

## 特 集 6

## 東京首都圏のエコシティ化シミュレーションに関する研究

Study on the Simulation to Shift Tokyo Capital Region to Ecological City

尾 島 俊 雄\*

Toshio OJIMA

地球環境の視点から、東京首都圏の21世紀像を模索することは、これからのアジア、特に人口急増する都市の行動計画としても急務である。本研究では、巨大都市の「地球環境行動計画・アジェンダ21」としてのエコシティ化をすることによって、地球環境への寄与を試みるものである。東京の都心、副都心などに超々高層建築を配置し、大深度インフラストラクチャーを設け、首都圏をクラスター化するモデルを考える。そして巨大なヒートアイランド現象を分散させ、ダストドームを解消できるかどうかシミュレーションにより検証する。

## 1. アジェンダ21として東京首都圏のあり方

地球環境の視点から、東京首都圏の21世紀像を模索することは、これからのアジア、特に人口急増する都市の行動計画としても急務である。地球レベルでの数値情報処理については気象分野が先駆していることから、本研究でも1994年より日本の気象庁の数値情報格子点値 (Grid Point Value) をベースとする。GPV の数値予報としては、その種類及び格子幅として「全球域一直交  $5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 」, 「全球週間一ステレオ 225 km 四方」, 「アジア広域一ステレオ 225 km 四方」, 「アジア特定域一直交  $40' \times 40'$ 」, 「日本域一ステレオ 120 km 四方」, 「日本特定域一直交  $20' \times 20'$ 」と 6 種あり、図 1 に示すように全球モデル、アジアモデル、日本域モデルの 3 領域モデルがある。「日本モデル」は 24 時間先までの日本国内の詳細な気象状況を予想し、最も細かい日本特定域直交モデルの場合、約 40 km 四方の格子で、気温、風、気圧、鉛直流、相対湿度、降水量、相当温位などについて地上、100 m、1000 m、1500 m、3000 m、5600 m について 3 時間間隔、地上については 1 時間間隔で測定している。このモデルより小さい都市モデルでの解析が本研究の環境計測場である。図 2 を参照するまでもなく、1950-2010 年の都市人口経年変化はアジア・アフリカで特に著しく、60 年間で人口が 10 万人から 1000 万人へと急増する都市すら現れている。こうした都市の居住環境は劣悪を極めているのみならず、今後の地球環境に多大な影響を与えるであろう。日本の関東モデルは巨大都市の「地球環境

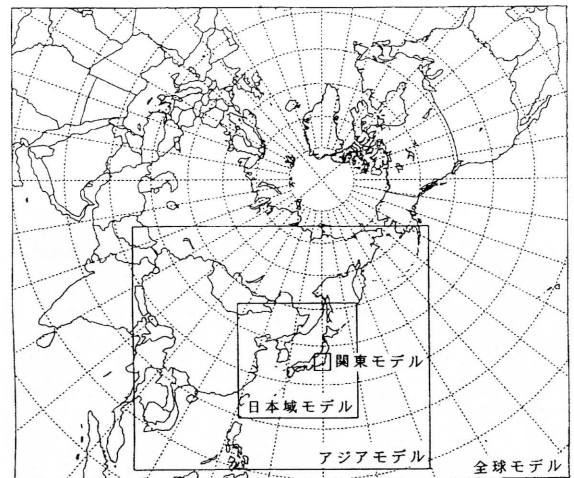


図 1 GPV データの位置づけ

行動計画・アジェンダ21」してのエコシティー化することによって、地球環境への寄与を試みるものである。

## 2. 東京下町のエコシティモデルとその気流シミュレーション

江戸時代の下町地区は運河を利用した産業が栄えるとともに、のどかな親水空間を形成していた。しかし、戦後は準工業地域の指定が拡大し、零細工場中心の住工混在地区としての性格を強め、建物は低層で小規模なものが密集している。運河が埋め立てられ、川沿いは親水空間が少ない。しかし本来は水と緑が豊かで、地球環境や人間生活に配慮したエコシティ計画を進めるには最適な場所である。

\*東京大学生産技術研究所 第5部 客員教授  
(早稲田大学理工学総合研究センター所長)

