

都市研究報告52, 1975

## 都市環境研究序説

## 第I部 都市環境研究の方法

中野 尊正(研究代表者)

門村 浩 渡辺良雄

松田磐余 田村俊和

## 目 次

1 はじめに……………	157	4 地域危険度の測定と方法論的問題……………	160
2 都市環境研究の立場……………	157	—むすびにかえて—	
3 都市環境研究の方法……………	158	[参考文献]……………	160

## 1. はじめに

この研究報告は、東京都立大学都市研究費による研究を中心に、平行しておこなわれた各種研究費・調査費による調査研究の序説的研究報告と研究方法検討のための報告によって構成されている。調査研究のためのフィールドは東京を中心としながらも、比較研究のため国内各地に調査を展開した。研究上の連絡の緊密な国際地理学連合人間・環境委員会(委員長 コロラド大学行動科学研究所長 G. F. White 教授 中野は1971年以降委員)とは研究方法上の連絡をかさねてきたし、東京都総務局担当の地域危険度測定作業、東京消防庁火災予防審議会(中野が1972年以降委員)の地震時の地域火災危険度測定作業は、都市の環境を地震時という極限状態で考える機会となった。1970年8月の水害のあと高知市0メートル地帯防災会議は水害地域の環境問題について、Perception Study の機会を与えてくれた。

この研究報告の後半の第II部で門村によって詳述される「航空赤外線映像による夏季における都市地表面温度の観測(予報)」は、都市環境の物理的性状把握の一つの方法として、同種の数多くの方法のなかで試みえた一例について報告するものである。ここ数年来この分野の研究は急速に進歩かつ普及しはじめているが、方法とその選択をあやまることを多いので、研究方法の検討の一例として報告した。

あとがきには、現在おこなわれている環境問題に関す

る行政について、一つの考え方をのべ、今後のこの種研究調査の反省の材料を提供した。

## 2. 都市環境研究の立場

都市研究報告 No.37<sup>1)</sup>にもすでにのべたように、都市環境を考える場合、中心にすえて考えるべきは人間である。この考え方をとる限り、都市は人間環境として研究の客体となる。客体としての都市を人間環境として捉え、研究するとなると、都市の立地、施設など物理的側面、都市の諸活動にともなう物理的・化学的諸側面の研究は、当然のこととして、科学技術的研究を抜いては考えられない。しかし主体としての人間との関連において、人文科学や社会科学との接触をさけるわけにはいかない。問題の設定、論旨の展開の大筋は社会科学の立場でおこなわれねばならない。

しかしながら、今日までの状況は、科学技術的研究にかたよりすぎたり、科学技術的データの欠落ないし不備のまま、政治的配慮が優先して、今日の都市の環境問題を巨大化し、解決を困難ならしめてきた点を見落すことができない。したがって、この研究では、科学技術的研究から社会科学的研究への一貫した研究方法の展開を求めつつ、かつ都市行政の指向するところを求めつつ、複合的な研究のための方法の確立を旨とする立場をとってきた。この立場は法則性の追求と同時に、現象の複合性に注目しつつ、新しい法則性を解明しようという立場と

もいえる。

しかし、都市の環境問題の研究では環境問題を地域現象として把握しなければならないし、環境問題がどこでどのように差異があり、そのよって来る原因が何であるかを追求しなければならない。いってみれば、地域的法則性の追求である。これまで都市とか地域に関する行政やその基礎としての研究がこの点に注意を払うことが少なく、このために環境問題を激化してきたことも否定できない。とくに自然条件が関与する場合にこの傾向が強い。

また都市の環境問題の研究では、現象が時系列変化をすることに注意を払うべきである。環境問題の歴史性といえることができるが、10<sup>2</sup>年オーダーの変化には最低限注意を払うことが調査研究上不可欠であり、とくに土地的自然環境や生物的自然環境が関与する場合にはその必要が強い。しかし、この点では古くなるほどデータとくに既存のデータの欠如が目立ち、現存の調査研究は10年たらずのデータ、それも地域的に偏在するデータで法則性の追求をしようとしていることを指摘しておきたい。

環境の時系列変化に注目すると、変化の速さがとくに関心をひくが、地震災害の危険、地盤沈下地域の拡大について検討してきた範囲では、10年あれば事態が環境問題として都市問題化するに十分なほど速いといわざるをえない。この間、行政の無為無作、悪化の動因としての政策、行政行為など、科学技術的研究のワク外の問題が大きく関与する。このことから、環境問題の研究が行政や政治の諸問題を避けてとれないことに注意をうながしたい。

昭和49年9月1日の狛江水害はこの点からみて、環境問題研究上きわめて興味ある題材といえよう。

### 3. 都市環境研究の方法

都市の環境問題の研究は上記のとおり、環境問題をつらぬく法則性、地域性、歴史性の追究を旨とする。このため現在おこなわれている各種の調査研究は、これらのいずれかを中心に、あるいは複合的に、環境問題にメスを入れている。その方法は、観測・測定中心の科学技術的方法、生物を指標とする生物学的方法、この両者の組合せ、記載を中心とする地学的方法、これに科学技術的方法を加味した方法が自然科学や技術の分野でとられている。これに対して都市環境の主体としての人間、その集団としての社会を中心に、社会科学的方法がとられている。しかし前者と後者は相対立するかのようになっていることが多く、とくに前者は人間のためというより、産業や都市の機能優先のために使われる傾向がみられる。

この研究でわれわれが力点をおいたのは、環境問題の地域性であり、このために科学技術中心の方法によって

求められるデータに、こまかな地域を対象しうる精度、データ量を追求するという行き方をとった。また、一つの試みとしてインタビュー方式による環境に対する住民の意識調査をくみこみ、自然科学的技術的根拠と意識の地域差を検証するという方法をとった。さらに、環境問題の時系列変化を100年程度までの時間について検証するという行き方をとった。

何れの場合にも、問題の地域性に注目するので、地域をカバーする方法の選択が不可欠であるし、地域をカバーするデータが欠如ないし不足している場合には、地域計量法による地域カバーの方法をとる。

以下それぞれについて略述する。

#### (1) 科学技術的方法

環境問題の研究には科学技術的方法の理解が不可欠といえる。理解すること、その結果を環境問題解決、改善のために利用することは密接不可分の関係にあるといえる。しかし、科学技術的方法によるデータが密度高く、かつ時系列変化や立体としての人間や社会に対する影響について、必要かつ十分に存在するわけではないし、問題の解決、改善すくなくとも悪化の速度を減少させるという社会的要求はデータの蓄積とは無関係に考慮されなければならない。

現在、国や地方自治体の環境問題に関する委託調査や付属研究機関が、この方法による環境問題についての調査研究に莫大な税金を投入していることに注目しなければならない。調べた範囲内でも、研究者1人当り年間300万円をこえる例がある。大学研究者1人当り研究費の10倍前後を投入するのは、社会的要請からなのか、社会的要請に対する行政機関の思惑なのか、あるいは必要不可欠なのかにはわかに判断しかねるが、問題は科学技術的方法によってえられるデータの環境についての代表性、指標性といった科学技術のワク内での問題とともに、えられた成果の利用に関する問題を含んでいる。科学技術的方法によるデータはある地点、つまり観測点についてはありすぎるほどあるといえるし、他の地点では全くないともいえる。環境やその質の変化の主体への影響についても逐次データの蓄積はみているが、科学技術研究者の側からは、現状には不満、不備が多いであろう。

とくに、地域をカバーするという点では、また時系列変化を解明するという点では、データの不足が目立つ。このことに関して、最近注目されているのがリモートセンシング法（遠隔探査法とか隔測法などともいう）である。この方式は、環境にかかわる物理化学的要因を、自動ないし半自動的に、かつくりかえし観測ないし連続観測しつつ、そのうえ地域をカバーするというものである。データは物理量ないし化学量であたえられ、かつ地域を均一な精度でカバーする能力にすぐれているし、データ処理も高速処理能力をもつコンピュータと連結させてお

こなえるので、ある意味では現代科学技術の花形の一つでもある。

その技術開発の歴史は最近の15年について調べればほぼ満足できる程度であり、むしろ現在進行中の技術的發展をフォローするのに、また追試するのに経費がかさむという特色がある。試みにこの種研究の受託をうけている会社の研究課題と経費をしらべてみると、ここ数年急激にテーマと受注額が増大していることがわかる。ある意味では期待しすぎの感があるし、データ処理で「コンピュータに油をくれてやる」感もないではない。

技術の歴史が新しいため、時系列変化を長期にわたって検証しえない現状にあるが、しばらくは行政機関の目玉商品的な研究調査のテーマとなるであろうことはたしかである。

この分野の一例として、第Ⅱ部に門村が詳述しているのでここにはこれ以上ふれない。

## (2) 心理学的方法

環境問題が世界的に社会問題化する以前から、環境問題について関係地域の人々がどのように意識し、行動するかを調査研究する分野はあったが、とくに環境問題が激化してからは、国際的にも国内的にもブーム化し、調査した限りでは、国でも地方自治体でもこの種調査をおこなっている例がきわめて多い。このことは、この方法が人々にとって理解されやすく、行政当局の担当者も予算化しやすいことが関係しているためと考えられる。しかしながら、行政当局がおこなった数多くのこの種調査結果は、問題の解決、改善にほとんど寄与しておらず、行政目的の調査としての目的を果していないといわざるをえない事例が多い。

この種調査結果のうち、物理量で検証しうる事例では、何れも過大な意識が作用していることを指摘できる。例えば、地震時の木造家屋の倒壊について、意識調査の結果は数倍の過大な不安を示している。このことが、一方では住民運動に過大に影響を及ぼし、一方では火急の時に、パニックを過大化すると考えられたり、パニックを過大にする作用をうながすものと考えられる。意識の偏差は、しばしば、環境問題としての質的量的評価に混乱のあることを示すし、地域差についても科学技術的データと逆になることもある。このことは、先験的な知識、教育、啓蒙等が影響しているものと考えられる。

住民意識から環境問題の地域的な質のちがいを明らかにするためには、調査の母体となる地域の設定に問題があると考えられる。国際地理学連合人間・環境委員会が中心となった環境問題の国際的比較研究は、20カ国以上の国の研究者の協力がえられたが、質問表の設計と調査地域の設定に再考すべき点のあることが明らかになった。同じ方式を高知市の水害地域について適用して意識の地域差を求めるとともに、住民の質問に対するレスポンスが、

しばしばすでにマスメディアを通じてあたえられた知識にもとずいてなされており、十分に所期の目的を達成しえたとはいえない結果になっている<sup>2)</sup>。研究方法と調査結果の集計・解析に改善すべき点があると考えている。これらの諸点を考慮し、慶応義塾大学心理学研究室の宇野・青池両氏らの協力で大気汚染・地震災害の例について質問表の設計をしたが、調査をおこなう機会をえていない。

