

2. 分野別検討 ; 熱環境分野

熱環境分野では、都市における熱環境に関する問題のうち、都市に特有の環境問題であり、近年その影響が顕著になってきているヒートアイランド現象()に関する対策を中心に検討を行った。具体的には、国等によるこれまで各種の熱環境対策(ヒートアイランド対策等)の検討結果を踏まえ、各種対策を具体的な街作りへ具体的に適用していくための方向性や方策、またモデル地区を対象とした対策の具体的なイメージ等を明らかにすることを目的に調査・検討を行った。

また、街作りにおいて熱環境改善策に取り組むことは、「都市の涼感」を高めることにもつながり、街作りの創造的側面や市民生活との係わりの視点からも重要である。

なお、熱環境対策は都市気候の改善による冷暖房需要の低減を通じて CO₂ 削減(温暖化防止)にも寄与するため、検討の際には直接的な熱環境対策の効果とともに、熱環境改善に伴う省 CO₂ 効果についても視野に入れることとした。熱環境対策は、他の温暖化対策(省エネ対策等)と連携しながら取り組みを進めることでより現実的な普及につながると考えられる。

; ヒートアイランド現象とは

ヒートアイランド現象は、都市部の地表面における熱収支が、都市化に伴う人工排熱の増加や、地表面の人工化(舗装、建築物等)等により変化し、都市中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなることをいう。都市中心部の気温が郊外と比較して常に高温になっているということは、19世紀から報告されており、世界中の多くの都市でも確かめられている。近年、ヒートアイランド現象の影響が顕著になってきたため、都市に特有の環境問題として注目を集めている。

2.1. 都市の熱環境の現況

元来、日本の家屋は夏を意識した開放的な構造、豊かな植栽・水辺を有していたが、高度成長期における都市の高密化・高層化に伴うコンクリート建造物の増加や植栽・水辺の減少等により蒸発潜熱の発散機能や緑陰機能が損なわれ、このことがヒートアイランドの一因となっている。20世紀中に日本の平均気温は約1℃上昇しているのに対し、日本の大都市の気温は2~3℃上昇しており、将来的に地球温暖化が進行した場合には、都心部が今以上に高温化することが危惧される。またヒートアイランドによる気温上昇は冷房エネルギー消費量の増加をまねき、これに伴う人工排熱の増加、CO₂排出の増加がヒートアイランド現象や地球温暖化を更に促進するといった悪循環を生む。そのため50~100年の長期的視野で都市を捉え、都市の更新サイクルに応じて熱環境対応型の設計を街作りに織り込んでいくことにより、都心部のさらなる高温化を回避するとともに、都市での地球温暖化防止対策の推進にも貢献していくことが必要である。特に業務施設については、温暖化対策が特に求められている分野であることから、都市のオフィスビル等については熱環境対策を通じた地球温暖化対策の推進が望まれる。

2.2. 都市の熱環境の実態・影響等

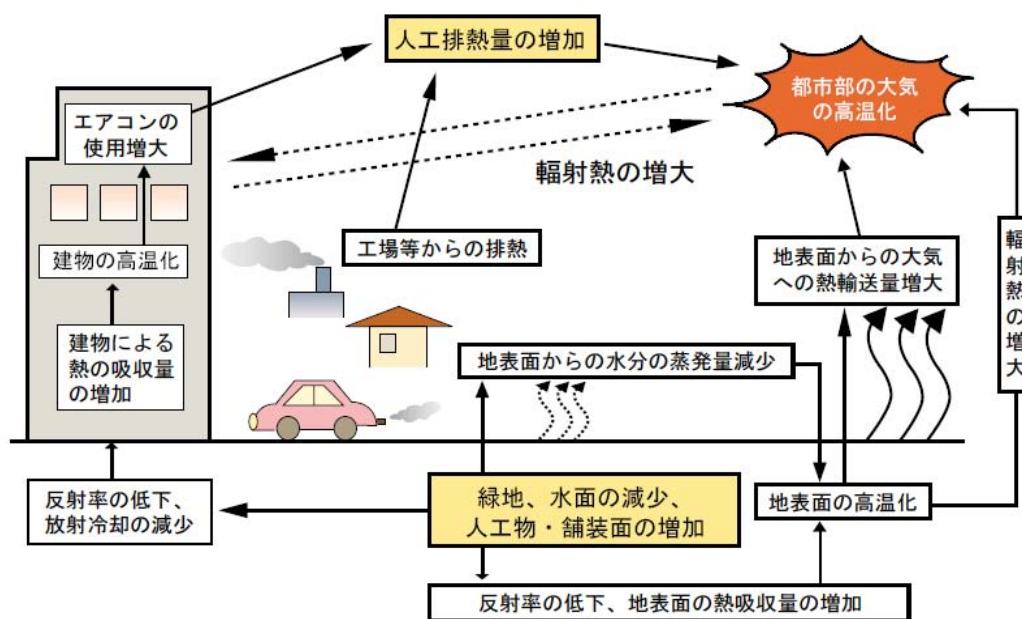
都市部における熱環境の実態と予想されうる今後の展望、また熱環境が悪化することによる環境への影響（熱中症等の健康影響、生態系影響、エネルギー消費への影響等）について、環境省で実施したこれまでの調査・観測結果等を整理する。

2.2.1. 都市の熱環境悪化の要因

大気を直接暖める顕熱に着目すると、対流顕熱の増分（ $24.6\text{W}/\text{m}^2$ ）が地表面の人工化による影響、人工顕熱の増加分（ $26.9\text{W}/\text{m}^2$ ）がエネルギー消費による影響と考えられ、それぞれ50%程度の影響を及ぼしていると推察される。

（1） 要因となる項目

ヒートアイランド現象による都市の熱環境悪化は、地表面被覆の人工化、人工排熱の増加、都市の形態に起因している。



出典) 環境庁「ヒートアイランド対策の推進のために」(平成12年12月)

図2-1. 都市の熱環境悪化のメカニズム

(2) 都市における熱の収支

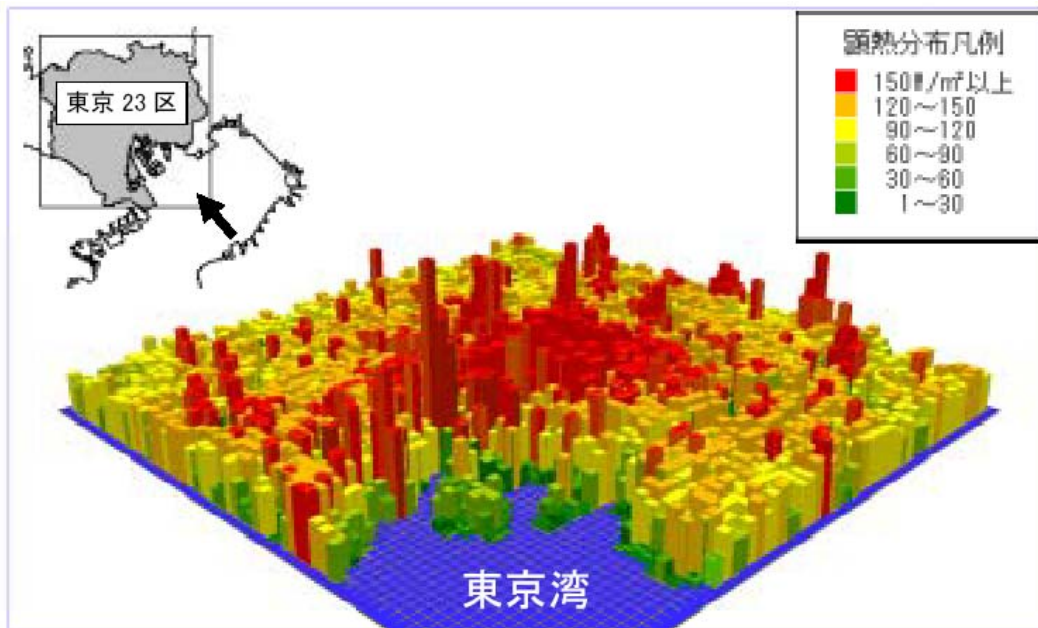
東京 23 区の地表面熱収支を見ると、自然の状態と比較して、対流顕熱の増加と蒸発潜熱の減少が著しい。東京 23 区で対流顕熱と人工顕熱を合わせた熱の分布を見ると、都心部の顕熱が大きくなっている。

表 2-1 . 東京 23 区の自然状態と辺境の熱収支の比較

項目	自然状態	現況	内容
日射	328.1	328.3	大気から地表面へ
放射(下向き)	351.3	358.1	
反射	68.5	69.4	地表面から大気へ
放射(上向き)	426.2	458.3	
対流顕熱	65.9	90.5	
蒸発潜熱	126.6	53.2	(うち人工排熱)
人工顕熱	0	26.9	
人工潜熱	0	5.2	
伝導	7.8	14.9	地表面から地中へ

備考) 単位は、W/m²である。

出典:「ヒートアイランド対策手法検討業務」(平成 14 年 3 月)環境省

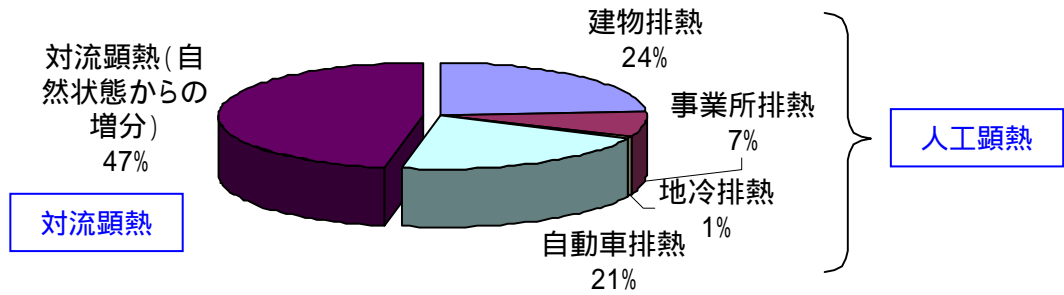


出典:「ヒートアイランド対策手法検討業務」(平成 14 年 3 月)環境省

図 2-2 . 東京 23 区エリアの日平均顕熱(対流顕熱+人工顕熱)の分布

(3) 要因のシェアと地理

大気を直接暖める顕熱に着目すると、対流顕熱の増分 ($24.6\text{W}/\text{m}^2$) が地表面の人工化による影響、人工顕熱の増加分 ($26.9\text{W}/\text{m}^2$) がエネルギー消費による影響と考えられ、それぞれ 50% 程度の影響を及ぼしていると推察される。



備考) 環境省試算による。

図 2-3 . 東京 23 区日平均顕熱状況

2.2.2. 都市の熱環境の観測・実態

(1) 都市の熱環境の実態

都市の熱環境悪化は、東京、大阪、名古屋等の各都市で観測地の都市化が進むほど顕著になっている。これらの大都市では、高温域が拡大するとともに、熱帯夜が増加する等の影響が見られる。また、大都市のみならず中小都市においても熱環境の悪化が観測されている。

表2-2. 都市の熱環境の実態についての特徴

ポイント	内容
気温の上昇 (経年変化)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 東京都心の気温は地球温暖化よりも速いペースで上昇している。 ■ 100年間に日本全体では約1℃上昇しているのに対し、東京の平均気温は約2.2℃上昇している。 ■ 東京の2月の平均気温は、過去100年間で2.6℃の上昇であり(8月は1.7℃の上昇)冬季の方が夏季よりも温度上昇のスピードが高い。 ■ 東京の日最高気温は約2℃上昇したが、日最低気温は約4℃上昇している。 ■ 東京都心部と周辺部の最低気温はいずれも上昇しているが、東京都心部の上昇は周辺部に比べて突出している。
昼間の高温化 (気温分布)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 都市空間の暑熱化は、単に平均気温だけでなく、高温にさらされる時間の増加という形で顕著に現れており、30分以上の時間が増加し、範囲が拡大する傾向にある。 ■ 高温にさらされる時間が増加する地区は、一様に延びているのではなく、地区によって増減の状況が異なっている
熱帯夜の増加	<ul style="list-style-type: none"> ■ 都心部では夕方から夜にかけての気温が下がりにくくなっている。 ■ 熱帯夜(最低気温が25℃以上)は都心部を中心に出現日数が多くなっているが、墨田区、板橋区なども年間36日以上と多い。

1) 観測調査等の実施状況

都市の熱環境特性の把握

都市の熱環境特性を表わす指標としては、気温、風、都市化状況等があるが、これらの観測調査の実施状況を以下に整理する。

(ア) 環境省気象観測データ

環境省では、関東圏・近畿圏・中京圏における気温等の広域測定を実施している。

(イ) 気象庁アメダス

「地域気象観測システム」アメダス (AMeDAS ; Automated Meteorological Data Acquisition System) は、雨、風、雪などの気象状況を時間的、地域的に細かく監視するために、降水量、風向・風速、気温、日照時間の観測を自動的にを行い、気象災害の防止・軽減に重要な役割を果たしている。アメダスは 1974 年 11 月 1 日から運用を開始し、現在、降水量を観測する観測所は全国に約 1,300 ヶ所ある。このうち、約 850 ヶ所 (約 21km 間隔) では降水量に加えて、風向・風速、気温、日照時間を観測しているほか、雪の多い地方の約 280 ヶ所では積雪の深さも観測している。

(ウ) 都内気象観測網 ; METROS

ヒートアイランド現象は、局地性の高い現象であり、関連する気温や風、降雨などは、23 区内でも地域差が大きく、精確な実態把握や、気温上昇、集中豪雨などの発生原因を解明するためには、多数の地点の詳細な気象データが必要となる。また、都市気候数値モデルなどを用いて熱環境対策の効果を予測する場合にも、予測条件の設定や、予測結果の検証を行うために、詳細な気象観測データが必要になる。しかし、従来データは都道府県単位で見た場合それほど観測地点は多くない。(例えば、気象庁アメダスは、東京都(島しょ部を除く)では、全域で 10 地点、区部では 5 地点)

こうした背景から、東京都環境科学研究所は、平成 14 年 7 月から東京都立大学と共同で都内 120 地点 (平成 15 年度からは 126 地点) に気象観測機器を設置し、気温や風などの連続観測を開始した。

この気象観測網は、METROS (Metropolitan Environmental Temperature and Rainfall Observation System : 首都圏環境温度・降雨観測システム) と呼ばれ、さらに METROS20 と METROS100 の 2 種類の異なる観測システムに分けられる。

METROS20 は、都区内 20 ヶ所のビルの屋上部などで、風向風速、気温、湿度、降水量、気圧を自動的に観測するシステムである。10 分間隔で計測されたデータは、1 時間に 1 回、電子メールとして東京都環境科学研究所と都立大学に配信される。こうした携帯端末による気象データの自動収集システムはわが国で初めての試みである。

METROS100 は、23 区内約 100 ヶ所の小学校の百葉箱内に設置された小型の温湿度データロガーによる観測システムである。ロガーには 10 分間に一度、温度、湿度データが記録され、このデータを約 45 日ごとに人手で回収・整理する。観測地点は約 2.5km メッシュに 1 地点の割合で配置されていて、時間的にも空間的にも非常に高密度なデータが得られる (METROS20 の観測は、平成 17 年 3 月終了、METROS100 については、100 地点の観測は平成 18 年 3 月に終了、平成 18 年 4 月から 34 地点で観測中)。

