

ヒートアイランド対策に寄与する都市空間形成技術の開発

都市研究部長 坂 真哉

ヒートアイランド現象を抑制するために、都市空間の熱環境を評価するシミュレーション技術を開発し、地域特性を考慮した効果的なヒートアイランド対策に寄与する都市空間の形成技術を提供する国土交通省総合技術開発プロジェクト（H16～18）を推進しているところである。連携している関連技術研究開発の最新の動向とあわせて、本プロジェクトについて、ヒートアイランド対策の総合的評価手法の開発、地域特性に対応したヒートアイランド対策の目標水準の設定手法の開発、ヒートアイランド現象の抑制に効果的な市街地形態の形成・誘導手法の開発、の各課題を紹介する。

1. ヒートアイランド現象とその対策

「熱による大気汚染」といわれるヒートアイランド現象とその要因について概説するとともに、ヒートアイランド対策について解説する。

1.1 ヒートアイランド現象と原因

1.1.1 ヒートアイランド現象とは何か

ヒートアイランド現象とは、都心部の気温が郊外と比べて島状に高くなる現象である。20世紀中に地球全体の平均気温が約0.6の上昇をしているのに対して、例えば東京都心部では約3も平均気温が上昇しており、地球の温暖化傾向と比べても顕著に現れていることが指摘されている。

このヒートアイランド現象の問題点は、日本学術会議の報告などで指摘されているように、概ね以下の4項目に整理されている。

(1) 夏期電力需要の先鋭化

夏期に都市気温が上昇すると、冷房負荷の増加や空調機器の効率低下等から電力需要のピークが発生する。東京電力管内（1都8県）では気温が1上昇すると電力消費量が160万kW増加すると言われており、これは中型原子炉2基分の容量に相当する。

(2) 人間影響

夏期日中の高温化と熱帯夜の増加は、都市生活において暑さという不快感や熱中症のリスク等、人間影響に関わる問題である。東京消防庁の資料によると、1980年代に比べてこの20年間で熱中症の搬送人員は倍増したという報告例がある。

(3) 大気汚染

ヒートアイランドの上昇流が海風循環の構造を変化させ、都市の大気の拡散低下を招い

た結果、汚染物質の高濃度化や、気温上昇による光化学オキシダント発生の促進作用が指摘されている。

(4) 集中豪雨・生態系

ヒートアイランドによる風系の変化が都市で発生する局地的な集中豪雨の誘因になるという指摘があるほかに、都市域の温度環境の変化が、西ナイル熱を媒介する亜熱帯地域の蚊の繁殖を誘発するなど、生態系への影響も危惧されている。

1.1.2 ヒートアイランド現象の原因

都市の気温を上昇させる要因として、以下の4項目が考えられている。

(1) 人工排熱

都市域でのエネルギー消費に伴う排熱

(2) 地表面被覆

緑地の減少に伴う地表の蒸発散能力の低下

コンクリート・アスファルト等の建材の蓄熱作用

(3) 都市構造

建築物の密集等による熱のよどみ

市街地の外延的拡大

(4) その他

都市大気中の細かい塵や大気汚染物質による温室効果、など

1.2 ヒートアイランド対策の考え方

ヒートアイランド対策を適切に推進するために、平成16年3月、政府（ヒートアイランド対策関係府省連絡会議）において、「ヒートアイランド対策大綱」（後に参考資料として掲載）が取りまとめられた。この中で、ヒートアイランド対策は、以下の4本の柱に体系化されている。

1.2.1 人工排熱の低減

空調システム、電気機器、自動車など人間活動から排出される人工排熱を削減するため、エネルギー消費機器等の高効率化、建築物については外壁の断熱性向上や緑化、未利用エネルギー・自然エネルギーの利用等によるエネルギー消費量の削減を図る。

1.2.2 地表面被覆の改善

建築物やアスファルト舗装などによって、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、公園・緑地の整備、街路樹等による街路空間の緑化などによる緑の確保、屋上・壁面緑化、水面の確保などの対策の導入を促進する。

