

第3回山の気象シンポジウム* (中)

谷川岳の局地気象**

吉川 友章***

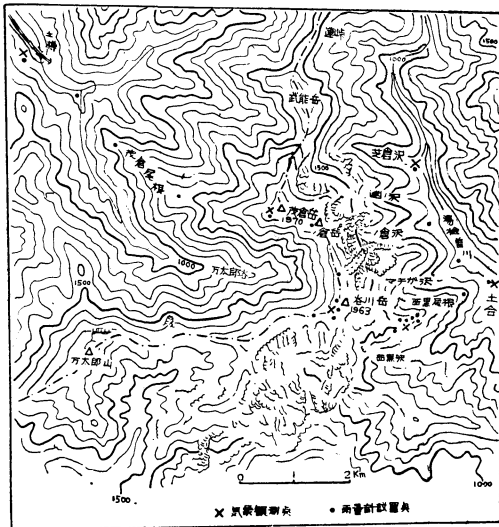
1. まえがき

谷川連峰はすでに300名近い遭難者をだして、魔の山とよばれているが、その原因の一つにこの山の気象がきわめて険悪なことがあげられている。近くにあった清水越測候所の資料をみても、この山は並はずれて降水日数が多いことわかる。

そこで筆者をはじめとする東京理大気象部員は局地気象および降水機構の研究にこの山をえらび1956年以来6回にわたる観測をかさね、次第にその本質を明らかにしている。そのうち、ここでは1958年5月3～5日、長野県飯田高校気象班の協力をえて、谷川連峰内6地点で同時観測し、局地天気図をつくって解析した結果²⁾について、その要約を報告する。

2. 観測概況

谷川連峰および観測地点は第1図のようになってい



第1図 谷川連峰の地形と観測地

* Symposium on Meteorology for Mountaineering

** Meteorology in Japan Alps.

*** Yuusyoo Yosikawa, 東管技術課

る。観測期間は1958年5月3日0時より5日24時まで(茂倉岳のみ5日9時まで)。3時間毎に1日8回観測。観測要素は第1表ようになる。○印は観測をおこなった要素。◎印は自記記録もあわせておこなった要素、×印は観測しなかった要素である。

気温、湿度は各地点ともにアスマン通風乾湿計による。風向、風速は谷川岳のみ風向計および3杯式ロビンソン風速計と同電接記録器をもちい、他はピラム型風向風速計を使用した。雨量は谷川岳のみ正規の雨量計、他は茶筒を利用してつくった簡易雨量計⁺(口径8cm)をもちいた。またこれらの観測点以外に適当な地点約20カ所をえらび、簡易雨量計を配置した。さらに雨滴をウォーターブルーをしみこませた濾紙により、各地点あわせて400枚余を使用した。気圧、日照は谷川岳のみで観測し、フォルタン水銀気圧計およびジオルダン日照計によった。

この他解析資料として、前橋地方気象台、沼田通報所、水上小学校、高層気象台の資料をもちいた。

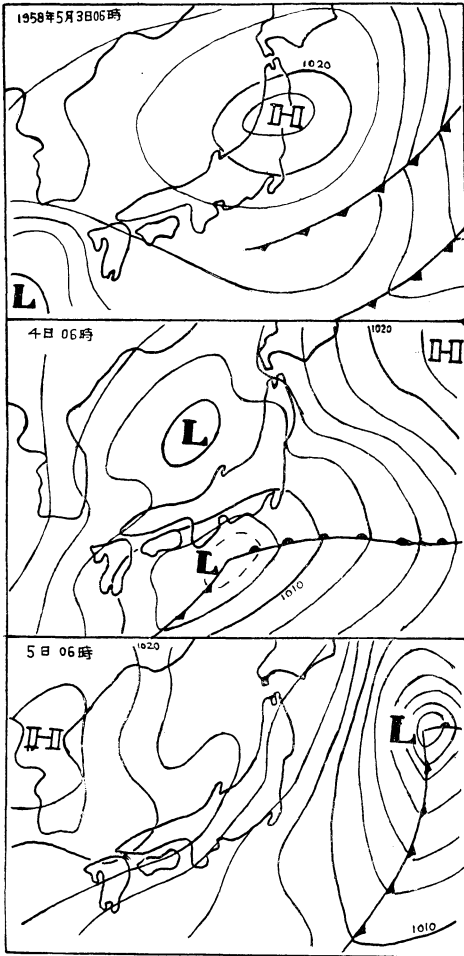
3. 天気概況

観測期間内の天気変化は、極東天気図(第2図)でもわかるように、移動高がさって、低気圧が本邦南岸ぞいに通過し、ふたたび移動高におおわれて回復するまで、ちょうど天気の一周期がふくまれる。谷川連峰もこの低気圧にともなう局地的前線(後述)の動きにつれて雨がふり、後にそれがふぶきに加わった。