(エ) 熱環境カルテ

都市毎に気温変化の状況、都市化の情報及び風環境の情報を整理して、熱環境カルテを取りまとめている。

2) シミュレーション手法開発

都市の熱環境悪化の実態を解析するとともに、取りうる対策の評価を行うため、各種のシミュレーション手法が開発され、効果検証等が行われている。

以下に環境省における調査事例を示す。

環境省：ヒートアイランド対策手法調査検討業務

- ・簡易計算システム；本モデルは、都市計画等の実務において、初期段階でヒートアイランド対策の大略の効果を把握できるような開発されたものである。
- ・計画に関わる対策の主な組み合わせを1次元都市キャノピーモデルで、あらかじめ計算しておき、計算結果をCD-ROMにデータベース収録して、検索表示を行えるようにしたものである。
- ・利用者が計画条件の組み合わせを選択することにより、データベースに収録されている計算結果を検索し、補完処理を自動的にを行い表示画面に映し出す仕組みとなっている。

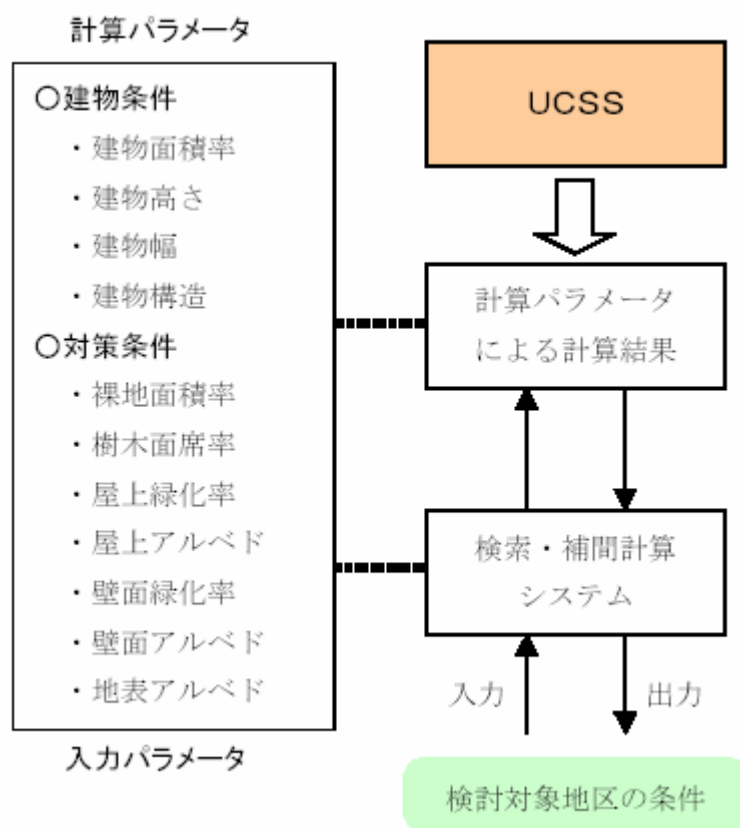


図 2-4 . 簡易計算システムの概要

(2) 観測調査の課題

都市の熱環境は、局所的な地表面被覆と大気との間の複雑な熱の移動と、その大気を移流させる気象条件、移流を規定する地形条件など、詳細スケールから広域スケールにまで及ぶ現象を包含したメカニズムで形成されている。これに対して、現在利用できるデータは、局地的な気象・熱収支の観測結果、アメダス、衛星写真程度であり、都市全体を覆う高密で精度の高いデータがなく、実態把握やメカニズムの解析の大きな障害となっている。これまでも東京都等の一部の地域で詳細な観測を行っている事例はあるが、今後は、より多くの都市において都市気象や汚染の状況を包括的に捉えることができる、都市を単位とした高密で精度の高い観測データを収集、蓄積していく必要がある。

これまでの把握状況（環境省）

- ・ 気温上昇の特性が都市規模や地域の気候特性等によって異なる
（最高気温の上昇傾向が強い都市、最低気温の上昇傾向が強い都市、一般的に気温上昇がみられる都市、気温上昇傾向は顕著でない都市の4タイプ）
- ・ 気温上昇には、地形、土地利用、風等の関与が示唆

現段階では、全国的に整備されている統計情報等を基本としたため、人工排熱、被覆等がどれだけ気温上昇に寄与しているかを定量的に把握することが課題

2.3. 都市の熱環境悪化の影響

(1) 都市の熱環境悪化の影響内容

都市の熱環境悪化は都市の住民に著しい不快感をもたらしているが、それにとどまらず、著しい高温化が住民の健康にも影響を与えており、熱中症の発生やこれによる死亡など、都市の高温化と健康被害の相関関係が明らかにされている。とりわけ高齢者や幼児、病人等に大きな負担となっている。また、都市の熱環境悪化は二酸化炭素の排出を伴うエネルギー利用が要因の一つであるが、都市の熱環境悪化による高温化を回避するために冷房を使用する結果、一層の二酸化炭素排出量が増加し、それにより更なる高温化がもたらされるといふ「負のスパイラル化現象」が生じている。加えて、生態系への影響、集中豪雨等の被害への関与の可能性も考えられている。

表2-3. 都市の熱環境悪化による主な環境影響の整理

対象	影響
(1) 健康被害	熱中症の増加 冷房空間との往来による疲労感の増大 睡眠障害 その他 ・循環器系疾患の増加 ・ウィルス感染の可能性の増大 等
(2) 生態系への影響	生物相の変化 植物の成長阻害
(3) エネルギー消費の増大	夏季消費量の増大と冬季消費量の減少
(4) 異常気象	集中豪雨発生への関与の可能性

(2) 影響調査の課題

これまでの調査の結果、総体として都市の熱環境悪化が少なからず各種の環境影響に関与していることは言えるものの、現状ではその関係性を定量的に分析できるまでには至っておらず、今後さらに調査研究が必要と考えられる。また、これまで検討を重ねてきた都市の熱環境悪化の原因、現象及び影響に関する知見をもとに、今後は地域の熱特性なども含めた総合的な都市の熱環境評価などについて検討を始める必要がある。

2.4. 都市の熱環境対策について

国における都市の熱環境対策の動向（ヒートアイランド対策関係府省連絡会議〔ヒートアイランド対策大綱〕、都市再生プロジェクト、地球温暖化対策としての都市の熱環境対策、第3次環境基本計画、平成19年度予算要求状況等）や、各省庁における対策の実施状況（各省庁の主な対象分野、各省庁における実施施策等）等について整理した。

2.4.1. 国における都市の熱環境対策の動向

（1）ヒートアイランド対策関係府省連絡会議

都市の熱環境対策については、これまで関係府省や地方公共団体において都市の熱環境改善に資する各種の施策が講じられてきているところであるが、今後、都市の熱環境対策を一層適切に推進するためには、対策に関する各種の施策を相互に連携させ、体系立てて実施していく必要がある。このような認識のもと、平成14年3月に閣議決定された「規制改革推進3か年計画」の中で、関係各省からなる総合対策会議を設置するなど総合的な推進体制を構築する、都市の熱環境改善対策に係る大綱の策定について検討し結論を出す等が定められた。これを受けて、同年9月、ヒートアイランド対策関係府省連絡会議が設置され、大綱の策定について検討を開始し、更に都市の熱環境対策に係る大綱を定めることが閣議決定された。平成16年3月30日には、政府におけるこれまでの議論を踏まえ、都市の熱環境対策に関する国、地方公共団体、事業者、住民等の取組を適切に推進するため、基本方針を示すとともに、実施すべき具体の対策を体系的に取りまとめた「ヒートアイランド対策大綱」を策定した。ヒートアイランド対策大綱においては、「排熱の低減」、「地表面被覆の改善」、「都市形態の改善」、「ライフスタイルの改善」の4つを柱とし、さらに、「観測・監視体制の強化及び調査研究の推進」を加えた上記5つを掲げて対策の推進を図ることとしている。（表2-4参照）

表2-4．具体的な対策

方向	目標	具体的施策
人工排熱の低減	省エネルギーの推進、交通流対策等の推進、未利用エネルギー等の利用促進により、空調システム、電気機器、燃焼機器、自動車などの人間活動から排出される人工排熱を低減させる。	<ol style="list-style-type: none"> 1) エネルギー消費機器等の高効率化の促進 2) 省エネルギー性能の優れた住宅・建築物の普及促進 3) 低公害車の技術開発・普及促進 4) 交通流対策及び物流の効率化の推進並びに公共交通機関の利用促進 5) 未利用エネルギー等熱環境対策に資する新エネルギーの利用促進
地表面被覆の改善	緑地・水面の減少、建築物や舗装などによって地表面が覆われることによる蒸発散作用の減少や地表面の高温化を防ぐため、地表面被覆の改善を図る。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 民間建築物等の敷地における緑化等の推進 2) 官庁施設等の緑化等の推進 3) 公共空間の緑化等の推進 4) 水の利用による対策の推進
都市形態の改善	都市において緑地の保全を図りつつ、緑地や水面からの風の通り道を確保する等の観点から水と緑のネットワークの形成を推進する。また、長期的にはコンパクトで環境負荷の少ない都市の構築を推進する。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 水と緑のネットワーク形成の推進 2) 環境負荷の小さな都市の構築に向けた都市計画制度の活用等の推進
ライフスタイルの改善	都市における社会・経済活動に密接に関連するヒートアイランド現象を緩和するために、ライフスタイルの改善を図る。	<ol style="list-style-type: none"> 1) ライフスタイルの改善に向けた取組の推進 2) 自動車の効率的な利用
観測・監視体制の強化及び調査研究の推進	-	<ol style="list-style-type: none"> 1) 観測・監視と実態把握 2) 原因・メカニズム・影響に関する調査研究 3) 計画的な施策展開のための調査研究 4) その他

出典) 「ヒートアイランド対策大綱」(平成16年3月30日)ヒートアイランド対策関係府省連絡会議

(2) 都市再生プロジェクト

国では、平成 16 年 12 月に都市再生プロジェクト「都市再生事業を通じた温暖化対策・ヒートアイランド対策の展開」が決定され、モデル的取組を推進・支援することなどが示された。同決定を踏まえ、平成 17 年 4 月には「街作り施策と併せて、地球温暖化・ヒートアイランドの改善に資する環境・エネルギー対策などを、一体的・集中的に投入することで最大の効果を図る」ことを目的として、全国 10 都市・13 地域の「地球温暖化対策ヒートアイランド対策モデル地域」が選定され、それぞれのモデル地域において対策が進められている。

(3) 地球温暖化対策としての都市の熱環境対策

都市において環境負荷を抑えつつ良好な熱環境を実現するためには、人工被覆の改善などにより、冷房などのエネルギー消費の削減を推進し、持続性の高い都市を構築することが求められるが、これは同時に地球温暖化対策に資するものと考えられる。その効果が直接的に実感しにくい CO₂ 排出削減対策に対し、熱環境の改善を通して対策による便益を享受できる仕組みを整理することにより、双方の対策が一層推進されるものと考えられる。

わが国では、地球温暖化対策推進法に基づき、京都議定書の 6%削減約束を確実に達成するために必要な措置を定めるためのものとして、また、平成 16 年に行った地球温暖化対策推進大綱の評価・見直しの成果として、同大綱、地球温暖化防止行動計画、地球温暖化対策に関する基本方針を引き継ぎ、平成 17 年 4 月に「京都議定書目標達成計画」が策定された。

この計画のなかでは、「省 CO₂ 型の地域・都市構造や社会システムの形成」における「省 CO₂ 型の都市デザイン」対策として、『緑化等ヒートアイランド対策による熱環境改善を通じた省 CO₂』が挙げられ、対策が進められているところである。

(4) 第 3 次環境基本計画

平成 18 年 4 月に閣議決定された第 3 次環境基本計画でも、都市の熱環境悪化（ヒートアイランド現象）は以下のように取り上げられている。

第一部 第1章 第1節-1 環境の現状と環境政策の課題 (P7)

社会経済活動が原因となる環境負荷に関係する要素として、例えば、単身世帯の増加、新たな電化製品の普及、24 時間対応の店舗やサービスの急増、郊外居住人口の増加等に伴う公共施設や大規模店舗等の郊外立地の増加といったまちの郊外化、自動車の保有台数・1 人当たり走行キロ数の増加など、我々のライフスタイルが変化してきていることが挙げられます。こうした変化を背景に、エネルギー使用、中でもオフィスなどの業務部門や家庭部門のエネルギー使用が大きく増加しています。こうしたエネルギー使用の増加は、化石燃料資源の枯渇だけでなく、温室効果ガスの排出による地球温暖化、大都市における熱環境の悪化（ヒートアイランド現象）による熱帯夜日数や熱中症の増加といった形で我々の日常生活に影響を与えています。

第2節-3 第二次環境基本計画後の成果および今後の課題-大気環境分野 (P13)

一方、第1節で述べたように、大都市部での高濃度汚染や幹線道路周辺での騒音問題が依然として厳しい状況にあるだけでなく、24時間営業の店舗や大規模小売店舗の郊外立地の増加などに伴うエネルギー消費の増大、人口集中や地表面の人工化などに伴うヒートアイランド現象といった、都市での活動の集中を背景とした課題も顕在化してきており、緑地の保全、緑地や水面からの風の通り道を確保する等の観点から水と緑のネットワークの形成など都市形態の改善にわたる取組が必要となってきました。

第二部 第1章 第1節 環境政策の具体的展開 地球温暖化問題に対する取り組み (P39)

温室効果ガスの排出削減、吸収等に関する対策・施策

エネルギーの面的利用や緑化等のヒートアイランド対策等による省CO₂型の地域づくり、地域レベルの協議会を通じた通勤交通マネジメントやカーシェアリング等の利用者による具体的な取組を伴った公共交通機関の利用促進、環境に配慮した自動車使用の促進、円滑な道路交通を実現する体系の構築、環境的に持続可能な交通の実現等による交通システムの効率化、荷主と物流事業者の協働による取組の強化・拡大、モーダルシフト、トラック輸送の効率化等による物流体系全体のグリーン化、地域のバイオマス資源を活用したバイオスタウンの構築や未利用エネルギー、新エネルギー等の特色あるエネルギー資源の効率的な地産地消による、地域全体での省CO₂化を推進します。また、都市再開発など別目的で行われる関係の取組や事業においても、二酸化炭素削減や熱環境改善に必要な配慮をします。さらに、これらを円滑に進めるための社会的な枠組みや基盤についても、必要に応じて整備します。

第1章 第3節 都市の良好な大気環境の保全に関する取り組み (P55)

都市の熱環境（ヒートアイランド現象）

地球全体の平均気温は20世紀中に約0.6℃上昇していますが、日本の大都市に限ると2～3℃も上昇していることから、ヒートアイランド現象の進行は顕著であると言えます。また近年の都市の熱環境の傾向としては、気温が30℃を超える時間の増加や熱帯夜の出現日数の増加がみられ、これによる健康への影響やエネルギー消費への影響などが懸念されています。

第1章 第4節 環境保全上安全な水循環の確保に向けた取り組み (P66)