## (3) 社会科学的歴史科学的方法

社会科学はその有力な手段として歴史科学的方法を用いていると理解しているので、表題のようなヘディングにした。しかし多くの場合、環境問題についての歴史的資料がすくないので、こと環境問題についてはこの方法は多くの困難をとめない、詳細な研究は限られた場所での、ごく短い期間に限られるといえよう。資料の多い災害の研究でも数100年、短いものは大気や水の汚染などの研究では10数年程度である。

また、環境問題の地域性については、さらに資料が不十分で精度の高い研究がしにくい。大阪を例にとりて地盤沈下ともなる環境の質と量の変化について、1920年以降1970年までのデータで概観し、地盤沈下を引きおこした地下水利用がコスト高であることについてはすでに論じた<sup>3)</sup>。同様の方法を他の地域に適用すると、地域比較が可能であるが、まだその比較にたえるほど事例研究は集積していない。

地震災害の研究については古くから史料研究が進められており、自然科学的方法で再現期間や周期性ないしは発生間隔の特色について多くの研究例がある。同じ史料を社会科学の立場から、地域住民の被害に観点をしばって研究すれば、ユニークな研究が展開できるであろうが、まだ成功していない。資料欠如の地域への、あるいは資料の時代以降に発展した地域への援用方法が確立されねばならない。

## (4) 地域計量的方法

計量経済学の影響を強くうけて地理学の分野で発展しつつあるのが地域計量的方法である。自然科学的データについては地形計測の方法、地域計測の方法としてやや歴史は古い、最近では上記のリモートセンシング方式を含めて新展開をみている。環境の質を科学技術的方法で計量するとともに、地域をカバーし、かつ観測の連続、ないし繰返しによって時系列変化を定量的にとらえうる可能性をもつとともに、統計資料のえられる期間については社会経済的要因との対応、相關も高速のコンピュータ処理で可能性があるなど、環境問題の研究では注目すべき方法である。

ここでは、これまでの地域をカバーした地理学的地質学的生物学的資料の多くが定性的記載的であることがかえって支障を来たしているともいえる。

1968年までのこの分野の方法の概要及び1973年までの日本における研究の現状と課題については、門村、松田、武久義彦（奈良女子大学）の協力をえてすでに報告した<sup>4)</sup>。

#### 4. 地域危険度の測定と方法論的問題

—むすびにかえて—

東京都震災予防条例にもとづく地震時の地域危険度の測定は、発震時とその直後、1時間後の火災危険にわけて、都総務局災害対策部調整課と東京消防庁火災予防審議会が実施した。両者の要請で中野が協力したが、方法としては上記の科学技術的方法と地域計量的方法とを併用した。地域計量的方法を適用したのは関係する物理的・化学的・工学的要因についてだけではなく、社会的な要因（人口、老幼人口、都市構造、交通量、避難距離、避難場所など）についても適用した。後者は地域の特性を与えるものとして、特性値を算出する方法をとった。とくに都市構造については一対比較法により、多くの調査員の判断結果を用いて計量する試みをとりにれた。

フィジカルな要因からみた危険と地域特性からみた危険の地域的重複を重視したが、両者の何れを優先させるかについては方法的に名案のないまま併列的に取扱わざるをえなかった。とくに、出火危険と延焼危険については、行政上の対策からみて、何れも重視せざるをえないが、さりとて消防力を含む延焼危険の高い地域（危険度ランク最上位）が東京都23区の21%以上をしめるとあっては、行政上後続すべき特別危険地域の指定とその地域に対する有効な諸施策は困難に直面するであろう。ここにはいわゆる科学的方法と行政上の選択の不整合をみる思いがする。

個別的には大火発生時に住民を避難させるという行政行為のために、避難道路、避難場所、それに対応する地区わりの指定をおこなっているが、避難場所に至る距離が相となる地区で、一方はすばやく避難できるのに、一方ははるばる避難しなければならぬといったケースが多く、また火災と競合する地震水害に直面するといった解決困難な問題も提起する結果になった。避難についての具体的方法を事前にきめておかねばならないほど危険の高い東京では、避難に方向性を与えることで問題がか

えって大きくなる可能性はないかという疑問もある。

一方、危険度の高さを都市改造的手法で解決しようという根づよい考えがある。ここでは都市改造によって、環境が改善できるかどうかについての疑問がつきまとう。すくなくとも、道路交通量と道路率や大きな工場などを含む空地率と危険物量などは高い正の相関を示し、根元的な研究なしには環境改善の方策は確立できないと考えるのがよいであろう。ここにも都市環境研究の緊要性をみることができる。

危険度測定の結果は、資料の不備、方法論的に未確立なことなどもあって充分とはいえないであろう。しかし23区全域を対象として、複合的にデータを整理したはじめての事例であることは確かであり、また地震時の被害想定との総合化のベースとなる資料であることもたしかである。後者については、同じように大地震災害の経験があり、また何れ大地震に見舞われると考えられているサンフランシスコ地域についての米国の研究者の方法が参考になる。この点については松田の紹介があり、近く印刷されることになっている<sup>5)</sup>。日本円にして4兆円の被害想定と、それをめぐる社会科学的問題提起は、東京問題としてもうけとめられる性質のものである。

最近話題をあつめている環境事前評価も、環境に手を加える技術や計画を評価の対象とせず、環境がたえられる限度を定めるものと受けとられている。行政側の発案者と企業側環境に手を加える側の受けとり方には大きなへだたりがあることは否定できない。

#### 参 考 文 献

- 1) 中野尊正：1973：都市研究の現状と課題——都市環境研究の立場から——都市研究報告 No. 37
- 2) 高知市：1972：高知市0メートル地帯防災会議報告
- 3) 中野尊正：1974：都市政策講座 第四巻
- 4) 中野尊正訳編：1973：地域の計量と評価 鹿島出版会
- 5) 地域危険度測定結果報告書（印刷中）

## 第Ⅱ部 航空赤外線映像による夏季における 都市地表面温度の観測（予報）

—都市環境研究法の一例として—

門 村 浩

### 目 次

1 ま え が き	161	5 メッシュ法による解析	164
2 航空赤外線映像の撮影	161	6 今後の課題—むすびにかえて—	166
3 地上観測	162	[引用文献]	166
4 地表面温度の分布	163		

### 1. ま え が き

人工の施設が地表面を広くおおい、緑地のいちじるしく少ない都市空間は、都市活動に伴う人工熱の放出と相まって、その周辺の農山村域よりも、高温な熱的環境を形成している。最近では、こうした都市に特有の熱的環境を、航空機に搭載した赤外線放射温度計や赤外線映像装置を利用して捕捉しようとする試みがなされている（Fujita et al., 1968；落合・土屋, 1969；落合・土屋, 1971；落合, 1971；淵本, 1973）。これは、従来、点における観測データから温度分布をとらえていたのに対して、地表面放射温度を放射温度計により線的に、また映像装置により面的に捕捉しようとするものである。

地表空間、とくに都市におけるそれは、さまざまな放射特性をもつ物質のモザイクからなっている。最近開発された航空機用赤外線カメラは、3～14 $\mu$ の赤外線領域の波長域を使用して、空中から地表面温度を映像（いわゆる熱映像）の形で2次的にとらえることができる。地表物質に固有の熱的特性が映像上の濃度のパターンとしてとらえられるわけである。しかし、映像の濃度が示すのは、相対的な温度差である。いろいろな濃度に絶対的な温度の目盛りを与えるためには、地上観測による地表面温度のキャリブレーション値を必要とする。

また、地表面温度のパターンの形成要因を調べるためには、地表の被覆状態と地表面温度との関係を検討する必要がある。従来の赤外線映像を用いた調査では、水面や森林が低温域を形成し、アスファルトの道路やコンクリートの建物群が高温域を形成する、といった指摘にとどまり、これらの点についての詳しい検討はなされていない。航空赤外線映像による都市地表面温度の研究は、まだその緒についたばかりであるといつてよい。

われわれは、昭和48年度の東京都立大学都市研究費による都市の自然環境の研究の一環として、昭和48年8月22日に、東京都目黒区—世田谷区—川崎市生田区の東西約16km、南北約4kmの地域を対象に、航空赤外線映像を撮影した。ここでは、同時に観測して得た地上での実測データと合わせて、地表面温度の分布、その時間的变化、地表面温度と都市の構造との関係などについて分析した結果を報告する。なお、映像濃度の温度への変換に関連する諸問題については、別の機会に報告する予定であるので、軽くふれるにとどめる。また、地表面温度と都市の構造の関係については、地表被覆物の放射特性による子細な分類についての作業が未了であるので、ここで示すのは予報的な結果であることをことわっておきたい。

### 2. 航空赤外線映像の撮影

#### (1) のぞましい撮影条件

地表面温度は、地表物質に固有の放射特性を反映するとともに、日射、風などの気象条件に影響される。また、同じ物質であっても、湿った状態と乾いた状態とでは、その地表面温度が異なる。したがって、地表物質に固有の熱的特性を捕捉するためには、撮影日の前日に降雨がなく、撮影当日は快晴、無風の天候であることがのぞましい。また、地表面温度の太陽放射に基づく時間的变化をとらえるためには、観測時間を通してこうした天候状態が持続していることがのぞましい。

撮影日として選んだ昭和48年8月22日の前後には、東京付近は北太平洋高気圧におおわれ、天気は安定していた。当日は早朝からよく晴れており、撮影地域の上空は快晴状態であった。ただし、映像を撮影した航空機のバ

イロットからの報告によると、高度500m内外に薄いスモッグがたなびいていた。しかし、地上から航空機の飛行が十分に見える状態であった。一方、風は弱く、地上での観測によると、6m/sをこえることはなかった。撮影条件としては、たいへん良好であったといえよう。

### (2) 撮影地域

撮影地域の選定にあたっては、次のことを考慮した。

- 1) 木造低層密集住宅街・市街地、樹木のある住宅街、高層住宅・ビル群、森林、公園・緑地、河川などの水面、裸地、などいろいろな土地利用が含まれること。
- 2) 地上観測に適した等質的な広い地表面が得られること。
- 3) 地上観測に便利なこと。
- 4) 撮影用航空機の基地(調布飛行場)から近いこと。

以上の諸点を考慮して図1に示す範囲を撮影の対象地域とした。

### (3) 撮影時刻

地表面温度の時間的変化の把握のためには、夜間、日出時、南中時、最高気温時、日没時など、一昼夜にわたって数回の撮影、観測が必要とされる。しかし、夜間の撮影は、撮影用航空機の飛行が騒音防止のため禁じられているので不可能である。また、研究経費の制約から撮影は2回しかできないという制限があった。そこで、日出後と太陽南中時の2回にわたって撮影し、日中における地表面温度の時間的変化の前半部分をとらえることにした。

### (4) 撮影記録

撮影機関：アジア航測株式会社

航空機種：エアロコマンダー J A—5074

映像装置：航空機用赤外線映像装置 I R A—301

撮影高度：6,000 ft (≒1,800m)

