秋の雨はおもに平地で降る

誌名	水利科学
ISSN	00394858
著者名	菅原,正巳
発行元	水利科学研究所
巻/号	17巻3号
掲載ページ	p. 47-59
発行年月	1973年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

秋の雨はおもに平地で降る

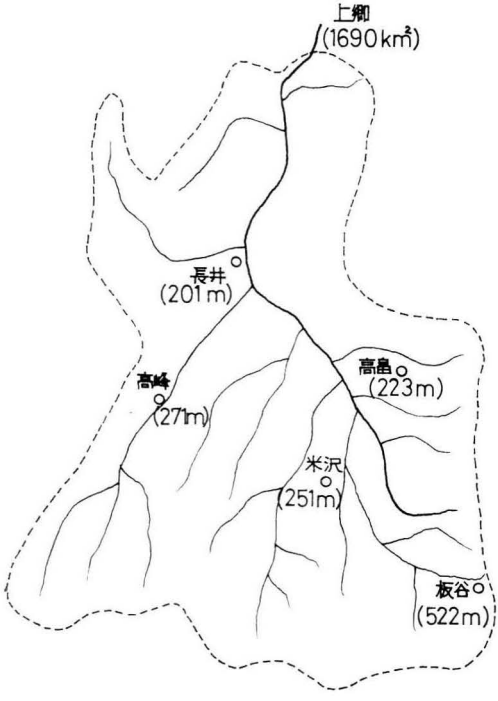
菅原　正巳

雨は山で多く降るというのが，皆がもっている常識である。この常識に反して，ある地域の，ある季節の雨は，統計的にいって，平地に主として降り，山ではあまり降らないのではないかというのが，今回私が提出する仮説である。

そこで私は，一昔前に，ミュージカル映画「マイ・フェア・レーディ」で聞いた，「スペインの雨はおもに平地で降る」“The rain in spain mainly stays in the plain”を思い出すのである。これはロンドンの下町なまり，コックニィ（エィをアイと発音する，東京のべらんめえの逆である）を直すための歌だから，事実として，真偽のほどは保証の限りではないが，スペインの雨がおもに平地で降るとしたら，日本のある地域の秋の雨がおもに平地で降ることもあり得るのではなかろうか。

話は4年ばかり前にさかのぼる。私は昭和44，45年にかけて，最上川の流出解析を試みていた。最上川上流部，米沢盆地からの流出機構を求めようという目的で，荒砥狭窄部の上郷地点の日流量を，米沢盆地内の米沢，長井，高畠，高峰，板谷の5地点の日雨量，日気温から算出する方式を探し求めていた。第2図は45年度の末に得られた結果の一部を示している。第2図にみるように，9，10月の推定流量が実測より大きく出ている。第2図は昭和43年の流量を示しているが，計算は昭和33年から43年までの11年間について行なわれ，その全体を通じて，9，10月は推定が実測より大きく出る傾向があ

