

まさ
正

つか
務

あきら
章

授 与 学 位	理 学 博 士
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 3 8 年 1 2 月 1 8 日
学 位 記 番 号	理 第 3 0 号
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項
学 位 論 文 題 目	山 岳 地 域 の 水 文 気 象 に 関 する 解 析 的 研 究
論 文 審 査 委 員	東 北 大 学 教 授 山 本 義 一 東 北 大 学 教 授 加 藤 愛 雄 東 北 大 学 助 教 授 大 西 外 史 東 北 大 学 助 教 授 中 村 公 平

論 文 目 次

1. 緒 言
2. 対象地域と基礎資料
 - 2-1 梓川上流域の概要
 - 2-2 特別観測の概要
3. 山地の降水量観測に関する2, 3の検討
 - 3-1 積算雪量計による観測結果の信頼性について
 - 3-2 山頂付近における気象学的雨量と水文学的雨量の比較
4. 山地における降水量の地理的分布型とその推定
 - 4-1 梓川上流域における大雨の分布型
 - 4-2 地形性降水強度の算定と梓川上流域における雨量分布型の推定
5. 河川上流域の水収支の解析
 - 5-1 水収支成分の算定
 - 5-2 水収支の実態
6. 山地集水域における地域雨量と直接流出高との関係
 - 6-1 重値分布曲線の応用による客観的解析法
 - 6-2 奈川渡の直接流出高の推定に対する応用
7. 降水量の確率限界値の推定について
 - 7-1 正規確率紙による頻度解析法と梓川上流域の確率雨量
 - 7-2 設計再現期間と梓川上流域の耐用安全雨量
8. 結 論

論 文 内 容 要 旨

山岳地域の水を制御し、高度に活用するためには、集水域の水文気象学的特性との関連において、その実態を把握しておかねばならない。このような気象学と水文学との境界的分野に属する問題を研究する水文気象学が学問的体系をとりはじめたのはごく最近のことで、アメリカ合衆国がその先導的役割をして来た。しかし、アメリカは国土が広く、対象にする河川流域も広大であり、日本のそれとは格段に違う。したがって、アメリカで発展し、実用化されている水文気象学的解析法や技法を、狭小・急しゆんな地形と時間的・地理的に変動の大きい気象条件をもつわが国の山岳集水域に、そのまま当てはめようとしても、旨く行かないことが多いのである。わが国における従来の諸研究はこのアメリカ的水文気象学の追試的段階であつたともいえ、日本の諸流域にふさわしく改良・開発されたものは比較的少なかつた。

このような現状において、著者は、特に問題の多い山岳集水域の水文気象に関するいくつかの実験的解析法を案出し、これを、特別観測によつて得た北アルプスの梓川上流域（392 km²）の資料に適用してその実用性を検証するとともに、山岳集水域における水文気象の諸断面を解明した。

本研究による主な結果の概要を述べると次のとおりである。

(1) 山地の降水量観測に関する2・3の検討結果

山岳集水域が実際に取得する面積雨量の絶対値を正確に知ろうとすることは、なかなか困難な問題である。

ここでは、まず、積算雪量計による観測結果の信頼性と測定方式の差による降水資料の均質性について検討した。

(a) 積算雪量計は冬期使用の目的から外面が黒色に塗装されている。このため、日射の吸収率がよく、貯溜水溶液の最高温度は外面を白色塗装したものの温度より、晴天日には7～9℃も高い。したがって、黒色塗装の昇温効果の蒸発速度に対する影響力は相当大きい。

しかし、これら両雪量計で暖候期の降雨を比較観測した結果では、黒色塗装でこの程度の過熱があつても、蒸発防止油の被膜を完全にしておけば、その誤差は押さえ得ることがわかつた。

(b) また、同一地点に併設した長期自記雨量計・貯水型指示雨量計による捕集量と積算雪量計による値とを比較した結果、特に系統的な差は認められず、実用的には均質な資料として用いられることもわかつた。

次に、最も問題であるのに、従来手をつけられていなかつた風の強い山頂付近の斜面における降雨を、水平雨量計（これによる捕集量を“気象学的雨量”という）と埋込式の斜面雨量計（この捕集量を“水文学的雨量”という）とで、実験的に比較測定し、風と関連させて詳細に解析研究した。その結果、次のことがわかつた。

(c) 一般に、気象学的雨量の地域性は強く、風衝面における値は風背面におけるそれに比べ、ずつと少ない。しかし、風向に平行な側斜面における気象学的雨量は頂上の雨量と大体等量で、風衝面におけるものより多く、風背面のものより概して少ないである。