(資料) UN, *World Population Prospects: The 1992 Revision*  
数字は2010年の都市人口である。

世界の都市人口の経年変化

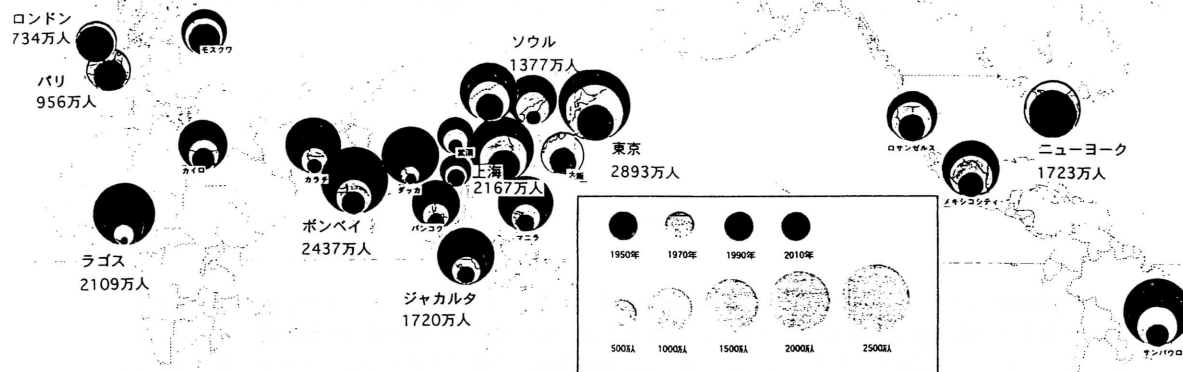


図2 世界中でアジア・アフリカの都市人口急増状況 (1950～2010年の変化)

計画対象地区は、墨田区および江東区の東西方向約2 km, 南北方向約4 kmの地区とする。まず水路で包まれた地区を一つのコミュニティレベルと考え、職住近接型の自立した、人口密度が現在の平均170人/haから、計画の300人/haのモデル都市を構想する。

現状では細分化された宅地内にある個別空地进行、共同化することで集約し、地表面を自然に開放。緑地水準が現状

の約5 m<sup>2</sup>/人から20 m<sup>2</sup>/人まで増加させ、また河川については、水位調整の技術によって、カミソリ堤防を廃止し、現状の小名木川の川幅を基準とし、46 mまでに拡幅し、水と緑中心の区画整理を行う。また、居住面積は現状の20 m<sup>2</sup>/人の低水準から50 m<sup>2</sup>/人まで上げ、従来の職住分離から職住近接化を図ることでコミュニティを維持しながら高密度化を進める。

以上のような下町エコシティ計画を行った場合に、計画前後の都市形態の変化に伴って気流がどのように変化するかをとらえるために、村上研究室との共同研究によりK-εモデルを使ったシミュレーションを行った。都市形態は図3, 4のように、下町の現状型と計画後型の2タイプを設定し、それぞれ1 km×1 km×500 mのフィールドで約3万メッシュ程度とした。また、土地利用を緑、水、道路、

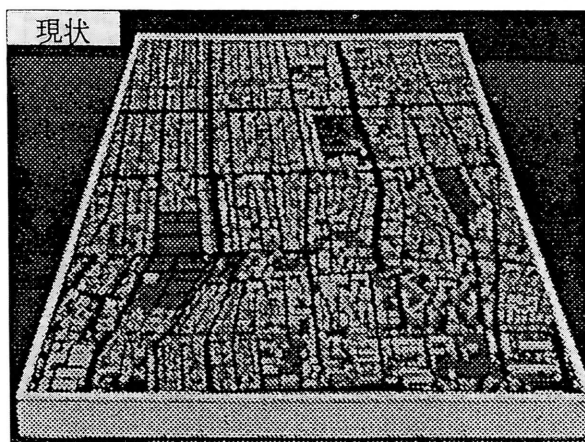


図3A 現状 (低層密集)