1.2.3 都市形態の改善

緑地や水面からの風の通り道を確保する観点から、例えば都市内における緑化、水面等のオープンスペースのネットワーク化や、建築物及び市街地の形態への配慮など都市政策における対応等を検討する。また、ヒートアイランド現象はその影響範囲が広域に及ぶものであり、局所的な対策のみでは、その改善が困難であるため、国、地方公共団体間の連携により、都市緑地の確保等、都市形態の改善を図る。

1.2.4 ライフスタイルの改善

以上のハード面の対策とあわせて、都市の生活習慣のあり方がヒートアイランド現象の形成に関わっていくことから、ライフスタイルの改善を図る。例えば、夏期休暇取得の促進、夏季の軽装推進、自動車のアイドリングストップの推進等である。

1.3 調査研究の推進

ヒートアイランド現象は、気象学・地理学・建築学・土木工学など様々な分野にわたる研究課題となっており、さらにそれぞれにおいて現象の解明、対策技術の開発や施策への展開など多岐にわたって行われている。

しかし、効果的な施策展開を図るためには、さらに関連する調査研究を推進するとともに、これらの成果を有機的に統合し活用していくことが必要である。

政府のヒートアイランド対策大綱においても、観測・監視体制の強化及び調査研究の推進が重要な柱として位置づけられている。特に、調査研究の推進としては、ヒートアイランド現象の原因・発生メカニズムや影響に関する調査研究及び計画的な施策展開のための調査研究を幅広く推進することとしている。

すなわち、ヒートアイランド現象の各原因間の関連性・寄与度などの発生メカニズムに関する調査・分析を一層推進するとともに、その進捗状況に応じて、省エネルギー機器の採用や保水性舗装、土地利用・都市構造の誘導など様々な対策を講じた場合の効果に関する評価手法を検討することとしている。

さらに、地方公共団体においてその地理的特性を踏まえて効果的なヒートアイランド対策が推進されるよう、地域の地形や気象その他大気熱環境に関連するデータの地図化・個別の対策効果を評価するためのシミュレーションモデルなど、地方公共団体が自ら行えるような簡易な手法を開発するなど支援策を講ずることとしている。

2. 都市空間の熱環境評価・対策技術の開発

上記の調査研究の推進の一環として、これまでに開発されてきた対策技術及び新たな技術の総合的な評価をふまえて、平成16年度から3カ年の予定で国土交通省総合技術開発プロジェクト「都市空間の熱環境評価・対策技術の開発」を推進しているところである。

2.1 研究目標

現在のヒートアイランド対策は、現象の解明や個別の要素技術の導入効果の定量化を中

心に各方面で行われているが、対策を総合的に評価することが求められている。ヒートアイランド対策大綱においても、地域特性を考慮した上で、複合的施策を効果的に実施するための判断基準の提供や、定量的な施策目標の設定に資する調査研究に努めることとされている。

本プロジェクト研究では、効果的なヒートアイランド対策の推進のための定量的な評価手法の提供や、地域特性に対応したヒートアイランド対策の目標水準に基づく、計画的・効果的な対策の展開のためのガイドライン（都市空間の熱環境評価とヒートアイランド対策の目標水準の設定手法、熱環境改善に効果的な市街地形態への誘導手法、緑地・河川の効果的なネットワーク化手法等）の提供を目標としている（図1）。以下に、各課題の概要と目標について説明する。

