

上川地方における降雨域のメソスケール解析*

木村 耕三, 山本 晃, 上田 豊治**

要旨: 昭和34・35両年に上川地方で観測された雨のうち, 0.5ミリ転倒ます式自記雨量計の自記紙上で降雨開始休止の明瞭に認められた例について, 降雨塊の観析を行なって, 次のような結果を得た。

- 1) 降雨塊や降雨域の動向と地上擾乱や上層気流などとは, 一般に直接的な関係は認められない。
- 2) 山岳は一般に降雨塊の移動を阻止する。
- 3) 降水量の多いことと, 降水現象のおこることとは, 一般に機構によるとは思われない。

これ等の事実を説明するために, 機構の考え方を提示し, 大雨の予報のためには気象用レーダーによる資料を加えなければならないと結論した。

提 案

一般に, いわゆる「ひと雨」の間に一樣な強さの雨が降り続くことは少なく, あるいは強くあるいは止みというような変化が繰り返され, 地理的には数十km程度の中をもった降雨域が時間をおいて出現することが多い。この降雨域を日本ではレーダー用語を直訳して「降雨細胞」と呼んだり, 気塊になぞらえて「降雨塊」と呼んだりして統一されていないようである。

レーダーのブラウン管上にみられるこの現象は降雨細胞と呼ぶのにふさわしいであろうが, 地上の降雨現象について細胞と呼ぶのは日本語の語感からは不適當であらまいか。

そこで, 地上の降雨域について呼ぶ場合には「降雨塊」として, その去来する状態を波にたとえて, 付番する場合は第1波とかA波とか呼んではどうであろう。

本論文では, このような用語を用いることとする。

1. 緒 言

旭川地方気象台では上川地方総合開発期成会の協力を得て, 昭和26年以後の上川地方にある各機関がそれぞれ独立して運用している雨量観測所約200カ所の資料を収集して整理している。

* Meso-scale Synoptic Analysis of Rainfall in Kamikawa District.

** K. Kimura, A. Yamamoto, T. Ueda 旭川地方気象台—1962年4月9日受理—

*** 2カ所とした理由は, 観測資料をチェックしてみると, 再三単位のとり違い, あるいは数日間の合計を当日のものとして報告されたのではないかと思わしめるものであって, 1カ所では信ぴょう性がないと考えたからである。

この資料によって, 岩戸次郎と木村は昭和26~33年の6~9月において同日に2カ所以上***で日雨量30mm以上の降水を記録した250例についてその日雨量の地理的分布を調査したところ, そのうちの67%がある地帯を境にして降水量の分布が不連続に変っていることに気がついた。我々はこの不連続に変る地帯を「降雨地界」と呼んで, 25回(10%)以上同じ場所に地界を認めた場合を第1図Aのように図示した¹⁾。

これらの地界は, 上川地方を南北に分断して各河川の分水嶺となっている標高数百m程度の稜線と一致している。

一方, 山本は低気圧や前線の位置及び移動方向によって降水量の分布の型を統計的に見出そうとして, 低気圧と前線を経路別に分類する札幌管区気象台の方式によって擾乱種別に各地の日降水量を統計して, その分布をみたところ, たとえば第1図Bのように, 第1図Aに鎖線で示したような上川地方を東西に分ける地界も認めねばならなくなった。

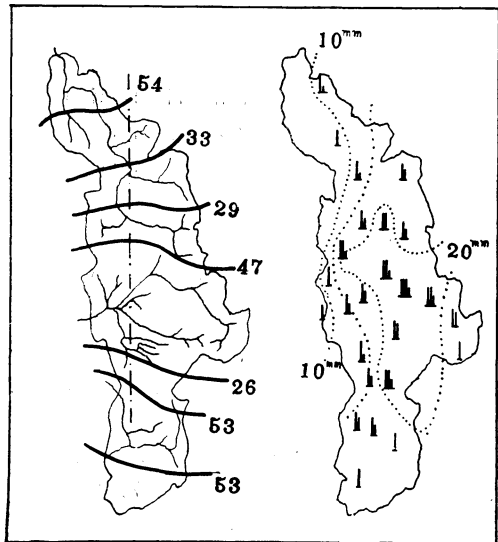
この両者の結果の食い違いは, 第1図Aの場合には西から東へと次第に降水量が増加するような連続的な分布は解析されていないのに対して, 第2図Bの場合は地界が統計的に消えてしまう一方, 連続的な分布に現われる地形的な癖が強調されてしまったためである。