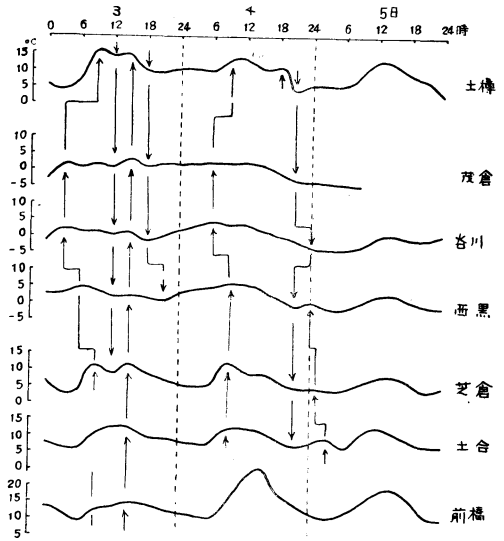
4. 気温

各地の実測値は第3図のようになる。気温の変動には、日変化のほかに比較的短かい時間内に急激にあらわれる変化がみられる。これは主として前線、低気圧などにもなう airflow 交換によるものと考えられる。この気温の急変は、多少の時間差はあるが、各観測点に共通するものが多い。そこで日変化と関係しないと思われる気温の急激な変動をとりだし第3図の中でそれぞれ気温上昇を上向き、下降を下向きの矢印でしめした。これらの変化

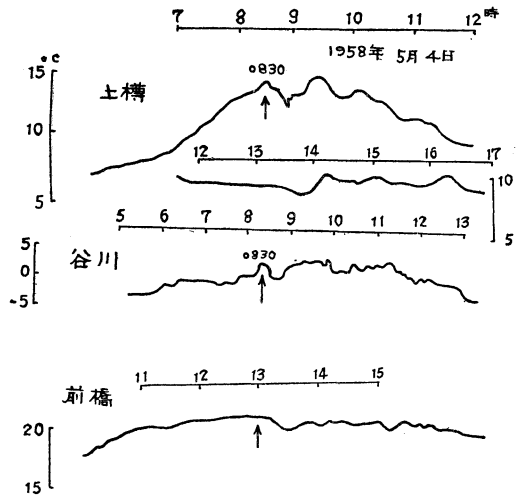
⁺ メスシリンダーで雨の体積を測り、mmに換算した。その精度については後に吟味されている。



第2図 観測時の極東天気図



第3図 各地の気温変化



第4図 気温の自記記録の一例

は時間毎の実測値を平滑曲線でつらねたものであるから、3時間内におきる微小な変化や極値の詳細については明らかでない。そこで土樽、谷川岳、前橋の自記記録から急激な変化をひろって実測値の変化をたしかめてみた。その一例を第4図にしめす。

詳しくしらべると、これらの変化は風と密接な関係があり、後にのべる局地的前線にふきこむ気流の動きと一致する、気温の解析からつぎのことがいえる。

- (i) 山岳地ではラージスケールの地上天気図にあらわれない局地的な前線が、気温変化に著しく影響する。
- (ii) 暖気が前進するときは山頂付近に早くから影響をおよぼす。
- (iii) 山をこえる暖気は地上の前線が山岳地に達しない

いとき、あるいは前線が南下した後は、セル状の暖気塊として次第に小さく分裂する。

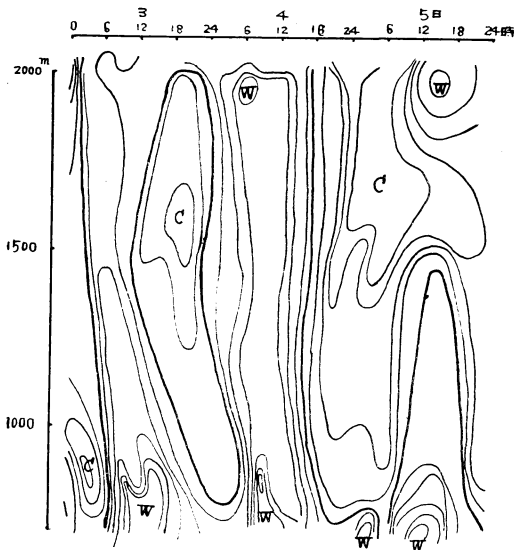
- (iv) 暖気塊が山をこえて後退するときは、上昇する側の山麓から山頂にかけて、各点にほとんど同時に影響する。
- (v) 寒気は前線の北側ではセル状にならない。
- (vi) よわい気流は谷川連峰でさえぎられることがある。