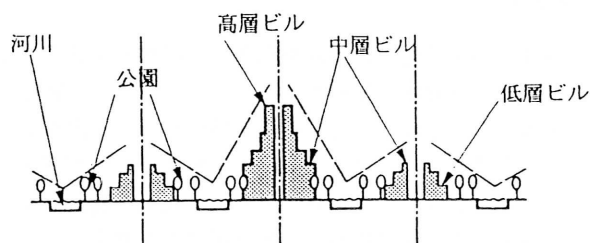


図3' 計画コンセプト

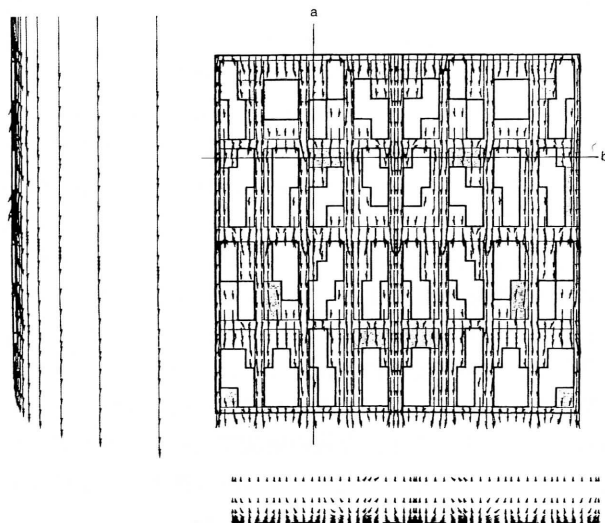


図3B 現状の気流モデル

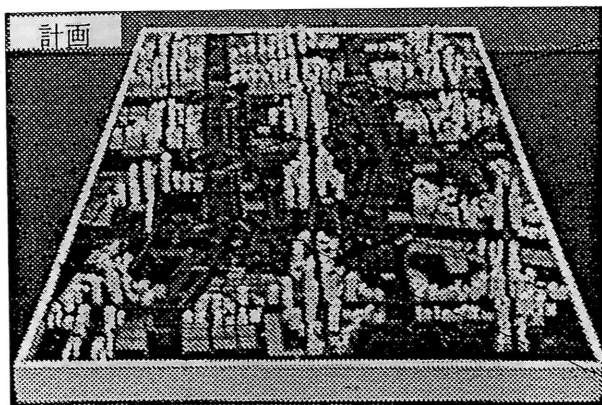


図 4 A 計画後 (高層高密度居住・緑化)



図 5 東京の現状 (第 5 世代) の建物密度



図 7 東京首都圏の気温分布 (夏型の典型日平均 15 時 1983~1987)

