第に北上している様子がみてとれます。温暖化やヒートアイランドなどで年平均気温が 11℃以上になる地域が今後も増えると、ヒトスジシマカの分布が一層北上する可能性もあります[19]。ウイルス媒介蚊の生息域の拡大により、すぐに感染症が流行する訳ではありませんが、将来流行する危険性は高まります。

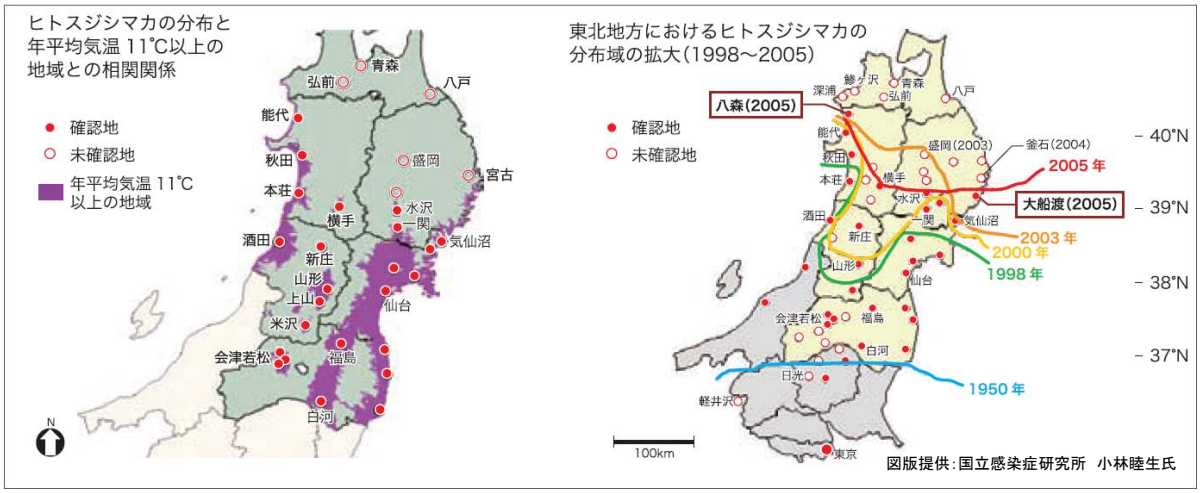


図 1.35　ヒトスジシマカの分布と年平均気温との関係[19]

[19] 環境省：地球温暖化の感染症に係る影響に関する懇談会「地球温暖化と感染症～いま何がわかっているのか？～」

１．４　ヒートアイランド現象のメカニズム

ヒートアイランド現象は都市が作り出した特有の気候であり、日射や人工排熱などの熱エネルギーと風や地形などの自然条件が複合的に関係しています。ここではイラストやシミュレーション結果を活用しながら、ヒートアイランド現象のメカニズムについて日中と夜間に分けて解説します。

１）日中におけるヒートアイランド現象

日中は太陽からの日射エネルギーがあり、都市における社会活動が活発になります。

人工的な被覆で覆われた都市の地表面温度は上昇し、エアコンなどからの人工排熱と相まって大気を加熱するため、対流現象が活発になります。都市の気温上昇は、活発な対流現象により都市上空にまでその影響が及びますが、一方で熱が上空まで拡散するため、地表面付近の気温上昇は都市がない状態に比べて１～２℃程度にとどまります。