平均減率による高度補正：高度による気温差をとりのぞき、各高度における気流の影響する特性をしらべてみ

た。湿潤減率により各地点の気温の測定値を海面での値に換算し、群馬側斜面にそう時間断面図にあらわした。

(第5図) その結論として;

- a) 日中地表面が暖められることにより直接気温が高められるのは、土合、芝倉沢など山麓に著しく、高度1,000m未満の地域でおこる。
- b) 1,000m以上では空気の移流による気温の変動が著しい。寒気は西黒付近、高度1,500m位の中腹に最も早く影響し、次第に山頂および山麓にひろがっていく、山の谷あい最もおくれる。暖気は山頂付近に最も早く著しく影響するが、すぐ各高度に一樣にいきわたる。

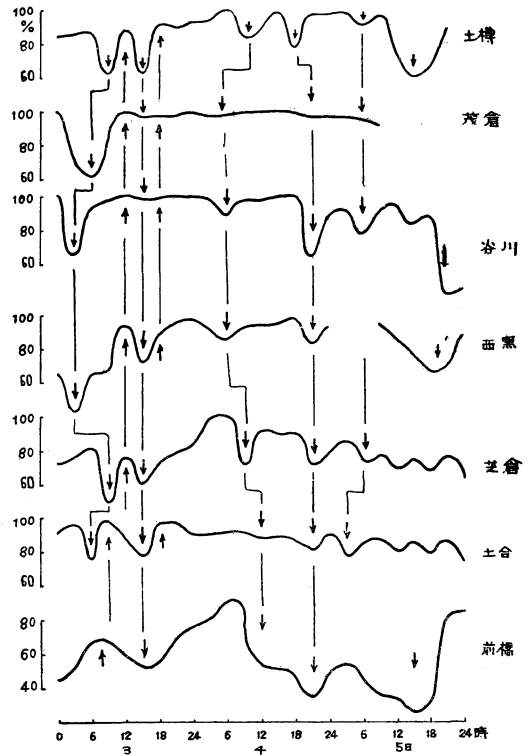


第5図 谷川連峰東面にそう気温の高度時間断面図(基準面東正値)

5. 湿度・混合比

各地点の相対湿度の実測値をしめすと、第6図のようになり、気温と同様に気流のふきこみと思われる各地点に共通する急激な変動がみられる。自記記録を併用してくわしくしらべると、湿度の急変化も気温の変化と対応して、気流や気塊の境界でおこることがわかる。ただし降水時の湿度は一樣に高い。

3日は乾燥した温暖な気流が北上し、その中に湿った寒気塊が同行した。その後、同日夕方より湿った暖気流にかわり、天気はくずれた。4日になって風向が北よりかわると、湿った寒気流の中に乾いた暖気塊がまじって南下した。さらに乾いた寒気流にかわって、天気は回



第6図 各地の湿度の時間変化

復にむかった。

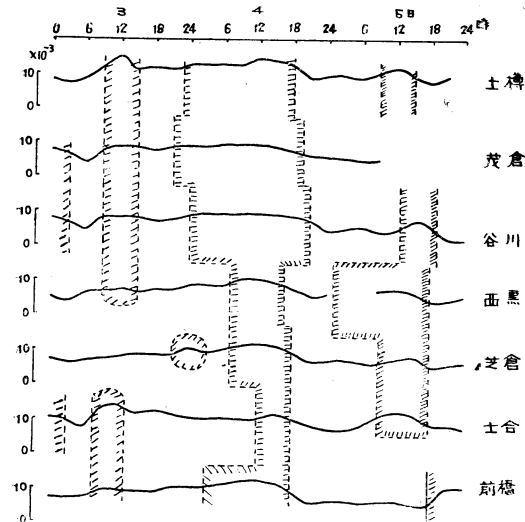
山体にそう湿度の高度変化の特徴として次のことがいえる。

- 1) 天気悪化にともなう湿度の上昇は山頂部が最も早く、次第に中腹におりてくる。また、山麓からの上昇が同時におこって、山頂からの多湿域と中腹で合することもある。
- 2) 乾燥気流の中心は中腹の芝倉沢と西黒の間に達する。山頂付近にもその余波は早くあらわれるが、ごく短時間にかぎられる。山麓への影響は中心よりおくれ、比較的長時間にわたる。

さらに各地点の混合比*は第7図のようになり、前後3回にわたって高くなっている。降水は2度目の混合比の増加にともなっておこったが、4日夜から5日朝にかけて山頂付近は各地点ともに混合比の減少するときふぶきとなった。従って降水には混合比の増加にともなう雨と、混合比の変化に関係しない寒気のふきだしによるも