環境庁企画調整局編：首都圏・その保全と創造に向けて、1990より

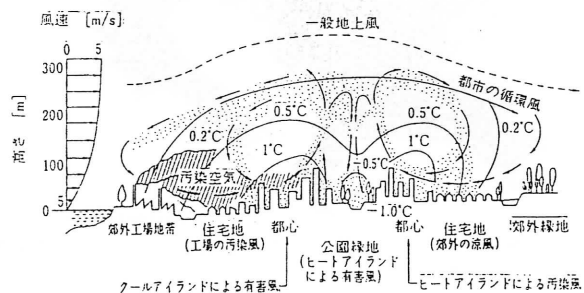


図 8 ヒートアイランド現象に伴う汚物質の伝搬

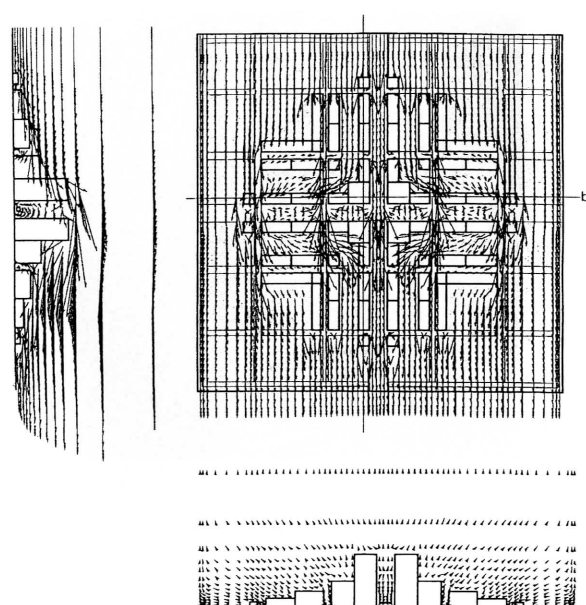
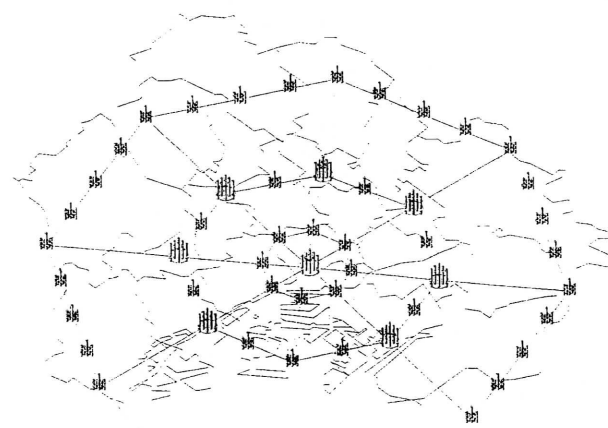
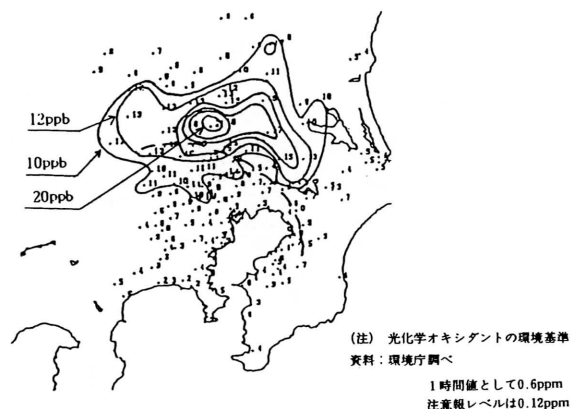


図 4 B 計画後の気流モデル

図 6 東京の2050年 (第 7 世代) の1000 m ビル群によるエコシ  
ティ化モデルの提案図 9 光化学オキシダント高濃度日の濃度分布 (1985.8.24,  
15:00)

環境庁企画調整局編：首都圏・その保全と創造に向けて、1990より

(注) 光化学オキシダントの環境基準  
資料：環境庁調べ1 時間値として0.6ppm  
注意報レベルは0.12ppm

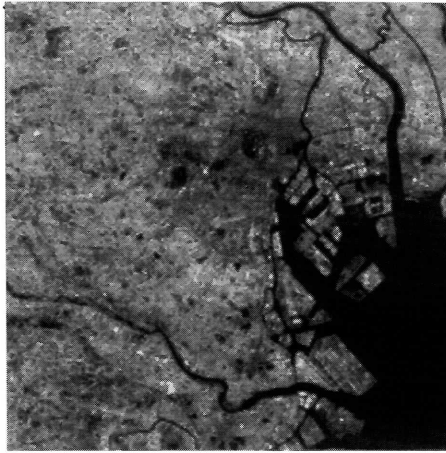


図10A Landsat TM Data による夏季・朝の熱画像 (1994.8.28, am 9:40)

データ：宇宙開発事業団

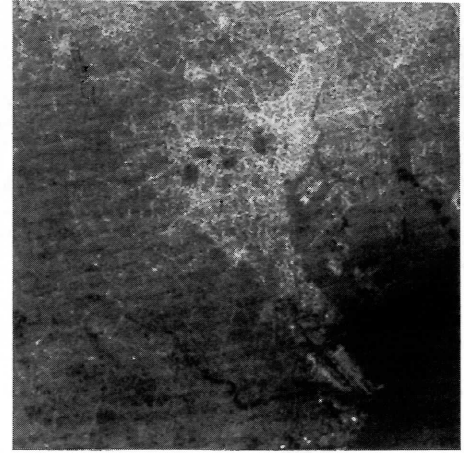


図10B Landsat TM Data による夏季・夜間の熱画像 (1994.8.10, pm 9:00)