第1図

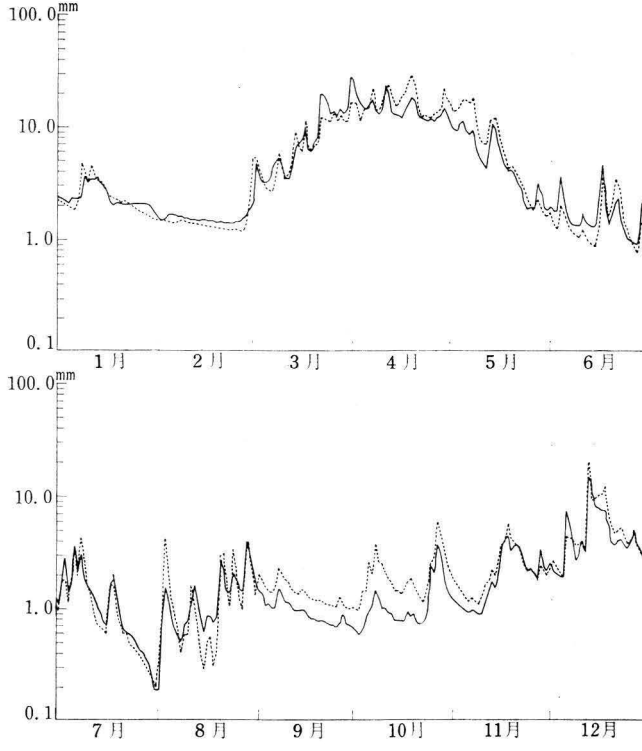


った。

第2図にみるように，43年9，10月の推定流量のハイドログラフは，実測ときわめてよく似ている。そして，全般的に大きすぎるのである。このように，実測と推定のハイドログラフが形としてはよく似ていて，全般的にあるいは大き過ぎたり，小さ過ぎたりすることは，いままでにしばしば経験している。そういう場合は，水位流量曲線に原因が求められることが多かった。砂利採掘等によって，河床が低下する。それにもかかわらず，ある期間，同一の水位流量曲線を使って，水位から流量を算出していると，ある期間は流量が過大に，ある期間は過小に出ることがある。この場合，推定流量が与えられた実測流量に合わないとしても，それは推定値の方の欠陥ではなくて，実測値の方の欠陥であることがある。こういうときは，水位流量曲線を改訂することにより，実測流量の方が訂正され，推定と実測とがよい一致を示すようになる。

しかし，最上川上郷の場合はこれに当てはまらない。ここには東北電力のダムがあり，発電所がある。ダムの溢流，使用水量，貯水量変化から出した流入量には，河床変動による偏りは起こり得ない。溢流水深と流量との関係式に誤りがあったとしても，それならば9，10月の流量が小さく出ることはあり得ない。上郷では，貯水池への流入地点の所にも測水所がある。その地点の水位流量曲線を，河床変動の影響まで考えに入れて作り直してみたが，得られた改訂流量は，与えられたもとの流量とほぼ似たものであった。また

第2図　最上川上郷（1968年）



上郷の流量と大石田の流量との相関をとってみたが，その点からも，上郷の流量には信頼性があるらしい。一方，大石田の流量は，稲下，堀ノ内と比較してみると，信頼性の高いものらしい。つまり，上郷の流量の信頼性は高いらしく，9，10月の推定が実測と合わないとすれば，推定の方が悪いと考えざるを得ない。私は推定を実測に合わせたいと努力した。9，10月の推定値を小さく出したいと，それだけを目標に何十回と試算を繰り返したが，うまく行かなかった。9，10月の推定流量を小さくしようとすると，ハイドログラフの形が悪くなってしまう。どうしてもうまく行かずに，ついに諦めたのであるが，いまメモを調べてみると，試算を217回行なっている。こんなに試算を繰り返したのは初めてのことで，100回余りしたことが1度あるし，50回程度の試算は何度かあるが，200回もの試行錯誤はこれが最初である。

私の経験によれば，試算は10回もすると，大体よい結果が出てくる。趣向を変えると，また10回繰り返すことになり，何回か，考え方を変えて，何十回の試算になることはあるが，200回という試算は異常である。それほど最上川上郷における，9，10月の推定過大は，気になる不一致であった。

昭和46年に，私は琵琶湖流域の流出解析を行なった。これについては，本誌 No. 89，第16巻第6号に報告が出ているので，詳細はそれをみていただきたい。

琵琶湖への流入量（これは琵琶湖への in-put というべきもので，琵琶湖へ流入する河川の流量以外に，湖面への降水，湖面からの蒸発，湖面からの水の汲み上げ，湖と地下水との水の出入等をすべて含む）をみると，流入量が負の値を示すことがあるのは，8月と10月とである。8月に大渇水が現われることは容易に理解できる。8月は雨が少ないし，蒸発散が盛んである。その上に水田に農業用水が取り入れられる。8月上旬に大渇水が現われ，河川の表流がほとんど無くなるのは，多くの河川でみられることである。

