

多摩川流域の大気環境に及ぼす 地表面の熱的能力に関する研究

1981年

会 田 勝

横浜国立大学教育学部助教授

目 次

第1章 緒 言	1
第2章 測定方法	2
1. 航空機観測	2
2. 地上気象観測	3
第3章 航空機観測と解析	4
1. アルベド観測	4
2. MSS観測	6
3. MSS観測と気象解析	8
第4章 地上気象観測および気象解析	13
1. 観測の概要	13
2. 月平均からみたヒートアイランド強度の日変化	14
3. 1979年10月16日の事例解析	14
4. 1980年1月8日の事例解析	16
5. 1980年7月15日の事例解析	18
6. 1980年9月12、13日の事例解析	19
7. 地上日射、放射観測	20
第5章 結 論	22
付 録	24

多摩川流域の大気環境に及ぼす
地表面の熱的能力に関する研究

研 究 組 織

横浜国立大学教育学部	会 田 勝
	谷 治 正 孝
アジア航測株式会社	高 橋 佳 昭

多摩川流域の大気環境に及ぼす
地表面の熱的能力に関する研究

研究組織

横浜国立大学教育学部

会田 勝

谷治 正孝

アジア航測株式会社

高橋 佳昭

第1章 緒 言

多摩川とその周辺流域は、東京という大都市と自然環境との接点となって今日に至っている。流域の開発は古くから行なわれているが、都市に住む人々にとっては同時に自然環境の保存も望まれるところである。

このように、都市域の拡大に伴う都市と自然環境との対比は、そこに新しい特有な現象を生じさせるが、なかでも大気環境（気象環境）では都市の温暖化に伴う様々な現象が生じて来ている。それらの現象には、もちろん、都市、工業活動による直接的な熱や汚染物質の放出が影響しているが、そのこととは別に自然環境と人工環境が持つ基本的な物理的特性の違いが作用しているものもある。すなわち、太陽からの日射エネルギーを地表面で吸収して日々の下層大気の熱変化が発生するわけであるが、その自然エネルギーを吸収する過程において、都市と自然表面とは異なる特性を持つのである。その結果、都市と周辺との間に熱的な差異が時間の関数として存在し、特有な現象が発生する。そこで、この研究では、地表面が持つ熱的な性質の違いを、特に日射エネルギー収支の観点から追求し、その熱作用の違いがその上の大気に及ぼす影響を調査研究しようというものである。

この研究の手法は、まず航空機によって地表面の日射に対する反射特性を明らかにすることから始められるが、解析の観点は、全波長日射の反射率（アルベド）の分布とMSS（マルチスペクトラルスキャナー）による波長別反射の分布の測定にしばられる。前者は地表面によって吸収される日射の全量とその分布を知る上で重要であり、後者は地表面構成の解析にMSSを利用する方法を検討するものである。

本研究の実施は1979年夏から80年秋までの間に航空機観測が行なわれ、その成果の解析が引き続いて行なわれた。日射アルベド測定及びMSS測定の実施には、アジア航測KKの全面的な協力を得た。また、地上気象観測は、日野市の旧農水省蚕糸試験場日野桑園の協力により、2年間断続的に圃場を利用して行われた。また、MSS観測モニター用として、日野橋にて多摩川水温の測定もなされた。なお、1980年1月の観測では都市内外の地上気象測定を実施するために、東京杉並のいすずオート東京南販売の協力を得て、気象要素の垂直分布の測定も実施された。この時、日射観測は早稲田大学屋上でも併せて行われた。これらの関係協力機関には、本報告書をまとめるにあたり、改めて謝意を表明したい。

第2章 測定方法

1. 航空機観測

航空機観測は、a) 地表面日射反射率(アルベド)の測定と分光放射測定(MSS)の二方法が実施された。その方法、経路等について次に記す。

a) アルベド測定

日射の全波長が地表面によってどの程度吸収反射されるかを見積もるために、東京都心を中心に周辺領域までの測定を従来から行なって来たが、その研究の延長上で多摩川地区のアルベド分布の測定を行なった。測定機器は次のとおりである。

航空機 パイパーセネカ(アジア航測)フライトレベル1500ft(450m)

日射計 ネオ日射計(上向き、下向き各1台)(英弘精機製)

カメラ 魚眼カメラ

測定日時 1979年8月2日

1980年1月8日

観測ルートは図2-1に示す東京横断経路とし、地表面と航空機との間の大気補正のデータを得るために、相模湾上で海面上30mのレベルから標準フライトレベル(450m)までの高度別測定を行なった。この測定に基づく大気補正の方法については、ここでは詳述を避ける。日射計による上向き、下向きフラックスの測定と魚眼レンズによる測定点の標定を同時に行ない、飛行経路のデータから飛行経路以外の地表面のアルベドを推定する方法も導入された。

b) MSS測定

地表面による反射特性を波長別に測定し、表面構成による特徴を捉えるために、都心の新宿から八王子方面にかけて、ほぼ中央線沿いの横断観測を行なった。(図2-2)この測定では特に可視域の反射と赤外域の熱バンドを利用した地表面放射温度の測定を主眼として、その放射輝度情報に含まれる都市・自然環境の差異を見出すことを目的とした。測定機器の内容は次のとおりである。

航空機 パイパーアズテック、フライトレベル6600ft(2000m)

MSS測定器 Deadalus DS-1250

MSSバンド波長域

バンド	2	420~450 (nm)
	3	450~500
	4	500~550
	5	550~600
	6	600~650
	7	650~690

- 8 700～790 (nm)
- 9 800～890
- 10 920～1100
- 11 8,000～14,000

解析用CCT変換波長域

- バンド 5 550～600 (nm)
- 7 650～690
- 9 800～890
- 11 8,000～14,000

測定日時	フライト	時刻
1979年10月16日	F2	9:38～9:47
	F3	11:20～11:29
1980年 1月 8日	F1	9:06～9:17
	F3	11:54～12:05
	F5	15:23～15:33
1980年 7月15日	F1	10:00～10:10
1980年 9月12日	F1	9:02～9:12
	F2	11:08～11:19
	F3	16:21～16:33
1980年 9月13日	F1	11:59～12:12

MSS測定データの処理はFMテープ記録よりAD変換し、本学計算機の処理に可能なCCTに変換することとし、この処理についてはアジア航測KKにて行なわれた。CCTテープ内容及びデータ処理については付録2-1にて詳述する。

2. 地上気象観測

上記b)のMSS測定と対応させて、その測定日を含む約一週間の期間に東京日野市の旧農水省蚕糸試験場圃場にて、地上気象観測を実施した。観測の目的は、日変化による地表面の加熱・冷却に伴う熱収支の解析にあるが、同時にMSS測定の大grund truth(ground truth)の役目も果たす。この測定では日野橋にて多摩川水温の測定も行なわれ、MSS熱バンドのモニターとした。また、1980年1月の測定では杉並区のいすずオート東京南販売において都市気象の観測も平行して行なわれ、周辺域との比較・検討も試みた。観測項目は次のとおりである。

地上風向・風速・気温・湿度・日射量・地表面放射温度[※]・地中温度[※]・分光日射計[※]

(※印は測器の都合で欠測の場合もある。)

これらの観測資料と東京都、神奈川県の上観測データ、及び気象庁のアメダス観測点資料から、地上気象の場をとらえる解析も行なわれた。

第3章 航空機観測と解析

1. アルベド観測

これまでに都市とその周辺域の熱構造をとらえるために、地表面によって吸収される日射量を評価する基本量として、地表面アルベドの分布を観測して来た。多摩川流域においても、このアルベドは地域の特徴を代表する重要な因子であるので、この研究の一環として、まず最初に、アルベド観測の解析を紹介する。

東京を対象とする航空機によるアルベド測定は、1978年以降、断続的に季節変化を追いながら続けられてきたが、本研究助成金を得て更に観測例を増加させることが出来た。また、アルベド観測と同時に後述のMSS測定も可能となった。アルベド観測ルートは、図2-1に示すように従来から東京の後楽園を中心に、東西のAA'ルートと南西から北東へのBB'ルートとして来た。測定高度は地上から450mであるが、その間に挟まれている気層による反射の補正は、図3-1の下部に示すように、海上での降下実測により大気補正パラメータを決定して、それを都市域にも応用して行なわれた。この補正方法では、都市大気を海上大気と同一視しているわけであるので、当然のことながら補正上の誤差をもたらすが、現段階では都市上空では種々の規制もあり、やむを得ないものとする。なお、この点の改良には都市内の高層ビルを利用する方法もある。

図3-1は東京横断測定の一例を示すが、この図に見られる都市域と周辺域のアルベドの特徴は、次のようにまとめられる。まず、3月から11月にかけて都市周辺域では、植生の盛衰によりアルベドが大きく変化している。(3月は冬枯れの頂点であり、8月は植物が繁茂している頂点と考えられる。)これに対して、都市の中心部では、季節を通じてアルベド値は一定に近い。この差異は、都心部における植物の少なさと表面材質が固定化され、石質化されていることを示している。この測定のもう一つの特徴は、都市域のアルベド値が低い点である。東京の都心部は周辺部に比べて相当低くなっており、この傾向はアルベドの低下現象、すなわち日射の吸収作用が都市の高温化の傾向と一致することを示している。

また、周辺部との対比では、特に田園地帯で著しい。これは自然の植生状態とは違って、田畑による平均化・均一化とそこに茂る反射性の高い植物相がアルベドを大きくしているわけである。都心部と周辺部との対比をこれまでの測定からまとめてみると、表3-1のようになる。表において、都心部のア

ルベドの低下が周辺部に対して夏期では20%にも及ぶことに注目したい。しかし、このアルベドの低下率が、そのまま日射の吸収増加率になるのではない。なぜならば、一般にアルベド値は小さいので、吸収率に直すと(吸収率) = 1 - (アルベド)は相対的に1に近い値になり、吸収率の周辺部との差異は夏期で約3%程度である。この値は地表面に到達する日射量の3%が余分に吸収されることを意味しており、人口熱源や電力消費と比べて必ずしも小さな値ではなく、今後の都市熱環境の一因子として充分考慮されるべきものである。

次に、このような線状の測定から、航空機測定を行っていない広域のアルベド分布マップを作成してみる。これは地表面の土地利用形態と先の実測とのつき合わせを行なった結果、実測地域以外の地域の土地利用からアルベドを推定したものである。その方法は、アルベド測定時に同時に魚眼写真を撮っており、その写真中の土地状態を7つの区分に分類して、それぞれの成分の平均アルベド値を求めたものを用意し、逆に土地利用からアルベドを推定するものである。(図3-2)

図3-3 a、bは、そのようにして求めた東京周辺のアルベドの2kmメッシュマップの一例である。図3-3 aは航空機実測に基づく1978年8月28日のマップであり、図3-3 bは同日のマップをランドサットの画像を利用して推定したものである。ただし、このランドサット画像は同一日時のものではなく、1979年5月21日の画像を、先の実測に合わせてアルベド値と画像データとの間の関係式を求めて推定したものである。両者の一致は必ずしも良いとは言えないが、アルベドの都心部での低下と周辺部での増加をランドサット画像からも推定出来ると考えられる。両者における差異の一つは、関東西部における山岳の効果にみられ、航空機観測で測定された森林の低アルベドがランドサット画像ではよく現れていない。その理由としては、測定時刻の違いと季節的条件の違いが考えられるが、根本的には同一日時の測定がなされるまで不明である。(図3-3 a、bはアルベド値を記号化して印字したものであるが、更にマイクロコンピュータによるカラー化した画像を図3-4 a、bに示す。これは、それぞれ図3-3 a、bに対応するものである。)ランドサット画像の利用は、航空機測定が行なわれた領域におけるバンド4から7の放射輝度とその領域のアルベドとの間の関係式を作り、推定アルベド値と実測値とが最も相関が高くなるように係数を決定した。今後、このような方式で、航空機測定を行なわなくてもある程度の精度をもったマップを作成することが可能と考えられる。

アルベドマップを多摩川流域に合わせてみると、最も特徴的なことは市街地の拡大に伴うアルベドの低下と季節変化の減少ということである。これは言い換えれば植物相の後退ということが夏の日射エネルギーを反射する能力を失うことを意味するので、大きな環境の変化を招くことになる。このことは日射の反射のみならず、吸収された日射エネルギーが水分含有量の低下に伴い直接的に顕熱化するため、表面温度の上昇をもたらすことにも通ずる。一方、奥多摩地方でも山岳と森林により低アルベドを呈しているが、そこでの日射吸収は市街地の低アルベドとは植物相の存在により全く質的に違うものと考えられる。

2. M S S 観測

日射のアルベド観測は、全波長の積分値としての地表面の吸収能力を評価するものであるが、M S S は波長別に地表面の反射特性を検出することが出来る。M S S の利用についてはこれまでに様々な実例があるが、本研究では都市・周辺部の地表構造を定量的に特徴づける因子を探し出すことを主眼とする。特に赤外部の熱バンドのみに限らず、可視・近赤外バンドの情報を定量的に取り出す方法を試みた。

測定領域は図 2-2 に示した新宿-八王子のルートであるが、そのうち解析に利用したのは図 2-2 中のエリア番号 1~13 の限定領域である。この領域の面積は約 3.2km×1.5km である。この領域の選定は、新宿市街地から八王子の自然環境までの特徴的な部分を代表するようにしたが、毎回のフライトで雲やフライトコースの変更などの影響を免れた最大公約数的な部分を採用したものである。このうちエリア 1~3 は市街地を代表し、エリア 4~7 は比較的状态の様な住宅地と考えられる。また、エリア 8~11 は多摩川を含む地域の代表であり、12、13 は自然状態の多い地域である。更にこれよりも西部の地域への飛行も試みたが、一般に気流が悪く欠測が多いので、解析はエリア 13 までとした。これらのエリアに含まれる可視から赤外までの 4 バンドの反射光及び射出光の情報を取り出すわけであるが、ここではコンピュータの処理能力を考えて、50m×50m の単位面積当りに平均した各波長毎の輝度を基本単位面積とした。すなわち、各エリアの中で 1920 個の単位面積に含まれる輝度の頻度分布をヒストグラム化することによって、各エリアの特徴、エリア間の変化を捉えようとするものである。

この測定は、太陽の日周運動による日変化と季節による地表面活性の違いを求めようとして計画されたが、現実には飛行期間の設定と雲の発生により必ずしも十分なデータが得られたわけではない。しかし、幸いにも第 2 章に整理したフライト記録のように、一応の季節変化と夏期と冬期の日変化を捉えることが出来た。図 3-5 は、このヒストグラム解析を各フライト、各バンド毎に行なったものであり、フライト順に編集してある。ヒストグラムの横軸に相当する放射輝度や放射温度の求め方については、付録 3-1 を参照されたい。図の読み方は、図 3-5 の説明に整理してある。

この図に従って、都市域から多摩川をはさみ周辺域までの放射輝度特性を解析するわけであるが、従来の M S S バンドの特性をここに整理しておく。これまでの M S S 技術によると、我々が使用したバンド 5 (550~600 nm) は可視域のほぼ中心に位置し、主として石質物質の表面で反射率が高い。これに対して近赤外のバンド 9 (800~890 nm) では、植物の緑による反射が高いことがわかっている。この中間のバンド 7 (650~690 nm) は人間の眼の可視限界に近く、両者の中間的特性を持っている。一方、赤外の大気の窓領域を利用したバンド 11 (8.0~14.0 μm) は、地表面の射出放射をとらえ、黒体相当の放射温度として利用されている。放射温度には射出表面の射出率と中間に存在する大気の吸収・射出作用が影響するが、この放射温度を一つの示標として、地表面温度分布の変化を解析することが出来る。

さて、図 3-5 のフライト例に従ってその特徴をみてみよう。図 3-5 で 1979 年 10 月 16 日の例。フライト 2 では朝の状態をとらえているが、バンド 5 とバンド 7 において、エリア 1、2 の市街地

とエリア4～9で輝度に比較的高い値が出ている。ピークは全体として同じ位置にある。エリア3の低い輝度は、雲の影響と考えられる。それでも全体の傾向として、エリア10～13の分布は、やや低い方に多いように見える。一方、バンド9では市街部で輝度の低い方に、周辺部で輝度の高い方に片寄っている。これらのバンド5、7及び9の傾向は、前述のように表面素材の分布の違いを示している。更にバンド11の赤外では、放射温度は市街部で高く、周辺部に行くに従って低い方に移行していることが認められる。フライト3では、南中時に近い測定であり、放射輝度は上昇している。バンド5、7では市街地のエリア1～3で輝度の高いものが現れてくる。バンド5の特徴は、市街部でみられる高輝度の存在と全域を通じて認められる高いピーク（これは、ごく代表的な建築構造による陰影部と考えられる）と、エリア9～13に現れる周辺森林・樹林による暗影部分の存在である。この樹林による暗い部分は中間のエリア5にも認められるが、これは神代植物園等の森林に相当する。一方、バンド9では、市街地における分布の集中化と周辺部の輝度の上昇と広がり特徴であって、後者は植物相の反射に対応している。バンド11の放射温度も、この時刻では相当上昇している。フライト2と3をこのバンド11と比較すると、エリア1、2のヒストグラムの形にはほとんど変化なく全体が昇温しているが、周辺部のエリア7～11では温度分布が広がり、かつ都心部に比べて少し昇温が遅れているのがわかる。これは、植物相を含む自然環境がもつ潜熱効果と考えられる。この日は、このあと雲が多くなり、第3回の夕刻のフライトは中止となったが、午前中の変化から植生を含む地表面の熱作用の違いが測定されたと言える。

次に冬期の例として、1980年1月8日の3回のフライトをみると、朝のフライトではバンド5の可視光による反射は、全域であまり違わない。これは冬期のため植物相の影響が薄らいでいるためと考えられるが、バンド7、9ではそれでもなお周辺部の常緑樹、針葉樹の影響を反映している。一方、バンド11の放射は低く0℃近辺に分布しているが、周辺部の方がわずかに高温側にピークがある。これに対し、昼のフライトでは輝度の分布は非常に拡大されているが、全体の傾向に大きな差異は認められない。この場合、エリア1、2は、ノイズのため不正確な値が入っているので欠測と考えなければならぬ。バンド9においても同様だが、10月の場合と同じく都市部で分布の幅が狭い。このバンド7～9における値の拡大は、当日の弱風によるヘイズの影響もあると推定される。（図4-11参照）バンド11では表面温度が10度以上昇温するが、都市と周辺部との差は10月の場合とは逆転していて、これは植生効果が周辺部で少ないことと、都市部における日射の減衰のためと考えられる。（地表面における日射については、第4章参照）

フライト5は夕刻に行なわれたため、全体に輝度が小さく、しかも分布の幅が狭くなっている。バンド5、7、9の傾向は、いずれも前出のものと同様変わらない。バンド11では、わずかではあるが周辺部の方が低温化が早いことが認められる。これは第4章で述べるようにヒートアイランド形成と対応していると考えられる。

1980年7月15日の例。盛夏の一例として貴重なデータであるが、あいにく雲の発生のため、日

変化を追うことは出来なかった。しかし、バンド5では都市型ピークと周辺部の植生によるピークが明瞭に区別される。都市型のピークは石質化物質からの強い反射光に対応する。また、バンド9でも緑の効果により反射率の高い方へのシフトが明瞭に現れている。特に日野橋のエリア8より多摩川をはさんだ両側は自然保存度が高く、その特性はバンド11の熱分布にも現れている。都市域の温度の集中化に比べ、この地域では温度分布は広がり、かつ平均的にも低温となっている。

夏期観測は気候不順のため期待したほどの資料が得られなかったので、9月に植生の効果を含めた日変化測定を行なったのが、9月12日、13日の例である。9月12日は雲と気流のため、一部データの欠測があるが、一応の日変化をとらえた。しかし、午前中のフライトでは散在する雲の影響を含むため、必ずしも良質のデータではない。朝のフライトでは解析可能エリアは少ないが、やはりバンド5に見られる都市型の分布とバンド9に見られる周辺部の高い輝度が認められる。地表放射温度は30℃近くにある。昼のフライトでは可視・近赤外の分布は一段と広がるが、夕方のフライトでは太陽高度が低く、光量が減少するため、輝度が急激に落ちて集中した。この時の方が昼よりもバンド9による緑の効果が明瞭となっている。バンド11も急速に低温化し、朝のレベルまで落ちている。この3フライトを通じて、都市部よりも周辺部の方が表面温度上昇が少ないことがわかり、これは先のアルベド測定に認められた傾向と表面素材の違いの効果と考えられる。

9月13日は昼1回のみでの測定であったが、9月12日の昼のフライトの追試となっている。バンドの傾向、特徴は9月12日と同様である。

以上のフライトデータは全て作図してあるが、このような解析例はこれまでになく、可視光領域への応用として充分有用であると考えられる。特にバンド5と9の組合せにより、植物相と市街地相の差異、特徴が明瞭に認められ、ヒストグラム化することによって平均値のみではわからない各表面の性質の違いを数量的パターン認識として理解することが出来る。市街部の均質化とその温度上昇の速さも、周辺部との対比で明らかに認められた。

3. MSS観測と気象解析

MSS観測が実施された時期における気象解析については、第4章において詳述される。すなわち、グランドトルースとしての地上気象観測と東京西部におけるバックグラウンド的な観測資料からの解析がなされている。しかし、本章では、MSS観測ルートにおいていかなる気象変化があり、かつまたその変化のうち特に地上気温がいかにMSS観測データと対応するかを解析するために、MSS観測対象地域の気温、湿度、風向風速の時系列をおさえておく。そして、その変化の中で、地上気温とMSS情報との対応関係の解析を試みる。

MSS観測の領域は図2-2に示された新宿付近のエリア1から八王子方面のエリア13に至る東西帯状の地域である。一方、これを含む東京西部の気象バックグラウンドは図4-5の地図に示された領域で、図4-5aから図4-19pまでに全ての観測日の温度・湿度・風系が示されている。この図に

については第4章で詳述するが、この気象パターンからMSS観測領域の気象変化を切り出して、エリアの平均値の日変化を図3-6に示し、その特徴を調べてみる。

図3-6aは、1979年10月16日の例で、3時から24時までの温度・湿度・風系の時系列を示す。横軸は、右端のエリア1が新宿に対応し、左端のエリア13が八王子方面に対応する。横軸の各エリアの間隔は、エリアの中心を実際の距離に比例してとってある。この日の特徴は、都心の方が日中と夜間を通じて、温度が高いことと、湿度も都心の方で日中に高いことである。また、都心では、夕方になっても、温度は下がりにくくなっている。日中の都心は、高温多湿型であり、夜間は相対的に高温低湿である。この日は好天日の温度・湿度変化が現われている。多摩川流域では、夜間の冷却とともに風の弱まりが認められる。

図3-6bは、1980年1月8日の場合である。この日も、昼夜を通じて都心の方が温度が高く、周辺部との差は2℃程度である。湿度の変化は都心の方がやや遅いが、日中は全域であまり変化がない。日中の都心は、高温低湿である。また風系の北東気流は、都心の方へ入りやすい。

図3-6cは、1980年7月15日の例である。この日の特徴は、郊外の住宅地で温度が高いことであり、日中は都心の方が高温であった。これは、郊外における風系に対応している。この日は都心部でやや雲が多かった。

図3-6dは、1980年9月12日の例である。この日は、1日中南風が吹き込んでいたので日中の温度分布に地域差は少ない。しかし、夜間には都心部で高温が認められる。エリア8から13にかけて日中高温が認められるのは多摩丘陵を越えた風系のフェーン効果による影響と考えられる。これは都市と周辺部というスケールの問題ではなく、より大きな地形の影響である。エリア5付近の住宅地では、明け方と夜間に高湿が認められ、日中の湿度も周辺よりやや高い。この理由を風系から考察すると、この地域には南風の吹きぬげが強く、太平洋からの水蒸気が運ばれていると考えられる。この日は雲が多く、気温の変化はゆるやかであった。

図3-6eは、1980年9月13日の時系列を示す。日中では、郊外が高温低湿、都心で低温多湿であった。夜間は、都心で高温多湿型である。風は、日中強く、夜間は静かであった。しかし、夜間の低温化はあまり目立たない。多摩川流域の高温低湿は、前日同様フェーン効果の影響と考えられる。

次に、MSSデータと気温との関係を都市と周辺部を対比させながら考察する。その方法は、バンド11から得られる地表面放射温度と気温の時間・空間解析による。まず、冬期の例として、1980年1月8日の3回のフライトを図3-7aに示す。一般に夜間の地表面温度は気温より低く、日中は気温より高いが、この日の場合、9時ごろに気温と地表面温度は交差している。そして12時には地表面温度は気温より高くなり、やがて15時30分の時点では低くなっている。そのような大まかな変化の中で都心と周辺部との差を、この図から読み取ってみよう。図の縦軸は温度であり、横軸は各エリアの空間座標である。(図3-6と同じ)

9時のフライトでは地表面温度は全域であまり大きく変化していないが、エリア7、8、9では多摩

川の水温と河原の影響で高温になっている。なお、ここで用いている地表面温度と気温は、図2-2に示した各エリア(3.2km×1.5km)内の平均値である。9時における気温では都心のヒートアイランドの影響が早朝でも残っているのがわかる。また、多摩川流域のエリア7、8、9には川の影響と思われる気温の上昇が認められる。

12時の地表面温度は、フライト領域の地表面素材の違いを明瞭に示している。エリア8の日野橋以东と、エリア9以西の植生面の多い地域では、地表面温度に大きな差が認められる。しかし、気温にはその領域で大きな差はない。この時、図3-6b3の風系を参照すると地域による気温差の少ないのが理解できるが、多摩川を境にして西部で地表面温度が低いのは、森林などの植生とそこに含まれる水分の効果で、表面温度が上昇しないものと考えられる。エリア8の高い地表面温度は、河原の影響と考えられる。ただし、この時の河川水温は約6℃であった。(図4-22参照)

15時30分のフライトでも多摩西部で低い地表面温度が観測された。都心部の気温の上昇は、この図からは地表面温度の影響とは直接には考えられない。

図3-7bは、9月期における日変化を示す。この日は、地表面温度と気温の関係においても強い南風の影響が現われている。9時には気温が地表面温度より高く全域であまり大きく変わらない。この日は、雲がやや多かったが、風の影響が強く現われていると考えられる。12時のフライトでは、地表面による日射の吸収と、地表面素材の分布の違いにより、地表面温度は都心部で高く、多摩川西部で低くなっている。それにもかかわらず、気温にはあまり明瞭な地域差はないが、多摩川西部で高温域が存在する。この傾向は9月12日、13日の両日で認められ、その原因としては、図3-6d3、e3で示したように、強い南風によるこの地域のフェーン効果と考えられる。16時30分のフライトでは、時間による日射の弱まりにつれ地表面温度が下がって行ったのがわかり、都心と周辺部の差違も小さくなったのがわかる。この時の気温には、やはり風の影響で大きな差違は認められない。この時期の観測においても多摩川西部では、植生と土壌水分の効果により地表面温度の上昇が抑えられているのがわかる。この図には9月12日の3回のフライトとともに、13日の南中時ごろのフライトが示されているが、12日と13日でほぼ同様なパターンが観測されている。

暖候期の例として、10月と7月の観測例を図3-7cに示す。いずれの場合も日変化を示すのに十分なフライト回数は得られていないが、午前中の事例解析は可能である。10月16日の例では、好天のため地表面温度の上昇は早く、その空間分布も明瞭に都市と周辺地域の違いを示している。特にエリア1から3の都心部で高温となっており、その影響は気温の上昇に反映している。一方、エリア8では河原の表面温度上昇が認められ、それを境に多摩川西部で低い表面温度となっている。同様な傾向が7月15日のフライトでも観測された。エリア6で認められる高い地表面温度はこの地域の裸地の影響と思われる。この図は9月12日の事例を補足しているといえる。

以上は、地表面温度と気温の関係をMSSのバンド11を使って時間的空間的にとらえたものである。そこで、そのパターンを理解するために、さらにバンド5、7、9の特徴を同じ時間的空間的パターン

でとらえてみよう。その際、各エリアにおける各バンドの放射輝度の平均値とその標準偏差をパラメータに使うことにする。

図3-8 a 1は、図3-7 aに対応する冬のバンド5の放射輝度分布である。朝9時から夕方15時30分までの輝度パターンは、図3-7 aのバンド11（地表温度）に準じた変化を示している。高い輝度の領域は、都心部とエリア8の日野橋付近で認められる。いずれも、高い反射率をもつ表面からの上向き反射と考えられる。前節で述べたアルベド観測によると、この時期の都心部の反射率はあまり大きくない。しかし、高い反射率をもつ表面素材の多い領域では、高い輝度が観測された。この原因は、アルベドにおけるフラックスの値とMS Sにおける垂直上向きの輝度との差によるものと推定される。

図中の縦線は、バンド5の輝度の標準偏差を示す。このばらつき的大小は、地表面構造とその素材のばらつきに対応している。一般的に、太陽高度が高いとばらつきも大きくなるが、空間的には、エリアの特徴を示すパラメータでもある。9時のフライトでは、都心と多摩川西部でばらつきが大きく、エリア6の住宅地では、ばらつきが小さい。12時のフライトでは、逆に多摩川地区の方が、ばらつきが小さいようである。

図3-8 a 2は、バンド7の輝度分布とその標準偏差を示すものである。時間的・空間的分布は、ほぼバンド5に準じている。

図3-8 a 3は、バンド9の分布を示す。この特徴は、空間的にバンド5、7とは逆分布をしている点である。バンド9は植物に対して高い反射特性をもっているため、輝度の大きい領域は植物相の面積の大きさに対応している。従って、都市開発の進んだエリア1から6の領域は、多摩川西部に比して常に低い輝度を示している。また、多摩川西部に認められる日中の大きな標準偏差は、植生と裸地や住宅地の混在を示すものである。

以上の解析によると、エリア8から13ではバンド5、7の反射率も表面温度も相対的に低いことがわかった。低い反射率は、逆に高い吸収率を与えるものであるから、必然的に地表温度は高くなるはずである。しかし、実際には、地表面の熱容量と植物による水蒸気発散のために、植生の多い多摩川西部地域では、地表温度は上昇せずにむしろ低温となっていると考えられる。冬の場合は、大気中の湿度の空間分布はあまり大きく変化しないが、図3-6 bに認められる西部での乾燥の遅れには、この影響があると考えられる。

9月期のバンド5、7、9は、図3-8 bに示されている。バンド5と7は、都心部からエリア8にかけて高い輝度を示し、多摩川西部では低い輝度となっている。この時期でも、輝度は太陽高度に比例し、ばらつきの標準偏差も大きい。9月12日の9時のフライトは、多摩川西部で雲のため低い値を示しており、エリア11から13は観測されていない。バンド5、7においては、ばらつきの幅は多摩川西部の方が小さい。一方バンド9では、この時期に植物の影響が明瞭になり、エリア13の方からエリア1にかけて輝度が小さくなっている。ただし、9時のフライトではエリア10に雲の影響がはいっている。標準偏差も同様に植生域の存在を示している。

暖候期の例として、さらに7月と10月のフライトを図3-8cに示す。日変化を追跡するほど資料はないが、ほぼ9月期の測定を補足しているといえる。

以上のように、バンド5から9の地理的情報を組み合わせることによって、多摩川地域の植生の効果と市街地地表面のもつ特性の違いをとらえることができる。この様子は前節で述べたヒストグラム解析からも明らかになったが、ここでは気温分布の時間変化と放射輝度の対応関係を理解することができた。

最後に、各エリアの平均値を作るにあたってエリア内の面積の効果を検討しておく。これまでに述べてきた解析では、エリアは飛行機の直下を含む南北3.2kmの範囲を採用していたが、その中では南側から太陽放射がさし込むために南北の輝度分布に大きな開きがあった。特にその影響は可視光のバンド5や7で強い。そこで、そのエリアよりも小さい飛行機の直下のエリア(これを \pm エリアという)をとり、平均値の違いを検討した。その様子を示したものが図3-9である。バンド11は、地表面温度を示し、その季節変化を1月と9月の例でみると、9月13日の例では、市街地ではその差が認められないが、多摩川流域で値が変わる。 \pm エリアは対象地域が狭められるため、相対的に解像度が向上する。そのためエリア8の多摩川の効果はより鮮明になり値は小さくなっている。さらに、西方のエリア11、12では、飛行機直下の小市街地の影響が現われている。1月の例では、 \pm エリアをとることによって、市街地の凹凸の効果が現われる。すなわち、全エリアでは、凹凸面南面の温度上昇の影響が含まれるので、 \pm エリアよりも若干平均温度が高くなっているのがわかる。これは、建物の南面に当る冬の日差しを想い起こせば容易に理解できる。

一方、バンド5では \pm エリアの差はより明瞭である。9月の場合では、凹凸南面からの後方反射が市街地や周辺部で強く、全エリアは \pm エリアよりも大きな値を示している。しかし、その効果は、植物相の多い多摩川西部では少ない。それは、南面反射を引き起こす領域が植物に被われていることに対応する。一方、1月の場合は凹凸南面からの反射とともに低い太陽高度による鏡面反射の影響もあるので、全エリアの輝度は \pm エリアの輝度よりも全般的に大きい。このように、凹凸面と反射輝度との関係を用いることによって、植生面や市街地の特性を明らかにすることもできる。

第4章 地上気象観測および気象解析

地上気象観測は航空機によるリモートセンシング観測のグランド・トゥースを得るのを主たる目的として行なわれたが、同時にヒートアイランドを熱収支的に考察する補助としても行なわれた。しかし、熱収支の各項を算定するのに十分な観測は器具の関係などから不可能であったし、また観測の行なわれた場所も都市的環境のところではなく、日野にある農林水産省蚕糸試験場日野桑園[※]で、むしろ、樹園地、草地上の微気象を観測したことになる。そこで本章では地上気象観測の概要とその結果を述べる他に、他の地上気象観測結果を使用して、東京西部地域のヒートアイランドの日変化について論述する。

※ 註、1979年10月と1980年1月の観測時には桑園であったが、その後当該機関の筑波移転に伴い、桑園はとりはられ、桑園跡地として現在は草地となっている。

1. 観測の概要

飛行機によるMS S観測の行なわれた日の前後、数日間づつ、日野桑園の広い圃場の中央で地上観測をした。飛行機観測時に赤外放射温度計で草地の表面温度を観測した他に、簡単な塔をたて、次の気象要素を自記記録計により計測した。

- ・乾球・湿球温度……………地上約0.7mから6mまでほぼ対数等間隔に4層。
- ・水平面日射量および波長別日射量。
- ・地温……………地表下1cm、5cm、15cmあるいは1cm、10cm、50cmの3層。
- ・風向・風速……………地上7.2mと1.5mに2次元超音波風速計をおき、風向・風速とそれぞれの変動度（風向・風速変動の標準偏差）を2層。

1980年1月の観測には、杉並区和田のいすずオート東京南販株式会社屋上にある無線塔を利用し、日野桑園と同様の気象観測をした。しかし、この観測点は青梅街道近くの環状7号道路に面し、全く都市的環境の中にあるため、センサーの配置は日野とは全く異なり、両点の観測結果を単純に比較することはできない。風向風速計は地上45cmの塔先端と、地上19mの塔中下部に設置したが、下の測器は塔による風の乱れの中に入って、良い観測資料を得られなかった。乾球・湿球センサーは地上45m、19mと屋上（地上13m）、及び地上1.5mに設置されたが、地上1.5mのセンサーは建物の南壁よりわずか50cmのところ設置せざるを得なかった。また、周囲が、コンクリートやアスファルトで固められており、地温の観測は行なえなかった。このため、杉並の観測は他の期間には実施しなかった。

前章にもふれているように他に、多摩川日野橋点において水温の観測を行なった。1980年1月に

は杉並区和田においても都営アパート(14階建て)屋上より地表面温度の測定をした。

2. 月平均からみたヒートアイランド強度の日変化

飛行機観測の行なわれた1979年10月、1980年1月、7月、9月について、気象庁のAMeDAS四要素観測点の毎時観測資料を収録し時別月平均をもとめた。図4-1は東京都心(大手町の気象庁)のヒートアイランド強度をみるために、東京と青梅の気温日変化および東京から各地点の気温を引いた差を棒グラフで示している。ヒートアイランドは一般に夜間に発達し、ヒートアイランド強度(都市気温)は最低気温出現時、すなわち日の出直前に最大になるといわれているが、図4-1aなどをみるとむしろ夜半前の方が、都市気温が大きく、夜がふけると小さくなるか、横ばいとなるのがわかる。この傾向は1979年10月だけでなく、1980年9月にも出ている。しかし、1980年1月の東京~八王子、東京~府中の温度差は従来の通説のように7時が最大となっており、7月もその傾向がある。この差は何に起因しているのか。図4-2によると、東京では、1979年9月や1980年10月には夕刻にベクトル平均風が弱く、深夜から朝にかけてはベクトル平均風速が増加しているが、1980年1月にはこのような日変化が弱く、1980年7月には一般風が南東のため、ベクトル平均風速は夕刻に最大で、深夜~早朝に弱くなる。図示はしていないが東京ではスカラー平均風速も1979年10月には21時が最小を示している。

風系の日変化による風速の夜半以後の増大が、郊外における夜半以後の接地逆転の発達を阻外し、その結果、都市気温が減少する。一方、都心では最初から逆転層が発達していないので、陸風が夜半に到達して風速があがっても、気温の上昇をみることはなく、冷却をつづける。このことが都市気温の日変化にあらわれていると考えられる。

ヒートアイランドは日中は弱まるが、平均的にみると東京では各季節、日中も存在する。中新井の1980年7月だけは、日中、都心より高温である(図4-1c)。新砂は東京湾岸にあるため、日中は、夜間にもまして、都心より低温であり、東京~新砂の気温差の最大は夕刻に出現している。

3. 1979年10月16日の事例解析

秋晴れを狙って10月15日から地上気象観測を行ったが、移動性高気圧がやや北に偏し、雲がやや多く、10月16日午前中に飛行機観測が行なえただけであった。この日の気象変化は日射観測の資料に示されている。(図4-3a)

(a) ヒートアイランドの時間変化と空間分布

八王子を基準にしてみた東京の都市気温は16日早朝は4℃前後であったが、16日夜には6℃に達した。しかし21時以後は都市気温は急速に減少している(図4-4a)。これは、八王子に21時以後やや北西風が強くなり、地上気温が上昇したのに、東京では 3 m/s 以上の風が吹く中、冷却が進行したからである。図4-5により気温分布をみると、16日3時には、都心部に18℃の高温部が

あり、典型的なヒートアイランドが形成されている。多摩川上流部福生付近には14℃以下の低温域があり15℃以下の低温域は、多摩川上流部から北岸の武蔵野台地へ広がっている。南岸の多摩丘陵上には小さな15℃以下の低温域があり、相模原には恒常的な小クールアイランドが存在する。6時になると気温低下はさらに深まるが、郊外の低温域の低下量より、都心の低下量の方が大きく、ヒートアイランド強度は相対的に弱まる。しかし、都心部のヒートアイランドは12時の図まで残り、15時には弱くなり多様化する。18時には再びヒートアイランド現象が出現しており、多摩川中流部の立川と府中にもそれぞれ小さな高温域がみられる。下流部南岸の下末吉台地の鶴見川の谷間を中心に19℃以下の低温域が一時的に出現している。これは谷間の観測点が早い接地逆転の発達をとらえたものである。多摩川上流部、福生付近と都心の温度差は21時には5℃に達するが、24時には3℃に減少し、前述の図4-4aにみられた現象と対応している。

図4-6は同日の相対湿度分布を示している。一般にヒートアイランドの中では相対湿度が低く郊外で高くなっており、分布パターンは図4-5と逆である。これは、都心内部の乾燥化を示しているが、湿度分布の方が、温度分布よりも、都市分布にきめ細かく対応し、温度分布のような海からの影響が少ない。例えば、3時の気温分布(図4-5a)では八王子の高温域はみられないが、湿度分布(図4-6a)では八王子に都心と同じ強さの乾燥域が狭いながら存在している。また3時(図4-5a)の16℃の等温線は東京中西部を南北にほぼ海岸線に平行に走るが、同時刻の85%の等湿度線は海岸線に無関係に南北に走っている。また都心の低湿度域はヒートアイランドよりやや内陸側に位置している。

夜間の多摩川上流部の高湿度域は日中解消し12時と15時には、低湿度域になっている。しかし、相模原南部、大和市付近の高湿度域は日中弱まりながらも存続している。16日夕～夜は再び郊外の高湿度域・都心部の低湿度域が発達するが21時が極大で、24時には郊外～都心の湿度差が減少する。

図4-7は風ベクトル場を3時間おきに示している。3時には関東山地からおいてくる山風域(図の西部)と南風域(図の南部)、東風域(図の東部)に分かれており、南風域が多摩川を越えて埼玉県にまで達している。山風は相模原台地でやや強く、多摩丘陵をこえたものは多摩川沿いに東流して登戸付近まで達している。6時にはこの山風は非常に弱まり、代って一般風の東北東風が強くなる。東北東風と南々東風間の局地前線は多摩川の北5km付近に多摩川にほぼ平行して存在する。9時には全域東北東風におおわれるが、都内北部のあたりに地形・地物の影響による局地的南風域が残存している。12時には全域3~4m/sの北東気流になる。この北東気流は午後になって次第に弱くなり、18時には早くも浅川上流域に山風が出現する。山風域は21時には日野橋付近まで達し、多摩川中流部、調布・狛江付近にも兩岸の台地・丘陵地から吹きおろる小山風が出現している。同時刻、図域の東半分の斉一な北東気流域はさらに後退し、局地的な乱れが多くなる。山風域は21時より強くなっているが、その領域はむしろ縮小している。

(b) 日野における観測結果

図4-3 aの日射量からわかるようにこの日は10時頃から雲が多くなり、午後は曇天になった。図4-8 aによると15日夕刻から16日に6.2 m層の気温はきれいなBrunt型の冷却を示しているが、0.8 m層は気温の昇降がやや不規則である。気温逆転量は18時に最大で4時と5時にも一時的に大きい。16日夕方冷却が始まる17時に最大の逆転量を記録している。顕熱輸送が上向きなのは8時~15時で他の時間は顕熱輸送が下向きである。地中熱流量は8時~16時まで下向きでそれ以外の時間は上向きである(図4-8 b)。

しかし、水蒸気圧は一部の時間を除き、夜間も下層の方が大きく、わずかながら蒸発散がおこっていることを示している。(図4-8 b中段)。これは日野桑園が、桑畑の下に草が多く、草からの蒸散が夜間もあるためと考えられる。

風向は日中北風で7.3 m層の風速は 2 m/s 前後であり、風向標準偏差(σ)は25から45度で風速の標準偏差は 1 m/s 前後であった。夕方は平均風速が減少し、17時から西北西風になり18時以後7.3 m層の風速は 2 m/s に増加したが、風向変動の σ は約10度、風速変動の σ は約 0.5 m/s で非常に安定した風が翌朝7時まで続いた。しかし、安定流の中にも大きな風向風速変動が現われメソスケールの風の場の変化に対応している。

4. 1980年1月8日の事例解析

1980年1月5日~15日に日野と杉並区和田で地上観測をし、1月8日に飛行機観測をした。

(a) 冬のヒートアイランドの事例解析

ヒートアイランドは10月16日よりやや強く、出現している。都市気温は8日朝より8日夜の方が高いが、気温の冷却量は8日朝の方が大きかった。日中も正の都市気温が解消せず、弱いながら存在している(図4-4 b)。

1月6日夜から7日朝に2つ玉低気圧が日本を通過し、西高東低の気圧配置が出現し、1月8日は西高東低の気圧傾度が弱まっていく過程にあった。8日朝は北北東風が強く、図4-11をみると、3時~6時に多摩川以南の地域は東風域になっている。北東~北北東風域は6時に多摩川以北の地域に達し、9時には図の全域をおおう。12時にも早朝同様、図域の北東部に南風域が存在するがこれは地物・地形による乱れである。12時には北東風は弱まり、多摩川以南の地域では北風成分は東京湾岸部を除きほぼ消滅し、弱い東風域となる。15時には海風域が多摩川を越えて東京西部、南部に及ぶ。これは多摩川の川沿いに入った海風が上流部で発散した形となっている。また隅田川・江戸川沿いにも弱い海風が入っている。18時には全域弱風で、多摩川沿いを昇る海風がややめだつ程度である。21時には風速がやや大きくなり、南風は川崎、横浜地区と武蔵野台地北部、相模川中流域に残り、多摩川上流部は山風が始まり、川沿いに中流部の溝口付近まで東流している。また多摩丘陵から東西両側へ吹き出す小規模な山風の存在もみられる。24時には多摩川流域以南は全域関東山地か

らの山風域に入り、東京の山手台地も弱いながらそれにおおわれる。東京東部はまだ南風域にある。

このような気流場の日変化のなかでヒートアイランドは1日中存在している。3時には武蔵野台地、相模原台地上がもっとも低温であり、都内北部が最高温域である。6時には多摩川上流部に最低温域が出現し、その後もその傾向がつづく。18時には、多摩川中流部～調布付近に小低温域が出現し、その傾向は24時まで続く。24時には都内の高温域が顕著で、多摩川上流域から同中流域へと相模原台地へ舌状に低温域が広がっている(図4-9)。

湿度分布(図4-10)では都心部の乾燥が10月よりはっきりしている。10月に出ていた八王子の低湿はみられず、相模原台地上が一日中もっとも高湿であった。21時～24時に、都心の低湿相模原台地の高湿がもっとも顕著である。これは風が弱いためで、多摩川沿いには川の影響による局地的高湿域が出現している。

(b) 杉並・日野における地上観測結果(図4-12)

杉並区和田の気温観測では一日中、接地逆転層が出現せず、夜間も弱い通減になっている。都市大気では接地逆転は出現しないといわれているが、それを立証している。また地上1.5m層は建物の南壁近くにセンサーを置いたため、日中の気温通減率は極端に大きくでている。夜間も屋上面より高温となっている。コンクリート面は乾いていたため、地表から蒸発はなく、水蒸気圧は、地上の方がやや低かった。しかし夜間、湿球が氷結してからは、ガーゼを水分が昇らず、湿球温度は正しく測定できなかった。風も下の層の測器は、塔による乱れのため、その層の風向風速を正しく測定できずに終わった。4.5m層では7日～8日の深夜に北風が8～10m/sで吹き、その後次第に弱まり、午後は14時に2m/sとなり、14時15分に海風が進入した。海風は19時まで断続的に吹き、19時30分以降は2～3m/sの北風に替わった。

日野では8日6時～7時に逆転が強まったが、風があったため概して逆転の発達は少なかった。しかし、都市大気とは異なり夕方から日の出後まで継続的に接地逆転層が存在する。水蒸気圧の垂直傾度は10月と異なり、夜間は弱いながら逆転しており、水蒸気輸送が上向きになるのは、9時以後であった。8日～9日夜は、9日5時まで上向きのままであった。6日6時～9時には再び水蒸気輸送は下向きとなった。

地温の垂直傾度は午前8時過ぎに上層高温型になり、1cmの地温は13時に1.8℃になった。15時過ぎから出熱型になり、9日9時まで出熱型がつづく。1月9日午前3時には地下1cm層が-1.3℃、1.5cm層が2.7℃で、その差4.0℃に達している。日中の1cmと1.5cm層の地温差の最大は13時で9.1℃であった。風向・風速は気温の垂直傾度すなわち安定度ときわめて密接に連動して変化しているが、一般に論じられていることなのでここでは省略する。

多摩川の水温(日野橋より測定)は、8日、8時49分が最低で3.7℃で、15時14分には7.0℃まで上昇した。しかし水温の日変化は小さく、周辺に及ぼす小気候的影響は冬でも大きいと考えられる。

5. 7月15日の事例解析

梅雨の中休みを狙って7月13日から18日にかけて日野で地上観測をしたが、好天にめぐまれず、7月15日に1回の飛行機観測をただけで終わった。7月15日も日本海と太平洋側の金華山沖に低気圧があり、関東地方では雲量が多かったが、一応晴天となり、日野における日射量も10時～13時には $1 \text{ cal} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ を越えた(図4-3c)

(a) 夏のヒートアイランドの事例解析

図4-4cをみると、7月15日明け方には東京～八王子で4℃以上の気温差があるが、このヒートアイランドは7時に解消し、日中は西部地域が都心より高温になっている。一方、新砂では海の影響で日中に都心より低温となっている。

図4-13をみると、15日3時と6時には東京のヒートアイランドがはっきりし、多摩上流部の低温域に対し、3～4℃の温度差をもっている。9時には都心のヒートアイランドはほぼ消滅し、新宿などに局地的な高温域が散在する。12時には北高南低型の気温分布となり、15時には多摩川中流域～武蔵野台地に大きな高温域が出現し、18時には南高北低型の気温分布となる。

21時には東京の弱いヒートアイランドが多摩川沿いに西へ伸び、府中、立川にも小さな高温域が出現している。24時でも、多摩川中流部はやや高温で、低温域は河谷の北側の武蔵野台地と、河谷の南側の多摩丘陵や相模原台地に出現している。

湿度分布では日中の多摩川上流部の低湿域が目立つ。24時でも上流部はやや低湿となっている。都心の低湿は21時にもっとも顕著であるが、その意味は不明である。一般に低温域が高湿で高温域が低湿である傾向はこの日ははっきりしている(図4-14)。

3時の風向風速分布(図4-15a)をみると、図の西半分は関東山地からの山風域、東半分の低地はやや強い南々西の一般風域になっている。6時(図4-15b)には風速場が弱くなり、東風域が出現し始め、9時～15時は東京湾からの南風域と、太平洋からきていると思われる、東北東風域におおわれる。15時にはみかけ上多摩丘陵を中心に高気圧性の循環風がみられる。18時以後は東風が強くなり全域ほぼ一樣の風ベクトル場となる。24時には、多摩川中流部に弱風域が出現している。これは一般風に逆向きに山風が重なった結果と思われる。

(b) 日野における観測結果

ヒートアイランドとは都心の相対的高温のことであるが、その現象はむしろ郊外の気温逆転によって顕在化する。前項で述べたように7月15日にはヒートアイランドの発達が悪かった。それに対応して、日野でも夜間の気温逆転は非常に弱い(図4-16)。日中の超断熱的気温傾度は $2 \text{ }^\circ\text{C}/5 \text{ m}$ になっている。

日中における水蒸気圧の0.75m層と5.9m層の差は最大2.94mbにも達し、蒸発散が大きく、潜熱の上方への垂直輸送が大きいことを示している。夜間にもわずかながら下層の水蒸気圧が上層のそれより大きく、蒸発散が夜間にも細々ながら継続していることを暗示している。これは露場が一面

に雑草でおおわれていることと関連し、草からの蒸散の影響かと思われる。

地下1cm層と15cm層の地温差は日中14.2℃にも及ぶが、夜間の出熱時の地温差は1℃以内であった。

風向は2時に南西から西風になって、それまで 5 m/s 以上であった風がおさまり、4時30分以後は8時まで 1 m/s 以下で、安定層の中に入った(風速は地上7.2m層のもの)。風向は6時以後乱れが強くなり、8時から東に替った。その後、夕方の19時30分まで次第に風が強まり、最大風速 7.5 m/s を記録した。その後、19時50分に逆転層が出現し、急に風速が衰え、 $1\sim 2\text{ m/s}$ になったが、風向変動の標準偏差(σ_{vd})はそれと対称的に、約 1° から 3° 前後に増大した。この σ_{vd} の増大は逆転層出現のよい指標となる。 σ_{vd} の増大時刻は15日夕の場合、地上1.8m層と地上7.5m層の間でほとんど差がない。しかし σ_{vd} の大きさは下層の方が大きく、1.8m層では、19時50分以後しばしば 6° を超え、23時40分～16日3時30分まではほぼ定常的に 6° 以上であった。これに対し、7.5m層では 5° をこえることはきわめてまれであった。夜間のこの現象は冷気流と関連している。

6. 9月12日・13日の事例解析

1980年9月7日～17日に日野で地上観測をし、9月12日と13日に飛行機観測をした。

9月12日は台風13号くずれの980mbの温帯低気圧が沿海州を北上し、日本はその南側の小さな移動性高気圧におおわれて好天であった。夕方には低気圧からのびる寒冷前線が東京を通過し、一時雲量が増加したが、すぐ回復し、13日午前中まで快晴が続いた。

(a) 初秋のヒートアイランドの事例解析

図4-4d～eをみると日中はヒートアイランドがないが、夜間はヒートアイランドが出現している。9月12日朝の都市気温は小さく、3時がピークで、12日～13日の都市気温は大きく、5時～6時がピークである。13日夜の都市気温は、約 4°C 程度である。12日日中には都心にクールアイランドが出現している。新砂は2日間とも大手町より低温であったが、13日24時だけやや高温となった。

気温の東高西低は夜間のいずれの時間にも顕在している。この期間内の一般流は13日24時を除いて南～南南西(図4-19)で、その一般流により、都心にできた夜間のヒートアイランドが風下に流されている。しかし、全域が西風になった19日24時には都心北方の高温域は消滅している。また夜間多摩川上流部には顕著な低温域が発達している。相模原台地上には昼も夜も弱い低温域が存在し、多摩川上流の低温域が解消する昼間には大低温域となっている。

湿度分布では、南風の強い間、多摩川上流部の低湿域が目立つ。これは関東山地を越えてきたフェーンが同地域へ下りているためである。この低湿域は日中の高温域と対応していることからフェーン現象の存在を裏づけている。都市部の低湿乾燥もみられるが、風下に流されて、低湿域が北偏し、ま

た上述のフェーン低湿域の存在のため、他の事例ほど顕著でない。

風のベクトル場は日中強くなり、夜間、とくに13日早朝と13日夜に逆転層の出現のため弱くなっている。一般風の南南西風が弱まった13日24時には山風と思われる西風が図域の大半をおおい、とくに多摩川中流域から武蔵野台地上で風速が強い。

(b) 日野における観測結果

日野における観測は台風13号の接近のため中断していたが、12日早朝に再開した。南南東風が午前中増加し続け、12時33分には7.6m層で最大9.4m/sになり、午後は次第に減少して、21時15分に風速0m/sとなり21時20分に北西風が出現して22時50分まで断続的に続き、この間逆転強度が強まった。これは冷気流ないし山風である。22時50分以後は4時10分まで再び約3m/sの南風が進入し、逆転強度を弱めた。4時28分から15分間程北西風が吹き逆転が弱まるが、以後7時まで南東風となる。13日7時以後は再び南風が強まり、12時8分に最大8m/s(7.6m層)に達した。その後は前日同様風速を減じ21時10分に南東風、22時から14日7時30分まで1m/s前後(7.6m層)の西～北西風が吹いた。この風の変化に対応する気温、水蒸気圧、地温の垂直傾度の変化を図4-20に示す。逆転は1時間毎の図では5時だけに出現している。水蒸気圧は夜間も下層が高く、他の日の例と対応している。地中熱流量は、日中は下向きで強く、夜間は上向きで弱い。

7. 地上日射・放射観測

(a) 日射・表面放射温度の測定

地上に入射する日射量とその結果上昇する地表面温度の観測について次に整理しておく。地上日射量と表面温度はこれまでの気象要素の日変化の基本量であるが、同時に各々のMSSフライトの地上モニターの役割を果たした。

まず、日射記録の一例を図4-21に示すが、フライト1、3、5における日射エネルギーの差が図からわかる。各々の観測日における日射量、地上気温、地表面温度の日変化は前出の図4-3に整理されている。第3章のMSS観測と合わせてこの図を見ると、雲による1979年10月16日、1980年7月15日の観測中止の状況や、1980年1月8日の弱風による市街地ヘイズの発達などが理解できる。

このうち、1月8日の測定では前夜半からの風が朝から次第に弱まり、午後には無風に近くなっている。(図4-11参照)そのため、次第にヘイズが出現して日野よりも杉並、早稲田の日射量が減少しており、これがMSSバンド11の都市表面温度の相対的低下と結びついている。

また、9月12日と13日の日射量と地表面温度のパターンを比較すると土壌の含水量の差により9月13日の方が上昇が早く起きている。12日はそれまでの降水の効果を含んでいたが、12日の晴天により13日は一段と乾燥したのである。含水量の差は相対湿度パターンからもわかる。このよ

うに地表面温度の上昇は土壤水分の状態に大きく左右されるので、その水分を蓄える植物相の存在が強く影響する。この様子は第3章のMSSの測定から明らかである。

日野桑園における日射測定の他に、日野橋でもMSS観測用のモニター測定がなされたが、その結果は図4-22にまとめてある。多摩川水温の季節変化、日変化がこの図からある程度読み取れるが、この資料はあくまでもMSS熱バンド(バンド11)のモニター用のものである。

(b) 分光日射量の測定

1980年1月8日に、試験的に分光日射測定を行なった結果についても付記しておく。用いた分光日射計はSAM-41型分光日射計で、干渉フィルターによって、390~1100nmの波長の範囲を連続的に分光するものである。測定結果を図4-23に示すが、入射エネルギーの日変化振幅が最大のもは500~600nmであり、最少のものが900~1100nmの波長帯であった。また、終日快晴であったにもかかわらず各波長帯共通に数点の入射エネルギーの低下がみられた。これは、地上からは目にみえない程の薄い雲がかかった結果であると思われる。

この測定日には、3回のMSS撮影が実施されている。そこで、MSS撮影時の分光日射データを用い日射エネルギーのうち最大ピークを示す波長500~600nmのチャンネル出力に対する各チャンネルの比率をみとめることにする。(図4-24)これによると、最大ピークに対する比率は時間的に興味ある変化をしている。具体的には、Gチャンネルに対する各チャンネルの比率が時刻によりエネルギーはもとより分光組成も大きく変化していることがわかった。従って、航空機上のMSSでとらえられる地上からの反射光は、図4-24に示されるような分光組成とエネルギーをもつ太陽光を入射光として、地表面の反射特性に依存したものとなる。

第 5 章 結 論

本研究は多摩川流域を含む大気環境に対して、その基本となる地表面による日射の吸収特性を調べ、かつ気象環境の現状を把握することを目的として航空機観測や地上気象観測を実施したものである。その成果として、地表面のアルベド分布を広域にわたって評価することが出来たこと、地表面の日射分光反射特性と反射赤外放射の測定から地表面情報をヒストグラム化した定量的示標化の試みがなされたこと、更には日野桑園における地上気象観測や広域気象観測資料の解析から都市とその周辺部における大気の熱構造を捉えることが出来たことなどが挙げられる。

この種の調査・研究は多くの事例解析を積み重ねて一定の結論を導びかねばならないが、今回の研究を通じて得られた結論を以下に列挙する。

まず、航空機観測では、広域にわたる調査の成果の中から、

- (1) 都市のアルベドは相対的にかなり小さく、東京の都心では約 0.1 程度であることが分った。また、その季節変化は植物の存在に大きく左右され、都心部では石質化のため季節変化は少ない。周辺部のアルベドは水稲や麦など、農耕地で高く、森林で低い。しかし、森林と都市では潜熱作用が異なるために熱的には異なる反応を示す。
- (2) MSS による波長別反射特性の解析では、バンド 5 とバンド 9 との組合せにより、新宿から奥多摩地方にかけて植物相と都市相とが明瞭に区別されることがヒストグラムによって示された。特に、バンド 5 では、都市凹凸構造の発達によって高い放射輝度のカウントが増大することが判明した。一方、森林に相当する暗影部分の存在もバンド 5 に強く現れる。また、バンド 9 において多摩地区は高い反射率を示す。
- (3) MSS 熱バンド (バンド 11) のヒストグラムから、都市部ではその分布が非常に均質化され、高温になっても分布形の変化が少ない。一方、周辺部では、日射の吸収により分布形が変化しやすく多様性を示す。
- (4) 熱バンド (バンド 11) の日変化は、バンド 5 と正相関を示し、バンド 9 とは逆相関となっている。バンド 11 が示す放射温度は都市ヒートアイランドの存在に対応する。
- (5) 全波長の日射エネルギーで見ると、都心部に比べ多摩川流域では日射の吸収量は少ない。このことと地表面含水量による蒸発効果の違いから夏期では日射による熱収支の地理的分布が大きく異なると考えられる。
- (6) MSS 観測エリアの地表面放射温度と地上気温の空間分布の解析から、多摩川西部における植生の影響が一段と明らかになった。多摩川西部では、多摩川以東の市街地領域より地表面放射温度は低く、かつバンド 5、7 の反射輝度も低い。このことは、本来ならば相矛盾することであるが、植生と地表面含水量の効果を考えれば、必然的現象といえる。

- (7) バンド5、7、9の平均値と標準偏差は、市街地と自然度の高い地域との差を明瞭に示す。一般にバンド5、7の値は、多摩川西部で小さくその標準偏差も小さい。しかし、バンド9では逆に多摩川西部で植生に対応して平均値は大きく標準偏差も大きい。この2つの特性を組み合わせることによって、植生相の分布を明らかにすることができる。
- (8) 市街地凹凸面の南面からの反射を平均エリアの調節によって取り出すことができる。その効果は市街地で大きく植物相で小さい。冬期にはバンド11にもこの効果が認められる。
- 次に、地上気象観測と気象資料解析から、都市気候の概要を捉えてみると次のような結果が得られた。
- (9) 都市気温の構成を月平均像として捉えてみると、その最大は最低気温を示す時に出現するとは限らず、風向風速の日変化に対応して秋季には夜半前に出現する。
- (10) ヒートアイランドの出現と低湿度地域の出現はよく対応しており、ともに風の影響を受け、強風日には風下に流される。また、気温分布に海陸分布が強く影響している場合でも、湿度分布にはその影響が現われず、都市の影響の方が強く現われている場合もある。
- (11) 関東山地から夜間に吹き出す山風は、多摩川河谷を下りやすく、それが気温分布や湿度分布に影響する。山風と一般風の方向が逆の場合には、夜間多摩川中流域で山風成分と一般風が打ち消し合い、弱風域が出現する。
- (12) 南風フェーンにより多摩川上流域で高温低湿地域が出現する。
- (13) 日野桑園の観測では、夜間逆転時にも水蒸気圧が下層で大きく、潜熱が上向きことが多い。これは植生の影響か、測定精度の関係か明らかでない。
- (14) 風速の変化と気温成層状態及び中規模現象の海陸風、山谷風の関係が明らかとなった。

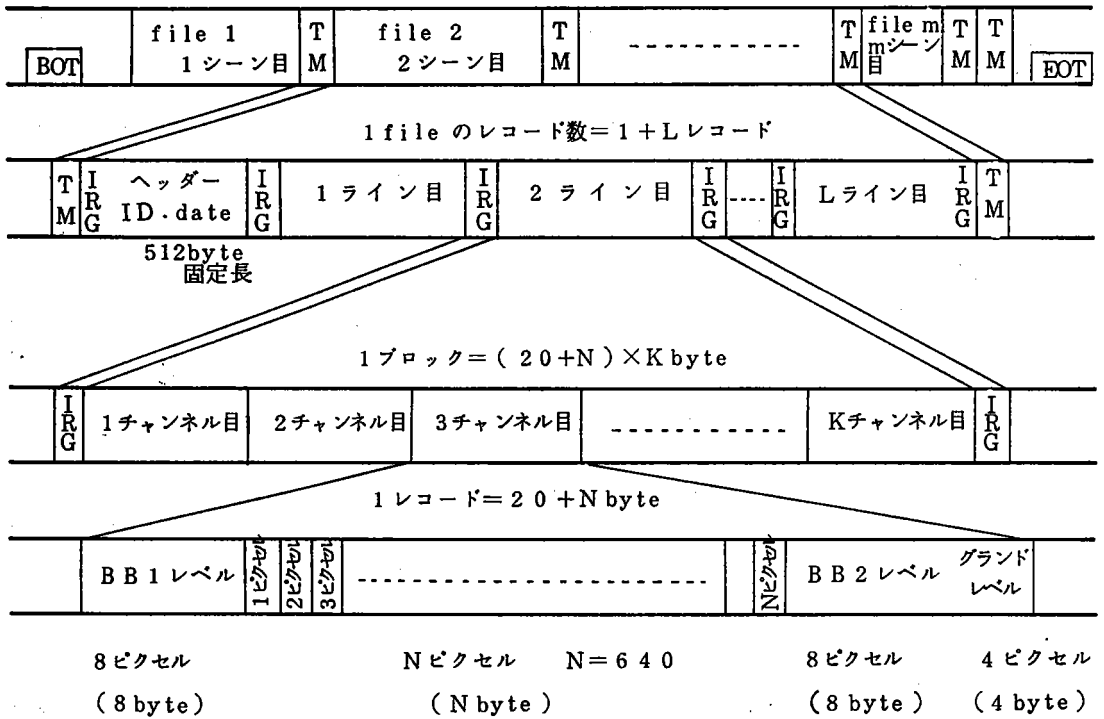
謝 辞

本研究の推進にあたり、とうきゅう環境浄化財団の御理解と御援助を得たことに深く感謝の意を表す。気象関係の調査・研究には多くの人的協力と資材を必要とするが、この研究助成金により、その一端が実現されたことをここに記す。研究の途中、観測上の事柄で多くの方々の御援助を得たが、特に、農水省蚕糸試験場日野桑園、いすゞオート東京南販売KK、早大理工学部尾島研究室には、多大な御協力を得た。また、観測には多数の横浜国立大学学生の協力を得、かつ観測資料の解析やデータ処理には、横浜国立大学大学院生畠山正恒君、慶応高校教諭坪田幸政君の協力を得たのでここに記す。図版の作成や報告書の整理には、後藤清志君、金井直子嬢の協力を抑いだ。以上、多くの方々の援助に謝意を表し、ここに記す。