データ：宇宙開発事業団

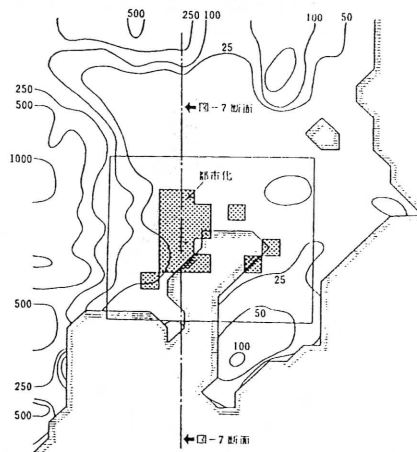


図11A 図11B の計算と条件 東京化地域 (7.5 kmMesh) と高低差・海域の表示

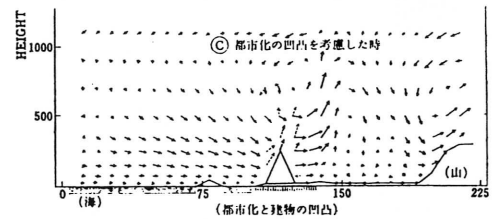


図11B 東京周辺南北断面 上空部・風向・風速 (pm 3:00, 無風時の計算)

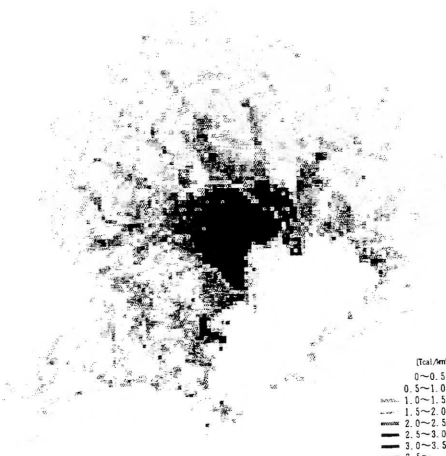


図12A 東京首都圏の8月冷房用熱消費量

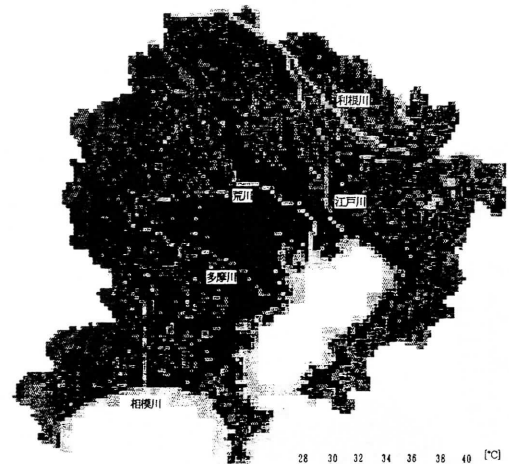


図12B 細密数値情報利用による東京首都圏の8月15時の地表面温度分布

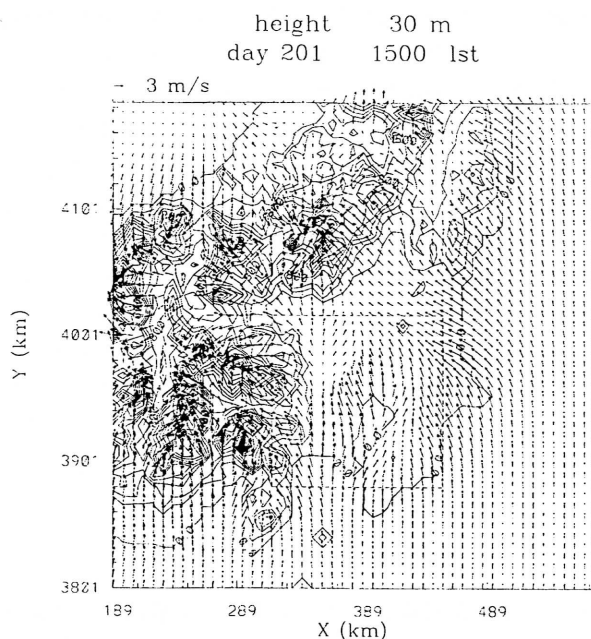


図13A 数値シミュレーションの計算例

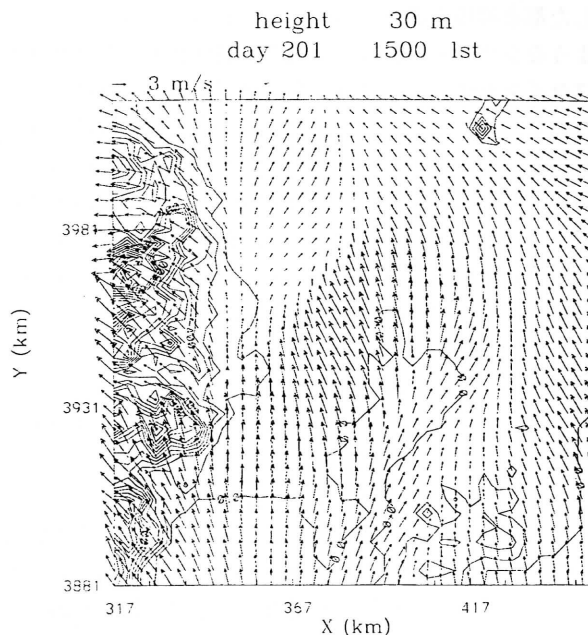


図13B 数値シミュレーションの計算例 (部分詳細)