日本の河川の渇水量は，およその見当で，流出高にして 1mm/日 の程度である。火山灰地帯の河川では，渇水が 2，3mm/日 の程度であるが，これは火山灰地帯では浸透が異常に大きいからで，かかる特殊地域を除けば，渇水は大体 1mm/日 の程度，少し辛目にみれば，0.8mm/日 と思えば大過なかろう。ところで，この河川表流から農業用水が差し引かれる。農業用水の中には，用水路から水田に入り，水田を通過して排水路に出て，間もなく河川に還流するものもあろうし，または扇状地の水田のように，大量の水が水田から浸透し，間もなく湧水として地上に現われ，河川に還流するものもあろう。このように，間もなく還流する農業用水は，水田に水をはり始める5，6月の頃には河川表流量に大きな影響を及ぼすであろうが，それから先は，一方で取り，一方で戻すのだから，河川表流への実質的影響はほとんどないものとみてよい。しかし，一方，農業用水の一部は，水田から浸透して地下水となり，長い時間かかって還流するものらしい。かかる長時間浸透成分がいくらあるか，実はよくわからないが，6～10mm/日の 程度とみればよいらしい。よく，水田の適正な減水深は 18mm/日 であるとか，それよりもっと多い方がよいとかいわれているが，その半分程度は間もなく河川に還流し，半分程度が長期浸透するものらしい。さて，仮りに長期浸透成分が 10mm/日

とすると，流域面積の10％が水田であれば，そこから 10mm/日 が浸透するから，流域全体としてみれば 1mm/日 が浸透することになり，これが河川の渇水量の全部を消費する。仮りに水田からの長期浸透成分が 6mm/日 であっても，水田が流域面積の 15％であれば，流域としては 0.9mm/日の水が水田から浸透し，渇水量 1mm/日 のほとんど全量が消える。水田が流域面積の10～15％を占めるのは，わが国の主な河川ではふつうのことであるから，灌漑期には河川の渇水量の全量は水田によって消費される。現実には，河に水が無くなって取水できないから諦めているので，多くの河川流域において，水田は水供給能力の限度いっぱいまで，というより限度をこえて開発されている。そのことは，戦後に多数の貯水池の開発が行なわれ，ポンプによる地下水汲み上げが盛んに行なわれるようになるまでは，渇水年に深刻な水不足，水争いが生じていたことからも明らかであろう。

ふつうの河川では，河に水が無くなればそれ以上表流の取水はできない。しかし，琵琶湖では湖水からの農業用水の汲み上げが行なわれるし，湖水面からの蒸発がある。したがって，8月に琵琶湖への流入量が負の値を取ることがあるのは当然である。

一方，琵琶湖流入量が10月に小さな値を示し，ときには負の流入量が現われたりするのは，他のふつうの河川とは異なった事態で，これは湖面からの蒸発の影響であろうと考えた。第1表は彦根の月蒸発量で，蒸発計による観測値の30年平均である。これを各月の日数で割り，日蒸発量にしたものが第2表である。

琵琶湖流域の面積は約 3,500km^2，琵琶湖の面積は約 700km^2 で，その比は約5：1である。つまり陸地と水面との比は約4：1である。4の広さの陸地から 1mm/日 の流出があり，1の広さの湖面から 4mm/日 の蒸発があれば，差し引き流入量は0となる。渇水量が 1mm/日を割る日もあろうから，湖面からの蒸発が陸地からの蒸発（第2表）の1月遅れであれば，10月に流入量が負になる日が現われても不思議はないと私は考えた。

湖面からの蒸発が，陸地からの蒸発の1月遅れで与えられることは，一応無理ではなかろう。水の熱容量は，大地に比べて大きいから，夏になっても水温上昇は遅れ，その代わり秋になってもすぐには冷えないであろう。したがって，湖面からの蒸発が陸地からの蒸発に比べて，いくらか遅れるに違い

第1表　彦根月蒸発量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
蒸発量 (mm)	40.8	46.7	72.9	100.7	124.3	124.7	155.6	175.2	120.0	85.6	57.7	40.3	1,114.6

第2表　日蒸発量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸発量 (mm/日)	1.3	1.6	2.3	3.4	4.0	4.2	5.0	5.6	4.0	2.7	1.9	1.3

ない。私は上記のように考えて，1月遅れを仮定すれば10月の渇水がうまく出てくるであろうと思っていた。しかし，実際に計算してみると1月遅れでは10月の渇水がうまく出てこない。そこでやむを得ず，遅れを2ヵ月として，どうにか10月の渇水を実測に合わせることができた。