撮影時刻：第1回 06時07分～13分

第2回 11時39分～44分

撮影縮尺：約1:60,000

飛行速度：160 miles/H

### (5) 映像装置

映像装置のあらまはは図2に示すとおりで、次のような性能をもつ。

撮影飛行高度範囲	300～3,300m
走査回数	100本/s
視野	92°
瞬時視野	6.7m rad
感度(NETD)	0.1°C
検知器	Cd, Te 光導電型量子検知器
検知波長域	8～14μ, 2～14μ
記録方式	70mm白黒フィルム
連続撮影時間	2.5時間

放射温度計出力投入 70mmフィルム上

機上監視装置 映像モニター、波形モニター

測定範囲 -10°C～80°C

なお、映像の撮影と同時に、Barnes PRT—4 放射温度計により、飛行コース直下の地表面温度の観測を行なった。PTR—4のセンサーの視野角は2°であり、高度1,800mからでは直径34mの円内の平均地表面温度が得られる。撮影結果は、写真1に示し、放射温度断面を併示しておいた。

## 3. 地上観測

映像濃度の温度変換のためのキャリブレーション値を得、さらに地表面温度と気温の関係、地表面温度の時間的変化などを調べるため、6時から13時30分までの間、地上で次のような観測を行なった。

### (1) 観測場所と観測項目

#### 1) 観測場所

A：都立大学目黒校舎グラウンド(裸地)

B：駒沢公園(石ダタミ(花崗岩))

C：二子橋多摩川水面

D：川崎市生田区南平(造成地)

#### 2) 観測項目と観測測器

地表面温度：安立電気製接地温度計 H S S

気温：アスマン

水温：サーミスター

風向風速：中浅式風向風速計

### (2) その他の観測データ

以上のほか、目黒校舎では、携帯用総合気象観測装置により日射量を測定した。また、都立大学深沢校舎に設置されている自記総合気象観測装置により、気温、地中温度、湿度、気圧、日射量のデータも得た。さらに、気温のデータについては、撮影地域とその周辺で観測されたデータを、目黒自然教育園、目黒区役所、世田谷区役所、同玉川支所、東京農業大学、砧下浄水場について収集した。

### (3) 地表面温度の測定方法

同じ物質であっても、その地表面温度には、その粗度、乾湿度などにより、若干の差がある。また、裸地にしても、コンクリートにしても、まったく同質の材料でできているわけではない。現実の地表物質では、一見等質的な状態であっても、たとえばコンクリートにおけるセメントと骨材の部分のように、地表面温度にはバラツキがある。そこで航空機からの放射温度計による観測値ならびに映像の濃度と地上データとを対応させるために、地上40m×40mの範囲内で25点観測を行なって、その平均値を求め、これをキャリブレーション地点の地表面温度とすることにした。

#### 4. 地表面温度の分布

##### (1) 映像濃度の温度変換

印画紙上にプリントされた赤外線映像は、写真1にみるように、白黒の濃淡で示される。この映像は、濃度の高い部分ほど温度が低く、濃度が低い白っぽいところほど高温であることを示している。しかし、映像の濃淡のパターンが示しているのは、相対的な温度の分布にすぎない。映像の濃度に温度の絶対値を与えるためには、地上での実測地表面温度と濃度とを対応させて、濃度を温度に変換しなければならない。

この研究では、都立大学目黒校舎 グランド(裸地)、駒沢公園石ダタミ(花崗岩)の地表面温度と、二子橋の多摩川水面温度をキャリブレーション値とし、各測定地点の映像上のフィルム濃度の計測値(写真濃度測定装置D250—1H型で測定)とこれらの温度実測値の関係を求めた。さらに、航空用赤外線映像装置によって出力される温度(絶対値)とフィルム濃度の関係も加味して、撮影温度レンジ全領域におけるフィルム濃度と温度の絶対値の関係を求めた(図3)。

##### (2) デジタルカラーによる等濃度区分

地表面温度の分布のあらまはしは、写真1に示す白黒の映像からもうかがうことができる。しかし、白黒の濃淡のパターンからでは、道路、河川、大きな建物、森林などの目立った地表面物質の温度分布は簡単に捕捉することができても、温度分布の全体的な特徴をとらえるのは容易でない。また、温度の相対的な高低しかわからない。そこで、カラーデータシステム1200により、等濃度区分を行なうとともに、各濃度レベルに温度の絶対値の目盛りを与えて、カラー表示による等温度分布図を作成した。

次に、カラー表示による等温度分布図と、写真1に示す白黒赤外線映像を3倍に引伸した印画(縮尺約1:20,000)を判読して、6時と11時における地表面温度分布の特徴について、地上観測データも加味しながら、簡単に述べよう。

##### (3) 6時の地表面温度分布

写真1—1の映像は、日出後約75分の06時07分~13分の間に、西から東へ向って撮影された。このときの地上の気温は、26~27°Cで、場所による温度差は僅少である。地上における風は、4観測点ともに、南西成分の風で、風速は1.5~1.8m/sであった。

撮影温度レンジは、10°Cである。映像は11時のものに比べて全体的にフラットであり、地表面温度に大きな差のないことを示している。後述のメッシュ法による温度解析によると、平均地表面温度は100mメッシュで19.5~34.5°C、200mメッシュで20.7~33.6°Cの範囲内にある。地上実測データによると、多摩川の水面温度は気温よりも2.5°C低い24.3°Cである。地表面温度は目黒校舎グランドと川崎市南平の造成地の裸地で26.1~26.5°C、

駒沢公園の花崗岩の石ダタミで29.1°Cである(表1)。

6時の映像でもっとも目立った低温部を形成しているのは、白~灰白色系の屋根をもつアパート、ビル、体育館などの大型のコンクリート建造物である。地表面物質の色彩が放射温度の形成要因のひとつになっていることを示す例といえよう。多摩川の水面や砧下浄水場の水面も周辺部よりも明瞭な低温部となって現われている。多摩丘陵内では、谷沿いの水田地帯が樹枝状の低温部をなしている。多摩丘陵や目黒自然教育園などの林地の温度には、周辺の市街地や裸地との差が小さいため、それらの存在が目立たない。

一方、明瞭な高温部を形成するのは、アスファルト舗装の道路である。実測によるアスファルト舗装の地表面温度は、駒沢公園で30.5°C、川崎市南平で28.3°Cである(表1)。舗装された学校の校庭も高温であり、映像の上では白く輝いている。目黒区立八雲小学校の校庭がその好例である。プール、池(たとえば碑文谷公園)などの滞留している水体は、一般にやや高温に現われている。

早朝の裸地は、舗装道路に比較して低温に記録されている。実測値でも、その地表面温度は26°C強であり、アスファルト道路よりは2~4°C程度は温度が低い。また、気温よりも1°Cぐらい低くなっている。

映像撮影と同時に観測されたPR T—4放射温度計による温度記録は、写真1の上部に示すように、全体的に低目に現われている。温度レンジも約2°Cと小さい。しかし、道路は明瞭な高温部をなし、八雲小学校の校庭も高温に記録されている。また、この温度断面から、森林と水田がまだ広く残っている多摩丘陵の部分が低温域をなし、山手線内側の密集市街地が相対的な高温域を形成していることがわかる。

##### (4) 11時の地表面温度分布

写真1—2の映像は、ほぼ太陽南中時に相当する11時39分~44分に、西から東へ向って撮影された。この時間の前後の気温は、30.3~35.5°Cで、入手し得たデータによる限り、場所による気温差は約5°Cである(表1, 2)。日射は強く、裸地や道路上などでは焼けつくような熱さであった。この日の最高気温は、都立大学深沢校舎の自記録によると、13時45分に33.5°Cであった。この場所の11時45分の気温は、32.8°Cであったから、撮影時間における気温は最高気温にたいへん近い値であったといえてよからう。なお、日射量は11時45分に最高に達している(図4—5)。撮影時間における風速は、6時のときよりやや大きく、南~南西2~5.4m/sであった。

実測による地表面温度の時間変化は、図4—1~4に示すとおりである。地表面温度の最高も、気温の場合と同じように、日射量の最大時よりもおくれで現われている。しかし、撮影時間以降の温度の上昇率は小さいので、この場合も最高温度に近い状態の温度分布が得られたも

のと考えてよからう。

撮影温度レンジは、30°Cである。映像は、一見して、バンク写真の濃淡差に近いパターンを示し、地表物質の熱的特性を反映するコントラストが明瞭である。太陽放射の直接の影響により、地表物質に固有の地表面温度が形成され、それが映像の濃淡差としてよく反映されているものと思われる。

実測データによると、多摩川の水面温度は依然として気温より低い(気温32.4°Cに対して水面温度30.1°C)が、人工の物質はいずれも気温よりも相当に高温になっている。とくに、裸地やアスファルトなどの地表面温度は50～52°Cに達し、気温よりも17～20°Cも高目になっている。これらの物質では、6時のときよりも、20°C以上も昇温している。これに比べて植物の葉の表面温度は低く、たとえばカヤツリグサ(駒沢公園)では11時30分に35.0°Cであり、気温よりもやや低目である。6時との温度差も8.6°Cと小さい(表1)。

メッシュ法による解析によると、平均地表面温度は、100mメッシュで28.8～54.3°C、200mメッシュで30.8～50.9°Cである。

11時の映像で明瞭な低温部をなすのは、森林と水面である。目黒自然教育園、多摩丘陵に残る林地、多摩川にのぞむ台地崖に沿う樹林地、多摩川、目黒川などの河水面、碑文谷公園の池は、とくに明瞭な低温域をなしている。これらに次いでやや低温に現われているのは、草地と作物のある畑地である。多摩川の高水敷・河原、駒沢公園野球場・サッカー場、学芸大学付属高校グラウンドが前者の例である。

一方、明瞭な高温部(50°C以上)をなすのは、舗装道路、裸地、自動車練習場、コンクリート造建物などである。ただし、コンクリート造建物のうち二子玉川の公団団地では、屋上の色が白っぽく、6時に暗黒色に写し出されていた10棟は、11時の映像でもやはり低温気味に記録されている。これに対して、駒沢公園の体育館は、6時には低温に現われていたが、11時にはかなり昇温している。材質、色彩と地表面温度の関係が単純でないことを示す1例といえよう。密集市街地・住宅地は、道路密度が高く、反対に緑地が少ないことと相まって、全体的に高温域を形成している。とくに、ほぼ学芸大学駅より東側の地域や、玉川通りと環状8号線の交差点付近、呑川に沿う工場群、溝ノ口駅付近などは、まとまった高温域をなしている。

地表状態を反映する地表面温度分布のパターンは、放射温度計による温度断面(写真1の下部)に明瞭にとらえられている。この場合の記録も、実測値より全体的に低目になっているが、温度差はよく捕捉されている。山手台地では、碑文谷公園と目黒郵便局の中間付近を境として、平均的な地表面温度にして2°Cのちがいがあり、

東側の方が西側よりも高温になっている。これは、ほぼこの付近を境として、東側に樹木のほとんどない密集した市街地が卓越しているのに対して、その西側の地域には樹木をもったゆりのある住宅が多いという土地利用状態の反映であろう。断面の左端付近の低温部は、森林が広く残っている丘陵地の部分に対応している。