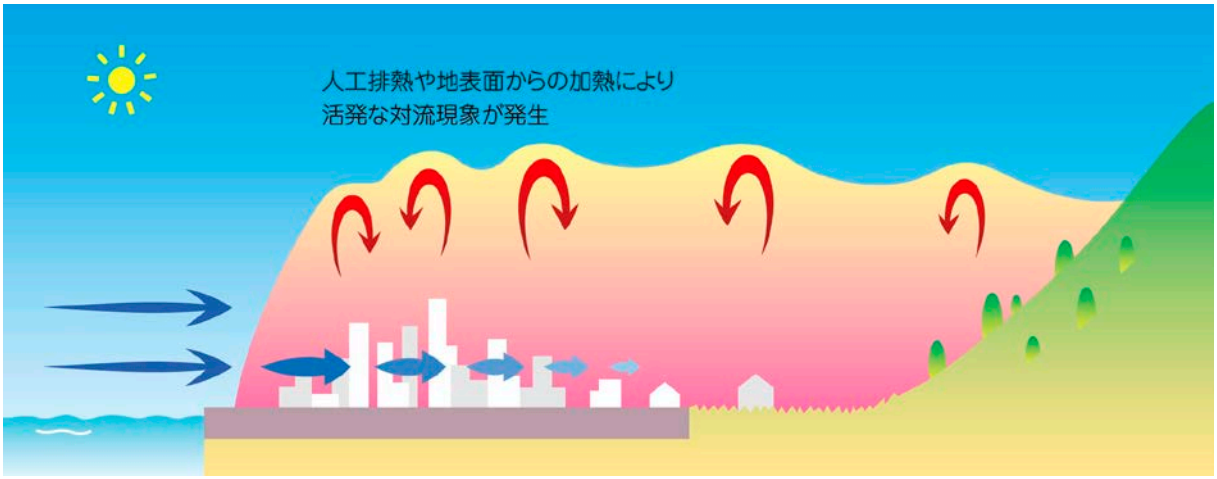


図 1.36　日中のヒートアイランド現象

LOCALS-UCSS により 2006 年８月４日の気象条件で関東域を計算した結果に基づき作図

協力）国土技術政策総合研究所　足永靖信氏

図 1.37 には、都市がある場合とない場合の気温分布を、シミュレーションにより計算した結果を示しました。この結果からは、都市がある場合に関東域が全体的に高温化している様子が読み取れます。また、都市の有無による温度差の分布では、赤く示された相対的な高温域は内陸側に見られます。これはシミュレーションに用いた 2006 年８月４日の日中に南風が卓越していたためであると考えられます。このように、風による熱の移流も起こるため [20]、気温の分布には風や地形などの地域特性が大きく関わることが考えられます。