[付録 2-1] CCTデータについて

本観測のMSS資料は、アジア航測KKによりCCT変換されたが、そのテープを利用する方法について記しておく。

このCCTはAAS-OUK system によって処理されており、テープは全て本学に保管されている。CCTのFORMATはLANDSATのBSQ-imageになっていて、その内容は次のとおりである。テープボリュームはIBM規格9トラック1,600BPIで、NON-LABELである。



〔付録 3-1〕 MSS観測のヒストグラム解析方法

MSS観測結果のCCTカウント数(0~255)から各バンドのピクセルの放射輝度(又は放射温度)を求め、そのヒストグラムを作った。但し、この場合のピクセルは50m×50mのエリアの平均値である。

各バンドの放射輝度は次式によって求められる。

バンド5、7、9については

$$I_i = \frac{4}{255} \frac{C - B_1}{S_i \cdot G_i} \quad (\mu W (cm^2 \text{ nm sr})^{-1})$$

$i = 5, 7, 9$

バンド11については

$$T = T_1 + \frac{(C - B_1)(T_2 - T_1)}{B_2 - B_1} \quad (^\circ C)$$

と与えられる。

ここで、 B_1 はBB1レベルのカウント

B_2 はBB2レベルのカウント

C は情報のカウント

S_i はバンド別の感度

G_i はバンド別の利得

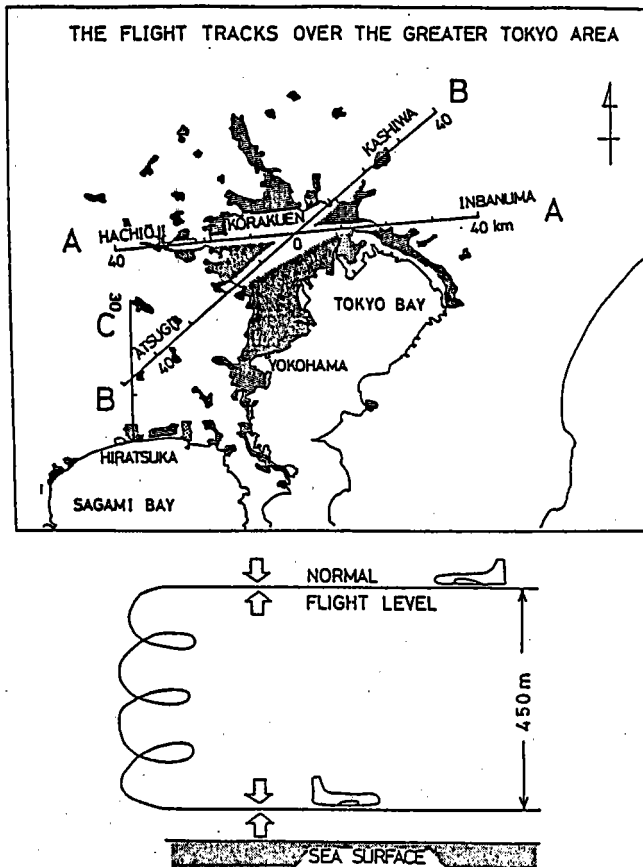
各フライトに対する係数は

		バンド5	バンド7	バンド9	バンド11		
S_i :		0.455	0.581	1.282	————		
G_i :							
日付	フライト					T_1	T_2
79.10.16	2	3.08	4.44	2.90	2.38	15.0	35.0
	3	3.08	4.44	2.90	2.38	16.0	35.0
80. 1. 8	1	4.25	4.70	2.91	1.68	-5.0	20.0
	2	2.73	2.72	2.90	2.34	-1.0	20.0
	5	4.61	3.20	2.94	2.34	-1.0	20.0
80. 7.15	1	2.20	1.86	1.31	1.65	20.0	45.0
80. 9.12	1	2.52	2.02	1.66	1.86	20.0	45.0
	2	1.34	1.92	1.43	1.85	20.0	45.0
	3	2.50	2.11	2.12	3.58	20.0	35.0
80. 9.13	1	1.57	1.81	1.68	2.26	20.0	45.0

図の説明

図2-1 東京及びその周辺域を対象とするアルベド航空機測定のリートマップ。本観測では、東西約100kmに及ぶAA'、BB'のルートでアルベド測定が実施されたが、予備観測として、大気補正のデータを得るためルートC及び相模湾上の測定も行われた。

図の下部は、高度別測定の様子を示すが、この補正はアルベド値の2~5%に及ぶ。



(図 2 - 1)

図2-2 MSS観測ルート図。観測ルートは新宿から八王子方面とし、ほぼこの図に示したルートとその都度再現するようにした。観測結果のうち、ヒストグラム解析を行なったのは、最大公約数的なエリア1から13までとした。この決定には雲の影響を出来るだけ避けた。エリア1～3が市街地、4～7が住宅地、8～11が多摩川を含む地域、12、13が自然度の高い地域を代表している。



図2-2

図3-1 東京横断アルベド実測地。

測定は連続的に行なわれているが、各記号で示した地点で魚眼写真の同時測定がなされ、広域マップ作成上の土地利用データがとられた。この図で、都心部のアルベドの低下とその季節変化の少ない点が注目される。周辺部の高アルベドは水稻等に対応している。ルート図(図2-1)と対比するとよくわかる。

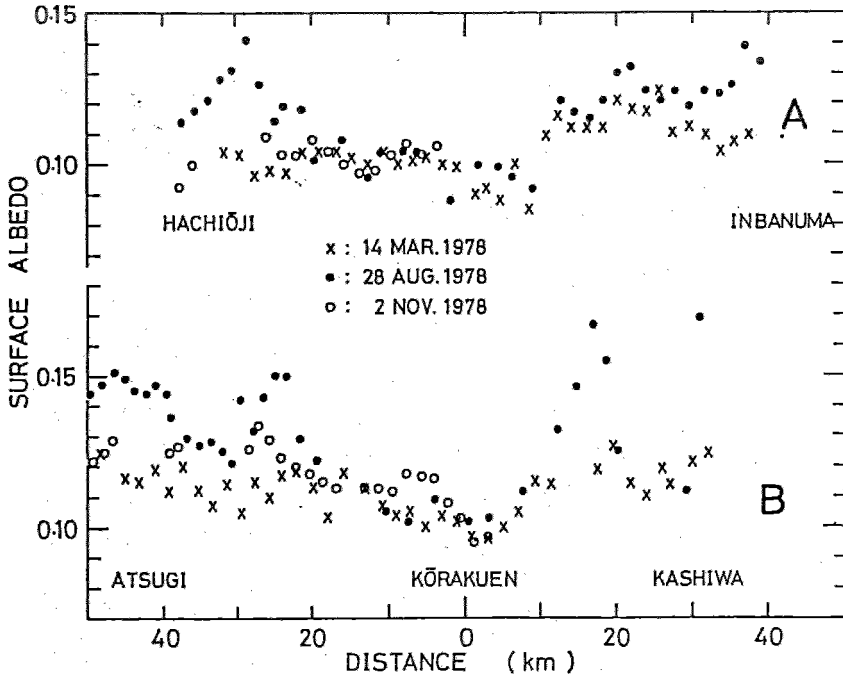


表3-1 東京都心から西部にかけてのアルベド平均像。1978年から始められた観測を都心部と西部周辺部で平均的に比較したものである。都心部では周辺部に比べ、アルベド値は夏期で約20%前後、冬期で5~10%程度減少することが示される。その減少は日射の吸収量としては、それぞれ3%程度、1~2%程度に相当する。

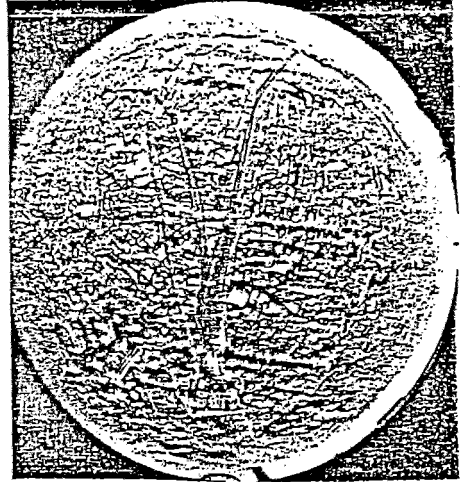
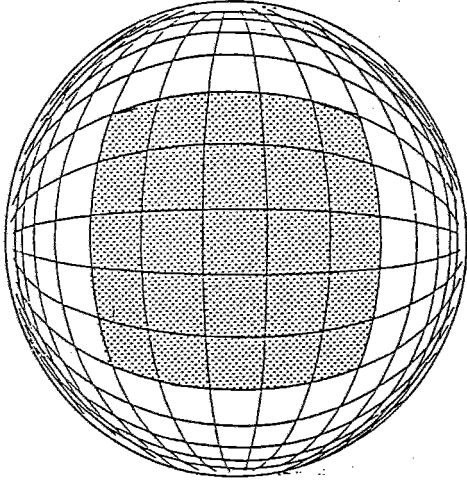
AVERAGE ALBEDO VALUES IN THE WESTERN PART OF TOKYO

DATE	TIME (JST)	URBAN ALBEDO (0-10km)	RURAL ALBEDO (25-35km)	URBAN ALBEDO DECREASE (%)	ABSORPTION INCREASE (%)
14 MAR. 1978	11.40	0.101	0.106	5	0.6
28 AUG. 1978	11.20	0.102	0.130	22	3.2
2 NOV. 1978**	12.53	0.105	0.124	15	2.2
2 AUG. 1979	10.49	0.102	0.119	14	1.9
8 JAN. 1980	11.15	0.102	0.122	16	2.3

* AT THE CENTER OF TOKYO

** PARTLY CLOUDY

図3-2 魚眼写真による土地利用区分。魚眼写真に250mメッシュをかけて、その中を占める土地形態を7つの区分に分類しその面積を求める。7つの区分表面のアルベド値を各測定データから決定して、その値を用いて飛行経路以外の地域のアルベドを決定する。

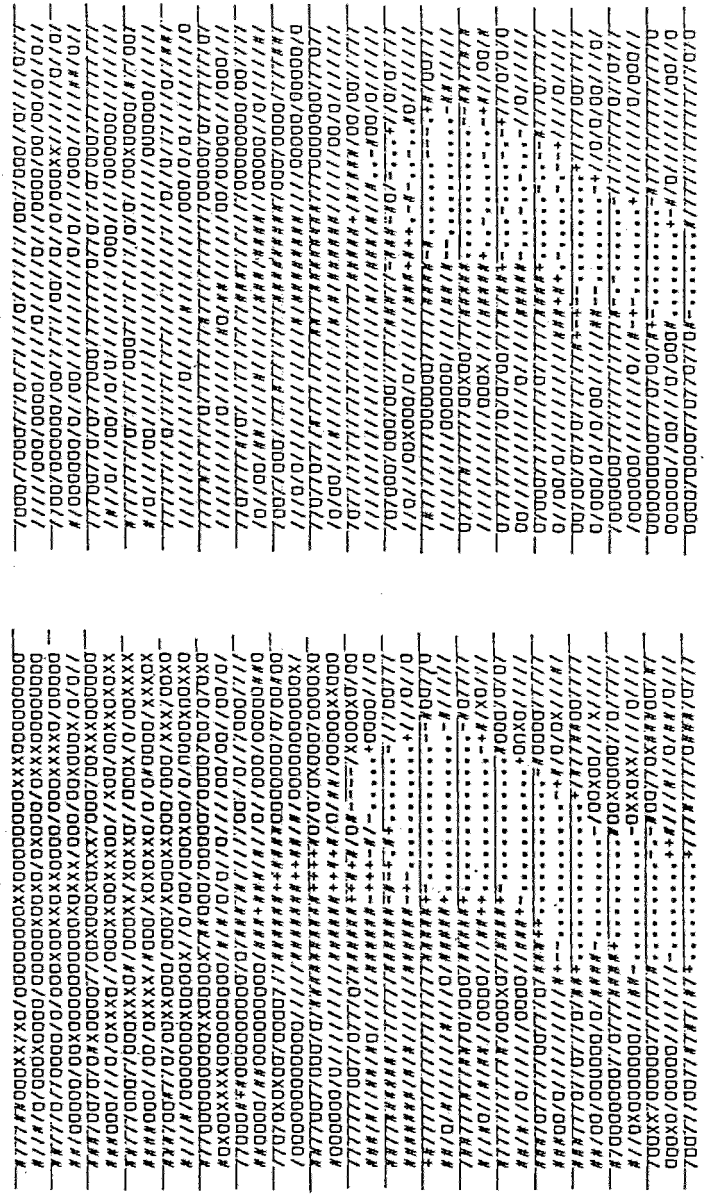


- CLASS 1. SOILS, WASTELANDS. 2. PADDY FIELDS, FARM LANDS, GRASSLANDS.
3. FORESTS, WOODS. 4. WIDE ROADS, FLAT CONCRETE SURFACES
5. DENSELY BUILT-UP AREAS, INDUSTRIAL AREAS.
6. RESIDENTIAL AREAS. 7. WATER SURFACES.

(図3-2)

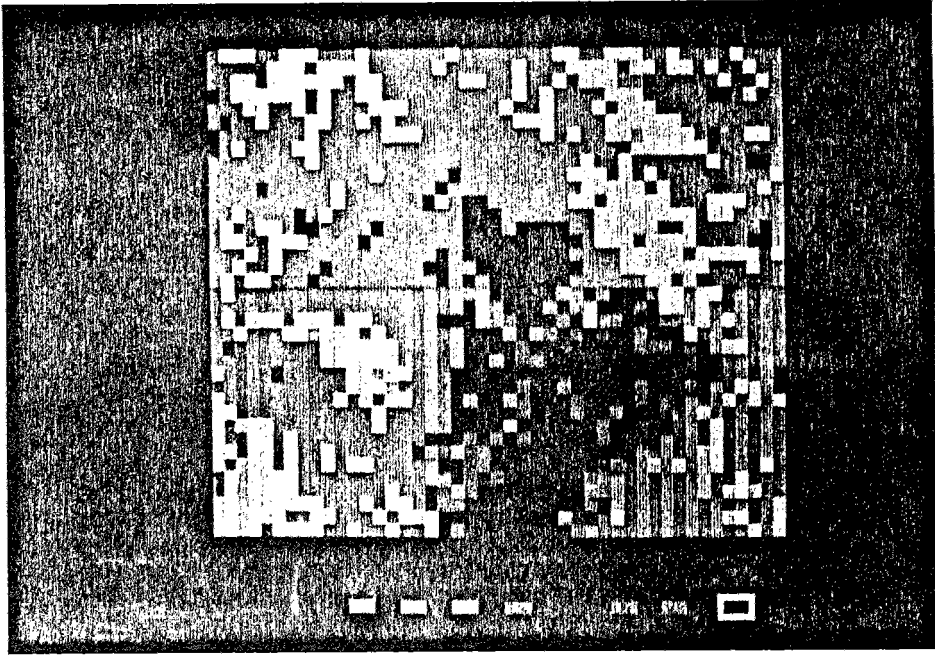
図3-3 1978年8月28日の実測に基づくアルベドマップ(a)と1979年5月21日のランドサット画像に基づいて推定したアルベドマップ(b)。アルベドは2kmメッシュ平均値を1文字で表現しており、その値は図の下部に示してある。図の中央部が都市域で、その下部に東京湾が位置している。スケールは東京を中心に東西90km、南北74kmである。

0.0 = OR < ALBEDO < 0.050
 0.050 = OR < ALBEDO < 0.075
 0.075 = DR < ALBEDO < 0.100
 0.100 = DR < ALBEDO < 0.125
 0.125 = DR < ALBEDO < 0.150
 0.150 = DR < ALBEDO < 0.175
 0.175 = DR < ALBEDO < 0.200
 0.200 = OR < ALBEDO

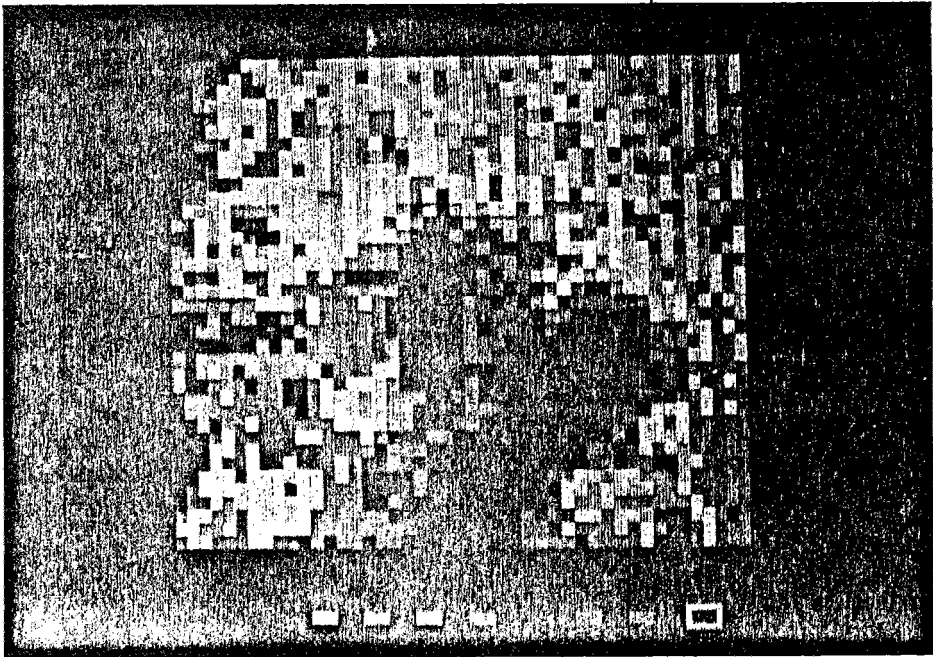


(a) (b)

図 3-4 図 3-3 をカラー写真化したもので色調は図 3-3 の文字に対応する。



(b)



(a)

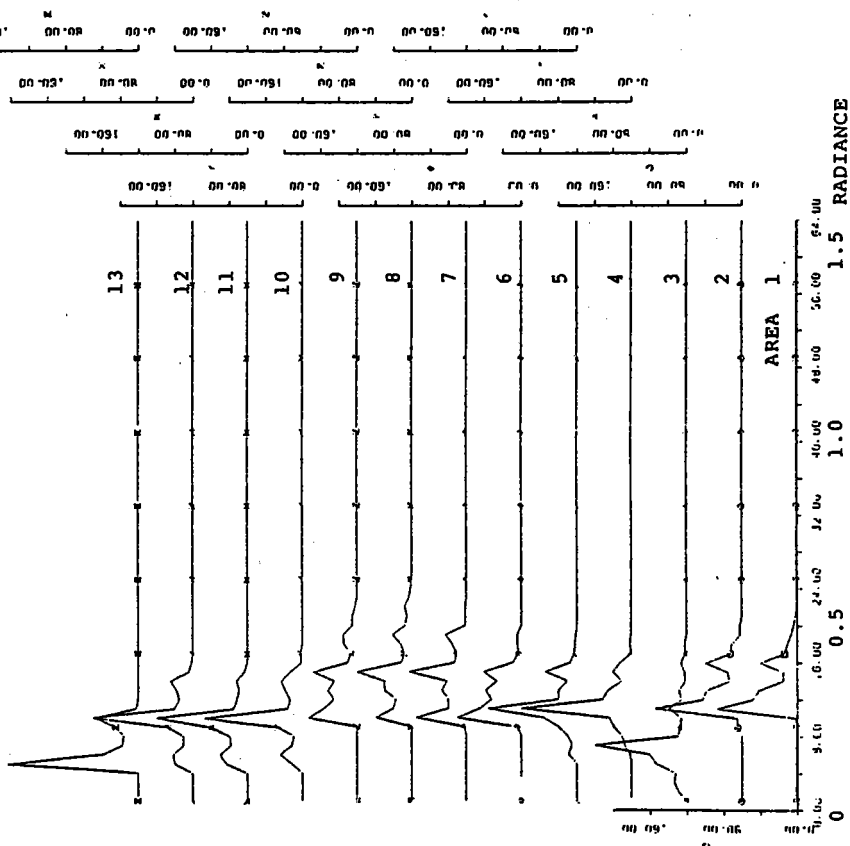
図3-5 MSSフライト別ヒストグラム。

横軸は放射輝度又は放射温度を示し、縦軸は、各輝度又は温度の値を持つ単位面積（ピクセル）の個数を示す。ただし、放射輝度又は温度において作図のために横軸をシフトした場合があり、それに対応する値を横軸に示してある。

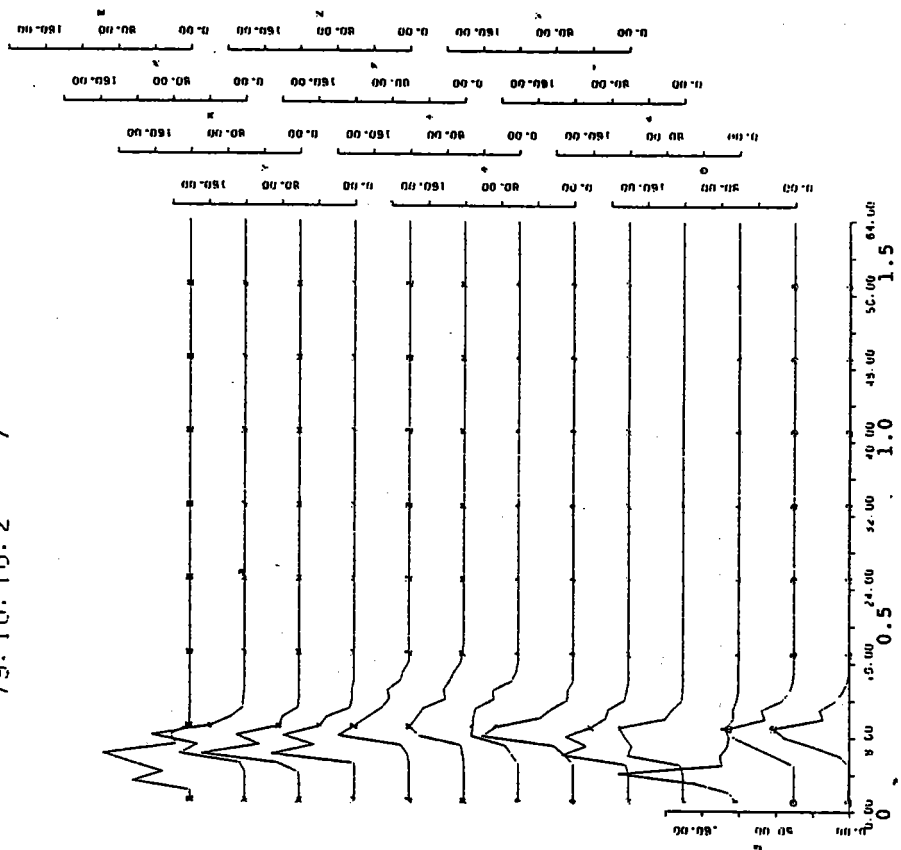
最初の図（図3-5 a 1）を例に図を説明すると、「79. 10. 16. 2. 5」の最初の3文字はフライトの日付で、次の「2」はフライトの番号を示す。右端の「5」はバンド5の意味である。ヒストグラム中の番号1から13は対象エリア（図2-2参照）番号であり、1が新宿、13が八王子方面に相当する。

バンド5～9の横軸は放射輝度（ $\mu\text{W}(\text{cm}^2 \text{nm sr})^{-1}$ ）を示し、 $0.0025 \mu\text{W}(\text{cm}^2 \text{nm sr})^{-1}$ きざみでヒストグラムを作っている。すなわち、このきざみ間隔内の値を持つピクセルの数が縦軸に示されている。（プロッターの目盛では、輝度の100倍に相当する数値を2.5きざみで分けている。）バンド11では放射温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）を0.5 $^{\circ}\text{C}$ きざみで区分し、その範囲に対応するピクセルの個数が縦軸に示されている。横軸の目盛は冬（1月8日）と夏（7月、9月）では10 $^{\circ}\text{C}$ だけそれぞれシフトしてあるので注意されたい。

79.10.16.2 5

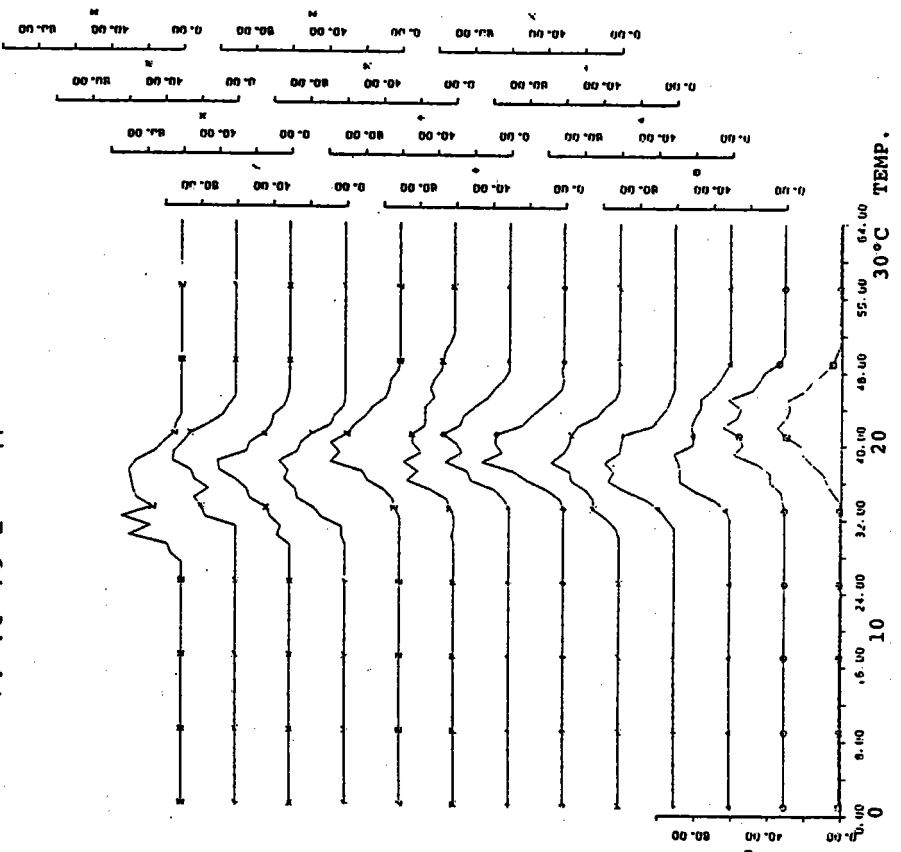


79.10.16.2 7

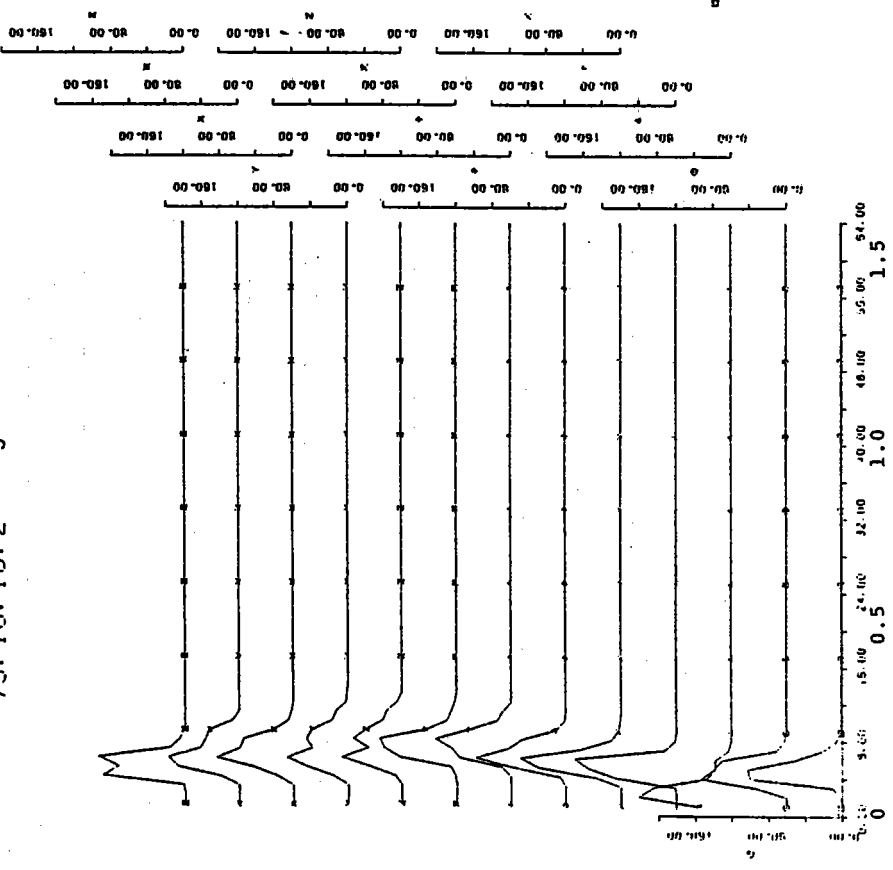


(3 - 5 a 1)

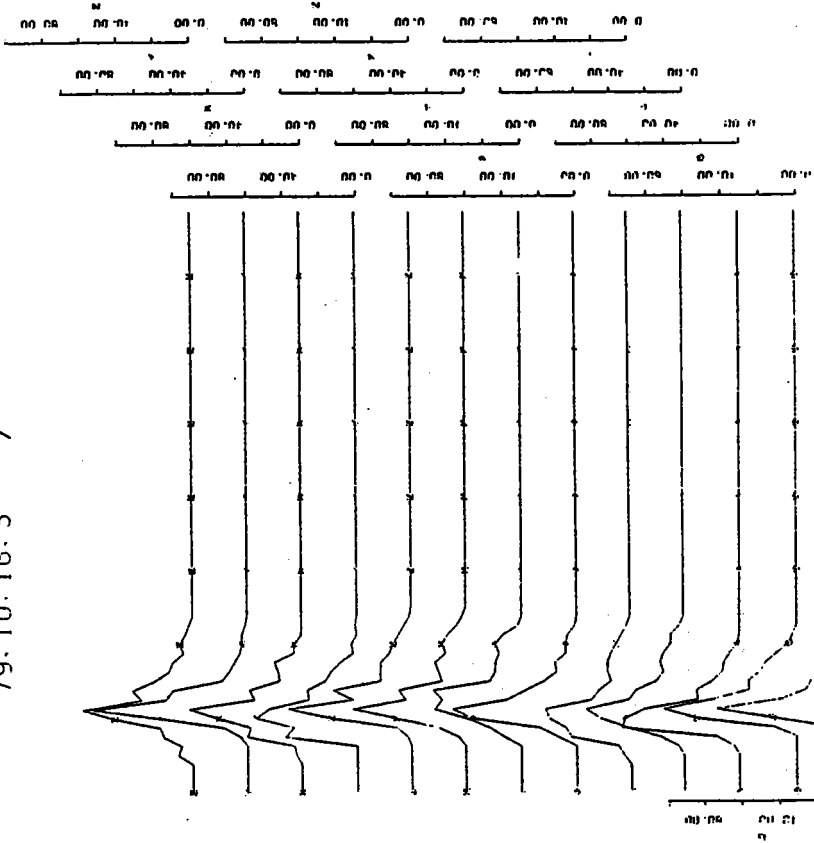
79.10.16.2 11



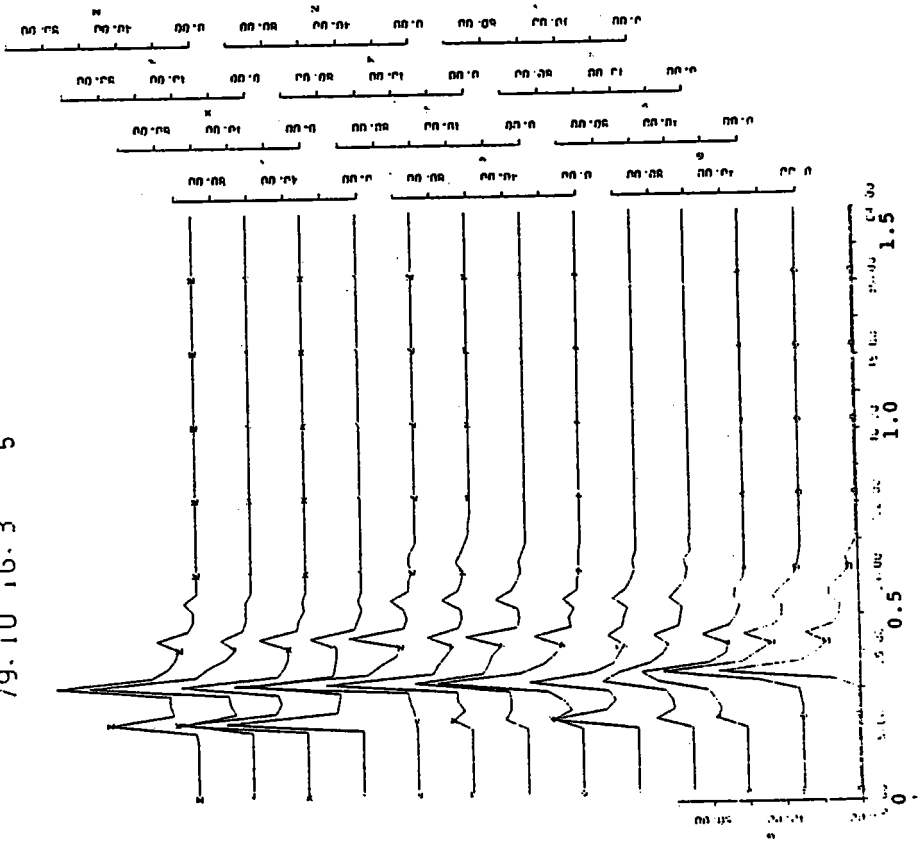
79.10.16.2 9



79.10.16.3 7

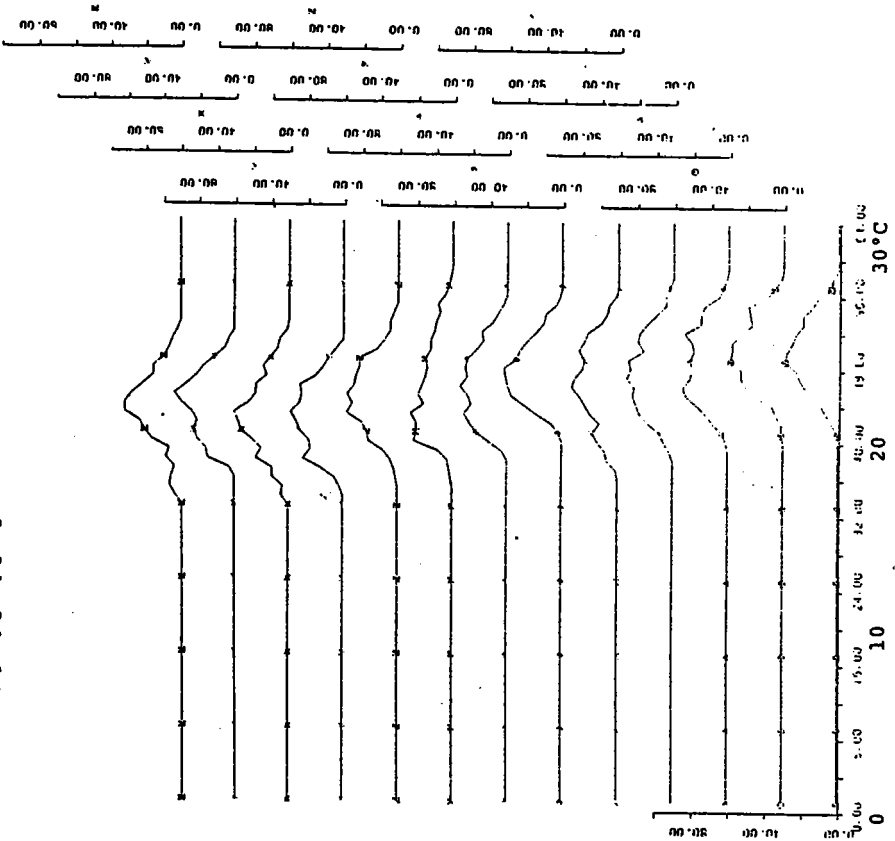


79.10.16.3 5

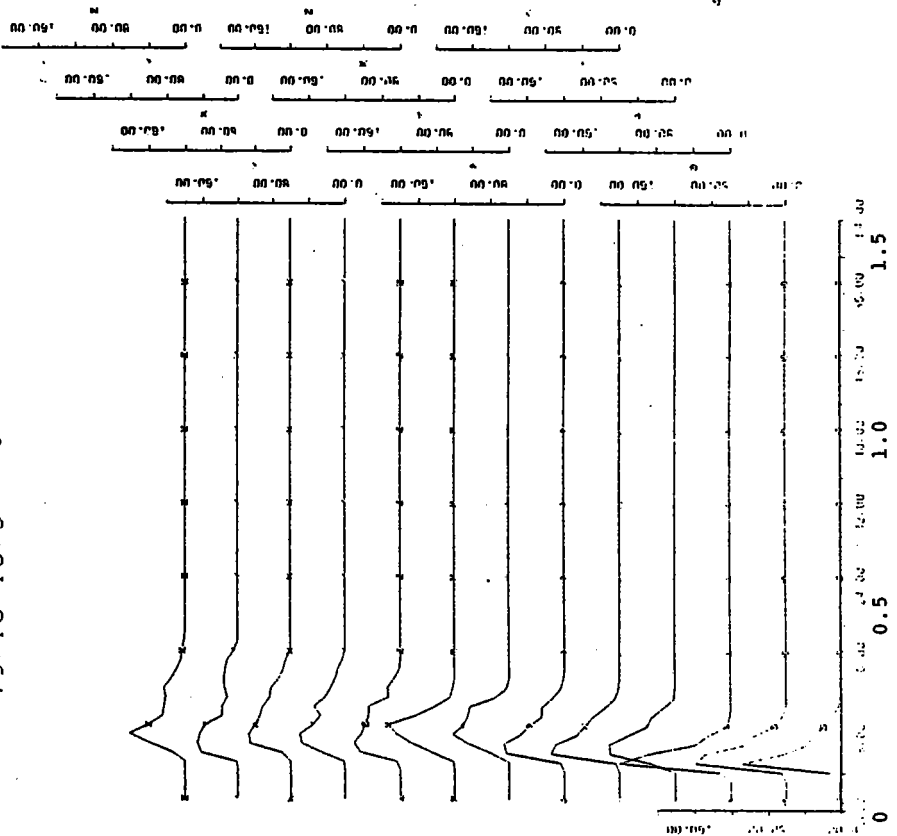


(图3-5b1)

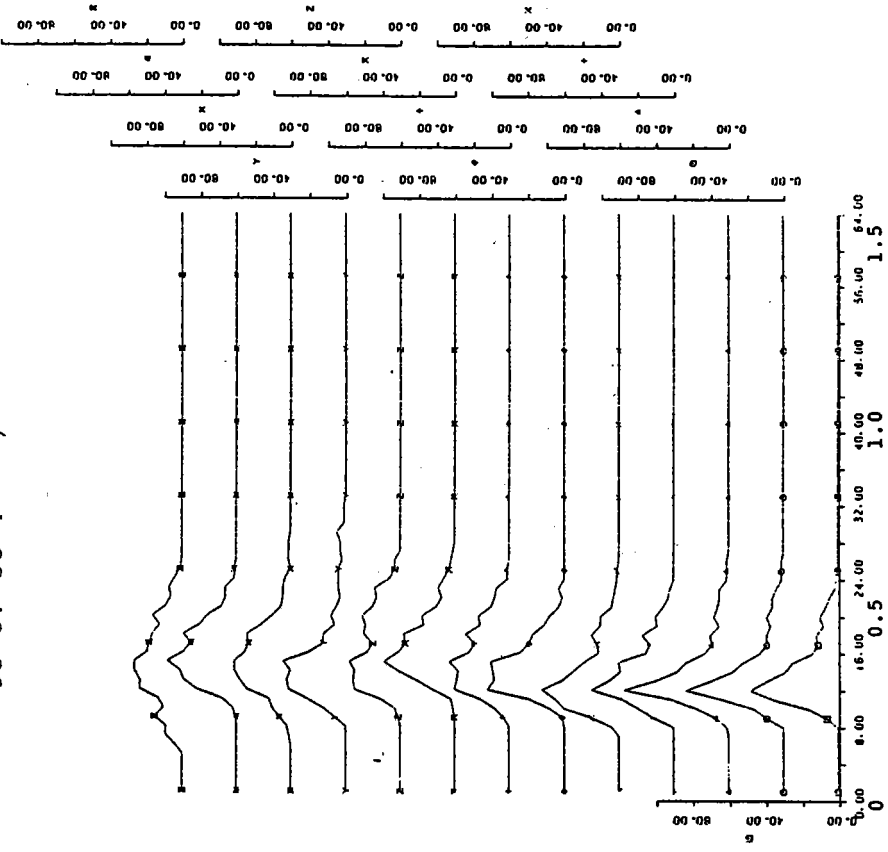
79.10.16.3 11



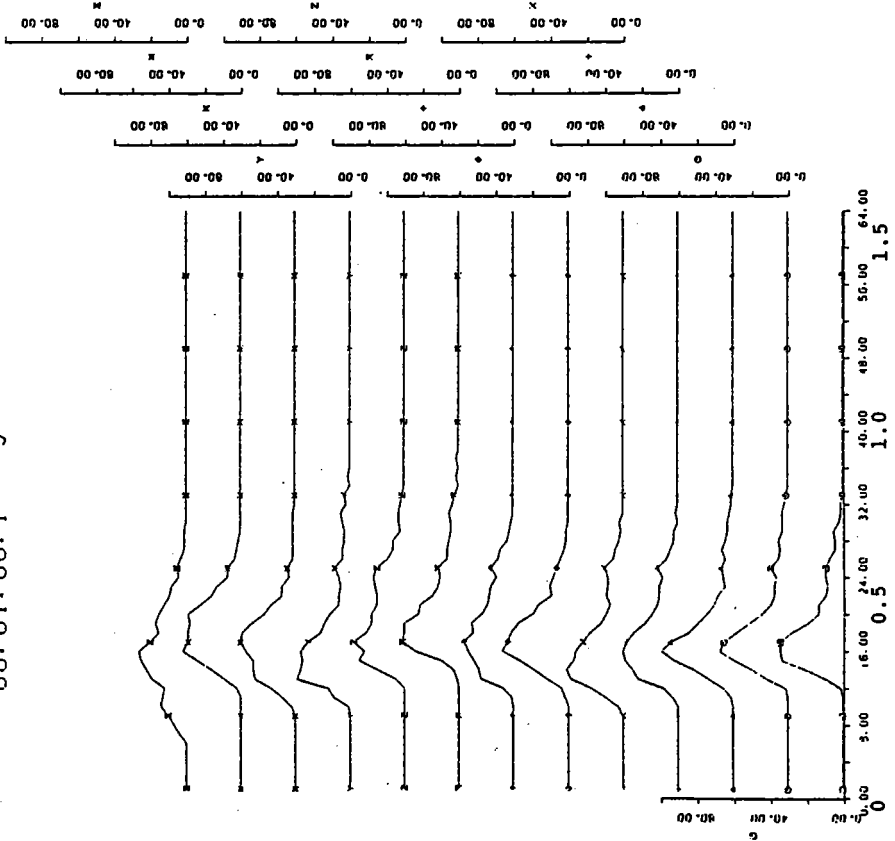
79.10.16.3 9



80.01.08.1 7

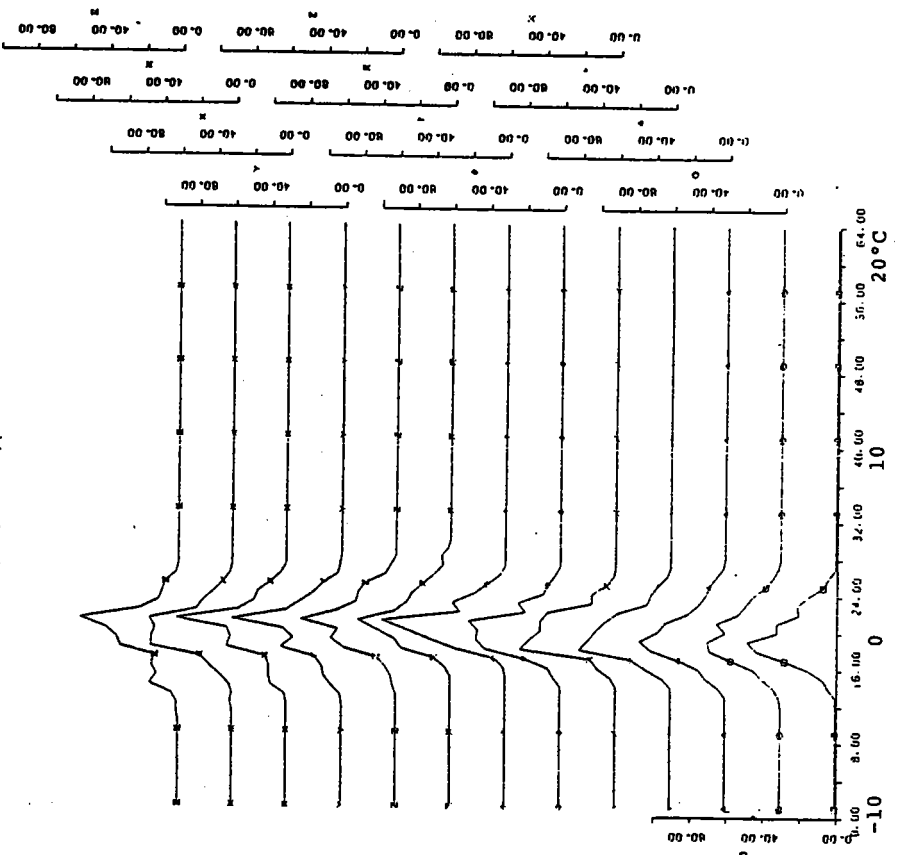


80.01.08.1 5

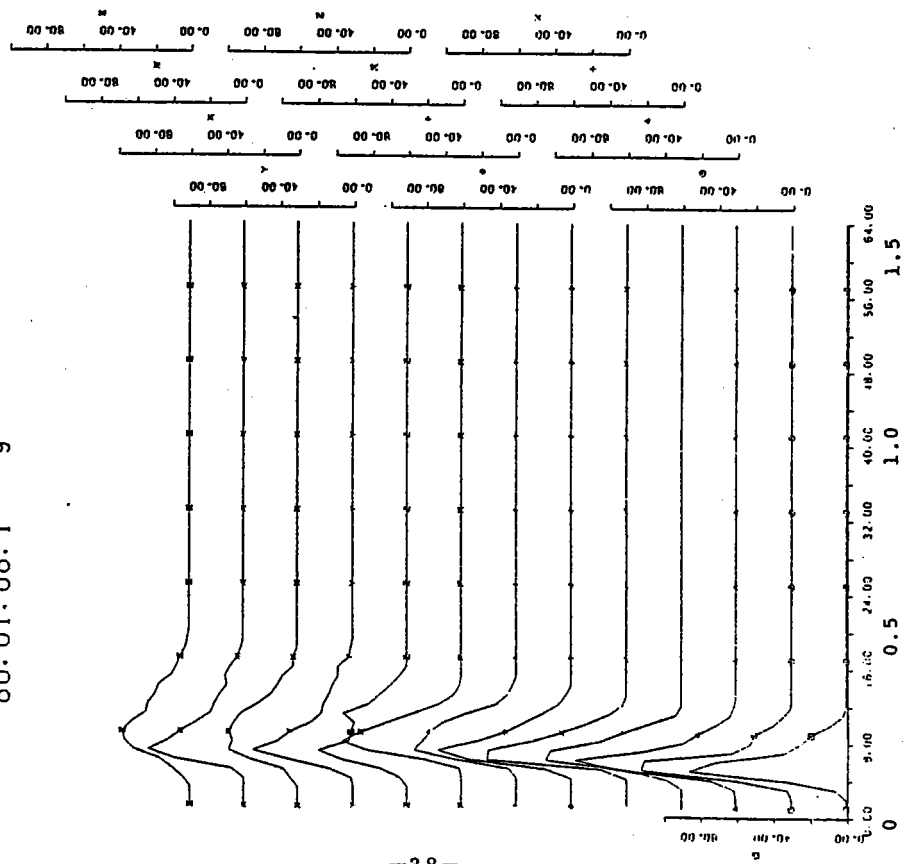


(3 - 5 c 1)

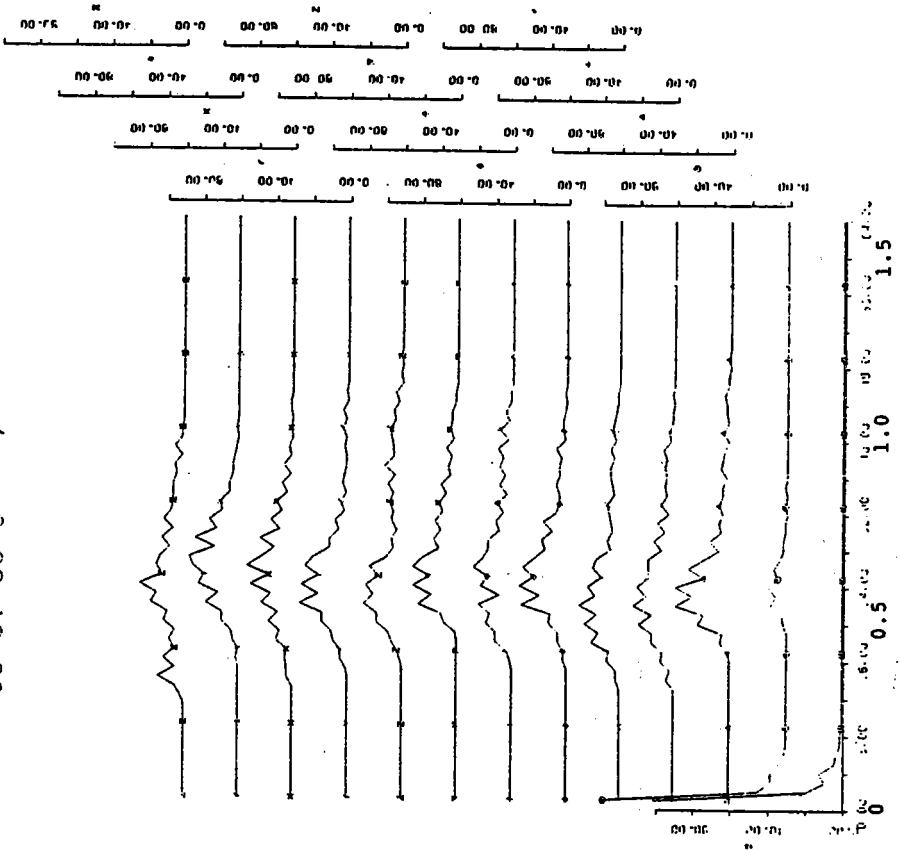
80.01.08.1 11



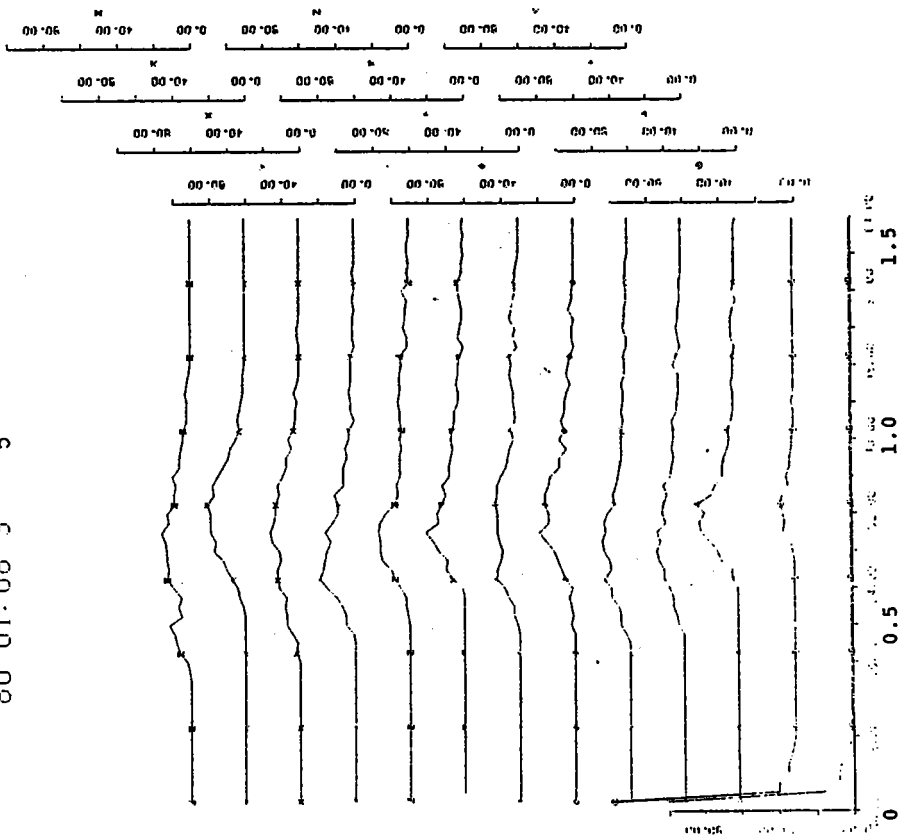
80.01.08.1 9



80 01.08 3 7

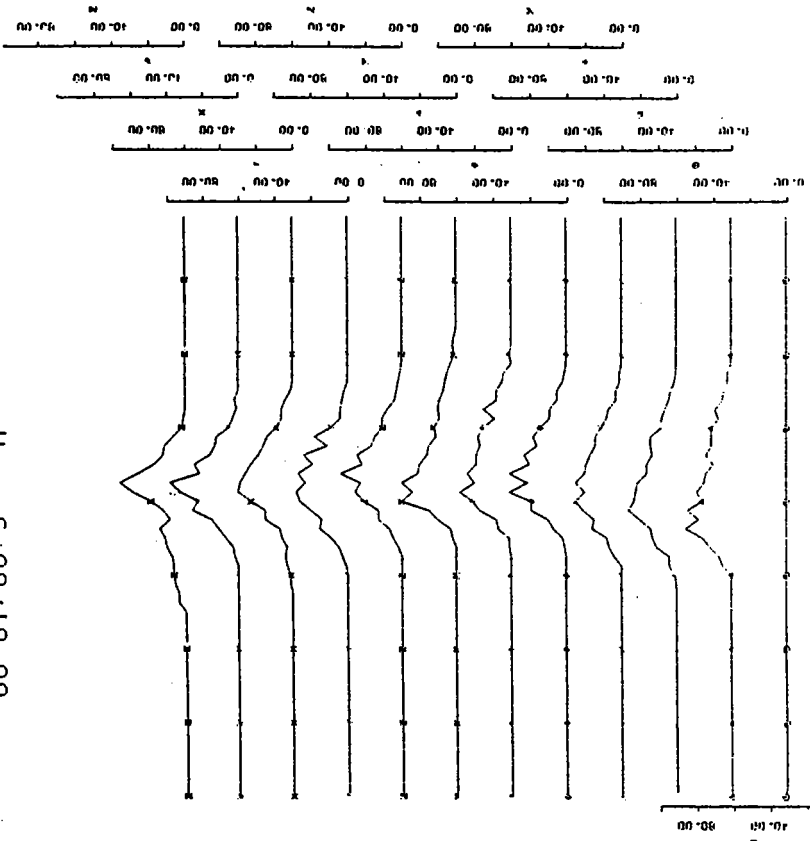


80 01.08 3 5

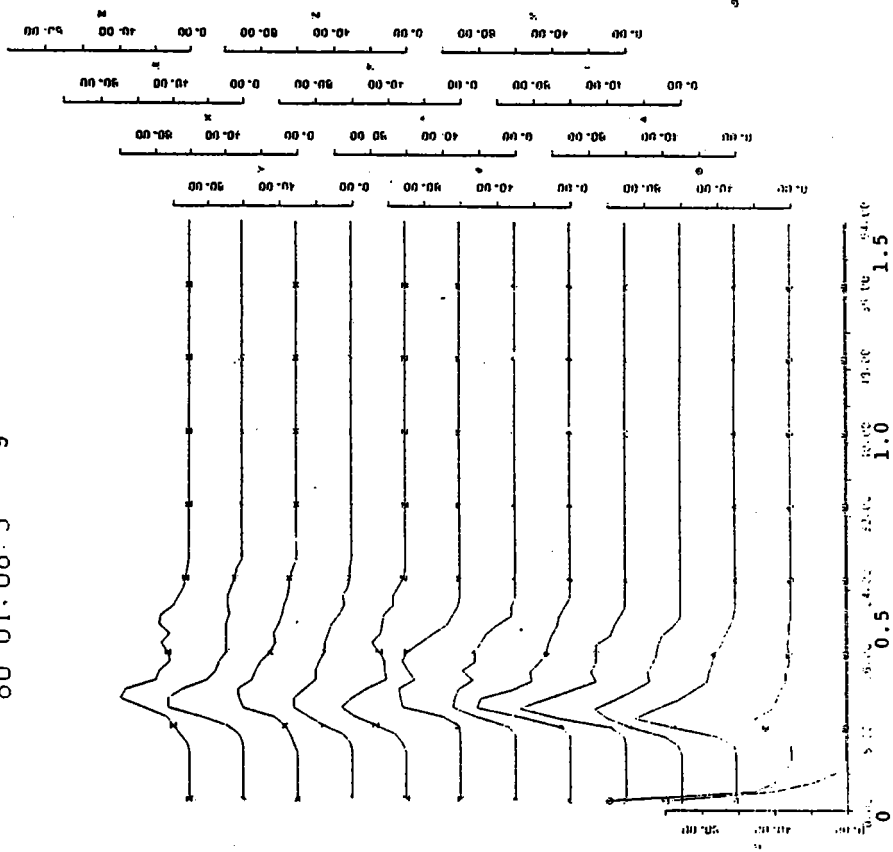


(3-5 d.1)

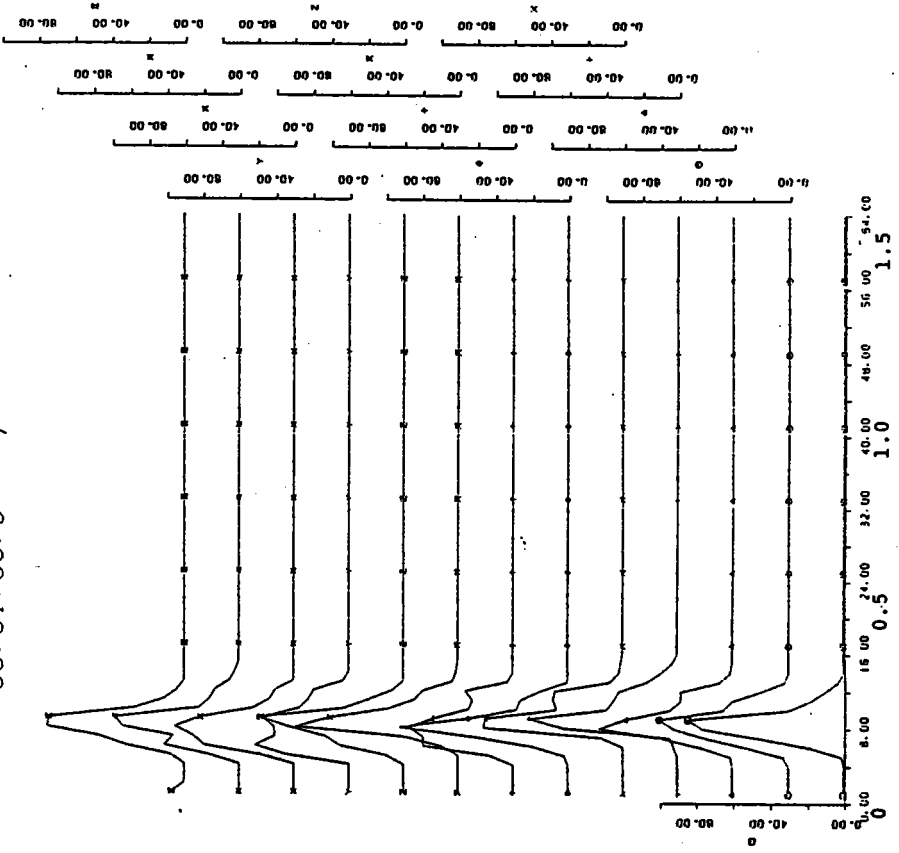
80 01.08.3 11



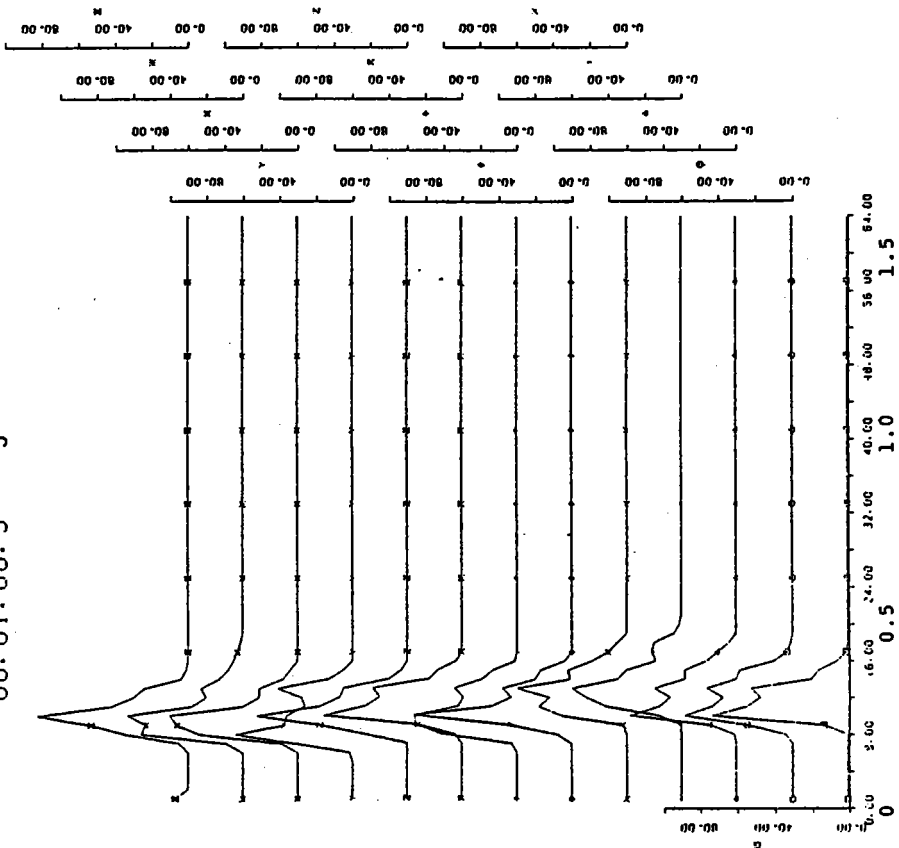
80 01.08.3 9



80.01.08.5 7

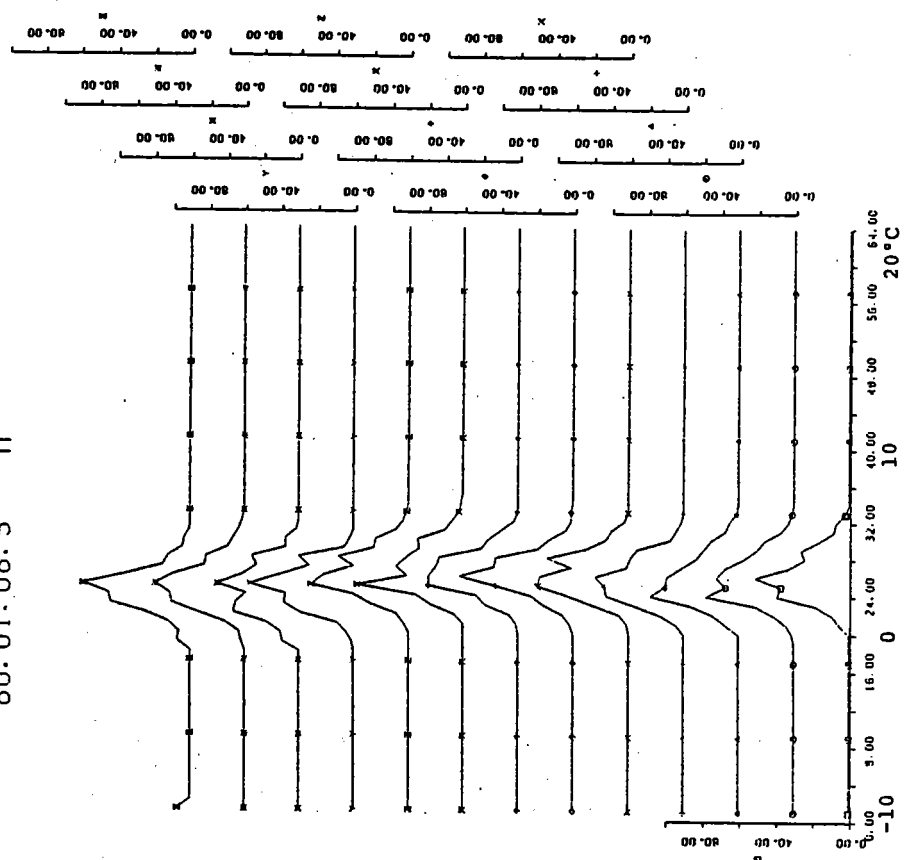
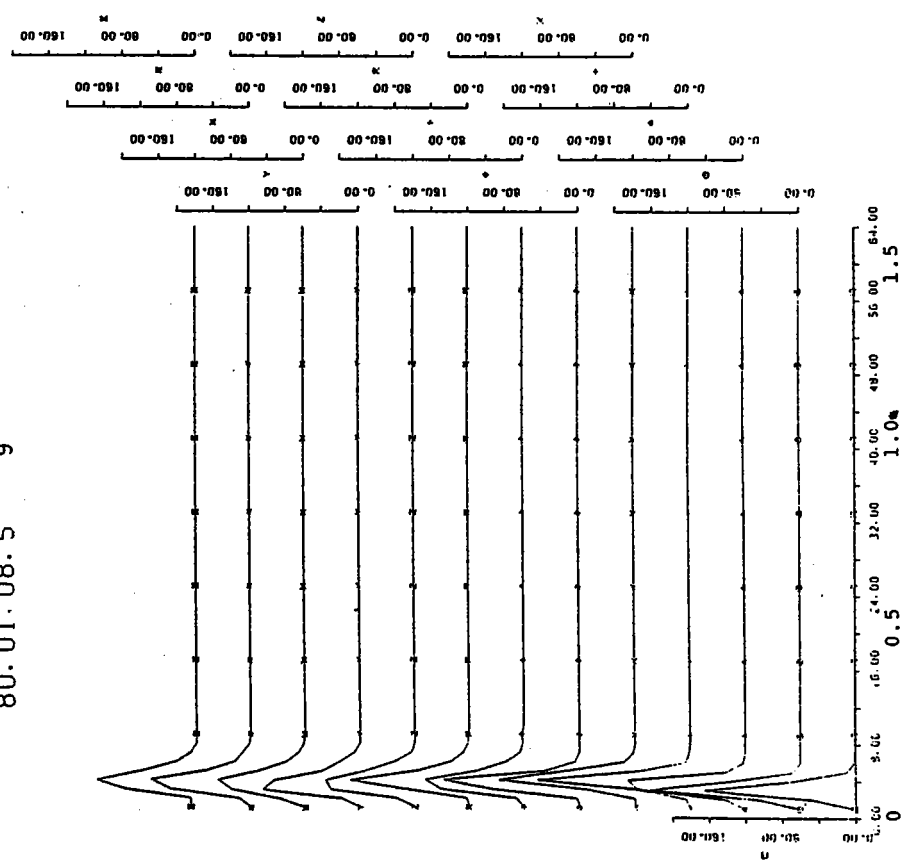