しかし私は何となく不満であった。2ヵ月遅れがいささか不自然に感じられたのである。私は友人近藤純正氏が，山本義一先生と一緒に多くの湖水からの蒸発の観測をしておられたことを知っていたので，琵琶湖からの蒸発散はどのくらいであろうかと質問した。近藤さんは，琵琶湖については実測していないけれども，水温や気温から算出したものがあるからといって，第3図の曲線を下さった。第3表はこの第3図を数値化したものである。

これによれば，蒸発が最大になるのは9月で，その点では陸地より1月遅れであるが，日蒸発量は第2表の1月遅れとはかなり異なり，全般的に蒸発は小さい。困ったことに，この値を用いたのでは，10月の渇水はうまく出てこない。致し方なく，私は第2表の蒸発量の2ヵ月遅れを湖面からの蒸発とすることにした。しかし，このことは心のしこりとして残った。

昭和47年度に，私は北上川の流出解析を行なった。そして和賀川湯田の流出解析を行なったときに9，10月の推定流量が実測より大きく出るという事態にまた出会うことになった。

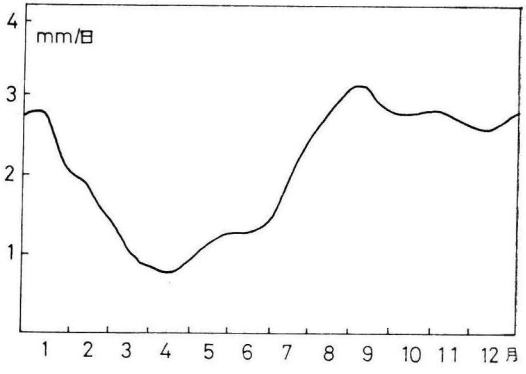
米沢盆地の最上川，琵琶湖流域，沢内盆地の和賀川と，三つの例が重なる上からは，これは単なる偶然ではあるまい。9，10月には平地で観測されるほどには，流域全般に雨が降らないのではないだろうか。ということは9,10月には平地に比べ，山地で雨が少ししか降らないことになる。

実はこのことを，私は最上川上郷の流出解析のときに，すでに考えたのであった。しかし，推定が実測に合わないからといって，何かのパラメータを

第3表　琵琶湖湖面蒸発

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸発量(mm/日)	2.8	1.9	1.5	0.7	0.9	1.1	1.7	3.0	3.4	2.9	2.7	2.6

第3図　琵琶湖蒸発量



導入し，適当に修正するのであれば，実測値に合わせるのは容易である。何かのパラメータを導入するには，それだけの根拠がなければならない。私は最上川のときには，「9, 10月の雨はおもに平地で降る」と仮定することができなかった。最上川，琵琶湖，和賀川と三つの例を重ねた今日になって，初めてこの仮説をあえて提出する気になったのである。

この三つの地域は，豪雪地域であり，また日本海に直面していないという共通点を持っている。私はこれらの地域に長期間滞在したことがないし，東京以外の土地に長く住んだことがないので何ともいえないが，かつて秋の京都で時雨(しぐれ)に会い，文字の上だけで知っていた時雨とは，このようなものかと感心したことがあった。時雨がおもに平地で降り，山ではあまり降らないものであるかどうか，私は知らない。私があえてこの一文を草したのは，このようなことがあるのかどうか，ご教示を得たいからで，その意味では，これで私の目的は終わったのである。しかし，もう少し蛇足をつけ加えることにする。

平地雨量と山地雨量との比に，季節的変化が存在するのは確実であると私は思う。わが国の中央山地において，冬期の降水量は平地に比べてはるかに大きいと考えざるを得ないにもかかわらず，夏期には山地降水量は平地とほぼ同程度であるらしい。ここで私が，考えざるを得ないとか，あるらしいとかいうのは，観測による直接実証を欠いているからである。わが国の山地にあるロボット雨量計は，冬になると観測をやめてしまう。したがって，積雪地域河川の雪融け出水から考えて，冬期の山地降水量が平地の２～３倍程度

と考えざるを得ないにもかかわらず，降水量実測による裏づけを欠いている。一方，夏期には山地降水量を平地の２～３割増し，せいぜい５割増し程度とすれば，推定流量が実測とよく合うのである。