(4) 都市部

都市部においては、水循環の変化による問題が現れやすく、河川流量の減少、親水性の低下、ヒートアイランド現象等が依然として問題となっており、貯留浸透・涵養機能の回復など、可能な限り自然の水循環の恩恵を増加させる方向で関連施策の展開を図る必要があります。このため、都市計画における整備、開発及び保全の方針等の都市計画制度の活用により、地下水涵養機能の増進や都市における貴重な貯留・涵養能力を持つ空間である公園緑地の保全と創出を推進するとともに、都市内の水路等の創出・保全を図ります。また、公共施設においては緑化を推進するとともに、私有地についても特別緑地保全地区や緑化地域の指定、緑地協定等の締結の促進等により、良好な自然的環境を形成している私有緑地の確実な保全や新たな緑地空間の創出、住民参加による緑化活動等を推進します。また、住民参加による都市内の水路の保全を支援します。さらに、地下水涵養を促進するため、雨水浸透施設の整備、流出抑制型下水道の整備、透水性舗装の促進等を進めます。また、雨水や下水処理水等の生活用水としての利用等を進めるとともに、貯水池の弾力的な運用や下水の高度処理水等の河川還元等による流量の確保等の取組を進めます。河川護岸の整備に際しては、表流水と地下水のつながりを確保するとともに、多自然型川づくり等自然に配慮した河川整備を進めること等により水辺の自然環境を改善し、生物の良好な生息・生育の場となる水の流れを確保します。さらに、親水性の向上、ヒートアイランド対策等への有効活用が必要な地域では、都市内河川や地下湧水、下水の高度処理水等の利用を環境影響に配慮しつつ進めます。また、地下水使用の抑制が必要な地域においては、表流水への転換を含めた代替水対策や地下水採取規制が行われていない地域での地下水使用の合理化、新規の井戸の設置規制、既存の井戸の利用者に対する節水指導等を進めます。

第2章 第1節 環境保全施策の体系-大気環境の保全 (P147)

都市におけるヒートアイランド対策前章第3節に示した考え方に沿って、人口排熱の低減、地表面被覆の改善、都市形態の改善、生活様式の改善などの取組を総合的に推進します。また観測・監視体制の強化に努めるとともに、ヒートアイランド現象に関する調査研究も推進します。

(5) 各省庁における対策の実施状況

表2-5 . 各省庁における実施施策一覧 (第8回ヒートアイランド対策関係府省連絡会議資料より)

	環境省	経済省	国土交通省	その他 (警察庁 総務省 文部科学省等)	
1 人工排熱の低減	1) エネルギー消費機器等の高効率化の促進	・対策技術率先導入事業 ・業務部門二酸化炭素削減モデル事業 ・地球温暖化技術開発事業	・トップランナー方式による機器の性能向上 ・エネ使用合理化設備導入促進表示制度事業 ・販売授業者の取組の情報提供事業 ・エネルギー使用合理化技術の戦略的開発 ・住宅用放熱材の開発 ・省エネ・新エネに関するビジョン策定 ・省エネルギー設備、システムの導入促進 ・高効率機器導入支援 ・新エネルギーに関するビジョン策定		・信号機LED化の推進
	2) 省エネルギー性能の優れた住宅・建築物の普及促進	・二酸化炭素排出量削減モデル住宅整備事業(環の匠住宅整備事業) ・街区まるごとCO ₂ 20%削減事業 ・地域協議会代エネ、省エネ対策推進事業	・省エネルギー設備、システムの導入促進 ・ESCO事業の活用促進 ・省エネ法による民生業務部門対策の強化 ・高環境製造効率住宅用VOCセンサ等技術開発	・省エネ法等に基づく住宅、建築物の省エネルギー化の推進 ・環境共生住宅市街地モデル事業(環境への負荷を低減するモデル性の高い住宅市街地整備の推進) ・先導型再開発緊急促進事業 ・21世紀年居住緊急促進事業(省エネ性能のすぐれた住宅、建築物の普及促進)	
	3) 低公害車の技術開発・普及促進	・環境負荷の小さい自動車等に係る特例措置(自動車税のグリーン化、自動車税) ・低燃費車に係る特例措置(自動車取得税) ・燃料電池自動車普及事業費補助	・クリーンエネルギーの普及拡大 ・新エネルギーの技術開発プログラム ・アイドリングストップ自動車導入促進事業	・低公害車普及促進対策費補助	
	4) 交通流対策及び物流の効率化の推進並びに公共交通機関の利用促進		・省エネ法による運輸部門対策の導入	・道路交通情報通信システム(VICS)サービスの推進 ・省エネ法による運輸部門対策の導入 ・交通需要マネジメント(TDM)施策の推進 ・広域的な公共交通利用転換に関する実証実験 ・環状道路等の整備 ・路上工事の縮減 ・ETCの普及促進 ・都市内物流の効率化 ・マルチモーダル交通体系の構築への支援 ・自転車利用の促進 ・都市鉄道、都市モビル、新交通システム、路面電車等の整備 ・バス利用促進等総合対策事業 ・ITを活用した道路運送の高度化事業	・道路交通情報通信システム(VICS)サービスの推進 ・信号機の系統化、感応化、交通官制の高度化等による交通安全施設の整備 ・路上駐車対策の推進 ・交通情報提供事業の推進 ・公共車両優先システム(PTPS)の整備
	5) 未利用エネ等ヒートアイランド対策に資する新エネの利用促進	・対策技術率先導入事業(再掲) ・再生可能エネルギー高度導入地域整備事業	・地域冷暖房の対する日本政策投資銀行の低利融資 ・省エネ、新エネに関するビジョン策定 ・高効率機器導入支援(再掲) ・未利用エネ等新エネルギーの利用促進 ・未利用エネルギーを活用した地域冷暖房	・地域冷暖房の対する日本政策投資銀行の低利融資 ・下水熱の有効利用 ・自然エネルギーを活用した水素燃料電池の創出支援調査 ・エコまちネットワーク整備事業	
2 地表面被覆の改善	1) 民間建築物等の敷地における緑化等の推進		・緑化地域の創設 ・地区計画等の区域における緑化率規制 ・緑化施設整備計画認定制度 ・市民緑地制度の拡充 ・エコビル整備所行における緑化の推進 ・市街地再開発事業等における緑地整備 ・優良建築物等整備事業における緑化の推進 ・公営住宅等整備事業における緑化の推進 ・住宅地区改良事業等における市街地の緑化の推進 ・住宅市街地総合整備計画事業における市街地の緑化の推進 ・21世紀都市居住緊急促進事業における緑化の推進 ・新規都市機構住宅における緑化の推進 ・住宅マスタープランに基づく地方公共団体施策住宅に係る住宅金融公庫融資の特別割増制度 ・総合設計制度の活用促進		
	2) 官庁施設等の緑化等の推進	・学校エコ改修と環境教育事業		・グリーン庁舎(環境配慮型官庁施設)の整備等の推進	・エコスクール事業 ・屋外教育環境施設の整備
	3) 公共空間の緑化等の推進	・環境保全施設整備費補助		・都市公園の整備及び緑地保全、緑化の総合的推進 ・立体都市公園制度の創設 ・借地公園の整備の推進 ・下水処理場の緑化等の推進 ・都市山麓グリーンベルトの整備 ・道路緑化の推進 ・港湾緑地の整備	
	4) 水の活用による緑化の推進	・環境保全施設整備費補助(再掲) ・都市内水路等を活用した実証モデル調査		・健全な水循環系の構築に関する取組の推進 ・下水道による都市の水、緑環境の整備 ・下水処理水の路面散水 ・雨水貯留神道施設の設置等の推進 ・路面温度を低下させる舗装開発、普及	
3 都市形態の改善	1) 水と緑のネットワーク形成の推進		・大都市圏における都市環境インフラのグランドデザイン策定、推進 ・大都市圏における近郊緑地の保全施策の充実 ・都市山麓グリーンベルトの整備(再掲) ・緑地保全地域の創設 ・地区計画制度における緑地保全措置の充実 ・下水道による都市の水、緑環境の整備(再掲)		
	2) 環境負荷の小さな都市の構築に向けた都市計画制度の活用促進		・環境負荷の小さな都市の構築に向けた都市利用計画制度の活用促進		
4 ライフスタイルの改善	1) ライフスタイルの改善に向けた取組の推進	・ヒートアイランド対策に関する広報 ・地球温暖化防止に関する普及啓発、広報活動 ・地域共同実施排出抑制対策推進モデル事業	・新エネルギーに関する広報活動 ・省エネルギーに関する広報活動		
	2) 自動車の効率的な利用	・エコドライブの推進	・エコドライブの推進	・低公害車普及促進対策費補助(再掲) ・エコドライブの推進	・エコドライブの推進
5 観測・監視体制の強化及び調査研究の推進	1) 観測、監視と実態把握	・ヒートアイランド対策に関する調査(再掲)		・健全な水循環系の構築に関する取組の推進(再掲) ・国土環境モニタリング ・都市域におけるヒートアイランド解析システムの構築	・人工衛星による地球環境観測
	2) 原因、メカニズム、影響に関する調査研究	・ヒートアイランド対策に関する調査 ・熱中症予防情報の提供・モニタリング		・大都市河川、沿岸域における高密度水温モニタリング ・宅地利用動向調査(数値土地利用情報) ・都市域におけるヒートアイランド解析システムの構築	・多面的機能維持増進調査
	3) 計画的な施策展開のための調査研究	・環境技術実証モデル事業(ヒートアイランド対策技術分野) ・環境技術実証モデル事業 ・環境技術実証モデル事業		・水資源の有効利用等の推進に関する調査の内、水の活用によるヒートアイランド緩和策の検討 ・民間建築物における緑化推進を図るための調査研究 ・都市廃熱処理システムに関する調査検討 ・建築物に係るヒートアイランド対策推進手法の検討 ・CASBEEの開発および普及の促進 ・雪氷冷熱エネルギー活用社会構築調査及び雪氷輸送物流システム検討調査 ・都市空間の熱環境評価、対策技術の開発 ・ヒートアイランド対策効果の定量化に関する研究	

2.4.2. 熱環境に対応した環境共生型の都市形成に関するこれまでの検討

(1) 熱中症予防の情報提供

熱中症の予防を図るため、熱環境を表す指標であるWBGT予測情報の提供、及びモニタリングしたWBGTの速報値の提供を開始（平成18年6月）。

国立環境研究所が独自に集計している主要都市の熱中症患者搬送人員数や、環境保健部で作成した熱中症保健指導マニュアルと連携を図ることで、総合的な熱中症関係情報の提供を目指している。

(2) クールアイランドの利用（新宿御苑）

都市内の大規模緑地は、周辺市街区に比べて気温が低く、緑地の冷涼な空気は、昼は風により、夜はにじみ出し現象（温度差による緑地から市街地への冷気の移動）などにより周辺市街地に運ばれ、周辺市街地の熱環境を改善させることが期待されるが、現実の都市では緑地周辺の建物群や道路暑熱化が阻害要因となり、熱環境改善効果は限定されている。建物自体が温まらないように工夫し、風向きを考慮し、冷涼な風の通り道を確保することで、冷涼な風の到達範囲が広がり、人が感じるか風・熱放射も改善できる。

環境省水・大気環境局大気生活環境室では、人が感じる熱環境を改善する手法を検討し、快適な都市生活に資するとともに、新しい都市の価値を提案することを目的に「熱環境改善構想」の検討を進めている。このなかで、都市内大規模緑地として新宿御苑をモデルとし、冷気生成メカニズム、周辺市街地の気温分布、取り組むべき課題と対応策等の検討している。

2.4.3. 街作りに関する熱環境対策の全体像と対象空間

(1) 街作りに関する熱環境対策の全体像

街作りに関連する熱環境対策としては、地球温暖化対策として一般的に行われている熱源機器等の省エネ対策以外では、具体的対策として以下のようなものが例として考えられる。

1) 建物等の外表面の改善

屋上・壁面緑化等の建物の緑化や、屋根面等の高反射率塗装による日射の反射、光触媒や保水性建材を利用した建物への散水等があげられる。

2) 地表面等の被覆の改良

- 道路舗装面・空地・建物表面等の改良

；表面に残った水を舗装材の中に保っておき、蒸発により潜熱として処理する保水性舗装や路面反射率の向上による輻射量の削減といったものがある。保水性舗装は水を保っておくために定期的な散水が必要となる。また、雨水等の水資源を活用した対策（打ち水、ミスト噴霧等）も、熱環境改善に資するものとして考えられる。

- 開水面確保

；公園等での水面の創出や暗渠となっている河川を開渠化する事により水面の創出を図るといったことが上げられる。

- 緑化の推進

；身近な小公園の整備や街路樹の整備・保全、庭への植樹への支援、街路空間や公園空間の緑化、屋上緑化・壁面緑化等により、緑化の推進を図ることが考えられる。

3) 土地利用等都市形態の改善

- 風の流れの改善・「風の道」創出・冷気の誘導路形成

；都市における風の流れを改善するためのマクロレベルの方策として「風の道」がある。これは風を活かした都市環境の改善手法で、建物配置の改善、土地利用の誘導・規制、クールアイランドの利用と風の通り道の設計、緑・水等のネットワーク形成等により創出される。市街地に新鮮で清涼な空気を送り込ませることになり、汚染された大気の拡散や夏季の気温上昇の緩和に貢献すると考えられている。またミクロレベルの方策としては、「冷気の誘導路」が考えられる。これは、大規模緑地等のクールアイランドで形成された冷気が市街地に移動しやすいように誘導するため、大規模緑地と市街緑地（街路樹、屋上緑化等）との連携等により小さな風の通り道を形成していくような取組である。

- クールスポットの配置

；大規模な緑地や河川等の水辺は気温を低減させる効果を持っており、ヒートアイランドの中の冷たい空間（クールスポット）として機能すると考えられ、ヒートアイランド現象の緩和に非常に有効である。この大規模な緑地や河川等の水辺をクールスポットとして位置付け、河川等の水辺は保全に努め、大規模な緑地は計画的に創出していくことにより、クールスポットの配置を実現することが重要となる。

- 緑地・水面等の自然環境の保全

; ヒートアイランド現象は都市的土地利用や都市活動から起こっているものであるため、現在残っている自然環境（既存樹林地、河川、湖沼等）を維持・保全することは、ヒートアイランド現象の拡大を防ぐ上で非常に有効である。

4) その他

- 未利用エネルギー等の活用による大気中への排熱の抑制

; 従来、都市の大気中に放出されていた空調等の使用により発生する人工排熱を、未利用エネルギーを活用した空調システムを活用することにより、大気以外の媒体へ放出する。都市に賦存する未利用エネルギーとしては河川水や海水、地中熱の他、下水、地下湧水等が考えられる。これは特に都心等の冷房需要の多い地区では効果が高いと考えられる。

(2) 熱環境対策の対象空間

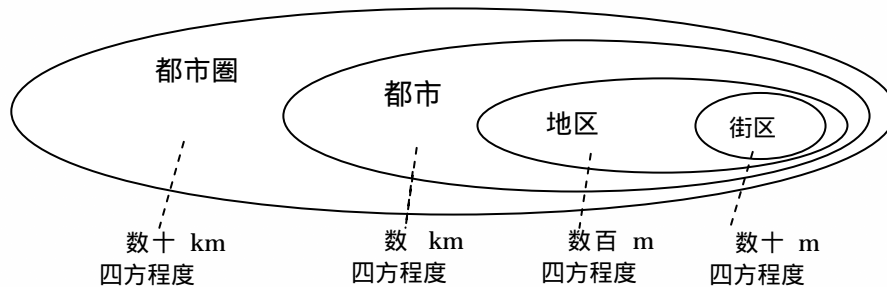
対策の対象となる空間スケールを考えると、広域の「都市圏」、「都市」といったマクロレベルから「地区・街区」や「個別施設」といったミクロレベルまで、さまざまなものが考えられる。例えば、「風の道」や「クールスポットの配置」、「自然環境の保全」といった都市形態の改善に関する対策や「交通マネジメント」等の自動車による負荷低減に関する対策等については、都市圏あるいは都市といったマクロなレベルでの検討が必要である。一方、「建物改良」、「排熱形態の工夫」といった建物等の改善に関する対策や、「道路舗装面の改良」、「緑化推進」等の地表面被覆の改良に関する対策等については、よりミクロレベルである地区・街区や個別施設（建物等）単位での検討が必要となる。またマクロレベルを対象とした対策とミクロレベルを対象とした対策が連携することによる相乗的な効果を狙うことも重要である。例えば、マクロレベルで考えられる大規模緑地等の配置とミクロレベルでの地区緑化・建物緑化等が連携することにより、都市の熱環境を効率的かつ効果的に改善することが可能と考えられる。