* 算出に際し、水蒸気圧は各地点とも実測による。気圧は前橋と谷川岳の値から換算した。

のがあり、今回はそれがひき続いておこったと考えられる。



第7図 各地の混合比の時間変化

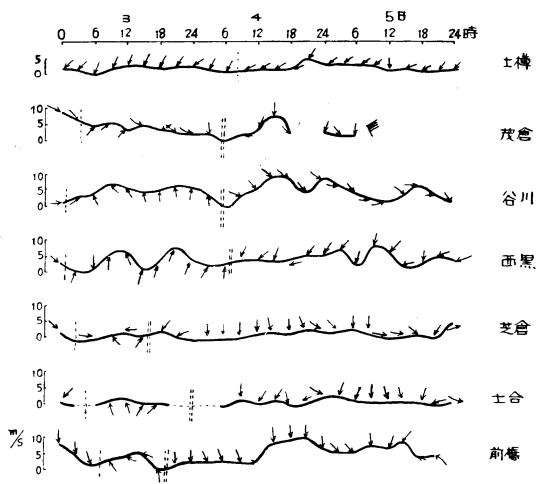
6. 風

各地点で実測された平均風速および風向の時間変化は第8図のようになる。土樽をのぞいては群馬側から新潟側にぬける風と、新潟側から群馬側にぬける風の逆転がはっきりみとめられる。逆転時は風がよわく、その数時間前後につよい、山頂部と土合では逆転の際、完全に無風状態となった。芝倉沢のように谷の奥では逆転はあまり明瞭でない。

このような変化の傾向は一致しても、実際の風は地形に応じていろいろなふきかたをしている。中でも土樽は特に著しく、南よりの風はまったくみとめられないが、気温や湿度からしらべると、暖気が達しなかったわけではない。その原因として、暖気は直接山腹にそって下降することがむずかしく、多くは山麓の上空を通りすぎてしまうが、迂回や乱流により比較的低い部分におりた暖気塊が風下側の山麓から中腹にふきあげる補償気流³⁾によって逆向きに山麓に達することが考えられる。

平地の前橋は地形の影響が少なく、気圧配置に応じた風がふく。暖気流は前橋の上空を通り、山岳地には長時間みとめられたが、前橋では3日に10時間余りふれたのみで、北よりの風が多かった。

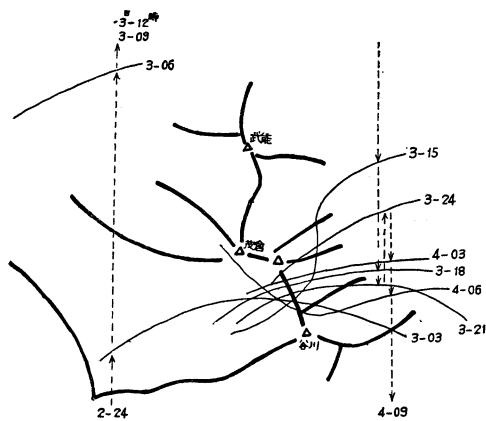
発散解析の見通し：筆者は前に山岳地の実測風から発散量をしらべ、適当な観測点をえらべば、せまい範囲の



第8図 各地の風向および平均風速の時間変化

局地的な現象についても、発散量が密着な関係をもつことを明らかにしたり。そこで今回の谷川連峰の観測結果に対しても発散解析を考えたが、まだ検討すべき多くの問題を残しており、現在その方法を構じている。例えばラージスケールの方法をそのままローカルスケールに適用することの可否、近似誤差の吟味、急斜面で観測点の高度差が大きく、気流が立体交差する場合などいろいろな問題がある。

ところが、風が南北からふきあつまり、不連続な線をなす地域は、数値解析の結果を待つまでもなく、明らかに収束の状態にあるといえる。この線の移動を地図上にしめすと、第9図のようになる。収束線の移動は暖気と寒気の境界の移動と関連している。



第9図 収束線の変動

2日にははるか南方にあったのが北上して、3日に谷川岳をこえて新潟側まで行き、ふたたび南下して谷川岳と茂倉岳の鞍部にもどり長いこと停滞した。

今までにおこなった観測から、谷川連峰のうちでも谷川岳、茂倉岳付近の天候が特に悪いことが明らかにされているが、収束線の停滞と関係していると思われる。その原因として、やはり地形的条件が第一にあげられる。

