

日本の地方自治体におけるヒートアイランド対策のあり方に関する研究

A Study on Counteractions for Urban Heat Island in Regional Autonomies in Japan

一ノ瀬俊明*

ICHINOSE Toshiaki*

ABSTRACT: Nowadays a viewpoint of thermal environmental protection in urban planning process is still an unfamiliar concept for Japanese urban planners. But thermal stress in summer is one of the strong interests of many Japanese citizens. Recently Ministry of Environment has organized two councils on urban heat island problems and published reports on counteractions for them. These activities have brought the mitigation of urban thermal pollution as a new viewpoint to urban planning process in regional autonomies in Japan. The author discussed on desirable counteractions for urban heat island in Japanese regional autonomies based on discussions and results of these councils.

KEYWORD: thermal environment, heat island, counteraction, regional autonomy, urban planning

1 はじめに

まちづくりにおける大気・熱環境の保全という視点は、わが国のプランナーにはなじみの薄いものである。しかしながら、都市における夏季のサーマルストレスは、多くの市民・自治体の関心事となっている。この分野の知見は専門性が高く、プランナーが基礎理論から学ぶのは非効率的である。必要なエッセンスを効率的に伝える目的で書かれたガイドライン、教科書は有益であり、海外では「都市建設のための気候学入門」、「都市及び地域気候・大気汚染マップ作成ガイドライン」（ともにドイツ）、「都市地表面における植栽と明色塗装に関するガイドブック」（EPA）などが出ている。一方、内容が教条的に適用された場合の問題点も、公共投資と関連するだけに非常に大きい（一ノ瀬，2000）。

現在環境省では、日本の地方自治体におけるヒートアイランド対策の体系化を目指し、いくつかの事業を行っている。1998年度の事前調査（主として文献調査）を経て、1999年度には国立研究機関・大学・地方自治体のメンバーからなる環境庁ヒートアイランド現象抑制対策手法検討委員会（著者を座長として7名：以下、対策手法委員会と記す）を発足させ、「ヒートアイランド現象抑制のための対策手法報告書」を発表した（環境庁ヒートアイランド現象抑制対策手法検討委員会，2000）。メンバーの専門分野も、気象学、建築学、土木工学、地理学など多岐にわたる。これは日本の都市におけるヒートアイランド対策の指針という位置付けで作成されたものである。その構成は、1) 都市大気・熱環境問題の概説、2) 地方自治体でも実施可能な都市熱環境の調査手法、3) 都市熱環境の評価手法、4) 現在知られているサーマルストレスの緩和手法、5) 地方自治体における取り組み事例、となっている。また、豊富なレビューにもとづいて、平均風速には恵まれているが夏季の暑熱対策が長期間必要（自然面の特徴）、再開発をめぐる合意形成過程の複雑さ（社会・制度面の特徴）等、日本における対策の難しさを指摘している。環境省のこうした取り組みを通じ、「ヒートアイランド現象は熱による環境汚染現象で

* 国立環境研究所地球環境研究センター Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

ある。」という行政の認識が初めて示されたといえる。さらに、こうした体系的知識の普及は、地方自治体における都市マスタープランや環境基本計画の策定に際し、サーマルストレスの緩和という視点を正式に位置付けるという意味でも画期的なものである。この委員会は 2000 年度も継続し、都市熱環境を評価するための指標づくり、個別のサーマルストレス緩和手法（ヒートアイランド現象抑制対策手法）に関する情報の収集・整理、それら個別手法に対する地方自治体への適用可能性からみた評価を行い、「地方自治体向け対策マニュアル・対策インベントリー」的な成果物を目標に活動を行っている。

一方上記委員会活動を踏まえ、2000 年度には新たに環境省ヒートアイランド実態解析調査検討委員会（早稲田大学尾島俊雄教授を委員長として、大学・国立研究機関・関係地方自治体等から 15 名）が発足した（以下、実態解析委員会と記す）。対策手法委員会では、多くの自治体に普遍的な対策手法についての情報構築がミッションであるのに対し、実態解析委員会では具体的に性格の異なるわが国の 3 都市（仙台・東京・名古屋）を選び、実際にフィールドに密着した対策手法の検討・提示、そして都市計画への提言をミッションとしている。実態解析委員会では AMeDAS 等既存のデータから 3 都市におけるヒートアイランド現象の実態と影響を把握し、数値シミュレーションモデルを利用してその形成要因を分析し、対策を実施した場合の効果を予測した（環境省ヒートアイランド実態解析調査検討委員会、2001）。この成果を受けて環境省・経済産業省・国土交通省は連絡会を設け、ヒートアイランド現象抑制のための具体策の検討に着手している（2001 年 8 月 10 日朝日新聞・東京新聞など）。