【参考】空間スケールに関する用語について

空間スケールを表わす用語としては、「都市圏」「都市」「地区」「街区」「地域」等があるが、これらは一般的には以下のような意味合いで使用されている。

<p>「都市圏」 『ウィキペディア (Wikipedia)』 (2006/10/22 07:03) : 核となる中心市(自治体) および、その周辺の市町村をひとまとめにした地域の集合体であり、行政区分を越えた広域的な社会・経済的な繋がりを持った地域区分のこと</p>
<p>「都市」 三省堂「大辞林 第二版」 : (1) 繁華な都会。人口が集中する地域。(2) 人間・金融・情報などの集中により、近代資本主義社会を形成する中核的役割を担う地域。(3) 人口を集中させる機能や施設を計画的に一定の空間に集めたところ。</p>
<p>「地区」 三省堂「大辞林 第二版」 : 「一定の区域の土地。一区画の土地。」</p>
<p>「街区」 三省堂「大辞林 第二版」 : 「街路に囲まれた市街の一区画。」</p>
<p>「地域」 三省堂「大辞林 第二版」 : (1) 区切られたある範囲の土地。(2) 政治・経済・文化の上で、一定の特徴をもった空間の領域。全体社会の一部を構成する。(3) 国際関係において一定の独立した地位を持つ存在。台湾・香港など。</p>

上記より、本報告書においては熱環境対策の対象としての空間スケールの関係性として、下図のイメージで捉えるものとする。つまり、「街路に囲まれた市街の一区画」である「街区」を最小単位に、街区が複数集まった空間を「地区」、地区が複数集まった空間を「都市」、複数の都市が集めた空間を「都市圏」として捉える。なお「地域」については、ある特定のスケールの空間範囲を指すというよりは、ソフト的な意味を含めて、一つのまとまりとしてイメージされる空間範囲の一般的呼称あるいは総称としての概念と考えられることから、熱環境対策の対象空間を指す用語としては用いないこととする。



2.5. 熱環境対策の総合的推進

今後の都市において熱環境対策を進めていくためには、現在の都市を熱環境にも対応した環境共生型の第2世代の街に更新していくなかで、熱環境対策を街の中に逐次織り込んでいくことを考慮し、主として地区・街区単位でのミクロレベルでの熱環境改善策を検討することが重要である。また、都市の熱環境を本報告書のテーマである人体に対する感覚環境の視点から捉え、その対策を考える場合においては、都市の住民を取り巻く街区と地区といった比較的ミクロなスケールに焦点をあてた検討が適当と考えられる。このような視点から、ここでは地区・街区レベルでの熱環境対策の総合的推進のあり方について整理するものとする。

2.5.1. 熱環境対策

「(1) 地区全体での課題」では、対象となる地区を俯瞰した場合の課題を整理する。「(2) 建物・施設での課題」では、対象地区の構成要素である建物や施設に着目したより詳細な課題を整理する。最後に「(3) 技術別の課題」では、個別技術を具体的に適用する際の課題について整理する。

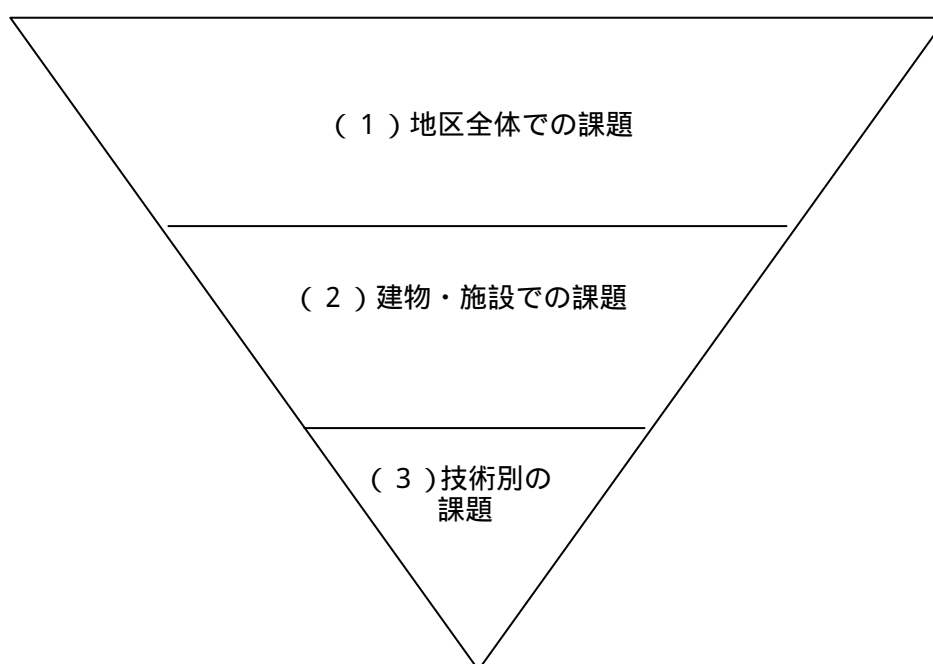


図 2-5 . 熱環境対策を地区に適用していく際の課題

(1) 地区全体での対策

熱環境対策が必要とされる地域において、都市更新の機会を捉えて地域として円滑に対策が具体化していくためには以下のような課題がある。

1) 地区の自然資源等の活用に関する課題

大規模緑地等の地区の自然資源を活用し、効果的な熱環境対策を推進することが重要である。

(ア) 大規模緑地や風の道と連動した対策

大規模緑地からのしみ出し効果との連携

大規模緑地からの冷気のしみ出し効果ができるだけ広範囲に及ぶようにしみ出し効果が見られる地点の周辺においては、立地条件や社会的状況を考慮した上で、緑化対策（屋上緑化、壁面緑化等）の集中的な導入が促進される環境を整えることが重要である。この際、大規模緑地から連なる歩行者動線沿いに緑のネットワークを配置することにより、緑との触れ合いや木陰の創出等、五感を通じた涼感のある感覚環境を創出することが重要である。

風の道（広幅員道路、河川沿い等）との連携

広幅員道路や河川沿い等、風の道が形成される都市空間においては、立地条件や社会的状況を考慮した上で、そこを通過する大気の流れ（風）の温度の上昇が抑えられるように緑化対策（屋上緑化、壁面緑化）等の集中的な導入が促進される環境を整えることが重要である（ ）。この際、風の音や水の流れる音が感じられる環境づくり、河川水とのふれあいの場作り等と連携して、五感を通じた涼感のある感覚環境を創出することが重要である。

(イ) 地区内の自然資源の活用

地区の自然資源の賦存状況への配慮

地区内の自然資源や自然エネルギー（河川熱、地下水熱、地中熱、雨水等）の賦存場所と量についての現況を把握した上で、地中熱利用技術、河川水熱利用技術、光触媒超親水性等の各種対策が促進される環境を整えることが重要である。この際、街に賦存する自然資源の恩恵を五感を通じて感じられることができるようなデザインを行うことが重要である。

2) 対策実施のタイミングに関する課題

地区の建物の改修や建設の機会を外さずに熱環境対策を織り込めるような環境を整えるため、都市更新のサイクルに応じて、適切な対策を検討することが重要である。具体的には、既存建物の小規模改修や模様替えなどの短期的なサイクル、個々の建物の建替や大規模改修などの中期的なサイクル、街区一体的な再開発などの長期的なサイクルといったタイミングを捉え、それぞれの更新の規模に応じて実施可能な対策技術の導入を進める必要がある。特に、長期的サイクルでは、街区全体を視野に入れた抜本的な対策の実施が可能であると考えられるため、複数の事業主体での合意が必要な対策、隣接する建物・施設間での連携が必要な対策、都市インフラ更新との連携が必要な対策等が促進される環境を整えることが重要である。

(2) 建物・施設での課題

熱環境対策が必要と考えられる地域において、個々の建物・施設の改修・建設の時に熱環境対策を導入する観点から設計者が考慮することが望まれる事項は以下の通りである。なお熱環境対策としては、下表に示すように緑化系の対策、塗料系の対策、水を利用する対策等がある。

表 2-6 . 建物・施設に対して適用が考えられる対策

対策種類	内容
緑化系の対策；建築物等の緑化による対策	屋上等、空調スペース上部の緑化
	壁面・建物直近の敷地等の緑化による建物への日射遮蔽
緑化に伴う剪定枝の処理	新エネルギー対策(代替エネルギーの活用)としての剪定枝の燃料化
塗料系の対策；日射の反射による対策	高反射率塗料を活用した対策
水を利用する対策；水の蒸発散による対策	超親水性光触媒による水を活用した対策
	保水性建材等による水を活用した対策
	ミスト噴霧による水を活用した対策
その他	地中熱を利用した高効率空調システム
	水系への空調排熱排出システム

1) 各建物・施設の部位に応じた対策に関する留意点

(ア) 緑化系の対策

屋根面の活用について

屋上緑化空間を公開し、市民生活の中での涼感スポットを提供する等、建物・施設の財産価値の向上に配慮する。

新規建築におけるエネルギーシステムの選択においては、熱環境対策のための屋上面の活用との関係性に配慮する。

壁面の活用について

太陽光・熱の吸収抑制、緩和等に関する対策は、日射量によってその効果が変わるため、対策を実施する際には、建物部位の向き（東西南北）や建物の影等の影響に配慮する。また市民に見え易い側の壁面を中心に対策を施す等、視覚を通じた涼感の演出にも配慮する。

低層部（人の動線空間）の活用について

都市の涼感を向上させるため、人の動線が集中する空間（地表面から高さ2m以下の部分、歩行者通行量の多い通り等）においては、温湿度環境を快適にする対策（壁面緑化）の集中的な実施が促進される環境を整えることが重要である。

(イ) 塗料系の対策

屋根面の活用について

高反射率塗料を塗った低層建物の屋上面からの太陽光の反射が高層建物に当たることを避ける等、対策実施に当たっては周辺建物への影響に配慮する。

新規建築におけるエネルギーシステムの選択においては、熱環境対策のための屋上面の活用との関係性に配慮する。（例：個別の高効率な空調機を屋上に置いてひさし部分に高反射率塗料を塗る等）

(ウ) 水を利用した対策

低層部（人の動線空間）の活用について

都市の涼感を向上させるため、人の動線が集中する空間（地表面からおおよそ高さ2m以下の部分、歩行者通行量の多い通り等）においては、温湿度環境を快適にする対策（保水性建材、超親水性光触媒、ミスト噴霧、散水、流水・池等）の集中的な実施が促進される環境を整えることが重要である。

2) 屋外空間（敷地・空地、道路等）における対策に関する課題

公共空間と民有地の連携

地域の微気象を効率的に改善するため、公共空間（道路、公園等）と民有地（敷地内の庭、公開空地）の双方における対策（保水性舗装、散水、緑化等）が連携した対策の集中的な実施が促進される環境を整えることが重要である。この際、公園・広場や歩行者道路、商店街等と民有地が連携した歩行者動線を中心に水・緑等を活用した熱環境対策を実施する等、市民が生活の中で涼感を感じることで、歩行者の快適性が向上するような動線をデザインしていくことが重要である。

3) 新築／既築別の対策に関する課題

新築建築・施設における対策について

新築建築においては、建物の基本設計の段階から熱環境対策の導入を検討し、対策と整合する設計（例．屋上緑化による加重増を見込んだ構造設計、散水用水を確保するための給水設備設計 等）を行うことで効率的かつ効果的な対策が促進される環境を整えることが重要である。

既築建築・施設における対策について

既築建築においては、建物の改修・改築の機会を捉え、建物構造に影響するような対策を含めて、実施可能な熱環境対策技術の導入が促進される環境を整えることが重要である。

改修・改築の機会がない建物については、上記のような対策実施しにくいいため、隣接的な複数の建物において簡易な対策を集約的に実施する等、可能な限り効率的かつ効果的な対策の実施が促進される環境を整えることが重要である。

(3) 技術別の適性等を踏まえた対策の普及

各種の熱環境対策技術の適用に当たっては、以下のような技術の適性を踏まえ、適切に設計・導入される環境を整える必要がある。なおここでは、まちづくりにおいて民間事業者の取り組みを推進することを念頭に置き、ヒートアイランド対策と温暖化対策とが両立し、より民間事業者にとって受け入れやすいと考えられる技術を主に取り上げている。

1) 緑化系の対策；建築物等の緑化による対策

【熱環境対策効果】

屋上・壁面などの建築物の表面温度を 25 程度低下させることが可能（参考資料を参照）

【涼感（感覚的な涼しさ）の創出】

屋上緑化・壁面緑化等が作り出す緑色系の景観が視覚を通じた涼感を生み出す。屋上緑化・壁面緑化に活用される植物との触れ合いにより肌感を通じた涼感を生み出す。

【省エネ効果例】

対策実施部分の外壁からの冷房負荷を最大で約 70%削減する可能性がある。（参考資料を参照）

【具体的適用の適性・配慮事項】

対象技術；屋上等、空調スペース上部の緑化

【適性】

- 周辺建物による日陰が少ない建物、建物容積に対する屋上面積が大きい建物、屋上面積の広い建物（具体的には、学校、ビル、大規模マンション等）、屋上の構造物が少ない建物に適している。

【配慮事項】

- 対策実施に当たっては、植物生育面からみた環境条件（日射量、湿度等）に配慮する。
- 付加価値を向上させる（コストパフォーマンスを上げる）ため緑化空間を積極的に開放する等、都市住民の涼感向上の観点にも配慮する。
- 公共施設、商業施設においてはイメージアップによる集客向上効果も視野に入れる。
- 雨水地等を活用して上水道使用の削減を図るとともに、維持管理の簡易化にも配慮する。
- 緑化に係る荷重増等に対応可能な新築建物では樹木等を含めた緑化対策が、既築建築では建物改修の必要性が少ない植物が適用可能である。

対象技術；壁面・建物直近の敷地等の緑化による建物への日射遮蔽

【適性】

- 屋上緑化より人の目に入りやすく、アピール度が高いため、歩行者通行量の多い通りの壁面等、都市の涼感向上による付加価値向上効果が大きい場所に適している。

【配慮事項】

- 公共施設、商業施設においてはイメージアップによる集客向上効果も視野に入れる。
- 対策実施に当たっては、植物生育面からみた環境条件（日射量、湿度等）に配慮する。
- 水やりや肥料やり、虫、落ち葉の除去などの維持管理のしやすさに配慮する。
- 新築建物では、建物壁面側での配慮（防根、腐食対策等）を行いつつ、高さをカバーするため植物を這わす（下垂型 or 登攀型、壁直接 or フェンス設置等）等の工夫を行う。
- 既築建築については、自立型モジュール等を活用して1階部分等の低層部を中心とした緑化が容易。

緑化に関する補助的対策；緑化に伴う剪定枝の処理について

【熱環境対策効果】

都市緑化の推進の際、剪定枝の増加による廃棄物処理の増加がネックとなる部分もあるため、剪定枝をエネルギー利用にすることで廃棄物処理量を減量化することができれば、都市緑化の推進につながる。