## 5. メッシュ法による解析

6時と11時の地表面温度分布、ならびこの間の温度差を求め、これらと地表被覆状態との関係を調べるため、メッシュ法による解析を試みた。

### (1) 方法

#### 1) 濃度測定

映像の濃度は、応用電気研究所製D250—1H型写真濃度測定装置を使用して、次の方法により測定した。

- ① メッシュの大きさ：地上200m×200m、フィルム上約35mm×35mm、地形図上のメッシュの交点をフィルム上に移写
- ② スリットの幅：1.2mm×0.6mm
- ③ メッシュごとの走査数：2本(全走査数126本)
- ④ 走査方向：Y(縦)方向
- ⑤ メッシュ内の平均濃度：2本の走査線とこれに直交する2本の平行線との交点の4点の濃度を記録紙上で読み取ってその平均を求める。
- ⑥ 測定値のチェック：フィルム的一端に濃度ウェッジを置いて毎回これを合わせて走査し、さらに4走査線ごとにグレースケールを走査して、電圧の不安定などに基因する測定誤差をチェックする。

濃度の測定に際して、測定能率のよいX(横)方向でなく、能率の悪いY(縦)方向を走査させたのは、次の理由による。赤外線映像は、風などの影響を受けて絶えず動揺している航空機からの走査映像であるから、その映像には多少のヒズミがあり、地表面の完全な幾何学的縮小像をなさない。したがって、地上で正方形であるメッシュに対応する映像上のそれは、多少変形しているものが多い。また、方眼線はジグザグしている。横方向に連続的に長く走査させると、隣の行のメッシュの濃度を測定するおそれが多い。ここでは、こうした測定上の問題を解決するために、縦方向に走査させることにした。

#### 2) 濃度の温度変換

まず、各走査線ごとにグレースケールの濃度レベルと測定濃度との関係を求めた。再者の間には、たいへん強い逆相関があり、相関係数は、6時、11時の映像のどの走査線の場合にも、 $-0.9944 \sim -0.9999$ の間におさまっている。次いで、さきに述べた場合と同じように、地上のキャリブレーション温度と撮影データから、濃度と地表面温度の関係式をつくり、コンピュータによる計算によって、ひとつの200mメッシュにつき4点の地表面温



度を求めた。

図5—1, 2は, こうして求められた4点の地表面温度を平均した値をクラス分けして, コンピュータのラインプリンターで打ち出したものである。したがって, これらの図は200m×200mのメッシュ内の平均地表面温度の分布を示していることになる。なお, こうして求められた地表面温度と地上実測値との差は, 表3に示すとおりである。もっとも差の大きいのは, 目黒校舎グラウンドの11時の映像の場合の $-3.3^{\circ}\text{C}$ である。観測時間のずれ, メッシュ内の地表面構成が単純でないことなどにより, こうした差が生じたものと考えられる。

### 3) 土地利用の区分

撮影地域のうち, 図6に示す範囲については, 世田谷区役所が昭和48年9月2日に撮影した縮尺1:10,000カラー写真が入手できた。そこで, このカラー写真を判読して土地利用図を作成した。前述した地表面温度と土地利用状況に関する概況の把握を参考にし, 土地利用は次の7つのカテゴリーに分けた。

- ① 低層住宅地・市街地
- ② 高層建物・大型建物(主としてコンクリート造; 工場, 学校, ビル, 体育館など; 倉庫を含む)
- ③ 道路(2車線以上のもの)
- ④ 裸地(鉄道, 駐車場, 休耕地を含む)
- ⑤ 草地(作物のある畑地を含む)
- ⑥ 林地
- ⑦ 水面

これらのうち, 一般的な意味で, 高温域を形成するものは①~④, 低温域を形成するものは⑥~⑦であると考えられる。しかし, 実際には, 前述の概況把握の結果からも知られるように, このように2分されたカテゴリー群の中でも, 放射特性はカテゴリーごとに若干ずつ異なっている。したがって, 各カテゴリーのメッシュ内における平均地表面温度の形成に対する役割を個別に検討することが必要である。このためには, まず, 各メッシュ内におけるカテゴリー別の占有面積を求めることが必要とされる。しかし, 471の全メッシュについてカテゴリー別の占有面積を求めるのは, ぼう大な作業量であり, この報告の段階では作業がまだ終了していない。

そこで, ここでは次善の策として, 次のような簡便な方法を用いることにした。すなわち, ①~④の高温域の形成に関与するカテゴリーを一括して, これらの各メッシュに占める面積の割合を裸地・人工構築物率と定義し, この値をさらに次の5つのクラスに分けて求めることにした。測定には200mメッシュを用いた。

- |                 |        |
|-----------------|--------|
| クラス1: 裸地・人工構築物率 | ≤25%   |
| 〃 2:            | 26~50% |
| 〃 3:            | 51~75% |
| 〃 4:            | >75%   |

〃 5:

ほぼ100%

ここで, クラス5は, 樹木や草地のほとんどない密集した住宅地・市街地, 団地, 工場などを意味する。図6は, このクラス分けに基づく裸地・人工構築物率の分布を示す。次に, 裸地・人工構築物率クラスと地表面温度の関係について検討しよう。

### (2) 土地利用と地表面温度の関係

測定の対象とした471個のメッシュにおける裸地・人工構築物率クラスと地表面温度の関係は, 図7, 8, 表4に示すとおりである。

まず, 図7にみるように, 裸地・人工構築物率クラスとして定義した地表状態と地表面温度の間には, 強い相関があるとはいえない。とくに, 6時の場合には,  $25^{\circ}\text{C}$ 以下の低温部と $30^{\circ}\text{C}$ 以上の高温部でバラツキが大きい。しかし, 全体的にみてクラス値が高くなると地表面温度が若干ながら上昇する傾向がうかがわれる。11時では, クラス値が高くなると, 高温のメッシュ数が明らかに増大する傾向がある。

そこで, 裸地・人工構築物率クラス別に地表面温度の平均( $T$ )を求め,  $T$ と裸地・人工構築物率クラスとの関係を調べてみた。図8にみるように, 両者の間にはよい相関が認められる。裸地・人工構築物率クラスと平均地表面温度の間には, 6時, 11時, ならびに6時と11時の温度差について, それぞれ次のような関係式が成り立つ。

$$6\text{時} \quad T_6 = 27.73 + 0.21x \quad \dots\dots(1)$$

$$11\text{時} \quad T_{11} = 38.51 + 1.55x \quad \dots\dots(2)$$

$$\text{温度差} \quad T_{11-6} = 11.20 + 1.14x \quad \dots\dots(3)$$

ここで,  $T_6$ : 06時07分~13分の平均地表面温度( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{11}$ : 11時39分~44分の平均地表面温度( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{11-6}$ : 6時と11時の平均地表面温度差( $^{\circ}\text{C}$ ),  $x$ : 裸地・人工構築物率クラス値。

(1), (2), (3)式は, それぞれ裸地・人工構築物率が25%増すごとに, 地表面温度が $0.21^{\circ}\text{C}$ ,  $1.55^{\circ}\text{C}$ ,  $1.14^{\circ}\text{C}$ ずつ上昇することを意味する。11時の場合には, 裸地・人工構築物率が10%増すごとに, 地表面温度が $0.62^{\circ}\text{C}$ ずつ上昇していることを示す。すなわち, 水面・緑地率が10%減少すごとに, 地表面温度は $0.62^{\circ}\text{C}$ ずつ上昇することになる。

しかし, 6時, 11時, 温度差のいずれの場合にも, 裸地・人工構築物率クラスに対する地表面温度の値は, 大きく分散している。図9に示したクラス別の最高値と最低値だけをとってみても, 平均温度からの偏差は, 6時で $3.4\sim 5.4^{\circ}\text{C}$ あり, 11時には $5.2\sim 7.3^{\circ}\text{C}$ にも達している。ただし, 11時の場合には, 最高値, 最低値がともに, 平均値とほぼ平行に上昇している。また, 11時におけるこうした温度傾度を反映して, 6時と11時の温度差の最高・最低値も, 平均値とほぼ平行に増大している。

以上のように, ここで用いた裸地・人工構築物率は, 土地利用と地表面温度の関係を十分に説明しうるもので

はないが、両者の間の概略の関係を説明する変数としては利用できる。個々の人工構築物の200mメッシュ内における平均地表面温度の形成に対する貢献度は不明であるが、人工構築物群が全体として高温域形成の重要な因子となっていることは肯定できる。

裸地・人工構築物率と地表面温度の相関がよくないことについては、放射特性の異なる地表物質を一括して取り上げていることをはじめ、いくつかの原因が考えられる。たとえば、6時の映像データでは、低温部でクラス値に対するバラツキが大きく、かつクラス別最低温度はクラス値とほとんど無関係に変化している。この原因のひとつとして、同じ人工構築物であっても、鉄筋コンクリート造のアパートや体育館などのうち屋根の白っぽいものが映像で低温に記録されているという事実があげられる。また、早朝の裸地が比較的低温であることも、原因の一端を担っているように思われる。これらのことは早朝と日中とは、同じ地表状態であっても、地表面温度の形成に対する意味が異なることを示唆する。

## 6. 今後の課題——むすびにかえて——

以上のように、現段階までに得られた分析データからは、裸地や人工構築物の割合が大きくなり、反対に水面や緑地の割合が減少するにしたがって、地表面温度は上昇する傾向があるという、ごく常識的な結果が得られたにすぎない。今後に残された問題があまりにも多い。作業中の土地利用カテゴリー別面積率の測定結果が得られれば、いろいろな土地利用あるいは地表状態と地表面温度の関係が明らかにされることが予想される。この場合、たとえば福井(1956)が夏の最高気温と土地被覆状況との関係を調べたとき試みたように、各土地利用カテゴリーの百分率と地表面温度の関係の多元回帰分析を行なってみると、いろいろな土地利用の地表面温度分布に果たしている役割が明確にならう。ここでの予察的検討は、その可能性のあることを示している。

リモート・センシングによる環境調査の一般的な難点は、映像データと地上データとの対応がつけ難いこと、映像データの分析に多大の労力がかかることなどである。この研究では、地上の対応データを得るために4ヶ所の観測地点を設け、十数人が観測に当たった。しかし、わずか4点の対応データから映像濃度を温度に変換するには、撮影地域の広さに比べ、また地表面が多様な放射特性からなっているという事実と比べて、点の数が少なすぎるので精度の面で問題がある。樹木の樹冠温度など、重要な地表物質の表面温度が、測定技術上の問題もあって観測できなかった。いずれにせよ、多数の点で多数の地表物質についての表面温度を同時観測するためには、何百人という観測者の動員を必要とする。

映像データの分析・処理については、撮影時から温度

情報を数値データとして取得し、一貫して数値解析を行なうことにより、自動化・省力化がある程度まで可能とならう。この研究では、フィルム濃度の測定と濃度の温度変換に多大の時間を費した。土地利用の判読・図化と、土地利用カテゴリー別百分率の算出にも多くの時間がかかる。このうち濃度と面積の測定には自動計測器が利用できるが、測定には相当な時間を要する。また測定に先立つ前処理の段階もたいへんな作業量である。