すなわち, 第1図Aに示した降雨地界が第1図B及びそれと同種類のものに現われぬのは, 降雨地界の出来る原因が低気圧や前線の経路などという単純なものに支配されないためと考えることが出来る。

そこで, 筆者等は「降雨地界は降雨塊が通りにくい地帯である」との推定を下し, また「降雨塊の動向は擾乱

の経路等には支配されず、別の要素で解析さればならぬ」と考えて、出来るだけ数多くの降雨塊の動向を解析してみることにした。

本稿はその結果を報告するものである。



第1図

- A) 上川地方における降雨地界と発現回数 (左図)
- B) 寒冷前線南下型5例についての上川地方における平均日降水量分布(タテ長線一本当り10ミリ) (右図)

2. 調査の方法

降雨塊を解析するために、大沢綱一郎等は10分間雨量分布の時間的な移動を追跡している²⁾。

しかし、普通の雨では雨量が少ないため、10分間雨量分布では解析しにくい上、雨の少ない北海道でも、ここに用いた昭和34・35両年は特に大雨の回数が少なかったので、資料の取り扱ひも容易で客観的な10分間雨量分布による方法は避けねばならなかった。

そこで、降りをはじめや降り終りの時刻がある程度明瞭に現われている雨ならば資料として使えるということから、降雨開始時刻及び終止時刻を主な解析資料とした。

その解析方法は最初下記の(1)の方法により、あとで(2)の方法を加えて客観性をもたせた。

(1)

昭和34年以来上川地方に展開された雨量観測所の遠隔自記方式は0.5mm てん倒ますのてん倒回数を電接回数器によって記録する方式である。したがって小雨程度の場合は時間的な解析は不可能である。

しかし、正野重方等がその例を計算したように³⁾、降

雨前の雲底から地上までの平均湿度や雲底における雨滴の粒径によって、地上で雨として観測される時刻に大きな違いの生ずることは、我々もある程度は経験的に知っているところである。したがって、あまり神経質に降り始めなどを問題にしても物理的な意義はない。むしろ問題の生じそうな例は捨て、調査個数は減じて、このような問題は生じまいと思われる降り方の雨を対称としたほうがよいと考えた。

このような制限のもとに選び出した調査個数は第1表にあげた19例である。

第1表 解析例一覧表

第II欄の括弧内のFは前線、Lは低気圧、Xは不明
第IV、V欄のOは停滞、その他本文参照

I	II	III	IV	V	VI
年月日	擾乱種別およびその移動方向	降雨塊の多少	最多雨域の移動方向	降雨域の移動方向	解析の難易
34. 6. 1	(F) N	少	N	NE	易
6. 29	(F) SW	多	S	SE	易
7. 1	(F) S	少	E	SE	易
7. 3	X	少	E	SE	易
7. 17	(L) E	少	NW	WNW	易
7. 19	X	多	O	O	難
7. 29	(F) NE	多	S	SW	易
8. 18	X	多	N	E	易
8. 27	(L) NE	少	S	ESE	易
9. 6	(L) E	多	N→S	E	易
10. 16	(F) S	少	S	E	易
35. 7. 10	X	少	N	N	易
7. 14	(F) S	多	N	E	難
8. 2	(F) N	多	S	NE	易
8. 3	X	多	E	NE	易
8. 10	(F) SW	少	NNE	NNE	易
9. 4	X	少	S	E	易
9. 14	(F) E	少	O	E	易
9. 24	(F) SE	少	O	E	易

これらの降雨の時の各観測所の自記紙について、最初にてん倒ますが電接した時刻を降雨開始、てん倒間隔が1時間程度以上の場合は一時的降り止んだものとし、その時の最後のでん倒時を休止時刻とした。観測記事と比較してみると、実際には雨が降っていても小雨(階級0)は捨てたと考えてよいようである。

このようにすると、大部分の降雨はひと雨のうちに何回も休止し、いくつもの降雨塊に分けられるので、その

各降雨塊ごとの開始・終止時刻を地図上に記入し、それが地理的に連続を欠く場合は、その地区の自記紙を調べて、30分程度のてん倒間隔の場合もとり、あるいは降りかたの変った時刻をとるなどの操作をして修正した。

