

第9章 クラウドクラスターに伴う降水の構造 (1987年 6月5日沖縄地方で見られた降水の解析)*

9.1 はじめに

梅雨期に日本列島付近で起こる降水は、集中豪雨によって災害をもたらしたり、また、水資源の問題を考える上でも重要である。このため、中緯度に位置する日本列島付近で起こる梅雨前線に伴う降水については、これまでに多くの研究がなされてきた。例えば降水系の微細構造については、Akiyama (1978) がレーダーエコーや地上観測のデータをもとに梅雨前線上に発達した中間規模擾乱の降水について詳しく調べている。また、Ninomiya and Akiyama (1974) は、下層ジェットと降雨帯の関係について調べている。このように日本列島付近の梅雨前線に伴う降水は、その微細構造、大規模な構造、水蒸気の供給過程、降水雲の形成のメカニズム等が明らかになってきている。

これに対して亜熱帯に属する沖縄地方の梅雨期の降水は、中緯度地方と様相が異なっていることがある。すなわち、クラウドクラスターによってもたらされる降水が見られ、地上天気図には対応する前線や低気圧のような顕著な擾乱が現れていないことがある。クラウドクラスターについて Takeda and Iwasaki (1987) によって衛星画像をもとに東アジアにおけるクラウドクラスターの特性が明らかになっている。しかし、その微細構造や形成・維持過程についてはまだ不明の部分が多い。そこで気象研究所では、1987年梅雨期に沖縄地方における降水の特性、微細構造などを明らかにするために、ドップラーレーダーによる観測を実施した。レーダーの設置場所及び探知範囲を図9.1に示す。本論文では、比較的弱い降水が長時間連続するような特徴を持ったクラウドクラスターの構造、形成・維持のメカニズムを明らかにする。

9.2 解析された降水

1987年6月4日深夜から翌6月5日夕方にかけて沖縄地方で約20時間にわたって連続する比較的弱い降水が観測された。このクラウドクラスターは第6章で述べたスコールクラスターS13(付録6.13)である。同じスコールクラスタータイプではあるが第7章で解析されたS4にくらべると、このスコールクラスターの規模は小さく寿命も短く、組織化の程度は低かった。なお、本論文では時刻については日本時間で表す。6月5日6時30分のレーダー観測によれば、エコー頂は12 kmに達しており、0°C高度付近に所々に弱いブライトバンドが見られ、その下でエコーが急激に強くなっていた。図9.2に雲の分布を示すが、沖縄地方は、幅が500 km、長さが1,000 km

* 担当：横山辰夫・赤枝健治

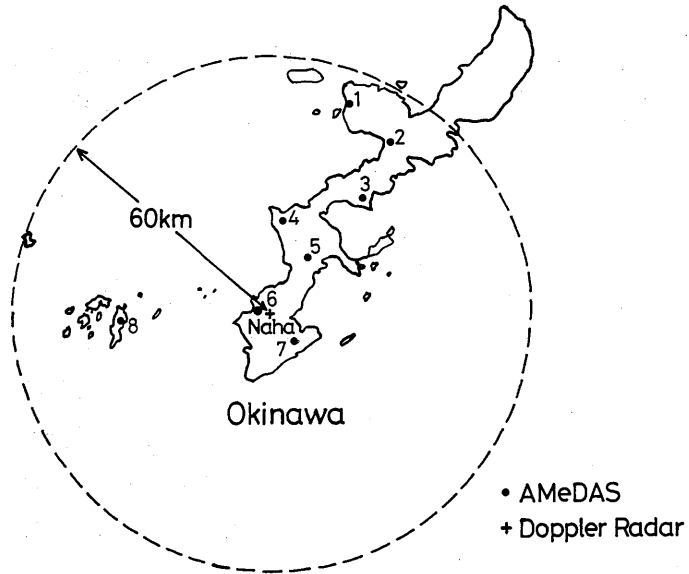


図9.1 レーダーの設置場分（沖縄県那覇市），および，アメダス観測点の場所。

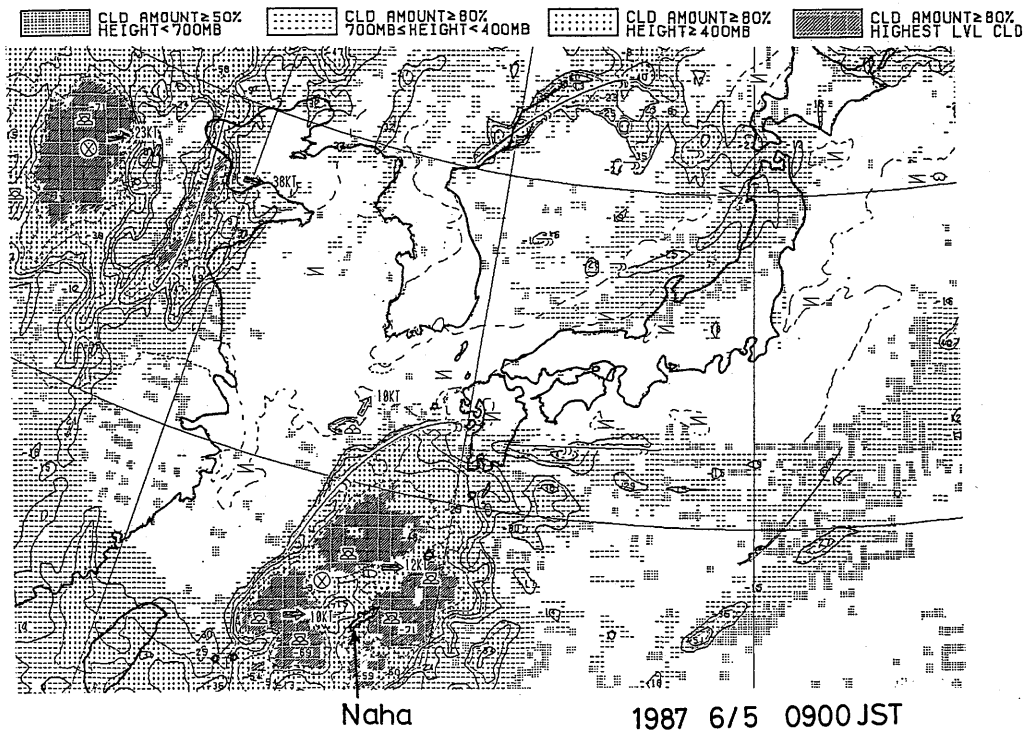


図9.2 静止気象衛星（GMS）による，6月5日9時における雲の分布（雲写真解析図）。

に達する発達したクラウドクラスターに覆われており、雲頂の等価黒体温度 (T_{BB}) が -70°C 以下になる部分もあった。このように雲の分布で見れば発達したクラウドクラスターに伴う降水であったことがわかるが、図 9.3(a) に示した地上天気図には、低気圧や前線のような顕著な擾乱は解析されていない。しかし、図 9.3(b) に示した 500 mb 天気図には、東シナ海上に温度の低い低気圧性の回転(寒冷渦)が見られるのが特徴である。さらに、図 9.3(c) に示した 300 mb 天気図では、顕著なトラフが東シナ海から南西諸島付近にみられ、500 mb 以上の高度、特に 300 mb 付近で強い寒気の南下が認められる。