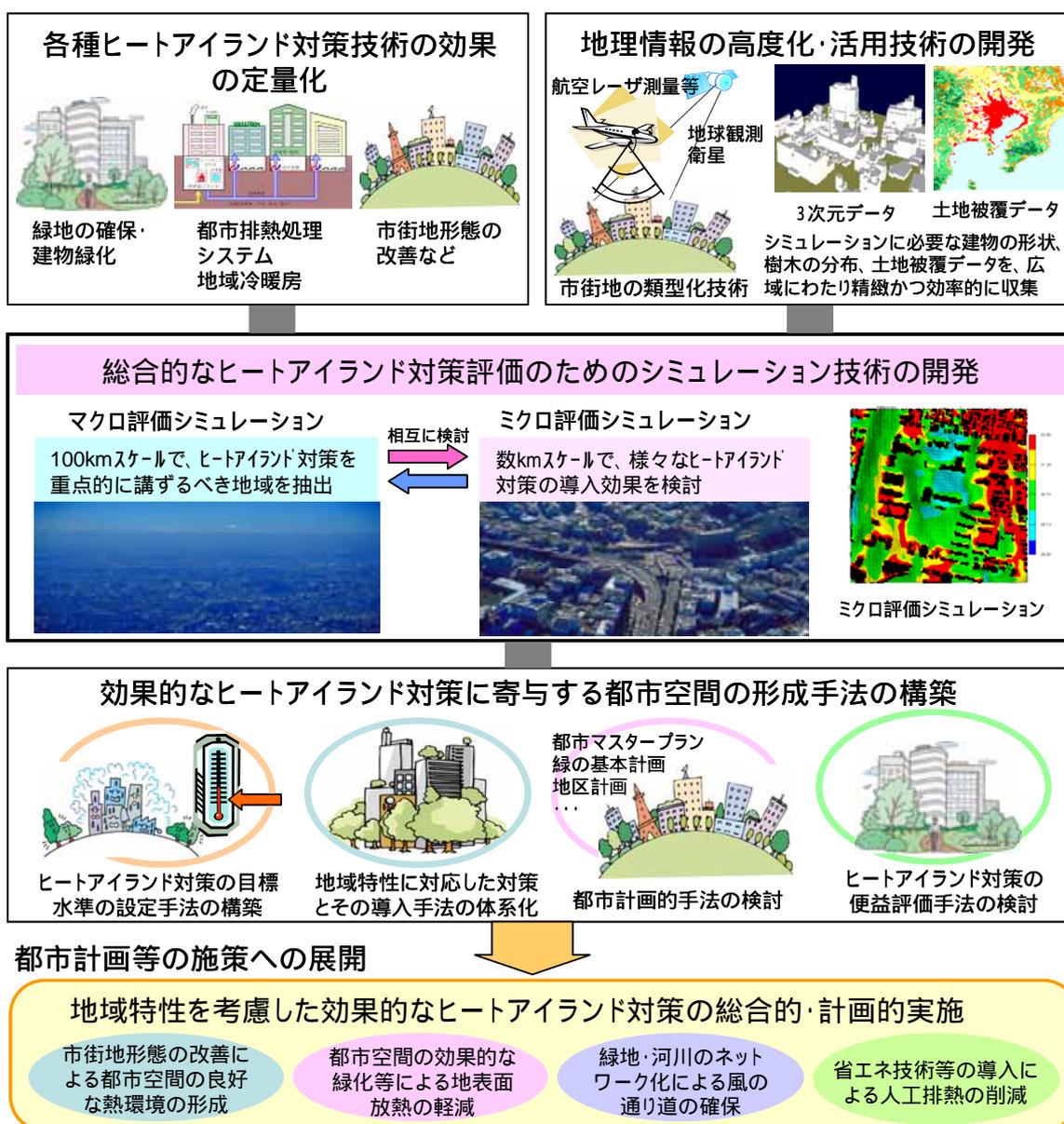


図1 技術開発の概要

2.1.1 ヒートアイランド対策の総合的評価手法の開発

ヒートアイランド現象は、要因と考えられるものが多様であるため、メカニズムが複雑で未解明な部分が多く、対策として省エネルギー機器の導入や緑の確保等を個別に講ずるにとどまっているのが現状である。

そこで、総合的かつ計画的に対策を講ずるために、各種対策（緑化、排熱抑制、土地被覆、市街地形態の改善等）を共通の指標で定量的に評価する手法を確立するとともに、それらの対策を総合的に講じた場合の効果をシミュレートする技術を開発する。

具体的には、様々なヒートアイランド対策の効果の定量化はもとより、都市域全体のヒートアイランド現象を緩和するために、ヒートアイランド対策を重点的に講ずるべき地域を抽出し、その地域の実情をふまえた上で効果が最も期待できるヒートアイランド対策を検討するためのシミュレーション技術の構築や、シミュレーションに必要な地理情報を効率的に整備する技術、さらには個別の対策の費用対効果を評価する手法を開発することによって、都市空間における様々なヒートアイランド対策を総合的に評価することを可能にする。