長期間山間部に放置される長期捲き自記雨量計は1ミリごとに記録されるものが使われており、記録の時刻にも問題がある場合もあったので、参考程度にとどめた。したがって、山岳部についての解析は不十分である。

(2)

上記の方法は、等時線のひき方などで筆者等の間で意見の相違した場合もあって、客観的な追跡法とは言い難い。

そこで、各観測所の10分ごとの雨量を器械的に読みとり、地図上に各地点の10分間雨量を階級別に半径を変えた黒丸で記入、8コマ約1秒の早さで8ミリ映画にとって、これを高速で反覆映写して降雨塊を発見したりその動向を追跡しする方法をとった。

しかし、この方法では各地点ごとに雨量変化が視覚を邪魔して、本来の目的が困難になるので、10分移動30分合計雨量にして撮影することに改めた。

この方法は、最後には(1)の方法によらねばならぬから補助的手段であるが、器械的作業量が増しても、以後の作業が容易で客観的になるので、好ましいものと考えている。

3. 解析の結果

(1) 総説

筆者等の解析した結果を総括的に示したものが第1表である。

表中第Ⅱ欄の擾乱進行方向とは、気象庁印刷天気図上で降雨と直接関係がつけられる擾乱源の移動方向を示すもので、渦度や安定度のようなのは含まれていない。

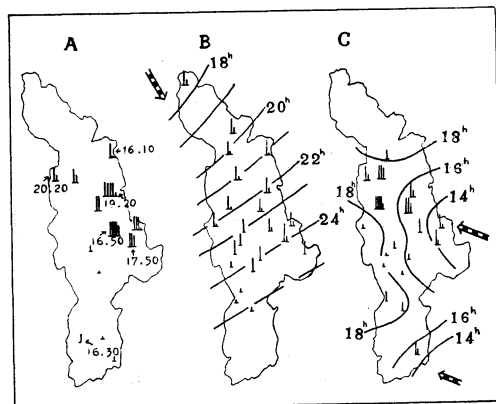
第Ⅲ欄の降雨塊の多少も、前節の方針で分割し得た数による分類で、レーダー観測による降雨細胞数とは必ずしも一致しないものと思う。

第Ⅳ欄の最多雨域の移動方向とは、ひと雨の間を雨の降りかたによって半日あるいは数時間と適当に分割して、その分割した時間内の最多雨域の移動した方向を示すもので、N→Sというのは、はじめ中央部にあった最多雨域が北部へ移り、ついで南部へ移ったという場合である。

第Ⅴ欄の降雨塊の移動方向とは、等時線の様子から判断される移動軸の方向で、第4図の例のように、ひと雨のうちで変動する場合は一般的な傾向と考えられるもの

を示した。

第Ⅵ欄の解析の難易というのは、前節の方法で等時線を描く難易さでわなく、等時線から降雨塊の移動を追跡するのは容易であるかどうかを規準とした分類である。ただし、ひと雨のうちにおこった降雨塊群のうちで、ある降雨塊は難の部類に入るものであっても、主体となる降雨塊が易であれば「易」とした。第2図Aは「難」の1例である。



第2図 特殊例についての降雨開始時刻の等時線及び雨量(タテ長線一本当り10ミリ)

- A) 不定型(解析困難な例), 昭34. 7. 19
 B) 寒冷前線に随伴する単一の降雨塊, 昭34. 10. 16
 C) 西進する降雨塊, 昭34. 7. 17

(2) 最多雨域と気圧系との関係

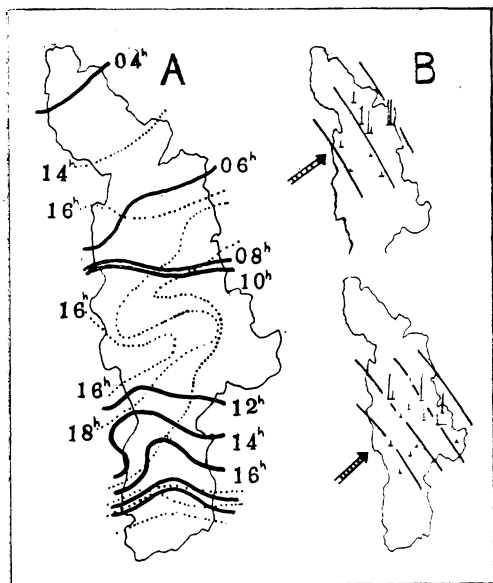
第2図Bは低気圧に伴う寒冷前線が上川地方を南下した時の降雨開始時刻と雨量を示す。降雨塊がただひとつ寒冷前線に随伴して移動する教科書的な場合で、雨量の地域的な差違も目立つほどでない。