【涼感（感覚的な涼しさ）の創出】

適切な剪定による適度な木陰の創出や木々の葉をそよぐ風の音が市民にとって、涼感のある感覚環境を生み出す。

【省エネ効果例】

エタノール化する場合には剪定枝1t当たり100L以上程度の燃料エタノールの製造が可能である。

【具体的適用の適性・配慮事項】

対象技術；新エネルギー対策としての剪定枝の燃料化

【適性】

- 熱環境対策としての緑化を推進する際に懸念事項となる剪定枝の処理解決にもつなげるため緑化対策とセットで適用可能である。

【配慮事項】

- 街路樹や燃料化施設の配置等に配慮する。

2) 塗装系の対策；日射の反射による対策

【熱環境対策効果】

屋上・壁面など建築物の表面温度を 15 程度低下させることが可能である。(参考資料を参照)

【省エネ効果例】

対策実施部分の外壁からの冷房負荷を最大で約 40%削減する可能性がある。(参考資料を参照)

【具体的適用の適性・配慮事項】

対象技術；高反射塗料を活用した対策

【適性】

- 周辺建物による日陰が少ない建物、建物容積に対する塗装面積が大きい建物、塗装面積の広い建物（具体的には、学校、ビル、大規模マンション等）、屋上構造が複雑な建物等に適している。
- 建物躯体の改修等、付帯して必要な工事が少ないことから既設建物にも適用しやすい。

【配慮事項】

- 景観面の影響を考慮する。
- 建物形状、経済性、アメニティ創出等の観点を含め、屋上緑化等（詳細後述）との併用を考慮する。
- 冬期には日中の受熱が減るため暖房負荷が増加する面もあることから、建物（特に最上階室）の年間を通じた冷暖房需要の変動に配慮する。一般的に関東以西の地域（一部地域除く）で省エネに寄与するとされている。

3) 水を利用する対策；水の蒸発散による対策

【熱環境対策効果】

屋上・壁面などの建築物の表面温度を 25 程度低下させることが可能（参考資料を参照）

【涼感の創出】

水との触れ合いや水の流れる音を感じるによって、あるいは水が流れる姿を目にすることによって、都市の中に涼感を感じることができる。

【省エネ効果例】

対策実施部分の外壁からの冷房負荷を最大で約 70% 削減する可能性がある。（参考資料を参照）

【具体的適用の適性・配慮事項】

対象技術；超親水性光触媒による水を活用した対策

【適性】

- 利用可能な平坦な壁面積が大きいところに適用可能である。

【配慮事項】

- 散水できることが条件となるため、散水による通行人等への影響を考慮する。
- 水使用量の適正化、および適切な温湿度環境の形成を図るため、時節や歩行者通行量等に応じた散水コントロールに配慮する。
- 自動散水が必要となるため、水利用が必要となる他の対策（超親水性光触媒壁面等）とセットでの導入に配慮する。
- 水の流れる姿や音が視覚的・聴覚的に街に涼感を与えられるよう配慮する。

対象技術；ミスト噴霧による水を活用した対策

【適性】

- 人の動線や通行量に配慮した対策の実施が促進される。

【配慮事項】

- 散水できることが条件となるため、散水による通行人等への影響を考慮する。
- 水使用量の適正化、および適切な温湿度環境の形成を図るため、時節や歩行者通行量等に応じた散水コントロールに配慮する。
- 自動散水が必要となるため、水利用が必要となる他の対策（超親水性光触媒壁面等）とセットでの導入に配慮する。
- 街に涼感を与えられるようミスト（霧）の視覚的効果にも配慮する。

対象技術；保水性建材による水を活用した対策

【適性】

- 新築建物等で施工面積を大きく取れる場合に有効である。
- 車両が通行する箇所に敷設する場合には耐荷重について配慮が必要である。

【配慮事項】

- 散水が必要な場合には上記と同様の事項に配慮する必要がある。

4) その他；大気以外への排熱の放出等

【熱環境対策効果】

空調設備の室外機等から大気へ放出される人工排熱量を大幅に削減することが可能である。

【涼感の創出】

夏に空調の排熱や温風を肌を感じるような不快感を低減させる。

【省エネ効果例】

年間を通して温度変化の少ない地中と熱交換を行うことで空調の効率化が図られ、夏季・冬期を通じて省エネルギーに資する。

【具体的適用の適性・配慮事項】

対象技術；地中熱を利用した高効率空調システム

【適性】

- 敷地内で利用できる地中熱の量を考慮すると、主に中低層建物への導入が期待される。

【配慮事項】

- 地下部分が既に高度利用を図られている建物では設置が難しい場合が多いが、地下部分の利用が図られていない建物には導入が可能である。
- 室外機や冷却塔等の設備の屋外設置スペースが縮小できるため、屋上などに空いたスペースの有効利用を積極的に検討する必要がある。

対象技術；水系への空調排熱排出システム

【適性】

- 河川水等の地区内の水資源の場所や、プラント設置可能な場所の有無を考慮した上で、利用可能な場所を検討する。

【配慮事項】

- 室外機や冷却塔等の設備の屋外設置スペースが縮小できるため、屋上などに空いたスペースの有効利用を積極的に検討する必要がある。
- 排熱排出先の水系での熱汚染等の悪影響が大きくなるように配慮することが必要である。

対象技術；散水、水辺創出による水を活用した対策

【適性】

- 蓄熱しやすい道路面や公開空地の表面に散水を行ったり、歩行者動線に沿って触れられる水辺を創出したりすることで、都市気候の緩和とともに、涼感創出が図られる。

【配慮事項】

- 人が接触する可能性のある場合は、水質等の衛生面に配慮する必要がある。

2.5.2. 熱環境対策を促進するための行政施策の今後の方向

都市の熱環境の観測、調査、対策に係る諸課題を踏まえ、今後、国を中心として以下のような施策を展開する必要がある。

(4) 情報整備・普及

1) 観測体制の強化

感覚環境の観点から効果的な熱環境改善対策を検討するに当たっては、地区・街区の歩行者空間等の熱環境把握を目的とした精度の高い観測データの蓄積とその活用が不可欠であることから、今後はこれらの観測手法や評価方法などを検討する必要がある。

2) 影響調査の充実

都市の熱環境悪化の環境に及ぼす影響については、これまでの調査から、総体として都市の熱環境悪化が少なからず関与していることは言えるものの、現状ではその関係性を定量的に分析できるまでには至っておらず、今後の調査研究の必要性が認識されている。今後は、これまで検討を重ねてきた都市の熱環境悪化の原因、現象及び影響に関する知見をもとに、今後は地域の熱特性なども含めた総合的な都市の熱環境評価などについて、基礎的な検討を始めることが求められる。

3) 評価指標の開発

都市の熱環境を形成する要素としては、気温、湿度、気流、放射、地表面の対流顕熱、蒸発散量、日射反射量等、様々なものが考えられるが、これらを簡易に推計し、都市の熱環境を表す指標として整理することは容易ではない。また、都市の熱環境対策の進展度合いを示す指標として考えられるものは地球温暖化対策への寄与度を表わす「CO₂排出量」、都市の熱環境対策への寄与度を表わす「顕熱排出量」といったものが考えられるが、都市の熱環境を図る物差しとしては不十分である。今後は指標の推計方法等について、その妥当性について検討を行うことが必要である。

4) 各種の評価ツールの整備等

行政機関側が主体となり実施する施策として、評価ツール開発、データ評価への公的認定、メディア系を通じた事業効果の情報発信、自治体への周知、優良事業者やデータ提供者への表彰・認定、学術機関等と連携した対策による間接的な支援を検討する必要がある。

5) 技術情報の整備・提供

前出した課題に対応した各種の技術情報等を整備し、地域や建物の状況に応じて柔軟な熱環境の設計ができるように必要な知見の集積を図る必要がある。また、集積した知見を一般市民、民間事業者、研究者、地方公共団体等へ提供するシステムを構築していく必要がある。

(5) 象徴的なモデル事業の実施

対策の主体となる民間ビルオーナー等にとって、都市の熱環境対策の実施は公共政策への協力の側面が強く、対策の実施が自らの利益につながるという認識は低かった。実際は、都市の熱環境対策の多くはビル等への直接的な省エネルギー等の効果を有することから、この点に対するビルオーナーの認識を広げることが、都市の熱環境対策を「公共協力」のみの世界から「実益」の世界に広げることになり、より広範な普及に結びつく可能性が高いと考えられる。しかし、現状では、実用化されている都市の熱環境対策技術の多くは、費用の問題や知名度の低さなどから一般への普及があまり進んでいないものが多く、現段階では一部の先駆的な地方公共団体や民間事業者の散発的な取組に止まっている。

ビルオーナー等の都市の熱環境対策技術や省エネ効果に対する認識を高め、このような状況を改善するためには、実際の街区においてモデル的に対策を集中投下し、効果等を目に見える形で示し、経験を共有すること重要である。具体的には都市の中心市街地のなかでも注目度の高いと考えられる街区を選定し、複数の省 CO₂・都市の熱環境対策を組み合わせたモデル事業を実施することが有効である。このため、国は所用の財政的支援を行う必要がある。

また、対策を実施した場合の効果の検証や可視化、およびその情報発信をすることは対策を講じた物件の価値を高める面や利用者の環境意識を高める面もあるので、事業者側としてもメリットとなる。そのため、対策の計画 実施 効果評価 情報発信といった一連の流れを含む一体的な対策への支援が重要となる。具体的には、対策実施主体となる事業者が行う効果検証のための測定システム構築（センサー設置、モニター設置等）や、測定データの収集・加工を含めて支援する枠組みの構築等を検討する必要がある。

モデル事業のスキームとしては、次の2段階が考えられる。すなわち 対策を投入すべき地区・街区を選定する段階、 個別建築物を対象とした具体事業を選定する段階である。具体的事業の対象となる技術としては、CO₂ 対策削減効果を考慮し、以下のものが考えられる。

表 2-7 . 熱環境改善対策（再掲）

対策種類	内容
緑化系の対策；建築物等の緑化による対策	屋上等、空調スペース上部の緑化
	壁面・建物直近の敷地等の緑化による建物への日射遮蔽
緑化に伴う剪定枝の処理	新エネルギー対策(代替エネルギーの活用)としての剪定枝の燃料化
塗料系の対策；日射の反射による対策	遮熱塗料を活用した対策
水を利用する対策；水の蒸発散による対策	超親水性光触媒による水を活用した対策
	保水性建材等による水を活用した対策
	ミスト噴霧による水を活用した対策
その他	地中熱を利用した高効率空調システム
	水系への空調排熱排出システム

なお、モデル事業を実施する際には、以下のような点に配慮する必要がある。

1) 複数年度を視野に入れたスキーム設計

国等が行う補助金等による支援制度は単年度単位であるのに対して、開発・建築期間は複数年度にわたるため、開発・建築のタイムスケジュールと、単年度の補助でのタイムスケジュールが整合するよう計画段階の支援、実施段階の支援というように複数年度をかけて段階的に支援できるスキーム等を検討する必要がある。

2) 公的支援対象範囲の柔軟な運用

例えば、新たに実用化された対策技術等について、その有効性を検討した上で積極的に補助の対象に加えるなど、対策実施主体の意欲的な取組を支援するための、公的支援対象範囲の柔軟な運用を検討する必要がある。

3) 対策の計画・実施から効果評価・情報発信までの一体的な支援

対策を実施した場合の効果の検証や可視化、およびその情報発信は開発物件の価値を高める面や居住者の環境意識を高める面もあるので事業者側としてもメリットとなる。その為対策を効果的かつ効率的に具体化し、その効果を社会的に波及させるためには、対策の計画 実施 効果評価 情報発信といった一連の流れを含むパッケージとしての対策への支援が重要となる。具体的には、対策実施主体となる事業者が行う効果検証のための測定システム構築(センサー設置、モニター設置等)や、測定データの収集・加工を含めて支援する枠組みの構築等が考えられる。また上記に関連して行政機関側が主体となり実施する施策としては、評価ツール開発、

データ評価への公的認定、メディア系を通じた事業効果の情報発信、自治体への周知、優良事業者やデータ提供者への表彰・認定、学術機関等と連携した対策による不動産価値向上効果の試算等による間接的な支援を検討する必要がある。

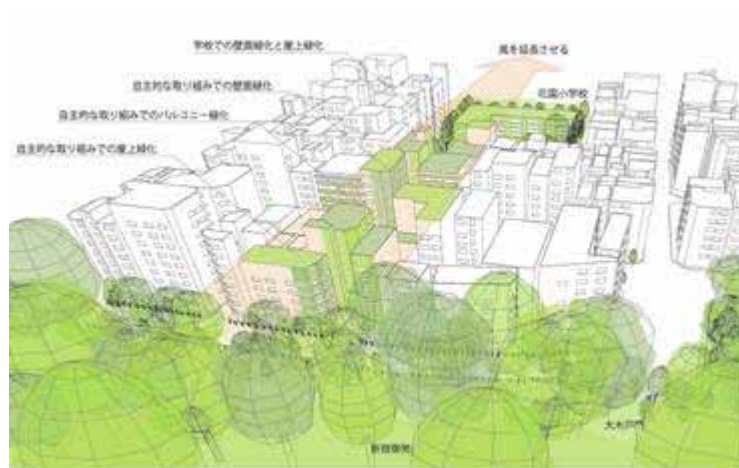
4) 象徴的なモデル事業を実施する適切な地区・街区の選定

熱環境改善対策を集中的に導入する地区等を選定する場合は、地方公共団体や地域協議会等による一体的な事業計画の有無や、効率性及び経済性の他、一般の注目度が高く対策技術の普及啓発効果が高い街区などの条件を勘案して選定する必要がある。街区の選定基準の基本的考え方を下記に示す。

- ・ヒートアイランド現象の顕著な都市の街区と認められる地域
政令指定都市、中核市規模の人口が集中している街区や都市再生プロジェクトに基づく「地球温暖化対策・ヒートアイランド対策モデル地域」、または気象データ等からヒートアイランド現象が発生していることが明らかな地域などが考えられる。
- ・一般の注目を集めやすく、対策の普及啓発効果の高い中枢的な地域
周辺地域の主要な駅前街区といった知名度の高い地域、大規模再開発など、周辺地域の住民等の関心が高い地域や実施した対策について積極的に普及啓発を図る計画を有する地域などが考えられる。
- ・ある程度限定された範囲の街区において集中的な対策の実施が可能な地域
街区の再開発等、大規模な対策の導入が可能な事業計画を有する地域、事業の実施について地域の協力体制が確立されている地域、地方公共団体、地域の協議会等により一体的な事業計画の提案が可能な地域が考えられる。