私が雪の計算を流出解析に組み入れたのは，いまから15年ほど前のことで，太田川支流の吉和川の流出解析が最初であった。そのとき，雪の影響のない時期の流出解析はあらかじめすんでいて，平地に１ヵ所ある雨量観測点の雨を少し割増ししたものを，流域雨量として，ほぼ実測に近い流量が出ていた。積雪，融雪の機構を計算に組み入れるとき，ある日の降水は高い所で雪，低い所で雨となったりするから，高度別に雨の割増率を定めなければならない。仮りに，夏期には，平地の気象観測点の雨量の２割増しを流域平均雨量として，推定流量が実測と合っていたとする。冬期にもこの２割増しでよいとするならば，高度別の面積分布を考慮に入れて，平均して２割増しになるように，高度別割増率を定めればよかろう。私はそのようにして，高度別割増しを定め，試算してみると，春の出水にまったく合わないのである。冬期の高度別降水量割増しは，思い切って大きくしなければならない。冬と夏とで，高度による雨の割増しを大きく変えなければならないのは不思議であったが，そう考えるより致し方なかった。

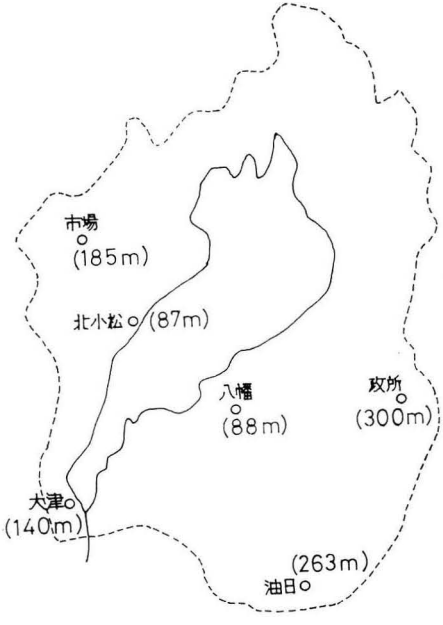
その後，２，３年の間に，長良川，石狩川，黒部川等について，雪の計算を繰り返したが，冬と夏とで，思い切って雨の割増率を変えなければならないのは，どれにも共通なことであった。冬には山の降水量を平地の２～３倍にする必要があるのに，夏になると，山も平地も似たような雨でよいのである。多分，4, 5年前のことであったが，あるコンサルタントの人が訪ねてきて，私の方法で積雪地帯のある河川の流出解析をしているが，雨の高度による割増しを，冬期には大きく取らないと実測に合わせられない。その割増率があまりに大きいので不安であるが，それでよいのだろうかという相談であった。不思議だと思えるほど，夏と冬で割増率を変えなければならないと私が答えると，やはりそれでよいのですかと，安心して帰って行かれた。誰が計算してみても，同じ事実に会うことを知って，私も嬉しく思い安心した。

冬と夏とで，雨の割増率を変えなければならないことについて，私は私なりにその物理的根拠を考えていた。冬期の降水は，シベリヤからの季節風が，脊梁山脈に当たって降らせる地形的降水である。一方，夏期の降水は，

第4表

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年合計
北小松	160.4	121.4	158.3	189.1	196.9	320.2	259.8	137.2	204.6	117.2	87.8	104.2	2057.2
市場	244.1	190.4	205.7	173.8	188.3	282.3	223.2	137.1	245.0	133.3	128.2	176.9	2328.4
市場/北小松	1.52	1.57	1.30	0.92	0.96	0.88	0.86	1.00	1.20	1.14	1.46	1.70	1.13

第4図



梅雨前線やら，低気圧やら，台風やら，熱上昇気流やらによるものであろう。その成因から考えれば，前者は山に多く降り，後者には山と平地とにそれほどの違いが生じないのは，あり得ることであろう。

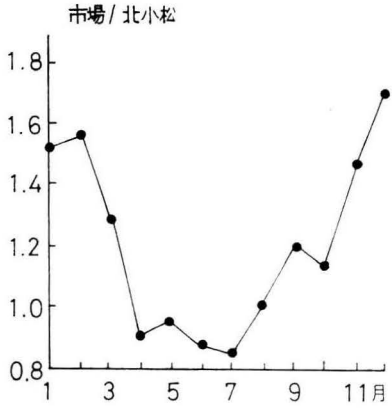
ところで，夏型から冬型に移り変わる9，10月の頃に，おもに平地で降るような雨が気象学的にあり得るかというのが，私がご教示願いたい問題である。