これに対し、水文学的雨量は地域性が弱く、風衝面でも風背面でも頂上より多目で、しかも頂上に対して大体対称的な分布をしている。側斜面と頂上では、大体同量である。

したがって、山頂付近の斜面にすえつけた水平雨量計で捕集される気象学的雨量の分布と、実際にその斜面に到達した水文学的雨量のそれとは、風と斜面の向きとによつて、かなり違つた傾向を示し、前者は後者より風衝面ではかなり少なく、風背面では多目になる。しかし、側斜面と頂上で

は両者はほとんど同量になる。

(d) 水文学的地点雨量を基準にした水平雨量計の捕集率をみると、風衝面では平均 65 ~ 70 % 程度でかなり小さい。

また、風背面では 95 ~ 110 % 程度で風衝面におけるものより大きい。一般に風に垂直な斜面における捕集率は風の場の変動効果を強く受け、場合によつて非常に違う。

(e) 斜面における雨量測定に対する地面傾斜と風の役割を考察し、実測の気象学的地点雨量に補正を加えて誘導した水文学的地点雨量と実際の斜面雨量計による測定値とを比較した。その結果、両者はかなりよく合致してくる。

また、水平雨量計の理論的捕集率と実測による平均捕集率とを比べてみると、風背面では後者がかなり小さいが、風衝面での両者は同値である。これは風速場の変形に起因する雨滴径路の回曲効果の一端の現われと考える。

(f) 風の強い山頂付近における水文学的雨量の観測は、埋込式斜面雨量計によるのが理想的である。しかし、適当な位置を選べば、そこに設置した水平雨量計で捕集される地点雨量も、かなりの精度で、付近の水文学的面積雨量の代表値となりうることが検証された。

(2) 山地における降水量の地理的分布型とその推定法

山岳地域における降水量の地理的分布型は、じょう乱の経路によつて、かなりはつきり違う。この規則性はじょう乱にともなう風に対する地形効果のために生ずると考えられる。本論においては、まず、梓川上流付近の大雨時のじょう乱の経路による降雨分布の実態を調べ、次に地形性降雨の算定によつて、その分布型が推定できることを検証した。

(a) じょう乱が流域の北方を北東進する場合は、一般に流域付近には南西風が卓越し、地域性が顕著になる。これに対し、じょう乱が南方を東進する場合は、風が弱く、地域性はほとんどみられない。

(b) (a) のような地域性は地形による大気の上昇速度成分と凝結率とを与えて算出した地形性降水量の分布型とよく一致する。そのため、風向 8 方位について、風速 10 m/s 、凝結率 $3 \times 10^{-2} \text{ mb}$ のときの、梓川上流付近の 5 km 間隔の格子点における地形性降水量の分布図である“地形性降水強度算出図”を作製した。このような算出図は、じょう乱の通過にともなう山岳地域の降水量の地理的分布型の推定に対し、客観的で有効な道具となる。

(3) 河川上流域の水収支の解析

水は時間・空間的に形態を変えながら循環している。したがつて、どんな地域と期間を対象にするかによつて、対応する水収支の様相はちがう。本論では、地域を河川の最上流域に限り、期間を水年の初日 ($t=0$) からとる場合、各期間における当該流域の全取得水量がどのように消費と貯溜に配分され、変化して行くかを解析した。

対象とする期間 ($0 \sim T_i$) における全取得水量は、この場合、降水量 (P) の観測から $\int_0^{T_i} P dt$ として決まる。流域から消費して行く全水量は蒸発散量 $\int_0^{T_i} e dt$ と流出量である。われわれの観測できる“全流出量” $\int_0^{T_i} q' dt$ には、 $t=0$ より前における降水の滲透による流域保水成分からの流出成分 $\int_0^{T_i} q dt$ が必ず加わっており、 $\int_0^{T_i} P dt$ に起因する流出成分 $\int_0^{T_i} q dt$ のみから成つていたものではない。また、 $\int_0^{T_i} P dt$ の一部は保水量の増加量 $\int_0^{T_i} s dt$ となり、流域に貯溜される。

本論では、梓川奈川渡上流域を実例として、降水が殆んど雪として降り出す 12 月 1 日 ($q \equiv 0$,

$q^k \rightarrow q'$) を $t = 0$ にとり、それ以前の降水による影響を地下水正常域水曲線によつて除き、各月の末日 ($t = T_i$) までの $\int_0^{T_i} p dt$ が $\int_0^{T_i} q dt$, $\int_0^{T_i} e dt$ および $\int_0^{T_i} s dt$ にどのように配分されているか、また期間によつてどのように変動しているかなどについての実態を明らかにした。