7. 局地天気図

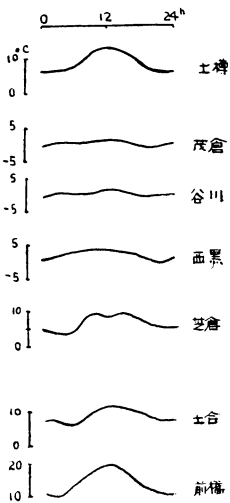
これまで気温・湿度・風などの変化を各地点について別々に考えてきたが、さらに空間的な動きとして考えるため、谷川連峰の局地天気図をつくることをこころみた。天気図にもちいる変動量としては気圧を第1にもちいるのが通例であるが、今回は気圧の資料が谷川岳と前橋しかないため、比較的資料の多い気温について平面的にとりあつかってみた。

短時間内の気温の変化には、いわゆる日変化によるものと質の異なる空気の移流によるものと二通りが考えら

れる。平面的に動きを追って意味のあるのは後者の方で、天気図にはなまの実測値よりも後者であらわす方が妥当である。そのためには前者と後者を分離する必要があるが、完全な方法は見出されていない。最も可能性ある方法は日変化を統計的な取扱いにより平均状態としてもとめ、気温の実測値との偏差をとる方法である⁵⁾。今回は観測期間が短かく、平均日変化とはいえないが、機械的にもとめてみると、第10図のようになり、傾向は他日の観測結果と一致する。一般的な特徴として次のことがいえる。

- 1) 日較差は高度が増すにつれて小さくなる。
- 2) 最高気温の起時は西黒付近までは高度が増すにつれて早くなる。
- 3) 平地では最低気温が朝方しめされるが、西黒付近より上では21~24時にしめされる。
- 4) 谷川岳、茂倉岳では12時間周期の波がみられ、極大および極小値が日に2度ずつあらわれる。

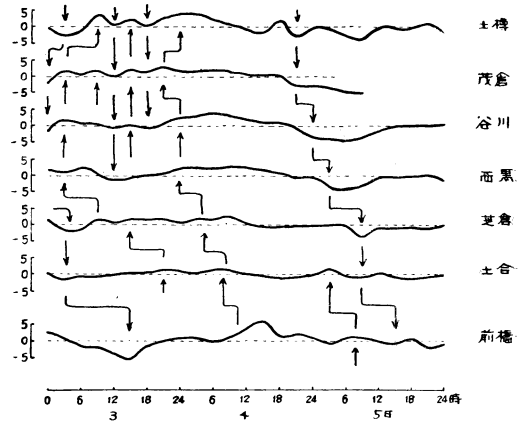
第10図 各地の気温の平均平滑日変化



結果と一致する。一般的な特徴として次のことがいえる。

1), 2) は他の山でもみられる傾向であるが, 3), 4) は谷川岳の特異性をしめすもので、雪面や霧の作用が大きいくわわっていると考えられる*。いずれにしても山頂部は日変化がごく小さく、大気の移流による変化が大きいので、定性的な問題を論ずる場合には、観測期間が短いためにおこる平滑日変化曲線の不備が重大な影響をもたらすことはないと思われる。

この方法により気温の実測値から、平均平滑日変化をとりのぞくと第11図のようになる。この偏差は高度に関係しない値で、正の値は暖気流によるもの、負の値は寒気流によるものとみなされる。



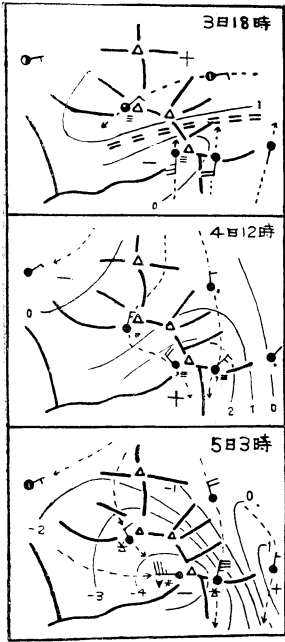
第11図 日変化をとりのぞいた気温変化

暖気は西黒より上に早くから影響しはじめるが、はじめのうちは弱く、気温上昇はとぎれとぎれとなる。これは暖気が一様な気流としてでなく、気塊として移動してくるため、本格的な暖気流の前駆をなすものである。その後連続した暖気流がくると各地点とも気温の上昇がおこる。谷川岳、茂倉岳は長時間にわたって著しくあらわれるが、山麓はあまりはげしくない。

平地でも大きくあらわれるが、一時的で長続きしない。

寒気は南に下るにつれて到達時間がおそくなり、その影響が小さくなる。谷川岳、茂倉岳では急激な気温降下をおこし、徐々に回復する。暖気による気温上昇は山岳地も平均も同じくらいで、時間の差だけが大きくあらわれたが、寒気による気温降下は山岳地がきわめて大き