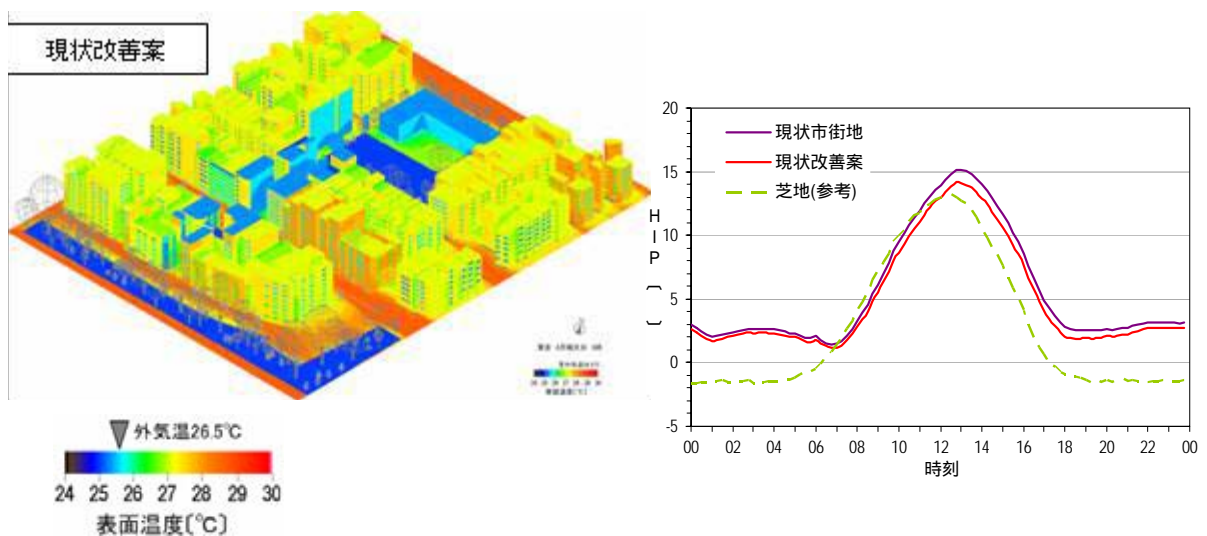
*熱環境改善効果について

ここでは、環境省既存検討（「都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討」環境省水・大気環境局大気生活環境室）より、ケーススタディ対象地区と同様に、大規模緑地を後背にもつ新宿御苑周辺の既存街区を対象に、冷気の誘導路を形成する対策（屋上及び壁面緑化等）を施した場合の温度上昇抑制効果を整理する。下図に対策イメージを示す。冷気の通り道となる街路に沿って建物の緑化や街路樹の植栽を行うことにより、歩行者空間に緑陰を創出して歩行者の熱環境を改善することができる。



熱環境の改善効果としては、以下に示すように屋上緑化や壁面緑化により、風の通り道周辺の表面温度が低下している状況が分かる。現状と比べても日平均0.6のHIP（ ）低減効果が認められる。

HIP；ヒートアイランドポテンシャルのこと。周囲への熱的な影響を示す指標で、計算対象の敷地が平坦であると仮定したときに、その面が気温より何度上昇するのに相当するかを表わす。HIPが大きいほど、ヒートアイランド現象を引き起こしやすい。



(6) 地方公共団体を通じた対策導入促進策

街作りにおける都市の熱環境対策の方向性、具体的対策実施における配慮事項等について、基本的な方向性を示した地方公共団体向けの指針を本検討会における議論を踏まえつつ作成することにより、地方公共団体等による地域に根ざした対策の推進を図る必要がある。

(7) 関係主体の連携；複数の公的主体の支援制度の効率的な活用等

実際の街区で対策を実施する場合、民地の他に市区町村、都道府県、国の管理する土地で連携を取って対策が実施できれば、より効果的な対策となる。国、都道府県、市区町村が連携を取って各種支援制度が効率的に活用できるよう、それぞれの役割分担を明確化し、全体としての支援の枠組みを整理すること等により、事業者が活用しやすい環境を整えることは重要である。

例えば、国や都道府県など、複数の公的主体により対策導入促進施策を実施する場合においては、支援制度が効率的に活用できるよう、それぞれの役割分担を明確化するなど、全体としての支援の枠組みを整理すること等により、事業者が活用しやすい制度設計の検討を実施する必要がある。

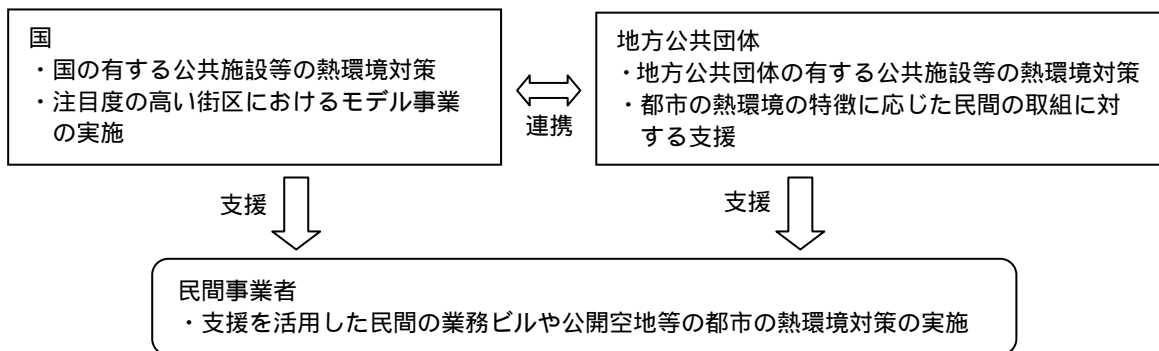


図 2-6 . 連携イメージ (例)

(8) 人材育成

新規開発地区や再開発地区において、街作り協議会のような既存組織と複数の対策実施主体が連携して効率的・効果的な対策を実施するためには、都市の熱環境対策の街作りへの適用や都市における涼感創出を含めた感覚環境に関する専門的知見等を有する専門家の存在が必要である。このような人材を育成するため、育成プログラムの開発や人材活用の場の創出を促進するための施策について検討する必要がある。

(9) 技術開発（新技術導入前のプレ導入実証試験への支援）

新しい技術を導入する場合の技術的なりスクを軽減するため、ある程度実証してから導入に入ることができるよう支援を行うことが考えられる。これについては現在、環境省において、『環境技術実証モデル事業 ヒートアイランド対策技術分野におけるヒートアイランド対策技術（建築物外皮による空調負荷低減技術）実証試験事業』のなかで、対策技術の環境保全効果等を第三者が客観的に実証する事業を実施しているところである。

(10) その他の支援策

その他の支援策としては、対策を実施する事業者へのインセンティブを付与する施策（税制の優遇措置等）などが考えられる。

2.6. ケーススタディ

ここでは、具体的な地区・街区に各種の熱環境対策を集中的に導入した時のイメージを把握するためのケーススタディを実施する。将来的にはここで示される集中的対策導入イメージを実現するための施策（モデル事業等）の実施や推進体制の検討を行っていくことが望まれる。以下にケーススタディの検討フローを示す。

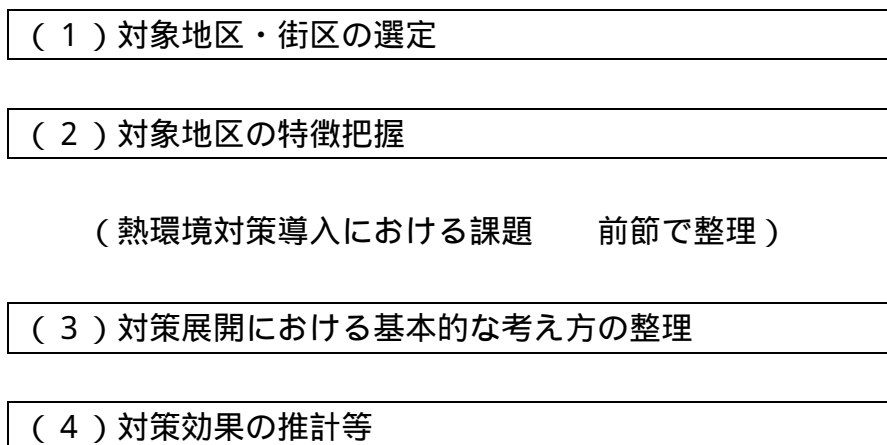


図 2-7 . ケーススタディ検討フロー

2.6.1. ケース ; 東京地区を対象としたケーススタディ

(1) 対象地区・街区の選定

注目度が高く、都市開発と連動した対策の集中導入に関する実施可能性が高いと見込まれる地区として、東京の玄関口であり再開発動向の活発な大手町・丸の内・有楽町地区（以下、大丸有地区）を対象として、大規模緑地の冷気活用、蒸発潜熱の発散機能や緑陰機能回復等を一体的に実施する模範的な熱環境対策についてケーススタディを行った。

大手町・丸の内・有楽町地区のエリアデータ

区域面積；約111h a（内、宅地約60h a）
地権者数；97者
建物頭数；105棟（建設中7棟）
建物延床；640h a（建設中約74h a含む）
建物築年数；建設中6%、10年未満14%、10～20年；8% 20～30年14%、30～40年27%、40年以上31%
就業因数；約214,000人
事業所数；約4,000事業所
鉄道網；鉄道 [JR] 8路線 地下鉄7路線 13駅
駅乗降者数；約92万人 / 日

（ 2 ） 対象地区の特徴

1) 大規模な再開発の連鎖

大丸有地区は現在、大規模な再開発が続いており、新しく建設された建物は熱環境や温暖化に配慮されたものとなっている。また、今後も大手町地区での連鎖型の再開発などいくつかの再開発が予定されている。これら再開発は熱環境対策や温暖化対策を導入する上での契機と考えられる。

2) 皇居や日比谷公園などクールスポットが隣接

当地区に隣接して皇居や日比谷公園といった大規模な緑地が存在している。これら大規模な緑地はクールスポットとして冷気を生み出す事から、有効な活用が考えられる。

3) 広幅員の道路と公開空地によるオープンスペースの存在

当地区は行幸通りなど高幅員の道路があり、また公開空地によって建物足元にオープンスペースが確保されている。これらの空間は緑化など熱環境対策を行う種地として活用していくことが考えられる。

4) エネルギー消費構造

(ア) 消費エネルギー規模(概算)

	延べ床面積 (ha)	エネルギー 消費量(TJ)	電力CO ₂ (万トン)	空調CO ₂ (万トン)	割合
千代田区 (業務部門)	1,600	20,000	150	38	100%
大手町・丸 の内・有楽 町地区	640	8,000()	60()	15()	39%

述べ床面積比で千代田区全体のエネルギー消費量を按分して概算。

(イ) 消費エネルギー構成

対象地区におけるビルエネルギー使用内訳としては、オフィスビルが中心となっていることから、電力消費が全体の8割以上を占めている。また、電力消費の約1/4が共用部空調のために使用され、このほかにテナントが負担する空調電力もあり、これらは熱環境対策による消費エネルギーの削減が期待される部分である。

上記数値については、一部ビルを対象とした実績値を基に記述しているため、対象地区全体の数値とは必ずしも一致しない可能性がある。

(3) 対策展開における基本的な考え方

1) 再開発と連動した建物系対策の導入

今後も行われる大規模再開発を熱環境対策導入の契機として捉え、屋上緑化や壁面緑化など建物系の対策を先導的かつ集中的に行っていく。大規模再開発において先導的に対策を行うことにより、熱環境対策のショーケース化、拠点化を図り、再開発などが予定されていないその他既存建築物の熱環境対策展開へとつなげる。また、再開発地区に緑化等の対策を集中的に導入すると同時に、住民の憩いの場となる広場等を整備することで涼感を生み出すスポットを積極的に創出していく。

2) 高幅員の道路や周辺建物とクールスポットを活用した冷気の導入

皇居や日比谷公園につながる高幅員の道路や周辺建物については、クールスポットからの冷気を流す「冷気の誘導路」(マクロレベルで検討される「風の道」とは別の概念であることに留意)して捉え、屋上・壁面緑化や、街路樹による緑化、保水性舗装などを集中的に導入し、熱環境対策展開の軸を形成する。具体的には、クールスポットである皇居から滲み出した冷気が行幸通りに入り、更に仲町通りなどの横軸道路に沿って冷気を地区全体に広げることを行う。また、このように地区に広がった冷気の通り道沿いには瀬木陰や小水路を積極的に生み出すことにより、心理的側面を含めて心地よい涼しさを感じながら歩くことができる動線を生み出す。

3) 建物屋上面や公開空地などのオープンスペースを活用したランドレベルの対策の展開

建物屋上面や既存の公開空地や今後予定される再開発において生まれる公開空地においては、建物（屋上・壁面）の緑化や散水、地表面の緑化等による被覆状況の改善などの対策を集中的に行い、小さなクールスポットの形成を図る。また、これらの対策は熱環境対策に限らず、緑を目にすることの多い心理的に心休まり、涼しさを感じることでできる空間の創出等にもつながると考えられる。

4) マクロレベルの対策を与条件としたミクロレベルの対策を検討・実施

対象地区・街区の熱環境改善対策としては、マクロレベルの対策（東京湾から連なる風の道の形成等）とミクロレベルの対策（皇居等の都市緑地からの冷気にしみ出しの活用等）が考えられる。ケーススタディにおいては、基本的に街作りにおいてコントロールが可能なミクロレベルの対策を対象とした検討を行い、マクロレベルの対策については地区・街区における与条件と位置づける。この際、マクロレベルでの大規模緑地からミクロレベルでの街区の街路樹までが連続性をもち、木陰が途切れないようにデザインする等、都市の中で涼しさを容易に得られることができるような街作りを行う。

5) その他対策のポイント

既存の街路樹及び、皇居や日本橋川による風の流れを活かし、街区全体の風通しをよくし、クールスポットからの冷気のしみ出しと連携する。個別建築物での対応として、既存及び再開発中の建物、新たに建設される建物において、対策が可能なものについては壁面緑化、保水性舗装構造への転換などの対策を講じる。この際、地区・街区内に点在するクールスポット等が可能な限り連続性をもちように配慮する等、地区・街区で一体となって涼感の形成及び熱環境改善を図る。

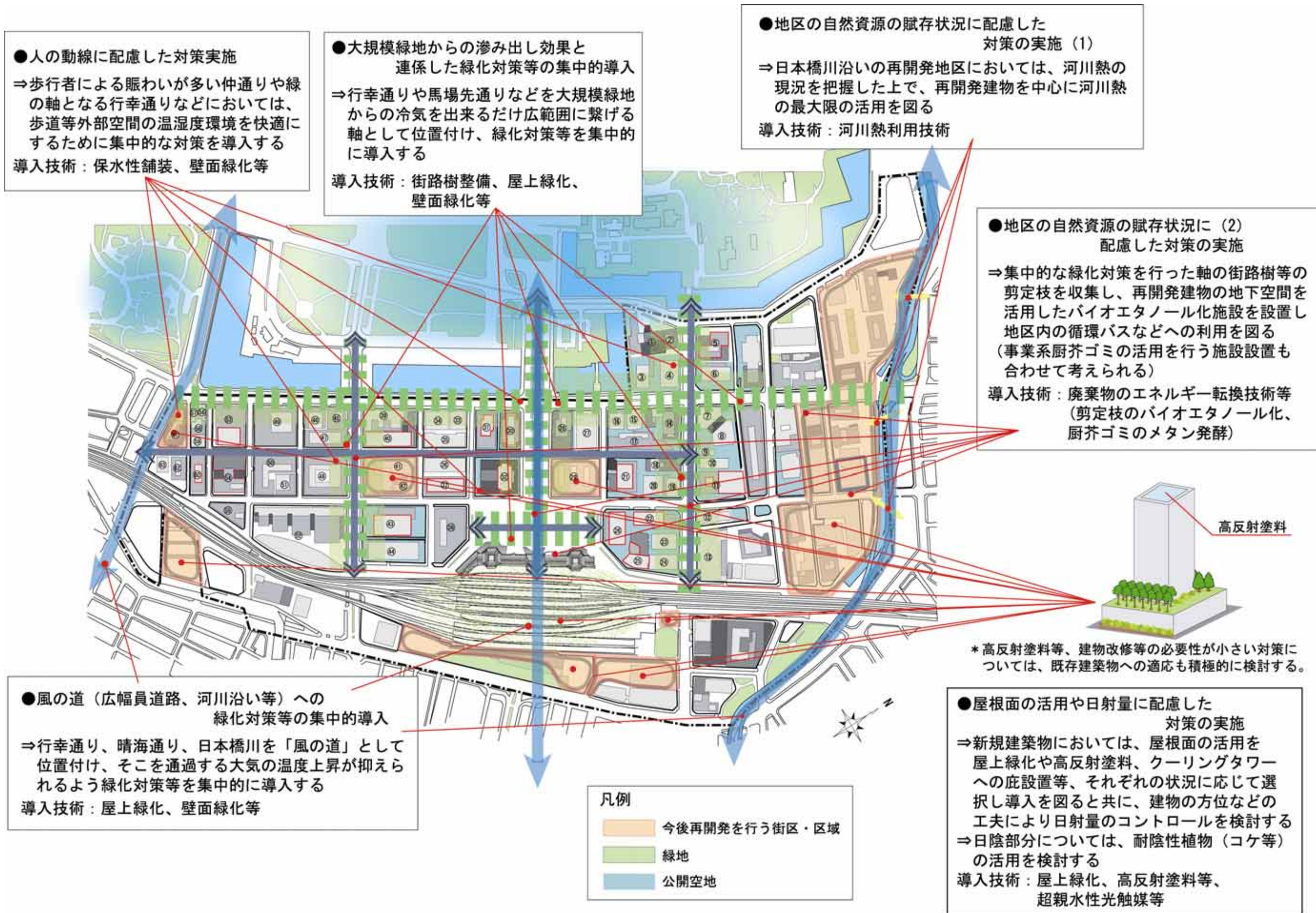


図 2-8 . 大丸有地区の対策ケーススタディ

(4) 対策効果の推計について

ここでは、今後のケーススタディにおける対策効果推計検討のイメージとして、標準的な建築物を対象にした個別対策を実施した場合の効果試算例を示す。なお、効果の詳細は、東京都において検討中のシミュレーション結果等を参考に、将来的に精査を行うことが望ましい。