しかし、すくなくとも筆者等の調査した範囲では、このような例は少なく、第1表の第Ⅱ欄と第Ⅳ欄を対照してみるとと判るように、一般に降雨原因と考えられている前線などの移動と降雨の中心域と見なされる最多雨域の移動とは関連性がなかった。

第2図Cは低気圧が津軽海峡を東進、降雨域は西進した例である。降雨域の気流も東風でない。

第3図Aは北海道付近を北上した温暖前線による雨の降り始め降り終りの時刻を示したもので、この前線が北上した温暖前線であることは旭川と稚内とのTeダイナグラム(4)によって確認してある。

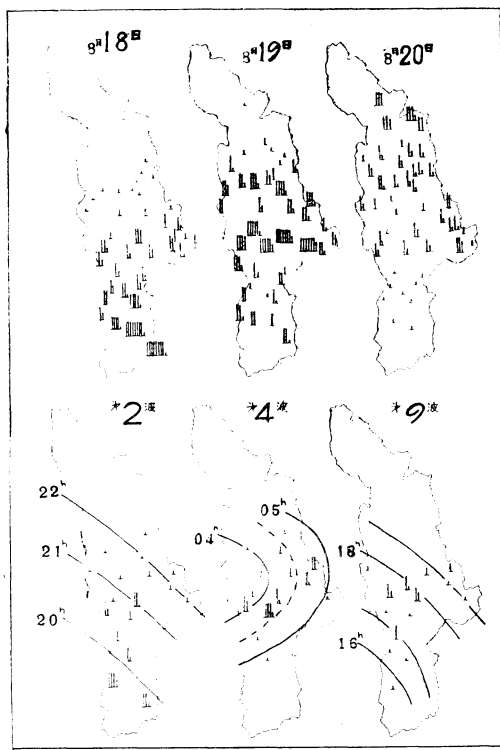
図に示したように、雨はまず上川地方の北部で始まり、前線の移動方向とは逆に南下している。



第3図

前線と降雨域の移動方向が一致しない例、昭35. 8. 2, 温暖前線北上中の降雨。

- A) 雨の降り始め(実線)と降り終り(点線)との等時線
- B) 個々の降雨塊の例, いずれも降雨開始時刻とその降雨塊による雨量(タテ長線一本当り10ミリ)



第4図

気圧系と結びつかぬ降雨の日降水量の移動と降雨塊例, 昭34. 8. 18~ 8. 20 (タテ長線一本当り10ミリ)

第4図は浅い低気圧が樺太を通過してオホーツク海中央部に停滞していた時におこったもので、北海道付近には特別な状況はなく、気象庁印刷天気図によっても12時間毎の前線の位置の変動に連続性が現われていなかった暴合のものである。

日雨量の最多域は、第4図上段のものにみられるように明らかに南から北へと移動している。

降雨塊ごとの雨量分布は、第4図下段に示したように、第2波は上川地方の南部で多く、北では少なくなっていた。第4波は移動方向が変わって中部のみに雨を降らせた。第9波は第2波の移動方向と同じでわずかに北寄りのコースをとっていたが、雨量分布は南部より中部で多く、第2波とは雨量分布が逆であった。

18日には第2波型、19日には第4波型、20日には第4波型が北上というように、日降水量と降雨塊の動向とは関連があるが、19日には第9波型が2回現われたことも同日の中部の日降水量を多くした。

* この時の地上天気図では原因と現象とが結びつけにくいので 850mb 高度を選んだ。

この例は、雨量を多くする機構と雨を降らせる機構とは同じではないことを示すものと思う。

以上、本項の結論は、気圧系の移動と降雨地域及び降水量とは一般には結び付かないということである。

(3) 降雨塊の動向についてのメモ

すでに第2図第3図第4図で降雨塊の例を示したが、一連の降雨塊の動向を示すために第5図を掲げる。

この時は気象庁印刷天気図の 850mb 高度のもの*によると、低気圧が沿海州より東進してきて、9月7日北海道を横断しており、Teダイヤグラム解析しても、これらの降雨塊は温暖域でおこったものであった。