本論ではこれら 2 つの委員会における議論と成果を整理し、わが国の地方自治体におけるヒートアイランド対策のあり方を論じてみたい。

2 ヒートアイランド現象抑制対策手法の整理と評価の考え方

ヒートアイランドに代表される都市の暑熱現象の多くは、都市的土地利用など特異な地表面構成やエネルギー消費などの人間活動など、局地的な原因に由来している。また、現象の現われ方にも都市が立地する自然条件など、地域性が強く反映されていると考えられる。よって、ヒートアイランド対策は主として地方自治体によって担われるべきものであると思われる。もちろんこの対策にも様々なものがあり、その時間（効果が現われるまでの）・空間（宅地の庭のような小さなものから関東平野のような広域まで）スケールも様々であり、それらスケールに応じて関わる主体も、国、都道府県、市町村、事業主、個人など様々である。

実際、地方自治体がそれぞれの経済力や立地特性、自然環境に応じてとるべきヒートアイランド対策は多様なものになると思われる。ヒートアイランドのメカニズムは複雑であり、主要な要因である人工的な地表面被覆と人工排熱、それらの分布（都市構造）や地形・気象条件などが相互に影響し合い、時々刻々の変化を示す。広域的な気象場や四季の変化によっても影響を受け、夏季の対策が冬季には逆効果となる場合も想定される。実際の対策としては様々なものを組み合わせ、バランスをみながら実施することが有効であろう。

また、局地的な温暖化であるヒートアイランドと地球温暖化は、エネルギー消費形態など、その原因、対策ともに共通する事項が多いため、別々に議論するよりは一体のものとして取り組んだほうが効率적인の見方もできよう。実際地球温暖化対策の一環としても実施されているものが多い。それぞれの自治体は、現象の深刻さや財政事情に応じて最適な技術の選択を行うことになるだろうが、そのような意志決定に必要な情報（効果やコストを含む技術のインベントリー）整備が必要とされている。

3 環境省ヒートアイランド実態解析調査検討委員会によるユニークなアプローチ

実態解析委員会は建築学、気象学、土木工学、地理学などの分野からヒートアイランド関連での日本のトップクラスの研究者を集めており、これほどの規模とレベルでの分野横断的な検討が行われたのは

世界でも過去に例がないものと思われる。実態解析委員会の報告書には、多くのユニークな成果が見られるので、主なものについてコメントを加えつつ紹介する。

- 1) 数値シミュレーション及び推計により、東京 23 区別の顕熱・潜熱輸送量の内訳を示し、区別に重要と考えられる対策を示唆している。広く商業業務地域を抱える都心の 6 区では、大気を直接暖める顕熱輸送量が $100\sim110\text{W/m}^2$ (日平均) に達するが、そのうち人工排熱以外 (人工的な地表面被覆に日射が蓄熱されることによるもの) が $40\sim60\text{W/m}^2$ (日平均) を占めている。一方、周辺部のほとんどの区では顕熱輸送量が $80\sim90\text{W/m}^2$ (日平均) に収まり、そのうち人工排熱以外は $60\sim70\text{W/m}^2$ (日平均) と相対的に都心部より比重が大きくなっている。これにより、都心部では人工排熱の削減、周辺部では人工被覆物の改善が主たる対策として結論付けられている。
- 2) 昼間の最高気温は都市スケールでの評価になじむと思われるが、人体の放射収支までを考慮に入れた温熱快適性については、1m 程度の空間スケールで評価を行う必要がある。局所的な屋上・壁面緑化や保水性舗装の導入、高反射性塗料の塗布などを行った場合の効果を評価するため、全国各都市に見られる土地利用として、1) 商業業務地区、2) 住宅地区、3) 工場地区、4) 幹線道路沿道地区をモデルに、地表面被覆の表面温度を求める数値シミュレーションにより、HIP (ヒートアイランドポテンシャル：気温と建物等表面温度の平均的な差) が求められた。また MRT (平均放射温度) の計算により、建物近傍の対象地点を取り巻く建物 (街区) の形状を温熱快適性の視点から評価した。高木による緑化により、舗装面上でも緑陰部で気温 $+3^\circ\text{C}$ 以内の表面温度を実現できることや、壁面緑化は日中の高温対策として屋上緑化に匹敵する効果を持つことなどが結論付けられた。