80.01.08.5 5



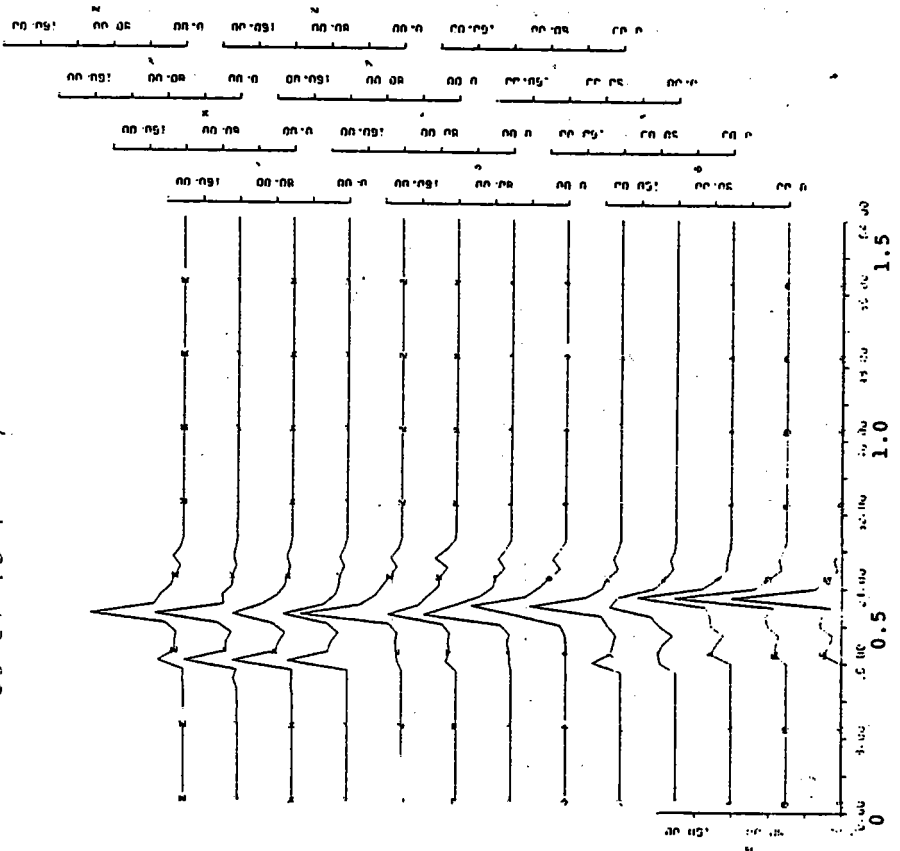
80.01.08.5 9

80.01.08.5 11

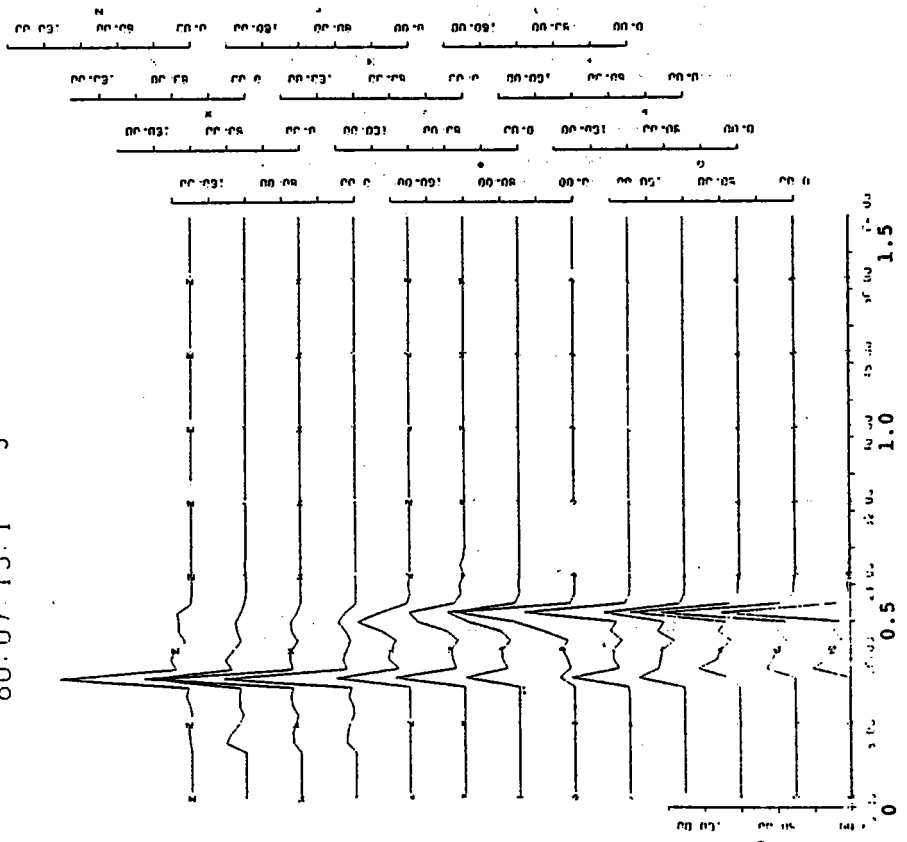


(3 - 5 e 2)

80.07.15.1 7

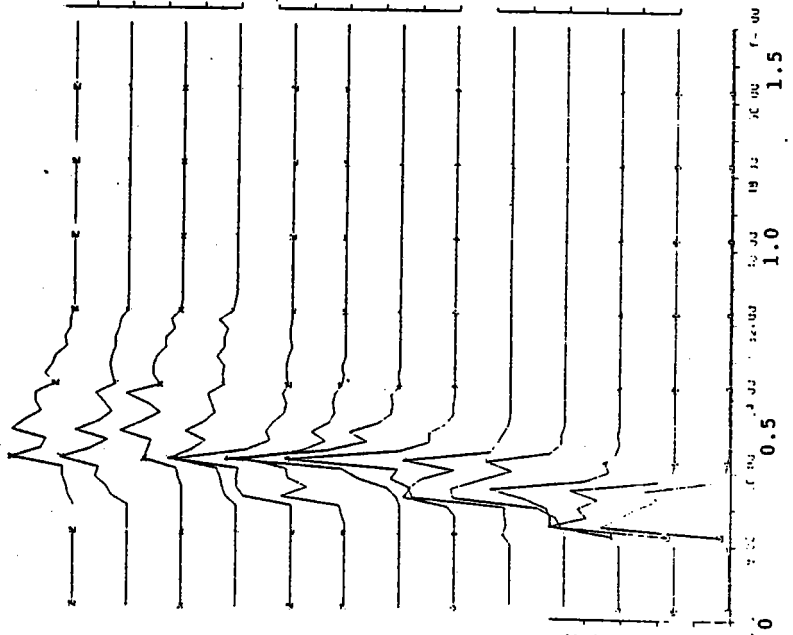


80.07.15.1 5

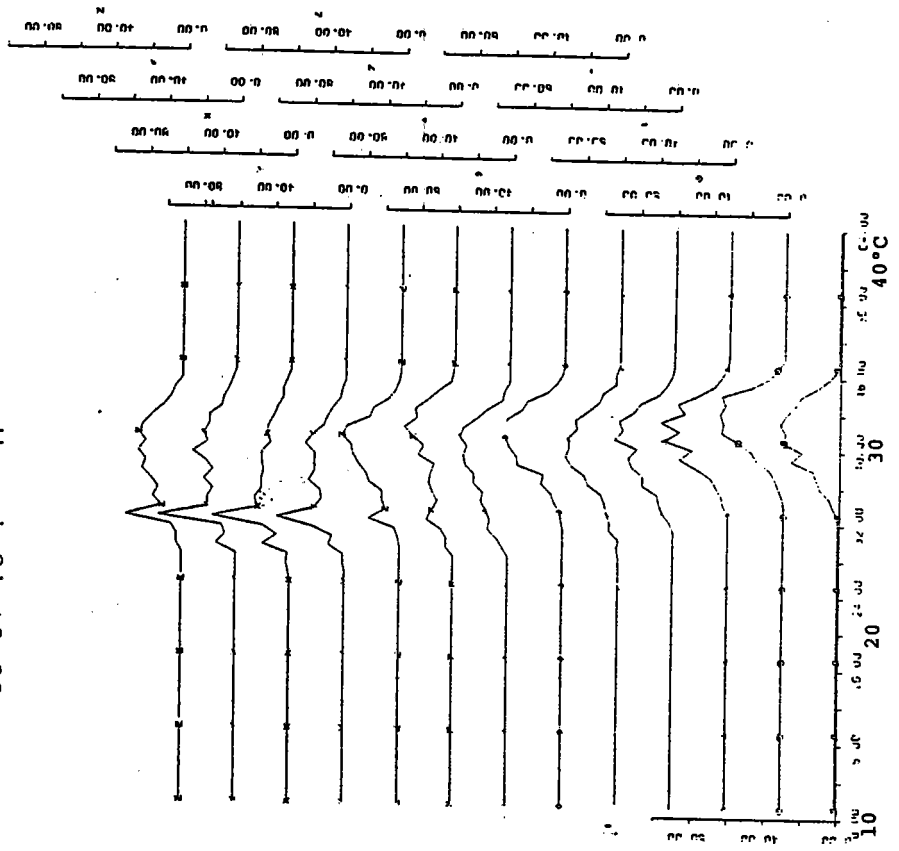


(3-5 f.1)

80.07.15.1 9

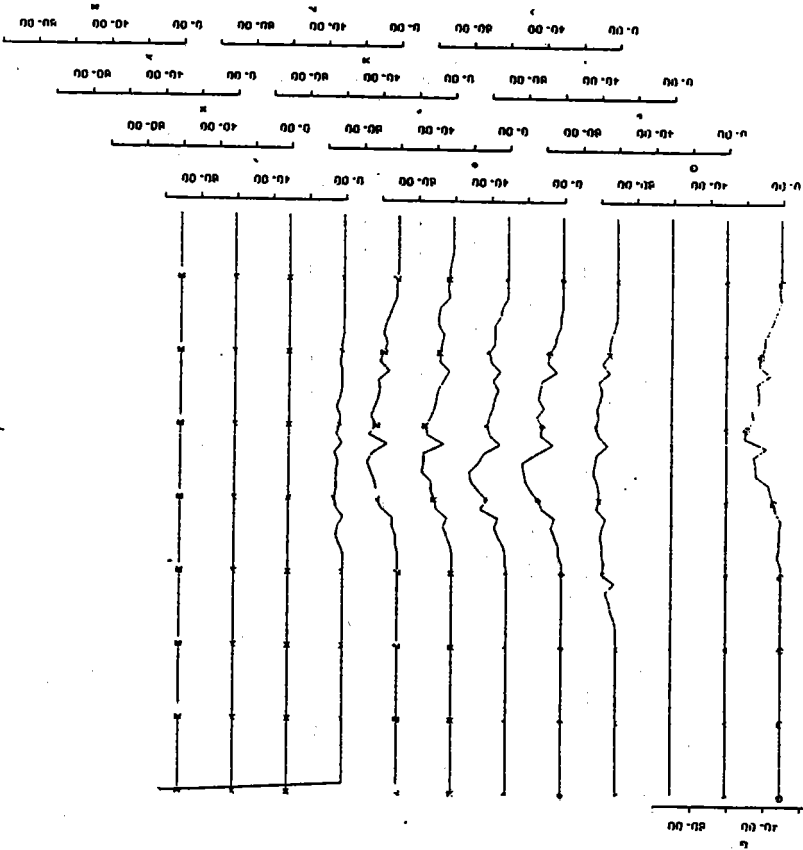


80.07.15.1 11

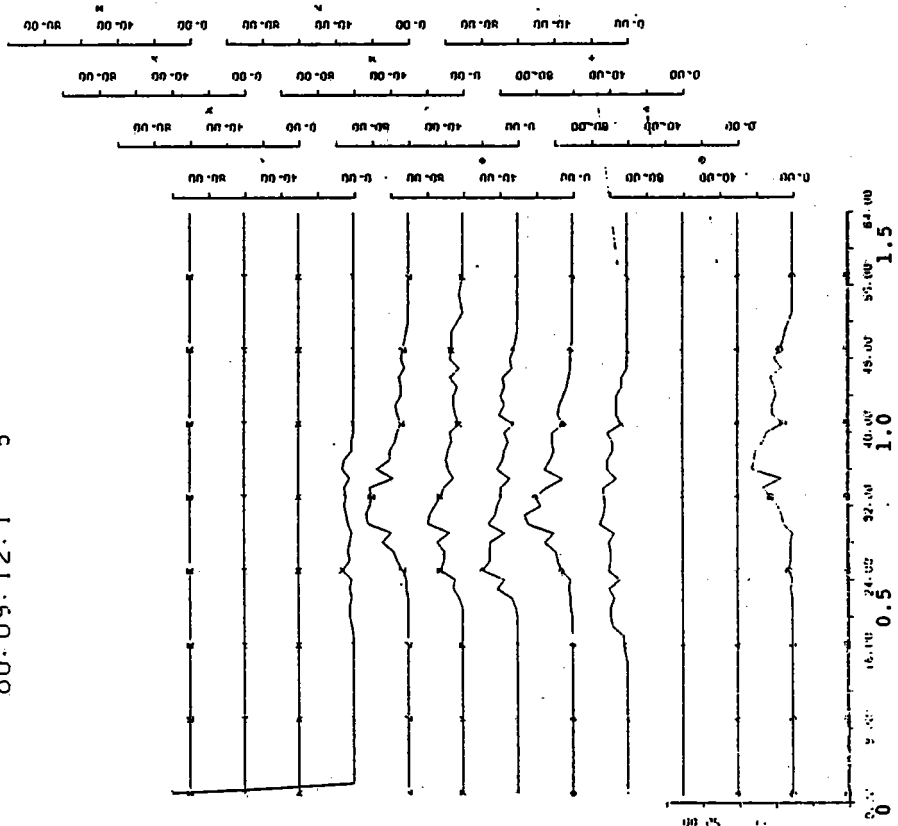


(3-5 f 2)

80.09.12.1 7

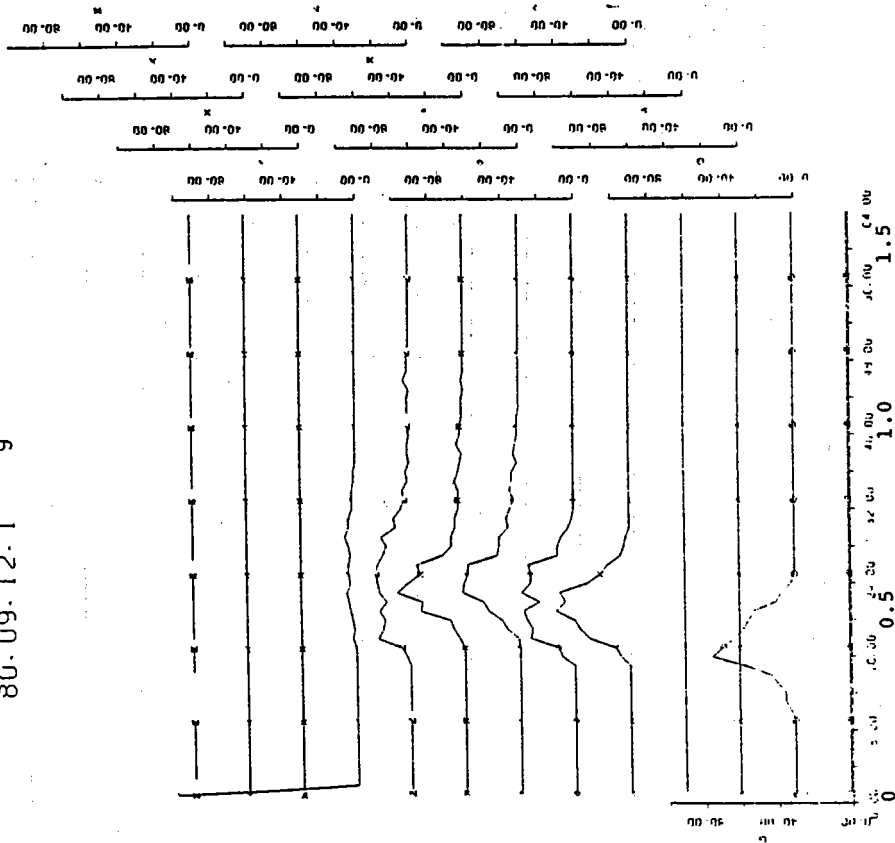


80.09.12.1 5

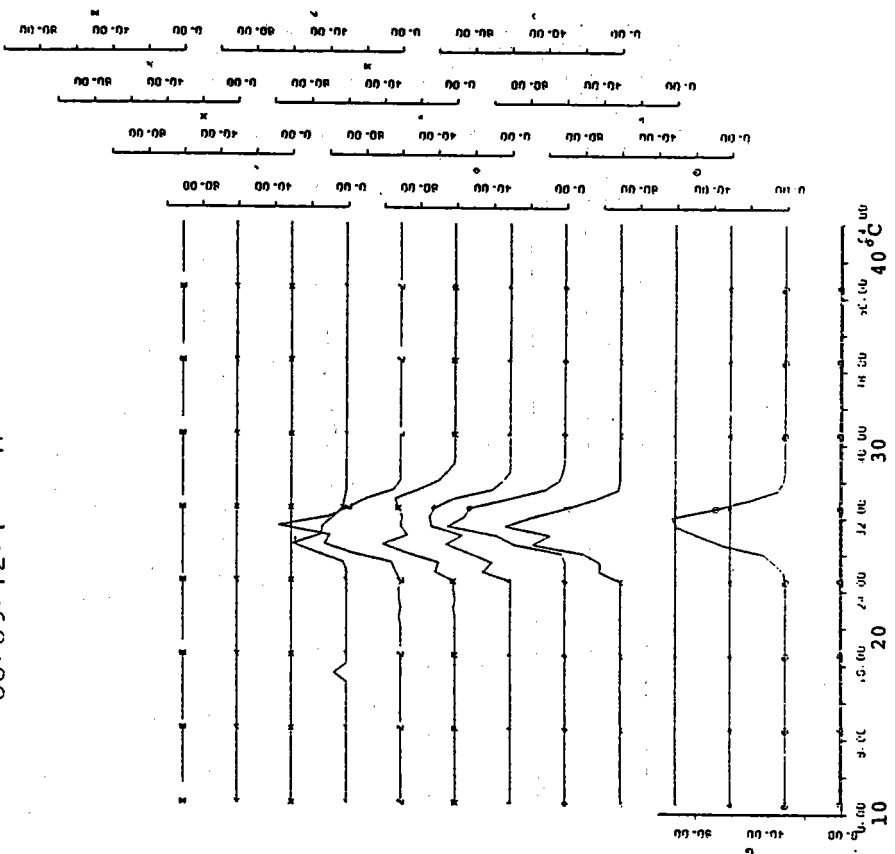


(3-5 g 1)

80.09.12.1 11

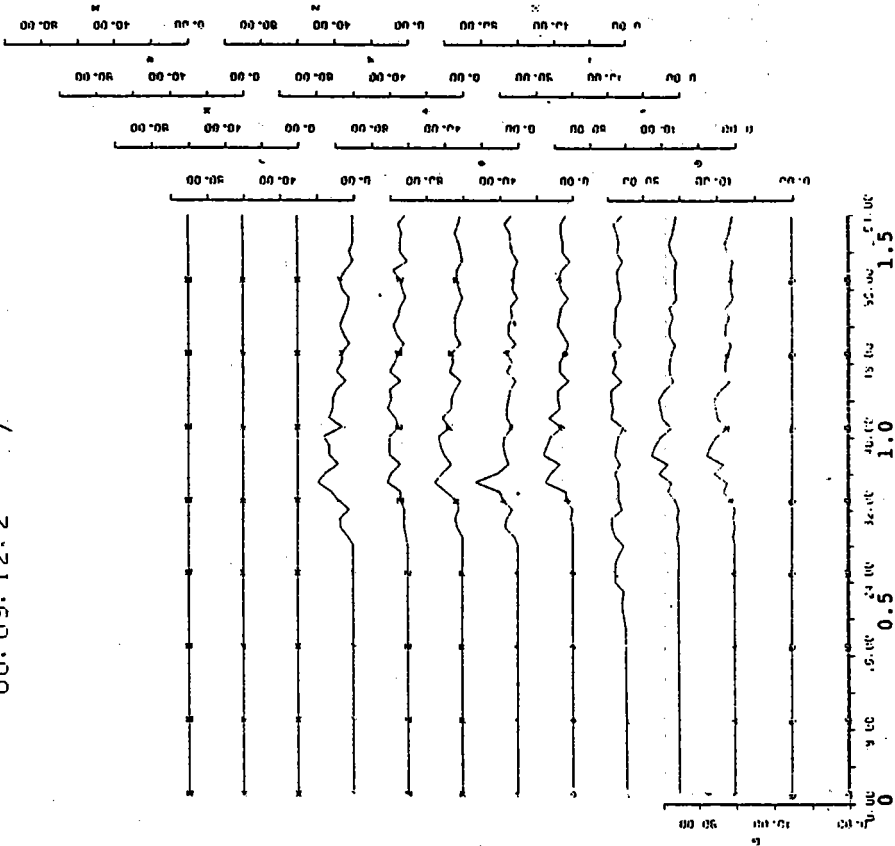


80.09.12.1 9

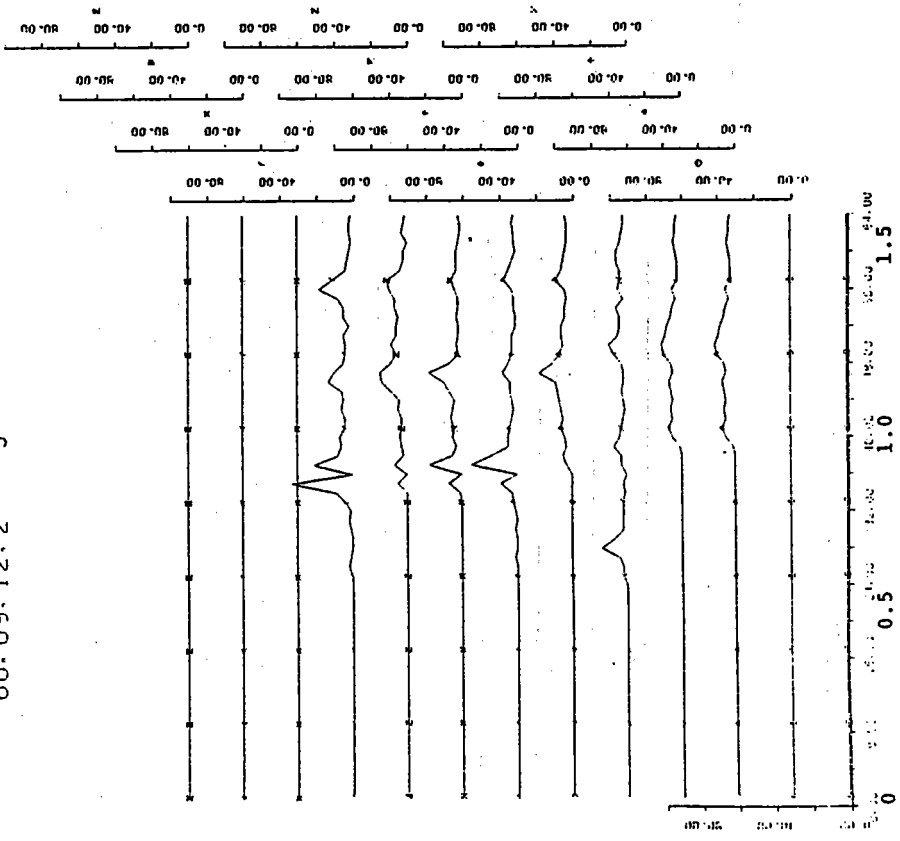


(3 - 5 g 2)

80.09.12.2 7

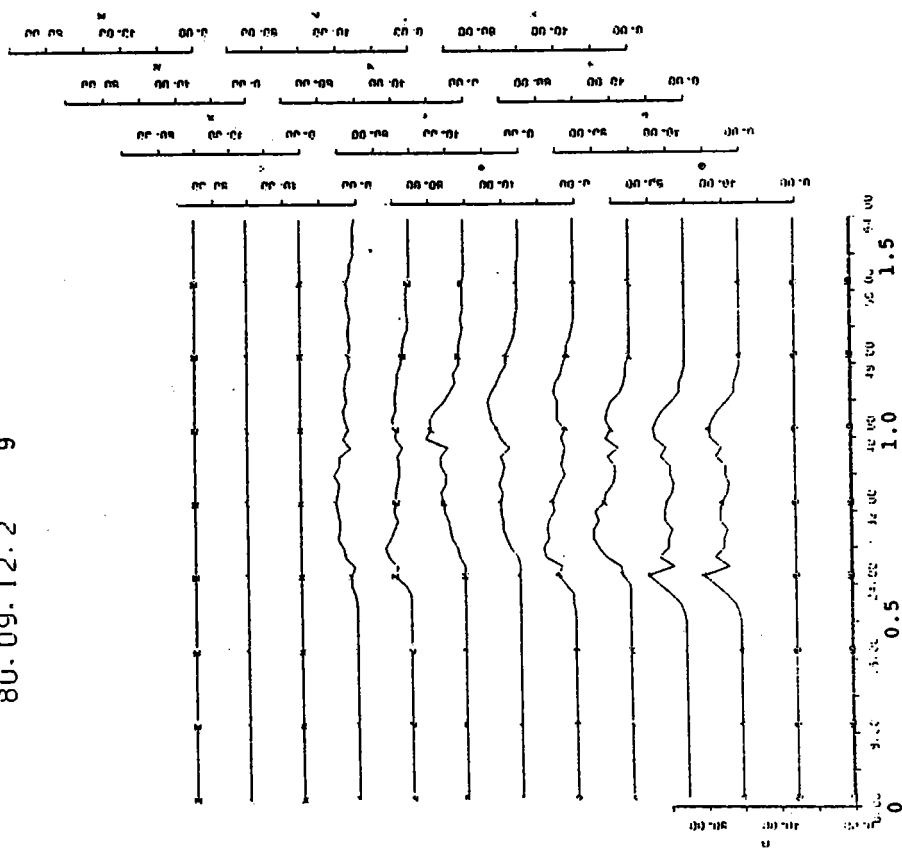


80.09.12.2 5

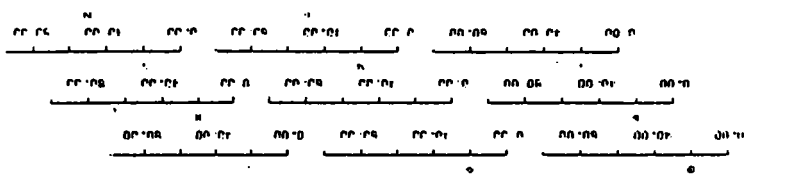
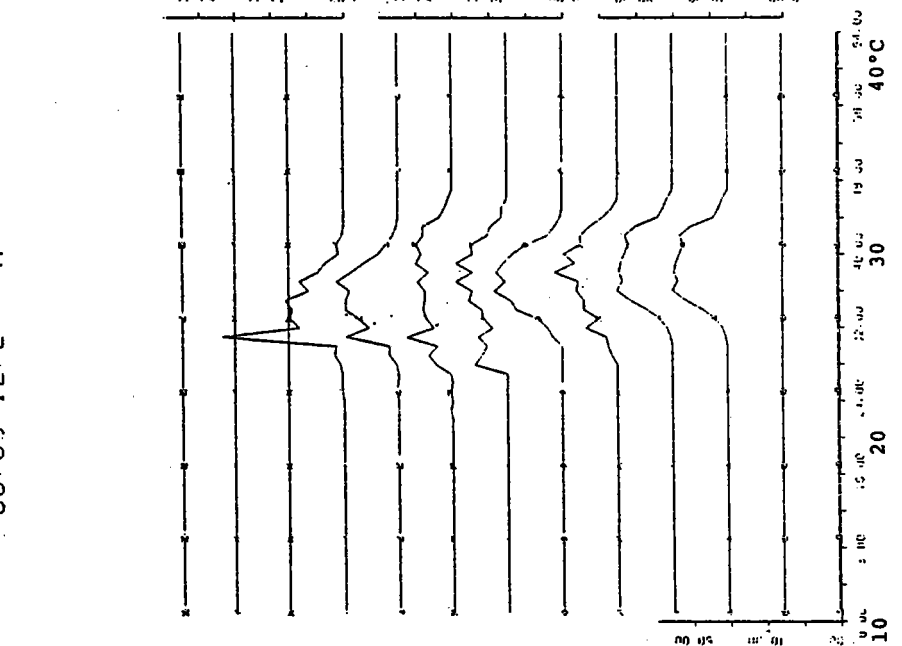


(图 3-5 h 1)

80.09.12.2 11

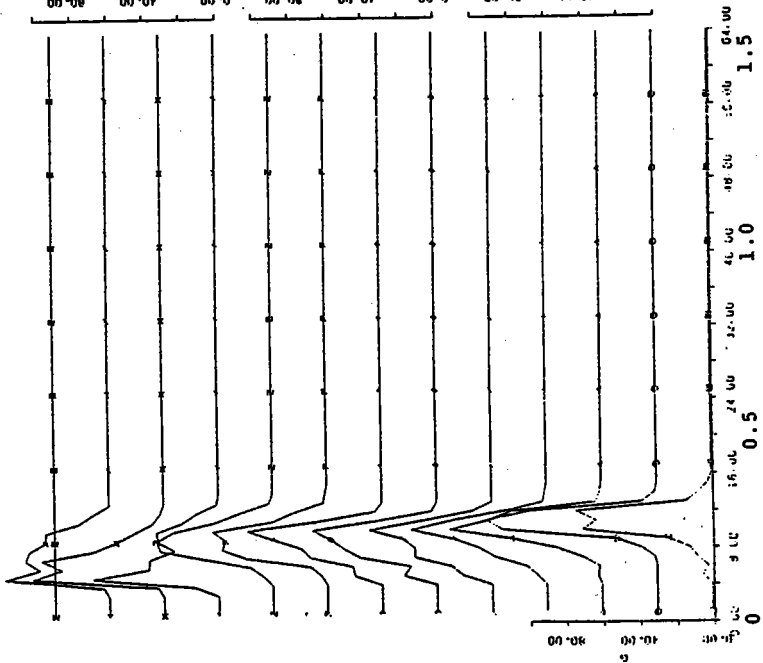


80.09.12.2 9

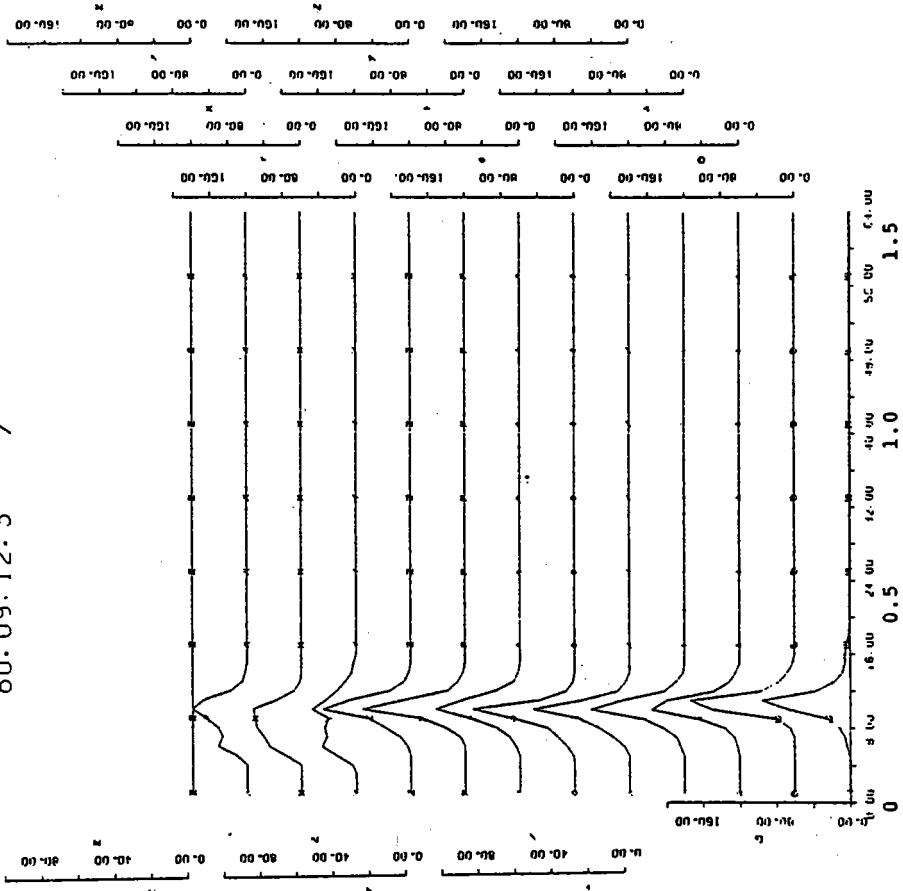


(3-5 h 2)

80.09.12.3 5



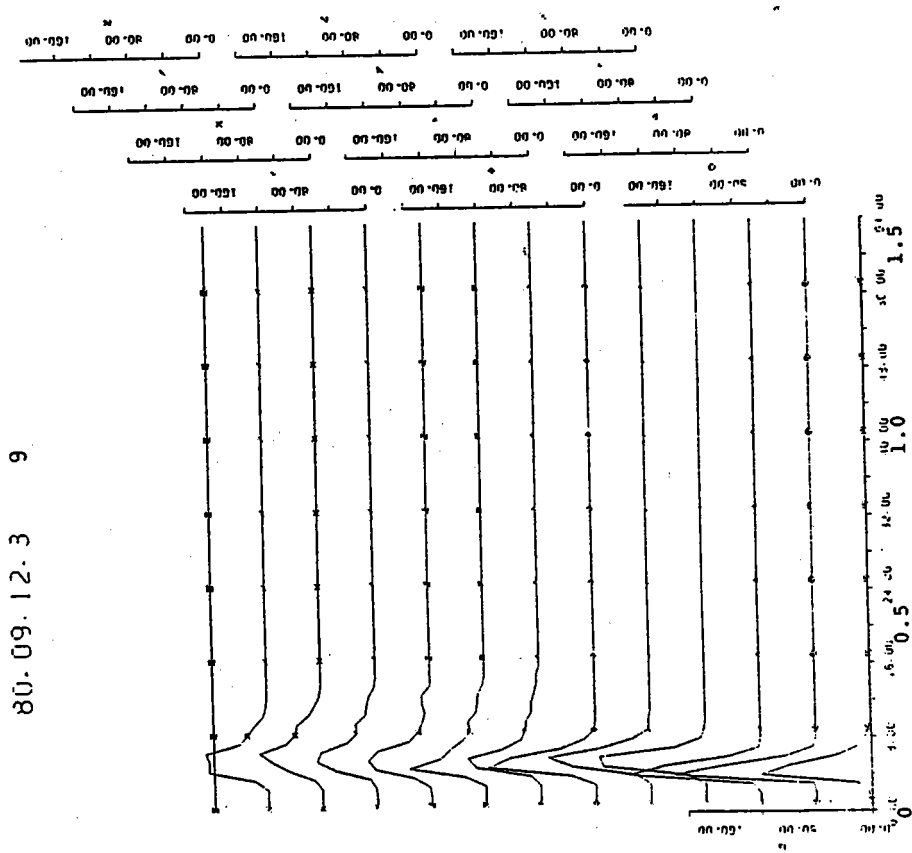
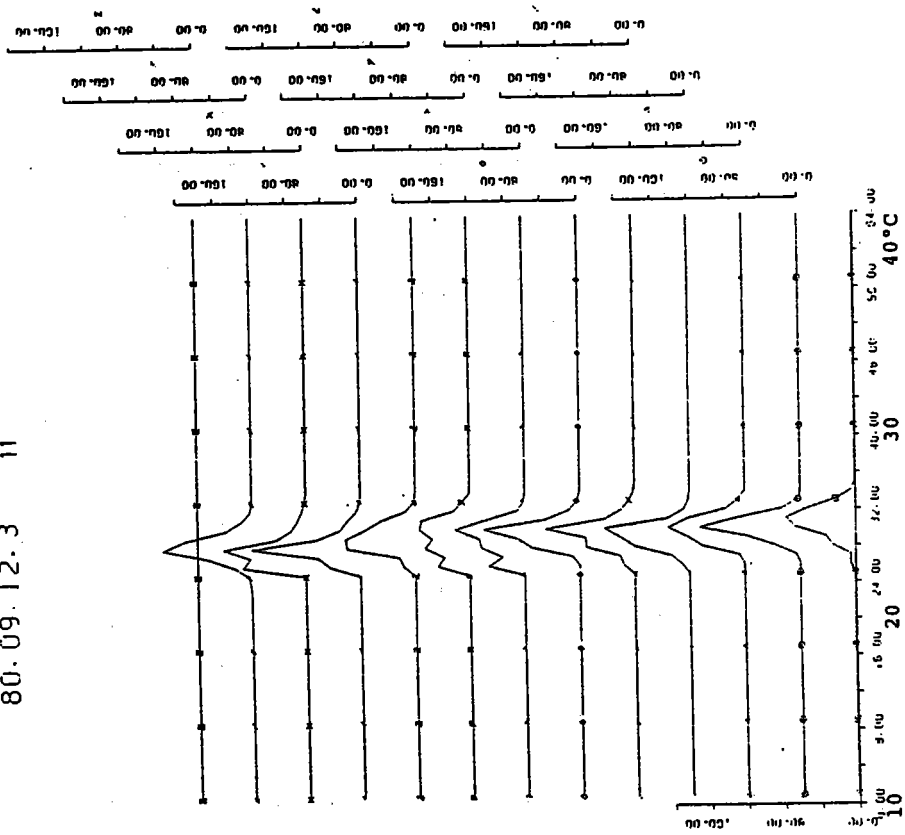
80.09.12.3 7



(3-511)

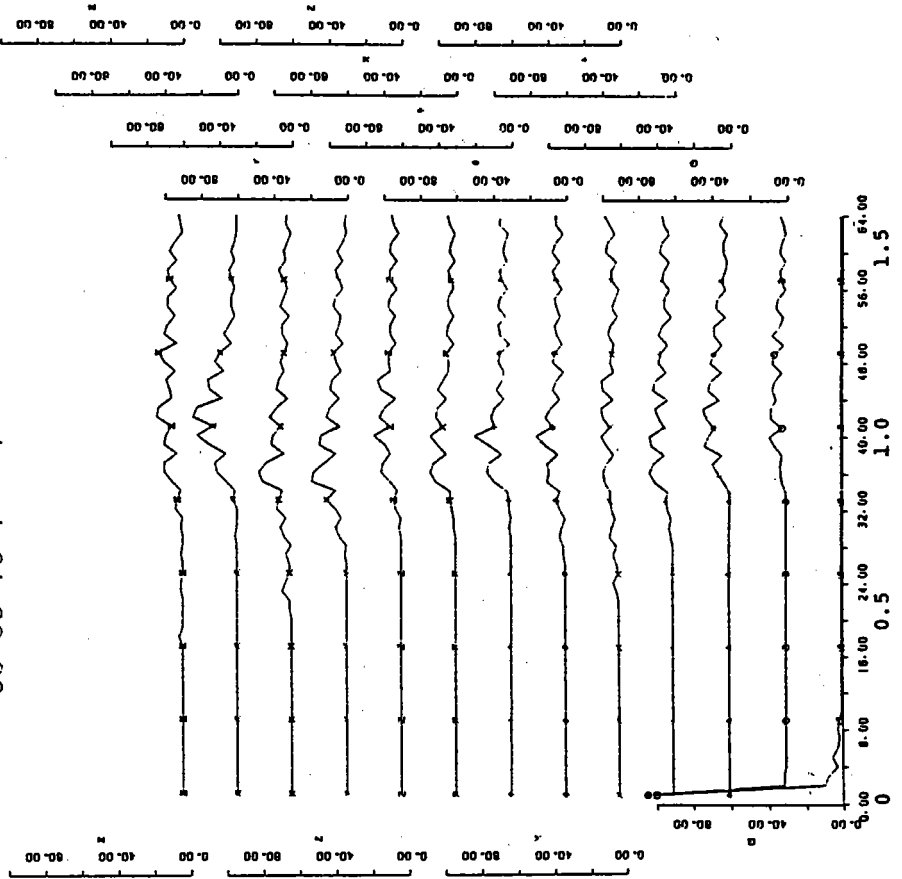
80.09.12.3 9

80.09.12.3 11

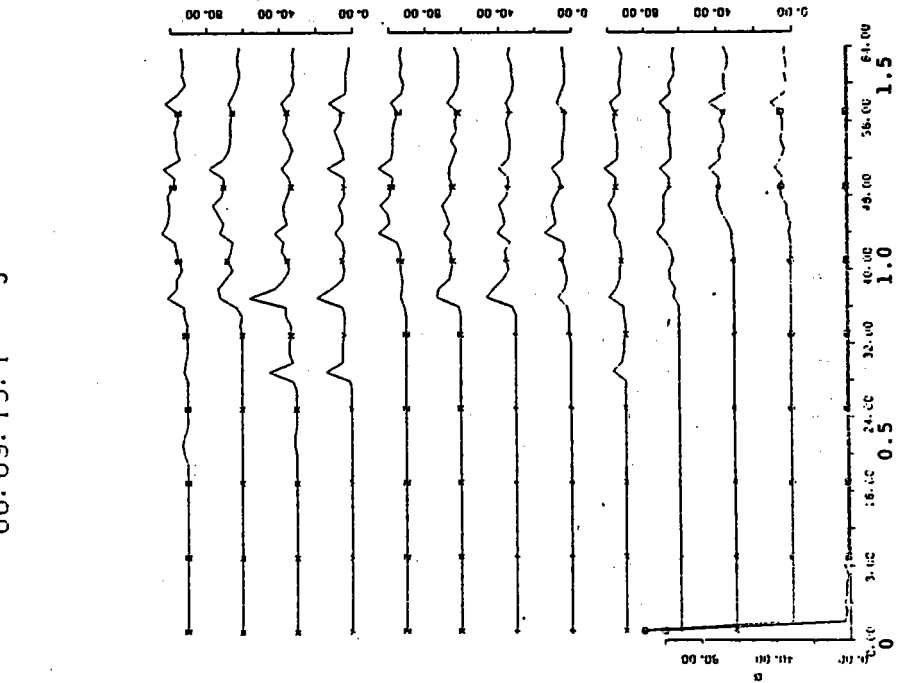


(3-512)

80.09.13.1 7

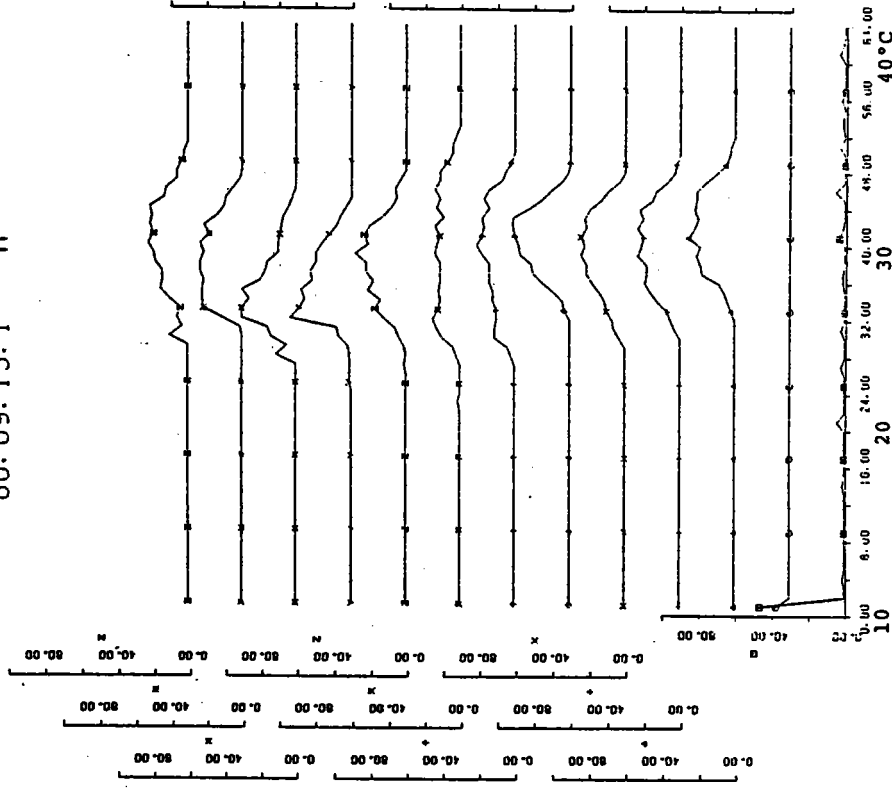
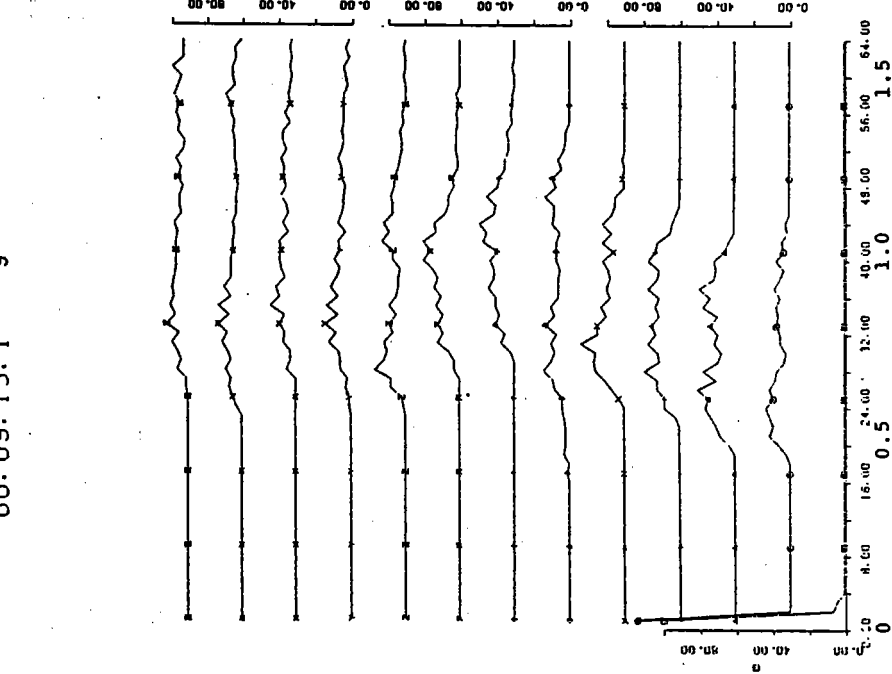


80.09.13.1 5



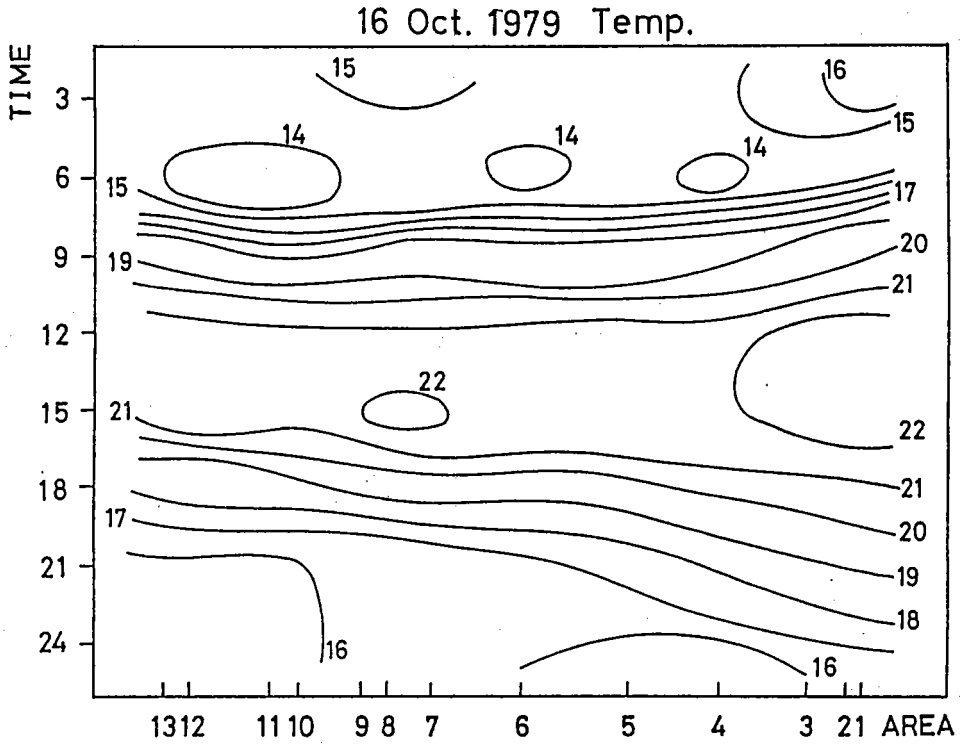
80.09.13.1 9

80.09.13.1 11



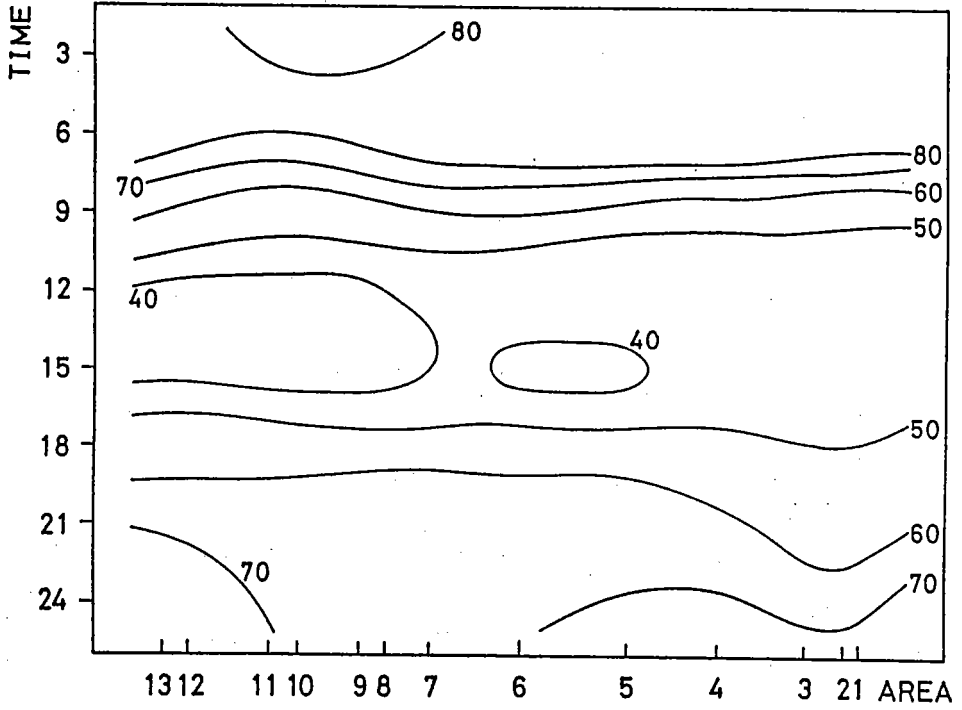
(3 - 5 j 2)

図3-6a~e MSSフライトエリアにおける気象要素の時系列解析。横軸は、図2-2に示された各エリアの中心の位置を距離に比例して示す。エリア1は新宿方面、エリア13は八王子方面である。縦軸は、時刻。図表は、温度(℃)、湿度(%)、風向・風速の順で観測順に表示してある。

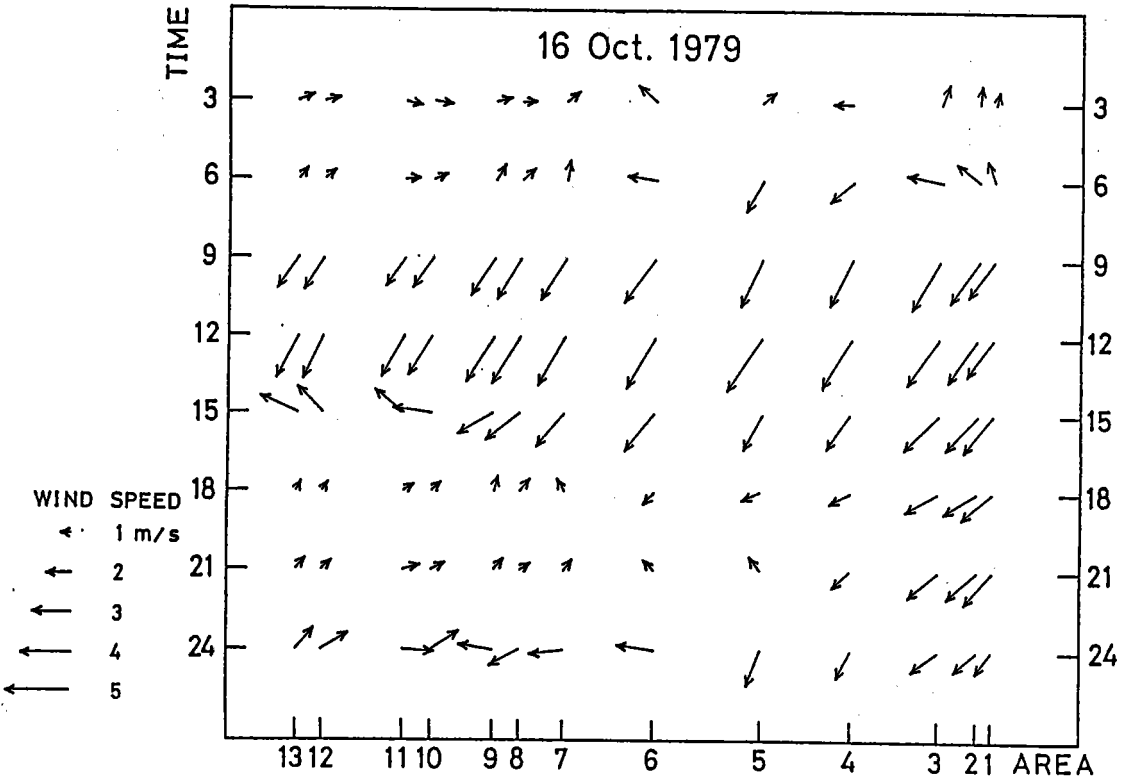


(図 3-6 a 1)

16 Oct. 1979 Hum.

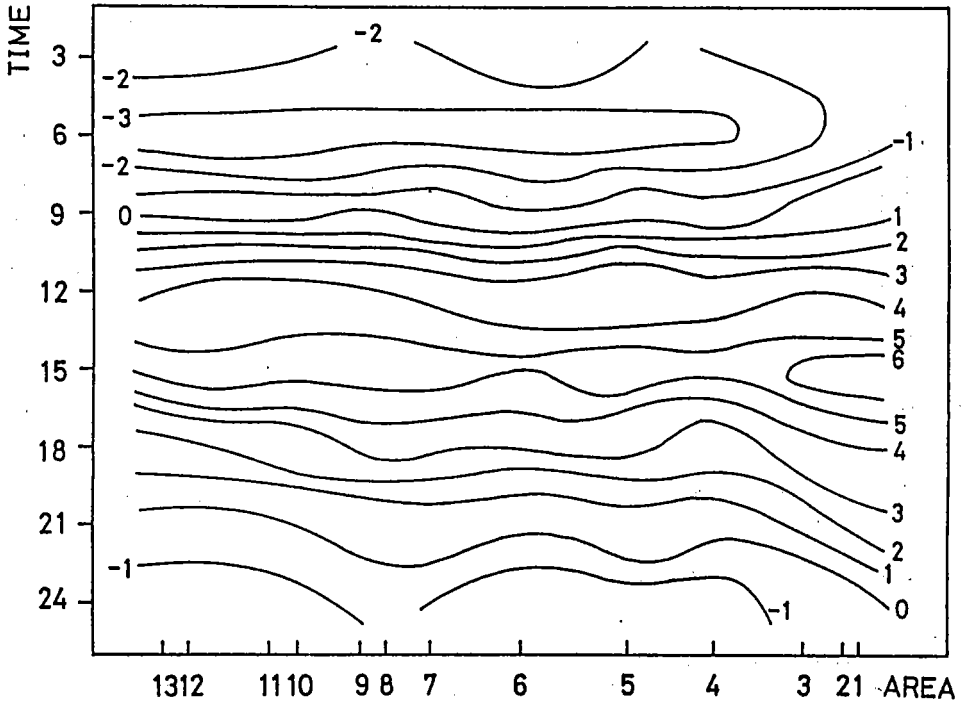


(图 3-6 a 2)



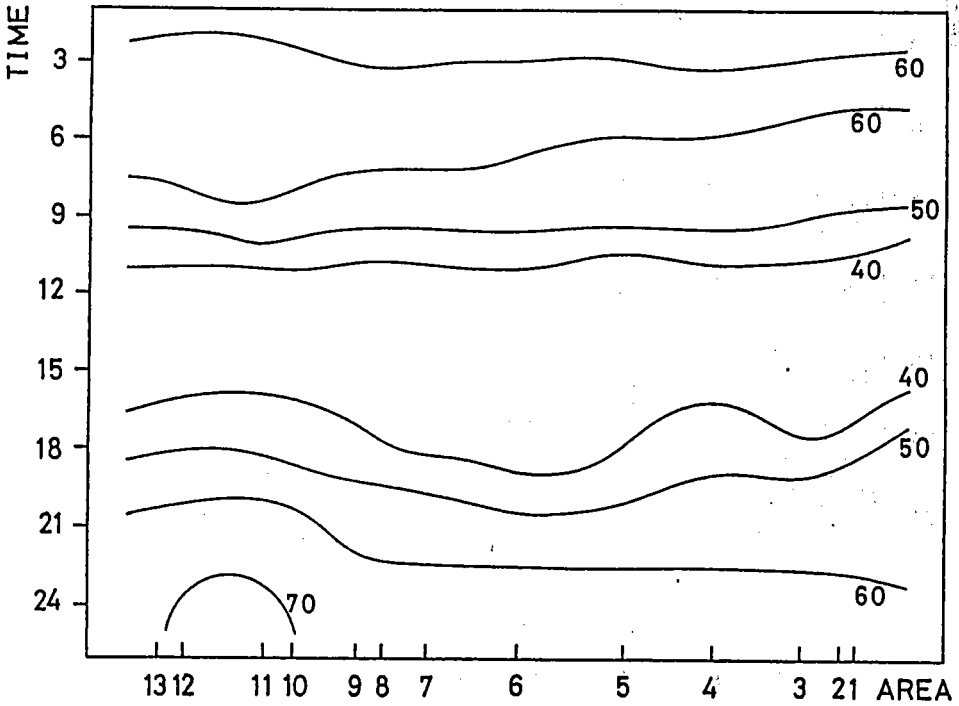
(图 3-6 a 3)

8 Jan. 1980 Temp.

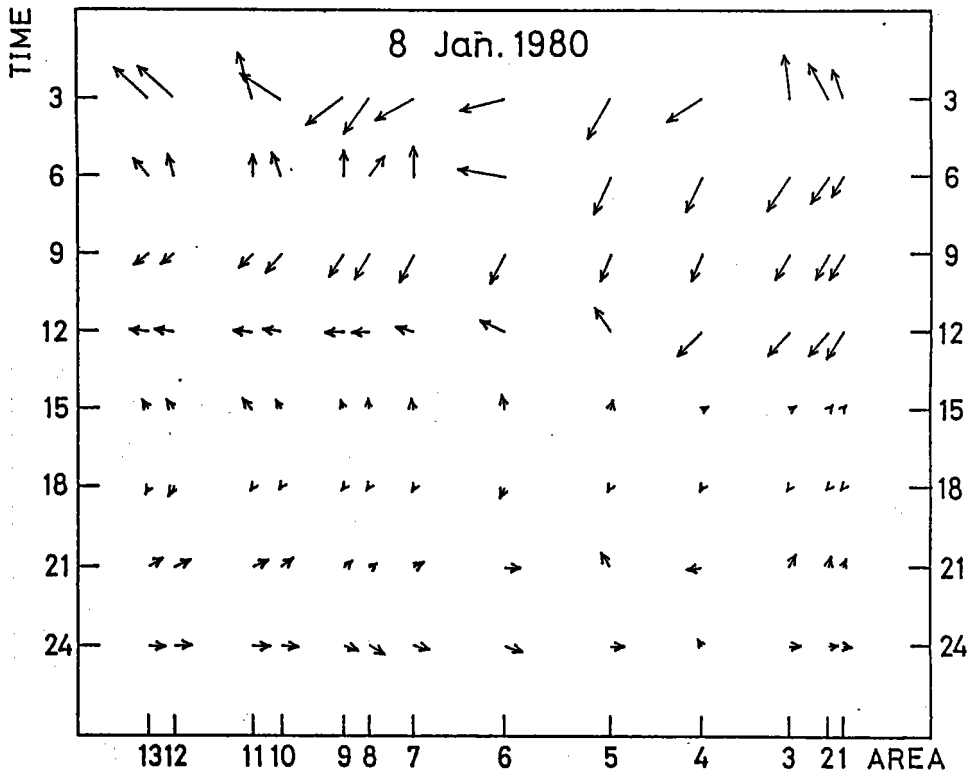


(图 3-6 b 1)

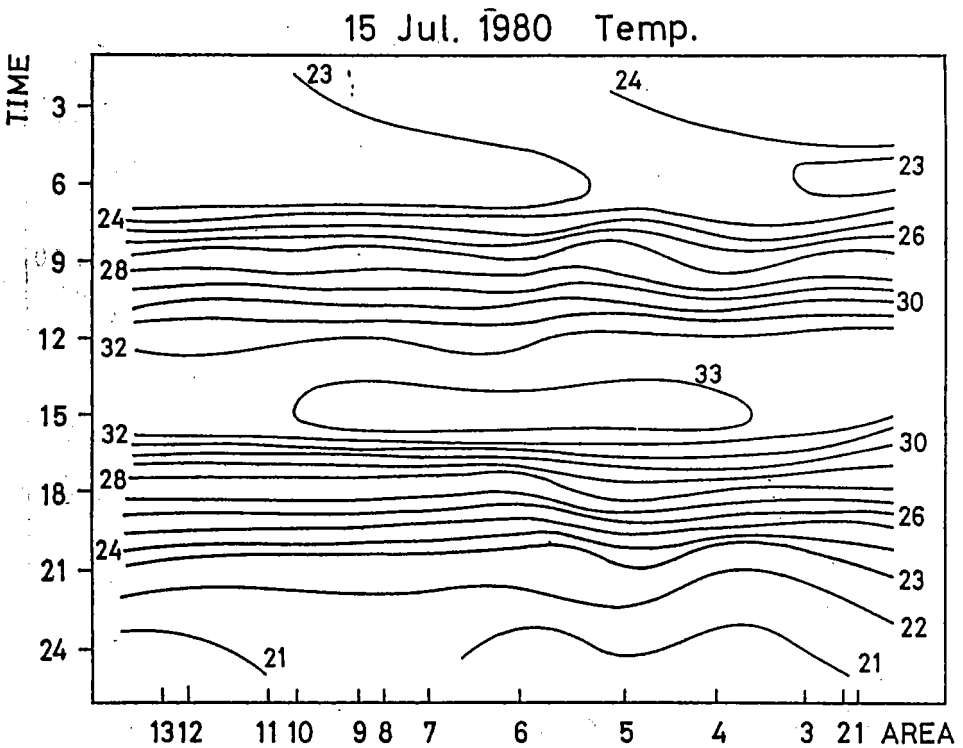
8 Jan. 1980 Hum.