図 9.4 に示した地上における降水量を見ると、雲頂高度が高い割には全体の降水量は多くない。また、場所によって短い時間 (1~2 時間) に強い降水がみられ、これに伴い気温の下降、風向の変化が認められた。図 9.4 から、アメダス地点 2, 3, 5 では、3~4 時に強い降水が起こっているが、これらに比較的近いアメダス地点 4 では起こっていないことがわかる。アメダス地点の番号については図 9.1 参照。また、6~7 時の強い降水はアメダス地点 7 のみで起こっており、隣接する地点も含めて、他の地点では起こっていない。これ以外の時間帯では弱い降水が連続している。この地上での降水の特徴から、弱い降水をもたらす降水雲が広い範囲に広がって、その中に線状あるいはセル状の強雨域が含まれていると考えられる。

9.3 解析結果

約 20 時間にわたった降水のうち、6 月 5 日の未明から早朝にかけて数時間を重点的に解析したので、その時間帯について述べる。

図 9.5 にレーダー反射強度の水平分布を示す。ただし、仰角が $1.7\sim 1.8^{\circ}$ なので、距離が違い領域では上空を見ていることになる (距離 60 km で、高度 1.8 km)。これより低い仰角のデータはグランドクラッターの影響があるので適さない。6 月 5 日の 4 時 35 分(a)から、7 時 28 分(d)まで約 1 時間毎のエコーの分布である。この時間帯、アメダス地点 7 (レーダーサイトの南東約 10 km) では 6 時から 7 時の 1 時間に約 10 mm の降水があったが、他の地点では 1~2 mm 程度の弱い降水しか見られない。図 9.2 の衛星雲写真解析図によれば、雲の系全体としては東進している。また、図 9.5 のレーダーエコーの時間と共に東に広がっており、前述の雲の動きと対応している。エコーは少なくともレーダーの視野 (直径 130 km) のスケール以上の広がりを持っており、所々に 40 dBZ 以上でスケールが 10 km 程度の比較的強いエコー域(降水セルと呼ぶことにする)が存在している。降水セルは南南西から北北東へ並ぶ傾向があるが、この傾向はそれほど顕著ではない。系全体としては前述のように東進しているが、図 9.6 のように個々の降水セルの動きを追跡すると、ほぼ南南西から北北東へ移動していることがわかる。この移動方向は降水セルが並ぶ方向と一致している。図 9.6 の b で示した降水セルは、5 時 3 分と 5 時 21 分の間が発生し、北北東へ移動しながら 7 時 12 分頃まで移動を追跡することができる。つまり、この降水セルの寿命は約