1) 熱環境改善効果の試算 (CO₂ 排出削減量を用いた試み)

大丸有地区の建築物関連データより当該地区の平均的なオフィスビルを想定(下表)し、屋上及び南壁面、西壁面に可能な限り複合的に対策を適用した場合の省CO₂効果の試算を行う。

表 2-8 . 当地区における平均的なオフィスビルの想定

延べ床面積	60,952 m ²
階数	10 階
屋上面積	5,976 m ²
建物面積	40 m
一面あたり壁面面積	3,154 m ²
年間冷房負荷	44,231 GJ / 年
冷房負荷による CO ₂ 排出量	1,796 t - CO ₂

基準ビルの屋上と南側壁面、西側壁面に対策を実施した場合を仮定し、ビルの冷房からの CO₂ 排出量にしめる省 CO₂ 効果の割合を試算

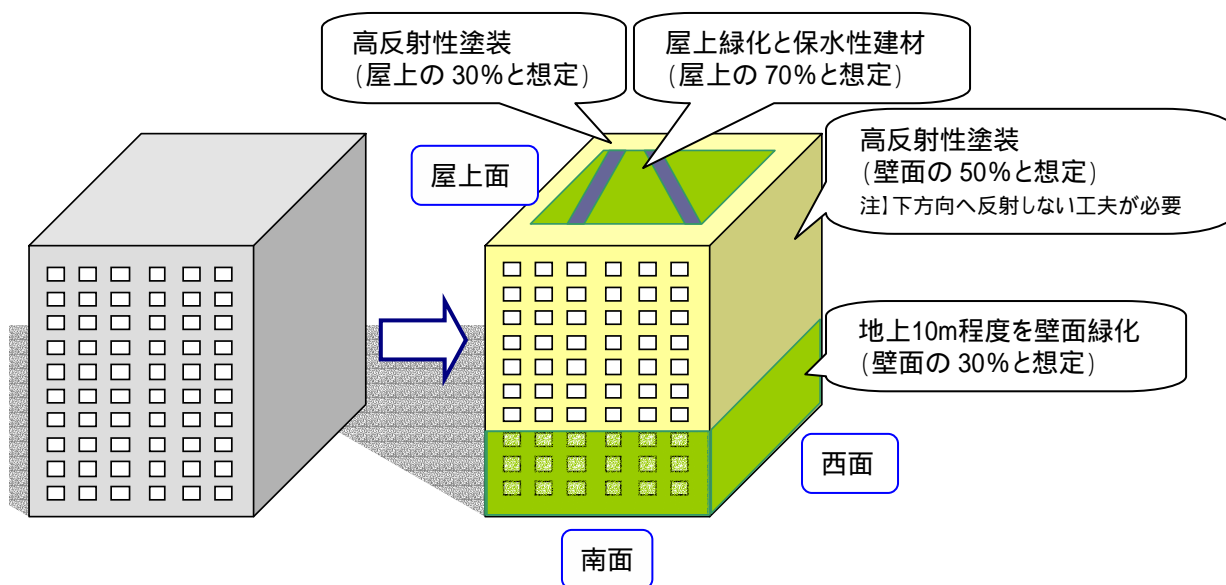


図 2-9 . 基準ビルに対し複合的に対策を適用したケースのイメージ

建築物表面の対策として、高反射性塗料、建物緑化、保水性建材等を取りあげ、上記の基準ビルに対して、各種の熱環境対策を複合的に適用した場合（下図参考）の冷房起源CO₂排出削減効果を推計すると次表のようになる。

表 2-9. 基準ビルに対し複合的に対策を適用したケースの冷房起源 CO₂ 排出削減量の試算結果

	高反射性塗装		建物の緑化 保水性建材		合計	単位
	(壁面)	(屋上)	(壁面)	(屋上)		
負荷削減量	267,141	425,162	267,141	1,653,409	2,612,854	MJ/年
CO ₂ 削減量	20,481	34,408	20,481	126,761	202,131	kg-CO ₂ /年
CO ₂ 削減率	1.2%	1.9%	1.2%	7.2%	11.4%	-

複合的な対策を基準ビルに対して実施した場合においては、CO₂排出削減量は年間で建物1棟あたり約200tとなる。これは、基準ビルにおける冷房を起源として排出されるCO₂の約11%にあたる。

なお、今回の試算は簡略化した条件のもとで実施しており、その結果については本来、詳細な検討が必要である。しかし、都市のヒートアイランド対策として実用化されている技術（ここでは主に建築物表面に対する対策）が一定の省エネルギー・省CO₂効果を有することを示すための目安として例示するものである。（詳細は参考資料を参照）

2) 生活環境の質向上面からみた効果

低層屋上面や建物壁面への緑化等を目にすることにより、視覚を通じた地区全体の涼感向上にも資すると考えられる。また、仲町通り等の歩行者が集中する動線上に集中的に導入される緑化対策等については、地区の涼感を高める効果が特に期待される。

2.6.2. ケース ; 大阪地区のケーススタディ

大阪地区を対象に、対象地区・街区の選定し、対象地区の特徴、対策展開における基本的な考え方を整理するとともに、対策の方向性に関するケーススタディを行った。

(1) 対象地区・街区の選定

注目度が高く、都市開発と連動した対策の集中導入に関する実現可能性が高いと見込まれる地区として、大阪の玄関口であり再開発動向の活発な大阪駅周辺・中之島地区を対象とする。これらの地区の再開発に伴い、建物緑化、水面、高反射塗装等の熱環境対策を集中的に実施した場合についてケーススタディを行った。

大阪駅周辺・中之島地区のエリアデータ

区域面積；約156ha（内、宅地約118ha）
建物延床；568ha（建設中約130ha含む）
就業人数；約111,000人
事業所数；約4,700事業所
鉄道網；鉄道 [JR] 4路線 [私鉄] 5路線 地下鉄4路線 12駅
駅乗降者数；約300万人/日

(2) 対象地区の特徴

1) 風の通り道や冷気の発生源、未利用エネルギーの供給源となる河川空間の存在
当地区には、淀川から分離した堂島川と土佐堀川という2本の河川が流れている。河川空間は風の通り道になるとともに、冷気の発生源や自然エネルギー源としてのポテンシャルを持っている。これら、河川空間を当地区の熱環境対策として積極的に活用していくことが考えられる。

2) 大規模な土地利用転換による新たなまちづくりの進展

当地区には、鉄道貨物駅の跡地利用による大規模な土地利用転換が計画されている。これは、まったく新しいまちづくりとなるため、プロジェクトの初期段階から面的に都市の熱環境改善対策を施すことができるポテンシャルを有していると考えられる。

3) 近年終了した再開発

当地区には、平成7年度に完了した再開発が大阪駅前を中心に面的に存在している。これら再開発では公開空地などが整備されており、熱環境対策という観点から、これらの活用していくことが考えられる。



4) エネルギー消費構造

(ア) 消費エネルギー規模 (概算)

	延床面積 (ha)	エネルギー 消費量(TJ/年)	うち冷房用途 (TJ/年)	冷房起源 CO ₂ (万トン/年)
大阪駅周辺 ・中之島地区	568	5,800	1,400	16

(イ) 消費エネルギー構成

対象地区の建物は、オフィスや店舗が入居するビルが中心となっている。

また、エネルギー消費の約 1 / 4 が冷房用途に使用されており、熱環境対策を講じることにより、冷房用途の電力消費エネルギーの削減、冷房起源の CO₂ の排出削減が期待される。

(3) 対策展開における基本的考え方

1) 再開発に連動した河川のポテンシャル活用

当地区では堂島川を挟んで再開発が予定されている。この再開発に当たっては、河川空間からの冷気を取り込むことができるような建物配置や、河川水による温度差エネルギーの活用といった河川が持つ熱環境改善のポテンシャルを最大限活用する対策を再開発に合わせ進めることが考えられる。

2) ショーケースとなる面的・複合的な熱環境対策の導入

当地区の北に位置する鉄道貨物駅の跡地(大阪駅北地区)は平成19年度から新しいまちづくりが行われる地区である。この新しいまちづくりを契機として、複合的な熱環境対策を導入していくことが考えられる。例えば、熱環境対策の導入施設選定指針を策定し、その中で屋上緑化や公開空地を活用した緑化、保水性舗装や水面の創造など水を活用した対策、高反射塗装や庇・水平ルーパー、複層ガラスといった建物の熱の蓄積を削減する対策、風の流れを意識した建物配置などを位置づけていくことが考えられる。

3) 既存ビルにおける複合的対策の導入

大阪駅前にある既に完了した再開発エリア(ダイヤモンド地区:10.7ha)においては、公開空地を活用した熱環境対策や屋上緑化、壁面緑化を行っていくことが考えられる。

(4) 対策効果の推計について

以下では、大阪駅周辺・中之島地区で、今後、概ね5年間に再開発事業が集中している5つの街区(地区面積の約15%に相当)において、各街区面積の2~12%の緑化や、水面、高反射塗装など、実際に導入が想定し得る個別対策を実施した場合の効果推計例を示す。

熱環境改善効果の試算(大気顕熱負荷を用いた試み)

大阪駅周辺・中之島地区において熱環境改善対策を実施した場合の熱環境緩和効果について、大気熱負荷簡易評価モデルを用いて、各街区及び地区全体からの大気熱負荷の改善効果の試算を行った。

大気熱負荷簡易評価モデルは、建物や緑地の状況など解析対象地区の熱負荷特性に影響を与えるパラメータを基に、熱環境改善対策による大気熱負荷の削減効果を簡易に予測するものであり、大気熱負荷の時間変動を求めることができる。(次図)

本モデルに、大阪駅周辺・中之島地区の5つの街区において、それぞれ建物緑化、水面、高反射性塗装等の対策を実施した場合を想定したパラメータを入力し、対策の有無による大気熱負荷を比較した。

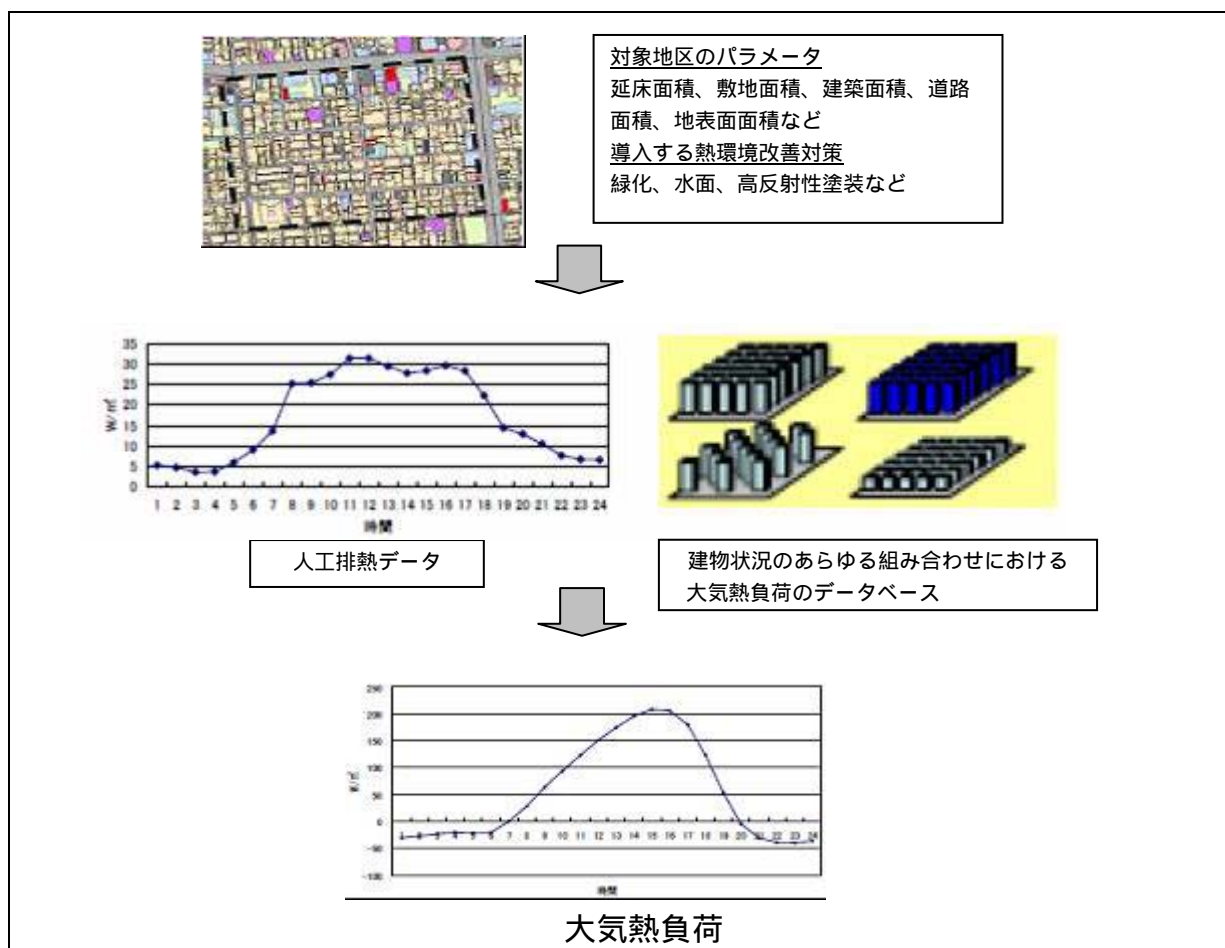


図 2-10 . 大気熱負荷簡易評価モデルの仕組み

本モデルによる試算結果を以下に示す。建物緑化、水面、高反射性塗装等の対策を実施することにより、対策を実施しない場合と比較して、各街区において顕熱輸送量が最大で $7 \sim 36 \text{ W/m}^2$ 減少することが示された。

また、次表に示すとおり、各街区における 9 時から 18 時までの大気熱負荷は、 $2 \sim 11\%$ (平均 7%) 程度減少するなど、大気熱負荷削減効果があることが示された。