(图 3-6 b 2)

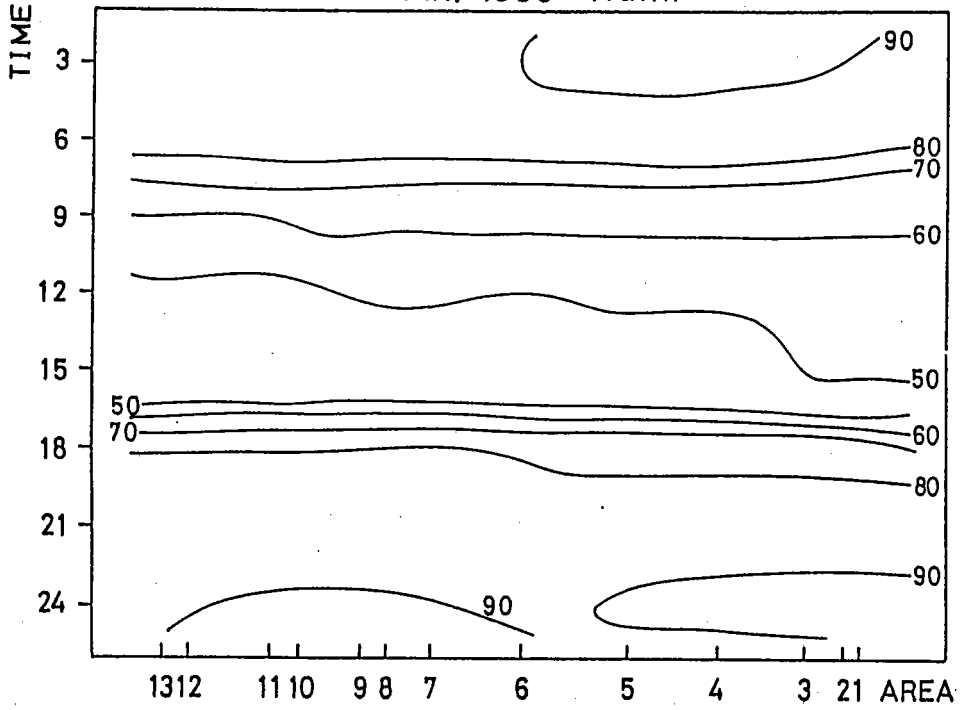


(3 - 6 b 3)

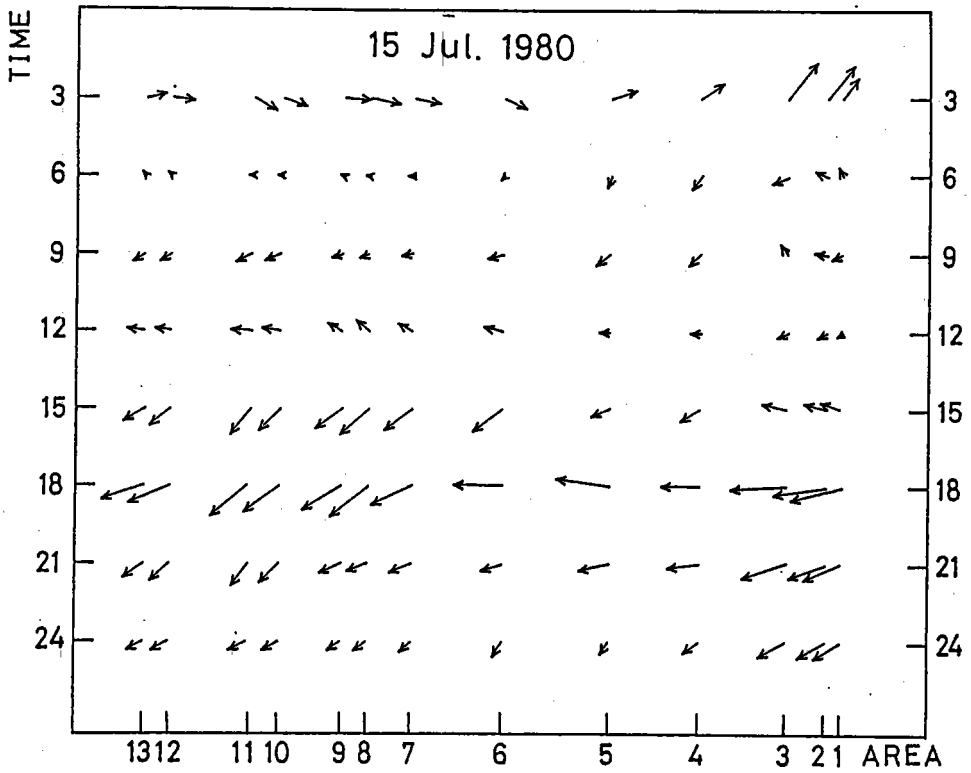


(3 - 6 c 1)

15 Jul. 1980 Hum.

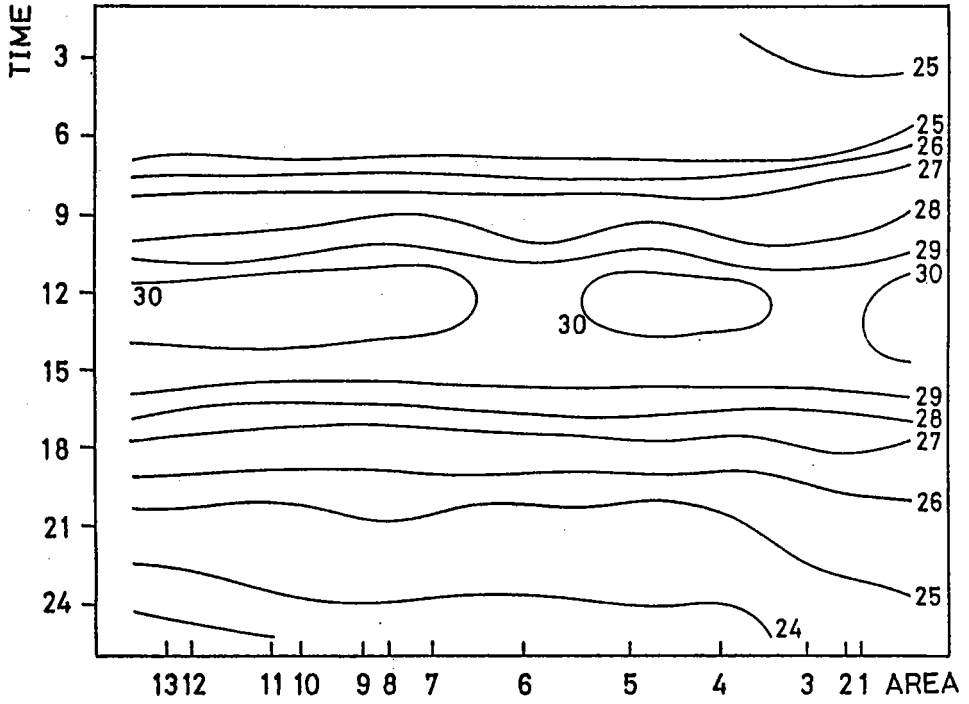


(图3-6c2)



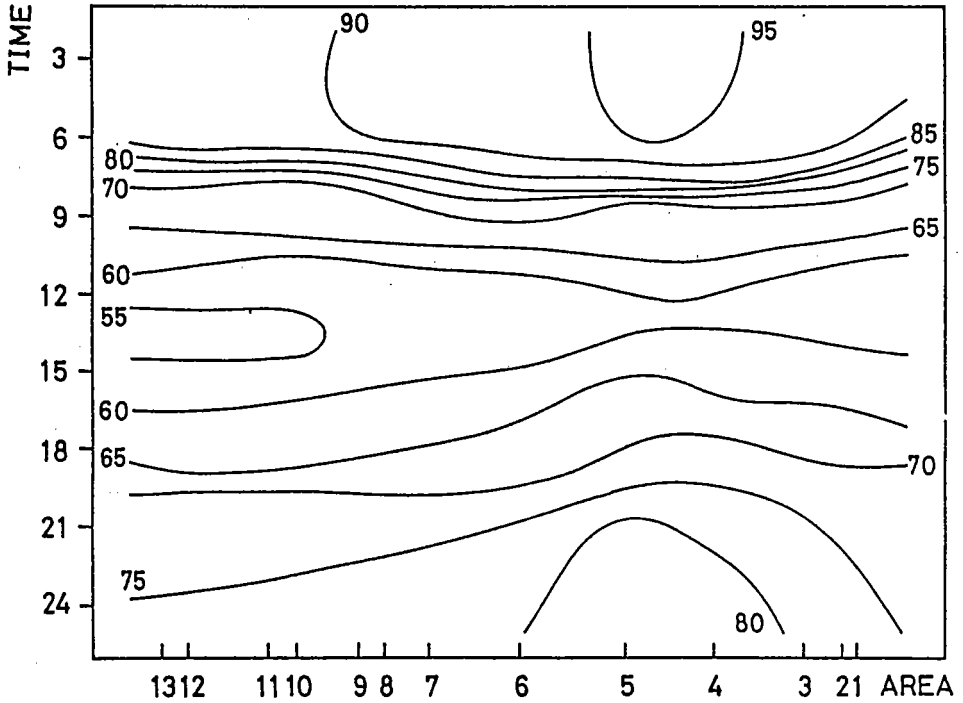
(图3-6c3)

12 Sep. 1980 Temp.

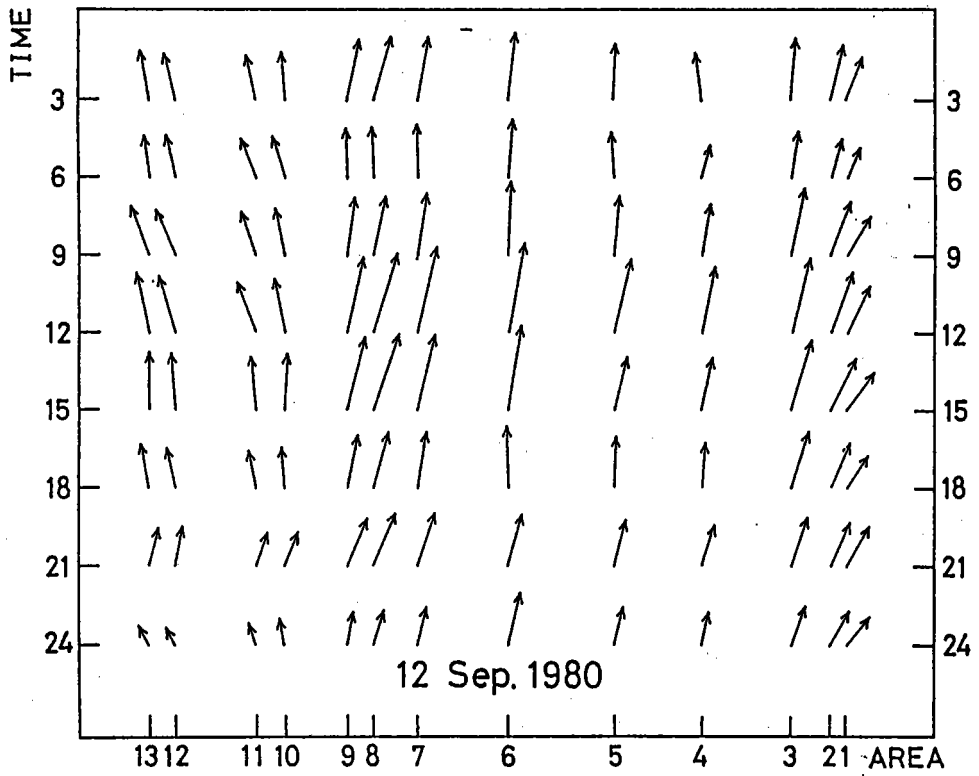


(图 3-6 d 1)

12 Sep. 1980 Hum.

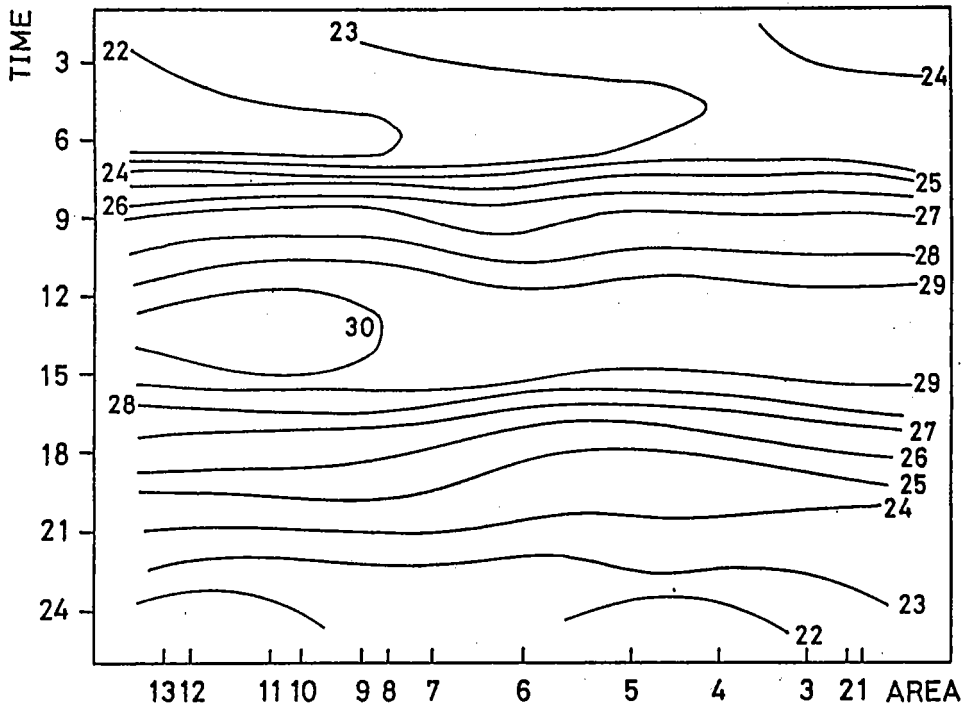


(图 3-6 d 2)



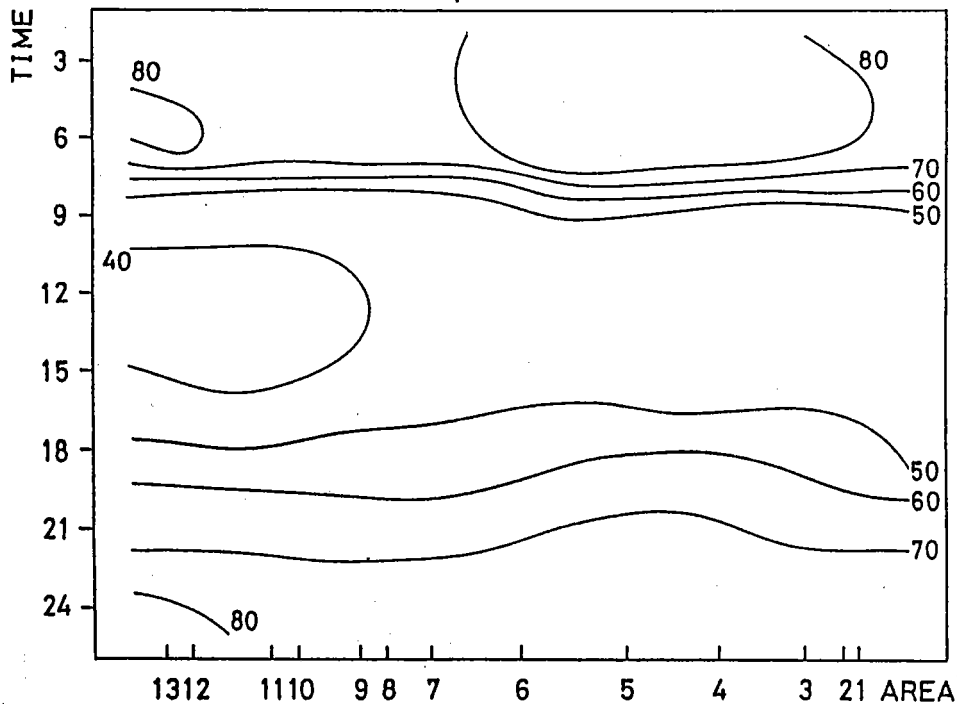
(3 - 6 d 3)

13 Sep. 1980 Temp.

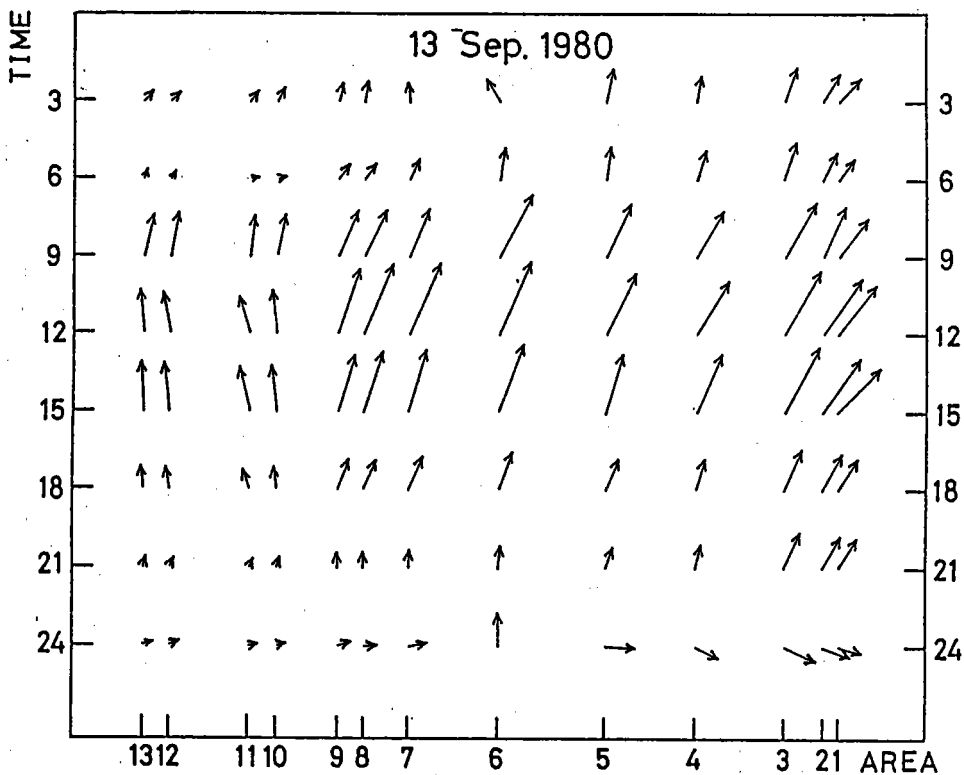


(3 - 6 e 1)

13 Sep. 1980 Hum.

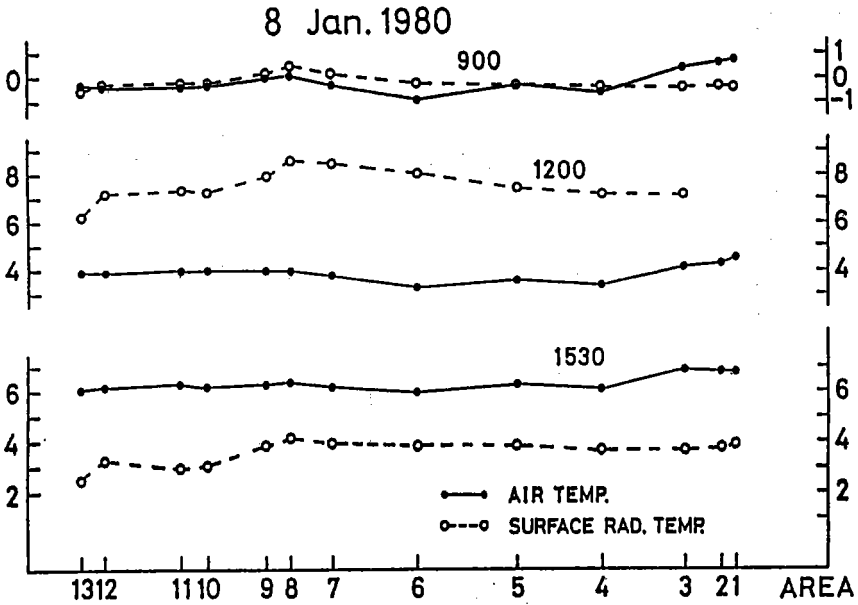


(图3-6 e 2)

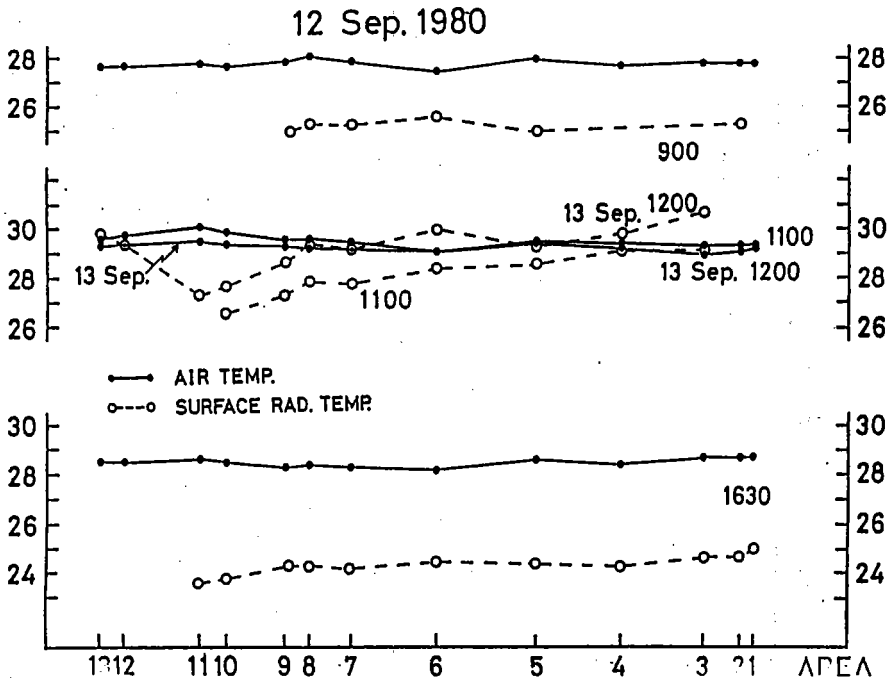


(图3-6 e 3)

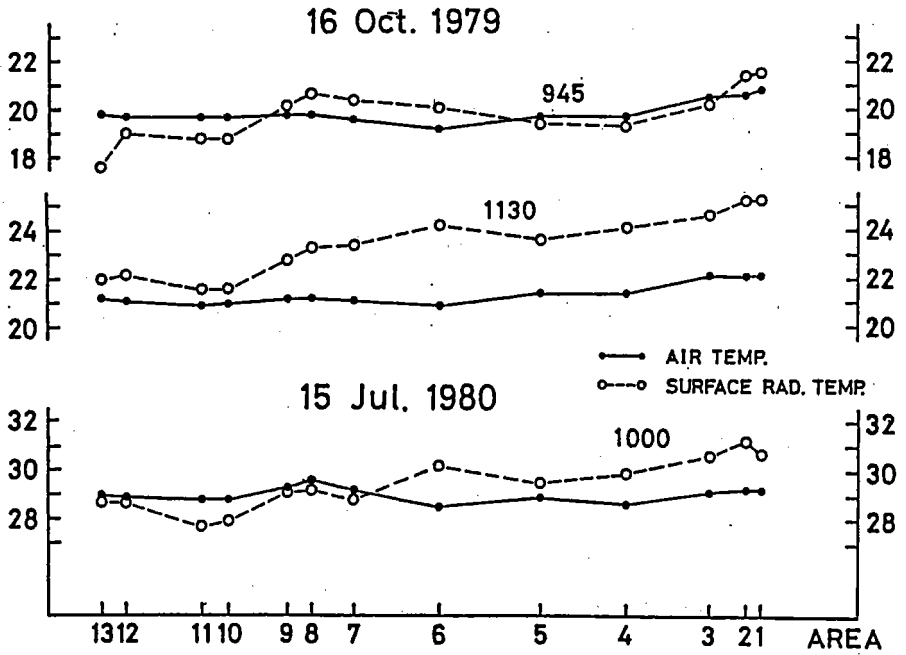
図3-7 a ~ c 気温と地表放射温度(MSSバンド11)の空間分布。横軸は、図3-6と同じで
 フライトエリアを示す。縦軸は、温度(℃)である。図3-7 aは、1980年1月8日。図
 3-7 bは、1980年9月12日、13日。図3-7 cは、1979年10月16日、1980
 年7月15日。



(図3-7 a)

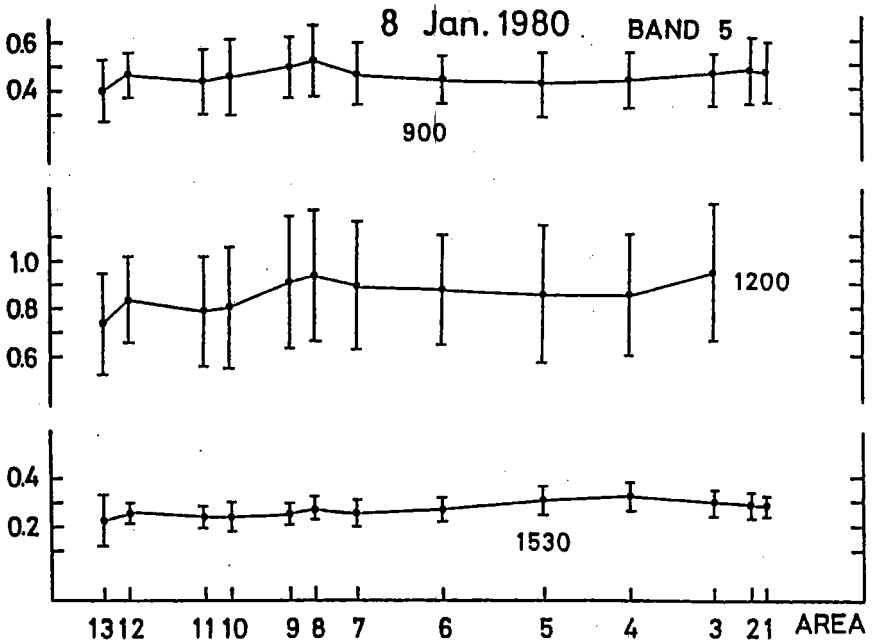


(図3-7 b)

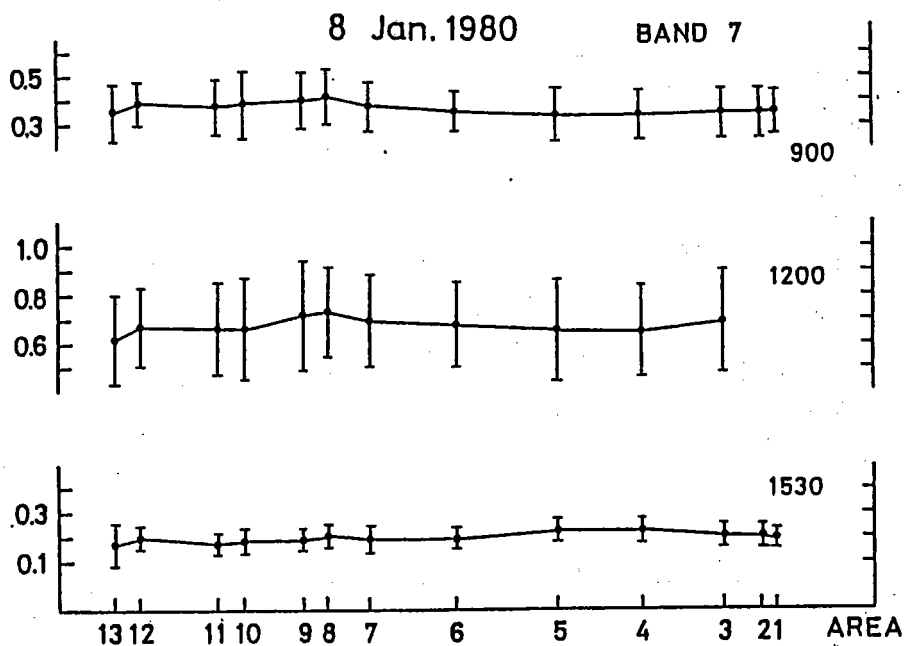


(図3-7c)

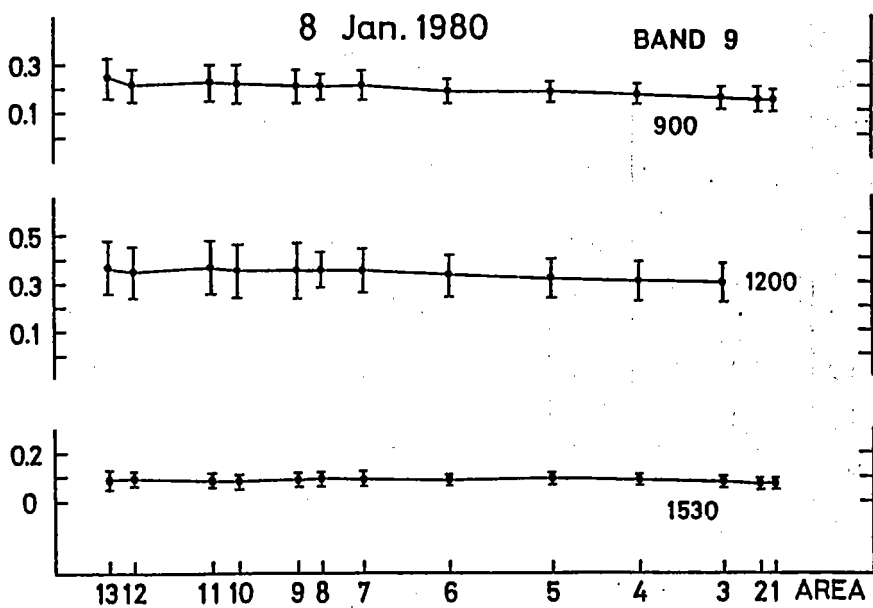
図3-8 a~c バンド5、7、9の放射輝度の空間分布。対象地域は、図3-7 a~cと同じ。図の縦軸は、各バンドの放射輝度 ($\mu W(\text{cm}^2 \text{sr})^{-1}$) のエリア内の平均値を示し、各点に対応する縦線はエリア内のピクセルの平均値からのずれを示す標準偏差である。図3-8 aは、1980年1月8日。図3-8 bは、1980年9月12日、13日。図3-8 cは、1979年10月16日、1980年7月15日。



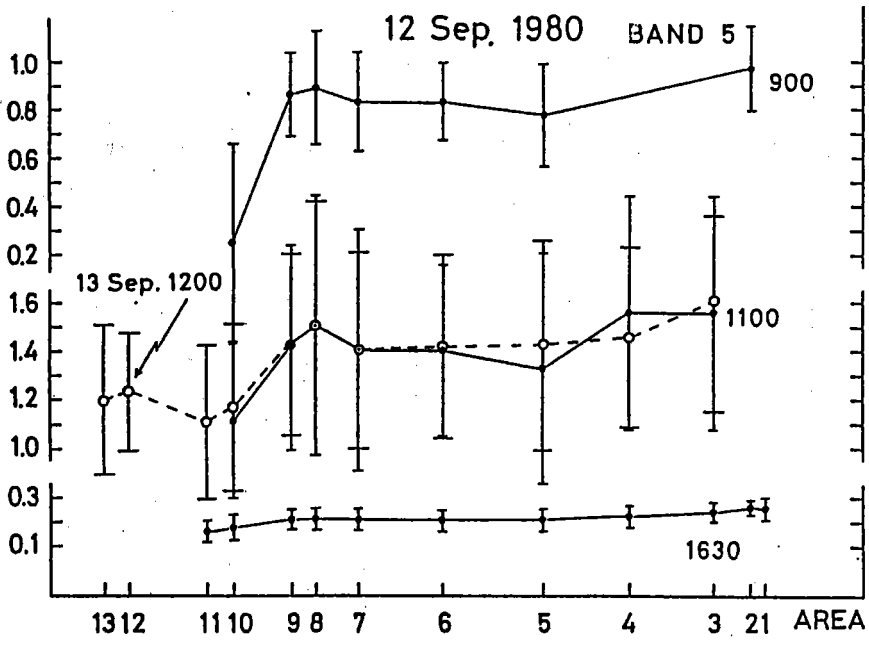
(図3-8 a 1)



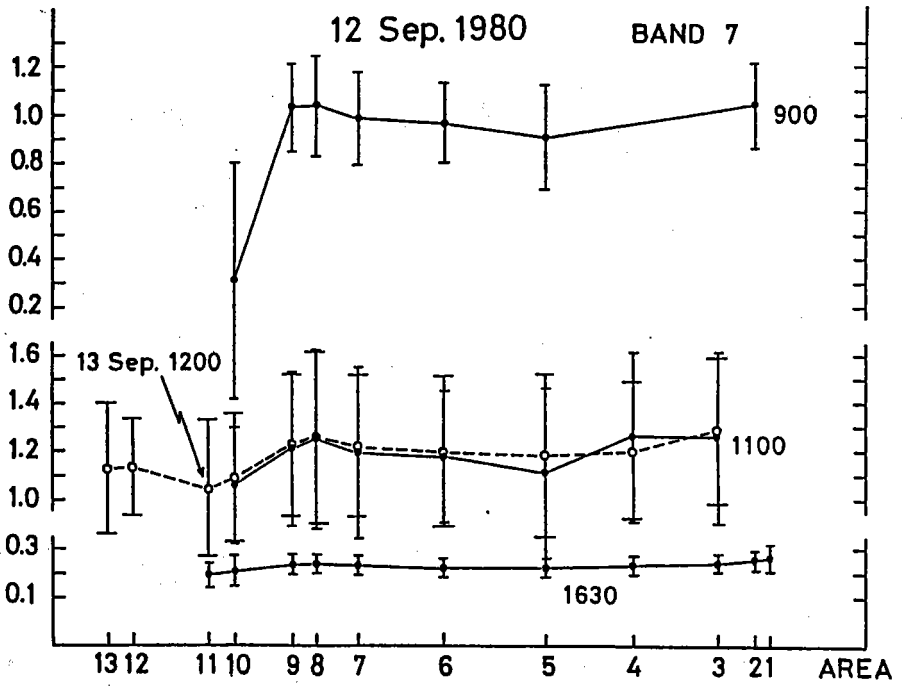
(图 3-8 a 2)



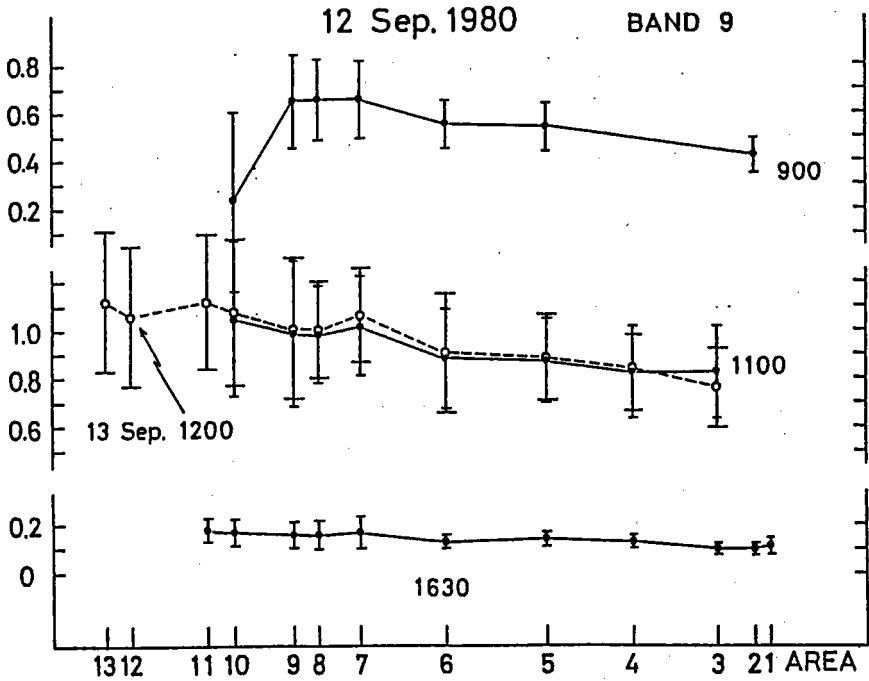
(图 3-8 a 3)



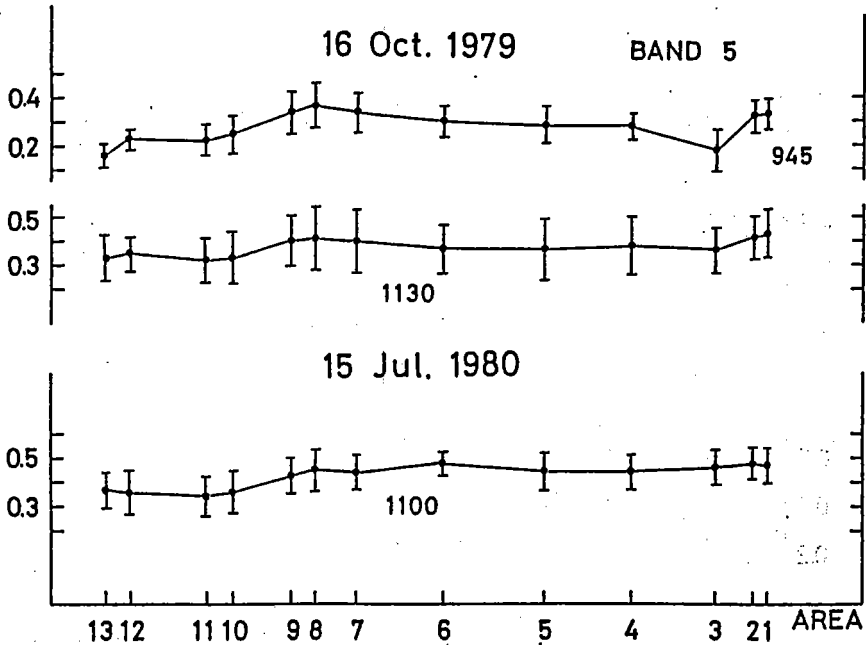
(图3-8b1)



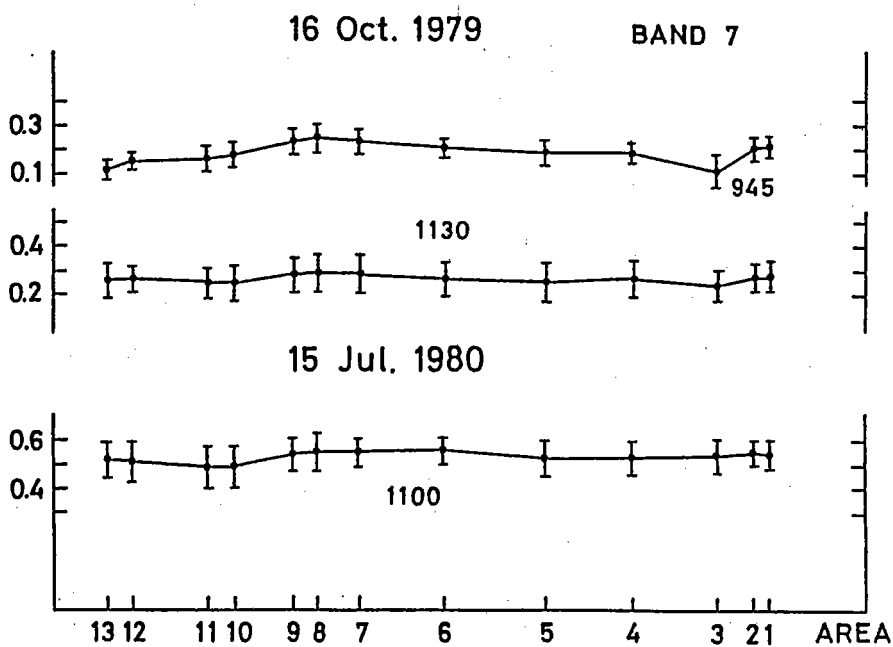
(图3-8b2)



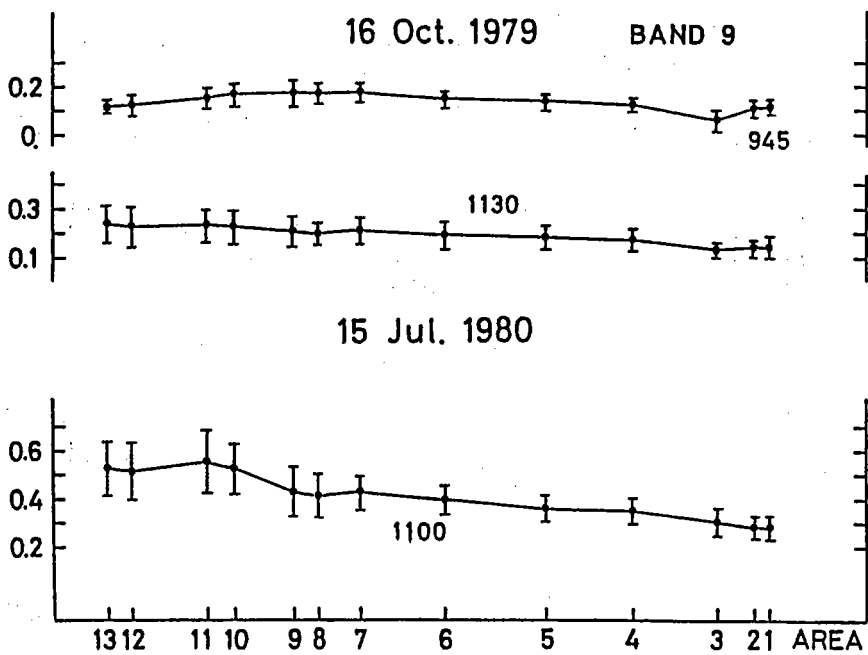
(3 - 8 b 3)



(3 - 8 c 1)

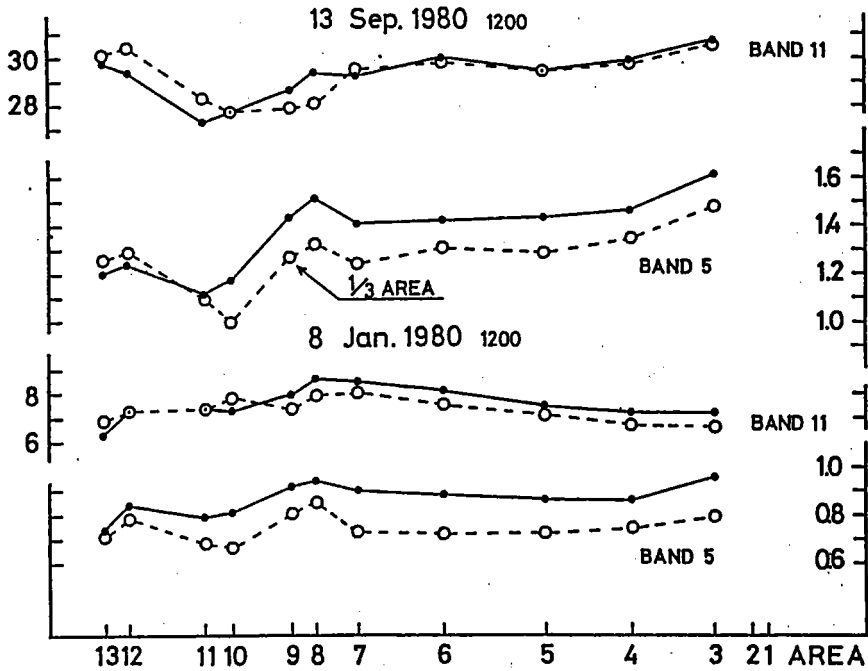


(图 3-8 c 2)



(图 3-8 c 3)

図3-9 平均エリアの大きさによる地表面放射温度(バンド11)と、放射輝度(バンド5)の違い。黒丸は、 3.2×1.5 kmの全エリアにおける平均値。白丸は、飛行機直下の全エリアの $\frac{1}{3}$ に相当するエリアにおける平均値。1月と9月の代表例を示す。

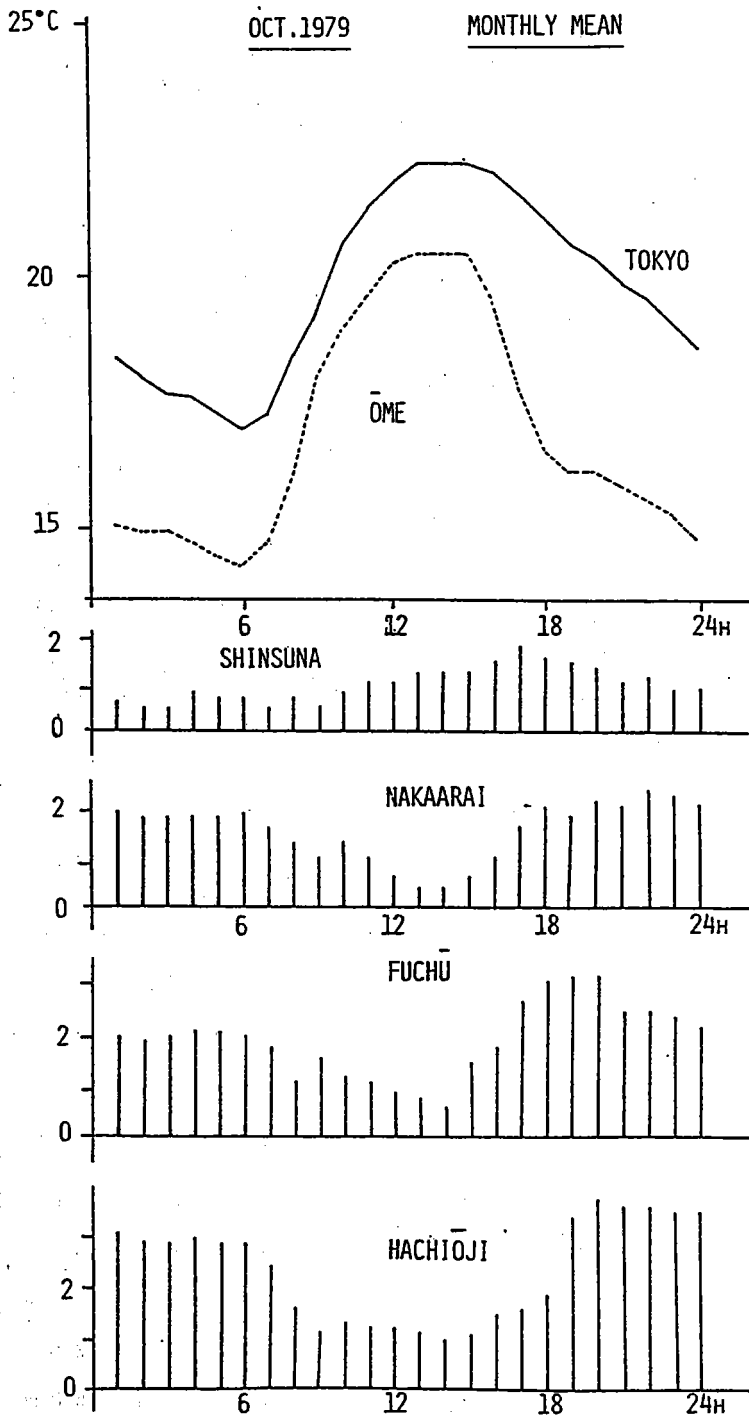


(図3-9)

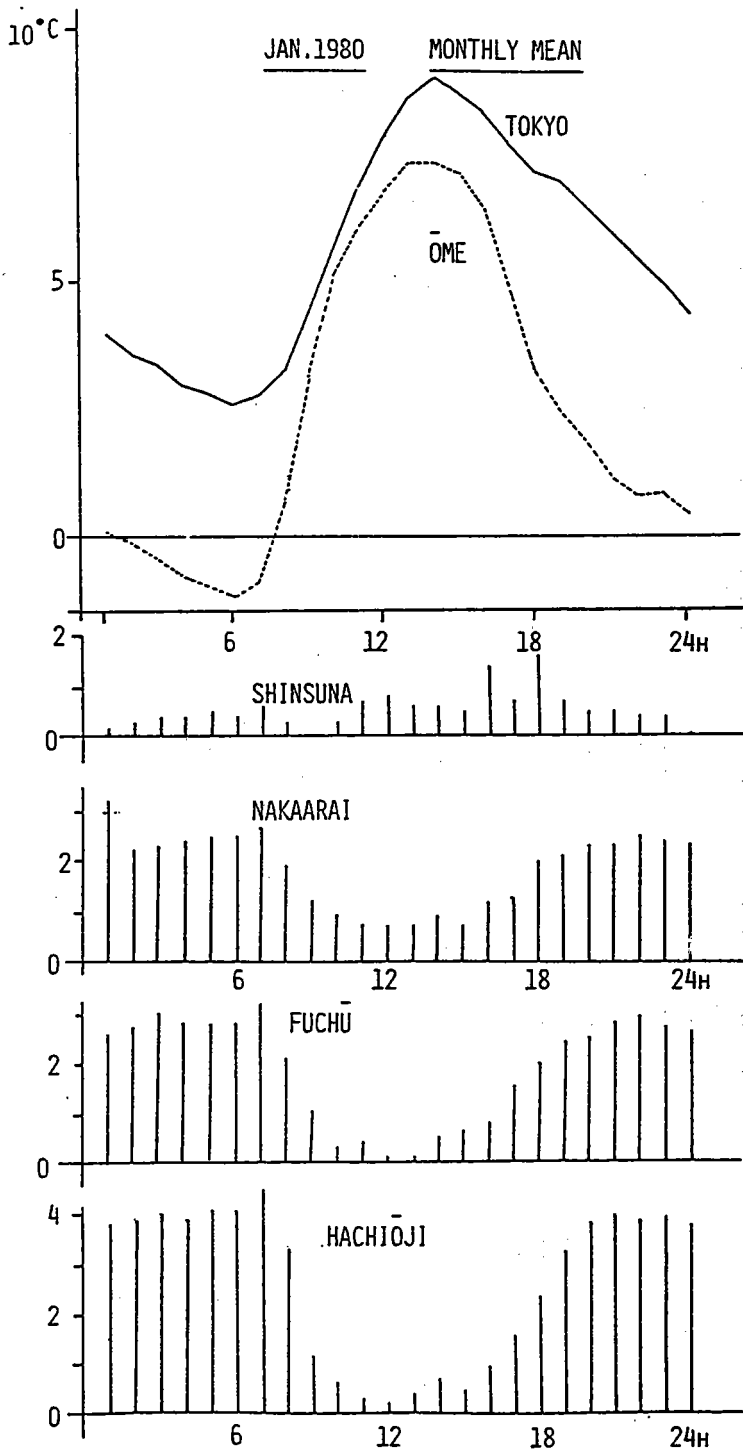
図4-1 a~d 東京・青梅の月平均気温と都市温度の日変化

気象庁 AMeDAS 四要素 地点の毎時気温を特別に月平均し、東京と青梅については気温の時間変化を折れ線グラフに示してある。都市温度とは都市内部と郊外の気温差のことで、ここでは、東京一各地点の気温差を各地点名のところに棒グラフで示してある。使用した気象庁 AMeDAS 地点の位置と標高は下記の通りである。

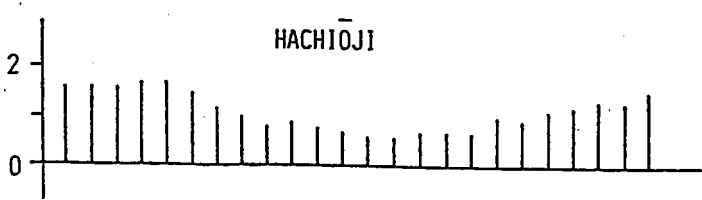
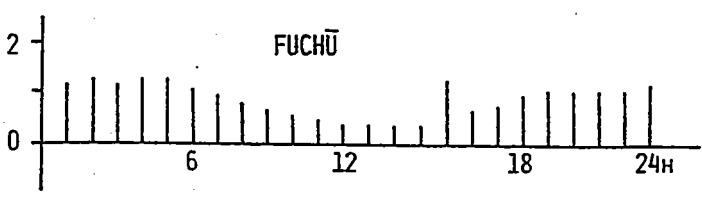
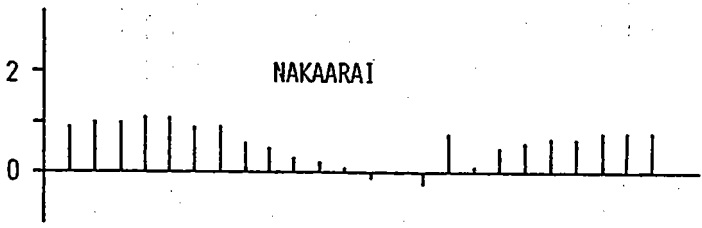
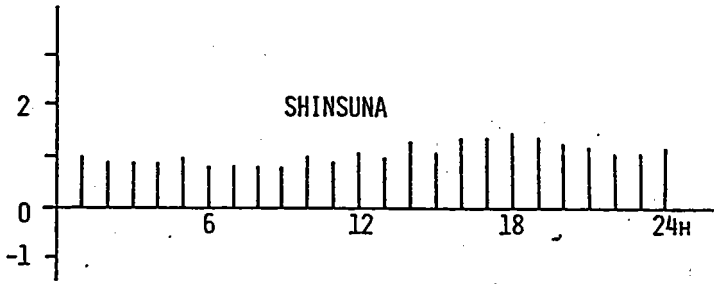
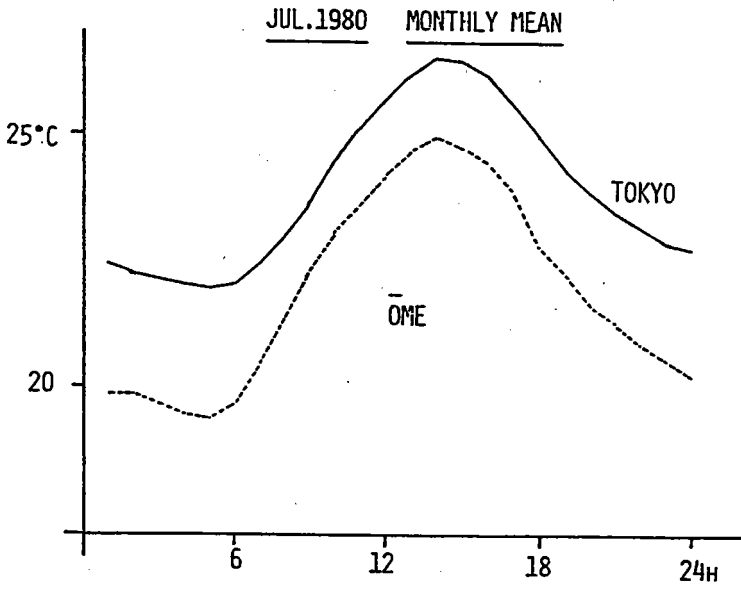
地点名	緯度	経度	標高
東京(気象庁)	35° 41.2' N	139° 45.9' E	6 m
青梅	35° 47.2' N	139° 15.0' E	203 m
新砂	35° 38.0' N	139° 50.5' E	6 m
中新井	35° 44.0' N	139° 40.2' E	38 m
府中	35° 40.9' N	139° 29.2' E	58 m
八王子	35° 39.7' N	139° 19.3' E	121 m



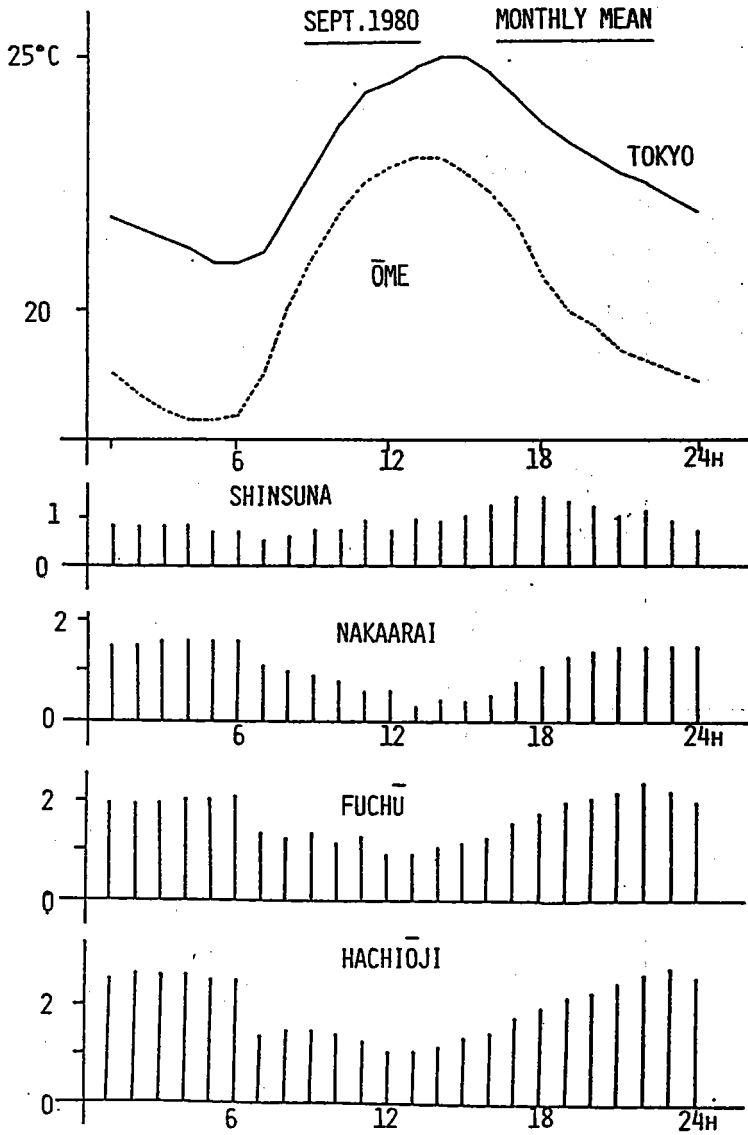
(图 4 - 1 a)



(図 4 - 1 b)



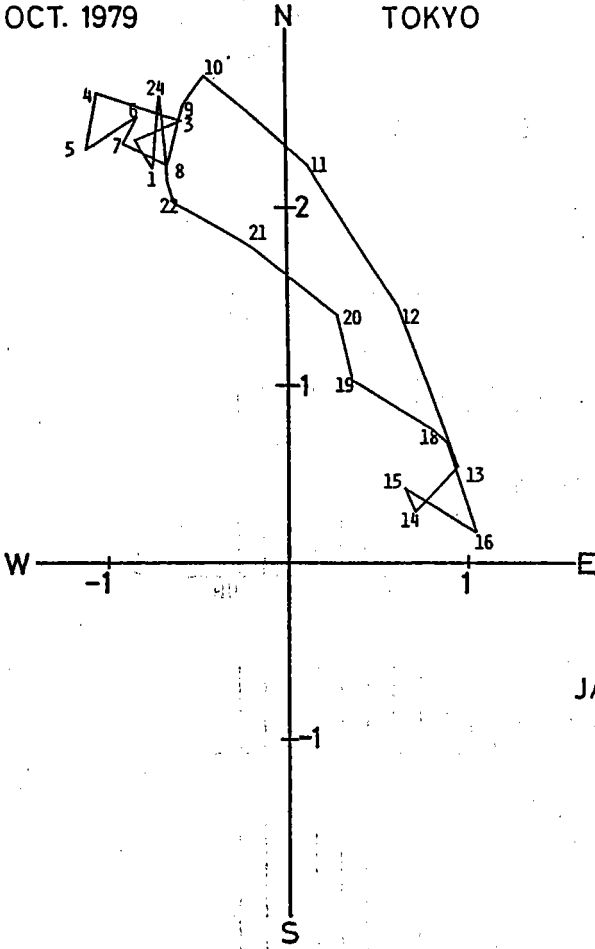
(☒ 4 - 1 c)



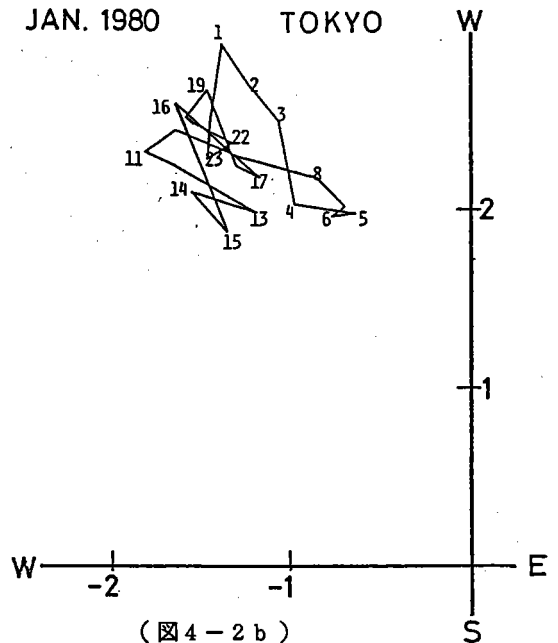
(図 4 - 1 d)

図4-2 a ~ b 東京の各月の特別ベクトル平均風の日変化。

東京大手町の気象庁のAMeDAS用風向風速計は他地点と異なり、8階建ビルディングの屋上にある。その風向風速を特別にベクトル平均した結果を示してある。原点が風速0で、横軸は風の東西成分、縦軸は南北成分を示してある。1~24の数字は時刻を示している。図の示し方はホドグラフと同じである。この図から風向風速の日変化がわかる。



(図4-2 a)

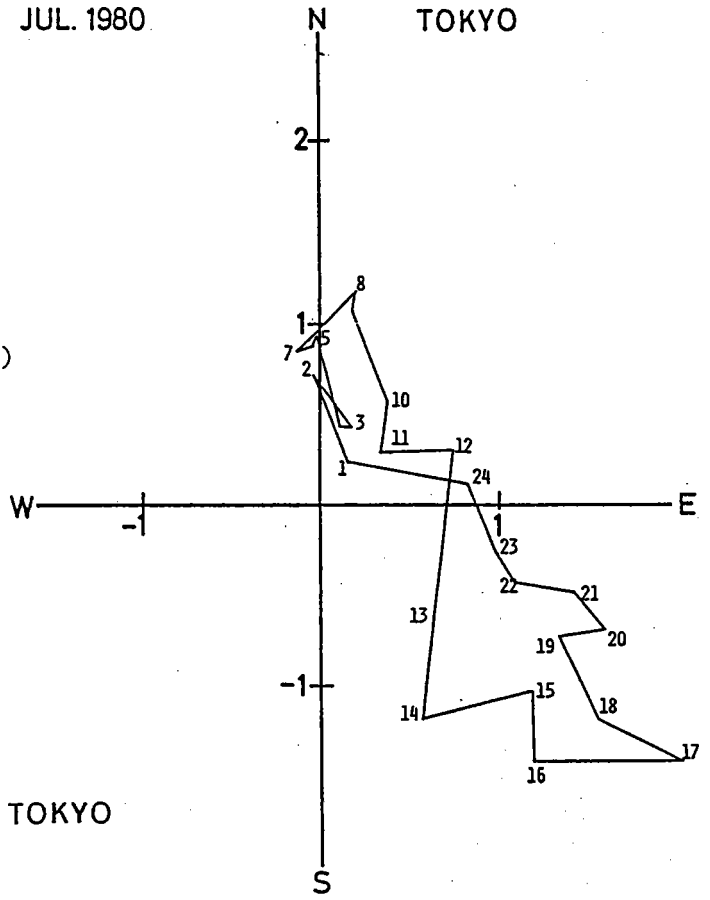


(図4-2 b)

JUL. 1980

TOKYO

(4 - 2 c)



SEP. 1980

TOKYO

(4 - 2 d)