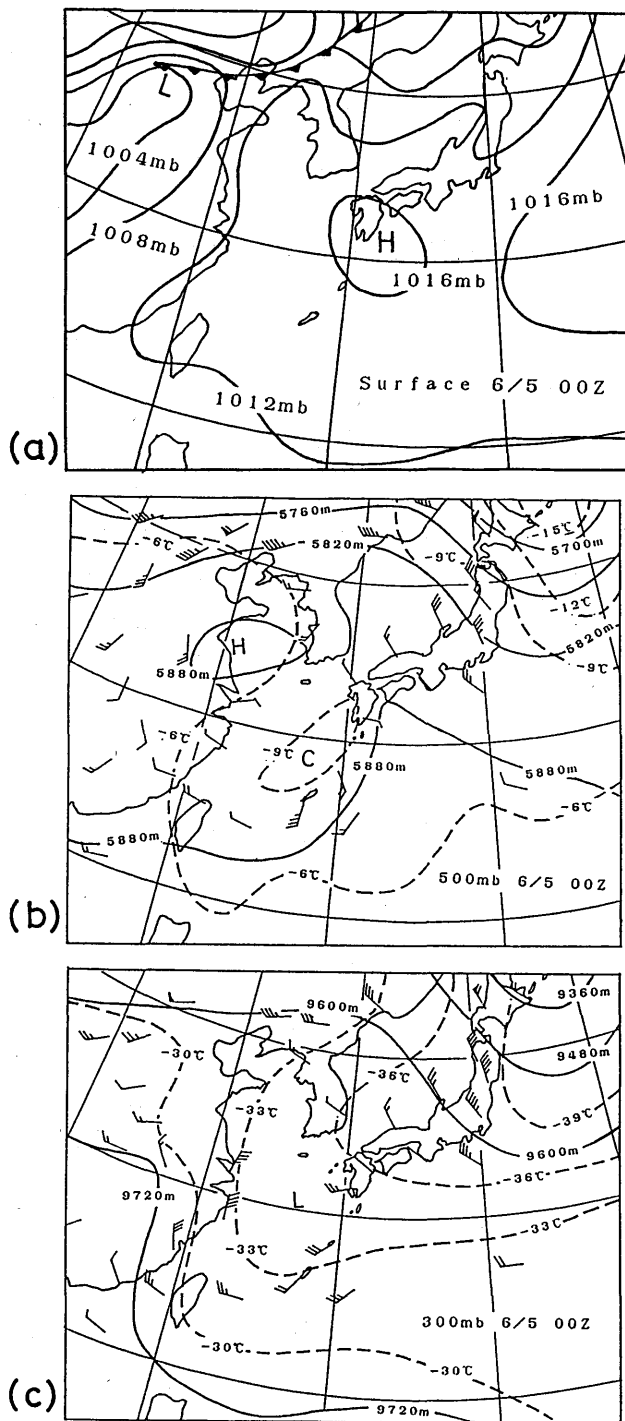


図9.3 解析の対象とした降水が起こったときの天気図(6月5日9時)。(a)地上, (b)500mb, (c)300mb。

87.6/5

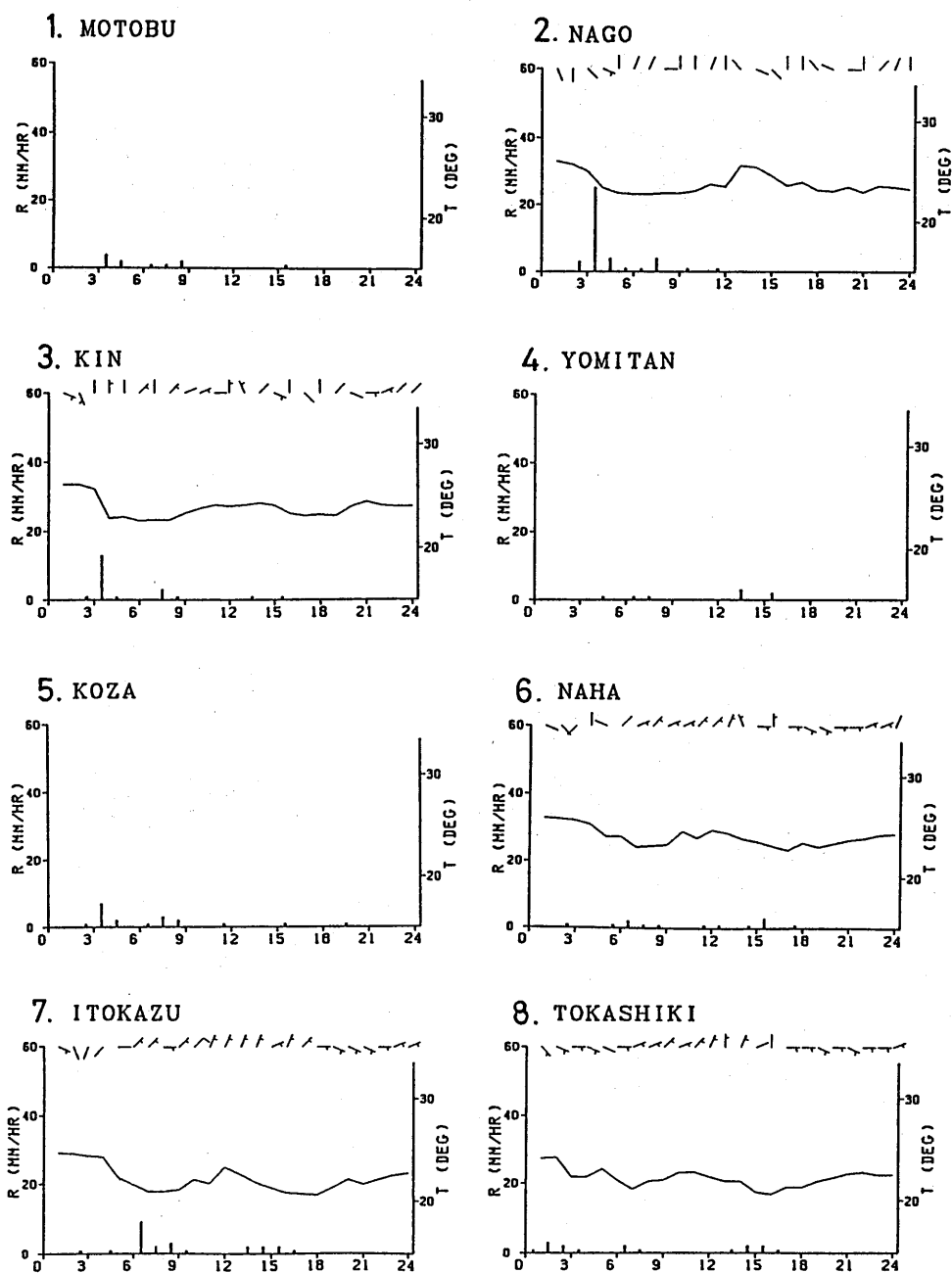


図9.4 アメダス (AMeDAS) によって観測された地上における気温、降水量、風の変化 (1987年6月5日)。観測地点の番号は図9.1の地図の中に示した番号に対応する。風については矢羽根で示す。

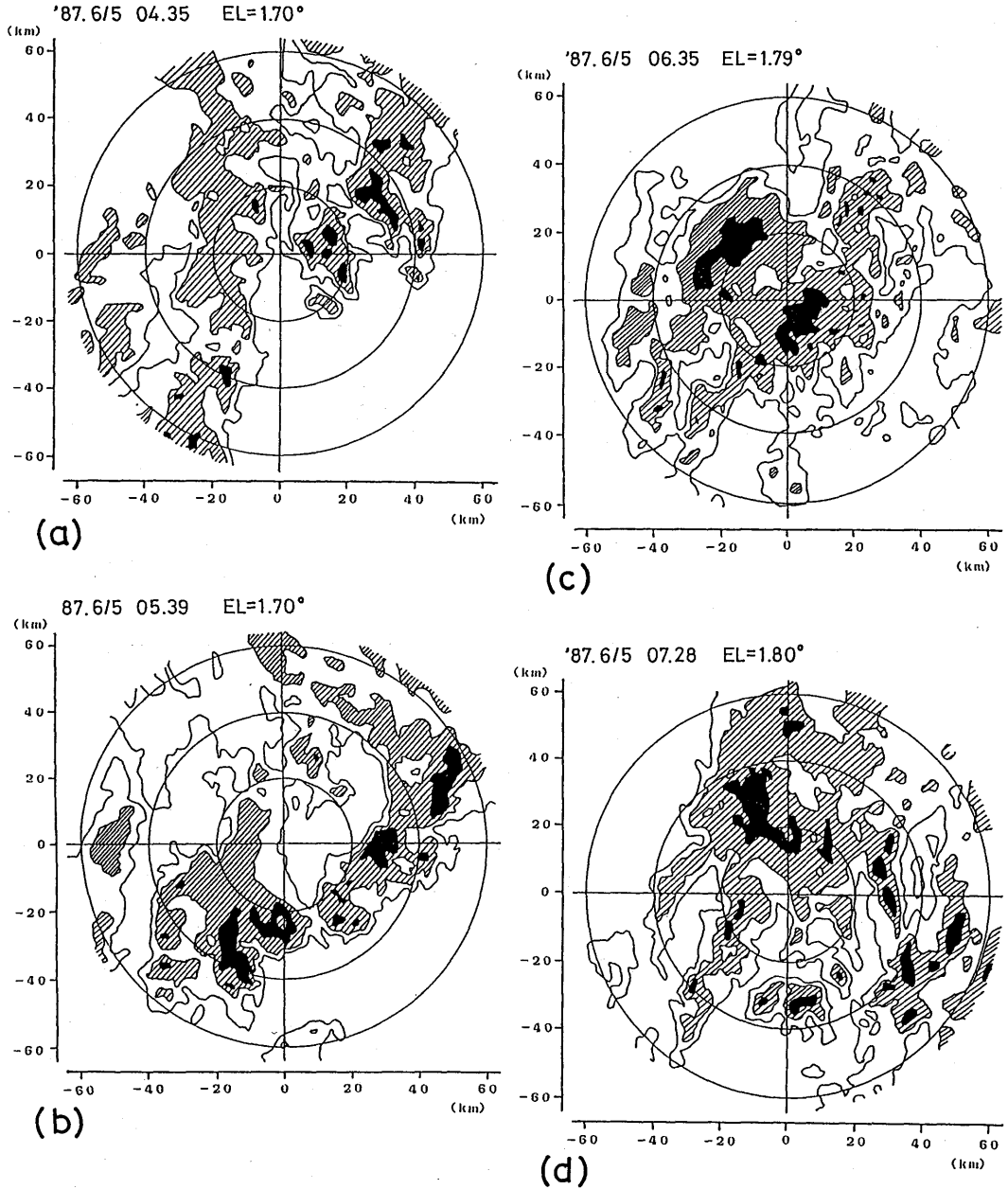


図9.5 レーダーによって観測されたレーダー反射強度の水平分布(仰角1.7~1.8°のPPI)。(a)6月5日4時35分(b)5時39分(c)6時35分(d)7時28分で、約1時間毎の変化を示す。レンジマークは20km毎で、探知範囲は半径64kmまで。等値線は10dBZ毎で、斜線をつけた領域は30~40dBZ、黒く塗りつぶした領域は40dBZ以上である。