現在開発中のシミュレーション技術については、建築・都市分野では例えばビル風対策の観点から風の流れに関する研究は行われてきたが、都市空間におけるヒートアイランド対策の検討に必要不可欠な熱の拡散を同時に計算させるには、極めて膨大な計算を行わなければならない、長年にわたってコンピュータの能力の限界のため困難とされてきた。

しかし最近のIT技術の飛躍的な進歩により、個々の建物の形態・配置も再現したシミュレーションも可能になりつつある。図2は、日本の世界最速レベルのスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」によって、海風が東京・荒川河口付近の臨海部の気温分布に及ぼす影響を試算したものである。



図2 「地球シミュレータ」による海風が荒川河口付近の臨海部の気温分布に及ぼす影響の試算結果（独立行政法人建築研究所足永首席研究員提供）

2.1.2 地域特性に対応したヒートアイランド対策の目標水準の設定手法の開発

これまでヒートアイランド現象は、その発生状況や影響などにおける地理的な相違については余り注目されてこなかった。しかし、対策を検討する際には、その地域の市街地形態（建物・道路・緑地等の形態・配置）や、地形・気候など都市をとりまく自然環境の状況を考慮して、はじめて効果的な対策が可能になる。

また、対策の目標値については、東京都などでは熱帯夜日数を目標値に用いている。これは非常に明快な目標値であるが、これは行政区域全域を対象としたものであり、ヒートアイランド対策を、どの地区にどの程度講ずるべきか検討するための指標にはそぐわない。

そこで、地方公共団体等において効果的なヒートアイランド対策を即地的に推進できるように、地域別のヒートアイランド対策の目標水準の設定手法や、効果的に目標水準に見合った対策を実施できるように、地域の特性に対応した対策の体系化などを行う（図3）。

具体的には、前述のシミュレーション技術によって、都市空間の代表的な夏の熱環境を再現するとともに、即地的に様々な対策を講じたときの対策効果を気温の低下に対する寄与の割合で算定し、それをもとに地区別の排熱量・放熱量を指標としたヒートアイランド対策の目標水準を設定することによって対策を講ずる際意思決定の判断基準とする（図4）。