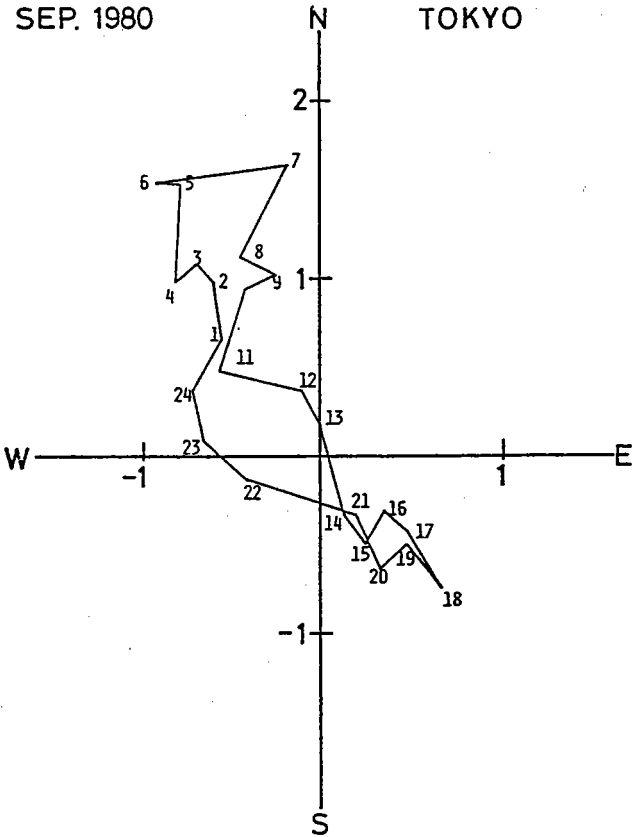
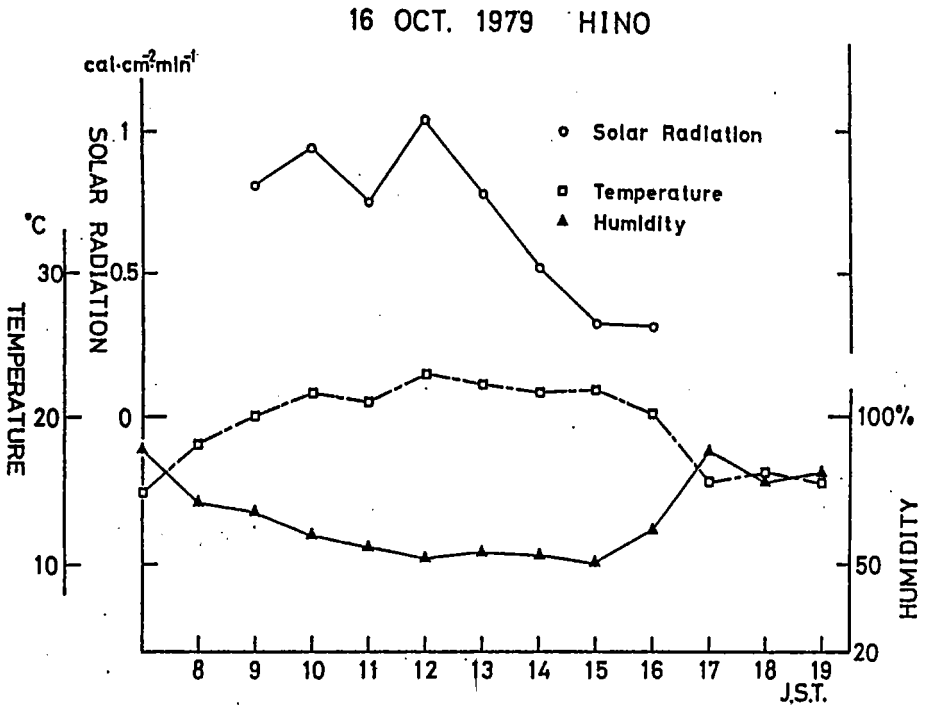


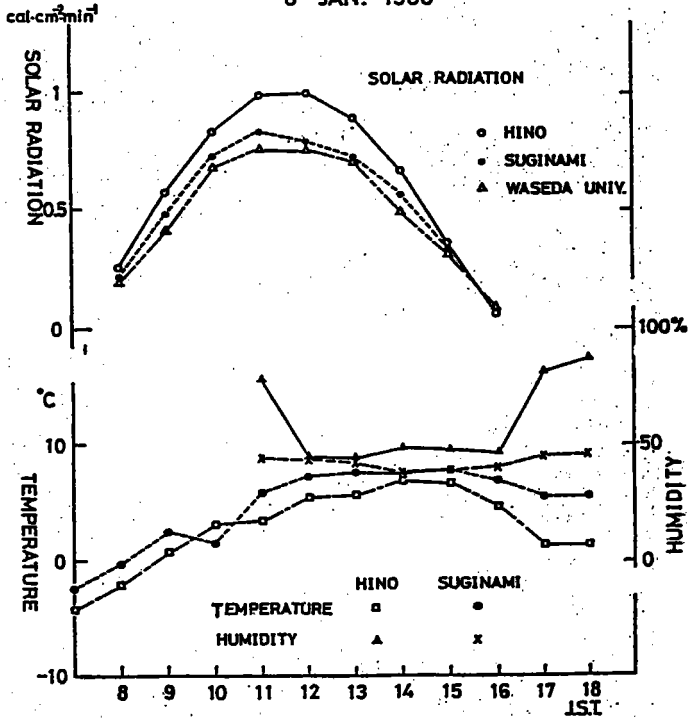
図4-3a~e 地上観測点における日射量、地上気温、相対湿度の日変化。

日射量・気温・相対湿度の自記記録から、毎正時の瞬間値を読み取り、折れ線グラフで示してある。(飛行機観測日のみ)

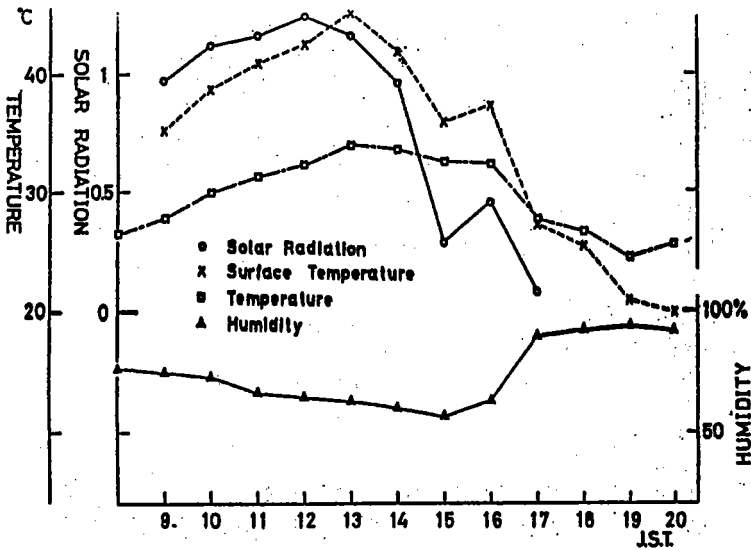


(図4-3a)

8 JAN. 1980

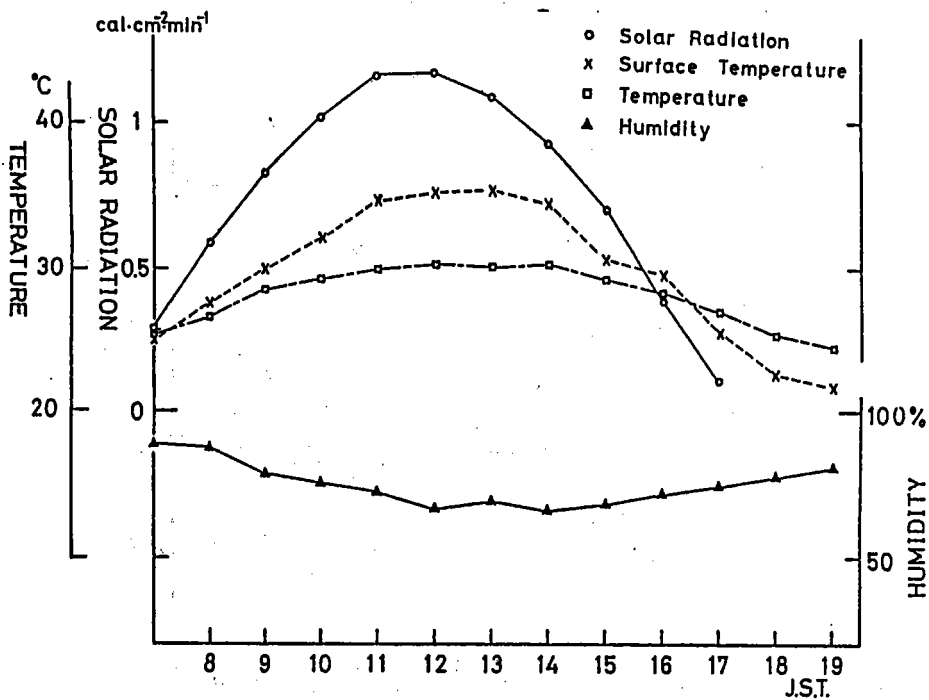


(图 4 - 3 b)



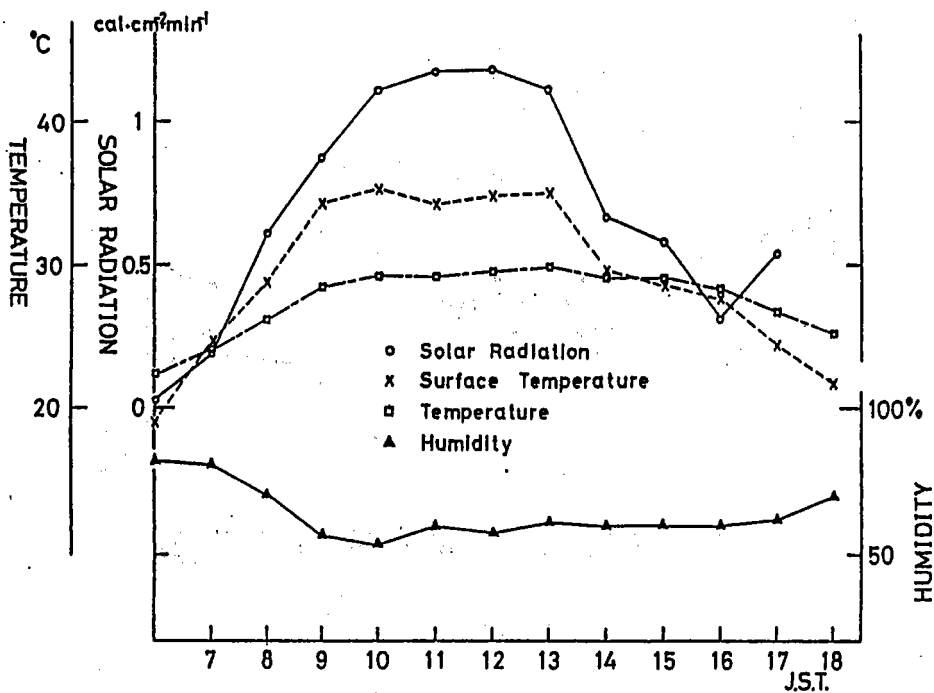
(图 4 - 3 c)

12 SEP. 1980 HINO



(☒ 4 - 3 d)

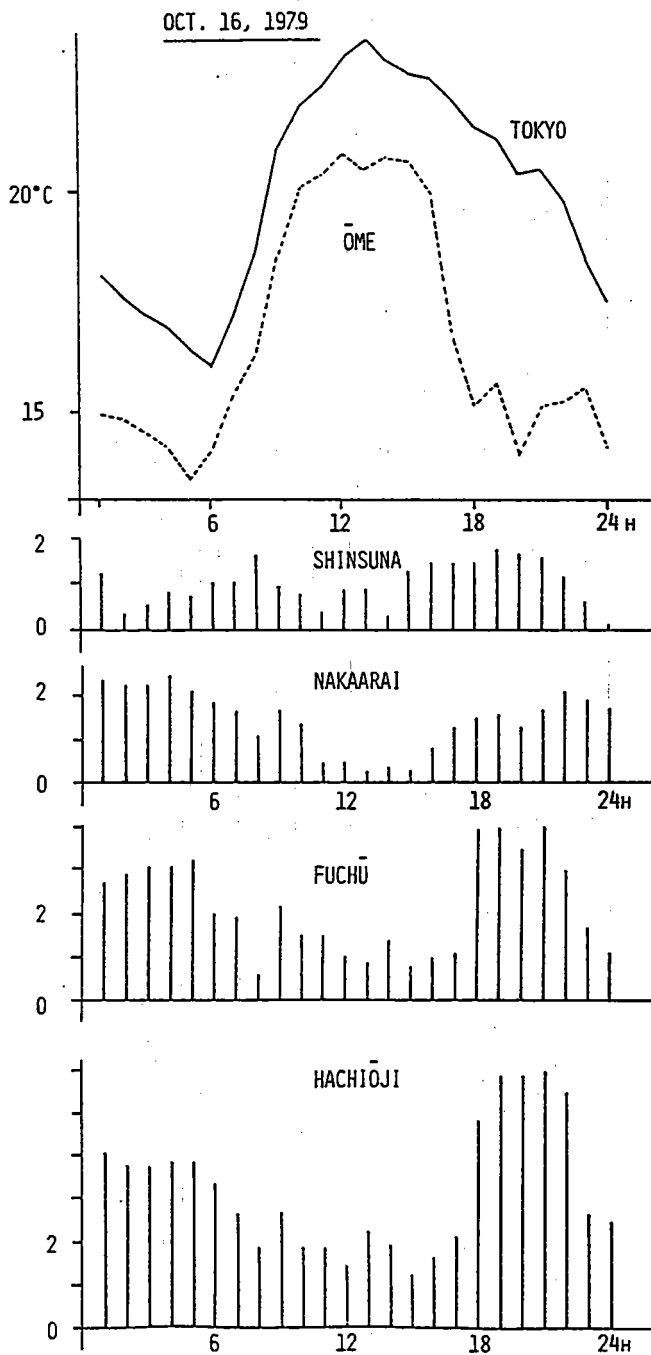
13 SEP. 1980 HINO



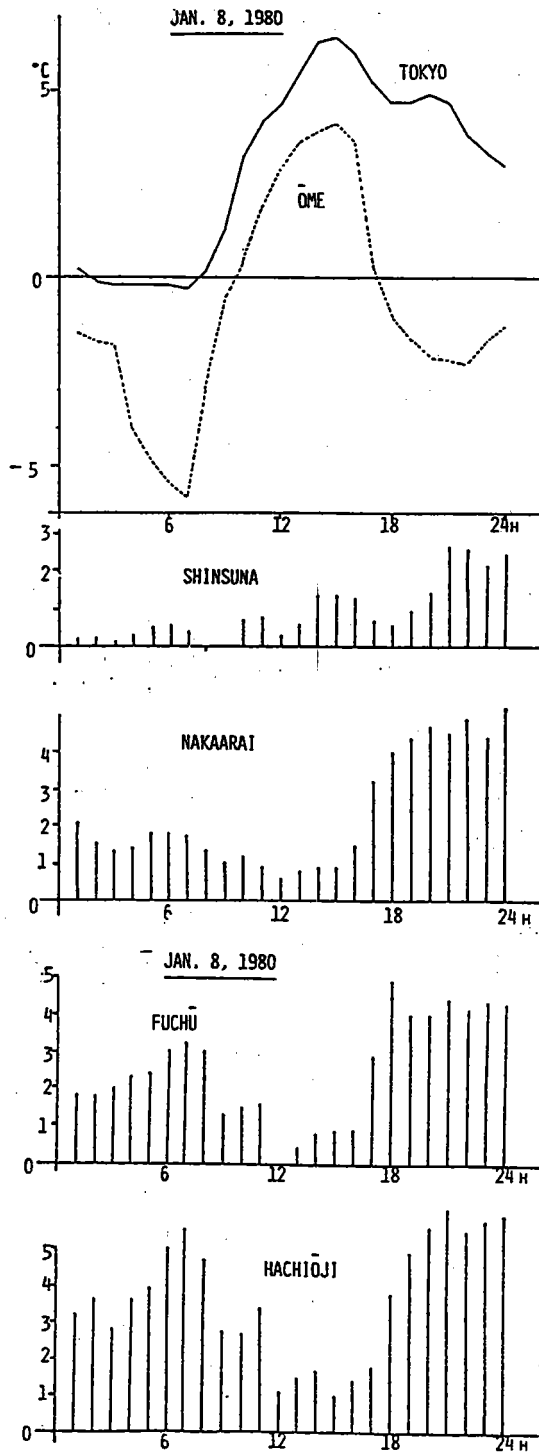
(☒ 4 - 3 e)

図4-4a~e 東京・青梅の気温日変化と都市温度の日変化。

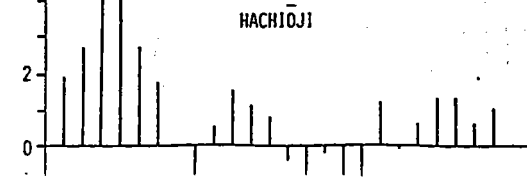
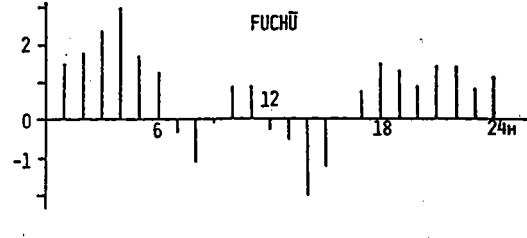
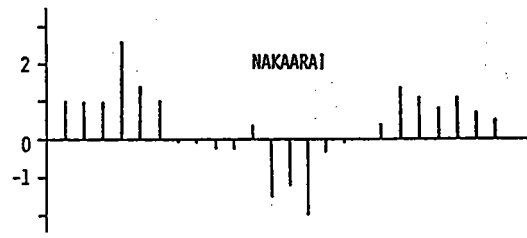
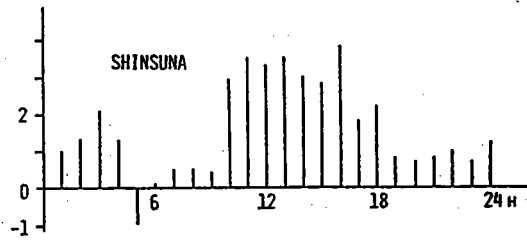
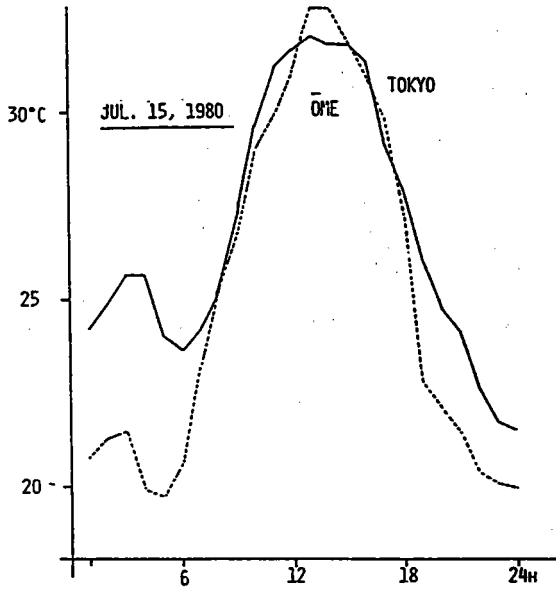
飛行機観測の行なわれた日の子のもの、図4-1と同様の図示法で描いてある。



(図 4 - 4 a)

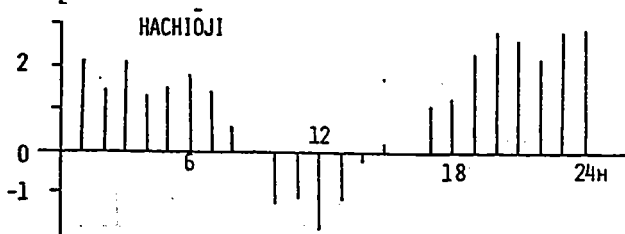
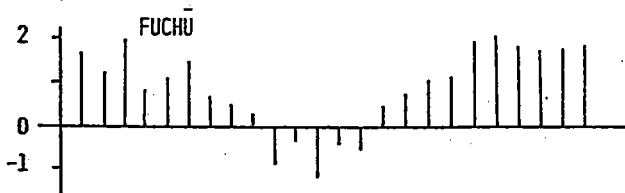
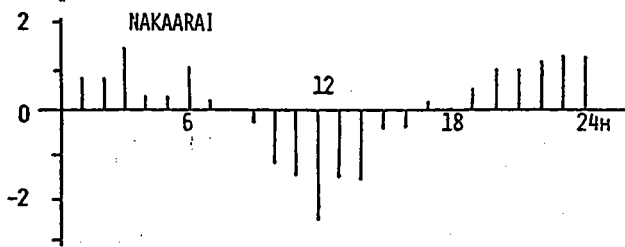
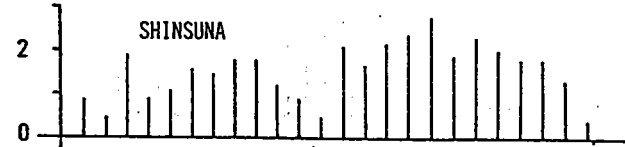
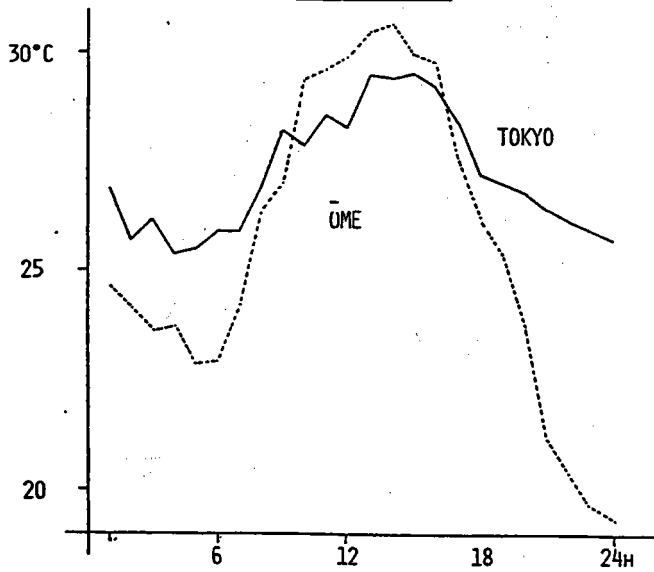


(☒ 4 - 4 b)



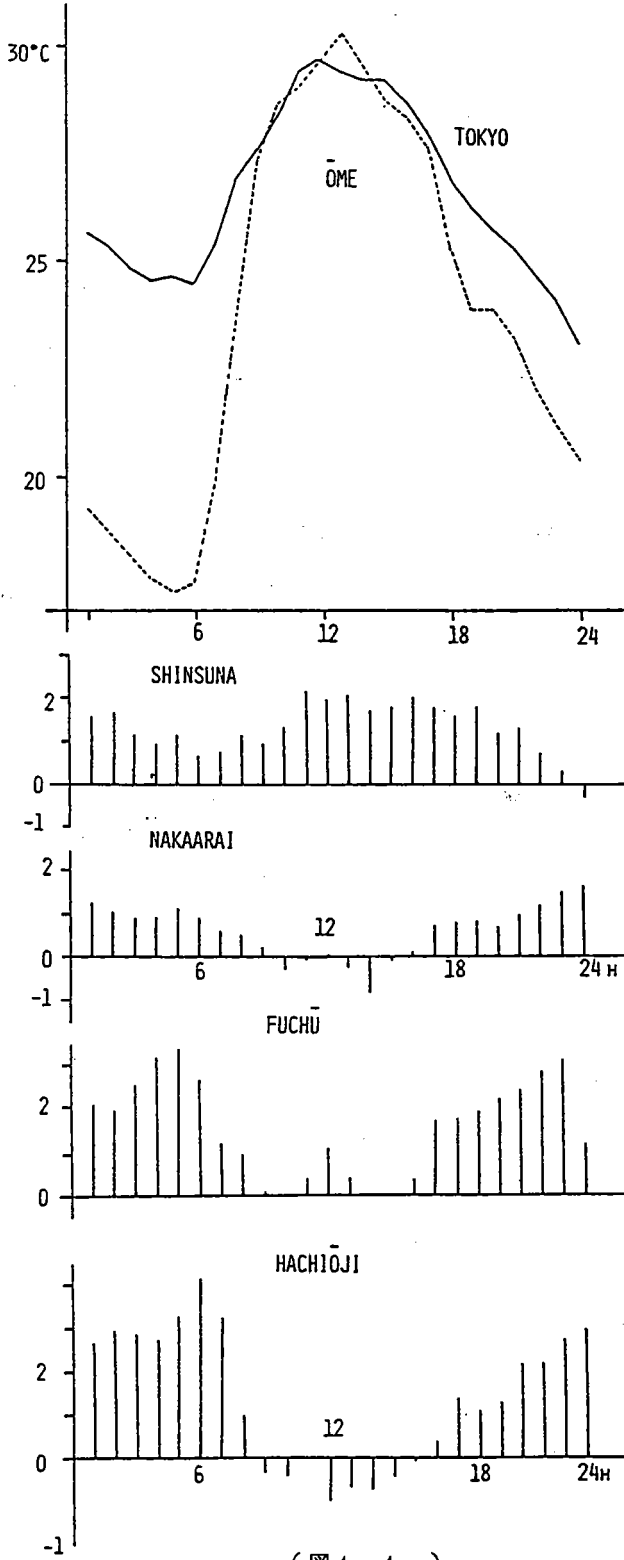
(图 4 - 4 c)

SEPT. 12, 1980



(☒ 4 - 4 d)

SEPT. 13, 1980

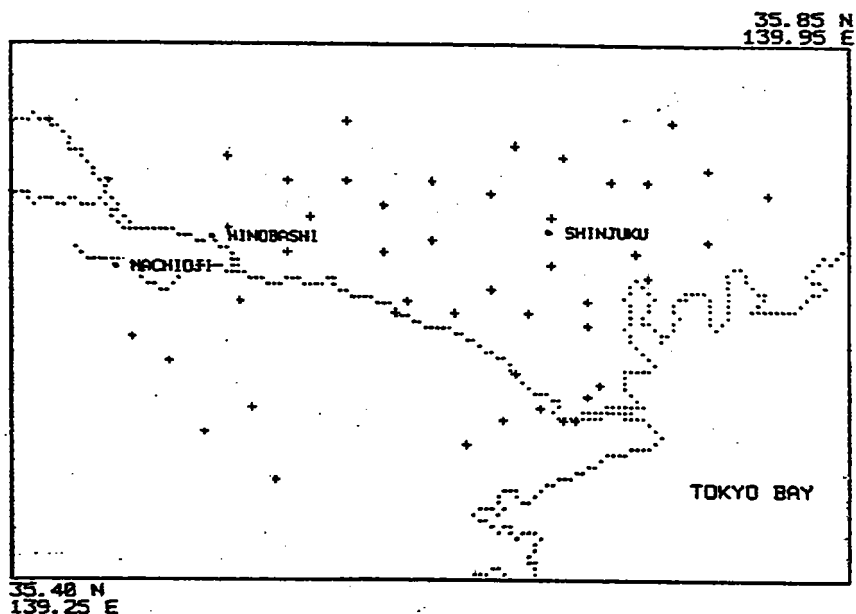


(4 - 4 e)

図4-5 気温・相対湿度・風の観測点配置図。

図4-5 a~h、図4-6、図4-7、図4-9~11、図4-13~15、図4-17~19に使われた気象資料の観測点の分布を示している。これらの観測点は地方自治体が大気汚染の常時監視のために設置しているものであり、観測場所は区役所などの屋上にあることが多く、気象庁の観測地点とは設置の目的・方法が異なる。しかし、都市面の気温場・湿度場・風速場の推定にはむしろ屋上にあることが幸いしている。

METEOROLOGICAL OBSERVATION STATIONS
TOKYO AREA



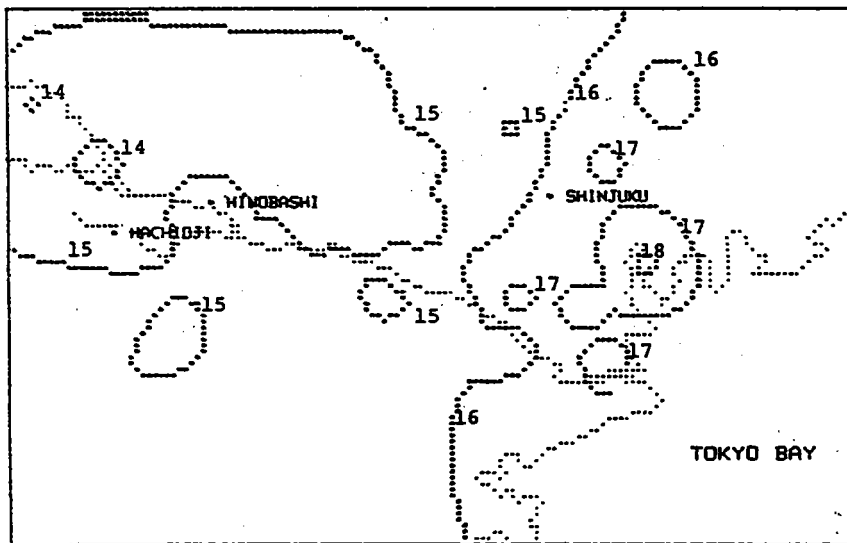
(図 4 - 5)

図4-5 a~h 1979年10月16日の気温分布(3時間毎)。

49地点の観測値コンピューターで内挿しマッピングさせたものである。

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 79.10.16. 3

35.85 N
139.95 E

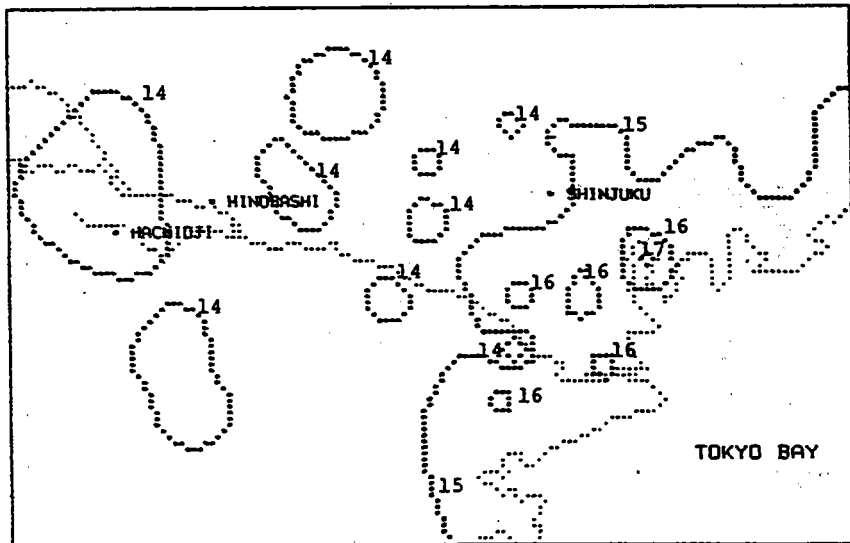


35.40 N
139.25 E

(図4-5 a)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 79.10.16. 6

35.85 N
139.95 E

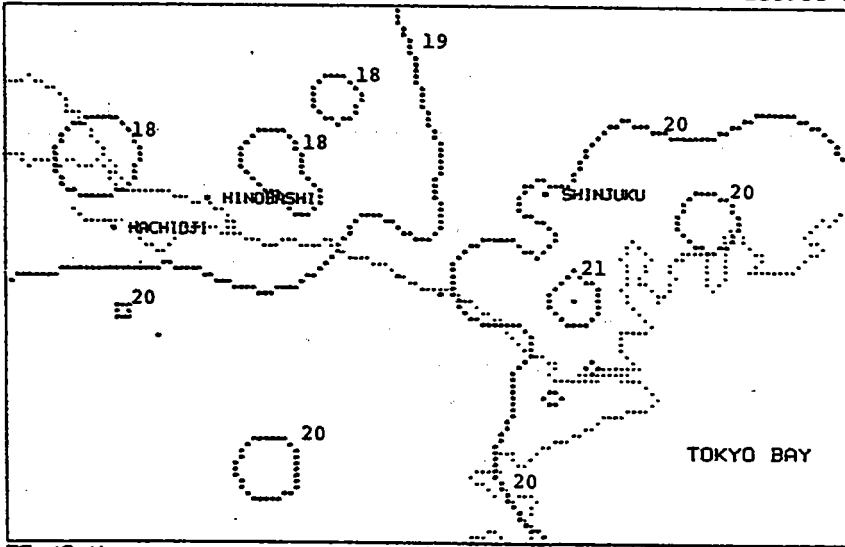


35.40 N
139.25 E

(図4-5 b)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16. 9

35.85 N
 139.95 E

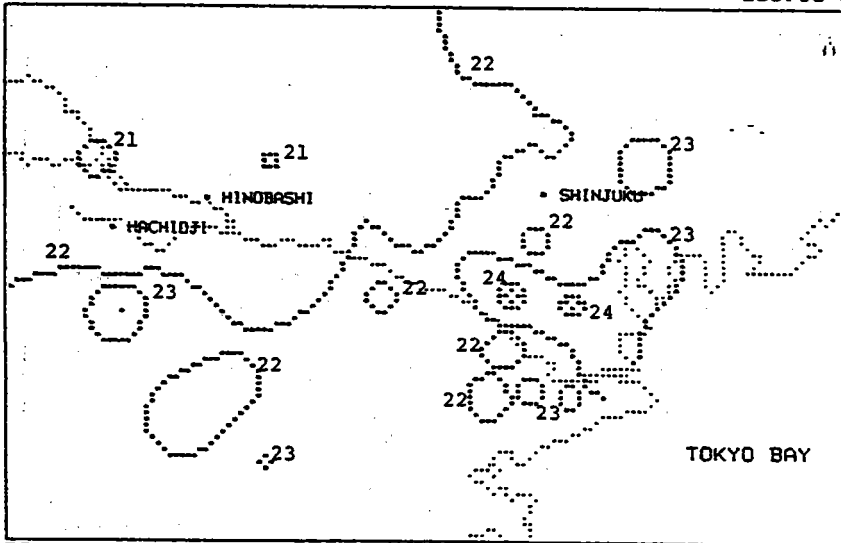


35.40 N
 139.25 E

(图 4-5 c)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.12

35.85 N
 139.95 E

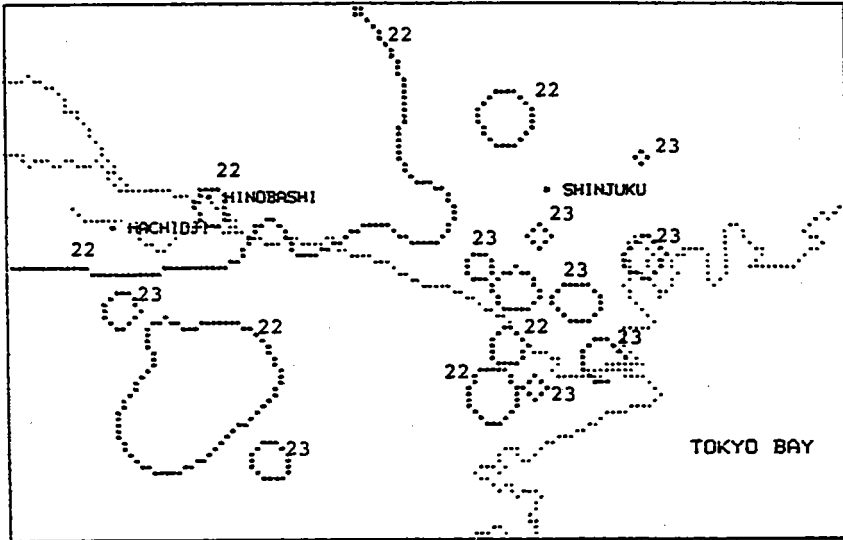


35.40 N
 139.25 E

(图 4-5 d)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.15

35.85 N
 139.95 E

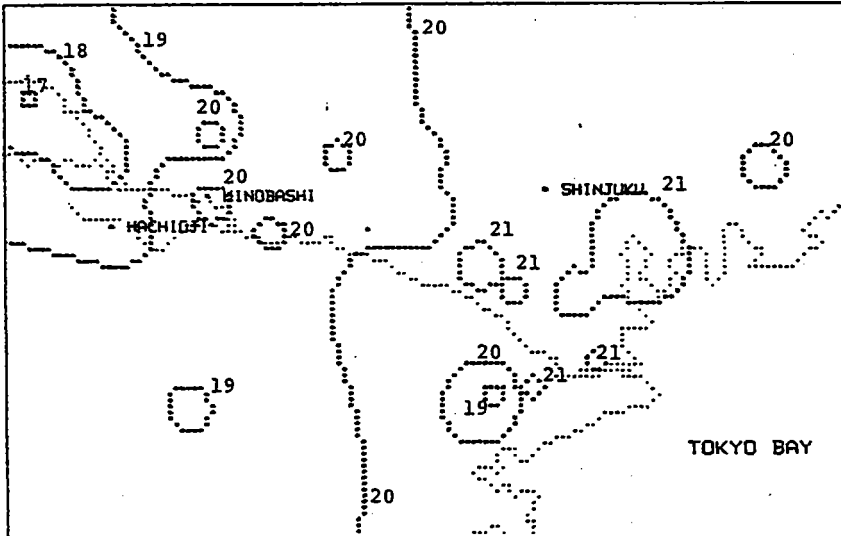


35.40 N
 139.25 E

(4 - 5 e)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.18

35.85 N
 139.95 E

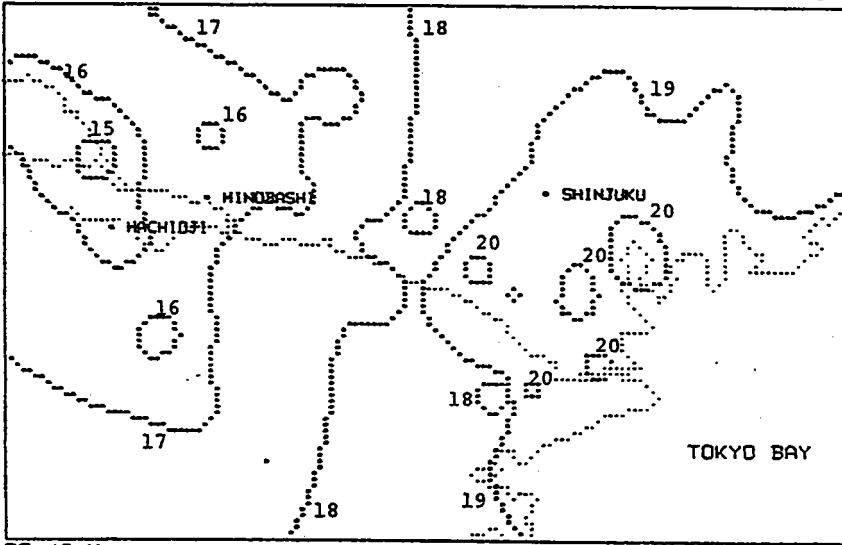


35.40 N
 139.25 E

(4 - 5 f)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.21

35.85 N
 139.95 E

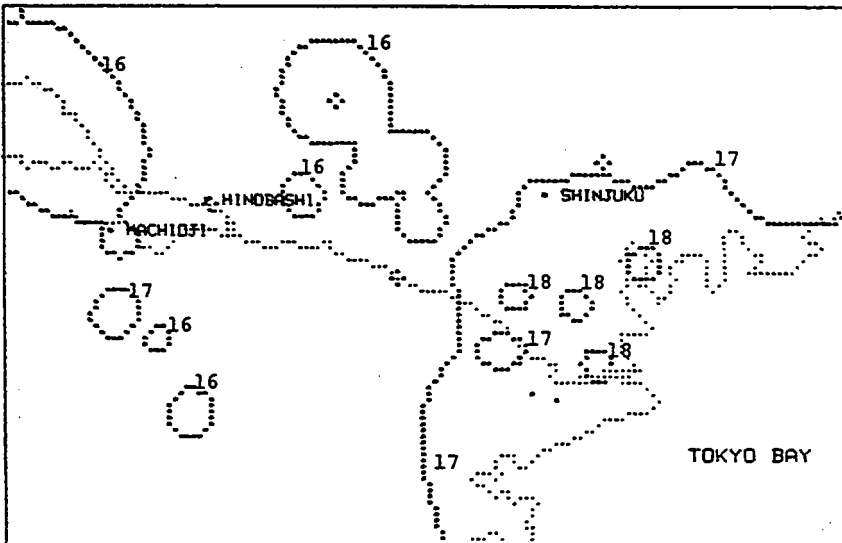


35.40 N
 139.25 E

(4 - 5 g)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.24

35.85 N
 139.95 E

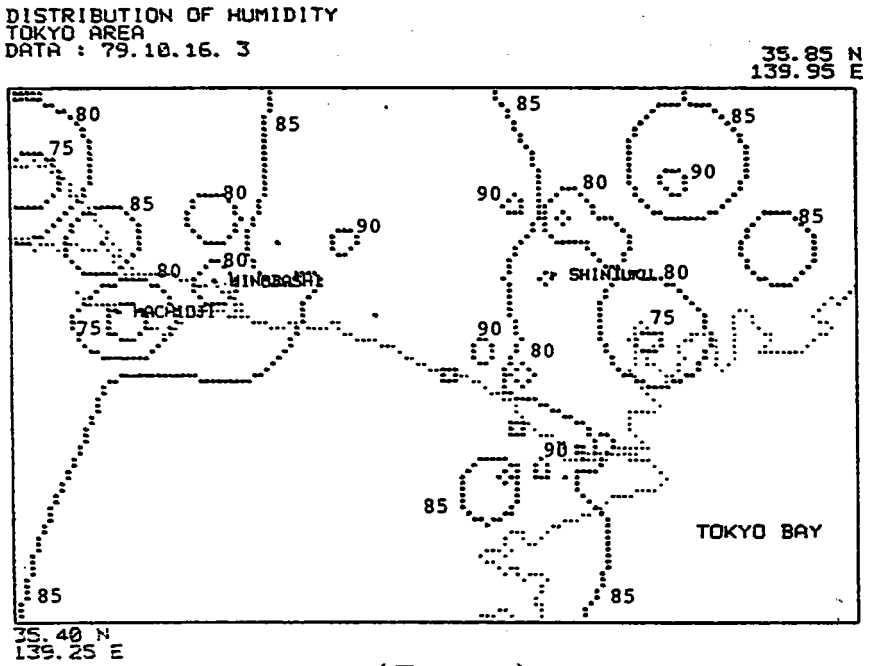


35.40 N
 139.25 E

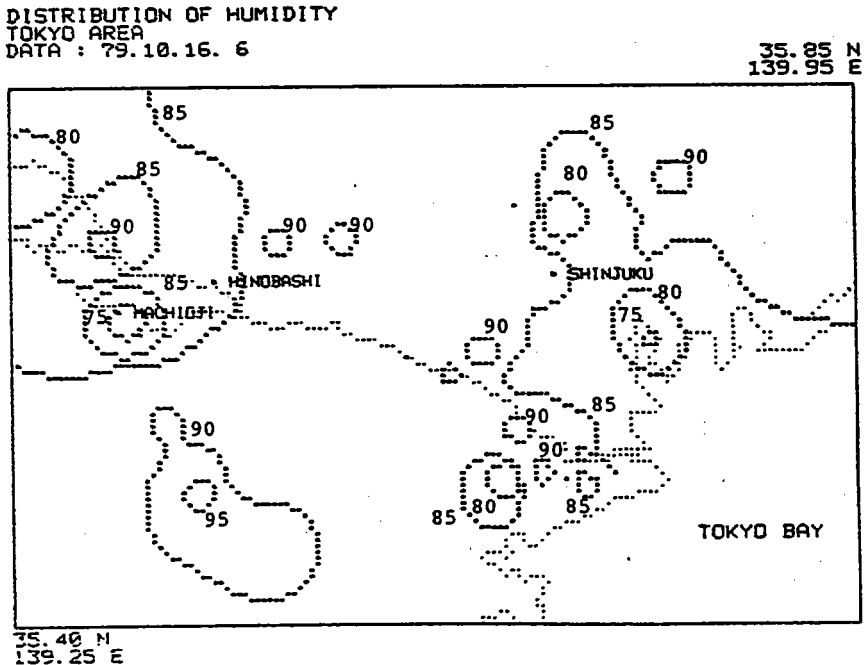
(4 - 5 h)

図4-6a~h 1979年10月16日の相対湿度分布(3時間毎)。

図4-5a~hと同様の方法で作成したもので、湿度の分布がわかる。



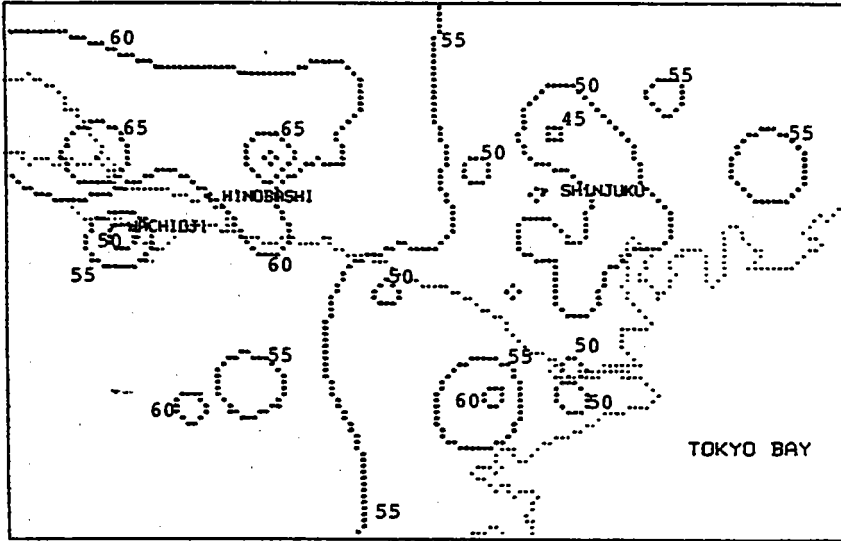
(図4-6 a)



(図4-6 b)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16. 9

35.85 N
 139.95 E

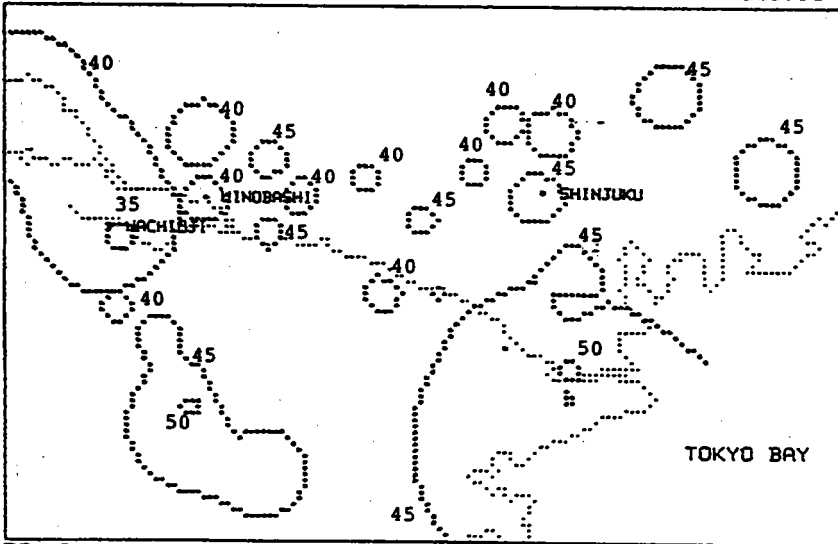


35.40 N
 139.25 E

(4 - 6 c)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.12

35.85 N
 139.95 E

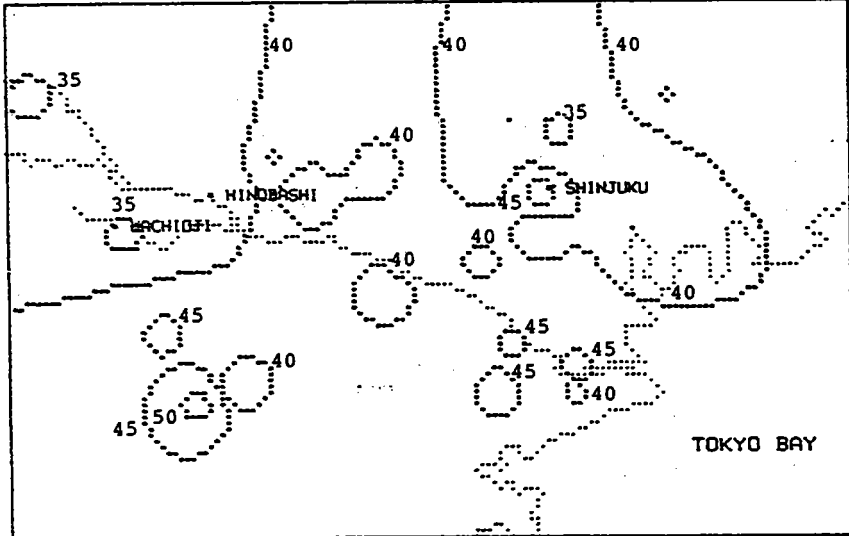


35.40 N
 139.25 E

(4 - 6 d)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.15

35.85 N
 139.95 E

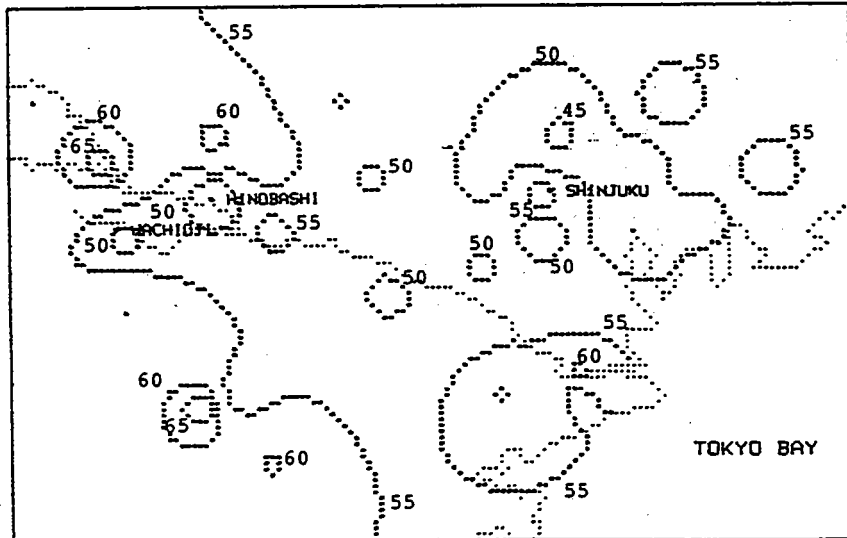


35.40 N
 139.25 E

(4 - 6 e)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.18

35.85 N
 139.95 E

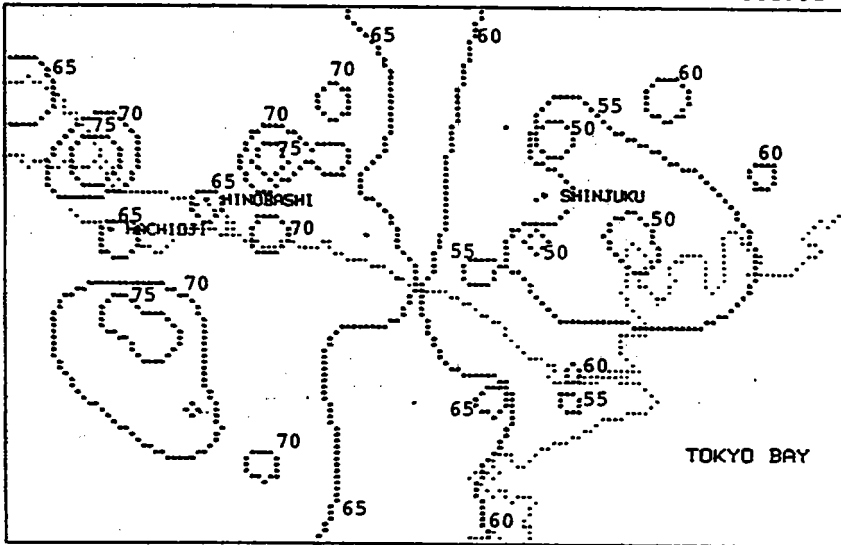


35.40 N
 139.25 E

(4 - 6 f)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.21

35.85 N
 139.95 E

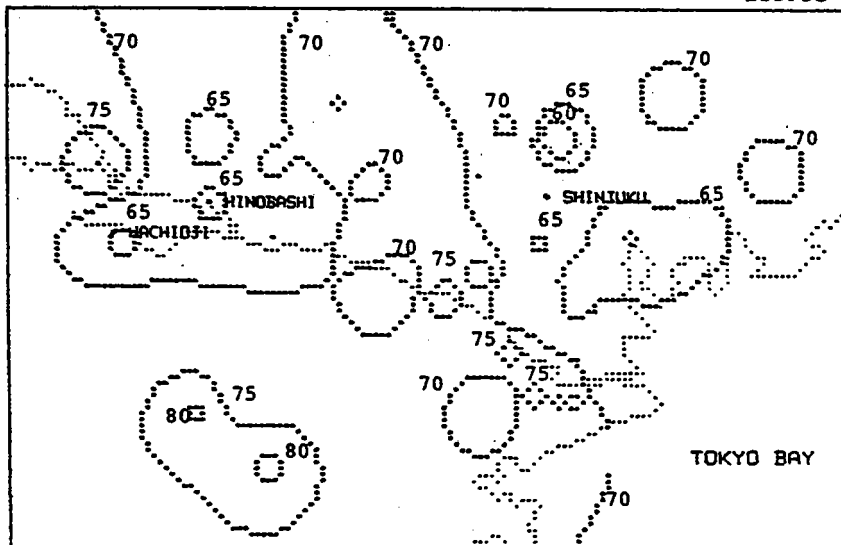


35.40 N
 139.25 E

(4 - 6 g)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 79.10.16.24

35.85 N
 139.95 E



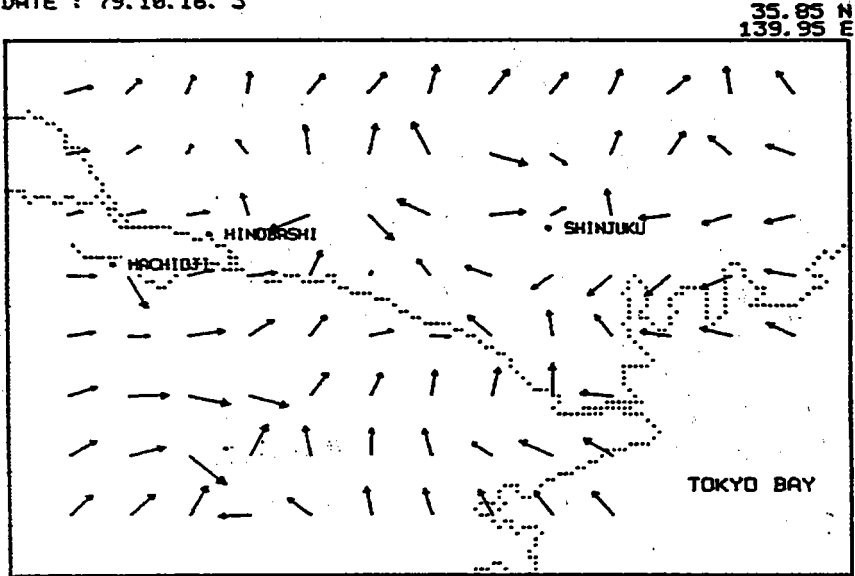
35.40 N
 139.25 E

(4 - 6 h)

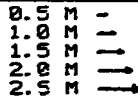
図4-7 a~h 1979年10月16日の地上風分布(3時間毎)。

3時、6時、9時、12時、15時、18時、21時、24時の風ベクトルをコンピュータで内挿し、格子点毎に描いたもの。

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
TOKYO AREA
DATE : 79.10.16. 3

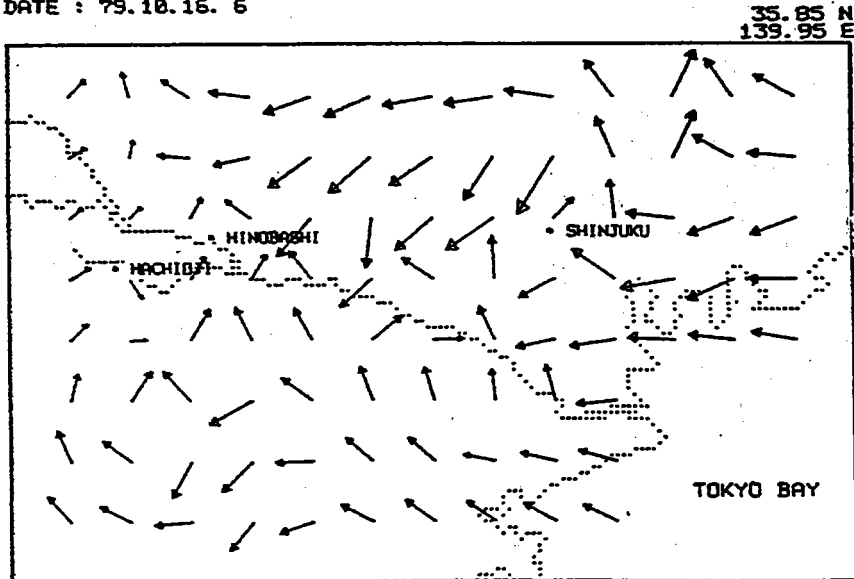


35.48 N
139.25 E

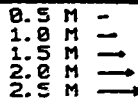


(図4-7 a)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
TOKYO AREA
DATE : 79.10.16. 6

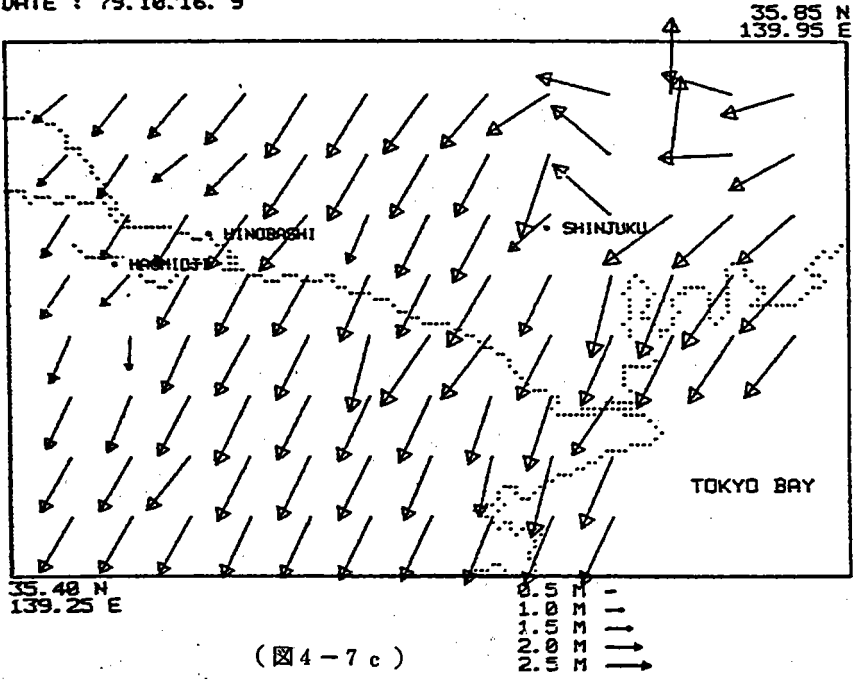


35.48 N
139.25 E

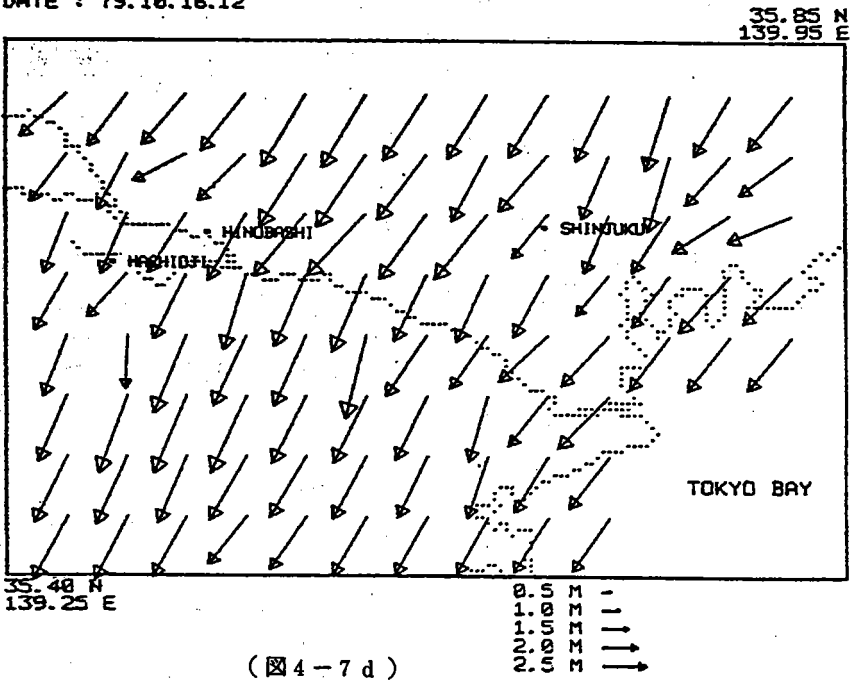


(図4-7 b)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 79.10.16. 9

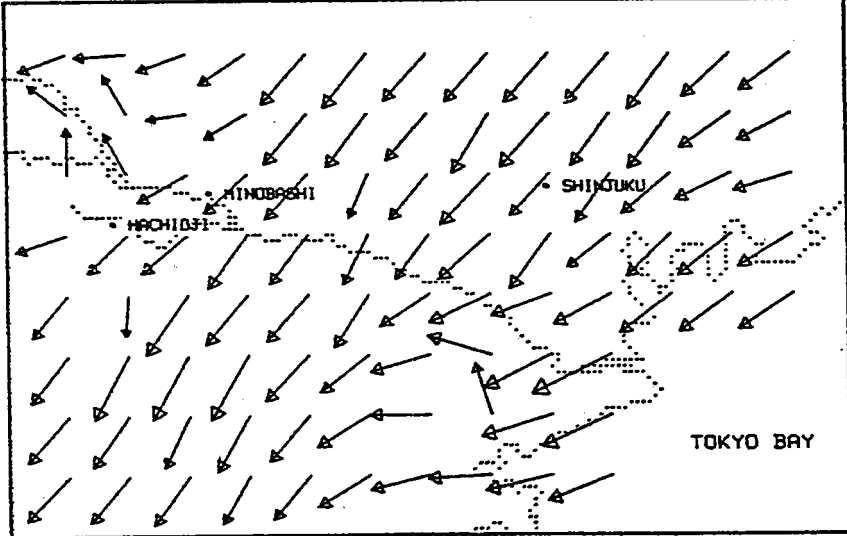


DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 79.10.16.12



DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 79.10.16.15

35.85 N
 139.95 E



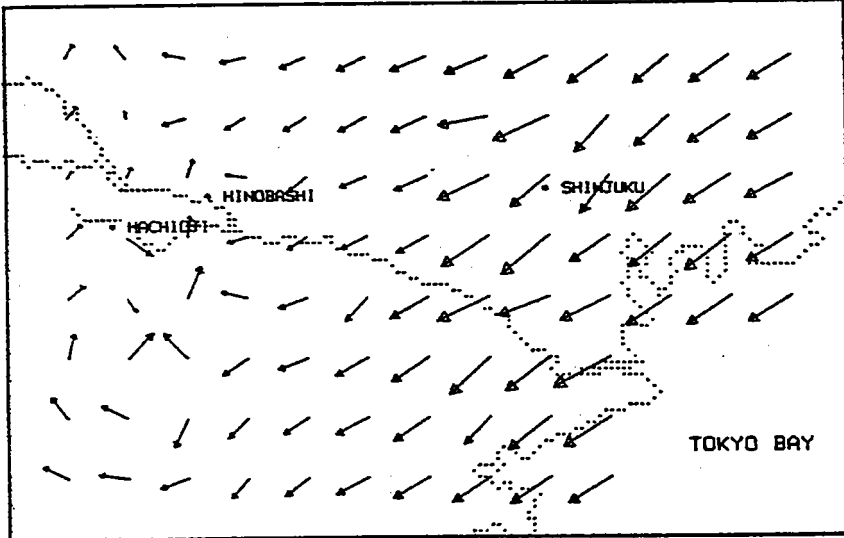
35.40 N
 139.25 E

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

(4-7 e)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 79.10.16.18

35.85 N
 139.95 E



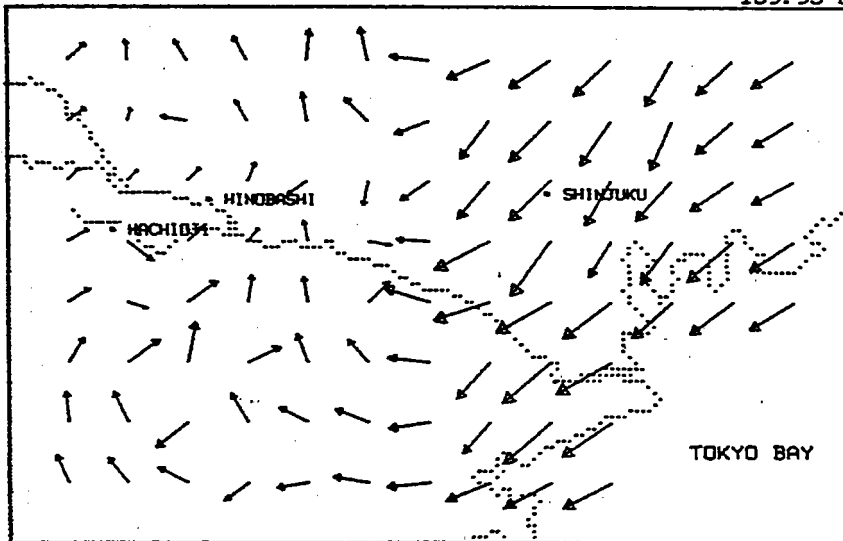
35.40 N
 139.25 E

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

(4-7 f)