街区	導入を想定した 熱環境対策	大気熱負荷（9時～18時）(kWh)			街区面積 (m ²)
		対策前	対策後	削減量	
A街区	・屋上緑化 ・建物外溝の緑化 ・水面 ・保水性舗装 ・水平ルーバー、複層ガラス	163,175	145,695	17,481 11%	89,700
B街区	・屋上緑化 ・建物外溝の緑化 ・高反射性塗装 ・水平ルーバー、複層ガラス	97,905	93,630	4,275 4%	81,200
C街区	・屋上緑化 ・建物外溝の緑化	30,388	28,902	1,485 5%	25,900
D街区	・屋上緑化 ・建物外溝の緑化 ・水面 ・水平ルーバー、複層ガラス	24,152	21,721	2,430 10%	23,900
E街区	・屋上緑化 ・建物外溝の緑化 ・水平ルーバー、複層ガラス	38,936	38,283	653 2%	16,200
計		354,555	328,231	26,324 7%	236,900

（注）モデルの精度上、顕熱輸送量の時間変化を示すグラフにおける 18 時から 9 時については対象としていない。

これは、建築物の緑化などの表面对策により、コンクリート面などの表面温度が低下することによるものである。

なお、街区の特性に応じて、空調排熱の潜熱化や河川水による温度差エネルギーの活用といった対策を併せて導入することにより、更なる削減効果が期待できる。

（5）生活環境の質向上面からみた効果

建物外溝や低層屋上面への緑化や水の流れ等を目にすることは、視覚を通じた地区全体の涼感向上にも資すると考えられ、また、都市の中の水や緑があふれるオアシスとして涼感を高める効果が期待される。

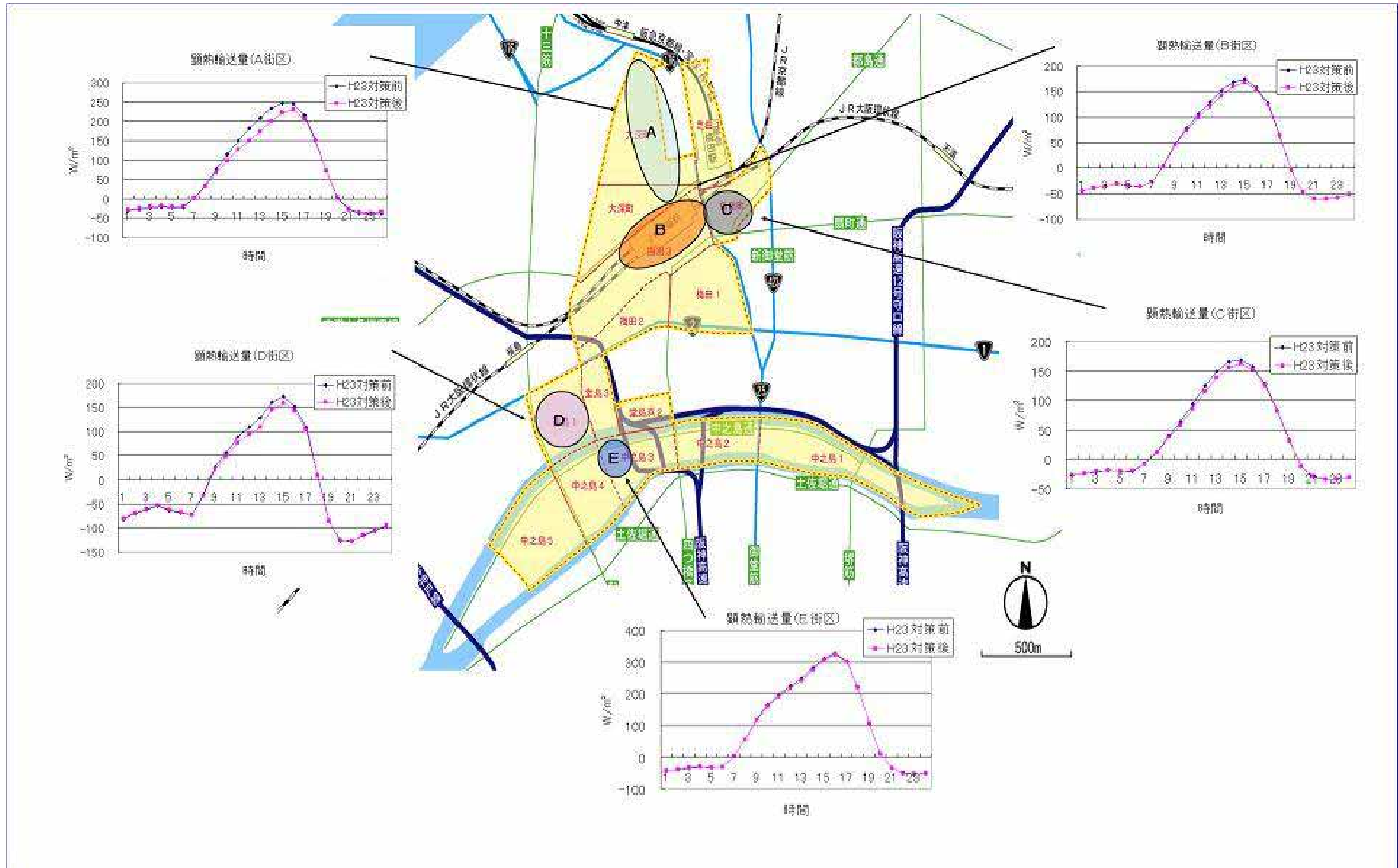


図 2-11 . 大阪駅周辺・中之島地区における対策効果の試算結果

【参考資料】基準ビルにおける対策実施によるCO₂削減効果の試算について

建物の緑化・高反射性塗装などの建物の外側の表面への対策を実施することで、日射等によるコンクリート躯体への蓄熱や温度上昇を抑制することができる。これにより夏季における外部からの冷房負荷が減少し、冷房に使用される電力等の省エネルギーが期待されるが、今回は夏季の冷房期間における外部熱負荷の低減に伴うCO₂削減量について試算した。

なお、今回の試算は簡略化した条件のもとで実施しており、その結果については本来、詳細な検討が必要である。しかし、都市のヒートアイランド対策として実用化されている技術(ここでは主に建築物表面に対する対策)が一定の省エネルギー・省CO₂効果を有することを示すための目安として例示するものである。

建物の表面温度から、CO₂排出削減量を推計する手法について、一連の流れを図1のフローに示す。このように、対策による建物の冷房起源のCO₂排出削減効果は、建物の外表面温度の違いから推計している。

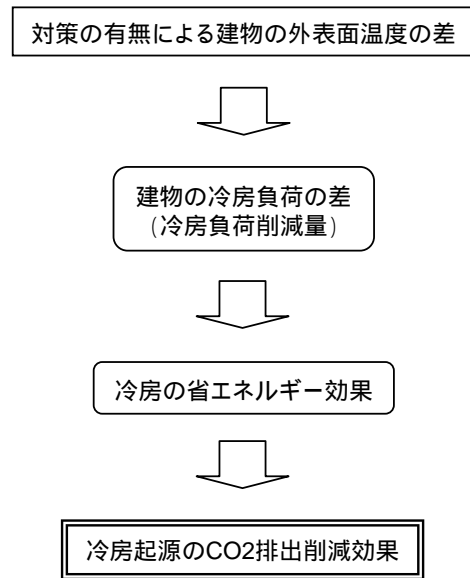


図1 CO₂削減効果等の算出フロー

1. 各対策の外表面温度低減効果

対策の実施により、建築物の外側の表面温度が低下することが冷房の省エネルギーにつながる最も大きな要因である。各対策技術による建物の表面温度の抑制効果については文献1)～文献3)において詳細な検討が行われている。これによる建築物外表面の温度上昇抑制効果は表1のように整理される。

このとき、建築物内部へ伝わる単位面積あたりの熱エネルギー量(熱貫流量)Q(kcal/m²h)は、外側の表面温度 t_o、室内温度 t_i、コンクリートの熱伝導率 λ、厚さLとすると、次式にて算出される(各物性値のデータは表2,表3参照文献4),文献5)。

$$Q = \frac{1}{\left(\frac{L}{\lambda} + \frac{1}{i}\right)} (t_o - t_i) \quad \dots \text{式1}$$

表4に、各ケースの単位面積あたりの冷房負荷削減量と削減割合を示す。

外側の表面温度の上昇を抑制する各対策の実施により、外部からの熱負荷の流入量は高反射性塗装で40%以上、建物の緑化、保水性建材の使用により70%以上削減される結果となった。

表 1 対策の表面温度上昇抑制効果

	対策	表面温度 (コンクリート)	外表面温度 1()
case0	対策無し	60 程度まで上昇	60
case1	高反射性塗料	15 程度低下する	45
case2	建物の緑化	25 程度低下する	35
case3	保水性建材	25 程度低下する	35

表 3 室内側条件

室内側熱伝達率 i (kcal/m ² h)	室内温度 i ()
8.0	26.0

表 2 建築躯体の物性値

材質	厚さL (m)	熱伝導率 (kcal/mh)
普通コンクリート	0.150	1.5
押出発砲ポリスチレンフォーム	0.005	0.032

表 4 各対策の熱負荷削減効果

	対策	外部からの熱負荷の 流入量Q(kJ/m ² h)	熱負荷 削減割合
case0	対策無し	373.3	-
case1	高反射性塗料	208.6	44.1%
case2	建物の緑化	98.8	73.5%
case3	保水性建材	98.8	73.5%

表 5 各対策の CO₂ 削減効果

	対策	CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ /m ² ・年)
case1	高反射性塗料	18.2
case2	建物の緑化	30.3
case3	保水性建材	30.3

注1) 夏期の冷房期間(6～9月)における省CO₂量を推計

注2) 電力1kWhあたりのCO₂排出量は0.69(kg-CO₂/kWh)と設定

注3) 冷房エネルギーは電力、冷房機器COPは2.5と想定する

これら冷房負荷の削減効果による CO₂ 排出量削減効果の試算結果を表 5 に示す。外部からの熱エネルギー流入量が抑制されることにより、対策のない場合に比べて冷房に使う電力が少なくすむことから、節約された冷房の電力量を求め CO₂ 排出削減量を推計したものである。

この結果、高反射性塗装では 1 m²あたり年間で約 18kg/年、建物の緑化と保水性建材で約 30kg/年の冷房起源の CO₂ 排出量が削減される結果となった。

2, オフィスビルにおける CO₂ 削減割合の試算

1, では単位面積あたりの CO₂ 削減量を試算したが、実際のオフィスビルにおいては建物の規模や使用条件等により、対策による CO₂ 削減効果のビル全体への寄与度は異なる。

そのため、ここでは東京駅の周辺地域（以下、大丸有地区）の建築物関連データより当該地区の平均的なオフィスビルを表 6 のように設定し（以下、基準ビル）、可能な限り複合的に対策を適用した場合のビルにおける省 CO₂ 効果を試算した。

表 6 基準ビルの概要

延べ面積	60,952 m ²
階数	10 階
屋上面積	5,976 m ²
建物高さ	40 m
一面あたり壁面面積	3,154 m ²
年間冷房負荷	44,231 GJ/年
冷房負荷によるCO2排出量	1,769 t-CO2/年

注1)大丸有地区の建築物関連データより平均的なオフィスビルとして設定

注2)冷房の動力源は一般電力(全電源平均)を想定

基準ビルの屋上と南側壁面、西側壁面に対策を実施した場合を仮定し、ビルの冷房からの CO₂ 排出量にしめる省 CO₂ 効果の割合を試算

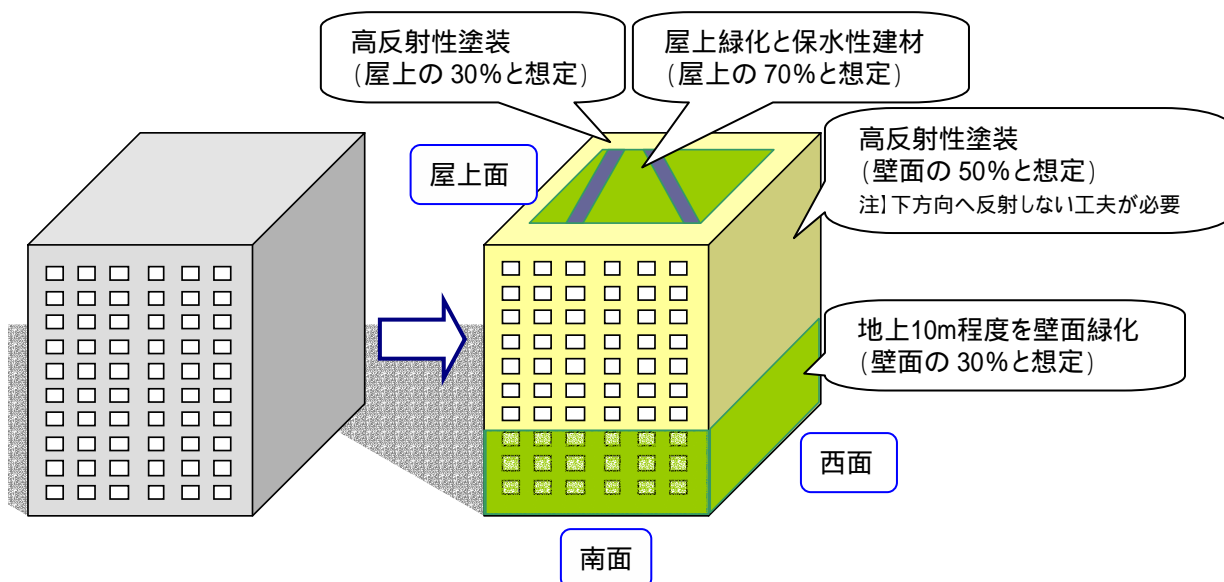


図 2 基準ビルに対し複合的に対策を適用したケースのイメージ

想定した対策ケースの概要を図 2 に示す。日射による熱負荷の多い屋上面と南・西側の壁面に対して可能な限りを実施した場合について、1, の試算結果を

もとに、基準ビルにおける冷房起源のCO₂排出量の削減効果の推計を行った。試算結果を表8に示す。

表8 基準ビルに対し複合的に対策を適用したケースの冷房起源CO₂排出削減量の試算結果

	高反射性塗装		建物の緑化 保水性建材		合計	単位
	(壁面)	(屋上)	(壁面)	(屋上)		
負荷削減量	267,141	425,162	267,141	1,653,409	2,612,854	MJ/年
CO ₂ 削減量	20,481	34,408	20,481	126,761	202,131	kg-CO ₂ /年
CO ₂ 削減率	1.2%	1.9%	1.2%	7.2%	11.4%	-

注1) 1, の試算結果は屋上面における結果であるため、夏季(夏至)における方位別の積算日射量の比から、壁面における効果を求めた。(水平面:南立面:西立面:東立面:北立面=2.8:1:1:0.25)

図2のような複合的な対策を基準ビルに対して実施した場合においては、CO₂排出削減量は年間で建物1棟あたり約200tとなる。これは、基準ビルにおける冷房を起源として排出されるCO₂の約11%にあたる。

< 出典 >

- 文献1 『屋上緑化のヒートアイランド緩和効果』(東京都環境科学研究所,2003)
- 文献2 『高反射率塗装・保水性建材のヒートアイランド緩和効果』(東京都,2003)
- 文献3 『高反射率塗装によるヒートアイランド緩和効果に関するフィールド実験』(東京都,2004)
- 文献4 『建築環境工学概論』(金谷栄一他,1998)
- 文献5 『建築環境設備学』(紀谷文樹他,1988)