地上における観測では、6時から13時30分まで、地表面温度、気温、気温の垂直分布(高さ160cmまで)、風向、風速、日射量などについて、連続観測を行なった。これらのデータから微気象学的解析を行なって、地表面温度の形成要因や、気温形成に対する地表面温度の役割を検討することは今後に残された大きな課題である。また、いろいろな地表物質について、地表面温度の時間変化を実験的に観測することは、赤外線映像の解析にあたって、もっとも重要な基礎をなす。とくに、都市域では、さまざまな色彩の材質からなる屋根材料についての実験的観測が必要である。従来の研究では、夏の日中のビルの放射温度が低温にあらわれるのは、冷房の効果によるといわれている(たとえば、Fujita et al. 1968, 落合・土屋1971)。しかし、この研究で指摘したように、これには屋根あるいは屋上の材質と色彩が関係が深いと考えられる。こうした点についての追究も必要であらう。

この研究の進行にあたっては、撮影、地上観測、撮影データの分析、処理などにわたって次の方々と機関の協力を得た。

都立大学地理学教室教職員：中村和郎，松田磐余，田村俊和，青山高義，半沢六盛。

都立大学大学院生：田上善夫，増原孝明。

都立大学学生：高井健雄(現横浜市役所)，加藤 茂，浜野義則，早川芳夫，塚本 哲，石田栄三，川崎操，村田 茂，進藤陽子，竹田昌子，渡辺孝子。

アジア航測株式会社：淵本正隆，横田道生。

以上の方々のうち、高井健雄氏には、濃度測定をはじめ映像データの分析について多大の協力をいただいた。また横田道生氏には、撮影計画からデータ処理にいたるまで、全面的な協力をいただいた。目黒自然教育園、目黒区役所、世田谷区役所、同玉川支所、砧浄水場、東京農業大学からは、気温などの観測データの提供を受けた。世田谷区役所環境整備課には、同課撮影のカラー空中写真入手の便宜をはかっていただいた。

以上の方々と機関に対して、記して感謝の意を表する。

## 引用文献

- 淵本正隆(1973)：熱映像，写真測量，Vol.13，No.1，19～31。  
 福井英一郎(1956)：都市における気温分布と緑地，都

市問題, No. 47, 699~705.  
 落合弘明(1971): 熱映像による環境調査, 写真測量,  
 Vol. 10, No. 2, 1~8.  
 落合弘明・土屋 清(1969): 飛行機による真夏の名古  
 屋伊勢湾周辺の地表面放射温度, 天気, Vol. 16, 539  
 ~548.  
 落合弘明・土屋 清(1971): 赤外線カメラと赤外放射

温度計による夏期の地表面および海面温度測定, 天  
 気, Vol. 18, 191~196.  
 Fujita T., Baralt, G. and Tsuchiya, K. (1968):  
 Aerial measurement of radiation temperature over  
 Mt. Fuji and Tokyo areas and their application to  
 the determination of ground and watersurface  
 temperature. J. App. Met., Vol. 7, 801~816.

表1 赤外線映像撮影時の地上観測データ (1973.8.22)

		(A) 地表面温度			(B) 気 温			(A)-(B)		
		06:00	11:30	差	06:00	11:30	差	06:00	11:30	
対 空 観 測 地	目黒校舎グラウンド(裸地)	26.1	52.2	+26.1	27.1	35.5	+8.4	-1.0	+16.7	
	駒沢公園石畳(花崗岩)	29.1	43.7	+14.6	27.4	33.2	+5.8	+1.7	+10.5	
	二子橋多摩川水面	24.3	30.1	+5.8	26.8	32.4	+5.6	-2.5	-2.3	
	川崎市生田区南平(造成地)	26.5	40.5	+14.0	26.6	32.1	+5.5	-0.1	+8.4	
い ろ い ろ な 物 質	目 黒 校 舎	木 箱 (黒 褐 色)	26.8	50.0	+23.2				-0.3	+15.5
		平 板 (灰 白 色 板)	26.9	44.8	+17.9				-0.2	+9.3
		鉄 (マンホールのフタ)	27.4	56.2	+28.8				+0.3	+20.7
	駒 沢 公 園	レ ン ガ	27.2	54.9	+27.7				+0.1	+19.4
		コ ン ク リ ー ト	26.0	43.8	+17.8				-1.1	+8.3
		草 (オ オ バ コ)	25.6	42.5	+16.9				-1.5	+7.0
		草 (カヤツリグサ)	26.4	35.0	+8.6				-0.7	-0.5
南 平	コ ン ク リ ー ト	29.5	50.0	+20.5				+1.1	+19.8	
	ア ス フ ァ ル ト	30.5	50.0	+20.5				+3.1	+19.8	
	芝 生	26.7	39.5	+12.8				-0.7	+7.1	
U 字 溝	コ ン ク リ ー ト・ブ ロ ッ ク	28.0	49.0	+21.0				+1.4	+16.9	
	ア ス フ ァ ル ト	28.3	49.8	+21.5				+1.7	+17.7	
	U 字 溝	26.5	43.7	+17.2				-0.1	+11.6	

表2 撮影地域とその周辺の気温 (1973.8.22)

	(A) 06:00	(B) 12:00	(A)-(B)
目黒自然教育園	26.1 °C	34.4 °C	+8.3 °C
目黒区役所	28.6	33.8	+5.2
世田谷区役所	26.1	31.3	+5.2
都立大深沢校舎	26.4	33.0	+6.6
世田谷区役所玉川支所	25.2	30.3	+5.1
東京農大	25.9	32.9	+7.0
砧下浄水場	27.0	34.0	+7.0

表3 裸地・人工構築物率クラス別地表面温度

			地 表 面 温 度			
			平 均	(A) 最 低	(B) 最 高	(B)-(A)
裸 地 ・ 人 工 構 築 物 率 ク ラ ス	1	$T_6$	27.9 <sup>°C</sup>	23.7 <sup>°C</sup>	30.5 <sup>°C</sup>	6.8 <sup>°C</sup>
		$T_{11}$	39.8	30.8	46.4	15.6
		$T_{11}-T_6$	12.5	4.4	17.7	13.3
	2	$T_6$	28.2	22.8	33.0	10.8
		$T_{11}$	41.5	35.4	46.7	11.3
		$T_{11}-T_6$	13.3	6.5	19.6	13.1
	3	$T_6$	28.4	23.6	32.9	9.3
		$T_{11}$	43.5	36.1	49.5	13.4
		$T_{11}-T_6$	14.7	9.7	20.4	10.7
	4	$T_6$	28.5	22.8	32.7	9.9
		$T_{11}$	44.4	38.5	48.9	10.4
		$T_{11}-T_6$	15.5	8.5	22.0	13.5
	5	$T_6$	28.8	24.3	33.6	9.3
		$T_{11}$	46.4	40.6	50.9	10.3
		$T_{11}-T_6$	17.1	11.7	22.2	10.5

表4 実測地表面温度と映像による放射温度の差

	06:00 実 測	06:07~13 映 像	差	11:30 実 測	11:39~44 映 像	差	備 考
目黒校舎グラウンド	26.1 <sup>°C</sup>	24.8 <sup>°C</sup> 28.9	-1.3 <sup>°C</sup> +2.8	52.2 <sup>°C</sup>	51.5 <sup>°C</sup> 48.9	-0.7 <sup>°C</sup> -3.3	100mメッシュ 200mメッシュ
駒沢公園石畳	29.1	32.2 31.9	+3.1 +2.8	43.7	43.8 45.7	+0.1 +2.0	100mメッシュ 200mメッシュ
二子橋多摩川水面	24.3	24.9 26.4	+0.6 +1.9	30.1	31.1 30.8	+1.0 +0.7	100mメッシュ 200mメッシュ