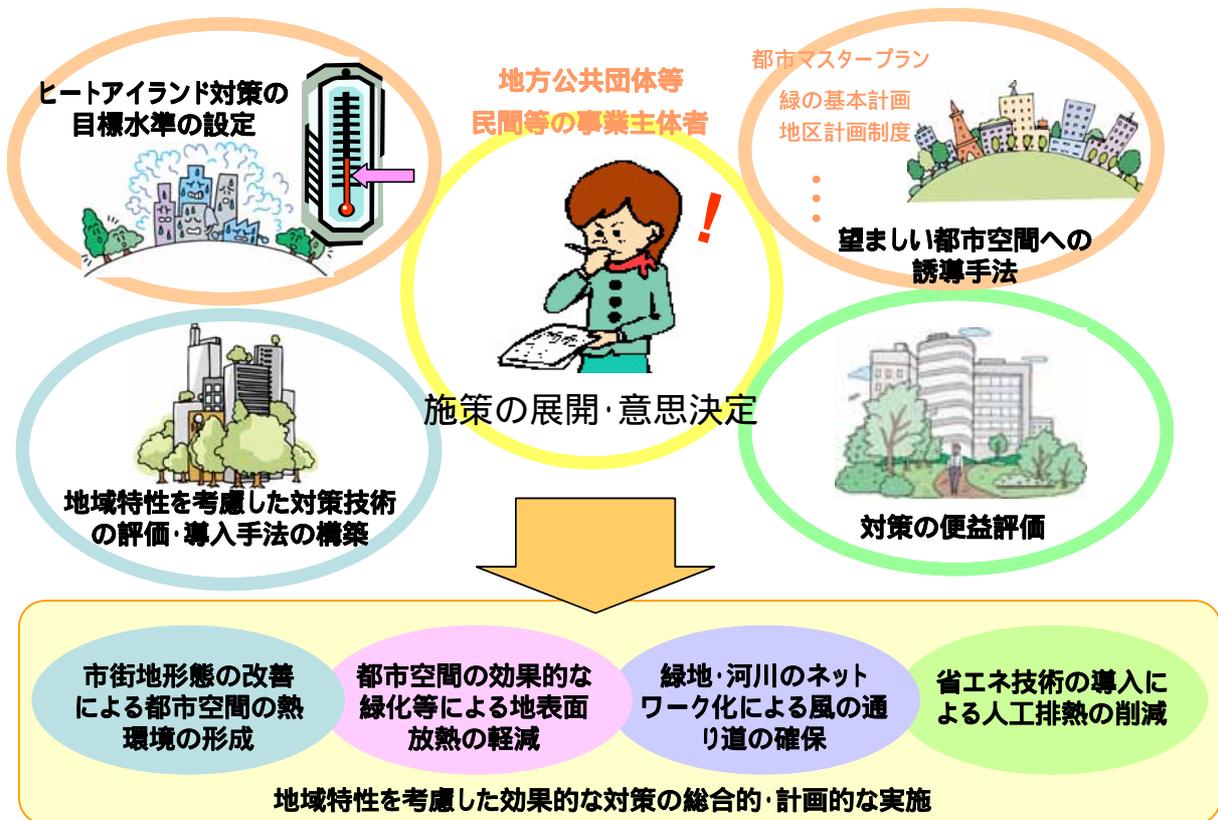


図3 地域特性に対応した効果的な対策の実施

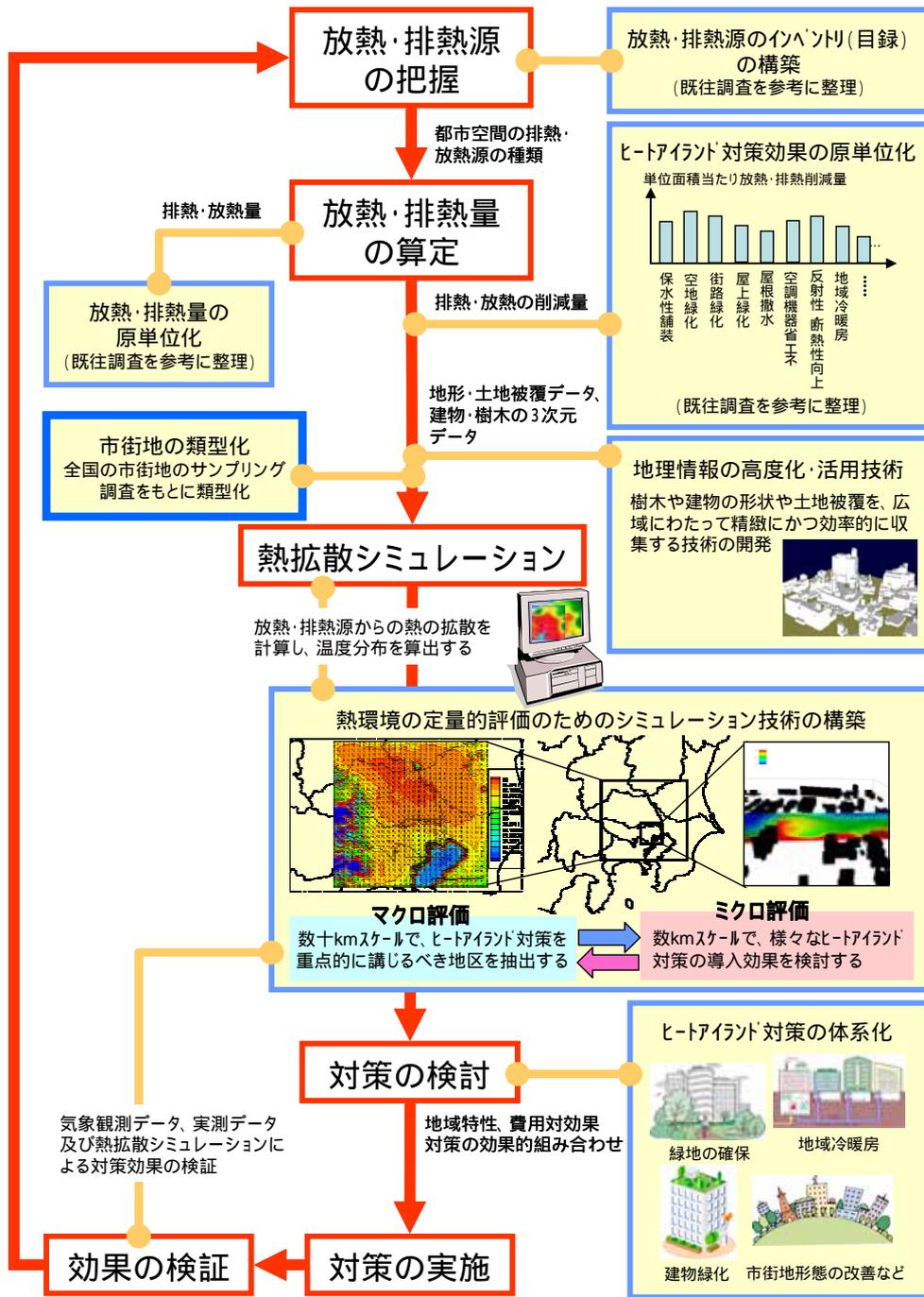


図4 シミュレーションによる対策の検討イメージ

2.1.3 ヒートアイランドの緩和に効果的な市街地形態の形成・誘導手法の開発

「風の道」(図5はドイツのシュツットガルトの施策事例)をはじめ、市街地形態(建物・道路・緑地等の形態・配置)がヒートアイランド現象に与える影響は社会的に注目を集めており、このような都市全体に関わる対策について科学的な知見を蓄積することは、都市計画においても重要な検討課題となっている。

そこで、市街地の形態が、市街地の通風や熱輸送現象等に及ぼす影響を風洞実験や実測調査、シミュレーションによって把握して、熱や風を考慮した市街地形態のあり方につい

て定量的に検討する。これにより、海陸風の流れや緑地の分布などの地域特性も考慮したヒートアイランド対策を、効果的に都市計画マスタープラン等の都市計画施策に反映させるための研究を行う。

現在、東京都港区の汐留地区等を対象に熱環境の実測調査や、市街地形態が熱環境に及ぼす影響に関する風洞実験(図6)、数値シミュレーションを実施して、大都市臨海部における熱・風を考慮した市街地形態のあり方について検討を始めているところである。