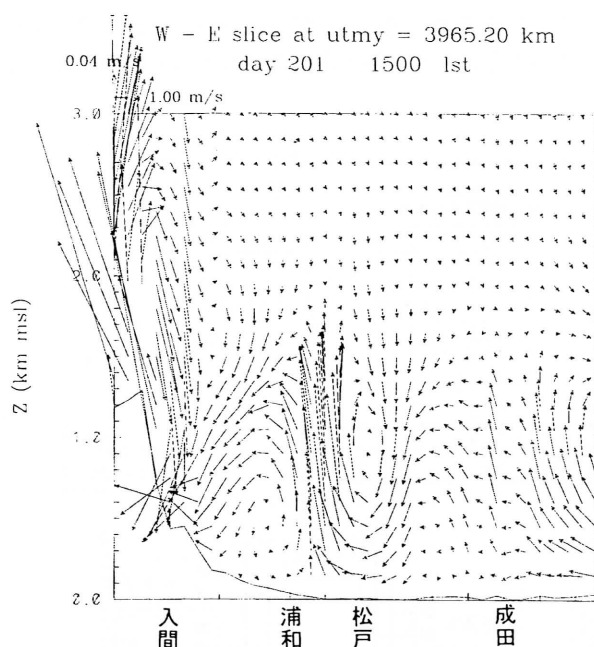


図13C 数値シミュレーションの計算例 (東西断面図)

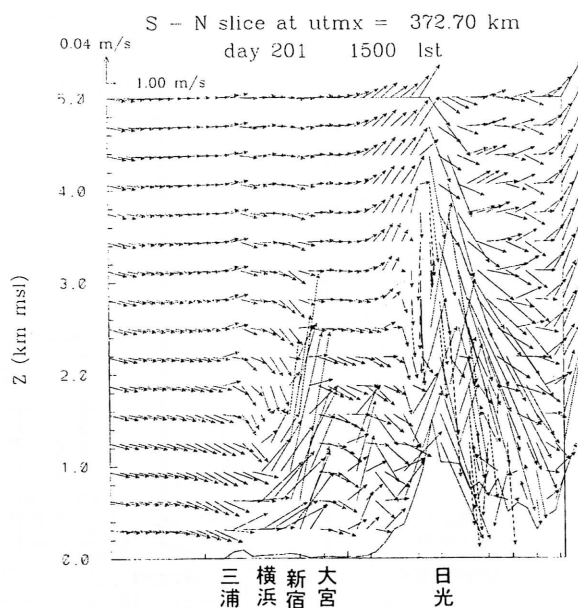


図13D 数値シミュレーションの計算例 (南北断面図)

建物の4つに分類し、それぞれ尾島研の従来研究で行った表面温度を設定する。シミュレーションは一般風を上空75 m付近で約3 m/sの北風として行った。その結果が図3A, 4Aである。この解析シミュレーションについても、数値解析を始めたばかりであるが、これを東京首都圏全域のクラスター化の単位と考えている。

### 3. 東京首都圏のエコシティ化モデル

東京の都心、副都心などに1000 mの超々高層建築（ハイパービル研究会として建設省の委員会が3ヶ年計画でスタート）を配置し、地下100 mに大深度インフラストラクチャーを設け、首都圏をクラスター化するモデルを考える。その結果として、巨大なヒートアイランド現象を分散させ、ダストドームを解消することが可能になり、自然環境と共