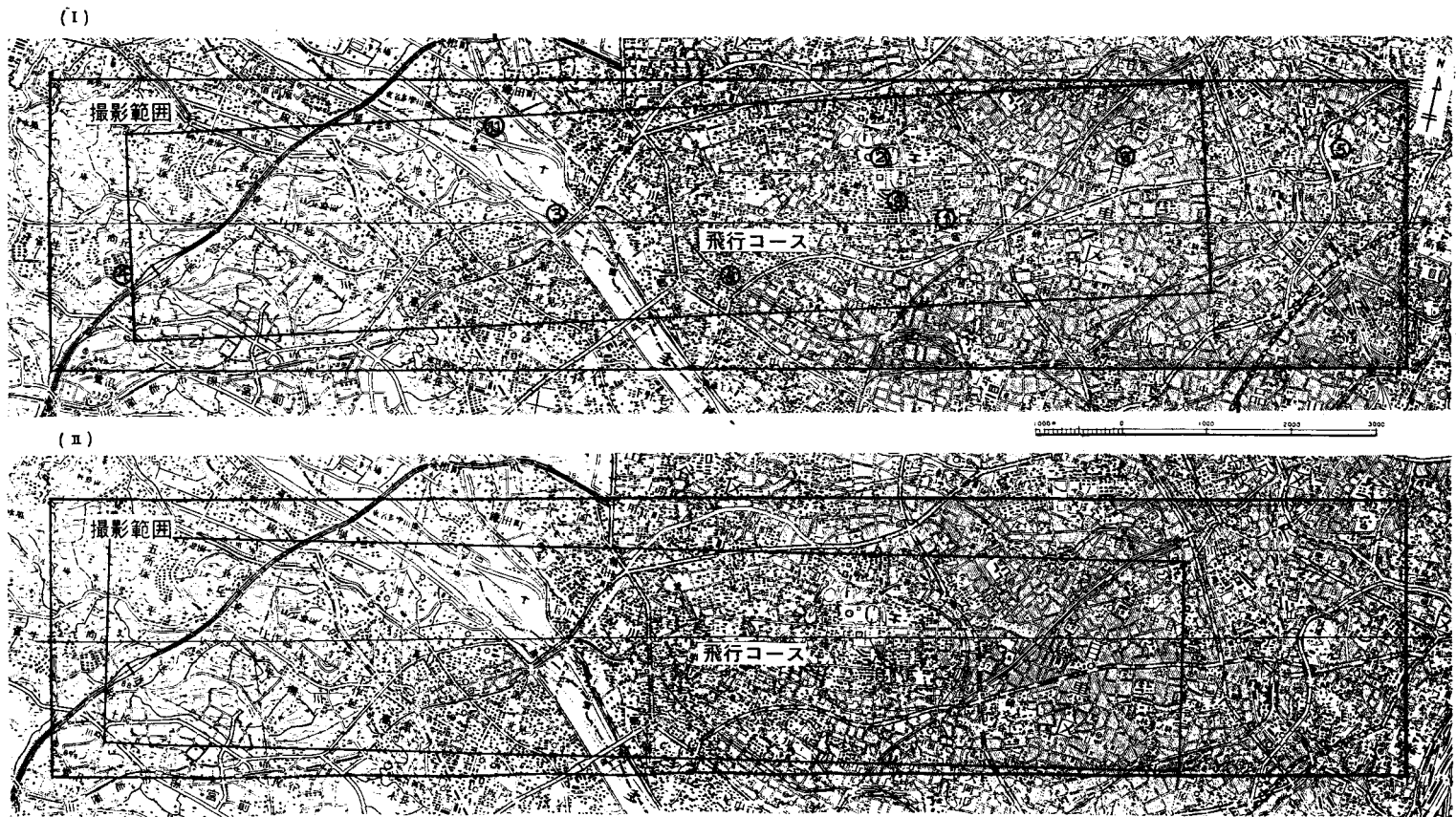


図1 撮影地域 (I)：06：07～13, (II)：11：39～44, 内枠はメッシュ解析の範囲, ①～⑪は地上観測所を示す。

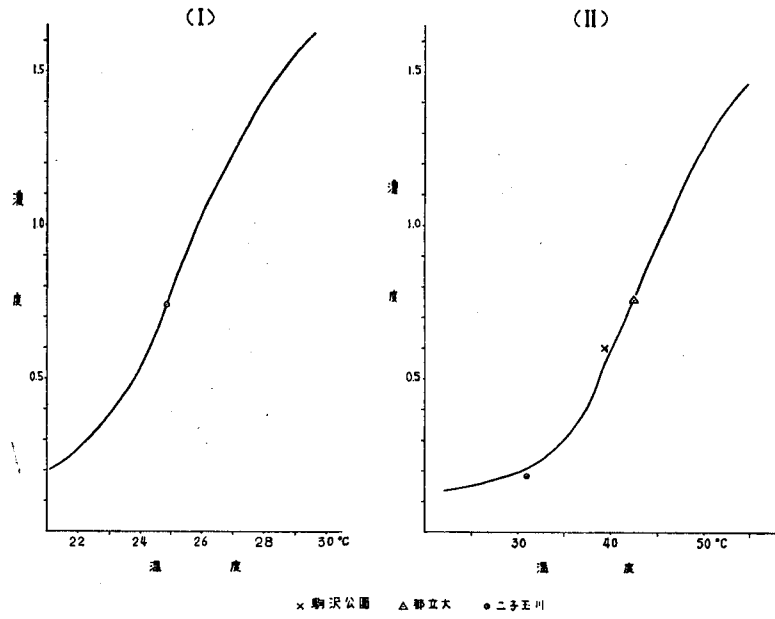


図3 フィルム濃度と温度の関係

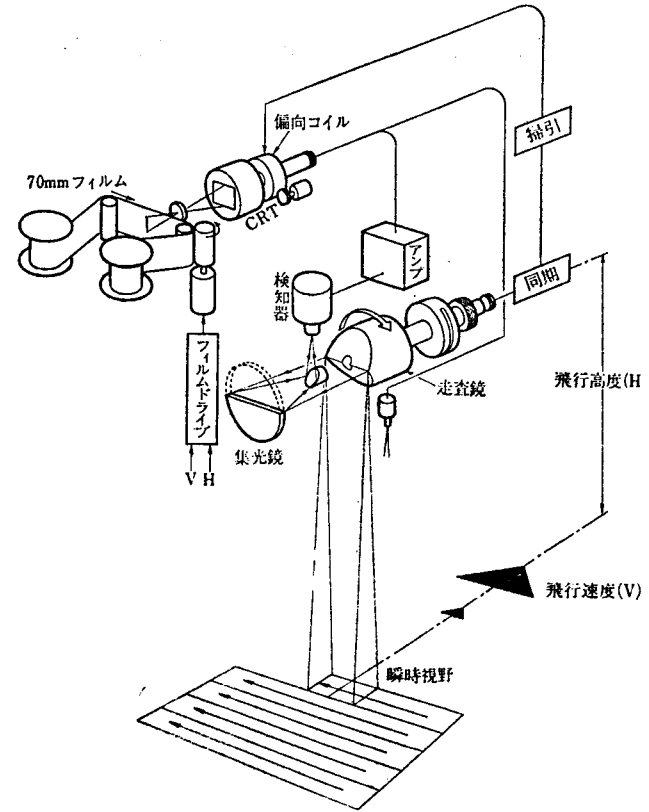


図2 赤外線映像装置のあらまし

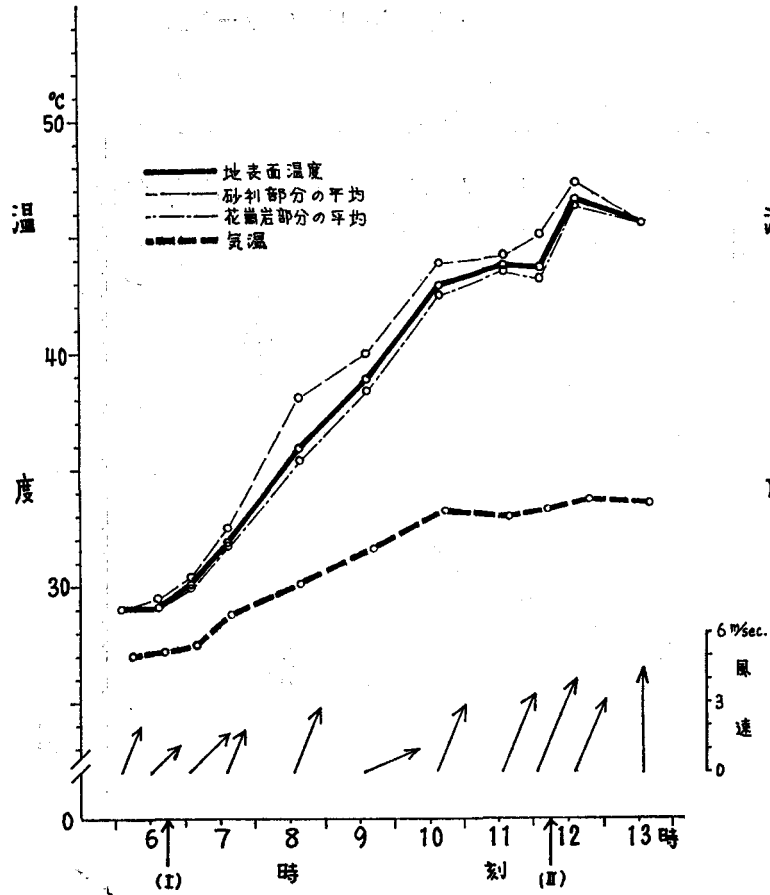


図 4-2 駒沢公園の観測記録

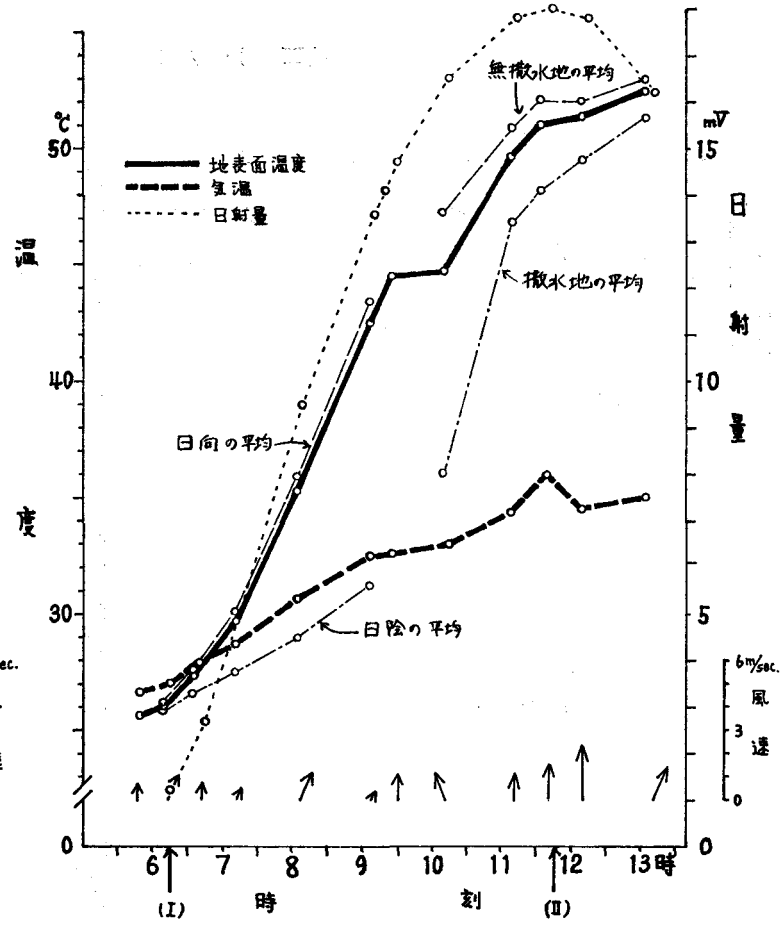


図 4-1 都立大学目黒校舎グラウンドの観測記録  
(I), (II)は赤外線映像の撮影時刻を示す。