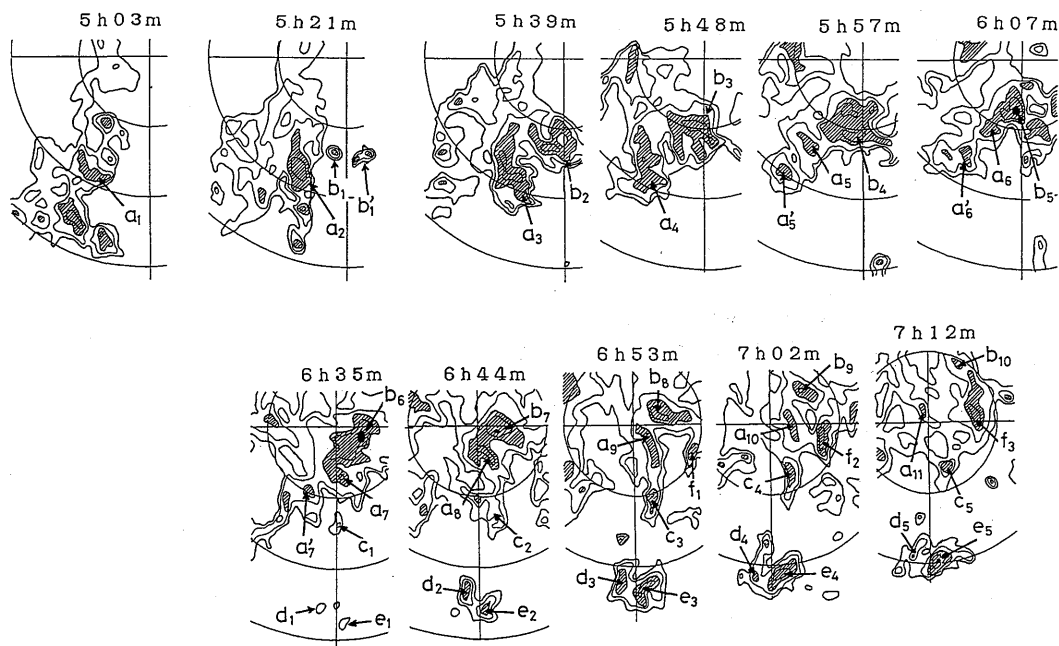


図9.6 仰角 $1.7\sim 1.8^\circ$ のPPIデータによるレーダーエコーの移動。30dBZ以上のレーダー反射強度を持つ領域のみを示した。等値線は5 dBZ毎。斜線をつけた領域は40~50dBZ、黒く塗りつぶした領域は50dBZ以上。時間間隔はほぼ9分毎であるがそれ以上になっている時間帯もある。各時刻に対応すると考えられる降水セルをアルファベットで示した。

2時間で、この間に約40 km 移動しており、移動速度は約5 m/sということになる。このほかの降水セルについても移動方向・速度は同様である。レーダーサイトの南方の海上で新しいセルが次々に発生し(図9.6のセルb, c, d, eなど)、これが北北東へ移動しながら発達・衰弱している。このため、この移動方向に降水セルが並ぶことになる。

この個々のエコーの移動方向にほぼ沿った南北断面を図9.7に示す。これはアンテナの鉛直走査によって得られたRHIである。6時30分というのは図9.6の降水セルbが最も発達した時間帯であり、これに対応してアメダス地点7では時間雨量10 mmの強い降水が観測されている。(a)はレーダー反射強度の鉛直断面を示す。図9.2で雲頂温度が -70°C 以下の部分があるのに対してエコー頂も高く、12 kmを越える部分もあることがわかる。この中でレーダー反射強度が30 dBZ以上の領域は高度6 km以下に見られる。6 km以上ではレーダー反射強度は30 dBZ以下で、水平方向には比較的一様である。これに対して、6 km以下では40 dBZ以上の領域も見られ、水平方向には不均一である。このときの 0°C 高度は約4.5 kmであるが、距離-20 km(図では右側20 km)付近にはブライトバンドも見られる。また、この付近の高度より下で急激にレーダー反射強度が増加する傾向があることがわかる。地上における降水の特徴も考慮すると、このクラウドク

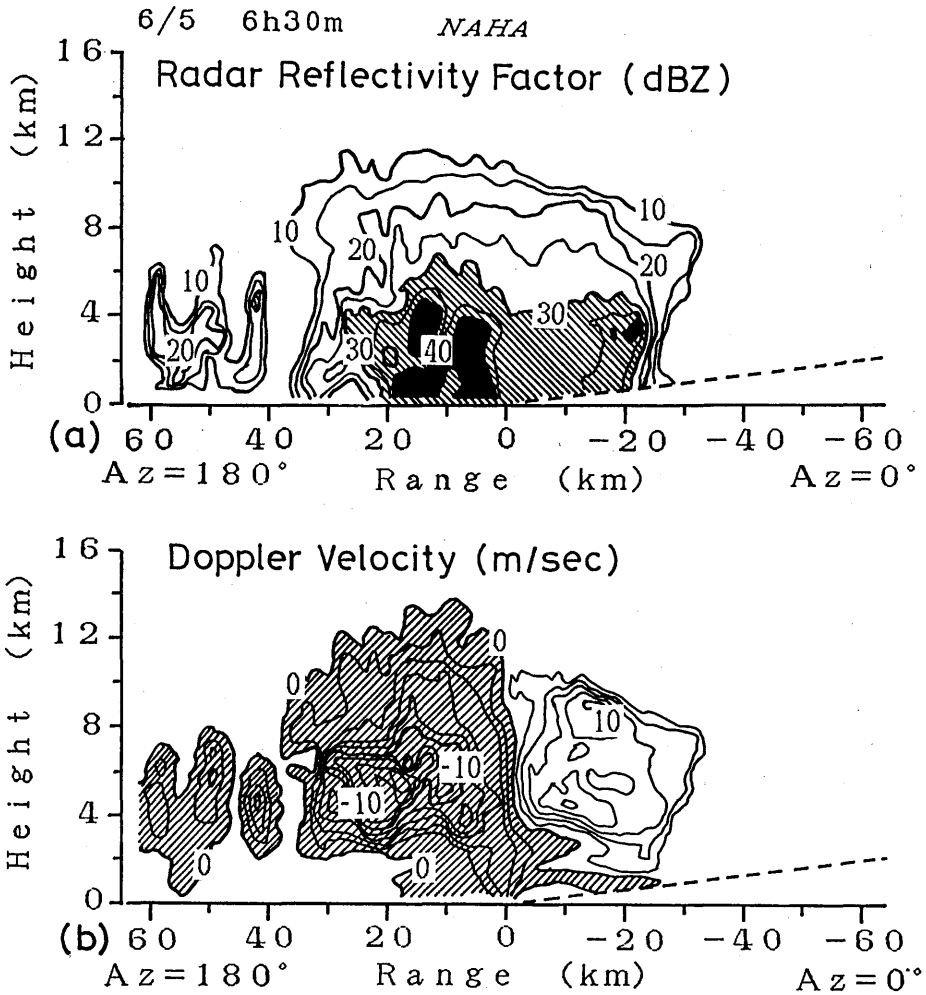


図9.7 6月5日6時30分の南北方向の鉛直断面 (RHI)。図の左側が南、右側が北。降水セルの移動方向は左(南)から(北)。(a)は、レーダー反射強度の分布。10dBZ以上について示し、等値線は5 dBZ毎。斜線の領域は30~40dBZ, 黒く塗りつぶした領域は40dBZ以上。(b)は、ドップラー速度の分布。等値線は2 m/s 毎。斜線をつけた領域はドップラー速度が負で、ビーム方向にレーダーに近づく風速成分であることを示す。斜線をつけていない領域はドップラー速度が正で、遠ざかる風速成分。