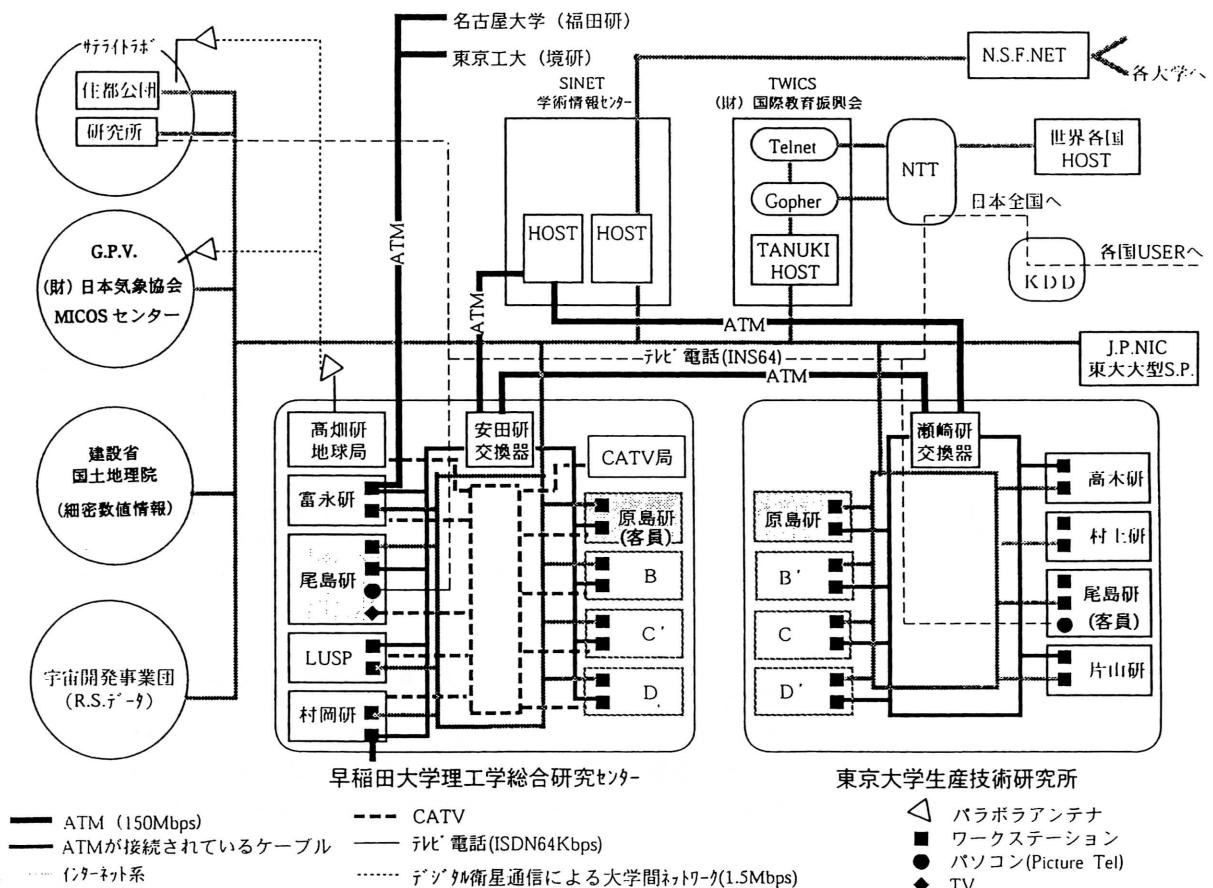
生した都市環境を構築することができるのではないかと。このようなシナリオに従って、超々高層建築や大深度地下ライフラインを建設し、今日の都市機能をさらに維持向上させた上で、ヒートアイランドがどのように変化するかを数値シミュレーションで検証することが本研究の目的の一つである。図5は1990年代の建物分布状況で、23区内の中心部で高さ平均20 m、外周部で10 m 前後の建物が密集している。建物延べ床面積49,000 ha、これを図6に示す60年後には都心、副都心に1000 m 高さの建物で延べ床200 haのハイパービル114本、延べ26,800 haを配置すると地表面が図のように十分に開放される。