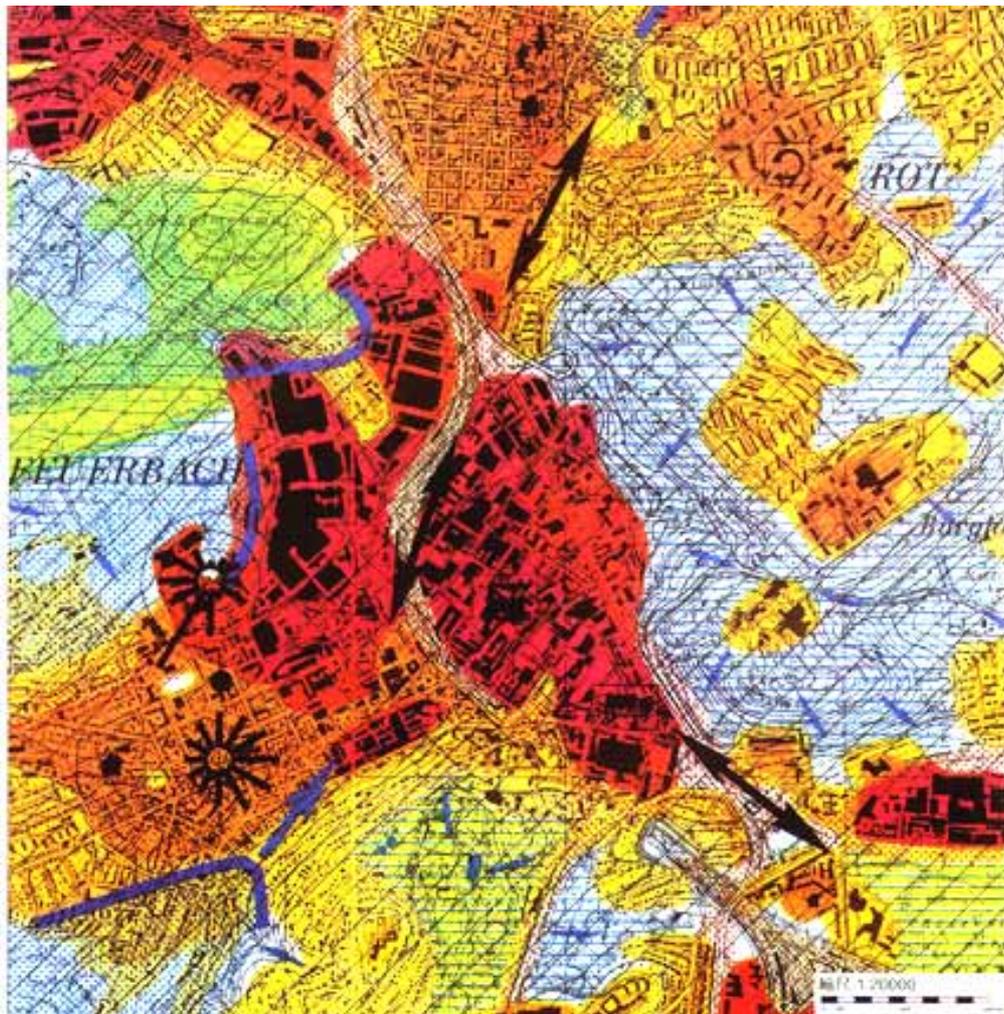
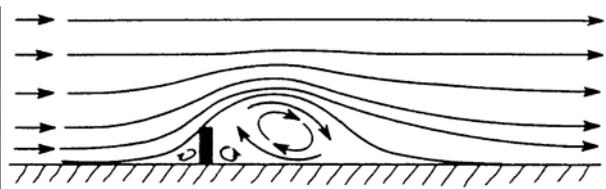
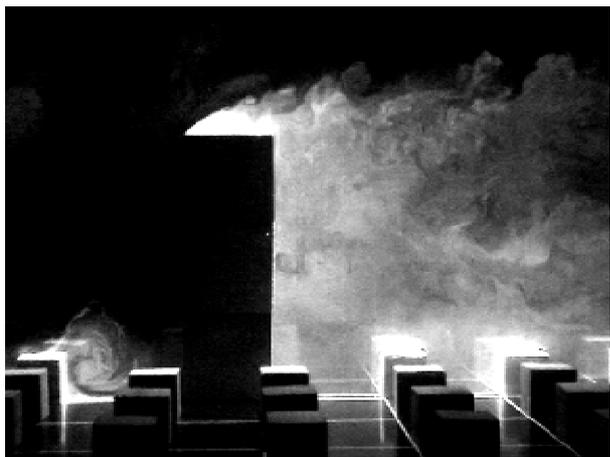


図5 ドイツ・シュツットガルト近隣都市連合の気候分析地図

矢印で明示されているのが「風の道」

(社団法人環境情報科学センター、『環境気候学 - 都市・地域計画のための気候環境地図』)

気候分析地図：都市計画・建築計画に気候調査の結果を活かすために、気候分析した専門家がその要点を地図上に表現することにより、都市計画や建築計画に対して気候学的観点から計画の提言を行うためのもの。
大気に及ぼす影響に応じて中心市街地や工業地域・森林・公園緑地・田園都市などが色分けされるとともに、「風の道」や隣接する山林からの冷気流、風向の頻度や大気の汚染の度合いなどが明示される。