ラスタは全体としては広い範囲で弱い対流活動があり、その中に降水セルに対応する活発な対流が含まれる構造をしていると考えられる。上層の生成セルと下層の強いエコー域の対応は、この場合明確に見出すことができない。一方、図9.7(b)のドップラー速度の鉛直面内での分布を見ると、高度4~6 kmに降水セル(図9.6の降水セルaおよびb)の位置に対応してドップラー速度の急変域があることがわかる。この高度では、後述するようにVAD法で求めた一般風は南風

(図9.7では左から右) 10~13 m/sである。つまり、降水セルの後面(図では左側)の狭い範囲に一般風より強い風の領域があり、セルの位置に、一般風より弱い風の領域があることがわかる。このことは、この高度領域に部分的に収束が存在していることを示唆している。

次に、大きなスケールでの風の場合について見てみる。ここで風の場合の解析は、VAD法および多仰角VAD法によっているので、大きなスケールというのはレーダーの走査円程度のスケールである。ちなみに、この走査円の大きさは、仰角 12° で高度5 kmでは半径24 kmになる。図9.8にはVAD法により求めた(a)風ベクトル、および、(b)風速の絶対値、(c)多仰角VAD法により求めた収束・発散を、6月5日2時30分頃から8時までの間について示す。この図によれば、高度3 km付近を境にして、その上では南風、下では西風になっていることがわかる。また、南風、西風がそれぞれに風速の極大を持ち、高度3 km付近を境に二層構造をとっていることがわかる。収束・発散の高度分布からは顕著な特徴を捉えることは難しいが、6時30分~7時00分頃のレーダーサイト付近を降水セル(図9.6の降水セルaおよびb)が通過した時間帯について見てみると、高度3~5 km付近に収束の層がある。このことは前述したドップラー速度の分布の鉛直断面から示唆された収束の存在と一致する。

ドップラーレーダー観測によって得られたデータ(レーダー反射強度およびドップラー速度のデータ)によって、今回解析したクラウドクラスターの構造の特徴、クラウドクラスター内の風の場合などが明らかになった。次にこのようなクラウドクラスターが形成・維持される機構、特に水蒸気の供給過程を考えるために、さらに大きなスケールでの大気の力学的、熱力学的構造を見る。

図9.9には今回解析した降水の起こった時間帯をはさむ4日間の那覇における高層気象データの時間・高度断面図を示す。この図から、解析を行った時間帯(6月5日3時~8時)には、高度4 km付近を境にしてその上下で大気の性質が異なっていることがわかる。すなわち、湿った大気(相当温位は高い)の上に乾燥した大気(相当温位は低い)が乗った形になっている。この境界にあたる高度4 km(6月5日9時では、この境界の高度が少し高く約5 kmとなっている)では、強い対流不安定になっていることが相当温位の分布からわかる。この時間帯には、地表から高度1 km付近も対流不安定になっているが、その中間の高度はほぼ中立である。一方、風の場合を見てみると、図9.8で見たのと同様に、乾燥した層では南風成分が卓越している。これは図9.6で見た強いエコー域の移動方向とほぼ一致している。ただし、風速と移動速度の対応を見ると、移動速度よりも風速の方が大きい。境界より下の層では、西風成分が卓越している。地表付近では東風成分が卓越している。ここで相当温位の低い層の風が南寄りであることは一見奇異であるが、図9.3の500 mb, 300 mbの風の水平分布を見ると納得することができる。すなわち、300 mb高度には顕著なトラフが見られ、沖縄地方はその前面(東側)にあたる。500 mb高度ではトラフは見られないが寒気の低気圧性の回転を持った渦が見られ、同様に沖縄上空がその前面にあたって

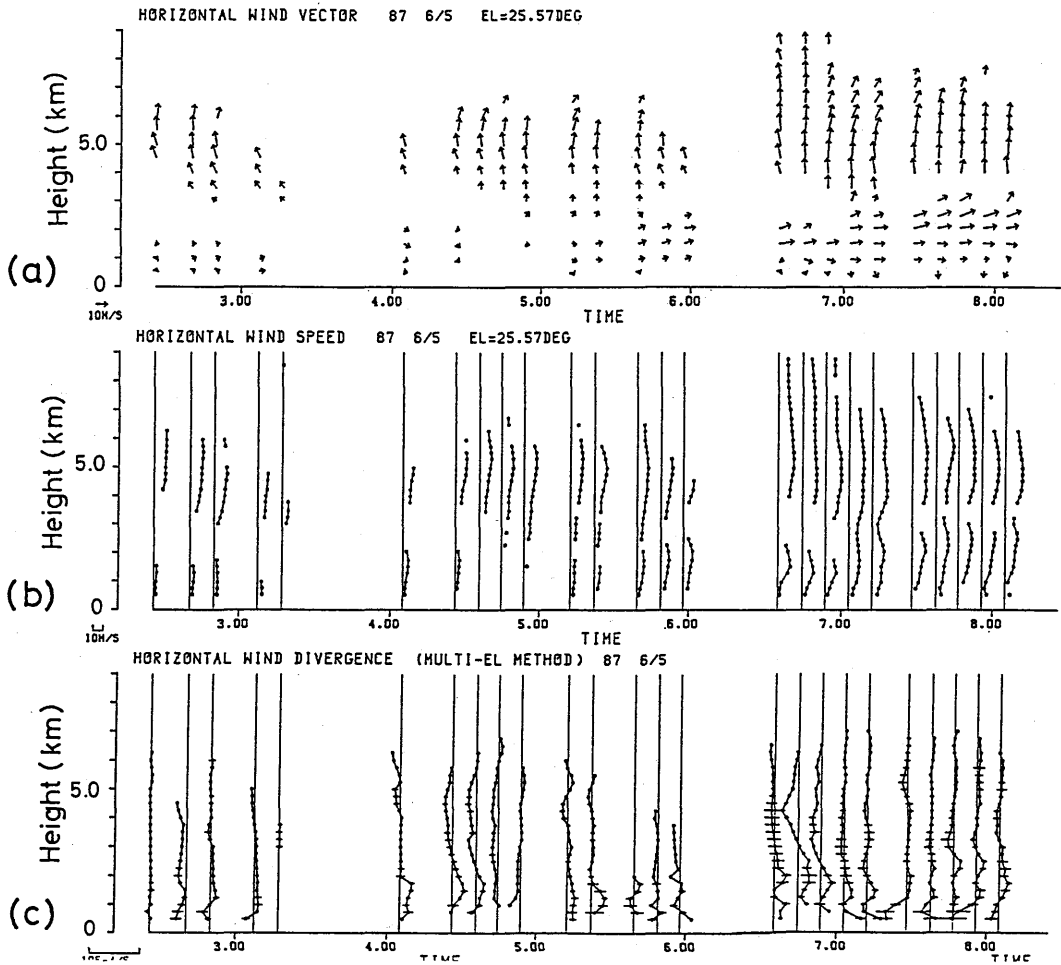


図9.8 VAD法および多仰角VAD法によって解析された水平風の各パラメータの高度分布の時間変化。(a)VAD法で求められた水平風(高度0.5km毎)。風ベクトルで表し、矢印が上向きならば南風、右向きならば西風であることを表す。(b)VAD法によって求められた水平風の風速(絶対値)の分布(高度0.25km毎)。(a)および(b)は仰角25.6°の観測データを解析した結果。また、データをプロットしていない高度では、風の水平方向の不均一などの理由により、VAD法で一定の精度以上で水平風が求められていない。(c)多仰角VAD法によって求められた水平風の発散(高度0.25km毎)。各時刻の直線よりも左側は収束、右側は発散であることを表す。4~25°の6仰角のデータをもとに求めた。