(4) 山地集水域における降雨と直接流出の関係の客観的解析

河川予報の主体的問題は、対象地点における hydrograph を推定するところにある。このための有力な手段となる技法に、アメリカで発展し実用されている Unit-graph 法がある。しかし、流域特性・降雨特性が格段に異なるわが国の山岳集水域に対する適用性には、いくぶん問題がある。本論では、初期損失降雨を除いた後の有効降雨の直接流出高に対する重価分布曲線を Fourier 級数で表わし、それを単位量に修正することによつて、単位実効雨量の直接流出への時間的配分曲線を客観的に決める新しい解析法を提示した。この方法によれば、配分曲線に降雨特性を忠実に反映させられるので、従来の諸方法より高い精度で、山岳集水域における直接流出の hydrograph が算定される。

この解析法を梓川奈川渡上流集水域の実測資料に適用し、その実用性が検証された。

(5) 降水量の確率限界値について

治水・利水の諸計画や設計に際しては、水流量の確率限界値がよく参考資料とされる。したがつて、本邦でもこれの解析法はいくつか開発された。著者は、正規確率紙を活用する現実的な解析法を示し、これを梓川上流域の降続時間別の雨量資料に適用し、いろいろな再現期間の確率雨量を算定・比較した。

しかし、このような従来の概念による確率限界値は基礎資料の量的な出現度数分布だけから求まるもので、個々の時間的な現われ方に対する考慮が入っていない。設計資料とするためには、この限界値を越す現象が時間的にどんな現われ方をするかが重要な問題になる。そこで、いくつかの特定の確率限界値を越す豪雨や強雨が再現している実際の時間間隔を調べ、その出現度数分布をみると、再現期間の平均値 (\bar{T}) (従来のいわゆる再現期間に相当する) と中央値 (\tilde{T}) とは合致せず、確率論的に求めた結果、 $\tilde{T} = 0.693 \bar{T}$ と殆んど同じ結果になつている。したがつて、従来の平均的再現期間に対する確率雨量は気候学的な比較などに用うべき性質のもので、設計資料としては、対象建造物の耐用安全期間と安全率とから決まる設計再現期間に対する確率限界値を参考にするのが合理的である。著者はその算定法も示した。

そして、この方法を対象流域の資料に応用して、いろいろな耐用安全期間と安全率に対するいろいろな降続時間別の耐用安全雨量を例として解析した。

流量についても全く同じことがいえる。

以 上

論 文 審 査 要 旨

気象学と水文学の境界的分野に属する水文気象学は最近ようやく学問的体系をとり始めたが、多くの研究が主として米ソ両国で開発されて来たので、日本の様に山地が多く気象変動の大きな場所に、それらの研究を適用することには問題があり、日本独自の研究が要望されている。本研究はこの要望にそつた有力な研究の一つである。

この研究の対象として取りあげられた地域は、北アルプスの 3,000 m の高峰を含む山からなる梓川流域であり、その 390 km² の面積に 18ヶ所の降水量観測所と奈川渡流出量観測所を設けて観測した資料を解析したものである。

著者はまず山地で代表的な降水量を得るには、計器をどの様な場所に設置し、またどの様な形式の計器が適当であるかを調べた。そのために各種計器を一つの山頂を中心とした各斜面に設置し、山頂及び傾斜面降水量を実測して、その相関を求め、これに風と地形の影響を加えた理論的考察を行なつた。この結果を利用し場所を適当に選べば従来の形式の雨量計でもかなりの精度で雨量の値として用いられることを明らかにした。即ち低気圧の進行径路と地形とを考慮して、考えている地域の大気の上昇速度成分と凝結率とを計算し、それから地形性降雨を推定する実用的方法を案出し、伊勢湾台風の時に応用して大風観測値と一致する結果を得た。

第二に河川の水収支を解析した。降水が殆んど雪として降り出す12月1日を基準にとり、各月の末までに、降水量、蒸発量、保水量、流量の各量がどの様に配分されるか、期間によつてどの様に変動しているかなどについて調べた。

第四は山地集水域における降雨と流量との関係を求める研究である。流出量は上流の降水量とその河川に特有な、単位実効雨量に対する流出の時間配分函数の積からなる積分で表われるので、この配分函数がわかれば、流量が求まるこの方法は主として米国で発展させられたので、その配分函数を本邦の様な小河川に適用するには問題がある。そこで著者は配分曲線を Fourier級数で展開して、積分方程式を解いて配分函数をきめる新しい方法を考案した。この解析法を梓川上流集水域の実測資料に適用し、その実用性を検証した。

最後に降水量の確率限定値の推定をした。著者は比較的短い期間の資料によつても頻度解析の出来る方法を考案し、再現期間と確率雨量との関係を求めた。これらはダム其他の構造物の耐用安全期間の算定に有効なものである。

本研究は、新しく発展しつつある水文気象学に於て、特に本邦の様に狭くて複雑な地形に対しうる研究を発展させたものであり、又水の利用、洪水予報等、実的な面に於ても価値の高い研究である。

よつて正務章提出の論文は理学博士の学位論文として合格と認める。