以上，平地と山地との雨の比率に，大きな季節的変化があるとしか考えられないこと，しかしながら，その実証的裏づけが無いことを述べたのであるが，実は実証が何もないという訳ではない。高い山には雨量観測点が無いけれども，平地の中で，低い地点と，山よりの高い地点との雨量を比べると，雨量の比に明らかな季節的変化が見受けられる場合がかなりあるのである。

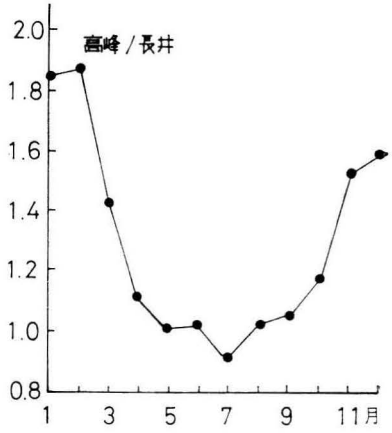
第4表は琵琶湖西の北小松（87 m）と市場(185 m)の月別平均雨量（1962年～70年の9年間平均），および両者の比を示すもので，第5図はその比率の季節的変化を示している。

かかる例は，他の地域でも見受けられるもので，第6図は米沢盆地西側の長井（201m）と高峰（271m）についての，月雨量（11年間平均）の比の季節変化である。この2例は，冬型，夏型の相違がはっきりしている方の例で

第5図

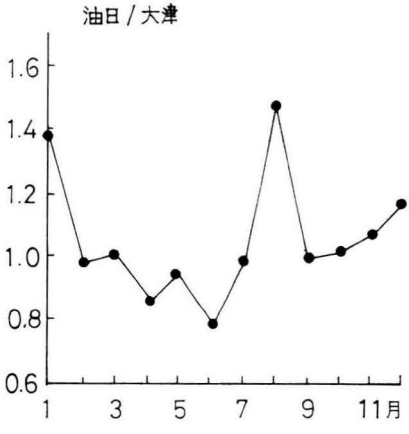


第6図

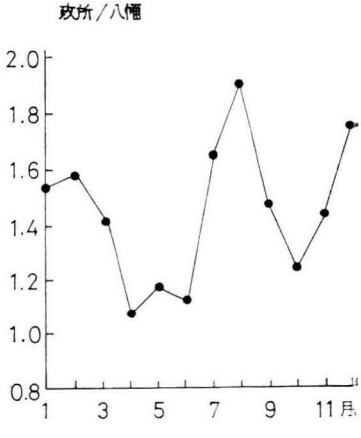


あるが，そうでない例を第7～9図が示している。第7，8図は琵琶湖の東側で，冬期に山沿いに降水量が多いという型と，8月にも山沿いに降水量が多いという型とが重なっている。これは8月の夕立（熱上昇気流によるしゅう雨）が山沿いに多く降ることからきているのであろう。夕立が山沿いに多く降るのは確かであろうが，山の高い所に行くほど夕立が多いかについては，疑問に思っている。夕立は山沿いには多いかも知れないが，山の高い所ではあまり降らないのではあるまいか。したがって，流域全体として考えるとき

第7図

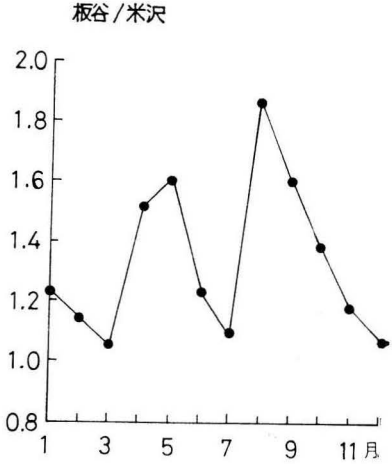


第8図



には，8月も，高度による割増しをあまりする必要がないのであろうと思う。何分にも，夕立のように局地的な雨は，現在の雨量観測点網では，補捉できかねる。したがって日流量のハイドログラフを描くと，推定と実測とはなかなか一致しない。ある日は推定流量が大きく出たのに実測では増水がわずかであり，他の日はその逆になる。雨が補捉できないからである。私は8月のハイドログラフは，一致よりも，デコボコの様子が何となく似ていれば満足することにしている。そして，月合計がだいたい合えばよいとしている。8月に，とくに雨の割増率を大きくしないでも，実測，推定流量の月合計がだいたい合うところをみれば，山の高い所で，夕立があまり大きくないのに違いない。