いる。そのため、この高度では、北の相当温位の低い大気が一度南へ回って沖縄地方上空に達していることがわかる。

次に、解析した降水が始まる直前にあたる6月4日21時の高層気象データの南西~北東方向の

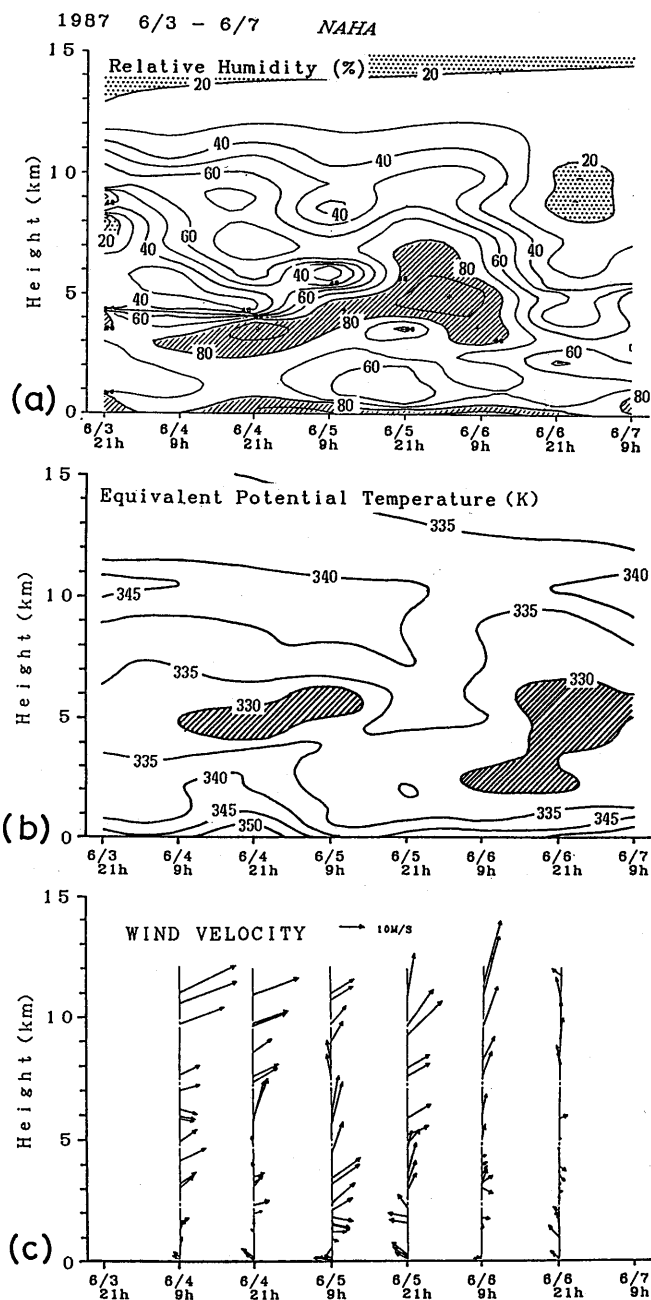


図9.9 那覇における高層観測データの時間・高度断面図。レーダーデータ解析期間を含む4日間について示す。(a)相対湿度。等値線は10%毎で、ドットをつけた領域は20%以下の乾燥、斜線をつけた領域は80%以上の湿潤。(b)相当温位。等値線は5 K毎で、斜線をつけた領域は330K以下。(c)風の高度分布。ベクトルで表し、矢印が上向きならば南風、右向きならば西風であることを表す。

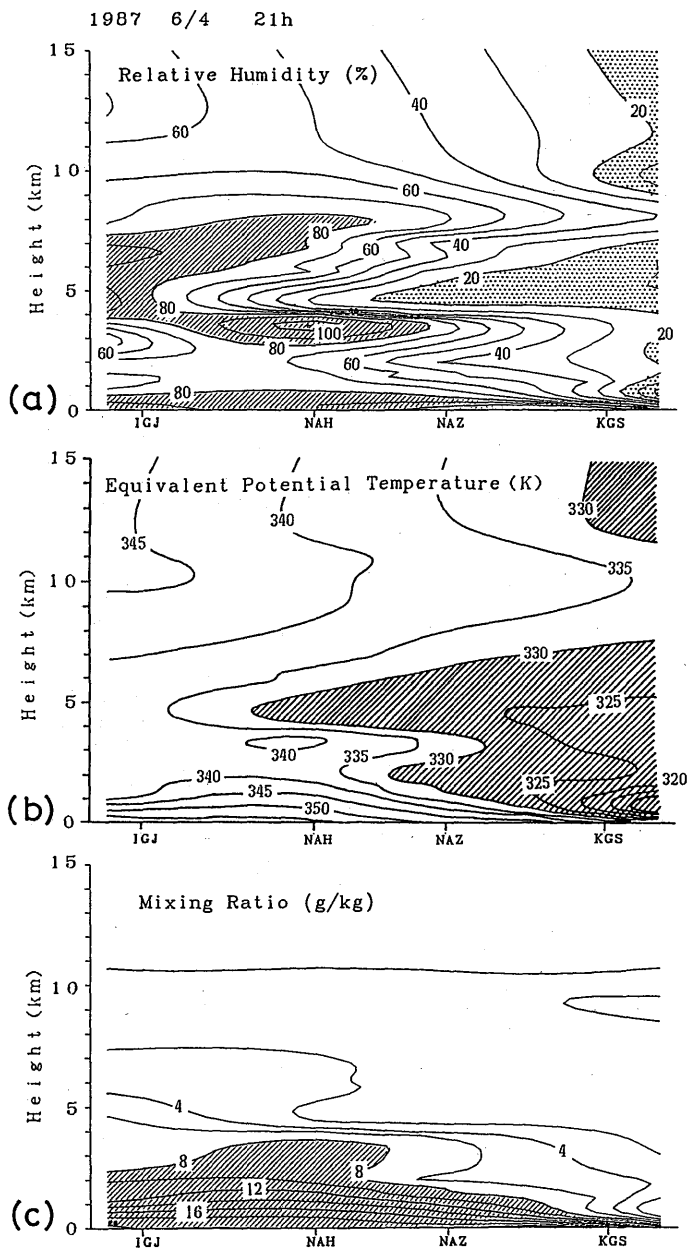


図9.10 那覇を含むほぼ南西～北東方向の鉛直断面内における高層観測データの分布。石垣島 (IGJ), 那覇 (NAH), 名瀬 (NAZ), 鹿児島 (KGS) の高層観測データをもとに描いた。(a)相対湿度。等値線は10%毎で、ドットをつけた領域は20%以下の乾燥, 斜線をつけた領域は80%以上の湿潤。(b)相当温位。等値線は5 K毎で、斜線をつけた領域は330K以下。(c)水蒸気の混合比。等値線は2 g/kg毎で、斜線をつけた領域は8 g/kg以上。