* 理大気象部では種々の気象状態について雪面上の気温を高度別に測り、雪温や積雪状態と気温の相互作用をしらべている(理大気象部研究報告)。



第12図 局地天気図
24枚中の3例

く、土樽がこれにつぐ、これは寒気流の鮮度にも関係し、風上側のフレッシュな気流は急激な気温降下をおこす。自記記録によるとフレッシュな寒気ほど急角度をえがいて折れまがり、変質された寒気は折れ目がなくなっただらとした気温降下をしめす。また、暖気が上空を通るのに対し、寒気は地面に接して山岳をこえ、平地をはって行くので変質されやすく、前橋に達する頃はかなり性質の異なる気流となる。

局地天気図：こうしてもとめた気温場の変

動を観測時ごとに地図上にプロットし、あわせて記入した風、雲、現象を考慮して等値線をひいて局地天気図をついた。一例を第12図にしめす。観測点が6カ所では充分でなく、観測時刻が3時間おきでは疎らすぎることなど多くの問題があるが、自記記録や観測記事を参考にして変動の連続性を含味しながらおぎなうと、気温場のパターンの平面的な動きがよくわかる。さらに自記記録を精密に読みとり、パターンの移動速度から時間変化を空間変化におきかえて、各観測地点の間をおぎなう方法もあるが、山岳地では気温場のパターンの移動が非常に複雑で、上層風あるいは地上風とは完全には一致しないことや、観測条件が悪いため自記記録の精度がよくないことなどの理由から実測値だけによった。

図中、等値線は平均平滑日変化との偏差、点線はおよそのめやすとして適当にひいた流線、二重破線は風のところでのべた収束線である。

これらの局地天気図の解析からつぎのことがいえる。

- a) 南岸低気圧の北側内陸にはラージスケール天気図ではわからない局地的な前線がある。
- b) 寒気流と暖気流は明瞭な風向の不連続線をつかってぶっかり、そこに著しい収束がおこる。
- c) 収束線の移動は平地では速いが、山岳地にかかる

と遅くなり、地形によっては長時間停滞することがある。

d) 収束線の両側の気温分布は収束線にそって完全にギャップができるわけではなく、収束線よりかなりはなれて、南側に暖域、北側に寒域がある。収束線の付近はセル状の暖域と寒域がいきりまじり、収束線と前後しながら移動する。

e) 気温場の移動速度は山岳があってもあまり影響されないが、場の値は山岳地にかかると変動がはげしい。

f) 前線性降雨は収束線上ではじまり、収束線付近に最も長時間にわたって強くふる。

g) 前線が北上するときは収束線の移動も比較的速く、山岳地でもあまり停滞しない。天気もあまり悪化せず、収束線が通過するとき各地点とも曇る程度で、降水はおこりにくい、収束線より南の寒気塊は霧を発生させる。

h) 前線が南下するときは山岳地に停滞しやすく、広い範囲に降水をもたらす。本格的な雨のときは収束線付近が気温の谷となる。暖気塊の中心付近ではむしろ雨が弱く、降っても霧雨状である。暖気塊の周辺に強くふる。

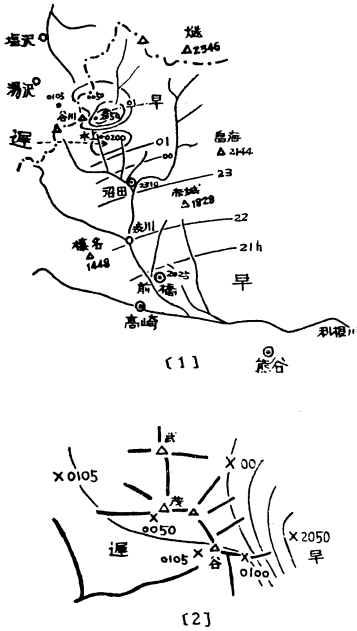
i) 収束線が南にさっても山岳地は雨がのこり、5月では寒気がふきあげるとふぶきになる。

8. 降水量

山岳地の雨は地形や風が関係して非常に複雑なふりかたをする。多くの場合、山頂や峠などがざられた場所の雨量を測定して代表させているが、面積雨量を考えるには心もとない。そこで今回は、少しは精度をおとしても多くの観測点で各種の条件のもとに雨量を測ろうと、簡易雨量計による観測網をはった。雨量計の口径差、受水口の傾きを考えにいれると、測定値は最大限10%の誤差がみこまれる。