第9図



第9図は，米沢盆地の東側，米沢（251m）と板谷（522m）の場合で，冬型，夏型の違いはみられず，5，8月に2つのピークがある。8月のピークは琵琶湖の東側でみられたものであるが，ここでは5月にも大きなピークがある。5月のピークは，わずかながら琵琶湖流域でも認められるものである。ともかく事実として，提出して置く。

残念ながら，9，10月に山ではあまり雨が降らないことを実証する資料は見当たらない。最後に，9，10月の雨はおもに平地で降るとしても，その違いがどの程度のものであるかを，量的に示して置きたい。例を北上川支流の和賀川湯田の流出解析にとる。

私は雪の計算の際，降水量の高度による変化をつぎのように表わすことにしている。まず流域を高度別にいくつかの地帯に分割する。冬期に，下からかぞえてi番目の地帯の平均雨量は，雨量観測点雨量の（1+Ci）倍であるとする。Ci は降水量の高度別割増率である。夏になると，割増率が小さくなる訳であるが，それは季節により変化する係数Amを掛けることによって与えられるとする。すなわち，m月（m＝1，2，……，12）における，下か

第5表

月	地帯別降水量係数				平均
1～2	1.55	2.10	2.65	2.65	2.13
3	1.33	1.66	1.99	1.99	1.68
4	1.165	1.33	1.495	1.495	1.34
5～8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9～10	0.89	0.78	0.67	0.67	0.77
11	1.11	1.22	1.33	1.33	1.23
12	1.295	1.55	1.825	1.825	1.57

ち i 番目の地帯の平均雨量は（1＋AmCi）P で与えられるとする。ここに P は雨量観測点における地点雨量である（何地点かの雨量の平均値を用いることもある）。

北上川では，各流域は4地帯に分割され，和賀川では各地帯の面積比は6：5：4：3であるとした。そして地帯別雨量割増率 Ci，および季節変化の係数 Am として，次の値を用いた。

Ci：0.55，1.10，1.65，1.65

月	1～2	3	4	5～8	9～10	11	12
Am	1.0	0.6	0.3	0.0	−0.2	0.2	0.5

9，10月の Am＝−0.2 は，高くなるに従って雨が減ることを示すもので，いわば逆こう配である。

第5表はこの定数から算出した，地帯別降水量係数（1＋AmCi）の値である。右欄の平均は，地帯面積比率6：5：4：3をウエイトにした平均であって，流域平均雨量 $\bar{P}$ が，雨量観測点雨量 P の何倍になるかを示している。なお，冬期には地帯により，あるいは雪となりあるいは雨となるから，地帯別の降水量係数に意味があるが，冬期を除けば，平均値のみに意味がある訳である。

第5表によれば，冬期1～2月には，山の中腹以上では平地の雨量観測所雨量の約2.5倍の降水量があり，流域平均としても，約2倍強であるのに，5～8月には流域平均で1倍，秋の9，10月には約0.8倍という，大きな季節変化である。これらの数値は，推定流量を実測と合わせるように，試行錯誤できめたもので，その信頼性に疑問があることは，Ci，Am がおよその見当

できめてあることからも明らかである。しかし，第5表にみるように，平均雨量の係数は，5～8月に1.0，9～10月に0.77と，約20%異なっている。流量測定の誤差，雨量の地点変動の大きさを考えると，推定流量と実測流量との差を10%以内に抑えることは難しいのであるが，20%の違いならば，何とか検出できると思われる。その意味で，「秋の雨はおもに平地で降る」ことは，かろうじて検出できることなのではあるまいか。

（国立防災科学技術センター所長，理博）