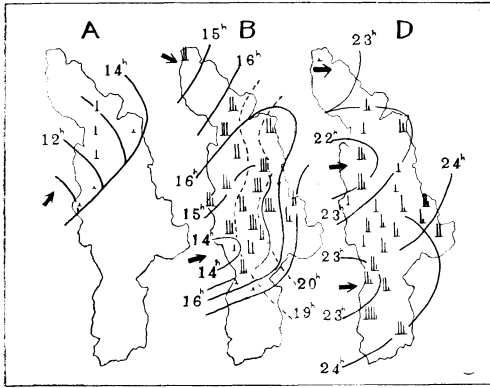
A波は温暖前線通過に伴うものであった。B波はA波が上川地方北部に消えると同時に現われた。特に北部の矢印で示した降雨塊はA波が壁に衝突して反射してきたような形で現われた。図には移動速度が小さくて明瞭なもののみを現わしてあるが、この他に移動速度が大きくて雨量の少ないものも生じたようである。

C波はD波のうちで中央部を通ったものと同じコース

をとったものであったので、図は省略した。

D波は、図に矢印で示したように、3個のものが同時に別の地域を通ったものである。

以上の降雨塊の図から認められる特徴は次の通りである。



第5図

昭34. 9. 6の降雨塊の降雨開始時刻の等時線と降水量分布、ただしB波の破線は休止時刻の等時線。(タテ長線一本当り10ミリ)

(a) 山岳は降雨塊の移動を阻む

第2図Cの南部東側の十勝岳付近や第5図B波の中部東側の大雪山付近に認められるように、移動方向に直交する山稜は降雨塊の移動をおくらせる傾向がある。

第5図B波は2個の降雨塊に分けてあるが、休止時刻の等時線によると単一の降雨塊と見ることが出来る。このようなことから、西部の雨竜川上流域の山塊によって、その地区の雨域の移動がおくれ、天塩川及び石狩川に沿う地域の降雨が早く始まったと考えてよいであろう。

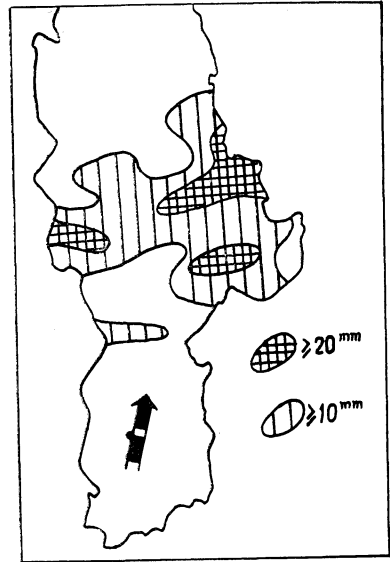
(b) 同じ降雨塊による最多雨域が、その移動軸と一致するとは限らない

上掲の各図から、最多雨域と降雨塊の移動軸とが一致することについては説明を要しないと思うが、第6図のような例もあるので、1時間降水量の最多雨域の分布などから降雨塊の移動方向などを判断出来るとは限らない。

言葉を換えると、一般に強雨域は時間と共に移動するが、それによる降水量に消長の変化のはげしい場合もあるということである。

(4) 降雨塊の動向と上層気流

一般に降雨塊と低気圧などは直接的な結び付きがないことは前に述べたことであるが、しばしば関連があるように思われている上層気流とも結び付きがあると考え



第6図

降雨塊の移動方向と強雨域のひろがりとは一致しない例。昭35. 8. 10

第2表 上川南部の降雨塊の移動速度と札幌の850mb および700mb 高度の気流との対比

年月日時	降雨塊移動方向及速度 (km/h)	850mb気流 (km/h)	700mb気流 (km/h)
1959. 7. 1. 21	NNW(25)	WNW(50)	WNW(110)
	3. 09 W (15)	SSE(61)	W (21)
	17. 21 ESE(10)	SE (14)	N (50)
E. 18. 21	29. 21 NNW(45)	W (75)	NW (100)
	19. 09 SW (30)	SE (96)	W (36)
9. 6. 21	W (30)	SE (89)	SW (36)
	9. 6. 21 W (30)	SW (43)	WSW(133)
1960. 7. 10. 21	S SW(17)	NNW(50)	WNW(36)
	E. 2. 21 SW (40)	ESE(14)	WSW(29)
	10. 21 SW (40)	SW (25)	SW (86)