降水開始は収束線および暖気の北上につれて、南から北に移行している。利根川流域の降水開始時刻線をしめすと、第13図のようになる。平地では南から北に約10 km/hで進むが谷川連峰は特に早く、平地の降水域が前橋に達するころふりはじめた。山岳地にふりはじめるときは、まず上昇気流側の山麓に断続したにわか雨があり、ついで中腹や山頂に本格的にふりはじめ、山頂をこすとすぐ風下側の山麓に達する。

降水は収束線にともなうものと、その後の寒気のふきだしによるものに大別され、測定も4日10時の雨間と5日のふりやみにわけておこなわれた。



第13図 利根川流域および谷川連峰内の降水開百時刻

前半の降水量は第14・1図のようになり、マチガ沢の出合が最も多く、中腹の西黒と山麓の土樽、土合がこれにつき、山頂部は少ない。降水中の収束線の位置は図中の点線のようになり、その附近に多くふっていることがわかる。

後半の降水量(第14・2図)もやはり沢の出合に多く、尾根や山頂に少ない。寒気のふきあげによる降水は、風上の土樽に少なく、山をこえ

下るほど増加する。後半の雨量(第15・2図)にもまったく同じ傾向がみられ、風向の逆転が雨量にははっきりしめされた。なお、この付近ではみぞれがふったが、雪はふっていない。

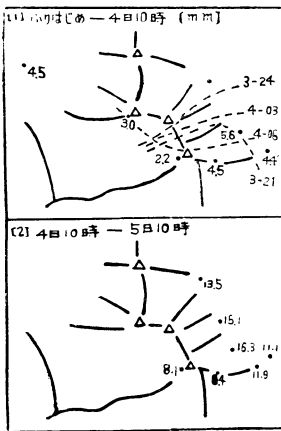
このように雨量は風の影響がきわめて大きく、斜面や風との関係を明らかにしないかぎり、定量的には論じられない。

9. あとがき

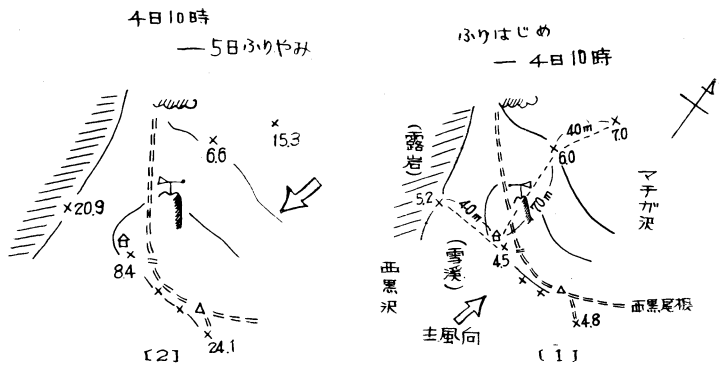
以上のべたように谷川連峰にはいちぢるしい局地的機構がみられるが、気流と地形の関係が大きく作用していると思われる。そこで山岳地の気流の模様をしらべ、発散量や上昇成分をもとめれば、局地現象と密接なつながりをもつと考え、理論と実測の両面から気流解析を手がけている。

また、今回は谷川岳しか測定しなかったが、局地機構にともなって気圧も重要な要素となる。谷川岳の値をみても、前橋が南岸低気圧の通過につれて3日くらいで一様な谷をしめたのに対し、数日にわたる周期の波が小さく、数時間周期の波が大きい。

これらについては、1959年5月読売新聞社による谷川



第14図 谷川連峰内の雨量分布



第15図 西黒尾根積雪小屋附近の雨量分布

た直後に多くふるようである。頂上附近の降水が少ないのは、はげしいふぶきのため雪が風にとばされたためもある。

そこでさらにせまい範囲内に雨量計をおき、尾根の両側でどちらがうかをたしかめてみた。西黒尾根の積雪小屋附近に第15図のように雨量計を設置した。前半の雨量は第15・1図のようになり、数十mはなれても大きな差がある。尾根に少なく、風上側中腹が少し多く、風下側に

岳綜合調査にともない、気圧や、気流調査もふくめて大がかりな観測をおこなったので⁸⁾、あらためて報告する予定である。

参考文献

- 1) 前橋地方气象台：群馬県の気象。
- 2) 吉川 (1959)：山岳地の局地気象， 1—70同付， 図1—73。(理大卒論)。
- 3) 吉川 (1957)：谷川岳の気象(春)。岳人107。

- 4) 吉川 (1958): 冬季中央アルプスの気象, 天気, 6, 5.
 5) T. Fujita (1957): Mesoanalysis.
 6) 今井一郎: 北関東の局地的豪雨のメソ解析,

1958年秋気象学会発表.