断面を図9.10に示す。これは、石垣島(IGJ)、那覇(NAH)、名瀬(NAZ)、鹿児島(KGS)における観測値をもとに描いたものである。図では左が南西、右が北東になる。この図から、図9.9で那覇において見られた高度4~6 km付近の相当温位の低い大気が、この高度に北からくさび形に侵入していることがわかる。また、広い範囲で相当温位の高い大気の上に相当温位の低い大気が乗り、その境界付近で対流不安定になっていることがわかる。相当温位の低い大気は北から侵入してきているが、沖縄付近ではこの付近の高度でトラフの前面にあたるため、南風となっている。今回解析したクラウドクラスターで、雲が発生する原因の一つとして、中層への寒気の侵入によって生じた対流不安定が考えられる。高度1~3 kmの層では一般風は西寄り(西~南西)であるので、この図では左から右へ吹いていることになる。図9.10(c)の水蒸気の混合比の分布を見ると、水蒸気がこの西寄りの一般風によって輸送されていることがわかる。したがって、下層(1~3 km)の西寄りの一般風で水蒸気が供給され、これが沖縄地方の上空で中層(4~6 km)に北から侵入してきた相当温位の低い大気と接することにより、広い範囲で対流不安定を生じている。これが大きなスケールのクラウドクラスターの形成・維持の原動力の一つとなっていると考えられる。ただし、クラウドクラスター内での上昇流は一律ではなく、3~5 kmの高度に降水セルに対応して、風速の不均一(収束)が見られた。この高度での水平風の収束が降水セルの成因なのか、あるいは、降水セル内の上昇流の影響として収束が生じているのかは今回の観測からは明らかにできなかった。

9.4 まとめおよび議論

梅雨期に沖縄地方で見られるクラウドクラスターによる降水を、ドップラーレーダー観測によって得られたデータを中心に解析した。

今回解析したクラウドクラスターは、水平方向のスケールが数100 kmで、雲頂温度は -70°C 以下、エコー頂が12 km以上という大きな規模のものであった。地上での降水の特徴やエコーの構造からは、大きなスケールの降水雲の中に、スケールが10 km程度の降水セルがいくつか埋め込まれているような構造をしていた。個々の降水セルは2時間程度の寿命を持ち、次々に発生して中層の風向と同じ方向に移動しているため、この方向に並ぶ傾向があった。地上での降水は、全体的には弱い降水が長時間(約20時間)続いたが、場所によっては降水セルの通過に伴い、強い降水が起こった。また、レーダー反射強度は 0°C 高度以下で急激に強くなり、あまり鮮明ではないがブライツバンドが見られるときもあった。このクラウドクラスターは、地上天気図では前線や低気圧のような擾乱としては現れていなかった。風の場合や大気の熱力学的構造については次のようなことがわかった。3~4 km以下の高度では、西寄りの風で湿潤な大気(相当温位が高い)が流れ込んでいた。この上の4~6 km付近の高度は乾燥しており(相当温位は低い)、那覇市の上空では南寄りの風であった。500 mb天気図上には寒気の低気圧性の回転を持った流れがあり、300

mbでは顕著なトラフが解析されていた。沖縄地方はこのトラフの前面(東側)にあたるため、この高度では南寄りの風であるにもかかわらず相当温位は低くなっていた。これらの性質の異なる大気の接する高度4 km付近は強い対流不安定となっていた。つまり、この高度での広範囲の対流不安定が大きなスケールのクラウドクラスターの形成・維持の原動力になっていると考えられる。この場合、水蒸気は下層の西寄りの風で供給されている。また、中層と下層で風向が異なっていることが長時間維持されるために重要であると考えられる。つまり、一般的には、対流が起こってしまえば不安定は解消されるが、この場合にはその後ろから新たに中層と下層で異なる方向から大気が入ってくるため、不安定な状態が持続することになる。一方、この大きなスケールのクラウドクラスターの中に含まれる10 km程度のスケールの降水セルは、対流不安定な高度に存在する水平風の不均一(収束)と対応が見られた。この降水セルのレーダー反射強度が強い部分は上層までは達しておらず、0°C高度より下で急激に強くなっていた。このように今回解析したクラウドクラスターは高度方向に性質の異なる大気が接して対流不安定が生じ、下層における西寄りの風で水蒸気が供給され長時間維持されているという構造を持っていることがわかった。

中緯度の本州付近における梅雨前線に伴う降水は、南北方向に性質の異なる気団が接し、暖気が寒気の上を強制上昇する過程で広範囲に生じた層状性の雲から起こることが多い。これに対して今回解析した降水は、下層では水平方向の温度傾度が小さく、地上天気図では顕著な擾乱が見られないにもかかわらず、高度方向に性質の異なる大気が接することによって生じた大規模なクラウドクラスターによるものであった。この中には10 km程度のスケールの降水セルがいくつか含まれるような構造を持っていた。

参 考 文 献

- Akiyama, T., 1978: Mesoscale pulsation of convective rain in medium-scale disturbances developed in the Baiu front. *J. Met. Soc. Japan*, **56**, 267-283.
- Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1974: Band structure of mesoscale echo clusters associated with low-level jet stream. *J. Met. Soc. Japan*, **52**, 300-313.
- Srivastava, R. C., T. J. Matejka and T. J. Lorello, 1986: Doppler radar study of the trailing anvil region associated with a squall line. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 356-377.
- Takeda, T. and H. Iwasaki, 1987: Some characteristics of meso-scale cloud clusters observed in east Asia between March and October. *J. Met. Soc. Japan*, **65**, 507-513.

気象研究所技術報告一覧表

- 第1号 バックグラウンド大気汚染の測定法の開発 (地球規模大気汚染特別研究班, 1978)
Development of Monitoring Techniques for Global Background Air Pollution (MRI Special Research Group on Global Atmospheric Pollution, 1978)
- 第2号 主要活火山の地殻変動並びに地熱状態の調査研究 (地震火山研究部, 1979)
Investigation of Ground Movement and Geothermal State of Main Active Volcanoes in Japan (Seismology and Volcanology Research Division, 1979)
- 第3号 筑波研究学園都市に新設された気象観測用鉄塔施設 (花房龍男・藤谷徳之助・伴野 登・魚津 博, 1979)
On the Meteorological Tower and Its Observational System at Tsukuba Science City (T. Hanafusa, T. Fujitani, N. Banno and H. Uozu, 1979)
- 第4号 海底地震常時観測システムの開発 (地震火山研究部, 1980)
Permanent Ocean-Bottom Seismograph Observation System (Seismology and Volcanology Research Division, 1980)
- 第5号 本州南方海域水温図——400 m (又は 500 m) 深と 1000 m 深——(1934-1943 年及び 1954-1980 年) (海洋研究部, 1981)
Horizontal Distribution of Temperature in 400 m (or 500 m) and 1000 m Depth in Sea South of Honshu, Japan and Western-North Pacific Ocean from 1934 to 1943 and from 1954 to 1980 (Oceanographical Research Division, 1981)
- 第6号 成層圏オゾンの破壊につながる大気成分および紫外日射の観測 (高層物理研究部, 1982)
Observations of the Atmospheric Constituents Related to the Stratospheric Ozone Depletion and the Ultraviolet Radiation (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1982)
- 第7号 83 型強震計の開発 (地震火山研究部, 1983)
Strong-Motion Seismograph Model 83 for the Japan Meteorological Agency Network (Seismology and Volcanology Research Division, 1983)
- 第8号 大気中における雪片の融解現象に関する研究 (物理気象研究部, 1984)
The Study of Melting of Snowflakes in the Atmosphere (Physical Meteorology Research Division, 1984)
- 第9号 御前崎南方沖における海底水圧観測 (地震火山研究部・海洋研究部, 1984)
Bottom Pressure Observation South off Emaezaki, Central Honshu (Seismology and