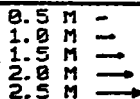
DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 79.10.16.21

35.85 N
 139.95 E



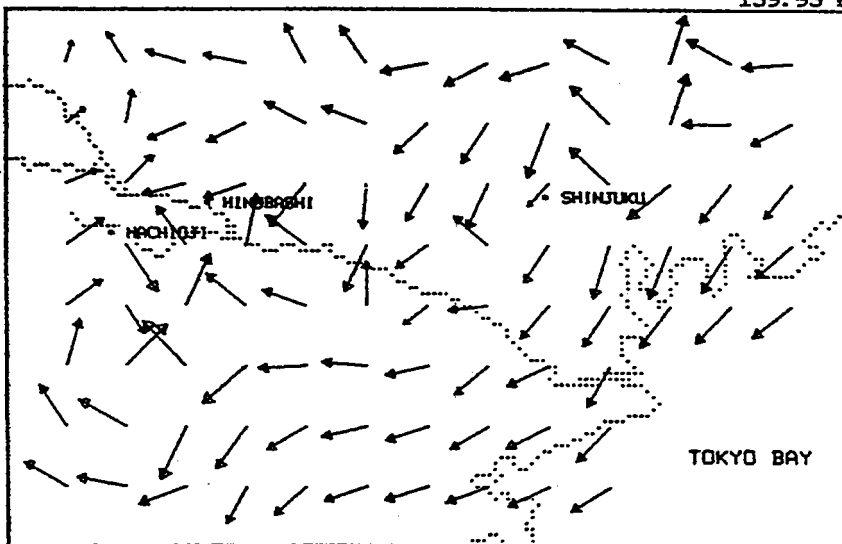
35.48 N
 139.25 E

(☒ 4-7 g)



DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 79.10.16.24

35.85 N
 139.95 E



35.48 N
 139.25 E

(☒ 4-7 h)

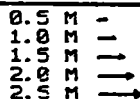
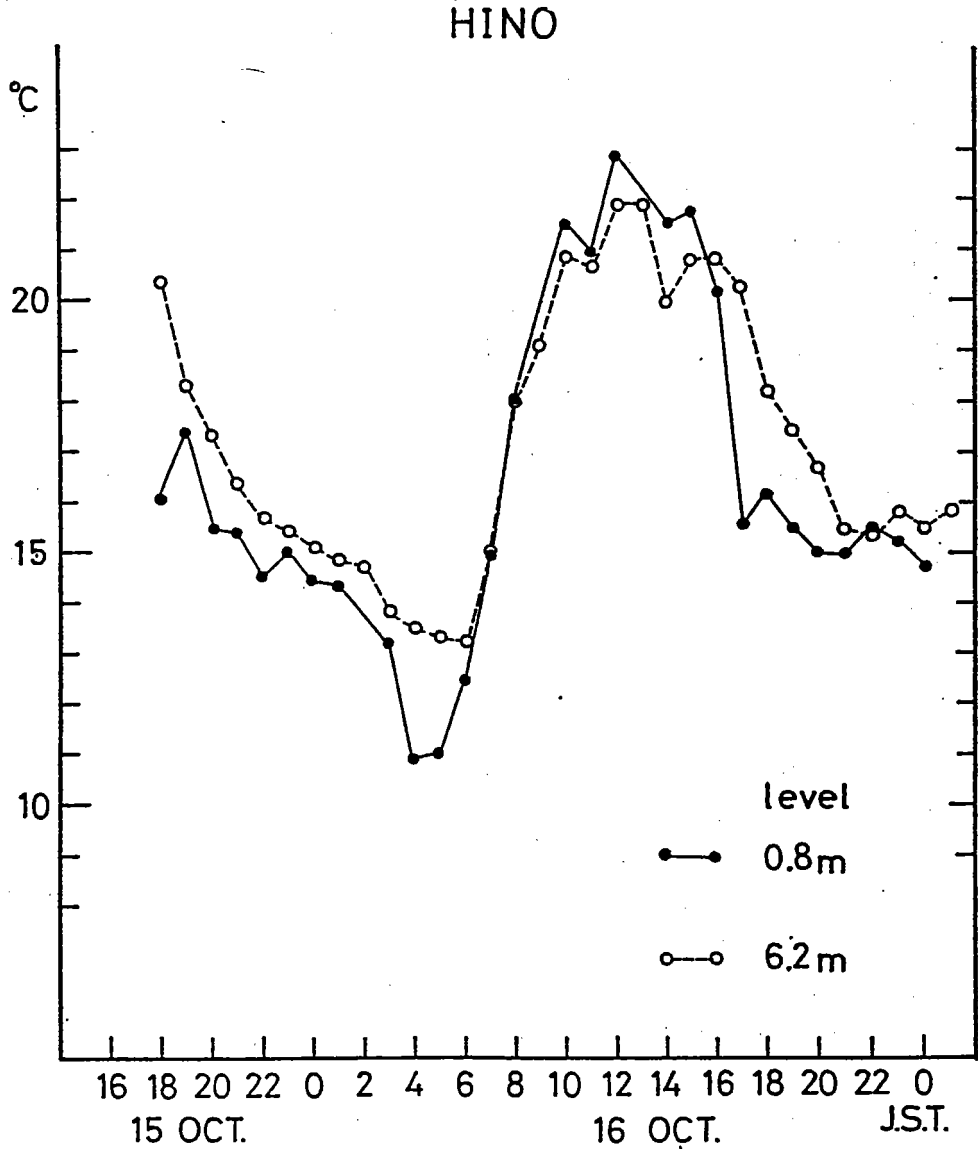
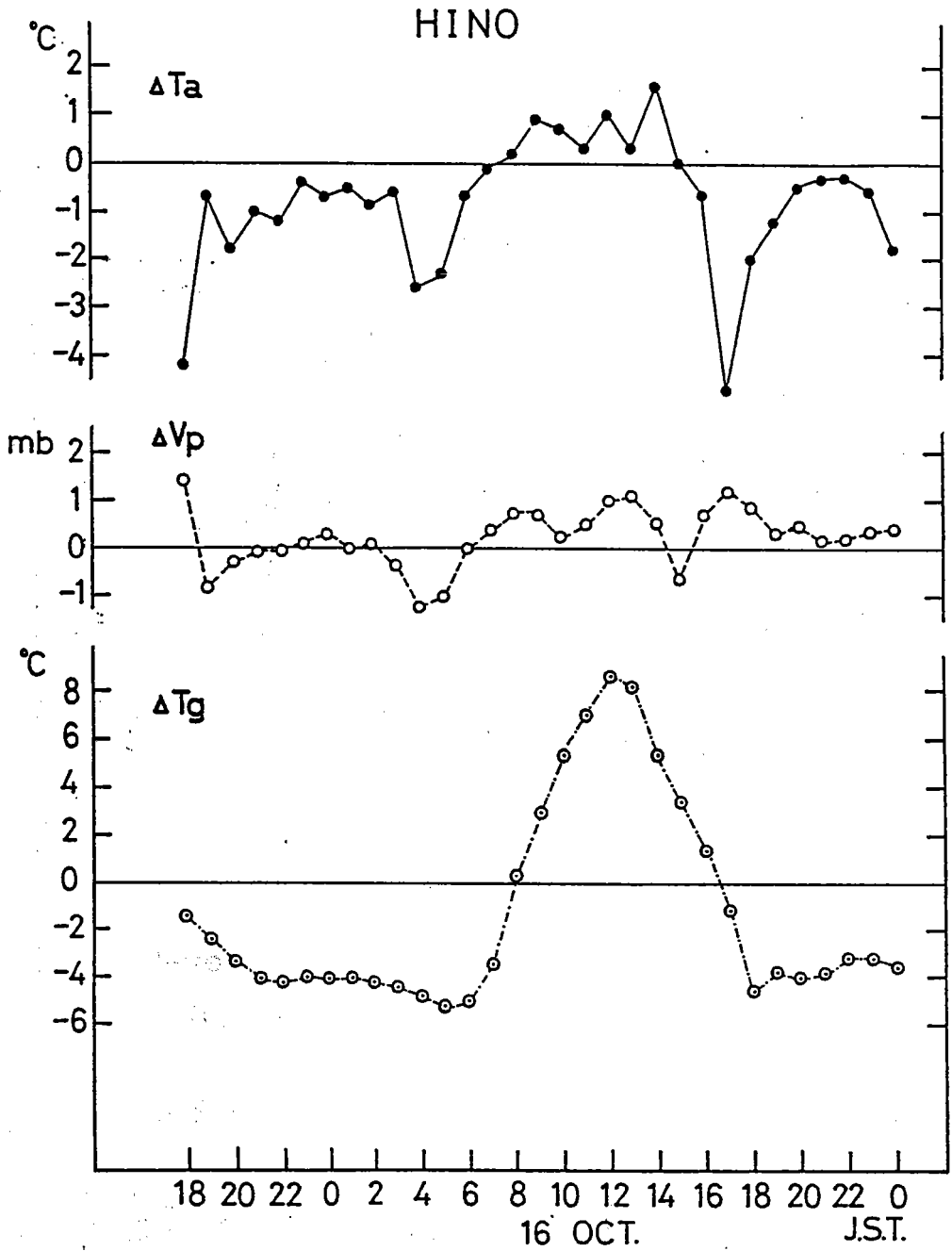


図4-8 a~b 10月16日の日野における気温・水蒸気圧・地温の垂直分布の日変化。

8 aは6.2 m層と0.8 m層の気温を示し、8 bの ΔT_a は0.8 m層と6.2 m層の気温差、 ΔV_p は0.8 m層の水蒸気圧-6.2 m層の水蒸気圧、 ΔT_g は1 cm層の地温-10 cm層の地温を示している。



(図4-8 a)

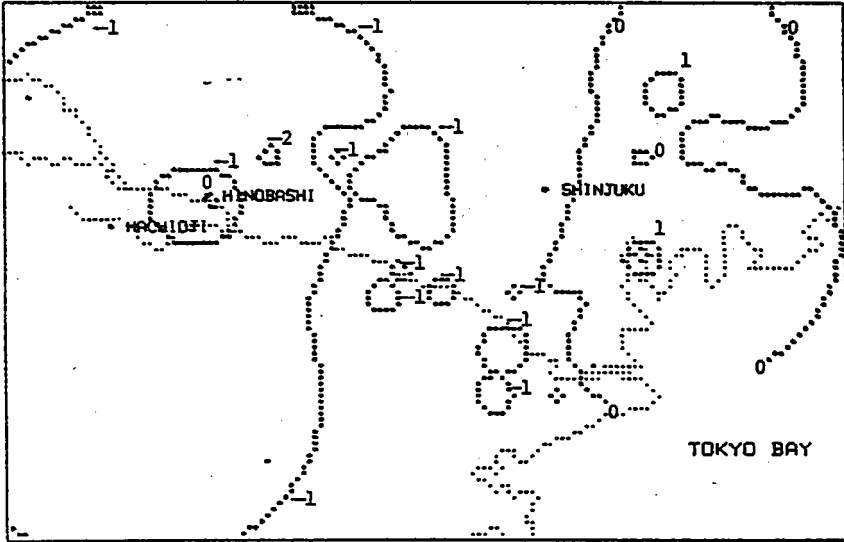


(4 - 8 b)

図4-9 a~h 1980年1月8日の気温分布。

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.01.08. 3

35.85 N
139.95 E

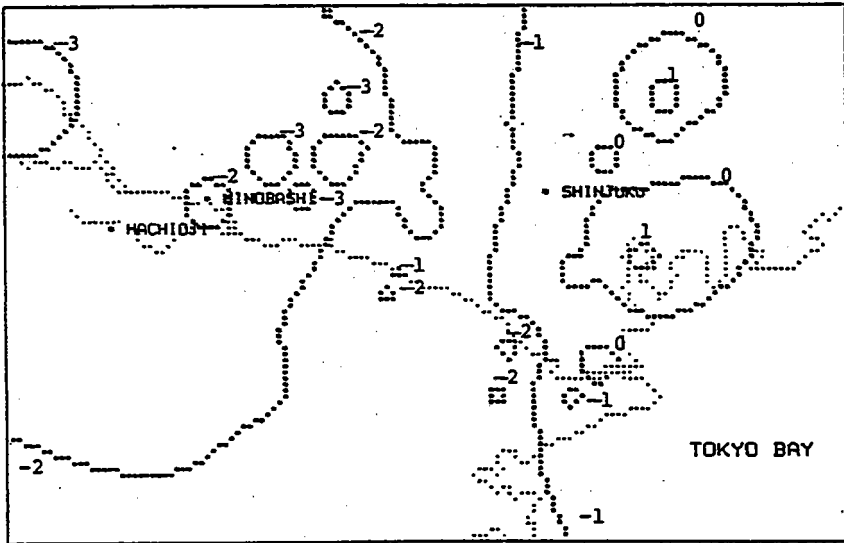


35.40 N
139.25 E

(図4-9 a)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.01.08. 6

35.85 N
139.95 E

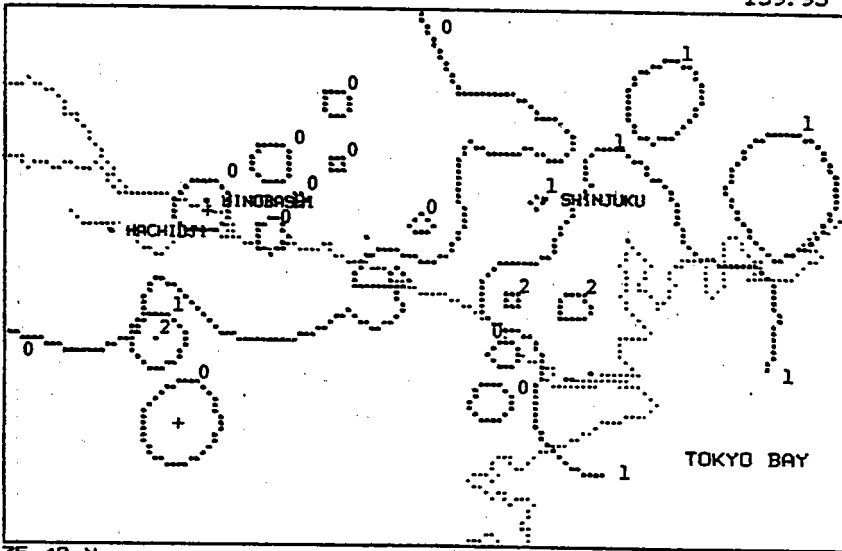


35.40 N
139.25 E

(図4-9 b)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.06. 9

35.85 N
 139.95 E

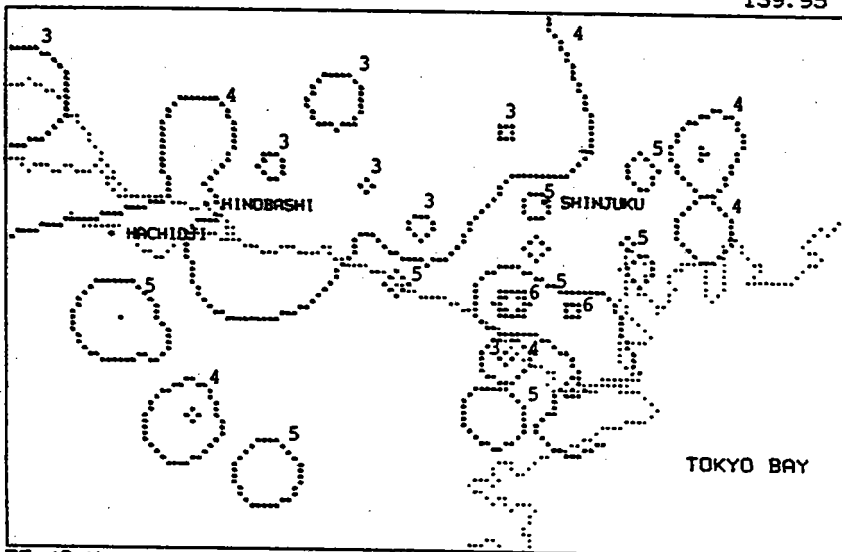


35.40 N
 139.25 E

(4-9 c)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.12

35.85 N
 139.95 E

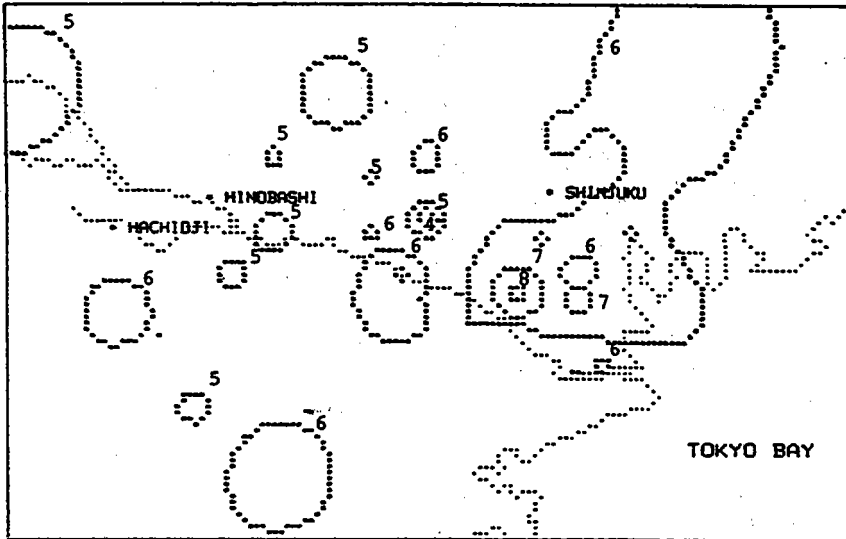


35.40 N
 139.25 E

(4-9 d)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.15

35.85 N
 139.95 E

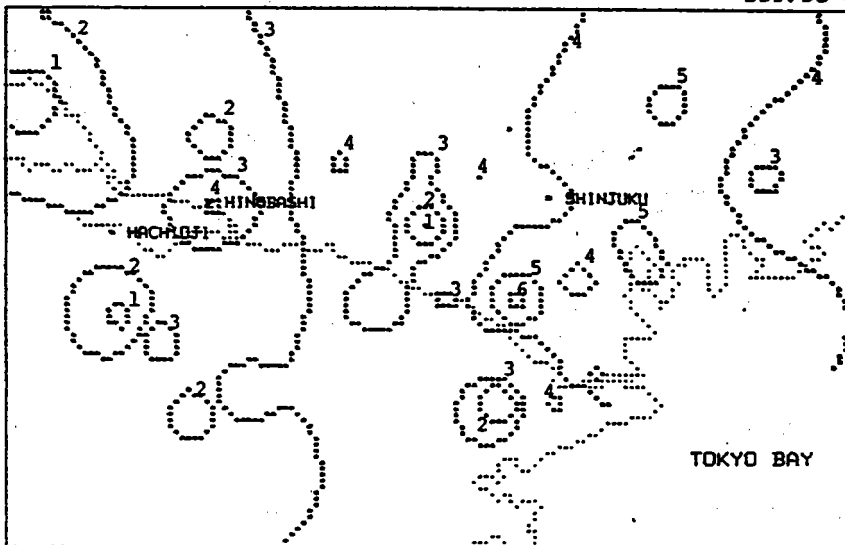


35.40 N
 139.25 E

(4-9 e)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.18

35.85 N
 139.95 E

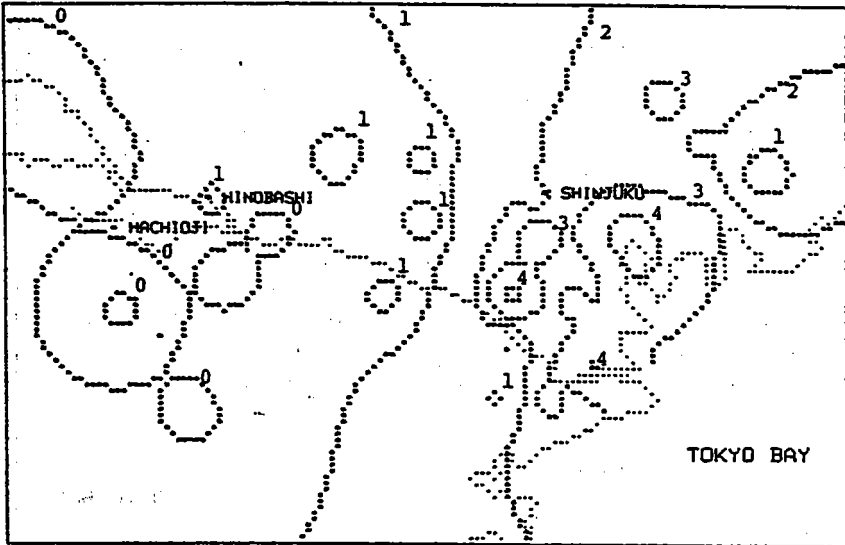


35.40 N
 139.25 E

(4-9 f)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.21

35.85 N
 139.95 E

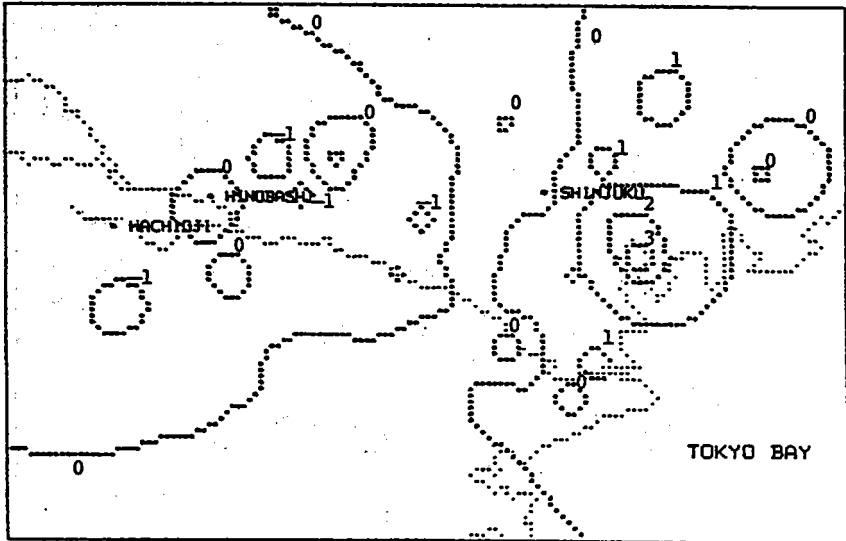


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 9 g)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.24

35.85 N
 139.95 E

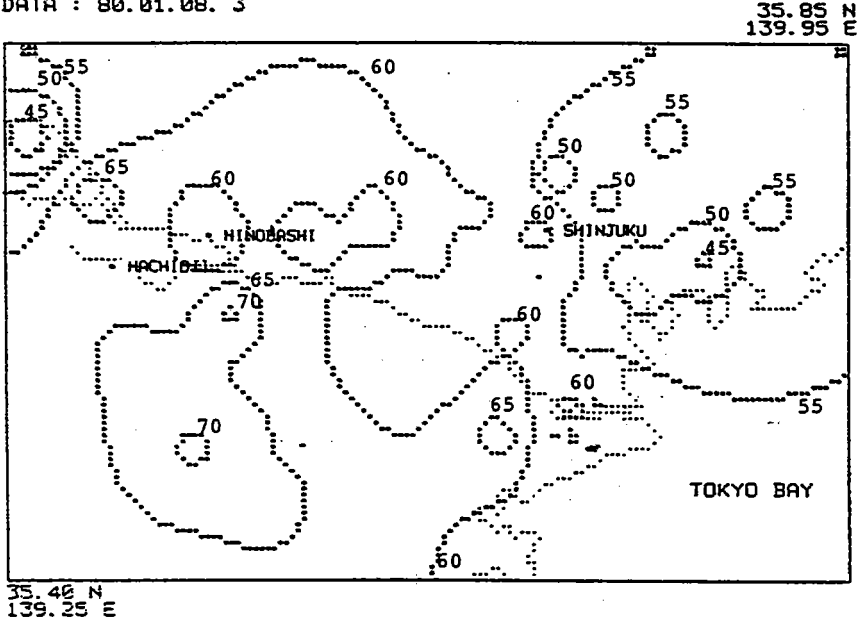


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 9 h)

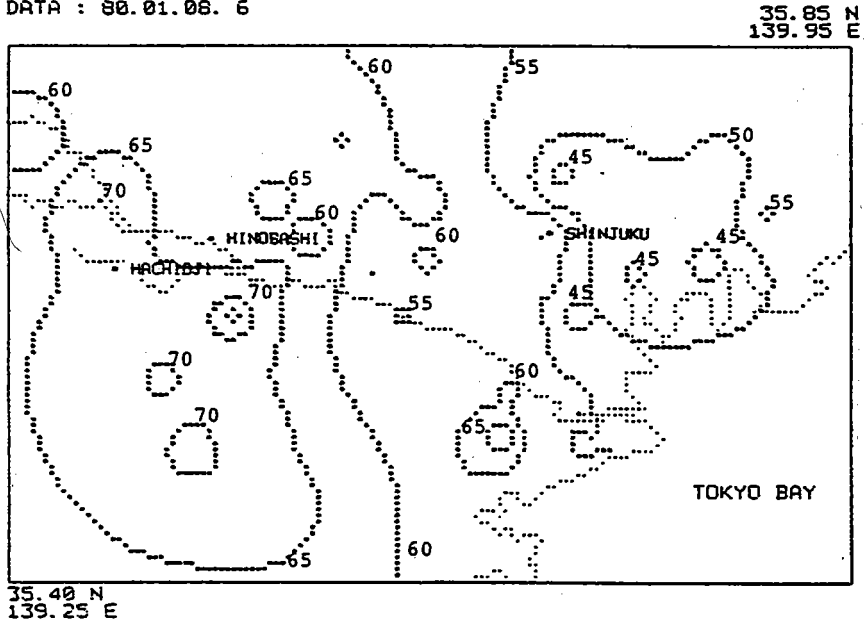
図4-10 a~h 1980年1月8日の相対湿度分布。

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.01.08. 3



(図4-10 a)

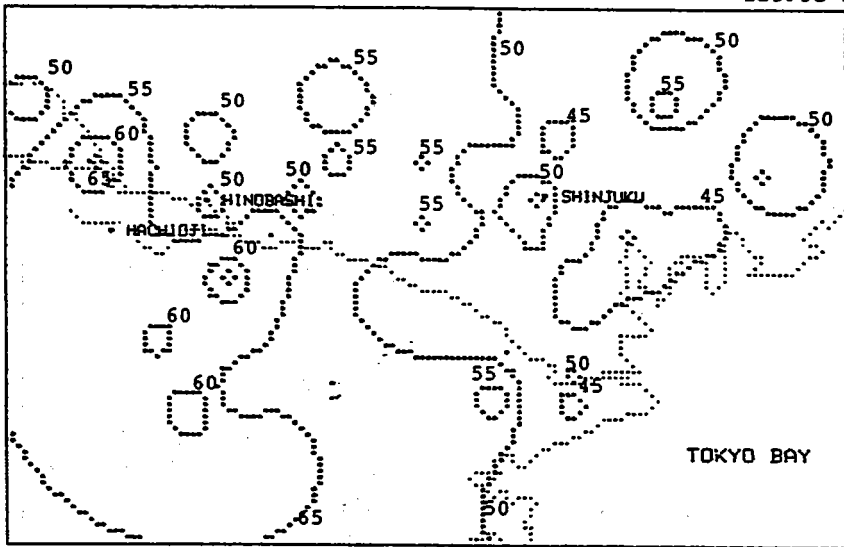
DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.01.08. 6



(図4-10 b)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08. 9

35.85 N
 139.95 E

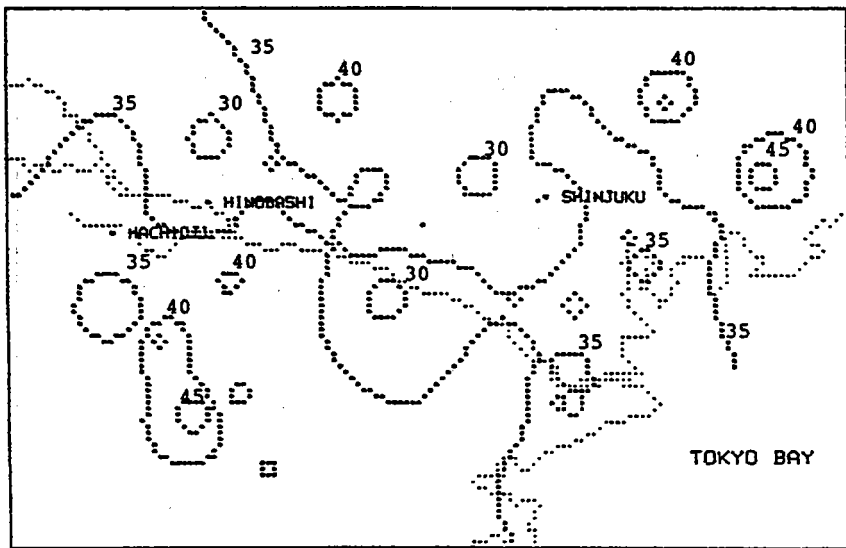


35.40 N
 139.25 E

(图 4-10 c)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.12

35.85 N
 139.95 E

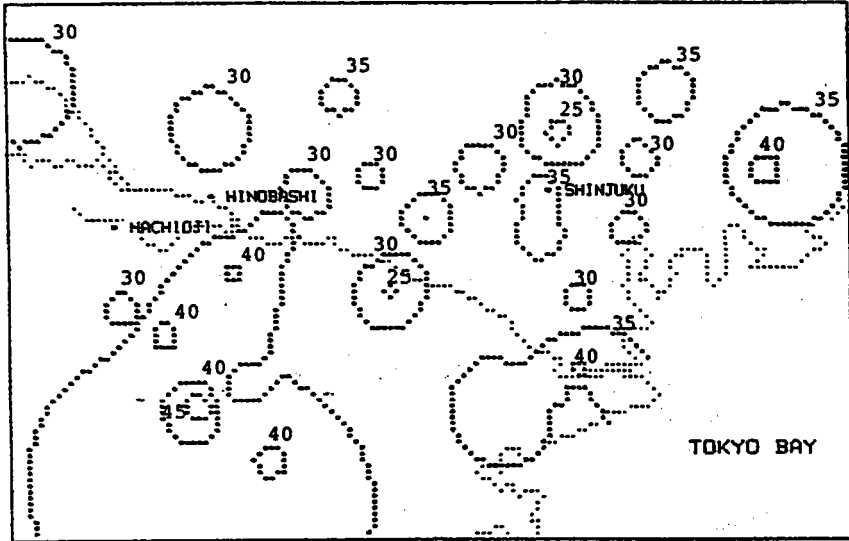


35.40 N
 139.25 E

(图 4-10 d)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.15

35.85 N
 139.95 E

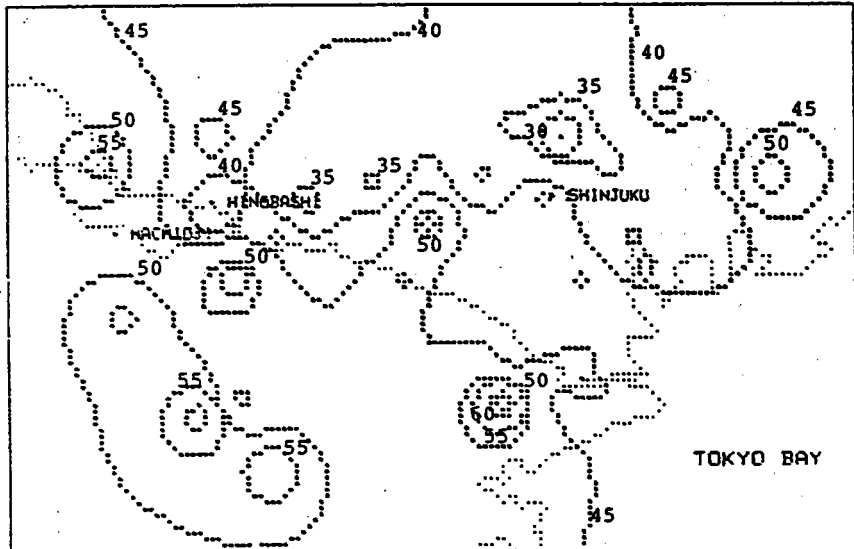


35.40 N
 139.25 E

(图 4-10 e)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.01.08.18

35.85 N
 139.95 E

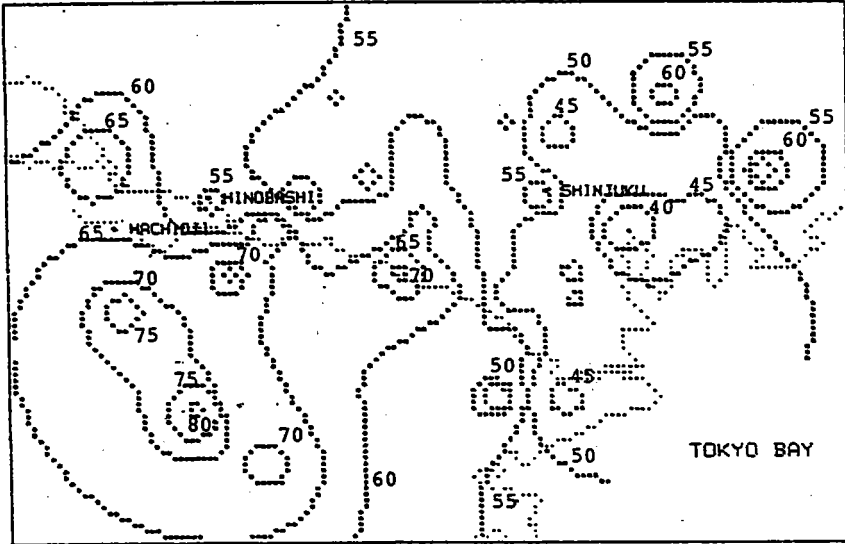


35.40 N
 139.25 E

(图 4-10 f)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 00.01.08.21

35.85 N
 139.95 E

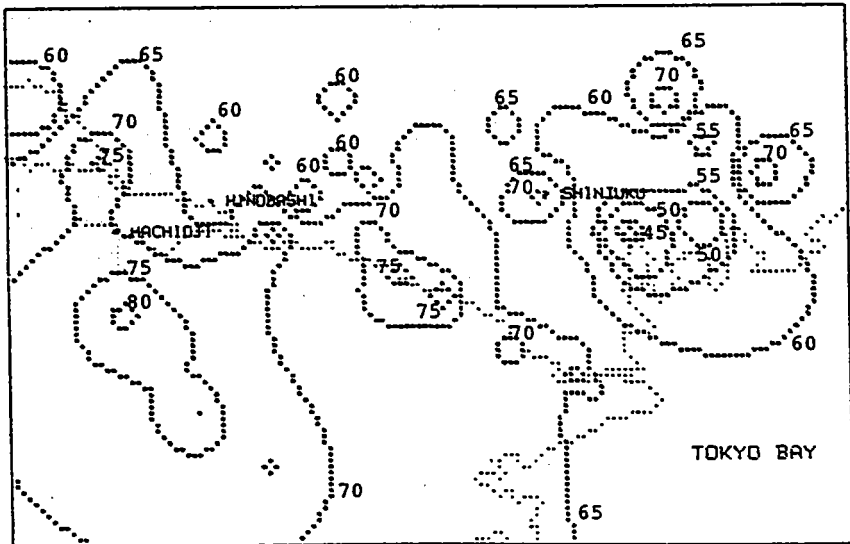


35.40 N
 139.25 E

(图 4-10 g)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 00.01.08.24

35.85 N
 139.95 E

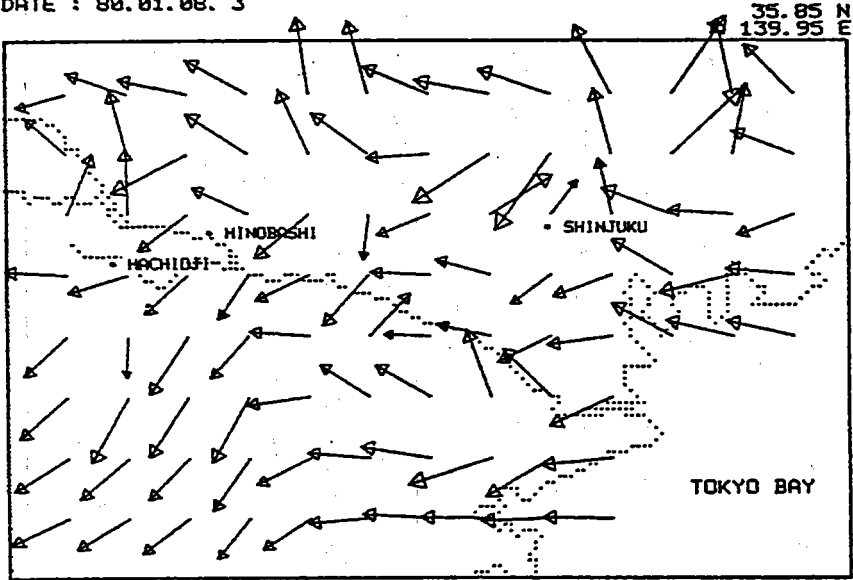


35.40 N
 139.25 E

(图 4-10 h)

図4-11a~h 1980年1月8日の地上風分布。

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.01.08. 3

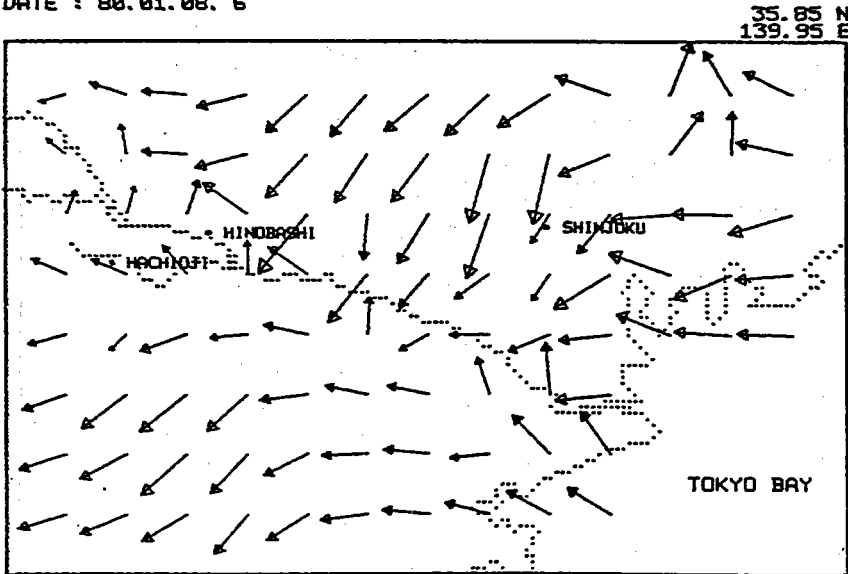


35.48 N
 139.25 E

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

(図4-11 a)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.01.08. 6

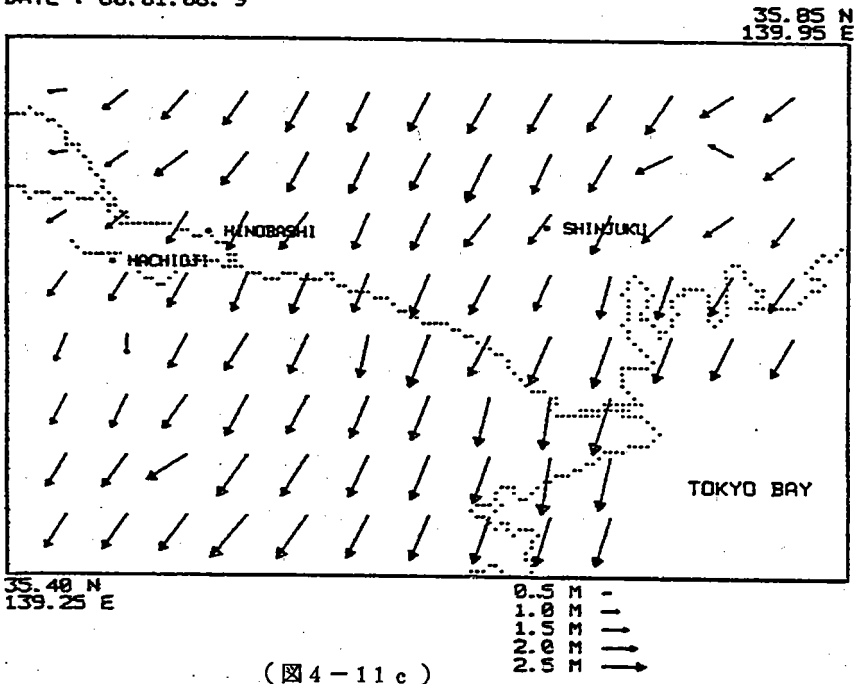


35.48 N
 139.25 E

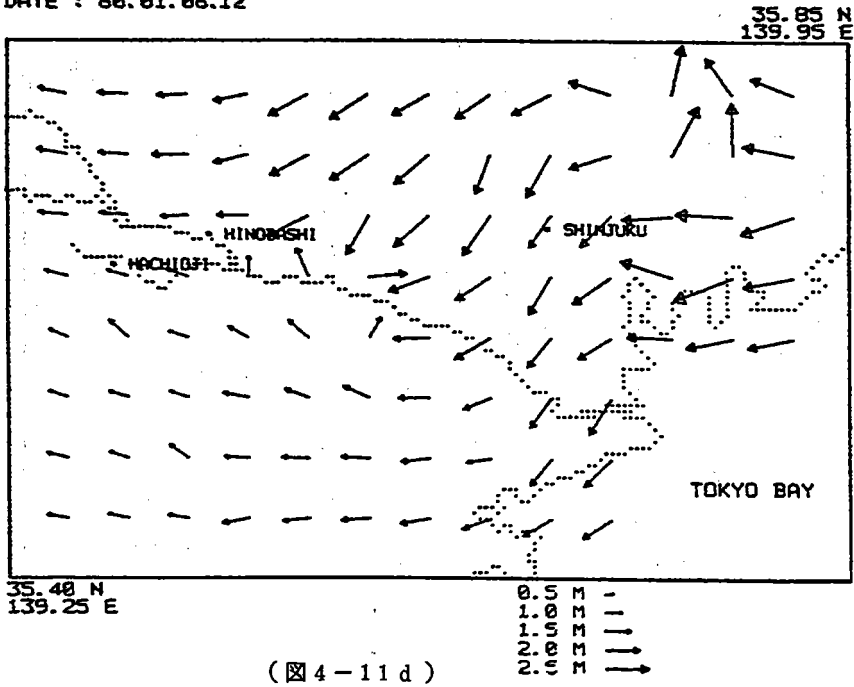
0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

(図4-11 b)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.01.08. 9

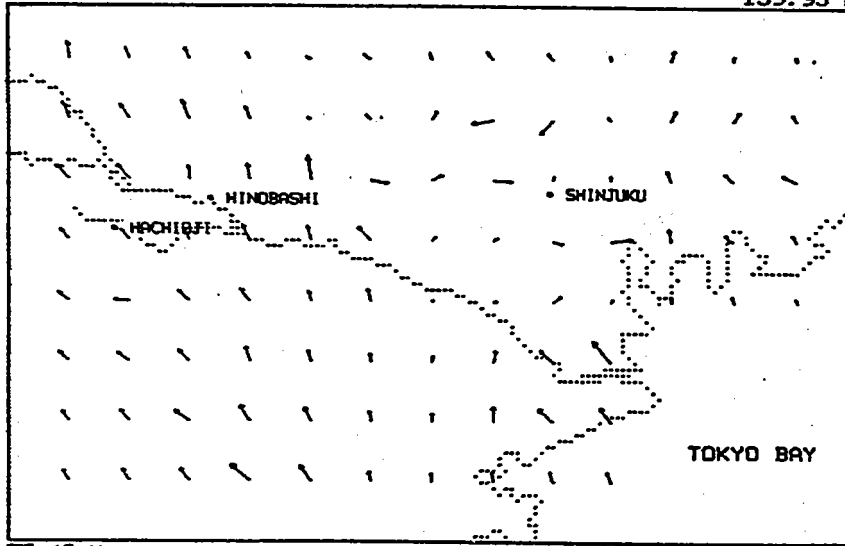


DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.01.08.12

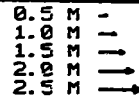


DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.01.08.15

35.85 N
 139.95 E



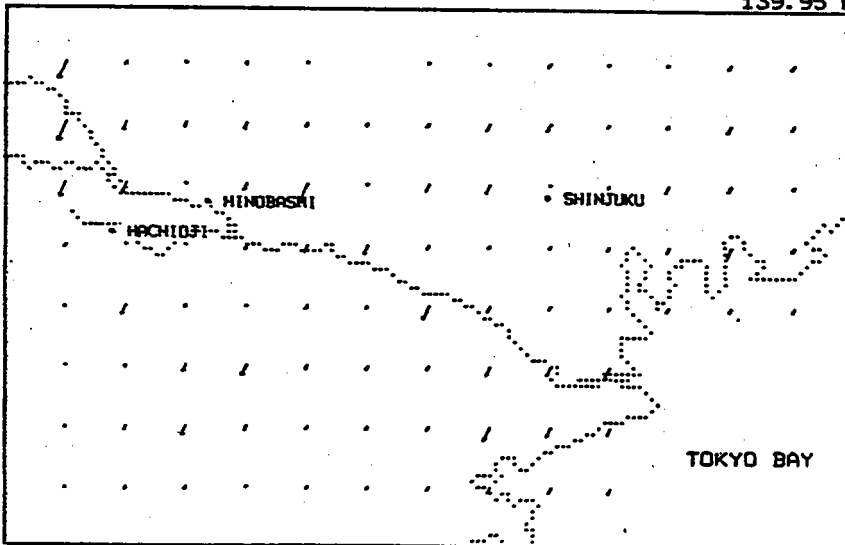
35.48 N
 139.25 E



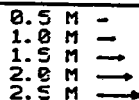
(4-11 e)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.01.08.18

35.85 N
 139.95 E



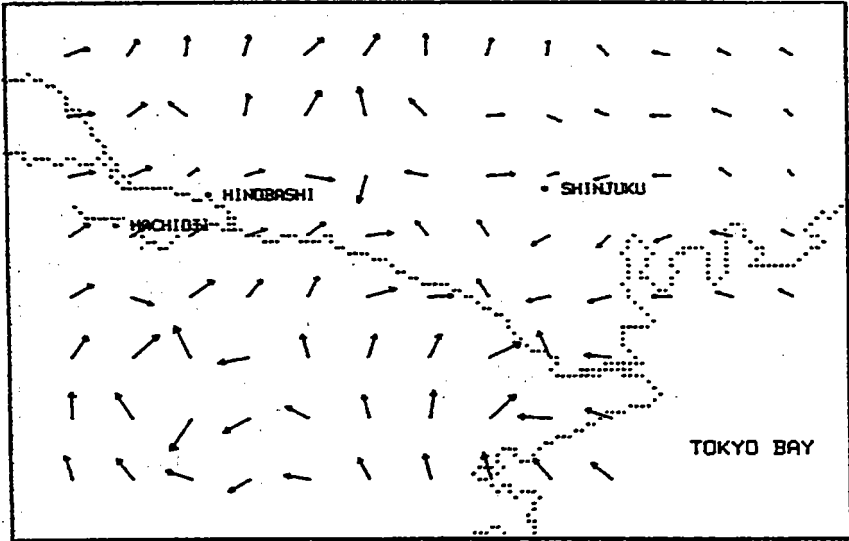
35.48 N
 139.25 E



(4-11 f)

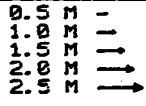
DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.01.08.21

35.85 N
 139.95 E



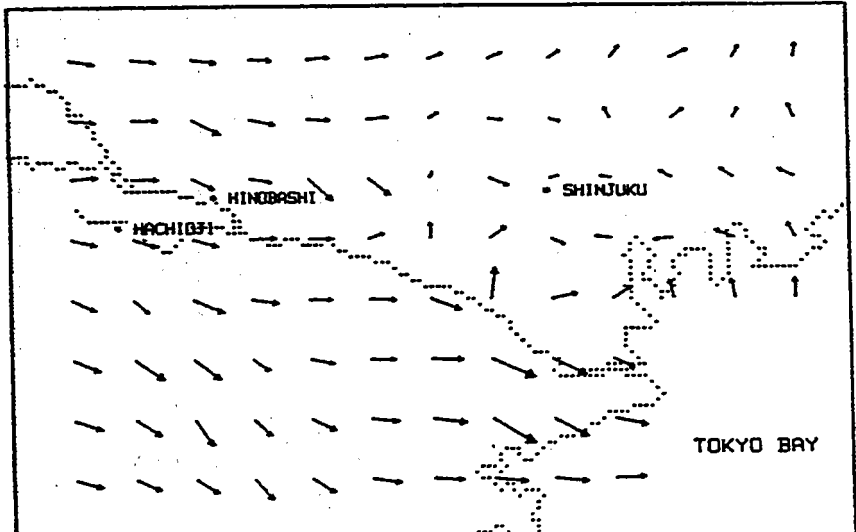
35.40 N
 139.25 E

(☒ 4-11 g)



DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.01.08.24

35.85 N
 139.95 E



35.40 N
 139.25 E

(☒ 4-11 h)

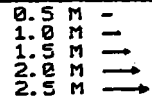
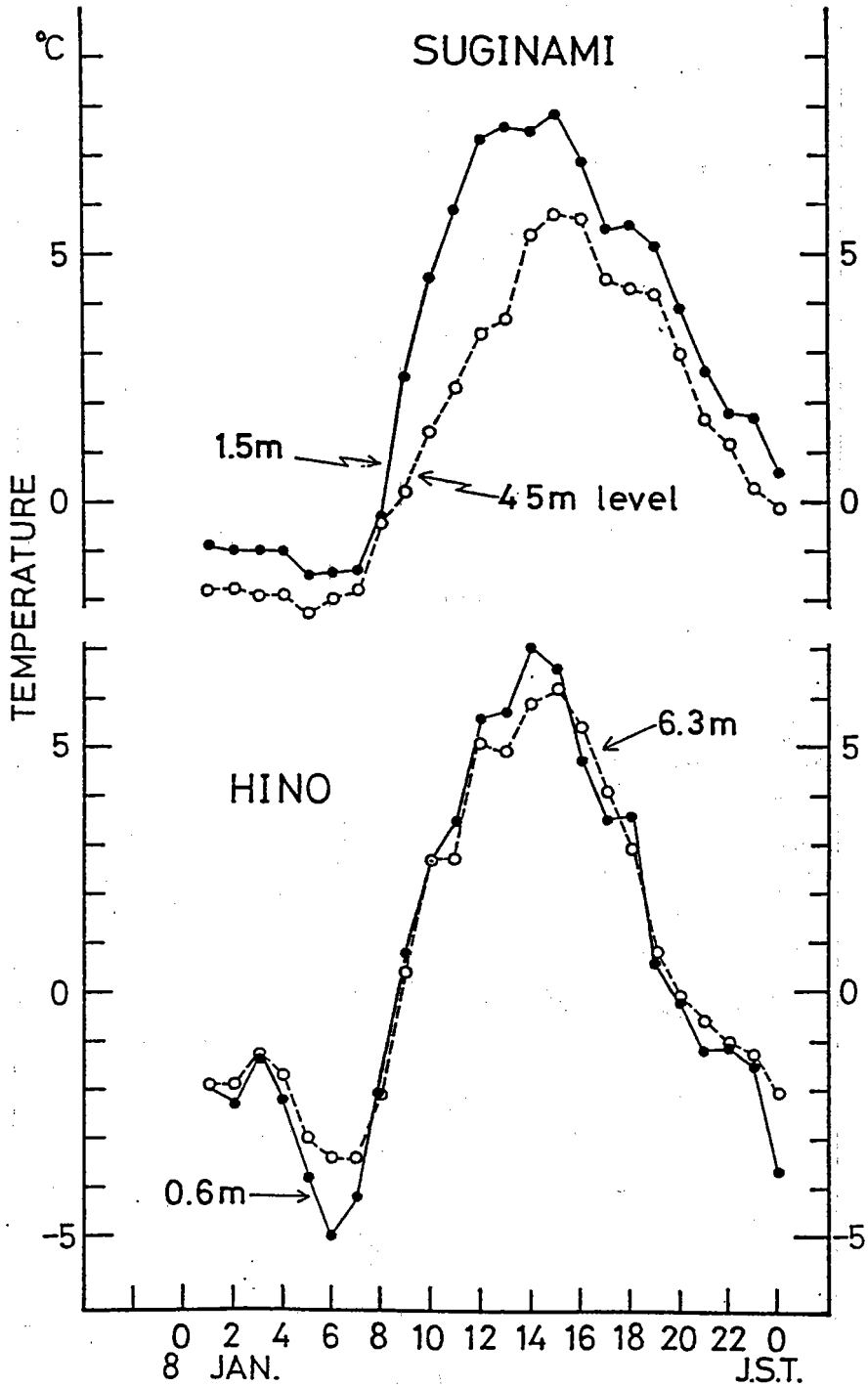


図4-12 杉並・日野における気温の時間変化(1980年1月8日)。

杉並和田の4.5m層と1.5m層、日野の6.3m層と0.6m層の気温の時間変化を示している。
 プロットした値は毎正時の瞬間値。

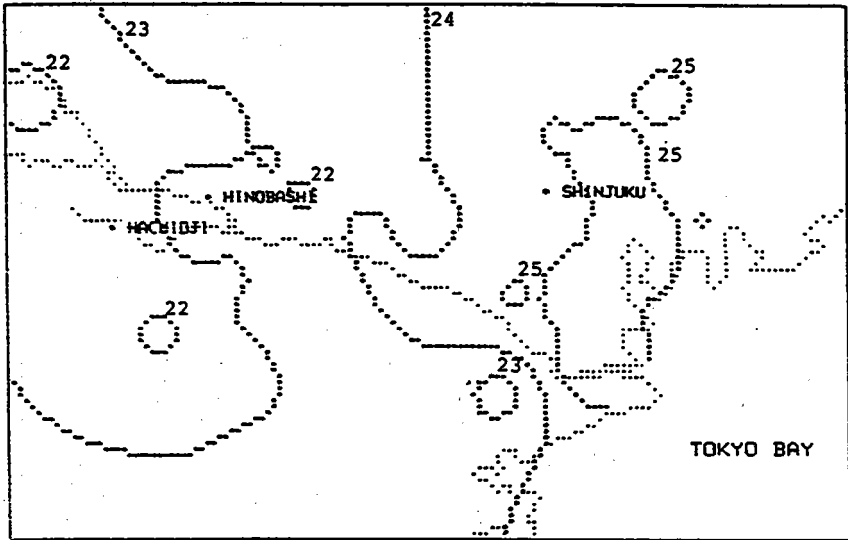


(図4-12)

図4-13a~h 1980年7月15日の気温分布

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.07.15. 3

35.85 N
139.95 E

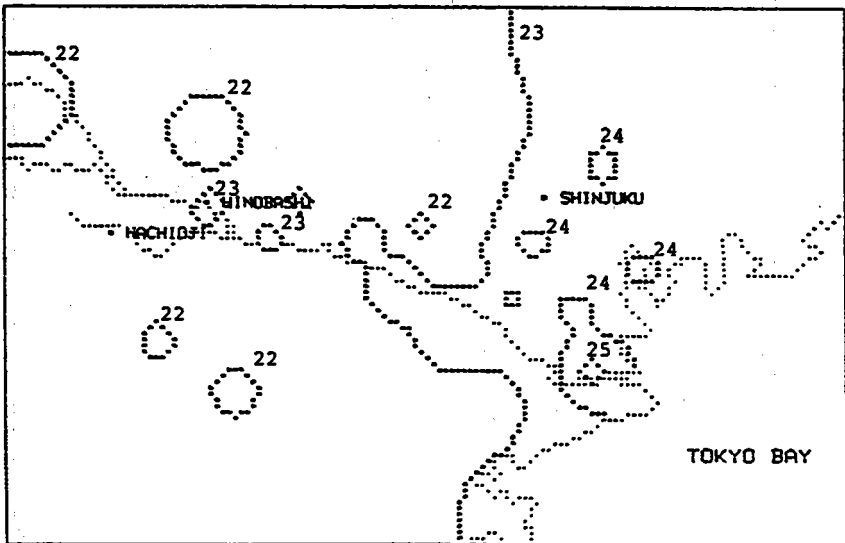


35.40 N
139.25 E

(図4-13a)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.07.15. 6

35.85 N
139.95 E

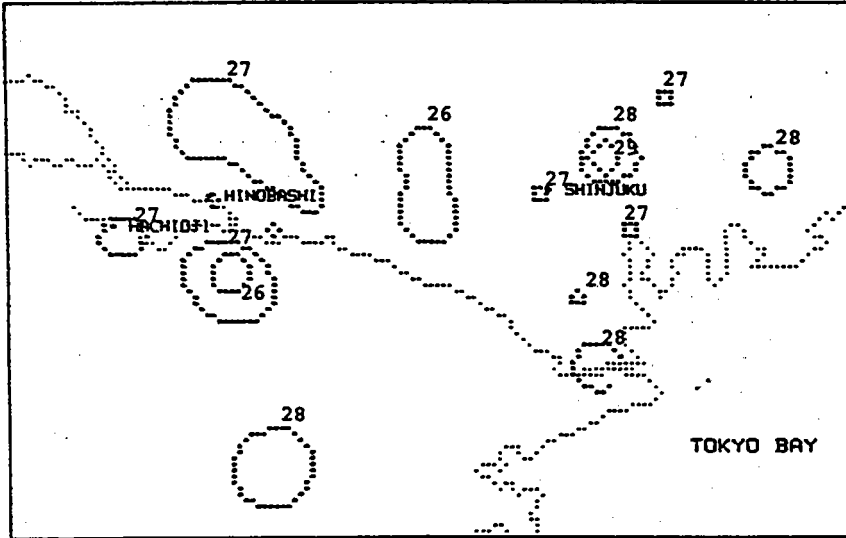


35.40 N
139.25 E

(図4-13b)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.07.15. 9

35.85 N
 139.95 E

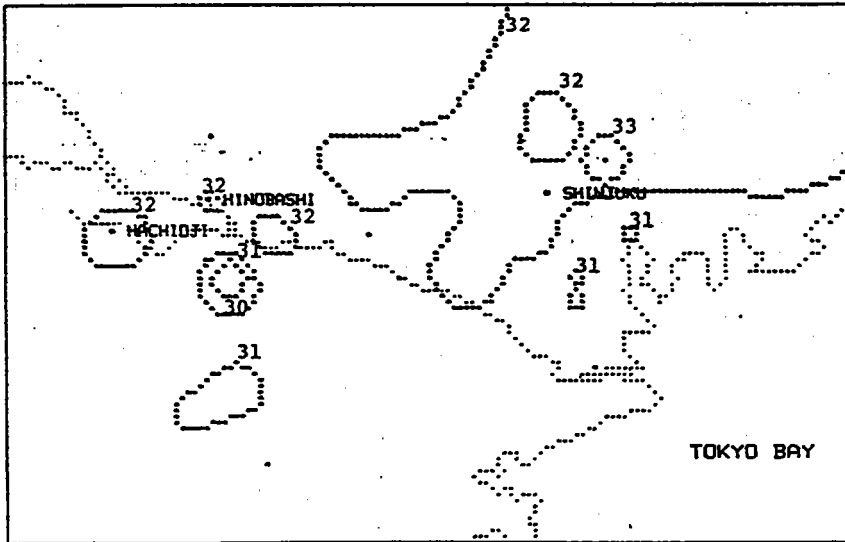


35.40 N
 139.25 E

(图 4-13c)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.07.15.12

35.85 N
 139.95 E

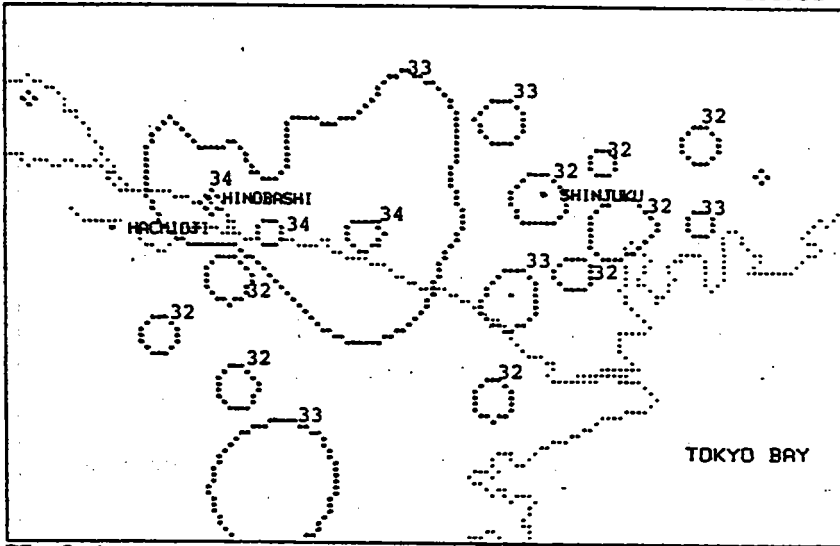


35.40 N
 139.25 E

(图 4-13d)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.07.15.15

35.85 N
 139.95 E

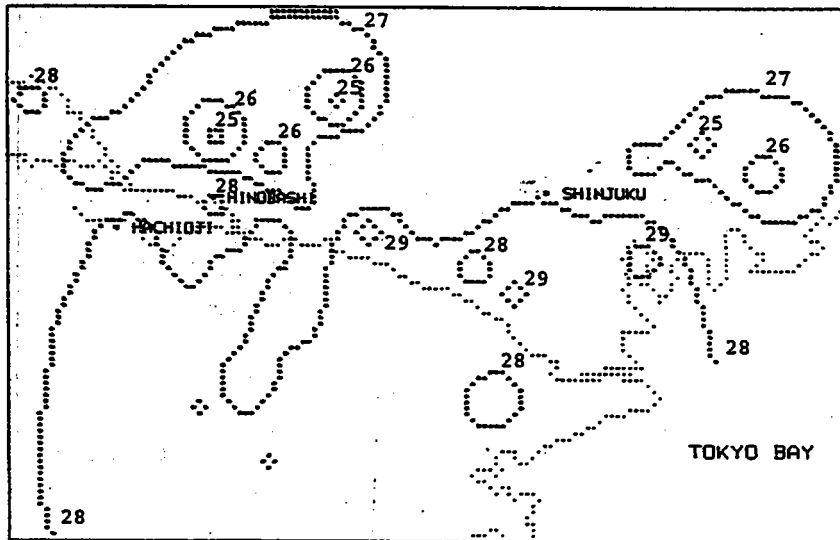


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 1 3 e)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.07.15.18

35.85 N
 139.95 E

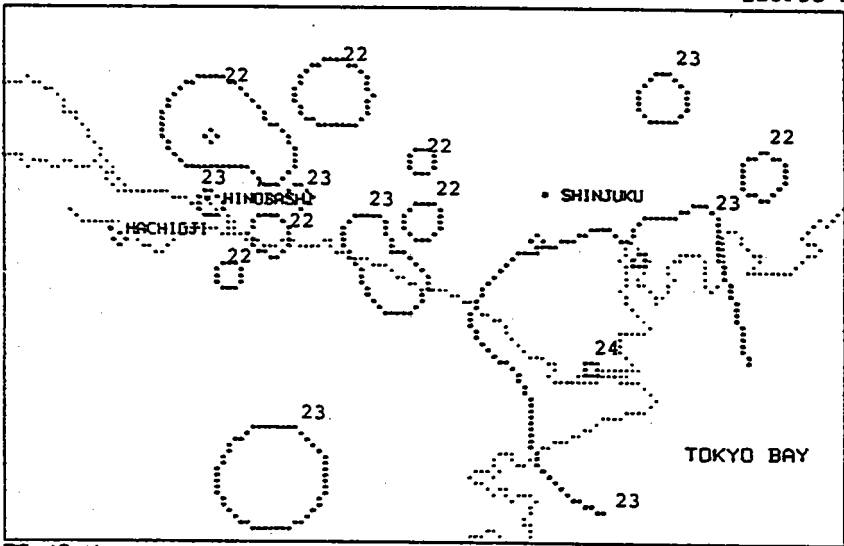


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 1 3 f)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.07.15.21