7) 5) に同じ.

- 8) 大西邦夫: 山岳地に発達する局地低気圧について. 1960年春気象学会発表.

冬の杓子双子尾根の気象*

大井正一**

1954年12月28日より1955年1月6日迄アルムクラブでは6名で極地法に依る双子尾根登山を行なったので、その時の気象係として気象状況を報告する。この冬は非常に寒い冬で遭難相次ぐので悲愴感にあふれて出発したが果して今迄にない手痛い冬山の気象の洗礼を受けた。

12月29日 大糸南線の車窓より見れば後立山連峰は朝日に輝いている。9時頃四谷着バスで細野に行き丸五氏宅で荷を分ける。昼頃には後立山の上には Ci, Ac, Sc が3段となって居り、Scは山にかかって雪を降らせているが、Cc, Ac は頭上では消えて暖かい陽が輝いている。日本海に L が発生している時の空模様としては典型的なものであった。13h 出発二俣発電所よりスキーをはく。小人数なので荷の重さは正に殺人的で皆バラバラになり、私等は途中で荷を捨てて22h 頃になって猿倉小屋に空身で辿りつく有様だった。20h 頃より雪となる。これは寒冷前線通過のためであろう。

12月30日 昨夜寒冷前線通過冬型になったので吹雪は覚悟の上である。皆細野に逆ボッカに行き私と北村氏とでスキーで偵察に出かける。猿倉台地に出たものの、風雪と地ふぶきで全身雪だるまとなり、灌木帯であるが地形等少しも判らない。何度もリングワンデルグをしてみた。このような猛烈な吹雪では赤布等何の役にも立たない。スキーのシュプールは忽ち消え、灌木は何れも見た事のある様なものであり、風向は区々で定まらない。尾根の取り付点と思われる所にテントをデボした。然るに是が何と翌日見れば、平地の真中であり、然もコースより100m 近くも右にずれていたのには驚ろいた。それでもどうか明るいうちに BH に帰りついた。夜は梢に星が瞬き移動高の訪れで明日は晴れると思われた。然しこの天気は明日一日持つかどうかは当時の私の能力では判断がつかなかった。

12月31日 快晴に恵まれ早くから5人でスキーで出

* Meteorology of Northern Japan Alps in Winter.

** Syooiti Ooi, 気象庁高層課, —1960年7月7日受理—

発、ブナの林を抜け猿倉台地に出ると山々が真白に輝いている。赤布は点々と灌木帯の中に見え、山もよく見えるから方位等は考えなくても判る。昨日の吹雪の恐ろしさを感じる。昨日テントをデボした地点は丸で見当違いだった。台地を抜け、デブリを越えて中山沢に入り、スキーをデボしてワカンに変える。沢が大きく左に曲り、右側が平になって隣の長走沢と接するあたり雪の中に CI としてカマボコを張る。ラジウスをつけるとテントの中は 25°C 位になった。夜に入って風が唸り出した、移動高は消えて西高東低に戻ったが未だ快晴であった。テントの上方は一方のみ灌木の急斜面となって居てこれは安全だと思った。1959年の冬に此処にテントを張った嶺山岳会が雪崩で遭難した事を考えると、不適當だったかも知れぬ。雪崩は中山沢上部に発生して、曲り角であふれてテントを襲ったものと思う。

1月1日 下界は雲海で東の空は晴れているが、頭上には巨大な雲のひさしが主稜線から出て、雲海の上を Fc が飛んで荒れ模様、寒冷前線通過である。芳野(満)、武内、大井の三名は上に、他は下に出発。今日はオーバーシューズをはき、ワカンを裏返しにその上に八本爪アイゼンをつける。尾根を登るうち雪の広場に出て来てその向うに中山沢の源流がルンゼ状に入っていた。10h 頃より雪が降り出した。ルンゼの中は急傾斜で雪崩の危険が感じられるが両側は岩壁で手のつけ様がないので恐る恐るルンゼに入った。ストックでバケツを掘り、その中に片足を入れ、ストックを水平にして雪面に押しつけ、雪を崩さぬように慎重に登る。ステップを崩した時にはストックを雪中深くさしこんで確保する。ルンゼを抜けて見ると雪のために模糊として眼の前の枝尾根を幾つも登る。遂にリッジに出て此のリッジを右に伝う。両側は壁で下が見えない。リッジは次第に急降して下が見えない、長走沢に下っているらしい。止むを得ず戻って左に下ると大雪原に樺の大木が一本生えている。これが樺平と云う所だ。然し地図等には全く出て居ない。樺平を行くと右手頭上に雲の中からヌッと双子岩が現われた。今