- Volcanology Research Division and Oceanographical Research Division, 1984)
- 第10号 日本付近の低気圧の統計 (予報研究部, 1984)
Statistics on Cyclones around Japan (Forecast Research Division, 1984)
- 第11号 局地風と大気汚染物質の輸送に関する研究 (応用気象研究部, 1984)
Observations and Numerical Experiments on Local Circulation and Medium-Range Transport of Air Pollutions (Applied Meteorology Research Division, 1984)
- 第12号 火山活動監視法に関する研究 (地震火山研究部, 1984)
Investigation on the Techniques for Volcanic Activity Surveillance (Seismology and Volcanology Research Division, 1984)
- 第13号 気象研究所大気大循環モデル-I (MRI・GCM-I) (予報研究部, 1984)
A Description of the MRI Atmospheric General Circulation Model (The MRI・GCM-I) (Forecast Research Division, 1984)
- 第14号 台風の構造の変化と移動に関する研究——台風7916の一生——(台風研究部, 1985)
A Study on the Changes of the Three-Dimensional Structure and the Movement Speed of the Typhoon Through Its Life Time (Typhoon Research Division, 1985)
- 第15号 波浪推算モデルMRIとMRI-IIの相互比較研究——計算結果図集——(海洋研究部, 1985)
An Intercomparison Study between the Wave Models MRI and MRI-II——A Compilation of Results—— (Oceanographical Research Division, 1985)
- 第16号 地震予知に関する実験的及び理論的研究 (地震火山研究部, 1985)
Study on Earthquake Prediction by Geophysical Method (Seismology and Volcanology Research Division, 1985)
- 第17号 北半球地上月平均気温偏差図 (予報研究部, 1986)
Maps of Monthly Mean Surface Temperature Anomalies over the Northern Hemisphere for 1891-1981 (Forecast Research Division, 1986)
- 第18号 中層大気の研究 (高層物理研究部・気象衛星研究部・予報研究部・地磁気観測所, 1986)
Studies of the Middle Atmosphere (Upper Atmosphere Physics Research Division, Meteorological Satellite Research Division, Forecast Research Division, MRI, and the Magnetic Observatory, 1986)
- 第19号 ドップラーレーダによる気象・海象の研究 (気象衛星研究部・台風研究部・予報研究部・応用気象研究部・海洋研究部, 1986)
Studies on Meteorological and Sea Surface Phenomena by Doppler Radar (Meteorological Satellite Research Division, Typhoon Research Division, Forecast Research

Division, Applied Meteorology Research Division and Oceanographical Research Division, 1986)

第20号 気象研究所対流圏大気大循環モデル (MRI・GCM- I) による 12 年間の積分 (予報研究部, 1986)

Mean Statistics of the Tropospheric MRI・GCM- I based on 12-year Integration (Forecast Research Division, 1986)

第21号 宇宙線中間子強度 1983-1986 (高層物理研究部, 1987)

Multi-Directional Cosmic Ray Meson Intensity 1983-1986 (Upper Atmosphere Physics Research Division, 1987)

第22号 静止気象衛星「ひまわり」画像の噴火噴煙データにもとづく噴火活動の解析に関する研究 (地震火山研究部, 1987)

Study on Analyses of Volcanic Eruptions based on Eruption Cloud Image Data Obtained by the Geostationary Meteorological Satellite (GMS) (Seismology and Volcanology Research Division, 1987)

第23号 オホーツク海海洋気候図 (篠原吉雄・四竈信行, 1988)

Marine Climatological Atlas of the Sea of Okhotsk (Y. Shinohara and N. Shikama, 1988)

第24号 海洋大循環モデルを用いた風の応力異常に対する太平洋の応答実験 (海洋研究部, 1989)

Response Experiment of Pacific Ocean to Anomalous Wind Stress with Ocean General Circulation Model (Oceanographical Research Division, 1989)

第25号 太平洋における海洋諸要素の季節平均分布 (海洋研究部, 1989)

Seasonal Mean Distribution of Sea Properties in the Pacific (Oceanographical Research Division, 1989)

第26号 地震前兆現象のデータベース (地震火山研究部, 1990)

Database of Earthquake Precursors (Seismology and Volcanology Research Division, 1990)

気 象 研 究 所

1946 (昭和 21) 年設立

所 長：理 博 岡 村 存

| | | |
|---------------|---------|---------|
| 予 報 研 究 部 | 部 長： | 嘉味田 宗 治 |
| 気 候 研 究 部 | 部 長： | 古 賀 晴 成 |
| 台 風 研 究 部 | 部 長： | 大 塚 伸 |
| 物 理 気 象 研 究 部 | 部 長：理 博 | 岡 村 存 |
| 応 用 気 象 研 究 部 | 部 長：理 博 | 重 原 好 次 |
| 気 象 衛 星 ・ 観 測 | | |
| シ ス テ ム 研 究 部 | 部 長： | 黒 崎 明 夫 |
| 地 震 火 山 研 究 部 | 部 長：理 博 | 清 野 政 明 |
| 海 洋 研 究 部 | 部 長： | 菊 地 正 武 |
| 地 球 化 学 研 究 部 | 部 長：理 博 | 杉 村 行 勇 |

気象研究所技術報告

編集委員長：菊 地 正 武

編 集 委 員：三 角 幸 夫 長 井 嗣 信 中 澤 哲 夫
忠 鉢 繁 佐 藤 純 次 永 井 智 広
横 田 崇 石 崎 廣 吉 川 久 幸
事 務 局：永 沢 義 嗣 中 島 幸 久

気象研究所技術報告は、1978 (昭和 53) 年の初刊以来、気象研究所が必要の都度発行する刊行物であり、気象学、海洋学、地震学その他関連の地球科学の分野において気象研究所職員が得た研究成果に関し、技術報告、資料報告および総合報告を掲載する。

気象研究所技術報告の編集は、編集委員会が行う。編集委員会は原稿の掲載の可否を判定する。

気象研究所技術報告 ISSN 0386-4049

第27号

平成 3 年 2 月 25 日 発行

編 集 兼 気 象 研 究 所
発 行 者
〒305 茨城県つくば市長峰 1-1
TEL. (0298)51-7111

印 刷 所 アサヒビジネス株式会社
〒305 つくば市竹園 2-11-6