一方、明らかになった問題点としては、以下のようなものがある。

- 1) 環状 6 号線の内側で、容積率が 20%、自動車交通量が 30%、建物排熱量が 50% 増加した場合、午後 2 時には都心の一角 (大手町から新橋にかけて) で約 1°C の気温上昇があり、 30°C 以上の高温にさらされる面積・時間の積は 1.34 倍に達する。一方、23 区で総合対策を実施し、建物排熱の 50% 削減、自動車排熱の 20% 削減、50% の舗装面における保水性舗装への改装、50% の建物屋上面における緑化があった場合、都心の気温は 0.7°C 低下する。 30°C を越える面積・時間の積も 20% 以上低減する。このような結論が数値シミュレーションにより示されたが、どの地域においても一律にこのような変化が起こるというシナリオの下である。緑地の喪失ひとつを取り上げても、開発に対する緑地の脆弱性は多様であり、具体的な地域特性 (地理情報) を反映したシナリオの提示・数値シミュレーションによる評価、という段階には至っていない。
- 2) 数値シミュレーションの示す 1°C 前後の変化は 500m グリッドに平均化された値であり、局所的にはもっと高温化している場所も存在する。これより小さいスケールの熱環境を既存の 3 次元気象モデルで評価するのは困難であり、現在の技術では、HIP や MRT の計算を 3 次元気象モデルによる数値シミュレーションとは独立した形で行わなくてはならない。やっかいなのは、より小さなスケールで影響が顕著になると思われる人工排熱を、HIP の計算では直接扱うことができないことである。実際都心におけるビルの壁面は、屋内で冷房 (及び換気) が行われている場合、窓面などが周辺大気に対して冷熱源となる (都心のビルの谷間の日陰はクールアイランドとなっている可能性がある)。ビルから出るはずの人工排熱は、通常屋上のビルマルチユニットなどから放出されることが多い。数値シミュレーションにおける人工排熱の取り扱いについては、このように対象とする空間スケールにより不連続性が存在するため、数値シミュレーションによる評価を難しくしている。一方、練馬区や世田谷区などの日陰の少ない住宅地は、人工排熱こそ相対的に少ないものの、温熱快適性の視点からはより厳しい環境であり、熱中症などのリスクが都心に比べて高いことなどが示唆された。

4 ヒートアイランド対策手法の評価

2つの委員会における議論と報告書を踏まえ、ヒートアイランド現象の形成要因からみた対策手法の分類を行い、その効果について、熱帯夜の緩和、昼間の高温化の緩和という2つの視点からの評価を試みた(表1)。また、各対策メニューの水平スケール(対象規模)、時間スケール(期間)、関わる主体についても整理を行った。対策メニューは、1)人工排熱の低減(削減と代替)、2)人工被覆物の改善(顕熱輸送の削減と潜熱輸送の拡大)、3)都市形態の改善(移流の改善及び総合)、の3つに大きく分類される。なお、残念ながらコストの情報については十分な整理ができなかったため含めていないが、一般に空間・時間スケールが大きく、より上位の主体が関わる対策メニューにおいてコストが高くなると考えられる。

表中顕著な効果が認められるもの(A)としては建物の緑化(屋上・壁面)、保水性建材の使用、壁面の淡色塗装、屋根材の反射性能の向上などによる冷房負荷の削減、緑地の保全・整備、小河川の開渠化や公園における水面の整備、大規模緑地や業務施設の(卓越風などを考慮した)再配置などが挙げられている。一方建物の高断熱・高気密化については、外断熱と内断熱とで屋内外の温熱快適性が正反対に動く可能性が指摘されており、このような形で急な技術評価を行うのは困難と考えられる。一般に1)、2)、3)と水平スケールが拡大し、時間スケールも長くなる。コストも増大するが、相対的には効果も大きく(広域的に)なり、施主など個人レベルでは取り組みにくいものが増えてくる。

なお表1は著者個人の評価であり、広くコンセンサスの得られたものではない。

表1 ヒートアイランド対策手法の評価例

対策メニュー	対象規模	期間	効果の特性		主体
			熱帯夜	昼間の 高温化	
(1)人工排熱の低減(削減と代替)					
①エネルギー消費機器の高効率化 OA機器、民生用家電機器の効率向上	個別	短期	B	B	個人、事業所、自治体
②冷暖房・空調システムの高効率化 高効率な冷凍機、熱源機器の導入	建物	短期	B	B	個人、事業所、自治体
③空調システムの適正な運転等 室外機の適正配置	建物	短期	B	B	個人、事業所、自治体
冷却塔の使用	建物	中短期	－	A	個人、事業所、自治体
夜間システム運転の自粛	建物	短期	A	－	個人、事業所、自治体
④建物の断熱・遮熱機能の向上 高断熱建材の適用(内断熱)	建物	中短期	C	C	個人、事業所、自治体
高断熱・遮熱建材の使用(外断熱)	建物	中短期	A	D	個人、事業所、自治体
⑤建物緑化、保水性建材の適用 建物緑化、保水性建材の適用(外断熱)	建物	中短期	A	A	個人、事業所、自治体
⑥壁面、屋根の反射率改善 壁面の淡色化、高反射率の屋根材	建物	短期	A	A	個人、事業所、自治体
⑦交通対策の導入 交通需要マネジメントや低公害車の導入	都市	中長期	B	C	個人、事業所、自治体
自転車など代替手段の活用	区	中短期	B	C	個人、事業所、自治体
⑧地域冷暖房の導入 建物排熱の地域レベルでの集中管理	街区	中期	A	A	事業所、自治体