東京の20世紀はベイフロントの海岸線に対しては埋め立てが行われ、ここに工場コンビナートが生まれた。一方で都心と呼ばれる市街地はますます拡張を繰り返し、膨大なエネルギー消費によって巨大なヒートアイランドを形成した。都心と郊外の温度差が $6^{\circ}\text{C}$  (図7)、熱の島といわれるヒートアイランド現象は都市風を起こす。都心が暑くなり、気流が上昇し、その後に水辺や郊外の緑地から冷たい風が吹き込み、還流が起こる。東京の場合、湾岸の工業地帯の煙を吸い込んだ空気は上昇し、冷却されたところで漂う。ここで太陽の光と反応して極めて有害なオキシダント

に変化し、それがダストドームとなって郊外の緑地に飛散し降り注ぐ (図8)。このようなヒートアイランドが、首都圏では30~60 km 圏に広がっているのである。環境庁のデータを見れば東京都心に吹き込まれた都市風が上空に舞い上がりオキシダントとなり、郊外に落ちる場所は埼玉県から茨城県にまで拡散している (図9)。この被害は単なる微量の還流ではなく、一朝事あるときには、ドミノ式に広域災害に発展することも予想される。つまり通常では温度差が $5^{\circ}\text{C}$ とか $6^{\circ}\text{C}$ のヒートアイランドは、もし $300^{\circ}\text{C}$ から $800^{\circ}\text{C}$ の熱を発する火災がある程度の規模で発生すると、上昇気流により火の粉を500~1000 m 以上の高さに舞い上げ、そしてそれらは道路や河川を飛び越えて、広域災害へと広がっていく。こうした問題解決のためにもシミュレーションの成果が期待される。

#### 4. 東京首都圏のエコシティ化研究

図10Aは東京首都圏のランドサット衛星により観測された夏の9:00 AMの状況、図10Bは9:00 PMの状況である。朝夕のランドサットの地表面観測データに国土地理院の細密数値情報 (図12)と尾島研究室での観測データを利用することにより、時刻別に地表面からの放熱データを



インプットする。図11に示したのは1975年当時7.5 kmメッシュに地表面放熱量と人工排熱量を与え、建物の凹凸を考慮して、大型コンピュータを最大限に活用した気流数値解析の結果である。近年の数値処理技術の向上に伴い、本研究では、より広範囲な地域によって影響される関東地方の海陸風の再現に取り組む。そして、海陸風のシミュレーションより得られた結果を側面の境界条件として、東京首都圏における詳細な土地利用分布を都市気候モデルに反映させ、都市循環風のメカニズムの解明を目指す。さらに、建物や交通より排出される排熱や建物の階高データを取り込むことにより、将来のシナリオの事前評価が可能となる。一方で現状の図7～9の実態を確認し、シミュレーションに成功すれば、巨大なヒートアイランドやダストドーム対策として、図6に示すハイパービルによる市街地のクラスター化と地表面開放が有効であるかどうかを確認できるはずである。

#### 5. 多次元数値情報処理拠点としての ATM

東大生研から早大理工学部に移られた安田靖彦教授が中心となって、猪瀬博先生の学術情報センターと東大生研、早大理工学部にて ATM 回線が敷設された (図14参照)。その回線を活用して、東大生研の村上周三研究室の気流シ

ミュレーション、片山恒雄研究室の災害情報、原島文雄研究室のヒューマノイド情報、客員の尾島研究室では東京首都圏の都市形態をエコロジーの面から構想し、ダストドーム対策としての都市気象の数値情報処理を研究する。そのためには、早大の尾島研の都市情報や共同研究中の宇宙開発事業団のリモートセンシングデータを活用する。そのための多様多次元の数値情報を生研の研究室に集中し、同時処理できる体制を1995年の4月中には完成予定で、すでに試験的には本報の江東地区モデルのシミュレーションの成果が出始めている。しかし関東地区モデルではまだコンピュータ処理で収収が見られず、オキシダント公害の着地濃度実測値とのギャップが大きい。さらには都市モデルの容積分配のあり方に関しても、社会的評価軸の導入など、さらに多次元の評価軸が必要と思われ、生研の関係研究室に共同研究の協力をお願いしたいと考えている。

本研究のシミュレーションは、村上周三教授、山田哲司博士 (Yamada Science and Art Corp., HOTMAC の開発者)、持田灯講師、大岡龍三助手、金 相璣氏の指導を得たことと、本研究の協力者として、尾島研の渡邊浩文、福田展淳、高偉俊、杉山寛克、市川健、上村晃平が担当したことを記しておく。

(1995年3月31日)