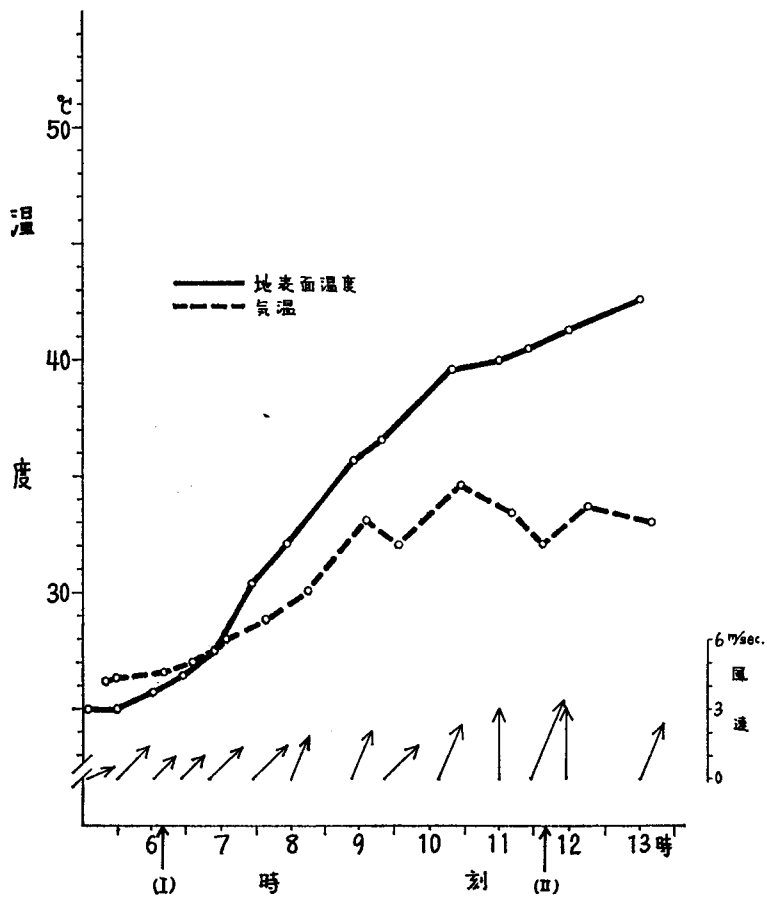


図4-4 川崎市生田区南平の観測記録

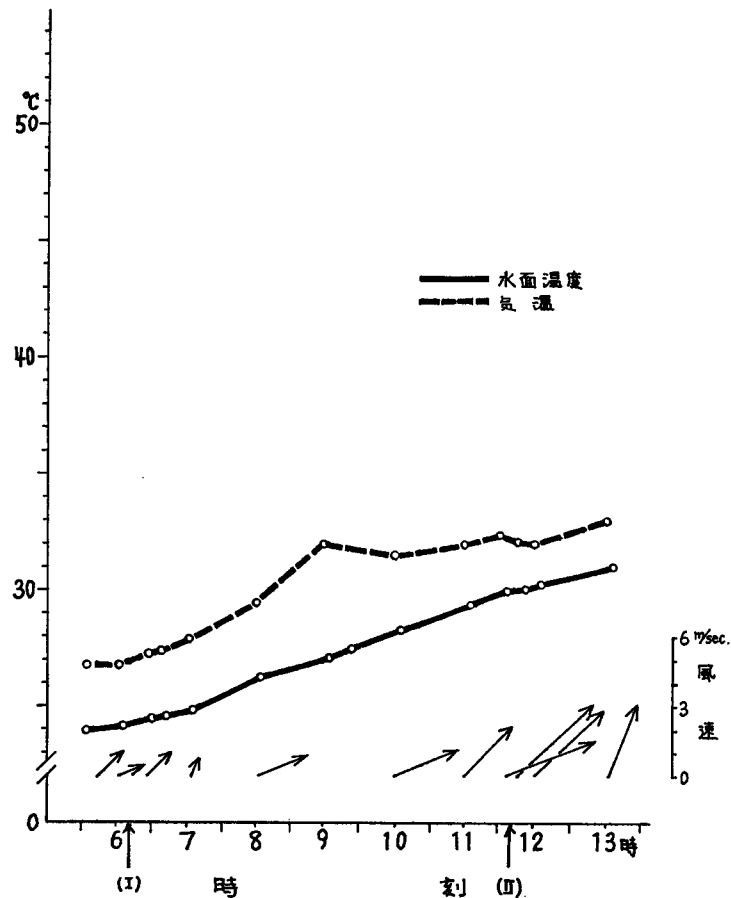


図4-3 二子橋多摩川水面の観測記録



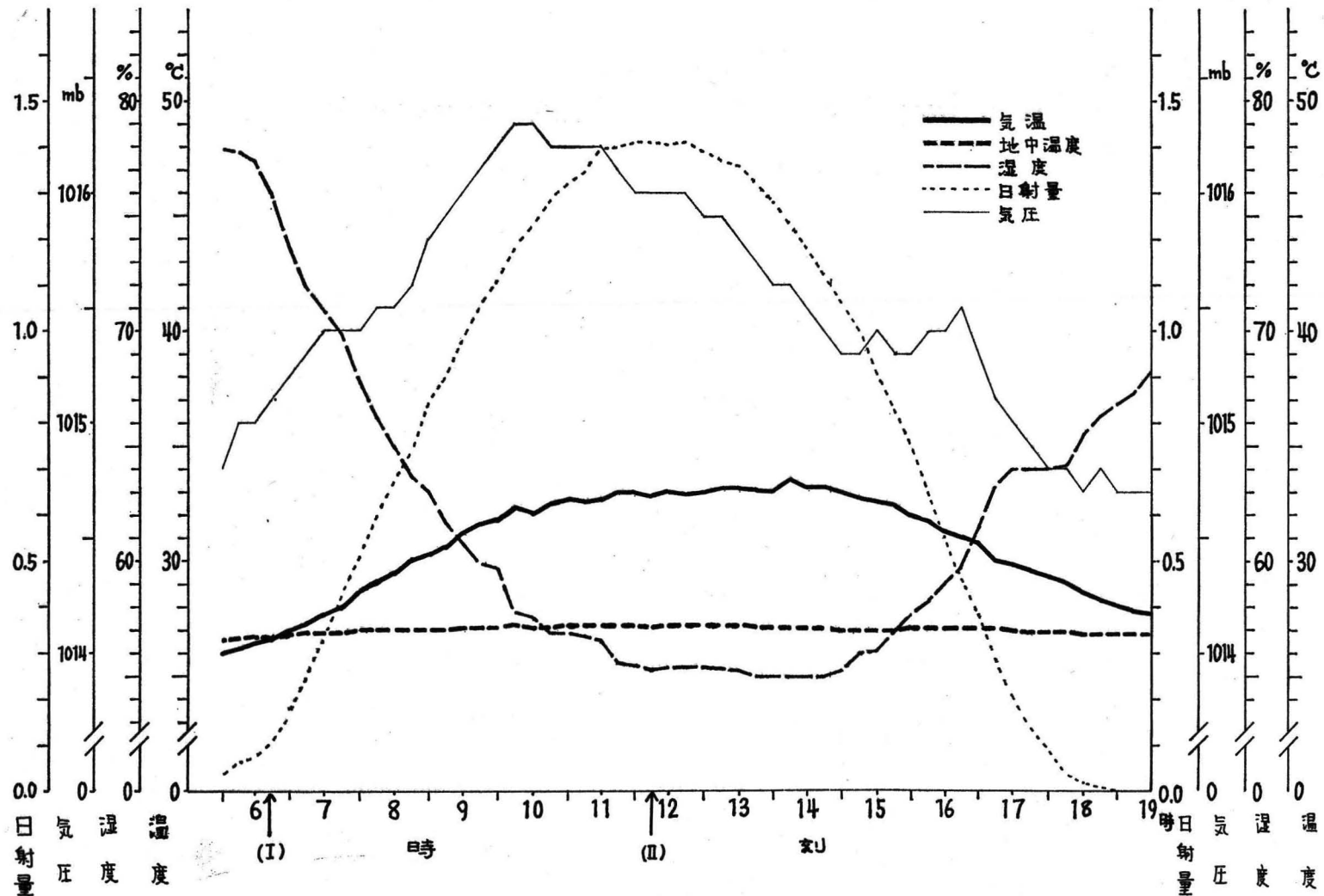
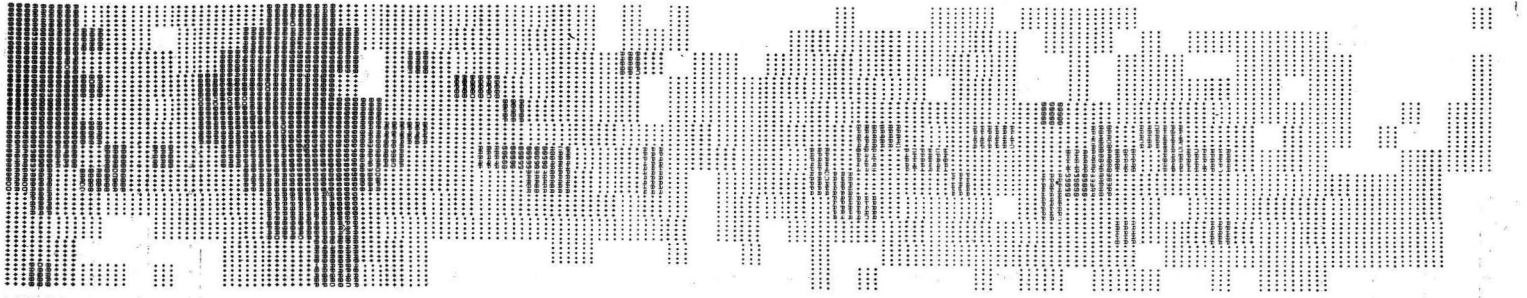


図 4-5 都立大学深沢校舎の観測記録

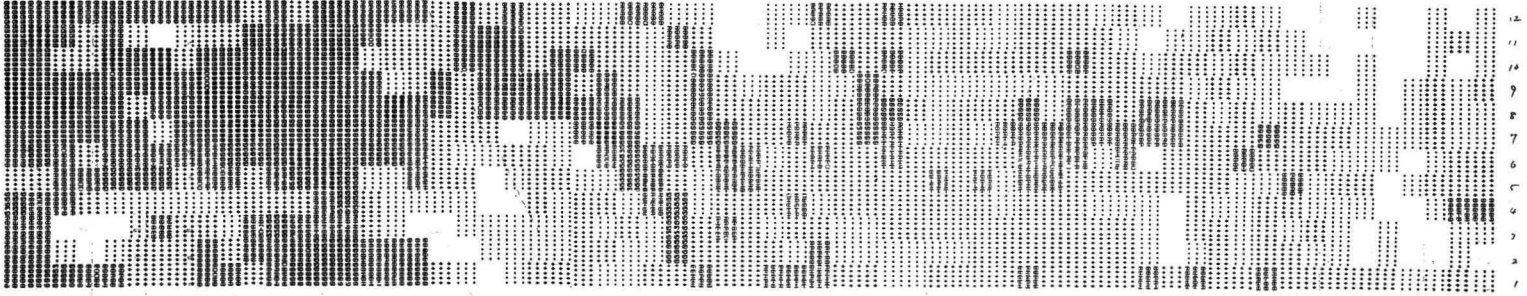


THERMAL LEVEL

MINIMUM	0.0	18.00	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00
MAXIMUM	38.00	32.00	28.00	24.00	20.00	16.00	12.00	8.00