るのは無理なようである。

第2表は、高層気象観測時の9時および21時頃に、札幌の東方に位置する上川地方南部に降雨塊のあった場合について、札幌の850mbと500mbの上層気流と対比したものである。

この表では、降雨塊の移動速度と気流の強さとの関連を認めることが出来ない。

また、その移動方向も、どちらかといえば500mbの気流と一致する場合が多いが、上層気流の西分が多いこ

と、降雨塊の東進する場合が多いことと相互に機構的に結び付くものかどうか、表を見ると疑わしい。

大沢等⁷⁾は調査した3例について別々の機構を考えているが、第2表を見ると、各例おのおのに多少とも違った機構を考えたほうが適当であるように思われる。

なお、これらについて渦度その他の時間的変化を計算してみたが、マクロ・スケール対称とする現在の高層気象観測網をもってしては、渦度等の変化と降雨塊の移動とに関連を見出すことは出来なかった。

4. 考 察

昭和35年4月に打ち上げられた気象衛星タイロスI号によってもたらされた雲の分布の写真は、低気圧や前線についてのモデル通りであった。

しかし、筆者等はここにモデル通りではない多くの例を見出した。

斉藤将一も前線と降雨塊とを結び付けて考えることが誤りであることを示している⁸⁾。

この矛盾は次のように考えることで解決されるであろう。

「水蒸気による潜熱エネルギーの小さい寒候期には、湿潤断熱減率が大きいので、前線などの力学的なエネルギーを得て強制的に気層が持ち上げられないと降雨にはならない。

暖候期になると、わずかばかりのエネルギーで容易に潜在不安定な気層が作られ得るようになる。前線などの大規模な力学的エネルギーは、降雨のために必要な下層の熱量を上層へ移送するような環境を作り出すためのもので、それによって充分に潜在不安定な気層が作られるならば、地形その他のメソ・スケールな動因や、隣り合う気層の転層による不安定化エネルギー供給などで、自己崩潰のような形で降雨がおこる。

したがって、広い地域に持続的に上昇流をおこさせ、転層によって気層が安定化しても再び不安定化して、次々と降雨塊を供給するような力学的機構としてのみ前線などが必要であり、それらの擾乱と降雨とが直接結びつく必要はない。」

「ひとつの降雨塊による降水量をより多くするためには、より多くの水蒸気が上空へ送りこまなければならない。したがって、転層させやすいような力学的環境の存在することは、大雨となるための負の条件である。」

温暖前線型の上昇流の場合には、波状雲の出来る場合のように、重力波あるいは境界波のようなものが存在してよい筈である。

そのために、より多く不安定な気層が波の波長に応じて带状に分布し、かつ移動するために、上層気流などと降雨塊の移動とは一見関連がないことになる。

本稿で取扱った各例については、上記の考えを具体的に証明するための資料がないが、前記各項で述べた事実を説明することは出来る。

なお、「隣り合う気層の転層による不安定エネルギーの供給」については、渡辺和夫⁹⁾が指摘したように、ある気柱での降雨に際しての雨滴の何割かが隣の気柱へ流れてゆく場合も考える。また斉藤将一⁸⁾の指摘した温暖前線に平行して移動する降雨帯は、境界波による不安定域の形式を考えれば説明が出来ると思う。

5. 結 論

以上、筆者等は昭和34・35両年に上川地方におこった19例の降雨について、降雨の開始・休止時刻などから降雨塊を解析し、天気図その他と対照して、次のような結論を得た。

- (1) 前線など一般に降雨原因と考えられているものの動向と降雨塊・降雨域の移動とは（特に暖候期には）一般に一致しない。
- (2) 降雨塊の移動と上層気流とは、統計的には、直接的な関係は認められない。
- (3) 降雨塊の移動は、一般には山岳で阻げられる。
- (4) ある地域に雨が多く降ることと、降雨現象を生ずることは、機構的には必ずしも同じでない。
- (5) 降雨塊の移動軸と、その降雨塊による最多雨域とは必ずしも一致しない。

以上のように、マクロ・スケールとしてはとにかく、メソ・スケールの実際に必要な降雨な降雨予報として現在我々が主な手段としている天気図その他の諸資料は、降雨塊や降雨域の動向の解析には役に立たぬ程度のものでしかないということが出来、本稿の諸事実を説明し得るとした第4節の考え方からも、これを主張することが出来る。