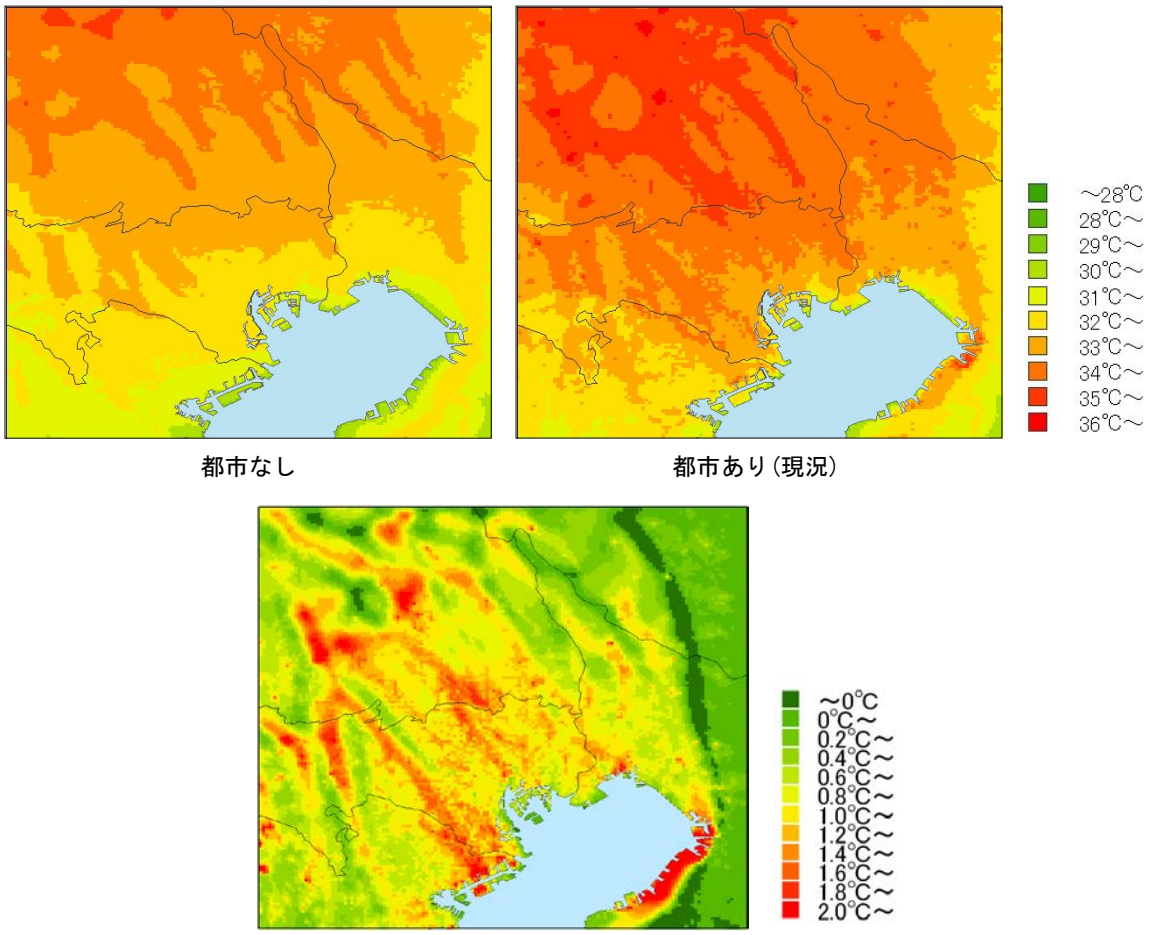


図 1.37　LOCALS-UCSS シミュレーションによる気温分布（14 時）

左上：都市なし　右上：都市あり（現況）　下：都市の有無による温度差（左上と右上の差分）

気象条件は 2006 年８月４日のものを使用

協力）国土技術政策総合研究所　足永靖信氏

[20] 環境省：平成 18 年度ヒートアイランド現象の実態把握及び対策評価手法に関する調査報告書，平成 19 年３月

２）夜間におけるヒートアイランド現象

夜間においても、天空率(12 ページ参照)の小さい都市部では放射冷却が阻害されるため、地表面温度が下がらず、ヒートアイランド現象が消滅することなく翌朝を迎えることになります。都市部の気温上昇の影響は、高度 100m程度まで縮小しますが、地表面の気温は都市がない状態に比べて３～４℃程度高く、特に深夜０～１時頃に気温差が最も大きくなります。

図 1.38　夜間のヒートアイランド現象

LOCALS-UCSS により 2006 年８月４日の気象条件で関東域を計算した結果に基づき作図
協力）国土技術政策総合研究所 足永靖信氏

図 1.39 で示したシミュレーション結果からは、都市がある状態では都市部が顕著に高温化している様子が分かります。夜間は対流による熱の拡散が小さく、また、一般的に日中と比べて風が弱いため、ヒートアイランド現象による都市部の高温化が顕著に現れます。