⑨未利用エネルギーの利用					
海水、河川水、地下水の利用	区	中長期	B	B	事業所、自治体
都市施設排熱の利用	街区	中期	B	B	事業所、自治体
工場、地下鉄、ビル、発電所、変電所等の排熱利用					
廃棄物からのエネルギー回収	区	中期	B	B	自治体
廃棄物発電・熱供給					
⑩自然エネルギーの利用					
太陽光発電	建物～都市	短～長期	B	B	個人、事業所、自治体
太陽熱利用	建物～都市	短～長期	B	B	個人、事業所、自治体
(2)人工被覆物の改善(顕熱輸送の削減と潜熱輸送の拡大)					
①舗装材の反射率・保水性の改善					
舗装材の色選択や透水性舗装の採用	都市	短期	B	B	自治体
②緑の確保					
公園緑地等の保全・整備	区～都市	中長期	A	A	事業所、自治体
街路空間の緑化	区～都市	中期	B	B	自治体
住宅の緑化	個別	短期	B	B	個人、事業所、自治体
③建物緑化、保水性建材の適用(顕熱の削減)					
建物緑化、保水性建材の適用	建物	中短期	A	A	個人、事業所、自治体
④開水面の確保					
小河川の開渠化や公園における水面の設置	区～都市	中長期	B	A	自治体
(3)都市形態の改善(移流の改善及び総合)					
①建物配置等の改善					
ビルや道路の配置改善、風の道・水の道の積極的利用	街区～都市	中長期	B	B	自治体
②土地利用の改善					
大規模な公園緑地の配置、業務施設の再配置など	都市	長期	A	A	自治体
③エコエネルギー都市の実現					
エネルギーのカスケード利用など	区～都市	中長期	B	B	自治体
④循環型都市の形成					
エネルギーや資源の有効利用、リサイクル	区～都市	長期	B	B	自治体

注) 効果の特性: A 効果大 B 効果中 C 効果小 D 逆効果

5 まとめ ～地方自治体はどう取り組めばよいか～

ヒートアイランド対策として前述したメニューは、省エネルギー対策や緑化対策として地域施策の中で展開されているものと重複している場合が多いが、「ヒートアイランド抑制対策」としての複合的な施策を効果的に講じることは困難であった。よって「ヒートアイランド防止計画」を体系化し、それにもとづいて当該対策を推進してはどうであろうか。関連する既存の施策としては、公害防止計画や地域環境計画（環境基本計画など）、都市総合計画、環境アセスメント、地域新エネルギービジョンなどがあり、これらにヒートアイランド対策が位置付けられることも必要であろう。

また、都市の自然条件（地形、気温・風向風速の分布など）、土地利用、人口・事業活動の集積とエネルギー消費、緑の分布などから把握される熱環境特性のマップ化（クリマアトラスの作成）による各種計画への合意形成支援は、2つの報告書がともに重要性を言及している。現在日本建築学会では、クリマアトラス（日本建築学会、2000）の実用化に向け、市民参加のワークショップを通じた都市計画指針図作成の試みを始めている。これは本来ドイツで行われているプロセスを数時間で簡便に行うものといえ、考え方の普及にとって非常に有益と考えられる。

日本の地方自治体における先進事例はまだあまり多くない。有名なところでは東京都における新規着工ビルの屋上緑化を義務付ける条例（2000 年 4 月～）、大阪市における保水性舗装の実用化に向けた試験舗装の表面温度等物理特性の連続測定（1999 年 3 月から 1 年間）がある。いずれもヒートアイランドだけをターゲットに行っている施策ではない。一方長野市では市民団体が、風を中心とした都市気候観測を行い、市街地に新鮮な冷気を導くためのまちづくりに向けた研究を始めている。日本の大都市は海に面したものが多いが、長野市は内陸にあり、ドイツの内陸都市（例えば、一ノ瀬，1999）との類似性という観点からも成果が楽しみな研究である。このように、地方自治体における取り組みはまだ始まったばかりである。今後の展開に期待すると同時に、専門家の立場からも積極的に有益な情報発信を行い、取り組みを支援していきたいと考えている。

引用文献

一ノ瀬（1999）：天気，46，709-715.

一ノ瀬（2000）：第 28 回環境システム研究論文発表会講演集，3-10.

環境庁ヒートアイランド現象抑制対策手法検討委員会（2000）：「平成 11 年度ヒートアイランド現象抑制のための対策手法報告書」.

環境省ヒートアイランド実態解析調査検討委員会（2001）：「平成 12 年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書」.

日本建築学会編著（2000）：「都市環境のクリマアトラス 気候情報を活かした都市づくり」，ぎょうせい.