35.85 N
139.95 E

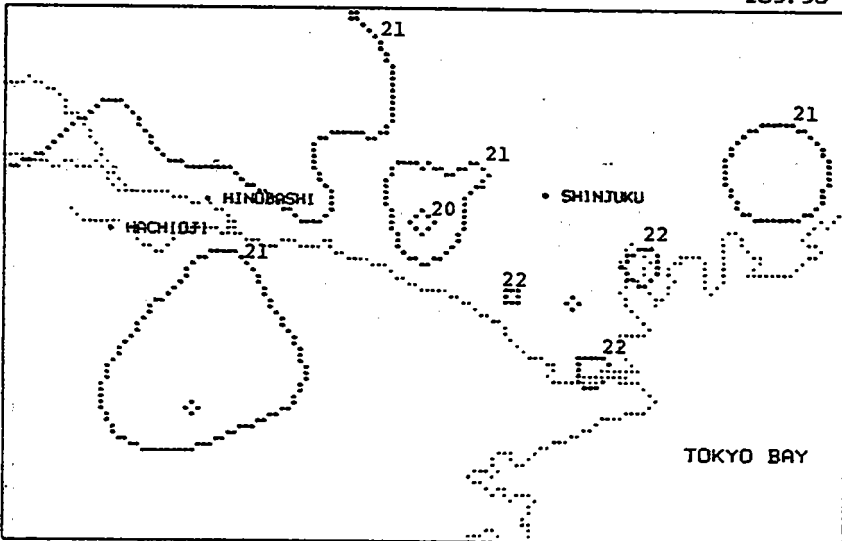


35.40 N
139.25 E

(図 4 - 13 g)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.07.15.24

35.85 N
139.95 E



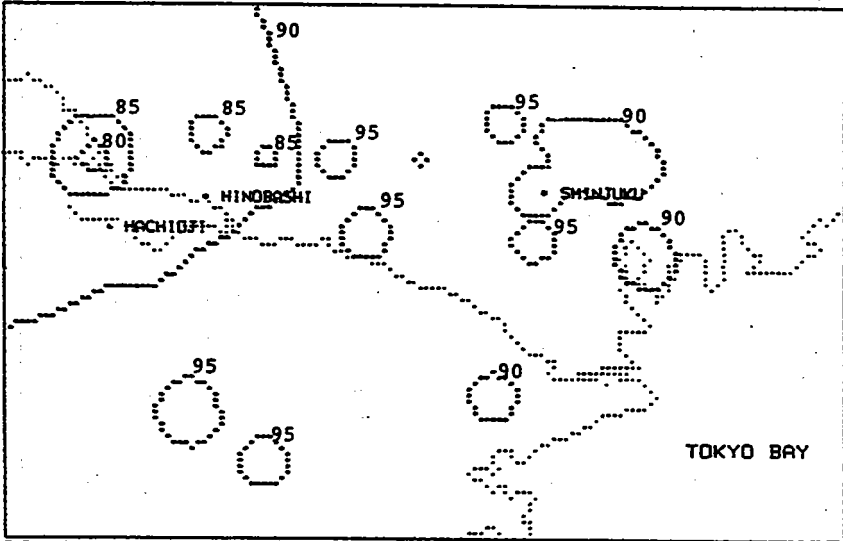
35.40 N
139.25 E

(図 4 - 13 h)

図4-14 a~h 1980年7月15日の湿度分布。

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.07.15. 3

35.85 N
139.95 E

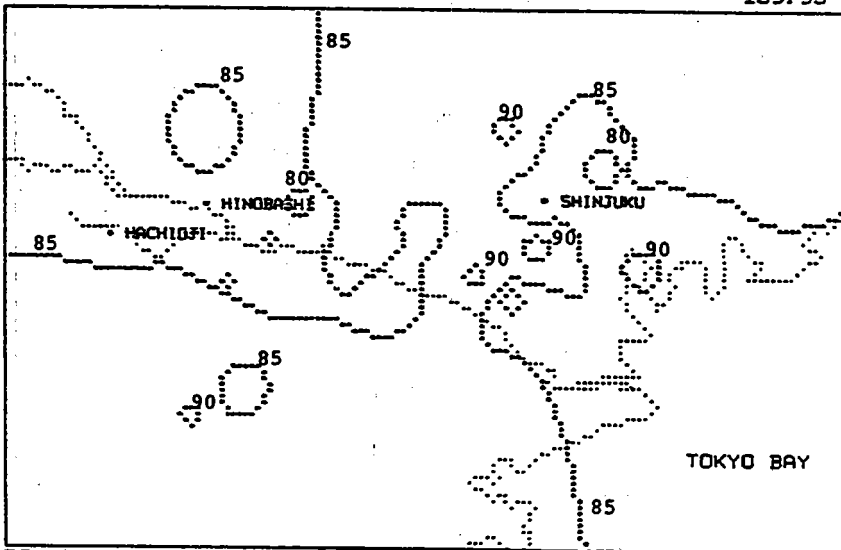


35.40 N
139.25 E

(図4-14 a)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.07.15. 6

35.85 N
139.95 E

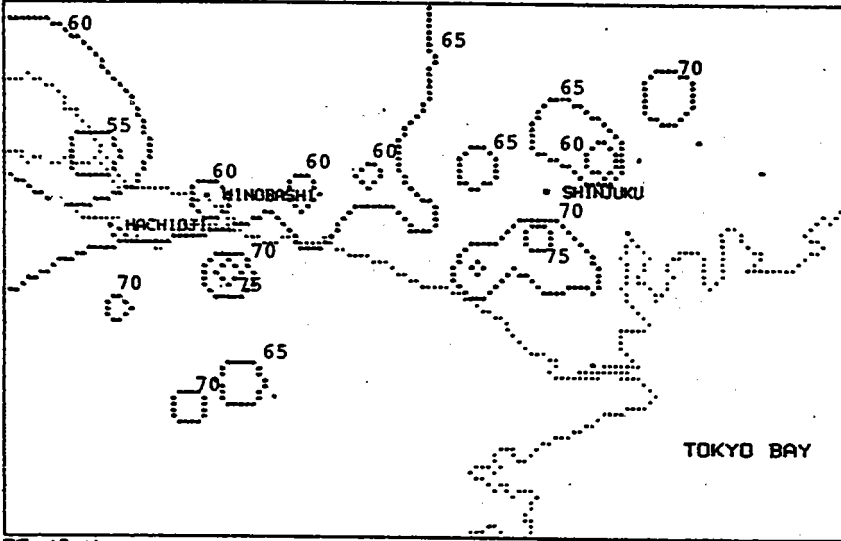


35.40 N
139.25 E

(図4-14 b)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 00.07.15.9

35.85 N
 139.95 E

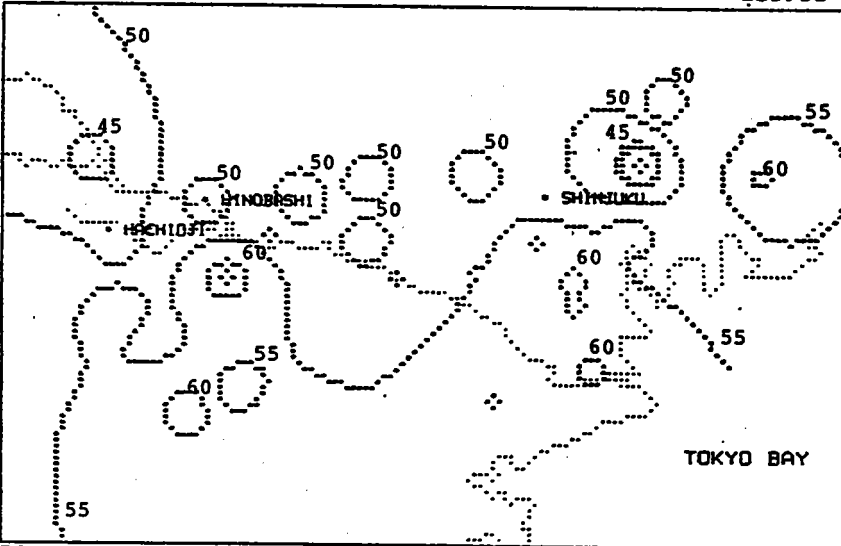


35.40 N
 139.25 E

(4 - 1 4 c)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 00.07.15.12

35.85 N
 139.95 E

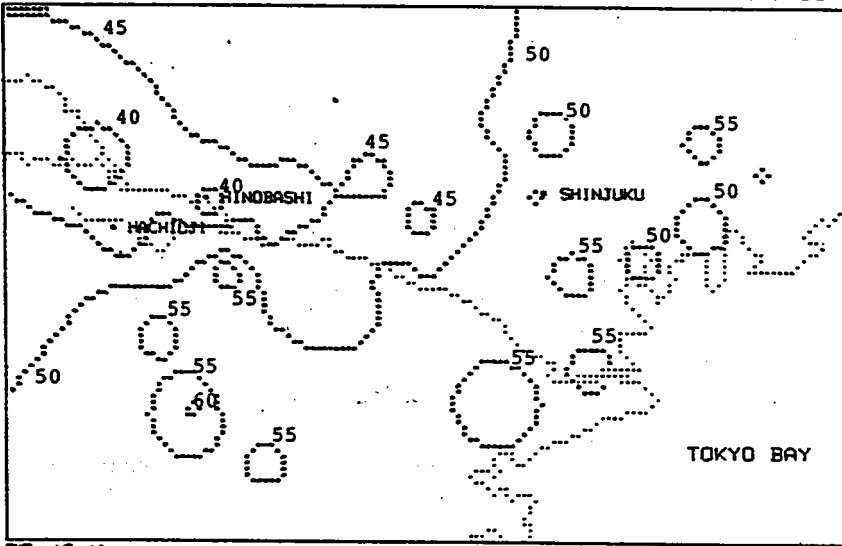


35.40 N
 139.25 E

(4 - 1 4 d)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.07.15.15

35.85 N
 139.95 E

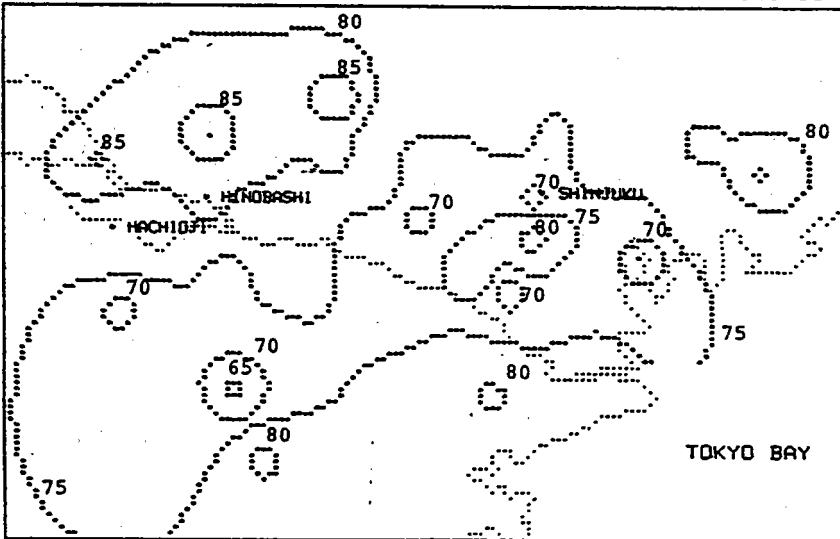


35.40 N
 139.25 E

(㊦ 4 - 1 4 e)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.07.15.18

35.85 N
 139.95 E

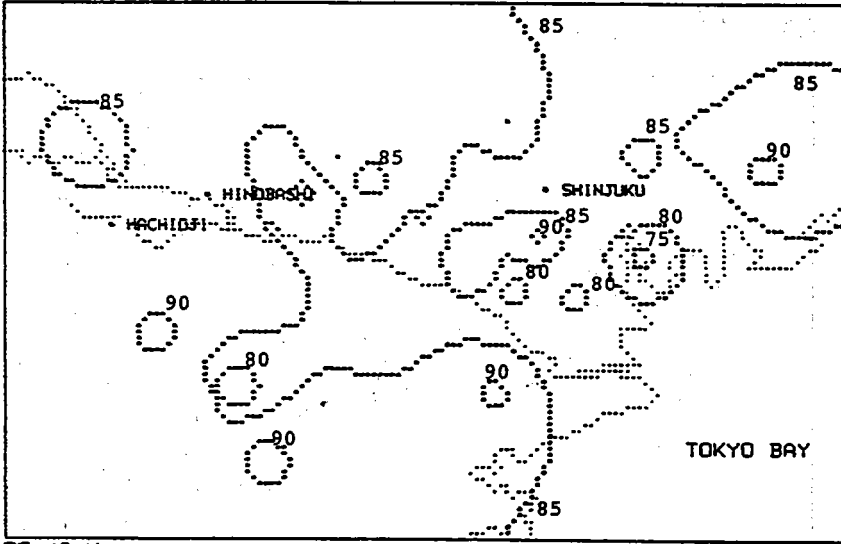


35.40 N
 139.25 E

(㊦ 4 - 1 4 f)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 88.07.15.21

35.85 N
 139.95 E

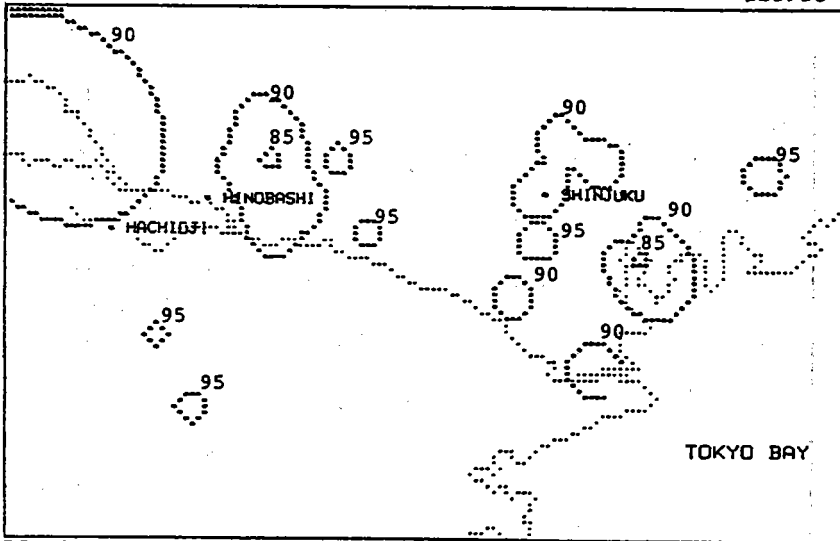


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 14 g)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 88.07.15.24

35.85 N
 139.95 E

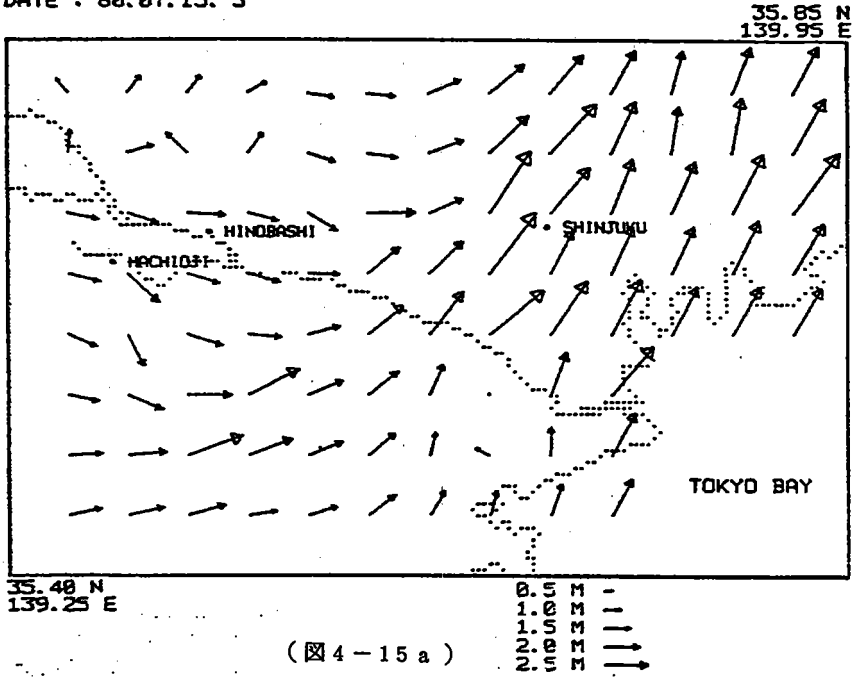


35.40 N
 139.25 E

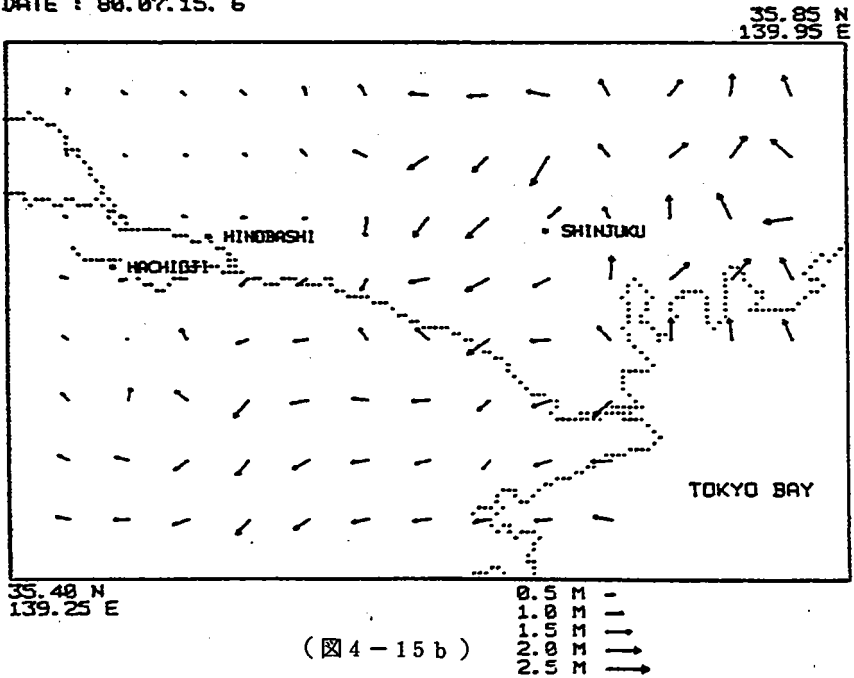
(図 4 - 14 h)

図4-15 a~h 1980年7月15日の地上風分布。

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.07.15. 3

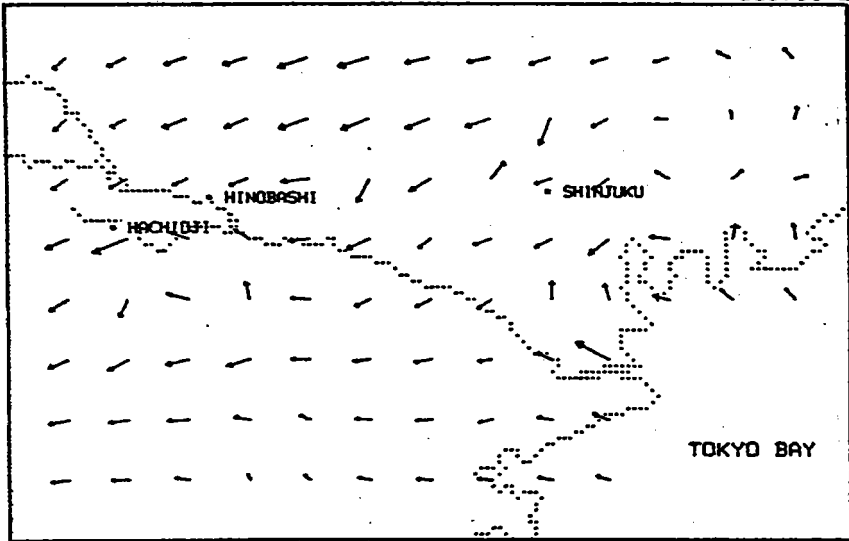


DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.07.15. 6

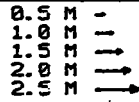


DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.07.15. 9

35.85 N
 139.95 E



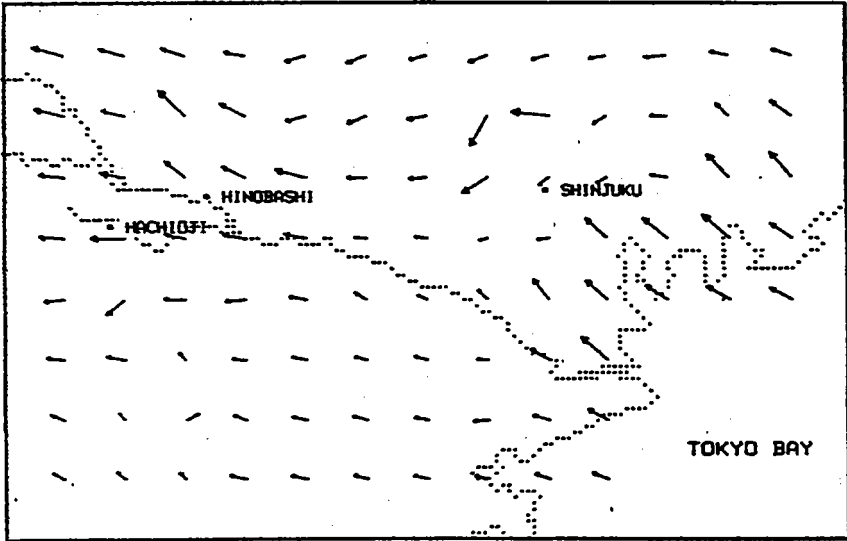
35.40 N
 139.25 E



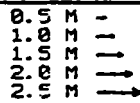
(4-15 c)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.07.15.12

35.85 N
 139.95 E



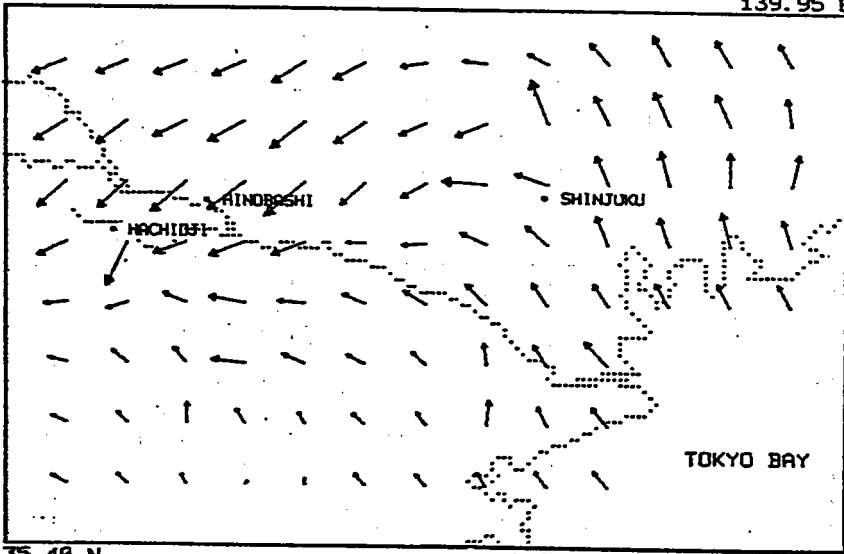
35.40 N
 139.25 E



(4-15 d)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.07.15.15

35.85 N
 139.95 E

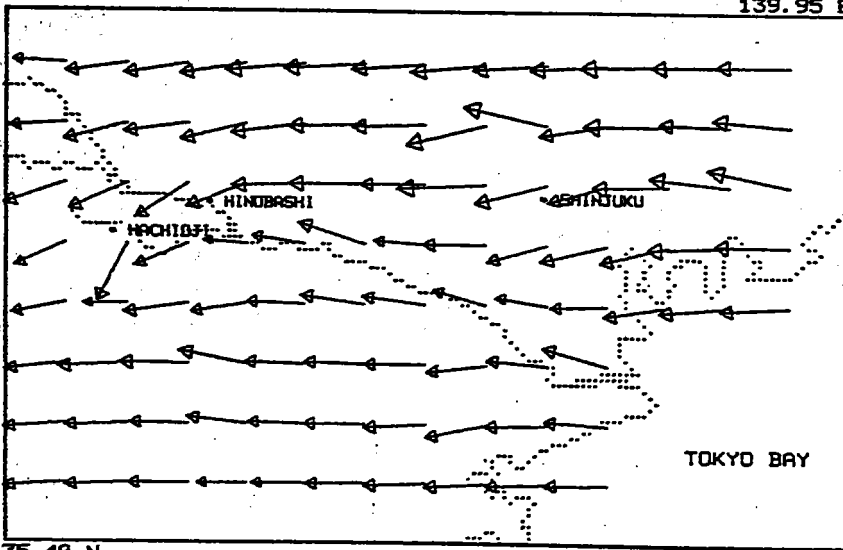


35.48 N
 139.25 E

(☒ 4-15 e)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.07.15.18

35.85 N
 139.95 E

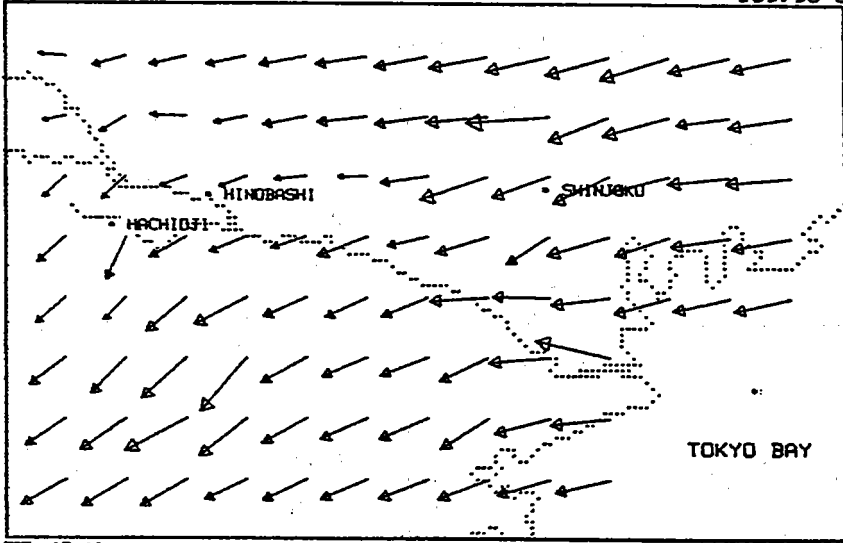


35.48 N
 139.25 E

(☒ 4-15 f)

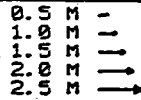
DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.07.15.21

35.85 N
 139.95 E



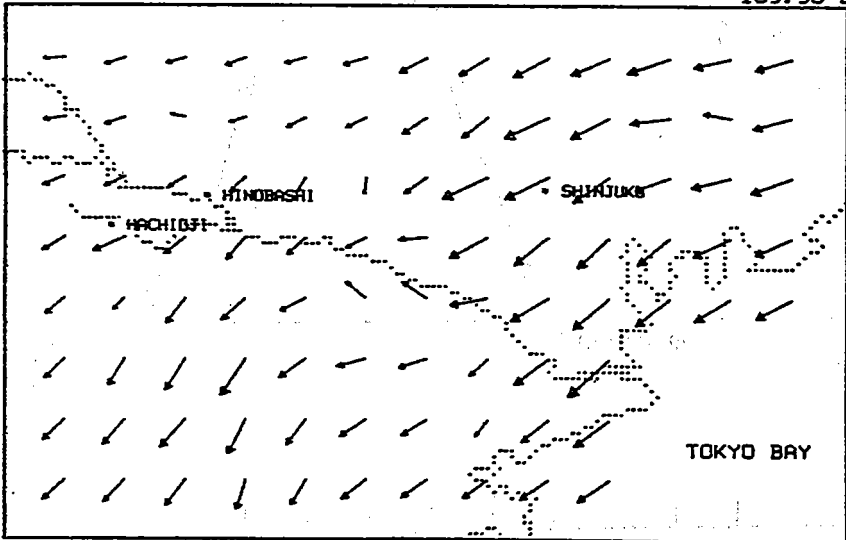
35.40 N
 139.25 E

(☒ 4-15 g)



DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.07.15.24

35.85 N
 139.95 E



35.40 N
 139.25 E

(☒ 4-15 h)

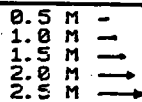
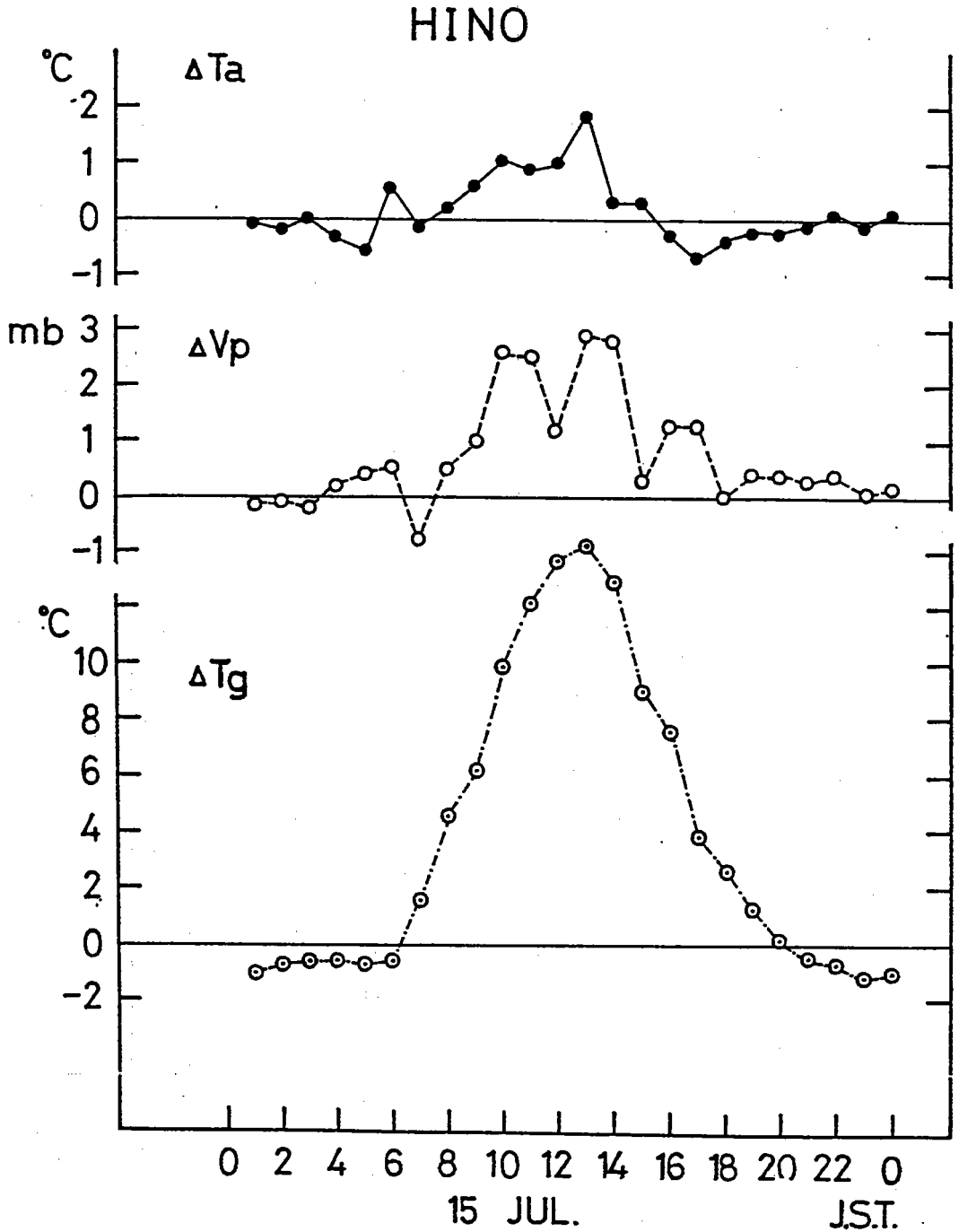


図4-16 日野における1980年7月15日の気温・水蒸気圧・地温の垂直傾度の日変化。

ΔT_a : 地上0.75m層の気温-地上5.9m層の気温

ΔV_p : 地上0.75m層の水蒸気圧-地上5.9m層の水蒸気圧

ΔT_g : 地下1cmの地温-地下15cmの地温

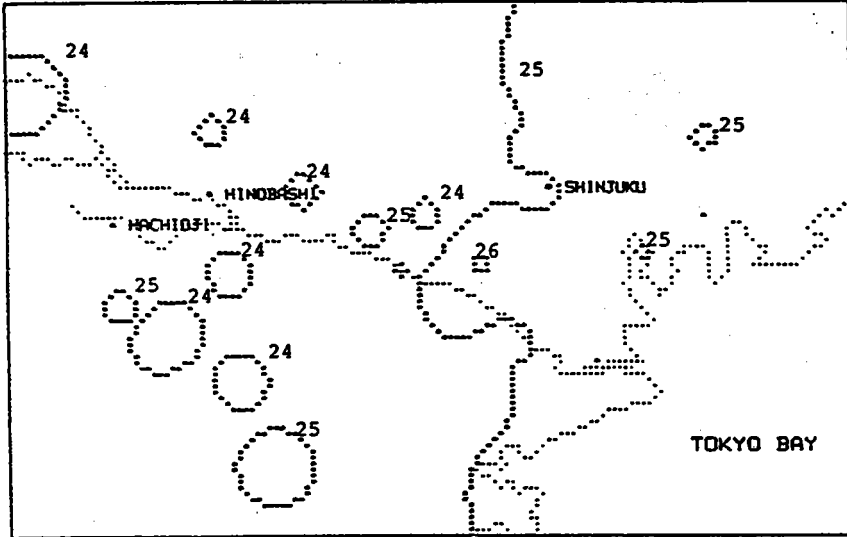


(図4-16)

図4-17 a~p 1980年9月12~13日の気温分布。

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.09.12. 3

35.85 N
139.95 E

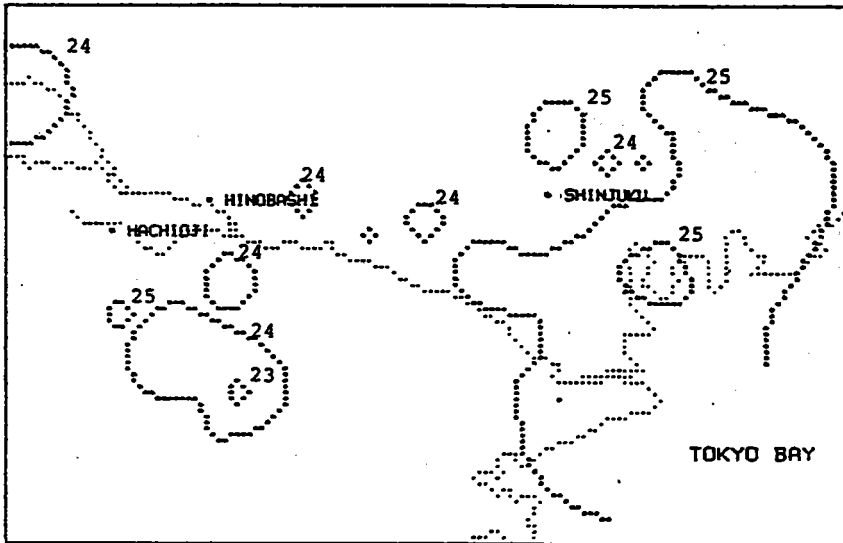


35.40 N
139.25 E

(図4-17 a)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
TOKYO AREA
DATA : 80.09.12. 6

35.85 N
139.95 E

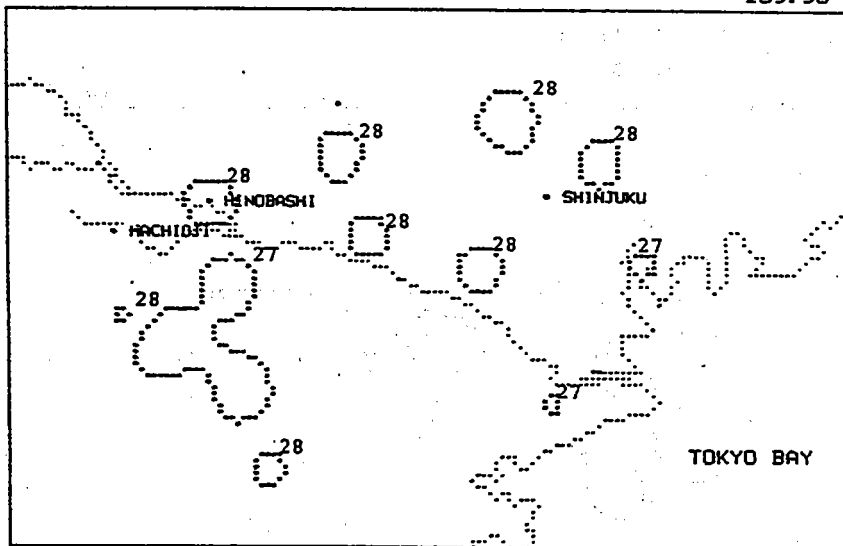


35.40 N
139.25 E

(図4-17 b)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12. 9

35.85 N
 139.95 E

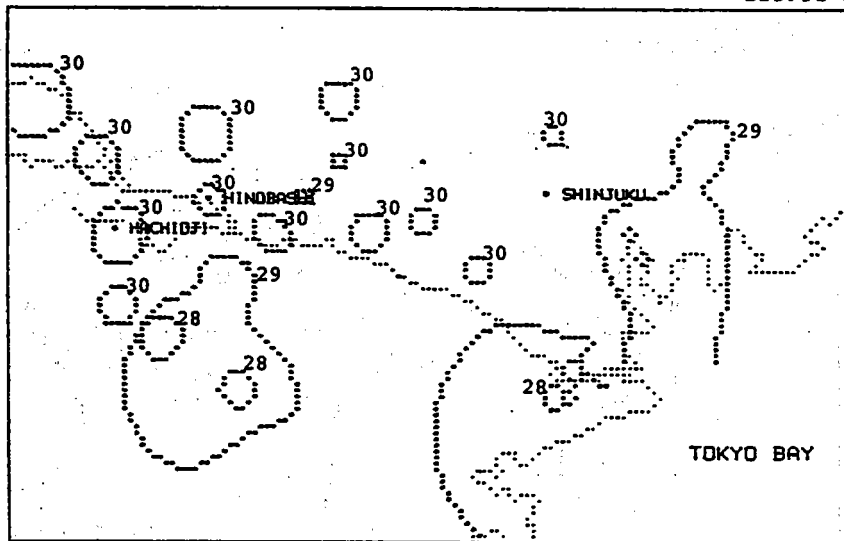


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 c)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.12

35.85 N
 139.95 E

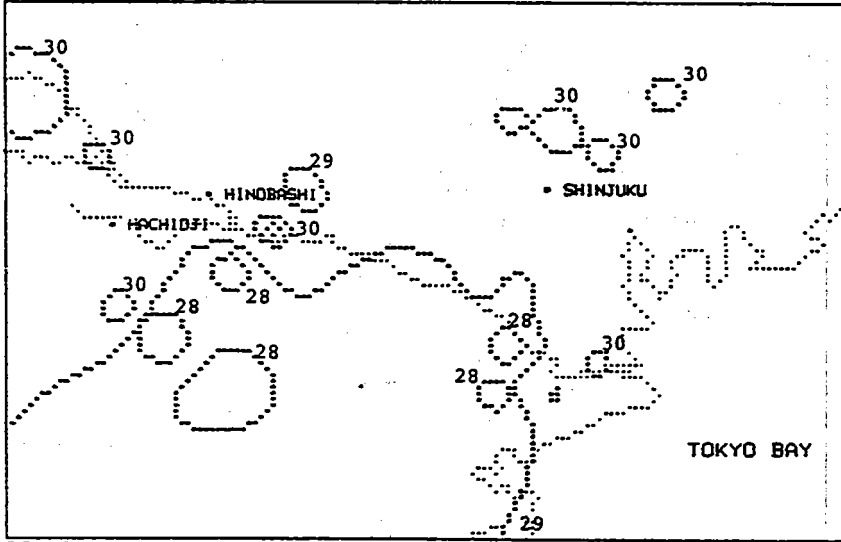


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 d)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.15

35.85 N
 139.95 E

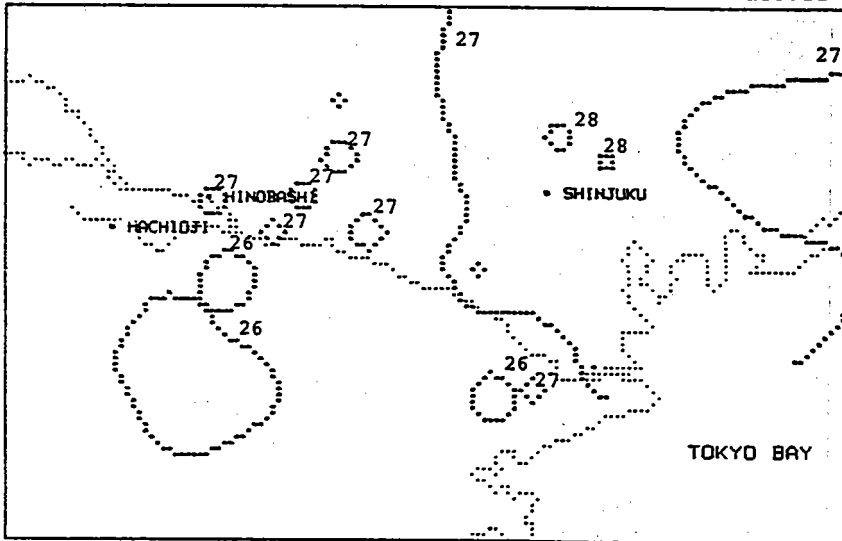


35.40 N
 139.25 E

(4-17 e)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.18

35.85 N
 139.95 E

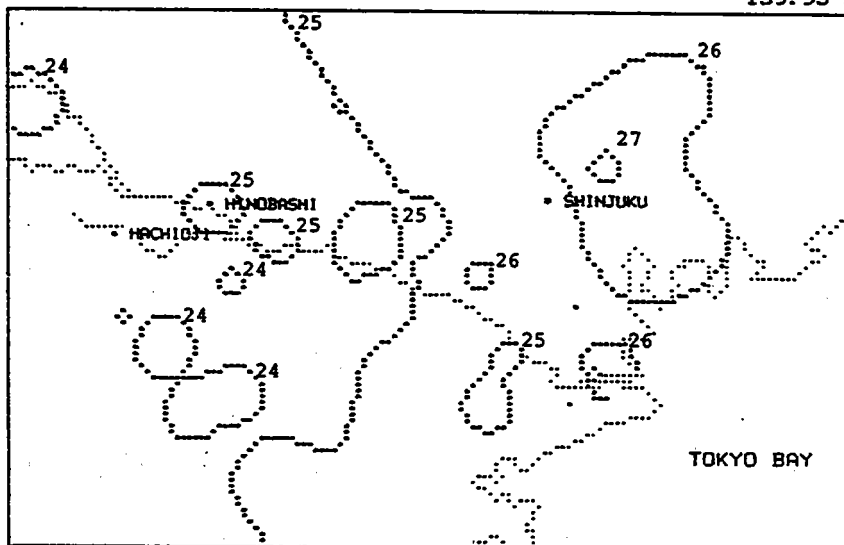


35.40 N
 139.25 E

(4-17 f)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.21

35.85 N
 139.95 E

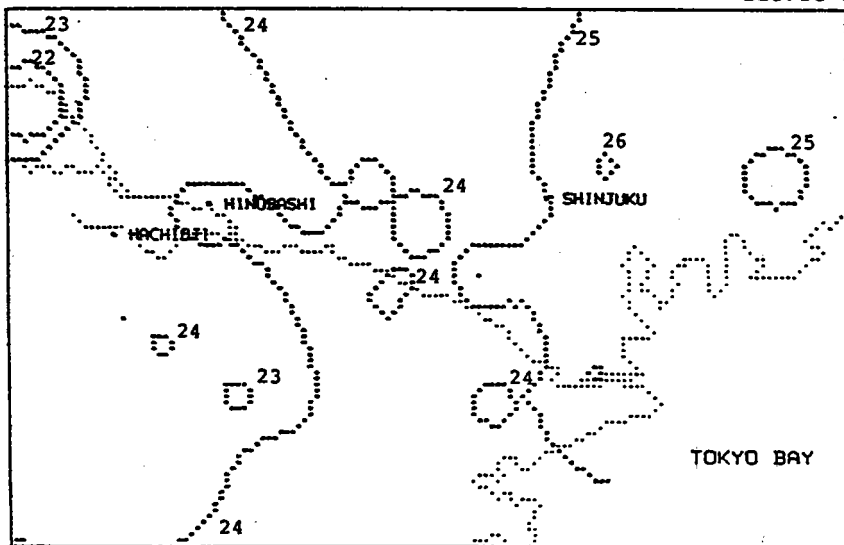


35.40 N
 139.25 E

(图 4 - 17 g)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.24

35.85 N
 139.95 E

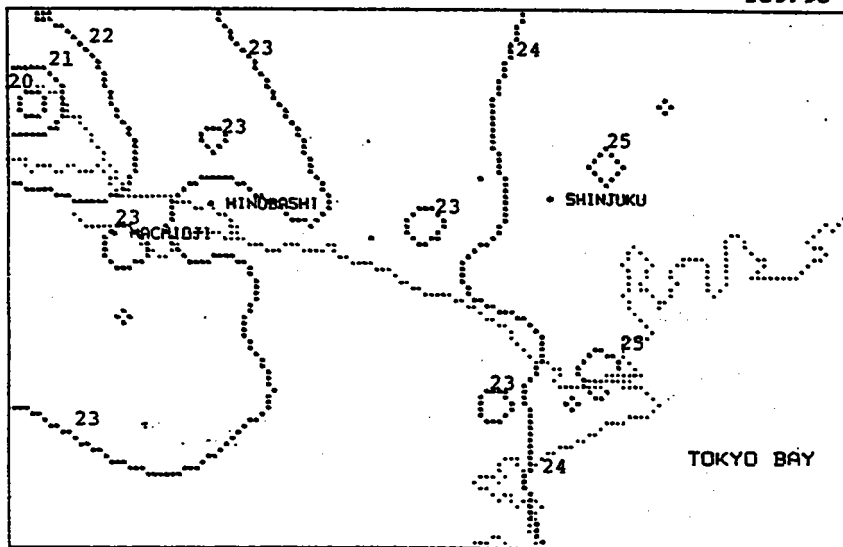


35.40 N
 139.25 E

(图 4 - 17 h)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13. 3

35.85 N
 139.95 E

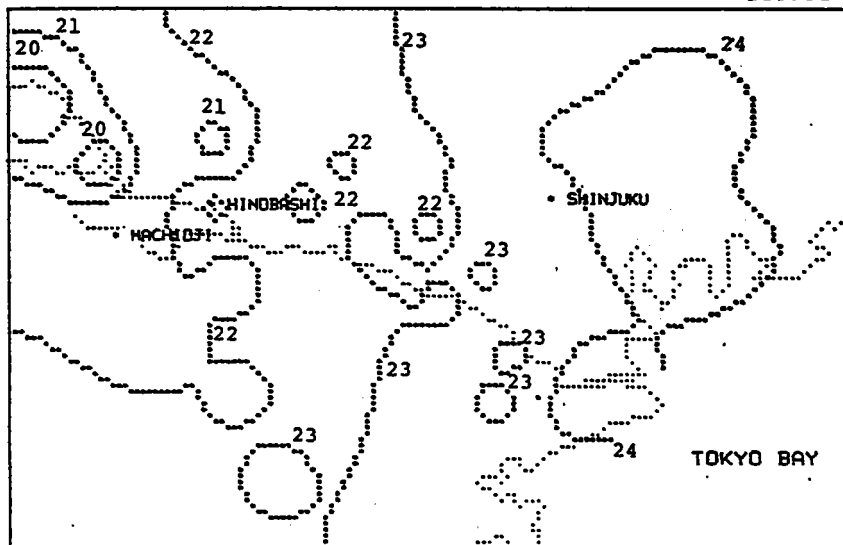


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 i)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13. 6

35.85 N
 139.95 E

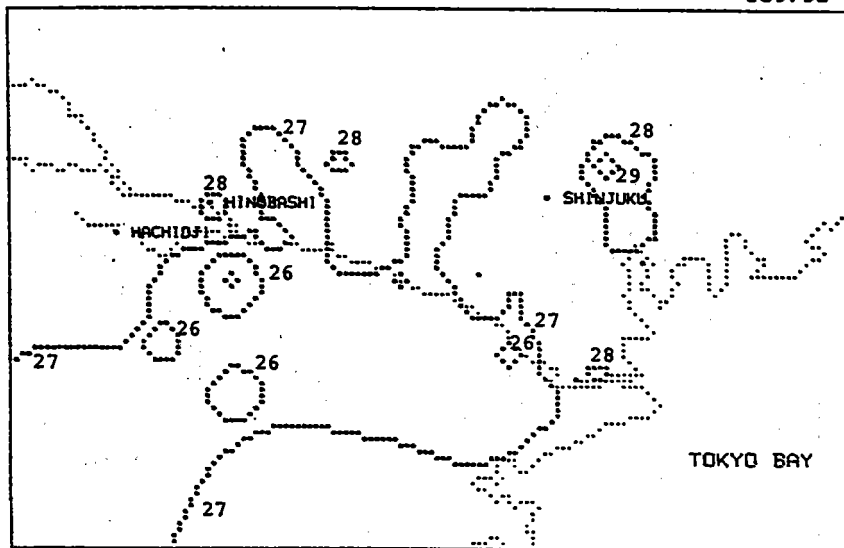


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 j)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.9

35.85 N
 139.95 E

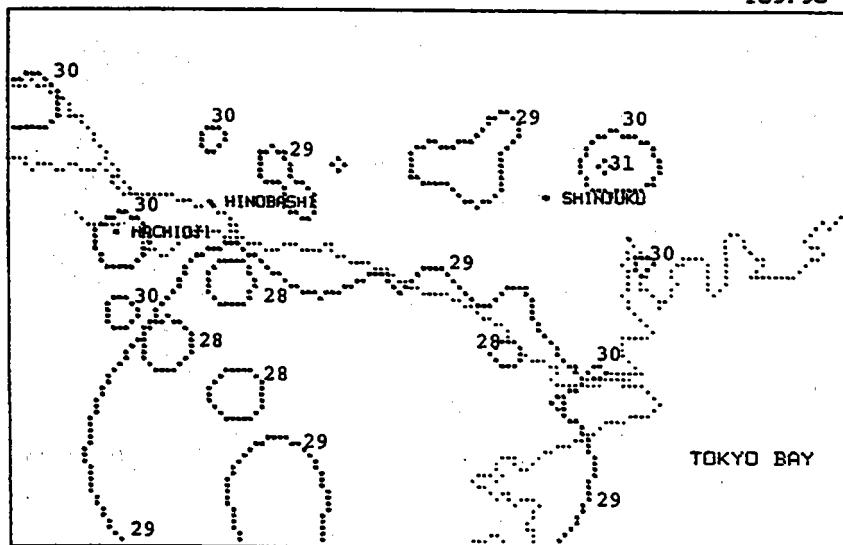


35.40 N
 139.25 E

(4 - 17 k)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.12

35.85 N
 139.95 E

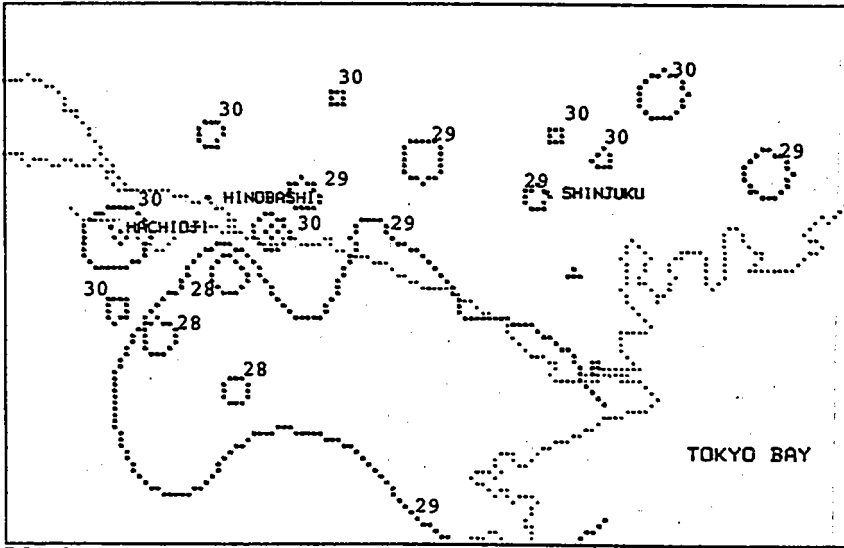


35.40 N
 139.25 E

(4 - 17 l)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.15

35.85 N
 139.95 E

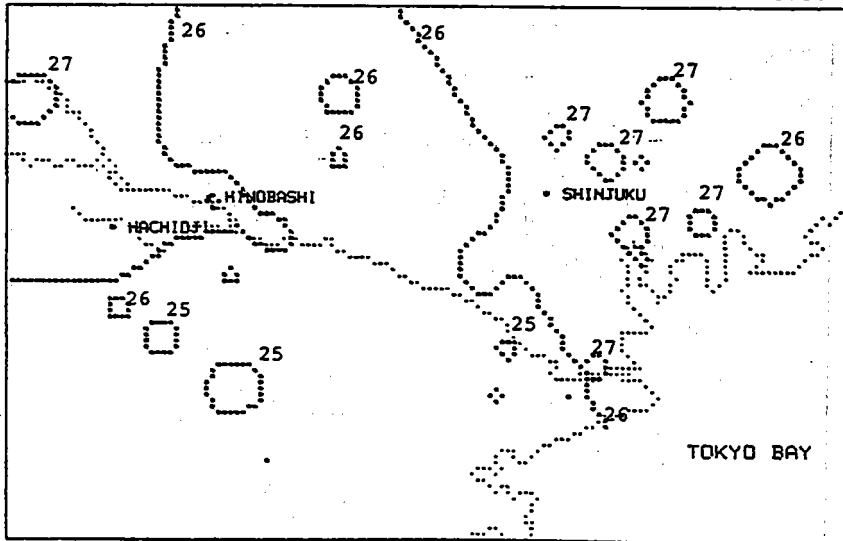


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 m)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.16

35.85 N
 139.95 E

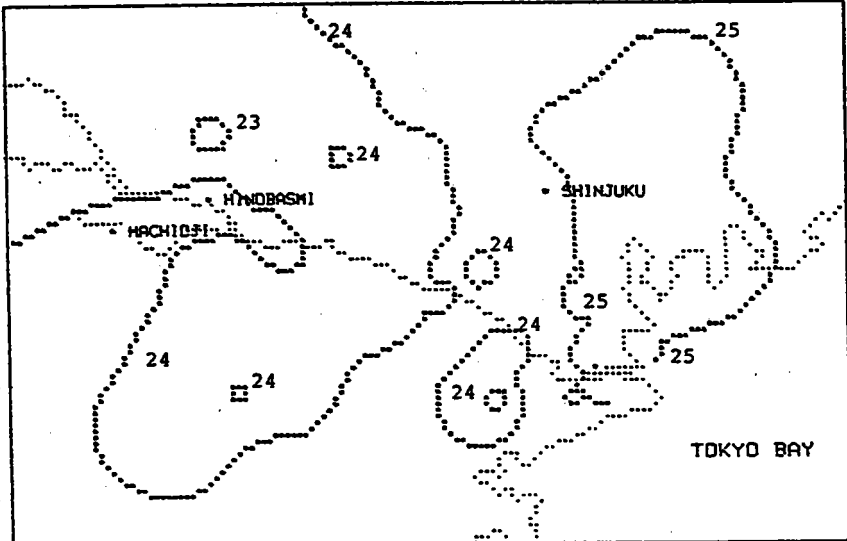


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 n)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.21

35.85 N
 139.95 E

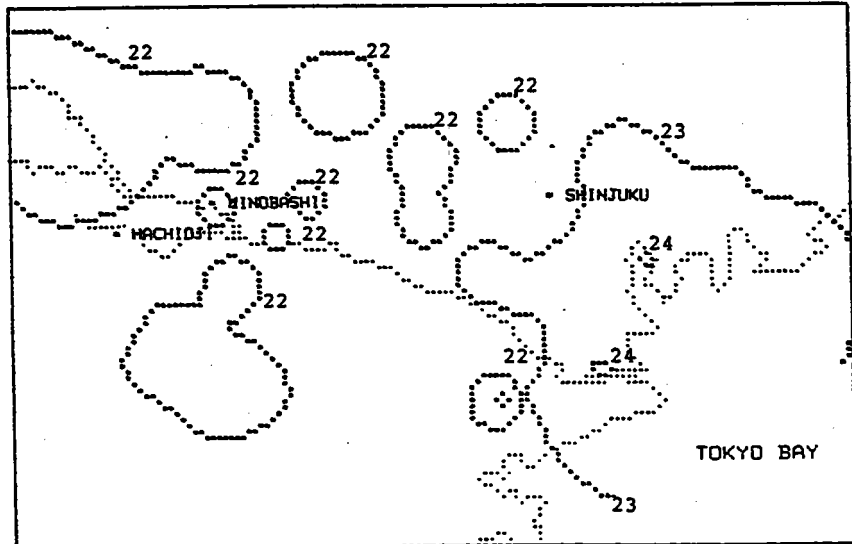


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 o)

DISTRIBUTION OF TEMPERATURE
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.24

35.85 N
 139.95 E



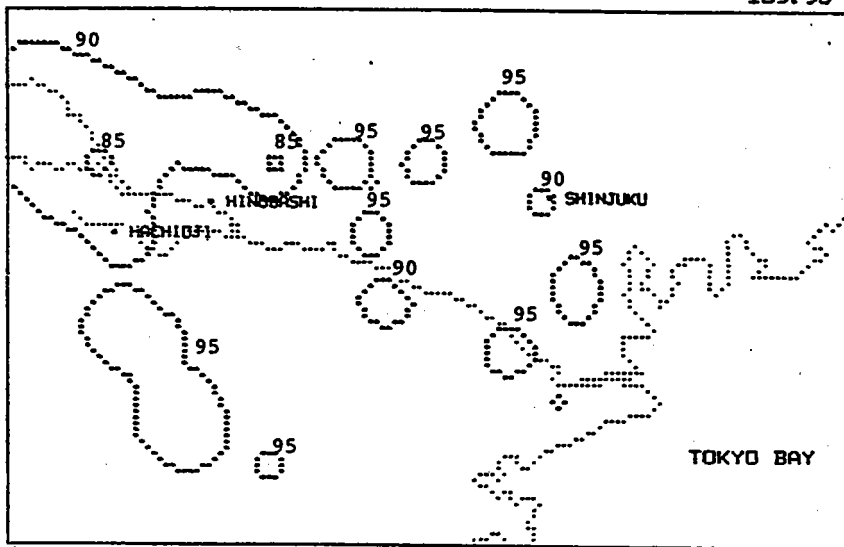
35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 17 p)

図4-18 a~p 1980年9月12~13日の相対湿度分布。

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.09.12. 3

35.85 N
139.95 E

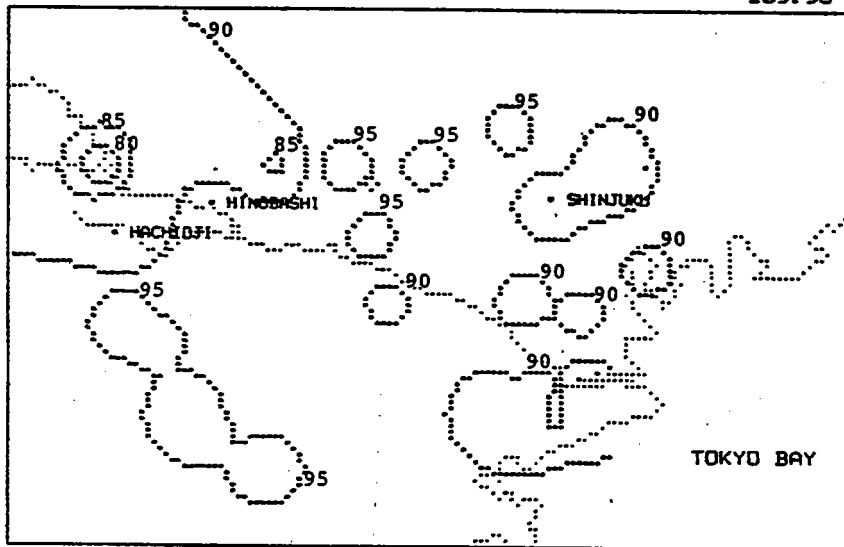


35.40 N
139.25 E

(図4-18 a)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.09.12. 6

35.85 N
139.95 E

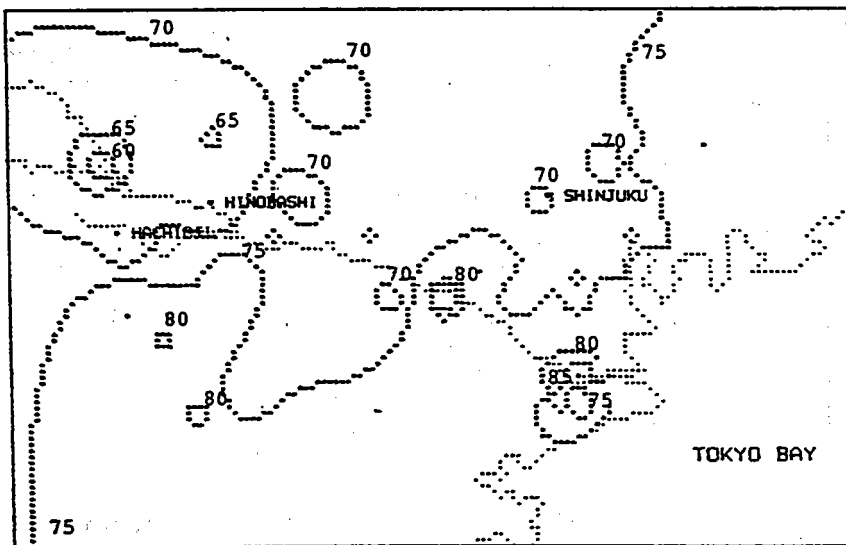


35.40 N
139.25 E

(図4-18 b)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12. 9

35.85 N
 139.95 E

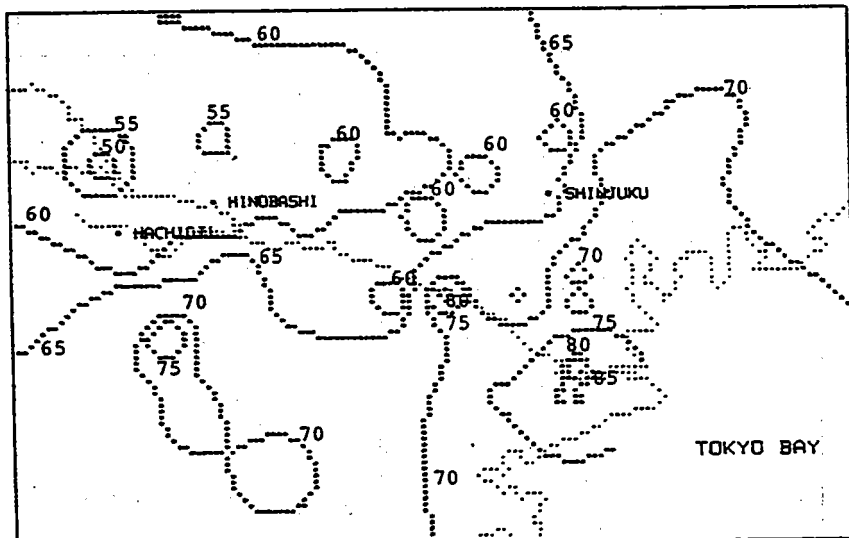


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 18 c)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.12