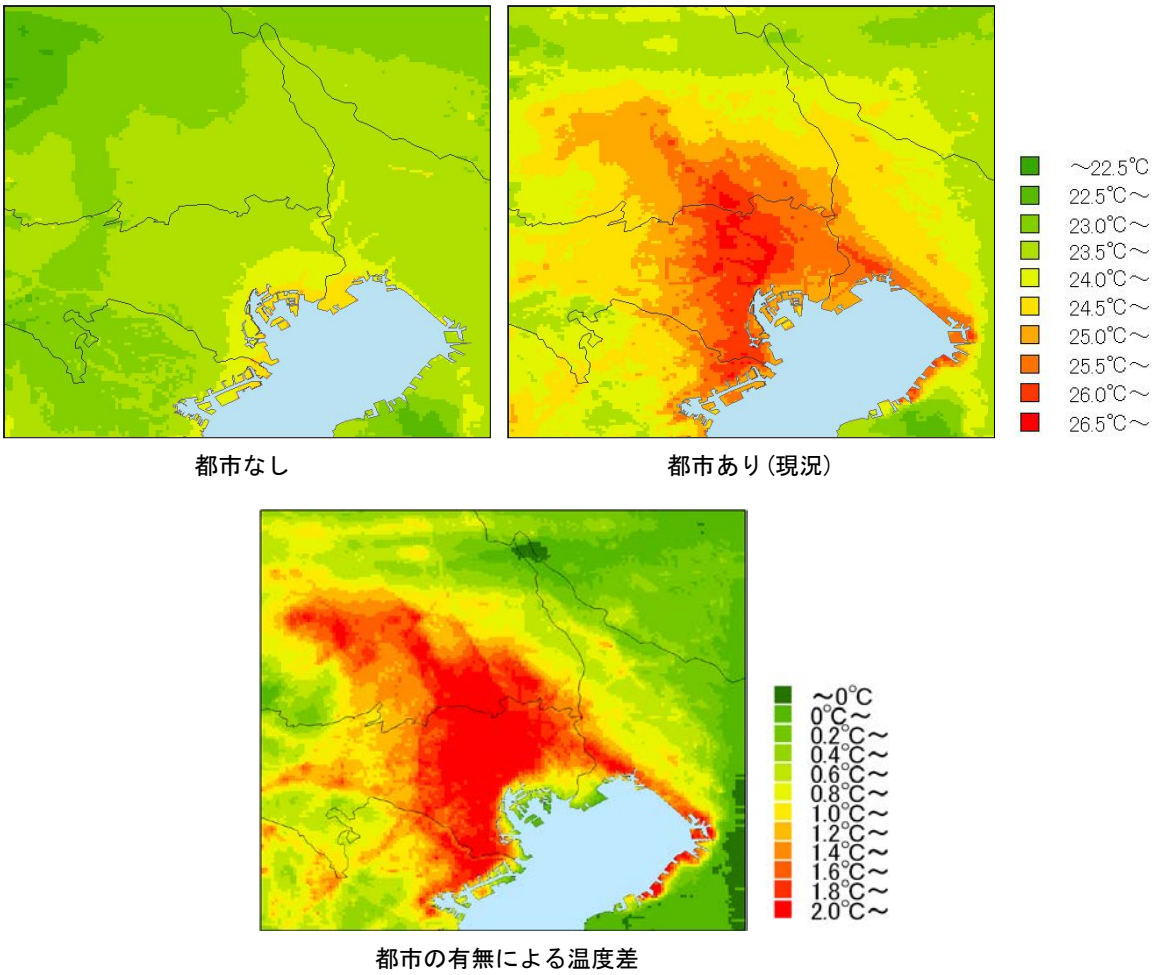


図 1.39　LOCALS-UCSS シミュレーションによる気温分布（５時）

左上：都市なし　右上：都市あり（現況）　下：都市の有無による温度差（左上と右上の差分）

気象条件は 2006 年８月４日のものを使用

協力）国土技術政策総合研究所　足永靖信氏

コラム　『昔と今の地表面熱収支』

地表面では、図 1.40 に示すように、様々な熱のやり取りが行われています。

また、図 1.41 には、東京 23 区における 1930 年代から現在の地表面熱収支の変化の推計結果を示しました。

人工排熱（顕熱）は約 26W/㎡(25.8-０)増加しており、これは、建物、工場、自動車などからの排熱が増加したことによります。

また、蒸発潜熱は約 45W/㎡(92.3-47.6)減少し、対流顕熱は約 32W/㎡(105.7-74.2)増加していますが、これらは、地表面の草地や土の面積が減少し、コンクリートやアスファルトの面積が増加したことなどによるものです。