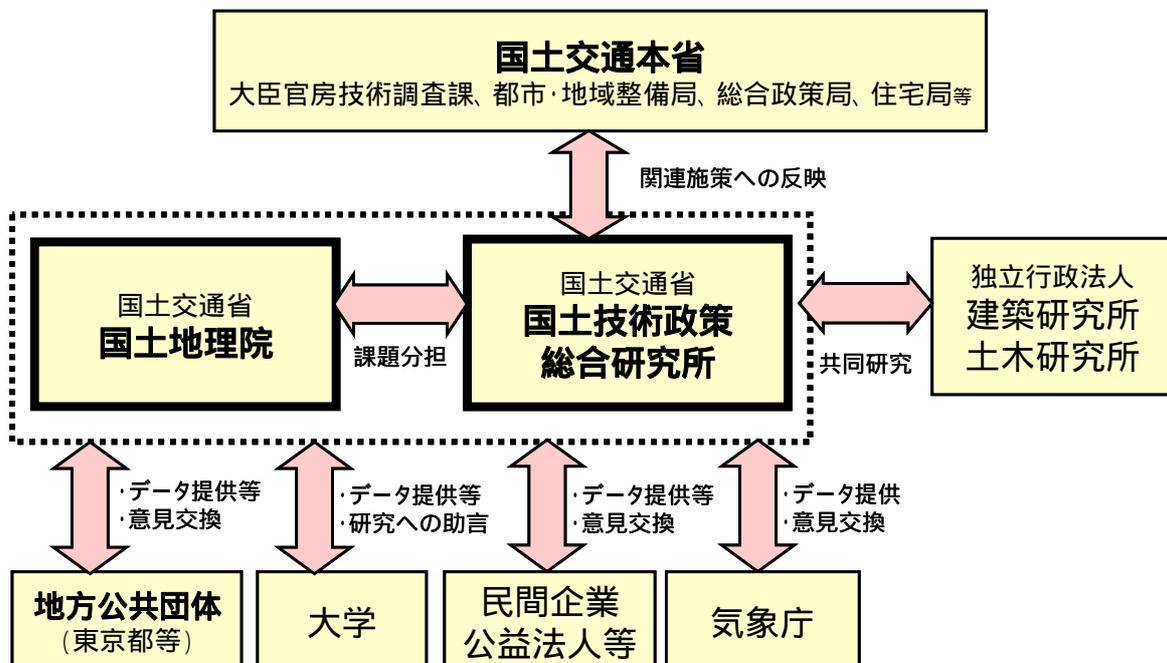
T. R. Oke: Boundary Layer Climates, Second edition, 1987 より抜粋

図6 風洞実験による、高層建物が風下の市街地の気温分布に及ぼす影響の検討
(独立行政法人建築研究所足永上席研究員提供)

2.2 研究計画及び研究体制

本プロジェクト研究は、平成16年度から18年度の3年間にわたって実施する予定である。今年度は、市街地の形態が熱環境に及ぼす影響に関する研究並びに都市空間の熱環境評価を行うシミュレーションの基本設計、各種ヒートアイランド対策の効果定量的評価を中心に実施しているところである。

また、研究体制はシミュレーションに必要な地理情報データの構築を担当する国土地理院とともに、独立行政法人建築研究所等との共同研究をはじめ、関係機関等と技術開発を行いつつ、国土交通本省の関連各局とも連携を密接にとることにより、効果的なヒートアイランド対策を施策に反映できるように研究を推進する(図7)。



今後調整予定の機関等を含む

図7 研究実施体制

2.3 研究から政策展開へ

本研究の目標とする成果は、複合的なヒートアイランド対策のための定量的な評価手法の提供や、地域特性に対応した熱環境目標水準に基づく、計画的・効果的なヒートアイランド対策の展開のためのガイドライン（都市空間の熱環境評価と目標水準の設定手法、熱環境改善に効果的な市街地形態への誘導手法、緑地・河川の効果的なネットワーク化手法等）の提供である。

国土交通省都市・地域整備局では、地方公共団体による都市計画制度の的確な運用を支援するための参考として、都市計画運用指針を策定しており、この一環で、政策課題対応型のひとつとして、環境負荷の小さな都市の構築に関する都市計画運用指針を定めている。この中でヒートアイランド対策にもふれられており、具体的には、人工排熱の削減、緑地率（自然被覆地率）の向上、水と緑の連続性を確保することによる地域の風の流れ等への配慮、市街地のコンパクト化、雨水貯留浸透、などが盛り込まれている。

これらの都市計画関連施策とタイアップして、本研究の成果である評価ツールや技術資料を地方公共団体等に普及することによって、ヒートアイランドの緩和に向けた総合的な対策を効果的かつ計画的に実施していくことが可能になり、快適で健康的な都市生活環境の実現に資することを目指している。

参考文献

日本学術会議社会環境工学研究連絡委員会ヒートアイランド現象専門委員会：社会環境工学研究連絡委員会ヒートアイランド現象専門委員会報告「ヒートアイランド現象の解明に当たって建築・都市環境学からの提言」、平成 15 年