35.85 N
 139.95 E

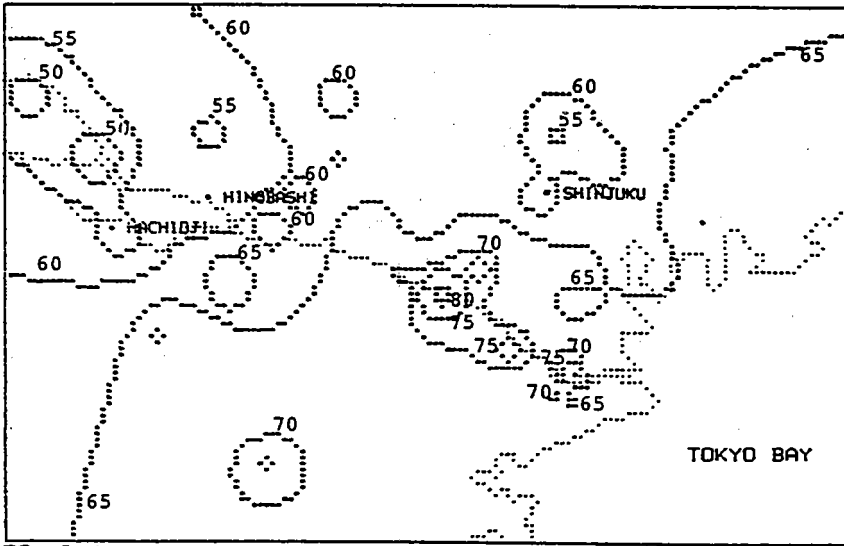


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 18 d)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.15

35.85 N
 139.95 E

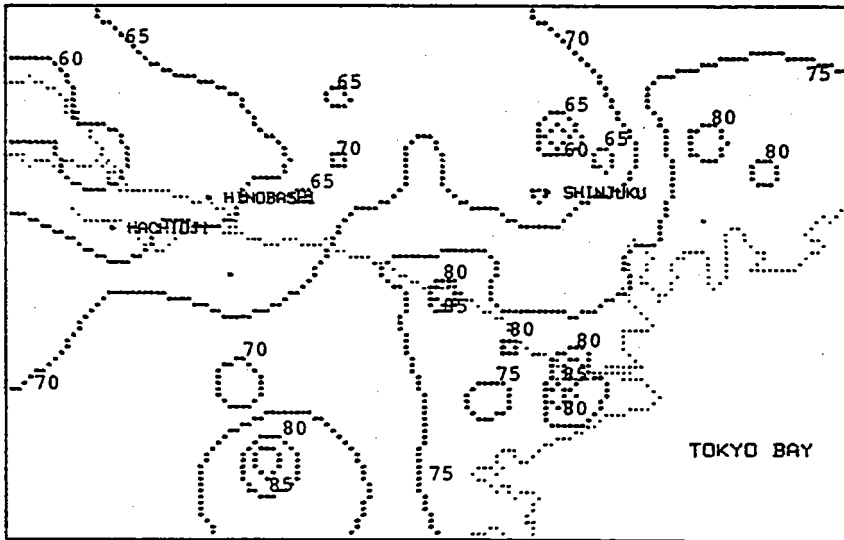


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 18 e)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.12.18

35.85 N
 139.95 E

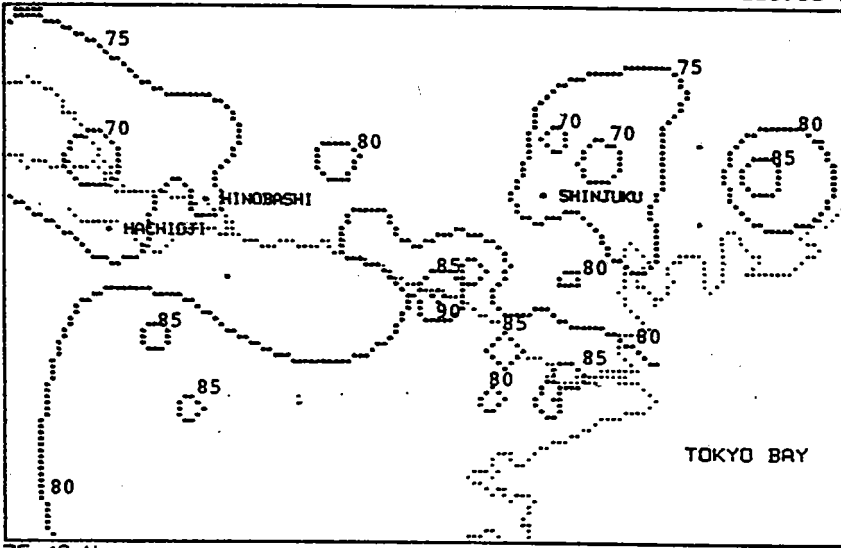


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 18 f)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.09.12.21

35.85 N
139.95 E

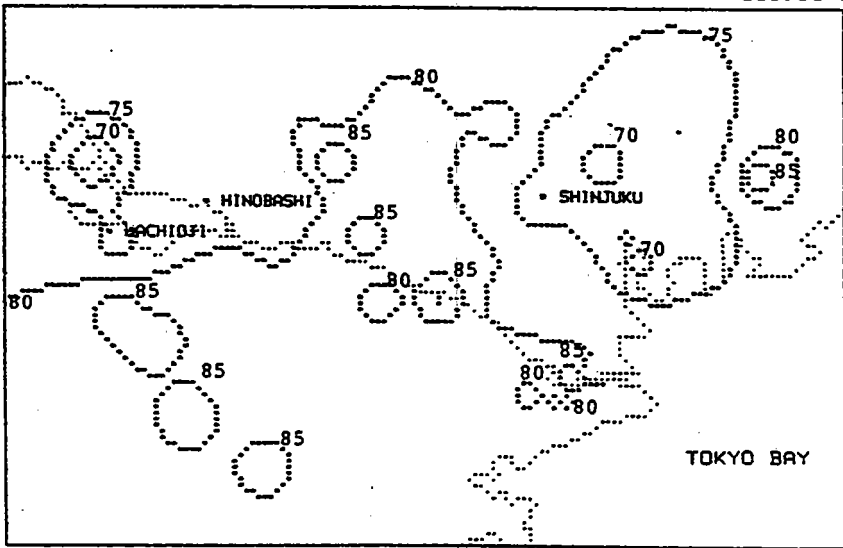


35.40 N
139.25 E

(4 - 18 g)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
TOKYO AREA
DATA : 80.09.12.24

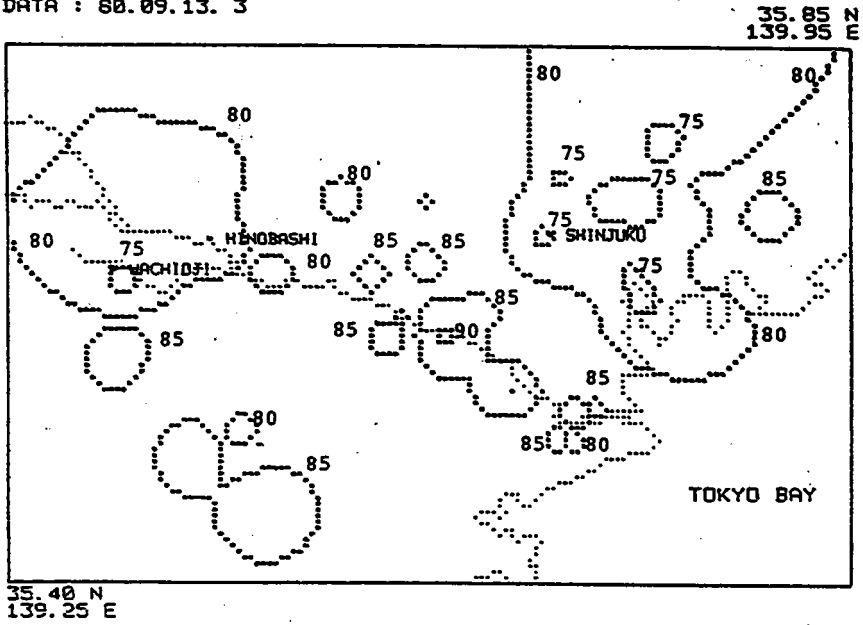
35.85 N
139.95 E



35.40 N
139.25 E

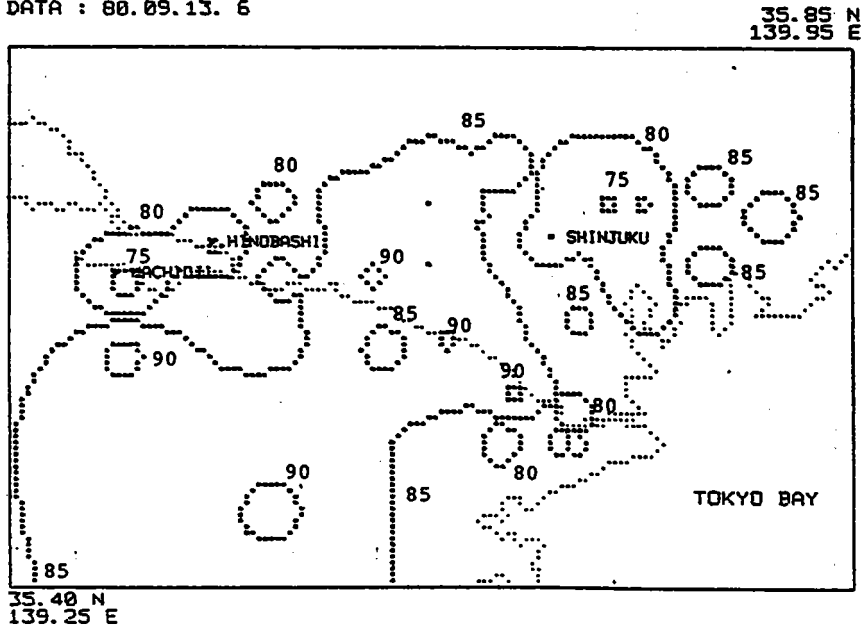
(4 - 18 h)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 60.09.13. 3



(4 - 18 i)

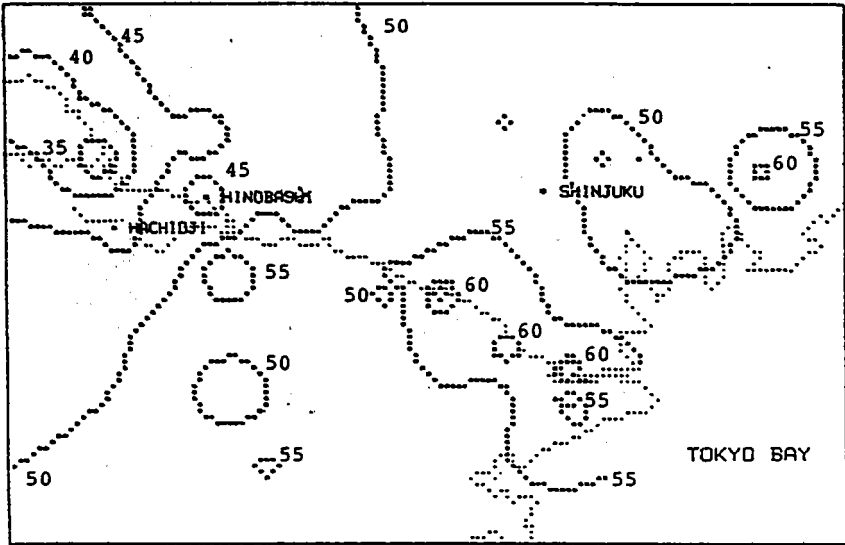
DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13. 6



(4 - 18 j)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 88.09.13. 9

35.85 N
 139.95 E

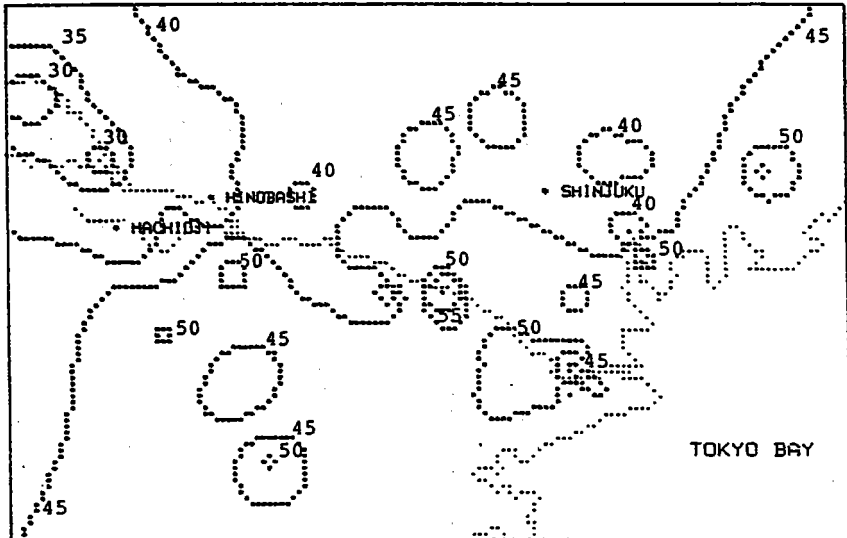


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 18 k)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 88.09.13.12

35.85 N
 139.95 E

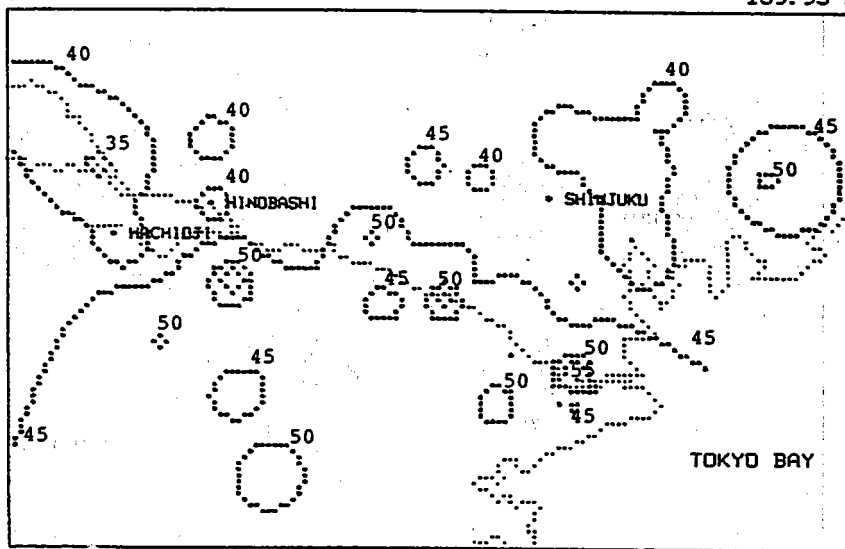


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 18 l)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.15

35.85 N
 139.95 E

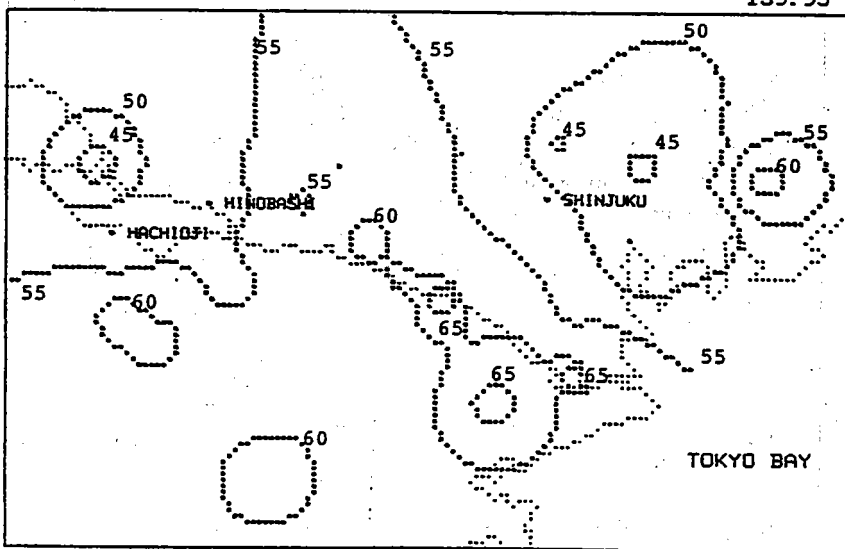


35.40 N
 139.25 E

(☒ 4 - 18 m)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.18

35.85 N
 139.95 E

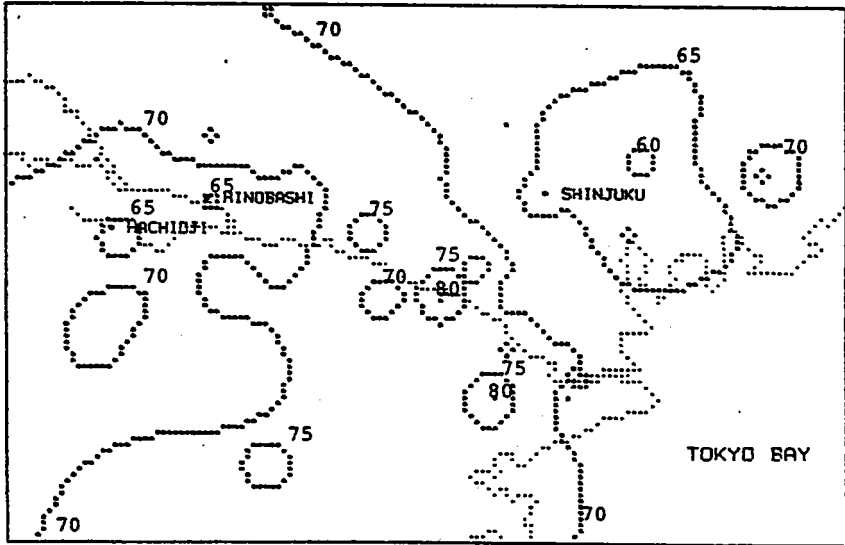


35.40 N
 139.25 E

(☒ 4 - 18 n)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.21

35.85 N
 139.95 E

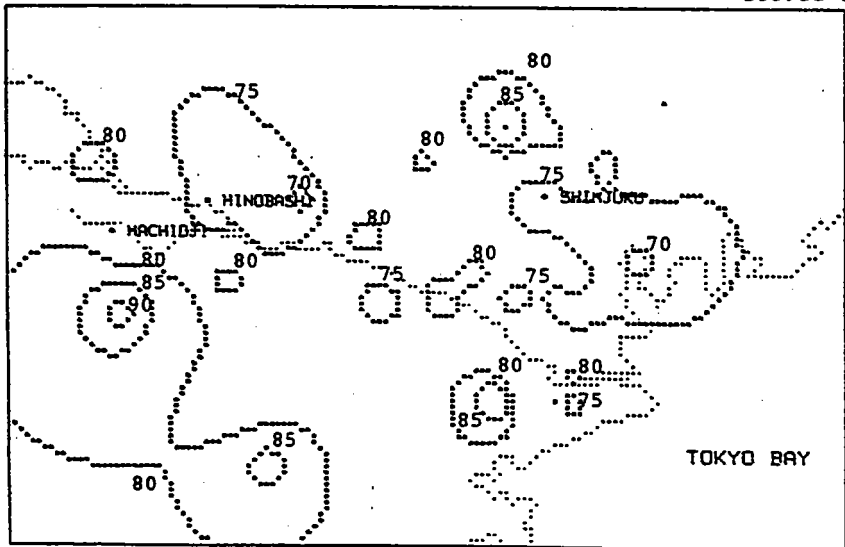


35.40 N
 139.25 E

(図 4 - 18 o)

DISTRIBUTION OF HUMIDITY
 TOKYO AREA
 DATA : 80.09.13.24

35.85 N
 139.95 E

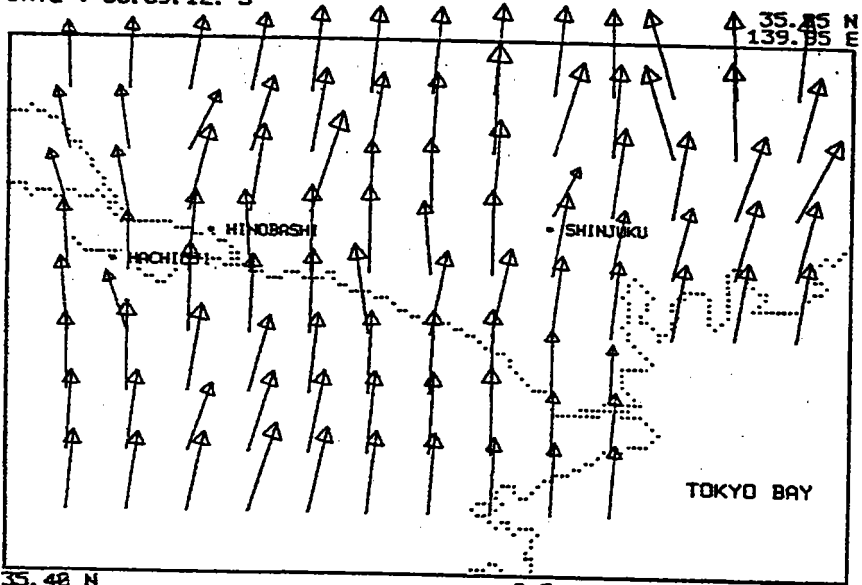


35.40 N
 139.25 E

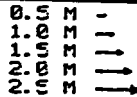
(図 4 - 18 p)

図4-19a~p 1980年9月12~13日の地上風分布。

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
TOKYO AREA
DATE : 80.09.12. 3

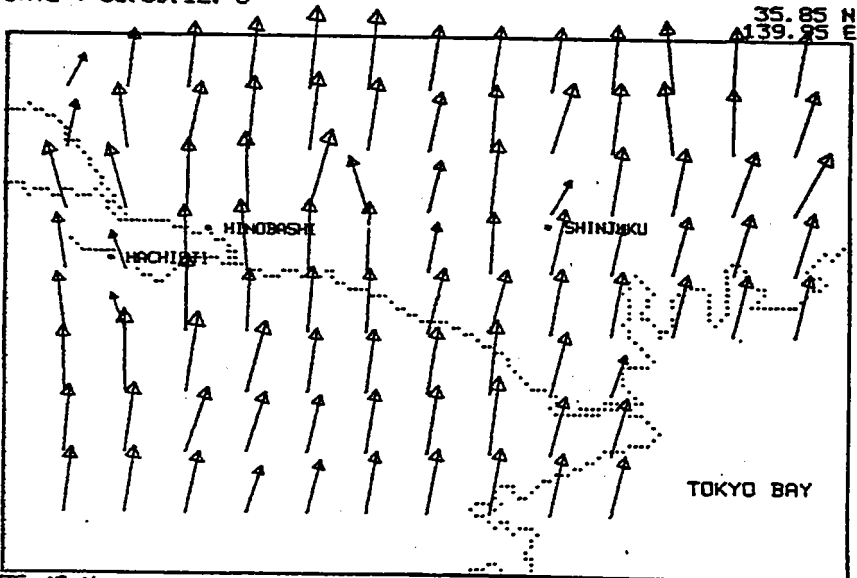


35.48 N
139.25 E

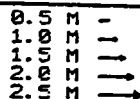


(図4-19a)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
TOKYO AREA
DATE : 80.09.12. 6



35.48 N
139.25 E

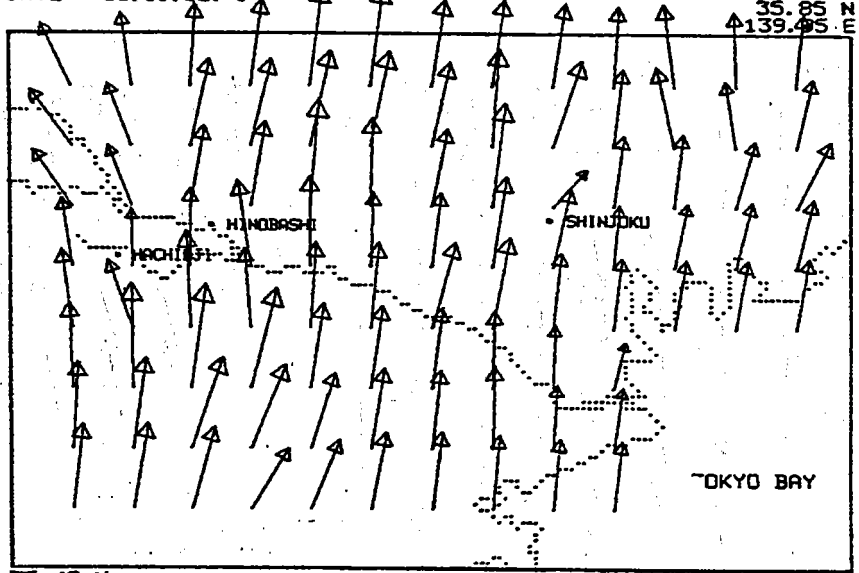


(図4-19b)

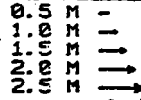
DISTRIBUTION OF WIND VECTOR

TOKYO AREA

DATE : 88.09.12. 9



35.40 N
139.25 E

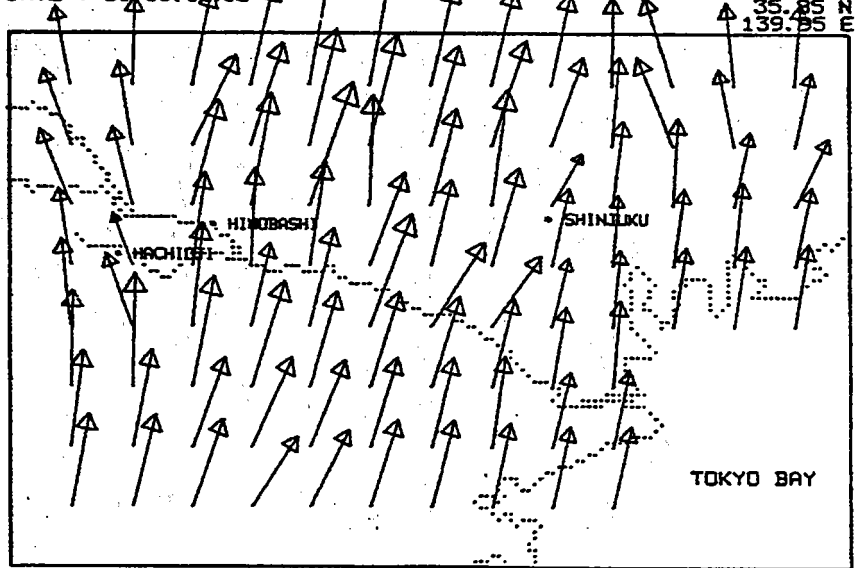


(4 - 19 c)

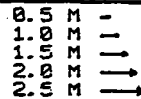
DISTRIBUTION OF WIND VECTOR

TOKYO AREA

DATE : 88.09.12. 12



35.40 N
139.25 E

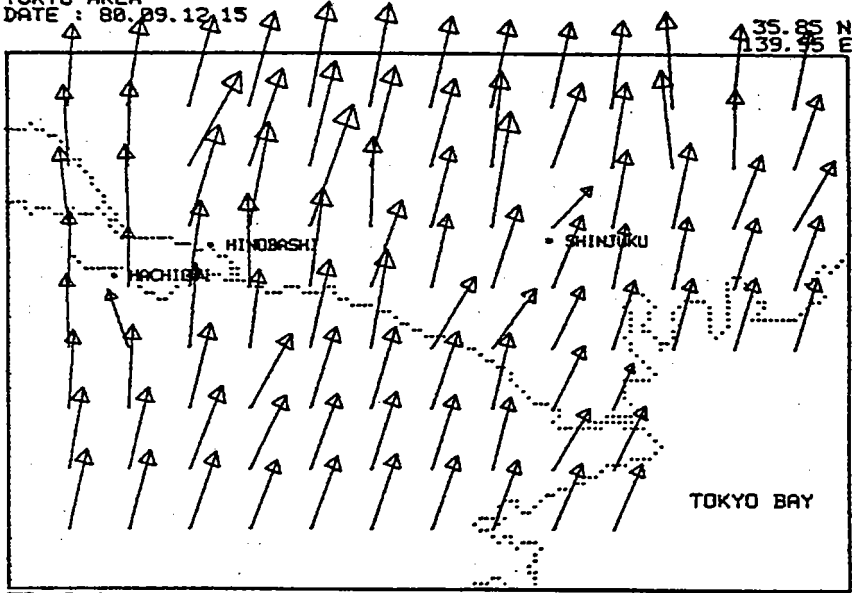


(4 - 19 d)

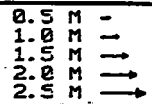
DISTRIBUTION OF WIND VECTOR

TOKYO AREA

DATE : 88.09.12.15



35.48 N
139.25 E

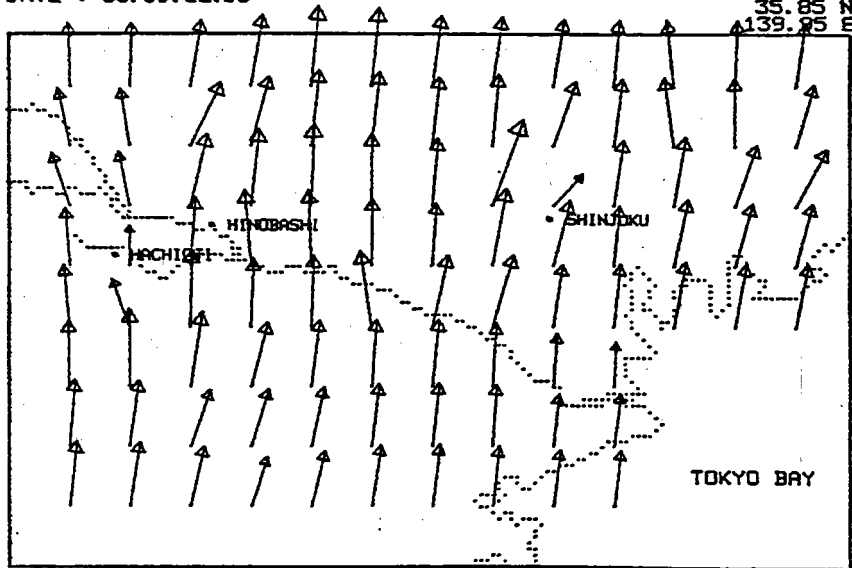


(图 4 - 19 e)

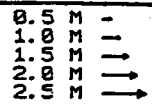
DISTRIBUTION OF WIND VECTOR

TOKYO AREA

DATE : 88.09.12.18

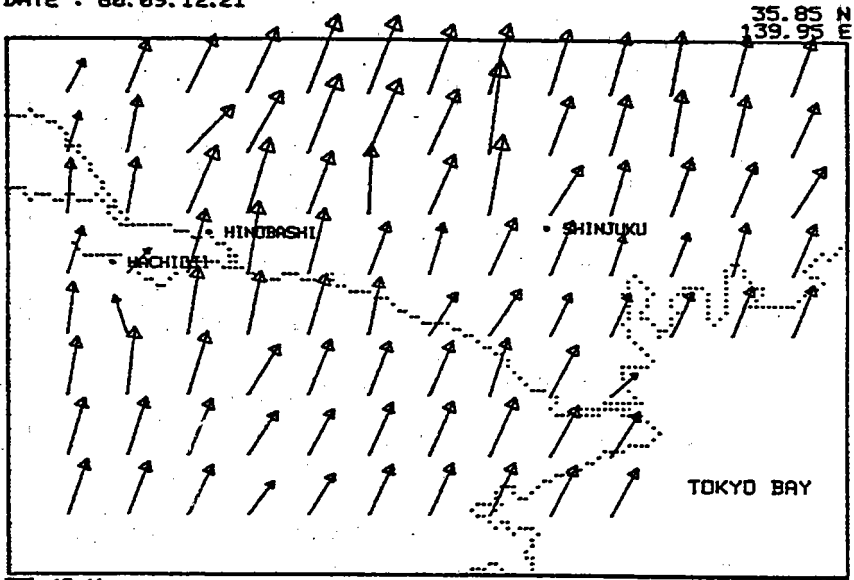


35.48 N
139.25 E



(图 4 - 19 f)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.12.21

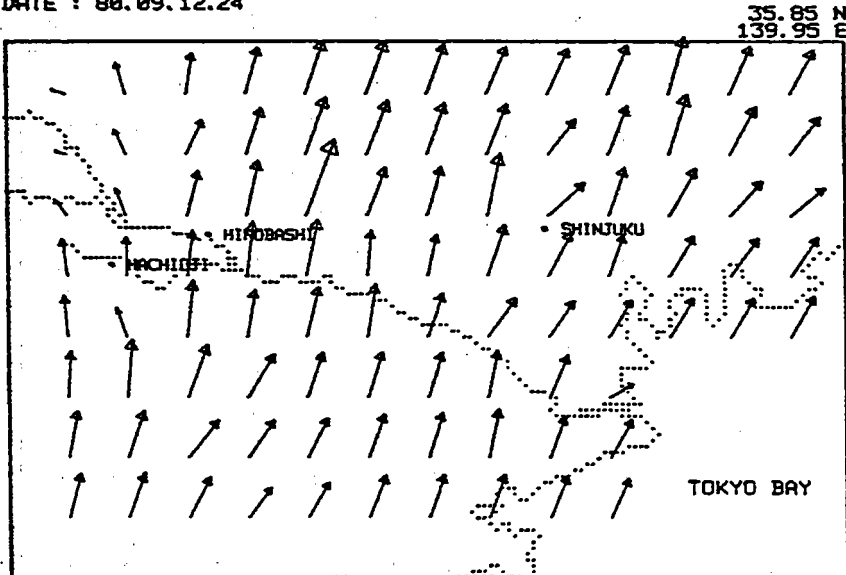


35.40 N
 139.25 E

(4 - 19 g)

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M →
 2.5 M →

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.12.24

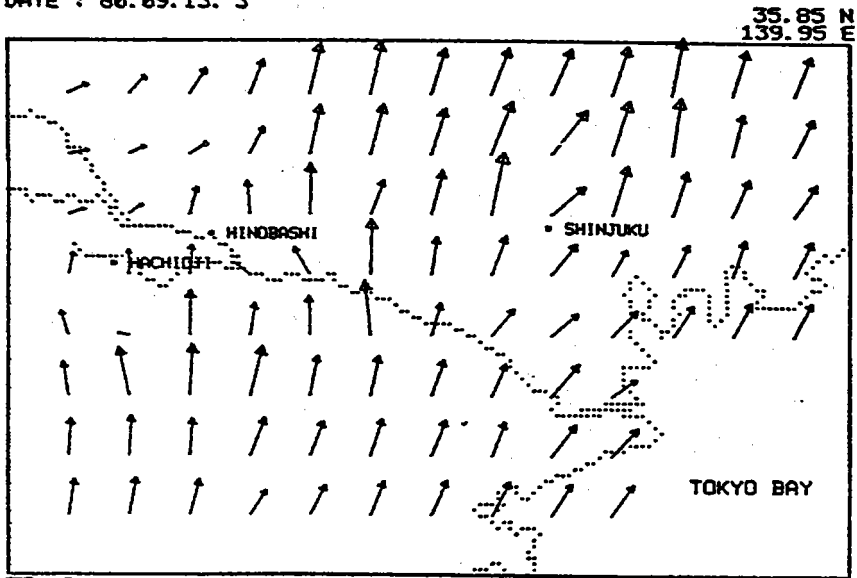


35.40 N
 139.25 E

(4 - 19 h)

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M →
 2.5 M →

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.13. 3

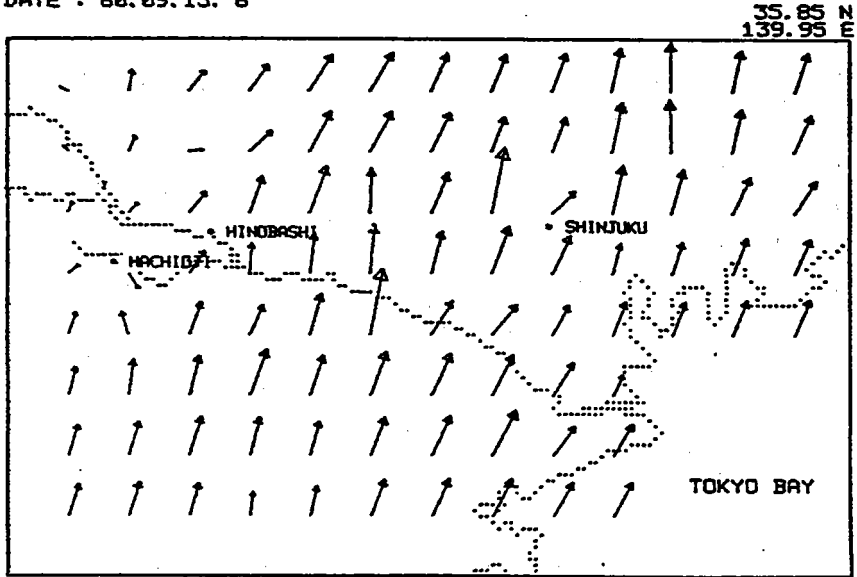


35.40 N
 139.25 E

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

(4-19 i)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.13. 6

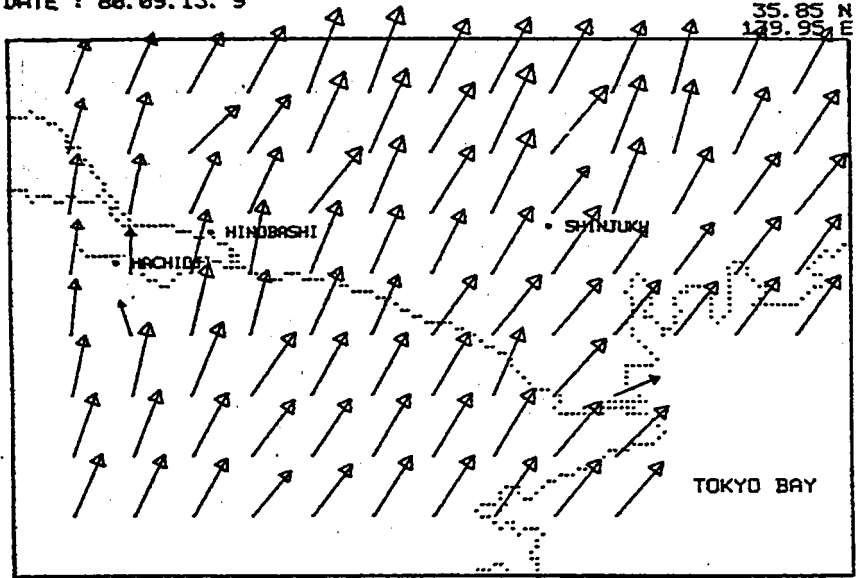


35.40 N
 139.25 E

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

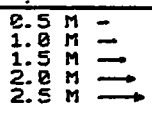
(4-19 j)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.09.13. 9

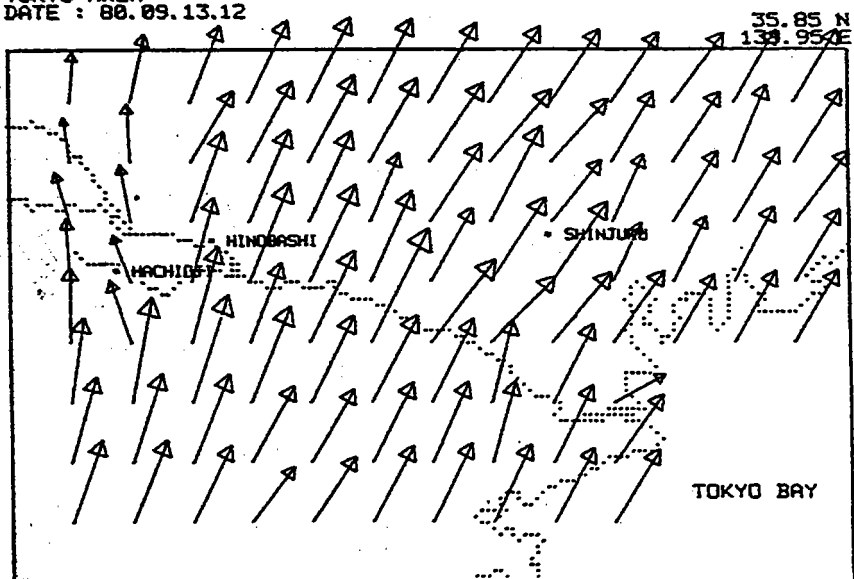


35.40 N
 139.25 E

(4-19k)

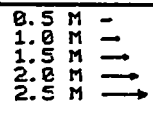


DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 88.09.13.12

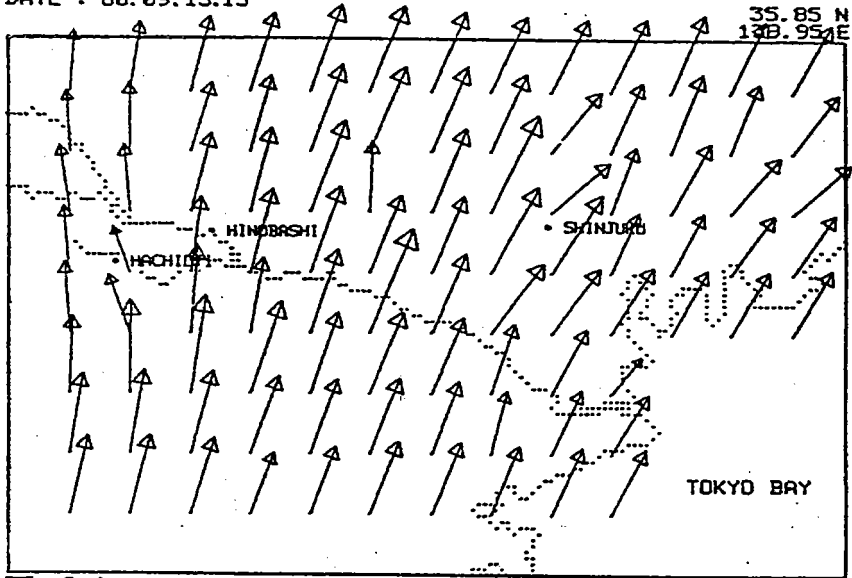


35.40 N
 139.25 E

(4-19l)



DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.13.15

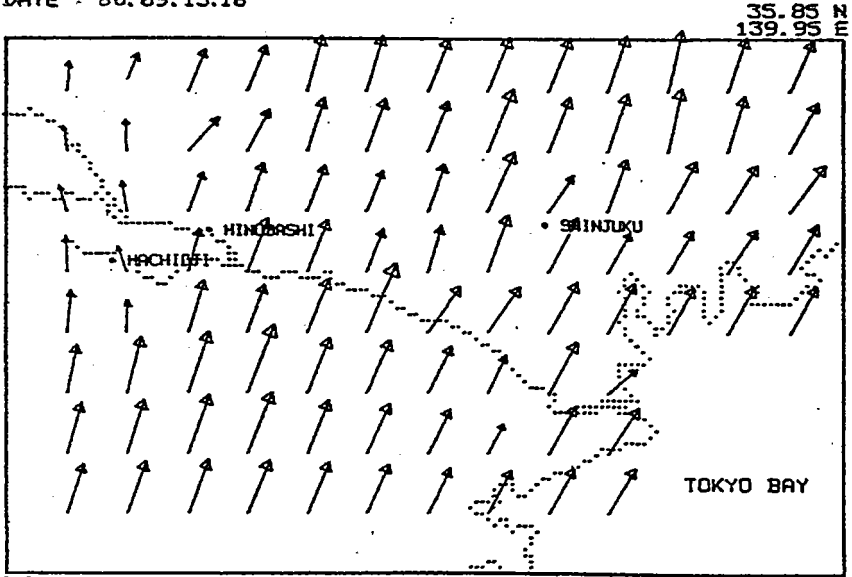


35.48 N
 139.25 E

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

(图 4-19 m)

DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.13.18

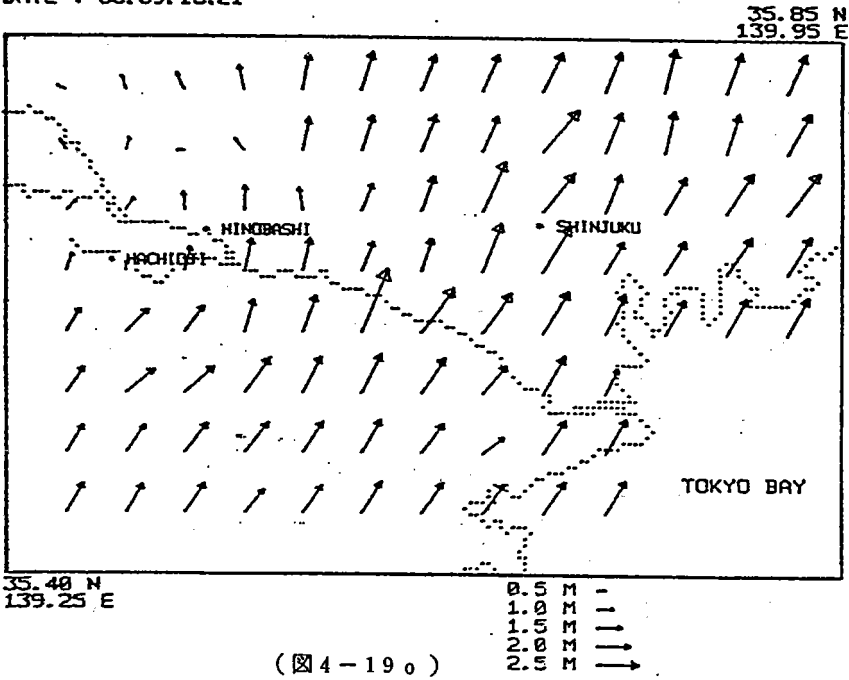


35.48 N
 139.25 E

0.5 M -
 1.0 M -
 1.5 M -
 2.0 M -
 2.5 M -

(图 4-19 n)

012750
 DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.13.21



DISTRIBUTION OF WIND VECTOR
 TOKYO AREA
 DATE : 80.09.13.24

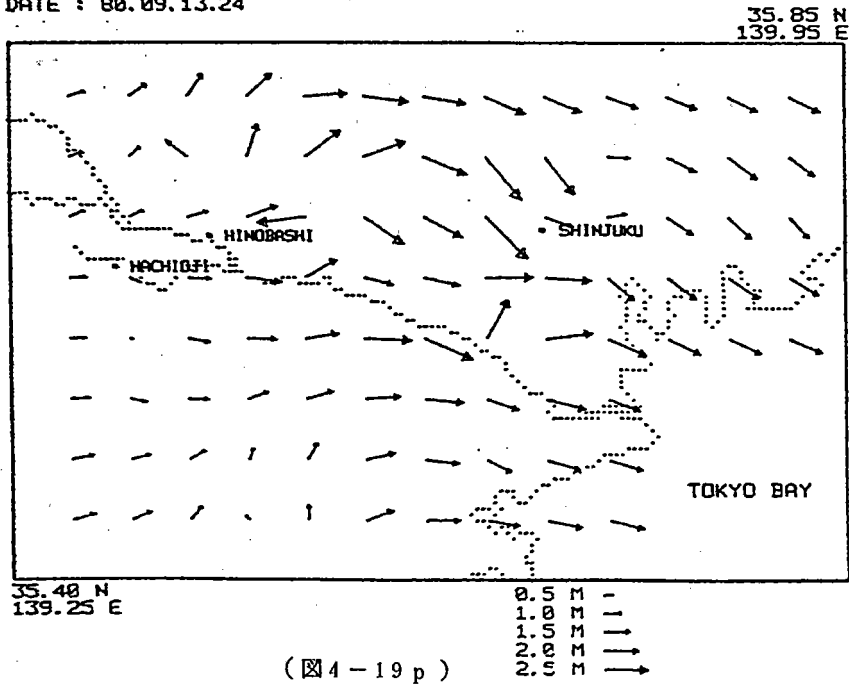
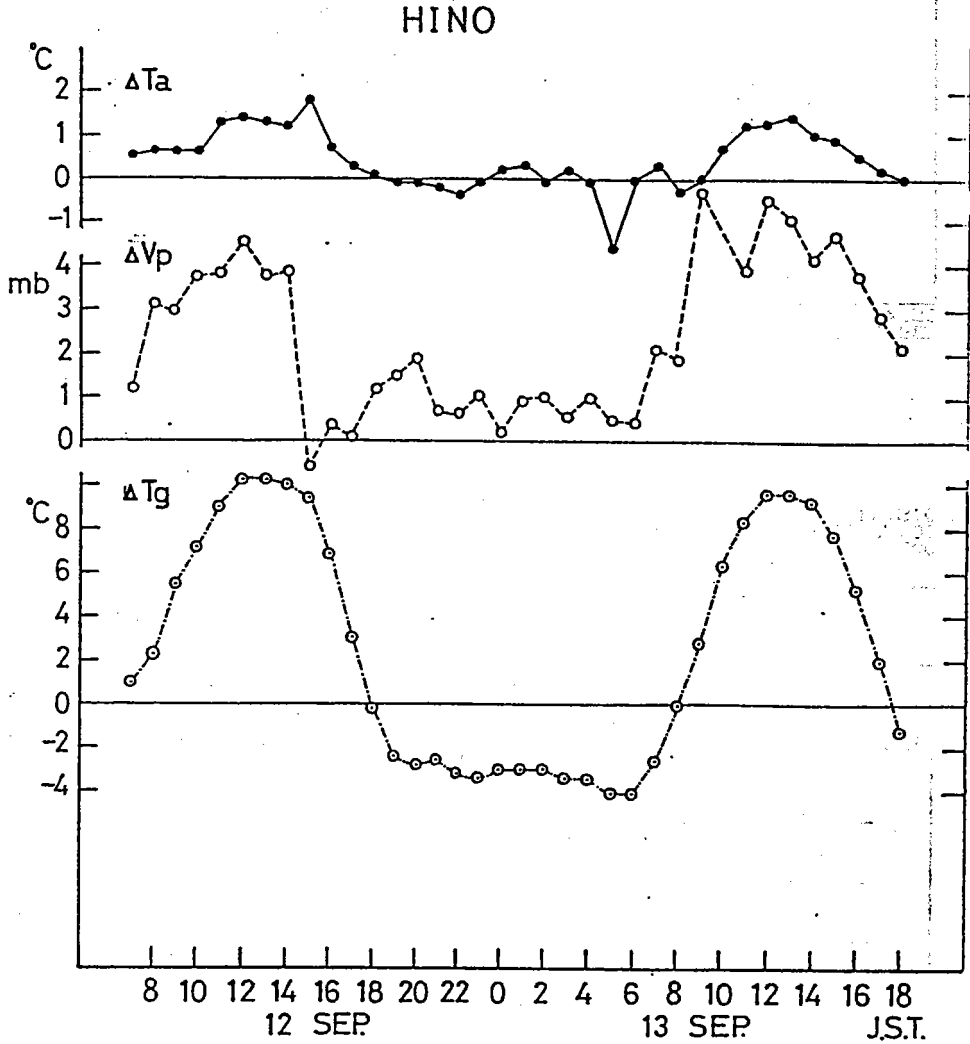


図4-20 日野における1980年9月12~13日の気温・水蒸気圧・地温の垂直傾度の日変化。

ΔT_a : 地上0.8m層の気温 - 6.5m層の気温

ΔV_p : 地上0.8m層の水蒸気圧 - 6.5m層の水蒸気圧

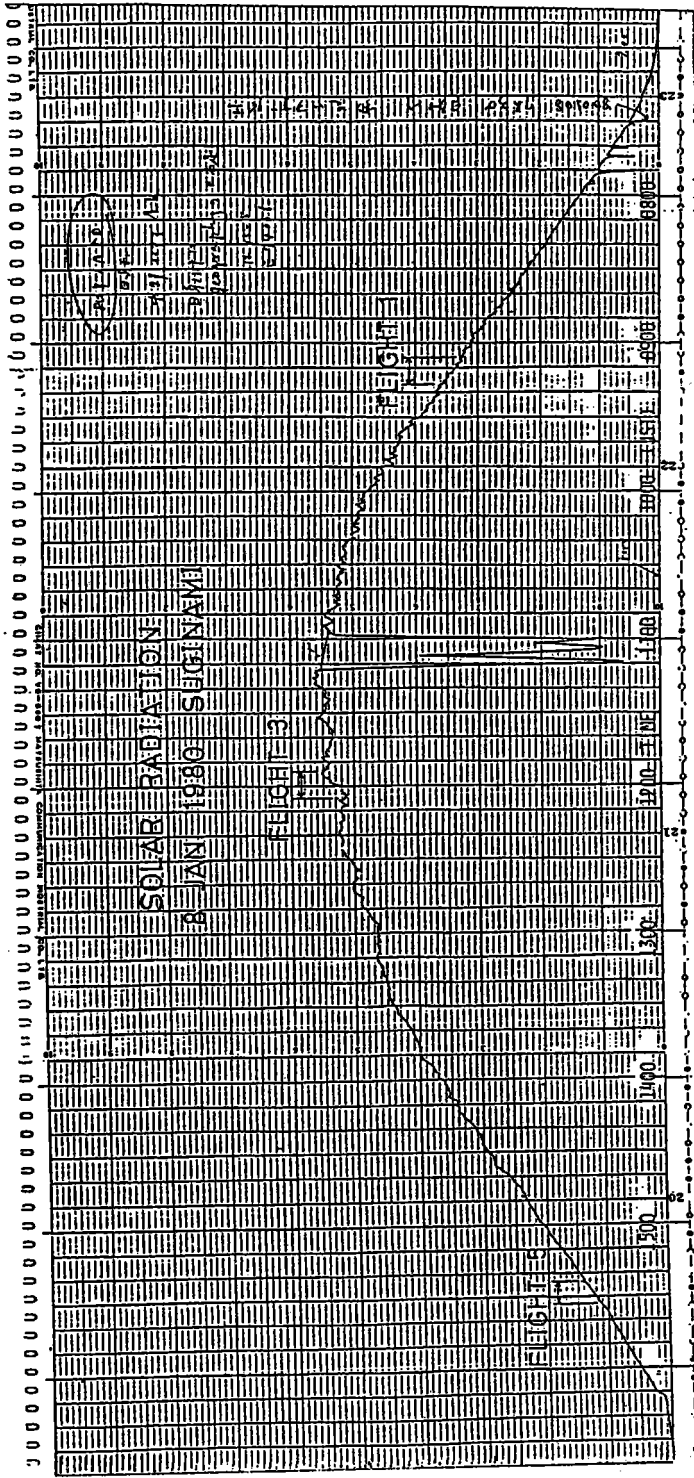
ΔT_g : 地下1cmの地温 - 地下10cmの地温



(図4-20)

図4-21 日射記録の例とMSSフライトの状態。

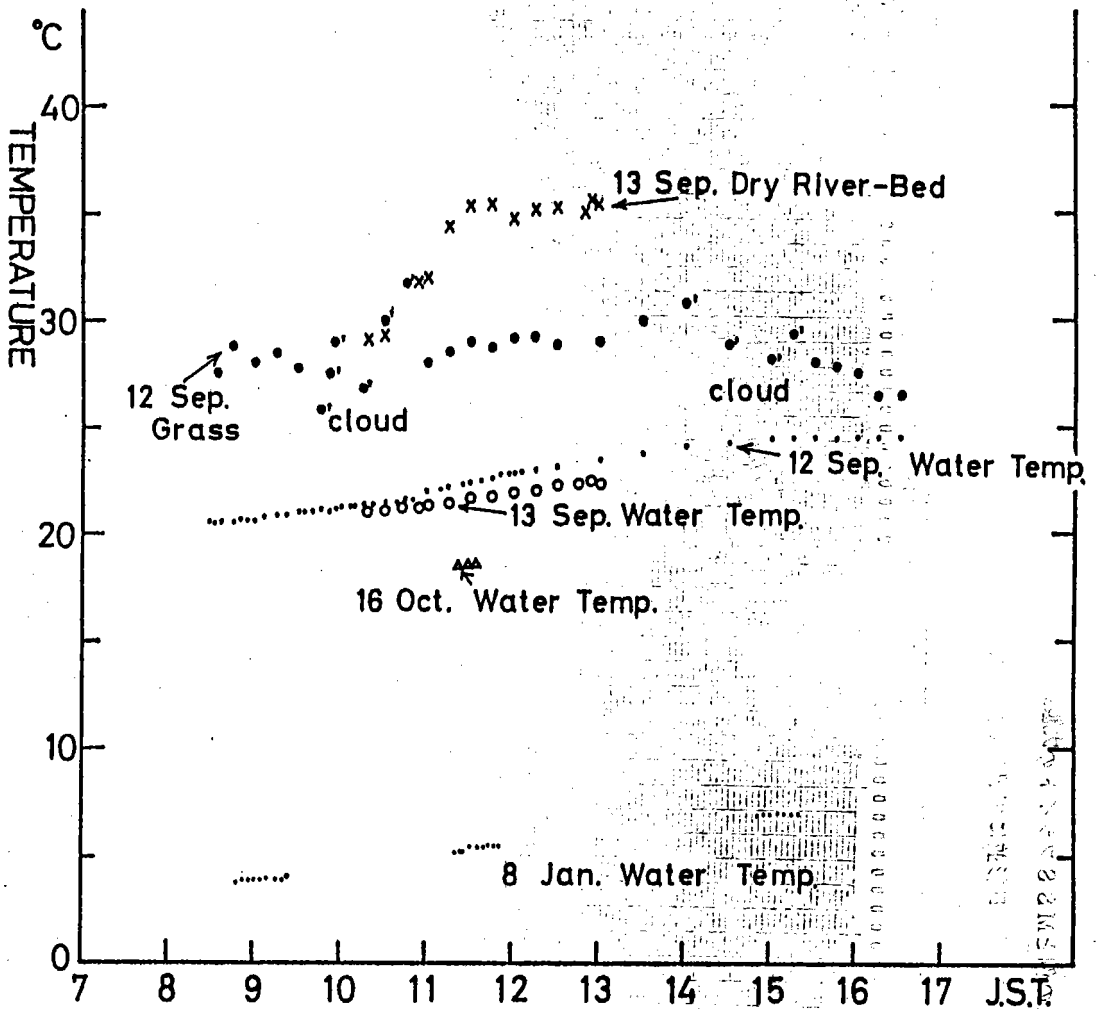
1980年1月8日並にて記録したものの。



(図4-21)

図4-22 日野橋における多摩川の水温測定。

熱バンドモニターとして測定された。同時川原の礫、草地の放射温度も示してある。

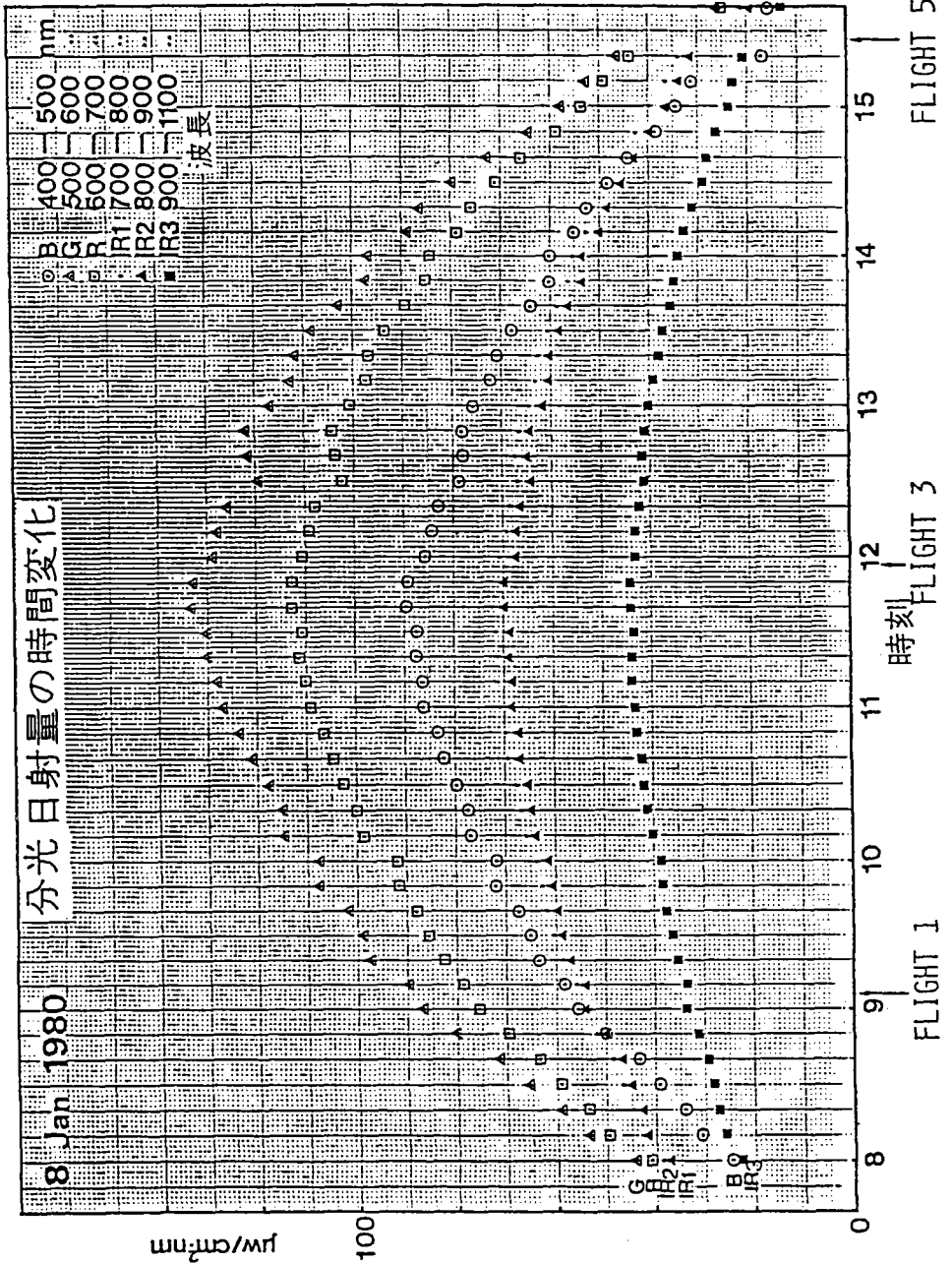


(図4-22)

図 4-23

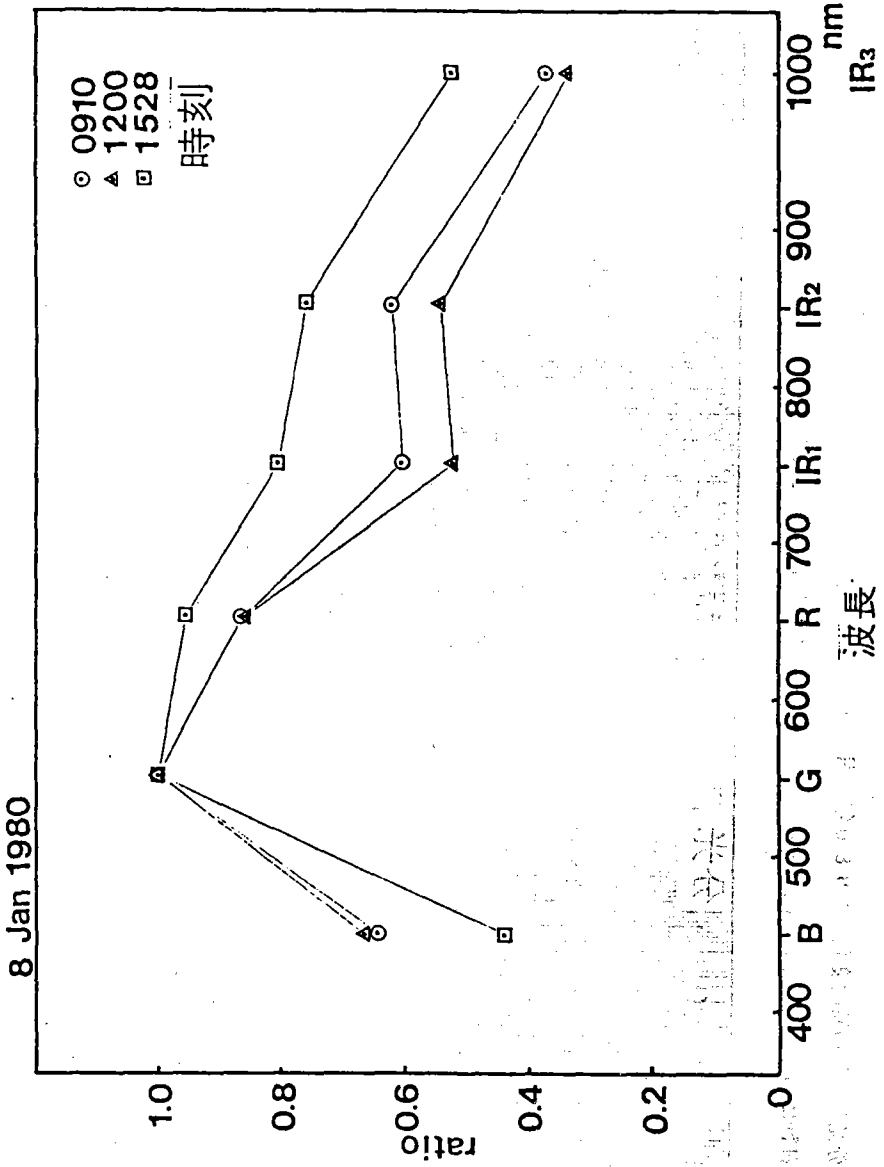
分光日射量の時間変化。1980年1月8日

日野において測定された波長別の日射量。波長範囲は図右上に示してある。



(図 4-23)

図4-2-4 MSS測定時における分光日射量の相対変化。図4-2-3のGチャンネル(500～600 nm)の出力に対する各チャンネルの相対比率。太陽高度と大気の変化により、地表に入射する日射量に変化が認められる。



(図4-24)