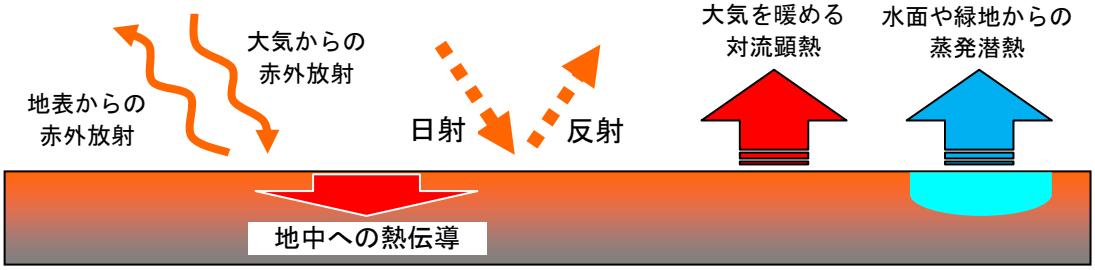


図 1.40　地表面における熱のやり取り

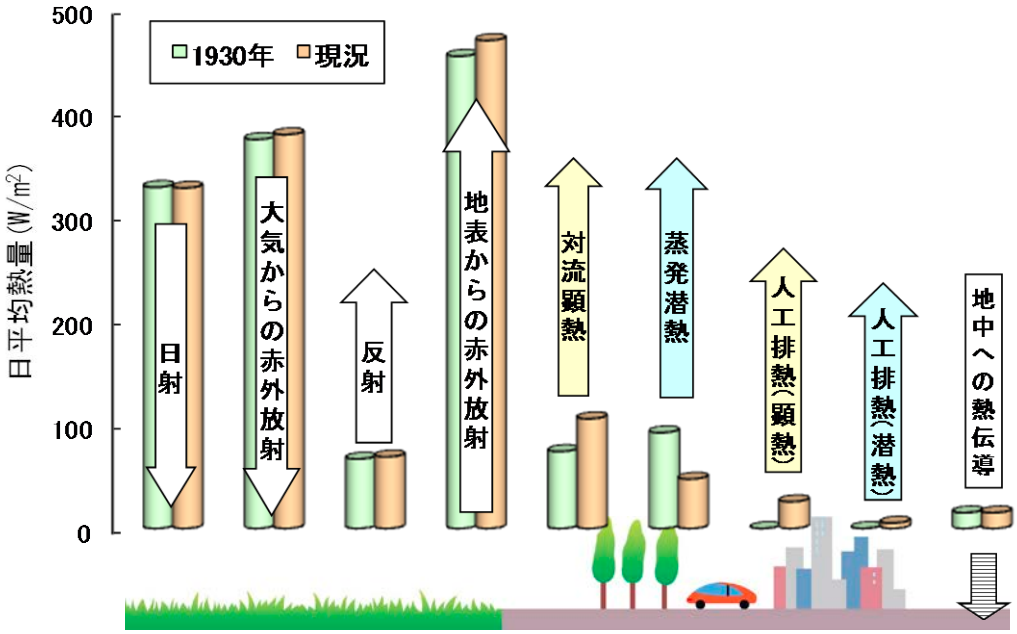


図 1.41　1930 年と現在の地表面熱収支の変化（東京 23 区）[21]

気象条件は 1997～1999 年のアメダスデータより夏季（６月～９月）の
典型的な夏日（太平洋高気圧に覆われた晴天、弱風日）を選定，
（図中の矢印の方向はエネルギーの方向を表す）

[21] 環境省：平成 14 年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書，平成 15 年３月