SYMBOLS

00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000



THERMAL LEVEL

MINIMUM	0.0	31.00	33.00	34.00	39.00	42.00	45.00	48.00
MAXIMUM	50.00	43.00	38.00	34.00	30.00	26.00	22.00	18.00

SYMBOLS

00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000

図5 200mメッシュによる地表面温度分布図——(上)06:07~13, (下)11:39~44

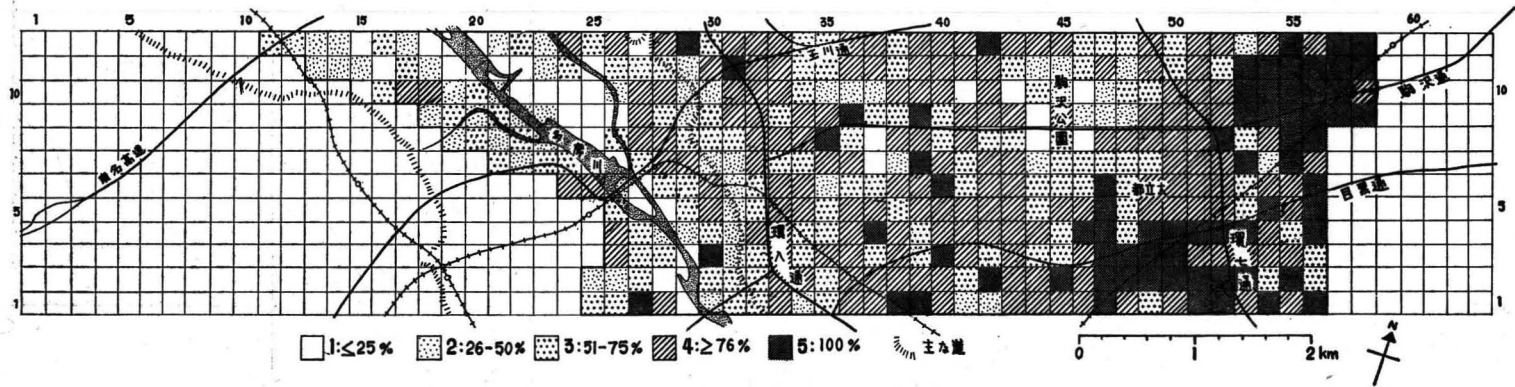


図6 裸地・人工構築物率による土地利用区分

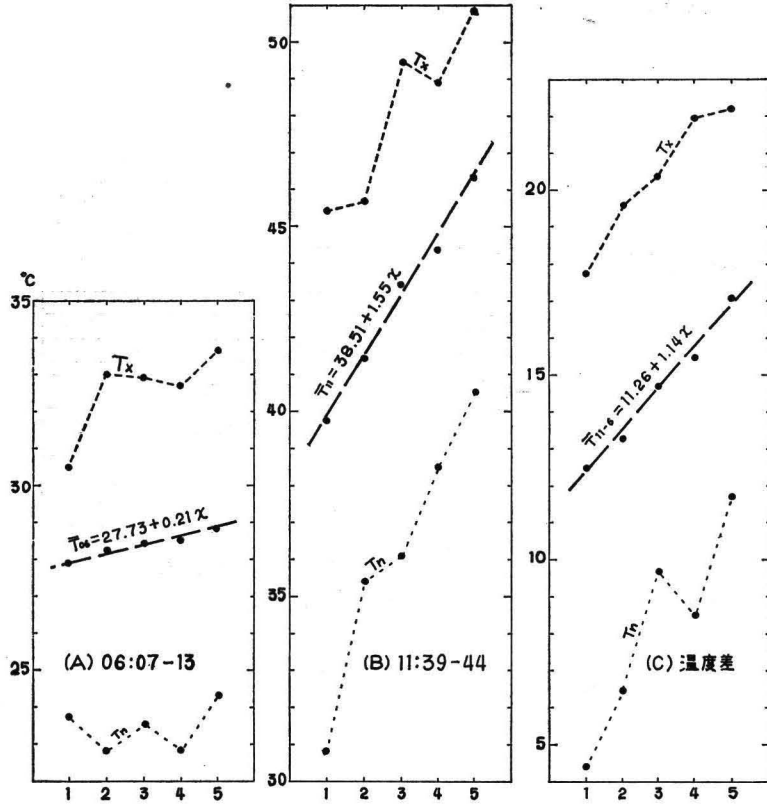


図8 裸地・人工構築物率と地表面温度の関係

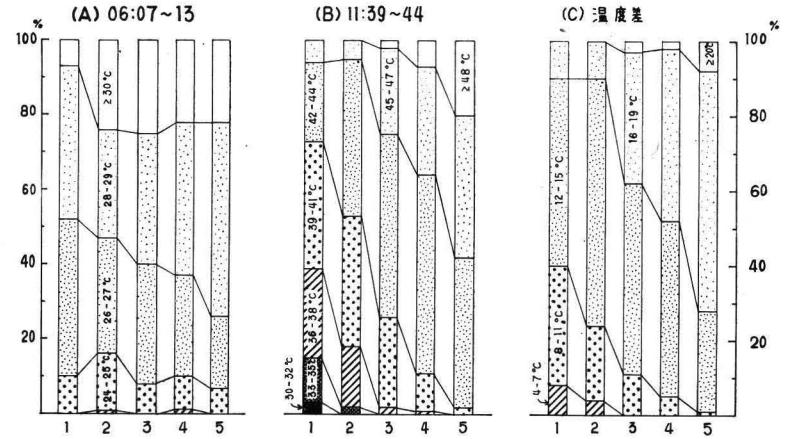


図7 裸地・人工構築物率クラス別地表面温度の百分率

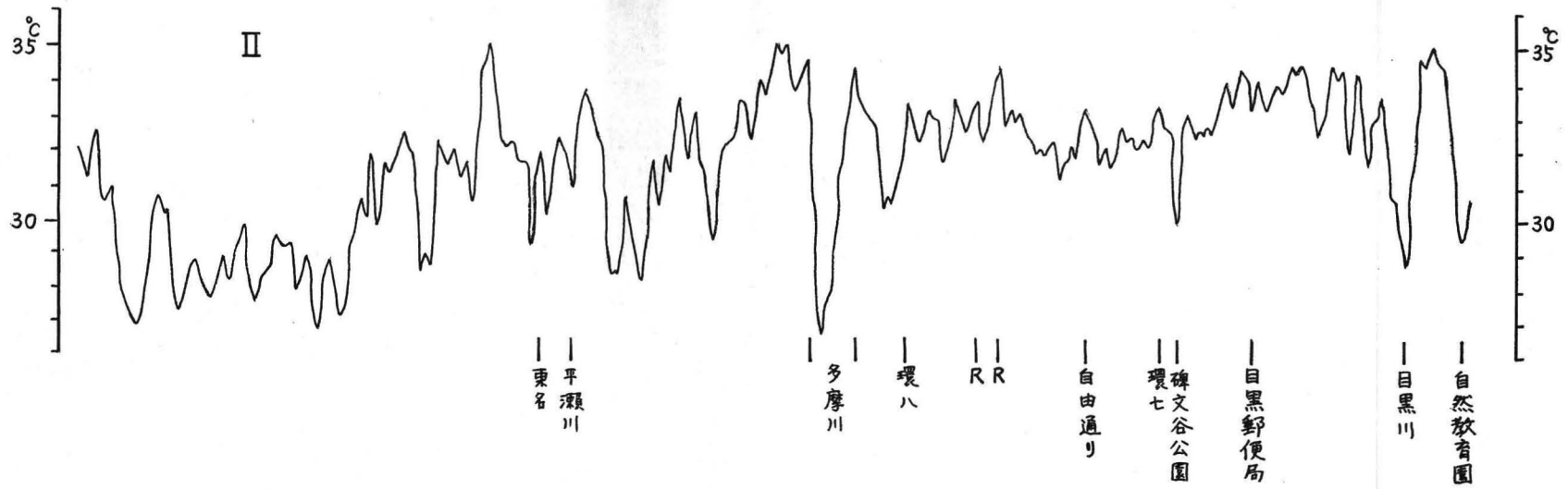
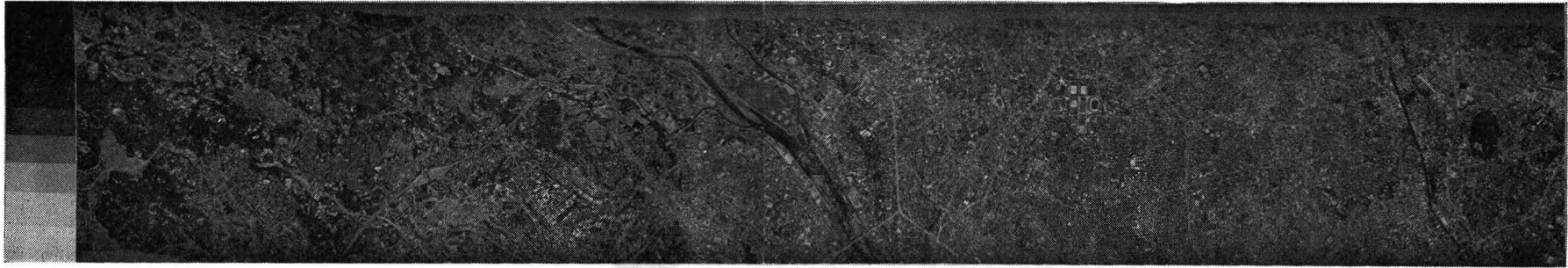
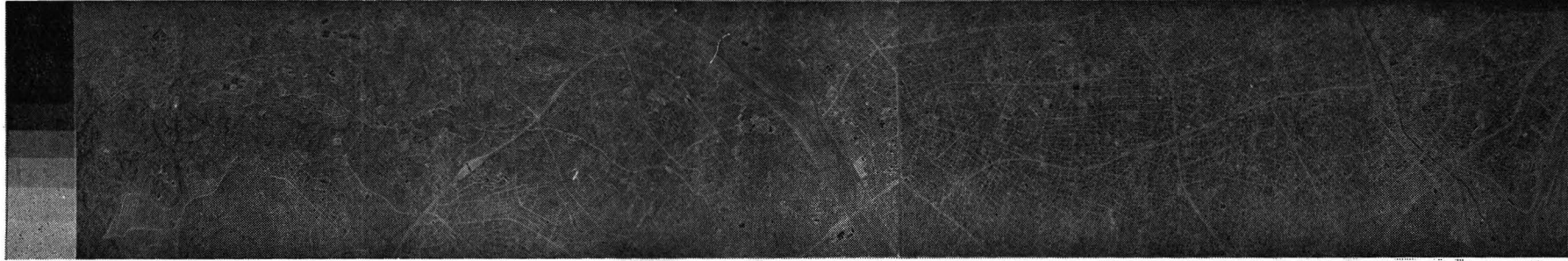
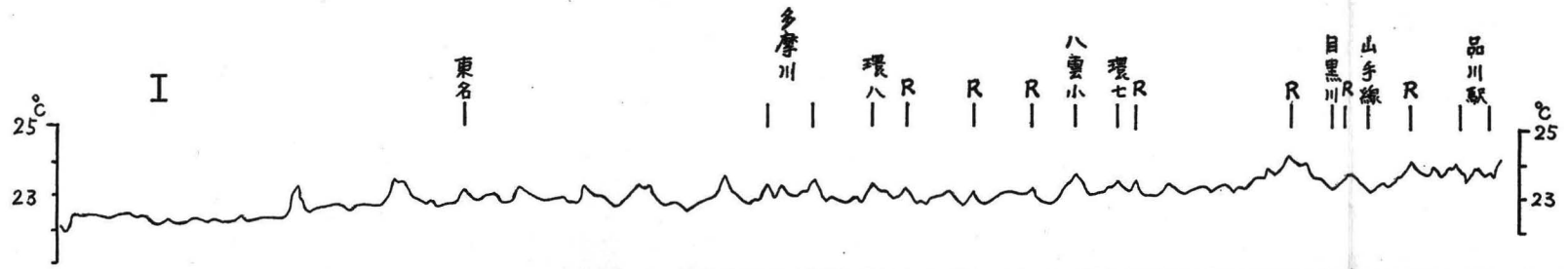


写真1 赤外線映像とPRT-4による放射温度断面(1973.8.22)

I : 06:07~13, II : 11:39~44, R : 主要道路