したがって、予報的にこの問題を解決する手段としては、雨域や雲域を直接観察し追跡することの出来る気象用レーダー網による資料を加えるほかかわないであろうことを、本稿の最終の結論とする。

終にのぞみ、本稿のために旭川地方気象台・同気象通報所・乙丁種観測所の職員諸氏をはじめとして、北海道開発局旭川建設部、北海道電力株式会社のご協力をいただいたことを記録し、感謝の意を表したい。

参 考 文 献

1) 木村耕三・岩戸次郎, 1959: 上川地方の降雨地界 上川地方総合開発期成会 上川地方における夏季降雨量調査書第3報 5~8.
 2) K. Osawa, K. Ozaki 1960: Rain Cells on Tsohyetal Maps 日本気象学会機関誌, 気象集誌, 38, 135~147.
 3) 正野重方・武田喬男, 1961: 雲層下における雨

滴の蒸発 昭和36年度日本気象学会総合第2日第2会場.
 4) 木村耕三, 1952: 気塊及び前線の解析法, 中央気象台, 研究時報, 4, 106~117.
 5) 斎藤将一, 1954: 前線性豪雨の移動法則について, 中央気象台, 研究時報, 6, 230~237.
 6) 渡辺和夫, 1959: 降雨群の事後効果を主とした天気現象の研究, 日本気象学会機関誌, 気象集誌, 37, 164~189.

久保欣三君の殉職をいたむ

久保欣三君, 君の御霊は5月29日絶海の孤島マーカスに忽然として眠ってしまった。去る日交替して帰港の途についた吾々は船中で君の訃報に接した。7年の永きに亘って鳥島, マーカスの孤島勤務に尽した君が, 前途有為の生命をこのように終ろうとは、驚きと恐れの中で痛恨を押えることができなかった。君は19年6月陸軍気象部・20年4月気象技術官養成所本科に入り23年3月卒業し高層課勤務・23年12月潮岬測候所・31年3月離島課に転じ, 以来常に優秀な技術と堅忍不拔の努力をもって気象業務の先端で働いていた。君の現業技術者としての生

活は華やかな脚光を浴びることはなかったが, その温厚誠実な性格は「久保やん」「久保やん」と皆に敬愛されて, 殺伐な孤島暮らしに薫風颯蕩の慰めを与えて呉れた。地味ではあるが黙々と働いていた君の生活にこそ, 気象の業務と学問を支える基盤があったのだと今しみじみ考える。そして多かれ少なかれ君の経た生活と同じような環境にある気象界の多くの人々の上に, 君の死は大きな波紋となって拡がってゆくだろう。安らかに眠れ、久保君の御魂よ。

気象庁 離島課 藤野 六雄

IGY および IGC のオゾン観測資料について

July 1957~Dec. 1958 の IGY (国際地球観測年) と, Jan~Dec. 1959 の IGC (国際地球観測協力年) に, 世界各地のオゾン観測所の観測値はWMOで定めて標準型式 Form 0-1 (オゾン全量) Form 0-2 (反転観測) でWMOのデータセンターに報告された。日本でも札幌, 館野, 鹿児島, 鳥島, マーカス(第5地区)の報告を行なった。

これらの報告を収集して, 1961年, 気象データセンターでは出版したが, この形式は報告をそのまま縮小版にしたものをカード式にまとめたものである。

内容は, IGYにおけるオゾン全量と反転観測, IGCのオゾン全量と反転観測の資料であって, 次の観測地点のデータが含まれている。

以上が一組となっており, 気象庁で5組購入, 最近入手

		内 訳							
		地区→							
		I	II	III	IV	V	VI	P	
IGY	オゾン全量	58カ所	2	14	1	8	7	24	2
	反転観測	21カ所	1	9	0	3	3	4	1
IGC	オゾン全量	55カ所	4	12	0	9	7	22	1
	反転観測	17カ所	1	8	0	3	2	2	1
		地区々分							
I	アフリカ						II	アジア	
III	南アメリカ						IV	北, 中央アメリカ	
V	南西太平洋						VI	ヨーロッパ	
P	極								

しました。

資料は, 本庁図書課1組, 本庁高層課2組, 気象研究所1組, 高層気象台1組保管されているので, 調査, 研究に利用されたい。 C I G (国際地球観測委員会)

国内気象委員 北岡 龍海